



交通土建高职高专统编教材

(第二版)

桥涵施工技术

王常才 主编

李毅谦 [中国路桥集团桥梁技术有限公司] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

交通土建高职高专统编教材

桥涵施工技术

Qiaohan Shigong Jishu

(第二版)

王常才 主编

李毅谦[中国路桥集团桥梁技术有限公司] 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为交通土建高职高专统编教材。全书内容包括涵洞施工技术、桥梁基础施工、桥梁墩台施工、钢筋混凝土简支梁桥施工、预应力混凝土简支梁桥施工、预应力混凝土连续梁桥施工、悬臂施工法、拱桥施工、桥面系及附属工程施工等施工技术,该书系统地阐述了各种体系桥梁上、下部结构的施工架设方法和涵洞施工技术,并介绍了桥涵施工常用的配套机具和其他主要桥型施工技术。

本书可作为交通高等职业技术教育道路桥梁工程专业、工程造价专业及工程监理专业教材,亦可供交通中等职业教育土建类专业师生及各类干部培训学习和从事桥梁施工、工程监理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵施工技术/王常才主编. —2版. —北京:人民交通出版社,2006.7

交通土建高职高专统编教材

ISBN 7-114-06115-3

I. 桥... II. 王... III. 桥涵工程-施工技术-高等学校:技术学校-教材 IV. U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 090556 号

书 名: 交通土建高职高专统编教材

桥涵施工技术(第二版)

著 作 者: 王常才

责任编辑: 卢仲贤 师 云

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)85285838, 85285995

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: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.75

字 数: 458 千

版 次: 2002 年 8 月 第 1 版

2006 年 8 月 第 2 版

印 次: 2006 年 8 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 11 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06115-3

印 数: 34001~37000 册

定 价: 33.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版
交通土建高职高专统编教材编审委员会

主任委员 张洪滨(吉林交通职业技术学院)

副主任委员 (按姓氏笔画为序)

田 平(河北交通职业技术学院)	刘建明(青海交通职业技术学院)
张润虎(贵州交通职业技术学院)	李全文(四川交通职业技术学院)
陆春其(南京交通职业技术学院)	俞高明(安徽交通职业技术学院)
钟建民(山西交通职业技术学院)	郭发忠(浙江交通职业技术学院)
彭富强(湖南交通职业技术学院)	程兴新(陕西交通职业技术学院)
谢远光(重庆交通职业技术学院)	

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 彤(辽宁交通高等专科学校)	王 亮(云南交通职业技术学院)
王连威(吉林交通职业技术学院)	王海春(青海交通职业技术学院)
王常才(安徽交通职业技术学院)	王穗平(河南交通职业技术学院)
王晓春(甘肃林业职业技术学院)	吴继锋(江西交通职业技术学院)
张世海(甘肃交通职业技术学院)	孙元桃(宁夏交通职业技术学院)
张保成(内蒙古大学职业技术学院)	张美珍(山西交通职业技术学院)
李仕东(鲁东大学交通学院)	李中秋(河北交通职业技术学院)
李加林(广东交通职业技术学院)	李绪梅(新疆交通职业技术学院)
杨晓丰(黑龙江工程学院)	刘孟良(湖南城建职业技术学院)
陈方晔(湖北交通职业技术学院)	沈建康(徐州建筑职业技术学院)
周传林(南京交通职业技术学院)	赵树青(山东交通职业学院)
金 桃(贵州交通职业技术学院)	黄万才(四川交通职业技术学院)
金仲秋(浙江交通职业技术学院)	周志坚(福建交通职业技术学院)
夏连学(河南交通职业技术学院)	姚 丽(辽宁交通高等专科学校)
曹雪梅(四川交通职业技术学院)	梁金江(广西交通职业技术学院)
彭 芳(内蒙古河套大学)	薛安顺(陕西交通职业技术学院)

秘 书 长 卢仲贤(人民交通出版社)

总 序

针对高职高专教材建设与发展问题,教育部在《关于加强高职高专教材建设的若干意见》中明确指出:先用2至3年时间,解决好高职高专教材的有无问题。再用2至3年时间,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材,形成一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

2001年7月,由人民交通出版社发起组织,15所交通高职院校的路桥系主任和骨干教师相聚昆明,研讨交通土建高职高专教材的建设规划,提出了28种高职高专教材的编写与出版计划。后在交通部科教司路桥工程学科委员会的具体指导下,在人民交通出版社精心安排、精心组织下,于2002年7月前完成了28种路桥专业高职高专教材出版工作。

这套教材的出版发行首先解决了交通高职教育教材的有无问题,有力支持了路桥专业高职教育的顺利发展,也受到了全国各高职院校的普遍欢迎。

随着高职教育教学改革的深入发展、高职教学经验的丰富与积累,以及本行业有关技术标准规范的更新,本套教材在使用了2至3轮的基础上,对教材适时进行修订是十分必要的,时机也是成熟的。

