

高等学校试用教材

桥梁技术改造

Qiaoliang Jishu Gaizao

(公路与城市道路工程
桥梁工程 专业用)

郭永琛 编
叶见曙

人民交通出版社

内 容 提 要

全书共分七章，第一章主要介绍有关桥梁技术改造的一般概念；第二、三章介绍桥梁调查及承载能力评定方法；第四章对桥梁维修整治作了简要的介绍；其余各章结合多年来各地的实际经验，介绍钢筋混凝土简支梁桥、双曲拱桥及桥梁下部结构的技术改造方法。

本书第一、四、五、六、七章由东南大学郭永琛编写，第二、三章由东南大学叶见曙编写。全书由郭永琛主编，重庆交通学院顾安邦主审。

本书可作为公路与城市道路工程、桥梁工程专业选修课教材，也可供公路交通部门工作者学习参考。

目 录

第一章 概述	1
第一节 我国公路桥梁的现状.....	1
第二节 桥梁技术改造的一般概念.....	1
第三节 桥梁技术改造的特点.....	3
第二章 旧桥调查	6
第一节 旧桥技术资料的调查.....	6
第二节 旧桥现场的外观调查.....	6
第三节 钢筋混凝土主梁与双曲拱桥主拱圈的常见裂缝检查.....	11
第四节 旧桥混凝土现场检测.....	17
第三章 公路旧桥的评定	30
第一节 根据外观调查进行评定的方法.....	30
第二节 采用以分析计算为主的评定方法.....	33
第三节 荷载试验的评定方法.....	39
第四节 专家系统的评定方法.....	45
第四章 桥梁结构的维修整治	52
第一节 桥面铺装层的维修整治.....	52
第二节 桥面伸缩缝的维修整治.....	54
第三节 混凝土桥梁裂缝的修补技术.....	56
第五章 钢筋混凝土简支梁桥的加固改造技术	62
第一节 增大构件截面改造技术.....	62
第二节 粘贴加固改造技术.....	65
第三节 外部预应力改造技术.....	69
第四节 增加辅助构件的加固改造技术.....	73
第五节 改变结构体系的改造技术.....	74
第六节 钢筋混凝土简支梁桥拓宽技术综述.....	76
第六章 双曲拱桥的加固改造技术	80
第一节 加强主拱圈的改造技术.....	80
第二节 调整拱轴线和压力线加固改造双曲拱桥.....	84
第三节 双曲拱桥的其它加固改造技术.....	86
第七章 桥梁下部结构的加固改造技术	89
第一节 采用拉杆加固改造桥台.....	89
第二节 加桩法加固桥梁墩台基础.....	90
第三节 钢筋混凝土套箍加固桥梁墩台基础.....	91
第四节 桥梁下部结构的其它加固技术.....	92
参考文献	94

第一章 概 述

第一节 我国公路桥梁的现状

建国以来，随着我国社会主义建设事业的发展，我国的公路建设也取得了很大的发展。但我国公路桥梁的技术状况仍远远不能适应交通运输的发展。我国相当一部分桥梁是在逐年技术改造中建成的，特别是在60年代将相当数量的临时性、半永久性桥梁改造为永久性桥梁，但是技术标准低、通过能力差（载重标准低、桥面宽度窄、多年运营造成不同程度的损伤等），严重地限制了通过能力的提高。

从70年代起，特别是“六五”期间，全国各地公路部门对原有桥梁进行了程度不同的调查。例如广东省通过调查发现，属于荷载标准低、桥面宽度窄、存在不同程度损伤而无法适应公路交通运输发展的桥梁约占全省桥梁总长的40%。又如江苏省全省桥梁总长度约21万延米，其中90%为中小桥，钢筋混凝土桥占48%，双曲拱桥占50%，其它桥型占2%。在这些桥梁中，大多数达不到三级公路的荷载标准（汽车-20级、挂车-100）和桥面净宽标准（车行道净宽7m）。江苏省还对沪（上海）宜（宜兴）干线公路进行了调查，全线长161.81km，桥梁150座3400延米，平均每公里有桥梁0.9座，但桥面净宽达9m、荷载标准达汽车20级、挂车-100的仅18座、400延米，占桥梁总长的12%，其余桥梁建造年代久远，技术标准低，有的虽已经有过局部技术改造，但桥面宽度仍只有6m，荷载标准大多为汽车-13级，还有相当一部分桥梁的荷载标准仅为汽车-10级，甚至低于汽车-10级。

公路桥梁拥有量少、技术标准低、通过能力差，使桥梁往往成为公路交通运输的“颈口”，严重地影响了整条线路的畅通，也成为交通事故多发地点。从目前我国基本建设投资来看，由于资金的短缺，除了进行一定数量的新桥建设外，如何充分利用现有桥梁，对其进行有效的技术改造，将是今后相当一段时期内我国公路桥梁建设的一个紧迫任务。

全国各地对桥梁的技术改造，无论是对桥梁承载能力的评定还是桥梁加固改造技术，都进行了大量的研究，并已取得了丰富的经验。本书将着重对桥梁承载能力的评定方法及桥梁的加固改造技术作较全面的介绍。对于桥梁的维修整治，将作为桥梁技术改造中的一个共性问题提出来作简要介绍。

第二节 桥梁技术改造的一般概念

为了维持桥梁的正常运营条件，尽量保持和延长桥梁的使用寿命，对桥梁结构物进行经常性的养护维修是非常必要的。当桥梁结构物无法满足承载能力、通过能力（如荷载标准提高、原结构严重损伤从而承载能力降低、桥面过窄妨碍车辆畅通）等要求时，则需对桥梁进行必要的补强加固、拓宽等技术改造。因此，一座桥梁竣工交付使用后将进行两方面的工作，其一是经常性的养护维修，其二是针对桥梁实际存在的问题与新的使用要求，进行必要的技术改造。

