

# 钢管微桩 + 锚杆在狭窄场地基坑支护中的应用

卢世杰

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质勘测设计院, 贵州 贵阳 550005)

**摘要:**在城市建设或工业建筑的改扩建中,经常在有限狭窄场地开挖基坑,为保护基坑周边建筑物和坑内施工作业的安全,基坑边坡必须得到安全可靠的支护。利用钢管微桩 + 锚杆联合支护体系能很好地解决有限狭窄场地的基坑支护问题。通过2个工程实例,阐述了钢管微桩 + 锚杆联合支护体系设计思路、设计及施工注意事项。

**关键词:**钢管微桩;锚杆;狭窄场地;基坑支护

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0069-04

**Application of Micro Steel Pipe Pile + Anchor Technology in Foundation Pit Support in Narrow Site/LU Shi-jie**  
(Geology Investigation and Desian Institute, Guizhou Provincial Bureau of Nonferrous Metal and Nuclear Industry Geological Exploration, Guiyang Guizhou 550005, China)

**Abstract:** The foundation pit excavation in narrow site is very common in reconstruction and expansion of urban construction and industrial buildings. The safe and reliable support of excavation is necessary to ensure the safety of the surrounding buildings and the operation in the excavation. Micro steel pipe pile + anchor combined supporting system can effectively support the excavation. By 2 engineering cases, the paper described the combined supporting system about the design idea, specific design and the attentions in construction.

**Key words:** micro steel pipe pile; anchor; narrow site; foundation pit support

## 1 概述

钢管微桩是指直径 $< 300$  mm,中间放有单一或多条钢管的钻孔灌注桩。微桩可以单一也可以成群布置,可以采用相对小型的钻孔设备在有限的场地及作业净空条件下完成施工。例如,仅采用小型回转钻进设备就可进行。这种工艺既避免了采用大型设备需要的场地条件问题,同时降低或消除了利用冲击或重型锤击等方法时,因振动诱发结构损坏的风险,特别是在建筑物的临近地段。

在城市建设或工业建筑的改扩建中,常常因存在邻近构筑物或作业净空受限而使施工场地十分狭窄。在这样有限狭窄的场地开挖基坑,既没有放坡条件,也不具备大型机械的施工条件;同时,由于存在的邻近构筑物一方面需要保护,另一方面其外荷载作用对基坑的稳定性产生不利影响。这就使基坑支护十分重要和困难。寻找一种适用于这种有限狭窄场地的技术可行、施工可行、安全可靠、经济合理的基坑支护方式很有意义。本文通过2个工程实例论述利用钢管微桩 + 锚杆联合支护体系解决有限狭窄场地的基坑支护问题。

## 2 工程实例

### 2.1 贵阳市新华路九中地下通道东侧出入口基坑支护

贵阳市新华路九中地下通道东侧出入口施工时,为施工出入口的阶梯,需要在公路人行道上开挖一个上口长 $32.6$  m、坑底长 $10.5$  m、开挖深度 $0 \sim 6.5$  m的纵断面呈等腰梯形的狭长基坑,基坑东侧紧靠幼儿园及经营性门面,处于闹市区,人流量很大,施工场地十分狭窄。

场地地层从地表往下为:杂填土,厚度 $< 1$  m;红粘土,厚度 $4.5 \sim 7$  m,呈硬塑~可塑状;红粘土下伏基岩为泥质白云岩。土层中未见地下水,但生活污水沿人行道人为乱排现象严重。由于场地狭窄,紧邻幼儿园及经营性门面的基坑东侧只能垂直开挖,开挖后的整个基坑边坡均为土质边坡,加上需要得到保护的幼儿园及经营性门面外荷载的不利影响,若不进行可靠支护,开挖后该边坡失稳的可能性很大,将造成较为严重的后果。

因此采取在基坑东侧布置一排钢管微桩 + 锚杆支护体系,先进行支护然后再进行基坑开挖的施工方

收稿日期:2011-01-06

作者简介:卢世杰(1966-),男(汉族),贵州金沙人,贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质勘测设计院副总经理、工程师,水文地质及工程地质专业,硕士,从事工程勘察及岩土工程设计、施工工作,贵州省贵阳市宝山南路564号, gzylsj@qq.com。

