

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

一、	钢箱梁总体部分
1	•钢箱梁优缺点
2	•钢箱梁使用范围
3	•钢箱梁基本构造，各组成构件
4	•钢箱梁钢牌号选取原则
5	•钢箱梁用钢量指标
6	•钢箱梁刚度控制要求
7	•钢箱梁梁高取值
8	•钢箱梁设计流程
9	•钢箱梁计算流程
10	•钢箱梁绘图流程
11	•钢箱梁复核流程
12	•钢箱梁设计说明
13	•钢箱梁施工方式
14	•钢箱梁节段划分
15	•钢箱梁节段运输

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

一、	钢箱梁总体部分
16	•钢箱梁节段连接
17	•钢箱梁曲线布置的影响
18	•钢箱梁支座位置如何确定
19	•钢箱梁纵向预拱度设计
20	•钢箱梁外伸横梁
21	•钢箱梁外伸横梁的预拱度设计
22	•钢箱梁的焊缝设计
23	•钢箱梁的螺栓连接
24	•钢箱梁钢板数量统计
25	•钢箱梁的造价
26	•钢箱梁焊缝统计
27	•钢箱梁螺栓统计
28	•为何要学钢箱梁
29	•为何害怕钢箱梁
30	•公路钢箱梁与市政钢箱梁的区别

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

二、	钢箱梁构造
31	•钢箱梁顶板系统
32	•钢箱梁底板系统
33	•钢箱梁腹板系统
34	•钢箱梁跨间隔板
35	•钢箱梁支座隔板
36	•钢箱梁翼缘挑梁及挑梁对顶构造
37	•钢箱梁各种加劲肋形式
38	•钢箱梁加劲肋的加劲任务
39	•钢箱梁顶板纵向加劲肋的选取依据
40	•钢箱梁顶板常用的纵向加劲肋规格
41	•钢箱梁底板纵向加劲肋的选取依据
42	•钢箱梁底板常用的纵向加劲肋的规格
43	•钢箱梁腹板加劲肋的类型
44	•受弯模式梁桥纵腹板的加劲肋设计依据
45	•斜拉桥压弯受力模式纵腹板的加劲肋设计依据

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

二、	钢箱梁构造
46	•系杆拱桥拉弯受力模式腹板的加劲肋设计依据
47	•钢箱梁跨间隔板加劲肋
48	•钢箱梁支座横梁腹板加劲肋
49	•钢箱梁支座横梁支撑加劲肋
50	•钢箱梁支座横梁隔板块数
51	•钢箱梁支座横梁设计的讲究
52	•钢箱梁中纵横交错的构件
53	•纵向加劲肋与跨间隔板的连接构造
54	•跨间隔板与纵腹板的连接构造
55	•支座隔板与纵腹板的连接构造
56	•纵腹板设置水平加劲肋的依据
57	•普通梁桥纵腹板水平加劲肋是否连续
58	•支撑加劲肋与顶底板纵向加劲肋的干扰处理
59	•钢箱梁的密封性
60	•钢箱梁的可通行性



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

二、	钢箱梁构造
61	•钢箱梁跨间隔板有哪些类型
62	•钢箱梁跨间隔板布置依据
63	•钢箱梁挑梁布置依据
64	•钢箱梁纵腹板加劲肋设置依据
65	•钢箱梁如何进行箱式划分
66	•钢箱梁的铺装采用形式
67	•钢箱梁的涂装形式
68	•钢箱梁的焊接形式
69	•钢箱梁的焊缝检测
三、	钢箱梁计算
70	•钢箱梁主体计算包含哪些内容
71	•钢箱梁的力流传递
72	•钢箱梁验算的控制方法
73	•钢箱梁计算一般采用的软件
74	•钢箱梁的压重与最小支反力控制数值
75	•钢箱梁最大支反力计算

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

三、	钢箱梁计算
76	•钢箱梁第一体系考虑的荷载
77	•钢箱梁非线性温度荷载的大体数值
78	•钢箱梁抗倾覆设计
79	•钢箱梁各种构件验算的冲击系数
80	•钢箱梁主梁纵向第一体系计算
81	•钢箱梁顶板系统纵向构件的第二体系计算
82	•钢箱梁压重区域底板第二体系计算
83	•钢箱梁为何需要两个体系叠加
84	•钢箱梁第二体系包含哪些计算
85	•钢箱梁第二体系横向构件跨间隔板计算
86	•钢箱梁第二体系横向构件挑梁计算
87	•钢箱梁支座横梁计算
88	•钢箱梁怎么考虑剪力滞效应
89	•钢箱梁怎么考虑整体稳定效应
90	•钢箱梁如何考虑局部稳定效应

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

三、	钢箱梁计算
91	•钢箱梁如何考虑剪力滞和局部稳定综合效应
92	•钢箱梁支撑加劲肋计算
93	•钢箱梁纵腹板加劲肋验算
94	•钢箱梁疲劳验算的部位
95	•钢箱梁疲劳验算的活载类型
96	•钢箱梁疲劳验算的流程
97	•钢箱梁正交各向异性板的局部刚度验算
98	•钢箱梁横隔板的刚度验算
99	•钢箱梁焊缝计算
100	•钢箱梁螺栓连接计算



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •前言

•钢材与混凝土是桥梁最基本的两种建筑材料，早期由于建桥水平较低，材料制造工艺落后，石头与木材在桥梁中也发挥了作用作用；当今桥梁基本是钢桥、混凝土桥、钢混组合梁的天下。

## •经济性与跨越能力

桥梁需要满足交通功能性的同时，另外一个就是讲究经济、耐久、美观；大部分桥梁在经济性比较上，混凝土桥梁便可满足，然而很多大跨度桥梁就不得不需要采用较轻的钢桥，钢箱梁作为最简单的一种钢桥结构，是一个比较好的入门钢桥类型，本文是对钢桥的一个普及，提供给以前只做混凝土桥梁现在转攻钢桥的一大部分桥梁设计者的一个设计思路、看待问题的角度。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •前言

•钢结构桥梁虽然初期建设成本较高，但是从钢材的材料使用效率、全寿命设计的成本优势上可以混凝土桥梁抗争、排放能耗等环保方面钢桥具备相当优势，因此掌握钢结构桥梁也是时代发展的一个趋势；然而罗马不是一天建立，得到一个人的心是需要付出强大的勇气、耐心、时间的考验，掌握钢结构桥梁也是需要一过程，需要一个好的老师的带领，包括构造、计算、施工、制造、运输、安装、维修养护等等。在此以钢箱梁设计一百问来进行钢结构梳理，特地感谢王总的细心审核。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •1、•钢箱梁优缺点

钢箱梁的优点：

- ①抗拉强度高，弹性模量高，材料利用效率高。
- ②结构自重小，更适用于跨度大的桥梁
- ③工厂制作现场安装，质量易于保证
- ④适于快速施工，且能保畅通。
- ⑤延性、韧性好，抗震性优越。
- ⑥正常涂装情况下，物理寿命长。
- ⑦钢材能耗低，污染少，且可回收利用。
- ⑧钢桥整体受力性能更好，拆除方便，改建、扩建及移建更为便利。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •1、•钢箱梁优缺点

钢箱梁的缺点：

- ①受压构件或板件，承载力受压曲性能控制。
- ②用于受拉构件时，有疲劳问题需要控制。
- ③涂装维修费用高
- ④直接价格高
- ⑤正交各向异性桥面板铺装、疲劳相对于混凝土桥面板耐久性略差，但可以通过合理的构造设计改善。
- ⑥钢构件纵横交错开孔多，属于高次超静定结构，需要控制好相当多的构造细节保证稳定、疲劳、焊接等耐久性。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 2、•钢箱梁的使用范围
- 1) 公路、市政中主线高架跨越道路、铁路的中等大跨钢箱梁；
- 2) 互通中匝道钢箱梁、主线高架非跨路钢箱梁
- 3) 跨河大跨钢箱梁
- 4) 大跨度拱桥、斜拉桥、悬索桥的加劲梁
- 5) 市政过街钢箱梁





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 2、•钢箱梁的使用范围
- 1) 公路、市政中主线高架跨越道路、铁路的中等大跨钢箱梁；
- 2) 互通中匝道钢箱梁、主线高架非跨路钢箱梁
- 3) 跨河大跨钢箱梁
- 4) 大跨度拱桥、斜拉桥、悬索桥的加劲梁
- 5) 市政过街钢箱梁



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 3、•钢箱梁的基本构造，各组成构件
- 1) 顶板系统：顶板+顶板纵向加劲肋
- 2) 底板系统：底板+底板纵向加劲肋
- 3) 横隔板系统：纵向每隔一定间距的跨间隔板
- 4) 支座横隔板：桥墩位置的特殊横向隔板
- 5) 纵腹板系统：  
边纵腹板+边纵腹板加劲肋  
中间纵腹板+中间纵腹板加劲肋
- 6) 支撑加劲肋
- 7) 挑梁系统：  
挑梁顶板+顶板加劲肋（可归纳在顶板系统中）  
纵向每隔一定间距倒T型挑梁





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 3、•钢箱梁的基本构造，各组成构件
- 1) 顶板系统：顶板+顶板纵向加劲肋
- 2) 底板系统：底板+底板纵向加劲肋
- 3) 横隔板系统：纵向每隔一定间距的跨间隔板
- 4) 支座横隔板：桥墩位置的特殊横向隔板
- 5) 纵腹板系统：  
边纵腹板+边纵腹板加劲肋  
中间纵腹板+中间纵腹板加劲肋
- 6) 支撑加劲肋
- 7) 挑梁系统：  
挑梁顶板+顶板加劲肋（可归纳在顶板系统中）  
纵向每隔一定间距倒T型挑梁



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •4、•钢箱梁的钢牌号选取

### 1、GB/T 714-2015 桥梁用结构钢

铁路钢结构桥梁采用钢材，铁路桥梁活载比重大，满载速度快，疲劳问题突出，要求具有良好的冲击韧性。

### 2、GBT 1591-2008 低合金高强度钢

公路桥梁推荐采用钢材，公路桥特点活载小，车道宽纵向满载可能性小，加载速度满，冲击韧性要求低。

牌号	质量等级	拉伸试验 <sup>a,b</sup>					冲击试验 <sup>c</sup>	
		下屈服强度 $R_{el}$ /MPa			抗拉强度 $R_m$ /MPa	断后伸长率 $A$ /%	温度 ℃	冲击吸 收能量 $KV_z$ /J
		厚度 ≤50 mm	50 mm<厚度 ≤100 mm	100 mm<厚度 ≤150 mm				
		不小于						不小于
Q345q	C	345	335	305	490	20	0	120
	D						—20	
	E						—40	

GB/T 714-2015 桥梁用结构钢

牌 号	质量等级	试验温度/℃	冲击吸收能量(KV <sub>2</sub> )/J		
			公称厚度(直径、边长)		
			12 mm~150 mm	>150 mm~250 mm	>250 mm~400 mm
Q345	B	20	≥34	≥27	—
	C	0			
	D	-20			
	E	-40			27

GBT 1591-2008 低合金高强度钢



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •4、•钢箱梁的钢牌号选取

### 2、GBT 1591-2008 低合金高强度钢

公路桥梁推荐采用钢材，公路桥特点活载小，车道宽纵向满载可能性小，加载速度满，冲击韧性要求低。

表 3.1.3 钢材冲击韧性

钢材牌号	Q235		Q345		Q390		Q420	
质量等级	C	D	C	D	D	E	D	E
试验温度 (°C)	0	-20	0	-20	-20	-40	-20	-40
冲击韧性 (J)	27	27	34	34	34	27	34	27

1 对需要验算疲劳的焊接构件，当桥梁的工作温度  $t$  处于  $0^{\circ}\text{C} \geq t > -20^{\circ}\text{C}$  范围内时，Q235 和 Q345 的冲击韧性应满足表 3.1.3 中质量等级 C 的要求，而 Q390 和 Q420 的冲击韧性应满足质量等级 D 的要求；当桥梁工作温度  $t \leq -20^{\circ}\text{C}$  时，Q235 和 Q345 的冲击韧性应满足表 3.1.3 中质量等级 D 的要求，而 Q390 和 Q420 的冲击韧性应满足质量等级 E 的要求。

2 对需要验算疲劳的非焊接构件，当桥梁工作温度  $t \leq -20^{\circ}\text{C}$  时，Q235 和 Q345 的冲击韧性应满足表 3.1.3 中质量等级 C 的要求，而 Q390 和 Q420 的冲击韧性应满足质量等级 D 的要求。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •5、•钢箱梁的用钢量指标

钢箱梁结构设计完成之后，最主要的一个核查结构设计合理性标准就是用钢量，主要根据用钢量的顶平方含量来衡量，不同的设计人员、不同的设计单位、不同的设计方法差别较大；同样的跨度，不同的桥宽、不同的平面形状也会造成不同的用钢量差别；

•对于标准的不是异性结构的30~40m左右跨度钢箱梁，大体合理的用钢量标准在450kg/m<sup>2</sup>；

•跨度越大，需要控制主梁的第一体系应力数值，需要的主梁梁高越大，相应隔板的材料增加，主梁的顶平方含量相应增加；

•50m跨度用钢量480kg/m<sup>2</sup>；

•60m跨度用钢量530kg/m<sup>2</sup>；

•70m跨度用钢量550kg/m<sup>2</sup>；

•80m跨度用钢量580kg/m<sup>2</sup>；

•以上均是参考的用钢量标准，实际设计中总的来讲15规范下设计的钢箱梁用钢量偏大。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •5、•钢箱梁的用钢量指标

钢箱梁结构设计完成之后，最主要的一个核查结构设计合理性标准就是用钢量，主要根据用钢量的顶平方含量来衡量，不同的设计人员、不同的设计单位、不同的设计方法差别较大；同样的跨度，不同的桥宽、不同的平面形状也会造成不同的用钢量差别；

取13m直线桥宽，不同跨度的用钢量比较

跨度	梁高	顶板	底板	腹板	隔板	用钢量 (kg/m <sup>2</sup> )
30	1.7	10.73	6.83	1.89	3.00	452
40	1.8	14.30	9.11	2.69	4.23	458
50	2	18.69	11.90	3.57	5.88	484
60	2.3	23.99	15.28	4.54	8.69	528
70	2.6	28.44	18.11	5.59	12.23	555
80	2.8	33.02	21.03	6.72	15.99	579

•以上均是参考的用钢量标准，实际设计中总的来讲15规范下设计的钢箱梁用钢量偏大。

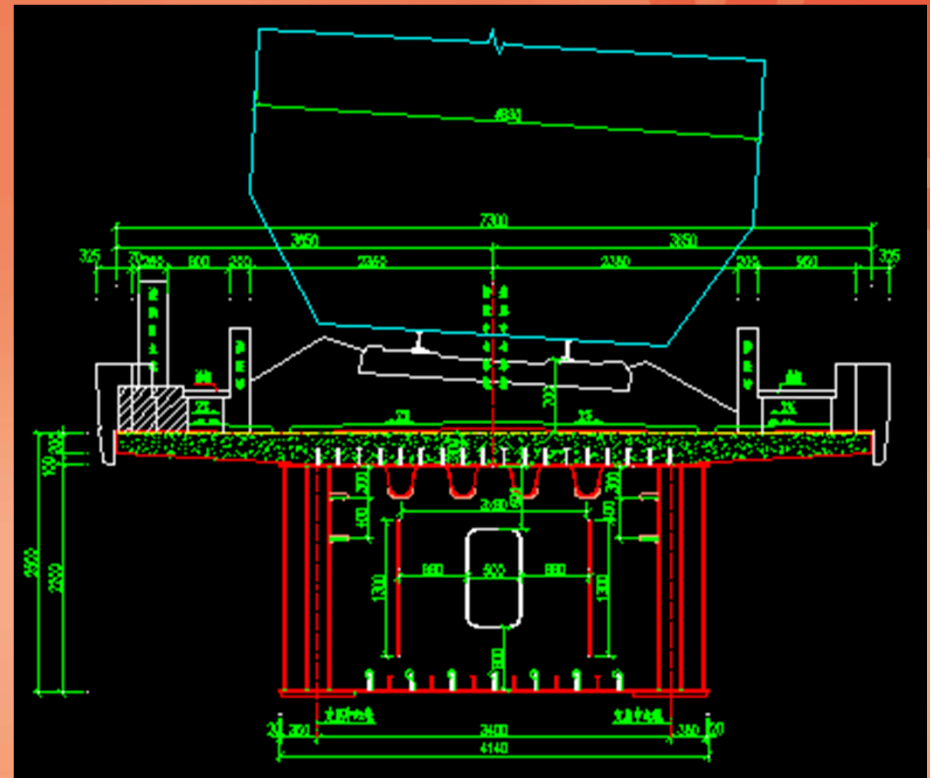
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •6、•钢箱梁的刚度控制要求

公路钢箱梁桥基本不会被结构刚度控制，只需要满足静活载下挠度控制值便行。铁路钢箱梁采用较少，主要原因因为铁路钢箱梁桥刚度较小，梁端转角大，铁路很少直接采用钢箱梁，通常会在完整的钢箱梁上方设置一个混



**4.2.3** 计算竖向挠度时，应按结构力学的方法并应采用不计冲击力的汽车车道荷载频遇值，频遇值系数为 1.0。计算挠度值不应超过表 4.2.3 规定的限值。

表 4.2.3 竖向挠度限值

桥梁结构形式	简支或连续桁架	简支或连续板梁	梁的悬臂端部	斜拉桥主梁	悬索桥加劲梁
限值	$\frac{l}{500}$	$\frac{l}{500}$	$\frac{l_1}{300}$	$\frac{l}{400}$	$\frac{l}{250}$

注：1. 表中  $l$  为计算跨径， $l_1$  为悬臂长度。

2. 当荷载作用于一个跨径内有可能引起该跨径正负挠度时，计算挠度应为正负挠度绝对值之和。

3. 挠度按毛截面计算。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

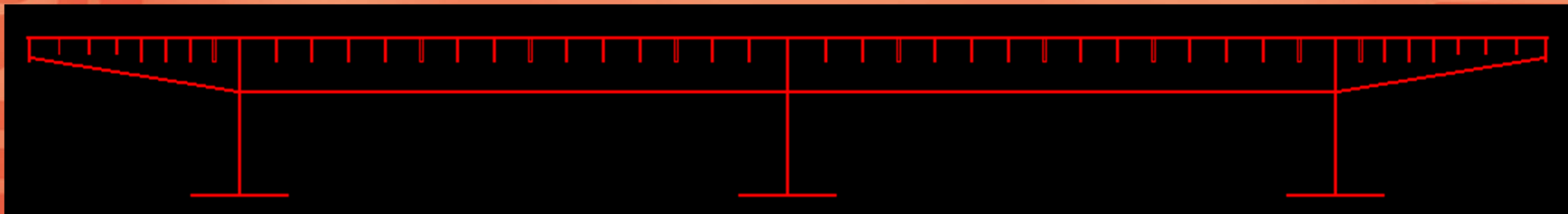
## •7、•钢箱梁的梁高取值

•钢箱梁的顶板应力由第一体系+第二体系组成，不同桥跨的钢箱梁，第一体系由梁高确定，第二体系由隔板间距与加劲肋的形式确定，与梁高没有关系。钢箱梁的控制应力是确定的，跨度增加需要梁高来适应以控制第一体系，第二体系应力数值是确定的，因此梁高只与孔跨有关。

•钢箱梁梁高一般取值为跨度的 $1/20 \sim 1/30$

1) 跨度小于30m以下小跨度钢箱梁梁高通常由构造决定；钢箱梁需要保证维修、制造、节段连接的原因，隔板需要开设人孔，人孔上方高度需要2.5倍加劲肋高度（开孔加劲肋需要2倍），采用顶板U肋加劲的梁高按照构造要求需要700（开孔后隔板上缘高度）+500（人孔）+500（开孔后隔板下缘高度）=1700mm；采用纵向开口加劲肋最小钢箱梁高度可以做到1.2m。

此时可以采用如下断面，已经不是箱梁，而是正交各项异性桥面的板梁，可以节省结构高度，适用于利用既有下部结构改造小跨度混凝土箱梁为钢桥结构。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •7、•钢箱梁的梁高取值

•钢箱梁的顶板应力由第一体系+第二体系组成，不同桥跨的钢箱梁，第一体系由梁高确定，第二体系由隔板间距与加劲肋的形式确定，与梁高没有关系。钢箱梁的控制应力是确定的，跨度增加需要梁高来适应以控制第一体系，第二体系应力数值是确定的，因此梁高只与孔跨有关。

•钢箱梁梁高一般取值为跨度的 $1/20 \sim 1/30$

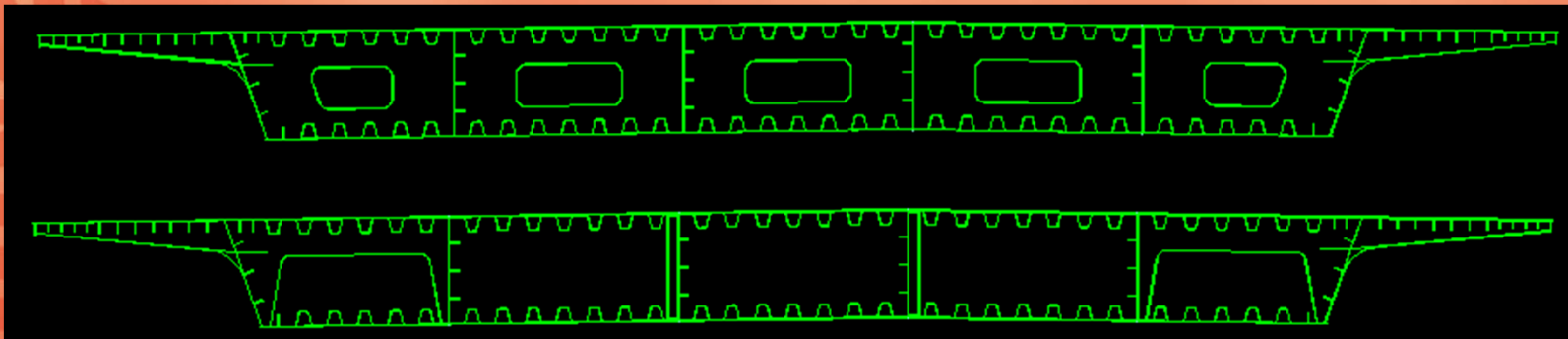
2) 40m跨度比较合适的梁高范围1.8m，等高

3) 50m跨度比较合适的梁高范围2m，等高

4) 60m跨度比较合适的梁高范围2.3m，等高

5) 70m跨度比较合适的梁高范围2.6m，等高或者变高

6) 80m跨度比较合适的梁高范围2.8m，等高或者变高



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •8、•钢箱梁的设计流程

- 1、拟定合适的梁高，梁高一般为跨度的 $1/20-1/30$ ，大跨度钢箱梁节省用钢量可以采用变高设计，中等70m以下可以采用制造便利的等高设计。
- 2、根据平面划分箱式，不宜大于6m，不宜小于3m；
- 3、确定顶底板纵向加劲肋形式，根据加劲肋形式确定隔板间距；根据梁高箱式宽度确定隔板类型，保证隔板刚度与第二体系的受力，同时照顾好顶底板受压加劲肋的加劲效果，横隔板间距的确定需兼顾考虑翼缘挑梁的受力。
- 4、进行主梁第一体系纵向计算、桥面板第二体系计算、支点横隔梁计算，隔板刚度计算、挑梁受力计算、支撑加劲肋计算，确定所有构件厚度及尺寸。
- 5、绘图准备，横梁隔板确定后反推其余跨间隔板位置、腹板竖向加劲肋、挑梁。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •9、•钢箱梁的计算流程

1、根据跨度、宽度、平面形状确定好梁高、箱式划分、顶底板加劲肋类型后进行主梁第一体系计算：

1) 主梁总体刚度验算

2) 压重、支反力、抗倾覆验算

3) 第一体系考虑剪力滞及受压局部稳定后的顶底板纵向验算结果

4) 受拉区域疲劳验算

2、根据加劲肋类型确定好隔板间距，第二体系计算；

3、顶板系统由第一体系与第二体系验算完成；桥面板受拉区域疲劳验算。

4、根据第一体系结果计算横梁模型。

5、跨间隔板、挑梁应力刚度验算。

6、支撑加劲肋、纵腹板加劲肋验算。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •10、•钢箱梁的绘图流程

1、中等跨度钢箱梁根据经验进行初步设计的立面、平面、5个典型横断面绘制

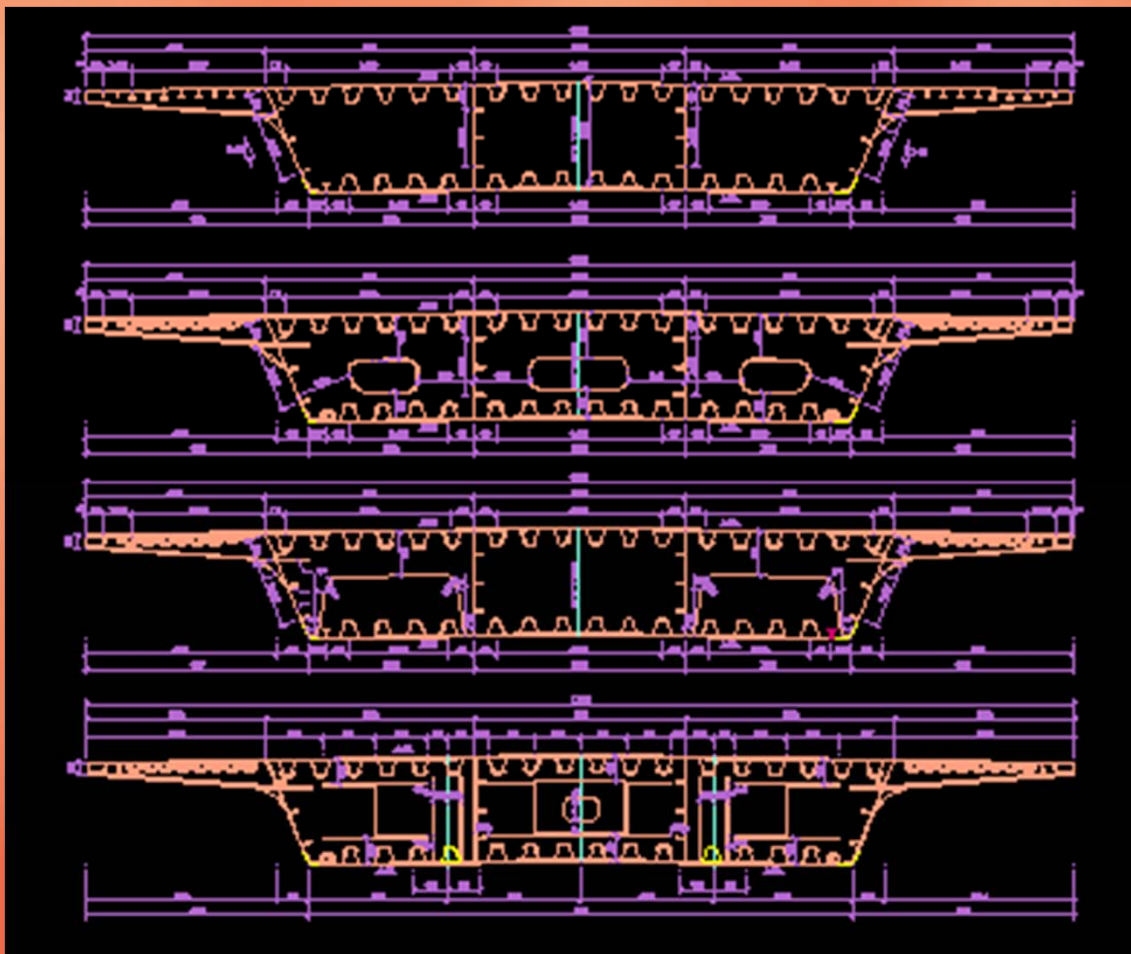
1) 普通断面

2) 跨间横隔板断面

3) 竖向加劲肋断面

4) 支座断面

6) 全桥用钢量估算表



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •10、•钢箱梁的绘图流程

### 2、施工图钢箱梁绘制

- 1) 所有图纸均需钢箱梁整套验算通过后方可进行
- 2) 根据横梁计算结果优先确定横梁隔板
- 3) 根据第二体系计算结果确定跨间隔板间距，支座隔板确定后反推跨间隔板位置
- 4) 跨间隔板确定后再定竖向加劲肋纵向位置
- 5) 立面、顶底平面绘制
- 6) 典型断面绘制
- 7) 细部构造绘制
  - 7-1) 纵向加劲肋细部构造
  - 7-2) 挑梁、隔板细部构造



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •10、•钢箱梁的绘图流程

### 2、施工图钢箱梁绘制

#### 7) 细部构造绘制

##### 7-3) 底板进入孔

##### 7-4) 腹板进入孔

##### 7-5) 纵腹板加劲肋

##### 7-6) 支座横梁平面、纵向断面

#### 8) 钢箱梁焊缝绘制

#### 9) 钢箱梁现场连接

#### 10) 预拱度绘制

#### 11) 铺装绘制

#### 12) 钢板编号，材料统计

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 11、•钢箱梁复核流程
- 钢箱梁复核分为计算复核与图纸复核
- 1) 主要计算复核

序号	复核事项	
1	整体	跨度
2		截面
3		材料
4		边界条件
5		支座中心距
6	荷载	自重系数
7		二恒
8		整体温度
9		梯度温度
10		离心力
11		扭矩
12		压重
13		活载
14		活载冲击系数
15		不均匀沉降

16	荷载组合	荷载工况组合
17	总体结果	支反力
18		刚度
19	主梁弯曲应力	顶板最大
20		顶板最小
21		底板最大
22		底板最小
23	主梁剪应力	最大
24	横梁梁弯曲应力	顶板最大
25		顶板最小
26		底板最大
27		底板最小
28	横梁剪应力	最大

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 11、•钢箱梁复核流程
- 钢箱梁复核分为计算复核与图纸复核
- 2) 图纸复核

序号	复核事项	
1	图面	字体
2		比例
3		文字样式
4		标注样式
5		图层
6		线型
7	纵剖面图	梁高
8		跨度
9		墩号
10		梁缝宽度
11		横隔板间距
12		顶底板基本厚度
13		加厚区范围
14		加厚区厚度
15		剖面符号位置
16		大样

17	顶底平面图	设计中心线线形
18		顶底平面轮廓
19		外挑横梁长度
20		外挑横梁端封板构造
21		腹板横向间距
22		纵向长度
23		横隔板间距
24		竖向加劲肋间距
25		编号标注
26		腹板人孔位置
27		底面图中支座位置
28		底面图中底板孔位置
29		不等厚钢板对接焊示意图
30		附注
31	顶底纵肋布置图	箱梁中心线或里程中心线位置
32		顶底平面轮廓
33		横隔板间距
34		竖向加劲肋间距
35		腹板横向间距
36		纵肋横向间距
37		纵肋纵向长度
38		纵肋编号
39		附注



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 11、•钢箱梁复核流程
- 钢箱梁复核分为计算复核与图纸复核
- 2) 图纸复核

40	外轮廓定位图	顶板宽度
41		翼缘宽度
42		底板宽度
43		梁高
44		翼缘悬臂高度
45		翼缘根高
46		腹板斜率
47		中心线位置
48	标准截面图	顶板宽度及厚度
49		底板宽度及厚度
50		腹板间距及厚度
51		梁高
52		翼缘高度
53		顶底板纵肋布置
54		腹板纵肋布置
55		编号标注

56	横隔板截面图	顶板宽度及厚度
57		底板宽度及厚度
58		腹板间距及厚度
59		梁高
60		翼缘高度
61		顶底板纵肋布置
62		腹板纵肋布置
63	腹板竖向肋截面	隔板进入洞大小
64		编号标注
65		顶板宽度及厚度
66		底板宽度及厚度
67		腹板间距及厚度
68		梁高
69		翼缘高度
70		顶底板纵肋布置
71		腹板纵肋布置
72		腹板竖向加劲肋布置
73		斜腹板横向加劲肋布置
74		编号标注

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 11、•钢箱梁复核流程
- 钢箱梁复核分为计算复核与图纸复核
- 2) 图纸复核

75	支点横梁截面	顶板宽度及厚度
76		底板宽度及厚度
77		腹板间距及厚度
78		梁高
79		翼缘高度
80		顶底板纵肋布置
81		腹板纵肋布置
82		横梁加劲肋布置
83		横梁进入洞布置
84		支座位置
85		支座垫板大小
86		支座加劲肋布置
87		支座加劲肋处剖面
88		横梁进入洞处剖面
89		横梁底平面图
90		横梁腹板进入洞图
91		底板加厚大样图
92		编号标注
93		附注
94	其他	细部构造图与前面图纸对照复核

