

GONGLU JIANSHE BAIWEN CONGSHU

公路建设百问丛书

桥梁检测与维修加固

QIAOLIANG JIANCE YU WEIXIU JIAGU

BAIWEN

百问

徐 韩 编著

人民交通出版社

China Communications Press



电脑编辑：潘 宏
责任编辑：曹文彬
封面设计：彭小林



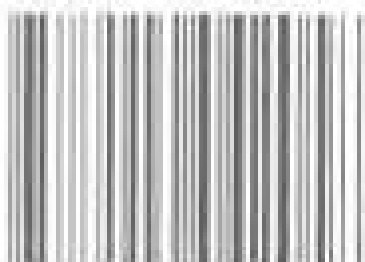
QIAOLIANG JIANCE YU WEIXIU JIAGU

BATWEN

公路建设百问丛书

- | | |
|--------------------|------------|
| 1. 公路设计百问 | 李 霜 主编 |
| 2. 桥梁设计百问 | 邵旭东 主编 |
| 3. 路基路面施工百问 | 沙爱民 主编 |
| 4. 桥梁施工百问 | 刘吉士 主编 |
| 5. 桥梁检测与维修知识百问 | 张 涛 编著 |
| 6. 桥梁预应力技术百问 | 李国平 主编 |
| 7. 隧道设计与施工百问 | 李宁军 曹文彬 编著 |
| 8. 公路建设管理知识百问 | 杨 琦 主编 |
| 9. 公路工程概预算百问 | 邢凤岐 主编 |
| 10. 公路施工项目管理知识百问 | 廖正环 主编 |
| 11. 公路工程常见质量问题防治百问 | 王国清 主编 |

ISBN 7-114-04205-1



9 787114 042058 >

ISBN 7-114-04205-1

U - 03080

定价：25.00元

公路建设百科全书

公路建设百科全书

桥梁检测与维修加固

QIAOLANG JIANCE YU WEIXIU JIAGU

BAIWEN

百问

徐 牛 编 著

1991.12.22

人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为“公路建设百问丛书”之一,主要回答桥梁养护、检测及维修加固等方面经常遇到的问题总计 186 个。内容包括一般概念及基本资料,桥梁检测与评价,桥梁养护维修,桥梁上部结构加固,桥梁下部结构加固,桥梁抗震加固,超重车辆过桥管理与加固措施,桥梁防护与抢修等八个部分。

本书可供广大公路桥梁养护管理及施工技术人员、技工及项目经理等阅读参考,也可作为桥梁养护工和施工工人的培训教材。

图书在版编目 (C I P) 数据

桥梁检测与维修加固百问/徐舁编著. —北京: 人民交通出版社, 2002. 3

(公路建设百问丛书)

ISBN 7-114-04205-1

I. 桥… II. 徐… III. ①公路桥—检测—问答
②公路桥—维修—问答 IV. U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 013167 号

公路建设百问丛书

桥梁检测与维修加固百问

徐舁 编著

正文设计: 彭小秋 责任校对: 尹 静 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本: $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张: 10.625 字数: 271 千

2002 年 6 月 第 1 版

2002 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷 总第 1 次印刷

印数: 0001—6000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-114-04205-1

U · 03080

《公路建设百问丛书》 出版说明

十五期间,交通基础设施建设尤其是公路建设仍将快速发展,培养与造就一支高水平、高素质的公路施工队伍,是确保公路建设质量的关键。虽然目前公路建设市场相当活跃,公路建设大军也不断壮大,但广大公路从业人员的技术水平却是参差不齐,既有需要普及公路基本知识的,也有需要进一步提高的,而他们面临的共同问题都是:工期紧、任务重,无暇阅读大量书籍来提升自己。为了解决这一矛盾,提高从业人员的技术水平,解决他们在工作中面临的实际问题,保证公路建设质量,我社特邀请一批既有丰富实践经验又有较高理论水平的专家学者,编写一套适合工程一线人员阅读的《公路建设百问丛书》。该丛书采用一问一答的形式,把广大工程技术人员在工作中经常遇到的重点、难点、疑点问题分门别类地罗列出来,一一予以解答。其主要特点是针对性强、形式自由,读者可带着问题翻阅、迅速找到答案或得到启发,既节省时间,又增长才干并可在较短时间内成长为岗位能手。本套丛书主要供公路建设一线的技术人员和管理人员阅读,先期拟推出以下十个分册:

- 1.公路设计百问 李 嘉 主编
- 2.桥梁设计百问 邵旭东 主编
- 3.路基路面施工百问 沙爱民 主编
- 4.桥梁施工百问 刘吉士 主编
- 5.桥梁检测与维修加固百问 徐 轲 编著
- 6.桥梁预应力技术百问 李国平 主编
- 7.隧道设计与施工百问 李宁军 曹文贵 编著

8. 公路建设管理知识百问 杨琦 主编
9. 公路工程概预算百问 邢凤岐 主编
10. 公路施工项目管理知识百问 廖正环 主编
11. 公路工程常见质量问题防治百问 王国清 主编

相信本套丛书的出版,定会受到公路从业人员的欢迎,我们也将逐步补充完善,使之成为大家工作中的好帮手。

2002 年 6 月

前 言

公路建设百问丛书之一《桥梁检测与维修加固百问》，采用一问一答的形式，对公路桥梁日常养护、检测及维修加固工作中碰到的常见、新的或比较难以解决的技术问题一一给予了解答。

由于桥梁养护、检测及维修加固工作在整个公路养护管理工作中占有非常重要的地位，因此，必须重视这方面的工作，而且必须重视从事这方面工作的人员的技术素质的培养和提升。本书可作为桥梁养护技术人员或养护工人的培训教材，也可供大专院校相关专业学生参考。

本书共分八部分，即：一般概念及基本资料、桥梁检测与评价、桥梁养护维修、桥梁上部结构加固、桥梁下部结构加固、桥梁抗震加固、超重车辆过桥管理与加固措施、桥梁防护与抢修。对以上各部分包括的桥梁养护、检测与维修加固的技术问题，进行了详细的解答。本书在编写中，主要依据国家颁布的最新标准、规程，结合近期和多年来的实践体会，并力求通俗易懂、图文并茂，目的是为从事这方面工作的广大技术人员提供一本实用的参考书。

本书在编写过程中，参考过许多有关书籍和资料，特借此对这些作者表示感谢。虽经详加校核，但因时间限制和水平有限，谬误与不当之处，希望读者、专家惠予指正，以便再版时修正。

编著者

2001年12月

目 录

第一章 一般概念及基本资料

1. 桥梁养护的工作内容有哪几个方面?	1
2. 桥梁养护工程分哪几类? 各类养护工程又分别包括 哪些内容?	1
3. 桥梁养护应遵循哪些技术政策?	3
4. 桥涵养护的质量要求是什么?	3
5. 按照《桥梁管理工作制度》的规定, 桥梁养护管理工作 范围是如何划分的? 桥梁养护管理各级机构的职责 内容是什么?	3
6. 按照桥梁技术状况的不同, 应采取对应的养护维修措 施是什么?	5
7. 桥涵养护质量检查采用什么评定标准?	5
8. 公路桥涵按跨径是如何分类的? 桥涵的标准跨径是 如何规定的? 桥梁全长(总长度)是如何进行计算的?	6
9. 公路建筑限界和桥面净空是如何规定的?	7
10. 通航与非通航河道桥下净空是如何规定的?	9
11. 桥梁计算车辆荷载规范是如何规定的? 各级公路 应选用的车辆荷载等级是多少?	10
12. 在老桥加固改建工作中, 经常要碰到以往不同年代 按不同标准建造的桥梁, 至今我国桥梁设计中主要 曾采用了哪些规范或标准? 这些标准的汽车及验算 荷载的主要技术标准有何变化?	13

第二章 桥梁检测与评价

13. 桥梁检测评价的目的意义是什么?	21
14. 桥梁检查分为哪几种? 每种检查的工作内容是什么?	22
15. 按照《规范》规定, 桥梁经常性检查和定期检查是采用何种记录表格的?	25
16. 桥梁定期检查工作应按规范程序进行, 其检查的工作流程是什么?	27
17. 为了利于判断桥梁可能产生的病害原因, 必须在结构正常状况时设置永久性控制检测点, 具体的控制检测项目规范上规定有哪些?	28
18. 桥梁资料卡片的格式和内容是如何规定的?	29
19. 混凝土桥梁结构的重点检查部位是什么?	32
20. 桥梁结构混凝土强度的现场检测主要有哪几种方法?	33
21. 混凝土非破损检测法分类与测定内容是什么?	33
22. 回弹法检测混凝土强度的基本原理是什么? 检测时有哪些规定和要求?	34
23. 采用回弹法检测混凝土强度时常用哪几种测强曲线? 它们的用途有何不同?	36
24. 采用回弹法检测混凝土强度后, 回弹值是如何进行计算和修正的? 混凝土的强度是如何进行推算的?	48
25. 回弹法检测原始记录及构件混凝土强度计算的表格是如何设计的?	52
26. 回弹仪的常见故障及排除方法有哪些?	53
27. 超声波检测结构混凝土强度和内部缺陷的种类与计算公式是什么? 通过检测混凝土缺陷是如何判定的?	55
28. 检测混凝土强度时, 采用超声回弹综合法比回弹法有何优点?	57
29. 取芯法检测混凝土强度时检测所用取芯机, 钻头技	

术数据及计算公式是什么?	57
30. 混凝土保护层厚度检测的仪器的主要技术指标是什么?	59
31. 静载试验时常用的测试仪表有哪些? 各种测试仪表的适用范围是什么?	61
32. 电阻应变仪测试桥梁结构应变时,需用应变仪和电阻应变片(应变计)配合使用。电阻应变片的粘贴是测试前的一项重要工作,试问,电阻应变片的粘贴应注意什么事项?	61
33. 荷载试验时,裂缝观测、千分表应变观测、电阻应变仪应变观测、百分表挠度(位移)观测等是采用哪种表格进行记录的?	64
34. 什么是静力荷载试验? 其试验目的是什么?	66
35. 什么是动力荷载试验? 其试验目的是什么?	66
36. 确定桥梁桩基承载力的检测方法有哪几种方法? 试述垂直静载试验的步骤和要求。	67
37. 简述桩基高应变动力检测(也称凯斯法)判定单桩极限承载力的基本原理及检测方法。	73
38. 常用的钻孔灌注桩质量的检测有哪几种方法?	82
39. 斜拉桥斜拉索的索力测试常用的有哪几种方法? 简述振动法测索力的优越性。	83
40. 桥梁评定分为哪二种? 各种评定的内容分别是什么? 根据缺损程度(大小、多少或轻重)、缺损时结构使用功能的影响程度(无、小、大)和缺损发展变化状况(趋向稳定、发展缓慢、发展较快)等三个方面,以累加评分方法对各部件缺损状况作出等级评定。累加评分方法是如何进行的?	84
41. 桥梁总体技术状况的评定,宜采用考虑桥梁各部件权重的综合评定方法。桥梁各部件权重是如何确定的? 综合评定方法是如何进行的?	85

42. 桥梁承受恒载时,对各个部件如梁、拱、墩台所产生的裂缝最大限值的规定是多少?	86
43. 桥梁技术状况评定分为几类? 各类桥梁技术状况的评定标准是什么?	87
44. 桥梁综合评定中承载能力适应率、通行能力适应率、洪水渲泄能力适应率以及承载能力符合率是如何进行计算的?	91
45. 静力荷载试验时,对加载有哪些具体要求?	93
46. 为保证试验效果,在选择试验荷载大小和加载位置时采用静载试验效率 η_q 来进行控制,那么静载试验效率 η_q 是如何计算的?	95
47. 静力荷载试验前应进行哪些准备工作?	95
48. 桥梁荷载试验包括哪两种? 荷载试验的主要内容有哪些?	96
49. 静力荷载试验时,梁的内力控制截面是如何规定的?	97
50. 荷载试验时常用桥梁体系的主要测点是如何布设的?	97
51. 试举例说明梁桥及拱桥荷载试验时测点是如何布设的?	99
52. 桥梁静载试验报告应包括哪些主要项目? 各个项目又包括哪些内容?	102
53. 荷载试验完成后,加载试验资料是如何进行整理修正的?	104
54. 荷载试验资料整理完成后,如何对试验成果进行分析? 如何评价桥梁的结构状况?	107

第三章 桥梁养护维修

55. 桥面铺装主要有哪些功能? 常用桥面铺装又有哪几种类型?	111
56. 连续桥面有何优点? 其构造上有何特点?	112
57. 桥面铺装日常养护工作内容有哪些? 其维修养护	

措施是什么?	113
58. 桥面板损坏一般有哪几种类型? 产生各类损坏的主要原因是什么?	115
59. 根据桥面板产生损坏原因的不同, 其对应的维修措施是什么?	116
60. 桥面补强层加固方法有哪些?	117
61. 桥面板突然损坏后应急维修一般采用哪些措施?	119
62. 重新铺装桥面沥青混凝土面层施工应注意哪些事项? 重新铺筑水泥混凝土桥面施工时, 又应注意哪些问题?	120
63. 重新铺装的桥面施工要求是什么?	120
64. 在桥面铺装维修养护及混凝土构件表层损坏修复中常要用到一些特殊混凝土, 且在不同气候条件下如冬季施工时必须采用混凝土的外加剂。试问(1)目前采用的外加剂有哪些类型, 其适用范围是什么? (2)外加剂的参考用量是多少? (3)高强混凝土是如何制备的? 采用的高效减水剂必须具备哪些主要技术性能? (4)制备聚合物混凝土常用外加剂有哪些? 聚合物混凝土生产工艺是什么? 试提供一个聚合物混凝土的参考配比和一个聚合物水泥砂浆的参考配比。	121
65. 重新更换伸缩缝时, 位于伸缩缝两侧后浇筑水泥混凝土铺装必须有一个养生时间, 不同材料养生时间不同, 其养生时间是如何掌握的?	126
66. 桥面排水系统日常养护的工作内容是什么?	127
67. 人行道、栏杆、护栏、防撞墙等桥面附属设施的日常养护要做哪些工作?	128
68. 桥梁伸缩缝的日常养护工作内容是什么?	128
69. 模数式伸缩缝更换施工安装时应注意些什么?	129
70. 更换弹塑体材料填充式伸缩缝时, 安装施工应注	

意哪些事项?	130
71. 更换复合改性沥青填充式伸缩缝施工时应注意些 什么事项?·安装时是如何进行操作的?	130
72. 伸缩缝安装的质量标准是如何规定的?	133
73. 常用桥梁伸缩缝的形式有哪些?	133
74. 伸缩缝伸缩量是如何进行计算的?	134
75. 普通钢筋混凝土与预应力钢筋混凝土梁桥的日常 养护有哪些工作内容?	136
76. 混凝土梁桥表层缺陷有哪几种类型? 一般多发生 在哪些部位?	137
77. 钢筋混凝土梁桥梁体常见病害的处理方法有哪些?	138
78. 钢筋混凝土简支梁桥梁体常见裂缝有哪几种? 多 发生在什么部位? 有何特征? 发生的原因是什么?	139
79. 预应力混凝土梁桥、悬臂梁桥及连续梁桥梁体常 见裂缝有哪几种? 一般多发生在哪些部位? 有何 特征? 产生裂缝的主要原因是什么?	140
80. 钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土梁裂缝修补的常 用方法有哪些?	143
81. 用灌浆法修补混凝土裂缝时灌浆材料是如何配制 的? 灌浆工艺如何进行?	145
82. 钢管混凝土拱桥的日常养护工作有哪些内容?	149
83. 圬工拱桥(板拱桥、肋拱桥)的日常养护工作内容 有哪几个方面?	150
84. 钢筋混凝土拱桥(箱形拱桥、肋拱桥、双曲拱桥、 刚架拱桥、桁架拱桥,简单体系与组合体系拱桥) 的日常养护工作内容有哪些?	151
85. 钢筋混凝土拱桥(双曲拱桥、刚架拱桥、桁架拱桥) 常见裂缝产生的主要部位及形式有哪些?	153
86. 钢桥的日常养护工作主要有哪些内容?	155
87. 对钢桥的钢杆件进行油漆养护时应符合哪些要求?	155

88. 钢桥钢构件表面除锈的质量要求是什么?	156
89. 钢桥钢杆件防锈底漆常用的有哪些品种? 防锈面漆常用的有哪些品种?	156
90. 钢结构涂层的常见缺陷及处理方法有哪些?	159
91. 钢结构变形构件的矫正有哪些方法?	160
92. 联结钢构件的螺栓或铆钉出现病害时, 如何进行更换?	161
93. 钢杆件损伤时如何进行维修?	163
94. 钢桥的一般钢杆件(非主要承重构件)产生裂纹采用何种方法进行修复?	163
95. 斜拉桥及悬索桥(吊桥)的拉索及锚具日常养护中应做哪些工作?	164
96. 斜拉桥桥上附属设施的日常养护包括哪几个方面的工作?	165
97. 木桥的养护维修工作内容是什么?	165
98. 斜拉桥索塔钢筋混凝土承台和塔座往往容易出现表面裂缝, 试分析产生裂缝的主要原因及处理方法。	166
99. 斜拉桥塔柱施工过程中, 滑模、翻模、吊装支撑、塔吊扶墙、施工电梯导轨、脚手固定螺栓等预埋铁件如施工后没有及时清理干净, 这些铁件外露发生锈蚀而产生流淌锈水, 影响外观和混凝土质量, 对这种没有及时处理掉的预埋铁件是如何进行处理的?	167
100. 斜拉桥缆索如施工或养护不当易出现的病害, 病害有哪几种? 如何进行维修处理?	168
101. 常用的桥梁支座有哪几种? 用图表示常用桥梁支座的构造。	169
102. 桥梁支座的日常养护工作要求是什么?	170
103. 支座的常见病害有哪些? 其产生的原因是什么?	170

104. 如何处理桥梁支座落空的病害?	171
105. 桥梁墩台基础养护的工作内容主要有哪几个方 面?	174
106. 桥梁基础的常见病害有哪些?	175
107. 桥梁墩台结构常见裂缝一般都发生在什么部位? 其特征和发生的原因是什么?	176
108. 圯工墩台及钢筋混凝土墩台发生损坏时, 应采用 哪些方法进行维修养护?	178
109. 锥坡、桥台搭板及翼墙等附属设施的养护工作内 容有哪些?	180
110. 涵洞的日常养护工作内容有哪些?	181
111. 人行天桥的日常养护工作应包括哪些内容? 其 养护周期是如何确定的?	181
112. 钢筋混凝土驳岸(防汛墙)产生病害如何进行维修?	182
113. 砌石驳岸(防汛墙)产生病害时如何进行维修?	185
114. 驳岸(防汛墙)发生倾斜后如何进行维修?	186

第四章 桥梁上部结构加固

115. 钢筋混凝土梁桥和预应力混凝土梁桥的加固常 用的有哪些方法?	187
116. 桥面补强层加固有哪些特点? 必须采取的施 工工序和施工措施是什么?	189
117. 钢板粘贴加固法有何特点? 其常用形式有哪 几种? 其施工工艺有哪些?	191
118. 什么是纤维增强复合材料加固混凝土结构法? 其加固步骤及施工要求是什么?	197
119. 预应力加固法有何优点? 常用的有哪些加固形 式? 试举例说明预应力加固法的施工工艺及注 意事项是什么。	199
120. 改变结构体系加固法常用的有哪几种? 举例说	

明简支变连续加固法的施工工艺及作业要求。·····	203
121.桥梁拓宽加固常用的形式有哪几种?·····	206
122.桥梁拓宽加固时,新旧主梁是如何进行联结的?·····	208
123.试以图表形式表示桥梁加固拓宽的作业顺序。·····	210
124.圯工拱桥的维修加固有哪些有效方法?·····	211
125.双曲拱桥维修加固有哪些方法?·····	214
126.肋拱桥有哪些维修加固方法?·····	215
127.钢筋混凝土箱形板拱及多箱形式的板拱损坏时 是采用什么方法进行维修加固的?·····	216
128.桁架拱桥及刚架拱桥的维修加固方法有哪些?·····	216
129.钢管混凝土拱桥的维修加固法有哪些?·····	217
130.为了提高拱桥的承载能力,往往采用增加拱圈 厚度和刚度,加大拱肋截面、增设新拱肋等方法, 试列举不同情况下的不同加固方法。·····	218
131.减轻拱上自重的方法一般有哪几种?减轻自重 时应注意些什么事项?·····	221
132.试举例说明双曲拱桥上部结构采用体外预应力 加固的施工步骤及要求。·····	222
133.拱桥拓宽加固有哪几种方法?举例说明。·····	222
134.在拱桥加固中,若拱轴线变形较大,承载力不足 时,常采用顶推法调整拱轴线,恢复其承载力。 什么是顶推法?顶推加固工艺设计有哪些内容? 施工程序及人员组织是如何进行的?·····	226
135.钢板梁有哪些加固方法?按照钢结构受力情况 的不同又有哪些加固形式?·····	229
136.桁架钢梁(含贝雷梁)的加固方法有哪些?·····	231
137.当斜拉桥的斜拉索索力超过设计值,或拉索出 现锈蚀及钢丝断裂时应采取何种维修加固方法?·····	232
138.悬索桥(吊桥)的桥塔、加劲梁及吊索加固有哪 些主要方法?·····	234

139.涵洞的维修加固及改造有哪些方法?	236
----------------------------	-----

第五章 桥梁下部结构的加固

140.桥梁下部结构的常见病害有哪些?	238
141.什么是桥梁墩台基础的灌浆加固法? 灌浆加固 一般可分为哪几种类型?	239
142.灌浆加固时各种浆液材料是如何进行选择? 不同浆液材料的适用范围是什么?	239
143.试举例说明灌浆法在桥梁墩台基础加固中的施 工工艺及要求。	240
144.墩台扩大基础加固的施工是如何进行操作的? 施工时应注意些什么事项?	243
145.桩基础的加固一般采用何种方法? 举例说明其 施工步骤及注意事项。	244
146.桥台维修加固一般采用哪些方法? 施工时应注 意些什么问题?	247
147.桥墩维修加固一般采用哪些方法? 施工时应注 意些什么事项?	249
148.桥梁顶升加固是如何进行施工的? 施工中应注 意些什么事项?	251

第六章 桥梁抗震加固

149.表示地震强度的方法有哪两种? 分别表示地震 的什么指标? 它们之间有何关系?	254
150.中国地震烈度是如何划分的? 国家公路工程抗 震设防又是如何划分的? 抗震设计应符合什么 要求?	255
151.桥梁遭受地震时一般有哪些震害现象?	260
152.桥梁抗震加固的原则是什么?	261
153.在桥梁抗震加固中,一般说来按照不同的情况有	

哪些加固措施是可行的? 哪些是必须在桥梁改建时才使用的?	262
154. 梁式桥为防止顺桥向(纵向)落梁的抗震加固可采取哪些方法?	264
155. 设置纵向挡块加固时,挡块锚栓的截面积是如何进行计算的?	269
156. 防止横向落梁的抗震加固措施有哪些方法?	270
157. 防止支座破坏的抗震加固措施主要有哪些方法?	272
158. 拱桥的抗震加固主要有哪些方法?	273
159. 桥梁墩、台和基础的抗震加固方法有哪些?	275

第七章 超重车辆过桥管理与加固措施

160. 什么是超重车辆? 国家对超限车辆有何规定?	283
161. 超重车辆过桥的管理内容与要求有哪些?	283
162. 超重车辆过桥时必须遵循什么行驶规定才能确保安全?	285
163. 超重车辆过桥时桥梁承载能力的验算应遵照的原则是什么?	285
164. 超重车辆能否安全通过桥梁是如何确定的?	286
165. 超重车辆过桥时桥梁承载能力的验算可采用哪两种计算方法?	286
166. 超重车辆过桥常用的临时加固措施有哪些?	288

第八章 桥梁防护与抢修

167. 桥梁结构的防洪能力是如何进行评定的? 防洪能力分为哪几个等级? 其评定标准有何规定的?	291
168. 洪水观测包括哪些方面? 具体是如何进行的?	292
169. 桥梁在山洪作用下主要会产生哪些破坏?	294
170. 桥梁抗洪有哪些有效对策和相关措施?	295
171. 为防止水毁现象的发生,按规定应做好哪几方	

面的预防工作?	298
172. 桥梁基础抗冲刷可采用哪些有效措施?	300
173. 举例说明桥墩在暴洪冲击下是如何遭受破坏的。	307
174. 洪水期中,当洪水对桥梁产生破坏时应按不同 情况采取哪些有效的抢险措施?	308
175. 为保护桥梁锥坡、路堤和导流坝等构造物,减少 水流冲击和水流的冲刷影响,常用的防浪措施 有哪些?	309
176. 预防冰害可采取哪些措施? 当气候突变时河流 解冻的流水冰,会对桥梁墩台、桩、破冰体和导流 坝产生不同的冲击,此时应采取哪些有效的防护 方法?	310
177. 为防止桥梁遭受冰害,在解冻前用爆破法将桥 墩四周炸出宽 0.5m 冰槽,桥墩四周冰槽爆破装 药量与桥墩的安全距离是多少?	311
178. 当用爆破法开凿流冰路时,装药点的行列间距、 药量与沉放深度的关系是什么?	312
179. 冰凌爆破时应注意哪些事项?	313
180. 桥梁或涵洞被洪水冲垮后,修筑便道便桥时应 遵循什么原则?	313
181. 砖、石拱桥的抢修和临时加固一般可采用哪些 方法?	314
182. 泥石流有哪几种? 防治时应遵守什么原则?	315
183. 桥梁墩台基础受冻害影响主要表现在哪几个方面?	316
184. 涵管受冻害的主要现象有哪几个方面?	317
185. 桥梁墩台基础冬季融沉的防治有哪些措施?	318
186. 减弱或消除桥台水平冻胀力有哪些有效措施?	319
参考文献	321

第一章 一般概念及基本资料

1. 桥梁养护的工作内容有哪几个方面？

公路桥梁是道路不可分割的重要组成部分,直接影响着行车安全和畅通,因此,为了保证桥梁经常处于完好的技术状态,满足承载能力和通行能力的要求,必须对桥梁进行养护管理与维修加固。桥梁养护的工作内容主要有如下几个方面:

- (1)技术状况检查;
- (2)建立和健全完善的桥梁技术档案;
- (3)桥梁构造物的安全防范;
- (4)桥梁构造物的经常保养、维修和加固。

2. 桥梁养护工程分哪几类? 各类养护工程又分别包括哪些内容?

桥涵的养护按其工程性质、规模大小、技术难易程度划分为小修保养、中修、大修、改建工程四类,各类养护工程分别包括下列内容:

(1)小修保养工程:对管养范围内的桥涵及其工程设施进行预防性保养和修补轻微损坏部分使其经常保持完好状态。它通常是由基层管理机构在年度小修保养定额经费内,按月(旬)排计划,经常进行的工作。

(2)中修工程:对管养范围内桥涵及其工程设施的一般性磨损和局部损坏进行定期的修理加固,恢复原状的小型工程项目。它通常是由基层管理机构按年(季)安排计划并组织实施。

(3)大修工程:对管养范围内的桥涵及其工程设施的较大损坏进行周期性的综合修理,以全面恢复到原设计标准;或在原技术等

级范围内进行局部改善和个别增建,以逐步提高通行能力的工程项目。

(4)改建工程:对桥梁及其工程设施因不适应交通量、载重、泄洪或局部改建需要提高技术等级及重建,或通过改建显著提高其通行能力的较大工程项目。

按照《公路养护工程管理办法》的规定,桥梁、涵洞养护工程分类范围见表 1-1。

桥涵养护工程分类范围表

表 1-1

工程 项目	小 修 保 养	中 修 工 程	大 修 工 程	改建工程
桥梁 涵洞 隧道	<p>保养:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 清除污泥、积雪、结冰、杂物,保持桥面的清洁。 2. 疏通涵管,疏导桥下河槽。 3. 伸缩缝养护,泄水孔疏通,钢支座加润滑油,栏杆油漆。 4. 桥涵的日常养护。 5. 保持隧道内及洞口清洁。 <p>小修:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 局部修理、更换桥栏杆和修理泄水孔、伸缩缝、支座和桥面的局部轻微损坏。 2. 修补墩、台及河床铺底和防护圯工的微小损坏。 3. 涵洞进出口的铺砌加固。 4. 通道的局部维修和疏通修理排水沟。 5. 清除隧道洞口碎落岩石和修理圯工接缝,处理渗漏水 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理、更换木桥的较大损坏构件及防腐。 2. 修理更换中小桥支座、伸缩缝及个别构件。 3. 大中型钢桥的全面油漆除锈和各部件的检修。 4. 永久性桥墩、台侧墙及桥面的修理和小型桥面的加宽。 5. 重建、增建、接长涵洞。 6. 桥梁河床铺底或调治构造物的修复和加固。 7. 隧道工程局部防护加固。 8. 通道的修理与加固。 9. 排水设施的更新。 10. 各类排水泵站的修理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在原技术等级内加宽、加高大中型桥梁。 2. 改建、增建小型桥梁和技术性简单的中桥。 3. 增改建较大的河床铺底和永久性调治构造物。 4. 吊桥、斜拉桥的修理与个别索的调整更换。 5. 大桥桥面铺装的更换。 6. 大桥支座、伸缩缝的修理更换。 7. 通道改建。 8. 隧道的通风和照明排水设施的大修或更新。 9. 隧道的较大防护、加固工程 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高公路技术等级,加宽、加高大中型桥梁。 2. 改建、增建小型立体交叉桥。 3. 增建公路通道。 4. 新建渡口的公路接线、码头引线。 5. 新建短隧道工程

3. 桥梁养护应遵循哪些技术政策?

(1)必须贯彻“预防为主,防治结合”的方针,根据积累的技术经济资料 and 当地具体情况,通过检测及科学分析,预作防范,消除导致桥梁损坏因素,增强桥梁的耐久性和抗灾能力。特别要做好雨季和冬季的防护工作,以减少水毁和冻胀损失。

(2)全面贯彻执行《公路桥梁养护管理工作制度》,加强桥梁的检查、维修、加固和改建,逐步消灭危桥。及时处理废桥、碍洪桥,改建加宽窄路窄桥和不符合公路荷载等级的桥梁。

(3)推广应用先进的养护技术和科学的管理办法,改善养护手段,提高养护技术水平,采用先进设备机具。

(4)重视环境保护和综合治理,保护河道自然平衡,保护景观和文物古迹;防止河道变迁和环境污染。

(5)养护工程设计应符合现行《公路工程技术标准》、《桥涵设计规范》,施工时应遵守有关施工技术规范并注意保障车辆畅通。

(6)加强以桥面养护为中心、以承重部件养护为重点的全面养护。

4. 桥涵养护的质量要求是什么?

(1)养护质量要求:保持桥涵外观整洁、桥面坚实平整、横坡适度、行车舒适、排水畅通,构部件完好无损、标志齐全明显。

(2)桥涵是道路的有机组成部分,因此其养护质量的考核应按养护评定标准的有关规定统一进行考核。

5. 按照《桥梁管理工作制度》的规定,桥梁养护管理工作范围是如何划分的? 桥梁养护管理各级机构的职责内容是什么?

(1)桥梁养护实行三级负责制:

①县级公路管理机构设专职桥梁养护工程师(或技术员);

②地(市)级公路管理机构设专职桥梁养护工程师;

③省级公路管理机构由总工程师兼管桥梁养护管理工作,也

可授权公路养护处(科)设专职桥梁养护主管工程师,负责全省桥梁养护管理工作。

(2)县段级专职桥梁养护工程师职责:

①主持桥梁(涵、隧道)的经常性检查,并详尽记录检查结果。

②根据经常性检查结果,负责向上一级专职桥梁养护工程师和本县段主管领导报告三类以上桥梁的病害状况。

③负责主持辖区内桥梁(涵、隧道)小修保养和抗灾抢险工作,考核桥梁养护质量,及时上报辖区的桥梁(涵洞、隧道)受自然灾害和其他因素损坏的情况。并根据上级审定的超重车辆通过桥梁方案,组织和指导超重车辆通过,其后详细检查有无破损,同时记录在案。

④提出辖区内桥梁(涵、隧道)小修保养年度工作计划。

⑤参与辖区内桥梁养护大、中修、改善工程的竣工验收。

⑥协助上一级专职桥梁养护工程师作定期检查。

(3)市(地)级专职桥梁养护工程师职责:

①制定、安排桥梁年度定期检查计划,组织实施辖区内桥梁养护的定期检查,以及桥梁受各种自然灾害、人为损害情况的检查,并按规定提出检查报告。

②根据上述检查结果,提出桥梁养护、维修、改善方案和对策措施。

③向上级专职桥梁养护主管工程师或总工程师提出年度需作特殊检查桥梁的申请报告,说明需要检查的部位和原因,供总工程师审定。

④提出辖区内桥梁养护大、中修、改善工程项目年度计划。

⑤负责桥梁养护大、中修工程计划的落实和工程施工的监督、检查和质量控制。

⑥组织桥梁大、中修、改建工程的中间检查和竣工验收。

⑦参与辖区内桥梁新建工程的竣工验收。

⑧审核辖区内桥梁小修保养年度计划。

⑨监督、检查县级公路管理机构的桥梁小修保养工作情况。

⑩协助实施辖区内桥梁的特殊检查工作。

⑪负责辖区内桥梁技术档案的补充、完善和保密工作。定期对辖区内桥梁技术状况作出综合评价与分析。

(4)省级公路管理机构总工程师及其授权的专职桥梁养护主管工程师职责:

①负责全省、自治区、市辖区内的桥梁养护技术工作。

②审核并提出桥梁特殊检查工作计划并组织实施。

③主持审定桥梁特殊检查报告,依据特殊检查报告,向本局主管领导提出桥梁特殊加固、改造、改建工程项目建议。

④组织专职桥梁养护工程师的技术业务培训。

⑤组织制定全省、自治区、市的桥梁养护工作计划,审批桥梁加固、改造设计方案,并监督实施。

⑥提出桥梁养护的科研计划,主持审定科研成果,组织检查、分析桥梁养护工作中的重大质量、安全事故。

⑦参加超限运输车辆通过桥梁的审批,审定超限运输车辆通过公路桥梁的方案。

(5)特大型桥梁由省级公路管理机构或授权桥梁所在地公路管理机构专设桥梁管理所进行养护管理。管理所设专职桥梁养护工程师,行使相应的职责权限。

6.按照桥梁技术状况的不同,应采取对应的养护维修措施是什么?

各类桥梁的养护措施分别是:一类桥梁进行正常保养;二类桥梁需进行小修;三类桥梁需进行中修;四类桥梁需进行大修或改建。

7.桥涵养护质量检查采用什么评定标准?

目前对桥涵养护质量的检查评定采用的是《公路养护质量检查评定标准》(JTJ 075—94)规定的标准,具体见表 1-2。

桥涵养护质量检查扣分标准(JTJ 075—94) 表 1-2

病害名称 扣分数	桥头(涵顶)跳车(处)	桥涵排水不良、构部件 破损、隧道损坏(处)
扣 1 分	1	1
扣 2 分	2	2
扣 3 分	3	3
	余类推	—
最高扣分(分)	6	6

8. 公路桥涵按跨径是如何分类的？桥涵的标准跨径是如何规定的？桥梁全长(总长度)是如何进行计算的？

(1) 桥梁按跨径分为特大桥、大桥、中桥、小桥及涵洞，具体划分见表 1-3。

桥梁涵洞按跨径分类 表 1-3

桥 涵 分 类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_0 (m)
特大桥	$L > 500$	$L_0 \geq 100$
大桥	$100 \leq L < 500$	$40 \leq L_0 < 100$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_0 < 20$
涵洞	$L < 8$	$L_0 < 5$

注：①单孔跨径系指标准跨径而言；

②多孔跨径总长仅作为划分特大桥、大、中、小桥及涵洞的一个指标；梁式桥、板式桥涵为多孔标准跨径的总长；拱式桥涵为两岸桥台内起拱线间的距离；其它形式桥梁为桥面系车道长度；

③圆管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少，均称为涵洞。

(2) 桥涵标准跨径规定为：

0.75、1.0、1.25、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10、13、16、20、25、30、35、40、45、50、60m

标准设计或新建桥涵,当跨径在 60m 以下时,应尽量采用标准跨径。

标准跨径:梁式桥、板桥、板式桥涵以两桥(涵)墩中线间距离或桥(涵)墩中线与台背前缘间距为准;拱式桥涵、箱涵、圆管涵以净跨径为准。

(3)桥梁全长(总长度)的计算原则是:

- ①有桥台的桥梁全长为两岸桥台侧墙或八字墙尾端的距离;
- ②无桥台的桥梁全长为桥面系行车道长度。

9. 公路建筑限界和桥面净空是如何规定的?

(1)公路建筑限界规定见表 1-4。

建筑限界

表 1-4

公路等级	各级公路建筑限界简图
高速公路和一级公路(整体式)	
高速公路、一级公路(分离式)	

续上表

公路等级	各级公路建筑限界简图
二、三、四级公路和隧道	<p style="text-align: center;">二、三、四级公路 隧道</p>

图中： W ——行车道宽度；

C ——当计算行车速度等于或大于 100km/h 时为 0.50m ，小于 100km/h 时为 0.25m ；

S_1 ——行车道左侧路缘带宽度；

S_2 ——行车道右侧路缘带宽度；

M_1, M_2 ——中间带及中央分隔带宽度；

E ——建筑限界顶角宽度；

H ——净高，汽车专用公路和一级、二级公路为 5.0m ，三、四级公路为 4.5m ，一条公路应采用一个净高；

L_1 ——左侧硬路肩宽度；

L_2 ——右侧硬路肩或紧急停车带宽度；

L ——侧向宽度，高速公路、一级公路的侧向宽度为硬路肩宽度 (L_1, L_2)，其它各级公路的侧向宽度为路肩宽度减去 0.25m

注：①当桥梁、隧道设置的人行道宽度大于侧向宽度时，建筑限界应包括所增加的宽度；

②人行道、自行车道分别设置时，其净高一般为 2.5m 。

(2)桥面净空应符合公路建筑限界的规定。在建筑限界内，不得有任何部件侵入。平原微丘区的二级公路上的特大桥及大、中桥，其侧向宽度可适当减小。

三级公路山岭重丘区及四级公路上桥梁的行车道宽度一般采用 7m ，仅在路基宽度为 4.5m 的路段上采用 4.5m 。当改建四级公

路时,在满足行车条件下,对桥面行车道宽度为 6m 的原有特大桥及大、中桥可暂不加宽。

高速公路、一级公路,一般宜设计为上、下行的两座独立桥梁。

人行道的宽度,一般为 0.75m 或 1m;大于 1m 时,按 0.5m 的倍数增加。一般公路上不设人行道的桥梁应设置栏杆和安全带。小桥和涵洞可仅设缘石或栏杆。

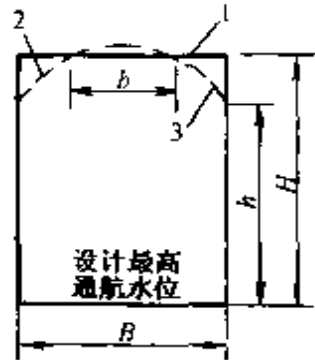
10. 通航与非通航河道桥下净空是如何规定的?

桥下净空应根据计算水位或最高流冰水位加安全高度确定。当在河流中有形成流冰阻塞的危险或有漂浮物通过时,桥下净空应按当地具体情况确定。对于有淤积的河床,应适当增加桥下净空的高度。

在通航和流放木筏的河流上,桥下净空应适应通航要求,具体见表 1-5;非通航河道净空要求见表 1-6。

桥下通航净空尺度

表 1-5

航道等级	通航驳船吨位 (t)	桥下净跨(m)				桥下净高(m)		简图
		天然及渠化河流		人工运河		H	h	
		B	b	H	b			
一	3000	70	65	50	35	12.5	5	
二	2000	70	55	50	35	11.0	5	
三	1000	60	45	40	30	10.0	3	
四	500	44	35	28~30	23	7~8	3	
五	300	32~38.5	30	25	20	4.5~5.5	2	
六	50~100	20	15	13	10	3.5~4.5	1.5	

1-表示梁桥;2-表示拱桥;3-表示底梁带斜撑的桥

注:本表不包括通航海轮和长江干流段(宜宾至海口段)。

非通航河流桥下净空

表 1-6

桥梁的部位	高出计算水位(m)	高出最高流水面(m)
梁底	0.50	0.75
支承垫石顶面	0.25	0.50
拱脚	0.25	0.25

注:无铰拱的拱脚可被设计洪水位淹没,但不宜超过拱圈高度的 2/3,且拱顶底面至计算水位的净高不得小于 1.0m。

11. 桥梁计算车辆荷载规范是如何规定的? 各级公路应选用的车辆荷载等级是多少?

各级汽车荷载主要技术指标见表 1-7。

各级汽车荷载主要技术指标

表 1-7

主要指标	计量单位	<div> <div>汽车—10级</div> <div>主车</div> <div>重车</div> <div>汽车—15级</div> <div>主车</div> <div>重车</div> <div>汽车—20级</div> <div>主车</div> <div>重车</div> <div>汽车—超20级</div> <div>主车</div> <div>重车</div> </div>				
一辆汽车总重力	kN	100	150	200	300	550
一行汽车车队中重车辆数	辆	-	1	1	1	1
前轴重力	kN	30	50	70	60	30
中轴重力	kN	-	-	-	-	2×120
后轴重力	kN	70	100	130	2×120	2×140
轴距	m	4	4	4	4+1.4	3+1.4+7+1.4

续上表

主要指标	计量单位	汽车—10级 主车 重车 —汽车—15级— 主车 重车 —汽车—20级— 主车 重车 —汽车—超20级— 主车 重车				
轮距	m	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
前后轮着地宽度及长度	m	0.25×0.2	0.25×0.2	0.3×0.2	0.3×0.2	0.3×0.2
中轮着地宽度及长度	m	0.5×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2
车辆外形尺寸 (长×宽)	m	7×2.5	7×2.5	7×2.5	8×2.5	15×2.5

注：—行汽车车队中主车辆数不限。

各级验算荷载主要技术标准见表 1-8。

各级验算荷载主要技术指标

表 1-8

主要技术指标	计量单位	履带—50	挂车—80	挂车—100	挂车—120
车辆重力	kN	500	800	1 000	1 200
履带数或车轴数	个	2	4	4	4
各条履带压力或每个车轴重力	kN	56kN/m	200	250	300
履带着地长度或纵向轴距	m	4.5	1.2+4 +1.2	1.2+4 +1.2	1.2+4 +1.2
每个车轴的车轮组数目	组	—	4	4	4


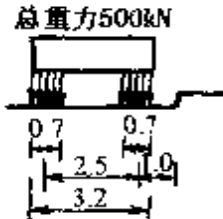
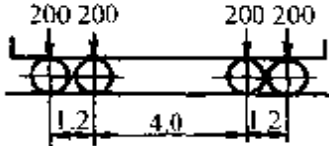
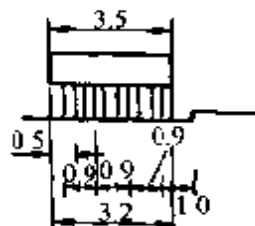
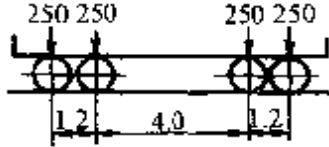
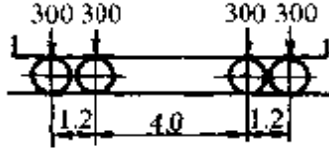
续上表

主要技术指标	计量单位	履带—50	挂车—80	挂车—100	挂车—120
履带横向中距或车轮横向中距	m	2.5	3×0.9	3×0.9	3×0.9
履带宽度或每对车轮着地宽度和长度	m	0.7	0.5×0.2	0.5×0.2	0.5×0.2

各级验算荷载图式和横向布置见表 1-9, 各级公路车辆荷载的选用见表 1-10。

各级验算荷载图式和横向布置

表 1-9

验算级别	纵向排列	横向布置
履带—50	 <p>各条履带压力56kN/m 4.5</p>	 <p>总重力500kN 0.7 0.7 2.5 3.2</p>
挂车—80	 <p>200 200 200 200 1.2 4.0 1.2</p>	 <p>3.5 0.5 0.9 0.9 0.9 3.2 1.0</p>
挂车—100	 <p>250 250 250 250 1.2 4.0 1.2</p>	
挂车—120	 <p>300 300 300 300 1.2 4.0 1.2</p>	

重力单位:kN
尺寸单位:m

各级公路车辆荷载的选用

表 1-10

公路等级	高速公路	一	二	二	三	四
计算荷载	汽车—超 20 级	汽车—超 20 级 汽车—20 级	汽车— 20 级	汽车— 20 级	汽车— 20 级	汽车— 10 级
验算荷载	挂车—120	挂车—20 挂车—100	挂车—100	挂车—100	挂车—100	履带—50

注：①一条路线上的桥涵，一般应用同一计算荷载和验算荷载；

②当改建三级公路时，对达到汽车—15 级、挂车—80 荷载标准的原有桥梁可适当利用；

③有集装箱运输的一级公路，应采用汽车—超 20 级、挂车—120 的荷载。

④桥面行车道宽度为 4.5m 的桥梁，其平板挂车不作具体规定，设计时可按实际情况自行确定。

12. 在老桥加固改建工作中，经常要碰到以往不同年代按不同标准建造的桥梁，至今我国桥梁设计中主要曾采用了哪些规范或标准？这些标准的汽车及验算荷载的主要技术标准有何变化？

历年来我国公路桥梁设计中采用的主要规范或标准见表 1-11 所列。

历年来采用的主要规范及标准

表 1-11

序号	颁布年度	规范或标准名称	备 注
1	1936 年	公路桥梁涵洞工程设计暂行准则	由当时全国经济委员会公路处制订颁布
2	1940 年	交通部公路桥梁涵洞工程设计暂行准则(草案)	由当时交通部公路总管理处制订颁布

续上表

序号	颁布年度	规范或标准名称	备 注
3	1941 年	公路桥梁涵洞设计准则	由当时交通部公路总管理处制订颁布
4	1954 年	公路工程设计准则	中央交通部
5	1956 年	公路工程设计准则(修订草案)	交通部
6	1967 年	公路桥涵车辆荷载及净空标准暂行规定	交通部
7	1972 年	公路工程技术标准(试行)	交通部
8	1981 年	公路工程技术标准(JTJ 1—81)	交通部
9	1988 年	公路工程技术标准(JTJ 01—88)	交通部
10	1985 年	公路桥涵设计通用规范(JTJ 021—85)	交通部
11	1989 年	公路桥涵设计通用规范(JTJ 021—89)	交通部

公路桥梁汽车荷载主要技术指标的变化见表 1-12。

公路桥梁验算荷载主要技术指标的变化见表 1-13。

公路桥梁汽车荷载主要技术指标的演变

表 1-12

规 范	荷载等级	一辆汽车 总重力 (kN)	一行汽车 车队中重 车辆数 (辆)	前轴 重力 (kN)	中轴 重力 (kN)	后轴 重力 (kN)	轴距 (m)	轮距 (m)	前轮着 地宽度 及长度 (m)	中后轮着 地宽度及 长度 (m)	车辆外 形尺寸 (长×宽) (m)
1941 年《公 路桥梁涵洞设 计准则》	载重 75kN	75kN	1	14		60	4.25	1.85			
	载重 100kN	100kN	1	20		80	4.25	1.85			
	载重 120kN	120kN	1	24		86	4.25	1.85			
	载重 150kN	150kN	1	30		120	4.25	1.85			
	载重 200kN	200kN	1	40		160	4.25	1.85			
1954 年《公 路工程设计准 则》及 1956 年 《公路工程设 计准则(修订 草案)》	汽—6	标准车	不限制	18		42	4.0	1.7	0.10	0.2×0.2	8×2.7
		加重车	1	21		57	4.0	1.7	0.15	0.2×0.2	
	汽—8	标准车	不限制	24		56	4.0	1.7	0.15	0.3×0.2	8×2.7
		加重车	1	28		76	4.0	1.7	0.15	0.3×0.2	
	汽—10	标准车	不限制	30		70	4.0	1.7	0.15	0.3×0.2	8×2.7
		加重车	1	35		95	4.0	1.7	0.2	0.4×0.2	
	汽—13	标准车	不限制	39		91	4.0	1.7	0.2	0.4×0.2	8×2.7
		加重车	1	45.5		1235	4.0	1.7	0.25	0.6×0.2	
	汽—18	标准车	不限制	60		120	6.0	1.9	0.3	0.7×0.2	8×2.7
		加重车	1	60		2×120	6.8	1.9	0.3	0.7×0.2	

续上表

规 范	荷载等级	一辆汽车 总重力 (kN)	一行汽车 车队中重 车辆数 (辆)	前轴 重力 (kN)	中轴 重力 (kN)	后轴 重力 (kN)	轴距 (m)	轮距 (m)	前轮着 地宽度 及长度 (m)	中后轮着 地宽度及 长度 (m)	车辆外 形尺寸 (长×宽) (m)
1967 年《公 路桥涵车辆荷 载及净空标准 暂行规定》	汽—10	100	1	30		70	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	列车	65	不限制	20		45	4.0	1.8	0.2×0.2	0.4×0.2	7×2.5
	汽—15	150	1	45		105	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	列车	100	不限制	30		70	4.0	1.8	0.25×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	汽—26	260	1	60		2×100	4.0+1.3	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	8×2.5
	列车	150	不限制	45		105	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
1972 年《公 路工程技术标 准(试行)》	汽—10	100	不限制	30		70	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	重车	150	1	50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	汽—15	150	不限制	50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	重车	200	1	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	汽—20	200	不限制	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	重车	300	1	60		2×120	4.0+1.4	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	8×2.5

续上表

规 范	荷载等级	一辆汽车 总重力 (kN)	一行汽车 车队中重 车辆数 (辆)	前轴 重力 (kN)	中轴 重力 (kN)	后轴 重力 (kN)	轴距 (m)	轮距 (m)	前轮着 地宽度 及长度 (m)	中后轮着 地宽度及 长度 (m)	车辆外 形尺寸 (长×宽) (m)
1981 年《公 路工程技术标 准(JTJ 1—81)》	汽车 —10 级	100	不限制	30		70	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	重车	150	1	50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	汽车	150	不限制	50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	—15 级	200	1	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	汽车	200	不限制	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	—20 级	300	1	60		2×120	4.0+1.4	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	8×2.5
	汽车— 超 20 级	200	不限制	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
		550	1	30	2×120	2×140	3+1.4+ 7+1.4	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	15×2.5
	汽车	100		30		70	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	—10 级	150	-	50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
1985 年《公 路桥涵设计通 用规范 (JTJ 021—85)》	汽车	150		50		100	4.0	1.8	0.25×0.2	0.5×0.2	7×2.5
	—15 级	200	1	70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	汽车	200		70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	—20 级	300	1	60		2×120	4.0+1.4	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	8×2.5

续上表

规 范	荷载等级	一辆汽车 总重力 (kN)	行汽车 车队中重 车辆数 (辆)	前轴 重力 (kN)	中轴 重力 (kN)	后轴 重力 (kN)	轴距 (m)	轮距 (m)	前轮着 地宽度 及长度 (m)	中后轮着 地宽度及 长度 (m)	车辆外 形尺寸 (长×宽) (m)
1985年《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—85)	主车	200		70		130	4.0	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	7×2.5
	重车	550	1	30	2×120	2×140	3+1.4+ 7+1.4	1.8	0.3×0.2	0.6×0.2	15×2.5
	主车	100		30		70	4.0	1.8	0.25×0.20	0.5×0.2	7×2.5
	重车	150	1	50		100	4.0	1.8	0.25×0.20	0.5×0.2	7×2.5
现行: 1989年《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)	主车	150		50		100	4.0	1.8	0.25×0.20	0.5×0.2	7×2.5
	重车	200	1	70		130	4.0	1.8	0.25×0.20	0.6×0.2	7×2.5
	主车	200		70		130	4.0	1.8	0.25×0.20	0.6×0.2	7×2.5
	重车	300	1	60		2×120	4.0+1.4	1.8	0.25×0.20	0.6×0.2	8×2.5
	主车	300		60		2×120	4.0+1.4	1.8	0.25×0.20	0.6×0.2	8×2.5
	重车	550	1	30	2×120	2×140	3+1.4+ 7+1.4	1.8	0.25×0.20	0.6×0.2	15×2.5

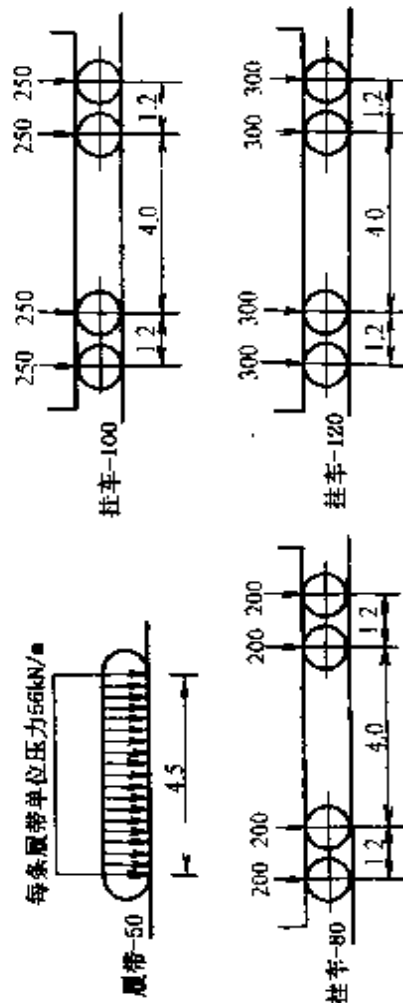
公路桥梁验算荷载主要技术指标的演变

表 1-13

规 范	荷载等级	车辆重力 (kN)	履带数或 车轴数 (个)	各条履带压 力或每个车 轴重力 (kN)	履带着地长度 或纵向轴距 (m)	每个车轴的 车轮组数目 (组)	履带横向中 距或车轮横 向中距 (m)	履带宽度或 每对车轮着 地宽度和 长度 (m)
1956 年《公路工 程设计准则(修正 草案)》	拖—30	300	2	37.5kN/m	4.0	-	2.5	0.5
	拖—60	600	2	60kN/m	5.0	-	2.6	0.7
	拖—80	800	4	200	1.2+1.2+1.2	6	2.7	0.8
1967 年《公路桥 涵车辆荷载及净 空标准暂行规定》	履带—50	500	2	56kN/m	4.5	-	2.5	0.7
	拖车—60	600	-	150	1.2+5.0+1.2	8	3×0.8	0.5×0.2
	拖车—100	1000	-	250	1.2+6.0+1.2	8	3×0.9	0.5×0.2
1972 年《公路工 程技术标准(试 行)》	履带—50	500	2	56kN/m	4.5	-	2.5	0.7
	挂车—80	800	4	200	1.2+4.0+1.2	8	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—100	1000	4	250	1.2+4.0+1.2	8	3×0.9	0.5×0.2
1981 年《公路工 程技术标准》	履带—50	500	2	56kN/m	4.5	-	2.5	0.7
	挂车—80	800	4	200	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—100	1000	4	250	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—120	1200	4	300	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2

续上表

规 范	荷载等级	车辆重力 (kN)	履带数或 车轴数 (个)	各条履带压 力或每个车 轴重力 (kN)	履带着地长度 或纵向轴距 (m)	每个车轴的 车轮组数目 (组)	履带横向中 距或车轮横 向中距 (m)	履带宽度或 每对车轮着 地宽度和 长度 (m)
1985年《公路桥涵设计通用规范》	履带—50	500	2	56kN/m	4.5	—	2.5	0.7
	挂车—80	800	4	200kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—100	1000	4	250kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—120	1200	4	300kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
现行： 1989年《公路桥涵设计通用规范》 (JTJ 021—89)》	履带—50	500	2	56kN/m	4.5	—	2.5	0.7
	挂车—80	800	4	200kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—100	1000	4	250kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2
	挂车—120	1200	4	300kN	1.2+4.0+1.2	4	3×0.9	0.5×0.2



现行标准平板
挂车和履带车荷
载的纵向排列图
(JTJ 021—89)

第二章 桥梁检测与评价

13. 桥梁检测评价的目的意义是什么？

桥梁检测与评价的主要目的意义是：

(1) 评定现有桥梁的实际承载能力，为桥梁的使用及维修加固提供必要的依据。

① 桥梁由于营运使用多年，主要部位出现缺陷如裂缝、错位、沉降等，通过检查确定桥梁各部损坏的程度及实际承载能力；

② 原来按旧标准规定的荷载等级设计建造的桥梁，现在由于交通量的不断增加，车辆载重量的不断加大，对桥梁通过能力和承载能力的要求也愈来愈高，通过检查评价，可确定现有桥梁的荷载等级，从而决定是否需要通过加固来提高其荷载等级；

③ 近年来随着我国现代化工业建设的发展，特大型工业设备、集装箱运输逐渐频繁，超重车辆必须过桥的情况时有发生，通过检查评价，可确定超重车辆是否能安全通过，并为临时加固提供技术资料；

④ 桥梁遭受特大灾害时，如因地震、洪水等而受到严重损坏或在建造、使用过程中发生严重缺陷等（如质量事故、过度的变形和严重裂缝以及意外的撞击受损断裂等），需通过检查评价为进行桥梁的修复加固提供可靠依据。

(2) 建立和积累必要的技术资料，建立桥梁数据库。

① 现有桥梁资料不全或缺乏资料，需通过检查，重新建立和积累技术资料，为加强科学管理和提高桥梁技术水平提供必要条件；

② 系统地收集桥梁技术数据、建立桥梁数据库是桥梁计算机管理系统的基础工作，旨在更好地养护管理好桥梁，并能指导今后

的桥梁养护、加固与维修工作。

(3)检验桥梁结构的质量,确定工程的可靠度,推动和发展旧桥评定及新结构的设计计算理论。

①对于一些重要的大桥或特大桥梁,在建成之后,通过检查评价,可评定其设计与施工质量,确定工程的可靠度;

②对采用新型结构的桥梁,通过检查评价,可验证理论的实践性和可靠性,进一步发现问题,总结经验,以便对结构设计理论及结构形式加以改进,使其更臻完善;

③对经过维修加固的桥梁进行竣工检查,通过检查可检验维修加固的质量,并验证加固方法的合理性与可靠性;

④了解桥梁实际受力状态,判断结构的安全承载能力和使用条件。

14. 桥梁检查分为哪几种? 每种检查的工作内容是什么?

桥梁检查分经常性检查、定期检查和特殊检查三种。

经常性检查以直接目测为主,配合简单工具量测,一般可和桥梁的小修保养工作结合进行,每月至少进行一次。

(1)经常性检查的项目和内容有:

- ①桥面是否平整、有无损坏;
- ②桥面泄水管是否损坏、堵塞;
- ③桥面是否清洁,有无杂物堆积,杂草生长、蔓延;
- ④栏杆扶手、引道护栏是否断裂、撞坏、锈蚀;
- ⑤伸缩缝是否填塞、破损、失效;
- ⑥锥坡、翼墙有无开裂、坍塌、沉陷;
- ⑦交通信号、标志、照明设施是否完好;
- ⑧其他显而易见的损坏(病害)。

定期检查以目测结合仪器检查为主,对桥梁各部分进行详细检查,一般安排在有利于检查的气候条件下进行。

定期检查的时间根据桥梁的不同情况规定为:

- ①新建桥梁竣工接养一年后;

②一般桥梁检查周期为三年,也可视桥梁具体技术状况每一至五年检查一次,非永久性桥梁每年检查一次;

③桥梁技术状况在三类以上的,应安排定期检查。

(2)桥梁定期检查的项目和内容有:

①桥面铺装:是否有坑槽、开裂、车辙、松散、不平、桥头跳车现象等;

②人行道、栏杆:人行道有无开裂、断裂、缺损;栏杆是否松动、撞坏、锈蚀和变形等;

③伸缩缝:是否破损、结构脱落、淤塞、填料凹凸、跳车、漏水等;

④排水设施(防水层):桥面横坡、纵坡是否顺适,有无积水;泄水管有无损坏、堵塞、泄水能力情况;防水层是否工作正常,有无渗水现象等;

⑤梁式桥上部结构:主梁支点、跨中、交截面处有无开裂,最大裂缝值;梁体表面有无空洞、蜂窝、麻面、剥落、露筋,有无局部渗水;横隔板是否开裂,焊缝是否断裂,钢结构锈蚀情况,变形情况等;

⑥圬工拱桥上部结构:主拱圈是否开裂、渗水、砂浆松动、脱落变形;拱脚是否开裂、腹拱是否变形、错位;立墙、立柱有无开裂、脱落,侧墙有无鼓肚、外倾等;

⑦双曲拱桥上部结构:拱脚有无压裂,拱肋 1/4 处、3/4 处、顶部是否开裂、破损、露筋锈蚀;拱脚与拱波结合处是否开裂;波间砂浆是否脱落、松散、横隔联系是否开裂、破损等;

⑧支座:位移是否正常,橡胶支座是否老化、变形,钢板滑动支座是否锈蚀、干涩;各种支座固定端是否松动、剪断、开裂等;

⑨桥墩:墩身是否开裂,局部外鼓、表面风化、剥落、空洞、露筋,是否有变形、倾斜、沉降、冲刷、冲撞损坏情况等;

⑩桥台:是否开裂、破损,台背填土是否有裂缝、挤压、受冲刷等情况;

⑪翼墙:是否开裂,有无前倾、变形等;

⑫锥坡:是否开裂,有无破损、沉陷、开裂、冲刷、滑移等;

⑬照明:桥上照明情况是否正常;

⑭河床及调治构造物:河床是否变迁,有无漂浮物堵塞河道,调治构造物是否发挥正常作用,有无损坏、水毁等。

特殊检查是指采用仪器设备等特殊手段和科学方法分析桥梁病害的确切原因和程度,确定桥梁技术状态,以采取相应的加固、改造措施。一般在下列四种情况下作特殊检查:

①在地震、洪水、滑坡、超重车辆行驶、行船或重大漂浮物撞击之后;

②决定对单一的桥梁进行改造、加固之前;

③桥梁定期检查难以判明损坏原因、程度及整座桥的技术状况时;

④桥梁技术状况为四类者。

桥梁特殊检查项目一般有:

上述第 1、2 种情况检查的项目见表 2-1。

表 2-1

	洪 水	滑 坡	地 震	超重车行驶 (改造前)	撞 击
上部	栏杆损坏 桥体位移和 损坏落梁、排 水设施失效	因桥台推 出而压屈	落梁、支座 损坏、错位	梁、拱、桥 面板裂缝、支 座损坏、承载 力测定	被撞构件 及联系部位 破坏、支座破 坏
下部	因冲刷而 产生的沉陷 和倾斜	桥台推出 胸墙破坏	沉陷、倾斜 位移、圪土破 坏、抗震墩破 坏	墩台裂缝、 沉陷	墩台位移

在桥梁定期检查难以判明损坏原因、程度及整座桥梁的技术状况或桥梁属四类桥梁时,特殊检查的项目及内容有:

①结构验算,水文验算;

②静载、动载试验;

③用精密仪器对病害进行现场调查和实验室分析。

15. 按照《规范》规定,桥梁经常性检查和定期检查是采用何种记录表格的?

按照《桥梁养护技术规范》规定的要求,桥梁经常性检查及定期检查记录表格格式分别见表 2-2 和表 2-3。

桥梁经常检查记录表

表 2-2

养护管理单位					
路线编码		路线名称		桥位桩号	
桥梁编码		桥梁名称		养护单位	
部件名称	缺损类型	缺损范围		养护意见	
桥面铺装					
桥头跳车					
伸缩缝					
泄水孔					
桥面清洁					
人行道、缘石					
栏杆、护栏					
照明、灯柱					
支座					
桥台					
桥墩					
桥底铺砌					
翼墙					
锥坡					
桥头排水沟					
桥头人行台阶					
其他					
负责人		记录人		检查日期	

桥梁定期检查记录表

表 2-3

养护管理单位							
1. 路线编码		2. 路线名称		3. 桥位桩号			
4. 桥梁编码		5. 桥梁名称		6. 穿通道名			
7. 桥长(m)		8. 主跨结构		9. 最大跨径(m)			
10. 管养单位		11. 建成年月		12. 上次大中修日期			
13. 上次检查日期		14. 本次检查日期		15. 气候			
16. 部件号	17. 部件名称	18. 评分 (0~5)	19. 特别 检查	20. 维 修范围	21. 维修 方式	22. 维修 时间	23. 费用 (元)
1	翼墙						
2	锥坡						
3	桥台及基础						
4	桥墩及基础						
5	地基冲刷						
6	支座						
7	上部承重构件						
8	桥面铺装						
9	伸缩缝						
10	人行道						
11	栏杆、护栏						
12	照明、标志						
13	排水设施						
14	调治构造						
15	其他						
24. 总体状况评 定等级		25. 全桥清洁状 况评分		26. 保养、小 修状况评分			
27. 经济性养护建议							
28. 记录人		29. 负责人		30. 下次检查时间			
31. 缺损说明							

续上表

部 件 号	部 件 名 称	缺损位置	缺损状况 (类型、性质、范围、程度)	照片或图片 (编号/年)
1	翼墙、耳墙			
2	锥坡、护坡			
3	桥台及基础			
4	桥墩及基础			
5	地基冲刷			
6	支座			
7	上部主要承重构件			
8	上部一般承重构件			
9	桥面铺装			
10	桥头跳车			
11	伸缩缝			
12	人行道			
13	栏杆、护栏			
14	照明、标志			
15	排水设施			
16	调治构件物			
17	其他			

16. 桥梁定期检查工作应按规范程序进行,其检查的工作流程是什么?

桥梁定期检查的工作流程如图 2-1 所示。

续上表

检 测 项 目		检 测 点	检 测 方 法
3	桥面高程	沿行车道两边(靠缘石处),按每孔跨中、L/4、支点等不少于五个位置(10个点)。测点应固着于桥面板上	水准仪
4	拱桥桥台、吊桥锚碇水平位移	在拱座、锚碇的上、下游两侧各1点	经纬仪
说明	①上下行分离式桥按两座桥分别设点; ②倾斜度测点应用上下相距0.5~1m的两点标记检测; ③永久性测点宜用统一规格的圆头锚钉和在铝板上用钢印编号,或靠地固着于被测部位上; ④所有测点的位置和编号,以及检测数据必须在桥梁总体图和数据表中注明并归档		

18. 桥梁资料卡片的格式和内容是如何规定的?

为做好桥梁档案资料的整理,便于查阅,要求对每座桥建档案卡。桥梁档案卡片的格式及包括的内容可参见表 2-5。

桥梁卡片(正面)

表 2-5

A、行政识别数据							
1	路线编号		2	路线名称		3	路线等级
4	桥梁编号		5	桥梁名称		6	桥位桩号
7	功能类型		8	下穿通道名		9	下穿通道桩号
10	设计荷载		11	通行载重		12	弯斜坡度
13	桥面铺装		14	管养单位		15	建成年限
B、结构技术数据							
16	桥长		17	桥面总宽(m)		18	车行道宽(m)

续上表

19	桥面标高				20	桥下净高 (m)				21	桥上净高 (m)			
22	引道总宽 (m)				23	引道路面宽				24	引道线形			
上部 结构	25	孔号						下部 结构	29	墩台				
	26	形式							30	形式				
	27	跨径(m)							31	材料				
	28	材料							32	基础形式				
33	伸缩缝类型				34	支座形式				35	抗震烈度			
36	桥台护坡				37	护墩体				38	调治构件			
39	常水位				40	设计水位				41	历史洪水位			

C、档案资料(全、不全或无)

42	设计图纸		43	设计文件		44	施工文件	
45	竣工图纸		46	验收文件		47	行政文件	
48	定期检 查报告		49	特殊检 查报告		50	历次维 修资料	
51	档案号		52	存档案		53	建档年/月	

D、最近技术状况评定

54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
检查 年月	定期或特 殊检查	全桥评 定等级	桥台与 基础	桥墩与 基础	地基 冲刷	上部 结构	支座	经常保 养小修	处治 对策	下次检 查年份

E、修建工程记录

65	施工 日期	66	修建 类别	67	修建 原因	68	工程 范围	69	工程 费用 (万元)	70	经费 来源	71	质量 评定	72	建设 单位	73	设计 单位	74	施工 单位
----	----------	----	----------	----	----------	----	----------	----	------------------	----	----------	----	----------	----	----------	----	----------	----	----------

续上表

开	竣									
工	工									

75 附注：

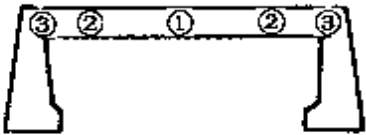
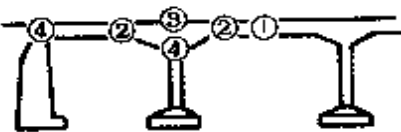


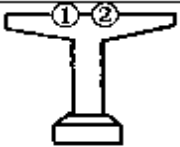
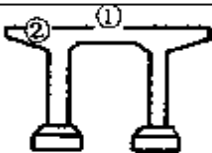

F	桥梁照片	76	立面照		77	桥面正面照	
78	主管负责人			79	填卡人		80 填卡日期

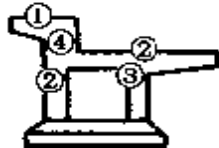
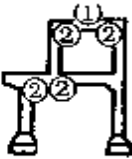

19. 混凝土桥梁结构的重点检查部位是什么?

混凝土桥梁结构的重点检查部位如表 2-6 所列。

混凝土桥梁结构检查的重点部位图

表 2-6

结 构 形 式		重点部位(加○处)	说 明
上部结构	简支梁		①跨中处 ②1/4 跨径处 ③支座处
	连续梁、悬臂梁(有铰)		①跨中处 ②反弯点(约 1/5 跨径处) ③桥墩处梁顶部 ④支座处
	刚架		①跨中处 ②角隅处 ③腿部
桥梁墩台	单独桥墩		①支座底板
	T 形桥墩		①支座底板 ②悬臂根部
	Π 形桥墩		①支座底板 ②悬臂根部
	单悬臂梁式桥墩		①支座底板 ②悬臂根部(上悬臂, 下悬臂) ③角隅部

结 构 形 式		重点部位(加○处)	说 明
桥 梁 墩 台	单悬臂梁式框架桥墩		①支座底板 ②悬臂根部 ③混凝土接缝处 ④角隅部
	框架式桥墩		①支座底板 ②角隅部
	Y形桥墩		①支座底板 ②混凝土接缝处 ③Y形交接处

20. 桥梁结构混凝土强度的现场检测主要有哪几种方法?

结构混凝土现场检测技术一般可分为非破损检测法、半破损检测法与半破损同非破损的综合使用法三类。非破损检测主要有压痕法、回弹法、超声脉冲法、回弹—超声综合测定法、电磁法和射线法等;半破损检测主要有钻芯法、拔出法、拔脱法、拔折法和射击法等。

21. 混凝土非破损检测法分类与测定内容是什么?

混凝土非破损检测方法的分类及测定内容见表 2-7 所列。

混凝土非破损检测法分类与测定内容 表 2-7

种 类			测 定 内 容	说 明
混 凝 土 非 破 损 检 测 方 法	表 面 硬 度 法	压痕法	对混凝土表面进行撞击,以测定凹痕的深度、直径、面积等	已不大使用
		回弹法	对混凝土表面进行打击,测定其反弹硬度	运用得最多,但准确性相应差些

续上表

种 类			测 定 内 容	说 明
混凝土非破损检测方法	超声脉冲法	超声脉冲法 冲击波法 表面波法	测定混凝土的强度、内部缺陷,测定混凝土的厚度及振动弹性系数	超声波法采用较多冲击波法和表面波法未被采用
	综合法	超声法与回弹法	测定混凝土强度	能提高测试精度
		超声法与声波衰减率法		正处于研究阶段
		振动弹性系数与对数衰减率法		尚未采用
	射线法	X射线法 γ射线法 γ线辐射法	内部缺陷探伤、钢筋探测	因X射线和中子使用的有限,故尚未实际使用
		中子法	测定混凝土的含水率	
混凝土半破损检测方法		钻(取)芯法 拔出法 拔脱法 射击法	测定混凝土强度	有使用

22. 回弹法检测混凝土强度的基本原理是什么? 检测时有哪些规定和要求?

(1)回弹法检测混凝土强度的基本原理。

回弹法是采用回弹仪的弹簧驱动重锤,通过弹击杆弹击混凝土表面,并以重锤被反弹回来的距离(称回弹值,指反弹距离与弹簧初始长度之比)作为强度相关指标业推算混凝土强度的一种方法。

(2)回弹法检测混凝土强度的规定和要求。

①检测结构或构件混凝土强度可采用下列两种方式,其适用范围及构件数量应符合下列规定:

a. 单个检测,适用于单独的结构或构件的检测;

b. 批量检测,适用于在相同的生产工艺条件下,混凝土强度等级相同,原材料、配合比、成型工艺、养护条件基本一致且龄期相近的同类构件;按批进行检测的构件,抽检数量不得少于同批构件总数的 30%且测区数量不得少于 100 个,抽检构件时,有关方面应协商一致,使抽选构件具有一定的代表性。

②每一构件的测区,应符合下列要求:

a. 对长度不小于 3m 的构件,其测区数不少于 10 个,对长度小于 3m 且高度低于 0.6m 的构件,其测区数量可适当减少,但不应少于 5 个;

b. 相邻两测区的间距应控制在 2m 以内,测区离构件边缘的距离不宜大于 0.5m;

c. 测区应选在使回弹仪处于水平方向,检测混凝土浇筑侧面,当不能满足这一要求时,可选在使回弹仪处于非水平方向,检测混凝土浇筑侧面、表面或底面;

d. 测区宜选在构件的两个对称可测面上,也可选在一个可测面上,且应均匀分布;在构件的受力部位及薄弱部位必须布置测区,并应避开预埋件;

e. 测区的面积宜控制在 0.04m^2 ;

f. 检测面应为原状混凝土面,并应清洁、平整,不应有疏松层和杂物,且不应有残留的粉末或碎屑;

g. 对于弹击时会产生颤动的薄壁、小型构件应设置支撑固定。

③结构或构件的测区应标有清晰的编号,必要时应在记录纸上描述测区布置示意图和外观质量情况。

④当检测条例民测强曲线的适用条件有较大差异时,可采用同条件试件或钻取混凝土芯样进行修正,试件数量应不少于 3 个。计算时,测区混凝土强度换算值应乘以修正系数。

修正系数可按式(2-1)、(2-2)计算:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cu},i} / f_{\text{cu},i}^c \quad (2-1)$$

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cor},i} / f_{\text{cu},i}^c \quad (2-2)$$

式中： η ——修正系数，精确到 0.01；

$f_{\text{cu},i}$ 、 $f_{\text{cor},i}$ ——分别为第 i 个混凝土立方体试件（边长为 150mm）或芯样试件（ $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ）的抗压强度值，精确到 0.1MPa；

$f_{\text{cu},i}^c$ ——对应于第 i 个试件的回弹值和碳化深度值，由表 2-8 可查得的混凝土强度换算值；

n ——试件数。

⑤检测时，回弹仪的轴线应始终垂直于结构或构件混凝土检测面缓慢施压，准确读数，快速复位。

⑥测点宜在测区范围内均匀分布，相邻两测点的净距一般不小于 20mm，测点距构件边缘或外露钢筋、预埋件的距离一般不小于 30mm，测点不应在气孔或外露石子上，同一测点只允许弹击一次。每一测区应记取 16 个回弹值，每一测点的回弹值读数精确至 1。

⑦回弹值测量完毕后，应选择不小于构件数的 30% 测区数在有代表性的位置上测量碳化深度值。

⑧测量碳化深度值时，可用合适的工具在测区表面凿成直径约 15mm 的孔洞，其深度大于混凝土的碳化深度。然后除净孔洞中的粉末和碎屑（不得用水冲洗），立即用浓度为 1% 酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁的边缘处，再用深度测量工具测量已碳化与未碳化混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离多次，取其平均值，该距离即为混凝土的碳化深度值。每次读数精确至 0.5mm。

23. 采用回弹法检测混凝土强度时常用哪几种测强曲线？它们的用途有何不同？

回弹法测定结构混凝土强度的基本依据，就是回弹值与混凝土抗压强度之间的相关性。这种相关性以基准曲线或经验公式的形式予以确定。

为了提高回弹法测强的精度,目前常用的基准曲线有专用测强曲线、地区测强曲线和通用测强曲线三种。由于这三种曲线的针对性不同,其用途也不一样。

(1) 专用测强曲线

专用测强曲线是针对某一工程、某一构件预制厂或某一商品混凝土供应区的特定的原材料质量、成型和养护工艺、测试龄期等条件而制定的基准曲线。由于专用测强曲线所考虑的条件可以较好地与被测混凝土相吻合,因此,影响因素的干扰较少,推算强度的误差也较小。

当被测结构混凝土的各种条件与专用测强曲线相一致时,应优先使用专用测强曲线进行强度推定。

(2) 地区测强曲线

地区测强曲线是针对某一省、市、自治区或条件较为类似的特定地区而制定的基准曲线,它适应于某一地区的情况,所涉及的影响因素比专用测强曲线广泛,因此,其误差也稍大。

(3) 通用测强曲线

为了便于应用,在允许的误差范围内,应尽量扩大基准曲线的覆盖面。国家在制定《回弹法评定混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23—92)时,在全国广泛布点,进行了研究。最后选定的回归方程和有关指标如下:

$$R_n = 0.0250 \bar{N}^{2.0108} \times 10^{-0.0358L} \quad (2-3)$$

式中: R_n ——为测区混凝土的抗压强度(MPa),精确至 0.1MPa;

\bar{N} ——为测区混凝土平均回弹值,精确至 0.1;

L ——为测区混凝土平均碳化深度(mm),精确至 0.1mm。

全国通用测强曲线所列测区混凝土强度换算表(见表 2-8)应为符合下列条件的混凝土:

- ①符合普通混凝土用材料、拌和用水的质量标准;
- ②不掺外加剂或仅掺非引气型外加剂;
- ③采用普通成型工艺;

④采用符合国家现行标准《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB 50204—2002)规定的钢模、木模及其他材料制作的模板；

⑤自然养护或蒸气养护出池后以自然养护 7d 以上，且混凝土表层为干燥状态；

⑥龄期为 14 ~ 1000d；

⑦抗压强度为 10 ~ 50MPa。

制订表 2-8 所依据的统一测强曲线，其强度误差值为：

平均相对误差 $\delta \leq \pm 15.0\%$ ；

相对标准差 $e_r \leq 18.0\%$ 。

当有下列情况之一时，不得按表 2-8 换算测区混凝土强度值，但可制定专用测强曲线或通过试验进行修正：

①粗集料最大粒径大于 60mm；

②特种成型工艺制作的混凝土；

③检测部位曲率半径小于 250mm；

④潮湿或浸水混凝土。

测区混凝土强度换算表

表 2-8

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
20.0	10.3	10.1	9.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.2	10.5	10.3	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.4	10.7	10.5	10.2	9.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.6	11.0	10.8	10.4	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.8	11.2	11.0	10.6	10.3	9.9	-	-	-	-	-	-	-	-
21.0	11.4	11.2	10.8	10.5	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-
21.2	11.6	11.4	11.0	10.7	10.2	9.9	-	-	-	-	-	-	-

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_n (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
21.4	11.8	11.6	11.2	10.9	10.4	10.0	-	-	-	-	-	-	-
21.6	12.0	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	9.8	-	-	-	-	-	-
21.8	12.3	12.1	11.7	11.3	10.8	10.5	10.1	-	-	-	-	-	-
22.0	12.5	12.2	11.9	11.5	11.0	10.6	10.2	9.9	-	-	-	-	-
22.2	12.7	12.4	12.1	11.7	11.2	10.8	10.4	10.0	-	-	-	-	-
22.4	13.0	12.7	12.4	12.0	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	-	-	-	-
22.6	13.2	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	10.8	10.4	10.2	9.8	-	-	-
22.8	13.4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	9.9	-	-	-
23.0	13.7	13.4	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	-	-	-
23.2	13.9	13.6	13.2	12.8	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	-	-
23.4	14.1	13.8	13.4	13.0	12.4	12.0	11.6	11.1	10.9	10.4	10.2	9.9	-
23.6	14.4	14.1	13.7	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	10.4	10.1	-
23.8	14.6	14.3	13.9	13.4	12.8	12.4	12.0	11.5	11.2	10.8	10.5	10.2	9.9
24.0	14.9	14.6	14.2	13.7	13.1	12.7	12.2	11.8	11.5	11.0	10.7	10.4	10.1
24.2	15.1	14.8	14.3	13.9	13.3	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3
24.4	15.4	15.1	14.6	14.2	13.6	13.1	12.6	12.2	11.9	11.4	11.1	10.8	10.4
24.6	15.6	15.3	14.8	14.4	13.7	13.3	12.8	12.3	12.0	11.5	11.2	10.9	10.6
24.8	15.9	15.6	15.1	14.6	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7
25.0	16.2	15.9	15.4	14.9	14.3	13.8	13.3	12.8	12.5	12.0	11.7	11.3	10.9
25.2	16.4	16.1	15.6	15.1	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.8	11.5	11.0

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
25.4	16.7	16.4	15.9	15.4	14.7	14.2	13.7	13.2	12.9	12.4	12.0	11.7	11.2
25.6	16.9	16.6	16.1	15.7	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.2	11.8	11.3
25.8	17.2	16.9	16.3	15.8	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.4	12.0	11.5
26.0	17.5	17.2	16.6	16.1	15.4	14.9	14.4	13.8	13.5	13.0	12.6	12.2	11.6
26.2	17.8	17.4	16.9	16.4	15.7	15.1	14.6	14.0	13.7	13.2	12.8	12.4	11.8
26.4	18.0	17.6	17.1	16.6	15.8	15.3	14.8	14.2	13.9	13.3	13.0	12.6	12.0
26.6	18.3	17.9	17.4	16.8	16.1	15.6	15.0	14.4	14.1	13.5	13.2	12.8	12.1
26.8	18.6	18.2	17.7	17.1	16.4	15.8	15.3	14.6	14.3	13.8	13.4	12.9	12.3
27.0	18.9	18.5	18.0	17.4	16.6	16.1	15.5	14.8	14.6	14.0	13.6	13.1	12.4
27.2	19.1	18.7	18.1	17.6	16.8	16.2	15.7	15.0	14.7	14.1	13.8	13.3	12.6
27.4	19.4	19.0	18.4	17.8	17.0	16.4	15.9	15.2	14.9	14.3	14.0	13.4	12.7
27.6	19.7	19.3	18.7	18.0	17.2	16.6	16.1	15.4	15.1	14.5	14.1	13.6	12.9
27.8	20.0	19.6	19.0	18.2	17.4	16.8	16.3	15.6	15.3	14.7	14.2	13.7	13.0
28.0	20.3	19.7	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	15.8	15.4	14.8	14.4	13.9	13.2
28.2	20.6	20.0	19.5	18.6	17.8	17.2	16.7	16.0	15.6	15.0	14.6	14.0	13.3
28.4	20.9	20.3	19.7	18.8	18.0	17.4	16.9	16.2	15.8	15.2	14.8	14.2	13.5
28.6	21.2	20.6	20.0	19.1	18.2	17.6	17.1	16.4	16.0	15.4	15.0	14.3	13.6
28.8	21.5	20.9	20.2	19.4	18.5	17.8	17.3	16.6	16.2	15.6	15.2	14.5	13.8
29.0	21.8	21.1	20.5	19.6	18.7	18.1	17.5	16.8	16.4	15.8	15.4	14.6	13.9
29.2	22.1	21.4	20.8	19.9	19.0	18.3	17.7	17.0	16.6	16.0	15.6	14.8	14.1

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
29.4	22.4	21.7	21.1	20.2	19.3	18.6	17.9	17.2	16.8	16.2	15.8	15.0	14.2
29.6	22.7	22.0	21.3	20.4	19.5	18.8	18.2	17.5	17.0	16.4	16.0	15.1	14.4
29.8	23.0	22.3	21.6	20.7	19.8	19.1	18.4	17.7	17.2	16.6	16.2	15.3	14.5
30.0	23.3	22.6	21.9	21.0	20.0	19.3	18.6	17.9	17.4	16.8	16.4	15.4	14.7
30.2	23.6	22.9	22.2	21.2	20.3	19.6	18.9	18.2	17.6	17.0	16.6	15.6	14.9
30.4	23.9	23.2	22.5	21.5	20.6	19.8	19.1	18.4	17.8	17.2	16.8	15.8	15.1
30.6	24.3	23.6	22.8	21.9	20.9	20.2	19.4	18.7	18.0	17.5	17.0	16.0	15.2
30.8	24.6	23.9	23.1	22.1	21.2	20.4	19.7	18.9	18.2	17.7	17.2	16.2	15.4
31.0	24.9	24.2	23.4	22.4	21.4	20.7	19.9	19.2	18.4	17.9	17.4	16.4	15.5
31.2	25.2	24.4	23.7	22.7	21.7	20.9	20.2	19.4	18.6	18.1	17.6	16.6	15.7
31.4	25.6	24.8	24.1	23.0	22.0	21.2	20.5	19.7	18.9	18.4	17.8	16.9	15.8
31.6	25.9	25.1	24.3	23.3	22.3	21.5	20.7	19.9	19.2	18.6	18.0	17.1	16.0
31.8	26.2	25.4	24.6	23.6	22.5	21.7	21.0	20.2	19.4	18.9	18.2	17.3	16.2
32.0	26.5	25.7	24.9	23.9	22.8	22.0	21.2	20.4	19.6	19.1	18.4	17.5	16.4
32.2	26.9	26.1	25.3	24.2	23.1	22.3	21.5	20.7	19.9	19.4	18.6	17.7	16.6
32.4	27.2	26.4	25.6	24.5	23.4	22.6	21.8	20.9	20.1	19.6	18.8	17.9	16.8
32.6	27.6	26.8	25.9	24.8	23.7	22.9	22.1	21.3	20.4	19.9	19.0	18.1	17.0
32.8	27.9	27.1	26.2	25.1	24.0	23.2	22.3	21.5	20.6	20.1	19.2	18.3	17.2
33.0	28.2	27.4	26.5	25.4	24.3	23.4	22.6	21.7	20.9	20.3	19.4	18.5	17.4

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
33.2	28.6	27.7	26.8	25.7	24.6	23.7	22.9	22.0	21.2	20.5	19.6	18.7	17.6
33.4	28.9	28.0	27.1	26.0	24.9	24.0	23.1	22.3	21.4	20.7	19.8	18.9	17.8
33.6	29.3	28.4	27.4	26.4	25.2	24.2	23.3	22.6	21.7	20.9	20.0	19.1	18.0
33.8	29.6	28.7	27.7	26.6	25.4	24.4	23.5	22.8	21.9	21.1	20.2	19.3	18.2
34.0	30.0	29.1	28.0	26.8	25.6	24.6	23.7	23.0	22.1	21.3	20.4	19.5	18.3
34.2	30.3	29.4	28.3	27.0	25.8	24.8	23.9	23.2	22.3	21.5	20.6	19.7	18.4
34.4	30.7	29.8	28.6	27.2	26.0	25.0	24.1	23.4	22.5	21.7	20.8	19.8	18.6
34.6	31.1	30.2	28.9	27.4	26.2	25.2	24.3	23.6	22.7	21.9	21.0	20.0	18.8
34.8	31.4	30.5	29.2	27.6	26.4	25.4	24.5	23.8	22.9	22.1	21.2	20.2	19.0
35.0	31.8	30.8	29.6	28.0	26.7	25.8	24.8	24.0	23.2	22.3	21.4	20.4	19.2
35.2	32.1	31.1	29.9	28.2	27.0	26.0	25.0	24.2	23.4	22.5	21.6	20.6	19.4
35.4	32.5	31.5	30.2	28.6	27.3	26.3	25.4	24.4	23.7	22.8	21.8	20.8	19.6
35.6	32.9	31.9	30.6	29.0	27.6	26.6	25.7	24.7	24.0	23.0	22.0	21.0	19.8
35.8	33.3	32.3	31.0	29.3	28.0	27.0	26.0	25.0	24.3	23.3	22.2	21.2	20.0
36.0	33.6	32.6	31.2	29.6	28.2	27.2	26.2	25.2	24.5	23.5	22.4	21.4	20.2
36.2	34.0	33.0	31.6	29.9	28.6	27.5	26.5	25.5	24.8	23.8	22.6	21.6	20.4
36.4	34.4	33.4	32.0	30.3	28.9	27.9	26.8	25.8	25.1	24.1	22.8	21.8	20.6
36.6	34.8	33.8	32.4	30.6	29.2	28.2	27.1	26.1	25.4	24.4	23.0	22.0	20.9
36.8	35.2	34.1	32.7	31.0	29.6	28.5	27.5	26.4	25.7	24.6	23.2	22.2	21.1

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
37.0	35.5	34.4	33.0	31.2	29.8	28.8	27.7	26.6	25.9	24.8	23.4	22.4	21.3
37.2	35.9	34.8	33.4	31.6	30.2	29.1	28.0	26.9	26.2	25.1	23.7	22.6	21.5
37.4	36.3	35.2	33.8	31.9	30.5	29.4	28.3	27.2	26.5	25.4	24.0	22.9	21.8
37.6	36.7	35.6	34.1	32.3	30.8	29.7	28.6	27.5	26.8	25.7	24.2	23.1	22.0
37.8	37.1	36.0	34.5	32.6	31.2	30.0	28.9	27.8	27.1	26.0	24.5	23.4	22.3
38.0	37.5	36.4	34.9	33.0	31.5	30.3	29.2	28.1	27.4	26.2	24.8	23.6	22.5
38.2	37.9	36.8	35.2	33.4	31.8	30.6	29.5	28.4	27.7	26.5	25.0	23.9	22.7
38.4	38.3	37.2	35.6	33.7	32.1	30.9	29.8	28.7	28.0	26.8	25.3	24.1	23.0
38.6	38.7	37.5	36.0	34.1	32.4	31.2	30.1	29.0	28.3	27.0	25.5	24.4	23.2
38.8	39.1	37.9	36.4	34.4	32.7	31.5	30.4	29.3	28.5	27.2	25.8	24.6	23.5
39.0	39.5	38.2	36.7	34.7	33.0	31.8	30.6	29.6	28.8	27.4	26.0	24.8	23.7
39.2	39.9	38.5	37.0	35.0	33.3	32.1	30.8	29.8	29.0	27.6	26.2	25.0	24.0
39.4	40.3	38.8	37.3	35.3	33.6	32.4	31.0	30.0	29.2	27.8	26.4	25.2	24.2
39.6	40.7	39.1	37.6	35.6	33.9	32.7	31.2	30.2	29.4	28.0	26.6	25.4	24.4
39.8	41.2	39.6	38.0	35.9	34.2	33.0	31.4	30.5	29.7	28.2	26.8	25.6	24.7
40.0	41.6	39.9	38.3	36.2	34.5	33.3	31.7	30.8	30.0	28.4	27.0	25.8	25.0
40.2	42.0	40.3	38.6	36.5	34.8	33.6	32.0	31.1	30.2	28.6	27.3	26.0	25.2
40.4	42.4	40.7	39.0	36.9	35.1	33.9	32.3	31.4	30.5	28.8	27.6	26.2	25.4
40.6	42.8	41.1	39.4	37.2	35.4	34.2	32.6	31.7	30.8	29.1	27.8	26.5	25.7

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_a (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
40.8	43.3	41.6	39.8	37.7	35.7	34.5	32.9	32.0	31.2	29.4	28.1	26.8	26.0
41.0	43.7	42.0	40.2	38.0	36.0	34.8	33.2	32.3	31.5	29.7	28.4	27.1	26.2
41.2	44.1	42.3	40.6	38.4	36.3	35.1	33.5	32.6	31.8	30.0	28.7	27.3	26.5
41.4	44.5	42.7	40.9	38.7	36.6	35.4	33.8	32.9	32.0	30.3	28.9	27.6	26.7
41.6	45.0	43.2	41.4	39.2	36.9	35.7	34.2	33.3	32.4	30.6	29.2	27.9	27.0
41.8	45.4	43.6	41.8	39.5	37.2	36.0	34.5	33.6	32.7	30.9	29.5	28.1	27.2
42.0	45.9	44.1	42.2	39.9	37.6	36.3	34.9	34.0	33.0	31.2	29.8	28.5	27.5
42.2	46.3	44.4	42.6	40.3	38.0	36.6	35.2	34.3	33.3	31.5	30.1	28.7	27.8
42.4	46.7	44.8	43.0	40.6	38.3	36.9	35.5	34.6	33.6	31.8	30.4	29.0	28.0
42.6	47.2	45.3	43.4	41.1	38.7	37.3	35.9	34.9	34.0	32.1	30.7	29.3	28.3
42.8	47.6	45.7	43.8	41.4	39.0	37.6	36.2	35.2	34.3	32.4	30.9	29.5	28.6
43.0	48.1	46.2	44.2	41.8	39.4	38.0	36.6	35.6	34.6	32.7	31.3	29.8	28.9
43.2	48.5	46.6	44.6	42.2	39.8	38.3	36.9	35.9	34.9	33.0	31.5	30.1	29.1
43.4	49.0	47.0	45.1	42.6	40.2	38.7	37.2	36.3	35.3	33.3	31.8	30.4	29.4
43.6	-	47.4	45.4	43.0	40.5	39.0	37.5	36.6	35.6	33.6	32.1	30.6	29.6
43.8	-	47.9	45.9	43.4	40.9	39.4	37.9	36.9	35.9	33.9	32.4	30.9	29.9
44.0	-	48.4	46.4	43.8	41.3	39.8	38.3	37.3	36.3	34.3	32.8	31.2	30.2
44.2	-	48.8	46.7	44.2	41.7	40.1	38.6	37.6	36.6	34.5	33.0	31.5	30.5
44.4	-	-	47.2	44.6	42.1	40.5	39.0	38.0	36.9	34.9	33.3	31.8	30.8

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
44.6	-	-	47.6	45.0	42.4	40.8	39.3	38.3	37.2	35.2	33.6	32.1	31.0
44.8	-	-	48.0	45.4	42.8	41.2	39.7	38.6	37.6	35.5	33.9	32.4	31.3
45.0	-	-	48.5	45.8	43.2	41.6	40.1	39.0	37.9	35.8	34.3	32.7	31.6
45.2	-	-	48.9	46.3	43.6	42.0	40.4	39.4	38.3	36.2	34.6	33.0	31.9
45.4	-	-	-	46.6	44.0	42.3	40.7	39.7	38.6	36.4	34.8	33.2	32.2
45.6	-	-	-	47.1	44.4	42.7	41.1	40.0	39.0	36.8	35.2	33.5	32.5
45.8	-	-	-	47.5	44.8	43.1	41.5	40.4	39.3	37.1	35.5	33.9	32.8
46.0	-	-	-	47.9	45.2	43.5	41.9	40.8	39.7	37.5	35.8	34.2	33.1
46.2	-	-	-	48.3	45.5	43.8	42.2	41.1	40.0	37.7	36.1	34.4	33.3
46.4	-	-	-	48.7	45.9	44.2	42.6	41.4	40.3	38.1	36.4	34.7	33.6
46.6	-	-	-	-	46.3	44.6	42.9	41.8	40.7	38.4	36.7	35.0	33.9
46.8	-	-	-	-	46.7	45.0	43.3	42.2	41.0	38.8	37.0	35.3	34.2
47.0	-	-	-	-	47.2	45.2	43.7	42.6	41.4	39.1	37.4	35.6	34.5
47.2	-	-	-	-	47.6	45.8	44.1	42.9	41.8	39.4	37.7	36.0	34.8
47.4	-	-	-	-	48.0	46.2	44.5	43.3	42.1	39.8	38.0	36.3	35.1
47.6	-	-	-	-	48.4	46.6	44.8	43.7	42.5	40.1	38.4	36.6	35.4
47.8	-	-	-	-	48.8	47.0	45.2	44.0	42.8	40.5	38.7	36.9	35.7
48.0	-	-	-	-	-	47.4	45.6	44.4	43.2	40.8	39.0	37.2	36.0
48.2	-	-	-	-	-	47.8	46.0	44.8	43.6	41.1	39.3	37.5	36.3

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
48.4	-	-	-	-	-	48.2	46.4	45.1	43.9	41.5	39.6	37.8	36.6
48.6	-	-	-	-	-	48.6	46.7	45.5	44.3	41.8	40.0	38.1	36.9
48.8	-	-	-	-	-	49.0	47.1	45.9	44.6	42.2	40.3	38.4	37.2
49.0	-	-	-	-	-	-	47.5	46.2	45.0	42.5	40.6	38.8	37.5
49.2	-	-	-	-	-	-	47.9	46.6	45.4	42.8	41.0	39.1	37.8
49.4	-	-	-	-	-	-	48.3	47.1	45.8	43.2	41.3	39.4	38.2
49.6	-	-	-	-	-	-	48.7	47.4	46.2	43.6	41.7	39.7	38.5
49.8	-	-	-	-	-	-	-	47.8	46.5	43.9	42.0	40.1	38.8
50.0	-	-	-	-	-	-	-	48.2	46.9	44.3	42.3	40.4	39.1
50.2	-	-	-	-	-	-	-	48.5	47.2	44.6	42.6	40.7	39.4
50.4	-	-	-	-	-	-	-	49.0	47.7	45.0	43.0	41.0	39.7
50.6	-	-	-	-	-	-	-	-	48.0	45.4	43.4	41.4	40.0
50.8	-	-	-	-	-	-	-	-	48.4	45.7	43.7	41.7	40.3
51.0	-	-	-	-	-	-	-	-	48.8	46.1	44.1	42.0	40.7
51.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.4	44.4	42.3	41.0
51.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.8	44.7	42.7	41.3
51.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.2	45.1	43.0	41.6
51.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.5	45.4	43.3	41.8
52.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.9	45.8	43.0	42.3

续上表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6.0
52.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.3	46.2	44.0	42.6
52.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.7	46.5	44.4	43.0
52.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.0	46.9	44.7	43.3
52.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.3	45.1	43.6
53.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.6	45.4	43.9
53.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.0	45.8	44.3
53.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.3	46.1	44.6
53.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.7	46.4	44.9
53.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.8	45.3
54.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.1	45.6
54.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.5	46.0
54.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.9	46.3
54.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.2	46.6
54.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.5	47.0
55.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.9	47.3
55.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.7
55.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.0
55.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.4
55.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.7

注:本表系按全国统一曲线制定。

24. 采用回弹法检测混凝土强度后,回弹值是如何进行计算和修正的? 混凝土的强度是如何进行推算的?

