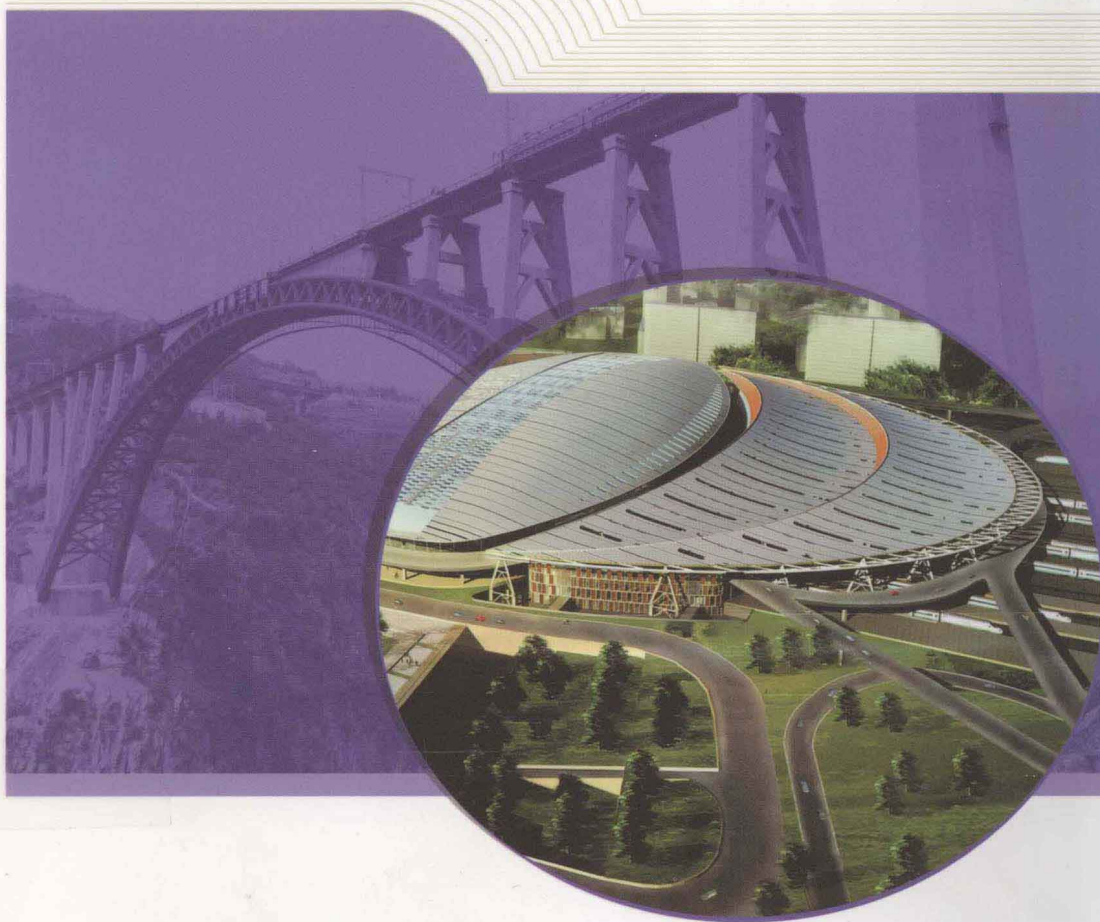




普通高等教育铁道部规划教材

铁路桥梁基础工程

罗书学 主编 乔 健 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书共七章,主要内容有:天然地基上浅平基的施工和设计计算;桩和桩基的构造、施工及桩基的设计计算;沉井和沉箱基础;深水基础以及墩台基础抗震等。

本书除主要作为高等学校铁道工程、铁道桥梁、铁道隧道、轨道交通等专业方向的教材外,也可作为土木类其他专业方向的辅助教材,还可作为从事土建工程的设计和施工人员以及科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铁路桥梁基础工程/罗书学主编. —北京:
中国铁道出版社,2010.10
普通高等教育铁道部规划教材
ISBN 978-7-113-11874-7
I. ①铁… II. ①罗… III. ①铁路桥—桥梁工程
IV. ①U448.13
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181077 号

书 名: 铁路桥梁基础工程
作 者: 罗书学 主编

责任编辑: 程东海 电话: 010-51873135 教材网址: www.tdjiaocai.com
封面设计: 崔丽芳
责任校对: 孙 玫
责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 北京新魏印刷厂
版 次: 2010年11月第1版 2010年11月第1次印刷
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 17.25 字数: 422 千
书 号: ISBN 978-7-113-11874-7
定 价: 38.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

本书是普通高等教育铁道部规划教材,是由铁道部教材开发领导小组组织编写,并经铁道部相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁道工程系列教材之一。

本教材是根据铁道部近年来关于铁路特色教材体系有关要求,在由李克钊主编、中国铁道出版社 1992 年出版的高等学校教材《基础工程》的基础上重新编写而成的。

《基础工程》出版后,经当时铁路院校的使用,认为内容翔实,选材恰当,针对性强,符合当时的教学大纲要求,反映了我国铁路桥梁基础工程的特点。但由于国民经济和社会及科学技术的发展,尤其是铁路科技水平的不断进步,有关规范的修订,教材内容应尽可能地及时反映铁路桥梁基础工程技术发展水平和最新成就,以扩大学生视野,同时,也需要满足新时期铁路大发展对铁路特色教材的相关要求。教材应适用于铁道工程、铁道桥梁、地下工程以及轨道交通工程、工业与民用建筑、地质工程等专业或方向,故在内容上作了部分更新和必要的补充与深化。

本书基本上保留了《基础工程》的内容和体系,但根据《铁路桥涵地基基础设计规范》(TB 10002.5—2005)和《铁路工程抗震设计规范》(GB 50111—2006)等新规范的要求和近年来一些相关科研成果,作了必要的修改和补充。

