UDC

中华人民共和国国家标准 GB

P GB50496—2009

大体积混凝土施工规范

Code for construction of mass concrete

2009—05—13 发布 2009—10—01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

大体积混凝土施工规范

Code for construction of mass concrete

GB 50496-2009

主编部门：中　国　冶　金　建　筑　协　会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行时间：2009年10月1日

中国计划出版社

2009年　北京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第310号

关于发布国家标准
《大体积混凝土施工规范》的公告

现批准《大体积混凝土施工规范》为国家标准，编号GB 50496-2009，自2009年10月1日起施行。其中，第4.2.2、5.3.2为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年五月十三日

前　言

本规范是根据原建设部“关于印发《2006 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)》的通知”(建标[2006]136 号)的要求，由中冶建筑研究总院有限公司会同有关科研、设计。施工的检测单位共同编制而成。

本规范在编制过程中，编制组开展了大量试验研究，进行了广泛的调查分析，召开了多次专题研讨会，总结了多年来我国大体积混凝土施工技术的实践经验，与相关的标准规范进行民协调，与国际先进的标准进行了比较和借鉴。在此基础上以多种方式广泛征求了全国有关单位的意见并进行了工程试应用，对主要问题进行了反复讨论和研究，最后经审查定稿。

本规范共分 6 章，3 个附录。主要内容有：总则，术语、符号，基本规定，原材料、配合比、制备与运输，混凝土施工，温控施工的现场监测等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国冶金建设协会负责日常管理，中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释，请各单位在执行本规范过程中，结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄至中冶建筑研究总院有限公司国家标准《大体积混凝土施工规范》编制组(地址：北京市海淀区西土城路 33 号，邮政编码：100088，E-mail：yi-zhong@sohu.com)。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人：

主编单位： 中冶建筑研究总院有限公司

参编单位： 中国京冶工程技术有限公司

中国建筑股份有限公司

中冶赛迪工程技术有限公司

上海宝冶建设有限公司

中冶天工建设有限公司

中国二十冶金建设有限公司

中冶京唐建设有限公司

中石化洛阳石化工程公司

北京东方建宇混凝土技术有限公司

北京首钢建设集团有限公司

北京城建五公司

上海电力建设工程公司

江苏海润化工有限公司

中广核工程限公司

中国核工业第二四建设公司

马钢嘉华商品混凝土有限公司

主要起草人： 仲晓林　林松涛　彭宣常　孙跃生　张　琨

王铁梦　牟宏远　束廉阶　路来军　王　建

毛　杰　徐兆桐　张晓平　陈定洪　吕　军

刘小刚　张际斌　崔东靖　刘耀齐　刘　瑄

钟　翔　仲朝阳　陈宏哲　伍崇明　樊兴林

李高阳　陈飞飞

1 总 则

1.0.1 为使大体积混凝土施工符合技术先进、经济合理、安全适用的原则，确保工程质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑混凝土结构工程中大体积混凝土工程施工。本规范不适用于碾压混凝土和水工大体积混土工程施工。

1.0.3 大体积混凝土施工除应遵守本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语符号

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几何尺寸不小于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 cementing material

用于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

在大体积混凝土混凝土工程施工中，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一段的温度收缩应力的施工方法。

2.1.4 永久变形缝 deformation seam

将建筑物(构筑物)垂直分割开来的永久留置的预留缝，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，因混凝土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，因混凝土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

混凝土的温度变形受到约束时，混凝土内部所产生的应力。

2.1.8 收缩应力 shrinkage stress

混凝土的收缩变形受到约束时，混凝土内部所产生的应力。

2.1.9 温升峰值 the 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 center and surface

混凝土浇筑体中心与混凝土浇筑体表层温度之差。

2.1.11 降温速率 the 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，单位时间内温度下降的值。

2.1.12 入模温度 the temperature of mixture placing to mold

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

2.1.13 有害裂缝 harmful crack

影响结构安全或使用功能的裂缝。

2.1.14 贯穿性裂缝 transverse crack

贯穿混凝土全截面的裂缝。

2.1.15 绝热温升 adiabatic temperature rise

混凝土浇筑体处于绝热状态，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。

2.2 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——龄期；

T_b——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；

$\Delta T_{1max}(t)$——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度的增量；

$\Delta T_{2i}(t)$——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；

β_μ——固体在空气中的放热系数；

β_s——保温材料总放热系数；

λ_0—混凝土的导热系数；

λ_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_0——混凝土搅拌运输车平均行车速度；

T_t——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；

α_1——配管条件系数；

δ——混凝土表面的保温层厚度；

δ_i——第 i 层保温材料厚度。

2.2.3 计算参数及其它

H(τ,t)——在龄期为 τ 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；

α——混凝土的线膨胀系数；

β——混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数；

β_1、β_2——混凝土中粉煤灰、矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数；

ρ——混凝土的质量密度；

ε_y^0——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值；

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

λ——掺合料对混凝土抗拉强度影响系数；

λ_1、λ_2——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的抗拉强度调整系数；

$\sigma_x(t)$——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；

η——作业效率；

σ_{zmax}——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。

3.0.2 在大体积混凝土工程除应满足设计规范及生产工艺的要求外，尚应符合下列要求：

1 大体积混凝土的设计强度等级宜在C25～C40的范围内，并可利用混凝土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强度和构造要求外，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 设计中宜采用减少大体积混凝土外部约束的技术措施。

5 设计中宜根据工程的情况提出温度场和应变的相关测试要求。

3.0.3 大体积混凝土工程施工前，宜对施工阶段大体积混凝土浇筑体的温度、温度应力及收缩应力进行试算，并确定施工阶段大体积混凝土浇筑体的升温峰值，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 温控指标宜符合下列规定：

1 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于50℃；

2 混凝土浇筑块体的里表温差(不含混凝土收缩的当量温度) 不宜大于25℃；

3 混凝土浇筑体的降温速率不宜大于2.0℃/d。

4 混凝土浇筑体表面与大气温差不宜大于20℃。

3.0.5 大体积混凝土施工前，应做好各项施工前准备工作，并与当地气象台、站联系，掌握近期气象情况。必要时，应增添相应的技术措施，在冬期施工时，尚应符合国家现行有关混凝土冬期施工的标准。

4. 大体积混凝土的材料、配比、制备及运输

4.1 一般规定

4.1.1 大体积混凝土配合比的设计除应符合工程设计所规定的强度等级、耐久性、抗渗性、体积稳定性等要求外，尚应符合大体积混凝土施工工艺特性的要求，并应符合合理使用材料、减少水泥用量、降低混凝土绝热温升值的要求。

4.1.2 大体积混凝土的制备和运输，除应符合设计混凝土强度等级的要求外，尚应根据预拌混凝土运输距离、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 配制大体积混凝土所用水泥的选择及其质量，应符合下列规定：

1 所用水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175的有关规定，当采用其他品种时，其性能指标必须符合国家现行有关标准的规定；

2 应选用中、低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥，大体积混凝土施工所用水泥其3d天的水化热不宜大于240kJ/kg，7d天的水化热不宜大于270kJ/kg。

3 当混凝土有抗渗指标要求时，所用水泥的铝酸三钙含量不宜大于8%；

4 所用水泥在搅拌站的入机温度不应大于60℃。

4.2.2 水泥进场时应对水泥品种、强度等级、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查，并应对其强度、安定性、凝结时间、水化热等性能指标及其他必要的性能指标进行复检。