(1)回弹值的计算

①计算测区平均回弹值时,应从该测区的 16 个回弹值中剔除 3 个最大值和 3 个最小值,然后将余下的 10 个回弹值按下列公式计算:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (2-4)$$

式中: R_m ——测区平均回弹值,精确至 0.1;

R_i ——第 i 个测点的回弹值。

②回弹仪非水平方向检测混凝土浇筑侧面时,应按下列公式修正:

$$R_m = R_{mx} + R_{\alpha\alpha} \quad (2-5)$$

式中: R_{mx} ——非水平方向检测时测区的平均回弹值,精确至 0.1;

$R_{\alpha\alpha}$ ——非水平方向检测时回弹值的修正值,按表 2-9 查用。

非水平方向检测时回弹值的修正值

表 2-9

R_m	检测角度(°)							
	向 上				向 下			
	90	60	45	30	- 30	- 45	- 60	- 90
20	- 6.0	- 5.0	- 4.0	- 3.0	+ 2.5	+ 3.0	+ 3.5	+ 4.0
21	- 5.9	- 4.9	- 4.0	- 3.0	+ 2.5	+ 3.0	+ 3.5	+ 4.0
22	- 5.8	- 4.8	- 3.9	- 2.9	+ 2.4	+ 2.9	+ 3.4	+ 3.9
23	- 5.7	- 4.7	- 3.9	- 2.9	+ 2.4	+ 2.9	+ 3.4	+ 3.9
24	- 5.6	- 4.6	- 3.8	- 2.8	+ 2.3	+ 2.8	+ 3.3	+ 3.8

续上表

R_{me}	检测角度($^{\circ}$)							
	向 上				向 下			
	90	60	45	30	-30	-45	-60	-90
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
26	-5.4	-4.4	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
27	-5.3	-4.3	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
28	-5.2	-4.2	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
29	-5.1	-4.1	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
31	-4.9	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
32	-4.8	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
33	-4.7	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
34	-4.6	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
36	-4.4	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
37	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
38	-4.2	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
39	-4.1	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
41	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
42	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
43	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
44	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
46	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
47	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
48	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
49	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5

注:① R_{me} 小于20或大于50时,均分别按20或50查表;②表中未列入的相应于 R_{me} 的修正值 R_{me} ,可用内插法求得,精确至0.1。

③回弹仪水平方向检测混凝土浇筑表面时,应按下列公式修正:

$$R_m = R_m^t + R_a^t \quad (2-6)$$

$$R_m = R_m^b + R_a^b \quad (2-7)$$

式中: R_m^t 、 R_m^b ——水平方向检测混凝土浇筑表面、底面时,测区的平均回弹值,精确至 0.1;、

R_a^t 、 R_a^b ——混凝土浇筑表面、底面回弹值的修正值,按表 2-10 查用。

不同浇筑面上回弹值的修正值

表 2-10

R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_a^b)	R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_a^b)
20	+2.5	-3.0	36	+0.9	-1.4
21	+2.4	-2.9	37	+0.8	-1.3
22	+2.3	-2.8	38	+0.7	-1.2
23	+2.2	-2.7	39	+0.6	-1.1
24	+2.1	-2.6	40	+0.5	-1.0
25	+2.0	-2.5	41	+0.4	-0.9
26	+1.9	-2.4	42	+0.3	-0.8
27	+1.8	-2.3	43	+0.2	-0.7
28	+1.7	-2.2	44	+0.1	-0.6
29	+1.6	-2.1	45	+0	-0.5
30	+1.5	-2.0	46	+0	-0.4
31	+1.4	-1.9	47	+0	-0.3
32	+1.3	-1.8	48	+0	-0.2
33	+1.2	-1.7	49	+0	-0.1
34	+1.1	-1.6	50	+0	0
35	+1.0	-1.5			

注:① R_m^t 或 R_m^b 小于 20 或大于 50 时,均分别按 20 或 50 查表;

②表中有关混凝土浇筑表面的修正系数,是指一般原浆抹面的修正值;

③表中有关混凝土浇筑底面的修正系数,是指构件底面与侧面采用同一类模板在正常浇筑情况下的修正值;

④表中未列入的相应于 R_m^t 或 R_m^b 的 R_a^t 和 R_a^b 值,可用内插法求得,精确至 0.1。

④如检测时仪器非水平方向且测试面非混凝土的浇筑侧面,则应先对回弹值进行角度修正,然后再对修正后的值进行浇筑面修正。

(2)混凝土强度的推算

①结构或构件第 i 个测区混凝土强度换算值,可按式或求得平均回弹值 R_m 及求得平均碳化深度值 d_m 由表 2-8 查得。有地区或专用测强曲线时,混凝土强度换算值应按地区或专用测强曲线换算得出。

②由各测区的混凝土强度换算值可计算得出结构或构件混凝土的强度平均值。当测区数不少于 10 个时,还应计算强度标准差。平均值及标准差应按下列公式计算:

$$m_{f_{cu}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,c}^e}{n} \quad (2-8)$$

$$S_{f_{cu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,c}^e)^2 - n(m_{f_{cu}}^e)^2}{n-1}} \quad (2-9)$$

式中: $m_{f_{cu}}$ ——构件混凝土强度平均值(MPa),精确至 0.1MPa;

n ——对于单个检测的构件,取一个构件的测区数;对于批量检测的构件,取被抽取构件测区数之和;

$S_{f_{cu}}$ ——构件混凝土强度标准差(MPa),精确至 0.01MPa。

③构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}$ 的确定

a. 当按单个构件检测中,以最小值作为该构件的混凝土强度推定值

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^e \quad (2-10)$$

b. 当按批量检测时,应按下列公式计算:

$$f_{cu,e1} = m_{f_{cu}}^e - 1.645 S_{f_{cu}}^e \quad (2-11)$$

$$f_{cu,e2} = m_{f_{cu,min}}^e \quad (2-12)$$

式中: $m_{f_{cu,min}}$ ——该批每个构件中最小的测区混凝土强度换算值的平均值(MPa),精确至 0.1MPa。

取公式其中的较大值为该批构件的混凝土强度推定值。

④对于按批量检测的构件,当该批构件混凝土强度标准差出现下列情况之一时,则该批构件应全部按单个构件检测。

a. 当该批构件混凝土平均值小于 25MPa 时

$$S_{f_{cu}} > 4.5 \text{MPa} \quad (2-13)$$

b. 当该批构件混凝土强度平均值不小于 25MPa 时

$$S_{f_{cu}} > 5.5 \text{MPa} \quad (2-14)$$

25. 回弹法检测原始记录及构件混凝土强度计算的表格是如何设计的?

(1) 回弹法检测原始记录见表 2-11。

(2) 构件混凝土强度计算见表 2-12。

回弹法检测原始记录表

表 2-11

工程名称:

第 页 共 页

编号		回 弹 值 R_L																碳化深度	
构件	测区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	R_m	$d_r(\text{mm})$
	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
测面状态		侧面、表面、底面、干、潮湿								回 弹 仪	型号				回弹仪检定证号				
测试角度 α		水平、向上、向下									编号								
											率定值				测试人员资格证号				

测试:

记录:

计算:

测试日期: 年 月 日

构件混凝土强度计算表

表 2-12

工程名称:

构件名称及编号:

第 页 共 页

项 目 \ 测 区		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
回 弹 值	测区平均值										
	角度修正值										
	角度修正后										
	浇灌面修正值										
	浇灌面修正后										
平均碳化深度值 d_m (mm)											
测区强度值 f_{cu} (MPa)											
强度计算(MPa) $n =$		$m_{f_{cu}} =$			$S_{f_{cu}} =$			$f_{cu, \min} =$			
使用测区强度换算表名称: 规程 地区 专用					备注:						

测试: 计算: 复核: 计算日期: 年 月 日

26. 回弹仪的常见故障及排除方法有哪些?

回弹仪常见故障及排除法如表 2-13 所列。

回弹仪的常见故障及排除方法

表 2-13

序号	故障情况	原因分析	检修方法
1	回弹仪在弹击检测时, 指针块停在起始位置上不动	(1) 指针块上的指针片相对于指针轴的张角太小; (2) 指针片折断	(1) 卸下指针块, 将指针片的张角适当扳大些; (2) 更换指针片
2	指针块在弹击过程中抖动步进上升	(1) 指针块上的指针片的张角略微小了些; (2) 指针块与指针轴之间的配合太松; (3) 指针块与刻度尺的小螺钉相碰磨, 或与机壳滑槽局部磨阻太大	(1) 将指针块卸下, 适量地将指针片的张角扳大; (2) 将指针摩擦力调大一些; (3) 修锉指针块的上平面, 或截短小螺丝, 或修锉滑槽

续上表

序号	故障情况	原因分析	检修方法
3	指针块在未弹击前就被带上来,无法读数	指针块上的指针片张角太小	卸下指针块,将指针片的张角适当扳小
4	弹击锤过早击发	(1)挂钩的钩端已成小钝角; (2)弹击锤的尾端局部破碎	(1)更换挂钩; (2)更换弹击锤
5	不能弹击	(1)挂钩弹簧已脱落; (2)挂钩的钩端已折断或已磨成大钝角; (3)弹击拉簧已拉断	(1)装上挂钩弹簧; (2)更换挂钩; (3)更换弹击拉簧
6	弹击杆伸不出来,无法使用	按钮不起作用	用手扶握尾盖并施加一定压力,慢慢地将尾盖旋下(注意压力弹簧将尾盖冲开弹击伤人),使导向法兰往下运动,然后调整好按钮,如按钮零件缺损,则应更换
7	弹击杆易脱落	中心导杆端部与弹击杆内孔配合不紧密	取下弹击杆,将中心导杆端部各瓜瓣适当扩大(装卸弹击杆时切勿丢失缓冲压簧);更换中心导杆或弹击杆

续上表

序号	故障情况	原因分析	检修方法
8	标准状态仪器率 定值偏低	(1)弹击锤与弹击杆的 冲击平面有污物; (2)弹击锤与中心导杆 间有污物,摩擦力增大; (3)弹击锤与弹击杆间 的冲击面接触不均匀; (4)中心导杆端部部分 爪瓣折断; (5)机芯损坏	(1)用汽油擦洗冲击 面; (2)用汽油擦洗弹击锤 内孔及中心导杆,并抹上 一层薄薄的轻油; (3)更换弹击杆; (4)更换中心导杆; (5)仪器报废

27. 超声波检测结构混凝土强度和内部缺陷的种类与计算公式是什么? 通过检测混凝土缺陷是如何判定的?

超声波法检测结构混凝土强度与内部缺陷种类及计算见表 2-14。

超声波法检测结构混凝土强度与内部缺陷种类及计算

表 2-14

序号	种类	图 示	计算公式	说 明
1	检测 结构混 凝土的 强度	<p>超声法的 $R_c - v_c$ 关系曲线</p> <p>混凝土强度 R_c (MPa)</p> <p>平均传播速度 $v_c \times 10^2$ (m/s)</p> <p>$C_1 = 0.6$</p>	$R_c = ae^{bv_c}$	R_c ——混凝土抗 压强度; v_c ——实测超声 波传播速 度; a, b ——为常数

续上表

序号	种类	图 示	计算公式	说 明
2	检测 混凝土 中心空 洞		$R = \frac{L}{2}$ $\sqrt{\left(\frac{t_d}{t_0}\right)^2 - 1}$	<p>R——混凝土空洞半径;</p> <p>L——探头连成方向构件尺寸;</p> <p>t_d——有空洞处超声波传布时间;</p> <p>t_0——无空洞处超声波传布时间</p>
3	检测 不密实 混凝土 不密实 层深度		$a = \frac{v_b(t_{v_c} - c)}{v_c - v_d}$ <p>其中:</p> $t = \frac{L}{v_d} + \frac{L-a}{v_i}$	<p>a——缺陷深度;</p> <p>v_c——为声波通过密实混凝土的速度;</p> <p>v_d——为声波通过不密实混凝土的速度;</p> <p>L——探头连成方向构件尺寸</p>
4	检测 混凝土 裂缝深 度		$h = d$ $\sqrt{\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 - 1}$	<p>h——裂缝深度;</p> <p>d——探头到裂缝处的距离;</p> <p>t_0——声波通过 $2d$ 完好混凝土传布时间;</p> <p>t_1——声波通过 $2d$ 有裂缝混凝土传布时间</p>

通过检测,混凝土缺陷按表 2-15 所列情况判断其质量好坏。

混凝土缺陷超声波检测综合判断表

表 2-15

质量判断 衰减	声时	t 正常(v_c 正常)	t 偏小(v_c 偏大)	t 偏大(v_c 偏小)
A 正常(α 正常)		强度正常	强度较高	强度较低;有局部缺陷
A 偏大(α 偏小)		强度正常或偏高	强度较高,质量较好	强度正常,混凝土浆多砂
A 偏小(α 偏大)		强度正常但表层不良或有内部缺陷	强度正常,混凝土石多浆少	强度偏低,质量不良,内部有缺陷

说明: A -测点接受到的波幅; v_c -混凝土无缺陷处的声速;

α -斜角处两探头连线与片状缺陷平面的夹角; t -声时。

28. 检测混凝土强度时,采用超声回弹综合法比回弹法有何优点?

超声回弹综合法检测混凝土强度,是目前使用较广的一种结构中混凝土强度非破损检验方法,它较之单一的超声或回弹非破损检验方法具有精度高、适用范围广等优点。但是,它也是对常规检验补充的一种办法。当对结构的混凝土强度有怀疑时,可按此办法进行检验,以推定混凝土的强度,作为处理其质量问题的依据。

在有条件的情况,可用钻芯取样法作校核。

29. 取芯法检测混凝土强度时检测所用取芯机,钻头技术数据及计算公式是什么?

取芯法检测混凝土强度时,检测所用取芯机、钻头技术数据要求、强度的计算公式如表 2-16 所列。

取芯法检测混凝土强度

表 2-16

项目	取芯法检测所用取芯机、钻头技术数据及要求				
混凝土取芯机	型号	GZ-200 型		TXZ-83-1 型	
	技术性能	三相电动机, 功率为 3kW; 钻头转速为 450r/min 和 900r/min 两级变速, 可进行水平及垂直角度的 $\phi 150\text{mm}$ 以内芯样的钻取工作		柴油机功率为 5kW; 可进行垂直角度的 $\phi 150\text{mm}$ 以内芯样的钻取工作	
切割机	型号	DQ-2 型		G-210 型	
	技术性能	自动; 无级调整		半自动	
常用钻头规格	规格	外径(mm)	76; 76; 82; 100; 159		
		内径(mm)	70.5; 70.5; 76.0; 101.0; 152.0		
		长度(mm)	200; 400; 400; 550; 550		
钻芯及芯样加工	<p>在选定的取芯点上将钻机就位, 使钻机主轴与混凝土表面垂直, 并用钻机上的固定装置, 把钻机固定。</p> <p>接通水、电, 若为三相电机, 接电时应检查电机旋转方向是否正确, 然后即可安装钻头, 用进钻操作手柄调节钻头位置, 逐渐进钻。同时, 调整好冷却水量。</p> <p>钻到预定深度后将钻头提出, 用长度约为 300mm, 宽度约为 20mm, 并与钻头弧度一致的带梢扁钢插入钻孔缝隙中。用小锤敲击扁钢, 芯样即可在底部剪断。用夹钳或钢丝活套从钻孔中将芯样取出。</p> <p>芯样取好后即做好标记, 记录钻取位置、长度及外观质量, 同时对芯样进行加工, 根据国家规定, 以 $\phi 100\text{mm}$ 及 $\phi 150\text{mm}$ 芯样作为抗压强度试验的标准芯样试件</p>				
抗压强度计算公式	<p>芯样的抗压强度由下式计算(高径比为 1 的标准芯样抗压强度, 与边长 150mm 的立方体抗压强度相当):</p> $R_{\text{cor}} = \frac{4P_{\alpha}}{\pi d^2}$ <p>式中: R_{cor}——为芯样在试验龄期时的抗压强度(MPa);</p> <p>P——为芯样破坏荷载(N);</p> <p>d——为芯样直径(mm), 精确至 0.5mm;</p> <p>α——为高径比修正系数, 如下表所列:</p>				
	芯样强度高径比修正系数	高径比(L/d)	1.0	1.5	2.0
		高径比修正系数(α)	1.00	1.10	1.24

30. 混凝土保护层厚度检测的仪器的主要技术指标是什么?

混凝土保护层的检测技术近年来有了较大的发展,现将国内外混凝土保护层测试仪器的主要技术指标如表 2-17。

国内外保护层测试仪技术指标

表 2-17

生产 (研制) 厂家	型 号	直径范围 (mm)	技术指标(说明书提供)				实测技术指标		
			保护层厚度 (mm)		直径估测 (mm)		保护层厚度 (mm)		直径 估测 (mm)
			测量 范围	误差 范围	估测 范围	估测 误差	测量 范围	误差 范围	估测 范围
山东三 联电子公 司	NBY-84A	8、10、12、14、 16、18、20、25	5~45 45~60	± 3	——	——	没测	没测	——
汕头超 声仪器厂	GBH-1	6、8、10、12、 14、16、18、 20、22、25	0~20 20~80 80~120	± 3	——	——	没测	没测	——
上海建 材学院	IB84-01 (样机)	5、8、10、12、 14、16、18、 20、22、25、28	0~30 30~40 40~58	± 1 ± 2 ± 3	——	——	没测	没测	——
交通部 公路研究 院, 航天 部青云仪 器厂	GBY-1	6、8、10、12、 14、16、18、 20、22、25、 28、32、36、 40、50	0~120 120~ 160	± 3 $\pm 10\%$	$\phi 6 \sim$ $\phi 50$ 深度 20~60 直接 显示	± 2 钢筋 档次	0~120 120~ 160	1号 $\delta =$ -0.55 $\sigma =$ 1.08 2号 $\delta =$ -0.45 $\sigma =$ 1.04	$\phi 6 \sim$ $\phi 50$ 抽 估 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 25$ 深度 20 ~60

续上表

生产 (研制) 厂家	型 号	直径范围 (mm)	技术指标(说明书提供)				实测技术指标		
			保护层厚度		直径估测		保护层厚度		直径 估测
			(mm)		(mm)		(mm)		(mm)
			测量 范围	误差 范围	估测 范围	估测 误差	测量 范围	误差 范围	估测 范围
瑞 士 PBOCEQ 公司	PROFCM- ETERZ	8、9、10、11、 12、13、14、 15、16、17、 18、19、20、 25、30、35	定位 探头 0~60 深度 探头 0~120	满量程 $\leq \pm 3$	$\phi 8 \sim$ $\phi 34$ (查表)	—	0~120	$\sigma =$ 2.91 $\delta =$ -6.13	—
英 国 C. N. S. 公司	DIGIOOVER	6、8、10、12、 14、18、20、 25、32、40	0~150 150~ 250	± 2 或 $\pm 20\%$ ± 5 或 $\pm 5\%$	$\phi 6 \sim$ $\phi 40$ (查表)	—	0~120	$\delta =$ ± 1.45 σ $= 4.07$	$\phi 6 \sim \phi 40$ 抽 估 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 25$ 深度 20
瑞 士 PROCEQ 公司	PROFCM- ETER3	6、10、13、16、 19、22、25、 29、32、35、 38、41	0~50 50~ 110 110~ 140 140~ 180 180~ 220	± 1 ± 5 ± 10 ± 15 ± 20	$\phi 6 \sim$ $\phi 41$ 10~70 深直接 显示	± 0.5 $\sim \pm 2$	0~120	$\delta =$ 2.59 $\delta =$ 4.45	$\phi 6 \sim \phi 40$ 抽 估 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 25$ 深 度 20

注:实测技术指标中的有关数据取自 GBY-1 钢筋保护层测试仪技术性能测试报告;

δ -算术平均误差; σ -标准误差。

31. 静载试验时常用的测试仪表有哪些？各种测试仪表的适用范围是什么？

用于静力荷载试验的常用测试仪表及其适用范围见表 2-18 所列。

静载试验常用仪表及适用范围

表 2-18

量测内容	仪表名称	最小分划值	适用量测范围	备 注
应变	千分表	2×10^{-6}	$50 \sim 2000 \times 10^{-6}$	需配附件
	杠杆引伸仪	2×10^{-6}	$50 \sim 200 \times 10^6$	需配附件
	手持应变仪	5×10^{-6}	$100 \sim 20000 \times 10^{-6}$	需配表脚
	电阻应变仪	1×10^{-8}	$50 \sim 5000 \times 10^{-6}$	需贴电阻片
位移或 挠度	千分表	0.001mm	0.1 ~ 0.8mm	需配表座及吊架
	百分表	0.01mm	0.3 ~ 8mm	需配表座及吊架
	百分表(长标距)	0.01mm	0.3 ~ 25mm	需配表座及吊架
	挠度计	0.1mm	> 1mm	需配表座及钢丝
	精密水平仪	0.1mm	> 2mm	需配特制水准尺
	电阻应变位移计	0.01mm	0.3 ~ 25mm	需配表座
	经纬仪	0.5mm	> 2mm	需配短尺
倾角	水准式倾角仪	2.5"	20" ~ 1°	需固定支架
裂缝	刻度放大镜	0.05mm	0.05 ~ 5mm	

32. 电阻应变仪测试桥梁结构应变时,需用应变仪和电阻应变片(应变计)配合使用。电阻应变片的粘贴是测试前的一项重要工作,试问,电阻应变片的粘贴应注意什么事项?

应按照选用的粘贴剂所规定的粘贴工艺进行粘贴。粘贴应变片时的注意事项有:

(1)贴片前,要用纱布或脱脂棉球蘸丙酮(或无水酒精、四氯化碳)对贴片表面进行擦洗。

表面湿度较大时,应对表面进行烘干处理,如用热吹风机或红

紫外线灯使水分蒸发。

(2)在处理好的位置和应变片上各涂一薄层粘结剂,稍待一段时间(时间长短视粘结剂种类而定,如聚酯粘结剂可稍长一些,而氰基丙烯酸酯快干胶则基本不用等待),然后把应变片粘贴切到预定位置上,注意保持应变片的方位。有时还需在粘贴前涂一防潮层。

(3)在应变片上盖一张玻璃纸,一手捏引线,用另一只手的拇指或食指从片头到片尾轻轻滚压(只能用垂直压力,不要旋转和错动;不要用力过大)把多余的胶水和气泡挤出,直到应变片粘住为止。

(4)对翘起或粘贴不够牢固的部位,特别是应变片的两端,可再补充一些粘结剂并适当挤压。总之贴完后应使胶层均匀、位置准确、整齐干净。

(5)干燥固化。贴切片后,按照所用粘结剂规定的方法和时间进行干燥固化。一般可以在自然干燥一段时间后,用红外线灯或热吹风机烘烤、吹烘,温度应控制在 $40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。若在潮湿环境中贴片,则贴片后即烘干,然后立即进行防护处理,以防吸潮。

(6)应变片的防护。应变片接好导线后,应立即涂上防护层,其作用是防止应变片受潮和机械损伤。因为潮湿将破坏应变片正常工作。所以防护技术是应变测量中的重要环节。特别是在水中、高压水中、混凝土浆胶中等环境里使用应变片时,首先要考虑防护措施是否有效和可靠。

贴好的应变片的潮湿程度是不易直接测量的,一般是用应变片和结构表面的绝缘电阻值来判断。高的绝缘电阻值可保证测量的精度。但实际工作中如要求太高的绝缘电阻值,将使防潮措施过于复杂,工作量大。所以一般静态测量大于 $200\text{M}\Omega$,动态测量是可以稍小于 $200\text{M}\Omega$,对长期观测或要求精度较高的测量应大于 $500\text{M}\Omega$ 。

常用的防护剂配方见表 2-19。其应用示例见图 2-2。

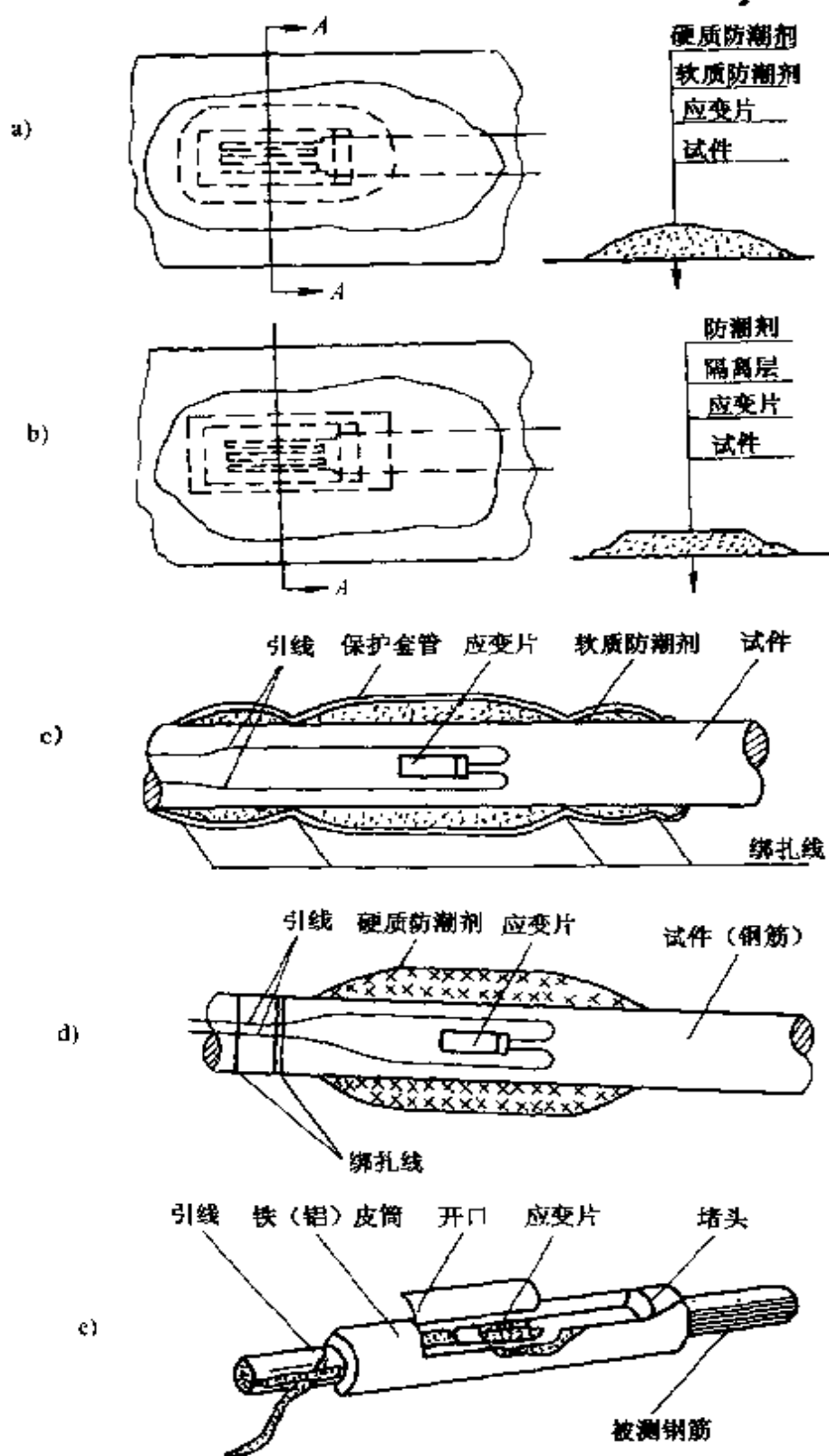


图 2-2 电阻应变片粘贴防潮保护示例

a)带有硬壳层涂抹的防潮剂应用示意图;b)一般涂抹的防潮剂应用示意图;c)设有保护套管的防潮剂应用示意图;d)钢筋上使用硬质防潮剂示意图;e)用模型套管灌注防潮剂

常用防护剂配方

表 2-19

材料 配方	石蜡 (%)	蜂蜡 (%)	松香 (%)	机油 (%)	凡士林 (%)	环氧树脂 (%)	邻苯二甲酸 二丁脂 (%)	乙二胺 (%)
配方 1		100						
配方 2					100			
配方 3	65		20		15			
配方 4	32	8	35	10	15			
配方 5	40		35	10	15			
配方 6						86.2 ~ 75	8.6 ~ 18.8	5.1 ~ 6
配方 7						83.3 ~ 72	10 ~ 17.9	6.61 ~ 10

33. 荷载试验时,裂缝观测、千分表应变观测、电阻应变仪应变观测、百分表挠度(位移)观测等是采用哪种表格进行记录的?

按照《公路旧桥承载能力鉴定方法》(试行)的规定,在进行荷载试验时分别采用以下表格来记录裂缝、应变及挠度的。

- (1)裂缝观测记录表,见表 2-20。
- (2)千分表应变观测记录表,见表 2-21。
- (3)电阻应变仪应变记录表,见表 2-22。
- (4)百分表挠度(位移)观测记录表,见表 2-23。

裂 缝 观 测 表

表 2-20

桥名:

裂缝观测部位:

编号	裂缝位置	裂缝间距	裂缝长度		裂缝宽度			备 注
			试验前	试验后	试验前	控制荷载下	试验后	

千分表应变观测记录表

表 2-21

仪器型号_____ 标距_____ cm 应变值计算系数_____

观测时间	加载程序	测点号											
		读数	读数差	应变 ($\mu\epsilon$)	总应变 ($\mu\epsilon$)	读数	读数差	应变 ($\mu\epsilon$)	总应变 ($\mu\epsilon$)	读数	读数差	应变 ($\mu\epsilon$)	总应变 ($\mu\epsilon$)

电阻应变仪应变观测记录表

表 2-22

仪器型号:_____ 仪器采用灵敏系数:_____ 应变单位: $\mu\epsilon$

电阻片标距:_____ cm 电阻片灵敏系数:

应变计算修正系数:_____

观测时间	加载程序	测点号											
		读数	应变	修正应变	总应变	读数	应变	修正应变	总应变	读数	应变	修正应变	总应变

百分表挠度(位移)观测记录表

表 2-23

仪器型号:_____ 挠度(位移)单位 0.01mm

观测时间	加载程序	测点号											
		读数	位移	总位移	读数	位移	总位移	读数	位移	总位移	读数	位移	总位移

34. 什么是静力荷载试验？其试验目的是什么？

将静止的荷载作用于桥梁上的指定位置,以便能够测试出结构的静应变、静位移以及裂缝等,从而推断桥梁结构在荷载作用下的工作状态和使用能力的试验称为静力荷载试验。对于桥梁结构来说,静载往往是指以缓慢速度行驶到桥上指定荷重级别的车辆荷载。当试验现场条件受限制时,有时也以施加荷重(如堆置铸铁块、水泥、预制块件、水箱等)或者以液压千斤顶装置施力等方式来模拟某一等级的车辆荷载,借以达到试验的目的。

桥梁静载试验目的有:

- (1)检验桥梁结构与施工质量;
- (2)验证桥梁结构设计理论和计算方法;
- (3)直接了解桥梁结构承载情况,借以判断桥梁结构实际的承载能力;
- (4)积累科学技术资料,充实与发展桥梁计算理论和施工技术。

35. 什么是动力荷载试验？其试验目的是什么？

采用动力荷载,如行驶的汽车荷载或其他动力荷载作用于桥梁结构上,以测出结构的动力特性,如振动变形,从而判断出桥梁结构在动力荷载下受冲击和振动影响的试验称为动力荷载试验。桥梁的动力荷载试验与静力荷载试验相比具有其特殊性。首先,引起结构产生的振源(如车辆、人群、阵风或地震力等)和结构的振动影响是随时间而变化的,而结构在动荷载作用下的响应与结构本身的动力特性有密切关系,动荷载产生的动力效应一般大于相应的静力效应;有时,甚至在一个不大的动荷载作用下,也可能使结构受到严重的损坏。

桥梁结构动力荷载试验的目的是:

- (1)测定动荷载的动力特性,即引起结构产生振动的作用力的数值、方向、频率和作用规律等;

(2)测定结构的动力特性,如结构的自振频率,阻尼特性及固有振型等;

(3)测定结构在动荷载作用下的强迫振动的响应,如振幅、动应力、冲击系数及疲劳性能等。

36. 确定桥梁桩基承载力的检测方法有哪几种方法? 试述垂直静载试验的步骤和要求。

确定桥梁桩基承载力的检测方法有两种,一种是静荷载试验,另一种是各种桩的动测方法。静载试验是确定桩承载力的最可靠方法,而各种桩的动测方法,则必须在与桩静载试验结果大量对比的基础上,找出对比系数,才能推广应用。

垂直静载试验的步骤和要求是:

(1)加荷装置的选择

①基本要求:安全可靠,保证有足够的加载量,不能发生加载量达不到要求而中途停止试验的事故。并从节约材料、减少经费、取用方便、缩短筹备时间等方面考虑,选用合适的加载系统。

②加载量的确定:按《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)推荐的地基上强度数据或参考类似的试桩经验并按照鉴定性或破坏性试验的不同要求,确定试桩破坏荷载或最大试验荷载(以下称最大加载量)。荷载系统的加载能力至少不低于破坏荷载或最大加载量的1.5倍,最好能达到1.5~2.0倍。

③反力装置:反力装置有平台式和杠杆式的加荷装置,但这两种装置不宜用于较大荷载,且加荷、卸荷很费时间,劳动强度亦大。因此,目前多采用液压千斤顶、锚桩、横梁等设备加荷,见图2-3。

(2)设置基准点与基准梁

①基准点的设置

基准点的设置应满足以下几个条件:基准点本身不变动;没有被接触或遭破坏的危险;附近没有振源;不受直射阳光与风雨等干扰;不受试桩下沉的影响。

②设置基准梁

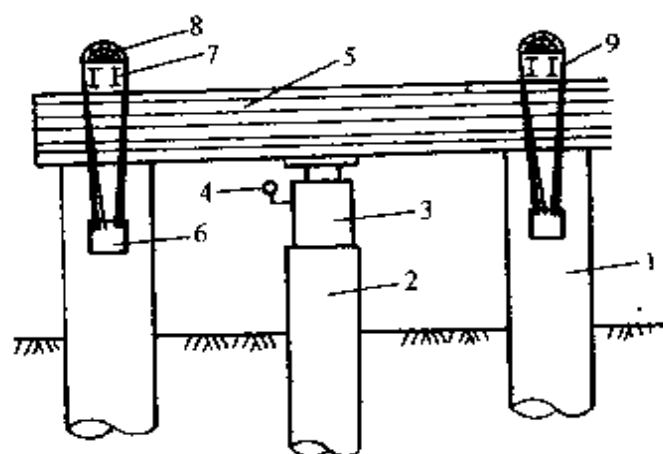


图 2-3 锚桩反力梁加载装置

1-锚桩;2-试桩;3-千斤顶;4-油压表;5-反力梁;6-穿强洞;7-小挑梁;8-半圆木;9-钢索

基准梁一般采用型钢,其优点是有磁性、刚度大、便于加工、形状一致,缺点是温度膨胀系数大,在受温度影响大的长期荷载试验时,并且当桩本身的下沉又不大时,测试精度会受很大影响。因此,当量测桩位移用的基准梁如采用钢梁时,为保证测试精度需采取下述措施:基准梁的一端固定,另一端必须自由支承;防止基准梁受日光直接照射;基准梁附近不设照明及取暖炉;必要时基准梁可用聚苯乙烯等隔热材料包裹起来,以消除温度影响。

(3)确定测试仪器装置

测量仪器必须精确,一般使用精度为 $1/20\text{mm}$ 的光学仪器或力学仪器,如水平仪、挠度仪测力器(包括荷载传感器、拉应力传感器、电子秤、压力环等)、倾角仪、位移计等,如无此类仪器,可用千分表、游标卡尺、杠杆指针等,精确度至少为 0.1mm 。测量仪器一般应设 2~4 套,对称安装在试桩的两侧或四周。观测用的测桩与试桩和锚桩的净距参见表 2-24,并在任何情况下不得小于试桩直径的 3 倍。

测桩与试、锚桩最小间距表

表 2-24

锚桩数量	测桩与试桩和锚桩净距	
	测桩距试桩(m)	测桩距锚桩(m)
4	2.40	1.60
6	1.70	1.00

测定系统固定在围堰上时,围堰与试桩及锚桩间的最小距离不加限制。

仪器安装前应予以校定,擦干润滑。

(4) 试验加载方式

试验加载方式分为三类,见表 2-25,根据具体情况选择采用。

试验加载方式

表 2-25

序号	试验顺序	试验方式			序号	试验顺序	试验方式		
		第一类	第二类	第三类			第一类	第二类	第三类
1	加至计算静力载重	-	+	+	6	加至计算主力加附加力载重	-	-	+
2	全部卸载	-	+	+	7	卸至计算静力载重	-	-	+
3	加至计算主力加附加力载重	-	+	+	8	加至破坏载重	+	+	+
4	全部卸载	-	+	-	9	全部卸载	+	+	+
5	卸至计算静力载重	-	-	+					

注:①“+”表示采用,“-”号表示不采用;

②第二、三类为反复加卸载方式,埋设在桩内的仪器的标定要考虑到反复加卸载试验方式的影响。

在所有基桩尚未沉入前做试验时,有可能根据试桩结果改变桩基结构(沉桩深度、桩的数量等),因此,试桩载重一般应达到破坏载重,或试桩下沉量大大超过建筑物的容许限度,甚至达到基桩本身材料的破坏。

在所有基桩均已沉入完毕,试验仅是为了检验基桩是否符合设计要求,试桩载重可等于设计荷载乘以安全系数。如果试验条件限制时,这一载重可减少 10%。

试桩加载应分阶段进行,每阶段加载重可以相等或者递变。每一阶段载重的大小,应按要求试验的精确度决定;等重加载时,一般为预计极限载重量的 $1/10 \sim 1/15$;递变加载时,开始阶段为

1/2.5 ~ 1/5; 终了阶段为 1/10 ~ 1/15。

下沉量观测间隔时间,视桩尖土质和每阶段载重量而定,一般可按累计 0s、2s、5s、10s、30s 观测一次,以后每隔 30s 测读一次,粘性土在后阶段可延长到每小时测读一次。每阶段的测读间隔次数不少于 5 次。

每一阶段载重的下沉量,在下列时间内,如不大于 0.1mm,即可视为休止:

对于砂类土 最后 30min;

对于粘性土 最后 1h。

这一阶段下沉休止后,即可进行下一阶段的加载。

(5)破坏载重、极限载重及容许载重的确定

①破坏载重:当试桩全部下沉量已大于 40mm,同时这一阶段下沉量大于前一阶段下沉量的 5 倍,或者这一阶段的下沉量大于前一阶段下沉量的 2 倍但下沉在 24h 仍不休止时,其荷载即为破坏荷载(此标准不适用于对下沉量有特殊规定者)。

②极限载重:在破坏荷载的前一阶段的累计载重即为极限载重。

③容许载重:极限载重除以安全系数(规范规定为 2)为容许载重。如因结构对桩的下沉量有特殊要求时,则应按下沉量确定容许载重。

先做静载试验后挖基的桩,应从试验所得的极限荷载值中减去从地面至开挖后的基底一段高度内的土对桩身的摩擦力临界值,再据以计算容许荷载。高桩承台的桩,也应扣除从地面至最大冲刷线间的一段高度内土的摩擦力。

(6)卸除载重

卸载应分阶段进行,每阶段卸载量可为每两个阶段的加载重。如加载阶段为奇数时,第一阶段的卸载重可为最后三个阶段的加载重。

每次按顺序卸除载重后应将桩的回弹量在各仪器的读数分别记录。开始两次每隔 15min 记录一次到回弹休止为止,回弹休止

标准与沉降休止标准相同。回弹稳定后即可进行下一次卸载。载重完全卸除后,至少尚应于 2h 内每隔 30min 记录一次。

(7) 试验操作注意事项

①利用已完成的桩作锚桩,当用常备式钢梁、工字钢叠合梁或用高强钢材特殊设计的钢梁时,应根据最大试验荷载验算反力梁的强度和挠度。一般钢梁挠度要求不大于 $1/100$ 跨度。

②如利用已有的基桩当作锚桩,不允许损伤桩身。

③验算锚桩抗拔能力时的极限摩阻力值,应采取比桩受压时极限摩阻力值为低的值。

④当采用加载平台时,每件压重以及平台自重均应标定,需要时可以用颜色标明,易于计算。为了操作安全,在专设的防护垛上置有楔块,在传递荷载时将楔块撤除。

⑤使用的千斤顶必须逐台加以标定。在标定时所使用的压力表、油管、电动油泵、人工手摇泵等应与试验时基本相同。

⑥观测桩的沉降量一般采用百分表测量。桩身下沉量超过百分表量程范围时,应及时调整百分表位置,调整前和调整后的读数应取得联系。应随时检查百分表是否灵敏,支架是否稳定。

⑦预计千斤顶的顶起量,估计时应考虑 $0.5 \sim 1$ 倍的观测余量,力求避免在一次试验的中途松顶加垫。

⑧为减少千斤顶有效顶程的耗损,可采取以下措施:

试验前先用千斤顶加压,消除垫材、栓孔等处的压缩变形及空隙,然后将试验千斤顶松回,加填垫材,填补空隙。

加强试验设备的结构刚度。

锚桩的受拔力应小于其极限摩阻力,其拔起量一般应小于 20mm。

⑨锚桩拔起的休止应先于试桩下沉的休止。

⑩对锚桩的拔起应同时进行观测,以便从拔起的均衡程度及拔起与时间关系曲线中分析其对试桩的可能影响。

⑪试桩的下沉和锚桩的拔起都将使试验千斤顶降压,必须不断观察压力表,随时加压,以维持其每阶段的加载量不变。最好安

设液压补偿器(见图 2-4),使千斤顶自动保持恒压。

⑫应随时检查加载设备情况,注意有无变形、倾侧或声响等异状。随时检查观测设备的转动与指示部分的灵敏度(指针转动有无障碍),以及固定部分的稳定性。

⑬一个或几个千斤顶的中轴线必须与试桩的中轴线相吻合,否则由于偏压易产生压坏桩头及偏斜的事故。

⑭应防止试验地点附近的振动干扰、装置自身的温度变形及土壤冻胀影响。

(8) 试验记录及资料整理

所有试验观测读数应随时直接填入记录,见表 2-26,并根据记录资料整理绘制桩的下沉与荷载关系曲线及桩的下沉与时间关系曲线,如图 2-5。图上应绘制锤击次数、落锤高度、射水冲刷压力及沉桩时间与沉桩的关系曲线,还应标明工程地点、工程名称、桩号,并附桩的平面位置及桩所沉入各土层的示意图,注明各层土质

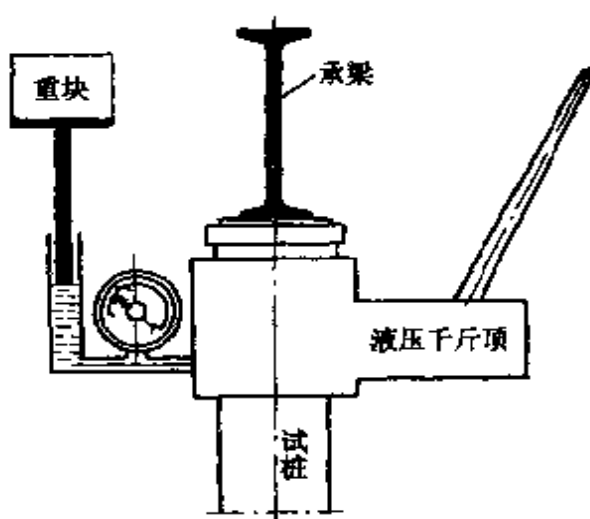


图 2-4 液压补偿器作用示意

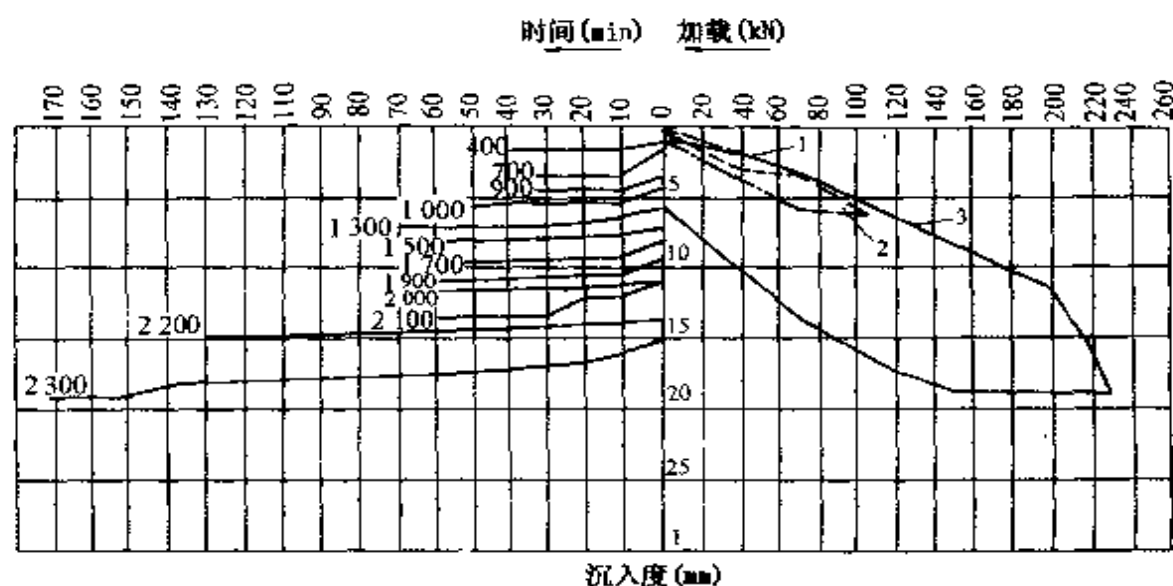


图 2-5 基桩垂直静载试验曲线图示例

及桩尖、桩顶、地面与各土层的标高。

试桩试验报告

表 2-26

工程名称:	文件号:
地 点:	桩 号:
地质情况:	
复打次数及日期:	
冲击试验日期:	
试桩位于第 × × 号:	
制桩材料、时间、桩截面 (cm ²):	

静载试验记录

建筑物名称:	桩 号:
载重平台类型:	桩的重力 (kN):
测量仪器类别:	号 码:
加载顺序:	
桩设计载重 (kN):	极限载重 (t):

载重阶段编号	起止日时分	间歇时间 (min)	每阶段载重 (kN)	仪器读数 (mm)		平均读数 (mm)	下沉量 (mm)	温度 (℃)	备注
				仪器号	仪器号				

其他记录

记录人	施工负责人
-----	-------

(9) 根据垂直静载试验求算冲击公式的修正系数

用静载试验前的冲击试验得出的沉入度 e_1 , 代入冲击公式求出容许承载力 P_1 , 以 P_2 表示静载试验得出的实际容许承载力, 则正式沉桩时采用冲击公式的修正系数 a 应为:

$$a = \frac{P_2}{P_1} \quad (2-15)$$

37. 简述桩基高应变动力检测(也称凯斯法)判定单桩极限承载力的基本原理及检测方法。

根据《桩基高应变动力检测规程》(JGJ 106—97)规定, 基桩高

应变动力检测,即凯斯法检测桩基承载力的原理及检测方法、要求简述如下:

(1)基本原理

凯斯法以现代波动理论为基础,导出了一套简捷的分析计算公式,借助于现代的振动测量和信号处理技术,在锤击桩的过程中检测桩头的受力和运动响应信息,借助计算机分析技术,较全面地考虑桩和土及其相互作用的各种因素,通过复杂的运算,获得桩的承载力。这里略去冗长的数学推导,直接给出凯斯法判定单桩极限承载力的计算公式。

$$\begin{aligned} R_c = & (1 - J_c)[F(t_1) + Zv(t_1)]/2 + (1 + J_c) \\ & \times [F(t_1 + 2L/c) - Zv(t_1 + 2L/c)]/2 \\ & Z = AE/c \end{aligned} \quad (2-16)$$

式中: R_c ——由凯斯法判定的单桩极限承载力(kN);

J_c ——凯斯法阻尼系数;

t_1 ——速度峰值对应的时刻(ms);

$F(t_1)$ —— t_1 时刻的锤击力(kN);

$v(t_1)$ —— t_1 时刻的质点运动速度(m/s);

Z ——桩身截面力学阻抗(kN·s/m);

A ——桩截面积(m²);

L ——测点下桩长(m)。

(2)检测仪器及设备

试验仪器应具有现场显示、记录、保存实测力与加速度信号的功能,并能进行数据处理、打印和绘图,如图 2-6。其性能应符合下列规定:

①数据采集装置的模/数转换精度不应小于 10 位,通道之间的相位差应小于 50μs。

②力传感器宜采用工具式应变传感器,应变传感器安装谐振频率应大于 2kHz,在 0 ~ 1000με 测量范围内的非线性误差不应大于 ±1%,由于导线电阻引起的灵敏度降低不应大于 1%。

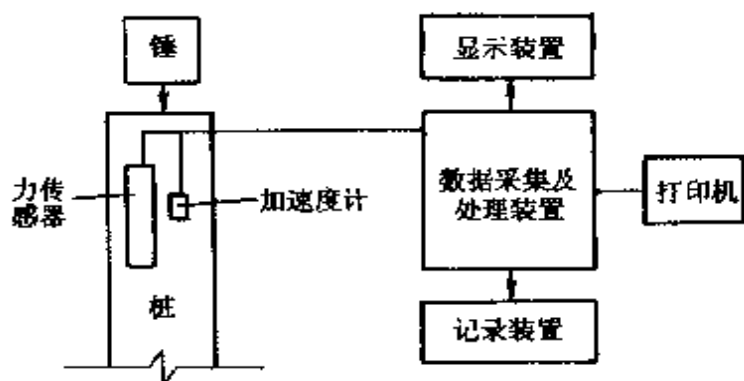


图 2-6 仪器设备装置框图

③安装后的加速度计在 $2 \sim 3000\text{Hz}$ 范围内灵敏度变化不应大于 $\pm 5\%$, 冲击加速度不大于 10000ms^{-2} , 其幅值非线性误差不应大于 $\pm 5\%$ 。

④传感器应每年标定一次。

⑤打桩机械或类似的装置都可作为锤击设备。重锤宜用铸钢或铸铁制作, 应质量均匀, 形状对称, 锤底平整。当采用自由落锤时, 锤的重力应大于预估的单桩极限承载力的 1% 。

⑥桩的贯入度可用精密水准仪、激光变形仪等光学仪器测定。因为检测时, 重锤对桩的冲击, 使桩周土产生振动, 采用传统设置基准梁、基准桩的方法会使贯入度的测量带来较大误差。

(3) 检测方法

①混凝土桩桩头的处理

为了确保检测时锤击力的正常传递, 桩头顶面应水平、平整, 桩头中轴线与桩身中轴线应重合, 桩头截面积应与原桩身截面积相同。

桩头主筋应全部直通至桩顶混凝土保护层之下, 各主筋应在同一高度上。

距桩顶 1 倍桩径范围内, 宜用厚度为 $3 \sim 5\text{mm}$ 的钢板围裹或距桩顶 1.5 倍桩径范围内设置箍筋, 间距不宜大于 150mm 。桩顶应设置钢筋网片 $2 \sim 3$ 层, 间距 $60 \sim 100\text{mm}$ 。

桩头混凝土强度等级宜比桩身混凝土提高 $1 \sim 2$ 级, 且不得低于 C30; 桩顶应设置桩垫, 并根据使用情况及时更换; 桩垫宜采用

胶合板、木板或纤维板等材质均匀的材料。

②传感器的安装

为监视和减少可能出现的偏心锤击的影响,检测时应安装应变传感器和加速度传感器各两只。传感器的安装应符合下列规定:

a. 传感器应分别对称安装在桩顶以下桩身两侧(图 2-7),传感器与桩顶之间的垂直距离,对于一般桩型,不宜小于 2 倍桩的直径或边长;对于大直径桩,不得小于 1 倍桩的直径或边长。

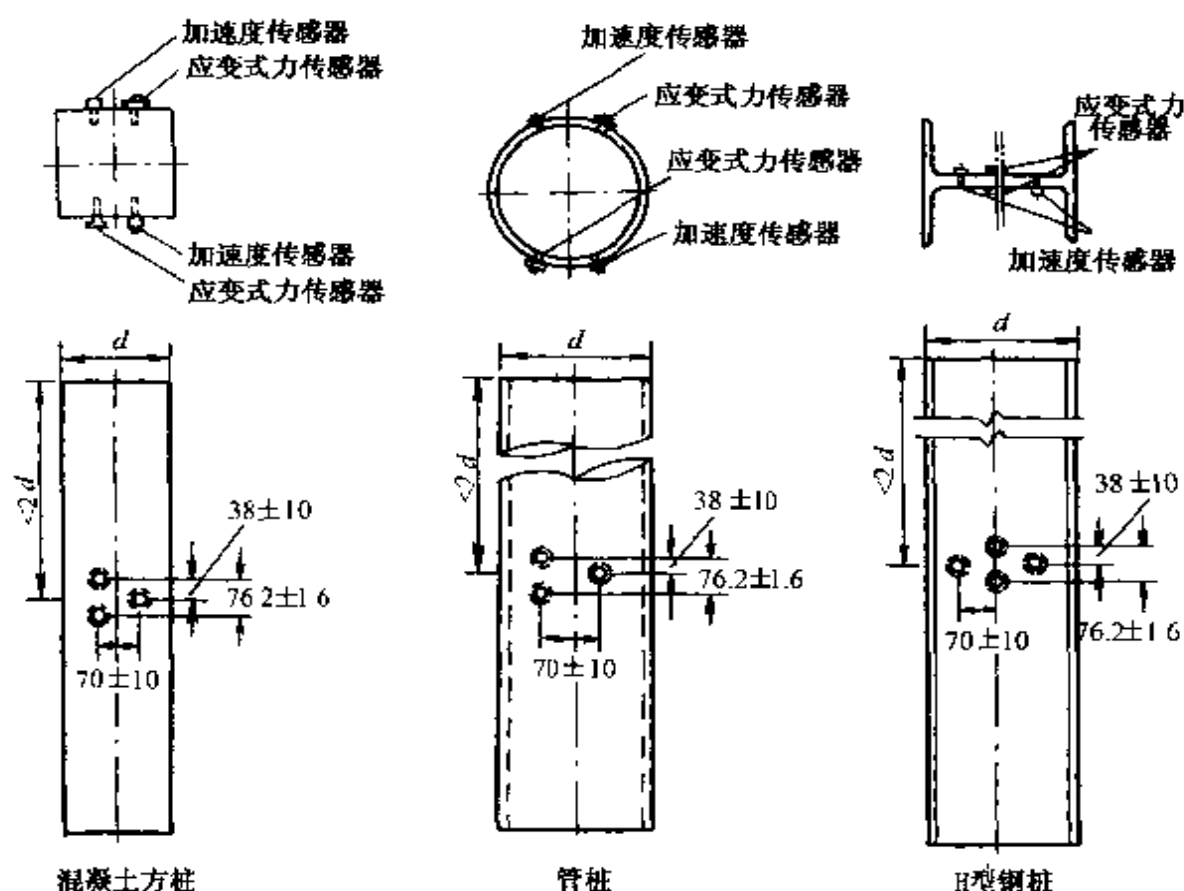


图 2-7 测点处传感器安装(尺寸单位:mm)

b. 安装传感器的桩身表面应平整,且其周围不得有缺损或断面突变,安装面范围内的材质和截面尺寸应与原桩身等同。

c. 应变传感器的中心与加速度传感器中心应位于同一水平线上,两者之间的水平距离不宜大于 10cm。

当采用膨胀螺栓固定传感器时,安装时应符合下列规定:

d. 螺栓孔应与桩身中轴线垂直,其孔径应与采用的膨胀螺栓

尺寸相匹配。

e. 安装完毕后的应变传感器固定面应紧贴桩身表面, 初始变形值不得超过规定值, 检测过程中不得产生相对滑动。

f. 当进行连续锤击检测时, 应先将传感器引线 with 桩身固定可靠, 防止引线振动受损。

③现场检测参数设定

高应变动力检测是通过在桩顶采集力和速度信号, 通过计算得到桩的承载力的。实际上, 传感器直接测到的是其安装面上的应变和加速度信号, 还要根据其他参数设定值计算后才能得到力和速度信号, 因此桩的参数必须按测点处桩的性状设定。

现场检测时桩头测点处的桩截面面积、桩身波速、桩材质量密度和弹性模量应按测点处桩的实际情况确定。

测点下桩长和截面积的设定值应符合下列规定: 测点下桩长应取传感器安装点至桩底的距离; 对于预制桩, 可采用建设或施工单位提供的实际桩长和桩截面积作为设定值; 对于混凝土灌注桩, 测点下桩长和截面积设定值宜按建设或施工单位提供的施工记录确定。

桩身波速设定应符合下列规定: 对于变通钢桩, 波速值可设定为 5120m/s ; 对于混凝土预制桩, 宜在打入前实测无缺陷桩的桩身平均波速作为设定值; 对于混凝土灌注桩, 在桩长已知的情况下, 可用反射波法按桩底反射信号计算桩的平均波速作设定值, 如桩底反射信号不清晰, 可根据桩身混凝土强度等级参数综合设定。

桩身质量密度设定应符合下列规定: 对于普通钢桩, 质量密度应设定为 7.85t/m^3 ; 对于普通混凝土预制桩, 质量密度可设定为 $2.45 \sim 2.55\text{t/m}^3$; 对于普通混凝土灌注桩, 质量密度可设定为 2.40t/m^3 。

桩材弹性模量设定值应按下式计算:

$$E = \rho v^2 \quad (2-17)$$

式中: E ——桩材弹性模量(kPa);

v ——桩身内应力波传播速度(m/s);

ρ ——桩材质量密度(kg/m^3)。

采样频率和采样数据长度的设定:

采样频率宜为 5 ~ 10kHz;每个信号的采样点数不宜少于 1024 点。

力传感器和加速度传感器标定系数的设定:

力传感器和加速度传感器标定系数应由国家法定计量单位开具的标定系数或传感器出厂标定系数作为设定值。

④测试技术要求

检测前应认真检查确认整个测试系统处于正常状态,并逐一核对种类参数设定值,直至确认无误时,方可开始检测。

检测时要记录每根桩的有效锤击次数,应根据贯入度及信号质量确定。因此,检测时宜实测每一锤击力作用下桩的贯入度。为使桩周土产生塑性变形,单击贯入度不宜小于 2.5mm,但也不宜大于 10mm。由于检测工作现场情况复杂,种种影响很难避免,为确保采集到可靠的数据,即使对于灌注桩,每根桩检测时应记录的有效锤击数也不得只有一击。否则一旦在室内分析时,发现采集数据有误就无法补救。每根桩检测时应记录的有效锤击次数可参照表 2-27 取定。

有效锤击次数

表 2-27

检测目的	桩型	有效锤击次数	检测目的	桩型	有效锤击次数
基桩检测	II 灌注桩	2 ~ 3 击	施工监控	预制桩(初打)	收锤前 3 阵
	预制桩(复打)	2 ~ 3 击		预制桩(复打)	1 阵

注:每阵为 10 击。

采用自由落锤为锤击设备时,宜重锤低击,最大锤击落距不宜大于 2.5m。当检测仅为检验桩身结构完整性时,可减轻锤重,降低落距,减小桩垫厚度,但应能测到明显的桩底反射信号。

检测时应及时检查采集数据的质量,如发现测试系统出现问题、桩身有明显缺陷或缺陷程度加剧,应停止检测,进行检查。

当检测承载力时,从设桩至检测的休止时间,预制桩不应少于表 2-28 中规定的时间,混凝土灌注桩应达到混凝土设计强度等级,并不应少于表中规定的时间。

休止时间 (d) 表 2-28

土的类别		休止时间
砂土		7
粉土		10
粘性土	非饱和	15
	饱和	25

(4) 基桩承载力判定

① 现场测量信号的判读

凯斯法在现场量测的直接结果是取得一条力波曲线和一条速度波曲线,用这两条曲线可作现场实时分析计算或带回室内作更详细的分析计算。因为主要计算都是由计算机或有关电子线路自动完成的,计算程序不会判断现场采集的信号是否可靠。错误的记录也会有一个相应的计算值,所以判断现场采集的信号的可信性是相当重要的。

锤击后出现下列情况之一的,其信号不得作为分析计算依据。

- 力的时程曲线最终未归零;
- 严重偏心锤击,一侧力信号呈现受拉;
- 传感器出现故障;
- 传感器安装处混凝土开裂或出现塑性变形。

检测承载力时选取锤击信号,应符合下列规定:

- 预制桩初打,宜取最后一阵中锤击能量较大的击次;
- 预制桩复打和灌注桩检测,宜取其中锤击能量较大的击次。

分析计算前,应根据实测信号按下列方法确定桩身波速平均值:

a. 桩底反射信号明显时,可根据下行波波起升的起点到上行波下降的起点之间的时差与已知桩长值确定(图 2-8);

b. 桩底反射信号不明显时,可根据桩长、混凝土波速的合理取值范围以及邻近桩的桩锤击波速值综合判定。

② 凯斯法判定桩承载力

凯斯法判定单桩极限承载力的公式见式(2-16)。利用该式判

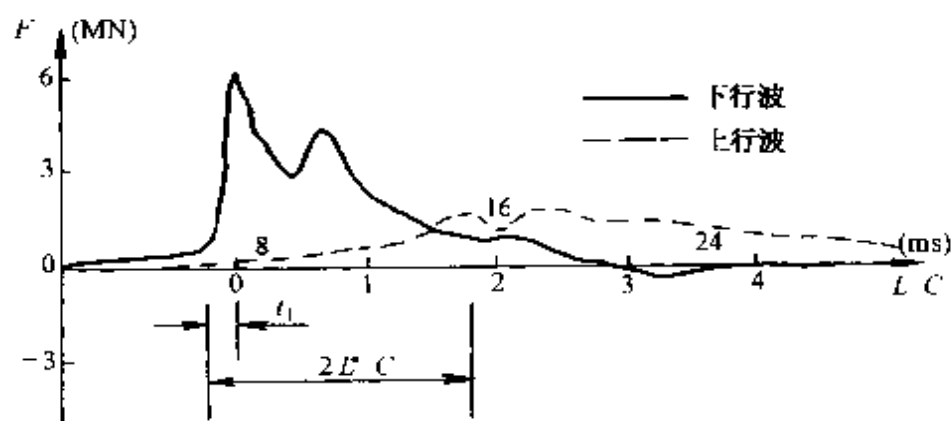


图 2-8 桩身波速的确定

F -锤击力; L -测点至桩长; C -桩身波速

定单桩承载力的关键是选取合理的阻尼系数 J_0 。我国目前采用的阻尼系数值基本上是参照美国 PID 公司给出的取值范围,其取值的规律为:随着土中细粒含量的增加,阻尼系数值也随之增加。而且只给出了砂、粉砂、粉土、粉质粘土和粘土五种土质条件下的取值范围,常见的以风化岩作为桩端持力层的情况未能包括在内。此外,考虑到 PID 公司所建议的取值范围是基于打入式桩提出的,而我国灌注桩高应变动力检测的数量又很大,应用时难以满足公式推导中关于等截面的假定。加上灌注桩施工工艺不同所造成的桩端持力层的差异对阻尼系数取值的影响,使采用凯斯法判定承载力带有较大的经验性和不确定性。为防止凯斯法的不合理应用,应采用动静对比试验或实测曲线拟合法确定阻尼系数值。

还应指出,尽管 PID 公司给出的阻尼系数值的范围(见表 2-29)是通过静荷载试验校核后得到的,但其静荷载试验确定极限承载力的准则与我国现行规范的规定有差异。此外,某些以端承为主的大直径桩、嵌岩桩,高应变动力检测所产生的动位

瑞典 PID 公司的凯斯

阻尼系数建议值 表 2-29

土 的 类 型	取 值 范 围
砂	0 ~ 0.15
砂质粉土	0.15 ~ 0.25
粉质粘土	0.45 ~ 0.70
粘土	0.9 ~ 1.20

移通常比静荷载试验时所产生的沉降要小得多,因此对于由动静

对比试验得到的阻尼系数值也应通过认真分析后取定。表 2-30 给出上海地区凯斯阻尼系数建议值。

上海地区凯斯阻尼系数建议值

表 2-30

土 的 类 型	取值范围	土 的 类 型	取值范围
污泥质灰色粘土;灰色粘土	0.6~0.9	灰色砂质粉土;黄绿色砂质粉土	0.15~0.25
褐黄色表土;污泥质灰色粉质粘土;灰色粉质粘土;暗色粉质粘土	0.4~0.7	粉砂;细砂;砂	0.15~0.25

(5)凯斯法适用范围和优点

①适用范围

凯斯法判定单桩极限承载力只限于中、小直径桩;用于混凝土灌注桩时,桩身材质应均匀,且有可靠经验。在无静载试验情况下,应采用实测曲线拟合法确定 J_c 值,拟合计算的桩数不应少于检测总数的 30%,并不少于 3 根;在同一场地,桩型、尺寸相同情况下,阻尼系数极值与平均值之差不应大于 0.1。

采用高应变动力检测法检验桩身结构的完整性,一般来说是不经济的。检验桩身结构的完整性一般采用低应变动力检测方法。

②优点

凯斯法有较完整的理论体系,测试较简单,尤其对打入桩,可在沉桩过程中同步进行测试。传感器为工具式的,装卸方便,能重复使用和进行实时分析。可对施工进行监测,并可作为确定打入桩的停打标准手段,也可随机抽样检查。功能较多,能提供的数据也多,例如:能确定单桩极限承载力,能对桩身的缺损、裂缝和桩材整体质量作检测,能给出打桩时桩身的最大动压应力和最大动拉应力值,还能给出桩锤的有效锤击能量。

③精度

动、静试验资料对比的精度不仅取决于动测方法本身,还依赖

于静载试验所采用的破坏判别标准,世界各地大量的动静对比资料表明,凯斯法预估的单桩极限承载力值与静荷载试验相比其误差一般不超过 $\pm 20\%$ 。根据上海地区近两年来的试验资料统计,其误差也在这一范围之内。

④存在问题

凯斯法有许多优点,但是还存在着不少问题有待进一步研究。

38. 常用的钻孔灌注桩质量的检测有哪几种方法?

灌注桩成桩质量通常存在两方面问题:一是属于桩身完整性,常见的缺陷有夹泥、断裂、缩径、扩径、混凝土离析及桩顶混凝土密实性较差等;二是嵌岩桩,影响桩底支承条件的质量问题主要是灌注混凝土前清孔不彻底,孔底沉淀厚度超过规定极限,影响承载力。

桩基础施工质量的检验,随着长、大桩径及高承载力桩基础迅速增加,传统的静压桩试验已很难实施。目前,常用的钻孔灌注桩质量的检测方法有以下几种:

(1) 钻芯检验法

由于大直径钻孔灌注桩的设计荷载一般较大,用静力试桩法有许多困难,所以常用地质钻机在桩身上沿长度方向钻取芯样,通过对芯样的观察和测试确定桩的质量。

但这种方法只能反映钻孔范围内的小部分混凝土质量,而且设备庞大、费工费时、价格昂贵,不宜作为大面积检测方法,而只能用于抽样检查,一般抽检总桩量的 $3\% \sim 5\%$,或作为对无损检测结果的校核手段。

(2) 振动检验法

所谓振动检验法又称动测法。它是在桩顶用各种方法(例如锤击、敲击、电磁激振器、电水花等)施加一个激振力,使桩体乃至桩土体系产生振动,或在桩内产生应力波,通过对波动及振动参数的种种分析,以推定桩体混凝土质量及总体承载力的一类方法。此方法主要有以下四种:

- ①敲击法和锤击法；
- ②稳态激振机械阻抗法；
- ③瞬态激振机械阻抗法；
- ④水电效应法。

(3) 超声脉冲检验法

该法是在检测混凝土缺陷技术的基础上发展起来的。其方法是在桩的混凝土灌注前沿桩的长度方向平行预埋若干根检测用管道,作为超声发射和接收换能器的通道。检测时探头分别在两个管子中同步移动,沿不同深度逐点测出横截面上超声脉冲穿过混凝土时的各项参数,并按超声测缺原理分析每个断面上混凝土的质量。

(4) 射线法

该法是以放射性同位素辐射线在混凝土中的衰减、吸收、散射等现象为基础的一种方法。当射线穿过混凝土时,因混凝土质量不同或因存在缺陷,接收仪所记录的射线强弱发生变化,据此来判断桩的质量。

由于射线的穿能力有限,一般用于单孔测量,以便了解孔壁附近混凝土的质量,扩大钻芯法检测的有效半径。

39. 斜拉桥斜拉索的索力测试常用的有哪几种方法? 简述振动法测索力的优越性。

斜拉索是斜拉桥梁、塔和索体系中的一个重要组成部分,斜拉索索力大小直接影响桥梁上部结构的受力和变形状态,各拉索中的实际索力大小的测试就成为斜拉桥施工控制以及旧桥检测中的一个重要问题。斜拉桥斜拉索索力测定的方法有:

- ①电阻应变片测定法；
- ②拉索伸长量测定法；
- ③索拉力垂度关系测定法；
- ④张拉千斤顶测定法；
- ⑤压力传感器测定法；

⑥振动测定法。

方法①~③从理论上讲是可行的,但实施会遇到较多的实际问题,一般不予采用;方法④~⑤测定拉索张拉过程的索力变化较方便,但不能测定成桥后索力;振动测定法实测斜拉索的固有频率,利用索的张力和固有频率的关系计算索力。实测频率仪器配置如图 2-9 所示。

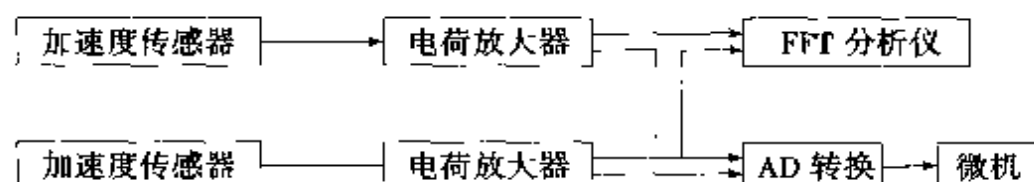


图 2-9 索力仪组成

振动法可采用激振器激振或人工激振,亦可采用环境随机振动法。测试时用索夹或绑带将传感器固定在拉索上,进行激振和信号采集、现场分析,可以很方便测求索力。

40. 桥梁评定分为哪二种? 各种评定的内容分别是什么? 根据缺损程度(大小、多少或轻重)、缺损时结构使用功能的影响程度(无、小、大)和缺损发展变化状况(趋向稳定、发展缓慢、发展较快)等三个方面,以累加评分方法对各部件缺损状况作出等级评定。累加评分方法是如何进行的?

桥梁评定分为一般评定和综合评定二种。

一般评定是依据桥梁定期检查资料,通过对桥梁各部件技术状况的综合评定,确定桥梁的技术定级,提出各类桥梁的养护措施。

综合评定包括以下内容:

- (1)承载能力适应率评定;
- (2)通行能力适应率评定;
- (3)洪水宣泄能力适应率评定;
- (4)承载能力评定。

采用累加评分方法对桥梁结构各个部件缺损状况作出等级评

定,其操作过程如表 2-31 所列。

桥梁状况缺损状况评定方法

表 2-31

缺损状况及标度			组合评定标度				
缺损程度及标度		程度	小→大 少→多 轻度→严重				
		标度	0	1	2		
缺损对结构使用 功能的影响程度	无、不重要	0			0	1	2
	小、次要	1			1	2	3
	大、重要	2			2	3	4
以上两项评定组合标度			0	1	2	3	4
缺损发展变化状 况的修正	趋向稳定	-1		0	1	2	3
	发展缓慢	0		1	2	3	4
	发展较快	+1	1	2	3	4	5
最终评定结果			0	1	2	3	4
桥梁技术状况及分类			完好	良	较	较	坏
			一	二	三	四	危
			类	类	类	类	险

“0”表示完好状态,或表示没有设置的构造部件,如调治构造物

“5”表示危险状态,或表示原无设置,而调查表明需要补设的部件

41. 桥梁总体技术状况的评定,宜采用考虑桥梁各部件权重的综合评定方法。桥梁各部件权重是如何确定的? 综合评定方法是如何进行的?

桥梁各部件的权重及综合评定方法如表 2-32 所列。

推荐的桥梁各部件权重及综合评定方法

表 2-32

部件	部件名称	权重 W_i	桥梁技术状况评定办法
1	翼墙、耳墙	1	<p>(1)综合评定采用下列计算公式:</p> $D_r = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n R_i W_i}{5}$ <p>式中: R_i——按表 2-31 方法对各部件的评定标度(0~5);</p> <p>W_i——各部件权重, $\sum W_i = 100$;</p> <p>D_r——全桥结构技术状况评分(0~100);评分高表示结构状况好,缺损少。</p> <p>(2)评定分类采用下列界限</p> <p>$D_r \geq 88$ 一类</p> <p>$88 > D_r \geq 60$ 二类</p> <p>$60 > D_r \geq 40$ 三类</p> <p>$40 > D_r$ 四类</p> <p>$D_r \geq 60$ 的桥梁,并不排除其中有评定标度 $R_i \geq 3$ 的部件,仍有维修的需求</p>
2	锥坡、护坡	1	
3	桥台及基础	23	
4	桥墩及基础	24	
5	地基冲刷	8	
6	支座	3	
7	上部主要承重构件	20	
8	上部一般承重构件	5	
9	桥面铺装	1	
10	桥头跳车	3	
11	伸缩缝	3	
12	人行道	1	
13	栏杆、护栏	1	
14	照明、标志	1	
15	排水设施	1	
16	调治构造物	3	
17	其他	1	

42. 桥梁承受恒载时,对各个部件如梁、拱、墩台所产生的裂缝最大限值的规定是多少?

梁、拱、墩台的恒载裂缝最大限值规定如表 2-33 所列。裂缝超过表列数值时应进行修补,以保证结构的耐久性。

裂 缝 限 值

表 2-33

结构类型	裂 缝 部 位		允许最大 缝宽(mm)	其 他 要 求
钢筋混凝土梁	主筋附近竖向裂缝		0.25	
	腹板斜向裂缝		0.30	
	组合梁结合面		0.50	不允许贯通结合面
	横隔板与梁体端部		0.30	
	支座垫石		0.50	
预应力混凝土梁	梁体竖向裂缝		不允许	
	梁体纵向裂缝		0.20	
砖、石、混凝土拱	拱圈横向		0.30	裂缝高小于截面高一半
	拱圈纵向(裂缝)		0.50	裂缝长小于跨径 1/8
	拱波与拱肋结合处		0.20	
墩台	墩台帽		0.30	不允许贯通墩身截面一半
	台墩身	经常受浸蚀性环境水影响	有筋 0.20 无筋 0.30	
		常年有水,但无浸蚀性水影响	有筋 0.25 无筋 0.35	
		干沟或季节性有水河流	0.40	
		有冻结作用部分	0.20	

注:表中所列除特指外适用于一般条件。对于潮湿和空气中含有较多腐蚀性气体等条件下的缝宽限制应要求严格一些。

43. 桥梁技术状况评定分为几类? 各类桥梁技术状况的评定标准是什么?

