

Research on Prefabrication Process of Prefabricated High-strength Concrete Shield Tunnel Segments

Fengyao Wang

China Railway 15th Bureau Group Construction and Assembly Technology Co. Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract

Based on the current application trend of prefabricated components in various construction industries, this paper takes a subway project in the Yangtze River Delta region as the supporting project, fully considering the production problem of C50 high-strength concrete lining segments used in the underground shield section of the project. The paper aims to reveal and analyze the prefabrication process and key points of pipe segments, systematically summarize common quality problems encountered in the production process, and avoid appearance quality defects such as bubbles, honeycomb and rough surfaces, and missing edges and corners in finished pipe segments as much as possible; By using special materials to repair defective tunnel segments, the production quality of shield lining segments can be significantly improved, providing effective practical reference for ensuring the safety of subway construction and operation and the production of shield tunnel segments.

Keywords

assembly; high-strength concrete; shield tube sheet; precasting process

装配式高强混凝土盾构管片预制工艺研究

王凤瑶

中铁十五局集团建筑装配科技有限公司, 中国·江苏 南京 210031

摘 要

基于当下装配式预制构件在各建筑行业的应用热潮, 论文以长三角地区某地铁工程项目为依托工程, 充分考虑该项目地下盾构段所使用的C50高强混凝土衬砌管片生产问题。论文通过揭示分析管片预制工艺及要点, 系统总结生产过程中遇到的常见质量通病, 旨在尽可能避免成品管片出现气泡、蜂窝麻面及缺棱掉角等外观质量缺陷; 采用特殊材料对缺陷管片进行修复, 从而大幅提高盾构衬砌管片生产质量, 为保证地铁工程施工及运营安全与盾构管片生产提供有效的实践参考。

关键词

装配式; 高强混凝土; 盾构管片; 预制工艺

1 引言

作为新型工业化与城镇化的重要组成部分, 装配式建筑的发展成为国家城乡建设的重要内容^[1]。“十四五”建筑业发展规划提出, 装配式建筑占新建建筑的比例应达到30%以上^[2]。装配式建筑具有模块化、工期短、工业生产质量可控、能源利用率高、工程成本低等优点^[3-5]。近年来, 长、珠三角及京津冀等发达地区大力推广装配式构件在城市轨道交通中的应用^[6]。如今, 盾构法已然成为地铁工程领域普遍采用的地下施工方法, 对装配式预制混凝土管片的需求量不断增加、质量要求不断提高。

2 工程概况

长三角地区某地铁项目地下线部分约 10.12km, 其中盾

构段 7.62km。混凝土强度等级 C50, 抗渗等级不小于 P12, 钢筋采用 HPB300 级、HRB400E 钢筋。管片的结构安全等级为一级, 区间防水等级为二级, 结构防火等级为一级, 抗震设防烈度为 7 度。

3 管片预制工艺及要点分析

3.1 预制工艺流程

盾构管片工艺流程及结构如图 1 所示。C50 高强混凝土衬砌管片外径 7.9m, 内径 7.1m, 厚 0.4m, 宽 1.6m/环, 单块管片最大重量约 6t, 单环管片包括 1 块封顶块、2 块邻接块和 4 块标准块。

3.2 预制工艺要点分析

3.2.1 钢筋骨架焊接

钢筋骨架焊接应采用专门制作的钢筋焊接靠模焊接管片的钢筋骨架, 钢筋焊接采用 CO₂ 低温保护焊接工艺。钢筋骨架中的钢筋、埋件焊接连通。钢筋焊接将通过“三检制度”防止钢筋焊接时出现咬肉、气孔、假焊、夹渣等现象。

