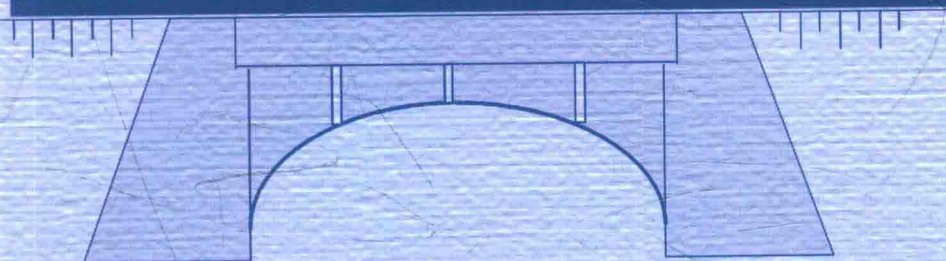
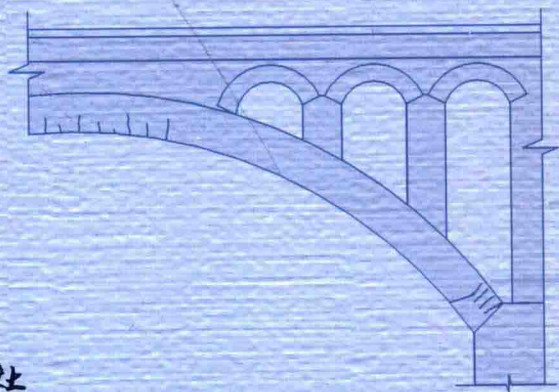


GONGLU WEIQIAO
PINGJIA FENXI JI JIAGU JISHU

公路危桥评价分析及加固技术



梁全富 闫卫红 赵杰 主编



中国建筑工业出版社

公路危桥评价分析及加固技术

梁全富 闫卫红 赵 杰 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路危桥评价分析及加固技术/梁全富, 闫卫红, 赵杰
主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-112-18954-0

I. ①公… II. ①梁…②闫…③赵… III. ①公路桥-
加固 IV. ①U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 004877 号

本书主要介绍了公路危桥评价分析及加固技术。全书共分为 7 章: 第 1 章公路危桥调查依据和调查方法; 第 2 章公路危桥技术评价方法; 第 3 章桥梁病害成因分析及加固工艺; 第 4 章公路危桥资料调查收集和技术分析; 第 5 章公路危桥加固技术及实施方案; 第 6 章公路危桥加固效果评价和验收; 第 7 章公路危桥现状分析及动态管理办法。

责任编辑: 王 磊 田启铭

责任设计: 李志立

责任校对: 陈晶晶 关 健

公路危桥评价分析及加固技术

梁全富 闫卫红 赵 杰 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 271 千字

2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-18954-0

(28187)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主 任：张 帆

副 主 任：梁全富 付立军 侯志峰 燕春凯

编 委：邱家醇 邵景千 王统宁 韩永明

李 青 平瑞丰 焦 斌 孙伟民

孟枫林 彭荣贵 黄保力 卜 新

霍红磊 秦洪章 孙晓玉

主 编：梁全富 闫卫红 赵 杰

副 主 编：郭汉超 刘志科 郭铁惠

编写人员：杜 萍 申 磊 贺冬冬 李 庆

葛世伟 韩志勇 刘 双 贾克锐

梁婧媛 刘皓男 吕小勇 王纪峰

邵晓广 梁久凯 张 理 张会礼

张书华 夏永彬 康广朝 秦 哲

栗学超

序

桥梁作为公路交通基础设施的重要组成部分，加强桥梁安全管理对于保证公路安全畅通，避免人民生命财产的损失，具有重大的社会和经济意义。我国部分公路桥梁是改革开放前兴建的，存在设计荷载标准偏低、耐久性不足等问题；随着国民经济的持续发展，交通量大幅提高、行车密度加大及超载等多因素影响，桥梁结构不可避免的出现各种不同程度的隐患、缺陷或损伤，桥梁结构的安全性、适用性和耐久性逐步降低，甚至部分桥梁已发展成危桥。因此，对公路危桥进行合理的加固补强，恢复或提高其承载能力与通行能力，以满足其正常运行的要求，是公路交通领域的重要课题。

