

Analysis on Tunnel Secondary Grouting Technique Using Shield Method

—By Taking Nanjing Changjiang Shield Project of Jinling Petrochemical Co. for Example

Xiping Chang, Xiaolin Liu, Le Wang, Chenxu Kou

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei
Email: changxip@c npc.com.cn

Received: Dec. 8th, 2017; accepted: Jan. 30th, 2018; published: Apr. 15th, 2018

Abstract

In tunnel crossing project using shield method, the secondary grouting was vital for tunnel forming quality. By taking Nanjing secondary grouting of shield tunnel project for example, the suitable scope of secondary grouting, grouting effect, the ratio of slurry, grouting pressure, grouting amount, grouting sequence and its quality control and grouting effect inspection and so on were introduced, and the technology of secondary tunnel grouting using shield method was systematically denoted. It provides reference for secondary tunnel grouting using shield method.

Keywords

Tunnel, Secondary Grouting, Double Grout, Slurry, Formation

浅析盾构法隧道二次注浆技术

——以金陵石化南京长江盾构工程为例

常喜平, 刘小林, 王乐, 寇辰旭

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: 常喜平(1980-), 男, 高级工程师, 长期从事盾构顶管隧道施工技术研究工作。

Email: changxip@cNPC.com.cn

收稿日期: 2017年12月8日; 录用日期: 2018年1月30日; 发布日期: 2018年4月15日

摘要

在盾构法隧道穿越工程中, 二次注浆对于隧道成型质量至关重要。以南京盾构隧道二次注浆工程为实例, 通过介绍二次注浆适用范围、注浆作用、浆液配比、注浆压力、注浆量、注浆顺序和质量控制及注浆效果检查等方面, 系统阐述了盾构法隧道二次注浆技术。

关键词

隧道, 二次注浆, 双液浆, 浆液, 地层

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

中国石油管道局 EPC (engineering procurement construction)总承包的金陵石化物料管道穿江工程——南京长江盾构工程位于江苏省南京市境内, 在六合区玉带镇玉带村与栖霞区甘家巷金陵石化厂区之间穿越长江。隧道全长 2000 m, 内径 3.08 m, 最高水压达 6.5 bar (1 bar = 0.1 MPa), 穿越地层主要为粉细砂岩层。隧道成型后需要对隧道管片背部进行二次补浆, 填充残留空隙, 防止管片沉降和地表沉降。南京长江盾构工程项目组总结以往经验, 成功应用二次注浆技术确保了隧道整体质量达标, 为今后类似工程提供了借鉴。

2. 二次注浆适用范围及作用

在同步注浆填充不足、管片渗漏水、地面变形过大、通过建筑物或有特殊要求的重要地段, 根据地面监测数据、地质雷达探查或其他要求, 在同步注浆未能达到效果时需进行二次注浆[1]。

二次注浆采用后方注浆方式, 即在管片壁上预留的注浆孔进行壁后注浆[2]。二次注浆主要是弥补同步注浆的不足, 对隧道衬砌渗漏水的位置和同步注浆效果不好及未充填的部分进行补强注浆, 补充由浆体收缩引起的体积减小, 防止周围地层松弛范围扩大, 使管片外侧空隙完全被注浆充填, 形成稳定的防

水层，达到加强隧道衬砌稳定性和封水的目的，确保隧道的整体质量，衬砌不发生沉降位移[3] [4]。

3. 二次注浆控制措施

3.1. 技术要求

3.1.1. 需要二次注浆情况

- 1) 因各种原因造成同步注浆量或注浆压力未达到设计要求。
- 2) 通过 p (注浆压力)- Q (注浆量)- t (时间) 曲线分析表明需进行补浆。
- 3) 出现管片下沉或变形、地表沉降等情况。
- 4) 通过地质雷达检测管片外有未填充完全的空洞。
- 5) 通过管片上的注浆孔取心发现连续性不好、厚度小于理论值或注浆孔渗漏超标。
- 6) 因工程需要提高管片抗渗性能或因其他需要必须进行二次补浆。

3.1.2. 二次注浆具体要求

- 1) 盾构推进施工时，要有专业人员规范记录每个环节的出渣量、同步注浆量、拼装时管片止水条的受损程度，为二次注浆提供依据，加强针对性。
- 2) 注浆材料可根据管片背后填充空洞、土体固结及治理漏水，分别选择水泥砂浆、纯水泥浆、水泥+水玻璃双液浆等。
- 3) 注浆准备工作要做好，提前进行试验，选择合适浆液种类及浆液配合比，在注浆过程中严格控制注浆压力和注浆量。
- 4) 注浆时，要有专业的技术人员监督和记录注浆方量、注浆压力及注浆位置。
- 5) 注浆过程中要对浆液进行取样并做好标记，为今后注浆提供实际依据。

