

土钉吹孔工艺在砂层支护中的应用

封磊

(中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 本文以西安市西咸新区某砂层基坑的土钉墙支护工程为背景, 详细介绍了土钉吹孔整个工艺流程, 对吹孔施工中的部分细节进行了优化; 分析吹孔工艺的优缺点, 总结了砂层支护施工中的注意事项, 并结合基坑土钉检测试验结果和基坑监测数据对支护效果进行评价分析, 为同类工程提供了参考经验。

关键词: 砂层; 土钉墙; 吹孔工艺; 土钉检测

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)01-0043-05

Blowing-technology hole of soil nailing in sand layer support

FENG Lei

(Xi'an Survey and Design Research Institute Co., Ltd., China Nonferrous Metals Industry, Xi'an 710054, China)

Abstract: Soil nailing support system in Xi'an west salty new district sand foundation pit was analyzed in this paper. And focuses on blowing hole process soil nailing in was focused. The paper also analyses the advantages and disadvantages of blowing-hole process, and summarizes the attentions in the sand layer support construction. It combines with the foundation pit soil nail test results and foundation pit monitoring data to evaluate the supporting effect, and thus, providing reference for similar engineering experience.

Key words: sand layer; soil nail wall; blowing-hole process; soil nail testing

0 引言

土钉墙是近 30 年来发展的一种原位土体加筋技术。土钉墙主要通过设置在坡体中的加筋杆体(土钉或花管)与其周围土体牢固黏结的复合体, 并通过坡体面层钢筋网片和喷射混凝土构成整体, 形成类似重力式挡土墙的支护结构, 从而保证开挖面稳定的一种基坑支护形式。土钉墙支护的显著优点: (1) 对地层适应性强; (2) 施工设备轻便, 操作方法简单, 施工占用场地小, 施工速度快; (3) 结构轻巧, 柔度大, 有较好的延性; (4) 材料用量少, 成本低。因此, 土钉墙在基坑支护中被广泛应用^[1]。

但是在砂质地层中, 土钉墙施工往往难度较大。主要是因为砂层的抗剪强度低, 自稳能力差, 受砂层含水率的影响较大(含水量大时存在假黏聚力)。土钉成孔易出现塌孔, 土钉注浆效果不佳, 基坑边坡易出现砂土流失、变形、基坑边坡失稳等问题。本文介绍一种在砂层支护中的土钉吹孔工

艺, 可以有效解决土钉成孔工程中易塌孔、注浆效果不佳的问题, 进而为砂层中的土钉墙支护提供安全保障。

1 工程简介

本基坑位于西安市西咸新区沣东新城, 地貌单元属于渭河高漫滩, 场地地形平坦。正负零高程为 382.80 m, 地面高程为 382.10 m, 基坑支护深度为 7.90 m 和 8.70 m。基坑安全等级为二级。

基坑侧壁地层主要由素填土、黄土状粉质黏土、中砂层组成。①素填土: 黄褐色, 稍湿, 土质不均, 主要为耕土, 以粉质黏土为主, 含植物根系等, 层厚 0.2~0.5 m, 层底高程为 381.47~382.00 m。②黄土状粉质黏土: 褐黄-黄褐色, 局部为浅灰色, 坚硬-硬塑, 稍湿, 厚度 0.8~1.80 m, 层底深度 1.10~2.20 m, 层底高程 379.87~380.97 m。③中砂: 灰黄色, 稍湿-饱和状态, 中密, 均匀纯净, 级配不均, 分选良好, 标贯平均击数 $N=25$ 击, 厚度 12.0~

15.0 m, 层底深度 16.60~19.30 m, 层底高程 362.76~365.43 m。

基坑场地的地下水埋深为现地表以下 12.90~13.95 m, 不考虑降水。

2 支护方案

根据基坑范围、周边环境和场地地质条件,并结合软件进行计算,最终确定采用土钉墙支护方案,坡比为 1:0.75,如图 1 所示。

2.1 土钉墙

土钉采用钢筋土钉,水平和垂直间距 1.3 m,土钉倾角 15° ,土钉注浆材料为水泥浆,水泥浆水灰比 0.5~0.55,注浆强度 M20。钢筋土钉成孔采用土钉吹孔工艺,成孔直径 110 mm,土钉长度 6.0 m,土钉杆体采用 $1\Phi 18$,沿着土钉延长方向设置 $2\Phi 6$ 的对中定位支架,其间距为 2 m。当钢筋土钉无法成孔时,可采用等长的钢管土钉。钢管直径 $\Phi 48$,壁厚 3 mm。

