

水工大体积混凝土温控防裂导则

Directives for temperature control and crack prevention of hydraulic mass concrete

地方标准信息服务平台

2023 - 08 - 30 发布

2023 - 09 - 30 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 温控防裂设计	2
5 温控防裂设计资料与计算参数	2
5.1 气温、水温和地温	2
5.2 基岩参数	2
5.3 混凝土性能参数	2
6 温度及应力计算	3
6.1 温度场计算	3
6.2 温度应力计算	3
7 温度及应力控制指标	3
7.1 温差指标	3
7.2 容许最高温度	4
7.3 温度应力控制指标	4
8 混凝土原材料选择	4
9 混凝土及配合比设计	5
9.1 混凝土设计	5
9.2 混凝土配合比设计	5
10 温控防裂的降温措施	6
10.1 原材料温度控制	6
10.2 混凝土生产过程温度控制	6
10.3 混凝土运输和浇筑过程温度控制	6
10.4 浇筑后温度控制	6
10.5 通水冷却	6
11 温控防裂的结构措施	7
12 特殊部位的温度控制	7
13 表面保护和养护	7
13.1 表面保护	7
13.2 养护	7
14 低温季节施工温度控制	8
14.1 一般规定	8
14.2 原材料与拌和	8

14.3 运输与浇筑	8
15 其它措施	8
16 温度监测与分析	9

地方标准信息服务平台

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内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由辽宁省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省水利事务服务中心、大连理工大学、中国水利水电第六工程局有限公司、盘锦博望水利水电工程有限公司。

本文件主要起草人：邹建飞、杜志达、吴海东、杨微、齐士强、陈风翼、潘丕勋、韩宇舟、吴金华、孙天伟、刘丽、郭岩、朱冰、李彦锋、刘湘妮、徐宗白、吴宪、理惊哲、王鹏、王岩、廉鑫、唐海俊、郭继东、刘浩、运石。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通信地址：辽宁省水利厅（沈阳市和平区十四纬路5号），联系电话：024-62181601。

文件起草单位通信地址：辽宁省水利事务服务中心（沈阳市和平区十四纬路5号），联系人：邹建飞，联系电话：024-62181172；大连理工大学（大连市甘井子区凌工路2号），联系人：杜志达，联系电话：0411-84706686；中国水利水电第六工程局有限公司（辽宁省沈阳市浑南区智慧二街178号），联系人：陈风翼，联系电话：024-83899718；盘锦博望水利水电工程有限公司（辽宁省盘锦市大洼区田家镇总部生态城总部花园办公区A2-3-1），联系人：李洋，联系电话：0427-8112391。

地方标准信息服务平台

水工大体积混凝土温控防裂导则

1 范围

本文件规定了水工混凝土温控防裂的相关术语，对温控防裂设计、设计资料与计算参数、温度及应力计算、温度及应力控制指标、混凝土原材料选择、混凝土及配合比设计、温控防裂的降温措施、温控防裂的结构措施、特殊部位的温度控制、表面保护和养护、低温季节施工温度控制、其他措施、温度监测与分析等技术内容给出了指导性意见。

本文件适用于70m高以下重力坝、水闸、水工隧洞、溢洪道、水工挡土墙等用于挡水、发电、泄洪、输水、灌溉的水工大体积混凝土在设计、施工中的温控防裂。本文所指大体积混凝土为结构物尺寸在两个维度上大于1m，另一个维度上不小于0.5m的混凝土，或可能由于温度变化及自生体积变形导致有害裂缝产生的混凝土。

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 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥
- GB 8076 混凝土外加剂
- DL/T 5100 水工混凝土外加剂技术规程
- NB/T 35092 混凝土坝温度控制设计规范
- SL 253 溢洪道设计规范
- SL 265 水闸设计规范
- SL 279 水工隧洞设计规范
- SL 319 混凝土重力坝设计规范
- SL 379 水工挡土墙设计规范
- SL 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范
- SL 677 水工混凝土施工规范
- SL 744 水工建筑物荷载设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基础约束区 foundation restraint area

基础面以上0~0.4 l 的高度范围，其中0~0.2 l 称强约束区，0.2 l ~0.4 l 称弱约束区， l 指混凝土浇筑块长边的长度。

[来源：NB/T 35092-2017，2.0.4]

基础温差 foundation temperature difference

基础约束区内，混凝土最高温度与稳定温度之差。

[来源：NB/T 35092-2017，2.0.4]