一、桥梁的维修整治

桥梁的维修整治或称养护维修主要是对危害桥梁正常运营的部分进行修缮工作。例如桥面铺装层、桥面伸缩缝装置、桥面防水设施、桥梁主体结构（如钢筋混凝土桥梁等的混凝土裂缝等）的缺陷，都会影响桥梁的正常运营及使用寿命，严重的甚至直接导致桥梁承载能力的降低。因此，在桥梁使用过程中对其进行经常性的维修整治是不容忽视的一项工作。桥梁技术改造的工作重点，往往是针对桥梁的主体结构，但同时也必须对上述影响桥梁正常使用的部分进行维修整治。

二、桥梁的技术改造

桥梁结构的安全度是以结构的强度、刚度、稳定性及耐久性等指标来衡量的，也即桥梁结构必须满足基本的承载能力功能的要求：桥梁结构应具有足够的强度，以承受作用其上的荷载，使桥梁结构构件或其连接不致产生破坏；结构各部分应具有足够的刚度，以使其在荷载作用下不产生过大的挠曲或变形；构件的截面必须有适当大小的截面尺寸，以使其承受压力时不发生屈曲面丧失稳定性。对桥梁结构物不仅要保证结构具有整体强度、刚度及稳定性，而且必须保证结构各组成部分具有足够的强度、刚度及稳定性。同时结构物必须具备良好的工作性能及足够的耐久性。但是，桥梁结构由于所作用的荷载的随机性、材料强度的离散性、制造与施工质量的分散性以及计算假定的近似性等原因，其实际安全度往往是一个不确定值。有的桥梁由于设计与建造年代久远，原设计荷载标准偏低，现在重车增多、行车密度增加而不适应；有的桥梁由于采用的桥型结构不当或设计计算假定不尽合理，导致结构实际受力状态与计算假定不尽相符；有的桥梁在施工时由于质量控制不严、管理不当造成不应有的缺陷；有的则因不注意经常性的维修整治而导致结构产生缺陷而不能维持正常的工作条件等。

桥梁的技术改造正是通过对桥梁结构物的补强加固及拓宽等工作，改善结构性能，恢复和提高桥梁结构的安全度，提高其承载能力和通过能力，以延长桥梁的使用寿命，满足并适应发展的交通运输的要求。

三、桥梁技术改造中补强加固的技术分类

桥梁上部结构的补强加固其根本目的是为了恢复和提高其承载能力，其方法大致分以下几种类型：

（一）加强薄弱构件

对于有严重缺陷或不能通行重型车辆面不能满足安全承载要求的薄弱构件，可以采用以新材料（钢筋、钢板、混凝土等），增大构件的截面尺寸、增设外部预应力钢筋或用化学粘贴剂粘贴补强材料等补强措施进行加固，这种方法实际上是通过增加截面的刚度或增加受力材料数量来提高原构件的承载能力。

（二）增加辅助构件

在原有结构上增加新的受力构件（如纵梁、横梁等）；也可采用新的预制构件替换原有结构中具有严重缺陷面不易修复的构件。

（三）改变结构体系

不同的结构体系其受力性能也不同，通过结构体系的转换来改变原有结构的受力状况，

有意识地改善原结构受力薄弱的截面，以改善和提高桥梁承受荷载的能力。例如将原有的多孔简支梁桥改变为多孔连续梁桥，利用连续体系来减小原有简支梁跨中部分的受力；或者利用梁、板的组合作用等。这种结构受力体系的转变一般都能起到较好的补强加固效果。当然，随着体系的改变所形成的新体系中某些构件或截面的受力应按新体系要求进行认真的验算，并采取相应的措施。

在桥梁上部结构进行补强加固提高其承载能力的同时，对桥梁下部结构及基础是否需采取补强措施也应认真研究。如果原桥下部结构及基础有足够的潜力，足以满足上部结构补强加固所增加的桥梁自重以及活荷载对它的要求时，则可不再采取补强措施。如果墩台与基础的承载能力不足，或者上部结构的缺陷、承载能力的降低等是由于墩台与基础的位移或缺陷等所引起的，则应对原桥墩台与基础进行必要的补强加固。

桥梁墩台与基础的补强加固技术，一般通过对墩台结构的补强、限制或减小墩台的位移、增加原基础的承载能力（如加桩、增大基础面积）等途径进行。

第三节 桥梁技术改造的特点

桥梁技术改造是一项十分细致而又极具灵活性的工作，它所需要考虑的因素及涉及到的问题很多，从某种意义上讲，无论是技术改造方案的拟定与设计计算，还是技术改造的具体实施，其难度往往比新建桥梁还大，因此必须慎重处之。

一般情况下桥梁技术改造方案的拟定，首先要根据桥梁现有的技术状况和通行荷载的要求，对技术改造的必要性和可行性作出判断，然后对各种可能的技术改造方案的技术经济效果进行分析比较，从中选择合理的改造方案。

一、技术改造的一般特点

(一)桥梁的技术改造工程通常要求在不中断交通或尽量少中断交通的条件下进行施工，要求施工工艺简便、施工速度快、工期短。

(二)技术改造的施工现场狭窄、拥挤，常受原有结构物的制约。

(三)补强加固施工往往对原有结构物及相邻结构构件产生不利影响。

(四)技术改造施工中对原有结构的拆除、清理工作量大，工程较烦琐零碎，并常常隐含着许多不安全因素，要求施工人员更加注意操作安全与施工质量、施工管理工作。

(五)技术改造的方案拟定与设计计算要充分考虑新、旧结构的强度、刚度与使用寿命的均衡，以及新、旧结构的共同工作。

二、技术改造的技术要求

(一)技术改造方案及实施应尽量减少对原有结构的损伤，并充分利用原有的结构构件，且应保证原有结构保留部分的安全性与耐久性。对于确无利用价值的构件则予以报废、拆除，但其材料应尽量回收。

(二)技术改造应做到可靠、安全、耐久，满足使用要求，这实际上是对桥梁进行技术改造的基本要求与目的。

(三)技术改造工程施工过程中应尽量不中断或少中断交通，改造工程的技术经济指标应包括由于交通受阻等所带来的损失。

(四)技术改造工程的施工应是技术上简易可行,施工上方便,所要求的机具设备尽量简单。

(五)对于某些由于因下部结构或基础的不均匀沉降等原因而导致的上部结构的损伤,或由于其它偶然因素(如地震等)所引起的结构损伤,在进行补强加固时应同时考虑采取消除、减小或抵御这些不利因素的措施,以免在加固后结构物继续受这些因素的影响。