2.2 喷射混凝土面层

土钉墙支护区段面层钢筋为 $200\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ 的 $\Phi 6$ 钢筋网片,为了便于在砂层中土钉墙的施工,在砂层段分两次喷射,第一次在土方开挖完成按照设计坡度 (1:0.75) 进行人工修坡后,先挂钢板网预喷加固 (喷面厚度 2~3 cm),第二次在钢筋网片绑扎结束后喷射,两次喷面的总厚度不少于 10 cm (C20)。钢筋网片外横、竖向设通长 $2\Phi 14$ 加强钢筋;加强钢筋与土钉钢筋采用焊接连接,并用焊接于土钉钢筋上的长度为 70 mm 的 $1\Phi 14$ 钢筋锁

定。混凝土面板深入基底以下至少 0.2 m。

2.3 防排水设计

在基坑坡顶设置截水沟,在基坑边坡面上设置长度不少于 1 m 的泄水孔。

3 土钉墙施工过程

3.1 土方开挖

土方开挖遵循“分层分段开挖,土方配合支护”的原则,鉴于砂层自稳性差的特点,在砂层段土方分层开挖的深度不大于 1.0 m,分段开挖长度不超过 10 m,且分层开挖深度不超过土钉施工位置以下 0.5 m。开挖过程中控制坡比不大于 1:0.75。

3.2 人工修坡

为了保证坡面的平整顺直,工人采用铁锹等工具对坡面进行修整。人工修坡的主要目的:一是便于施工;二是成型后感观好;三是节省材料。

3.3 挂网预喷加固

为了防止施工中的扰动引起表层砂层滑塌,先在坡面上铺设成品钢板网,然后喷射 C20 混凝土对面层进行预加固,预喷面厚度一般为 2~3 cm。

3.4 土钉的测量定位

待初次喷面强度达到设计强度的 50%后,按照设计要求,对土钉孔位进行测量定位并做好标记。

3.5 安装 PVC 管

先在土钉孔位处开孔,再用人工洛阳铲引孔 1.0 m,然后插入直径 130 mm 的 PVC 管 (PVC 管直径大于土钉直径 110 mm),插入时保证 PVC 管前端两个开口处于左右两侧。PVC 管长度 1.5 m,其

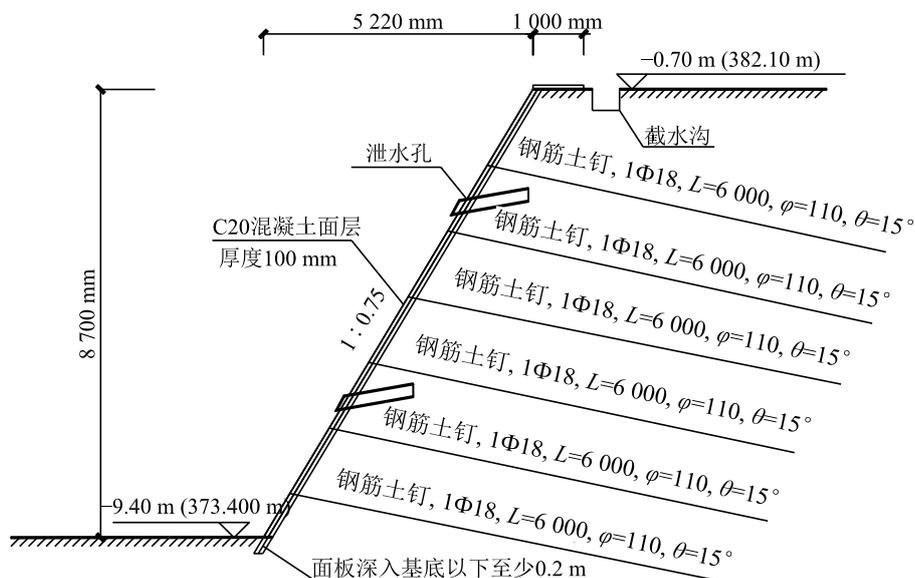


图 1 土钉墙支护剖面图

Fig. 1 Supporting elevation section of soil nailing wall

中 1.0 m 位于坡体内, 0.5 m 外露坡外, PVC 管外露段开孔, 开孔尺寸 100 mm×50 mm (对称开孔), 如图 2 所示。PVC 管的作用: 一是防止孔口段因扰动塌孔; 二是起导向、限位、倾角控制作用。

