

# 一种旋扩工法扩大头抗浮锚杆新工艺的应用研究

曹巍<sup>1</sup>, 耿春雷<sup>1</sup>, 赵贺鹏<sup>2</sup>, 宋超明<sup>2</sup>, 张非凡<sup>1</sup>, 张立新<sup>1</sup>

(1. 北京蓝海建设股份有限公司, 北京 100085; 2. 北京建工土木工程有限公司, 北京 100015)

**摘要:** 随着城市地下空间的开发利用, 地下结构抗浮问题日益严峻。阻止结构上浮的方法有多种, 通过抗浮措施的对比, 扩大头抗浮锚杆适用性更好、承载力更高、质量更可靠。本文结合北京某项目工程实例, 通过对关键技术的改进和创新应用, 研究出了一种旋扩工法扩大头抗浮锚杆新工艺, 该工艺综合了机械和压浆扩孔两种方法的优点, 适用于从软土到强-中风化岩层的大多数地质条件。和一般扩大头抗浮锚杆施工方法相比, 可以提高锚杆成桩质量、大幅提升施工效率、降低造价。同时采用承压型变直径钢筋笼作为永久抗浮构件, 使其更具有节能环保、安全耐久、便捷可控等优点。该方法在工程中的成功应用, 证明了其具有较强的可行性和实用性, 对同类工程施工有参考借鉴意义。

**关键词:** 抗浮; 扩大头抗浮锚杆; 旋扩工法; 可变直径钢筋笼; 中心压灌混凝土

中图分类号: TU46

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2024)03-0312-07

## Application of a rotary expansion construction method for enlarged head in anti-floating anchor

CAO Wei<sup>1</sup>, GENG Chun-lei<sup>1</sup>, ZHAO He-peng<sup>2</sup>, SONG Chao-ming<sup>2</sup>, ZHANG Fei-fan<sup>1</sup>, ZHANG Li-xin<sup>1</sup>

(1. Beijing Blue Ocean Construction Co., Ltd., Beijing 100085, China;

2. BCEG Civil Engineering Co., Ltd., Beijing 100015, China)

**Abstract:** With the increasing development and utilization of urban underground spaces, the challenge of preventing underground structures from floating poses a significant concern. Various methods have been proposed to address this issue. Through comparative analysis of different anti-floating treatments, the anti-floating anchor with enlarged head demonstrates superior applicability, higher bearing capacity and greater reliability. In this work, conducted in Beijing, a rotary expansion construction method for enlarged head in anti-floating anchors has been developed through enhancements and innovative applications of key technologies. This method combines the advantages of mechanical and grouting expansion techniques and is suitable for a wide range of geological conditions, from soft soils to highly and moderately weathered rock layers. Compared to conventional underreamed anchor construction methods, it enhances the quality of anchor rod pile formation, significantly improves construction efficiency, and reduces costs. Additionally, the utilization of pressure-bearing variable diameter reinforcement cages as permanent anti-floating components enhances energy efficiency, environmental sustainability, safety, durability, convenience, and controllability. The successful application of this method in practical engineering demonstrates its feasibility and practicality, offering a promising solution for similar projects in the future.

**Key words:** anti-floating; anti-floating anchor with enlarged head; rotary expansion construction method; variable diameter reinforcement cage; central pressure pouring concrete

## 0 引言

随着城市地下空间的开发利用,地下结构抗浮问题日益严峻。当地下水位较高时,地下水会对结构产生较大的浮力,若结构不能抵抗浮力,则结构会丧失稳定,通俗地说是在水中“浮起来”。阻止结构产生上浮的方法有两大类,分别为压载加固法和抗拔桩法(或抗浮锚杆法)。抗拔桩包括后压浆钻孔灌注桩和预应力管桩等;抗浮锚杆包括普通抗浮锚杆和扩大头抗浮锚杆<sup>[1]</sup>。压载加固措施顾名思义是通过增加配重来抗浮;而抗拔桩或抗浮锚杆是通过桩体(或注浆体)与周边土层之间的摩擦力将桩体(或注浆体)所受到的力传至周围稳定土体中去,从而具有一定的抗拔能力<sup>[2]</sup>。上述抗浮措施的优缺点及适用性对比见表1。

