



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

桥涵维护与加固技术

(第二版)

姚国文 主 编

刘思孟 李世亚 副主编

黄培彦 [华南理工大学] 主 审



免费下载

配课件

www.ccpnss.com.cn



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

Qiaohan Weihu yu Jiagu Jishu 桥涵维护与加固技术

(第二版)

姚国文	主 编
刘思孟 李世亚	副主编
黄培彦[华南理工大学]	主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材,经全国职业教育教材审定委员会审定。全书共有11章,分别为:绪论,桥梁经常检查与定期检查,桥梁特殊检查,桥梁技术状况评定,桥梁承载能力评定,桥梁缺损维修与裂缝修补,梁桥上部结构加固技术,拱桥上部结构加固技术,桥梁下部结构加固技术,桥梁抗震加固技术,桥梁加固施工组织与管理。

本书可供道路桥梁工程技术、高等级公路维护与管理等专业教学使用,也可供从事公路设计、施工、养护和管理的相关人员学习和参考。

* 本书配有教学课件,读者可于人民交通出版社股份有限公司网站下载。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵维护与加固技术 / 姚国文主编. —2 版. —北京:
人民交通出版社股份有限公司,2015.9

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-114-12187-6

I. ①桥… II. ①姚… III. ①桥涵工程—维护—高等
职业教育—教材 ②桥涵工程—加固—高等职业教育—教材
IV. ①U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 076858 号

“十二五”职业教育国家规划教材

书 名: 桥涵维护与加固技术(第二版)

著 作 者: 姚国文

责任编辑: 袁 方

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.25

字 数: 390 千

版 次: 2007 年 2 月 第 1 版

2015 年 9 月 第 2 版

印 次: 2015 年 9 月 第 1 次印刷 总第 5 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12187-6

印 数: 14001~17000 册

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

本教材第一版于2007年2月出版,系“交通职业教育教学指导委员会推荐教材”。

根据2013年8月教育部《关于“十二五”职业教育国家规划教材选题立项的函》〔教职成司函(2013)184号〕,本教材获得“十二五”职业教育国家规划教材选题立项。

我们在认真学习领会《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成〔2012〕9号)、《高等职业学校专业教学标准(试行)》、《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》(教职成司〔2012〕237号)等有关文件的基础上,结合当前高等职业教育发展和公路行业发展的实际情况,对本教材第一版做了全面修订后形成了本教材第二版。

本教材的主要特色有如下诸方面:

(1) 完全贯彻公路行业最新技术标准和规范

本教材以《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)、《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23—2008)、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)、《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)以及正在修订的《公路桥涵养护规范》、《公路桥梁荷载试验规程》为依据,对教材进行修订改版,同时增加了部分工程特色明显的案例。

(2) 内容紧贴公路行业从业人员职业资格要求

本教材顺应交通类职业院校人才培养规格和教学改革的要求,突出专业培养的针对性和实用性,为学生今后获取职业资格奠定了基础。

(3) 行业专家学者全程参与本教材的编审

“工学结合、校企合作”是职业教育健康发展的基础。本教材在编写过程中,邀请了国内知名的公路桥梁养护与管理的专家参与编审工作,在此首先向他们表示衷心感谢!

参加本书编写工作的有:重庆交通大学姚国文教授(编写第一章、第七章、第八章)、吴海军教授(编写第二章、第三章)、李世亚讲师(编写第四章、第五章)、刘思孟副教授(编写第九章、第十章)、陆萍讲师(编写第六章、第十一章)。全书由姚国文担任主编,刘思孟、李世亚担任副主编,华南理工大学黄培彦教授担任主审。

由于水平有限,时间仓促,书中谬误及疏漏之处在所难免,敬请读者给予批评指正。

编 者
2015年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 国内外桥梁发展状况	(1)
第二节 桥梁安全事故	(8)
第三节 桥梁养护工作的重要性与现状	(11)
第四节 桥梁维护与加固的目的及意义	(13)
第五节 桥梁维护与加固设计的基本原则和要求	(14)
第六节 桥梁维护与加固的工作内容和技术途径	(15)
第二章 桥梁经常检查与定期检查	(17)
第一节 桥梁经常检查	(17)
第二节 桥梁定期检查	(22)
第三节 桥梁典型病害及成因分析	(35)
第三章 桥梁特殊检查	(70)
第一节 特殊检查的一般要求	(70)
第二节 应急检查与专门检验	(72)
第三节 桥梁材料性能与缺陷检测	(73)
第四节 桥梁荷载试验	(97)
第四章 桥梁技术状况评定	(103)
第一节 桥梁技术状况评定(按照 JTG H11—2004)	(104)
第二节 桥梁技术状况评定(按照 JTG/T H21—2011)	(110)
第三节 几种规范评定方法的比较	(116)
第四节 桥梁适应性评定	(117)
第五章 桥梁承载能力评定	(120)
第一节 桥梁承载能力评定的方法	(120)
第二节 现行规程中桥梁承载能力评定的方法	(122)
第六章 桥梁缺损维修与裂缝修补	(131)
第一节 混凝土桥梁缺损的维修	(131)
第二节 圯工桥梁缺损的维修	(141)
第三节 桥梁裂缝修补技术	(142)
第七章 梁桥上部结构加固技术	(152)
第一节 梁桥加固基本原理	(152)
第二节 增大截面加固方法	(153)
第三节 粘贴钢板加固方法	(158)
第四节 粘贴碳纤维复合材料加固方法	(165)

