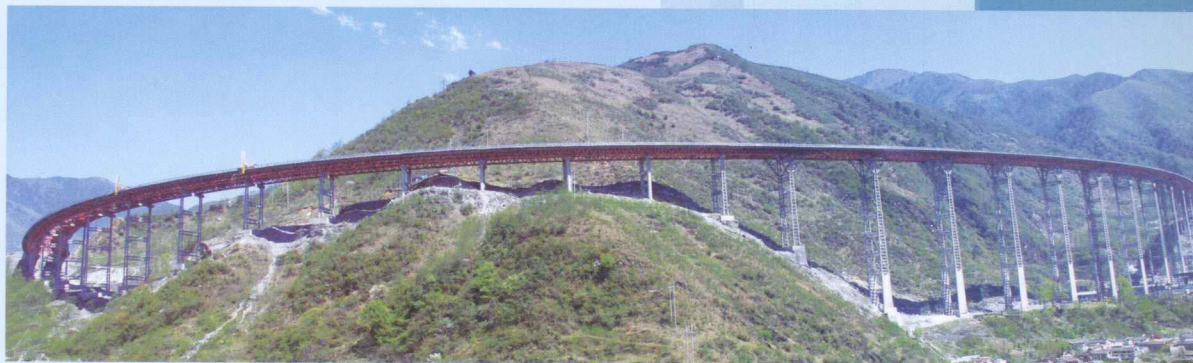


桥梁工程施工技术

QIAOLIANG GONGCHENG SHIGONG JISHU



主编 王海良 董鹏

主审 胡汉舟



人民交通出版社

China Communications Press

013061739

U445. 4

02

桥梁工程施工技术

QIAOLIANG GONGCHENG SHIGONG JISHU

主编 王海良 董鹏

主审 胡汉舟



北航

C1669665



人民交通出版社

China Communications Press

013061739

内 容 提 要

“桥梁工程施工”课程是土木工程专业桥梁工程方向、道桥及渡河工程专业开展卓越工程师培养计划的良好课程平台,出版适应本科教学的《桥梁工程施工技术》教材,可为确保相关专业卓越工程师培养计划的推进、落实提供保障。全书共分十五章,主要内容包括:绪论,桥梁灌注桩基施工,桥梁深水基础施工,高墩施工,预应力混凝土施工工艺,预应力混凝土简支梁施工,支架现浇连续梁施工,悬臂浇筑连续梁桥施工,悬臂拼装连续梁施工,钢管混凝土拱桥施工,矮塔斜拉桥及无背索斜拉桥施工,钢桥施工,悬索桥施工,钢管混凝土空间桁架组合梁式桥施工,桥梁施工过程控制原理及方法。

本书可作为土木工程专业桥梁工程方向、道桥及渡河工程专业用教材,也可作为从事桥梁工程设计、管理和施工工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程施工技术/王海良等编著. —北京:人民交通出版社,2013.7

ISBN 978-7-114-10764-1

I. ①桥… II. ①王… III. ①桥梁施工—技术—高等学校—教材 IV. ①U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 151259 号

书 名: 桥梁工程施工技术

著 者: 王海良 董 鹏

责任编辑: 温鹏飞

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: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 29.5

字 数: 702 千

版 次: 2013 年 7 月 第 1 版

印 次: 2013 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10764-1

定 价: 56.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前 言

桥梁工程是交通工程的重要组成部分。近年来,我国铁路、公路、市政交通得到迅速发展,修建了大量桥梁工程,尤其是高速铁路工程,桥梁里程占到线路总里程的80%以上,其建设质量对我国交通运输安全运营具有十分重要的影响。与国内桥梁工程迅速发展不相适应的是,各土木工程院校在桥梁工程课程教学中大多偏重理论教学,忽视了桥梁工程施工的内容讲授,而且大多数院校没有设置此课程,目前也没有适合本科教学的教材,这种现状已经影响了我国土木工程专业桥梁工程方向、道桥及渡河工程专业毕业生的培养质量。

国内目前推进的卓越工程师培养计划,其核心是要培养具有一定工程素质、实践能力的人才,因此加强学生工程能力的培养将成为今后工科院校的培养目标之一。“桥梁工程施工”课程是土木工程专业桥梁工程方向、道桥及渡河工程专业开展卓越工程师培养计划的良好课程平台,出版适应本科教学的《桥梁工程施工技术》教材,可为确保相关专业卓越工程师培养计划的推进、落实提供保障。

本书结合作者多年实际工程经验,参阅了大量相关文献,充分体现最新技术进展,力图从桥梁工程各主要工序、桥型施工原理的介绍,结合实践教学环节,使学生在校期间能掌握一定的施工原理,具备一定的工程素养,并使学生能将本科教学中其他课程知识联系在一起,为今后学生尽快适应现场环境提供帮助。

