

快凝早强混凝土在地铁预制衬砌管片中应用研究

李晓亮

中铁十六局集团有限公司, 北京 101100

[摘要]随着城市轨道交通发展,对地铁的性能提出较高要求,预制衬砌管片是地铁的重要组成部分,将快凝早强混凝土用于管片制作可提升管片质量。文中将结合预制衬砌管片制作工艺发展现状,从混凝土配合比设计、混凝土应用要点与生产线优化三方面研究优化制作工艺的方式。预制混凝土技术在市政领域应用越来越广泛和深入,如何在确保混凝土最终性能的前提下提高混凝土早期强度的技术越来越受到预制行业的重视。随着建筑工业化的发展和资源节约型、环境友好型社会的建设,开发混凝土早强技术可提高预制构件的生产效率,降低生产能耗,具有良好的社会和经济意义。

[关键词]快凝早强混凝土;地铁;预制衬砌管片

DOI: 10.33142/aem.v4i11.7416

中图分类号: TU5

文献标识码: A

Study on the Application of Rapid Setting and Early Strength Concrete in Precast Lining Segments of Metro

LI Xiaoliang

China Railway 16th Bureau Group Co., Ltd., Beijing, 101100, China

Abstract: With the development of urban rail transit, higher requirements are put forward for the performance of the subway. Prefabricated lining segments are an important part of the subway, and the quality of segments can be improved by using rapid setting early strength concrete to make segments. In this paper, based on the development status of precast lining segment fabrication technology, the optimization of fabrication technology will be studied from three aspects: Concrete mix design, concrete application points and production line optimization. Precast concrete technology is more and more widely and deeply applied in the municipal area. How to improve the early strength of concrete under the condition of ensuring the final performance of concrete has been paid more and more attention by the precasting industry. With the development of building industrialization and the construction of a resource-saving and environment-friendly society, the development of concrete early strength technology can improve the production efficiency of prefabricated components and reduce production energy consumption, which has good social and economic significance.

Keywords: fast setting and early strength concrete; metro; precast lining segment

引言

为减少建筑施工对环境的不良影响,装配式建筑技术成为建筑工程常用技术,预制构件质量直接影响工程安全性,应引起技术人员的重视。快凝早强混凝土的使用,可提升预制衬砌管片的生产效率,缩短混凝土凝结时间,创新混凝土养护方式,消除传统养护方式对混凝土性能的影响。快凝早强混凝土用于地铁预制衬砌管片制作效果显著,制作管片成品强度大且质量好,更符合地铁建设需要,技术人员应认识到快凝早强混凝土的重要作用,不断探索将快凝早强混凝土用于地铁预制衬砌管片制作的创新方式,提升技术应用效果,保证地铁预制衬砌管片的质量。将快凝早强混凝土用于地铁预制衬砌管片研发可缩短混凝土凝结时间,且模具周转速度提升,生产效率显著提高,同时该技术制作的地铁预制衬砌管片早期强度高,无需使用蒸汽养护也可达到养护效果,有助于促进地铁行业向绿色环保方向发展。快凝早强混凝土在我国发展时间较短,技术发展空间较为广阔,但将该技术用于地铁预制衬砌管片制作实践经验少,仍处于摸索期,这就要求地铁工程技

术研发人员不断学习快凝早强混凝土技术相关知识,结合地铁预制衬砌管片的制作需要,积极探索创新技术应用方式的途径。国内快凝早强混凝土研发途径有水泥掺和料与外加剂研发两种,技术研发人员在创新快凝早强混凝土应用方式时,需充分考虑此类因素的影响,将新型水泥材料与外加剂用于快凝早强混凝土制作,根据地铁预制衬砌管片的质量与强度需要,合理调整快凝早强混凝土的配置方案。同时规范快凝早强混凝土制作地铁预制衬砌管片的生产流程,保证生产各环节达到标准,并将自动化控制技术引入生产线优化,降低高质量完成生产工作对生产人员的能力要求,优化快凝早强混凝土技术的使用效果,促进地铁行业蓬勃发展^[1]。

1 快凝早强混凝土配合比设计

1.1 原材料选择

早强混凝土技术现状目前研究的是混凝土早期获得高强度的方法主要有:早强型复合胶凝材料技术,包括高性能水泥技术和高强高性能矿物外加剂技术;早强型化学外加剂技术;胶凝材料的热活化技术,例如蒸汽养护、红

