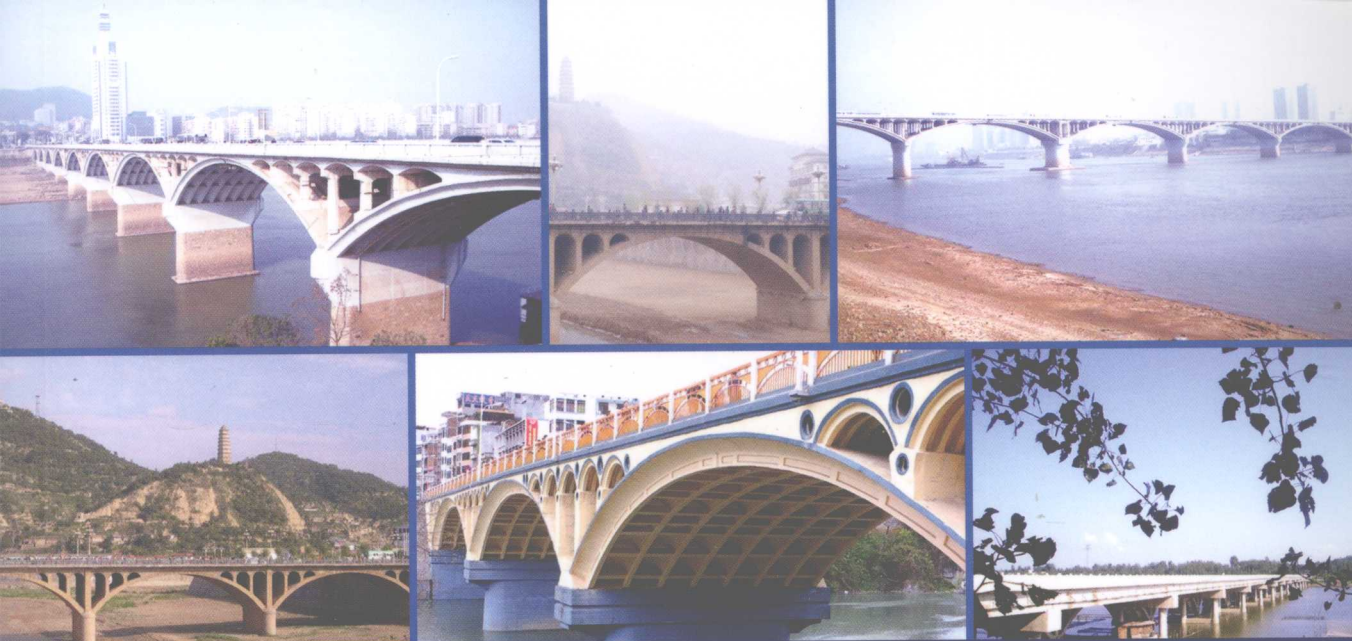




双曲拱桥 加固改造成套技术

江西中煤建设工程有限公司

湛润水 周锦中 主编
吴利平 主审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书以实例为主线,系统地阐述了双曲拱桥的加固改造成套技术。全书共分6篇,涵盖了绪论,主拱圈加固与改造技术,拱上建筑的加固与改造,桥面系的加固改造及拓宽,双曲拱桥墩、台及基础的加固与改造,双曲拱桥拆除技术等内容。

本书可供双曲拱桥加固设计和施工的工程技术人员借鉴参考,亦可供大专院校桥梁专业师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

双曲拱桥加固改造成套技术/湛润水主编. —北京:人民交通出版社,2009.5

ISBN 978-7-114-07738-8

I. 双… II. 湛… III. ①双曲拱桥—加固②双曲拱桥—改造 IV. U448.225.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 069440 号

书 名: 双曲拱桥加固改造成套技术

著 作 者: 湛润水 周锦中

责任编辑: 岑 瑜

出版发行: 人民交通出版社

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, 59757969

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 24.25

字 数: 600千

版 次: 2009年5月第1版

印 次: 2009年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07738-8

印 数: 0001~3000册

定 价: 55.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《双曲拱桥加固改造成套技术》

编写领导小组

主 任 龚绍礼

副 主 任 周锦中

委 员 胡新平 姜海华 李全林 邓东林 胡忠民
廖永明 陈立新 俞宽坤 湛润水 吴利平

《双曲拱桥加固改造成套技术》

编写委员会

主 编 湛润水

副 主 编 周锦中 湛洁君

主 审 吴利平

编写人员 周锦中 湛润水 吴利平 湛洁君 姜海华
邓东林 胡忠民 曾水泉 刘 宙 肖新成
尚小亮 占小勇 许定国 朱 晗 曾明水
刘林平 章亮亮 湛乐强 刘小勤 鄢 真
吴玥楠 叶小丰



