

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2014〕189号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 原材料、配合比、制备及运输；5 施工；6 温度监测与控制。

本标准修订的主要技术内容是：1 规定了大体积混凝土施工过程中“四节一环保”的要求；2 提出了大体积混凝土施工中的安全措施和劳动保护的要求；3 对大体积混凝土的设计强度等级、所用的水泥水化热指标和配合比设计参数进行了适当调整；4 提出了大体积混凝土施工现场取样的特殊规定；5 提出了根据工程需要，可开展应力-应变测试的要求；6 提出了可通过试验直接得出混凝土绝热温升值的规定；7 对绝热温升计算公式中  $m$  值的取值方法给出了计算公式；8 删除了掺合料对混凝土抗拉强度影响系数 ( $\lambda$ )；9 重新给出了掺合料对混凝土收缩的影响系数  $M_{10}$ 、 $M_{11}$ ；10 给出了各种保温材料的导热系数值。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中冶建筑研究总院有限公司（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮编：100088）。

本标准主编单位：中冶建筑研究总院有限公司  
中交武汉港湾工程设计研究院有限公司

本标准参编单位：中国京冶工程技术有限公司  
中建三局集团有限公司  
上海宝冶集团有限公司  
中冶天工集团有限公司  
中国新兴建设开发有限责任公司  
中国二十冶集团有限公司  
中冶赛迪工程技术有限公司  
中国核工业华兴建设有限公司  
中石化洛阳工程有限公司  
南京建工集团有限公司  
上海电力建筑工程有限公司  
北京首钢建设集团有限公司  
江苏海润化工有限公司  
江苏富腾化学有限公司  
华夏建宇（北京）混凝土技术研究院  
北京固瑞恩科技有限公司  
中核工程咨询有限公司  
北京新奥混凝土集团有限公司  
中冶建工集团有限公司

本标准主要起草人员：林松涛 仲晓林 彭宣常 张际斌  
张兴斌 郝挺宇 程大业 张 剑  
韩宇栋 殷淑娜 甘新平 屠柳青  
李顺凯 刘可心 路来军 姜国庆  
沈德建 鲁开明 许立山 肖启华  
陈定洪 万 宇 仲朝明 黄思伟  
胡立辉 张晓平 霍先庆 樊兴林  
杨 尚 曹 杨 魏宏超 黄洪军

杜风来 陈拥军 郭建平 董伟玮  
刘小刚 马雪英 常仕文 郑谦文  
本标准主要审查人员：毛志兵 杨嗣信 王铁梦 阎培渝  
张元勃 石云兴 张超琦 谢永江  
傅宇方 牟宏远 彭明祥 王桂玲

住房和城乡建设部信息中心  
浏览专用

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	7
4	原材料、配合比、制备及运输	9
4.1	一般规定	9
4.2	原材料	9
4.3	配合比设计	10
4.4	制备及运输	11
5	施工	13
5.1	一般规定	13
5.2	技术准备	14
5.3	模板工程	14
5.4	混凝土浇筑	15
5.5	混凝土养护	16
5.6	特殊气候条件下的施工	17
5.7	现场取样	17
6	温度监测与控制	18
附录 A	混凝土泵输出量和搅拌运输车数量的计算	20
附录 B	大体积混凝土浇筑体施工阶段温度应力与收缩应力的计算	21
附录 C	大体积混凝土浇筑体表面保温层厚度的计算	31

本标准用词说明 .....	34
引用标准名录 .....	35

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbol	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbol	3
3	Basic Requirements	7
4	Materials, Mix Proportioning, Production and Transportation	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Materials	9
4.3	Design of Mix Proportioning	10
4.4	Production and Transportation	11
5	Construction	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Technology Preparation	14
5.3	Formwork	14
5.4	Placing	15
5.5	Curing	16
5.6	Construction in Special Climate	17
5.7	Sampling in Site	17
6	Temperature Monitor and Control	18
Appendix A	Computing Method for Concrete Pump Output and Carriers	20
Appendix B	Computing Method of Thermal Stress and	

Shrinkage Stress during Construction of Mass Concrete .....	21
Appendix C Computing Method of Insulation Layer Thickness of Mass Concrete .....	31
Explanation of Wording in This Standard .....	34
List of Quoted Standards .....	35

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# 1 总 则

**1.0.1** 为在大体积混凝土施工中贯彻国家技术经济政策，保证工程质量，做到技术先进、工艺合理、节约资源、保护环境，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于混凝土结构中大体积混凝土施工。不适用于碾压混凝土和水工大体积混凝土等工程施工。

