# 深基坑喷锚网支护技术的运用

贾世祥，朱　殊，刘炎春
(青岛地质工程勘察院，山东 青岛 266071)

**摘　要**：通过工程实例，介绍了对施工场地狭窄、周围紧邻已有建筑物的深基坑采用喷锚网支护技术的施工及施工要点，同时也验证了该技术的可行性及经济性。

**关键词**：深基坑；支护；喷射混凝土；锚杆
**中图分类号**：TU473.2　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1672－7428(2008)02－0045－03

深基坑的支护，不仅要求保证基坑内正常作业安全，而且要防止基坑及坑外土体移动，保证基坑附近建筑物、道路、管线的正常运行。基坑四周进行帷幕止水后，对基坑采用喷锚支护联合的支护方式，可最大限度地利用边壁土体的自稳能力，使结构处于最佳受力状态，根据监测数据可随时调整支护参数，具有很大的灵活性，特别是在周边环境复杂的情况下，因所需设备简单、所需场地较小而具有较大的优越性。

## 1　工程概况

某建筑位于青岛市山东路，南临家乐福新兴店，北临新兴旅社(台柳路)，拟建建筑物共分 A、B、C、D 四个联体楼座及 1 个旅馆，建筑设计 ±0.00 = +16.70 m，带整体地下室 2 层，地下车库边线合围面积约 17300 $m^2$，周长约 527 m，基础垫层底相对标高 −11.20 m，基坑周边地面高程约 14.5～16.5 m，基坑深度约 9.0～11.0 m。

## 2　场区工程地质条件

场区原始地形较平坦，后经开挖起伏较大，周边现状地面标高约 12.5～16.5 m，地貌类型属侵蚀堆积河滩，后经人工整平。

场区开挖深度范围内岩土层主要为：

①素填土，广泛分布于场区，平均厚度一般小于 1.5 m，稍湿，松散～稍密，以回填砂性土、粘性土为主；

⑪粘土，均匀稳定分布，层厚 4.5～6.5 m，可塑，含粗砂 5%～10%，干强度高，韧性好，地基承载力特征值 $f_{ak}$ = 250 kPa，压缩值 $f_{ak}$ = 320 kPa，等效内摩擦角 $\varphi$ = 11.2°；

⑫含粘性土砾砂，广泛分布，层厚 0～5.1 m，饱和，中密～密实，含有 10%～20% 的粘性土，呈胶结状，地基承载力特征值 $f_{ak}$ = 320 kPa，等效内摩擦角 $\varphi$ = 35°；

⑯花岗岩强风化带，广泛分布，层厚 0.5～8.6 m，岩体基本质量级别 V 级，等效内摩擦角 $\varphi$ = 45°；

⑰花岗岩中等风化带，广泛分布，岩体基本质量级别Ⅳ，等效内摩擦角 $\varphi$ = 55°。

场区地下水主要为第四系弱承压水及基岩裂隙水，主要含水层为第(12)层，场区稳定水位埋深 1.5～5.3 m，标高 11.3～12.1 m。

## 3　环境条件

该工程东侧临山东路，北侧临新兴旅社(原有废弃建筑)，南侧隔路与家乐福相望，西侧有 3～4 栋浅基础砖混住宅楼，道路下埋设有各种管线。

## 4　支护方案

根据环境、地质条件，本着安全可靠、经济合理的原则，首先对基坑周边设置高压旋喷桩止水帷幕，基坑边坡主要采用锚杆、钢筋网、喷射混凝土相结合的支护方式，全长粘结型锚杆与预应力锚杆相结合，局部设置纵横肋梁增强面层刚度，帷幕内设置钢管桩，嵌入基岩。

## 5　支护结构设计

(1)上部边坡以 1∶0.8 放坡下挖 2.0 m 后采用高压旋喷桩进行帷幕止水，桩长约 6.5 m，桩径 1.2 m，桩间距 0.8 m，入岩深度大于 0.5 m，采用

**收稿日期**：2007－04－22

**作者简介**：贾世祥(1979－)，男(汉族)，山西大同人，青岛地质工程勘察院工程师，水文地质与工程地质专业，从事岩土工程勘察与施工管理工作，山东省青岛市徐州路 79 号，jiasx521@tom.com。

万方数据

P. O32.5 普通硅酸盐水泥,掺入量≮450 kg/m。高 压旋喷施工参数见表 1。

表 1 高压旋喷桩施工参数表

| 项 目 | 压缩空气压力 /MPa | 压缩空气流量 /(L·min$^{-1}$) | 浆液压力 /MPa | 浆液流量 /(L·min$^{-1}$) | 提升速度 /(cm·min$^{-1}$) | 旋转速度 /[(°)·s$^{-1}$] | 浆液密度 /(kg·L$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 初步设计参数 | 0.6~0.8 | 30 | 34~36 | 80 | 12 | 5 | 1.55 |
| 施工参数 | 0.8~1.0 | 35 | 36~38 | 75 | 10~12 | 5 | 1.58 |

