

# 公路桥梁技术状况检测与评定

主 编 应江虹 苏 龙  
副主编 张建平 钟 伟  
参 编 宋江卫 杨 科  
张 景 黎 晨

# 公路桥梁技术状况检测与评定

主 编 应江虹 苏 龙  
副主编 张建平 钟 伟  
参 编 宋江卫 杨 科  
张 景 黎 晨

## 内 容 提 要

本书根据校企合作多年来的教学与工程实践经验,将公路桥梁检测技术和公路桥梁技术状况评定相结合,从公路桥梁养护管理体系、桥梁结构的典型病害认知等基础知识开始入手,逐步过渡到核心内容的桥梁结构检测技术的应用、桥梁技术状况的评定。全书既注重基础理论,又注重从实际出发,结合具体的工程案例,着重阐述典型的检测技术和评定方法的基本原理、适用条件及应用特点。每章配有习题,以指导读者深入地进行学习。

本书可作为高等院校交通土建类相关专业的教材,也可作为公路工程检测单位及桥梁管理单位专业人员参考工具书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁技术状况检测与评定 / 应江虹, 苏龙主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2021.4

ISBN 978-7-5682-9201-6

I. ①公… II. ①应… ②苏… III. ①公路桥—检测 ②公路桥—技术评估 IV. ①U448.14

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第211184号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 402千字

版 次 / 2021年4月第1版 2021年4月第1次印刷

定 价 / 68.00元

责任编辑 / 多海鹏

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

有宋江卫、杨科、张景、黎晨。本书的顺利出版，要感谢贵州交通职业技术学院的老师和贵州宏信创达工程检测咨询有限公司的领导给予的大力支持和帮助。

限于编者水平，书中难免存在错误与疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 模块1 公路桥梁技术状况检测与评定

