

高速铁路桥梁冬期施工技术

杨鹏

中国水利水电第三工程局有限公司

摘要: 随着高速铁路建设高速发展,及线型工程的不可预见因素引起工期滞后,为满足工期需求,必不可免的需进行冬期施工,本文针对高速铁路桥梁冬期施工技术进行阐述,分别阐述了混凝土拌和站、桥梁承台、墩身及现浇连续梁的冬期施工技术方法,为类似工程冬期施工提供参考资料和经验。

关键词: 高速铁路;桥梁冬期施工;施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.044

一、冬期施工标准

根据《铁路混凝土工程施工技术规程》的规定:当室外日平均气温连续3天低于5℃或最低气温低于0℃时,混凝土(含砌体)施工应按冬期施工办理。当室外日平均气温连续5天高于5℃时解除冬期施工。

二、冬期施工准备

(一)冬期施工技术准备

(1) 编制冬期施工方案报监理、建设单位审批,审批合格后对作业班组及现场管理人员进行冬期施工安全技术交底及教育。组织全体人员进行冬期施工技术交底,掌握冬期施工技术要点。

(2) 落实混凝土的防冻要求、混凝土原材料的加热温度以及混凝土出机温度要求,现场砼入模温度的控制,以保证冬期混凝土的施工质量。

(3) 根据《普通混凝土设计规程》《铁路混凝土工程施工技术规程》等相关技术要求设计冬期混凝土最佳配合比,经监理工程师批准后使用。

(4) 根据《铁路混凝土工程施工技术规程》要求,冬期施工的混凝土除按规定制作标准混凝土试件外,应根据养护、拆模和承受荷载的需要,增加与结构同条件养护的施工试件不少于2组,其2组试件应在解冻后试压。

(5) 根据施工的具体情况,确定冬期施工需要采取防护的具体工程项目或工作内容,制定相应的冬期施工防护措施,并做好物资储备和机械设备的保养工作。

(二)冬期施工安全准备

(1) 冬期施工前由办公室与当地气象部门取得联系,及时掌握天气变化趋势和动态,以利于安排施工,做好预防准备工作。

(2) 施工机械要加强保养,勤打黄油,及时换冬期机油,水箱内要及时加入防冻液;对易损部件勤检查,发现问题及时维修、更换;对一些外露易损部件要进行适当包裹,防止冻裂设备。

(3) 现场值班室及仓库必须达到过冬条件,对外露门窗加挂保温门帘及窗帘。室内采用电暖器取暖,并设置必须的通风口,保证室内空气良好,并准备好各种抢救设备。

(4) 在进入冬期前施工现场提前作好防寒保暖工

作,对人行道路、坡度陡的便道和作业场所采取防滑措施。现场准备除冰盐。

(5) 建立健全冬期施工制度,组织好施工准备工作,随时检查落实,查出问题及时解决,并进行复查。

(6) 排除现场积水,对施工现场进行必要的修整,截断流入现场的水源,做好排水措施,消除现场施工用水、用汽造成场地结冰现象。

(7) 施工场地积雪清扫后,不应放在机电设备、构件堆放场地附近。并保证消防道路的畅通。

(三)冬期施工物资、设备准备

根据冬期施工进度安排及主要工程量,对冬期施工所需要的物资进行充分准备,但以节约资源、有效合理利用、减少施工成本为原则。主要包括融雪防滑物资、保温物资、升温设备、消防物资设备、应急救援物资设备等。

三、冬期施工技术

(一)钢筋工程冬期施工技术

钢筋焊接尽量安排在钢筋加工厂内进行,钢筋应提前运入加工厂,焊接完毕后的钢筋待完全冷却后方能运至室外。雨雪天气、风速超过8m/s在室外焊接时,必须采取遮挡措施,采用防火保温被等搭设临时工棚,并在工棚内设置暖风机、电暖炉等进行升温,保证焊缝和热影响区能够缓慢冷却。室外钢筋焊接时选用韧性较好的焊条,焊接后的接头严禁立即接触冰雪。

钢筋焊接宜采用多层控温施焊工艺,既要防止焊后冷却速度过快,也要防止接头过热。钢筋冷弯温度不宜低于-20℃,当温度低于-20℃时,不得对HRB400钢筋进行冷弯操作。在负温条件下使用的钢筋,施工过程中应加强检验、检查;

