

doi:10.3969/j.issn.1672-6073.2016.05.017

# 水平旋喷桩在富水砂层暗挖法中的应用

彭仕凤

(佛山市铁路投资建设集团有限公司 广东佛山 528000)

**摘 要** 高水位砂质地层采用暗挖法施工风险极大,必须采取有效的止水措施才能确保施工安全。佛山地铁1号线世纪莲站3号出入口通道的设计施工实践证明,在暗挖通道周围设置水平旋喷桩止水帷幕,使得富水砂层暗挖施工成功实施,保护了通道上方的综合管廊,运行的管线工作正常。提出的方法合理,措施有效,可在类似工程中推广。

**关键词** 城市轨道交通;水平旋喷桩;砂层;暗挖法

**中图分类号** U231 **文献标志码** A

**文章编号** 1672-6073(2016)05-0084-04

随着地下空间的加速开发,新建工程下穿既有工程的情况越来越多,在不影响既有工程正常使用的前提下,如何安全经济地建好新工程,建设者们正在进行积极探讨。对于地质条件好,水位低时采用传统的暗挖法,设计施工技术也较为成熟,但对于砂层地质且水位较高的工程条件,采用暗挖法鲜有涉及,砂层高水位条件易涌水涌砂,危险性大,砂层中如何止水,也是一大难题。鉴于以上原因,有必要对砂层中暗挖法设计施工技术进行探讨,提出合理的设计施工方法。

## 1 工程概况

### 1.1 周边环境

佛出地铁1号线世纪莲站3号出入口通道位于车站南侧横跨裕和路。裕和路路中绿化带下有一条综合管廊沿东西向布置,横跨3号出入口通道。

综合管廊宽3.9 m,高4.15 m,覆土埋深1 m,为混凝土箱型结构。综合管廊内管线主要有:10 kV 电力电缆17条,110 kV 电力电缆6条,其中腾冲甲线一组3条,东平乙线一组3条,移动、电信、联通等通信光纤电缆9条,供水管 $\phi 600$  mm 钢管2条。

收稿日期:2015-11-23 修回日期:2016-01-20

作者简介:彭仕凤,男,硕士,工程师,主要从事城市轨道交通设计管理工作,psf2980@sina.com

### 1.2 地质条件

3号出入口范围自上而下地层主要有<1>人工填土层、<2-2>细砂层、<2-4>粉质黏土层、<2-1B>淤泥层、<2-3>中粗砂层、<7>强风化泥质粉砂岩。

根据勘察报告,砂层地下水稳定水位埋深2.10~2.77 m,标高1.36~1.69 m,基岩地下水稳定水位埋深2.37~2.93 m,标高1.14~1.35 m。

## 2 设计方案

世纪莲站3号出入口长65.78 m,宽7.2 m,底板距路面10.3 m,与综合管廊结构最近处为0.5 m,综合管廊距车站外墙6.48 m,通道中心线往东1.25 m处,综合管廊设置1条2 cm的变形缝。通道段明挖基底大部分位于<2-4>粉质黏土层,局部位于<2-2>粉细砂层和<2-1B>淤泥质土层,采用深层搅拌桩(有效直径550 mm,双向桩间距1 100 mm)处理,加固后基底承载力不低于130 kPa。

### 2.1 管沟改迁方案

原初步设计方案采用迁改管沟方案,但迁改将影响整个新城核心区的全部电力供应,供电部门要求,110 kV 电缆原则上1年只允许停电1次,甲、乙线不能同时停电,另据供电部门粗略估算,此处迁改费用高达8 400万元,工作时间长达11个月。

### 2.2 通道暗挖方案

由于初步设计方案工期得不到保证,造价过于昂贵,拟采用不迁改综合管沟,而改用通道暗挖法施工车站3号出入口通道。通道暗挖法的工程造价费用为1 464万元,远低于迁改费用。

为降低施工风险,管沟南侧出入口通道采用地连墙加支撑的明挖方案。明挖段采用800 mm厚连续墙,第1道支撑为600 mm $\times$ 800 mm 钢筋混凝土支撑,第2道支撑为 $\phi 600$  mm 钢支撑,斜撑为600 mm $\times$ 800 mm 钢筋混凝土支撑。

