

# 永久性抗浮锚桩的施工工艺研究

方雪松<sup>1</sup>, 卢宏业<sup>2</sup>

(1. 北京中航勘地基基础工程总队, 北京 100086; 2. 大同市交通工程公司, 大同 037000)

[摘 要] 详细地论述了该工程永久性抗浮锚桩施工工艺的全过程, 并对试验中出现的一些问题进行了分析。

[关键词] 永久性抗浮锚桩 施工工艺

[中图分类号] TV223.3<sup>+</sup>4 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)02-0037-04

## 1 工程概况

### 1.1 工程简介

北京首都国际机场航站区扩建工程停车楼工程属国家重点工程, 地上一层, 地下四层, 平板筏基。基底埋深 - 15.00 m, 局部 - 18.00 m ~ - 20.00 m, 开槽面积约  $262.8 \times 133.8 \text{ (m)}^2$ ,  $\pm 0.00 = 34.5 \text{ m}$ 。由于场地地下水埋藏较浅(地下水位 - 5.00 m), 为解决地下水对结构的上浮力, 设计采用架空层堆载和设置永久性抗浮锚桩的方法。因为工期紧, 上部结构已经施工到地下一层时, 才进行永久性抗浮锚桩的施工。施工场地在地下室底层, 质量要求高, 施工难度大。

设计的永久性抗浮锚桩长 24 m, 结构如图 1, 其施工工艺为: 先在底板预留位置施工长 24.5 m 的  $\Phi 600$  旋喷桩, 然后在旋喷体内钻 24 m 的  $\Phi 250$  锚孔、下钢绞线、注 C60 水泥浆、养护, 最后进行抗拔力试验。

设计的永久性抗浮锚桩在结构上及施工工法上属国内外首创, 试验过程中可能存在以下几方面问题: 1) 15 m 以下为细砂层, 旋喷引孔; 2) 24.5 m 的旋喷体垂直度和旋喷体质量; 3)  $\Phi 250$  锚孔的垂直度及锚孔与旋喷体的同心度; 4) C60 高强度水泥浆的注浆。

### 1.2 试验目的、内容

验证抗浮锚桩能否达到设计要求, 以及施工工艺的可行性。为不影响停车楼顶板施工, 利用现有空间在停车楼地下通道北侧施工 8 根抗浮锚桩(图 2)。按设计要求采用单管高压旋喷成  $\Phi 600$  旋喷体, 然后在旋喷体中钻  $\Phi 250 \text{ mm}$  的锚孔, 下 14 根为一束的钢绞线束, 再注入 C60 强度的纯水泥浆, 形成完整的抗浮锚桩。桩长按不同值考虑, 抗拔力不小

于 1230 kN。

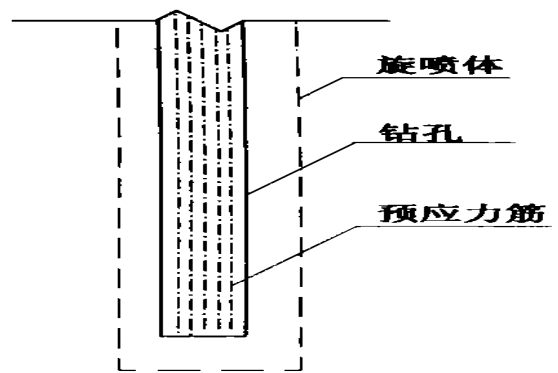


图 1 抗浮锚桩结构简图

### 1.3 地质条件

试验穿过的主要层位有: 层粉质粘土 ~ 粘质粉土, 厚 4 m ~ 5.5 m; <sub>1</sub> 粘质粉土 ~ 砂质粉土, 厚约 1 m; <sub>2</sub> 重粉质粘土 ~ 粘土, 厚约 1 m ~ 1.5 m; <sub>3</sub> 粉砂 ~ 砂质粉土, 厚约 1 m; 细砂 ~ 中砂, 厚约 14 m ~ 16 m; <sub>1</sub> 粘质粉土 ~ 粉质粘土, 厚约 7 m; 砂质粉土 ~ 粘质粉土, 厚大于 4 m。其密实度较高, 呈饱和状态。

