



桥梁病害及成因

东南大学桥梁与隧道工程研究所

叶见曙 教授



桥梁检查的主要目标是通过桥梁现场外观检查来看桥梁是否存在病害。

通过对桥梁病害发生的部位、性质、严重程度的检查，弄清病害产生的原因和发展趋势，就能进一步来分析和评估病害对桥梁质量和结构承载力的影响，从而为养护，维修和加固措施提供可靠的依据。

因此，在桥梁的现场检查中，必须要有能力识别桥梁病害和严重程度，并由此来初步判断病害产生的可能原因，这就对桥梁养护工程师提出了更高的能力要求。

1 混凝土空心板梁桥



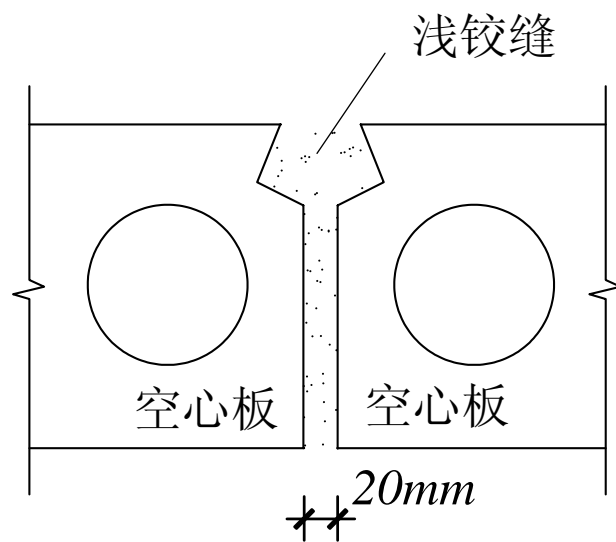
1) 预制板间企口缝混凝土剥落

预制装配式钢筋混凝土和预应力混凝土空心板板缝混凝土脱落。

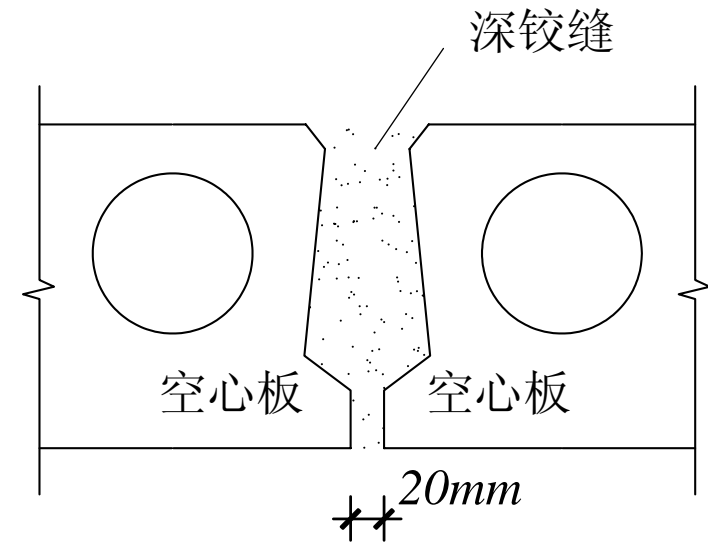


板缝混凝土脱落

a)



b)



空心板企口缝形式示意图



装配式混凝土梁（板）桥面铺装纵向裂缝

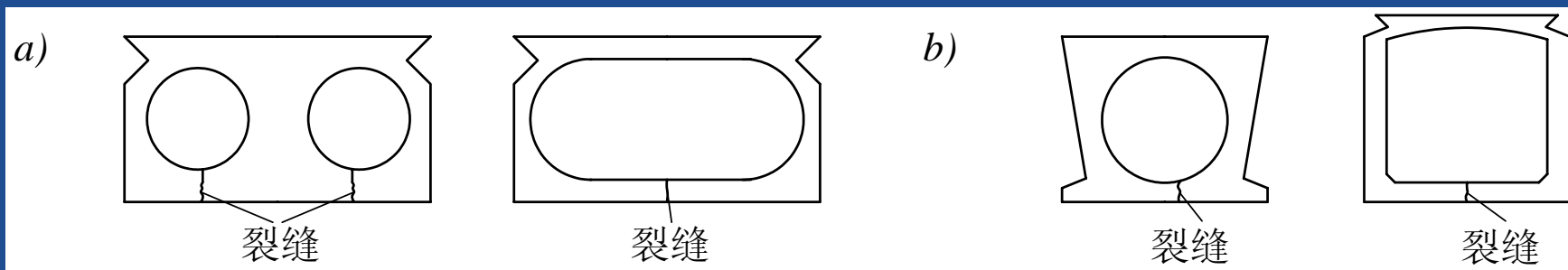
企口缝是空心板横向传力的重要构造。企口缝混凝土的脱落表面实际强度不够、质量差，因而造成空心板横向连接薄弱，很容易造成空心板的单板受力过大，破坏空心板梁桥上部结构横向整体受力性能，同时，使桥面铺装层产生沿企口缝（纵桥向）的裂缝，甚至破坏。而桥面水易由桥面铺装上的裂缝进入企口缝混凝土，进一步损坏企口缝内混凝土，往往可以在空心板底面观察到企口缝混凝土渗出的游离石灰。



2) 先张法预应力混凝土空心板底面纵向裂缝

在空心板的底面，一般是空心板截面的两腹板之间底面出现1~2条沿板跨径方向的纵向裂缝，比较长。裂缝呈断续或连续状。裂缝处往往伴随有渗水痕迹或白化现象。





空心板底面纵向裂缝



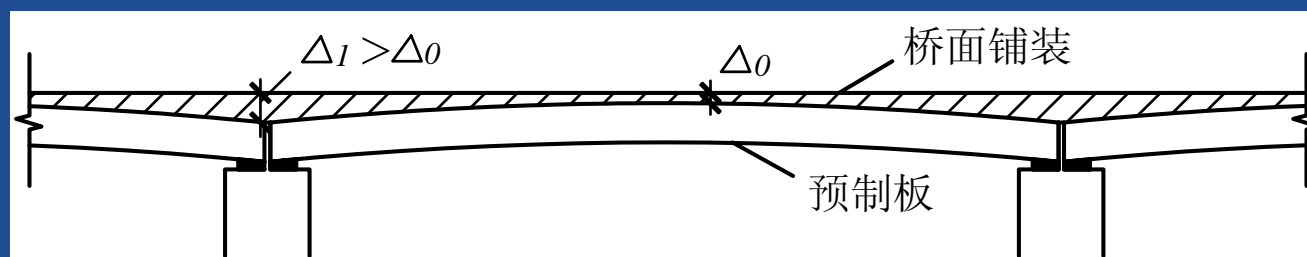
先张法预应力混凝土空心板底面纵向裂缝一般是底板的贯穿性裂缝，使空心板由原来的完整闭口截面变成了相应开口截面。对抗弯承载力有一定的影响，对截面抗扭性能亦有较大影响。同时空心板挖空部分的积聚水作用会造成钢筋锈蚀，因而影响空心板的混凝土耐久性。



3) 预应力混凝土板上拱值过大

这种现象以先张法预应力混凝土空心板出现较多。表现为在营运多年后，板跨中部位上拱值（又称反拱）仍较大，甚至出现在跨间桥面是上凸，而在支座附近桥面相对下凹。

先张法预应力混凝土空心板上拱度过大，为保持设计的桥面标高，则空心板的跨中部位桥面铺装及现浇混凝土层可能较薄，而在支座区段的板部位则可能很厚，这样，实际二期恒载作用与设计计算考虑不一致，同时，板跨中部位的桥面铺装由于达不到设计厚度易产生铺装病害。另外，在使用阶段，预应力混凝土上拱度仍过大造成桥面为波浪形则引起行车的不舒适感，降低行车速度，影响了桥梁适用性功能。



预应力混凝土板上拱值过大造成桥面铺装厚度不匀

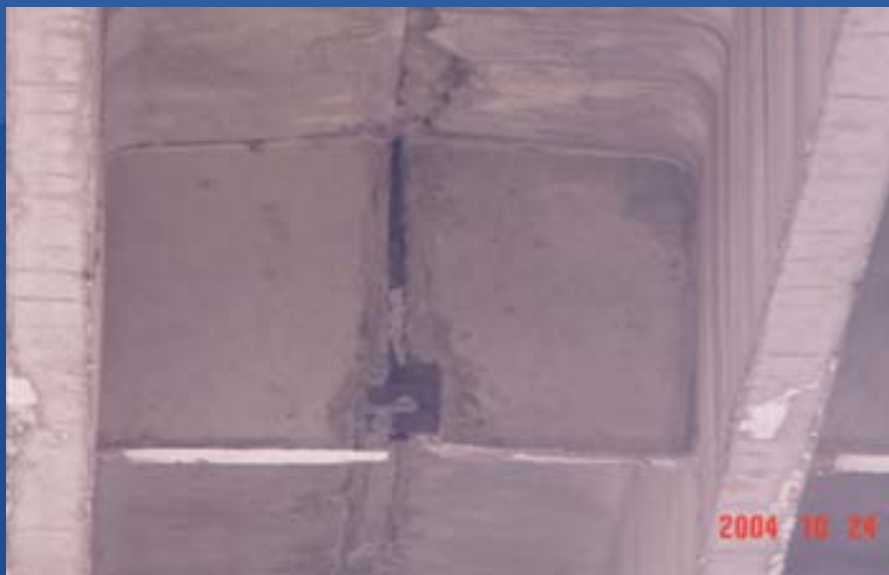
2 混凝土T梁桥



1) 预制T梁横隔梁连接错位或开裂

预制T形梁之间的横隔梁平面位置相差较大，或横隔梁底不在一水平面上。





对于多梁式的梁桥，其上部结构是由多根主梁及端横梁、中横梁组成一个整体结构承受车辆荷载作用。横隔梁连接的错位无法正确后焊连接钢板，成为横隔梁受力的薄弱截面，会导致上部结构整体受力的削弱，甚至是主梁的单梁受力过大。



2) 梁端部混凝土劣化

亦称混凝土恶化。指在混凝土表面或者整体上出现混凝土材料组成的化学性质、物理力学性能变差的现象。





在混凝土桥梁上，混凝土劣化往往是局部的，但是，除了由于劣化使混凝土本身性能变坏外，还丧失了保护钢筋的作用，因而对桥梁耐久性有严重影响。对桥梁靠边侧的构件（例如多梁式梁板桥的边梁板、箱梁的外侧腹板等）表面混凝土耐久性影响也很大。

