

文章编号:1004—5716(2004)01—0108—02

中图分类号:U455.49 文献标识码:B

# 广州地铁建设中冻结工法的应用分析

陆卫国,郭圣<sup>山</sup>,林稚华

(中煤特殊工程公司冻结处,安徽 淮北 235000)

**摘 要:**在广州地铁建设中使用冻结工法,有成功的经验,也有不尽人意的地方。通过对施工的分析,总结成功的经验,找出问题的症结,以更好地完善冻结工法,推进冻结工法在广州市政建设中的更好地推广应用。

**关键词:**冻结工法;施工;体会

## 1 概述

近年来,市政建设迅猛发展,市政建筑基础向深而大的方向发展,土木工程施工技术日新月异。特别是隧道建设规模的日益扩大,使岩土工程的研究方向也由浅表向深部、由稳定地层向不稳定地层过渡,因而岩土工程的施工技术也必须有进一步的提高与发展。

我国从 20 世纪 50 年代开始引进冻结工法,经几十年的探索和实践,研究,冻结工法已日臻成熟与完善,但其服务对象主要是煤矿立井建设,20 世纪 90 年代,我国在上海市政工程中开始尝试冻结工法,已取得了较为丰富的施作经验。

广州市政工程建设的发展,特别是地铁施工工期紧,规模大,遭遇的地层越来越复杂,越迫切需要有新的适应性强的工法为其服务。经努力,完成宣传推广和技术储备工作,冻结工法终于得到了推广应用。我们先后组织了海公区间隧道地层加固和越秀公园车站冻结隔水施工,取得成功,但也存在着不足,体会是深刻的,总结过去是为了以后更好地发展和推广工法。

## 2 工程概况

### 2.1 海公区间

海公区间隧道冻结加固工程:海公区间隧道工程建设中,在工作面掘进至 ZDK12+696.6 里程附近,广州贸易大厦门前出现大面积的塌陷,使掘砌施工停止下来,严重影响到交通商贸、地面管线和设施的安全,更危及大厦建筑基础,虽对塌陷区进行了注浆加固,但地层仍不稳定,继续施工风险依然存在,施工工期无法

得到保证。经专家反复论证评审,确定采用冻结工法进行地层加固。施工工期 2000 年 1~5 月。

冻结加固区域从里程 ZDK12+696.6~+740,全长 43.4m,沿隧道轴线对称布设冻结孔,两边边排间距 8.0m。

冻结孔的深度是依隧道走向、坡间具体确定,两边排孔伸入中风化 3.0m,以形成冻土隔水墙,中部依隧道外缘结构埋深,深度提高 0.5m 布孔形成上覆冻土加固盖板,同时保证加固区域首端与已衬砌的隧道结构封合,尾部进入渗透能力小的地层,以实现较好的封水和固岩。

#### 2.1.1 工程特点

(1) 该工程为广州市政首例冻结工法施工,且为抢险工程,位于繁华闹市区,社会效应明显。

(2) 冻结区域延至贸易大厦建筑基础,必须对基础桩等采取保护措施,采用斜孔冻结热水孔循环保护。

(3) 采用局部冻结,分区分期组织施工。

(4) 冻土体系满足加固地层和封水的要求。

#### 2.1.2 设计参数(见表 1)

表 1 设计参数一览表

项目	积极期盐水 温度( )	孔间距(m)		排距 (m)	管径 (mm)	供回液管 (mm)	冻土厚度 (m)	
		边孔	中部				边墙	拱顶
内容	-25~-28	1.0	1.4	1.33	Ø127×5	Ø48×4	1.4	3.0

经 2<sup>#</sup>措施井施测实例表明,三角形联系测量精度较高。由精度分析知,该隧道终点的点位中误差优于设计限差,则控制导线点 C、D 坐标值可作为隧道中线精密导线测量的起算值。

## 6 主隧道的施工控制测量及检测

主隧道(含斜井)的掘进测量控制,斜井口附近埋设一组(3 个)导线控制点(2 个测回),然后进行坐标传递至井下,主隧道每掘进 20~50m 选择通视良好、顶板牢固、无淋水、工件安全以及隧道转点处布设施工控制导线点,每掘进 300m 左右,从起始边起埋设基本控制导线点。考虑到隧道沿线竖井较多,在主隧道掘进施工到竖井位置时,竖井同时施工到位,这样可以利用施工完

后的两个竖井采用两井定向检测施工控制导线点,若检测其误差在允许范围内可以继续掘进施工。

## 7 效果与体会

实践证明,该工程采用的洞内外竖井联系测量与洞内控制测量,方法是成功的。从 1<sup>#</sup>~2<sup>#</sup>井段、1<sup>#</sup>~斜井段、2<sup>#</sup>~B 标段接头的贯通情况看,其中心点位置均达到了设计及规范要求,特别是 1<sup>#</sup>~2<sup>#</sup>井段 140m 实现了对接误差为 5mm 的高精度,充分说明了我们的测量方法是合理的、正确的。同时我们也认识到,在小断面隧道施工测量工作中要得到很好的效果,还必须做到:想全面、勤观测、细检查、严要求,与施工人员密切配合。

## 2.2 越秀公园

越秀公园车站位于以太广场前方,原设计人工挖孔桩与砼帷幕墙支护结构,在进行人工挖孔桩施工时,挖深 15m 即呈现底鼓、涌水,30m 深深桩无法完成施工,施工进度十分缓慢。且以太大厦建筑已出现裂缝等破坏迹象,为了保护以太广场的安全,保证 26m 深的车站基坑安全施工,经广州地铁设计院、隧道局和建设方三方联席会议确定采用冻结侧壁封水方案:冻结深度 30m,施工工期 2000 年 7~12 月。

