

基坑工程实例

3

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 3

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 3/《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, 2010. 7

ISBN 978-7-112-12187-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 116017 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, 有墙、桩和土钉支护三类。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、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: 刘钰 王雪竹

基坑工程实例

3

《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

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 $\frac{1}{4}$ 插页: 1 字数: 505 千字

2010 年 7 月第一版 2010 年 7 月第一次印刷

定价: 52.00 元

ISBN 978-7-112-12187-8

(19451)

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 张在明 陈家辉 唐业清 杨林德
程良奎

主 任：龚晓南

副主任：宋二祥 谭跃虎 杨光华 曾宪明 徐 伟

秘书长：郭红仙

委 员：毕孝全 蔡袁强 陈昌富 陈如桂 陈湘生 崔江余 方引晴
龚晓南 顾宝和 顾晓鲁 关沃康 郭红仙 黄 强 侯伟生
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 柳建国 刘金砺 马金普
莫庭斌 秦四清 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 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 杨秀仁 杨志红 杨志银 喻良明 余志成 余子华
曾宪明 张鸿儒 张旷成 张明聚 张信贵 赵锡宏 郑 刚
郑建国 朱继永 朱彦鹏

前 言

——基坑工程发展中应注意的几个问题

随着城市化和地下空间开发利用的发展，我国基坑工程技术水平有了很大的提高。但应该看到，基坑工程事故多发以及设计不合理造成工程投资浪费两个现象仍然存在，需要我们继续重视。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基坑工程实例，出版《基坑工程实例》系列丛书。每个工程实例一般包括以下7方面内容：工程简介及特点；工程地质条件（含土层物理力学指标表和一典型工程地质剖面）；基坑周边环境情况（应含建筑物基础简况，管线、道路情况等），根据需要附平面图；基坑围护平面图；基坑围护典型剖面图（1~2个）；简要实测资料和点评。2006年和2008年已出版《基坑工程实例1》和《基坑工程实例2》，现结合厦门基坑工程会议出版《基坑工程实例3》。《基坑工程实例3》共收集34个工程实例，围护型式包括地下连续墙（墙一撑、墙一锚）支护、桩一撑（锚）支护、上部土钉下部桩锚（撑）支护、部分土钉部分桩锚支护、（复合）土钉支护等多种型式，工程实例来自北京、上海、浙江、江苏、山西、陕西、甘肃、湖北、海南、青海、广东等省市。

在出版《基坑工程实例3》之际，笔者就基坑工程特点和抓主要矛盾、基坑工程事故原因分析、按稳定控制设计与按变形控制设计、常用围护型式分类及适用范围、承压水的复杂性与控制、信息化施工与风险管理、基坑围护设计注意事项等几个问题谈谈笔者的意见，望能得到广大同行指正。

1 基坑工程特点和抓主要矛盾

笔者曾在《深基坑工程设计施工手册》（中国建筑工业出版社，1998）一书中指出基坑工程具有8个特点：（1）基坑围护体系多数是临时结构，与永久性结构相比，设计考虑的安全储备较小；（2）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，基坑工程具有很强的区域性；（3）基坑工程设计与周围环境条件密切相关，在城区和在空旷区对基坑围护体系的要求差别很大；（4）基坑围护设计不仅涉及土力学中稳定、变形和渗流三个基本课题，而且基坑围护结构受力复杂，因此要求设计人员不仅应具有较好的岩土工程分析能力，还应具有较好的结构工程分析能力；（5）土压力作为作用在围护结构上的主要荷载，其影响因素较多且很复杂；（6）基坑空间形状对围护体系受力具有较大影响，考虑到土体又具有蠕变性，因此基坑工程时空效应强；（7）基坑挖土顺序和挖土速度对基坑围护体系受力具有很大影响，围护设计应考虑施工条件，并应对施工组织提出要求，基坑工程应实行信息化施工；（8）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（构）筑物产生不良影响，严重的可能导致破坏，基坑工程设计和施工一定要重视环境效应。