2004年8月,人民交通出版社在新疆乌鲁木齐召开了有19所交通高职院校领导、系主任、骨干教师共41人参加的教材修订研讨会。会议商定了本套教材修订的基本原则、方法和具体要求。会议决定本套教材更名为“交通土建高职高专统编教材”,并成立了以吉林交通职业技术学院张洪滨为主任委员的“交通土建高职高专统编教材编审委员会”,全面负责本套教材的修订与后续补充教材的建设工作。

经修订后,本套高职高专教材具有以下特色:

——顺应交通高职院校人才培养模式和教学内容体系改革的要求,按照专业培养目标,进一步加强教材内容的针对性和实用性,适应学制转变,合理精简和完善内容,调整教材体系,贴近模块式教学的要求;

——实施开放式的教材编审模式,聘请高等院校知名教授和生产一线专家直接介入教材的编审工作,更加有利于对教材基本理论的严格把关,有利于反映科研生产一线的最新技术,也使得技能培训与实际密切结合;

——全面反映2003年以来的公路工程行业已颁布实施的新标准规范;

——服务于师生、服务于教学,重点突出,逐章均配有思考题或习题,并给出本教材的参考教学大纲;

——注重学生基本素质、基本能力的培养,教材从内容上、形式上力求更加贴近实际。

本套教材的出版与修订再版始终得到了交通部科教司路桥工程学科委员会和全国交通职教路桥专业委员会的指导与支持,凝聚了交通行业专家、教师群体的智慧和辛勤劳动。

愿我们共同向精品教材的目标持续努力。

向所有关心、支持本套教材编写出版的各级领导、专家、教师、同学和朋友们致以敬意和谢意。

交通土建高职高专统编教材编审委员会

人民交通出版社

2005年5月

第二版前言

21 世纪版交通土建高职高专统编教材《桥涵施工技术》(第一版)出版发行后,受到广大师生及技术人员的好评,被多所高等院校选为教材用书,并沿用至今。目前,这本教材已使用四年。根据 2005 年 6 月在长春召开的高职高专教材修订研讨会的精神,以及近年来交通部标准、规范进行了大规模更新,我们重新编写了这本教材的第二版。

本版教材对第一版进行了修改和调整,其中删减了原第二章桥涵施工测量、第十三章钢桥施工和第十五章桥梁施工与组织管理内容,因为相关内容在本套教材的《工程测量》和《桥梁施工与组织管理基础》中已作了介绍;同时将原第七章梁桥就地浇筑、第八章梁桥装配式施工的内容调整为钢筋混凝土简支梁桥施工和预应力混凝土简支梁桥施工。其他章节内容也进行了针对性的修改。

作为教材,全书在编写上保持了学科的系统性和逻辑性,做到深入浅出、通俗易懂。随着我国公路建设的快速发展,桥梁施工技术日新月异,为保证教学质量,建议各校在教学过程中多安排一些实践教学和多媒体教学环节;授课教师要针对性收集桥梁施工技术的具体案例进行讲解;同时,应补充讲解桥梁施工放样技术要点及桥梁施工组织管理内容,以求学生能够全面掌握桥梁施工过程中的主要施工技术要点与管理基础知识。

本第二版教材由安徽交通职业技术学院王常才担任主编。其中第一章至第七章由王常才编写与修订;第八章、第十二章由安徽交通职业技术学院严任苗编写与修订;第九章、第十章由安徽交通职业技术学院章劲松编写与修订;第十一章由安徽交通职业技术学院韩振峰编写与修订。

人民交通出版社交通土建高职高专统编教材编审委员特邀中国路桥集团桥梁技术有限公司教授级高工李毅谦总工程师担任本书主审。李毅谦教授认真审核了本书,提出了许多宝贵的修改建议,使本教材更加完善。在此向李毅谦教授表示深深的谢意。

虽经仔细审核、修订,由于编者的水平有限,加上时间仓促,书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 6 月

第一版前言

高等职业技术教育培养的是面向生产和管理第一线的应用型技术人才。为了满足高等职业技术发展的需要,根据全国路桥工程学科委员会高职教材联络组 2001 年 7 月昆明会议决议要求,在人民交通出版社精心组织指导下,出版了《桥涵施工技术》一书。

本书全面系统介绍了各种体系桥梁上、下部结构的施工方法和涵洞施工技术,具有科学性、先进性、实用性的特点,符合高等职业技术教育培养人才的客观要求。第二章桥涵施工测量,详细介绍了桥涵施工放样的具体操作内容,对全站仪作了专门介绍;第三章桥涵施工常用主要施工设备,对桥涵施工中常用的设备和机具作了系统的介绍,对已经普及应用的预应力张拉设备作了单独介绍;第四章涵洞施工技术,对各种类型涵洞的施工技术要点作了介绍;第五、六、七、八、九章,分别对桥梁的上、下部结构常用的施工技术作了深入分析;第十、十一、十二、十三章对拱桥、斜拉桥、预应力混凝土连续梁桥、钢桥、悬索桥等桥型的施工技术作了针对性介绍;第十五章桥梁施工组织与管理,主要介绍了桥梁施工过程中的施工组织设计和各项管理的主要内容,保证了桥梁施工技术与组织管理的统一性和完整性。为保证教学质量,在教学过程中,建议多安排一些实践教学和多媒体教学环节。本书填补了高职高专《桥涵施工技术》专业教材的空缺,是高职高专路桥专业的专业课,对桥梁建设单位的工程技术人员亦具有参考价值。