外和微波养护等；其他物理化学活化方式，例如磁化水、晶种技术等；混凝土配合比的调整，例如降低混凝土水胶比、采用优质的骨料等，这种方法也是一般混凝土生产单位常用的传统方法，本文不作介绍。快凝早强混凝土原材料包括水泥、粉煤灰、矿渣粉、外加剂与粗骨料，为保证制作地铁预制衬砌管片的质量，技术人员需科学选择用于混凝土配制的原材料。第一，水泥的选择，严格检验水泥的胶砂强度、凝结时间等，保证水泥符合快凝早强混凝土的配制标准，确保水泥中碱类成分含量不超过 0.6%，以免影响水泥的性能。第二，用于混凝土配制的粉煤灰、矿渣粉等，需严格按照快凝早强混凝土的配制需要选择，并在使用前检验原材料的各项指标，达到标准才可用于混凝土配制。第三，减水剂是快凝早强混凝土配制常用外加剂，可减少配制混凝土中的水分，一般使用早强型高性能减水剂作为快凝早强混凝土的外加剂。第四，根据配制需要，合理设置骨料的粒径与各类粗骨料的混合比例，完成骨料搭配后检验骨料的碎石密度，每立方米碎石质量超过 2700 千克为合格标准^[2]。

1.2 设计要求及标准

提高混凝土强度与凝结时间是配制快凝早强混凝土的目标，因此，在配制过程中，技术人员需设计多种配合方式，探究不同成分对混凝土性能指标的影响，得出最适用于地铁预制衬砌管片制作的配制方案。郑州轨道交通预制管片工程配制快凝早强混凝土时，设计三组配制方案，每种配制方案各成分含量如表 1 所示。

表 1 快凝早强混凝土配合比

方案序号	水	水泥	粉煤灰	矿粉
1	149kg/m ³	331kg/m ³	82kg/m ³	41kg/m ³
2	145kg/m ³	330kg/m ³	70kg/m ³	40kg/m ³
3	145kg/m ³	320kg/m ³	80kg/m ³	40kg/m ³

经验证，方案 1 冷凝时间为 5.5 小时，方案 2 为 4.5 小时，方案 3 冷凝时间为 2 小时，可见配合比对快凝早强混凝土的影响。同时，该工程技术人员对三种配制方案制作的混凝土强度进行检验，方案 3 的强度达到 20.8 兆帕。技术人员在设计快凝早强混凝土配合比时，需充分考虑地铁预制衬砌管片制作要求的冷凝时间与强度，不断调整快凝早强混凝土的配制方案，将实用性最强的配制方案用于管片制作^[3]。



图 1 混凝土配合比实验

2 快凝早强混凝土应用要点

2.1 性能验证

性能验证是应用快凝早强混凝土的关键步骤，技术人员需重视检验工作开展，明确快凝早强混凝土的性能检验内容与标准，选择正确的检验方法，确保用于制作地铁预制衬砌管片的混凝土性能指标合格。第一，检验混凝土拌合物的性能，包括快凝早强混凝土的坍落度、含气量与水溶性氯离子含量，检验标准为坍落度在 50 毫米左右，气体与氯离子含量控制在 3%、0.06% 以下。第二，检验快凝早强混凝土的抗压强度，检验分为两次进行，验证混凝土凝固后 7 天与 28 天的抗压强度，合格抗压强度为超过 59.9 兆帕。第三，耐久性检验是验证混凝土性能是否达标的关键，包括含碱量、三氧化硫含量、抗渗等级、碳化深度等多项指标，符合耐久性标准的快凝早强混凝土含碱量与三氧化硫含量应低于 3%、4%，碳化深度小于 1 厘米。技术人员需严格按照标准检验制成快凝早强混凝土的性能，确保所有性能达到标准后，将制成的混凝土用于地铁衬砌管片的制作^[4]。



