

钢筋混凝土管片生产工艺优化与质量管理研究

冯俊

德清交水建筑工业化有限公司, 浙江 湖州 313201

[摘要] 随着城市化进程的加速, 隧道工程已成为基础设施建设中的关键组成部分, 其质量控制要求越来越高。钢筋混凝土管片作为隧道工程中承载重要压力的结构单元, 其质量的稳定性直接关系到工程的安全性与耐久性。然而, 管片生产过程中, 原材料选择、生产工艺和质量管理等方面的不当, 常常导致管片质量波动大, 影响工程质量与进度。文中分析钢筋混凝土管片的生产工艺及质量管理, 探讨如何通过优化工艺流程、加强材料管控及实施严格的质量监控, 提升管片质量, 为隧道工程的顺利实施提供更加可靠的保障。

[关键词] 钢筋混凝土管片; 生产工艺; 质量管理; 优化措施; 标准化

DOI: 10.33142/ec.v8i1.14989

中图分类号: U455.43

文献标识码: A

Research on Optimization of Production Process and Quality Management of Reinforced Concrete Pipe Segments

FENG Jun

Deqing Jiaoshui Construction Industrialization Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313201, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, tunnel engineering has become a key component of infrastructure construction, and its quality control requirements are becoming increasingly high. As a structural unit that bears important pressure in tunnel engineering, the stability of reinforced concrete pipe segments directly affects the safety and durability of the project. However, improper selection of raw materials, production processes, and quality management in the production process of pipe segments often lead to significant fluctuations in pipe quality, affecting the quality and progress of the project. The article analyzes the production process and quality management of reinforced concrete pipe segments, and explores how to improve the quality of pipe segments by optimizing the process flow, strengthening material control, and implementing strict quality monitoring, providing more reliable guarantees for the smooth implementation of tunnel engineering.

Keywords: reinforced concrete pipe segments; production process; quality management; optimization measures; standardization

引言

钢筋混凝土管片在隧道工程中的作用举足轻重, 承担着隧道结构的承载与支撑功能。随着隧道工程规模的不断扩大, 传统的生产工艺面临着生产效率低、质量波动大等一系列问题。虽然近年来自动化设备逐渐投入使用, 部分改善了生产效率, 并减少了人为操作带来的误差, 但质量控制依然存在原材料选择、生产过程管理、设备维护等方面的瓶颈。尤其是管片的生产质量, 受到了多种因素的影响, 如何通过科技创新与管理优化, 提升管片的质量与稳定性, 已成为当前隧道施工中亟待解决的关键问题。因此, 在现有生产条件下, 通过构建完善的质量管理体系、加强工艺控制与缺陷修复, 已成为提升钢筋混凝土管片质量的必要手段。

1 规范性引用文件

本研究在探讨钢筋混凝土管片生产工艺优化及质量管理时, 参考了多项相关技术标准, 确保了研究内容的科学性与规范性。核心的参考标准包括《预制混凝土衬砌管片》(GB/T 22082—2017)、《预制混凝土衬砌管片生产工

艺技术规程》(JC/T 2030—2010)、《盾构法隧道施工与验收规范》(GB 50446—2017) 以及《盾构隧道管片质量检测技术标准》(CJJ/T 164—2011)。这些标准为管片生产、质量控制与检测提供了明确的技术依据, 保证了研究方法的有效实施。《预制混凝土衬砌管片》(GB/T 22082—2017) 对管片的设计、制造及质量要求做出了具体规定, 涵盖了原材料选择、混凝土配比、浇筑工艺、模具精度等多个方面。该标准保障了管片在强度、耐久性等方面的满足工程需求的能力, 在实际生产过程中, 严格按照这一标准执行, 确保了每个环节符合规定要求。与此同时, 《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》(JC/T 2030—2010) 为操作流程提供了详细指导, 规范了生产设备管理、质量控制与成品检测, 确保了生产过程的规范性。在隧道应用方面, 《盾构法隧道施工与验收规范》(GB 50446—2017) 明确了盾构隧道管片的施工及验收要求, 为管片的精确安装提供了标准, 减少了误差带来的潜在风险。同时, 《盾构隧道管片质量检测技术标准》(CJJ/T 164—2011) 则为管片质量检测提供了详细标准, 涉及外观、尺寸、强度等关键性能指标, 确保了

