

盾构过上浮基岩、孤石预处理对策

杨志刚

(中铁南方投资发展有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 以深圳地铁5号线宝翻盾构区间为例,介绍盾构机顺利通过孤石和基岩区的预处理对策。根据设计地质资料,从盾构施工前加密地质补勘入手,摸清对盾构机掘进存在风险的孤石、上浮基岩等详细参数,然后根据盾构的性能及以往类似地质的经验教训,在本区间依次采取调线调坡绕过、加固处理后通过、控制盾构机参数直接通过等方法,盾构掘进过程中没有发生一起非计划停机,有效保证了工期,在5号线全线施工中起到了示范作用。

关键词: 地铁; 盾构; 基岩; 孤石; 预处理; 调线调坡; 袖阀管注浆加固; 掘进参数

DOI: 10.3973/j.issn.1672-741X.2012.04.022

中图分类号: U 455.43

文献标志码: B

文章编号: 1672-741X(2012)04-0557-04

Pre-treatment of Bedrock and Boulders before Shield Boring

YANG Zhigang

(China Railway South Investment & Development Limited Company, Shengzhen 518000, Guangdong, China)

Abstract: The pre-treatment of boulders and bedrock before shield boring is discussed, with the boring of Bao'an Central Station to Fanshen Station section on Line 5 of Shenzhen Metro as an example. The details of the boulders and bedrock that may cause risks for shield boring are obtained by means of additional geological predictions. Countermeasures such as alignment adjustment and gradient adjustment, reinforcement and shield boring parameter control are taken to cope with the boulders and bedrock. In the end, successful boring is achieved and the construction schedule is guaranteed.

Key words: Metro; shield machine; bedrock; boulder; pre-treatment; alignment adjustment; gradient adjustment; Soletanche grouting; boring parameter

0 引言

我国是目前世界地下空间开发利用大国,城市轨道交通区间隧道优先采用盾构施工。用盾构进行隧道施工具有自动化程度高、节省人力物力、速度快、一次成洞、不受气候影响、开挖时可控制地面沉降、减少对地面建筑物的影响和在水下开挖时不影响水面交通等特点,在隧洞洞线较长、埋深较大的情况下,用盾构施工更为经济合理^[1]。但是,由于深圳地区属于典型的复合地层,目前勘察钻孔在间距及技术的局限,无法反映真正的地质情况,盾构遇到自身无法破碎的孤石和基岩,在隧道内意外停机时有发生,处理不仅需要花费较大的人力和物力,给工期造成不可挽回的损失,严重时会造成盾构机被埋或卡死,不得不采用明挖的方法进行处理^[2]。目前对盾构施工的研究主要是如何对症下药及遇到问题停工的处理方法,或者是针对设计图纸确定的问题提前采取破除措施。深圳地铁5号线

全长40 km,是深圳市为承办世界大学生运动会而启动的重点工程,自试验段开工至开通试运营全部工期只有3年半时间,盾构隧道施工的成功与否直接关系到项目的成败。在这种情况下,必须改变以往施工过程中遇到问题才进行处理的方式^[3],应注重在施工前加大风险因素的勘察和评估,在盾构下井前就对区间采用物探和钻探相结合的方式探查风险。由于勘察钻孔的最小间距为0.5 m,对确定的风险采用调线绕开、预处理降低、最后加固通过的组合方法,因此,通过预处理,以期确保盾构的顺利推进,杜绝盾构的非计划停机,保证工期。

1 工程概况

深圳地铁5号线宝安中心站—翻身站盾构区间(简称宝翻区间,见图1)所在地区为海积平原,地面高程3.23~4.43 m,隧道顶部覆土9.1~17.8 m。隧道设计起点里程为ZDK3+440.513,设计终点里程为