本书结合作者多年的科研工作和工程经验，对公路危桥分析评价及加固技术进行了深入的探讨。概述了公路危桥现状及分类指南、公路危桥调查依据和调查方法和公路危桥技术评价方法；分析研究了桥梁病害成因及加固工艺，并采用大量的图片和工程实例对干线危桥病害、检测和加固方法等做了详细的介绍。重点提出了公路危桥加固技术及实施方案、公路危桥加固效果评价和验收、公路危桥及桥梁重要病害动态管理办法。对桥梁设计、施工和养护管理人员学习掌握危桥病害检测和加固的基本概念、常用方法及操作要点具有十分重要的意义。

前 言

桥梁作为公路交通基础设施的重要组成部分，在我国的经济和建设发展中发挥着至关重要的作用。由于近年交通量剧增、超限超载及早年建成的桥梁不少存在设计缺陷和超期服役等多种因素的影响，使桥梁结构不可避免的出现各种不同程度的隐患、病害或损伤，进而导致了桥梁结构的安全性、适用性和耐久性的降低，严重影响了人民群众的安全出行。因此，开展公路危桥排查工作，对危桥进行加固改造，已成为迫在眉睫、亟待解决的问题。

本书主要介绍了公路危桥评价分析及加固技术。全书共分为7章：第1章介绍了公路危桥调查依据和调查方法；第2章介绍了公路危桥技术评价方法；第3章介绍了桥梁病害成因分析及加固工艺；第4章介绍了公路危桥资料调查收集和技术分析；第5章介绍了公路危桥加固技术及实施方案；第6章介绍了公路危桥加固效果评价和验收；第7章介绍了公路危桥现状分析及动态管理办法。

本书的编写人员及编写工作分工如下：第1章由闫卫红、杜萍、申磊编写；第2章由赵杰、贺冬冬、平瑞丰编写；第3章由郭汉超、李庆、刘皓男编写；第4章由刘志科、刘双、梁婧媛、康广朝编写；第5章由韩志勇、贾克锐、王纪峰、夏永彬编写；第6章由梁全富、吕小勇、张书华、葛世伟、梁久凯编写；第7章由邵晓广、秦哲、栗学超、张理、张会礼编写。全书由梁全富统稿。

邱家醇、杜萍、申磊、贺冬冬等承担了部分书稿的前期编写、录入和校核工作。

感谢教授级高工胡霞光、杜朝伟、苏沛东在编写过程中的指导和支持，感谢河南省公路局项目公司对本书的写作提供技术上的支持。感谢中国建筑工业出版社的编辑，他们的建议和指导使本文的内容和格式更为完善。

公路危桥调查分析及加固技术是一项难度较大、复杂的课题，有许多基础工作尚需进一步的解决。限于作者的研究水平，在很多方面还存在着不足及疏忽之处，恳请各位读者批评指正。

目 录

序

前言

第 1 章 公路危桥调查依据和调查方法	1
1.1 危桥调查依据	1
1.2 危桥调查方法	1
1.2.1 装配式梁桥构件编号方法	1
1.2.2 梁桥病害检查指标与检测内容	4
1.2.3 拱式桥病害检查指标与检测内容	6
第 2 章 公路危桥技术评价方法	9
2.1 危桥定义及规范规定	9
2.2 危桥的评定流程	9
2.3 危桥评定技术指标体系	10
2.3.1 通行安全指标	10
2.3.2 承载力指标	11
2.3.3 抗灾能力指标	11
2.4 危桥评定	11
2.4.1 桥梁几何形态参数测定	11
2.4.2 桥梁结构尺寸及恒载调查	12
2.4.3 桥梁结构构件的材质检测	12
2.4.4 桥梁结构动力参数的测定	12
2.4.5 桥梁墩台与基础变位情况调查	12
2.5 危桥裂缝评价分析及监测技术	12
2.5.1 桥梁裂缝分类	12
2.5.2 桥梁常见裂缝	14
2.5.3 裂缝的观测及检查	20
第 3 章 桥梁病害成因分析及加固工艺	22
3.1 混凝土空心板梁桥	22
3.1.1 桥面系病害	22
3.1.2 上部结构病害及加固工艺	23
3.1.3 下部结构病害及加固工艺	30
3.2 双曲拱桥	37
3.2.1 双曲拱桥特点及现状	37
3.2.2 双曲拱桥常见病害及相应的加固处置方法	38
3.3 石拱桥	43