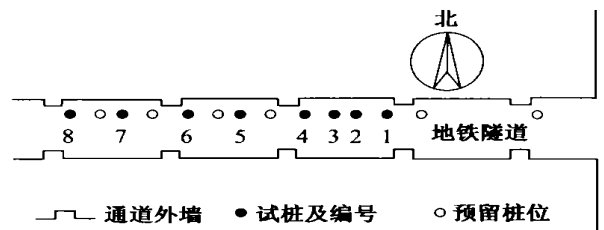


图 2 抗浮锚桩试验点平面位置图

## 2 旋喷施工工艺

### 2.1 工艺流程

清预留孔 → 钻机对位 → 开钻 → 钻孔 → 测孔深 →

配浆 → 旋喷 → 测桩径 → 补浆 → 清洗机具、清废浆 → 钻机移位。

## 2.2 施工方法

试验旋喷桩成桩地层密实度大,地层中含有砾石、卵石,经济上考虑采用单管旋喷法成桩,为此保证成桩直径不小于  $\Phi 600$  是成桩的重点问题,根据设计要求和地质条件,对试验参数进行优选。

### 2.2.1 引孔

$\Phi 20$  合金钻头开孔,穿过砾垫层后采用清水高压射流钻进,至设计孔深(超设计深度  $0.5\text{ m} \sim 1\text{ m}$ ),漏水地段采用水泥浆护壁钻进。

### 2.2.2 试验参数选定

#### 1) 参数选定依据

- (1) 勘察报告提供的岩土物理力学性质;
- (2) 定型设备的施工能力;
- (3) 实际钻进引孔过程中了解的不同地层的密实度和可喷性;

#### (4) 孔内地下水动力条件;

- (5) 旋喷过程中(或在成孔过程中)返浆情况与变化;

- (6) 本地域地层相对稳定,可视为各向同性基本为匀质体的特性条件。

#### 2) 试验参数

粉质粘土(厚度  $7\text{ m} \sim 8\text{ m}$ ): 压力  $25\text{ MPa}$ , 转速  $20\text{ r/min}$ , 提升速度  $25\text{ cm/min} \sim 28\text{ cm/min}$ ; 砂层(厚度  $16\text{ m} \sim 17\text{ m}$ ): 压力  $27\text{ MPa} \sim 28\text{ MPa}$ , 转速  $23\text{ r/min}$ , 提升速度  $25\text{ cm/min} \sim 28\text{ cm/min}$ 。

喷嘴直径:  $2.5\text{ mm} \sim 2.8\text{ mm}$ , 喷嘴出口流速:  $192\text{ m/s} \sim 243\text{ m/s}$ , 介质密度:  $1.4 \sim 1.5$ , 喷嘴流量:  $90\text{ l/min} \sim 110\text{ l/min}$ 。

复喷时,对旋喷参数调节如下: 压力  $28\text{ MPa} \sim 30\text{ MPa}$ , 转速  $20\text{ r/min} \sim 22\text{ r/min}$ , 提升速度  $20\text{ cm/min} \sim 22\text{ cm/min}$ 。

### 2.2.3 水泥浆配制与搅拌

试验采用普硅 425<sup>#</sup> 水泥,水泥浆液水灰比为 1,并掺加  $2\% \sim 3\%$  的 861—4 型早强剂,用快速搅拌机拌匀后输送到水泥浆桶,再由水泵经高压管、钻杆送达喷嘴高压旋喷成桩。

## 2.3 施工设备

1 台 LC-500 压裂泵、1 台 M-500 搅拌机、4 台 XB-15 排浆泵、1 台 MY- 钻孔机、1 套钻具及高压胶管。

## 3 锚孔成孔工艺

### 3.1 钻进锚孔的工艺

主要工艺流程: 钻机就位 → 钻孔 → 扩孔 → 取心验证 → 清孔 → 检验 → 钻机移位。

### 3.2 钻进锚孔的设备

1) 钻机: 选用 XY-1A 型钻机。

2) 水泵: 选用 BW-160L 型泥浆泵。

3) 其他设备:  $\Phi 45$  的钢齿牙轮钻头和  $\Phi 50$  的硬质合金三翼钻头;  $\Phi 42$  和  $\Phi 50$  钻杆; 选用  $\Phi 75$ 、 $\Phi 89$ 、 $\Phi 108$  双管金刚石取心钻具; 自制扶正器; 自制孔内事故处理装置。