3.2

新老混凝土温差 temperature difference between new and old concrete

老混凝土（龄期超过28d）面上0.25 *l*高度范围内的新混凝土最高温度，与浇筑新混凝土时下层老混凝土0.25 *l*高度范围内的平均温度的差值。

[来源：NB/T 35092-2017，2.0.4]

3.3

内外温差 temperature difference between interior and surface of concrete

混凝土内部最高温度与混凝土表面温度之差。

[来源：NB/T 35092-2017，2.0.4]

4 温控防裂设计

4.1 含有大体积混凝土的水工混凝土结构应进行专门的温控防裂设计，温控防裂设计应依据现行国家标准和行业规范进行，并给出明确的温控防裂标准。

4.2 大体积混凝土温控防裂的标准应按照不同的部位给出，包括但不限于最高温度、新老混凝土温差、基础温差、内外温差，以及混凝土的抗裂能力指标。

4.3 施工前应根据设计提出的温控防裂标准制定可靠的温控防裂措施。结构复杂或者比较重要的工程，制定温控防裂标准和编制温控防裂措施，宜进行大体积混凝土温度场、应力场的仿真计算。

5 温控防裂设计资料与计算参数

5.1 气温、水温和地温

5.1.1 温度控制设计需要的气温资料包括：多年平均气温及年内变幅、多年月平均或旬平均气温、多年极端气温、多年日平均气温及日变幅、气温骤降的降幅和历时及频率、日照影响。这些资料应采用工程所在地气象站的实测资料，实测资料没有或者不足，可根据周边气象站的实测资料通过修正采用。

5.1.2 温度控制设计需要的河水水温应根据工程所在地水文站实测的天然河水水温资料，确定多年平均河水水温和多年月平均河水水温。无水文站时，宜在工程地点设简易观测点获取河水水温资料，或收集工程所在河流上下游水文站及梯级水库的实测资料和区间支流资料修正后采用。

5.1.3 水库水温应收集类似工程的资料进行类比。

5.1.4 多年平均地温或多年月平均地温应根据工程所在地实测资料确定，无实测地温资料时，可收集周边气象站实测资料分析采用。

5.2 基岩参数

5.2.1 基岩弹性模量、密度等参数宜采用试验值，并考虑基础处理的影响。

5.2.2 基岩比热容、导热系数、泊松比等参数无试验资料时，可参考类似工程资料分析确定。

5.3 混凝土性能参数

5.3.1 温度控制设计所需的混凝土力学参数应包括抗压强度、抗拉强度、弹性模量、泊松比、密度；变形参数应包括极限拉伸值、自生体积变形、干缩、徐变；热学参数应包括绝热温升、比热容、导热系数、导温系数、线膨胀系数。

5.3.2 混凝土各项性能参数宜通过试验确定。其中弹性模量、绝热温升、极限拉伸值、自生体积变形的试验值宜拟合为与龄期的关系式，徐变试验值宜拟合为与加荷龄期及荷载持续时间关系式。

5.3.3 无试验值时，混凝土绝热温升、导热系数、比热容、导温系数、线膨胀系数、泊松比、密度等宜参考 NB/T 35092 的有关规定进行估算。

6 温度及应力计算

6.1 温度场计算

6.1.1 混凝土建筑物和基础的温度场 $F(x, y, z)$ 应满足如下方程：

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{\partial \theta}{\partial \tau} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

T —混凝土温度（℃）；

τ —时间（h）；

a —导温系数（ m^2/h ）；

θ —混凝土绝热温升（℃）；

$x、y、z$ —各向坐标（m）。

6.1.2 应对水工建筑物混凝土和基础进行从基础开挖起，包括混凝土分块浇筑上升过程和正常运行阶段，直至混凝土和基础温度能够随外界温度呈稳定周期变化为止的长历时温度场变化过程的仿真计算。

6.1.3 边界条件拟定和温度场计算方法，可参考 NB/T 35092 的相关规定。

6.2 温度应力计算

6.2.1 应对水工建筑物混凝土进行包括混凝土分块浇筑上升过程和正常运行阶段，直至混凝土和基础温度能够随外界温度呈稳定周期变化为止的长历时应力场变化过程的仿真计算。混凝土温度应力可参考 NB/T 35092 的方法计算。

