

DB 23

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T 3964—2025

高寒地区公路工程大体积混凝土冬期施工 技术规范

2025 - 08 - 29 发布

2025 - 09 - 29 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原材料	3
4.1 一般规定	3
4.2 粗、细集料	3
4.3 水泥	3
4.4 矿物掺合料	4
4.5 外加剂	4
4.6 混凝土用水	4
5 配合比设计	4
5.1 一般规定	4
5.2 配合比设计原则	4
6 施工控制	5
6.1 一般规定	5
6.2 配合比控制	5
6.3 混凝土搅拌	5
6.4 混凝土运输	6
6.5 混凝土浇筑	6
6.6 混凝土养生	7
6.7 大体积混凝土保温、测温和控温	8
6.8 大体积混凝土拆模	9
6.9 特殊气候条件下大体积混凝土施工	10
7 质量检测	10
7.1 一般规定	10
7.2 混凝土试件制作、养生及检测	10
8 安全规定	10
8.1 一般规定	10
8.2 防火安全	11
8.3 用电安全	11
8.4 其他	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些部分可能涉及专利，本文件发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：龙建路桥股份有限公司、黑龙江工程学院、黑龙江东方学院、黑龙江省交通运输信息和科学研究中心、黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、东北林业大学。

本文件主要起草人：朴志海、王 艳、王 腾、石桂梅、武 鹤、初文磊、杨洪生、张伟健、范井全、李 满、陈兴盛、于广涛、刘劲草、矫 震、王得成、李天鸿、张世明、刘永生、丛 赫、刘亚男、李齐利、计伟帅、万照龙、刘彦程、姜紫毅、吴 迪、王普夷、李广利、孙秀辉、张静波、高彦宝、张广伟、姚瑞珊、王文会、孙佳煜、杨宝权、李 晶、池 波。

高寒地区公路工程大体积混凝土冬期施工技术规范

1 范围

本文件规定了高寒地区公路工程大体积混凝土冬期施工中的术语和定义、原材料、配合比设计、施工控制、质量检测和安全管理。

本文件适用于高寒地区公路工程大体积混凝土冬期施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB 8076 混凝土外加剂
GB/T 9142 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机
GB/T 12959 水泥水化热测定方法
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB 50119—2013 混凝土外加剂应用技术规范
GB 50164 混凝土质量控制标准
GB 50496—2018 大体积混凝土施工标准
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
GB/T 50905 建筑工程绿色施工规范
GB/T 51003—2014 矿物掺合料应用技术规范
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 104—2011 建筑工程冬期施工规程
JT/T 523 公路工程水泥混凝土外加剂
JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
JTG/T D31-06 季节性冻土地区公路设计与施工技术规范
JTG F90 公路工程施工安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高寒地区

累年最冷月平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ，或日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $\geq 145\text{ d}$ 的地区。

3.2

大体积混凝土

混凝土结构物实体最小尺寸不小于1 m的大体量混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。

[来源：GB 50496—2018, 2.1.1]

3.3

冬期施工

根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续5 d稳定低于5℃后进行的施工。

[来源：JGJ/T 104—2011, 1.0.3, 有修改]

3.4

胶凝材料

凡是经过一系列物理、化学变化，能将散粒状或块状材料粘结成整体的材料，统称为胶凝材料，本文件指配制混凝土的硅酸盐水泥和活性矿物掺合料的总称。

[来源：GB 50496—2018, 2.1.2, 有修改]

3.5

矿物掺合料

以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要成分，具有规定细度，掺入混凝土中能改善混凝土性能的粉体材料。

[来源：GB/T 51003—2014, 2.1.1]

3.6

相容性

含减水组分的混凝土外加剂与胶凝材料、骨料、其他外加剂相匹配时，拌合物的流动性极其经时变化程度。

[来源：GB 50119—2013, 2.1.2]

3.7

混凝土绝热温升

假定混凝土浇筑体处于绝热状态条件下，其内部某时刻的温升值。

[来源：GB 50496—2018, 2.1.15, 有修改]

3.8

里表温差

混凝土浇筑体内最高温度与外表面50 mm处的温度之差。

[来源：GB 50496—2018, 2.1.10]