4.2.3 骨料的选择，除应符合国家现行标准《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，其细度模数宜大于2.3，含泥量不大于3%；

2 粗骨料宜选用粒径5～31.5mm，并连续级配，含泥量不大于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，其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 1596和《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的有关规定。

4.2.5 所用外加剂的质量及应用技术，应符合现行国家标准《混凝土外加剂》

GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和有关环境保护的规定。

4.2.6 外加剂的选择除应满足本规范第 4.2.5 条的规定外，尚应符合下列要求：

1 外加剂的品种、掺量应根据工程所用胶凝材料经试验确定；

2 应提供外加剂对硬化混凝土收缩等性能的影响；

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 拌合用水的质量应符合国家现行标准《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，除应符合现行国家现行标准《普通混凝土配合比设计规范》JGJ 55 外，尚应符合下列规定：

1 采用混凝土 60d 或 90d 强度作为指标时，应将其作为混凝土配合比的设计依据。

2 所配制的混凝土拌合物，到浇筑工作面的坍落度不宜低于 160mm。

3 拌和水用量不宜大于 175kg/m^3。

4 粉煤灰掺量不宜超过胶凝材料用量的 40%；矿渣粉的掺量不宜超过胶凝材料用量的 50%；粉煤灰和矿渣粉掺合料的总量不宜大于混凝土中胶凝材料用量的 50%。

5 水胶比不宜大于 0.55。

6 砂率宜为 38～42%。

7 拌合物泌水量宜小于 10L/m^3。

4.3.2 在混凝土制备前，应进行常规配合比试验，并应进行水化热、泌水率、可泵性等对大体积混凝土控制裂缝所需的技术参数的试验；必要时其配合比设计应当通过试泵送。

4.3.3 在确定混凝土配合比时，应根据混凝土的绝热温升、温控施工方案的要求等，提出混凝土制备时粗细骨料和拌和用水及入模温度控制的技术措施。

4.4 制备及运输

4.4.1 混凝土的制备量与运输能力满足混凝土浇筑工艺的要求，并应用具有生产资质的预拌混凝土生产单位，其质量应符合国家现行标准《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 多厂家制备预拌混凝土的工程，应符合原材料、配合比、材料计量等级相同，以及制备工艺和质量检验水平基本相同的原则。

4.4.3 混凝土拌合物的运输应采用混凝土搅拌运输车，运输车应具有防风、防晒、防雨和防寒设施。

4.4.4 搅拌运输车在装料前应将罐内的积水排尽。

4.4.5 搅拌运输车的数量应满足混凝土浇筑的工艺要求，计算方法应符合本规范附录 A 的规定。

4.4.6 搅拌运输车单程运送时间，采用预拌混凝土时，应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

4.4.7 搅拌运输过程中需补充外加剂或调整拌合物质量时，宜符合下列规定：

1 当运输过程中出现离析或使用外加剂进行调整时，搅拌运输车应进行快速搅拌，搅拌时间应不小于 120s；

2 运输过程中严禁向拌合物中加水。

4.4.8 运输过程中，坍落度损失或离析严重，经补充外加剂或快速搅拌已无法恢复混凝土拌和物的工艺性能时，不得浇筑入模。

5 混 凝 土 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的计算，可按本规范附录B“计算；

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；

4 混凝土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 混凝土浇筑运输顺序和施工进度计划；

7 混凝土保温和保湿养护方法，其中保温覆盖层的厚度可根据温控指标的要

求按本规范附录C“计算；

8 主要应急保障措施；

9 特殊部位和特殊气侯条件下的施工措施。

5.1.2 大体积混凝土工程的施工宜采用整体分层连续浇筑施工(图5.1.2-1)或推移式连续浇筑施工(图5.1.2-2)。

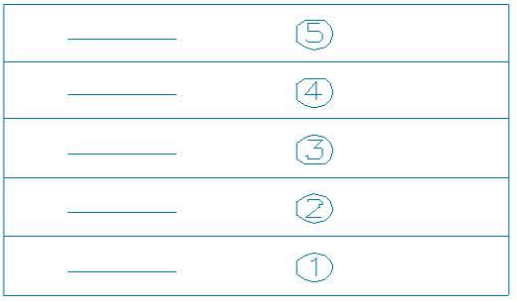


图 5.1.2-1 整体分层连续浇筑施工

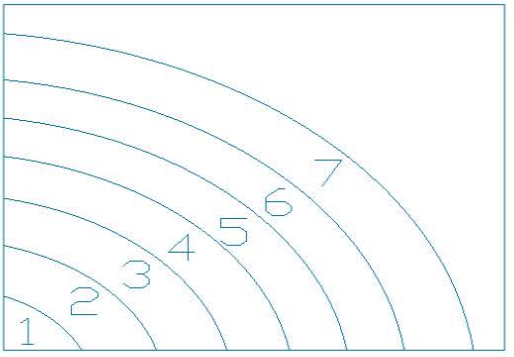


图 5.1.2-2 推移式连续浇筑施工

5.1.3 大体积混凝土施工设置水平施工缝时，除应符合设计要求外，尚应根据混凝土浇筑过程中温度裂缝控制的要求、混凝土的供应能力、钢筋工程的施工、预埋管件安装等因素确定其间隙时间。

5.1.4 超长大体积混凝土施工，应选用下列方法控制结构不出现有害裂缝：

1 留置变形缝：变形缝的设置和施工应符合现行国家有关标准的规定；

2 后浇带施工：后浇带的设置和施工应符合现行国家有关标准的规定；

3 跳仓法施工：跳仓的最大分块尺寸不宜大于40m，跳仓间隔施工的时间不宜小于7d，跳仓接缝处按施工缝的要求设置和处理。

5.1.5 大体积混凝土的施工宜规定合理的工期，在不利气候条件下应采取确保工程质量的措施。

5.2 施工技术准备

5.2.1 大体积混凝土施工前应进行图纸会审，提出施工阶段的综合抗裂措施，制订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，应与市政、交管等部门协调，制订场外交通临时疏导方案。

5.2.4 施工现场的供水、供电应满足混凝土连续施工的需要，当有断电可能时，应有双路供电或自备电源等措施。

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

5.2.6 用于大体积混凝土施工的设备，在浇筑混凝土前应进行全面的检修和试运转，其性能和数量应满足大体积混凝土连续浇筑的需要。

5.2.7 混凝土的测温监控设备宜按本规范的有关规定配置和布设，标定调试应正常，保温用材料应齐备，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，应对工人进行专业培训，并应逐级进行技术交底，同时应建立严格的岗位责任制和交接班制度。

5.3 模板工程

5.3.1 大体积混凝土的模板和支架系统除应按国家现行有关标准的规定进行强度、刚度和稳定性验算外，同时还应结合大体积混凝土的养护方法进行保温构造设计。

5.3.2 模板和支架系统在安装、使用或拆除过程中，必须采取防倾覆的临时固定措施。

5.3.3 后浇带或跳仓方留置的竖向施工缝，宜用钢板网、铁丝网或小木板拼接支模，也可用快易收口网进行支挡；后浇带的垂直支架系统宜与其它部位分开。

5.3.4 大体积混凝土的拆模时间，应满足国家现行有关标准对混凝土的强度要求，混凝土浇筑体表面与大气温差不应大于20℃；当模板作为保温养护措施的一部分时，其拆模时间应根据本规范规定的温控要求确定。

