

建筑工程技术中的混凝土冬季施工技术

张卫萍

洛阳市孟津区建设工程质量安全技术中心 河南 洛阳 471100

摘要: 冬季低温环境易对混凝土施工质量产生不利影响,引发强度不足、裂缝等缺陷,制约建筑工程安全性与耐久性。本文结合建筑工程施工实际,阐述混凝土冬季施工的基础理论与技术特性,分析低温对混凝土性能的影响机理。重点研究混凝土冬季施工的关键技术,涵盖原材料优化、制备温控、运输浇筑保温、养护保温及负温强度保障,并针对大体积混凝土、高层建筑核心筒等特殊结构,提出专项施工技术方案。研究可为建筑工程混凝土冬季施工提供技术参考,有效规避施工质量隐患,保障冬季施工顺利开展与工程质量达标。

关键词: 建筑工程;混凝土;冬季施工;关键技术;特殊结构

引言:随着建筑工程行业的快速发展,冬季施工已成为工程建设中的常见工况,混凝土作为核心施工材料,其施工质量直接决定建筑结构的安全性与使用寿命。冬季低温环境会抑制混凝土水化反应,导致其性能下降,易产生各类质量缺陷,给施工带来诸多挑战。当前,部分工程在冬季混凝土施工中仍存在技术运用不规范、质量管控不到位等问题。基于此,本文聚焦建筑工程技术中的混凝土冬季施工技术,系统研究其基础理论、关键技术及特殊结构专项方案,旨在完善冬季施工技术体系,解决实际施工难题,为工程实践提供科学指导。

1 混凝土冬季施工的基础理论与技术特性

1.1 冬季施工对混凝土性能的影响机理

混凝土强度的形成依赖水泥与水的水化反应,而低温环境会显著干扰这一过程,这是冬季施工影响混凝土性能的核心机理。当环境温度降至5℃以下时,水化反应速率大幅减缓,水泥水化放热减少,混凝土强度增长滞后;当温度低于0℃时,混凝土内部游离水结冰体积膨胀,会破坏内部微观孔隙结构,导致骨料与胶凝材料粘结力下降,进而引发表面起砂、开裂、强度不足等缺陷。低温会降低混凝土拌合物的流动性,增加浇筑阻力,易产生蜂窝、麻面等施工通病,长期影响结构的耐久性与承载能力。

1.2 混凝土冬季施工的技术核心与原则

混凝土冬季施工的技术核心是“控制水化温度、防止内部受冻”,围绕这一核心,需遵循三大基本原则。(1)保温防冻原则,通过综合技术手段,保证混凝土从搅拌、运输、浇筑到养护的全过程温度符合规范要求,避免内部结冰;(2)循序渐进原则,优化施工工艺,合理控制各环节进度,不盲目加快施工节奏,确保水化反应有序进行;(3)全程可控原则,对施工各环节的温度、湿度

及混凝土性能进行实时监测,及时调整施工措施,杜绝质量隐患,为施工质量提供保障。

1.3 冬季施工与常规施工的技术差异对比

冬季施工与常规施工的核心差异集中在施工准备、工艺控制和养护要求三个方面。施工准备上,冬季需额外做好材料防冻预处理、施工设备保温检修,并编制专项防冻施工方案,常规施工则无需重点考虑防冻措施;工艺控制上,冬季需优化混凝土配合比、严格控制搅拌运输温度,浇筑后立即采取保温措施,常规施工以自然工况为主,温度管控要求较低;养护要求上,冬季养护周期更长,需采取保温、加热等主动养护手段,常规施工多采用自然养护,养护工艺更简便,难度更低^[1]。

2 建筑工程技术中的混凝土冬季施工关键技术

2.1 混凝土原材料冬季适应性优化技术

混凝土原材料的冬季适应性优化,是冬季施工质量控制的基础,需结合低温工况对各组分进行针对性调整,确保原材料性能满足施工要求。(1)胶凝材料优化,优先选用强度等级不低于42.5级的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,其水化热释放快、强度发展迅速,可抵御低温对水化反应的抑制;严格控制水泥进场质量,进场后存入保温仓库,避免受潮受冻且存放时间不宜过长,确保活性;可合理掺入活性掺合料,掺合料需提前预热,进场温度不低于5℃,避免影响拌合物温度。(2)骨料优化,选用质地坚硬、强度高、吸水率低且无冻块杂质的骨料,进场前彻底筛选;粗骨料采用连续级配,细骨料选用中砂,减少空隙率、提高密实度;骨料需保温储存,堆放场地用保温棚覆盖,使用前若温度过低,采用温水喷淋预热至不低于0℃,预热后晾干表面水分防止结冰。(3)外加剂选用,优先采用符合国家标准的引气型防冻剂,兼顾防冻与改善流动性,选用时结合当地冬季最低气温,严禁

