

青岛市 深基坑工程实践

王殿斌 吕三和 主编

中国建筑工业出版社

Tu473.2
J921

阅 览

青岛市深基坑工程实践

王殿斌 吕三和 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

青岛市深基坑工程实践 / 王殿斌, 吕三和主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011. 4
ISBN 978-7-112-13026-9

I. ①青… II. ①王… ②吕… III. ①深基坑-工程施工-
青岛市 IV. ①TU473. 2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第043442号

本书包括9章, 40个设计施工实例, 多为近年来在青岛实施的有代表性的工程, 具有深、大、难、新的特点。大部分设计实例经过了专家评审, 并进行了变形监测, 有相当部分是具有鲜明特色的, 如无嵌固桩锚支护体系、微型桩与锚杆体系、块石填海区的开挖施工、土岩组合基坑、大挖大填边坡等。部分基坑的设计在理论和实践上富于创新性、探索性, 部分实例的设计理念在青岛市、山东半岛及其他地质结构类似地区产生了较大影响。

本书可供从事岩土工程设计、施工、管理的技术人员和管理人员参考。

责任编辑: 杨 允 王 梅 咸大庆

责任设计: 张 虹

责任校对: 陈晶晶 姜小莲

青岛市深基坑工程实践

王殿斌 吕三和 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联(北京)科贸有限公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 19 $\frac{3}{4}$ 字数: 506千字

2011年6月第一版 2011年6月第一次印刷

定价: 60.00元

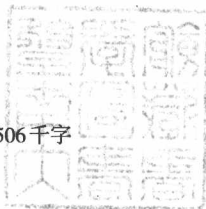
ISBN 978-7-112-13026-9

(20453)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



《青岛市深基坑工程实践》编委会

主任：汤吉庆 王亚军
副主任：刘玉勇 韦昌华 郑生春 吕三和
顾问：贾信远 于志军

主编：王殿斌 吕三和
副主编：张明义 张敬志 刘红军 王宇 孙涛 闫君
 闫强刚 李鹏(硕) 张昌太
编委：谭长伟 刘胜梅 赵民 张勇 于波 吴邵芳
 郝胜利 李鹏 朱祥山 魏一祥 贾世祥 刘炎春
 张启军 冯建伟 黄保战

主编单位：青岛市城乡建设委员会
 青岛市勘察测绘研究院

序

近年来,我国经济社会水平快速发展,城市化和地下空间开发利用也有了长足的进步,青岛市作为沿海开放城市,在建设工程领域也取得了长足的发展,随着海底隧道、地下空间开发、铁路枢纽和青岛地铁综合交通的建设,以及高层建筑等大型工程项目先后开工,青岛地区的大型基坑工程设计和施工水平也得到了很大的提高。青岛地下具有独特的花岗岩地质条件,总体来看,地基围护结构及基坑边坡的设计与施工还是容易稳定的,并有许多成功的工程实例,但缺乏对已建工程成功经验与教训的系统总结,加之部分从业人员对本地区基坑工程特点掌握不住,深大基坑工程事故时有发生,给国家和人民生命财产造成损失的同时,也制约了该行业的技术进步。另外,由于规划设计不合理造成工程投资浪费的现象也不同程度地出现,需要引起重视。

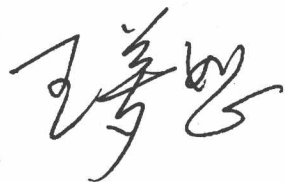
青岛市有关单位组织技术人员,结合青岛多项工程实例进行理论分析和总结并编写这本专著,具有很大的必要性和实用价值,具有鲜明的地域特点,可以说填补了类似地区深基坑工程成果方面的空白,具有较高的科学价值和借鉴意义,对青岛地铁、地下空间利用与资源开发起到了很大的借鉴作用。

通览本书,该专著具有以下特点:

1. 作者紧扣时代脉搏,围绕青岛地区实际,客观总结研究分析了四十多个工程实例,并按围护结构和支护类型进行了分类,突出了应用范围和建设要点,便于阅读和借鉴。
2. 本书作者写作不同于以往的总结论述,而是对各类支护类型在青岛地区的应用进行了很有深度和针对性的点评与经验教训的总结,并在每章的首节以综述的形式给读者以十分清晰的指导。
3. 作者注重成功经验的总结,创造性地研究分析了青岛地区有鲜明特色的基坑支护模式,如倾斜帷幕复合土钉墙、无嵌固桩锚支护体系、微型桩与锚杆(索)体系、块石填海区的开挖施工等,在设计理论和实践上富于创新性、探索性、推广应用性,对该领域的发展具有推广作用。