**1.0.3** 大体积混凝土施工除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 大体积混凝土 mass concrete

混凝土结构物实体最小尺寸不小于 1m 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。

#### 2.1.2 胶凝材料 cementitious material

配制混凝土的硅酸盐水泥与活性矿物掺合料的总称。

#### 2.1.3 跳仓施工法 alternative bay construction method

将超长的混凝土块体分为若干小块体间隔施工，经过短期的应力释放，再将若干小块体连成整体，依靠混凝土抗拉强度抵抗下段温度收缩应力的施工方法。

#### 2.1.4 永久变形缝 permanent deformation seam

将建（构）筑物垂直分割开永久留置的预留缝，包括伸缩缝和沉降缝。

#### 2.1.5 竖向施工缝 vertical construction seam

混凝土不能连续浇筑时，浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的垂直方向的预留缝。

#### 2.1.6 水平施工缝 horizontal construction seam

混凝土不能连续浇筑时，浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的水平方向的预留缝。

#### 2.1.7 温度应力 thermal stress

混凝土温度变形受到约束时，在混凝土内部产生的应力。

#### 2.1.8 收缩应力 shrinkage stress

混凝土收缩变形受到约束时，在混凝土内部产生的应力。

**2.1.9 温升峰值** peak value of rising temperature

混凝土浇筑体内部的最高温升值。

**2.1.10 里表温差** temperature difference of core and surface

混凝土浇筑体内最高温度与外表面内 50mm 处的温度之差。

**2.1.11 断面加权平均温度** thickness weighted mean temperature

根据测试点位各温度测点代表区段长度占厚度权值，对各测点温度进行加权平均得到的值。

**2.1.12 降温速率** descending speed of temperature

散热条件下，混凝土浇筑体内部温度达到温升峰值后，24h 内断面加权平均温度下降值。

**2.1.13 入模温度** temperature of mixture placing to mold

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

**2.1.14 有害裂缝** harmful crack

影响结构安全或使用功能的裂缝。

**2.1.15 绝热温升** adiabatic temperature rise

混凝土浇筑体处于绝热状态条件下，其内部某一时刻温升值。

**2.1.16 胶浆量** binder paste content

混凝土中胶凝材料浆体量占混凝土总量之比。

**2.1.17 温度场** temperature field

混凝土温度在空间和时间上的分布。

## 2.2 符 号

**2.2.1 温度及材料性能**

$a$ ——混凝土热扩散率；

$C$ ——混凝土比热容；

- $C_x$ ——外约束介质（地基或老混凝土）的水平变形刚度；
- $E_0$ ——混凝土弹性模量；
- $E(t)$ ——混凝土龄期为  $t$  时的弹性模量；
- $E_i(t)$ ——第  $i$  计算区段，龄期为  $t$  时，混凝土的弹性模量；
- $f_{tk}(t)$ ——混凝土龄期为  $t$  时的抗拉强度标准值；
- $K_b, K_1, K_2$ ——混凝土浇筑体表面保温层传热系数修正值；
- $m$ ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数；
- $Q$ ——胶凝材料水化热总量；
- $Q_0$ ——水泥水化热总量；
- $Q_t$ ——龄期  $t$  时的累积水化热；
- $R_s$ ——保温层总热阻；
- $t$ ——混凝土的龄期；
- $T_s$ ——混凝土浇筑体表面温度；
- $T_b(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体内的表层温度；
- $T_{bm}(t), T_{dm}(t)$ ——混凝土浇筑体中部达到最高温度时，其块体上、下表面的温度；
- $T_{max}$ ——混凝土浇筑体内的最高温度；
- $T_{max}(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体内的最高温度；
- $T_q$ ——混凝土达到最高温度时的大气平均温度；
- $T(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土的绝热温升；
- $T_y(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土收缩当量温度；
- $T_w(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体预计的稳定温度或最终稳定温度；
- $\Delta T_1(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑块体的里表温差；
- $\Delta T_2(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑块体在降温过程中的综合降温差；

- $\Delta T_{1\max}(t)$ ——混凝土浇筑后可能出现的最大里表温差；
- $\Delta T_{1i}(t)$ ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段混凝土浇筑块体里表温差的增量；
- $\Delta T_{2i}(t)$ ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段内，混凝土浇筑块体综合降温差的增量；
- $\beta_v$ ——固体在空气中的放热系数；
- $\beta_s$ ——保温材料总放热系数；
- $\lambda_0$ ——混凝土的导热系数；
- $\lambda_i$ ——第  $i$  层保温材料的导热系数。

### 2.2.2 数量几何参数

- $H$ ——混凝土浇筑体的厚度，该厚度为浇筑体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和；
- $h$ ——混凝土的实际厚度；
- $h'$ ——混凝土上的虚拟厚度；
- $L$ ——混凝土搅拌运输车往返距离；
- $N$ ——混凝土搅拌运输车台数；
- $Q_1$ ——每台混凝土泵的实际平均输出量；
- $Q_{\max}$ ——每台混凝土泵的最大输出量；
- $S$ ——混凝土搅拌运输车平均行车速度；
- $T_1$ ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间；
- $V$ ——每台混凝土搅拌运输车的容量；
- $W$ ——每立方米混凝土的胶凝材料用量；
- $\alpha_1$ ——配管条件系数；
- $\delta$ ——混凝土表面的保温层厚度；
- $\delta_i$ ——第  $i$  层保温材料厚度。

### 2.2.3 计算参数及其他

- $H(t, \tau)$ ——在龄期为  $\tau$  时产生的约束应力延续至  $t$  时的松弛系数；

- $K$ ——防裂安全系数；
- $k$ ——不同掺量掺合料水化热调整系数；
- $k_1$ 、 $k_2$ ——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的水化热调整系数；
- $M_1$ 、 $M_2$ …… $M_{11}$ ——混凝土收缩变形不同条件影响修正系数；
- $R_i(t)$ ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段、外约束的约束系数；
- $n$ ——常数，随水泥品种、比表面积等因素不同而异；
- $\bar{r}$ ——水力半径的倒数；
- $\alpha$ ——混凝土的线膨胀系数；
- $\beta$ ——混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数；
- $\beta_1$ 、 $\beta_2$ ——混凝土中粉煤灰、矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数；
- $\rho$ ——混凝土的质量密度；
- $\epsilon_s^0$ ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值；
- $\epsilon_y(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土收缩引起的相对变形值；
- $\sigma_x(t)$ ——龄期为  $t$  时，因综合降温差，在外约束条件下产生的拉应力；
- $\sigma_z(t)$ ——龄期为  $t$  时，因混凝土浇筑块体里表温差产生自约束拉应力的累计值；
- $\eta$ ——作业效率；
- $\sigma_{z\max}$ ——最大自约束应力。

## 3 基本规定

**3.0.1** 大体积混凝土施工应编制施工组织设计或施工技术方案，并应有环境保护和安全施工的技术措施。

**3.0.2** 大体积混凝土施工应符合下列规定：

1 大体积混凝土的设计强度等级宜为 C25～C50，并可采用混凝土 60d 或 90d 的强度作为混凝土配合比设计、混凝土强度评定及工程验收的依据；

2 大体积混凝土的结构配筋除应满足结构承载力和构造要求外，还应结合大体积混凝土的施工方法配置控制温度和收缩的构造钢筋；

3 大体积混凝土置于岩石类地基上时，宜在混凝土垫层上设置滑动层；

4 设计中应采取减少大体积混凝土外部约束的技术措施；

5 设计中应根据工程情况提出温度场和应变的相关测试要求。

**3.0.3** 大体积混凝土施工前，应对混凝土浇筑体的温度、温度应力及收缩应力进行试算，并确定混凝土浇筑体的温升峰值，里表温差及降温速率的控制指标，制定相应的温控技术措施。

**3.0.4** 大体积混凝土施工温控指标应符合下列规定：

1 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于  $50^{\circ}\text{C}$ ；

2 混凝土浇筑体里表温差（不含混凝土收缩当量温度）不宜大于  $25^{\circ}\text{C}$ ；

3 混凝土浇筑体降温速率不宜大于  $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ；

4 拆除保温覆盖时混凝土浇筑体表面与大气温差不应大于 20℃。

**3.0.5** 大体积混凝土施工前，应做好施工准备，并应与当地气象台、站联系，掌握近期气象情况。在冬期施工时，尚应符合有关混凝土冬期施工规定。

**3.0.6** 大体积混凝土施工应采取节能、节材、节水、节地和环境保护措施，并应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905 的有关规定。

## 4 原材料、配合比、制备及运输

### 4.1 一般规定

4.1.1 大体积混凝土配合比设计除应满足强度等级、耐久性、抗渗性、体积稳定性等设计要求外，尚应满足大体积混凝土施工工艺要求，并应合理使用材料、降低混凝土绝热温升值。