3.3.1 石拱桥的特点	43
3.3.2 石拱桥常见病害及相应的加固处置方法	43
3.4 刚架拱桥	47
3.4.1 刚架拱桥的特点	47
3.4.2 刚架拱桥常见病害及相应的加固处置方法	47
第4章 公路危桥资料调查收集和技术分析	53
4.1 梁桥	53
4.1.1 板桥	53
4.1.2 整体现浇板梁桥	59
4.1.3 钢筋混凝土空心板梁桥	65
4.1.4 预应力钢筋混凝土空心板梁桥	77
4.2 拱桥	84
4.2.1 双曲拱桥	84
4.2.2 石砌拱桥	92
4.2.3 板拱桥	103
4.2.4 圬工拱桥	106
4.3 更换预应力钢筋混凝土空心板	109
4.4 桥梁拆除重建	121
4.4.1 空心板桥拆除重建	121
4.4.2 拱桥拆除重建	129
4.4.3 不满足防泄洪要求拆除重建	136
4.4.4 设计标准偏低病害严重拆除重建	140
第5章 公路危桥加固技术及实施方案	144
5.1 桥梁常用的加固方法	144
5.1.1 增加梁(板)截面加固法	144
5.1.2 粘贴钢板加固法	145
5.1.3 粘贴纤维复合材料加固法	145
5.1.4 改变结构体系加固法	145
5.1.5 体外预应力加固法	146
5.1.6 其他方法	147
5.2 加固后桥梁常见二次病害	147
5.2.1 增加梁(板)截面结构的二次病害	147
5.2.2 粘贴钢板结构的二次病害	148
5.2.3 粘贴纤维复合材料结构的二次病害	148
5.2.4 改变结构体系结构的二次病害	149
5.2.5 体外预应力结构的二次病害	149
5.2.6 裂缝闭合后结构的二次病害	150
5.2.7 支座、伸缩缝更换后结构的二次病害	150
5.2.8 加固后桥梁结构常见二次病害总结	150

5.3	加固实施	151
5.3.1	施工准备	151
5.3.2	施工组织设计	151
5.3.3	施工安全及环境保护	152
5.4	危桥临时通行	152
第6章	公路危桥加固效果评价和验收	153
6.1	加固质量评价	153
6.1.1	层次分析法	153
6.1.2	变权理论	154
6.1.3	模糊综合评判法	154
6.2	荷载对比试验	155
6.3	加固后质量验收及评价	155
6.3.1	混凝土桥梁表层缺陷处理	155
6.3.2	裂缝的处理	156
6.3.3	梁桥加固	156
6.3.4	拱桥加固施工	157
6.3.5	桥梁基础及下部结构	157
6.3.6	支座和伸缩装置更换	158
第7章	公路危桥现状分析及动态管理办法	160
7.1	公路危桥现状分析	160
7.1.1	危桥发展趋势	160
7.1.2	公路危桥存在的主要问题及原因分析	161
7.2	公路危桥及桥梁重要病害动态管理办法	162
7.2.1	总则	162
7.2.2	危桥及桥梁重要病害的认定	163
7.2.3	报告程序	163
7.2.4	保障措施	164
7.2.5	维修改造	164
7.2.6	责任追究	165
	参考文献	166

第 1 章 公路危桥调查依据和调查方法

1.1 危桥调查依据

- (1) 各市、县提交的《桥梁明细表》；
- (2) 中华人民共和国交通部标准《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)；
- (3) 中华人民共和国交通部标准《公路养护技术规范》(JTG H10—2009)；
- (4) 中华人民共和国交通运输部标准《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)；
- (5) 中华人民共和国行业标准《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)；
- (6) 中华人民共和国交通部标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2004)；
- (7) 中华人民共和国交通部标准《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)；
- (8) 中华人民共和国交通部标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)；
- (9) 中华人民共和国交通部标准《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)；
- (10) 中华人民共和国交通运输部标准《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)；
- (11) 中华人民共和国交通部标准《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)；
- (12) 相关桥梁设计文件、竣工文件及养护维修文件。

1.2 危桥调查方法

1.2.1 装配式梁桥构件编号方法

对装配式梁桥，如空心板桥、T形梁桥、预制箱梁桥，构件编号作如下规定。

1. 跨数

自里程桩号增加方向为检测的前进方向，前进方向上依次为第 1 跨、第 2 跨、第 3 跨……第 n 跨，如图 1-1 所示。天桥自右向左为前进方向，其他编号原则与以上相同。

