

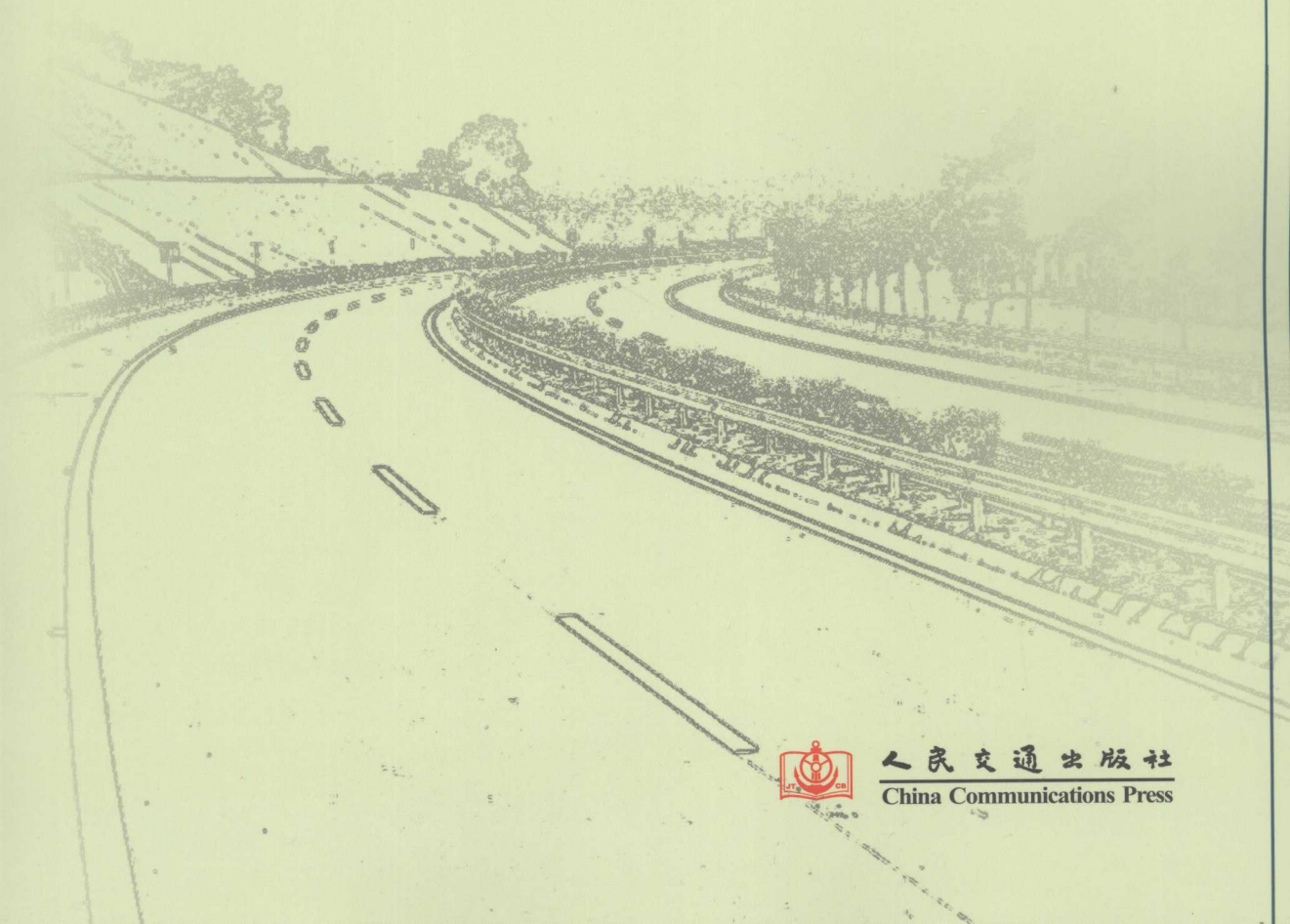
公路工程试验检测技术手册系列



公路基础工程 试验检测技术手册

江苏省交通科学研究院

徐宏 何淼 主编



人民交通出版社
China Communications Press

公路工程试验检测技术手册系列

Gonglu Jichu Gongcheng Shiyan Jiance Jishu Shouce
公路基础工程试验检测技术手册

江苏省交通科学研究院

徐 宏 主编
何 森

人民交通出版社

内 容 提 要

本手册全面、详细地介绍了公路基础工程试验检测技术,主要内容有:地基土原位测试技术;地基变形观测及土中应力测试;桩基动力检测技术;桩基承载力检测;灌注桩成孔质量检测、试件强度检验与钻芯法检测;水泥土搅拌桩及碎石桩检测;沉井基础及地下连续墙的监测与检测;边坡工程监测;基坑工程监测等。