4.1.2 大体积混凝土制备及运输，除应满足混凝土设计强度等级要求，还应根据预拌混凝土供应运输距离、运输设备、供应能力、材料批次、环境温度等调整预拌混凝土的有关参数。

### 4.2 原材料

4.2.1 水泥选择及其质量，应符合下列规定：

1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，当采用其他品种时，其性能指标应符合国家现行有关标准的规定；

2 应选用水化热低的通用硅酸盐水泥，3d 水化热不宜大于 250kJ/kg，7d 水化热不宜大于 280kJ/kg；当选用 52.5 强度等级水泥时，7d 水化热宜小于 300kJ/kg；

3 水泥在搅拌站的入机温度不宜高于 60℃。

4.2.2 用于大体积混凝土的水泥进场时应检查水泥品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等，并应对水泥的强度、安定性、凝结时间、水化热进行检验，检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定。

4.2.3 骨料选择，除应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定外，尚应符合下列规定：



1 细骨料宜采用中砂，细度模数宜大于 2.3，含泥量不应大于 3%；

2 粗骨料粒径宜为 5.0mm~31.5mm，并应连续级配，含泥量不应大于 1%；

3 应选用非碱活性的粗骨料；

4 当采用非泵送施工时，粗骨料的粒径可适当增大。

4.2.4 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉，质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定。

4.2.5 外加剂质量及应用技术，应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

4.2.6 外加剂的选择除应满足本标准第 4.2.5 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 外加剂的品种、掺量应根据材料试验确定；

2 宜提供外加剂对硬化混凝土收缩等性能的影响系数；

3 耐久性要求较高或寒冷地区的大体积混凝土，宜采用引气剂或引气减水剂。

4.2.7 混凝土拌合用水质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

### 4.3 配合比设计

4.3.1 大体积混凝土配合比设计，除应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 当采用混凝土 60d 或 90d 强度验收指标时，应将其作为混凝土配合比的设计依据；

2 混凝土拌合物的坍落度不宜大于 180mm；

- 3 拌合水用量不宜大于  $170\text{kg}/\text{m}^3$ ；
  - 4 粉煤灰掺量不宜大于胶凝材料用量的 50%，矿渣粉掺量不宜大于胶凝材料用量的 40%；粉煤灰和矿渣粉掺量总和不宜大于胶凝材料用量的 50%；
  - 5 水胶比不宜大于 0.45；
  - 6 砂率宜为 38%~45%。
- 4.3.2 混凝土制备前，宜进行绝热温升、泌水率、可泵性等对大体积混凝土裂缝控制有影响的技术参数的试验，必要时配合比设计应通过试泵送验证。
- 4.3.3 在确定混凝土配合比时，应根据混凝土绝热温升、温控施工方案的要求，提出混凝土制备时的粗细骨料和拌合用水及入模温度控制的技术措施。

#### 4.4 制备及运输

- 4.4.1 混凝土制备与运输能力应满足混凝土浇筑工艺要求，预拌混凝土质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定，并应满足施工工艺对坍落度损失、入模坍落度、入模温度等的技术要求。
- 4.4.2 对同时供应同一工程分项的预拌混凝土，胶凝材料 and 外加剂、配合比应一致，制备工艺和质量控制水平应基本相同。
- 4.4.3 混凝土拌合物运输应采用混凝土搅拌运输车，运输车应根据施工现场实际情况具有防晒、防雨和保温措施。
- 4.4.4 搅拌运输车数量应满足混凝土浇筑工艺要求，计算方法可按本标准附录 A 确定。
- 4.4.5 搅拌运输车运送时间应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。
- 4.4.6 运输过程补充外加剂进行调整时，搅拌运输车应快速搅拌，搅拌时间不应小于 120s。

**4.4.7** 运输和浇筑过程中，不应通过向拌合物中加水方式调整其性能。

**4.4.8** 运输过程中当坍落度损失或离析严重，经采取措施无法恢复混凝土拌合物工作性能时，不得浇筑入模。

## 5 施 工

### 5.1 一 般 规 定

- 5.1.1** 大体积混凝土施工组织设计，应包括下列主要内容：
- 1 大体积混凝土浇筑体温度应力和收缩应力计算结果；
  - 2 施工阶段主要抗裂构造措施和温控指标的确定；
  - 3 原材料优选、配合比设计、制备与运输计划；
  - 4 主要施工设备和现场总平面布置；
  - 5 温控监测设备和测试布置图；
  - 6 浇筑顺序和施工进度计划；
  - 7 保温和保湿养护方法；
  - 8 应急预案和应急保障措施；
  - 9 特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。
- 5.1.2** 大体积混凝土浇筑体温度应力和收缩应力，可按本标准附录 B 确定。
- 5.1.3** 保温覆盖层的厚度，可根据温控指标的要求按本标准附录 C 确定。
- 5.1.4** 大体积混凝土施工宜采用整体分层或推移式连续浇筑施工。
- 5.1.5** 当大体积混凝土施工设置水平施工缝时，位置及间歇时间应根据设计规定、温度裂缝控制规定、混凝土供应能力、钢筋工程施工、预埋管件安装等因素确定。
- 5.1.6** 超长大体积混凝土施工，结构有害裂缝控制应符合下列规定：
- 1 当采用跳仓法时，跳仓的最大分块单向尺寸不宜大于