本书收集的大部分工程实例设计施工资料齐全,变位监测资料可靠,图文并茂,是一本很好的有价值的参考书。

我相信这本书的出版,必将会对青岛地区地下铁道与城市铁路的交通建设以及与青岛有着类似岩土工程条件的深基坑工程产生深远的影响,也相信读者能从中获取知识、得到启示。



前言

为了更好地交流青岛地区基坑工程设计和施工领域的经验,提高广大设计和施工人员的技术水平,青岛市城乡建设委员会和青岛市勘察测绘研究院牵头,组织了四十多名青岛市岩土工程界具有丰富经验的一线技术人员,历时一年多的时间,编写完成本书。

本书包括9章,40个设计施工实例,多为近年来在青岛实施的有代表性的工程,具有深、大、难、新的特点。大部分设计实例经过了专家评审,并进行了变形监测,有相当部分是具有鲜明特色的,如无嵌固桩锚支护体系、微型桩与锚杆体系、块石填海区的开挖施工、土岩组合基坑、大挖大填边坡等,部分基坑的设计在理论和实践上富于创新性、探索性,部分实例的设计理念在本市及山东半岛及其他地质结构类似地区产生了较大影响。本书编著立足工程实践,突出经验总结,希望通过本书的推出,能对青岛市及国内岩土工程条件类似地区的基坑工程设计、施工、管理方面提供有益的启发和借鉴。

每个编写实例均包括了工程地质和环境条件介绍、设计思路、典型断面设计、施工过程主要问题与解决方案、监测数据及项目实施后的体会总结等,均由实施该项目的一线人员编写。同时,各章均由主编人员编写了综述,对各类支护类型在青岛地区的应用进行了深入和有针对性的总结和点评,给读者以十分清晰的指导。本书内容翔实,图文并茂,是青岛地区广大一线岩土工程师集体智慧的结晶,是一本不可多得的宝贵资料。

本书在编写过程中得到了市建委领导、市勘察设计协会及协会组织的专家委员会的大力支持,大部分实例由青岛市勘察测绘研究院、青岛地矿岩土工程有限公司、青岛海洋地质工程勘察院、青岛业高建设工程有限公司、青岛海岩基础工程有限公司组织人员编写完成或提供资料。青岛市城乡建设委员会原总工程师于志军博士、青岛市勘察测绘研究院前总工程师贾信远高工对本书的编纂提供了宝贵的指点。青岛市勘察设计协会的赵星工程师、青岛市勘察测绘研究院的吴刚、安庆军工程师参与了编委会的编辑、校稿工作。对以上参编单位和个人对本书出版的贡献一并表示感谢。

因本书编者水平有限,错漏和不足在所难免,恳请读者批评指正。

《青岛市深基坑工程实践》编委会

2010年8月

目 录

第1章 概述	1
1.1 青岛市深基坑工程管理与发展概况	1
1.1.1 青岛市深基坑工程的发展	1
1.1.2 青岛市深基坑工程现状	2
1.2 青岛市深基坑工程地质条件概述	4
1.2.1 地形地貌	4
1.2.2 第四系基本特征	4
1.2.3 地下水	5
1.2.4 深基坑岩土工程性状的基本特征	5
1.3 青岛市常用深基坑工程及边坡工程支护形式	7
第2章 土钉墙	11
2.1 综述	11
2.1.1 概述	11
2.1.2 土钉墙的发展概况	11
2.1.3 土钉墙的应用范围	11
2.1.4 土钉墙的设计施工要点	12
2.1.5 土钉墙在青岛地区的应用	13
2.2 普通土钉墙支护形式应用	14
2.2.1 贵合新园基坑工程	14
2.2.2 亚星美瓴住宅小区基坑工程	21
2.3 复合土钉墙支护形式应用	26
2.3.1 青岛大剧院基坑工程	26
2.3.2 青岛国华大厦基坑工程	31
2.3.3 东海路9号基坑工程	38
2.3.4 橡胶装备技术研发中心基坑工程	43
2.3.5 环宇康庭基坑工程	51
2.3.6 青岛富赛灯具市场基坑工程	56
2.3.7 宝达大厦一期基坑工程	64
2.3.8 颐中科技广场二期基坑工程	69
2.3.9 青岛石油大厦基坑工程	79
2.3.10 城阳区政府办公楼基坑工程	87