基坑性状影响因素很多，主要有场地工程地质和水文地质条件、周边环境条件、基坑开挖深度、平面形状和面积大小。基坑围护设计中一定要学会抓主要矛盾。例如要认真分析该基坑围护的主要矛盾是围护体系的稳定问题，还是需要控制围护体系的变形问题，基坑围护体系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。以杭州城区为例，工程地质分区主要有两类：一类是深厚软粘土地基，另一类是砂性土地基。两类地基地下水位都很高，但由于土的渗透系数相差很大，土中水的性状截然不同。深厚软粘土地基中的基坑主要要解决土压力引起的稳定和变形问题，该类地基中基坑工程事故往往是工程技术人员对作用在挡墙上土压力估计不足而造成。而砂性土地基中的基坑围护主要问题是地下水控制，该类地基中基坑工程事故往往是工程技术人员未能对地下水进行有效控制而造成。

2 基坑工程事故原因分析

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。笔者认为：杭州“11.15”地铁基坑坍塌事故就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。

引发基坑工程事故的原因也可以分为两大类：一是土，二是水。前一类主要是低估了作用在围护体系上的土压力和高估了土的抗剪强度，后一类是未能控制好地下水。哪一类是主要原因，主要取决于工程地质条件。前面以杭州城区为例，按工程地质可分两大类：深厚软粘土地基和砂性土地基。深厚软粘土地基中引发基坑工程事故的原因主要是土，而砂性土地基中引发基坑工程事故的原因主要是水。笔者最近见到北京一单位对北京约30年来的地铁施工事故进行调查分析，得出大部分事故由水引发。与杭州不同，北京地下水位很低，为什么大部分事故由水引发？原来北京地区地下水分布很复杂，地下水管漏水也常会引发事故，真有的难以设防。现在基坑愈挖愈深，是土压力难挡，还是地下水难控制？我想结论是明确的，挡土压力容易，控制地下水较难。

造成基坑工程事故的原因来自工程勘察、设计、施工和监测几个方面。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。多数基坑工程事故的原因来自设计和施工，特别是来自不合理设计。

3 按稳定控制设计与按变形控制设计

当基坑周围空旷，如市政道路、地下管线、周围建（构）筑物在基坑工程影响范围以外，允许基坑周围地基土体产生较大变形时，基坑围护设计可按稳定控制设计；当基坑紧邻市政道路、管线、周围建（构）筑物，而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。

按变形控制设计中，基坑围护变形控制量不是愈小愈好，也不宜统一规定，应以基坑变形不会影响周围市政道路、地下管线、建（构）筑物的正常使用为标准，合理确定变形控制量。

根据基坑周边环境条件，判断应该采用按稳定控制设计，还是按变形控制设计，至今尚未引起充分重视，或者说尚未提到理论的高度。现有规程、规范、手册以及设计软件均未能从理论高度给予区分，多数有经验的设计师是通过综合判断调整设计标准来区分的。笔者认为我国已有条件推广根据基坑周边环境条件确定采用按稳定控制设计，或按变形控制设计的设计理念，进一步提高基坑围护设计水平。

4 常用围护型式分类及适用范围

工程中应用的围护型式很多，在围护型式分类中要涵盖所有围护型式是困难的，笔者将其分为下列四大类：

一、放坡开挖及简易支护

包括：1) 放坡开挖；2) 放坡开挖为主，坡脚辅以短桩、隔板及其他简易支护；3) 放坡开挖为主，辅以喷锚网加固等。

二、加固边坡土体形成自立式围护结构

包括：1) 水泥土重力式围护结构；2) 加筋水泥土墙围护结构；3) 土钉墙围护结构；4) 复合土钉墙围护结构；5) 冻结法围护结构等。

三、挡墙式围护结构

挡墙式围护结构主要可分为悬臂式挡墙式围护结构、内撑式挡墙式围护结构和拉锚式挡墙式围护结构三类，另外还有内撑与拉锚相结合等形式。

常用挡墙形式有：排桩墙、地下连续墙、板桩墙以及加筋水泥土墙等。

四、其他型式围护结构

其他常用围护型式有：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以及沉井围护结构等。

每种围护型式都有一定的适用范围，而且随工程地质和水文地质条件，以及周围环境条件的差异，其合理围护高度可能产生较大的差异。如当土质较好时，地位水位以上十多米深的基坑可以采用土钉墙围护，而对软粘土地基土钉墙围护极限高度只有 5m 左右。常用基坑围护型式分类及适用范围如表 1 所示。参考引用表中提及的开挖深度时应慎重，根据当地经验合理选用。

常用基坑围护型式分类及适用范围

表 1

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，或采取降水降低水位，以及施工现场有足够放坡场地的工程。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，条件许可时尽量采用