### 3.3 保证锚孔质量的措施

1) 钻机就位时,必须固定牢固,用仪器测量钻机机架的水平度和立轴的垂直度。

2) 钻孔过程中,必须每隔  $2\text{ m}$  下一个稳定器。当机上钻杆较长时,应采取“轻压慢转”。绝不允许盲目抢进度。

3) 为了保证锚孔的孔径,必须最少要扩一次孔。

4) 为了保证抗浮桩的质量,必须在扩孔结束后,用取心钻具钻进取心一次。一方面从取出的样品可看出旋喷体的质量,另一方面可用以检验锚孔与旋喷体的同心度。

5) 为了保证抗浮桩的有效深度,必须将锚孔孔底清洗干净,要求残余渣屑不超过  $10\text{ cm}$ 。

6) 进行锚孔孔径与孔深的检验。

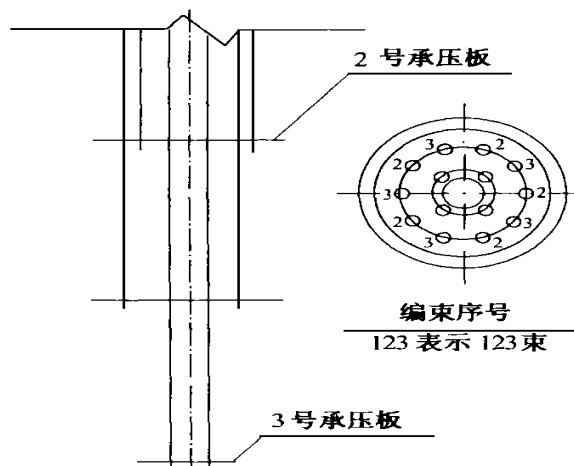


图3 钢绞线编束图

## 4 钢绞线组装、安放与注浆工艺

### 4.1 钢绞线组装与安放

1) 组装。钢绞线束按要求的长度下料,然后做成单根挤压锚,在现场按锚孔具体深度组装制作。主体为无粘结预应力筋束,分三束( $5\text{ mm} + 5\text{ mm} + 4\text{ mm}$ ),每束长度相隔  $2\text{ m}$ ,见预应力筋编束图 3。

2)安放。受施工空间限制,锚孔终孔移走钻机后,以钻孔为中心,搭设高 3 m,长、宽各 1.5 m 井字架,安装好手动葫芦,分段吊起钢绞线束放入孔内。

3)质量管理措施。

(1)严格按设计及规范、规定下料,设置隔离架及承压板。

(2)入孔前检查钢绞线束质量,确认捆扎牢固,符合要求。

(3)控制钢绞线束入孔深度及其注浆管口与孔底距离。

4.2 注浆工艺

4.2.1 压浆设备的选择及施工准备

锚固体抗压强度设计为 C60,其配制的水泥浆水灰比小,为验证压浆泵是否工作可靠,10 月 22 日在北京城建集团机场搅拌站内进行了模拟压浆试验。

选用的压浆设备如下:2 台 2SNS 压浆泵;1 台自制贮浆桶;1 台搅浆泵;20 m 4 寸胶管。

4.2.2 水泥浆配制

锚固体所需水泥浆由机场扩建工程指挥部指定混凝土搅拌站配制,水灰比为 0.38。

4.2.3 压浆

第一阶段,在搅拌站内搅浆后用灌车送到现场,由于运输、等待时间长,水灰比较小,三次压浆失败。

第二阶段,经与设计、搅拌站协商,采取了改进措施:(1)1 寸注浆管改为 1 寸 2 的塑料管;(2)现场搅拌水泥浆。再次在 3<sup>#</sup> 孔进行了现场注浆试验,制浆量为 1.4 m<sup>3</sup>,试注浆成功。