管沟至车站间的出入口通道采用暗挖法施工方案,

暗挖通道长 7.9 m,两端连续墙分别采用咬合旋喷桩加固,通道两侧管沟下部采用注浆加固,如图 1 所示。

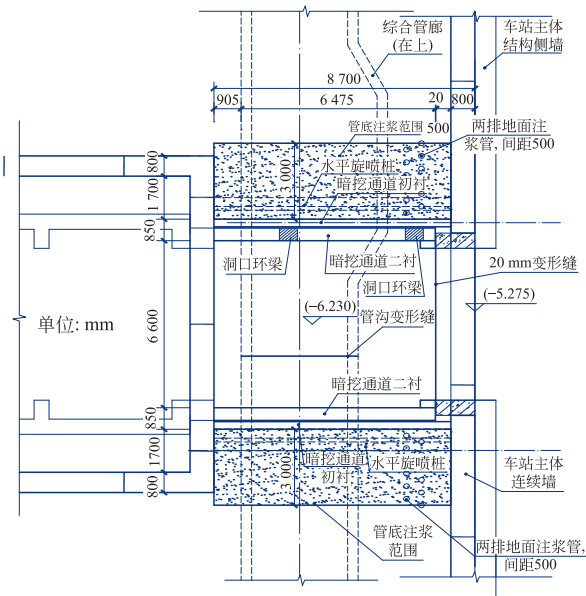


图 1 暗挖段平面

暗挖通道采用复合衬砌结构,外围采用两排  $\phi 500$  mm 水平旋喷桩止水,拱部及两侧旋喷桩内插钢管。初衬为 300 mm 厚喷射混凝土 + 钢架格栅,二衬为 500 mm 厚钢筋混凝土。

水平旋喷桩布置在隧道开挖线 250 mm 的轮廓线上,在隧道拱部  $92.17^\circ$  范围内采用单排  $\phi 500$  mm 的水平旋喷桩 (共计 18 根,内插  $\phi 89$  钢管),相邻桩间距 300 mm、相互咬合 200 mm;隧道其他范围采用 2 排  $\phi 500$  mm 的水平旋喷桩,相邻桩间距 350 mm、相互咬合 150 mm,排间距为 350 mm。其中,外排水平旋喷桩 63 根,内排 56 根旋喷桩中有 36 根内插  $\phi 89$  mm 钢管,长度为 8.7 m,见图 2。

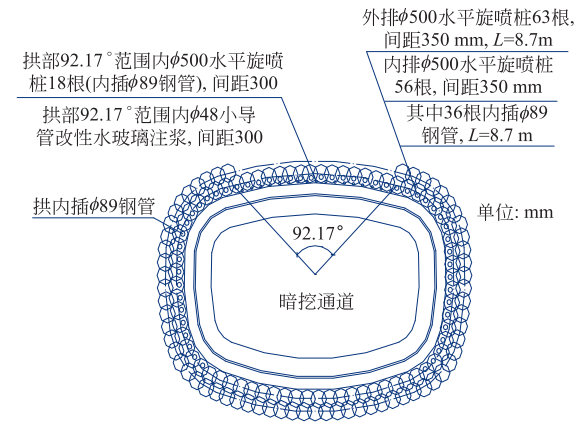


图 2 水平旋喷桩布置

3 施工技术

3.1 暗挖段施工方案

暗挖段通道施工严格按照“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的 18 字原则。其主要原理就是充分利用土层自承作用,开挖后及时施工初期支护结构并及时闭合,同时进行监控量测。为保证施工安全,根据土质情况,在隧道开挖前采取超前支护水平旋喷桩加固措施,加固土体后再开挖、支护。土方采用上下台阶开挖法,用小推车水平运土,在明挖段处用吊车提升至卸土场。初期支护完成并稳定后,做施工防水,再进行二衬结构施工。暗挖段通道施工工艺流程如图 3 所示。

