

建筑工程冬季施工质量控制措施研究

刘超杰

河南大有能源股份有限公司河南豫西煤炭储备基地项目筹建处

DOI:10.32629/bd.v9i8.4652

[摘要] 冬季低温环境对建筑工程施工质量构成严峻挑战,混凝土受冻、砂浆失效、钢结构脆性增加等问题频发,已成为制约跨年度工程质量的关键因素。本文系统梳理了冬季施工的条件界定标准与主要质量风险,从材料控制、工艺控制、管理与监测三个维度构建了完整的质量控制体系,重点探讨了原材料保温、配合比调整、蓄热法养护、负温焊接及温度监测等关键技术。研究表明,冬季施工质量控制的三大核心在于“防冻、保温、监测”的协同实施,三者缺一不可,共同构成质量保证的完整闭环。

[关键词] 建筑工程; 冬季施工; 质量控制; 混凝土养护; 防冻措施

中图分类号: TU74 文献标识码: A

Research on Quality Control Measures for Building Construction in Winter

Chaojie Liu

Project Preparation Office of Henan Yuxi Coal Reserve Base, Henan Dayou Energy Co., Ltd.

[Abstract] The low-temperature environment in winter poses severe challenges to construction quality in building projects. Problems such as concrete freezing, mortar failure, and increased brittleness of steel structures occur frequently and have become key factors restricting the quality of projects extending across multiple years. This paper systematically reviews the criteria for defining winter construction conditions and the major quality risks, and establishes a comprehensive quality control system from three dimensions: material control, process control, and management and monitoring. It focuses on key technologies such as thermal insulation of raw materials, mix proportion adjustment, heat storage curing, welding at subzero temperatures, and temperature monitoring. The study shows that the three core aspects of quality control in winter construction are the coordinated implementation of “freeze prevention, heat preservation, and monitoring.” None of these can be omitted, and together they form a complete closed-loop quality assurance system.

[Key words] building engineering; winter construction; quality control; concrete curing; freeze prevention measures

引言

我国北方广大地区每年有3至6个月的冬季低温期,日平均气温低于5℃的天数累积可达90天以上。随着工程建设规模持续扩大和工期日趋紧凑,跨年度施工已成为常态,冬季施工不可避免。低温环境下,混凝土水化反应减缓、砂浆受冻膨胀、钢结构脆性增加、地基土冻胀等一系列问题严重威胁工程质量,若质量控制措施不到位,轻则强度倒缩、表面剥落,重则引发结构安全隐患。本文从材料、工艺、管理三个维度系统研究冬季施工质量控制策略,以期工程实践提供技术参考。

1 冬季施工的条件界定与主要质量风险

1.1 冬季施工的起讫标准

冬季施工的起讫判定是制定质量控制措施的前提依据。根据JGJ/T104《建筑工程冬期施工规程》规定:当室外日平均气

温连续5天稳定低于5℃时,即进入冬季施工阶段;连续5天稳定高于5℃时解除冬施。该标准基于混凝土水化反应规律——环境温度低于5℃时,水泥水化速率显著减缓,强度增长趋于停滞;温度降至0℃以下时,游离水结冰膨胀,对水泥石造成不可逆冻融损伤。不同地区冬施起止时间差异显著:东北地区自10月中下旬至次年4月上旬,华北约11月中旬至次年3月中旬,华中约12月上旬至次年2月下旬。准确判定冬施起讫时间,合理安排进度并储备物资,是保障冬季施工质量的首要环节。

1.2 低温对建筑工程各分项的主要影响

低温对各分项工程的影响机制各异,识别各类影响是制定针对性防控措施的基础。混凝土结构受低温影响最为突出:水化反应速率随温度降低呈指数级下降,5℃以下强度增长趋于停滞;负温下游离水结冰体积膨胀约9%,造成不可逆冻胀裂缝。砌