本手册可供从事公路基础工程设计、施工、检测、监理,特别是从事试验检测的工程人员参考,还可作为高等院校相关专业师生教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路基础工程试验检测技术手册/徐宏,何森主编.—北京:
人民交通出版社,2009.3

ISBN 978-7-114-07643-5

I.公… II.①徐…②何… III.①道路工程—试验—技术手册②道路工程—检测—技术手册 IV.U41-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第026349号

公路工程试验检测技术手册系列

书 名:公路基础工程试验检测技术手册

著 作 者:徐 宏 何 森

责任编辑:沈鸿雁 黎小东

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

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:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:21.5

字 数:541千

版 次:2009年4月 第1版

印 次:2009年4月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07643-5

印 数:0001~2500册

定 价:48.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路基础工程试验检测技术手册》

编审委员会

主任委员:符冠华

副主任委员:王军华 朱绍玮

参编人员:(以姓氏笔画为序)

丁武洋	马志国	万晓峰	王 军	王 俊
朱晓文	李求源	李英涛	李 尚	李毅慧
张宇峰	张家圣	赵帮亚	范 萌	何 森
周诚玺	周爱成	陈书豪	承 宇	段鸿杰
梁新政	温言旭	曾庆伟		

审定人员:(以姓氏笔画为序)

朱晓宁	吴晓明	张志祥	徐 剑	徐 宏
凌 晨	梁新政			

前 言

近 20 年来,我国公路建设事业蓬勃发展,桩基础、软土复合地基等基础工程在道路、桥梁工程中大量采用。基础工程的造价通常占了工程总造价的较大比重,其建设质量直接关系到整个道路、桥梁建设工程的正常使用和安全运营。基础工程通常在地下或水下,属于隐蔽工程,施工程序烦琐,施工难度大,容易出现质量隐患,基础工程中的缺陷问题较难发现,也较难弥补和修复。因此,基础工程的试验检测显得尤为重要。随着工程技术的发展,基础工程测试技术也在不断的更新和提高,新理论、新方法不断涌现。

本手册主要针对公路建设行业,将各类有关公路基础工程试验检测的技术汇总编写而成,旨在为广大从事公路基础工程检测的技术人员提供一本可指导实际操作的技术性工具书。为了力求全面、完整和实用,书中对每种检测技术的具体应用作了较为详细的叙述,并将常用数据、参数、图表等资料列示齐全,还列举了不少工程实例,以方便使用。本分册除了说明传统的测试技术外,也介绍了地基基础检测中一些新的技术和设备。

本手册包括以下内容:概论;地基土原位测试技术;地基变形观测及土中应力测试;桩动力检测技术;桩基承载力检测;灌注桩成孔质量检测、试件强度检验与钻芯法检测;水泥土搅拌桩及碎石桩检测;沉井基础及地下连续墙的监测与检测;边坡工程监测;基坑工程监测等。本书是本实用性较强的手册,易于自学,希望对从事公路基础工程设计、施工、检测、监理,特别是从事试验检测的工程人员有所帮助。

本手册由徐宏、何森主编。在手册的编写过程中,得到了江苏省公路桥梁工程技术研究中心的资助,江苏省交通科学研究院桥梁结构工程研究所(工程检测中心)的有关人员为本分册做了大量的工作。人民交通出版社为本手册做了精心编排。在编写过程中,还得到了许多单位和个人的热情支持和帮助,为手册的编写提供了许多宝贵的资料。在此谨向他们表示衷心的感谢。另外,在编写时参考和引用了国内外有关书籍和文献资料,对原作者致以谢意。

基础工程的试验检测技术更新与发展迅速,限于编者的学术水平和实践经验,书中难免有缺陷、错误及不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