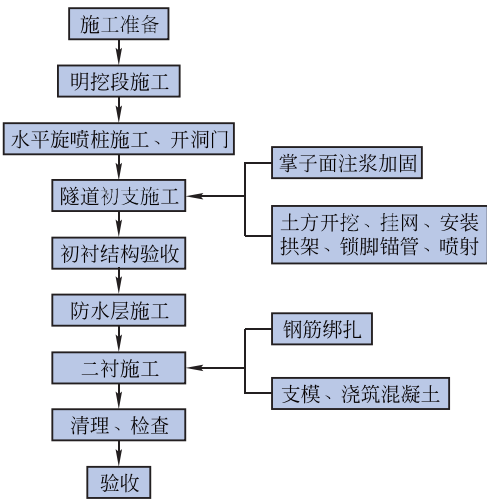


图 3 暗挖段通道施工工艺流程

3.2 水平旋喷桩施工

3.2.1 工艺流程

暗挖隧道水平旋喷施工桩工艺流程如图 4 所示。

3.2.2 工艺参数

本通道明挖段内地质条件与该暗挖段基本一致,在明挖段内施作试验桩,根据现场实际情况,试桩 6 根,旋喷压力分别选取 30、35、40 MPa 各 2 组,浆液要求水:水泥为 1:0.8 ~ 1:1,旋喷桩成桩后插入  $\phi 89$  mm 钢管。根据试桩结果,选择 35 MPa 作为旋喷桩施工控制压力。

3.3 掌子面注浆加固

因暗挖通道较短,掌子面注浆加固一次完成,小导管采用长 8.7 m、直径  $\phi 32$  mm 的无缝钢管,注浆孔间距 1.0 m,呈梅花形错开布置,水泥标号为 42.5 级,浆液采用水泥和水玻璃双液 (1:1) 注浆进行。注浆扩散

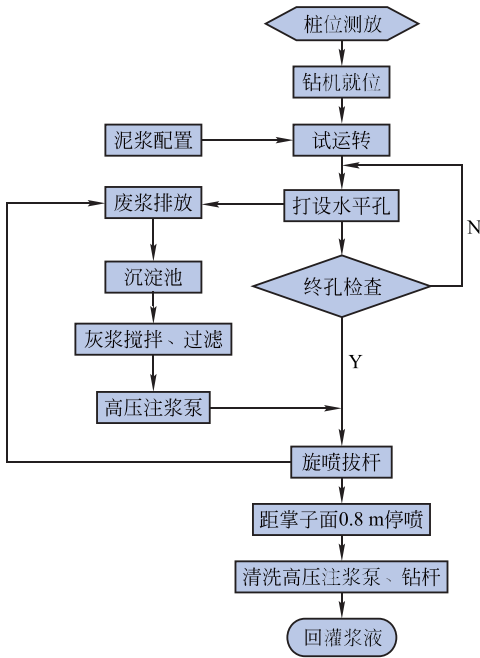


图4 水平旋喷桩施工工艺流程

半径为0.4 m,注浆终压为0.4~0.6 MPa。注浆孔位置布置详见图5所示。

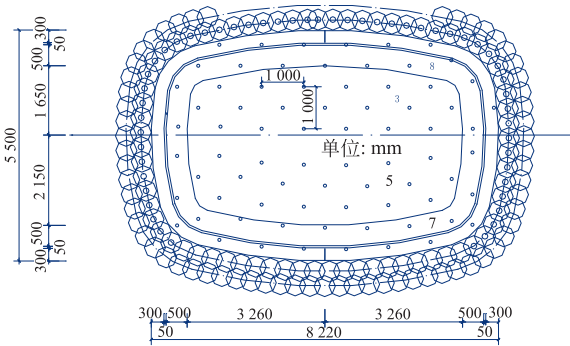


图5 注浆孔位置布置

4 管廊保护措施

4.1 变形缝处加固措施

施工期间采用强制回流法来控制注浆压力,为减少施工期间的管沟变形,在管沟内设置两榀钢桁架做支撑,施工完成后拆除支撑前再进行补偿注浆。

由于暗挖通道位于<2-2>粉细砂层,除采用两排 $\phi 500\text{ mm}@350\text{ mm}$ 咬合水平旋喷桩止水外,顶部靠近管沟底部辅以改性水玻璃注浆。