与《基础工程》相比,本教材增加了第六章有关深水基础的内容;在第一章里细化了喷锚护壁和喷锚支护的部分内容,按新的建筑基坑技术设计规范,对基坑设计内容作了部分修改;在第二章里补充了高速列车活载作用图式和工后沉降要求;在第三章中将原桩基水中修筑技术内容移到了第六章,而对沉管灌注桩、内夯灌注桩、干作业成孔灌注桩、灌注桩后注浆技术等内容作了简略介绍;第四章删去了动力打桩公式和差分解法,补充了部分公式的推导和按 m 法求解低承台桩基础的例题和部分习题,细化了负摩阻力部分;第五章增加了沉井下沉过程中突沉和超沉的概念及其相应防治措施;第七章根据新的抗震设计规范,对桥梁墩台基础抗震进行了部分修订。全书编写工作还体现在对《基础工程》的文字、插图和表格进行了校对,调整了部分文字的叙述方式,统一和简化了符号,重新绘制了部分插图。

本书由西南交通大学罗书学任主编,北京交通大学张鸿儒任副主编,铁道部工程鉴定中心乔健任主审。参加这次编写的有:北京交通大学张鸿儒(第一章),北京交通大学曾巧玲(第二章),北京交通大学崔江余(第三章),西南交通大学吴兴序(第四章),西南交通大学罗书学(前言、第五、七章),西南交通大学彭雄志(第六章)。

在本书编写过程中,有关大纲与编写内容等得到原《基础工程》教材主编李克钊的关心指导,在此表示感谢。

由于编者水平有限,本书不当之处敬请读者批评指正。

编 者

2010年8月

目 录

第一章 天然地基上浅平基施工	1
第一节 浅平基的类型及施工要点.....	1
第二节 陆地基坑的开挖和支护.....	3
第三节 基坑排水和降低水位.....	6
第四节 水中围堰的修建和水下挖土.....	8
第五节 基坑处理和基础修筑	12
第六节 基坑支护的计算	15
复习思考题	20
第二章 天然地基上浅平基的设计和计算	21
第一节 基础设计原则及其砌体的材料和形式	21
第二节 明挖扩大基础的埋置深度	23
第三节 桥涵基础上的荷载	25
第四节 浅平基的设计计算	33
第五节 浅平基的设计算例	39
复习思考题	48
第三章 桩和桩基的构造与施工	50
第一节 桩和桩基的作用与使用条件	50
第二节 桩和桩基类型	51
第三节 承台的类型、构造和桩的布置.....	56
第四节 预制桩的构造和施工	59
第五节 钻(挖)孔桩的构造和施工	68
第六节 桩基检测技术	80
复习思考题	87
第四章 桩基础的设计计算	88
第一节 桩基础的设计原则	88
第二节 单桩的横向位移和桩身内力计算	91
第三节 群桩基础的位移及桩顶内力计算.....	107
第四节 桩的轴向承载力.....	117
第五节 桩的横向承载力.....	133
第六节 桩基础的竖向承载力和沉降变形检算.....	136
第七节 桩基础的设计步骤和算例.....	138
复习思考题.....	151



第五章 沉井和沉箱基础	154
第一节 天然地基上沉井基础的修筑方法.....	154
第二节 沉井的类型和构造.....	155
第三节 一般沉井的制造和下沉.....	158
第四节 用泥浆套和空气幕下沉沉井.....	165
第五节 沉箱基础.....	169
第六节 一般沉井的设计和计算.....	174
第七节 一般沉井基础设计算例.....	185
复习思考题.....	195
第六章 深水基础	196
第一节 概 述.....	196
第二节 深水桩基础.....	202
第三节 管柱基础.....	215
第四节 浮运沉井.....	223
复习思考题.....	231
第七章 桥梁墩台基础抗震	232
第一节 概 述.....	232
第二节 地震对地面和工程结构物的破坏作用.....	236
第三节 桥梁墩台基础的震害.....	238
第四节 地基土与结构振动的相互关系及场地分类.....	241
第五节 饱和砂土的震动液化.....	243
第六节 计算地震荷载的静力理论.....	251
第七节 地震土压力.....	253
第八节 计算地震荷载的动力理论.....	255
第九节 反应谱设计理论.....	258
第十节 桥梁墩台基础的抗震强度、稳定性验算及抗震措施	262
复习思考题.....	268
参考文献	269

第一章

天然地基上浅平基施工

基础是建立在地基上,传递上部结构荷载的结构物。建筑物(构筑物)的地基分为天然地基和人工地基。天然地基的特点是地基土保持自然形成的结构和特性。如果地基土工程性质很差,承载力很低,需要采用不同方法进行加固处理,这样,土的结构和性质不再保持天然状态,称为人工地基。此外,有些局部地区天然土的性质特殊,如湿陷性黄土、多年冻土、膨胀土、压缩性极高的软土等(一般统称为区域性土),这类土构成的地基常称为特殊土地基。

基础根据其受力状态可分为平基和桩基。平基的基底一般为—平面(建筑在倾斜岩面上基础的底面可作成台阶状),并且以基础底面承载。铁路上常把平基按基底的埋置深度大致分为浅平基和深平基两类。浅平基一般是在明挖的基坑内修筑,以此法施工的基础称为明挖基础。深平基则需采用特殊施工方法,如沉井和沉箱等。