续表

类别	围护型式	适用范围	备 注
放坡开挖及简易支护	放坡开挖为主，坡脚辅以短桩、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结构	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
	加 筋 水 泥 土 墙 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与地基土抗剪强度有关。软粘土地基中应控制使用，一般可用于深度小于 5m，且可允许产生较大的变形的基坑	可与锚、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	应考虑冻融过程对周围环境的影响，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	基坑深度较小，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	
	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的施工方法。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 拉 锚 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	采用注浆可增加锚杆的锚固力
	地 下 连 续 墙 加 拉 锚 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	

续表

类别	围护型式	适用范围	备 注
其他型式围护结构	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,且可允许产生较大变形的基坑	
	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,且可允许产生较大变形的基坑	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形状的基坑	

5 承压水的复杂性与地下水控制

前面谈到当基坑不断加深时,挡土压力比较容易,控制地下水则要困难一些,由未处理好地下水问题而造成的工程事故在基坑工程事故中占有很大比例,也说明了这一点。当基坑较深时,经常会遇到承压水,使水的问题更加复杂。笔者在进行杭州庆春路钱塘江过江隧道盾构工作井承压水处理技术研究过程中对杭州、上海、武汉、天津、北京等地承压含水层分布、性状,以及处理对策作了比较分析,研究表明:(1)杭州、上海两地潜水与承压水的越流效果不明显,可视条件选择全降水或隔渗帷幕结合减压降水;(2)武汉地区承压含水层埋藏浅,上层承压水可采用疏干的方法;(3)北京、天津两地单层含水层和隔水层厚度较小,可以尝试自渗降水。杭州钱塘江古河道承压水埋深一般为 35~45m,由上游至下游逐渐加深;含水层顶板为淤泥质粘土,厚度一般为 8~15m,承压水位埋深一般为 5~10m。含水层厚度一般为 5~15m,从古河道中心向两侧逐渐变薄。单井涌水量钱塘江古河道为 3000~5000m³/d。杭州钱塘江古河道承压水以上游富春江为主要补给源,具有含水层埋深大、水头高、水量大、补给丰富的特点。杭州庆春路过江隧道江南工作井承压含水层厚度大于 20m,主要由砂层、圆砾、卵石层构成,渗透性极强,渗透系数约 1.16×10^{-1} cm/s,一般单井涌水量 1000~3000m³/d,静止水位标高-2.58m 左右,为钱塘江古河道承压水,上覆约 20m 厚的粘性土作为含水层的承压顶板。控制承压水有两种思路:止水帷幕隔断和抽水降压。对杭州钱塘江古河道承压水,单用止水帷幕隔断有一定的困难,单用抽水降压具有较大风险,综合考虑采用止水帷幕隔断结合减压降水的方法。理论分析和工程实践表明,钱塘江古河道承压水在降压影响范围内地面沉降很小,其原因一是钱塘江古河道承压水与承压顶板上地下水无水力联系,二是承压水上覆土层较厚。

控制地下水有两种思路:止水和降水。止水帷幕施工成本较高,有时施工还比较困难,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。笔者认为有条件降水时应首先考虑采用降水的方法,在降水设计时需要合理评估地下水位下降对周围环境的影响。为了减小基坑降水对周围环境的影响,也可通过回灌以提高基坑外侧地基中的地下水位。在粉砂、粉土地基,有条件采用土钉支护时应首先考虑采用土钉支护。如基坑较深,可采用浅层土钉支护,深部采用排桩墙加锚或加撑支护。当采用止水帷幕和排桩加内支撑或锚杆围护时,应采取措施尽量减小基坑内外水位差,并且当止水帷幕漏水时,应有

应付漏水的对策。

基坑外降水既有有利的一面也有不利的一面，有利的是可以减小作用在围护体系上的水压力和土压力，不利的是可能引起地面沉降，产生不良环境效应。场地条件不同，降水引起的地面沉降量可能有较大的差别。新填区降水可能引起较大的地面沉降量，而在老城区降水引起的地面沉降量就要小得多。特别是降水深度在历史上大旱之年枯水位以上时，降水可能引起的地面沉降量很小。当基坑外降水可能产生不良环境效应时，也可通过回灌以减小对周围环境的影响。

