

# 基坑工程实例

# 2

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 副主编

中国建筑工业出版社

# 基坑工程实例 2

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 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 2/龚晓南主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

ISBN 978-7-112-10355-3

I. 基… II. 龚… III. 基坑-工程施工-案例 IV. TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 144105 号

本书收集近年来建成的 36 个基坑工程, 包括地下连续墙支护、桩-锚支护、桩-撑支护、上部土钉下部桩锚支护、部分土钉部分桩锚支护、复合土钉支护等 7 部分。每个基坑工程实例均介绍: 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的设计施工人员、大专院校师生阅读。

\* \* \*

责任编辑: 蒋协炳

责任设计: 董建平

责任校对: 王 爽 孟 楠

## 基坑工程实例

2

《基坑工程实例》编辑委员会

龚晓南 主编

宋二祥 郭红仙 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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 444 千字

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 46.00 元

ISBN 978-7-112-10355-3

(17158)

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

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 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 贾金青 贾立宏  
蒋协炳 雷 用 李保国 李 虹 李锡夔 李象范 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 谭跃虎 唐传政 唐杰康 田裕甲 王步云 王建华  
王卫东 夏永承 徐国光 徐水根 徐 伟 徐学燕 杨 斌  
杨光华 杨桂芹 杨秀仁 杨志银 喻良明 余志成 余子华  
曾宪明 张 鑫 张鸿儒 张旷成 张明聚 张信贵 赵锡宏  
郑 刚

# 前 言

## ——基坑工程设计和施工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,我国基坑工程设计和施工水平有了很大的提高。但应看到,基坑工程事故多和设计不合理造成工程投资浪费两个倾向仍然存在,需要我们重视。为了更好地交流基坑工程设计和施工领域的新鲜经验,配合中国建筑学会建筑施工学术委员会基坑工程专业委员会二年一次召开学术年会之际,组织全国各地编写基坑工程实例,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个方面内容:工程简介及特点;工程地质条件(含土层物理学指标表和—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。《基坑工程实例2》共收集36个工程实例,围护型式包括地下连续墙(墙—撑、墙—锚)支护、桩—锚支护、桩—撑支护、上部土钉下部桩锚、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、湖北、广东、江苏、河南、福建、四川等省市。

在出版《基坑工程实例2》之际,笔者就基坑工程特点、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、围护型式的合理选用和优化设计、土压力的选用、地下水控制、基坑围护设计方法、基坑工程设计与施工等几个问题谈谈笔者的体会,望能得到广大同行指正。

### 1. 基坑工程特点

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八方面的特点:(1)基坑围护体系是临时结构,与永久性结构相比,设计考虑的安全储备较小,因此基坑工程具有较大的风险性,对设计、施工和管理各个环节提出了更高的要求;(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)基坑工程与周围环境条件密切有关,在城区和在空旷区的基坑对围护体系的要求差别很大,几乎每个基坑都有特殊性;(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,要求设计人员不仅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)作用在围护结构上的主要荷载土压力的影响因素很多,很复杂;(6)基坑工程空间形状对围护体系受力具有较强影响,土又具有蠕变性,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。基坑工程需要加强监测,实行信息化工;(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。

分析基坑工程事故,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

对上述基坑工程特点缺乏深刻认识,未能采取有效措施有关。

## 2. 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的变形时,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的变形时,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;当需要采用按变形控制设计时,采用按稳定控制设计可能对环境造成不良影响。基坑周围地基土体的变形可能对周围的市政道路、地下管线、建(构)筑物产生不良影响,严重的可能影响其正常使用。

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,合理确定变形控制量。

根据基坑周边环境条件,首先确定采用按稳定控制设计,还是按变形控制设计,至今尚未引起重视,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。

## 3. 常用围护型式分类及适用范围

在工程中应用的围护型式很多,在围护型式分类中要包括各种围护型式是困难的,笔者将其分为下达四大类:

### 一、放坡开挖及简易支护

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。

### 二、加固边坡土体形成自立式围护

包括水泥土重力式围护结构;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。

### 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;加筋水泥土墙等。

### 四、其它形式围护结构

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,地位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。常用基坑围护型式分类及适用范围如表1所示。对参考引用表中提及的开挖深度时应慎重,应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,或采取降水措施,以及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,条件许可时尽量采用
	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
	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、而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	应考虑冻融过程中对周围的影响,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,而且可允许产生较大的变形的基坑。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,多用于软粘土地基中深度大于6m的基坑	采用型钢加筋需考虑回收
	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	
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	