(2)每根旋喷桩中心部插入 1Ø140 钢管,壁厚 4.0 mm,入岩深度约 2.0 m,外露 200 mm。所有桩顶用截面大小为 500 mm×300 mm、标号为 C20 的砼冠梁串连,圈梁配筋为 6Ø20、2Ø14、Ø6@200。外露 200 mm 钢管均伸入冠梁。

(3)设置锚杆 5 道,预应力锚杆与粘结型锚杆结合,矩形排列,倾角 20°,钻孔直径≮130 mm,设计参数见表 2、表 3。

表 2 预应力锚杆参数表

| 锚杆标号 | 水平间距 /mm | 杆体型材 /mm | 长度 /mm | 自由段长度/mm | 锚固段长度/mm | 预应力锁定值/kN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MG2 | 2000 | 2Ø25 | 15000 | 6000 | 9000 | 100 |
| MG3 | 2000 | 2Ø25 | 13000 | 5000 | 8000 | 100 |
| MG4 | 2000 | 2Ø25 | 13000 | 5000 | 8000 | 100 |

表 3 粘结型锚杆参数表

| 锚杆标号 | 水平间距/mm | 杆体型材/mm | 长度/mm |
|---|---|---|---|
| MG1 | 2000 | 1Ø25 | 9000 |
| MG5 | 2000 | 1Ø25 | 9000 |

(4)MG1、MG2 以锚杆节点为控制设置纵横钢筋混凝土肋梁;MG3、MG4 以锚杆节点为控制设置横钢筋混凝土肋梁;MG5 以锚杆节点为控制横向设置 2Ø14 mm 加强筋。肋梁高宽均为 300 mm,配筋为 4Ø20、Ø6@200。