本书由安徽交通职业技术学院王常才主编,云南交通职业技术学院黄成光主审。第一、十一、十二、十三章由王常才编写;第二、四章由南京交通职业技术学院张文斌编写;第三章由四川交通职业技术学院周瑜编写;第五、六、十四章由陕西交通职业技术学院薛安顺编写;第七、八章由南京交通职业技术学院沈秋雁编写;第九、十章由安徽交通职业技术学院章劲松编写;第十五章由安徽省路桥总公司王洁编写。全书由安徽交通职业技术学院王常才统稿。

本书于 2002 年 7 月 3 日至 8 日在安徽合肥审稿会上审定。参加本书审稿会的有:王常才、黄成光、王洁、章劲松、沈秋雁、张文斌、刘志(贵州交通职业技术学院)、柴金义、武必庆(内蒙古大学交通技术学院)、张洪滨(吉林交通职业技术学院)、卢仲贤(人民交通出版社)。

在编写和审稿过程中,主审黄成光老师作了认真审核;同时得到了安徽省路桥总公司和全国各高等交通职业技术学院老师们的大力支持;并参阅了大量的文献资料,在此一并深表谢意。

由于编者的水平有限,加上时间紧迫,书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正,以便再版时修改。

编 者

2002 年 7 月 18 日

目 录

第一章 总论	1
第一节 桥梁施工技术发展概述.....	1
第二节 桥梁施工方法分类.....	3
第三节 桥梁施工准备.....	9
思考题	12
第二章 桥涵施工的常用主要设备	14
第一节 概述	14
第二节 桥涵施工常备式结构部件	14
第三节 桥涵施工主要起重机具设备	19
第四节 混凝土施工设备	25
第五节 预应力混凝土施工设备	30
第六节 其他常用机具及设备	36
思考题	38
第三章 涵洞施工技术	40
第一节 概述	40
第二节 施工准备工作	42
第三节 各种类型涵洞施工技术	47
第四节 涵洞附属工程施工	59
思考题	62
第四章 桥梁基础施工	64
第一节 概述	64
第二节 明挖扩大基础施工	65
第三节 桩基础施工	69
第四节 组合式基础施工	78
思考题	85
第五章 桥梁墩台施工	86
第一节 概述	86
第二节 混凝土墩台与石砌墩台施工	86
第三节 装配式墩台施工	93
第四节 滑动模板施工.....	100
第五节 桥台附属工程.....	109
思考题	110
第六章 钢筋混凝土简支梁桥施工	111
第一节 概述	111
第二节 施工支架与模板	112

第三节	钢筋骨架的安装	118
第四节	混凝土工程	119
第五节	构件的移运、堆放	123
第六节	装配式梁桥的安装	127
思考题		134
第七章	预应力混凝土简支梁桥施工	135
第一节	先张法预应力简支梁桥的施工工艺	135
第二节	后张法预应力简支梁桥的施工工艺	142
思考题		152
第八章	预应力混凝土连续梁桥施工	154
第一节	概述	154
第二节	有支架就地浇筑施工	155
第三节	逐孔架设法	158
第四节	移动模架法	163
第五节	顶推法	166
思考题		176
第九章	悬臂施工法	177
第一节	概述	177
第二节	悬臂浇筑法施工	177
第三节	悬臂拼装法施工	190
思考题		209
第十章	圬工和钢筋混凝土拱桥施工	210
第一节	拱桥的有支架施工	210
第二节	拱桥的悬臂浇筑施工	218
第三节	拱桥的装配式施工	220
第四节	钢管混凝土拱桥施工	235
第五节	拱桥的转体施工	241
思考题		247
第十一章	其他主要桥型施工技术简介	248
第一节	斜拉桥施工	248
第二节	悬索桥施工	258
思考题		264
第十二章	桥面系及附属工程施工	265
第一节	伸缩缝装置及其安装	265
第二节	梁间铰接缝施工	274
第三节	桥面铺装层施工	278
第四节	其他附属工程施工	279
思考题		281
《桥涵施工技术》课程参考教学大纲		282
主要参考文献		286

第一章 总 论

第一节 桥梁施工技术发展概述

在桥梁工程中,施工是非常重要的环节,它决定着工程的质量和整个工程的造价等问题。因此,在桥梁施工中,合理地选择施工方法,正确地组织施工和科学管理具有十分重要的意义。

回顾混凝土梁桥的发展历史,可以清楚地看到施工工艺的革新对桥梁类型和体系的发展,它对提高桥梁的跨越能力和丰富结构构造形式都起着重要的作用。早期的混凝土梁桥一般是支架就地浇筑施工的中、小跨径的钢筋混凝土简支梁桥和悬臂梁桥。随着桥梁构件的工厂化,出现了装配式钢筋混凝土简支梁桥。自从预应力技术在桥梁工程中应用之后,并随着起重能力的提高,中小跨径的装配式预应力混凝土简支梁桥得到了普遍推广。这些装配式混凝土简支梁桥,大多数采用分片式整体预制,安装后横向整体化,即采用整体施工的方法。