第五节	体外预应力加固方法	(172)
第六节	增加辅助构件加固方法	(179)
第七节	改变结构体系加固方法	(182)
第八章	拱桥上部结构加固技术	(185)
第一节	拱桥加固基本原理	(185)
第二节	增大截面加固方法	(186)
第三节	粘贴钢板加固方法	(191)
第四节	调整拱上建筑恒载加固方法	(193)
第五节	改变结构体系加固方法	(197)
第六节	吊杆更换方法	(200)
第七节	其他加固方法与技术	(205)
第九章	桥梁下部结构加固技术	(214)
第一节	概述	(214)
第二节	盖梁加固方法	(218)
第三节	墩柱加固方法	(222)
第四节	桥台加固方法	(222)
第五节	基础加固方法	(223)
第六节	地基加固方法	(226)
第七节	支座更换方法	(228)
第十章	桥梁抗震加固技术	(234)
第一节	地震灾害及其对桥梁的危害	(234)
第二节	桥梁抗震加固方法	(244)
第三节	地震防落梁方法	(253)
第四节	地震防地基土液化方法	(254)
第五节	桥梁减隔震方法	(258)
第六节	梁体复位方法	(260)
第十一章	桥梁加固施工组织与管理	(261)
第一节	施工准备	(261)
第二节	施工组织设计	(261)
第三节	施工安全与环境保护	(263)
参考文献		(265)

第一章 绪 论



为了跨越各种障碍(如河流、沟谷或其他线路等),人们修建了各种类型的桥梁,桥梁是交通线路中的重要组成部分。特别是现代高等级公路以及城市高架道路的修建中,桥梁往往是保证全线早日通车的关键。在国防上,桥梁是交通运输的咽喉,在需要快速机动的现代战争中具有非常重要的地位。桥梁工程作为一门独立的科学技术被确认,不再是仅凭桥梁设计者们智慧和经验的创造过程,它已发展成融理论分析、设计、施工控制及管理于一体的系统性学科。由于科技的进步,一些相关的学科也渗透于桥梁工程领域中,发展了新的分支学科,如桥梁抗风、抗震、桥梁 CAD、桥梁的施工控制及桥梁检测与加固技术等。

第一节 国内外桥梁发展状况

一、国内外桥梁现状

20 世纪以来,以悬索桥、斜拉桥为主的大跨度桥梁技术获得飞速发展。悬索桥跨度从威廉斯堡桥(主跨 488m,美国,1903 年)至明石海峡大桥(主跨 1991m,日本,1998 年)增加了 4 倍;斜拉桥跨度从斯特伦松德桥(主跨 183m,瑞典,1955 年)至苏通大桥(主跨 1088m,中国,2008 年)上升近 5 倍有余。

改革开放以来,随着我国经济建设的持续快速发展,交通基础设施建设取得了举世瞩目的成就,并将继续保持快速增长的趋势(图 1-1)。

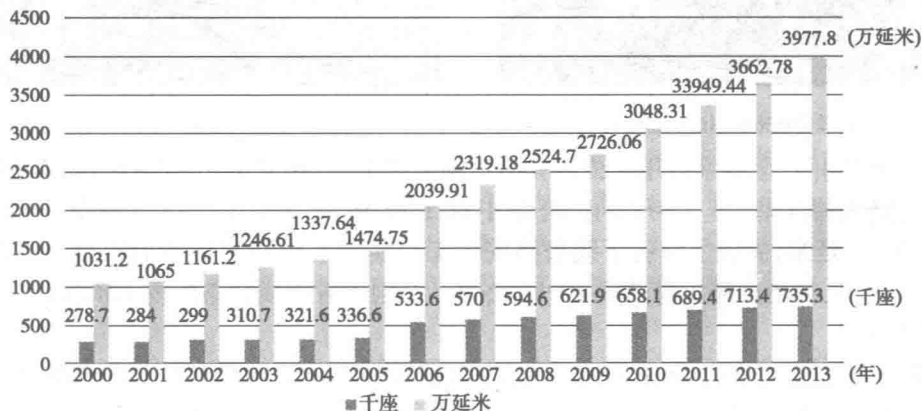


图 1-1 2000—2013 年我国桥梁数量变化

截至 2013 年末,全国公路总里程达 435.62 万公里,比上年末增加 11.87 万公里。公路密度为 45.38 公里/百平方公里,提高 1.24 公里/百平方公里。公路养护里程 425.14 万公里,占公路总里程 97.6%,提高了 0.4%。全国等级公路里程 375.56 万公里,比上年末增加 14.60 万公里。等级公路占公路总里程 86.2%,提高了 1.0%。其中,二级及以上公路里程 52.44 万公里,增加 2.25 万公里,占公路总里程 12.0%,提高了 0.2%。各行政等级公路里程分别为:国道 17.68 万公里(其中普通国道 10.60 万公里)、省道 31.79 万公里、县道 54.68 万公里、乡道 109.05 万公里、专用公路 7.68 万公里,比上年末分别增加 0.35 万公里、0.58 万公里、0.73 万公里、1.39 万公里和 0.31 万公里。全国高速公路里程达 10.44 万公里,比上年末增加 0.82 万公里。其中,国家高速公路 7.08 万公里,增加 0.28 万公里。全国高速公路车道里程 46.13 万公里,增加 3.67 万公里。全国农村公路(含县道、乡道、村道)里程达 378.48 万公里,比上年末增加 10.64 万公里,其中村道 214.74 万公里,增加 8.52 万公里。全国通公路的乡(镇)占全国乡(镇)总数 99.97%,其中通硬化路面的乡(镇)占全国乡(镇)总数 97.81%、比上年末提高了 0.38%;通公路的建制村占全国建制村总数 99.70%,其中通硬化路面的建制村占全国建制村总数 89.00%、提高了 2.54%。