第3章 排桩支护	94
3.1 综述	94
3.1.1 概述	94
3.1.2 设计施工及监测的一般要求	94
3.1.3 青岛地区工程应用总结	96
3.2 普通桩锚支护形式应用	97
3.2.1 青岛流亭机场国际航站楼及楼前区地下停车场基坑工程	97
3.2.2 远洋大厦一期基坑工程	104
3.2.3 海悦广场基坑工程	111
3.2.4 公交浮山所站场及综合楼基坑工程	118
3.3 土岩组合桩锚支护形式	127
3.3.1 三星数码大厦基坑工程	127
3.3.2 千禧龙换热小室及水泵小室基坑工程	133
3.3.3 火车站站房基坑工程	138
3.4 其他类型的桩锚支护	148
3.4.1 青岛奥运31号东西地块基坑工程	148
3.4.2 青岛福林大厦B座基坑工程	159
3.4.3 青岛民航综合楼基坑工程	165
第4章 岩体锚杆	176
4.1 综述	176
4.1.1 概述	176
4.1.2 设计施工及监测的一般要求	178
4.1.3 青岛地区岩石锚杆支护应用总结	180
4.2 普通岩石锚杆	181
4.2.1 青岛维多利亚广场基坑工程	181
4.2.2 颐惠园基坑工程	186
4.2.3 北海花园(西区)基坑工程	194
4.2.4 冶金部青岛学术中心基坑工程	200
4.3 微型桩+岩石锚杆	208
4.3.1 海都大酒店基坑工程	208
4.3.2 亚麦大厦基坑工程	218
4.3.3 天凤工业厂房改扩建基坑工程	227
第5章 加筋水泥土墙	233
5.1 综述	233
5.1.1 概述	233
5.1.2 设计要点	234
5.1.3 施工要点	235
5.1.4 青岛地区工程总结	235

5.2 加筋水泥土支护形式的应用	236
5.2.1 青岛汇泉湾地区城市公共空间改造基坑工程	236
5.2.2 青岛科技大厦基坑工程	241
5.2.3 弄海园二期休闲娱乐中心基坑工程	246
5.2.4 麟瑞商务广场基坑工程	250
第6章 块石填海区高压旋喷桩止水体系	254
6.1 综述	254
6.1.1 概述	254
6.1.2 旋喷帷幕设计要点	255
6.1.3 高压旋喷施工基本要求	255
6.1.4 青岛地区的应用情况及注意的问题	256
6.2 应用实例	257
6.2.1 海逸景园1号楼基坑工程	257
6.2.2 青岛国际帆船中心基坑工程	264
第7章 边坡挡墙支护	272
7.1 综述	272
7.1.1 概述	272
7.1.2 边坡支护设计施工的一般要求与地区应用总结	273
7.1.3 挡墙工程设计施工的一般要求与地区应用总结	275
7.2 应用实例	276
7.2.1 S212公路石老人观光园段路基滑坡治理工程	276
7.2.2 青岛高雄路综合楼基坑工程	283
7.2.3 青岛日本人学校挡土墙设计	289
第8章 基坑降水工程设计	295
8.1 综述	295
8.1.1 概述	295
8.1.2 降水工程设计基本要求及地区应用总结	295
8.2 实例：鲁岳梦境江南基坑支护降水工程	297
第9章 青岛市常见深基坑工程事故与原因分析	303
9.1 深基坑工程事故的认识以及原因归属	303
9.1.1 基本认识	303
9.1.2 工程事故原因的归属	303
9.1.3 工程事故原因分析	304
9.2 深基坑工程管理与事故预防	306

第1章 概 述

1.1 青岛市深基坑工程管理与发展概况

1.1.1 青岛市深基坑工程的发展

青岛市位于山东半岛东南缘，地理位置优越，地理坐标：东经 $119^{\circ}30'$ ～ $121^{\circ}00'$ ，北纬 $35^{\circ}35'$ ～ $37^{\circ}09'$ ，总面积 10654km^2 ；东北部与烟台市相邻，西部与潍坊市、西南部与日照市接壤，东南部濒临黄海、环抱胶州湾。辖市南、市北、四方、李沧、崂山、黄岛、城阳七个区，面积 1159km^2 ，和胶南、胶州、平度、即墨、莱西五个县级市。

20世纪70年代以前，青岛市深基坑工程极少，从20世纪70年代末期，我国实行改革开放之后，深基坑工程得到长足发展。改革开放30年来，作为中国东部沿海对外开放城市、滨海旅游城市、经济中心城市，青岛市确立了建设全国重点中心城市和世界知名特色城市的宏伟目标，发生了翻天覆地的变化。自20世纪80年代始至今，大规模地掀起了改造旧城区、建设新城区并充分开发与利用地下空间的高潮。在遵循科学规划、合理建设的原则下，一片片居住小区、一幢幢高耸入云的高楼大厦，像雨后春笋般地拔地而起。据粗略估计，近30年来，我市为新建工程而开挖的深基坑约两千个，近几年每年开工的建筑深基坑约数百个，开挖最深者达27m。建筑地下室多为1～3层，少数4～5层，估计开挖土石方量 10000万m^3 以上。