40m，跳仓间隔施工的时间不宜小于 7d，跳仓接缝处应按施工缝的要求设置和处理；

2 当采用变形缝或后浇带时，变形缝或后浇带设置和施工应符合国家现行有关标准的规定。

5.1.7 混凝土入模温度宜控制在  $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

## 5.2 技术准备

5.2.1 大体积混凝土施工前应进行图纸会审，并提出施工阶段的综合抗裂措施，制定关键部位的施工作业指导书。

5.2.2 大体积混凝土施工应在混凝土的模板和支架、钢筋工程、预埋管件等工作完成并验收合格的基础上进行。

5.2.3 施工现场设施应按施工总平面布置图的要求按时完成，场区内道路应坚实平坦。必要时，应制定场外交通临时疏导方案。

5.2.4 施工现场供水、供电应满足混凝土连续施工需要。当有断电可能时，应采取双回路供电或自备电源等措施。

5.2.5 大体积混凝土供应能力应满足混凝土连续施工需要，不宜低于单位时间所需量的 1.2 倍。

5.2.6 大体积混凝土施工设备，在浇筑混凝土前应进行检修和试运转，其性能和数量应满足大体积混凝土连续浇筑需要。

5.2.7 混凝土测温监控设备的标定调试应正常，保温材料应齐备，并应派专人负责测温作业管理。

5.2.8 大体积混凝土施工前，应进行专业培训，并应逐级进行技术交底，同时应建立岗位责任制和交接班制度。

## 5.3 模板工程

5.3.1 大体积混凝土模板和支架应进行承载力、刚度和整体稳固性验算，应根据大体积混凝土采用的养护方法进行保温构造

设计。

**5.3.2** 模板和支架系统安装、使用和拆除过程中，必须采取安全稳定措施。

**5.3.3** 对后浇带或跳仓法留置的竖向施工缝，宜采用钢板网、铁丝网或快易收口网等材料支挡；后浇带竖向支架系统宜与其他部位分开。

**5.3.4** 大体积混凝土拆模时间应满足混凝土的强度要求，当模板作为保温养护措施的一部分时，其拆模时间应根据温控要求确定。

**5.3.5** 大体积混凝土宜适当延迟拆模时间。拆模后，应采取预防寒流袭击、突然降温和剧烈干燥等措施。

## 5.4 混凝土浇筑

**5.4.1** 大体积混凝土浇筑应符合下列规定：

1 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，整体连续浇筑时宜为 300mm~500mm，振捣时应避免过振和漏振。

2 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次层混凝土浇筑完毕。层间间歇时间不应大于混凝土初凝时间。混凝土初凝时间应通过试验确定。当层间间歇时间超过混凝土初凝时间时，层面应按施工缝处理。

3 混凝土的浇灌应连续、有序，宜减少施工缝。

4 混凝土宜采用泵送方式和二次振捣工艺。

**5.4.2** 当采取分层间歇浇筑混凝土时，水平施工缝的处理应符合下列规定：

1 在已硬化的混凝土表面，应清除表面的浮浆、松动的石子及软弱混凝土层；

2 在上层混凝土浇筑前，应采用清水冲洗混凝土表面的污

物，并应充分润湿，但不得有积水；

3 新浇筑混凝土应振捣密实，并应与先期浇筑的混凝土紧密结合。

5.4.3 大体积混凝土底板与侧墙相连接的施工缝，当有防水要求时，宜采取钢板止水带等处理措施。

5.4.4 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。

5.4.5 应及时对大体积混凝土浇筑面进行多次抹压处理。

## 5.5 混凝土养护

5.5.1 大体积混凝土应采取保温保湿养护。在每次混凝土浇筑完毕后，除应按普通混凝土进行常规养护外，保温养护应符合下列规定：

1 应专人负责保温养护工作，并应进行测试记录；

2 保湿养护持续时间不宜少于 14d，应经常检查塑料薄膜或养护剂涂层的完整情况，并保持混凝土表面湿润；

3 保温覆盖层拆除应分层逐步进行，当混凝土表面温度与环境最大温差小于 20℃时，可全部拆除。

5.5.2 混凝土浇筑完毕后，在初凝前宜立即进行覆盖或喷雾养护工作。

5.5.3 混凝土保温材料可采用塑料薄膜、土工布、麻袋、阻燃保温被等，必要时，可搭设挡风保温棚或遮阳降温棚。在保温养护中，应现场监测混凝土浇筑体的里表温差和降温速率，当实测结果不满足温控指标要求时，应及时调整保温养护措施。

5.5.4 高层建筑转换层的大体积混凝土施工，应加强养护，侧模和底模的保温构造应在支模设计时综合确定。

5.5.5 大体积混凝土拆模后，地下结构应及时回填土；地上结构不宜长期暴露在自然环境中。

## 5.6 特殊气候条件下的施工

**5.6.1** 大体积混凝土施工遇高温、冬期、大风或雨雪天气时，必须采用混凝土浇筑质量保证措施。

**5.6.2** 当高温天气浇筑混凝土时，宜采用遮盖、洒水、拌冰屑等降低混凝土原材料温度的措施。混凝土浇筑后，应及时保湿保温养护；条件许可时，混凝土浇筑应避免高温时段。

**5.6.3** 当冬期浇筑混凝土时，宜采用热水拌合、加热骨料等提高混凝土原材料温度的措施。混凝土浇筑后，应及时进行保温保湿养护。

**5.6.4** 当大风天气浇筑混凝土时，在作业面应采取挡风措施，并应增加混凝土表面的抹压次数，应及时覆盖塑料薄膜和保温材料。

**5.6.5** 雨雪天不宜露天浇筑混凝土，需施工时，应采取混凝土质量保证措施。浇筑过程中突遇大雨或大雪天气时，应及时在结构合理部位留置施工缝，并应中止混凝土浇筑；对已浇筑还未硬化的混凝土应立即覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。

## 5.7 现场取样

**5.7.1** 当一次连续浇筑不大于  $1000\text{m}^3$  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 10 组。

**5.7.2** 当一次连续浇筑  $1000\text{m}^3 \sim 5000\text{m}^3$  同配合比的大体积混凝土时，超出  $1000\text{m}^3$  的混凝土，每增加  $500\text{m}^3$  取样不应少于一组，增加不足  $500\text{m}^3$  时取样一组。

**5.7.3** 当一次连续浇筑大于  $5000\text{m}^3$  同配合比的大体积混凝土时，超出  $5000\text{m}^3$  的混凝土，每增加  $1000\text{m}^3$  取样不应少于一组，增加不足  $1000\text{m}^3$  时取样一组。