3.9

受冻临界强度

冬期浇筑的混凝土在受冻之前必须达到的最低强度。

[来源：JGJ/T 104—2011, 2.0.2]

3.10

蒸汽养生法

蒸汽养生又称湿热养生，是以水蒸汽为热介质，使混凝土加速硬化的养生方法。

3.11

暖棚养生法

将被养生的混凝土构件或结构置于搭设的暖棚中，内部设置散热器、排管、电热器或火炉等设施加热棚内空气，使混凝土处于正温环境下养生的方法。

[来源：JGJ/T 104—2011, 2.0.10, 有修改]

3.12

加热养生法

通过采用适当加热措施，提高环境和混凝土温度的养生方法。

4 原材料

4.1 一般规定

4.1.1 混凝土用原材料，其技术性能应满足 JTG/T 3650 和 JTG/T D31-06 有关规定。

4.1.2 当混凝土用原材料温度不能满足热工计算要求时，除加热拌合用水与粗细集料外，不应直接加热水泥、矿物掺合料和外加剂。

4.1.3 对需加热的原材料，应事先经过热工计算后，按照计算的温度试拌混凝土，并实测出机温度后综合确定原材料加热温度。热工计算按 JGJ/T 104—2011 有关规定执行。

4.1.4 水泥、矿物掺合料和粉剂外加剂应防潮防冻，水剂外加剂应防冻。

4.2 粗、细集料

4.2.1 粗、细集料应洁净，不应混有泥土、冰雪、冻块及其它杂质。应加强对针片含量、压碎值、密度、孔隙率、含泥量和含水率等参数的控制。

4.2.2 粗、细集料控制的参数技术要求除应满足 4.1 有关规定外，尚应满足下列规定：

- a) 细集料采用中砂，细度模数大于 2.3，含泥量不应大于 2.5 %；
- b) 粗集料粒径范围为 5.0 mm~31.5 mm，含泥量不应大于 1.0 %；
- c) 当采用非泵送施工时，粗集料的粒径可适当增大，最大粒径不应大于 40 mm；
- d) 不应使用具有碱活性的粗、细集料。

4.2.3 混凝土施工时如需对粗、细集料进行加热，其加热温度不宜超过 40℃。

4.3 水泥

4.3.1 水泥品种的选择应根据工程环境特点和养生方案，并通过混凝土配合比试验确定，其特性不应対混凝土的工作性能、强度和耐久性产生不利影响，技术性能应满足 GB 175 有关规定。

4.3.2 当混凝土采用暖棚养生法养生时，宜优先选用普通硅酸盐水泥；当采用蒸汽养生时，宜优先选用矿渣硅酸盐水泥。

4.3.3 水泥用量和强度等级的选用应满足以下规定：

- a) 水泥强度等级不低于 42.5；
- b) 混凝土的水泥用量，根据试验结果确定；
- c) 对于强度等级不大于 C30 的大体积混凝土，水泥强度等级不受此规定限制。

4.3.4 大体积混凝土应选用水化热较低、凝结时间较长的通用硅酸盐水泥。

4.3.5 除检测水泥常规参数外，宜增加检测水化热参数。水泥水化热检测方法按 GB/T 12959 有关规定

执行。

4.4 矿物掺合料

4.4.1 矿物掺合料应保证其产品品质稳定，来料均匀，应由生产单位专门加工，进行产品检测并出具产品合格证书，技术性能应满足 GB/T 1596、GB/T 18046 及 GB/T 51003 有关规定。

4.4.2 大体积混凝土应掺加粉煤灰、磨细粒化高炉矿渣粉或其他适宜的矿物掺合料，掺入量应在使用前通过试验确定。

4.4.3 矿物掺合料在运输与储存中，应有明显标识，严禁与水泥等其他粉状材料混杂。

4.5 外加剂

4.5.1 大体积混凝土应优先选用聚羧酸盐系减水剂，其技术性能应满足 GB 8076、GB 50119 和 JT/T 523 有关规定，并与水泥、矿物掺合料、集料之间具有良好的相容性。

4.5.2 大体积混凝土掺加的外加剂，应经过具备相关资质的检测机构检测并附有检测合格证明的产品说明书，外加剂进场后应按 GB 8076 有关规定进行复验，复验结果满足设计和配合比要求后方可用于工程中。