表1 抗浮措施的优缺点及适用性对比  
Table 1 Comparison of advantages, disadvantages, and applicability of anti-floating treatments

抗浮措施类型	优点	缺点
压载加固	设计及施工较简单	费用较高,影响地下结构物室内使用净高
抗拔桩	适用性好、承载力高、质量可靠,可作承压兼抗拔桩,能减少底板人防荷载	成桩速度慢、施工周期长、置换比大、节能节材性较差、成本高
普通抗浮锚杆	适用性较好、工艺简单、成本较低、置换比相对较小	承载力低、数量多、成桩质量和耐久性相对较差、锚固浆体有拉应力
扩大头抗浮锚杆	适用性好、承载力较高、质量可靠、置换比小,总体成本较低	扩大头杆体构件(囊式或可变钢筋笼式)比普通抗浮锚杆材料成本相对较高

采用压载加固即增加配重措施来抵抗较大浮力时,材料用量大,费用增加较多,而且会对地下结构物的使用净高造成一定影响<sup>[3]</sup>。

采用抗拔桩施工对场地条件要求较高,还存在工作面重叠、多工种穿插、工期较长等问题,且抗拔桩造价相对较高<sup>[4]</sup>。

如果采用普通抗浮锚杆,单根锚杆提供的承载力偏小,导致布桩数量大幅增加,从而影响后浇带和其他结构的布置;同时,普通抗浮锚杆在浮力工况作用下,锚固浆体产生的拉应力不满足《建筑工程抗浮

技术标准》(JGJ 476—2019)<sup>[5]</sup>中抗浮设计等级为甲级的工程标准要求<sup>[6]</sup>。

若采用扩大头抗浮锚杆的抗浮方案,单根锚杆提供的承载力将大幅提高,从而减少布桩数量,实现分散式布置,能有效降低底板峰值弯矩,均匀分布底板内力,显著降低筏板厚度和钢筋用量,有利于防止底板开裂;同时由于扩大头抗浮锚杆与底板的直接连接,使得锚杆的布置形式更为灵活<sup>[6]</sup>。

## 1 扩大头抗浮锚杆介绍

扩大头抗浮锚杆作为一种新型的抗浮加固形式,改进了普通抗浮锚杆纯粹依靠杆体和土(岩)层全黏结锚固的方式<sup>[7]</sup>,在施工质量、工效、经济环保等方面均有较大的优势<sup>[6]</sup>,符合我国节能降耗的产业政策方向。适用于工民建、市政工程、水利水电、地下空间资源开发等建设工程的基础抗浮。

扩大头抗浮锚杆推广应用的障碍在于扩大头的实现较为困难。扩孔的方法一般有4种,分别为机械扩孔、水力扩孔、压浆扩孔和爆炸扩孔<sup>[8]</sup>。而实际施工中经常采用的主要为机械扩孔和压浆扩孔。机械扩孔施工速度快,但是在软土及砂土层容易缩径或者坍塌扩径,导致杆体无法下放,扩大头尺寸难以满足设计要求,从而影响施工质量;压浆扩孔受限于高压喷射工艺特点,一方面施工速度较慢,另一方面高压喷射形成的螺旋通道不利于扩大头杆体的下放。

最近我司施工的工程中采用自有专利技术“旋扩工法”进行扩大头抗浮锚杆施工。该工艺综合了上述2种扩孔方法的优点,适用于软土到强-中风化岩层的大多数地质条件,施工质量更高、工效更快、成本更低。

## 2 旋扩工法扩大头抗浮锚杆新工艺

### 2.1 旋扩工法机理分析

旋扩工法<sup>[9]</sup>是将长螺旋工艺与高压旋喷工艺进行有机结合,通过螺旋钻进并配合高压水、高压浆进行扩径、扩底成桩的工艺。能够一次性完成钻孔、扩孔及喷射或压灌成桩。该工法利用特制的螺旋钻杆结合切割钻头进行钻进,钻进至设计扩大段顶端标高后,钻头上部高压浆液射流切割土体,在高压浆液、高压气、钻杆旋转搅拌的联动作用下,钻杆周围土体迅速崩解,处于流塑或悬浮状态,达到设计深度后,缓慢提升钻杆至扩大段顶