本书共分十五章,第一、七、八、九、十、十一、十三、十四章由王海良编写,第三、四章由董鹏编写,第五、六章由杨新磊编写,第二、十二章由任权昌编写,第十五章第一、二、三、四节由崔海编写,第十五章第五、六节由冯书珍编写,全书由王海良教授统稿,中铁大桥局集团有限公司总经理胡汉舟教授级高工审阅了书稿。本书编写过程中,天津第三市政公路工程有限公司总工程师贾明浩教授级高工、石家庄铁道大学关书清教授提出了许多宝贵建议,书中大部分图由研究生袁磊统制,在此一并表示感谢。

本书得到2012年天津城建大学教育教学改革与研究项目“道路桥梁工程施工组织与概论课程建设”(项目编号:JG-1182)、“结构实验课程实践教学改革研究”(项目编号:JG-1180)、2012年天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目“道路桥梁施工技术”课程建设(项目编号:C05-0810)、“土建类专业实施卓越工程师教育培养计划的探索与实践”(项目编号:B01-0810)、“土木工程品牌专业建设的改革与实施”(项目编号:C03-0810)资助。

由于水平有限,编写时间仓促,书中难免有不当之处,敬请批评指正。

编 者

2012年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 桥梁工程施工方法概述	1
第二节 桥梁工程施工重要性	2
第三节 我国桥梁建设的成就	10
第四节 桥梁工程施工存在的问题及发展方向	12
第二章 桥梁灌注桩基施工	14
第一节 灌注桩基成孔方式	14
第二节 水下混凝土灌注施工	32
第三节 钻(挖)孔桩基混凝土质量检测	37
第三章 桥梁深水基础施工	57
第一节 概述	57
第二节 防水围堰	63
第三节 深水桩基础施工平台	76
第四节 承台钢吊箱施工	85
第五节 沉井基础	98
第四章 高墩施工	115
第一节 滑动模板	115
第二节 液压爬模施工	123
第三节 翻模施工	128
第五章 预应力混凝土施工工艺	136
第一节 施加预应力原理及方法	136
第二节 预应力混凝土结构分类	139
第三节 桥梁结构采用的主要锚夹具、张拉设备	140
第四节 千斤顶标定	149
第五节 施加预应力工艺及要求	152
第六节 孔道压浆及质量检测	160
第七节 后张预应力锚下有效预应力检测	168
第六章 预应力混凝土简支梁施工	172
第一节 先张法预制简支梁施工	172
第二节 后张法预制简支梁施工	193
第三节 造桥机制造简支梁方法	195

第四节	高速铁路预制简支梁施工	205
第七章	支架现浇连续梁施工	221
第一节	支架结构形式	221
第二节	支架现浇施工及质量控制	228
第三节	现浇支架设计实例	241
第八章	悬臂浇筑连续梁桥施工	249
第一节	悬臂浇筑施工原理及步骤	249
第二节	0号块施工	250
第三节	挂篮结构	254
第四节	挂篮计算	263
第五节	挂篮安装	267
第六节	合龙段施工	273
第七节	连续刚构桥施工	276
第八节	悬臂浇筑施工质量及安全控制	280
第九章	悬臂拼装连续梁施工	284
第一节	悬臂拼装连续梁施工原理及步骤	284
第二节	节段预制方法	285
第三节	节段拼装	293
第四节	长线、短线法预制节段比较	300
第五节	悬臂拼装、悬臂浇筑施工方法比较	300
第十章	钢管混凝土拱桥施工	303
第一节	钢管混凝土拱桥分类	303
第二节	桥梁钢管混凝土拱肋材料	307
第三节	钢管混凝土拱桥施工步骤	315
第四节	钢管拱肋制作	316
第五节	钢管拱肋缆索吊装施工	318
第六节	钢管拱肋转体施工	322
第七节	少支架及满堂支架上拱肋安装施工	330
第八节	钢管混凝土对称顶升压注施工	331
第九节	拱桥吊杆张拉	335
第十一章	矮塔斜拉桥及无背索斜拉桥施工	339
第一节	矮塔斜拉桥发展及结构特点	339
第二节	矮塔斜拉桥受力特点	346
第三节	PC矮塔斜拉桥设计特点	347
第四节	矮塔斜拉桥索鞍结构及试验	348
第五节	矮塔斜拉桥施工方法	355

第六节	无背索斜拉桥·····	363
第十二章	钢桥施工·····	366
第一节	概述·····	366
第二节	焊接工艺试验及评定·····	366
第三节	钢桥制造工艺·····	370
第四节	钢管结构焊接·····	384
第五节	钢结构涂装施工·····	388
第十三章	悬索桥施工·····	392
第一节	悬索桥结构形式及施工步骤·····	392
第二节	索鞍结构及安装施工·····	393
第三节	主缆架设前准备工作·····	397
第四节	主缆架设·····	400
第五节	加劲梁安装施工·····	404
第六节	主缆缠丝施工·····	408
第七节	自锚式悬索桥施工·····	411
第十四章	钢管混凝土空间桁架组合梁式桥施工·····	415
第一节	钢管混凝土空间桁架组合梁式桥结构·····	415
第二节	主桁节段制造及组拼施工·····	416
第三节	主桁安装施工·····	417
第十五章	桥梁施工过程控制原理及方法·····	431
第一节	桥梁施工过程控制内容及必要性·····	431
第二节	桥梁施工过程控制结构分析·····	433
第三节	桥梁施工过程监测·····	434
第四节	悬臂对称浇筑连续梁及连续刚构施工过程控制·····	444
第五节	悬臂对称浇筑施工连续梁施工过程控制实例·····	449
第六节	钢管混凝土拱桥施工过程控制·····	456
参考文献	·····	459