图 2 原材性能验证

2.2 合理选择混凝土养护方式

传统混凝土养护工作开展需对混凝土进行加热，这种养护方式不仅需要消耗大量能源，还会对混凝土的性能产生不良影响，为保证快凝早强混凝土的性能稳定，技术人员应改变养护方式。快凝早强混凝土养护中，自然闷养是最常用的养护措施，使用该养护方式对混凝土的外部环境温度有要求，即当室外温度超过 25 摄氏度应用该养护方式效果最佳，传统蒸汽养护与自然闷养对快凝早强混凝土脱模强度的影响如表 2 所示。该养护方式的养护效果受外界环境影响较大，因此技术人员需判断室外环境是否满足自然闷养的条件，并根据养护结果判断是否需配合蒸养，强化快凝早强混凝土的养护效果，提高制成地铁预制衬砌管片的质量。自然闷养是养护快凝早强混凝土的常用方式，混凝土养护成本下降，且地铁预制衬砌管片制作效率提升^[5]。

表 2 两种养护方式强度对比

	5 小时蒸养脱模强度	10 小时自然闷养脱模强度
快凝早强混凝土	26.6 兆帕	21.2 兆帕
普通混凝土	19.5 兆帕	11.0 兆帕

3 快凝早强混凝土技术应用措施

3.1 了解地铁工程概况

为制定科学合理的技术运用方案,技术人员需全面了解地铁工程的概况,包括地铁线路的总长度、车站数量等,以此为基础确定该工程中运用快凝早强技术的方案。郑州地铁 12 号线一期工程全长 17.034 千米,设车站 12 座,全部为地下站,南起圣佛寺站,东北止于龙子湖东站,主要沿经开第三大街、黄河南路及平安大道敷设,线路主要位于郑州经济技术开发区、郑东新区境内。地铁线路中龙子湖站与龙子湖站盾构区间使用快凝早强混凝土制作的预制衬砌管片,在实际应用该技术时,选择氯酸三钙含量高的水泥配制混凝土,合理运用快凝早强技术缩短混凝土的初凝时间,衬砌管片脱模强度高达 26 兆帕。经实践检验,该工程采用快凝早强技术后,制成的衬砌管片外观质量好、强度高且具有较强的耐久性,快凝早强技术的优势被尽数展现,由此可见结合地铁工程概况制定技术方案的重要性,有助于提高地铁工程的施工质量,保证地铁投入使用后可长期稳定运行,同时控制施工成本,提高地铁工程施工的经济效益^[6]。



图 3 快凝早强混凝土预制管片成品

3.2 衬砌管片模具改进

第一,侧模铰链结构改进,优化铰链轴的位置,保持铰链轴与止水槽之间的平面距离,调整铰链轴与铰链套间隙,并优化铰链轴的制作材料,避免铰链轴被磨损,同时在铰链轴、铰链套上加设注油孔与储油槽,改进后的侧模铰链结构。第二,改进衬砌管片模具的密封结构,采用唇形密封条作为模具的密封结构,该密封结构可有效解决模具漏浆的问题,减少制作衬砌管片的工序,降低技术应用成本。第三,弯芯棒结构改进,扩大弯芯棒安装孔的面积与弯芯棒后部直径,同时设置密封圈,技术人员在管片骨架外即可运用技术,保证技术人员的人身安全。运用该技术制作衬砌管片时,结合工程质量需要,优化用于制作衬砌管片的模具,充分发挥快凝早强混凝土的性能优势,制作出的衬砌管片强度大,满足工程的使用需求。同时加快模具周转速度,将周转速度调整为每天 3 次,技术应用效率因此而提升。实践检验可知,合理的模具结构调整可提升技术应用效果,降低技术运用需消耗的能源,更符合新时代地铁施工的环保性标准^[7]。