### 基础知识.....1

#### 课题1 我国公路桥梁维护管理的现状.....1

任务1 公路桥梁的现状 & 检测评定的意义.....1

任务2 公路桥梁技术状况检测与评定的  
相关规范及要求.....11

任务3 公路桥梁技术状况检测与评定的  
资质要求及工作程序.....14

#### 课题2 公路桥梁的分类与主要构件划分及 编码规则.....20

任务1 公路桥梁结构形式分类.....20

任务2 公路桥梁主要构件划分及编号规则.....24

#### 课后习题.....35

## 模块2 桥梁结构典型缺陷与病害.....36

### 课题1 梁式桥典型缺陷与病害.....36

任务1 空心板梁桥典型缺陷与病害.....36

任务2 连续T梁桥典型缺陷与病害.....39

任务3 连续箱梁桥典型缺陷与病害.....42

任务4 梁式桥支座典型缺陷与病害.....46

### 课题2 拱式桥典型缺陷与病害.....46

任务1 钢筋混凝土桁架拱桥典型缺陷与病害.....46

任务2 刚架拱桥典型缺陷与病害.....49

任务3 钢管混凝土拱桥典型缺陷与病害.....51

任务4 圬工拱桥典型缺陷与病害.....52

任务5 系杆拱桥典型缺陷与病害.....54

### 课题3 索承桥典型缺陷与病害.....57

任务1 斜拉桥典型缺陷与病害.....57

任务2 悬索桥典型缺陷与病害.....60

### 课题4 桥梁下部结构和桥面系典型 缺陷与病害.....63

任务1 桥梁下部结构典型缺陷与病害.....63

任务2 桥面系典型缺陷与病害.....69

#### 课后习题.....74

## 模块3 桥梁结构检测技术应用.....75

### 课题1 结构几何尺寸与几何形态检测.....75

任务1 梁式桥桥面线形检测.....75

任务2 拱式桥拱圈变形检测.....77

任务3 高墩垂直度检测.....78

### 课题2 混凝土表观与内部缺陷检测.....79

任务1 混凝土裂缝宽度检测.....80

任务2 混凝土裂缝深度检测.....81

任务3 混凝土内部缺陷检测.....84

### 课题3 钢结构质量缺陷检测.....89

任务1 涂层厚度检测.....89

任务2 焊缝质量检测.....91

任务3 连接螺栓扭矩检测.....101

### 课题4 桥梁材质状况检测.....104

任务1 混凝土抗压强度检测·····	104	课题6 桥梁下部结构技术状况评定·····	194
任务2 混凝土中钢筋位置及保护层厚度检测·····	113	任务1 桥梁下部结构主要检测内容·····	194
任务3 混凝土中钢筋锈蚀状况检测·····	116	任务2 桥梁下部结构评定指标·····	194
任务4 混凝土电阻率检测·····	119	课题7 桥面系技术状况评定·····	209
任务5 混凝土碳化状况检测·····	121	任务1 桥面系主要检测内容·····	209
课后习题·····	122	任务2 桥面系构件评定指标·····	210
<b>模块4 公路桥梁技术状况评定</b> ·····	123	课后习题·····	218
课题1 公路桥梁技术状况评定标准·····	123	<b>模块5 桥梁技术状况评定实例</b> ·····	219
任务1 评定方法与等级分类·····	123	课题1 某混凝土T梁桥技术状况评定	
任务2 评定计算方法与单项控制指标·····	125	实例·····	219
课题2 梁式桥上部结构技术状况评定·····	134	任务1 混凝土T梁桥工程概况及构件数量	
任务1 梁式桥上部结构主要检测内容·····	134	划分·····	219
任务2 梁式桥上部结构评定指标·····	135	任务2 混凝土T梁桥外观检查结果·····	220
课题3 拱式桥上部结构技术状况评定·····	144	任务3 各构件、部件、整体评分及等级	
任务1 拱式桥上部结构主要检测内容·····	144	评定·····	227
任务2 拱式桥上部结构评定指标·····	145	课题2 某斜拉桥技术状况评定实例·····	230
课题4 悬索桥上部结构技术状况评定·····	170	任务1 斜拉桥工程概况及构件数量划分·····	230
任务1 悬索桥上部结构主要检测内容·····	170	任务2 斜拉桥外观检查结果·····	231
任务2 悬索桥上部结构评定指标·····	170	任务3 各构件、部件、整体评分及等级	
课题5 斜拉桥上部结构技术状况评定·····	186	评定·····	234
任务1 斜拉桥上部结构主要检测内容·····	186	课后习题·····	236
任务2 斜拉桥上部结构评定指标·····	187	<b>参考文献</b> ·····	238

# 模块 1 公路桥梁技术状况检测与评定基础知识

## 教学要求

完成本模块学习,学生能够了解公路桥梁建设的成就,了解公路桥梁维护管理的意义,熟悉公路桥梁技术状况检测与评定的相关规范体系,掌握公路桥梁的主要分类方法和各构件的划分及管理编码规则,为后续模块的学习做好充分准备。

## 课题 1 我国公路桥梁维护管理的现状

桥梁作为公路交通咽喉,其安全运营对保证整个路网的畅通乃至一个地区的经济与社会发展都有着重要的影响,桥梁结构安全性无疑成为社会最为关心的问题。特别是近年来我国基础设施建设取得了举世瞩目的成就,拥有庞大的社会固定资产。对这些数目庞大、技术状况复杂的桥梁结构实施科学有效的管理,维护桥梁结构的安全运营,对保障国民经济的正常运行、社会安定具有重大的意义。

### 任务 1 公路桥梁的现状 & 检测评定的意义

#### 1.1 我国公路桥梁的建设成就

改革开放以来,随着经济的发展、综合国力的增强,我国的建筑材料、工程设备、建筑技术都有了较快发展,我国公路建设事业得到了迅猛发展。特别是近十年来,计算机信息化技术的应用和发展为技术人员提供了方便、快捷的信息分析手段。我国桥梁的建设进入了一个最辉煌的时期,一大批结构新颖、技术复杂、设计施工难度大和科技含量高的大跨径桥梁相继建成,标志着我国的公路桥梁建设水平已跻身于国际先进行列。

据交通运输部《2019 年交通运输行业发展统计公报》显示,截至 2019 年年末,全国公路总里程达 501.25 万公里,公路密度 52.21 公里/百平方公里。2018 年年末全国公路桥梁 87.83 万座,桥梁长度合计 6.063 万公里,其中特大桥梁 5 716 座,大桥 108 344 座。公路与城市道路桥梁的总数已经超过 110 万座,远远超越了原世界桥梁最多的美国(65 万座)。图 1-1-1 所示为 2015—2019 年全国公路总里程及桥梁总数。