5.3.5 大体积混凝土有条件时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 大体积混凝土的浇筑工艺应并符合下列规定：

1 混凝土的浇筑厚度应根据所用振捣器的作用深度及混凝土的和易性确定，整体连续浇筑时宜为300～500mm。

2 整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间歇时间，并在前层混凝土初凝之前将次层混凝土浇筑完毕。层间最长的间歇时间不应大于混凝土的初凝时间。混凝土的初凝时间应通过试验确定。当层间间隔时间超过混凝土的初凝时间时，层面应按施工缝处理。

3 混凝土浇筑宜从低处开始，沿长边方向自一端向另一端进行。当混凝土供应量有保证时，亦可多点同时浇筑。

4 混凝土宜采用二次振捣工艺。

5.4.2 大体积混凝土施工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 清除浇筑表面的浮浆、软弱混凝土层及松动的石子，并均匀的露出粗骨料；

2 在上层混凝土浇筑前，应用压力水冲洗混凝土表面的污物，充分润湿，但不得有积水；

3 对非泵送及低流动度混凝土，在浇筑上层混凝土时，应采取接浆措施。

5.4.3 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，并及时清除混凝土表面的泌水。

5.4.5 大体积混凝土浇筑面应及时进行二次抹压处理。

5.5 混凝土养护

5.5.1 大体积混凝土应进行保温保湿养护，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，尚应及时按温控技术措施的要求进行保温养护，并应符合下列规定：

1 应专人负责保温养护工作，并应按本规范的有关规定操作，同时应做好测试记录；

2 保湿养护的持续时间不得少于14d，应经常检查塑料薄膜或养护剂涂层的完整情况，保持混凝土表面湿润。

3 保温覆盖层的拆除应分层逐步进行，当混凝土的表面温度与环境最大温差

小于20℃时，可全部拆除。

5.5.2 在混凝土浇筑完毕初凝前，宜立即进行喷雾养护工作。

5.5.3 塑料薄膜、麻袋、阻燃保温被等，可作为保温材料覆盖混凝土和模板，必要时，可搭设挡风保温棚或遮阳降温棚。在保温养护过程中，应对混凝土浇筑体的里表温差和降温速率进行现场监测，当实测结果不满足温控指标的要求时，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，应加强进行养护，其侧模、底模的保温构造应在支模设计时确定。

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

5.6 特殊气侯条件下的施工

5.6.1 大体积混凝土施工遇炎热、冬期、大风或者雨雪天气时，必须采用保证混凝土浇筑质量的技术措施。

5.6.2 炎热天气浇筑混凝土时，宜采用遮盖、洒水、拌冰屑等降低混凝土原材料温度的措施，混凝土入模温度宜控制在30℃以下。混凝土浇筑后，应及时进行保湿保温养护；条件许可时，应避开高温时段浇筑混凝土。

5.6.3 冬期浇筑混凝土，宜采用热水拌和、加热骨料等提高混凝土原材料温度的措施，混凝土入模温度不宜低于5℃。混凝土浇筑后，应及时进行保湿保温养护。

5.6.4 大风天气浇筑混凝土，在作业面应采取挡风措施，并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，当需施工时，应采取确保混凝土质量的措施。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，并应尽快中止混凝土浇筑；对已浇筑还未硬化的混凝土应立即进行覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。

6 温控施工的现场监测与试验

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及温度应变的测试，在混凝土浇筑后，每昼夜可不应少于 4 次；入模温度的测量，每台班不少于 2 次。

6.0.2 大体积混凝土浇筑体内监测点的布置，应真实地反映出混凝土浇筑体内最高温升、里表温差、降温速率及环境温度，可按下列方式布置：

1 监测点的布置范围应以所选混凝土浇筑体平面图对称轴线的半条轴线为测试区，在测试区内监测点按平面分层布置；

2 在测试区内，监测点的位置与数量可根据温凝土浇筑体内温度场分布情况及温控的要求确定；

3 在每条测试轴线上，监测点位宜不少于 4 处，应根据结构的几何尺寸布置；

4 沿混凝土浇筑体厚度方向，必须布置外面、底面和中凡温度测点，其余测点宜按测点间距不大于 600mm 布置；

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 混凝土浇筑体的外表温度，宜为混凝土外表以内 50mm 处的温度；

7 混凝土浇筑体底面的温度，宜为混凝土浇筑体底面上 50mm 处的温度。

6.0.3 测温元件的选择应符合以下列规定：

1 测温元件的测温误差不应大于 0.3℃(25℃环境下)；

2 测试范围:-30～150℃；

3 绝缘电阻应大于 500MΩ；

6.0.4 温度和应变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，必须在水下 1m 处经过浸泡 24h 不损坏；

2 测试元件接头安装位置应准确，固定应牢固，并与结构钢筋及固定架金属体绝热；

3 测试元件的引出线宜集中布置，并应加以保护；

4 测试元件周围应进行保护，混凝土浇筑过程中，下料时不得直接冲击测试测温元件及其引出线；振捣时，振捣器不得触及测温元件及引出线。

6.0.5 测试过程中宜及时描绘出各点的温度变化曲线和断面的温度分布曲线；

6.0.6 发现温控数值异常应及时报警，并应采取本应的措施。

附录 A　混凝土泵输出量和所需搅拌运输车数量的计算方法

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，按下式计算：

$$Q_1 = Q_{\max} \cdot \alpha \cdot \eta \tag{A.0.1}$$

式中：Q_1 —— 每台混凝土泵的实际平均输出量(m^3/h)；

Q_{max}—— 每台混凝土泵的最大输出量(m^3/h)；

α —— 配管条件系数，可取 0.8～0.9；

η —— 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，每台混凝土泵所需配备的混凝土搅拌运输车台数，可按下式计算：

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

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(m^3/h)；

V —— 每台混凝土搅拌运输车的容量(m^3)；

S —— 混凝土搅拌运输车平均行车速度(km/h)；

L —— 混凝土搅拌运输车往返距离(km)；

T_t —— 每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间(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方法

B.1 混凝土的绝热温升

B.1.1 水泥的水化热

$$Q_\tau = \frac{1}{n+\tau} Q_0 \tau \tag{B.1.1-1}$$

$$\frac{\tau}{Q_\tau} = \frac{n}{Q_0} + \frac{\tau}{Q_0} \tag{B.1.1-2}$$

$$Q_0 = \frac{4}{7/Q_7 - 3/Q_3} \tag{B.1.1-3}$$

式中：Q_τ——在龄期 τ 天时的累积水化热(kJ/kg)；

Q_0——水泥水化热总量(kJ/kg)；

τ——龄期(d)；

n——常数，随水泥品种、比表面积等因素不同而异。

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，可考虑根据下述公式进行计算：

$$Q = k\,Q_0 \tag{B.1.2}$$

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，其值取法参见表 B.1.2。

B.1.3 当现场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进行计算：

$$k = k_1 + k_2 - 1 \tag{B.1.3}$$

式中：k_1——粉煤灰掺量对应的水化热调整系数可按表 B.1.3 取值；

k_2——矿粉掺量对应水化热调整系数可按表 B.1.3 取值。

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%
粉煤灰(k_1)	1	0.96	0.95	0.93	0.82
矿渣粉(k_2)	1	1	0.93	0.92	0.84