3.2. 注浆压力和注浆量

- 1) 二次注浆主要采用注浆压力控制注浆量大小，通常压力控制应小于管片承压极限 0.2~0.5 MPa，同时注浆时观察附近管片变形情况；注浆压力控制在 0.7 MPa 以内，连续注浆压力超过 0.7 MPa 后必须停止二次注浆。
- 2) 在松散地层，当注浆压力与地层压力相差很小即可实现较大注浆流量时，应考虑增大注浆量，直到注浆压力超过控制压力的下限，若注浆量超过理论注浆量后，也应停止二次注浆。
- 3) 在地基承载力较小的地层，因地基软弱导致部分管片下沉而造成管片错台时，管片下部的注浆量不受计算值限制，以压力限制为准。
- 4) 盾构始发出洞和到达进洞二次注浆施工时，因洞口端有较大空隙，注浆量应根据实际需求确定。
- 5) 要制订详细的注浆施工设计、工艺流程及注浆质量控制程序，严格按要求实施注浆、检查、记录、分析，及时做出 p - Q - t 曲线，分析注浆速度与掘进速度的关系，评价注浆效果，反馈指导下次注浆。

3.3. 二次注浆浆液拌制

金陵石化南京长江盾构隧道内二次注浆主要采用先单液浆(砂浆或水泥浆)压注，再双液浆(水泥浆+水玻璃)压注并封堵注浆孔。

浆液拌制主要是在地面搅拌罐中搅拌砂浆和水泥浆，之后通过砂浆台车运输到隧道内储浆罐中进行压注。在双液浆中，水玻璃在地面与水进行 1:1 混合后，吊装下井运输到隧道内注浆位置，再在隧道内与水泥浆液进行混合。

3.4. 注浆结束标准

采用注浆压力和注浆量双指标控制，即当注浆压力达到设定值或注浆量达到理论值时，都认为达到了注浆质量要求。

3.5. 注浆效果检查

1) 可采用分析法检查注浆效果，即根据 p - Q - t 曲线(图 1)，结合管片、地表及周围建筑物测量结果进行综合评价。

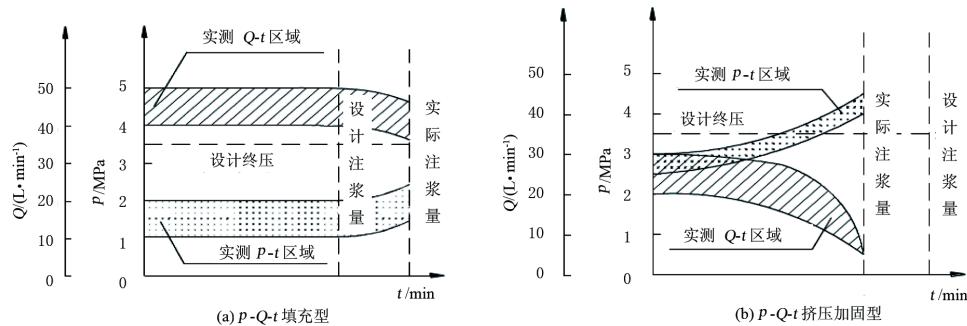


Figure 1. The p - Q - t curve for grouting

图 1. 注浆 p - Q - t 曲线

2) 对管片壁后，特别是拱顶部分采用地质雷达通过频谱分析检查背填注浆的实际填充效果(图 2)。



Figure 2. The inspection of segment back filling grouting effect using geological radar

图 2. 采用地质雷达进行管片背填注浆效果检查

3) 当浆液强度达到设计的 50% 以上后，通过管片上的注浆孔进行固结的浆液取心，通过检查心样的连续性、厚度和注浆孔渗漏水情况判断注浆效果是否达到设计要求(图 3)。



Figure 3. The inspection of grouting effect through grouting hole of the segment

图 3. 通过管片注浆孔进行注浆效果检查

4. 二次注浆注意事项

- 1) 尽量在同步注浆浆液未固结或固结强度较低时进行，避免对同步注浆效果造成破坏。
- 2) 一般采取“先底部、后两侧、最后顶部”的顺序进行，注浆点应尽量避开同步注浆位置以提高注浆效果。
- 3) 应打开距离注浆环3~5环顶部或两侧靠上部注浆孔作为泄水和泄压孔，同时作为观察孔，如同步注浆效果较好，则开孔处应距离注浆点近一些。
- 4) 注浆结束时应调整浆液配比，加大水玻璃液等速凝剂的用量，使注浆孔附近浆液尽快凝固。
- 5) 注浆时要时刻注意观察压力表变化，变化不大时要及时取下压力表进行清理以免泥浆进入压力表，导致其无法正常工作。
- 6) 尽量减少注浆过程中注浆压力大范围浮动。
- 7) 在注入过程中出现压力过高但注入效果不明显的情况时，应检查注浆泵及注浆管路是否堵塞，并及时清理。
- 8) 待浆液压注完成后需用清水对管路进行冲洗，以防浆液将管路堵塞。
- 9) 注浆完成后，待浆液终凝，打开球阀阀门确认无渗漏水，方可拆下注浆球阀，若拧开注浆阀门仍有少量渗水现象，则对注浆孔压注聚氨酯进行封堵。
- 10) 在注浆过程中如果土仓压力有明显变化，可适当将盾构机向前推进150 mm，避免其被浆液包结。

5. 结语

金陵石化南京长江盾构工程应用二次注浆技术，调节浆液配合比，提高了填充和止水效果，减少了二次补浆量，节省了施工成本，加快了工期，保证了隧道的整体施工质量，为后续工程提供了较好的经验借鉴。

参考文献

- [1] 张永成. 注浆技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [2] 刘文永, 王新刚. 注浆材料与施工工艺[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2008.
- [3] 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.
- [4] 陈馈, 洪开荣, 吴学松. 盾构施工技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

知网检索的两种方式：

1. 打开知网首页 <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