使用不合格产品；外加剂单独保温存放，使用时精准计量、严控掺量，符合设计规范要求，可搭配适量减水剂，减少用水量、提高密实度和抗冻性。(4) 拌合用水控制，采用5℃~40℃温水拌合，严禁使用冰水冻水；烧水设备提前检修，确保供水稳定、水温可控；用水存入保温水箱，使用前复检水温，若采用地下水，需提前抽取预热并去除杂质^[2]。

2.2 混凝土制备过程温控技术体系

混凝土制备的温度控制是保障拌合物性能的关键，需建立全流程温控体系，严控各环节温度，避免拌合物受冻离析。(1) 制备场地温控，搅拌站搭建保温棚，棚内用供暖设备维持温度不低于10℃；提前检修润滑搅拌设备，避免低温故障；地面铺设保温层、做好排水，防止结冰损坏设备和影响操作。(2) 原材料预热温控，遵循“先预热、后拌合”原则，对骨料、拌合用水预热，必要时保温水泥和掺合料；骨料采用温水喷淋或热风加热，确保温度均匀；拌合用水用电加热或蒸汽加热，水温不超过40℃防止水泥假凝，原材料进场后及时检测温度，不合格者重新预热。(3) 拌合过程温控，搅拌前预热设备，内壁温度不低于5℃；按优化配合比精准配料，误差控制在规范范围内；采用“骨料+温水→搅拌→水泥+掺合料→搅拌→外加剂→搅拌”的顺序，拌合时间比常规增加50%，确保均匀；普通混凝土出机温度不低于10℃，高强混凝土不低于15℃，出机后立即检测，不合格者重新拌合或调整措施。(4) 拌合物检测温控，每批次出机后检测温度、流动性、坍落度，确保符合设计施工要求；温度过低则调整水温或延长预热时间，出现离析泌水则调整配合比或工艺；检测记录及时整理归档，便于后续追溯。

2.3 混凝土运输与浇筑环节保温技术

运输与浇筑环节需重点做好保温，减少温度损失，确保拌合物到场及浇筑温度达标，衔接制备与养护环节、保障浇筑质量。(1) 运输设备保温，选用密闭式运输车辆，车厢内壁铺保温层、顶部加盖保温篷布，确保密闭保温；车辆使用前检查保温层和篷布，清除车厢冻块杂物；行驶中缩短运输时间，避开严寒时段和长途运输，必要时设置临时供暖装置。(2) 运输过程温控，常规运输时间不超过1.5小时，严寒天气不超过1小时，运输中严禁随意加水；每车到场后立即检测温度，普通混凝土不低于5℃、高强混凝土不低于10℃，不合格者严禁浇筑并退回；提前规划运输路线，避开拥堵路段减少温度损失。(3) 浇筑前准备，清理浇筑部位积雪、冰块和杂物；对模板、钢筋采用热风或温水喷淋预热至不低于0℃，避免接触拌合物

后快速降温受冻；清理平整浇筑场地、做好防滑，搭建临时保温棚，确保环境温度不低于5℃。(4) 浇筑过程保温，采用分层浇筑，分层厚度300~500mm，分层振捣密实，避免施工缺陷；振捣设备做好保温防护；拌合物连续供应，确需中断时，严控中断时间并对已浇筑混凝土覆盖保温；浇筑完成后立即抹平压实，减少表面裂缝^[3]。

2.4 混凝土养护阶段多模态保温技术

养护是混凝土强度发展的关键，冬季需采用多模态保温技术，结合保温、保湿、控温措施，维持适宜温湿度，确保水化正常进行。(1) 覆盖式保温技术，根据浇筑部位选用防火草帘、保温棉被等材料，平面部位采用“塑料薄膜+保温棉被+防火草帘”分层覆盖，塑料薄膜保湿、其余材料保温，覆盖需严密无遗漏；立面部位用保温棉被或岩棉板包裹，塑料薄膜缠绕固定并做好支撑。(2) 蓄热式保温技术，适用于气温不低于-10℃地区，结合原材料预热、拌合物温控和覆盖保温，利用水泥水化热维持内部温度；根据当地最低气温调整覆盖层厚度，定期检测表面和内部温度，降温过快时增加保温层或辅助加热。(3) 辅助加热保温技术，适用于气温低于-10℃或大体积混凝土施工，保温棚内设置热风炉、电暖器等加热设备；热风炉加热需保证棚内温度均匀并做好通风，蒸汽加热控制温度40~60℃，避免高温直触混凝土表面；棚内温度维持在10~20℃，同时控制湿度防止表面失水过快。(4) 养护过程管控，建立温度监测体系，每天检测混凝土内部、表面及环境温度不少于4次，严寒天气增加频次；严控降温速率，普通混凝土不超过2℃/d，大体积混凝土不超过1℃/d；严禁随意拆除保温层，养护周期不少于14天，高强混凝土或负温环境延长至21天以上，达标后方可拆保温层和模板。

