

国家级精品课程

高等职业院校“十二五”规划教材——道路与桥梁工程类
GAODENG ZHIYE YUANXIAO SHIERWU GUIHUA JIAOCAI DAOLU YU QIAOLIANG GONGCHENG LEI



桥涵施工

(第2版)

QIAOHAN SHIGONG

主 编 ● 匡希龙 李 振 夏晓慧
主 审 ● 彭富强



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家级精品课程

高等职业院校“十二五”规划教材——道路与桥梁工程类

桥涵施工

(第2版)

主编 匡希龙 李 振 夏晓慧

主审 彭富强

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

桥涵施工 / 匡希龙, 李振, 夏晓慧主编. — 2版.

— 成都: 西南交通大学出版社, 2013.1

高等职业院校“十二五”规划教材. 道路与桥梁工程
类

ISBN 978-7-5643-2130-7

I. ①桥… II. ①匡… ②李… ③夏… III. ①桥涵工
程 - 工程施工 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第319961号

高等职业院校“十二五”规划教材——道路与桥梁工程类

桥涵施工

(第2版)

主编 匡希龙 李 振 夏晓慧

*

责任编辑 杨 勇

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 20

字数: 499千字

2008年1月第1版 2013年1月第2版 2013年1月第6次印刷

ISBN 978-7-5643-2130-7

定价 (含光盘): 39.80元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第2版前言

近年来,随着我国桥涵施工过程中新工艺、新材料、新设备的不断涌现,人们再一次开始思考有关桥涵施工技术的新标准,而且,更加关注桥涵施工技术的成熟性和先进性。于是,新版《公路桥涵施工技术规范》(JTG/TF50—2011)应运而生,2011年8月1日起正式执行。

本教材按照新的规范要求,对全书各章节进行了大量的修正、补充和完善,尤其是在混凝土工程及预应力混凝土工程等章节,增加了大量的新的知识点,突出了工程实践的应用性。

全书共十一章。其中,第一章、第二章、第九章、第十章、第十一章由湖南交通职业技术学院匡希龙修订,第三章、第四章、第五章由湖南交通职业技术学院李振修订,第六章、第七章、第八章由湖南交通职业技术学院夏晓慧修订。

本书由湖南交通职业技术学院匡希龙、李振、夏晓慧主编,彭富强主审。

全书的校对工作由李航、杨一希、马晶、刘昀、曾婧、王丽群、曹曼红等同志负责,在此,对他们表示衷心的感谢!

由于编写水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者 2012年8月

第1版前言

本教材是根据教育部高职高专工学学科要求并结合人才培养模式的指导思想,引入行业标准,在广泛征求现场专家意见的基础上编写的。本教材主要适用于交通运输类道路桥梁工程技术专业的教学。全书共有十一章。

第一章主要介绍桥梁的发展动态、桥涵施工方法的分类、桥涵施工的准备和施工测量。

第二章包括:混凝土工程、钢筋工程、模板工程的技术要求;常备式结构的种类及各组成部分;常用主要施工设备,如桥梁施工常用的起重机具设备、混凝土设备、预应力张拉设备、其他常用机具及设备的特点和作用。

第三章介绍明挖基础施工的开挖方法,桩基础施工方法的分类及其施工注意事项,还涉及沉井基础的施工技术。

第四章主要介绍墩台施工模板的类型、构造、设计及多种墩台施工技术。

第五章主要介绍钢筋混凝土简支梁和预应力混凝土简支梁的施工工艺,重点介绍先张法及后张法的张拉要点。

第六章主要介绍连续梁桥中逐孔架设法、移动模架法、顶推法和悬臂施工等方法。

第七章主要对拱桥的有支架施工、悬臂浇筑施工、装配式拱桥安装施工、转体法施工、钢管混凝土拱桥施工等进行了介绍,其中包括各种施工方法的基本原理、适用条件、技术要求、施工组织及过程控制等。

