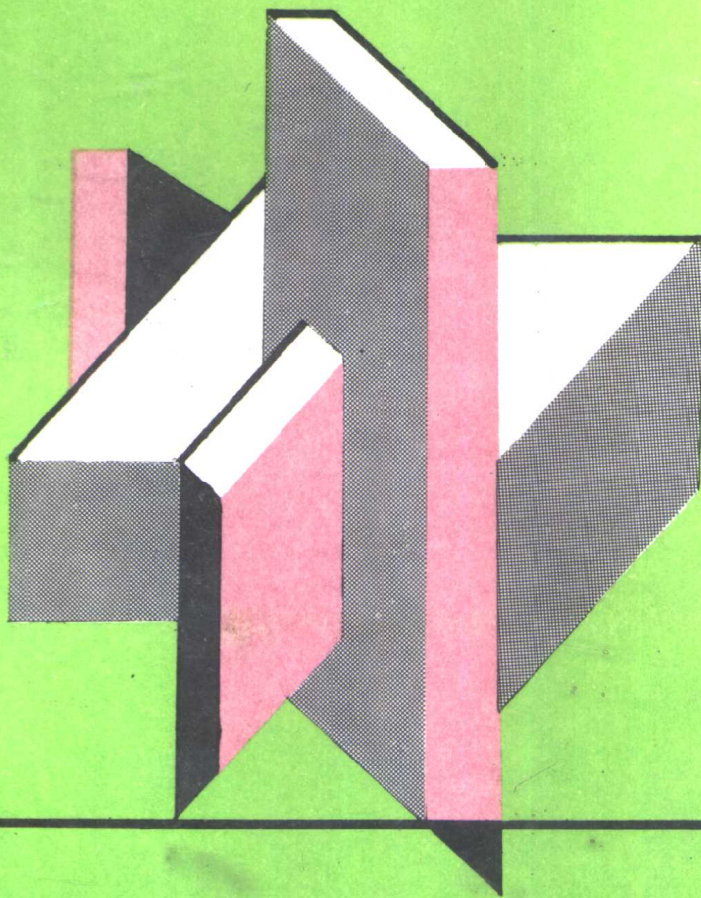


建设系统专业技术人员继续教育丛书

深基坑支护结构与 桩基工程新技术

中国建设教育协会继续教育委员会编

王铁宏 张雁 主编



中国环境科学出版社

TU473.2
W-779

建设系统专业技术人员继续教育丛书

深基坑支护结构与桩基工程新技术

中国建设教育协会继续教育委员会编

王铁宏 张雁 主编

中国环境科学出版社

• 北 京 •

BB137/07

图书在版编目 (CIP) 数据

深基坑支护结构与桩基工程新技术/王铁宏,张雁主编,
北京:中国环境科学出版社,1997

(建设系统专业技术人员继续教育丛书)

ISBN 7-80135-288-2

I. 深… II. ①王… ②张… III. ①深基础-基础施工,
支护②桩基础-基础施工-新技术 IV. TU753.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 08746 号

建筑系统专业技术人员继续教育丛书

深基坑支护结构与桩基工程新技术

中国建设教育协会继续教育委员会编

王铁宏 张雁 主编

*

中国环境科学出版社出版发行

(100062 北京崇文区北岗子街 8 号)

三河市宏达印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1997 年 6 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1997 年 6 月第一次印刷 印张 18 1/2

印数 1-5000 字数 435 千字

ISBN 7-80135-288-2/G·553

定 价:22.00 元

建设系统专业技术人员继续教育丛书

编辑委员会

顾问:毛如柏 建设部副部长

主任委员:许溶烈 建设部科学技术委员会副主任委员
中国土木工程学会理事长

副主任委员:祝自玉 中国建设教育协会副理事长
建设部干部学院党委书记

李竹成 中国建设教育协会副理事长
建设部人事教育劳动司副司长

委员:(以下姓氏笔划为序)