2. 上部结构

上部结构采用两级编号：孔号—梁号，梁号由右至左逐渐增大。空心板桥、T形梁桥和预制箱梁桥的构件编号方式如图 1-2 所示。

接缝编号包括铰缝和现浇接缝：孔号—接缝号。横隔板以单块板为编号单元，如图 1-3 所示。横隔板编号：孔号—纵向（道）—横向（由右向左）。

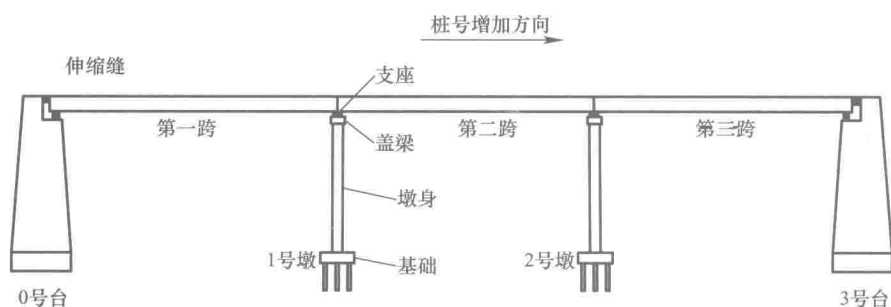


图 1-1 桥梁孔号编码方式

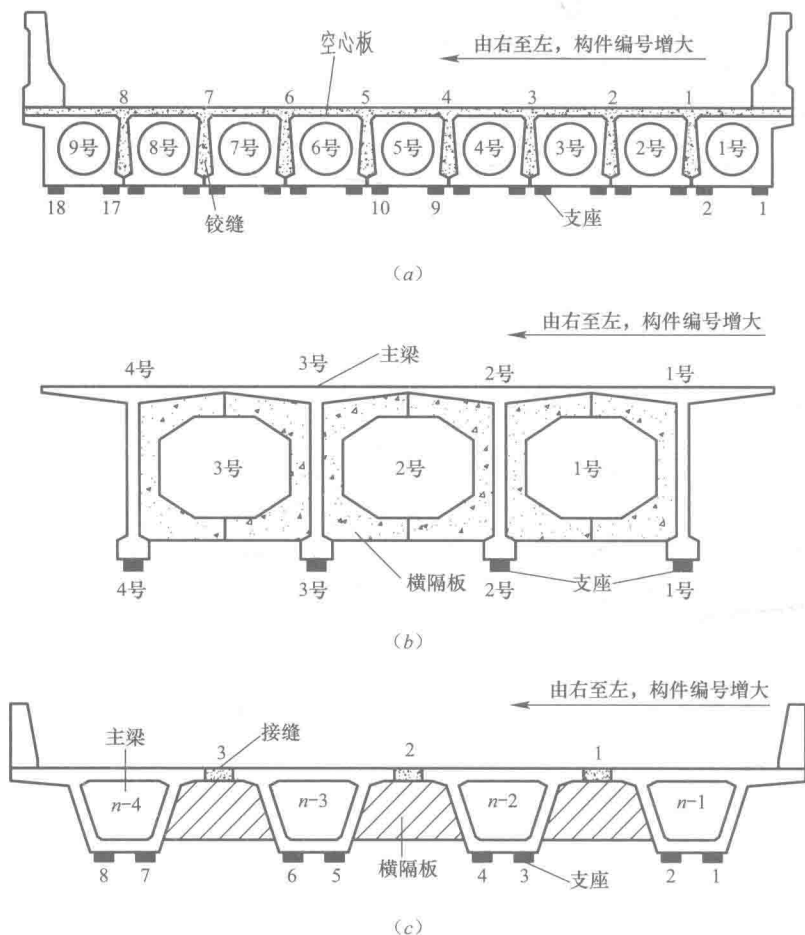


图 1-2 梁桥上部结构部件及编号

(a) 空心板桥上部结构构件编号示意图；
 (b) T形梁桥上部结构构件编号示意图；
 (c) 预制箱梁桥上部结构构件编号示意图

装配式梁桥有简支结构和连续结构，简支结构每个盖梁上设两排支座，连续结构有设单排支座的情况，因此支座编码按 3 级进行编号，即跨数—墩台号—支座号（由右向左），如图 1-4 所示。