本章仅介绍具有普通土质的天然地基上浅平基(指明挖基础)的施工方法。

第一节 浅平基的类型及施工要点

一、浅平基础的类型

浅平基可以按照不同的标准进行分类。

根据基础的材料,浅平基可以分为砖石砌体基础、混凝土或钢筋混凝土基础等。

浅平基按其构造形式可分为扩大基础、条形基础、筏板基础和箱形基础等。

扩大基础利用扩大的底面积减小作用于地基的附加压力,使之满足承载力的要求。桥梁墩台的实体基础、墩柱下独立基础(图 1-1)等属于扩大基础。

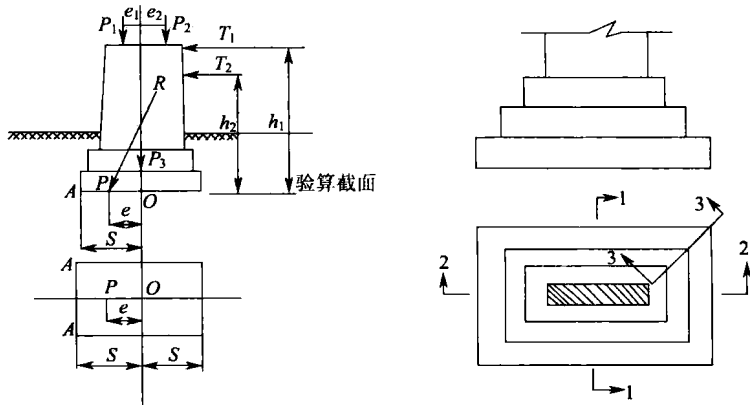


图 1-1 实体扩大基础



挡土墙基础、房屋墙下基础多是条形基础[图 1-2(a)、(b)],相邻很近的柱基可连接成条形的联合基础[图 1-2(c)],条形基础的底面通常也是扩大的。

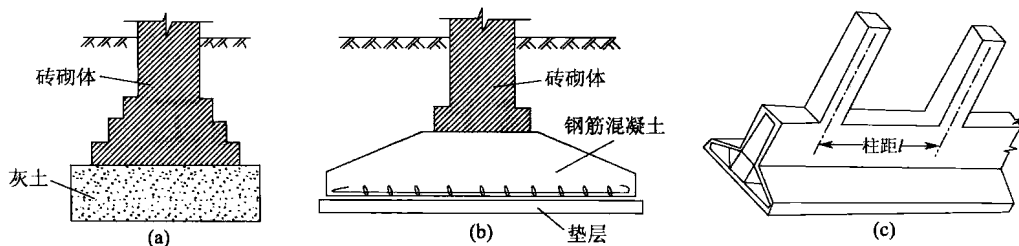


图 1-2 条形基础

如基础上面是一系列的墙或柱支承的结构,且地基弱,荷载大,可采用连续的钢筋混凝土板作为全部墙或柱的基础,简称筏板基础。墙下和柱下筏板基础分别见图 1-3(a)和(b)。

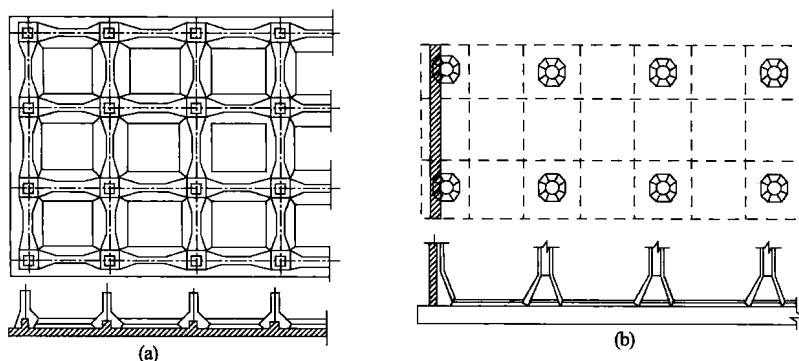


图 1-3 筏板基础

由于基础材料的受力特性不同,基础的形状不同,基础的变形特性也有很大差异。因此,又可分为刚性基础和柔性基础。除钢筋混凝土外,其他材料所修筑的基础,因材料的抗拉性能差,在基础中主要利用材料的抗压和抗剪能力,因此要求此类基础截面具有足够的刚度,基础在受力时本身几乎不产生变形,这类基础称为刚性基础。而钢筋混凝土基础材料的抗拉、抗压和抗剪性能好,可根据需要做成各种形状的截面。通常钢筋混凝土基础截面较小,本身的变形一般较大,属于柔性基础。

浅平基还可按施工方法分为就地砌筑和装配式两类。铁路桥涵工程的平基多为就地砌筑。装配式平基则在房屋建筑中发展较快,在中小型桥梁建筑中也已有少量的应用。

二、浅平基的施工要点

浅平基的一般施工工序是:基础放线、开挖基坑、基坑支护、基坑排水或降水、基底处理与基础砌筑等。

如基坑开挖后坑壁能保持稳定,可不加支护。但若基坑较深、土质疏松、有地下水或基坑侧有地面超载,一般需要进行支护。

如场地存在地面或地下水,基坑施工时需要在基础四周开挖集水沟和集水井以排出基坑积水。如直接排水有困难时,可采用井点法降低地下水位(简称降水),使坑底成为旱地,且可

减除坑壁支护所受的水压力。

在水中修筑浅平时,除上述的施工程序外,一般要在基坑周围预先围成一道临时性的挡水围堰,然后把堰内的水排干,再挖基坑。特殊情况下如不能排水,也可进行水下施工。

基坑开挖至设计标高后,应及时进行坑底土质鉴定,如不能满足设计要求,应改变基础设计或进行基地处理。基底检查合格后应抓紧处理,并砌筑基础圬工;如在基坑内排水或降水有困难,可采用水下灌注混凝土。

第二节 陆地基坑的开挖和支护

一、陆地基坑的开挖

基坑开挖前应准确测定基础轴线、边线位置及标高,并根据地质水文资料及现场具体情况,决定坑壁开挖坡度或支护方案,做好防水、排水工作。设置基底垫层时,基坑开挖的深度一般略大于基础埋深,视对基底处理的要求而定。基坑应避免超挖,松动部分应清除。无水基坑坑边应在基础的襟边之外每边各增加 50 cm 以上的富余量,有水基坑底面,应满足四周排水沟与汇水井的设置需要,每边放宽不宜小于 80 cm。

在桥梁基础工程中,基坑施工除用人工挖土外,还可用机械开挖,常用的挖土机械有挖土斗、抓土斗等。如用机械挖土,距基底设计标高约 30 cm 厚的最后一层土,要用人工来挖除修整,以保证基底土的结构不受破坏。