成品能够满足使用要求，并符合严格的质量标准。

2 钢筋混凝土管片生产工艺优化与质量管理的必要性

随着城市轨道交通及地下工程建设的快速发展，钢筋混凝土管片的需求急剧上升。这也使得管片生产面临着更高的技术要求。管片作为隧道结构的核心承载构件，其质量直接影响整个隧道工程的安全性与耐久性。优化生产工艺、提升质量管理水平，不仅能有效降低生产成本，更能显著提升产品一致性与工程可靠性。传统的生产工艺存在效率低、质量波动大、资源浪费等问题，导致了生产稳定性差。随着自动化设备的引入，浇筑、振捣及脱模等环节的精准度大大提高。这些先进的自动化设备减少了人工误差，使得生产过程能够更加稳定，有效缩短了生产周期，满足了现代隧道工程对高效生产的要求^[1]。生产过程中的质量控制亦至关重要。混凝土的配比、原材料的质量、模具的精度等因素，都可能对管片质量产生深远影响。任何环节的疏忽，均可能导致管片的强度不足、裂纹等缺陷，影响其使用性能。为确保管片质量，必须从每一环节入手进行严格控制。从原材料的采购、混凝土配比设计，到生产过程中的细节管理，都需要细致地监控与调整，确保每个管片都符合相关质量要求。资源浪费同样是传统生产工艺中的一个问题。生产过程中模具的老化、原材料的浪费以及设备效率低下，导致了大量的资源损失。通过优化生产流程、提高设备利用率，可以有效减少资源浪费，降低生产成本。结合精细化管理，提高每个生产环节的效率，不仅提升了产品质量，也减少了不必要的原材料消耗。钢筋混凝土管片在隧道结构中的关键作用，使其质量保障成为工程安全的基础。任何生产环节的疏忽，均可能引发严重的安全问题，甚至威胁到整个隧道的稳定性。因此，在管片生产的每一环节，必须确保工艺优化与质量管理的高标准，以最大程度保证隧道工程的安全性与可靠性。

随着技术的不断发展，钢筋混凝土管片生产正在向自动化、智能化方向迈进。未来，自动化技术将进一步提高生产效率与质量控制的精度。同时，绿色生产理念的融入，推动了生产工艺的升级，减少了资源浪费及环境污染。绿色技术的应用，如水资源的循环使用与清洁能源的引入，既满足了环保要求，也降低了生产成本。

3 钢筋混凝土管片生产工艺优化措施

3.1 材料质量优化

钢筋混凝土管片的质量在很大程度上取决于所选材料的种类与质量。在生产过程中，为了确保管片具备足够的强度、耐久性以及抗压能力，必须从原材料的选择入手严格把关。水泥的选择应符合《通用硅酸盐水泥》(GB175)的相关标准，优选强度等级不低于 42.5 的低碱水泥。此举旨在避免因碱-骨料反应引发的膨胀破坏，进而影响混凝土的稳定性。骨料的粒径分布必须符合《普通混凝土用

砂、石质量标准及检验方法标准》(JGJ52)，且骨料应当洁净无杂质，确保其能够为混凝土提供优良的基础强度。外加剂的选择同样不可忽视，应使用与水泥相容性良好的减水剂及增强剂，并且这些外加剂需要符合《混凝土外加剂》(GB/T 8076)的标准，以保证混凝土的工作性与耐久性。与此同时，对混凝土配合比的合理设计至关重要，应通过优化配比来提高抗压强度、抗渗性与耐久性^[2]。对于原材料的存储，必须采取有效的防潮、防污染措施，防止原料在存放期间因受潮或外部污染而导致性能退化。