(5)边坡全坡面设置钢筋网喷射混凝土面层,面层厚度 100 mm,钢筋网采用 Ø6 mm 钢筋绑扎,网格间距 200 mm×200 mm。

(6)面层设泄水孔,每 5 m$^2$ 设置一处或根据坡面渗水情况确定,采用 Ø100 mm PVC 管,斜率 5%,内端滤网包裹。

(7)支护结构详见图 1,设计计算采用北京理正深基坑支护设计软件。

## 6 方案的实施顺序及施工要点

### 6.1 施工顺序

施工准备→场区统一挖土至 -2.0 m→高压旋喷帷幕止水→钢管桩施工→分层开挖和支护→基坑变形监测。

### 6.2 施工工艺

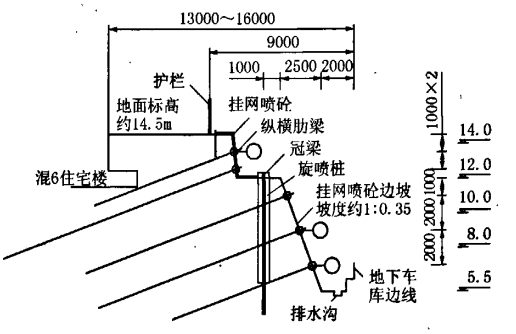


图 1 支护结构详图

#### 6.2.1 高压旋喷帷幕止水

(1)钻机安装在设计的孔位上,使钻杆头对准孔位的中心,并保证钻杆垂直度,以确保桩身垂直度偏差≯1.0%。

(2)采用地质钻机成孔,优质泥浆护壁,确保不发生塌孔现象。

(3)高压注浆机就位后,将旋喷注浆管插入地层预定深度。插管过程中,为防止泥浆堵塞喷嘴,可边射水、边插管,水压力≯1 MPa。

(4)喷管插入预定深度后,由下而上进行喷射作业。施工过程中值班技术人员必须时刻注意检查浆液初凝时间、注浆流量、风量、压力、旋转提升速度等参数是否符合设计要求。

(5)钻杆的旋转和提升必须连续不中断。拆卸钻杆继续旋喷时,钻杆要保持 0.3 m 的搭接长度,不得使喷射固结体脱节。深层旋喷时,应先喷浆后旋转和提升。

(6)施工完毕应把注浆管等机具设备冲洗干净,管内机内不得残存水泥浆。

#### 6.2.2 钢管桩施工

在高压旋喷桩内设置 Ø140 mm 钢管桩,桩端进入基岩≮2.0 m,水平间距 0.8 m,钢管内灌注水泥浆。

#### 6.2.3 分层开挖和支护

土钉墙分层施工,依次循环至基坑底,即基坑开挖一定深度后,进行土钉墙施工,然后进行下一层的

万方数据

开挖。

6.2.3.1　基坑开挖

基坑开挖分 5 层进行,第一层挖 2.5 m,其余 4 层均 2.0 m,采取挖掘机挖土,汽车运土,辅以人工修整坡面。

6.2.3.2　锚杆孔成孔

采用 XY-100 型钻机成孔,成孔直径 130 mm。成孔后把锚杆钢筋置于孔中,为保证土钉位于孔中心,在土钉上每隔 2 m 焊接一个托架。

6.2.3.3　注浆

将注浆管插入孔底以上 0.5~1.0 m 处。注浆管连接注浆泵,边注浆向孔口方向拔管,直至注满为止。每孔在注浆后再补浆 2~3 次。

6.2.3.4　喷射砼面层

在铺设钢筋网后喷射砼面层,筛分后的砂、石料以及水泥、速凝剂由人工加入搅拌机料仓搅拌均匀后自动落入和搅拌相配套的喷射机内,在高压空气的作用下,经输料管送至喷头处,与供水装置送来的水混合后,喷向受喷面,一次喷射砼至设计厚度。

6.2.3.5　土钉施加预应力

在土钉端头焊接高强螺栓端杆,面层砼达到设计强度后,加钢垫板用扭力板手扭紧螺母对土钉施加设计拉力的 10% ~20% 的预应力。这种人为的预压应力,将提高土体的抗滑和防裂能力。

6.2.4　基坑变形监测

基坑开挖前,在基坑四周边坡分别设置了 21 个沉降、水平位移观测点,每间隔一天观测一次,经观测最大沉降 0.6 mm,最大水平位移为 0.8 mm,基坑周围建筑物、高压电缆等均完好无恙。

## 7　施工经验与体会

(1)空压机并联。现有空压机为 VF-715 改型空气压缩机,其排气量为 6 $m^3$/min。根据现场条件,喷射机布置在基坑东侧中间部位,据计算和现场试验喷射基坑西侧砼面层时,风量不够,压力偏低,必须选用大排气量的空压机,因租用容量大的空压机费用高,而采取 2 台 VF-715 改型空压机并联的方式供风。具体做法是在喷射机的空气进口处安装一个三通管,两台空压机的送风管分别接在三通管上。经施工检验,此方法简单易行且费用低。

(2)土体开挖深度。本基坑设计分 5 层开挖,采用坑外坡道与坑内坡道相结合的方法运土,在开挖东侧边坡时,土方施工单位为赶进度,一次由 -8.5 m 挖至 -11.2 m,支护未进行即在 -8.5 m 以下发生局部裂缝,裂缝南北长 5.4 m,宽约 0.15 m,高约 3.0 m。出现裂缝后,采取了加固措施并分析了其原因,一致认为超挖是引起的主要因素。据分析每次开挖的最大高度取决于该土体可以稳定而不破坏的能力,砂性土一般不要超过 2.0 m,粘性土可增大一些。开挖土方和土钉墙施工是个不可分割的整体,必须相互配合,严格按设计分层开挖。

(3)排水措施。在坡顶和坡脚必须设置排水措施,以免地面积水流入基坑,坑内积水流向坡脚,以确保土钉墙的安全。

**参考文献:**

[1] 余志成. 深基坑支护设计与施工[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.

[2] 编写组. 岩土锚固新技术[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

(上接第 44 页)

表 2 为基坑开挖期间观测的基坑最大水平位移。基坑开挖期间正值雨季,观测表明支护变形较小,坑壁未出现渗漏现象。本工程采用 SMW 工法支护体系安全可靠。

表 2　基坑水平位移观测数据表

| 观测点 | 位移量/mm | 观测点 | 位移量/mm |
|---|---|---|---|
| H1 | 22.4 | H5 | 20.6 |
| H2 | 35.6 | H6 | 28.2 |
| H3 | 30.8 | H7 | 26.0 |
| H4 | 18.8 | | |

## 6　结语

SMW 工法施工具有支护变形小、止水效果好、施工速度快、工程造价低、节能环保等优点。本工程将 SMW 工法成功应用于空客 A320 飞机系列总装线项目基坑支护,既确保了基坑安全可靠,又缩短了工期,得到德方专家认可,受到了中方业主的好评。本工程实践证明,SMW 工法在天津软土地区具有广阔的应用前景。

**参考文献:**

[1] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].

[2] DB 29-20-2000,天津市工程建设标准——岩土工程技术规范[S].

[3] 龚晓南,宋二祥,郭红仙. 基坑工程实例[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.

[4] 倪亚星. 基坑围护工程中 SMW 工法的应用技术[J]. 建筑技术,2006,(12).

万方数据