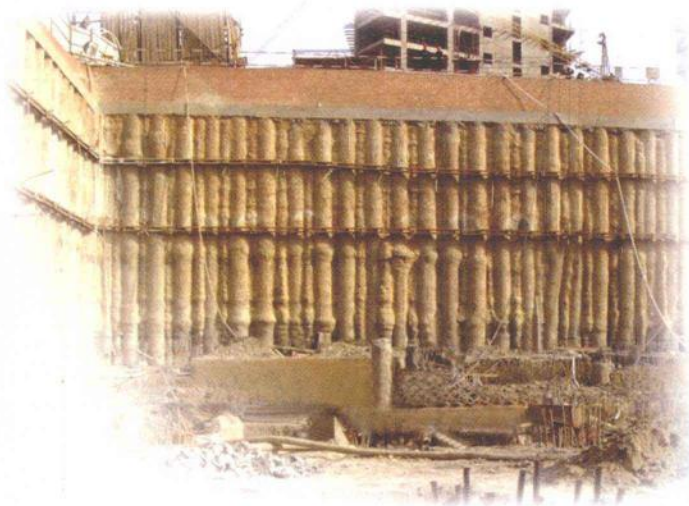


普通高等学校岩土工程（本科）规划教材

基坑支护

郭院成 主编

JIKENG ZHIHU



黄河水利出版社

普通高等学校岩土工程(本科)规划教材

基 坑 支 护

主 编 郭院成

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书为普通高等学校岩土工程(本科)规划教材。本书根据最新的技术规范编写,结合基坑工程近年来的发展,系统介绍了基坑工程的勘察、设计、施工、监测等。全书由绪论、勘察、设计计算基本理论、主要支护形式的设计及施工、其他相关技术等五部分构成,共分12章,分别为:绪论,基坑工程勘察,基坑工程土压力计算理论,基坑稳定性分析,排桩与地下连续墙支护结构,水泥土重力式围护墙,土钉支护体系,逆作法,联合支护体系与复合支护体系,降排水设计与施工,基坑变形估算与环境保护技术,基坑工程监测新技术。

本书内容丰富,可作为普通高等院校土木工程地下建筑方向本科生的专业课教材,也可作为地下工程、岩土工程专业研究生和广大工程技术人员设计与施工的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

基坑支护/郭院成主编. —郑州:黄河水利出版社,
2012.1

普通高等学校岩土工程(本科)规划教材
ISBN 978-7-5509-0192-6

I. ①基… II. ①郭… III. ①基坑-坑壁支撑
IV. ①TU46

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第277547号

策划编辑:王志宽 电话:0371-66024331 E-mail:wangzhikuan83@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16.5

字数:380千字

印数:1—3 100

版次:2012年1月第1版

印次:2012年1月第1次印刷

定价:32.00元

普通高等学校岩土工程(本科)规划教材

编审委员会

主任	刘汉东			
副主任	王复明	肖昭然	勾攀峰	杨小林
委员	李广慧	祝彦知	郭院成	乐金朝
	黄志全	姜宝良	孙文怀	闫富有
	李化敏	姜彤	孔德志	

前 言

本书依据土木工程专业本科教育培养目标和方案以及最新相关规范(规程)编写。在内容编写上,本书既注意先进性与实用性的协调,又注意新规范和新成果的引用,在满足培养要求和符合学生认知特点的基础上,力求遵循如下原则:

(1) 强调基本概念、基本原理和基本方法。

力求准确阐述本课程的基本概念和基本原理,使学生在理解和掌握基本原理的基础上,能认识到基坑支护工程的基本特点。同时在涉及规范时,力求反映规范的基本原则和基本规定,以及与基坑支护工程的基本理论和基本概念的内在此关系,有利于学生对基本原理的应用。