截至 2013 年末,全国公路桥梁达 73.53 万座、3977.80 万米,比上年末增加 2.19 万座、315.02 万米。其中,特大桥梁 3075 座、546.14 万米,大桥 67677 座、1704.34 万米。全国公路隧道为 11359 处、960.56 万米,增加 1337 处、155.29 万米。其中,特长隧道 562 处、250.69 万米,长隧道 2303 处、393.62 万米。

与此同时,公路运输中超限超载的问题日渐突出,已成为危及人民群众生命和国家财产安全,影响社会经济协调、健康发展的一个突出社会问题。由于超限超载车辆的实际载重大大超过了道路、桥梁的正常设计使用荷载,极大地缩短了道路、桥梁的使用寿命,增加了道路、桥梁的投入成本。近年来,重载货车和船舶压垮、撞毁桥梁的安全事件时有发生,桥梁安全形势依然十分严峻,如图 1-2、图 1-3 所示。



图 1-2 超限超载运输引起的桥梁垮塌事故



图 1-3 船只碰撞对桥梁的破坏

“十一五”期间,全国累计用于公路养护工程的资金约 8011 亿元,完成路网改建工程 55 万公里、公路大修工程 16.7 万公里、公路中修工程 36.4 万公里。同时还完成危桥改造 11296 座/87 万延米,完成了国省干线公路安保工程实施工作并累计整治安全隐患路段 36 万处/12 万公里,处治公路灾害路段 10283 公里。全国国省干线公路的技术状况和安全水平正在稳步提升。

目前,我国公路网中有近 10 万座(约占桥梁总数的 15%)桥梁存在安全隐患,其严重的安全性和耐久性问题致使交通运输部在“十五”期间投入 150 亿元,“十一五”期间投入 270 亿元进行危桥改造,预计“十二五”期间投入将超 500 亿元。

另一方面,由于混凝土结构的使用需求改变、混凝土劣化、老化等造成混凝土强度不足、各种灾害(地震、水灾、风灾和火灾等)、钢筋锈蚀、结构设计或施工不当以及配合规范修正等原因,大量在役混凝土桥梁存在承载能力不足等问题。桥梁作为交通枢纽和国家经济建设的大动脉,承担着重大的责任,一旦发生事故必将给人民的生命财产和国家经济造成极大的损失,且不易在短期内恢复,甚至一蹶不振。1994年美国洛杉矶北岭大地震及1995年日本阪神大地震均造成桥梁的严重损坏,更唤起了人们对桥梁抗震能力的重视。抗震能力明显不足的桥梁需要进行拆除或加固,加固通常要比拆除重建更具经济效益且可行。近年来,世界各国投入了大量资金对现有旧危桥进行加固、维修。美国对于旧桥改造工作的高度重视是从Silver桥事故开始的,1967年12月5日,横跨俄亥俄河的Silver桥发生垮塌,造成重大伤亡事故。美国联邦高速公路总署(FHWA, Federal Highway Administration)的最新评估报告显示,美国已有超过24万座桥梁(约占42%)面临严重功能丧失,估计在2010年之前,修补这些桥梁需要500亿美元。在欧盟,接近84000座混凝土桥梁需要维修与加固,而这些工作所消耗的年度预算超过2.15亿英镑。

桥梁的修补与加固对于发达国家已成为重要课题。对于土木工程建设而言,既有结构物的维护、加固及升级应该与新建结构物的设计及兴建扮演同等重要的角色,混凝土结构加固也因此成为土木工程界目前发展最快的领域之一。利用先进的加固技术对这些病危桥梁进行加固处理、提高其承载能力、延长其使用寿命,确保交通运输安全,是现在和今后广大桥梁工作者所面临的主要任务,也是桥梁养护管理工作中急需解决的课题。

综上所述,要保持交通的安全畅通以及桥梁建设的可持续发展,提高现有桥梁的服务水平,我们不仅要加强桥梁建设,同时也要积极加强对已有旧桥的维护与加固工作;要保持交通的持续畅通发展,桥梁建设和桥梁的维修加固二者不可偏废。尤其是我国是一个发展中国家,资金不充足,交通还处于比较落后的地位,在这个大前提下,加强旧危桥的维修加固工作就具有更大的实际意义:一是可以最大限度地降低交通建设成本,实现投资的优化;二是可以保持桥梁建设的快速发展,缓解我国的交通紧张状况。

二、国内桥梁发展

我国的桥梁在世界桥梁史上有着辉煌的篇章。古代桥梁不但数量惊人,而且类型也丰富多彩,几乎包括了所有近代桥梁中的主要形式。据史料记载,在3000多年前的周文王时期,我国就在渭河上架设过大型浮桥。隋唐时期是我国古代桥梁的兴盛时代。驰名中外的河北省赵县的赵州桥(图1-4a)),就是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥在隋大业初年(公元605年左右)由李春主持建造,是一座空腹式圆弧形石拱桥,净跨度37.02m,宽9m,拱矢高7.23m。在拱圈两肩各设两个跨度不等的腹拱,既减轻桥梁的自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。福建泉州的万安桥(图1-4b)),又称洛阳桥,建于1053~1059年,该桥全长1106m,共47孔,跨径11~17m,桥宽3.7m,桥下江底以磐石铺遍形成筏形基础,并且用养殖牡蛎的方法胶固桥基形成整体。建桥所用材料大都是土、石、木、砖等天然耐久性好的材料。万安桥共有石梁300余根,每根重20~30t,采用潮汐的涨落控制船只高低的方法来架设石梁。

新中国成立后,我国的交通事业快速发展,尤其是改革开放以来国家对高等级公路的巨大投入,一大批结构新颖、技术复杂,设计和施工难度大,现代化品位和科技含量高的大跨径拱桥、斜拉桥、悬索桥、PC连续刚构桥在祖国大地上建起。我国桥梁事业的发展积累了丰富