暗挖隧道全断面采用水平旋喷桩超前支护加固,拱顶距离管廊垫层底部540 mm。为防止水平旋喷桩施工时压力过大,水泥浆液沿着变形缝进入管廊,污染

管廊内部结构和管线,在变形缝处设置1块宽500 mm、厚2 mm的钢板,具体加固如图6所示。

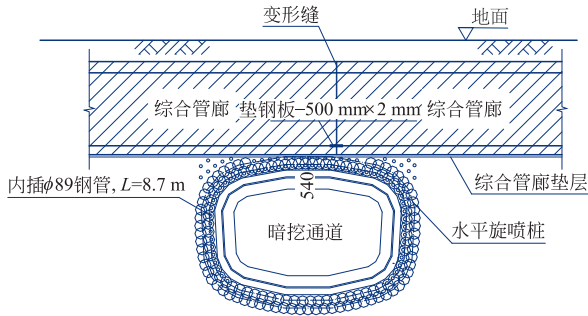


图6 管廊内变形缝加固示意

4.2 管廊内部桁架加固措施

为防止通道土方开挖时管廊发生不均匀沉降导致管廊变形或者位移,连带内部重要管线发生变形,导致严重后果,施工过程中管廊内部采用两榀钢桁架跨越变形缝钢加固。单榀桁架长度为12 m,由4段组成,桁架由L160 mm×10 mm角钢拼接而成,接口处采用M22的高强螺栓连接,两榀桁架间距为800 mm。桁架加固纵剖面如图7所示。

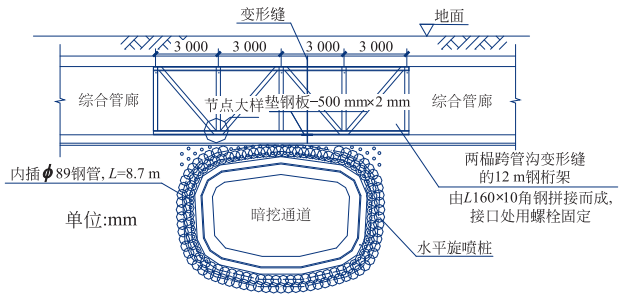


图7 桁架加固纵剖面

5 监控量测

为掌握暗挖施工过程中周围土压力的变化规律和保证土体的稳定性,指导施工,保证暗挖的顺利完成,及时掌握支护结构的受力和变形状态,控制和调整支护方案,保证了结构安全和施工人员安全,在施工影响范围内进行了变形观测。

5.1 监测点布置及要求

所有项目的监测范围应满足图8中线①到地面包络的范围,对建(构)筑物的监测范围尚且满足图中线②到地面包络的范围,暗挖段通道各监测点剖面布置如图8所示。

监测要求:在施工监测中,应对测量结果及时进行分析与反馈,当遇到下列情况时,应暂停施工,并根据具体情况制定加强措施。

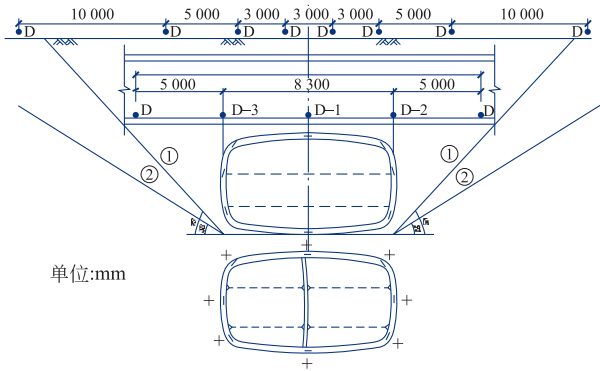


图 8 监测点布置

即当地表沉降值超过 30 mm 或地表隆起值超过 10 mm 时;当房屋倾斜超过 3% 时;当隧道掌子面施工通过一倍洞径,变位速率超过 5 mm/d,仍持续增加时需要制定加强措施。