王文元 中国建设技术研究院 研究员

王庆修 中国建设教育协会继续教育委员会副主任委员
中国建筑科学研究院教育处长 高级工程师

丛培经 北京建筑工程学院 教授

阎明礼 中国建筑科学研究院地基所副所长 研究员

李承刚 国家建筑工程技术研究中心常务副主任 研究员

何健安 建设部科技委员会委员 教授级高工

余平 中国建筑技术研究院 研究员

陈惠玲 中国建筑科学研究院结构所 研究员

施炳华 中国建筑科学研究院电子计算中心主任 教授级高工

赵西安 中国建筑科学研究院结构所 研究员

苗润生 中国环境科学出版社副总编辑 副编审

贾凤池 中国建设教育地继续教育委员会委员
中国建筑技术研究院人事处处长

龚伟 中国建设教育协会继续教育委员会主任委员
建设部干部学院 研究员

龚仕杰 中建一局副总工程师 教授级高工

龚洛书 中国建筑科学研究院建筑材料及制品所原所长 研究员

韩慧娟 中国建设教育协会继续教育委员会秘书长
建设部干部学院 副研究员

序

根据建设部《关于“八五”期间加强建设系统专业技术人员继续教育工作的意见》提出的要求,中国建设教育协会继续教育委员会组织国内建设领域知名专家编写了这套《建设系统专业技术人员继续教育丛书》。丛书的读者对象是具有大专以上文化程度、中级以上专业技术职务的专业技术人员,内容以介绍、阐述实用新技术及管理为主。这是我国建设系统专业技术人员继续教育工作的一件大事。尽管过去我们早已开展了不同层次的专业技术人员的继续教育工作,也编辑出版了许多教材并取得了一定的收获,但密切配合本系统专业技术人员继续教育工作的要求和部署,有计划地、系统地组织编写这样一套丛书尚属首次,应当说,此举是任重道远、意义深远的大事,也是一个良好的开端。

本丛书的编辑出版,旨在进一步推进建设系统专业技术人员继续教育工作的开展,但由于我国建设系统的规模庞大,队伍基础不一,尤其是近年来我国经济建设的需求日益增长,建筑科学技术的不断发展,丛书的内容是否合适和完善,还有待教育实践来检验,有待广大读者和教学工作者来评价。我认为有一点是肯定的,那就是建设系统的人员不管是哪一个层次都需要“继续教育”,其教材也自应“继续充实”、“继续更新”。

国家发展的关键在人才,人才培养的基础靠教育。教育兴国、教育图强乃无数中外历史所证明了事实。面临世纪之交的我国现代化教育,更要加强和重视教育的三个环节:正规教育、职业实践和继续教育。应当说,这三个环节(或阶段)都是重要和缺一不可的,但是由于时代的发展,人生经历的时间和对教育观念的更新来说,特别强调一下继续教育的重要性和必要性似不为过。上面我所说的这些话,不仅是为了谈谈个人的认识和感受,更是为了指出丛书的组织者、编写者和出版者所做工作的意图以及我本人对他们的敬意。敬佩之余,特提笔写下本人的感想,以此作为丛书的序言。

许溶烈

1995年5月22日

出版说明

继续教育是不断提高专业技术队伍素质,使之适应经济、科技和社会发展的需要,实现科学技术转化为现实生产力的重要途径。为使建设系统专业技术人员的继续教育尽快纳入科学化、制度化和经常化的轨道,推动继续教育的开展,提高具有工程师以上专业技术职务的技术人员的素质,中国建设教育协会继续教育委员会按建设部(1992)501号文件所列科目,邀请国内建设领域的知名专家,按突出新理论、新技术、新方法,注重实用,篇幅精练的原则,编写一套继续教育丛书。丛书将根据需要,分专业、分批出版。

本丛书的编写和出版,得到建设部、中国建筑科学研究院、中国建筑技术研究院、中国建筑第一工程局、北京建筑工程学院、中国环境科学出版社的大力支持,谨向为本书做出贡献的所有同志致以衷心的感谢。