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，一定要用止水时也要尽量降低基坑内外的水头差。完全不漏水的止水帷幕较难形成，坑内外高水头差可能造成局部渗水、漏水，往往会酿成大事故，而较低的坑内外水头差既可减小渗水、漏水发生的可能性，也有利于发生局部渗水、漏水现象后的堵漏补救。当基坑深度在18m以上，地下水又比较丰富时，通过坑外降水尽量降低基坑内外的水头差显得十分重要。

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。

总之，要重视基坑工程中地下水控制，尽量减少由于未处理好水的问题造成的工程事故。

6 信息化施工与风险管理

对基坑工程事故原因分析表明，基坑挖土施工不当引发的基坑工程事故比例很高。基坑挖土施工不当主要指挖土顺序不符合设计要求、超挖、以及支护结构未达到设计强度提前开始挖土等。要解决施工不当引发的基坑工程事故问题，除了提高施工单位素质，加强施工管理外，基坑工程围护设计应考虑挖土施工简便。基坑围护设计应包括挖土顺序和每层挖土厚度的要求，另外还应对基坑施工过程中基坑围护变形和围护结构内力提出警戒值要求，并应提出应急措施。现场工作人员根据基坑变形机理，在知道现有观测数据情况下，预测变形发展，根据实际情况采取相应措施。

基坑围护结构设计人员应参加基坑工程施工组织设计方案审查，对基坑工程施工提出合理要求。基坑工程应加强监测，根据需要进行支护结构变形监测、内力监测，深层土体位移监测，以及地下水位变化监测等。只有设计、施工、监测三方面密切配合，实现信息化施工，才能有效减少基坑工程事故概率。

杭州地铁湘湖站“11.15”基坑坍塌事故分析报告告诉我们基坑工程风险管理非常重要，对一个具体工程，只有全面了解可能产生的破坏形式，产生破坏的原因，做好风险管理，有效消除事故苗头，才能杜绝恶性事故的发生。为此在基坑工程中应加强基坑工程风险管理体系建设，建立定量的风险度量方法和适合我国国情的风险接受准则，针对基坑工程事故中常出现的问题，提出降低风险的方法和风险一旦出现后的处理方法，降低事故发生概率，借鉴土木工程其他领域的经验建立基坑施工动态风险管理智能化系统，加强风险管理责任制。规划、勘察、设计、施工、监理、监测以及工程投资和工期控制，每个环节都要重视工程风险管理，严格执行基坑工程风险管理制度。对参与基坑工程管理、施工、监理、设计、监测的人员，应加强技术培训、安全教育和考核，提高基坑工程风险意识，确保基坑工程安全。

7 基坑围护设计注意事项

顾宝和认为：“土工问题分析中由于计算条件的模糊性和信息的不完全性，单纯力学计算不能解决实际问题，需要岩土工程师综合判断。不求计算精确，只求判断正确。”岩土工程设计具有概念设计的特性。从前面对基坑工程特性的分析可以看出基坑工程围护结构很复杂，不确定因素很多。土压力的合理选用，计算模型的选择，计算参数的确定等都需要岩土工程师综合判断，因此基坑围护结构设计的概念设计特性更为明显。太沙基提出的“岩土工程与其说是一门科学，不如说是一门艺术 (Geotechnology is an art rather than science)”的论述对基坑工程特别适用。岩土工程分析在很大程度上取决于工程师的判断，具有很强的艺术性，这些原则对基坑围护结构设计更为重要。

基坑围护结构设计要求：(1) 详细了解场地工程地质和水文地质条件，了解土层形成年代和成因，掌握土的工程性质；(2) 详细掌握基坑周围环境条件，包括道路、地下管线分布、周围建（构）筑物以及基础情况；(3) 待建建（构）筑物地下室结构和基础情况。根据上述情况，结合工程经验，进行综合分析，确定按稳定控制设计，还是按变形控制设计，合理选用基坑围护型式，确定地下水控制方法，在设计计算分析中合理选用土压力值，强调定性分析和定量分析相结合，抓主要矛盾。在计算分析的基础上进行工程判断，在工程判断时强调综合判断，在此基础上完成基坑围护结构设计。

基坑围护结构设计中，土压力值的合理选用是首先要解决的关键问题。影响土压力值合理选用的因素主要有下述几个方面：

在基坑围护结构设计中，人们通常采用库伦土压力理论或朗肯土压力理论计算土压力值。根据库伦或朗肯土压力理论计算得到的主动土压力值和被动土压力值都是指挡墙达到一定位移值时的土压力值，实际工程中挡墙往往达不到理论计算要求的位移值。当位移偏小时，计算得到的主动土压力值比实际发生的土压力值要小，而计算得到的被动土压力值比实际发生的土压力值要大，如不进行修正，计算结果是偏不安全的。挡墙实际位移值的大小对作用在挡墙上的土压力值大小的影响应予以重视。