深基坑工程，通常指建筑深基坑，为了建（构）筑物地下室或基础施工而开挖深度大于5m的基坑或基槽。它仅是开发与利用地下空间的一种形式、一种用途。从广义概念上讲，其表现形式多种多样，用途极其广泛，涉及工业、民用、商业、交通以及军工等地下工程。青岛市在开发与利用地下空间方面有：地下厂房、供热站、通信设施、地下排污管道、地下车库、冷库、地下商场、商业街、停车场、地下宾馆、娱乐城、地铁车站、隧道、地下人防、军工等工程。粗略估计开发与利用地下空间达 400万m^3 。从而也充分体现了走开发与利用地下空间之路，是维持城市经济建设可持续发展的一项重大举措。

青岛市在深基坑工程实践过程中，虽然为地下工程施工提供了安全、放心的环境条件。但是，基坑工程的艰巨性、复杂性、不确定性、高风险性以及易对邻近环境影响的严峻性等一系列的理论与实际问题，也日益突出地摆在广大岩土工程技术人员、工程管理人员的面前。经过30年深基坑工程的探索与实践，青岛市培养造就了一大批经验丰富的岩土工程专业技术人才，包括设计人员、科研人员、监理、监测人员和工程管理人员以及一批技术力量很强的施工队伍，这是宝贵的“人力资源”。与此同时，也取得了比较丰硕的工作成果和科研成果，萌发了一些新理念，实践了一批新技术、新方法和新工艺，总结了许多能够反映当今时代特色的、具有实践价值的经验，这又是极其难得的“物质资源”。

正是由于“两大资源”的融合,才使青岛市在深基坑工程发展的道路上从无到有、从少到多、从小到大、逐渐趋向成熟,并走在了全国的前列。

1.1.2 青岛市深基坑工程现状

深基坑工程现状是一个涉及许多方面的问题,现仅选择管理、设计、资源、新技术新工艺、支护形式以及存在的主要问题等六个方面的现状特征予以分析。

1. 深基坑工程管理

青岛是在全国较早实施深基坑工程管理的为数不多、成效显著的城市之一,深基坑工程管理是青岛市深基坑现状的重要特征。

(1) 管理职能

青岛市根据国家和省、市有关法律、法规,结合本地的实际情况,于2005年调整制定了《青岛市深基坑工程管理规定》。青岛市建委十分重视深基坑工程安全问题,建管局安监站和质监站对基坑质量和安全进行了全过程严格把关,并要求超过5m的深基坑、建筑边坡支护设计文件必须由青岛市勘察设计协会及五市三区施工图审查机构进行评审通过后方可实施,管理部门之间建立了联动管理机制,形成一整套比较完善和成熟的管理模式。通过近年来的实践证明,对确保深基坑工程的安全、确保近围环境的稳定,起到了极其重要的作用。

(2) 资质管理

《规定》要求,深基坑工程支护设计文件必须由具备岩土工程勘察资质的单位承担。根据深基坑工程不同的安全等级,分别应由相应资质的单位设计。由于严格把住超资质设计或者无证设计这一关,从而有力地制止了以往无资质设计或者由施工企业技术人员从事深基坑工程支护设计的混乱局面。

(3) 设计方案的评审制度

《规定》制定了深基坑工程支护设计评审制度,要求深基坑工程支护设计文件必须进行施工图评审。由青岛市勘察设计协会从专家库中选出专家组成评审委员会,遵照评审程序和评审要求的规定,在踏勘施工现场后进行评审并形成评审意见。设计单位应根据评审意见进行修改完善,并提出修改意见的答复函,一并报协会由评审委员会主任委员审核。建设单位在取得加盖评审专用章的设计图纸后,方可进行施工手续的办理。

国内外大量的工程实例说明,许多安全问题或者工程事故,往往是在设计阶段就埋下了隐患。因此,认真抓好前期工作成果质量极其重要。通过实行设计方案评审制度,从岩土工程、结构设计、施工、监测、监理等方面,超前把好质量关,起到了重要的保障作用,效果显著。从2006年始至今,经过对本市600余项深基坑工程实例的调查说明,基坑发生非预期事故的概率仅约2%,与往年相比较有显著的减少,与1980~1998年全国深基坑发生事故的概率一般在20%,有的城市甚至达到了30%相比较,更是低了很多。由此看出,实施深基坑支护设计方案评审制度,是确保深基坑工程成败的关键。

(4) 回访制度

从科学发展观和认识论的观点来看,深基坑工程支护设计方案具有双重性,一是指导施工,二是接受实践的检验。根据施工现场实际情况的需要,由青岛市勘察设计协会及时组织专家组赴现场进行回访。其目的,一是了解设计方案的实施情况,发现不当之

处,提出修改意见;二是查看出现的新情况、新问题,分析发生问题的原因,提出应急措施。实施回访制度,对于进一步完善设计、遏制安全隐患的发生、确保基坑边坡的安全和邻近环境的稳定,具有重要的现实意义。

