

基坑工程实例

4

JIKENG GONGCHENG SHILI

《基坑工程实例》编辑委员会
龚晓南 主 编
宋二祥 郭红仙 徐 明 副主编

中国建筑工业出版社

基坑工程实例 4

JIKENG GONGCHENG SHILI

《基坑工程实例》编辑委员会

龚晓南 主 编

宋二祥 郭红仙 徐 明 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基坑工程实例 4/《基坑工程实例》编辑委员会. 龚晓南主编: —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-112-14737-3

I. ①基… II. ①龚… III. ①基坑-工程施工-案例 IV. ①TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 230839 号

本书收集国内近期建成的 34 个基坑工程实例, 遍及全国各地城市。按基坑支护形式来分, 有地下连续墙、桩撑(锚)和土钉支护几类。每个基坑工程实例包括: 工程简介及特点、地质条件、周边环境、平面和剖面图及实测资料等。本书资料翔实, 技术先进, 图文并茂。本书可供建筑结构、地基基础和基坑工程设计施工人员、大专院校师生阅读。

* * *

责任编辑: 蒋协炳
责任设计: 张虹
责任校对: 刘梦然 陈晶晶

基坑工程实例 4

JIKENG GONGCHENG SHILI

《基坑工程实例》编辑委员会

龚晓南 主编

宋二祥 郭红仙 徐明 副主编

*

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

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20½ 插页: 1 字数: 513 千字

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月第一次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-14737-3

(22783)

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)

《基坑工程实例》编辑委员会

主 编：龚晓南

副主编：宋二祥 郭红仙 徐 明

顾 问：钱七虎 陈肇元 周丰峻 陈家辉 唐业清 杨林德

主 任：龚晓南

副主任：宋二祥 谭跃虎 杨光华 曾宪明 徐 伟

王卫东 郑 刚 侯伟生

秘书长：郭红仙 徐 明

委 员：（按拼音排列）

毕孝全	蔡袁强	陈昌富	陈如桂	陈湘生	程良奎
崔江余	戴瑞奇	方引晴	龚晓南	顾宝和	顾晓鲁
关沃康	郭红仙	侯伟生	黄 强	贾 坚	贾金青
贾立宏	蒋协炳	雷 用	李保国	李 虹	李锡夔
李象范	梁志荣	林本海	刘国楠	刘金砺	柳建国
马金普	莫庭斌	秦四清	丘建金	施祖元	宋二祥
宋建学	孙剑平	谭跃虎	唐传政	田裕甲	王步云
王建华	王卫东	吴桐金	夏永承	向 艳	徐国光
徐 明	徐水根	徐 伟	徐学燕	杨 斌	杨光华
杨桂芹	杨素春	杨秀仁	杨志红	杨志银	余志成
余子华	喻良明	曾宪明	张鸿儒	张旷成	张明聚
张信贵	赵锡宏	郑 刚	郑建国	钟显奇	朱继永
朱彦鹏					

前 言

近年来随着城市化和地下空间应用不断发展,我国基坑工程理论与技术水平提高很快。基坑围护计算理论、围护结构形式、施工技术、地下水控制技术、监测技术以及环境保护技术等各方面都得到了很大发展和提高。在基坑工程发展过程中,由于多种原因也常有工程事故发生,对周围环境产生不良影响,影响邻近建筑物、道路和地下管线的正常使用,甚至造成邻近建筑物倒塌、人员伤亡。

为了更好地交流基坑工程设计、施工领域的先进经验,在中国建筑学会建筑施工分会基坑工程专业委员会召开两年一次学术年会之际,组织全国各地专家编写一些有代表性的基坑工程实例,出版《基坑工程实例》系列丛书,已于2006、2008和2010年分别出版《基坑工程实例1~3》,现结合深圳基坑工程会议(2012)出版《基坑工程实例4》。《基坑工程实例4》共收集34个工程实例,供同行参考。

下面笔者就基坑工程特点、常用围护型式分类及适用范围、设计原则、事故原因分析、进一步发展的建议等几个问题谈谈个人意见,望能得到广大同行指正。

1. 基坑工程特点

分析一些基坑工程出现事故的原因,人们不难发现绝大多数基坑工程事故都与设计、施工和管理人员对其特点缺乏深刻认识,未能采取有效措施有关。因此,要不断加深对基坑工程下述特点的认识:

(1) 基坑围护体系是临时结构,设计安全储备较小,风险性较大

基坑围护结构除少数同时用作地下结构的“二墙合一”围护结构外,一般是临时结构。对临时结构设计采用的安全储备一般较小,因此基坑工程本身具有较大的风险性;

(2) 基坑工程具有很强的区域性

场地工程地质条件和水文地质条件对基坑工程性状具有极大的影响。软粘土地基、砂性土地基、黄土地基等地基中的基坑工程性状差别很大。同是软粘土地基,不同地区之间也有较大差异。地下水,特别是承压水对基坑工程性状有重要影响。但各地承压水特性也有较大差异,应引起重视;