第八章主要介绍斜拉桥及悬索桥的分类、构造和施工方法。

第九章主要介绍桥面系的组成,桥面铺装层的类型,伸缩缝和梁间铰接缝的类型及施工工序,桥梁防水和排水措施及其他附属工程的施工。

第十章围绕圆管涵、盖板涵、拱涵、箱涵、倒虹吸管,对各自的施工方法及其注意事项分别进行了讲解。

第十一章主要介绍桥梁施工准备工作的任务和基本内容,桥梁施工的技术准备及桥梁施工的现场准备,重点是桥梁施工组织设计。

本书的第一章由湖南交通职业技术学院匡希龙编写;第二章由匡希龙和天津铁道职业技术学院顾炳君合编;第三章由匡希龙和长沙理工大学华南监理公司文彬栋合编;第四章由长安大学汤春林编写;第五章由湖南交通职业技术学院谢海涛编写;第六章由中铁十四局集团有限公司李秀东和湖南交通职业技术学院谢海涛合编;第七章由山东交通职业学院李学斌编写;第八章由湖南交通职业技术学院吴敏之和新疆交通职业技术学院李江平合编;第九章由山西交通职业技术学院王欣编写;第十章由湖南交通职业技术学院谢海涛和闵涛合编;第十一章由湖南交通职业技术学院李振编写。全书由湖南交通职业技术学院匡希龙主编、彭富强主审。

全书的校对工作由李航、麻昌和、唐立、马晶、刘昀、曾婧、王丽群、曹曼红等同志负责,在此,对他们表示衷心的感谢!

由于编写水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者 2007年12月

目 录

第一章 桥涵施工概论	1
第一节 桥梁发展动态简介	1
第二节 桥涵施工方法的分类	4
第三节 桥梁施工准备	14
第四节 桥梁施工测量	15
思考与练习	19
第二章 桥涵施工预备知识	20
第一节 混凝土工程	20
第二节 钢筋工程	28
第三节 模板工程	32
第四节 常备式结构与常用主要施工设备	34
思考与练习	50
第三章 桥梁基础施工	51
第一节 概 述	51
第二节 明挖基础施工	51
第三节 桩基础施工	63
第四节 沉井与沉箱基础施工	75
思考与练习	82
第四章 桥梁墩台施工	83
第一节 混凝土墩台施工模板的类型和构造	83
第二节 墩台模板设计	89
第三节 高桥墩施工	92
第四节 砌体墩台施工	101
第五节 盖梁和台帽施工	103
第六节 拼装式墩台施工	108
思考与练习	109
第五章 混凝土简支梁施工	110
第一节 概 述	110
第二节 施工支架与模板	111
第三节 钢筋混凝土简支梁制造	117
第四节 预应力混凝土分类	120
第五节 预应力混凝土简支梁先张法施工	122

第六节	预应力混凝土简支梁后张法施工	127
第七节	无粘结预应力技术	135
第八节	装配式梁桥的安装	140
	思考与练习	146
第六章	混凝土连续梁施工	147
第一节	概 述	147
第二节	逐孔架设法	148
第三节	移动模架法	151
第四节	顶推法	153
第五节	悬臂浇筑施工法	162
第六节	悬臂拼装施工法	170
	思考与练习	177
第七章	拱桥施工	178
第一节	拱桥就地浇筑施工	178
第二节	装配式拱桥施工	189
第三节	转体施工法	202
第四节	钢管混凝土拱桥施工	214
	思考与练习	223
第八章	斜拉桥及悬索桥施工	224
第一节	斜拉桥的分类及构造	224
第二节	斜拉桥的施工	232
第三节	斜拉桥施工的控制与调整	239
第四节	斜拉桥主梁施工实例	241
第五节	悬索桥的分类及施工	242
	思考与练习	250
第九章	桥面系及其附属工程	251
第一节	桥面铺装	251
第二节	伸缩装置及其安装	253
第三节	梁间铰接缝施工	261
第四节	桥面防水、排水设施	265
第五节	其他附属工程	268
	思考与练习	271
第十章	涵 洞	272
第一节	涵洞的构造	272
第二节	涵洞施工	279
	思考与练习	293

第十一章 桥梁施工组织与管理..... 294

第一节 桥梁施工准备工作的任务和基本内容..... 294

第二节 桥梁施工的技术准备..... 294

第三节 桥梁施工的现场准备..... 297

第四节 桥梁施工的物资准备..... 298

第五节 桥梁施工的组织及后勤准备..... 299

第六节 桥梁施工组织设计..... 301

第七节 桥梁施工组织设计的分类..... 305

第八节 桥梁施工组织设计的编制..... 306

思考与练习..... 311

参考文献..... 312

第一章 桥涵施工概论

本章要点

主要介绍桥梁的发展动态、桥涵施工方法的分类、桥涵施工的准备和施工测量。

学习目的

通过本章的学习，了解桥梁的发展动态、桥涵施工的准备，理解和掌握桥涵施工方法的分类及其主要内容，以及施工测量的规范要求。

第一节 桥梁发展动态简介

一、梁 桥

（一）云南六库怒江大桥

该桥建成于 1991 年 4 月，大桥全长 337.52 m，宽 28 m，为变截面预应力混凝土连续结构箱梁桥，其单跨度居全国同类桥梁之首，居亚洲第二，如图 1.1 所示。