(二)混凝土拌制及运输冬期施工技术

1. 拌和系统保温措施

(1) 料仓保温

料仓大门悬挂保温被进行封闭,同时砂仓单独利用料仓内隔墙搭设小型暖棚,内部采用暖风炮、电暖炉进行加热,防止热量损失,保证骨料温度不低于0℃,料仓内设置温度计对环境温度进行监控。

(2) 外加剂房、拌和楼、搅拌机棚保温

外加剂房:采用保温棉+保温铝箔纸对外加剂罐体进行保温。

拌和楼、搅拌机:拌和楼由彩钢夹芯板构成,采用电暖炉、暖风机进行升温。搅拌机棚内设置温度计监控环境温度。

(3) 冬期施工用水

拌和用水:采用电加热器对拌和用水进行加热,水的加热温度控制在80℃以内,混凝土搅拌时先投入骨料和热水,拌匀后再投入水泥。

蓄水池:采用彩钢夹芯板+塑料布覆盖保温,蓄水

池内备有电加热器。

供水管道：室外供水管道采用保温棉+保温铝箔纸进行保温，保证供水过程中的温度。

2. 混凝土拌制

混凝土选用较低的水胶比和较小的坍落度，并严格控制泌水和坍落度损失，保证低温下的早期强度满足要求。

混凝土拌制前进行热工计算，混凝土原材料使用时的温度根据热工计算和实际试拌情况确定。采用加热拌和用水为主，辅以骨料保温和加热措施，对骨料采取防风雪措施，对外加剂采取保温措施，以保证混凝土的初始热量。确保冬期混凝土出机温度不低于 10°C ，灌注时温度不低于 5°C 。保证冬期混凝土的施工强度质量合格。

骨料不采取加热措施，水温最高加热至 80°C ，搅拌时先投入骨料和已加热的水，拌匀后再加入水泥。混凝土搅拌时间较常温施工延长50%左右，搅拌混凝土前及停止搅拌后，用热水冲洗搅拌机鼓筒。

3. 混凝土运输及泵送

混凝土的运输时间尽可能短，混凝土罐车采用保温篷布包裹，运输途中采用保温被制作的扣盖对罐体进出口进行封闭，减少热量损失。混凝土到达现场后快卸快浇，尽量减少混凝土运输车在现场的停滞时间，减少温度损失，保证混凝土的入模温度不低于 5°C 。

(三) 承台冬期施工技术

1. 保温措施

承台施工优先采用蓄热法养护；当蓄热法养护不能达到要求时（环境温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ），采用暖棚法养护，混凝土表面覆盖塑料薄膜进行保湿。

蓄热法：承台模板外包裹防火保温被，当新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或其他介质间的温差大于 15°C 、仓内温度低于 2°C 时，混凝土浇筑前用暖风机对仓内进行预热；保温材料需在混凝土浇筑前包裹严密，以免混凝土入模时由于温度骤降导致混凝土冻伤。混凝土浇筑完成后，及时覆盖塑料布及棉被，当养护温度低于 -10°C 时增加电热毯升温。

暖棚法：混凝土浇筑之前利用承台基坑，并于承台四周设置钢管支撑，沿承台长边不少于4根、短边不少于2根。顶部采用钢管做为暖棚骨架，顶部覆盖保温棚布构成暖棚，混凝土浇筑前用暖风机对仓内进行预热，确保仓内温度不低于 5°C ，混凝土浇筑时，篷布不得全部敞开、混凝土浇筑完毕及时恢复以起到好的保温效果，混凝土强度达到设计强度的60%以上时，可关闭暖风炮或熄灭锅炉，拆除模板并及时回填。

2. 混凝土施工

混凝土浇筑前于承台中心位置，距承台表层不少于1m位置埋设测温元件，测设混凝土芯部温度，测温线外露接头需包裹胶带防止浇筑过程中混凝土污染。混凝土浇筑在10点~16点进行，避免最低气温和气温急剧变化时段。新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或其他介质间的温差大于 15°C 、与混凝土接触的地基面的温度低于 2°C 时禁止浇筑混凝土。仓内温度低于 2°C 时，混凝土浇