4.5.3 大体积混凝土选用的外加剂，应满足下列规定：

- a) 外加剂的品种、掺量根据材料和配合比试验确定；
- b) 外加剂供应商提供外加剂对混凝土收缩性能的检测数据；
- c) 混凝土中游离氯离子含量最大值按照表1规定执行。

表 1 混凝土中游离氯离子含量最大值

环境类别与作用等级	钢筋混凝土	预应力混凝土
Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ	0.10%	0.06%
Ⅰ-B、Ⅰ-C、Ⅴ、Ⅵ	0.20%	
Ⅰ-A、Ⅶ	0.30%	
注1：表中氯离子含量以胶凝材料质量百分数计。		
注2：环境类别和作用等级应满足 JTG/T 3310 有关规定。		

4.6 混凝土用水

4.6.1 混凝土的拌合及养生用水应满足 JGJ 63 有关规定。

4.6.2 混凝土拌合用水加热温度不应超过 60℃。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 在进行配合比设计时，应考虑大体积混凝土冬期施工强度增长较慢的特点，选择较低水胶比。

5.1.2 配合比设计时应充分考虑耐久性问题，在与养生方式不发生冲突前提下，宜考虑掺加利于施工及提高抗冻能力的引气剂或引气减水剂。

5.1.3 宜将混凝土 60 d 抗压强度作为配合比设计依据。

5.2 配合比设计原则

5.2.1 在确定混凝土配合比时，应根据混凝土温控方案和温控指标的要求，提出制备混凝土时对水泥、矿物掺合料、外加剂、粗、细集料、拌合用水的技术措施。具体要求如下：

- a) 应采取选择低水化热水泥、降低水泥用量、大掺量掺加矿物掺合料、掺加缓凝减水剂等综合措施，降低混凝土绝热温升值；推迟混凝土最高温升值出现的时间；
- b) 单掺粉煤灰时，掺量不宜大于胶凝材料用量的50%；单掺磨细粒化高炉矿渣粉时，掺量不宜大于胶凝材料用量的40%；两者双掺时，掺量总和不宜大于胶凝材料用量的50%，具体掺量应通过配合比及绝热温升试验确定；
- c) 选择最佳砂率，提高粗骨料含量，优化粗、细骨料级配；
- d) 在满足和易性与施工需要前提下，混凝土拌合物的坍落度宜取较小值。

5.2.2 在进行混凝土配合比设计时，应按设计要求，增加混凝土抗冻试验。

6 施工控制

6.1 一般规定

6.1.1 大体积混凝土冬期施工应满足GB 50164、GB 50496、GB 50666、JGJ/T 104和JTG/T 3650有关规定。

6.1.2 大体积混凝土冬期施工准备阶段，应按施工工序合理搭设保温大棚，对混凝土原材料、搅拌设备、运输设备、混凝土待浇筑部位及已浇筑完成部位进行有效保温。

6.1.3 大体积混凝土施工前，应对混凝土结构物的温度、温度应力及收缩应力进行计算，并确定混凝土结构物的温升峰值，里表温差，混凝土表面与大气温差及降温速率等温控指标，同时制定相应的温控技术措施。