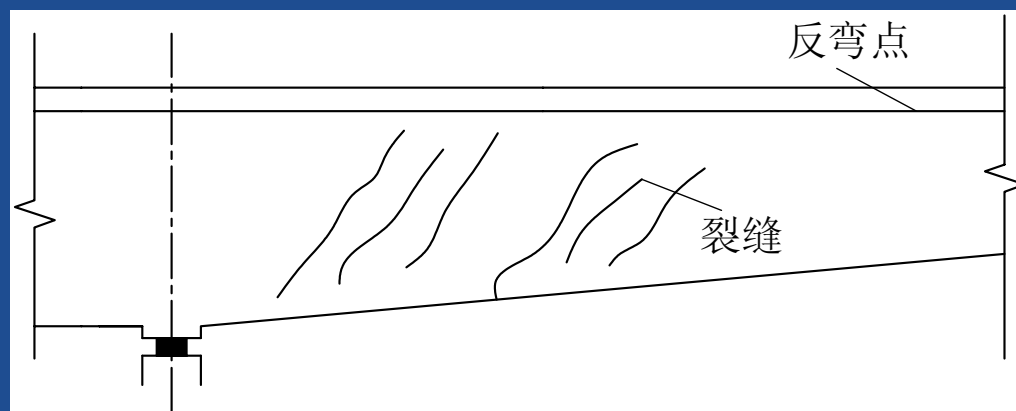


3 混凝土连续箱梁桥（裂缝）

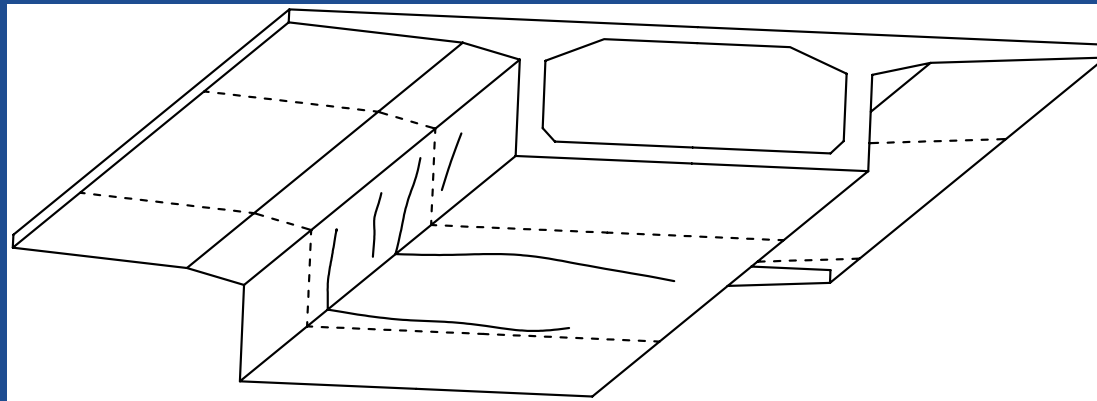


1) 箱梁腹板斜裂缝

一类斜裂缝往往出现在边跨梁端附近区段、中跨梁在墩支座中心线与反弯点之间的区域斜裂缝往往由箱梁下边缘向上斜向延伸，倾角约在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 角范围内。在中跨梁体上，腹板斜裂缝在跨间两边往往对称发生。



另一类腹板斜裂缝的现象是斜裂缝与底板的横向裂缝相连，一般多发生在节段悬臂施工的预应力混凝土箱梁的腹板上。



根据桥梁设计理论，预应力混凝土连续梁桥箱梁腹板不允许出现斜裂缝。腹板出现混凝土斜裂缝后，通过斜裂缝的预应力钢束和箍筋承受变幅的作用应力，可能使钢筋与混凝土之间的粘结进一步损坏而造成钢束（筋）的疲劳破坏。在极限情况下，钢筋可能屈服，并可能导致通常肉眼看不到而用仪器可以观测到的梁底错位。

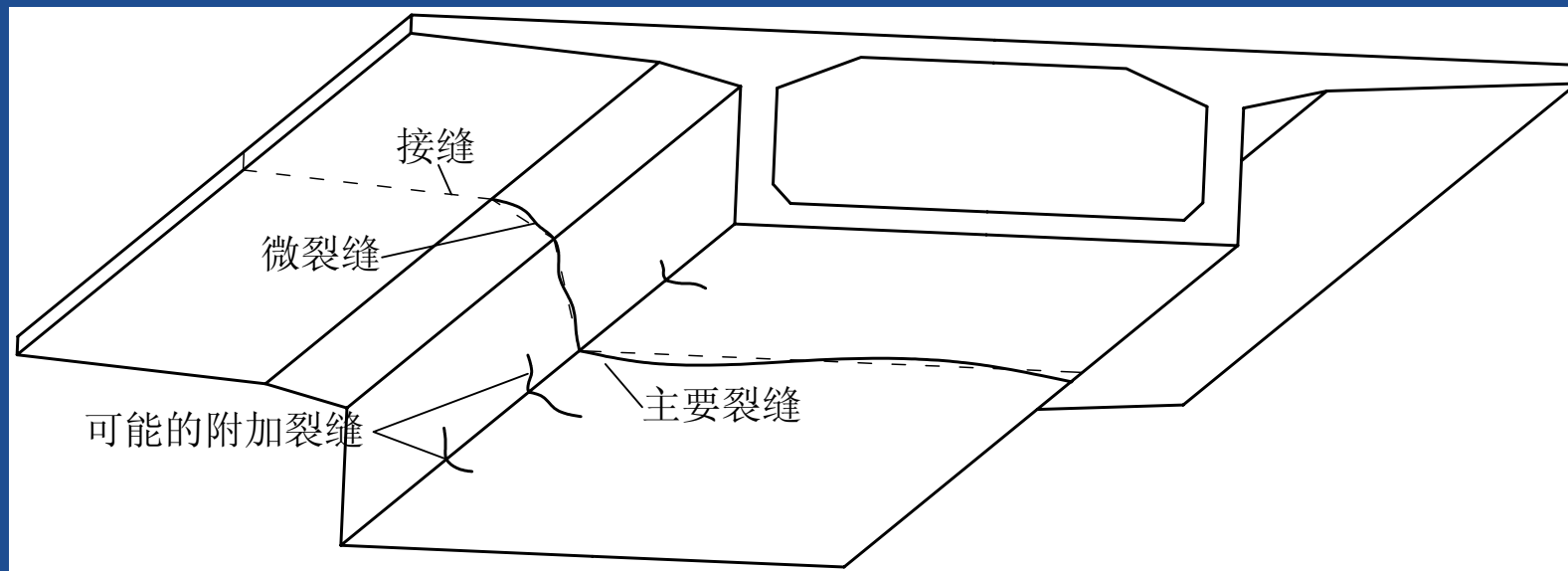


2) 箱梁腹板弯曲裂缝

在钢筋混凝土连续箱梁的跨中区段和墩顶部位区段分别出现由箱梁底边缘向上延伸和由箱梁顶边缘向下延伸的竖向弯曲裂缝，其中较常见的是在跨中区段由梁底边缘向上延伸的弯曲竖向裂缝。

对节段施工的预应力混凝土箱梁，一般易在箱梁节段的接缝内或接缝附近出现弯曲竖向裂缝。

箱梁腹板弯曲裂缝往往还伴随箱梁底板（或顶板）的混凝土横向裂缝。



箱梁腹板弯曲裂缝

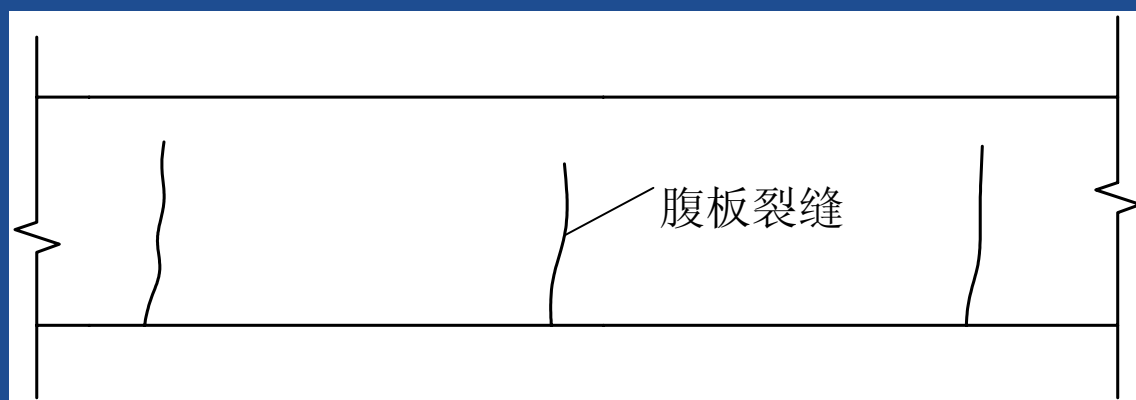
钢筋混凝土连续箱梁腹板弯曲裂缝最大宽度在限制值之内是正常的受力裂缝。

预应力混凝土A类构件和全预应力混凝土构件设计的预应力混凝土连续箱梁，不允许出现腹板弯曲裂缝。出现腹板弯曲竖向裂缝后，将引起箱梁的内力重分布。

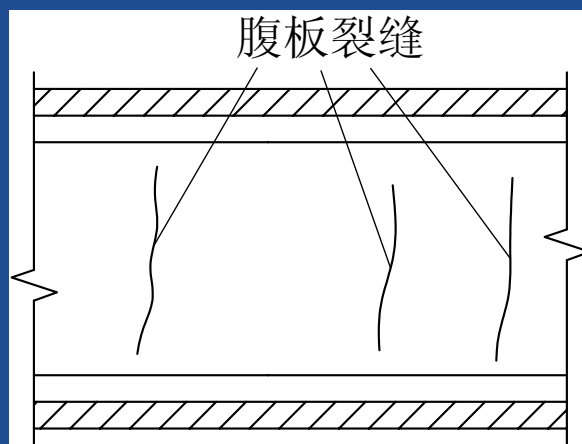
3) 箱梁腹板竖向裂缝

在支架上现浇混凝土施工的钢筋混凝土和预应力混凝土连续箱梁的腹板上出现的垂直于梁轴线方向的竖向裂缝。竖向裂缝沿箱梁跨径方向分布，在箱梁跨中部位往往间距较小，而在其他部位间距较大。