95	支座布置图	桥梁线型
96		墩号及跨度
97		支座型号是否满足要求
98		支座中心距
99		支座设计参数及数量表
100		支座布置示意图
101		附注
102	材料表	名称
103		编号标注
104		材质
105		规格
106		数量
107		重量核对公式是否有误
108		备注
109		附注

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •12、•钢箱梁设计说明

•钢箱梁设计说明除了与常规混凝土包含常规内容外，与混凝土的区别

### 1) 钢箱梁上部结构概况

简述钢箱梁梁高、箱式、腹板形式、顶板系统、底板系统、隔板系统、横坡形成等

### 2) 钢材母材与焊接材料、螺栓

### 3) 钢箱梁制作与预拼装

### 4) 钢箱梁焊接方法

### 5) 钢箱梁工艺评定

### 6) 钢箱梁焊接接头评定标准与焊缝质量检查

### 7) 钢箱梁存放、运输、安装

### 8) 钢箱梁涂装

### 9) 钢箱梁铺装



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 13、•钢箱梁施工方式
- 钢箱梁施工最重要的3种方式

- 1) 节段吊装
- 2) 顶推
- 3) 转体施工



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 13、•钢箱梁施工方式
- 钢箱梁施工最重要的3种方式

- 1) 节段吊装
- 2) 顶推
- 3) 转体施工





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 13、•钢箱梁施工方式
- 钢箱梁施工最重要的3种方式

- 1) 节段吊装
- 2) 顶推
- 3) 转体施工





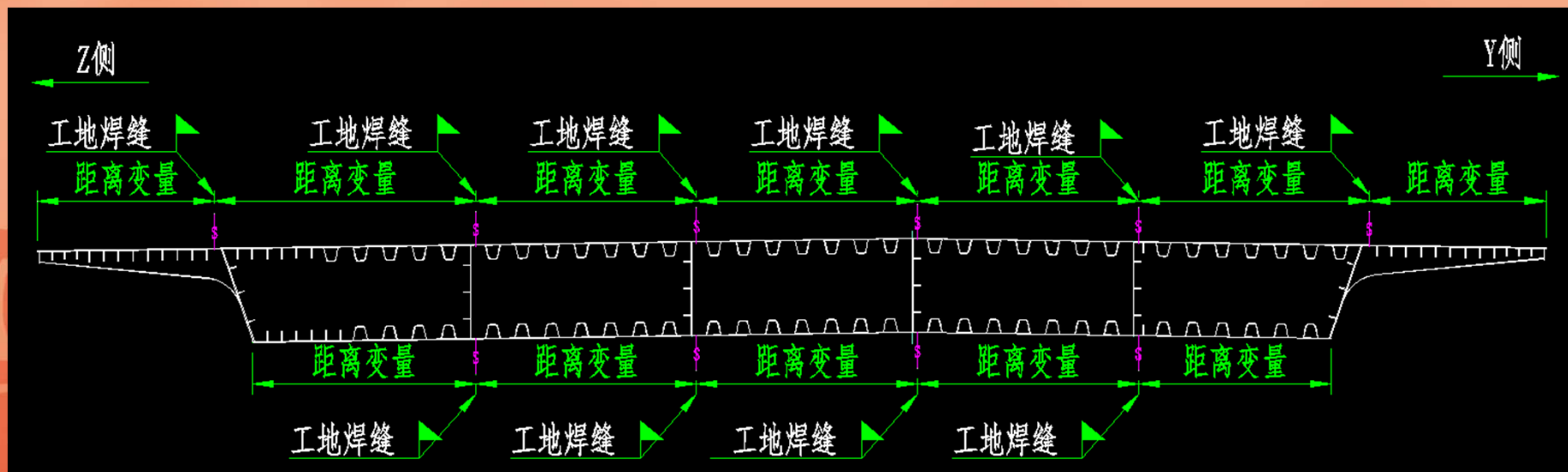
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •14、•钢箱梁节段划分

钢结构图纸设计只需要按总体轮廓绘制，统计下料重量，设计一般不用考虑纵横向分段，因为你不够专业，制造厂比你专业的多；制造厂拿到设计图纸后结合车间吊装能力与地理位置、车间与桥址的运输条件、桥址节段吊装能力、钢梁的施工方案（临时墩位置、支架范围）等因素综合考虑制订节段划分原则，上报设计院，设计审批需要结合受力评判制造厂节段划分合理性：



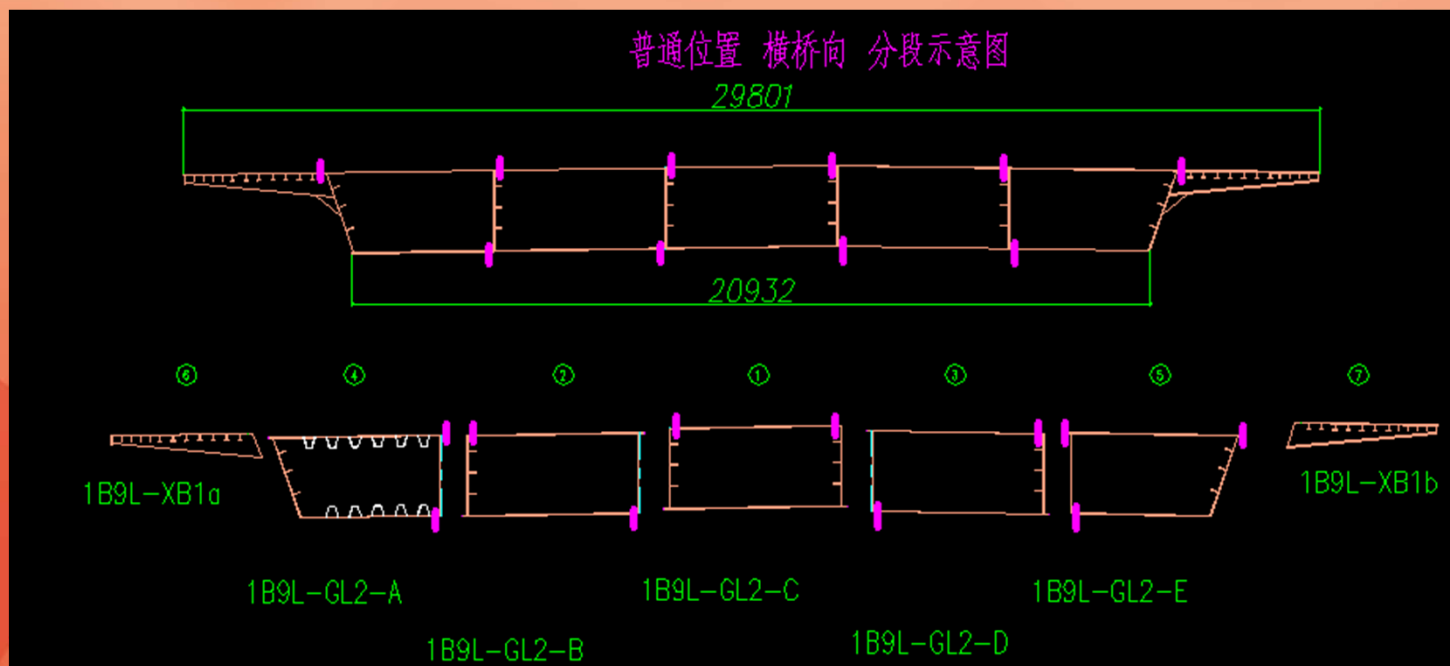
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •14、•钢箱梁节段划分

钢结构图纸设计只需要按总体轮廓绘制，统计下料重量，设计一般不用考虑纵横向分段，因为你不够专业，制造厂比你专业的多；制造厂拿到设计图纸后结合车间吊装能力与地理位置、车间与桥址的运输条件、桥址节段吊装能力、钢梁的施工方案（临时墩位置、支架范围）等因素综合考虑制订节段划分原则，上报设计院，设计审批需要结合受力评判制造厂节段划分合理性：



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •14、•钢箱梁节段划分

钢结构图纸设计只需要按总体轮廓绘制，统计下料重量，设计一般不用考虑纵横向分段，因为你不够专业，制造厂比你专业的多；制造厂拿到设计图纸后结合车间吊装能力与地理位置、车间与桥址的运输条件、桥址节段吊装能力、钢梁的施工方案（临时墩位置、支架范围）等因素综合考虑制订节段划分原则，上报设计院，设计审批需要结合受力评判制造厂节段划分合理性：





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •15、•钢箱梁节段运输

陆运：运输节段最大重量不超过80t，  
宽度不超过5.3m，运输总高度不超过  
4.5m（运输车一般高1.2m，较矮的0.8  
m），长度方向不超过16m。

水运：水运最大可达185m。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •15、•钢箱梁节段运输

陆运：运输节段最大重量不超过80t，  
宽度不超过5.3m，运输总高度不超过  
4.5m（运输车一般高1.2m，较矮的0.8  
m），长度方向不超过16m。

水运：水运最大可达185m。





# 钢箱梁设计百问-kg

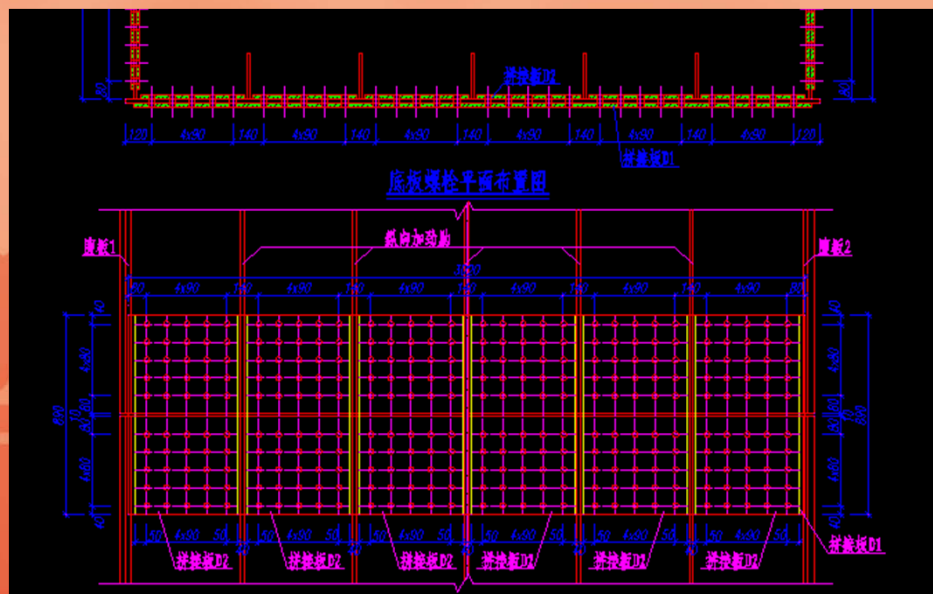
撰写：陈耀军

审核：王总

## •16、•钢箱梁节段连接

钢箱梁节段连接可以采用焊接与栓接，顶板由于铺装的原因通常采用焊接，腹板、底板及纵向加劲肋可以采用：

- 1) 栓接
- 2) 焊接，也是以后的发展趋势





# 钢箱梁设计百问-kg

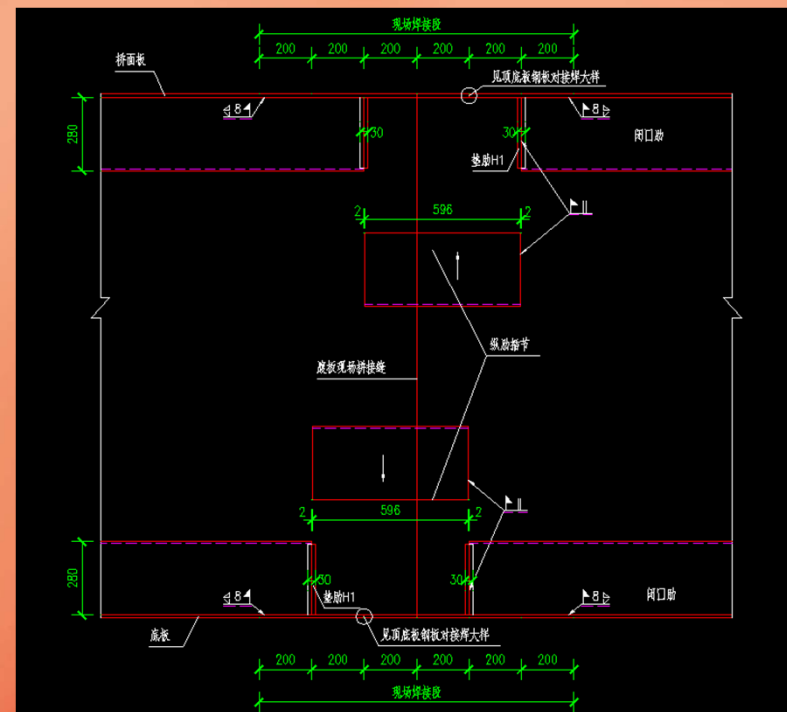
撰写：陈耀军

审核：王总

## •16、•钢箱梁节段连接

钢箱梁节段连接可以采用焊接与栓接，顶板由于铺装的原因通常采用焊接，腹板、底板及纵向加劲肋可以采用：

- 1) 栓接
- 2) 焊接，也是以后的发展趋势



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •17、•钢箱梁曲线布置的影响

对于曲线钢箱梁，是钢箱梁一个重要优势

- 1) 曲线半径过小，预应力混凝土箱梁由于钢束平面径向力过大，预应力箱梁设计不合适
- 2) 曲线半径过小，采用被动的钢筋混凝土箱梁，受限于耐久性，钢筋混凝土箱梁跨度只能在25m以内，桥墩过多，受地面布墩限制、水中、高墩区域也不适合采用钢筋混凝土结构
- 3) 曲线钢箱梁是较好的桥型，通常曲梁曲做，控制好支反力脱空及抗倾覆限制，可以采用大跨布置，被动结构的钢箱梁能够很好的适应线性，曲线半径过小时影响纵向加劲肋的类型，同时影响隔板的间距。采用箱型截面的钢箱梁抗扭刚度满足曲梁受力，钢箱梁能够很好的适应弯、剪、扭综合受力。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •18、•钢箱梁支座位置如何确定

钢箱梁的支座布置取决于：

- 1) 地面布墩空间
- 2) 横梁受力
- 3) 抗倾覆要求

钢箱梁支座布置总体要灵活于混凝土结构，横梁的受力、抗倾覆均是基于桥墩的布置，为了让支座不脱空，抗倾覆满足大于2.5的安全系数要求，同一个支座横梁位置上支座间距尽量不能太小，否则会引起压重量过大。对于横梁跨度很大的外伸横梁，钢箱梁横梁受力明显优于混凝土，钢箱梁横梁位置局部加高对于纵向体系有利，而对于预应力混凝土桥梁横梁位置局部加高可能造成底板应力不满足，就是由于预应力结构有钢束主动张拉的原因。



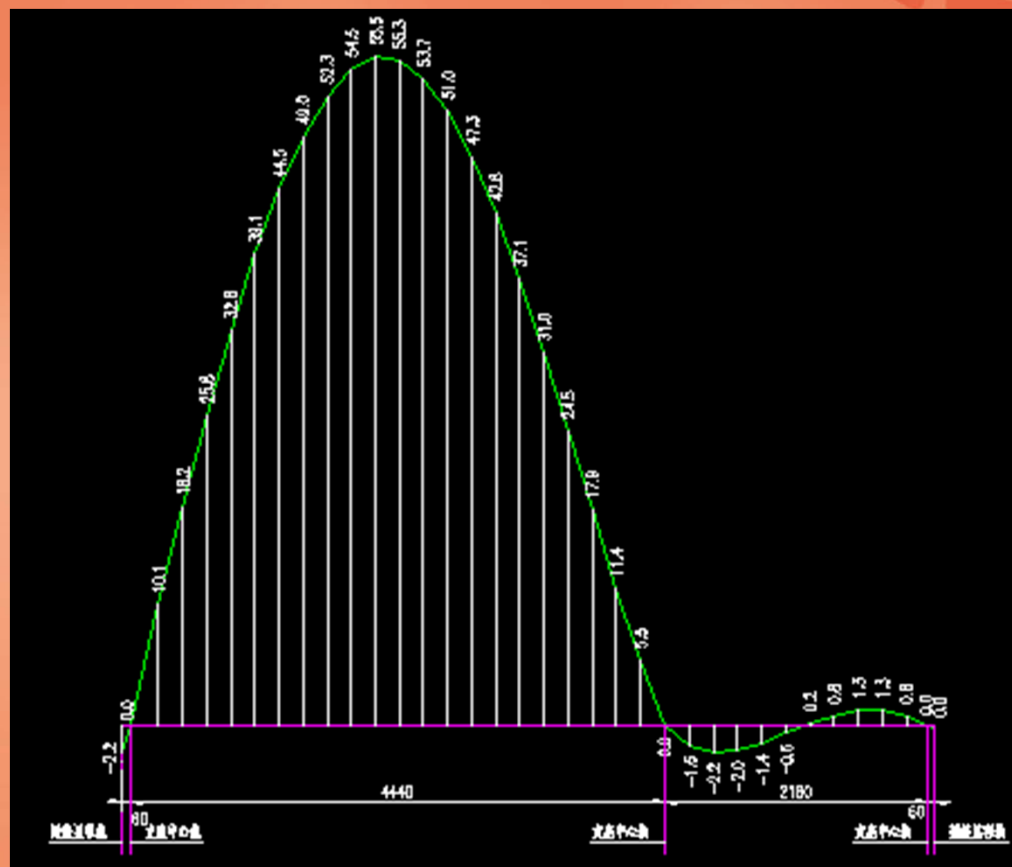
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •19、•钢箱梁纵向预拱度设计

恒载+静活载引起的竖向挠度不超过跨度的1/1600或者15mm，可不用设置预拱度，否则需要设置恒载+1/2静活载的反向挠度。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •20、•钢箱梁的外伸横梁

由于地面不能正常立墩，通常将横梁外伸到可以立墩位置，下部结构简化设计，上部结构外伸处理，外伸横梁是钢箱梁结构中比较常见的处理方式。

横梁梁高需要根据横梁计算，与外伸横梁跨度、主梁与横梁的交点位置有关。主梁居中的外伸横梁，横梁高度可按1/11试算。

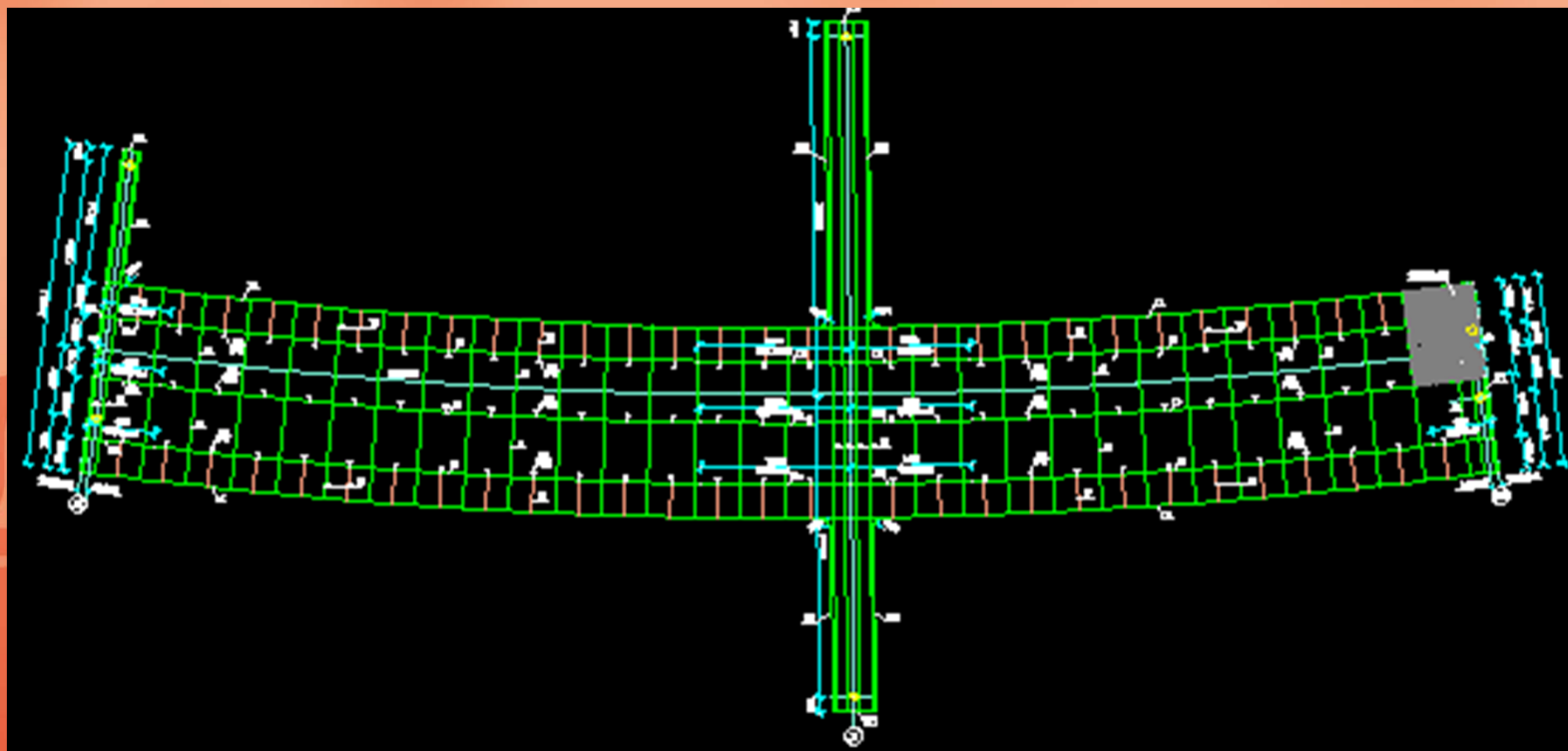
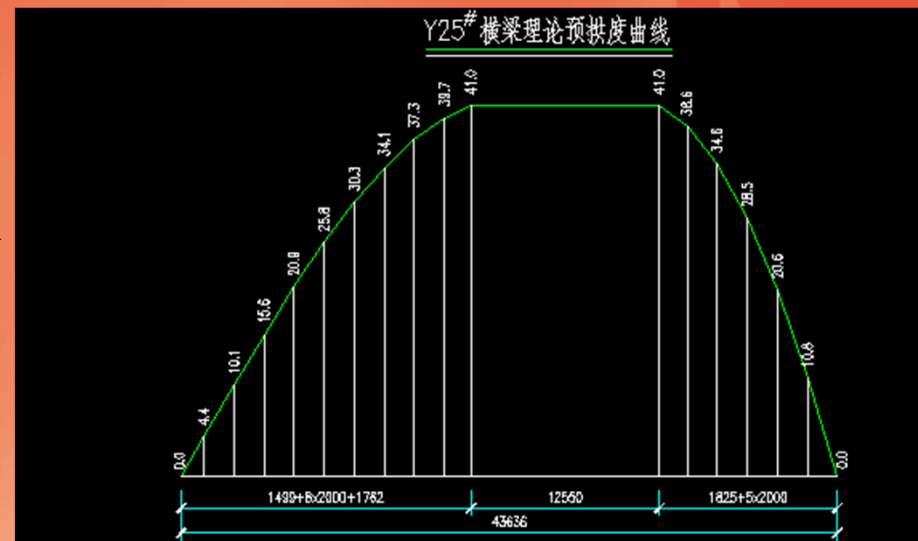


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 21、•钢箱梁的外伸横梁的预拱度设计
- 外伸横梁由于横梁跨度大，桥墩位置主梁有很大的竖向挠度，需要通过横向预拱度加以补偿





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •22、•钢箱梁的焊缝设计

钢箱梁腹板与顶底板之间的焊缝，按照受力采用全熔透没必要，可以**80%**左右熔透加角焊缝，以免产生过大的焊接变形及收缩变形，焊缝并不是越大越好，板厚较大最好采用坡口焊缝，直接采用角焊缝太浪费焊接材料。

### 1、顶底板与其加劲肋焊接

闭口加劲肋，内侧无法焊接，只能单边施焊，尽可能焊透不能全焊透，熔透不小于**80%**；

### 2、中间横隔板与顶底板焊接。

隔板横向加劲抗扭转剪切为主，可采用双面角焊缝，支点横梁承受很大集中荷载，支点隔板与顶底板**80%**熔透焊。

### 3、腹板、横隔板上稳定加劲肋与其本身焊缝

腹板、横隔板上加劲肋主要起到高厚比过大的稳定作用，使板单元具有抵抗面外变形的刚度，不参与整体受力，所以焊缝等级可以降低，采用双面贴角焊即可。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •23、•钢箱梁的螺栓连接

钢箱梁顶板一般进行焊接，腹板、底板、纵向加劲肋可以进行螺栓连接。

### 1) 底板螺栓连接

按照等强原则：

受拉底板----根据净面积计算拼接板板厚，根据拼接板受拉承载力计算螺栓数量

受压底板----根据毛面积计算拼接板板厚，根据考虑局部稳定与剪力滞后拼接板的承载力计算螺栓数量



### 2) 腹板

按照抗剪承载力计算螺栓

### 3) 纵向加劲肋螺栓连接

纵向加劲肋也是桥面顶板底板的组成部分，按照等强原则计算，区分拉压受力

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •24、•钢箱梁钢板数量统计

分别各组成构件统计

- 1) 顶板数量
- 2) 顶板加劲肋数量
- 3) 底板数量
- 4) 底板加劲肋数量
- 5) 腹板数量
- 6) 腹板加劲肋数量
- 7) 腹板人孔
- 8) 挑梁翼缘竖板
- 9) 挑梁翼缘水平板



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •24、•钢箱梁钢板数量统计

分别各组成构件统计

10) 跨间横隔板、开孔加劲、竖向加劲

11) 支座横梁、支座横梁加劲板、支撑加劲肋、支座垫板、支座横梁开孔加劲

12) 封端板

13) 底板人孔钢板、螺栓、橡胶密封圈

14) 钢箱梁节段连接螺栓

15) 钢箱梁装饰板

16) 焊缝

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •25、•钢箱梁的造价

•一座钢箱梁的建安费包括人材机部分，一些特殊的桥梁采用专用施工设备，不同的施工方案可能会造成很大的造价差异。

1)对于常规的钢箱梁结构，上部结构钢箱梁与下部结构合计的顶平方费用：

1.2万/m<sup>2</sup>；单纯计算上部结构钢箱梁造价：1.35万元/t

2)钢材只是钢箱梁全部建安费中的一小块，钢箱梁造价中包含工厂制造费、运输费、安装费用、涂装费用等，单纯的钢材价格提高1.5倍，并不是钢箱梁桥梁的建安费增加1.5倍，只是钢板母材单价价格提高。

假设Q345c 4500元/t，建安费13500元/t 建安费/钢材=3

母材价格提高到6000元/t，建安费15000元/t 建安费/钢材=2.5

母材价格6000/4500=1.33;15000/13500=1.11

审核：王总

- 钢结构现在慢慢往全焊结构发展，任何一座钢箱梁都不可缺少焊接，相应有一个焊缝数量，不管是钢箱梁、钢板梁、钢桁梁、钢桁拱、钢箱拱，焊缝重量均按焊接件的**1.5%**计量。

**5.1.5** 钢桥重量计算时,钢板应按矩形计算,但大于  $0.1 \text{ m}^2$  的缺角应扣除;焊缝重应按焊接杆件重量的  $1.5\%$  计。

底板人孔	P1	Q345qD	□720x20x920	2	104.0	208.0	
	P2	Q345qD	□520x8x720	2	23.5	47.0	
	橡胶垫片		□520x8x720	2			
	M16螺栓(套)			40			
合计:	Q345qD钢板: 4529472.8kg      1.5%焊缝: 67942.1kg						



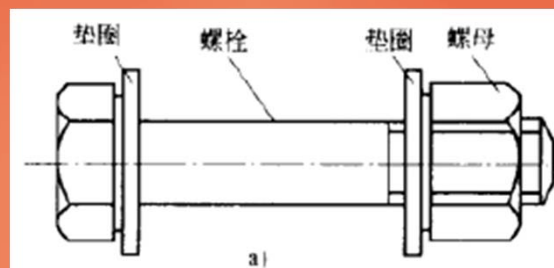
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •27、•钢箱梁的螺栓统计

•钢结构桥梁高强螺栓统计时需要按照螺栓长度统计，螺栓长度根据穿过的连接板束厚度、附加长度后取5的倍数确定。



螺栓	连接板束厚	螺栓尺寸	每套螺栓	实际需要数量		制造数量	
规格	(mm)	(mm)	总量(kg)	数量(套)	重量(kg)	数量(套)	重量(kg)
M24	28~32	80	0.791	54004	42702	59404	46972.2
	33~37	85	0.808	27200	21990.1	29920	24189.1

$$l = \sum t + \Delta l \quad (4.6-1)$$

式中： $\sum t$ ——连接板层总厚度；

$\Delta l$ ——附加长度，可按下式计算，当高强度螺栓公称直径确定后， $\Delta l$ 可由表 4.6-32 查得

$$\Delta l = m + nS + 3p \quad (4.6-2)$$

式中： $m$ ——高强度螺母公称厚度；

$n$ ——垫圈个数，扭剪型高强度螺栓为 1、大六角高强螺栓为 2；

$S$ ——高强度垫圈公称厚度；

$p$ ——螺纹螺距。

高强度螺栓附加长度 (mm)

表 4.6-32

螺栓直径	12	16	20	22	24	27	30
大六角高强度螺栓	25	30	35	40	45	50	55
扭剪型高强度螺栓		25	30	35	40		

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •28、•为何学习钢箱梁

- 1) 随着国家政策上引导加大钢结构桥梁占重，设计院需要从方案初期就进行钢结构桥梁方案比选。
- 2) 大跨度桥梁为减轻恒载不得不采用较轻的钢结构主梁。
- 3) 随着交通建设的推进，汽车保有量的不断增加，越来越多的改扩建项目需要荷载级别提高、桥面加宽，在能利用既有下部结构的基础上，钢结构桥梁替换既有混凝土旧梁也是越来越多。
- 4) 不少景观要求高的桥梁，可以采用轻盈的钢主梁、钢拱肋、钢桁梁、钢塔等组合桥梁达到结构造景，即使贵只要景观漂亮业主也愿意花钱。
- 5) 每个设计者的内心里都有一个在设计生涯中做一座有里程碑意义的特色桥梁的梦想，任何一个婆娑世界中的桥梁设计者都不例外；钢箱梁作为钢桥中比较简单的桥型，是你进入钢桥世界比较好的一个起点，钢箱梁没有收缩徐变的不确定性，钢箱梁的构造是其他钢桥的基础，钢箱梁受力探索是认识其他钢桥的最好启发，因此桥梁设计者很有必要进入钢桥的世界探索。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •29、•为何害怕钢箱梁

- 1) 大部分设计院以做常规混凝土装配式桥梁为主，上部结构通用图套用，下部结构只是非常简单的桩基长度计算，桩基配筋计算都不清楚，下部结构也不大会计算纵向水平力，钢结构从来没有接触过。
- 2) 没有一个有经验的钢结构老师带领。
- 3) 没有从传力途径进行桥梁分析，不会简化计算。
- 4) 惧怕钢结构各种加劲肋，不明白各种构造细节，不清楚纵横交错的布置讲究。
- 5) 不会进行焊缝计算，不懂钢结构螺栓计算，不知道钢结构制作流程。
- 6) 只是单纯的听说正交各向异性桥面板容易疲劳破坏，铺装耐久性不好，不会针对性的合理构造细节设计降低钢桥面板的易疲劳破坏性；钢结构直接造价高，方案初期就不采用，不知道如何通过构造细节避免钢结构疲劳，不会进行受压稳定验算，不明白疲劳操作。
- 7) 内心上害怕钢结构，不明白涂装、钢材特性（化学成分、各种力学性能屈服强度、抗拉强度、延伸率、冲击功）、焊缝检测、钢材焊接工艺评审。
- 8) 不会进行横向构件有效宽度计算、不明白两个体系叠加等等。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •30、•公路钢箱梁与市政钢箱梁的区别