三、技术改造工程必须满足的基本条件

(一)桥梁经技术改造后,其结构性能、承载能力与耐久性等都能满足使用上的要求。

(二)具有较明显的经济效益。

对于桥梁结构物的改造可以采用两种不同的方式,一种是废弃原有结构物进行重建,这就相当于建造一座符合新的使用要求的新桥,但还要包括拆除原桥的工程;另一种是充分利用原桥,进行补强加固,若需加宽则再行拓宽,这就是通常所说的桥梁技术改造。桥梁技术改造的经济效益就应反映在它的耗资明显地低于新建,否则就无法体现其优越性与基本出发点。从多年来的工程实践看,桥梁技术改造的经济效益是明显的。以广东省为例,该省从70年代初期起就进行了这方面的工作,根据十多年的实践分析,采用补强加固方法保持和提高原有桥梁的承载能力,其费用约占新建费用的5~20%。又如安徽省皖南某地一双向拱桥,由于原桥设计荷载偏低,长期通行重车后损伤严重,原计划准备投资50万拆老桥造新桥,后采用加大拱肋截面、增加横隔板等补强加固措施,仅耗资近15万元,达到了技术改造的目的,提高了原桥的承载能力。

对重建与技术改造进行综合经济效益分析时,应当包括相应的交通受阻的经济损失以及拆除原桥所需的费用等。一般认为技术改造比重建能节省费用50%~60%以上时,经济效益已相当可观,此时以采用技术改造方案为宜,否则可采取重建新桥的方案。

为了更好地对各种技术改造方案进行技术经济比较,对各种改造方案进行评价,从中选择经济合理的技术改造方案,可以用以下两个指标进行分析比较。

1. 结构改善系数 k

桥梁技术改造的主要目的之一就是提高桥梁的承载能力,结构改善系数 k 就是表示经补强加固改造后桥梁承载能力提高的百分率,若以通式表示即为:

$$k = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中: Q_1 ——桥梁补强加固前通过活荷载的能力;

Q_2 ——桥梁补强加固后通过活荷载的能力。

但是,目前对桥梁的承载能力尚缺乏更准确的、可以完全用量值表达的评定方法,也即上式中的 Q_1 、 Q_2 尚很难量化。而桥梁技术改造往往是通过增强原结构的抗弯刚度来提高其承载能力,因此,上述结构改善系数 k 可以转换为技术改造前后在设计荷载作用下所产生的最大挠度值的变化来表示,即:

$$k = \frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中: f_1 ——补强加固前原结构在设计荷载作用下的最大挠度;

f_2 ——补强加固后同一荷载作用下的最大挠度与由补强加固所增加的恒载而产生的挠度之和。

式中 f_1 、 f_2 的取值，当有试验资料时，可用实测挠度值，无试验资料时则可采用理论计算值。

2. 成本效益系数 F

成本效益系数是指技术改造工程单位成本所得的“结构改善系数”，成本效益系数愈大，说明该桥技术改造的经济效益愈好。成本效益系数 F 可用下式表达：

$$F = k/S \quad (1-3)$$

式中： S ——每平方米桥面所需的技术改造费用；

k ——结构改善系数。

各种不同的技术改造方案其技术经济效益往往会因桥而异，因为影响经济效益的因素很多，例如桥梁跨径的大小、损伤程度、补强加固设施的养护费用、阻塞交通的损失、加固技术的耐久性、安全和环境干扰程度等。所以，只有对改造工程的技术经济效果进行全面的综合评价，才能对方案的选择作出合理的判断。

四、技术改造工程的设计原则

桥梁技术改造工程必须进行详细的设计计算，对关键的技术措施应尽量在事先进行必要的试验，以掌握其技术要求及检验方法。一般进行技术改造设计应遵循以下基本原则：

(一) 应按现行《公路桥涵设计规范》进行设计，改造后的桥梁在使用荷载作用下，原有结构构件及新增加结构各部分的强度、刚度及裂缝限值等均应符合规范要求。

(二) 当仅要求提高原桥的承载能力时，改造工程可在原有结构保持恒载应力状态下进行。此时，原有结构的全部恒载及补强加固所增加的恒载，可以考虑由原构件（截面）承受，活载则由原结构和新增构件（截面）共同承受。

(三) 若原有结构构件的应力已接近或超过容许限值，需要减少桥梁的恒载应力时，则应采取卸载措施，使桥梁在卸除部分恒载的状态下进行加固改造工作。此时，新增构件（截面）除与原有构件共同承受活荷载外，还承受原有结构的一部分恒载，因此，新旧结构按整体受力计算。

(四) 设计时应周密考虑并采取必要措施保证新旧结构、新旧混凝土的整体性并能共同工作。新旧结构的混凝土往往会由于收缩不同而导致结构内力重分布，从而引起新旧混凝土结合面因较大的拉应力而开裂，这将影响结构的整体性。因此，在设计时应注意尽量减小混凝土收缩的不利影响而采取相应的措施。

五、技术改造工程设计的工作程序

- (一) 调查并确定技术改造的目的、要求及技术标准。
- (二) 原桥的现场调查与技术资料的收集。
- (三) 原桥承载能力及技术状况的评定与分析。
- (四) 技术改造方案的拟定与设计计算。
- (五) 施工图绘制及工程数量与预算编制。

第二章 旧桥调查

旧桥调查是进行旧桥评定、维修和改造的前期工作。它的工作内容主要是进行与旧桥有关的技术资料调查和旧桥现场的外观调查。

旧桥调查是一项全面了解旧桥的历史与现状的工作，内容比较多，因而必须周密计划，各项调查工作应细致认真进行，并且在调查中要做好原始记录。

第一节 旧桥技术资料的调查

旧桥技术资料调查的目的是为了了解旧桥从建桥开始直至现在的全过程。反映旧桥这个全过程的主要依据是桥梁设计、施工和养护工作的有关文件资料。这些文件资料既能为探测某些隐藏的桥梁缺陷和作出对桥梁结构适用性的判断提供帮助，又能为旧桥评定提供可靠的依据。一般认为，需要收集如下技术资料：