2. 设计文件的编制走向规范化和标准化

任何一项深基坑工程,根据所处不同工程地质与水文地质条件、环境条件以及施工技术要求等,往往可以提出多种支护设计方案。有的方案过于安全,有的过于经济、安全度太低,有的甚至不合理或不宜操作。目前,对于提出的多种支护设计方案,在综合考虑各种因素的条件下,本着“安全、经济、合理、可行”的原则,并考虑因地制宜、保护环境、节约资源的要求,实行比选—优化—细化的设计程序,进行选择、修改、补充、完善,最终提交一份比较接近实际的设计文件。

设计文件的编制也形成了一整套比较成熟的、符合实际的、易于执行的标准化模式,克服了以往设计文件内容不全、格式不一等现象,做到了依据可靠、内容翔实、图文并茂、格式统一,既符合资料管理的有关规定,也有利于成果的交流和使用。

3. 人力资源日渐丰富

人力资源日渐丰富,也是青岛市深基坑工程现状特征的重要标志之一。深基坑工程的成功,除了对技术要求吃得透、对场区及其近围以往的情况摸得透、设计方案做得透之外,人力资源的匹配尤为重要。

目前,青岛市具有专业门类齐全、理论基础扎实、经验比较丰富、长期从事生产、科研与教学相结合的、技术力量比较雄厚的岩土工程勘察、设计与施工队伍。其中由博士、硕士、教授、研究员、国家注册土木工程师(岩土)等高层次专业技术人才所组成的骨干力量,约占专业技术人员总数的25%~35%;还有一大批年轻上进、具有开拓创新精神、善于总结经验的主力军和新兴力量。他们在深基坑工程支护形式、新方法、新工艺的研究方面,发表了许多有实践价值的论文,取得不少的工作成果、科技成果,有的已获得国家专利。

4. 人才培养、新技术、新工艺的推广与应用

深基坑工程具有半理论、半经验的特点。由于人们对其许多不确定性因素的认识具有滞后性,因此使深基坑工程显得更加复杂化。人们总是要不断地总结成功的经验,当然失败的教训也更加重要。人才培养就是一种知识更新、相互促进、经验交流、共同受益的好形式。从事深基坑工程设计与施工的单位根据具体情况,采取多种方式加强人才培养工作,例如邀请勘察大师、大学教授、高级专业技术人才进行讲座;参加省内外相关学习班、培训班;内部选择具体的工程实例作为教材,交流认识、看法、收获、经验与教训;组织技术人员赴施工现场观摩、讲解新技术、新工艺的实施情况等。这种把复杂问题简单化的既生动、又联系实际的人才培养和新技术、新工艺推广应用活动,起到了积极的作用,有效地提高了技术人员、管理人员的理论水平,丰富了工程实践的经验,在加强技术队伍的建设方面,收到了“一树百花”的效果。

5. 深基坑工程支护形式与地域性特点的适宜性

深基坑支护形式,除了受到邻近环境条件的制约外,还与工程地质条件的地域性特点具有很强的对应性。

青岛市工程地质条件的地域性特点,表现在不同的地域,其地形、地貌成因形态类型、第四系发育程度、基岩裸露状况、地下水类型和富水性等均不相同,而与其相适宜

的深基坑工程支护形式也有区别,显示了地域性的特点,具体内容详见以下各有关章节的介绍。

6. 存在的主要问题

深基坑工程是一门古老的而又年轻的、同时具有当今时代特色的、复杂多变的、易受多种不确定性因素影响的、综合性的系统工程。就某一深基坑工程而言,是由勘察、设计、施工、监测、监理等多项工作所组成。它们是一个相互联系、密切配合、不可分割的有机整体,其中任何一项工作,一旦认识不清、想不到、做不到,就会出现甚至埋下了事故隐患。

目前,深基坑工程中存在的主要问题,集中反映在对深基坑工程的特殊性、重要性的认识有待进一步加深;现场施工组织管理上存在一定薄弱环节;设计依据不充分、不可靠甚至不正确;设计经验不足或不恰当的推广等,这些问题也是在提醒人们,吸取教训、变不利为有利,要不断地总结,从中找出规律性的东西来,以增长才干、使深基坑工程又好又快的为经济建设服务。

1.2 青岛市深基坑工程地质条件概述

1.2.1 地形地貌

青岛地区地形特征呈现南北为山、中部平川的地形态势。地貌基本成因形态类型有:

1. 构造、剥蚀、侵蚀中低山丘陵区

位于青岛市的北部和东南部,俗称胶北隆起和胶南凸起构造单元。该区基岩裸露一半裸露,岩石地层由中太古代—古元古代变质岩系、中太古代—新元古代变质基性岩—酸性岩,以及中生代花岗岩类所组成。该区域内深基坑工程比较少。