- 1) 都是钢箱梁结构，第一体系一致，第二体系公路车辆荷载小于城市车辆荷载，公路车辆**55t**，城市车辆**70t**；公路的车辆最终都要到城市中去，城市中车辆不一定上公路。
- 2) 公路钢箱梁景观性要求不高，城市高架钢箱梁桥底景观要求高，所以城市钢箱梁根据桥宽通常做成单箱多室结构，底板连续，有时挑梁倒T型底板之间也设置装饰钢板；公路钢箱梁可以设计为多箱单式，减少底板系统面积，让中性轴更加靠近顶板，顶板第一体系小于底板，小于的数值等于顶板第二体系，此时用钢量最经济节省。



•公路钢箱梁断面

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •30、•公路钢箱梁与市政钢箱梁的区别

- 1) 都是钢箱梁结构，第一体系一致，第二体系公路车辆荷载小于城市车辆荷载，公路车辆**55t**，城市车辆**70t**；公路的车辆最终都要到城市中去，城市中车辆不一定上公路。
- 2) 公路钢箱梁景观性要求不高，城市高架钢箱梁桥底景观要求高，所以城市钢箱梁根据桥宽通常做成单箱多室结构，底板连续，有时挑梁倒T型底板之间也设置装饰钢板；公路钢箱梁可以设计为多箱单式，减少底板系统面积，让中性轴更加靠近顶板，顶板第一体系小于底板，小于的数值等于顶板第二体系，此时用钢量最经济节省。



•市政钢箱梁断面

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •31、•钢箱梁顶板系统

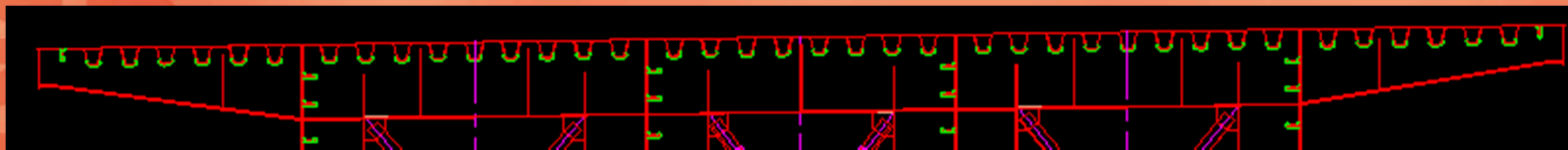
•钢箱梁作为上承式构件，顶板是车轮、二恒直接作用的系统，所以顶板系统通常做的很强劲，顶板系统组成构件

- 1) 全桥连续的顶板钢板，板厚根据计算需求确定
- 2) 顶板下均匀布置的纵向加劲肋
- 3) 纵腹板支撑的跨间隔板系统支撑着顶板系统，隔板纵向一定间距均匀布置。顶板系统要保证桥面板局部刚度，需要很密的纵向加劲肋均匀布置，顶板纵向加劲肋的作用：

3-1) 是连续顶板受力面积的补充，是强度的保证

3-2) 保证跨中受压顶板的纵向受力局部稳定

3-3) 保证局部刚度从而保证铺装的耐久性，以及减小支点上方疲劳应力幅



曲线半径很大的顶板系统



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •31、•钢箱梁顶板系统

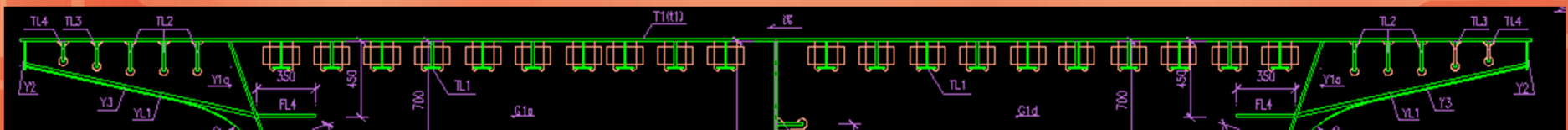
•钢箱梁作为上承式构件，顶板是车轮、二恒直接作用的系统，所以顶板系统通常做的很强劲，顶板系统组成构件

- 1) 全桥连续的顶板钢板，板厚根据计算需求确定
- 2) 顶板下均匀布置的纵向加劲肋
- 3) 纵腹板支撑的跨间隔板系统支撑着顶板系统，隔板纵向一定间距均匀布置。顶板系统要保证桥面板局部刚度，需要很密的纵向加劲肋均匀布置，顶板纵向加劲肋的作用：

3-1) 是连续顶板受力面积的补充，是强度的保证

3-2) 保证跨中受压顶板的纵向受力局部稳定

3-3) 保证局部刚度从而保证铺装的耐久性，以及减小支点上方疲劳应力幅

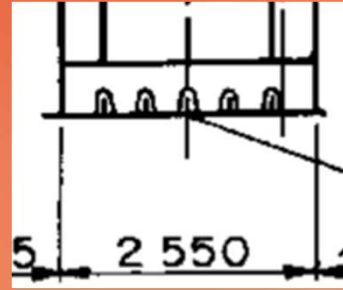


曲线半径较小的顶板系统

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •32、•钢箱梁底板系统

•钢箱梁底板系统没有车轮直接作用，纵向只有第一体系受力，底板板厚及底板纵向加劲肋可以弱化，由于连续梁全桥弯矩正负交替，对于支点附近区域需要保证受压局部稳定，加劲肋间距刚度及间距需要控制；跨中受拉区域保证强度及第一体系活载疲劳就行，加劲肋不需要很密很强；但为了连接便利，全桥底板纵向加劲肋通常仍然等间距布置。

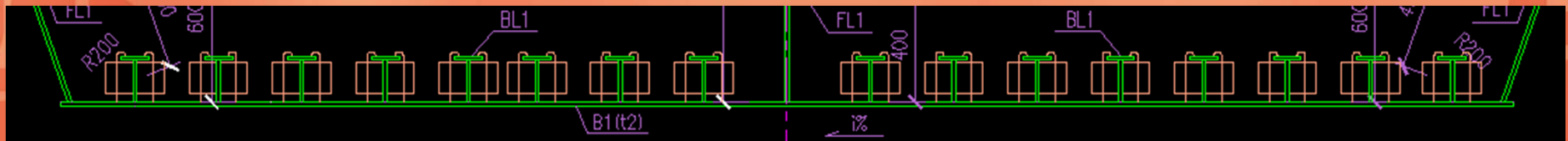
•1) 底板钢板纵向连续布置，横向可以分块或者连续，板厚根据计算需求确定

•2) 底板上均匀布置纵向加劲肋

•3) 纵腹板支撑的跨间隔板对于受压底板及加劲肋是计算长度的限制，因此需要将受压区域底板纵向加劲肋与隔板相焊接。底板纵向加劲肋作用

3-1) 是连续底板受力面积的补充，是强度的保证

3-2) 保证支点受压底板的纵向受力局部稳定，跨中受拉底板减小疲劳应力幅与施工安装时底板抵抗面外变形



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •32、•钢箱梁底板系统

•钢箱梁底板系统没有车轮直接作用，纵向只有第一体系受力，底板板厚及底板纵向加劲肋可以弱化，由于连续梁全桥弯矩正负交替，对于支点附近区域需要保证受压局部稳定，加劲肋间距刚度及间距需要控制；跨中受拉区域保证强度及第一体系活载疲劳就行，加劲肋不需要很密很强；但为了连接便利，全桥底板纵向加劲肋通常仍然等间距布置。

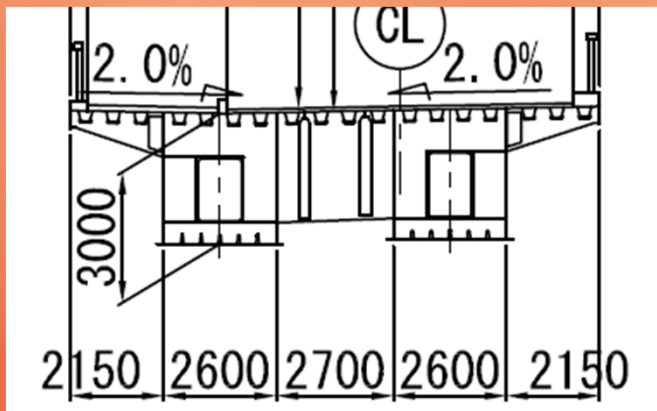
•1) 底板钢板纵向连续布置，横向可以分块或者连续，板厚根据计算需求确定

•2) 底板上均匀布置纵向加劲肋

•3) 纵腹板支撑的跨间隔板对于受压底板及加劲肋是计算长度的限制，因此需要将受压区域底板纵向加劲肋与隔板相焊接。底板纵向加劲肋作用

3-1) 是连续底板受力面积的补充，是强度的保证

3-2) 保证支点受压底板的纵向受力局部稳定，跨中受拉底板减小疲劳应力幅与施工安装时底板抵抗面外变形





# 钢箱梁设计百问-kg

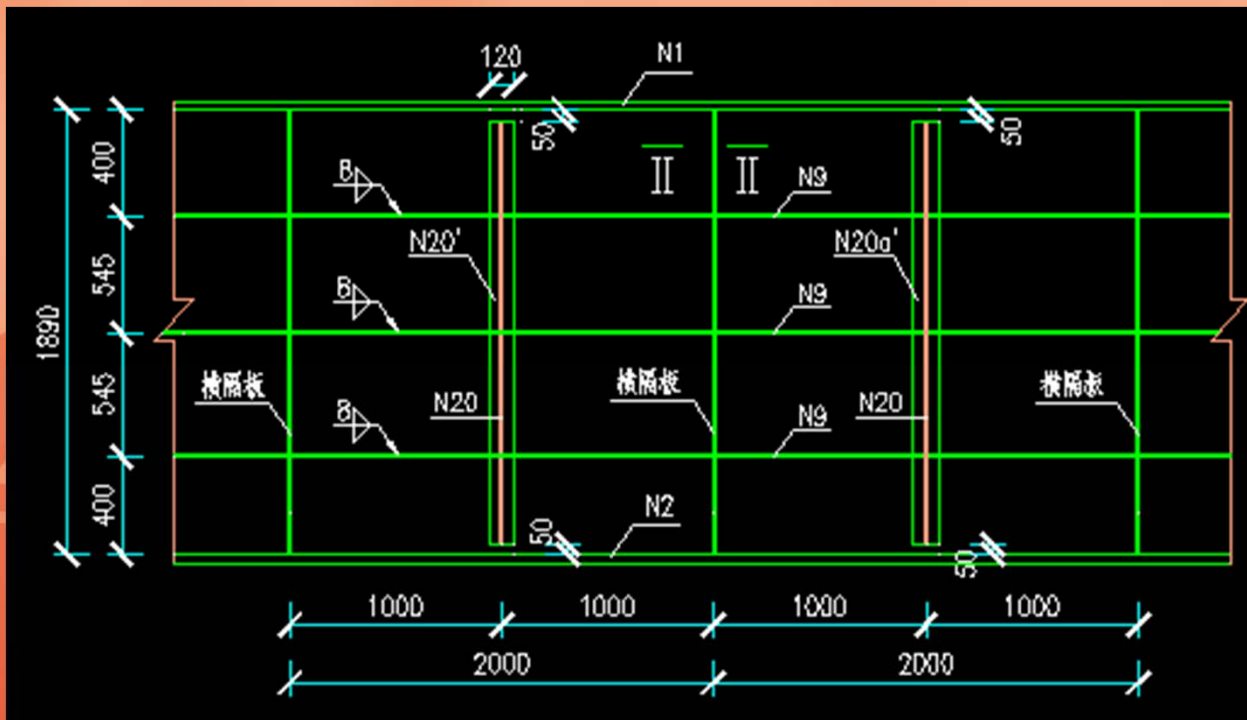
撰写：陈耀军

审核：王总

## •33、•钢箱梁腹板系统

•钢箱梁腹板系统是抗剪的主要承载构件，腹板的高度与厚度是受剪主体，腹板面积满足抗剪需要，为了保证腹板的稳定，受弯主梁腹板在高厚比过大时设置竖向加劲肋或者同时设置竖向加劲肋及水平加劲肋：

•1) 加劲肋的设置对抗剪面积没有帮助，只是保证面外稳定与刚度，保证腹板抗剪不被局部稳定优先控制



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •33、•钢箱梁腹板系统

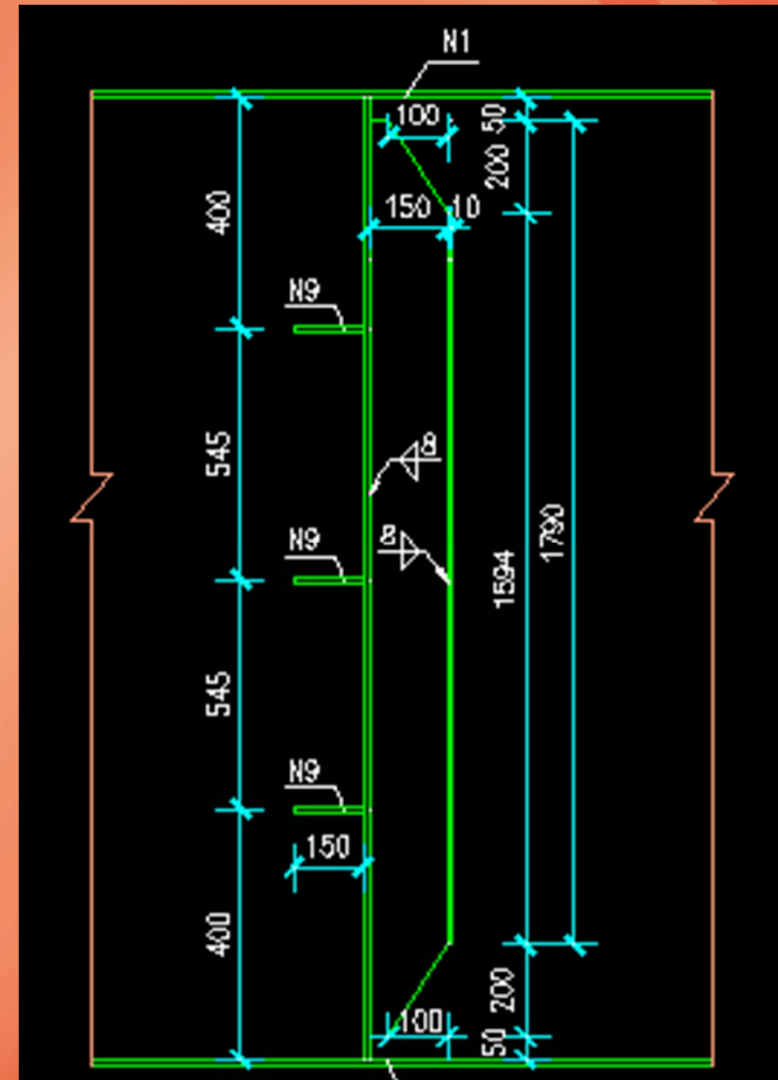
•2) 受弯主梁需要设置竖向及水平向加劲肋时，竖向加劲肋强度要高于水平向加劲肋，竖向是主体，只需要在受压侧设置水平向，由于钢箱梁成桥时正负弯矩交替，或者顶推施工的钢箱梁施工期间主梁正负弯矩一直变化，有时为了简化制造，水平向加劲肋上下缘均布置来适应正负弯矩的交替。

•3) 水平向加劲肋没有受力要求，没有必要在竖向加劲肋上连续通过，即使连续通过时也没有必要与竖向加劲肋焊接；因为制造上水平加劲肋与纵腹板通过自动焊预先焊接好，此时再焊接纵向间距很小的竖向加劲肋与水平向加劲肋，容易产生收缩裂纹。

•4) 竖向加劲肋是否与顶底板相连，两种做法：

•4-1) 顶底板均相连，有助于避免腹板面外微小变形导致断开点处的疲劳开裂，欧洲规范

•4-2) 受压相连，受拉不连，由于正负弯矩交替，均不连，错开50mm左右，日本做法



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •34、•钢箱梁跨间隔板

•跨间隔板是钢箱梁结构区别于混凝土结构最主体的原因，由于横向构件的原因，导致了两个体系叠加，跨间隔板的作用

- 1) 支撑顶板系统第二体系，是顶板正交各向异性系统的横向加劲肋。
- 2) 抵抗偏载作用下的畸变和车辆荷载作用下的横向弯曲变形，保持稳定的截面形状。
- 2) 起嵌固作用，控制焊接变形
- 3) 节段运输、吊装、不闭合截面受力的保证。
- 4) 起到荷载分配作用，是主梁受力均衡，减小横向分布系数。
- 5) 与主梁、桥面系统、底板系统一起抵抗水平恒载，抵抗扭矩。

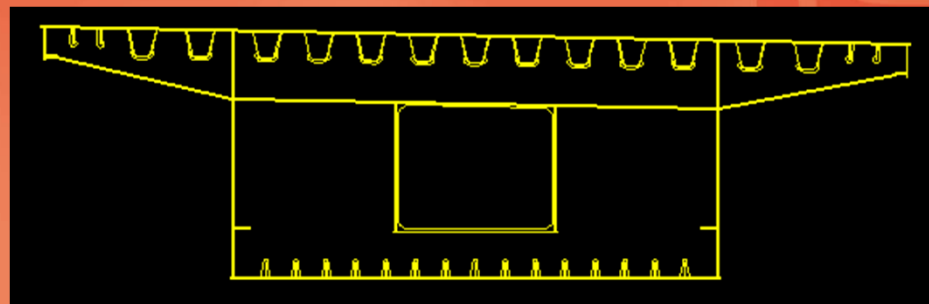
跨间隔板必须开设人孔，保证钢箱梁的可通达性；普通受弯梁式主梁横向距离不大，隔板受力较小，横向应力基本不控制。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

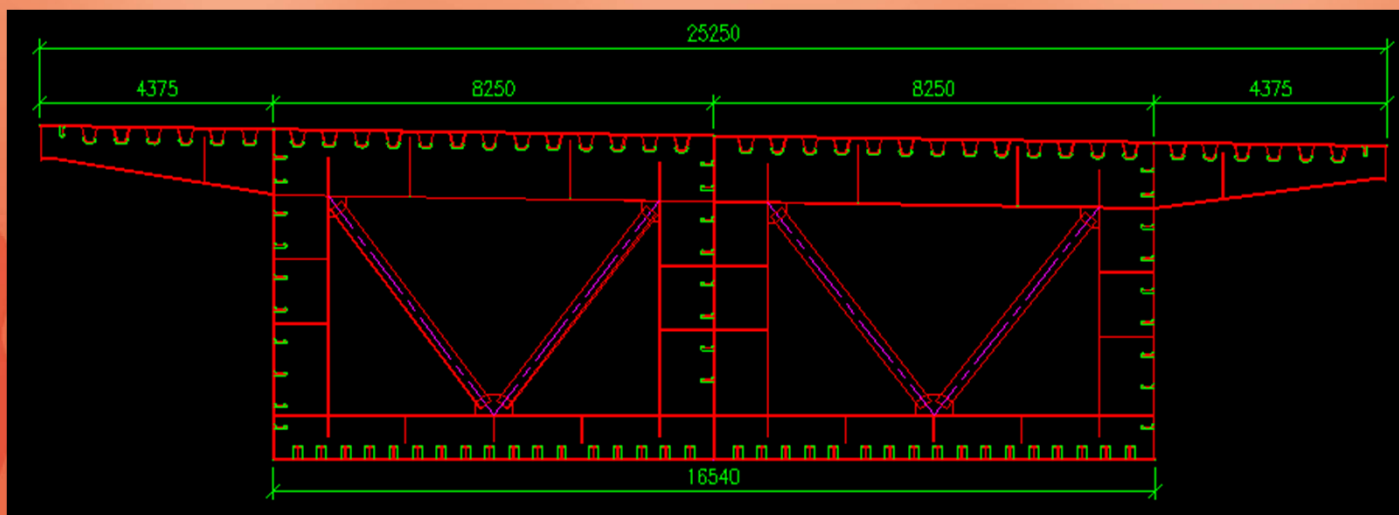
审核：王总



## •34、•钢箱梁跨间隔板

•跨间隔板是钢箱梁结构区别于混凝土结构最主体的原因，由于横向构件的原因，导致了两个体系叠加，按照开孔面积的大小，分为

•1) 实腹式 2) 框架式 3) 桁架式



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •35、•钢箱梁支座隔板

•支座隔板首先是一个特殊的隔板，具备跨间隔板的的功能的同时，还是钢箱梁主梁传递扭矩的重要构件，钢箱梁结构支座隔板的特性：

•1) 支座隔板支撑主梁纵腹板，跨间隔板是被纵腹板支撑，因此跨间隔板是一个局部影响线，支座横梁是全跨影响线。跨间隔板的活载就是局部的轮载效应，而支座横隔板是整跨活载的累计。

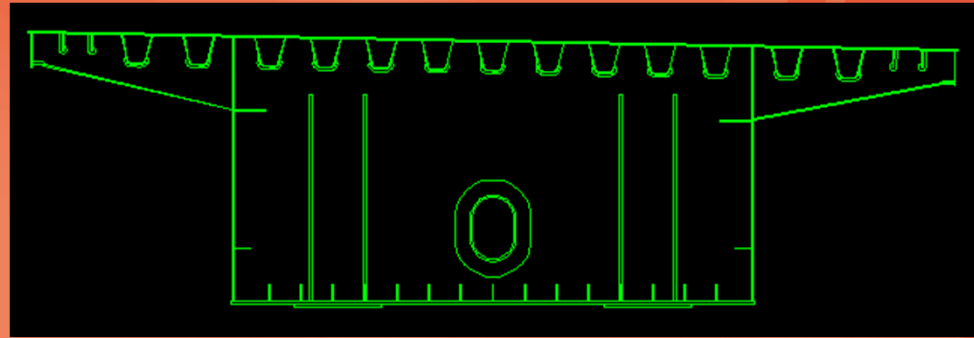
•2) 支座隔板受力是整跨的荷载，所有纵腹板的力传至支座横梁，再由支座横梁横向传递到支座。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



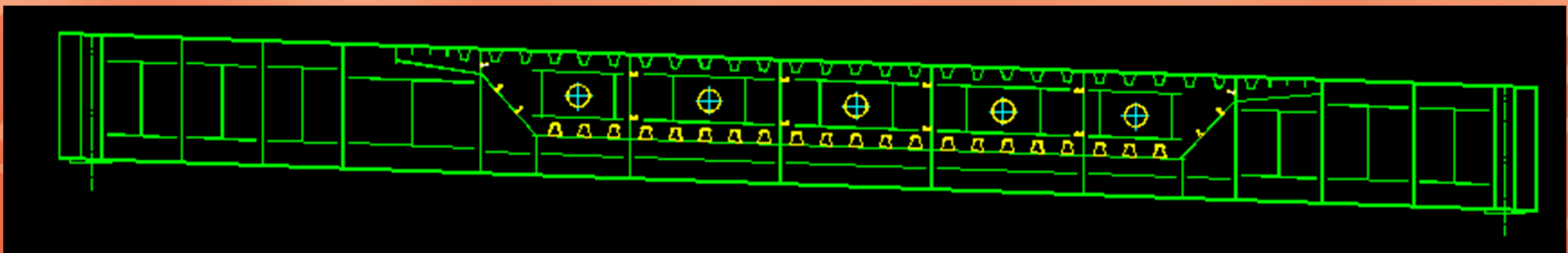
## •35、•钢箱梁支座隔板

•支座隔板首先是一个特殊的隔板，具备跨间隔板的的功能的同时，还是钢箱梁主梁传递扭矩的重要构件，钢箱梁结构支座隔板的特性：

•3) 支座横梁在支座支撑处存在很大的集中力，必须设置竖向加劲肋加以扩散，保证局部稳定。

•4) 匝道钢箱梁支座横梁是一个深梁受力，构造梁高就能满足；多车道钢箱梁两个支座布置的横梁基本是受力横梁，横梁的梁高由支座间距确定，横梁受力的梁高可能会与纵向不匹配，可以局部加高。

•5) 钢箱梁支座横梁也要设置人孔，也根据腹板高厚比设置腹板加劲肋，支座横梁也是一个横向受力的钢结构梁。



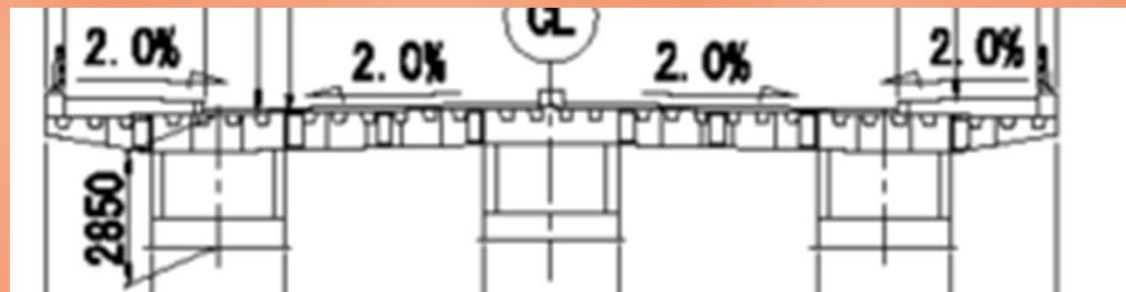
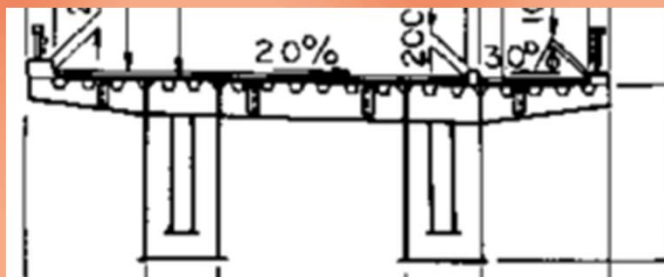
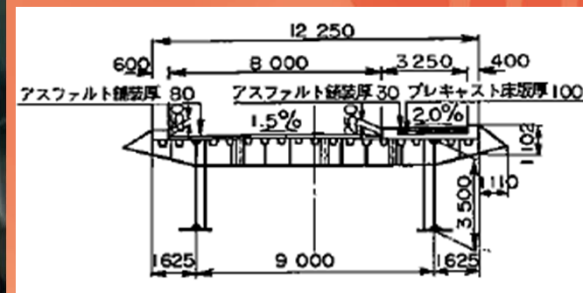
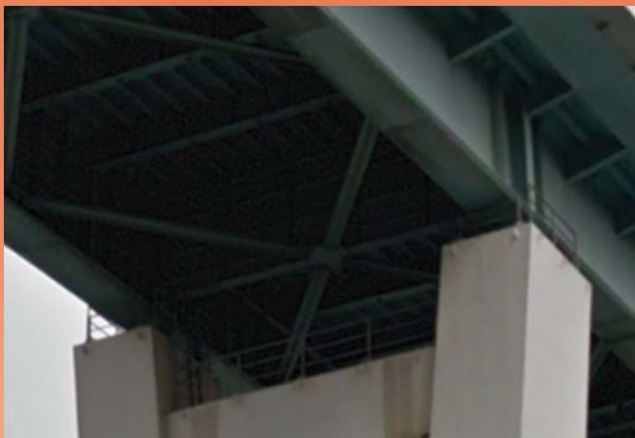


# 钢箱梁设计百问-kg

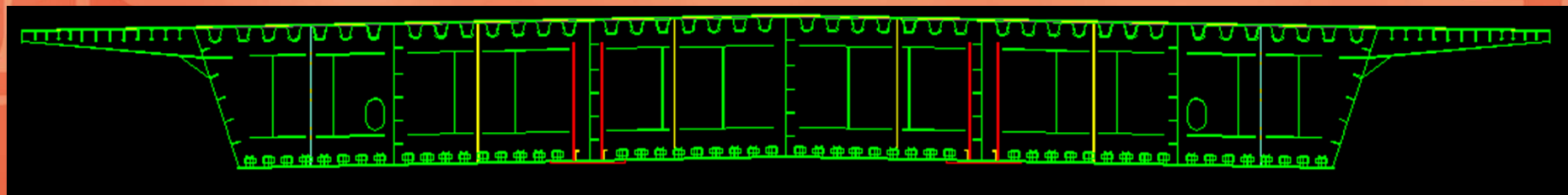
撰写：陈耀军

审核：王总

- 35、•钢箱梁支座隔板
- 钢板梁正交各项异性桥面
- 多箱单式钢箱梁
- 支座横梁断开，纵腹板连续



- 宽幅单箱多室钢箱梁
- 支座横梁连续，纵腹板断开



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •36、•钢箱梁翼缘挑梁及挑梁对顶构造

•钢箱梁也有悬臂翼缘，负弯矩受力的悬臂翼缘，需要设置一个倒T型横向钢构件支撑悬臂顶板，类似于箱式外部的跨间隔板，局部影响线构件，因此纵向需要每隔一定间距设置挑梁。

•挑梁负弯矩受力，倒T型底板是受压板，需要边纵腹板支撑，因此需要在边纵腹板相应位置在箱式内部设置受压对顶板，对顶板根据计算确定；根据挑梁影响线范围内的荷载计算出对顶板的压力，这个压力由两条焊缝抗剪承受，对顶板的板厚与长度确定，同时保证受压对顶板的宽厚比小于12。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •36、•钢箱梁翼缘挑梁及挑梁对顶构造

•钢箱梁也有悬臂翼缘，负弯矩受力的悬臂翼缘，需要设置一个倒T型横向钢构件支撑悬臂顶板，类似于箱式外部的跨间隔板，局部影响线构件，因此纵向需要每隔一定间距设置挑梁。

•挑梁负弯矩受力，倒T型底板是受压板，需要边纵腹板支撑，因此需要在边纵腹板相应位置在箱式内部设置受压对顶板，对顶板根据计算确定；根据挑梁影响线范围内的荷载计算出对顶板的压力，这个压力由两条焊缝抗剪承受，对顶板的板厚与长度确定，同时保证受压对顶板的宽厚比小于12。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •37、•钢箱梁各种加劲肋形式

•钢箱梁的加劲肋主要有 板肋、L肋、倒T肋、U肋、V肋

•板肋运用最多，运用范围最广，桥面板、底板、腹板加劲肋、支撑加劲肋均可。

•U肋主要用在桥面板部位，U肋可以认为是两个L肋的合并，同时L肋底板合并后底板伸出肢得到腹板的约束宽厚比就可以做到30，L肋底板只能是12；为了解决U肋内部焊接问题，也可以预先焊接两条L肋，腹板可两面与顶底板焊接，再施焊一条纵向焊缝将L肋底板焊接合并，焊缝方向与受力方向平行，缺陷相对较好。

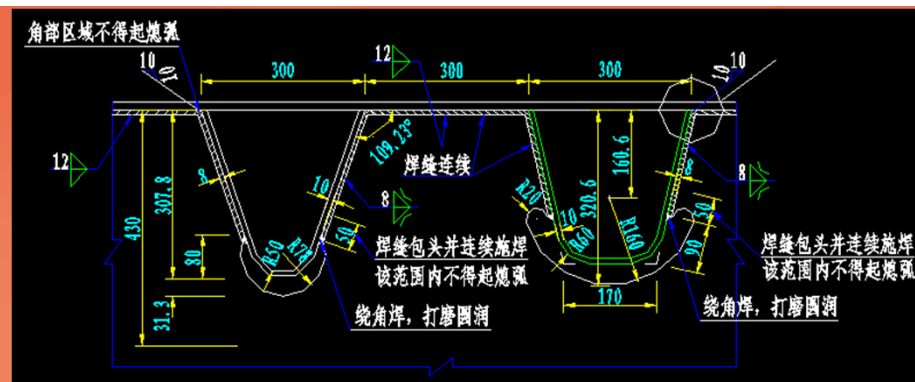
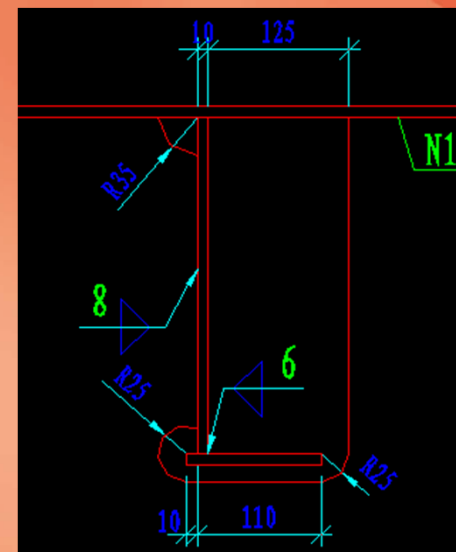
•L肋东欧国家采用加多，国内较少采用。

