

绿色建筑施工过程湿作业控制对结构耐久性的影响

高天鹏

南宁经济技术开发区建设发展局 广西壮族自治区 南宁 530031

【摘要】：绿色建筑施工中湿作业环节对结构耐久性具有显著影响。通过对施工用水量、湿度控制、材料性能与养护条件的系统分析，可以发现湿作业的不当管理易导致混凝土开裂、渗漏与碳化加速，进而降低结构耐久性。而合理的湿作业控制措施，如精准配合比、施工环境湿度调节、科学的浇筑与养护工序，可有效提升结构密实度与抗劣化能力，延长建筑寿命。本文以绿色施工理念为核心，探讨施工湿作业控制对结构耐久性的作用机制，分析常见问题与控制策略，为绿色建筑耐久性提升提供参考路径。

【关键词】：绿色建筑；湿作业控制；结构耐久性；施工管理；混凝土性能

DOI:10.12417/2811-0722.25.11.014

引言

在绿色建筑快速发展的背景下，施工阶段的质量控制成为影响结构寿命的重要环节。湿作业作为施工过程中最常见且影响深远的工序，直接关系到结构的致密性、抗裂性及长期服役性能。若缺乏科学的湿度与工序控制，极易造成渗漏、收缩开裂等耐久性问题；而精细化湿作业管理则能有效提升结构整体性能。深入探究湿作业控制与结构耐久性的关系，有助于形成绿色施工的技术体系，为高质量建设提供有力支撑。

1 绿色建筑施工湿作业的特点与耐久性问题提出

绿色建筑在施工过程中强调节能、环保与资源高效利用，其施工环节中的湿作业具有显著的特殊性。湿作业主要包括混凝土浇筑、砂浆抹灰、砌筑工程、外墙防水层施工以及后期的养护等环节，这些工序直接影响结构整体的密实度与耐久性能。与传统施工相比，绿色建筑更注重施工阶段的过程控制和质量闭环，但在实际执行中，由于环境湿度、材料配比和工序衔接等因素存在不确定性，湿作业成为影响结构耐久性的重要环节。不合理的湿度控制不仅会导致施工质量波动，还可能在结构服役期内产生隐性耐久性风险，使建筑物在使用寿命内提前出现性能衰减。

从材料与结构层面分析，湿作业质量的波动对混凝土及砂浆结构的内部组织结构具有深刻影响。混凝土在硬化过程中对湿度和温度极为敏感，若施工阶段环境湿度偏低，会导致水分蒸发过快，引发早期塑性收缩裂缝；若湿度过高，可能导致养护不当、孔隙率增加、抗渗性能下降。湿作业过程中的浇筑、抹灰与砌筑均涉及大量水泥基材料，其水胶比控制、施工缝处理、界面结合质量等关键技术环节，直接关系到混凝土结构的致密性和耐久性。一旦在湿作业阶段形成微裂缝或孔隙缺陷，后期将可能出现渗漏、水化不足或钢筋锈蚀等问题，进而削弱结构承载力与抗劣化能力。

在实际工程施工中，湿作业环节常常受到施工进度、气候条件和人员操作水平等多重因素影响，控制难度较大。施工单位在追求工期的情况下，容易忽视湿作业的时效性与科学性，

如未能严格按照设计要求控制配合比，未根据季节变化调整施工湿度和养护条件，或未对关键节点进行有效防护。这些问题在短期内可能不会对结构外观造成明显影响，但长期服役过程中会逐渐暴露出耐久性隐患，如混凝土碳化加速、钢筋保护层剥落、渗水侵蚀结构界面等。这些现象不仅削弱结构整体性能，也增加了后期维护与修复的成本，偏离了绿色建筑强调全寿命周期性能与可持续发展的初衷。

2 湿作业对混凝土结构耐久性影响的作用机理分析

湿作业对混凝土结构耐久性的影响根源在于材料的水化反应特性与环境条件之间的复杂耦合作用。混凝土拌合物在浇筑后经历水化、凝结和硬化三个阶段，这一过程中水分分布与蒸发速率直接决定了结构内部的孔隙结构和微裂缝形成趋势。当施工湿度控制不当时，内部水化反应可能不充分，水泥颗粒不能完全反应，导致水化产物生成不足，使混凝土内部结构疏松，抗渗性与抗裂性明显下降。在高温干燥环境下，早期失水会造成塑性收缩裂缝；而在过湿或不均匀湿度环境中，容易出现延迟水化和局部空鼓问题。这些微观结构缺陷在早期可能不明显，但会成为影响后期耐久性的潜在薄弱点，在长期服役条件下逐步扩展并影响整体结构性能。