6.2.2 计算混凝土温度应力时应考虑混凝土自重、徐变和自生体积变形。

6.2.3 气温日变幅较大时，宜计算气温日变幅引起的混凝土表面温度应力。

7 温度及应力控制指标

7.1 温差指标

7.1.1 温差指标应包括基础容许温差、新老混凝土容许温差和内外容许温差。

7.1.2 基础容许温差，在条件符合时，可按 NB/T 35092 的规定取值。

7.1.3 对以下情况的混凝土基础容许温差应加以论证：

- a) 混凝土所用骨料的线膨胀系数与 $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}C$ 相差较大；
- b) 常态混凝土 28d 龄期的极限拉伸值低于 0.85×10^{-4} 或 碾压混凝土 28d 龄期的极限拉伸值低于 0.70×10^{-4} ；
- c) 基岩弹性模量和混凝土弹性模量相差较大；
- d) 采用含氧化镁较高的水泥，试验或实测资料表明混凝土具有明显的自生体积变形；

- e) 在基础约束范围内长期停歇的浇筑块;
- f) 坝块结构尺寸长宽比大于 2.0;
- g) 结构尺寸高长比小于 0.5。

7.1.4 在龄期超过 28d 的老混凝土面上浇筑混凝土时, 应采取短间歇均匀上升或薄层连续上升的浇筑方式。新老混凝土容许温差可取 15°C~20°C, 当浇筑块长边长度大于 40m 时宜取小值。

7.1.5 施工过程中各浇筑块应均匀上升, 相邻块高差不宜超过 12m, 浇筑时间间隔宜小于 28d。

7.1.6 应根据当地气候条件, 进行表层混凝土温度应力分析和表面保温设计, 提出混凝土内外容许温差。

7.2 容许最高温度

7.2.1 以基础容许温差为温控依据的区域, 混凝土内部容许最高温度应为相应部位的准稳定温度平均值与基础容许温差之和。

7.2.2 以内外容许温差为温控依据的区域, 混凝土内部容许最高温度应为混凝土表面温度与内外容许温差之和。

7.2.3 以新老混凝土容许温差为温控依据的区域, 混凝土内部容许最高温度应为浇筑新混凝土时下层老混凝土 0.25 l 高度范围内的平均温度与新老混凝土容许温差 (为老混凝土面上 0.25 l 高度范围内的新混凝土最高温度与浇筑新混凝土时下层老混凝土 0.25 l 高度范围内的平均温度的差值) 之和。

7.2.4 混凝土内不同区域的混凝土容许最高温度应采用本文件第 7.2.1~7.2.3 条中计算所得各种容许最高温度值的小值。

7.2.5 应结合工程具体情况, 根据温度场和温度应力计算成果, 提出混凝土的温度控制分区。

7.3 温度应力控制指标

7.3.1 混凝土温度应力控制指标可按综合安全系数法或分项系数法确定。

7.3.2 采用综合安全系数法时, 施工期混凝土温度应力应满足下式要求:

$$\sigma \leq \varepsilon E / K_f \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- σ ——不同区域的混凝土浇筑块最大温度应力或表层混凝土最大温度应力 (MPa);
- ε ——混凝土极限拉伸值, 由试验确定;
- E ——混凝土弹性模量 (MPa), 由试验确定;
- K_f ——综合安全系数, 中、高坝宜采用 1.5~1.8; 确定表层温度应力控制指标时宜采用 1.3~1.5。

7.3.3 采用分项系数法时, 施工期混凝土温度应力应满足下式要求:

$$\gamma_0 \sigma \leq \varepsilon_p E_c / \gamma_d \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- γ_0 ——结构重要性系数, 对应于安全级别为 I、II、III 级的结构及构件可分别取用 1.10、1.05、1.00;
- σ ——各种温差所产生的温度应力之和 (MPa);
- ε_p ——混凝土极限拉伸值的标准值;
- E_c ——混凝土弹性模量标准值 (MPa);
- γ_d ——温度应力控制正常使用极限状态结构系数, 取 1.50。

8 混凝土原材料选择

8.1 选用的水泥品种在符合现行国家标准和行业标准 GB 175、GB/T 200、SL 677、SL 654 有关规定的条件下，宜尽量选用发热量低的水泥。选用水泥应进行混凝土配比试验。