目 录

第一章 概论	1
1 概述	1
2 基础工程的分类	2
2.1 基本概念	2
2.2 桩基础	2
2.3 沉井基础	3
2.4 地下连续墙	4
2.5 基坑工程	6
3 基础工程的试验检测方法	9
3.1 原位测试与室内试验的比较	9
3.2 基础工程检测方法	9
3.3 基础工程检测在我国的发展及现状	11
第二章 地基土原位测试技术	13
1 标准贯入试验	13
1.1 概述	13
1.2 试验的基本原理	13
1.3 试验设备	13
1.4 试验方法	14
1.5 试验资料的整理	14
1.6 试验成果的应用	17
2 十字板剪切试验	20
2.1 概述	20
2.2 试验的基本原理	21
2.3 试验设备	21
2.4 试验方法	22
2.5 试验资料的整理	24
2.6 试验成果的应用	25
3 荷载试验	27
3.1 概述	27
3.2 平板荷载试验	28
3.3 螺旋板荷载试验	37
4 旁压试验	40
4.1 概述	40

4.2	试验的基本原理	41
4.3	试验设备	41
4.4	试验方法	43
4.5	试验资料的整理	45
4.6	试验成果的应用	46
5	静力触探试验	47
5.1	概述	47
5.2	试验的基本原理	48
5.3	试验设备	50
5.4	试验方法	52
5.5	试验资料的整理	52
5.6	试验成果的应用	53
6	圆锥动力触探试验	56
6.1	概述	56
6.2	试验的基本原理	56
6.3	试验设备	57
6.4	试验方法和技术要求	58
6.5	试验资料的整理	59
6.6	试验成果的应用	60
第三章	地基变形观测及土中应力测试	62
1	地基沉降及位移观测	62
1.1	概述	62
1.2	监测方案设计	63
1.3	地表沉降观测	65
1.4	土体内部竖向位移	70
1.5	地表水平位移观测	75
1.6	土体内部水平位移观测	76
1.7	振动监测	79
1.8	工程实例	81
2	孔隙水压力及土压力测试	89
2.1	孔隙水压力的监测	89
2.2	土压力测试	90
第四章	基桩动力检测技术	93
1	低应变发射波法检测	93
1.1	概述	93
1.2	仪器设备	94
1.3	低应变动测技术	95
1.4	反射波法	97

1.5	测试结果的计算分析	103
1.6	桩身完整性类别的判定	107
1.7	检测报告的要求	107
1.8	工程检测实例	108
2	桩基高应变动力检测	109
2.1	基本原理	110
2.2	测试与分析	117
2.3	现场试验参数设定	120
2.4	信号的选取	121
2.5	分析与拟合	123
3	超声波法检测	125
3.1	概述	125
3.2	声学原理	126
3.3	混凝土声学参数与测量	138
3.4	仪器设备	145
3.5	声波透射检测技术	145
3.6	检测报告的要求	151
3.7	工程检测实例	152
3.8	灌注桩声波层析成像(CT)技术	152
第五章	桩基承载力检测	156
1	常规静载试验	156
1.1	竖向抗压静载试验	156
1.2	单桩竖向抗拔静荷载试验	161
1.3	单桩水平静载试验	162
2	通莫静载法	166
2.1	概述	166
2.2	通莫静载法背景介绍	167
2.3	通莫静载法的优势	168
2.4	有关测试仪器及关键部件介绍	172
2.5	试验方法	173
2.6	测试资料整理	175
2.7	通莫静载法工程实例	176
3	静动法检测	178
3.1	基本原理	179
3.2	动法确定桩承载力	181
3.3	静动法试验装置和试验过程	181
3.4	静动法试验曲线分析	183
3.5	工程实例	184

3.6 静动法的适用范围	186
第六章 灌注桩成孔质量检测、试件强度检验与钻芯法检测	188
1 灌注桩成孔质量检测	188
1.1 成孔质量检验标准	188
1.2 成孔质量检测	191
2 混凝土试件强度检验	201
2.1 混凝土的取样	201
2.2 混凝土试件的制作	202
2.3 试件试压	203
2.4 试件强度的计算	203
2.5 强度评定	204
3 灌注桩钻芯法检测	205
3.1 概述	205
3.2 抽检数量的规定	205
3.3 检测设备	207
3.4 检测方法 with 质量评定	208
3.5 检测报告的要求	215
3.6 工程检测实例	215
第七章 水泥土搅拌桩及碎石桩检测	217
1 水泥土搅拌桩检测	217
1.1 水泥土搅拌桩概述	217
1.2 水泥土搅拌桩的强度检验	226
1.3 轻型动力触探检测法	228
1.4 取芯检测法	232
1.5 竖向静力荷载试验法	235
2 碎石桩检测	241
2.1 概述	241
2.2 荷载试验	242
2.3 动力触探检测桩身密实度	244
附录一 江苏省高速公路水泥土深层搅拌桩检测工作实施细则	245
附录二 江苏省某高速公路水泥土搅拌桩检测实例	252
附录三 某建筑厂房碎石桩处理地基检测实例	253
第八章 沉井基础及地下连续墙的监测与检测	254
1 沉井基础的监测与检测	254
1.1 概述	254
1.2 沉井的类型	255
1.3 沉井的结构	255
1.4 沉井的施工方法	256