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作出具体的规定，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。

如何应用和评价基坑围护设计软件是一个很重要的问题。笔者曾在一论文中认为：基

坑围护设计离开设计软件不行，但只依靠设计软件进行设计也不行。前半句的意思是计算机在土木工程中的应用日趋成熟，应该采用电算取代繁琐的手工计算。在这里笔者要强调的是后半句，只依靠设计软件进行设计也不行。

目前基坑围护设计商业软件很多，你会发现采用不同的软件进行计算，得到的计算结果往往不同。某大学教授对一基坑工程采用 7 个设计软件进行设计，发现相互差别很大，有的弯矩差一倍以上，这也说明不能只依靠设计软件进行设计。基坑工程区域性较强，时空效应明显，编制基坑围护设计软件都要作些简化和假设，不可能反映各种情况。影响基坑工程稳定性和变形的因素很多，很复杂，设计软件也难以全面反映。而目前大部分设计软件是按稳定控制设计编制的，当需要采用按变形控制设计时，采用按稳定控制设计编制的设计软件进行设计可能出现许多不确定因素。

在岩土工程分析中要重视工程经验，重视各种分析方法的适用条件。岩土工程的许多分析方法都是来自工程经验的积累和案例分析，而不是来自精确的理论推导。因此，具体问题具体分析在基坑工程中更为重要。在应用计算机软件进行设计计算分析时，应结合工程师的综合判断，只有这样才能搞好基坑围护设计。

以上意见抛砖引玉，不妥之处，望能得到指正。

龚晓南
浙江大学土木工程学系
2010. 04. 06

目 录

前言——基坑工程发展中应注意的几个问题

一、地下连续墙(墙一撑, 墙一锚)支护

上海宝矿国际广场基坑工程·····	沈 健	王卫东	翁其平	1		
上海浦钢搬迁炼钢连铸机基坑工程·····	张具寿	范作锋		24		
南京长江隧道盾构始发工作井信息化施工 与分析·····	王 源	谭跃虎	段建立	曾 京	32	
上海仲盛商业中心基坑工程·····	谢小松	徐 伟		39		
上海盛大国际金融中心基坑工程·····	王美华	尤雪春	陆纪东		50	
上海陆家嘴金融贸易区 X2 地块发展项目基坑工程 ·····	贾 坚	刘传平	谢小林	肖忠华	翟杰群	64
上海卢湾区 55 街坊基坑工程·····	贾 坚	罗发扬	黄大明	谢小林	翟杰群	79
太原亲贤北街梅园中心停车库基坑支护·····	何 亮	侯国彬	丰红彦		89	

二、桩一撑(锚)支护

郑州地铁一号线七里河车站基坑工程·····	宋建学	翟永亮	朱 翔	李尚林	97
深圳星河国际酒店基坑工程·····	吴燕开	郭海轮			108
钻孔灌注桩—深层搅拌桩咬合支护结构在南京某基坑工程中的应用 ·····	李俊才	陆 峰	夏飞虹	孙 剑	120
北京地铁西四车站基坑工程·····	张慧东	王建飞	李志毅	姚宏刚	127
杭州钱江商务广场 B4、B5 楼基坑工程·····	李冰河	刘兴旺			136
上海证大喜玛拉雅艺术中心基坑工程·····	梁志荣	赵 军	李 伟		142
杭州运河宾馆基坑围护工程·····	陈 东	刘兴旺			152
上海仁济医院地下车库房基坑工程·····	王卫东	陈 畅	宋青君	王建华	158
深圳东海商务中心基坑支护工程·····	张 俊	姜晓光	杨志银		170
交城碧桂苑某基坑工程·····	贺永俊	葛忻声			177

三、上部土钉、下部桩锚(撑)支护

北京第五广场基坑支护工程·····	贺再球	陈国强			184
深圳南山商业文化中心区 T-106 地块 基坑工程·····	吴旭君	杨志银	谷 霖	郑 平	196
长兴电厂翻车机房基坑工程·····				沈恺伦	203