#### 4. 围护型式的合理选用和优化设计

几乎可以说每一个基坑都有特殊性,应根据场地工程地质和水文地质条件,基坑开挖深度和周边环境条件,选用合理的围护型式。

基坑围护型式很多,每一种基坑围护型式都有其优点和缺点,都有一定的适用范围。一定要因地制宜,选用合理的围护型式。

如何合理选用,笔者认为应抓住该基坑围护中的主要矛盾。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。

一般来说,饱和软粘土地基中的基坑采用排桩墙加内支撑的围护型式可以较好解决土压力引起的稳定和变形问题。若基坑比较深可采用地下连续墙加内支撑的围护型式。若基坑较浅(一般小于5m),且周边可允许基坑有较大的变形,可采用土钉墙或复合土钉墙围护,或采用水泥土重力式挡墙围护。采用土钉或复合土钉支护时,基坑深度一定要小于其临界支护高度。土钉墙支护临界支护高度主要取决于地基土体的抗剪强度。

而粉砂和粉土地基中的基坑围护主要问题是地下水控制。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。

### 5. 土压力的选用问题

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。影响土压力值的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,土压力值合理选用的重要性。任何“本本”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能否合理选用很大程度取决于该地区工程经验的积累,取决于设计工程师的综合判断能力。

### 6. 地下水控制问题

源自地下水控制未处理好而造成的工程事故在基坑工程事故中占有很大比例,应该引起重视。

控制地下水有两种思路:止水和降水。止水是指通过设置止水帷幕让基坑围护体系内外保持较大的水头差。为了满足挖土和地下结构建设的要求,需要将基坑围护体系内地下水降至基坑低以下1m左右。通过设置止水帷幕让基坑围护体系外侧地基中地下水位基本保持不变。降水是指在降低基坑内地下水位的的同时不控制基坑外地基中的地下水位,让其自由下降,一般此时地下水位呈漏斗状。基坑外地基中的地下水位下降可能引起地基土体下沉,对环境造成不良影响。设置止水帷幕使基坑外地基中地下水位基本保持不变,这样可避免基坑内地下水位下降对环境造成的不良影响。

止水帷幕大致可分为三类：利用围护结构本身形成止水帷幕；独立设置止水帷幕；围护结构和水泥土桩等止水体联合形成止水帷幕。

不少围护结构本身是不透水的，本身形成止水帷幕。但应看到可能存在的问题，如：钢筋混凝土地下连续墙墙身不透水性能好，但墙段接头处未经处理或处理不好往往会产生漏水；又如咬合现浇钢筋混凝土排桩墙中相邻两桩嵌合得好止水性能很好，但由于地层等原因造成桩体垂直度不符合要求，相邻两桩嵌合不好则造成漏水。该类事故比例不低。加筋水泥土墙本身止水性能也很好，有时造成漏水的原因也是桩体垂直度不符合要求造成。

独立设置止水帷幕常用深层搅拌法和高压喷射注浆法。水泥土渗透系数小，水泥土止水帷幕止水性能好。由于水泥土桩相互搭接不够，或桩体垂直度不符合要求造成水泥土止水帷幕漏水在工程中也常有发生。

围护结构和水泥土桩等止水体联合形成止水帷幕主要有下述形式：钢筋混凝土钻孔灌注桩加水泥搅拌桩；钢筋混凝土钻孔灌注桩加旋喷水泥土桩；钢筋混凝土钻孔灌注桩加素混凝土桩。上述三种型式止水帷幕除由于相互连接不紧密而造成漏水外，还有由两种材料组成的止水帷幕当变形较大时联接处容易产生裂缝而造成漏水，特别是钢筋混凝土钻孔灌注桩加素混凝土桩形成的止水帷幕。

通过提高施工质量可以减少产生止水帷幕漏水的概率，但寄希望通过提高施工质量彻底解决止水帷幕漏水也有困难。笔者曾在一篇文章中谈到：设计止水帷幕容易，而保质保量施工好止水帷幕则比较困难。当基坑较深，工程地质又比较复杂时，旋喷桩、搅拌桩、钻孔灌注桩桩体垂直度的严格控制都会遇到困难。增加止水帷幕的宽度可以有效减少产生止水帷幕漏水的概率，但要增加工程投资。

基坑工程中如何控制地下水非常重要。笔者曾在一篇文章中谈到：在处理水的问题时，能降水就尽量不用止水，一定要用止水时也要尽量降低基坑内外的水头差。为什么呢？这里作进一步分析。

基坑外降水可能引起地面沉降，产生不良环境效应，这是不利的一面；基坑外降水可以减小作用在围护体系上的水压力和土压力，这是有利的一面。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可能要小得多。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。