根据基坑深浅大小不同,可无支护或采用不同的支护方式。

无支护基坑的坑壁可挖成垂直或有坡度。

开挖直立边坡的基本条件是基坑的深度应满足:

$$h \leq \frac{2c}{\gamma \tan(45^\circ - \varphi/2)} \quad (1-1)$$

放坡开挖时,基坑坑壁坡度应按确保边坡稳定、施工安全的原则确定。在其他天然土层上,如开挖深度在 5 m 以内,施工期较短,基坑底在地下水位以上,且土的湿度接近最佳含水量、土层构造均匀时,基坑坑壁坡度可参考表 1-1 选用。

表 1-1 无支护基坑坑壁坡度

坑壁土类别	坑壁坡度		
	基坑顶缘无载重	基坑顶缘有静载	基坑顶缘有动载
砂类土	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5
碎石类土	1 : 0.75	1 : 1	1 : 1.25
黏砂土	1 : 0.67	1 : 0.75	1 : 1
砂黏土	1 : 0.33	1 : 0.5	1 : 0.75
黏土带有石块	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

注:①挖基坑经过不同的土层时,边坡可按分层决定,并酌留平台;

②在山坡上开挖基坑,如地质不良时,应注意防止滑坍;

③在既有建筑物旁边开挖基坑时,应符合有关设计文件规定。

当基坑深度大于 5 m 时,可将坑壁坡度适当放缓,或加作平台。如土的湿度能引起坑壁坍塌,坑壁坡度应缓于该湿度下土的天然坡度。



若地下水位在基坑底以上时,地下水位以上部分可以放坡开挖,地下水位以下部分,当土质易坍塌或水位在基坑底以上较深时,应加固坑壁开挖。

当基坑顶部有动载时,坑顶边缘与动载间应留有大于 1 m 的护道,若动载过大时,应增宽护道或采取加固措施。

基坑宜在枯水或少雨季节开挖,开挖不宜间断,达到设计高程经检验合格后应立即砌筑基础。基础砌筑后基坑应及时回填,并分层夯实。

二、基坑支护

当基坑较深、放坡开挖土方量较大、基坑坡度受场地限制、基坑土质松软或含水量较大边坡不易保持时,可采用护壁进行支护。

基坑支护有不同的类型,以下主要介绍铁路上常用的几种支护结构。

(一)衬板支护

当基坑底在地下水位以上时,可用衬板支护。

衬板支护一般采用水平衬板挡土,如图 1-4 所示,用立木、顶撑,再加木楔,使之紧贴在坑壁上。衬板可以一次挖到坑底设计深度后铺设,也可以分段进行;可以紧密铺设,也可以间开铺设,需要根据土质和坑深等因素经计算确定。

图 1-4 所示衬板支护,在范围较大且边开挖边支护的情况下施工是不方便的。图 1-5 表示衬板支撑的主柱采用工字钢桩,可用于较大的基坑。

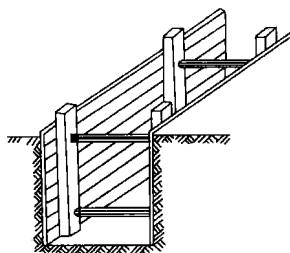


图 1-4 衬板支护

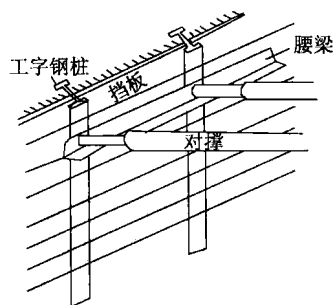


图 1-5 工字钢桩衬板支护

如基坑太宽或为避免顶撑对坑内施工干扰,可采用锚撑。锚撑可由拉杆和锚碇桩或锚碇板组成,叫做拉杆锚碇,如图 1-6 所示;也可在坑壁钻孔(如在土层中钻孔,当需增加抗拔力时,可将孔端扩大),放进钢丝束或钢筋,再压注水泥砂浆而成锚杆拉撑,如图 1-7 所示。锚杆拉撑便于在坑壁多层设置,可用于深基坑。

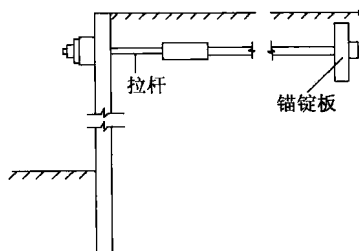


图 1-6 拉杆锚碇

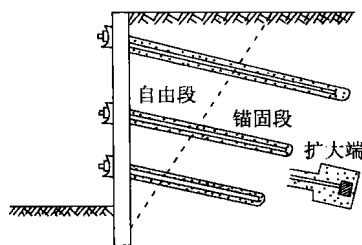


图 1-7 锚杆拉撑

(二)板桩支护

衬板支护防渗性差,当坑底在地下水位以下时,可用板桩支护,或叫板桩围堰。

板桩是开挖前垂直打入土中至坑底以下的桩。围堰打完后,基坑就可边开挖、边支撑。因而开挖基坑是在板桩支护下进行的。板桩相互间靠其榫口或锁口连接,以防渗漏。

板桩支护也可分为无撑式[图 1-8(a)]、顶撑式[图 1-8(b)]和锚撑式[图 1-8(c)]等不同形式。

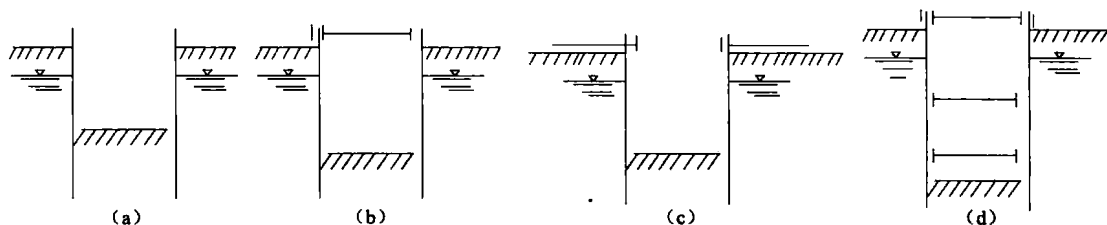


图 1-8 板桩支撑类型

按设置顶撑或锚撑的层数可分为无撑板桩、单撑板桩和多撑板桩,分别如图 1-8(a)、(b)、(c)、(d)所示。无撑板桩又称为悬臂板桩,主要靠其下部(坑底以下)周围土的约束作用保持稳定,这种板桩适用于较浅的基坑。单撑板桩对施工干扰较小,但水面或地面下的深度不能很大;多撑板桩则可使用在复杂的基坑施工。