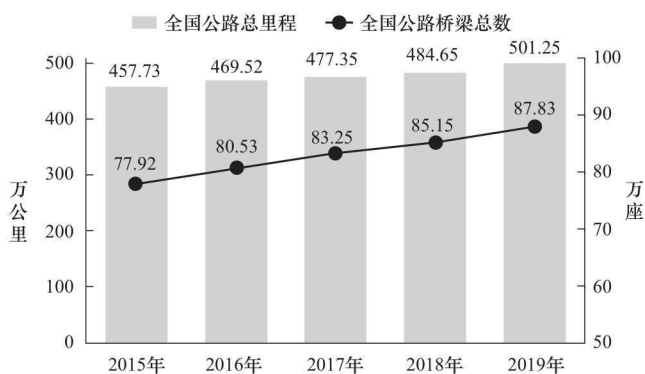


图 1-1-1 2015—2019 年全国公路总里程及桥梁总数

我国公路桥梁建设，从发展历程来看主要经历了从珠江三角洲到长江中上游、再到西部山区的高山峡谷、再到跨海世纪工程。桥梁结构从常规的梁桥、拱桥到高墩大跨径斜拉桥、悬索桥的建设历程。目前，世界各类大跨径桥梁绝大多数在中国，跨径居前十位的各种桥梁中，中国占了一半以上，取得了举世瞩目的成就。

### 1.1.1 预应力混凝土梁桥

梁式桥是使用最广泛的桥梁结构形式。世界上已建成主跨跨径大于 200 m 的预应力混凝土梁桥有 147 座，中国占 131 座，其中以重庆石板坡长江大桥复线桥(主跨跨径为 330 m，2006 年建成)和贵州省水盘高速公路北盘江特大桥(如图 1-1-2 所示，主跨跨径为 290 m，2013 年建成)为代表。世界主跨跨径排名前 10 座的预应力混凝土梁桥中，中国占 5 座(见表 1-1-1)。



图 1-1-2 贵州省水盘高速公路北盘江特大桥

表 1-1-1 主跨跨径世界排名前十位的预应力混凝土梁桥

序号	桥名	主跨/m	国家/地区	建成时间/年
1	石板坡长江大桥复线桥	330	中国/重庆	2006
2	Storseisundet Bridge(斯托尔桑德特大桥)	301	挪威	1998
3	Raftsundet Bridge(拉大森德大桥)	298	挪威	1998
4	Sunday Bridge(桑达伊大桥)	298	挪威	2003
5	水盘高速公路北盘江特大桥	290	中国/贵州	2013
6	Sandsfjord Bridge	290	挪威	2015
7	虎门大桥辅航道桥	270	中国/广东	1997
8	Asuncion Bridge(亚松森桥)	270	巴拉圭	1979
9	苏通大桥专用航道桥	268	中国/江苏	2008
10	红河大桥	265	中国/云南	2003

### 1.1.2 拱桥

拱桥在我国有着悠久的历史，由于拱桥造型优美、跨越能力大，长期以来一直是大跨径桥梁的主要形式之一。世界上主跨跨径大于 200 m 的钢筋混凝土拱桥有 46 座，全部在中国。主跨跨径大于 200 m 的钢筋混凝土拱桥有 43 座，中国占 23 座。主跨跨径大于 200 m 的钢箱、钢桁

拱桥有 118 座，中国占 86 座。我国 2009 年建成的主跨跨径为 552 m 的重庆朝天门长江大桥(图 1-1-3)居同类桥型的主跨跨径世界第一。表 1-1-2 所示为主跨跨径世界排名前十位的拱桥。



图 1-1-3 重庆朝天门长江大桥

表 1-1-2 主跨跨径世界排名前十位的拱桥

序号	桥名	主跨/m	国家/地区	建成时间/年
1	平南三桥	575	中国/广西	在建
2	朝天门长江大桥	552	中国/重庆	2009
3	卢浦大桥	550	中国/上海	2003
4	秭归长江大桥	531.2	中国/湖北	2019
5	合江长江一桥	530	中国/四川	2013
6	New River Gorge Bridge(新河谷桥)	518	美国	1977
7	合江长江公路大桥	507	中国/四川	在建
8	Bayonne Bridge(巴约纳桥)	504	美国	1931
9	Sydney Harbour Bridge(悉尼港桥)	503	澳大利亚	1932
10	巫山长江公路大桥	492	中国/重庆	2005