注：表中掺量为掺合料占总胶凝材料用量的百分比。

B.1.4 混凝土的绝热温升可按下式计算：

$$T(t)=\frac{WQ}{C\rho}\left(1-e^{-mt}\right) \qquad \text{(B.1.4)}$$

式中： T(t)——混凝土龄期为 t 时的绝热温升(℃)；

W——每 m^3 混凝土的胶凝材料用量(kg/ m^3)；

C——混凝土的比热，一般为 0.92～1.0〔kJ/(kg.℃)〕；

ρ——混凝土的重力密度，2400～2500(kg/ m^3)；

m——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数，0.3～0.5(d^{-1})；

t——混凝土龄期(d)。

B.2 混凝土收缩变形值的当量温度

B.2.1 混凝土收缩的相对变形值可按下式计算：

$$\varepsilon_y(t)=\varepsilon_y^0(1-e^{-0.01t})\cdot M_1\cdot M_2\cdot M_3\cdots M_{11} \qquad \text{(B.2.1)}$$

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

ε_y^0 ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值，取 3.24×10^{-4}；

M_1、M_2、…M_{11} ——考虑各种非标准条件的修正系数，可按表 B.2.1 取用。

B.2.2 混凝土收缩相对变形值的当量温度可按下式计算

$$T_y(t)=\varepsilon_y(t)/\alpha \qquad \text{(B.2.2)}$$

式中：$T_y(t)$——龄期为 t 时，混凝土的收缩当量温度；

α——混凝土的线膨胀系数，取 1.0×10^{-5}。

表 B.2.1　　混凝土收缩变形不同条件影响修正系数

水泥品种	M_1	水泥细度(m^2/kg)	M_2	水胶比	M_3	胶浆量(%)	M_4	养护时间(d)	M_5	环境相对湿度(%)	M_6	$\bar{r}$	M_7	$\frac{E_sF_s}{E_cF_c}$	M_8	减水剂	M_9	粉煤灰掺量(%)	M_{10}	矿粉掺量(%)	M_{11}
矿渣水泥	1.25	300	1.0	0.3	0.85	20	1.0	1	1.11	25	1.25	0	0.54	0.00	1.00	无	1	0	1	0	1
低热水泥	1.10	400	1.13	0.4	1.0	25	1.2	2	1.11	30	1.18	0.1	0.76	0.05	0.85	有	1.3	20	0.86	20	1.01
普通水泥	1.0	500	1.35	0.5	1.21	30	1.45	3	1.09	40	1.1	0.2	1	0.10	0.76	—	—	30	0.89	30	1.02
火山灰水泥	1.0	600	1.68	0.6	1.42	35	1.75	4	1.07	50	1.0	0.3	1.03	0.15	0.68	—	—	40	0.90	40	1.05
抗硫酸盐水泥	0.78	—	—	—	—	40	2.1	5	1.04	60	0.88	0.4	1.2	0.20	0.61	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	45	2.55	7	1	70	0.77	0.5	1.31	0.25	0.55	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	50	3.03	10	0.96	80	0.7	0.6	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	14～180	0.93	90	0.54	0.7	1.43	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1 $\bar{r}$ ——水力半径的倒数，为构件截面周长(L)与截面积(F)之比，$\bar{r}=100L/F(m^{-1})$；

2 E_sF_s/E_cF_c——配筋率，E_s 、E_c——钢筋、混凝土的弹性模量(N/mm^2),F_s 、F_c——钢筋、混凝土的截面积(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

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

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

E_0 ——混凝土的弹性模量，一般近似取标准条件下养护 28d 的弹性量可按表 B.3.1 取用；

ϕ ——系数，应根据所用混凝土试验确定，当无试验数据时，可近似地取 0.09。

β ——混凝土中掺合料对弹性模量修正系数，取值应以现场试验数据为准，在施工准备阶段和现场无试验数据时，可按表 B.3. 2 计算。

表 B.3.1 混凝土在标准养护条件下龄期为 28 天时的弹性模量

混凝土强度等级	混凝土弹性模量(N/mm^2)
C25	2.80×10^4
C30	3.0×10^4
C35	3.15×10^4
C40	3.25×10^4

B.3.1 掺合料修正系数可按下式计算

$$\beta=\beta_1\cdot\beta_2 \qquad \text{(B.3. 2)}$$

式中：β_1——混凝土中粉煤灰掺量对应的弹性模量调整修正系数，可按表 B.3. 2 取值；

β_2——混凝土中矿粉掺量对应的弹性模量调整修正系数，可按表 B.3. 2 取值；

表 B.3. 2 不同掺量掺合料弹性模量调整系数

掺量	0	20%	30%	40%
粉煤灰(β_1)	1	0.99	0.98	0.96
矿渣粉(β_2)	1	1.02	1.03	1.04

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 有限单元法可使用成熟的商用有限元计算程序或自编的经过验证的有限元程序。

采用一维差分法，可将混凝土沿厚度分许多有限段 Δx(m)，时间分许多有限段 Δt(h)。相邻三点的编号为 n-1、n、n+1，在第 k 时间里，三点的温度 $T_{n-1,k}$、$T_{n,k}$ 及 $T_{n+1,k+1}$，经过 Δt 时间后，中间点的温度 $T_{n,k+1}$，可按差分式求得：

$$T_{n,k+1}=\frac{T_{n-1,k}+T_{n+1,k}}{2}\bullet 2a\frac{\Delta t}{\Delta x^2}-T_{n,k}(2a\frac{\Delta t}{\Delta x^2}-1)+\Delta T_{n,k} \qquad \text{(B.4.2)}$$

式中：a ——混凝土的热扩散率，取 0.0035m²/h。

$\Delta T_{n,k}$ ——第 n 层热源在 k 时段之间释放热量所产生的温升。

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差，可按下式计算：

$$\Delta T=T_{\max}(e^{-mt_1}-e^{-mt_2}) \qquad \text{(B.4.3)}$$

B.4.4 在混凝土与相应位置接触面上释放热量所产生的温差可取 ΔT/2。

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：

$$\Delta T_1(t)=T_m(t)-T_b(t) \qquad \text{(B.5.1)}$$

式中：$\Delta T_1(t)$—— 龄期为 t 时，混凝土浇筑体的里表温差(℃)；

$T_m(t)$——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(℃)；

$T_b(t)$——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(℃)；

B.5.2 混凝土浇筑体的综合降温差可按下式计算

$$\Delta T_2(t)=\frac{1}{6}\left[4T_m(t)+T_{bm}(t)+T_{dm}(t)\right]+T_y(t)-T_w(t) \qquad \text{(B.5.2)}$$

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(℃)；

$T_m(t)$——在混凝土龄期为 t 内，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(℃)；

$T_{bm}(t)$、$T_{dm}(t)$——混凝土浇筑体达到最高温度 T_{max} 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

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

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)；

$\Delta T_{1i}(t)$——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(N/mm^2)；