•倒T肋是L肋的抗弯底板加强版，连接受力不好，隔板需要通过两块连接板相连，日本与德国几乎不用。，国内采用较多。

•V肋以前部分桥梁采用过，现在较少使用。

审核：王总

- ### •37、•钢箱梁各种加劲肋形式



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •38、•钢箱梁加劲肋的加劲任务

•钢箱梁中的加劲肋有顶底板纵向加劲肋、腹板竖向及纵向加劲肋、支座支撑加劲肋

### 1、顶板纵向水平加劲肋

1)、主梁整体抗弯，弯矩转换为顶底板轴力，正弯矩区域顶板受压，需要纵向加劲肋解决顶板局部稳定问题，负弯矩区域增加受拉面积

2)、纵向加劲很薄的顶板，加大桥面板局部刚度，更好保证铺装耐久性

3)、竖向传力需要，将二恒及活载传至隔板，顶板及顶板纵肋的第二体系

### 2、底板纵向水平加劲肋

1)、主梁整体抗弯转换为顶底板轴力，正弯矩区域底板受拉，底板加劲肋增加受力面积，减小活载应力幅；负弯矩区域底板受压需要纵向加劲肋解决底板局部稳定问题

2)、运输、施工期间保证底板的面外刚度，运营期间也能减小底板面外振动效应。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •38、•钢箱梁加劲肋的加劲任务

•钢箱梁中的加劲肋有顶底板纵向加劲肋、腹板竖向及纵向加劲肋、支座支撑加劲肋

3、腹板竖向加劲肋及纵向加劲肋，解决腹板抗剪局部稳定问题。

高厚比是受弯主梁腹板的控制指标，钢箱梁抗剪一般不受控制，通常由腹板的稳定控制设计，通过纵腹板加劲肋的设置，使腹板抗剪承载力不被稳定限制，尤其大跨度钢箱梁梁高大，满足抗剪时需要的厚度并不大，纵腹板高厚比大需要足够的竖向及纵向加劲肋来保证纵腹板的稳定。采用加厚腹板厚度满足纵腹板的稳定是很不经济的，受力需要的板厚通常在梁高拟定合适时不大，常规做法还是采用满足抗剪需要的厚度时配置横纵向腹板加劲肋来保证腹板的稳定。

4、支座支撑加劲肋，通过计算支撑加劲肋的局部承压及竖向应力，使支座横梁腹板在支座位置集中力以受压短柱方式得到扩散，保证局部稳定。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•39、•钢箱梁顶板纵向加劲肋的选取依据  
顶板加劲肋是支撑桥面的重要构件，选取依据：

直线或者曲线半径大采用U肋：

1) U肋高度大，通常280mm，抗弯刚度大，第二体系抗弯效应好同时更能保证刚性加劲肋，较大的屈曲强度，可加大横肋的间距单个U肋的面积大于板肋与倒T肋，但是隔板个数大幅减小，因此节省总的钢材用量

2) U肋抗扭特性好，加劲效果好，封闭的底板只需要8mm便可满足加劲肋本身的稳定稳定，u肋间距600mm，板肋与倒T肋一般控制在300mm，因此单纯比较纵肋U肋略大，但是隔板个数少，U肋隔板间距通常3m，板肋与到T肋需要控制在2m

3) 曲线小半径采用板肋与倒T肋，因为U肋小半径下弯曲制造困难，日本德国很少采用倒T肋，国内采用较多。

4) 控制顶板加劲肋的宽厚比，车行道范围控制在22以内，保证局部刚度与铺装

3. 支承桥面板的纵肋腹板间距 (图 2-14-2)

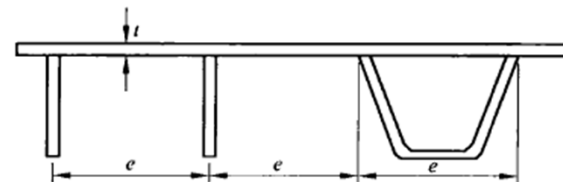


图 2-14-2 纵肋间距

(1) 车道处:  $e \leq 300 \text{ mm}$ ,  $e/t \leq 25$ 。

(2) 其他地方:  $e \leq 400 \text{ mm}$ ,  $t = 10 \text{ mm}$ , 且  $e/t \leq 40$ 。

面积	规格	纵向加劲肋类型
5840	300顶宽170底宽8mm厚度	U肋
2880	16mmx180mm	板肋
2700	150mmx10mm+120mmx10mm	倒T肋

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

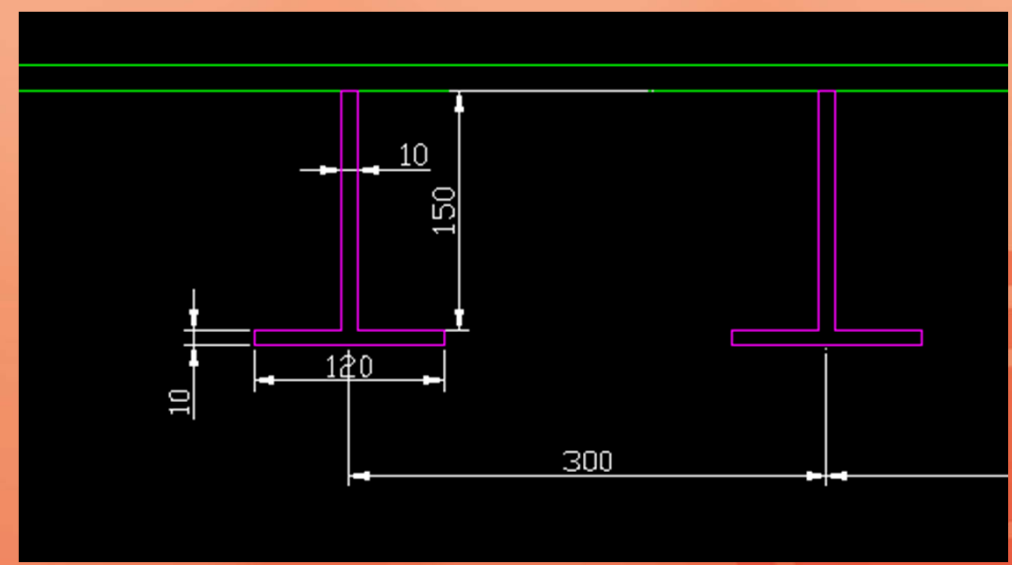
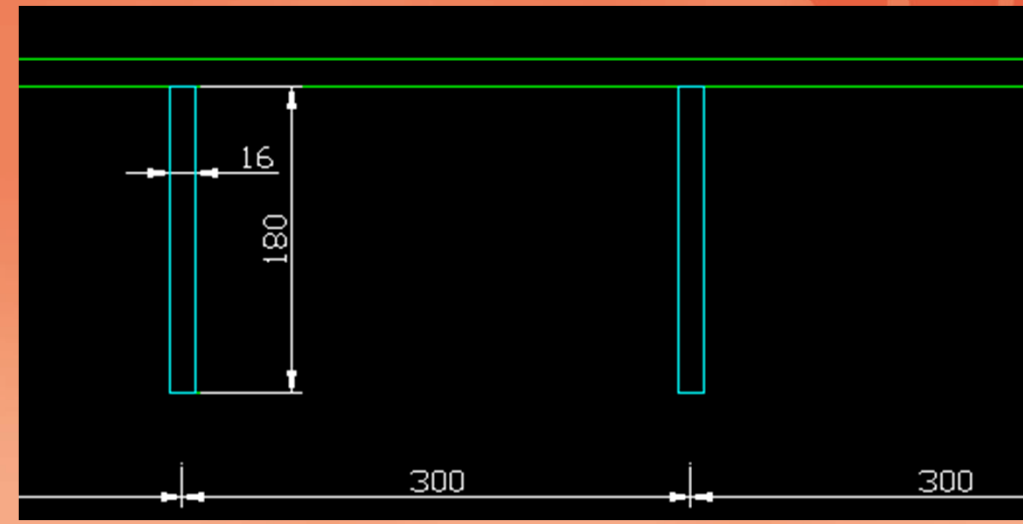
## •40、•钢箱梁顶板常用的纵向加劲肋规格

曲线半径小于300m以下，顶板加劲肋采用类型，日本规范和欧洲钢桥规范不推荐采用倒T肋。

不推荐采用T形加劲肋的原因  
(国内项目中仍然大量采用，但要控制T肋应力幅)：

T肋的弱点不在于T肋本身，而在于它与横隔板的连接细节，推荐采用板肋代替以下钢箱梁中的经常采用的倒T肋；

面积	规格	纵向加劲肋类型
5840	300顶宽170底宽8mm厚度	U肋
2880	16mmx180mm	板肋
2700	150mmx10mm+120mmx10mm	倒T肋





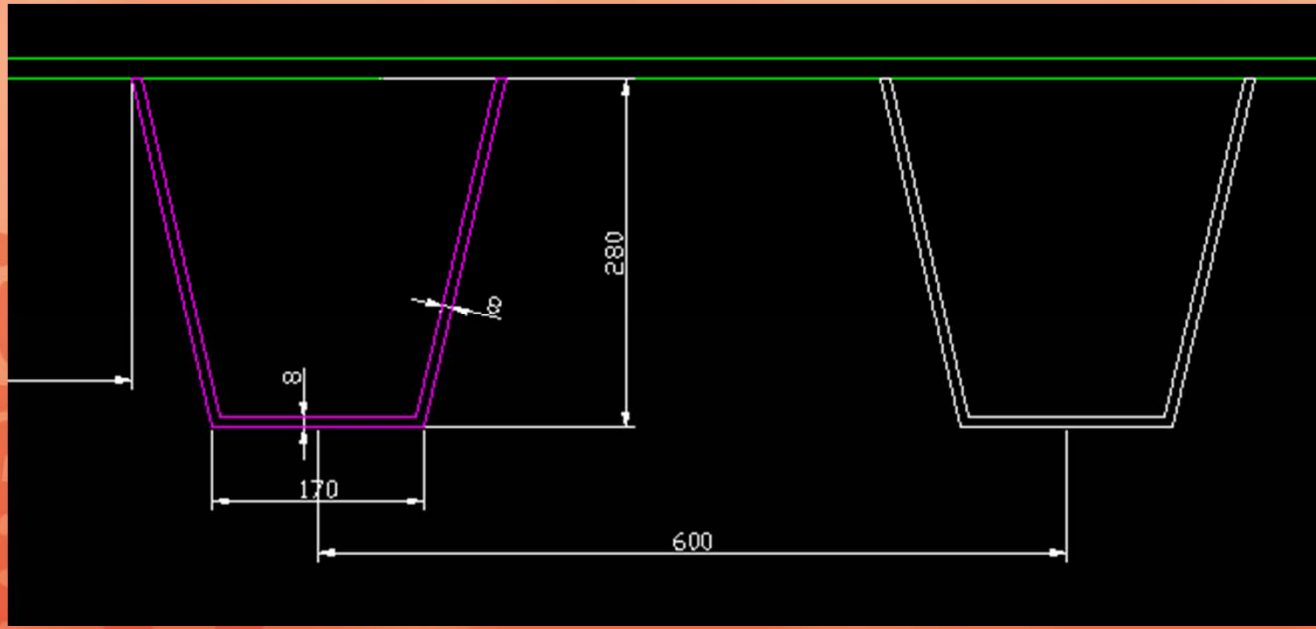
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

面积	规格	纵向加劲肋类型
5840	300顶宽170底宽8mm厚度	U肋
2880	16mmx180mm	板肋
2700	150mmx10mm+120mmx10mm	倒T肋

•40、•钢箱梁顶板常用的纵向加劲肋规格



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •41、•钢箱梁底板纵向加劲肋的选取依据

•钢箱梁作为上承式结构，底板受力远低于顶板，不是直接承受车轮荷载，没有第二体系，因此底板厚度、底板加劲肋均可弱于顶板。

### 1) 受拉底板：

受拉构件不需要加劲肋，按规范要求宽厚比不大于80，主要保证受拉底板在加工制作、运输安装过程出现面外过大变形和损伤，作为受拉构件同时底板加劲肋可以不用跟隔板焊接。底板加劲肋参与底板受拉，由于剪力滞原因底板纵向加劲肋不能完全计入受力面积，按照跨度箱式宽度打折。

按受压设置。

### 2) 受压底板：

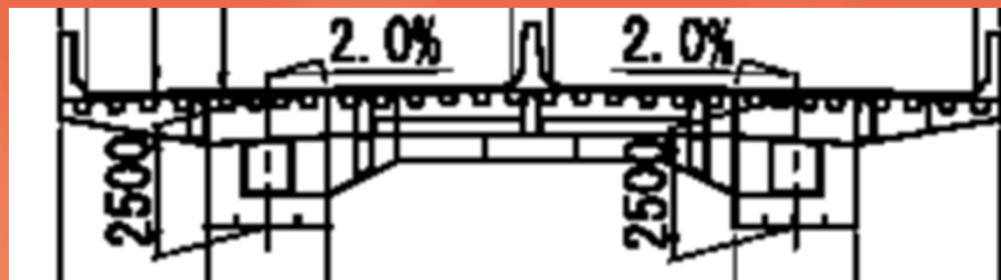
需要设置纵向加劲肋，纵向加劲肋的刚度不能过小，纵向加劲肋间距也影响着加劲效果，加劲肋的设置减小底板宽厚比，保证底板局部稳定；加劲肋的刚度、间距、隔板的间距控制着加劲肋的参与面积；作为受压底板纵向加劲肋，纵向加劲肋必须与隔板焊接，计算长度就是隔板间距，否则为纵向加劲肋为整联计算长度。

3) 连续钢箱梁为了加劲肋构造连续，基本拉压底板区域同样的加劲肋布置。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

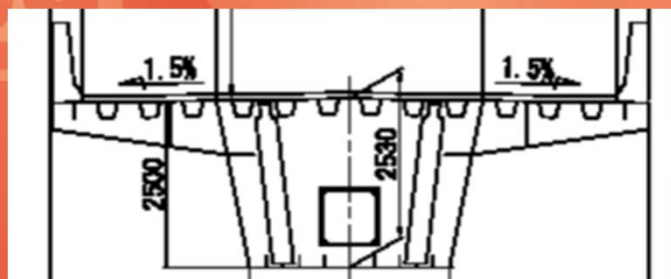
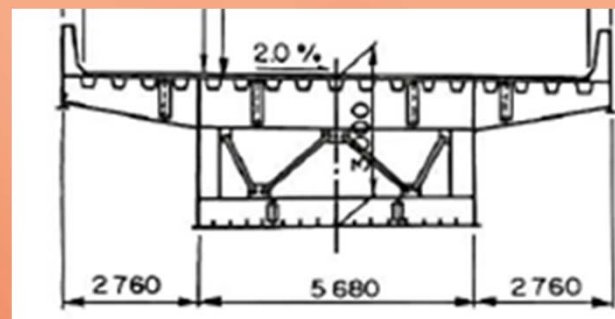
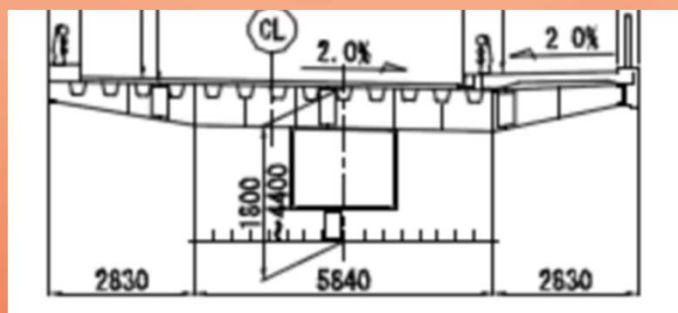
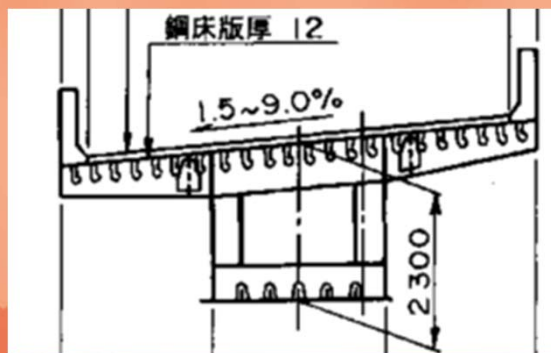
审核：王总



## •41、•钢箱梁底板纵向加劲肋的选取依据

•钢箱梁作为上承式结构，底板受力远低于顶板，不是直接承受车轮荷载，没有第二体系，因此底板厚度、底板加劲肋均可弱于顶板。

•日本钢箱梁底板几乎全用板肋，不管直线桥梁还是曲线桥梁，尽可能第一体系下让顶板系统正应力与底板系统正应力为顶板第二体系数值，同时日本容许应力系数放大，因此用钢量做的经济。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •41、•钢箱梁底板纵向加劲肋的选取依据

- 钢箱梁作为上承式结构，底板受力远低于顶板，不是直接承受车轮荷载，没有第二体系，因此底板厚度、底板加劲肋均可弱于顶板。

- 日本钢箱梁底板几乎全用板肋，不管直线桥梁还是曲线桥梁，尽可能第一体系下让顶板系统正应力与底板系统正应力为顶板第二体系数值，同时日本容许应力系数放大，因此用钢量做的经济。

国内钢箱梁采用**2015**规范设计，采用极限状态设计，相对来说要严格很多，尤其第二体系车轮荷载下系数达到**1.8**，需要匹配较密的隔板、或者采用较大较密的顶板纵向加劲肋布置来减小第二体系，同时也可以通过减小第一体系来保证两个体系叠加下的控制，因此底板加劲肋国内也可以做得强劲一些，因此目前仍然有很多钢箱梁底板也采用**U**肋、倒**T**肋设计。

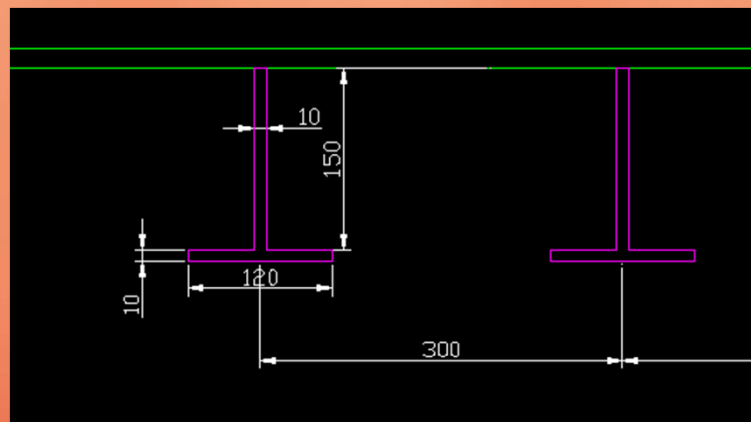
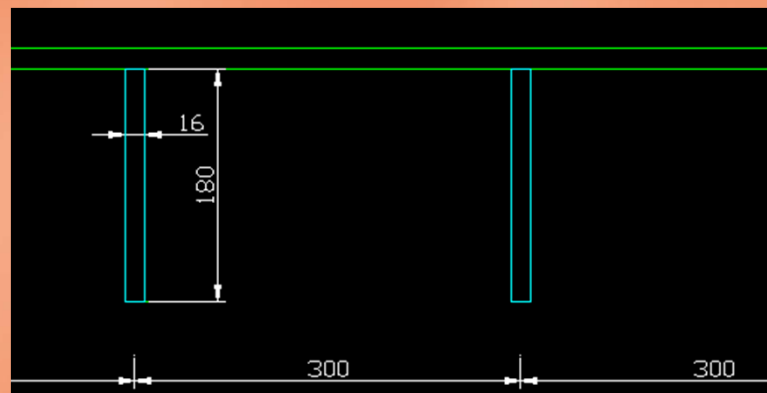
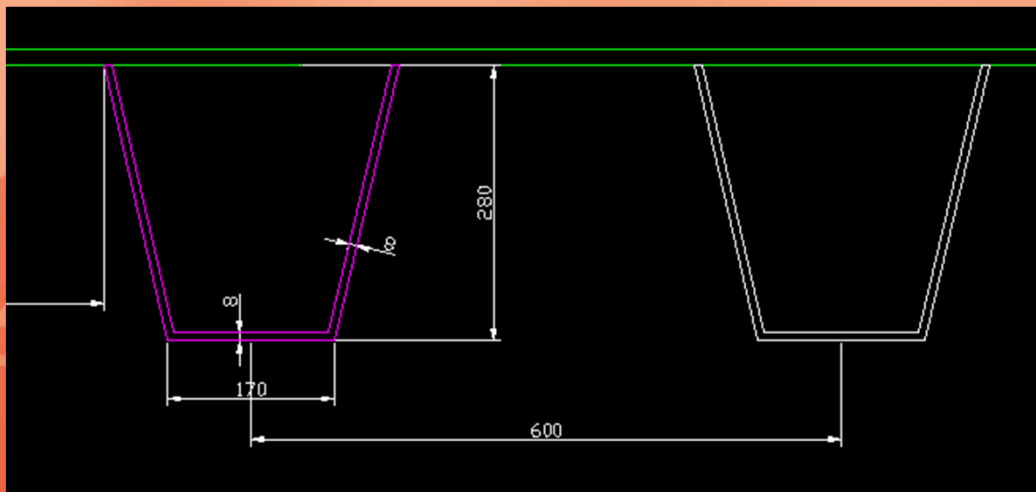
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •42、•钢箱梁底板常用的纵向加劲肋的规格

•钢箱梁底板加劲肋完全可以采用跟顶板类似的布置，不过按照受力底板加劲肋可以间距拉大，加劲肋尺寸也可以减小，受压底板根据隔板间距、底板厚度等因素通过计算确定加劲肋的尺寸大小、间距等。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •43、•钢箱梁腹板加劲肋的类型

•受弯钢箱梁纵腹板为防止腹板的局部失稳，根据高厚比须设竖向加劲肋或者还需要设置水平加劲肋。竖向加劲肋只要保证刚度即可，当采用一段水平加劲肋时，水平加劲肋设置位置在受压翼缘侧，梁高的0.2倍位置处。由于活荷载的变化，主梁有的部分有时受到正弯矩，有时受负弯矩，这样的位置上下两侧均须设水平加劲肋。

水平加劲肋和横隔板处没有必要连续，离横隔板处3cm处断开就行，没有必要穿过横隔板，也没有必要焊到横隔板上。对于主要承受弯矩，未受到明显轴力的主梁，腹板上的水平加劲肋没有必要连续。

构造形式	钢 材 品 种		备 注
	Q235	Q345	
不设横向加劲肋及纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{70}$	$\frac{\eta h_w}{60}$	
仅设横向加劲肋，但不设纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{160}$	$\frac{\eta h_w}{140}$	
设横向加劲肋和一道纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{280}$	$\frac{\eta h_w}{240}$	纵向加劲肋位于距受压翼缘 $0.2h_w$ 附近，如图 5.3.3 所示
设横向加劲肋和两道纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{310}$	$\frac{\eta h_w}{310}$	纵向加劲肋位于距受压翼缘 $0.14h_w$ 和 $0.36h_w$ 附近，如图 5.3.3 所示

•15规范要求的加劲肋  
设置依据



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •43、•钢箱梁腹板加劲肋的类型

•受弯钢箱梁纵腹板为防止腹板的局部失稳，根据高厚比须设竖向加劲肋或者还需要设置水平加劲肋。竖向加劲肋只要保证刚度即可，当采用一段水平加劲肋时，水平加劲肋设置位置在受压翼缘侧，梁高的0.2倍位置处。由于活荷载的变化，主梁有的部分有时受到正弯矩，有时受负弯矩，这样的位置上下两侧均须设水平加劲肋。

•小跨度钢箱梁腹板竖向加劲肋可以采用板肋，大跨度梁高较大腹板较为节省竖向加劲肋钢材可以采用倒T肋，倒T肋腹板宽厚比可以达到30，同时水平板抗弯惯性矩好；纵向水平加劲肋一般采用板肋。

钢梁腹板最小厚度

鋼 種	屈服点 235	屈服点 315	屈服点 355	屈服点 450
	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W
不设水平加劲肋时	$\frac{b}{152}$	$\frac{b}{130}$	$\frac{b}{123}$	$\frac{b}{110}$
受压侧设一段水平加劲肋时	$\frac{b}{256}$	$\frac{b}{220}$	$\frac{b}{209}$	$\frac{b}{188}$
受压侧设两段水平加劲肋时	$\frac{b}{310}$	$\frac{b}{310}$	$\frac{b}{294}$	$\frac{b}{262}$

•日本规范要求的加劲肋设置依据

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •44、•受弯模式梁桥纵腹板的加劲肋设计依据

•受弯钢箱梁纵腹板主要承受剪力，靠近顶底板有部分轴力，为防止腹板的局部失稳，根据高厚比须设竖向加劲肋或者还需要设置水平加劲肋；竖向加劲肋是主要加劲肋，水平加劲肋是次要加劲肋。

•普通梁时钢箱梁纵腹板的加劲肋应当满足：

•1) 竖向加劲肋刚度，大于3倍腹板高度与腹板厚度的3次方

•2) 竖向加劲肋间距，不大于1.5倍腹板高度，最好控制在2m以内

•3) 受压侧水平向加劲肋刚度与间距，不小于1.5倍腹板高度与腹板厚度的3次方

•4)

$$\left(\frac{t}{b}\right)^2 \geq \frac{V_{B1}\sigma_c}{(1378R_1)^2} \left\{ \frac{1+\phi_1}{4k_{\sigma_1}} + \sqrt{\left(\frac{3-\phi_1}{4k_{\sigma_1}}\right)^2 + \left(\frac{\eta_1}{k_{r1}}\right)^2} \right\}$$

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •45、•斜拉桥压弯受力模式纵腹板的加劲肋设计依据

### •斜拉桥主梁受力

1) 拉索是倾斜的，主梁承受斜向拉索的水平分力，这个水平分力使全断面受压，顶板、底板、腹板需要按照受压构件设置纵向加劲肋。

•2) 承受轴压外，斜拉桥主梁可以认为拉索间距为跨度的受弯梁，只不过这个跨度很小只有10来米，大跨度斜拉桥主梁高度承受这个跨度的受弯正应力很小，主梁主体还是为轴压受力提供稳定需要的面积和刚度；10来米跨度也还是有一定的剪力，需要按照高厚比设置好跟受弯梁一样的竖向加劲肋。

•3) 斜拉桥主梁是一个压弯构件，纵腹板设置水平加劲肋与竖向加劲肋，水平加劲肋是受力加劲肋，需要保证连续，节段位置水平加劲肋也要连接，水平加劲肋与竖向加劲肋相交时，竖向加劲肋断开。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•45、•斜拉桥压弯受力模式纵腹板的加劲肋设计依据

•斜拉桥主梁受力

4) 纵腹板上水平加劲肋是主体加劲肋，加劲肋的设置类似于钢箱梁负弯矩底板的纵向加劲肋设置；水平加劲肋一般均分腹板，设置的加劲肋的截面、条数（间距）与隔板间距、纵腹板的厚度有关，根据加劲肋刚柔性计算后确定。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

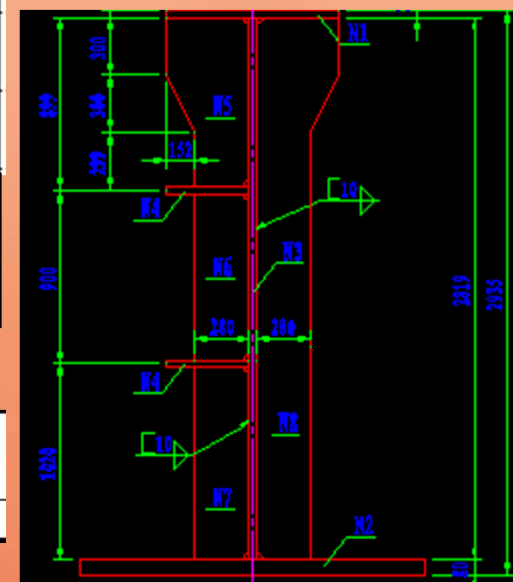
•45、•斜拉桥压弯受力模式纵腹板的加劲肋设计依据

•斜拉桥主梁受力

4) 纵腹板纵向水平加劲肋不考虑局部稳定折减时，跟构件的长细比有关，假如构件的实际压应力很小，局部稳定可以根据实际应力反算进行放宽。

序号	板件类型	钢 材 牌 号							
		Q235q		Q345q、Q370q		Q420q		Q500q	
		$\lambda$	$b/\delta$	$\lambda$	$b/\delta$	$\lambda$	$b/\delta$	$\lambda$	$b/\delta$
5	箱形截面中 $n$ 等分线附近各设一	$<60$	$28n$	$<50$	$24n$	$<45$	$22n$	$<40$	$20n$
	条加劲肋的两边支承板	$\geq 60$	$(0.3\lambda+10)$	$\geq 50$	$(0.3\lambda+9)$	$\geq 45$	$(0.3\lambda+8.5)$	$\geq 40$	$(0.3\lambda+8)$

钢材种类 (相当于中国标准 GB)	SS400,SM400 (Q235)	SM490 (Q345)	SM490Y,SM520 (Q370)	SM570 (Q420)
$t_0$	$b/(28f_n)$	$b/(24f_n)$	$b/(22f_n)$	$b/(22f_n)$



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•46、•系杆拱桥拉弯受力模式腹板的加劲肋设计依据

•系杆拱桥主梁受力

1) 拱肋的推力由主梁承受，主梁全截面受拉。

2) 主梁第二个受力体现为吊杆间距为跨度的连续梁受力，体现梁式受弯。

3) 主梁为拉弯构件，因此系拱桥主梁完全可以按照梁式受弯构件设置纵腹板加劲肋，同时与普通梁桥比较，纵腹板的加劲肋可以弱化，因为主梁全截面承受轴拉，将降低弯矩引起的纵腹板受压侧的应力水平，拉力足够大的话，主梁甚至没有压力，只有抗剪引起的局部稳定。

4) 主梁纵腹板加劲肋的设置也需要考虑施工阶段的受力，先梁后拱施工方案，梁部可能承受正负弯矩，加劲肋的设置要考虑施工期间不同于运营时的受力状态。



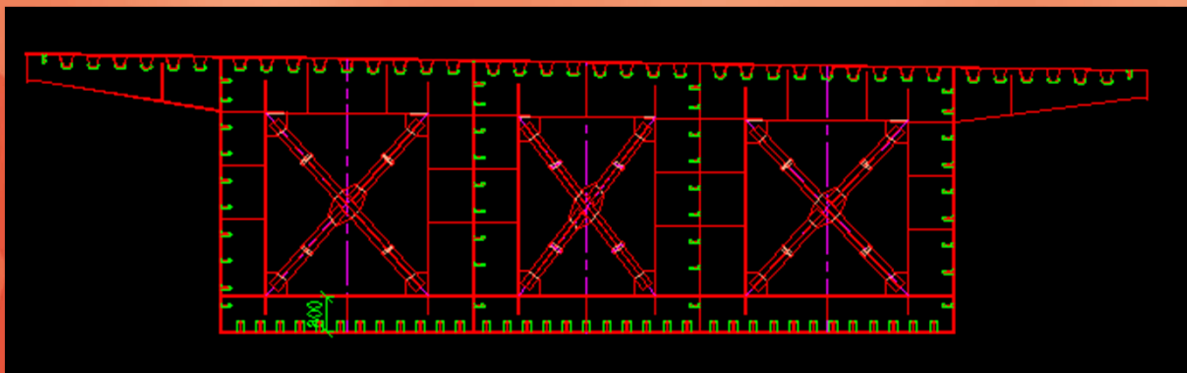
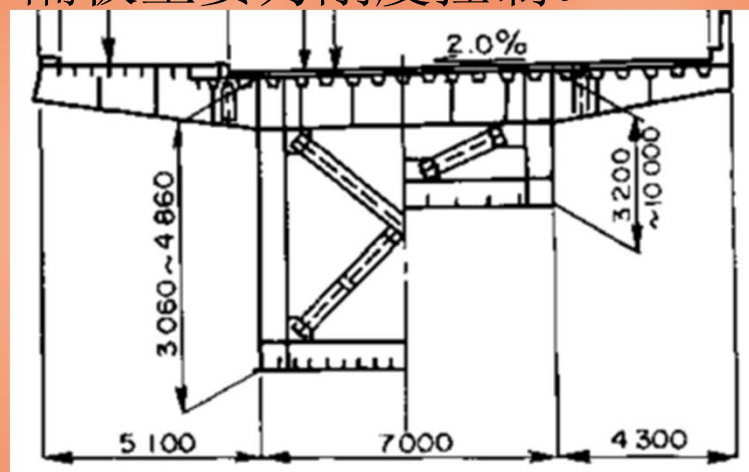
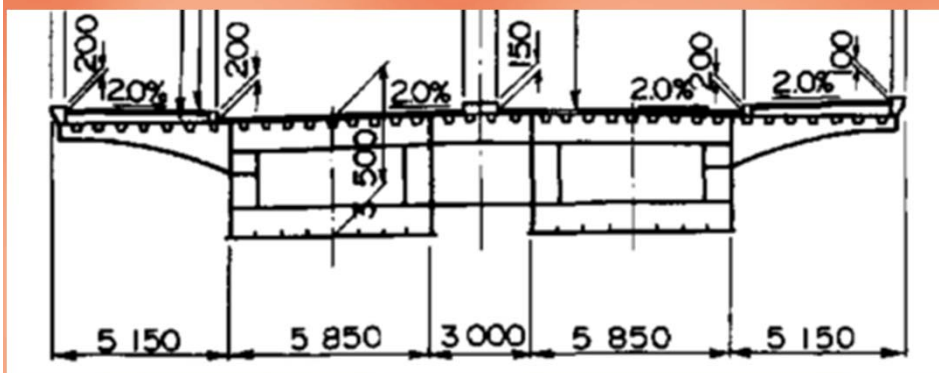
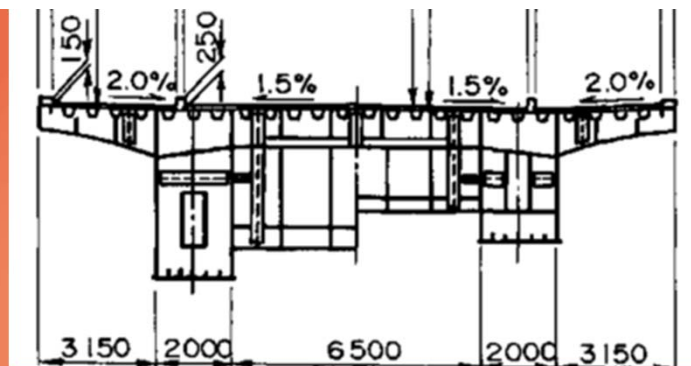
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •47、•钢箱梁跨间隔板加劲肋