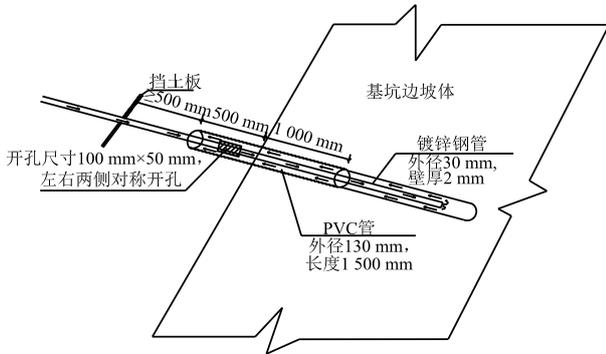


图 2 土钉吹孔施工大样图

Fig. 2 Large sample drawing of soil nail blow hole construction

3.6 安装挡土板

在吹孔钢管上穿入挡土板, 并在吹孔钢管上做好长度控制标记(吹孔管长度至少大于孔深 1.5 m), 挡土板尺寸 (板厚 2 cm, 木质复合板), 如图 3 所示。挡土板在吹孔过程中要保证板面与坡面近似平行或者下倾, 挡土板面与 PVC 管前端的净距离保证在 0.5 m 以上。

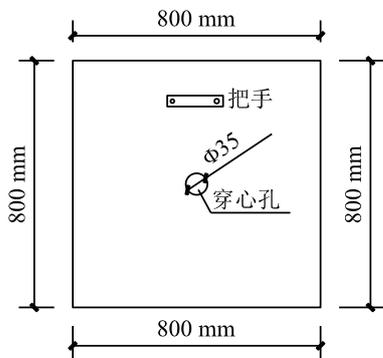


图 3 挡土板大样图

Fig. 3 Large sample of retaining plate

3.7 吹孔试验

为了保证吹孔施工的效果以及考虑工人操作的便利性, 应选择合适的空压机送风压力, 确定吹孔管的尺寸和材质。在正式施工前选择 3~5 个土钉孔进行试验。试验表明: 空压机送风压力控制在 0.6~0.8 MPa, 吹孔管的尺寸选择外径 30 mm (壁厚 2 mm) 较为合理, 材质选择镀锌钢管。

3.8 吹孔

整个吹孔过程需要 3 名工人配合完成, 其中 1 名工人专门控制空压机的启停, 另外 2 名工人在作业面前手持吹孔管操作。作业面工人通过吹哨和空压机操作人员联动配合。启动空压机后, 作业面前面的工人一只手控制好吹孔管方向, 另一只手手持挡土板, 后面工人同时控制好风管和吹孔管之间的连接并向前推进, 推进速度 1.5~2.0 m/min, 如此反复几次, 保证成孔的直径和长度达到设计要求。成孔结束时先关闭空压机停止送风, 然后再缓慢向外拔管, 吹孔施工图如图 4 所示。

在吹孔管停止推进且在拔管之前, 通过空压机向吹孔管内连续注入高压空气持续进行吹孔, 直至土钉端部形成扩大洞 (如图 5 所示), 所述扩大洞的孔径不小于 $\Phi 200$ mm。

3.9 探孔

为了检验吹孔成孔效果, 增设了探孔环节。预先准备好手电筒和探孔钢筋, 通过手电筒向孔内照射, 通过观察成孔的形状是否规则来判断是否有塌孔, 并可以观察孔内的砂土残留情况。通过探孔钢筋测量土钉的长度是否满足要求。如果孔径、孔深、砂土残留不满足要求, 可使用人工洛阳铲进行修补。

3.10 土钉安放

探孔结束后土钉钢筋要及时安放, 安放过程中要顺着成孔的角度缓慢推进, 并且对土钉定位筋进行优化 (如图 6 所示), 防止扰动已成孔的孔壁砂层, 土钉安放结束后再拔出洞口的 PVC 管, 并保