(2) 适当扩展学生的知识面。

结合基坑工程近年来的发展,介绍了先进的基础理论、设计施工方法、监测等新知识。

(3) 内容层次分明,适应多层次教学要求。

在章节安排上,力求层次分明,使全书各部分内容既具有系统性,又具有相对独立性,以适应不同学时、地区、类别教学的需要。

近年来,由于城市建设和经济发展的需要,尤其是随着城市中心的土地资源愈发稀缺、地铁轨道交通建设等的需要,深基坑不断出现,基坑工程呈现出“深、大、近、紧、难”的特点,放坡开挖形式并不多见,并且也较简单,在本书中不包含此内容。基坑工程是土木工程地下建筑专业或地下工程专业的一门主要专业课程,掌握土力学中关于土的基本性质和土体稳定、变形和渗流的各项原理,是处理基坑工程问题的必要条件。一方面,本书内容是以读者已经具备了土力学和地基基础的基本知识为前提的;另一方面,为独立使用方便,书中对土力学与地基基础的知识有若干重复,使基坑支护课程本身更为完整。

全书共12章,第一章绪论为主线,介绍了基坑工程总体特点,以及设计、施工、监测等概况;第二章介绍了基坑工程勘察,依据规范,结合基坑工程特点,介绍了基坑工程勘察方面的一般要求;第三章和第四章为理论部分,系统阐述了土压力、基坑稳定性分析等分析方法,是基坑工程设计施工的理论基础;第五章至第九章主要介绍了各种主要的支护形式的设计和施工;第十章至第十二章介绍了基坑工程的其他相关技术。

本书编写人员及编写分工如下:第一章由郑州大学郭院成、河南大学孔德志编写,第二章至第五章由郑州大学时刚编写,第六章、第七章由河南大学张建伟编写,第八章由河南大学孔德志编写,第九章由郑州大学郭院成编写,第十章至第十二章由郑州大学冯虎编写。全书由郭院成统稿。

本书编写过程中参考并引用了有关院校编写的教材,以及许多专家、学者的相关论著,在此一并表示感谢。

限于编者的水平和时间,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2011年9月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 引 言	(1)
第二节 基坑工程的特点与要求	(1)
第三节 基坑工程的设计	(2)
第四节 基坑工程的施工与监测	(7)
第二章 基坑工程勘察	(8)
第一节 概 述	(8)
第二节 基坑工程的勘察要求	(8)
第三节 勘探与取样	(10)
第四节 室内试验与原位测试技术	(13)
第五节 岩土工程评价	(17)
第三章 基坑工程土压力计算理论	(19)
第一节 概 述	(19)
第二节 经典土压力计算理论	(20)
第三节 基坑工程中土压力的特点及分布规律	(22)
第四节 土压力和水压力计算	(25)
第五节 非极限状态下的土压力计算方法	(32)
第六节 有限土体土压力的计算方法	(35)
第四章 基坑稳定性分析	(38)
第一节 概 述	(38)
第二节 整体稳定性分析	(41)
第三节 抗隆起稳定性分析	(44)
第四节 抗倾覆、抗滑移稳定性分析	(48)
第五节 抗渗流稳定性分析	(49)
第六节 支护结构踢脚稳定性分析	(52)
第五章 排桩与地下连续墙支护结构	(54)
第一节 概 述	(54)
第二节 支护结构的内力分析	(55)
第三节 排桩支护结构	(70)
第四节 桩锚支护结构	(76)
第五节 双排桩支护结构	(85)