前言

Qianyan

迄今为止,双曲拱桥仍是我国独有的、极具中华民族气息与特点的桥型,是20世纪60年代中期我国江苏无锡建桥工人首创的一种轻型拱式桥梁,也是传统桥型与现代施工工艺相结合的产物。其新颖、轻巧的外形,经济实用的结构,极为符合国人的审美观和价值观,也映衬出其产生的时代背景,因而被认可和广泛应用。

由于双曲拱桥具有经济实用的结构、美观轻巧的外形,加之便于施工、自重轻、造价低廉、节省木料和钢材以及装配式施工能够缩短工期等特点,结合其诞生的历史背景,这种桥型一问世,就迅速在全国范围内得到大量的推广应用。据不完全统计,在双曲拱桥问世后的十年内,全国就建成4000多座,总长约30万延米。但是,这一桥型诞生于技术和经济均欠发达的历史时期,加之过快地推广应用和其本身的特点,使得双曲拱桥在当前的交通需求下,既显现出先天的不足,也表现出其本身作为拱式桥梁的承载潜能;随着我国桥梁加固改造技术水平的提高与发展,这一桥型充分体现出顽强的生命力。概要地说,主要体现在以下几方面:①双曲拱桥是由拱肋、拱波、拱板和横向联系按一定顺序组合成主拱圈,而且设置横向联系的初衷更多地是为了拱肋间的稳定与联系,而对均衡和分配各拱肋内力缺乏充分的考虑;②过分地强调经济,使其主要结构尺寸偏小、用钢量偏低;③20世纪经济和技术水平偏低,设计荷载标准偏低,也使其先天存在不足而不能满足当前的交通需求;④拱形结构本身的超载潜力,在一定程度上弥补了该桥型的先天不足;⑤双曲拱桥独特的桥型结构,使其存在诸如改变截面形式和结构形式等对其进行加固补强的可能性,并在这种可能下较大幅度地提高了该桥型的荷载等级和承载能力;⑥随着技术标准、荷载等级、设计和施工水平的提高,如果能够适当调整结构尺寸、用钢量并协调配置组成桥梁的各构件之间的联结,双曲拱桥依然能够充分胜任新的设计荷载标准要求,并保持其独有的民族特色。

在以上认识的基础上,通过多年来对危旧双曲拱桥检测与加固设计的实践,我们深深体会到:一方面,在役的双曲拱桥数量众多,虽然由于各种原因,这些桥梁均存在不适应日益增长的交通需求的现状(包括病害和设计标准偏低等原因),但如果全部拆除重建,对资源的占用、对环境的影响以及对社会和交通的影响均显得十分沉重;其二,不同时期修建的双曲拱桥,其主拱圈的结构形式存在较大的差异;第三,在双曲拱桥的形成过程中,设计理论和相关的假设存在较大的变化,但趋于成熟;第四,双曲拱的结构特点决定其维修、加固和提高荷载等级并重新利用的前景十分广阔。然而,在双曲拱桥的加固设计实践中,缺乏较为系统和全面的参考资料,可能大家都意识到了这一点。基于此种考虑,我们编写了本书。本书的主要特点表现在如下几方面:



(1)较为系统地介绍了双曲拱桥这一桥型的发展历史和结构特点,并在此基础上结合多年现场旧桥检测经验对其典型病害的表现及原因予以总结;

(2)按双曲拱桥的结构组成,分五大部分(包括主拱圈、拱上建筑、桥面系、下部构造和基础以及旧桥拆除),以实例为主、理论为辅,系统地介绍如何针对不同的病害、荷载等级和桥梁服务要求开展加固设计,并提出具体的施工控制要求;

(3)以实例为主线,系统地介绍了在不同的荷载等级和运营要求下,如何协调双曲拱桥各构件维修、加固处理措施之间的关系;

(4)如何从技术与经济相结合的角度出发,开展双曲拱桥的加固设计;

