

# 单管旋喷用异型喷头施工大直径桩的工艺技术

韦讲汉 廖南 (煤炭科学研究院西安分院 710054)

**摘要** 传统单管法旋喷桩径一般在 300~800 mm, 桩材强度、桩径、水泥用量等参数变化很不稳定。而采用异型喷头工艺技术, 单管法旋喷的桩径可有效增大, 其成桩工效及质量明显提高, 也降低了施工成本。

**关键词** 旋喷 大直径桩 异型喷头 喷射半径 工艺

**中国图书资料分类法分类号** TU 472.36

**作者简介** 韦讲汉 男 42岁 工程师 工程地质

## 1 引言

90年代以来, 高压旋喷桩技术在国内许多工程建设项目中得到了广泛的应用。但根据大量旋喷工程桩开挖资料统计, 用传统工艺施工旋喷桩, 其局部剖面呈串珠状, 整体又呈“胡萝卜”状, 即桩顶大桩底小。统计结果还表明, 桩径、桩材强度等参数变化离散率较大。

以 1988~1996 年西安地区采用常规工艺旋喷桩工程实测资料为例, 某高层住宅楼旋喷桩设计要求桩径为 500 mm, 经局部开挖实测, 有 40% 的桩体直径在 430~460 m 之间。某棉织厂厂房旋喷桩, 设计桩体直径 600 mm, 桩顶底扩大直径至 800 mm, 开挖实测有 70% 的桩体直径在 510~580 mm 之间, 虽在桩底按设计要求作了复喷, 但仍未见有明显的增径效果。

上述旋喷桩工程表明, 实际桩径已超出了桩径偏差允许范围(±50 mm), 因而这些旋喷桩均需作进一步的补救处理措施, 才能满足设计要求, 造成了一定的经济损失。

笔者总结了多年旋喷施工的实践经验, 并根据喷射成桩机理, 提出了单管旋喷大直径桩的新型工艺技术。

## 2 单管旋喷大直径桩的工艺途径

根据国内外资料, 在粘性土层中, 高压旋喷单管旋喷桩径达 300~800 mm; 双管旋喷桩径达 800~1 000 mm; 三管旋喷桩径达 1 100~3 000 mm, 即在旋喷施工中, 要获得大桩径(800 mm 以上), 必须采用双重管或三重管旋喷工艺。

通常采用单管旋喷工艺, 要提高旋喷桩径, 可采

取以下几种措施。

### 2.1 增大旋喷压力

增大旋喷压力是增大喷射半径的一个有效途径。根据流体力学原理, 高压水连续喷射的功率计算式为:

$$N = 3p^{\frac{3}{2}} d_0^2 \times 10^{-9}, \quad (1)$$

式中  $N$  —— 喷射流功率;

$d_0$  —— 喷咀直径;

$p$  —— 泵压。

由上式可以看出, 喷射压力与喷射功率成正比, 即当喷射压力增大在土层中喷射形成的半径也随之增大。

但在实际应用中, 由于受设备的动力配备、输浆管路的允许压力值以及高压泵的允许工作压力等因素限制, 增大喷射压力值是有限的。

### 2.2 增大喷咀直径

增大喷咀直径是增大喷射半径的又一途径。由(1)式可以看出, 喷射功率和喷咀直径平方成正比关系, 故增大喷咀直径, 对增大喷射半径有明显的效果。但增大喷咀直径, 必然使得喷射流量增大, 造成喷射浆液的材料耗量增大, 同时这会受到高压泵的排量限制。

### 2.3 降低提升速度或采用复喷工艺

降低旋喷提升速度, 或采取复喷措施, 即增加单位喷射孔段的喷射时间, 是增大喷射半径的另一个途径。但这样会使得喷射浆液材料耗量增大, 降低旋喷成桩的工效, 增大旋喷成桩的施工成本。

### 2.4 增加喷射流出口与喷管轴心间距

增大喷射头起点半径, 即增大喷射流出口与喷管轴心间距就能在相同的喷射压力、流量、提升速

度的情况下,使旋喷柱喷射半径有效地增大,这就是单管旋喷大直径桩的最新工艺——异型喷头旋喷工艺。

### 3 单管旋喷大直径桩成桩机理及异型喷头工艺技术

单管旋喷大直径桩是通过改进传统旋喷头的喷射结构形式,采用异型喷头工艺,达到增大喷射半径的效果。

在相同地层因素条件下,使用不同形式的喷射成桩工艺,其喷射效果大不一样。因为在高压旋喷时,喷射流功率是有限的,在不同凝聚力、内摩擦角值的粘性土层中,其旋喷切割长度即喷射半径  $L$  是有限的。只有当高压喷射流在同一轴心  $O$  的不同半径 ( $OA = r$ ) 上作为切割起点时,才能使喷射流的喷射半径  $R$  得到有效的控制,即完全能够实现预期的成桩直径,并可使用单管旋喷出大直径桩的旋喷桩体。其喷射半径可表示为

$$R = L + r, \quad (2)$$

式中  $R$  —— 喷射半径;

