



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

桥梁工程施工

涂 兵 主编

Architecture



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书
技能型紧缺人才培养培训系列教材

桥梁工程施工

涂 兵 主编
谢红兵 主审
湛启发

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部和建设部 2004 年制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》中相关教学内容与教学要求,并参照有关国家职业标准和行业岗位要求编写的建设行业技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。

本书主要内容包括绪论、明挖基础、桩基础、沉井基础、桥梁墩台、钢筋混凝土简支梁桥、预应力混凝土连续梁桥、地道桥、拱桥、大跨度桥梁施工、桥梁施工辅助脚手架、常用小型起重工具及设备,以及施工组织概论。

本书可作为中等职业学校建筑(市政)施工专业领域技能型紧缺人才培养培训教材,也可作为相关企业岗位培训教材和工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程施工/涂兵主编. —北京:高等教育出版社,
2005.7

ISBN 7-04-017021-3

I. 桥… II. 涂… III. 桥梁工程-工程施工
IV. U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 057568 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 济南新华印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 17
字 数 410 000

版 次 2005 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 7 月第 1 次印刷
定 价 22.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17021-00

前 言

本书是根据教育部和建设部 2004 年制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》中相关教学内容与教学要求,并参照有关国家职业标准和行业岗位要求编写的建设行业技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。

随着我国交通基础设施建设的发展以及桥梁工程新技术、新材料和新型桥梁形式的广泛应用,对桥梁建设人才的需求逐步扩大。本书较全面地介绍了桥梁上、下部结构的各种结构形式和施工方法。由于桥梁类型多,施工方法各异,为了便于叙述和学生学习,遵循少而精的原则,本教材以常用的、新型的桥梁结构及桥梁施工技术为主,按桥梁的施工顺序分章编写,力求符合学生的特点和要求。

本教材在编写过程中尽量结合国内的桥梁施工实例以及规范规定和要求,但由于篇幅的限制同时桥梁施工技术也因入、因时、因地而变化,本教材只能讲述其中的基本内容和常用方法。在实际教学中可结合具体实例运用多媒体等手段予以补充和提高。

本书由武汉铁路桥梁学校涂兵主编。第 1、8 章由北京城建学校邹雪梅编写;第 2 章由武汉铁路桥梁学校周延革编写;第 3 章由武汉铁路桥梁学校程建华编写;第 4、5、10、11、12 章由武汉铁路桥梁学校涂兵编写。第 6 章由武汉铁路桥梁学校向前编写;第 7 章由武汉铁路桥梁学校葛缘泽和涂兵编写;第 9 章由大桥局集团工程管理中心杨齐海编写。

教育部聘请中铁大桥集团海外分公司谢红兵高级工程师和铁道部第四勘测设计院桥隧处谌启发高级工程师审阅了本书,他们对书稿提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

限于作者的学识水平,书中不妥之处,请各位同行不吝批评指正。

编者

2005 年 3 月

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	桥梁的组成	1
1.2	桥梁的分类	2
1.3	梁桥的分类	4
1.4	桥梁发展方向	6
	复习思考题	7
第 2 章	明挖基础施工	8
2.1	基坑开挖	8
2.2	基坑排水	19
2.3	基底检验及处理	26
2.4	基坑土方开挖的监测及安全事项	28
	复习思考题	30
第 3 章	桩基础施工	31
3.1	概述	31
3.2	桩基础的类型及构造	32
3.3	挖孔灌注桩施工	38
3.4	钻孔桩施工	41
3.5	打入桩施工	50
3.6	灌注水中混凝土	52
3.7	钻进事故及处理方法	58
3.8	桩基施工质量检验	62
3.9	工程实例	63
	复习思考题	71
第 4 章	沉井基础施工	72
4.1	沉井基础构造	72
4.2	沉井基础施工	73
	复习思考题	80
第 5 章	桥梁墩台施工	81
5.1	桥梁墩台类型	81
5.2	模板工程	85
5.3	混凝土施工	90
5.4	高桥墩施工	96