收稿日期: 2012-03-06; 修回日期: 2012-04-14

作者简介: 杨志刚(1977—),男,河北保定人,2001年毕业于太原理工大学土木工程(地下方向)专业,本科,工程师,现从事地铁施工与管理工作。

ZDK3 + 986. 240, 区间左线长 550. 646 m, 右线长 550. 484 m。宝翻区间采用 1 台海瑞克土压平衡盾构施工, 由宝安中心站明挖段盾构井始发, 到达翻身站吊出, 先左线后右线。为保障盾构的顺利施工, 对区间地质在设计院勘探成果的基础上进行了加密补勘。



图1 宝翻区间走向图

Fig. 1 Plan view of Bao'an Central Station-Fanshen Station section

2 地质补勘成果

根据设计详勘成果, 宝翻区间存在较多的孤石和一段上浮基岩, 并侵入到隧道开挖范围。为详细地查明地质, 给处理方案制定提供准确的地质资料, 对宝翻区间左右线进行了加密补勘。总共施工钻孔 104 个, 沿线路中线布置, 单线勘察孔间距为 10 m, 遇见石头后加密至 1 ~ 2 m, 补勘成果见表 1。

表1 宝翻区间地质补勘成果表

Table 1 Results of additional geology prediction for Bao'an Central Station-Fanshen Station section

项目类别	勘探成果
详勘情况	左线 3 + 783 ~ + 834 存在上浮基岩, 长 51 m, 最大侵入隧道 1.8 m。孤石 3 个, 均在隧道外
	右线 3 + 765 ~ + 814 存在上浮基岩, 长度 49 m, 最大侵入隧道 3.5 m。孤石 3 个, 均在隧道外
补勘情况	左线 3 + 767. 4 ~ + 830. 6 存在上浮基岩, 长 63. 2 m, 最大侵入隧道 5. 3 m。孤石 5 个, 其中隧道内 4 个
	右线 3 + 764. 7 ~ + 815. 3 存在上浮基岩, 长 50. 6 m, 最大侵入隧道 3. 6 m。孤石 6 个, 其中隧道内 5 个

3 盾构掘进存在的问题

根据上述地质补勘成果及广州、深圳地区盾构施工过孤石和上浮基岩情况, 该地层很容易造成以下问题: 盾构机掘进速度慢, 刀盘扭矩变化大, 地面沉降, 刀具非正常损坏而导致停机^[4]。停机处理难度大, 往往严重影响工期。

4 处理总体思路

借鉴前临区间、临宝区间基岩预处理, 盾构直接通过的经验, 对于宝翻盾构区间基岩隆起区和孤石采用如下方法。

1) 协调设计调线调坡绕开孤石或基岩。

2) 先加固地层, 通过加固降低地层的透气性。盾构机到达加固区后, 可在气压模式条件下对刀具进行检查并更换, 通过盾构直接破岩通过。

5 调线调坡

根据最新详勘和补勘成果, 为降低盾构施工风险, 对设计线路坡度进行了适当调整。原设计宝安中心站 3 + 440. 513 至翻身站 3 + 954. 632 为单向上坡, 坡度 10. 477‰, 调整区间为“人”字形坡, 最大坡度为 25‰。左线里程 3 + 440 ~ + 750 调整为 25‰上坡, 坡长 310 m; 3 + 750 ~ + 950 调整为 11. 195‰下坡, 坡长 204. 116 m。右线里程 3 + 430 ~ + 750 调整为 25‰上坡, 坡长 323. 510 m; 3 + 750 ~ + 950 调整为 13. 015‰下坡, 坡长 200 m。其余线路坡度保持不变, 线路调整前后坡度见图 2。左右线各设曲线 1 处, 曲线半径分别为 800 m 和 1 000 m。

调坡前后地质对比情况见表 2。

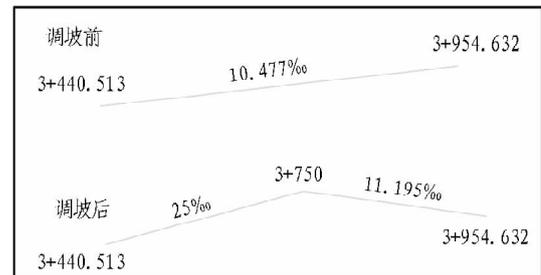


图2 线路调整前后坡度图

Fig. 2 Alignment gradients before and after adjustment

表2 宝翻区间调坡前后地质对比表

Table 2 Comparison and contrast between geological conditions of Bao'an Central Station-Fanshen Station section before alignment adjustment and those after alignment adjustment