## 2.2 中铝贵州分公司电解铝改造工程液压铸造机井基坑支护

中铝贵州分公司电解铝改造工程液压铸造机井施工时,需要在原厂房内开挖一个长9 m、宽7 m、深12 m的基坑,基坑周边邻近原厂房独立柱基、墙体和已有构筑物。

基坑边坡地层为:上部红粘土,厚度5~6 m,呈硬塑~可塑状, $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$ 、 $c = 35 \text{ kPa}$ 、 $\varphi = 5^\circ$ ;下伏基岩为中等风化泥质白云岩, $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$ 、 $c = 43 \text{ kPa}$ 、 $\varphi = 23^\circ$ 、 $f_{tb} = 550 \text{ kPa}$ 。土层中未见地下水,土岩接触面地下水较丰富。由于场地十分狭窄,基坑开挖没有放坡条件,基坑周边邻近的原厂房独立柱基、墙体和已有构筑物外荷载对基坑稳定极为不利,并且这些建构筑物的安全必须得到严格的保护。若不进行可靠支护,开挖后基坑土质边坡失稳的可能性很大,将造成很严重的后果。

因此采取沿基坑四周布置一圈钢管微桩+锚杆封闭支护体系,先进行支护然后再进行基坑开挖的施工方案。

## 2.3 施工情况及效果

部分施工情况见图1~3。

以上2个工程项目的钢管微桩+锚杆联合支护体系施工结束后,经受了基坑开挖及开挖完成后的基坑壁剪力墙施工期的考验,通过长达数月的监测,支护体系变形在允许范围内,保证了基坑邻近建筑物的安全和基坑内建筑物的顺利施工,完成了其临时性支护的历史使命。

## 3 钢管微桩+锚杆联合支护体系设计思路

钢管微桩+锚杆联合支护体系的设计计算和构造设计,仍然要遵循《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2002)的设计思路。采用排桩式锚杆挡墙结构型式的设计思路是合适的。对贵州广泛分布的红粘土地区,基坑边坡多为上部红粘土下伏灰岩或白云岩的二元结构,土质呈上硬下软的特性(如果土层未被地下水或地表水浸泡,土质一般较好),基坑边坡的破坏模式多为圆弧形滑动,从土岩接触面或软弱土质带剪出,对这样的“二元结构”基坑边坡,临时性支护采用钢管微桩+锚杆联合支护体系,具有更好的适用性,设计时同时应遵循《贵州建筑岩土工程技术规范》(DB 22/46-2004)的规定。根据基坑勘察、测试得出的物理力学参数和准确判断的边坡变形破坏模式计算基坑边坡侧向岩土压力;对钢管微桩要进行抗弯、抗剪验算;对锚杆要进行锚



图1 XY-100型小型勘察钻机施工钢管微桩



图2 钢管微桩施工结束后施工桩顶连梁



图3 预应力锚杆锁定在槽钢横梁上

筋截面积、锚固段长度、锁定预应力等的计算;对支护体系的其他组成部分也要根据有关规范及构造要求进行设计计算。

## 4 钢管微桩+锚杆联合支护体系的设计与施工

### 4.1 施工设计

根据以上2个工程实例的实际情况,通过设计计算及构造要求,钢管微桩+锚杆联合垂直支护体系施工设计如下。

(1) 采用 $\text{Ø}140 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 的无缝钢管作钢管

微桩,桩中心间距为0.5~0.6 m,桩底伸入基坑底面以下2~3.5 m,钢管内灌注C20混凝土;

(2)桩顶设置断面(宽×高)0.4 m×0.4~0.6 m、C20钢筋砼连梁,以加强支护体系的整体性,钢管伸进连梁的长度 $\leq$ 0.3 m,连梁顶面与地面平齐;

(3)地面以下土质边坡每隔2.5~3 m设置一排预应力全粘结锚杆,锚杆水平间距1.2~1.5 m、倾角 $15^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ 、锚孔为 $\varnothing 110$  mm、锚杆为 $\varnothing 25$  mm 螺纹钢、锚杆伸入中等风化基岩深度 $\leq$ 3 m且锚杆长度 $\leq$ 9 m、锚孔灌注M25水泥砂浆;