5.5 工程实例	100
复习思考题	103
第 6 章 钢筋混凝土简支梁桥施工	104
6.1 钢筋混凝土简支梁制造	104
6.2 预应力钢筋混凝土简支梁制造	114
6.3 简支梁的架设	121
6.4 工程实例	127
复习思考题	129
第 7 章 预应力混凝土连续梁桥施工	130
7.1 概述	130
7.2 悬臂浇筑施工法	131
7.3 悬臂拼装施工法	146
7.4 顶推法施工	151
7.5 移动式模架逐孔施工法	160
7.6 就地浇筑施工	165
复习思考题	170
第 8 章 地道桥施工	171
8.1 概述	171
8.2 顶进原理与设备	172
8.3 顶进作业	179
8.4 顶进方法简介	181
复习思考题	184
第 9 章 拱桥施工	185
9.1 现浇混凝土拱桥施工	186
9.2 装配式混凝土拱桥施工	192
9.3 钢管混凝土拱桥施工	197
9.4 工程实例	199
复习思考题	207
第 10 章 大跨度桥梁施工	208
10.1 斜拉桥施工	208
10.2 悬索桥施工	226
复习思考题	233
第 11 章 桥梁施工辅助脚手架、常用小型起重工具及设备	234
11.1 桥梁施工常用脚手架	234
11.2 常用小型起重工具及设备	243
11.3 工程实例	249
复习思考题	250
第 12 章 施工组织概论	251

12.1 施工准备	251
12.2 施工组织设计文件	252
12.3 施工组织的基本原则	254
12.4 城市立交桥施工组织及管理	256
复习思考题	260
参考文献	261

第 1 章

绪 论

学习目标

- 掌握桥梁的常见类型
- 掌握桥梁的各部分组成
- 了解桥梁施工技术的发展趋势

大力发展交通事业,形成四通八达的交通网,是促进各地经济发展和文化交流的有力保证。而桥梁是在公路、城市道路和铁路建设中跨越障碍物不可缺少的建筑结构。原来意义上的桥梁主要是跨越天然障碍(河流、山谷等),而随着交通量的迅速增加,需要立体交叉方式来解决车辆冲突的问题,于是产生了跨线桥、高架桥、人行天桥、地道桥等多种桥梁形式。

施工机械、施工工艺、施工方法的形成与发展,可以促进新型桥梁的不断涌现,对节约材料、加速施工进度、降低工程造价、保证工程质量都具有极其重要的意义。

1.1 桥梁的组成

桥梁一般由桥跨结构、墩台和基础以及附属结构组成,梁桥和拱桥是最常见的桥梁形式,图 1.1.1 和图 1.1.2 分别为梁桥和拱桥的基本组成部分。

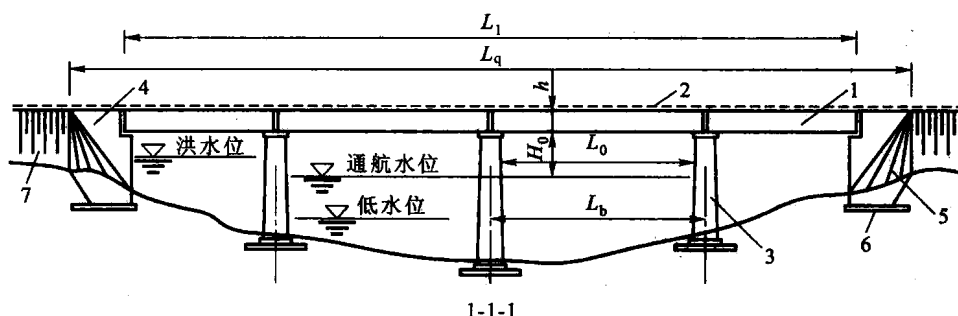


图 1.1.1 梁桥的基本组成

1—主梁;2—桥面;3—桥墩;4—桥台;5—锥形护坡;6—基础;7—路堤

1. 桥跨结构

桥跨结构也称为上部结构,包括承重结构和桥面系。承重结构是在线路遇到障碍(如河流、山谷或城市道路等)而中断时,跨越这类障碍的构件,主要承受车辆、行人、结构自重等荷载。其在不同的桥型中各有名称,梁式桥的承重部分是主梁,拱桥的承重部分是拱圈,桁架桥的承重部分是桁