(3) 环境效应强

基坑工程不仅与场地工程地质条件和水文地质条件有关,还与周围环境条件有关。周围环境条件复杂,需要严格控制围护结构体系的变形,则基坑工程设计需要按变形控制设计。如基坑处在空旷区,围护结构体系的变形不会对周围环境产生不良影响,基坑工程设计可按稳定控制设计。

基坑围护体系的变形和地下水位下降都可能对基坑周围的道路、地下管线和建筑物产生不良影响,严重的可能导致破坏。基坑工程环境效应强,设计和施工一定要重视环境效应。

(4) 时空效应个性强

基坑空间大小和形状对围护体系受力具有较大影响，基坑土方开挖顺序对基坑围护体系受力也具有较大影响，因此基坑工程空间效应强。土具有蠕变性，随着蠕变的发展，变形增大，抗剪强度降低，因此时间效应强。在基坑围护设计和土方开挖中要重视和利用基坑工程的时空效应；

(5) 设计计算理论不完善，应重视概念设计理念

作用在围护结构上的主要荷载是土压力。土压力大小与土的抗剪强度、围护结构的位移、作用时间等因素有关，十分复杂。基坑围护结构又是一个很复杂的体系，基坑围护结构设计计算理论不完善，基坑围护结构设计中应重视概念设计理念；

(6) 学科综合性强

基坑围护设计中不仅涉及土力学中稳定、变形和渗流三个基本课题，而且涉及岩土工程和结构工程两个学科。基坑围护结构体系受力复杂，要求设计人员较好掌握岩土工程和结构工程知识；

(7) 系统性强

基坑围护结构设计施工、土方开挖和地下结构施工是一个系统工程。围护结构设计应尽量利于施工。围护结构设计应对基坑工程施工组织提出要求，对基坑监测和变形允许值提出要求。基坑工程需要加强监测，实行信息化工。

2. 基坑围护形式分类及适用范围

在基坑工程中应用的围护形式很多，对基坑围护形式进行合理分类是比较困难的。这里将常用的围护形式分为下述四大类：

(1) 放坡开挖及简易支护

该类围护形式主要包括：放坡开挖；放坡开挖为主，辅以坡脚采用短桩、隔板及其他简易支护；放坡开挖为主，辅以喷锚网加固等。

(2) 加固边坡土体形成自立式围护

对基坑边坡土体进行土改良或加固，形成自立式围护。包括：水泥土重力式围护结构；各类加筋水泥土墙围护结构；土钉墙围护结构；复合土钉墙围护结构；冻结法围护结构等。

(3) 挡墙式围护结构

该类又可分为悬臂式挡墙式围护结构、内撑式挡墙式围护结构和锚拉式挡墙式围护结构三类。另外还有内撑与锚拉相结合挡墙式围护结构等形式。

挡墙式围护结构中常用的挡墙形式有：排桩墙，地下连续墙，板桩墙，加筋水泥土墙等。

排桩墙中常采用的桩型有：钻孔灌注桩，沉管灌注桩等，也有采用大直径薄壁筒桩，预制桩等不同桩型。

(4) 其他形式围护结构

该类常用形式有：门架式围护结构；重力式门架围护结构；拱式组合型围护结构；沉井围护结构等。

每种围护形式都有一定的适用范围，存在合理围护高度。每种围护形式的合理围护高度随工程和水文地质条件以及周围环境条件的差异，可能产生较大的差异。如：当土质较好，地下水位以上十多米深的基坑可能采用土钉墙围护，而对软粘土地基土钉墙围护极限

高度只有 5m 左右，且变形较大。

常用基坑围护形式分类及适用范围如下表所示。参考引用表中提及的适用范围时应慎重，应根据当地经验合理选用。

常用基坑围护形式分类及适用范围

类别	围护型式	适用范围	备注
放坡开挖及简易支护	放坡开挖	地基土质较好，地下水位低，或采取降水措施后低于开挖深度，而且施工现场有足够放坡场所的工程。允许开挖深度取决于地基土的抗剪强度和放坡坡度	费用较低，条件许可时采用
	放坡开挖为主，辅以坡脚采用短桩、隔板及其他简易支护	基本同放坡开挖。坡脚采用短桩、隔板及其他简易支护，可减小放坡占用场地面积，或提高边坡的稳定性	
	放坡开挖为主，辅以喷锚网加固	基本同放坡开挖。喷锚网主要用于提高边坡表层土体稳定性	
加固边坡土体形成自立式围护	水泥土重力式围护结构	可采用深层搅拌法施工，也可采用旋喷法施工。适用土层取决于施工方法。软粘土地基中一般用于支护深度小于 6m 的基坑	可布置成格栅状，围护结构宽度较大，变形较大
	加筋水泥土墙围护结构	基本同水泥土重力式围护结构，一般用于软粘土地基中深度小于 6m 的基坑	常用型钢、预制钢筋混凝土 T 形桩等加筋材料。采用型钢加筋需考虑回收
	土钉墙围护结构	一般适用于地下水位以上或降水后的基坑边坡加固。土钉墙支护临界高度主要与地基土体的抗剪强度有关。软粘土地基中应控制使用，一般可用于深度小于 5m、而且可允许产生较大的变形的基坑	有时也与锚、撑式排桩墙支护联合使用，用于浅层围护
	复合土钉墙围护结构	基本同土钉墙围护结构	复合土钉墙形式很多，应具体情况，具体分析
	冻结法围护结构	可用于各类地基	应考虑冻融过程中对周围的影响，全过程中电源不能中断，以及工程费用等问题
挡墙式围护结构	悬臂式排桩墙围护结构	基坑深度较浅，而且可允许产生较大变形的基坑。软粘土地基中一般用于深度小于 6m 的基坑	常辅以水泥土止水帷幕
	排桩墙加内撑式围护结构	适用范围广，可适用各种土层和基坑深度。软粘土地基中一般用于深度大于 6m 的基坑	常辅以水泥土止水帷幕
	地下连续墙加内撑式围护结构	适用范围广，可适用各种土层和基坑深度。一般用于深度大于 10m 的基坑	