6.1.4 大体积混凝土冬期施工前，应与当地气象部门联系，掌握近期气象动态，做好应对气候变化准备工作。

6.1.5 混凝土出机温度应经热工计算确定，确保混凝土入模温度控制在5℃~10℃之间。热工计算按JGJ/T 104—2011有关规定执行。

6.1.6 大体积混凝土冬期施工应采取节能、节材、节水、节地和环境保护措施，并应满足GB/T 50905有关规定。

6.1.7 大体积混凝土冬期施工应保留真实、完整、准确的原始记录和检测报告。

6.1.8 对浇筑完成的大体积混凝土，应采取切实可行的技术保障措施，做好表层保温和内部降温工作，确保混凝土温控指标满足里表温差≤25℃要求。

6.2 配合比控制

6.2.1 高寒地区公路工程大体积混凝土冬期施工前，应对搅拌站计量系统进行检定和校准，确定低温对计量系统影响系数，确保混凝土配合比计量偏差满足质量控制要求。

6.2.2 混凝土原材料计量允许偏差应满足GB 50164和GB 50666有关规定。

6.3 混凝土搅拌

6.3.1 混凝土搅拌机应满足GB/T 9142有关规定，大体积混凝土冬期施工宜选用≥2m³大容量搅拌机。

6.3.2 当环境气温≤0℃时，搅拌混凝土前应使用热水或蒸汽预热搅拌机及混凝土运输设备。

6.3.3 混凝土搅拌站应严格按照工地试验室签发的施工配合比通知单搅拌混凝土，不应擅自改变施工配合比。

6.3.4 搅拌混凝土投料顺序为集料、水，稍加搅拌，再加入水泥和矿物掺合料，最后加入外加剂。混凝土的搅拌时间宜比常温时延长50%左右。

- 6.3.5 混凝土出机温度不宜小于10℃，以保证入模温度不低于5℃，预拌混凝土或需远距离运输的混凝土，混凝土拌合物的出机温度可根据运输距离经热工计算确定，但不宜低于10℃。热工计算按 JGJ/T 104—2011 有关规定执行。
- 6.3.6 大体积混凝土冬期施工时，坍落度允许偏差应满足表 2 的规定。

表 2 坍落度允许偏差 单位为毫米

坍落度范围	允许偏差
100~160	±10
160~200	±20
≥200	±30

6.4 混凝土运输

- 6.4.1 采用搅拌运输车运输的混凝土，当坍落度损失较大无法满足施工需要时，经计算向运输车内加入适量的与原配合比相同的外加剂，并旋转运输车体均匀搅拌混凝土，直至达到要求的坍落度为止。坍落度仍无法满足施工要求时，混凝土应做无害化废弃或另作他用。
- 6.4.2 采用搅拌运输车运输的混凝土，应采取必要的保温措施减少混凝土的热量损失，同时应保证混凝土的和易性。当采用泵送运输时，在输送混凝土前，应依次采用热水、水泥浆或水泥砂浆对泵体和泵管进行预热、润滑，并应对泵送设备采取包裹棉毡或其他保温措施。
- 6.4.3 在混凝土出机后和运输车出发前，应对其测温并记录，其温度应满足热工计算的要求。热工计算按 JGJ/T 104—2011 有关规定执行。

6.5 混凝土浇筑

- 6.5.1 混凝土浇筑时自由倾落高度限值应满足 GB 50666 有关规定。
- 6.5.2 混凝土浇筑前一天，应对浇筑作业面覆盖保温材料保温。
- 6.5.3 混凝土一次浇筑量较少时，宜选择在白天气温较高时段进行浇筑，并适当增加振捣时间。
- 6.5.4 浇筑混凝土时，不应用振捣棒赶料；振捣混凝土时，应保证混凝土均匀、密实，应避免欠振、漏振和过振。
- 6.5.5 在大体积混凝土浇筑过程中，应采取措施防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形，并应及时清除混凝土表面泌水。
- 6.5.6 采用加热法养生现浇混凝土时，应根据加热产生的温度应力对结构的影响采取措施，并应合理安排混凝土浇筑顺序与施工缝留置位置。
- 6.5.7 大体积混凝土冬期浇筑工序规定：
- a) 混凝土应采用泵送方式和二次振捣工艺；
 - b) 混凝土浇筑层厚度应根据所用振捣器作用深度及混凝土的和易性确定，整体连续浇筑时层厚应为 300 mm~500 mm。在被上一层混凝土覆盖前，已浇筑层的混凝土温度不应低于2℃；
 - c) 整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间歇时间，并应在前层混凝土初凝之前将下层混凝土浇筑完毕。
 - d) 层间浇筑间歇时间不应大于混凝土初凝时间，当层间浇筑间歇时间超过混凝土初凝时间时，层面应按施工缝处理；
 - e) 混凝土的浇筑应连续、有序，应减少施工缝。
- 6.5.8 当采取分层间歇浇筑混凝土时，水平施工缝的处理应满足下列规定：
- a) 在已硬化的混凝土表面，凿毛处理表面的浮浆、松动的石子及软弱混凝土层；