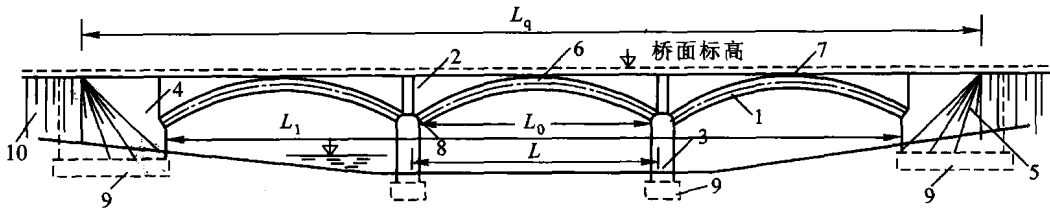


图 1.1.2 拱桥的基本组成

1—拱圈；2—拱上结构；3—桥墩；4—桥台；5—锥形护坡；6—拱轴线；7—拱顶；8—拱脚；9—基础；10—路堤

架。桥面系通常由桥面铺装、防水和排水设施、人行道、栏杆、路缘石、灯柱及伸缩缝等构成。

2. 墩台和基础

墩台和基础也称为下部结构。墩台是桥墩和桥台的总称，主要作用是将恒载和车辆活荷载传至地基。桥台设在桥梁两端，桥墩则在两桥台之间。桥墩的作用是支承桥跨结构，而桥台除了起支承桥跨结构的作用外，还要与路堤衔接，并防止路堤滑塌。基础是将桥梁全部荷载传至地基的结构，是桥梁的最下部分。桥跨上部结构与桥墩、桥台之间一般都设有支座，桥跨结构的荷载通过支座传递给桥墩、桥台，支座还要保证桥跨结构能产生一定的变位。

3. 附属结构

跨河桥的附属结构一般包括桥头锥形护坡、护岸以及导流结构物等，以抵御水流冲刷、防止路堤填土坍塌；跨线桥的附属结构主要包括挡土墙和锥形护坡，目的是防止路堤填土坍塌。

与桥梁设计有关的主要名称和尺寸如下：

计算跨径 L ——梁桥为桥跨结构两支承点之间的距离；拱桥为两拱脚截面形心点间的水平距离，即拱轴线两端点之间的水平距离。

净跨径 L_0 ——一般为设计洪水位时相邻两墩（台）的净距离。通常梁桥为支承处内边缘之间的净距离，拱桥为两个拱脚截面最低点间的水平距离。

标准跨径 L_k ——梁桥为相邻桥墩中线之间的距离，或桥墩中线至桥台的台背前缘之间的距离，对于拱桥则是指净跨径。

桥梁全长 L_q ——桥梁两端两个桥台两侧墙或八字墙后端点之间的距离，对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。

多孔跨径总长 L_1 ——梁桥为多孔标准跨径的总和；拱桥为两岸桥台内拱脚截面最低点（起拱线）间的距离，其他形式桥梁为桥面系车道长度。

桥梁高度 H ——行车道顶面至低水位间的垂直距离；或行车道顶面至桥下路线的路面顶面的垂直距离。

桥梁建筑高度 h ——行车道顶面至上部结构最低边缘的垂直距离。

桥下净空 H_0 ——上部结构最低边缘至设计洪水位或计算通航水位之间的垂直距离。

1.2 桥梁的分类

桥梁可以按其用途、建筑材料、使用性质、行车道位置等多种方法来分类，但最基本的方法是

按承重结构的受力体系进行划分,一般分为梁桥(也称梁式桥)、刚架桥、拱桥、吊桥和组合体系桥。

1.2.1 梁桥

梁桥的主要承重构件是梁(板),在竖向荷载的作用下承受弯矩而无水平推力,其墩台也仅承受竖向压力(图 1.2.1)。

1.2.2 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁(板)和立柱(竖墙)结合在一起的刚架结构,刚架桥跨中的建筑高度可以做得较小。当在城市交通中遇到线路立体交叉时可以有效降低线路标高来改善纵坡和减少路堤土方量,当需要跨越通航河流而桥面标高已确定时能增加桥下净空(图 1.2.2)。