1. 设计资料

桥梁设计计算书（包括有关修改设计的计算书）；设计图纸；桥位地质钻探资料和图纸。

2. 施工资料

有关的施工记录和材料试验报告；桥梁竣工图纸及说明书。

3. 维修及养护资料

历次桥梁调查的记录；维修养护的情况记录及有关图纸。

4. 交通量调查和交通荷载调查资料

经常通过车辆的车型、载重量及交通量资料；历史上通过特殊车辆的记录；车辆事故记录。

另外，对于一些桥梁还应调查桥梁周围环境、桥跨水流状态和通航的资料。

根据旧桥的实际情况，尽量收集以上资料，无论如何，旧桥原设计图纸是必需的。

第二节 旧桥现场的外观调查

旧桥现场的外观调查是通过桥梁检查人员的目测及有关量测仪器对桥梁进行全面细致的检查，以便发现桥梁的缺陷或损伤的外部迹象，并分析其产生的原因。同时要测量桥梁主要承重结构构件的实际几何尺寸。对于钢筋混凝土桥梁，还要检查钢筋布置情况以及混凝土材料的有关性能。

尽管公路桥梁的结构形式较多，但是对旧桥现场的外观调查工作的主要内容仍能归纳成几个方面，并在图2-1中简单表示出来。

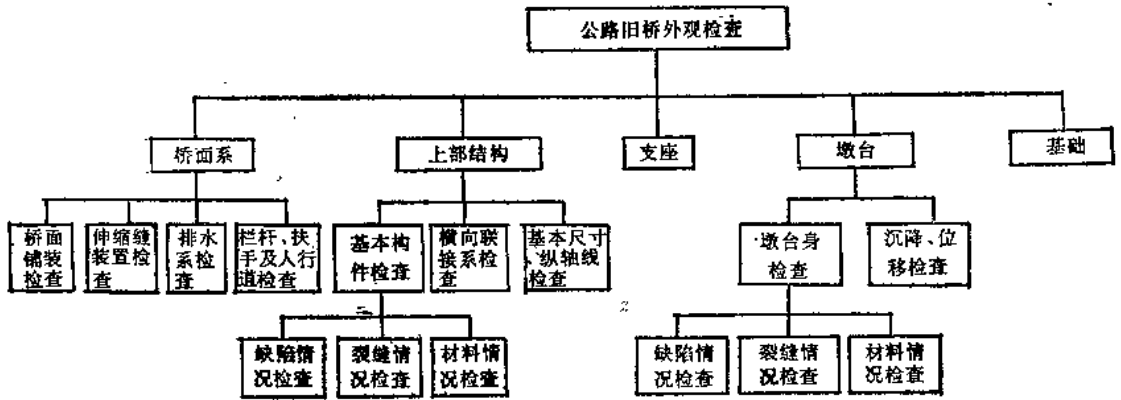


图2-1 公路旧桥外观调查内容简图

一、桥面系的外观检查

桥面系的外观调查，可以按桥面系组成的四部分依次检查。

(一)桥面铺装的检查

桥面铺装本来的功能是使车辆安全而舒适地行驶。当桥面铺装产生缺陷或损伤后，会产生如下后果：

1. 由于易于打滑、凸凹较厉害等原因，容易引起大的交通事故；
2. 由于桥面凸凹等引起汽车车辆对桥梁的冲击效应增大，使桥面板等结构的耐久性降低；
3. 在伸缩缝的前后，桥梁铺装层与伸缩缝装置之间的高低差不仅促使铺装本身的破坏，而且会促使伸缩缝装置的破坏。

作为桥面铺装的外观检查首先是调查桥面铺装的类型，然后调查铺装层存在的主要缺陷。

沥青桥面铺装的主要缺陷与损伤现象有：轻微裂缝（发状或条状）、严重裂缝（龟裂、纵、横裂缝）、坑槽、车辙、拥包、磨光和起皮等。

水泥混凝土桥面铺装的主要缺陷及损伤现象有：裂缝、剥落、坑洞、磨光等。

关于桥面铺装缺陷与损伤的外观检查的方法、项目、记录格式及初步评定可参照《公路养护技术规范（JTJ073—85）》中有关路面检查的条文进行。

(二)伸缩缝装置的检查

伸缩缝装置的缺陷往往引起司机心理上不快，从而可能造成驾驶事故，并且会使缺陷向主构造发展。

各种伸缩缝装置一般具有的缺陷往往表现在伸缩缝本身的破坏损伤、锚固件损坏、接头周围部位后铺筑料的剥落、凹凸不平等等，这些缺陷也成为伸缩缝处漏水的原因，从而加速支座和结构本身的恶化。

对于常见公路桥伸缩缝类型，伸缩缝装置本身的破坏损伤见表2-1。

对伸缩缝装置的检查主要是目测，必要时用直尺测量破坏的范围，并在记录中详细描述。

(三)桥面排水设施的检查

常见的伸缩缝装置破坏损伤情况

表2-1

伸 缩 缝 类 型	常见的破坏及损伤情况
U形镀锌铁皮伸缩缝	(1) 沥青的挤出或冷缩; (2) 镀锌铁皮拉脱
钢制板式伸缩缝	(1) 钢板破坏; (2) 角钢间缝隙被石块等卡死; (3) 连接螺栓损坏
橡胶伸缩缝	(1) 橡胶件剥离、损坏; (2) 锚固螺栓失效; (3) 伸缩缝本身下陷及高出

