

深基坑支护技术

——厦门市深基坑支护工程实例

厦门市建设委员会 主编

中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

深基坑支护技术

——厦门市深基坑支护工程实例

厦门市建设委员会 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共介绍了 31 个深基坑支护工程实例。其中, 自立式支护实例 8 个; 排桩内支撑支护实例 8 个; 排桩锚拉支护实例 6 个; 喷锚网支护实例 4 个; 组合式支护实例 5 个。这些支护工程的方法及经验, 对类似或相同地质条件下深基坑的设计及施工, 有很强的借鉴意义。

本书可供建筑结构设计及施工人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

深基坑支护技术: 厦门市深基坑支护工程实例/厦门市建设委员会主编.
-北京: 中国水利水电出版社, 1999
ISBN 7-5084-0140-9

I. 深… II. 厦… III. 深基础-地基处理 IV. TU473.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 42900 号

书 名	深基坑支护技术 ——厦门市深基坑支护工程实例
作 者	厦门市建设委员会 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 260 千字
版 次	1999 年 9 月第一版 1999 年 9 月北京第一次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	20.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

编辑委员会

主任：陈永欣

副主任：黄诗福 谢庭木 林世超 林树枝

委员：(按姓氏笔划)

白玉渊 史 华 何庆丰 高叔平 施国义 郭志培

侯伟生 黄仲达 廖河山

主编单位：厦门市建设委员会

参编单位：厦门市建筑科学研究所

冶金建筑研究总院厦门分院

福建省建筑科学研究院厦门分院

主 编：林树枝 何庆丰

编 辑：黄集生 黄建南 胡建勤 吕英明 苏自约 许建平

蒲生孝 陈振建 林龙辉 陈云彬 郑肃宁 郑 勇

陈强全 周颖军 卓锦钦 张永辉 林文彬 刘鹏洲

序

深基坑支护是一门理论性和实践性都很强的技术，近年来在国内运用很多，发展也很快。由于深基坑支护工程的临时性、复杂性和随机性，至今无论从理论上还是实践上，都存在许多不成熟和不完善之处。随着厦门市高层及超高层建筑的不断增加和地下工程的大量建设，基坑开挖深度越来越深，如正在建设中的 88 层远华国际中心和 66 层的邮电大厦，其基坑开挖深度已达 20m。厦门市工程地质条件复杂，深基坑支护工程的设计与施工难度较大。为预防和遏制深基坑支护工程事故的发生，确保基坑周围建筑物和市政管线的安全，1997 年 9 月厦门市建委颁布了《厦门市深基坑支护工程技术管理规定》，随后又陆续出台了与之配套的管理办法，对深基坑支护工程的勘察、设计、施工、监理与监测均提出了明确的技术要求，并建立了设计、施工、监测单位的资质认证制度，该规定中还要求每项深基坑支护工程应由两家以上设计单位作出方案，并须经专家审查论证，进行优化。这一系列有力措施使厦门市深基坑工程建设逐步走上了科学的、规范化的健康发展的轨道。令人欣喜的是，经过广大设计与施工人员的刻苦努力，厦门市已逐步总结出了有关深基坑支护工程的一系列地区性经验。可以预见，随着城市建设的不断发展，深基坑支护技术必将日臻完善，深基坑工程的技术管理也会迈上一级新的台阶。

本书撰稿者及审稿者是在厦门市长期从事工程建设科研、设计、施工的工程技术人员和专家，对深基坑支护工程设计、研究与施工管理方面有丰富的经验。书中共收录了厦门市有代表性的深基坑支护工程实例 31 项，这些实例有成功的经验也有失败的教训。实例中详细介绍了深基坑支护工程的设计方法、施工及监测技术，并对各种不同的方法进行了系统的分析比较。本书的编辑出版，将有助于进一步提高厦门市深基坑支护工程的技术水平，并期盼能作为建筑行业的同行们借鉴、参考。



绪 论

深基坑支护是一门理论性和实践性都很强的技术。它涉及到岩土力学、水文地质学、结构力学、钢筋混凝土结构学等学科，主要研究岩石的强度和变形、支护结构的强度和刚度以及土与支护结构的共同作用等问题。由于深基坑工程的临时性、复杂性和随机性，作为一门新的专门学科，无论理论上还是实践上，都仍存在许多不成熟和不完善之处。因此尚须通过大量的工程实践，积累更丰富的原位测试数据，进而总结出有关动态设计、信息施工、监理、监测等一系列成熟经验。