20 世纪 50 年代中期悬臂施工法从钢桥引入了混凝土梁桥,混凝土梁桥可以从桥墩对称进行分段悬臂浇筑施工或悬臂拼装施工(图 1-1、图 1-2)。这种施工方法不用或很少用支架,不影响河道的通航,建造大跨径桥梁不需要大型起吊设备,从而使预应力混凝土悬臂梁桥、预应力混凝土 T 形刚构桥、连续梁桥和连续刚构桥得到了普遍发展(图 1-3)。继悬臂施工法之后,1959 年顶推施工法首次用于预应力混凝土连续梁桥的施工(图 1-4),它是在沿桥纵轴方向的桥后开辟预制场地,分节段预制主梁,并用纵向预应力筋连成整体,然后通过水平液压千斤顶施力,借助滑动装置,将梁段向对岸顶进就位。

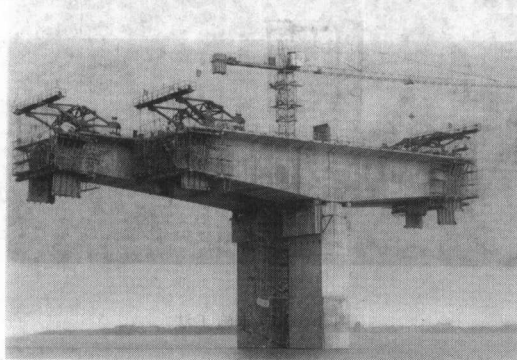


图 1-1 悬臂浇筑施工法

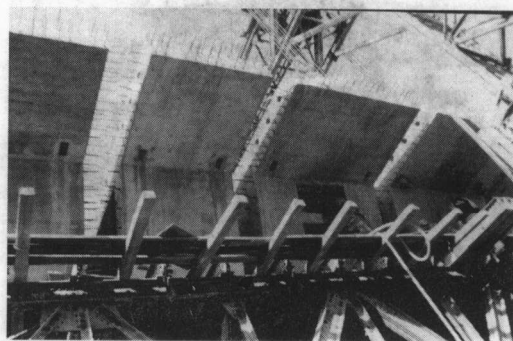


图 1-2 悬臂拼装施工中的箱梁预制

桥梁结构的发展对施工提出了各种不同的要求,也促进了施工方法的发展,多跨长桥和高架桥梁的大量建造出现了与它们适应的逐孔施工和移动模架施工方法。多跨长桥及高架桥的跨径通常考虑经济分孔,采用等截面梁,因此要求施工快速、简便,使用一套机具设备连续作



图 1-3 连续刚构桥



图 1-4 预应力混凝土连续梁桥顶推法施工

业。逐跨施工法可以整跨预制逐跨施工,可以分节段预制后再进行拼装逐跨施工,也可在支架上逐跨现浇施工。而移动模架法则是采用大型的施工设备,在梁的位置上逐跨完成梁的一系列制造工作后,纵移施工设备连续施工,其相当于把桥梁的预制场移到桥位,并依靠动力逐跨完成,它对于大型桥梁工程施工向工厂化、机械化、自动化和标准化方向迈进是一种有益的尝试(图 1-5)。

桥梁转体施工是 20 世纪 40 年代以后发展起来的一种架桥工艺(图 1-6)。它是在河流的两岸或适当的位置,利用地形或使用简便的支架先将半桥预制完成,之后以桥梁结构本身为转动体,使用一些机具设备,分别将两个半桥转体到桥位轴线位置合龙成桥。转体施工将复杂的、技术性强的、高空及水上作业变为岸边的陆上作业,既能保证施工的质量、安全,也减少了施工费用和机具设备,同时在施工期间不影响桥位通航。转体施工法较多用于拱桥的施工,目前在梁桥、斜拉桥、刚架桥等不同桥型的上部结构施工中也有应用。

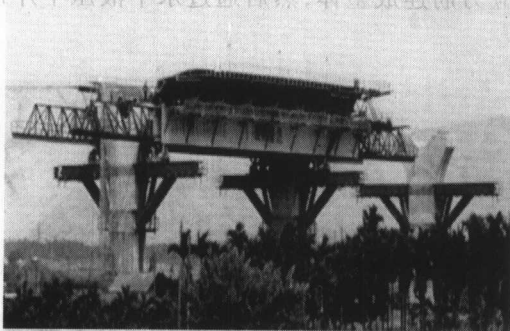


图 1-5 移动模架法施工



图 1-6 转体施工法

科学技术的发展将不断对施工提出新的要求,今后也将会出现更多的、适应各种不同条件的施工方法。混凝土梁桥的施工方法很多,即使在同一种方法中也有不同的情况,所需的机具、劳力、施工步骤和施工期限也不一样。因此,在确定桥梁施工方法时应根据桥梁的设计要求、施工现场、环境、设备、经验等各种因素综合分析考虑,合理选择最佳的施工方法。