的桥梁设计、施工、养护管理的经验,使得我国的桥梁事业得到了空前发展,在大跨径桥梁建设方面已居世界领先水平。长江流域上建成的桥梁堪称我国的桥梁博物馆。1957 年,第一座长江大桥——武汉长江大桥(图 1-5a))的胜利建成,结束了我国万里长江无桥的历史状况,标志着我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到新的起点。大桥主桥为三联 $3 \times 128\text{m}$ 连续钢桁梁,下层双线铁路,上层公路桥面宽 18m,两侧各设 2.25m 人行道,包括引桥全长 1670.4m。1969 年建成的南京长江大桥(图 1-5b))是我国自行设计、施工,并使用国产高强钢材的现代化大型桥梁。上层为公路桥,下层为双线铁路,包括引桥在内,桥梁全长 6772m。南京长江大桥的建成,标志着我国的桥梁建造技术已达到世界先进水平。

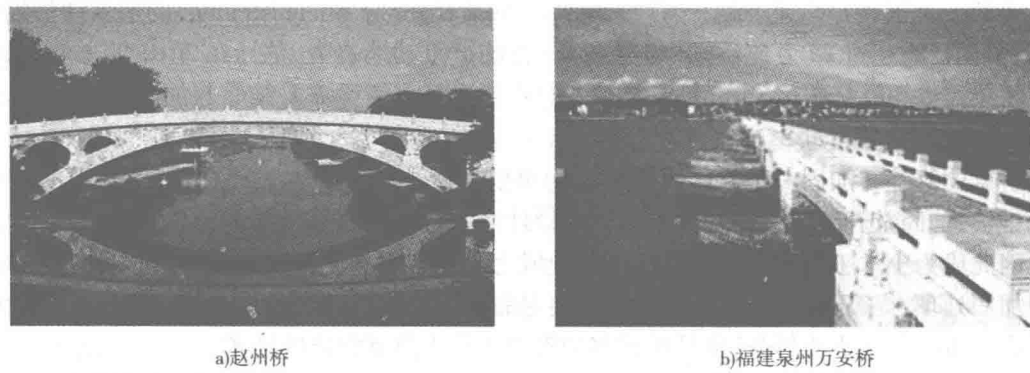


图 1-4 中国现存的古代著名桥梁

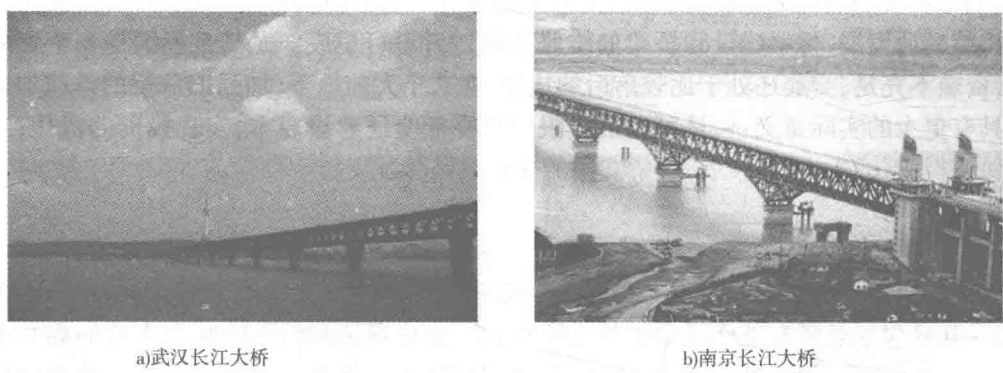


图 1-5 新中国成立后建设的重要桥梁

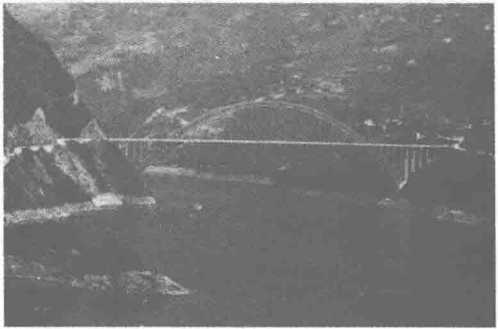
从拱桥的发展来看,我国因地制宜修建了大量经济美观的石拱桥。目前世界跨度最大的石拱桥是于 1999 年底建成的跨度为 146m 的山西丹河大桥;世界最大跨度的混凝土拱桥是于 1997 年建成的重庆万县长江大桥(图 1-6a)),跨度为 420m,其主拱圈是采用钢管混凝土劲性骨架法施工的;2005 年 1 月 8 日,正式竣工通车的巫山长江大桥,其主跨跨径 492m,是世界跨度最大的钢管混凝土拱桥(图 1-6b)),居同类型桥梁世界第一;2003 年 6 月 28 日建成通车的中承式钢箱拱桥——上海卢浦大桥(图 1-6c)),主跨达 550m,为当时世界上跨径最大的拱桥;2009 年 4 月 29 日正式通车的重庆朝天门大桥超越前者,主跨达 552m(图 1-6d)),成为“世界第一拱桥”。

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥在我国也得到了快速发展。中小跨径的梁桥已广泛采用标准设计。我国预应力混凝土简支梁桥的标准化设计跨径达 40m。1976 年建