## 6 温度监测与控制

**6.0.1** 大体积混凝土浇筑体里表温差、降温速率及环境温度的测试，在混凝土浇筑后，每昼夜不应少于4次；入模温度测量，每台班不应少于2次。

**6.0.2** 大体积混凝土浇筑体内监测点布置，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，可采用下列布置方式：

1 测试区可选混凝土浇筑体平面对称轴线的半条轴线，测试区内监测点应按平面分层布置；

2 测试区内，监测点的位置与数量可根据混凝土浇筑体内温度场的分布情况及温控的规定确定；

3 在每条测试轴线上，监测点位不宜少于4处，应根据结构的平面尺寸布置；

4 沿混凝土浇筑体厚度方向，应至少布置表层、底层和中心温度测点，测点间距不宜大于500mm；

5 保温养护效果及环境温度监测点数量应根据具体需要确定；

6 混凝土浇筑体表层温度，宜为混凝土浇筑体表面以内50mm处的温度；

7 混凝土浇筑体底层温度，宜为混凝土浇筑体底面以上50mm处的温度。

**6.0.3** 应变测试宜根据工程需要进行。

**6.0.4** 测试元件的选择应符合下列规定：

1 25℃环境下，测温误差不应大于0.3℃；

- 2 温度测试范围应为 $-30^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ；
  - 3 应变测试元件测试分辨率不应大于 $5\mu\epsilon$ ；
  - 4 应变测试范围应满足 $-1000\mu\epsilon\sim 1000\mu\epsilon$ 要求；
  - 5 测试元件绝缘电阻应大于 $500\text{M}\Omega$ 。
- 6.0.5** 温度测试元件的安装及保护，应符合下列规定：
- 1 测试元件安装前，应在水下 $1\text{m}$ 处经过浸泡 $24\text{h}$ 不损坏；
  - 2 测试元件固定应牢固，并应与结构钢筋及固定架金属体隔离；
  - 3 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；
  - 4 测试元件周围应采取保护措施，下料和振捣时不得直接冲击和触及温度测试元件及其引出线。
- 6.0.6** 测试过程中宜描绘各点温度变化曲线和断面温度分布曲线。
- 6.0.7** 发现监测结果异常时应及时报警，并采取相应的措施。
- 6.0.8** 温控措施可根据下列原则或方法，结合监测数据实时调控：
- 1 控制混凝土出机温度，调控入模温度在合适区间；
  - 2 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；
  - 3 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；
  - 4 在采用保温棚措施的工程中，当降温速率过慢时，可通过局部掀开保温棚调整环境温度。

## 附录 A 混凝土泵输出量和搅拌运输车数量的计算

**A.0.1** 混凝土泵的实际平均输出量，可根据混凝土泵的最大输出量、配管情况和作业效率确定，应按下列式计算：

$$Q_1 = Q_{\max} \cdot \alpha_1 \cdot \eta \quad (\text{A.0.1})$$

式中： $Q_1$ ——每台混凝土泵的实际平均输出量（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）；

$Q_{\max}$ ——每台混凝土泵的最大输出量（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）；

$\alpha_1$ ——配管条件系数，可取 0.8~0.9；

$\eta$ ——作业效率，根据混凝土搅拌运输车向混凝土泵供料的间断时间、拆装混凝土输出管和布料停歇等情况，可取 0.5~0.7。

**A.0.2** 当混凝土泵连续作业时，每台混凝土泵配备的混凝土搅拌运输车台数，可按下列式计算：

$$N = \frac{Q_1}{V} \left( \frac{L}{S} + T_t \right) \quad (\text{A.0.2})$$

式中： $N$ ——混凝土搅拌运输车台数（台）；

$Q_1$ ——每台混凝土泵的实际平均输出量（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）；

$V$ ——每台混凝土搅拌运输车的容量（ $\text{m}^3$ ）；

$S$ ——混凝土搅拌运输车平均行车速度（ $\text{km}/\text{h}$ ）；

$L$ ——混凝土搅拌运输车往返距离（ $\text{km}$ ）；

$T_t$ ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间（ $\text{h}$ ）。

## 附录 B 大体积混凝土浇筑体施工阶段 温度应力与收缩应力的计算

### B.1 混凝土绝热温升

**B.1.1** 水泥水化热可按下式计算：

$$Q_0 = \frac{4}{7/Q_7 - 3/Q_3} \quad (\text{B.1.1})$$

式中： $Q_3$ ——在龄期 3d 时的累积水化热 (kJ/kg)；

$Q_7$ ——在龄期 7d 时的累积水化热 (kJ/kg)；

$Q_0$ ——水泥水化热总量 (kJ/kg)。

**B.1.2** 胶凝材料水化热总量应在水泥、掺合料、外加剂用量确定后，根据实际配合比通过试验得出。当无试验数据时，可按下式计算：

$$Q = kQ_0 \quad (\text{B.1.2})$$

式中： $Q$ ——胶凝材料水化热总量 (kJ/kg)；

$k$ ——不同掺量掺合料水化热调整系数。

**B.1.3** 当采用粉煤灰与矿渣粉双掺时，不同掺量掺合料水化热调整系数可按下式计算：

$$k = k_1 + k_2 - 1 \quad (\text{B.1.3})$$

式中： $k_1$ ——粉煤灰掺量对应的水化热调整系数，取值见表 B.1.3；

$k_2$ ——矿渣粉掺量对应的水化热调整系数，取值见表 B.1.3。

表 B. 1.3 不同掺量掺合料水化热调整系数

掺量	0	10%	20%	30%	40%	50%
粉煤灰 ( $k_1$ )	1	0.96	0.95	0.93	0.82	0.75
矿渣粉 ( $k_2$ )	1	1	0.93	0.92	0.84	0.79

注：表中掺量为掺合料占总胶凝材料用量的百分比。

**B. 1.4** 混凝土绝热温升值可按现行行业标准《水工混凝土试验规程》DL/T 5150 中的相关规定通过试验得出。当无试验数据时，混凝土绝热温升值可按下式计算：

$$T(t) = \frac{WQ}{C\rho}(1 - e^{-m}) \quad (\text{B. 1.4})$$

式中： $T(t)$ ——混凝土龄期为  $t$  时的绝热温升 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$W$ ——每立方米混凝土的胶凝材料用量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$C$ ——混凝土的比热容，可取  $0.92 \sim 1.00$  [ $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ]；

$\rho$ ——混凝土的质量密度，可取  $2400 \sim 2500$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$t$ ——混凝土龄期 (d)；

$m$ ——与水泥品种、用量和入模温度等有关的单方胶凝材料对应系数。

**B. 1.5** 单方胶凝材料对应的系数  $m$  值可按下列公式计算：

$$m = km_0 \quad (\text{B. 1.5-1})$$

$$m_0 = AW + B \quad (\text{B. 1.5-2})$$

$$W = \lambda W_C \quad (\text{B. 1.5-3})$$

式中： $m_0$ ——等效硅酸盐水泥对应的系数；

$W$ ——等效硅酸盐水泥用量 (kg)；

$A$ 、 $B$ ——与混凝土施工入模温度相关的系数，按表 B. 1.5-1 取内插值；当入模温度低于  $10^{\circ}\text{C}$  或高于  $30^{\circ}\text{C}$  时，按  $10^{\circ}\text{C}$  或  $30^{\circ}\text{C}$  选取；