1.5 施工中常见问题及处理措施	259
1.6 下沉施工监测要点	261
1.7 沉井施工的质量检验与评定	263
2 地下连续墙的监测与检测	270
2.1 概述	270
2.2 地下连续墙的应用与发展	271
2.3 地下连续墙的类型与接头构造	273
2.4 地下连续墙的施工	274
2.5 保证质量的技术措施	278
2.6 地下连续墙施工监测	282
2.7 地下墙验收标准及跟踪检查	284
第九章 边坡工程监测	288
1 概述	288
2 边坡工程监测的内容与方法	289
2.1 边坡处治监测的分类	289
2.2 公路边坡监测的内容	289
2.3 公路边坡监测的常用方法	290
2.4 高速公路边坡监测系统的建立	291
3 监测仪器和使用条件	292
3.1 变形观测仪器	292
3.2 应力测量仪器	293
4 边坡坡体监测	295
4.1 监测设计原则	295
4.2 边坡的变形监测	296
4.3 边坡应力监测	299
4.4 边坡地下水监测	301
5 支护结构监测	302
5.1 土钉、锚杆监测	303
5.2 预应力锚索监测	303
5.3 抗滑桩监测	303
5.4 挡土墙监测	303
5.5 明洞监测	304
6 边坡工程监测、质量检验及验收	304
6.1 边坡工程监测	304
6.2 质量检验	305
6.3 验收	305
第十章 基坑工程监测	307
1 概述	307

1.1	深基坑围护结构	307
1.2	基坑开挖方式	309
1.3	基坑事故的形式及原因	310
1.4	基坑开挖监测工作	311
2	围护与支撑结构监测	316
2.1	围护结构顶部水平位移监测	316
2.2	围护结构倾斜监测	317
2.3	围护结构沉降监测	317
2.4	围护结构应力监测	317
2.5	围护结构完整性和强度检测	318
2.6	支撑结构受力监测	318
3	周围环境监测	318
3.1	邻近建(构)筑物沉降、倾斜和裂缝监测	318
3.2	邻近道路、管线变形监测	318
3.3	基坑周围土体位移监测	319
3.4	桩侧土压力监测	320
3.5	孔隙水压力与地下水位的大量测	322
3.6	基坑底部隆起监测	322
	参考文献	324

第一章 概 论

1 概述

地基与基础工程在公路桥梁工程中占有十分重要位置,在总造价和总工期中均约占 $1/3 \sim 1/4$,在软弱地基区占的比例更大。我国地域广阔,工程地质条件十分复杂,又是多地震国家,大规模的经济建设对地基与基础工程既提出了大量技术难题,同时也推动了地基与基础工程技术的发展。在这一技术领域中取得巨大的成绩和进步,主要反映在以下几个方面。

①研究开发出一套符合国情的地基处理技术。我国地域广阔,各个地域有着不同的地质环境,因此公路工程的施工技术也应结合各地的工程建设,针对各种特殊土的处理技术进行探索和研究。

②工程勘察技术方面,随着经济的不断发展,公路的地质钻探也由以前的人工钻探变成了机探,并形成了体系。

③基础工程中,各种夯实地基的技术都有了很大的发展,特别是基桩成桩技术、低应变动力检测技术及桩静荷载试验等得到了不断改进和完善,有了很大的提高。

④基坑支护工程方面,基坑尤其是深基坑开挖已不仅是一项施工技术。在设计理论、支护结构体系、分析计算方法、施工技术、监测控制等方面,随着工程实践经验的积累和研究工作的进展,其技术也日渐成熟和完善。基坑支护形式基本上分为加固型支护(如水泥搅拌桩、土钉锚喷网混凝土等)和支挡型支护(如稀疏桩排、连续桩排、框架式桩排、带内撑的桩排、地下连续墙等)。基坑止水、降水、防管涌等工程中,水泥搅拌桩、压力注浆和深层旋喷桩和轻型井点降水等技术措施也较成熟,各地不少部门、单位都已自行开发编制计算程序。

