

路桥工程冬季施工的防冻措施与质量保障方案

籍小芸 宋丽丽 邵文

山东高速德州发展有限公司齐河养护大队, 山东德州, 253000;

摘要: 冬季低温、冰雪、冻融循环等特殊气候条件, 容易影响路桥工程施工材料性能、施工工艺效果和结构成型质量, 引发混凝土强度增长缓慢、路基土体冻胀融沉、砂浆粘结力下降等质量问题。文章从冬季施工前期筹备、施工过程防冻技术应用、全过程质量管控三个维度, 提出对应的防冻措施与质量保障方案, 明确各环节技术要点与实施要求, 规范冬季施工流程, 降低低温环境对工程质量的负面影响, 保障路桥工程冬季施工的安全与质量。

关键词: 路桥工程; 冬季施工; 防冻措施; 质量保障; 低温施工

DOI: 10.69979/3041-0673.26.04.086

引言

路桥工程冬季施工要面对低温、寒潮、降雪等多种气候挑战。低温环境会改变建筑材料的物理化学特性, 干扰正常施工工艺的推进。混凝土、砂浆等胶凝材料在低温下水化反应速度大幅降低, 防护不到位的话, 容易出现早期受冻、强度不足等缺陷。路基填料在冻结状态下会出现体积膨胀, 解冻后又会发生融沉, 造成路基平整度与压实度达不到标准。桥面铺装、边坡防护等附属工程也会因为低温出现开裂、脱落等问题。传统冬季施工大多只采取简单保温措施, 没有系统性的防冻与质量管控体系, 没法从根本上解决低温带来的质量隐患。因此, 要结合路桥工程不同结构类型的施工特点, 打造一套涵盖前期筹备、过程管控、质量验收的冬季施工技术体系。依靠科学的材料选用、工艺优化与防护措施, 实现冬季施工质量与效率的双重保障, 推动路桥工程建设在冬季低温环境下稳步推进。

1 冬季施工前期筹备工作

1.1 施工方案优化与技术交底

冬季施工前要结合工程所在地冬季气候特征, 对原施工方案进行针对性优化。明确冬季施工的起止时间, 划分低温施工风险区域, 针对路基、桥梁、涵洞等不同结构制定专项施工方案。方案里要明确材料加热、设备保温、工序衔接等关键内容, 确定各工序的最低施工温度标准, 避免在极端低温天气下开展关键性施工。组织全体施工人员开展冬季施工技术交底工作, 讲解低温环境下材料性能变化规律、防冻措施操作要点及质量控制标准。重点培训混凝土防冻剂掺配、路基防冻胀处理、机械设备低温养护等核心技术, 明确各岗位人员的职责

分工, 确保施工人员掌握冬季施工的技术要求与操作规范。还要开展冬季施工安全培训, 强调防滑、防冻、防火等安全注意事项, 提升施工人员的安全防护意识。

1.2 材料储备与防冻预处理

根据冬季施工进度计划, 提前储备足量的施工材料, 规划专用的保温存储场地。水泥、粉煤灰等胶凝材料要存储在封闭仓库内, 仓库地面铺设防潮垫层, 顶部设置保温层, 防止材料受潮受冻。砂石骨料要堆放在硬化场地, 用保温帆布或彩钢棚覆盖, 避免雨雪侵袭导致骨料冻结结块。外加剂要分类存放, 尤其要做好防冻剂的密封保存, 防止其失效。对部分材料进行防冻预处理。砂石骨料在使用前要清除表面冻结的冰块与积雪, 必要时可以采用蒸汽加热或热水冲洗的方式提升骨料温度。拌合用水要采用锅炉加热, 严格控制水温, 避免水温过高导致水泥假凝。合理选用冬季施工专用材料, 比如抗冻型混凝土外加剂、早强型水泥等, 通过优化材料性能, 提升工程结构的抗冻能力。

1.3 机械设备与施工场地准备

对所有参与冬季施工的机械设备进行全面检修与维护, 更换适合低温环境的润滑油与燃油, 加装发动机保温套、水箱防冻液等防冻装置, 防止设备因低温无法启动或故障运行。混凝土拌合站、砂浆搅拌机核心设备要搭建保温棚, 棚内设置暖气或热风装置, 确保设备工作环境温度满足施工要求。对施工场地进行平整与硬化处理, 及时清除场地内的积雪与积水, 防止路面结冰。在拌合站、料场、施工便道等关键区域铺设防滑草垫或撒布融雪剂, 保障材料运输与人员通行安全。搭建混凝土浇筑、路基碾压等工序的临时保温棚, 棚内配备暖风