续表

类别	围护型式	适用范围	备注
挡墙式围护结构	加筋水泥土墙加内撑式围护结构	适用土层取决于形成水泥土施工方法。SMW 工法三轴深层搅拌机械不仅适用于粘性土层，也能用于砂性土层的搅拌；TRD 工法则适用于各种土层，且形成的水泥土连续墙水泥土强度沿深度均匀，水泥土连续墙连续性好，加固深度可达 60m	采用型钢加筋需考虑回收。 TRD 工法形成的水泥土连续墙连续性好，止水效果好
	排桩墙加锚拉式围护结构	砂性土地基和硬粘土地基可提供较大的锚固力。常用于可提供较大的锚固力地基中的基坑。基坑面积大，优越性显著；采用浆囊式锚杆可用于软粘土地基	尽量采用可拆式锚杆
	地下连续墙加锚拉式围护结构	常用于可提供较大的锚固力地基中的基坑。基坑面积大，优越性显著	
其他形式围护结构	门架式围护结构	常用于开挖深度已超过悬臂式围护结构的合理围护深度，但深度也不是很大的情况。一般用于软粘土地基中深度 7~8m，而且可允许产生较大的变形的基坑	
	重力式门架围护结构	基本同门架式围护结构	对门架内土体采用深层搅拌法加固
	拱式组合型围护结构	一般用于软粘土地基中深度小于 6m、而且可允许产生较大的变形的基坑	辅以内支撑可增加支护高度、减小变形
	沉井围护结构	软土地基中面积较小且呈圆形或矩形等较规则的基坑	

3. 设计原则

基坑工程设计要坚持安全可靠、保护环境、方便施工和经济的原则。

基坑工程设计首先要保证围护体系在基坑土方开挖和地下结构工程施工过程中安全可靠，不产生失稳，变形在控制范围。与此同时应保证基坑周边市政道路、地下管线、周围建（构）筑物的变形在允许范围内。基坑工程设计还要方便施工，坚持经济的原则，围护方案选型、变形控制、安全储备控制均要合理。

在基坑工程设计中要根据场地工程地质和水文地质条件，周边环境条件，基坑形状和大小，认真分析该基坑围护结构体系中的主要矛盾，是围护体系的稳定问题，还是控制变形问题。基坑产生稳定和变形问题的主要原因是土压力问题，还是地下水控制问题。根据主要矛盾合理选用基坑围护形式，确定采用按稳定控制设计和按变形控制设计。

由于作用在围护结构上的土压力值与位移有关，在按稳定控制设计中和在按变形控制设计中，作为荷载的土压力设计取值差别很大。因此，对同一工程，按稳定控制设计比按变形控制设计工程投资要小。按变形控制设计中变形控制量应根据基坑周围环境条件因地制宜确定，不是要求基坑围护变形愈小愈好，也不宜简单地规定一个变形允许值，应以基坑变形对周围市政道路、地下管线、建（构）筑物不会产生不良影响，不会影响其正常使用为标准。

基坑围护方案合理选用是基坑围护结构优化设计的第一层面，基坑围护结构优化设计的第二层面是指选定基坑围护方案后，对具体设计方案进行优化。因此除应重视基坑围护

方案的合理选用外，还应重视具体设计方案的优化。

当基坑工程影响范围内存在承压水层，或地基土体渗透性好且地下水位高的情况下，控制地下水往往是基坑围护设计中的主要矛盾。已有基坑工程事故原因调查表明，由于未处理好地下水控制问题而造成的工程事故在基坑工程事故中占有很大比例。

控制地下水有两种思路：止水和降水。有时也可以采用止水和降水相结合。通过止水还是降水控制地下水需要综合分析，有条件降水的就尽量不用止水，一定要采用止水措施时也要尽量降低基坑内外的水头差。形成完全不漏水的止水帷幕施工成本较高，而且很难做到。特别当止水帷幕两侧水位差较大时，止水帷幕的止水效果往往难以保证。