从力学与耐久性机理看，湿作业过程中形成的微裂缝和孔隙会改变混凝土内部的应力分布和传力路径。结构在受荷或环境作用下，这些缺陷区域成为应力集中点，容易引发裂缝扩展和界面破坏。湿作业引起的孔隙连通性增强还会显著提高氯离子、二氧化碳和水分的渗透速率，使钢筋保护层的耐久性受到威胁。氯离子侵入可能引发钢筋点蚀，碳化作用则会降低混凝土碱度，使钢筋失去钝化膜保护，最终导致钢筋锈蚀膨胀，保护层剥落。在湿作业控制不严的情况下，表层混凝土密实度不足、毛细孔连通性增强，将加速这一劣化过程，缩短结构的有效服役年限。

从施工与环境的耦合角度分析，湿作业与结构耐久性的关系不仅体现在材料本身，还体现在施工时序与养护措施的匹配程度。混凝土浇筑后的初期养护对耐久性至关重要，如果湿度不足，水化停止或减缓，未反应的水泥颗粒会形成潜在空隙；

若环境过湿且排水不畅,会导致水灰比局部失控,形成离析与泌水现象,使表层密实度下降。施工缝和冷缝处理不当也会因湿作业失控形成薄弱界面,成为渗水通道和腐蚀扩展路径。湿作业控制不良与环境作用叠加,会形成内部裂缝扩展—渗透增强—腐蚀加剧的恶性循环,使结构在早期即出现耐久性退化问题。通过分析这一作用机理,可以清晰认识湿作业在耐久性形成过程中的关键作用,为后续提出针对性控制措施奠定理论基础。

3 施工湿作业中常见问题及结构耐久性风险表现

施工湿作业过程中存在的质量问题往往来源于材料控制、工艺衔接和施工环境等多重因素的叠加。在混凝土施工中,水灰比控制不严是最为普遍的隐患,过大的水灰比会导致混凝土内部孔隙率上升、密实度下降,抗渗性能和抗裂能力显著削弱。浇筑过程中常见的分层、离析与泌水现象也会造成结构内部组织不均,局部形成弱界面区,成为后期耐久性劣化的潜在通道。砌筑与抹灰环节若砂浆稠度、含水量和施工间歇时间控制不当,会导致砌体砂浆与基层之间结合不牢,引发空鼓、开裂等问题。此外,施工现场湿度变化频繁、未采取有效遮挡与控湿措施时,容易造成早期塑性收缩裂缝和干缩裂缝的产生。这些裂缝虽在短期内不一定影响结构承载力,但会埋下耐久性退化的隐患。

结构耐久性风险的具体表现常常滞后于施工过程,一旦湿作业阶段的问题未被及时控制,服役期内的结构性能会逐步衰减。混凝土表层的微裂缝在荷载、温湿变化和渗透介质作用下,会逐渐扩展形成贯通裂缝,为水、氯离子和二氧化碳等侵蚀介质提供通道。保护层碳化加速,钢筋失去碱性环境的钝化保护后发生锈蚀膨胀,导致保护层剥落和结构剥蚀。砌体墙体因湿作业控制不当出现空鼓、裂缝和渗水,不仅影响建筑围护结构的热工性能,还会导致内部钢筋网和连接件受到长期湿气侵蚀,进而降低整体刚度与抗变形能力。外墙饰面层若未形成有效的防水密封体系,也可能因湿作业处理粗糙导致渗水、泛碱和脱落,影响结构与建筑外观的耐久稳定性。

在复杂施工环境和多工序交叉影响下,湿作业问题具有隐蔽性与累积性。一方面,工期压缩和施工组织不当使得湿作业环节无法得到充分的湿度调控与养护保障,工序衔接仓促导致施工缝、冷缝等关键部位未得到密实处理。另一方面,部分施工人员技术水平不足,对湿作业关键参数缺乏精确把控,常依赖经验操作,导致质量波动难以避免。湿作业缺陷一旦与外部环境作用叠加,会加速结构劣化过程,如裂缝渗水—钢筋锈蚀—界面剥落的链式反应,使结构耐久性在短期内出现明显下降。这类问题在高层建筑、地下结构及外露结构中尤为突出,对建筑全寿命周期的性能稳定构成实质性威胁,也增加了后期维护与修复的技术和经济压力。

4 绿色施工理念下湿作业精细化控制的关键技术与管理措施

在绿色施工理念的指导下,湿作业的精细化控制强调全过程质量管理与环境适应性调节的结合。混凝土与砂浆材料的配制环节是控制湿作业质量的起点,通过精确控制水灰比、水胶比和外加剂掺量,可以有效降低孔隙率、提高密实度,减少后期裂缝与渗漏风险。施工过程中对原材料含水率的动态监测、现场搅拌湿度的实时调节以及计量精度的严格把控,能够确保拌合物性能的稳定性。绿色施工要求对施工环境实施动态响应控制,如利用喷雾降温、遮阳防蒸发、临时封闭结构空间等措施,稳定局部施工湿度与温度,为湿作业提供可控的水化条件。