α ——混凝土的线膨胀系数；

H(τ,t)——在龄期为 τ 时，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。

B.6.2 混凝土浇筑体里表温差的增量可按下式计算：

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

式中： j ——为第 i 计算区段步长(d)；

表 B.6.1　混凝土的松弛系数表

τ=2d		τ=5d		τ=10d		τ=20d	
t	H(τ,t)	t	H(τ,t)	t	H(τ,t)	t	H(τ,t)
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
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
∞	0.186	∞	0.200	∞	0.210	∞	0.251

B.6.3　在施工准备阶段，最大自约束应力也可按下式计算：

$$\sigma_{z\max}=\frac{\alpha}{2}\times E(t)\times\Delta T_{l\max}\times H_i(t,\tau) \qquad \text{(B.6. 3)}$$

式中：$\sigma_{z\max}$——最大自约束应力(MPa)；

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

$E(t)$——与最大里表温差 $\Delta T_{1\max}$ 相对应龄期 t 时，混凝土的弹性模量 (N/mm^2)；

$H_i(t,\tau)$——在龄期为 τ 时，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。

B.6.4　外约束拉应力可按下式计算：

$$\sigma_x(t)=\frac{\alpha}{1-\mu}\sum_{i=1}^{n}\Delta T_{2i}(t)\times E_i(t)\times H_i(t_1)\times R_i(t) \qquad \text{(B.6.4)}$$

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(℃)，可按下式计算：

μ——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。

B.6.5 混凝土浇筑体综合降温差的增量可按下式计算：

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t) - \Delta T_2(t-k) \tag{B.6.5}$$

B.6.4 混凝土外约束的约束系数可按下式计算：

$$R_i(t) = 1 - \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{C_x}{HE(t)}} \times \frac{L}{2}\right)} \tag{B.6.6}$$

式中： 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(N/mm^3)，一般可按下表 B.6.5 取值：

表 B.6.6 不同外约束介质下 C_x 取值($10^{-2}N/mm^3$)

外约束介质	软粘土	砂质粘土	硬粘土	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

$$f_{tk}(t) = f_{tk}(1 - e^{-\gamma t}) \tag{B.7-1}$$

式中：$f_{tk}(t)$——混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值(N/mm^2)；

f_{tk}——混凝土抗拉强度标准值(N/mm^2)；

γ——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。

B.7.2 混凝土防裂性能可按下列公式进行判断：

$$\sigma_z \le \lambda f_{tk}(t)/K \tag{B.7.2-1}$$

$$\sigma_x \le \lambda f_{tk}(t)/K \tag{B.7.2-2}$$

式中：K——防裂安全系数，取 K=1.15。

λ——掺合料对混凝土抗拉强度影响系数，$\lambda=\lambda_1\cdot\lambda_2$，可按表 B.7.2-1 取值；

f_{tk}——混凝土抗拉强度标准值，可按表 B.7.2-2 取值；；

表 B.7.2-1 不同掺量掺合料抗拉强度调整系数

掺量	0	20%	30%	40%
粉煤灰(λ_1)	1	1.03	0.97	0.92
矿渣粉(λ_2)	1	1.13	1.09	1.10

表 B.7.2-2　**混凝土抗拉强度标准值**(N/mm^2)

符号	混凝土强度等级			
	C25	C30	C35	C40
f_{tk}	1.78	2.01	2.20	2.39

附录 C　大体积混凝土浇筑体表面保温层的计算方法

C.0.1　混凝土浇筑体表面保温层厚度的计算

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

式中：δ—混凝土表面的保温层厚度(m)；

λ_0—混凝土的导热系数[W/(m·K)]；

λ_i—第 i 层保温材料的导热系数[W/(m·K)]；

T_b—混凝土浇筑体表面温度(℃)；

T_q—混凝土达到最高温度(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_b-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)

表 C.1　　传热系数修正值 K_b

保温层种类	K_1	K_2
由易透风材料组成，但在混凝土面层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
由不易透风的材料组成	1.3	1.5

注：K_1 值为风速不大于 4m/s 情况；K_2 值为风速大于 4m/s 情况。

C.0.2　多种保温材料组成的保温层总热阻可按下式计算：

$$R_s = \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\beta_\mu} \qquad (C.0.2)$$

式中：R_S—保温层总热阻[$(m^2 \cdot K)/W$]；

δ_i—第 i 层保温材料厚度(m)；

λ_i—第 i 层保温材料的导热系数[W/(m·K)]；

β_u—固体在空气中的放热系数[W/(m^2 · K)]，可按表(C.0.2)取值。

表 C.0.2　　固体在空气中的放热系数

风速	β_u		风速	β_u	
(m/s)	光滑表面	粗糙表面	(m/s)	光滑表面	粗糙表面
0	18.4422	21.0350	5.0	90.0360	96.6019
0.5	28.6460	31.3224	6.0	103.1257	110.8622
1.0	35.7134	38.5989	7.0	115.9223	124.7461
2.0	49.3464	52.9429	8.0	128.4261	138.2954
3.0	63.0212	67.4959	9.0	140.5955	151.5521
4.0	76.6124	82.1325	10.0	152.5139	164.9341

C.0.3　混凝土表面向保温介质放热的总放热系数(不考虑保温层的热容量)，可按式计算：

$$\beta_S = \frac{1}{R_S} \tag{C.0.3}$$

式中：β_s—保温材料总传热系数[W/(m^2 · K)]；

R_s—保温层总热阻[(m^2 · K)/W]。

C.0.4　保温层相当于混凝土的虚拟厚度，可按式(C.2.3)计算：

$$h' = \frac{\lambda_0}{\beta_S} \tag{C.0.4}$$

式中：h'—混凝土的虚拟厚度(m)；

λ_0—混凝土的导热系数[W/(m^2 · K)]。

本规范用户用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时，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，非这样做不可的用词；

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用词；

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，在条件许可时首先这样做的用词；

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指定应按其他有关标准、规范执行时写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

大体积混凝土施工规范

GB 50496-2009

条 文 说 明

1 总则

1.0.1 在工业与民用建筑(包括建筑物和构筑物)工程的大体积混凝土施工中，由于水泥水化热引起混凝土浇筑体内部温度剧烈变化，使混凝土浇筑体早期塑性收缩和混凝土硬化过程中的收缩增大，使混凝土浇筑体内部的温度-收缩应力剧烈变化，而导致混凝土浇筑体或构件发生裂缝的现象并不罕见。

如何防止大体积混凝土施工中出现有害裂缝是大体积混凝土施工中的关键技术问题。特别是随着国民经济的快速发展，在大体积混凝土施工中，由于混凝土建构筑物的设计强度等级的提高，水泥等胶凝材料细度的提高，各种外加剂的掺入，用水量的减少，使大体积混凝土施工过程中因水泥水化热产生的温度应力或由于混凝土干燥收缩而产生的收缩应力的变化引起混凝土体积变形而产生裂缝的防控问题更为突出。