部,对钻杆四周的土体进行二次旋扩切割和搅拌,使已成悬浮状态的土体颗粒与高压水泥浆充分混合,形成直径较大、混合均匀的水泥土桩<sup>[10]</sup>。

## 2.2 旋扩工法成桩扩孔新概念

旋扩工法扩大头抗浮锚杆工艺是采用旋扩工法形成水泥土桩后,下放扩大头抗浮锚杆杆体,在水泥土初凝前,通过高压混凝土泵将混凝土灌注至孔内,使其充分有效地与扩大头构件及上部杆体结合,形成具有较高抗拔力的抗浮锚杆。

应用时根据现场试验和设计要求,采用以下工艺:

### (1) 长螺旋钻进取土+螺纹叶片挤密成孔

通过特制的带有螺纹叶片的钻杆旋转钻进,将上部普通锚固段的土体部分切削取出,部分挤压密实,形成锚杆上部孔体。该方法既加快了钻进成孔速度,又加强了孔壁土体的稳定性,确保成孔后扩大头杆体顺利下放。

### (2) 旋喷扩孔+“软硬”搅拌

钻头钻进到扩大体标高后,立即启动高压旋喷横向射流水泥浆,同时螺纹组合钻具竖向协同钻进成孔。横向高压喷射的水泥浆流束可以切割土体,像软的搅拌叶片一样,同时配合钻具底部的硬搅拌翅,把原状土和水泥浆充分混合搅拌,确保扩径质量,提高浆体的强度<sup>[8]</sup>。

### (3) 完全置换+填充混凝土

扩孔过程中,旋扩钻机特制钻杆的螺纹通道有利于扩大头处沉渣有效排出,确保水泥浆能完全将泥浆置换出来。扩孔完成后,通过高压向扩大头内泵送细石混凝土,将水泥浆置换出来,进一步提高扩大头锚固体的强度。

### (4) 变直径钢筋笼+预制装配式组件

本工程锚杆杆体采用承压型变直径钢筋笼作为永久抗浮构件。通过在扩大头段增加直径可变的钢筋笼,形成了钢筋笼骨架的混凝土扩大头短桩,大大提高了锚固稳定性、整体应力和抗拔承载力。同时,锚杆杆体为厂家预制成品组件,可直接现场组装施工。

## 2.3 旋扩工法扩大头抗浮锚杆的特点及优势

(1) 扩大头直径大。可提供更大的抗拔力,并限制产生锚头位移。

(2) 锚杆短。扩大头设置在一定深度的稳定地层中,锚杆的设计长度可以相应缩短,从而节省材料,降低造价。

(3) 质量可靠。高压喷射对孔壁有显著的“粗糙化”效果,加之螺纹组合钻具的协调搅拌作用,其成桩可靠性明显高于普通抗浮锚杆。

(4) 与其他扩孔方法相比,旋扩工法扩大头抗浮锚杆工艺施工工效更高<sup>[8]</sup>。

## 3 工程应用分析

高精密电子元器件产业化基地6号通用生产车间项目位于北京市平谷区马坊镇工业园区区内。建筑物长65.00m、宽43.40m、高24.30m,地上4层,地下3层,钢框架结构,筏板基础。