（二）长沙湘江月亮岛大桥

长沙湘江月亮岛大桥（湘江六桥）是由石长铁路湘江特大桥更名而来的，该桥是由铁道部大桥工程局勘测设计院设计，由铁道部大桥工程局第五桥梁工程处组织施工。1994 年 9 月 14 日该桥正式动工，1999 年 10 月 19 日桥面全部完工，如图 1.2 所示。该桥位于距长沙市区约 15 km 处的湘江下游，属望城县，公路桥与铁路桥平行并列，采用分梁、分墩、分基础形式。公路桥为 4 车道，车行道原为 15 m，后改为 16.5 m，两侧非机动车道由 3.5 m 改为 2.75 m，桥面宽 22 m，桥梁全长 1 983.80 m。全桥由正桥和两岸引桥两部分组成，正桥上部为 9 跨连



图 1.1 云南六库怒江大桥



图 1.2 长沙湘江月亮岛大桥

续箱形梁，引桥为 32 m T 形预应力混凝土简支梁，西岸 26 孔，东岸 10 孔，全桥共 45 孔，除西岸有 8 孔位于曲线上外，其余皆位于直线上。

二、拱 桥

（一）重庆万州长江大桥

该桥位于万州市上游 7 km 处，是国道主干线（成都—上海）上跨越长江的一座特大桥梁。1994 年 5 月 1 日大桥正式动工，1997 年完工。该桥为劲性骨架钢管混凝土上承式拱桥，净跨达 420 m，单孔跨江，无水下基础，跨度雄居世界同类桥梁之首。主拱圈选用钢管与劲性骨架组合的钢筋混凝土箱形截面，采用缆索吊装和悬臂扣挂的方法施工。桥宽 24 m，按正线高速公路 4 车道设计。该桥的建成，使我国的拱桥建筑水平处于世界领先地位，如图 1.3 所示。

（二）上海卢浦大桥

卢浦大桥是一座主跨达 550 m 的全钢结构中承式系杆拱桥，建成后在同类桥梁中居世界第一，如图 1.4 所示。此前，同类桥梁居世界第一的是美国西弗吉尼亚大桥，主跨 518 m。卢浦大桥全长 3 900 m，主桥长 750 m，桥下净高 46 m，桥面为双向 6 车道。主桥的巨型钢拱长 550 m，是目前世界上跨度最大的钢结构拱桥，也是黄浦江上海市区内第 4 座越江大桥。2000 年 10 月开工建设的卢浦大桥由上海市政设计院设计，江南造船（集团）公司承担大桥钢结构制造任务，上海建工集团承担主桥拱的施工。据了解，卢浦大桥的总投入钢量达到 3.5 万 t，相当于江南造船（集团）公司建造 3 艘 7.4 万 t 巴拿马型散货船的投钢量。