(4)在每排预应力锚杆处采用型号270×82×7.5的普通热轧槽钢设置一道横梁,锚杆钢筋从槽钢上事先钻好的孔洞中穿出,锚杆张拉后与槽钢连接锁定,张拉锁定预应力为50~100 kN;

(5)钢管微桩之间坡面上采取挂网喷射混凝土,网筋与钢管焊接。

#### 4.2 施工步骤

微桩施工包括3个基本步骤:钻孔、放置加筋材

料和灌浆。

钻孔:一般采用相对小型的钻孔设备回转钻进的方法。

加筋材料:可以是实心的螺纹钢,也可以是中空的螺纹钢管。一个桩可以放一根钢筋(钢管),也可以放多根。

灌浆材料有2种:一是纯水泥浆,二是水泥砂浆。灌浆压力控制也有2种情况:一是仅在重力驱动下的灌浆,不施加额外压力;二是压力灌浆,施加压力一般在1 MPa以内,应防止孔内出现水力压裂及浆液过度消耗。

#### 4.3 施工注意事项

为了使钢管微桩+锚杆联合支护体系能够安全可靠地发挥作用,除了施工设计必须满足要求外,施工程序和质量至关重要,应注意以下事项。

(1)严格按表1所列施工程序及质量保证措施施工,各个施工程序间相互连贯,避免停工等待,尽量缩短工期。

表1 钢管微桩+锚杆联合支护体系施工程序及质量保证措施

| 序号 | 施工程序           | 质量保证措施  |
|----|----------------|---|
| ①  | 钢管微桩钻孔         | 为使钢管能顺利下入孔内,钻孔直径应比钢管直径大30~50 mm,确保钻孔垂直和达到设计深度         |
| ②  | 钻孔内安装钢管        | 钢管必须下到孔底,钢管连接采用焊接,确保焊接质量                              |
| ③  | 钢管内灌注混凝土       | 混凝土标号满足设计要求   |
| ④  | 连梁施工           | 所有钢管微桩施工完后再施工连梁,确保梁的整体性,配筋和混凝土标号满足设计要求                |
| ⑤  | 第一段基坑开挖        | 严格控制基坑开挖深度,开挖至设计的第一排锚杆深度时,停止开挖                        |
| ⑥  | 第一段基坑坡面挂网喷射混凝土 | 配筋、混凝土标号及喷射厚度满足设计要求,网筋与钢管焊接质量满足要求                     |
| ⑦  | 第一排锚杆施工        | 锚孔间距、孔径、深度、倾角满足设计要求,锚杆钢筋直径、材质满足设计要求,灌注砂浆强度及灌注质量满足设计要求 |
| ⑧  | 第一道槽钢横梁施工      | 槽钢规格型号、材质、钻孔满足设计要求,确保槽钢横梁的整体性                         |
| ⑨  | 第一排锚杆张拉锁定      | 锚固体强度达到设计强度的80%后方可张拉,张拉力满足设计要求,可采用焊接或丝扣锁定,必须保证其牢固性    |
| ⑩  | 第二段基坑支护施工      | 重复以上⑤~⑨步骤   |

(2)加强基坑开挖和基坑支护的密切配合,基坑开挖服从于基坑支护,严禁超长、超深开挖。

(3)严禁地表水排入基坑冲刷、软化基坑边坡土体,加强坑底积水排水。

(4)加强基坑支护施工期和使用期的变形监测,发现变形过大时立即采取应急措施。在以上2个工程实例中曾发生因超深开挖和锚杆还没有张拉锁定就往下开挖导致支护体系变形过大的情况,监测发现后立即采取丝杆加力撑杆(图4)内支撑应急处理,使支护体系得以稳定(图5)。