本工程±0.00标高26.60m,筏板基础底标高为9.50m,基底的持力层主要位于⑤粉质黏土-重粉质黏土层上,为天然地基。

本工程抗浮设计水位标高22.50m,抗浮工程设计等级为甲级。典型地质剖面及土层参数如图1所示。

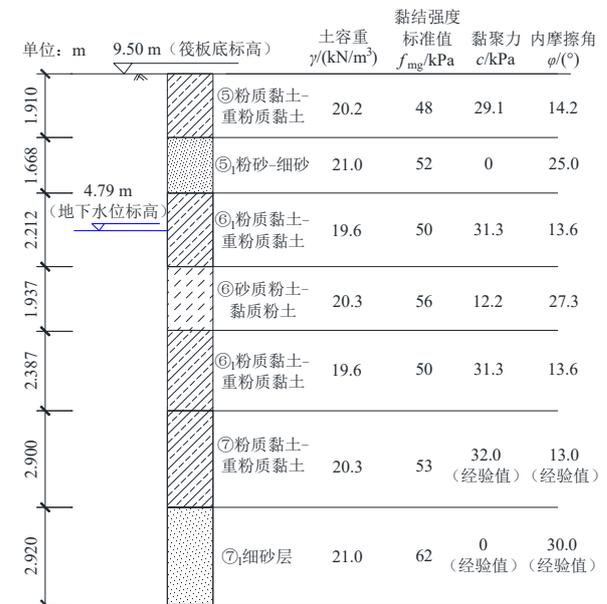


图1 典型地质剖面及土层参数

Fig. 1 Typical geological profile and soil parameters

## 3.1 工程施工难点分析

### (1) 地质条件复杂

抗浮锚杆需穿透⑤<sub>1</sub>粉砂-细砂层,该层含水量较大,厚度从1.7m到2.6m不等,极易塌孔;除砂层外均为粉质黏土-重粉质黏土层,土体易产生塑性变形,造成钻孔缩径,锚杆下放困难。

场区施工工作面存在上层滞水(大气降水及地表土渗流),锚杆施工深度范围内地层存在承压水,并且各层地下水会产生较为复杂的水力联系。

### (2) 基坑落差大,混凝土输送距离远

施工场地位于基坑底部,基坑深度为17.0m,自基坑坡顶地泵处至槽下锚杆作业面距离最远处约百米,输送过程中混凝土和易性变差、裂缝增

加, 容易造成堵管。

### 3.2 方案对比

设计之初, 做了如下两种抗浮设计方案:

方案 1 为普通抗浮锚杆, 方案 2 为扩大头抗浮锚杆, 将上述两种抗浮设计进行对比, 如表 2 所示。

对比结果显示, 方案 2 扩大头抗浮锚杆设计在锚杆长度缩短、间距变大、数量减少的情况下, 单桩抗拔力提高近 1.6 倍。故该方案更优。

### 3.3 旋扩工法扩大头抗浮锚杆设计及施工参数

#### (1) 扩大头抗浮锚杆设计参数

本工程扩大头抗浮锚杆有效长度为 12 m, 其中上部非扩大头段长度为 8 m, 直径为 250 mm; 下部扩大头段长度为 4 m, 直径为 800 mm; 抗浮锚杆间距 2.0 m×2.0 m, 正方形布置, 数量为 702 根。锚杆抗拔力特征值为 325 kN, 极限值为 650 kN。

扩大头抗浮锚杆剖面示意如图 2 所示。

表 2 设计对比分析

Table 2 Design comparison and analysis

抗浮锚杆设计方案	锚杆长度/m	锚杆间距/m	单根抗拔力极限值/kN	锚杆数量/根	分析结论
方案 1: 普通抗浮锚杆 ( $D = 200 \text{ mm}$ )	17	1.6×1.6	410	1 092	采用扩大头抗浮锚杆能大大提高单桩抗拔力, 充分利用杆体材料性能。故本设计拟选用天然筏板基础+扩大头抗浮锚杆方案
方案 2: 扩大头抗浮锚杆 (普通段直径 250 mm; 扩体直径 800 mm)	8+4	2.0×2.0	650	702	
设计对比	锚杆长度 减少 30%	间距增加 1.25 倍	单桩抗拔力 提高 1.59 倍	锚杆数量 减少 35.7%	