3.2 模具精准化管理

模具的精准度直接决定了钢筋混凝土管片的尺寸质量，因此，模具管理在生产过程中扮演着不可忽视的角色。在模具的管理与使用中，必须严格执行钢模的进厂验收及定期校准制度，确保其符合《盾构隧道管片质量检测技术标准》(CJJ/T164-2011)的要求。通过专业的测量工具，如千分卡尺，对模具的各项尺寸进行严格检查，确保内径、宽度、厚度及弧长偏差不超过 $\pm 0.4\text{mm}$ 。为了避免模具在使用过程中由于外力作用而产生变形，必须定期检查模具的状态，确保其在使用过程中能够保持原有精度。在组装过程中，要特别注意模具紧固件的检查，确保其连接牢固。对于已经使用一定周期的钢模，应及时进行维修或更换，以避免长期使用导致的精度丧失。通过这些精确的管理措施，能够有效提高生产过程中的管片装配精度，减少因模具误差导致的尺寸偏差及外观缺陷。

3.3 自动化生产设备的引入

随着现代化生产技术的不断进步，自动化设备已广泛应用于钢筋混凝土管片的生产过程中。引入自动化设备，如自动浇筑、振捣、脱模等系统，有助于显著提高生产效率，并且能减少人工操作误差。以振捣设备为例，附着式振动器能够在混凝土浇筑过程中均匀、快速地进行振捣，避免了传统振捣过程中可能导致的混凝土疏松或分层现象。自动化脱模设备通过精确控制脱模过程中的力学参数，能够平稳地将管片从模具中分离出来，避免了手工脱模过程中可能对混凝土表面造成的损伤。此外，流水线作业模式的引入使得管片生产过程实现了从钢筋骨架安装到混凝土成型的全自动化作业，极大地提升了生产的效率，减少了工人劳动强度，同时保证了管片产品的一致性与高质量。

3.4 养护工艺改进

混凝土管片的早期养护对其最终力学性能及耐久性具有至关重要的影响。在蒸汽养护过程中，为了防止温差过大引起的热应力裂缝，必须精确控制温度的变化速度。升温速度应控制在不超过 $15^\circ\text{C}/\text{小时}$ ，恒温阶段保持在 60°C ，而降温速度则要控制在 $10^\circ\text{C}/\text{小时}$ 以内，避免急剧降温导致混凝土开裂。管片脱模后，可采用水养护或用湿布覆盖进行养护，确保混凝土表面始终保持湿润，避免早期干缩裂缝的产生。在冬季施工时，为了保证养护效果，需

要增加保温措施,确保养护温度维持在 10℃以上,从而提高管片的抗裂能力及表面质量,进而增强其整体耐久性。

3.5 环境影响控制

在钢筋混凝土管片生产过程中,环保工作同样显得尤为重要。生产过程中产生的粉尘与噪声污染,必须通过技术手段进行有效治理。通过设置高效集尘装置和隔音屏障,可以有效降低对周边环境的负面影响。此外,工厂的布局优化也是降低能耗的关键,通过缩短生产线各环节间的运输距离,不仅可以减少物料消耗,还能降低能源浪费。同时,水资源的循环利用也应得到重视。对生产中使用的水资源进行净化后,重新投入到蒸汽养护系统中,有助于减少对外部水源的需求,从而提高资源利用效率。通过引入光伏发电等清洁能源,不仅可以降低生产过程中的碳排放,还能推动绿色生产理念的实施。通过这种可持续的生产方式,钢筋混凝土管片的生产过程将更加符合现代环保要求,同时提升了企业的社会责任感。

4 钢筋混凝土管片质量管理方法

4.1 原材料全流程监控

管片的质量稳定性在很大程度上取决于对原材料的严格把控。为了确保每一批材料都符合质量标准,从采购到进厂验收,再到最终使用,必须建立一套完善的质量追溯体系。例如,在混凝土配合比的使用前,必须进行小批量试拌实验。如果试验结果偏离标准,需对配合比进行调整,从源头上确保混凝土质量的符合性。对于骨料的管理,必须按照批次进行严格筛分,并检测含泥量,防止杂质对混凝土均匀性及最终质量造成影响。此外,水泥和外加剂的选用同样重要,必须确保其化学稳定性符合相关标准。因此,水泥及外加剂的化学成分应在使用前进行检测,这一环节不容忽视,属于日常质检中的重点。为确保每批次材料符合规定的技术标准,还应制定详细的验收标准及抽检计划,从源头上确保原材料的质量,进而保证管片的最终质量。