第三阶段,正式注浆。具体情况如表 1。

表 1 锚孔注浆成果表

| 编号 | 孔深(m) | 注浆压力(MPa) | 注浆量(m <sup>3</sup> ) | 水灰比  | 充盈系数 |
|----|-------|-----------|----------------------|------|------|
| 1  | 21.6  | 0.8       | 1.2                  | 0.38 | 1.18 |
| 2  | 20.5  | 0.5       | 0.98                 | 0.42 | 1.02 |
| 3  | 17.5  | 0.7       | 0.86                 | 0.38 | 1.05 |
| 4  | 21.5  | 0.8       | 1.13                 | 0.38 | 1.12 |
| 5  | 17.5  | 0.7       | 1.0                  | 0.38 | 1.22 |
| 6  | 23.0  | 1.4       | 1.2                  | 0.38 | 1.11 |
| 7  | 20.0  | 0.8       | 1.0                  | 0.38 | 1.06 |
| 8  | 18.6  | 0.8       | 0.9                  | 0.38 | 1.03 |

压浆结束后,拔出注浆管,反插至预留孔底部,泵入清水,替净水泥浆。

4.2.4 压浆质量措施

(1)压浆前清水试泵,确保泵、压力表工作正常,管线畅通。

(2)控制系统压力,做好计量工作,核算浆液高

度,严格控制注浆管埋深。

(3)确认孔口返出纯水泥浆后才能停止注浆。

(4)真实、详细做好注浆记录。

5 试验中出现的问题及分析

1)桩径。桩径是本次试桩的重点关键部位,经多方面考虑,选定了配套试验参数后,下一根 180 mm 长的桩径检测管,与旋喷钻头焊在一起,在旋转过程中从上到下未碰到土体,说明其直径已达到设计要求。

2)冒浆。在旋喷过程中,经测试,冒浆量偏大:究其原因,其一是压力大,流速高,流量大,这是针对地层特点选定参数的必然结果;其二是提升速度慢。如果欲减少冒浆量,减少压力,提高提升速度是可以做到的,但保证不了桩径的要求。

3)旋喷桩垂直度。垂直度与钻杆、钻进参数、钻机动力头等因素有很大关系。施工中注意钻机动力头、孔口在同一直线上,并在孔口设置一导正器,孔内间隔一定距离设置一个导正器。

4)8 个试验桩中,引孔时均在 15 m~20 m 孔段发生漏水、卡钻现象,该段地层为中、粗砂并夹有卵石、砾石,为顺利成孔采用水泥浆护壁,这亦是增加返浆量的一个原因。

5)处理预留孔内大量金属杂物和钢管下砂垫层,使工程进度受很大影响,若处理不干净,很小的金属硬物(如螺母等)都将会使后期锚孔施工增加困难。

6)锚孔钻进中,除 2 个孔外,其它 6 个孔在不同深度穿出旋喷体,只能二次旋喷;经分析,认为是以下几种原因造成。

(1)旋喷桩体与锚孔的同心度差;

(2)地下水流动的影响,即超过降水井深度的砂层段,部分存在有不稳定的地下水流动,将灰浆稀释冲走而难以成桩。

6 抗拔试验

试桩完成后,进行了现场抗拔试验,结果见表 2。

7 结论

1)通过 8 根抗浮锚桩试验,证明旋喷桩、锚孔和注浆等施工工艺可行,桩体、锚孔均达到设计要求,锚桩试验抗拔力 1500 kN,满足设计 1230 kN 的要求。

2)旋喷体抗压强度同样能满足设计要求。

表 2 抗浮桩竖向抗拔试验成果表

| 桩号 | 桩长<br>(m) | 有效桩长<br>(mm) | 终极加载<br>(kN) | 桩上拔量<br>(mm) | 钢绞线上拔量(mm) |       |       |       |
|----|-----------|--------------|--------------|--------------|------------|-------|-------|-------|
|    |           |              |              |              | 1          | 2     | 3     | 4     |
| 1  | 21.6      | 19.4         | 1500         | 4.23         | 81.59      | 83.02 | 85.40 | 88.76 |
| 2  | 20.0      | 18.8         | 1500         | 2.86         | 69.92      | 82.87 | 64.38 | 94.41 |
| 3  | 17.5      | 16.4         | 1500         | 2.80         | 36.03      | 35.11 | 37.51 | 36.07 |
| 4  | 21.0      | 19.8         | 1500         | 4.68         | 50.54      | 57.27 | 49.48 | 41.68 |
| 5  | 17.5      | 16.3         | 1500         | 1.89         | 49.13      | 49.17 | 36.71 | 48.15 |
| 6  | 23.0      | 21.8         | 1500         | 5.21         | 55.11      | 54.38 | 49.31 | 61.42 |
| 7  | 20.2      | 18.8         | 1500         | 3.99         | 61.34      | 59.90 | 66.96 | 50.42 |
| 8  | 18.6      | 17.4         | 1500         | 2.68         | 46.99      | 51.39 | 49.42 | 42.97 |

STUDY ON EXECUTING TECHNOLOGY OF PERMANENT RESIST - FLOATINGANCHOR PILE  
AT PARK BUILDING OF BEIJING INTERNATIONAL AIRPORT EXTENSION PROJECT

FANG Xue - song ,LU Hong - ye

Abstract : a whole process of permanent resist - floating anchor execution is described in details. Analysis is made on some problems in the test.