【作者简介】王凤瑶(1995-), 女, 中国江苏镇江人, 硕士, 从事建筑工程材料研究。

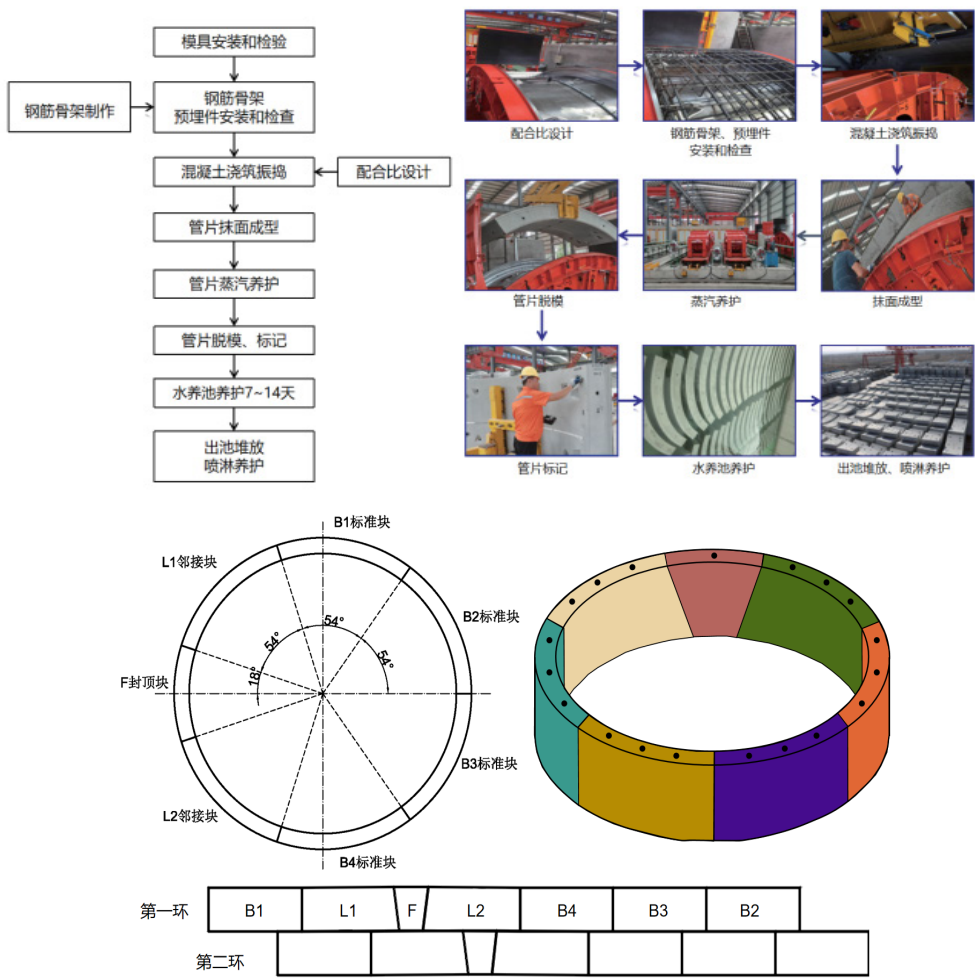


图 1 盾构管片工艺流程及结构

3.2.2 模具组装

每次浇筑前对钢模上的混凝土残渣彻底清理、铲除和吹灰。脱模剂采用喷涂工艺，喷涂均匀不出现积油、流油标准。钢模合拢前对底模与侧模接触处进行清除、吹灰后合模。

3.2.3 混凝土浇筑振捣

当混凝土放到模具容积的 1/2 时开始振捣，当混凝土泛浆不下沉时停止，首次振动时间为 2~3min；然后浇筑剩余部分，二次振动时间为 3~5min，直到混凝土充满、泛浆、不下沉、不冒泡时停止。

3.2.4 抹面成型

管片成型后，先用专用压尺刮去多余混凝土或填补凹陷，并使外表面沿钢模表面平顺；待混凝土收水并开始初凝用灰匙抹光面，使管片表面平整、光滑；在初凝后，最后使用长灰匙精工抹平，使其表面无灰匙痕迹。

3.2.5 养护及脱模

管片入蒸养窑按照静停、升温、恒温 and 降温控制蒸养，待与环境温度相差不大于 20℃后方可出窑。只有在管片成型且满足脱模要求时，方可进行脱模和吊运作业。当管片混凝土的内外温差 not 超过 20℃时，方可进入养护池覆盖养护 7d。