$W_C$ ——单方其他硅酸盐水泥用量 (kg)；

$\lambda$ ——修正系数。

表 B. 1. 5-1 不同入模温度对  $m$  的影响值

入模温度 (°C)	10	20	30
A	0.0023	0.0024	0.0026
B	0.045	0.5159	0.9871

当使用不同品种水泥时,可按表 B. 1. 5-2 的系数换算成等效硅酸盐水泥的用量。

表 B. 1. 5-2 不同硅酸盐水泥的修正系数

名称	硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥		火山灰质硅酸盐水泥	粉煤灰硅酸盐水泥	复合硅酸盐水泥
代号	P·I	P·II	P·O	P·S·A	P·S·B	P·P	P·F	P·C
$\lambda$	1	0.98	0.88	0.65	0.40	0.70	0.70	0.65

## B. 2 混凝土收缩值的当量温度

**B. 2. 1** 混凝土收缩值宜按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 中的相关要求,通过试验得出。当无试验数据时,混凝土收缩的相对变形值可按下式计算:

$$\epsilon_y(t) = \epsilon_y^0(1 - e^{-0.01t}) \cdot M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdots M_{11} \quad (\text{B. 2. 1})$$

式中:  $\epsilon_y(t)$  —— 龄期为  $t$  时,混凝土收缩引起的相对变形值;

$\epsilon_y^0$  —— 在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值,取  $4.0 \times 10^{-4}$ ;

$M_1, M_2, \cdots, M_{11}$  —— 混凝土收缩变形不同条件影响修正系数,可按表 B. 2. 1 采用。

**B. 2. 2** 混凝土收缩相对变形值的当量温度可按下式计算:

$$T_y(t) = \epsilon_y(t)/\alpha \quad (\text{B. 2. 2})$$

式中:  $T_y(t)$  —— 龄期为  $t$  时,混凝土收缩值当量温度;

$\alpha$  —— 混凝土的线膨胀系数,取  $1.0 \times 10^{-5}$ 。

表 B.2.1 混凝土收缩值不同条件影响修正系数

水泥品种	$M_1$	水泥 细度 ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	水泥 $M_2$	水胶 比	$M_3$	胶浆 $M_4$ (%)	养护 时间 (d)	$M_5$	环境 相对 湿度 (%)	$M_6$	$\bar{r}$	$M_7$	$\frac{E_s F_s}{E_c F_c}$	$M_8$	减水 剂	$M_9$	粉煤 灰掺 量 (%)	$M_{10}$	矿渣 粉掺 量 (%)	$M_{11}$
矿渣水泥	1.25	300	1.00	0.3	0.85	20	1	1.11	25	1.25	0	0.54	0.00	1.00	无	1.00	0	1.00	0	1.00
低热水泥	1.10	400	1.13	0.4	1.00	25	2	1.11	30	1.18	0.1	0.76	0.05	0.85	有	1.30	20	0.90	20	1.03
普通水泥	1.00	500	1.35	0.5	1.21	30	3	1.09	40	1.10	0.2	1.00	0.10	0.76	—	—	30	0.86	30	1.07
火山灰 水泥	1.00	600	1.68	0.6	1.42	35	4	1.07	50	1.00	0.3	1.03	0.15	0.68	—	—	40	0.82	40	1.12
抗硫酸盐 水泥	0.78	—	—	—	—	40	5	1.04	60	0.88	0.4	1.20	0.20	0.61	—	—	50	0.80	50	1.18
—	—	—	—	—	—	45	7	1.00	70	0.77	0.5	1.31	0.25	0.55	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	50	10	0.96	80	0.70	0.6	1.40	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	14~ 180	0.93	90	0.54	0.7	1.43	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1  $\bar{r}$  为水力半径的倒数，构件截面周长 ( $L$ ) 与截面积 ( $F$ ) 之比， $\bar{r} = L/F$  ( $\text{cm}^{-1}$ )；

2  $E_s F_s / E_c F_c$  为广义配筋率， $E_s$ 、 $E_c$  为钢筋、混凝土的弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )， $F_s$ 、 $F_c$  为钢筋、混凝土的截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

3 粉煤灰 (矿渣粉) 掺量指粉煤灰 (矿渣粉) 掺合料重量占胶凝材料总重的百分数。

### B.3 混凝土的弹性模量

**B.3.1** 混凝土的弹性模量可按下式计算：

$$E(t) = \beta E_0 (1 - e^{-\varphi t}) \quad (\text{B.3.1})$$

式中： $E(t)$ ——混凝土龄期为  $t$  时，混凝土的弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$E_0$ ——混凝土的弹性模量，可取标准养护条件下 28d 的弹性模量，按表 B.3.1 取用；

$\varphi$ ——系数，取 0.09；

$\beta$ ——掺合料修正系数。

表 B.3.1 混凝土在标准养护条件下龄期为 28d 时的弹性模量

混凝土强度等级	混凝土弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
C25	$2.80 \times 10^4$
C30	$3.00 \times 10^4$
C35	$3.15 \times 10^4$
C40	$3.25 \times 10^4$
C50	$3.45 \times 10^4$

**B.3.2** 掺合料修正系数可按下式计算：

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (\text{B.3.2})$$

式中： $\beta_1$ ——粉煤灰掺量对应系数，可按表 B.3.2 取值；

$\beta_2$ ——矿渣粉掺量对应系数，可按表 B.3.2 取值。

表 B.3.2 不同掺量掺合料修正系数

掺量	0	20%	30%	40%	50%
粉煤灰 ( $\beta_1$ )	1	0.99	0.98	0.96	0.95
矿渣粉 ( $\beta_2$ )	1	1.02	1.03	1.04	1.05

### B.4 温升估算

**B.4.1** 浇筑体内部温度场和应力场计算可采用有限单元法或一



维差分法。

**B. 4. 2** 采用一维差分法，可将混凝土沿厚度分许多有限段  $\Delta x$  (m)，时间分许多有限段  $\Delta t$  (h)。相邻三层的编号为  $n-1$ 、 $n$ 、 $n+1$ ，在第  $k$  时间里，三层的温度  $T_{n-1,k}$ 、 $T_{n,k}$  及  $T_{n+1,k}$ ，经过  $\Delta t$  时间后，中间层的温度  $T_{n,k+1}$ ，可按差分式求得下式：

$$T_{n,k+1} = \frac{T_{n-1,k} + T_{n+1,k}}{2} \cdot 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - T_{n,k} \left( 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - 1 \right) + \Delta T_{n,k} \quad (\text{B. 4. 2})$$