•1) 普通梁式桥宽桥一般采用多纵腹板主梁，纵腹板间距不大，跨间隔板跨度比较小，一般是深梁结构；跨间隔板的影响线长度为隔板的间距，弯矩与剪力均不控制，应力数值很小，隔板主要为刚度控制。



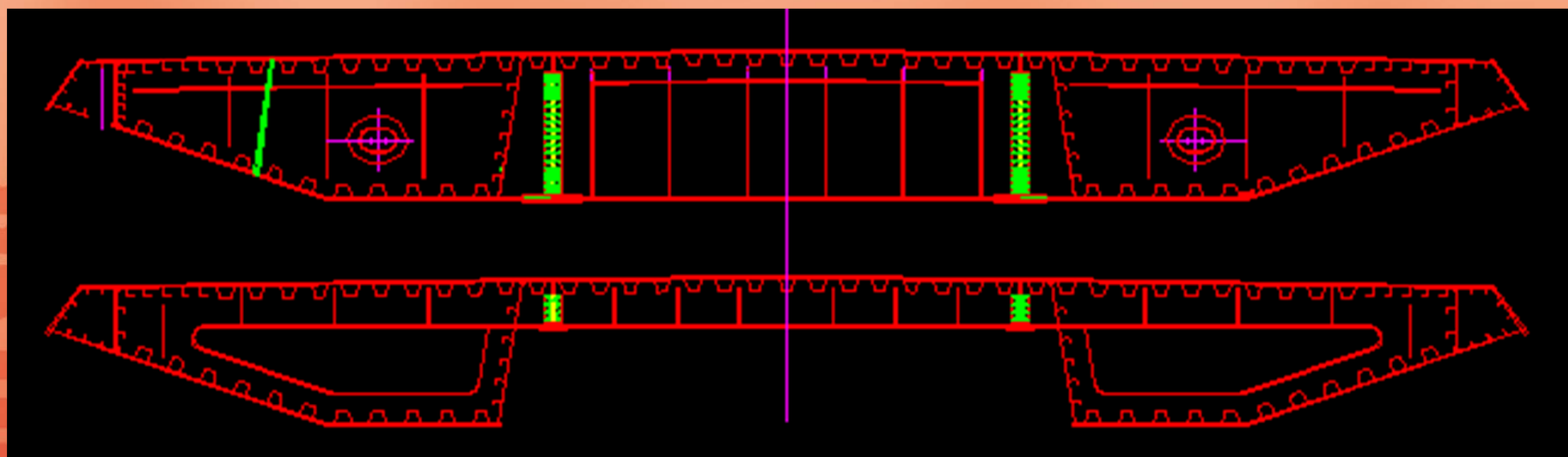
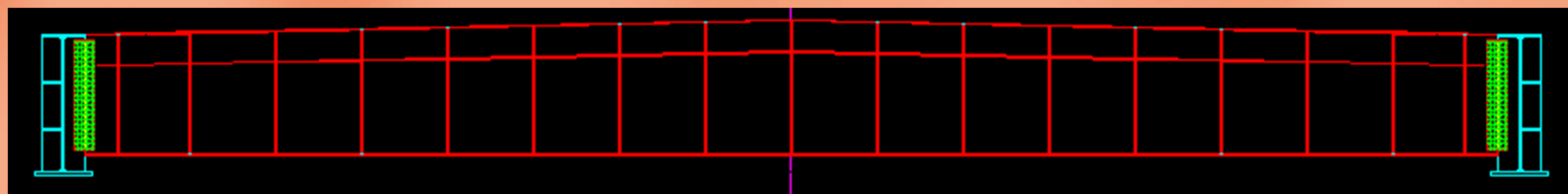
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •47、•钢箱梁跨间隔板加劲肋

•2) 大跨度拱桥、斜拉桥、悬索桥钢箱梁，隔板跨度大，通常是受力控制，是一个横向跨度为主梁间距的梁，隔板需要类似普通梁桥纵腹板的加劲方法进行加劲。



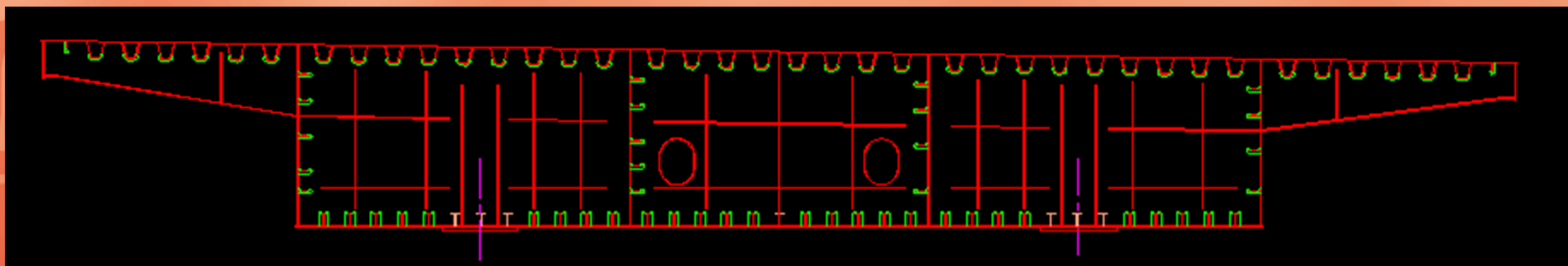
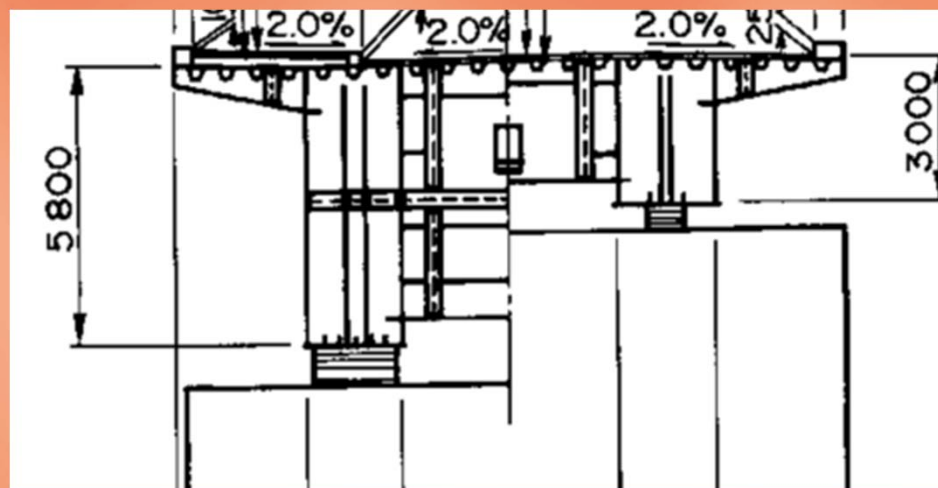
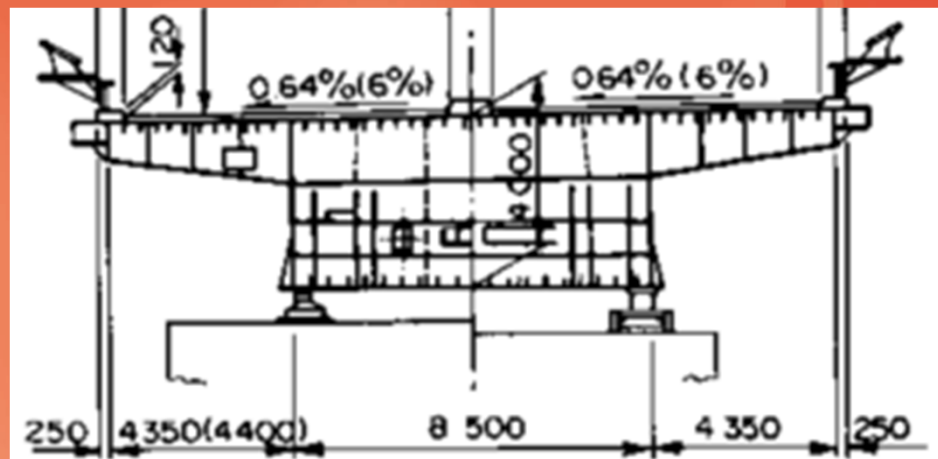
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•48、•钢箱梁支座横梁腹板加劲肋

•支座横梁也是一个梁氏受力，根据支座的布置，纵腹板的交点确定支座横梁弯矩，以此根据支座横梁腹板的高厚比相应设置加劲肋就行。



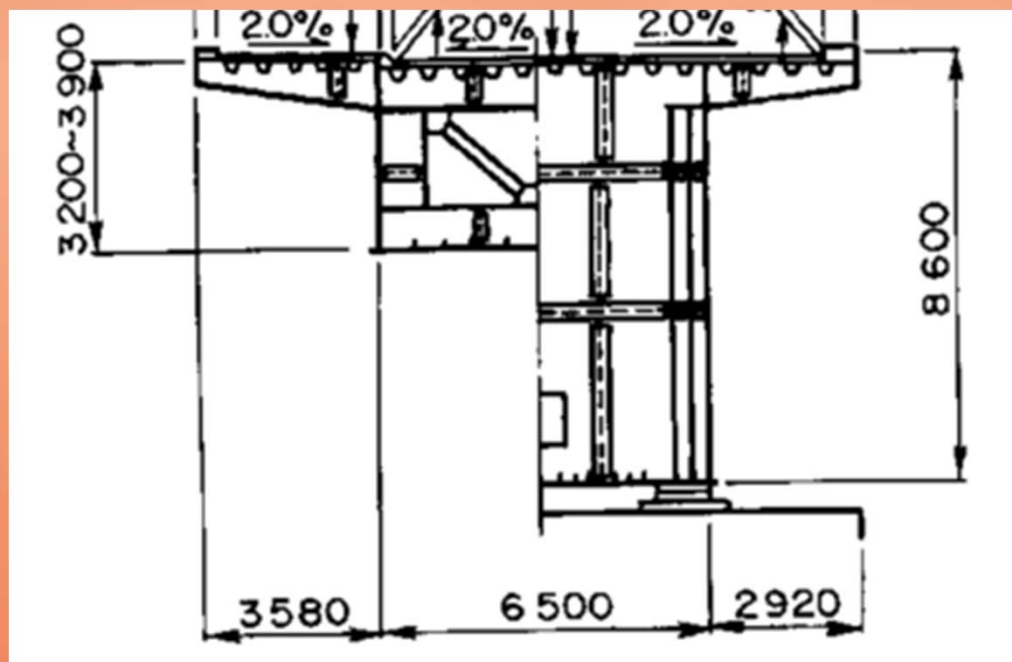
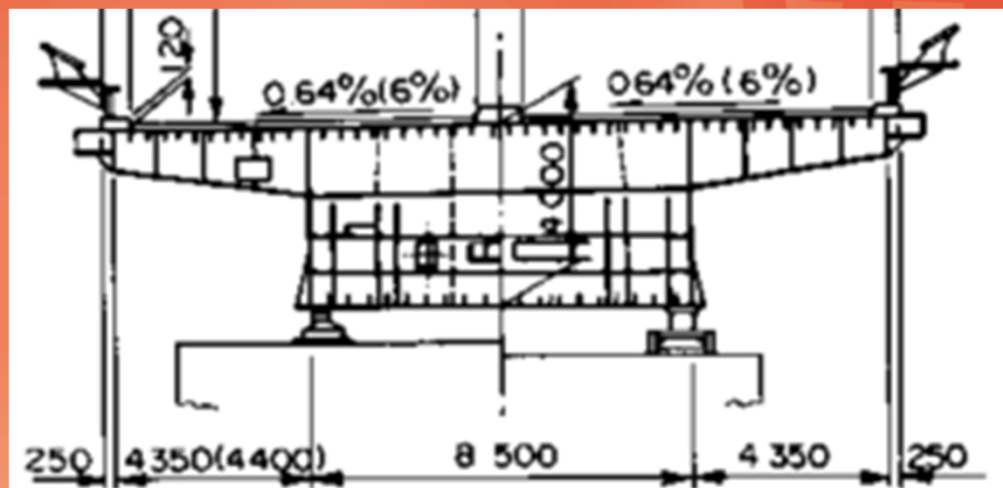
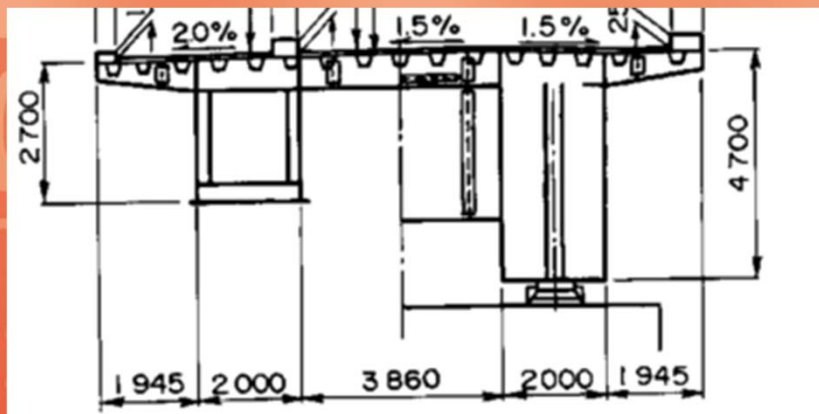


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 49、•钢箱梁支座横梁支撑加劲肋
- 支撑加劲肋要保证局部承压与竖向应力计算的要求，这两个应力均是由加劲肋与腹板（横梁腹板或者纵腹板）上的水平截面面积上的应力；支撑加劲肋的高度由支撑加劲肋的两侧焊缝确定，将竖向力通过焊缝的剪力进行扩散，不一定需要到顶板。顶板已经由顶板加劲肋进行加劲，有条件不与纵向加劲肋冲突伸至到顶板也可，支撑加劲肋受压柱的边界更强，稳定更好。



# 钢箱梁设计百问-kg

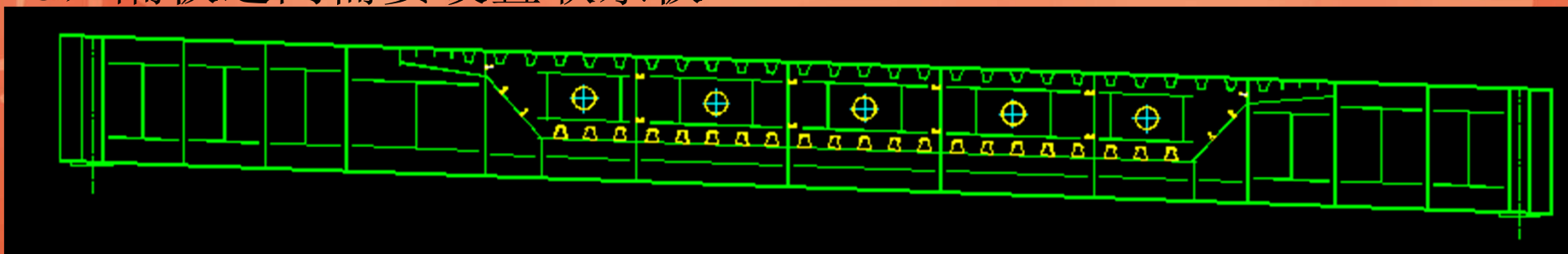
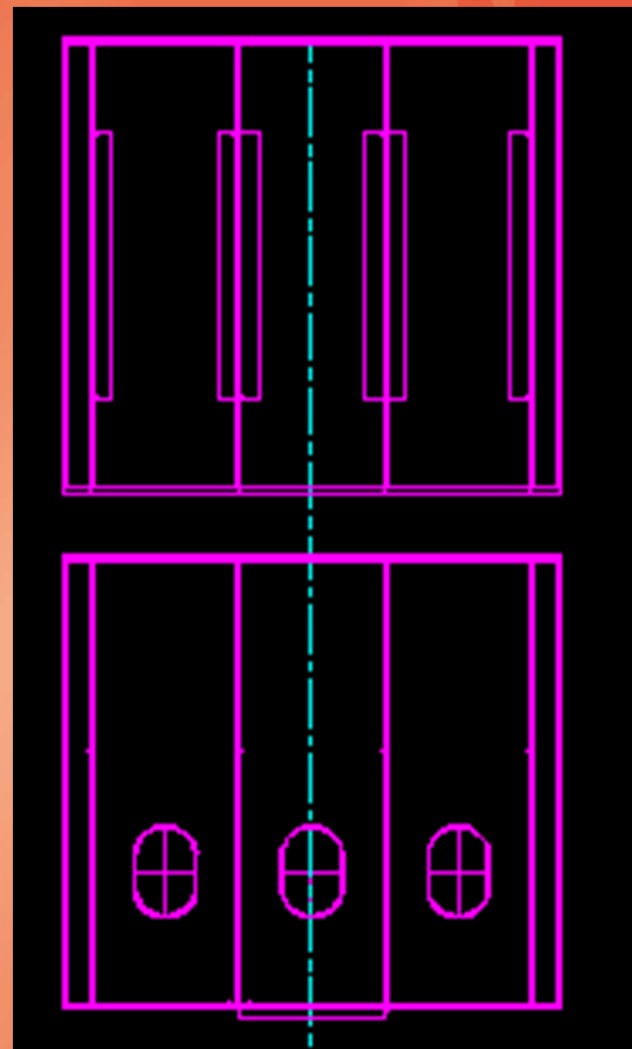
撰写：陈耀军

审核：王总

## •50、•钢箱梁支座横梁隔板块数

•横梁是一个横向跨度受力的梁，支座间距、纵腹板位置决定其受力特征，作为钢箱梁连续顶板与底板，横梁顶底板有个计算宽度，由横隔板的块数、间距控制。跨度大的支座横梁需要增加隔板块数：

- 1) 加大顶底板有效面积
- 2) 提供抗剪需要的竖向截面面积
- 3) 隔板之间需要设置联系板



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •51、•钢箱梁支座横梁设计的讲究

•横梁需要通过计算来确定隔板块数、隔板厚度、隔板间距、隔板的支撑加劲肋、隔板的普通竖向、水平向加劲肋，检算完成后再根据构造绘图：

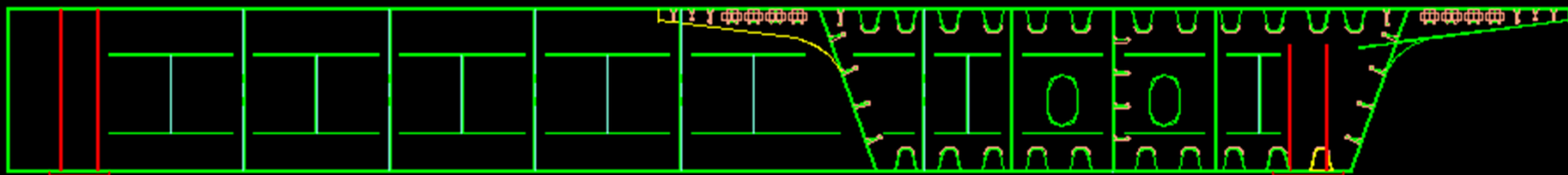
•1) 先做完主梁第一体系计算

•2) 根据主梁第一体系反力结果，建立横梁模型，计算顶底板有效宽度，施工各项荷载，进行横梁强度、稳定、疲劳、局部稳定验算

•3) 局部加劲肋验算

•4) 支座横梁是支撑主梁的构件，其影响线是主梁的影响线即桥跨；冲击系数也是跟主梁体系一致，支座横梁的活载可以多车道折减，因为是反馈主梁体系的活载反力。

•5) 处理好支撑加劲肋与顶底板纵向水平加劲肋的干扰。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •52、•钢箱梁中纵横交错的构件

1)、顶底板纵向水平加劲肋与跨间隔板、支座隔板的交错  
隔板开孔，纵向加劲肋作为纵向受力构件连续

2)、纵腹板与跨间隔板的交错  
纵腹板连续

3)、纵腹板与支座隔板的交错  
通常支座隔板连续

4) 支撑加劲肋与支座隔板的交错  
支撑加劲肋两侧焊接在隔板

5) 支撑加劲肋与底板、顶板纵向水平加劲肋的干扰  
优先保证支撑加劲肋

6) 纵腹板竖向加劲肋与水平加劲肋  
水平加劲肋断开

# 钢箱梁设计百问-kg

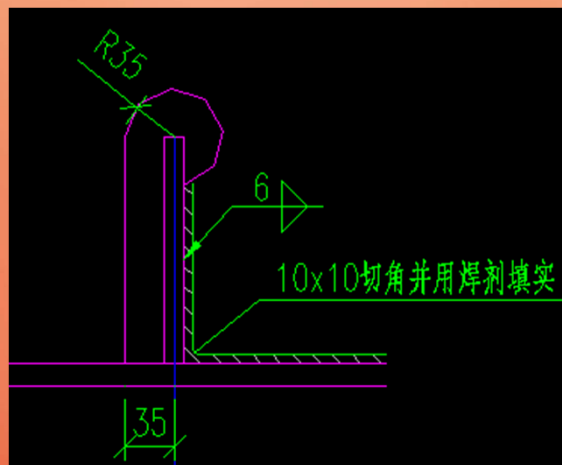
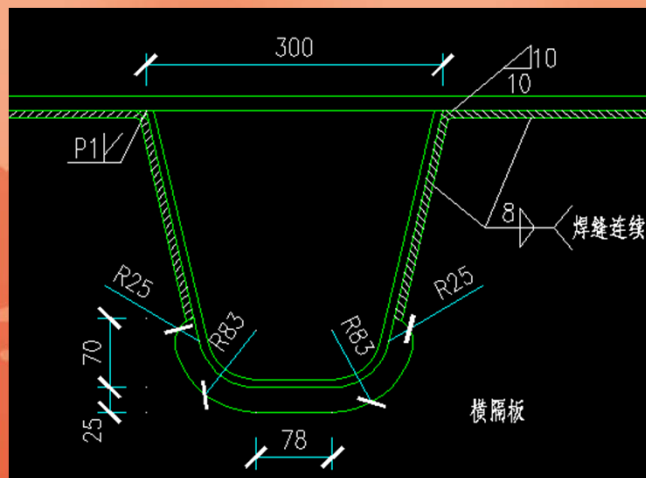
撰写：陈耀军

审核：王总

## •53、•纵向加劲肋与跨间隔板的连接构造

•正交各向异性桥面由德国最先使用，由船舶的甲板构造引入，早期隔板连续，纵肋断开，桥面破坏非常严重；后来经过研究比选，采用隔板弧形切口让纵肋连续通过，由于重载作用导致面板面外变形，切孔的设置减小面外变形引起的次弯矩，保证了高次超静定结构的桥面板的耐久性，沿用至今。

•体量大的横隔板开孔让体量小的纵向加劲肋构件连续通过，减小纵向加劲肋焊接次数，尤其是中支点负弯矩上缘受拉区域、顶板同时有第二体系，减小疲劳的影响。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •54、•跨间隔板与纵腹板的连接构造

同等体量高度，主体受力构件连续，次要受力者断开。纵腹板连续钢板，跨间隔板预先制造好，跨间隔板中间开设纵向人孔及人孔周边加劲板，跨间隔板顶底缘开始顶板底板纵向水平加劲肋的切口；单箱多室结构横向工厂内预先制造好多块隔板，挑梁也是分块制造。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

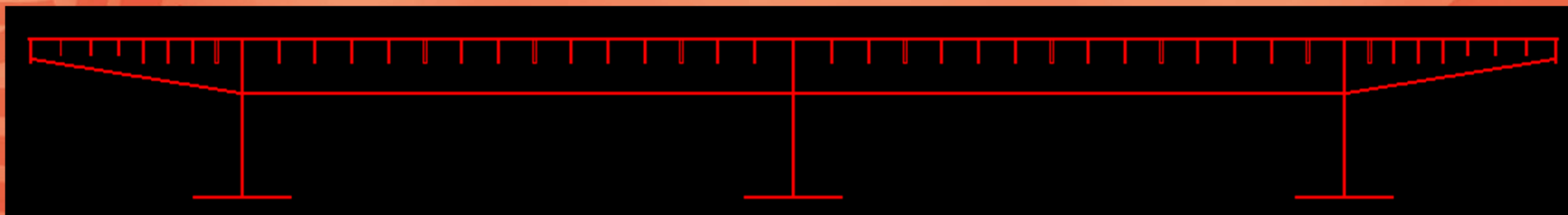
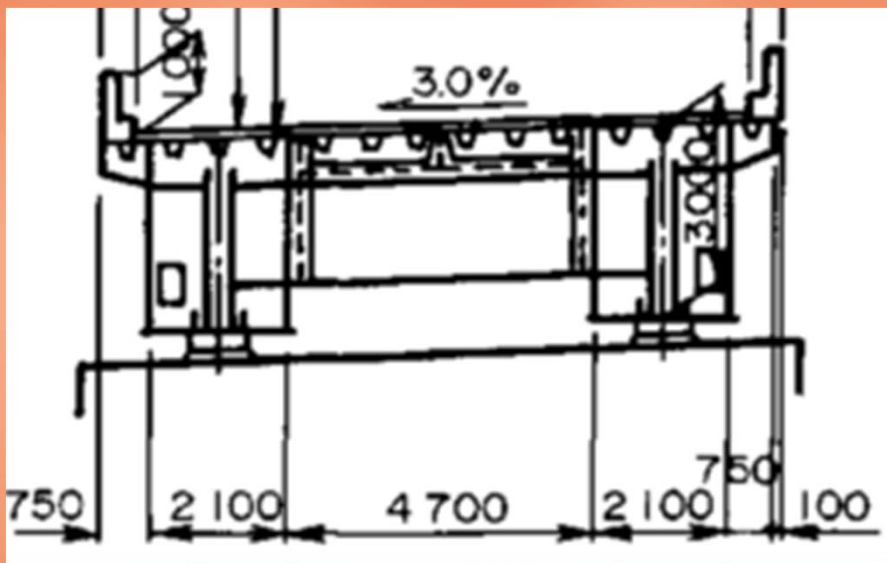
审核：王总

## •55、•支座隔板与纵腹板的连接构造

•同等体量高度，主体受力构件连续，次要受力者断开。

•1) 常规的单箱多室2支座宽桥面横梁，支座横梁连续，纵腹板断开，因为传力上支座横梁支撑纵腹板。

•2) 多箱单式钢箱梁、正交各向异性桥面钢板梁纵腹板连续，支座横梁断开。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •56、•纵腹板设置水平加劲肋的依据

### •区分主梁的受力性质

#### •1) 普通梁式主梁

•按照高厚比，受压侧设置相应水平加劲肋，是控制稳定的加劲肋，不是受力构件，可以不用连续。

#### •2) 压弯主梁

•斜拉桥主梁，腹板也是受弯钢板，一般设置均分腹板的水平加劲肋，水平加劲肋连续，是受力构件，类似于底板纵向加劲肋要求与规格。

#### •3) 拉弯主梁

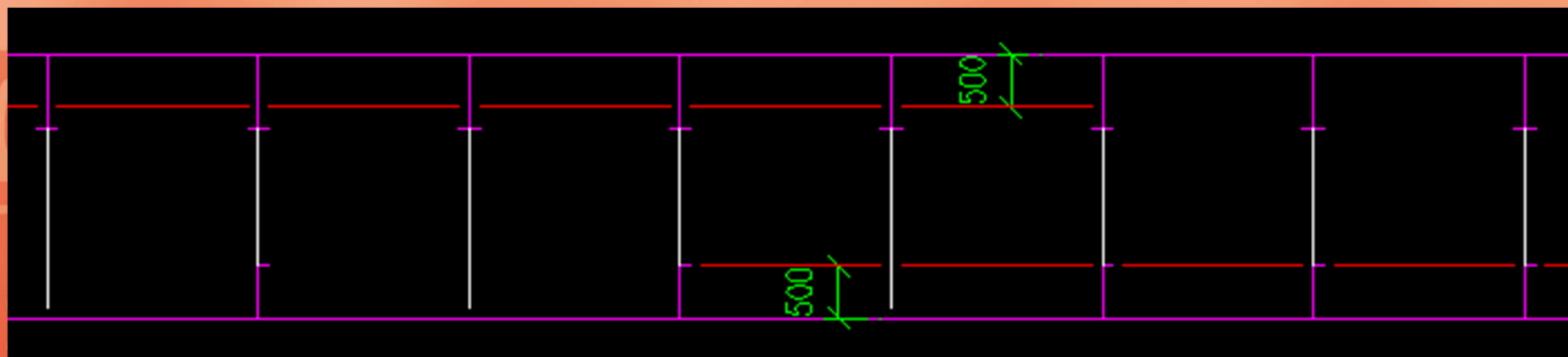
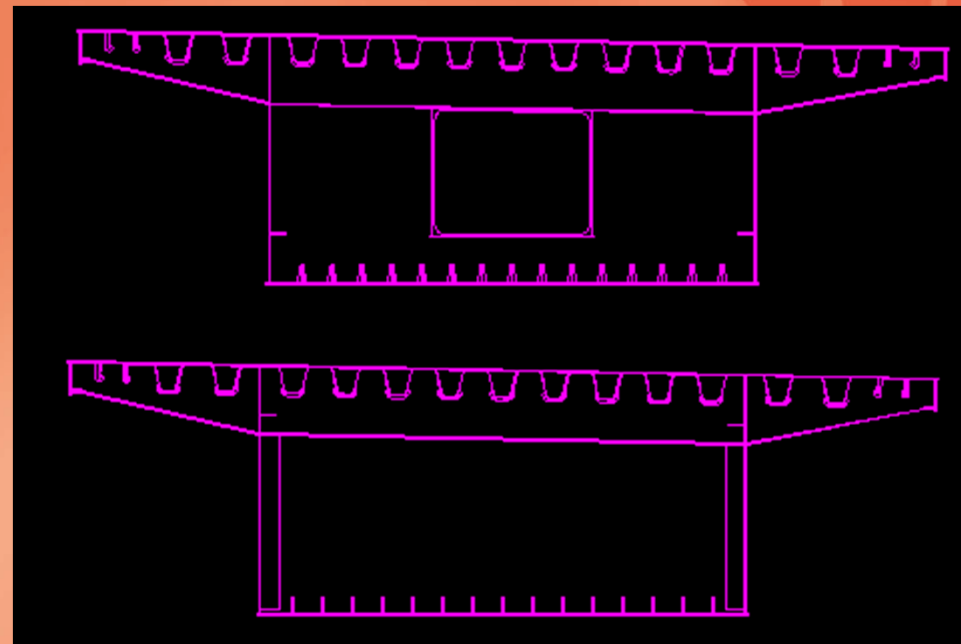
•与普通梁式纵腹板类似，并且低于梁式钢箱梁纵腹板的要求。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 57、•普通梁桥纵腹板水平加劲肋是否连续
- 区分主梁的受力性质
- 1) 普通梁式主梁
- 按照高厚比，受压侧设置相应水平加劲肋，是控制稳定的加劲肋，不是受力构件，可以不用连续。