第六节	地下连续墙	(88)
第七节	内支撑体系	(99)
第六章	水泥土重力式围护墙	(104)
第一节	概 述	(104)
第二节	水泥土重力式围护墙的设计计算	(106)
第三节	水泥土重力式围护墙的构造要求	(111)
第四节	水泥土重力式围护墙的施工技术	(114)
第七章	土钉支护体系	(120)
第一节	概 述	(120)
第二节	土钉支护体系的工作性能分析	(123)
第三节	土钉支护体系设计	(125)
第四节	复合土钉支护体系	(131)
第八章	逆作法	(138)
第一节	概 述	(138)
第二节	逆作法设计	(142)
第三节	逆作法施工	(159)
第四节	逆作法施工的安全监测	(166)
第九章	联合支护体系与复合支护体系	(169)
第一节	桩锚、桩锚复合支护与土钉、复合土钉联合支护技术	(169)
第二节	复合桩墙支护技术	(183)
第十章	降排水设计与施工	(193)
第一节	概 述	(193)
第二节	地下水的类型、性质及作用	(193)
第三节	集水明排设计与施工	(196)
第四节	疏干降水设计	(197)
第五节	承压水降水设计	(202)
第六节	基坑降水井施工	(206)
第七节	基坑降水对周边环境的影响	(211)
第十一章	基坑变形估算与环境保护技术	(217)
第一节	概 述	(217)
第二节	基坑变形规律	(218)
第三节	基坑变形计算的理论、经验方法	(221)
第四节	基坑施工对周边环境的影响	(227)
第五节	基坑工程的环境保护措施	(229)
第十二章	基坑工程监测新技术	(234)
第一节	概 述	(234)

第二节	基坑工程监测概况	(234)
第三节	监测方法	(238)
第四节	基坑工程监测新方法、新技术	(249)
参考文献	(252)

第一章 绪论

第一节 引言

城市建设的立体化、交通高速化以及改善综合居住环境已成为现代土木工程特征,对城市三维空间的开发是现代城市建设的一项重要内容,一方面高层建筑成为城市建筑的主要形式,另一方面城市地下空间也不断得到开发利用,诸如高层建筑的多层地下室、地下铁道和地下车站、地下停车场、地下仓库、地下街道、地下商场、地下医院、地下人防工程以及多种用途的地下民用和工业设施等在城市内不断兴建,由此产生了大量的深基坑工程。目前,我国城市基坑工程开挖深度最深者已达 40 m 以上,平面面积最大者已达 10 万 m² 以上,并呈不断加深和扩大的趋势。

基坑工程是土木工程建设中一个古老的课题,早期基坑较浅,基坑开挖过程中一般不需要进行专门的支护或根据情况进行一些简单支护即可。我国从 20 世纪 70 年代起,特别是 80 年代以后,由于城市超高层建筑、地铁、地下管道等市政工程建设规模日趋增大,而且工程多位于繁华闹市区,工程场地紧邻建筑物、道路和地下管线,同时交叉施工引起相互干扰,对基坑开挖提出了越来越苛刻的要求,基坑工程成为了城市建设中的一项重要工作,基坑工程学也就应运而生。90 年代以后,通过总结我国深基坑设计和施工的经验,逐步编写了一些深基坑设计和施工方面的行业规程和标准,使基坑工程的建设有了相应的理论指导,基坑工程逐渐成为土木工程学中的一项重要内容。

基坑工程是一项涉及勘察、结构、施工及环境保护等方面的综合性工程,其设计和施工过程中不仅要保持基坑本身的安全与稳定,更重要的是要保证周围环境的安全,既要保护基坑周围建筑物和各种管线在基坑施工中不能发生影响正常使用的变形与损坏,同时还要保证基坑工程建设的可行性和经济性。

为了把基坑支护费用降到最低而又不失安全,多年来科研人员进行了大量的研究和试验,提出了形形色色的支护方案。但基坑工程涉及因素较多,而且其中许多因素又具有一定的不确定性和可变性,使得基坑工程的设计和施工具有显著的个性特点,因此“理论导向、量测定量、经验判断、精心施工”是目前基坑工程建设中的一项重要原则。

第二节 基坑工程的特点与要求

基坑工程施工和开挖方式根据其特点可分为无支护开挖方法和有支护开挖方法。在施工作业地空旷、条件允许的情况下,一般优先选用无支护开挖方法,其内容一般包括降水工程、土方开挖、必要的土坡护面和地基加固等。城市深基坑一般采用有支护开挖方法,其内容一般包括围护结构、支撑体系、降水工程、土方开挖、地基加固、监测与环境保护等。

