

# 建筑工程技术中混凝土冬季施工技术

朱鑫祥 李兴鹏

江西省地质局第二地质大队 江西 九江 332100

**摘 要:** 随着建筑工程行业的持续发展,施工周期的合理规划与高效利用愈发重要。本文聚焦建筑工程中混凝土冬季施工技术,针对低温环境对混凝土性能的不利影响,系统阐述了冬季施工的关键技术体系。内容涵盖材料选择与预处理、搅拌运输工艺、浇筑振捣要点及养护技术。同时,结合行业发展趋势,分析了智能化监测、新型外加剂研发、绿色施工理念及全产业链协同在冬季施工中的应用前景,为提升低温环境下混凝土工程质量提供了技术参考与实践指导。

**关键词:** 建筑工程技术;混凝土;冬季施工;技术

引言:建筑工程作为国民经济的重要支柱,其施工质量与效率直接关系到工程安全与使用寿命。混凝土作为核心建筑材料,在冬季低温环境下施工时,易因温度过低导致水化反应缓慢、强度增长受阻,甚至产生冻害裂缝,严重影响结构稳定性。为解决这一难题,冬季混凝土施工技术应运而生,成为保障寒期工程顺利推进的关键。围绕建筑工程中混凝土冬季施工的特殊性,从材料控制、工艺优化到养护措施,深入剖析关键技术要点,并探讨行业前沿发展方向,旨在为工程实践提供科学指导,推动冬季施工技术的规范化与高效化应用。

## 1 建筑工程技术的概述

建筑工程技术是贯穿建筑全生命周期的核心支撑体系,涵盖规划、设计、施工、运维等关键环节,旨在通过科学方法与技术创新实现建筑功能、安全、经济与环保的统一。其核心内容包括结构力学分析、建筑材料研发、施工工艺优化及智能化管理四大维度:结构技术确保建筑承载力与稳定性,如大跨度空间结构、超高层建筑抗震设计;材料技术推动绿色化转型,高性能混凝土、装配式构件及可再生建材的应用显著提升资源利用效率;施工技术聚焦工艺革新,BIM建模、3D打印及机器人作业突破传统施工局限,提升精度与效率;管理技术则依托物联网、大数据实现全流程数字化管控,从进度模拟到质量追溯,构建透明化、可协同的工程生态。随着“双碳”目标推进,建筑工程技术正加速向低碳化、智能化方向演进,为城市可持续发展提供关键技术保障<sup>[1]</sup>。

## 2 建筑工程技术中混凝土冬季施工的关键技术

### 2.1 材料选择与预处理

#### 2.1.1 水泥选择

在江西省冬季混凝土施工中,水泥选择需兼顾早期

强度与抗冻性。优先选用普通硅酸盐水泥,其水化热较高,早期强度发展快,能有效缩短混凝土达到受冻临界强度的时间。若工程对耐久性要求较高,可选用早强型硅酸盐水泥,其3天抗压强度可达普通硅酸盐水泥7天强度水平。水泥强度等级应不低于42.5MPa,用量不低于300kg/m<sup>3</sup>,以确保混凝土在低温环境下的强度储备。

#### 2.1.2 外加剂使用

江西省冬季施工需重点应用防冻剂与早强剂复合技术。防冻剂可降低混凝土冰点至-15℃以下,防止水分冻结膨胀破坏结构;早强剂则加速水泥水化反应,缩短养护周期。例如,在九江某高层建筑中,采用硫酸钠复合早强剂与亚硝酸钠抗冻剂双掺技术,使混凝土在-3℃环境下12小时强度达10MPa,且28天强度较基准混凝土提高15%。需注意,外加剂掺量应通过试验确定,避免氯盐过量导致钢筋锈蚀,优先选用无氯、低碱型产品。

#### 2.1.3 骨料处理

江西省冬季骨料处理需解决含水率与冻块问题。砂石应采用覆盖保温棚储存,防止冰雪侵入,含泥量控制在3%以内,云母含量≤1%。对于冻结骨料,需采用蒸汽直接注入法或加热板流动加热法解冻,但需控制加热温度≤60℃,避免骨料过热导致混凝土假凝。例如,在赣州某隧道工程中,通过在骨料堆下方布置蒸汽管道,使骨料温度稳定在5-8℃,有效减少了混凝土入模温度损失。同时,骨料坚固性试验需满足冻融循环后质量损失≤8%,确保混凝土耐久性。

### 2.2 搅拌与运输

#### 2.2.1 搅拌工艺

江西省冬季混凝土搅拌需严格控制投料顺序与搅拌时间。优先采用二次投料法:先将水泥、砂、外加剂干拌30秒,再加入热水与石子搅拌2分钟,确保外加剂充分

分散。搅拌用水需预热至60–80℃，但水温不得超过80℃以避免水泥假凝。例如，在南昌某地铁工程中，通过蒸汽锅炉加热拌合水，配合强制式搅拌机（转速 $\geq 60$ 转/分），使混凝土出机温度稳定在15–18℃，较传统工艺提升5℃。搅拌时间较常温延长30秒，确保骨料表面冰层完全融化，水泥水化反应充分启动。