本丛书以具有中级技术职务的专业技术人员为主要对象,也可供大专院校师生选修参考和作为短期培训班的教材。

中国建设教育协会继续教育委员会

1995年8月

前 言

深基坑支护技术和桩基技术是目前地基基础专业中的热点学科技术,受到岩土工程界人士普遍高度重视,特别是近年,其应用技术的发展引起了人们的极大兴趣。

为了更好地为国家经济建设服务,本着普及和提高兼顾的原则,吸收国内外的最新科研成果,本书在编写内容上突出体现创新、先进、实用,并具有较强的针对性和适当超前性。

全书共分为二篇,十三章。其中,第一篇,深基坑支护新技术,分为八章,包括深基坑支护技术的发展、选型、设计原则、护坡桩设计与施工、锚杆设计与施工、地下连续墙设计与施工、拱圈挡土结构、护坡桩 CAD 辅助设计;第二篇,桩基工程新技术,包括一般规定、设计计算方法、施工新技术、检测新技术、桩基施工的环境效应问题及防治。在深基坑支护技术中突出阐述设计计算原理,以求工程技术人员掌握支护结构设计的原理内核,同时结合一些设计例题,使工程技术人员学习和掌握设计各个步骤和具体设计方法;在桩基工程新技术中,重点阐述了机理、适用范围、计算方法、施工工艺,并辅以参考的工程实例。

本书编写的具体分工如下:

主编:王铁宏 张雁

第一篇:第一、二、三章:王铁宏,第四章:王铁宏、陈耀光、孟秋英,第五章:王铁宏,第六章:谭永坚,第七章:陈新余,第八章:孟秋英;

第二篇:(第九~十三章)张雁,韦忠欣负责部分章节的修编工作。

作者单位:中国建筑科学研究院地基所。

由于作者水平所限,加之编写时间仓促,书中不妥之处乃至错误在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

第一篇 深基坑支护新技术

第一章 深基坑支护技术的发展	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 深基坑支护结构的设计、施工现状	(2)
第三节 支护技术的发展	(3)
第二章 支护结构的选型	(5)
第一节 嵌入式支护结构型式	(5)
第二节 复合支挡型式	(6)
第三节 重力式挡土结构	(6)
第三章 支护结构的设计原则	(8)
第一节 支护结构的极限状态	(8)
第二节 作用效应、几何参数、设计状态及设计施工原则	(12)
第三节 土压力计算的七种理论概述	(14)
第四节 经典土压力理论——极限平衡原理	(16)
第五节 弹性地基梁法	(24)
第六节 近似弹塑性法	(25)
第七节 深基坑支护结构的可靠度设计计算方法	(33)
第四章 护坡桩设计与施工	(40)
第一节 一般规定	(40)
第二节 按经典土压力理论设计计算	(41)
第三节 悬臂护坡桩的弹性地基梁法设计	(50)
第四节 嵌岩护坡桩的设计计算	(53)
第五节 设计实例	(58)
第五章 锚杆设计与施工	(73)
第一节 锚杆的构造与适用范围	(73)
第二节 锚杆的布置与计算	(74)
第三节 锚杆施工	(76)
第四节 锚杆试验	(79)
第五节 设计实例	(81)

第六章 地下连续墙设计与施工	(87)
第一节 一般规定	(87)
第二节 设计要点	(87)
第三节 施工要点	(89)
第七章 拱圈挡土结构设计与施工	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 基本原理	(103)
第三节 设计计算	(104)
第四节 拱圈挡土结构的施工	(110)
第五节 非闭合挡土拱圈及其设计	(111)
第六节 工程实例	(112)
第八章 护坡桩计算机辅助设计 CAD	(126)
第一节 概述	(126)
第二节 设计原理	(126)
第三节 软件功能	(127)
第四节 应用例题	(128)

第二篇 桩基工程新技术

第九章 绪论	(148)
第一节 桩型与成桩技术	(148)
第二节 桩基理论与设计方法	(151)
第三节 桩基检测技术	(153)
第四节 桩基工程环境效应问题及防治	(153)
第十章 桩基设计计算新方法	(154)
第一节 竖向荷载作用下单桩和群桩的承载力与变形	(154)
第二节 横向荷载作用下桩和桩基承载力与变形	(187)
第三节 桩基的结构设计与计算	(196)
第十一章 桩基施工新技术	(207)
第一节 预制钢筋混凝土桩施工技术	(207)
第二节 钢桩施工新技术	(214)
第三节 灌注桩施工新技术	(218)
第十二章 桩基检测新技术	(250)
第一节 成孔检测技术	(250)
第二节 成桩检测技术	(255)