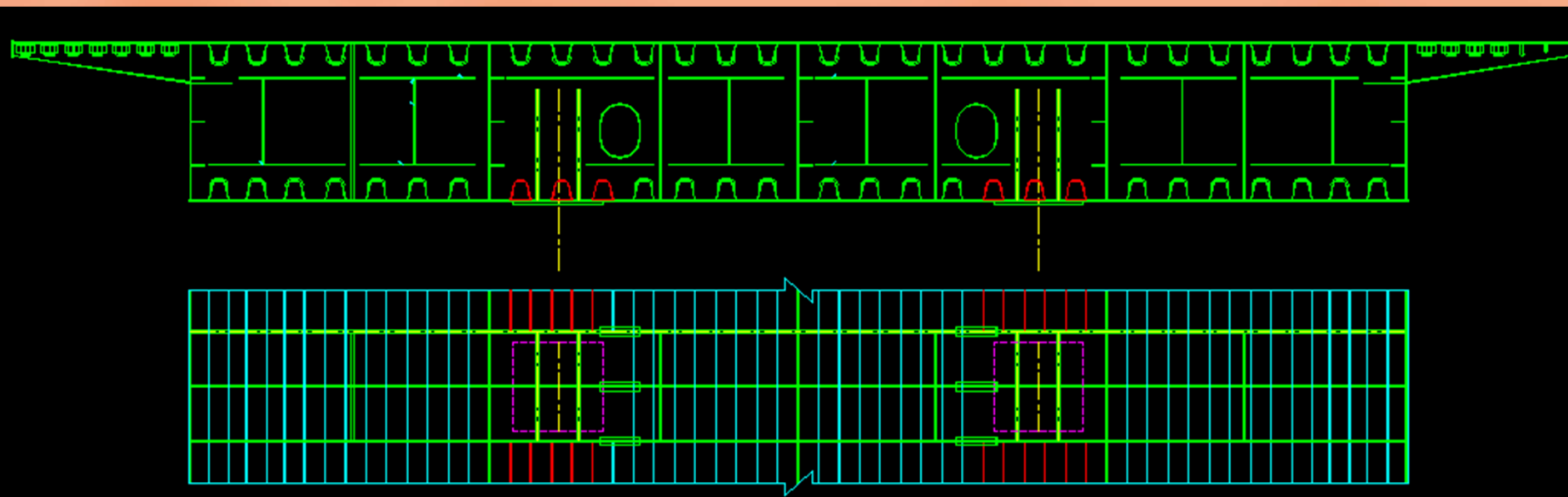
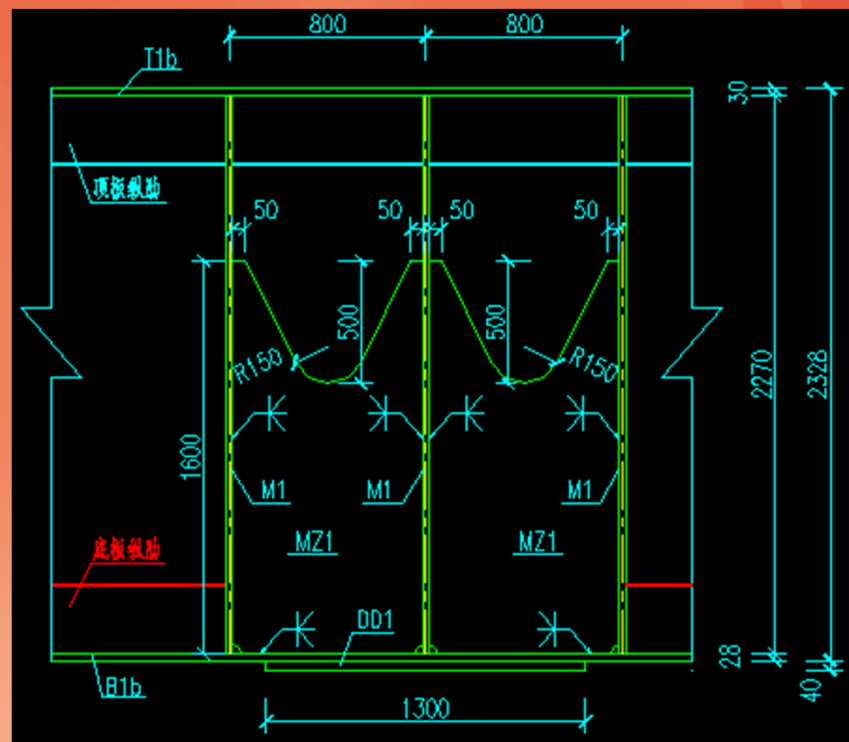


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 58、•支撑加劲肋与顶底板纵向加劲肋的干扰处理
- 优先保证底板支撑加劲肋的位置，底板纵肋可以断开让位支撑加劲肋



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

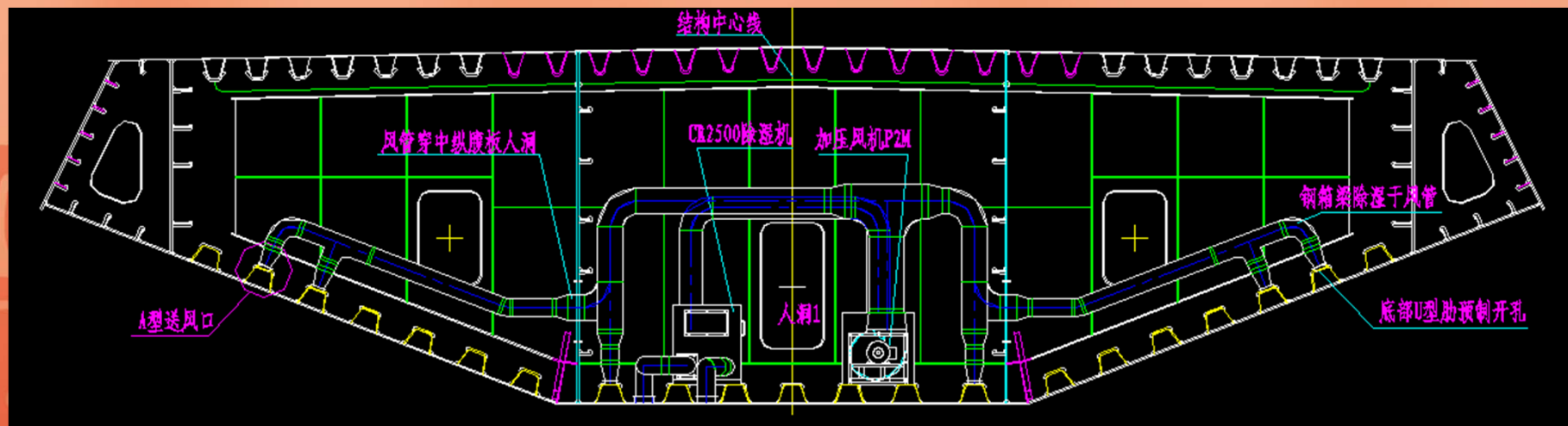
审核：王总

## •59、•钢箱梁的密封性

### •1) 普通梁桥

•为保证钢箱梁内部涂装防腐、耐久性，要求钢箱梁内部具备密封，隔绝空气、水汽，因此需要钢箱梁底板人孔设置封板，两侧端部设置端隔板密封板；

### •2) 大跨度拱桥、斜拉桥、悬索桥钢箱梁还需要设置抽湿系统



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •60、•钢箱梁的可通行性

### •1) 节段制造与节段连接

•钢箱梁通过工厂内进行节段制造，节段制造时需要工厂在箱梁进行内部通行进行构件焊接；再通过陆运、水运输到桥位现场，现场节段之间需要进行节段连接，需要工人在箱梁内部通行进行节段连接操作；

### •2) 维修检查、后期涂装

•普通涂装都具有使用年限，时间到期后均需要进行检查和防腐重新涂装，需要人员在钢箱梁内侧通行操作，人孔可以采用圆形及矩形，圆形不小于**500mm**直径，矩形宽高不小于**400mmx600mm**。

•3) 钢箱梁内部开孔需要做到横向箱式之间的通行于纵向通行，同时外部进人孔一般设置在边支点端部梁底。

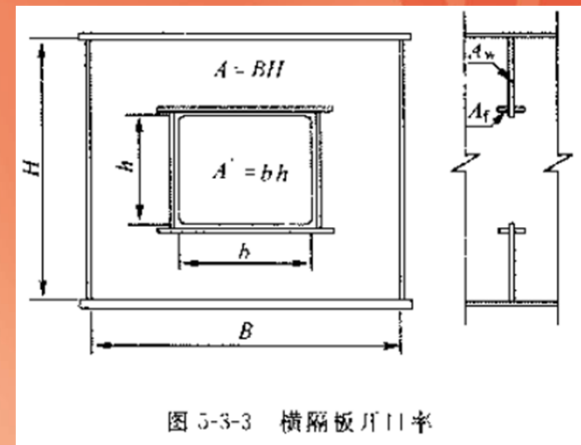


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

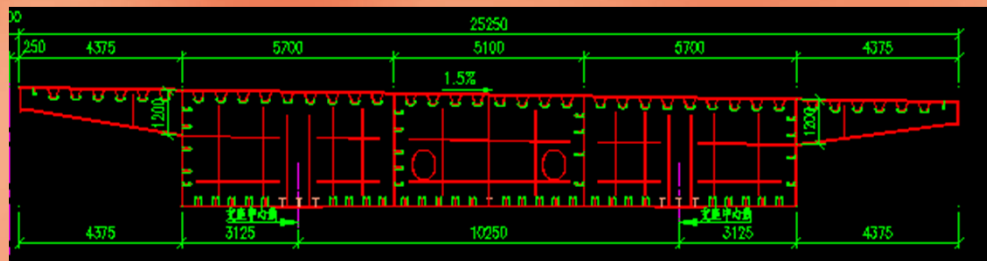
审核：王总

定义开口率  $\rho = \sqrt{A'/A} = \sqrt{bh/BH}$

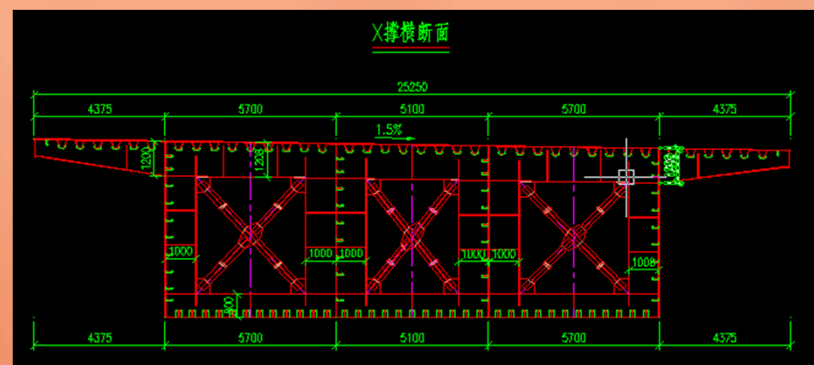


## •61、•钢箱梁跨间隔板有哪些类型

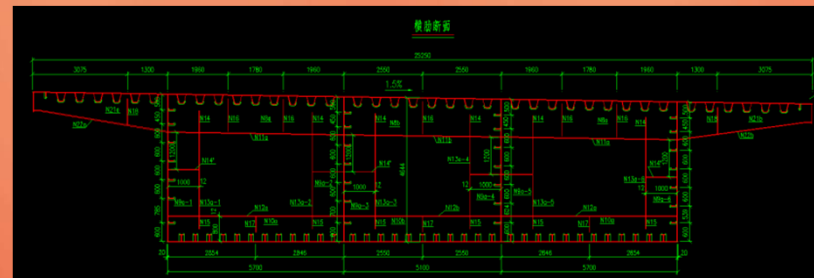
### •1) 实腹式，开小孔



### •2) 桁架式，采用桁架杆件



### •3) 框架式，介于上述两者



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

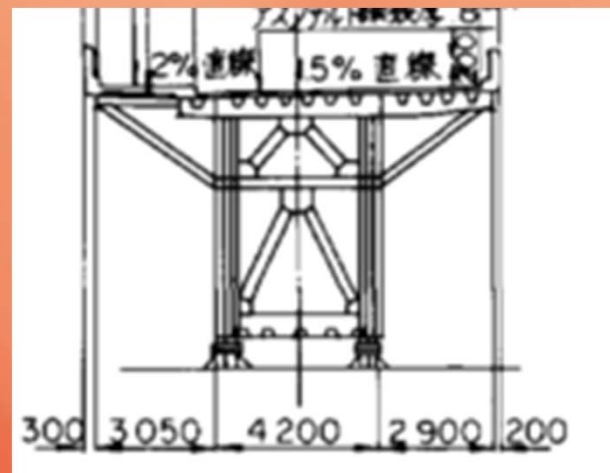
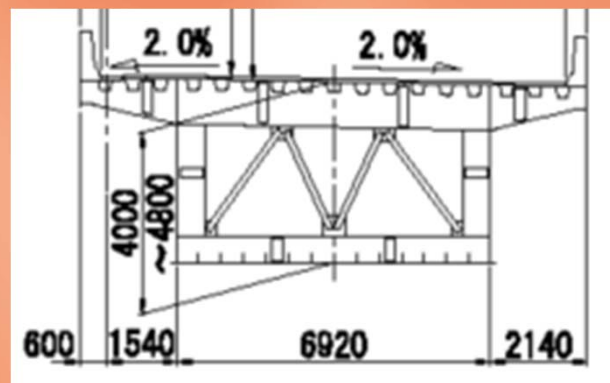
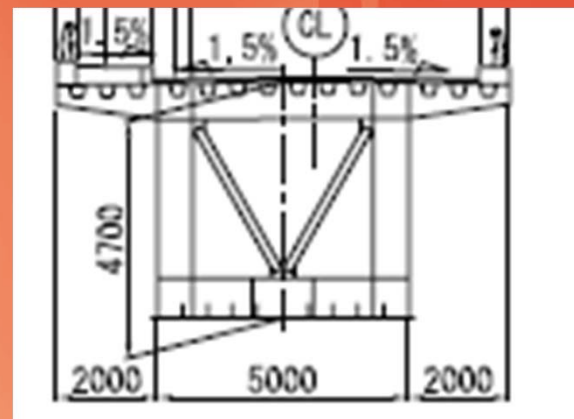
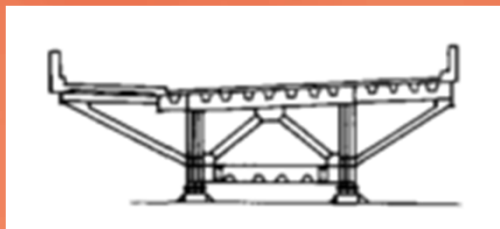
## •62、•钢箱梁跨间隔板布置依据

•跨间隔板是横向加劲肋，正交各向异性板的重要组成部分，也是用钢量的一个组成部分，其布置主要包括隔板的类型、隔板的间距、隔板的刚度：

•1) 隔板类型根据梁高、纵腹板间距确定，中小跨度梁高不大，纵腹板间距也不大，布置成桁架式隔板不具备相应的角度，通常采用构造最简单的实腹式。大跨度桥梁具备布置成桁架式隔板需要的高与宽度，桁架杆件角度合适，可以根据高度设置成V型或者x、双x型。

•2) 间隔间距只要保证顶板第二体系应力水平合理，使得两个体系相加后能控制便可。

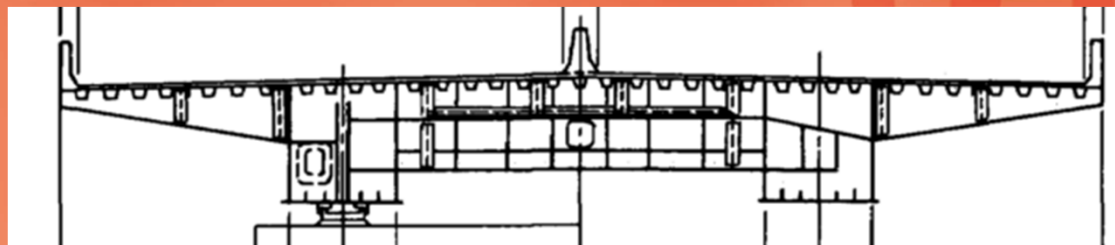
•3) 隔板需要满足刚度要求，保证钢箱梁的抗畸变能力，可以采用组合式隔板布置，间隔布置桁架式隔板、框架隔板，总体保证第二体系与刚度结果。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



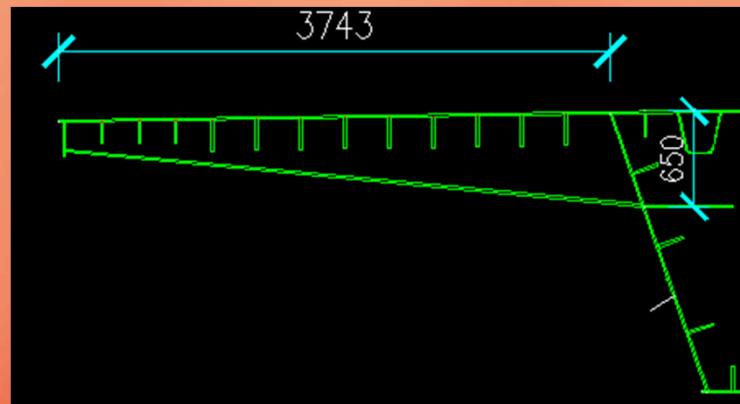
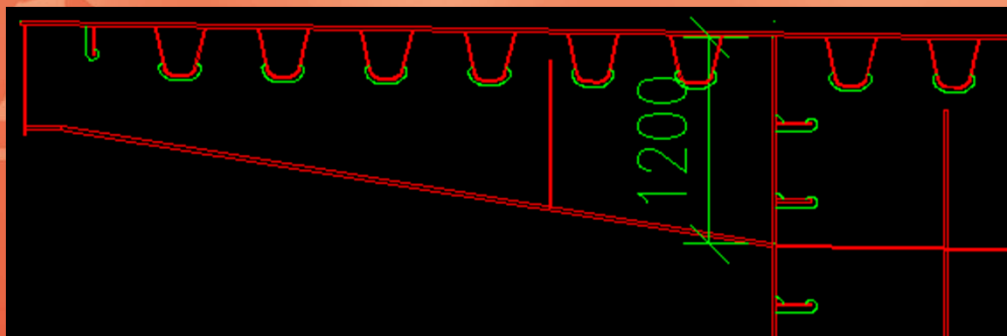
## •63、•钢箱梁挑梁布置依据

•挑梁是箱式外部横向构件，小跨度挑梁长度尽量不要过大，大跨度挑梁可以做宽，因为剪力滞效应减小。挑梁主要解决好挑梁的间距、挑梁的长度、挑梁根部高度：

•1) 挑梁间距由挑梁纵向加劲肋确定，挑梁通常与隔板对应，隔板位置必定对应着一个挑梁；挑梁顶板采用U肋，挑梁间距可以做到3m，挑梁采用板肋时，挑梁间距不宜超过2m；

•2) 挑梁长度在箱式划分时拟定，结合纵向跨度、加劲肋类型、横向间距、挑梁上交通状况综合确定。

•3) 挑梁根部高度由挑梁长度确定，大挑梁采用高根部高度，结合挑梁计算确定，挑梁为局部构件，采用车辆荷载进行。



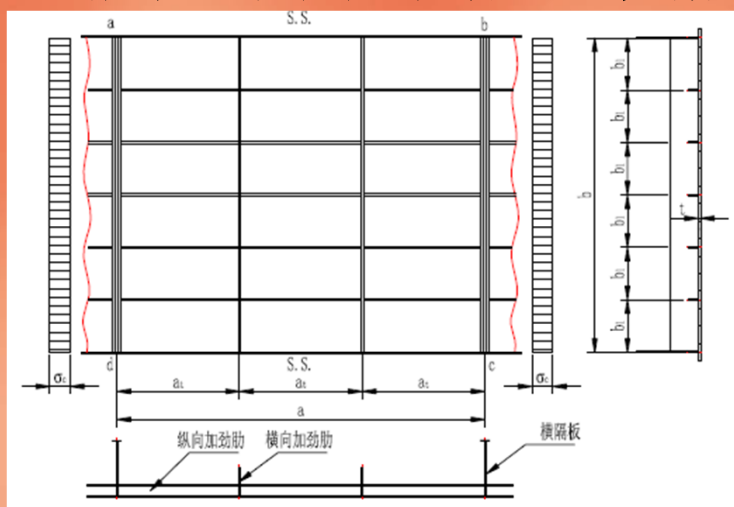


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 64、•钢箱梁纵腹板加劲肋设置依据
- 钢箱梁纵腹板加劲肋的设置依据就是腹板受力类型与纵腹板的高厚比



- 压弯构件预先保证水平加劲肋，加劲肋刚度、面积达到要求；再根据隔板间距设计竖向加劲肋

构造形式	钢材品种		备注
	Q235	Q345	
不设横向加劲肋及纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{70}$	$\frac{\eta h_w}{60}$	
仅设横向加劲肋，但不设纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{160}$	$\frac{\eta h_w}{140}$	
设横向加劲肋和一道纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{280}$	$\frac{\eta h_w}{240}$	纵向加劲肋位于距受压翼缘 $0.2h_w$ 附近，如图 5.3.3 所示
设横向加劲肋和两道纵向加劲肋时	$\frac{\eta h_w}{310}$	$\frac{\eta h_w}{310}$	纵向加劲肋位于距受压翼缘 $0.14h_w$ 和 $0.36h_w$ 附近，如图 5.3.3 所示

- 普通受弯构件预先保证竖向加劲肋，刚度及加劲肋自身局部稳定达到要求。

# 钢箱梁设计百问-kg

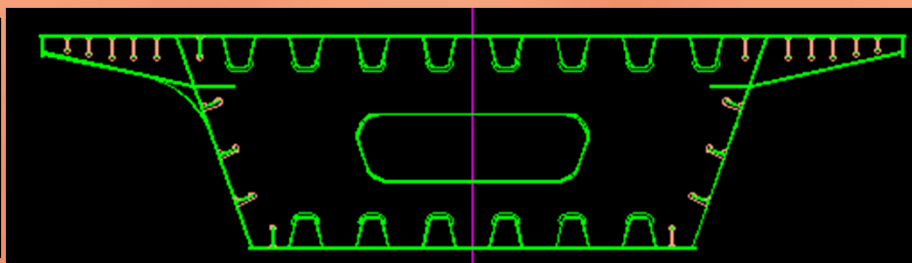
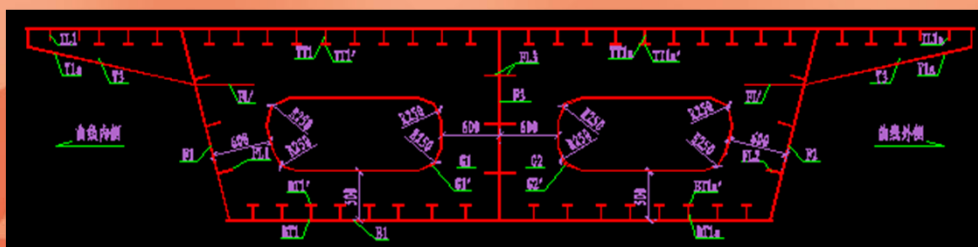
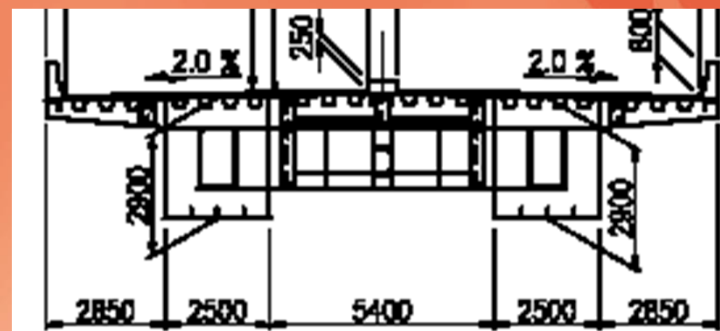
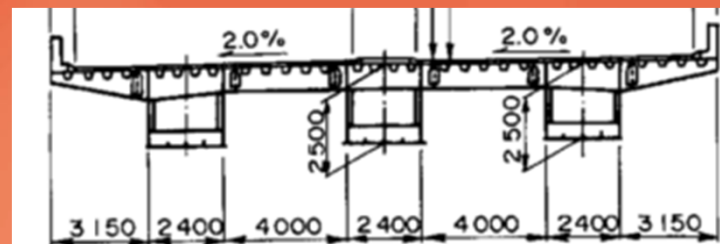
撰写：陈耀军

审核：王总

- 65、•钢箱梁如何进行箱式划分
- 箱式划分是钢箱梁设计中关键的一环：
- 1) 决定了后期钢箱梁计算中剪力滞的影响大小
- 2) 纵向加劲肋的间距

匝道桥桥面较窄，通常采用单箱单室结构；主线多车道桥梁公路可以采用多箱单室结构，市政桥梁考虑景观因素采用单箱多室结构，单个箱式宽度不宜大于6m，不宜小于3m，小跨度箱式宽度可以小一些，大跨度箱式大一些，可以做到8m；

•3) 挑梁高度市政桥梁通常与混凝土桥梁一致，导致根部较小挑梁加劲肋采用高度较小的板肋，公路钢箱梁挑梁根部做大，保证箱室内外顶板纵向加劲肋一致。

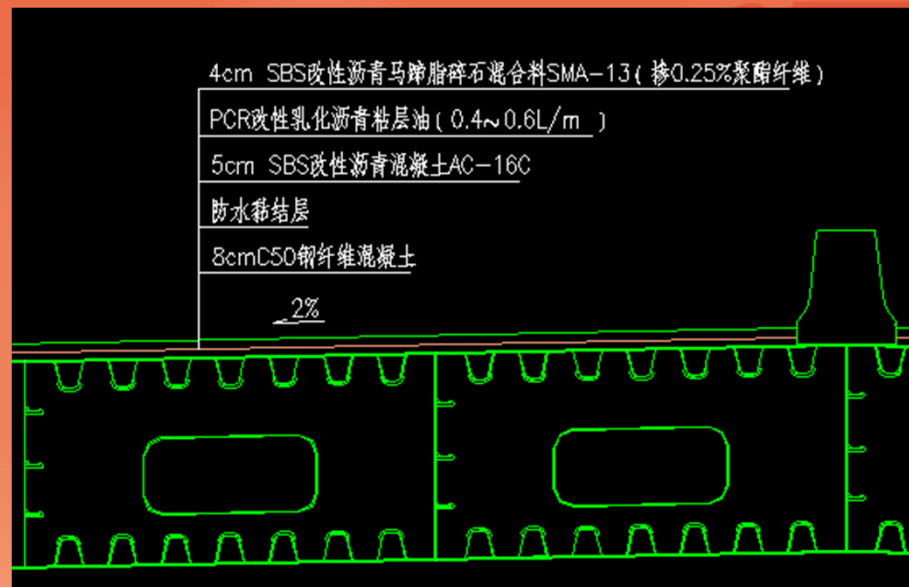


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 66、•钢箱梁的铺装采用形式
- 钢箱梁铺装要对结合交通状况、气候条件、桥梁孔跨综合确定。
- 1) 中等跨度钢箱梁
- 采用钢钎维混凝土+沥青铺装
- 2) 大跨度钢箱梁
- 为减小结构重量，采用较轻的铺装体系，结合车辆超载状况、防水、防腐粘结层性能比较、施工、后期维护、造价综合考虑，让铺装公司专门设计。



铺装面层	3~4cm厚高弹改性沥青SMA
粘层	改性乳化沥青, 0.3~0.5kg/m²
铺装下层	2.5~4cm厚聚合物改性沥青GA, 表面撒布一定粒径的碎石
进口Eliminator防水粘结体系	Tack Coat No.2胶粘剂, 用量: 100~200g/m²
	Eliminator防水层(两层), 总用量: 2500~3500g/m²
	Zed S94底涂层, 用量: 100~200g/m²
钢板	喷砂除锈, 清洁度: Sa2.5级; 粗糙度: 50~100 μm

比较方面	环氧沥青铺装	浇注式沥青铺装	沥青玛蹄脂碎石铺装	普通沥青铺装
变形随从性	优	优	良	差
使用寿命	优	较优	良	差
工艺复杂程度	复杂	复杂	稍复杂	不复杂
工程造价	很高	很高	较高	低



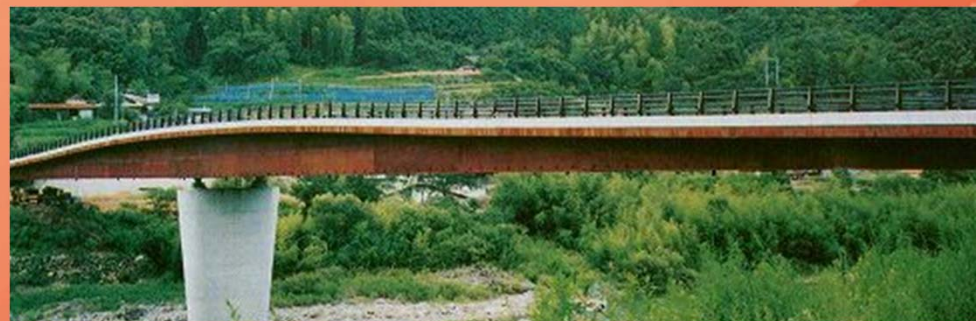
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 67、•钢箱梁的涂装形式
- 钢箱梁的防腐有两种方案
- 1) 采用涂装
- 普通型涂装：10~15年
- 长效性型涂装：15~25年
- 目前水性无机富锌涂装体系由于零voc排放，比较环保，采用较多
- 2) 采用耐候钢
- 耐候钢钢结构桥梁使用初期也出现锈蚀，但钢表面形成由Cu、Cr、P等元素浓缩后的致密且连续的安定锈层阻止锈层往内部发展，国内已有采用，单不是很广泛，耐候钢具有特殊的颜色。

项目	环氧富锌涂装体系	水性无机富锌涂装体系
技术标准	低	高
施工工艺要求	工艺要求低，质量无	工艺要求高，质量有保
对施工环境的要求	高	低
对环境的污染	污染大，对施工人员	污染小
防腐年限	无保障	有保障
施工期间及后期维护	有问题施工时不易出现，1~2年后才会出现，后期维护量大	有问题施工时易发现，后期维护量小





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •68、•钢箱梁的焊接形式

### •1) 手工电弧焊

手工电弧焊的设备简单操作灵活方便，适于任意空间位置的焊接，特别适于焊接短焊缝。但生产效率低，劳动强度大，焊接质量取决于焊工的精神状态与技术水平。主要运用于定位焊与某些不能使用自动焊的部位。

### •2) 埋弧焊

由于采用了自动控或半自动控制化操作，焊接时的工艺条件稳定，焊缝的化学成分均匀，故形成的焊缝质量好，焊件变形小。但埋弧焊对焊件边缘的装配精度(如间隙)要求比手工焊高。

### •3) 气体保护焊

•气体保护焊的焊缝熔化区没有熔渣，焊工能够清楚地看到焊缝成型的过程；由于保护气体是喷射的，有助于熔滴的过渡；又由于热量集中，焊接速度快，焊件熔深大，故所形成的焊缝强度比手工电弧焊高塑性和抗腐蚀性好，适用于全位置的焊接。但不适用于野外或有风的地方施焊。

### •4) 钢箱梁各部分建议焊接方法

•4-1) 单元件焊接： $\text{CO}_2$ 气体保护自动焊（立角焊用 $\text{CO}_2$ 气体保护半自动焊）。

•4-2) 梁段总成焊接：桥面板单元对接采用 $\text{CO}_2$ 气体保护半自动焊打底，埋弧自动焊盖面；底板、腹板、横隔板等采用 $\text{CO}_2$ 气体保护自动焊；横隔板与其相邻构件角接采用 $\text{CO}_2$ 气体保护半自动焊；桥面系附属结构采用 $\text{CO}_2$ 气体保护半自动焊。

•4-3) 局部可用手工焊，但建议均采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •69、•钢箱梁的焊缝检测