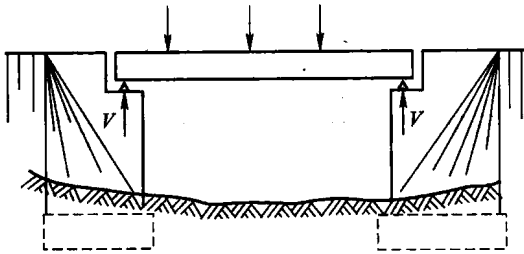


图 1.2.1 梁桥简图

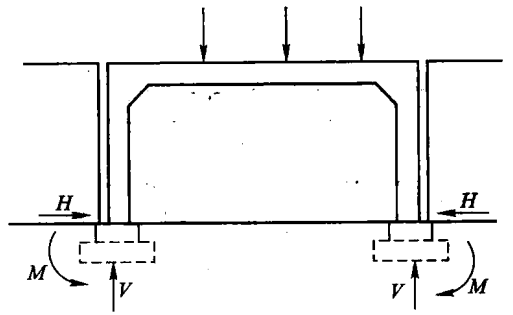


图 1.2.2 刚架桥简图

1.2.3 拱桥

拱桥的主要承重构件是拱圈或拱肋,在竖向荷载作用下主要承受压力,同时也承受弯矩。其墩台不仅要承受竖向压力和弯矩,还要承受很大的水平推力(图 1.2.3)。

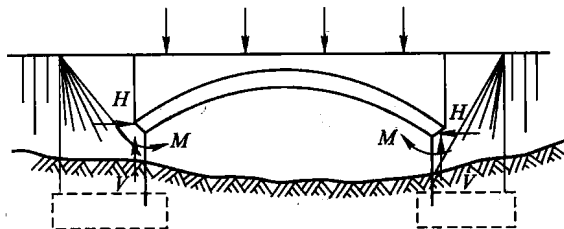


图 1.2.3 拱桥简图

1.2.4 吊桥

吊桥的主要承重构件是悬挂在两边塔架上的强大缆索,缆索锚固在桥台后面的锚碇上。在竖向荷载下,通过吊杆使缆索承受拉力,而塔架则要承受竖向力的作用,同时承受很大的水平拉力和弯矩(图 1.2.4)。

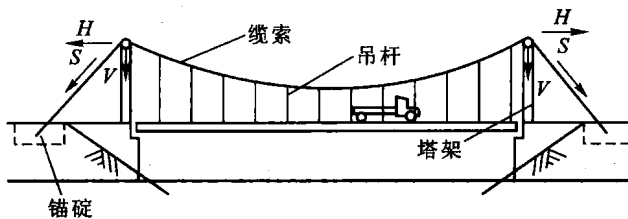


图 1.2.4 吊桥简图

1.2.5 组合体系桥

由上述几个不同受力体系的结构组合而成的桥梁称为组合体系桥。图 1.2.5 为梁和刚架相结合的 T 形刚构、连续刚构桥。图 1.2.6 为梁和拱组合而成的系杆拱桥。图 1.2.7 为斜拉桥,是由承压的塔架、受拉的索与承弯的梁共同组成。