第十三章 桩基施工的环境效应问题及防治.....	(276)
第一节 挤土桩的环境效应问题及防治.....	(276)
第二节 非挤土灌注桩的环境效应问题及防治.....	(280)
参考文献.....	(281)

第一篇 深基坑支护新技术

第一章 深基坑支护技术的发展

第一节 概述

随着我国经济建设的发展,对城市建筑物的高度和荷载都提出了更高的要求,因此对地基承载能力的要求越来越高,基础的埋置越来越深,使深基坑及其支护技术显得越发重要。

基础埋深的增加首先是基于地基承载力与使用功能的要求提出的,其过程为基坑开挖(卸荷)—基础与上部结构施工(加荷)。

高层建筑的基础形式主要有箱基、筏基和桩基,最新研究的箱基、筏基加摩擦群桩,作为沿海地区软弱地基高层建筑基础更为经济、合理。

目前,我国高层建筑基础多为2~3层,埋置深度为-8.00~-12.00m,以期充分利用地下空间。

促进深基坑支护技术的发展除了地基承载力与补偿基础的因素以外,还有以下三个因素:

①功能要求:充分利用地下空间。大中城市地价昂贵,寸土寸金,使投资者对地下空间产生了浓厚的兴趣,利用地下空间建地下车库、地下商场、地下仓库、地下娱乐场所已成为一种设计趋势。

②规范要求:我国从70年代开始进行高层建筑的研究和建设,根据当时的建设要求,一般高层建筑多为15层以内,按基础1/10埋置深度计算,基础为一层半。根据北京、上海等地多项实体工程测试结果,原《高层建筑箱基设计施工规程》(JGJ6-80)建议高层建筑基础埋深为1/10的高层建筑高度。随着近年高层建筑在我国的迅猛发展,实践又再次明显超前理论,1/10的规定应加以改进,否则30层以上的高层建筑深基坑的技术难度和成本费用会成为制约高层建筑发展的因素。因此最新编制的中华人民共和国行业标准《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》(送审稿)拟规定,“高层建筑的基础埋置深度应根据抗倾覆和抗滑移的要求经计算确定。根据经验,地震区天然土质地基上的箱基和筏基,其埋深不宜小于建筑物高度的1/15。当桩与箱基底板或筏板固接时,桩箱或桩筏基础的埋置深度(不计桩长)不宜小于建筑物高度的1/18。”尽管这两个量的提出尚需充分的实测数据和专题的理论研究结果加以证实,但大量的超前工程实践已证明其是合理的、可靠的。

③人防要求:近年来基础的人防功能要求已大为淡化,但作为设计报项,人防仍是一项重要内容,故基础的人防功能不能完全漠视。

第二节 深基坑支护结构设计、施工现状

一、设计水平

关于深基坑支护结构的设计原则,国外许多发达国家早已将其列入规范予以明确,如德国标准(DIN4084 和 4085)和欧洲规范(EUROCODE7),这显然与社会经济发展即建筑设计水平的发展是一致的。我国至今尚未编制一套关于深基坑支护技术的统一规范:现在可以为设计人员参考的规范是《岩土工程勘察规范》GB50021—94,《建筑地基基础设计规范》GBJ7—89,《土层锚杆设计与施工规范》CECS22—90,很不完整,且一直是将深基坑支护结构作为临时性措施来处理,设计水平差异甚大,如同一工程的方案各异,造价可相差几倍。面对近几年我国高层建筑深基坑支护结构工程的迅猛发展,由于没有统一的设计规范和规程,加上设计人员成份复杂(如包括从大学的教授到施工单位技术人员均可从事设计与施工),造成设计与施工水平的巨大差异,问题频频发生。据上海浦东新区截止1994年上半年200个深基坑支护结构项目的统计,其中40个出现程度不同的设计与施工问题,占20%,直接经济损失在几百万、几千万,间接经济损失更为惊人,社会反响十分强烈。有些将周围水、电、气线路损坏,造成断路、断水、断电、断气,使周围地区蒙受巨大损失,影响了正常的生产和生活。北京在这方面也出现过几例影响很大的工程事故,如北京隆福商业楼工程等,全国各地这类事故也都时有发生。