按照《公路养护技术规范》规定,桥梁技术状况评定分为四个类型,即一类、二类、三类、四类。各类桥梁技术状况的评定标准见表 2-34。

桥梁技术状况评定标准

表 2-34

	一 类	二 类	三 类	四 类	五 类
总体评定	完好、良好状态 1. 重要部件功能与材料均良好 2. 次要部件功能良好,材料有少量(3%以内)轻度缺损或污染 3. 承载能力符合设计 4. 只需日常清洁保养	较好状态 1. 重要部件功能良好,材料有局部(3%以内)轻度缺损或污染,裂缝宽度小于限值 2. 次要部件有较多(10%以内)中等缺损或污染 3. 承载能力符合设计 4. 需要进行小修保养	较差状态 1. 重要部件材料有较多(10%以内)中等缺损,裂缝宽度超限;或出现轻度功能性病害,但发展缓慢,尚能维持正常使用功能 2. 次要部件有大量(10%~20%)严重缺损,功能降低,将进一步恶化,将不利于重要部件和正常交通 3. 承载能力比设计降低10%以内,桥面行车不舒适 4. 需要进行中修	坏的状态 1. 重要部件材料有大于(10%~20%)严重缺损,裂缝宽度超限,裂缝间距小于计算值,风化、剥落、露筋、锈蚀严重;或出现轻度功能性病害,且发展较快。结构变形小于规范值,功能明显降低 2. 次要部件有20%以上的严重缺损,失去应有功能,严重影响正常交通 3. 承载能力比设计降低10%~25%,必须时限速或限制通行 4. 要通过特殊检查,确定大修、加固或更换构件的措施	危险状态 1. 重要部件出现严重的功能性病害,且有继续扩张现象;关键部位的强度达到极限,出现部分钢筋断裂、混凝土压碎或杆件失稳变形的破坏现象,变形大于规范值,结构的强度、刚度和稳定性和动力响应不能达到平时交通安全通行的要求 2. 承载能力比设计降低25%以上,必须降低通行荷载与车速,或封闭交通 3. 要通过特殊检查,确定处治对策
墩台与基础	1. 墩台各部分完好 2. 基础及地基状况良好	1. 墩台部分基本完好 2. 3%以内的表面有风化麻面、短细裂缝,缝宽小于限值,砌体灰缝脱落 3. 表面长有青苔、杂草 4. 基础无冲刷现象	1. 墩台3%~10%的表面有各种缺损,裂缝宽超限,有风化、剥落、露筋、锈蚀现象;砌体灰缝脱落,局部变形等 2. 出现轻微的下沉、倾斜、滑动等现象,发展缓慢或趋向稳定 3. 基础有局部冲刷现象,桩基顶段被磨损	1. 墩台10%~20%的表面有各种缺损,裂缝宽而密,剥落、露筋、锈蚀严重,砌体大面积松动、变形 2. 墩台出现下沉、倾斜、滑动、冻起现象,台背填土有沉降裂缝或挤压隆起变形发展较快,变形小于或等于规范值 3. 基础冲刷大于设计值,基底冲空面在10%~20%内。桩基顶段被侵蚀、露筋、缩径,或有环状冻裂、木桩腐蚀、蛀蚀严重	1. 墩台不稳定,下沉、倾斜、滑动、冻拔现象严重,变形大于规范值,造成上部结构和桥面变形过大,不能正常行车 2. 墩台、桩基出现结构性断裂,裂缝有开合现象 3. 基底冲刷面达20%以上,冲刷深度大于设计值,地基失效,承载力降低,桥台岸坡滑移

续上表

一 类	二 类	三 类	四 类	五 类	
支 座	1. 各部分清洁完好,位置正确 2. 活动支座伸缩与转动正常	1. 支座有尘土堆积,略有腐蚀 2. 支座滑动面干涩	1. 钢支座固定螺栓松动,锈蚀严重 2. 橡胶支座开始老化 3. 混凝土支座有剥落、露筋、锈蚀现象	1. 钢支座的组件出现断裂 2. 橡胶支座老化开裂 3. 混凝土支座碎裂 4. 活动支座坏死,不能活动 5. 支座上下错位过大,有倾倒脱落的危险	1. 支座错位、变形、破损严重,已失去正常支撑功能,使上部结构受到异常约束,造成桥面不平顺
砖、石、混凝土上部结构	1. 结构完好,无渗水,无污染 2. 次要部位有少量短细裂纹,裂纹宽度小于限值	1. 结构基本完好 2. 3%以内的表面有风化、麻面、短细裂缝,缝宽小于限值,砌体灰缝脱落 3. 上下游侧面有水迹污染,砌体滋生杂草	1. 结构3%~10%的表面有各种缺损,裂缝宽超限,有风化、剥落、露筋、锈蚀,桥面板裂缝渗水 2. 石砌拱桥砌体、灰缝脱落,局部松动、外鼓 3. 横向连接件断裂、脱焊或松动,边梁或边拱肋有横移或外倾迹象	1. 结构10%~20%的表面有各种缺损,重者接近全截面开裂,裂缝宽超限,间距小于计算值,顺主筋方向有纵向裂缝,钢筋锈蚀和混凝土剥落严重,桥面开裂严重,砌体有较大松动变形 2. 结构存在永久变形,变形小于或等于规范值,桥面竖向成波形 3. 支座脱落,桥面呈锯齿状	1. 结构永久变形大于规范值 2. 重点部分出现全截面开裂,部分钢筋屈服或断裂,混凝土压碎,主拱圈出现四绞不稳定结构 3. 受压构件有严重的横向弯曲变形 4. 结构的振动或摆动过大,行车和行人有不安感 5. 承载能力比设计降低25%以上
钢 结 构	1. 各部件及焊缝均完好 2. 各节点铆钉、螺栓无松动 3. 各部分油漆均匀平光、完整,色泽鲜明	1. 各部件完好,焊缝无开裂 2. 少数节点有个别铆钉、螺栓松动变形 3. 油漆变色、起泡剥落,面积在10%以内	1. 个别次要构件有局部变形,焊缝有裂纹 2. 连接铆钉、螺栓损坏,在10%以内 3. 油漆失效,面积在10%~20%之间	1. 个别主要构件有扭曲变形、损伤、裂纹、开裂、严重锈蚀 2. 连接铆钉、螺栓损坏,在10%~20%之间 3. 油漆失效,面积在20%以上	1. 主要构件有严重扭曲变形、开裂、锈蚀、削弱截面10%以上,钢材性能恶化。油漆失效面积在50%以上 2. 节点板及联结铆钉、螺栓损坏在20%以上 3. 结构永久变形大于规范值 4. 结构振动或摆动过大,行车和行人有不安感

续上表

类	二 类	三 类	四 类	五 类	
人行道栏杆	完整清洁,无松动,少数构件局部有细裂纹、麻面	个别构件破损、脱落,3%以内构件有松动、裂缝、剥落和污染	10%以内构件有松动、开裂、剥落、露筋、锈蚀、破损、脱落	10% ~ 20% 构件严重损坏、错位、变形、脱落、残缺	20% 以上构件残缺
桥面铺装、伸缩缝	1. 铺装层完好、平整、清洁,或有个别细裂缝 2. 防水层完好、泄水管完好、畅通 3. 伸缩缝完好、清洁 4. 桥头平顺,无跳车现象	1. 铺装层10% 以内的表面有纵横裂缝,间距大于 1.5m,浅坑槽、波浪 2. 防水层基本完好;泄水管堵塞,周围渗水 3. 伸缩缝局部螺帽松动,钢桥开焊,铺装层边缝内堵塞卡死 4. 桥头轻度跳车,台背路面下沉在 2cm 以内	1. 铺装层10% ~ 20% 的表面有严重的龟裂、深坑槽、波浪 2. 桥面板接缝处防水层断裂渗水,泄水管破损、脱落 3. 伸缩缝普遍缺损,铺装啃边严重,出现跳车现象 4. 桥头跳车明显,台背路面下沉 2 ~ 5cm	1. 铺装层20% 以上表面有严重的破坏、坑槽,桥面普遍坑洼不平、积水 2. 防水层老化失效,普遍断裂、渗水、泄水管脱落,泄水孔堵塞 3. 伸缩缝严重破损、失效,难以修补 4. 桥头跳车严重,背路面下沉大于 5cm	
木 桥	1. 各部构件完好无缺 2. 防腐、防蚁效果良好	1. 基本完好,少数连接点松动,小件脱落 2. 结构有泥土、杂草堆积	1. 主要构件结合部位和木桩干湿交替部位等出现腐朽松动,局部脱落 2. 墩台开始变形,结构出现轻度不稳固现象	1. 10% ~ 20% 的主要构件和 20% 以上的次要构件有腐朽、松动、脱落 2. 墩台、结构变形小于或等于规范值,结构有明显的稳固现象	1. 结构全面严重腐朽、脱落 2. 墩台不稳定,下沉、倾斜、冻拔严重,变形大于规范值 3. 桥面起伏和摆过大,结构极不稳定
调治构造物	1. 构造设置合理,功能正常 2. 构造物完好,无存留漂浮物	1. 构造物功能基本正常 2. 构造物局部断裂,砌体松动、变形	1. 构造本身抗洪能力不足,基础局部冲蚀 2. 构造物20% 以内出现下沉、倾斜、局部坍塌	1. 构造本身抗洪能力太低,基础冲蚀严重 2. 构造物20% 以上被破坏,部分丧失功能或功能下降	1. 构造物大范围毁坏,失去功能,或设置不合理,未达到预期效果 2. 原无设置,而调查表明需要补充设置者

类	二 类	三 类	四 类
翼(耳)墙、锥(护)坡	1. 翼耳墙完好无损,清沽 2. 锥护坡完好,无垃圾堆积,无草木滋生 3. 桥头排水沟和行人台阶完好	1. 翼墙断裂与桥台前墙脱开,但无明显外倾、下沉、砌体灰缝脱落、局部松动外鼓,面积小于20% 2. 锥坡出现大面积塌陷,铺砌缺损,形成冲沟或积水坑,坡脚有局部冲蚀 3. 桥头排水沟和行人台阶损坏,功能降低	1. 翼墙断裂、下沉、外倾失稳,砌体变形,严重部分倒塌 2. 锥坡体和坡脚冲蚀严重,有滑坡、坍塌,坡顶下降较大,护坡作用明显减小 3. 桥头排水沟和行人台阶全部损坏,几乎消失
照明标志	完好无缺,布置合理	照明灯泡坏,灯柱锈蚀,标志不正、脱落	灯柱歪斜不正,灯具损坏,标志倾斜损坏
			照明线路老化断路或短路,灯柱、灯具残缺不齐,标志损失严重

44. 桥梁综合评定中承载能力适应率、通行能力适应率、洪水渲泄能力适应率以及承载能力符合率是如何进行计算的?

(1) 桥梁承载能力适应率按下式进行计算,并分线路按照表 2-35 确定其适应率的等级。

$$\beta = \frac{m}{m_0} \times 100\% \quad (2-18)$$

式中: β ——桥梁承载能力合格率;

m_0 ——一条线路桥梁总座数;

m ——一条线路桥梁符合表 2-35 及表 2-36 标准的座数。

各级公路车辆荷载

表 2-35

公路等级	汽车专用公路			一般公路		
	高速公路	一	二	二	三	四
计算荷载	汽车-超 20 级	汽车-超 20 级 汽车-20 级	汽车-20 级	汽车-20 级	汽车-20 级	汽车-10 级
验算荷载	挂车-120	挂车-120 挂车-100	挂车-100	挂车-100	挂车-100	履带-50

桥梁承载能力适应率按照其值大、小分为三个等级,其标准见表 2-36。

桥梁承载能力评定标准

表 2-36

评定等级	良 好	适 应	不 适 应
评定标准 β (%)	$100 \geq \beta \geq 90$	$90 > \beta \geq 70$	$70 > \beta$

(2) 通行能力适应率用以下公式计算:

$$\beta_t = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2-19)$$

式中: β_t ——通行能力适应率;

n ——一条线路上计算通行能力能满足现行交通量需要的桥梁数;

N ——一条线路上的桥梁总数。

通行能力适应率按其大小分为三个等级,其标准见表 2-37。

通行能力适应率评定标准

表 2-37

评定等级	良 好	适 应	不 适 应
评定标准 β_t (%)	$100 \geq \beta_t \geq 90$	$90 > \beta_t \geq 70$	$70 > \beta_t$

(3) 洪水宣泄能力适应率用下式计算:

$$\beta_h = \frac{h}{H} \times 100\% \quad (2-20)$$

式中: β_h ——洪水宣泄能力适应率;

h ——一条线路上计算能满足洪水宣泄的桥梁数;

H ——一条线路上的桥梁总数。

洪水宣泄能力适应率按其大小分为三个等级,其标准见表 2-38。

洪水宣泄能力适应率评定标准

表 2-38

评定等级	良 好	适 应	不 适 应
评定标准 $\beta_h(\%)$	$100 \geq \beta_h \geq 90$	$90 > \beta_h \geq 70$	$70 > \beta_h$

(4)单座桥梁承载能力应分上部和下部结构分别计算或检测,以承载能力低的为依据评定等级,并用承载能力符合率表示。承载能力符合率用下式计算:

$$\beta_f = \frac{f}{F} \times 100\% \quad (2-21)$$

式中: β_f ——桥梁承载能力适应率;

f ——桥梁实际承载力;

F ——桥梁设计承载力。

桥梁承载能力符合率评定标准见表 2-39。

桥梁承载能力评定标准

表 2-39

评定标准	良 好	适 应	不 适 应
评定标准 $\beta_f(\%)$	$\beta_f \geq 100$	$100 > \beta_f \geq 90$	$75 > \beta_f$

45. 静力荷载试验时,对加载有哪些具体要求?

(1)分级控制加载的要求

为了加载安全和了解结构应变和变位随加载增加的变化关系,对桥梁主要控制截面内力的加载应分级进行。分级控制的原则如下:

①当加载分级较为方便时,可按最大控制截面内力平均分为 3~4 级。

②当使用载重车加载,车辆的加卸载及称重有困难时也可分成 2~3 级加载。

③当桥梁的调查和验算工作不充分,或桥梁状况较差时,应尽量增多加载分级。如限于条件而加载分级较少时,应在每级加载时,使车辆逐辆缓缓驶入预定的加载位置,以确保试验安全。

④根据具体条件决定分级加载的方法,最好每级加载后卸载,也可逐级加载达最大荷载后再逐级卸载。

(2)车辆荷载加载分级按如下方法进行:

①逐渐增加加载车数量。

②先上轻车后上重车。

③加载车位于内力影响线的不同部位。

④加载车由轻到重分次装载重物。

以上各法亦可综合采用。

(3)加载时间的要求

为了减少温度变化对试验造成的影响,加载试验时间以晚 10 时至晨 6 时为宜。当采用加卸载迅速的车辆进行试验时,亦可安排在白昼温差较小的时段进行。

(4)加载方式

静载试验的加载设备可根据加载要求及具体条件选用,一般有以下两种加载方式:

①可行式车辆。可选用装载重物的汽车或平板车,也可就近利用施工机械车辆。采用车辆加载的优点很多,便于调运和加载布置,加卸载迅速等。采用汽车荷载既能作静载试验又能作动载试验,这是较常采用的一种方法。

②重物直接加载。一般可按控制荷载的着地轮迹先搭设承载架,再在承载架上堆放重物或设置水箱进行加载。如加载仅为满足控制截面内力要求,也可采用直接在桥面堆放重物或设置水箱的方法加载。重物直接加载准备工作量大,加卸载所需周期一般较长,交通中断时间亦较长,且试验时温度变化对测点的影响较大,因此宜安排在夜间进行试验。

(5)加载物称重要求

加载物的称重可根据不同的加载方法和具体条件选用以下的

方法:

①称重法:直接称重。

②体积法:由体积换算成重量。

③综合计算法:根据车辆出厂规格确定空车轴重,再根据装载重物的重量及其重心将其分配至各轴。

无论采用何种方法,均应做到准确可靠,其称重误差最大不得超过5%。

46.为保证试验效果,在选择试验荷载大小和加载位置时采用静载试验效率 η_q 来进行控制,那么静载试验效率 η_q 是如何计算的?

按规范要求分别计算以上几种荷载对控制截面产生的最不利内力,用产生最不利内力较大的荷载作为静载试验的控制荷载。荷载试验应尽量采用与控制荷载相同的荷载,但由于客观条件的限制,实际采用的试验荷载与控制荷载会有所不同,为保证试验效果,在选择试验荷载大小和加载位置时采用静载试验效率 η_q 来进行控制。静载试验效率 η_q 计算如下:

$$\eta_q = \frac{S_s}{S(1 + \mu)} \quad (2-22)$$

式中: S_s ——静载试验荷载作用下控制截面内力计算值;

S ——控制荷载作用下控制截面最不利内力计算值;

μ ——按规范采用的冲击系数,平板挂车、履带车,重型车辆取用0。

η_q 值可采用0.8~1.05。当桥梁的调查、检算工作比较完善而又受加载设备能力所限时, η_q 值可采用低限;当桥梁的调查、检算工作不充分,尤其是缺乏桥梁计算资料时, η_q 值应采用高限,总之应根据前期工作的具体情况来确定。一般情况下 η_q 值不宜小于0.95。

47.静力荷载试验前应进行哪些准备工作?

试验前的准备工作有:

(1)试验孔(或墩)的选择。多孔桥若结构相同,跨径相等,可选择1~2个具有代表性的孔(或墩)进行加载试验。选择时应综合考虑以下条件:

- ①该孔(或墩)计算受力最不利。
- ②该孔(或墩)施工质量较差,缺陷较多或病害较严重。
- ③该孔(或墩)便于搭设脚手架与设置测点,或试验时便于加载。

选择试验孔(或墩)的工作可结合桥梁调查和检算工作一并进行。

(2)搭设观测脚手架。脚手架的搭设要因地制宜,就地取材,方便观测仪表的设置和保证安全。当桥下净空较高,不便设置固定脚步手架时,可考虑采用轻便活动吊架。

(3)静载试验前应在桥面上对加载位置进行放样,以便于加载试验的顺利进行。荷载缺陷载的安放位置应预先安排,既要考虑加卸载方便,又要使安放的荷载不影响试验孔(或墩)的受力。

(4)桥梁的荷载试验是一项技术性较强的工作,最好由专门的桥梁试验队伍来承担,也可由熟悉这项工作的技术人员为骨干来承担。

(5)加载试验的安全设施、供电照明设施、通讯联络设施、桥面交通管制等工作应根据荷载试验的需要进行准备。

48. 桥梁荷载试验包括哪两种? 荷载试验的主要内容有哪些?

桥梁荷载试验包括静力荷载试验与动力荷载试验。一般情况下只做静力荷载试验,必要时增做部分动力荷载试验,如特大型桥梁、新型桥梁等。

试验的主要内容如下:

- (1)试验目的。
- (2)试验方案。
- (3)试验前准备。
- (4)加荷要求及标准。

(5)测点布置与观测。

(6)资料整理。

49. 静力荷载试验时,梁的内力控制截面是如何规定的?

一些主要桥型的内力控制截面规定如下:

(1)简支梁桥主要控制截面内力为跨中最大正弯矩处;控制截面附加内力为支点最大剪力、墩台最大垂直力。

(2)连续梁桥主要控制截面内力为支点最大负弯矩、跨中最大正弯矩;控制截面附加内力为支点最大剪力、墩台最大垂直力。

(3)悬臂梁桥主要控制截面内力为支点最大负弯矩、锚跨跨中最大正弯矩;控制截面附加内力为支点最大剪力、墩台最大垂直力、挂梁跨中最大正弯矩。

(4)无铰拱桥主要控制截面内力为跨中截面最大正弯矩、拱脚截面最大负弯矩;控制截面附加内力为拱脚最大水平推力, $L/4$ 截面最大正弯矩和最大负弯矩。

此外,对桥梁的薄弱截面、损坏部位,比较薄弱的桥面结构等,是否设置内力控制截面及安排加载项目可根据桥梁调查和检算情况决定。

50. 荷载试验时常用桥梁体系的主要测点是如何布设的?

几种常用桥梁体系的主要测点布设如下:

(1)简支梁桥:跨中挠度,支点沉降,跨中截面应变。

(2)连续梁桥:跨中挠度,支点沉降,跨中和支点截面应变。

(3)悬臂梁桥:悬臂端部挠度,支点沉降,支点变截面应变。

(4)拱桥:跨中、 $L/4$ 处挠度,拱顶、 $L/4$,拱脚截面应变。

(5)斜拉桥:加劲梁跨中挠度,悬浮式梁端挠度及水平面位移,跨中、支点截面应变,最外排斜拉索拉力,索塔下端截面应变。

(6)吊桥:加劲梁中、 $L/4$ 处截面应变,吊杆、主索拉力、索塔下端截面应变。

其他测点的布设可根据桥梁调查和检算工作的深度,综合考

考虑结构特点和桥梁日前状况等,适当加设以下测点:

- (1)挠度沿桥长的分布或沿控制截面桥宽方向的分布。
- (2)应变沿控制截面桥宽方向的分布。
- (3)应变沿截面高的分布。
- (4)组合构件的结构面上、下缘应变。
- (5)墩台的沉降、水平位移与转角、连拱桥多个墩台的水平位移。
- (6)剪切应变。
- (7)结构薄弱部位的应变。

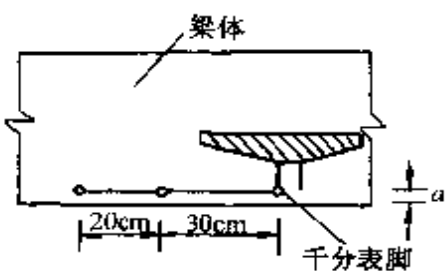
温度测点的布设,可选择与大多数测点较接近的部位设置1~2处,此外可根据需要在桥梁主要测点部位设置一些构件表面温度观测点。

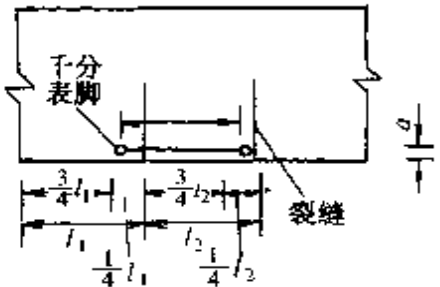
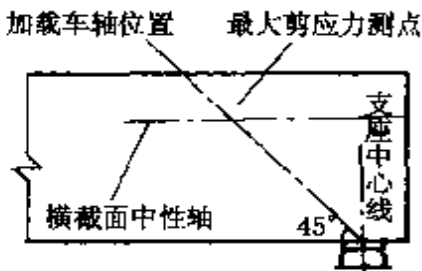
裂缝观测的重点是结构承受拉力较大的部位及原有裂缝较长、较宽的部位,加载过程中应观测裂缝长度及宽度的变化情况与新增裂缝的情况。

对于剪切应变测点一般采取设置应变花的方法进行观测。为了方便,对于梁桥的剪应力也可在截面中性轴处主应力方向设置单一应变测点来进行观测。梁桥的实际最大剪应力截面应设置在支座附近而不是支座上,具体设置位置参见表2-40。

通过测定混凝土表面应变确定钢筋拉应力
与梁桥最大剪应力的测点布置图

表 2-40

项 目	图 示 及 说 明
通过测定混凝土表面应变确定钢筋拉应力的测点布置	<p>(1)加载后预计混凝土将产生裂缝时,可以任意选择测定位置及标距,但标距不应小于4倍混凝土骨料最大粒径</p> <p>(2)加载前未产生裂缝,加载后可能产生裂缝时,如图所示选择相连的20、30两个标距。当加载后产生裂缝时可分别选用20cm、30cm或(20+30)cm标距的测量读数来适应裂缝标距</p> 

项 目	图 示 及 说 明
通过测定混凝土表面应变确定钢筋拉应力的测点布置	<p>(3)加载前已经产生裂缝时,为避免加载后产生新裂缝的影响,可据裂缝间距如图示选择测点位置及标距。为提高测试精度,也可增大标距,跨越两条以上的裂缝,但测点在裂缝间的相对位置仍应不变</p> 
梁桥最大剪应力测点的布置	<p>从梁底支座中心起向跨中作与水平线成 45° 斜线与桥面的交点上</p> 

51. 试举例说明梁桥及拱桥荷载试验时测点是如何布设的?

(1) 简支梁桥的测试例

某简支梁桥,跨径组合为 $(7.15 + 8.66 + 7.15)\text{m}$,实测总长度为 22.96m ,桥面净宽 $(7 + 2 \times 1.4)\text{m}$,横向由 7 根钢筋混凝土 T 梁组成。要求对全桥进行病害诊断和实际承载能力检测。

本次荷载试验包括两个内容,即上部结构简支梁承载能力和桥台承载能力检验。由于南桥台基本上不倾斜,而北桥台向河中倾斜较大,处于不利状态,故选择北桥台进行荷载试验。

① 上部结构测点布置

a. 正截面承载能力测点

由于中孔梁和边孔梁跨径不同,而北边孔与南边孔梁体又相同,故本次试验对象选择中孔梁体和北边梁体。正截面承载能力的应变测点布置在中孔跨中③截面和北边孔跨中①截面上,并仅布置在各孔 1 号、2 号、3 号、4 号梁上,如图 2-10 所示。下缘应变片布置在主钢筋上,上缘混凝土应变片布置在肋梗上缘。

b. 斜截面承载能力测点布置

由于中孔梁截面外形尺寸与边孔梁相等,故斜截面承载能力由中孔控制,本次检验斜截面测点仅布置在中孔北端斜截面②(图 2-10)处,该斜截面起始点为北端搁置点边缘,向跨中方向倾斜 45° ,其中 4 号梁斜截面主拉应力区混凝土已存在裂缝,故采用电测位移计直接布置在跨斜裂缝上进行检测。

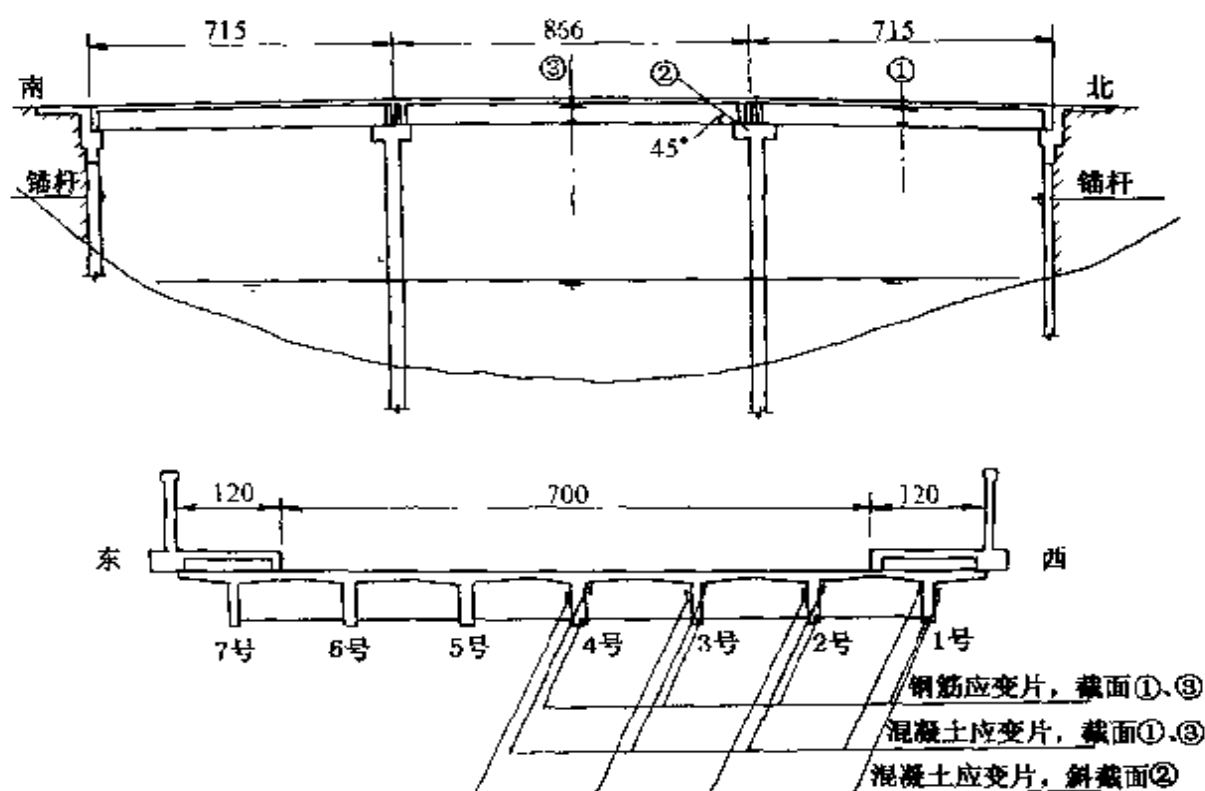


图 2-10 承载能力检测点布设(尺寸单位:cm)

②北桥台测点布置

a. 变位测点

选择 3 号桩柱露出水面部分竖直布置上、中、下三个水平变位测点,其中中间测点是布置在锚杆锚固螺栓附近,采用电测位移计检测。另外在 1 号桩柱顶部用水准仪对点控制,以了解桩柱在车辆荷载作用下,中间桩柱与边缘桩柱变形的差异。

b. 应变测点

在 2 号和 3 号桩柱上,还布置四组桩柱截面的应变测点(图 2-11),由于 T 形桩柱肋梗处于填土内侧,无法伸入贴片,故每组应变测点只能布置在 T 形桩柱的翼缘上。

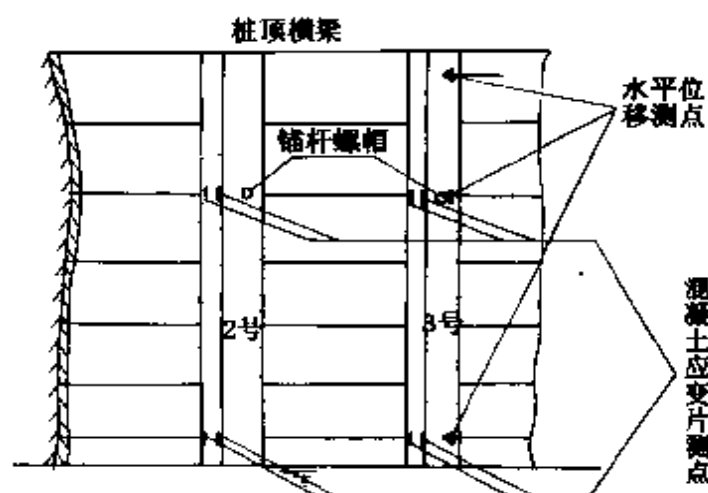


图 2-11 桥台变位检测点布设

(2) 双曲拱桥的测试例

某双曲拱桥,计算跨径 50m,竣工后为验证现行双曲拱桥计算理论而对该桥进行静载试验,其测试测点的布置:

① 挠度测试

将全桥沿桥跨均匀划分为七个断面,在 $1/8L$ 、 $2/8L$ 、 $3/8L$ 、 $4/8L$ 、 $5/8L$ 、 $6/8L$ 、 $7/8L$ 断面上各布置 3 个测点,共 21 个测点,每个测点悬挂木尺一把,用精密水准仪进行观测。另设置后视点一个,以消除仪器下沉所产生的误差。

② 应变测试

在拱顶、 $1/4L$ 、 K (因为拱脚淹没,拱脚量测断面沿拱弧向上移 2m,称之为 K 断面)三个断面布点量测应变。测点布置以拱顶断面为主。考虑对称性及减少温度干扰,拱顶断面又以中肋为主。拱顶断面的测点布置,如图 2-12。该试验用五种方法量测钢筋和混凝土的应变,以互相校核及互补其缺点,以便得到较为完整、较为可靠的数据。方法是:①用应变片测钢筋应变,用 YJ-5 电阻应变仪量测;②用应变片测混凝土应变,用 YJ-5 电阻应变仪量测;③用杠杆引伸仪测混凝土应变;④用千分表测混凝土应变;⑤用电弹应变计测混凝土应变。

③ 桥台水平位移、垂直沉降及转角测试

采用经纬仪测试桥台水平位移;用精密水准仪观测垂直沉降;

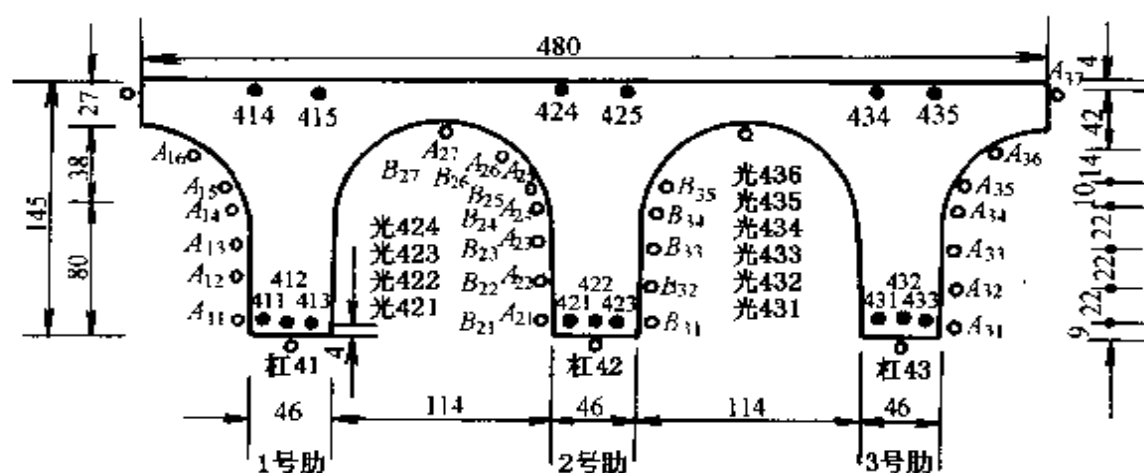


图 2-12 拱顶断面的测点布置(尺寸单位:cm)

注:电测钢筋应变测点有 411、412、413、421、422、423、431、432、433、414、415、416、424、425、434、435

电测混凝土应变测点有 B_{21} 、 B_{22} …… B_{31} 、 B_{32} ……

光弹应变仪测点有光 421、光 422……

千分表测混凝土应变测点有 A_{11} 、 A_{12} ……

杠杆引伸仪测点有杠 41、杠 42、杠 43

用倾角仪观测桥台转角。

52. 桥梁静载试验报告应包括哪些主要项目? 各个项目又包括哪些内容?

在全部试验资料整理与分析的基础上,提出桥梁结构静载试验报告。其内容应该包括下列各项:

(1) 试验概况

主要内容是简要介绍被试验的桥梁结构的形式、构造特点、施工概况。对于鉴定性试验,还要说明在施工或设计中存在的技术问题,以及其对使用的影响等。对于科研性试验,还要说明设计中需要解决的问题。文中要适当附上必要的简图。

(2) 试验的目的

根据试验对象的特点,要有针对性地说明结构静载试验所要达到的目的和要求。

(3) 试验方案设计

这一部分要说明根据试验目的确定的测试项目和测试的方法,仪器配备,测点布置情况并附以简图,同时要说明试验荷载的情况,如试验荷载的形成(是标准列车或汽车荷载,还是模拟的等代荷载)以及加载的程序。

(4)试验日期及试验的过程

说明具体组织桥梁静载试验的起讫日期,试验准备阶段的情况,整个试验阶段特殊的问题及其解决办法。

(5)各项试验达到的精度

将本次试验中使用的各种仪器、仪表的类型、精度(最小读数)列表说明,同时还要说明试验中可能使用的夹具对试验精度的影响程度。

(6)试验成果与分析

依据桥梁结构静载试验项目,将理论计算值、实测值以及有关的参考限值进行对比,说明理论与实践二者的符合程度,从中得出试验结构所具有的实际承载能力、抗裂性以及使用的安全度,以及从试验中所发现的新问题。从现场检查的综合情况,说明试验结构的施工质量。对于一些科研性试验,还要从综合分析中说明设计计算理论的正确性和实用性,以及存在的尚未解决的问题。如果材料丰富,很有可能从综合分析中提出简化计算公式等。

(7)试验记录摘录

将试验中所得的实测的控制数据,或列表或以曲线的形式表达出来。

(8)技术结论

根据综合分析的结果,得出最后的技术结论,对试验结构做出科学的评价。同时根据存在的问题,提出改进设计或者加强维修保养方面的建议。

(9)经验教训

从结构试验的角度,对本次试验的计划、程序、测试方法提出不足或改进的意见。

(10)有关图表、照片

53. 荷载试验完成后,加载试验资料是如何进行整理修正的?

(1) 静载试验资料的整理

① 试验资料的修正

a. 测值修正

根据各类仪表的标定结果进行测试数据的修正,如机械式仪表的校正系数、电测仪表的率定系数、灵敏系数、电阻应变观测的导线电阻影响等等。当这类因素对测值的影响小于1%时可不予修正。

b. 温度影响修正

温度对测试的影响比较复杂。结构构件的各部位不同的温度变化,结构的受力特性,测试仪表或元件的温度变化,电测元件的温度敏感性,自补性等等均对测试精度造成一定的影响。逐项分析这些影响是困难的,一般可采用综合分析的方法来进行温度影响修正。即利用加载试验前进行的温度稳定观测数据,建立温度变化(测点处构件表面温度或空气温度)和测点测值(应变和挠度)变化的线性关系,然后按下式进行温度修正计算:

$$S = S' - \Delta t K_t \quad (2-23)$$

式中: S ——温度修正后的测点加载测值变化;

S' ——温度修正前的测点加载测值变化;

Δt ——相应于 S' 观测时间段内的温度变化($^{\circ}\text{C}$);

K_t ——空载时温度上升 1°C 时测点测值变化量

$$K_t = \frac{\Delta S}{\Delta t_1} \quad (2-24)$$

式中: ΔS ——空载时某一时间区段内测点测值变化量;

Δt_1 ——相应于 ΔS 同一时间区段内温度变化量。

温度变化量的观测对应变宜采用构件表面温度,对挠度宜采用气温。温度修正系数 K_t 应采用多次观测的平均值,如测值变化与温度变化关系不明显时则不能采用。

由于温度影响修正比较困难,一般不进行这项工作,而采取缩

短加载时间,选择温度稳定性较好的时间进行试验等办法尽量减小温度对测试精度的影响。

c. 支点沉降影响的修正

当支点沉降量较大时,应修正其对挠度值的影响,修正量 C 可按式计算:

$$C = \frac{l-x}{l}a + \frac{x}{l}b \quad (2-25)$$

式中: C ——测点的支点沉降影响修正量;

l —— A 支点到 B 支点的距离;

x ——挠度测点到 A 支点的距离;

a —— A 支点沉降量;

b —— B 支点沉降量。

②各测点变位(挠度,位移,沉降)与应变的计算

根据量测数据作下列计算:

$$\text{总变位(或总应变)} S_t = S_l - S_i \quad (2-26)$$

$$\text{弹性变位(或弹性应变)} S_o = S_l - S_u \quad (2-27)$$

$$\text{残余变位(或残余应变)} S_p = S_t - S_o = S_u - S_i \quad (2-28)$$

式中: S_i ——加载前测值;

S_l ——加载达到稳定时测值;

S_u ——卸载后达到稳定时测值。

③主要测点的校验系数及相对残余变形的计算

对加载试验的主要测点(即控制测点或加载试验效率最大部位测点)进行如下计算:

$$\text{a. 校验系数} \quad \eta = \frac{S_e}{S_s} \quad (2-29)$$

式中: S_e ——试验荷载作用下量测的弹性变位(或应变)值;

S_s ——试验荷载作用下的理论计算变位(或应变)值。

S_e 与 S_s 的比较可用实测的横截面平均值与计算值比较,也可考虑荷载横向不均匀分布而选用实测最大值与考虑横向增大系数的计算值进行比较。横向增大系数最好采用实测值,如无实测

值也可采用理论计算值。

b. 相对残余变位(或应变)

相对残余变位(或应变)按公式计算:

$$S'_p = \frac{S_p}{S_t} \times 100\% \quad (2-30)$$

式中: S'_p ——相对残余变位(或应变); S_p 、 S_t 意义同前。

④主要测点弹性变位(或应变)与相应的理论计算值的关系

列出各加载程序时主要测点实测弹性变位(或应变)与相应的理论计算值的对照表,并绘出其关系曲线图。

⑤裂缝发展状况

当裂缝数量较少时可根据试验前后观测情况及裂缝观测表对裂缝状况进行描述。

当裂缝发展较多时应选择结构有代表性部位描绘裂缝展开图,图上应注明各加载程序裂缝长度和宽度的发展。

除以上资料的整理外,还可根据需要整理各加载程序控制截面应变(或挠度)分布图、沿桥纵向挠度分布图等等。

(2) 动载试验资料的整理

①活载冲击系数(即动力系数)

活载冲击系数可根据记录的动应变或动挠度曲线进行分析整理而得,按下式计算。

$$1 + \mu = \frac{S_{\max}}{S_{\text{mean}}} \quad (2-31)$$

式中: S_{\max} ——动载作用下该测点最大应变(或挠度)值;

S_{mean} ——相应的静载作用下该测点最大应变(或挠度)值。

$$S_{\text{mean}} = \frac{1}{2}(S_{\max} + S_{\min}) \quad (2-32)$$

式中 S_{\min} 与 S_{\max} 为相应的最小应变(或挠度)值。

②活载冲击系数与车速的关系曲线

根据不同车速的活载冲击系数绘制活载冲击系数与车速的关系曲线,并求出活载冲击系数最大值。

③结构的自振频率

结构的自振频率可根据桥梁承受冲击荷载后产生余振的动应力、动挠度或振动曲线分析而得,也可根据桥上无车时的脉动曲线分析而得。

除上述资料外,还可根据需要整理强迫振动频率、阻尼系数等等。

54. 荷载试验资料整理完成后,如何对试验成果进行分析? 如何评价桥梁的结构状况?

经过荷载试验的桥梁,应根据整理的试验资料分析结构的工作状况,进一步评定桥梁承载能力,并纳入桥梁承载能力鉴定报告和桥梁承载能力鉴定表。一般进行下列分析评定工作。

(1)结构工作状况

①校验系数 η

校验系数 η 是评定结构工作状况,确定桥梁承载能力的一个重要指标。不同结构形式的桥梁其 η 值常不相同。 η 值常见的范围可参考表 2-41。

桥梁校验系数常值表

表 2-41

桥 梁 类 型	应变(或应力)校验系数	挠度校验系数
钢筋混凝土板桥	0.20 ~ 0.40	0.20 ~ 0.50
钢筋混凝土梁桥	0.40 ~ 0.80	0.50 ~ 0.90
预应力混凝土桥	0.60 ~ 0.90	0.70 ~ 1.00
圬工拱桥	0.70 ~ 1.00	0.80 ~ 1.00

一般要求 η 值不大于 1, η 值越小结构的安全储备越大, η 值过大或过小都应该从多方面分析原因。如 η 值过大可能说明组成结构的材料强度较低,结构各部分联结性能较差,刚度较低等等。 η 值过小可能说明材料的实际强度及弹性模量较高,梁桥的混凝土桥面铺装及人行道等与梁共同受力,拱桥拱上建筑与拱圈共同作用,支座摩阻力对结构受力的有利影响,计算理论或简化的

计算图式偏于安全等等。试验时加载物的称量误差,仪表的观测误差等也对 η 值有一定影响。

②实测值与理论值的关系曲线

由于理论的变位(或应变)一般系按线性关系计算,所以如测点实测弹性变位(或应变)与理论计算值成正比,其关系曲线接近于直线,说明结构处于良好的弹性工作状态。

③相对残余变位(或应变)

测点在控制加载程序时的相对残余变位(或应变) S_p/S_t 越小说明结构越接近弹性工作状态,一般要求 S_p/S_t 值不大于 20%。当 S_p/S_t 大于 20% 时,应查明原因,如确系桥梁强度不足,应在评定时酌情降低桥梁的承载能力。

④动载性能

当动载试验的效率 η_d 接近 1 时,不同车速下实测的冲击系数最大值可用于结构的强度及稳定性检算。

结构的自振频率、活载强迫振动频率及阻尼系数等对桥梁承载能力的影响可参考其他有关资料进行分析。

(2)结构的强度及稳定性

当荷载试验项目比较全面时,可采用荷载试验主要挠度测点的校验系数 η 来评定结构的强度和稳定性。检算时用荷载试验后的旧桥检算系数 Z_2 代替《公路旧桥承载能力鉴定方法》旧桥检算系数 Z_1 ,对桥梁结构抗力效应予以提高或折减。

砖石和混凝土桥

$$S_d(\gamma_{so}\psi\Sigma\gamma_{sl}Q) \leq R_d\left(\frac{R^i}{\gamma_m}, \alpha_k\right) \times Z_2 \quad (2-33)$$

钢筋混凝土及预应力混凝土桥

$$S_d(\gamma_g G; \gamma_q \psi Q) \leq \gamma_b R_d\left(\frac{R_c}{\gamma_c}; \frac{R_s}{\gamma_s}\right) \times Z_2 \quad (2-34)$$

根据 η 值由表查取 Z_2 的取值范围,再根据下列条件确定 Z_2 值。符合下列条件时, Z_2 值可取高限,否则应酌减,直至取低限。

①加载内力与总内力(加载内力 + 恒载内力)的比值较大,荷

载试验效果较好;

②实测值与理论值线性关系较好,相对残余变位(或应变)较小;

③桥梁结构各部分无损伤,风化、锈蚀、裂缝等较轻微。

η 值应取控制截面内力最不利程序时最大挠度测值进行计算。对桥梁可采用跨中最大正弯矩加载程序的跨中挠度;对拱桥检算拱顶截面时可采用拱顶最大正弯矩加载程序时跨中挠度;检算拱脚截面时可采用拱脚最大负弯矩加载程序时 $L/4$ 截面处挠度;检算 $L/4$ 截面时则可用上两者平均值,如已安排 $L/4$ 截面最大正、负弯矩加载程序,则可采用该程序时 $L/4$ 截面挠度。但拱桥在采用 η 值根据表 2-42 进行检算时,应不再另行考虑拱上建筑的联合作用。

经过荷载试验的旧桥检算系数 Z_2 值表 表 2-42

η	Z_2
0.4 及以下	1.20 ~ 1.30
0.5	1.15 ~ 1.25
0.6	1.10 ~ 1.20
0.7	1.05 ~ 1.15
0.8	1.00 ~ 1.10
0.9	0.97 ~ 1.07
1.0	0.95 ~ 1.05

注:① η 值应经校核确保计算及实测无误;

② η 值在表列之间时可内插;

③当 η 值大于 1 时应查明原因,如确系结构本身强度不够应适当降低检算承载能力。

当采用 Z_1 值根据公式检算不符合要求,但采用 Z_2 值根据公式检算符合要求时,可评定桥梁承载能力满足检算荷载要求。

(3)地基与基础

当试验荷载作用下墩台沉降、水平位移及倾角较小,符合上部结构检算要求,卸载后变位基本回复时,认为地基与基础在检算荷载作用下能正常工作。

当试验荷载作用下墩台沉降、水平位移及倾角较大或不稳定,卸载后变位不能回复时,应进一步对地基、基础进行探查、检算,必要时应对地基基础进行加固处理。

(4)结构的刚度要求

试验荷载作用下,主要测点挠度校验系数 η 应不大于 1,各点的挠度应不超过“桥规”规定的允许值。即:

圬土拱桥:一个桥范围内正负挠度的最大绝对值之和不大于 $L/1000$,履带车和挂车验算时提高 20%。

钢筋混凝土桥:梁桥主梁跨中 $L/600$;梁桥主梁悬臂端 $L/300$;桁架拱桥 $L/300$ 。

(5)裂缝

试验荷载作用下绝大部分裂缝宽度应不大于表 2-33 规定的允许值,荷载试验后所有裂缝应不大于表 2-33 规定的允许值。

第三章 桥梁养护维修

55. 桥面铺装主要有哪些功能？常用桥面铺装又有哪几种类型？

桥面铺装是车辆直接作用的部分,它的主要功能有三个方面:①防止车辆轮胎或履带直接磨损桥面板;②保护主梁免受雨水侵蚀;③分布车轮的集中荷载。因此,桥面铺装的好坏直接影响着行车的舒适、畅通与安全,是桥梁日常养护工作的重点,必须认真做好桥面铺装的日常养护工作。

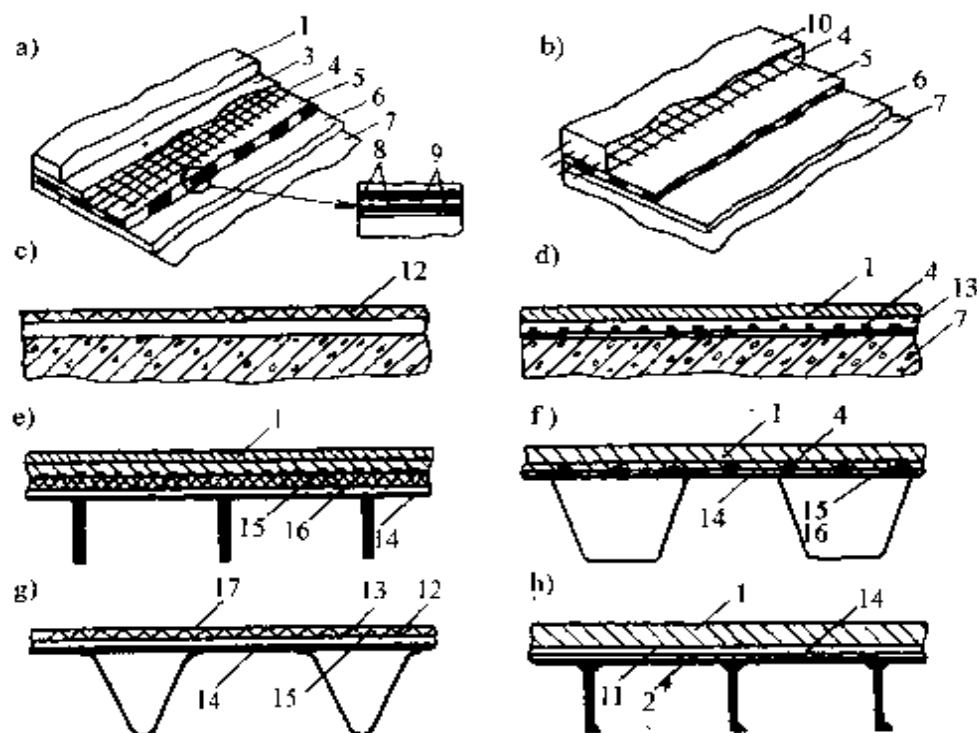


图 3-1 桥面铺装类型

a)沥青混凝土铺装;b)、c)、d)水泥混凝土桥面铺装;e)、f)、g)、h)钢桥桥面铺装
1-沥青混凝土厚 5~8cm;2-氯丁橡胶防水层;3-混凝土保护层厚 3~5cm;4-钢筋网;5-防水层厚 1~2cm;6-混凝土整平层厚 2~3cm;7-钢筋混凝土桥面板;8-油毛毡或玻璃布层厚 2mm;9-沥青胶泥层层厚 2mm;10-水泥混凝土厚 6~8cm;11-氯丁橡胶涂料;12-聚合物铺装厚 2cm;13-自应力水泥混凝土层;14-正交各向异性桥面板的顶板;15-防腐层;16-粘结层;17-碎石磨损层

桥面铺装可采用碎(砾石)、沥青表面处治、水泥混凝土和沥青混凝土等各种类型,见图 3-1。水泥混凝土桥面铺装、沥青混凝土桥面铺装及钢桥桥面铺装的结构分别见图 3-2、图 3-3 和图 3-4 所示。

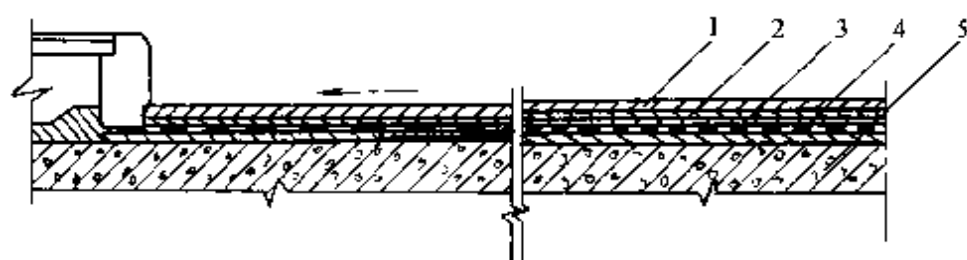


图 3-2 水泥混凝土桥面铺装

1-水泥混凝土厚 6~8cm;2-钢筋网;3-防水层总厚 1~2cm;4-三角形垫层;5-钢筋混凝土桥面板

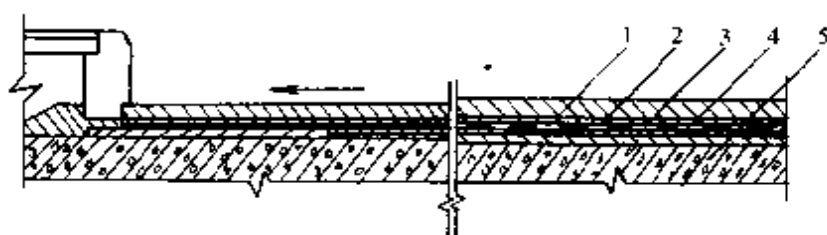


图 3-3 沥青混凝土桥面铺装

1-沥青混凝土厚 5~8cm;2-带钢筋网的混凝土保护层 3~5cm;3-防水层 1~2cm;4-三角形垫层;5-钢筋混凝土桥面板

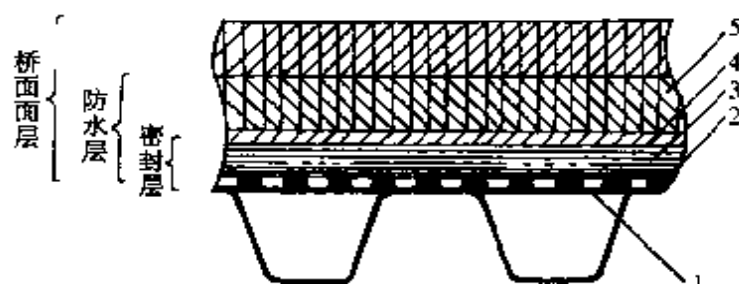


图 3-4 德国钢桥面铺装

1-底层(Vdw-RS 防腐层);2-粘合层(Vdw-Epobit II 粘合层);3-粘结层(Vdw-粘结介质);4-沥青保护层;5-面层

56. 连续桥面有何优点? 其构造上有何特点?

《公路桥涵设计通用规范》(JTJ021-89)规定:对简支梁(板)桥,在可能条件下,桥面应尽量做成连续。连续桥面的优点是减少桥面伸缩缝,使行车更为舒适。但在养护工作中也常发现,由于一些桥面连续处没有处理好,或其伸缩缝处所预留伸缩量不足,或养护不当被石块嵌牢,致使天热温度升高时连续桥面连接点处发生拱

起,引起桥面破坏。为了做好连续桥面的养护工作,必须了解连续桥面的构造特点。具有连续桥面的简支上部结构如图 3-5 所示,各种形式简支梁的连续桥面构造见图 3-6、图 3-7 和图 3-8 所示。



图 3-5 具有连续桥面的简支上部结构布置图

1-连续构造;2-活动支座;3-固定支座

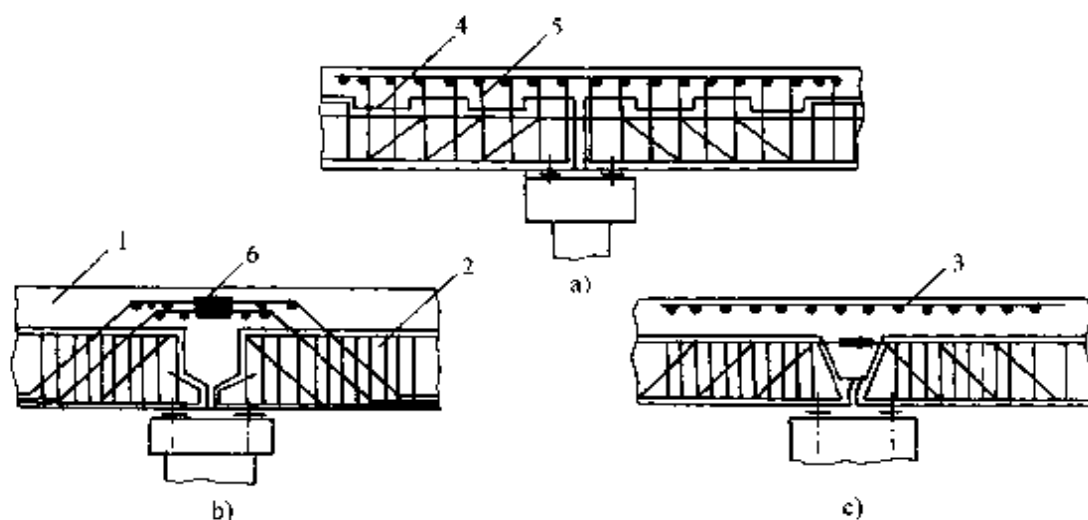


图 3-6 板梁式上部结构的连续桥面

1-现浇整体混凝土;2-预制构件;3-钢筋网;4-预制构件的凹部;5-预制构件箍筋引出部分;6-引出筋焊接接头

57. 桥面铺装日常养护工作内容有哪些? 其维修养护措施是什么?

(1)桥面铺装日常养护工作:应经常清扫桥面,保持桥面清洁;及时排除积水,清除冰棱和积雪;经常维修保养,以保持桥面坚实、平整、清洁。

(2)对沥青混凝土铺装的桥面,如出现泛油、拥包、裂缝、波浪、坑槽等病害,应及时处治,损坏面积较大时,可进行局部翻修或将整孔铺装层凿除,重铺新的铺装层。但不宜在原路面上加铺桥面,以免增加桥梁恒载。

(3)对混凝土铺装的桥面,当出现断裂、破损、裂缝、麻面等病

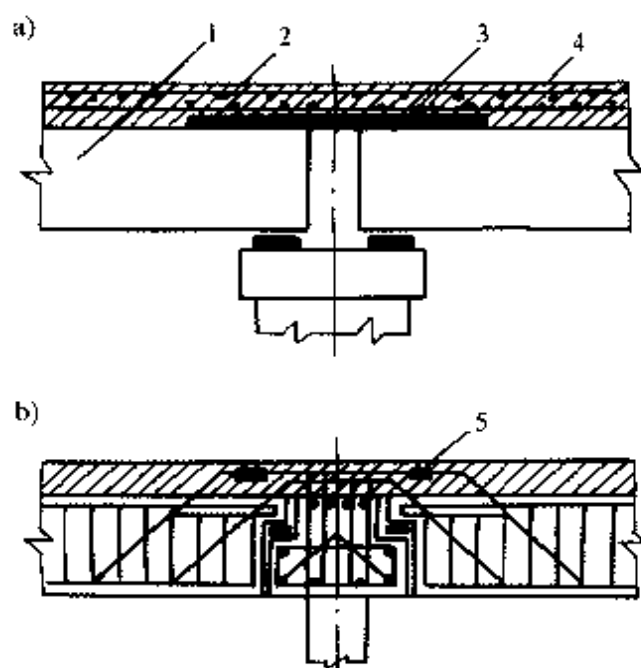


图 3-7 肋板式上部结构的连续桥面

1-肋板式预制构件;2-现浇整体混凝土;3-弹性垫;4-钢筋网;5-弯起钢筋焊接接头

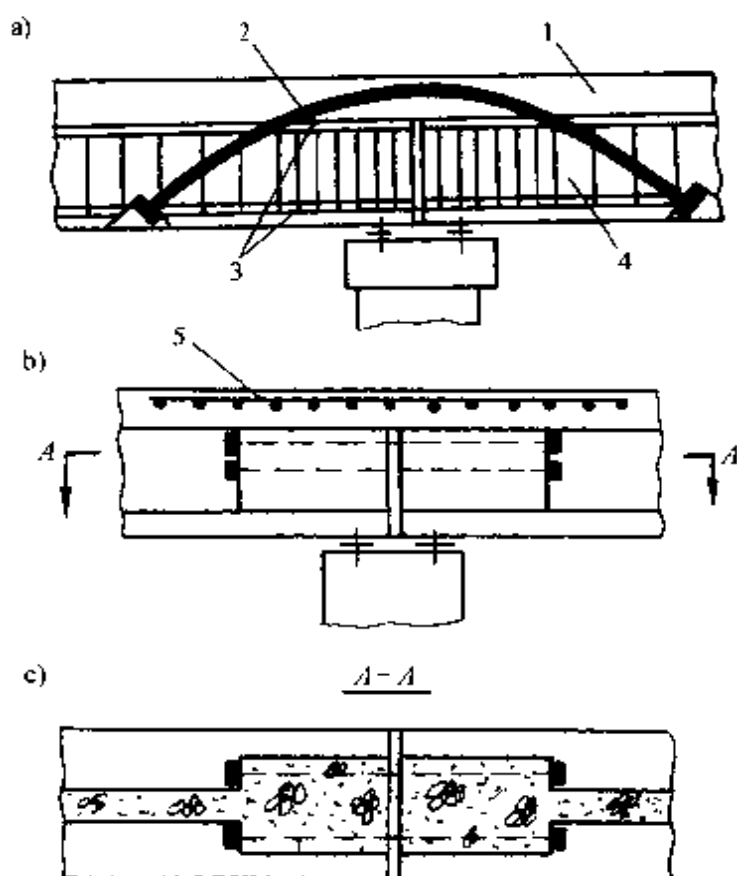


图 3-8 采用预应力钢筋的上部结构连续桥面

1-现浇整体混凝土;2-造成连续体系的预应力钢筋;3-预制构件的预应力钢筋;4-预制构件;5-钢筋网

害,应及时处理。损坏面积较大时,应将原铺装整孔凿除,重铺新的铺装层。具体要求如下:

- ①铺装层厚度宜采用 10 ~ 12cm;
 - ②铺装层混凝土标号,对钢筋混凝土桥梁宜采用 C30,对预应力混凝土桥梁宜采用 C40;
 - ③铺装层内应配置钢筋网,钢筋直径一般采用 8 ~ 10mm;
 - ④浇筑混凝土前,应清洗桥面污物,保证新老混凝土结合良好;
 - ⑤高速、一级公路及其他重要公路上的大跨径桥梁,可以考虑采用钢纤维或聚合物混凝土桥面铺装;
 - ⑥新铺装的桥面混凝土应满足桥面平整度的要求。
- (4)桥面防水层如有损坏,应同时修复。

58. 桥面板损坏一般有哪几种类型? 产生各类损坏的主要原因是什么?

桥面板损坏一般有混凝土开裂、混凝土剥离、断面破损、钢筋外露、锈蚀、混凝土质量下降、产生不正常变形等类型,具体见图 3-9 所示。

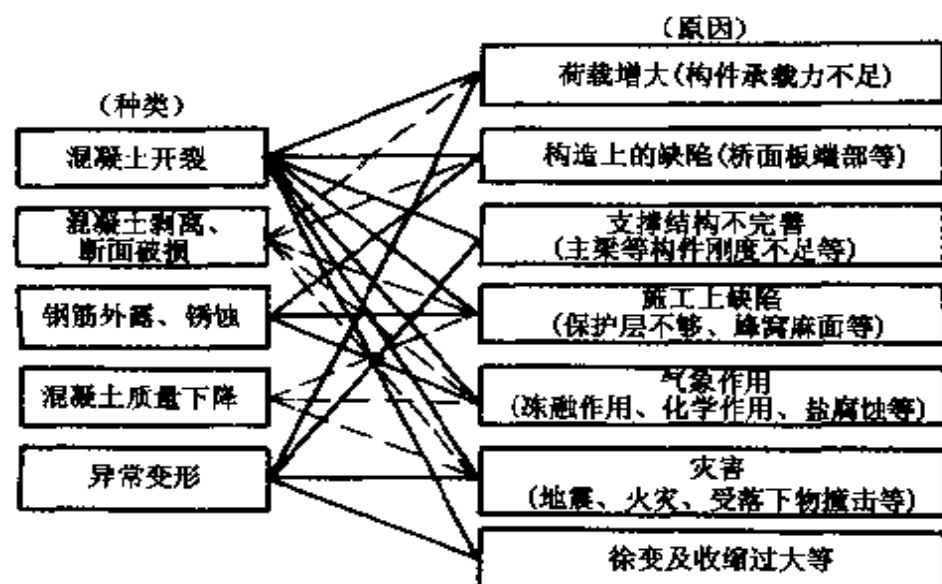


图 3-9 桥面板损坏种类

桥面板产生损坏的原因很多,主要有:

(1)作用的车辆荷载过大。随着近来汽车的大型化,载重增加以及超载的违章车辆的增加,对桥面板有很大影响的单车质量或轴荷载已超过了现有桥梁的设计荷载等级。

(2)冲击影响。由于桥台下沉致使路桥接合处或由于桥面伸缩缝损坏等原因而出现高差,汽车行驶通过时产生较大冲击力。

(3)施工质量不良。由于混凝土级配和施工质量不好而造成强度不够、蜂窝麻面等缺陷,致使在荷载作用下产生破坏。

(4)拱桥或箱梁(槽形梁)桥梁结构中采用小拱板或空心板作桥面板时,由于小拱板或预制的空心板强度不足或施工不良,与主梁连接不好,而引起板的折裂、破损、甚至掉落,形成空洞。此类病害在近期的桥梁检查中存在较大的比例。

(5)桥面板刚度不够。由于桥面板较薄,因此在车轮荷载作用下容易引起较大的变形以致产生较大的裂缝。

(6)主梁作用的影响。连续梁桥、悬臂梁桥、桁架拱的桥面板由于主梁上部在荷载作用下(或基础沉陷)产生负弯矩或拉力,从而会使桥面板出现裂缝,此类裂缝往往会延伸影响到桥面。

(7)主梁刚度不足,横向联系差,整体性不好,产生不均匀变形,使桥面板个别处受力不均而导致破坏。

(8)主梁的不均匀沉陷。由于基础的不均匀沉陷导致主梁的沉陷,由此也影响到桥面,多出现纵向裂缝。

59. 根据桥面板产生损坏原因的不同,其对应的维修措施是什么?

按照桥面板损坏原因的不同,其相应采取的维修措施如表 3-1 所列。

桥面板损坏的维修措施

表 3-1

桥面板损坏因素	采取的维修措施
过大的荷载作用下	加固桥面板,限制车辆载重

续上表


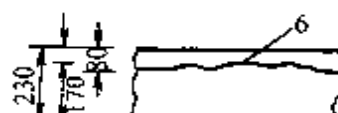


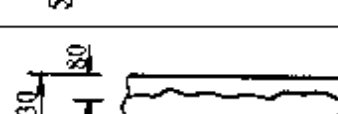
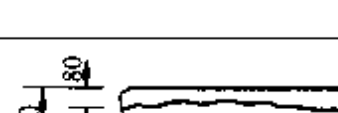
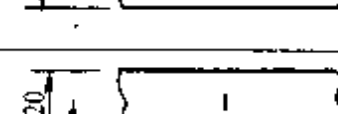
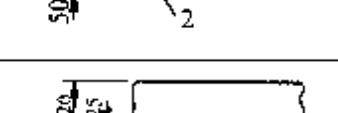
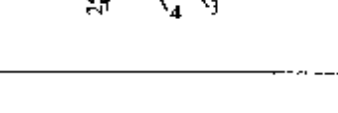
桥面板损坏因素	采取的维修措施
过大的冲击作用	桥面铺装、伸缩缝装置的养护维修或更换
超重车辆过桥不按规定路线行驶产生过大的弯矩作用	按照规定位置调整大型(或超重)车辆行驶路线,加固桥面板
设计承载力不足	加固桥面板、重新浇筑混凝土或更换桥面板
混凝土质量与施工不良	重新浇筑桥面板或更换桥面板
分布钢筋数量不足	加设桥面板
桥面板的刚度不足	加固桥面板(增大桥面板刚度或缩短跨径)
由于主梁作用产生负弯矩或拉应力	加固桥面板
桥面板自由边的过大弯矩作用	设置横梁、加固桥面板或重新浇筑一部分混凝土
由于支承梁的不均匀下沉而产生的附加弯矩作用	设置传布荷载的横梁,加固桥面板

60. 桥面补强层加固方法有哪些?

桥面补强层加固常用钢筋混凝土、聚合物混凝土、钢纤维混凝土、钢板等材料,具体方法如表 3-2 所列。

桥面补强层加固方法与构造

表 3-2

序号	构造图	补强层加厚方法	
		底面加厚	顶面加厚
1		—	采用钢筋混凝土加厚,新老结合面凿毛并加设锚固钢筋
2		—	钢纤维混凝土加厚,新老结合面凿毛并加设锚固钢筋
3		喷射钢纤维砂浆	聚合物混凝土加厚,新老结合面凿毛并加设锚固钢筋
4		焊接钢筋网并喷射钢纤维混凝土	膨胀钢筋混凝土加厚,接合面凿毛处理并加锚固钢筋
5		—	膨胀钢筋混凝土加厚,接合面凿毛处理并加锚固钢筋
6		—	钢纤维混凝土加厚,接合处凿毛处理并加锚固钢筋
7		喷射钢纤维砂浆	—
8		焊接钢筋网并喷射钢纤维砂浆	—
9		锚固并粘贴厚度约 10mm 钢板	钢板上再采用氯化橡胶涂料涂刷

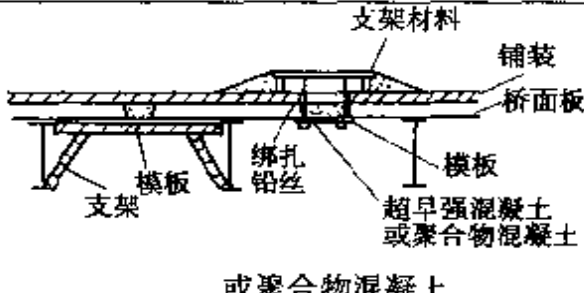
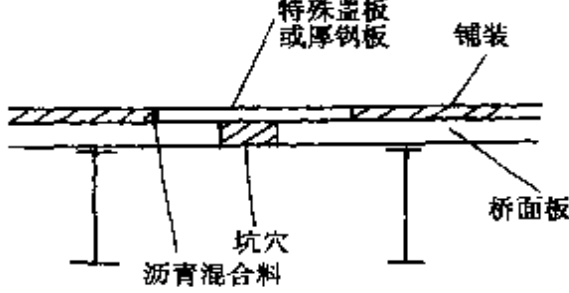
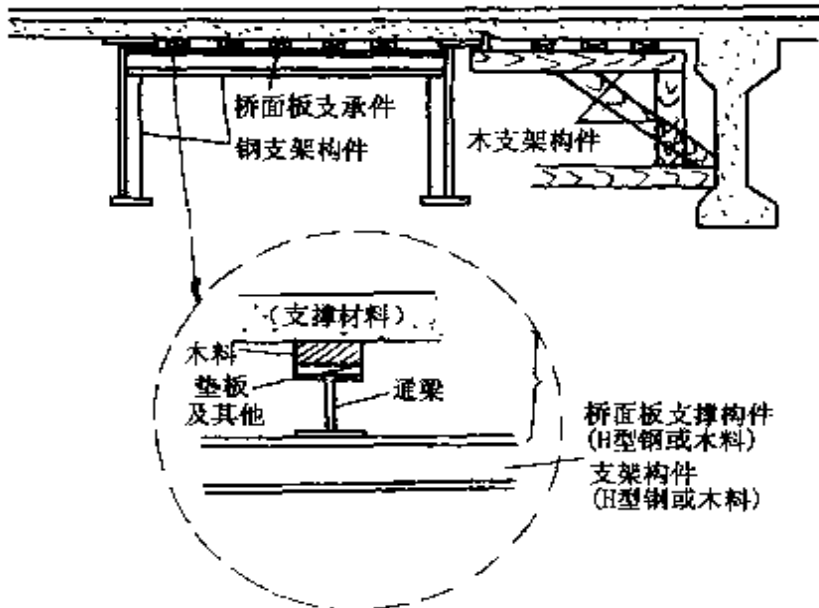
注:尺寸单位为 mm。

61. 桥面板突然损坏后应急维修一般采用哪些措施?

桥面板突然断裂,或出现凹陷等情况时,必须及时进行维修。常用的应急措施有修补施工,加盖板施工,支架施工等方法,具体见表 3-3。

桥面板损坏的应急维修方法

表 3-3

方法	简 图	施 工 要 点
修 补 施 工 法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完全凿去孔洞附近的混凝土; 2. 安装模板; 3. 浇筑超早强混凝土或聚合物混凝土
加 盖 板 施 工 法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在距离孔洞塌陷线大约 50cm 处切断铺装层; 2. 盖上特殊盖板(足够厚度的钢板); 3. 用沥青混合料铺填,以使钢板不易移动
支 架 施 工 法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 安装支架; 2. 装入通梁; 3. 放入支撑材料; 4. 用衬垫钢板塞紧桥面与支承材之间的空隙,用临时焊接固定(如通梁为木梁则用铁钉固定)

62. 重新铺装桥面沥青混凝土面层施工应注意哪些事项？重新铺装水泥混凝土桥面施工时，又应注意哪些问题？

重新铺装沥青混凝土桥面应按设计要求进行，并应注意：

(1) 沥青混凝土铺装应在已损坏桥面凿除后进行，并对桥面进行检查，老桥面应平整、粗糙、干燥、整洁。桥面横坡应符合要求，不符合时应予处理。铺装前应洒布粘层沥青，石油沥青洒布量为 $0.3 \sim 0.5\text{L/m}^2$ 。

(2) 沥青混凝土的配合比设计、铺装、碾压等施工程序，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)的有关规定。

重新铺装水泥混凝土桥面时应注意下列几个问题：

(1) 水泥混凝土桥面铺装的厚度应符合设计规定，使用的材料、铺装层结构、混凝土强度、防水层设置等均应符合设计要求。

(2) 必须在对原有桥梁横向联结钢板焊接工作完成后，才可进行桥面铺装工作，以免后焊的钢板引起桥面水泥混凝土在接缝处发生裂纹。

(3) 浇筑桥面水泥混凝土前使原有桥面板表面粗糙，清洗干净，按设计要求铺设纵向接缝钢筋网或桥面钢筋网，然后浇筑。

(4) 水泥混凝土桥铺装如设计为防水混凝土，施工时应按照有关规定办理。

(5) 水泥混凝土桥面铺装应采取防滑措施，做面宜分两次进行，第二次抹平后，沿横线方向拉毛或采用机具压槽，拉毛和压槽深度应为 $1 \sim 2\text{mm}$ 。

(6) 钢纤维水泥混凝土桥面铺装，除应按有关规定执行外，宜符合现行中国工程建设标准化协会标准《钢纤维混凝土结构设计施工规程》(CECS38)的规定。

63. 重新铺装的桥面施工要求是什么？

重新铺装的沥青混凝土或水泥混凝土桥面的质量要求应同新桥桥面铺装一样，因此可参照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-

89)的要求,见表 3-4 所列。

桥面铺装施工允许偏差

表 3-4

项 目			允许偏差
厚度(mm)			+10,-5
平整度(mm)	高速公路、一级公路	水泥混凝土	1.8(3.0)
		沥青混凝土	1.5(2.5)
	其他公路	平整度仪 3m 直尺	2.5(4.2)
			5
横坡	水泥混凝土面层		±0.15%
	沥青混凝土面层		±0.3%
抗滑构造要求			符合设计要求

注:括号内的数值为全桥每车道连续检测,每 100m 计算 IRI(m/km)值,桥长不满 100m 者,按 100m 处理。

64. 在桥面铺装维修养护及混凝土构件表层损坏修复中常要用到一些特殊混凝土,且在不同气候条件下如冬季施工时必须采用混凝土的外加剂。试问(1)目前采用的外加剂有哪些类型,其适用范围是什么?(2)外加剂的参考用量是多少?(3)高强混凝土是如何制备的?采用的高效减水剂必须具备哪些主要技术性能?(4)制备聚合物混凝土常用外加剂有哪些?聚合物混凝土生产工艺是什么?试提供一个聚合物混凝土的参考配比和一个聚合物水泥砂浆的参考配比。

(1)目前采用的外加剂类型、功能及适用范围列于表 3-5。

几类外加剂的功能及宜用范围

表 3-5

外加剂类型	主要功能	应用范围
普通减水剂	1)减少混凝土拌和物的用水量,提高混凝土的强度、耐久性、抗渗性 2)改善混凝土的工作性,提高施工速度和施工质量,满足机械化施工要求,减小噪声及劳动强度 3)节省水泥等	用于日最低气温 5℃以上的混凝土施工;大体积混凝土;泵送混凝土;大模板施工;滑模施工;各种现浇及预制混凝土以及钢筋混凝土构件

续上表

外加剂类型	主要功能	应用范围
高效减水剂	1)大幅度减少混凝土拌和物的用水量,显著地提高混凝土的强度及其他物理力学性能 2)大幅度地提高混凝土拌和物的流动性 3)节省水泥及代替特种水泥	用于日最低气温 0°C 以上的混凝土施工;制备早强、高强、高流动性混凝土;蒸养混凝土
早强剂及早强减水剂	1)早强剂能提高混凝土的早期强度,对后期强度影响较小 2)早强减水剂除能提高混凝土早期强度外,还具有减水剂的功能	用于覆盖层下混凝土表面温度为 -3°C 以上的混凝土施工;早强混凝土;蒸养混凝土
引气剂及引气减水剂	1)提高混凝土的耐久性和抗渗性能 2)提高混凝土拌和物的和易性,减少混凝土的泌水离析 3)引气减水剂还具有减水剂的功能	有抗冻融要求的混凝土;防水混凝土;耐碱及耐盐类结晶破坏的混凝土;泵送混凝土;轻骨料混凝土以及骨料质量差、泌水严重的混凝土
缓凝剂及缓凝减水剂	1)延缓混凝土的凝结时间 2)降低水泥的初期水化热 3)缓凝减水剂还具有减水剂的功能	大体积混凝土;夏季和炎热气候地区施工的混凝土;长距离运输的混凝土;有缓凝要求的混凝土;用于日最低气温 $+5^{\circ}\text{C}$ 以上
抗冻剂	在一定的负温条件下能使水泥水化并达到预期强度,而混凝土不遭受冻害	冬季负温(0°C 以下)混凝土施工
膨胀剂	使混凝土在水化和硬化过程中产生一定的体积膨胀,以减少混凝土干缩裂缝,提高抗裂性和抗渗性,或产生适量的自应力	补偿收缩混凝土用于自防水屋面、地下防水、基础后浇缝、防水堵漏等;填充用膨胀混凝土用于设备底座灌浆、地脚螺栓固定等;自应力混凝土用于自应力混凝土压力管

(2)外加剂的参考用量见表 3-6。

外加剂掺量参考表

表 3-6

外加剂类型	主要成分	一般掺量(cx %)
普通减水剂 高效减水剂	木质素磺酸盐(M 剂等)	0.2 ~ 0.3
	萘磺酸甲醛缩合物(NF、FDN 等)	0.5 ~ 1.0
	三聚氰胺甲醛缩合物(SM)	0.5 ~ 1.0
	聚次甲基多环芳香烃磺酸盐(AF)	0.5 ~ 0.75
引气剂及引气减水剂	松香树脂及其衍生物(PC、CON-A 等)	0.005 ~ 0.015
	烷基磺酸钠	0.005 ~ 0.01
缓凝剂及缓凝减水剂	羟基羧酸及其盐类(柠檬酸、酒石酸、葡萄糖酸)	0.03 ~ 0.10
	无机盐(锌盐、硼酸盐、磷酸盐)	0.10 ~ 0.25
	高掺量木质素磺酸盐	0.30 ~ 0.50
	糖类及碳水化合物(糖蜜、淀粉)	0.10 ~ 0.30
早强剂及早强减水剂	氯盐(氯化钙、氯化钠)	0.5 ~ 1.0
	硫酸盐(硫酸钠、硫酸钾、硫酸铝)	0.5 ~ 1.5
	普通减水剂复合硫酸钠	(0.15 左右) + (1.5 左右)
	高效减水剂复合硫酸钠	(0.5 左右) + (1.5 左右)

(3)获得高强混凝土的最基本途径是选择优质的胶凝材料、骨料与高效减水剂,然后按优化的配比进行拌制。高强混凝土的制备方法及原理见表 3-7 所列,所采用的高效减水剂主要技术性能列于表 3-8。

高强混凝土的制备方法及原理

表 3-7

方法 原理	(A)高效 减水剂	(B)胶结材料			(C)活性 集料	(D)高压 蒸养	(E)离心成型 加压成型	(F)纤维 增强
		优质水泥	混合材料	聚合物 树脂				
(1)降低水灰比	○						○	
(2)降低空隙率			○	○			○	

续上表

方法 原理	(A)高效 减水剂	(B)胶结材料			(C)活性 集料	(D)高压 蒸养	(E)离心成型 加压成型	(F)纤维 增强
		优质水泥	混合材料	聚合物 树脂				
(3)提高水泥基材料与骨料的粘结强度		○		○	○	○		
(4)改善水泥的水化产物		○				○		
(5)利用增强材料								○
(6)利用水泥之外的结合材料				○				

国产部分高性能减水剂主要技术性能

表 3-8

品 种 性 能	NF	FDN	UNF-II	SN-II	SM	CRS
减水率(%)	10 ~ 25	16 ~ 25	15 ~ 20	14 ~ 25	10 ~ 27	18 ~ 29
增强率(%)	15 ~ 35	20 ~ 50	15 ~ 30	15 ~ 40	30 ~ 50	20 ~ 67
含气量(%)	1 ~ 2	1 ~ 2	2.5 ~ 3	1 ~ 3	1 ~ 2	——
氯离子(Cl ⁻) 含量(%)	0.99	1.57	——	1.4	0.60	——

注:①本表所列减水率和增强率(龄期 28d)摘自张云理编制的“国产主要减水剂简表”;含氯量摘自铁科院和一冶建研所的试验资料。

②本表所列指标(减水率、增强率、含气量)不是用同一种材料,同一试验条件下进行的,仅供参考。

(4)聚合物混凝土又称树脂混凝土,是以合成树脂为胶结材料、以砂石为骨料的混凝土。聚合物混凝土与普通混凝土相比,具有强度高、耐化学腐蚀、耐磨性、耐水性和抗冻性能好,易于粘结,因此已逐步被应用于桥梁结构的维修工程中。聚合物混凝土生产工艺见图 3-10,其采用的外加剂类型见表 3-9 所列。聚合物混凝土

土及砂浆的参考配比分别列于表 3-10 及表 3-11。

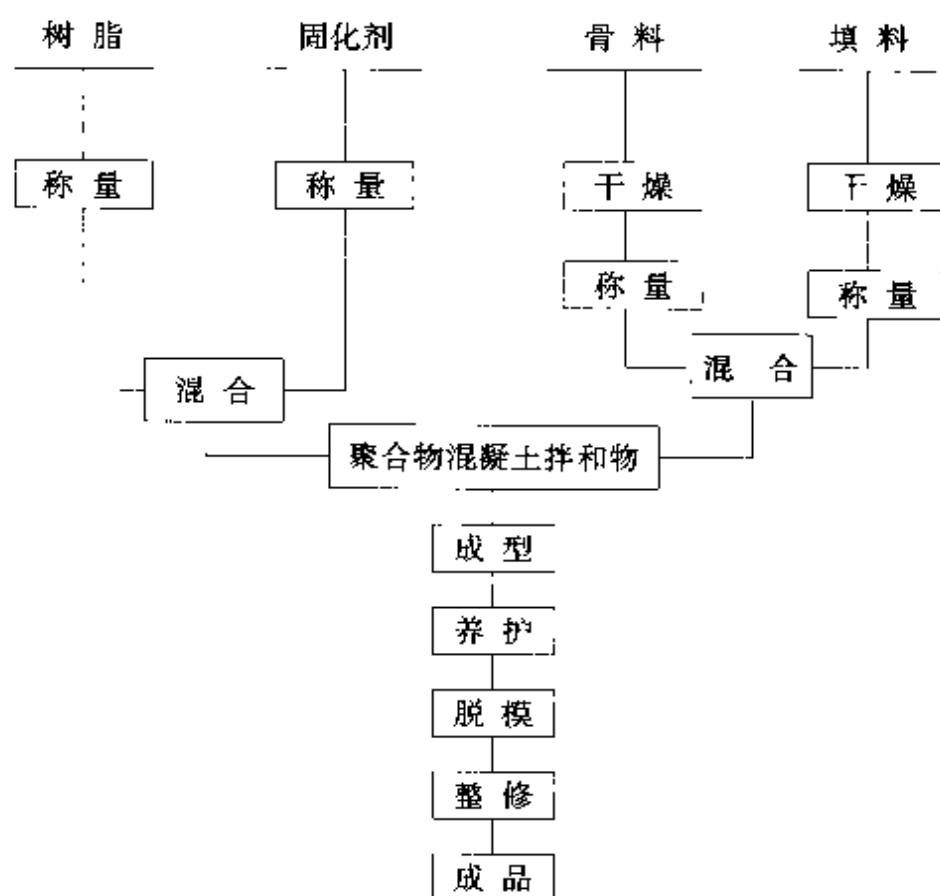


图 3-10 聚合物混凝土生产工艺

聚合物混凝土常用外加剂

表 3-9

外加剂名称	外观	作用	用量 (%)
苯二甲胺	浅黄色液体	环氧固化剂	10~20
乙二胺	无色液体,有刺激	环氧固化剂	6~8
多乙烯多胺	臭味	环氧固化剂	10~15
聚酰胺	浅黄色液体	环氧增韧剂	20~30
邻苯二甲酸二丁酯	深棕色粘稠液体	环氧固化剂	50~100
液体聚硫橡胶	无色液体	增韧剂	10~20
聚酯树脂	浅蓝色粘稠体	环氧增韧剂	50~300
苯乙烯	浅黄色粘稠体	环氧增韧剂	10~20
过氧化环己酮、	无色液体	聚酯稀释剂	20~30
苯甲酰	白色固体	引发剂	0.5~2.5
偶氮二异丁腈	白色固体粉末	引发剂	0.5~2.0
环烷酸钴	紫褐色	促进剂	0.1~0.5
二甲基苯胺	浅黄色液体	促进剂	0.1~0.5

聚合物混凝土的配合比(质量比)

表 3-10

原材料	聚酯混凝土		环氧混凝土	酚醛混凝土	聚氨基甲酸酯混凝土
胶结料	不 饱 和 聚酯树脂 10	不 饱 和 聚酯树脂 11.25	环 氧 树 脂(含固化 剂) 10	酚 醛 树 脂 10	聚氨基甲 酸酯(含固 化剂、填料) 20
填料	碳酸钙 12	碳酸钙 11.25	碳酸钙 10	碳酸钙 10	——
骨料 (mm)	细砂	(0.1~0.8)20	(< 1.2)38.8	(< 1.2)20	(< 1.2)20
	粗砂	(0.8~4.8)25	(1.5~5)9.6	(1.2~5)15	(1.2~5)15
	石子	(4.5~20)33	(5~20)29.1	(5~20)45	(5~20)45
其他材料	短玻璃 纤维(12. 7mm)过氧 化物促凝 剂	过氧化甲 基乙基甲 酮	邻苯二甲 酸二丁酯	——	——

聚合物水泥砂浆的参考配合比

表 3-11

用 途	参考配合比(质量比)			涂 层 厚 度 (mm)
	水 泥	砂	聚 合 物	
路面材料	1	3	0.2~0.3	5~10
地板材料	1	3	0.3~0.5	10~15
防水材料	1	2~3	0.3~0.5	5~20
防腐材料	1	2~3	0.4~0.6	10~15
粘结材料	1	0~3	0.2~0.5	
	1	0~1	>0.2	
	1	0~3	>0.2	

65. 重新更换伸缩缝时,位于伸缩缝两侧后浇筑水泥混凝土铺装必须有一个养生时间,不同材料养生时间不同,其养生时间是如何掌握的?

铺装混凝土达到开放交通的强度应严格按照设计要求进行。

日本在更换伸缩缝时往往采用聚合物(树脂)混凝土、喷射水泥混凝土、超早强混凝土及普通混凝土,其强度达到 20MPa 时所需养生时间参考见图 3-11 所示。

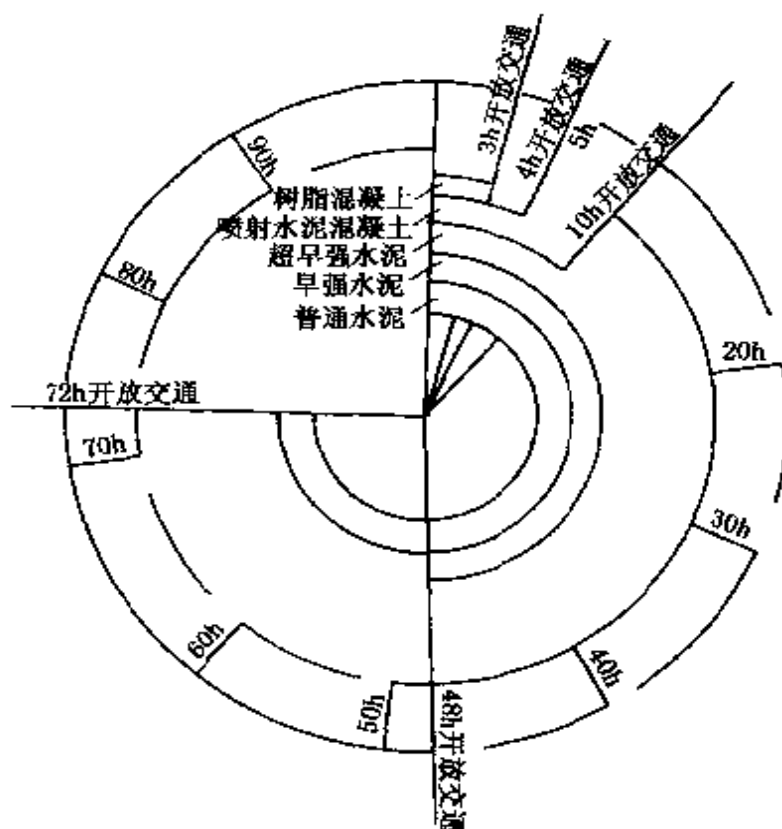


图 3-11 混凝土养生时间参考图

说明:聚合物(树脂)混凝土为环氧系列和原脂系列混凝土;

喷射水泥混凝土使用搅拌机强制搅拌,对配合、施工与养生要管理得十分完善;

超早强和早强混凝土的养生温度为 20℃。

66. 桥面排水系统日常养护的工作内容是什么?

根据桥梁形式的不同,排水系统日常养护的工作内容有:

(1)桥面的泄水管、排水槽如有堵塞,应及时疏通,并经常保持畅通。泄水管下端应露出上部构造底面 5~10cm。

(2)梁式桥的防水层损坏时,应及时进行修整。隔水层应选用隔水性能良好的材料;防水层铺设时,应在不低于 +5℃ 的气温下进行。

(3)桥面应保持 1.5% ~ 3.0% 的横坡,以利于桥面排水。

(4)桥头接坡纵坡坡度大于 3% 时,为了防止大量雨水从桥头泄入桥面,宜在桥头设置截水沟。

(5)对于城市桥梁、立交桥梁上设置的封闭式排水系统,应定期检查各排水管道是否畅通,是否开裂或损坏;系统的设施如水泵等是否工作正常,若有堵塞应及时疏通,若有损坏则应及时更换。

67. 人行道、栏杆、护栏、防撞墙等桥面附属设施的日常养护要做哪些工作?