调坡前后	调整前后对比	掘进断面地质对比
调坡前	左线 长 63. 2 m, 侵入隧道 5. 3 m, 孤石 4 个	隧道开挖断面以砾质黏土为主, 基岩及孤石多
	右线 长 50. 6 m, 侵入隧道 3. 6 m, 孤石 5 个	隧道开挖断面以砾质黏土为主, 基岩及孤石多
调坡后	左线 长 29. 3 m, 侵入隧道 2. 3 m, 孤石 2 个	隧道开挖断面以砾质黏土为主, 基岩及孤石减少
	右线 孤石 3 个	隧道开挖断面以砾质黏土为主, 基岩及孤石减少

6 加固范围及对策

6.1 孤石处理

根据补勘成果, 本区间左线发现 2 块孤石位于隧道范围内, 按左线里程大小分别编号为 Z1 ~ Z2。右线发现 3 块孤石位于隧道范围内, 按右线里程大小分别编号为 Y1 ~ Y3。孤石大小、里程及强度见表 3。

表3 翻灵区间孤石数据表

Table 3 Data of boulders in Fanshen Station-Lingzhi Station section

孤石编号	钻孔编号	里程	孤石大小/m	强度/MPa	位置
Z1	73	ZDK3 + 795.513	0.5		隧道内
Z2	77	ZDK3 + 815.513	0.6	141.2	隧道内
Y1	68	YDK3 + 770.066	3.5	140.6/132.5	隧道内
Y2	76	YDK3 + 810.066	2.6	49.8/126/131.1	隧道内
Y3	84	YDK3 + 850.066	2.0	115.1/161.7	隧道内

基岩孤石分部范围及断面见图3。针对孤石的位置及地面条件,孤石处理方法^[5]见表4。

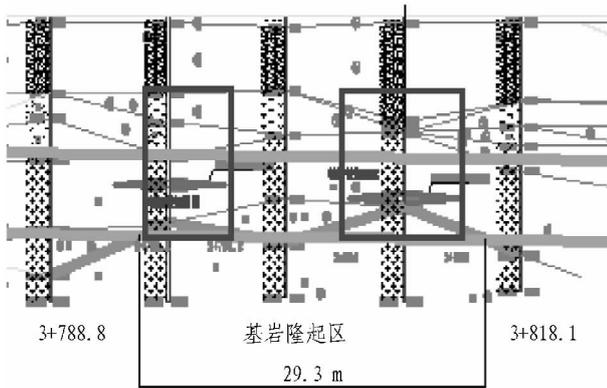


图3 左线隧道基岩、孤石断面图

Fig. 3 Boulders and bedrock within the scope of left tunnel tube

表4 孤石的处理方法

Table 4 Boulder treatment methods

孤石编号	地面环境条件	处理方法
Z1	创业路地面,无管线	与基岩段重合,统一采用袖阀管加固地层后气压换刀通过
Z2	创业路地面,地面有市政管线,与隧道垂直相交	与基岩段重合,统一采用袖阀管加固地层后气压换刀通过
Y1	创业路地面,无管线	袖阀管注浆加固地层后气压换刀通过
Y2	创业路地面,地面有市政管线,与隧道垂直相交(其中电信管在正上方)	采用袖阀管加固地层后气压换刀通过
Y3	创业路与宝安大道交叉口,有通信管线1根	采用袖阀管加固地层后气压换刀通过

6.2 基岩处理

钻孔勘察发现左线3 + 788.8 ~ + 818.1存在基岩突起,长度29.3 m,最高侵入隧道范围2.3 m,基岩强度97.6 ~ 108.4 MPa。在里程ZDK3 + 789.8 ~ + 795.8(6 m)和里程ZDK3 + 806 ~ + 816(10 m)2处基岩隆起较高的区域进行袖阀管注浆加固,然后盾构到达加固区后气压更换刀,直接通过。