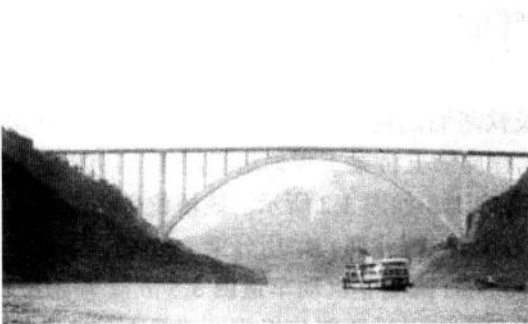


图 1.3 重庆万州长江大桥

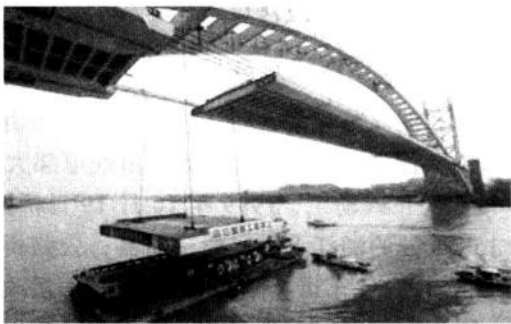


图 1.4 上海卢浦大桥

（三）广州丫髻沙大桥

丫髻沙大桥是广州环城高速路西南环段跨越珠江主、副航道和丫髻沙岛的特大桥梁。全长 1 084 m，主桥采用 3 跨连续自锚中承式钢管混凝土拱桥桥型，其主跨以 360 m 一跨跨过珠江的主航道。大桥建成后，桥面是双向 6 车道。该桥 1998 年 7 月动工，2000 年 6 月建成，如图 1.5 所示。桥面横杆连接肋使用马钢热轧 H 型钢 Q345 材质 H390×300×10×16 规格 8 m 定尺等共 400 余 t。丫髻沙大桥是 3 跨连续自锚中承式钢管混凝土拱桥。共创下 4 项全国乃至世界第一：大桥跨度第一，主跨达到 360 m，为当今世界钢管混凝土拱桥中主跨度最长；大桥平转转体每侧重量达 13 680 t，不仅居国内第一，也是世界同类型第 1 座万吨转体桥梁；

竖转加平转相结合的施工方法世界领先；大桥极限承载力和抗风力国内领先。

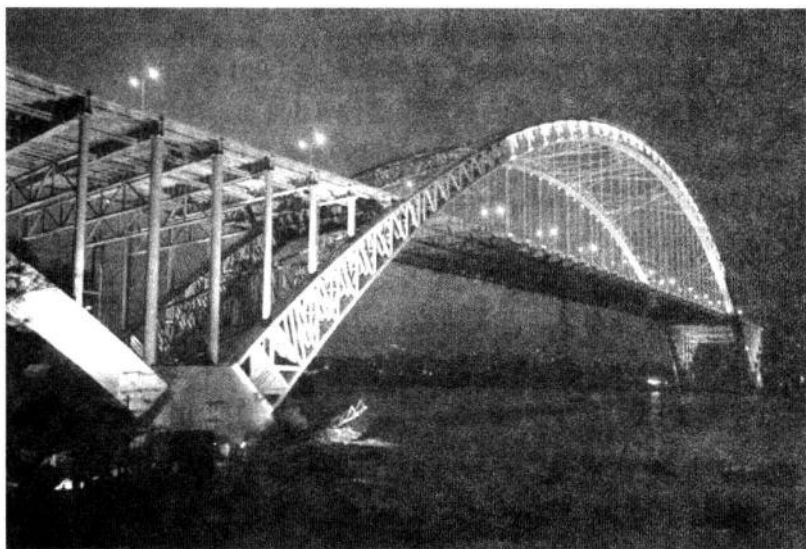


图 1.5 广州丫髻沙大桥

三、斜拉桥

（一）苏通大桥

苏通大桥位于江苏省东部的南通市和苏州市之间，西距江阴长江公路大桥 82 km，东距长江入海处 108 km，是交通部规划的黑龙江嘉荫至福建南平国家重点干线公路跨越长江的重要通道，也是江苏省公路主骨架的重要组成部分。总长 8 206 m，其中主桥采用 $100 + 100 + 300 + 1\,088 + 300 + 100 + 100 = 2\,088\text{ m}$ 的 7 跨双塔双索面钢箱梁斜拉桥，为世界第一大跨径斜拉桥；专用航道桥采用 $140 + 268 + 140 = 548\text{ m}$ 的钢连续梁桥，在同类型桥梁工程中居世界第二；南北引桥采用 30 m、50 m、75 m 预应力混凝土连续梁桥，如图 1.6 所示。

（二）日本多多罗大桥

该桥位于日本本州岛南部，属于本州—四国联络桥第 1 条线路。主跨为 813 m，建成时间 1998 年，桥梁特色为双索面、双塔、全钢结构斜拉桥，如图 1.7 所示。