一类箱梁腹板竖向裂缝是与箱梁底板横向裂缝相连，即腹板竖向裂缝下端达到箱梁截面下边缘。



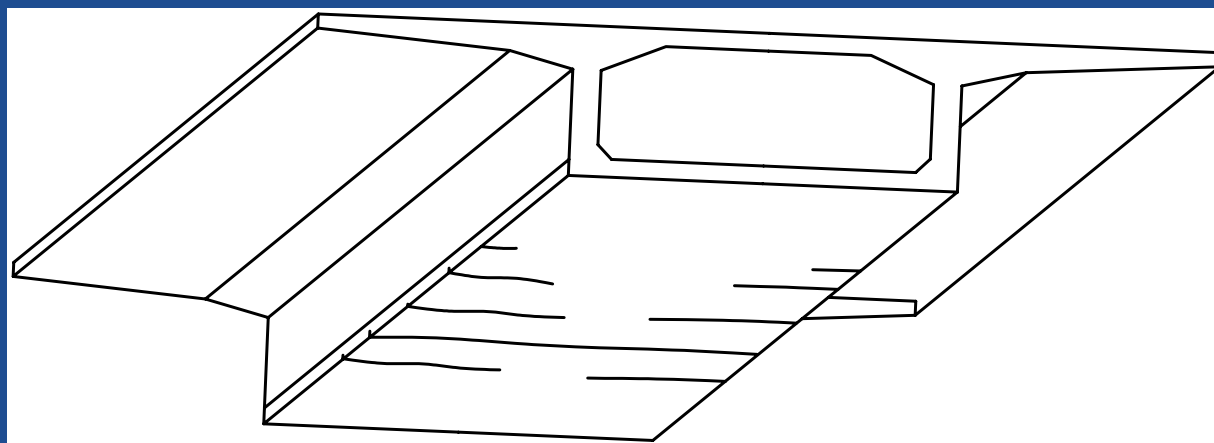
另一类箱梁腹板竖向裂缝是在顶板下梗腋（箱外）和底板之间腹板的半高处，而裂缝呈中间宽度较大两端头细小的枣核形裂缝。



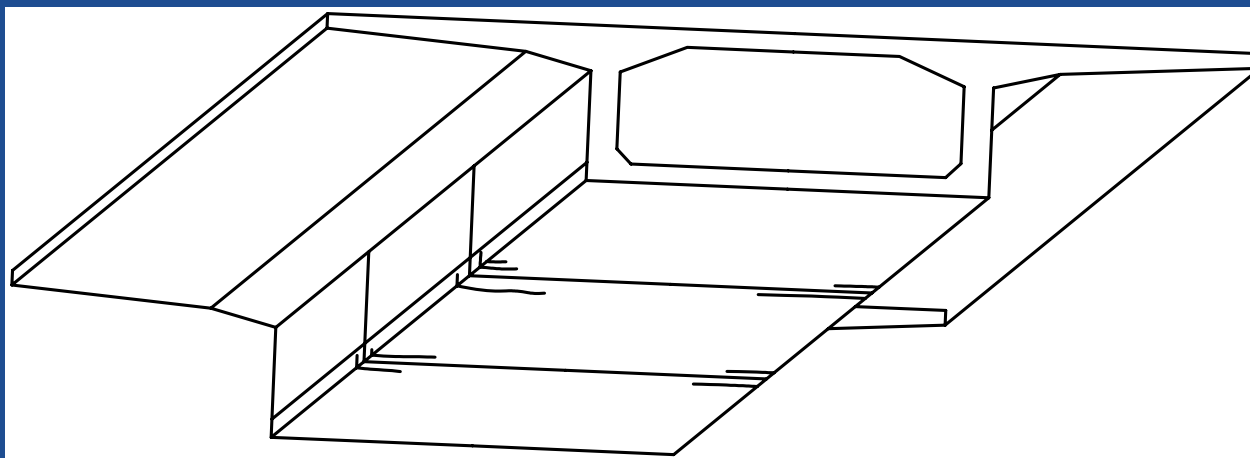
箱梁腹板竖向裂缝是在箱梁施工中由于措施不当引起的，其裂缝宽度会随一年四季的大气温度变化而变化，裂缝宽度一般较大。这种裂缝对箱梁的结构使用性能影响不大，但可能会影响箱梁的耐久性。

4) 箱梁底板横向裂缝

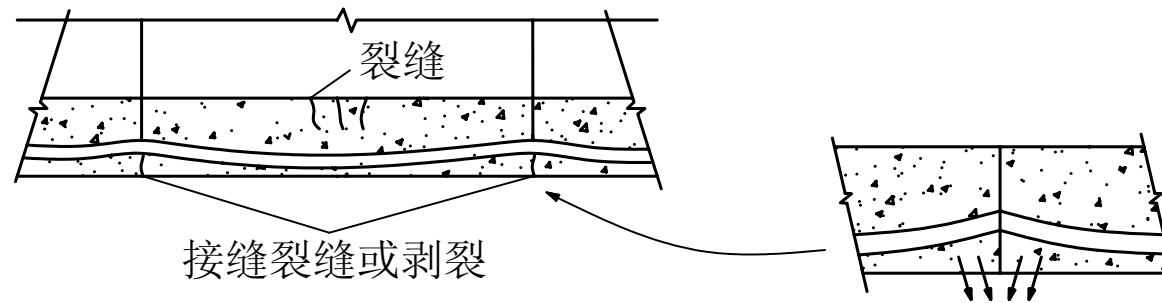
第一类，底板的横向裂缝主要发生在钢筋混凝土连续梁的跨中区段，常常伴随出现腹板上的竖向弯曲裂缝；



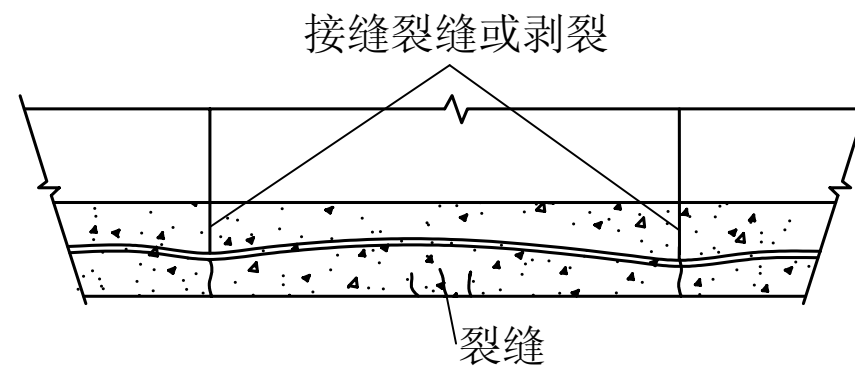
第二类，底板的横向裂缝主要出现在节段施工的预应力混凝土连续箱梁的相邻节段之间的接缝附近；



a)

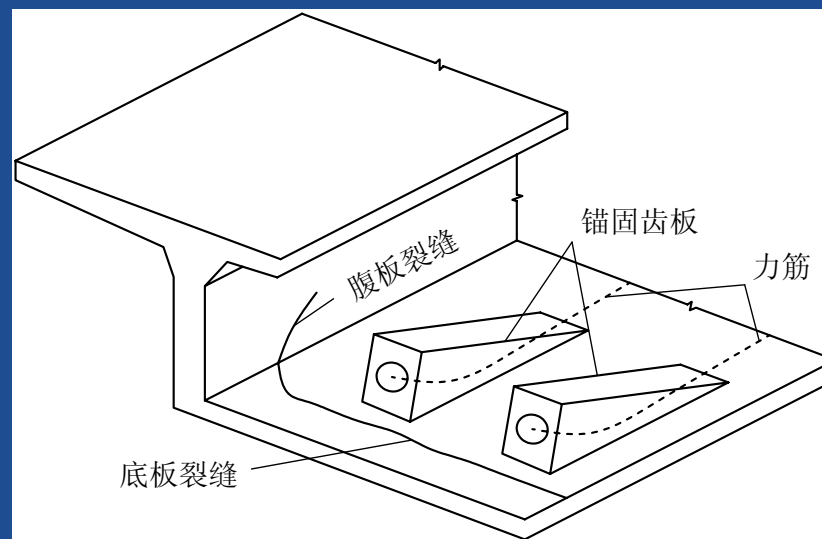


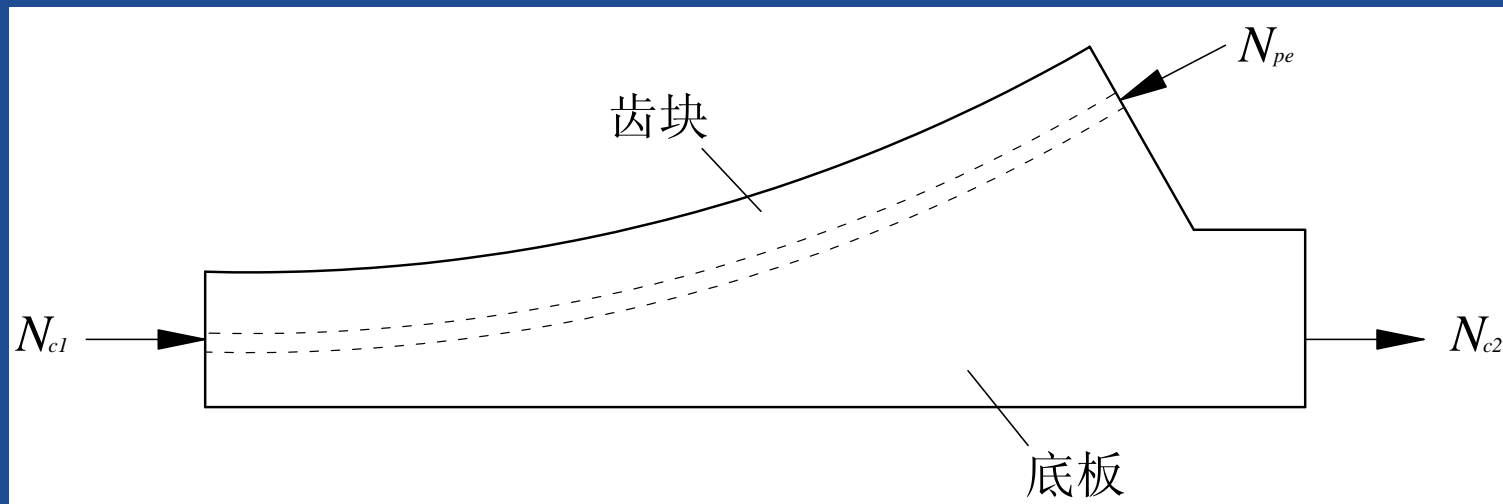
b)



预应力筋管道不直的影响

第三类底板的横向裂缝出现在后张法预应力混凝土连续箱梁底板齿块后方区域，往往伴随出现腹板的斜裂缝。





混凝土齿块和箱梁底板混凝土隔离体受力示意图

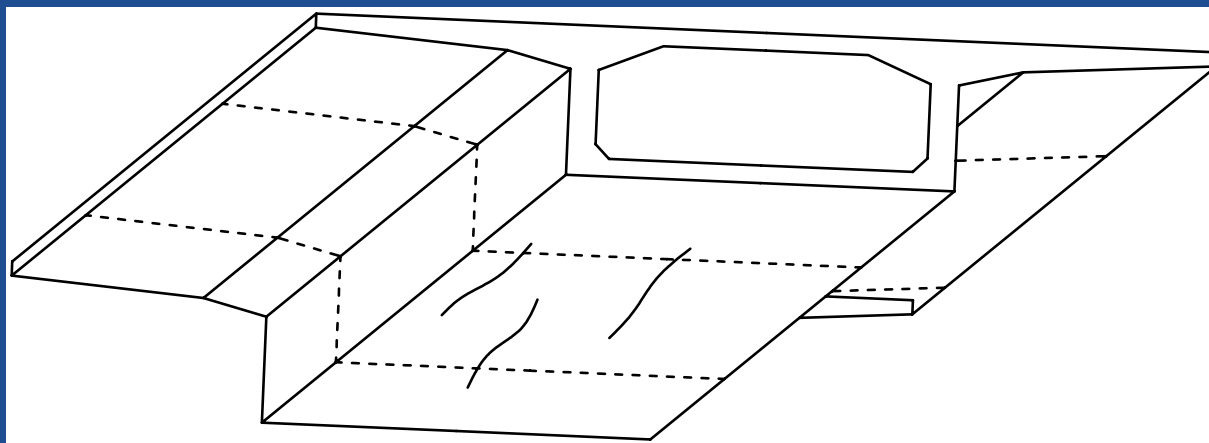
现浇钢筋混凝土连续箱梁底板横向裂缝的出现属于正常受力裂缝，但若箱梁内有积水且沿裂缝渗出，则对箱梁的耐久性有较大影响。