厦门市雨水充沛，地下水位高，且每年夏季都会遭受数次台风暴雨袭击；市区地质条件复杂，地面建筑和地下设施密集，深基坑工程的设计与施工具有较高难度，若处理不当，极易酿成事故，造成经济损失和不良社会影响。这方面的经验教训是沉痛的。为防止基坑支护事故发生，杜绝支护工程的设计与施工隐患，确保基坑周围建(构)筑物、道路和市政管线的安全，1997年9月1日厦门市建设委员会颁布了《厦门市深基坑支护工程技术管理规定》。主要内容如下。

(1) 实行深基坑支护设计许可证制度，即从事支护设计的单位必须是经过市建设主管部门批准认定并允许从事岩土工程设计的持证单位。

(2) 深基坑支护工程必须由至少两个设计单位提出支护设计方案，并须经专家审查论证。

(3) 将深基坑工程纳入岩土工程质量监督体系。

(4) 应采用信息施工法；基坑监测单位也必须经市建设主管部门批准认定。

实践证明，这些行业管理措施都是行之有效的。

一、厦门市工程地质特点

厦门市座落在一个四面环水的海岛上；其地貌类型大致有：海成滩涂，剥蚀阶地，丘陵等。

1. 海成滩涂

其土层分布概况如下：

(1) 杂填土。由砂性土、粘性土及碎石、砖瓦砾等建筑垃圾组成，成分随地段不同而异；厚1~2.5m，最厚可达十多米；土质疏松，极不均匀；其工程地质性能极不稳定；计算中常取内聚力 $C \leq 15\text{kPa}$ ，内摩擦角 $\varphi \leq 15^\circ$ 。

(2) 淤泥或淤泥质粘土。厚度达10~30m；为高压缩性土，流塑状态，力学性质差；一般内聚力 $C \leq 10\text{kPa}$ ，内摩擦角 $\varphi \leq 8^\circ$ ；基坑底大多位于此层。

(3) 冲洪积土层。有粘土层、砂层等，其力学性质较好。

(4) 残积粘性土。本层的工程地质状况良好，但此层中常发育有大小不一的孤石。

(5) 基岩。大多为花岗岩，有许多地段缺失强风化层。

2. 剥蚀阶地

其土层分布概况如下：

(1) 杂填土。

(2) 粘性土。有残积粘性土、坡积粘性土、冲洪积粘性土等土层。本层工程地质状况较好，但各地段分布的厚度大小不一，并常见孤石发育。

(3) 基岩。有的地段直接裸露。

3. 丘陵

大多基岩出露，有的覆盖较厚的残积土层。

由于西南—东北向的大断裂构造带“员当—钟宅断裂构造带”横跨厦门岛，其周围有许多次生断裂，基岩埋深差别极大。

厦门市地下水埋藏较浅，地下水位埋深约 1~3m；与深基坑开挖有关的杂填土层受大气降水补给，渗透系数较大；淤泥或淤泥质土层渗透系数较小，约在 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ 左右，但有的地段淤泥层中夹有薄层粉细砂，其水平渗透性较好；残积及冲洪积土层的渗透系数在 $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{cm/s}$ 左右；临员当湖和临海场地的地下水常与海水有水力联系。

二、深基坑支护类型

厦门市深基坑工程迄今已逾百个项目。基坑开挖深度一般为 4~9m，最深达 20m。除土层性质较好且开挖深度较浅的基坑采用放坡形式外，常见的支护类型如下。

1. 自立式支护

(1) 水泥搅拌桩挡墙支护。90 年代初，水泥搅拌桩就开始用于厦门市软基基坑支护。主要适用于淤泥、淤泥质土、粘土、粉质粘土、粉土、素填土等土层。基坑开挖深度不宜大于 8m。如三普大厦基坑支护倒塌恢复处理、马可波罗酒店、市计委培训中心、百家村等软土基坑支护，大多在主动区施做三排以上的水泥搅拌桩，有的还在被动区施做数排水泥搅拌桩；采用格栅式平面布置。其水泥掺量在 10%~20%。

这种支护结构的优点是挡墙厚度大，整体性和稳定性好，隔水性能良好，施工速度快，工程造价一般低于冲、钻孔灌注排桩，坑内无支撑结构，便于机械挖土和地下室工程施工；其缺点是挡墙占地面积大，不适宜场地狭小的工程；其强度受土层含水量和有机质含量影响大；事先，必须做好试验以确定水泥掺量和外掺剂量。一般要求水泥土 28d 龄期的单轴极限抗压强度不低于 1.0MPa。