另外，基坑周围地下水管的漏水也会酿成工程事故。需要通过详细了解地下管线分布，认真分析基坑变形对地下管线的影响，以及做好监测工作，避免该类事故发生。

4. 事故原因分析

近年来我国基坑工程事故不少，给国家和人民的生命财产安全造成危害。基坑工程事故可以分为两大类：一是围护体系失稳产生破坏；二是围护体系变形过大，致使周围道路、管线、建（构）筑物等产生破坏。若基坑周围没有道路、管线、建（构）筑物等，围护体系变形大一点应是允许的，此时变形稍微大一点不会引起事故。但一定要清楚认识到，随着围护体系变形的发展，围护体系中的内力将不断产生重分布，务必要保证在发生较大变形时，围护体系是安全的。

产生基坑工程事故的原因，我认为主要有四个方面的原因：

(1) 基坑围护设计计算模型选用不合理，如不能处理好坑中坑对围护体系整体稳定的影响，又如作用荷载、计算开挖深度等；

(2) 基坑围护形式选用不合理，如当开挖深度超过土钉支护极限高度时采用土钉支护，又如采用内支撑时，支撑布置不合理等；

(3) 地下水控制没有处理好，如设计采用的地下水控制措施不合理，又如施工质量有问题等。该类基坑事故在事故总数中占较大的比例；

(4) 土方开挖施工组织不当，如超挖。2008年杭州“11·15”基坑工程事故主要原因有六条，但最主要的原因是施工单位超挖。该基坑坍塌事故是超挖等原因引起地连墙在靠近开挖面附近向基坑内变形过大，导致上下几道支撑内力产生重分布，有的增大，有的减小，最上一道支撑轴力可能产生拉力，加上钢管支撑体系设计、施工不合理，发生破坏，进而导致地连墙产生位移并折断。

在上述四方面的原因中，前两方面的原因属于设计方面的原因，第三方面原因有设计问题，也有施工问题，第四方面主要是施工问题。造成基坑工程事故的原因往往来自工程勘察、设计、施工和监测等几个方面，只有认真做好工程勘察和监测，强调概念设计，实施信息化施工，才能有效杜绝基坑工程事故发生。

5. 进一步发展的建议

(1) 发展基坑围护体系按变形控制设计理论

当基坑紧邻市政道路、管线、周围建（构）筑物，不允许基坑周围地基土体产生较大变形时，基坑围护设计应按变形控制设计。按稳定控制设计只要求基坑围护体系满足稳定性要求，允许产生较大的变形；而按变形控制设计不仅要求围护体系满足稳定性要求，还要求围护体系变形小于某一控制值。由于作用在围护结构上的土压力值与位移有关，在按

稳定控制设计中和在按变形控制设计中，作为荷载的土压力设计取值是不同的。在选用基坑围护型式时应明确是按稳定控制设计，还是按变形控制设计。当可以采用按稳定控制设计时，采用按变形控制设计可能增加工程投资；而当需要采用按变形控制设计时，采用按稳定控制设计就可能对环境造成不良影响。

(2) 发展基坑围护体系优化设计理论

基坑围护结构优化设计理论包括基坑围护方案合理选用和具体围护方案优化设计二个层面。目前比较重视基坑围护方案的合理选用，对具体设计方案的优化也需要进一步重视。

(3) 发展基坑围护新技术，提高地下水控制技术水平

发展基坑围护新技术包括：发展基坑围护新形式，提高围护结构和止水帷幕的施工技术，特别重视提高地下水控制技术水平。研发基坑围护施工新机械、新工艺，提高施工技术水平。

(4) 进一步重视信息化施工

基坑工程施工过程中不可见因素很多，如：场地工程地质条件和水文地质条件存在不确定性，设计参数也可能存在较大误差，等等，岩土工程信息不确定性在基坑工程中表现更为突出，基坑工程施工一定要加强监测，采用信息化施工。

(5) 进一步开展土压力理论研究

库伦土压力理论和朗肯土压力理论都是建立在太沙基提出有效应力理论以前，在土压力计算中采用水土分算和水土合算的合理性，理论上的讨论分析已经很多。目前在设计计算中，土压力计算通常采用下述原则：对粘性土采用水土合算，对砂性土采用水土分算。实际工程中遇到的土层是比较复杂的，采用水土分算与采用水土合算计算结果是不一样的，如何合理选用计算值，也是应该重视的。

在采用库伦或朗肯土压力理论计算土压力时都需要应用土的抗剪强度指标，土的抗剪强度指标值是采用的土工试验测定方法有关的。如何合理选用土的抗剪强度指标值，是土压力计算中又一个重要的问题。

基坑工程中影响土压力值的因素还很多，如土的蠕度，基坑降水引起地下水位的变化，基坑工程的空间效应等，有的影响因素是不利的，有的影响因素是有利的，这些都需要设计人员合理把握。

从土压力的影响因素之多，之复杂，可见土压力值合理选用的难度和重要性。任何条文都很难对土压力值的合理选用做出具体的规定，在基坑围护结构设计中土压力值选用是否合理很大程度取决于该地区工程经验的积累和设计工程师的综合判断能力。