成洛阳黄河公路大桥,单孔跨径为 50m,全长达 3.4km。1997 年建成的主跨为 270m 的虎门大桥(图 1-7a))辅航道桥是我国跨度最大的预应力混凝土梁桥,同类桥型跨度排名世界第四位。



a)重庆万县长江大桥



b)巫山长江大桥



c)上海卢浦大桥



d)重庆朝天门大桥

图 1-6 近年来我国建设的重要拱桥

预应力混凝土斜拉桥由于其结构合理,跨越能力大,用材指标低和外形美观等优点发展迅速。我国自 1975 年四川云阳建成第一座主跨为 76m 的斜拉桥后,20 多年来,在改革开放的新形势下,得到了充分的发展和推广,至今已建成各种类型斜拉桥 130 多座,其中跨径大于 200m 的有 52 座,主跨超过 600m 的有 4 座。已建成的南京长江二桥为主跨 628m 的钢箱梁;武汉白沙洲大桥为主跨 618m 的混合梁;福建青州闽江大桥(图 1-7b)),其主跨为 605m;1993 年建成的上海杨浦大桥(图 1-7c)),主跨为 602m。福建青州闽江大桥和上海杨浦大桥均为钢-混凝土组合梁。这 4 座桥梁的跨度目前均居世界领先地位。2008 年建成通车的苏通长江大桥(图 1-7d))主桥采用主跨 1088m 的双塔双索面钢箱梁,目前为世界跨度最大的斜拉桥。多年来,我国在斜拉桥设计、施工技术、施工控制、斜拉索的防风雨震等方面,积累了丰富的经验。我国斜拉桥建设水平已迈入国际先进行列,部分成果达到国际领先水平。

悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的。我国于 1999 年 9 月建成通车的江阴长江大桥(图 1-8a)),主跨为 1385m。2005 年建成通车的润扬大桥(图 1-8b)),是我国第一座由悬索桥和斜拉桥构成的特大型组合桥梁,其中南汊主桥为单孔双铰钢箱梁悬索桥,主跨径 1490m,目前位居世界第三。