筑前用暖风炮对仓内进行预热。

混凝土浇筑完成且表面初凝后，迅速在其表面均匀覆盖塑料布+防火保温被，并用方木压好，边角部位严密并压实。

拆模时必须经过试块试压，达到拆模强度、收到实验室出具的拆模报告后，方可进行拆模。

模板拆除完成后，在混凝土结构表面包裹塑料布+防火保温被继续保温养护，必要时内部增加一层电热毯。养护时间不少于14天，养护温度不低于 10°C ，养护期间设专人测温并记录。

养护结束时间以混凝土强度为依据，混凝土强度达到设计强度的60%之前不得受冻；浸水冻融条件下的混凝土强度达到设计强度的75%之前不得受冻。

(四) 墩身冬期施工技术

墩台施工优先采用蓄热法养护；当蓄热法养护不能达到要求时（环境温度 $\leq -5^{\circ}\text{C}$ ），采用暖棚法养护，混凝土表面覆盖塑料薄膜进行保湿。

蓄热法：墩台模板外侧喷涂阻燃聚氨酯泡沫，包裹防火保温被；当新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或其他介质间的温差大于 15°C 、仓内温度低于 2°C 时，混凝土浇筑前用暖风炮对仓内进行预热；拆模养护时采用塑料膜+防火保温被包裹。

暖棚法：现场模板安装完成后，利用墩身外侧搭设脚手架作为暖棚骨架。

在双排脚手架外沿悬挂防火保温被（要求搭接紧密，不透风），将墩身整体全部包裹（顶部预留浇筑孔，浇筑完成后封闭）。

根据墩身范围内空间在暖棚内设置暖风机（具体个数根据实际保温情况进行调整），浇筑前对仓内进行升温，当棚内温度达到 10°C 后开始浇筑混凝土，浇筑完成后对预留浇筑孔进行封闭，并设置温度计监测棚内温度，温度计应设置于远离暖风机位置（即棚内温度最低位置），确保养护期间棚内温度不低于 5°C 。

混凝土浇筑选择在10点~16点进行，避免最低气温和气温急剧变化时段。于墩身中心位置，距顶帽表层不少于1m位置埋设测温元件，测设混凝土芯部温度。混凝土施工参照承台。

(五) 现浇连续梁施工冬期施工技术

现浇连续梁一般不建议冬期施工，必须进行冬期施工时，必须采取可靠的保温措施，当工程所在地区最低冬施气温高于 -10°C 时，可于挂篮模板外侧喷涂5cm~10cm厚聚氨酯保温材料，梁端采用棉被封闭，梁顶采用塑料薄膜+棉被覆盖保温（必要时棉被底部加设电热毯），梁内采用热风机加热。

当工程所在地区最低冬施气温低于 -10°C 时，梁体两侧及底部，利用挂篮模板架体，挂设安装保温板进行整体封闭，封闭部位应延伸至已浇筑完成梁段不小于1m，梁端及其余空隙部位采用棉被封闭，梁顶利用挂篮主桁架，采用保温棉被搭设暖棚，暖棚内及梁内采用热风机加热。

施工过程中安排专人管理暖棚，消除安全隐患。同时根据在梁面、梁内、翼缘板下部等不同的位置，摆放

多个温度计，及时对暖棚内的温度进行测量，并形成测温记录。

1. 混凝土施工

混凝土浇筑前暖棚开始预热，保证棚内温度不低于5℃。新浇筑混凝土入模温度与邻接的已硬化混凝土表面的温差不大于15℃；与新浇筑混凝土接触的已硬化混凝土、钢筋和模板的温度不应低于2℃，控制混凝土内外温差满足要求。

①混凝土浇筑选择在10点~16点进行，避免最低气温和气温急剧变化时段。夜间禁止浇筑混凝土。

②混凝土浇筑前，清除模板和钢筋上，特别是新老混凝土交接处的污垢，并关注天气预报，严禁在寒流（大风、大雨、大雪）袭击的情况下施工。

③混凝土浇筑采用混凝土泵车泵送，输送管用保温材料进行包裹，减少热量散失。

④混凝土入模温度不低于5℃。混凝土浇筑时分层分段连续浇筑，顶板施工完成后及时进行覆盖保温，防止混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化，以保证达到预期强度。