(5)以实例为基础,提出了判定双曲拱桥是否具有加固利用价值的一些方法和理论依据。

危旧双曲拱桥和其他桥型的旧桥一样,其加固改造工作的实践性非常强,因桥、因地不同,其措施和方法亦会存在不同,而且一座桥梁的加固改造成功与否,必须通过运营使用来检验。所以本书以实例为主线,系统地阐述了双曲拱桥的加固改造成套技术。由于采用的实例是不同时期作者和其他设计工作者与学者加固设计的成功案例,实例中的理论观点和加固措施必然存在一定的差异,所以,希望能够在给双曲拱桥加固设计和施工的工程技术人员提供参考的同时,读者应当结合具体的桥梁加固要求有区别地借鉴和使用。为了系统阐述双曲拱桥的加固改造成套技术,书中引用和借鉴了国内部分公开出版物上的资料,在此对有关研究人员和作者深表谢意。

本书共分六篇三十章,各篇章均可独立成篇,又相互关联,形成一个整体。全书由湛润水、吴利平、湛洁君负责统稿,吴雪敏负责全书的文字录入,湛润水、周锦中主编,吴利平主审。各章的编写人如下。第一篇:周锦中、湛洁君、吴利平;第二篇,第一章(第一~八节):刘宙,第一章(第九~第十一节):占小勇,第二章:章亮亮、吴玥楠,第三章:吴玥楠、叶小丰,第四章:曾明水、鄢真,第五章:曾水泉、章亮亮,第六章:朱晗、许定国,第七章:姜海华、湛润水;第三篇,第一、二章:许定国,第三、四章:湛洁君;第四篇,第一、二章:湛乐强、吴利平,第三、四章:胡忠民、湛洁君,第五、六章:曾水泉、湛乐强,第七章:邓东林、刘宙,第八章:鄢真、湛润水,第九章:肖新成;第五篇,第一、二章:刘小勤、叶小丰,第三、四章:刘林平、刘小勤;第六篇:尚小亮、湛润水。

本书的编写过程中,江西省煤田地质局对此十分重视,给予了大力支持,并列入2008年度重点科研计划。人民交通出版社为编写本书提出了具体指导性意见、付出了辛勤的劳动,另外,许多同行、专家和技术人员给予了积极帮助与支持。在此,谨向所有关心、支持本书编写和出版的有关领导、专家、学者和编辑们表示衷心感谢。限于作者水平,书中疏漏及错误在所难免,恳请读者和同行批评指正。

编著者

2008年11月于南昌



目 录

Mulu

第一篇 绪 论

第一章 双曲拱桥的历史沿革	3
第一节 双曲拱桥的创建	3
第二节 双曲拱桥的发展与典型双曲拱桥介绍	4
第三节 双曲拱桥的使用现状	8
第四节 双曲拱桥加固、改造的重要意义	9
第二章 双曲拱桥的构造与特点	13
第一节 主拱圈的构造 ^[2,6,16]	13
第二节 拱上建筑的构造 ^[2]	17
第三章 双曲拱桥的典型病害及其原因分析	20
第一节 主拱圈的常见病害 ^[2,17-18]	21
第二节 拱上建筑病害 ^[2,17,19]	22
第三节 墩台及基础的常见病害	24
第四节 双曲拱桥的常见病害原因分析	26
第四章 双曲拱桥的加固改造成套技术简介	29
第一节 主拱圈加固改造技术	29
第二节 拱上建筑加固改造技术	30
第三节 桥面系的加固改造及拓宽	31
第四节 桥墩、桥台与基础的加固与改造技术	32
第五节 江西省已加固改造的部分双曲拱桥简介	33
参考文献	37