$L$  —— 旋喷切割长度;

$r$  —— 高压喷射流起点半径最大值。

另外考虑到旋喷喷射流的反作用力,为确保旋喷时喷射头的稳定性,异型喷头采用二极或多极形式。根据喷咀直径、喷射流量、导孔直径等因素的制约关系,异型喷头工艺形式可分为:二极、三极和四极,其外形由下到上呈尖锥形。(图 1)

异型喷头的设置,有效地增加了高压旋喷的喷射半径。在一般的粘性土层中,如果将单管旋喷直径认定为  $D$ ,设置异型喷头后,可使单管旋喷桩有效直径增大  $2r$ ,这样实际喷射直径可表示为

$$2R = D + 2r, \quad (3)$$

式中  $2R$  —— 异型喷头工艺喷桩直径;

$D$  —— 传统喷头工艺喷桩直径;

$r$  —— 高压喷射流起点与喷头体中心半径最大值。

异型喷头旋喷时可以采用上升式旋喷或下降式旋喷两种工艺。当做大直径喷桩时,其压力、提升或下降速度、旋转速度等参数均同一般单管旋喷工艺;当做小直径喷桩时,其提升速度、旋转速度等参数比一般单管旋喷工艺提高一倍以上。

### 4 单管旋喷大直径桩异型喷头旋喷工艺技术特征

单管旋喷大直径桩的异型喷头工艺技术,就是在不增加其它附属设备的情况下,仅仅依靠单管旋

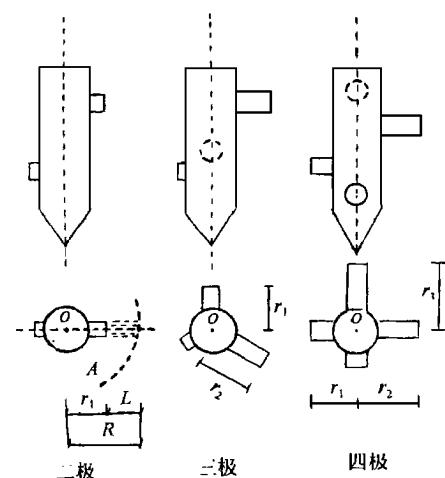


图 1 异型喷头的 3 种工艺形式

喷配套设备,设置不同形式的异型喷头,以达到旋喷大直径桩(800~1 200 mm)的效果。

如果采用异型喷头旋喷工艺,旋喷直径 400~700 mm 的桩,提升速度可加快至 30~50 cm/min,则可使单管旋喷成桩工艺参数大为改观。

异型喷头旋喷工艺技术使单管旋喷成桩达到了传统旋喷工艺中双重管旋喷成桩的效果,与传统旋喷工艺相比有如下特点:

- a. 使用多极喷咀,使得桩材桩径离散率降低;
- b. 施工操作简便,与单管旋喷工艺过程基本相同;
- c. 与双重管旋喷工艺相比,其旋喷成桩效果相同,并可省去空压机、三管钻具,从而降低了施工成本;
- d. 与单管旋喷工艺相比,相同的旋喷成桩效果,其提升速度可加快 1.5~2.0 倍;
- e. 突破了传统的单管旋喷只能施工桩径 700 mm 以下的界限。

### 5 单管旋喷大直径桩的工艺实践

单管异型喷头工艺自 1988 年开始设计试验,1990 年起投入工程使用,经不断改进完善,现已得到小范围推广。据不完全统计,采用异型喷头工艺已完成 40 余项工程,均取得了满意的效果。表 1 为部分加固及桩基础典型工程。

西安石油仪器总厂锅炉房旋喷桩基,开工前作试验桩 3 组 6 根,异型喷头采用二极与三极两种形式。二极双喷咀异型喷头最大半径分别为  $r_1 = 100$  mm,  $r_2 = 200$  mm, 试桩开挖实测,对应旋喷桩直径为  $\Phi = 700$  mm,  $\Phi = 950$  mm;三极三喷咀异型喷头最大半径采用  $r_3 = 300$  mm, 试验开挖实测,旋喷桩