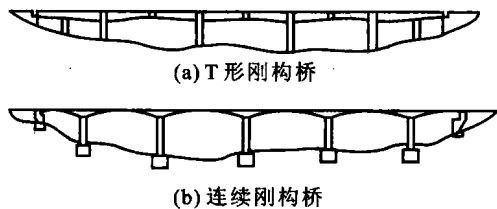


图 1.2.5 T形刚构桥与连续刚构桥简图

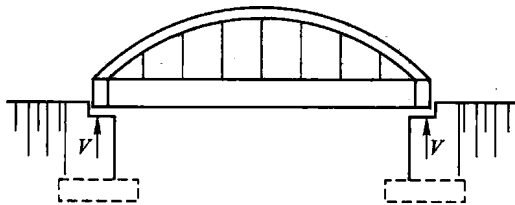


图 1.2.6 系杆拱桥简图

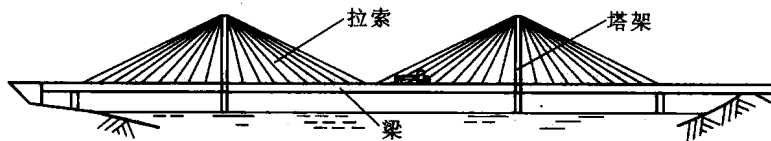


图 1.2.7 斜拉桥简图

1.3 梁桥的分类

钢筋混凝土梁桥采用抗压性能良好的混凝土和抗拉性能良好的钢筋结合而成,具有耐久性好、易就地取材、整体性好、适应性强、适用于工业化施工的优点,因而在中小跨径桥梁中应用广泛。钢筋混凝土梁桥主要按承重结构的静力体系和横截面形式两种形式划分。

1. 按承重结构的静力体系分类

(1) 简支梁桥

简支梁桥(图 1.3.1a)各桥跨主梁互相断开,单独受力,属于静定结构。它的结构形式简单,便于预制和标准化施工,是中小跨径桥梁中应用最广的桥型。但由于每孔梁单独受力,在承受较大荷载时需耗费大量钢筋,一般普通钢筋混凝土简支梁桥的跨径不超过 20 m,预应力钢筋混凝土

土简支梁桥的跨径不超过 40 m。

(2) 连续梁桥

连续梁桥(图 1.3.1b)的结构形式是不间断的主梁连续跨越几个桥孔,属于超静定结构。连续梁由于在荷载作用下支点截面产生负弯矩从而有效减少了跨中正弯矩,可以减少跨中的建筑高度,节省工程材料,故在大跨径桥梁中经常采用。但连续梁桥对地基的要求较高,当几孔桥墩产生不均匀沉降时,会使梁身产生附加内力,因此常用在地基条件较好的地区。

(3) 悬臂梁桥

悬臂梁桥(图 1.3.1c)的主梁是在桥墩处连续,但在桥跨结构中间的位置断开,属于静定结构,故对地基的要求不高。由于在荷载作用下会在悬臂梁桥的悬臂根部产生负弯矩,因此也可以减小跨中正弯矩,用于比较大的跨径;但由于悬臂连接处铰的存在,影响了行车的顺畅性,且增加了构造上的难度。

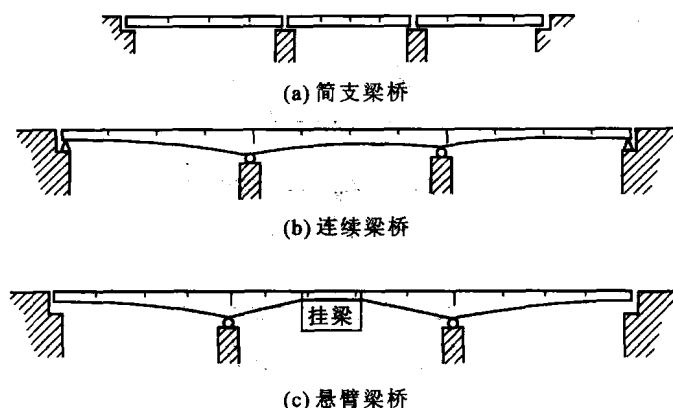


图 1.3.1 梁桥基本体系

2. 按承重结构的横截面形式分类

钢筋混凝土梁桥按承重结构横截面形式分为板梁桥、肋梁桥和箱形梁桥。

(1) 板梁桥

板梁(图 1.3.2)具有构造简单、施工方便、建筑高度小的优点,可以用于简支梁、连续梁和悬臂梁三种桥型,但是由于受拉区混凝土在受力上不起作用只是增大了结构自重,需要增加钢筋用量来承重,因此普通钢筋混凝土简支板梁的跨径一般只能做 5 ~ 10 m,预应力钢筋混凝土简支板梁的跨径只能做 10 ~ 16 m。