### 1.1.3 斜拉桥

20 世纪 90 年代以后，因跨越大江大河的需要，我国斜拉桥得到快速的发展，建成了苏通长江大桥、沪通长江大桥(图 1-1-4)等一系列斜拉桥。目前，我国建成或在建的主跨跨径为 300 m 以上的斜拉桥有 200 多座，居世界首位。表 1-1-3 所示为主跨跨径世界排名前十位的斜拉桥。



图 1-1-4 沪通长江大桥

表 1-1-3 主跨跨径世界排名前十位的斜拉桥

序号	桥名	主跨/m	国家/地区	建成时间/年
1	常泰长江大桥	1 176	中国/江苏	在建
2	Russky Island Bridge(俄罗斯岛大桥)	1 104	俄罗斯	2012
3	沪通长江大桥	1 092	中国/江苏	2020
4	苏通长江大桥	1 088	中国/江苏	2008
5	昂船洲大桥	1 018	中国/香港	2009
6	武汉青山长江大桥	938	中国/湖北	2020
7	鄂东长江大桥	926	中国/湖北	2010
8	嘉鱼长江公路大桥	920	中国/湖北	2019
9	多多罗大桥	890	日本	1999
10	Normandy Bridge(诺曼底大桥)	856	法国	1995

#### 1.1.4 悬索桥

我国在特大跨径悬索桥建设方面起步较晚，1995年建成的广东汕头海湾大桥(主跨跨径为452 m)开启了我国公路悬索桥的先河，随后建成了湖北西陵长江大桥(主跨跨径为900 m，1996年通车运营)、广州虎门大桥(主跨跨径为888 m，1997年建成通车)等。2018年建成了南沙大桥坭洲水道桥(主跨跨径为1 688 m)、武汉杨泗港长江大桥(图 1-1-5，主跨跨径为1 700 m)等多座世界级大跨径悬索桥。表 1-1-4 所示为主跨跨径世界排名前十的悬索桥。



图 1-1-5 武汉杨泗港长江大桥

表 1-1-4 主跨跨径世界排名前十位的悬索桥

序号	桥名	主跨/m	国家/地区	建成时间/年
1	恰纳卡莱 1915 大桥	2 023	土耳其	在建
2	明石海峡大桥	1 991	日本	1998
3	南京仙新路过江通道跨江大桥	1 760	中国/江苏	在建
4	武汉杨泗港长江大桥	1 700	中国/湖北	2019
5	南沙大桥坭洲水道桥	1 688	中国/广东	2019
6	深中通道伶仃洋大桥	1 666	中国/广东	在建
7	西堠门大桥	1 650	中国/浙江	2009
8	Great Belt Bridge(大贝尔特桥)	1 624	丹麦	1998
9	Izmit Bridge(奥斯曼加齐大桥)	1 550	土耳其	2016
10	Gwang yang Bridge(光阳大桥)	1 545	韩国	2013

### 1.1.5 高桥

在高桥建设方面，随着西部大开发的进程，西部山区跨峡谷沟壑的桥梁也如雨后春笋。世界著名桥梁网站 Highest Bridges 显示，世界高桥前 100 名中，约 80 座在中国，其中有 50 多座在贵州。对于山多地少没有平原支撑的贵州来说，贵州的桥梁其险峻、壮观程度是世界任何地方都无法比拟的，世界上高度在 300m 以上的桥梁中，国外只有 2 座，其余的在国内，其中贵州就占了一大半，可以称为“世界桥梁博物馆”。图 1-1-6 所示为杭瑞高速北盘江大桥，表 1-1-5 所示为桥面高度世界排名前十位的公路桥。