2.5 负温环境混凝土强度发展保障技术

负温环境（低于0℃）下，混凝土水化受抑、强度发展缓慢，需通过温控、材料优化、工艺调整等措施，确保强度正常发展、避免质量缺陷。(1) 负温温控保障，建立精准温控体系，用温度传感器实时监测内部和表面温度，确保内部不低于5℃，表面与内部温差不超过25℃；环境温度过低时，加强保温加热，严禁内部温度低于0℃时停止保温，防止受冻。(2) 材料适配保障，进一步优化配合比，增加水泥用量提高水化热、加快强度发展；选用高效防冻剂并严控掺量，降低冰点；适当增加减水剂掺量，减少用水量、提高密实度；严格控制原材料进场温度，避免受冻。(3) 工艺优化保障，缩短运输和浇筑时间，优先在白天气温较高时段浇筑；采用快速浇筑振捣方式，确保密实；浇筑完成后立即覆盖保温，

缩短暴露时间；严控模板拆除时间，拆除时强度需达设计强度75%以上，拆除后及时二次保温防开裂。（4）强度监测保障，每批次混凝土制作标准养护和同条件养护试块，定期检测强度、掌握发展规律；强度发展缓慢时，及时调整温控、配合比或外加剂掺量；监测记录详细完整，作为质量验收重要依据，确保结构强度达标^[4]。

3 特殊结构冬季施工专项技术方案

3.1 大体积混凝土温度应力控制技术

大体积混凝土冬季施工核心是控制内外温差，规避温度应力引发的裂缝。采用“分层浇筑、分层保温、精准温控”的核心工艺，分层厚度结合温控要求确定，浇筑后及时覆盖保温层，搭配蓄热式保温技术，利用水泥水化热维持内部温度。建立全方位温度监测体系，实时跟踪内部、表面及环境温度，严控内外温差不超过25℃，降温速率不超过1℃/d。优化配合比减少水泥用量，掺入缓凝型外加剂延长水化放热周期，同步采取内部预埋冷却管的方式，平衡内外温度，抑制温度应力产生。

3.2 高层建筑核心筒冬季施工工艺

高层建筑核心筒冬季施工需兼顾施工效率与防冻保温，采用分段分层浇筑模式，分段高度结合模板支撑体系与温控要求合理设定。浇筑前对模板、钢筋进行全面预热，搭建封闭保温棚，采用热风炉辅助加热，维持棚内温度不低于5℃。混凝土拌合物优先选用早强型防冻剂，确保出机、到场温度达标，浇筑后立即覆盖保温棉被与塑料薄膜，重点做好核心筒阴阳角等薄弱部位的保温加固。优化模板拆除流程，结合同条件养护试块强度确定拆除时机，拆除后及时进行二次保温，避免表面降温过快产生裂缝。

3.3 预应力结构张拉时机选择模型

预应力结构冬季张拉时机需结合混凝土强度发展与环境温度综合确定，建立“强度-温度”双控选择模型。张拉前需确保混凝土实际强度达到设计强度的75%以上，且龄期满足规范要求，同步检测混凝土内部温度不低于10℃，环境温度不低于-5℃，避免低温导致混凝土脆性增加、张拉应力损失过大。张拉作业需在保温棚内进行，张拉设备提前预热调试，张拉过程中实时监测应力与应变，严格控制张拉速率，张拉完成后及时进行孔道压浆，压浆材料需做好保温防冻处理，确保压浆密实度^[5]。

结束语：本文围绕建筑工程混凝土冬季施工技术展开全面研究，明确了冬季施工的基础理论与技术特性，梳理了各施工环节的关键技术要点，提出了特殊结构的专项施工方案，形成了较为完整的冬季施工技术体系。冬季混凝土施工需严格遵循保温防冻、全程可控原则，将原材料优化、温控养护等技术贯穿施工全过程，针对特殊结构采取针对性措施。本文研究成果可有效指导实际施工，规避低温带来的质量隐患。

参考文献：

- [1]刘元焯.建筑工程技术中的混凝土冬季施工技术要点研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(12):115-118.
- [2]邢聪斌.建筑工程混凝土冬季施工技术分析[J].门窗,2025(5):115-117.
- [3]孙中厚.建筑工程技术中混凝土冬季施工技术[J].读报参考,2025(8):3-3.
- [4]徐奎生.建筑工程项目混凝土冬季施工技术研究分析[J].区域治理,2025(18):0115-0117.
- [5]刘玉.建筑工程技术中的混凝土冬季施工技术解析[J].美食,2025(18):13-14.