

Technology of Slurry Shield Pebble Bed Pressurized into the Tank

Xiaolin Liu, Jixin Fan, Huhui Xie, Longjiang Wang, Wenlong Ji

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei
Email: 297104909@qq.com

Received: Nov. 23th, 2017; accepted: Feb. 5th, 2018; published: Apr. 15th, 2018

Abstract

In the shield project, crossing through the permeable, collapsing and unstable pebble layers has been the critical and difficult point of construction. Oujiang shield tunnel was 834.5 m long, it was mainly crossing through the formation of medium sand bed, pebble bed and andesitic porphyrite. Among them, the pebble bed was more than 300 meters long, the largest pebble grain size was 450 mm, 60% of pebble grain size was more than 150 mm, its proportion was more than 90%. For the tool pan break ribs large grain size pebble was hard to be broken, with the increase of the excavation length, the large grain size pebble was cumulated step by step, the tool pan torque increases and stuck tool occurs, pressurizing the pebble into the tank was needed for tool pan cleaning in the tank. In Oujiang Shield Project, by the improvement of technology of pressurizing into the tank, it ensures the smooth excavation of 300 long pebble beds. It provides technical reference for pebble bed pressurizing into the tank for the slurry shield projects.

Keywords

Slurry Shield, Pebble Bed, Easy Collapse, Pressurized into the Tank, Tank Entry Technology

浅谈泥水盾构卵石层加压进舱技术

刘小林, 樊继欣, 谢虎辉, 王龙江, 吉文龙

中国石油管道局工程有限公司第四分公司, 河北 廊坊

作者简介: 刘小林(1985-), 男, 工程师, 主要从事盾构顶管隧道施工技术管理工作。

Email: 297104909@qq.com

收稿日期: 2017年11月23日; 录用日期: 2018年2月5日; 发布日期: 2018年4月15日

摘要

在盾构工程中, 穿越透水、易坍塌和不稳定的卵石层, 一直是施工的重难点。瓯江盾构隧道全长834.5 m, 主要穿越地层为中砂层、卵石层、安玢岩。其中, 卵石层长度超过300 m, 最大卵石粒径达到450 mm, 60%卵石粒径超过150 mm, 卵石占比超过90%以上。刀盘破碎筋无法进行大粒径卵石破碎, 随着掘进长度增加, 大粒径卵石逐步累积, 使刀盘扭矩增大进而被卡, 需要加压进舱作业进行刀盘舱内卵石清理。瓯江盾构工程通过完善加压进舱技术, 确保了300多米卵石层掘进的顺利完工, 为今后泥水盾构卵石层加压进舱提供了技术借鉴及参考。

关键词

泥水盾构, 卵石地层, 易坍塌, 加压进舱, 进舱技术

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 工程概况

甬台温管道瓯江盾构穿越工程隶属于浙江省甬台温天然气输气管道工程, 是浙江省天然气管网的重要组成部分, 隧道全长 834.5 m, 主要穿越地层为中砂层、卵石层、中-强风化流纹英安玢岩、中风化角砾岩, 在温州市鹿城区和永嘉县之间穿越瓯江。隧道建成后敷设一条 $\text{Ø}813 \text{ mm}$ 的天然气管道, 输气管道全长 467.732 km, 设计输气规模为 $95 \times 108 \text{ m}^3/\text{a}$, 设计压力 6.3 MPa。

2. 加压进舱流程

加压进舱即利用压缩空气充填至开挖面, 利用气压平衡开挖面围岩的水土压力, 以保证土层稳定, 在气压状态下施工人员进入舱内作业。施工时必须保证气压及土体稳定, 开舱作业存在坍塌的风险, 且卵石层气体容易泄漏, 气压易失稳。在开挖面形成的泥膜对防止气体泄漏及维持土体稳定很有利, 需要通过对刀盘舱注入改性泥浆, 在注完改性泥浆稳压 8 h 后地层未发生变化, 证实在该地层进行保压作业是有可能的, 才开始加压进舱作业。

3. 加压进舱操作步骤

3.1. 改性泥浆注入

为稳定刀盘掘进面，便于人员进舱工作，要向刀盘前面注入改性泥浆。改性泥浆的注入可以使刀盘前面形成一层泥膜。泥膜是泥浆在开挖面形成的一种隔膜，可使泥浆与土体隔离开来。如在气压开舱前能在开挖面形成优质泥膜，则能有效防止气体泄漏，并使气体压力有一个作用面与水土压力保持平衡。因此，保证开挖面的泥膜质量对于卵石地层尤其重要。