以上意见抛砖引玉，不妥之处，望能得到指正。

龚晓南
浙江大学
2012. 09. 12

目 录

前言 龚晓南

一、地下连续墙(墙一撑)支护

上海瑞金医院普通病房综合楼基坑工程.....	梁志荣	魏 祥	1			
上海外滩 33 号公共绿地及地下空间项目.....	陈 颖	梁志荣	李忠诚	17		
上海淮海中路 3 号地块发展项目基坑工程	贾 坚	谢小林	翟杰群	34		
上海嘉里静安综合发展项目基坑工程	贾 坚	谢小林	罗发扬	翟杰群	44	
上海莘庄龙之梦逆作法基坑工程	赖允瑾	王 鑫	周生华	55		
上海某超深圆形基坑工程及漏水处理	张具寿	范作锋	65			
无锡地铁三阳广场车站深基坑工程	王春波	丁文其	王 军	武俊东	乔亚飞	72

二、桩一撑(锚)支护

上海市胸科医院肺部肿瘤临床医学中心病房楼基坑工程	徐中华	王卫东	王建华	刘 溢	82	
苏州致远国际商务大厦基坑工程	董月英	魏建华	95			
烟台烟宝钢管热处理漩流池基坑工程.....	张具寿	范作锋	张 俭	103		
盐城五洲广场基坑工程.....	黄广龙	杨 波	赵升峰	110		
杭州临安汇锦华庭北区商住楼综合小区基坑工程.....	岑仰润	孔剑华	刘恒新	陈俊辉	117	
厦门市妇女儿童活动中心基坑工程.....	黄清和	陈 楠	邹燕红	123		
深圳中航城项目 D1 地块基坑工程	张 俊	姜晓光	王召磊	杨志银	129	
深圳天懿花园基坑工程.....	付文光	张兴杰	姜 琦	136		
太原高新区新型能源科技园区基坑工程.....	贺永俊	葛忻声	148			
福州琼河村旧屋区改造项目基坑工程.....	杨建学	侯伟生	方家强	赵剑豪	郑陈旻	155
长沙华远·金外滩一期基坑工程.....	杨瑞峰	刘晓明	陈昌富	163		
兰州庙滩子 7 号地块旋转车道基坑工程.....	周 勇	朱彦鹏	任永忠	169		
西宁锦峰滨河苑名邸小区基坑边坡支护工程.....	朱彦鹏	任永忠	毕东涛	176		
上海浦江镇 125-2 地块基坑工程	钟 铮	林 巧	颜正红	184		
佛山某深厚软土基坑工程.....	卓志飞	付文光	张志强	冯申铨	200	

三、上部土钉、下部桩锚(撑)支护

北京润世中心基坑工程.....	吴剑波	王立建	武思宇	牛朋飞	208
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----

郑州绿地高铁站前广场 D2 地块基坑工程	宋进京	宋建学	周同和	郭院成	217
郑州郑东新区 CBD4 号地下停车场基坑工程	王 坤	王保军	宋建学		229
深圳宝吉项目一期基坑工程	付文光	李鑫权	周 凯		239
西宁新宁广场地下停车场基坑工程	黄雪峰	杨校辉	张世径		245
西宁火车站综合改造总体项目基坑工程	黄雪峰	杨校辉			254
苏州新苏德基广场基坑工程	张有桔	丁文其	赖允瑾	龚 昕	262
兰州红楼时代广场基坑工程	朱彦鹏	龙 照	董建华	莫 庸	271

四、(复合)土钉支护或部分土钉支护、部分桩锚

深圳栖湖花园三期基坑工程	付文光	卓志飞	张俊峰	280	
郑州轨道交通一号线体育中心站车站基坑工程	翟永亮	宋建学	时媛媛	288	
深圳盐田天峪峰项目基坑工程	谷 霖	吴旭君	郑 平	杜甫志	300

五、大桥锚碇基坑工程

赣江公路大桥东锚碇基坑工程	吕凤梧	徐 伟	徐鹏飞	夏乔网	307
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----

一、地下连续墙(墙一撑)支护

上海瑞金医院普通病房综合楼基坑工程

梁志荣 魏 祥

(现代设计集团上海申元岩土工程有限公司, 上海 200040)

一、工程简介

上海瑞金医院普通病房综合楼工程位于上海市瑞金二路 197 号瑞金医院院内东北端, 主体建筑主要由一幢 20 层的住院中心及 4 层的保障中心裙房组成, 并设有 3 层地下室, 采用桩筏基础, 工程桩均采用钻孔灌注桩(图 1)。

本工程基坑面积约为 10060m², 周边约 488 延长米; 基坑常规开挖深度达到了 15.5m, 塔楼开挖深度 16.4~16.9m, 局部落深区域最大开挖深度达到了 18.9m。除了东侧临近思南路外, 其余三侧均临近院内建筑。基坑安全等级为一级。