无论是无支护开挖方法还是有支护开挖方法,基坑工程都具有以下几个特点:

(1)与自然地质条件和环境条件密切相关。设计和施工中必须全面考虑气象、工程地质和水文条件及其在施工期间的变化,充分了解工程所处场地的工程地质和水文地质、周围环境与基坑开挖的关系及相互影响。

(2)与地下主体结构的施工密切相关。基坑支护的目的是为地下主体结构的施工提供相应的空间,基坑工程的设计和施工要尽量满足主体结构施工的可操作性和工期要求,同时主体结构的施工工序与基坑的施工密切相关。

(3)技术综合性强。基坑工程的勘察、设计和施工的相互联系较强,要求基坑工程从业人员具备工程勘察、建筑力学结构、施工技术、工程设计和施工相关经验等方面的知识和技能,才能对基坑工程选择合适的设计施工方案,并选择合理的参数进行相应的预估以及根据监测结果作出正确的判断和处理。

基坑工程的设计和施工应满足以下几方面的技术要求:

(1)基坑工程的安全性。确保基坑施工整个过程中的安全与稳定,确保基坑不出现倾覆、滑移及坑底失稳现象,并确保基坑围护结构及支撑体系的安全与可靠。

(2)基坑周围环境的安全性。控制基坑施工过程中的位移和变形,确保基坑周围建筑物、构筑物、各种市政管线及道路的安全。

(3)经济合理性。在确保基坑工程及周围环境安全可靠的前提下,从工期、材料、设备、人工及对周围环境影响等方面研究基坑方案的经济合理性。

(4)施工便利性及工期保证性。在安全可靠、经济合理的原则下,基坑工程还应最大限度地满足便利施工和缩短工期的要求。

第三节 基坑工程的设计

基坑工程设计阶段的划分和文件组成取决于基坑内主体工程的性质、投资规模、建设计划进度等方面的要求,一般分为总体方案设计和施工图设计两个阶段。基坑总体方案设计目前多在主体工程设计完成后基坑施工前进行,但为了使基坑工程与主体工程之间能够更好地协调,使基坑工程与主体工程的结合更加经济合理,许多大型基坑工程的总体方案设计在主体工程扩初设计中就着手进行,以利于协调处理主体工程与基坑工程的相关问题。基坑工程施工图设计一般在地下主体工程设计完成及基坑总体方案确定后进行,施工图和施工说明的内容及各项技术标准与检验方法必须符合相关的法令、法规、技术规范和规程的要求。

一、设计资料准备

在基坑设计之前,应对基坑内主体工程、基坑工程所处的工程地质及水文条件、周围环境、施工条件、相关规范与规程进行收集和分析,以全面掌握设计依据。

(一)主体工程资料

基坑设计前应全面了解主体工程的规模、结构形式、施工方式、使用要求等相关资料,以便基坑工程的设计和施工与主体工程能够较好地协调。

(二) 工程地质和水文地质条件

为了能够正确处理基坑的稳定性和变形问题,在设计前应对工程所处场地的工程地质及水文条件进行详细勘察,具体包括以下内容:

(1) 工程所处场地的地层情况。包括地层构造、土层分类、土体参数等,需要提供详细的地质剖面图、必要的勘探点地质柱状图以及必要的土体试验曲线,特殊土质还应对其不良特性参数进行测定,勘探范围及勘探点密度应能够满足基坑设计要求。

(2) 工程所处场地的地下各层含水情况、地下水位的高度及变化规律,地下各层土体渗透规律及周围水头补给和动态变化情况,潜水、承压水的水质及水压、流速、流向,特别需要注意可能导致基坑产生失稳的流砂、管涌及其他水土流失问题的水文情况。