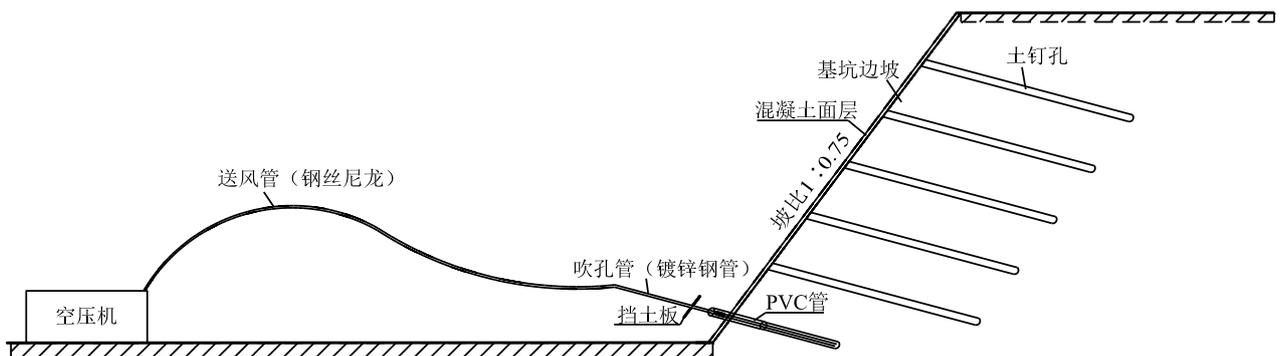


图 4 土钉吹孔工艺施工图

Fig. 4 Construction drawing of earth nail hole blowing technology

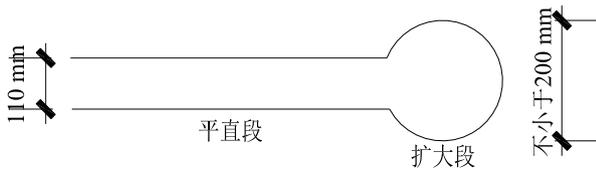


图5 土钉吹孔扩大头示意图

Fig. 5 Schematic diagram of blowing-hole expansion head



图6 土钉定位筋优化图

Fig. 6 Optimization diagram of soil nail anchor positioning rib

证在 1 h 内完成注浆。在吹孔刚结束一段时间内一般不易塌孔，原因在于：一是吹孔的过程形成空气压力，会对孔壁施加挤压力，增加孔壁的承载力；二是坡体内砂层的含水量相对较大，存在假黏聚力。因此对不能及时注浆的孔洞，需要用塑料布或者模板封堵洞口，保持孔内湿度，以防孔内水分变化及内壁砂层表面风化造成塌孔。

3.11 注浆

钢筋土钉注浆时，注浆管应插至距孔底 200 mm 以上，采用重力式注浆，注浆压力不小于 1.0 MPa。成孔后根据出砂的含水量确定注浆间隔，通过注浆量控制（充盈系数大于 1.1）可知道是否有塌孔现象，如有塌孔现象可根据注浆量与设计注浆量的大小，缩短成孔后的注浆间隔，极端情况下也可一孔一注。为了保证注浆效果，至少进行两次注浆，同时要作好止浆措施。

3.12 钢筋网片绑扎

按照设计要求进行钢筋网片的绑扎，并保证钢筋网片与土钉的牢固连接，同时水平向和斜向的两根 $\Phi 14$ 通长加强筋与土钉要采用焊接连接。

3.13 喷射混凝土

第二次喷射混凝土，并保证喷射面层总厚度不小于 10 cm，施工至基底时混凝土面板深入基底以下至少 0.2 m。

3.14 喷射混凝土养护

喷面结束后采用薄膜覆盖，在面层终凝后 2 h，采用洒水养护措施。

4 土钉吹孔施工优缺点分析

土钉吹孔施工优缺点如下：

优点是：（1）实现简便，成孔速度快。以 6 m 长土钉孔为例，吹孔成孔需要 3~4 min，人工洛阳铲成孔需要 10 min，机械成孔需要 8 min；（2）成孔一段时间内土钉孔不易塌孔。主要是因为吹孔的过程形成空气压力，会对孔壁施加挤压力，增加孔壁的承载力，这是其他成孔方式不具有的优势；（3）简化了砂层支护的方法，降低了人工和机械成本，具有良好的社会效益。