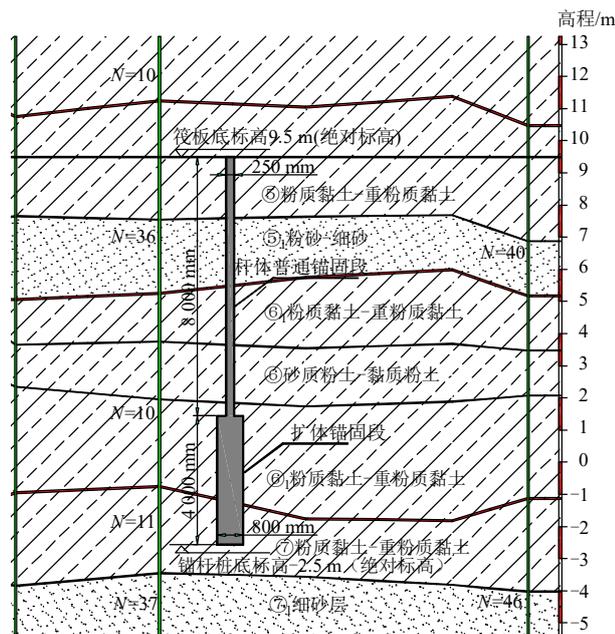


图 2 扩大头抗浮锚杆剖面图

Fig. 2 Profile of enlarged head in anti-floating anchor

#### (2) 旋扩工艺设计参数

本工程锚杆成孔采用旋扩工艺施工, 参数如下。

水压力: 非扩大头段为 1~2 MPa, 扩大头段不小于 25 MPa; 扩大头段钻杆下沉及提升速度为 20~25 cm/min; 水灰比为 1.2~1.5; 细石混凝土强度不低于 C30, 塌落度为 (220±20) mm。

#### (3) 抗浮锚杆杆体设计参数

本工程抗浮锚杆杆体采用承压型变直径钢筋笼作为永久抗浮构件。

上部预应力杆件为一根直径 32 mm 的 PSB1 080 级预应力混凝土用螺纹钢筋, 其最大力下总伸长率不小于 3.5%, 断后伸长率不小于 6%。下部承压型变直径钢筋笼高度为 1 280 mm, 钢筋笼收缩状态时, 直径为 180 mm; 钢筋笼打开状态时, 直径为 350 mm。

变直径钢筋笼配置如图 3 所示。



图 3 变直径钢筋笼配置图

Fig. 3 Variable diameter reinforcement cage

锚杆杆体钢筋外套 48 mm 塑料波纹管至变直径钢筋笼上端, 内填充防腐油脂并密封, 外灌注 C30 细石混凝土, 保护层厚度不小于 50 mm。

### 3.4 旋扩工法扩大头抗浮锚杆施工要点

#### (1) 工艺流程

施工准备→测放孔位→旋扩钻机就位→启动钻机螺旋钻进作业→达到扩大头顶部标高后开启高压泵进行扩孔作业→钻进至设计底标高后开始缓慢提升→提升至扩大头顶部标高（停止高压泵）→提升钻具完成钻孔作业→下放锚杆杆体与混凝土导管→开启高压混凝土泵进行混凝土灌注→随着混凝土灌入逐步提升导管完成灌注→成桩。

旋扩工艺流程如图4所示。

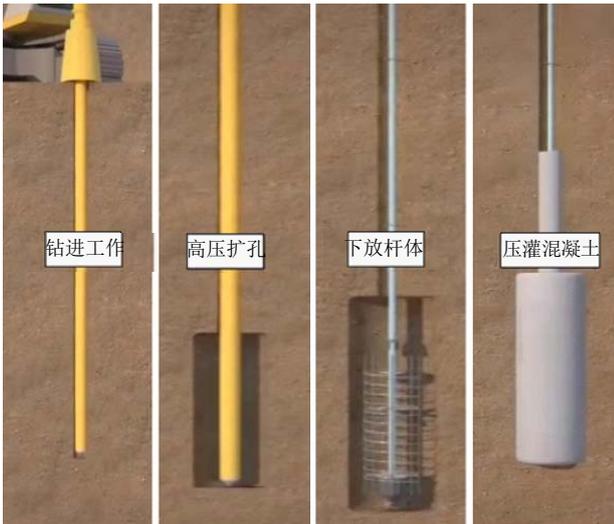


图4 旋扩工艺流程图

Fig. 4 Process flow of rotary expansion construction method

## (2) 控制要点

### a) 精确定点, 钻机就位

测量人员采用全站仪或 GPS-RTK 设备进行定位施放桩位, 复合无误后, 钻机就位, 准备施工。

### b) 螺旋钻进成孔

开动钻机动力头旋动钻杆, 螺纹钻杆旋转钻进向下切割土体, 下沉钻进。钻进过程中, 钻头下方喷嘴保持 1~2 MPa 水压, 防止土体堵塞喷嘴。

### c) 高压旋喷扩孔

钻至扩大头顶部标高, 开启高压泵, 开始旋喷扩孔作业。高压喷射扩孔的喷射压力不应小于 20 MPa, 喷嘴给进或提升速度为 15~25 cm/min, 喷嘴旋转速度为 5~15 r/min。