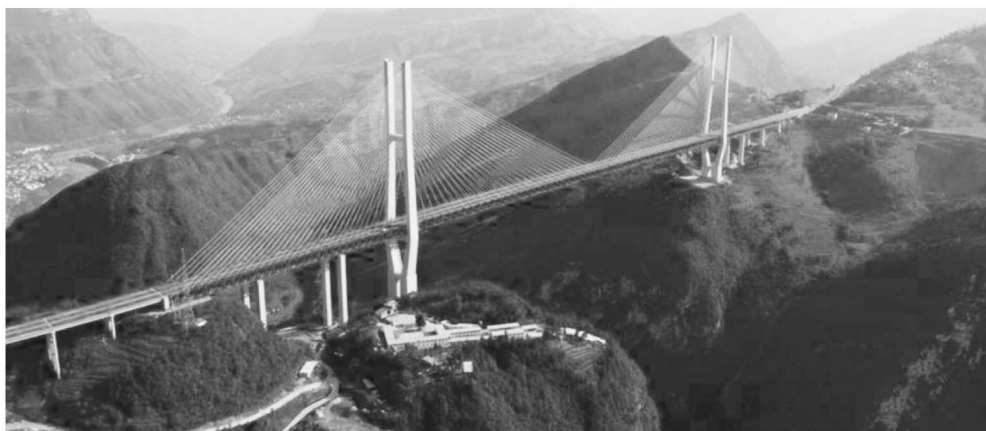


图 1-1-6 杭瑞高速北盘江大桥

表 1-1-5 桥面高度世界排名前十位的公路桥

序号	桥名	桥面高度/m	桥型	国家/地区	建成时间/年
1	杭瑞高速北盘江大桥	565.4	斜拉桥	中国/贵州	2016
2	四渡河特大桥	496	悬索桥	中国/湖北	2009
3	普立特大桥	485	悬索桥	中国/云南	2015
4	金安金沙江大桥	461	悬索桥	中国/云南	2020
5	贵黔高速鸭池河大桥	434	斜拉桥	中国/贵州	2016

续表

序号	桥名	桥面高度/m	桥型	国家/地区	建成时间/年
6	清水河特大桥	406	悬索桥	中国/贵州	2015
7	巴鲁阿特大桥	390	斜拉桥	墨西哥	2013
8	息黔高速六广河特大桥	375	斜拉桥	中国/贵州	2017
9	坝陵河特大桥	370	悬索桥	中国/贵州	2003
10	美兴公路北盘江大桥	366	悬索桥	中国/贵州	2009

### 1.1.6 跨海连岛大桥

21 世纪，中国桥梁建设进入了一个全面发展的阶段，在建设内陆主干公路的同时，开始了跨海工程建设，先后建成了东海、杭州湾、舟山连岛、胶州湾和港珠澳大桥等 10 多个跨海大桥工程。这些桥梁都创造了世界上多个技术第一，标志着我国的桥梁建造技术越来越成熟。在国际上，其设计和施工工艺越来越来得到世界各国的认可。图 1-1-7 所示为港珠澳大桥，表 1-1-6 所示为世界排名前十位的跨海连岛大桥。



图 1-1-7 港珠澳大桥

表 1-1-6 世界排名前十位的跨海连岛大桥

序号	桥名	全长/km	国家/地区	建成时间/年
1	港珠澳大桥	55	中国	2018
2	青岛海湾(胶州湾)大桥	36.48	中国	2011
3	杭州湾大桥	36	中国	2008
4	上海东海大桥	32.5	中国	2005
5	大连湾跨海工程	27	中国	在建
6	King Fahd auseway(巴林跨海大桥)	25	巴林	1986
7	舟山大陆连岛工程	25	中国	2009
8	深中通道工程	24	中国	在建
9	Chesapeake Bay Bridge(切萨皮克湾大桥)	19.7	美国	1964
10	Great Belt Bridge	17.5	丹麦	1997

## 1.2 公路桥梁技术状况检测与评定的意义

改革开放以来,我国桥梁工程建设已经取得了进步,随着技术状况复杂的桥梁日趋增加,对桥梁的运营安全提出了更高的要求。然而,随着在役桥梁使用年限的增加,桥梁结构病害问题日益突出。国内外桥梁坍塌事故时有发生,根据对媒体报道的不完全统计,仅2000—2019年我国共发生桥梁坍塌事故60余起,给国家财产和人民生命安全带来了巨大损失,造成了严重的不良社会影响。

例如,2001年11月7日凌晨4时30分左右,位于四川省宜宾市金沙江上的宜宾小南门大桥部分悬索及桥面发生断裂坍塌事故(图1-1-8),造成3车坠江、1船被毁,其中2人死亡、2人失踪、3人受伤。该桥为单孔跨径为240m的钢筋混凝土中承式公路拱桥,桥面由17对钢缆吊杆悬挂承重,于1990年11月建成通车。据有关部门调查分析认为,吊杆在近桥面处防护失效,部分吊杆钢绞线生锈后发生应力腐蚀,造成吊杆中4对(北岸1对,南岸3对)共8根吊杆突然断裂是事故的主要原因。