3.1.1. 改性泥浆试验配比

根据地层情况，确定要使用的改性泥浆参数，根据需要对泥浆凝结时间、凝结后的强度等参数进行改性泥浆配比试验，最终确定一组能够满足要求的配比参数(1 m³)，即水 867 kg，水泥 180 kg，膨润土 160 kg，锯末 10 kg，水玻璃 6 kg。

3.1.2. 改性泥浆的制作和注入

在泥浆配比确定后，开始泥浆制作，在制作过程中严格执行规定好的配比参数，每次搅拌完成的泥浆做好试样留存并注明取样时间等数据，便于确定泥浆的成型状态及加压进舱的时间。在泥浆加注时应由专人进行注浆，做好泥浆加注的记录和地层压力的变化。

3.1.3. 泥浆注入注意事项

- 1) 配置改性泥浆，不能私自更改配比，每灌泥浆收取样品。
- 2) 改性泥浆注入前关闭排浆管手动阀，防止泥浆堵塞管路。
- 3) 改性泥浆注入时，盾构司机观察记录水土压力变化情况，注入压力应达到 6 bar (1 bar = 0.1 MPa)。
- 4) 注入完成后关闭舱内注浆闸阀，稳压期间(8 h)记录水土压力波动情况[1]。

3.2. 加压进舱操舱、加减压操作

加压舱监舱应由经过培训合格的技术人员负责操作，使用专用的计时器来计量工作和加减压时间，操舱人员应具有较强责任意识，熟悉舱内电源控制开关，加强和舱内人员联系。

3.2.1. 加压前的检查和准备工作

- 1) 地面人员事先检查空压机是否正常工作，压力是否达到足够高(7~10 bar)，如不够，启动备用空压机，然后打开储气罐底部放水阀，放掉储气罐底部存储的水，开启空气冷干机，尽量减少高压空气中的水分含量。
- 2) 舱外值班人员负责检查管路、阀门是否良好，高压管路接头处是否漏气，如漏气则提前进行处理。
- 3) 检查舱门、过渡舱、观察窗、阀门、仪表、通讯装置和其他监测、监控装置是否良好，关闭过渡舱两端的门并锁紧，关闭排气阀、放气阀，打开压力记录仪。
- 4) 接通电源、打开舱内外的照明，检查舱内各种用具是否完备，舱内各种附属装置是否良好。
- 5) 向主管加压的工程师索取书面加压方案及减压方案，并张贴于减压舱内，向进舱人员介绍进舱守则和舱内附属装置的使用方法。

3.2.2. 加压操作

- 1) 关闭舱门并锁紧，锁紧程度以不漏气为宜，打开进气阀缓慢升压，注意压力指示的舱门及各连接处有无漏气，如压力表不指示压力或指针上升速度与进气不相称，应及时查明原因。加压前打开泥水舱方门，直接使用气压调节单元向 K1、K2 舱加压(图 1)，压力略高于静止水土压力 0.1~0.2 bar，该次进舱选取以 3.0 bar 先行进舱，打开舱门。

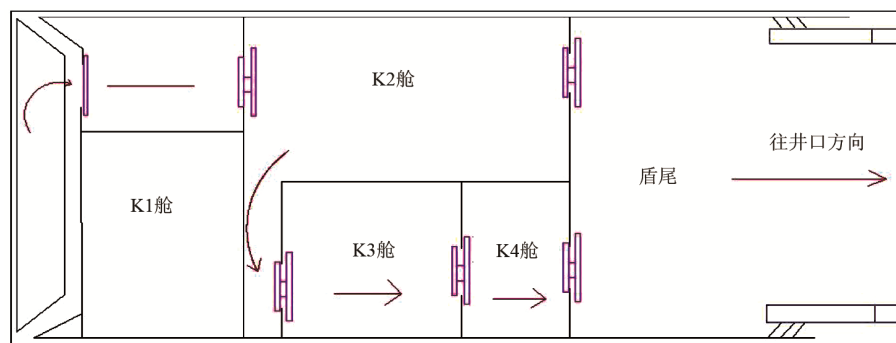


Figure 1. The road map of emergency evacuation
图 1. 应急逃生路线图

2) 人员进入 K3、K4 舱加压，加压初始阶段应缓慢升压，以适应舱内人员咽鼓管(耳膜打开)调压的需要，当压力升至 0.5 bar 后可逐渐增大升压速度，按主管加压工程师要求的加压方案操作，如无特殊需要，一般应控制在 0.4 bar/min 以内；必要时可由舱内人员根据自身身体承受能力进行升压。