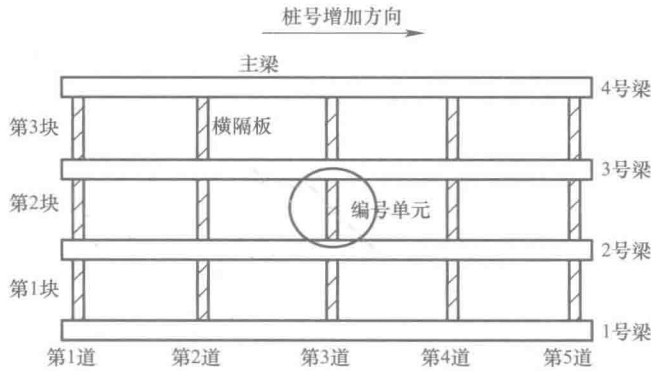


图 1-3 横隔板编号

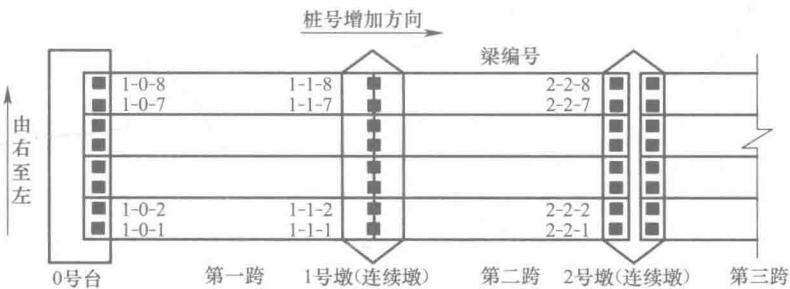


图 1-4 支座编号方式

3. 下部结构

下部结构包括桥墩、桥台、基础、翼墙耳墙、锥坡护坡、河床及调治构造物。如图 1-5 所示，各构件编号方法如下：

(1) 墩台号：沿路线桩号增大方向，墩台号由 0 向 n 逐渐增大。

(2) 桥墩包含墩身、盖梁和系梁，对其分别编号。墩柱编号：墩台号—墩柱号；盖梁、系梁编号：墩台号—梁编号。

(3) 桥台包含台身和台帽，台身和台帽均按桥台号编号，如：0 号台台帽、0 号台台身。

(4) 基础：墩台号。如：0 号台基础、3 号墩基础。

(5) 翼墙耳墙编号：L0、R0、L1、R1，分别表示桥台处的左右侧翼墙或耳墙。

(6) 锥坡护坡编号：锥坡：L0、R0、L1、R1，分别表示桥台处的左右锥坡；护坡：0 号、1 号，分别表示桥台处的护坡。

4. 桥面系

桥面系包括桥面铺装、伸缩缝装置、护栏、人行道、排水系统、照明、标志，各构件

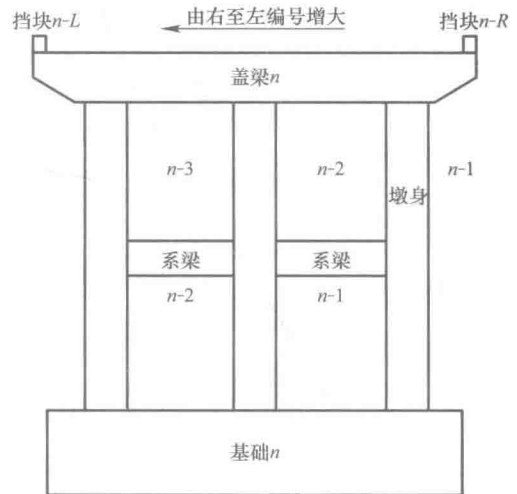


图 1-5 桥墩编号示意图

编号方法如下：

(1) 桥面铺装：按桥跨分，编号由0向 n 逐渐增大。

(2) 伸缩缝装置：采用两级编号，顺序号—墩台号，顺序号从1开始，如1—0，表示第1道伸缩缝位于0号台；2—4，表示第2道伸缩缝位于4号台（墩）。

(3) 护栏：0号、1号，分别表示左右两侧护栏。

(4) 人行道：0号、1号，分别表示左右两侧人行道。

(5) 排水系统、照明、标志：按照1个构件总体评定，编号均为1号。

1.2.2 梁桥病害检查指标与检测内容

1. 桥面系检查

桥面系部件检查指标、检查内容及病害评定标度见表1-1。

桥面系构件检查指标及内容

表 1-1

构件	检查指标	检查内容
沥青混凝土	变形	有无车辙、壅包、高低不平、波浪等现象
	泛油	铺装是否出现泛油
	破损	有无松散、露骨、坑槽出现
	裂缝	铺装是否出现纵横裂缝、龟裂、局部块裂、缝壁散落、支缝等现象
伸缩缝	凹凸不平	伸缩缝是否凹凸、是否有明显的跳车
	锚固区缺陷	锚固构件是否有破损、裂缝、剥落、松动现象
	破损	锚固构件是否松动、缺失，或焊接开裂，橡胶条是否老化、剥离
	失效	是否有异常变形，有无拉开或挤抵现象
护栏	撞坏、缺失	护栏是否受车辆冲撞