图 1-1-8 宜宾小南门大桥垮塌事故

2011年7月15日凌晨2时许,浙江杭州钱塘江三桥北向南距离滨江转盘不到800m处(引桥部分)右侧车道部分桥面突然塌落(图1-1-9),一辆满载钢板的货车从桥面坠落,又将下闸道砸塌,司机受伤。该桥总长为5700m,双向6车道,主桥长为1280m,南北高架引桥长为4420m(主要为空心板梁),1997年1月建成通车。据有关部门调查分析认为,垮塌的主要原因是引桥空心板梁之间采用浅直铰缝构造,在运营过程中,主梁之间铰缝逐渐损坏,最后形成单片空心板梁受力,在超载车辆作用下导致桥梁坍塌。



图 1-1-9 杭州钱塘江三桥垮塌现场

桥梁坍塌事故的原因诸多,既有在设计施工的建设期就存在缺陷的,也有原设计荷载等级偏低、交通量和大型重载的激增引发的,还有大气环境下材料的劣化、自然灾害作用引发的,但是桥梁的检测不到位、养护不及时等都是造成悲惨事故的重要原因之一。为保证公路桥梁的安全运营,必须加强对在役桥梁进行检查、维护和加固,使其经常处于良好的技术状态,确保和提高使用年限,以满足交通运输发展的需要。

桥梁技术状况检测与评定,是专业技术人员根据相关规范要求,通过一定的检测手段来了解桥梁的病害发生部位、严重程度、产生原因等情况,并分析既有病害对桥梁结构的安全性、适用性和耐久性影响,综合评定桥梁技术状况等级,为桥梁维修加固提供可靠的技术数据和依据,在保证桥梁安全运营等方面具有重要的意义。

### 1.3 桥梁技术状况检测技术简介

#### 1.3.1 桥梁技术状况检测的主要内容

桥梁技术状况检测的主要内容包括外观损伤、内部缺陷、材料劣化状况、结构力学性能及几何形态特征检测等。

(1)桥梁结构的外观损伤主要有钢结构的锈蚀、连接构造失效、构件及焊缝的疲劳开裂,混凝土结构的裂缝、蜂窝、麻面、掉角、剥落等。钢结构的锈蚀、连接构造失效及混凝土蜂窝、剥落的病害特征明显,很容易检查和记录。但钢结构的结构及焊缝开裂、混凝土结构裂缝,其宽度和分布特征对评价桥梁结构安全性能具有重要的作用,而日常检查中难以察觉。

(2)桥梁结构的内部缺陷主要表现为混凝土在浇筑时,由于过密配筋、振捣不实等,产生的空洞、孔洞,或是预应力混凝土的预埋管内注浆不足产生的管内空洞。管内空洞会诱发导致预应力钢束锈蚀或局部受力过大等。

(3)桥梁结构材料的劣化主要表现为混凝土强度的降低、碱集料反应引起的混凝土开裂、混凝土中氯离子的侵入与碳化等原因诱发的钢筋锈蚀等。

(4)结构力学性能及几何形态特征检测主要有索力检测、结构应力及变形(如桥跨结构的下挠、墩台沉降)检测。桥梁几何形态的变化在一定程度上能反映结构内力的变化情况,主要包括在恒载状态下的几何特征变化与活载作用下的几何特征变化。恒载状态下的几何形态检测,主要与既往的检测数据比较,分析其变化规律。桥梁技术状况检测的范围主要是在恒载状态下的几何形态检测。活载状态下几何形态的变化检测,一般应用于荷载试验,它是桥梁承载能力评定中,桥梁正常使用阶段结构刚度特征的重要参数。

上述这些典型桥梁结构病害对保证桥梁结构承载力、运营安全性及耐久性具有重要的影响。长期以来,桥梁技术状况检测主要是通过人工目测或者采用一些简单的仪器设备进行现场测试及其他辅助性试验来进行的。随着科技的发展,许多先进的仪器设备应用到桥梁技术状况检测中,使检测工作更为方便高效和准确。本节简单介绍公路桥梁技术状况检测中常用的无损检测技术及智能化检测手段的发展现状。

#### 1.3.2 无损检测技术

无损检测技术(Non Destructive Evaluation, NDE),是在不破坏检测对象原来状态的前提下,利用物理或化学手段,借助先进的技术和仪器设备来获取与检测对象缺陷的有无、属性、位置、大小等信息所采用的检测方法。