3.2.6 存储及喷淋

管片在存储区堆放排列整齐，并搁置在柔性材料的垫木上，垫木厚度一致，上下应对齐，且管片内弧面向上平放不得超过 4 层。管片贮存时，设专人管理，防止油类、泥土污损管片。喷淋或洒水养护时，确保混凝土表面充分浸湿，维持其在湿润环境中。根据不同的温度条件，每天进行的喷水次数需要相应调整，喷淋时间不少于 7d。

4 常见质量通病及防治措施总结

管片预制工艺复杂，在生产过程中易受原材料、配合比、生产工序及吊运中转等因素影响，造成管片外观质量缺陷。常见质量通病及其相应防治措施总结详见表 1。

5 外观质量缺陷修补

由于管片在储存、运输过程中有可能碰损，对轻度的，一般性缺陷管片进行修补。对较大缺陷的进行隔离，报批后进行修补。对于涉及露筋、孔洞、局部不密实、贯穿性裂缝等缺陷属于严重缺陷，则进行报废处理。对于一般外观质量缺陷修复材料可以选择聚合物改性的水泥砂浆、环氧树脂砂浆，或者选择比原有结构混凝土强度高一个等级的细石混凝土。在进行修补作业时，彻底移除管片混凝土的破损和空洞部分。

表 1 预制管片常见质量通病及防治措施

缺陷名称	产生原因	防治措施
气泡	①级配不合理，粗级料过多，细级料偏少；②骨料的粒径分布不适宜，其中针状和片状颗粒的比例过高；③用水量较大，导致混凝土中水与水泥的比例偏高；④与所使用的外加剂的化学性质以及水泥本身的化学组成有关；⑤混凝土振捣不充分、不均匀，混凝土的浇筑厚度偏大	①强化配合比的试验和管理，确保混凝土的密实性；②确定恰当的砂率，确保细骨料可充分填充粗骨料留下的空隙；③选用化学成分品质优良的外掺剂和水泥，进行水泥与外加剂的相容性试验；④选用合适的振捣工具，并确定最优的振捣时长、振捣范围及频率
蜂窝麻面	①混凝土搅拌时间短，搅拌不均匀，浇注时造成某些部位石多浆少；②工人在管片收水光面时，没有完全光面到位，以致某些部位出现粗糙	适当增长混凝土搅拌时间，使混凝土搅拌均匀可以大大降低管片成品出现蜂窝麻面的频率，同时亦可加大光面力度
缺棱掉角	①模具清理不干净，造成管片黏模，出现小部位缺口；②生产吊装、运输等过程，操作人员操作不当，管片与机械之间相互碰撞形成管片边角破损；③管片中转过程过多，也是管片破损的一个重大因素	①清理喷涂脱模剂不允许有积液；②增加机械皮垫部位，减少碰撞面积；③定期调派操作人员学习岗位机械安全守则，增强其操作技术；④减少中转过程，避免过多的管片与机械设备的碰撞

6 结语

优质的衬砌管片是地铁工程盾构施工和后期安全运营的重要条件。合理选择适配度和可行性俱佳的管片预制工艺，加大信息化智能管理手段的投入，全过程把控衬砌管片的整体质量，为提高工程建设效益及地铁工程盾构施工和后期安全运营保驾护航。

参考文献

[1] 陈肖肖.装配式混凝土建筑项目安全生产管理标准化研究及应用[D].上海:东华大学,2019.

[2] 吴东平,杨志宇,李成玉.新型钢节点装配式混凝土梁力学性能及破坏机制研究[J].混凝土与水泥制品,2024(3):43-48+52.

[3] 黄小坤,田春雨,万墨林,等.我国装配式混凝土结构的研究与实践[J].建筑科学,2018,34(9):50-55.

[4] 陈子康,周云,张季超,等.装配式混凝土框架结构的研究与应用[J].工程抗震与加固改造,2012,34(4):1-11.

[5] 张津荣.浅谈建筑装配化发展历程及思考[J].江西建材,2021(5):11-12.

[6] 杨志.基于轨道质量指数的地铁预制板道床动态精调施工技术研究[J].施工技术(中英文),2024,53(10):63-66+124.