(2) 悬臂式排桩支护。厦门市悬臂式排桩支护一般采用冲、钻孔或人工挖孔灌注桩，个别采用预制桩。根据不同的地质条件和基坑深度选用相应的桩型和桩径。目前，厦门市采用此种支护型式最深的基坑是国贸大厦，基坑深度达 12.5m，采用人工挖孔排桩支护；采用此种支护型式基坑较深的还有：铁道大厦、美仁大厦、金盛大厦等。个别采用双排排桩，其造价往往较高，且受力机理也较复杂，稍有不慎就可能出事，大多数排桩桩顶加设钢筋混凝土冠梁。

此种支护型式的优点是基坑内无支撑，便于机械化挖土和地下室工程施工，其缺点是

支护桩顶水平位移较大，当坑深较大或地质条件较差时，工程造价较高。厦门市采用此支护型式且基坑较深的工程都是场地土层工程地质状况良好的；若存在发育软土层，采用此支护型式的基坑，其深度一般不大于 6.0m。

2. 排桩内支撑支护

自 90 年代中期以来，排桩内支撑支护在厦门市得到较多应用。其排桩大多为冲、钻孔灌注桩（桩径 $\phi 500 \sim \phi 1200$ ），人工挖孔灌注桩（桩径 $\phi 800 \sim \phi 1200$ ）；个别工程采用地下连续墙，如九洲大厦和大陆商厦基坑支护。内支撑系统根据平面形状有角撑式（如富宇大厦）、角撑对撑式（如嘉隆商业城）、水平拱圈式（如吉祥大厦和路桥大厦圆形，深汇大厦和海光大厦弧形、光明大厦椭圆形）等多种布置方式；水平拱圈支撑发挥混凝土抗压强度高，抗拉强度低的特点，既经济又可提供较大的施工空间。竖向大多为单道内支撑，也有二道内支撑（如建行大厦）。支撑材料有钢梁和钢筋混凝土梁两种。钢支撑的优点是拆卸方便，钢材可回收重复使用；缺点是易变形，稳定性较差，对节点焊接质量要求高。钢筋混凝土撑与排桩的冠梁浇筑在一起，整体性和刚度较好，但拆卸时比较麻烦、费时。

在厦门市，此种支护型式大多用在软土层较厚、且基坑深度较深的工程；目前，基坑深度在 6~10m 之间的多采用单道撑，基坑深度大于 10m 的采用二道撑。

排桩内支撑支护的优点是支护系统较安全可靠；内支撑的布置应尽量简单，以方便基坑机械挖土和地下室施工；其缺点是基坑挖土和地下室施工较为不便；一旦有某个节点破坏，将导致整体失稳，因此必须把好各个节点质量关。

3. 排桩拉锚支护

(1) 排桩外侧地面拉锚支护。这种方法较内支撑方案工程费用低，操作方便，也便于土方开挖和地下室施工；如兴华大厦北侧西段，采用 $\phi 1200 @ 1500$ 冲孔灌注排桩，在 20m 外施做宽 1m 深 2.5m 钢筋混凝土墩，用多束 $\Phi 32$ 钢筋将钢筋混凝土墩和排桩顶冠梁连结在一起；但该支护型式需有足够大的场地。

(2) 排桩岩土锚杆支护。这种支护方法自 90 年代初就在厦门得到广泛应用，主要适用于场地土层性能较好或软土层较薄的场地。对基坑深度较大的工程，岩土锚杆的一些参数如下：与水平夹角在 $15^\circ \sim 40^\circ$ 之间；长在 35m 以内；设计轴向抗拔力一般小于 600kN；锚筋材料有钢绞线和钢筋；大多采用二次高压注浆工艺，第二次注浆压力一般大于 2MPa。锁定时都施加预应力，施加预应力大小不等，有的达设计值的 70%，有的只有设计值的 30%；施加的预应力越大，限制桩顶变位效果越好，但其支护桩承受的压力越接近静止土压力，因此该方法要求有较大的安全储备。

排桩岩土锚杆支护有单道和多道锚杆，目前最多达 4 道（如邮电大厦）。

实践表明，这种方法对基坑土方开挖和地下室施工十分有利，但往往会超出建筑用地红线，需征得红线以外的有关部门同意。

4. 喷锚网支护

喷锚网支护是锚杆、钢丝网、喷射混凝土相结合的联合支护型式。如交通银行大厦、依人大厦、厦融宾馆二期等十多个工程采用这种支护型式。适用于地下水位以上或经人工降水后的人工填土、粘性土和弱胶结砂土。不适用于含水丰富的粉细砂层、砂砾卵石层和