从20世纪70年代至今30余年的时间里，随着现浇混凝土和机械化施工水平的提高，大流动度、预拌混凝土的广泛使用在冶金、电力(包括核电)、民用高层及超高建筑物基础、设备基础、上部结构等大体积混凝土工程施工中。我们在科学实验的基础上，不断地总结工程经验与教训，逐步形成了一整套大体积混凝土防裂的技术措施和方法，采取了以保温保湿养护为主体，抗放兼施为主导的大体积混凝土温控措施新技术。在大体积混凝土工程设计、设计构造要求、混凝土强度等级选择、混凝土后期强度利用、混凝土材料选择、配比的设计、制备、运输、施工，混凝土的保温保湿养护以及在混凝土浇筑硬化过程中浇筑体内温度及温度应力的监测和应急预案的制定等技术环节，采取了一系列的技术措施，成功完成了大量大型冶金设备基础，大型火力、发电设备基础和上部超大、超厚构件的核电基础及安全壳、高层超高的建筑物的基础、超高烟囱基础、大型文化体育场馆、航站楼、超长混凝土结构大体积混凝土工程的施工，积累了丰富的经验。如 5000m^3 高炉基础、百万千瓦发电机组、锅炉基础等，一次浇筑混凝土量在10000m^3 以上，成功的控制现场混凝土裂缝出现和发展的过程，确保了工程质量。

1991年冶金工业部建筑研究总院编制了冶金系统行业标准《块体基础大体积混凝土施工技术规程》YBJ224—91。该行业标准在执行的十多年中，为国内大体积混凝土施工的质量控制起到了良好的指导作用，并产生了良好的社会效益。

随着我国国民经济的发展和工业与民用建筑物的发展，冶金、电力、石化等行业超大型生产设备的发展，大体积混凝土施工工程也越来越多，国家行业标准YBJ224—91在适用的范围和深度上不能满足当前在工业民用建筑工程中大体积混凝土施工的需要。

为使今后大体积混凝土施工中贯彻以防为主(保温保湿养护为主要措施)，抗放兼施的原则，推进温控施工新技术的应用，我们在总结大量试验研究、科研成果和工程实践的基础上，组织相关行业的专业技术人员和专家学者编制了本规范。

1.0.2 本条对本规范的适用范围作了规定。大体积混凝土的界定，是根据冶金、电力、核电、石化、机械、交通和大型民用建筑等建设工程施工经验。本规范对按大体积混凝土施工的厚大块体结构的最小厚度和体积作了的规定(见本规范2.1.1条)。同时，考虑目前许多工业与民用建筑物结构虽然其结构的厚度和分块体积并不大，但由于其在施工和结构设计中忽略了温控和抗裂措施，使得这类结构在施工阶段中出现裂缝，影响了结构的使用和耐久性。因此，把需要温控和采取抗裂措施的这类混凝土结构称为是有大体积混凝土性质的混凝土结构，本规范也适用于这类混凝土结构的工程施工。

本规范不适用水工和碾压大体积混凝土的主要原因是：

1 水工用大体积混凝土所用水泥大多用低热水泥或大坝水泥；而本规范所指大体积混凝土大多用普通硅酸盐水泥。

2 与本规范所指的大体积混凝土相比，碾压混凝土的水泥用量和坍落度都比较低，且大多数是素混凝土。

1.0.3 本条规定了本规范与其它标准、规范的关系。因为大体积混凝土工程施工属于钢筋混凝土工程施工的一部分，但由于它具有水泥水化热引起温度应力和收缩应力的特殊问题，大体积混凝土的施工除应遵守本规范外，尚应按有关钢筋混凝土工程施工标准规范的规定进行施工和工程验收。

3 基本规定

3.0.1 大体积混凝土工程施工时，除应满足普通混凝土施工所要求的混凝土力学性能及可施工性能外，还应控制有害裂缝的产生。为此，施工单位应预先制定好满足上述要求的施工组织设计和施工技术方案，并应进行技术交底，切实贯彻执行。

3.0.2 大体积混凝土抗裂是一个综合性问题。只有好的设计而没有施工单位的密切配合不能解决问题；而当设计考虑不周时，给施工带来了困难。因此，只有设计与施工单位的密切配合，在结构的防裂设计，材料选用、施工工艺、温控等方面采取综合技术措施才能有效地解决这一问题。而类似工程的成功经验对结构设计和优化温控和防裂措施具有很好的借鉴作用。

3.0.2 本条根据大体积混凝土工程施工的特点，提出了对大体积混凝土设计强度等级、结构配筋等的具体要求

1 根据现有资料统计，一般大体积混凝土的设计强度等级在 C25~C40 的范围内比较适宜。从冶金、电力、核电、石化和建工等行业的资料体现，许多工程已经或可以考虑利用 60d 或 90d 混凝土强度作为评定工程交工验收及设计的依据。这是一种有科学依据、工程实践，并可节能、降耗，有效减少有害裂缝产生的技术措施。

2 本条提出在大体积混凝土施工对结构的配筋除应满足结构强度和构造要求外，还应满足大体积混凝土施工的具体办法(整体浇筑，分层浇筑或跳仓浇筑)配置承受因水泥水化热和收缩而引起的温度应力和收缩应力的构造钢筋。

3 在大体积混凝土施工中考虑岩石地基对它的约束时，宜在混凝土垫层上设置滑动层，滑动层构造可采用一毡二油或一毡一油(夏季)，以达到尽量减少约束的目的。

4 本款中所指的减少大体积混凝土外部约束是指：模板、地基、桩基和已有混凝土等外部约束。

3.0.3 本条确定了大体积混凝土在施工方案阶段应做的试算分析工作，对大体积混凝土浇筑块体在浇筑前应进行温度、温度应力及收缩应力的验算分析。其目的是为了确定温控指标(温升峰值、内外温差、降温速度、混凝土表面与大气温差)及制定温控施工的技术措施(包括混凝土原材料的选择、混凝土拌制、运输过程

及混凝土养护的降温和保温措施，温度监测方法等)，以防止或控制有害裂缝的发生，确保施工质量。

3.0.4 本条提出了大体积混凝土施工前，必须了解掌握气候变化，并尽量避开恶劣气候的影响。遇大雨、大雪等天气，若无良好的防雨雪措施，就会影响混凝土的质量。高温天气如不采取遮阳降温措施，骨料的高温会直接影响混凝土拌合物的出罐温度和入模温度。而在寒冷季节施工，给大体积混凝土会增加保温保湿养护措施的费用，并给温控带来困难。所以，应与当地气象台站联系，掌握近期的气象情况，避开恶劣气候的影响十分重要。

4 大体积混凝土的材料、配比、制备及运输

4.1 一 般 规 定

4.1.1 大体积混凝土的施工工艺特性主要是指由于大体积混凝土在施工过程中的方法不同，要求不同，地域环境不同，体积的大小不同等因素导致其施工工艺各具特性。但就其拌合物的特性而言应满足良好的流动性，不泌水，合理的凝结时间以及坍落度损失小等基本要求。

4.2 原 材 料

4.2.1 为在大体积混凝土施工中降低混凝土因水泥水化热引起的温升，达到降低温度应力和保温养护费用的目的，本条文根据目前国内水泥水化热的统计数据和多个大型重点工程的成功经验，以及美国《大体积混凝土》 ACI 207.1R-96 中的相关规定，将原《块体基础大体积混凝土施工技术规程》 YBJ 224-91 中的“大体积混凝土施工时所用水泥其 7d 水化热应小于 250kJ/kg”修订为“大体积混凝土施工时所用水泥其 3d 水化热宜小于 240kJ/kg，7d 水化热宜小于 270kJ/kg”，同时规定了其水泥中的铝酸三钙(C_3A)含量小于 8%。

当使用了 3d 水化热大于 240kJ/kg， 7d 水化热大于 270kJ/kg 或抗渗要求高的混凝土，其水泥中的铝酸三钙(C_3A)含量高于 8%时，在混凝土配合比设计时应根据温控施工的要求及抗渗能力要采取适当措施调整。