板桩采用的材料有木、钢、钢筋混凝土等。

1. 木板桩

木板桩成本较低,容易加工制造和施工,但强度较低、消耗木材、不宜用于坚硬土层等。因受长度限制,一般仅用于深度不超过 5~6 m 的基坑。

木板桩断面多为三角形榫口(人字缝)和长方形榫口(企口缝),见图 1-9。人字缝只用于厚度小于 8 cm 的板桩,如大于 8 cm 或要求具有较好防渗性时,应采用企口缝。

木板桩榫舌一侧削成斜面。打板桩顺序应是榫舌朝着前进方向,利用斜面处土反力的水平分力,使正打的板桩向后面已打下的板桩挤紧。

2. 钢板桩

钢板桩有很大优越性,如由于板薄(约 10 mm 左右),强度大,能穿过较坚硬土层;锁口紧密,不易漏水,且能承受很大锁口拉力,断面形状多种多样,如图 1-10 所示。

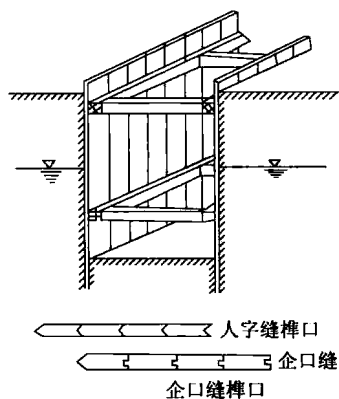


图 1-9 板桩支护

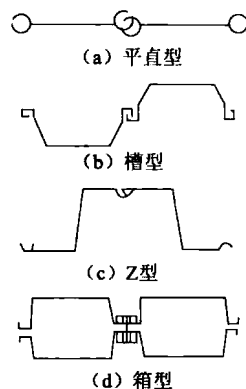


图 1-10 钢板桩断面



3. 钢筋混凝土板桩

钢筋混凝土板桩的特点是耐久性好,但笨重,主要用于深大基坑,如用于码头、堤岸等永久性挡土结构,在铁路工程基础施工中较少采用。

(三)喷射混凝土护壁和喷锚支护

喷射混凝土护壁适用于稳定性好,渗水量少的基坑。基坑的深度一般不宜大于 10 m。

对于较浅的基坑,可以采用素喷混凝土,如果基坑较深,应采用钢筋网喷射混凝土并用锚杆或土钉进行支护。

喷射混凝土护壁的施工要点是:在基坑开挖限界内,先向下挖一段,随即用混凝土喷射机喷射一层含速凝剂的混凝土,以保护坑壁,然后再往下挖一段,再喷护一段,如此分段进行。每段下挖深度一般为 0.5~1.0 m 左右,视土质情况而定,并根据需要设置钢筋网和土钉或锚杆。

喷射混凝土层的厚度应根据土层稳定性、渗水大小及基坑深度等因素来确定。对一般土质,如无渗水,喷厚不小于 8 cm;对稳定性差或较差土层,如淤泥、粉砂等,如无渗水,为 10~15 cm;当基坑有大量渗水时,为 15~20 cm。可参照表 1-2 采用。

表 1-2 喷射混凝土厚度(cm)

土层类别	无渗水	少量渗水
砂类土	10~15	15
黏性土、粉土	5~8	8~10
碎石类土	3~5	5~8

如一次喷射达不到规定厚度,则应等第一次喷射的混凝土终凝后再作补喷,直到符合规定厚度为止。

喷护的坑壁可以垂直,或略有倾斜[如 1:(0.07~0.1)放坡],视地层稳定性而定。

喷锚支护是由钢筋网、喷射混凝土面层、锚杆等构成的较好的支护体系,主要有两种方式,一是喷射混凝土面层和锚杆构成喷锚支护体系,二是喷射混凝土面层和土钉构成土钉墙体系,如图 1-11 所示。对于较深的基坑,也可采用土钉墙和锚杆构成的复合土钉墙体系。

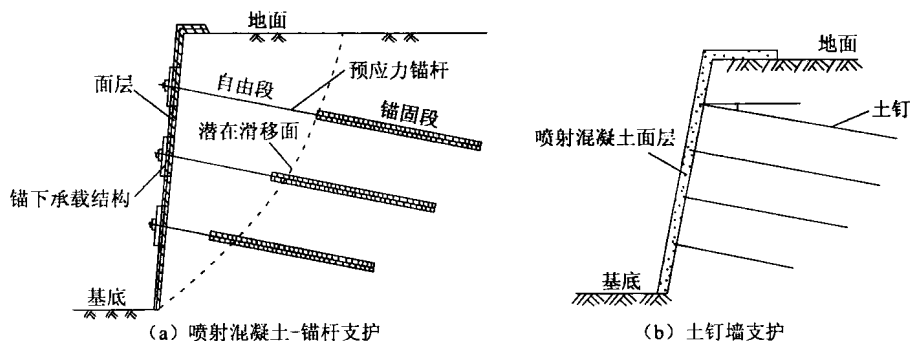


图 1-11 喷锚支护基坑

第三节 基坑排水和降低水位

为便于施工,保证基础的施工质量,可采用集水明排或井点法降水排除基坑内的积水。

一、集水明排

集水明排如图 1-12 所示,在基坑内基础范围外低处挖集水井,并从井开始在基础外周围挖边沟(排水沟),使流进坑内的水沿边沟流入集水井。集水井井底应低于坑底或边沟底,视渗水量而定,以便在井内用水泵抽水时将水面降至坑底以下。集水井井壁要加以支护,井底铺一