控制地下水是通过止水，还是通过降水需要通过综合分析。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。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。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产生渗水、漏水的发生，也有利于发生局部渗水、漏水现象后的堵漏补救。

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，尽量减少由于水的问题未处理好造成的工程事故。

## 7. 基坑围护设计方法

顾宝和认为：“土工问题分析中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。太沙基说的“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 a 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；详细掌握基坑周围环境条件，包括道路、地下管线分布、周围建筑物以及基础情况；待建建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。根据综合分析，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。

如何应用基坑围护设计软件？如何评价基坑围护设计软件的作用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发展到今天，总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、个性很强，时空效应强，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。影响基坑工程的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，要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。

## 8. 基坑工程设计与施工组织设计

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，便于施工。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。

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、测试三者密切配合，实现信息化施工，才能有效减少基坑工程事故。

综上所述：要重视基坑工程的特殊性，基坑围护体系是临时结构，安全储备小。基坑工程时空效应强，环境效应明显，需要设计、施工和管理人员对基坑工程特点有深刻的认识。

可将基坑围护分为四大类：放坡开挖及简易支护；加固边坡土体形成自立式围护；挡墙式围护结构；其它形式围护结构。基坑围护型式很多，一定要因地制宜，选用合理的围护型式。

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。然而对土压力的影响因素很多，很复杂，任何“本本”都很难对土压力值的合理选用作出具体的规定。设计中土压力值能否合理选用很大程度上取决于该地区工程经验的积累，取决于设计工程师的综合判断能力。

源自地下水控制未处理好而造成的工程事故在基坑工程事故中占有很大比例，基坑工程中如何控制地下水非常重要。控制地下水是通过止水，还是通过降水需要通过综合分析，而有条件采用降水的应尽量不用止水，一定要采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。

岩土工程设计具有概念设计的特性，基坑围护结构设计的概念设计特性更为明显。基坑围护结构设计要求详细了解场地工程地质和水文地质条件，掌握土的工程性质；详细掌握基坑周围环境条件，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，合理选用土压力值，抓主要矛盾。在计算分析的基础上进行综合判断，完成基坑围护结构设计。

要合理应用基坑围护结构设计软件，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。

我国已有条件推广根据基坑周边环境条件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。

基坑挖土施工不当引发的基坑工程事故比例也很高。应加强监测，只有设计、施工、测试三者密切配合，实现信息化施工，才能有效减少基坑工程事故。

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

2008.08.26

# 目 录

## 一、地下连续墙(墙一撑、墙一锚)支护

上海中国平安金融大厦基坑工程	王卫东	翁其平	周香莲	王建华	1	
珠江黄埔大桥悬索桥北锚碇基坑工程	赵有明	李冰	田欣	杜洪池	李海	16
武汉长江隧道江南段盾构井基坑降水工程	冯晓腊	谢武军	李红梅		31	
广州地铁三号线北延线燕塘站基坑工程	黄传胜	陈志祥	陈柱		41	
上海鸿艺大厦基坑工程	金剑亮	唐朝芳			48	

## 二、桩一锚支护

### 北京某深基坑支护及施工监测实录

.....	陈龙华	李庆伟	党昱敬	徐家康	程金明	贾立宏	58
武汉多福路一期商住综合楼 C1 栋基坑工程	谭峰屹	汪洋					65
北京图书大厦二期基坑工程	刘小团	魏文生	郭红仙				73
泸州某土质基坑工程	雷用	谢富林					83
深圳华润中心二期基坑工程	张俊	郑睿祺	杨志银	卓志飞			90
郑州国贸中心基坑工程	童怀峰	郭院成	宋建学	张四化			97
丽水金汇新天地广场基坑工程	李冰河	曹国强	刘兴旺				102
深圳新银座大厦深基坑工程	周洪涛	刘唱晓					107
静压管桩拉锚支护结构在武汉深厚软土基坑工程中的应用	徐杨青	程杰林					114

## 三、桩一撑支护

### 浙江清华长三角研究院创业大厦基坑工程

.....	王建华	丁勇春	邱国恩	李进军	王卫东	122
上海绿洲中环中心工程超大型基坑围护设计	尹骥	李象范	李琦			133
南京鹏欣水游城基坑工程	李俊才	熊鹰	王晓宇	张志铨		143
漳州某大直径现浇薄壁筒桩基坑工程	简洪钰					152
杭州凡尔顿世纪广场地下室基坑支护设计	刘恒新	岑仰润	姚炳祥	周爱其		161
浙江三立时代广场基坑工程	曹国强	刘兴旺	施祖元			168