(1)人行道块件应牢固、完整,若出现松动、缺损应及时进行修整或更换。

(2)桥面路缘石应经常保持完好状态,如有缺损要及时修整或更换。

(3)桥梁栏杆、防撞墙应经常保持完好状态,栏杆柱应竖立正直,伸缩缝处的水平杆件应能自由伸缩,如有缺损,应及时补齐。如发现栏杆被车撞坏,应及时采取防护措施,避免行人或车辆落入河中,同时必须尽快修理恢复。

(4)钢筋混凝土栏杆如发现有裂缝或混凝土剥落,轻者可灌注环氧树脂封闭裂缝,严重的应凿除损坏部分,重新修补完整。

(5)钢质栏杆应经常清刷除锈,一般每年应定期进行涂漆防锈。

(6)桥梁两端的栏杆柱或防撞墙面端涂以 20cm 宽红白相间的油漆,顶部 20cm 为红色,油漆应鲜明。

(7)护栏、防撞墙应牢固、可靠,若有损坏应及时修理。护栏上的外露钢构件应定期涂漆防锈,一般每年一次。

68. 桥梁伸缩缝的日常养护工作内容是什么?

桥梁伸缩缝的日常养护工作主要有如下内容:

(1)伸缩缝应经常养护,如清除碎石、泥土杂物;拧紧螺栓,并

加油保护;修理个别损坏部分等,使其发挥正常作用。若有损坏或功能失效要及时修理或更换。

(2)早期使用的伸缩缝主要有以下类型,应经常检查其使用情况并及时进行更换。

①U形锌铁皮伸缩缝,若锌铁皮老化、开裂、断裂,应拆除并更换为新型伸缩缝。

②钢板伸缩缝或钢梳齿板伸缩缝,应及时清除梳齿内的杂物,拧紧连接螺栓。若钢板变形、螺栓脱落、伸缩不能正常进行时应及时拆除更换。

③橡胶条伸缩缝,若橡胶条老化、脱落、固定角钢变形、松动,则应及时拆除更换。

④板式橡胶伸缩缝,若橡胶板老化、预埋螺栓松脱、伸缩失效则应及时更换。

(3)伸缩缝的更换要选型合理,以满足桥跨结构由于温度、混凝土收缩、徐变等引起的变形的需要,使行车平稳,不漏水。对于中小跨径桥梁,当位移量小于80mm时,可选用浅埋式单缘型钢伸缩缝或弹塑体伸缩缝;位移小于50mm时可用弹塑体填充式伸缩缝。对于大位移量桥跨结构,可选用结构性能好的、大位移组合伸缩缝(如毛勒缝)。

(4)维修或更换伸缩缝时,应采取相应措施维持交通。如分两半幅施工,应在伸缩缝上架设跨缝设施等。

69. 模数式伸缩缝更换施工安装时应注意些什么?

由异形钢梁与单元橡胶密封带组合而成的伸缩装置称为模数式伸缩装置,简称模数式伸缩缝。它一般适用于伸缩量为80~1200mm的桥梁工程。更换安装此类伸缩缝时应注意:

(1)先清除原有伸缩缝,并吹扫干净,然后按照设计核对留槽尺寸,预埋锚固筋,若不符合设计要求,必须进行处理,满足设计要求后方可安装伸缩装置。

(2)伸缩装置安装之前,应按照安装时的气温调整安装时的定

位值,用专用卡具将其固定。

(3)安装时,伸缩装置的中心线与桥梁中心线重合,并使其顶面标高与设计标高相吻合,按桥面横坡定位、焊接。

(4)浇筑混凝土前将间隙填塞,防止浇筑混凝土把间隙堵死,影响伸缩,并防止混凝土渗入模数式伸缩装置位移控制箱内,也不允许将混凝土溅填在密封橡胶带缝中及表面上。如果发生此现象,应立即清除,然后进行正常养护。

(5)待伸缩装置两侧混凝土强度满足设计要求后,方可开放交通。

70. 更换弹塑体材料填充式伸缩缝时,安装施工应注意哪些事项?

伸缩体由高粘弹塑性材料和碎石结合而成的称为填充式伸缩缝。它适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径桥梁工程,适应温度为 $-25 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

更换弹塑体填充式伸缩缝施工安装主要注意事项有:

(1)先清除原有伸缩缝,并按新缝的设计要求凿好留槽。

(2)弹塑体材料物理性能应符合有关规定,产品应附有效的合格证书。弹塑体材料加热熔化温度应按要求严格控制。主层石料压碎值不大于 30%,扁平及细长石料含量少于 15%~20%,石料使用前应清洗干净。其加热温度控制在 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

(3)风力大于 3 级,气温低于 10°C 及有雨时不宜施工。

(4)施工可采用分段分层浇灌铺筑法,亦可采用分段分层拌和铺筑法。

71. 更换复合改性沥青填充式伸缩缝施工时应注意些什么事项? 安装时是如何进行操作的?

伸缩体由复合改性沥青及碎石混合而成的称为复合改性沥青填充式伸缩缝,或简称填充式伸缩缝,适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径桥梁工程,适用温度 $-30 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

施工时应注意的事项有:

(1)同样必须清除旧缝,并按设计要求凿出留槽。

(2)复合改性沥青应符合产品有关规定,其加热熔化温度要控制在 170°C 以内。

粗石料(14 ~ 19mm)和细石料(6 ~ 10mm)应满足下列要求:

强度 $> 100\text{MPa}$;

相对密度 2.6 ~ 3.2;

磨耗值(L.A) < 30 ;

磨光值(P.S.V) > 42 ;

压碎值(A.C.V) < 20 ;

扁平细长颗粒含量 $< 15\%$ 。

(3)嵌入桥梁伸缩缝空隙中的 T 形钢板厚度 3 ~ 5mm(宜采用 5mm),长度约为 1m 左右。

安装施工的操作步骤如下:

①开槽

a.标出要开挖沟槽的边线,应根据伸缩缝损坏情况决定开挖沟槽的宽度,沟槽的宽度一般为 50cm。

b.锯开并开挖至规定深度,一般不小于 5cm。

②清理及修整沟槽

a.清除沟槽四周及接缝处的砂石、淤泥等杂物;

b.用水冲洗掉沟槽里的泥砂和浮土;

c.用压缩空气吹净接缝内的砂石与杂物,并清除松动的部分;

d.用喷火器烘干沟槽,使之充分干燥;

e.若旧伸缩缝的基础表面已严重损坏,应加铺混凝土基层。

③安装 T 形搭接钢板并涂粘合材料

a.用泡沫海绵塞住接缝;

b.将 T 形搭接钢板平稳置于接缝当中;

c.在沟槽表面均匀充分地涂一层复合改性沥青或乳化沥青等粘结材料。

④安装

a.将粗石料烘干至 $180^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$;

b.以 2:1 的比例,将热的粗石料与复合改性沥青粘接料拌和在一起;

c.用拌和好的粗混合料摊铺底层,底层的表面应距沟槽顶 1cm 左右;

d.将细石料烘干至 180℃ ~ 200℃;

e.以 4:1 的比例,将热的细石料与复合改性沥青粘结料拌和在一起;

f.用拌好的混合料摊铺上层,上层的表面应比原桥面(路面)略高一点(0.1 ~ 0.3cm);

g.用平板夯进行压实,并使伸缩缝表面与两边桥面(路面)平齐;

h.再铺涂一层复合改性沥青材料。

⑤开放交通

伸缩缝安装完成后,大约经过两个小时后,即可开放交通。

安装复合改性沥青填充式伸缩缝施工所需机械设备见表 3-12 所列。

安装复合改性沥青填充式伸缩缝所需机械 表 3-12

序号	名称	规格	数量	备注
1	发电机	12kW、380/220V	1	固定式
		8kW、380/220V	1	移动式
2	沥青预热釜	500kg 容量	1	单缸
3	集料拌和机	90 ~ 120L	1	
4	切割机		1	水泥路面
5	空气压缩机	0.67 ~ 1MPa	1	
6	风镐		2	
7	平板振动夯		1	汽油机
8	电焊机		1	
9	砂轮切割机	220/380V	1	手提式

72. 伸缩缝安装的质量标准是如何规定的?

按照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—89)的规定,伸缩缝安装的质量检验标准见表 3-13。

伸缩缝安装允许偏差

表 3-13

项 目		允许偏差
缝 宽		符合设计要求
与桥面高差 (mm)		2
纵 坡	大 型	$\pm 0.2\%$
	一 般	$\pm 0.3\%$
横向平整度		用 3m 直尺,不大于 3mm

73. 常用桥梁伸缩缝的形式有哪些?

常用桥梁伸缩缝的形式很多,主要形式列于表 3-14。

桥梁伸缩缝的主要形式

表 3-14

类 别	型 式	种 类 型	说 明
1. 对接式	填塞对接型	沥青、木板填塞型	以沥青、木板、麻絮、橡胶等材料填塞缝隙的构造(在任何状态下,都处于压缩状态)
		U 型镀锌铁皮型	
		矩形橡胶条型	
		组合式橡胶条型	
		管形橡胶条型	
	嵌固对接型	W 型	采用不同形状的钢构件将不同形状橡胶条(带)嵌固,以橡胶条(带)的拉压变形吸收梁变位的构造
		SW 型	
		M 型	
		SDII 型	
		PG 型	
		FV 型	
		CNB 型	
		GQF-C 型	

续上表

类别	型式	种类型	说明
2. 钢制支承式	钢制型	钢梳齿板型	采用面层钢板或梳齿钢板的构造
		钢板叠合型	
3. 橡胶组合剪切式	板式橡胶型	BF、JB、JH、SD、SC、SB、SG、SEG 型	将橡胶材料与钢件组合,以橡胶的剪切变形吸收梁的伸缩变位,桥面板缝隙支承车轮荷载的构造
		SEJ 型	
		UG 型	
		BSL 型	
		CD 型	
4. 模数支承式	模数式	TS 型	采用异型钢材或钢组焊件与橡胶密封带组合的支承式构造
		J-75 型	
		SSF 型	
		SG 型	
		XF 斜向型	
		GQF-MZL 型	
5. 无缝式	弹塑体填充式	GP 型(桥面连续)	路面施工前安装的伸缩构造
		复合改性沥青混合料或高粘弹塑体	以路面等变形吸收梁变位的构造

74. 伸缩缝伸缩量是如何进行计算的?

桥梁伸缩缝伸缩量的简易计算公式列于表 3-15。

桥梁伸缩缝伸缩量简易计算公式表

表 3-15

桥梁所在地区		华 东			华 南			华 北		
桥梁种类		钢筋混凝土桥	预应力混凝土桥	钢桥	钢筋混凝土桥	预应力混凝土桥	钢桥	钢筋混凝土桥	预应力混凝土桥	钢桥
温度	温度变化范围 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	-2.7 ~ -35.4	-2.7 ~ -35.4	-12.7 ~ -45.4	-11.2 ~ -34.8	-11.2 ~ -34.8	-21.2 ~ -44.8	-21.6 ~ -35.4	-21.6 ~ -35.4	-31.6 ~ -45.4

续上表

桥梁所在地区		华 东			华 南			华 北		
桥梁种类		钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥
温度	线膨胀系数 α	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}
	温度变位 $\Delta l_t = \alpha \Delta T l$	0.381 <i>l</i>	0.381 <i>l</i>	0.697 <i>l</i>	0.460 <i>l</i>	0.460 <i>l</i>	0.792 <i>l</i>	0.570 <i>l</i>	0.570 <i>l</i>	0.924 <i>l</i>
收缩	收缩系数 ϵ_{∞}	0.2	0.2	—	0.2	0.2	—	0.2	0.2	—
	收缩折减系数 β	0.4	0.4	—	0.4	0.4	—	0.4	0.4	—
	收缩变位 $\Delta l_s = \epsilon_{\infty} \beta l$	0.081 <i>l</i>	0.081 <i>l</i>	—	0.081 <i>l</i>	0.081 <i>l</i>	—	0.081 <i>l</i>	0.081 <i>l</i>	—
预应力	混凝土弹性模量 E_c (MPa)	—	34000	—	—	34000	—	—	34000	—
	混凝土平均预加应力 σ_p (MPa)	—	70	—	—	70	—	—	70	—
	徐变系数 φ_{∞}	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—
	徐变折减系数 β	—	0.4	—	—	0.4	—	—	0.4	—
	徐变变位 $\Delta l_c = (\sigma_p / E_c) \varphi_{\infty} \beta l$	—	0.165 <i>l</i>	—	—	0.165 <i>l</i>	—	—	0.165 <i>l</i>	—
可变荷载引起的梁端截面转动量 R		—	0.04 <i>l</i>	0.06 <i>l</i>	—	0.04 <i>l</i>	0.06 <i>l</i>	—	0.04 <i>l</i>	0.06 <i>l</i>
基本伸缩量 $\Delta l_0 = \Delta l_t + \Delta l_s + \Delta l_c + R$		0.461 <i>l</i>	0.666 <i>l</i>	0.757 <i>l</i>	0.540 <i>l</i>	0.745 <i>l</i>	0.852 <i>l</i>	0.650 <i>l</i>	0.855 <i>l</i>	0.984 <i>l</i>
富裕量(基本伸缩量的 30%) $\Delta l'_0$		0.154 <i>l</i>	0.200 <i>l</i>	0.227 <i>l</i>	0.162 <i>l</i>	0.224 <i>l</i>	0.256 <i>l</i>	0.195 <i>l</i>	0.257 <i>l</i>	0.295 <i>l</i>
设计伸缩量 $\Delta l = \Delta l_0 + \Delta l'_0$		0.615 <i>l</i>	0.866 <i>l</i>	0.984 <i>l</i>	0.702 <i>l</i>	0.969 <i>l</i>	0.108 <i>l</i>	0.845 <i>l</i>	1.112 <i>l</i>	1.279 <i>l</i>
桥梁所在地区		西 南			西 北			东 北		
桥梁种类		钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土二桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土上桥	钢桥
温度	温度变化范围 ΔT (°C)	-4.5 ~ 32.7	-4.5 ~ 32.7	-14.5 ~ 42.7	-21.5 ~ 32.6	-21.5 ~ 32.6	-31.5 ~ 42.6	-42.4 ~ 33.2	-42.4 ~ 33.2	-52.4 ~ 43.2

续上表

桥梁所在地区		西 南			西 北			东 北		
桥梁种类		钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥	钢筋 混凝土桥	预应力 混凝土桥	钢桥
温度	线膨胀系数 α	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	12×10^{-6}
	温度变位 $\Delta l_t = \alpha \Delta T l$	0.372l	0.372l	0.686l	0.541l	0.541l	0.889l	0.756l	0.756l	1.147l
收缩	收缩系数 ϵ_{∞}	0.2	0.2	—	0.2	0.2	—	0.2	0.2	—
	收缩折减系数 β	0.4	0.4	—	0.4	0.4	—	0.4	0.4	—
	收缩变位 $\Delta l_s = \epsilon_{\infty} \beta l$	0.08l	0.08l	—	0.08l	0.08l	—	0.08l	0.08l	—
预应力	混凝土弹性模量 E_c (MPa)	—	34000	—	—	34000	—	—	34000	—
	混凝土平均预加应力 σ_p (MPa)	—	70	—	—	70	—	—	70	—
	徐变系数 φ_{∞}	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—
	徐变折减系数 β	—	0.4	—	—	0.4	—	—	0.4	—
	徐变变位 $\Delta l_c = (\sigma_p / E_c) \varphi_{\infty} \beta l$	—	0.165l	—	—	0.165l	—	—	0.165l	—
可变荷载引起的梁端截面转动量 R		—	0.04l	0.06l	—	0.04l	0.06l	—	0.04l	0.06l
基本伸缩量 $\Delta l_0 = \Delta l_t + \Delta l_s + \Delta l_c + R$		0.452l	0.657l	0.746l	0.621l	0.826l	0.949l	0.836l	1.041l	1.207l
富裕量 (基本伸缩量的%) $\Delta l'_0$		0.136l	0.197l	0.224l	0.186l	0.248l	0.285l	0.251l	0.312l	0.362l
设计伸缩量 $\Delta l = \Delta l_0 + \Delta l'_0$		0.588l	0.854l	0.970l	0.807l	1.074l	1.234l	1.087l	1.353l	1.569l

注:伸缩量和变位的单位均为 mm;伸缩梁长 l 的单位为 m。

75. 普通钢筋混凝土与预应力钢筋混凝土梁桥的日常养护有哪些工作内容?

钢筋混凝土与预应力钢筋混凝土梁桥日常养护内容有如下几个方面:清除表面污垢,修补混凝土孔洞破损、剥落、表面风化以及

非结构受力影响产生的裂缝,对裸露钢筋进行除锈,并修复保护层;对纵、横联结构件损坏、钢板开裂、开焊、锈蚀进行处理。

76. 混凝土梁桥表层缺陷有哪几种类型? 一般多发生在哪些部位?

混凝土梁桥表层缺陷主要有蜂窝、露筋、麻面、空洞、磨损、锈蚀、老化、剥落、表层成块脱落等类型。具体各类缺陷产生的原因、常见发生部位列于表 3-16。

混凝土桥梁结构表层缺陷的类型及产生原因 表 3-16

缺陷类型	产生原因	常见发生部位
蜂窝	<p>1. 施工不当所致。混凝土灌筑中缺乏应有的振捣;分层灌筑时违反操作规程,运输时混凝土产生离析;模板缝隙不严,水泥砂浆流失等;</p> <p>2. 结构不合理,如配筋太密,混凝土粗骨料粒径太大,坍落度过小</p>	结构各部位均可发生
露筋	施工质量不好,如灌筑时钢筋保护层垫块位移,钢筋紧贴模板;保护层处混凝土漏振或振捣不实	结构各部位均可发生
麻面	施工时采用模板表面不光滑,模板湿润又不够,致使构件表面混凝土内的水份被吸去	结构各部位均可发生
空洞	结构上钢筋布置过密,施工时混凝土被卡住,又未充分振捣就继续灌筑上层混凝土。此外,严重漏浆亦能产生空洞	结构各部位均可发生

续上表

缺陷类型	产生原因	常见发生部位
磨损	1.混凝土强度不足,表层细骨料太多; 2.车轮磨耗; 3.高速水流冲刷,水流中又夹有大量砂石等推移质或冰凌等漂浮物	桥面及受到水流冲刷的墩桩
锈蚀、老化、剥落	1.保护层太薄; 2.结构出现裂缝,雨水浸入; 3.钢筋锈蚀膨胀引起剥落; 4.严寒地区冰冻及干湿交替循环作用; 5.有侵蚀性水的化学侵蚀作用	结构各部位均可发生
表层成块脱落	外界作用,如车辆撞击,船舶或其他坚硬物体的撞击	桥面、栏杆、墩桩、主梁
构件变形、接缝不平	1.施工不善而造成(施工偏差); 2.荷载作用下形成的变形	主梁及墩台等部位

77. 钢筋混凝土梁桥梁体常见病害的处理方法有哪些?

钢筋混凝土梁桥梁体常见病害的处理方法有:

(1)由于渗水、洪水等原因造成的梁体产生污垢时应用清水刷洗,不宜用化学试剂清洗。

(2)梁(板)体混凝土的空洞、蜂窝、麻面、表面风化、剥落应先将松散部分清除,再根据情况用高标号混凝土或水泥砂浆填补。

(3)梁体若发现露筋或保护层剥落等现象,应先将松动的保护层凿去,并将钢筋锈迹清除,如损坏面积不大可用环氧砂浆修补;如损坏面积过大,可喷射高标号水泥砂浆修补。

(4)梁(板)体的横、纵向联结杆件、钢板、钢筋等构件开裂、开焊、断裂、损坏等可采取更换、补焊、帮焊等措施。

(5)钢筋混凝土梁产生恒载裂缝时,按下列方法进行处理:

①当裂缝宽大于限值规定时,应采用压力灌浆法灌注环氧树脂

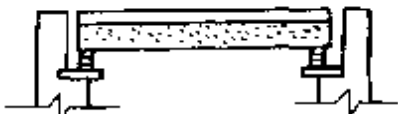
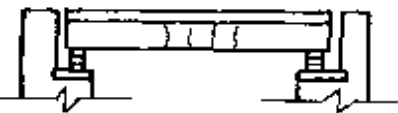
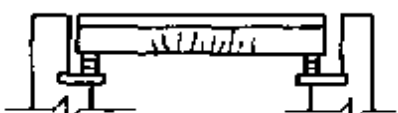
脂胶。

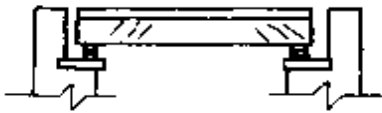
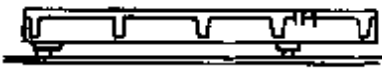
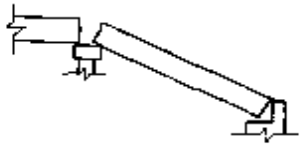
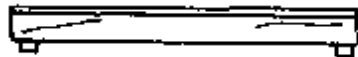
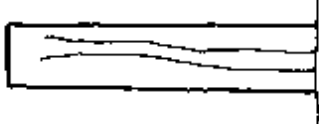
②如裂缝发展严重时,应查明原因,按照不同情况采取加固措施,并加强观测。

78. 钢筋混凝土简支梁桥梁体常见裂缝有哪几种? 多发生在什么部位? 有何特征? 发生的原因是什么?

钢筋混凝土简支梁桥梁体常见裂缝种类、产生原因、发生部位及特征如表 3-17 所列。

混凝土与钢筋混凝土简支梁桥的常见裂缝 表 3-17


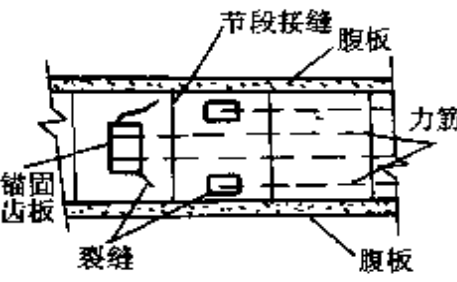
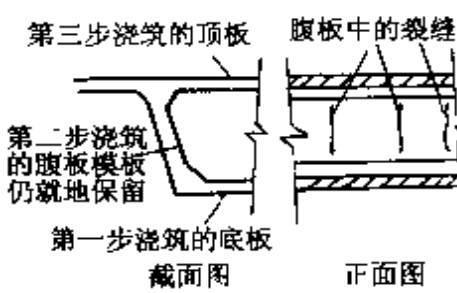
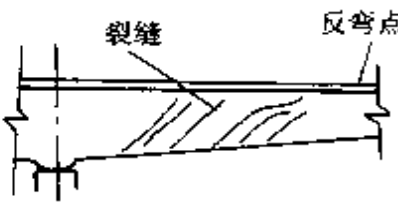
序号	裂缝种类与发生部位	图 示	主要特征与发生原因
1	网状裂 缝		<ol style="list-style-type: none"> 1) 发生在各种跨度的梁上; 2) 裂缝细小, 宽度约为 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$, 用手触及有凸起感觉; 3) 无固定规律; 4) 多为混凝土收缩所引起的表面龟裂
2	下缘受 拉区的裂 缝		<ol style="list-style-type: none"> 1) 多发生于梁跨中部, 梁跨度越大, 裂缝越多; 2) 自下翼缘向上发展, 至翼缘与梁肋相接处停止; 3) 裂缝间距约 $0.1 \sim 0.2\text{m}$, 宽度约为 $0.03 \sim 0.1\text{mm}$; 4) 对跨度 $< 10\text{m}$ 的梁, 其裂缝少而细小(宽度 0.03mm 以下); 5) 多为混凝土收缩和梁受挠曲所产生的裂缝
3	腹板上 的竖向裂 缝		<ol style="list-style-type: none"> 1) 为最常见也是较为严重的一种裂缝。当跨径 $> 12\text{m}$ 时, 其裂缝多处于薄腹部分, 在梁的半高线附近裂缝宽度较大, 一般在 $0.15 \sim 0.3\text{mm}$; 2) 当梁跨径 $< 10\text{m}$ 时, 其裂缝较细小, 且多数裂缝系由梁肋向上延伸, 越上越细, 上端未到腹板顶部; 3) 多系设计不当, 施工质量不良, 养护不及时, 或温度及周围环境条件不良的影响所致

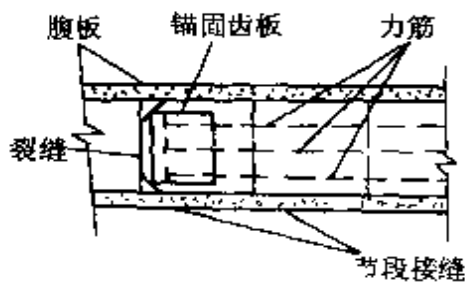
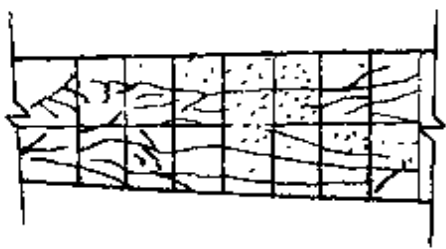
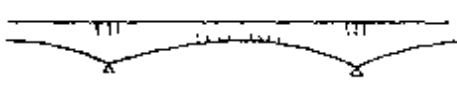
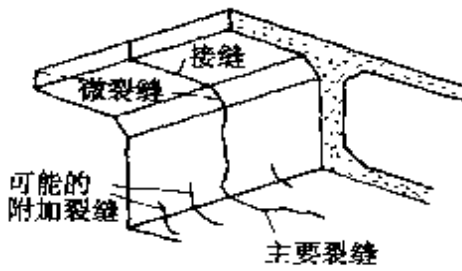
序号	裂缝种类与发生部位	图 示	主要特征与发生原因
4	腹板上的斜向裂缝		<p>1) 是钢筋混凝土梁中出现最多的一种裂缝,且多在跨中两侧,离跨中越远倾斜角越大,反之较小,倾角约在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间,第一道裂缝多出现在距支座 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 处;</p> <p>2) 裂缝宽度一般在 0.3mm 以下;</p> <p>3) 系设计上的缺陷,主拉应力较计算大,混凝土不能负担而导致产生裂缝,施工质量不良又会加速裂缝的产生和发展</p>
5	运梁不当引起的上部裂缝		运送梁时支承点没有放在梁的两端吊点上,而是偏向跨中,使支承点处上部出现负弯矩,而引起开裂
6	梁端上部裂缝		由于墩台产生不均匀沉降,而形成梁端部局部支承压力增大,产生局部应力所致。裂缝由下往上开裂,严重者宽度可达 0.3mm 以上
7	梁侧水平裂缝		<p>1) 为近似水平方向的层裂缝;</p> <p>2) 施工不当引起,分层浇筑,间隔时间太长</p>
8	梁底纵向裂缝		<p>1) 沿下翼缘主筋方向的裂缝;</p> <p>2) 混凝土保护层过薄,或掺入氯盐等速凝剂所造成。裂缝严重时,应予更换</p>

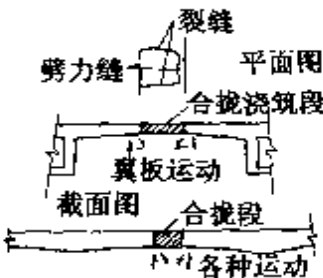
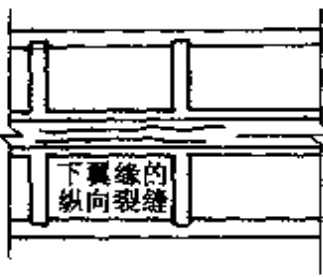
79. 预应力混凝土梁桥、悬臂梁桥及连续梁桥梁体常见裂缝有哪几种? 一般多发生在哪些部位? 有何特征? 产生裂缝的主要原因是什么?

预应力混凝土梁桥、悬臂梁桥及连续梁桥梁体常见裂缝种类、发生的部位、特征及主要产生原因如表 3-18 所列。

预应力混凝土梁、悬臂梁与连续梁桥的常见裂缝 表 3-18

序号	裂缝种类与发生部位	图 示	主要特征与发生原因
1	先张法梁梁端锚固处的裂缝		<p>1) 裂缝均起始于张拉端面, 宽度约为 0.1mm 左右, 长度一般只延伸至扩大部分的变截面处;</p> <p>2) 由于在两组张拉钢筋之间梁端混凝土处于受力区使梁端易发生水平裂缝, 或因锚头处应力集中和锚头产生的楔形作用而使锚头附近产生细小水平裂缝</p>
2	后张法梁梁端(或其他部位)锚固处的裂缝		<p>1) 通常发生在梁端或预应力筋锚固处, 裂缝比较短小, 发生在梁端时多与钢丝束方向一致, 在锚固处时与梁纵轴多呈 $30^\circ \sim 45^\circ$;</p> <p>2) 营运初期有所发展, 但不严重, 以后会趋于稳定;</p> <p>3) 主要由于端部应力集中, 混凝土质量不良所致</p>
3	腹板收缩裂缝		<p>1) 大多在脱模后 2~3d 内发生, 裂缝通常从上梁肋到下梁肋, 整个腹板裂通, 宽度一般为 0.2~0.4mm, 施加预应力后大多会闭合;</p> <p>2) 多为混凝土收缩和温差所致, 如极低的外界温度, 混凝土混合料进行预热, 使应力分布不均</p>
4	悬臂梁剪切裂缝		<p>1) 剪切裂缝出现在腹板上, 看起来近似按 45° 角倾斜, 一般出现在支点与反弯点之间的区域;</p> <p>2) 裂缝的产生主要是由下: 预应力不足; 超载的永久荷载; 二次应力; 温度作用等; 此外设计中缺乏对多室箱梁腹板内剪力分布的认识, 横截面设计未考虑横截面的实际变形, 没有重复检算力筋截断处的左右截面受力情况</p>

序号	裂缝种类与发生部位	图 示	主要特征与发生原因
5	悬臂箱梁锚固后接缝中的裂缝		<p>1) 悬臂箱梁在连续力筋锚固齿板后面的底板内会产生裂缝, 并有可能向着腹板扩展, 裂缝与梁纵轴呈 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 角;</p> <p>2) 产生这种裂缝的原因是由于预应力筋作用面很小, 产生局部应力, 或者由于顶底板中力筋锚具之间水平方向错开的距离太小</p>
6	底板裂缝		<p>箱梁底板上发生不规则裂缝, 由于梁模向受力性能与横向不变形截面显得有很大的不同, 即由于腹部与底板受力不均所致</p>
7	箱梁弯曲裂缝		<p>混凝土抗拉能力不足, 将导致裂缝的产生。在分段式箱梁中, 一般出现在接缝内或接缝附近, 梁底裂缝可达 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$。弯曲裂缝一般很小, 结构不受损伤, 但在外荷载反复作用下(汽车动力荷载及温度梯度)裂缝有可能会扩大</p>
8	连续梁弯曲裂缝		<p>1) 在连续梁中, 在正弯矩区的梁底部和在负弯矩区的顶部一般可能发现这种裂缝;</p> <p>2) 弯曲裂缝主要是由于混凝土抗拉能力不足</p>

序号	裂缝种类与发生部位	图 示	主要特征与发生原因
9	合拢浇筑段的裂缝		<p>1) 在平衡悬臂施工的跨中合拢浇筑段处,或在相邻箱梁翼板端部之间纵向合拢浇筑段处,出现这种裂缝;</p> <p>2) 多为混凝土收缩和较大的温差所致</p>
10	预应力梁下翼缘的纵向裂缝		<p>1) 为预应力梁中最严重的一种裂缝,多发生在梁端第一、二节间的下缘侧面及梁底,或腹板与下翼缘交界处,也有少数发生在腹板上;</p> <p>2) 裂缝一般处于最外的一排钢丝束部位,宽度一般为 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$;</p> <p>3) 产生原因是由于下翼缘受到过高的纵向压力所致,保护层太薄,或混凝土质量不好</p>

80. 钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土梁裂缝修补的常用方法有哪些?

裂缝修补常用方法主要有:

(1) 对细小裂缝、死缝或没有结构作用的裂缝可采用封闭处理。如用环氧树脂胶涂刷封闭,或用工具沿裂缝裸露面锯或凿,使缝扩大成槽形豁口后,在每条裂缝两边 $5 \sim 10\text{mm}$ 范围内处理干净,然后用各种粘结材料进行填充封闭。

(2) 当钢筋混凝土构件产生主拉应力裂缝(不是很严重时),可采用在裂缝处加箍使裂缝封闭的方法。箍可用扁钢焊成或圆钢制成,可直箍也可斜箍,其方向应和裂缝垂直。

(3) 注射环氧树脂胶液并加配钢筋的修补法:具体做法是钻与

结构面成 45° 并与裂缝成 90° 交叉的孔,按照裂缝长度,可钻 3~4 个孔,然后分别插入钢筋,再在孔中与裂缝中注入环氧树脂胶液封闭裂缝与孔洞,使钢筋与原构件形成一个整体,从而达到加强截面强度的目的。

(4) 钢板粘贴修补方法,即用环氧基液粘结剂涂在整个钢板上,然后将其压粘于待修补的裂缝位置上的方法。为使钢板粘贴牢固,一般多采用压贴法,也可采用在钢板与被修补构件表层空隙内注入粘结剂的注入法,具体见图 3-12 和图 3-13。

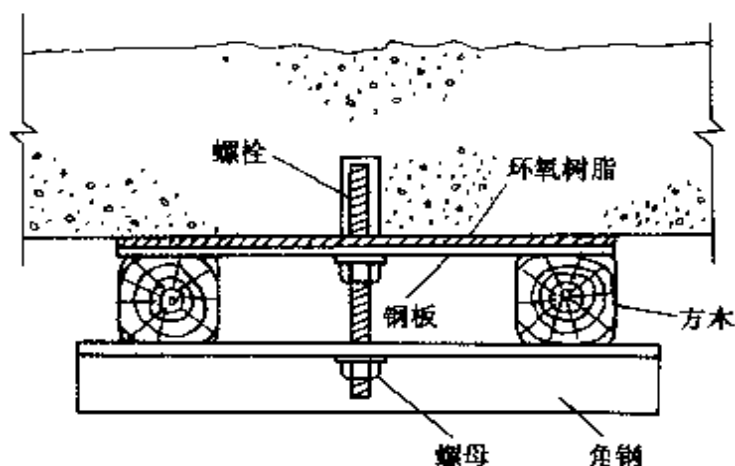


图 3-12 压贴法粘贴钢板

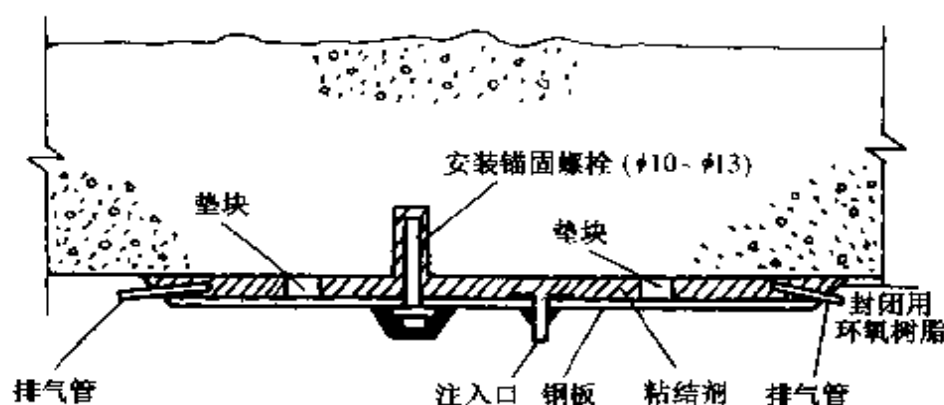


图 3-13 注入法粘贴钢板

所用钢板可用整块钢板,也可按照裂缝位置采用带状钢板,如在修补悬臂梁挂梁处裂缝时,二种情况都可采用,见图 3-14。关于钢板粘贴的施工见桥梁加固一章的内容。

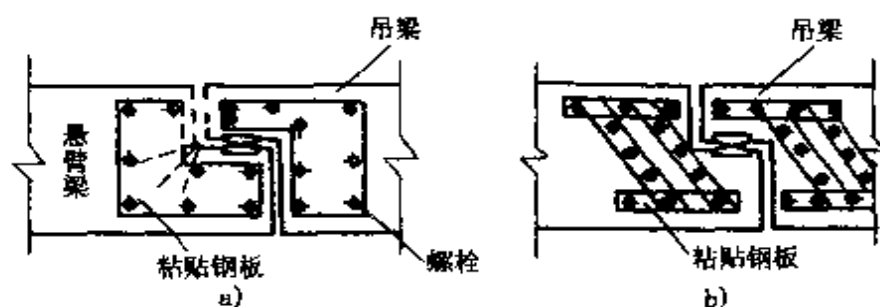


图 3-14 悬臂梁挂梁处裂缝用钢板修补

a)块状钢板;b)带状钢板

81. 用灌浆法修补混凝土裂缝时灌浆材料是如何配制的？灌浆工艺如何进行？

灌浆材料一般常采用环氧和甲凝两类。环氧灌浆是以环氧树脂为主体，它的粘结力强、稳定性好、收缩小、耐腐蚀及机械强度高，裂缝宽度在 0.1mm 以上时常采用环氧灌浆。甲凝灌浆是以甲基丙烯酸甲脂为主体，它具有粘度低、可灌性好、抗拉强度高等优点，所以常用于修补裂缝宽度在 0.1mm 以下的细裂缝。

(1)环氧灌浆材料由主剂、固化剂、增塑剂(增韧剂)及稀释剂等四部分组成。主剂即环氧树脂，规格见表 3-19 所列。固化剂有脂肪族胺类、芳香族胺类和改性胺类三种，分别列于表 3-20 和表 3-21。常用增韧剂性能及用量列于表 3-22。常用稀释剂性能及用量列于表 3-23。表 3-24 及表 3-25 分别为一般部位环氧浆液和水下灌浆浆液的参考配方。

桥梁工程常用环氧树脂规格表

表 3-19

国家统一牌号	旧 称	规 格	
		软化点($^{\circ}\text{C}$)	环氧值(当量/100g)
E-44 号	6101	12 ~ 20	0.41 ~ 0.47
E-42 号	634	21 ~ 27	0.32 ~ 0.47
E-35 号	637	20 ~ 35	0.30 ~ 0.40
E-31 号	638	40 ~ 55	0.23 ~ 0.38

脂肪族胺类和芳香族胺固化剂

表 3-20

类别	名称	简称	沸点 (°C)	熔点 (°C)	状 态	一般用量 (%)	性能
脂肪族胺类	乙二胺	EDA	116		刺激臭味无色液体	6~8	挥发性小, 毒性较大, 使用期限短
	三乙烯四胺	TTA	267		无色粘稠液体	9~11	毒性较小, 使用期限较长
	四乙烯五胺	TPA	340	*	无色粘稠液体	13~15	毒性较小, 使用期限较长
	多乙烯多胺	PEDA			棕色粘稠液体	14~15	毒性较小, 使用期限较长
芳香族胺类	间苯二胺	MPDA		63	淡黄色结晶, 潮湿后呈褐色	14~16	要预热方法溶解, 使用期限长
	间苯二甲胺	MXDA			无色透明液体	16~20	可在常温下固化, 使用期限较长
	苯苯二甲胺				无色液体	15	可在常温下固化

改性胺类固化剂

表 3-21

名 称	合成原理	状 态	一般用量 (%)	性 能
590 固化剂	由简苯二胺与环氧丙烷基醚反应而得的一种衍生物	黄至棕色 粘稠液体	15~20	可在室温下固化, 使用时间较长。比简苯二胺使用方便, 而且固化物的物理力学性能也较好
591 固化剂	二乙烯三胺与丙烯晴反应, 经氰乙化后的产物	浅黄色 色液体	20~25	固化时放热温度低, 使用时间长, 固化后抗冲击性能及耐溶剂性能较好, 毒性也低
593 固化剂	二乙烯三胺与环氧丙烷丁基醚在一定温度下加成反应而得的产物	浅黄色 透明液体	23~25	粘度小, 毒性低, 能在室温下固化, 放热较缓和, 固化后机械性能、电性能均较好

常用增韧剂性能及参考用量

表 3-22

类别	名称	简称或型号	沸点 (°C)	状 态	一般 用量 (%)	性能
非活性	邻苯二甲酸二丁酯	DBP	335	无色液体	5~20	在固化过程中, 过会游离出来, 造成老化, 加入量过多会降低强度
	邻苯二甲酸二辛酯	DOP	384	无色液体	5~20	
	磷酸三苯酯	TPP	熔点 40~50	白色晶体	5~20	
	磷酸三甲酚酯	TCP	240	无色液体	5~20	
活性	聚酰胺树脂	200 号		棕红色粘稠状		在常温下可与树脂反应, 具有较好的弹性和附着力
	聚酰胺树脂	300 号		棕色粘稠状		
	聚酰胺树脂	650 号		棕色流体	80	
	聚酰胺树脂	651 号		棕色流体	45	
	聚硫橡胶	LP-2		黄色流动性液体	30~50	不同配比下可得到坚硬的或不同状态的固化树脂, 但反应慢, 需同时加固化剂
	聚硫橡胶	LP-3		黄色流动性液体	30~50	
	聚硫橡胶	LP-8		黄色流动性液体	30~50	

常用稀释剂性能及用量

表 3-23

类别	名称	型号	沸 点 (°C)	状 态	一般用量 (%)	性 能
非活性	丙酮 环己酮 苯 甲苯 二甲苯		56.5 156.0 80.3 110.8 144	易挥发的无色液体 无色或淡黄色油状液体 无色, 易燃液体 无色, 易燃液体 无色, 易燃液体	5~15 5~15 5~15 5~15 5~15	仅起降低粘度的作用。在树脂固化时, 增加收缩率, 降低粘结力和机械性能, 不宜多加
活性	环氧丙烷 丁基醚	501 号	170	无色透明液体		能起增韧作用, 效果好, 毒性低, 能提高抗冲击能力
	环氧丙烷苯基醚 环氧丙烷	690 号	245 117	无色透明液体		毒性较低、对人体有过敏反应
	甘油环氧 树脂	662 号	> 300			毒性、刺激性最小

环氧浆液配方及主要性能(质量比)

表 3-24

材料名称	浆液配方		粘度 ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	抗压强度 (MPa)	粘结抗拉强度(MPa)	
	1号	2号			粘结抗拉	劈裂抗拉
环氧树脂	100	100	3.07	36.2	2.035	1.5
环氧脂氯丙烷	20	20				
邻苯二甲酸二	10	10				
脂		60				
二甲苯	40~50					
乙二胺	15					
间苯二胺		17				

环氧水下灌浆浆液配方及性能(质量比)

表 3-25

浆液配方						粘度($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	抗压强度(MPa)	粘结抗拉强度(劈 MPa)	
环氧树脂	煤焦油	二丁脂	环氧氯丙烷	丙二胺	二甲苯			试件法(7d)	劈裂法
100	25	16	20	16	40	7.6	43.0	2.57	0.5

(2)环氧灌浆常用纯压入法,通常有单液法和双液法,具体见图 3-15 和图 3-16。灌浆时采用单孔或群孔同时进浆,但必须留有一定数量的排气孔。当在长缝上同时布有几个灌浆孔时,可按裂缝的深浅由下而上的顺序进行灌浆。当用灌浆泵进行灌浆时,压力由小至大逐步升高,达到设计压力后(一般控制 0.6MPa 的灌注压力)再保持压力稳定,直至灌浆达到一定要求(吸浆率小于 0.01 L/min 时再延续几分钟),再将阻塞器上的进浆管阀门关闭,以使裂缝内浆液在受压状态下胶凝固结。

(3)甲凝灌浆材料灌浆

甲凝灌浆材料是由主剂甲基丙烯酸甲脂、引发剂过氧化苯甲酰、促进剂二甲基苯胺及增韧剂二丁脂等组成。甲凝灌浆材料的配方见表 3-26 所列。

甲凝灌浆材料的配比

表 3-26

浆液配方				抗压强度 (MPa)	粘结劈裂强度 (MPa)
甲基丙烯酸甲脂	二丁脂	过氧化苯甲酰	二甲基苯胺		
100	15	1.5	1.5	31.7	0.679

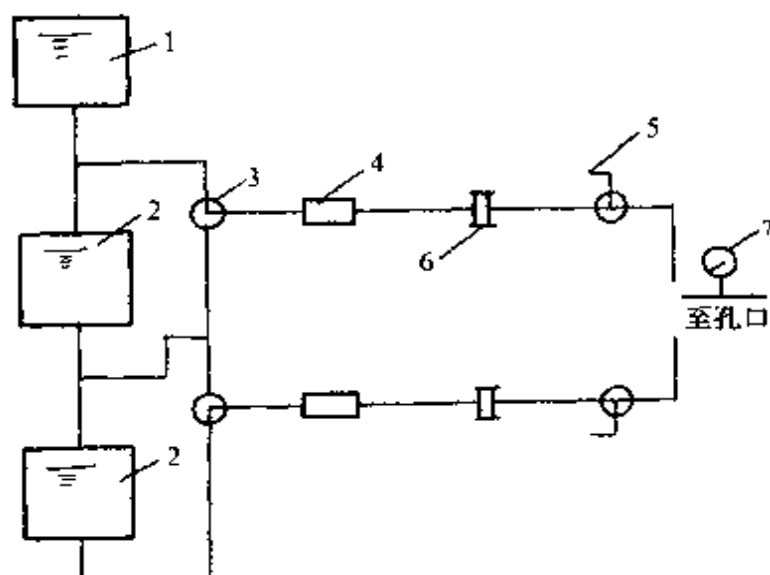


图 3-15 单液灌浆法管路装置示意图

1-浆液;2-水;3-三通旋塞;4-泵;5-回浆管;6-活接头;7-压力表

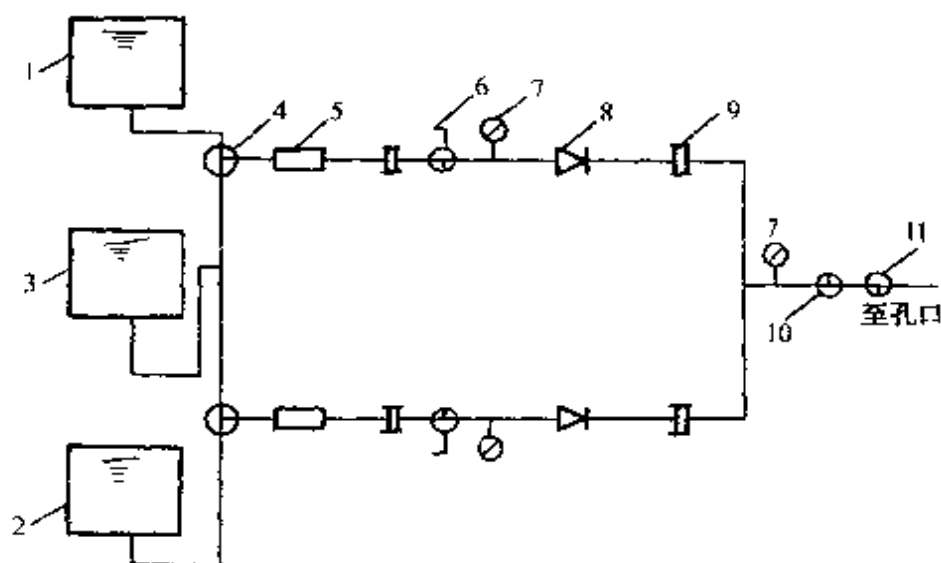


图 3-16 双液灌浆法管路装置示意图

1-甲液;2-乙液;3-水;4-三通旋塞;5-泵;6-浆管支管;7-压力表;8-逆止阀;9-活接头;10-冲洗支管;11-取液支管

82. 钢管混凝土拱桥的日常养护工作有哪些内容?

钢管混凝土拱桥的日常养护工作内容有:

(1)对裸露的钢管及其吊杆的裸露部分根据防腐材料的使用年限每年要进行一次检查,如有腐蚀要进行除锈及防护工作,对于锈点、锈迹要彻底擦除,除锈后再涂抹防锈漆及面漆。

城市及大气污染严重地区的桥梁可用热锌、热铝喷涂工艺进行防护,或用氯磺化聚乙烯涂刷,其厚度不小于 $140\mu\text{m}$,或用改性环氧聚胺脂等防护涂料。

(2)钢管接缝纵焊管,以及钢管混凝土管间的缀板焊缝易发生裂纹,必须及时检查补焊。

(3)钢管内浇注混凝土构成桁架或骨架后,再在外包裹混凝土,或仅在拱脚段包裹混凝土,混凝土表层出现的曲折发纹,应用水泥砂浆涂刷。大气污染区则宜用改性乳胶漆等材料进行大面积喷涂防护。

(4)在接养大桥以后的初期阶段,要对裸露的钢管混凝土作一次详细全面的探测,以手锤敲击四周依次延及全拱,以此方法来初测、判断管内混凝土是否填充密实或粘附良好,如出现异声就可能有空洞存在,或有其他病变,应报请探测处治。

(5)每年冬夏来临之前,对裸管段与有外包混凝土的管段交界处要厚涂油脂。

83. 圯工拱桥(板拱桥、肋拱桥)的日常养护工作内容有哪几个方面?

圯工拱桥日常养护工作内容主要有:

(1)保持桥面平整及桥体外露面的清洁美观,及时清除桥面上的杂物、飞石、雨水、积雪、冰棱。对于桥体上受到的污染、车辆泄漏的污渍、砌体中溢出的游离体,以及施工时留下的残屑杂物,要给予清除、覆盖。

(2)保证伸缩缝装置能够自由胀缩,每季度应对所设置的铰、每月对腹腔拱伸缩缝及其他伸缩装置进行检查,认真地清除其空缝间的泥砂、杂物。

(3)对砌缝、变形缝中生长的杂草、青苔、荆棘必须根除,灰缝砂浆如有脱落、松散应及时进行修补。

(4)雨季要观察拱腹是否出现浸润、滴漏现象,并查找原因,采取针对性措施如修补、增设拱背防水层,疏导桥面泄水,切断纵坡集水,或改建桥面为防渗性结构加以堵漏防渗。在冰冻期长的严寒地区特别要防止水进入圬工砌体内。

(5)圬工拱桥边角碎裂、砌块断裂及个别块体下坠或脱落,应及时修补。

(6)干砌圬工拱桥应经常检查拱圈有无变形,尤其在雨后及重车通行时,要观察有无压碎、块体脱落、缝隙张口等情况发生。当其一区段内有较大的突出变异时,则该桥有可能达到危险状态,宜暂停使用以待处理。

(7)用水泥混凝土修补局部损伤,用水泥砂浆补勾灰缝。

(8)定期检查修补后的断缝、裂纹修补效果及其发展情况,记录存档。

84. 钢筋混凝土拱桥(箱形拱桥、肋拱桥、双曲拱桥、刚架拱桥、桁架拱桥,简单体系与组合体系拱桥)的日常养护工作内容有哪些?

钢筋混凝土拱桥的日常养护工作有如下几个方面:

(1)做与圬工拱桥日常养护工作第 1、第 2 点相同的工作内容。

(2)施工中的混凝土表层出现的蜂窝、麻面、露筋、孔洞、层隙、磨蚀,老化、剥落、表面发纹,以及营运期产生的允许裂纹,均应有步骤地加以维修,维修处必须达到平整密实、光洁,以避免遭受外界影响而扩大受害区域,腐蚀内部钢材。

(3)维修前应对病害进行分析,制定出有针对性的维修措施,在病害部位必须清除已损坏混凝土的浮浆、积尘,直到露出完好的混凝土,并露出钢筋。

(4)一般表层病害可在已清洗干净的修补面上涂抹一层 1:2 (水泥:砂)的水泥砂浆,或其他粘结剂,如 1:0.4 铝粉水泥浆液、环氧胶液等化学浆液。当 pH 值小于 5.6 和 HCl 、 Cl^- 浓度较大时可

用改性环氧聚胺脂、氯磺化聚乙烯涂抹。一般情况也可用改性乳胶漆涂抹。对深凹、隙缝病害在嵌入水泥砂浆、环氧砂浆后需抹平压实养生。

(5)在高温或严寒季节,及重车通行后,要对桥体各部位进行认真的检查,观察记录已发生和新发生的裂纹情况,并在裂纹上作出标记、编号。若裂纹的宽度超过规定允许值时,要及时列表上报并及时采取相应的防范措施。

(6)在漂浮物通过河道的箱拱、双曲拱、刚架拱(一般较坦而低)、桁架拱桥,在汛期来临前要检查设在拱脚上游的钢筋混凝土抗撞桩是否牢固;在高洪水位放漂期,要日夜撬漂、顺木以避免撞击拱圈(斜腿)。

(7)在冬季月平均气温低于 -20°C 的区域,对于淹入结冰水位以下的拱圈及结冰水位以上50cm的拱圈,要在枯水位时涂抹一层抗冻环氧砂浆,砂浆面上再涂刷一层沥青。

(8)当气温高于 38°C 以上及汛期前,要疏通箱型拱桥的调温孔、排水孔。未设置排水孔的要给予补设。

(9)中下承式肋拱桥长期处于微振状态,每隔半年或重车通行后要检查吊杆的上下连接处,如是螺丝连接则要拧紧螺母和锁头器或微调螺母,并涂上黄油进行包扎;如是预应力束锚头则要仔细观察其外罩是否出现发纹。如锚头夹片、楔头产生滑移,可能出现滑丝断丝时,可设临时吊杆,并及早上报查核。

(10)为了预防突发事故,要经常观察桥面的起伏、振颤是否正常。

(11)在偶然重大荷载或特大外力作用后,以及冬夏季,对箱肋拱桥要进入箱中观察箱体四周及横隔板有无裂缝发生、发展等病害。

(12)各部分构件如有边角缺损要及时用环氧混凝土进行修补,以免应力集中。

(13)刚架拱、桁架拱桥上弦杆中所设的伸缩装置要保持其润滑、清洁、安全,能自由伸缩,并要观察上下弦上的箱板有无病害现

象出现。

(14)无推力系杆拱桥的预应力系杆要避免横向冲击。无混凝土包裹的系杆每年要清除已残缺老化的外包油脂,然后再用黄油、马蹄脂之类的防水油脂进行涂抹,并用玻璃布包扎,不得有雨水浸入。清除外包油脂时不得用铲刀等尖锐器具刮蚀钢绞线;已有混凝土包裹的系杆要保障支承点的牢固不致产生下垂弯曲。

(15)蝶式系杆拱(系杆两端有一部分预应力钢筋束锚固于短平梁上),雁式系杆拱(系杆锚固于弧形曲梁上)在两岸的支承点要防止下沉。

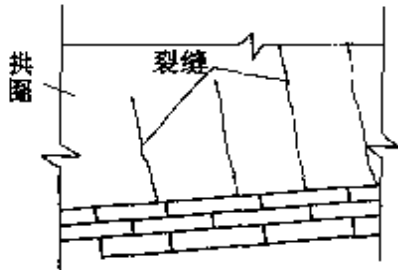
(16)双曲拱桥的活载挠度大于 $1/2000 \sim 1/3000$ 桥跨,恒载状态肋的裂纹宽度大于 0.1mm ,以及拱波出现裂纹时要立即报请加固和限载使用。

85. 钢筋混凝土拱桥(双曲拱桥、刚架拱桥、桁架拱桥)常见裂缝产生的主要部位及形式有哪些?

双曲拱桥、刚架拱桥、桁架拱桥常见裂缝及产生部位见表 3-27 所列。

拱桥、桁架拱桥与刚架桥的常见裂缝

表 3-27

桥梁型式		图 示 及 说 明	
拱	石砌拱桥		石砌拱桥中最易出现裂缝的地方是拱顶附近的下部,其裂缝有时可一直延伸到拱上结构(边墙)。此外,在拱圈表面有时还会产生和拱圈平行的裂缝,如拱圈和边墙用不同材料砌筑,在接头处也会发生裂缝。裂缝最初出现的时候也许很小,但以后在外界因素的作用下会逐渐扩大

桥梁型式	图 示 及 说 明	
拱 桥		<p>空腹式钢筋混凝土拱在拱脚、立柱、立柱与拱圈相接的地方可能会出现裂缝</p>
		<p>双曲拱桥的常见裂缝有：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 主拱圈拱脚处上缘出现横向贯穿裂缝； 2. 主拱圈跨中截面肋波接合面的环向裂缝； 3. 腹拱拱板沿桥宽的横向裂缝； 4. 拱波沿桥纵向裂缝； 5. 立柱与盖梁混凝土剥落露筋，并有压裂现象
桁架拱桥		<p>桁架拱常见裂缝有：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 靠近桥头桥面由于受负弯矩作用，多出现沿桥宽方向的横向裂缝； 2. 立杆与上下弦杆接合处的裂缝； 3. 当跨径较大，架片分段预制并采用现浇混凝土接头或钢板接头时，受荷载反复作用而出现施工接头的拉裂
刚架拱桥		<p>由于支点的不均匀沉陷影响，致使刚架各点产生附加弯矩，横梁左节点处为负弯矩，梁顶为受拉区，因此横梁左端产生从上向下开展的裂缝，右端产生由下向上的裂缝，左侧支柱上则产生从外向内的水平裂缝</p>

86. 钢桥的日常养护工作主要有哪些内容?

钢桥的日常养护工作主要内容有:

(1)保持铆钉、螺栓接合和焊接的正常状态,对有损伤裂缝的杆件和铆钉、螺栓、焊接接缝等,应经常观察其发展情况,并标上颜色记号,作出记录,以备查考。

(2)防止桥梁杆件和钢板表面锈蚀,定期进行油漆。

(3) 矫正杆件局部变形。

(4)对承载能力不足的杆件或结构进行加固。

(5)对支座的观测和保养。

(6)经常清除节点和缝隙部位的积水,保持清洁干燥。

87. 对钢桥的钢杆件进行油漆养护时应符合哪些要求?

(1)为使新涂的油漆与钢件表面粘结得牢固持久,在涂漆之前,对铁锈、旧漆、污垢、尘土和油水等均应仔细清除,对所有易锈蚀的节点杆件,如凹处、缝隙、纵横梁及主桁架的弦杆等,尤应仔细清理。

(2)除锈质量好坏严重影响油漆质量,应做到点锈不留、除锈彻底、打磨匀亮、揩擦干净。除锈可采用化学方法,即在浓度 10% 的无机酸中加入 0.2% ~ 0.4% 的面粉、树胶或煤焦油等缓蚀剂来清洗锈蚀,也可采用喷砂除锈法或其他更有效的方法。

(3)油漆层数原则上应为底、面漆各两层。对于易遭受损坏或工作条件困难的部位应多涂一层面漆。在第一层底漆干燥后,应对裂缝、不平整处和局部凹痕的部位用油性腻子腻塞,并对腻封质量进行检查,发现缺点,应予消除。

(4)钢桥油漆工作应在天气干燥和温暖季节(不低于 $+5^{\circ}\text{C}$)进行。刷油漆时的气温应与被漆钢构件表面温度相近。风沙大、雾天、雨天及表面潮湿的钢构件不应进行油漆作业。

(5)钢桥的防腐采用金属涂层时,又可分为阳极防腐蚀涂层和阴极防腐蚀涂层。锌、铝等属于阳极防腐蚀涂层,其防腐效果较

好。镀锡层等属于阴极防腐蚀涂层,这类涂层若存在孔隙,则会在涂层与钢材表面形成电池,引起腐蚀。

88. 钢桥钢构件表面除锈的质量要求是什么?

钢桥钢构件表面除锈的质量要求如表 3-28 的规定。

表面除锈质量要求

表 3-28

除锈方法	喷射或抛射除锈			手工和动力工具除锈	
除锈等级	Sa2	Sa2.5	Sa3	St2	St3
适用范围	除右边两类条件以外的其他地区	年平均相对湿度在 50% 以上及有-般大气污染的工业地区	1. 大气含盐雾的沿海地区; 2. 大气中 SO_2 含量大于 $250mg/m^3$ 的工业地区; 3. 杆件浸水部分; 4. 防腐要求高的钢梁及构件	与 Sa2 条件同	与 Sa3 条件同
质量标准	- 般喷射、抛射除锈,钢材表面的油脂和污垢、氧化皮、锈和油漆涂层等附着物已基本清除,其残留物应是牢固附着的	较彻底的喷射、抛射除锈,钢材表面应无可见的油脂和污垢、氧化皮、锈和油漆涂层等附着物,任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑	彻底的喷射、抛射除锈,钢材表面应无可见的油脂和污垢、氧化皮、锈和油漆涂层等附着物,表面应呈现均匀的金属光泽	一般的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢,没有附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层等附着物	彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢,没有附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层等附着物,除锈比 St2 彻底,底材显露部分的表面应具有金属光泽

89. 钢桥钢杆件防锈底漆常用的有哪些品种? 防锈面漆常用的有哪些品种?

常用防锈底漆见表 3-29,常用防锈面漆见表 3-30。

常用防锈底漆

表 3-29

名 称	型 号	性 能	适用范围	配套要求
红丹油性防锈漆 红丹酚醛防锈漆 红丹醇酸防锈漆	Y53-1 F53-1 C53-1	防锈能力强、耐 候性好、漆膜 坚韧、附着力 好 含铅有毒红 丹油性防锈漆, 干燥慢	室内外钢结 构防锈打底 不能用于铝、 锌有色金属表 面,因会加速铝 腐蚀 与锌附着力 差	与油性磁漆、 酚醛磁和醇酸 漆配套使用 不能与过氯 乙烯漆配套 C53-1与磷化 底漆配套,防锈 更好
云母氧化铁底漆		热稳定性好、 耐碱性好、防锈 性较好,无毒价 廉	透用室内外 钢结构适于热 带和湿热条 件使用	可与各类面 漆配套使用
硼钡酚醛防锈漆		是新型材料, 防锈性能良好、 附着力强、抗大 气性能好、干燥 快	适用室内外 钢结构	与酚醛磁漆 或醇酸磁漆配 套使用
无机富锌底漆		突出的耐水 性及耐酸、耐 油、耐干湿交 替、盐雾作月, 长期曝晒不老 化,但对基层处 理要求严格	适用水下工 程、水塔、水槽、 油罐内外壁及 海洋钢构筑物	可作面漆,与 环氧磁漆、乙烯 磁漆配套更好
磷化底漆	X06-1	附着力极强, 可使金属表面 形成纯漆膜,延 长有机涂层寿 命	只能与某些 底漆(如过氯乙 烯底漆)配套使 用,增加附着力, 不能代替底 漆使用	不能与碱性 涂料配套使用
铁红油性防锈漆 铁红酚醛防锈漆	Y53-2 F53-2	附着力强,防 锈性次于红丹 防锈漆 耐磨性差	适合防锈性 要求不高腐蚀 情况不太严重 的钢结构表面 打底	与酚醛磁漆 配套使用
铁红过氯乙烯底漆	G06-4	防锈和耐腐 蚀性好,能耐海 洋性及湿热带 气候,防霉性能 好	适用沿海及 湿热带气候条 件下钢结构	与磷化底漆 和过氯乙烯磁 漆配套使用
铁红环氧底漆	H06-2	漆膜坚韧,附 着力强;防锈、 耐水性比一般 油性和醇酸底 漆好	适用沿海及 湿热带气候条 件下钢结构	与磷化底漆 和环氧磁漆配 套使用;与磷化 底漆配套使用 性能提高
铁红醇酸底漆	C06-1	附着力和防 锈性能良好,在 湿热带气候和 潮湿条件下,耐 久性差	适用一般较 干燥处钢结构 表面防锈打底	与硝基磁漆、 醇酸磁漆和过 氯乙烯漆配套 使用

常用防锈面漆

表 3-30

名 称	型号	性能	适用范围	配套要求
醇酸磁漆	C04-42 C04-2	耐候性和附着力良好 [C04-42 较 C04-2 好], 漆膜坚韧, 有较好光泽和机械强度	适用室内外钢结构	先涂 1~2 道 C06-1 铁红醇酸底漆, 再涂 C06-10 醇酸二道底漆, 后涂面漆
灰醇酸磁漆 ["66" 灰色户外面漆]	C04-45	耐候性强, 比 C04-42 年限长 1~2 倍, 透水、透气性低, 漆膜呈美术花纹, 坚韧	适合大型室外钢结构表面用漆, 桥梁、高压线塔用	先漆 F53-1 红丹酚醛防锈漆或 F53-9 防锈漆两道, 再涂该面漆三道, 漆膜总厚度 > 200 μ m
酚醛磁漆	F04-1	附着力较好, 光泽好, 耐候性较 C04-42 差, 漆膜坚硬	适用室内钢结构	与红丹防锈漆、铁红防锈漆配套使用
过氯乙烯磁漆 过氯乙烯清漆	G52-1 G52-2	耐候性、耐酸碱良好, 附着力较差, 配套得好可以弥补	适合于防工业大气, 用于室内外钢结构	与 G06-4 或 X-6-1 配套使用
环氧耐酸漆	H52-3	附着力好, 耐盐水性能良好, 有一定耐酸、碱腐蚀能力, 漆膜坚韧耐久	适合防工业大气, 适用于室内外钢结构	与 X06-1 和 H06-2 配套使用
环氧硝基磁漆	H04-2	耐候性良好, 有较高机械强度, 耐油性好	适合防工业大气, 适用于湿热气候室内外钢结构	与环氧底漆配套
纯酚醛磁漆	F04-11	漆膜坚硬, 耐水性、耐候性和耐化学性均比 F04-1 好	适用于室内外钢结构, 多作面漆用	与红丹或铁红类防锈漆配套使用
沥青清漆	L01-6	耐水、耐腐蚀性能良好, 耐候性能差	适用室内钢结构作防潮、防水、耐酸保护层	底漆兼作面漆不少于两道
沥青耐酸漆 铝粉沥青漆	L50-1 L50-1 加铝粉	附着力良好, 耐酸性腐蚀, 加铝粉后耐候性能改善	L50-1 适用室内钢结构防腐, 加铝粉后可用室外耐酸钢结构防腐	底漆兼面漆一般涂两道
醇酸烟囱漆	C83-1	耐候性较好, 有一定耐热性	适用钢烟囱表面和一般的耐热构件	底漆兼面漆一般涂两道
黑酚醛烟囱漆	F83-1	短时间内能耐 400℃ 高温而不易脱落	适用于钢烟囱表面和一般的耐热构件	底漆兼作面漆一般涂 1~2 道

90. 钢结构涂层的常见缺陷及处理方法有哪些?

钢结构涂层的常见缺陷及处理方法列于表 3-31。

钢结构涂层常见缺陷及处理方法

表 3-31

缺陷	现象	原因	处理与防范
流痕	垂直面之部分面积流下, 结成厚膜	1. 一次涂刷量太多, 太厚 2. 油漆粘度太低 3. 光滑涂面上涂刷 4. 稀释剂挥发太慢	1. 调整涂刷量 2. 调整粘度 3. 用砂纸磨粗 4. 换挥发快稀释剂 5. 泻流部分磨平后重涂
桔子皮	产生桔皮状凹凸皱皮	1. 油漆粘度太高, 稀释剂溶解力不好, 或挥发太快 2. 温度或气温太高或暴晒 3. 漆刷太厚, 油漆质量不好	1. 适当调低粘度, 使用规定稀释剂 2. 避免高温或暴晒, 有一良好施工环境 3. 调整漆厚, 用优良油漆 4. 砂纸磨平后重新涂刷
刷纹	随漆刷运行方向留下凹凸刷纹	1. 使用粗短毛刷施工, 刷毛过硬 2. 油漆本身流展性不良 (展性油分过少) 3. 被涂刷物粗糙, 吸漆性强	1. 改用优良漆刷 2. 选用流展性好油漆或配合少量树脂凡立水或调薄剂 3. 用同一油调薄, 先刷一度 4. 用砂纸磨平重涂
气泡	涂料混入空气留在漆膜中变成小泡	1. 强劲搅拌油漆, 未待空气逸出即予涂刷 2. 稀释剂挥发太快或被涂刷物温度太高 3. 油漆粘度太高	1. 不激烈搅拌; 搅拌后待气泡消除再涂刷 2. 使用挥发剂较慢的, 控制施工 3. 适当调稀 4. 用砂纸研磨或除去漆膜重涂
针孔	涂面有针状小孔	1. 被涂面上有灰尘、水及油份附着 2. 油漆中有油、水分存在 3. 稀释剂挥发太快 4. 底层漆未干透	1. 表面处理干净 2. 防止油、水混入油漆中 3. 换挥发慢的稀释剂 4. 待底层完全干透后, 再做上层涂层 5. 用砂纸磨后重涂刷
白化	涂层发白混浊现象	1. 空气湿度太高, 空气中水分凝结于涂面发白混浊 2. 夜间气温下降, 水分凝结于涂面上 3. 被涂物温度较气温低	1. 避免下雨天或湿度高下施工, 用慢挥发性稀释剂 2. 油性或环氧类油漆干燥慢, 避免傍晚施工 3. 被涂物温度升高后再施工 4. 待湿度下降时, 喷涂防水即可消除
发粘	漆膜呈发粘现象	1. 基层面上有油、酸、碱、盐等未清除干净 2. 头道未干, 就刷二道 3. 煤气作用或水汽冷凝结于漆表面	1. 清除杂质, 处理好基层 2. 控制操作时间, 干后再刷下道 3. 已刷漆面避免水气、煤气作用 4. 长时间放置还粘, 除去漆膜重涂

91. 钢结构变形构件的矫正有哪些方法?

(1) 手工锤击矫正法, 见图 3-17 所示。

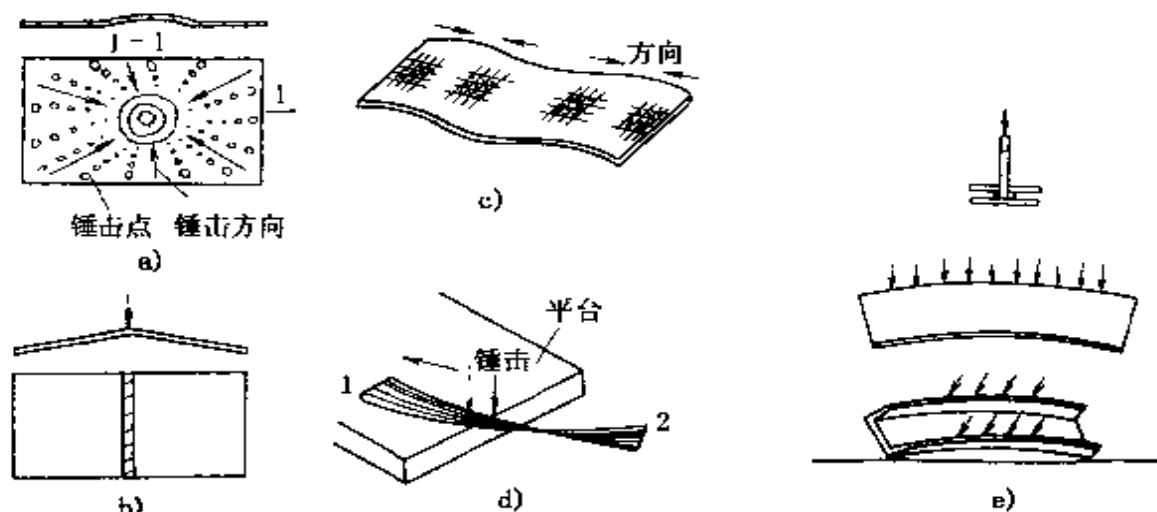


图 3-17 手工锤击矫正法

a) 钢板置于平台上, 凸面向上, 中厚板大锤击敲凸处可矫正过来, 薄板要以凸面为中心, 从外围由远到近, 由重到轻, 击打凸面周围, 使板件逐渐平整, 最后轻微打击凸处; b) 另件置于平台上, 锤击凸起部位, 击点距离要适当, 锤击一遍遍进行, 击力由小到大; c) 将折皱另件置于平台上, 在弓形两端划好方格线, 按方格由外向内, 由重到轻, 由密到稀锤击, 锤击点要梅花型交叉开; d) 将扭曲板条置于平台上, 用锤击支承点外侧板条边缘(翘起边), 由 1 至 2 打击, 大体矫正后在平台上矫正凹凸不平处; e) T 形和槽钢弯曲变形, 见凸就锤击, 要掌握好支撑点距离、锤击点位置和轻重, 重点是锤击“突筋”。


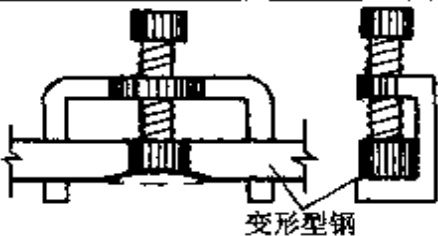
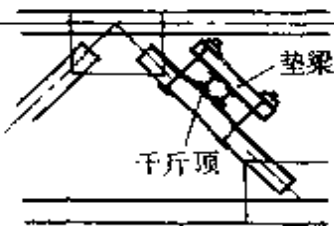
(2) 机械矫正变形法, 见表 3-32 所列。

机械矫正变形方法

表 3-32

机械类别	示意图	适用范围
拉伸机矫正		薄板凹凸及翘曲矫正型材 扭曲矫正管材、线材、带材矫正
压力机矫正		管材、型材、杆件的局部变形矫正
辊式机矫正		板材、管材矫正 角钢矫正

续上表

机械类别	示意图	适用范围
辊式机 矫正 斜辊		圆截面管材及棒材矫正
弓架矫正		型钢弯曲变形(不长)矫正
千斤顶矫 正		杆件局部弯曲变形矫正

(3)热矫正法,见图 3-18 所示。

92. 联结钢构件的螺栓或铆钉出现病害时,如何进行更换?

当检查时发现螺栓或铆钉有裂缝、脱皮、弯曲、压损等,必须更换。更换时,可同时铲去不大于连接处铆钉总数的 10%,但如连接处铆钉少于 10 只,只能一只一只进行更换。

拆除螺栓铆钉时,为避免相邻螺栓铆钉被振动或损伤钢材,宜采用钻除钉头或锯断钉头,用手锤轻轻取出钉头,或使用能保证不烧伤钢料的配有平口的特制的焰割工具割除钉头(平常所用的焰割工具不能使用),禁止使用剃子铲除钉头,绝对禁止使用大锤猛击杆件。钻除铆钉时,应用小于 3mm 的钻头,以保证不伤钢料。旧钉冲出后,要清理钉孔,如钉孔有错位或斜孔的偏心超过 2mm,则应用有圆锥形钻头的手提钻来扩孔。

当拆除原有受力螺栓、铆钉或增加、扩大钉孔时,除应设计计算结构原有和加固连接件的承载能力外,还应校核板件的净截面面积的强度。

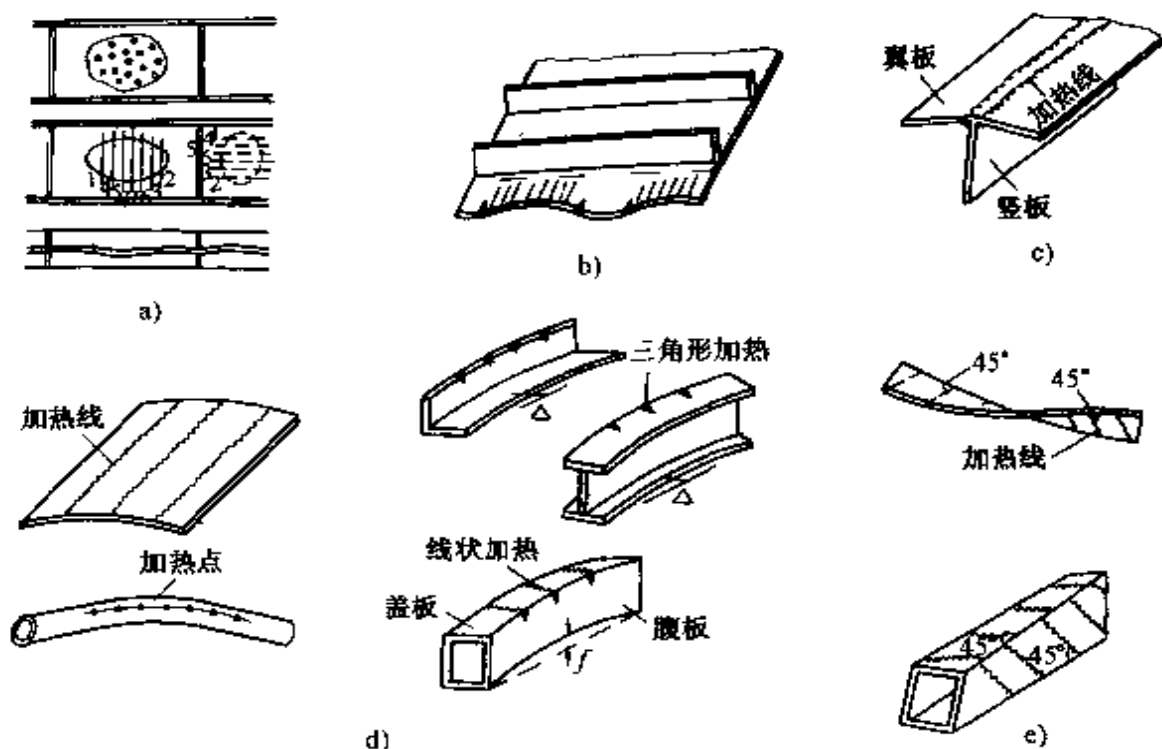


图 3-18 热矫正方法

a) 板件凹凸变形: 凹凸范围较小, 可用图示点状加热矫正; 凹凸变形范围较大, 用线状(平行线或网状)加热矫正; 矫正顺序由凸面周围对称地逐渐向凸面中心进行, 范围大时可由几名工人同时操作; b) 折皱变形: 变形较小, 可以平行线方式加热为主; 变形较大, 应以三角形方式加热为主; 二种方式综合矫正效果更好; 平行线和三角形加热都从凸起的两侧始, 向最高处围拢; 平行线宽 $15 \sim 20\text{mm}$ 线距 80mm , 三角形常用顶角 30° 、腰长 80mm 左右等腰三角形, 一般 1m 内 1 至 3 个为宜; c) 角变形: 在翼缘板凸面与焊缝对应位置用线状加热, 线宽为 $0.5t \sim 2t$, 加热深度为 $1/2t \sim 1/3t$; t ——翼缘板厚; d) 弯曲变形: 厚板弯曲可在凸面最高点附近线状加热, 一次矫正不过来, 在两侧附近再加热; 加热深度同角变位; 钢管弯曲在凸起处点状加热, 加热移动要迅速, 一次矫正不过来, 可再次加热, 但加热点位置与前次要错开, 加热深度等于管壁厚; 型钢弯曲在凸的一侧用三角形状加热, 三角形底边在边缘上, 加热深度为翼缘厚度, 三角形高度为型钢宽 $1/5 \sim 2/3$; 箱形构件弯曲在上盖板上线状加热, 加热深度等于盖板厚度, 线宽为板 2 倍厚度; 同时在两侧腹板上三角形加热(最好位于隔板处), 深度等于腹板厚度, 三角形高为腹板高的 $1/6 \sim 2/5$; e) 扭曲变形: 板条扭曲变形, 将其置于平台上, 在凸面线状加热, 加热线与板条长边夹角为 45° , 加热线宽度一般取板厚 $1 \sim 2$ 倍, 深度为板厚 $1/2 \sim 2/3$, 加热由板条中部开始向两端进行, 矫正后如仍有残留弯曲变形, 可用三角形加热法进行弯曲变形矫正; 箱形构件扭曲, 将其置于平台上, 在两腹板的外侧线状加热, 由两端向中间进行, 加热线宽度和深度同上, 再在两盖板外侧线状加热矫正

铆合时, 应使钉杆切实填满钉孔, 每只铆钉一般应在 20s 左右时间内完成, 越快越好。

螺栓或铆钉更换后, 应检查是否符合要求, 同时还要检查相邻的

不更换螺栓或铆钉有否受影响而松动,如发现松动,也应拆除重来。

有的部位铆合比较困难,可以用精制螺栓代替铆钉。铆钉更换后,应将钉头加以油漆。

铆钉更换时最好在行车较少的时候进行,并应设置保障操作安全的工作台和栅栏。

93. 钢杆件损伤时如何进行维修?

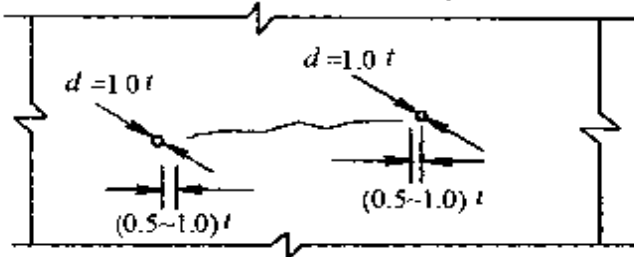
在角钢、槽钢和工字梁的翼缘以及钢板上发生窟窿及大的裂缝或断裂的损伤,可用铆合法或焊接法来修理,并应用贴板遮着被修理的部位。

铆合法的修理次序是:先将窟窿处不平的地方整平,割去残损部分,修切边缘,并使其成为正规形状,清除铁锈、旧漆污秽等杂物,然后把预先做好的填板试嵌在割去的部位,再把准备好了的贴板(盖板)安放在预定位置,使其完全贴紧,并确定铆钉位置,作上记号。进行铆钉工作时,要先钻好铆钉孔,填板、贴板的铆钉孔位置对准,贴板最好是采用两边的。如采用焊接法其做法也雷同,但铆钉工作以焊缝工作代替,焊缝可完全连贯,也可间断焊接。

加贴板的目的是为了加强损坏部分的强度。如果吊杆的角钢翼缘或弦杆的板上有残缺,亦可用铆接的方法修理整齐。

94. 钢桥的一般钢杆件(非主要承重构件)产生裂纹采用何种方法进行修复?

(1)在结构构件上发现裂纹时,作为临时应急措施之一,可于板件裂纹端外 $(0.5 \sim 1.0)t$ (t 为板件厚)处钻孔(图 3-19),以防止其进一步急剧扩展,并及时根据裂纹性质及扩展倾向再采取恰当措施修复加固。



(2)修复裂纹时应优先采用焊接方法,一般按下述顺序

图 3-19 裂纹两端钻止裂孔

进行:

①清洗裂纹两边 80mm 以上范围内板面油污至露出洁净的金属面;

②用碳弧气刨、风铲或砂轮将裂纹边缘加工出坡口,直达纹端的钻孔,坡口的形式应根据板厚和施工条件按现行《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本型式与尺寸》的要求选用;

③将裂纹两侧及端部金属预热至 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$,并在焊接过程中保持此温度;

④用与钢材相匹配的低氢型焊条或超低氢型焊条施焊;

⑤尽可能用小直径焊条以分段分层逆向焊施焊,焊接顺序参见图 3-20,每一焊道焊完后宜即进行锤击;

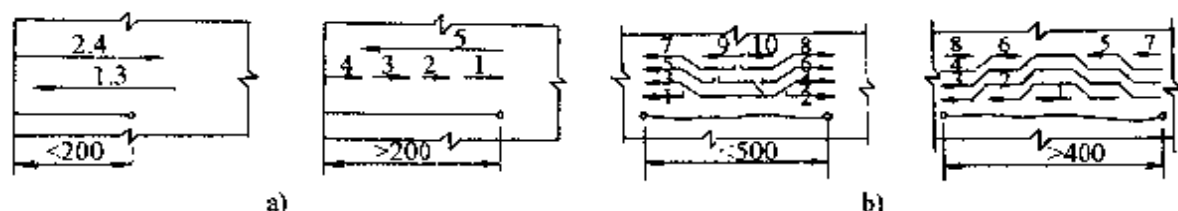


图 3-20 堵焊焊道顺序(单位:mm)

a)裂纹由板端开始;b)焊接的顺序

⑥按设计要求检查焊缝质量;

⑦对承受动力荷载的构件,堵焊后其表面应磨光,并使之与原构件表面齐平,磨削痕迹线应大体与裂纹切线方向垂直;

⑧对重要结构或厚板构件,堵焊后应立即进行退火处理。

95. 斜拉桥及悬索桥(吊桥)的拉索及锚具日常养护中应做哪些工作?

拉索与锚具的日常养护工作内容是:

(1)拉索两端锚具及护筒应做好防潮、防锈处理,经常保持干净、清洁和干燥。塔端锚头若漏水、渗水应及时用防水材料封堵,梁端锚头若漏水、积水的应及时将水排出及封堵水源。

(2)应定期清洗更换两端锚具锚杯内的防护油。

(3)应定期更换钢护筒与套管连接处的防水垫圈及阻尼垫圈,

做好搭接处的防水处理。

(4)应定期对索端钢护筒作涂漆防锈处理。

(5)若拉索护套出现开裂、漏水、渗水现象,应及时处理。可剥开已损坏的护套,对已潮湿的钢索应吹干,对已生锈的钢索应作好除锈处理,再涂刷防护漆及防护油,并用玻璃丝布或其他防护材料包扎严密。

96.斜拉桥桥上附属设施的日常养护包括哪几个方面的工作?

斜拉桥桥上附属设施日常养护工作有如下几个方面:

(1)桥上避雷装置应保持完善。避雷针接地线附近严禁堆放物品或修建任何设施,地线的覆土禁止挖掉,并应防止冲刷。避雷系统每二年应请有关技术人员检测其防雷性能是否良好,若发现其防雷性能降低时,必须及时修理。

(2)桥上航空灯、航道灯和桥面照明应保持夜间常明,应注意经常检查,及时更换损坏灯泡。

(3)索塔的扒梯和工作电梯应每年重点检查保养一次,每次上塔前应先检查其可靠性以策安全,并禁止非检修人员登梯。

(4)空心索塔的塔内应经常保持通风干燥,塔内通风照明系统每年应至少重点检查保养一次。

97.木桥的养护维修工作内容是什么?

(1)要经常保持木桥各部份杆件的清洁,及时清除泥砂、杂物、易燃物。对于板缝间和隐蔽部分出现的菌迹要彻底刮除干净,扫除积水、积雪,保持桥头有足够的防火砂堆。桥面与道路的衔接处要经常维修,保持平顺不跳车。

桥面各部分使用的铁件如方钉、抓钉、螺栓、铁箍等出现松动、缺少,要及时拧紧或补足,使其牢固。同时,要注意不要让桥道方钉、蚂蝗钉高出行车道板。

(2)轨道板与桥面板,及桥面板与梁的接合要平整紧密,若有空隙,需用硬杂木垫平钉牢,以使行车时不致跳动。

人行道或避车台的各部件如出生松动歪斜,应扶正归位并予以钉牢和拧紧螺栓。

(3)木桥各部分构件的结合点、榫头、组合楔块、横斜撑夹木,以及构件的支承处,均应保持其联结处平整、紧密、结构牢固,发现有移动或损坏时应及时校正,拧紧螺栓,恢复正常状态。必要时进行加固更换。

(4)应加强重视木桥的各个关键部位的养护维修

a. 木桁架桥的拉杆螺栓应配有双重螺帽,其露出的预留螺纹应于冬、夏季来临之前涂刷润滑油覆盖螺母,防止锈蚀,并检查拉杆两端的硬木垫板、钢垫板是否完整、压凹。如出现病害,必须及时更换或增设垫板。

b. 叠梁、组合梁的螺栓必须经常拧紧,确保梁键之间拼接良好。由两片楞方夹合成的桁架横梁,及梁与梁间的横向联结杆或剪力撑所使用的铁钉或螺栓必须拧紧、钉牢,以确保共同受力,防止大梁歪斜。

c. 木排桩、排架框架以及立柱式墩台,必须保持桩桩垂直和位置正确。每次洪水后,应及时清除污泥、杂草、树枝等漂浮物,有偏移破损的要及时矫正修补。

d. 护墩体或破冰体每次洪水退后或流冰通过后,都应随时消除残留在杆件上的漂浮物,拧紧松动的螺栓,修复折损杆件。

e. 在枯水季节要对木排架等构件进行详细的检查,有损坏要及时维修加固。

98. 斜拉桥索塔钢筋混凝土承台和塔座往往容易出现表面裂缝,试分析产生裂缝的主要原因及处理方法。

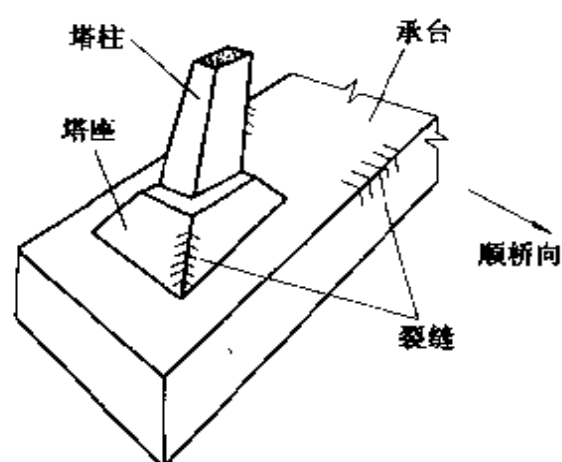
裂缝沿塔座棱线分布,双柱式塔柱的承台顺桥向中部表面出现裂缝,如图 3-21 所示。

裂缝产生的主要原因有:

(1)塔座棱线两侧有两个夹角较小的临空面,混凝土在该处的水分易散失。且因塔座形状接近复斗形,棱线处往往是一些缺少

骨料的砂浆,抗裂性差。

(2)双柱式塔柱随着柱身的不断增高,承台两端受压力增大,承台中部受反弯矩作用,上部混凝土受拉开裂。



(3)养护不及时,塔座水分散失过快。大体积承台混凝土水化热高,内外层温差大,表面混凝土受拉开裂。

裂缝的处理方法有:

(1)塔座棱线混凝土裂缝,可采用防水砂浆嵌补封闭。

(2)大体积承台混凝土中部裂

图 3-21 承台、塔座裂缝产生情况 缝,经一段时间观察后不再发展,可将裂缝凿成“V”形,用防水砂浆嵌补封闭。细微裂缝,经过加强洒水养护后已经闭合,可不作处理。如裂缝继续扩展增宽($>0.2\text{mm}$),并有可能影响结构稳定安全的,应会同设计单位共商补强办法。

99. 斜拉桥塔柱施工过程中,滑模、翻模、吊装支撑、塔吊扶墙、施工电梯导轨、脚手固定螺栓等预埋铁件如施工后没有及时清理干净,这些铁件外露发生锈蚀而发生流淌锈水,影响外观和混凝土质量,对这种没有及时处理掉的预埋铁件是如何进行处理的?