随着我国基础工程建设投入的不断加大,人们对其提出了更高的要求,如果不实行完善而严格的质量管理、保证和监督体系,难免不会出现质量事故或质量隐患。因此,在现场施工的质量控制中,配备与质量控制和管理相匹配的常规标准试验仪器和采用适宜的检测方法,进行必要的试验检测,对确保工程质量是十分重要的。

试验检测工作是基础工程施工技术管理中的一个重要组成部分,同时也是基础工程施工质量控制和竣工验收评定工作中不可缺少的一个主要环节。其必要性和重要性主要体现在以下几个方面。

(1)通过试验检测,能充分利用当地出产的材料,便于就地取材。比如说建设地点的砂石、填料等,可借助试验检测这种有效手段,确定上述材料是否满足施工技术规定的要求。因地制宜地使用当地材料,可以降低工程造价。

(2)通过试验检测,有利于新技术、新工艺、新材料的成果转化。及时有效地对某一新技术、新工艺、新材料进行试验检测,以判别其可行性、适用性、有效性、先进性、安全性,从而为工程施工积累经验,这对于推动施工技术进步,提高工程质量和经济效益等,将起到积极的作用。

(3)通过必要的试验检测,可科学地评定各种原材料及其成品、半成品材料的质量好坏。有了这套有效科学的测定手段,对于任何一种材料,均可通过对其规定性能的相关检验,从而评定其产品是否合格。这对于合理地应用材料,提高工程质量是非常重要的。

(4)通过试验检测,能合理地控制并科学地评价施工质量。一项工程质量的好坏,包括施工过程中的质量控制和竣工验收后的评定验收,试验检测无疑是一种科学有效的方法和手段。

因此,试验检测对于提高基础工程质量、加快工程进度、降低工程造价、推动基础工程施工技术进步,将起到极为重要的作用。

2 基础工程的分类

2.1 基本概念

任何结构物都建造在一定的地层之上,结构物的全部荷载都由它下面的地层来承担,受结构物影响的那一部分地层被称为地基。在地面以下并且将上部结构的自重和所承担的荷载传递到地基上的构件或部分结构即为基础。形象地说,基础是建筑物的“根脚”。

地基可分为天然地基和人工地基。当上部结构的荷载和自重不是很大,天然土层的承载力能满足要求时,建筑物的基础一般就建造在由天然土所构成的地基上,这种地基称为天然地基。如果天然地层土质过于软弱,需要先经过人工处理或加固,然后在其上修筑基础,这种地基称为人工地基。

基础根据埋置深度分为浅基础和深基础。将埋置深度较浅(一般不超过5m)且施工简单的基础称为浅基础;如果浅层土质不良,需将基础埋置于较深的持力层强度较高的土层上,且施工较复杂的基础称为深基础(通常大于5m)。交通工程中的道路、桥梁及其人工构造物常采用天然地基的浅基础;当受各种因素的影响时,常采用桩基础、复合地基、沉井基础及地下连续墙等。

2.2 桩基础

2.2.1 概述

百余年的应用历史证明,混凝土和钢是远比木材更为合适的制桩材料,并且采用混凝土和钢制桩,其意义不仅是摆脱了木材资源不足的限制,更重要的是,它给古老的打桩技术注入了勃勃生机,增添了无限活力,带来了巨大变化。这些变化突出地表现如下。

(1)桩的长度和几何形状,包括其横截面、端部形状,乃至整个桩身的形状,不再像木桩那样受天然材料的限制,而可以根据设计作种种变化。

(2)钢桩、混凝土桩和钢筋混凝土桩的强度、刚度等力学特性均远比木桩高,它们具有更好的贯入性能,能承受更大的冲击,能担负更大的荷载和水平力,并且更为耐久。

(3)制桩和沉桩工艺大为改观。钢桩虽亦属预制打入桩,仅钢管桩可按照设计需要制成大小不同的管径,又可采取开口或闭口打入;而型钢桩可制成各种截面,并可制成各种钢板桩。另一方面,将混凝土用于制桩,既可在现场或工厂预制,又可借鉴房屋、桥梁等上部结构的成熟经验,就地灌注,还可发展预应力制桩工艺。

于是,随着机械设备的不断改进,产生了名目繁多的各种桩型和工法;随着桩的用途不断拓宽以及用桩场地地质和环境条件的种种变化,施工技术和机械设备不断得到改进与发展;随着人们对桩的承载性能、设计方法、检测技术等不断探索研究,新的桩型也不断呈现。