四、部分土钉支护、部分桩锚支护

西安旅游国际中心基坑支护及降水工程·····	杨丽娜	田树玉	王勇华	杨晓鹏	212
杭州建德金马中心广场边坡治理及基坑支护工程·····					
·····	岑仰润	缪永刚	孔剑华	张一志	219
甘肃广播电视大学综合楼基坑工程·····	朱彦鹏	周 勇	莫 庸	华遵孟	229

五、(复合)土钉支护

兰州金城盆景园花卉研究中心基坑工程·····					
·····	朱彦鹏	周 勇	毕东涛	莫 庸	滕文川
北京鲁谷 G804 号地块 1 号住宅楼基坑工程·····				吕科验	杨家臣
北京某地下车库基坑工程及事故处理·····				焦中华	贾力宏
·····				李 莹	251
深圳华强广场基坑工程·····	郑 平	吴旭君	骆永生	杜甫志	257
西宁某基坑事故分析与处理·····	朱彦鹏	叶帅华	莫 庸		263
西安某基坑支护及降水工程·····	马云峰	王勇华	杨晓鹏		271
兰州某电力公司调度通讯楼基坑工程·····	王 隽	鲁海涛	滕文川		277

六、其 他

铁路客运专线明挖隧道基坑复合支护技术·····	张明聚	谢小春	司峰军	叶新丰	286
双排桩加预应力锚索在深大基坑中的应用探讨·····				向 艳	294
“深坑化浅坑”设计方法在深大基坑围护设计中 的应用·····	梁志荣	李忠诚	赵 军	王建君	301

一、地下连续墙(墙一撑, 墙一锚)支护

上海宝矿国际广场基坑工程

沈 健 王卫东 翁其平

(华东建筑设计研究院有限公司地基基础与地下工程设计研究所, 上海 200002)

一、工程简介

上海宝矿国际广场工程主体建筑主要由 48 层办公楼、24 层酒店、13 层公寓式酒店以及 2~3 层的裙楼组成。主体结构均设置 3 层地下室, 采用桩筏基础, 工程桩均采用钻孔灌注桩。本工程基坑约为 20000m², 基坑形状呈不规则 L 形。基坑周边普遍区域基坑挖深约 15.7~16.2m, 酒店主楼区域挖深为 16.5m, 办公楼主楼区域挖深为 17.9m, 属超大型深基坑工程, 基坑保护等级为一级。

二、基坑周边环境概况

本工程地处上海市闸北区繁华地带, 位于天目西路、恒丰路、裕通路、长安路交汇处。其中天目西路及恒丰路为市区交通主干道、车流量大, 道路下埋藏有较多的地下管线。西侧隔长安路分布有南北走向的苏州河, 周边环境见图 1。

基地东侧恒丰路下埋藏有众多地下管线, 自围护体由近及远依次为: 高压电缆(8.5m), 配水(16.8m), 信息(19.3m), 路灯(24.1m), 雨水(32.9m)。南侧裕通路对面主要为 1~3 层砖木结构旧式建筑, 天然浅基础, 对沉降与变形较为敏感, 距围护体最小净距为 20.3m。南侧地下管线自围护体由近及远依次为: 雨水(12.4m), 配水(14.3m)。西侧长安路对面均为 1~2 层砖木结构旧式建筑, 天然浅基础, 对沉降与变形较为敏感, 与围护体之间最小净距为 8.2m。西侧地下管线自围护体由近及远依次为: 配水(5.8m)、雨水(9.0m)。北侧长安大厦三层裙房与围护体最小净距约为 13.3m, 长安大厦 6 层停车场与围护体最小净距约为 6m, 均为预制方桩基础, 桩长约 26~29m。北侧围护体与地下室外边线阳角处的小高层住宅最小净距约为 14.9m。基地北侧转角处为天目西路, 天目西路下埋藏有众多地下管线, 自围护体由近及远依次为: 煤气(10.6m), 煤气(11.3m), 电力(11.5m), 配水(15.5m)。天目西路与恒丰路交界处人行过街天桥距围护体最小净距约为 21m。人行天桥的基础为 $\phi 800\text{mm}$ 钻孔灌注桩, 桩长 29m。

建设场地中存在原天目广场已施工的部分工程桩、围护桩以及地下连续墙, 场地中原有的围护桩为 $\phi 1000\text{mm}@1090\text{mm}$ 灌注桩, 深 26.5m, 处于场地中部, 局部与本工地下室外墙相交; 原有的地墙厚度为 800mm, 深度 24.4~25.4m, 老的地墙局部与新的围