桥面排水设施及桥面铺装的缺陷, 往往导致桥面积水, 降雨时引起车辆滑移, 导致交通事故。

桥面排水设施的缺陷, 在降雨和化雪时表现得最显著, 因而对桥面排水设施缺陷的检查最好在此时进行, 也可以在降雨或化雪后进行。

桥面排水设施不良, 除设计上可能考虑不周外, 主要是排水设施本身被破坏以及尘土、树叶、泥等堵塞排水设施, 以致不能正常排水。

桥面积水往往会通过桥面铺装的裂缝等缺陷影响桥梁主要承重结构构件的耐久性能。

(四) 栏杆、扶手及人行道的检查

主要检查栏杆、扶手本身破坏情况以及相互连接处是否脱落。对于人行道, 检查路缘石是否有破碎, 人行道与桥面板连接的牢固程度, 等等。

桥梁的桥面系状况直接与行车、行人的安全和适用性能有关, 同时桥面系中存在的缺陷也会促使桥梁主要结构构件工作性能的恶化。因而对它的外观检查还得与桥下的检查紧密结合起来, 才能取得较好的效果。

二、桥梁上部结构的检查

桥梁上部结构是桥梁的主要承重结构, 它往往由许多基本构件组成, 例如梁、板、拱肋(片)等。因此对桥梁上部结构的检查, 就是对这些基本构件的工作状况进行检查。具体检查工作内容如下。

(一) 基本构件缺陷及损伤检查

根据桥梁结构形式、构件种类、建桥环境、施工质量以及使用情况等的不同, 在基本构件上缺陷产生的部位、种类和程度也不同。对于混凝土公路桥上部结构的基本构件, 缺陷往往以表面裂缝、蜂窝、麻面、孔洞、露筋、剥落、游离石灰、缝隙夹层等现象表现出来。

下面是对上述各缺陷的术语。

1. 蜂窝——混凝土局部酥松, 砂浆少, 石子多, 石子之间出现空隙, 形成蜂窝状孔洞的现象。

2. 麻面——混凝土表面局部缺浆、粗糙, 或有许多小凹坑, 但无钢筋外露现象。

3. 空洞——混凝土内部有空隙, 局部没有混凝土, 或蜂窝特别大的现象。它常发生在钢筋密集处或预留孔洞和预埋件处。

4. 露筋——钢筋混凝土内的主筋、箍筋等没有被混凝土包裹而外露的现象。

5. 剥落——混凝土表面的砂、水泥浆脱落, 粗骨料外露现象。

6. 游离石灰——是由内部渗出、附在混凝土构件表面的附着物, 通常为呈白色的石灰类附着物的总称。

7. 缝隙夹层——施工缝处混凝土结合不好，有缝隙或夹有杂物的现象。

关于基本构件的表面裂缝将在本章第三节中详细叙述。

对于公路混凝土桥梁，由于某一缺陷的日积月累的变化，加上环境的影响，有扩大的危险。例如蜂窝麻面，由于水的渗入，促使混凝土材料恶化，会引起钢筋锈蚀，钢筋锈蚀物的产生过程会有体积膨胀，又导致混凝土表面产生锈蚀裂缝，形成恶性循环。另外，在混凝土公路桥中，缺陷和原因不是一一对应的，不少情况是某一个原因是诱发源，其它则多为促进缺陷发展的原因。

因此，在基本构件的检查中，一定要细心观察，发现了缺陷后，应结合观察到缺陷的种类、发生部位、范围及严重程度，从设计、施工及桥面系、支座、墩台位移等检查资料出发，进行综合分析得到切合实际的初步判断。

(二) 基本构件的横向联系检查

桥梁上部结构的整体性工作是由基本构件的横向联系状况来保证的。

对于起横向联系的构件状况检查一般包括它们本身状况检查及它们与基本构件连接状况的检查。

对于梁式桥的横隔板，应检查横隔板上的缺陷及裂缝情况，还应检查连接钢板是否外露、有无锈蚀现象，等等。

对于双曲拱桥，应检查横系梁（板）上的裂缝情况，检查与拱肋连接处是否有脱离现象，还应检查肋和波接合处情况等等。

对于桁架拱桥，应检查横隔板与主桁片、微弯板与主桁片的结合处情况等等。

(三) 基本构件的主要几何尺寸及纵轴线检查

一般要用皮尺或钢卷尺量测基本构件的实际长度及截面尺寸、混凝土保护层实际厚度。可以采用随机抽样调查方法进行。

基本构件纵轴线的检查，对梁式桥来讲，指的是主梁纵轴线下挠度的测量；对拱桥来讲，指的是主拱圈的实际拱轴线及拱顶下沉量的测量。基本构件纵轴线的检查可以先进行目测，发现有明显变形时，再用精密水准仪测量。

三、支座的检查

梁式桥支座的作用，主要是将上部结构重量及车辆荷载作用传给墩台，并完成梁体所需要的变形，即水平位移和转角。

支座上存在的缺陷往往会造成桥梁上部结构和墩台的工作不良，造成墩台的某些损伤。根据钢筋混凝土梁桥的有关调查资料，在支座处发生的缺陷情况如表2-2。

常见的支座缺陷

表2-2

支 座 类 型	常 见 的 支 座 缺 陷
筒 易 垫 层 支 座	(1) 材料老化开裂；(2) 墩台顶部混凝土拉裂
弧 形 钢 板 支 座	(1) 固定支座的销钉剪裂；(2) 活动支座的上下钢板锈蚀； (3) 支座不平及附近积水；(4) 垫石破损
板 式 橡 胶 支 座	(1) 支座安装不平，形成线接触或几点接触； (2) 橡胶体本身老化

四、桥梁墩台的检查

桥梁墩台的检查主要是墩台身缺陷及裂缝检查，墩台变位（沉降、位移、倾斜）的检查。

对于钢筋混凝土的墩台身来讲，比较常见的缺陷是混凝土的冻胀引起剥离、混凝土的风化、掉角及船只碰撞造成的表面混凝土擦痕、露筋；比较常见的裂缝形态是墩台身沿主筋方向的裂缝或沿箍筋方向的裂缝（这些裂缝一般数量不多）、盖梁上与主筋方向垂直的竖向裂缝。