•所有焊缝施焊**24**小时后，且经外观检查合格后，都必须进行无损检测，无损检测主要采用超声波探伤和磁粉探伤两种方法，**X**射线抽检；

•1) 超声波检测费用：大约**30**元/每米

•2) **x**射线检测费用：大约**180**元/每米

•《钢结构工程施工及验收规范》规定焊缝按其检验方法和质量要求分为一级、二级和三级。三级焊缝只要求对全部焊缝作外观检查且符合三级质量标准；一级、二级焊缝则除外观检查外，还要求对每条焊缝全部或**20%**长度进行超声波或射线探伤、拍片检验并符合相应级别的质量标准。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 70、•钢箱梁主体计算包含哪些内容
- 1）、主梁纵向应力计算（包含强度、稳定、疲劳）
- 1-1）顶板主梁体系
- 1-2）顶板第二体系
- 2）、横向构件横向应力计算（（包含强度、稳定、疲劳）
- 2-1）跨间隔板计算
- 2-2）支座横梁计算
- 2-3）挑梁计算
- 3）其他验算
- 3-1）最小反力、压重、抗倾覆、结构刚度、顶板局部刚度验算
- 3-2）支撑加劲肋验算
- 3-2）纵腹板加劲肋验算
- 3-4）加劲肋刚柔性验算
- 3-6）预拱度验算
- 3-7）隔板刚度验算等

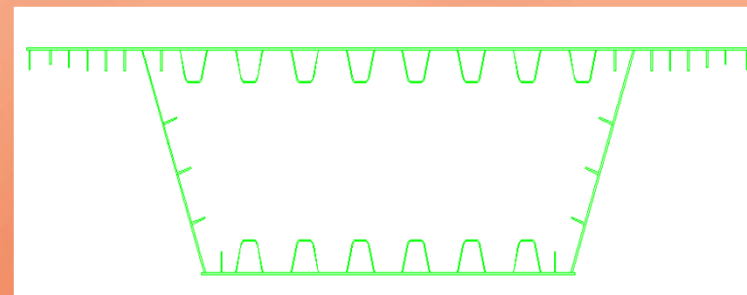
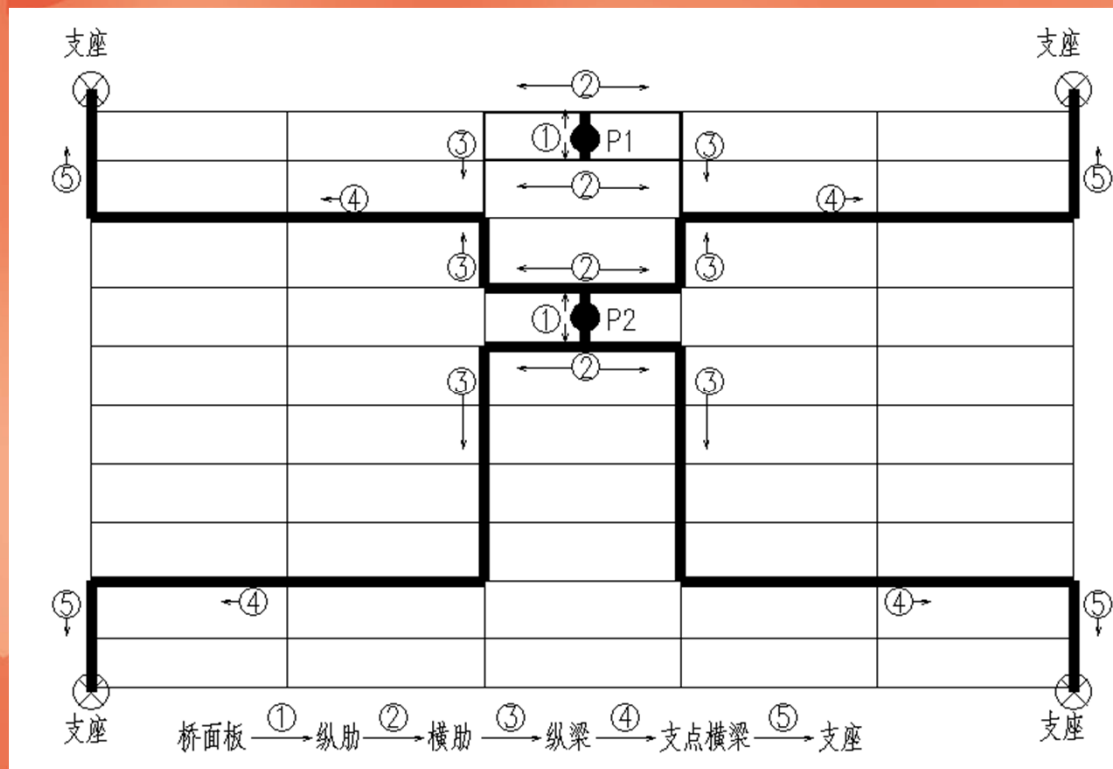


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •71、•钢箱梁的力流传递



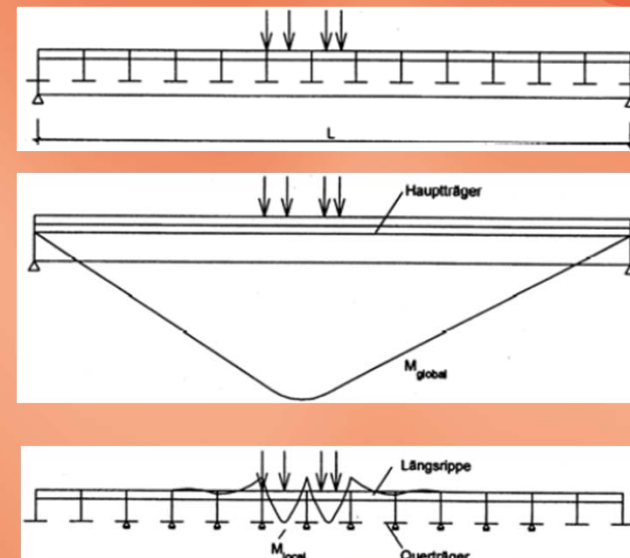
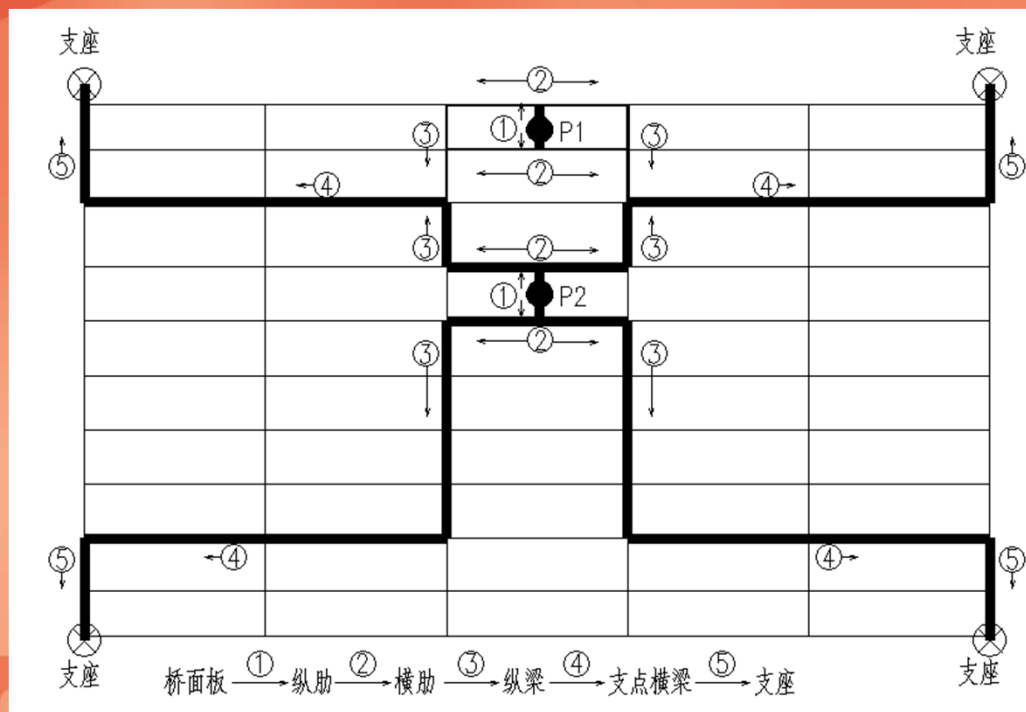
- 桥面板—纵肋—横隔板—纵腹板—支座横梁—支座—桥墩至基础地基传递
- 传力途径1:横向通过顶板传给顶板纵向加劲肋，第三体系
- 传力途径2:顶板纵向加劲肋传至横隔板，第二体系

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •71、•钢箱梁的力流传递



- 传力途径3:横隔板传递给纵腹板，隔板第二体系
- 传力途径4:纵腹板传至横梁，主梁体系
- 传力途径5:横梁与纵腹板相交之点传至支座，横梁的横向受力

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •72、•钢箱梁验算的控制方法

•2015公路钢结构桥梁设计规范规范在出现之前，采用86公路桥涵钢结构及木结构设计规范，大体与铁路钢桥规范保持一致。

•铁路钢桥规范采用容许应力法，考虑钢材的匀质系数、超载系数（活载发展系数）、工作条件综合确定安全系数采用1.7，即 $345/1.7=200\text{MPa}$ 。

•匀质系数取值0.8，超载系数1.35，工作条件取值1， $1/0.8 \times 1.35 \times 1 = 1.7$

•铁路中各种荷载组合提高系数如下表

表 3.2.8 各种外力组合容许应力的提高系数

序号	外力组合		提高系数
1	主力		1.00
2	主力+附加力		1.30
3	主力+面内次应力（或面外次应力）		1.20
4	主力+面内次应力+面外次应力		1.40
5	主力+面内次应力（或面外次应力）+制动力（或风力）		1.45
6	主力+地震力		1.5
7	钢梁安装	恒载+施工荷载	1.20
		恒载+施工荷载+风力	1.40
		恒载+施工荷载+风力+面内次应力（或面外次应力）	1.50

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •72、•钢箱梁验算的控制方法

•2015公路钢桥规范与混凝土统一采用两个极限状态设计法一致,钢结构桥梁也采用了极限状态设计法,以Q345D钢为例说明问题的实质性:

### •容许应力法

•外荷载组合系数:1x恒载+1x活载+1x其它可变活载

•荷载组合下的应力小于规范中的容许应力200MPa ( $345/1.7=203$ )

### •极限状态法

外荷载组合系数:1.1x ( $1.2x$ 恒载+ $1.4x$ 活载+ $1.4x$ 其它可变活载 $\times 0.75$ )

•钢桥中活载比值相对恒载较小,跨度越大越明显,综合起来极限状态法相比于容许应力法,荷载综合系数采用了1.35

•荷载组合下的应力小于规范中的容许应力275MPa ( $345/1.7 \times 1.35=274$ )

•所以极限状态法相当于外荷载系数乘了个1.35的数值,相对于容许应力法中的容许应力相应同时乘以1.35的数值,本质一样.对于底板系统,两者相差不大,但对于顶板系统,由于第二体系轮载系数提高到1.8,冲击系数加大到1.4,第二体系大了非常多,以致于现在很多钢箱梁设计者加密隔板间距。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•73、•钢箱梁计算一般采用的软件

•桥梁设计采用的计算软件最多是

•1) 桥梁博士

•2) midas

•3) bsas

•4) Ansys、sap2000、scds等。

•对于混凝土桥梁，桥梁博士是一个很好的计算软件，应力结果直观，不过早期版本前后处理略显麻烦，希望新版功能在软件前期建模、钢结构板块上大力改善，要支持国产软件。

•钢结构采用midas软件计算较多，前后数据结果处理较为便利，不过对于单箱多室结构，midas软件对于剪力滞处理也是没有准确，钢结构桥梁很多结果都不能直接采用软件应力计算结果，需要手动表格处理，钢箱梁、钢桁梁、钢桁拱都一样，软件没有考虑构造上的净面积、也没有处理好稳定的折减，本身钢结构公式众多。

•Bsas主要用在铁路混凝土桥梁计算较多，跟规范结合较好，Ansys、sap200这些软件局部计算采用较多。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •74、•钢箱梁的压重与最小支反力控制

•钢箱梁一恒部分较轻，因此区别于混凝土桥梁，要使支反力不脱空，孔跨布置与支座横向布置要严格很多。

### •1) 边跨太短

•活载布满中跨，容易造成边支座脱空

### •2) 支座横向布置过小

•活载偏载布置，容易脱空

### •3) 曲线桥梁内侧边支座

•曲线外侧弧线长，结构自重、二恒、护栏作用下边支座就有较大的扭矩，再加上温度等其他荷载，边支座容易脱空。

•钢箱梁需要在易脱空的支座上方进行压重，可以采用混凝土 $23\text{kN/m}^3$ 或者铁砂混凝土 $35\text{kN/m}^3$ ，横向上可以单侧压重，控制压重后最小反力还有 $100\text{kN}$

富裕，计算时宜考虑铺装运营时间到期半幅铺装施工、另半幅重车通过时的工况，保证抗倾覆稳定。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •75、•钢箱梁最大支反力计算

•支座反力的计算除了要计算抗倾覆、压重保证最小支反力后，再看钢箱梁最大支反力，决定选取的支座吨位，进而确定支座的上座板尺寸，进行支点横梁支撑加劲肋的设计、支座垫板的设计。

### •1) 横向只有两个支座

•建立单梁模型，建立每个桥墩上的两个支座节点，车道荷载进行偏载加载，模型中可以读取每个支座的最大反力，但是不能读取桥墩上两个支座之和的最大值。

### •2) 横向多于2个支座的横梁

•单梁模型建立，横向建立多于2个支座的节点的结果是错误的；

•2-1) 可以通过计算完主梁体系，再根据主梁模型的支反力结果建立横梁模型，可以读取横向每个支座最大反力；

•2-2) 建立梁格模型，按照时间建立每个支座，也能计算出每个支座反力的结果，两种方法有偏差。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •76、•钢箱梁第一体系考虑的荷载

### （1）恒荷载

#### 1）一期恒载

一期恒载包括主梁自重，钢材密度**7850kg/m<sup>3</sup>**，由程序自动计算其自重，考虑到模型中未包含横隔板、焊缝等构件重量，采用放大系数考虑。

#### 2）二期恒载

二期恒载为栏杆、声屏障、桥面铺装等，桥面铺装以均布荷载计入

### （2）温度荷载

1）正温度梯度：按BS5400取值；

2）负温度梯度：取-0.5倍的正温度梯度；

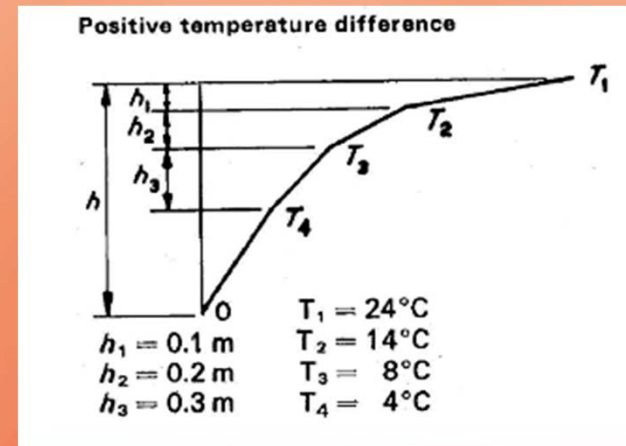
3）整体温度：取整体升温**45℃**，整体降温**30℃**。

### （3）活载

汽车荷载按JTG B01-2014办理，包括汽车冲击力。

### （4）支座沉降

支座沉降。



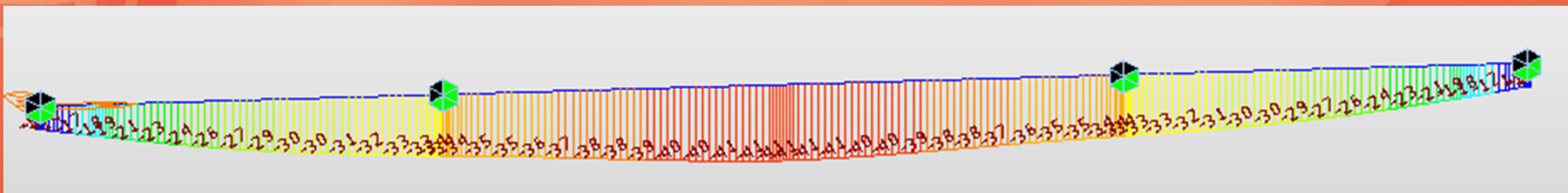
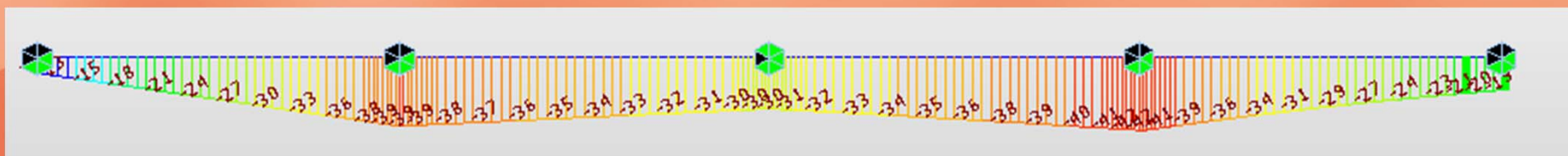


# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

- 77、•钢箱梁非线性温度荷载的大体数值
- 非线性温度造成钢箱梁两个应力
- 1) 温度自应力
- 对于非线性升温，温度自应力造成上缘受压，下缘为一般也为压力
- 2) 超静定结构温度次内力的应力
- 对于连续钢箱梁，非线性升温造成全桥正弯矩，边跨部分为线性正弯矩，边跨部分非线性升温模式下的应力为线性增大应力，边支点附近为温度自应力压应力部分，中支点附近为自应力与次应力叠加的压应力。
- 3) 非线性温度造成顶板上缘最大应力一般在-40MPa左右，选取一个4x30m的等高钢箱梁与45+75+45变高钢箱梁，分别显示非线性升温下顶板上缘的应力。



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •78、•钢箱梁抗倾覆设计

•倾覆是一种毫无征兆下的破坏，要严格避免；倾覆包含施工中的倾覆与运营的倾覆。

### •1) 施工中抗倾覆

#### •1-1) 纵向抗倾覆

•桥梁施工中未合龙前处于悬臂受力时，控制纵向不平衡下的抗倾覆要求，保证抗倾覆系数大于1.3.

#### •1-2) 施工中横向抗倾覆

•横向抗倾覆要求也要满足大于1.3的要求。

### •2) 运营下抗倾覆

•运营下抗倾覆主要保证横向抗倾覆要求，公路规范中横向抗倾覆系数2.5的安全系数根据地基规范1.3系数推导而来。倾覆通常是支座在荷载作用下脱空，原有计算模型的边界改变，由于边界失效而引发的失去平衡的倾覆。

#### •2-1)、防止桥梁在最不利荷载下的支座脱空

•恒载+其他可变荷载，在最不利工况下保证一定的压力储备，通常不小于100kN，对于部分台风区域，计算中考虑有车风力造成的影响，分别计算施工阶段与运营阶段。

#### •2-2)、支座中心距离设置

•桥宽一定，支座横向间距控制抗倾覆能力。支座横向间距越大，抗倾覆能力越好。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •79、•钢箱梁各种构件验算的冲击系数

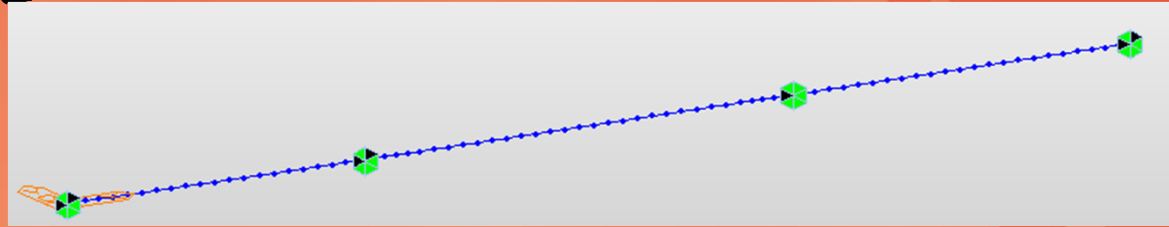
- 1) 主梁体系计算模型，主梁纵向构件的影响线为全联长度，其车道荷载的冲击系数按照整联结构的自振频率计算。
- 2) 顶板系统第二体系模型，顶板系统影响线为隔板间距的多跨连续梁，计算跨度小，刚度大，自振频率大，统一取值1.4.
- 3) 跨间隔板、挑梁这些横向构件，采用车轮荷载，其影响线为计算的横向构件相邻的两个横向构件之间的距离，也采用1.4的冲击系数。
- 4) 支座横梁为纵腹板传递过来的荷载，冲击系数为主梁体系一致，采用主梁按照自振频率计算的系数。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

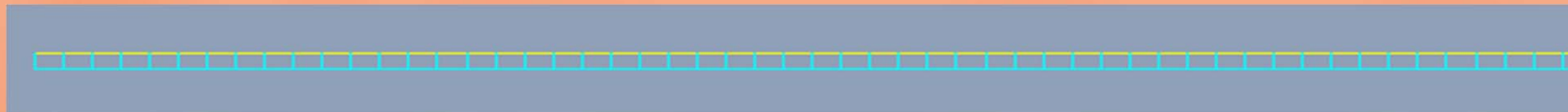
常规建模方式计算主梁体系：计算模型



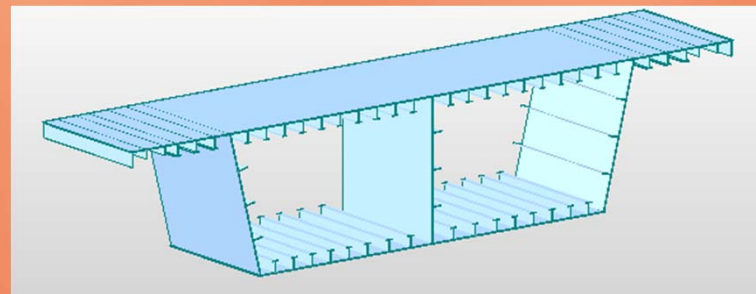
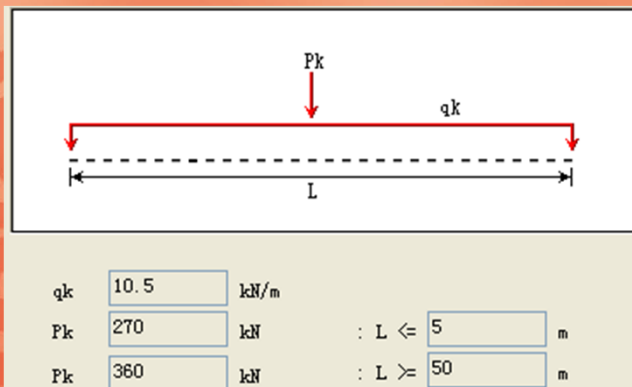
## •80、•钢箱梁主梁纵向第一体系计算

第一体系：常规的线单元纵向计算模型，不建立隔板只考察从纵腹板传力到支座横梁的纵向传力，顶板及顶板加劲肋作为主梁的上翼缘部分参与受弯。正确的二恒及车道活载加载方式应该以隔板位置的点集中力加载，只不过与均布加载相差不大，大家没注意而以。

钢箱梁二恒及活载的正确加载方式：利用虚梁体现隔板传力到纵腹板



线单元 截面



主梁体系 活载：车队荷载的等价活载----车道荷载



# 钢箱梁设计百问-kg

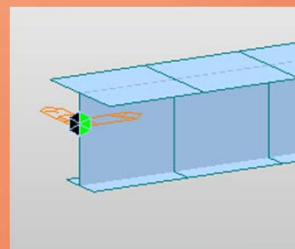
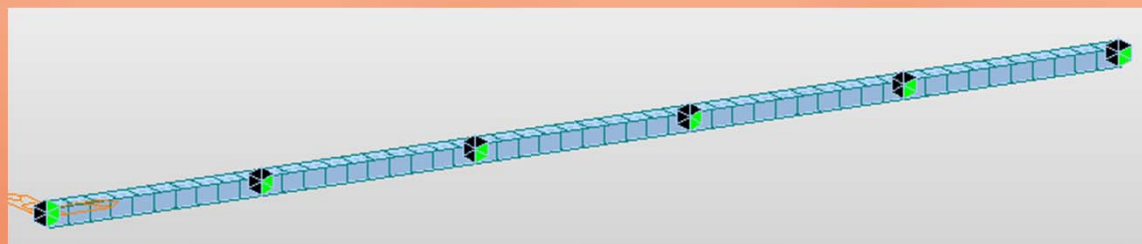
撰写：陈耀军

审核：王总

## •81、•钢箱梁顶板系统纵向构件的第二体系计算

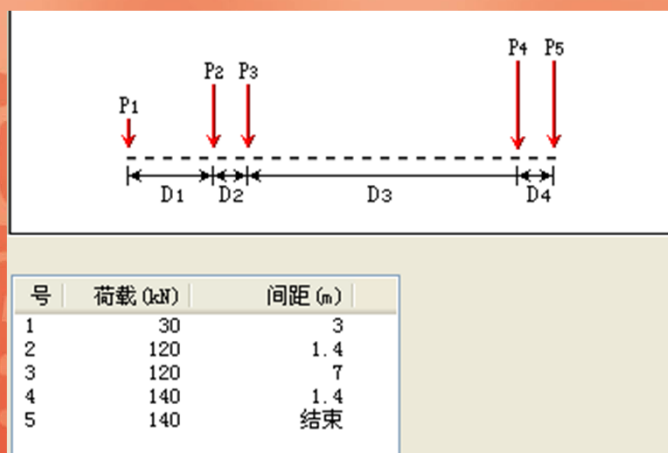
第二体系计算反应隔板支撑纵肋及桥面板，必须采用轮载效应；公路桥梁轮载接触面小，铁路桥梁由于道碴扩散轮载效应大体可以控制在80MPa，人行桥行人荷载远小于车轮重量，汽车车轮压强大体是行人压强的50倍，人行桥纵肋可以做的很轻柔。

常规建模方式计算顶板系统第二体系：计算模型



第二体系截面

第二体系 活载：采用车辆荷载，体现轮载效应



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •82、•钢箱梁压重区域底板第二体系计算

•钢箱梁压重是比较常见的措施，边支点可以根据计算压重，中支点也按计算最小支反力保证进行压重，并且可以横向单侧压重，保证桥墩偏心弯矩较小。压重长度尽量集中在支座区域附近，压重的高度与纵向长度根据计算确定；

•边支点在无压重时结构弯矩较小，压重一般不控制应力水平；中支点趋近区域，本身结构负弯矩较大，同时顶底板剪力滞面积折减也大，底板还需要进行局部稳定的面积折减，中支点区域压重传力通过底板加劲肋传至隔板，再由隔板传至纵腹板最后通过支座横梁传至支座，因此底板压重区域也有底板的第二体系计算，计算模式等同于顶板系统第二体系，只不过是个固定的荷载。底板压重区域也要两个体系进行叠加。

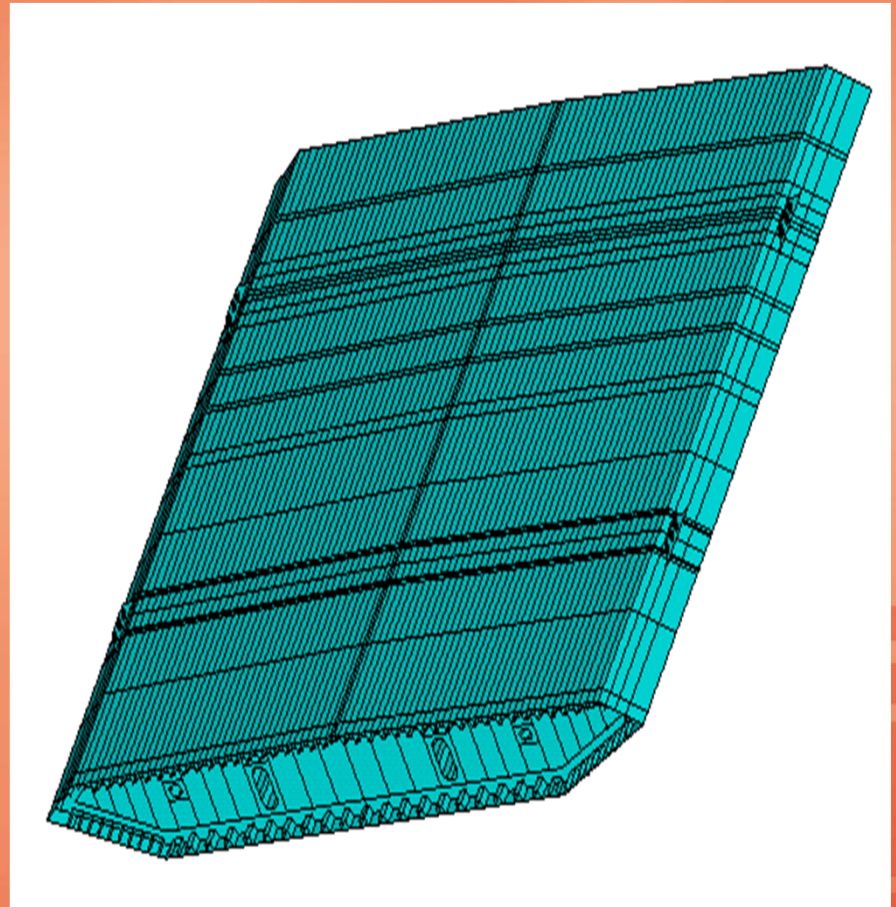
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •83、•钢箱梁为何需要两个体系叠加

•钢箱梁结构为正交各项异性板结构，结构传力按照构件的设置进行，顶板系统参与主梁体系与第二体系两个传力，然后传力是同时进行，假如按照实际构造建立全桥各个构件，顶板系统，隔板系统，再在建立的全桥模型中施加车队荷载，必须是采用轮载的车队荷载，轮载体现实际的轮压，车队荷载体现活载的车道，进行多车道比选，最后根据板模型结果一次得到各个组成系统的应力，也是一种设计方法。





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

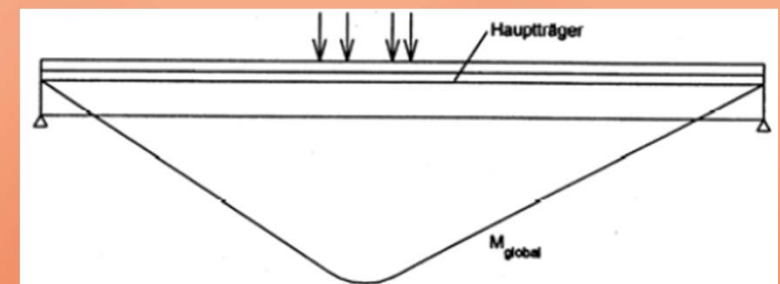
## •83、•钢箱梁为何需要两个体系叠加

两个体系主要针对顶板，当然压重区域底板也有两个体系，两个体系叠加是设计者计算采用常规杆系简化模型计算的原因造成，每个模型只计算了一个传力过程，钢箱梁中顶板及纵向加劲肋做了两个事情

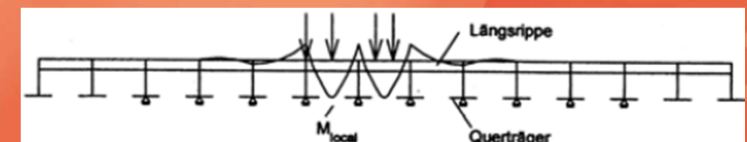
1) 第二体系：将车轮荷载纵向传递给横隔板，此效应必须考虑轮载特性。

2) 主梁体系：作为纵腹板主梁的上翼缘组成部分顶板及纵向加劲肋参与主梁体系的受弯承载，同时主梁体系需要剪力滞效应、局部温度造成的面积折减。此效应采用车队荷载的等价活载----车道荷载。常规钢箱梁计算先建立单梁模型，赋予截面特性，加载车道荷载及其他可变荷载，纵向计算中并不建立横隔板，忽略了顶板纵肋将力流引导到横隔板的这个力流流向，因此需要额外计算顶板加劲肋被隔板支撑的第二体系，最后叠加。

常规建模方式计算主梁：  
第一体系受力变形



常规建模方式计算顶板轮载：  
第二体系受力变形





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

•84、•钢箱梁第二体系包含哪些计算

•1) 主梁顶板系统第二体系

•采用车辆荷载中的轮载

•2) 压重区域底板第二体系

•采用压重荷载

•3) 挑梁第二体系

•先计算轮载纵向传递考察的挑梁的数值，都是采用后轮荷载，再将这个数值进行横向移动，按照1.8m车轮间距，两辆车之间1.3m距离横向移动。

•4) 跨间隔板第二体系

•类似于挑梁的计算。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •85、钢箱梁第二体系横向构件跨间隔板计算