第二类预应力混凝土箱梁节段接缝附近的底板裂缝，是由于波纹管走形引起的，对箱梁结构受力影响不大。

预应力混凝土箱梁齿块后的底板横向裂缝属于预加力作用产生的受力裂缝，初期发展很快，且裂缝宽度较大，对结构受力有一定影响。

5) 箱梁底板纵向裂缝

在混凝土箱梁的底板下表面出现沿梁长方向的纵向裂缝，长短不一。一般多出现在混凝土箱梁的正弯矩作用区段（合拢区段较常见），也会出现在箱梁底板齿块附近。





合拢段箱梁的底板纵向裂缝



合拢段箱梁的底板纵向裂缝

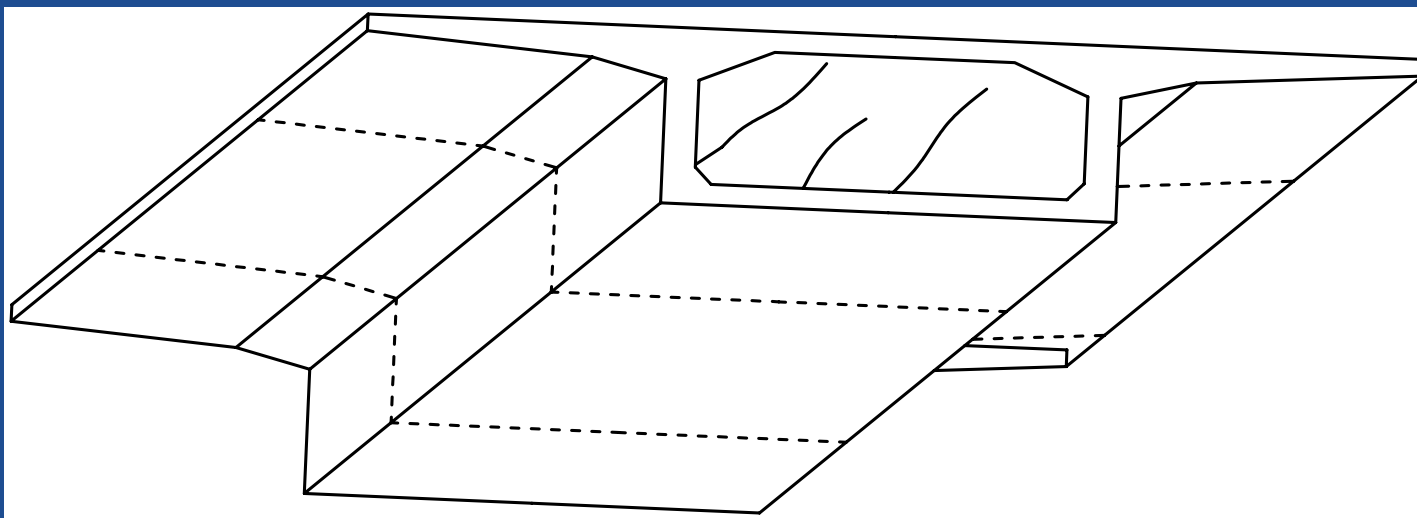
预应力混凝土箱梁出现底板上的纵向裂缝对箱梁受力特性有一定的影响，主要是混凝土箱梁在横向的抗弯刚度与抗扭刚度下降。