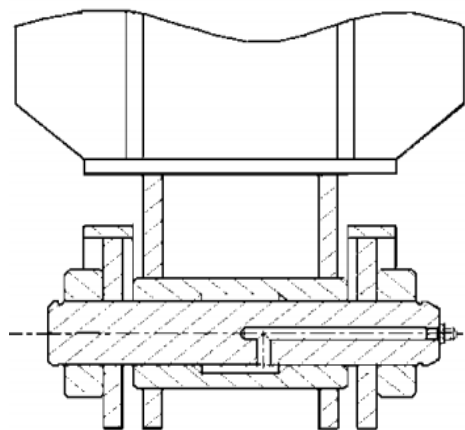


图 4 改进后的侧模铰链结构图

4 优化生产线

4.1 生产线结构布局

为充分发挥快凝早强混凝土用于制作地铁预制衬砌管片的优势,技术人员需优化管片生产线以适应此类混凝土的应用需求,调整生产线结构布局是优化生产线的基础。技术人员需分析地铁预制衬砌管片生产区域的空间结构,分析应用快凝早强混凝土后的制作工艺特点,按照功能重新对厂房进行分区。同时了解快凝早强混凝土储存的环境要求,优化生产区域基础设施的性能,合理选择用于生产区域建设的材料,为快凝早强混凝土合理用于地铁衬砌管片制作奠定基础,保证管片制作质量。与此同时,技术人员还要重视养护区的设计,依据所选择养护方式,合理选择养护区的位置,并为养护区配备养护工作开展所需设备。用于制作地铁衬砌管片的厂房应长期处于封闭状态,避免外界因素影响制作工作的顺利开展^[8]。



图 5 生产线布局

4.2 自动控制系统

快凝早强混凝土用于地铁衬砌管片制作后,对技术人员的技术水平提出较高要求,为避免人为因素影响制作质量的问题出现,技术人员可使用自动控制系统对设备进行操控,降低生产人员的工作难度,保证制作地铁衬砌管片的质量。基于自动控制系统常被用于生产线控制,该系统控制下,制作模具可按照预设条件在生产线上自动运行,规范地铁衬砌管片的生产流程。除此之外,技术人员还可

借助该控制系统调节生产区域的温度,并按照不同功能区域的温度需求分别设置环境温度,为快凝早强混凝土地铁预制衬砌管片生产与养护营造良好环境。该控制系统具有记录生产各环节负责人的功能,当地铁预制衬砌管片成品出现质量问题时,可快速追溯相关人员的责任^[9]。



图6 自动化操作系统

4.3 作业时间设计

生产各环节的时间也会影响制成地铁预制衬砌管片的质量,为此技术人员需合理设计生产线作业时间,充分展现快凝早强混凝土的性能优势。预制衬砌管片生产线在设计作业时间时,结合生产需要,合理分配各环节作业时间占比,设置脱模、清模、安装预埋件环节作业时间为15分钟,混凝土浇筑振动持续时间为5分钟,生产线按照该作业时间方案运行,生产效率显著提升,且生产出的预制衬砌管片性能达到地铁工程施工质量标准,快凝早强混凝土的优势被尽数体现。其他地铁工程技术人员可借鉴生产线设计经验,根据工程生产需要,科学设计地铁预制衬砌管片生产线各环节的持续时间,使管片生产工艺与快凝早强混凝土特性相适应,制作出的地铁预制衬砌管片强度得以保证,提升地铁工程的安全性,使装配式建筑技术在地铁施工中发挥其应有作用。

5 结束语

综上所述,将快凝早强混凝土用于地铁预制衬砌管片制作可保证地铁工程建设的质量,缩短地铁工程施工周期并降低施工成本。技术人员应在预制衬砌管片制作中合理运用快凝早强混凝土,提高管片的生产效率并节约生产成本,促进地铁行业的发展。

[参考文献]

- [1]王子明,赵攀,刘晓,等.不同促凝早强剂对喷射混凝土性能的影响研究[J].混凝土世界,2022(5):12-16.
 - [2]吕根喜,曹伟飏,陈昌耀.预制混凝土衬砌管片用快速连接件的研究及应用[J].混凝土与水泥制品,2022(5):38-41.
 - [3]朱清宏.快凝早强混凝土在地铁预制衬砌管片中应用研究[J].福建建筑,2022(3):4.
 - [4]米骥德.地铁混凝土衬砌管片预制环保型自动化生产线与生产工艺研究[J].科技资讯,2012(6):3.
 - [5]刘裕.无锡地铁混凝土衬砌管片预制环保型自动化生产线与生产工艺研究[J].城市建筑,2014(11):2.
 - [6]符晓军,孙士国,王勇.快凝早强混凝土配合比试验研究[J].工程建设与设计,2016(9):2.
 - [7]邱小坛,周燕.混凝土结构耐久性设计方法[J].福州大学学报,1996,9(1):45-46.
 - [8]陈肇元.土建结构工程的安全性与耐久性[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
 - [9]赵从会,徐斐.浅析混凝土保护层厚度[J].山西建筑,2004,30(4):46-47.
- 作者简介:李晓亮(1987.3-),男,汉族,毕业学校:北京交通大学海滨学院,本科,研究方向:地铁施工,现工作单位:中铁十六局集团有限公司。