式中： $a$ ——混凝土热扩散率，取  $0.0035\text{m}^2/\text{h}$ ；

$\Delta T_{n,k}$ ——第  $n$  层内部热源在  $k$  时段释放热量所产生的温升。

$a \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$  的取值不宜大于 0.5。

**B. 4. 3** 混凝土内部热源在  $t_1$  和  $t_2$  时刻之间释放热量所产生的温升，可按下式计算。在混凝土与相应位置接触面上释放热量所产生的温升可取  $\Delta T/2$ 。

$$\Delta T = T_{\max} (e^{-mt_1} - e^{-mt_2}) \quad (\text{B. 4. 3})$$

## B. 5 温差计算

**B. 5. 1** 混凝土浇筑体的里表温差可按下式计算：

$$\Delta T_1(t) = T_m(t) - T_b(t) \quad (\text{B. 5. 1})$$

式中： $\Delta T_1(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体的里表温差 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_m(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体内的最高温度，可通过温度场计算或实测求得 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_b(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体内的表层温度，可通过温度场计算或实测求得 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

**B. 5. 2** 混凝土浇筑体的综合降温差可按下式计算：

$$\Delta T_2(t) = \frac{1}{6} [4T_m(t) + T_{\text{bm}}(t) + T_{\text{dm}}(t)] + T_y(t) - T_w(t) \quad (\text{B. 5. 2})$$

式中： $\Delta T_2(t)$ ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体在降温过程中的综合降温 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

- $T_m(t)$  ——龄期为  $t$  时，混凝土浇筑体内的最高温度，可通过温度场计算或实测求得（℃）；
- $T_{lm}(t)、T_{dm}(t)$  ——龄期为  $t$  时，其块体上、下表层的温度（℃）；
- $T_y(t)$  ——龄期为  $t$  时，混凝土收缩当量温度（℃）；
- $T_w(t)$  ——混凝土浇筑体预计的稳定温度或最终稳定温度，可取计算龄期  $t$  时的日平均温度或当地年平均温度（℃）。

## B.6 温度应力计算

**B.6.1** 自约束拉应力的计算可按下式计算：

$$\sigma_z(t) = \frac{\alpha}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta T_{li}(t) \cdot E_i(t) \cdot H_i(t, \tau) \quad (\text{B.6.1})$$

式中： $\sigma_z(t)$  ——龄期为  $t$  时，因混凝土浇筑体里表温差产生自约束拉应力的累计值（MPa）；

$\Delta T_{li}(t)$  ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段混凝土浇筑体里表温差的增量（℃）。

$E_i(t)$  ——第  $i$  计算区段，龄期为  $t$  时，混凝土的弹性模量（MPa）；

$\alpha$  ——混凝土的线膨胀系数；

$H_i(t, \tau)$  ——龄期为  $\tau$  时，在第  $i$  计算区段产生的约束应力，延续至  $t$  时的松弛系数，可按表 B.6.1 取值。

表 B.6.1 混凝土的松弛系数

$\tau=2\text{d}$		$\tau=5\text{d}$		$\tau=10\text{d}$		$\tau=20\text{d}$	
$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$
2	1	5	1	10	1	20	1
2.25	0.426	5.25	0.510	10.25	0.551	20.25	0.592
2.5	0.342	5.5	0.443	10.5	0.499	20.5	0.549

续表 B. 6. 1

$\tau=2d$		$\tau=5d$		$\tau=10d$		$\tau=20d$	
$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$	$t$	$H(t, \tau)$
2.75	0.304	5.75	0.410	10.75	0.476	20.75	0.534
3	0.278	6	0.383	11	0.457	21	0.521
4	0.225	7	0.296	12	0.392	22	0.473
5	0.199	8	0.262	14	0.306	25	0.367
10	0.187	10	0.228	18	0.251	30	0.301
20	0.186	20	0.215	20	0.238	40	0.253
30	0.186	30	0.208	30	0.214	50	0.252
$\infty$	0.186	$\infty$	0.200	$\infty$	0.210	$\infty$	0.251

注:  $\tau$  为龄期,  $H(t, \tau)$  为在龄期为  $\tau$  时产生的约束应力, 延续至  $t$  时的松弛系数。

**B. 6. 2** 混凝土浇筑体里表温差的增量可按下式计算:

$$\Delta T_{1i}(t) = \Delta T_1(t) - \Delta T_1(t-j) \quad (\text{B. 6. 2})$$

式中:  $j$ ——为第  $i$  计算区段步长 (d)。

**B. 6. 3** 在施工准备阶段, 最大自约束应力可按下式计算:

$$\sigma_{\text{zmax}} = \frac{\alpha}{2} \cdot E(t) \cdot \Delta T_{1\text{max}} \cdot H(t, \tau) \quad (\text{B. 6. 3})$$

式中:  $\sigma_{\text{zmax}}$ ——最大自约束应力 (MPa);

$\Delta T_{1\text{max}}$ ——混凝土浇筑后可能出现的最大里表温差 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$E(t)$ ——与最大里表温差  $\Delta T_{1\text{max}}$  相对应龄期  $t$  时, 混凝土的弹性模量 (MPa);

$H(t, \tau)$ ——在龄期为  $\tau$  时产生的约束应力, 延续至  $t$  时 (d) 的松弛系数。

**B. 6. 4** 外约束拉应力可按下式计算:

$$\sigma_x(t) = \frac{\alpha}{1-\mu} \sum_{i=1}^n \Delta T_{2i}(t) \cdot E_i(t) \cdot H_i(t, \tau) \cdot R_i(t) \quad (\text{B. 6. 4-1})$$

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t-j) - \Delta T_2(t) \quad (\text{B. 6. 4-2})$$

$$R_i(t) = 1 - \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{C_x}{HE(t)}} \cdot \frac{L}{2}\right)} \quad (\text{B. 6. 4-3})$$

式中： $\sigma_x(t)$ ——龄期为  $t$  时，因综合降温差，在外约束条件下产生的拉应力 (MPa)；

$\Delta T_{2i}(t)$ ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段内，混凝土浇筑体综合降温差的增量 (°C)。

$\mu$ ——混凝土的泊松比，取 0.15；

$R_i(t)$ ——龄期为  $t$  时，在第  $i$  计算区段，外约束的约束系数。

$L$ ——混凝土浇筑体的长度 (mm)；

$H$ ——混凝土浇筑体的厚度，该厚度为块体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和 (mm)；