(1)必须在施工结束后及时割除塔柱混凝土面上作为施工而预埋的所有钢板、铁件、螺栓等预埋件,清除时应凿除一定深度的混凝土,将预埋件切断一定长度,然后再用与塔柱混凝土色泽基本一致的水泥砂浆修补,如图 3-22 所示。



图 3-22 预埋件修补简图

(2)确实不能清除的大件预埋钢板,应彻底除锈,并按钢结构防腐要求涂刷与混凝土色泽相近的防锈涂料。

100. 斜拉桥缆索如施工或养护不当易出现的病害,病害有哪几种? 如何进行维修处理?

斜拉桥缆索病害主要有:

(1)套筒上端浆液离析不凝固。

(2)套筒有裂缝,雨水、大气侵入。

(3)铝管套筒灌水泥浆护套,水泥浆与铝皮起化学反应,铝皮迅速腐蚀(约半年~一年)破裂。斜缆索病害示意图 3-23。

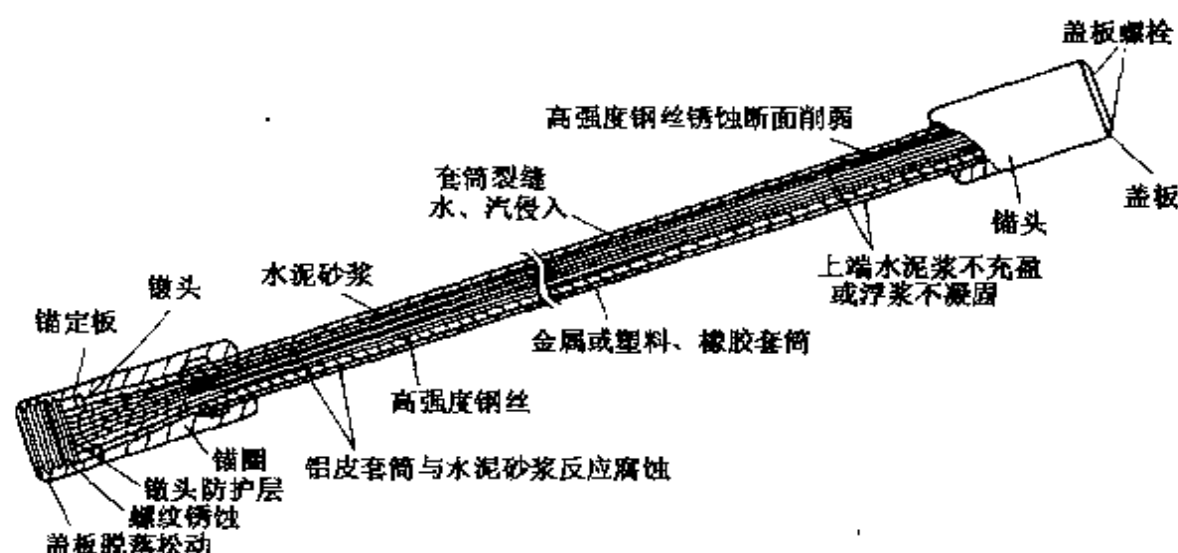


图 3-23 斜缆索病害示意图

维修处理方法有:

(1)采用套筒压注水泥浆防护的斜缆索,其金属套筒腐蚀,护套内高强度钢丝已经锈蚀,必须更换斜缆索。

(2)以热挤高密度聚乙烯作护套的工厂成品索,如护套有裂缝,套内钢丝有轻微浮锈,应清除浮锈,钢丝表面涂防锈涂料或防锈油后热补聚乙烯护套。

(3)斜缆索端部应力较集中处发现钢丝有应力腐蚀或氢致腐蚀迹象(如钢丝上有腐蚀凹坑、剥蚀等),应立即更换缆索。

(4)金属护套内压注水泥浆防护的斜缆索,金属套筒腐蚀,但

钢丝仍未锈蚀的,仅换金属护套比全索更换经济,施工条件许可情况下,可更换金属护套,重新压注水泥浆。

101. 常用的桥梁支座有哪几种? 用图表示常用桥梁支座的构造。

常用的桥梁支座有板式橡胶支座、盆式橡胶支座、球形支座、聚四氟乙烯滑板式支座、圆形板式橡胶支座,以及一些老式如铰轴、滚轴支座、摆式支座等。各种支座的构造见图 3-24 所示。

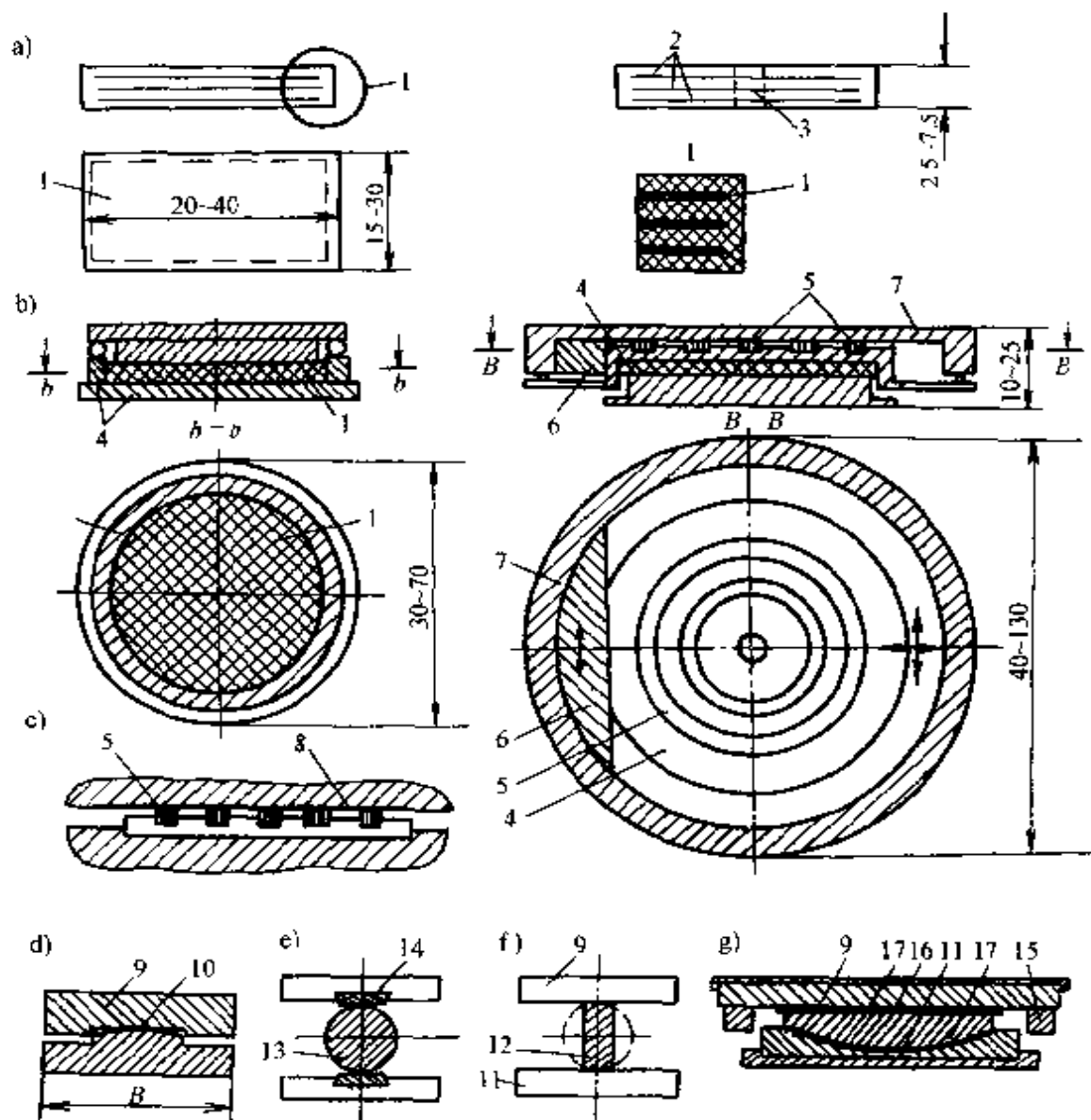


图 3-24 几种支座的构造(尺寸单位:mm)

1-橡胶;2-钢板;3-孔;4-钢盒;5-低摩擦的聚合物垫块;6-导向块;7-上盒板;8-镀锌金属板;9-上层钢板;10-接触面;11-下支承板;12-摆轴;13-滚轴;14-高强度钢板层;15-挡板;16-球面部分;17-聚四氟乙烯板

102. 桥梁支座的日常养护工作要求是什么?

桥梁支座的主要作用是将桥跨结构上的恒载与活载反力传递到桥梁的墩台上去,同时它又能保证桥跨结构所要求的位移和转动,以便使结构的实际受力情况能与设计时所采用的计算图式相吻合,因此保证支座的正常使用和完好是一件很重要的工作。支座的日常养护工作要求主要有:

(1) 支座各部应保持完整、清洁。

(2) 在滚动支座滚动面上应定期涂一层润滑油(一般每年一次)。在涂油之前,应把滚动面揩擦干净。

(3) 对钢支座要进行除锈防腐,支座各部分除钢辊和滚动面外,其余均应涂刷油漆保护。对固定支座应检查锚栓的坚固程度,支承垫板应平整紧密,及时拧紧接合螺栓。

(4) 各种橡胶支座应经常清扫污水,排除墩、台帽积水,要防止橡胶支座接触油脂,对梁底及墩、台帽上的残存机油等应进行清洗,防止因橡胶老化、变质而失去作用。

(5) 对盆式橡胶支座应定期进行清扫,并应设置支座防尘罩,防止灰尘落入或雨、雪渗入支座内。支座的外露部分应定期涂红丹防锈漆进行保护。

103. 支座的常见病害有哪些? 其产生的原因是什么?

桥梁支座的常见病害及产生原因见表 3-33 所列。

桥梁支座常见病害及损坏原因分析

表 3-33

位置	病害形式内容	原因	位置	病害形式内容	原因
支 座 本 身	止滑装置的损坏 限制移动装置的损坏 滚动轴的偏移和下降 销子和滚动轴的破坏 支座各构件裂痕 螺母松动 吊头螺栓固定螺栓 的脱落 滑动面、滚动面 锈住了 支座老化 支座脱空、脱落 支座偏移,受力不均	① ① ①⑦ ②⑨ ②⑨ ⑧ ⑧ ⑩⑬⑭ ②⑭ ⑬ ⑬	支 座 本 身	下底板的破坏 各构件的腐蚀 插座互相间接 触	②⑪ ⑩⑭ ⑬
			支 座 座 板	锚栓切断 填充砂浆裂缝 支座底板混凝土 土压坏、剥离	①③④⑤⑥⑦⑪ ⑥⑦①③④⑤⑪ ①③④⑤⑥⑦⑪

续上表

位置	病害形式内容	原因	位置	病害形式内容	原因
	设计引起的	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧		形式的选定与布置错误 材料的选择错误 锚栓的支数与埋入长度不够 支座边缘距离不够 支座底板补强钢筋不足 底面突起和对支座底板面的形式尺寸研究不够 负反力的支座固定装置不完备 对螺栓、螺母等的脱落研究不够	
	制作不当引起的	⑨ ⑩ ⑪ ⑫		铸件等材料质量管理不够,制作困难 金属支座的油漆、防腐防锈处理不良 砂浆填充质量不良 固定数量出错	
	施工、养护管理不善	⑬ ⑭ ⑮ ⑯		滑动面、滚动面夹杂尘埃、异物 因防水、排水装置的缺陷向支座漏水、溢水、漏油 螺母、螺栓的松动、脱落 施工不当、梁与支座脱空、支座脱落	
	其他原因	⑰		桥台、桥墩不均匀沉降、倾斜、水平变位和上部结构位移	

104. 如何处理桥梁支座落空的病害?

桥梁安装后,要求梁与支座紧密接触,不得脱空。支座脱空后容易掉落,从而使支座失去作用,因此在桥梁支座检查后如发现这一情况必须及时进行处理。常用的处理方法有:

(1) 整体抬升的起重袋法

起重气袋是采用耐磨、耐老化、耐疲劳的优质橡胶与抗弯强度钢丝帘布经特殊加工制成的,其要求的操作空间很小,只需 3cm,工作压强小,抬举量大,使用操作方便。在处理支座脱空时,使用起重气袋,可以很顺利的整体抬升半幅桥或整幅桥,使支座调整简单方便。

① 适用条件

a. 板梁桥整幅或半幅的抬升重量应不大于起重气袋的综合起重能力,考虑梁端摩擦力,一般可取起重能力为抬举重的 1.2 倍。

b. 板梁与桥台或盖梁的间隙大于 3cm,且有保证使起重气袋

与负载接触面积大于起重袋面积的三分之二。

c. 桥梁整体抬升, 调整支座方便安全。

②施工机具

a. 起重袋: 按桥梁的条件选用, 一般可采用 CQ-24 型, 可抬举跨径为 13 ~ 20m 的预应力混凝土板梁。

b. 充气设备: 可采用空压机、高压气瓶等。

c. 连接系统: 可采用钢管制成, 必须有总阀门和放气阀门, 主要保证梁下各起重袋同时加压和同时放气, 如图 3-25。

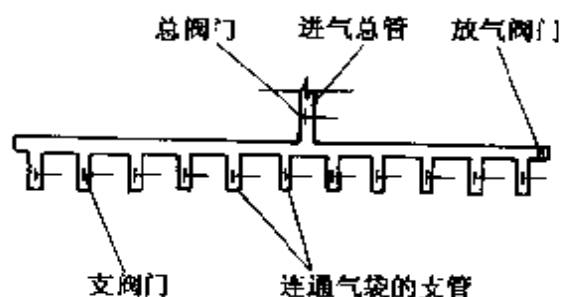


图 3-25 连接系统

d. 另需方木及找平木板、调整钢板、塞尺、环氧树脂, 调整支座用的钢筋支钩等。

③施工

a. 检查支座偏位、脱空后、用塞尺量测脱空高度, 计算支座压缩量, 备制钢板。

支座挤压平均变形可按下式计算:

$$\Delta = \frac{\sigma D}{E}$$

式中: Δ ——压缩量;

σ ——压应力;

D ——支座厚度;

E ——支座弹性模量。

b. 清除桥台上的杂物, 不得有小石子、钢筋头等尖锐物, 当梁自重较大时, 还应清理伸缩缝, 以减小阻力。

c. 每片梁对应摆放一个起重气袋, 要求位置准确。当作用空间较大时, 下部应用木板垫高, 应保工作空间在 5cm 左右。

d. 连接起重气袋和充气设备, 试充气, 检查系统是否正常。

e. 充气加压, 加压至 0.5MPa 时应停止一段时间, 观察气袋及系统的工作情况, 充气过程防止梁体被突然抬起。然后加至全压、

稳定。

f. 桥梁顶起到位,塞入方木,如不平可用平板找平。这时缓慢放掉起重袋的气,抽出气袋,使每片梁都落在方木上,用工具调整有问题的支座。当采用调整钢板加高脱空的支座时,应用环氧树脂将钢板粘贴在桥台上。

g. 支座调整完毕,重新塞入气袋,充气后取出木块,缓缓放气,使梁徐徐落在支座上。

④施工中的注意事项

a. 起重气袋不得放置在有尖锐棱角的硬物上面,以防气袋破损。

b. 起重气袋与负载的接触面积不应小于起重气袋面积的三分之二。

c. 不得采用叠置的金属板。

d. 严格按以下的施工程序:试充气→充气 0.5MPa 时,停 5~10min→充气至 0.8MPa,检查系统工作情况。

e. 充气调整等施工时应注意安全,严禁车辆、行人通行。

f. 充气 and 放气应结慢均匀,不得太急。

g. 施工时应特别注意各种器具,一旦有不良情况,立即停止施工。

(2)楔紧法

楔紧法是采用楔入钢板来调整支座的。经实际观察可发现,当每一层桥面铺装施工后,支座压缩和斜板短边受力等原因会使脱空点板梁下降,由于楔入力相对较小,支座受剪力较小,继续施工后,支座会被压紧而正常工作。故当桥面铺装未施工时,该方法不失为一种简便有效的方法。

楔紧法主要适用于小桥,关键是要保证支座的平整和位置准确,见图 3-26a)。

楔紧法施工方便,但钢板无法固定,且对支座有一定的剪应力,因而仅在桥面未施工的小桥上采用。

(3)液压千斤顶顶升更换支座法

利用支座前搭设的排架,以排架横梁作支承,用千斤顶将主梁顶起,然后放置新支座,使梁与支座紧密接触的方法。也可利用临时梁顶升悬臂梁挂梁,从而将挂梁提起,然后进行支座更换维修,见图 3-26b)。

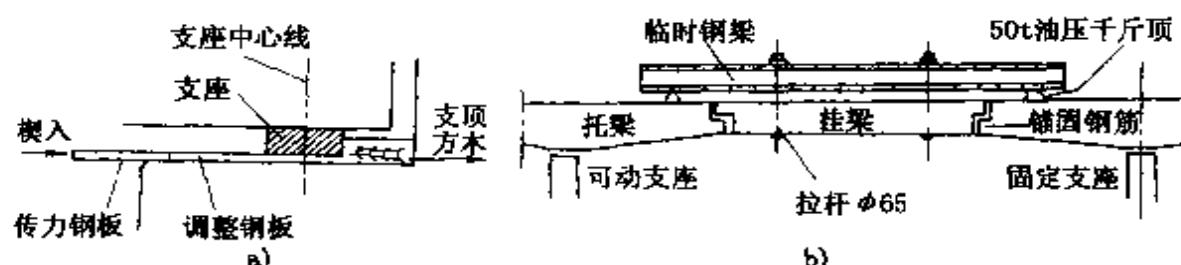


图 3-26

a)楔紧法施工示意;b)千斤顶顶升挂梁维修支座示意

105. 桥梁墩台基础养护的工作内容主要有哪几个方面?

桥梁墩台基础日常养护的主要工作内容有:

(1)必须采取措施,保持桥梁墩台基础附近河床的稳定。桥梁上下游 200m 的范围内(当桥长的 1.5 倍超过 200m 时,范围应扩大至 1.5 倍桥长),应做到:

①河床应适时地进行疏浚,每次洪水过后,应及时清理河床上的漂浮物,使水流顺利宣泄;

②树立警示牌,禁止任意挖砂、取土、采石、倾倒废弃物,不得进行爆破作业及其他危及公路桥梁安全的活动;当发现有上述现象时必须及时制止,并采取相应措施;

③不得任意修建对桥梁有害的水工建筑物,当因抢险、防汛需要修筑堤坝、压缩或拓宽河床的,应事先报经主管部门同意,并采取有效的防护措施。

(2)必须保持墩台结构表面的整洁,及时清除墩台表面的青苔、杂草、灌木和污秽物。

(3)对因长期受大气影响,雨水侵蚀,而发生灰缝脱落的圬工砌体,应清除缝内杂物,重新用水泥砂浆勾缝。

(4)桥梁墩台、桩柱排架混凝土结构物表面发生侵蚀剥落、蜂

窝麻面、裂缝、露筋等病害时,应及时采用水泥砂浆修补。对受行车振动影响大、不易用水泥砂浆补牢的应考虑采用环氧树脂或其他聚合物混凝土等性能较好的材料进行修补。

(5)圬工砌体镶面部分严重风化和损坏时,应用石料或混凝土预制块补砌更换,新老部分要求结合牢固,色泽质地与原砌体基本一致。

(6)基础局部掏空,护底、护坡等构筑物局部损坏,应及时分析情况抓紧修复。当损坏严重时,应按损坏情况采取加固措施。

(7)对原有的防撞、导航、警示等附属设施要经常维护,保持良好的状态。当发现墩、立柱被船只碰撞发生损坏时,对被碰撞的墩台必须立即进行检测,包括墩台构件的损坏情况、立柱的垂直度等,并立即采取措施,确保安全。

(8)对严寒地区的桥梁墩台基础的养护,应特别重视采取防冻措施,以保证河床状态稳定和加固设施可靠。

(9)对于大桥及特大桥应在桥梁墩台设置沉降观测点,并每年进行观测记录,拱桥应设置桥台水平位移观测点。

106. 桥梁基础的常见病害有哪些?

桥梁基础结构一般容易发生的主要病害有:

- (1)基础的沉降和不均匀沉降;
- (2)基础的滑移和倾斜;
- (3)基础结构物的异常应力和开裂。

桥梁基础的主要类型及常见病害列于表 3-34。

桥梁基础主要类型及常见病害

表 3-34

基础类型		常见的病害
浅基础	天然地基上的浅基础	1. 埋置深度浅,易受冲刷而淘空; 2. 埋置深度不足,受冻害影响; 3. 地基不稳定,易产生滑移或倾斜
	岩石基础	1. 基础置于风化石层上,风化部分未处理好,经水流冲刷而淘空或悬空; 2. 受地震时的剪切作用,易产生裂缝
	人工地基基础	因处于软弱地基上,在竖向荷载作用下压实沉陷,使基础下沉

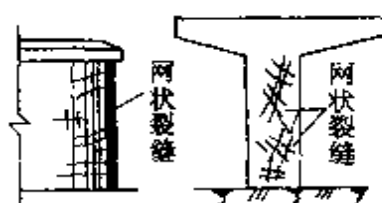
基础类型			常见的病害
桩基础	打入桩	木桩	地下水位下降时,桩身常腐蚀
		钢筋混凝土预制桩	1.打桩时,桩身受损坏; 2.受水冲刷、浸蚀,产生空洞、剥落等; 3.受船只或其他漂浮物的撞击而损坏;
	钻(挖)孔桩		1.施工时淤泥未完全清除,即灌注混凝土,因而使形成后的桩基产生下沉; 2.施工不当,或受水冲刷、浸蚀而产生空洞、剥落、钢筋外露等; 3.灌注混凝土过程中发生塌孔而未作处理,桩身部分脱空; 4.受外力冲击而产生损坏
	管桩基础		承载力不足而使基础产生下沉
沉井基础			1.地基下沉时,基础也常发生一些下沉; 2.地基下沉不均时、或桥台台背高填土受地基侧向流动的影响时,基础产生滑移、倾斜

107. 桥梁墩台结构常见裂缝一般都发生在什么部位? 其特征和发生的原因是什么?

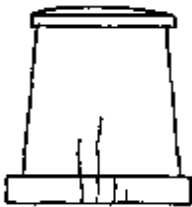
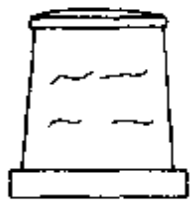
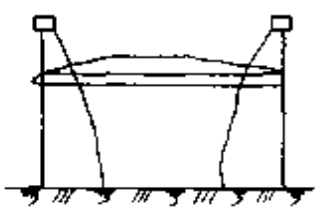
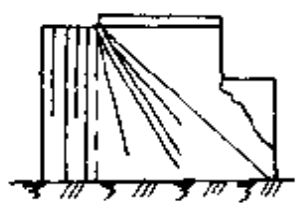

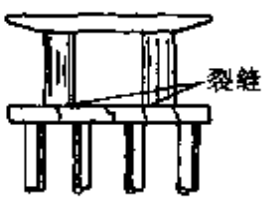
钢筋混凝土桥梁墩台结构裂缝发生的部位、特征及产生原因如表 3-35 所列。

钢筋混凝土桥梁墩台结构常见裂缝

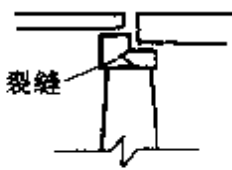
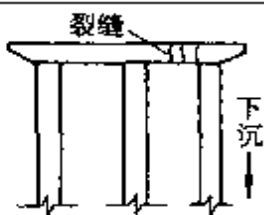

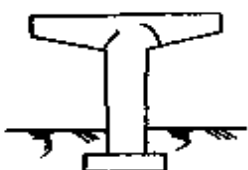
表 3-35

序号	裂缝名称及发生部位	图 示	裂缝特征及发生原因分析
1	墩(台)网状裂缝		<p>1) 此种裂缝多发生在常水位以上墩身的向阳部位,裂缝宽约为 0.1~1mm,深 1~1.5cm,长度不等;</p> <p>2) 多由于混凝土内部水化热和外部气温的温差,或日气温变化影响和日照影响而产生的温度拉应力;</p> <p>3) 由于混凝土干燥收缩也会引起裂缝的发生</p>

续上表

序号	裂缝名称及发生部位	图 示	裂缝特征及发生原因分析
2	从基础向上发展至墩(台)上部的裂缝		<p>1)裂缝下宽上窄,而且往往有发展趋势;</p> <p>2)原因是基础松软产生不均匀沉降所致</p>
3	墩(台)身的水平裂缝		<p>1)裂缝呈水平层状;</p> <p>2)多为混凝土浇筑不良所引起</p>
4	翼墙和前墙的裂缝		<p>往往是由于墙间填土不良、冻胀或基底承载力不足,引起下沉或外倾而产生开裂</p>
5	由支承垫石向下发展的裂缝		<p>1)主要是由于墩(台)帽在支承垫石下未布置钢筋所致;</p> <p>2)也有可能是受到较大的冲击力所致</p>
6	桥墩墩帽顺桥轴线横贯墩帽的水平裂缝	<p>墩帽放射形裂缝</p> 	<p>1)不论空心墩还是实心墩均会发生;</p> <p>2)主要由于局部应力所致,因梁和活载的作用力集中地通过支座(或立柱)传至桥墩,使其周围墩顶其他部位产生拉应力;</p> <p>3)支座损坏而引起</p>
7	双柱式桥墩下的竖向裂缝	 <p>裂缝</p>	<p>由于桩基下沉不均或局部应力所致</p>

续上表

序号	裂缝名称及发生部位	图 示	裂缝特征及发生原因分析
8	支承相邻不等高的墩盖梁, 墩墙上的竖向裂缝		1) 裂缝多位于墩墙棱角部位及中线附近; 2) 严重时部分混凝土剥落露筋; 3) 由于局部应力所致
9	墩(台)盖梁自上的垂直裂缝		桩基下沉不均而引起盖梁上的不均匀受力
10	镶面石突出的裂缝		1) 多为不规则裂缝; 2) 由于镶面石与墩台连接不良所引起
11	悬臂桥墩角的裂缝		由于局部应力引起

108. 圯工墩台及钢筋混凝土墩台发生损坏时, 应采用哪些方法进行维修养护?

对于圯工墩台:

(1) 墩台身圯工砌体如表面风化剥落, 或其他原因受损, 当损坏深度在 3cm 以内的, 可用水泥砂浆抹面修补, 砂浆标号一般不应低于 M5。当损坏面积较大, 深度超过 3cm 时, 不得用砂浆修补, 而须浇筑混凝土修复。为使新旧混凝土结合牢固, 松浮部分应先予清除, 用水冲洗干净, 并采用挂网喷浆或浇筑混凝土的方法维修。

(2)墩台身圯工砌体如出现裂缝,应拆除部分石料,重新砌筑。

(3)当墩台损坏严重,如大面积裂缝、破损、风化、剥落等或为粗石圯工及砌石圯工的旧墩台,一般可用钢筋混凝土“箍套”的方法进行维修,见图 3-27。

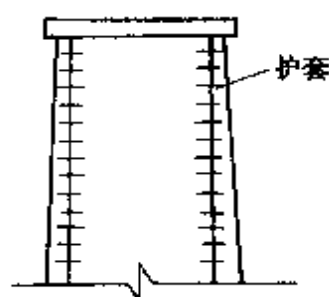


图 3-27 钢筋混凝土
护套示意图

对于钢筋混凝土墩台:

(1)当墩台由于混凝土温度收缩、局部应力集中、施工质量不良及基础不均匀沉降等原因而产生裂缝时,应按裂缝大小及损坏原因采取下列措施进行维修。

①当裂缝宽小于规定限值时,可凿槽并采用喷浆封闭裂缝的修补方法。

②当裂缝宽大于规定限值时,可采用压力灌浆法灌注水泥砂浆、环氧砂浆或甲凝等灌浆材料的修补方法。

③由于活动支座失灵而造成墩台拉裂,应修复或更换支座,并根据上述方法处理裂缝。

④墩台身发生纵向贯通裂缝,可用钢筋混凝土围带粘贴钢板箍或加大墩台截面的方法进行加固。如因基础不均匀下沉引起自下而上的裂缝,则应先加固基础,后再确定采用灌缝或加箍的方法进行维修,见图 3-28。

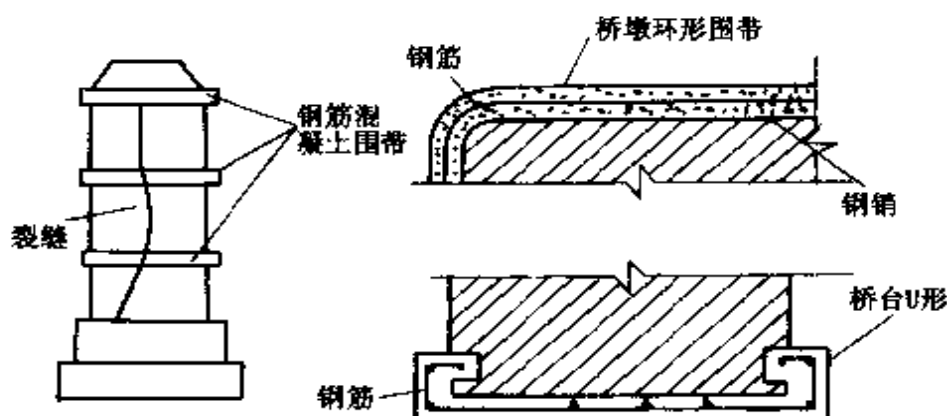


图 3-28 用钢筋混凝土围带加固桥墩

⑤U 型桥台的侧墙外倾时,可在横向钻孔加设钢拉杆,钢拉杆固定在侧墙外壁的型钢或钢筋混凝土枕梁上。

(2)对于钢筋混凝土墩台表层出现缺陷,且墩台身处于常水位以下时,可分别根据不同情况采用下列方法进行修补:

①水深在 3m 以下时,可筑草袋围堰,然后将水抽干。当水难于抽干时,则可浇筑水下混凝土封底后再抽水,抽干后以混凝土填补损坏部位,见图 3-29。

②水深在 3m 以上时,以麻袋盛装干硬性混凝土,然后通过潜水作业将袋装混凝土填塞损坏部位,见图 3-30。

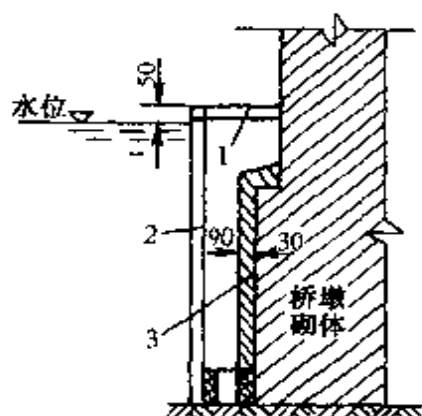


图 3-29 抽水后修理桥墩

(尺寸单位:cm)

1-支撑;2-板桩围堰;3-钢筋混凝土护套

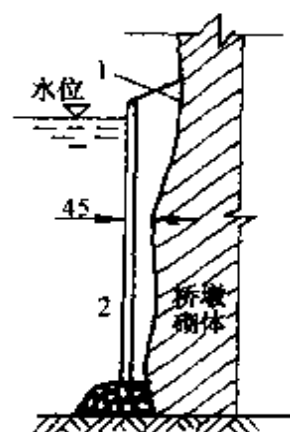


图 3-30 不抽水修理桥墩水下部分

(尺寸单位:cm)

1-用水下混凝土填充;2-钢筋混凝土护套

109. 锥坡、桥台搭板及翼墙等附属设施的养护工作内容有哪些?

(1)锥坡应保持完好、稳定。在桥梁检查时,应同时对锥坡进行检查。锥坡受洪水冲空或其他破坏时,应及时采取措施进行维修加固。

(2)桥台搭板出现破损或下沉应及时维修。当因搭板下基础脱空,可采用注浆加固方法,以保证搭板的稳定。当搭板下沉,使桥头路面不平,应对路面进行加铺修理,使之连接平顺,减少桥头跳车。

(3)翼墙出现下沉、断裂或其他形式的损坏时,应及时维修加固。

110.涵洞的日常养护工作内容有哪些?

(1)涵洞的洞口应经常保持清洁、干净,发现堆积杂物应立即清除,涵洞内应经常保持排水畅通,发现淤塞应及时疏通清除。

(2)洞口和涵内如有积雪应尽快清除,被清除的积雪应放在路基边沟以外。经常积雪或积雪很深地区的涵洞,应在入冬前在洞口外加设栅栏,或用柴草捆封洞口;融雪时,应及时拆除。

(3)涵洞开挖维修时,应维持通车,设立安全标志、护栏。

(4)洞底铺砌层,洞口上下由路基护坡、引水沟、汇水槽、窰井和沉砂发生变形时,均应及时修理。凡未设置沉砂井,而涵洞经常发生泥砂淤积时,可在进水口加设沉砂井,以沉淀泥砂、杂物。

(5)涵洞铺砌出现冲刷损坏、下沉、缺口,应及时修复。路基填土出现渗水、缺口,应及时封塞填平。

(6)涵底和涵墙出现渗漏水,应及时查明原因,并分别采取下列方法处治:

①疏通水道,使洞口铺砌与上下游水槽坡道平齐顺适;

②保持洞内底面平顺,并有适当纵坡;

③用水泥砂浆铺底和涵墙勾缝。

(7)处于高填土的涵洞,其出水口的跌水设施必须与洞口紧密结合成整体。若有裂缝应立即填塞。

111.人行天桥的日常养护工作应包括哪些内容?其养护周期是如何确定的?

人行天桥的日常养护工作有:

(1)桥面要及时排水,保持泄水孔的畅通,及时清扫桥面脏物,对桥面局部损坏要及时进行修补。

(2)钢质或木质栏杆损坏或油漆剥落要及时修补,局部重新油漆。钢筋混凝土栏杆的裂缝及破损应及时修补。

(3)钢质扶梯一旦发视锈斑,应及时除锈重刷油漆。

对于混凝土扶梯脱落的嵌条要及时补上,对于少量破损踏步,可采用超早强快硬混凝土进行快速修补。

(4)钢支座要定期除锈、除尘、上油养护。

(5)梁体及墩柱要根据所用的材料、采用不同的方法养护。如为钢结构,主要是除锈、油漆养护,钢筋混凝土结构,主要是裂缝修补。

(6)基础要专门养护,及时排除桥墩基础处积水。对有推力结构桥,应避免钢腿浸在水中。

人行天桥有关项目的养护周期见表 3-36 所列。

人行桥有关项目养护周期参考表 表 3-36

部 位 材 性	桥面及泄水孔	栏 杆	扶 梯	钢 支 座	基 础
钢结构	1~7d	60d	60d	1a	1a
混凝土结构	1~7d	180d	30d		1~2a

112. 钢筋混凝土驳岸(防汛墙)产生病害如何进行维修?

(1)表面病害的维修

钢筋混凝土驳岸(防汛墙)的表面出现蜂窝、麻面、钢筋外露、脱壳、锈蚀等病害时,先将修补部位的损坏面进行凿毛、清洗,然后在工作面保持湿润状态的情况下,将拌好的砂浆用铁抹抹到修补部位,反复压光后,按普通混凝土的要求进行养护。

(2)裂缝维修

驳岸(防汛墙)出现裂缝,应根据裂缝大小及渗水情况采取相应的修补方法,详见表 3-37。

钢筋混凝土驳岸裂缝修补方法 表 3-37

裂缝的种类和特征	渗水现象	对结构强度的影响	处理方法	备注
龟裂缝	不渗水	影响抗冲耐蚀能力	表面涂抹环氧砂浆或其他材料	指高流速面

续上表

裂缝的种类和特征	渗水现象	对结构强度的影响	处理方法	备 注
开度大于0.5mm的裂缝	不渗水	无影响	表面粘贴条状砂浆或其他材料	指钢筋混凝土结构
开度大于0.5mm的少数裂缝	少量渗水	无影响	表面凿槽嵌补或喷浆	
数量多、分布广的细微裂缝	渗水	无影响	表面涂抹水泥砂浆、喷浆或增做防水层	在迎水面处理
渗透压力对稳定无影响的裂缝	渗漏量较大	无影响	表面凿槽引流后嵌补水泥砂浆或其他材料	在渗水出口处处理
渗透压力对稳定有影响的裂缝	渗漏量较大	无影响	表面粘贴或凿槽嵌补水下环氧材料,或钻孔进行内部灌浆处理	表面处理时,在渗水进口处进行
对结构强度有影响的裂缝	渗水或不渗水	削弱或破坏	浇筑新混凝土或钢筋混凝土补强;钻孔灌浆;喷浆或钢板衬护;锚筋锚固或预应力锚索加固;或其他措施。有渗水的还要结合表面堵漏处理	采用一种或结合使用两种以上的修理方法,沉陷缝应先加固基础
受温度变化影响的裂缝	渗水	无影响或有影响	环氧砂浆粘贴橡皮等柔性材料,喷浆或钻孔灌浆	对整体性无影响的采用表面处理,有影响的采用内部处理
一般伸缩缝开裂	不渗水	无影响	按不同深度选用不同材料,表面凿槽嵌补	
施工冷缝	渗水或不渗水	有影响	钻孔灌浆或其他措施	
	渗水	无影响	表面凿槽嵌补或喷浆	在迎水面处理

具体的修补方法再详细叙述如下:

(1)采用紫铜片和橡胶联合粘补法

①沿裂缝凿一条宽 20cm、深 5cm 的槽,槽的上部向两侧各扩大 10cm 凿毛面,共宽 40cm,如图 3-31。槽内和凿毛面都要清洗干净。

②将紫铜片和橡胶皮按需要尺寸和形状剪裁好,并对橡胶皮进行表面处理。

③槽底先用水泥砂浆填平,厚度 15mm 左右。

④待水泥砂浆凝固干燥后,刷一层环氧基液,再抹上厚度约 5mm 的环氧砂浆,胡即将紫铜片紧贴在环氧砂浆上,并用支撑压紧,如紫铜片有脱空,应用基液灌满。紫铜片厚度为 1mm。

⑤在紫铜片上刷一层环氧基液,再填抹水泥砂浆,砂浆厚度为 20mm 左右。

⑥水泥砂浆干燥后,在其上刷一层环氧基液,并抹一薄层环氧砂浆,然后将橡皮贴上压紧,橡皮厚度为 4~6mm。

⑦为防橡皮老化可在橡皮表面再加涂环氧基液和环氧砂浆各一层作保护,此时橡皮可适当减薄一些。

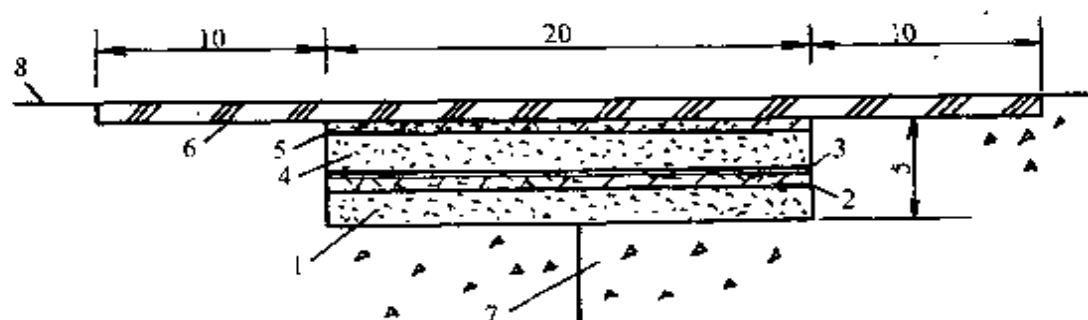


图 3-31 紫铜片和橡皮联合粘补裂缝示意图(尺寸单位:cm)

1-水泥砂浆厚 10~17mm;2-环氧砂浆厚 5mm;3-紫铜片厚 1mm;4-水泥砂浆厚 20~23mm;
5-环氧砂浆厚 3~5mm;6-橡皮厚 4~6mm;7-裂缝;8-原混凝土面

(2)采用夹板条橡皮粘补法

夹板条橡皮粘补,配料为膨胀水泥砂浆,配合比为水泥比砂: 1:0.8~1:1,水灰比不超过 0.55。混凝土表面处理后,在铺填的膨胀水泥砂浆表面上刷一层环氧基液,再沿裂缝走向放一根板条,板条宽度与高度一般均为 5mm,长度与裂缝一致,并按板条高度涂抹一层环氧砂浆,然后将粘贴面刷有一层环氧基液的橡皮从裂缝的

一端开始铺贴在刚涂抹好的环氧砂浆上。铺粘时要用力均匀压紧,直到环氧砂浆从橡皮边缘挤出来为止,然后修整面层,见图 3-32。

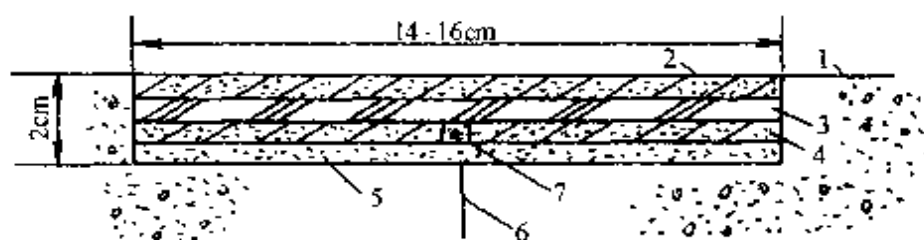


图 3-32 橡皮粘补裂缝

1-原混凝土面;2-环氧砂浆厚;3-橡皮片厚 3~5mm;4-环氧砂浆厚 5mm;5-环氧基液与膨胀水泥砂浆厚 5mm;6-裂缝;7-板条(3)沥青麻丝嵌补法

沥青麻丝是将麻丝或石棉绳在沥青中浸煮而成。其操作工艺是将沥青加热熔化,然后将麻丝或石棉绳放入沥青内浸煮,待麻丝或石棉全部为沥青所浸透后,用铁钳或其他工具夹放于缝内,并用扁凿于插紧。插入前应将裂缝处凿成“V”槽,并清除干净。填好后,再用水泥砂浆封面保护,具体见图 3-33 所示。



图 3-33 台阶“V”形槽示意图

113. 砌石驳岸(防汛墙)产生病害时如何进行维修?

(1) 裂缝修补

砌石驳岸出现裂缝可参照混凝土驳岸进行修补,但对于岸体砌石水平贯穿裂缝,除进行防渗堵漏外,再加筑混凝土防渗墙及浆砌条石加固,使岸体达到既补裂缝又防泄漏的作用。

(2) 表面病害修补

砌石驳岸表面出现蜂窝麻面等,先凿除蜂窝及麻面部分,再用1:2水泥砂浆填平,最后用环氧砂浆进行抹面保护。

砌石驳岸其他病害亦可参照表 3-37 挡土墙病害的修补方法进行。

114. 驳岸(防汛墙)产生倾斜后如何进行维修?

驳岸(防汛墙)墙体发生外倾现象,宜先对岸(墙)背后的土压力予以卸载。先使土压力停止发展,迅速查明原因,采用针对性施工。如果是因基底局部淘空,承载力不够,则应该在原驳岸加桩,扩大基础与基础相连,并补充浇筑抗倾挡墙,最后进行背后覆土。

对于已发生倒塌的驳岸、防汛墙应采取大修予以加固修复。

对于位于水流较急、河道弯曲段容易被冲刷的驳岸及防汛墙基础,宜提前采取防冲刷措施。一般可采用在基础前砌筑浆砌块(片)石护基或混凝土护基,亦可采用抛石或铁丝石笼以及沉排等护基。

第四章 桥梁上部结构加固

115. 钢筋混凝土梁桥和预应力混凝土梁桥的加固常用的有哪些方法？

钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土梁桥加固的常用方法有：

- (1) 浇筑钢筋混凝土加大截面加固法。
- (2) 补加钢筋加固法，见图 4-1 所示。

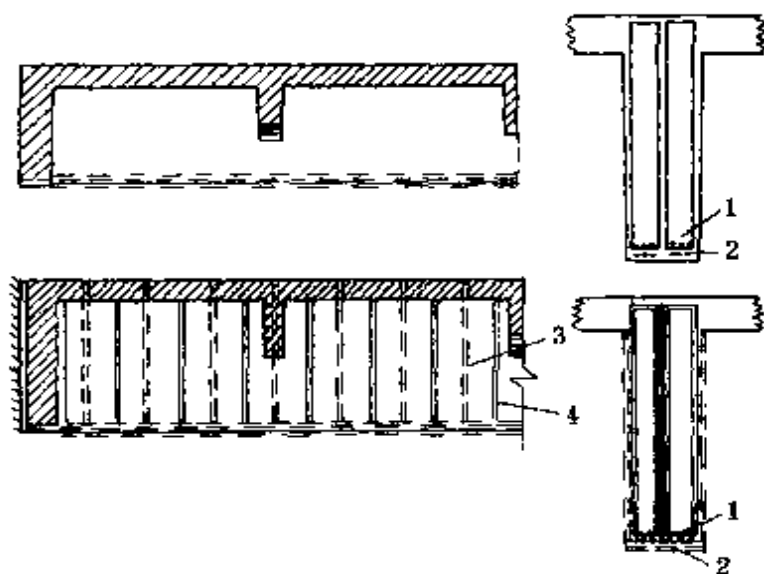


图 4-1 粘贴钢筋加固法

1-原有钢筋;2-加固钢筋;3-原有钢筋箍;4-加固钢筋箍

- (3) 粘贴钢板加固法，见图 4-2 所示。
- (4) 粘贴纤维增强复合材料加固法。
- (5) 体外预应力筋加固法，见图 4-3 所示。
- (6) 在桥下净空和墩台基础受力许可的条件下，也可采用在梁（板）底下加八字支撑加固法，如图 4-4 所示。

(7)桥面补强层加固法,见图 4-5。

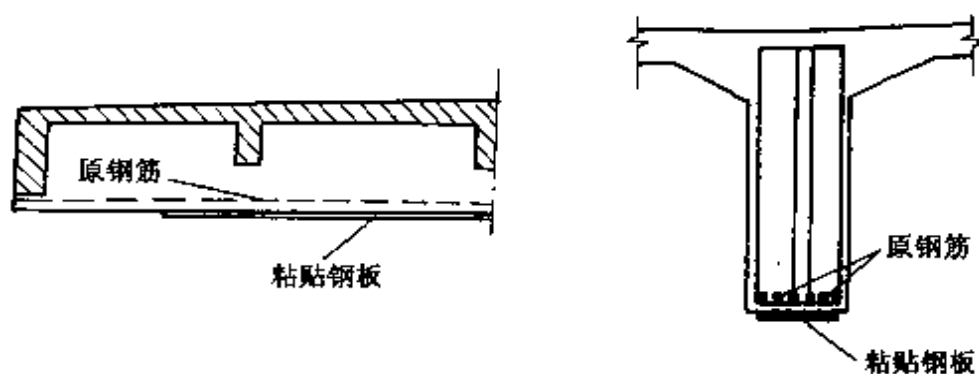


图 4-2 粘贴钢板加固法

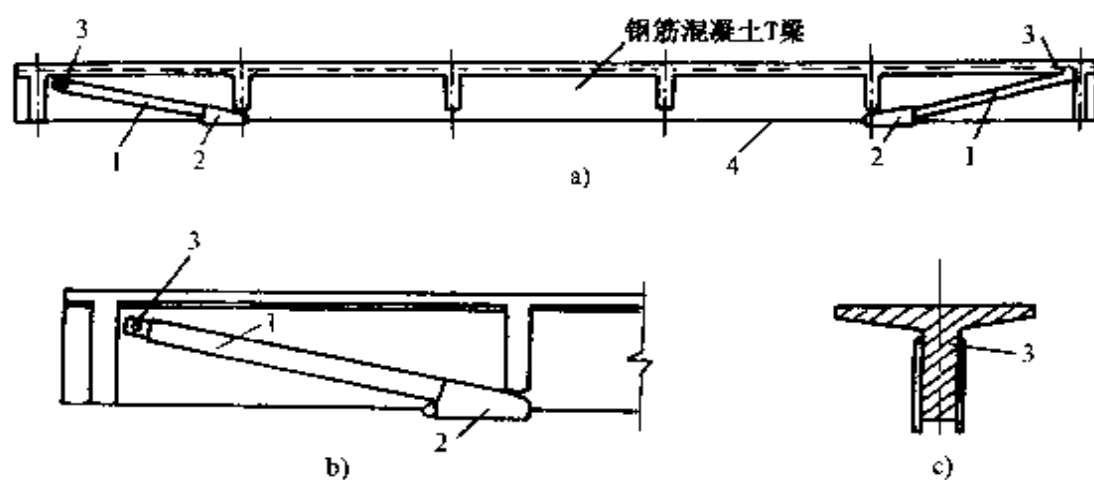


图 4-3 体外预应力筋加固法

a)主 T 梁立面;b)预应力拉筋装置;c)主梁横剖面

1-小槽钢;2-紧固件;3-固定点;4-预应力拉筋

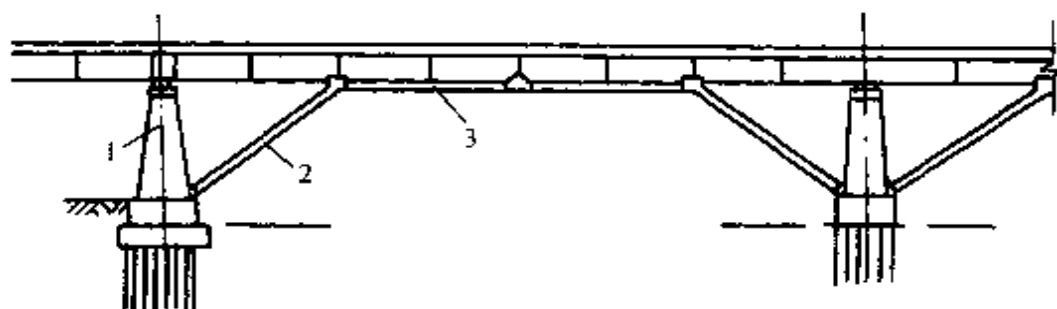


图 4-4 八字支撑加固法

1-原桥墩;2-钢筋混凝土斜撑;3-钢筋混凝土水平撑

(8)转换梁体截面形式加固法。

(9)增加横隔梁(板)加固法。

(10)桥梁结构由简支结构变连续结构的加固法。

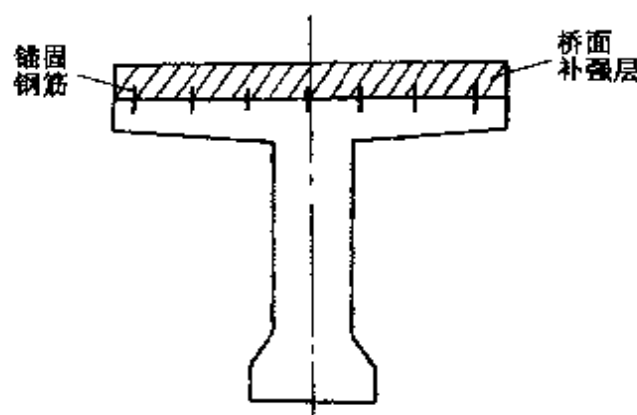


图 4-5 桥面补强层加固法

(11)更换主梁加固法。

(12)调节支座标高法。

(13)加竖向应力法。

(14)其他可靠有效的加固法。

116. 桥面补强层加固有哪些特点？必须采取的施工工序和施工措施是什么？

(1)桥面补强层加固法是通过在梁顶(桥面)上加铺一层钢筋混凝土层,使其与原有主梁形成整体,从而达到增大主梁有效高度和抗压截面,增加桥面整体刚度,提高桥梁承载能力的一种常用且有效的加固方法。其特点是:

①施工简便,经济有效。但在桥面补强的同时,恒载亦有增加,应通过计算判断桥面增厚后是否可以提高桥梁的承载能力。若恒载的增加影响更大,则可考虑采用其他加固方法。同时,为减少补强层增加的恒载,往往必须先将原有桥面铺装层凿除。

②桥面补强层加固设计计算的前提是:补强层能与主梁结合良好,能够形成一个整体而共同受力,因此施工时凿除原有铺装后,在铺筑新铺装层时为保证新老混凝土结合良好,必须在原梁上植筋或埋设锚栓。考虑到新浇混凝土的收缩等原因,新的桥面铺

装上必须设置钢筋网。

(2) 施工操作程序

- ①凿除旧桥面铺装层,并凿毛接合面。
- ②埋设锚固钢筋或螺杆。
- ③大梁整体维修处理。
- ④接合面表面处理,主要是清扫、干净、涂粘结材料等工作。
- ⑤安装桥面补强钢筋网。
- ⑥浇筑混凝土补强层。
- ⑦养生至设计强度后开放交通。

(3) 施工措施

桥面补强层加固法能否达到预期效果,关键取决于新旧混凝土能否牢固地形成一个整体。因此,为确保新旧结构共同受力的可靠性和耐久性,需要从施工工艺上采取适当的措施,以提高新旧混凝土的粘结程度。

①对旧桥面进行凿毛处理,先凿去桥面铺装,然后再凿去部分梁顶面混凝土,使表面粗糙,呈齿状形,箍筋外露,凹槽约 2cm 左右。

②对结合面进行适当处理,采取清扫、冲洗等措施,并对梁顶病害进行处理。

③在预埋锚固筋时,先用钢筋探测器探测钢筋混凝土保护层厚度和钢筋位置(以避免钻孔时损坏梁的主筋),一般可按纵横间距为 50cm 交叉布置,并按计算孔深用电钻钻孔,然后清孔并注入植物胶或化学锚固胶,再埋入膨胀螺栓作为抗剪栓钉。

④为使新旧混凝土有更好的粘性,在凿毛后的混凝土面上涂抹一层环氧胶液胶结剂或双组份界面剂。

⑤按抗裂缝要求配备钢筋网,钢筋网的钢筋直径可适当加大,如采用 $\phi 8 \sim \phi 10$ 钢筋并可与埋设螺栓焊接在一起。

⑥采用 C40 干硬性混凝土或 C35 钢纤维混凝土浇筑补强层,以减小新浇混凝土的收缩、从而减小新旧混凝土之间产生的差动收缩力,以提高补强效果。

⑦补强层混凝土浇筑后,应加强养护,避免使补强层过早受力。

117. 钢板粘贴加固法有何特点? 其常用形式有哪几种? 其施工工艺有哪些?

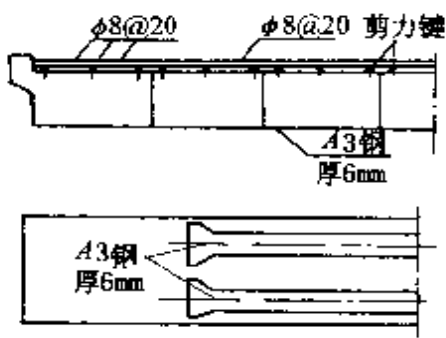
(1)由于交通量的增加,主梁承载力不足,或纵向主筋出现严重的锈蚀,或梁板桥的主梁出现严重横向裂缝,此时,可用粘结剂及锚栓将钢板粘贴锚固在混凝土结构的受拉缘或薄弱部位,使其与结构形成整体,以钢板代替增设的补强钢筋,提高桥梁的承载能力与耐久性。本加固法的特点是:

- ①不需要破坏被加固的原结构的外形;
- ②施工工艺简单,施工质量易于控制;
- ③施工工期短,也较经济,是一种简便的加固方法;
- ④不足之处是粘结剂的质量及耐久性是影响加固效果的主要因素。

(2)钢板粘贴加固的常用形式有板梁桥或 T 梁桥梁底粘结纵向钢板加固,箱梁或 T 梁(或工字梁)梁腹粘结斜向钢板加固,悬臂梁牛腿处或挂梁端部粘贴钢板加固,拱桥拱圈粘贴钢板加固等形式,具体见表 4-1 所列。

钢板粘贴桥梁的加固形式

表 4-1

序号	形式	加 固 简 图	说 明
1	梁底粘贴纵向钢板(或钢筋)加固		在梁底下粘贴钢板加固,可提高梁的抗弯能力。此法施工简便,不减少桥下净空,且可在不影响或少影响正常交通情况下进行

续上表

序号	形式	加 固 简 图	说 明
2	梁腹粘贴斜向钢板加固		<p>此法可使钢板与混凝土整体受力,提高梁的整体刚度与抗剪强度。为防止梁体内原有钢筋或预应力钢索的锈蚀,钢板粘贴前应在裂缝处注灌入环氧树脂浆液,将裂缝封闭后再粘贴钢板</p>
3	牛腿处或靠近支座上梁腹粘贴钢板加固		<p>当用来增强构件抗剪强度(支座、牛腿处出现裂缝时),钢板可以是块状的,也可以是带状的,带状钢板设置方向一般与主拉应力方向平行,也就是与剪切裂缝方向重直,跨缝布置上下端设水平锚固板,以提高端部的锚固强度,钢板厚度一般为10~15mm</p>
4	桥面板底部粘贴钢板加固		<p>此法是在破损后需补强的桥面板受拉部位,用锚固螺栓和环氧树脂粘贴剂将钢板粘钉固定,使其与原桥面板形成整体,以对桥面板的钢筋不足部分予以补强,并可防止桥面板混凝土的脱落</p>

(3) 钢板粘贴的加固工艺

为说明钢板粘贴加固的工艺要求,现以上海市苏州河上的河南路桥采用钢板粘贴加固为例。河南路桥为单悬臂加挂孔的钢筋混凝土桥,桥梁全长 64.68m,三孔跨径组成为 13.41m + 37.64m + 13.41m。其中中孔挂梁长 17.22m,两悬臂长均为 10.25m。二边孔及二单悬臂均为钢筋混凝土箱形结构。

桥梁钢筋混凝土结构的主要病害是:

①钢筋混凝土单悬臂梁的混凝土碳化深度已达到或超过混凝土保护层,在潮湿环境下引起大面积的钢筋锈蚀,造成混凝土保护层崩裂,局部钢筋截面面积减小,特别是单悬臂梁腹板箍筋和人行道板底钢筋截面面积减小较严重。同时这些区段钢筋与混凝土之间粘结力减弱,个别甚至丧失,因此本桥钢筋混凝土结构目前已处于非正常使用状态。

②箱梁各室顶板和腹板上缘有纵向负弯矩引起的横桥向受力裂缝,顶板底部的裂缝宽度已达 0.2mm,个别已超过 0.2mm,顶板有多处渗水,因此顶板顶面(桥面)横桥向裂缝的宽度显然比板底裂缝还要宽,是造成顶板渗水的主要原因,也是造成箱梁顶板和腹板的钢筋锈蚀及混凝土崩裂的主要原因之一。这些钢筋若继续锈蚀,将降低本桥的实际承载能力和安全度。

③边孔箱梁底缘有顺桥向裂缝,间隔为 1.5m 左右,裂缝宽度达 0.2~0.5mm。产生纵向裂缝的主要原因是箱梁底板下缘横向配筋较少,而且底板底缘横向钢筋不是通长的,在箱肋边弯起,这不仅使该处钢筋有效高度减小,而且形成内折角,抵抗横向弯曲能力降低。

混凝土保护层崩裂,钢筋锈蚀采用粘贴钢板的加固工艺:

①仔细凿除崩裂和起壳的混凝土保护层,为了保证修补材料与老混凝土之间在周边粘结良好,凿除部分的周边应有碗口形明显轮廓,周边轮廓深度至小 3cm。

②若钢筋仅外侧(靠保护层一侧)锈蚀,则只需凿除混凝土保护层部分即可;若钢筋内侧也锈蚀,则必须沿钢筋周围的混凝土均

要凿除,内侧凿除深度至小 2cm 以上。

③锈蚀的钢筋必须严格除锈,直到露出金属光泽。

④修补材料的选择及相应的粘结面处理方法是:

a. 凿除深度达 5cm 以上,可选择 C30 微膨胀快硬硫铝酸盐水泥拌制的小石子混凝土填补,或采用 C30 水性微膨胀聚合物小石子混凝土填补。

填补前必须充分湿润混凝土表面(无积水),并在修补前涂刷双组份混凝土界面剂,在未凝固前就浇筑填补微膨胀小石子混凝土,并用模板顶压,防止流淌,潮湿养护至少 7 天。

b. 凿除深度小于 5cm 者或正好位于粘钢部位均应选择强度达 C30 以上的环氧树脂胶砂浆填补。

填补前必须用无油棉丝蘸丙酮仔细清洁粘结面(包括钢筋)并保持干燥,然后用无填料的树脂胶在粘结面上涂布一薄层,使其浸润粘合面表面,然后再填补含填料的树脂胶砂浆。对顶面及侧面修补时为了避免树脂砂浆流淌,应用包裹聚乙烯塑料薄膜的模板顶压着,并封闭缝隙。

⑤粘贴钢板加固工艺流程:

a. 按图在混凝土和钢板上钻孔以备安装膨胀锚固螺栓。

b. 被粘混凝土和钢板粘合面表面处理。

c. 建筑结构胶配置。

d. 涂敷建筑结构胶。

e. 粘贴。

f. 安装膨胀锚固螺栓并加压。

g. 常温固化。

h. 防锈处理。

⑥粘钢加固措施:

a. 膨胀螺栓孔眼放样并钻孔

按施工图的孔眼位置在混凝土粘合面上选用与膨胀锚固螺栓相应直径钻头用电钻(冲击钻)钻孔。

由于钢筋混凝土内部有钢筋,而且钢筋位置误差较大,容易在

钻孔时碰到钢筋阻碍,故可用钢筋探测器确定钢筋位置并容许为避开内部钢筋而适当移动孔眼位置。

待混凝土粘合面上孔眼全部钻成后,用硬纸覆盖在混凝土面上画出混凝土孔眼位置,然后覆盖到钢板粘合而上,用电钻钻取相应孔眼,以使二者孔眼对准无误,然后把钻有孔眼的钢板覆盖到混凝土粘合面上。核对孔眼位置,如有不合还可修正。

b. 混凝土粘合面表面处理

I)用斩斧在粘合面上依次轻斩混凝土表面,斩斧纹路应与受力方向垂直,除去表层 0.2 ~ 0.3cm 以露出砂石新面,并除去粉粒(可用无油压缩空气吹除或用毛刷扫除表面粉粒)。

II)用无油棉丝蘸丙酮擦拭混凝土粘合面,除去油污。

III)保持混凝土粘合面干燥清洁状态。

c. 钢板表面处理

I)钢板粘合面必须进行除锈和粗糙处理。

II)钢板粘合面可用喷砂或平砂轮打磨除锈,直至出现金属光泽,钢板粘合面有一定粗糙度,打磨纹路应与钢板受力方向垂直。

III)用无油棉丝蘸丙酮擦拭钢板粘合面,直到用新棉丝蘸丙酮擦拭后不见污垢为止。

⑦ 建筑结构胶配制

a. 建筑结构胶选择

选择 WL-JGN 型建筑结构胶,它由甲乙两组份组合而成,甲组料为结构胶基料,乙组料为固化剂,两组材料配合后必须在 30min 内使用,否则开始固化后就无法粘合。

b. 配合比(质量比)

WL-JGN 型建筑结构胶两个组份的配合比例按该胶说明书采用,配合时,称量必须正确。

c. 拌和配合工艺

I)使用易散热的宽浅软塑料(聚乙烯)盆或筒作为盛器,容器内不得有水和油污,保持清洁。

II)先放入称好需要量的甲组料。

Ⅲ)然后放入与甲组料相应的事先称好的一定量的乙组料。

Ⅳ)必须充分拌和,拌和可用人工,也可用电动搅拌器拌和,一般以后者为好,省力,易拌均匀。搅拌应按同一方向进行,避免产生气泡,搅拌时,应避免水分进入容器。

⑧建筑结构胶涂敷和粘合工艺

a. 选择晴朗、干燥天气操作。

b. 将新鲜配好拌和均匀的建筑结构胶用刮刀(铲刀)紧密地、均匀地分别涂抹在作过表面清洁处理的混凝土粘合面和钢板粘合面上,使之充分浸润在粘合面上。

c. 在混凝土孔眼中挤入结构胶,塞上胀锚螺栓(胀锚螺栓也要用丙酮擦拭除油污)。

d. 然后再把结构胶涂沫在钢板粘合面上,使之在板宽中央涂抹胶的厚度达 3mm,两侧可薄一些,并由多人共同托住钢板对准胀锚螺栓向混凝土粘合面合上,并迅速拧紧胀锚螺栓锚固钢板,使钢板与混凝土粘合面紧密粘合,挤出多余建筑结构胶。

e. 涂胶饱满程度检查。用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板,如无空洞声表示已粘贴密实,否则应剥下钢板,重新补胶粘贴。

⑨固化时间及粘贴质量检查

a. 拌和的建筑结构胶基本固化时间约 24h,此后即可受力。

b. 固化后,应用小锤轻轻敲击钢板,从音响判断粘结效果,粘结面积应不少于 90%,否则此粘结件不合格,应剥下重新粘贴或采取有效措施补粘或补强。

⑩钢板防锈处理工艺

a. 钢板外露部分在涂漆前必须除锈,用丙酮擦去油污,并保持干燥。

b. 防锈涂料可采用 WL-JGN 型特防三涂,涂刷特防胶前,钢板必须除锈,呈金属光泽。由丙酮除油污,进行严格清洁处理后,才可进行涂刷,后涂必须在前涂固化后才能进行。

⑪注意事项

a. 由于清洁剂丙酮是易燃物质,应由专人管理,使用时应严格

禁止操作者吸烟,以防失火。

b. 粘合面处理必须严格按照要求执行,粘钢质量主要取决于建筑结构胶的质量和粘合面清洁处理。

c. 由于拌和配好的建筑结构胶使用期仅 30min,因此粘合前必须事先做好一切准备工作,然后再配胶,这样才能保证在使用期内完成粘合操作。

d. 关于钢板焊接接长工艺

I) 钢板采用对焊,焊缝与受力方向应成 45° 。

II) 焊缝不应布置在受力最大处,如板的跨中不应设置焊缝。

III) 在粘钢前,应对钢板焊缝质量进行抽样试验,力学试验合格,才能使用。

IV) 粘钢现场工具

常用的工具有电钻、电动砂轮、斩斧、计量工具、聚乙烯塑料容器、电动搅拌器。

118. 什么是纤维增强复合材料加固混凝土结构法? 其加固步骤及施工要求是什么?

采用建筑结构胶(粘结剂)将碳纤维布或 E 型高强玻璃纤维布粘贴在混凝土构件表面,当结构荷载增加时,纤维布因与混凝土协调变形而共时受力,从而使混凝土构件提高承载能力和刚度的方法为纤维增强复合材料加固法。

该加固法由于采用的纤维增强复合材料性能优秀,与原结构粘贴更为牢固,耐久性能良好,因此必将更为广泛地应用于桥梁结构的维修加固工程中。

加固中所采用的碳纤维、高强 E 型玻璃布和树脂类胶粘剂都必须按规范规定,具有产品合格证,保证有足够的强度等性能方可使用。

加固施工应按以下步骤进行:

(1) 施工准备;

(2) 混凝土表面处理;

- (3)底层树脂配制并涂刷;
- (4)找平材料配制并对不平整处修复处理;
- (5)浸渍树脂或粘贴树脂的配制并涂刷;
- (6)粘贴纤维布;
- (7)表面防护。

纤维布粘贴施工宜在 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下进行, 尽量避免在过高或过低温度下进行施工, 并应符合配套树脂的施工使用温度。施工时还应考虑环境湿度对树脂固化的不利影响, 采用玻璃纤维布时, 相对湿度不宜大于 80%。如确需在潮湿的构件上进行施工, 必须烘干构件表面或采用专门的树脂配方。

具体的施工要求如下:

(1)施工准备

- ①认真阅读设计施工图, 充分理解设计意图和要求;
- ②熟悉施工现场和被加固构件混凝土的实际情况, 拟出施工大纲;
- ③做好需用的纤维布、配套树脂、机具等准备工作。

(2)表面处理

- ①凿除被加固构件表面的剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等部分混凝土, 并用修复材料将表面修复平整。
- ②按设计要求对裂缝进行灌缝或封闭处理。
- ③将被粘贴混凝土表面打磨平整, 并在锚固加强区每隔 5cm 刻痕一道, 以加强粘贴效果。转角粘贴处要进行倒角处理并打磨成圆弧状, 圆弧半径不应小于 2cm。
- ④将混凝土表面清理干净, 除去灰尘并保持干燥。

(3)涂刷底层树脂

- ①配制底层树脂。
- ②用一次性软毛刷或特制滚筒将底层树脂均匀涂抹于混凝土表面。

(4)找平处理

- ①配制找平材料。

②混凝土表面凹陷部位用找平材料填补平整,且不应有棱角。

③转角处用找平材料修复为光滑的圆弧。

(5)粘贴纤维布

①按设计要求的尺寸裁剪纤维布,裁剪的纤维布必须呈卷状妥善摆放,不得展开平铺在地上。

②配制浸渍树脂并均匀涂抹于所要粘贴的部位。

③用一次性软毛刷或特制滚筒沿纤维方向多次涂刷,挤去气泡,并使浸渍树脂充分浸透纤维布,涂刷时不得损伤纤维布。

④多层粘贴重复上述步骤,待纤维表面指触干燥时即进行下一层的粘贴。

⑤在最后一层的纤维布的表面均匀涂抹浸渍树脂。

(6)表面防护

当需要做表面防护时,应按有关规范的规定进行施工,并保证防护材料与原有纤维布之间有可靠的粘结。

(7)注意事项

①碳纤维布为导电材料,使用时应尽量远离电气设备及电源。

②使用中应避免纤维布的弯折。

③纤维布配套树脂的原料应密封储存,远离火源,避免阳光直接照射。

④树脂的配制和使用场所,应保持通风良好。

⑤工作场所应配备专用的灭火器,并有专人负责防火安全。

⑥现场施工人员根据使用树脂材料的情况采取相应的劳动保护措施,并应遵守施工场地其他安全规定。

119. 预应力加固法有何优点? 常用的有哪些加固形式? 试举例说明预应力加固法的施工工艺及注意事项是什么。

(1)对于钢筋混凝土或预应力混凝土梁或板,采用对受拉区施以预应力的加固,可抵销部分自重应力,起到卸载作用,从而能较大幅度地提高梁的承载能力。预应力加固法的优点有:

①在自重增加很小的情况下可大幅度改善和调整原结构的受

力状况,提高结构刚度、抗裂性。

②由于自重增加小,故对墩台及基础受力状况影响很小,可节省对墩台及基础的加固,节省加固投资。

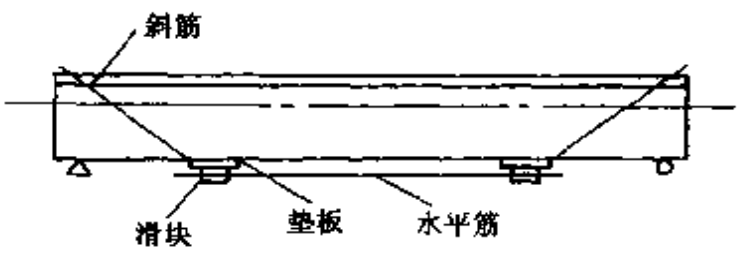
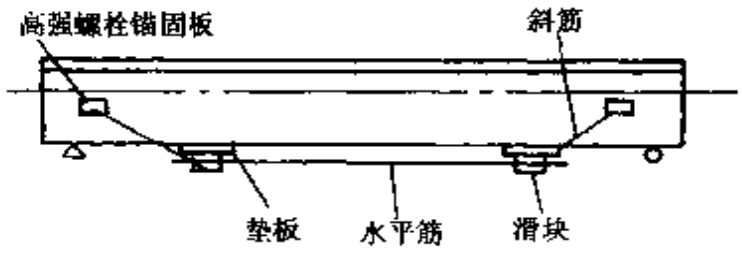
③可在不限制通车营运的情况进行加固施工,有较好的社会效益。

④预应力加固后可使预应力永远保留,也可将预应力卸除,因此本法既适用于通行重车时的临时加固,也可作为提高桥梁承载力的永久加固措施。

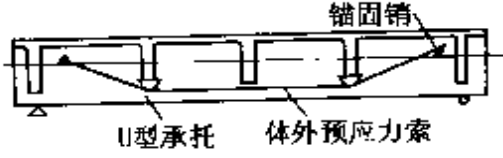

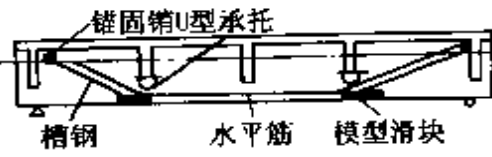
(2)预应力加固目前应用较多,其形式如表 4-2 所列。

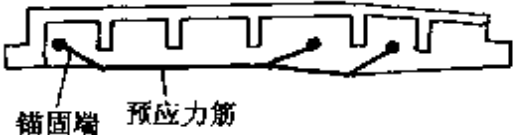
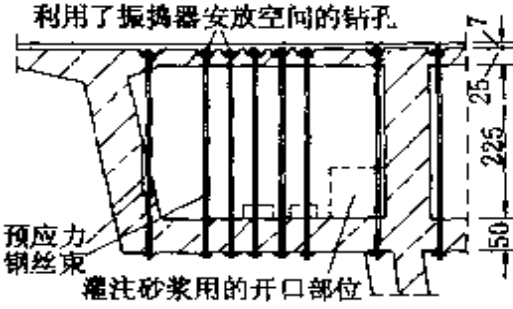
体外预应力加固形式及适用情况

表 4-2

形式及适用情况	简 图	说 明
钢筋混凝土板梁加固 锚固于梁顶		水平拉杆和斜拉杆由二根粗钢筋组成体外预应力加固体系。斜拉杆与滑块固定,通常是张拉水平筋牵动斜杆受力,斜杆的顶端多锚固在梁顶上,见上图,也有锚固在腹板上的,见下图
钢筋混凝土板梁加固 锚固于梁腹		同上

续上表

形式及适用情况	简 图	说 明
用钢丝绳作拉索 锚固于梁腹		采用钢丝绳或钢绞线作为预应力索, 用手动葫芦张拉水平筋并锚固于梁腹
用钢丝绳作拉索 锚固于梁顶		同样采用钢丝绳或钢绞线作为预应力索, 并用千斤顶张拉并锚固于梁顶部
钢筋混凝土T梁工字梁加固		斜杆采用刚度较大的槽钢并与楔形滑块构成一体, 水平筋采用粗钢筋、钢绞线或高强钢丝等, 用千斤顶张拉水平筋从而对梁体实施预应力

形式及适用情况	简 图	说 明
悬壁钢筋混凝土梁加固 钢绞线作预应力筋 锚固于梁腹,用		<p>以钢绞线作为预应力筋置于梁底部,锚固点设于腋梁上。张拉时可两端同时进行。张拉锚固完成后将钢绞线套入无缝钢管再压浆防护</p>
箱梁体外预应力加固 用钢丝束作预应力筋 锚固于箱上下顶,		<p>对于箱梁腹板承受剪力、提升力和割裂拉力的不足,以沿主梁和横梁腹板布置的竖向预应力钢丝束对其追加预应力</p>

(3)体外预应力加固的施工工艺

①体外预应力筋锚固端的定位及施工。锚固点是确保体外预应力加固工艺成功的关键,应先按设计放样,然后下料组装,并与原结构牢固结合,使其能够承受预应力。

②放置预应力筋。放置安装过程是:a.预应力筋下料;b.锚固板处的锚头安装;c.穿筋(套管);d.锚固板处锚头的固定承压块放置。

③张拉与锚固预应力筋。张拉时要考虑对称平衡,可一边张拉,也可两边对应同时张拉,张拉要一次完成。如伸长量不足,可采用超张拉解决。张拉完成后必须做好锚固工作,防止预应力损失太多,影响效果。

④预应力筋的防护。如采用的是钢筋作为预应力筋,则可采用二度防锈漆方法进行防腐,也可采用聚氯乙烯套管进行防护。如采用钢绞线则事先应套入套管,然后采用压浆处理。同时为防止桥下来往船只碰撞预应力筋,可采用在预应力筋下加设钢板防护罩予以保护。

120.改变结构体系加固法常用的有哪几种?举例说明简支变连续加固法的施工工艺及作业要求。

1)改变结构体系加固常用的方法有:①在简支梁下增设支架或桥墩;②把简支梁与简支梁加以连接,即简支梁结构改变为连续梁结构;③在梁下增设钢桁架等加劲或叠合梁;④在拱桥上增设钢梁等。改变结构体系的方法很多,但有些加固时往往需要在桥下操作,或设置永久设施,因而影响桥下净空,所以必须考虑对通航及排洪能力的影响。同时,当在梁下增设支点加固时,必然改变了简支梁的结构体系,支点处将产生负弯矩,故必须进行受力计算。必要时还必须对支点处进行加固。

2)简支变连续的加固构造及施工作业要求

(1)加固构造

①凿除原桥面铺装,焊接梁端顶层钢筋作为支点负弯矩配筋

的一部分。

②把相邻梁端伸缩缝间隙中用膨胀混凝土填塞密实,以备支点负弯矩区段下缘受压。

③按连续梁计算配置桥面钢筋,特别是墩顶上桥面负弯矩配筋,然后浇筑整体桥面混凝土。

④保证桥面铺装混凝土与原梁体共同参与结构作用的措施:

a. 梁顶凿毛;

b. 梁顶设置抗剪栓钉;

c. 桥面铺装混凝土采用补偿混凝土,可减少或不产生桥面混凝土收缩,从而减小或不产生新老混凝土之间的收缩差内力。

(2)力学特点

①恒载及体系转换前的荷载(包括新浇筑的桥面混凝土铺装)由简支梁体系承担。

②体系转换后的荷载(如人行道、栏杆等恒载)及活载由连续梁体系承担,显然这些荷载在各跨跨内产生的正弯矩比简支梁时要小,从而提高了承载能力。

③由于简支梁支承点未动,因此转换为连续梁时实际是长短跨相间的。所谓短跨即是相邻梁端支承点之间的梁段,如原为二跨简支梁,可转换成二个长跨和一个短跨的连续梁(见图[4-6a])。如原为三跨简支梁,转换后成连续结构即为三个长跨和二个短跨结构组成[见图 4-6b]。

这类中间支承为双支承的连续梁比单支承有利。第一,长跨跨度不扩大,可减小各跨跨内正截面弯矩;第二,可减小中间支承上的负弯矩,即相对于单支点具有削减负弯矩部分峰值的作用(见图 4-7)。

④由于桥面铺装混凝土参与结构作用,截面高度增加,提高了抗弯能力和抗弯刚度。同时,对于截面而言,为二阶段受力,即体系转换前的恒载(简支梁自重,新浇筑桥面铺装混凝土自重)均由桥面铺装混凝土不参与结构作用的简支裸梁承担,体系转换后增加的恒载(人行道、栏杆等恒载)及活载均由新浇桥面

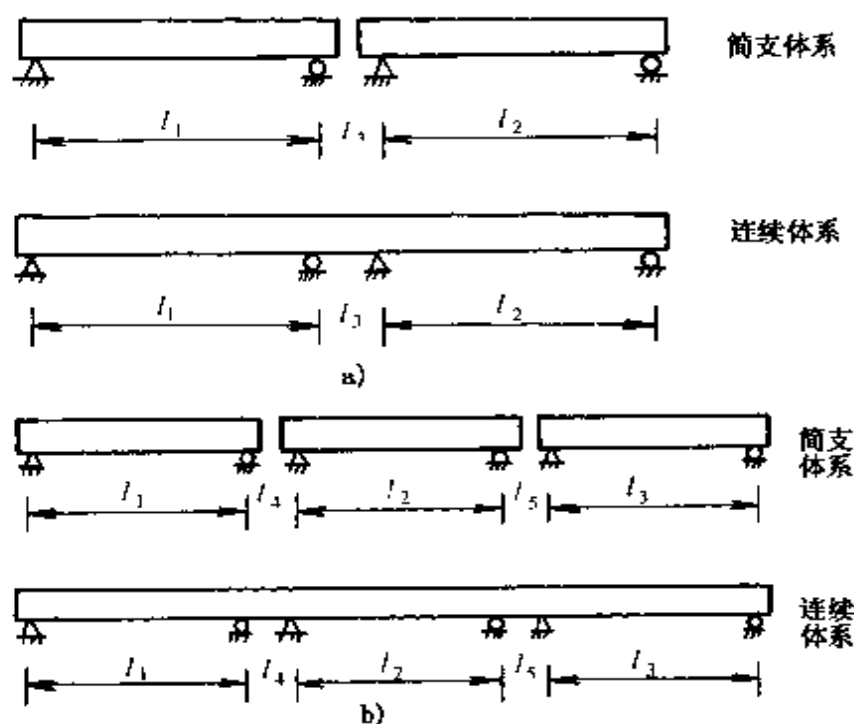


图 4-6 简支梁变连续
a) 二跨简支变连续; b) 三跨简支变连续

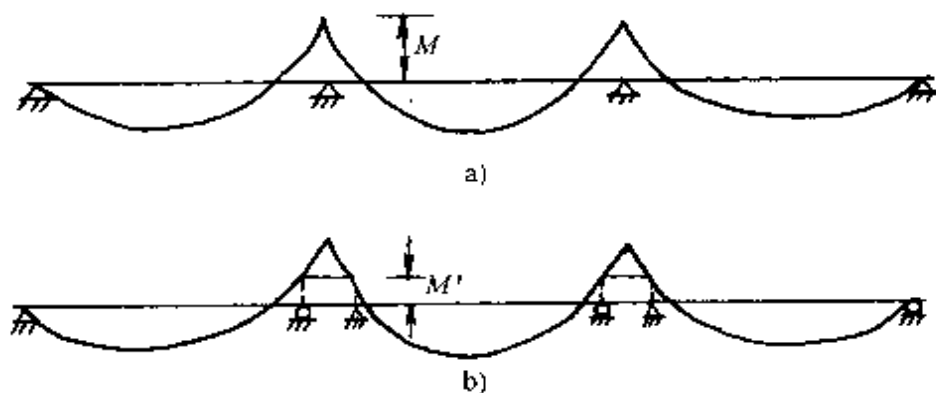


图 4-7 简支变连续的弯矩图
a) 单支点连续梁弯矩图; b) 双支点连续梁弯矩图

铺装与裸梁的组合截面并转换成连续梁体系承担。此时如采用容许应力法（或应力限值法）确定承载能力和计算挠度及裂缝宽度时，应按上述体系转换及截面组成程序进行应力叠加计算。如采用极限状态法确定承载能力时，按体系转换程度计算外荷载产生

的内力，并乘以相应荷载系数后的内力按代数和叠加，由组合截面的抗力抵抗之。

3)施工要点：

- ①凿去简支梁梁端部上缘混凝土(包括铺装层)；
- ②布置新增的负弯矩钢筋；
- ③布置新铺桥面钢筋；
- ④浇筑混凝土并养生至设计强度。

如某简支梁为空心板梁，其简支变连续时的新增抗负弯矩钢筋及混凝土浇筑结构如图 4-8 所示。

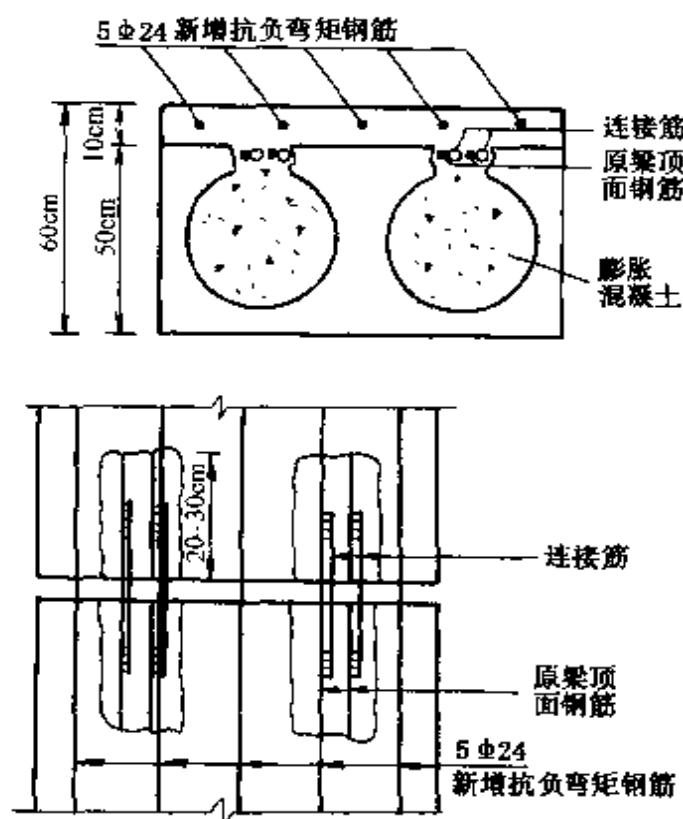


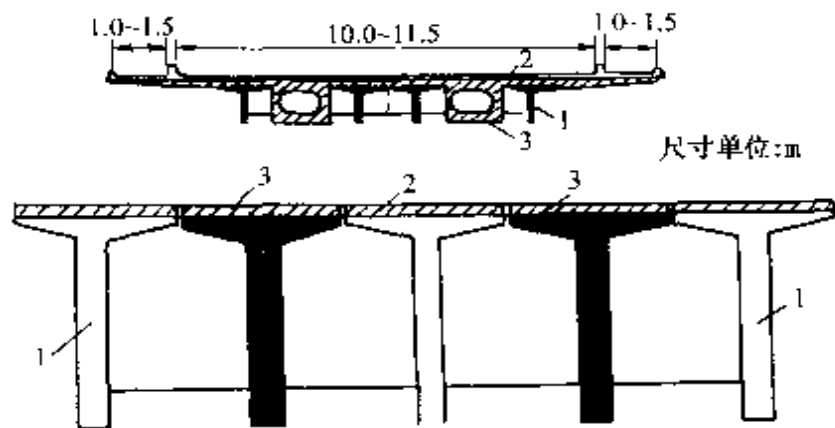
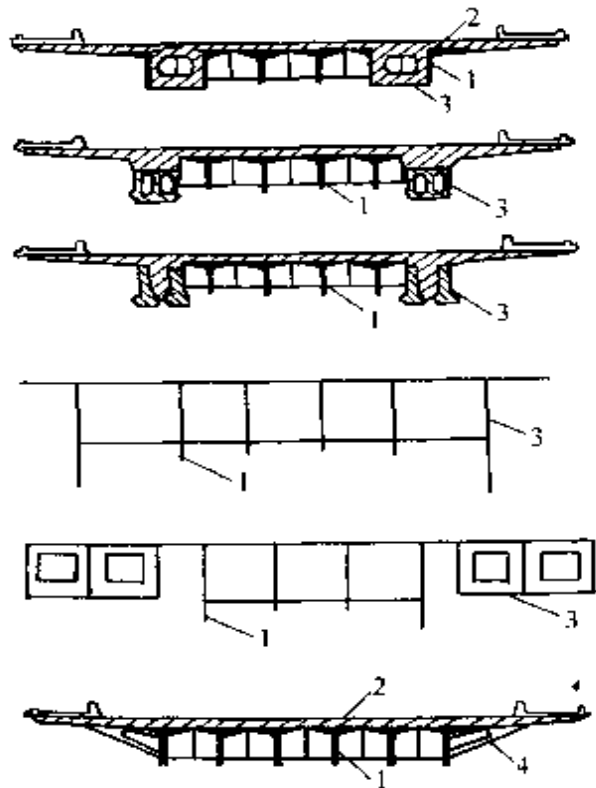
图 4-8 空心板梁桥简支变连续体系结构

121. 桥梁拓宽加固常用的形式有哪几种？

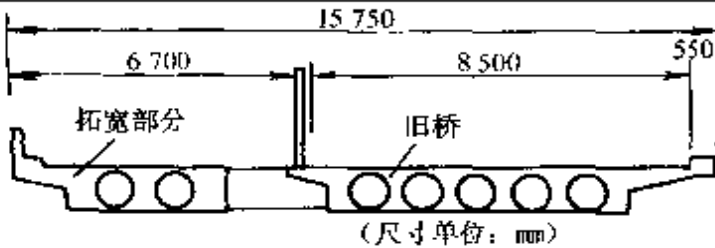
桥梁拓宽加固常用形式如表 4-3 所列。

桥梁拓宽加固常用形式

表 4-3

桥型	加固常用图式	说明
钢筋混凝土T梁的拓宽加固	 <p>a) 采用在旧桥梁中增加线调换新梁的加固法</p>	<p>1. 我国 50 年代末、60 年代初,修建了大量的装配式钢筋混凝土简支 T 梁桥,大都是套用“苏联公路桥梁标准图”,设计荷载较多的是采用汽-13,拖-60,车行道宽度以净-7 为多。随着我国经济建设的发展,交通量的急剧增加,车辆的载重等级提高,这些桥梁已不适应,急需加以技术改造。对这些桥梁改造的原则是既要增加车行道宽度,又要同时提高原有桥梁上部结构的承载能力。</p>
	 <p>b) 更换残增加口刚度边梁的加固法</p> <p>1-旧梁;2-新浇筑桥面板;3-新梁;4-新增斜撑</p>	<p>2. 为达上述目的通常采用的方法是:a) 在旧桥梁中增加或调换新梁的加固法,此法一般不加宽旧桥;b) 更换或增加大刚度边梁的加固法,此法既可加宽旧桥,又能同时提高旧桥的设计荷载,因此应用也较广泛。</p> <p>3. 由于要利用旧桥,因此施工中必须注意不能对旧有结构造成破坏,并充分注意新旧结构的联结</p>

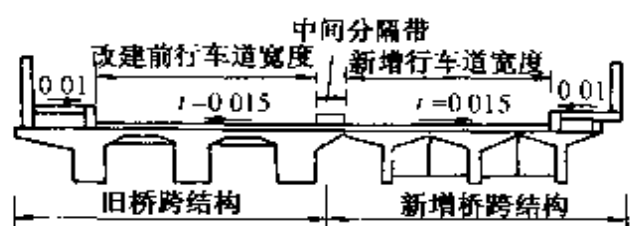
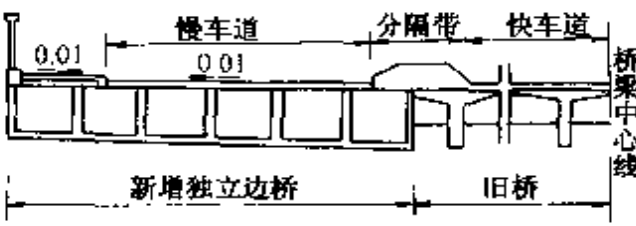
续上表

桥型	加固常用图式	说明
版梁	 <p>(尺寸单位: mm)</p>	必须充分注意到新旧桥梁结构之间的联结问题

拓宽加固中有单边拓宽,也有双边拓宽,具体见表 4-4 所列。

单边拓宽与两边对称拓宽的图式

表 4-4

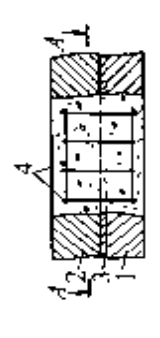
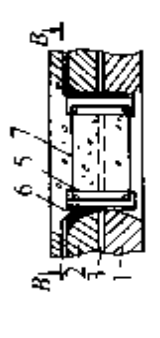
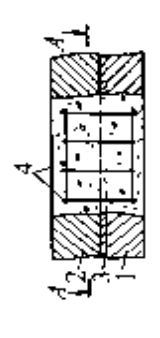
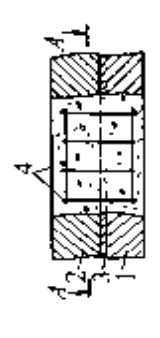
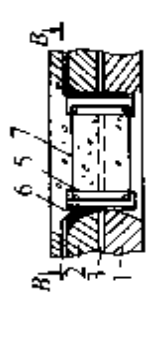
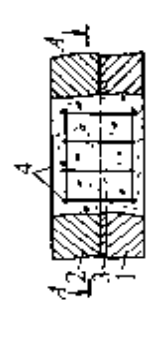
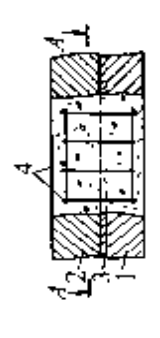
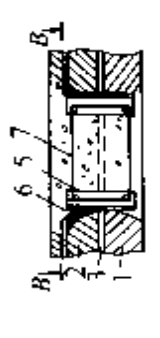
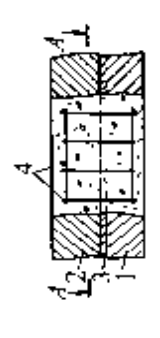
形式	简图	说明
单边拓宽改建法		当原有公路路线是以单边拓宽进行改建时,相应地,对旧桥也可采用单边拓宽的形式予以改建。单边拓宽的做法是,平行于原桥另建一座新的桥跨结构
双边对称拓宽法		为了与旧有路线双边对称拓宽的方案相适应,许多旧桥也须采用双边对称拓宽的改建方案。旧桥双边拓宽又有增设独立边桥作为人行道或慢车道,以及增设大边梁来拓宽旧桥桥面和提高旧桥承载能力等形式

122. 桥梁拓宽加固时,新旧主梁是如何进行联结的?