第二篇 主拱圈加固与改造技术

第一章 增大截面法加固主拱圈	41
第一节 增大截面法在双曲拱桥加固的应用简介	41
第二节 增大截面法的加固机理	41



第三节	设计要点和计算方法	44
第四节	构造及施工要求	45
第五节	增大截面(现浇混凝土)法加固主拱圈实例一 ^[7]	47
第六节	增大截面(现浇混凝土)法加固主拱圈实例二 ^[8]	49
第七节	增大截面(现浇混凝土)法加固主拱圈实例三 ^[9]	51
第八节	增大截面(锚喷混凝土)法加固主拱圈实例一 ^[10]	54
第九节	增大截面(锚喷混凝土)法加固主拱圈实例二	55
第十节	增大截面(锚喷混凝土)法加固主拱圈实例三	77
第十一节	增大截面(填芯)法加固实例 ^[3]	82
第二章	粘贴碳纤维布法加固主拱圈	85
第一节	粘贴法加固主拱圈的材料特性	85
第二节	粘贴碳纤维布法加固主拱圈的机理	87
第三节	碳纤维布加固施工工艺与要求	89
第四节	粘贴碳纤维布加固主拱圈实例一 ^[11]	90
第五节	粘贴碳纤维布加固主拱圈实例二	91
第六节	粘贴碳纤维布加固主拱圈实例三	99
第三章	粘钢板(筋)法加固主拱圈	104
第一节	粘钢法加固主拱圈的机理	104
第二节	粘贴钢板法加固主拱圈实例一 ^[13]	105
第三节	粘贴钢板法加固主拱圈实例二 ^[14]	109
第四节	粘贴钢板法加固主拱圈实例三	112
第五节	粘贴钢板法加固主拱圈实例四	115
第六节	粘贴钢筋法加固主拱圈实例一	119
第七节	粘贴钢筋法加固主拱圈实例二	122
第四章	增强拱肋间横向联系法加固主拱圈	124
第一节	加固机理与加固方法	124
第二节	增设横系梁实例及理论分析 ^[16]	125
第三节	改造横系梁为横隔板加固主拱圈实例一 ^[17]	128
第四节	改造横系梁为横隔板加固主拱圈实例二	129
第五节	增设横隔板加固主拱圈实例一	130
第六节	增设横隔板加固主拱圈实例二	132
第七节	增设横隔板加固主拱圈实例三	137
第八节	增设预应力横隔板实例 ^[18]	140
第五章	改变截面形式法加固主拱圈	141
第一节	加固机理及特点	141
第二节	改变截面形式加固主拱圈实例一 ^[20]	142
第三节	改变截面形式加固主拱圈实例二	144



第四节 改变截面形式加固主拱圈实例三	149
第六章 体外预应力法加固主拱圈	153
第一节 体外预应力法加固机理、特点及施工工艺 ^[12]	153
第二节 折线式体外预应力束加固实例 ^[21]	154
第三节 直线式体外预应力束加固实例 ^[22]	157
第四节 预应力钢拱承托加固主拱圈 ^[23]	161
第五节 横向张拉预应力加固双曲拱桥 ^[24]	166
第七章 双曲拱桥主拱圈的其他加固方法	174
第一节 主拱肋下加水平系杆加固主拱圈 ^[25]	174
第二节 腹孔增加水平系杆和斜撑加固主拱圈 ^[25]	175
第三节 原拱肋下增设刚架拱加固主拱圈	176
第四节 原拱肋下增设新拱肋加固主拱圈	179
第五节 缩跨法以提高主拱圈承载能力 ^[28]	180
第六节 压抹混凝土加固双曲拱桥	182
第七节 植筋法修复主拱肋实例	189
参考文献	191

第三篇 拱上建筑的加固与改造

第一章 拱上建筑的加固技术	195
第一节 外包混凝土法加固腹拱墩	195
第二节 改排架式腹拱墩为墙式腹拱墩	197
第三节 腹拱圈下缘增设套拱加固法	198
第二章 改拱式拱上建筑为梁拱式拱上建筑 ^[3]	200
第一节 加固设计要点与注意事项	200
第二节 施工方法及工艺	200
第三节 改造为梁拱式拱上建筑实例	201
第三章 改拱式拱上建筑为连续板式拱上建筑	204
第一节 改造机理与设计、施工要点	204
第二节 改造为连续板式拱上建筑实例一 ^[4]	206
第三节 改造为连续板式拱上建筑实例二	207
第四章 改造拱上建筑的其他方法	215
第一节 将拱式拱上建筑改造为弧形框体结构	215
第二节 将简支板拱上建筑改造为空间桁架式拱上建筑实例	221
第三节 改造拱上建筑形成刚架拱 ^[9]	224
第四节 换填拱上填料改造拱上建筑	229