8.2 宜选用粉煤灰、火山灰、矿渣粉、磷渣粉等活性材料作为混凝土胶凝材料的掺合料，以降低混凝土的水化热。选用掺合料应进行混凝土配比试验。

8.3 在满足混凝土设计的强度要求和 SL677 关于品质规定的基础上，骨料宜选用石灰岩等线膨胀系数小的人工骨料。

8.4 混凝土应掺加适宜的减水剂、引气剂等外加剂，尽量降低水泥用量。必要时可以在混凝土中掺加纤维提高混凝土的极限拉伸性能，或者掺加 MgO 等外加剂改善混凝土自生体积变形的性能。外加剂应符合 GB 8076 和 DL/T 5100 的有关规定。应结合工程选定的混凝土原材料和混凝土性能要求及施工条件，进行外加剂适应性试验。

9 混凝土及配合比设计

9.1 混凝土设计

9.1.1 混凝土强度等级、抗渗及抗冻等级应相互匹配，应符合现行行业标准 SL 654 的有关规定，合理设置不同强度等级的分区。

9.1.2 混凝土设计宜考虑下列要素：

- a) 合理利用混凝土的后期强度，设计龄期采用 90d 或以上龄期；
- b) 采用大级配骨料混凝土；
- c) 采用绝热温升较低、极限拉伸值较大、自生体积变形不收缩或呈延迟性微膨胀的混凝土。

9.2 混凝土配合比设计

9.2.1 应从设计阶段开始，有计划地安排不同阶段和深度的配合比设计与试验工作。配合比的设计与试验应当把混凝土的温控防裂作为工作的重要内容，既要满足各项设计指标，又要尽量降低混凝土的发热量，优化混凝土的变形性能。

9.2.2 有关温控防裂的混凝土试验项目宜按表 1 的规定进行。

表 1 与温控防裂相关的混凝土试验项目

试验项目		选择
力学性能	抗压强度	●
	弹性模量变化过程	●
	抗拉强度	○
变形性能	极限拉伸值变化过程	●
	自生体积变形	●
	干缩	○
	徐变	○
热学性能	绝热温升	●
	比热容	○
	导热系数	○
	线膨胀系数	●

注：●表示应选项目，○表示可选项目。

10 温控防裂的降温措施

10.1 原材料温度控制

- 10.1.1 水泥、粉煤灰运至工地的入罐或入场温度不宜高于 65℃。
- 10.1.2 应控制成品料仓内骨料的温度和含水率，细骨料表面含水率不宜超过 6%。
- 10.1.3 拌和水应有防晒设施，供水水管应包裹保温材料。

10.2 混凝土生产过程温度控制

- 10.2.1 降低混凝土出机口温度宜采取下列措施：
 - a) 粗骨料可采用风冷预冷措施，冷风温度宜比骨料冷却终温低 10℃，且经风冷的骨料终温不应低于 0℃；
 - b) 拌和楼宜采用加冰、加制冷水拌和混凝土。加冰时宜采用片冰或冰屑，常态混凝土加冰率不宜超过总水量的 70%，碾压混凝土加冰率不宜超过总水量的 50%。加冰时可适当延长拌和时间。
- 10.2.2 混凝土出机口温度可按 NB/T 35092 的方法计算。

10.3 混凝土运输和浇筑过程温度控制

- 10.3.1 应提出混凝土运输及卸料时间要求；混凝土运输机具应采取隔热、保温等措施。混凝土出拌和楼机口至振捣或碾压结束，温度回升值不宜超过 5℃，且混凝土浇筑温度不宜大于 28℃。入仓温度和浇筑温度可按 NB/T 35092 的方法计算。
- 10.3.2 高温季节如果浇筑制冷混凝土，振捣或碾压后应及时覆盖合适厚度的保温材料。
- 10.3.3 浇筑仓内气温高于 25℃时应采用喷雾措施。

10.4 浇筑后温度控制

- 10.4.1 混凝土浇筑后温度控制宜采用冷却水管通水冷却、表面流水冷却、表面蓄水降温等措施。坝体有接缝灌浆要求时，应采用水管通水冷却方法。
- 10.4.2 高温季节，常态混凝土终凝后可采用表面流水冷却或表面蓄水降温措施。表面流水冷却的仓面宜设置花管喷淋，形成表面流动水层；表面蓄水降温应在混凝土表面形成厚度不小于 5cm 的覆盖水层。
- 10.4.3 有条件的工程，宜采用自动调节通水降温的冷却控制方法。