体工程中,砂浆低温下硬化缓慢,粘结强度显著降低,水分冻结破坏粘结界面。钢结构面临低温脆性问题——冲击韧性随温度降低而下降, -5℃以下焊接冷却过快,易产生淬硬组织和冷裂纹^[1]。地基与基础工程中,冻胀抬升力导致基础不均匀变形,冻土融化后发生融沉。装饰装修工程中,湿作业在低温下冻结,材料粘结性和成膜性严重劣化。

2 建筑工程冬季施工材料质量控制

2.1 混凝土原材料的保温与优选

冬季原材料选择与保温是保证混凝土出机温度和入模温度的物质基础。水泥应优先选用水化热高、早期强度增长快的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,其水化放热速率显著高于矿渣水泥,有助于混凝土尽快达到抗冻临界强度,强度等级不宜低于42.5级,比表面积不宜超过350m²/kg。骨料进场后应堆放在有防雪防冻措施的料仓内,施工前须测定实际含水率,扣除冰和雪含量。拌合水必须加热处理,温度一般控制在40℃~60℃,不得超过80℃(避免水泥假凝)。水泥不得与80℃以上热水直接接触,应采用“热水+骨料”先拌合后再投入水泥的投料顺序,确保混凝土初始温度满足冬施要求。

2.2 混凝土配合比的冬季调整

冬季配合比设计需在常规基础上专项调整,核心目标是使混凝土受冻前达到抗冻临界强度。根据JGJ/T104规定,普通混凝土抗冻临界强度不应低于设计强度标准值的30%,且不低于5.0MPa;有抗冻耐久性要求的不应低于40%。配合比调整措施包括:降低水胶比,较常温配合比降低0.05~0.10,减少可冻水含量;提高胶凝材料用量,增加浆体浓度;掺加引气剂使含气量达4%~6%,微小气泡可容纳冰晶膨胀缓解冻胀应力;复合使用防冻剂、早强剂、减水剂,改善混凝土低温硬化性能,确保低温条件下强度持续增长^[2]。

2.3 砌筑材料与砂浆的冬季要求

冬季砌体施工中,材料与砂浆的温度状态直接影响砌体整体性与承载能力。砌块严禁浇水湿润,浸水砌块在负温下表面冰膜会降低粘结强度,内部水分冻结膨胀可致砌块开裂,砌块表面的冰霜积雪应清除干净。砌筑砂浆宜采用普通硅酸盐水泥配制,强度等级不低于32.5级;拌合水温不应低于5℃,气温低于-10℃时加热至不低于40℃。砂浆中可掺防冻剂(氯盐或亚硝酸盐),掺量依据环境温度经试验确定。石灰膏、电石膏等掺合料须保温防冻,冻结后应融化并重新搅拌方可使用。砂浆随拌随用,冬季条件下水泥砂浆和混合砂浆应分别在2小时和3小时内用完。

2.4 钢结构焊接材料与保温材料

冬季钢结构焊接质量对温度高度敏感,须从焊接材料管理和保温措施两方面严加控制。低氢型焊条使用前须按说明书烘烤(350℃~400℃,1~2小时),烘烤后存放于100℃~150℃恒温箱内随用随取;暴露空气中不宜超过4小时,重新烘烤不得超过2次。CO₂气体保护焊所用气体纯度不低于99.5%,流量控制在15~25L/min,气路中须设干燥装置防止气孔。保温覆盖材料应选用

阻燃草帘、阻燃棉毡或聚苯板,防火性能须满足消防要求,严禁使用普通稻草帘等易燃材料。现场应配备足够防水帆布覆盖骨料堆和施工面,防止雨雪侵入。

3 建筑工程冬季施工工艺质量控制

3.1 土方与地基基础工程

冬季土方与地基基础工程的核心矛盾在于冻土处理与地基防冻。冻土开挖可采用机械破碎法或融化法(蒸汽、电热),融化法须控制融化深度和范围,避免地基土含水率过高。土方回填严禁使用冻土块,冻土块含量不超过总体积的15%,粒径不大于150mm。回填应选择白天正温时段进行,每层铺土厚度较常温减少20%~25%,压实遍数相应增加。地基防冻保护是关键工序:已完成基础应及时回填或覆盖保温材料(干砂、炉渣、聚苯板等),保温层厚度根据当地冻深线和基础埋深计算确定。桩基施工中,灌注桩泥浆应加入防冻剂并保持循环,混凝土灌注温度不低于5℃,桩头及时覆盖保温^[3]。