参考文献	230
------	-----

第四篇 桥面系的加固改造及拓宽

第一章 重建双曲拱桥桥面系	235
第一节 重建钢纤维混凝土桥面机理	235
第二节 重建钢纤维混凝土桥面工程实例 ^[3]	237
第二章 重建桥面系的同时拓宽桥面(实例)	239
第一节 黄花大桥概况	239
第二节 原桥检查及试验情况	239
第三节 大桥受力状态的理论分析及结构验算	241
第四节 加固及拓宽技术的研究和设计	247
第五节 加固效果与社会效益分析	253
第三章 增设钢筋混凝土悬臂挑梁拓宽桥面	255
第一节 悬臂挑梁拓宽桥面工程实例 ^[4]	255
第二节 组合式悬臂挑梁拓宽桥面工程实例 ^[5]	258
第四章 增设边拱肋的拓宽方法	260
第一节 单侧增设边拱肋拓宽双曲拱桥工程实例 ^[6]	260
第二节 双侧增设边拱肋拓宽双曲拱桥工程实例 ^[7]	262
第五章 改造拱上建筑的同时拓宽桥面(实例)	264
第一节 走马岗大桥概况	264
第二节 走马岗大桥拓宽提载技术	266
第六章 加大边肋截面拓宽桥面(实例) ^[8]	272
第一节 桥梁概况	272
第二节 加固拓宽设计方案	272
第三节 原结构复算与新结构计算要点及结果	273
第四节 施工要点和加固效果	275
第七章 双悬臂人行道挑梁拓宽桥面(实例)	276
第一节 上饶市信江大桥概况	276
第二节 大桥结构病害检查及其产生原因分析	277
第三节 主要构件专项检测	279
第四节 上饶市信江大桥现状评定	280
第五节 上饶市信江大桥维修加固方案	280
第六节 大修加固方案比选	284
第七节 加固设计及施工要点	284
第八章 单边新建桥梁拓宽双曲拱桥	288
第一节 单边建新桥拓宽双曲拱桥实例 ^[9]	288



第二节 单边建新桥拓宽双曲拱桥实例二 ^[10]	291
第三节 单边建新桥拓宽双曲拱桥实例三 ^[11]	292
第四节 单边建新桥拓宽双曲拱桥实例四 ^[12]	297
第九章 预制安装整体式桥面板拓宽双曲拱桥(实例)	300
第一节 桥梁概况	300
第二节 拓宽提载设计	301
第三节 加固拓宽施工要点	304
参考文献	306

第五篇 双曲拱桥墩、台及基础的加固与改造

第一章 重力式墩、台常用加固方法	311
第一节 外包钢筋混凝土加固重力式墩、台	311
第二节 扁担梁法加固重力式桥台	315
第三节 圈梁法加固重力式墩、台	317
第四节 现浇整体盖板加固 U 形桥台	320
第五节 拉梁法加固重力式桥台	322
第二章 顶推法调整拱桥拱脚水平位移	326
第一节 工作机理 ^[3-4]	326
第二节 顶推法的设计计算 ^[3,5]	327
第三节 采用顶推法的工程实例	328
第三章 锚杆法加固 U 形桥台 ^[7]	330
第一节 加固机理及设计要点	330
第二节 施工方法及注意事项	331
第三节 锚杆法加固 U 形桥台工程实例	332
第四章 双曲拱桥墩、台地基与基础的加固	335
第一节 注浆法加固墩、台地基	335
第二节 扩大墩、台基础加固法	345
第三节 墩台、基础维修加固的其他方法	347
参考文献	349

第六篇 双曲拱桥拆除技术

第一章 正确、科学地进行桥梁拆除	353
第一节 双曲拱桥拆除事故分析	353
第二节 拆除双曲拱桥的一般作业顺序 ^[2]	354
第三节 常用双曲拱桥的拆除方法 ^[7]	355



第四节 防范拆除双曲拱桥作业事故发生的主要措施.....	356
第二章 拆除双曲拱桥实例.....	360
第一节 机凿法拆除双曲拱桥实例 ^[3]	360
第二节 吊移法拆除双曲拱桥实例一 ^[6]	361
第三节 吊移法拆除双曲拱桥实例二 ^[3]	365
第四节 吊移法拆除双曲拱桥实例三 ^[7]	366
第五节 吊移法拆除双曲拱桥实例四 ^[8]	371
参考文献.....	375

第一篇

绪论



第一章 双曲拱桥的历史沿革

第一节 双曲拱桥的创建

双曲拱桥是 20 世纪 60 年代中期,我国江苏省无锡县的建桥工人经过实践首创的一种轻型拱式桥梁,迄今仍是我国独有的、极具中华民族气息与特色的桥型。在我国桥梁建设史上,双曲拱桥曾发挥了重要作用,亦为我国的经济建设作出了显著贡献。在 2003 年由交通部主编并出版的我国第一部《中国桥谱》中,就收录了 110 座全国各地的双曲拱桥照片和简要信息。

20 世纪 50~60 年代,由于自然灾害和其他客观因素的影响,我国的建设资金和钢材十分匮乏;用料少、造价省的圬工拱桥就成为当时修建公路桥梁的首选桥型。在此历史背景下,苏松源等于 1964 年带领江苏省无锡县桥梁工程队,在继承传统石拱桥结构特点的基础上,汲取装配式钢筋混凝土结构在施工上的优点,创建了一种新型拱桥——双曲拱桥。第一座双曲拱桥位于无锡县东亭镇,故称“东拱桥”(图 1.1.1)。该桥是一座农用桥,全长仅为 9m,宽 1.5m,矢跨比 1/10,主拱圈为三肋两波砖砌结构,可通行手扶拖拉机。