(2) 肋梁桥

肋梁(图 1.3.3)也被称为 T 形梁,由主梁肋、行车道板和横隔板三部分组成。肋梁由于去除了受拉区的混凝土而有效减少了结构自重,可以比板梁做更大的跨径,但由于主梁肋过于单薄,横向刚度较差,限制了肋梁的跨径,因此肋梁只能用在简支梁的桥型上,普通钢筋混凝土简支梁桥的常用跨径为 8 ~ 20 m,预应力钢筋混凝土简支梁桥的常用跨径为 25 ~ 50 m。

(3) 箱形梁桥

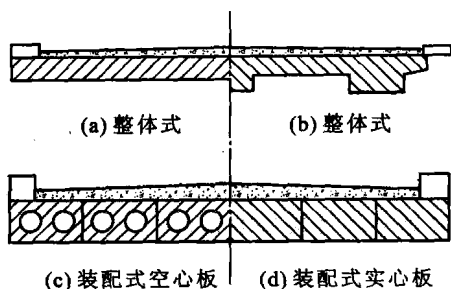


图 1.3.2 板梁桥横截面形式

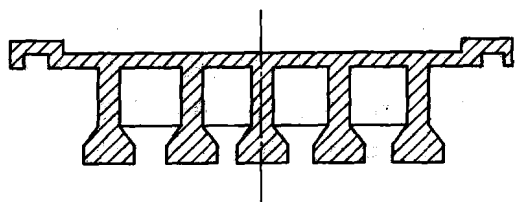


图 1.3.3 肋梁桥横截面形式

箱梁(图 1.3.4)的承重结构是由一个或几个封闭的薄箱组成,它结合了板梁和肋梁的优点,既加强了横向刚度,又使结构自重不至增加太多,因此可以做成较大跨径。

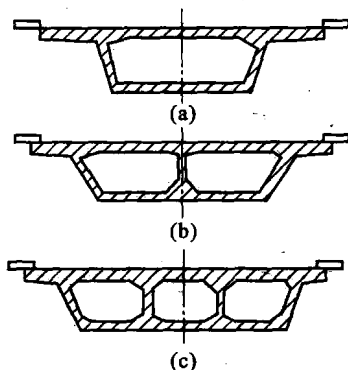


图 1.3.4 箱形梁桥横截面形式

箱梁的结构较为复杂,施工困难,工程造价也较高,一般只在跨径较大的连续梁和悬臂梁的桥型中采用此种截面,在简支梁桥中很少采用。

1.4 桥梁发展方向

桥梁总的发展趋向为:桥梁结构向高强、轻型方面发展,而桥梁的载重、跨长不断增长。主要表现为以下几点:

(1) 桥梁结构向高强、轻型发展。主要采用钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥,跨江、跨海的大跨径桥梁采用钢筋混凝土拱桥、T型刚构桥,更大跨径的采用吊桥和斜拉桥。

(2) 桥梁造型越来越艺术。桥梁除了要具有实用性和耐久性,同时也是景观的组成部分,桥梁线形一般要流畅简洁。

(3) 桥梁的设计越来越注重环保。桥梁在设计中越来越多地考虑到如何减少机动车尾气对周围环境的污染以及如何减少噪声对公众的干扰等。

(4) 桥梁施工的管理水平逐渐提高。随着新技术的发展,桥梁的施工速度、施工质量和管理

水平都不断提高。

桥梁施工技术发展大大加快了施工进度,提高了施工效率,节省了工程造价,降低了施工难度。主要表现有以下几个方面:

(1) 中、小跨径桥梁的上部结构一般采用预制装配化施工,可以极大地提高工程施工进度,促进产品的标准化。对于大跨径连续桥梁或形状复杂的位置则多采用现场浇筑的方式。

(2) 在建筑跨江、跨河的大型桥梁时常采用悬臂施工法,从而减少在水中支设排架的数量。目前,采用悬臂施工的预应力混凝土梁桥的跨径达到 270 m,钢筋混凝土拱桥的跨径达到 420 m,钢桥的跨径达到 500 m,斜拉桥达到 900 m。

(3) 桥梁机具设备向大功能、高效率和自动化的方向发展,如大型起吊设备、长大构件的运输装置、高吨位的预应力设备等。钢模板和常备式钢构件的发展,也提高了设备的利用率。

复习思考题

1. 桥梁有几种类型?分类的标准有哪些?
2. 桥梁常用技术名称有哪些?

第2章

明挖基础施工

学习目标

- 掌握明挖基础的施工过程
- 熟悉基坑支护的常用形式
- 了解基坑开挖的常用机械
- 了解基坑排水的方法

明挖基础又称为扩大基础,是一种直接敞坑开挖就地灌注的浅基础形式。由于施工简便、造价低,只要在地质和水文条件许可的情况下,都应优先选用。明挖基础适用于无水、少水或浅水河流的基础工程,可采用人工开挖或机械开挖。明挖基础施工重点需解决的问题是敞坑边坡稳定及开挖过程中的排水。

2.1 基坑开挖

基坑开挖的主要工作有:挖掘、出土、支护、排水、防水、清底以及回填等。施工时,应根据地质条件、水文条件、基坑开挖深度、开挖所采用的方法和机具等,采用不同的开挖工艺。

基坑在开挖前通常需完成下列准备工作:施工场地的清理,地面水的排除,临时道路的修筑,供电与供水管线的敷设,临时设施的搭建,基坑的放线等工作。

场地清理包括拆除房屋、古墓,拆迁或改建通信设备、电力设备、上下水道以及其他建筑物,迁移树木等工作。

场地内低洼地区的积水必须排除,同时应注意雨水的排除,使场地保持干燥,以便基坑开挖。

地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。应尽量利用自然地形来设置排水沟,使水直接排至基坑外,或流向低洼处,再用水泵抽走。主排水沟最好设置在施工区域的边缘或道路的两旁,其横断面和纵向坡度应根据最大流量确定。一般排水沟的横断面不小于 $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$,纵向坡度一般不小于 3‰ 。平坦地区,如出水困难,其纵向坡度不应小于 2‰ ,沼泽地区可降至 1‰ 。在基坑开挖过程中,要注意排水沟保持畅通,必要时应设置涵洞。

2.1.1 土方边坡及其稳定

1. 土方边坡

为了防止塌方,保证施工安全,在开挖深度超过一定限度时,均应在其边沿做成一定坡度的边坡。

土方边坡坡度是以其高度 H 与宽度 B 之比来表示,如图2.1.1所示,为 $1:m$,即:

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1:m$$

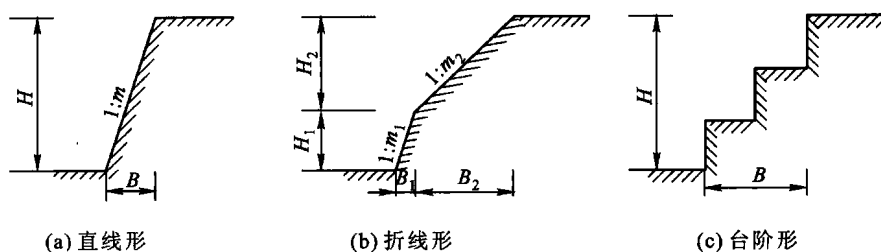


图 2.1.1 土方边坡

式中 $m = B/H$, 称为坡度系数。其意义为:当边坡的高度 H 为已知时,边坡的宽度等于 mH 。

根据各层土质以及土体所受的压力,土方边坡可做成直线形、折线形和台阶形。合理地选择基坑边坡是减少土方量的有效措施。

2. 边坡的稳定

基坑边坡的稳定,主要是由于土体内土颗粒之间存在摩擦阻力和内聚力,使土体具有一定的抗滑力来保持稳定。当土体的下滑力大于抗滑力,边坡就会失去稳定而发生滑动,这种滑动一般是在一定范围内整体沿某一滑动面向下和向外移动。一旦土体失去平衡,土体就会塌方,不仅会造成人身安全事故、影响工期,有时还会危及邻近建筑物的安全。