(5)基坑开挖完成后施工的起永久性支护作用的坑壁剪力墙和钢管微桩支护体系之间往往产生一个空隙,这个空隙必须用混凝土填实。



图4 丝杆加力撑杆

## 5 结论与建议

(1)实践证明,钢管微桩+锚杆联合支护体系是一种解决狭窄场地基坑支护的有效方法,具有技术可行、安全可靠、施工快速、经济合理的特点。

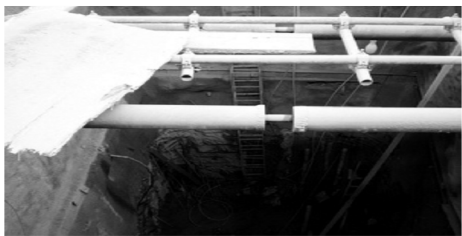


图5 丝杆加力撑杆内支撑

(2)可以采用常规工程勘察的小型回转钻机钻进方法快速施工钢管微桩,是钢管微桩+锚杆联合支护体系能够在狭小场地基坑支护中应用的突出特点。

(3)对贵州普遍存在的“红粘土+碳酸盐二元结构”地层中开挖的基坑,钢管微桩+锚杆联合支护体系有更好的适用性。但对于地下水位高或土质松散软弱的基坑要谨慎使用。

(4)钢管微桩+锚杆联合支护体系的施工设计要以基坑勘察、测试得出的物理力学参数和准确判断的边坡变形破坏模式为基础,依据相关规范进行设计计算和验算。

(上接第65页)

看,最大位移在60~80 mm,与计算的40~50 mm有较大的差异。

#### 4 结语

(1)在软土地区采用桩加多道土层锚杆的支护形式,安全可靠,施工可行,变形可控。

(2)通过对土锚杆抗拔力分析,在软土中土层锚杆的抗拔力可以保证,能满足计算的要求。

(3)通过对位移监测数据分析,最大侧向位移位置及变形曲线图和计算分析基本吻合。

(4)土层锚杆设计需充分考虑软土的蠕变特性,理论计算的位移值与实测位移值有较大的差距,

(上接第68页)

钻进过程中,常出现管靴、偏心钻头断裂,导致跟管无法继续等事故。

#### 5 结语

通过在三道庄钼矿塌陷区、采空区等复杂地层中应用高风压潜孔锤钻进技术,摸索出了高风压潜孔锤钻进技术在该矿区的钻进工艺和钻进技术参数。通过对潜孔锤管靴结构改进,大大减少了断裂现象,提高了跟管钻进技术在该矿区的跟管深度。

(5)钢管微桩+锚杆联合支护体系只能作为临时性支护,无论是支护体系本身的施工,还是基坑开挖施工,或是起永久性支护作用的坑壁剪力墙的施工都要求连贯快速,尽量缩短工期,使这种临时性支护体系尽快完成其历史使命。

#### 参考文献:

- [1] 包永平,赵普彤,曹凤学,等.微型桩复合土钉墙联合支护技术在基坑支护工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(3):12-15.
- [2] 王国庆.深基坑多工艺联合支护的设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2001,(3):11-13.
- [3] 郑元林,刘忠义,胡发虎.联合支护在云南社科大厦基坑支护工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):41-43.
- [4] 刘玉元.锚带网+锚索+钢筋梯子梁联合支护技术在复合顶煤巷中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2002,(4):60-61.
- [5] 李光明,屠水云,郑绍奇.昆明东方广场A座基坑联合支护实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2003,(5):22-23.
- [6] GB 50330-2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [7] DB 22/46-2004,贵州建筑岩土工程技术规范[S].

因而该支护形式对变形要求较高的区域不宜采用。

(5)适当加预加应力可以减少基坑变形,但考虑到软土的蠕变性,其效果有待检验。

#### 参考文献:

- [1] 张晔,郑俊杰,辛凯,等.土钉支护技术在软土基坑中的应用[J].岩石力学与工程学报,2002,(6).
- [2] 吴文,徐松林,周劲松,等.深基坑桩锚支护结构受力和变形特性研究[J].岩石力学与工程学报,2001,(5).
- [3] 李欢秋,张福明,赵玉祥,等.淤泥质土中锚杆锚固力现场试验及其应用[J].岩石力学与工程学报,2000,[S1].
- [4] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [5] 龚晓南,高有潮.深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.

若通过进一步的应用技术研究,设法提高高风压潜孔锤钻进技术在该矿区的钻进效率;通过提高潜孔锤钻具的刚度和强度,可继续加大潜孔锤跟管钻进深度。高风压潜孔锤钻进技术必将在该钼矿采空区探测中得到更广泛地应用。

#### 参考文献:

- [1] 汪彦枢.潜孔锤跟管钻进方法的开发及应用[J].探矿工程,2003,(S1):201-203.
- [2] 王春毅,王永红,程秀升.露天矿境界内地下采空区探测实践[J].采矿技术,2008,8(6):61-62.