4.2.2 据调研。在供应大体积混凝土工程用混凝土时，大多数商品混凝土搅拌站对进站的水泥品种、强度等级、包装或散装型号、出厂日期等进行检查，并对其强度、安定性、凝结时间、水化热等性能指标进行复查。但也有相当数量的商品混凝土搅拌站并未及时复检的性能指标不全，直接影响大体积混凝土工程质量，造成了严重的后果，直接造成国家财产损失并威胁人身安全。因此，特此条例为强制性条文是十分必要的。

4.2.3 本条文规定了大体积混凝土所使用的骨料应采用非活性骨料，但如使用了无法判定是否是碱活性骨料或有碱活性的骨料时，应采用《通用硅酸盐水泥》 GB175 等水泥标准规定的低碱水泥，并按照表 1 控制混凝土的碱含量；也可采用抑制碱骨料反应的其他措施。

表 1 混凝土碱含量限值

反应类型	环境条件	混凝土最大碱含量(按 Na_2O 当量计)/(kg/m^3)		
		一般工程环境	重要工程环境	特殊工程环境
碱硅酸盐反应	干燥环境	不限制	不限制	3.0
	潮湿环境	3.5	3.0	2.0
	含碱环境	3.0	用非活性骨料	

4.2.3 控制粉煤灰掺量的主要目的是降低大体积混凝土的水化热，但是随着粉煤灰掺量的增加，混凝土的抗拉强度会降低，虽然粉煤灰掺量的增加对降低水化热能够起到一定的作用,但和其损失的抗拉强度相比后者仍是主要因素。

4.2.4 由于大体积混凝土施工时所采用的外加剂对于硬化混凝土的收缩会产生很大的影响，所以对于大体积混凝土施工时采用的外加剂，应将其收缩值应作为一项重要指标必须加以控制。

4.3 配合比设计

4.3.1 本条文考虑到大体积混凝土的施工及建设周期一般较长的特点，在保证混凝土有足够强度满足使用要求的前提下，规定了大体积混凝土可以采用 60d 或 90d 的后期强度，这样可以减少大体积混凝土中的水泥用量，提高掺合料的用量，以降低大体积混凝土的水化温升。同时可以使浇注后的混凝土内外温差减小，降温速度控制的难度降低，并进一步降低养护费用。

5　混凝土施工

5.1　一般规定

5.1.1　根据大体积混凝土的特点和工程实践经验对大体积混凝土专项施工组织设计规定了九个方面的主要内容，有关安全管理与文明施工还应遵守国家现行有关的规定。

其中“大体积混凝土浇筑体温度应力和收缩应力的计算”，可参照本规范附录B的简化计算方法进行，有条件时，宜按有限单元法或其他方法进行更加细致地计算分析。

关于保温覆盖层厚度的确定，本规范在附录C中给出了计算方法。它是根据热交换原理，假定混凝土的中心温度向混凝土表面的散热量，等于混凝土表面保温材料应补充的发热量，并把保温层厚度虚拟成混凝土的厚度进行计算。但应指出的是现场应根据实测温度进行及时调整。

5.1.2　整体分层连续浇筑施工或推移式连续浇筑施工是目前大体积混凝土施工中普遍采用的方法，本条文规定了应优先采用。工程实践中也有称其为“全面分层、分段分层、斜面分层”、“斜向分层、阶梯状分层”、“分层连续，大斜坡薄层推移式浇筑”等，本条文强调整体连续浇筑施工，不留施工缝，确保结构整体性强。

分层连续浇筑施工的特点，一是混凝土一次需要量相对较少，便于振捣，易保证混凝土的浇筑质量；二是可利用混凝土层面散热，对降低大体积混凝土浇筑体的温升有利，三是可确保结构的整体性。

对于实体厚度一般不超过2m，浇筑面积大、工程总量较大，且浇筑综合能力有限的混凝土工程，宜采用整体推移式连续浇筑法。

5.1.3　大体积混凝土(一般厚度大于2m)允许设置水平施工缝分层施工，并规定了水平施工缝设置的一般要求。已有的试验资料和工程经验表明，设置水平施工

缝施工能有效地降低混凝土内部温升值，防止混凝土内外温差过大。当在施工缝表层和中间部位设置间距较密、直径较小的抗裂钢筋网片后，可有效地避免或控制混凝土裂缝的出现或开展。

关于高层建筑转换层的大体积混凝土施工，由于转换层结构的尺寸高而大，一般转换梁常用截面高度 1.6～4.0m，转换厚板的厚度 2.0～2.8m，自重大，竖向荷载大，若采用整体浇筑有困难或可能对下部结构产生损害，可利用叠合梁原理，将高大转换层结构按叠合构件施工，不仅可以减少混凝土的水化热，还可利用分层施工形成的结构承受二次施工时的荷载。

5.1.4 对超长(大于《混凝土结构设计规范》GB 50010 中伸缩缝要求)大体积混凝土施工，可按留置变形缝、后浇带或跳仓方法分段施工，并规定了设置的一般要求。这样可在一定程度上减轻外部约束程度，减少每次浇筑段的蓄热量，防止水化热的积聚，减少温度应力；但应指出的是跳仓接缝处的应力一般较大，应通过计算确定配筋量和加强构造处理。

5.1.5 大体积混凝土的施工中，由于水泥水化热引起混凝土浇筑体内部温度和温度应力剧烈变化，而导致混凝土发生有害裂缝的现象并不罕见，为了控制混凝土浇筑体的内部温度需要采取技术措施和占用一定的绝对时间，因此应科学合理的确定施工工期，不能过分强赶工期，在不利气候条件下应采取专门的措施，精心组织施工，以确保大体积混凝土的质量。

5.2 施工技术准备

5.2.1 图纸会审工作是大体积混凝土施工前一项重要的技术准备工作，应结合实际工程和自身实力、管理水平，制定关键部位的质量控制措施和施工期间的综合抗裂措施。

5.2.2 大体积混凝土施工前应对上道工序如混凝土的模板和支架、钢筋工程、预埋管件等隐蔽工程进行检查验收，合格后再进行混凝土的浇筑。

5.2.3、5.2.4 施工现场总平面布置应满足大体积混凝土连续浇筑对道路、水、电、专用施工设备等的需要，并加强现场指挥和调度，尽量缩短混凝土的装运时间，控制合理的入模温度，提高设备的利用率。

5.2.5 大体积混凝土的供应应满足混凝土连续施工的需要，一般情况下连续供应能力不宜低于单位时间所需量的 1.2 倍。采用多家供应商供料时，应制订统一的

技术标准，确保质量可靠。需在施工现场添加料时，应派专人负责，并按批准的方案严格操作，严禁任意加水和添加外加剂。

5.2.6、5.2.7 大体积混凝土施工应尽可能增加装备投入和信息化管理，提高工效，进入现场的设备包括测温监控设备，在浇筑混凝土前应进行全面的检修和调试，确保设备性能可靠，以满足大体积混凝土连续浇筑的需要，施工中宜指定专人负责维护管理。