(3) 地下障碍物情况。主要调查既有建筑物基础、废弃地下构筑物、工业和建筑垃圾、暗浜、暗流等可能存在的情况。

(三) 周围环境情况

基坑开挖过程引起的地层沉降和位移将会对周围环境造成一定影响,处理不当可能会引起周围建筑物和管线的破坏,因此在基坑设计和施工前应对周围环境情况进行详细的调查,具体包括:

(1) 基坑周围建筑物情况。包括基坑周围建筑物分布情况,建筑物与基坑的相对位置,建筑物结构及基础形式,建筑物使用性质和对变形的敏感程度,建筑物的现状(包括已有裂缝和倾斜情况)等。

(2) 基坑周围构筑物情况。包括基坑周围道路、铁路、烟囱、电视塔和纪念塔、工业和民用及水利设施等的分布、使用性质和现状情况等。

(3) 管线情况。包括场地内及临近区域内的天然气管道、上水管道、下水管道、电缆等管线的分布、管材、接头形式及使用等方面的详细情况。

(4) 基坑周围地下构筑物情况。包括基坑周围地下交通、地下商场、地下仓库、地下贮液池、人防工程等设施的结构形式及与基坑的相对位置等情况。

(5) 其他与基坑工程建设相关的设施的情况。

(四) 工程的施工条件

工程的施工条件决定了基坑设计方案的可行性,主要包括以下几方面的内容:

(1) 施工现场所处地段的交通、行政、商业及特殊情况。

(2) 施工地段对基坑围护结构和开挖支撑施工的噪声与振动的限制要求情况。

(3) 施工现场能够提供的土方和材料堆放、构件加工、设备停放、施工车辆进出运行所需的场地情况。

(4) 当地施工队伍及常用施工方法、施工设备、施工技术情况。

(五) 相关设计依据资料

基坑工程设计前还应收集相关设计依据资料,具体包括以下内容:

(1) 国家及当地现行的有关设计施工规范和规程。

(2) 当地类似工程成功的经验和失败的教训。

二、设计标准

在基坑设计中,必须根据基坑周围环境和工程功能等方面的要求制定出安全合理的设计标准。为保护周围环境,基坑开挖应将对周围环境的影响控制在允许限度内,根据对基坑周围环境条件的调查,分析研究建筑物、构筑物、管线的允许变位,确定基坑施工过程中地层位移、围护结构水平位移、周围地表沉降的允许值,以此作为基坑设计控制标准。

根据以往的工程经验,一般可将基坑变形控制标准分为四个保护等级,如表 1-1 所示。

表 1-1 基坑变形控制保护等级标准

保护等级	变形控制要求	环境保护要求
特级	1. 地面最大沉降量 $\leq 0.1\% H$ 2. 围护结构最大水平位移 $\leq 0.14\% H$	离基坑周边 10 m 范围内有必须确保安全的地铁、共同沟、天然气管线、大型压力总水管等重要建筑和设施
一级	1. 地面最大沉降量 $\leq 0.2\% H$ 2. 围护结构最大水平位移 $\leq 0.3\% H$	在基坑周围 H 范围内有重要干线、水管、大型在使用的构筑物、建筑物等
二级	1. 地面最大沉降量 $\leq 0.5\% H$ 2. 围护结构最大水平位移 $\leq 0.7\% H$	在基坑周围 H 范围内有较重要的支管线和一般建筑物、设施等
三级	1. 地面最大沉降量 $\leq 1.0\% H$ 2. 围护结构最大水平位移 $\leq 1.4\% H$	在基坑周围 30 m 范围内有需要保护的建筑设施、管线、构筑物等

注: H 为基坑开挖深度。

三、设计内容

基坑工程设计主要包括开挖方案选择、围护结构设计、支撑体系设计、坑底加固设计、开挖施工方案等方面的内容。

(一) 开挖方案选择

基坑开挖方案是基坑设计的一个重要内容,根据所掌握的设计资料、设计依据、设计标准,确定合理、安全、快捷、经济的基坑开挖方法,在此基础上作出围护结构、支撑体系、坑底加固、开挖施工方案等配套设计。