一、地下连续墙(墙—撑, 墙—锚)支护

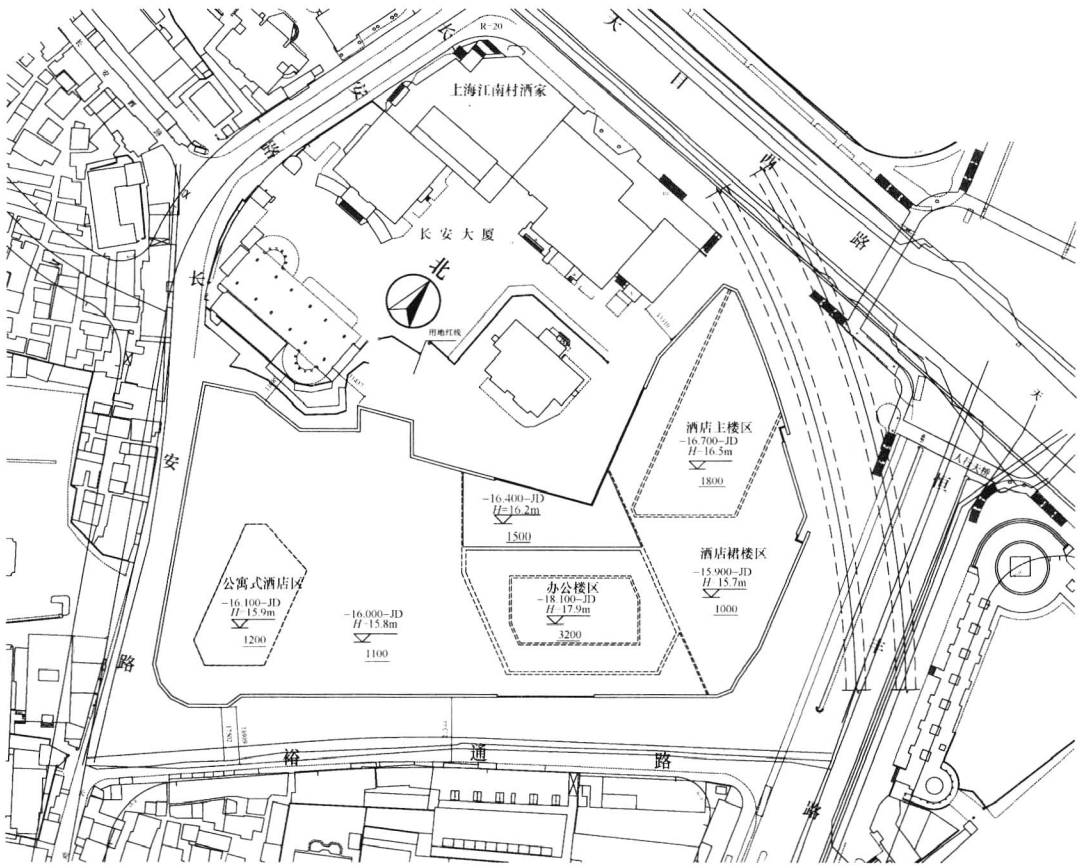


图1 宝矿国际广场基坑总平面图

护体相交,局部又与新的地墙走向位置基本一致。原工程桩桩径为 $\phi 850\text{mm}$,顶标高为一12.400~一14.400m,底标高为一74.400~一76.400m。

总体来讲,本基坑工程周边环境较为复杂,重点保护对象为周边地下管线、人行过街天桥、基地北侧的长安大厦与小高层住宅以及周边的旧建筑等,对本工程基坑支护结构设计提出了较高的要求。同时本工程场地内部存在的已经施工完成的老地墙、围护桩以及工程桩等刚性构件,与地下室外轮廓线存在矛盾的地方是围护设计施工过程中的重点与难点。

三、工程地质及水文地质情况

根据本工程岩土工程勘察报告,本场地地貌类型属滨海平原,拟建场区原为棚户、简屋,场地内原有建筑物已拆除,杂填土较厚主要为较大的混凝土块、砖块等建筑垃圾,厚度1.50~5.50m。地面标高为2.83~3.65m。

本场地由于邻近苏州河,且浅层分布有第②、③₂、⑤局部有粉土夹层,在动水压力的作用下易产生流砂现象,施工中应采取相应的防范措施,尤其要做好隔水、止水措施保证基坑的安全施工与使用。