早在19世纪末,人们就已经开始探索无损检测技术,部分技术在第二次世界大战前已经开始得到初步应用,在第二次世界大战期间由于医学和军事的需要而得到迅速发展。无损检测技术在第二次世界大战后随着工业生产技术的迅猛发展,在工业(金属材料)上开始广泛应用,后在混凝土等非金属材料中开始应用。20世纪末期逐步形成了射线检测、超声波和冲击弹性波检

测、电学和电磁检测、力学和光学检测、热力学方法和化学分析方法及图像处理、图像的识别等自动化检测技术的土木工程检测体系。桥梁无损检测技术正是在此基础上发展而形成，并随着现代传感与通信技术的发展向着智能化、快速化、系统化的方向发展。

目前，桥梁结构检测中常用的主要无损检测方法见表 1-1-7。

表 1-1-7 桥梁检测中主要的无损检测方法

检测项目	常用检测方法	主要相关检测规范
混凝土结构	外观损伤	超声波法、数字化图像识别*
	裂缝深度	超声波法
	内部空洞	超声波法、冲击回波法、红外线成像法*、电磁波雷达法*、X 射线法*
	预埋管压浆密实度	X 射线法*、冲击回波法
	钢筋位置	电磁感应法、电磁波雷达法
	钢筋保护层厚度	
	钢筋锈蚀状况	半电池电位法
	钢筋锈蚀环境	电阻率法
混凝土强度	回弹法、超声回弹综合法、钻芯法、拔出法	《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23—2011) 《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02—2005) 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T 384—2016) 《拔出法检测混凝土强度技术规程》(CECS 69—2011)
钢结构	钢材厚度	超声测厚法
	涂层厚度	磁性测厚法、涡流测厚法、超声测厚法
	焊缝质量	超声检测法、磁粉检测法、渗透检测法
其他	几何形态	全站仪测量、精密水准仪测量、GPS 测量
	索力	频率法、磁通量法*

注：右上方有\*的为目前还没有规范的检测方法。

除上述常用的桥梁无损检测方法外，国内外的桥梁检测工作者还在不断探索，将更多的检测方法和手段应用到实际工程中。但必须认识到，无损检测技术是使用特定的检测装置来检测被测物的某个物理量，根据检测出的物理量与被测物的状态之间存在的某种关系来推断被测物的状态，具有不确定性。因此，在工程应用中，必须合理选择无损检测的方法和检测规范，并注意检测方法的适用范围及影响因素，从而提高检测结果的可靠性。

桥梁技术状况检测技术是本书的核心内容之一，常用的检测方法的检测原理在本书模块 3 (桥梁技术状况检测技术应用)中详细说明。

### 1.3.3 智能化检测手段

目前，公路桥梁检测外观损伤仍借助检测支架或桥梁检测车等设备接近结构表面，以人工目测为主，工作强度大，效率低。特别是大跨径、高墩及跨海大桥等特殊结构桥梁(如斜拉桥、

悬索桥等)人工检测难度大,危险系数高。近年来,无人机,爬索、爬壁机器人,水下机器人等智能化检测手段在桥梁检测中得到迅猛发展。

### 1. 无人机检测

无人机检测通过无人机悬挂的测量设备或高分辨率摄像头,对桥梁进行近距离、全方位观测,对结构外观缺陷、几何进行高分辨率拍摄。无人机检测系统主要由无人机、数据采集系统、数据传输系统、地面控制系统、数据分析处理系统等组成。无人机一般采用起降平稳的多旋翼无人机,利于数据采集和观测。数据传输系统用于系统控制信号、检测数据的传输。地面控制系统则用于实时监控无人机飞行、检查拍摄情况,利于及时纠正飞行轨迹和发现桥梁明显病害。与传统桥梁检测技术相比,无人机可以直接到达检测部位,无须其他辅助措施,不影响正常交通,节省费用。在高墩等复杂环境中,无须人员高空作业,提高了安全性。常用于桥梁检测的无人机检测如图 1-1-10 所示。