缺点是：（1）工人作业环境差，必须要做好安全防护。通过图 7 现场工人的施工图片可以看出，为了防止砂土飞溅伤人，必须佩戴好安全帽、护目镜，穿好防护服，还要佩戴面罩；（2）存在粉尘污染。砂土在高压空气作用下会产生一定的粉尘，对工人的健康和周边环境不利，因此在吹孔过程中，一定要配合使用雾炮机等降尘设备；（3）工人的施工经验和相互配合尤为重要，如果操作不慎会造成流砂、塌孔。



图7 现场工人的施工图片

Fig. 7 Workers construction pictures on the site

5 施工过程注意事项

（1）通过现场试验选择合适的空压机送风压力，确定吹孔管的尺寸及材质。送风压力过大会造成吹孔速度过快，工人不易操作；送风压力过小，会造成吹孔效果不佳，孔内的砂土吹不出来。吹孔管尺寸过大会造成成孔孔径过大，选择的吹孔管材质既要尽量轻便以便于操作又要有一定的刚度持久耐用。

(2) 工人一定要做好个人安全健康防护,既要防止砂土飞溅伤人,又要防止粉尘污染。操作工人佩戴好安全帽、护目镜、面罩、口罩,穿好防护衣。

(3) 做好现场的降尘措施。吃孔过程中会产生粉尘,必须做好现场的降尘措施,例如作业面前配备雾炮机,基坑周边安装喷雾降尘设备。

(4) 安排经验丰富的工人操作。土钉吹孔工艺是一种传统的施工方法,对工人的施工经验要求很高,另外工人要求配合默契。

(5) 做好探孔环节,保证成孔的效果和质量。

(6) 重视土钉注浆环节。砂层与其他地层不同,一是要注意注浆的及时性;二是要做到注浆饱满,至少进行两次注浆。

(7) 砂层支护面层混凝土要分两次施工,基底处混凝土面板深入基底以下至少 0.2 m。土钉成孔前的面层预喷加固至关重要,两次喷面总厚度不少于 10 cm。为了保证垫层施工时基坑侧壁不漏沙,混凝土面板至少深入基底以下 0.2 m。

(8) 做好基坑周边的防排水。按照设计做好基坑上沿的截水沟,做好坡体上的泄水孔,基坑内还需布置排水沟和集水井等。

6 支护效果和评价

支护完成后,按照规范要求选择土钉,采用千斤顶进行抗拔力试验,实测力值均满足设计要求^[2]。基坑施工过程中遭受 7~9 月份暴雨考验,基坑边坡均保持稳定,基坑各项监测数据均正常,说明土钉墙在该基坑中的应用是安全可行的,说明通过土钉吹孔工艺成孔是安全可靠的。

7 结 论

(1) 本文以砂层基坑土钉墙施工为例,详细介绍土钉吹孔工艺在砂层支护中的应用,分析了吹孔工艺的优缺点,总结了砂层支护施工的注意事项,并结合基坑变形监测和土钉检测结果,充分说明土钉吹孔工艺的可行性。

(2) 土钉吹孔施工操作简便,成孔速度快,节省人工,有较好的经济社会效益。

(3) 吹孔的过程形成空气压力,会对孔壁施加挤压力,增加孔壁的承载力,这是其他成孔方式不具有的优势。

(4) 砂层一直是土钉墙支护中比较棘手的地质,砂层吹孔工艺只是其中一项传统的工艺,吹孔工艺要求工人具有丰富的施工经验且易造成砂土飞溅及粉尘污染,我们需要进一步探索更多适宜于砂层支护的新工艺、新方法。

参考文献

- [1] 王凯飞,赵承民,张喆,等.砂层地质土钉成孔用吹孔装置及土钉墙支护施工方法:中国,CN 10277809 A[P]. 2018-07-13.
WANG Kai-fei, ZHAO Cheng-min, ZHANG Zhe, et al. Hole blowing device and soil nailing wall supporting construction method for sand geological soil nailing: China, CN 10277809 A[P]. 2018-07-13.
- [2] 张腾祚.土钉墙支护在粉砂层地质施工中的应用[J].河南建材,2017(2):76-77,80.
ZHANG Teng-zuo. Application of soil-nailing wall support in the geological construction of silt layer[J]. Henan Building Materials, 2017(2): 76-77, 80.