场地地下水属潜水类型,其主要补给来源为大气降水及地表径流,水位补给随季节变化而变化。勘察期间实测地下水埋深为0.85~1.40m。场地地下水对混凝土一般无腐

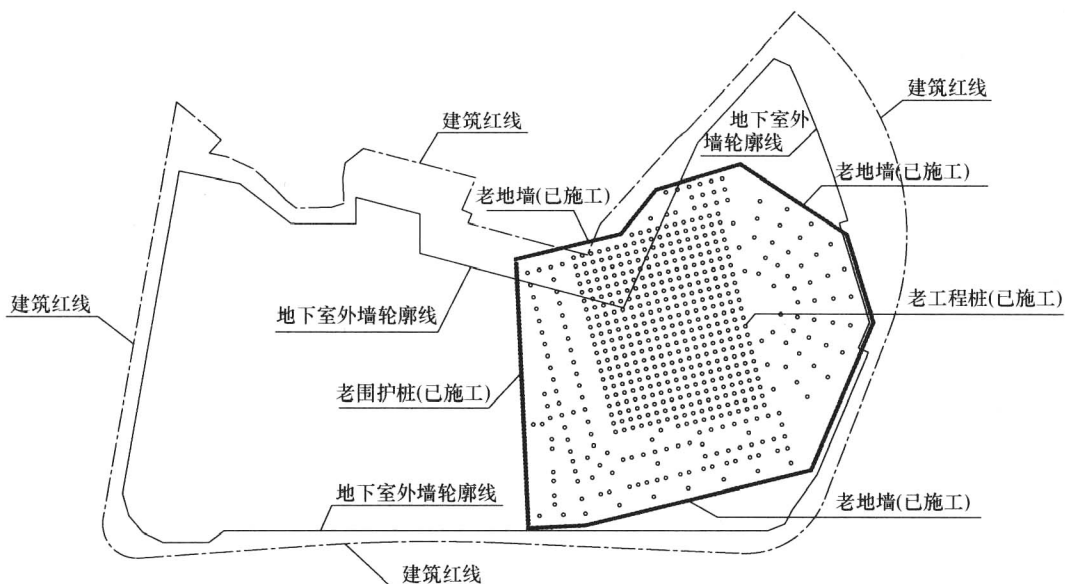


图2 基坑内已施工工程桩及围护体平面布置示意图

蚀性。

第⑦层为上海第一承压含水层，承压水水位呈幅度不等的周期性变化，根据区域观测资料，承压水水头埋深为地表下 3.0~11.0m，在勘察期间，⑦层承压水水位埋深为 5.7~5.8m，⑦层层顶埋深最浅位置约为 28m。由于本基坑工程的开挖深度较深，基坑开挖至普遍基底时，存在上覆土重不足以抵抗承压水浮托力而产生突涌的可能性。必须采取降压等措施以控制承压水突涌稳定性满足要求。

场地的工程地质条件及基坑围护设计参数如表 1 所示。

土层参数表

表 1

土层序号	土层	重度 (kN/m ³)	φ (°)	c (kPa)	渗透系数 K_v : K_h (cm/sec)
①	杂填土	18.0	22.0	0	
②	粉质粘土夹粘质粉土	18.3	27.0	16	
③ ₂	砂质粉土夹粘质粉土	18.4	31.5	5	8.05×10^{-5} ; 1.24×10^{-4}
④	淤泥质粘土	16.9	13	10	1.10×10^{-5} ; 1.58×10^{-5}
⑤ ₁₋₁	粉质粘土	17.7	13	13	1.47×10^{-7} ; 1.95×10^{-7}
⑤ ₁₋₂	粉质粘土	18.1	20.5	14	2.32×10^{-7} ; 3.19×10^{-7}
⑥	粉质粘土	19.7	15	45	1.03×10^{-7} ; 1.17×10^{-7}
⑦ ₁	砂质粉土	18.6	34.5	5	1.57×10^{-4} ; 2.47×10^{-4}
⑦ ₂	粉砂	18.8	35.5	3	3.07×10^{-4} ; 4.33×10^{-4}

四、支护结构设计方案

1. 总体方案设计

本工程基坑开挖面积约为 20000m²，延长米约为 683m，开挖深度最深区域达 17.9m，属超深超大的基坑工程，在高地下水位的软土地基中开挖如此超深超大的基坑工程具有一