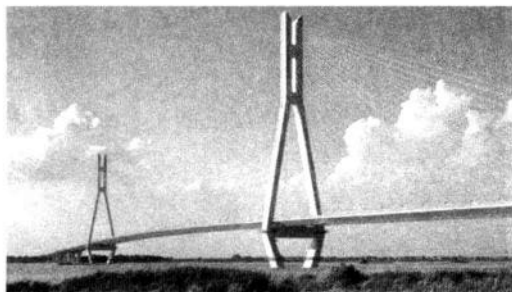


图 1.6 江苏苏通大桥

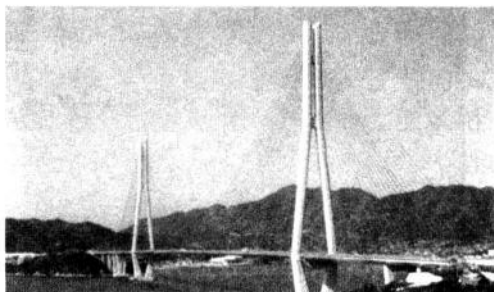


图 1.7 日本多多罗大桥

四、悬索桥

（一）日本明石海峡大桥

该桥建成时间 1998 年，全长 3 911 m，主桥墩跨度 1 991 m。两座主桥墩海拔 297 m，基础直径 80 m，水中部分高 60 m。两条主钢缆每条约 4 000 m，直径 1.12 m，由 290 根细钢缆组成，重约 5 万吨。大桥于 1988 年 5 月动工。1998 年 3 月竣工。明石海峡大桥首次采用 1 800 MP 级超高强钢丝，使主缆直径缩小并简化了连接构造，大桥按可以承受里氏 8.5 级强烈地震和抗 150 年一遇的 80 m/s 的暴风设计。1995 年 1 月 17 日，日本阪神发生里氏 7.2 级大地震（震中距桥址才 4 公里），大桥附近的神户市内 5 000 人丧生，10 万幢房屋夷为平地，但该桥经受住了大自然的无情考验，只是南岸的岸墩和锚锭装置发生了轻微位移，使桥的长度增加了 0.8 m，如图 1.8 所示。

（二）矮寨特大悬索桥

该桥位于湖南湘西矮寨镇境内，距吉首市区约 20 公里，跨越矮寨镇附近的山谷，德夯河流经谷底。矮寨特大悬索桥是 8 条西部通道之一长沙至重庆公路通道中的一段，是湖南段的吉（首）茶（峒）高速公路中的重点工程，于 2007 年 10 月开始动工，2012 年 3 月 31 日正式通车，创 4 项世界第一。大桥为钢桁加劲梁单跨悬索桥，主跨 1 176 m，桥面宽度 24.5 m，桥面距峡谷底部高度约 330 m。在如此艰难的条件下，大桥的建设者们敢于创新，用“轨索移梁法”实现由跨中往两端拼装大桥的钢桁加劲梁，是目前世界上跨峡谷跨径最大的钢桁梁悬索桥。主跨居世界第三、亚洲第一，工程投入 7.2 亿元，如图 1.9 所示。