淤泥质土，不能用于自稳能力极差的淤泥、饱和软弱土层，因其变形较大，基坑深度不宜大于12m。如梅园综合办公楼基坑深度东3.70m~西5.0m，其地层分布自上而下为：素填土2.45~8.6m；淤泥厚3.45~13.39m，西厚东薄；西侧边坡坡度为68°，自上而下布三排锚杆，其长度分别为7m、5m、3m；水平间距1.5m；当土方开挖至4m多时，西侧边坡整体失稳破坏，致使邻近的福利厂车间遭到破坏，直接经济损失达40多万元。采用喷锚网支护必须做好地下水的排除、疏导；如长安大厦基坑（二层地下室）也采用喷锚网支护，基坑开挖后数月，边坡一直处于稳定状态；但因其变形较大，东侧埋在地下的自来水管破裂渗水，导致该侧整体失稳滑动；幸亏及时组织抢险，保住了邻近六层税务住宅楼，因而未造成灾难性的后果。

喷锚网支护具有以下优点：

(1) 通过喷锚网形成喷射混凝土、锚杆、钢筋网与土体共同作用的主动支护体系，最大限度地利用边壁土体的自稳能力。

(2) 喷锚网支护属柔性支护，可自行调节，使结构处于最佳受力状态，局部不会产生偶然过载。

(3) 喷锚网支护具有很大的灵活性，可根据监测数据随时调整支护参数。

(4) 喷锚网支护所需的设备简单，所需的操作场地小。

(5) 喷锚网支护工程造价较低。

喷锚网支护具有以下缺点：

(1) 边壁变形较大。

(2) 锚杆往往会超出建筑用地红线，需征得红线以外的有关部门同意。

5. 组合型支护

当基坑内有几种深度，或者土层分布变化较大，或者基坑各侧的环境条件有较大差别时，可因地制宜地采用不同的支护方法，以充分发挥各种材料及支护结构类型的优越性，降低工程造价。如兴华大厦，其北侧西段采用排桩地面拉锚，北侧东段及西侧采用1:2放坡，东侧及南侧采用坑内放小坡和施打灌注排桩等几种支护方法相结合的方案，比原悬臂排桩设计方案节省工程造价250万元。

三、深基坑支护设计计算

基坑支护系统设计必须满足安全性、经济性和可行性这三项基本要求。它们三者的关系是辩证统一的。基坑支护系统设计的基本原则是在满足安全与技术可行的前提下，尽量节省工程造价。

1. 土层计算指标的选用

基坑支护设计首先遇到的是土层抗剪强度 C 、 φ 值的选取。如何根据场地的工程地质资料，以及基坑工程特点和采用的计算理论来选用合适的抗剪强度指标是至关重要的。

不同的试验方法，得出的抗剪强度指标差别很大。目前，确定抗剪强度指标的方法主要有：

(1) 直剪试验的快剪和固结快剪。

(2) 三轴试验。

(3) 原位测试的十字板剪切试验。

在厦门，一般工程地质勘察报告提供的抗剪强度指标多为直剪试验指标，很少有三轴试验和原位十字板剪切试验资料。因淤泥、淤泥质粘土等是欠固结土，渗透性极差，计算时宜选用快剪指标；而力学性能较好的土层宜选用固结快剪指标。

计算时，可采用各土层抗剪强度指标的加权平均值。该方法计算简便，但对于各个土层的力学性能差异大的情况，其计算结果会有较大偏差。

2. 土压力计算

土压力计算都是以朗肯土压力理论为基础。有的采用土压力三角形分布简图；有的采用梯形简图。由表 1 可见，墙或桩顶发生很小位移时，主动土压力即可发挥出来，而被动土压力充分发挥时需有大得多的位移，这往往是实际工程所不允许的；对于悬臂式和单层支撑（或单锚式）支护，开挖过程中一般都能达到主动土压力极限状态；而对多层支撑（或多层拉锚）式，其土压力比较复杂，墙或桩位移产生拱效应，从而在挖方以下的土压力减小，在支撑附近侧压力增大，此外，侧压力还与支撑是否施加预载及支撑刚度有关，故对于排桩悬臂式支护，一般采用三角形简图，但被动土压力需作一定折减，以减小排桩的水平变位；当用等值梁法计算排桩内支撑支护、排桩—锚拉支护时，可选用梯形简图。