3.2 混凝土结构工程

混凝土结构工程是冬季施工的重点和难点,核心在于全过程温度保障。出机温度不宜低于10℃,入模温度不应低于5℃(大体积混凝土不宜高于30℃)。运输中搅拌罐加装保温套,尽量缩短运输时间。浇筑采取分层连续浇筑,分层厚度300~500mm,间歇时间不超过初凝时间。养护方法包括:蓄热法(适用于气温不低于-15℃的厚大结构)、综合蓄热法(蓄热+外加剂+早强水泥,适用性最广)、暖棚法(适用于气温极低或薄壁构件)、电热法和蒸汽法(适用于高强度要求工程)。拆模须经强度计算确定:侧模拆除应保证棱角不受损,承重底模须达到设计强度等级要求(以同条件养护试件确定),拆模时混凝土表面与外界温差不宜大于20℃。

3.3 砌体工程

冬季砌体工程因砂浆低温硬化缓慢和受冻风险,须采取严格保温措施。砌筑砂浆温度不应低于5℃,气温低于-10℃时不低于10℃;砂浆应采用热水拌制,必要时加热砂但不超过40℃。每日砌筑高度不超过1.2m(常温为1.5m),相邻工作段高差不宜超过一步脚手架高度。砌筑完成后顶面及时覆盖草帘、棉毡等保温材料养护。负温条件下砌筑的砌体,砂浆强度等级应按常温提高一级。掺防冻剂的砂浆须通过试验确定品种和掺量,施工中严格计量。设专人负责测温,环境温度和砂浆温度每2小时至少测定一次并做好记录。

3.4 钢结构工程

冬季钢结构施工的核心技术难题是负温焊接和低温脆性控制。入冬前须完成负温焊接工艺评定,验证接头冲击韧性和抗裂性能。焊接环境要求:低于-10℃不宜施焊;-5℃至-10℃之间须采取保温措施后方可施焊。焊前预热是防止冷裂纹的关键,Q345钢材预热至80℃~120℃,Q390及以上提高至100℃~150℃,预热范围为焊缝两侧各不小于100mm。层间温度不低于预热温度下限,不宜超过200℃。焊后须采用保温棉覆盖缓冷,使扩散氢充分逸出。高强螺栓连接须注意:螺栓进场后在与施工现

场同条件下复验扭矩系数; 施拧时摩擦面须保持干燥、无积雪结冰。

3.5 装饰装修与防水工程

冬季装饰装修与防水工程因湿作业受低温制约, 施工条件要求严格。抹灰工程环境温度不应低于 5°C , 室内抹灰须在门窗安装完毕且采暖条件下进行; 室外抹灰选正温时段施工, 分层厚度不超过 10mm 。砂浆可掺防冻剂, 但含氯盐防冻剂不得用于装饰面层。水性涂料施工温度不宜低于 5°C , 溶剂型涂料不低于 0°C , 施工后24小时内环境温度须保持稳定。防水层施工中, 卷材防水应选用低温韧性好的改性沥青卷材(SBS卷材 -15°C 保持柔性), 热熔法施工环境温度不宜低于 -10°C ; 涂膜防水须在高于 5°C 条件下施工, 涂刷薄而均匀, 每遍充分干燥后方可进行下一遍。冬施防水工程完工后应及时做好保护层, 防止低温冻裂^[4]。