### 2.2.2 运输保温

江西省冬季混凝土运输需采用多层保温措施。运输罐车应加装聚氨酯保温套，罐体外部包裹电加热带，运输途中持续供热，确保混凝土温度损失 $\leq 5^\circ\text{C}/\text{小时}$ 。例如，在九江某跨江大桥项目中，通过在罐车排料口加装自动温控阀门，配合GPS定位系统实时监测运输路线，使混凝土从搅拌站到浇筑点的时间控制在1小时内，入模温度仍保持10℃以上。同时，运输道路需提前撒布防滑砂或融雪剂，避免车辆打滑延误工期。对于超长距离运输，可采用中转保温仓暂存，仓内设置蒸汽盘管，维持混凝土温度在5–10℃，防止过早凝结。

## 2.3 浇筑与振捣

### 2.3.1 浇筑前准备

江西省冬季混凝土浇筑前需全面检查模板、钢筋及预埋件的防冻措施。模板应采用岩棉被或电热毯预热至5℃以上，避免混凝土接触冰模导致温度骤降；钢筋表面冰雪需用高压空气吹扫，并涂刷防冻型脱模剂。施工缝处需凿毛并清理至新鲜骨料，用蒸汽枪预热至10℃后，涂刷水泥基界面剂增强粘结力。同时，需在浇筑区域搭建防风棚，减少冷空气对流，棚内温度控制在5–10℃，为混凝土早期水化提供适宜环境。

### 2.3.2 浇筑控制

江西省冬季混凝土浇筑需分层分段连续作业，每层厚度控制在30cm以内，避免形成施工冷缝。采用泵送施工时，输送管应包裹橡胶保温套，并每隔50米设置蒸汽加热点，确保混凝土入模温度不低于10℃。例如，在赣州某隧道工程中，通过在泵管内循环注入60℃热水预热，配合分段接力浇筑法，使混凝土从出机到入模的时间缩短至20分钟，温度损失仅3℃。浇筑过程中需实时监测环境温度，当气温低于-5℃时，应暂停施工并采取覆盖保温措施，防止混凝土表面受冻。同时，需预留同条件养护试块，指导后续拆模与养护决策。

### 2.3.3 振捣密实

江西省冬季混凝土振捣需采用高频插入式振捣器（频率 $\geq 12000$ 次/分），确保骨料间无冰晶残留。振捣棒应垂直插入下层混凝土5cm，快插慢拔，每点振捣时间控制在20–30秒，以混凝土表面泛浆、无气泡冒出为密实

标准。例如，在九江某桥梁工程中，通过在振捣棒头部加装电加热丝，使棒头温度维持在40℃，有效减少了低温下混凝土粘棒问题。对于薄壁结构或钢筋密集区，可配合使用附着式振捣器辅助密实。

## 2.4 养护措施

### 2.4.1 蓄热法

江西省冬季混凝土蓄热法通过覆盖保温材料（如岩棉被、聚苯板）减少热量散失，利用水泥水化热维持正温养护。适用于日均气温 $-5^\circ\text{C}$ 以上、结构厚度 $\geq 30\text{cm}$ 的工程。例如，在南昌某住宅楼施工中，混凝土浇筑后立即覆盖双层岩棉被，表面温度稳定在8–12℃，7天强度达设计值的70%。养护期间需定时检测覆盖层温度，若表面温度低于5℃，需增设电热毯辅助加热。

### 2.4.2 综合蓄热法

综合蓄热法结合蓄热与外加剂技术，在保温覆盖基础上掺入早强型防冻剂，加速水泥水化并降低冰点。江西省常用氯化钙+亚硝酸钠复合防冻剂，配合50mm厚聚苯板保温，可使混凝土在 $-10^\circ\text{C}$ 环境下仍保持正温养护。例如，在九江某桥梁墩柱施工中，采用该法后混凝土3天强度达15MPa，满足抗冻临界要求。养护期间需监测混凝土内部温度，通过调整防冻剂掺量与保温层厚度，确保温度梯度 $\leq 15^\circ\text{C}/\text{m}$ ，防止因温差过大导致开裂，适用于中等厚度结构或工期较紧的工程。

### 2.4.3 暖棚法

暖棚法通过搭建封闭保温棚并内置加热设备（如蒸汽锅炉、红外线加热器），为混凝土创造局部正温环境。江西省暖棚多采用钢管骨架+透明塑料膜结构，棚内温度控制在10–15℃，湿度 $\geq 85\%$ 。例如，在赣州某隧道二衬施工中，暖棚内设置轴流风机循环热空气，使混凝土28天强度较常温养护提高10%。该方法养护质量高，但能耗较大，需配备温度自动调控系统，避免局部过热。适用于异形结构、薄壁构件或对强度要求严苛的工程，如水利闸门、核电安全壳等。