表 1 产生主动和被动土压力的墙（或桩）顶位移

土 类	应 力 状 态	移 动 类 型	所 需 位 移
砂 土	主 动	平行于墙	0.001H
		绕墙底转动	0.001H
	被 动	平行于墙	0.05H
		绕墙底转动	>0.1H
粘 土	主 动	平行于墙	0.004H
		绕墙底转动	0.004H

对软土、冲洪积粘性土、残积粘性土等渗透性能较差的土层，采用水土合算；而对于砂层和杂填土等渗透性良好土层，采用水土分算。对于无止水帷幕的基坑支护工程，应考虑渗透力的影响。

3. 水泥搅拌桩支护设计计算

水泥搅拌桩支护一般沿用古典的重力式挡土墙设计理论验算其抗滑和抗倾覆稳定性。当墙底为软土层时，须验算软土地基的承载力和地基稳定性；当周边环境较复杂时，应进行变形控制。

4. 排桩支护结构设计计算方法

排桩支护结构设计计算方法有等值梁法、“ m ”法、自由端法、残余力矩法、H.Blum法、Terzaghi-Peck法、盾恩近似法等；厦门常用的方法有等值梁法、“ m ”法和自由端法等。

(1) 悬臂支护桩计算：

悬臂梁法计算：

1) 计算桩长：将排桩后主动土压力和排桩前被动土压力（通常折减以减小位移）叠加求得土压力为零的点，以土压力对桩底力矩平衡计算桩长。

2) 求弯矩：悬臂梁上剪力为零的点为排桩的最大弯矩，并假定该点为悬臂梁固定端，计算悬臂梁的变形值。但其固定端的土体也有变形，故上述变形计算值偏小。

按“ m ”法计算：

1) 选取各土层的水平抗力系数的比例系数值。

2) 假定桩长、桩截面等。

3) 计算排桩的最大弯矩及其位置和桩顶水平位移。

这种方法的计算结果与工程实际情况相差较大，因“ m ”法适用于桩位移较小的情况。但实际工程中，悬臂桩的位移较大。故一般常用悬臂梁法计算悬臂支护桩。

(2) 单层支撑（或拉锚）支护桩计算：

等值梁法：

1) 求支撑力：将支护桩视作简支梁，其上支点为支撑或锚拉点，下支点为土压力等于零的点，计算出支撑点的反力。

2) 求弯矩：求出支护桩上剪力零点，计算该点的弯矩，即为支护桩的最大弯矩。

3) 求桩长：通过简支梁的下支点反力与该点以下土压力对支护桩底的力矩平衡，计算支护桩长。

按“ m ”法计算：

1) 求支撑力：假定支护桩为悬臂桩，用“ m ”法计算该悬臂桩的桩顶位移，再反算使该位移回复到零（或某一定值）时桩顶所需施加的水平力，该水平力即为所求的支撑力。

2) 求弯矩：计算支护桩在土压力和支撑力作用下的剪力零点，该点弯矩为最大弯矩。实际资料表明，用等值梁法计算结果偏保守，“ m ”法计算结果较为经济。

(3) 多层支撑（或拉锚）支护桩计算。一般采用等值梁逐层法。

1) 求支撑力：从上向下逐层计算支撑力。按单层支撑计算当挖至第二层支撑标高时第一层支撑力，然后假定该层支撑力不变，计算挖至第三层支撑标高时第二层支撑力，并假定该力不变。如此逐层向下计算，直到计算出最下一层支撑力。

2) 求弯矩：用等值梁法计算支护桩弯矩。

3) 求桩长：按水平力平衡来确定支护桩嵌入土压力零点以下的深度。

也有采用1/2分担法和“ m ”法计算的。内支撑系统大多采用平面杆系有限元法计算。

5. 喷锚网计算

(1) 用1/2分担法确定各层土锚承受的水平拉力。

(2) 计算各层土锚长度。先计算各层土坡最危险滑裂面外土锚的锚固段长度，加上最危险滑裂面内长度，即为各层土锚长。

(3) 用简化圆弧滑裂面条分法验算各层土坡稳定性和坡体的整体稳定性。

四、施工与监测

必须重视深基坑支护工程施工操作和管理，确保支护工程质量，科学地进行基坑土方开挖，做好坑底、坑顶排、截水系统，加强支护结构体系内力及变形和周边环境监测。在厦门，基坑支护工程施工要求如下。