纵观我国桥梁事业的发展,可看出我国桥梁建设事业近年来有了长足的进步,而且,发展的趋势是强劲的,随着经济的发展、综合国力的增强,我国的桥梁在建筑材料、结构设计理

论与软件工程、研究分析与桥梁科学试验、预应力混凝土技术、钢桥制造技术、深水基础工程、施工技术与方法、施工机具与管理等领域也一定会百尺竿头,更进一步。

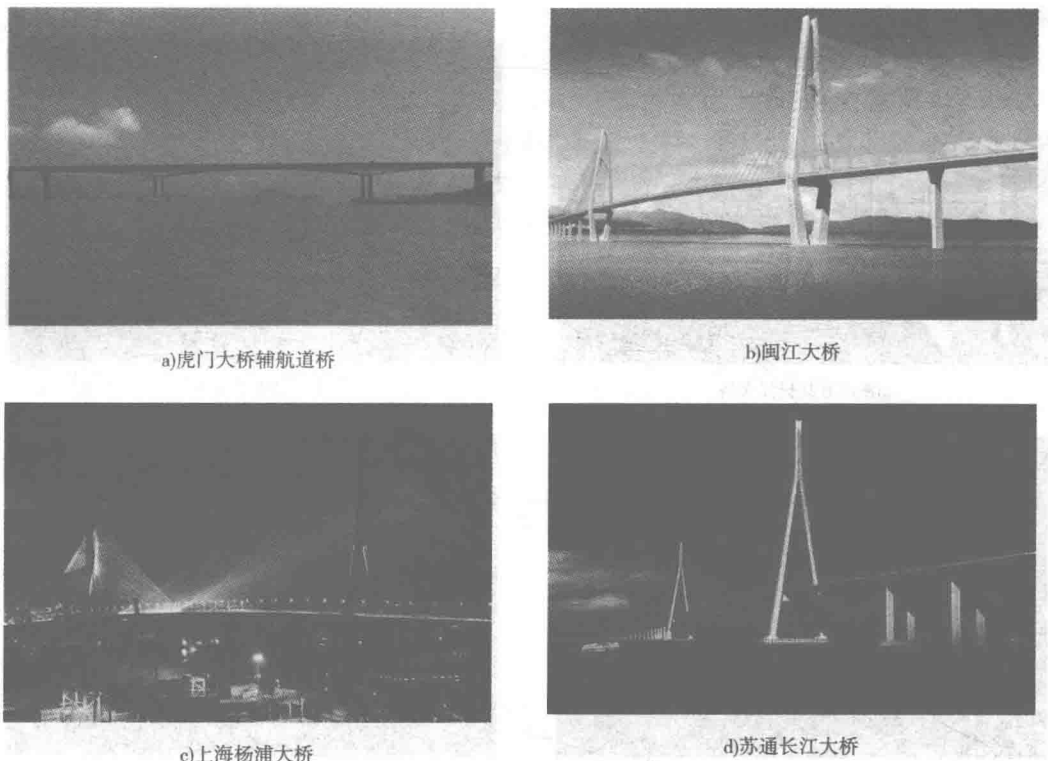


图 1-7 近年来我国建设的重要斜拉桥

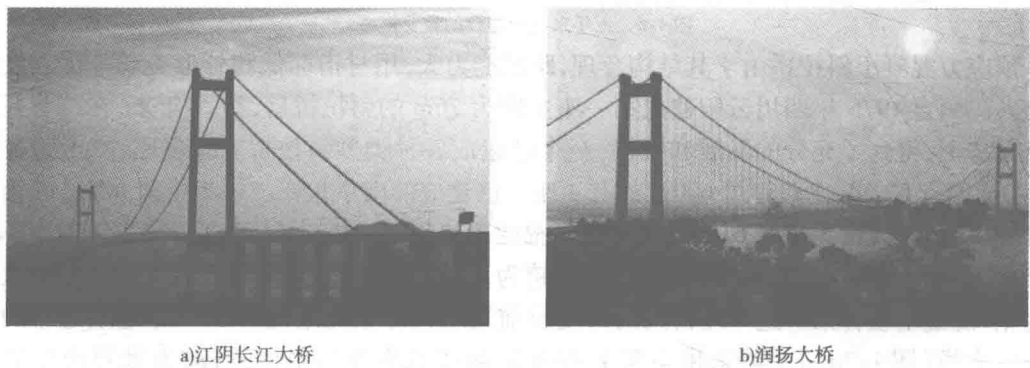


图 1-8 近年来我国建设的重要悬索桥

三、国外桥梁发展

国外桥梁的发展主要在第二次世界大战以后,此期间,大量钢桥被破坏,预应力混凝土桥和斜拉桥开始崭露头角。1928 年,法国 Freyssinet 工程师首先发明预应力钢筋混凝土。这种材料克服了钢筋混凝土易产生裂纹的缺点,改进了桥梁的施工方法,有效提高了桥梁的跨度。20 世纪 50 年代,林同炎对预应力进行了更深入地研究,创造了“预应力学说”理论体系。预应力理论的完善使预应力钢筋混凝土桥梁得到了飞速发展。同一时期,德国 Dishinger 在 1938 年提出的现代斜拉桥设计构思得以实现。斜拉桥在 20 世纪 50 年代开始崭露头角,

与预应力钢筋混凝土桥一起成为二战后桥梁发展史上两个最伟大的创新成就。

20 世纪 60 年代是斜拉桥发展的第一个高峰期。此期间,斜拉桥的技术创新主要体现在如下两个方面:

(1)从稀索体系发展到密索体系,更方便拼装;

(2)桥面从钢桥面发展到预应力混凝土桥面,以及两种材料的接合,提高了桥面的性能。

这些创新使斜拉桥在很大跨度范围内成为最有竞争力的桥梁类型。同期,英国于 1966 年建成的 Severn 桥采用流线型扁箱桥面,用钢筋混凝土桥塔替代钢塔,诞生了新一代英国式悬索桥,并成为以后悬索桥结构形式的主流。风洞试验证明:这种流线型扁钢箱桥面具有很好的气动性能,而且由于自重轻,不仅节省造价,又便于施工安装,得到了广泛推广。

20 世纪 70 年代,预应力技术与斜拉桥的结合产生了采用预应力混凝土桥塔和桥面的 EC. 斜拉桥。其中,最著名的是法国 J. Muller 设计的 Brottone 桥,主跨为 320m,其最大的拉索达到一千吨级的索力,并创造了另一种钢梁柔塔的法国风格 EC. 斜拉桥。同一时期,瑞士著名工程师 ChristianMenn 创造了斜拉桥和连续刚架桥。在施工技术上,顶推法施工工艺获得成功。所有工作都在桥头工厂中完成,在运输和安装条件比较困难的山谷地区是一种经济合理的施工方法。20 世纪 80 年代,预应力桥梁在发展过程中也暴露出不少问题。预应力索在水泥灌浆防腐的管道内发生严重锈蚀,引起了国际桥梁界的普遍关注。通过研究,采用体外预应力索能有效地解决这一问题,同时,因为体外预应力索具有可检查、易更换的优点,用它替代体内预应力索还能减薄壁厚,减轻结构自重,所以,体外预应力索得到了快速发展。沿用水泥灌浆防腐工艺的斜拉桥拉索内,因为水泥收缩和荷载作用发生断裂而使防腐失效的问题也得到了重视。日本采用完全工厂生产的聚乙烯防腐索套解决这一问题,得到了施工单位的肯定,为推动斜拉桥的发展作出了贡献。在 20 世纪 80 年代中国正处在改革开放初期,率先起步的广东省也出现了桥梁建设的高潮,吸引了全国各地同行的积极参与。中国在引进国外先进技术的同时认识到与国外技术存在的巨大差距,在这段时间,中国桥梁应该是一种跟踪性的发展和提高。20 世纪 90 年代,世界桥梁修建速度越来越快,跨度记录不断刷新。在建设大型桥梁的过程中,一些新材料、新工艺不断涌现。

法国诺曼底桥(图 1-9a))采用了平行钢绞线拉索和施工控制技术,日本明石海峡大桥(图 1-9b))采用高强度钢丝、塔墩深水基础和钢桥塔减震技术,日本多多罗桥(图 1-9c))采用长拉索防雨震措施,挪威 Stolmasundet 连续刚架桥(图 1-9d))采用预应力悬臂施工技术以及大桥健康监测和振动控制技术。新技术的发展为 21 世纪桥梁的继续发展奠定了坚实的基础。