### 2.4.4 蒸汽养护法

蒸汽养护法通过通入饱和蒸汽加速混凝土硬化，分静停、升温、恒温、降温四阶段控制。江西省冬季施工时，静停阶段需保持模板内温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ ，升温速度 $\leq 15^\circ\text{C}/\text{h}$ ，恒温阶段温度控制在60–80℃，持续6–8小时。例如，在景德镇某预制梁场，采用蒸汽养护后混凝土脱模强度达30MPa，周转效率提升3倍。养护期间需严格控制蒸汽压力（0.3–0.5MPa），避免混凝土表面因温差过大开裂。该方法适用于预制构件、蒸汽管道等工厂化生产场景，可显著缩短养护周期，但需配套锅炉设备，成本

较高。

#### 2.4.5 负温养护法

负温养护法通过掺入防冻剂使混凝土在负温下持续硬化,适用于日均气温 $-5^{\circ}\text{C}$ 至 $-15^{\circ}\text{C}$ 、结构厚度 $\leq 20\text{cm}$ 的工程。江西省常用硝酸钙+尿素复合防冻剂,配合电热毯局部加热,使混凝土在 $-10^{\circ}\text{C}$ 环境下7天强度达设计值的50%。例如,在萍乡某设备基础施工中,采用该法后混凝土28天强度满足C30要求,且无冻胀损伤。养护期间需严格控制防冻剂掺量( $\leq$ 水泥质量的5%),并定期检测混凝土内部温度,避免因防冻剂过量导致后期强度倒缩,适用于抢修工程或临时结构<sup>[2]</sup>。

### 3 建筑工程技术中混凝土冬季施工技术的发展趋势

#### 3.1 智能化监测技术的应用

智能化监测技术正推动冬季混凝土施工向精准化、实时化转型。通过物联网传感器与AI算法的结合,系统可实时采集混凝土内部温度、湿度、应力等参数,并自动生成养护方案。例如,预埋式光纤传感器能连续监测混凝土水化热释放过程,结合环境温湿度数据,动态调整加热功率与保温层厚度,避免因温差过大导致开裂。此外,无人机巡检技术可快速扫描大面积施工区域,识别保温层破损或温度异常点,实现远程预警与快速响应。

#### 3.2 新型外加剂的研发

新型外加剂的研发聚焦于提升混凝土在极端环境下的适应性。针对低温环境,科研人员正开发基于纳米材料的早强型防冻剂,通过促进水泥颗粒水化反应,缩短凝结时间并提高早期强度,同时减少对钢筋的腐蚀风险。此外,生物基外加剂逐渐成为研究热点,其利用微生物代谢产物或天然高分子材料,实现环保与性能的双重提升。未来,多功能复合外加剂将主导市场,通过整合防冻、早强、减水、抗裂等多种功能,满足复杂施工场景的需求,推动混凝土技术向高性能、绿色化方向发展。

#### 3.3 绿色施工理念的推广

绿色施工理念正深刻改变冬季混凝土施工模式。在材料选择上,再生骨料、工业废渣等低碳材料的应用比例逐步提升,通过优化配合比设计,在保证性能的同时

降低碳排放。施工过程中,太阳能加热系统、地源热泵等可再生能源技术被广泛采用,替代传统燃煤或电加热方式,减少能源消耗。此外,模块化与预制化施工成为趋势,通过工厂化生产减少现场湿作业,降低扬尘与噪音污染。未来,绿色施工将与智能化技术深度融合,通过实时监测能耗与排放数据,动态优化施工方案,实现全生命周期的低碳管理。

#### 3.4 全产业链升级与协同

全产业链升级与协同是冬季混凝土施工突破瓶颈的关键。从原材料供应端看,建材企业正通过数字化改造实现质量追溯与精准配送,确保外加剂、水泥等关键材料性能稳定。在施工环节,总承包单位与专业分包商通过BIM平台共享数据,提前识别碰撞问题,优化施工顺序与资源调配。此外,产学研合作模式加速技术转化,高校与科研机构联合企业开发新型养护工艺,推动行业标准更新。未来,区块链技术将应用于供应链管理,确保材料来源透明可信,而5G通信则支持远程协同作业,提升跨区域项目的管理效率,形成覆盖设计、生产、施工、运维的全周期生态体系<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

在建筑工程技术持续革新的浪潮中,混凝土冬季施工技术正以智能化、绿色化、协同化为核心,突破传统局限,迈向高质量发展新阶段。从智能监测系统对施工过程的精准把控,到新型外加剂对极端环境的从容应对;从绿色理念推动的资源高效利用,到全产业链协同构建的生态闭环,每一项进步都凝聚着技术创新与可持续发展的深度融合。

#### 参考文献

- [1]李艳宾,范安华,李贺. 建筑工程技术中混凝土冬季施工技术研究[J]. 建筑技术开发,2019,46(23):60-61.
- [2]张硕,马吉,池秀东. 建筑工程技术中混凝土冬季施工技术研究[J]. 门窗,2019,(17):97-98.
- [3]李童,刘扬. 建筑工程技术中混凝土冬季施工技术的研究[J]. 工程技术研究,2018,(03):35-36.