2.2.2 桩的分类

桩的类型多种多样,从不同的角度划分,可以得出不同的种类。不同划分方法的分类,见图 1-1。

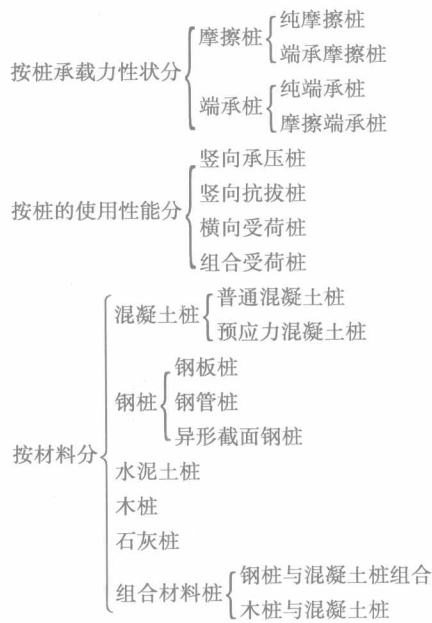


图 1-1 桩基础分类

2.3 沉井基础

2.3.1 沉井的结构

沉井的结构包括:刃脚、井筒、内隔墙、底梁、封底与顶盖等部分,如图 1-2 所示。

2.3.2 沉井的工作原理

在深基础工程施工中,为了减少放坡大开挖的大量土方量,并保证陡坡开挖边坡的稳定性,人们创造了沉井基础。这是一种竖向的筒形结构物,通常用砖、素混凝土或钢筋混凝土材料制成。

沉井施工过程:先在地面制作一个井筒形结构;然后从井筒内挖土,使沉井失去支承靠自重作用而下沉,沉至设计高程为止;最后封底,如图 1-3 所示。沉井的井筒,在施工期间作为支撑四周土体的护壁,竣工后即为永久性的深基础。

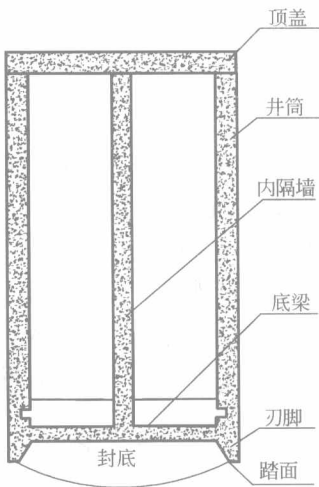


图 1-2 沉井的结构

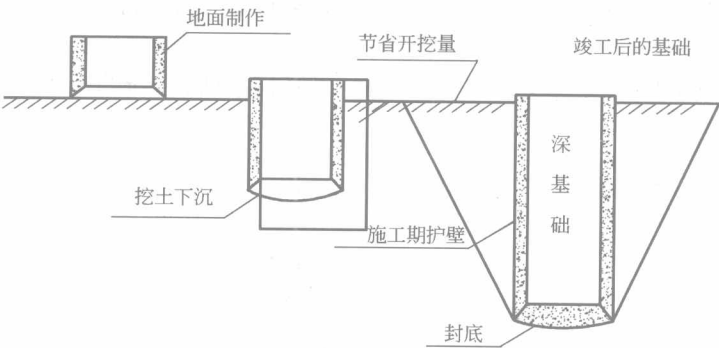


图 1-3 沉井的工作原理

2.3.3 沉井的类型

沉井按端面形状的不同可分为以下三类。

(1)单孔沉井。沉井只有一个井孔,这是最常见的中小型沉井。沉井的平面形状有:圆形、正方形、椭圆形和矩形(图 1-4)。沉井承受四周的土压力和水压力,从受力条件看,圆形沉井较好,沉井的井壁可薄些;方形或矩形沉井,在水平向土压力和水压力的作用下,将产生较大的弯矩,井壁厚度大些。但从运用角度看,方形与矩形较好。

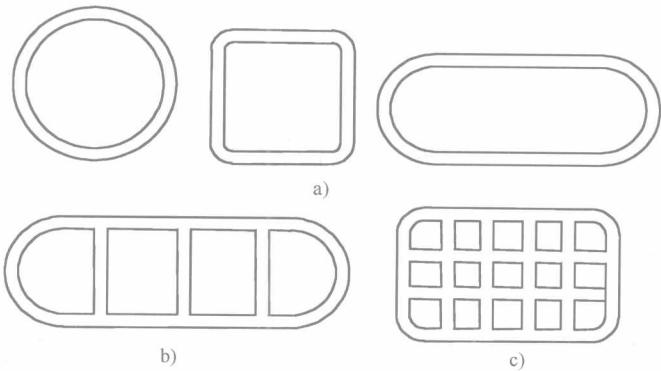


图 1-4 沉井按断面形状分类

a)单孔沉井;b)单排孔沉井;c)多排孔沉井

(2)单排孔沉井。这种沉井具有一排井孔。根据工程的用途,沉井的平面形状有矩形、长圆形等。沉井各井孔之间用隔墙隔开,这样既增加了沉井的整体刚度,又便于挖土和下沉。单排孔沉井适用于长度大的工程,如图 1-4 所示。