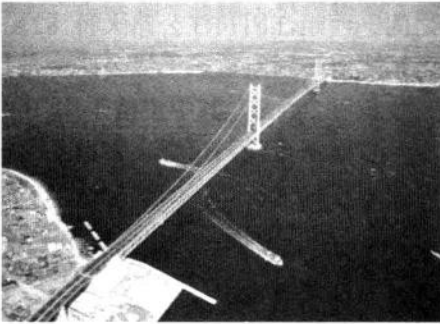


图 1.8 日本明石海峡大桥

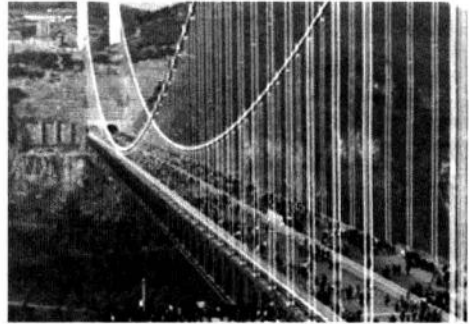


图 1.9 矮寨特大悬索桥

第二节 桥涵施工方法的分类

桥涵施工方法可分为基础工程施工方法、下部结构工程施工方法和上部结构工程施工方法。

一、基础工程

在桥涵工程中，基础施工方法大致可分为明挖基础、桩基础、沉井基础、地下连续墙等，如图 1.10 所示。

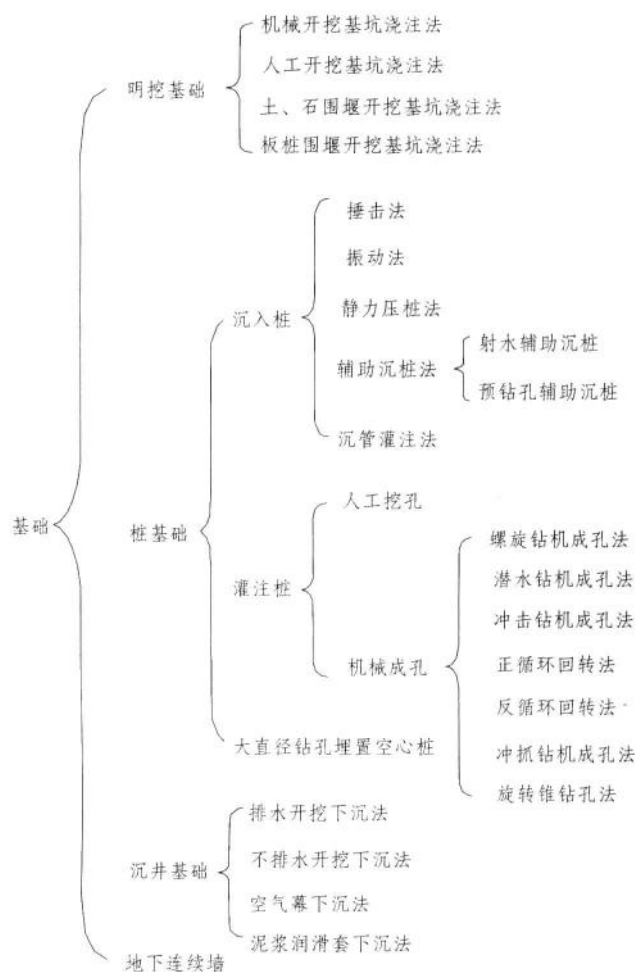
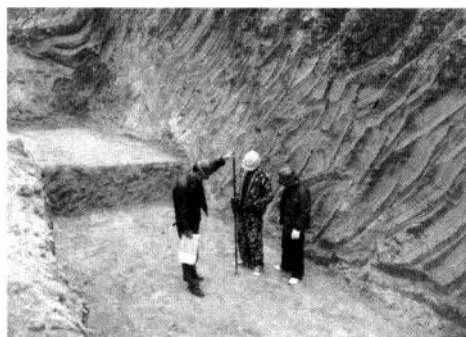


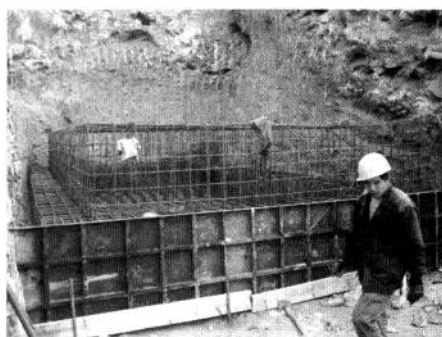
图 1.10 桥梁基础分类及施工方法

(一) 明挖基础

明挖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），然后砌筑圬工或绑扎钢筋、立模、浇筑混凝土，如图 1.11 所示。



(a) 开挖基坑



(b) 立模及绑扎钢筋

图 1.11 明挖基础施工

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，仅按一定坡度要求进行开挖。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。

明挖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较高时，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。还可采用化学灌浆法及围幕法（包括冻结法、硅化法、水泥灌浆法和沥青灌浆法等）进行止水或排水。但明挖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。

（二）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中的较深处。根据不同情况，桩可以有不同的分类法。按成桩方法对桩进行分类如下：

1. 沉入桩

（1）锤击沉桩法。

锤击沉桩是以桩锤（落锤、柴油锤、气动锤、液压锤等）锤击预制桩的桩头而将桩沉入地下土层中的施工方法，如图 1.12 所示。

（2）振动沉桩法。

振动沉桩法是采用振动沉桩机（振动锤）将桩沉入地层的施工方法。

（3）静力压桩法。

静力压桩法是借助专用桩架自重、配重或结构物自重，通过压梁或压柱将整个桩架自重、配重或结构物反力，以卷扬机滑轮组或电动油泵液压方式施加在桩顶或桩身上，当施加给桩的静压力与桩的入土阻力达到动态平衡时，桩在自重和静压力作用下逐渐沉入地基土中，如图 1.13 所示。