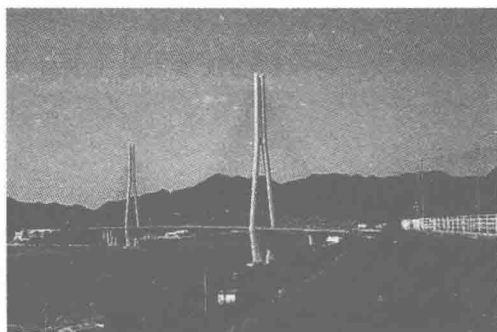


a)法国诺曼底桥



b)日本明石海峡大桥

图 1-9



c) 日本多多罗桥



d) 挪威Stolmasundet连续刚架桥

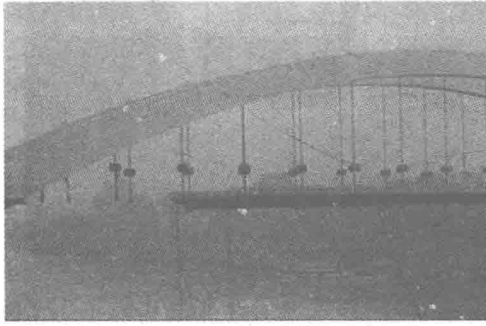
图 1-9 国外各类型著名桥梁

第二节 桥梁安全事故

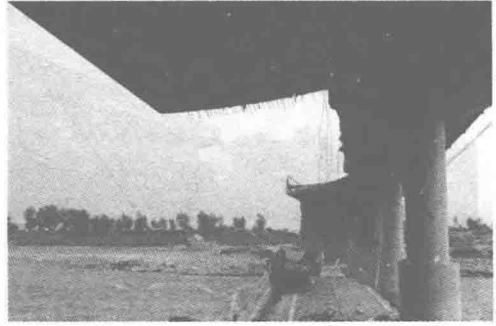
随着桥梁建设事业的迅速发展,桥梁作为公路和城市道路交通的重要建筑物,在国民经济建设中起着举足轻重的作用。作为线路的咽喉要道和交通枢纽,桥梁的承载力是沟通公路全线的关键,我国现役 70 余万座公路桥梁是加快我国现代化建设步伐的希望之桥、幸福之桥。另一方面,桥梁这种跨江、跨海、跨深谷的特殊结构,一旦发生安全事故,后果不堪设想。近几年来相继发生了多起震惊世界的桥梁悲剧,给人们留下了沉痛的教训。

2001 年 11 月 7 日凌晨 4 点,从四川南部宜宾进入云南的咽喉要道宜宾小南门大桥(图 1-10a))发生吊杆及桥面断裂事故,桥两端同时塌陷,造成交通及市外通信中断。宜宾小南门桥主桥系中承式钢筋混凝土肋拱桥,矢跨比 1/5,是建桥当时国内跨径最大的钢筋混凝土拱桥,中部 180m 范围为钢筋混凝土连续桥面。2006 年 8 月 2 日,辽宁省营口市熊岳大桥(图 1-10b))在洪水冲击下发生断裂,2 座桥墩被冲塌,2 孔桥板塌落,2 孔桥板下沉。2007 年 6 月 15 日凌晨 5 时 10 分,一艘佛山籍运沙船偏离主航道航行撞击九江大桥(图 1-10c)),导致桥面坍塌约 200m,导致 9 人死亡。这就是闻名中外的“九江大桥 6·15 船撞桥断事故”,也称为“九江大桥事件”。2007 年 8 月 13 日下午,湖南湘西土家族苗族自治州凤凰县境内凤大公路(湖南凤凰至贵州铜仁大兴机场)堤溪段大桥(图 1-10d))在不到 10s 时间 328m 大桥突然垮塌,事故共造成 64 人遇难。

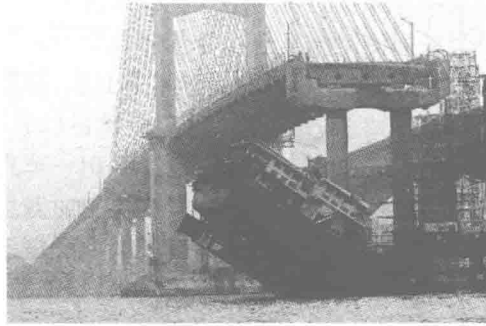
2009 年 5 月 17 日,湖南株洲市红旗路高架桥坍塌(图 1-10e)),事故造成 9 人遇难、16 人受伤,24 辆车被损毁。2009 年 6 月 29 日黑龙江省铁力市西大桥(图 1-10f))发生塌方,导致 8 台车辆落水,4 人死亡。2010 年 6 月 8 日,吉林抚松锦江大桥(图 1-10g))突然垮塌,一辆行驶在桥上的大挂货车连同桥面坠入锦江。2010 年 7 月 24 日,洛阳栾川县潭头镇汤营村一座大桥(图 1-10h))整体垮塌,桥上人员全部坠入洪水,事故造成 60 余人死亡。2011 年 7 月 11 日凌晨 2 时 10 分左右,江苏盐城境内 328 省道通榆河桥(图 1-10i))发生坍塌,两辆货车坠落,大桥是 1997 年 3 月建成通车,到坍塌时大桥“服役”14 年。2011 年 7 月 14 日上午 9 时左右,福建南平市武夷山公馆斜拉大桥(图 1-10j))将近 50m 左右的桥梁突然向下断裂坍塌,桥上一辆旅游大巴在事故中坠落,造成 1 人死亡,22 人受伤,此桥为通往景区的主干道,1999 年 11 月开通,至坍塌时不足 12 年。2011 年 7 月 15 日凌晨,杭州钱塘江第三大桥(图 1-10k))南端桥面出现部分塌落,一辆重型半挂车从桥面坠落,又将下匝道砸塌。