(1) 严格按设计图纸施工，并根据勘察报告和设计图纸的要求，预先科学编制施工组织设计。施工组织设计必须有以下内容。

1) 执行设计说明中所规定的施工程序的技术措施。

2) 土方开挖应分层进行，不得超挖。有的施工单位图方便，片面追求进度，从基坑一端开始挖土，一挖到底，引起基坑土体位移和工程桩侧移的工程事故，或引起整个支护体系向一侧移动，危及基坑工程安全。尤其是在软土地基中须特别注意。应采取边挖、边凿（工程桩）、边铺、边浇（混凝土垫层）及边砌（基槽）的施工方法。

3) 制定对地面荷载、地表水和地下水的控制措施。厦门淤泥层中常夹有薄层粉细砂，当进行基坑降水时，会引起较大的沉降，易危害周边环境；另外冲洪积土中也常有砂层；应根据实际情况，设置止水帷幕；常见的止水帷幕施工方法有：水泥搅拌桩、旋喷桩、二次高压注浆微型桩等；残积土层遇水软化，对基坑边壁稳定有极大威胁，特别是喷锚网加固的边壁，故常须排水；排降水措施有：大口径降水井、深井降水及坑内集水井等。

4) 对邻近建(构)筑物、道路及市政管线的保护措施。

5) 应急抢险措施。

(2) 施工组织设计须经建设、监理、勘察、设计、监测及施工等单位会审通过后才能实施；经会审确定的施工组织设计不得随意改变。

(3) 加强支护结构施工过程的质量监督并验收。

(4) 根据基坑监测成果，及时修改设计，调整施工方案，做到信息化施工。

每个深基坑工程都必须委托有监测资质的单位监测；监测须贯穿深基坑工程的全过程。在连续大雨和台风季节等非常时期，须加密监测，甚至连续观测；水平位移和沉降观测点须设置在不动点，以确保观测数据的准确；应及时向建设、监理、设计和施工等有关单位提交每次监测资料，当达到设计预警指标和出现险情时，须立即向有关单位发出警报。

五、体会

10多年来，厦门市深基坑工程实践，既有成功的经验，也遇到过一些问题，如个别支护工程质量差，有的施工单位未按图施工，甚至野蛮施工，造成支护结构变形大甚至失稳；有的过分追求安全，造成不必要的浪费。为此，应加强以下几项工作。

(1) 提高建设单位、监理、施工单位等对深基坑支护重要性的认识。基坑支护虽是临时性结构，但其有很强的社会性、技术性和经济性；基坑支护的失效往往会引起很大的社会负效应；基坑工程的顺利进行，对缩短工程建设周期和节省基建投资具有很大意义。

(2) 加强深基坑支护勘察工作。大部分工程地质勘察报告仅适用于主体结构设计，并

不能完全适用于深基坑支护工程。土层指标选取合理与否对基坑支护的安全性和经济性有很大影响，因此应进行专门的深基坑支护勘察，以取得更为合适的土层指标。

(3) 逐步完善和研究支护结构系统的设计计算方法。首先须加强土压力的原位测试工作，以期得到切合实际的土压力分布情况；桩长和桩内力计算等方法有待于进一步完善；通常的设计计算都是按平面问题并假设土体处于极限状态且支护结构处于静态情况，而实际上，支护结构在基坑土方开挖过程中和开挖后相当长的一段时间内其内力都是在不断变化的；主动区土压力由静止土压力逐渐向主动土压力转化，其压力值相应减小，而被动区土压力则由静止土压力逐渐向被动土压力转化，其压力值相应增大；支护结构本身各构件、支护结构和土体的相互作用并不是平面问题，而是属于三维空间问题。因此，应深入对桩土共同作用问题进行研究；重点探讨支撑变形、支护结构变形及土压力随挡土结构变形而变化的情况，研究支护受力构件内力与变形、变形与时间的变化规律。