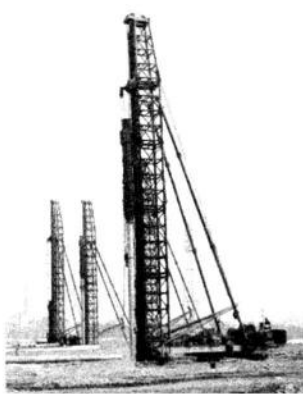


图 1.12 锤击沉桩法



图 1.13 静力压桩法

（4）辅助沉桩法。

① 射水辅助沉桩。

射水辅助沉桩是利用在桩尖处设置冲射管喷出高压水，冲刷桩尖处的土体，在桩尖周围地基松动、摩擦阻力减少的同时，使桩受自重以及锤击、振动、静压等作用而下沉的施工方法。

这种施工方法只能作为锤击、振动和静力沉桩的辅助手段，而不允许单独使用。其特点是：不易损伤桩材，沉桩效率高；施工时的噪声和振动极小；由于射水破坏了桩周围土的结构，桩在下沉时易发生偏斜；消耗大量的水，易产生泥浆，污染公害，只宜在特殊条件下使用。

射水辅助沉桩法对粘性土、砂性土地基都可适用，但更适用于细砂地基。

② 预钻孔辅助沉桩。

预钻孔辅助沉桩是预先在桩位进行钻孔取土，然后以锤击、振动、静压等方法进行沉桩的一种施工方法。主要用于软土层的地基，可分为全钻孔和局部钻孔沉桩法两类。其特点是施工中的噪声和振动小，并可减小对桩区邻近结构物的危害，但施工费用约增大 10%~20%。

(5) 沉管灌注法。

沉管灌注法是采用锤击或振动法将钢管沉入土内，然后在管内灌注混凝土，边灌边拔管而形成桩的一种施工方法。其特点是：设备简单、施工方便、操作简易、施工速度快、工期短、造价低、随地质条件变化适应性强。但由于桩管口径的限制，影响单桩承载力，且施工的振动大，噪声高。这种方法适用于粘质土、砂类土和小粒径中密的碎石土地层。

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。

灌注桩因成孔的机械不同而通常有以下几种成孔施工方法：

(1) 螺旋钻机成孔法。

此法利用长螺旋或短螺旋钻机成孔，不采用任何护壁措施。这种施工法基本没有噪声和振动的污染。因不采取护壁措施，故仅适用于无地下水的地层，且桩长有一定限制。螺旋钻孔机一般不能穿过卵石、砾石地层。

(2) 潜水钻机成孔法。

采用潜水钻机钻进成孔，钻孔作业时，钻机主轴连同钻头一起潜入水中，由轴底动力直接带动钻头钻进。

(3) 冲击钻机成孔法。

此法是采用冲击式钻机或卷扬机带动一定重量的冲击钻头，在一定的高度内将钻头提升，然后突放使钻头自由降落，利用冲击功能冲挤土层或破碎岩层形成桩孔，再用掏渣筒或其他方法将钻渣岩屑排出。

(4) 正循环回转法。

此法是由钻机回转装置带动钻杆和钻头回转切削破碎岩土，钻进时用泥浆护壁、排渣。泥浆由泥浆泵输进钻杆内腔后，经钻头的出浆口射出，带动钻渣沿钻杆与孔壁之间的环状空间上升到孔口溢进沉淀池后返回泥浆池中净化，再供使用。这样，泥浆在泥浆泵、钻杆、钻孔和泥浆池之间反复循环运行，如图 1.14 所示。

(5) 反循环回转法。

反循环回转是在桩顶处设置比桩径大 15% 左右的护筒，护筒内的水位要高出自然地下水位 2 m 以上，以确保

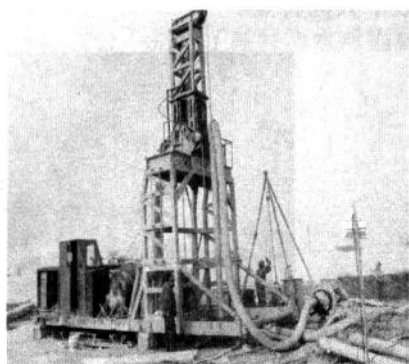


图 1.14 正循环回转法

孔壁的任何部分均保持 0.02 MPa 以上的静水压力，防止孔壁坍塌，然后用旋转钻头连续削孔；与此同时，通过循环水将所削出的岩土钻渣由钻杆内部排至孔外。反循环回转法适用于填土、淤泥、粘土、砂土、砂砾等地层，尤其适用于砂土层，不适用于自重湿陷性黄土层，也不宜用于直径大于 20 cm 的卵石层。采用圆锥式钻头可进入软岩，采用滚轮式（牙轮式）钻头可进入硬岩。