	破损	构件是否有蜂窝麻面、剥落、露筋、锈蚀、裂缝、变形错位或缺失现象
防排水系统	排水不畅	桥下是否出现漏水现象，排水是否顺畅
	泄水管、引水槽缺陷	泄水管、引水槽、排水孔是否出现堵塞，排水设施构件是否出现破损、缺失、管壁脱落、漏留泄水管现象
照明、标志	污损或损坏	设施是否有松动、锈蚀、损坏，或出现污损标志不清现象
	照明设施缺失	照明设施是否有缺失
	标志脱落、缺失	标志是否有脱落、缺失

2. 上部结构检查

预制组合梁桥上部结构主要调查内容，如表1-2所示。

上部承重构件检查指标及内容

表 1-2

构件	检查指标	检查内容
上部承重构件	蜂窝、麻面	梁板是否存在大面积蜂窝麻面
	剥落、掉角	梁板是否存在局部或大范围混凝土剥落或掉角
	空洞、孔洞	梁板是否存在局部或大范围混凝土空洞、孔洞
	混凝土保护层厚度	承重构件混凝土保护层厚度是否符合要求，对钢筋耐久性存在的影响，是否造成钢筋锈蚀情况
	钢筋锈蚀	承重构件钢筋锈蚀是否引起混凝土剥落、钢筋裸露及其严重程度

续表

构件	检查指标	检查内容
上部承重构件	混凝土碳化	承重构件的主要受力部位是否存在碳化现象, 是否超出保护层厚度, 混凝土表面胶凝料是否有松散粉化现象
	混凝土强度	承重构件混凝土强度处于何种状态, 是否造成承重构件出现严重缺损、变形、位移、失稳等现象
	跨中挠度	梁体有无明显变形或显著下挠, 是否影响承载力和行车安全
	结构变位	结构有无明显位移(横移或外倾), 横向连接件有无松动, 行车是否存在振动或摇晃, 有无异常音
	预应力构件损伤	预应力钢束锚固区段混凝土有无开裂, 沿预应力筋的混凝土表面有无纵向裂缝
	裂缝	主梁控制截面是否出现纵横向、斜向、水平、竖向或网状裂缝

3. 支座检查

支座是桥梁上部结构和下部结构的连接构件, 它主要承受竖向压力和水平剪力, 橡胶在自然环境的作用下会老化, 影响支座的使用性能。主要检查项目如表 1-3 所示。

支座检查指标及内容

表 1-3

构件	检查指标	检查内容
支座	板式支座老化变质、开裂	是否存在表面油污、老化、变形、破裂、裂缝等现象
	板式支座缺陷	是否有外鼓或钢板外露现象
	板式支座位置串动、脱空	是否出现剪切变形或位置偏移、脱空或严重变形现象
	剪切超限	有无过大的剪切变形或压缩变形, 各夹层钢板之间的橡胶层外凸是否均匀
	聚四氟乙烯滑板磨损	是否老化、脏污, 四氟乙烯板是否完好, 橡胶块是否滑出钢板
	盆式橡胶支座	固定螺栓是否剪断, 螺母是否松动, 钢盆外露的部分是否锈蚀, 防尘罩是否完好