5.2.8 大体积混凝土与普通混凝土施工在许多方面不同，更应加强组织协调管理和岗前培训工作，明确岗位职责、责任到人，落实技术交底，遵守交接班制度。

5.3 模板工程

5.3.1 本条规定了大体积混凝土模板和支架系统在设计时应满足的一般要求，尤其是保温构造设计。目前在大体积混凝土施工中，模板主要采用钢模、木模或胶合板，支架主要采用钢支撑体系。采用钢模时对保温不利，应根据保温养护的需要再增加保温措施；采用木模或胶合板时，保温性能良好，可将其直接作为保温材料考虑。

已有的试验资料和工程经验表明设置必要的滑动层或缓冲层，可减少基层、模板和支架系统对大体积混凝土在硬化过程中的变形约束，有利于对裂缝的控制。

5.3.2 模板和支架系统在安装、使用和拆卸时必须采取措施保障安全，这对避免重大工程事故非常必要。在安装时，模板和支架系统还未形成可靠的结构体系，应采取临时措施，保证在搭设过程中的安全；在混凝土施工时应加强现场检查，必要时应加固；在拆卸时应注意混凝土的强度和拆除顺序，在混凝土结构有可能未形成设计要求的受力体系前，应加设临时支撑系统。

5.3.3 本条文规定了采用后浇带或跳仓方法施工时施工缝支挡和垂直支撑体系的要求。

5.3.4、5.3.5 这两条规定了拆模时间的要求和应采用的措施。国内外的工程实践证明，早期因水泥水化热使混凝土内部温度很高，过早拆模时混凝土的表面温度较低，会形成很陡的温度梯度，产生很大的拉应力，极易形成裂缝。因此，有条件时应延迟拆模时间，缓慢降温，充分发挥混凝土的应力松驰效应，增加对大体积混凝土的保温保湿养护时间。

5.4 混凝土浇筑

5.4.1 本条文对大体积混凝土的浇筑厚度、间隔时间、浇筑和振捣作了一般性规定。

关于浇筑层厚度，曾称着摊铺厚度、虚铺厚度。条文以插入式振捣棒为主，对其作了规定。浇筑层厚度一般不大于振捣棒作用部分长度的 1.25 倍，常用的插入式振捣棒作用有效长度大于 450mm。

条文对连续分层浇筑的层面间隔时间做了规定，防止因间隔时间过长产生“冷缝”。层间的间隔时间是以混凝土的初凝时间为准的。关于混凝土的初凝时间，在国际上是以贯入阻力法测定，以贯入阻力值为 3.5MPa 时为混凝土的初凝，所以应经试验确定，试验地点宜在施工现场，试验方法可参照现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080、《滑动模板工程技术规范》GB50113。当层面间隔时间超过混凝土初凝时间时，应按施工缝处理。

大体积混凝土采用二次振捣工艺，即在混凝土浇筑后即将凝固前，在适当的时间和位置给予再次振捣，以排除混凝土因泌水在粗骨料、水平钢筋下部生成的水分和孔隙，增加混凝土的密实度，减少内部微裂缝和改善混凝土强度，提高抗裂性。振捣时间长短应根据混凝土的流动性大小而定。

5.4.2 本条对分层间歇浇筑混凝土时施工缝的处理作了一般规定。

5.4.3 根据已往的工程实践总结，钢板止水带相对其他防水方式具有较好的止水效果。

本条主要是从保证大体积混凝土的浇筑连续施工的要求以及尽量控制混凝土出罐温度等方面，对混凝土的拌制及运输做出的一般规定。

5.4.4 在大体积混凝土浇筑过程中，受力钢筋、定位筋、预埋件等易受到干扰，甚至移位和变形，应采取有效措施固定。大体积混凝土因为泵送混凝土的水胶比一般比较大，表面浮浆和泌水现象普遍存在，不及时清除，将会降低结构混凝土的质量，为此在施工方案中应事先规定具体做法，以便及时清除混凝土表面积水。

5.4.5 大体积混凝土由于混凝土坍落度较大，在混凝土初凝前或混凝土预沉后在表面采用二次抹压处理工艺，并及时用塑料薄膜覆盖，，可有效避免混凝土表面水分过快散失出现干缩裂缝，控制混凝土表面非结构性细小裂缝的出现和开展，必要时，可在混凝土终凝前 1~2h 进行多次抹压处理，在混凝土表层配置抗裂钢

筋网片。

5.5 混凝土养护

5.5.1 本条规定了应采用在大体积混凝土养护中已广泛使用且效果明显的保温保湿养护方法。根据已往的施工经验，在大体积混凝土养护过程中采用强制或不均匀的冷却降温措施不仅成本相对较高，管理不善易使大体积混凝土产生贯穿性裂缝，这类方法在房屋建筑工程中较少采用。

保温养护是大体积混凝土施工的关键环节。保温养护的主要目的，一是通过减少混凝土表面的热扩散，从而降低大体积混凝土浇筑体的里外温差值，降低混凝土浇筑体的自约束应力；其次是降低大体积混凝土浇筑体的降温速率，延长散热时间，充分发挥混凝土强度的潜力和材料的松弛特性，利用混凝土的抗拉强度，以提高混凝土承受外约束应力时的抗裂能力，达到防止或控制温度裂缝的目的。同时，在养护过程中保持良好温度和防风条件，使混凝土在适宜的温度和湿度环境下养护，故本条文对保温养护措施所应满足的条件作了规定，即施工人员应根据事先确定的温控指标的要求，来确定大体积混凝土浇筑后的养护措施。

5.5.2 实践证明，喷雾养护是一种行之有效的保湿措施，尤其在厚墙、转换层等大体积混凝土初凝前养护效果明显。

5.5.3 在大体积混凝土施工时，应因地制宜地采用保温性能好而又便宜的材料用在保温养护中，条文中列举了施工中常见的而且又比较便宜的材料；现场实测是大体积混凝土施工中的一个重要环节，根据事先确定的温控指标和当时监测数据指导养护工作，确保混凝土不出现过大的温度应力，从而控制裂缝的产生。

5.5.4 对于高层建筑转换层的大体积混凝土施工，由于在高空中组织施工条件相对地面或地下较差，应加强进行保温构造设计和养护工作。必要时，封闭加热施工，以满足温控指标的要求，确保工程质量。

5.5.5 从已往的施工经验看，大体积混凝土结构若长时间暴露在自然环境中，易因收缩产生微裂缝，影响混凝土的外观质量，故对此作了相应的规定。

5.6 特殊气侯条件下的施工

5.6.1～ 5.6.5 规定了在炎热、冬期、大风、雨雪等特殊气侯条件下进行大体积混凝土施工时，为了控制混凝土不出现有害裂缝，保证混凝土浇注质量，应遵守的技术措施。

6 温控施工的现场监测与试验

6.0.1 大体积混凝土施工需在监测数据指导下进行，及时调整技术措施，监测系统宜具有实时在线和自动记录功能。考虑到部分地区实现该系统功能有一定困难，亦可采取手动方式测量，但考虑到测试数据代表性，数据采集频度应满足本条规定。

6.0.2 多数大体积混凝土工程具有对称轴线，如实际工程不对称，可根据经验及理论计算结果选择有代表性温度测试位置。

6.0.6 温度监测是信息化施工的体现，是从温度方面判断混凝土质量的一种直观方法。监测单位应每天提供温度监测日报，若监测过程中出现温控指标不正常变化，也应及时反馈给委托单位，以便发现问题采取相应措施。