6.3 地面加固袖阀管处理范围

对于孤石和基岩加固处理一共5处,按照左右线里程大小,将加固区分为5个区,加固1区,加固2区,加固3区,加固4区和加固5区。加固区域位置见图

4。加固范围见表5。

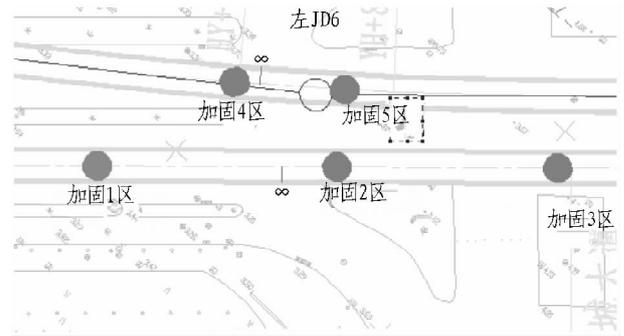


图4 加固区域位置图

Fig. 4 Reinforcement area

表5 加固处理措施表

Table 5 Reinforcement treatment

编号	里程	加固范围	加固方式
1区	YDK3 + 767 ~ + 772	平面为沿隧道方向6 m,隧道两侧向外各2 m;断面为隧道顶部5 m至隧道底板	
2区	YDK3 + 807 ~ + 813	平面为沿隧道方向6 m,隧道两侧向外各2 m;断面为隧道顶部5 m至隧道底板	袖阀管加固按照1.0 m孔间距梅花形布置。2区和4区根据管线位置适当调整 ^[6]
3区	YDK3 + 847 ~ + 853	平面为沿隧道方向6 m,隧道两侧向外各2 m;断面为隧道顶部5 m至隧道底板	
4区	ZDK3 + 789.8 ~ + 795.8	平面为沿隧道方向6 m,隧道两侧向外各2 m;范围为隧道顶部5 m至隧道底板	
5区	ZDK3 + 806 ~ + 816	平面为沿隧道方向10 m,隧道两侧向外各2 m;断面为隧道顶部5 m至隧道底板	

7 盾构通过技术措施

7.1 刀具的选择

为使刀具能一次掘进更长的距离,刀具的质量是控制的重点。宝翻段采用加装重型刀圈的进口庞万利刀具。

7.2 掘进参数控制

7.2.1 地面沉降控制

盾构施工沉降分为2个阶段。第1个阶段为盾构到达及通过过程中的地面沉降,该沉降控制主要受掘进土仓压力控制^[7]。第2个阶段为盾构通过后后期的沉降,该沉降主要由注浆控制。

由于孤石和基岩区掘进速度慢,对土体扰动大,很容易造成地面沉降或坍塌,该情况在目前的盾构施工中普遍存在,其关键原因在于施工过程中没有稳定控制土仓压力。根据宝翻孤石基岩区的区间线路埋深和地层情况,掘进压力控制在0.18 ~ 0.2 MPa^[8]。

注浆材料采用活性浆液,每 m^3 水泥含量控制在不小于150 kg,注浆量不小于 6 m^3 ,注浆压力不小于0.25 MPa。注浆过程中压力和注浆量2个指标均需要达到。

7.2.2 推进参数控制

推进贯入度控制: $4\sim 6\text{ mm/min}$;

扭矩控制: 刀盘油压为 $10\sim 120\text{ MPa}$,扭矩波动为 2 MPa 。

如掘进过程中发现扭矩波动频繁超过 3 MPa ,则反映刀具已经存在偏磨,不适合继续推进,必须进行刀具更换。如发现盾构机姿态不受控制,则表明边缘刀具磨损过大或偏磨,也必须停机换刀。掘进过程中使用泡沫剂,改善渣土性能,降低土仓温度^[9]。