### 5.2 监测项目与标准

1) 拱顶沉降。监视拱顶绝对下沉值,了解断面变化情况,判断拱顶的稳定性,防止塌方。

2) 地表沉降。判断洞内开挖对地表产生的影响及防止沉陷措施的效果,推测作用在隧道上的荷载范围,判断地下管线的安全情况。

3) 管廊变形、沉降。判断水平旋喷桩施工及在洞内开挖过程中对管廊的影响程度,确保管廊加固措施有效,保证管廊及内部管线安全。

主要控制标准:地表沉降 30 mm;建筑物沉降 10 mm;地表隆起 10 mm;拱顶沉降 30 mm;洞内收敛 20 mm;建筑物的沉降速率不大于 0.7 mm/d,地表沉降速率不大于 1.5 mm/d。

### 5.3 监测结果

3 号管廊沉降监测变化曲线如图 9 所示,结果表明:拱顶沉降最大值为 7.9 mm,拱右最大值为 6.9 mm,拱左最大值为 3.9 mm,均小于控制标准值。

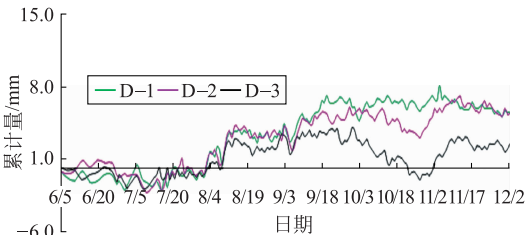


图 9 管廊沉降变化曲线

## 6 结语

1) 实践证明,水平旋喷止水效果较好,整个施工

期间通道周壁无渗漏水。

2) 管廊沉降得到有效控制,沉降均小于控制值,说明采用水平旋喷桩加固,适用本地质情况。

3) 通过水平旋喷桩的暗挖法设计施工,避免了综合管廊的迁改,整个 3 号出入口造价仅为 1 464 万元,远低于迁改费用,大大降低了该通道的造价,取得良好的经济效益和社会效益。

4) 本方法安全有效,造价低,对类似地质情况具有借鉴参考价值。

### 参考文献

- [1] 张晓丽. 浅埋暗挖下穿既有地铁构筑物关键技术与实践[D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [2] 黄合理. 地铁隧道穿越既有车站的沉降预测及加固措施[J]. 现代隧道技术,2013(2):114-118.
- [3] 赵文虎. 暗挖地铁隧道深孔注浆施工控制技术[J]. 中国水运:下半月,2013(5):223-224.
- [4] 王梦恕. 中国隧道及地下工程修建技术[M]. 北京:人民交通出版社,2010.
- [5] 骆建军,张顶立,王梦恕,等. 北京地铁暗挖车站施工对管线的影响分析[J]. 铁道学报,2007,29(5):127-132.
- [6] 陈志敏,欧阳康森. 地铁站基坑开挖对相邻建筑物影响性分析[J]. 兰州交通大学学报,2009,28(4):25-34.
- [7] 建筑基坑工程监测技术规范:GB 50497—2009[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [8] 地铁设计规范:GB 50157—2013[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.

(编辑:郝京红)

## Application of Horizontal Rotating-jet Grout Piles to Tunneling Construction in Watered Sandy Stratum

Peng Shifeng

(Foshan Railway Investment Construction Group Co., Ltd., Foshan 528000)

**Abstract:** Great risks exist in using tunneling construction method in sand layer. Waterproof curtain must be adopted for the safety of excavation. The design and construction application of horizontal rotating-jet grout piles around tunnel in Shililian railway station of Foshan Metro Line 1 showed that the project was successfully constructed in watered sandy stratum. Pipe gallery above the tunnel was well protected and all pipelines in it ran regularly. The method of horizontal rotating-jet grout piles waterproof curtain is reasonable and effective, and it can be used in similar projects.

**Key words:** urban rail transit thorizontal rotating-jet grout piles; sandy stratum; tunneling construction method