冻结孔布置在方形车站结构的外围,全长 191m,一次冻结全深,形成具有隔水功能的侧壁冻土墙。

### 2.2.1 工程特点

(1)该基坑周长 191m,冻结深度 30m,为当时国内面积最大的冻结支护基坑。

(2)冻结的功用是满足 26m 深度基坑开挖时侧壁封水,基坑底部未作封底处理,绕流和管涌是不能避免的。

(3)正值夏季施工,气温高、地层温度高,环境条件影响大。

(4)在冻结法施工前,人工挖孔桩施工至 15m 深左右管涌底鼓现象明显,30m 深桩无法完成施工,采用粉喷和高喷固结地层,效果不明显。

(5)现场只能提供 500kVA 的供电,限制了制冷设备的投入。

### 2.2.2 设计参数(见表 2)

表 2 设计参数一览表

积极期 盐水温度 ( )	孔间 距 (m)	冻结管 管径	冻结孔 布置	冻土 厚度 (m)	冻结 深度 (m)	基坑 挖深 (m)	人工挖孔 桩(深桩) (m)
-20~-25	1.0	Ø127×5	191m 周长	0.5~1.0	30	26	27~30

## 3 组织施工

### 3.1 海公区间

(1)钻孔施工:2000 年元月开始组织施工。该区杂填层,杂填硬物太多,粒径大,严重影响钻孔质量和工期,斜孔施工难度大,地下管线、下水管道复杂,漏浆特别严重等,经采取措施共完成 252 个钻孔。

(2)冻结施工:根据工期要求结合钻孔施工情况和环境条件,选择制冷能力大体积小的制冷设备,2000 年 3 月开始区冻结,4 月初恢复隧道掘砌,经施工组织优化,冻结施工满足连续掘砌要求,5 月 1 日安全顺利完成 43.4m 冻结段掘砌施工。

(3)工程效果:

组织施工期间,没有造成交通的堵塞和对商贸活动的影响。

进行施工工期的控制,并实现提前工期 13 天。

实现安全开挖,工作面“干”作业,砼结构施工质量保证。

停冻后完成冻结管的回收和充填,保证了地表稳定,真正体现了“绿色土木工程”的特点。

成功的应用冻结工法,奠定了冻结工法在广州市政建设中的应用的基础。

### 3.2 越秀公园

(1)钻孔施工:2000 年 7 月开始组织施工,造孔期间最为突

出的问题是粉细砂地层,缩径和泥浆砂性化严重,经采取相应措施,最终完成钻孔 196 个,测温孔 3 个,钻孔质量良好。

(2)冻结情况:2000 年 9 月初开始冻结施工,受供电条件的限制,制冷设备投入有限,受气温影响(28℃),制冷温度在 -20℃,交圈时间长,11 月初冻结壁发展达设计要求,开始竖井和孔桩施工。

(3)掘进情况:该冻结基坑挖深 26m,人工挖孔桩深度 27~30m(深桩)。冻结壁形成后,先进行基坑内西南侧竖井的开挖,竖井开挖期间,经对揭露面温度观测,冻土壁发展良好,28m 深竖井安全掘砌到底,并穿过近 1m 厚的冻土墙向坑外延深。向坑外延深以后,工作面即出现漏水及涌砂,情形严重并造成附近的建筑大厦出现严重的倾斜,由此可见竖井施工期间冻结隔水效果即是良好的。进行人工挖孔桩施工时,我们也进行了桩内观测:

桩内靠冻结壁一侧温度低、土硬,部分已出现冻土,靠近基坑内侧温度高、土质软。

桩内工作面靠冻结壁侧无渗水痕迹,但挖土至 27m 深附近,出现不同程度地底鼓(管涌),挖土越深情况越严重。勉强能完成浅桩的施作。

通过对冻结壁温度场监测并分析,此时冻结壁厚度已达 0.7~1.0m,满足侧壁封水要求。

越秀车站冻结隔水工程:经工程监测和工作面检测结果分析,冻结壁的形成和发展已满足设计要求,孔桩的施工情况说明了 30m 以上段侧壁封水是成功的,但冻结壁的存在不能保证 27~30m 的孔桩的安全施工(针对 26m 深基坑,冻结壁的侧面封水应是有效的),我们认为为了人工挖孔桩的安全施工,冻结深度理应加深 5~10m。

## 4 体会和总结

(1)广州地铁建设的发展,施工要求越来越高,冻结工法具有适应各类特殊地层且封水可靠、冻土强度高的特点,一定有广阔的应用前景。

(2)要充分考虑各方面环境因素的影响,特别是气温高、地层温度高的特点,装机容量要大,且富裕系数宜 >0.3。

(3)设计目标要明确,而且要保证正确。海公区间加固工程充分考虑了地质条件,正确设计,精心组织施工,效果良好。越秀公园车站由于冻结帷幕封水目的不准确,虽形成设计要求的(30m 冻深)冻结壁,但没有能保证 27~30m 深的孔桩安全施工,留下遗憾。

(4)市政工程工期要求是很现实的,施工现场条件也是十分有限的,因而我们必须充分了解地层条件和环境因素,合理设计,精心组织,保证质量与工期。

(5)在广州市政进行冻结工法的组织施工,还需要加强工法的宣传推广力度,取得广大仁人志士的理解与支持。

(6)越秀公园因受供电影响,其装机容量偏小,致使冻结时间长、冻结深度浅,不能保证支护深孔桩的施工。我们认为在今后的市政工程中,条件不允许时我们宁可不去推广工法,也不能勉强去组织施工,留下遗憾,这是对工法的一种“冲击”,让施作者无功而返。

总之,我们要认清市政工程的施工特点,正确对待、准确设计、精心施工,在广州市政建设中,冻结工法的应用前景仍是广阔的。