创建双曲拱桥的技术思路是根据建筑圬工拱桥的传统方法,结合钢筋混凝土桥梁施工可以分部件预制安装的工艺,在预制钢筋混凝土曲梁(拱肋)上面平砌砖的单曲结构桥型,拱肋之间用扁铁连接。试建过程中,又把平砌砖改成拱形(拱波);由于在主拱圈的纵横两个方向都是拱形建筑,因而命名为“双曲拱桥”。^[1]

最初双曲拱桥的雏形,是用两根配钢筋的预制混凝土拱形肋(称为拱肋)架设在桥台上,两肋间用几根预制的混凝土拉杆互相连接,并用空心螺杆栓紧和拱肋组成拱架。然后在拱肋上横向砌砖拱(称为拱波),再在砖拱上浇一层混凝土(称为拱板)将各部分结合成整体而形成主拱圈(图 1.1.2 为双曲拱桥的雏形)^[2]。



图 1.1.1 我国第一座双曲拱桥——东拱桥

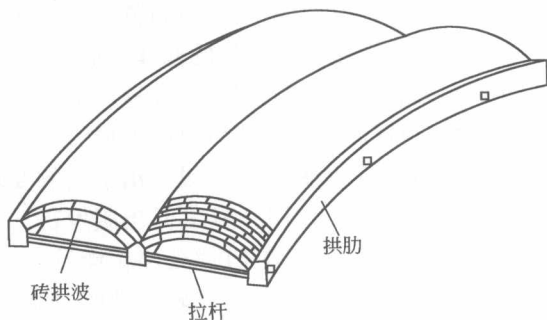


图 1.1.2 双曲拱桥的雏形



随着双曲拱桥在全国范围内广泛推广与应用,双曲拱桥的结构形式和组成趋于多样化。从桥梁外形看,双曲拱桥和一般的圬工拱桥完全一样,为弧度不同的主拱圈;但双曲拱桥主拱圈横截面中的横向拱是显著区别于其他拱桥之处,亦是该桥型的主要优点和特点之一。因此,双曲拱桥是介于板拱与肋拱之间的一种推力结构形式。由于大部分公路双曲拱桥多为钢筋混凝土结构,因此,双曲拱桥基本上仍属于圬工拱桥的范畴。

双曲拱桥充分汲取了装配式钢筋混凝土结构在施工上的优点,将主拱圈化整为零,分成拱肋、拱波、拱板和横向联系几个部分,分别预制、安装。这种施工方式一方面可以充分利用平行流水的施工组织方式缩短工期,另一方面先安装的构件起到了支撑模板的作用,降低了对施工设备的要求,且便于进行无支架施工,节省了木材、降低了造价。正是基于双曲拱桥独有的特点,中国工程院院士郑皆连首创了“双曲拱桥无支架施工法”,该法第一次被应用在广西灵山县三里江大桥上^[3]。该桥建成后,双曲拱桥无支架吊装施工工艺在全国得到迅速推广。

第二节 双曲拱桥的发展与典型双曲拱桥介绍

一、双曲拱桥的发展与推广

由于双曲拱桥既继承了修建传统的砖石拱桥就地取材、建造技术易为群众掌握和结构上的优良造型等精华部分,还汲取了近代装配式钢筋混凝土桥梁可以预制和快速安装等施工工艺上的长处。因此,在1964年第一座双曲拱农用桥诞生后的短短七年里,据南方八个省不完全统计,已建造双曲拱公路桥达十万多延米。在农用桥方面发展更快,仅江苏省南通一个地区,就建造了双曲拱桥三千一百多座,长达六万多延米。

江苏省无锡县地处太湖之滨,水网交织,全县有近四千座农用桥,其中80%是临时性木桥。这些桥梁解放前年久失修,破烂不堪;新中国成立后,虽进行了大量的整修和改建工作,一时仍难于改变桥梁落后的根本面貌。而采用双曲拱桥型每年可以建造三百多座农用桥和公路桥,极大地缓解了当时的交通运输压力,为当地的经济建设作出了巨大贡献。

二、及时总结经验,推动和规范双曲拱桥的应用

早在1971年,人民交通出版社就组织力量总结了江苏省无锡县创建和其他省(市)、自治区推广和发展双曲拱桥方面的经验,编写了《双曲拱桥》一书,汇集了一本《双曲拱桥图集》。并于1976年8月对《双曲拱桥》进行修订和删改,更名为《公路桥涵工人丛书——双曲拱桥》。