2. 剥蚀堆积准平原

位于青岛市的中部、平度市以南、莱西市以西、胶州至即墨一带,俗称胶莱中新世代盆地构造单元,以及市内七区部分地段。该地区广泛被第四系覆盖,以上更新世晚期“老黏土”为主,其次发育全新世河流相沉积层,具有二元结构特征。基底岩石由中生代火山岩系及正常沉积碎屑岩系组成。该区域是深基坑工程主要分布区。

3. 海蚀堆积滨海平原

位于环胶州湾周边以及青岛—胶南沿海一带,在“老黏土”之上发育着全新世海相沉积层。岩石地层以中生代燕山晚期花岗岩类岩石为主,其次为中生代火山岩系。该区近几年来深基坑工程有明显增多的趋势。

1.2.2 第四系基本特征

青岛市第四系基本特征:岩相变化快、成因类型多、岩性较复杂、厚度变化大、结构多元化、松散易风化。其物理力学性质比较复杂,给深基坑工程支护设计带来了一定的难度。

根据标准层划分的原则,将第四系由新至老共划分出14个层序(第①~第⑭层)。其分布与地貌成因形态类型关系密切。另外,将基岩按其风化程度又划分出4个层序(第⑮~第⑱层),具体划分详见下节。

1.2.3 地下水

青岛市地下水的分布主要受地质构造、地形地貌、岩石地层、岩性特征等地质条件的控制,还受气候、降雨量等自然因素的影响。地下水主要由大气降水补给,地下水的年际变化明显小于或滞后于大气降水和地表水;其次还有河流补给和灌溉回归补给。

根据地下水的赋存条件、水压等因素,可划分为以下三种类型:

1. 第四系松散岩类孔隙水

主要赋存在山前冲洪积准平原、河谷的谷底中的第⑤层(标准地层层序号,下同)及其两侧的侵蚀堆积一级阶地中的第⑦层和第⑨层,以及滨海浅滩、海蚀堆积一级阶地中的第②层和第④层,均属于砂、砾石层中的潜水或承压水,其次为分布在填土层中的上层滞水。水位埋深1~5m,富水性贫至中等,单井出水量一般每日几十立方米至几百立方米;在河流的中下游、古河道的凸岸且又比较宽阔的地带,可形成富水性中等至偏富、单井出水量每日几百立方米至千余立方米的地下水供水源地。

该类型地下水往往具有较大范围或区域性分布、水路长、流域广的特点,对基坑工程的安全会带来严重的危害。有的基坑边坡出现失稳等不良工程地质作用,往往与地下水活动关系密切,或者说就是由于受到地下水直接的潜蚀、侵蚀、水压增大等因素的影响而引起的。因此,在基坑支护设计与施工过程中,宜预先采取降水、止水等措施,以确保基坑边坡的稳定和近围环境的安全。

2. 基岩裂隙水

包括赋存在变质岩、岩浆岩、碎屑岩含水岩组中的风化裂隙水、成岩裂隙水和构造裂隙水。在基坑工程中常遇到的是浅部由外营力地质作用所形成的风化裂隙水,其发育深度一般小于几十米,水位埋深几米至十几米,具有大气降水补给、浅部循环、短途排泄、含水岩段不稳定且变化大和弱承压性等特点,富水性贫一极贫,一般单井出水量每日几立方米至几十立方米,个别地段在裂隙发育、补给充足,又有比较稳定的充填型隔水构造的情况下,可形成富水性中等的含水体系,单井出水量达200~300m³/d。从总体来看,风化裂隙水很难形成具有一定规模的供水水源地。基岩风化裂隙水对基坑工程的影响不是很大,一般采取集水明排措施可以满足施工要求。

3. 碳酸盐岩类裂隙溶洞水

主要分布在平度市、莱西市古元古代碳酸盐岩地层中的溶蚀裂隙脉状水。因受岩性、构造的严格控制,富水的不均匀性为其重要特点。在平度市大理岩中的溶蚀裂隙脉状水发育的地段,地下水埋深达数十米,单井出水量100~300m³/d,因水位埋深较深,对基坑工程施工无影响。

1.2.4 深基坑岩土工程性状的基本特征

青岛市深基坑工程主要集中在市内七区和五个县级市的政府驻地,所揭露的第四系和基岩中常见的几个标准地层的工程地质性状的基本特征如下:

第①层 人工填土层,厚度1~10m,广泛分布,包括素填土、杂填土、吹填土、压实填土、夯实填土等。除后两者外,其他具有松散、不均匀性、压密性、湿陷性、不稳定性和低强度、易变形、富含上层滞水的特点。当含水量增加时,其力学性质降低很