对于砖、石及混凝土的墩台身来讲，比较常见的缺陷是砌体的砌缝砂浆的风化、大体积混凝土内部的空洞引起的破损等；比较常见的裂缝形态是墩台身的网状裂缝及竖向裂缝（沿墩台身高度方向发展延伸）。

桥梁墩台身缺陷及裂缝检查，可以采用目测或借助于一些工具（例如用小锤轻敲以检查表面风化程度、剥落情况及内部空洞，用读数显微镜检查裂缝最大宽度等）来完成。

对于墩台的沉降、位移和倾斜情况的检查，一般可以先由目测并结合桥梁上部结构检查进行初步判断。例如对于简支梁桥，当上部结构检查发现主梁有图2-7的情况，可以初步判定桥墩可能有倾斜或不均匀沉降；对于双曲拱桥，当主拱圈检查中发现拱顶下沉较多及主拱肋上有较多的径向裂缝，那么也可以初步认为桥台可能有水平位移存在。初步判断后再进行详细调查。

桥梁墩台的沉降量详细检查用精密水准仪测量，严格按国家一、二等水准测量规范进行，并应闭合在两岸的永久水准点上。观测点一般选在墩台顶面的两端，其观测标志可用在墩台上埋置的铆钉头作为水准观测点。

桥梁墩台的倾斜情况详细检查可以在墩台上设置固定的铅垂线测点，用经纬仪或吊垂球测定墩台倾斜度。

中小跨度桥梁墩台水平位移的观测可用特制的钢线尺固定拉力作悬空丈量，直接将丈量结果与竣工资料比较。钢线尺最好用铌钢制成，以免气温变化的影响。如材料缺乏，亦可用不锈钢尺代替。钢线尺的制作与使用方法可参见文献〔6〕。

对于双曲拱桥墩台水平位移的检查，可用如下方法（见参考文献〔7〕）：

1. 若有完整的竣工资料，桥台水平位移可根据小三角测量求得跨径，与竣工时跨径值比较得到；

2. 若没有竣工资料，则需要根据实测拱轴线在拱顶的下沉量，扣除因设拱度不够而下沉得到的差值，再以此除以拱顶处推力影响线坐标，可以得到桥台的水平位移的估算值。

五、墩台基础的检查

对于墩台基础的检查，主要指墩台基础的冲刷情况和缺陷情况的检查。

在水中的桥墩，因为直接挡水，除了一般的冲刷外，还有局部冲刷，形成局部漏斗形河床。当河床为厚砂砾卵石层时，对于钻孔灌注桩造成严重的磨损，甚至使桩中钢筋外露。有关文献也指出在地面成低水位以下、冻结线以上或冲刷线附近，基础或墩身常有环带状腐蚀，基础周围表面松散，严重者使混凝土形成空洞。

对于中小桥混凝土或浆砌片石扩大基础，主要缺陷是基础松散破裂和基础下冲空。

当桥梁墩台有倾斜、位移或在活载作用下墩顶位移较大时，往往可能是基础有病害，应

进行挖探检查：

1. 在河床无水或围堰防水情况下，可直接挖至基础检查；
 2. 对于位于水流速不大的浅水墩台，可用围堰进行抽水开挖检查。
- 另外还有激光探测和振动检查方法，可以用来检查墩台基础中裂缝、断裂、冲空等病害。

第三节 钢筋混凝土主梁与双曲拱桥主拱圈的常见裂缝检查

钢筋混凝土主梁、双曲拱桥主拱圈是钢筋混凝土梁式桥和双曲拱桥上部结构的主要构件。由于这两类构件的结构类型、构造形式的不同，混凝土表面的裂缝产生的部位、种类也不同。下面先介绍钢筋混凝土梁和双曲拱桥主拱圈的常见裂缝形态及其原因分析，然后介绍混凝土表面裂缝一般检查方法。

一、钢筋混凝土梁的常见裂缝

根据我国公路旧桥改造实际情况和旧桥检查的实践，下面以钢筋混凝土简支梁（板）桥情况，介绍钢筋混凝土梁的常见裂缝形态。

1. 梁（板）受拉区的弯曲裂缝（图2-2）

这类裂缝一般在梁（板）的跨中附近分布。

在梁（板）的侧面，这类裂缝往往从梁（板）的受拉区边缘，沿大致与主筋垂直的方向竖向延伸，一般在两条延伸较长的裂缝间有数根延伸较短的裂缝（图2-2a）。其裂缝宽度一般在 $0.03\sim 0.2\text{mm}$ 范围（T形梁）或 $0.03\sim 0.15\text{mm}$ 范围（空心板梁）内，裂缝之间的最小间距一般为 $0.05\sim 0.2\text{m}$ 。

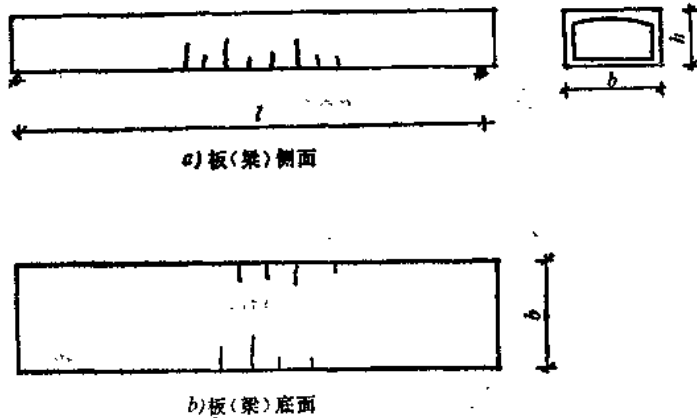


图2-2 梁（板）受拉区的弯曲裂缝

在梁（板）的底面，这类裂缝也会沿着与主筋垂直方向发生，特别是空心板梁（图2-2 b），裂缝宽度一般在 $0.03\sim 0.2\text{mm}$ 范围内。

这类裂缝主要是梁（板）受荷载作用产生的弯曲裂缝。根据桥梁荷载试验的实际观察，在较大的加载下，原来延伸较长的裂缝的长度、宽度都有所增加，但增加速度较慢，而在原延伸较长裂缝间又产生新的短裂缝，致使裂缝间距减小。当卸载后，这些裂缝的宽度基本上又恢复到原始情况。