第一章 绪 论

第一节 桥梁工程施工方法概述

桥梁工程包括上部结构和下部结构,上部结构、下部结构的施工方法除与结构形式及所处场地条件、地质情况、水文情况密切相关外,为控制成本,还应考虑施工单位已有设备及临时结构情况;对于同一工程,可能有多种可选的施工方法或工艺措施、方案,成功的施工方法首先应遵循设计文件、相关技术规程,并在确保工期、施工质量和安全的前提下,为施工单位实现经济效益最大化。

目前,桥梁下部结构基础形式大多采用混凝土桩基,其成孔施工方法可根据桥位场地地质、水位情况采用人工挖孔、正反循环钻进、旋挖钻进、冲击钻进、冲抓钻进等。在深水中桥位可采用双壁钢围堰、钢吊箱、沉井、钢板桩等配合以上成孔施工方法施工桩基;桩基混凝土灌注可根据水文条件采用干灌或灌注水下混凝土的施工方法。对于较高的混凝土桥梁墩柱,可采用翻模、滑模、爬模等方法施工。

桥梁上部结构形式多种多样,按所采用材料可分为钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和钢混组合梁桥;按结构受力体系可分为梁式桥、拱式桥和悬索桥三大体系。所用材料和结构受力体系的组合又使桥梁上部结构形式种类更多,不同材料、不同结构受力体系的上部结构施工方法存在很大差异,相应施工工艺流程及规范要求也不尽相同。

对于混凝土简支梁桥,其施工方法主要采用现场预制,架设方法可采用汽车吊、架桥机架设或采用造桥机拼装。支架现浇混凝土连续梁采用的施工方法主要有满堂支架、墩梁支架两种。节段施工的混凝土连续梁、连续刚构常分别采用悬臂对称浇筑和悬臂对称拼装方法。对跨越河流、既有线路或山谷等场地的混凝土连续梁桥、连续刚构桥,可在支架上或采用挂篮浇筑上部结构,然后将梁体平转到设计位置。

钢管混凝土拱桥中钢管拱肋可采用“以直代曲”或“煨弯”方式加工,拱肋吊装可采用满堂支架、少支架、缆索吊装、竖转、平转等方法。钢管内混凝土一般采用对称顶升的方法压注。

PC 矮塔斜拉桥主梁施工方法多采用悬臂对称浇筑;斜拉索采用镀锌平行钢绞线,采用分丝管贯通主塔方式锚固在主梁上,锚具采用群锚;斜拉索采用逐根挂设,先单根张拉,然后整体张拉的等值张拉方式。

对地锚式悬索桥,一般先架设作为主缆安装、紧缆、吊杆安装等施工平台的猫道,采用 AS 或 PPWS 方法架设主缆,利用缆索起重机架设加劲梁;对于加劲梁架设,国内 2012 年建成通车的湖南矮寨大桥发明的索轨架设法,为悬索桥加劲梁架设提供了一种新型方法。对自锚式悬索桥,因主缆锚固在边跨加劲梁上,需先施工加劲梁,然后再安装主缆,自锚式悬索桥的加劲梁施工方法和连续梁的施工方法相同,可采用支架上现场浇筑(混凝土加劲梁)、支架上原位拼



装、顶推、拖拉施工等(混凝土、钢结构加劲梁)。

钢管混凝土空间桁架连续梁主桁多采用预制场拼装、支架上安装或采用拖拉、顶推方式架设主桁,待主桁合龙后,浇筑上、下弦钢管内混凝土及桥面板混凝土。

可见,不同结构形式,不同地质、水文条件的桥梁,其施工方法不尽相同,这决定了桥梁工程施工内容的丰富性,也对桥梁工程施工技术人员的素质提出了更高的要求。

第二节 桥梁工程施工重要性

桥梁工程在我国公路、铁路、市政交通中占有重要地位。一座独立桥梁(或某线路中的桥梁)的修建过程一般包含可行性研究、初步设计、施工图设计、现场施工等环节,现场施工环节是根据施工设计图修建桥梁的具体过程,是桥梁建设过程的重要环节。桥梁工程施工对桥梁工程质量、施工过程安全、运营期间安全及耐久性影响巨大。