多。锚杆支护易产生预应力损失,而导致边坡变形过大,甚至失稳,是深基坑工程支护与监控的重点层位之一,宜采取放坡开挖、灌浆加固、降排水、锚杆二次高压注浆等措施。

第②层 海相沉积中细砂、粗砾砂层,厚2~5m,位于海蚀堆积一级阶地或者滨海平原回填区。灰白色、灰黄色、土质松散至稍密、水平层理发育、富含地下水,在饱和状态下不稳定,易产生流砂、沉陷,导致边坡失稳,需采取止水或降水措施。

第④层 海相沉积砂混淤泥、淤泥质土混砂,厚1~4m。灰黑色、松散、饱和,自稳能力差,易引起上覆土层过大沉降和滑塌现象。宜采取加固或止水措施。

第⑥层 海相沉积含有机质粉土、淤泥、淤泥质土,厚2~8m,灰黑色、黑色、饱和,软塑至流塑,以流塑为主,自稳能力极差,具触变性及高灵敏度,在外力作用下,易出现沉陷、流泥、滑坡等不良工程地质作用。目前,对于位于滨海平原和胶州湾周边回填区的深基坑工程,该层往往是诱发边坡失稳和严重危及周边环境安全的主要“祸首”,基坑事故时有发生。因此,该层是基坑支护设计和监控的重点层序之一,宜采取深层搅拌桩墙支挡、放坡开挖、坡体超前加固、坡面维护等措施。

第⑦层 粉土、粉质黏土夹粉细砂薄层或透镜体,厚1~8m,位于侵蚀堆积一级阶地上部,古河漫滩相沉积。土黄色、米黄色,干时较硬,自稳能力较好;湿时较软、自稳能力差,含层间孔隙水或承压水,单井抽水效果不佳,开挖基坑时极易发生“层间潜蚀”而造成边坡脱空、坍塌等现象,是往往易被忽视的潜在的安全隐患,宜采取止水、轻型井点降水等措施。

第⑨层 中细砂、粗砾砂、卵石层,有时夹黏性土薄层,整合于第⑦层之下,属古河床相沉积层,厚度2~10m,土黄色、灰白色,稍密至中密,局部密实,饱和,粒度成分上部细、下部粗,底部常见卵石层,厚1~2m,富水性中等至富,具有承压性。该层在地下水位之上时自稳能力较好,在地下水位之下时自稳能力较差,当进行锚杆支护施工时,往往从孔口处有大量涌砂现象发生,使孔内形成“空洞”,由此,易诱发地面开裂和边坡滑塌事故。若采取深层搅拌桩止水帷幕,因底部存在卵石层而无法施工;若采取高压定向喷射注浆止水帷幕,其效果也不太理想;一般采取高压旋喷桩止水帷幕或单井降水措施为宜。

第⑪层 黏土、粉质黏土夹砂(碎石)土薄层或透镜体,俗称“老黏土”,属超固结土,厚1~12m,位于剥蚀堆积缓坡、洪冲积准平原的下部、古胶州湾内。褐黄色、棕褐色、稍湿,可塑-硬塑,有时含钙质结核,一般不含地下水。该层自稳能力较好,但是在干燥情况下易发生竖向张裂隙,当有降水入渗时,因“水力劈裂”作用,易发生坑壁剥落、坍塌,后果比较严重;当钙质结核富集成层分布时,则含地下水,易发生“层间潜蚀”,对边坡的稳定带来不利影响,应引起设计人员的重视。

第⑫层 砂土、碎石土混黏性土,厚1~6m,整合于第⑪层之下,常位于基岩面之上、岩面低洼部位。灰白色、灰黄色,中密至密实,黏性土胶结,自稳能力较好,富水性极贫。

深基坑工程常见基岩大都是以强风化带至中等风化带为主,其次为微风化带和未风化带。总体上以自稳能力较好,基岩裂隙水的富水性以极贫为特征。但是,当处在填充型构造(脉岩发育带)、节理发育带和构造“反接复合”的地段,地下水比较富集,又因受到基岩面起伏的影响而具有弱承压性,也容易产生局部基坑滑塌,有时可诱发上部土

层开裂、塌落等不良工程地质作用，后果比较严重。一般情况下，可采取有限放坡、复合土钉墙支护、坡面留泄水孔、坑内明排水等措施。

青岛市每年有长达近四个月的雨季以及多次受到台风的影响，常伴有暴雨天气，它不但对基坑工程施工安全造成比较严重的威胁，而且又使岩土体增加了某些不确定性因素。因此，自然因素在深基坑工程支护设计中的影响不可忽视，应适宜的提高深基坑支护的安全度，增强抗风险、抗事故发生的能力，确保基坑边坡的稳定和周围环境的安全。

1.3 青岛市常用深基坑工程及边坡工程支护形式

深基坑工程及边坡支护形式的应用，是由建（构）筑物和地下室层数或埋深、场区工程地质条件、水文地质条件、邻近环境条件、施工技术要求和环境保护等多种因素的综合效应所决定的。