图 1 基坑施工现场照片

二、工程地质及水文地质条件

拟建场地属滨海平原地貌, 地表以下由深厚的软粘土、粉性土和中密—密实的砂土组成, 覆盖层厚度大于 90m。拟建场地地基土属软弱场地类型, 场地类别为 IV 类。场地总体地形平坦, 地面标高在 3.3~3.7m 之间。根据勘查报告, 本场地勘察深度范围内所揭露

一、地下连续墙(墙—撑)支护

的土层均为第四纪松散沉积物,根据地层成因、土性不同和物理力学差异,共分为9层,其中第⑤、⑦层按其土性及土色差异又可分为若干亚层。本场地处于古河道切割区,自46.0~54.0m土层分布复杂,缺失第⑥层硬土层和第⑧层粘性土层。第⑤₃层灰色粉质粘土厚度较大,第⑦层土层面埋深、厚度变化较大。土层的具体分布及其物理力学性质指标详见表1。

潜水:拟建场地浅部土层中的地下水属于潜水类型,其水位动态变化受控于大气降水和地面蒸发等,地下水位丰水期较高,枯水期较低,水位埋深一般为0.3~1.50m。设计计算按上海地区经验和相关规范,按年平均地下水位0.5m考虑。

承压水:场地内第⑦层为上海地区常规的第一承压水含水层,埋深最浅处约49.2m。根据上海地区承压水头长期观测资料和工程经验,其承压水头埋深一般在3~11m之间,呈周期性变化。根据上海市《岩土工程勘察规范》DGJ 08—37—2002有关公式计算,坑底土体抗承压水头稳定性安全系数大于1.05,满足规范要求。

土层物理力学性质综合成果表

表 1

土层编号	土 层	层厚 h (m)	重度 γ (kN/m ³)	φ (°)	C (kPa)	压缩模量 $E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	含水量 W (%)	孔隙比 e	渗透系数 建议值 K (cm/s)
① ₋₁	杂填土	0.58							
① ₋₂	素填土	1.13							
②	褐黄—灰黄色粉质粘土	1.76	18.4	17.0	17	3.88	32.7	0.937	1.2E-06
③	灰色淤泥质粉质粘土	3.97	17.5	15.5	10	3.17	42.5	1.183	6.0E-05
④	灰色淤泥质粘土	8.72	16.7	12.0	10	2.09	49.9	1.412	3.4E-07
⑤ _{-1-a}	灰色粘土	3.58	17.5	14.0	12	3.12	41.7	1.176	1.5E-07
⑤ _{-1-b}	灰色粉质粘土	8.14	17.9	15.5	13	4.33	35.6	1.026	6.0E-06
⑤ ₋₃	灰色粉质粘土	20.58	18.0	17.5	16	4.5	34.6	1.000	8.0E-06
⑤ ₋₄	灰绿色粉质粘土	1.73	19.8	22.0	49	7.85	22.2	0.645	
⑦ _{-1-a}	灰绿—灰色粘质粉土	4.14	19.1	37.0	4	11.99	26.1	0.749	
⑦ _{-1-b}	灰绿—灰色粉砂	6.21	18.9	35.0	3	14.67	26.5	0.762	
⑦ ₋₂	灰色粉砂	13.13	19.0	36.0	3	14.91	26.0	0.750	
⑨	灰色粉砂	未钻穿	19.1	36.0	3	14.39	25.4	0.734	