(4) 认真编制深基坑挖土施工组织设计，严格按照规定程序挖土和堆运土方。

(5) 加强深基坑工程施工过程监测，实行信息化施工。

(6) 进一步强化深基坑工程质量监督。

厦门市建设委员会副总工程师 林树枝

1999年8月

目 录

序
绪论

第一篇 自立式支护

1	厦门美仁大厦深基坑围护的点滴经验	黄建南	黄集生	林龙辉
5	厦门铁道大厦基坑围护工程实录	黄集生		
8	厦门国贸综合大厦深基坑悬臂式挡土桩	蒲生孝		
12	石狮跃中大厦基坑围护工程实录	黄建南		
15	金盛大厦基坑工程围护实录	黄集生	季招武	
18	某深基坑围护桩倒塌事故剖析及处理	黄建南	黄集生	
21	水泥土重力式挡墙在基坑开挖中的应用	陈振建		
26	厦门计委培训中心基坑围护工程实录	郑 勇		

第二篇 排桩内支撑支护

29	湖滨南路 86 号楼基坑倒塌事故及修复	黄集生		
35	桩—拱围护体系在厦门海光大厦深基坑施工的应用技术	郑肃宁		
41	银宝劳动大厦基坑支护质量事故及补强加固	陈云彬		
48	厦门九州大厦地下室逆作法施工	蒲生孝	李淑香	康伦恩 尹军华 叶明星
52	深汇大厦综合商住楼基坑围护设计实录	林龙辉		
55	富宇大厦基坑围护工程实录	黄建南	张 航	王 伟
60	厦门吉祥大厦基坑支护实例	陈强全		
66	厦门茶叶进出口公司新产品开发综合楼地下室基坑 挡土桩 x 型支撑设计方法	蒲生孝		

第三篇 排桩锚拉支护

69	厦门体育东村八组团深基坑围护工程实录	黄集生	林龙辉	黄建南	郭志培
74	厦门邮电大厦深基坑支护结构与施工	许建平	史 华	周颖军	
84	嵩海公寓一期基坑围护工程实录	林龙辉	李建龙		
89	复杂环境中的基坑围护结构与施工 ——华能大厦基坑围护实例	周颖军	许建平		
95	预应力锚杆在软弱地层深基坑支护中的应用 ——厦门普达广场深基坑支护实例	许建平	陈国强	程鲁星	李 旭
103	松柏大厦基坑支护设计与施工	苏自约	许建平	李成江	

第四篇 喷锚网支护

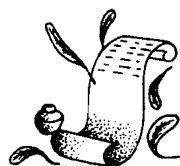
113	厦门交通银行大厦基坑围护工程实录	黄建南			
-----	------------------------	-----	--	--	--

119	采用土钉、挡土桩和预应力锚杆进行深基坑边坡 支护的设计和施工	蒲生孝
124	厦融大酒店基坑边坡土钉墙支护实例	卓锦钦
131	依人大厦深基坑边坡土钉墙支护实例	张永辉 卓锦钦

第五篇 组合式支护

139	兴华大厦深坑围护工程实录	黄集生
143	厦门眼科中心基坑围护工程实例	林文彬
148	厦门建设银行大厦基坑支护	刘鹏洲 陈云彬 颜晓东
	软弱地层深基坑联合支护系统	
157	——厦门光明大厦基坑支护实例	许建平 周颖军 陈国强
163	源通中心深基坑支护结构设计与施工	许建平 陈国强 王凤云

第一篇 自立式支护



厦门美仁大厦深基坑围护的点滴经验

黄建南 黄集生 林龙辉 □ 厦门市建筑科学研究所

一、工程概况

该工程位于厦禾路美仁宫第二市场南面,西邻溪岸路,南靠溪岸街,平面呈扇形,地上18层,地下2层,基坑实深8.0m,建筑占地约2000m²。拟建场地土层分布见图1,其中强风化花岗岩仅局部发育,中微风化花岗岩顶板埋深也不一致,东、西边最深15m,南、北边为10m,局部仅有7m。据抽水试验结果:粗砂层透水性好, $K=8.9 \times 10^{-3} \text{cm/s}$,最大影响半径为62.7m,单孔涌水量为154.300m³/d,为自东往西古河道,地下水补给充足。