3) 加压工程师应经常询问舱内人员的感受和加压过程中的中耳调压情况，当舱内人员发出耳部有不适信号时，应立即停止加压，必要时可根据主管人员意见略降低压力，舱内人员在未明确表示感觉良好前，不得继续加压，应立即按照减压表实施减压出舱。

4) 在加压过程中，注意舱内环境温度的变化，当温度增加过快时，宜适当降低升压速度，或采取边加压边换气通风的方法调节舱内温度，舱内温度在加压期间一般应控制在 32℃ 以下，舱内短时间的温度在无空调的情况下，最高不应超过 45℃，舱内温度变化速率不应超过 0.30℃/min，在加压完毕后 15 min 内，应将舱内温度调整到舒适区范围[2]。

3.2.3. 稳压

1) 注意舱内压力变化，保持压力稳定，如因阀门泄漏或其他原因使舱内压力升高或降低时，应及时补气或排气，稳定压力波动范围不应超过压力表最小刻度值的 1/2。

2) 根据舱内微空气的要求，确定换气通风的间隔时间和换气量，换气通风在稳压前提下进行，尽量减少压力波动范围，舱外值班人员需时刻注意舱内压力的变化，如波动太大，则应及时提醒舱内人员。

3.2.4. 减压操作

1) 减压前 30 min 应提前通知舱内人员作好准备工作，收拾好各种工具、物品，填写好进舱作业物品登记表，确保物品无一遗失，操作人员按规定的减压方案打开排气阀开始减压。在减压过程中应严格按照减压表掌握好各停留点的压力和停留时间。

2) 减压过程中，注意舱内温度变化，当温度下降幅度较大时，可打开舱门下部的加热器，确保舱内温度不至于过低。

3) 减到每一停留点时，应注意观察和保持该点规定的压力，当因舱内温度变化而引起压力改变时，应随时调整。

4) 注意舱内人员的感受，如有不适感觉，应及时报告监舱负责人，以便采取相应措施，及时处理。

4. 加压进舱风险控制

4.1. 舱内人员受伤

气压舱外操舱人员需要密切关注舱内人员动态，并随时与舱内人员保持沟通，询问舱内人员身体状

况，并与地面负责人保持联系。

1) 如舱内人员感觉不适，且不适感持续，则启动减压程序，减压出舱后在地面监控室休息并观察 1 h，如无任何症状则可回生活区宿舍。

2) 如舱内人员受到轻微创伤，首先利用急救箱内药品及其他辅助措施对出险人员做简单救护，并准备逐级减压撤出。舱外值守人员联系地面负责人，通知医疗救助人员和担架进入气压舱外守候。

3) 如果大面积出血或骨折等，首先舱内人员利用急救箱内药品及其他辅助措施对受伤人员做简单救护，然后通知地面医务人员(有治疗减压病资格)进舱进行急救，症状缓和后按程序减压，然后将受伤人员缓慢放置到担架上固定好，将人员抬至竖井井底，使用门吊和吊桶将受伤人员运至地面，送到定点医院实施救助。

4) 如因减压过程不彻底，导致手脚或胳膊红肿疼痛等，应立即送到高压氧室，进入高压氧舱实施急救治疗。人员一旦出险，要求各岗位值守人员，根据岗位分工，加强沟通，保证人员撤离和抢救路线畅通，保证隧道、井上和井下运输畅通[3]。