三、基坑周边环境

本工程除了东侧临近思南路外,其余三侧均临近院内建筑。图3显示了本工程四周环境情况。

1. 基坑东侧

➤ 思南路道路边线与地下连续墙外边线最近距离约为7.85m,思南路宽约8m,思南路另一侧分布有3~6层建筑,距离本工程地下室外墙约为25~30m。

➤ 地下管线:思南路地下管线分布详见表2。

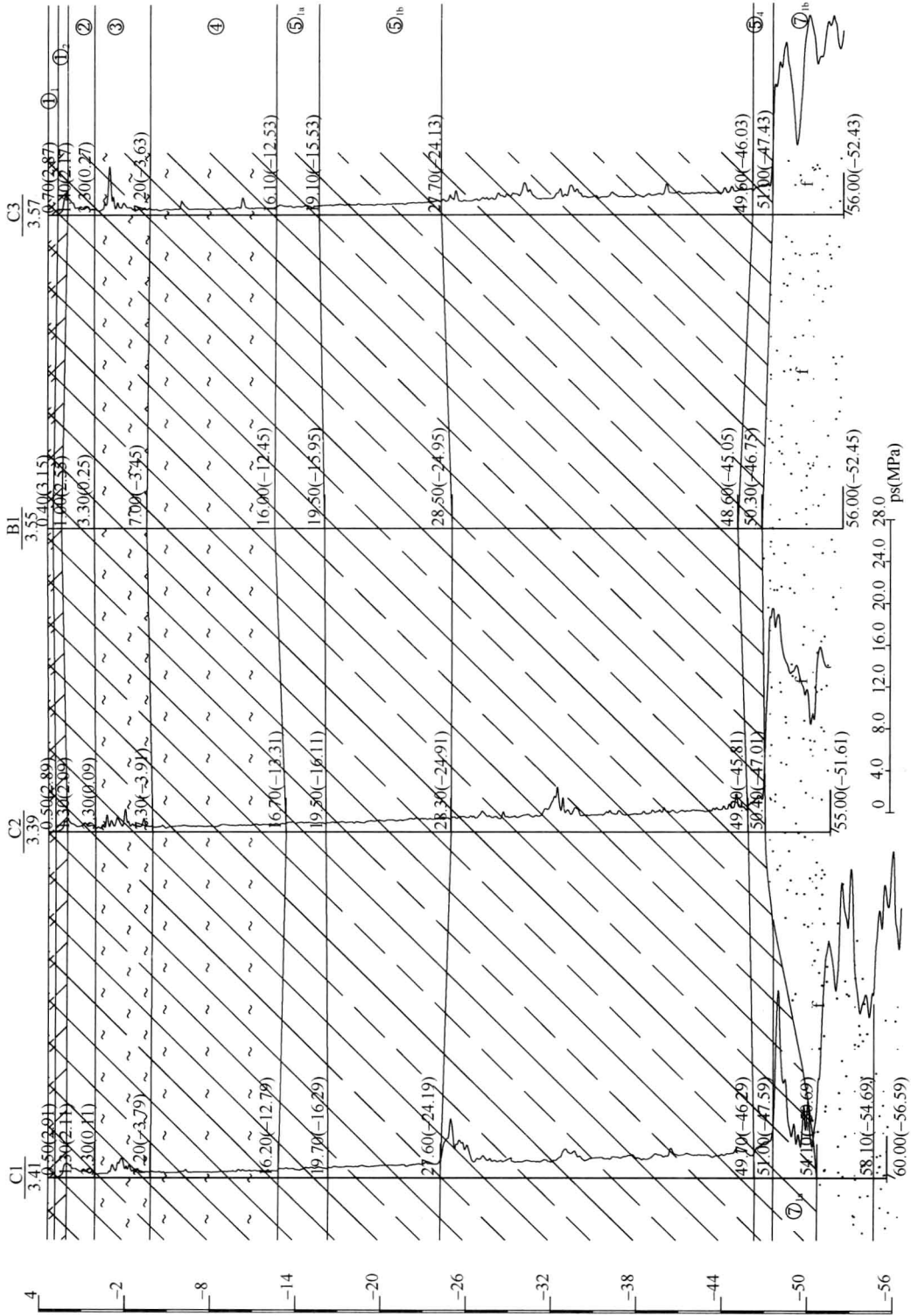


图 2 典型地质剖面图 1-1

一、地下连续墙(墙一撑)支护

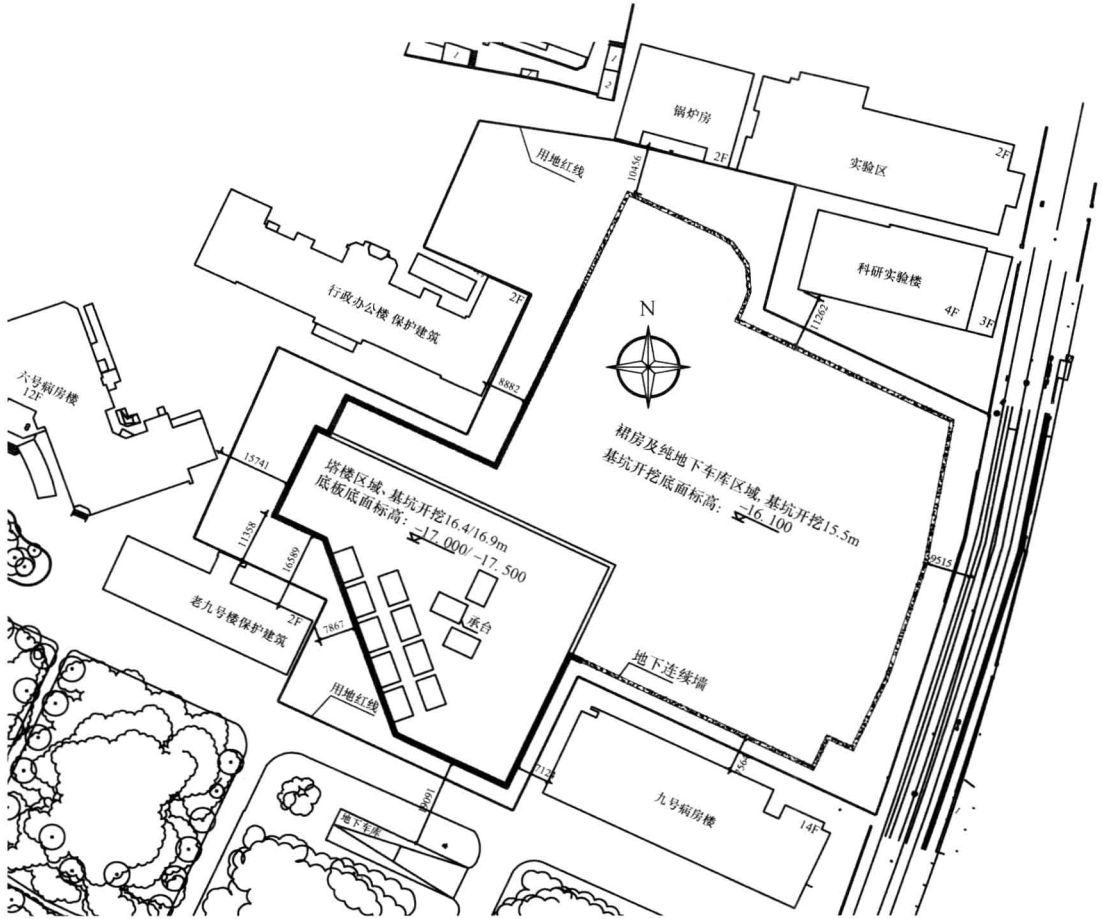


图3 基坑周边环境图

思南路地下管线分布

表 2

序号	管线名称	管径 (mm) 或根、孔数	延伸方向	距离围护结构外边线距离 (m)
1	配水	200	南-北	9.0
2	信息	12	南-北	10.0
3	雨水	700	南-北	12.1
4	煤气	150	南-北	13.8
5	供电	1	南-北	17.1
6	供电	1	南-北	17.3
7	供电	3	南-北	18.3

2. 基坑南侧

➤ 地下车库为地下一层，抗拔桩基础，桩顶埋深 4.85m，柱下为 29m 长 $\phi 700$ 的钻孔灌注桩，其余为 22m 长 $\phi 400$ 钻孔灌注桩，桩端扩径至 800mm。本工程地下连续墙外边线与地下室边线距离约为 19.1m。

➤ 九号病房楼为地上 14 层建筑，设有一层地下室，基础形式为桩筏基础，其外边线

距离本工程地下连续墙外边线约为 7.6m。

3. 基坑西侧

➤ 行政办公楼为历史保护建筑，1921 年建，砖混结构，地上 2 层，天然地基浅基础。本工程围护结构外边线距离保护建筑外墙最近处约 8.2m。

➤ 老九号楼也为历史保护建筑，该建筑现为瑞金医院院史馆，地上 2 层，天然地基浅基础。本工程围护结构外边线距离保护建筑外墙最近处约 7.1m。

➤ 六号病房楼建于 1986 年，地上 12 层，设有一层地下室，基础形式为桩箱基础，采用的混凝土 450mm×450mm 方桩，桩顶埋深 4.85m，桩长 25m。本工程地下连续墙外边线距离其外墙约 15.7m。