- b) 在上层混凝土浇筑前，采用清水冲洗混凝土表面的污物，并充分润湿，不留存积水；
 - c) 新浇筑混凝土振捣密实，并与先期浇筑的混凝土紧密结合。
- 6.5.9 当进行接缝混凝土施工前，应对接缝做保温处理，且满足下列规定：
- a) 接缝表面温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，不能满足此温度要求时，宜采取必要措施用热气加热新旧混凝土结合面。
 - b) 浇筑结束后，立即用棉苫布等保温材料覆盖混凝土表面，使混凝土继续保持正温，直至新浇筑混凝土达到受冻临界强度为止。
- 6.5.10 混凝土受冻临界强度应满足下列规定：
- a) 当采用暖棚法、加热法养生时，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土，不低于设计混凝土强度等级值的40%；采用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及火山灰硅酸盐水泥配制的混凝土，不低于设计混凝土强度等级值的50%；
 - b) 强度等级 $\geq \text{C50}$ 的混凝土，不低于设计强度等级的40%；
 - c) 对有抗冻耐久性要求的混凝土，不低于设计强度等级的80%；
 - d) 对有抗渗耐久性要求的混凝土，不低于设计强度等级的60%。

6.6 混凝土养生

- 6.6.1 混凝土的养生应满足 GB 50164、GB 50666 和 JTG/T 3650 有关规定。
- 6.6.2 大体积混凝土冬期施工养生应针对不同环境和条件，采用不同的养生方法。施工单位应结合施工期环境、施工条件等因素，采用合理适用的养生方法。大体积混凝土常见养生方法及适用范围见表3。

表3 大体积混凝土常见养生方法及适用范围

养生方法	适用范围
蒸汽养生法	大体积混凝土基础、现浇梁、承台、墩柱及盖梁等大体积混凝土结构
暖棚养生法	大体积混凝土基础、大体积混凝土预制和现浇构件
加热养生法	大体积混凝土基础、大体积混凝土预制构件

- 6.6.3 终凝后的混凝土顶面应覆盖一层防水材料 and 保温材料对混凝土裸露外表面进行有效保温养生，确保混凝土在整个养生过程中里表温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.6.3 蒸汽养生法养生混凝土的规定：
- a) 混凝土的蒸汽养生分静停期、升温期、恒温期、降温期四个阶段；
 - b) 在混凝土静停期间，保持暖棚内温度 $> 5^{\circ}\text{C}$ ，混凝土终凝后打开蒸汽阀门开始升温；
 - c) 在混凝土升温期间，当混凝土表面系数 $\geq 6\text{ m}^2$ 时，升温速度 $\leq 15^{\circ}\text{C/h}$ ；表面系数 $< 6\text{ m}^2$ 时，升温速度 $\leq 10^{\circ}\text{C/h}$ 。升温期每30 min 测量一次温度，根据温度的变化情况采取增大和减小阀门放气量调节升温速度；
 - d) 混凝土在恒温期内，温度应 $\leq 45^{\circ}\text{C}$ ，恒温养生时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定；
 - e) 混凝土在恒温期内应通过埋设在混凝土内的温度传感器监测混凝土内部温度。一般要求 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ，当混凝土温度过高时，应提高棚内环境温度，以保证混凝土里表温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ ；
 - f) 混凝土降温阶段，当混凝土表面系数 $\geq 6\text{ m}^2$ 时，降温速度 $\leq 10^{\circ}\text{C/h}$ ；表面系数 $< 6\text{ m}^2$ 时，降温速度 $\leq 5^{\circ}\text{C/h}$ ；
 - g) 蒸养棚内各部位的温差 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ；
 - h) 采用普通水泥配制的混凝土，蒸汽的温度应 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ ；采用矿渣水泥配制的混凝土，蒸汽的温度可控制在 $85^{\circ}\text{C} \sim 95^{\circ}\text{C}$ 范围内。

6.6.4 暖棚养生法养生混凝土的规定：

- a) 当采用暖棚法养生时，棚内各测点温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。暖棚内测温点选择具有代表性位置布置，在距地面高 500 mm 处应设置测温点，所有测温点每昼夜测温 ≥ 4 次；
- b) 养生期间应测量棚内湿度，混凝土不应有失水现象，否则应及时增湿或在混凝土表面洒水养生；
- c) 暖棚的出入口应设专人管理，并应采取防止棚内温度下降或引起迎风口处混凝土受冻的措施；
- d) 在混凝土养生期间应将烟或燃烧气体排出棚外，并应采取防止烟气中毒和防火措施。