(3)多排孔沉井。整个沉井由多道纵向隔墙与横向隔墙,把沉井隔成多排井孔,如图 1-4 所示。因此,多排孔沉井成为刚度很大的中间结构。这种沉井适用于大型结构物。在施工过程中,有利于控制各个井孔挖土的进度,保证沉井均匀下沉,不致发生倾斜事故。

2.4 地下连续墙

2.4.1 地下连续墙的特点

地下连续墙是 20 世纪 50 年代由意大利米兰 ICOS 公司首先开发成功的一种新的支护形

式。地下连续墙是沿着深基础或地下构筑物的周边,以专用的挖槽或成孔设备,采用泥浆护壁,开挖出一个具有一定宽度(或直径)与深度的沟槽(或孔),在槽或孔内设置钢筋笼并浇筑混凝土,筑成一幅幅单元墙段,并以某种接头方式将单元墙段连接成一道连续的地下钢筋混凝土墙或桩排,作为基坑开挖时防渗和挡土的支护结构,或是直接成为承受垂直荷载的地下室外墙,这种地下墙体即为现浇钢筋混凝土地下连续墙(简称地下墙)。

地下连续墙广泛用于地下铁道、地铁车站、高架道路基础、盾构或顶管工作井、引水或排水隧道、地下商场或地下停车场、地下截水帷幕等等。地下连续墙的成墙深度由使用要求决定,大都在 50m 以内;墙厚与墙体的深度以及受力情况有关,目前常用 600mm 及 800mm 两种,特殊情况也有 400mm 的薄型及 1 200mm 的厚型地下连续墙。

(1)地下连续墙的优点:

- ①施工时对邻近构筑物的影响较小。
- ②深基坑开挖无需放坡,土方量小。
- ③浇筑混凝土无需支模和养护,可以节约施工费用和材料,并可在低温下施工。
- ④施工实现全盘机械化,工效高,施工速度快,与大型沉井相比,可降低造价 25% ~ 45%。
- ⑤适用范围广,如防渗、截水、挡土、抗滑和承重等。
- ⑥对地层的适应性很强,除粗颗粒土以外,一般黏性土和砂类土都可成墙。

(2)地下连续墙存在的不足:

①施工技术较为复杂,要求较高,如果施工机械选用不当,会影响施工质量,增加后期处理工作量,甚至使墙段下端不能连锁合拢,使基坑开挖发生困难。

②由于施工机械设备成本较高,对于小型工程或较浅的深基坑围护,地下连续墙的造价偏高,不及其他方法经济。

③对于施工范围内基岩起伏变化较大的地区,岩溶地区,卵、砾石地区,有高承压水头的地区,或其他地质条件不稳定的工区,不宜采用。

④施工过程中泥浆处理不当,会影响施工场地条件,导致泥泞满地,影响环境。

2.4.2 地下连续墙的分类

根据地下连续墙的构造形式及施工方法,可分为壁式和桩排式两大类。

1)壁式地下墙

壁式地下墙采用挖槽机挖成狭长的深槽,槽中浇筑的各幅地下墙的搭接是采用接头管和接头箱的办法。建成的地下墙面是平整的,类似于地面建筑的墙壁,如图 1-5 所示。壁式地下墙的墙厚视机械设备而异,有 60cm、80cm、120cm 等多种,国外已出现墙厚大于 3m 的工程,墙深已达 150m 以上。