工艺控制环节是湿作业质量形成的核心,通过合理组织施工顺序和间歇时间,避免工序交叉造成施工缝和冷缝质量隐患。浇筑与养护的时间衔接必须经过严格控制,确保水泥水化反应的连续性与充分性。混凝土浇筑后及时覆盖湿麻袋、薄膜保湿或采用喷淋养护,能够有效抑制早期失水,降低塑性收缩裂缝风险。在砌筑和抹灰过程中,对砂浆稠度、基层处理质量和施工环境湿度的同步控制,能显著改善界面粘结性能与抗渗能力。对于关键节点部位,如梁柱交接、后浇带、外墙防水层等位置,应采用专项施工方案和质量验收制度,加强密实性、连续性和防渗性的技术控制,减少潜在耐久性薄弱环节的形成。

管理措施的落实是实现精细化湿作业控制的保障。通过建立湿作业质量管理体系,对材料进场、拌制、施工、养护和验收全过程进行信息化监控与过程记录,实现可追溯和动态管理。施工过程中引入湿度、温度和材料性能的在线监测设备,实时反馈数据,为施工决策提供依据。现场应加强技术交底和工人培训,提高作业人员对湿作业控制的技术意识和执行能力。针对易出现问题的环节制定检查清单与质量控制点,通过过程验收、抽检与隐蔽工程记录形成闭环管理。绿色施工理念不仅关注环境友好与节能降耗,更强调施工过程的科学化与精细化,通过技术与管理协同控制,显著提升湿作业质量水平,为结构耐久性提供可靠保障。

5 湿作业控制对提升结构耐久性的综合效果与实施路径

湿作业的精细化控制对结构耐久性的提升具有显著的综合效果,其核心体现在混凝土密实度的改善、裂缝控制能力的增强以及渗透阻力的提高。通过严格控制水灰比与施工湿度,使水化反应得以充分进行,内部结构形成连续致密的水化产物网络,大幅度降低毛细孔连通性和渗透系数。在湿度与温度适宜的环境中完成施工与养护,能够有效减少塑性收缩和干缩裂缝的产生,提升结构表层混凝土的抗碳化和抗氯离子侵蚀能力。砌体砂浆与混凝土界面经科学湿作业处理后,其粘结性能和整体性显著增强,有助于减少渗漏、空鼓等耐久性隐患,为

结构长期服役奠定坚实基础。

从实际工程表现来看,湿作业控制得当的结构,其耐久性退化速率明显放缓。在氯离子侵蚀、冻融循环、碳化作用等多种环境作用下,经过规范湿作业处理的混凝土结构表现出更稳定的抗渗、抗裂及抗腐蚀性能。保护层厚度能够在长期服役中保持完整,内部钢筋处于有效的钝化状态,腐蚀电位较低,延缓了钢筋锈蚀引发的剥落与界面破坏。外墙、地下结构及暴露在恶劣环境中的构件,在经过科学湿作业控制后,其耐久性性能提升更加明显,维护周期延长,维修频率下降,建筑全寿命周期成本显著降低。这一过程体现了施工阶段质量控制对结构后期性能的决定性影响,也验证了湿作业管理与耐久性之间的直接关联。

实施湿作业控制的路径需要技术、管理与制度的协同推进。通过建立以绿色施工理念为核心的施工标准,对湿作业各阶段进行分级管理与责任划分,明确材料控制、环境调节、工艺衔接与养护管理的具体要求。利用信息化技术实现湿度、温度和材料性能的实时监测,将数据反馈应用于施工现场动态调

控,提高控制的精准性。施工过程中通过制定针对关键节点的专项控制措施和验收标准,保证湿作业质量贯穿施工全流程。管理层面加强质量监督与人员培训,使湿作业控制从被动纠偏转变为主动预防。通过技术手段与管理机制相结合的实施路径,湿作业控制能够形成稳定的质量保障体系,从根本上提升结构的耐久性水平,实现绿色建筑的长效价值。

6 结语

湿作业在绿色建筑施工过程中的控制质量,直接关系到混凝土结构的致密性、抗渗性以及长期服役性能。合理的湿度调节、精准的配合比控制、规范的工艺衔接与科学的养护方式,能够有效抑制裂缝产生,提升抗渗与抗劣化能力,为结构耐久性奠定坚实基础。结合绿色施工理念,采用技术与管理并行的实施路径,不仅能降低结构在服役过程中的退化速率,还能延长维护周期,降低全寿命周期成本。湿作业控制已不再是单一施工工艺的优化问题,而是绿色建筑质量管理体系中不可或缺的关键环节,对实现高质量、长寿命的建筑目标具有重要意义。

参考文献:

- [1] 王立新.湿作业控制对混凝土结构耐久性的影响研究[J].建筑技术开发,2021,48(5):32-35.
- [2] 刘志强.绿色施工背景下混凝土湿作业关键技术分析[J].混凝土与水泥制品,2020,(8):45-49.
- [3] 张海峰.施工湿作业管理对建筑结构性能的影响[J].工程质量,2022,37(6):27-30.
- [4] 陈晓东.混凝土湿作业施工技术与耐久性关系探讨[J].建筑结构,2022,52(4):58-63.
- [5] 李雪梅.绿色建筑施工过程中湿作业的精细化管理研究[J].建筑经济,2021,42(10):74-78.