箱梁合拢段的底板表面纵向裂缝出现，其后果是底板混凝土分层、剥离崩坏，对桥梁结构安全性造成威胁。

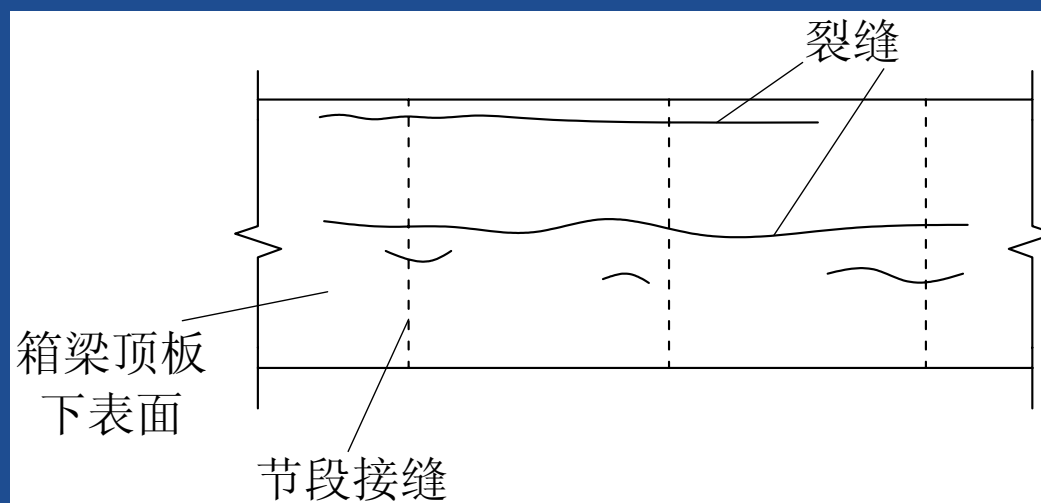


6) 箱梁顶板纵向裂缝

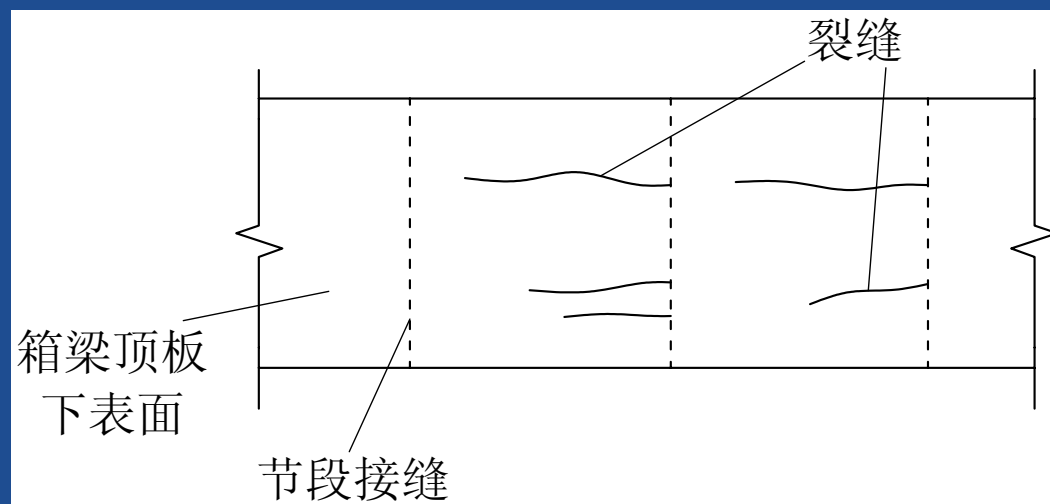
混凝土箱梁顶板下表面沿箱梁跨径方向的纵向裂缝。



一种是纵向裂缝延伸较长，往往在箱梁的跨中区段和接近支座部位箱梁区段。



另一种是在节段悬臂浇筑混凝土箱梁的节段分界线之间，纵向裂缝起始于节段接缝处，平行有1~3条，但纵向裂缝延伸不超过另一节段接缝。



箱梁顶板混凝土纵向裂缝，确为箱梁横向受力产生的裂缝，则对箱梁的结构使用有较大影响。

箱梁顶板混凝土纵向裂缝，若纵向裂缝贯穿顶板厚度（可由纵向裂缝处是否有渗水痕迹判断），则对混凝土箱梁耐久性有影响。

4 双曲拱桥



1) 拱上建筑侧墙外鼓

拱上建筑侧墙向外鼓胀变形，当拱上建筑采用圬工结构时，往往出现块材间砌筑砂浆裂缝。

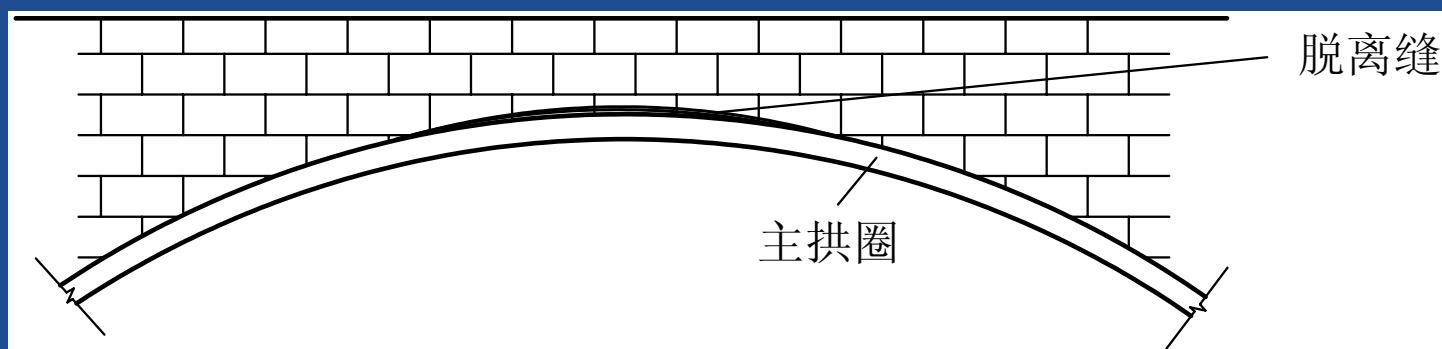


拱上建筑块材间裂缝示意图

直接造成侧墙本身的破坏并可能牵连桥面系的破坏，降低行车安全性。

2) 拱上建筑侧墙与主拱圈脱离

拱上建筑侧墙与主拱圈连接部位脱离，形成在拱圈的跨中区段拱背与拱上建筑之间较大宽度裂缝。多出现在拱上建筑采用砖和石砌体，而拱肋为混凝土结构的情况下。



拱上侧墙与主拱圈脱离

拱桥上部结构整体性破坏，同时墩台较大水平位移和不均匀沉降造成主拱圈受力不利。

3) 拱肋间拉杆脱离

钢筋混凝土拉杆混凝土脱落，部分或全部露出内部拉杆钢筋。



会进一步导致拱波和拱板开裂，同时降低主拱圈的整体性。

4) 拱圈拱脚水平位移

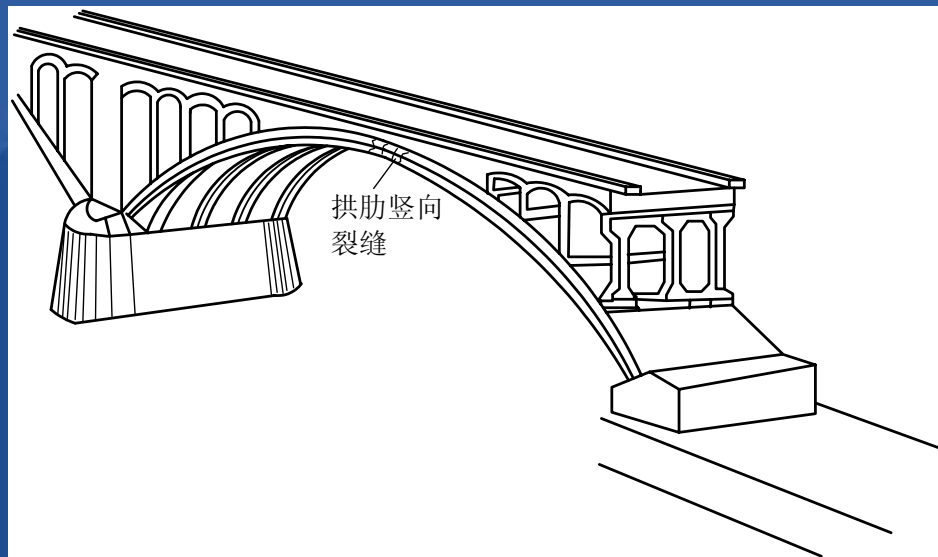
主拱圈拱脚发生水平位移。

由于主拱圈拱脚位移较大，主要是桥台向岸方向的较大水平位移必将出现主拱圈下沉、拱肋混凝土开裂、拱肋与拱波分离、侧墙与拱肋分离、拱上建筑的空腹小拱开裂或立柱严重裂缝等损坏现象，并且严重影响主拱圈的结构安全性。

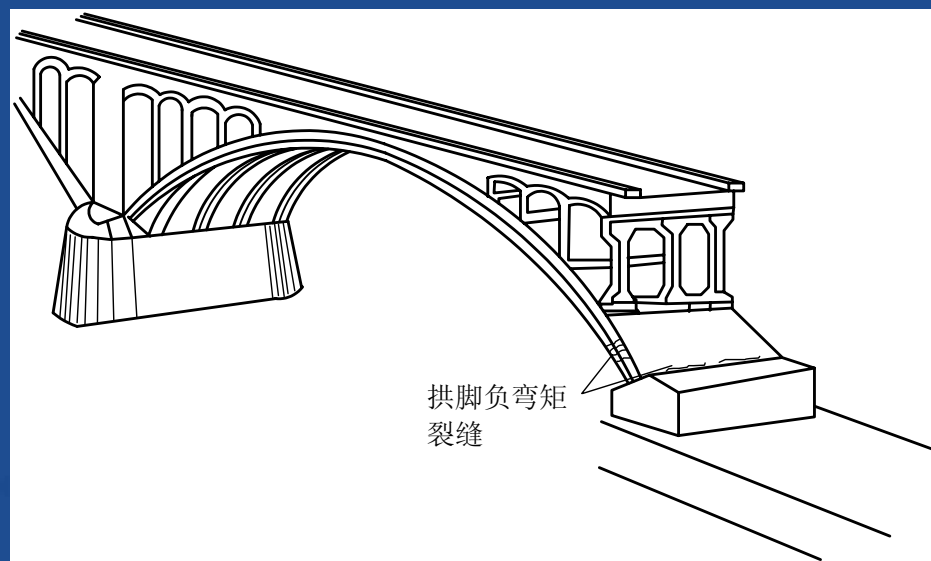
5) 拱肋的径向裂缝

主拱圈混凝土拱肋在跨中区段出现的垂直于拱轴线方向的裂缝，一般是由拱肋截面下边缘向上延伸发展。

拱肋在拱脚区段的混凝土径向裂缝（拱背不设锚入台座钢筋的双曲拱，拱背径向缝往往出现在拱脚截面，即与台座的接触面上），又称为拱背径向缝。



拱肋跨中竖向裂缝

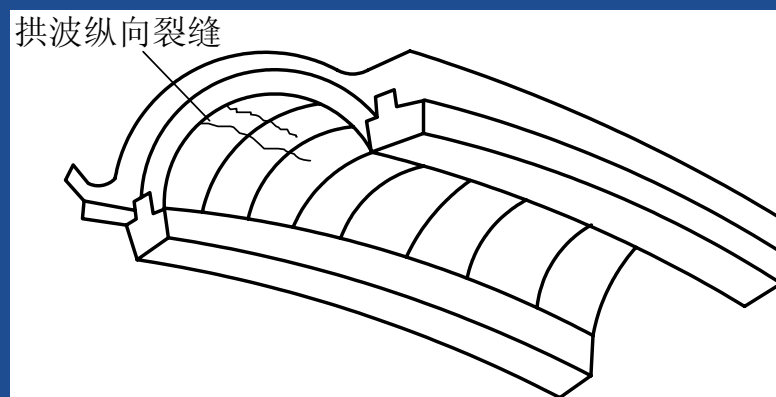


拱肋拱脚区段竖向裂缝

当仅存在拱肋跨中区段的径向裂缝且裂缝最大宽度在0.2mm以下时，对结构受力的安全性影响不大；但若同时存在拱波和拱肋间的裂缝（又称环向缝）或拱脚明显的水平位移，则会对主拱圈的结构受力危害很大。

6) 拱波沿桥跨径方向的裂缝

是出现在拱波顶部沿桥跨径方向的裂缝，又称“波顶纵缝”。较多地出现在主拱圈顶部（跨中截面）附近并延伸，有时也会出现在主拱圈拱脚截面附近。

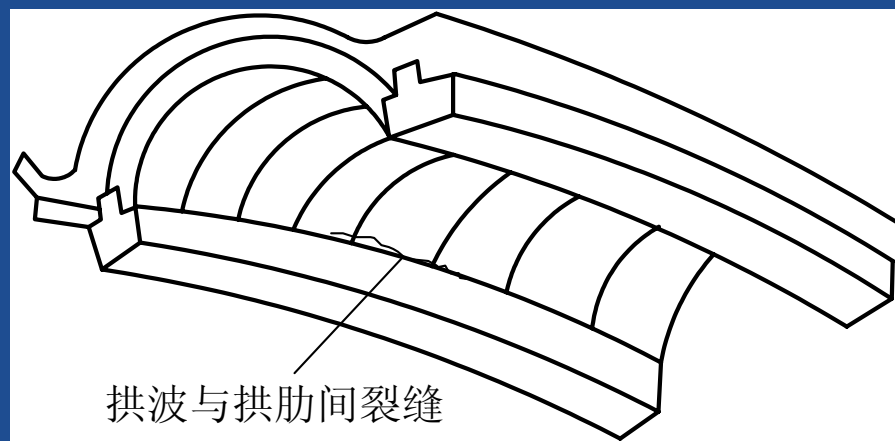


拱波纵向裂缝

这类裂缝使得由多肋组成的主拱圈整体性下降。同时，在主拱圈的跨中区段，拱波和拱板上面直接是实腹段填料，渗水可以直接由拱波沿跨径方向裂缝渗出，故影响结构的混凝土耐久性。

7) 拱波与拱肋间的裂缝

拱波与拱肋间出现平行于拱轴线的裂缝，又称环向缝。



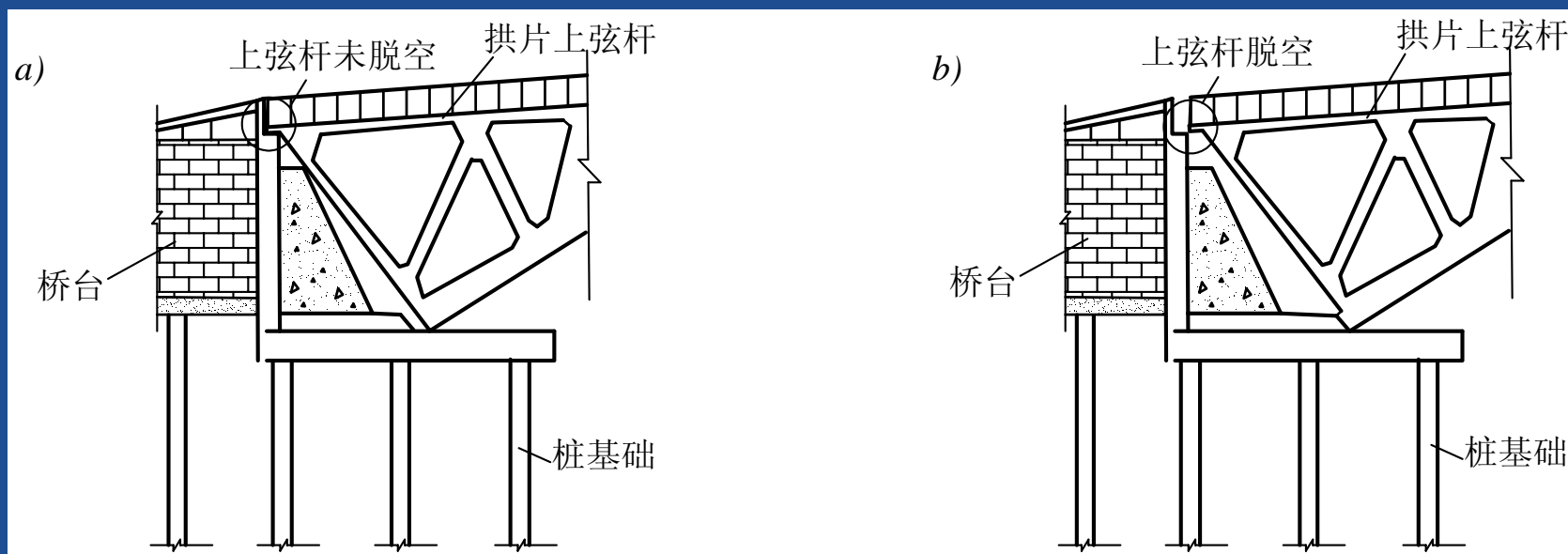
拱波与拱肋间裂缝

环向缝是十分有害的裂缝，会削弱主拱圈的整体性。

5 桁架拱与刚架拱桥

1) 拱片上弦杆脱空

在单孔钢筋混凝土桁架拱和刚架拱桥上，拱片上弦杆末端区段应搁置在桥台的台面上，但已建成的桥梁中出现拱片上弦杆末端区段与桥台台面脱离，形成脱空状态。



桁架拱桥上弦杆悬空情况示意图

拱片上弦杆与桥台分离会造成桥头跳车现象。桁架拱桥和刚架拱桥桥面板大都是采用少筋微弯板结构，桥头跳车的过大动力作用常会造成桥面下少筋微弯板裂断。下雨时，桥面水也会沿桥台和拱片上弦杆末端的间隙直接流下，常常引起桥台混凝土劣化甚至导致桥台混凝土中的钢筋锈蚀。