7.3 停机换刀主要步骤

由于宝翻孤石和基岩地面地质条件差,隧道上覆土层存在软塑状淤泥,虽进行了加固,但如果常压换刀,仍存在一定风险。为确保安全,加固区采用气压换刀。根据孤石和基岩区的埋深,仓压控制在 $0.14\sim 0.16\text{ MPa}$ 。

8 结论与建议

8.1 结论

在复合地层中,尤其是深圳填海区这样的特殊地质条件下的盾构法施工,对盾构施工地质条件的判断要引起高度重视。掘进前充分做好地质补勘工作,探明地层是否含有球状风化体,并摸清其位置、大小和强度。在施工前应考虑到风险并制定出相应的应对措施,在盾构掘进前对已经探明的风险采取预先处理,确保施工的顺利进行^[10]。如果掘进过程中发现刀盘扭矩不正常,则需要停止掘进,必须对刀具检查或更换,否则将会对刀盘损坏或导致后期刀具更难以更换。

8.2 预处理的问题及建议

补勘及预处理都需要花费一定的费用,协调围挡占地等程序复杂,这些费用有的业主对施工单位是包干使用,导致部分单位不愿意出费用进行此项工作,而是遇到问题才想起解决,对工期及施工都不利,部分演变成严重的安全事故。因此,建议在盾构隧道掘进前,对影响施工的风险因素给予预处理,保证盾构掘进施工安全顺利。

参考文献 (References):

- [1] 周文波. 盾构法隧道施工技术及应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [2] 崔玖江. 盾构隧道施工风险与规避对策[J]. 隧道建设, 2009, 29(4): 377-396. (CUI Jiujiang. Risks and countermeasures for construction of shield-bored tunnels[J]. Tunnel Construction, 2009, 29(4): 377-396. (in Chinese))
- [3] 陈元庆. 宁波地铁1号线泽民区间盾构隧道障碍物处理技术[J]. 隧道建设, 2011, 31(S2): 162-170. (CHEN Yuanqing. Obstacle treatments of shield tunnel: Case study on Zemin Station-Daqingqiao Station section on Line 1 of Ningbo Metro [J]. Tunnel Construction, 2011, 31(S2): 162-170. (in Chinese))
- [4] 竺维彬, 鞠世健. 复合地层中的盾构施工技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2006.
- [5] 古力. 盾构机破碎孤石条件及预处理方法[J]. 隧道建设, 2006, 26(S2): 12-13, 22. (GU Li. Qualifications for boulder breaking by shield machines and pre-treatment of boulders[J]. Tunnel Construction, 2006, 26(S2): 12-13, 22. (in Chinese))
- [6] 李玉春. 盾构法隧道球状风化孤石处理关键技术[J]. 中国科技信息, 2009(23): 75-76. (LI Yuchun. Construction technology of treating spherical weathered boulders on shield tunneling[J]. China Science and Technology Information, 2009(23): 75-76. (in Chinese))
- [7] 狄晓红, 谭顺辉. 土压平衡盾构在不同地层中的应用[J]. 隧道建设, 2012, 32(2): 250-255. (DI Xiaohong, TAN Shunhui. Application of EPB (Earth Pressure Balanced) shields in different geological conditions [J]. Tunnel Construction, 2012, 32(2): 250-255. (in Chinese))
- [8] 王付利. 盾构机在不同地层中的掘进[J]. 隧道建设, 2006, 26(S1): 13-14, 21. (WANG Fuli. Boring of shield machine through different ground conditions [J]. Tunnel Construction, 2006, 26(S1): 13-14, 21. (in Chinese))
- [9] 张斌. 盾构在复杂地质条件下的进出洞施工技术[J]. 隧道建设, 2009, 29(3): 305-309. (ZHANG bin. Construction technology of launching and arriving for shield tunnelling in complex geology [J]. Tunnel Construction, 2009, 29(3): 305-309. (in Chinese))
- [10] 刘建国. 深圳地铁盾构隧道施工技术与经验[J]. 隧道建设, 2012, 32(1): 72-87. (LIU Jianguo. Overview of shield tunneling in construction of Shenzhen Metro [J]. Tunnel Construction, 2012, 32(1): 72-87. (in Chinese))