表1 部分加固及桩基础典型工程

| 序号 | 项 目                  | 完成日期     | 旋喷桩径/mm           | 成桩总量/m    | 地层             | 施工参数                               |
|----|----------------------|----------|-------------------|-----------|----------------|------------------------------------|
| 1  | 西安石油仪器总厂<br>锅炉房旋喷桩   | 1990年7月  | 桩扩头700<br>桩身600   | 1 575.60  | 黄土<br>标贯值≤5    |                                    |
| 2  | 咸阳市环卫处保养<br>车间旋喷桩    | 1990年10月 | 桩扩头1 000<br>桩身600 | 660.00    | 亚粘土<br>标贯值≤9   |                                    |
| 3  | 甘肃靖远电厂二期<br>主厂房旋喷桩   | 1993年10月 | 桩径800             | 55 000.00 | 黄土、粉砂<br>标贯值≤7 | 压力:20~25 MPa,<br>升速:20~40 cm/min   |
| 4  | 郑州金博大旋喷帷<br>幕        | 1994年12月 | 桩径1 100           | 2 295.00  | 粉土<br>标贯值≤5    | 转速:20~40 r/min,<br>流量:80~120 L/min |
| 5  | 山西省统计局16层<br>办公楼     | 1995年9月  | 桩径800             | 6 300.00  | 粉土<br>标贯值≤5    |                                    |
| 6  | 北京首都机场地下<br>停车场抗浮旋喷桩 | 1998年6月  | 桩径600             | 12 300.00 | 粉土<br>标贯值>30击  |                                    |

直径为  $\Phi = 1100 \text{ mm}$ 。

甘肃靖远电厂二期主厂房旋喷桩基,设计桩径800 mm,开工前试桩按传统工艺施工。为了确保设计要求,使用双重管工艺试验,经开挖后实测其桩径变化较大,在500~750 mm之间,桩体外观形状极不规则,且总体呈上大下小。工程桩正式施工时,采用了双重管与单管异型喷头旋喷工艺同时进行的方案。工程完工后,经全桩段开挖实测,单管异型喷头旋喷工艺成桩的桩径均满足设计要求,且桩体外观形状规则,上下桩径基本一致。此工程成桩工效是双重管成桩工效的2倍。

北京首都国际机场地下停车场抗浮旋喷桩,设计桩径600 mm,地基岩性为粉土层,坚硬,标贯值均大于30击,一般在50~80击。在这样坚硬的地层中,要达到设计桩径,按照传统旋喷工艺采用三重管旋喷难以达到。该工程原设计三重管方案施工,在采用三重管旋喷桩施工之前,我们作了8根单管异型喷头旋喷工艺试桩,经测管实测,其旋喷桩径均达到了设计要求,因而最终确定采用单管异型喷头工艺成桩的设计方案。本工程为抗浮桩,要在其中心部位

钻进  $\Phi 250 \text{ mm}$  的锚孔,由于这种旋喷工艺确保了设计桩径( $\Phi 600 \text{ mm}$ )的要求,保证了大面积抗浮桩施工质量,避免了因局部缩径而产生锚孔钻进“开天窗”,或因桩径不足而使锚孔钻偏出桩外的现象。同时提高了工效,降低了施工成本,为机场建设节省了可观的投资。

## 6 结论

我们研制的异型喷头具有二极、三极、四极等3种工艺形式。在粘性土层中,采用单管异型喷头旋喷施工大直径桩,达到了双重管旋喷桩直径的效果,所形成的旋喷桩径及其材质的均质性均有所提高。其成桩工效与传统单管相比也成倍提高。与双重管旋喷相比,由于旋喷效果相同,投入设备数量少,使得大直径桩成桩成本大大降低。

## 参考文献

1 曾国熙,卢肇钧等. 地基处理手册. 北京:中国建筑工业出版社, 1988

(收稿日期 1999-08-10)

# THE TECHNICS OF CONSTRUCTION BIG DIAMETER FOUNDATION PILE BY ALLOTYPE SPOUT IN MONOTUBE ROTARY SHOTCRETE CONSTRUCTION

Wei Jianghan Liao Nan (Xi'an Branch, CCRI)

**Abstract** The rotary shotcrete foundation pile diameter generally is 300~800 mm. The change of parameter of the pile intension, the pile diameter and cement dosage is instability. And after adoption allototype spout, the diameter of monotube rotary shotcrete foundation pile is available augmented, the work efficiency and quality are evidently advanced, and the cost of construction is debased.

**Keywords** rotary shotcrete; big diameter foundation pile; allototype spout; insufflation radii; technics