2) 剪力撑等横向联系构件与拱片的连接部位脱离

横向联系（如横隔板、横系梁、剪刀撑等）与拱片的连接部位脱离。

造成上部结构工作的整体性降低。当剪力撑等横向联系构件与拱片的连接部位脱离较多时，无法有效约束拱片的横向变位，则造成拱片上的微弯板或肋腋板开裂，甚至破坏掉落，会造成桥上行车事故。

3) 刚架拱桥拱脚水平位移和拱顶下沉

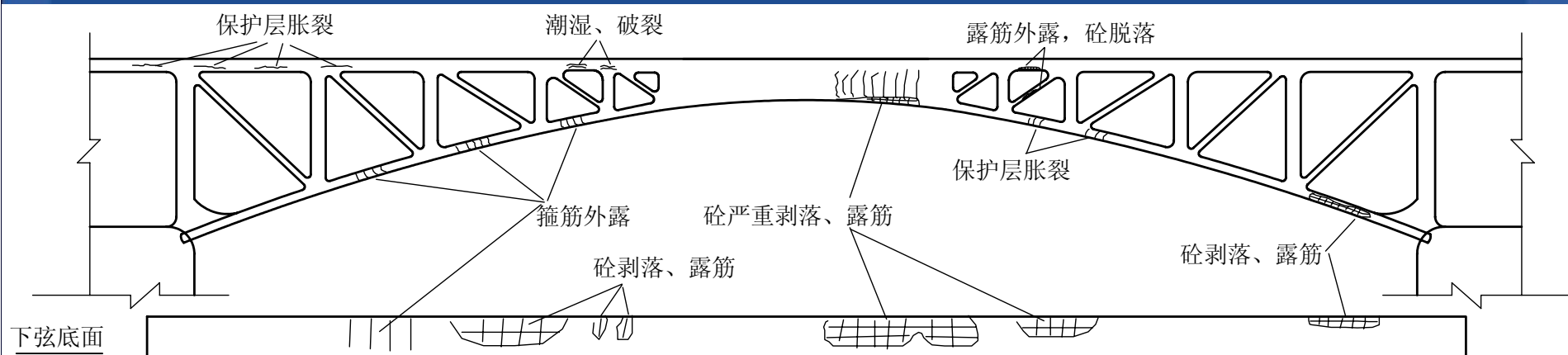
拱桥是具有推力的结构，拱桥中墩台因主拱推力过大发生拱脚水平位移是拱桥中常见的现象，很多拱桥的调查资料中出现拱脚水平位移的又会伴随有拱顶下沉现象。

拱脚水平位移过大是引起拱片拱桥的缺陷与病害的主要原因之一，对结构受力、耐久性和行车舒适性影响很大。



4) 沿钢筋方向的混凝土裂缝

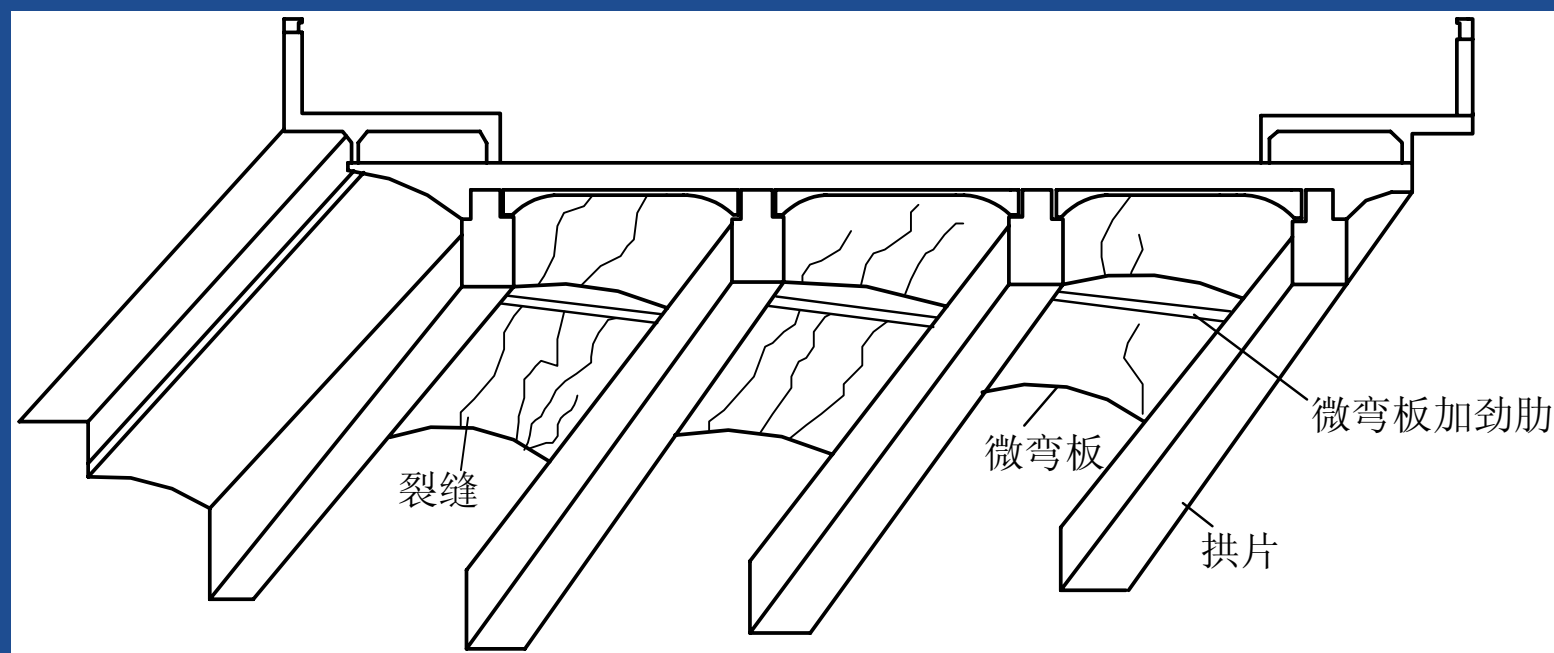
钢筋混凝土桁架拱和刚架拱片的杆件表面出现沿钢筋向的混凝土裂缝，严重者会有混凝土剥落。构件沿箍筋方向的裂缝往往形成环向，而沿纵向钢筋的裂缝延伸较长，在节点上的裂缝也沿钢筋纵横交错。这类裂缝中现在边拱片情况较多。



某桁架拱钢筋锈蚀病害图

5) 微弯板裂缝

微弯板的裂缝通常发生在板厚最薄弱部位及接缝处。微弯板在板底中心截面附近厚度薄易出现裂缝，尤当微弯板的跨径很大时，有时可能出现通长裂缝。



微弯板的典型裂缝形态



钢筋混凝土平板和肋腋板是我国桁架拱和刚架拱桥上常用的桥面板形式，其中微弯板运用较多，微弯板出现裂缝与桥面铺装裂缝的相互沟通，致使桥面水渗流微弯板中，因而微弯板底面裂缝往往伴随游离石灰、水痕，使微弯板的混凝土劣化，裂缝进一步扩展，最终发生微弯板断裂和突然掉板，造成桥面行车不安全。