第二节 桥梁施工方法分类

一、桥梁基础工程施工方法

在桥梁工程中,通常采用的基础有扩大基础、桩基础、沉井基础等(图 1-7)。基础的施工方法大致可分类如图 1-7 所示。

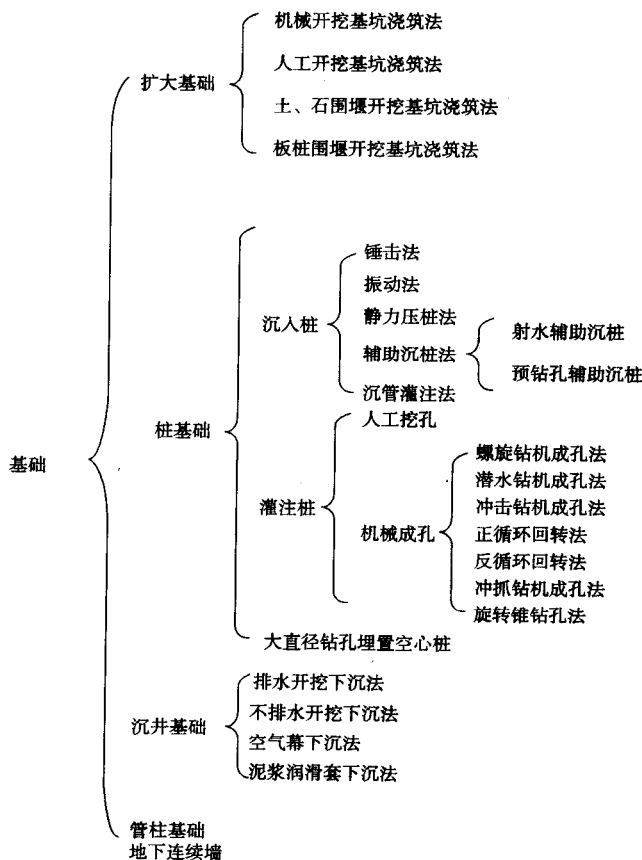


图 1-7 桥梁基础分类及施工方法

1. 扩大基础

所谓扩大基础,是将墩(台)及上部结构传来的荷载由其直接传递至较浅的支承地基的一种基础形式,一般采用明挖基坑的方法进行施工,故又称之为明挖扩大基础或浅基础。其主要特点是:

- (1) 由于能在现场用眼睛确认支承地基的情况下进行施工,因而施工质量可靠;
- (2) 施工时的噪声、振动和对地下污染等建设公害较少;
- (3) 与其他类型的基础相比,施工所需的操作空间较小;
- (4) 在多数情况下,比其他类型的基础造价省、工期短;
- (5) 易受冻胀和冲刷的影响。

扩大基础施工的顺序是开挖基坑,对基底进行处理(当地基的承载力不满足设计要求时,

需对地基进行加固),然后砌筑圬工或立模、绑扎钢筋、浇筑混凝土。其中,开挖基坑是施工中的一项主要工作,而在开挖过程中,必须解决挡土与止水的问题。

当土质坚硬时,对基坑的坑壁可不进行支护,仅按一定坡度进行开挖。在采用土、石围堰或土质疏松的情况下,一般应对开挖后的基坑坑壁进行支护加固,以防止坑壁坍塌。支护的方法有挡板支护加固、混凝土及喷射混凝土加固等。

扩大基础施工的难易程度与地下水处理的难易有关。当地下水位高于基础的设计底面高程时,施工时则须采取止水措施,如打钢板桩或考虑采用集水坑用水泵排水、深井排水及井点法等使地下水位降低至开挖面以下,以使开挖工作能在干燥的状态下进行。还可采用化学灌浆浆法及围幕法(冻结法、硅化法、水泥灌浆法和沥青灌浆法等)进行止水或排水。但扩大基础的各种施工方法都有各自特有的制约条件,因此在选择时应特别注意。

2. 桩基础

桩是深入土层的柱形构件,其作用是将作用于桩顶以上的荷载传递到土体的较深处。

根据不同情况,桩可以有不同的分类法。现按成桩方法对桩进行分类,并分别叙述其不同的施工方法和工艺。

(1) 沉入桩

沉入桩是将预制桩用锤击打或振动法沉入地层至设计要求高程。预制桩包括木桩、混凝土桩和钢桩,一般有如下特点:

①因在预制场内制造,故桩身质量易于控制,可靠。

②沉入施工工序简单,工效高,能保证质量。

③易于水上施工。

④多数情况下施工噪声和振动的公害大、污染环境。

⑤受运输、起吊设备能力等条件的限制,其单节预制桩的长度不能过长;沉入长桩时要在现场接桩;桩的接头施工复杂、麻烦且易出现构造上的弱点;接桩后如果不能保证全桩长的垂直度,则将降低桩的承载能力,甚至在沉入时造成断桩。

⑥不易穿透较厚的坚硬地层;当坚硬地层下存在较弱层,而设计要求桩必须穿过时,则需辅以其他施工措施,如射水或预钻孔等。

⑦当沉入地基的桩超长时,需截除其超长部分,截桩工作不仅实施较困难,且不经济。

沉入桩施工方法主要有:锤击沉入桩、振动沉入桩、静力压桩法、辅助沉桩法、沉管灌注法及锤底沉管法等。

(2) 灌注桩

灌注桩是在现场采用钻孔机械(或人工)将地层钻挖成预定孔径和深度的孔后,将预制成一定形状的钢筋骨架放入孔内,然后在孔内灌入流动的混凝土而形成桩基。水下混凝土多采用垂直导管法灌注,灌注桩特点是:

①与沉入桩的锤击法和振动法相比,施工噪声和振动要小得多。

②能修建比预制桩直径大的桩。

③与地基土质无关,在各种地基上均可使用。

④施工时应特别注意孔壁坍塌以及孔底沉淀等的处理,施工质量的好坏对桩的承载力影响很大。

⑤因混凝土是在泥水中灌注的,因此混凝土质量较难控制。

灌注桩因成孔的机械不同,通常采用旋转锥钻孔法、潜水钻机成孔法、冲击钻机成孔法、正

循环回转法、反循环回转法、冲抓钻机成孔法、人工挖孔法等。

(3)大直径桩

一般认为,直径 2.5m 以上的桩可称为大直径桩。目前最大桩径已达 6m。近年来,大直径桩在桥梁基础中得到广泛应用,结构形式也越来越多样化,除实心桩外,还发展了空心桩;施工方法上不仅有钻孔灌注法,还有预制桩壳钻孔埋置法等。根据桩的受力特点,大直径桩多做成变截面的形式。大直径桩与普通桩在施工上的区别主要反映在钻机选型、钻孔泥浆及施工工艺等方面。

3.沉井基础

沉井基础是一种断面和刚度均比桩大得多的筒状结构,施工时在现场重复交替进行沉井构筑和开挖井内土方,使之沉落到预定支承地基上。在岸滩或浅水中建造沉井时,可采用“筑岛法”施工;在深水中建造时,则可采用浮式沉井,先将其浮运至预定位置,再进行下沉施工。按材料、形状和用途不同,可将沉井分成很多种类型,但各种沉井基础有如下的共同特点:

(1)沉井基础的适宜下沉深度一般为 10~40m;

(2)与其他基础形式相比,沉井基础的抗水平力作用能力及竖直支承力均较大,刚度也大,故其变形较小。

沉井基础施工的难点在于沉井的下沉。沉井下沉主要是通过从井孔内除土,清除刃脚正面阻力及沉井内壁摩阻力后,依靠其自重下沉。沉井下沉的方法可分为排水开挖下沉和不排水开挖下沉,但其基本施工方法应为不排水开挖下沉,只有在稳定的土层中,而且渗水量不大时,才采用排水开挖法下沉。另外还有压重、高压射水、炮震(必要时),降低井内水位减小浮力以增加沉井自重、采用泥浆润滑套或空气幕等一些沉井下沉的辅助施工方法。

4.管柱基础

管柱基础因其施工的方法和工艺相对来说较复杂,所需的机械设备也较多,一般的桥梁极少采用这种形式的基础。仅当桥址处的水文地区条件十分复杂,采用其他的基础施工方法不能奏效时,方使用这种基础形式。因此,对于大型的深水或海中基础,特别是深水岩面不平、水流流速大的地方采用管柱基础是比较适宜的。

管柱基础的施工一般包括管柱预制、围笼拼装浮运和下沉定位、下沉管柱,在管柱底基岩上钻孔,在管柱内安放钢筋笼并灌注水下混凝土等内容。管柱有钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和钢管三种,其下沉的方法与前述的沉入桩类似,大多采用振动法并辅以射水、吸泥等措施。管柱的下沉必须要有导向装置,浅水时可用导向架,深水时则用整体围笼。

5.地下连续墙

地下连续墙是用膨润土泥浆进行护壁,在防止开挖壁面坍塌的同时,在设计位置开挖一条狭长端圆的深槽,然后将钢筋骨架放入槽内并灌注水下混凝土,从而在地下形成连续墙体的一种基础形式。目前国内还多用于临时支挡设施,国外已有作为永久基础的实例。地下连续墙有墙式和排柱式之分,但一般多用墙式。地下连续墙的特点有:

(1)施工时的噪声、振动小;

(2)墙体刚度大且截水性能优异,对周边地基无扰动;

(3)所获得的支承力大,可用作刚性基础;对墙体进行适当的组合后可用以代替桩基础和沉井基础;

(4)可用于逆筑法施工,并适用于多种地基条件;

(5)在挖槽时因采用泥浆护壁,如管理不当,有槽壁坍塌的问题。

地下连续墙的施工方法甚多,根据机械类型和开挖方法可分为抓斗式、冲击式和旋转切削式三类。

二、桥梁下部结构施工方法

(一)承台

位于旱地、浅水河中采用土石筑岛施工桩基的桥梁,其承台的施工方法与扩大基础的施工方法相类似,可采取明挖基坑、简易板围堰后开挖基坑等方法进行施工。

对深水中的承台,可供选择的施工方法通常有:钢板桩围堰、钢管桩围堰、双壁钢围堰及套箱围堰等。不论何种围堰,其目的都是为了止水,以实现承台的干处施工。钢板桩和钢管桩围堰实际上是同一类型的围堰形式,只不过所用材料不同;双壁钢围堰通常是将桩基和承台的施工一并考虑,桩顶设钻孔平台,桩基施工结束后拆除平台,在堰内进行承台施工;套箱现多采用钢材制作,分有底和无底两种类型,根据受力情况不同又可设计成单壁或双壁。