10.5 通水冷却

- 10.5.1 在已确定浇筑温度、浇筑层厚度和浇筑间歇期等措施的前提下，混凝土最高温度仍高于容许最高温度时，应进行初期通水冷却。
- 10.5.2 在计划时间段内，自然冷却混凝土温度达不到接缝灌浆或接触灌浆温度要求时，应进行中期、后期通水冷却。
- 10.5.3 通水冷却宜采用小温差、均匀缓慢的降温方式，避免温度陡降。通水冷却应符合混凝土容许最高温度、降温速率、降温幅度，以及不同龄期混凝土温度应力控制标准的规定。
- 10.5.4 用作冷却水管的管材应有良好的导热性能和足够的强度，一般可采用高密度聚乙烯塑料管或金属管。
- 10.5.5 冷却水管流向变换间隔时间不宜超过 24h，可选择 12h 或 24h 换向。
- 10.5.6 冷却水管在铅直断面上可呈梅花形、正方形或长方形布置。冷却水管应呈蛇形铺设在浇筑层底部的层面上；当浇筑层较厚时可在浇筑层中部加铺一层冷却水管。
- 10.5.7 冷却水管的水平间距宜采用 1.0m~1.5m，铅直间距宜采用 1.5m~2.0m 或与浇筑层厚一致。

- 10.5.8 单根水管长度不宜超过 300m，当同一仓面上布置多根水管时，水管长度宜基本相当。
- 10.5.9 冷却水管距离上下游面、孔洞、廊道、缝面的距离宜采用 1.0m~2.0m。冷却水管进出口应引至廊道内或合适的部位。
- 10.5.10 冷却水管不宜过缝设置，需过缝时应有适应水管及混凝土变形的措施。冷却水管不应穿越廊道和孔洞。
- 10.5.11 初期通水开始时间宜与混凝土下料时间同步，延迟通水开始时间不宜超过 12h。初期通水过程中的混凝土最高温度不应高于容许最高温度。初期通水冷却宜连续进行；初期通水冷却时间由计算确定，宜为 14d~21d；通水结束时混凝土温度宜比容许最高温度低 5℃~8℃。
- 10.5.12 初期通水冷却混凝土日最大降温不宜超过 1℃，且日平均降温不宜超过 0.6℃。
- 10.5.13 混凝土温度与冷却水管进口水温之差不宜超过 20℃。
- 10.5.14 自开始通水至混凝土最高温度出现后 2d，通水流量宜为 1.2m³/h~2.0m³/h；最高温度出现 2d 后，通水流量不宜超过 1.2m³/h。

11 温控防裂的结构措施

- 11.1 重力坝、水闸、水工隧洞、溢洪道、挡土墙等的分缝应符合各相关现行行业标准的有关规定。
- 11.2 分缝设置应根据混凝土温度控制难度及防裂要求，并结合建筑物布置、结构体形、混凝土施工强度等因素，通过混凝土温度应力计算分析确定。
- 11.3 分缝间距在满足要求的前提下宜取小值。设置诱导缝、宽槽、后浇堰面时应避免先期浇筑混凝土产生尖角。在满足大坝稳定前提下，溢流堰反弧段可设置永久纵缝。

12 特殊部位的温度控制

- 12.1 特殊部位混凝土包括：施工期临时过水的混凝土、填塘混凝土、闸墩、孔洞周边混凝土、坝身封堵体混凝土、抗冲耐磨混凝土、并缝部位混凝土、导流洞堵头混凝土。
- 12.2 特殊部位混凝土的温控防裂措施可参考 NB/T 35092 中的相关规定编制。

13 表面保护和养护

13.1 表面保护

- 13.1.1 大体积混凝土永久和临时外露表面均应进行保护设计。可采用有限元法、影响线法或经验公式计算表面温度应力，提出表面保护时段及保护标准。拆模时间也应作出具体的规定。闸墩、抗冲磨混凝土、无钢衬的孔洞等特殊部位宜进行专门的表面保护设计。气温日变幅对混凝土表面温度应力影响较大时，宜考虑气温日变幅作为表面保护设计的因素。
- 13.1.2 施工期大体积混凝土的孔口、廊道、竖井等部位应进行封闭保温。
- 13.1.3 施工所在地日平均气温在 2d~6d 内连续下降超过 5℃时，应分析加强表面保护措施的必要性。
- 13.1.4 严寒和寒冷地区的大体积混凝土，其永久暴露面，施工期可采取全年保温方式，并论证采取运行期长期保温的必要性。开始保温的时间也应该通过专门的温控计算确定。