为总结和交流双曲拱桥的修建经验,交通部于1972年11月在湖南省长沙市召开了“双曲拱桥技术经验交流现场会议”。在这次会议上,各有关单位提出了大量经验总结、科研成果和技术资料;不仅回顾了双曲拱桥的发展过程,总结和交流了双曲拱桥在设计、施工、科研各方面的经验,还对今后公路桥梁建设提出了新的要求。会后,交通部公路局将部分资料汇编成册,由人民交通出版社于1975年3月出版发行。

交通部在1974年颁布的《公路桥涵设计规范》和1975年颁布的《公路双曲拱桥设计施工技术规范》中,总结了十年来比较成熟的双曲拱桥设计和施工的经验,提出了技术要求,作出了技术规定。

交通部科学研究院于1977年联合江苏省交通局、湖南省交通局和江苏省无锡县交通局,编



写了《公路双曲拱桥——上部构造设计计算》一书,并由人民交通出版社于1980年4月出版发行。

另外,在双曲拱桥的发展和应用初期,通过科研和生产实践,许多设计、科研和施工单位以及高等院校都及时写出了大量双曲拱桥的技术总结资料、科学实验报告、理论探讨论文和通俗读物,并进行交流,使双曲拱桥的建设得以蓬勃发展和不断完善。

正是由于及时总结设计、施工和科研等方面的经验,使得双曲拱桥由简单的农用小桥,推广应用到公路桥、铁路桥、水利工程以及码头工程;由几米的小桥,发展到跨径百余米的大桥,双曲拱桥的桥型也发展得更加丰富多样。在施工工艺上,定型预制和装配化方面有很快的发展,无支架施工已由单孔吊装发展到能进行多孔连续吊装。双曲拱桥的设计计算方法,也在丰富的实践基础上逐步改进、完善和发展。

三、典型双曲拱桥介绍

由于双曲拱桥用料省、造价低、施工简便、建造速度快,在当时的历史背景下,该桥型的问世为加快我国桥梁建设速度、发展交通运输事业、加强国防战备等方面都起着显著的积极作用。如:我国著名的南京长江大桥引桥就是采用这种极富民族特色的双曲拱结构,全长760m的22孔双曲拱引桥仅用了69天就全部架设完毕。又如:我国建设规模最大的双曲拱桥——长沙湘江一桥(图1.1.3),全长1532m,均采用双曲拱桥型。主桥桥面宽20m,设计荷载为汽车—20级,挂车—100。大桥主拱圈由拱肋、拱波、填平层和拱板组合而成。当时仅用了一年的时间,于1972年建成通车,这在国内外桥梁建筑史上也不多见^[4]。将长沙湘江一桥与同位于湘江上的湘潭大桥(钢筋混凝土肋拱桥)的用料进行比较,前者较后者每延米节省钢材68%,木材40%^[5]。由于具有上述优点,在双曲拱桥问世后的十年内,全国就建成该结构形式的桥梁4000多座,总长约30万延米^[4]。

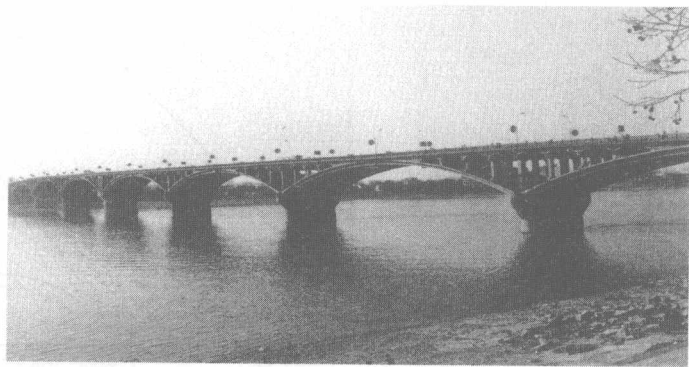


图1.1.3 长沙湘江一桥

在首座双曲拱桥建成后,工程技术人员根据其力学特点,采用技术与经济结合的原理,使双曲拱桥的结构形式得到进一步的完善和丰富。比如:四川万县的巫山官渡桥,跨径为50m,横断面形式为单波双曲石砌主拱(图1.1.4)。施工时先砌筑拱肋,待脱架后再砌筑拱波^[6]。