6.6.5 加热养生法养生混凝土的种类及规定：

- a) 常用的加热方法主要包括：蒸汽加热法、电燃油暖风机加热法、电暖风机加热法、燃油暖风机加热法、燃气暖风机加热法、电加热法等；
- b) 采用电燃油暖风机加热法、电暖风机加热法等与电有关的加热方法养生混凝土时，应注意用电安全，混凝土表面不应出现局部干燥、时干时湿现象。

6.7 大体积混凝土保温、测温和控温

6.7.1 在高寒地区进行大体积混凝土冬期施工应充分重视对钢筋、模板、浇筑后混凝土和拆模后混凝土的保温工作。

6.7.2 钢筋焊接和绑扎前，如环境温度低于 -20°C ，模板支立前应搭设保温大棚对待浇筑混凝土结构物进行保温，混凝土浇筑后应加强保温工作。

6.7.3 高寒地区大体积混凝土冬期施工测温工作规定如下：

- a) 在进行大体积混凝土冬期施工组织设计期间，应对测温工作进行专项设计，编制专项测温方案；
- b) 应联合开展测温工作，智能测温与人工测温结合进行；
- c) 对大体积混凝土边角等凸起部位附近加密测温点，对所有测温孔、点均应编号，并绘制测点布置图，测温结果应留存正式记录。

6.7.4 大体积混凝土温控指标的规定：

- a) 混凝土构造物在入模温度基础上的最大温升值不应 $> 50^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 混凝土构造物里表温差（不含混凝土收缩当量温度）不应 $> 25^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 混凝土构造物降温速率不应 $> 2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。
- d) 拆除保温覆盖层时混凝土浇注体表面与大气温差不应 $> 20^{\circ}\text{C}$ 。

6.7.5 智能测温时温度测试元件的选择规定：

- a) 在 25°C 环境下，测温误差不应 $> 0.3^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 温度测试范围应为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 测试元件绝缘电阻应 $> 500\text{ M}\Omega$ 。

6.7.6 智能测温时温度测试元件的安装及保护规定：

- a) 测试元件安装前，应在水下 1 m 处经过浸泡 24 h 不损坏；
- b) 测试元件应固定牢固，并应与结构钢筋及固定架金属体隔离；
- c) 测试元件引出线宜集中布置，沿走线方向予以标识并加以保护；
- d) 测试元件周围应采取保护措施，混凝土下料和振捣时，不应直接冲击和触及温度测试元件及其引出线。

6.7.7 大体积混凝土构造物温度监测点的布置，应反映混凝土浇筑体内最高温升、里表温差、降温速率及环境温度，采用下列布置方式：

- a) 沿混凝土厚度方向，至少布置表层、底层和中心温度监测点，监测点间距应 $\leq 500\text{ mm}$ ；
- b) 保温养生效果及环境温度监测点数量应根据具体需要确定；
- c) 混凝土构造物表层温度，宜为混凝土构造物表面以内 50 mm 处的温度；