4 建筑工程冬季施工管理与监测控制

4.1 冬季施工专项方案的编制

冬季施工专项方案是指导冬施工作的纲领性文件, 须在入冬前编制完成并履行审批程序。方案应包含以下核心内容: 工程概况与冬施范围界定, 明确冬施具体部位和工程量; 当地气象资料分析与冬施起讫时间预测; 热工计算, 包括混凝土出机温度、入模温度及养护期间温度场理论计算, 据此确定原材料加热温度和保温覆盖厚度; 施工进度计划调整, 将低温敏感工序集中在日间正温时段进行; 热源配置方案, 明确暖棚搭设、加热设备及燃料储备; 材料储备计划, 包括防冻剂、早强剂、保温材料等品种、数量和进场时间; 人员组织安排, 包括冬施值班制度、测温人员配备及技术交底。方案须经项目技术负责人审批并报监理备案, 实施中遇气温异常下降应适时修订。

4.2 温度监测体系的建立

温度监测体系是冬季施工质量可知可控的技术保障, 涵盖大气温度、混凝土各环节温度及养护期温度三个层面。大气温度监测在施工现场设置百叶箱温度计, 每日测量最高、最低及平均温度。混凝土温度监测包括: 出机温度和入模温度每车检测; 养护温度浇筑后前3天每2小时一次, 4~7天每4小时一次, 7天后每8小时一次。测温点应覆盖梁柱节点、外墙转角、大体积混凝土中心及表面等关键部位, 编号并标于测温平面图上。低温区宜采用电阻式或热电偶温度计, 普通区域可采用水银温度计^[5]。测温记录须由专人负责, 温度异常时立即报告技术负责人并采取补救措施, 记录完整归档保存。

4.3 质量检测与实体检验

质量检测与实体检验是验证冬施效果和评估结构安全的最终环节。同条件养护试件是冬施质量检验的核心方法, 冬施期间每层留置不少于2组, 试件与结构在相同环境下养护并记录累计温度, 达到等效养护龄期(累计 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)后试压, 强度评定结果作为结构验收依据。实体强度检测应在冬施结束、环境温度回升至 5°C 以上时进行, 采用回弹法结合取芯法综合评定。钢筋连接接头须在负温条件下进行拉伸试验, 验证低温力学性能。冬施全过程质量检测资料(测温记录、试件强度报告、实体检测报告)应整理成专项档案, 纳入竣工验收文件, 确保质量全流程可追溯。

5 结束语

冬季施工质量控制是建筑工程质量管理的重点和难点, 其核心在于正视低温对施工质量的系统性影响, 并在材料选择、工艺执行和管理监测三个层面构建协同防控体系。材料层面, 水泥优选、配合比调整与外加剂掺用构成防冻的物质基础; 工艺层面, 蓄热养护、暖棚加热及负温焊接保障了施工过程的质量形成; 管理层面, 专项方案编制、测温体系建立与实体检验提供了全过程监督与验证手段。“防冻、保温、监测”三者缺一不可, 共同构成冬季施工质量保证的完整闭环。将冬季施工质量控制从被动应对转向主动防控, 通过科学的热工计算、规范的工艺操作和严格的过程监测, 可在保证工程质量和施工进度的前提下, 安全度过冬季施工期。

[参考文献]

- [1]王林芳.建筑工程冬季施工混凝土技术标准及质量控制[J].建筑·建材·装饰,2023(6):130-132.
- [2]施旭平.建筑工程混凝土冬季施工工艺及质量控制措施研究[J].装饰装修天地,2022(3):205-207.
- [3]任东,胡文斌.建筑工程冬季施工混凝土防冻技术及质量保证措施[J].居业,2026(4):77-79.
- [4]高春龙.建筑工程技术中的混凝土冬季施工技术[J].建筑·建材·装饰,2025(3):76-78.
- [5]田承行,王鹏.弧形坡屋面混凝土冬季施工质量控制——以世园酒店工程为例[J].工程技术研究,2022,7(4):51-53.

作者简介:

刘超杰(1983--),男,汉族,河南人,本科,中级工程师,研究方向: 土建施工。