(二)墩(台)身

墩(台)身的施工方法根据其结构形式的不同方法各异。对结构形式较简单、高度不大的中、小桥墩(台)身,通常采取传统的方法,立模(一次或几次)现浇施工。但对高墩及斜拉桥、悬索桥的索塔,则有较多的可供选择的方法,而施工方法的多样化主要反映在模板结构形式的不同。近年来,滑升模板、爬升模板和翻升模板等在高墩及索塔上应用较多,其共同的特点是:将墩身分成若干节段,从下至上逐段进行施工。

采用滑升模板(简称滑模)施工,对结构物外形尺寸的控制较准确,施工进度平衡、安全,机械化程度较高,但因多采用液压装置实现滑升,故成本较高,所需的机具设备亦较多。爬升模板(简称爬模)一般要在模板外侧设置爬架,因此这种模板相对而言费用较高,但不需设专门用于提升模板的起吊设备。

高墩的施工,应根据现场的实际情况,在进行综合比较后再选择适宜的施工方案。中、小桥中,有的设计为石砌墩(台)身,其施工工艺虽较简单,但必须严格控制砌石工程的质量。

三、桥梁上部结构施工方法

桥梁上部结构的形式是多种多样的,其施工方法的种类也较多,但除一些比较特殊的施工法之外,大致可分为预制安装和现浇两大类。现将常用施工方法(图 1-8)的特点和适用性分述如下。

(一)预制安装法

预制安装可分为预制梁安装和预制节段式块件拼装两种类型。前者主要指装配式的简支梁板,如空心板梁、T形梁、I形梁及小跨径箱梁等的安装,是先将梁(板)吊装就位,尔后进行横向联结或施工桥面板而使之成为桥梁整体;后者是指将梁体(一般为箱梁)沿桥轴向分段预制成节段或节式块件,运到现场进行拼装(悬臂拼装),连续梁、T构、刚构和斜拉桥多应用这种方法进行施工。

1. 自行式吊车吊装法

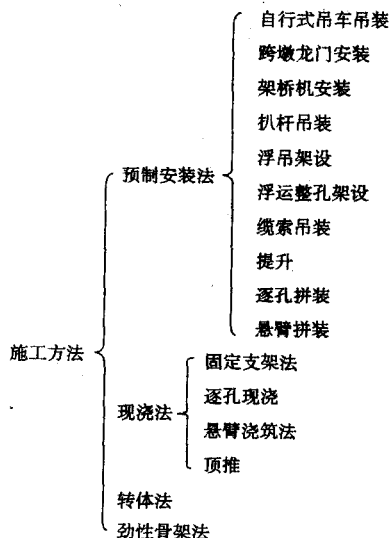


图 1-8 桥梁上部结构施工方法

这种吊装法多采用汽车吊、履带吊等机械,有单吊和双吊之分,一般适用于跨径在 30m 以内的简支梁(板)的安装作业。在现场吊装的桥梁孔跨内或引道上应有足够设置吊车的场地,同时应确保运梁道路的畅通。吊车的选型应充分考虑梁体的质量和作业半径后方可决定。

2. 跨墩龙门安装法

是在墩台两侧顺桥向设置轨道,其上安置跨墩的龙门吊,将梁体在吊起状态下运到架设地点而安装在预定位置。此法一般可将梁的预制场地安排在桥头引道,以缩短运梁距离。其优点是:施工作业简单、施工速度快,容易保证施工安全。但要求架设地点的地形平坦、土质良好,梁体应能沿顺桥向搬运,桥墩不能太高。此法因设备的费用较大,架设安装的孔跨数不能太少。

3. 架桥机安装法

这是预制梁的典型架设安装方法。在孔跨内设置安装导梁,以此作为支承梁来架设梁体,这种作为支承梁的安装梁结构称为架桥机。目前架桥机的种类甚多,有专用的架桥机设备,也有施工者应用常备构件(万能杆件和贝雷桁片等)自行拼装而成的。按形式的不同,架桥机又可分为单导梁、双导梁、斜拉式和悬吊式等。悬臂拼装和逐跨拼装的节段式桥梁也经常采用专用的架桥机设备进行施工。其特点是:不受架设孔跨的桥墩高度影响,亦不受梁下条件的影响;架设速度快,作业安全度高,对于跨数较多的长大桥梁更具优越性。

4. 扒杆吊装法

扒杆吊装是一种较原始但简单易行的方法,对一些质量小的小型构件比较适宜,目前已很少采用。但近年国内亦有采用扒杆吊装大跨径(330m)桁式拱的经验,单件吊装最大质量达 200t。

5. 浮吊架设法

这种方法一般适用于河口、海上长大桥梁的架设安装,包括整孔架设和节段式块件的悬臂拼装。采用此法工期较短,但梁体的补强、趸船的补强及趸船、大型吊具、架设用的卡具等设备均较大型化。浮吊和趸船移动,伴随而来的是会使梁体摇动,因此应充分考虑其倾覆问题。