机、蒸汽发生器等升温设备，为冬季施工营造适宜的作业环境。

2 施工过程防冻技术措施

2.1 路基工程冬季施工防冻措施

路基填筑施工要选择未冻结的填料，严禁使用含有冰块、冻土块的填料进行填筑。填筑过程中要控制填料的含水率，让它处于最佳含水率范围内，避免含水率过高导致填料冻结。路基碾压要在填料未冻结前完成，采用重型压路机分层碾压，确保每层压实度达到设计标准。碾压完成后及时用保温帆布覆盖，防止路基表层土体受冻。针对路基边坡易受冻融侵蚀的问题，采用保温毡与土工布复合覆盖的方式进行防护，减缓冻融循环对边坡土体的破坏。对于已填筑完成的路基，如果出现冻胀现象，要在解冻后及时进行补压处理，消除融沉变形带来的质量隐患。同时，完善路基排水系统，及时排出路基范围内的积水，防止积水冻结引发路基病害。

2.2 桥梁工程冬季施工防冻措施

2.2.1 混凝土施工防冻技术

混凝土拌合阶段要采用“双掺技术”，合理掺加早强剂与防冻剂，加速混凝土水化反应，降低混凝土冰点。严格控制混凝土拌合料的出机温度与入模温度，拌合过程中可以采用加热骨料、热水拌合的方式，确保混凝土出机温度不低于规范要求。混凝土运输要采用保温罐车，运输过程中对罐体进行包裹保温，减少热量损失。混凝土浇筑要选择气温相对较高的时段进行，浇筑完成后及时用保温被、塑料薄膜双层覆盖，必要时在保温棚内设置蒸汽养护或电加热养护设备，保证混凝土养护期间的温度稳定。混凝土养护期间要重点监测温度变化，确保混凝土内部温度与表面温度差值在合理范围内，防止因温差过大引发温度应力裂缝。

2.2.2 钢筋与砌体施工防冻措施

钢筋加工要在保温棚内进行，避免钢筋在低温环境下发生脆断。钢筋焊接要在室内或封闭的保温区域开展，焊接完成后要对焊接接头进行保温养护，防止接头温度骤降导致焊接性能下降。钢筋安装完成后，要及时清除表面的积雪与冰霜，避免钢筋与混凝土之间出现隔离层。砌体工程施工要采用抗冻型砂浆，砂浆拌合用水要加热，拌合后的砂浆要在规定时间内使用完毕，严禁使用已冻结的砂浆。砌筑过程中要采用“三一砌筑法”，确保砂

浆饱满度，砌筑完成后及时用保温材料覆盖砌体表面，防止砂浆受冻影响粘结强度。

2.3 附属工程冬季施工防冻措施

桥面铺装施工要在桥梁主体结构温度稳定后进行，铺装层混凝土要选用快硬早强型材料，掺加抗冻剂与引气剂，提升混凝土的抗冻性与抗裂性。铺装完成后及时覆盖保温被，采用蒸汽养护的方式加速强度增长，养护期间禁止车辆通行，防止铺装层表面受损。边坡防护工程中的喷锚支护施工，要在气温高于5℃的环境下进行，喷射混凝土要采用加热拌合料，喷射完成后及时覆盖保温材料养护。浆砌片石护坡施工要避开雨雪天气，砌筑完成后采用保温毡覆盖，防止砂浆受冻脱落。

3 冬季施工全过程质量管控

3.1 多维度智能温度监控体系构建

温度是决定冬季路桥施工质量的核心要素。要放弃传统人工单点监测的方式，打造覆盖“材料制备-运输浇筑-养护成型”全流程的多维度智能温度监控体系。在拌合站安装骨料、拌合用水、混凝土出机温度传感器。实时收集数据并上传到终端平台，保证拌合料温度一直符合规范要求。在混凝土运输罐车上加装温度追踪仪。全程记录运输时的温度变化，避免因为运输距离太远、保温措施不到位造成的热量流失。在浇筑现场放置环境温度监测设备。同时监测大气温度和作业面温度，为选择浇筑时机提供数据参考。在混凝土结构内部预埋测温探头，再搭配表面的温度监测点。形成“内部-表面-环境”三层温度监测网络，准确掌握温度梯度的变化情况。监控体系要设置分级预警的数值标准。当监测温度低于预设标准时，系统会自动发出声光警报，同时把预警信息发送到管理人员的手机上。技术人员要根据预警等级及时采取应对办法。比如调整拌合料加热温度、增加保温层厚度、启动应急升温设备等。同时，建立温度监测数据台账。把每一组数据和对应的施工工序一一匹配，形成可追溯的温度管控档案，为后续质量评定和技术优化提供详细依据。

3.2 全流程工序动态验收机制

冬季施工工序之间的衔接质量直接影响工程整体稳定性。要建立全流程工序动态验收机制，打破“事后验收”的局限，实现对工序质量的实时把控。在工序开始前，执行“条件验收”制度。检查施工环境温度、材