4. 基坑北侧

➤ 科研实验楼刚刚封顶并投入使用，此建筑基础形式为桩筏基础，桩顶埋深约 7.6m，采用的为 550 钻孔灌注桩，桩长 30m，其外墙边线距离本工程地下连续墙外边线约 11.3m。

➤ 锅炉房外墙边线距离本工程地下连续墙外边线约 10.5m。

综上所述，本工程周边环境比较复杂，基坑周边建筑物较多，其中基坑西侧有两幢历史保护建筑是本次围护设计保护重点。基坑东侧思南路下有较多的地下管线，本次围护设计也需要采取相应的措施，确保其安全。

四、基坑围护设计方案

1. 总体方案设计

本工程基坑面积约 10060m²，裙房区域开挖深度 15.5m，主楼区域开挖深度 16.4~16.9m，基坑安全等级为一级。基坑周边分布有道路、建筑及管线等，且距离基坑均较近，周边环境保护要求高，尤其是临近两幢历史保护建筑区域基坑环境保护等级为一级。根据上海地区经验，采用地下连续墙加 3 道钢筋混凝土内支撑顺作法开挖施工。考虑经济性，地下连续墙同时作为地下室结构外墙，即“两墙合一”。

基坑西侧两幢历史保护建筑年代久远，结构基础等抗变形能力差，保护要求高，一方面地墙的厚度、插入深度增大，同时在地下连续墙与保护建筑之间增设钻孔灌注桩作为隔离桩，以减小基坑开挖变形的传导。

地墙成槽施工过程中对环境的影响亦较大，对保护建筑区域、东侧临近思南路区域的地下连续墙采用水泥土搅拌桩槽壁加固措施，以减小地墙成槽时对保护建筑和管线的影响。

2. 围护结构

(1) 地下连续墙厚及埋深

裙房常规开挖区域（1—1 剖面），基坑开挖深度 15.5m，设计采用 800 厚地下连续墙作为围护结构，兼做地下室外墙，即“两墙合一”，墙底埋深 31.6m，有效长度 29.7m。临近思南路侧（1'-1'剖面），道路下分布较多管线及马路对面的多层建筑均处于两倍基坑开挖深度范围内，为减小成槽时对其影响，地下连续墙内外侧采用 Φ650@450 的三轴水泥搅拌桩槽壁加固，桩埋深 22.5m，水泥掺量为 20%。

裙房区域临近保护建筑（行政楼）区域（2-2 剖面），基坑开挖深度 15.5m，设计采