6. 浮运整孔架设法

是将梁体用趸船载运至架设地点后进行架设安装的方法,可分两种方式:第一种方式是用两套卷扬机(或液压千斤顶装置)组合提升吊装就位;第二种方式是利用趸船的吃水落差将整体梁体安装就位。

7. 缆索吊装法

是当桥址为深谷、急流等桥下净空不能利用时,在桥台或桥台后方设立钢塔架,塔架上悬挂缆索,以缆索作为承重索进行架设安装的施工方法。缆索吊装较多的应用于拱桥的拼装施工,梁式桥及其他桥型也有的采用此法施工。吊装法有直吊式和斜拉式之分,缆索吊装法比其他方法的架设机械庞大且工期长,采用时应对其经济性进行充分分析。

8. 提升法

提升法有两种形式:一是采用卷扬机装置进行提升,较适用于悬臂拼装的桥梁;另一种是采用液压式千斤顶装置进行连续提升,较适用于重型构件或梁(板)的架设安装。

9. 逐孔拼装法

逐孔拼装法一般适用于节段式预应力混凝土连续梁的施工。在施工的孔跨内搭设落地式支架或采用悬吊式支架,将节段预制块件按顺序吊放在支架上,然后在预留孔道内穿入预应力筋,对梁施架预应力使其成为整体,这种方法形象的被称为“穿糖葫芦”。

10. 悬臂拼装法

悬臂拼装法现多用于预应力混凝土梁体的施工,其他类型的桥梁亦可选用。这是一种将梁体分节段预制,墩顶附近的块件用其他架设机械安装或现浇,然后以桥墩为对称点,将预制块件沿桥跨方向对称起吊、安装就位后,张拉预应力筋,使悬臂不断接长,直至合龙的施工方法。悬臂拼装法施工速度快,桥梁上、下部结构可平行作业,预制块件的施工质量易控制,但预制节段所需的场地较大,大跨桥梁的施工时,对拼装精度要求较高,因此此法可在跨径 100 ~ 200m 的大桥中选用。这种施工方法可不用或少用支架,施工时不影响通航或桥下交通,宜在跨深水、山谷和海上进行施工,并适用于变截面预应力混凝土梁桥。

悬臂拼装可用的机具设备较多,有移动式吊车、缆索吊、汽车吊和浮吊等,可根据不同的桥梁结构和地形条件进行选择。

(二) 现浇法

1. 固定支架法

这是在桥跨间设置支架,安装模板,绑扎钢筋,现场浇筑混凝土的施工方法,特别适用于旱地上的钢筋混凝土和预应力混凝土中小跨径连续梁桥的施工。支架按其构造的不同可分为满布式、柱式、梁式和梁柱式几种类型,组件形式有门式支架、扣件式支架、碗扣式支架、贝雷桁片、万能杆件及各种型钢组合构件等。在这种施工法中,支架虽为临时结构,但施工中需承受梁体的大部分恒重,因此必须有足够的强度和刚度。同时支架的地基要可靠,必要时需对地基进行加固处理。固定支架法施工的特点是:梁的整体性好,施工平稳、可靠,不需大型起重设备;施工中无体系转换的问题;需要大量施工支架,并需要有较大的施工场地。

2. 逐孔现浇法

(1) 在支架上逐孔现浇施工

这是一种与前述的固定支架法相类似的施工方法,其区别在于逐孔现浇施工仅在梁的一孔(或两孔)间设置支架,完成后将支架整体转移到下一孔进行连续施工,因此这种方法可仅用一孔(或两孔)的支架和模板周转使用,所需施工费用较少。支架可用落地式、梁式和落地移动式。落地式支架多用于旱地桥梁或桥墩较低的情况;梁式支架的承重梁则可支承在位于桥墩承台的立柱上或锚固于桥墩的横梁上;落地移动式支架可在地面设置轨道,支架在轨道上(或其他滑动、滚动装置上)进行转移。逐孔现浇施工的接头通常设在距桥墩中心约 $L/4$ 弯矩较小的部位。这种施工方法适用于中小跨径及结构构造比较简单的预应力混凝土桥梁。

(2) 移动模架逐孔现浇施工

这种方法是使用不着地移动式的支架和装配式的模板进行连续地逐孔现浇施工。此法自 20 世纪 50 年代末开始使用以来,得到了较广泛的应用,特别对于多跨长桥以及弯、坡、斜桥。如高架桥、海湾桥,使用十分方便,施工快速,安全可靠,机械化程度高,节省劳力,减轻劳动强度,少占施工场地,不会受桥下各种条件的影响,能周期循环施工,但因其模架设备的投资较大,拼装与拆除都较复杂,所以此法一般适用于跨径 20 ~ 50m 的预应力混凝土连续梁桥施工,且桥长至少应在 500m 以上。

移动模架可分为在梁下以支架梁等支承梁体重力的活动模架(支承式)和在桥面上设置的主梁支承梁重的移动悬吊模架两种形式。

3. 悬臂浇筑法

这种方法最常用的是采用挂篮悬臂浇筑施工,在桥墩两侧对称逐段就地浇筑混凝土,待混