6 系杆拱桥



1) 吊杆索锈蚀

吊杆索锈蚀，有锈斑渗出保护层，在吊杆索与锚头的结合部最严重。



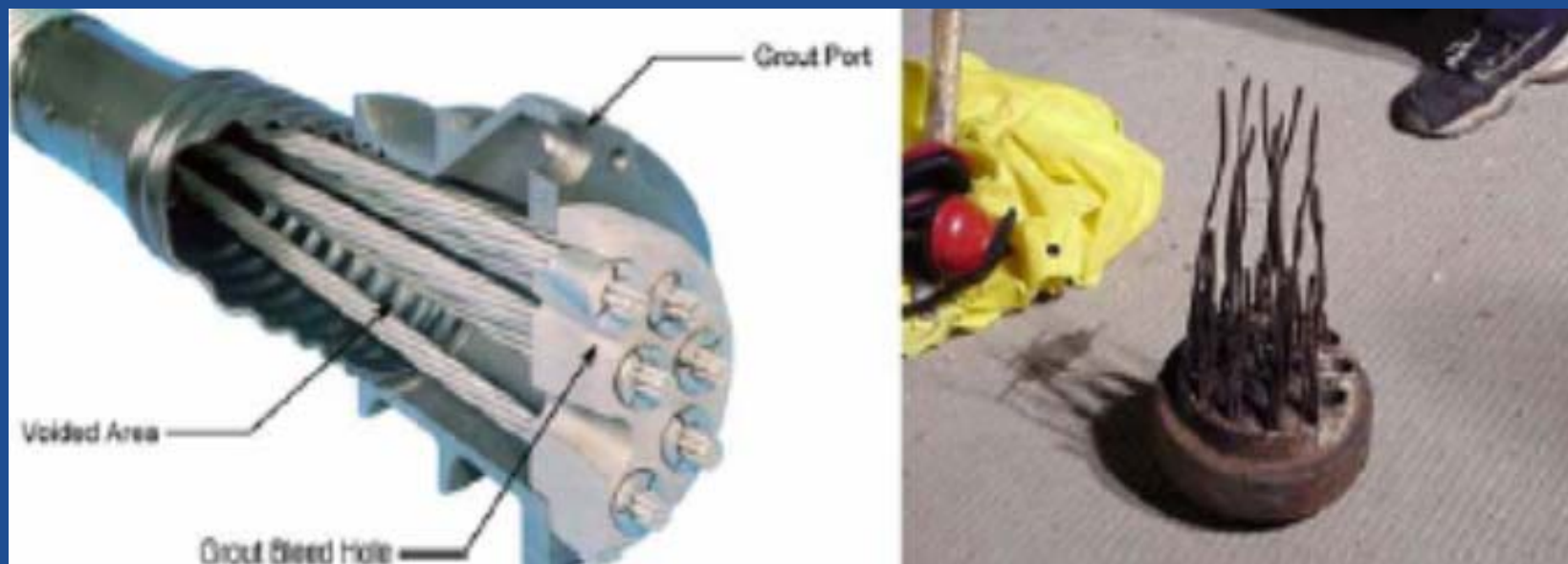


吊杆拉索布置于梁体外部，截面尺寸小，处于高拉应力工作状态下，因而钢索对应力腐蚀作用非常敏感，吊杆腐蚀严重时，会发生断裂，进而导致桥面垮塌的重大事故。

2) 吊杆下端预埋管积水及锚头表面锈蚀和渗水

吊杆下端预埋管有进水且有冷凝水存在，锚头和吊杆索之间有水渗出，锚头表面锈蚀。

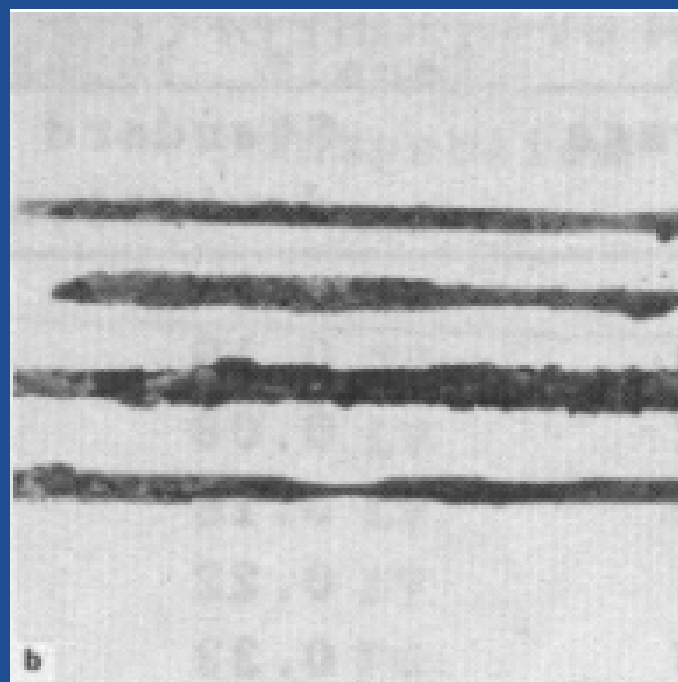
吊杆下锚头锈蚀，导致钢索锈蚀，严重会使钢索在锚头附近断裂。



7 钢筋锈蚀与锈蚀裂缝



钢筋混凝土和预应力混凝土构件是将钢筋置于混凝土中，利用混凝土具有的高碱性在钢筋表面形成保护膜，避免钢筋生锈，但是已建桥梁中，由于某些因素影响，仍然存在钢筋锈蚀情况。



Ynys-y-Gwas桥工字梁预应力钢筋锈蚀



焊接钢筋骨架锈蚀

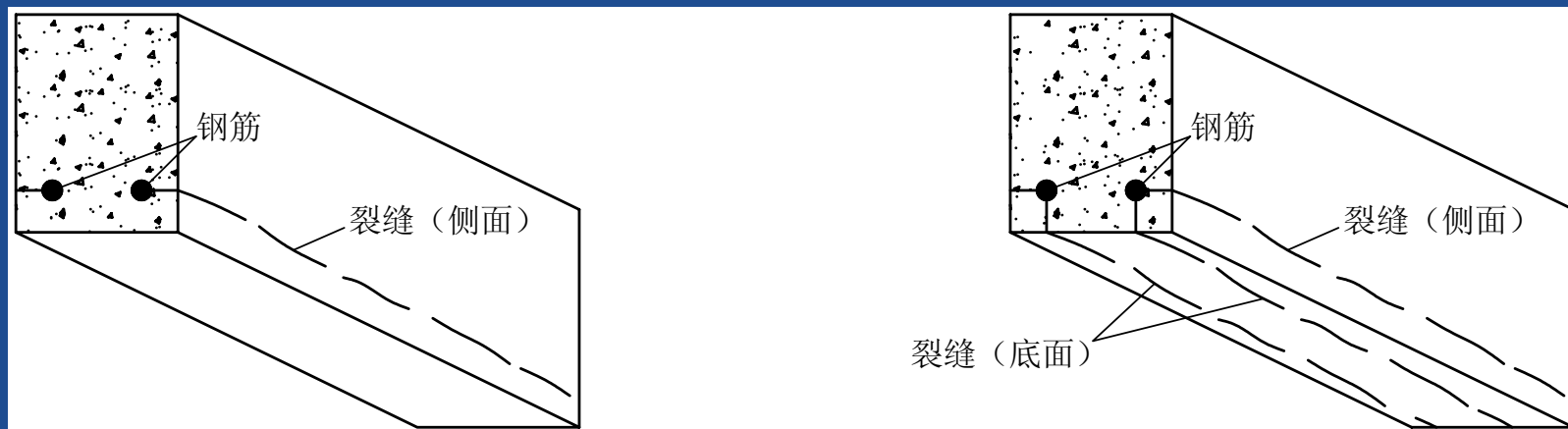


弯起钢筋锈蚀

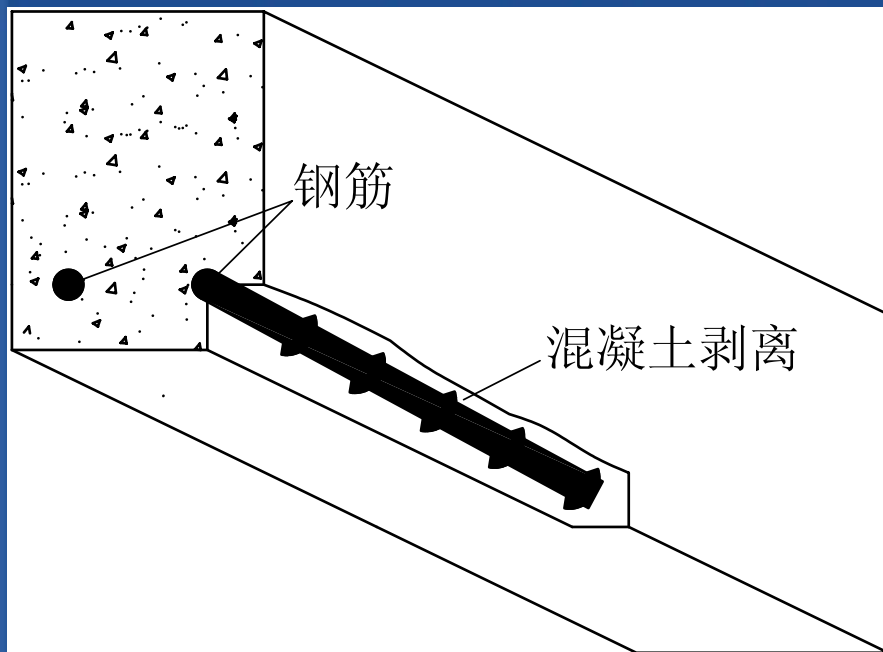
焊接钢筋骨架锈蚀

1) 钢筋锈蚀

除了骨料铁锈引起的锈蚀外，钢筋严重锈蚀最早可看见的征兆就是钢筋所在位置的混凝土表面出现与钢筋平行的裂缝，以及混凝土保护层剥离，使钢筋完全裸露。



钢筋在混凝土中的锈蚀裂缝



表面混凝土剥离，钢筋裸露

钢筋锈蚀裂缝也会在混凝土构件厚度范围从一根钢筋伸向另一根钢筋。



裂缝在混凝土板厚度范围各钢筋间延伸



混凝土剥离
钢筋锈蚀

钢筋锈蚀引起混凝土剥离

2) 预应力钢筋的腐蚀

在一般的情况下，预应力钢筋的腐蚀发生率是非常低的。

但是，若在预应力混凝土桥梁的设计，施工及养护中存在某种根本性的错误或疏忽，仍会造成预应力钢筋的腐蚀并且会发展。在大多数情况下，预应力钢筋腐蚀发展具有时间的潜伏性，在最严重的时候，会在没有任何预兆的情况下发生预应力钢筋断裂，进而造成构件突然破坏。



(1) 均匀腐蚀（锈蚀）

其特征是腐蚀（锈蚀）分布于预应力钢筋整个表面，并以相同的速度使预应力钢筋的截面减小，均匀腐蚀（锈蚀）是一种大气腐蚀，即预应力钢筋暴露在大气潮湿环境中发生的锈蚀。

a)



b)



空心板钢绞线的均匀腐蚀

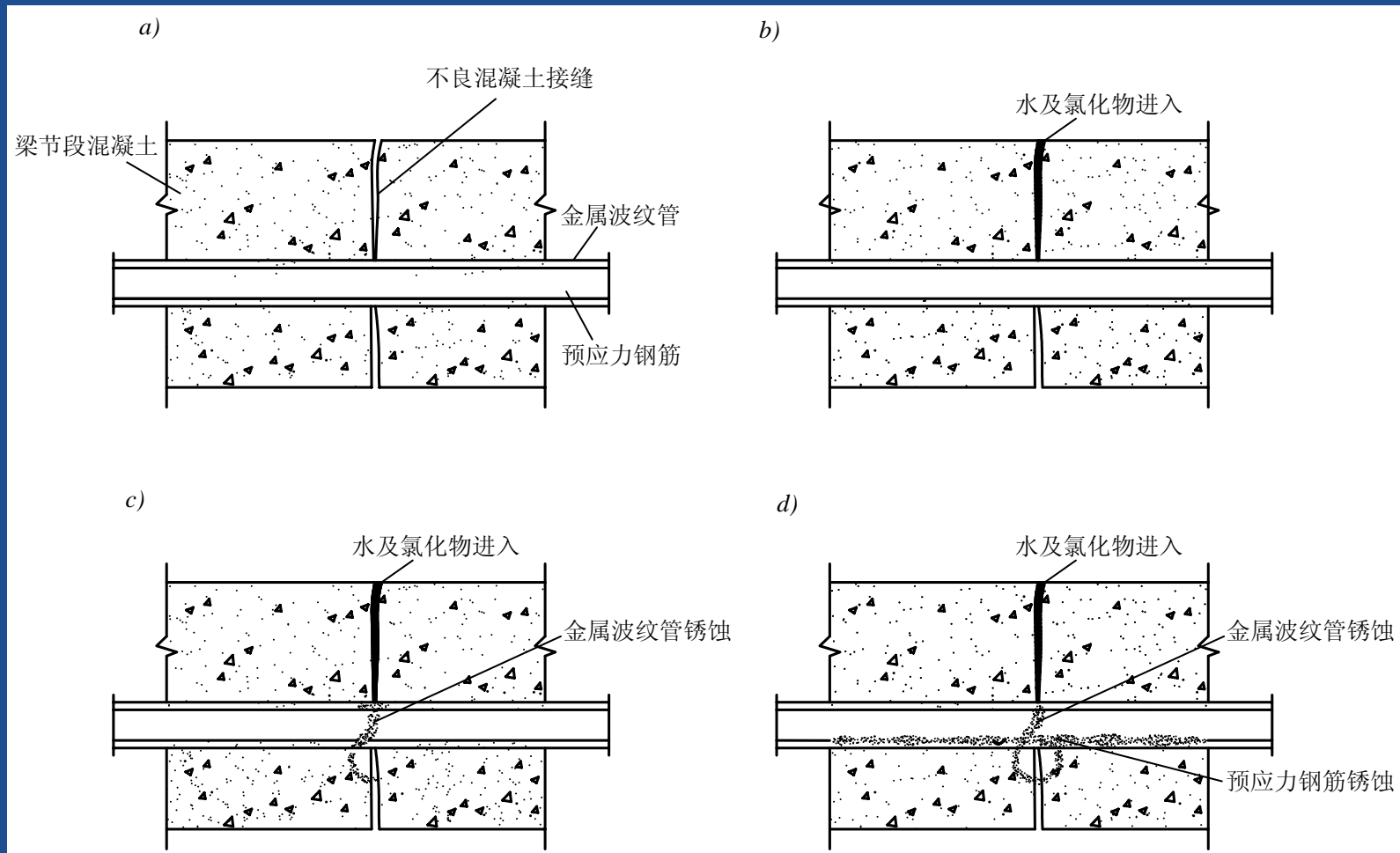
(2) 局部腐蚀

其表面特征是预应力钢筋表面上各部分的腐蚀程度存在明显差异，特别是指一小部分表面区域的腐蚀速度和腐蚀梯度远大于整个表面腐蚀平均值的情况。



钢绞线不均匀分布的局部腐蚀（坑蚀）

预应力混凝土桥梁构件往往会存在不可避免的接缝。例如悬臂现浇预应力混凝土箱梁节段之间的接缝，还有先张法预应力混凝土空心板和后张法预应力混凝土梁的封端混凝土与预制梁（板）体之间接缝等，在这些接缝处有预应力钢束（及金属波纹管）穿过或预应力钢束末端（及锚具）存在，若接缝处混凝土质量不良及渗水，成为水和氯化物穿透的进口，则会引起预应力钢束（及金属波纹管、锚头等）腐蚀。