## 四、上部土钉、下部桩锚支护

武汉清江大厦基坑工程	张杰青	洪兴全	李纲林	唐传政	173
北京朝阳广场深基坑工程	李虹	刘兴旺	张治华		180
杭州磁记录设备厂科研创新基地基坑工程	吴芳	龚新晖	严平	龚晓南	185

杭州西湖大道 13-1 地块商务楼基坑工程 .....	周国平	龚新晖	严平	龚晓南	191
-----------------------------	-----	-----	----	-----	-----

### 五、部分土钉、部分桩锚支护

深圳百仕达花园五期基坑支护工程 .....	罗小满	杨志银	198		
北京中国人民解放军总医院外科大楼基坑支护工程设计 .....	陈国强	205			
郑州丹尼斯花园商厦基坑工程设计 .....	周同和	王伟玲	李永辉	宋建学	213
南京金鼎湾花园深基坑工程 .....	黄广龙	李娟	219		
苏州中翔商贸城三期基坑工程 .....	鲁祖统	徐雷云	226		
北京华彬国际大厦酒店深基坑工程 .....	刘兴旺	李虹	张治华	234	

### 六、(复合)土钉支护

杭州复兴 4 号地块三期基坑工程 .....	邢玉芳	刘世明	241	
疏桩复合土钉墙支护结构在杭州某基坑工程中的应用 .....	袁静	刘兴旺	曹国强	248
汉口某复合土钉支护基坑工程 .....	杨育文	洪兴全	253	
基坑坑底存在软土的汉口某复合土钉支护 .....	杨育文	吴先干	258	

### 七、其 他

某水电站左岸出线竖井基坑工程 .....	徐伟	李明雨	刘永光	263		
北京深厚松散覆盖层锚索施工技术 .....	程金明	陈龙华	李庆伟	范景伦	贾立宏	270

# 一、地下连续墙(墙一撑、墙一锚)支护

## 上海中国平安金融大厦基坑工程

王卫东 翁其平

(华东建筑设计研究院有限公司, 上海 200002)

周香莲 王建华

(上海交通大学土木工程系, 上海 200030)

### 一、工程简介

中国平安金融大厦工程由 39 层主楼和 4 层裙楼组成。主楼采用 SRC 框架—钢核心筒结构体系, 裙楼采用钢筋混凝土框架结构体系, 均设置 3 层地下室; 基础采用桩筏基础, 工程桩均采用钻孔灌注桩。主楼基础底板厚度 2.5m, 裙楼基础底板厚度 1.5m。工程基坑面积约为 18000m<sup>2</sup>, 基坑开挖深度主楼区域约为 17.90m, 裙楼区域约为 16.90m, 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

中国平安金融大厦地处上海浦东小陆家嘴金融贸易中心区, 基地周边市政管线和建筑物众多, 环境保护要求极高。基地西侧为银城北路; 南侧为正在运营的地铁二号线陆家嘴车站及出入口通道; 东侧为已建的交通金融大厦, 且分布有一规划变电站, 变电站待本工程地下部分施工完成后进行; 西侧银城北路下的管线由近至远依次为: 电力 (9.9m)、上水  $\phi 300$  (11.8m)、电话  $\phi 110$  (14.3m)、污水 DN800 (20.1m)、雨水 DN1000 (24.1m)、煤气 (33.0m)、上水  $\phi 500$  (35.5m); 北侧东园路下的管线由近至远分别为: 污水 DN450—30 (9.6m)、煤气 (12.2m)、雨水 DN220 (14.6m)、电话  $\phi 110$  (27.7m)。基地周边环境条件见图 1。

### 三、工程地质及水文地质情况

#### 1. 工程地质条件

根据中国平安金融大厦岩土工程勘察报告, 工程场地为古河道区域, 地貌形态单一, 地势平坦, 原为居民区, 现已整平。场地的地面标高较平坦, 一般在 3.14~4.07m 之间, 平均 3.75m 左右。

场地地层分布主要有以下特点:

- (1) 拟建场地第①层为杂填土, 成分复杂, 夹大块混凝土碎块、碎砖块及煤渣、钢渣等

# 一、地下连续墙(墙一撑、墙一锚)支护



图1 平安金融大厦基坑总平面图

建筑垃圾，场地内遍布，局部厚度较大，最大深度约为4.6m，底部常分布软弱淤泥质土。

(2) 第②<sub>0</sub>层粘质粉土（俗称江滩土）属新近沉积土，大致分布于2.0~9.5m深度范围内，状态较为松散且厚度较大，在围护体施工中需考虑其不利影响。该层土透水性好，若降水和止水措施不当，极易产生流砂、管涌等不良地质现象，施工时应采取适当的降水和止水措施。