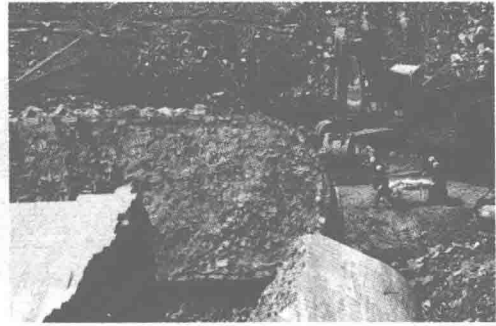
a) 宜宾小南门桥



b) 辽宁省营口市熊岳大桥



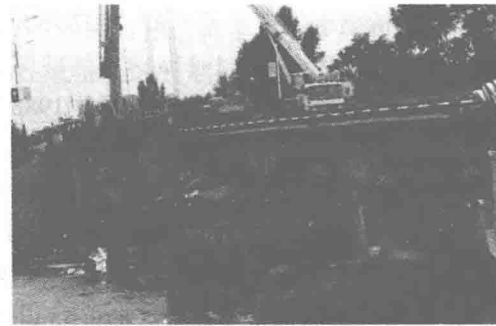
c) 九江大桥桥墩被运沙船撞毁



d) 堤溪大桥完全垮塌



e) 湖南株洲市红旗路高架桥



f) 黑龙江省铁力市西大桥



g) 吉林抚松锦江大桥



h) 洛阳栾川县潭头镇汤营村某桥

图 1-10



i)通榆河桥发生坍塌



j)武夷山公馆斜拉大桥



k)钱塘江第三大桥引桥桥面出现塌落

图 1-10 国内近年发生的桥梁严重垮塌事故

国外的桥梁事故也屡见不鲜:2007 年 8 月 1 日,美国明尼苏达州明尼阿波利斯市跨越密西西比河的 I-35W 桥(图 1-11a))突然破坏,造成 8 人死亡,79 人受伤。据估计事故发生时桥上有 50 ~ 100 辆机动车辆,是美国自 1983 年以来最严重的非天灾或外力因素所造成的桥梁崩塌事件。2001 年,明尼苏达大学土木系的一份报告指出 I-35W 大桥纵梁已扭曲变形,还发现该桥桁架疲劳的证据;该报告同时指出:一旦桁架承受不了庞大车流,I-35W 大桥恐将崩塌。但桥梁养护不足这一问题并未被政府所重视。I-35W 密西西比河大桥是由明尼苏达州运输部于 1967 年建成的;1990 年,美国联邦政府以 I-35W 密西西比河大桥支座有严重腐蚀,将该桥评为有“结构缺陷”(structurally deficient),当时全美总共有超过 7 万座桥梁被评为此等级。



a)I-35W大桥崩塌



b)美国明尼苏达州一座桥梁坍塌

图 1-11 国外近年发生的桥梁严重垮塌事故

2007 年 9 月 26 日上午 8 点,越南南部一座正在建设中的大桥突然坍塌,造成至少 52 人死亡、150 人受伤;2009 年 12 月 24 日傍晚,印度西部桥梁突然倒塌,造成 48 人遇难……所有

这些悲剧都给每一个桥梁工作者留下了惨痛的教训。

第三节 桥梁养护工作的重要性与现状

一、我国在役桥梁病害严重的原因

(1) 桥梁建设中的前期原因致使桥梁不能适应现有大交通量的需要。我国大量县乡村公路桥梁大多修建于 20 世纪 70 年代以前,过去在资金不足、技术力量薄弱,而工期又非常紧的情况下建设起来的这些桥梁,其技术标准低、工程质量差,已不能满足当前交通量日益增长的需求,从而加快了桥梁疲劳、老化进程,部分交通量大的桥梁便成为危桥。建国初期至改革开放前的几十年中修建的大量桥梁约 24 万座,因其技术标准低、年久失修,大多不能满足现代交通的需求。近三十年交通建设快速发展,而建桥的设计、施工管理水平发展却相对滞后,还处在不断提高的过程中,因而许多桥梁未通车就存在隐患。

(2) 桥梁设计荷载等级低,大大限制了公路运输的通行能力。以前修建的桥梁等级大多为汽车—10 级,而现在的汽车重量已达到了一百多吨,大量超重车的出现加重了桥梁的负荷也就加快了桥梁损坏的进程,加之车辆超载行驶使这些低等级的桥梁难以适应。因为交通运输管理体制等多方面的原因,我国公路桥梁上行驶的大型车辆普遍超载,其现状触目惊心,单车过百吨、轴重过 250kN 的车辆时常可见。这些车辆对道路桥梁的破坏是直接而致命的。虽然这些超重车辆和大件运输车辆过桥时,一般不会导致桥梁立即倒塌,但对桥梁造成了严重损伤,将缩短其使用寿命。

(3) 桥梁设计不合理,导致桥梁病害的加重。许多桥梁在结构上、材料上的基础研究还不足,设计规范标准也存在滞后的问题,有些桥梁在成桥后的长期使用中发现这样或那样的缺憾。

(4) 自然因素的影响,日益加重的环境污染,造成桥梁的自身老化、破损。随着我国工业的发展,各企业只注意发展生产,排出的废水不经处理便排入河流,致使沿线桥梁下部构造遭受腐蚀。其灰缝脱落,基础外露,钢筋锈蚀,大大缩短了桥梁的使用周期。

(5) 缺乏有效的管养机制。面对数量庞大、增长迅速的桥梁,我们没有建立有效管养体系,众多桥梁缺少管理和保养。让“小病”逐渐发展成“大病”,桥梁长期带“病”工作,最终发展成为危桥。

桥梁坍塌是桥梁损伤破坏的一种极端现象,是桥梁损伤不断积累的结果,要避免此类事件的发生,必须防患于未然,及早对桥梁进行定期检查、评估和加固处理。沉痛的教训使人们认识到,桥梁的安全性不仅仅是建设期间的质量控制问题,更是全社会关注的一个重大问题。在交通建设中,既要实现公路桥梁的建设目标——安全、畅通、高效益和低成本,又要对建成的桥梁加强日常管理和养护,预防发生病害,试用期间及时根治缺陷、加固维修保养,保证其持续安全运营,确保桥梁结构在建设、投入使用、最终完成其使命的整个寿命周期,能够保证结构、运行荷载和人员的安全,以合理的经济成本,维持自身较高的服务水平和通行能力,并满足交通持续增长的需要。

二、桥梁养护存在的典型问题

目前,管理单位普遍存在着“养路不养桥、重建不重养”的思想,造成桥梁“失养”,其主要表现在以下几个方面: