

公路桥梁养护维修

与加固改造技术

福建省公路管理局 东南大学 编著

GONGLU QIAOLIANG
YANGHU WEIXIU
YU JIAGU GAIZAO JISHU



人民交通出版社
China Communications Press

公路桥梁养护维修

与加固改造技术

● 福建省公路管理局 东南大学 编著

GONGLU QIAOLIANG
YANGHU WEIXIU
YU JIAGU GAIZAO JISHU

人民交通出版社



内 容 提 要

本书共计 3 篇 19 章和 1 个附录。其中第 1 篇共 7 章,主要介绍桥梁检查和试验、桥梁上部和下部结构养护维修、桥梁结构加固与技术改造、桥梁拓宽设计和施工、重车过桥的相关技术要求和措施;第 2 篇共 7 章,以实桥为例,分别介绍各类梁式桥和拱桥的分析及评估;第 3 篇为 5 章,结合具体桥梁,介绍梁式桥和拱桥的维修加固及技术改造实例;附录为收集整理的各类桥梁病害图片。

本书理论和实践相结合,阐述了大中型梁式桥和拱桥的养护、维修和加固改造技术,可供从事公路桥梁养护维修和加固的技术人员与管理人员参考,也可供高等院校桥梁工程专业师生学习借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁养护维修与加固改造技术/福建省公路管理局,东南大学编著. —北京:人民交通出版社,

2013. 10

ISBN 978-7-114-10921-8

I. ①公… II. ①福… ②东… III. ①公路桥—养护
②公路桥—维修 ③公路桥—加固 IV. ①U448. 145. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233092 号

书 名:公路桥梁养护维修与加固改造技术

著 者:福建省公路管理局 东南大学

责任编辑:刘永芬

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

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:中国电影出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:29. 25

字 数:700 千

版 次:2013 年 10 月 第 1 版

印 次:2013 年 10 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10921-8

定 价:88. 00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编写委员会

主 编:王增贤

副 主 编:宗周红 叶岩邦 林国仁

主要编写人员:杨肩宇 林于东 方德铭 夏樟华 杨木森

卓卫东 梁文希 颜全哲 林友勤 黄悌悌

左小刚 陈 洲 李峰峰 黎雅乐 院素静

黄学漾

前 言

福建省地处我国东南沿海、台湾海峡西岸,地形以山地丘陵为主,有 3 000 多公里的海岸线,八闽大地素有“八山一水一分田”之称。历史上福建陆路交通落后,有“蜀道难,闽道更比蜀道难”之说。为节约工程造价,福建省早期公路大多依山而建,线形较差,行车困难。随着福建省社会经济的迅速发展,路网结构得到不断改善,公路技术等级不断提高,而作为公路重要组成部分的桥梁数量也在成倍增长;截至 2013 年 6 月,福建省普通公路共有桥梁 22 362 座,其中专养公路共有桥梁 3 833 座,群养公路共有桥梁 18 529 座,具有显著的山区和沿海桥梁的共同特征。为提高福建省普通公路桥梁养护维修与加固改造质量,保证桥梁安全和正常使用,由福建省公路管理局、东南大学和福州大学的相关人员组成编写组,在认真总结国内外桥梁养护维修与加固改造技术研究及工程应用的基础上,结合福建省内常见的梁式桥和拱桥养护维修与加固改造的具体实践,完成了《公路桥梁养护维修与加固改造技术》的编写工作。

本书共计 3 篇 19 章和 1 个附录,由福建省公路管理局负责组织并统稿。其中第 1 篇共 7 章,主要介绍桥梁检查和试验、桥梁上部和下部结构养护维修、桥梁结构加固与技术改造、桥梁拓宽设计和施工、重车过桥的相关技术要求和措施;第 2 篇共 7 章,以实桥为工程背景,分别介绍各类梁式桥和拱桥的分析及评估;第 3 篇共 5 章,结合具体桥梁,主要介绍梁式桥和拱桥的维修加固及技术改造实例;附录为收集整理的各类桥梁病害图片。本书各篇相互独立又具有较强的内在联系,第 1 篇侧重于桥梁养护维修和加固改造的技术要求和方法,第 2 篇侧重于桥梁承载力和安全状态评估,第 3 篇和附录重点介绍维修加固实例和病害实例,第 2、第 3 篇是对第 1 篇的有力支撑和实例示范。本书理论和实践紧密结合,实用性和示范性较强。

在桥梁养护维修及加固改造实施及本书的编写过程中,得到了福建省各地市公路局的大力支持和帮助。桥梁病害图片大部分来自福建省内桥梁病害调查,并采用了长安大学贺拴海教授和宋一凡教授、长沙理工大学田仲初教授、东南大学叶见曙教授、重庆交通科研院唐光武研究员等提供的相关图片资料,特此感谢!桥梁拓宽改造得益于福泉厦漳高速公路拓宽的实践,感谢福建省高速公路有限责任公司赵宣宪副总和陈礼彪教授级高工、福建省交通规划设计院徐钢教授级高工和黄萍教授级高工、深圳市政工程设计研究院陈宣言教授级高工等提供的大力支持和帮助。桥梁养护维修及加固改造的相关要求及技术措施除了参照交通部颁布的桥梁养护维修和加固技术规范外,同时借鉴了重庆市、江苏省、江西省、湖南省等省市关于桥梁养护维修及加固改造的成功经验和做法,特别感谢李万恒教授级高工、谌润水教授级高工、孙大松教授级高工、张俊平教授、薛伟辰教授等给予的支持和帮助。在本书的编写过程中,引用或者参考了国内外很多同行发表的论文及相关资料,限于篇幅,不能一一列出其姓名,借此机会

向这些同行和资料作者们表示诚挚的谢意！人民交通出版社领导和编辑老师们为本书的出版付出了艰辛劳动，在此一并表示衷心的感谢。

相对于无尽的自然界，我们的认识总是阶段性的和有局限的；本书的很多观点和理解仅限于编者当前的认识和水平，未必成熟！编者能力及水平有限，书中难免有疏漏或者不当之处，恳请同行和读者批评指正。

编 者

2013年9月于福州

目 录

第 1 篇 公路桥梁养护维修与加固改造技术

第 1 章 绪论	3
1.1 引言	3
1.2 基本概念	4
1.3 桥梁养护	5
1.4 桥梁加固改造	6
1.5 福建省普通公路桥梁养护管理基本状况.....	10
第 2 章 桥梁检查、试验与评定	14
2.1 基本原则.....	14
2.2 桥梁检查的一般规定.....	14
2.3 桥梁经常性检查.....	15
2.4 桥梁定期检查.....	16
2.5 桥梁特殊检查.....	29
2.6 桥梁动载试验.....	31
2.7 桥梁静载试验.....	47
2.8 桥梁状态的评定.....	63
第 3 章 桥梁上部结构的养护与维修	86
3.1 桥面系的养护与维修.....	86
3.2 钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土梁桥的养护与维修.....	88
3.3 钢筋混凝土拱桥的养护与维修.....	90
3.4 预应力连续刚构桥的养护与维修.....	92
3.5 石拱桥的养护与维修.....	93
3.6 桥梁支座的养护与更换.....	99
第 4 章 桥梁下部结构的养护与维修	100
4.1 墩台的养护与维修指南	100
4.2 桥梁基础的养护与维修指南	101
4.3 锥坡与翼墙的养护与维修指南	104
第 5 章 桥梁结构加固与技术改造	105
5.1 一般规定	105
5.2 钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土梁板桥的加固	105

5.3	预应力连续刚构桥的加固	124
5.4	钢筋混凝土拱桥的加固与改造	126
5.5	石拱桥的加固与改造	128
5.6	桥梁下部结构加固与改造	129
第 6 章	桥梁结构拓宽改造设计与施工	132
6.1	桥梁拓宽改造设计	132
6.2	桥梁拓宽改造施工	138
第 7 章	超重车辆过桥措施	157
7.1	一般规定	157
7.2	超重车辆过桥的检算和荷载试验	157
7.3	超重车辆过桥的加固措施	158
7.4	超重车辆过桥监测	158
7.5	超重车辆过桥的技术管理	158
附表 1	不同桥型经常检查记录表	160
附表 2	不同桥型检查项目一览表	165
附表 3	桥梁健康档案表(桥梁卡片)	167
附表 4	桥梁定期检查评定记录表	169
附表 5	不同桥型定期检查附录说明表	173
附表 6	常用桥梁检查仪器设备表	175
参考文献	176

第 2 篇 典型桥梁状态评估实例

第 1 章	钢筋混凝土简支梁桥的状态评估	181
1.1	嵩口大桥概况	181
1.2	嵩口大桥环境振动测试与动力特性分析	183
1.3	静载试验及静力特性分析	189
1.4	实桥安全状态评价	199
1.5	嵩口大桥极限承载能力分析	200
1.6	基于时变可靠度的在役梁式桥剩余使用寿命预测	202
1.7	小结	219
第 2 章	预应力钢筋混凝土连续梁桥的承载力评估	222
2.1	桥梁概况	222
2.2	基于响应面方法的桥梁有限元模型修正	224
2.3	桥梁承载能力评估	242
2.4	主要结论	280
第 3 章	预应力混凝土 T 形刚构桥承载力评估	282
3.1	国道 324 线乌龙江大桥简介	282

3.2	乌龙江大桥环境振动试验	284
3.3	乌龙江大桥有限元模型	284
3.4	乌龙江大桥试验与理论模态分析	285
3.5	加固维修后大桥承载力评估	288
3.6	结论与建议	289
第4章	钢筋混凝土箱拱桥承载力评估	291
4.1	东关大桥概况	291
4.2	东关大桥有限元模型	292
4.3	东关大桥环境振动测试与试验模态分析	292
4.4	东关大桥动力特性计算和实测结果比较	293
4.5	东关大桥有限元模型验证	295
4.6	东关大桥超载能力评估	296
4.7	主要结论与建议	298
第5章	石拱桥加固前后的承载力评估	300
5.1	苏家坡桥简介	300
5.2	苏家坡桥加固前后环境振动试验和模态参数识别	301
5.3	苏家坡桥加固前后有限元模型	301
5.4	加固前后苏家坡桥受力分析	305
5.5	主要结论	307
第6章	钢筋混凝土双曲拱桥的承载力评估	308
6.1	福建省宁德八都大桥简介	308
6.2	环境振动试验	308
6.3	八都大桥空间有限元模型	309
6.4	八都大桥试验模态参数识别与计算结果比较	309
6.5	八都大桥承载力评估	312
6.6	主要结论	314
第7章	钢筋混凝土刚架拱桥的承载力评估	315
7.1	东山大桥概况	315
7.2	静载试验与结果分析	316
7.3	动载试验与结果分析	320
7.4	主要结论及建议	326
	参考文献	328

第3篇 典型桥梁维修加固与技术改造实例

第1章	钢筋混凝土简支梁桥加固与技术改造	333
1.1	洪濂新桥粘钢加固工程	333
1.2	龙岩连城北团大桥加固改造	344

1.3	厦门坂头大桥加固改造	348
第2章	钢筋混凝土拱桥的加固与技术改造	351
2.1	东山大桥维修加固工程	351
2.2	罗源五里大桥加固改造工程	360
2.3	宁德市古田县西瓜洲大桥加固改造工程	367
第3章	预应力连续梁桥的加固与技术改造	373
3.1	某大桥基本概况	373
3.2	加固前主桥病害调查与分析	374
3.3	预应力混凝土连续梁桥维修加固	375
第4章	石拱桥的加固与技术改造	383
4.1	桥梁概况	383
4.2	桥梁病害及原因分析	383
4.3	加固措施	383
4.4	施工注意事项	387
4.5	加固效果分析与评价	387
第5章	预应力混凝土 T 形刚构桥的养护与维修	389
5.1	福州市乌龙江大桥概况	389
5.2	乌龙江大桥病害调查	389
5.3	结构计算	392
5.4	维修加固	392
5.5	维修加固效果评估	395
	参考文献	396

附录 典型桥梁病害图集

附录1	钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土梁式桥的典型病害	401
附录2	钢筋混凝土拱桥的典型病害	409
附录3	预应力连续刚构桥的典型病害	415
附录4	石拱桥的典型病害	417
附录5	桥面系、伸缩缝、支座等的典型病害	421
附录6	桥梁墩柱的典型病害	427
附录7	桥台、锥坡和基础等的典型病害	430
附录8	桥梁工程垮塌事故	434
附录9	桥梁地震灾害	440
	参考文献	456

第 1 篇

公路桥梁养护维修与加固改造技术

本篇结合交通运输部颁布的相关规范和规程,主要介绍了公路桥梁养护维修与加固改造的一般性规定,主要包括桥梁检查、试验与评定、桥梁上部结构养护维修、桥梁下部结构养护维修、桥梁结构加固与技术改造、桥梁拓宽改造设计和施工、重车过桥的相关技术要求和措施。旨在使桥梁工程师和技术人员能够熟悉并熟练使用相关技术及其构造要求,提升桥梁预防性养护和管理技术水平。



第1章 绪 论

1.1 引言

截至2012年年底,我国共有公路通车里程424余万公里;高速公路总里程达9.62万公里。已建成永久性公路桥梁71.34万座,桥梁总长3662.78万延米。其中,特大桥梁2688座。我国连续刚构桥、斜拉桥和拱桥的最大跨径均居于世界第一,悬索桥的最大跨径居于世界第二,我国已建成的和将建成的一批特大跨径桥梁的科技含量高,技术复杂,施工难度大。我国桥梁建造技术已进入世界先进水平的行列。

另一方面,我国公路桥梁的养护、维修、加固及技术改造有待进一步加强。据初步估计,我国公路桥梁约有1/3处于三、四类的状况。除此而外,属荷载标准低、桥面宽度窄、不能满足通行要求的约占桥梁总长的15%。总体来说,公路桥梁的主要技术缺陷包括以下几个方面:

(1)设计荷载标准偏低,承载能力不足。早期建造的桥梁,特别是20世纪60、70年代建造的桥梁,设计荷载大多在汽车—15级以下,有的是汽车—13级,有的甚至在汽车—10级以下。随着交通量的增加和荷载等级的提高,原有桥梁已经无法满足现今交通的需要,有的桥梁已经出现严重病害,有的桥梁有出现病害的可能。

(2)桥梁通行能力不足。这主要表现在桥面宽度不足,桥梁平面线形、纵断面线形标准太低;桥上通车净空或桥下通车净空不足。

(3)环境及人为因素导致桥梁损坏。比如超出设计的洪水、泥石流、浮冰、冰冻、地震、强风、船舶撞击,河道不恰当开挖,桥梁基础下的岩溶、矿山坑道等,引起桥梁结构的局部损害。

(4)桥梁超龄服役。主要是建造时期较早,比如20世纪40—60年代建造的桥梁,设计使用寿命只有30~50年,这些桥梁目前仍在使用中。

(5)超载运行。按路线等级或者预期设计荷载等级来说,这一部分设计荷载等级并不低,但由于一些特殊原因,桥梁使用荷载大大超出设计荷载,致使桥梁长期在超重荷载作用下运营。

(6)设计和施工方面存在的先天不足。有些桥梁设计上不是很合理,结构构造处理不合理,桥梁在早期运营时其缺陷并不明显,运营一定时间后,病害逐渐显现出来。有些桥梁由于受施工质量、施工技术、施工手段等影响,存在一定的技术缺陷,随着运营时间的增加,其病害也逐渐在发展。

(7)运营期间养护维修及加固措施不当。有些桥梁的技术缺陷则是由于养护维修不恰当引起的。比如桥面维修增加过大的恒载,致使桥梁负担加重;桥面排水处理不当,桥面渗水;又如支座维修不当,约束了承重结构的变形等。有些桥梁则是加固不当引起的。比如加固施加的预应力大小或者位置不恰当,引起结构的二次病害;又如结构体系改变不合理,致使结构的



关键部位应力超限等。

在桥梁维修加固方面,有一种非常不均衡的趋势。由于高等级公路中桥梁所占比例较大,而高等级公路均是近十多年才兴建的,其桥梁维修加固的高峰在8~10年后才出现;当今桥梁病害主要出现在普通公路上的桥梁,普通公路桥梁是我国辽阔国土道路交通的主要咽喉,随着区域社会经济和现代物流的快速发展,面临艰巨的养护维修和技术改造的任务。此外,我国新建桥梁技术发展较快,但桥梁养护维修加固技术的发展相对滞后。因此,进一步加强对桥梁的养护维修和加固改造的研究及其工程应用具有重要意义。

我国公路桥梁工程界在养护维修、加固及技术改造方面已经开展大量的工作,取得了阶段性的成果,交通运输部在2010年以后陆续颁布了相关的桥梁养护维修和加固改造技术规范,对于桥梁养护维修和加固改造将起到显著的技术指导作用。

1.2 基本概念

为保证桥梁的正常运营,尽量保持和延长桥梁的使用年限,对桥梁结构进行日常养护维修是非常必要的。当桥梁结构物无法满足承载能力、通行能力(如荷载标准提高、原结构严重损伤从而使承载能力降低、桥面过窄妨碍车辆畅通)、防洪等要求时,则需对桥梁结构进行必要的加固、拓宽等技术改造。因此桥梁竣工验收并交付使用后将进行两方面的工作,其一是日常的养护维修,其二是针对桥梁在运营过程中实际存在的问题与新的使用要求,进行必要加固改造。

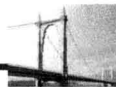
1.2.1 桥梁养护维修

桥梁的养护维修,专业上称为“小修保养”,主要是对危害桥梁正常运营的部分进行修缮。例如桥面照明系统、桥面铺装层、桥面伸缩装置、桥面防水设施、桥梁主体结构(如钢筋混凝土桥梁等的裂缝等)、桥梁支座、桥梁墩台身及基础、桥梁防护构造等的缺陷,都会影响桥梁的正常运营及使用年限,严重的甚至会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日常的维修养护是一项非常重要的工作,而这项工作具有普遍性,涵盖了一、四类所有的桥梁,不仅是针对技术状况较好的一、二类桥梁,也针对技术状况较差的三、四类桥梁。桥梁的加固改造工作重点,往往是针对桥梁的承重结构,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。

1.2.2 桥梁加固

桥梁加固的含义为对有缺陷的桥梁主要承重构件进行补强,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,使整个桥梁结构可满足规定的承重力要求,并满足规定的使用功能需求。桥梁加固一般是针对三、四类桥梁,个别的是针对荷载等级的桥梁或者是临时需要通过超重车的桥梁。有些时候,加固补强和桥梁拓宽、桥梁抬高等技术改造工程是同时进行的,以满足并适应发展了的交通运输的要求。桥梁加固在公路养护部门称为桥梁“大中修工程”。

桥梁结构的安全性包括结构的强度、刚度、稳定性及耐久性等指标,即桥梁结构必须满足



承载能力要求及正常使用功能要求:桥梁结构应具有足够的强度,以承受作用其上的荷载,使桥梁结构的构件或其连接不致破坏;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影响正常使用的变形;构件的截面必须有适当大小的尺寸,以使其在受压时不发生屈曲而丧失稳定性。对桥梁结构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使用性能与耐久性。但是,桥梁结构由于所受荷载的随机性、材料强度的离散性、制造与安装质量的不确定性以及理论计算的近似性等原因,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,设计荷载标准偏低,而重车增多后而不适应;有的桥梁由于采用了不恰当的结构形式或采用了不合理的设计计算方法,导致桥梁结构实际受力状态与力学图式不尽相符;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;有的则因不注意日常养护维修整治而导致结构产生缺陷;有的是使用不当而不能维持正常的工作条件等。

1.2.3 桥梁技术改造

桥梁的技术改造是一个综合性的概念,包括桥梁的加固补强、桥梁拓宽、桥梁抬高、桥梁平面线形改善等多项工作,凡是利用原有桥梁结构,通过特定的技术措施,使原桥梁结构荷载等级提高、通行能力增强、使用性能得到改善的,统称为桥梁技术改造。不过,桥梁技术改造的重点是指除加固补强以外的技术改善工作,本书中的含义即为此,并简称“改造”。桥梁技术改造基本上与公路养护中的桥梁“新改建工程”中的改建工程含义基本一致。

1.3 桥梁养护

1.3.1 公路桥梁养护工作的主要内容和基本要求

(1)建立、健全公路桥梁的检查、评定制度。对公路桥梁构造物进行周期性检查,系统地掌握其技术状况,及时发现缺损和相关环境的变化。按桥梁检查结果,对桥梁技术状况进行分类评定,制定相应的养护对策。

(2)建立公路桥梁管理系统和公路桥梁数据库,实施桥梁病害监控,实行科学决策。逐步建立特大型桥梁荷载报警系统,地震、洪水和流冰等预防决策系统。

(3)公路桥梁养护应做到:桥梁外观整洁,桥面铺装坚实平整、横坡适度,桥头连接顺适,排水畅通,结构完好无损,标志、标线等附属设施齐全完好。

(4)桥梁构造物的养护,首先应使原结构保持设计荷载等级的承载要求及设计交通量的通行要求。根据交通发展的需要,也可通过改造和改建来提高承载能力和通行能力。在确定改造或改建工程方案时,应注意新旧结构之间的关系,充分发挥原有结构的作用。

(5)养护作业和工程实施应注意保障车辆、行人的安全通行及环境保护。

(6)桥梁构造物养护应有对付洪水、流冰、泥石流和地震等灾害的防护措施,同时备有应急交通方案。

(7)新建或改建桥梁交工接养,应有完备的交接手续并提供成套技术资料。特大桥、大桥应配置养护设施、机具,设置养护工作通道、扶梯、吊杆、平台,设计单位应提供养护技术要点及



要求。未配置或配置的设施器具不能完全满足养护工作需要的,可根据实际需要予以增添。

(8)桥梁构造物的检查及技术状况评定、养护对策,维修、加固、改建的竣工验收等有关技术文件,均应按统一格式完整地归入桥梁养护技术档案及数据库。

1.3.2 公路桥梁养护技术政策

(1)公路桥梁养护工作按“预防为主,防治结合”的原则,以桥面养护为中心,以承重部件为重点,加强全面养护。

(2)推广应用先进的养护技术和科学的管理方法,改善养护生产手段,提高养护技术水平,大力推广和发展公路桥梁养护机械。

(3)公路桥梁的养护按其工程性质、规模大小、技术难易程度划分为小修保养、中修、大修、改建和专项工程5类。专项抢修工程是指采用临时性措施在最短的时间内恢复交通的工程措施,对于阻断交通的桥梁修复工程,应优先安排。

(4)桥梁养护工程应重视方案的技术经济比选,并充分利用原有工程材料和原有工程设施,以降低成本。

(5)重视环境保护和环境综合治理。

1.4 桥梁加固改造

桥梁加固改造是一项十分重要而又极具将专业知识灵活运用的工作,即将专业基础理论与实际已有病害的桥梁结构结合在一起,需要考虑的因素涉及方方面面的问题,从某种意义上讲,无论是加固改造方案的拟定与设计计算,还是加固改造的具体实施,其难度往往比新建桥梁还大。

1.4.1 桥梁加固改造技术分类

桥梁主要承重结构的加固补强,其根本目的是为了恢复和提高其承载能力,改善其使用性能,防止桥梁结构的安全隐患,提高其通行能力。加固与技术改造的方法大致分为以下几种类型:

(1)加固补强薄弱构件。

对于有严重缺陷或因通行重型车辆而不能满足承载力要求的薄弱构件,可以采用以新的材料(钢筋、钢板、混凝土、复合材料等),增大构件的截面尺寸,增设外部预应力钢筋或用化学粘剂粘补强材料等补强措施进行加固补强,这种方法实际上是通过增加刚度或增加受力材料数量来提高原构件的承载能力。

(2)增设辅助构件。

在原结构基础上增加新的受力构件,如在多梁式梁桥中为增强横向联系而增设的端横梁、中横梁;又如桩基承载力不足时增设扁担桩、增设扩大承台等。

(3)改变结构体系。

不同的结构体系其受力性能不同,通过结构体系的转换来改变原有结构的受力状况,人为地改善原结构受力整体性能,以达到改善和提高桥梁承受荷载的能力的目的。例如将有推力



体系的拱桥改变成无推力体系的拱桥以改善拱圈、拱脚及拱顶截面的受力状态；又如将原有的多孔简支梁桥通过一定的构造措施改变为连续梁桥，利用连续体系来改善原有简支梁跨中部分的受弯等。结构体系的转变一般都能起到较好的加固补强效果，但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需按新体系进行认真的检算，并采取相应的措施。

(4) 更换构件。

桥梁局部构件有严重缺陷而不易修复时，也可采用新的构件替换原有结构。如斜拉桥的拉索锈蚀损坏时，可用新的拉索来替换；当桥梁支座失去功效而不能满足主梁变形受力要求时，可将主梁顶起更换支座；又如少筋微弯板梁桥，微弯板破损后不易修复，也可考虑更换；再如双曲拱桥的拱波、刚架拱桥的桥面板等。

(5) 桥梁拓宽。

当桥梁宽度不足影响到桥梁通行能力时，桥梁就需要加宽。桥梁加宽一般可能和提高荷载等级、改善桥面线形等同时进行。

(6) 其他上部结构的特殊改造方法。

有些加固改造方法在实际工程中应用不多，如桥梁平面线形的改善，桥梁的升高、降低等。

(7) 墩台基础处治。

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具有足够的潜力，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。

如果墩台基础的承载能力不足，或者上部结构缺陷、承载能力的降低等是由于墩台与基础的位移或缺陷等引起的，则应对原桥墩台基础进行必要的补强加固。常用的方法较多，如基础灌浆，加钢筋混凝土桩，扩大承台，基础及台后打粉喷桩，基础周围抛置片石、块石（常置于钢筋笼内，主要用于防冲刷）等。

(8) 桥台加固处治。

当桥台本身因其强度、刚度不足时，可能发生较大的位移，可采用的方法很多，如对桥台进行顶推，改变桥台结构形式，对桥台身进行局部补强等。

(9) 桥墩加固处治。

桥墩的加固补强技术，一般通过对桥墩结构的补强、限制或减小墩顶的位移、增加墩身承载能力（如改变墩身结构形式、增加墩身截面面积）等途径进行。

1.4.2 加固改造的技术要求

(1) 技术改造方案及实施应尽量减少对原有结构的损伤，并充分利用原有结构构件的承载能力，且应保证原有结构保留部分的安全性及耐久性。对于确无利用价值的构件则予以报废、拆除，但其材料应尽可能考虑再回收。

(2) 加固改造应做到可靠、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。

(3) 加固改造工程在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经济损失。

(4) 加固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