目前,各地如上海、深圳、武汉、天津都在编制地方的深基坑支护技术的统一规范、指南并已陆续执行,建设部正在组织编写全国性的统一规范。可以相信,这些规范的颁布必将对我国的深基坑支护结构的设计与施工产生深远影响。

二、造成设计水平差异的原因

首先固然是人员素质不整齐,如前所述从教学人员到施工人员都可从事这一设计,无资质审核可言,这本身就存在不严肃性。有些人只是简单照搬周围工程的设计仅凭经验稍加更改草草行事,不出问题纯属偶然,是安全度储备使然,而出问题则实属必然。应当使人意识到从事深基坑支护结构设计的人员应当比常规建筑基础设计人员的知识面更宽,好的设计是集土力学、建筑结构、施工工艺、施工管理的精华之大成。

其次是任务来源上存在着严重的竞争不公平性,有些设计与施工任务的承揽不是基于设计安全、价格合理、资质可信、业绩可佳等诸方面,而是这些以外的某种人际的或经济的因素。

第三个原因是定额不尽合理,风险与利润不成正比,利润与资质不成正比,利润与业绩不成正比,这样的设计与施工中的质量控制很少主动,多为被动。

第四个原因是,随着高层建筑深基坑深度的不断增加,计算理论的矛盾越来越突出。现有支护结构的设计原则是基于摩尔—库仑的刚—塑性材料的极限平衡原理提出的,如朗肯理论、库仑理论等。根据该原理,支护结构的土压力计算中是不考虑变形问题的,过去按该理论计算道桥承台、水坝等重力式挡土墙尚可,而城市中深基坑支护结构最为敏感的就是变形问题。目前人们所称的支护结构工程的设计与施工质量问题的,就是变形问题,即

过大的位移造成周围地面、建(构)筑物、道路、地下管线的严重开裂而影响使用功能,极少出现倾覆性破坏的承载力极限状态问题,现在用于计算变形的是采用弹性地基梁方法,计算出的变形要么过大偏保守,造成很大浪费;要么计算失真,变形造成周围建(构)筑物或地下管线破损。

三、现状

我国高层建筑基础类型主要有箱基、筏基和桩基,其中北京的箱基、筏基占 80%以上,埋深多为 $-8.0\sim-12.0\text{m}$;上海采用箱、筏基础加摩擦群桩,约占九成以上,埋深多为 $-7.0\sim-11.0\text{m}$;广东多直接采用桩基,占到九成以上。

高层建筑深基坑支护结构工程中,采用大直径灌注护坡桩的 72%,其中 70%为刚性悬臂桩(指护坡桩的柔性变形仅占整体变形的 1%~3%);22%为护坡桩或地下连续墙、钢板桩墙加锚杆或内支撑。

根据对造价和工期的分析比较,高层建筑地基基础包括深基坑及其支护结构占结构部分的 30%左右。

随着城市地价不断上扬,充分利用地上和地下空间是人们的必然选择。可以预见,大中城市内新建高层建筑工程几乎百分之百要采用深基坑及支护结构,发展前景十分广阔,因此高层建筑深基坑支护结构的设计与施工技术越来越重要。

第三节 支护技术的发展

1951 年在欧洲首先采用大直径灌注护坡桩作为深基坑支护。我国 70 年代以前多采用钢板桩墙,那时基坑深度较浅,施工时噪音大,振动强烈。进入 80 年代我国开始广泛采用大直径灌注护坡桩技术,先是北京、上海、宁波、厦门、深圳、广州等地,90 年代继而在沈阳、济南、郑州、南京、武汉、南宁、海口等全国大中城市都普遍应用这一技术。该工艺对环境无振动、无噪音、无污染。