Key words :resist - floatinganchor pile ,executing technology

第一作者简介：



方雪松(1963 年 - ) ,男。1985 年毕业于武汉地质学院(中国地质大学)探工系获硕士学位 ,1995 年在中国地质大学(北京)探工系获博士学位。现在中国航空工业勘察设计研究院工作 ,主要从事岩土工程的设计、施工管理及科研工作。

通讯地址 :北京 2411 信箱 北京中航勘地基基础工程总队 邮政编码 :100086

“ 全国矿山地质及 21 世纪矿山可持续发展研讨会 ”在昆明召开

中国地质学会矿山地质专业委员会、冶金地质学会矿山地质及矿产经济学学术委员会、中国有色金属学会矿山专业委员会、中国黄金学会地质专业委员会以及冶金地质情报网等 5 个学术组织于 1999 年 10 月 16 日至 20 日在昆明联合召开了“ 全国矿山地质及 21 世纪矿山可持续发展研讨会 ”。就 21 世纪中国矿山地质工作由计划经济模式走向市场经济模式 ,走可持续发展之路课题进行了研讨。

会上 ,我国著名地质学家涂光炽院士发表了重要的学术报告 ;李万亨、陈希廉、彭骢、汪贻水、袁怀雨、秦德先、彭恩生、孙振家、黄有德等一批长期从事矿山地质工作的教授学者也专门就此提出学术报告 ;还有许多从事矿山地质科研、教学、设计、勘察、生产的工程技术人员撰写了近百篇论文。这些论文丰富了我国矿山地质学术园地。

代表认为 :根据世界矿业发展趋势 ,为使我国 21 世纪矿山可持续发展 ,应重点抓好 6 项工作 :

- 1) 要努力提高矿山地质资源保证程度。大力加强老矿区矿产勘查 ,有效缓解资源短缺。根据国际地质找矿研究动向和我国矿山资源与找矿研究现状 ,应将矿山二轮找矿确定为地质研究的主攻目标 ,加大科技投入力度 ,重视引进先进技术方法和新理论 ,实行多兵种联合作战 ,以获得突破性找矿效果。
- 2) 要努力提高矿山资源利用程度 ,大力挖掘资源潜力 ,强化综合利用。矿产资源是不可再生的耗竭性资源。提高矿产资源综合利用水平 ,可用少量资源产生较大经济效益和社会效益。特别要提高采、选、冶水平 ,有效利用共伴、生金属 ,加强低品位矿石的回收利用攻关研究 ,强化约束和激励机制 ,推动尾矿、尾渣、废石的开发利用。
- 3) 要努力抓好科技进步工作 ,应用高新技术 ,促进科技进步。引进、应用和开发高新技术 ,包括先进的地质勘查方法和仪器设备的引进与研制及采选冶新工艺、新技术 ,不断拓宽计算机应用领域 ,推动矿山采选及生产管理自动化进程。
- 4) 要努力抓好矿山环境地质工作 ,增强环保意识 ,引进与推广环保工艺技术 ,做好矿山三废治理工作 ,建设文明生产矿山。
- 5) 要努力抓好制定有利于矿业可持续发展的相关政策 ,包括利于矿业市场发展的融资政策、鼓励尾矿利用技术成果应用推广的政策、激励尾矿利用及产业化的政策、减轻矿山税赋与扶持矿山持续发展的政策。
- 6) 要努力加强矿山地质学术交流 ,扩大信息渠道 ,引进先进思路 ,促进 21 世纪矿山可持续发展 ,组织高水平的学术交流 ,促进培养和造就一大批高素质的矿山地质人才。

会议精选了 30 篇论文由《有色金属矿产与勘查》以专辑形式出版。