4. 下部结构检查

下部结构主要检查内容如表 1-4 所示。

下部构件检查指标及内容

表 1-4

构件	检查指标	检查内容	
桥墩	墩身	蜂窝、麻面	结构表面是否出现蜂窝、麻面
		剥落、露筋	混凝土是否出现剥落、露筋锈蚀现象
		空洞、孔洞	结构表面是否出现空洞、孔洞
		钢筋锈蚀	钢筋是否锈蚀
		混凝土碳化、腐蚀	混凝土是否出现碳化、腐蚀现象
		磨损	混凝土表面是否有磨损、缩颈、剥蚀现象
		圯工砌体缺陷	砌体是否出现灰缝脱落、破损、剥落、松动、变形现象
		位移	桥墩是否出现滑动、下沉、位移、倾斜、冻拔现象
	裂缝	墩身是否出现水平、竖向裂缝或剪切破坏	
	盖梁和系梁	蜂窝、麻面	结构表面是否出现蜂窝、麻面
		剥落、露筋	混凝土是否出现剥落、露筋锈蚀现象
		空洞、孔洞	结构表面是否出现空洞、孔洞
		钢筋锈蚀	钢筋是否锈蚀
		混凝土碳化、腐蚀	混凝土是否出现碳化、腐蚀现象
		裂缝	盖梁、墩帽是否存在裂缝

续表

构件	检查指标	检查内容	
桥台	台身	剥落	混凝土是否出现剥落
		空洞、孔洞	结构表面是否出现空洞、孔洞
		磨损	混凝土表面是否有磨损、粗骨料外露现象
		混凝土碳化、腐蚀	混凝土是否出现碳化、腐蚀现象
		圯工砌体缺陷	砌体是否出现灰缝脱落、破损、剥落、松动、变形现象
		桥头跳车	台背路面是否存在沉陷, 是否存在跳车现象
		台背排水	台背排水是否流畅
		位移	桥台是否出现滑动、下沉、位移、倾斜、冻拔现象
		裂缝	台身是否出现水平、竖向裂缝或剪切破坏, 悬臂桥墩角隅处是否出现裂缝
	台帽	破损	台帽是否存在混凝土剥落、磨损
混凝土碳化、腐蚀		台帽混凝土是否存在碳化或腐蚀现象	
裂缝		台帽是否存在裂缝	
空洞、孔洞		台帽结构表面是否出现空洞、孔洞	
基础	冲刷、掏空	基础有无冲蚀现象, 表面是否长有青苔、滋生有杂草	
	冲蚀	基础是否存在磨损、腐蚀现象	
	河底铺砌损坏	河底铺砌是否存在冲刷、损坏现象	
	沉降	基础是否出现下沉现象	
	滑移和倾斜	基础是否存在滑移或倾斜现象	
	裂缝	基础结构应力是否异常、出现剪切裂缝	
翼墙或耳墙	破损	混凝土是否出现空洞、孔洞、剥落, 或砖石表面小块脱落现象	
	位移	翼墙、耳墙是否存在永久变形, 外倾、下沉、填料损失现象	
	鼓肚、砌体松动	翼墙、耳墙是否出现鼓肚、砌体松动或破损现象	
	裂缝	是否出现裂缝, 裂缝宽度是否超限	
锥护坡	缺陷	锥护坡铺砌面是否出现隆起、凹陷、开裂、破损, 砌缝砂浆是否脱落	
	冲刷	锥坡体和坡脚是否冲蚀, 基础有无掏空现象	
调治构造物	损坏	是否设置调治构造物, 构造物是否断裂, 砌体是否松动、鼓肚、凹陷或灰浆脱落	
	冲刷、变形	边坡是否下滑, 构造物是否出现下沉、倾斜、坍塌现象	
河床	堵塞	河床是否有漂流物, 河道是否被堵塞	
	冲刷	河底铺砌是否出现冲刷掏空或损坏现象	
	河床变迁	河床是否出现变迁、扩宽现象	

1.2.3 拱式桥病害检查指标与检测内容

1. 圯工拱桥上部结构检查

圯工拱桥上部结构主要调查内容, 如表 1-5 所示。

2. 钢筋混凝土拱桥上部结构检查

板拱桥、肋拱桥和箱拱桥上部结构主要调查内容, 如表 1-6 所示。

圬工拱桥上部结构检查指标及内容

表 1-5

构件	检查指标	检查内容
主拱圈	变形	主拱圈线形是否存在变形
	裂缝	主拱圈是否存在横向裂缝、纵向裂缝
	灰缝松散脱落	灰缝是否存在松散脱落
	渗水	拱圈是否存在渗水现象
	砌块断裂、脱落	拱圈是否存在砌体断裂、脱落现象
	风化	是否存在风化现象,造成砌体表面剥落
	拱脚位移	拱脚是否出现水平、竖向位移和转角
拱上结构	实腹拱的侧墙与主拱圈脱裂	侧墙与主拱圈是否出现断裂、脱开
	实腹拱的侧墙变形、位移	侧墙是否出现鼓肚、倾斜和外移现象
	实腹拱的拱上填料沉陷或开裂	拱上填料是否出现沉陷或开裂
	空腹拱的腹拱或横向连接系变形、错位	腹拱或横向连接系是否出现变形、错位
	立墙或立柱倾斜、开裂或脱落	立墙或立柱是否出现倾斜、开裂、脱落
	拱上结构裂缝	拱上立柱是否出现水平裂缝;盖梁或横系梁是否出现裂缝;腹拱拱顶、拱脚是否出现径向裂缝;梁板跨中是否出现竖向裂缝
	拱上填料排水不畅	是否存在排水不畅