1. 桥梁结构施工过程中受力最不利

桥梁工程施工过程是将桥梁各杆件、构件形成整体的过程,在结构形成整体的过程中,结构刚度较小(钢管混凝土裸拱),结构未形成连续结构(悬臂浇筑、拼装施工),后续施工过程对已施工结构线形、内力影响显著(悬臂浇筑、拼装施工、悬索桥施工),不但结构受力复杂,结构受力也最不利,对施工技术要求有更高的要求。对节段施工的大跨连续梁、连续刚构桥,施工过程中会形成大悬臂结构(图 1-1);对缆索吊装的拱桥,施工过程中会形成由扣索反吊的悬臂结构(图 1-2);对于转体施工的桥梁,上部结构施工完毕、结构转体前后及转体过程结构也呈悬臂结构(图 1-3);这些未形成整体的大悬臂结构在外界荷载(如风荷载)作用下受力最不利,如施工不当将引起严重后果,图 1-4 为某结合梁施工过程中由于施工工艺不当发生的钢箱整体坠落事故。对于支架现浇的连续梁,混凝土在浇筑过程中呈流态,只能作为荷载,不能承担其他荷载作用,且由于其自身抗拉强度低,在混凝土硬化期间,对支架沉降控制有更高的要求。

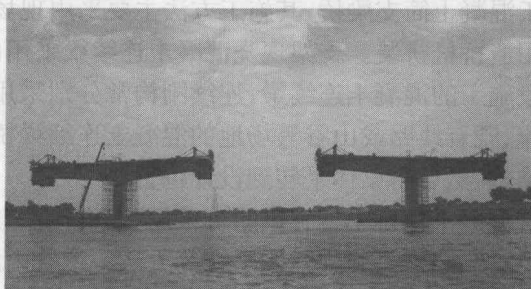
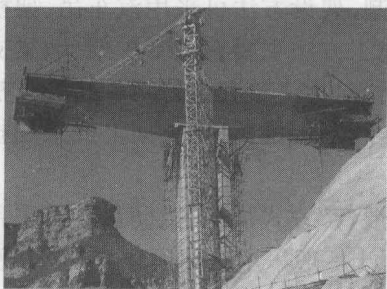


图 1-1 悬臂浇筑连续梁施工过程中的悬臂结构

2. 影响桥梁结构施工质量因素较多

桥梁上部结构按所用材料不同分为混凝土桥梁、钢桥及组合桥梁。对于混凝土桥梁,粗骨料、细骨料、水泥、外加剂、混凝土浇筑质量、养护条件等都将对混凝土强度、耐久性等产生直接影响;对于钢结构桥梁,钢材原材料质量、现场杆件焊接质量、杆件加工精度、防腐处理等也会对桥梁结构承载能力及耐久性产生影响。目前国内大部分桥梁都采用预应力技术,预应力钢束的张拉、压浆质量将对结构的受力性能及使用安全有直接影响。影响桥梁施工质量的众多



因素都需要技术工人在现场具体实施,现场的环境及技术工人的技术水平、责任心也会影响桥梁结构的质量。图 1-5 为某钢管混凝土拱桥由于穿过拱肋吊杆导管的加工、焊接质量存在缺陷,造成在浇筑钢管内混凝土时导管弯曲变形,使得已穿的吊杆发生过的弯曲变形,不得不更换。