一般认为，只要这类裂缝在梁(板)侧面的延伸长度达不到设计计算的截面中性轴位置，这类裂缝宽度在车辆荷载作用下变化不大，比较稳定。

2. 梁腹板半梁高处的表面裂缝 (图2-3)

这类裂缝多见于钢筋混凝土 T形梁的腹板侧面上。裂缝位于腹板的半梁高处，裂缝的下端往往达不到梁的受拉区边缘。裂缝在腹板的半梁高附近宽度较大，一般为0.2~0.6 mm 左右，严重者可达到0.8mm，而裂缝上下端的宽度较小，被称为枣核形裂缝。裂缝的间距无一定规律。

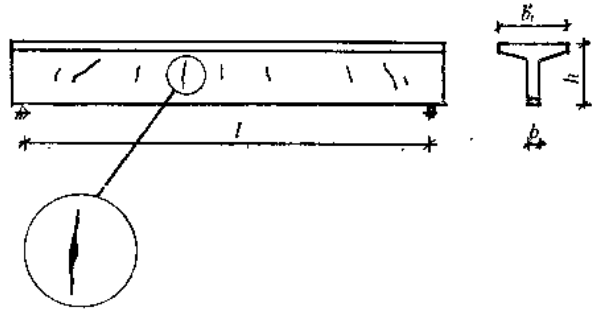


图2-3 梁腹板半梁高处的表面裂缝

这类裂缝在梁跨间各部分都可能存在。根据实际检查资料，在梁的跨中附近，这类裂缝大致沿与主筋垂直方向延伸；而在梁的支点与 $\frac{1}{4}$ 跨之间，裂缝大致与梁纵轴线成 60° 左右的斜角延伸。

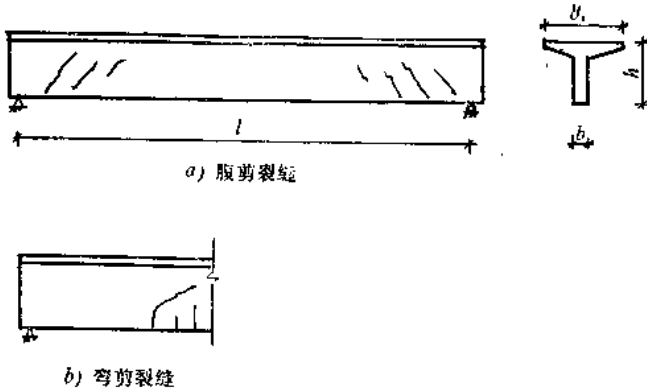


图2-4 梁腹板斜裂缝

腹剪裂缝是旧钢筋混凝土 T形梁最常见的斜裂缝形态之一 (图2-4a)。这类裂缝一般在支点附近至 $\frac{1}{4}$ 跨范围内发生。在梁的腹板侧面上，裂缝延伸方向与梁纵轴成大约 $45\sim 60^\circ$ 左右的夹角。裂缝宽度一般在0.1~0.3mm 范围之内。斜裂缝通常有数条，并大致平行，裂缝间距约为0.5~1.0m。

这类裂缝产生的原因是在车辆荷载作用下，在靠近支点的部位，剪力大而弯矩小，由于产生的主拉应力超过混凝土抗拉强度，在梁腹板中出现腹剪裂缝。有关荷载试验资料表明，在较大的荷载作用下，这类裂缝的宽度会有所增大 (主要是靠近 $\frac{1}{4}$ 跨附近的腹剪裂缝)，但只要在斜裂缝的限定宽度之内，裂缝上下延伸的长度不会有较大变化。

旧钢筋混凝土 T形梁另一类常见的斜裂缝形态是弯剪裂缝 (图2-4b)。弯剪裂缝的特征是它从垂直于梁轴线的竖向弯曲裂缝上发展的斜裂缝，一般与梁轴线成 $30\sim 45^\circ$ 夹角。这类裂缝往往只有1~2条，裂缝宽度大约在0.2~0.3mm 范围内。多发生在靠近 $\frac{1}{4}$ 跨附近。

这类裂缝是梁体混凝土不均匀收缩和车辆荷载作用的综合产物，但以混凝土不均匀收缩为主。

在实际桥梁荷载试验中观察到这类裂缝的最大宽度变化不大，但裂缝长度会增加。相比之下，裂缝下端向梁受拉区边缘伸展较快，并会与受拉区边缘的弯曲竖向裂缝相接。

3. 梁腹板斜裂缝 (图2-4)

常见于跨度大于10m 的钢筋混凝土 T形梁，而板梁中很少见到。

这类裂缝产生的原因是在车辆荷载作用下，在弯矩和剪力都较大的部位梁受拉边缘混凝土中拉应力超过了混凝土弯拉强度，便首先出现了垂直于梁轴的弯曲裂缝。随着荷载增加，这种向上延伸的裂缝由于受到剪力影响而发生倾斜。

4. 梁（板）在主筋部位的水平纵向裂缝（图2-5）

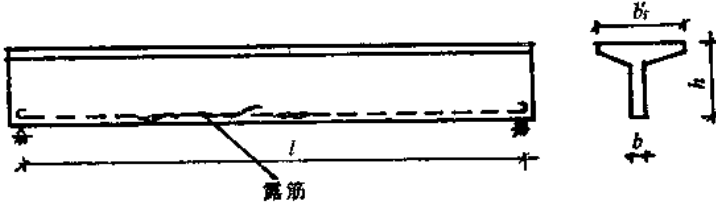


图2-5 梁（板）在主筋部位的水平纵向裂缝

这类裂缝往往在主筋位置附近并顺着主筋延伸的水平纵向裂缝，其延伸长度有长有短，有关资料表明，严重者最大延伸长度可达梁跨度之半，裂缝宽度达到4mm。

这类裂缝严重时往往伴有混凝土侧保护层的剥离、露筋及钢筋锈蚀等缺陷的产生。这类裂缝对钢筋混凝土梁（板）的危害较大，它破坏了钢筋与混凝土的粘结作用，可使钢筋应力骤增，以致突然破坏。