4.2. 刀盘舱掌子面出现涌水涌砂

1) 刀盘舱出现涌水涌砂，舱内工作人员马上停止手中一切工作，后撤到 K2 舱，关好刀盘舱门和泥水舱门。

2) 人员立即进入 K3 和 K4 进行逐级减压。

3) 增加泥水舱内压力，使舱内压力高于地层水土压力 0.5 bar，防止发生二次涌水涌砂。

4) 地面配置改性泥浆，按照进舱前准备工作进行，重新对地层进行注浆加固。

5) 注浆量和压力达标后，重新进行进舱清理作业[4]。

4.3. 气压舱内发生火灾的应急处理

1) 人员进入气压舱前，气压舱内提前做好泡沫和干粉灭火器，适量干砂袋和石棉隔火材料，发生电器火灾时严禁用水救火。

2) 气压舱内如发生火灾，当火势较小时，立即使用灭火器、砂袋、石棉隔火材料扑救(使用湿毛巾捂住嘴和鼻子，防止气体中毒)；当预见到火势会迅速发展或火势较大扑救困难时，舱内人员立即撤入到 K3/K4 气压舱，进行空气置换并启动减压程序，准备撤出。舱外人员立即关闭 K2 气压舱进空气管路，开启排气管路。

3) 盾构电气工程师应关闭气压舱内的一切电源，防止火势扩大和触电的危险，停止一切可以发生火花的操作。

4) 减压过程中，如须氧气，舱内人员可要求舱外值守人员限量供氧，但不到万不得已，禁止使用氧气。

5) 人员全部撤离出气压舱后，气压舱压力全部释放，人员进入气压舱，检查火势情况，处理后续事宜。

5. 卵石层加压进舱注意事项

1) 进舱人员应首先进行体检，条件合格人员方可进舱。

2) 进舱前应申请高压舱作业许可票，需要动火则要办理舱内动火作业票，完成舱内工作安全分析及风险识别。

3) 在舱内备好消防灭火设施，如两具泡沫灭火器、适量干砂袋和石棉隔火材料。

- 4) 气压设定必须合理, 除要求稳定开挖面外, 还应考虑施工人员在高压情况下的身体承受能力。
- 5) 进舱人员在进舱前 24h 内禁止饮酒或饮用加气饮料, 确保足够休息时间。
- 6) 向进舱人员详细介绍进舱作业的注意事项, 讲明通话和信号联系方法。
- 7) 向进舱人员讲明舱内防火的重要性, 采取应急措施的方法; 要求进舱人员主动交出火种和易压坏的贵重物品(如手表、钢笔、打火机、香烟等)。
- 8) 加压过程应时刻注意舱内的情况, 经常询问一下舱内人员的身体状况; 作业人员在高压环境中作业有严格的要求, 除了必须保证气压稳定外, 还需严格规定作业时间、升压降压的时间和程序等。
- 9) 为保障进舱作业人员在开挖面失稳的情况下能及时撤离, 在刀盘开口部位要安装挡板保护。
- 10) 带有回转环或闭锁装置的舱门, 在压力下不能随意拧动, 以防减压后舱门打不开。
- 11) 打开相邻舱的舱门前, 必须先平衡两舱间的压力。
- 12) 加压前必须仔细检查指示舱内压力的压力表是否完全打开, 防止因压力表阀未完全打开而影响舱内压力指示。
- 13) 在加压初始阶段, 如舱内压力指示有异常时, 应及时查明原因, 未排除可疑现象前不可继续加压。
- 14) 舱门打开以后检测是否含有可燃性、有毒气体等。
- 15) 进舱作业工具使用完成以后放置在安全位置, 以防受限空间作业伤及作业人。

6. 结语

瓯江盾构项目通过精心组织, 做好加压进舱前的各项技术准备, 确保加压进舱作业的安全进行。通过完善加压进舱技术, 确保了 300 多米卵石层掘进顺利通过, 为今后项目进行泥水盾构卵石层加压进舱作业提供了技术借鉴参考。

参考文献

- [1] 程明亮, 何峰, 吕传田. 大埋深富水砂卵石地层泥水盾构带压换刀及动火焊接技术[J]. 中国工程科学, 2010, 12(12): 46-50.
- [2] 孙善辉, 陈馈, 王振飞. 压缩空气条件下盾构刀盘特种焊接修复技术[J]. 隧道建设, 2012, 32(3): 413-420.
- [3] 陈世明, 张宏达. 大断面泥水盾构带压作业气体逃逸原因及对策[J]. 科技风, 2010 (16): 188-189.
- [4] 黄学军, 孟海峰. 泥水盾构带压进仓气密性分析[J]. 西部探矿工程, 2011, 23(7): 202-204.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org