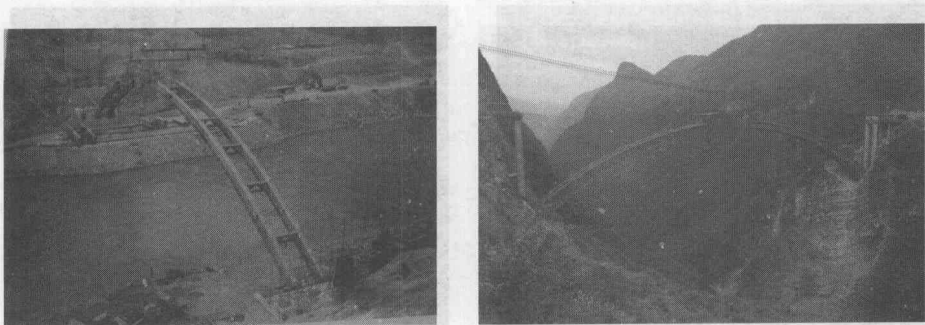


图 1-2 缆索吊装钢管混凝土拱桥施工过程中的悬臂结构



图 1-3 平转施工桥梁转体中的悬臂结构

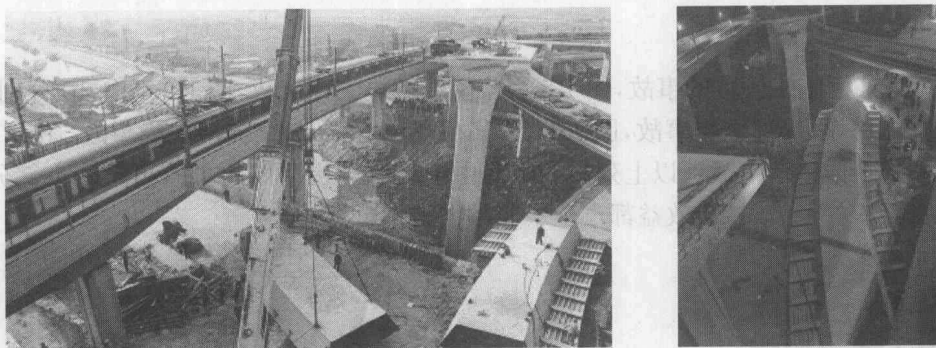


图 1-4 某桥施工过程中钢箱梁坠落事故

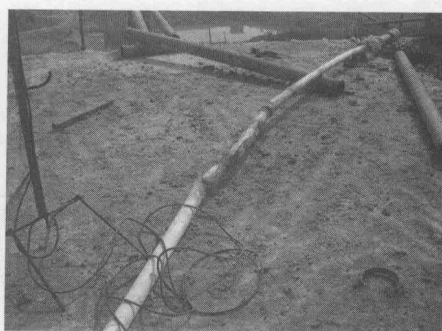
图 1-6 为钢箱混凝土拱桥由于钢箱腹板对拉拉杆未按设计要求设置,造成灌注钢箱内混凝土时由于箱内钢筋断裂,钢箱发生过的大的横向变形。

3. 影响桥梁结构施工安全因素较多

影响桥梁结构施工质量的众多因素,对桥梁结构施工安全也是重大隐患。除原材料、施工技术质量等因素外,在桥梁施工过程中,需要大量的临时结构,如预制梁中需要专门台座,现浇



梁中需要支架,悬臂浇筑施工中需要挂篮,悬臂拼装施工中需要吊机,转体施工中需要转盘,梁体架设需要架桥机、造桥机、塔吊,顶推、拖拉施工需要导梁等等,这些临时结构往往需要施工单位根据具体情况进行设计、安装,临时结构设计、安装是桥梁结构施工过程中非常重要的环节之一,如果处理不当,将引起严重后果。



a)发生弯曲变形的部分导管

b)发生弯曲变形的吊杆

图 1-5 某桥由于吊杆导管加工、焊接质量引起的质量事故

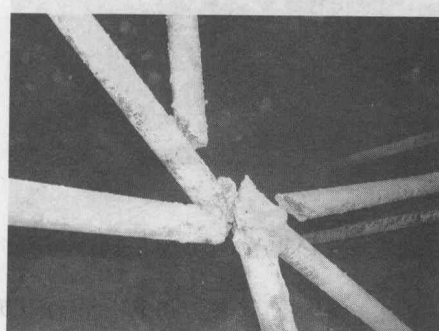
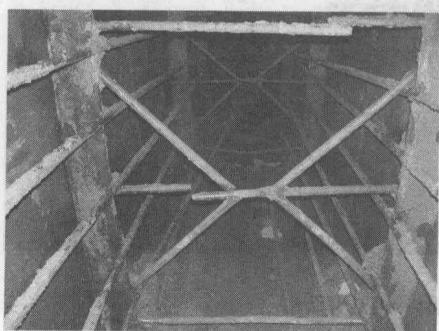


图 1-6 对拉钢筋的断裂

图 1-7 为某桥施工倾覆的事故,图 1-8 为某桥造桥机失稳事故,图 1-9、图 1-10 分别为某桥满堂支架整体垮塌、局部坍塌事故,图 1-11 为某桥现浇支架墩、梁支架失稳事故,图 1-12 为某桥架桥机失稳造成坠落事故。以上列出的这些由于临时结构造成的事故只是一小部分,这些事故对各自工程的经济、社会效益都产生了非常不利的影响。



图 1-7 桥梁倾覆事故



图 1-8 造桥机失稳事故

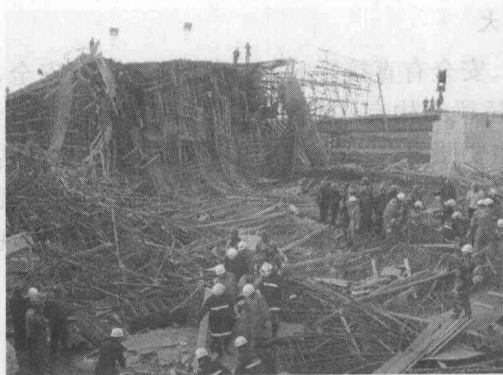


图 1-9 现浇支架整体垮塌



图 1-10 现浇支架局部坍塌

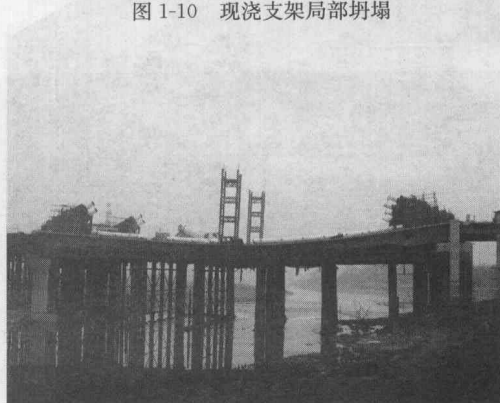


图 1-11 墩、梁支架中贝雷梁支架局部杆件失稳造成支架沉降



图 1-12 某桥梁桥机坠落事故

外界环境对桥梁结构施工过程安全的影响也不容忽视。我国幅员辽阔,北方地区气候干燥,冬季气温较低,冻胀作用明显;南方雨量充沛;西部地区气候干燥,温差较大,春、冬季风力较大。这些因素对施工中未形成整体结构的桥梁结构安全具有很大的影响,温差较大区域如养护不当可能造成混凝土在施工过程中开裂;基础冻胀可能造成支架上升,引起结构附加内力;在雨量充沛的环境中,如果基础排水不畅可能造成支架基础沉降等等。