由于这类裂缝常伴有钢筋锈蚀，所以在调查旧钢筋混凝土梁的钢筋锈蚀与这类裂缝时，往往不易判断下述情况：

- (1) 因为出现裂缝使钢筋锈蚀；
- (2) 因为钢筋锈蚀而引起裂缝。

对于这些情况要进行具体分析。引起混凝土裂缝的原因是施工不良、保护层过薄及钢筋锈蚀胀裂混凝土。引起钢筋锈蚀的原因是混凝土中掺了过量氯化钙，混凝土碳化、电蚀和混凝土缺陷严重以至水、侵蚀性化学物质进入混凝土内部，导致钢筋锈蚀。

5. 梁腹板侧面上网状裂缝（图2-6）

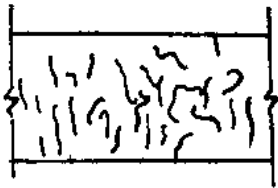


图2-6 梁腹板侧面上网状裂缝

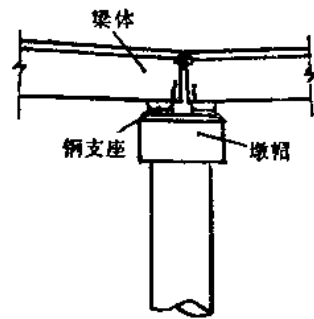


图2-7 梁体在钢板支座处的裂缝

这类裂缝宽度一般很小（0.01~0.05mm），其分布在梁腹板表面上常常象一片片断网，没有一定的规律。在车辆荷载作用下，这类裂缝的宽度和长度变化很小。

这类裂缝是由于梁体混凝土内外收缩不均匀而引起的，是非荷载作用产生的裂缝。

6. 梁体在钢板支座处的裂缝 (图2-7)

这类裂缝见于简支梁钢板支座上垫板处的梁体上。裂缝由支座上垫板与混凝土交界处发生并斜向向上发展, 往往只有一条, 裂缝最大宽度可达2 mm。实际桥梁的检查发现, 这类裂缝的发生往往伴有两相邻孔主梁端上部相抵, 甚至相抵处混凝土破碎的现象。

这类裂缝的产生原因可能是由于桥墩不均匀沉降或歪斜、混凝土局部承压能力不够、支座侧斜或转动不自如等造成的。

二、双曲拱桥主拱圈的常见裂缝

根据对公路双曲拱桥的调查资料, 双曲拱桥主拱圈中常见以下四种裂缝形态。

1. 拱肋跨中径向裂缝 (图2-8)

这类裂缝一般分布在拱肋跨中部分的2~3 m范围内, 也有的分布范围较大, 约在 $\frac{1}{4} \sim \frac{3}{4}L$ (L 为双曲拱桥的跨径) 范围内。在拱肋侧面上, 裂缝由拱肋下边缘向上延伸, 裂缝宽度一般为0.1mm, 严重的可达0.5mm以上, 裂缝延伸长度约为0.2~0.3m左右。

出现这类裂缝的原因主要是:

(1) 拱肋截面太薄弱, 在正弯矩的作用下, 导致拱肋下缘开裂。

(2) 桥台产生水平位移, 使拱顶区段正弯矩较大幅度增加, 拱顶下缘产生裂缝, 这往往是出现这类裂缝的主要原因。

(3) 个别情况下, 是由于吊装不当而出现裂缝, 但往往仅有少量几条。

2. 拱肋的拱脚附近径向裂缝 (图2-8)

这类裂缝在拱座与拱脚交接处 (不设锚入拱座的拱背钢筋的双曲拱桥) 附近发生1~2条, 裂缝较宽; 或在拱脚截面附近 (设锚入拱座的拱背钢筋的双曲拱桥) 发生数条裂缝。在拱肋侧而上, 裂缝由拱肋上缘向下延伸。

出现这类裂缝的原因主要是:

(1) 拱圈截面太薄弱, 在负弯矩的作用下, 导致拱肋上缘开裂。

(2) 桥台产生的水平位移, 使拱脚区段负弯矩较大幅度增加, 使拱肋上缘开裂。

此外, 在拱肋的拱脚部分的拱板混凝土质量差、收缩大, 以及拱波座浆不好, 也会在拱肋上产生这种裂缝。

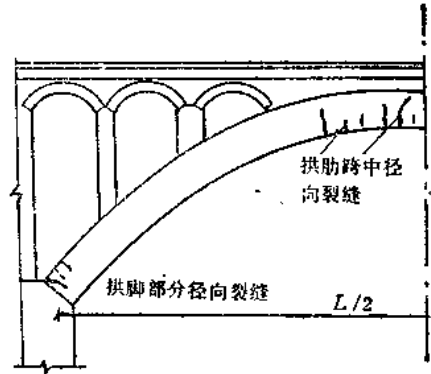


图2-8 拱肋的径向裂缝

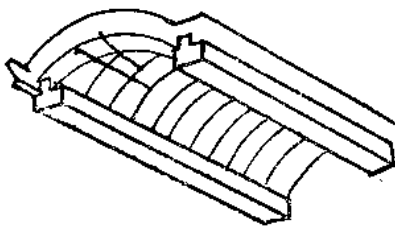


图2-9 拱波顶纵向裂缝

3. 拱波顶纵向裂缝 (图2-9)

这类裂缝多发生在主拱圈的拱波顶上, 裂缝沿跨径方向延伸较长, 而在桥宽方向上往往有数条。这类裂缝的宽度一般较大。

产生这类裂缝的原因主要是:

(1) 主拱圈的横向联系刚度不够, 使主拱圈横向产生连拱作用, 这是产生这类裂缝的主要原因。桥越宽, 拱波的矢跨比越小以及横向联系越弱, 这类裂缝越容易产生。