从深基坑的开挖深度统计,90 年代以前 -10.0m 以内的居多,进入 90 年代 -10.0 至 -15.0m 的深基坑居多。

就设计方案来讲,以北京地区为例,一般的粉土地基, -10.0m 以内可采用悬臂护坡桩方案,对应较硬且无地下水的地基, -10.0 至 -15.0m 亦可采用悬臂护坡桩,对于一般地基, -10.0 至 -15.0m 多采用一道以上锚撑(锚杆或内支撑)护坡桩方案。悬臂护坡桩的嵌固深度根据地基条件不同而相异,北京地区一般为桩长的 $1/3$ 左右,沿海地区一般为 $1/2$ 以上。

近年来,岩土工程界人士对深基坑支护结构的研究和发展倾注了极大热情,使该项技术不断完善以适应工程的需要。就国内外研究动态分析来看,影响较大的学术会议有:

1970 年美国 ASCE 在康乃尔大学召开的“挡土结构设计”学术会议;

1972 年在马德里召开的“第 5 届欧洲土力学会议”和 1976 年在维也纳召开的“第 6 届欧洲土力学会议”;

1989 年在里约热内卢召开的“第 12 届国际土力学、基础工程学术会议”;

1989 年在上海召开的“全国深基坑支护结构学术研讨会”;

1993 年在天津召开的“全国深基坑支护结构学术研讨会”；

1994 年在天津召开的中国建筑学会地基基础学术委员会 1994 年年会,专题研讨深基坑支护技术。

以上学术会议及发表的论文对促进深基坑支护技术的发展起到了积极作用,引起了岩土工程界的广泛关注。

第二章 支护结构的选型

第一节 各种嵌入式支护结构型式

一、排桩式支护结构

采用钻孔灌注桩、人工挖孔桩、预制桩、钢板桩作为挡土的结构型式称为排桩式支护结构。

排桩式支护结构可分为悬臂式、内支撑式、锚拉式，还可以分为单排、双排、锚拉桩型式。

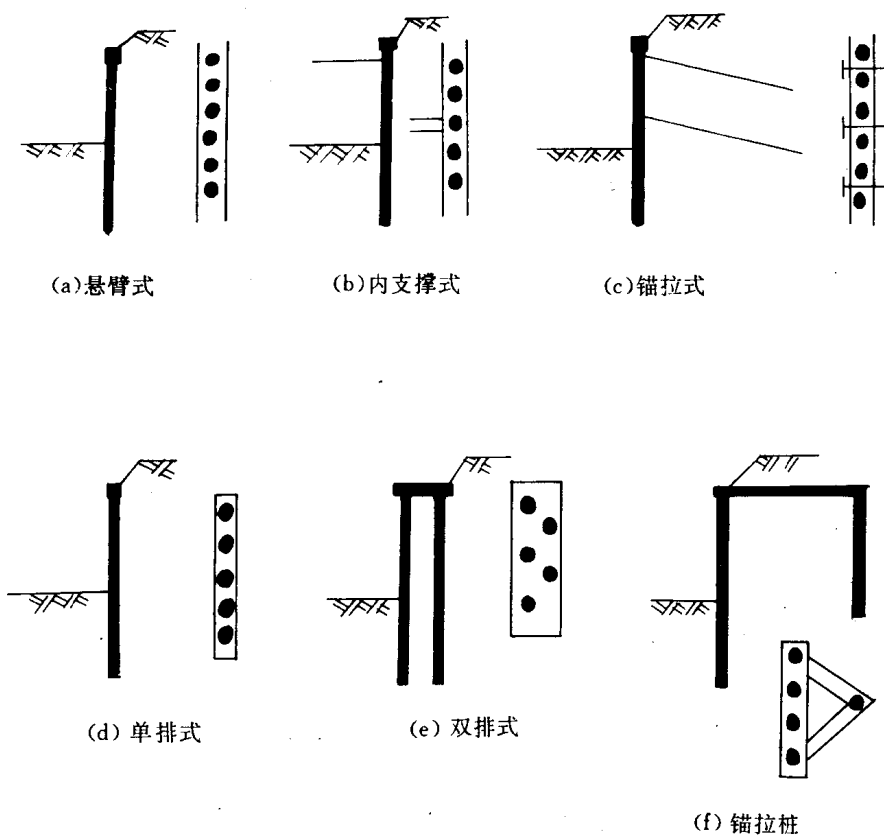


图 2-1

二、地下连续墙支护结构

地下连续墙支护结构与钻孔灌注桩支护结构型式基本相同，其特殊功能还在于可以

既挡土又挡水,同时可以兼作主体结构一部分。从软土地基到坚硬地基均可采用。

地下连续墙的施工设备造价高,施工要求极为严格,墙板之间的接缝技术是地下连续墙封水防渗的关键。

地下连续墙有以下六个特点:

(1)结构刚度大,可以有效地防止由于基坑开挖过程中可能造成周边建(构)筑物的倾斜、沉降;

(2)适用于各种地质条件,从一般粘土、粉土、砂土到坚硬的砂卵石层、风化岩等均可采用地下连续墙;

(3)可兼作主体结构地下室外墙,节省主体结构造价;

(4)可用作承重基础,替代边墙桩基,还可用作防渗结构和隔振结构;

(5)地下连续墙最深可达 120m,一般可在 50~60m,是其它方法难以实现的;

(6)噪音低、震动小,非常适用于大中城市中的深基坑工程。

第二节 各种复合支挡型式

复合支挡结构包括通过钢筋、织物或灌浆形成的加筋土结构,如土钉墙、螺旋锚等。有

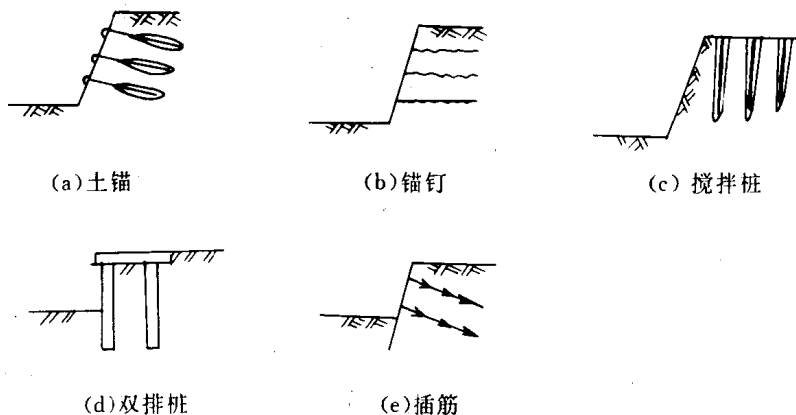


图 2-2 复合式支挡型式

人主张将双排刚性桩墙围堰也归类为复合支挡型式。

第三节 重力式挡土结构

由块石、混凝土或钢筋混凝土砌筑成的重力式挡墙。墙基可以做成带有突出墙踵、墙趾或扶壁。墙身自重支挡中起重要作用,可包括稳定土体或块石部分的重量。这种类型的墙体包括厚度不变或厚度改变的混凝土重力式挡墙、扩展基础式钢筋混凝土挡墙、扶壁式挡墙等,部分学者根据受力特性倾向于将深层搅拌桩挡土结构归类为重力式挡土结构。

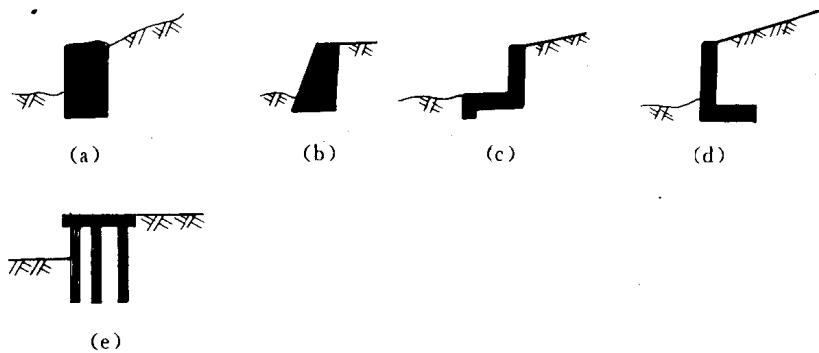


图 2-3 重力式挡墙的基本型式