基坑边坡的失稳往往是在外界不利因素影响下触发和加剧的。这些外界不利因素往往会导致土体剪应力的增加或抗剪强度的降低。

引起土体剪应力增加的因素主要有:

- ① 坡顶上堆积物、行车等荷载;
- ② 雨水或地面水渗入土中使土中的含水量增加而造成土的自重增加;
- ③ 地下水的渗流产生一定的动水压力;
- ④ 土体的竖向裂缝中的积水产生侧向静水压力;
- ⑤ 边坡过陡,土体本身稳定性不够。

引起土体抗剪强度降低的因素主要有:

- ① 土质本身较差或因气候影响使土质松软;
- ② 体内含水量增加使土体内聚力降低、产生润滑作用;
- ③ 饱和的细砂、粉砂因受振动而液化等。

2.1.2 基坑开挖的方式

基坑开挖的方式与基础的埋置深度、地质土的性质、施工周期的长短有关。可分为直立壁开挖、放坡开挖、支护开挖。

1. 坑壁不加支护的基坑

当所需开挖的基坑位于无地表水或地下水位低、渗水量少处时,当基坑较浅(一般在 5 m 以

内)、施工周期短并且不影响邻近建筑物的安全时,可采用坑壁不加支护的基坑开挖方式。

不加支护的基坑开挖时,坑壁依靠土体本身的抗剪强度,或采取适量放坡的方式来解决边坡的稳定问题。

基坑开挖时,坑壁的形式有直坡式、斜坡式和踏步式等,如图 2.1.2 所示。

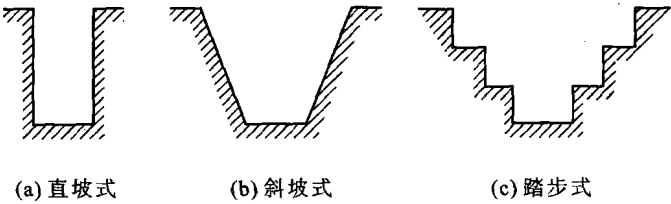


图 2.1.2 基坑形式

(1) 直坡坑壁基坑

当基础土质均匀,地下水位低于基坑,基坑顶边缘无荷载,土体处于半干硬或硬塑状态时,可采用坑壁不加支护而垂直开挖的方法,但开挖深度不宜超过表 2.1.1 规定的数值。

表 2.1.1 垂直开挖深度

土 质 情 况	开 挖 深 度 的 限 值/m
松软的砂土、碎石土、淤泥质土、人工填土	0.75
中等密实的轻亚粘土、亚粘土	1.25
密实的粘土	1.50
坚硬的粘性土	2.00

如果坑壁垂直开挖超过挖深限值时,可采取踏步式坑壁开挖法或考虑放坡开挖以及做成直立壁加支撑。

(2) 斜坡坑壁基坑

在天然土层上挖基坑,若深度在 5 m 以内,施工期较短,基底处于地下水位以下,且土的湿度正常,构造均匀时,可采用放坡开挖。其边坡坡度可参照表 2.1.2 所列数值。

表 2.1.2 基坑坑壁坡度

土 的 类 别	坑 壁 坡 度		
	基坑顶缘无荷载	基坑顶缘有静荷载	基坑顶缘有动荷载
砂类土	1:1	1:1.25	1:1.5
碎石类土	1:0.75	1:1	1:1.25
粘砂土	1:0.67	1:0.75	1:1
砂粘土	1:0.33	1:0.5	1:0.75
粘土带有石块	1:0.25	1:0.33	1:0.67
未风化页岩	1:0	1:0.1	1:0.25
岩石	1:0	1:0	1:0