4. 桥梁结构施工质量对结构运营安全影响巨大

桥梁结构施工质量不但对施工期间结构质量、安全有直接影响,对桥梁结构运营安全、结构耐久性也将产生巨大影响。目前,国内运营的桥梁结构有些“带病工作”,影响结构安全运营,需要维修、加固,造成这些结构“带病工作”的主要原因之一是施工质量较差,给桥梁结构的安全运营造成巨大隐患。图 1-13 为由于混凝土施工质量较差造成桥梁结构运营期间出现表面崩裂、开裂,图 1-14 为支座预埋钢板附近露筋、混凝土松散情况,图 1-15 为箱梁底板出现大面积露筋,图 1-16 为支座安装不平,图 1-17 为支座安装明显偏位。

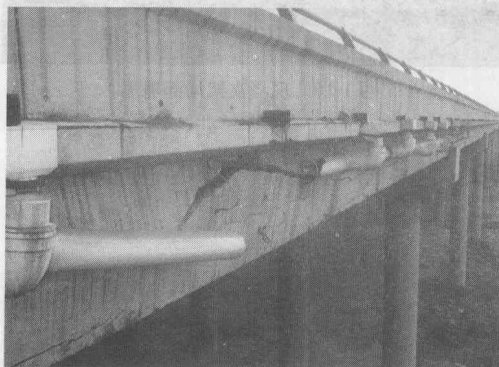


图 1-13 混凝土表面崩裂及表面裂缝



图 1-14 支座上部露筋、混凝土松散



图 1-15 箱梁底部露筋、混凝土松散

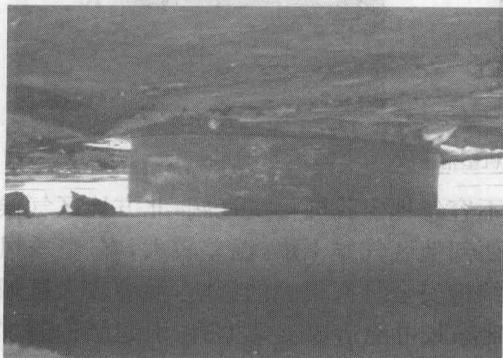


图 1-16 支座安装不平



图 1-17 支座滑出



图 1-18 为支座顶部钢板锈蚀,图 1-19 为火烧过的橡胶支座,图 1-20 为橡胶支座从设计位置滑出,图 1-21 生为波纹管外露,图 1-22 为橡胶支座破损、外鼓情况。