青岛市从20世纪80年代末期至今，随着建（构）筑物总高度的不断增加，地下室的层数及基坑开挖深度亦逐步增加，局部因受地形影响的原因，最大开挖深度超过25m。基坑以“深、大、形体多变”为特征。因此，揭露的工程地质与水文地质问题，也由简单趋向复杂，对邻近环境的影响也愈来愈严峻，诱发的“环境效应”问题日益突出。同样，随着经济社会又好又快的发展，道路边坡、山体边坡、建筑工程边坡等也日趋增多，其规模也愈来愈大，对邻近环境的威胁也十分突出。从“以人为本”、确保坡体安全、确保邻近环境稳定的大局考虑，无论是深基坑支护工程还是边坡工程支护的成败已成为关系到“人命关天、社会稳定”的大事。在这种情况下，对支护技术、施工技术以及环境保护等方面，都提出了更高的要求。目前，青岛市常用深基坑及边坡支护形式的应用，已由单一形式向多种形式的联（复）合方向发展，并已成为常用支护形式的基本特征。

现将青岛市常用深基坑工程及边坡工程支护形式概况列于表1-1。

青岛市常用深基坑支护形式概况简表

表 1-1

类 型	序 号	支 护 形 式	含 义 与 特 点	受 力 状 态	地 下 室 层 数 或 基 坑 深 度 (m)	基 坑 (边 坡) 类 型	适 应 性 要 求	与 其 他 支 护 形 式 的 联 合 应 用 概 况	备 注
深 基 坑 支 护	1	土钉墙支护	在被加固的土体中设置土钉群和在表面挂钢筋网喷浆护面所构成的一种支护形式,类似起到重力式挡墙的作用。具有结构轻、灵活、工艺简单、施工快、造价低、应用广泛的特点	被动受力	地下室 1~2 层	土质基坑 岩质基坑 岩土组合基坑	(1) 适用于: ①地下水位以上或经降水后的基坑; ②土层自稳能力较好~好的基坑; (2) 不适用于: ①软土、软弱土、富水的砂砾层不宜使用; ②近围环境条件复杂、对变形要求严格的基坑很少使用; ③不可作为挡水结构使用	(1) 土钉与锚杆联合形成复合土钉墙支护形式,以适用于对基坑变形要求严格的基坑,并可适当的增加基坑开挖深度; (2) 土钉墙支护与其他支护形式联合应用的形式很多(略)	(1) 土钉墙支护是一种原位土体加固技术; (2) 土钉应和面层有效连接,宜设承压板和加强筋等构造措施; (3) 土钉长度应超过滑裂面,宜为基坑开挖深度的 0.5~1.2 倍
	2	复合土钉墙支护	在土钉墙支护形式的基础上,分别增加锚杆、微型桩、水泥土桩或者在水泥土桩中插芯材等,形成复合土钉墙支护的多种形式,以弥补土钉墙支护形式功能作用的某些缺陷;改变原受力状态;适宜的增加基坑开挖深度等	主动受力	地下室 1~3 层	同上	适用于: ①对变形要求比较严格的基坑; ②改善和提高岩土体的自稳能力; ③起到止水、抗渗的作用; ④限制软土“时空效应”的发展	(1) 复合土钉墙支护与土钉墙支护的联合 上部土层作有限放坡、土钉墙支护;下部风化岩,复合土钉墙支护(土钉+锚杆+面层) (2) 复合土钉墙支护与桩锚支护的联合 上部土层,桩锚支护,直立开挖;下部风化岩,留台放坡开挖	复合土钉墙支护组合形式详见第 2 章
	3	桩锚支护	由桩体、预应力锚杆(索)、锚下承载结构所构成的一种刚性支护形式。 桩体(支护桩)与锚杆(起到背拉作用)联合,具有很强的挡土和抗变形的能力;若有含水层时,可在支护桩体之间增设止水桩形成止水帷幕,止水桩也可独立成排布置	主动受力	地下室 2~3 层	土质基坑 岩土组合基坑	适用于: ①直立开挖的基坑; ②近围条件比较严峻、对基坑变形要求比较严格的基坑; ③存在富水砂土层、软土层、要求既挡土、又止水的基坑; 要求支护桩应满足嵌固于稳定层内一定深度; 止水桩(帷幕)应满足封堵含水层,制止渗透、漏水的要求	(1) 桩锚支护与复合土钉墙支护的联合; (2) 桩锚支护与土钉墙支护的联合	(1) 锚下承载结构,包括锚具、垫板、型钢或钢筋混凝土梁; (2) 支护桩可采用不同的成桩工艺、不同规格的钢筋混凝土桩或钢管桩; (3) 止水桩可采用深层搅拌桩或高喷桩