拟建场地北面紧靠第二市场,其下水道紧挨围护桩外缘,西边紧邻溪岸路,地下水管道、电缆距围护桩外缘仅有1.0m,南边紧邻华侨房屋,见图2。该工程为厦门市厦禾路

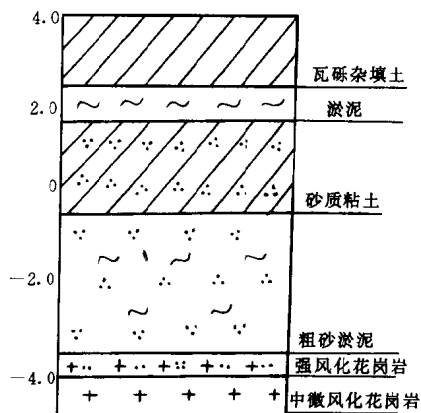


图1 地质剖面图

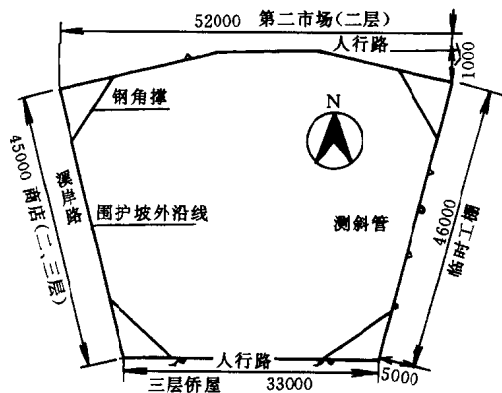


图2 平面关系图

旧城改造的首栋高层建筑，市府领导极为重视，务求围护工程万无一失，且因地处闹市区，不允许爆破。

二、设计思路

(1) 由于上述地质条件和周围环境的约束，围护桩不宜采用冲、钻孔灌注桩，其理由有：①排污困难；②必须嵌岩，钻进困难；③工期长，费用高。

(2) 挖孔桩方案，必须解决能否人工成孔问题，该工程曾试成孔，虽水量很大但总算成孔成功。该方案可分为下述两种方法：①人工挖孔桩加桩顶土锚，但土锚成孔难度大，且须用孔底岩石锚杆，解决桩长不够问题，费用高；②人工挖孔桩加岩石锚杆的似悬臂桩型，其优点为工期短，投资少，质量较易保证，故采用此方案。该方案具体设计如下： $\phi 1000$ 人工挖孔桩，密排，孔间护壁搭接厚度为30cm，用以防水，避免大量流入坑中；桩顶设置圈梁（见图3）；采用C20混凝土；其桩身配筋和锚杆设计如图4、图5、图6，并在排桩中设置12个空桩作为降水井（孔壁凿泄水眼），事先降水，防止成孔过程中产生严重的流砂、流泥。土压力计算采用朗肯土压力理论（计算指标如表1），取抗倾覆安全系数为1.02。为了安全起见，四顶角加钢撑（宽 \times 高 \times 长：400mm \times 400mm \times 12000mm，钢板厚度为10mm），北边做成似拱形。根据悬臂梁变形计算，桩顶最大位移为4.0cm。

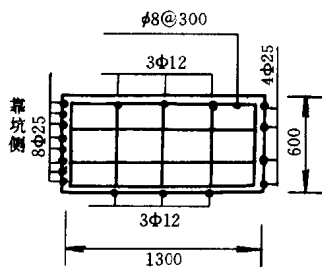


图3 圈梁配筋

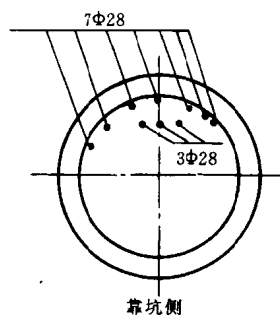


图4 锚杆平面布置

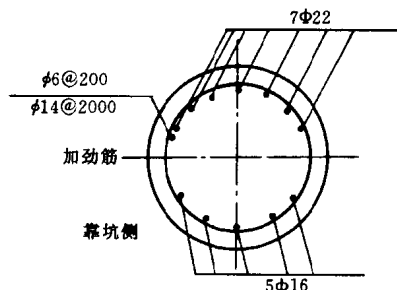


图5 桩身配筋

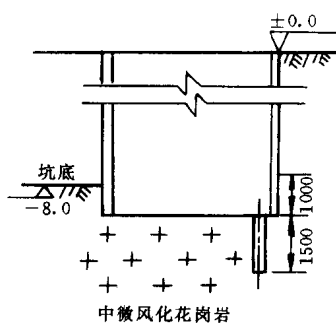


图6 锚杆剖面

用岩石锚杆作为围护桩长的延伸，目前在厦门地区尚无成功经验。岩石锚杆的抗拔能力大小主要取决于胶结物。宝达大厦曾用岩石锚杆（锚筋 $\phi 25$ ，长1.0m，普通砂浆）把围护桩和孤石联在一起，但效果不好，该围护桩倒塌，锚筋拔出。海景大厦、光华大厦等