（6）冲抓钻机成孔法。

冲抓成孔是利用钻机冲抓锥张开的锥瓣向下冲击切入土石中，收紧锥瓣将土石抓入锥中，然后提升出孔外卸去土石，再向孔内冲击抓土，如此循环钻进成孔，孔中泥浆起护壁作用。全护筒钻机则是将钢护筒压入到桩底护壁，也使用冲抓锥钻进。冲抓钻机适用于砾类土、粉质土、粘质土、黄土及较松散的砂砾、卵石等土层，不适于在大漂石和岩层中钻孔。

（7）旋转锥钻孔法。

此法是用旋转式开挖铲斗去削孔的钻孔桩施工方法。

（8）人工挖孔法。

此法是用人力挖土形成桩孔。在向下挖进的同时，对孔壁进行支护，以保证施工安全，然后在孔内安放钢筋骨架，灌注混凝土而形成桩基。此法可形成大尺寸的桩孔，且桩底可采取扩底的方法以增大桩的支承面积，即所谓扩底桩。视桩端土层情况，扩底直径一般为桩身直径的 1.3 ~ 2.5 倍，如图 1.15 所示。

3. 大直径桩

一般认为，直径 2.5 m 以上的桩可称为大直径桩，目前，最大桩径已达 6 m。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。

（三）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，如图 1.16 所示。施工时在现场重复交替进行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、形状和用途的不同，可将沉井分成很多种类型，但各种沉井基础有以下共同特点：



图 1.15 人工挖孔法

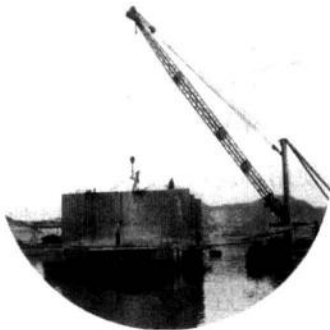


图 1.16 某水库钢壳沉井施工

(1) 沉井基础的适宜下沉深度一般为 10~40 m。

(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,且由于刚度大,其变位较小。

沉井基础施工的难点在于沉井的下沉,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),降低井内水位减少浮力以增加沉井自重及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。

(四) 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出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,如图 1.17 所示。



图 1.17 地下连续墙

二、桥梁下部结构工程

(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明挖基础的施工方法类似,可采取明挖基坑、简易板桩围堰后开挖基坑等方法进行施工,如图 1.18 所示。

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,以实现承台在较干的环境下施工。钢板桩和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,即先在堰顶设钻孔平台,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。

例如:在风浪较大的茫茫东海施工现场,可以看到这个椭圆形的巨型承台套箱比一个篮球场还要大(见图 1.19),它的周边由 1 cm 厚的钢板围成,中间是空心的,底部钢板上是 12 个直径为 3.24 m 的圆孔,对淮海中的 12 根桩基,由浮吊船吊着套在桩基上,并不断调整,以达到误差不超过 4 cm 的设计要求。据了解,套箱安装完成后,待退潮时,将底部的钢板和桩基焊接,再在套箱内扎钢筋,浇筑混凝土,形成承台,承台上再做桥墩,而套箱也将永久地放在海中。套箱周边一圈的钢板分内外两层,外层钢板上有一个个小孔,这样的设计一是为了减轻海水对钢板的冲击,二是将来万一有轮船撞击,可对钢筋混凝土的承台起到一定的保护作用。

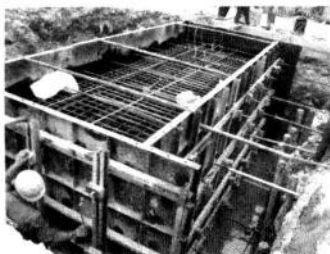


图 1.18 旱地承台施工



图 1.19 深水承台套箱施工