图 1-1-10 无人机桥梁检测应用

### 2. 爬索、爬壁机器人检测

爬索、爬壁机器人是一种能够携带安装高清摄像装置或钢丝探伤传感器等相关设备攀爬斜拉索、墩及梁等,并对其进行高空作业,能够实现准确、及时、快速、方便的检查。

爬索、爬壁机器人包括检测装置、爬行机构、控制系统、电源、电机等几个部分。常用于桥梁检测的爬索、爬壁机器人检测如图 1-1-11 所示。



图 1-1-11 爬索、爬壁机器人桥梁检测应用

### 3. 水下机器人检测

桥梁基础是桥梁的重要结构之一,它不仅承受着桥梁的恒载和活载,还将它传递给地基。

桥梁经过一段时间运营后，往往会因为基础混凝土浇筑质量差或流水长期冲刷侵蚀等原因而出现病害，如基础淘空、倾斜、下沉、混凝土冲蚀、磨损、破损、露筋、锈蚀、夹泥、开裂和缩径等，这些病害均会危及桥梁的正常使用。基础位于水面之下，人工检测作业存在很大的安全隐患。这些现实情况给桥梁检测的顺利实施带来了很大的困难。

水下机器人可携带高清水下摄像系统或二维多波束声呐，可以得到结构的损伤、基础的冲刷等较为直观的图像，成为长大跨海、跨江桥梁基础检测的必要手段。水下机器人桥梁检测应用如图 1-1-12 所示。

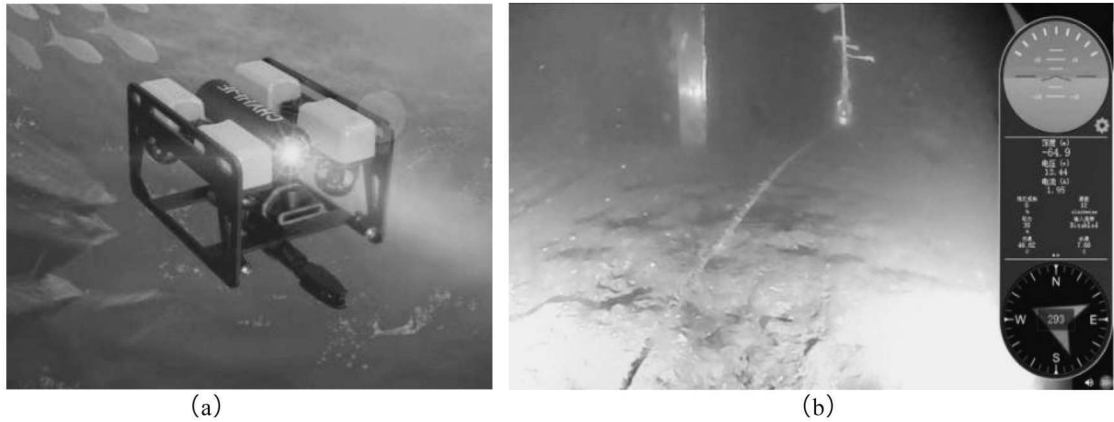


图 1-1-12 水下机器人桥梁检测应用

## 任务 2 公路桥梁技术状况检测与评定的相关规范及要求

公路桥梁技术状况检测与评定主要依据《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)来实施。本节简单介绍上述规范标准的主要相关内容，同时，也简单介绍针对技术状况评定结果为较差和危险等级的桥梁实施的《公路桥梁承载能力检验评定标准》等。

### 2.1 《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)简介

桥梁检查是通过了解桥梁的技术状况及缺陷和损伤的性质、部位、严重程度、发展趋势，弄清楚出现缺陷和损伤的主要原因，以便能分析和评价既存缺陷和损伤对桥梁质量与使用承载能力的影响，并为桥梁维修和加固设计提供可靠的技术数据与依据。因此，桥梁检查是进行桥梁养护、维修与加固的先导工作，是决定维修与加固方案可行和正确与否的可靠保证，是桥梁评定、养护、维修与加固工作中必不可少的重要组成部分。

1996 年交通运输部为了适应新形势的要求，下达将原《公路养护技术规范》中第四章的桥涵养护作为《公路桥涵养护规范》进行修改，单独成册的任务。经过 6 年多反复的调研、评审和修改，于 2004 年 10 月发布并实施《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)。随着我国交通事业的不断发展需求，2010 年交通运输部又下达了对《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)进行修订的任务，目前正在修订中，近期可望颁布实施。

现行《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)按照检查的范围、深度、方式和检查结果用途等的不同，将公路桥梁检查分为经常检查、定期检查和特殊检查。

#### 1. 经常检查

经常检查是由桥梁养护人员对桥梁进行的日常巡视检查。经常检查桥面设施、上部结构、下