•1) 进行顶底板有效宽度计算

•2) 按照隔板间距进行车轮荷载的纵向布置，按照杠杆法计算传递到该考察跨间隔板的数值。

•3) 轮载数值可以进行横向移动，并且多车道不折减，因为全桥满载可能性小，可以进行多车道折减，但是局部某个断面满载可能性大，所谓强桥面弱主梁的设计思想。

•4) 进行钢结构自重、二恒计算

•5) 纵腹板支撑跨间隔板，纵腹板位置就是边界点。

•6) 进行强度、稳定、疲劳验算。

### 3、车辆荷载：

当一排后轮直接作用于横梁上，而另一排后轮距横梁距离 $1.4\text{m}$ 时，横梁受力最不利。

后轮单个着力点集中力大小： $p_1 := 70\text{kN}$

则两排后轮处于同一列的两个着力点传至横梁的集中力大小：

$$p_2 := p_1 + \frac{2 - 1.4}{2} \cdot p_1 = 91\text{kN}$$

局部加载冲击系数取 $1.4$

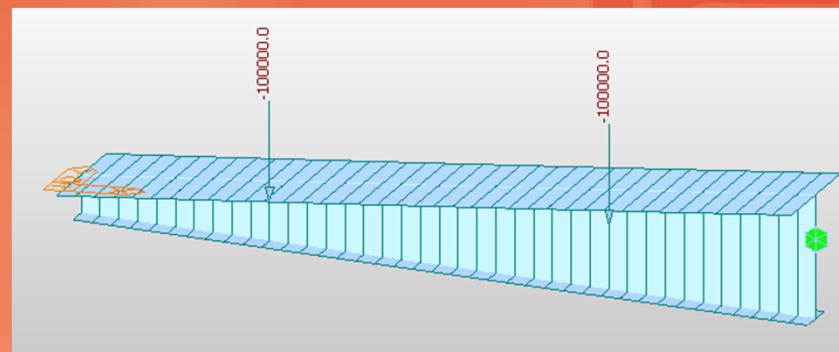
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

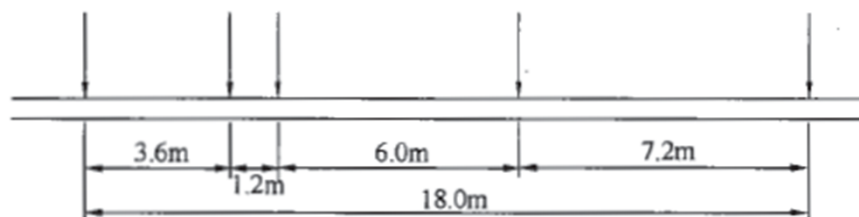
审核：王总

## •86、•钢箱梁第二体系横向构件挑梁计算

- 1) 进行顶板有效宽度计算
- 2) 按照隔板间距进行车轮荷载的纵向布置，按照杠杆法计算传递到该考察跨间隔板的数值。
- 3) 轮载数值可以进行横向移动，并且多车道不折减，因为全桥满载可能性小，可以进行多车道折减，但是局部某个断面满载可能性大，所谓强桥面弱主梁的设计思想。
- 4) 进行钢结构自重、二恒计算
- 5) 进行强度、稳定、疲劳验算。



车轴编号	1	2	3	4	5
轴重 (kN)	60	140	140	200	160
轮重 (kN)	30	70	70	100	80
总重 (kN)	700				



### 1) 车辆纵向最不利位置判断:

当城A车辆荷载2号轴处于横隔板位置、3号轴距横隔板1.2m时

单轮着力点集中力大小:  $p1 = 70\text{kN}$

则2、3号轴处于同一列的两个着力轮点传至横隔板的集中力大小:

$$p2 := p1 + \frac{b - 1.2\text{m}}{b} \cdot p1 = 84\text{kN} \quad \blacksquare < 100\text{kN}$$

故4号轴位于横隔板位置时，此车辆纵向位置布置对横隔板受力最不利

取  $p2 = 100\text{kN}$

### 2) 车辆横向最不利位置判断:

通过midas车道影响线加载自动判断

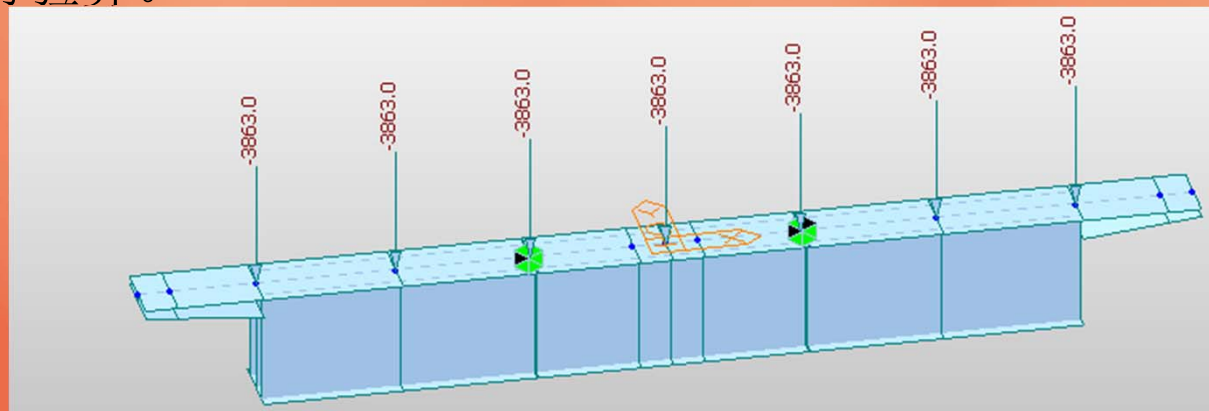
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •87、•钢箱梁支座横梁计算

- 1) 进行顶底板有效宽度计算
- 2) 根据主梁体系计算支反力计算结果，施加各项荷载。
- 3) 计算单车道荷载，采用Midas横向加载功能，横向移动并且多车道可以进行折减
- 4) 按实际支座建立边界
- 5) 进行强度、稳定、疲劳验算。

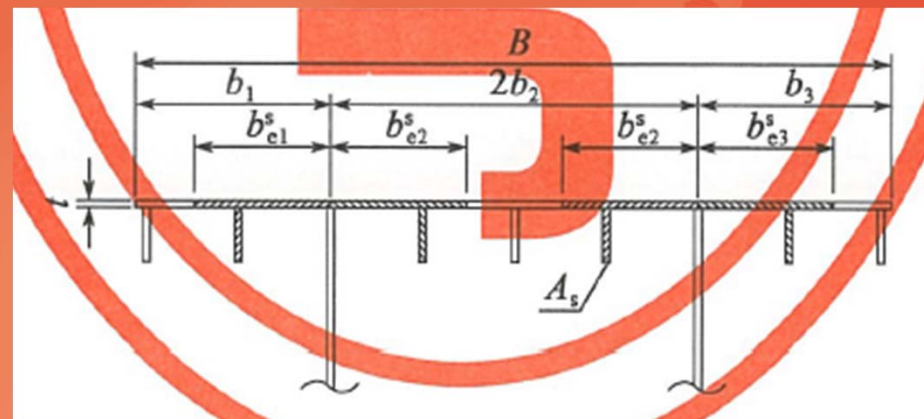




# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总



## •88、•钢箱梁怎么考虑剪力滞效应

•受弯构件正应力在顶底板不均匀，表现为剪力滞后现象，顶板区域全部参与受力，不同横向位置正应力数值有差异，常规杆系模型的结果只计算了顶底板的均匀应力，需要通过减小顶底板的受力面积体现剪力滞原因的最大应力。

跨度	等跨度钢箱梁中支点顶板剪力滞折减					
	挑梁实际宽度	挑梁折减后宽度	挑梁折减率	箱式实际宽度	箱式折减后宽度	箱式折减率
30	3	2.36	0.79	4.5	3.80	0.85
40	3	2.54	0.85	4.5	4.02	0.89
50	3	2.65	0.88	4.5	4.16	0.93
60	3	2.73	0.91	4.5	4.26	0.95
70	5	4.27	0.85	6.3	5.83	0.93
80	5	4.39	0.88	6.3	5.93	0.94
90	5	4.48	0.90	6.3	6.01	0.95
100	5	4.56	0.91	6.3	6.07	0.96

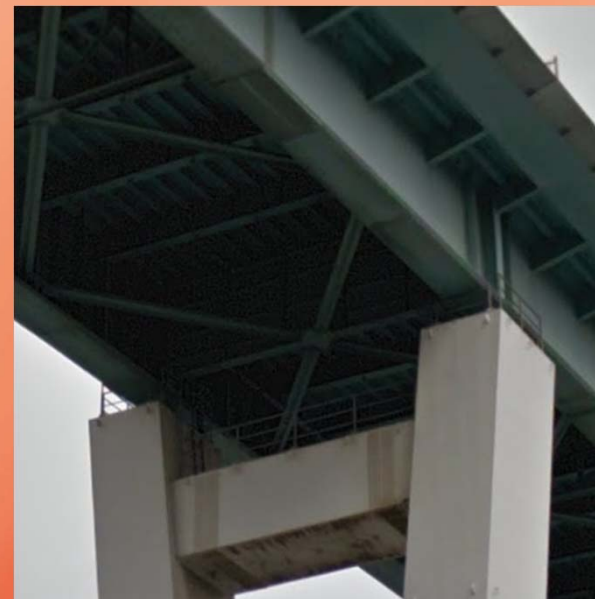
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •89、•钢箱梁怎么考虑整体稳定效应

•受弯构件，有受压一面，就有整体稳定问题，需要防止弯扭失稳，钢箱梁构件由于第二体系的原因，隔板布置很密，侧扭失稳轻松满足，市政钢箱梁完整的顶底板、间隔很密的隔板，相当于非常强劲的水平纵联布置，轻松满足弯扭失稳。正交各向异性钢板梁下缘需要设置平联杆件，保证底板平面的稳定。



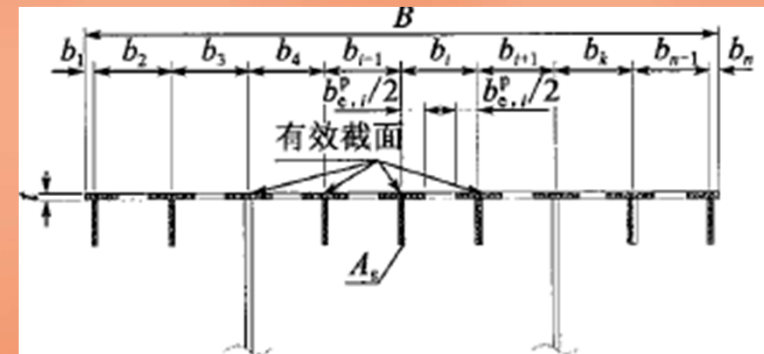
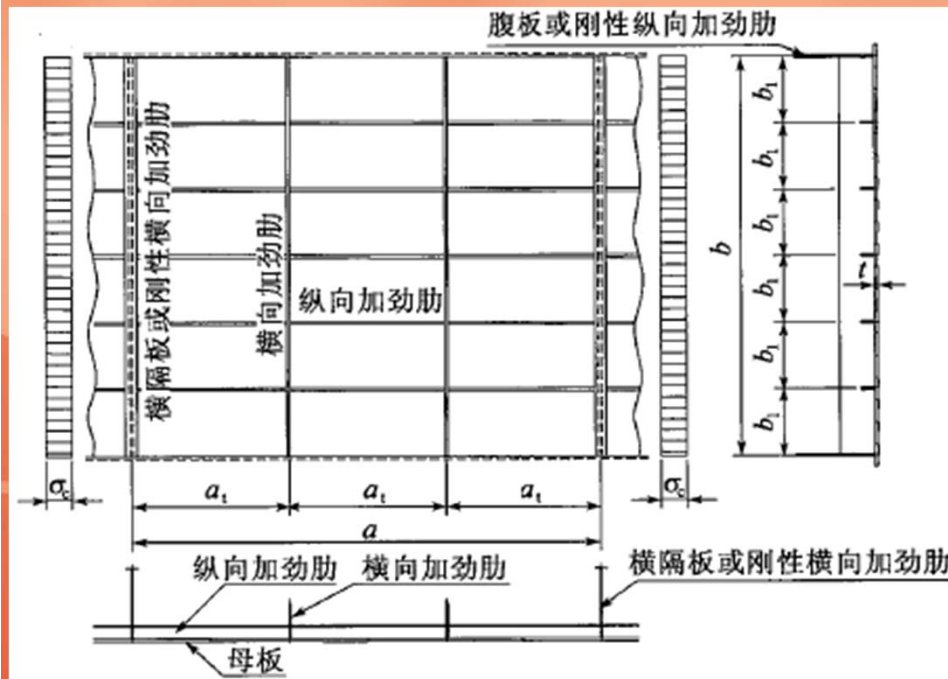
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

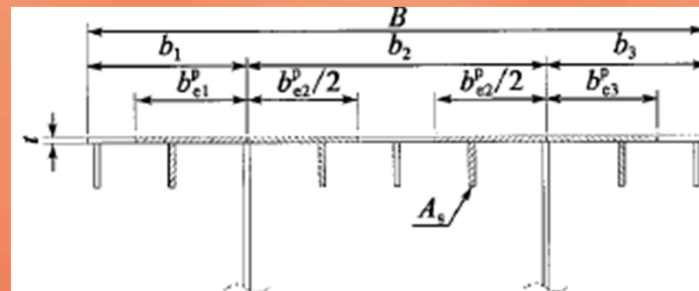
审核：王总

## •90、•钢箱梁如何考虑局部稳定效应

钢箱梁正弯矩受压顶板系统、负弯矩受压底板系统，需要考虑局部稳定效应造成的面积折减；不同的纵向加劲肋类型、纵向加劲肋间距、横隔板横肋类型、横隔板横肋间距、被加劲母板厚度、纵腹板的间距控制着受压加劲肋的折减率，先要进行加劲肋的刚柔性计算，再根据计算结果进行面积折减。



a) 刚性加劲肋加劲板的板元分割和有效截面



b) 柔性加劲肋加劲板的板段分割和有效截面





# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •91、•钢箱梁如何考虑局部稳定效应

钢箱梁正弯矩受压顶板系统、负弯矩受压底板系统，受压的一侧进行局部稳定与剪力滞综合折减。

- 1)、单独进行剪力滞折减，折减率为 $k$ (假设80%)。
- 2)、单独进行局部稳定计算，实际宽度 $B$ ，局部稳定折减后宽度 $B_1$ ，区分刚性加劲肋与柔性加劲肋差异，钢箱加劲肋只折减母板，柔性加劲肋同时折减母板与加劲肋。
- 3)、局部稳定折减后的数值 $B_1 \times k(80\%)$ 便是同时考虑剪力滞与局部稳定的结果。
- 4) 根据折减后结果再进行应力计算，验算强度、疲劳。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •92、•钢箱梁支撑加劲肋计算

•加劲肋验算主要为

•1) 局部承压

•2) 竖向应力

•3) 加劲肋自身宽厚比与焊缝长度

$$\text{竖向加进肋宽厚比: } a := \frac{d}{t} = 15$$

$$\text{竖向容许应力: } [\sigma] := \frac{270}{1.1} = 245.455 \text{ MPa}$$

$$\text{焊缝剪应力: } \tau := \frac{R_v}{8 \cdot t \cdot h} = 30.226 \text{ MPa} \quad \text{满足}$$

$$\text{焊缝容许剪应力: } [\tau] := \frac{155}{1.1} = 140.909 \text{ MPa} \quad \text{满足}$$

$$\text{竖向加劲肋厚度: } t := 30 \text{ mm} \quad \text{竖向加劲肋宽度: } d := 450 \text{ mm}$$

$$\text{纵腹板厚度: } t_l := 20 \text{ mm} \quad \text{竖向加劲肋高度: } h := 1404 \text{ mm}$$

$$\text{竖向加劲肋个数: } n := 6 \quad \text{横梁厚度: } t_d := 30 \text{ mm}$$

$$\text{支座内横梁个数: } n_d := 1 \quad \text{下翼缘厚度: } t_x := 24 \text{ mm}$$

$$\text{支座垫板厚度: } t_b := 40 \text{ mm} \quad \text{端支座最大反力: } R_v := 10185 \text{ kN}$$

$$\text{支座垫板横向宽度: } B := 1300 \text{ mm}$$

局部承压应力:

$$\sigma_b := \frac{R_v}{n \cdot t \cdot d + 900 \text{ mm} \cdot t_l + (B + 2 \cdot t_x + 2 t_b) \cdot t_d \cdot n_d} = 71.806 \text{ MPa} \quad \text{满足}$$

$$\text{局部承压容许应力: } [\sigma_b] := \frac{355}{1.1} = 322.727 \text{ MPa}$$

$$\text{竖向加劲肋间距: } b_s := 499 \text{ mm}$$

横梁竖直方向应力有效计算宽度:

$$B_{ev} := 1300 \text{ mm} - 107 \text{ mm} - 137 \text{ mm} + 24 t_d = 1.776 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$\text{竖向应力: } \sigma := 2 \frac{R_v}{n \cdot t \cdot d + B_{ev} \cdot t_d \cdot n_d} = 151.698 \text{ MPa} \quad \text{满足}$$

$$\text{竖向加进肋宽厚比: } a := \frac{d}{t} = 15$$

$$\text{竖向容许应力: } [\sigma] := \frac{270}{1.1} = 245.455 \text{ MPa}$$

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •93、•钢箱梁纵腹板加劲肋验算

•1) 竖向加劲肋、水平加劲肋刚度满足

•竖向加劲肋要大于  $I_t \geq 3h_w t_w^3$

•水平向加劲肋只要竖向的一般

•2) 间距满足，通常不大于2m

•不大于梁高的1.5倍，同时满足

$$\left(\frac{h_w}{100t_w}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{900}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{120 + 58(h_w/a)^2}\right)^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{h_w} > 0.8\right) \quad (5.3.3-2a)$$

$$\left(\frac{h_w}{100t_w}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{900}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{90 + 77(h_w/a)^2}\right)^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{h_w} \leq 0.8\right) \quad (5.3.3-2b)$$

$$\left(\frac{h_w}{100t_w}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{3000}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{187 + 58(h_w/a)^2}\right)^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{h_w} > 0.64\right) \quad (5.3.3-3a)$$

$$\left(\frac{h_w}{100t_w}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{3000}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{140 + 77(h_w/a)^2}\right)^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{h_w} \leq 0.64\right) \quad (5.3.3-3b)$$

•3) 加劲肋自身局部稳定满足

•4) 压弯构件纵腹板水平向加劲肋按照顶底板纵向加劲肋验算，竖向按照受弯验算。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •94、•钢箱梁疲劳验算的部位

•疲劳是由于母材原始缺陷、焊接部位的焊接损伤、螺栓连接部位，在活载交替作用下，构件受拉裂纹扩展，在使用一定次数后构件破坏，因此只有受拉区域才需要验算疲劳，并且是组合作用下只要出现拉力，就是疲劳验算的部位。

•1) 主梁正弯矩下缘

•2) 主梁负弯矩上缘

•3) 横向构件受拉侧

•4) 主梁腹板受剪

•5) 横向构件受剪

•6) 螺栓连接部位



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •95、•钢箱梁疲劳验算的活载类型

### •受拉部位验算疲劳

### •1) 主梁纵向上下缘受拉部位、主梁腹板受剪、螺栓连接

1 疲劳荷载计算模型 I 采用等效的车道荷载，集中荷载为  $0.7P_k$ ，均布荷载为  $0.3q_k$ 。 $P_k$  和  $q_k$  按公路—I 级车道荷载标准取值；应考虑多车道的影响，横向车道布载系数应按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60) 的相关规定选用。

2 疲劳荷载计算模型 II 采用双车模型，两辆模型车轴距与轴重相同，其单车的轴重与轴距布置如图 5.5.2-1 所示。加载时，两模型车的中心距不得小于 40m。

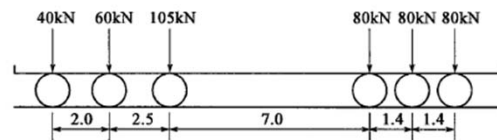


图 5.5.2-1 疲劳荷载计算模型 II (尺寸单位: m)

### •2) 横向构件受拉侧、横向构件受剪、桥面顶板

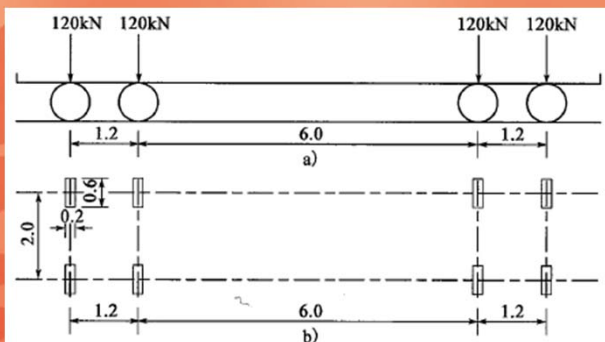


图 5.5.2-2 疲劳荷载模型 III (尺寸单位: m)

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •96、•钢箱梁疲劳验算的流程受拉部位验算疲劳

•1) 修改模型中车辆荷载类型

•2) 查看组合下受拉区域

•3) 针对受拉一侧，计算受拉侧最大最小活载应力，不同的疲劳车模型采用相应的多车道规定、疲劳车纵向布置、冲击系数

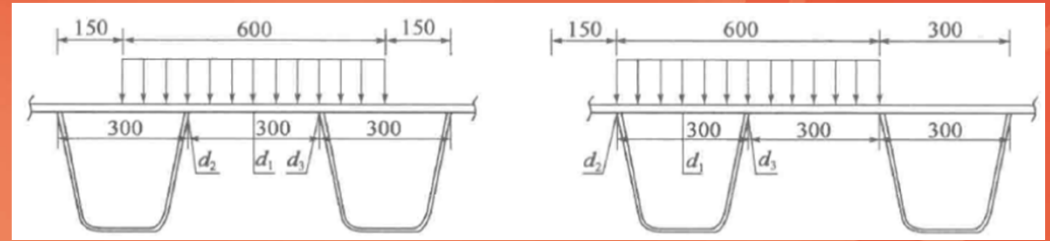
•4) 提取受拉侧的内力，按照剪力滞与有效宽度折减后的截面特性计算最大最小活载应力，得到活载应力幅值。

•5) 查找并计算验算部位相应的疲劳细节类别对应下的容许值，活载应力幅值小于疲劳容许的应力幅值，疲劳满足。

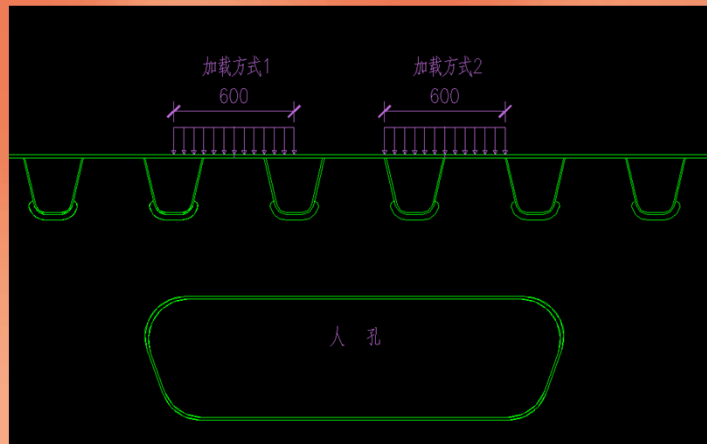
# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

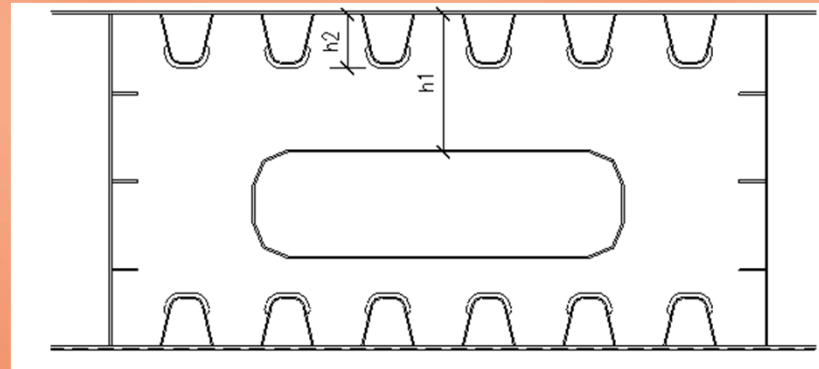
审核：王总



## •97、•钢箱梁正交各向异性板的局部刚度验算



工况	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	相对变形(mm)	d/L
加载方式1	0.9	0.72	0.72	0.18	1/1676
加载方式2	0.95	0.83	0.67	0.2	1/1478



只要顶板纵横向加劲肋间距布置的合理，挠跨比能轻易满足，加劲肋的间距还要考虑第二体系的影响，一般第二体系与疲劳满足，挠跨比问题很轻松满足

横隔板开孔上留高度（桥面横肋高度）大于纵肋穿过横隔板时开孔高度的2.5倍，即 $h_1 > 2.5h_2$ ，开口肋要大于 $h_1 > 2h_2$

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •98、•钢箱梁横隔板的刚度验算

横隔板最小刚度计算(按整个横隔板进行计算)						
为了抵抗箱梁的畸变，横隔板必须具有足够的刚度。						
设 $B_u$ 为箱梁相邻腹板间上顶板长度，则		$B_u=$	5326	mm		
设 $B_l$ 为箱梁相邻腹板间下底板长度，则		$B_l=$	3976	mm		
设 $H$ 为箱梁腹板高度（对于斜腹板为斜长），则		$H=$	2007	mm		
设 $b_1$ 为箱梁相邻腹板间上顶板悬臂长度，则		$b_1=$	1237	mm		
设 $b_2$ 为箱梁相邻腹板间下底板悬臂长度，则		$b_2=$	27	mm		
设 $I_{fu}$ 为顶板对箱梁对称轴的惯矩，则		$I_{fu}=$	6.33E+11	mm <sup>4</sup>		
设 $I_{fl}$ 为底板对箱梁对称轴的惯矩，则		$I_{fl}=$	7.63E+10	mm <sup>4</sup>		
设 $F_u$ 为上顶板截面积（包括加劲肋），则		$F_u=$	187200	mm <sup>2</sup>		
设 $F_l$ 为下底板截面积（包括加劲肋），则		$F_l=$	88649	mm <sup>2</sup>		
设 $F_h$ 为一个腹板的截面积，则		$F_h=$	28098	mm <sup>2</sup>		
参数：	$e=I_{fl} (B_u+2B_l) F_h/12B_l$	$e=$	5.97E+14	mm <sup>6</sup>		
	$f=I_{fu} (2B_u+B_l) F_h/12B_u$	$f=$	4.07E+15	mm <sup>6</sup>		
	$\alpha_1=e (B_u+B_l) H/4(e+f)$	$\alpha_1=$	597055.26	mm <sup>2</sup>		
	$\alpha_2=f (B_u+B_l) H/4(e+f)$	$\alpha_2=$	4069982.44	mm <sup>2</sup>		
设 $I_{dw}$ 为箱梁截面主扇性惯矩，则， $I_{dw}=1/3*\{\alpha_1^2F_u(1+2b_1/B_u)^2+\alpha_2^2F_l(1+2b_2/B_l)^2+2F_h(\alpha_1^2-\alpha_1\alpha_2+\alpha_2^2)\}$						
		$I_{dw}=$	8.22032E+17	mm <sup>6</sup>		
设 $L$ 为桥梁等效跨径，则		$L=$	24800	mm		
材料的弹性模量 $E=$	210000	Mpa		横隔板间距 $L_d=$	6000	mm
设 $K$ 为横隔板的最小刚度，则， $K_d=20EI_{dw}/L_d^3$		$K_d=$	15983.96	MN-m		
横隔板间距内单个横隔板的最小要求刚度, $K_a=K_d/n$		$K_a=$	7991.98	MN-m		



# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •98、•钢箱梁横隔板的刚度验算

跨间横隔板尺寸设置	横隔板板厚 (mm)	边腹板顶板中心距 (mm)	边腹板底板中心距 (mm)	相邻腹板平均顶板中心距(mm)	横隔板开口面积 (mm <sup>2</sup> )	开口率	横隔板类型判断
	14	5326	3976	5326	1141598	0.36	实腹式

### 实腹式横隔板刚度验算

设A为箱梁面积（箱梁板壁中心线围成的面积）	A=	8789936.481	mm <sup>2</sup>	
钢材的剪切模量G	G=	81000	Mpa	
设t <sub>D</sub> 为横隔板的板厚，则 $t_D \geq K_d/4GA$	$t_D \geq$	2.81	mm	
	取 $t_D =$	14	mm	
设K为横隔板的刚度，则， $K=4GA t_D$	K=	39871.2	MN-m	
K > K <sub>a</sub>			满足刚度要求	

### 实腹式横隔板应力验算

当中横隔板开口率 $p \leq 0.4$ 时，横隔板可视为实腹式，主要考虑简算剪应力。实腹式横隔板适用于尺寸较小的钢箱梁，制作简单，应用最广。

设T <sub>d</sub> 为箱梁扭矩	T <sub>d</sub> =	847	KN-m	
T <sub>u</sub> 为箱梁顶板剪应力	T <sub>u</sub> =	2.6	MPa	
T <sub>l</sub> 为箱梁底板剪应力	T <sub>l</sub> =	4.6	MPa	
T <sub>h</sub> 为箱梁腹板剪应力	T <sub>l</sub> =	3.4	MPa	
剪切容许应力	[T]=	160.0	MPa	
T <sub>u</sub> 、T <sub>l</sub> 、T <sub>h</sub> < [T]			满足应力要求	

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •99、•钢箱梁焊缝计算

钢箱梁腹板与顶底板之间的焊缝，按照受力采用全熔透没必要，可以80%左右熔透加角焊缝，以免产生过大的焊接变形及收缩变形，焊缝并不是越大越好，小于16mm可以采用双侧角焊缝，焊脚尺寸大于板厚/1.4，板厚较大最好采用坡口焊缝，直接采用角焊缝太浪费焊接材料。

顶底板与腹板焊缝计算		
钢材牌号	Q345	
腹板厚度	16	mm
腹板强度设计值	160	MPa
角焊缝设计值	160	MPa
腹板强度	2560	N/mm
采用双侧角焊缝		
双侧角焊缝，每侧角焊缝焊脚尺寸	11.4	mm
角焊缝取值	12	mm
采用坡口角焊缝		
单侧坡口，坡口深度	12	mm
单侧角焊缝取值	5.7	mm
最终采用的焊缝形式	坡口深度12mm焊脚尺寸6mm	

### 1) 顶底板与其加劲肋焊接

闭口加劲肋，内侧无法焊接，只能单边施焊，尽可能焊透不能全焊透，熔透不小于80%；

### 2) 中间横隔板与顶底板焊接。

隔板横向加劲抗扭转剪切为主，可采用双面角焊缝，支点横梁承受很大集中荷载，支点隔板与顶底板80%熔透焊。

### 3) 腹板、横隔板上稳定加劲肋与其本身焊缝

腹板、横隔板上加劲肋主要起到高厚比过大的稳定作用，使板单元具有抵抗面外变形的刚度，不参与整体受力，所以焊缝等级可以降低，采用双面贴角焊即可。

# 钢箱梁设计百问-kg

撰写：陈耀军

审核：王总

## •100、•钢箱梁螺栓连接计算

•1) 首先计算拼接板厚度保证拼接面积大于被拼面积1.1倍，区分拉、压，受拉按照净面积计算，受压按照毛面积计算

•2) 计算单颗高强螺栓的承载力

•3) 对于受拉，按照拼接板净面积，同时考虑拼接板的剪力滞折减宽度，计算拼接板的承载力，按照螺栓每颗均匀受力，拼接板承载力/单颗高强螺栓的承载力=螺栓个数。

•4) 对于受压，按照拼接板毛面积，同时考虑拼接板的剪力滞、局部稳定折减宽度，计算拼接板的承载力，按照螺栓每颗均匀受力，拼接板承载力/单颗高强螺栓的承载力=螺栓个数。

•5) 腹板为弯剪受力，分别计算端部螺栓弯矩剪力的分配的数值，通过矢量合成控制边缘角点螺栓受力来确定螺栓数量。