拓宽加固时梁的联结是一项非常重要的工作,必须做好。新旧主梁的主要联结形式如表 4-5 所列。

表 4-5

拓宽加固新旧主梁的联结形式

装配式钢筋混凝土 T 梁新旧主梁的联结	新加横隔板的联结	不加横隔板的联结
柔性锚固形式	刚性锚固形式	
		
		
		

1-原有上部构造梁板;2-新主梁面板;3-水泥砂浆找平层;4-柔性锚固;5-刚性锚固;6-锚固角钢;7-防收缩构造钢筋

123. 试以图表形式表示桥梁加固拓宽的作业顺序。

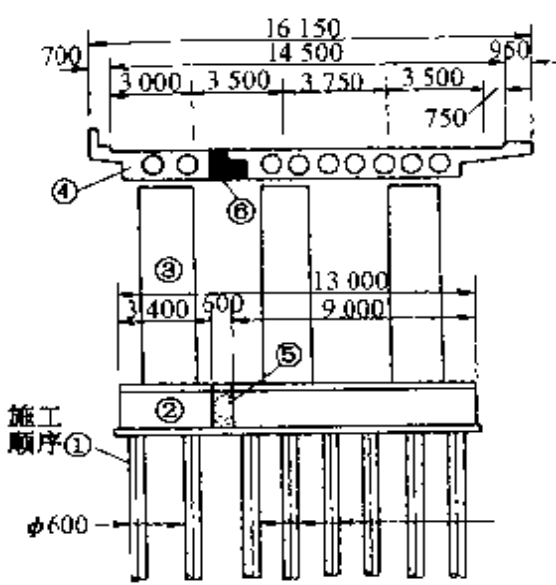
表 4-6 及表 4-7 分别为预应力混凝土桥与钢桥上部结构加宽及板梁桥拓宽作业顺序图。

预应力混凝土桥与钢桥上部结构加宽作业顺序图 表 4-6



板梁桥加宽作业顺序(包括下部结构)图

表 4-7

简图	 <p>(尺寸单位:mm)</p>	<p>作业顺序</p> <p>①→②→③→④→⑤→⑥</p>
----	--	--------------------------------

124. 圯工拱桥的维修加固有哪些有效方法?

(1) 圯工拱桥的修复宜采用与原桥相同的建桥材料,青砖、料石、素混凝土、混凝土预制块等不宜掺杂使用。修复拱圈的合拢温度以 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 为宜。

(2) 车辆通行时桥梁出现较大振动(其他情况均较完好),此时应采取措施增大桥梁的刚度。

(3) 圯工拱桥采用加载、减载加固措施时,必须考虑对邻孔的影响及墩、台的偏心作用。

(4) 圯工拱桥由于拱圈变形、受力不均、基础不均匀沉陷、墩台位移致使跨径变化,或施工不当等原因致使拱圈产生裂纹、变位、碎裂等病害,根据病害产生的原因可分别采用下列加固措施:

① 拱圈内腹及其两侧出现大面积的严重风化剥落、灰缝脱落,在清除剥蚀面后,先在灰缝内嵌入水泥砂浆或环氧砂浆,再喷涂 $1 \sim 3\text{cm}$ 厚的 M10 以上水泥砂浆。喷浆可分 $2 \sim 3$ 次进行,每隔一至二日喷一层,必要时可加布一层钢丝网,以增强喷涂层的强度。

②如拱顶附近出现一道贯穿拱宽的裂缝，且裂缝两侧有明显的高差，则应处理台墩中的下沉问题。同时可在缝内先压注水泥砂浆或其他化学浆液，再用水泥砂浆勾缝作为临时处理措施。

当裂缝继续发展，可暂在拱腹内浇筑一层较厚的锚杆钢丝网水泥混凝土内衬。同时应查明裂缝产生的原因，采取相应的措施处理。

③拱顶区段出现1~2道贯穿拱宽的裂缝，缝的两侧无明显的高差，但拱顶有较小的下降，则可作为墩台滑移或转动问题进行处理。可在拱脚处加设顺桥向预应力拉杆，用环氧树脂类化学浆液处理裂缝，减轻桥孔上的静载，或对应地加重邻孔的静载。此法仅适用于不通航河道上的桥梁。

④拱顶上凸且拱腹出现贯穿全拱宽的较细小裂纹和压碎裂纹，属墩台滑移和台后土压力过大所致，此时需减轻台后土压力，增加桥孔上的净重以及用钢筋混凝土加厚拱顶和拱脚断面等措施，使拱圈基本归位后再用环氧树脂类化学浆液处理裂纹，并加以勾缝。

⑤墩台、基础情况基本正常，仅拱圈出现不同程度的碎裂、边角断裂、脱落等破坏现象，这是由于劣质材料或施工质量欠佳或超载所致，宜更换填料为轻质材料，增强桥面铺装的纵横向刚度以减轻或分摊负荷，并及时修复破损的拱圈。

⑥拱圈出现顺桥方向的裂缝，墩、台帽或帽梁亦断裂，多系墩台基础上下游的沉降不均所致，应以处理基础为主。先将裂缝处理并配合在帽梁、墩台两侧加设顺水流方向的体外预应力钢筋，张拉后用砂浆加以覆盖。也可在拱圈的跨中的1/4处加设三道（或多道，视具体情况而定）钢板箍（钢板宽6~8cm）或钢拉杆，用螺栓在拱底及拱侧钻孔锚固，并注意将锚固点设在拱圈厚度1/3处，锚固孔用膨胀水泥砂浆填塞。

由于施工质量不良造成的顺桥方向裂缝，则需用环氧树脂系列等化学浆液进行修补，或对施工不良的部位进行可能的改造。

顺桥方向拱圈各环之间开裂时，可在拱腹内钻孔压入环氧

树脂等化学粘结剂或裂缝灌浆剂。

⑦干砌拱圈的个别拱圈石压碎或小区段外凸，可将变异部分挖出，清除修补面上的附着杂屑并冲洗干净后压入不低于 C30 的混凝土。四分点区段有轻微外凸拉直时，可在该区段内钻出几个梅花形孔洞，压入 1:2 水泥砂浆充填拱背，拱腹进行局部勾缝。当拱顶段出现下沉时，除钻孔压浆充填拱背外，在拱腹的一定长度内还宜铺挂一层钢丝网并喷涂 2~5cm 厚的水泥砂浆。这些措施应与拆除重建进行技术经济比较。

⑧侧墙产生水平方向的分离，则应开挖拱腔，将填料改为轻质填料或半刚性材料以及加厚侧墙断面。如在垂直方向产生位移，则可能是拱圈发生了较大变形，或跨径增大，在做好相应处理措施后对侧墙裂缝进行灌浆勾缝。

⑨圯工肋拱常因横向刚度不足，肋间结构产生断裂或两肋分离，除对裂缝给予贴粘钢板、勾缝补强处理外，还需在肋的四分点至拱顶的区段内增设预应力钢筋或钢筋混凝土横系梁，以加强两肋间的横向刚度。肋脚与墩台帽接触的顶面、两侧产生轻微裂纹（缝）时，可用环氧砂浆灌浆勾缝；严重的、或有继续发展的趋势，则用粗钢筋、型钢锚入墩台帽内，且锚入长度要有足够深度，将钢筋或型钢用环氧粘结剂粘附于拱肋脚顶面、侧面，其长度不小于 50cm，外用环氧混凝土覆盖，并在拱脚段加强横向联结。

⑩墩、台帽面层出现被肋脚压碎现象时，可将肋脚两侧横向锚入短节粗钢筋，并浇筑梯形混凝土扩大肋脚断面。

⑪肋间的墩台出现竖直裂缝（垂直于桥面方向），可在裂缝处粘锚钢筋（板），其长度应为肋间距加三倍肋宽，外用环氧混凝土覆盖，并加强肋脚处横系梁的刚度。

⑫肋间的横向承重结构如拱波、微弯板等跨中出现断裂，用环氧砂浆嵌缝后，再在拱波（板）的顶面加铺钢筋混凝土板，同时减轻回填料的容重以符合原设计的要求。

⑬腹拱的拱圈石、灰缝出现间断裂缝，或个别拱圈石有下坠

趋势时,可用水泥砂浆嵌入裂缝并勾缝,对即将坠落的拱圈石两侧用环氧砂浆嵌入勾缝。若已设有伸缩缝,则可通过切锯排除其中阻塞物体。如系墩台下沉变位而引发拱圈破坏则应以处理墩台为主。

(5)干砌或砌体结合差、裂缝较大的拱圈,可采用水泥砂浆填补缝隙来提高砌体强度,对于砌体损坏严重、拱轴严重变形的拱圈必须通过翻修来提高承载力。

(6)圯工拱桥原拱圈尚好,只是强度不足,承载力低,需要提高其荷载等级时,可加设新拱圈,但要考虑墩台、基础的承载能力。

①在原拱圈上或下加设板拱圈。新拱圈厚度应根据承载需要进行计算。大中型拱桥加设新拱圈,拆除和砌筑拱上构造物时,必须进行方案设计,严格按设计进行施工。

②拱圈变形已经稳定,可在拱桥桥面加铺一层钢筋混凝土桥面板,将原桥改成拱梁结合体系,减轻拱圈压力,提高承载能力。

(7)圯工拱桥原设计荷载标准较低,但基础稳固,墩、台及拱圈料石强度较高,经验算后,可挖出桥面及部分填料,或更换为轻质填料,加设贯通桥宽的挑梁和钢筋混凝土桥面板,再铺筑钢纤维或纤维网水泥混凝土桥面,能达到加宽、提高承载能力的目的。

125. 双曲拱桥维修加固有哪些方法?

(1)拱脚段的拱波顶出现沿桥轴线的纵向裂纹,在裂纹中注入环氧树脂粘结剂后,用环氧砂浆勾缝。若其填平层同时有裂纹,则用较低标号的钢筋混凝土加厚该区段。

(2)拱脚段的拱背出现横向裂纹(垂直于桥轴线),内腹有压碎性发纹,可在桥台的前墙,或墩身与拱背交界处钻孔锚入 $\phi 16 \sim \phi 25$ 的粗钢筋或型钢,钢材间距 $20 \sim 30\text{cm}$,再用环氧树脂粘结于拱背上,钢材长度超过裂纹至小 $30 \sim 50\text{cm}$,其上覆盖 $5 \sim 8\text{cm}$

厚的环氧混凝土。

(3)拱顶段的波顶出现纵向裂缝(纹),在尚未发展到桥面时则应加厚拱波。若深度发展至填平层时,则须开挖路面加厚垫平层,并加强两肋间横系梁的刚度,如拱波间灰缝脱落,则用1:2砂浆勾缝。

(4)拱波与拱肋接触处产生纵向裂缝(纹),则沿此缝隙每间隔1~2m嵌入高强混凝土预制块件将波肋联结,所有缝隙用砂浆勾缝。

(5)拱肋局部出现裂纹(宽度 $\leq 0.1\text{mm}$),可先用环氧砂浆进行封闭,如发展情况较为严重、缝宽加大、加密,则可在该区段内粘贴钢筋(钢板)、或锚固一层“U”形钢丝网后,覆盖一层2~5cm厚的环氧砂浆。倘若此肋出现较大范围的裂纹,则将钢筋粘附于肋底及两侧,使之状如马蹄以扩大肋底断面。所粘附的粗筋与原有主筋进行电焊挂连,并伸入墩台帽内,其外浇筑混凝土将附加筋覆盖。

(6)桥孔内有三根以上的肋均出现较严重的裂缝时,在排除超重车的原因外,还应考虑桥孔跨径的变化。若进行全面整治,应与重建进行经济技术比较。

126. 肋拱桥有哪些维修加固方法?

(1)各式肋拱桥桥面铺装层有裂纹(缝)出现,在排除桥面施工质量因素外,如属纵横梁刚度、强度不足,可在梁的两侧粘贴型钢,或添加纵梁;如属肋的弹性沉落不均,则宜改善该区段内肋的刚度。

(2)多肋的中下承式肋拱桥在拱脚段的箱顶出现鳞状发裂,在侧板出现网状发纹,或拱与台帽接触处的上缘有较大分离,可将型钢一端锚入台帽内的圬工砌体中,其另一端锚于肋体上缘,再覆盖环氧混凝土以加强肋体。也可用预应力钢筋锚于台后以抵消部分负弯矩,以及加强墩台前的水平支撑体系,和延长拱顶段的支撑体系。

(3)肋拱桥的裸露吊杆,为了提高其抗冲击能力,防御大气侵蚀,可增加封闭套,用两半圆钢管、树脂管焊合后,在其内注入硫磺水泥砂浆,两端用黄油、沥青胶封闭,管外再涂防锈漆、反光漆。为了防止锚头内的夹片松弛,可加设锁头器锁固下端的钢绞线以及微调螺母,或加钢压板压紧锚头。

(4)中、下承式肋拱桥其横梁若在行车时发生顺桥向摆动,则在各横梁间加设两根纵向支撑梁,直接与墩台连接将水平力传递至墩台。

127. 钢筋混凝土箱形板拱及多箱形式的板拱损坏时是采用什么方法进行维修加固的?

(1)钢筋混凝土箱形板拱,拱顶腹板开裂应及时用环氧砂浆嵌塞勾缝。如属承载标准偏低,则在拱腹内用钢板垂直锚粘于裂缝上;如属墩台滑移使跨径增大,则要及时处治墩台。须减轻桥梁净重时,可更换拱上填料,改水泥混凝土铺装为沥青混凝土铺装等。

(2)多箱(肋)拼成的板拱,当个别箱体(肋)开裂或损伤严重,不能及时抽换或改造加固时,可铺设与全部箱体同宽的刚性较大的型钢,或较厚的枕木垛作暂时处理,并控制重车的通行。

128. 桁架拱桥及刚架拱桥的维修加固方法有哪些?

(1)钢筋混凝土上承式刚架拱桥,其长肢杆遭受撞损,则在破损面内注入粘结剂后,用四支较长的型钢粘固于裂缝四周。

(2)钢筋混凝土上承式刚架桥、桁架拱桥,端部下弦杆承受最大应力,当有撞损时应及时进行维修加固。各腹杆与上下弦铰结处出现的裂缝可用砂浆封固。若下弦根部出现横向裂纹,则应立即加强、加固横向联结,杜绝摆动,同时用环氧砂浆封闭裂纹(缝)。

(3)钢筋混凝土桁架拱桥无论是有铰或无铰,其受拉杆件和

受压杆件的节点处钢筋密集，受力复杂，常在节点处产生发纹、裂缝。在裂缝允许宽度内可用环氧粘结剂、改性乳胶漆封闭；如缝宽较为严重，则可在节点附近设置一定形状和尺寸的型钢，在节点两侧铺设预应力钢筋（如为受压杆件时设置型钢以避免断裂），通过型钢孔将钢丝（筋）预拉锚固于型钢上，再用环氧砂浆封闭。

(4)跨中设有铰或挂孔的桁架拱形桁梁，上弦承受最大张力，铰或挂点出现下垂时，如有可能可在预留孔中穿入预应力筋，或在桥面铺设预应力钢丝束（筋）与铰或挂点连接，施张后锚固于墩台的后下方。施张时在下垂点配合千斤顶及其他吊装设施辅助提升张拉。新增的预应力筋应用混凝土覆盖。

(5)上承式桁式组合预应力混凝土拱桥，结点处钢筋密集，受力复杂，成形后产生的发纹一般用粘结砂浆涂抹或粘贴钢材，肢杆、接缝处出现较为严重的损伤则在其两旁施加预应力钢筋进行加固。参与上弦工作的桥面板需抽换时，应暂停使用。

129. 钢管混凝土拱桥的维修加固法有哪些？

(1)钢管混凝土的外包混凝土在某些区段出现折皱、龟裂、垂直裂纹，其成因复杂，当无明显的变形时暂用水泥砂浆涂抹，加强观察。

(2)拱脚段为钢筋混凝土包裹，以上区段为裸露的钢管混凝土，在交界段上露出的钢管面上的油漆层若出现折皱、龟裂，在排除油漆质量、气温、老化等原因外，宜再将包裹混凝土向上延长。

(3)裸露的钢管混凝土钢管表层出现收缩状折皱（一般是钢管的厚度不足或套箍技术指标未达到设计要求，以及格构的节间长度不当），可在钢管外层浇筑一层钢筋混凝土予以加强，或加密格构间的缀体板。

(4)在确定钢管混凝土的管内有空洞或离析时，可采用钻孔注入环氧树脂、水泥砂浆后再封闭钻孔。

(5)当发现刚度不足时,必须由有相当资质的设计单位进行加固设计并及时予以加固。

130. 为了提高拱桥的承载能力,往往采用增加拱圈厚度和刚度,加大拱肋截面、增设新拱肋等方法,试列举不同情况下的不同加固方法。

(1)当砖、石拱桥的拱圈内壁出现表层剥落、松散、老化等情况且不适应目前交通时,可采用在拱圈内壁挂钢丝网,并喷射水泥砂浆的加固法。

加固时,可先去除剥落、松散的表层,并用水冲净,当其处于潮湿状态且无水珠时,在拱内圈设置钢丝网格,利用水泥喷枪喷射高强水泥砂浆,厚约4~5cm。如需加厚可至6cm,但需分层喷浆,如图4-9所示。

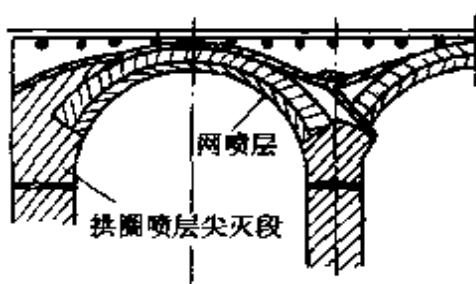


图 4-9 钢丝网水泥拱圈内壁喷射加固法

(2)钢筋混凝土拱圈内壁浇筑加固法。拱桥拱圈内壁损坏严重时可采用此法进行加固,具体做法与上述方法相似。在采用如上清理和维修处理措施后,再在原拱圈下绑扎钢筋网,并正确位置上固定后,用泵送混凝土浇筑一层钢筋混凝土新拱圈,见图4-10所示。

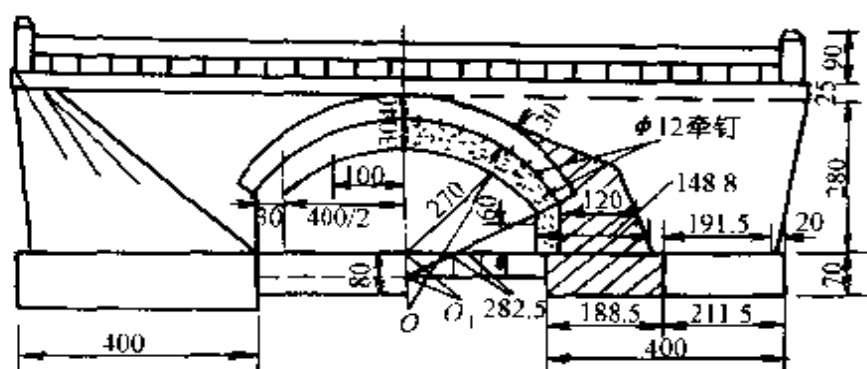


图 4-10 钢筋混凝土拱圈内壁浇筑加固法(尺寸单位:cm)

施工时,应特别注意新旧拱圈的紧密结合,加强混凝土养生,冬季还应做好防冻保温措施。

(3)原拱上增设钢筋混凝土拱圈加固法。此法是拱桥中较常用的加固法之一,它不仅加固了拱圈,且将原有开裂拱联结在一起,也利于桥面排水。具体加固方法见图4-11,其施工过程如下:

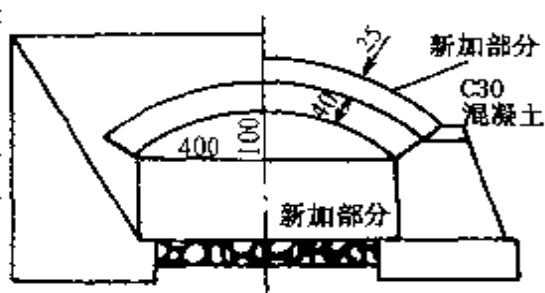


图 4-11 增设钢筋混凝土拱圈加固法
(尺寸单位:cm)

①对称开挖拱上填料,对全桥产生裂缝部位进行压浆处理,以修补裂缝。对损坏严重处,待拱圈暴露后,先浇注一道宽 25mm、厚 30mm 的钢筋混凝土拱板,以作临时加固。

②在全桥范围内浇筑一层新的钢筋混凝土拱圈,完成拱上建筑的加固工作。

(4)拱桥钢板箍与螺栓锚固法。石拱桥可在拱圈的跨中和 $1/4$ 处加设三道(或多道,视具体情况而定)钢板箍(钢板厚可用 6~8mm)或钢拉杆,用螺栓在拱底及拱侧钻孔锚固,并注意将锚固点设在拱圈厚度的 $1/3$ 处。锚固孔用膨胀水泥砂浆填塞牢靠。此法可提高拱桥的整体强度,达到较好的加固效果,见图4-12所示。

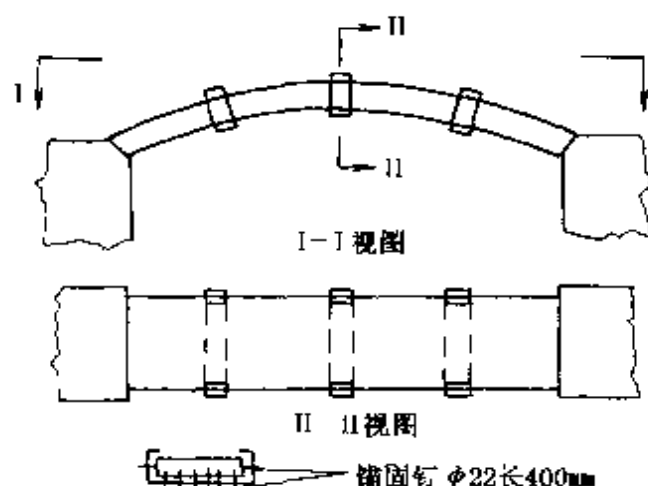


图 4-12 采用钢板箍与螺栓锚固拱圈的加固法

肋断面的含筋率或变无筋拱肋为有筋拱肋,提高拱肋的抗弯刚度的一种加固方法。

如某桥原拱肋截面为 $20\text{cm} \times 24\text{cm}$,在不改变原有拱轴线形情况下,加大拱肋截面为 $45\text{cm} \times 45\text{cm}$,主拱圈全高由 92.5cm 增加到 113.5cm,从而达到较好的加固效果,如图 4-13 所示。

采用外包混凝土扩大拱肋截面补强加固施工工艺如下:

- ①桥下搭设脚手架;
- ②在拱肋表面凿毛清洗,以保证新旧混凝土有良好的结合,在锚固筋处将原拱肋中的主筋凿露;
- ③绑扎钢筋,焊好锚固筋,安装模板;
- ④通过侧模上预留的灌注孔口浇筑外包混凝土并振捣密实;
- ⑤混凝土养生、拆模。

(6)粘贴钢板或钢筋加固拱肋。为提高双曲拱桥拱肋强度,可在拱肋表面清理整洁后,用环氧类砂浆粘结钢板或钢筋的方法来提高拱肋的抗弯刚度。在拱圈产生裂缝或承载能力不足时,采用此法加固效果明显,见图 4-14 所示。

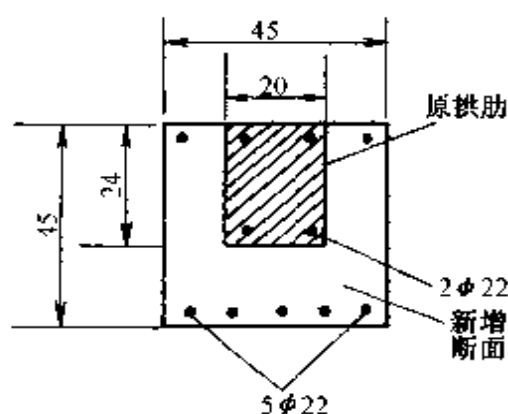


图 4-13 扩大拱肋截面加固法
(尺寸单位)

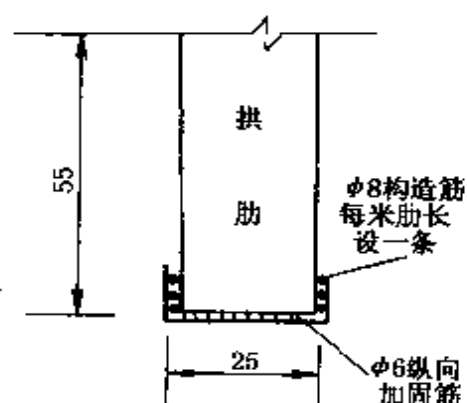


图 4-14 粘贴钢板或钢筋加固拱肋(尺寸单位:cm)

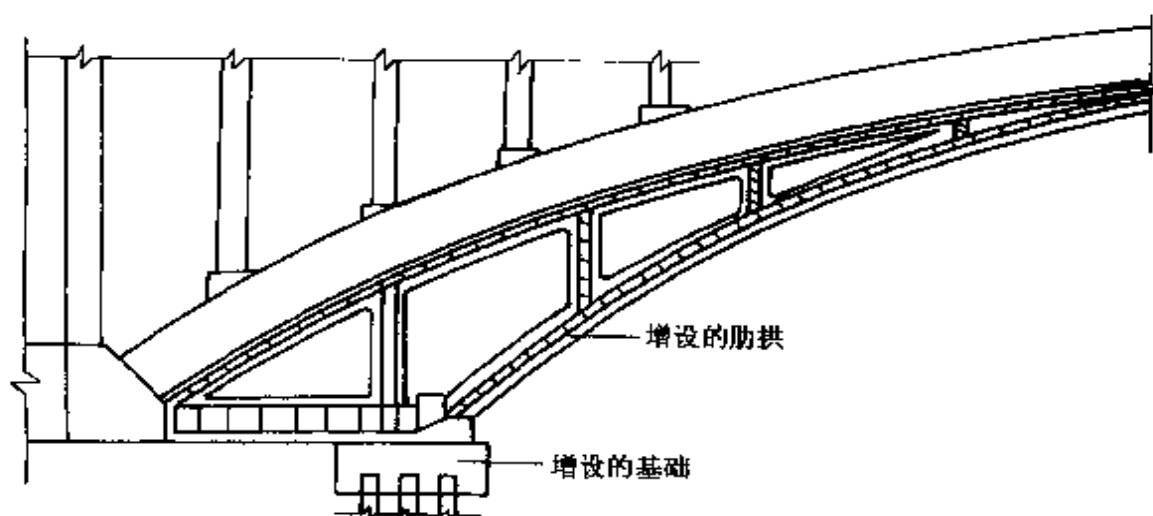


图 4-15 增设拱肋加固法

(7)增设拱肋加固法。在较大跨径的拱桥下新建一座跨径较小、矢度较大的肋拱,使肋拱的上弦与老拱桥连接在一起,新老桥台连接在一起,见图 4-15 所示。此法可用于大跨径、桥台水平位移大的有肋或无肋双曲拱桥的加固。

采用此法施工时,要求肋拱上弦钢筋和原拱肋或无肋拱波用箍筋联在一起,现场浇筑混凝土。

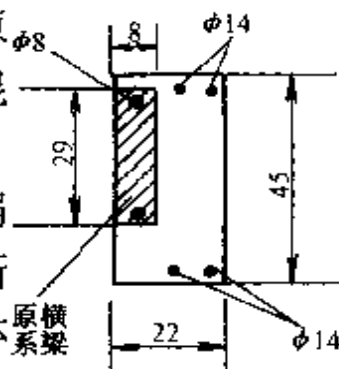


图4-16 增加横系梁加固法(尺寸单位:cm)

(8)增加横系梁加固法。当横向联系较弱时,可采用加大原拱肋间横向系梁截面,或新增横向系梁,以加强拱肋抗扭刚度和横向整体性的方法进行加固,见图 4-16 所示。此法一般可与上述拱肋截面扩大加固法一起进行,能取得较好的加固效果。

131. 减轻拱上自重的方法一般有哪几种? 减轻自重时应注意些什么事项?

减轻拱上建筑自重也是一种调整拱上恒载分布的手段,尽管它们的目的是为了恢复和提高原桥的承载能力,但它们的出发点和适用场合却是不相同的。调整拱上恒载分布是针对主拱圈变形过大,通过调整拱上恒载的办法来调整拱轴线与压力线;采用减轻拱上建筑的自重,则主要是针对某些双曲拱桥的基础承载能力较低,通过这一措施降低对基础承载力的要求。

此外,主拱圈的受力性能与拱上恒载的分布(即压力线形状)及拱上建筑的联合作用有着密切的关系,因此,当采用减轻拱上建筑自重措施时,必须对拱的受力进行详细的计算,包括改造后的营运受力状况(必要时可考虑拱上建筑联合作用)和施工中裸拱的受力状况,以使主拱圈处于最佳的受力状态,以此来确定减轻拱上建筑自重的布置方案、结构形式和施工程序。必须使压力线尽量保持与原桥一致,并严格按照改造设计的施工程序进行拱上建筑的拆除和重建,以确保主拱圈的安全与均衡受力。如

果原桥裸拱受力不能满足要求时,则应先加固主拱圈,再拆除改建拱上建筑。

减轻拱上建筑自重的方法可以有以下几种:

(1)降低桥面标高,减少以至完全取消拱上填料,或使用轻质拱上填料。

(2)将腹拱的重力式横墙挖空,或改建为钢筋混凝土立柱。

(3)用预制的钢筋混凝土 T 梁、微弯板或空心板等轻型桥面系取代笨重的腹拱体系。

(4)采用钢筋混凝土刚架或桁架式拱上建筑。

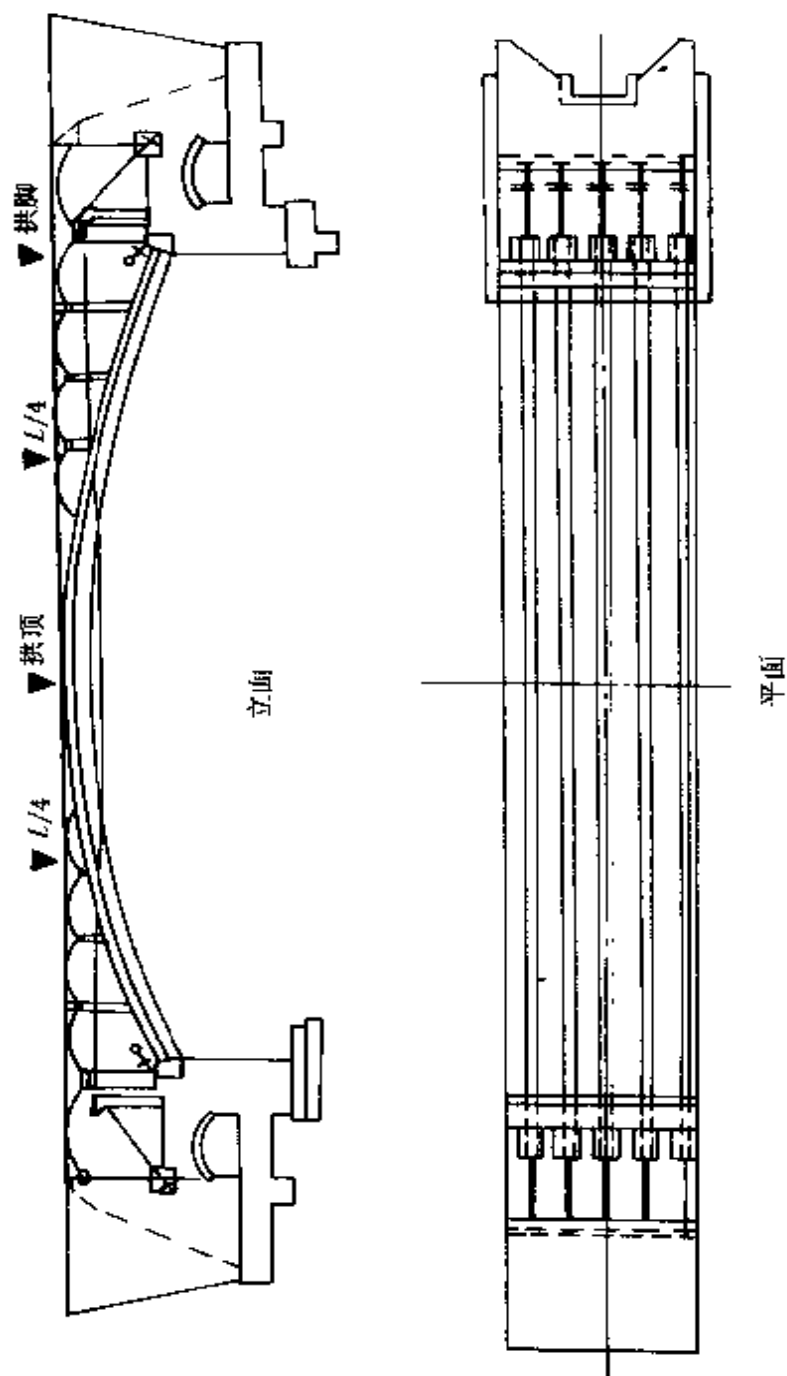
例如某桥改造工程中,拱上建筑部分即按此法作了相应的改造。首先在主拱圈处于无支架状态下进行原拱上建筑的拆除工作,具体的拆除程序是先拆除桥栏杆和桥面铺装,挖除拱上填料,对称地拆除两侧的腹拱拱圈,最后由跨中向拱脚依次拆除腹拱立柱和底座。由于上述工作均在主拱圈无支架状态下施工,因此在拆除工作中应严格按照技术改造设计的程序分阶段对称均衡地进行,避免主拱圈在施工过程中产生不均匀变形。新建的拱上建筑采用轻型结构,以在立柱上安装门形预制板代替原有的圆弧形腹拱。

132. 试举例说明双曲拱桥上部结构采用体外预应力加固的施工步骤及要求。

对双曲拱桥的主拱肋采用体外预应力加固,可提高拱桥的整体强度和刚度,从而提高拱桥的承载能力和耐久性。具体加固步骤及施工要求如表 4-8 所列。

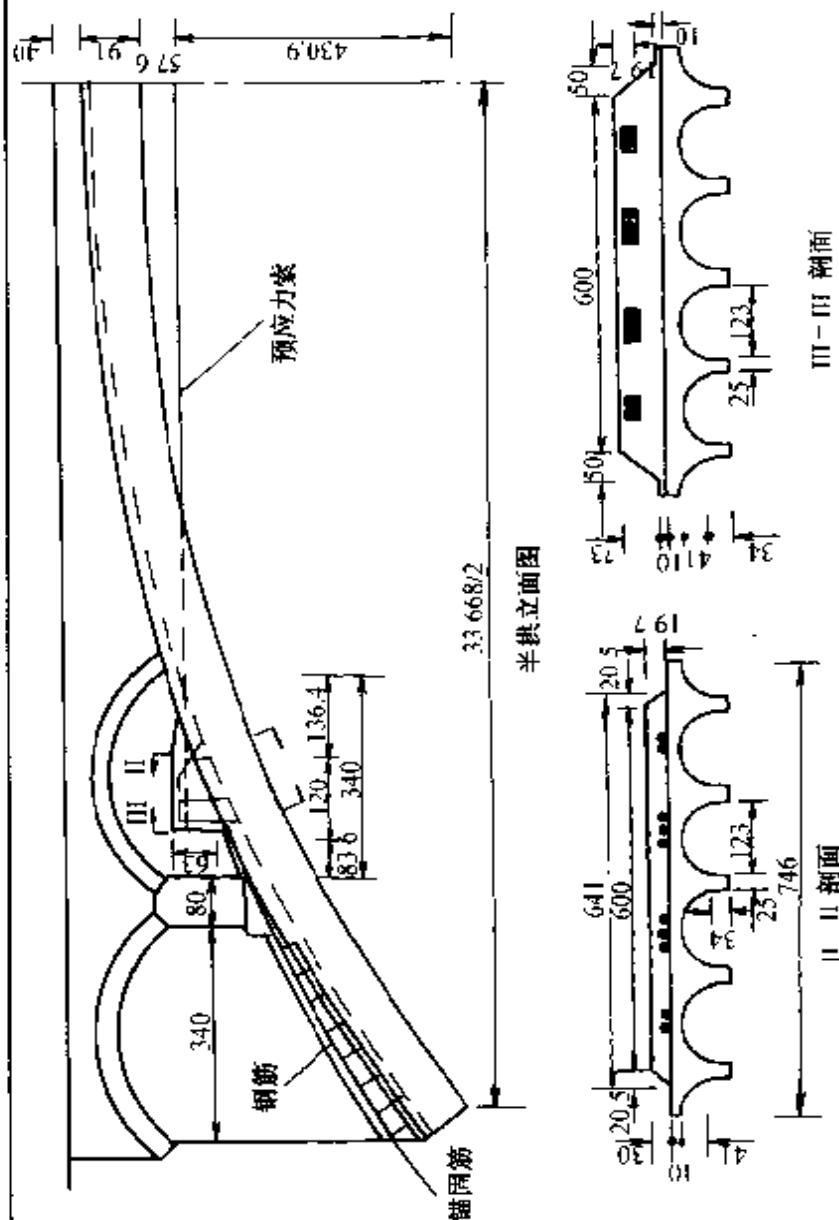
133. 拱桥拓宽加固有哪几种方法? 举例说明。

拱桥拓宽加固方法很多,石拱桥及双曲拱桥和桁架拱桥常见的拓宽加固法如表 4-9 所列。



体外预应力加固总体布置

加固简图



拱上构造配筋图
加固简图

1. 由于该桥是拱顶下缘开裂, 施加预应力度位置必须在弹性中心以下, 才能对拱顶截面产生负弯矩; 对于拱脚截面上缘的裂缝, 因为预应力度锚固有一定困难, 则采用增加拱脚背钢筋、增厚拱脚截面混凝土, 使其中性轴上移的措施;
2. 为使上述措施有理想的加固效果, 在理论上通过平面杆系有限元法, 在计算机上反复上下移动施工预应力的水平位置和大小时, 通过计算得出水平力作用于拱顶下缘以下 57.6cm, 所加预应力为 1600kN 为宜;
3. 在结构措施上, 为使新老混凝土能结合良好、共同受力, 除在老混凝土表面凿毛外, 还在原主拱圈背后 (拱脚至 1/4 点, 拱肋上方) 凿打 $\phi 26\text{mm}$ 、深 20cm 的锚固孔, 插入 $\phi 12\text{mm}$ 的钢筋, 以利抗剪、抗拉;
4. 在墩、台拱脚背以上, 采用风镐, 顺拱轴方向打入深约 60cm、 $\phi 32\text{mm}$ 的孔眼, 以锚固拱脚背增加的主筋;
5. 预应力度拉索采用 7 $\phi 5$ 钢绞线, 为了保证其耐久性, 采用了 PE 热挤过塑防腐钢绞线。单索布置, 单索张拉, 在有限的空间范围内, 使用小吨位的 YC-20 千斤顶进行, 索力以油泵压力为主控制。

加固说明

拱桥拓宽加固方法

表 4-9

桥型	加固图式	方法说明
石拱桥的加宽	<p>石拱桥采用悬臂加宽</p>	<p>1. 直接靠着原有拱圈建造一个新的拱圈,以加宽桥梁的行车道。加宽部分与老拱圈之间可留出一条 3~4cm 的空隙,以防新老拱圈变形沉降不一而引起拉裂。加宽时,还须将老桥侧墙拆除,以使两个拱圈共同支持一个拱上结构;</p> <p>2. 设置挑出悬臂盖梁的方法加宽旧石拱桥,挑出悬臂要进行设计验算并设置钢筋,悬臂上一般不仅可布置人行道,而且可设置车行道;</p> <p>3. 在拱上铺有足够宽度的钢筋混凝土板进行加宽。此法适用于跨径较小的拱桥,或者基础和下部结构都很坚固,但拱圈不能承受由于加宽而产生的额外荷载的桥梁。当基础承载能力不足时,可通过加固措施来满足</p>
	<p>用设置钢筋混凝土梁和加固桩的方法拓宽旧拱桥</p>	
	<p>双曲拱桥采用工字梁加宽</p>	
双曲拱桥和桁架拱桥的加宽	<p>桁架拱桥采用悬臂加宽</p>	<p>1. 一般可采用在加宽墩台基础的前提下另增设承载力高的新梁的办法。对于桁架拱桥,加宽时采用两侧各加一片新的刚度比厚桥大的桁架拱片,并保持原拱片线形,新老结构采用刚性连接,这是经实践证明的一种有效的加宽加固法。</p> <p>2. 也可采用挑出悬臂加宽桥面的方法,图示为桁架拱桥加宽的悬臂构造。</p> <p>3. 尺寸单位: cm</p>

134. 在拱桥加固中,若拱轴线变形较大,承载力不足时,常采用顶推法调整拱轴线,恢复其承载力。什么是顶推法?顶推加固工艺设计有哪些内容?施工程序及人员组织是如何进行的?

拱轴线的形状不仅直接影响到主拱圈的内力分布及截面应力的_{大小}(亦即主拱圈的承载能力),而且它与结构的耐久性(开裂影响)、经济合理性及施工安全等有密切关系。对于主拱圈变形过大的双曲拱桥,实际拱轴线与压力线的偏离较大,此时若仅仅采用对主拱圈截面进行补强加固,已不能有效地改善主拱圈的受力状况,这就需要对拱轴线与压力线进行调整,使两者尽量吻合以改善主拱圈的受力。

顶推法就是调整拱轴线及压力线的有效方法。

施工时将拱桥的一端作为顶推端,设立顶推横梁,横梁与拱肋紧紧相连,凿除拱脚与支座的联结,使支座自由,然后,安放千斤顶,利用千斤顶的推力沿拱轴向上、向跨中方向顶推横梁,从而使整个拱轴移动。当顶推位移值相当于原桥已产生的位移值时,停止顶推。然后拱脚离开拱座的空隙上浇灌高强快硬水泥混凝土,待混凝土达到设计强度后,再放松千斤顶,顶推工作完成。这就是顶推法加固的内容。

顶推加固前必须进行施工设计,设计内容包括:

(1)顶推横系梁的设计。设计目的是要使千斤顶推力完全可靠地传给主拱圈,保证拱脚部分主拱圈受力均匀。

(2)千斤顶的布置和数量的计算。

$$h \geq \frac{N}{KP}$$

式中: h ——所需千斤顶数量(台);

N ——上部结构在拱脚产生的恒载内力

$$N = H \cos \varphi_0 + r \sin \varphi_0;$$

P ——一台千斤顶的最大负荷;

K ——千斤顶的机械效率,取 $K = 0.8$ 。

(3)顶推量的确定原则:

- ①根据实测位移量;
- ②根据拱顶实测下沉值和拱顶推力影响线推算;
- ③顶推直至桥沿或缘石出现负弯矩裂缝为止。

顶推对拱轴产生变化,具体见图 4-17 所示。

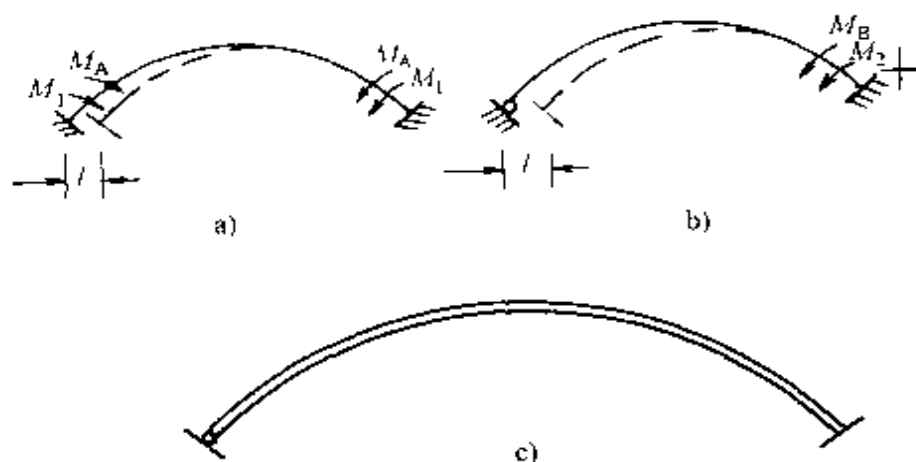


图 4-17 顶推时结构图式的变化

a)顶推前;b)顶推过程中;c)顶推后转为单铰拱

顶推施工程序如下:

(1)在顶推前先将拱脚锚固钢筋切断,并将拱上建筑与桥台分开,使顶推时拱上建筑能随同拱圈自由变形。

(2)顶推可在桥的一端进行,也可先在桥的一端顶推至计算的一半顶推水平距离,再移置另一端顶推完成。顶推的基本做法:在桥台的拱脚处安装传力结构(钢夹具或铡性横梁),通过千斤顶施加推力,将拱圈自拱脚向跨中方向顶推,以实现调整桥台位移和拱轴线,恢复承载能力的目的,见图 4-18。顶推后,将拱脚端的空隙处浇筑高强快凝混凝土。顶推也可在桥台区挖槽,顶入受力管,使其顶管与原桥台共同受力,以调整桥台水平位移和拱抽线。

(3)顶推应按照一定程序,分级缓慢进行,直至达到计算要求的顶推水平距离,或者拱上桥面出现横向裂缝,不能再顶推时为止。

(4)顶推加固所需机具设备见表 4-10,人员组成见表 4-11。

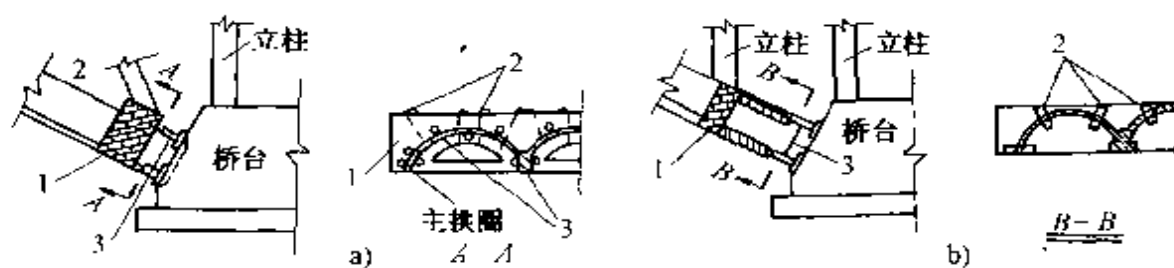


图 4-18 拱桥桥台顶推法维修

a) 千斤顶、刚性横梁的布置;

b) 千斤顶、钢夹具的布置

1-刚性横隔梁;2-高强螺栓;3-千斤顶

1-横系梁;2-钢夹具;3-千斤顶

顶推工艺所需机具设备

表 4-10

序号	设 备 名 称	规 格	单 位	数 量	备 注
1	电动油泵	LYB61 型	台	1	
2	分油器	$h = 570$	台	1	
3	高压油管	钢或胶皮 $\phi 8$	m	48	
4	油压表		个	2	
5	扳 手	24"	只	1	
6	扳 手	14"	只	2	
7	扳 手	8"	只	1	
8	管子扳手		只	2	
9	台虎钳		台	1	
10	油压千斤顶	1000kN	只	21	视实际情况计算定
11	经纬仪		台	1	
12	水准仪		台	1	
13	电阻应变仪		台	3	
14	电测位移计		只	4	
15	百分表	行程 1cm	个	2	
16	电钻(钻混凝土孔用)	钻孔直径 $\phi 48$	台	1	

顶推工艺的人员组织

表 4-11

序号	操 作 名 称	单 位	人 员	备 注
1	油泵指挥	个	1	
2	总指挥	个	1	
3	记录并掌管油压	个	1	
4	百分表记录员	个	1	

序号	操作名称	单位	人员	备注
5	应变测量	个	6	根据需要而定
6	水准测量	个	2	
7	经纬测量	个	1	
8	拌制快硬水泥砂浆	个	1	
9	现场保卫及维持油压	个	2	
10	灌注快硬水泥砂浆		3	
11	安全保卫及交通组织		3	视需要可适当增加
	合计		22	

135. 钢板梁有哪些加固方法? 按照钢结构受力情况的不同又有哪些加固形式?

(1) 钢板梁如由于穿孔和破裂削弱断面时, 可用补加钢板或夹板夹紧铆固, 把边缘锉平, 使之结合紧密。如钢板受到了较短或较深的创伤, 宜用电焊填补。

(2) 加固钢板梁时, 视结构的变形情况, 采用增设水平加劲肋、竖向加劲肋的方法加固, 或在梁底加设加劲杆件的方法加固。

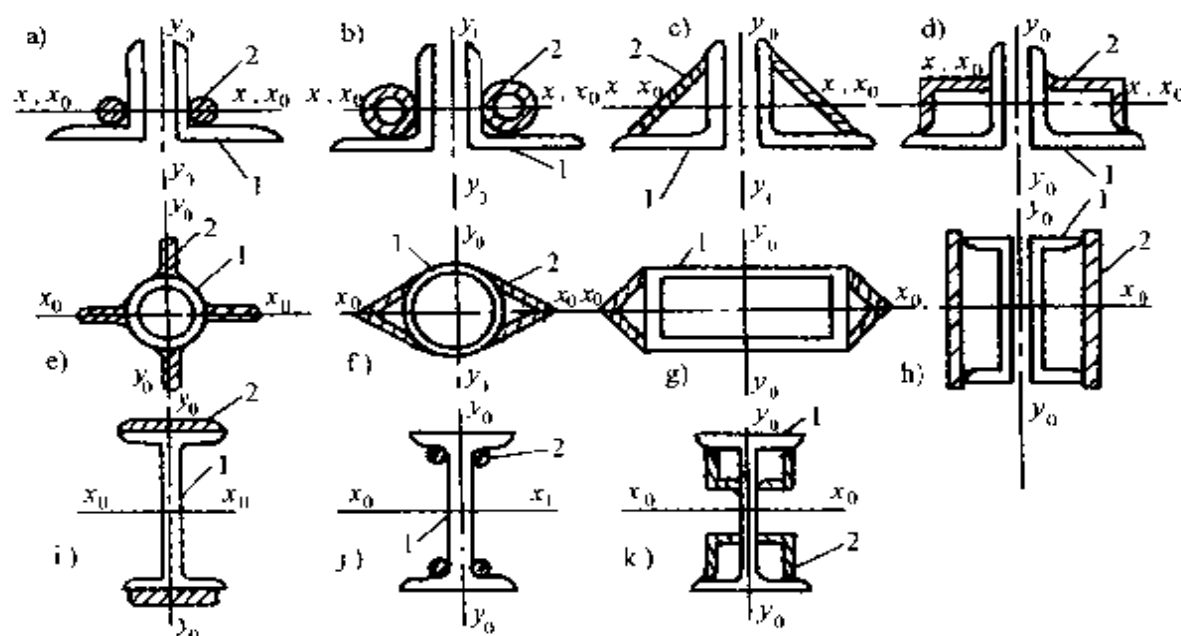


图 4-19 受拉构件的截面加固形式

1-原截面; 2-增加截面

按照《钢结构加固技术规范》(CECS77:96)的规定,钢结构依受力情况的不同其加固形式如图 4-19、图 4-20、图 4-21 和图 4-22 所示。

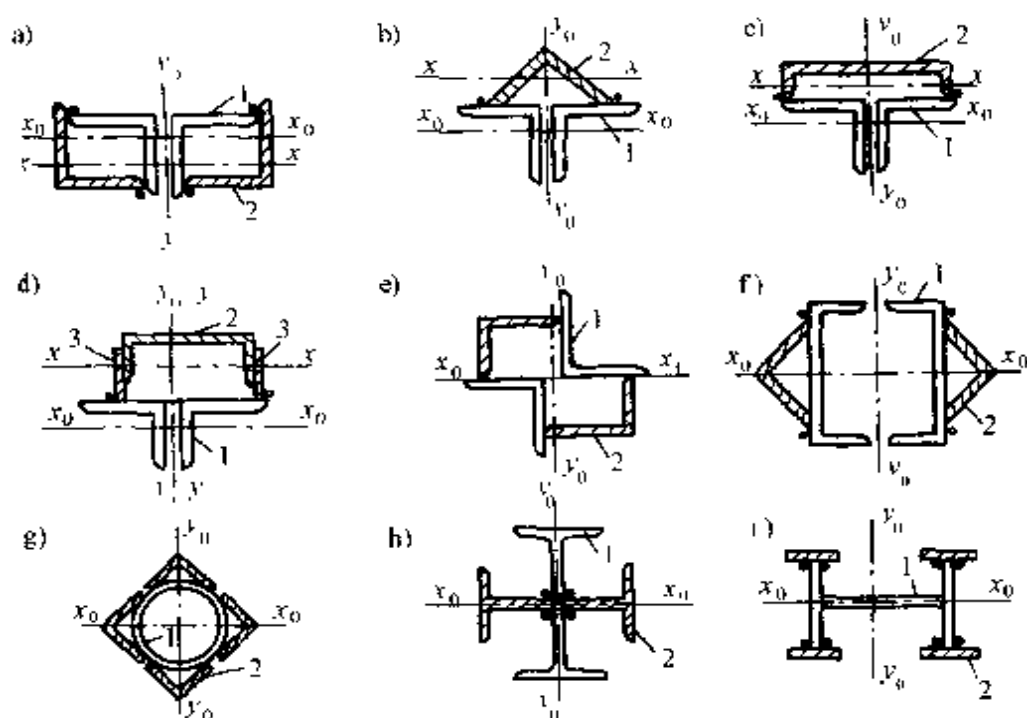


图 4-20 受压构件的截面加固形式
1-原截面;2-增加截面;3-辅助板件

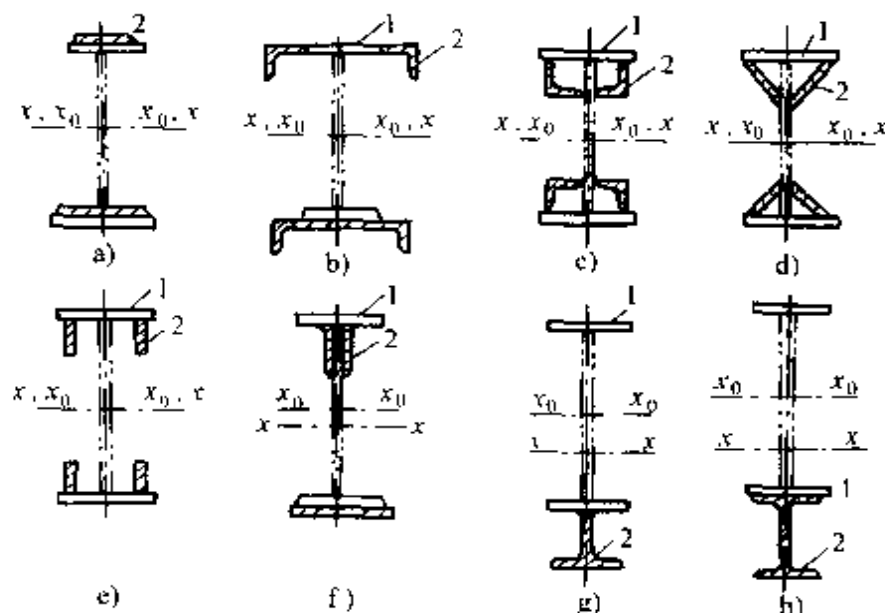


图 4-21 受弯构件的截面加固形式
1-原截面;2-增加截面

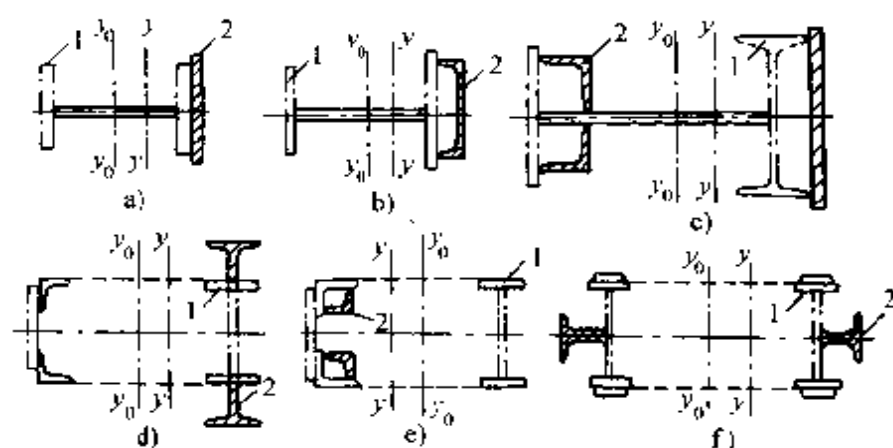


图 4-22 偏心受力构件的截面加固形式
1-原截面;2-增加截面

136. 桁架钢梁(含贝雷梁)的加固方法有哪些?

(1)钢桥个别杆件的加固,主要采用下列三种方法:

①一般用补加新钢板或角钢、槽钢,加大杆件截面加固。加固可用螺栓铆接或焊接,使与原杆件结合在一起,共同受力。当采用栓接时,每个截面上最多一次只开两个栓孔,且相邻两截面距离不小于被加固杆件高的 2 倍。

②在杆件底下加设加劲杆件,或增强各杆件截面间联系的方法加固。

③在结合处用贴板拼接,或加置短角钢的方法加固。

(2)由于荷载等级的变化或整个结构强度下降,导致钢桁架桥承载能力不足时,应通过分析计算,有必要加固时,可采用下列方法加固:

①增设补充钢梁可装在原有各梁之间,也可以紧靠在原有各梁的旁边。

②在主桁架上装置附加结构,主要的方法有下列四种:

a.用加劲梁装在主桁架的下弦杆上,适宜于不通航的桥孔结构或桥下净空足够的小型桥梁。

b.用体外预应力体系加固,预应力施加在下弦杆下挠后的截面形心之下,预应力加固法对桥下净空的影响较小,施工方便,但

预应力钢索的防锈工作较困难。

c. 用拱架结构装在主桁架的上面, 适宜于墩台承受能力允许的条件下的通航桥孔结构的加固。方法为在原有主桁架上装置拱式桁架, 拱脚可用刚固连接或铰接连接。拱的矢度或加劲梁的高度, 应相当于被加固桁架跨径的 $1/6 \sim 1/10$ 。其吊杆或竖杆应装置在被加固桁架节点中, 如原有主桁架上没有竖杆, 则原有桁架应添设新的竖杆, 以与加劲杆或拱架的竖杆或吊杆相连接。

d. 用悬索体系加在主桁架上面, 将被加孔的恒载转嫁到悬索上, 使结构的变形恢复。这种方法可在营运状态下进行, 同时适宜于通航桥孔结构的加固, 但应在墩台承载能力允许的条件下。根据实际情况, 也可采用其他加固方法。

③在不影响排洪和通航的情况下, 可在桥孔中间添建桥墩, 缩短跨径, 减小桁架杆件的负荷。但是由于桥孔分成两半, 引起原有桁架或板梁杆件在新桥墩上这一部分的应力加大。为了承受加大的剪应力作用, 在新桥墩顶的上部结构中必须加置竖杆及必要的斜杆。

④对于多孔简支主桁架, 分联将其转变为连续桁架, 结合采用体外预应力加固方法, 使被联结的主桁架上弦杆在墩顶处得到补强。

137. 当斜拉桥的斜拉索索力超过设计值, 或拉索出现锈蚀及钢丝断裂时应采取何种维修加固方法?

(1) 拉索及支座的调整

①应根据对钢索、锚具的损坏检查及评估结果, 对已超出安全限值的拉索进行更换。

②应根据对索力及桥面标高的定期检测结果, 对已超出设计限值的拉索进行索力调整。

③应根据对副墩与支座下沉的定期检测结果, 对已超出设计限值的支座进行调整。

(2) 拉索锈蚀及钢丝断裂的分析评估

必须对所有拉索进行详细检查,从而确认锈蚀原因、锈蚀的程度,钢丝断裂原因、程度及部位。如某斜拉桥竣工通车后没几年,即发现斜拉索几乎都有异常的腐蚀现象,拉索外部发现有锈斑,另外,在底下锚固部位的拉索则发现钢丝断裂。通过进一步对锈蚀严重的拉索的解剖检查,发现锈蚀已进断面中心,用电磁探伤仪检查也发现钢丝的破断和裂伤在拉索锚固部位特别多,严重的地方,一根拉索的钢丝有 12% 发生断裂或裂口。根据检查认为该桥的拉索锈蚀及钢丝断裂现象非常严重,随时会发现拉索断裂的危险,因此必须采取对全部拉索进行更换的加固措施。

又如某斜拉桥通车多年后在桥梁检查中发现有多根拉索钢丝断裂,且有少数拉索有锈蚀现象,通过进一步的检查发现全桥 80 根斜拉索中有 18 根、26 处的钢丝断裂。根据检查结果对 18 根拉索进行更换加固。对锈蚀拉索的检查发现锈蚀为表面现象,所以对这些拉索进行更换防护包装。

通过对拉索及锚固锈蚀、钢丝断裂状况的检查,及对每根拉索整个断面的损坏程度,损坏拉索的根数及索面的分布情况,以及对全桥安全危害情况的评估,从而确定维修及加固方案。

(3) 拉索的调整和更换程序以及注意事项

①换索前,应对桥进行详细的特殊检查及检测。检查及检测内容应包括:

- a. 索力变化及偏离设计值的程度。
- b. 梁、塔柱的变位、内力变化及偏离设计值的程度。
- c. 钢索及锚具锈蚀状况的检查及评估。
- d. 锚固区附近以及全桥其他部件混凝土损坏情况的检查。
- e. 检查报告还应包括:换索决策的技术、经济分析及论证,以确保换索在安全、经济、合理的前提下进行。

②拉索调整及更换方案的设计,应在特殊检查的基础上,充分考虑桥梁的交通情况、安全性、耐久性及施工的简便性等要求,做到精心设计。设计方案包括:换索方案的总体设计、斜拉索及锚具的选择及设计、索力及安全性的计算,拉索的防护设计

及换索工程工艺设计。

③换索施工应严格按设计规定的程序及工艺要求,卸索松张及装束张拉应对称、分级进行,并要求边施工边监控桥面高程的变化。在施工过程中新拉索及邻拉索的索力变化应控制在安全的范围内。

④应对更换的新索索力进行多次检测及调整,以达到设计要求。更换工程竣工后,应对全桥拉索的索力及主梁高程进行测定,以检验换索效果。

⑤拉索更换工程竣工后,应将有关技术图纸、主要设计值、观测值及标定值等资料归纳整理,移交养护单位。

138. 悬索桥(吊桥)的桥塔、加劲梁及吊索加固有哪些主要方法?

(1)提高刚度有下列措施

①设置中央扣件把加劲梁与主缆在跨中固结。

②把直吊索改为斜吊索或交叉斜吊索。

③在主跨四分点附近增设斜拉索,将吊桥与斜拉桥两者结合,可大大增加吊桥的跨越能力和刚度。

(2)悬索桥桥面产生横向摆动的加固措施

①在桥的两岸上下游各设一根略低于桥面的跨河钢缆,并用较细钢绳将桥道梁端部与此钢缆(风缆)连接形成抛物面的网格。

②加强、加固桥面下的水平支撑结构(风构),以增强横向刚度。

(3)主缆的最大活载挠度绝对值之和不宜超过 $L/350 \sim L/400$,当主缆垂度增大,桥面下垂,以及个别主缆中的钢束股松弛不受力时,则要调整缆索曲线,按抛物线进行检核。收紧缆索的措施为

①先将半跨中的一侧索夹放松,将此侧的静载卸荷于邻侧的主缆;

②在锚洞前将松弛(下垂)的分缆束用绞车或其他张拉器加以

张拉,达到所需的受力状态或下垂度,并要略加超张拉;

③立即将锚洞内拉杆上的螺母向后拧紧,如螺母已达尽头则在拉索的锚头处垫塞钢片,直至拉索受力相同或达到下垂所需长度为止;

④用上述方法和顺序张拉其他分缆;

⑤恢复该侧的静载状态;

⑥同样再在对岸张拉同一钢束索,往返进行;在不得已时可截断钢索。

(4)截断钢索后的处理:延长的钢索作适当截短后,将索头进行严格的清洗擦拭,除去油污、锈迹,投入稀酸液中浸泡达到光洁,再在中性水中冲洗干净以防残余酸液渗入接头外的索中。擦拭干后将细钢丝弯曲成钩。原有套筒必须经过类似清洗,再将蜷曲的钢丝头塞入套筒,浇入熔融的锌铜合金液后使三者结成整体,即可按原状恢复使用。

(5)由一系列斜钢缆和部分垂直钢缆组成的各式网格状斜拉索吊桥,其挠度要求仍不宜超过 $L/350 \sim L/400$ 。但不能按抛物曲线来检核,可按原设计的各吊点的标高与已发生的标高进行对比,直接校正变化点。因此当有变化时只需张拉该处的拉索,调整拼接板上的“U”形拉杆螺母,以使肢杆拉索达到要求的受拉状态。

(6)鞍座归位:将一侧的索夹放松,全部静载卸荷于另一侧的主缆上,在塔顶用千斤顶提升主缆,迫使辊轴归位,并向返回方向略超位 $1 \sim 2\text{cm}$ 。校正辊轴后,下放主缆,涂抹黄油,恢复盖罩,还原静载。

(7)锚洞内的病害加固处理:拉索后端的锚碇板在锚孔处出现发纹时,应将拉杆置入新加的钢筋混凝土锚板中,新锚板应预留一定数量的孔洞,留待以后更换时使用。新旧锚板要支垫出一定距离。支承锚碇板的支撑,如发生裂纹或损毁,可在邻近洞口的一侧竖立新的型钢支撑以加强抵抗能力。锚洞外的压重体如出现松散龟裂,要及时注入粘结剂,并另外增加一些圬工以补足重

量。

(8)加劲梁及其他钢构部分的加固方法可参见钢桥加固的问题答案。

139.涵洞的维修加固及改造有哪些方法?

(1)涵洞入水口处的维修加固。

①位于陡坡上的涵洞或直接受水流冲击的涵洞,其入口处应采取适当的防护措施,如浆砌挡墙、跌水、沉砂井等。

②浆砌块石铺底,并加水泥砂浆勾缝。铺砌长度视土质和流速而定,铺砌的末端应设置混凝土或浆砌块石抑水墙。

③流速特别大的涵洞,应在出水口加做消力槛、消力池等缓流设施。消力槛的末端应设置混凝土或浆砌块石抑水墙,或设置三级挑槛。

(2)浆砌砖石涵洞的砌体表面风化、开裂、灰缝剥落及局部石块松动脱落,或砌体渗漏水,可根据情况分别按下列方法处理:

①用水泥砂浆重新勾缝,或局部拆除重砌。

②表面抹浆,或喷浆处治。

③砌体后压注水泥或化学砂浆。

④涵内衬砌,加压水泥浆。

⑤挖开填土,对砌体进行维修处治,并加设防水层。

(3)混凝土管涵的接头处和有铰点接缝处发生填料脱落、引起路基渗水时,应及时封堵处理。处理时,可用干燥麻絮浸透沥青后填实,或用其他粘弹性材料封堵,不宜用灰浆抹缝以免再次脱落。

管涵的管节,如因基础被压沉陷而发生严重错裂,应挖开填土处理地基后再重建。对基础处也可直接采用衬砌压浆方法处理。

有铰涵管如变形大于直径的 $1/20$ 时,应查明原因进行处理。

(4)压力式涵洞进水口周围路堤如发现渗流、空洞、缺口或冲

刷现象时,应及时进行修补处理。洞口周围路基可用不透水性粘土封堵,洞前铺砌或修筑挡水墙。

(5)压力式涵洞或倒虹吸管的涵顶路面出现湿斑,应及时处理。可采用涵内顶部表面抹浆、喷浆或衬砌的方法处理。

(6)波纹管涵发生涵管沉陷变形,必须拆除修理。管底应按土质情况做好垫层,管上加铺一层防水层,并注意回填土分层夯实。

(7)涵洞的侧墙和翼墙如有离开路基向外倾斜等变形现象,应查明原因,加以处理。如属填土未夯实而沉落挤压,或填土中水分过多土压力增大而引起的变形,应更换透水性好的填土,并认真夯实。如属基础引起的倾斜,则需要修理或加固基础。

(8)当加宽或加高路基,原有涵洞长度不足时,应接长处理。一般可将原有涵洞洞身接长,两端新建洞口端墙和路基护坡;当路基加高加宽不多时,也可采用两端洞口端墙加高和加高加长洞口翼墙的方法。

(9)承载力不足的涵洞,应予以加固或更换改造。加固处理应视交通情况、路基填土高度及涵洞排水情况,分别采用下列方法:

①挖开填土,用混凝土或钢筋混凝土加厚原涵外断面。

②挖开填土,分段更换改造。

③涵内用混凝土或钢筋混凝土预制件或现浇衬砌加固。

(10)当涵洞位置不当,排水对周围环境造成不良影响;或排水能力不足,引起内涝;或涵洞承载力不足,行车不安全时,应予以改造。改造施工可分段进行,以利维持交通,这时应注意断缝处的防水处理。

第五章 桥梁下部结构的加固

140. 桥梁下部结构的常见病害有哪些?

各种不同的桥梁下部结构的常见病害列于表 5-1。

桥梁下部结构的常见病害

表 5-1

基础类型		常见病害
浅基础	天然地基上的浅基础	1. 埋置深度浅, 受冲刷而淘空; 2. 埋置深度不足, 受冻害影响; 3. 地基不稳定, 产生滑移或倾斜
	岩石基础	1. 基础置于风化石层上, 风化部分未处理好, 经水流冲刷而淘空或悬空; 2. 受地震时的剪切作用, 产生裂缝
	人工地基基础	因处于软弱地基上, 在竖向荷载作用下压实沉陷, 使基础下沉
桩基础	打入桩	
	木桩	地下水位下降时, 桩身常腐蚀
	钢筋混凝土预制桩	1. 打桩时, 桩身受损坏; 2. 受水冲刷、浸蚀、产生空洞、剥落等; 3. 受船只或其他漂浮物的撞击而损坏
	钻(挖)孔桩	1. 施工时淤泥未完全清除即灌注混凝土, 因而使形成后的桩基产生下沉; 2. 施工不当, 或受水冲刷、浸蚀而产生空洞、剥落、钢筋外露等; 3. 灌注混凝土过程中发生塌孔而未作处理, 桩身部分脱空; 4. 受外力冲击而产生损坏
	管桩基础	承载力不足而使基础产生下沉
	沉井基础	1. 基础下沉时, 基础也常发生一些下沉; 2. 基础下沉不均时, 或桥台台背高填土受地基土侧向流动的影响时, 基础产生滑移、倾斜 3. 中间层为弱粘上层时, 由于附近施工挖基坑和填土等因素影响, 常使基础变位

141. 什么是桥梁墩台基础的灌浆加固法？灌浆加固一般可分为哪几种类型？

灌浆加固法是在墩台基础之下，在墩台中心直向或斜向钻孔或打入管桩，通过孔眼及管孔，用一定压力把各种浆液（加固剂）灌入土层中，通过浆液凝固，把原来松散的土固结为有一定强度和防渗性能的整体，或把岩石裂缝堵塞起来，从而达到加固地基、提高地基承载力的一种加固法。该加固方法的作用按加固情况的不同主要有：

(1) 填充圬工砌体（例如干砌片石）里面的空隙，使其形成整体，从而提高砌体的强度。

(2) 填充土壤或岩石的空洞和裂缝，如果空洞大，应使用水泥砂浆；如果是裂缝，则应使用水泥浆，从而堵塞土壤或岩石的渗流孔道，提高其承压能力，减少渗流冲刷可能性。

(3) 填充砂子和砾石的孔隙，提高其承压能力。

(4) 挤密较软弱的土层（例如未压实的填土或塑性较大的粘土等），形成复合地基，使地基承载能力得到提高。

灌浆加固一般可分为静压灌浆和高压喷射灌浆二类。静压灌浆又可分为填充灌浆、裂缝灌浆、渗透灌浆和挤压灌浆等；高压喷射灌浆又有旋转喷射灌浆和定向喷射灌浆之分。

142. 灌浆加固时各种浆液材料是如何进行选择的？不同浆液材料的适用范围是什么？

(1) 各种浆液材料的选择要求是：

① 浆液应是真溶液而不是悬浊液，浆液粘度低，流动性好，能进入细小裂缝；

② 浆液凝胶时间可从几秒至几小时范围内随意调节，并能准确地控制，浆液一经发生凝胶就在瞬间完成；

③ 浆液的稳定性好，在常温常压下，长期存放不改变性质，不发生任何化学反应；

- ④浆液无毒无嗅,对环境不污染,对人体无害,属非易爆物品;
- ⑤浆液对注浆设备、管路、混凝土结构物、橡胶制品无腐蚀性,并容易清洗;
- ⑥浆液固化时无收缩现象,固化后与岩石、混凝土等有一定粘接性;
- ⑦浆液结石体有一定抗压和抗拉强度,不龟裂,抗渗性能和防冲刷性能好;
- ⑧结石体耐老化性能好,能长期耐酸、碱、盐、生物细菌等腐蚀,且不受温度和湿度的影响;
- ⑨材料来源丰富,价格低廉;
- ⑩浆液配制方便,操作容易。

(2)不同浆液材料的适用范围如表 5-2 所列。

各种浆液材料的适用范围

表 5-2

类别	浆液名称	砾 石			砂 粒			粉粒	粘粒
		大	中	小	粗	中	细		
无机类	单液水泥浆	—	—	—	—				
	水泥粘土类	—	—	—	—				
	水泥-水玻璃类	—	—	—	—				
	水玻璃类	—	—	—	—	—	—		
有机类	丙烯酰胺类	—	—	—	—	—	—	—	
	铬木素类	—	—	—	—	—	—	—	
	脲醛树脂类	—	—	—	—	—	—	—	
	聚氯脂类	—	—	—	—	—	—	—	
	糠醛树脂类	—	—	—	—	—	—	—	
粒径(mm)		10	4	2	0.5	0.25	0.05	0.005	
渗透系数(cm/s)			10^{-4}	10^{-2}		10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	

143. 试举例说明灌浆法在桥梁墩台基础加固中的施工工艺及要求。

某桥由于通行重车必须对桥梁上部结构进行加固,同时也必

须提高下部结构的承载能力,经对各种方案的经济、安全等方面比较,最后决定采用静压灌浆法对基础进行加固处理。

该桥基础灌浆加固的施工工艺及要求是:

(1)加固前必须确定具体的实施方案,工作内容包括灌浆孔的布置,灌浆加固深度,采用何种浆液(包括浆液配比)等。

(2)编制施工大纲,确定施工人员组织及施工机具,表 5-3 和表 5-4 分别为本桥灌浆加固时的人员组织和施工机具配备情况。

灌浆加固机具配备

表 5-3

设备名称	单位	数量	用途
钻机	台	2	成孔
联合搅浆机	台	1	搅拌
单筒搅浆机	台	1	储备、搅拌浆液
双筒搅浆机	台	1	储备、搅拌浆液
灌浆泵	台	4	灌注浆注
电焊机	台	1	维修设备、加工箱具
附属设备	套	1	

施工人员组织

表 5-4

班 组	职 责	人 数
技校组	项目总体管理,施工安排、协调、质量监督和资料汇总	2
施工队长	施工人员管理	1
技术员	现场技术控制,安排实施技术组意见	2
钻工	钻进成孔、灌注浆液	8
灌浆组	搅拌浆液、灌注浆液	14
电工	现场用电管理	1
电焊工(兼)	电焊	1
炊事人员	生活保障	1

(3)施工工序及方法要求

①灌浆施工工艺流程为:

放样→钻孔→下注浆管→制浆→灌浆→换粘土浆→灌浆(分段,重复进行)→结束。

②放样。根据施工组织设计的平面布置图放样,确定具体孔位。

③造孔。先找到孔位,把钻机移到所钻孔位置,经检测复核后方可开钻。钻进过程中,遇到异常情况,必须查明原因,及时采取处理措施,并作详细记录。钻孔结束后,由值班技术员对孔位、孔号、孔深等进行质量检查,经验收合格后方可移位进行下一个孔的钻进。

④下注浆管。下管前,要检查钻孔深度是否达到要求,待下管深度达到设计要求,经技术人员认可后方可下注浆管。下管过程中若遇特殊情况,如孔内阻塞、塌孔等,立即停止下管,将注浆管提出地面,重新清孔,处理完毕后再重新下管。

⑤制浆。按设计相对密度拌制浆液。制浆过程中随时测量浆液相对密度,及时调整水泥用量,一个孔的灌浆结束后,统计该孔的材料用量,并核实是否符合技术要求。

⑥灌浆。

a.灌浆段设置。本桥每孔的灌浆段设置总长度 5m,每 1m 设一注浆段,共设 5 个注浆段。最下一段深度为第三层(淤泥质粘土)底以下 0.5m(即地面下 8.5m)。

b.注浆控制。本桥施工采取多次灌注的方法,每个灌浆段灌浆次数都为 3 次,第一次灌注量为 150L,第二次、第三次的灌浆量各为 100L,施工中浆液相对密度控制在 1.70 ± 0.05 。

c.灌浆结束标准。本桥施工结束标准原设计中采用每个灌浆段灌浆总量达 350L 和孔口压力大于 0.3MPa 两个标准来控制。

灌浆施工中孔口压力多为逐渐增大的,本桥在灌浆施工中第一次灌浆孔口压力为 0.15 ~ 0.2MPa,第二次灌浆孔口为 0.2 ~ 0.25MPa,第三次灌浆孔口压力为 0.2 ~ 0.3MPa。

144. 墩台扩大基础加固的施工是如何进行操作的？施工时应注意些什么事项？

扩大桥梁墩台基础底面积的加固方法，称为扩大基础加固法。此法适用于基础承载力不足或埋置太浅，而墩台又是砖石或混凝土刚性实体式基础时的情况。

墩台扩大基础加固的施工顺序如下：

- (1) 先在必须加宽的范围内打板桩围堰，如墩台基础土壤不好时，应作必要的加固；
- (2) 挖出堰内土壤，直挖至必要的深度（注意墩台的安全）；
- (3) 在堰内把水抽干；
- (4) 按照设计要求，在原墩台侧面钻孔并置入锚固钢筋；
- (5) 立模，浇筑混凝土并养生至设计强度。

扩大墩台基础加固主要注意新旧基础应结合牢固，以便能使加固后的扩大基础能与原结构共同受力，具体如图 5-1 所示。

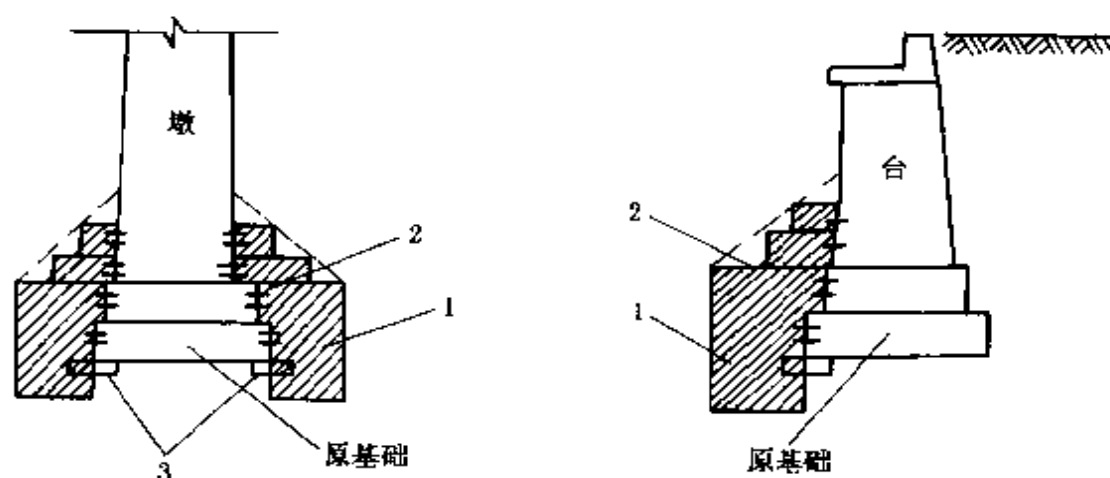


图 5-1 扩大基础加固
1-扩大基础；2-新旧基础结合；3-丁石

对于拱桥可在桥台两侧加设钢筋混凝土实体耳墙，并将耳墙与原桥台用钢销联结起来，从而达到增大桥台基础面积，提高桥台承载力的目的。加固后耳墙与原桥台联结在一起，因此，既增加了竖向承压面积，又由于耳墙的自重而增加了抗水平推力的摩阻力，见图 5-2 所示。

当拱桥拱脚前有一定的填土时,可在台前加建新的扩大基础,并将改建为变截面的拱肋支承到新基础上。新老基础之间用钢销进行联结,有条件时在台前新基础下设法增加短桩,以提高承载力,见图 5-3 所示。

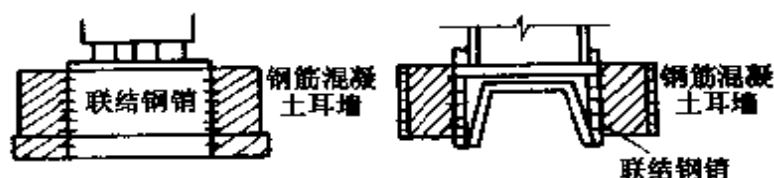


图 5-2 拱桥桥台加设耳墙加固

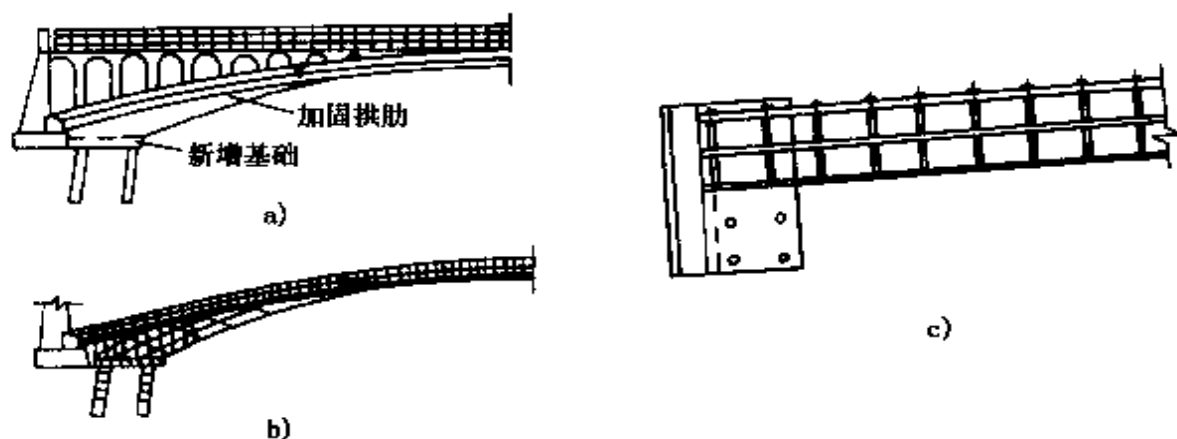


图 5-3 拱桥桥台加桩加固

a)立面;b)钢筋布置;c)平面

145. 桩基础的加固一般采用何种方法? 举例说明其施工步骤及注意事项。

根据不同的具体情况,桩基础的加固方法有如下几种:

(1)对桩或基础可增设基础(钻孔桩或打入桩),并扩大原承台,使墩台的部分荷载传递至新桩基,见图 5-4。

(2)对单排架桩式桥墩采用打桩(或灌注桩)加固,如原有桩距较大(4~5 倍桩径)时,可在桩间插桩。如原有桩距较小且通航净跨允许缩小时,可在原排架两侧增加桩数,成为三排式的墩桩,见

图 5-5。

(3)对钻孔灌注桩桩身损坏、落筋、缩颈等病害,可采用灌(压)浆或扩大桩径的方法进行维修加固。

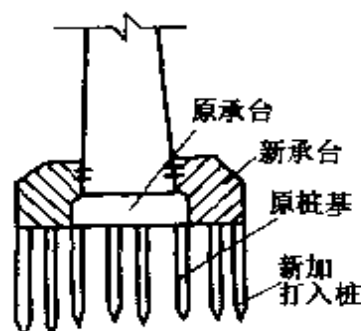


图 5-4 采用新加打入桩加固

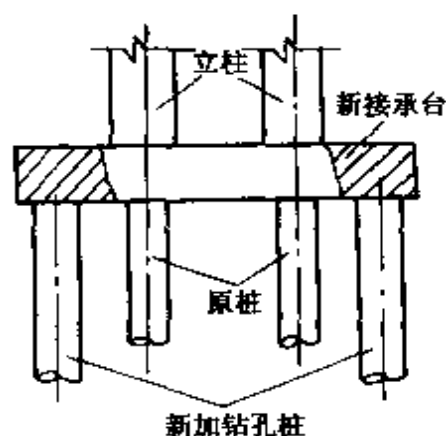


图 5-5 采用新加钻孔桩加固

(4)对拱桥桥墩的加桩,由于受桥下净空影响也可采用静压加桩方法进行加固,如图 5-6 所示。

(5)对于多跨拱桥,为预防因其中某一跨遭到破坏使整体失去平衡而引起其他拱跨的连锁破坏,可根据具体情况,对每隔若干拱跨中的一个支墩采取加固措施。其方法是在支墩两侧加斜向支撑;或加大该墩截面,使得在一跨遭到破坏时,只影响若干拱跨而不致全部毁坏,见图 5-7。

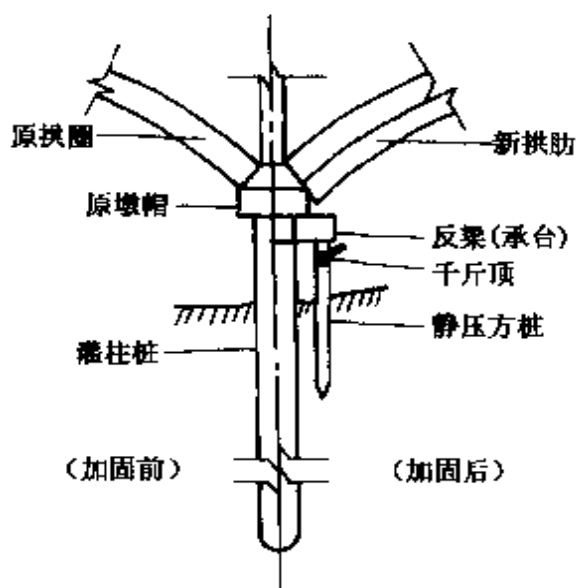


图 5-6 静压桩加固示意

例如某桥的桥台承载力不足,因此采用如下的加固方案及施工方法:

(1)加固方法

①老桥台前缘做灌注桩双柱墩支承边孔 T 梁,使老桥台卸载,保持稳定。老桥台裂缝用水泥压力灌浆,外表勾缝修复。

②T 梁顶部增设负弯矩钢筋,并在双柱墩支承处增设 T 梁横

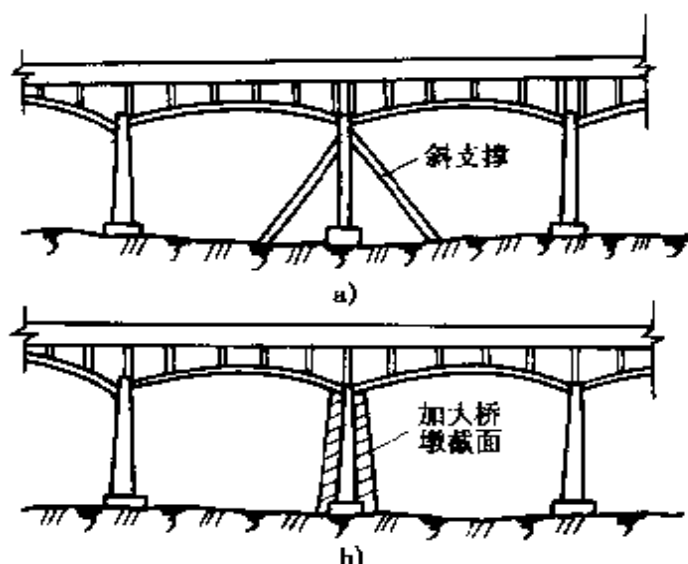


图 5-7 桥墩加大截面或支撑加固

a)加斜支撑;b)加大桥墩截面

隔板。

③用钢筋混凝土补强层替换原桥面铺装。老桥 T 梁荷载等级为汽-13,拖-60 级,达不到现公路设计荷载标准。采用补强层,既能修复桥面铺装,又能加高 T 梁有效高度,改善荷载横向分布,从而提高桥梁承载能力(见图 5-8)。

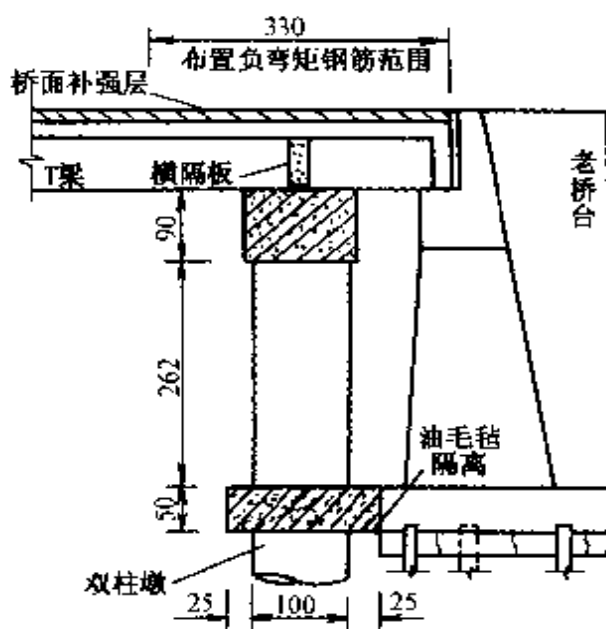


图 5-8 灌注桩加固方案示意
(尺寸单位:cm)

(2)施工要点

①灌注桩双柱墩。灌注桩施工时,在桥面 T 梁翼板上桩位处开凿二个施工孔,直径等于桩径,钻机放在桥面上,待桩墩完工后再修复 T 梁翼板。

②支座。新做双柱墩上采用油毛毡支座,浇筑盖梁钢筋混凝土时放在盖梁顶面。施工完毕时,由于混凝土收缩下沉,支座并未受力,当老桥台继续沉陷时,支座即被压实,双柱墩受力。

③增设负弯矩钢筋。先凿去 T 梁腹板顶面老混凝土,深度以刚能使负弯矩钢筋被新浇混凝土包裹为度。为使新老混凝土牢固结合成整体,凿面以形成锐角锯齿形为佳,并用高压水冲洗干净;焊接新增负弯矩钢筋,浇筑 C30 混凝土,并注意养生,见图 5-9 所示。

④桥面补强层。桥面补强层施工关键是使新老混凝土结合成整体,达到整体受力的目的。补强层混凝土采用 C30 早强混凝土,并掺加高效减水剂,配 $\phi 12$ 间距 15cm 钢筋网,用振捣器振捣密实并养生达设计强度后,再做沥青表处面层。

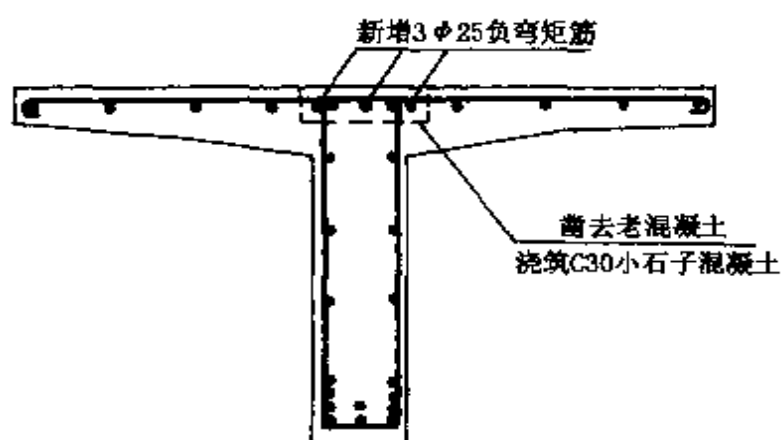


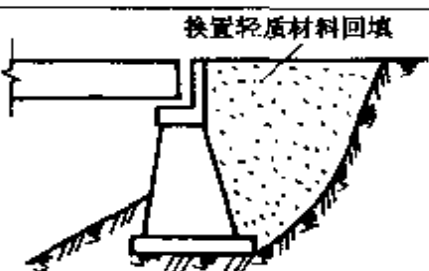
图 5-9 在 T 梁顶上新增负弯矩钢筋并浇筑混凝土

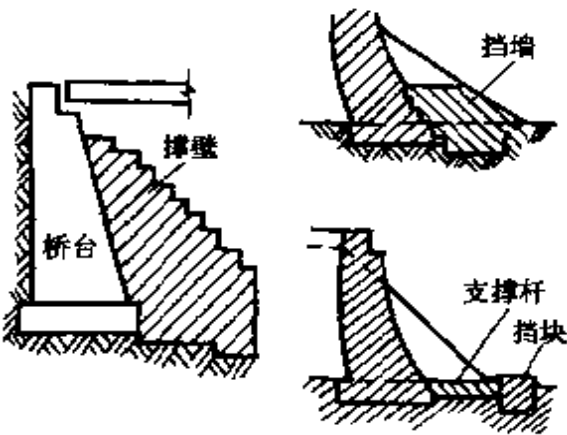
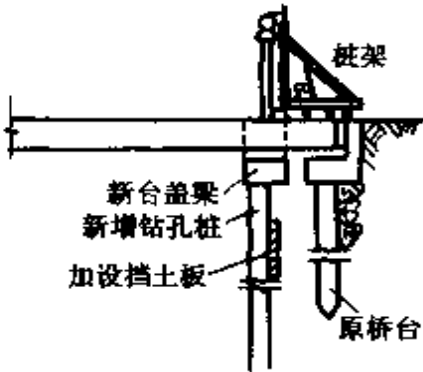
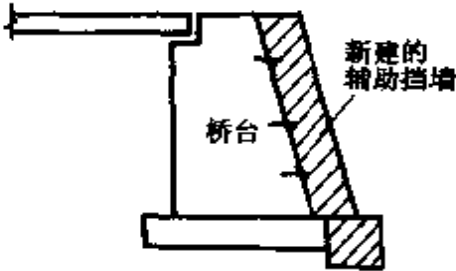
146. 桥台维修加固一般采用哪些方法? 施工时应注意些什么问题?