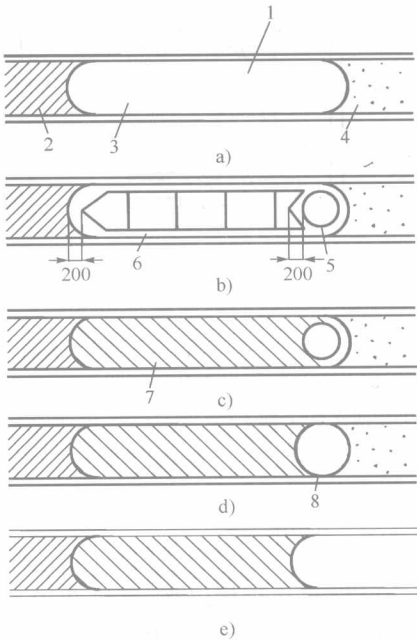


图 1-5 接头管接头的施工流程图(尺寸单位:mm)
a)槽段开挖;b)安放接头管及钢筋笼;c)混凝土灌注;d)接头管拔除;e)单个槽段竣工
1-导墙;2-已完工的混凝土地下墙;3-正在开挖的槽段;4-未开挖地段;5-接头管;6-钢筋笼;7-刚完工的混凝土地下墙;8-接头管拔除

壁式地下墙可作为临时性的挡土结构,也可作为永久性结构的一部分,其构造形式可分为四种,如图 1-6 所示。其中分离式、整体式、重壁式均是在基坑开挖以后,重新浇筑一层内衬而成。内衬的厚度一般取 20cm、30cm、40cm。

2) 桩排式地下墙

桩排式地下墙又称柱列式地下墙,它是把钻孔灌注桩或预制混凝土桩(可配置钢筋、型钢或不配)等并排连续起来所形成的地下墙,故名桩排式。根据桩排列形式的不同,可以有一字形、交错相接形、一字搭接形、间隔形、混合形等,如图 1-7 所示。

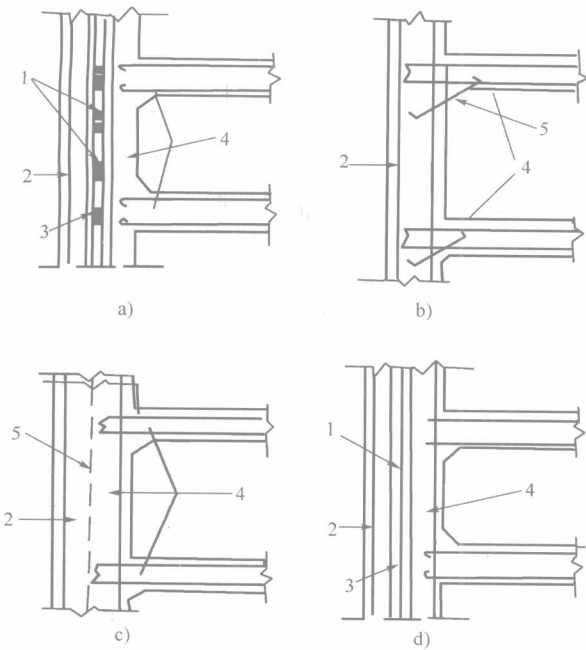


图 1-6 壁式地下墙

a) 分离壁方式;b) 单独壁方式;c) 整体壁方式;d) 重壁方式
1-中间支点;2-地下连续墙;3-支点;4-本体构造物;5-结合部

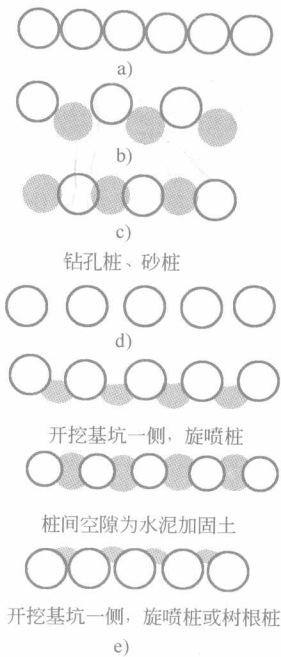


图 1-7 桩排式地下墙

a) 一字形相接排列;b) 交错相接排列;
c) 一字形搭接排列;d) 间隔排列;e) 混合排列

2.5 基坑工程

20 世纪 90 年代以来,基坑开挖与支护问题已经成为我国建筑工程界的热点问题。随着我国公路隧道、地铁等工程的不断建设,基坑工程也大量应用到交通工程中来。关于基坑开挖支护,根据场地及施工条件,有以下不同类型,见图 1-8。

基坑支护体系一般包括两部分:挡土体系和止水降水体系。基坑支护结构要承受基坑土方开挖卸荷时所产生的土压力、水压力 and 附加荷载产生的侧压力,起到挡土和挡水的作用。各种支护结构类型示意图如图 1-9 ~ 图 1-17 所示。