基坑工程主要开挖方法有:

(1) 放坡开挖。这是一种较为经济且施工简便的开挖方法,适用于周围较空旷且开挖深度不大的基坑工程。

(2) 无内支撑围护开挖。对主体工程施工干扰少,施工工期较短。在开挖深度不大且环境保护要求不高时可采用板桩或重力式挡墙作为围护结构,开挖深度稍大或环境保护要求稍高时可设置土钉或土锚作为外支撑。

(3)有内支撑围护分层开挖。有内支撑围护分层开挖需要在基坑内设置内支撑体系,基坑变形容易控制,但对主体结构施工带来一定的影响,主要应用于开挖深度较大、地基土软弱、周围环境复杂、环境保护要求较高的基坑工程。

(4)中心岛开挖。先开挖基坑中间部分,基坑周边围护结构内侧先留土堤后设斜撑开挖,此法支撑设置需要量少,主要适用于开挖面积较大的基坑工程。

(5)壕沟式开挖。适用于开挖面积大而施工场地受限无法全面开挖的基坑工程,采用分次开挖分次施工的方式,工期长,施工复杂,造价较高。

(6)逆作法。采用从上而下边开挖边施工主体工程的方法,在完成地下室顶板后地下地上可同时施工,施工技术复杂,适用于施工场地紧张且地质条件较差、环境保护要求高的基坑工程。在一定条件下,用于围护结构的地下连续墙可兼作主体结构。

(7)沉井或沉箱开挖。主要适用于地基软弱及涌水量较多的基坑,在设计及施工合理先进的条件下,可用于环境保护要求较高的基坑工程。

(二)围护结构设计

围护结构主要承受基坑开挖卸荷所产生的土压力和水压力,并将此压力传递给支撑,是稳定基坑的一种临时施工挡墙结构。主要的围护结构类型有以下几种:

(1)板桩式。包括钢板桩和预制混凝土板桩两种,施工时需要将桩打入土体,施工方便,工期短,造价低,但施工噪声大,打桩振动对周围影响大,适用于环境保护要求不太高的基坑工程。

(2)自立式。包括水泥土搅拌桩挡土墙、高压旋喷桩挡墙等几种形式,造价经济,止水性好,适合于环境保护要求不高、开挖深度较浅的基坑工程。

(3)柱列式。主要包括钻孔灌注桩和挖孔灌注桩等形式,施工噪声小,刚度大,对周围环境影响小,整体刚度相对较差,如需防水,需辅以搅拌桩或旋喷桩等作为截水帷幕,适合于环境保护要求相对较高的基坑工程。

(4)地下连续墙。施工噪声小,振动小,止水性好,整体刚度大,对周围环境影响小,造价相对较高,适合于软弱地层且建筑物较密集、环境保护要求高的深基坑工程。

(5)组合式。包括SMW工法(型钢水泥土连续墙)和钻孔灌注桩加搅拌桩截水帷幕等形式,止水性好,结构刚度较大,造价相对经济,在一定条件下可代替地下连续墙,适合于地下水系较发育、环境保护要求较高的基坑工程。

(6)沉井。施工占地少,挖土量少,施工技术难度高,在措施选择恰当、施工技术能够保证的条件下,可用于地层条件较差、开挖深度较大、环境保护要求非常高的基坑工程。

我国幅员辽阔,各地地质条件差异较大,施工技术和工艺也有较大差别,在选择基坑围护结构形式时,应根据地质情况、环境要求、使用功能情况和当地施工工艺技术条件综合考虑。

(三)支撑体系设计

基坑支撑体系包括围檩、支撑、立柱及其他附属构件,支撑体系是承受围护结构所传递的土压力、水压力的结构体系。

支撑按材料可分为钢筋混凝土支撑和钢结构支撑两类。其中,钢筋混凝土支撑体系

形式灵活多样,位移控制严格,但浇筑时间较长,拆除困难;钢结构支撑体系安装、拆除施工方便,可重复周转使用,必要时还可以施加预应力,但施工工艺要求较高。

支撑体系的形式主要有以下几种:

(1)直交式。是一种常用的内支撑形式,安全稳定,利于控制围护结构位移,但是对土方开挖和主体结构施工影响较大。

(2)周边布置式。具体包括角撑体系、边桁架、圆形环梁等几种形式,方便土体开挖和主体工程施工,但是稳定性比直交式稍差。

(3)垂直对称布置式。该种方式不需要立柱,沿基坑横向布置支撑,主要适用于长条形基坑工程。

(4)圆拱布置式。利用圆拱受力特点,节省材料,便于土方开挖和主体结构施工,但是支撑的设置受基坑形状影响较大。

(5)竖向斜撑形式。可以节省立柱和支撑材料,但是斜撑与底板相交处结构处理较困难,在软弱土层中不易控制基坑稳定和变形,主要适用于开挖面积较大而深度较小的基坑。

(6)逆作法支撑。利用主体结构的梁板作为支撑,只需要附加必要的临时支撑,可以节省材料,但是对土方开挖和整个工程施工组织提出了较高的技术要求。

(7)外支撑。主要包括锚杆、土钉等,造价经济,方便土方开挖和主体工程施工,但是要求周围场地必须具有适合于设置锚杆和土钉的条件,在周围土质较好的时候可以采用。

(8)组合式。是根据基坑开挖方法、工程特点和平面形状,将以上各种支撑形式进行因地制宜的搭配布置的方式。

在支撑体系设计中,应充分考虑当地和工程的具体条件,合理选择支撑材料和支撑布置形式,依据工程经验设置相应的支撑道数和支撑立柱桩。

(四)坑底加固设计

按一定地质条件和基坑开挖施工参数设计的支护结构体系,如果达不到控制变形的要求,并且增加支撑道数已不可行,或者在基坑施工中,遇见管涌、承压水问题时,采用坑底加固是一种有效的方法。

采用坑底加固的情况主要有以下几种:

(1)基坑开挖深度较深,坑底土质较软弱,难以满足稳定性要求时。

(2)基坑底面以下,存在着承压水层,坑底不透水,有被顶破的危险时。

(3)基坑承受较大偏心荷载时。

(4)含有丰富地下水的砂性土层及废弃地下构筑物的贮水体时。

(5)地下水丰富且流动性较强时。

(6)基坑周围存在对沉降非常敏感的建筑物或构筑物时。

坑底加固的方法主要有高压旋喷注浆法、深层搅拌法、化学注浆法等几种。

(五)开挖施工方案

由于基坑工程设计和施工密不可分,在基坑设计中,应对施工中土方开挖、支撑设置时间、换撑方式和时间及施工监测等方面提出指导性意见与要求。

第四节 基坑工程的施工与监测

基坑工程的施工与监测是基坑工程的另一项关键步序,应合理安排好施工组织和施工工艺技术,做到基坑工程建设的安全、有效和经济。

一、基本要求

基坑施工中,应保证基坑本身的稳定,防止基坑发生以下几种破坏形式:

(1) 基坑稳定破坏。包括基坑整体滑移、被动区土体失稳、基坑隆起、管涌和流砂、坑底被承压水顶破等几种破坏形式。

(2) 基坑支护结构强度破坏。包括围护结构破坏、支撑受压破坏、支撑节点滑动破坏等几种形式。

另外,基坑施工中还要控制基坑的变形和地层位移,防止周围地上和地下建筑物、构筑物、管线、道路、地铁隧道等设施产生影响正常使用的破坏和变形。

二、基坑施工

基坑的施工应根据工程所处的地质环境和施工条件合理安排施工组织和施工工艺技术,按照设计图纸和施工规范的要求,合理安排施工步序和施工参数等技术措施。

由于土体或多或少地具有一定的流变性,在施工中,应按照时空效应的原理,根据基坑的规模和几何尺寸,按照基坑分层、分布、对称、平衡、开挖和支撑的顺序进行,并尽量减小开挖过程中土体扰动范围,缩短基坑的无支撑暴露时间,减小基坑施工中的位移和变形。