料预热状态、设备保温措施是否满足施工要求,不达标就不能开工。以混凝土浇筑为例,浇筑前要检查模板保温效果、钢筋表面清洁度、拌合料入模温度。任何一项指标不达标,都要整改后重新验收。工序施工过程中,采用“旁站监督+随机抽检”结合的验收模式。针对关键工序安排专职监督人员,全程跟踪施工操作是否规范。比如路基碾压的遍数和压实顺序、混凝土振捣的深度和频次、钢筋焊接的焊缝质量等。同时,用便携式检测设备进行随机抽检。快速测出路基填料含水率、混凝土坍落度、砂浆粘结力等关键指标,保证施工过程一直处于质量可控状态。工序完成后,执行“闭环验收”流程。验收人员要对照质量标准逐项检查,出具验收报告。验收合格的工序,才能进入下一道施工环节。存在质量缺陷的工序,要明确整改要求和期限,整改完成后组织二次验收,直到指标达标。通过“事前条件验收-事中过程验收-事后结果验收”的全流程管控,彻底消除工序衔接中的质量隐患。

3.3 质量缺陷溯源与动态纠偏管理

冬季施工受低温影响容易产生隐蔽性质量缺陷。要建立质量缺陷溯源与动态纠偏管理机制,实现“发现-分析-处理-反馈”的闭环管控。定期组织专业技术团队开展施工现场质量巡检。重点检查混凝土早期冻害裂缝、路基填料冻胀疏松、砌体砂浆空鼓脱落等冬季高发缺陷。用无损检测技术扫描结构内部质量,避免表面检查遗漏深层隐患。对排查出来的质量缺陷,启动溯源分析流程。从“材料、工艺、环境、操作”四个方面查找问题根源。如果是材料问题,要追查原材料进场检验记录,重新评估材料的抗冻性能,更换不合格批次的材料。如果是工艺问题,要优化施工参数,比如调整混凝土外加剂掺量、改进路基碾压工艺、完善养护保温措施。如果是环境问题,要采取针对性防护办法,比如搭设防风保温棚、增设临时加热设备。如果是操作问题,要对施工人员开展再培训,让他们牢牢掌握冬季施工技术要点。针对不同类型的质量缺陷,制定不同的处理方案。混凝土表面的细微裂缝,用渗透型环氧树脂浆液灌注修补,恢复结构密实性。路基局部冻胀沉降,采用注浆加固结合补压工艺,提升路基承载力。砌体砂浆空鼓,要剔除松动砂浆,重新用抗冻砂浆砌筑,并加强养护保温。缺陷处理完成后,要进行效果验证检测。同时把问题根源和处理方案

录入质量管控数据库,形成案例库,为后续同类工程提供参考。

4 结语

冬季低温环境给路桥工程施工质量带来的挑战具有显著的特殊性。同时,这类挑战还具备突出的复杂性。防冻措施的科学落实与质量保障体系的完善构建,是突破冬季施工瓶颈的核心抓手。前期筹备阶段的方案优化、材料预处理与设备场地准备,为冬季施工筑牢了基础防线。施工过程中差异化的防冻技术应用,针对路基、桥梁及附属工程的不同特性。通过该技术应用精准破解了混凝土受冻、路基冻胀等关键问题。而多维度智能温度监控、全流程工序动态验收、质量缺陷溯源纠偏等管控手段,则形成了覆盖施工全周期的质量防护网络。通过该防护网络实现了从被动应对到主动防控的转变。路桥工程冬季施工质量的保障,既需要依托技术层面的创新与优化。选用适配低温环境的材料与工艺,也离不开管理层面的精细化与标准化。通过严格的过程管控与动态调整,规避各类质量隐患。在交通基础设施建设持续推进的背景下,冬季施工的需求将长期存在。唯有不断总结实践经验,融合智能化监测技术与绿色施工理念。推动防冻措施与质量保障方案的迭代升级,才能在降低施工成本的同时,确保冬季施工的工程质量与安全,为路桥工程的长效稳定运行奠定坚实基础。助力交通建设事业实现高质量发展。这一发展模式更可为寒区交通工程建设的标准化、规范化发展提供理论参考与实践指引。

参考文献

- [1] 卢辑. 浅谈冬季混凝土工程施工方法[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (28): 145-147.
- [2] 韩月华. 冬季混凝土施工与养护措施探究[J]. 房地产世界, 2022, (17): 149-151+154.
- [3] 刘东海, 戴怀建, 郑涵. 心墙相变砾质土工程特性及寒区冬季施工防冻控温研究[J]. 水利学报, 2022, 53(08): 914-925.
- [4] 张艺夕, 张丰润泽, 桑宇彤等. 适合北方冬季施工的清洁压裂液应用现状及思考[J]. 化工进展, 2022, 41(09): 5003-5010.
- [5] 陈光硕, 周涛. 冬季施工安全管理应牢记[J]. 就业与保障, 2019, (22): 40.