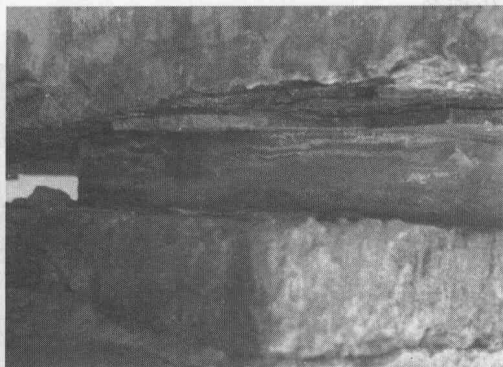


图 1-18 支座顶钢板锈蚀

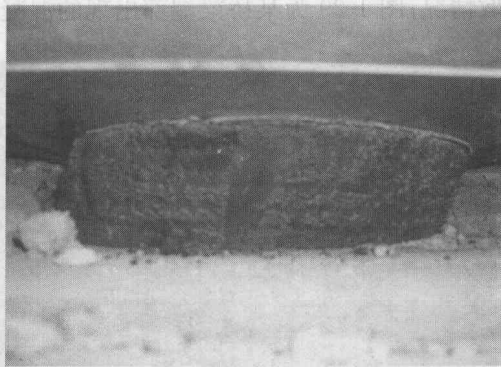


图 1-19 橡胶支座表面被火过的痕迹



图 1-20 橡胶支座从设计位置滑出

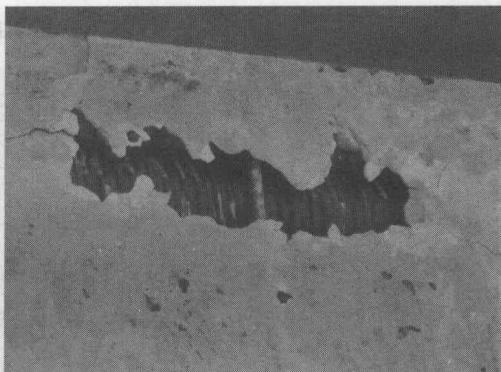


图 1-21 波纹管外露

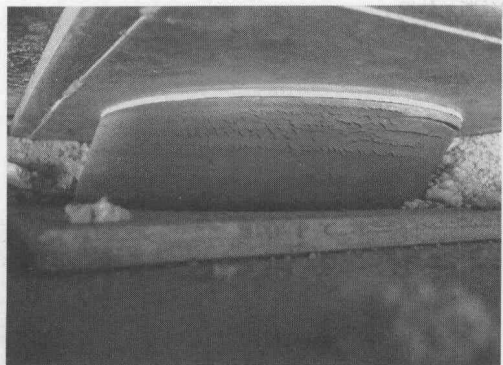
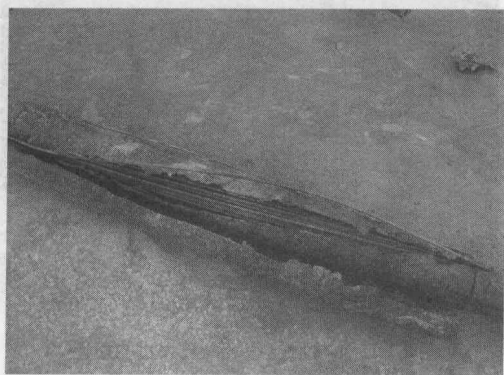


图 1-22 橡胶支座破损、外鼓情况

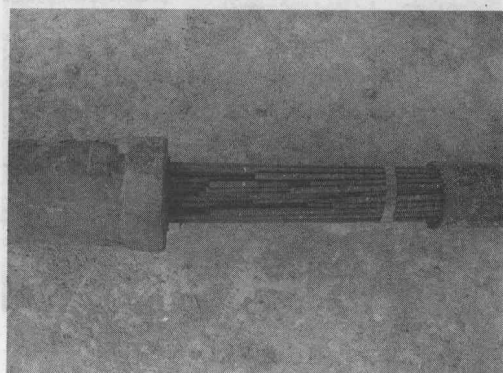
图 1-23 为某斜拉桥斜拉索未按设计要求采用镀锌钢丝,施工质量较差,加之养护不当使该桥斜拉索在使用过程中锈蚀严重、断丝、外保护 PE 管老化等情况;图 1-24 为某石拱桥拱肋腹拱横墙未严格按规范施工及基础不均匀沉陷造成竖向开裂,缝长 8000mm,缝宽达 20mm;



图 1-25 为某桥台护坡严重铺砌缺损、勾缝脱落情况；图 1-26 为某桥盖梁和墩柱间出现的环形裂缝；图 1-27 为某桥由于水冲刷造成桩基外露情况；图 1-28 为某空心板桥底部出现的混凝土松散情况；图 1-29 为某桥梁端部出现的混凝土风化现象。



a)斜拉索PE管老化情况



b)斜拉索钢丝断丝情况

图 1-23 某斜拉桥斜拉索病害情况

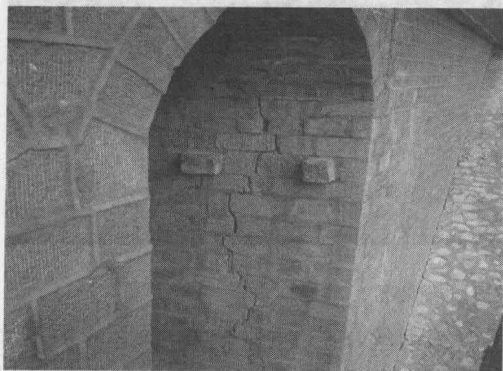


图 1-24 某石拱桥拱肋裂缝

图 1-25 某桥桥台锥坡破损情况



有文献报道,国内已建成通车的大跨连续刚构桥中普遍存在主跨跨中下挠过大、箱梁梁体产生裂缝两大病害。某桥跨径布置为 66m+120m+66m,在运营 6 年后发现主跨跨中下挠达 22cm,箱梁腹板出现大量斜裂缝,最大缝宽达到 1.15mm,连续刚构跨中下挠会加剧箱梁开裂,而梁体裂缝的增多又使结构刚度降低,进一步加剧梁体跨中的下挠,形成二者相互影响的恶性循环,大大降低桥梁结构的安全性。引起连续刚构出现以上病害的原因之一是施工质量,早强剂的掺加虽然可尽早张拉纵向预应力束,但会造成混凝土后期徐变较大;纵向预应力束孔道偏差将改变预应力束偏心距,同时加大孔道摩阻力;孔道压浆质量不佳可能造成钢束锈蚀,降低纵向有效预应力,造成主梁下挠;竖向预应力钢筋施工质量的偏差则会降低梁体预压主应力,增大梁体腹板出现斜裂缝的可能性。