- d) 混凝土构造物底层温度，宜为混凝土构造物底面以上 50 mm 处的温度。
- 6.7.8 根据施工工艺、现场条件和控温需要，可选择下列方法中的一种或多种组合联合测温：
- 预埋测温点时，先将电阻应变片（或热电偶）固定在钢筋上，再将钢筋固定在预定位置，利用嵌入在混凝土中的温度感应器来测量混凝土的温度；
 - 利用红外线测温仪或红外线热像仪来测量混凝土表面的温度；
 - 在预埋于混凝土中 PVC 管中灌入清水（也可以灌入其他导热效率高的液体），用玻璃温度计人工测定混凝土内部实时温度。
- 6.7.9 混凝土测温 and 记录工作由专人完成，测温对象和范围应包括：
- 大气环境温度；
 - 水泥、矿物掺合料、外加剂、拌合用水、粗细集料等原材料的温度；
 - 混凝土出机温度、入模温度、拆模温度，整个养生阶段混凝土不同部位温度。
- 6.7.10 拟定的测温孔、点应设置在有代表性的构造部位和温度变化大、易冷却部位，测温孔的深度宜为 100 mm~150 mm，或结构物厚度的 1/2。
- 6.7.11 人工检测温度时，应将温度计与外界气温做稳定间隔，宜在测温孔口四周用保温材料封堵，温度计在测温孔内应留置 3 min 以上，方可读数。
- 6.7.12 混凝土养生过程中应连续测温，直至混凝土强度达到受冻临界强度或设计规定的强度为止。不同的养生方法可采用不同的温度检测频率，测温工作应满足下列规定：
- 采用加热法保养混凝土时，升温 and 降温期间至少每 1h 检测温度 1 次，恒温时期至少每 2h 检测温度 1 次；
 - 室外空气温度及混凝土构件周围环境温度，每昼夜至少检测 4 次。
- 6.7.13 测试过程中宜描绘各测点温度变化曲线和断面温度分布曲线。
- 6.7.14 测温人员在测温的同时应检查覆盖保温状况，并应确认混凝土的浇筑时间、控制温度、保温时限等信息。测温过程若发现混凝土温度出现异常情况，应立刻通知相关人员，实时采取有效应对措施，预防出现质量事故。
- 6.7.15 温控工艺根据下列原则或方法，结合监测数据实时调控：
- 控制混凝土出机温度，调控入模温度在 5℃~10℃ 之间；
 - 在大体积混凝土内部布设蛇形管道，向管道内部通水带走混凝土水化产生的部分水化热；
 - 升温阶段可适当散热，降低温升峰值，当升温速率减缓时，应及时增加保温措施，避免表面温度快速下降；
 - 在降温阶段，根据温度监测结果调整保温层厚度，但应避免表面温度快速下降；
 - 在采用暖棚法养生的混凝土工程中，当降温速率过慢时，可通过调整供热强度或局部掀开暖棚覆盖物以调整保温棚内温度，但应注意暖棚内与外界通风处附近混凝土里表温差不应 >25℃。

6.8 大体积混凝土拆模

- 6.8.1 混凝土模板的拆除应满足 GB 50666 有关规定。
- 6.8.2 浇筑混凝土的同时，应预留至少 6 组试块进行同条件养生，用于确定混凝土拆模强度和受冻临界温度，以此决定拆模时间和结束养生时间。
- 6.8.3 混凝土的模板和保温层，应在混凝土表面冷却到 5℃，并达到受冻临界强度后方可拆除。
- 6.8.4 拆模后的混凝土应及时覆盖保温材料，使其缓慢冷却，避免里表温差 >25℃。
- 6.8.5 未搭设保温大棚的大体积混凝土结构物，在拆除模板前，还应关注天气变化，选择风力较小气温较高时段拆模，拆模时应对混凝土结构物进行临时围挡，随时对裸露的混凝土表面进行覆盖保温，避免混凝土表面快速降温。
- 6.8.6 当混凝土强度 >2.5 MPa，能确保在拆除模板时，其表面及棱角混凝土不易受损时，方可拆除侧模。

6.9 特殊气候条件下大体积混凝土施工

- 6.9.1 大体积混凝土冬期施工过程如遇刮风和降雪天气时，应采取遮风挡雪措施以保证混凝土浇筑质量。
- 6.9.2 浇筑混凝土过程如遇大风天气时，在作业面应采取挡风措施，增加混凝土表面的抹压次数，及时覆盖塑料薄膜和棉毡等保温保湿材料。
- 6.9.3 降雪天不宜露天浇筑混凝土，需施工时，应采取覆盖措施以保证混凝土质量。对已浇筑还未硬化的混凝土应立即覆盖，严禁积雪融水直接冲刷新浇筑的混凝土。
- 6.9.4 露天浇筑大体积混凝土如遇降温时，应采取遮挡覆盖等可靠的保温措施，确保混凝土里表温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 。

7 质量检测

7.1 一般规定

- 7.1.1 大体积混凝土冬期施工，质量检测应满足 JTG/T 3650 有关规定。
- 7.1.2 应定时定点对大体积混凝土进行测温，测温工作详见 6.7 有关规定，并应留存完整的测温记录。