桥台维修加固根据具体情况的不同而采用不同的方法,具体方法及注意事项列于表 5-5。

桥台的维修加固法

表 5-5

方法	简 图	说 明
减轻荷载法		<p>当台背土压力大,桥台有向桥孔方向位移,可挖出台背填土后,改换轻质材料回填,减轻桥台台背的负荷,以使桥台稳定</p>

方法	简 图	说 明
挡墙、支撑杆或挡块加固		<p>对于因尺寸不足,难以承受台背土压力而向桥孔方向倾斜或滑移的埋置式桥台,可采用挡墙、支撑杆或挡块等形式进行加固。临时抢修亦可用土袋</p>
加柱加固		<p>当原桥竖向承载力不足,一般可在台前增加一排桩,并浇筑盖梁,以分担上部结构传来的压力。打桩或钻孔桩时可利用原桥面作脚手,在桥面开洞、插桩。盖梁可单独受力,并可联结旧盖梁、旧桩共同受力</p>
增厚台身加固		<p>当梁式桥台背土压力大,形成桥台向桥孔方向位移,可挖去台背填土,加厚台身(桥台胸墙),并注意新旧混凝土结合牢固</p>

方法	简 图	说 明
更换台后填土并加便梁的加固		为减轻路基对桥台的水平压力,需用具有大的内摩擦角的大颗粒土壤或干砌片石、砖石等更换桥台后面填土,同时在台后新增架设便梁
支撑过梁加固		对于单跨的小跨径桥梁,可在两桥台基础之间建造支承过梁,以防桥台向跨中位移。如采用钢筋混凝土支承梁或浆砌片石撑板加固,支撑不高于河床

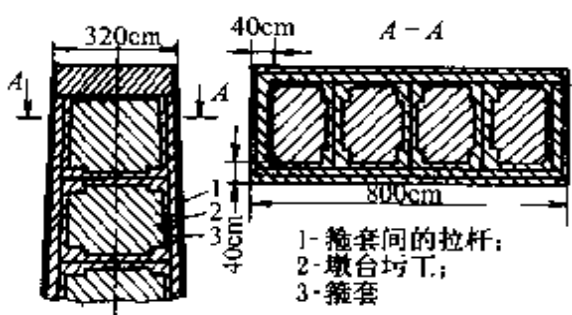
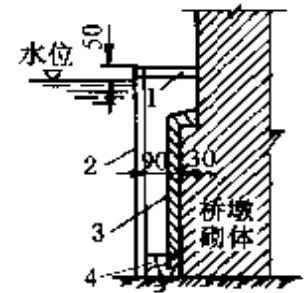
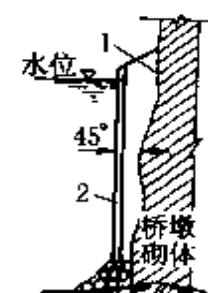
147. 桥墩维修加固一般采用哪些方法? 施工时应注意些什么事项?

桥墩维修加固方法及施工注意事项列于表 5-6。

桥墩的维修加固法

表 5-6

方法	简 图	说 明
墩身混凝土缺损的修补		墩身圯工砌体损坏面积较大,深度超过 3cm 时,不得用砂浆喷涂或抹面修补,而需浇筑混凝土修复。为使新旧结合牢固,松浮部分应先予清除,用水冲洗干净,并采用嵌钉的方法连接
围带加固法		墩身发生纵向贯通裂缝,可用钢筋混凝土或钢箍进行加固。如因基础不均匀下沉引起自下而上的裂缝,则应先加固基础,后再采用灌缝或加箍的方法进行加固

方法	简 图	说 明
用钢筋混凝土箍套加固桥墩	 <p>1-箍套间的拉杆; 2-墩台圯工; 3-箍套</p>	<p>当墩台损坏严重,如大面积裂缝、破损、风化、剥落等情况,或由粗石圯工及砌石圯工的旧墩台,一般可用钢筋混凝土“箍套”加固,其尺寸应能满足通过箍套传递所有荷载或大部分荷载的需要。同时,再改造墩台顶部,灌筑支承于箍套上新的、强大的钢筋混凝土板代替旧的支承垫石,以使箍套参加工作</p>
桥墩损坏水下修补加固法	<p>抽水后修补法</p>  <p>1-支撑;2-板桩围堰;3-钢筋混凝土护套;4-水下混凝土封底</p>	<p>对砖石或钢筋混凝土墩台表层出现缺陷,且墩台身处于常水位下时,可分别根据不同情况采用如下的方法进行修补:</p> <p>1. 水深在3m以下时,可筑草袋围堰,然后将水抽干。当水难以抽干时,则可浇水下混凝土封底后再抽,抽水后以砌石或混凝土填补冲空部位。此种情况的修补,亦可不抽水而将钢筋混凝土薄壁套箱围堰下沉到损坏处附近河底,在套箱与桥墩间浇筑水下混凝土以包裹损坏或冲空部位。</p> <p>2. 水深在3m以上时,以麻袋装F硬性混凝土,然后通过潜水作业将袋装混凝土分层填塞冲空部位,并应注意要比原基础宽出0.2~0.4m</p>
	<p>不抽水后修补法</p>  <p>1-用水下泥混凝土填充;2-钢筋混凝土护套</p>	

148. 桥梁顶升加固是如何进行施工的？施工中应注意什么事项？

墩台基础承载力不足而引起沉降，影响桥梁的正常使用时，除采用对基础或桩基进行加固的方法外，还需将原有桥梁上部结构顶升，并加高墩台以恢复原有状态，提高道路桥梁车辆通行的舒适性。

桥梁顶升加固施工步骤为：

(1) 施工准备

①进行详细的调查研究，测定沉降量，了解旧桥墩台的下沉情况，从而确定施工方案；

②根据确定的施工方案，做好施工场地及施工机具的准备工作，人员组织及机具参考见表 5-7 和表 5-8。

③预制钢筋混凝土垫块，垫块的高度应根据墩台所需加高的高度而定，混凝土应采用 C30 以上；如采用现场浇灌混凝土盖梁的形式加高盖梁时，则必须事先进行设计，然后根据图纸将钢筋网绑扎好，模板准备好；

④桥上如有公用事业单位的各种管线，如过桥电缆、煤气管和自来水管等，必须事先与所属单位取得联系，采取相应配合措施；

⑤把边孔桥面两端，桥台与桥墩两处的伸缩缝事先凿开，并清扫干净；

⑥搭设井架，安放油泵。

用液压千斤顶顶升桥梁加高墩台的劳动组织参考表 表 5-7

施工人员	工 作 内 容
班长(指挥)2 人	负责全部顶升指挥工作，桥上一人，桥下一人，相互配合好
桥下工人若干	每只千斤顶一般需配 3 个(一人操作千斤顶，一人搭设小井架，一人运送木料)，顶升时由所需千斤顶只数确定需要人员
桥上工人 4 人(最好增 1 交警人员)	2 人在桥两端指挥交通，2 人在桥面上检查桥两头伸缩缝上是否有石块之类的杂物，并进行清除工作。组织交通应与交警人员配合

用液压千斤顶顶升桥梁加高墩台施工主要机具表 表 5-8

序号	名称	规格	单位及数量	用途及说明
1	千斤顶	YQ 型手动液压千斤顶, 一般用 YQ-30、YQ-50、YQ-100 等	根据顶升桥梁自重进行选择, 注意要有 2 只以上的备用数	顶桥用。使用时注意事项详见本题有关内容
2	方木	30cm × 30cm 或 30cm × 35cm。长度根据桥宽定	根。数量视实际需要定	用于千斤顶顶上横梁及井架底部
3	枕木	——	根。数量视实际需要定	搭设井架用

(2) 顶升施工

①全桥同时顶升到位。施工中由于受千斤顶行程限制, 一般分多次顶升完成到位, 如每顶一次上升 15cm, 然后均在靠千斤顶近处塞入钢板和木块防止回落, 再倒一次千斤顶后进行第二次的循环, 如此多次往复将梁体顶升到位。

②安放预制垫块。全桥顶升到位后, 再超顶 5 ~ 10cm, 然后用人工放入预制的钢筋混凝土垫块, 一般每片梁下放 1 ~ 2 块, 再垫上橡胶支座。垫块下要填水泥砂浆稳固。

③桥梁主体下落就位。全部垫块放好后, 即可分排下落梁体就位, 注意要分排交叉放松千斤顶, 不能同时放松, 以防桥面断裂或压坏个别千斤顶。

(3) 顶升注意事项

①对不同形式的桥梁所采用的顶升方法不同。对于由 T 梁或工字梁组成的简支梁桥的顶升, 一般可在梁体下放垫块直接用千斤顶顶升的方法进行。但顶升槽型梁或板梁、箱梁时, 则必须注意到顶升用的上部横向托梁不能直接与大梁紧贴在一起, 因此类桥梁梁体底部结构较薄弱, 易损坏, 因此, 要在梁下两边肋下边放上两块 50mm 厚的垫木, 如图 5-10 所示。

②千斤顶的安放一定要竖直, 不能倾斜。同时在千斤顶的上下两面一定要用油毛毡或用其他硬的纸板垫好。在油毛毡或硬纸板上下再安放厚钢板。因千斤顶如直接与木井架或木横梁接触,

由于顶升时顶力很大,易使千斤顶陷于木质中。

③因桥台沉降引起的梁的纵向位移,如需进行矫正时,一般可采用桥下顶升矫正法、扒杆起吊矫正法或桥上顶升矫正法。

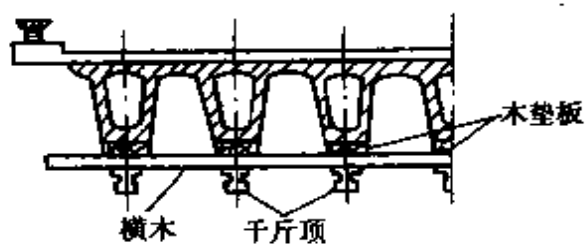


图 5-10 槽型梁顶升时安放垫块的情况

第六章 桥梁抗震加固

149. 表示地震强度的方法有哪两种？分别表示地震的什么指标？它们之间有何关系？

表示地震强度的方法有两种：一种是地震的震级；另一种是地震的烈度。

地震的震级通常以符号 M 表示，它表示地震本身的大小，由地震所释放出能量的多少来确定。也可根据地震后发生的反应情况来推断。震级 M 与地震所释放的能量 E (这里指地震波传至地面的能量，单位为 erg , $1\text{erg} = 10^{-7}\text{J}$) 的关系如下：

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \quad (6-1)$$

一级地震的能量相当于 $2 \times 10^{13}\text{erg}$ ，震级每增加一级，能量约增大 30 倍左右，二者关系也可参见表 6-1。地震按震级大小的分类如表 6-2 所列。

地震的烈度是表示地震对地面和建筑物影响的强弱程度。一个地区受地震影响的强弱程度，除了与地震本身的大小(震级)有关外，还与震源的深度，该地区距震中的远近，以及地基好坏有关。震源愈浅，距震中距离愈近，地基愈坏，地震的烈度就愈高，反之地震烈度就愈低。

地震震级与能量的关系

表 6-1

震级 (M)	1	2	3	4	5	6	7	8	8.5
能量 (erg)	2×10^{13}	6.3×10^{14}	2×10^{16}	6.3×10^{17}	2×10^{19}	6.3×10^{20}	2×10^{22}	6.3×10^{23}	3.55×10^{24}

地震按震级的分类

表 6-2

类 别	震 级(M)	类 别	震 级(M)	类 别	震 级(M)
大地震	$M > 7$	小地震	$5 > M \geq 3$	极微小地震	$M < 1$
中地震	$7 > M \geq 5$	微小地震	$3 > M \geq 1$		

震中处的烈度称为震中烈度(震中基本烈度)。我国地震烈度分为 12 度,这也是目前国际上对地震烈度的普遍划分方法。但也有 10 度或 8 度的划分方法。

一般来讲,浅源地震,即震源深度在 60km 以内的地震(震源深度在 60~300km 的地震叫中源地震,震源深度在 300km 以上者叫做深源地震)震中烈度(通常以符号 I 表示)与震级(M)之间存在着有如式(6-2)和表 6-3 所示关系。

$$M = 0.58I + 1.5 \quad (6-2)$$

震中烈度与震级的关系

表 6-3

震级(M)	2	3	4	5	6	7	8	> 8
震中烈度(I)	1~2	3	4~5	6~7	7~8	9~11	11	12

150. 中国地震烈度是如何划分的? 国家公路工程抗震设防又是如何划分的? 抗震设计应符合什么要求?

我国将地震烈度分为 12 度,具体见表 6-4 所列。

中国地震烈度表

表 6-4

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
1 度	无损坏	无损坏	无	无感觉。仅仪器才能记录到
2 度	无损坏	无损坏	无	个别非常敏感的、且在完全静止中的人可感觉到
3 度	无损坏	无损坏	无	室内少数在完全静止中的人可觉到振动,如同载重车辆很快地从旁驶过。细心的观察者注意到悬挂物轻微摇动

续上表

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
4 度	门、窗和纸糊的顶棚有轻微作响	无损坏	不流通的水池里起不大的波浪	室内大多数人感觉,室外少数人感觉。少数人梦中惊醒。悬挂物摇动,器皿中的液体轻微振荡。紧靠在一起的、不稳定的器皿作响
5 度	门、窗、地板、天花板和屋架木料和轻微作响。开着的门窗上摇动,尘土散落。灰粉散落的落。抹灰层上可能有细小裂缝	无破坏		室内差不多所有人都有感觉。大多数人都从梦中惊醒,家畜不宁。悬挂物明显的摇摆。挂钟停摆,少量液体从装满的器皿中溢出。架上放置不稳的器物翻倒或落下
6 度	I类房屋许多损坏,许多破坏的(非常坏的房、棚)。II、III两类房屋许多轻微损坏,II类房屋少数损坏	牌坊、砖、石砌的塔和院墙轻微损坏。个别情况下,道路上湿土中或新填土中有细小裂缝	特殊情况下,潮湿、疏松的土里有细小裂缝。个别情况下,山区中偶有不大的滑坡、土石散落和陷穴	很多人从室内跑出,行动不稳。家畜从圈中跑出。器皿中的液体剧烈的动荡,有时溅出。架上的书籍和器皿等有时翻倒或坠落,轻的家具可能移动
7 度	I类房屋多数损坏,许多破坏,少数房屋倒塌。II类房屋多数破坏,少数房屋倒塌。III类房屋多数破坏,少数房屋轻微损坏,许多破坏(可坏的)	不很坚固的院墙少数倒塌,较坚固的院墙损坏。不很坚固的城墙很多地方损坏,城墙少数倒塌,较坚固的城墙有些地方损坏。牌坊、砖、石砌的塔和工厂烟囱可能损坏。碑石和纪念物很多轻微损坏。由于黄土崩滑,土窑洞的洞口遭受破坏。个别情况下,道路上有小裂缝。路基陡坡和新筑道路、土堤的斜坡上偶有塌方	干土中有时产生细小裂缝。潮湿或疏松的土中裂缝较多,较大;少数情况下冒出夹泥沙的水。个别情况下,陡坎滑坡。山区中偶有不大的滑坡和土石散落。土质松散的地区,可能发生崩滑。水泉的流量和地下水位可能发生变化	人从室内仓惶逃出,驾驶汽车的人也能感觉。悬挂物强烈摇摆,有时损坏或坠落。轻的家具移动,书籍、器皿和用具坠落

续上表

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
8 度	I 类房屋多数破坏, 许多房屋倒塌。II 类房屋许多破坏, 少数房屋倒塌。III 类房屋大多数破坏, 少数破坏(可能倾倒的)	不很坚固的院墙破坏, 并有局部倒塌。较坚固的院墙局部破坏。不很坚固的院墙很多地方破坏, 有些地方崩塌, 壕墙许多倒塌。较坚固的城墙、有些地方破坏, 砖、石砌墙少数倒塌。牌坊许多损坏。砖石和塔和工厂烟囱遭受损失, 甚至崩塌。不很稳定的碑石和纪念物移动或翻倒。较稳定的碑石和纪念物很多损坏, 有些翻倒。路堤和路堑的陡坡上有不大的塌方。个别情况下, 地下管道的接头处遭受破坏	地下裂缝宽达几厘米。土质疏松的山坡和潮湿的河滩上, 裂缝宽度可达 10cm 以上。在地下水位较高的地区, 常有夹泥沙的水从裂缝或喷口冒出。在岩石破碎, 土质疏松的地区常发生相当大的土石散落、滑坡和山崩。有时河流受阻, 形成新的水塘。有时井水干涸或产生新泉	人很难站得住。由于房屋破坏, 人畜有伤亡。家具移动, 并有一部分翻倒
9 度	I 类房屋多数倾倒。II 类房屋许多倾倒。III 类房屋许多破坏, 少数倾倒	不很坚固的院墙大部分破坏, 局部倒塌。较坚固的院墙很多地方破坏, 壕墙许多倒塌。牌坊可能破坏。砖、石砌的塔和工厂烟囱很多破坏, 甚至倾倒。较稳定的碑石和纪念物很多翻倒。道路上有裂缝, 有时路基毁坏。个别情况下铁轨局部弯曲。有些地方地下管道破裂或损伤	地上裂缝很多, 宽达 10cm, 斜坡上或河岸边疏松的堆积层中有时裂缝纵横, 宽度可达几十厘米, 绵延很长。很多滑坡和土石散落。山崩。常有井泉干涸或新泉产生	家具翻倒并损坏

续上表

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
10 度	III 类房屋 许多倾倒	牌坊许多破坏。 砖、石砌的塔和工 厂烟囱大都倒塌。 较稳定的碑石 和纪念物大都翻 倒。 路基和土堤毁 坏,道路变形并有 很多裂缝。铁轨 局部弯曲。 地下管道破裂	地上裂缝宽几 十厘米;个别情况 下,达 1m 以上。 堆积层中的裂缝 有时组成宽大的 裂缝带断续绵延 可达几公里以上。 个别情况下,岩石 中有裂缝。 山区和岸边的 悬崖崩塌,疏松的 土大量崩滑。形 成相当规模的新 湖泊。河、池中发 生击岸的大浪	家具和室内用 品大量损坏
11 度	房屋普遍 毁坏	路基和土堤等 大段毁坏。大段 铁轨弯曲。 地下管道完全 不能使用	地面形成许多 宽大裂缝。有时 从裂缝冒出大量 疏松的、浸透水的 沉积物。 大规模的滑坡、 崩滑和山崩。地 表产生相当大的 垂直和水平断裂。 地表水情况和 地下水位剧烈变 化	由于房屋倒塌, 压死大量人畜,埋 没许多财物
12 度	广大地区 房屋普遍毁 坏	建筑物普遍毁 坏	广大地区内地 形有剧烈的变化。 广大地区内,地 表水和地下水情 况剧烈变化	由于浪潮及山 区内崩塌和土石 散落的影响,动植 物遭到毁灭

我国《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89)规定,公路工程抗震设计主要针对的是中国地震烈度区划图中所规定的基本烈度为

7、8、9度地区。对于基本烈度大于9度的地区,抗震设计应专门研究;对于基本烈度为6度,除国家特别规定外,可采用简易设防措施。对于做过地震小区划地区的公路工程,应经主管部门审批后进行抗震设计。对于修建特别重要的特大桥的场址,宜进行烈度复核或地震危险性分析。

规范还规定,构造物一般应按基本烈度采取抗震措施。对于高速公路和一级公路上的抗震重点工程,可比基本烈度提高一度采取抗震措施,但基本烈度为9度的地区,提高一度的抗震措施应该专门研究。对于四级公路上的一般工程,可不考虑或采用简易抗震措施。

立交桥一旦受震破坏,不仅会影响上线交通,而且会影响到下线交通,因此其抗震设计不应低于下线工程的要求。

当验算构造物的地震作用时,水平地震系数 K_h 和竖向地震系数 K_v 应按表 6-5 采用。

地震系数 K_h 、 K_v

表 6-5

基本烈度(度)	7	8	9
水平地震系数 K_h	0.10	0.20	0.40
竖向地震系数 K_v	0.05	0.10	0.20

桥梁的抗震设计应符合下列基本要求:

- ①应在对抗震有利的地段选择和布设桥位;
- ②避免或减轻在地震影响下,因地基变形或地基失效对桥梁结构造成破坏;
- ③本着减轻震害和便于修复(抢修)的原则,确定合理的设计方案;
- ④加强路基、基础的稳定性和桥梁结构的整体性;
- ⑤适当降低路基和桥高,合理减轻桥梁自重;
- ⑥在设计中明确提出保证施工质量的要求和措施;
- ⑦桥梁的抗震设计,尚应符合现行有关桥梁标准和规范的要求。

151. 桥梁遭受地震时一般有哪些震害现象?

地震区桥梁一般有下列震害现象:

(1)在板、梁桥中,梁的纵、横向移位、撞击造成梁端损坏、落梁。

(2)在桁梁中桁梁扭曲、位移。

(3)在拱桥中,拱上建筑局部挤坏,腹拱与立柱联结处开裂或脱落,拱圈变形、开裂,拱脚移位、开裂等。

(4)在木桥中,联结螺栓松动、脱落。


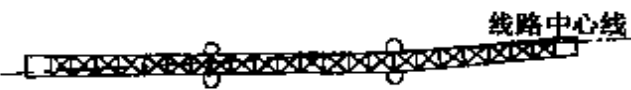

(5)在支座处,底板砂浆开裂破坏,底板附近下部结构混凝土破损,锚固螺栓拔出或剪断,支座倾覆、销钉损坏、滚轴脱离。

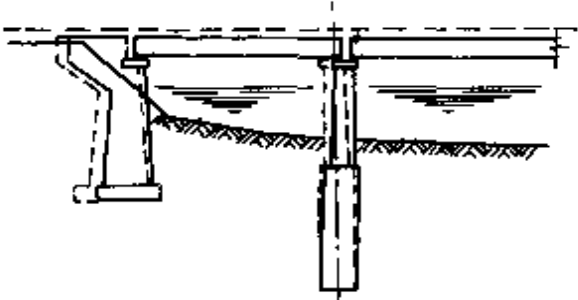
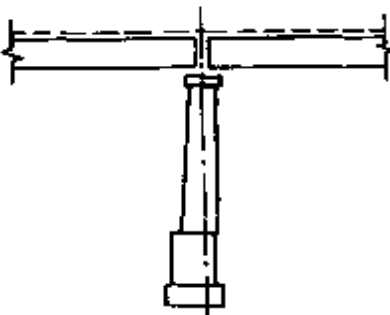
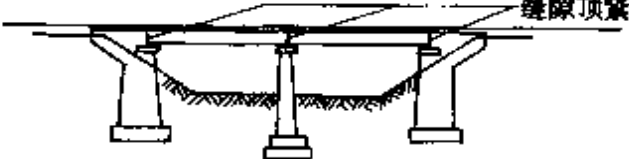
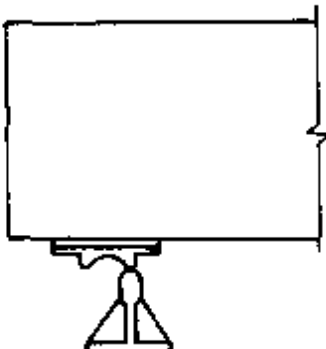
(6)在桥梁墩、台基础中,墩、台基础产生下沉、滑移、倾斜、断裂,桥台胸墙开裂、剪断,墩(台)帽拉裂,地基土液化,承载力降低等。

墩台基础的震害如表 6-6 所列。

桥梁墩台基础震害现象

表 6-6

破坏现象	简 图	说 明
墩台基础沉陷不均		地震后使桥梁墩台基础产生不均匀沉陷,桥面凹凸不平,从而影响行车安全,或行车颠簸,易损车辆部件,行驶不适
墩台顶或整个台身产生横桥向或顺桥向位移		墩台顶或整个墩台身产生横桥向或顺桥向位移,致使梁体发生相应的位移,甚者影响车辆的正常行驶
落梁		地震力作用下使梁体脱离墩台,坠落河中或地面,有时梁体被水平地震力横桥向震出,坠入桥下外侧

破坏现象	简 图	说 明
墩台位 移或倾斜		地震使地基产生液化,由于地基液化等因素引起墩台产生倾斜或移动,最终有可能导致梁体的破坏
墩台发 生剪切、 扭转或墩 身折断		墩台发生剪切或剪断扭转,墩台身为地震力所折断。此种情况,多发生在混凝土施工接缝处,或墩台截面突变处
桥台位 移		由于路基位移,使桥台向河心方向移动,致使梁端缝隙减小或顶死,从而引起梁端撞坏与前墙的损坏。有时梁体与桥台前墙错位,二者间距加大,造成行车困难
支座剪 断或拉裂 等		墩台固定支座锚栓剪断或支座垫石被支座螺栓拉裂,固定支座上摆脱出,摆柱支座倾倒,活动支座分离

152. 桥梁抗震加固的原则是什么?

1) 地震基本烈度为 7 度或 7 度以上地区的桥梁,应按现行《公

路工程抗震设计规范》(JTJ004)的要求进行验算,采取相应的抗震加固措施。基本烈度小于7度地区的桥梁,除特殊规定外,可采取简易设防。

2)加固后的桥梁必须满足桥梁正常营运和正常情况下使用的要求。

3)桥梁抗震加固的重点为桥梁的顺桥方向。

4)加固处理时桥梁引道要尽量与邻近公路连通,确保震后的交通不致中断。对重点桥梁应作好震后抢修准备,争取震后尽快恢复交通。

5)地震区公路桥局部加固的重点是上、下部结构抗震薄弱部位。

(1)上部结构的薄弱部位,有下列各处:

①梁式桥:跨中、横梁、支座;

②拱桥:拱顶、拱圈 $1/4$ 跨径处、拱脚及腹拱与立柱联结处;

③其他形式桥梁:除跨中和支座部位外,还有设计部门提出的抗震薄弱部位。

(2)下部结构的薄弱部位,有下列各处:

①墩帽与墩身联结处、盖梁与立柱(排回桩)联结处、承台与基桩联结处;

②墩、台身或基桩断面突变处;

③水中墩(桩)干湿交替风化严重的部位;

④基础局部冲刷严重的部位;

⑤钢筋混凝土桥墩混凝土工作缝处。

按照上述桥梁抗震加固原则,对现有或被震坏的桥梁,应根据其不同结构形式,针对薄弱环节,采取相应的挡、联、固等加固措施进行加固处理,从而达到提高桥梁抗震能力的目的。

153. 在桥梁抗震加固中,一般说来按照不同的情况有哪些加固措施是可行的? 哪些是必须在桥梁改建时才可使用的?

通过分析认为引起公路桥梁地震破坏有16种因素,针对不同

的震害有的是可以进行加固的,有的却要留待以后桥梁改建时方可进行,具体如表 6-7 所列。

影响公路桥地震易损性 16 种因素的抗震加固措施 表 6-7

序号	项 目	抗震加固的可行性	对策原则
1	设计因素	×	——
2	上部结构形式	×	——
3	上部结构外形	×	——
4	上部结构材料	×	——
5	桥轴线坡度	×	——
6	防止落梁设备	○	设备安装
7	基础形式	○	基础加固
8	桥墩高度	×	——
9	场地条件	×	——
10	地基土液化的影响	○	地基加固或周围土加固
11	持力层的不均匀性	×	——
12	杂质的影响	○	防止杂质或基础加固
13	基础材料	○	基础加固
14	地基形式	○	地基加固
15	地面运动的强度	×	——
16	在中部主筋截断处的影响	○	基础加固

注:○可行的抗震加固措施;×不可行的抗震加固措施。

在表 6-7 所列这些措施中,有(6)防止落梁设备;(7)基础形式;(10)地基土液化影响;(12)冲刷影响;(13)基础材料;(14)地基形式;(16)在中部主筋截断处(是桥梁加固对策中的可行性因素)

的影响等项目可以进行加固。而其他 9 种因素的改变则只能在桥梁重建的情况下方能进行。

桥梁抗震加固方法的选择如图 6-1 所示。可供选择的抗震加固措施有:安装防止上部结构落梁的设备、加固桥梁墩、台和基础等。

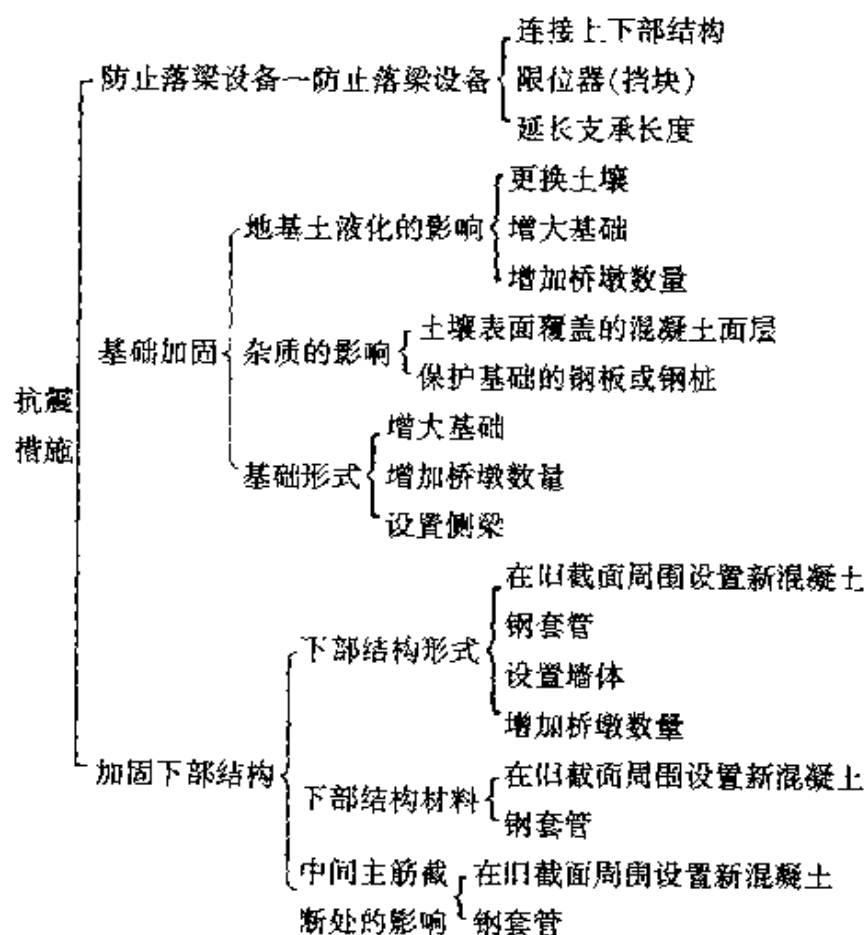


图 6-1 公路桥抗震加固措施的选择

154. 梁式桥为防止顺桥向(纵向)落梁的抗震加固可采取哪些方法?

梁式桥为防止顺桥向(纵向)落梁的抗震加固方法有:

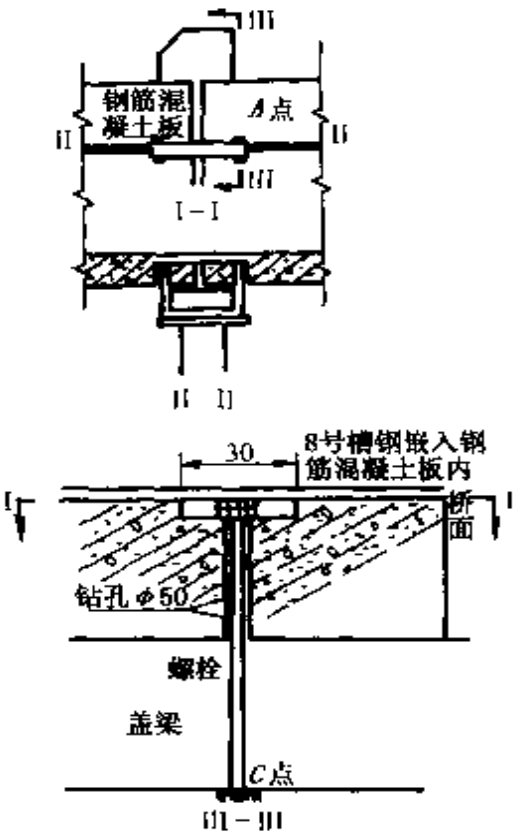
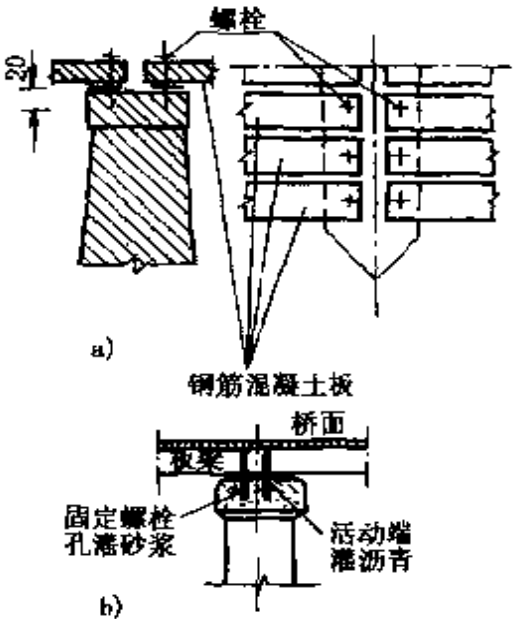
- (1) 设置纵向挡块;
- (2) 固定主梁;
- (3) 将主梁联成整体,具体见表 6-8 所列。

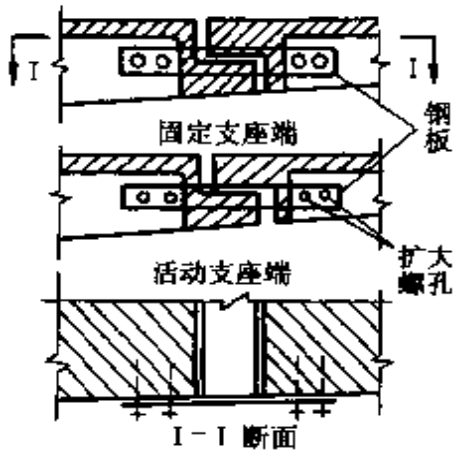
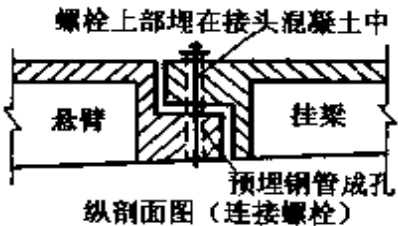

梁式桥防止纵向落梁的抗震加固方法

表 6-8

方法	简 图	说 明
设置纵向挡块	<p>将原桥台胸墙拆除,重做钢筋混凝土胸墙,在梁端和胸墙间填充缓冲材料(如沥青油毡或橡胶垫),并在台帽外缘加设锚栓、挡块,阻挠梁纵向位移</p> <p>图中:1-桥轴线;2-主梁;3-横梁;4-纵向挡块(钢筋混凝土或角钢);5-横向挡块(钢筋混凝土或角钢)</p>	
用卡架固定	<p>在两片梁的接缝间钻孔,两横隔板面剔槽,用槽钢及螺栓做成△型、H型或□型卡架,把梁或板固定在桥墩上。卡架与梁(板)或墩之间应填塞橡胶、油毡、软木等弹性材料,以保证梁、板在温度变化时能自由伸缩</p>	

方法	简 图	说 明
H 型卡架固定法 用卡架固定	<p>纵剖面</p> <p>横剖面</p> <p>纵剖面图</p>	<p>在两片梁的接缝间钻孔, 两横隔板面剔槽, 用槽钢及螺栓做成△型、H型或□型卡架, 把梁或板固定在桥墩上。卡架与梁(板)或墩之间应填塞橡胶、油毡、软木等弹性材料, 以保证梁、板在温度变化时能自由伸缩</p>

方法	简 图	说 明
<p>卡架固定</p> <p>□型卡架固定法</p>	 <p>图中尺寸单位:cm</p>	
<p>梁板端钻孔固定</p>		<p>采用油毡支座的板梁,可在每片板梁上钻孔深入至墩、台帽内,然后放入按挡块锚栓截面积的计算公式计算所需尺寸的螺栓,固定端填以环氧砂浆,活动端应扩孔并填以弹性材料,以利温差伸缩,最后上紧螺帽</p>

方法	简 图	说 明
悬臂 挂孔梁 侧面钻 孔加固	 <p>固定支座端</p> <p>钢板</p> <p>活动支座端</p> <p>扩大螺孔</p> <p>I-I 断面</p>	<p>对于悬臂梁桥的挂梁可以采用从梁侧钻孔并用钢板螺栓连接的固定措施,活动支座端则扩大螺孔,以适应温度变化伸缩等影响</p>
连接 螺栓用 于悬臂 梁与挂 梁之间 的加固	 <p>螺栓上部埋在接头混凝土中</p> <p>悬臂</p> <p>挂梁</p> <p>预埋钢管成孔</p> <p>纵剖面图 (连接螺栓)</p>	<p>对悬臂梁除采用上述抗震加固措施外,也可用螺栓竖向连接或以钢板于梁顶面钻孔连接二梁(悬梁和挂梁)端部的办法</p>
钢板 连接悬 臂梁与 挂梁的 加固	 <p>纵剖面图 (连接钢板)</p>	

方法	简 图	说 明
将主梁联在一起或将主梁与桥台联在一起	<p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p> <p>加设弹簧垫圈</p> <p>螺栓</p> <p>钢板</p> <p>椭圆孔</p> <p>夹塞软木</p>	<p>将主梁联成整体,可采用下列方法:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在无横隔梁的桥中,先探明原主梁钢筋的位置,在不破坏钢筋的情况下,钻孔穿横向拉杆,将主梁联成整体; 2. 在有横隔梁的桥中,若横隔梁刚度不够时,增设横向拉杆或钢筋混凝土横隔板; 3. 采用钢纤维混凝土浇筑整体桥面板,增强桥梁整体性; 4. 纵向加固采用在梁端隔板之间中性轴线上钻孔,用螺栓连接,隔板之间加垫块,如图 a); 5. 在梁侧钻孔安装梁端钢板,见图 b); 6. 在梁侧钻孔,用螺栓固定梁端钢板,之后将钢板与桥台胸墙上的预埋件连接在一起,见图 c)

155. 设置纵向挡块加固时,挡块锚栓的截面积是如何进行计算的?

在桥墩墩帽上设置挡块时,挡块及胸墙的尺寸应按现行《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89)计算确定。挡块锚栓的截面积可按式(6-3)进行计算:

$$A = \frac{2KW}{\sigma_g} \quad (6-3)$$

式中：A——锚栓截面积(cm^2)；

K——水平地震系数，由基本烈度确定：

7度时， $K = 0.1$ ；

8度时， $K = 0.2$ ；

9度时， $K = 0.4$ ；

W——一片梁或板，或一孔的静荷载(kN)；

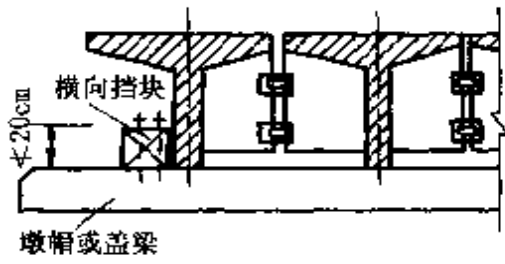
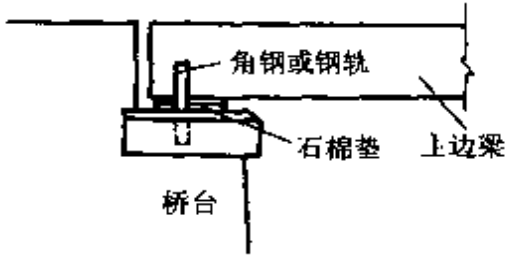
σ_g ——锚栓钢筋容许剪应力(KPa)，可按基本容许剪应力提高 50%。

156. 防止横向落梁的抗震加固措施有哪些方法？

梁式桥防止横向落梁的抗震加固方法见表 6-9 所列。

防止横向落梁的抗震加固方法

表 6-9

方法	简 图	说 明
边主梁 外侧设置 挡块		当边主梁外侧盖梁上有条件钻孔时，可设钢筋混凝土横向抗震挡块（一般讲，纵向挡块对防止横向落梁也有一定作用）
主边梁 外侧设置 挡杆		在主边梁外侧桥台盖梁或台帽上埋设短角钢或钢轨、槽钢作为挡杆，外露部分涂红丹一道，灰铅漆二道

方法	简 图	说 明
用钢丝绳 横向连接加 固		<p>当边主梁外侧盖梁较短,无条件钻孔设置横向挡块时,可用钢丝绳将主梁和边桩横向连接在一起,如图示。</p> <p>要注意钢丝绳与绳夹的规格大小及连接方法应符合标准要求,桩顶的合箍内应衬橡胶垫,并用螺栓将合箍拧紧</p>
主边梁外 侧设置钢支 架加固		<p>在主边梁外侧墩(台)帽上埋设钢锚栓,固定三角形钢支架作为防止边梁露落的抗震措施,同上所述外露部分涂红丹一道,灰铅漆二道</p>
主梁两侧 埋设角钢或 钢轨阻止桥 横向位移和 横向落梁		<p>用角钢或短钢轨代替钢筋混凝土挡块,埋设于活动支座端,防止梁墩相对位移过大和防止横向地震力作用下发生横向落梁,角钢外露部分按上述用红丹、灰铅漆涂刷</p>

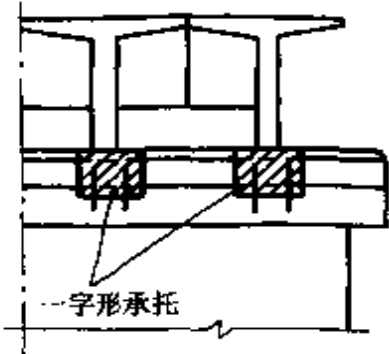
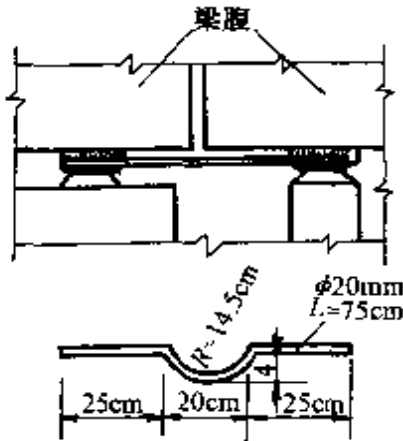
157. 防止支座破坏的抗震加固措施主要有哪些方法？

防止支座破坏的抗震加固方法见表 6-10 所列。

梁式桥防止各种支座破坏的加固

表 6-10

方法	简 图	说 明
盖梁较宽时的支座挡块		<p>对于采用平板式滑动支座、切线式滑动支座或油毛毡支座上的薄腹 T 梁,在墩台较宽的情况下,可采用钢筋混凝土挡块进行加固。每梁用 4 块,即两端两侧各 1 块。</p> <p>钢筋混凝土挡块的尺寸,一般可为长 40cm、宽 20cm、高 30cm,但其高度必须保证比 T 梁和横梁底面高出 20cm 以上。</p> <p>挡块中的锚固钢筋埋入盖梁或墩帽中 30~50cm</p>
U 形承托的支座加固		<p>对于摆动、滚动式支座,其墩(台)帽或盖梁一般较宽,除采用一般钢筋混凝土挡块外,也可将梁两侧的挡块同下部构造连接起来,使之成为 U 字形承托,或一字形的承托</p>

方法	简 图	说 明
一字形承托的支座加固		对于摆动、滚动式支座,其墩(台)帽或盖梁一般较宽,除采用一般钢筋混凝土挡块外,也可将梁两侧的挡块同下部构造连接起来,使之成为 U 字形承托,或一字形的承托
将两支座用钢筋纵向连接加固		

158. 拱桥的抗震加固主要有哪些方法?

(1)防止拱圈落拱,可将相邻两拱脚的钢筋连起来,或加长墩台帽和拱底斜面长度,并设置防落拱牛腿。

(2)将主拱圈连成整体,方法有:

①在双曲拱桥拱肋的横系梁间设钢筋斜拉杆,中间用法兰螺栓拉紧,见图 6-2,拉杆尺寸应通过计算确定。各部外露钢筋均应进行油漆防锈,其日常保养按钢构件养护方法处理。

②在双曲拱桥拱顶三道横系梁间设拉杆。拉杆用 $\phi 20 \sim \phi 22$ 的钢筋,两端焊接在横系梁的钢板箍上(钢板箍用 $D = 6 \sim 8\text{mm}$ 厚的钢板制成,宽 200mm),中间用法兰螺栓拉紧,见图 6-2。

③在石拱桥拱圈的跨中和 $1/4$ 跨处加设三道钢板箍,用螺栓在拱底及拱侧钻孔锚固。应注意拱侧锚固点在拱圈厚度的 $1/3$ 处,见图 6-3。锚固孔用膨胀水泥砂浆填充。

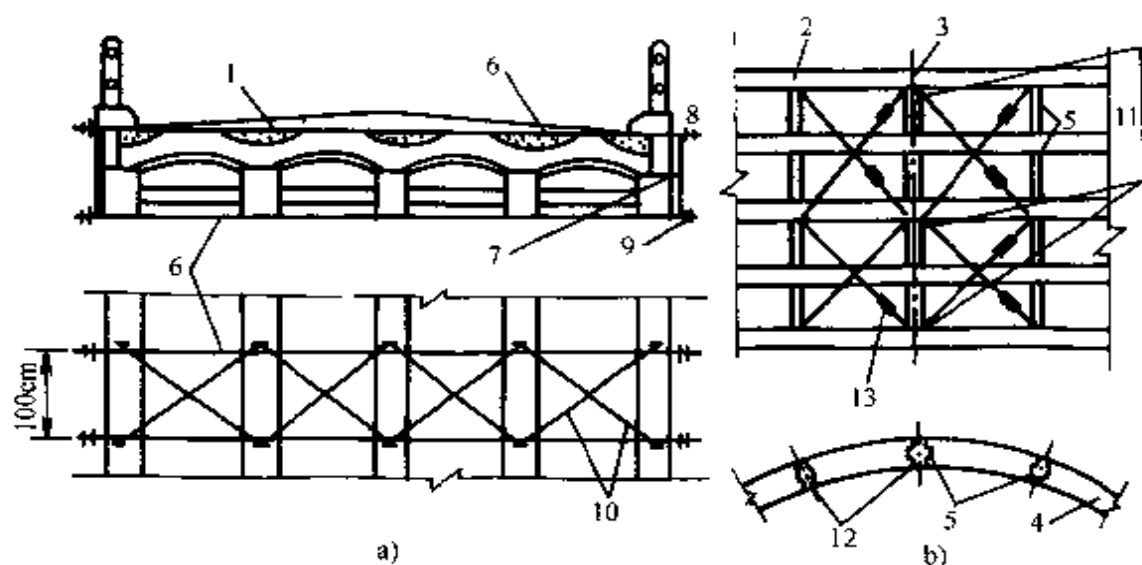


图 6-2 双曲拱桥拱肋整体联结

1-C20 混凝土填平;2-拱筋;3-拱顶;4-拱圈;5-横系梁;6-钢筋拉杆;7-角钢;8-双螺帽;9-橡皮垫圈;10-斜拉杆;11-钢板箍;12-螺栓;13-法兰螺栓

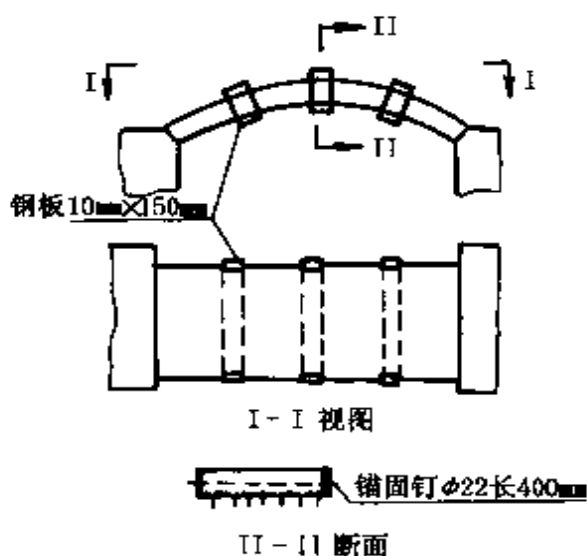


图 6-3 石拱板整体联结

(3)桥台、墩在拱脚处的加固,分别用下列方法:

①在拱座凿孔,深度大于 50cm ,埋设 $\phi 20$ 钢筋,另一端伸入拱背或与埋设在拱肋波谷上的锚栓相联,并同横向的两边分布钢筋彼此焊接,最后浇筑混凝土,见图 6-4a)。

②构造同上,墩顶上若有腹拱墙,可在墙脚凿孔,使拉筋通过而连为一体,见图 6-4b)。

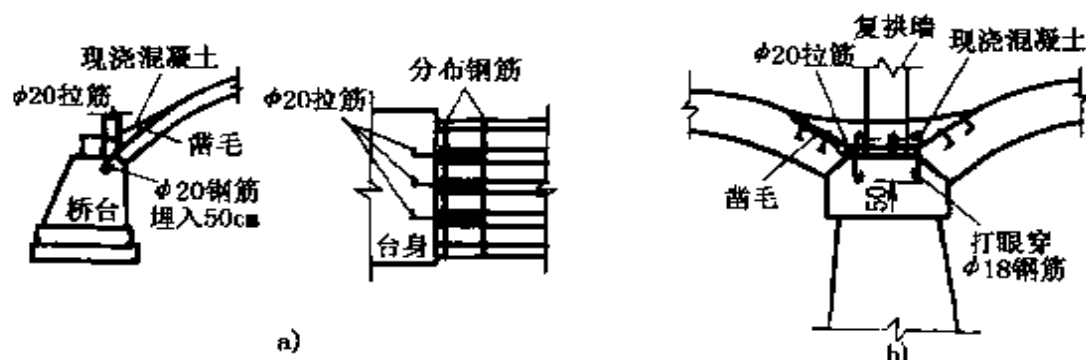


图 6-4 拱脚加固 (尺寸单位:mm)

159. 桥梁墩、台和基础的抗震加固方法有哪些?

1) 对桥墩的加固

(1) 桩式和柱式桥墩

①在桩或柱之间用槽钢或角钢做成钢板箍或横夹板,并用螺栓将其拧紧。斜夹板可用电焊连接,见图 6-5 a)。

②用两块钢板卷成一半径比桩(柱)稍大的半圆后,置于加固部位,并焊接竖缝使之成为一套管,见图 6-5 b)。套管与桩(柱)之间的空隙,应打毛用水冲洗后填以水泥砂浆或小石子混凝土,并在套管外涂以防锈油漆。

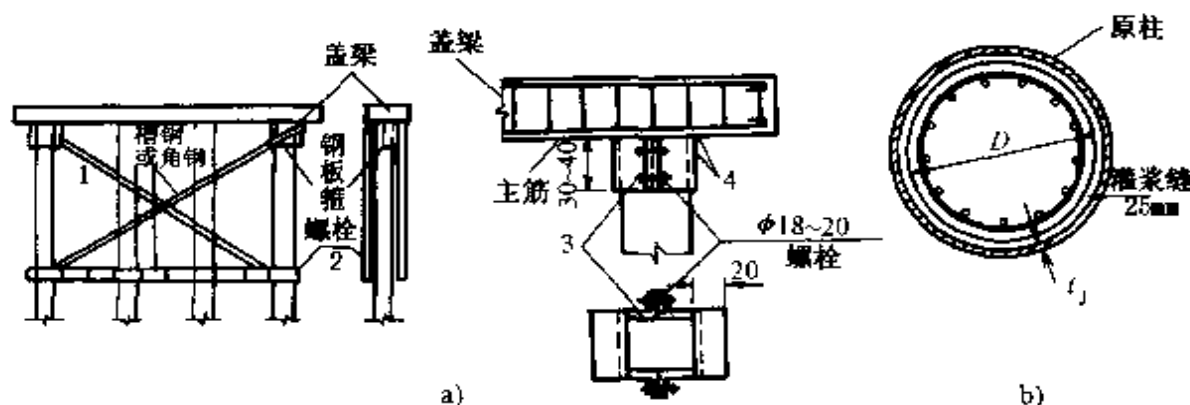


图 6-5 桩柱式墩加固 尺寸单位:cm,铁件:mm

1-槽钢或角钢;2-螺栓;3-钢板箍厚 6~8mm;4-联结钢板

(2)对多孔长桥,可增设抗震墩。即在原有桥墩两边加设钢筋混凝土斜撑(即斜腿),见图 6-6。

(3)对桥墩截面偏小,强度不足以抵御地震对桥墩的损坏,可采用加大桥墩断面来加固,见图 6-7。新增的钢筋混凝土,其标号为 C20 ~ C30,钢筋插入原桥墩的长度不小于 $30d$ (d 为钢筋直径)。外层需增设钢筋网,网格为 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 。

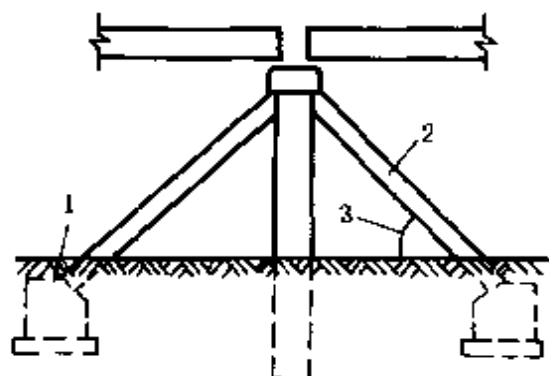


图 6-6 斜撑加固

1—一般冲刷线以下 1.0m; 2—斜撑;
3— $38^\circ \sim 45^\circ$

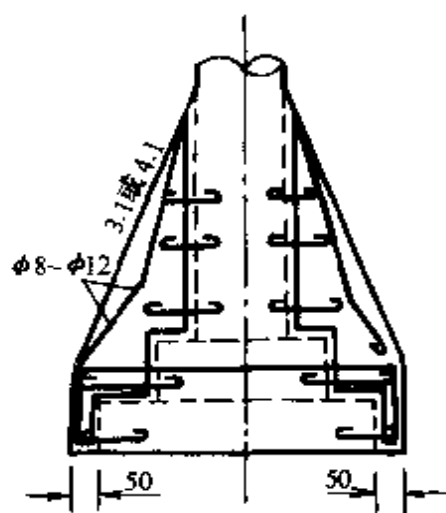


图 6-7 加大桥墩断面(尺寸单位:mm)

对于混凝土柱的抗震加固还可采用如下的方法:

①钢套管加固法。将两块钢板卷成一半径比柱子大 12.5 至 25mm 的半圆后,置于需加固的部位,现场焊接竖缝使之形成一套管。套管与柱中间留下一个环形的小间隙,用水冲过后以纯水泥砂浆填充。通常套管与任何支撑物(基础或盖梁)之间需留出 50mm 的间隙,以免套管在支撑物大角度的变位中起到受压钢筋的作用,这亦可避免过分地加强塑性铰区域的抗弯强度。这种加强会导致基础和盖梁在地震反应中的弯矩和剪力的增大。图 6-8 为钢套管加固构造。

②增加截面加固法。柱子周围附上一层形似套管的相对较厚的钢筋混凝土,可提高柱子的抗弯强度、延性及抗剪强度。与桥梁上的应用相比,这种技术已较广泛地应用于房屋建筑的柱子上。日本在一些桥上用过这种加固技术。通过把套管的竖向钢筋以暗销接合到基础上并留出足够的锚固长度来保证握裹强度,因此柱

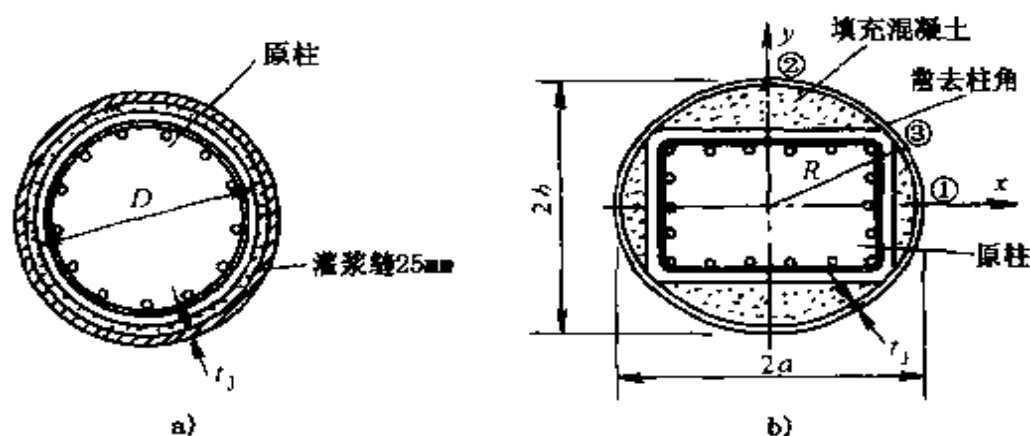


图 6-8 混凝土桩钢套管加固

a)圆形柱;b)矩形柱(椭圆套管)

的抗弯强度将会得到提高。但同时还必需进行基础加固,增强其抗弯、抗剪强度,确保塑性铰出现在柱上,具体见图 6-9 所示。

③复合材料套管加固法。采用复合材料如玻璃纤维、碳纤维及绳栓对柱进行加固是一种有效的方法。通常这些材料均用环氧树脂相互粘起再贴到柱子上,做成外套层。

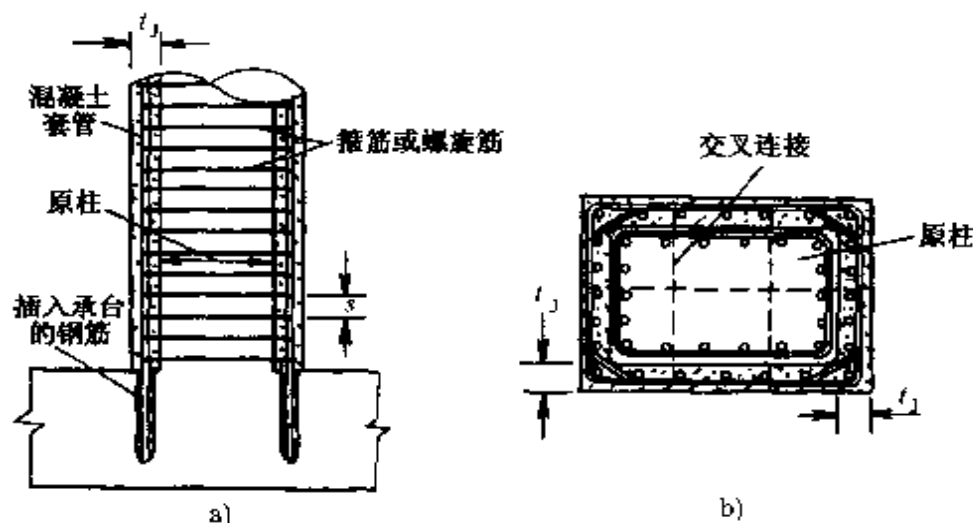


图 6-9 混凝土套管柱的约束

a)圆形柱(立面);b)矩形柱(断面)

2)对桥台的加固

(1)当桥台经验算在地震力作用下的抗倾覆及抗滑稳定性不能满足安全要求时,可采用加筑围裙的方法,见图 6-10。围裙由不

低于 C15 的混凝土或不低于 M10 的水泥浆砌片石做成。

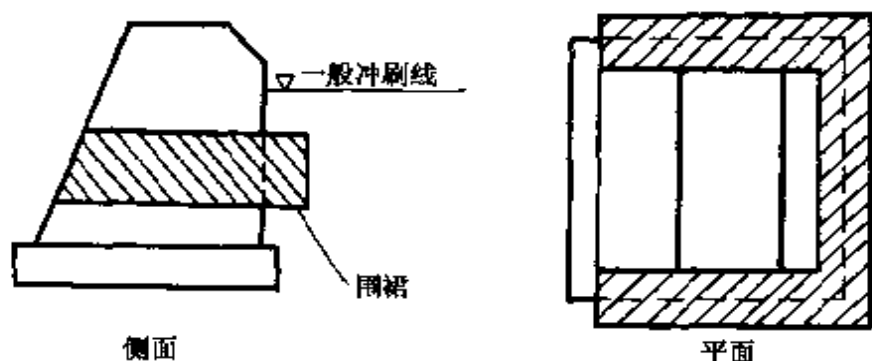


图 6-10 桥台围裙

(2) 当桥台台后填土在地震力作用下土压力有所变化, 危及桥台安全时, 应采取下列措施:

- ①在台背增设挡墙, 如图 6-11a);
- ②在台前修筑扶壁, 如图 6-11b);
- ③在台后增设桥孔, 如图 6-11c);
- ④在桥台前加抵抗土压力的加固撑, 如图 6-11d);
- ⑤将埋置式或一字式桥台改为 U 形桥台, 如图 6-11e)。

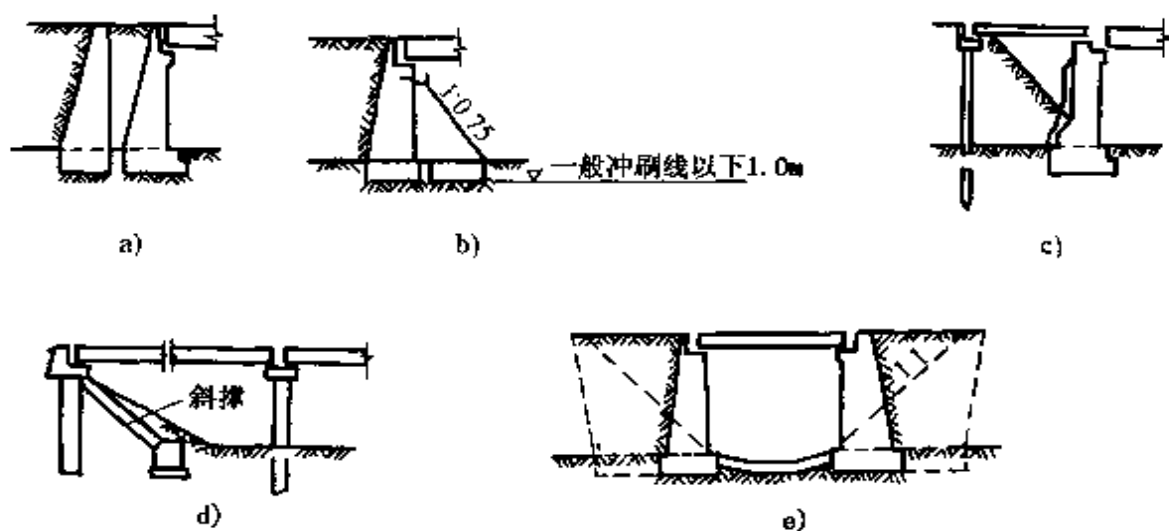


图 6-11 桥台加固措施

a) 台背设挡墙; b) 台前加扶壁; c) 台后增设桥孔; d) 台前加固撑; e) 改为 U 形桥台

3) 对在修建时未作抗震设防的桥墩、台基础及地基, 应按现行

《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89)进行验算及判断地基是否可能液化。并可分别采取下列措施进行加固:

(1)当桥墩、台基础不能满足抗倾覆和抗滑的要求时,可采用加大基础面积或在一般冲刷线以下 1.0m 加设围裙加固,见图6-12。另外还可采用将承台加厚及扩大的加固法,见图 6-13。

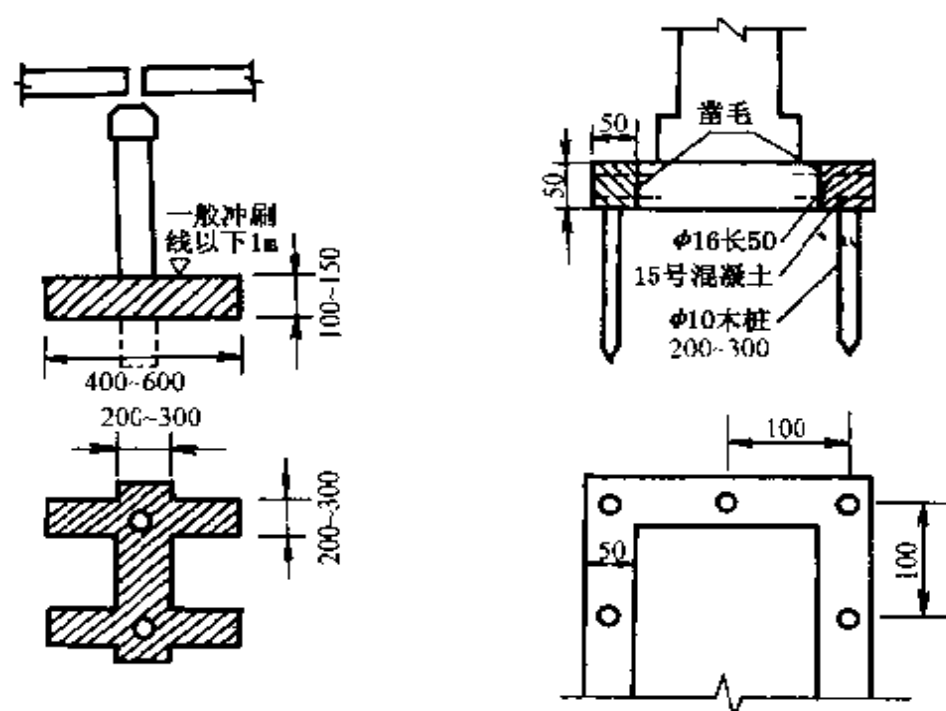


图 6-12 围裙加固和扩大基础(尺寸单位:cm)

(2)当地面以下 20m 范围内有饱和砂土或饱和亚砂土层时,按现行《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)的要求进行判断,属于可能液化的土,应进行人工地基加固。

4)对盖梁和承台的加固可采用施加预应力的方法,对于承台还可用附加厚层的方法进行加固,以提高其刚度,见图 6-14、图 6-15 所示。

日本是一个多地震的国家,在桥梁墩台及基础抗震加固中积累较为丰富的经验,图 6-16 和图 6-17 为该国墩台及基础抗震加固的情况,可供参考。

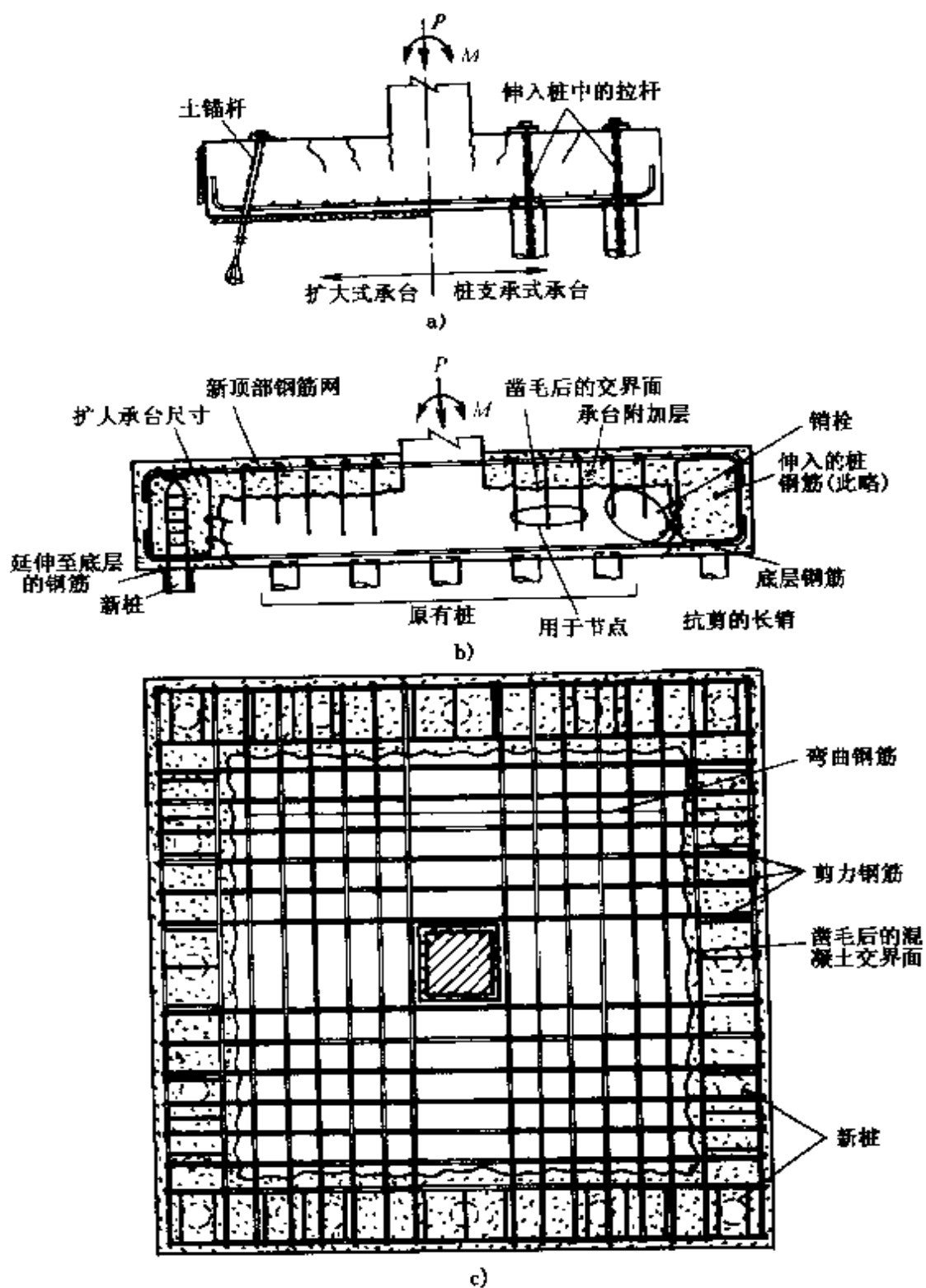


图 6-13 承台加固措施

a) 抗拔约束; b) 承台加厚及扩大; c) 承台加厚及扩大的平面图 (新加的顶钢筋网没有表示出来)

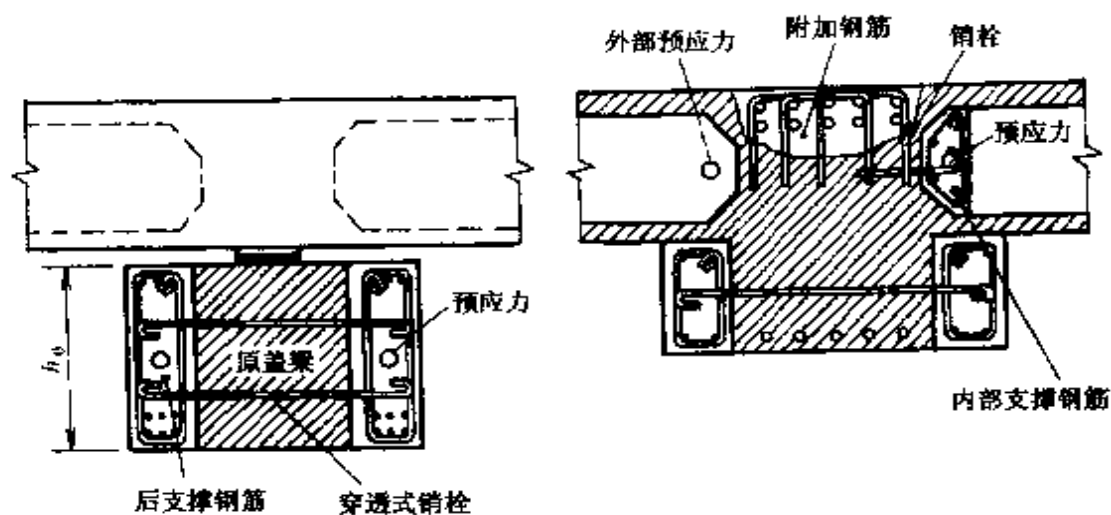


图 6-14 预应力加固盖梁

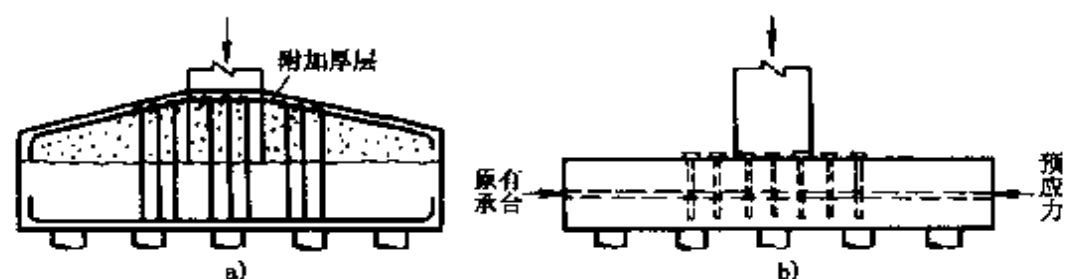


图 6-15 承台加固示意

a)附加厚度及采用长销;b)承台预加应力及贯穿式销栓(也可不用)

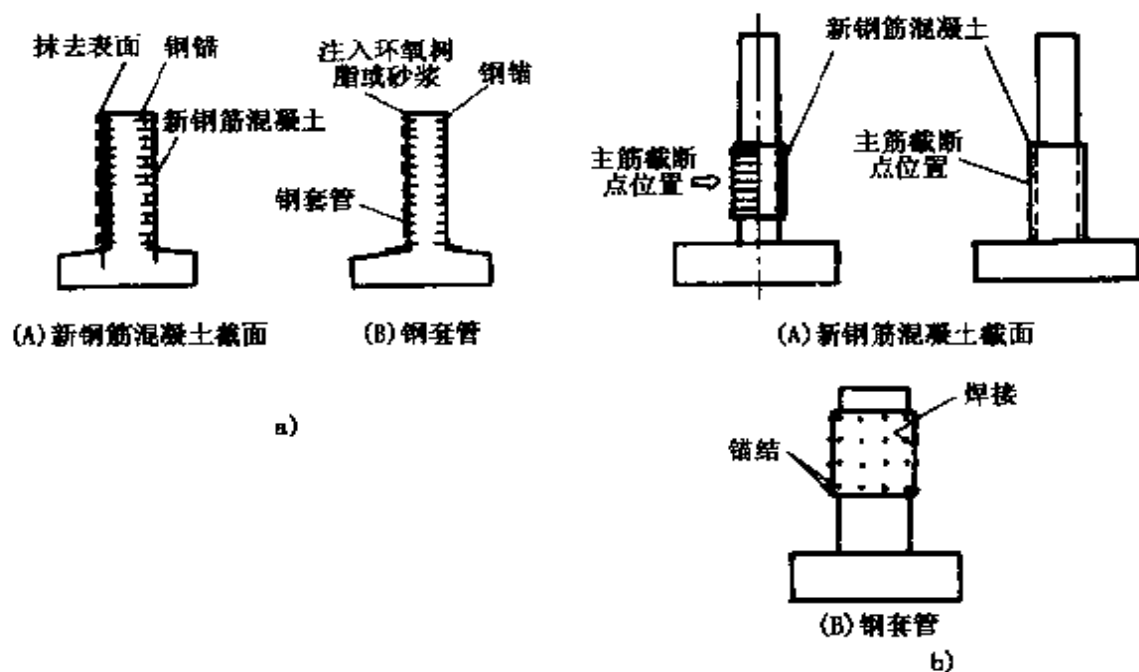


图 6-16 桥墩抗震加固方法

a)弱墩的加固;b)用在中部截断主筋的方法加固钢筋混凝土桥墩

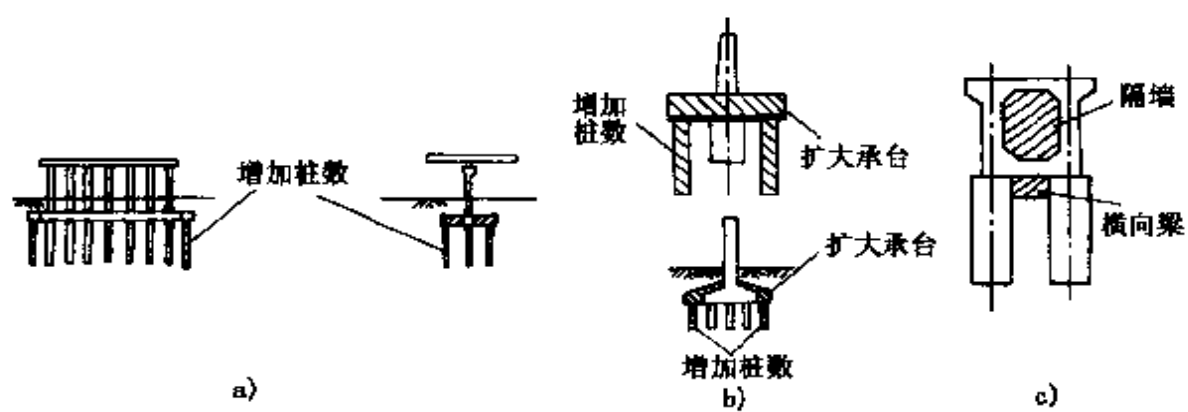


图 6-17 基础抗震加固方法

a)加固抗弯桩;b)加固支承能力不足的基础;c)加固两个独立箱基上的钢筋混凝土框构

第七章 超重车辆过桥管理与加固措施

160. 什么是超重车辆？国家对超限车辆有何规定？

超出桥梁设计荷载总重或轴重的车辆为超重车辆。

按照中华人民共和国交通部 2000 年第 2 号通令的规定，在公路上行驶的、有下列情形之一的运输车辆称为超限运输车辆。

(1) 车货总高度从地面算起 4m 以上(集装箱车货总高度从地面算起 4.2m 以上)；

(2) 车货总长 18m 以上；

(3) 车货总宽度 2.5m 以上；

(4) 单车、半挂列车、全挂列车车货总质量 40000kg 以上；集装箱半挂列车车货总质量 46000kg 以上；

(5) 车辆轴载质量在下列规定值以上：

单轴(每侧单轮胎)载质量 6000kg；

单轴(每侧双轮胎)载质量 10000kg；

双联轴(每侧单轮胎)载质量 10000kg；

双联轴(每侧各一单轮胎、双轮胎)载质量 14000kg；

双联轴(每侧双轮胎)载质量 18000kg；

三联轴(每侧单轮胎)载质量 12000kg；

三联轴(每侧双轮胎)载质量 22000kg。

161. 超重车辆过桥的管理内容与要求有哪些？

(1) 超重车辆上路出行前，其承运人应按规定向公路部门提出书面申请，同时还应提供下列资料和证件：

① 货物名称、重量、外廓尺寸及必要的总体轮廓图；

②运输车辆的厂牌型号、自载质量、轴载质量、轴距、轮数、轮胎单位压力、载货时总的外廓尺寸等有关资料;

③货物运输的起讫点、拟经过的路线和运输时间;

④车辆行驶证。

(2)公路管理机构审批超限运输时,应根据实际情况,对需经过的路线进行勘测,选定运输路线,计算公路、桥梁承载能力,制定通行与加固方案,并与承运人签订有关协议。

(3)公路管理机构负责对通过线路的桥梁进行检查和加固,完工验收后发给可以通行的意见书,最后由公路管理机构发给通行许可证或组织通行。

(4)必须防止因行驶超重车辆引起桥梁损坏,甚至发生安全事故。对超重车辆过桥应采取技术及管理措施,组织超重车辆安全通过。

(5)超重车过桥前,应收集、查找桥梁技术档案资料,对于无资料的或资料不全的应采用科学手段来确定承载力。

(6)对于通过检查尚不能对其技术状况及承载力进行判定或者有特殊要求的桥梁,应进行荷载试验,为承载力的确定提供依据。

(7)超重车过桥,应选用多轴多轮的运载车辆,以改善重车过桥时桥梁构件的受力,并选取桥梁技术状况好,加固工程费用较低的路线通过。

(8)超重车通过主要干线公路桥梁时,应专门组织人员指挥交通。必要时应事前发布通告。

(9)超重车通过时,公路管理机构应派技术人员随同检查,观察是否有位移、变形、裂缝发展等,并予以记录。同时应选择不同桥型进行挠度、应变、反力等的观测,以积累资料。技术人员在重车过桥时应保护自身及观测仪器的安全。

(10)为保证通行安全,应对超重车辆采取如下的管理措施:

①使车辆装载的货物尽量减少,尽可能分车装运,并使重量尽量分布在较长的范围内,以减小单位长度的压力。

②使车上货物安置平稳、适中,避免发生偏载。

162. 超重车辆过桥时必须遵循什么行驶规定才能确保安全?