钢筋混凝土拱桥上部结构检查指标及内容

表 1-6

构件	检查指标	检查内容
主拱圈	变形	拱圈是否出现变形
	裂缝	拱圈是否出现横向裂缝、纵向裂缝
	渗水	拱圈是否出现渗水现象
	拱铰功能受损	拱铰是否出现受损现象
	拱脚位移	拱脚是否出现水平、竖向位移和转角
	蜂窝、麻面	是否存在蜂窝、麻面
	剥落、掉角	是否存在局部或大范围混凝土剥落或掉角
	空洞、孔洞	是否存在局部或大范围混凝土空洞、孔洞
	混凝土保护层厚度	混凝土保护层厚度是否符合要求,对钢筋耐久性存在的影响,是否造成钢筋锈蚀情况
	钢筋锈蚀	钢筋锈蚀是否引起混凝土剥落、钢筋裸露及其严重程度
	混凝土碳化	是否存在碳化现象,是否超出保护层厚度,混凝土表面胶凝料是否有松散粉化现象
	混凝土强度	混凝土强度处于何种状态,是否造成承重构件出现严重缺损、变形、位移、失稳等现象
拱上结构	实腹拱的侧墙与主拱圈间脱裂	侧墙与主拱圈是否出现断裂、脱开
	侧墙变形	侧墙是否出现鼓肚、倾斜、外移等变形现象
	拱上填料沉陷或开裂	拱上填料是否出现沉陷或开裂
	空腹拱的腹拱、横向连接系变形、错位	腹拱或横向连接系是否出现变形、错位
	立墙或立柱倾斜	立墙或立柱是否出现倾斜

续表

构件	检查指标	检查内容
拱上结构	表面缺陷	是否出现蜂窝麻面、剥落、掉角、空洞、孔洞、碳化、腐蚀等现象
	拱上结构裂缝	拱上立柱是否出现水平裂缝；盖梁或横系梁是否出现裂缝；腹拱拱顶、拱脚是否出现径向裂缝；梁板跨中是否出现竖向裂缝
	拱上填料排水不畅	是否存在排水不畅

双曲拱桥上部结构主要调查内容，如表 1-7 所示。

双曲拱桥上部结构检查指标及内容

表 1-7

构件	检查指标	检查内容
主拱圈	主拱圈、横向连接系变形	主拱圈有无变形；横向连接系有无松动、开裂、扭曲变形；拱肋变形是否趋于一致
	渗水	有无渗水现象
	主拱圈裂缝	有无横向裂缝；拱波和拱肋结合部位有无纵向裂缝；跨中截面肋波结合面有无环向裂缝；拱波有无纵向裂缝；横向连接系构件有无裂缝
	拱脚位移	拱脚是否出现水平、竖向位移和转角
	蜂窝、麻面	是否存在蜂窝、麻面
	剥落、掉角	是否存在局部或大范围混凝土剥落或掉角
	空洞、孔洞	是否存在局部或大范围混凝土空洞、孔洞
拱上结构	实腹拱的侧墙与主拱圈间脱裂	侧墙与主拱圈是否出现断裂、脱开
	侧墙变形	侧墙是否出现鼓肚、倾斜、外移等变形现象
	拱上填料沉陷或开裂	拱上填料是否出现沉陷或开裂
	空腹拱的腹拱、横向连接系变形、错位	腹拱或横向连接系是否出现变形、错位
	立墙或立柱倾斜	立墙或立柱是否出现倾斜
	表面缺陷	是否出现蜂窝麻面、剥落、掉角、空洞、孔洞、碳化、腐蚀等现象
	拱上结构裂缝	拱上立柱是否出现水平裂缝；盖梁或横系梁是否出现裂缝；腹拱拱顶、拱脚是否出现径向裂缝；梁板跨中是否出现竖向裂缝
	拱上填料排水不畅	是否存在排水不畅