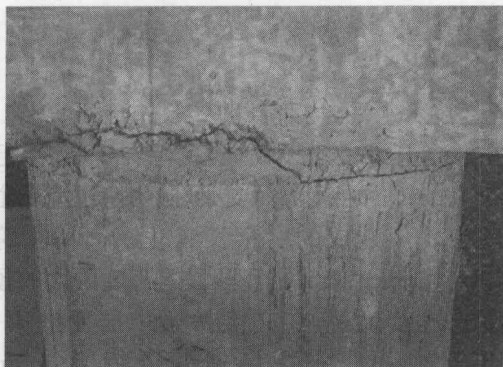


图 1-26 某桥盖梁和墩柱间环形裂缝



图 1-27 由于水冲刷使桩基外露



图 1-28 某空心板桥底部混凝土松散情况

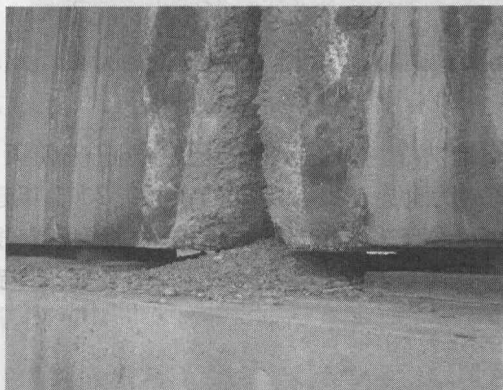


图 1-29 某桥混凝土梁端部风化情况

5. 桥梁结构施工方案及质量对企业经济效益有直接影响

桥梁结构形式多种多样,所处地质环境、场地条件不同,每个施工企业具备的设备、物资情况也有差异。合理的施工技术方案、工艺措施可在确保施工质量的前提下加快施工进度,合理缩短工期,而不合理的施工技术方案、工艺措施不但会影响结构施工质量,给结构安全运营埋下隐患,也会延迟工期,从而降低企业的经济效益。在遵循设计文件、施工规范前提下采用哪种施工方案,充分发挥企业自身已具备的设备、物资条件,合理安排各施工工序,根据地质环境、场地条件制定相应的施工技术方案,对施工工期、施工质量有直接影响,也会对企业经济效益、社会声誉产生巨大影响。



6. 桥梁结构受力特点对桥梁工程施工提出更高要求

桥梁工程结构在运营期间主要承受车辆荷载,车辆荷载会对桥梁结构产生冲击作用,因此桥梁结构对动力及疲劳性能要求较高;桥梁结构所处场地复杂,可能承受酸、碱腐蚀,紫外线照射,水,冻融循环等其他环境综合作用;动力、疲劳荷载及环境耦合作用的受力特点对其施工质量提出了更高的技术要求。

总之,桥梁工程施工不仅仅是按图施工的过程,还是涉及理论计算、试验及实践的综合技术,从事桥梁施工的技术人员,不但应有深厚的理论基础,尚应具备一定的试验知识,丰富的现场实践经验。高质量的桥梁工程施工不但可创造经济效益,对交通事业及经济发展也具有一定的影响。

第三节 我国桥梁建设的成就

近二十年来,我国桥梁建设不论从建设规模还是技术水平,均跻身世界领先行列。



图 1-30 广东虎门辅航道桥

在混凝土梁桥建设领域,我国在 1997 年已建成跨度达 63m 的混凝土简支梁(昆明南过境干道高架桥);2001 年建成的南京长江北汊河桥主跨为 $90\text{m}+3\times 165\text{m}+90\text{m}$,是我国目前跨度最大的预应力混凝土连续梁桥,在同类桥梁中居亚洲第一;1997 年建成的广东虎门辅航道桥为 $150\text{m}+270\text{m}+150\text{m}$ 连续刚构桥(图 1-30),位列世界第四。

在拱桥建设领域,我国 2003 年建成的上海卢浦大桥为中承式系杆拱桥(图 1-31),拱肋为全焊钢箱结构,主跨跨度为 550m,是世界上跨径最大的钢箱拱桥。2009 年建成通车的重庆朝天门大桥为中承式钢桁架拱桥(图 1-32),主跨达 552m,为世界上最大跨度的拱桥。2005 年建成的重庆巫山长江大桥为钢管混凝土拱桥(图 1-33),主跨达到 492m,为该类型桥梁世界第一。1997 年建成的重庆万县长江大桥为钢管混凝土劲性骨架钢筋混凝土拱桥(图 1-34),主跨 420m,为世界同类桥梁跨度第一。

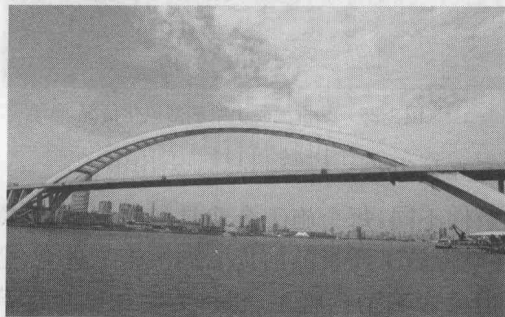


图 1-31 上海卢浦大桥



图 1-32 重庆朝天门大桥

在斜拉桥建设领域,据不完全统计,我国已建成斜拉桥超过 100 座,其中跨径超过 400m 的已达 20 余座。2008 年建成的江苏苏通大桥主跨达到 1088m(图 1-35),为世界最大跨度斜拉桥。