### d) 注浆设备及制备浆液

现场采用自动化平台按照设计水灰比严格计量, 水泥浆需搅拌均匀, 具有和易性、低泌水性和可注性。

### e) 制作、下放锚杆杆体

将锚杆桩杆体上部的螺纹钢筋与下部变直径钢筋笼按设计要求装配好, 并检查可变钢筋笼的有效约束状态, 确保下放后能顺利展开。将扩大头抗浮锚杆杆体整体起吊, 下放至孔底设计标高, 抽出

保险销, 展开变直径钢筋笼, 完成锚杆杆体下放。

### f) 灌注混凝土

本工程锚杆填充料采用 C30 细石混凝土, 到场后通过高压混凝土泵压灌至锚孔内, 压灌过程中混凝土返浆至孔口位置方可提升导管。

## 3.5 锚杆施工效果

基础开挖后, 经现场实测, 采用旋扩工法施工完成的扩大头抗浮锚杆的直径在 26~30 cm, 大于设计要求的 25 cm (同场地试桩时采用高压旋喷工艺施工的抗浮锚杆, 开挖后锚杆直径有缩径情况); 混凝土包裹锚杆杆体情况良好, 厚度均匀, 混凝土清晰, 强度较高。成桩效果见图5。



图5 成桩效果图

Fig. 5 Photo of pile formation

## 3.6 抗浮锚杆检验成果及分析

### (1) 基本试验检测情况及结果

锚杆基本试验数量为 3 根。根据试验结果, 均能达到 2 倍设计要求的极限抗拔力 (650 kN)。最大加载锚头变形量分别为 33.53 mm、33.84 mm、35.29 mm, 均满足变形要求。

### (2) 验收试验检测情况及结果

按照设计要求, 完工后工程锚杆抽取 5% (36 根) 做验收试验检测。检测结果显示受检锚杆均满足 1.5 倍设计要求, 最大变形量均满足变形要求。

抗浮锚杆荷载-位移曲线如图6所示。

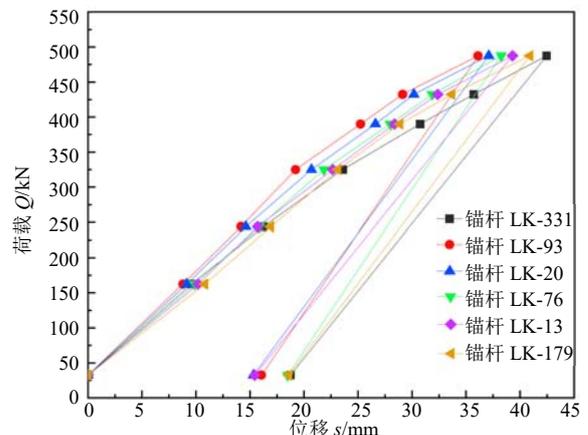


图6 抗浮锚杆荷载-位移曲线

Fig. 6 Load-displacement curves of anti-floating anchor

### (3) 试块强度检测情况及结果

按照设计要求,对旋扩工法扩大头抗浮锚杆的混凝土进行随机取样,取样数量为每30根锚杆留置1组试块,本项目共取样24组,进行28d抗压强度试验,测得混凝土强度为45.7~52.9 MPa,均大于设计要求的30 MPa。