建成于1980年的广西龙武桥则是一座主跨跨径为100m的悬链线石肋双曲拱桥,它位于龙武至檀圩公路上,跨越鸣岷江。其主拱圈为四肋三波加两悬半波平板式结构,上部结构为花岗岩粗料石砌筑。施工时先中间两肋,后旁边两肋,拱肋采用块石两环错缝砌筑,每环砌完都



在拱顶进行土法尖拱。与钢筋混凝土双曲拱桥相比,充分利用了当地丰富的石材并节约了钢材;与传统石拱桥相比,不需搭设满堂脚手架,方便施工且工期更短。

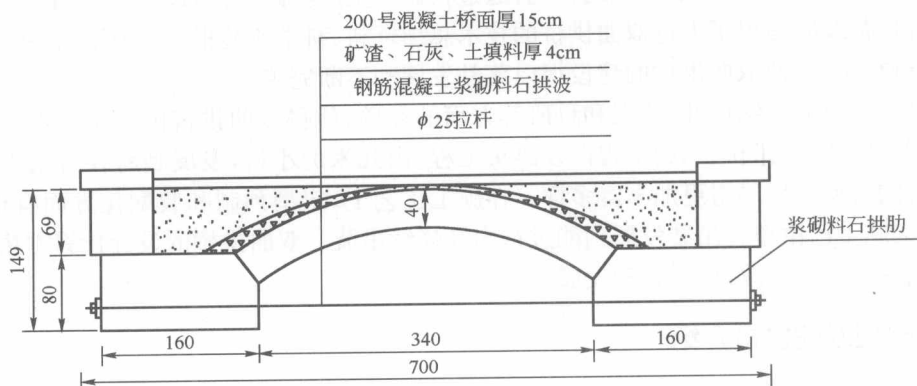


图 1.1.4 巫山官渡桥主拱圈断面(尺寸单位:cm)

采用无肋双曲拱桥亦能解决缺乏钢材的困难,就承载能力来说,也可以用于公路桥。无肋双曲拱桥拱波有砖石、预制混凝土及砌石三种形式。建成于 1976 年 1 月的湖南省洞口县廻澜桥(设计荷载为:汽车—15 级,挂车—80)就是一座石砌无肋双曲拱桥。这座三孔净跨径为 36m,全长为 139.7m 的大桥仅用了 167 天就建成了。^[7]

为了充分发挥原有吊装设备的作用、加快施工进度,江苏省镇江养路段将拱肋与拱波预制成分条分段的“飞鸟式”断面,如图 1.1.5a)所示。江西省南昌市政工程处在处理跨径为 6~10m 的小桥中,将主拱圈按拱波宽为单元,采用纵向分条的方式,做成预制构件,如图 1.1.5b)所示。预制主拱圈安装就位后,在波沟里现浇混凝土三角层,以加强横向刚度;拱上建筑采用实腹式(铺设路面)^[8]。

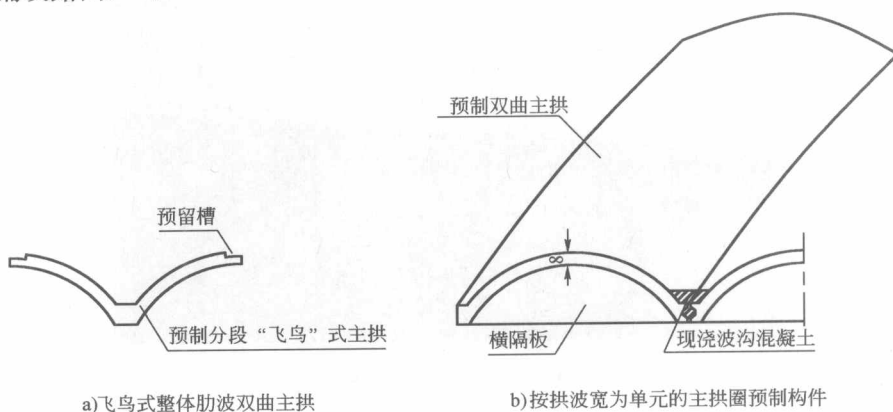


图 1.1.5 预制主拱构造图

随着我国国力的不断增强,双曲拱桥已由最初的农用桥发展到大跨径的公路、铁路用桥。我国跨径最大的双曲拱桥是河南省嵩县的前河大桥(图 1.1.6)。该桥跨径为 150m,建成于 1967 年 3 月。为了取得较大的断面高度以提高惯性矩,大桥主拱圈采用了多波高低肋截面形式^[6]。但是,由于施工难度较大,未得到推广^[2]。