4.2 生产过程质量控制

在混凝土的浇筑过程中,振捣频率和成型速度需实时监控,以避免因振捣不足或过度振捣而导致的混凝土质量问题。振捣不当可能会使混凝土的密实性差,导致强度不足。而钢筋骨架的安装更是至关重要,其位置必须精准,施工过程中还应定期测量保护层的厚度,以确保施工质量符合设计要求^[3]。生产线应配备必要的在线监测设备,实时记录包括混凝土出模强度、温度、湿度等关键参数。若监测过程中发现参数异常,必须及时调整生产参数,以确保产品质量的稳定性。这种实时监控体系的建立,可以有效避免人为操作带来的质量波动,从而保证生产过程中的稳定性,防止不合格产品的产生。

4.3 成品检验与验收

在完成生产后,管片必须经过一系列严格的检验程序,

以确保其性能和外观符合标准要求。外观检验时,需检查管片是否存在蜂窝麻面、裂缝或露筋等缺陷。若发现这些缺陷,必须进行修复,保证管片外观完整无缺。在性能检验方面,管片的抗压、抗渗、抗弯强度等核心指标必须通过一系列标准化测试,确保其满足使用要求。具体而言,每生产 1000 环管片,需随机抽取一片进行抗弯性能测试,并模拟实际荷载条件进行分级加载,评估管片的承载能力。这些严格的检验流程确保了管片的性能达到设计标准,为后续的使用奠定了坚实基础。所有通过检验的管片将在产品合格后加盖质量合格标识,并按照品种进行分类堆放,准备后续的运输与使用。

4.4 缺陷修复与反馈机制

生产过程中出现质量缺陷是不可避免的,但对于这些缺陷需要建立一个高效的修复与反馈机制。对于较轻的表面缺陷,如裂缝宽度小于 0.2mm 且不贯穿的情况,可以通过高强度修补材料进行修复,使其恢复表面完整性,并确保不影响管片的正常使用。对于较为严重的缺陷,如露筋或孔洞,则需根据设计标准进行补强,若无法修复,必须按规定进行报废处理。此外,所有出现质量问题的管片,都应进行原因分析,找出问题根源。通过对这些信息的反馈,生产部门可以进一步优化生产工艺,以避免类似问题的再次发生。

5 结语

通过对钢筋混凝土管片生产工艺与质量管理的研究,通过加强原材料管理、实施生产过程中的实时监控、完善缺陷修复机制等手段,有效提升了管片的质量稳定性。自动化设备的引入,不仅提高了生产效率,也减少了人为操作带来的质量波动,取得了显著成效。然而,管片生产质量的持续提升不仅依赖于设备自动化的应用,更需要借助系统的质量管理体系与技术创新,解决当前生产工艺中的问题。未来,提升绿色生产水平、优化原材料利用、推进生产工艺自动化,将对管片质量的进一步提升发挥重要作用。同时,建立高效的质量追溯与反馈机制,能够为管片生产质量的持续提升提供有力支持。

[参考文献]

- [1]刘庚.地铁钢筋混凝土管片生产质量控制措施[J].城市住宅,2020,27(4):166-167.
- [2]王田宇.钢筋混凝土盾构管片预制环保型生产工艺研究[J].科学技术创新,2023,12(26):156-159.
- [3]孙小峰,陆爱娇,张鑫,等.大跨度钢管混凝土系杆拱桥拱圈整体拼装施工关键技术[J].黑龙江交通科技,2024,47(5):85-91.

作者简介:冯俊(1995.9—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:德清交水建筑工业化有限公司,职务:部门主管,职称级别:助理工程师。