层粗砂或碎石层,以保护井底下的土在抽水时不被带走。

长基坑可沿边沟每隔适当距离设集水井。如基底较宽而坑底范围有限时,方可将边沟设在基础范围以内,但在基坑挖至设计标高后,要用碎石填满边沟,才能在上面砌筑圬工。

基坑排水沟和集水井可按下列规定布置:

(1)排水沟和集水井宜布置在拟建建筑基础边净距 0.4 m 以外,排水沟边缘离开边坡坡脚不应小于 0.3 m;在基坑四角或每隔 30~40 m 应设一个集水井。

(2)排水沟底面应比挖土面低 0.3~0.4 m,集水井底面应比沟底面低 0.5 m 以上。

沟、井截面根据排水量确定,排水量 V 应满足 $V \geq 1.5Q$ 的要求。其中 Q 为基坑总涌水量。

在集水井内抽水可用离心泵等抽水机。如吸程不超过 6 m,水泵可设在坑顶,否则要下放到坑内。

抽水设备可根据排水量大小及基坑深度确定。当基坑侧壁出现分层渗水时,可按不同高程设置导水管、导水沟等构成明排系统;当基坑侧壁渗水量较大或不能分层明排时,宜采用导水降水方法。基坑明排尚应重视环境排水,当地表水对基坑侧壁产生冲刷时,宜在基坑外采取截水、封堵、导流等措施。

集水明排设备简单,费用低。但是当地基为粉砂、细砂等透水性较好且黏聚力较小的土层时,用集水井排水可能是不安全的。在排水的过程中,坑外的水流经板桩底端以下向上流进集水井,水在土中的渗流会给土粒施加渗透力。如果向上的渗透力超过了坑底下地基土在水中的浮重度时,就会形成“涌砂”或“流砂”,如图 1-13 所示。其结果是坑底失稳、坑壁下陷和坍塌。应进行基坑抗渗流验算。验算公式为

$$h_d \geq 1.2(h - h_{wa}) \tag{1-2}$$

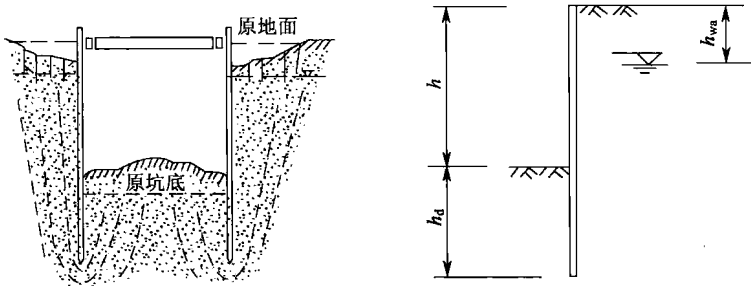


图 1-13 基坑发生涌砂和渗透稳定计算简图

二、井点法降低地下水位

井点降水法是在基坑内部或其周围埋设低于坑底标高的井点或管井,以总管连接所有井点或管井进行集中抽水(或每个井管单独抽水),达到降低地下水位的目的。

目前常用的降水井点一般有:轻型井点、喷射井点、管井井点、电渗井点和深井井点等。工程实践中,可按施工位置上的土体的渗透系数、降水深度、设备条件以及工程特点选用。表1-3



给出了各种井点降水的适用范围。

表 1-3 井点法降水适用范围

井点法类别	土层渗透系数(m/d)	降水深度(m)
单层轻型井点	0.1~50	3~6
多层轻型井点	0.1~50	6~12(由井点层数而定)
喷射井点	0.1~2	8~20
电渗井点	<0.1	根据选用的井点确定
管井井点	20~200	3~5
深井井点	10~250	>15

以下主要介绍铁路桥梁基础降水中常用的轻型井点降水法。

轻型井点系统由井点管、连接管、集水总管及抽水设备等组成,如图 1-14 所示。施工过程为:在基坑外围每隔一定距离进行钻孔(或冲孔),埋入直径为 38~50 mm 的井点管,埋好后,井点管周围填以砂砾作过滤层,上用黏土填封,以防漏气。井点管在地面上通过总管与抽吸设备相联。井点管下部为滤管,低于坑底一定深度。当抽水时,地下水从坑外流向比坑底低的滤管,从而使基坑范围内的地下水降至坑底以下,既保证了旱地工作条件又消除了坑底下地基土发生“涌砂”的可能。

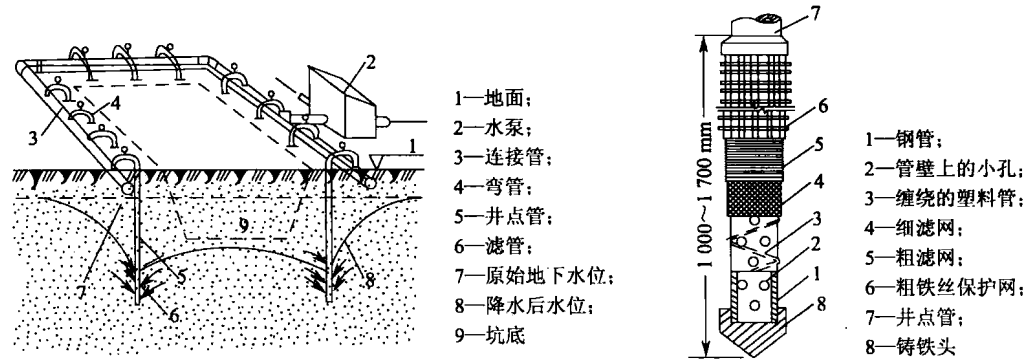


图 1-14 轻型井点降水

由于井点系统在工作过程中存在各种水头损失,一级(层)轻型井点实际能降低水深约 5~6 m。如需降低水位更深一些,可采用二级(即上下两层)或多级轻型井点。

轻型井点进行降水施工时应注意以下问题:

- (1)井点系统全部安装完毕后,需进行试抽,以检查有无漏气现象;
- (2)当井点管淤塞太多,严重影响降水效果时,应逐个用高压水反复冲洗或拔出重新埋设;
- (3)井点管拔出后所留下的孔洞应用砂或土填实,对地基有防渗要求时,应用黏土进行填实。

第四节 水中围堰的修建和水下挖土

铁路工程中许多大型结构,如桥梁墩台等,一般位于河流、湖泊或海峡中。如基础底面离河

底不深,可在水中修筑明挖基础。在将开挖的基坑周围先建一道挡水的围堰,把围堰内的水排干,开挖基坑和支护,然后修筑基础。如排水有困难,则可不排水而进行水下挖土,建造基础。

一、围堰的修筑

修筑围堰一般应符合以下要求:

围堰的顶面要高出施工期可能出现的最高水位 0.7 m;围堰外形应考虑因修筑围堰使河流过水断面减小,流速增大而引起河床的集中冲刷及影响通航、导流等因素;围堰的断面应满足强度和稳定(抗滑动、抗倾覆)的要求;围堰本身应密实以减少渗漏;堰内应有适当的工作面积。

围堰的种类很多,应根据工程地质和水文地质条件、基础的埋深和平面尺寸、材料和机具供应等情况选定。

(一)土围堰

当水深在 2 m 以内,流速在 0.3 m/s 以内,冲刷作用很小,河床土质渗水较小时,可修筑土围堰。土围堰构造如图 1-15 所示。

土围堰的厚度及其四周斜坡应根据使用的土质(宜用黏性土)、渗水程度及围堰本身在水压力作用下的稳定性来确定。

堰顶宽度不小于 1.5 m。当采用机械挖土时,应视机械的种类确定,但不宜小于 3 m。外边坡迎水流冲刷的一侧,边坡坡度不宜陡于 1:2,背水冲刷的一侧的边坡坡度可稍陡,堰内边坡不宜陡于 1:1。内坡脚距基坑的距离根据土质及基坑开挖深度而定,但不得小于 1 m。

围堰修筑时,宜采用黏性土或夹砂黏土,尽可能使填土密实,填出水面后应进行夯实,填土应自上游开始至下游合龙。

在填筑围堰前,必须将围堰底部河床底的树根、石块及杂物清除干净。

因修筑围堰导致流速增大使得围堰外坡面有受到冲刷的危险时,可在外坡上铺设树枝、草皮、柴排、片石、草袋或土工织物等加以保护,防止冲刷。

(二)土袋围堰

土袋围堰一般适用于水深 3 m 以内、流速 1.5 m/s 以内、河床渗水较小的情况,如图 1-16 所示。

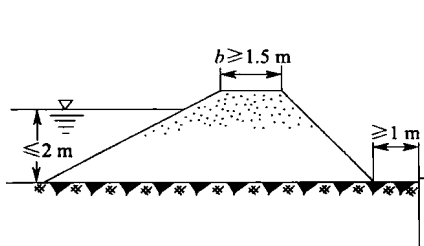


图 1-15 土围堰构造示意

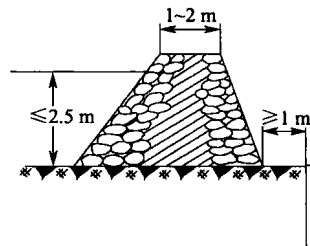


图 1-16 土袋围堰

堰顶宽 1~2 m,外坡 1:0.5~1:1,内坡 1:0.2~1:0.5,内外圈堆码土袋,中间部分可用黏土填筑芯墙。土袋内装松散黏性土,装填量约为袋容量 60%。施工时,要求土袋互相错缝,尽量堆码整齐。

(三)钢板桩围堰

钢板桩围堰适用于深水基坑,一般河床为砂类土层、半干硬黏性土、碎石类土以及风化岩



等地层中。

钢板桩围堰有单层、双层和构体式等几种。钢板桩的施工顺序见图 1-17。

铁路工程常用单层钢板桩围堰,如图 1-18 所示。单层钢板桩围堰适合于修筑中小型面积基坑,常用于水中桥梁基础工程。

钢板桩围堰的支撑系统可做成空间的框架结构,叫“围图”或“围笼”,包括围木(或导梁、环撑)、水平顶撑、立柱、斜杆等构件。这些构件根据受力大小,可用木或钢的做成。围图不仅是支撑结构,而且可作导向架,插打钢板桩,还可在其上安设施工平台、施工机具等。

因此,在河水较深的地方,常用围图来进行钢板桩围堰施工,如图 1-19 所示。围图法施工要点是:先在岸上或驳船上拼装好围图,用驳船运到河中设计位置,在围图中打定位桩将围图挂起来,然后在围图周围的导框(由内外两层围木或导梁组成)间插打钢板桩;其顺序应从上游分头插向下游,以保证施工的安全和顺利进行。当全部钢板桩逐根或逐组(如起吊设备许可,宜将两、三块钢板桩拼为一组)插打到稳定深度后(砂类土一般为 2~3 m),再依次打到设计深度。