基坑工程的复杂性使得基坑工程施工风险较大,在施工组织设计中,还应分析可能的风险,做好应急预案。

三、基坑施工监测

目前,经过多年的发展,基坑工程技术已取得了较大的进展,但基坑工程设计因素众多,且这些因素多具有不确定性,使得基坑工程的设计和施工中还难以对结构的内力与变形做出较为准确的预测,因此“理论导向、量测定量、经验判断、精心施工”仍是目前基坑工程设计和施工的主要原则。在施工中,应同时进行施工监测,及时反馈监测结果,合理判断并指导下阶段的施工。

一般基坑工程应监测的内容包括基坑周围地面沉降、围护结构顶端位移、支撑内力等,有止水要求的基坑还应监测坑内与坑外水位变化情况,重要的基坑工程还应监测围护结构深层位移、坑内外土压力与水压力情况等。

总之,基坑工程是土木工程施工中的一个传统课题,同时又是岩土工程的一个综合性难题,其设计因素较多而技术发展历程较短,目前还缺乏全面的成熟经验,理论上还有待进一步完善。此外,各地地质、环境、施工条件千差万别,在每个基坑工程设计和施工中,必须因地制宜,切不可生搬硬套。相信经过不断地深入认识和完善技术,基坑工程的技术水平必将向更新的高度发展,为工程建设增添更加丰富的内容。

第二章 基坑工程勘察

第一节 概 述

基坑支护结构的设计、施工,首先要阅读和分析岩土工程地质勘察报告,了解土层分层情况及其物理、力学性质,水文地质情况等,以便于选择合适的支护结构体系并进行设计计算。

工程地质和水文地质条件是进行基坑支护结构设计、坑内地基加固设计、降水设计、土方开挖等的基本依据。目前,基坑工程的勘察很少单独进行,大多数是与主体工程的地基勘察一并完成的,但由于有些勘察人员对基坑工程的特点和要求不是很了解,提供的勘察成果不一定能满足基坑支护结构设计的要求。例如,地基勘察往往对持力层、下卧层研究较细致,而忽略了浅部土层的划分和取样试验;侧重于针对地基的承载性能提供土质参数,而忽略了支护设计所需要的参数;只在规定的建筑物轮廓线以内进行勘察工作,而忽略了对周边环境的调查了解等。

针对目前基坑工程勘察的现状,本章主要根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)和《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)等规范的有关要求,对基坑工程的勘察进行介绍。由于我国基坑工程的经验主要来自于土质基坑方面,岩质基坑的经验相对较少,故本章内容只适用于土质基坑。

基坑工程的勘察与其他工程的勘察一样,可分阶段进行,一般分为初步勘察、详细勘察和施工勘察三个阶段。下节将简要介绍基坑工程的初步勘察阶段和详细勘察阶段。

第二节 基坑工程的勘察要求

一、初步勘察阶段

在基坑工程的初步勘察阶段,应根据岩土工程条件收集工程地质和水文地质资料,并进行工程地质调查。必要时进行少量的补充勘察和室内试验,并初步判断开挖时可能发生的问题,提出基坑支护的建议方案。

二、详细勘察阶段

在详细勘察阶段,应针对基坑工程设计的要求进行勘察,宜按下列要求进行勘察工作。

(一) 工程地质勘察

(1) 勘察范围。应根据开挖深度及场地的岩土工程条件确定,并宜在开挖边界外按