氯化物通过接缝引起钢筋腐蚀示意图

8 混凝土碱-集料反应及裂缝



混凝土碱-集料反应是混凝土中某些活性矿物集料与混凝土孔隙中的碱性溶液之间发生的反应。

混凝土碱-集料反应是对混凝土桥梁危害很大的一种病害，随时间推移而呈现混凝土表面开裂，混凝土剥离和混凝土破坏现象。

碱-集料反应破坏最重要的现场特征之一是混凝土表面开裂。如果混凝土没有施加预应力，则混凝土碱-集料反应产生的表面裂缝呈网状，每条裂缝长约数厘米。刚开始时，裂纹从网节点呈三条放射状裂纹，夹角约 120° ，起因于混凝土表面下的反应集料颗粒周围的凝胶或集料内部产物的吸水膨胀。当其他集料颗粒发生反应时，便产生更多的裂纹，最终这些裂纹相互连通，形成网状裂缝。





预应力混凝土构件遭受严重的碱-集料反应破坏时，其膨胀力将垂直于约束力的方向，在预应力作用的区域裂缝将主要沿预应力方向发展，形成平行于预应力钢筋的裂缝，在非预应力作用的区域或预应力作用较小的区域混凝土表面出现网状开裂。



在工程现场检查时，应注意区别碱-集料反应裂缝与混凝土收缩裂缝。混凝土结构的收缩裂缝也会出现网状裂缝，但出现时间较早，多在混凝土施工期内，而碱-集料反应裂缝出现较晚，多在施工后数年甚至十几年以后；所处大气环境越干燥，混凝土收缩裂缝就越大，而碱-集料反应裂缝则是随着大气环境湿度增大而发展；在受约束的条件下，碱-集料反应膨胀裂缝平行于约束的方向，而混凝土收缩裂缝则垂直于约束方向。



混凝土碱-集料反应引起混凝土开裂的同时有时出现引起混凝土局部膨胀，以致混凝土表面一条裂缝的两个边缘不在一个平面（混凝土表面）上，这是混凝土碱-集料反应裂缝所特有的现象。



碱-集料反应生成的碱-硅酸凝胶有时候会由裂缝流到混凝土表面，新鲜的凝胶透明或呈浅黄色，外观类似树脂状。脱水后，凝胶变成白色。



混凝土结构在受雨水冲刷后，构件内混凝土中的氢氧化钙也会溶解流出，在空气中碳化后成为白色，这可用稀盐酸加以区别。混凝土结构中的氯盐、硫酸盐和硝酸盐等溶出时也会出现渗流物，这可以用水擦洗去掉，而混凝土中渗出的凝胶则不容易擦掉。

碱-集料反应的发生条件

碱-集料反应是混凝土组分中的水泥、外加剂、掺和料或拌合水中的可溶性碱和混凝土孔隙中及集料中能与碱反应的活性成分在硬化混凝土中逐渐发生的一种化学反应。

(1) 混凝土中有一定量的碱

a. 配制混凝土时带入的碱

b. 外界环境中带入的碱

(2) 混凝土中有相当数量的活性集料

参与这种反应的集料有蛋白石、黑硅石、燧石、鳞石英、方石英、玻璃质火山岩、玉髓及微晶或变质石英等。

(3) 使用环境有足够的潮湿程度

空气中相对湿度是否大于80%，或者直接与水接触。



碱-集料反应不同于其他混凝土病害，其开裂破坏是整体性的，且目前尚未有有效的修补方法，而其中的碱-碳酸盐反应的预防尚无有效措施。由于碱-集料造成的混凝土开裂破坏难以被阻止，因而被称为混凝土的“癌症”。半个多世纪以来，混凝土碱-集料反应已经在全世界近二十多个国家混凝土工程中造成了严重的损失。



9 混凝土冻融破坏



桥梁处于Ⅱ类环境条件（严寒地区的大气环境、使用除冰盐环境）下，潮湿或饱和的混凝土结构在冰融循环的反复作用下产生的混凝土冻害，称为混凝土冻融破坏。当如下条件存在时，混凝土冻融破坏就会发生：

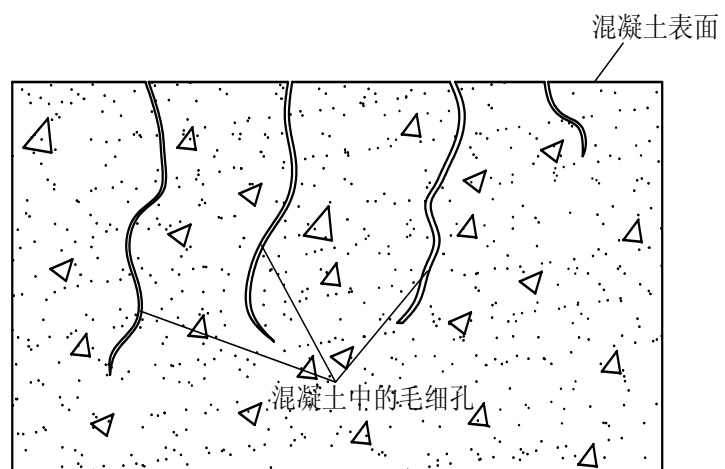
（1）桥梁的混凝土处于潮湿条件和水饱和状态且处于寒冷环境，混凝土内部发生冻融温度循环作用。

（2）混凝土疏松多孔，其中的空间和毛细孔中充满水。

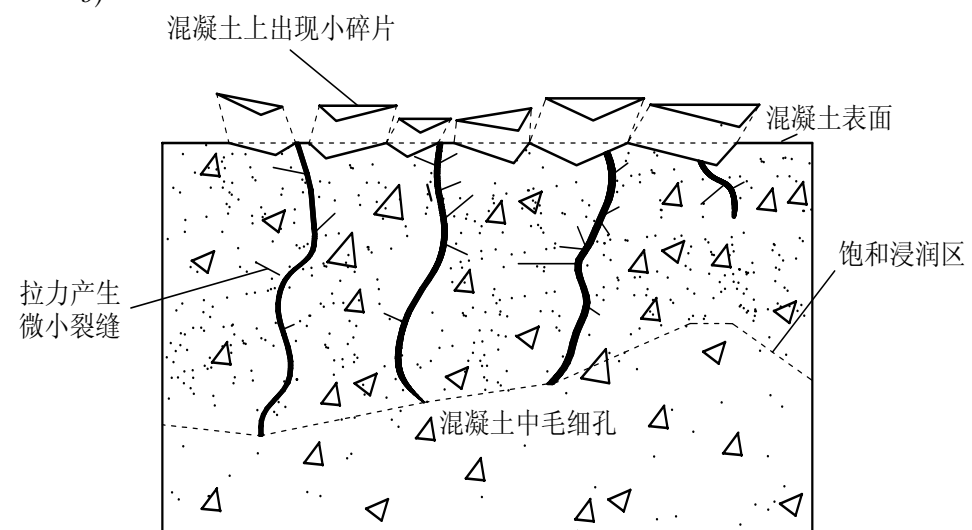
混凝土冻融破坏的特征是混凝土剥离，在混凝土表面出现尺寸大约2mm~3mm的小片剥离。随着使用年限的增加，剥离量及剥离粒径增大，混凝土剥离由表及里。混凝土剥离一经开始，发展的速度是很快的。

冻融破坏通常发生在经常与水接触的结构水平表面，对结构立面造成的破坏多发生在淹没在水中的结构的水线附近。当温度下降，结构孔隙中的水转化成冰时，体积逐渐膨胀，这种膨胀会产生一种局部张力，使其周围的水泥基质断裂，造成结构破损。这种破损是从外向里一小片、一小片地破碎。

a)



b)



混凝土冻融破坏过程示意图

盐冻破坏

盐冻破坏主要出现在采用除冰盐化除雪水的道路和桥梁，根据大量的现场调查和室内试验结果，盐冻破坏区别于其他破坏形式的主要特征是：

（1）表面分层剥落，集料暴露，但剥落层下面的混凝土完好，传统的混凝土钻芯取样检测的混凝土强度与未受盐冻时变化不大。

（2）破坏速率快，对未采用防盐冻措施而使用除冰盐的桥梁混凝土构件，少则一个冬天，多则几个冬天，即可产生混凝土严重盐冻破坏。

（3）在没有被干扰的混凝土构件剥蚀表面或裂缝中可见到白色盐结晶体（以氯盐为主）。

混凝土冻融破坏会使混凝土的某些性能随时间劣化，造成混凝土结构的耐久性和安全性随服务时间劣化和降低，严重影响着结构的使用寿命。



10 混凝土集料膨胀反应



由于混凝土集料的膨胀而造成构件混凝土开裂，表层剥离等的一种病害。

膨胀集料位于构件离表面不深的混凝土内时，早期出现混凝土表面的放射性或网状的裂缝。



放射性或网状裂缝的中心大致在膨胀集料所在位置。进一步发展后会造成相应裂缝区域的混凝土剥离，剥离开头大致呈圆形。直径约为150~300mm不等，在圆形剥离区最深处有似粗骨料圆孔，里面即为膨胀集料，剥离后混凝土的粗骨料和钢筋外露。



当混凝土的膨胀集料位于钢筋后，集料及水有膨胀后会顶弯钢筋造成顺钢筋向的裂缝和成片混凝土剥离。



当混凝土中掺杂含有氧化镁、硫酸盐类集料或石灰碎块时，在混凝土中水分的缓慢作用下，这类集料吸水膨胀，体积增大2~4倍，胀裂表面混凝土而使混凝土剥离。显然是在混凝土拌合施工前未能对混凝土使用的骨料进行检查而造成的。



谢谢大家！