### 3.7 旋扩工法扩大头抗浮锚杆应用效果分析

#### (1) 技术优势分析

a) 旋扩工法扩大头抗浮锚杆工艺的钻扩一体化施工,解决了机械扩孔工艺的先引孔再扩孔的不连续性施工问题;同时相比高压旋喷扩孔工艺又极大提高了施工工效,提高了成桩质量。

b) 采用旋扩工艺对锚杆进行钻扩孔的同时又对孔壁土体进行了加固,水泥浆与原状砂土混合后形成的高强度水泥土进一步加固了扩大头锚固体周围的原状土体,提高了锚杆抗拔力。

c) 旋扩工法扩大头抗浮锚杆充分利用了断面土体的挤压力作用,大大减少了泥浆排放,绿色环保。结合可变钢筋笼永久抗浮构件,进一步节省了混凝土和钢筋的用量,产生了良好的社会和经济效益。

#### (2) 施工成本和工期分析

在工程地质、水文地质、上部结构等条件均相同的情况下,采取普通抗浮锚杆和旋扩工法扩大头抗浮锚杆两种抗浮方案的经济性对比见表3。

表3 造价与工期对比表

Table 3 Comparison of cost and construction period

抗浮形式	施工造价/ 万元	施工效率/ (根/d)	工期/ d
普通抗浮锚杆 (直径200 mm,锚杆工程 量18 564 m)	419.4	15	73
旋扩工法扩大头抗浮锚杆 (直径250 mm/800 mm, 锚杆工程量8 420 m)	370.9	35	20

可以看出,旋扩工法扩大头抗浮锚杆虽然在材料费方面没有优势,但因其工程量比普通抗浮锚杆减少了54.6%,总成本比普通抗浮锚杆降低了约11.6%。工期按投入1台设备算,旋扩工法扩大头抗浮锚杆总工期为20d,比普通抗浮锚杆工期(73d)节省了近72.6%。另外因工期缩短还可节省降水维护等其他费用。

#### (3) 对环境的影响分析

本工程抗浮锚杆施工范围内存在粉土及砂层,

粉土在受扰动时易出现涌砂流土,砂土在钻孔时易发生塌孔。采用旋扩工艺施工,扩大头抗浮锚杆不需要泥浆护壁,不会产生泥浆污染,绿色环保<sup>[11]</sup>。

## 4 结 论

旋扩工法扩大头抗浮锚杆工艺将旋扩原理引入到扩大头抗浮锚杆施工中,形成了一套合理的工艺技术和施工方法,再通过与可变钢筋笼永久抗浮构件的结合使用,使其具有扩大头直径大、质量更可靠、抗拔力更强、变形更小等优势。在未来的工程建设中,将会有更广泛的应用和推广前景。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 高压喷射扩大头锚杆技术规程: JGJ/T 282—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical Specification for Underreamed Anchor by Jet Grouting: JGJ/T 282—2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [2] 徐高巍. 高压喷射扩大头锚杆在抗浮工程中的应用[J]. 中国水运, 2013, 13(9): 346-348.  
XU Gao-wei. Application of high-pressure jet expanding head anchor in anti-floating engineering[J]. China Water Transport, 2013, 13(9): 346-348.
- [3] 曹江才. 浅析房屋建筑地下室结构抗浮设计[J]. 科学与财富, 2013(2): 301, 63.  
CAO Jiang-cai. Analysis of anti-floating design of basement structure in building construction[J]. Sciences & Wealth, 2013(2): 301, 63.
- [4] 黄健, 光军. 建筑结构的抗浮设计探讨[J]. 建筑结构, 2021, 51(10): 135-139.  
HUANG Jian, GUANG Jun. Discussion on anti-floating design of building structure[J]. Building Structure, 2021, 51(10): 135-139.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑工程抗浮技术标准: JGJ 476—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical Standard for Building Engineering Against Uplift: JGJ 476—2019[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.