13.2 养护

- 13.2.1 大体积混凝土施工中出现的所有临时或永久暴露面均应进行养护。常态混凝土应在初凝后 3h 开始保湿养护；碾压混凝土可在收仓后进行喷雾养护，并尽早开始保湿养护。养护期内应始终使混凝土

表面保持湿润状态。

13.2.2 混凝土养护可采用喷雾、旋喷洒水、表面流水、表面蓄水、花管喷淋、覆盖潮湿草袋、铺湿砂层或湿砂袋、涂刷养护剂、人工洒水等方式。

13.2.3 混凝土宜养护至设计龄期，养护时间不宜少于 28d。闸墩、抗冲磨混凝土等特殊部位宜适当延长养护时间。

14 低温季节施工温度控制

14.1 一般规定

14.1.1 日平均气温连续 5d 稳定在 5℃ 以下或最低气温连续 5d 稳定在 -3℃ 以下时，应按低温季节施工进行混凝土温度控制，提出包括混凝土原材料、拌和、运输和浇筑过程的保温防冻措施。

14.1.2 日平均气温在 -20℃ 以下时不宜浇筑混凝土，需要浇筑混凝土时应经论证。

14.1.3 在严寒和寒冷地区，日平均气温在 -10℃ 以上时宜采用蓄热法保温；日平均气温为 -20℃ ~ -10℃ 时可采用综合蓄热法或暖棚法保温。

14.1.4 大体积混凝土早期允许受冻临界强度应不低于 7.0MPa 或成熟度不低于 1800℃·h；混凝土成熟度计算方法应符合现行行业标准 SL 677 的有关规定。

14.2 原材料与拌和

14.2.1 拌制混凝土所用的骨料不应有冻块。

14.2.2 低温季节采用的外加剂品种和掺量宜通过适应性试验确定。

14.2.3 低温季节混凝土出机口温度应不低于 5℃，宜采取下列措施：

- a) 宜采用热水拌和，拌和水温度不宜高于 60℃；
- b) 当日平均气温连续 5d 低于 -5℃ 时，宜将骨料加热；粗骨料可采取蒸汽加热，细骨料可在料仓底部铺设封闭的蛇形管加热；
- c) 拌和时宜先投入骨料与水拌和，再加入水泥。

14.2.4 低温季节混凝土拌和时间宜比常温季节适当延长，延长时间宜通过试验确定。

14.3 运输与浇筑

14.3.1 低温季节运输混凝土时宜对混凝土运输机具保温，减少转运次数，保证混凝土拌和物在运输过程中不冻结。

14.3.2 在负温的基岩或老混凝土面上浇筑混凝土时，应将基岩或老混凝土加热至正温，且温度高于 3℃，加热深度不小于 10cm。

14.3.3 宜尽量缩短浇筑时间，混凝土浇筑温度宜为 5℃~10℃。

14.3.4 低温季节浇筑混凝土时，应对模板进行保温。混凝土平仓、振捣或碾压后仓面应覆盖保温材料。

14.3.5 混凝土浇筑完毕后，暴露表面应及时进行保温，在混凝土强度达到允许受冻临界强度前，混凝土温度不应低于 5℃。

14.3.6 低温季节浇筑的混凝土拆模时，强度应大于允许受冻临界强度；模板拆除后应继续进行保温，并应符合本文件第 13.1 节的规定。

15 其它措施

15.1 宜在气温较低月份浇筑基础混凝土，高温季节宜利用早晚、夜间气温低的时段浇筑混凝土。

15.2 常态混凝土浇筑应采取短间歇均匀上升、分层浇筑的方法。基础约束区的浇筑层厚度宜为1.5m~2.0m，有初期通水冷却的浇筑层厚度可适当加厚；基础约束区以上浇筑层厚度可采用1.5m~3.0m。浇筑层间歇期宜采用5d~7d。在基础约束区内应避免出现薄层长期停歇的浇筑块。宜在下层混凝土最高温度出现后，开始浇筑上层混凝土。

16 温度监测与分析

16.1 应对施工期混凝土温度控制全过程进行监测，监测内容主要包括原材料温度监测、混凝土温度监测、通水冷却监测、浇筑仓气温及保温层温度监测等。施工期温度监测原始记录应完整有效。

16.2 对大体积混凝土施工进行温度监测和数据分析，可参考NB/T 35092中的相关规定执行。具备条件的，可采用自动化监测，及时掌握温度变化过程，对超出标准的提出预警。

地方标准信息服务平台