场地的工程地质条件如表1所示。

土层物理力学指标

表1

土层序号	土层	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	φ(°)	c(kPa)	渗透系数(k <sub>v</sub> :k <sub>H</sub> )(cm/s)
①	杂填土	2.69	18.0	22.0	0	
② <sub>0</sub>	粘质粉土	7.6	18.3	20.0	4	9.95E-6 : 2.38E-5
④	淤泥质粘土	6.5	16.7	11.0	13	3.95E-8 : 5.28E-8
⑤ <sub>-1</sub>	粉质粘土	12.0	18.0	15.5	13	4.30E-6 : 8.57E-6
⑤ <sub>-3</sub>	粉质粘土	5.0	18.2	21.5	14	5.59E-6 : 1.22E-5
⑤ <sub>-4</sub>	粉质粘土	3.0	19.8	16.0	45	9.19E-8 : 2.88E-7
⑦ <sub>-1</sub>	砂质粉土	0	19.0	29.0	2	2.44E-4 : 1.33E-4
⑦ <sub>-2-1</sub>	粉砂	4.0	18.8	30.0	0	2.45E-4 : 3.99E-4

## 2. 水文地质条件

浅部地下水属潜水性，受大气降水及地表径流补给。地下水静止水位深度约为0.50~2.19m，地下水对混凝土一般无腐蚀性。



本场地第⑦层土为上海的第一承压含水层,该承压含水层水位呈年周期性变化,水位埋深的变化幅度一般在3.0~11.0m之间,水位埋深为5.4~6.3m。根据上海地区相关规范针对承压水稳定性进行验算表明,本基坑工程普遍区域承压水突涌稳定性满足要求,但主楼电梯井深坑区域由于开挖深度较深,存在由于承压含水层上的覆土层厚度不足抵抗承压水压力从而直接导致的管涌问题,必须针对该区域采取降压等措施,以控制承压水突涌稳定性满足要求。

#### 四、支护结构设计方案

##### 1. 基坑支护总体设计方案

本基坑工程面积大,开挖深度较深,施工难度高,此外应引起重视的是本基地南侧临近地铁二号线陆家嘴车站,基坑工程的设计与施工中应对地铁车站给予针对性的保护措施,必须控制基坑工程对地铁车站的影响在地铁保护范围之内。基地周边环境复杂,保护要求较高,基坑工程施工过程中如何对周边环境加以有效保护,最大限度减少因基坑开挖对临近地铁车站的影响并确保其万无一失成为本基坑工程围护设计面临的关键问题。

本基坑工程属于超大深基坑工程,周边环境保护要求极高,为了最大限度控制基坑开挖阶段对周边环境产生的不利影响,本工程采用地下连续墙作为基坑围护结构,地下连续墙施工工艺成熟,施工对环境的影响较小,水平抗侧刚度大,水平变形小,可有效地保护周围环境,已大量应用于上海的深基坑工程中,特别是地铁周边的深基坑工程,因此有着成熟和丰富的设计施工经验。同时考虑到经济性等因素,地下连续墙采用“两墙合一”的设计思路,即地下连续墙作为围护结构的同时又作为地下室外墙,基坑工程施工阶段地下连续墙既作为挡土结构又作为止水帷幕,起到挡土和止水的目的,同时地下连续墙在结构永久使用阶段作为主体地下室结构外墙,通过与主体地下结构内部水平梁板构件的有效连接,不再另外设置地下结构外墙。基坑围护体地下连续墙厚度综合主体结构使用要求,周围环境条件以及基坑开挖阶段水平位移的控制要求等因素进行计算确定,在裙楼区域采用800mm厚地下连续墙作为基坑围护结构,主楼区域及临近地铁侧采用1000mm厚度的地下连续墙。

基坑竖向设置三道钢筋混凝土支撑,呈边桁架加对撑布置。该支撑布置形式受力明确,可加快土方开挖、出土速度。钢筋混凝土内支撑可发挥其混凝土材料抗压承载力高、变形小、刚度大的特点,对减小围护体水平位移,并保证围护体整体稳定具有重要作用,同时第一道支撑对撑位置又可作为施工开挖、运土用的栈桥,方便了施工,降低了施工技术措施费。基坑开挖到坑底后再由下而上顺作地下室结构,并相应拆除支撑系统。

综上所述,本基坑工程采用“两墙合一”地下连续墙+坑内三



图2 平安金融大厦基坑实景图