超重车过桥时,必须遵循以下规定:

(1)超重车一般应沿桥梁的中心线行驶。

(2)车辆以不大于 5km/h 速度匀速行驶。

(3)不得在桥上制动、变速、停留。

(4)对大跨径桥梁,超重车与拖车应考虑桥梁结构的受力特征行驶,以改善桥梁受力;当跨径较小时,可考虑牵引车与平板挂车分别过桥,为此可于桥头设牵引或另行设置卷扬机,将平板车牵引过桥。

(5)超重车通过时应临时禁止其他车辆及行人通过。

163. 超重车辆过桥时桥梁承载能力的验算应遵照的原则是什么?

(1)对超重车所需通过的桥梁均应进行必要的计算,以确定需要进行加固方可通过的桥梁及需加固的部位及构件。

(2)计算时,荷载组合可按组合 III 考虑。对于砖石混凝土结构和钢筋混凝土结构,可只进行承载能力极限状态的计算;对预应力混凝土结构,按使用阶段计算的各种限值可适当放宽。

(3)对现有桥梁结构进行计算时,可只计算超重车在控制截面产生的最不利内力与应力,并与设计荷载内力与应力进行比较,若前者小于等于后者即表明车辆可安全通过;若前者大于后者,应做进一步计算。

(4)对于计算所需的桥梁技术资料有以下要求:

①有经批准的正式设计文件或竣工文件,施工质量良好,使用时间不长时可直接采用设计文件或竣工文件。

②无设计(竣工)资料或虽有设计(竣工)资料,但施工质量不好,已经出现破损的,应以桥梁实际状况为计算依据。

(5)无论是加固前还是加固后,结构计算图式应以结构实际受

力为依据。如果桥梁结构内力(应力)对计算图式很敏感时,应取偏安全的计算图式。

(6)对加固部分的构件应按设计规范进行设计、验算。

(7)对于有荷载试验资料的桥梁,其计算应以实测资料为依据。

164. 超重车辆能否安全通过桥梁是如何确定的?

超重车辆能否安全通过桥梁,应对桥梁通过能力进行判断,以便为桥梁的加固处理提供可行的方案。一般来说,当对桥梁承载能力作出评价后,可用下式来进行其通过能力的判别:

$$\mu = (P_{\text{实}} - P_{\text{控}}) / P_{\text{控}} \times 100\%$$

式中: $P_{\text{实}}$ ——超重车产生的截面内力(或超重车等代荷载);

$P_{\text{控}}$ ——标准荷载产生的截面内力(或标准荷载等代荷载)。

其判别标准为:

当 $\mu \leq 0$ 时,超重车具有通过桥梁权;

当 $0 < \mu \leq 5\%$ 时,超重车具有容许通过权;

当 $\mu > 5\%$ 时,超重车丧失通过权。

165. 超重车辆过桥时桥梁承载能力的验算可采用哪两种计算方法?

超重车辆过桥时桥梁承载能力的验算一般可采用等待荷载法和实际荷载验算法二种计算方法。

(1) 等待荷载法

采用等代荷载可比较迅速地判别超重车辆过桥的可能性,是一种比较实用的方法。这一方法就是在同一跨径(或荷载长度)用同一种影响线分别计算出超重车和标准车的等代荷载,将两者进行比较,以判别超重车辆能否安全通过桥梁或桥梁是否需要加固。在超重车运输要求时间紧、计算量大的情况下,可采用此法进行粗略判断。这要求在检算时应对桥梁的实际载重能力作切合

实际的评价,并对其承载能力用一定的标准荷载等级表示。

对不同形式的荷载以及各种类型的桥梁,虽然其结构体系(静定或超静定)、影响线形状、结构评定的荷载标准均不相同,但只要按照相同跨径(或荷载长度)和相同影响线线形转化成均布荷载,就可直接进行比较。

三角形影响线是最简单的影响线线形,当加载长度和三角形顶点位置相同时,不论最大纵坐标的数值大小,两个三角形的性质彼此相同。而利用三角形影响线的等代荷载来计算其他线形影响线的等代荷载时,其换算系数在同一荷载长度是不变的,所以,比较同一荷载长度的两个其他线形影响线等代荷载的大小时,只要直接比较同一荷载长度的两个三角形等代荷载的大小就可以判别。

(2) 实际荷载检算法

实际荷载检算法就是利用超重车辆产生的构件最不利内力组合与标准荷载作用下的最不利内力组合进行比较判别的方法。在此方法检算中,应考虑超重车过桥时的各种管制措施,主要考虑行驶的横向位置及不允许其他活载同时作用。由于超重车过桥时不变速、不制动及限速 5km/h 的要求,因此,在计算时可不计入冲击力影响。

为此,要验算判定桥梁能否通过超重车辆,须按超重车辆的纵向最不利位置算出结构的最不利内力值,并考虑横向分布的影响,然后再与桥梁标准荷载产生的内力进行比较判别。

如某桥上部结构跨径组合为 20m + 27m + 27m + 20m 的预应力混凝土箱梁,设计荷载等级为汽-20、挂-100,需通行载质量 118t 的 12 轴组合 800t 平板车,后经验算,27m 主梁通行重车时梁钢筋最大拉应力为 $\sigma_{\max} = 551.5\text{MPa}$,而梁底混凝土下缘最大拉应力 $\sigma_{\max} = -0.04\text{MPa}$,因此其钢筋应力已接近容许应力 562.5MPa,而梁底混凝土应力已小于零,说明出现拉应力。对预应力混凝土梁来说,这是不允许的。所以,通行重车前必须对桥梁采取加固措施,方能满足重车安全通行的要求。

166. 超重车辆过桥常用的临时加固措施有哪些？

对于桥梁上下部结构的加固方法在前面几章中均有介绍,其加固可按实际需要进行,这里不再叙述。而临时加固措施一般有:

(1) 全桥跨越加固法

小跨径梁桥和拱桥,在下部结构和地基受力许可时,可在桥面上临时设钢板梁或钢桁架梁,以供重车直接行驶通过,即图 7-1、图 7-2 所示的全桥跨越法。

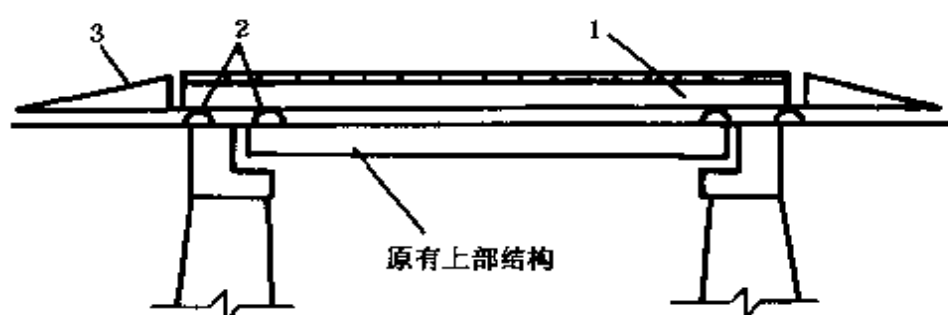


图 7-1 梁式桥的全桥跨越法

1-临时梁;2-临时支座;3-搭板

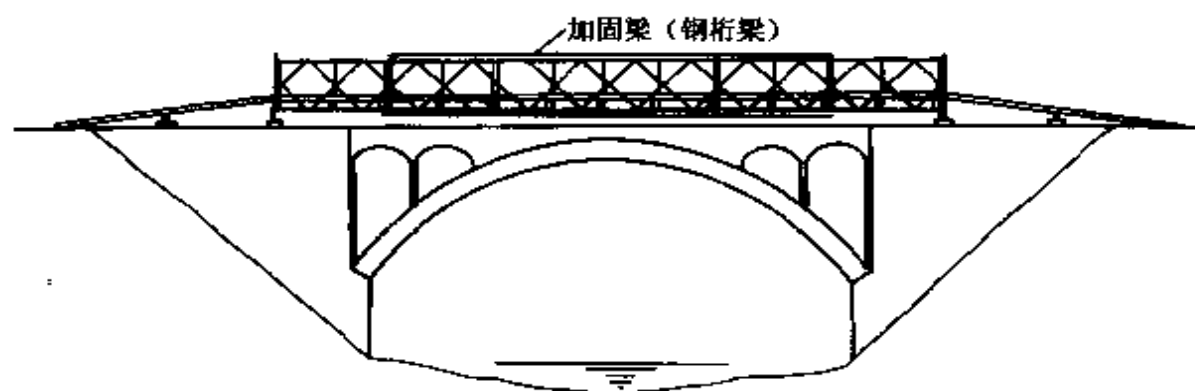


图 7-2 拱式桥的全桥跨越法

(2) 部分跨越加固法

当桥梁较长而无法采用全桥跨越法时,可采用如图 7-3、图 7-4 所示的部分跨越法。

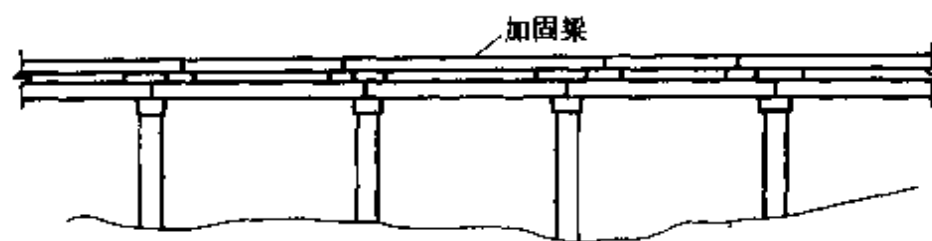


图 7-3 简支梁桥的部分跨越法

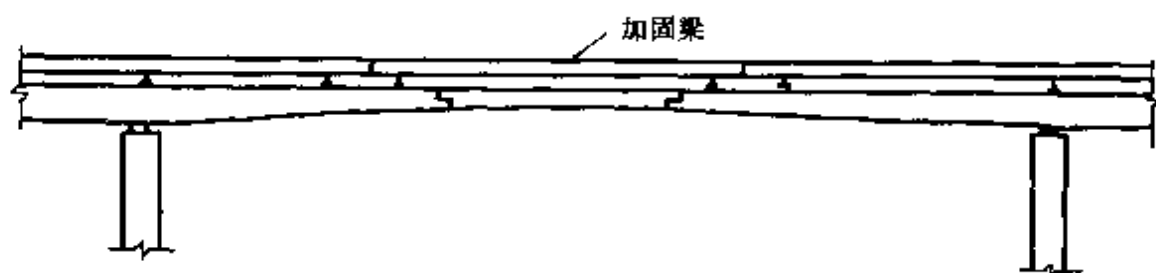


图 7-4 悬臂梁桥的部分跨越法

(3) 竖向支撑或八字支撑法

梁式桥跨径较大,且下部结构及基础承载能力不足时,可采用如图 7-5 所示的竖向支承法及八字支撑法。

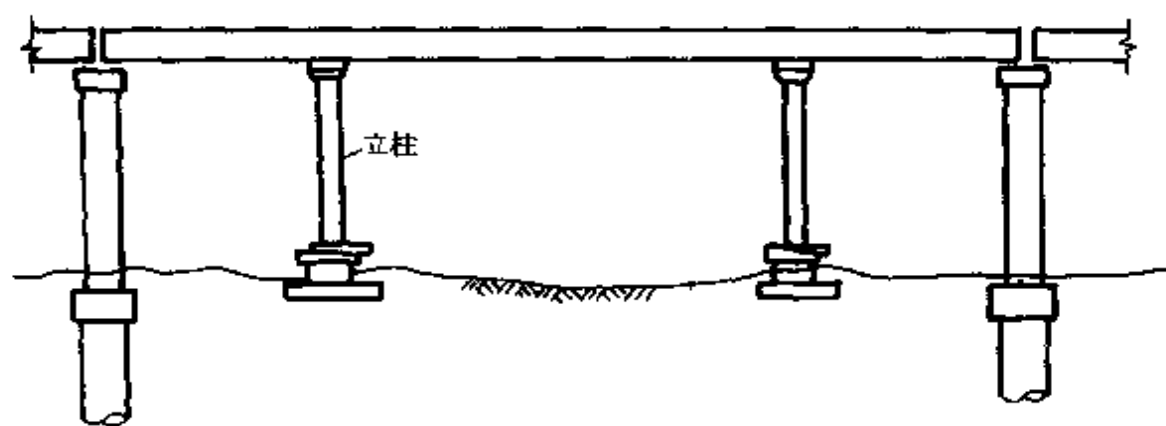


图 7-5 竖向加固法

(4) 拉杆加固法

当拱桥桥下净空许可且基础较好时,可采用拉杆加固法,如图 7-6。这一方法可消除拱脚水平推力,并使中孔按固定拱计算。

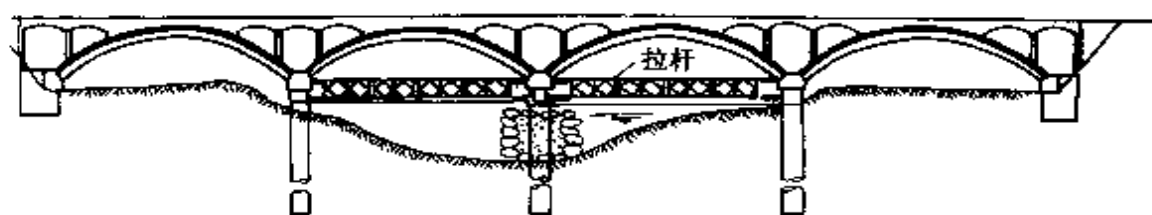


图 7-6 拱桥拉杆加固法

第八章 桥梁防护与抢修

167. 桥梁结构的防洪能力是如何进行评定的？防洪能力分为哪几个等级？其评定标准有何规定的？

为了预测桥梁水毁程度和分析水毁的原因,并制定相应的防治对策,必须对桥梁结构进行抗洪能力的评定。一般情况下需每3~5年进行一次,但如遇设计洪水及超过设计洪水年,宜结合水毁调查,当年进行一次抗洪能力的评定。对山区的公路桥梁宜每年进行一次抗洪能力的评定。

按照桥(孔)位、基础埋深、墩台病害程度等情况,将桥梁的防洪能力划分为强、可、弱、差四个等级。其规定的评定标准见表8-1所列。

桥梁抗洪能力评定标准

表 8-1

等 级	评 定 标 准
强	<ol style="list-style-type: none"> 1.孔径大小:桥下实际过水面积满足设计排水面积,桥下净空高度、最小净跨符合规定; 2.桥(孔)位置合适,水流调治构造物设置合理、齐全; 3.墩、台基础埋深足够,深基础的冲刷深度线在设计冲刷线以上;浅基础已做防护,防护周边的基础冲刷深度线在设计冲刷线以上; 4.墩、台无明显的冲蚀、剥落
可	<ol style="list-style-type: none"> 1.孔径大小:桥下实际过水面积满足设计排水面积,上部结构底标高与设计计算水位相同,或净跨偏小但不超过规定值10% 2.桥(孔)位置略有偏差,设置了调治构造物,其基础冲刷深度线在基底最小埋深安全值的30%以内,或调治构造物有局部缺损,河床无大的不利变形; 3.深基础的冲刷深度线在规定的基底最小埋深安全值的30%以内;浅基础防护周边冲刷深度线在规定的基底最小埋深安全值的30%以内,防护有局部缺损; 4.墩、台有冲蚀剥落,面积小于10%,深度小于2cm

续上表

等 级	评 定 标 准
弱	<p>1.孔径大小:桥下实际过水面积小于设计排水面积 20%以内,上部结构底标高与设计水位相同,或净跨小于规定的 10%~20%;</p> <p>2.桥(孔)位置略有偏置,水流调治构造物短缺,或调治构造物局部损坏,河床发生严重的不利变形;</p> <p>3.深基础的冲刷深度线在规定的基底最小埋深安全值的 30%~60%内;浅基础防护周边冲刷深度线在规定的基底最小埋深安全值的 30%~60%内,或防护体损坏明显;</p> <p>4.墩、台冲蚀剥落露筋面积超过 10%,钢筋严重锈蚀</p>
差	<p>1.孔径大小:桥下实际过水面积小于设计排水面积 20%以上,上部结构底标高低于设计水位,或净跨小于规定值的 20%以上;</p> <p>2.桥(孔)位置偏置,无必要的水流调治构造物;</p> <p>3.深基础的冲刷深度线在规定的基底最小埋深安全值的 60%以上;浅基础未做防护,冲空面积在 20%以上;</p> <p>4.墩、台冲蚀剥落严重,桩有缩颈,砌体松动脱落或变形</p>

168. 洪水观测包括哪些方面? 具体是如何进行的?

洪水观测主要包括下列三个方面:

在汛期应进行必要的水文观测,掌握洪水动态,并与当地气象、水文部门取得密切联系,及时收集洪水、雨水情况预报资料;或向沿河居民进行调查,预先了解洪水的强度、到达时间及变化情况,以判断对公路桥梁的危害程度。同时,应注意积累和保存观测资料,作为今后制定桥梁改善和维修加固措施的依据。

大桥和河床处于不良状态的中桥,应作洪水水位、流速、流向、浪高、漂浮物等及河床断面变化的观测。一般桥梁只观测和记录当年的最高洪水位。

导流堤、丁坝和护岸等调治构造物应观测洪水期间的使用情

况,主要河段的调治构造物应观测最高洪水位及洪水前后基础附近河床的冲刷深度。

观察的具体要求和做法如下:

(1)水位观测

桥梁的水位观测,可借助设在桥墩台上的固定水位标尺或水准仪进行。

导流堤、丁坝和护岸等调治构造物的水位观测,可视工程设施的重要性,设置固定的水尺或临时水尺进行观测。若工程设施较多,设置水尺有困难时,可在各工程设计洪水泛滥线以上设立临时水准点,或利用已有的工程施工水准点,汛期用水准仪进行巡回观测。

(2)流速观测

大型桥梁在观测水位的同时应进行流速观测。其他构造物是否进行流速观测,视工程的重要性及水毁后危害性等实际情况确定。

流速观测一般用流速仪测速,也可用浮标法或泥沙颗粒起动法测速。

(3)河床断面及冲刷深度观测

不稳定河床上的桥梁,一般应在桥位及上游 100m、下游 50m 处测三个横断面。稳定河床上的桥梁可测桥位处横断面。深槽区桥墩、浅埋式基础丁坝和导流堤等调治构造物宜在墩前、堤头等水流冲击处,观测洪水前后局部冲刷深度变化。观测时间应与测速时间相应。

对危险的桥梁墩台,可安设简便自动沉降观测杆观测局部冲刷深度,见图 8-1。具体做法是:在桥墩上游或两侧置一套管,套管位置视流向而定,此管固定于墩上,管内放一钢杆或铁杆,杆的底端伸入水中,并系以重锤,杆应长于套管,杆上画有尺寸,洪水冲刷时杆便自动下沉,依洪水前和洪水时杆上读数之差,便可得出此次洪水在桥墩附近的局部冲刷深度。如发现坑深接近基础埋置标高,可立即采取紧急措施。

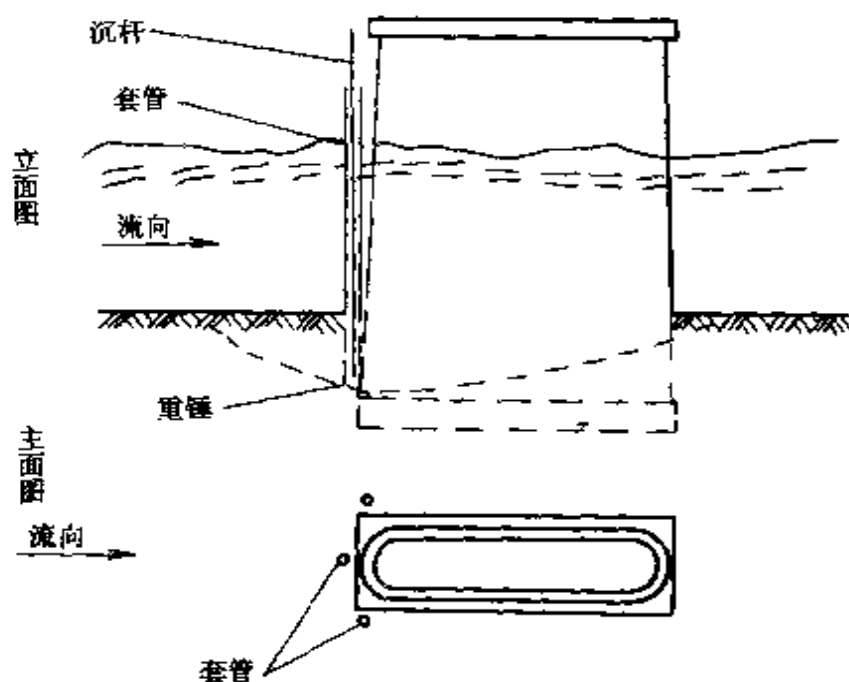


图 8-1 墩台简易冲刷观测示意

169. 桥梁在山洪作用下主要会产生哪些破坏？

大量桥梁水毁事例的调查资料显示,桥梁在山洪作用下的破坏主要有上部结构破坏、墩台破坏和材料破坏等。

1) 上部结构破坏

(1) 板式橡胶支座。上部结构因支座破坏造成失稳形式有:

- ① 支座摩擦力不够,梁体漂移、错位;
- ② 支座剪切角过大,发生剪坏或塑性变形失效;
- ③ 背水面支座受力过大,失去弹性而丧失承载力。

(2) 钢支座。钢支座的破坏形式主要有支座横向约束——齿板被剪坏及固定支座的螺钉横截面积不够被剪断二种。

由此可见,上部结构失稳破坏与支座的失效、破坏是相辅相成的,洪水对梁体产生的直接冲击力并不构成多大威胁。

此外,由于洪水的侵蚀、洪水中异物的阻塞造成支座不能满足梁体伸缩要求,往往在雨后天晴、气温升高时造成支座被梁体膨胀

变形推剪破坏,桥梁承载力严重削弱。

2)墩台、基础的破坏

(1)桥墩破坏,是由于上部结构传来的洪水水平力及水平力弯矩、荷载偏心压力、自身受洪水冲击力等外力共同作用的结果,其形式有:

- ①墩身倾斜过大,墩底水平位移过大;
- ②合力偏心距过大,桥墩倾覆;
- ③高墩受弯压作用,发生挠曲失稳;
- ④墩身受弯出现裂缝。

(2)桥台尺寸较大,刚度较大,自身遭破坏的可能性很小,其失效一般是刚体失衡,如倾覆等形式。

(3)基础破坏

- ①基础底面剪切力不足,发生滑移;
- ②基础底面在偏心合力作用下,局部压力超高,地基发生塑性形变。

3)材料变异、裂缝扩展破坏

在山洪作用下,桥梁结构的混凝土及钢筋等主要材料产生损坏,如图 8-2 所示。

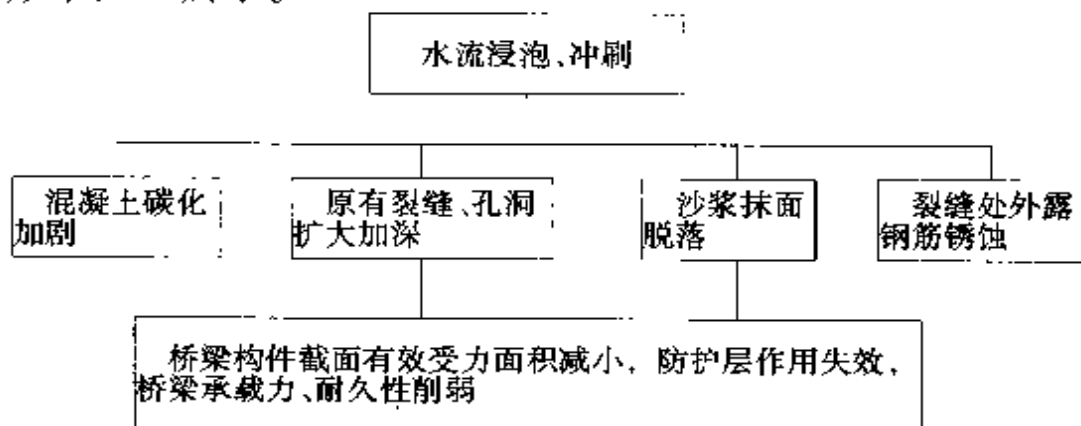


图 8-2 桥梁结构在山洪作用下混凝土及钢筋主要材料破坏框图

170. 桥梁抗洪有哪些有效对策和相关措施?

为将山洪对桥梁的影响降到最低,必须从山洪破坏力特性和桥梁抵抗机制两个方面着手,尽量减轻山洪的强度和集中作用,增

强桥梁自身抗洪力。两方面紧密结合,才是解决抗洪问题的合理途径。因此,抗洪的有效对策及相关措施有:

1)改进设计

在桥梁设计中,针对洪水作用下桥梁的薄弱环节,作适当的修改和添加,就可以获得较为理想的抗洪效果。

(1)减小桥梁阻水面积

如采用薄壁墩,采用预应力、钢纤维混凝土减小上部结构建筑高度;适当增大跨径,桥台不能侵入河道太多;在深水主流区不宜设墩,或争取一跨过河。

(2)支座部位作特殊处理

①板式橡胶支座

a. 在迎水面一边的支座附近,可添设柔性拉力结构,如图 8-3 所示。

b. 在靠近各支座处背水一侧设置从梁体底面和墩台顶面突出两靠近的钢筋混凝土剪力块,见图 8-3 所示。

②钢支座

钢支座的齿板是抵抗横向水平力的结构,可将每个支座背水一侧的齿板增厚。此外,支座与墩台的连接螺栓应增强。

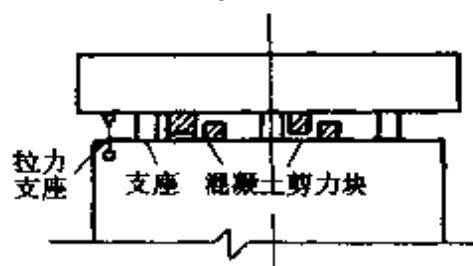


图 8-3 板式橡胶支座抗洪处理示意图

(3)T 形梁桥的构造处理

T 形梁桥由于具有纵肋、横隔板等构造形式,当洪水超过桥梁底面时,会在桥底形成一个个封闭的“气室”,增加了上部结构的排水体积,也增大了水流浮托力,对桥梁稳定性威胁很大。因此有必要在横隔板上开挖孔洞,使纵向各“气室”连通,当洪水上涨时,空气通过梁端排气孔全部排出。要达到全部排出空气的目的,必须将排气孔布置在横隔板靠近顶板的位置。因洪水上涨速度不会太快,气孔直径可取得较小,不会影响到横隔板的受力。

2)保证施工质量

(1)确保混凝土浇筑质量,做到均匀密实,表面光滑无裂纹,以满足抵抗水流冲刷,保护受力筋的要求。

(2)基础施工应特别重视,必须达到规定的尺寸和深度。

3)改善桥跨结构的周围环境条件

(1)在流域内植树种草,增大森林、草地覆盖率,对于降低洪水强度、减少泥沙含量有重要意义。此外,减少水源污染,降低降雨和洪水中化学物质的含量,可延缓桥梁结构混凝土老化和钢筋锈蚀,保证桥梁使用功能。

(2)修建水库。山区河流上的水库,除蓄水、发电、灌溉外,在洪水期间还能起到调节下游洪峰流量,延缓洪水形成过程的作用,能有效地保障下游桥梁的抗洪安全性。

(3)河道改造。河床崎岖不平,河岸起伏,弯道、险滩等河道形式使洪水水流极为紊乱。由于弯道或河床断面形状造成洪水主流对桥梁墩台的集中冲刷,对桥梁的安全稳定性威胁很大,因此,在桥位附近,必要时应对河道进行一定的整治,或对主流进行人为导流,使洪峰主流顺利通过桥下,并尽量避免偏流。

4)对桥梁结构的薄弱部位进行加固维修

桥梁在正常使用下形成的损伤,会降低桥梁的抗洪能力,同时损伤在洪水作用下会进一步加剧,因此必须及时对破损部位进行维修。

(1)梁体。若梁体下缘已出现明显裂缝,在水流冲刷下裂缝混凝土被掏走,宽度增加,钢筋锈蚀,桥梁耐久性削弱,一般采用灌浆、抹面,必要时施加体外预应力、补喷混凝土的方法进行处理。

(2)支座。对已经老化、失效的支座,应及时更换。

(3)墩台。墩台的损伤有裂缝、缺口、混凝土老化、钢筋外露锈蚀等情形,亦可用灌浆、抹面的方法维修,必要时可换掉墩身混凝土老化层。

(4)基础。基础可能出现沉陷、倾斜、滑移,可采取打桩围护、扩大基础面积、附设推力结构等多种手段进行维修。

171. 为防止水毁现象的发生,按规定应做好哪几方面的预防工作?

1)每年汛期前应对所辖公路桥梁进行一次预防水毁的技术检查。其主要内容应符合下列要求:

(1)桥梁墩、台、调治构造物、引道、护坡、挡墙基础应无冲空或损坏。

(2)桥下应无杂草、树枝、石块等杂物堆积淤塞河道,河流上游堆积物、漂浮物能顺利过桥。

(3)桥梁上游河道稳定,水流平顺,桥梁下游无明显冲刷。

(4)桥头引道有无松裂。

(5)调查桥梁上游附近有无水库及其储水能力,是否存在病害隐患。

2)为防止或减轻雨水和洪水对桥梁的危害,在雨季和洪水来临之前应进行下列水毁预防工作:

(1)疏通各种排水系统和做好河道清淤。

(2)修理、加固、改善和增设调治构造物。

(3)采取适当措施,防止漂浮物大量急剧下冲。

(4)做好抢险物资和设备的准备。

3)为防止竹、木排筏和巨大的漂浮物等随洪水下冲,在汛期应对桥梁基础进行检查,并采取下列措施:

(1)在漂浮物较多的河流,为避免漂浮物撞击墩台,可在墩台前一定的距离处设置护墩体。其形式可根据水流的缓急、水位的高低、漂浮物的多少、流量的大小等情况选择,一般用单桩、束桩、单排、双排、三角形桩等,材料可用木、钢、石块、水泥混凝土或钢筋混凝土等。

(2)发现墩台基础冲空时,应在汛前采取加固措施。

4)为防止河段不利变形,造成水流冲击桥梁,可分情况采取下列措施:

(1)稳定、次稳定河段上桥梁水毁防治措施,可根据调整桥下

滩流、河床冲淤分布的实际需要以及水流流向等情况分别选择以下方法:

①正交桥位,两侧有滩且对称分布时,两侧桥头可布置对称的曲线形导流堤。

②正交桥位,两侧有滩且不对称分布时,两侧导流堤一般布置成口朝上游的喇叭形,大滩则为曲线形导流堤,小滩则两端带曲线的直线形导流堤。

③桥位在河流弯道上,凹岸布置直线形导流堤,凸岸布置曲线形导流堤。

④桥位与河槽正交,一侧引道向上游与滩地斜交,另一侧引道与滩地正交时,斜交侧桥头布置梨形堤,引道上游则设置短丁坝群。当水深小于1m时,流速小于1m/s时,可用边坡加固代替丁坝群。正交侧桥头调协直线形导流堤。

⑤桥位与河槽正交,一侧引道伸向下游与河滩地斜交形成“水袋”,另一侧引道与河滩地正交时,斜交侧桥头设置曲线形导流堤,引道上游进行边坡加固,并在适当位置设置小型排水构造物,以排除“水袋”积水;正交侧桥头设直线形导流堤。若斜交侧滩地不宽,可设封闭导流堤消除“水袋”。

⑥斜交桥位,两侧有滩地且对称分布时,根据河槽流向,锐角侧设梨形堤,另一侧设两端带曲线的直线导流堤。

(2)不稳定河段上桥梁水毁防治措施,可根据河岸条件、河床地貌以及桥孔位置等情况分别采取下列措施:

①桥梁位于出山口附近喇叭形河段上,封闭地形良好,宜对称布置封闭式导流堤。

②引道阻断支岔,上游可能形成“水袋”,为控制洪水摆动,防止支岔水流冲断桥头引道,视单侧或双侧有岔及地形情况,可对称或不对称调协封闭式导流堤。

③一河多桥时,为防止水流直冲两桥间引道路基,可视水流和地形条件,在各桥间设置分水堤。

④桥梁位于冲积漫流河段的扩散淤积区,一河多桥而流水沟

槽又不明显时,宜设置漫水隔坝,并加强桥间路堤防护。

5)在雨天和汛期应组织人员对所辖路线上的桥梁进行昼夜巡视和检查,小的水毁,当场予以排除;发生严重毁坏危及行车安全时,应立即在桥梁两端设立警告标志或禁止通行标志,组织抢修并及时向上级报告。

172. 桥梁基础抗冲刷可采用哪些有效措施?

1)为防止山区和山前区桥梁上下游河床被冲刷,保持桥梁墩台基础有足够的埋置深度,应根据当地具体条件进行防冲刷处理。选择方法如下:

(1)增设消能设施。山坡陡、冲刷严重的桥梁可在其上游设置缓流井或是带有阶梯的跌水槽等消能措施,以减弱下游的河床冲刷。对于流速较大的中、小桥,当下游河床采用较长块(片)石铺砌加固仍不能满足抗冲要求时,可采用在下游台口以外加设挑坝的办法来加强防冲能力,见表 8-2 所列。

(2)下游构筑拦砂坝。桥梁下游有采砂场时,河床将逐年下降,这对桥梁基础特别是浅基础非常不利。当河床宽度不大时,为了稳定河床,可在桥梁下游适当位置构筑拦砂坝,用以拦截泥砂,稳定河床。

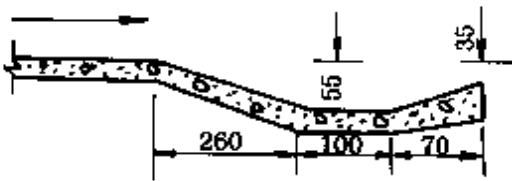
(3)块(片)石护底。可采用浆砌,亦可采用干砌。冲刷较小的河床可用干砌作整孔防护,对冲刷比较严重的山区及山前区漂石、卵石及砂质河床,一般可在枯水期间以浆砌块(片)石护底,也可考虑采用铁丝围笼防护。

基础抗冲刷增设消能措施的方法

表 8-2

方法	简 图	说 明
三级消力槛防护		当下游冲刷严重,为缓冲水流冲刷影响,可用浆砌块、片石或预制混凝土块筑成三级消力槛(或称三级跳槛)

续上表

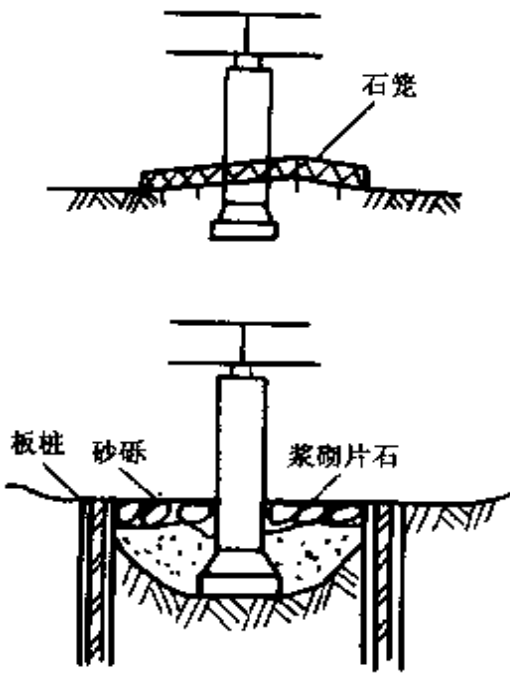
方法	简 图	说 明
海曼式防护		同上目的,亦可采用海曼式缓冲水流。海曼式防护可用砌石或铺筑混凝土,尺寸单位:cm

2)为了防止水流对桥梁墩台周围产生局部冲刷,应采取必要的防护措施。局部防护的顶面高程,对于刚性局部防护通常设置在一般冲刷线以下,对于柔性局部防护通常设置在一般冲刷线以上。局部防护的基本内容,可区分为平面防护和立面防护两类。

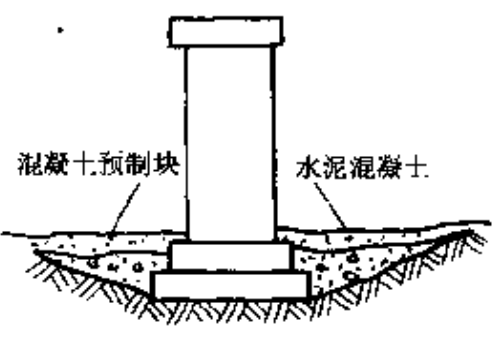
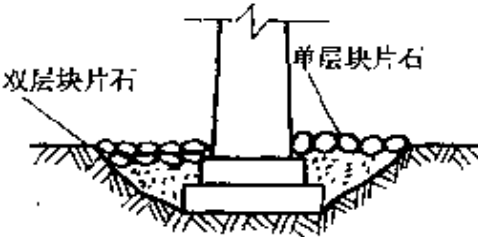
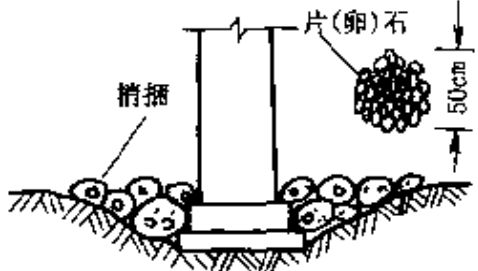
桥梁基础防护主要方法如表 8-3 所列。

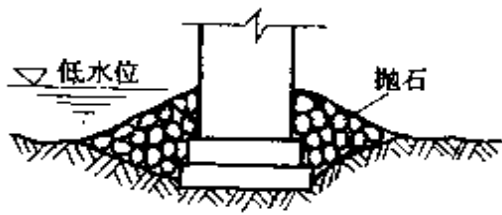
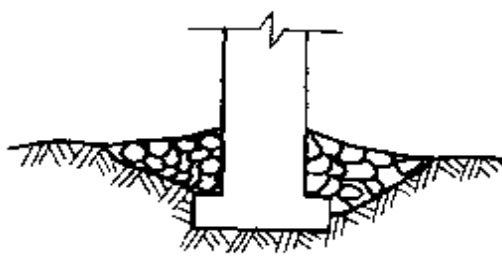
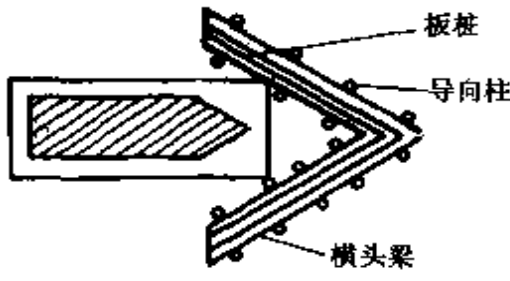
桥梁基础的防护方法

表 8-3

序号	方法	简 图	说 明
1	石笼或板桩防护		<p>水流冲刷危及基础时,须采取防护措施:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.用竹子、铅丝或钢筋制成石笼护基,并将石笼间以钢筋或铅丝相互连结下沉; 2.在土质或细砂砾河床,可筑板桩围堰,堰内填砂砾、石。注意板桩顶面标高不应高于河床

续上表

序号	方法	简 图	说 明
2	混凝土预制块防护 水泥混凝土板或		<p>当河床不稳定,基础埋置深度浅,冲刷范围较大时,宜采取平面防护,其范围视具体情况而定。在水流中不可部分施工时,宜采用铺置混凝土块的办法防护。采用铺筑水泥混凝土防护时,需在河床整个宽度内进行,不能部分地施工。</p>
3	块(片)石防护		<p>同上情况,亦可采取双层或单层块(片)石作平面防护,但当河床面有淤泥杂物时,须加以清除,填以砂砾夯实后再行砌石,方能稳固。</p>
4	梢捆防护		<p>用长约 1.5m 鲜柳枝、荆条编成梢捆,内装片石或卵石,成捆置放于基础四周防护,具有较好的防冲效果。当冲刷力较大,可在梢捆上加压石块稳定。</p>

序号	方法	简 图	说 明
5	大桥抛石防护		抛石防护用于深水墩台, 将石块抛在桥梁墩台四周被冲刷的坑内, 填满至高于河床面, 以防再次冲刷
6	中、小桥梁抛石防护		中、小桥梁墩台的抛石防护, 应注意横桥跨的门槛埋置深度须比墩台四周挖深 1.2~1.5m, 以防水流正面冲刷
7	板桩墩头防护		对于土质和砂砾石的变迁性河段, 可采用板桩进行墩头防护。板桩顶面一般不应高出河床面, 最好埋置在冲刷线以下。因板桩高出床面, 会产生阻水, 在板桩前造成局部冲刷, 影响护桩安全。板桩尖头做成单向斜口式, 打桩时可使板桩接缝紧密, 板桩入土嵌制深度一般为 0.5~1.0m

序号	方法	简 图	说 明
8	马蹄形大型铅丝笼填石护墩		<p>马蹄形大型铅丝笼,可用$\phi 8\text{mm}$ 钢筋作骨架,用 8 号铅丝编成网眼作外框。大铅丝笼宽 3.0m,高 0.6m。大铅丝笼在岸上编成后,用船运到桥墩处下沉就位,内填毛石,最后再加铅丝网盖。尺寸单位:cm</p>
9	混凝土板防护		<p>混凝土板属于局部冲刷平面防护,应置于一般冲刷线以下,并应盖住所在位置的冲刷坑范围。混凝土板整体性强,抗冲耐磨,施工较方便,是一种防护桥墩局部冲刷的有效措施。对于新建桥梁,下深基有困难时,可用混凝土板防护局部冲刷来提高基础埋置深度。一般在基础施工时,可利用开挖基坑,在基坑内浇筑混凝土板。混凝土板埋置较深。要求盖住所在位置冲刷坑的范围较小,可以增加桥墩安全</p>

对于桥梁墩台防冲刷还可参考采用如下的方法:

(1) 支承梁用桩分担荷载的方法

如图 8-4 所示为使用钢管桩的预防措施实例。此时,拆除既有桥墩的顶部,用桩支撑全部上部结构的压力。由于预计到以后的冲刷面,桩的悬臂长度非常长,所以桩的根数与桩径由垂直方向的支撑力及水平方向的稳定度来决定。

(2) 新建基础用桩分担荷载的方法

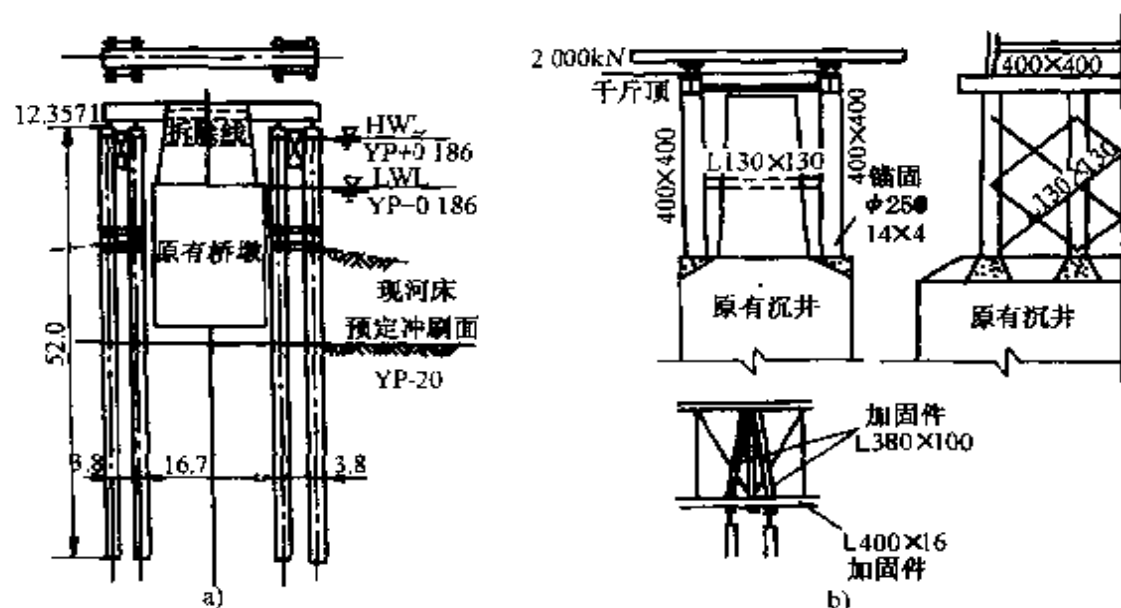


图 8-4 用桩分担支承梁荷载的方法 (尺寸单位:m, 钢材:mm)

a)完成图;b)临时支承图

图 8-5 所示为使用钢管桩的预防措施实例。基础施工方法为:设置临时围堰,在干燥状态下敷设混凝土,或进行预填石料压浆混凝土在水下施工的方法。

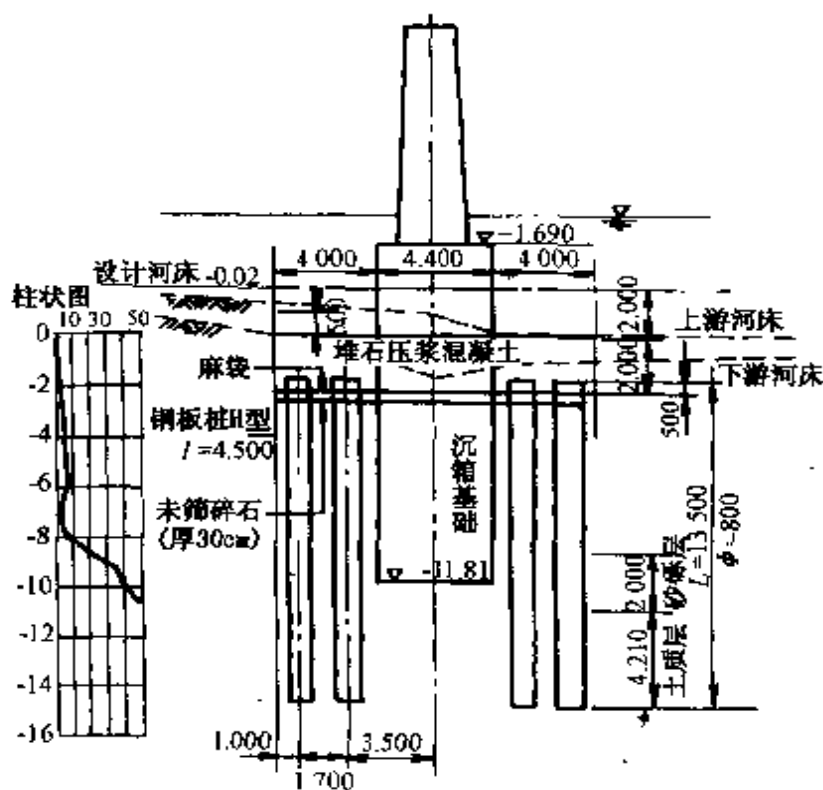


图 8-5 新建基础用桩分担荷载的方法(尺寸单位:m)

(3)用板桩与混凝土填充加固基础的方法

图 8-6 为简易钢板桩的施工,在内部充填混凝土的实例。关于混凝土的浇筑,利用板桩作为临时围堰,在干燥的状态下就可施工。如不能兼作临时围堰,可进行水下混凝土施工。

(4)用护基工程加固的方法

对桥墩周围的局部冲刷,常使用投入抛石及异形混凝土构件防护。这些构件中有空心三角块、六脚构件、三联构件、三柱构件、空心四方形等种类,需要选择与各种河流的特性相吻合的构件,构件重量及砌筑方法如图 8-7 所示。

(5)用灌浆材料加固地基形成复合基础的方法

也可用改良地基加固基础的方法。如图 8-8 所示,采用水泥注浆材料或玻璃类注浆材料灌注加固,形成复合地基。

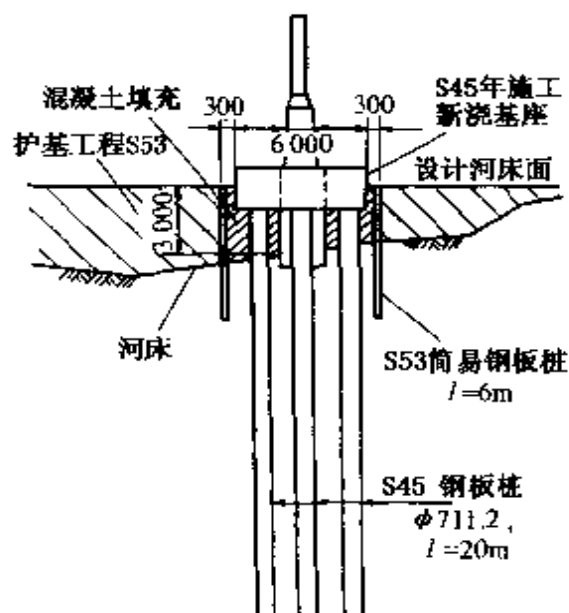


图 8-6 用板桩与混凝土填充加固基础的方法(尺寸单位:cm)

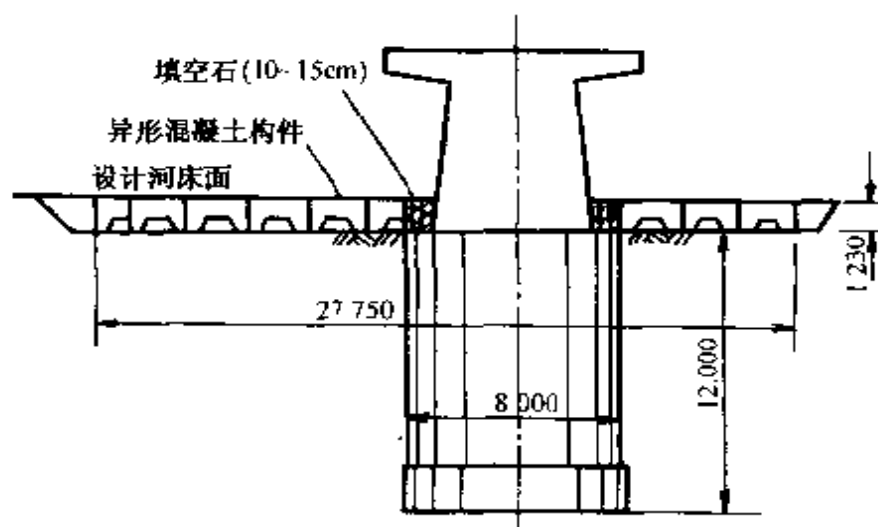


图 8-7 用护基工程加固基础的方法(尺寸单位:m)

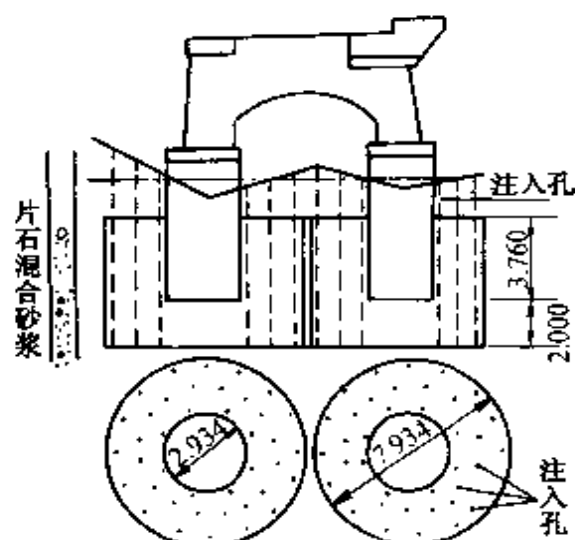


图 8-8 用加固地基以加固基础的方法(尺寸单位:m)

173. 举例说明桥墩在暴洪冲击下是如何遭受破坏的。

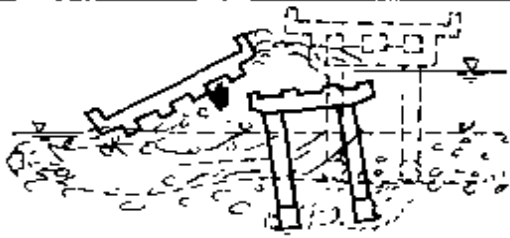

桥墩受洪水冲击时很容易造成破坏,有些是受到暴洪携带的巨石冲击后遭受破坏,有些是受到强大的洪水冲刷之后遭受破坏的,还有时洪水来临尚未受到冲击就已坍塌。如表 8-4 所列为某桥桥墩在暴洪中被冲毁的过程。

桥梁遭受暴洪毁坏的过程

表 8-4

次序	桥梁受暴洪毁坏的过程示意图	次序	桥梁受暴洪毁坏的过程示意图
1		3	
2		4	

续上表

次序	桥梁受暴洪毁坏的过程示意图	次序	桥梁受暴洪毁坏的过程示意图
5		6	

可见,为了避免桥梁因暴洪而遭破坏,在设计时必须采取下列措施:

1)对土基进行全面的土力学调查,还要对桥梁在使用年限内桥墩周围土壤发生液化作用的可能性进行调查。

2)桥墩基础必须要有足够的深度。

3)对桥墩(包括处于河床地表及以下部分)必须采取安全保护措施。

4)桥面板的设计高度应考虑到可能发生的暴洪洪峰最大高度的影响。

174. 洪水期中,当洪水对桥梁产生破坏时应按不同情况采取哪些有效的抢险措施?

为了有效地进行洪水期的抢险工作,应对抢修工作进行统筹安排,易毁桥梁构造物应设专门的抢险队伍守护,准备足够的抢险材料、工具、用具以及救生、照明和通讯设备等。当洪水对桥梁产生破坏时,应及时进行紧急抢修,做到:

1)采取应急措施,不使水害扩大。

2)尽快抢修,维护安全通车。

洪水期的抢险,应针对不同情况采取下列措施:

1)监视漂浮物在桥下通过情况,必要时用竹杆、钩杆等引导其顺利通过桥孔,防止其堆积在桥墩附近。对堵塞在桥下的漂浮物,必须随时移开或捞起。

2)洪水时,如桥梁墩台、引道、护坡、锥坡或河床发生冲刷,危

及整个构造物时,应采取抛块石、沉砂袋或柴排等紧急措施进行抢修。但抛填不能过多,以免减小泄水面积而增大冲刷。抛填块石时,可设置临时木溜槽,以控制抛填位置。

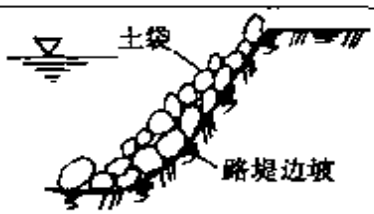

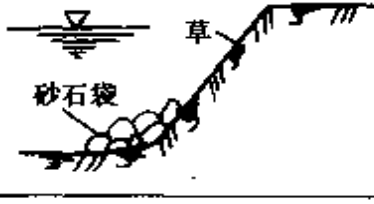

3)遇有特大洪水,采用抢修措施仍不能保全的重要桥梁,在紧急情况下,经上级主管部门批准,可用炸药炸开桥头引道渲泄洪水,以保护主桥安全渡洪。

175. 为保护桥梁锥坡、路堤和导流坝等构造物,减少水流冲击和水流的冲刷影响,常用的防浪措施有哪些?

常用的防浪措施见表 8-5 所列。

常用防浪措施

表 8-5

名称	简 图	说 明
土袋防浪		土袋、石袋是由草包或麻袋装以砂石料、砖渣、粘土等(每袋只装其容量的 2/3),叠置于迎水面上,用以防止水浪冲击
芦排防浪		用芦苇编成芦排,铺置于路堤迎水边坡上,以竹条或绳索压住,并用小桩钉紧或用石袋压住以防水浪冲击
草席防浪		用普通草席铺于边坡上。下坠以砂石袋,上端用绳索固定
挂柳防浪		用挂柳防护是简单有效的一种方法,适用于附近岸边多树之地段。可有四种不同措施(如简图所示),目的是将砍下的柳树枝在近岸边的水中固定,既可防止岸边遭受风浪袭击,又可促使河岸处逐渐被淤积

名称	简 图	说 明
铁丝石笼防浪	<p>平面</p> <p>平面</p> <p>棋盘式铺设铁丝笼</p>	<p>图示为单层铺设铁丝石笼,用于抢修边坡的加固情况。有时为了节省投资,亦可采用棋盘式铺设。重要工程地段,可用满铺式作重点加固。图中尺寸单位为 m</p>

176. 预防冰害可采取哪些措施? 当气候突变时河流解冻的流水冰,会对桥梁墩台、桩、破冰体和导流坝产生不同的冲击,此时应采取哪些有效的防护方法?

1) 公路冰害应根据以往治理情况,做好现场调查,分析研究,制定预防和抢修措施,降低工程造价,提高治理效果,并对沿线冰害的预防和治理措施进行全面记录。

2) 河流水量不大,入冬后河面结冰,冰下流水受增厚的冰层挤压,水流突破冰面,随流随冻,冰面不断上升,造成桥孔被堵,上部结构受到挤压,甚至漫出河岸,在路面形成冰坝。可选择下列方法进行防护:

① 桥梁上游如有大片地形低洼的荒地,可用土坝截流。

② 河床纵坡不大的河流,可于冬初在桥下修筑土坝,使桥梁上下游约 50m 范围形成水池。水面结冰坚实后,在水池部位上游开挖人字形冰沟以利集中水源,同时挖开下游河床最深处的土坝,放

尽池内存水,保持上下游进出水口不被堵塞,使水从冰层下流动。

③在桥位上下游各 30 ~ 50m 的水道中部顺流开挖冰沟,用树枝柴草覆盖,再加铺土或雪保温,并经常进行检查维修,使冰沟保持不被冻塞,解冻开始时拆除。

气候突变时,河流解冻的流水冰对桥梁墩台、桩、破冰体和导流堤坝等会产生不同程度的冲击,应采取相应的防护措施,使流冰从桥下顺利通过。除下游比上游解冻较早的桥梁外,可采取下列方法进行防护:

1)解冻前,对桥梁上游 5km 内河道中的冰层及其厚度等进行调查探测,在流速降低的河弯、浅滩处,流冰可能相互挤压、重新聚结,形成巨型冰块,甚至形成冰坝,造成水位抬高,威胁桥梁安全,应根据所掌握的资料,备足抢护材料、工具和安全照明设备等,在流冰期指定专职小组负责检查和抢护工作,并应提前在桥边设置悬梯,在墩台和破冰体之间搭设跳板。

2)解冻临近时,对封冻的冰面,在桥位下游处用人工或爆破方法开挖冰池。其长度为河面宽的 1 ~ 2 倍,宽度为河面宽的 $1/3 \sim 1/4$,并不小于河道最大桥跨。当水面宽度小于 30m 时,冰池的长度宜增加到水面宽的 5 倍。冰池下游应开凿 0.5m 宽的横向冰沟。当冰块很厚,有强流冰发生时,可在桥台、墩、桩、破冰体周围及桥位下游 20 ~ 25m 范围内开挖纵横冰沟,对冰池、冰沟应经常检查,若有冻结,应反复撬开。在危急时刻可用撬棍、长杆、钩杆等工具,在下游将凿开的冰块逐一送入冰层下流走。

3)流冰临近时,应清除上游冰层,冰层厚度在 30cm 以下者,可用人工撬;大于 30cm 的,宜用炸药炸碎。对较大的流冰体,应在上游用炸药炸碎。

177. 为防止桥梁遭受冰害,在解冻前用爆破法将桥墩四周炸出宽 0.5m 冰槽,桥墩四周冰槽爆破装药量与桥墩的安全距离是多少?

爆破时,装药量与冰层厚度、炸药的沉放深度及桥墩四周安全距离有关,具体见表 8-6 所列。

桥墩四周冰槽爆破装药量与桥墩安全距离表 表 8-6

装药量(kg)	0.3	0.5	1	2	3	5
安全距离(m)	6	8	10	13	15	18
装药量(kg)	7	10	15	20	25	
安全距离(m)	20	22	25	28	30	

178. 当用爆破法开凿流冰路时,装药点的行列间距、药量与沉放深度的关系是什么?

当用爆破法开凿流冰路时,可从下游开始,装药点排成平行的行列,行列间距和每一行列中冰孔的间距为一个装药点炸成的冰洞直径的 1.25~1.5 倍(可由试炸测定),行列间距、药量、沉放深度关系见表 8-7 所列。

爆破冰所需硝铵炸药量 表 8-7

冰层厚度(m)	药包沉放深度(m)	装药量(kg)	行内各药包及行列药包间距(m)
0.2~0.3	0.75	0.50	3.75
0.3~0.4	1.00	1.00	5.00
0.4~0.5	1.25	1.50	6.25
0.5~0.6	1.50	3.00	7.50
0.6~0.7	1.75	4.50	8.75
0.7~0.8	2.00	7.00	10.00
0.8~0.9	2.25	9.50	11.25
0.9~1.0	2.50	13.50	12.50
1.0~1.1	2.75	18.00	13.50
1.1~1.2	3.00	23.00	15.00

注:表列为计算公式近似计算值。

装药量也可按计算公式近似计算。当采用硝铵炸药时,可按下式计算:

$$Q = 0.85 W^3$$

式中： Q ——装药量；

W ——最小抵抗线，指从冰层表面至药包沉放处的深度（m）。

179. 冰棱爆破时应注意哪些事项？

冰棱爆破应注意下列事项：

(1) 当在冰上作业时，须系安全绳索，由岸上或坚固冰层上的人掌握。

(2) 冰排下游应有必要的救生船只和用品。

(3) 如夜间作业，必须备有良好的照明设备。

180. 桥梁或涵洞被洪水冲垮后，修筑便道便桥时应遵循什么原则？

汛期公路上的桥梁一旦被洪水冲毁中断交通，应安排车辆绕行并积极组织抢修，修筑便桥便道，尽快恢复交通。

在抢修保通的便道便桥时，应遵循下列原则：

(1) 便道便桥应选择在被毁桥梁上下游较窄的河段上，两岸地形较高，工程量较小处，且不能影响恢复原桥或新建桥梁的施工。

(2) 修筑便道便桥应本着就地取材、方便施工、结构简单、安全可靠的原则进行。

(3) 在宽滩性河流上修筑便道便桥时，为争取时间、降低造价，可修筑漫水式，路堤不宜过高，必要时可在便道上游边坡作防冲处理（如有跌水，下游亦应防护）。

(4) 修筑便桥可适当减小净跨，保证渲泄水流最低要求即可。搭设便桥可视当地的条件采用钢梁桥或木桥。无论何种便桥，必须保证有所需的承载能力和稳定性。

(5) 如修筑漫水便道便桥，应设置鲜明的警示水位标志、限速限载标志、安全行车道宽度标志。

(6) 便道便桥宽度可根据条件确定，但一般不小于 4.5m。

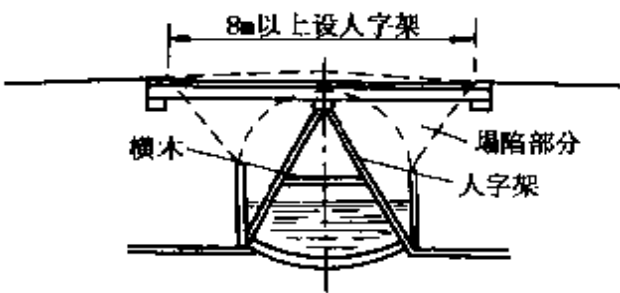
(7) 便道便桥附近应备有应急的抢修物资，以随时抢修水毁的

便道便桥,保证交通。

181. 砖、石拱桥的抢修和临时加固一般可采用哪些方法?

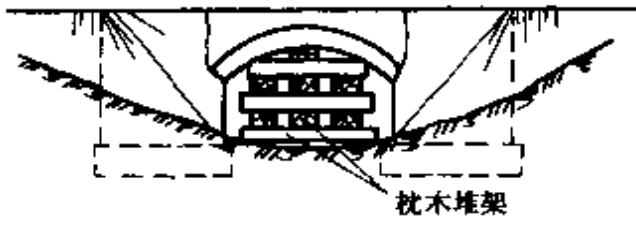

按照不同的情况,砖、石拱桥的抢修和临时加固方法如表 8-8 所列。

砖、石拱桥的抢修和临时加固方法 表 8-8

1. 拱圈坍陷、交通受阻时的抢修法	
加 固 简 图	说 明
	<p>在紧急情况下,可设置钢(或木梁)桁架并加铺桥面板。若塌陷长度在 8m 以上时,需在河中支人字架,以提高其承载能力。如用木梁,其所需截面见下表所列。梁中至中的间隔一般为 0.5~0.6m,通常每车道用 5~6 根(跨径 3~8m),当跨径在 9~10m 时,应增至 6~7 根。重要桥梁可通过验算决定</p>

抢修拱桥用木梁尺寸

跨径(m)	木梁断面尺寸(m)	每车道宽用木梁根数
3~4	15×30	5~6
5~6	18×35	5~6
7~8	20×40	5~6
9~10	20×40	6~7

2. 砖、石拱桥拱圈严重裂缝时的临时加固	
加 固 简 图	说 明
	<p>为防止桥孔坍塌或为适应重车过桥需要,可采用架设枕木垛的方法进行临时加固</p>
3. 石拱桥不中断交通时的临时修复法	
修 复 简 图	说 明
	<p>如拱形较平坦,修复时为减小单边推力的作用,可在破坏的相邻桥孔上架设具有足够刚度的临时钢梁或钢板</p>

182. 泥石流有哪几种? 防治时应遵守什么原则?

山岭地区,暴雨或融雪水挟带大量土、石等固体物质汇于沟谷,形成突然的短暂的间歇的破坏性水土混合物为泥石流。按其物质组成和运动特性可分为三种:

- 1) 粘性泥石流;
- 2) 稀性泥石流;
- 3) 泥流。

泥石流的防治,应遵守下列原则:

- 1) 发生频度大的粘性泥石流及规模较大的稀性泥石流河段,经技术经济比较可改线绕避;无法绕避时须采取治理措施。
- 2) 调治构造物的布设,应根据桥梁所在位置,结合地形、沟槽

宽度、泥石流性质、流势及其发展规律,综合考虑确定,宜导不宜挑。

3)对于危害性大、涉及面广,且当地人类活动、经济设施有可能促使泥石流发生时,宜与有关部门协商,进行工程和生物水土保持相结合的综合治理。

183. 桥梁墩台基础受冻害影响主要表现在哪几个方面?

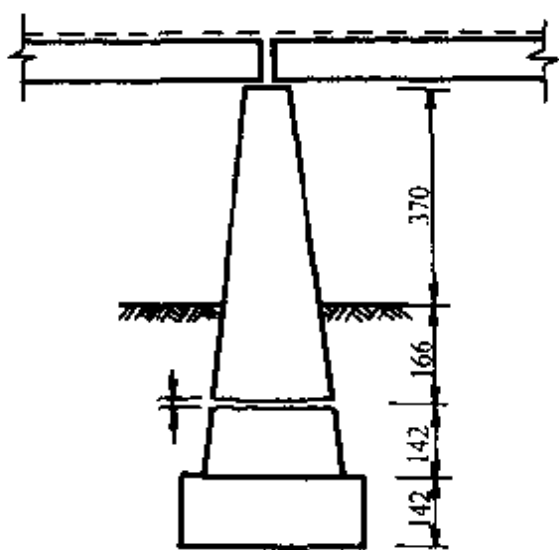
墩台基础,特别是浅埋基础的冻害现象在北方寒冷地区时有发生,主要表现的方面有:

(1)墩台基础整体上抬

对于埋置深度较浅,自重较小,而且强度和刚度较大的墩(台)基础,在法向冻胀力和切向冻胀力共同作用下,有可能造成墩(台)基础整体上抬。由于基土的不均匀冻胀,会导致墩(台)基础倾斜上抬。多年的冻胀变形积累,可使整个结构物破坏。

(2)墩台横向裂缝

墩台在较大切向冻胀力或水平冻胀力作用下,由于其强度不足,可能会出现被拔断或剪断现象,产生横向裂缝,使上部结构遭到破坏。图 8-9 所示为桥墩受冻害影响而被拔断的情况。



(3)桥台翼墙倾斜与断裂

由于台背填土冻胀力的作用,使很多整体式 U 形桥台的翼墙与前墙连接处开裂。裂后的桥台,一方面由于缝中积水结冰冻胀,另一方面由于台背填土的冻胀,加速了裂缝的发展并逐年扩大,最后导致前墙与翼墙断裂,使桥台破坏。

同样由于台背填土冻胀力作用,造成许多分离式八字翼墙倾斜变位,甚至整体失稳,如图 8-10 所示。

图 8-9 桥墩拔断示意(尺寸单位:cm)

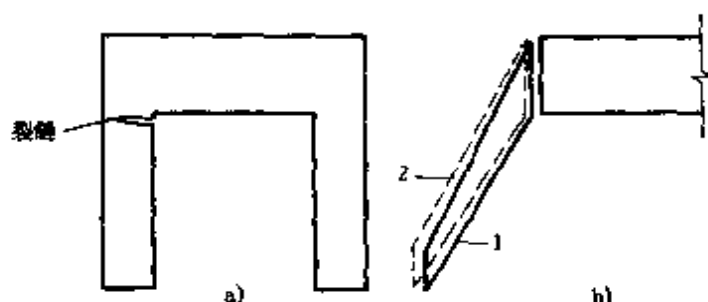


图 8-10 桥台翼墙裂缝与倾斜示意
a) U 型桥台翼墙断裂; b) 八字翼墙倾斜变位
1-原位置; 2-倾斜后位移

184. 涵管受冻害的主要现象有哪几个方面?

在我国东北、西北和华北广大季节性冻土区涵管的冻害现象较为常见, 有的也较为严重。涵管冻害的主要现象有:

(1) 洞口端墙及八字翼墙圯工开裂; 端墙开裂与管节脱离; 端墙及八字翼墙向流水面倾斜。

(2) 管节错动。管身中间下沉, 造成管中积水或淤积。管节接缝拉大, 沥青麻絮止水脱落。

(3) 由于涵管冻胀变形不均匀以及混凝土收缩, 混凝土与沥青麻絮不能在负温下共同工作, 使管接缝拉大而渗水, 并将接缝处路基填土冲出, 普遍引起不均匀沉陷, 造成跳车。

(4) 管涵的端墙与涵身的连接处多产生裂缝, 有的管节错台, 如图 8-11 所示。

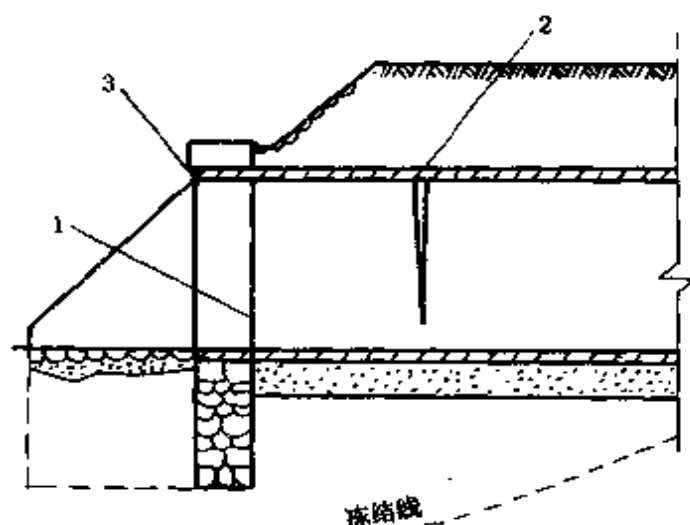


图 8-11 涵管洞口破坏示意
1-裂缝; 2-第一管节脱离裂开; 3-端墙外倾

(5)端墙上端产生较大的纵向裂缝,如图 8-12 所示。

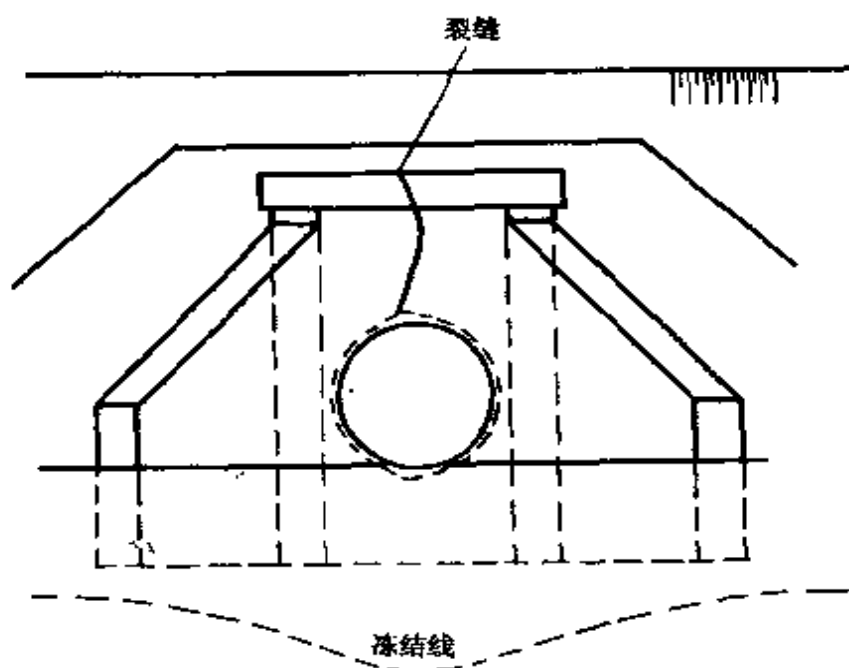


图 8-12 端墙冻胀破坏示意

185. 桥梁墩台基础冬季融沉的防治有哪些措施?

(1)保护覆盖法

用各种保温材料如雪、水、炉渣、锯沫、硬质泡沫塑料、浮石混凝土等覆盖在基础表面,以减少热量渗透。对已发生轻微融沉的桥梁,应在融化前采用上述各种保温好的材料或土壤换填覆盖。

(2)基侧换填砂或碎(卵)石法

对于厚度小于最大冻深的冻胀性敏感土(如粘性土、粉砂等),其下为透水砂或卵石,在整个冻结过程中地下水位始终低于冻结峰面,夏季无冲刷、冬季无结冰的桥涵地基,可选用换填中粗砂的方法处理基础冻害。

用换填碎(卵)石处理桥涵基础冻害也是一种应用范围较广、使用效果较好的方法,图 8-13 为基桩周围换填碎石防治融沉的示例。

(3)改善基础侧面光滑程度法

在强冻胀和特强冻胀地基中,桥涵基础可采用换填沥青或渣

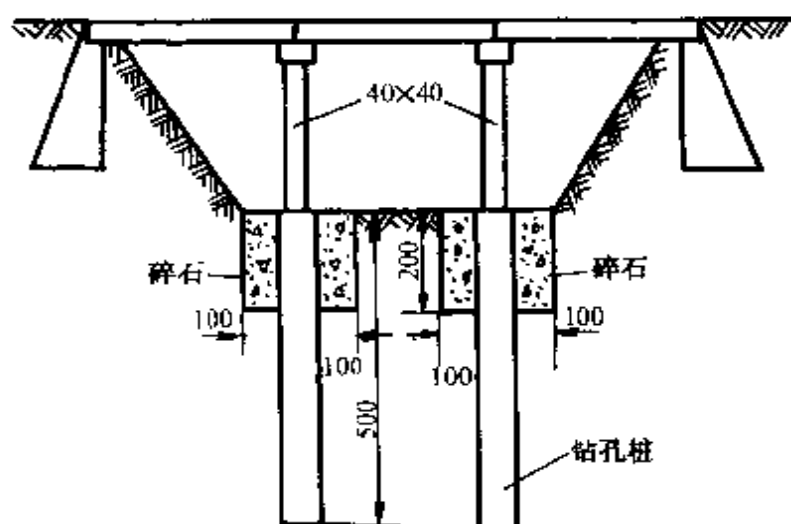


图 8-13 基侧换填硬碎石(尺寸单位:cm)

油隔层,改善基侧光滑程度的方法防止冻害。

(4)分离式套管法

在基侧套入保护套管,如采用油毡纸包桩或双层油套管,以提高桥梁基础桩融沉的能力。

(5)化学注浆法

用压力灌浆方法,把一些化学药品如水玻璃、络木素等注入地基土的孔隙中,产生化学反应,土固化将毛细管堵死,使冻结时水分不能再迁移,固化的土体含水量非常小,因此不能冻胀。

186. 减弱或消除桥台水平冻胀力有哪些有效措施?

(1)排水措施

在支档建筑物墙背,无论是回填冻胀性强的粘性土还是回填冻胀性弱的粗砂或碎砾石土,设置排水设施后均会显著降低水平冻胀力。支档建筑物的排形式,如图 8-14 所示:

(2)换填措施

在支档建筑物墙背换填中粗砂、碎(卵)石、沥青砂是减少水平冻胀力的常用方法。

换填深度的确定:从墙顶端 A 引一与水平线成 45° 角的射线与冻结线相交为点 B,从 B 点到墙面的水平距离 BC 称为墙的冻

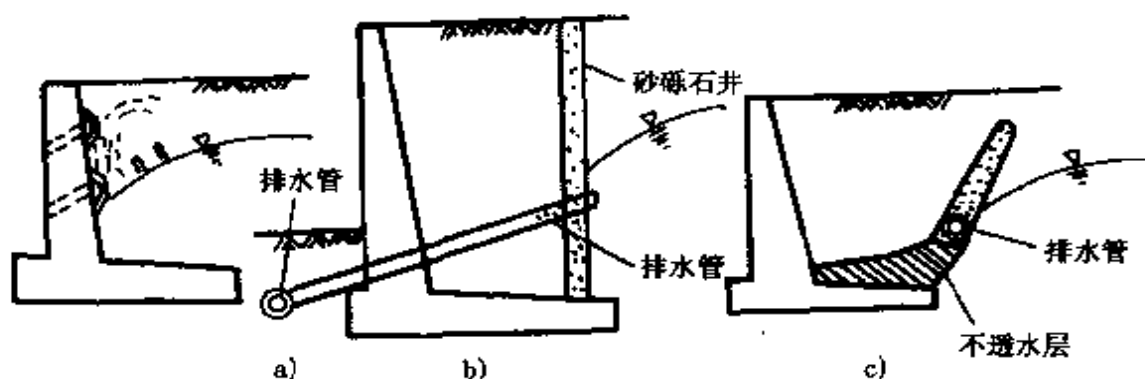


图 8-14 桥台挡墙排水措施

a)简单排水形式;b)使地下水排离墙背;c)排出地表渗水和三角形土体内积水的形式
结深度。换填的边线可结合开挖边坡确定为通过 B 点的一直线 EF ,如图 8-15 所示。

(3)保温措施

保温措施是通过减轻寒冷因素的办法削减水平冻胀力。保温措施通常在墙背和地表两个方向铺设保温材料,如图 8-16 所示。

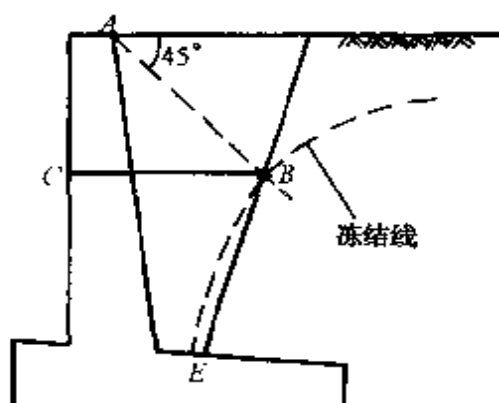


图 8-15 换填厚度示意

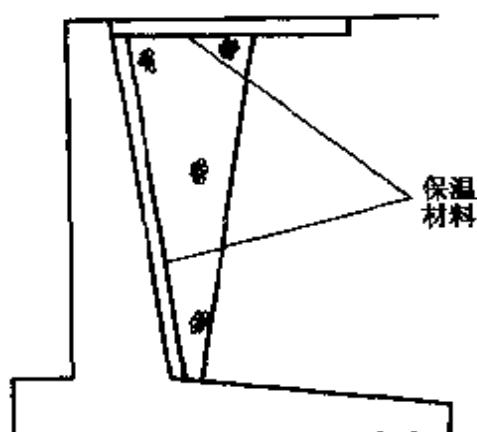


图 8-16 保温措施示意

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国行业标准.公路工程技术标准(JTJ 001—97).北京:人民交通出版社,1998
- 2 中华人民共和国行业标准.公路桥涵施工技术规范(JTJ 041—2000).北京:人民交通出版社,2000
- 3 中华人民共和国行业标准.公路工程质量检验评定标准(JTJ 071—98).北京:人民交通出版社,1999
- 4 中华人民共和国行业标准.公路养护技术规范(JTJ 073—96).北京:人民交通出版社,1996
- 5 交通部部标准.公路工程抗震设计规范(JTJ 004—89).北京:人民交通出版社,1989
- 6 中华人民共和国行业标准.回弹法检测混凝土抗压强度技术规程(JGJ/T23—92).北京:中国华龄出版社,1994
- 7 中国工程建设标准化协会标准.钢结构加固技术规范(CECS77:96).北京:中国工程建设标准化协会,1996
- 8 中华人民共和国行业标准.基桩低应变动力检测规程(JGJ/T93—95).北京:中国建筑工业出版社,2001
- 9 中华人民共和国行业标准.基桩高应变动力检测规程(JGJ 100—97).北京:中国建筑工业出版社,2001
- 10 中华人民共和国交通部部标准.公路旧桥承载能力鉴定方法(试行).北京:人民交通出版社,1990
- 11 陕西省公路局主编.中华人民共和国行业标准.公路桥涵养护技术规范(送审稿).2001
- 12 交通部公路管理司.公路养护与管理手册.北京:人民交通出版社,1996
- 13 杨文渊、徐犇合编.桥梁维修与加固.北京:人民交通出版

- 社,1995
- 14 柴晓东主编.市政与桥梁工程质量监控与通病防治全书.北京:中国环境科学出版社,1999
 - 15 黄兴安主编.市政工程质量通病防治手册.北京:中国建筑工业出版社,1999
 - 16 董吉士等主编.房屋维修加固手册.北京:中国建筑业出版社,1988
 - 17 杨文渊、徐犇主编.桥梁施工工程师手册.北京:人民交通出版社,1997
 - 18 金吉寅、冯郁芬、郭临义主编.公路桥涵设计手册·桥梁附属构造与支座.北京:人民交通出版社,1999
 - 19 胡大琳主编.桥涵工程试验检测技术.北京:人民交通出版社,2000
 - 20 交通部科学技术情报所.国内外公路和桥梁的水毁防治与修复技术.1992
 - 21 《国外公路》.桥梁维修加固实例.1987.12
 - 22 李杨海等编著.公路桥梁伸缩装置.北京:人民交通出版社,1997
 - 23 王振清主编.公路超限运输概论.北京:人民交通出版社,1997
 - 24 上海市浦东新区城市道路建设管理署.城市道路养护维修手册.上海:上海科学技术出版社,1997
 - 25 肖盛燮、凌天清等著.公路与桥梁抗洪分析.北京:人民交通出版社,1999
 - 26 普瑞斯特雷等著.袁万城等译.桥梁抗震设计与加固.北京:人民交通出版社,1997

社,1995

- 14 柴晓东主编.市政与桥梁工程质量监控与通病防治全书.北京:中国环境科学出版社,1999
- 15 黄兴安主编.市政工程质量通病防治手册.北京:中国建筑工业出版社,1999
- 16 董吉士等主编.房屋维修加固手册.北京:中国建筑业出版社,1988
- 17 杨文渊、徐犇主编.桥梁施工工程师手册.北京:人民交通出版社,1997
- 18 金吉寅、冯郁芬、郭临义主编.公路桥涵设计手册·桥梁附属构造与支座.北京:人民交通出版社,1999
- 19 胡大琳主编.桥涵工程试验检测技术.北京:人民交通出版社,2000
- 20 交通部科学技术情报所.国内外公路和桥梁的水毁防治与修复技术.1992
- 21 《国外公路》.桥梁维修加固实例.1987.12
- 22 李杨海等编著.公路桥梁伸缩装置.北京:人民交通出版社,1997
- 23 王振清主编.公路超限运输概论.北京:人民交通出版社,1997
- 24 上海市浦东新区城市道路建设管理署.城市道路养护维修手册.上海:上海科学技术出版社,1997
- 25 肖盛燮、凌天清等著.公路与桥梁抗洪分析.北京:人民交通出版社,1999
- 26 普瑞斯特雷等著.袁万城等译.桥梁抗震设计与加固.北京:人民交通出版社,1997