7.2 混凝土试件制作、养生及检测

- 7.2.1 混凝土施工过程中，应在浇筑地点随机取样制作试件，每次取样应至少同时制作 6 组试件，每工作班不少于 12 组试件，作为标准养生和同条件养生试件。
- 7.2.2 对采用蒸汽加热养生的混凝土结构，除应制取标准试件外，应同时制取与混凝土结构同条件蒸养后，再在标准条件下养生到规定龄期的试件，用以检查确定经过蒸养后，标准养生到规定龄期的混凝土强度。
- 7.2.3 混凝土浇筑现场取样的规定：
- 当一次连续浇筑 $\leq 1\,000\text{ m}^3$ 同配合比的大体积混凝土时，混凝土强度试件现场取样不应少于 12 组或每个工作班不少于 6 组；
 - 当一次连续浇筑 $1\,000\text{ m}^3 \sim 5\,000\text{ m}^3$ 同配合比的大体积混凝土时，对超出 $1\,000\text{ m}^3$ 的混凝土，每增加 500 m^3 取样不应少于一组，增加不足 500 m^3 时取样一组；
 - 当一次连续浇筑 $> 5\,000\text{ m}^3$ 同配合比的大体积混凝土时，对超出 $5\,000\text{ m}^3$ 的混凝土，每增加 $1\,000\text{ m}^3$ 取样不应少于一组，增加不足 $1\,000\text{ m}^3$ 时取样一组；
 - 应根据大体积混凝土冬期施工质量控制要求，每个工作班至少预留 3 组同条件养生试样。

8 安全规定

8.1 一般规定

- 8.1.1 大体积混凝土冬期施工应严格遵守 JTG F90 有关安全规定。
- 8.1.2 大体积混凝土冬期施工前，应制定综合应急预案、专项应急预案、现场处置方案。
- 8.1.3 大体积混凝土冬期施工过程中，容易发生安全事故，应加强安全防范工作。
- 8.1.4 大体积混凝土冬期施工应重点加强防火、防煤气中毒、防滑及防冻伤等安全管控工作，并应设置专职安全员负责现场巡回安全检查。
- 8.1.5 混凝土冬期施工安全管控应坚持以人为本、预防为主，制定切实安全措施，预防作业人员出现各种类型安全事故。

8.1.6 大体积混凝土冬期施工搭设的各种保温大棚，搭设前应经过结构验算，确保强度、刚度和稳定性满足安全生产要求。

8.1.7 风雪天气施工时，应及时组织施工作业人员加固保温大棚，并及时清理大棚上的积雪。

8.2 防火安全

8.2.1 保温大棚内应设置足够的灭火器，并配备两套以上的高压水枪和多级泵等灭火工器具。

8.2.2 保温大棚内墙宜采用非易燃性材料，其内应有防火安全防护措施。

8.2.3 施工现场应加强防火工作，严禁使用明火加热养生混凝土，应设专人负责巡回检查加热设施，及时清除加热设施周围易燃物。

8.2.4 施工现场使用的氧气瓶与乙炔瓶间距离应大于5 m，两个气瓶与明火距离应大于10 m。

8.3 用电安全

8.3.1 采用电加热法时，应预先对导线的绝缘性能做认真、细致的测试，防止漏电。在实施电加热法期间，应派专人监督看护。作业区外围要设置安全防护围栏和“防触电”醒目标志，严防触电事故发生。

8.3.2 采用电加热法时，应对电加热设备设置过载保护装置，明确漏电保护装置参数。

8.3.3 电焊作业前，应检查周围及下方有无易燃物，并采取可靠预防火灾措施。下班前，应检查现场火种是否完全熄灭，确认无误后方可离开现场。

8.4 其他

8.4.1 大体积混凝土冬期施工时，不应在5级以上大风和强降温天气强行组织施工作业。

8.4.2 高空混凝土浇筑施工时，各种安全防护设施应由专职安全员检查合格后方可使用。

8.4.3 现场降雪过后应及时清扫作业面，清除施工道路、作业区积雪和结冰；

8.4.4 根据现场实际情况，在有冰雪施工路面上撒布防滑砂或除冰盐防滑；

8.4.5 对工程量较大、无法避开夜间施工的大体积混凝土工程，应安排作业人员倒班施工；白天气温较高时段每班连续工作不宜超过6 h，夜间气温较低时段每班连续工作不宜超过4 h。