- [6] 吴勇军, 章因, 陆云飞, 等. 扩大头抗浮锚杆技术在单建式地下车库工程应用研究[J]. 建筑结构, 2021, 51(增刊): 2187-2194.  
WU Yong-jun, ZHANG Yin, LU Yun-fei, et al. Application and study of the underreamed anti-floating anchor technology in the separate civil air defence under ground garage project[J]. Building Structure, 2021, 51(S1): 2187-2194.
- [7] 吴勇军, 章因. 某大型地下车库扩大头锚杆抗浮设计与研究[J]. 城市住宅, 2019, 26(11): 164-165, 168.  
WU Yong-jun, ZHANG Yin. Anti-floating design and research of enlarged head anchor rod in a large underground garage[J]. City & House, 2019, 26(11): 164-165, 168.
- [8] 邵孟新, 曾庆义. 高压喷射扩大头锚杆的设计与施工[J]. 建筑监督检测与造价, 2008, 1(11): 55-60.  
SHAO Meng-xin, ZENG Qing-yi. Design and construction on expansion bolt of high-pressure injection[J]. Supervision Test and Cost of Construction, 2008, 1(11): 55-60.
- [9] 张亮, 闫明礼, 李楷兵, 等. 旋扩桩施工工艺、设备及进浆装置: CN201310161750.2[P]. 2015-12-02.  
ZHANG Liang, YAN Ming-li, LI Kai-bing, et al. Construction technology, equipment, and slurry feed device for rotary expansion piles: CN201310161750.2[P]. 2015-12-02.
- [10] 曹巍, 马齐, 张非凡. 旋扩工法植桩技术在复杂地层中的应用与研究[J]. 地基处理, 2020, 2(1): 41-47.  
CAO Wei, MA Qi, ZHANG Fei-fan. Application and research of rotary expansion construction method of pile-planting technology in complex strata[J]. Chinese Journal of Ground Improvement, 2020, 2(1): 41-47.
- [11] 张艳芳, 曹磊. 高压喷射扩大头锚杆在抗浮工程中的应用及探讨[J]. 城市地质, 2022, 17(1): 72-78.  
ZHANG Yan-fang, CAO Lei. Application and discussion of high pressure jet bolt with enlarged head in anti-floating project[J]. Urban Geology, 2022, 17(1): 72-78.

## 【简 讯】

### 《土力学及基础工程实用名词词典》（第二版）简介

《土力学及基础工程实用名词词典》（浙江大学出版社，1993）出版二十多年来得到了广大读者的欢迎。二十多年来我国土木工程建设快速发展，对外交流日益增多，不少设计、施工技术人员承担域外工程。近年来，不少读者希望词典能够再版。为了适应需要，我们在第一版的基础上组织编写了第二版。第二版对第一版收编的词条进行了修订、补充、完善，收编的汉语词条从 723 条扩展到 1106 条。

《土力学及基础工程实用名词词典》（第二版）收录了土力学及基础工程领域的常用词条和相应的英文词条。词条释文力求正确、简明、全面，并尽可能包括设计、施工所需资料。词条索引共有 3 种：（1）词条分类检字索引；（2）词条拼音检字索引；（3）词条英文检字索引。查阅方便。

《土力学及基础工程实用名词词典》（第二版）内容分 30 个部分，分别为：（1）综合类；（2）工程地质及勘察；（3）岩土分类；（4）室内试验；（5）原位测试；（6）土的物理性质；（7）渗透性和渗流；（8）应力；（9）位移和变形；（10）固

结；（11）抗剪强度；（12）本构模型；（13）岩土动力性质；（14）地基承载力；（15）地基处理；（16）浅基础；（17）复合地基；（18）桩基础；（19）特种基础；（20）土坡稳定；（21）挡土结构和喷锚结构；（22）堤与坝；（23）土压力；（24）基坑工程与降水；（25）地下工程；（26）动力机器基础；（27）地基基础抗震；（28）土工合成材料；（29）环境岩土工程；（30）其他。

《土力学及基础工程实用名词词典》（第二版）主编龚晓南，副主编谢康和。罗勇博士、连峰博士、李瑛博士、王志达博士、沈扬博士、郭彪博士、吕文志博士、张杰博士、陈东霞博士、史海莹博士、张磊博士、张雪婵博士、黄大中博士等在浙江大学学习期间参与了本词典词条的遴选、编写和校对工作。本词典在编写过程中还得到了浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心同事们的大力支持，陆水琴和王笑笑同志为本词典的排版、校对等做了许多工作，在此谨表谢意。

由于编者水平有限，本词典中难免有错误和不当之处，敬请读者批评指正。