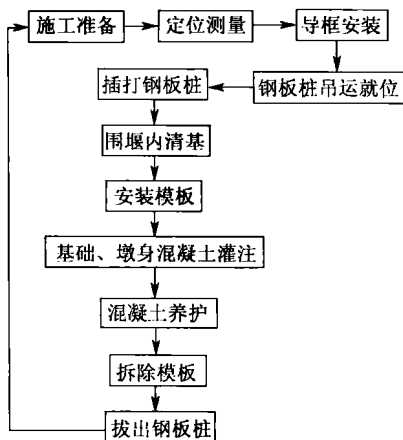


图 1-17 钢板桩围堰的一般施工顺序

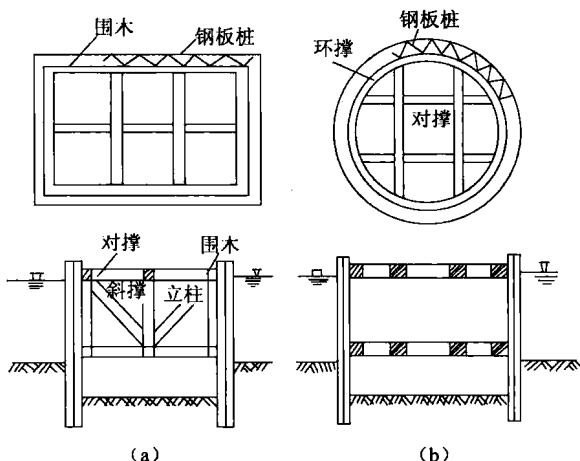


图 1-18 单层钢板桩围堰

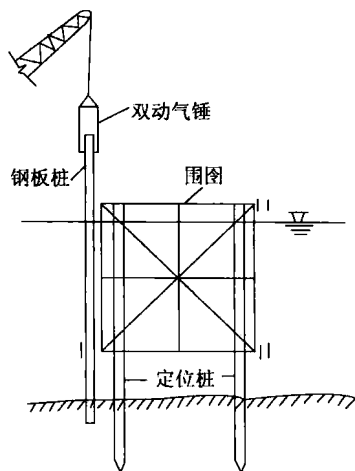


图 1-19 围图法打板桩

如河水不深,且河床为不透水的黏性土层,则不用围图施工,可先在设计位置用方木做一导向框架,沿框架打下定位木桩,固定位置,再在框架的两层围木间插打钢板桩,然后一边抽水,一边安设支撑。当支撑安设完毕,围堰内水已抽完时,即可在旱地开挖基坑。

插打钢板桩施工应符合下列规定:

- (1) 插打前,在锁口内应涂抹防水混合料,组拼桩时应用油灰和棉絮捻塞拼接缝;
- (2) 插打顺序应按施工组织设计进行,可由上游分两侧插向下游合龙;
- (3) 插打时必须有可靠的导向设备,宜先将全部钢板桩逐根或逐组插打稳定,然后再依次打到设计高程;

- (4) 开始打的几根或几组钢板桩,应检查其平面位置和垂直度,当发现倾斜时,应即予纠正;
- (5) 当吊桩起重设备高度不够时,可改变吊点位置,但不低于桩顶以下 $1/3$ 桩长;
- (6) 钢板桩可用锤击、震动或辅以射水等方法下沉,但在软土中,不宜使用射水,锤击时应使用桩帽;
- (7) 钢板桩因倾斜无法合龙时,应使用特制模形钢板桩,模形的上下宽度之差不超过桩长的 2% ;
- (8) 钢板桩相邻接头应上下错开不小于 2 m ;
- (9) 围堰将合龙时,应经常观测四周的冲淤状况,并采取预防上游冲空涌水或下游淤积的措施;
- (10) 当同一围堰内,使用不同类型的钢板桩时,应将两种不同类型钢板桩的各一半拼接成异型钢板桩。

二、水下挖土

围堰建成后,即可抽干围堰内水,开挖基坑。但如果河床土质透水性大,水难以抽干,或因抽水会引起涌砂时,可采取水下挖土施工。水下挖土机械主要有抓土斗和吸泥机两类。

抓土斗有双瓣式、四瓣式等,前者适于挖泥砂,后者适于挖漂卵石。用抓土斗挖土要特别注意不能撞坏围堰支撑,以免造成事故。

吸泥机有离心吸泥机、水力吸泥机、空气吸泥机等。

离心吸泥机是靠其旋转叶片旋转所产生的离心力来抽吸泥水,被抽出的碎块最大直径可达 20 cm 。其吸程约 $3\sim 4\text{ m}$,扬程一般可达 $40\sim 50\text{ m}$ 。工作效率较高,适于在宽大的围堰中取土。

水力吸泥机如图 1-20(a)所示,是由高压水管和吸泥管组成,两管连接处为一具有喷嘴的射水器。高压水通过高压水管由喷嘴喷出时在其周围形成部分真空,把吸泥管下端莲蓬头处的泥水吸上并排出管外。为提高吸泥管抽吸泥浆的含泥量,吸泥时辅之以射水管冲散泥砂。该吸泥机在桥梁基础及其他重要建筑物的水中基础施工中,曾广为采用,但不足之处是管嘴出口处易堵塞,需常清理。

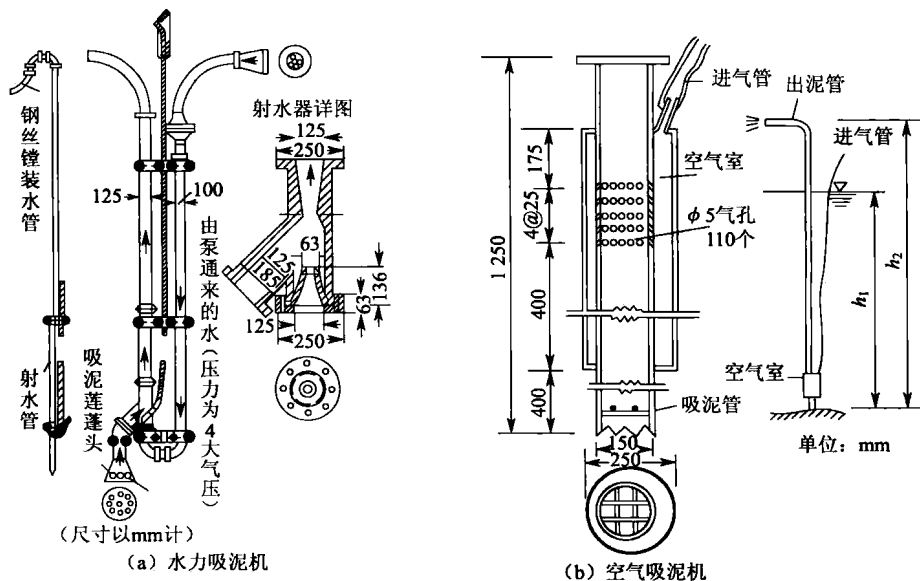


图 1-20 水力吸泥机及空气吸泥机