⑤于顶板、腹板及底板混凝土中心位置埋设3根测温元件，测设混凝土芯部温度。

2. 混凝土养护

混凝土浇筑完毕后，封闭暖棚，采用热风炮升温，采用小型加湿器进行加湿养护，升温速度控制在小于10℃/h以内，当撤除保温措施后混凝土养护期限不足时，梁体表面涂刷养护剂。

养护期间，混凝土芯部温度不宜超过60℃，最高不得大于65℃；混凝土芯部温度与表面温度之差、表面温度与外界环境温度之差不大于15℃。利用梁体浇筑时在腹板、底板、顶板混凝土中心部位埋设测温元件，量测混凝土芯部温度，测温元件设置于：顺桥于浇筑梁段中部，横桥向放置于腹板、底板、顶板中部。在暖棚底层和上层放置温度计，派专职人员测量温度，根据实际情况调整养护温度。

混凝土养护分为四个阶段，预养期为加热升温前的一段静放置时间；升温期为介质温度由初始温度升到恒温温度的时间；恒温期为混凝土强度主要的增长期；降温期为介质温度由恒温温度降到去除养护措施。养护时根据混凝土内部温度调整养护温度，以混凝土强度为终止混凝土养护的依据。混凝土强度达到设计强度的60%之前不得受冻；浸水冻融条件下的混凝土强度达到设计强度的75%之前不得受冻。

四、冬期施工试块留置

在混凝土施工过程中，除根据规范要求留置养护试块外，需另增加同条件养护试块供拆模、撤除保温设施及出具强度报告使用，试块于浇筑地点随机取样制作，进行同条件养护：

承台、墩身：留置3组同条件养护时间（1组供拆模使用，1组供撤除保温设施使用，1组供56天混凝土强度验证使用）；

连续梁：在原（留置3组，2组抗压强度试块，1组弹性模量试块）基础上增加2组（供拆模及28天梁体强

度验证使用）；

五、冬期施工温度监控

（一）施工测温范围

- (1) 室外气温；
- (2) 水、水泥、砂、石子、外加剂溶液等原材料温度；
- (3) 混凝土拌制棚内温度；
- (4) 混凝土出机温度及入模温度；
- (5) 混凝土养护温度；
- (6) 混凝土施工作业环境温度；
- (7) 其他需测温的项目。

（二）测温设备

- (1) 环境温度采用玻璃水银温度计检测。
- (2) 原材料、混凝土施工期、混凝土表面温度采用测温枪检测。
- (3) 混凝土入模后、养护温度采用预埋测温元件检测。

（三）测温频次

测温项目及测温频次

测温项目	测温次数	测温时间	备注
室外气温	每日三次	6时、14时、21时	
工点环境温度	每工作班四次	2时、8时、14时、20时	
水、水泥、砂、石子	每工作班四次	2时、8时、14时、20时	
外加剂溶液温度	每工作班四次	2时、8时、14时、20时	
搅拌机棚环境温度	每工作班四次	2时、8时、14时、20时	
混凝土出机温度	每车一次	-	
混凝土入模温度	每车一次	-	
混凝土养护温度	多次	每4h检测一次	蓄热法
		升、降温期间每1h检测一次，恒温期间每2h检测一次	电热法、暖棚法

承台中心最少预埋一处测温元件；墩台中心每仓预埋一处测温元件；连续梁顶板、腹板、底板分三层在梁端及中心位置预埋测温元件。

结束语

桥梁冬期施工质量、安全控制是重中之重，因此施工前必须严格制定施工技术方案，并按照制定的方案组织施工，施工过程中，配备责任心较强的技术管理人员及安全管理人员全程盯控，确保施工现场规范施工，同时严格执行各项测温管理及养护保温措施，确保实体质量。

参考文献

- [1] 张敏刚. 高速公路沥青混凝土冬季低温施工的注意事项[J]. 科技创新导报, 2016, 13(29): 15+17.
- [2] 尤昌龙. 提高高速铁路路基生命力的技术措施探讨[J]. 高速铁路技术, 2017, (4)
- [3] 王调平. 铁路桥梁混凝土冬季低温施工技术[J]. 建材与装饰, 2018(07): 283.