$C_x$ ——外约束介质的水平变形刚度 ( $\text{N}/\text{mm}^3$ )，可按表 B.6.4 取值。

表 B.6.4 不同外约束介质的水平变形刚度取值 ( $10^{-2}\text{N}/\text{mm}^3$ )

外约束介质	软黏土	砂质黏土	硬黏土	风化岩、低强度等级素混凝土	C10 级以上配筋混凝土
$C_x$	1~3	3~6	6~10	60~100	100~150

## B.7 控制温度裂缝的条件

B.7.1 混凝土抗拉强度可按下式计算：

$$f_{\text{tk}}(t) = f_{\text{tk}}(1 - e^{-\gamma t}) \quad (\text{B.7.1})$$

式中： $f_{\text{tk}}(t)$ ——混凝土龄期为  $t$  时的抗拉强度标准值 (MPa)；

$f_{\text{tk}}$ ——混凝土抗拉强度标准值 (MPa)，可按表 B.7.1 取值；

$\gamma$ ——系数，应根据所用混凝土试验确定，当无试验数据时，可取 0.3。

表 B.7.1 混凝土抗拉强度标准值 (MPa)

符号	混凝土强度等级				
	C25	C30	C35	C40	C50
$f_{\text{tk}}$	1.78	2.01	2.20	2.39	2.64

**B. 7. 2** 混凝土防裂性能可按下式进行判断：

$$\sigma_z \leq f_{tk}(t)/K \quad (\text{B. 7. 2-1})$$

$$\sigma_x \leq f_{tk}(t)/K \quad (\text{B. 7. 2-2})$$

式中：K——防裂安全系数，取 1.15。

## 附录 C 大体积混凝土浇筑体 表面保温层厚度的计算

**C.0.1** 混凝土浇筑体表面保温层厚度可按下式计算：

$$\delta = \frac{0.5h\lambda_i(T_s - T_q)}{\lambda_0(T_{\max} - T_b)} \cdot K_b \quad (\text{C.0.1})$$

式中： $\delta$ ——混凝土表面的保温层厚度（m）；

$\lambda_0$ ——混凝土的导热系数 [W/(m·K)]，可按表 C.0.1-1 取值；

$\lambda_i$ ——保温材料的导热系数 [W/(m·K)]，可按表 C.0.1-1 取值；

$T_s$ ——混凝土浇筑体表面温度（℃）；

$T_q$ ——混凝土达到最高温度时（浇筑后 3d~5d）的大气平均温度（℃）；

$T_{\max}$ ——混凝土浇筑体内的最高温度（℃）；

$h$ ——混凝土结构的实际厚度（m）；

$T_s - T_q$ ——可取 15℃~20℃；

$T_{\max} - T_b$ ——可取 20℃~25℃；

$K_b$ ——传热系数修正值，取 1.3~2.3，见表 C.0.1-2。

**表 C.0.1-1 保温材料的导热系数  $\lambda_i$  [W/(m·K)]**

材料名称	导热系数	材料名称	导热系数
木模板	0.23	干砂	0.33
钢模板	58	湿砂	1.31
黏土砖	0.43	空气	0.03
黏土	1.38~1.47	矿棉被	0.05~0.14
炉渣	0.47	胶合板	0.12~5.0

续表 C. 0. 1-1

材料名称	导热系数	材料名称	导热系数
水	0.58	塑料布	0.20
油毡	0.05	麻袋片	0.05~0.12
土工布	0.04~0.06	泡沫塑料制品	0.035~0.047
普通混凝土	1.51~2.33	沥青矿棉毡	0.033~0.052
石棉被	0.16~0.37	挤塑聚苯板 (XPS)	0.028~0.034

表 C. 0. 1-2 传热系数修正值

保温层种类	$K_{b1}$	$K_{b2}$
由易透风材料组成,但在混凝土层面上再铺一层不透风材料	2.0	2.3
在易透风保温材料上铺一层不易透风材料	1.6	1.9
在易透风保温材料上下各铺一层不易透风材料	1.3	1.5
由不易透风材料组成(如:油布、帆布、棉麻毡、胶合板)	1.3	1.5

注: 1  $K_{b1}$  值为风速不大于 4m/s 时;

2  $K_{b2}$  值为风速大于 4m/s 时。

**C. 0. 2** 多种保温材料组成的保温层总热阻,可按下列式计算:

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\beta_\mu} \quad (\text{C. 0. 2})$$

式中:  $R_s$ ——保温层总热阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ );

$\delta_i$ ——第  $i$  层保温材料厚度 (m);

$\lambda_i$ ——第  $i$  层保温材料的导热系数 [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ];

$\beta_\mu$ ——固体在空气中的传热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ],可按表 C. 0. 2 取值。

表 C. 0. 2 固体在空气中的传热系数

风速 (m/s)	$\beta_\mu$		风速 (m/s)	$\beta_\mu$	
	光滑表面	粗糙表面		光滑表面	粗糙表面
0	18.4422	21.0350	1.0	35.7134	38.5989
0.5	28.6460	31.3224	2.0	49.3464	52.9429

续表 C. 0. 2

风速 (m/s)	$\beta_u$		风速 (m/s)	$\beta_u$	
	光滑表面	粗糙表面		光滑表面	粗糙表面
3.0	63.0212	67.4959	7.0	115.9223	124.7461
4.0	76.6124	82.1325	8.0	128.4261	138.2954
5.0	90.0360	96.6019	9.0	140.5955	151.5521
6.0	103.1257	110.8622	10.0	152.5139	164.9341

**C. 0. 3** 混凝土表面向保温介质传热的总传热系数（不考虑保温层的热容量），可按下式计算：

$$\beta_s = \frac{1}{R_s} \quad (\text{C. 0. 3})$$

式中： $\beta_s$ ——总传热系数  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ；

$R_s$ ——保温层总热阻  $(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ 。

**C. 0. 4** 保温层相当于混凝土的虚拟厚度，可按下式计算：

$$h' = \frac{\lambda_0}{\beta_s} \quad (\text{C. 0. 4})$$

式中： $h'$ ——混凝土的虚拟厚度 (m)；

$\beta_s$ ——总传热系数  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 。



## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本标准中指明应按其他相关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 2 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 3 《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905
- 4 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 5 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 6 《混凝土外加剂》GB 8076
- 7 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 8 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 9 《水工混凝土试验规程》DL/T 5150
- 10 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 11 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 12 《混凝土用水标准》JGJ 63