

建设工程有限公司
项目

大体积砼专项施工方案

建设单位： 置业有限公司
编制单位： 工程有限公司
批 准： _____
审 核： _____
编 制： _____
编制时间： _____

目 录

第一章 编制依据	1
第二章 工程概况	2
第三章 原材料、配合比、制备及运输.....	3
第四章 混凝土主要施工设备和现场总平面布置图.....	7
第五章 混凝土浇筑顺序和施工进度计划.....	9
第六章 混凝土施工	10
第七章 混凝土的温控施工	17
第八章 大体积混凝土浇筑防裂缝技术措施.....	22
第九章 大体积混凝土施工质量保证措施.....	25
第十章 大体积混凝土施工安全保证措施.....	26
第十一章 大体积混凝土施工环保措施.....	29
计算书:施工阶段温度应力与收缩应力的计算.....	30

第一章 编制依据

本方案编制主要依据以下规范、标准及其相关文件、图纸及施工组织设计，详细如下：

一、XXX 总承包工程施工合同。

二、XXX 总承包工程施工图纸、图纸会审纪要、地勘报告。

三、相关的规范、标准

1、建筑地基基础工程施工质量验收规范 GB50202-2002

2、混凝土结构工程施工质量验收规范 GB50204-2015

3、混凝土质量控制标准 GB50164-2011

4、混凝土外加剂应用技术规范 GB50119-2003

5、高层建筑箱形与筏形基础技术规范 JGJ6-2011

6、大体积混凝土施工规范 GB50496-2009

7、建筑施工安全检查标准 JGJ59-2011；

四、公司相关管理制度。

五、本工程现场实际情况。

第二章 工程概况

- 1、工程名称:XXX 地产开发项目
- 2、工程地点:XXX
- 3、建设单位: XX 置业有限公司
- 4、设计单位: XX 建筑设计股份有限公司
- 5、监理单位: XX 建设工程项目管理有限公司
- 6、勘察单位: XX 工程勘察设计院有限公司

7、本工程高层建筑结构类型为剪力墙结构，纯地下室部分及单层商业结构形式为框架结构。总建筑面积 116684.84 m²。地下室一层，地上由 12 栋楼组成。其中地下室层高 4.2m，2#、3#、8#、9#、10#、11#、12#楼均为 18 层，建筑高度均为 54.9m，标准层层高均为 3m，非标准层层高 4.8m；3#、4#、5#、6#、7#楼均为 12 层，建筑高度均为 36.6m，标准层层高均为 3m，非标准层层高 3.6m；

本工程大体积混凝土主要在 1~12#楼筏形基础，具体情况如下表所示。

部位	筏基厚度 (m)	混凝土用量 (m ³)	砼等级
1#、2#楼筏基	1.3	约 800	C35
3#~7 楼筏基	0.9	约 550	C35
8#~12 楼筏基	1.3	约 800	C35

与普通混凝土相比，大体积混凝土具有结构厚、体积大、钢筋密、工程条件复杂和施工技术要求高等特点，因此要从技术上、材料上做好充分的准备工作，才能确保混凝土质量。除了满足强度、刚度、整体性和耐久性等要求外，主要应解决好控制温度变形的发生和开展；必须采取表面保温保湿养护，塑料薄膜加

麻袋全封闭养护，使混凝土内保持一定的湿度又要确保混凝土内外温差控制在 25°C 。混凝土温度裂缝产生的主要原因是由于混凝土的导热性能差，其外部的水化热量散失较快，而积聚在结构内部的水化热则不易散失，造成混凝土各部位之间的温度差和温度应力，当表面拉应力超过混凝土的抗拉强度时，就会产生温度裂缝。

第三章 原材料、配合比、制备及运输

一、基本要求

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、降低混凝土绝热温升值的要求。

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。

二、原材料

本工程混凝土采用商品混凝土供应厂家为广安市九鼎商品混凝土有限公司。

2.1.1 配置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《通用硅酸盐水泥》GB175-2007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，大体积混凝土所用水泥其3d的水化热不宜大于 240kJ/kg ，7d的

水化热不宜大于 270 kJ/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宜大于 60℃。

2.1.2 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。

2.1.3 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 52-2006 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，含泥量不应大于 3%；

(2) 粗骨料宜选用粒径 5~31.5mm，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。

2.1.4 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 1596-2005 和《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB / T 18046-2008 的有关规定。

2.1.5 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 8076-2008、《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119-2003 和有关环境保护标准的规定。

2.1.6 外加剂的选择除应符合下列要求：

(1) 外加剂的品种、掺量应根据工程所刚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。

2.1.7 拌合用水的质应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63-2006 的有关规定。

2.2 配合比设计

2.2.1 大体积混凝土配合比设计。除应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011 的有关规定外，尚应符合下列规定：

(1) 采用混凝土 60d 或 90d 强度作指标时，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大于 160mm。

(3) 拌和水用量不宜大于 $175\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(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 0.50。

(6) 砂率宜为 35%~42%。

2.2.2 在混凝土制备前，应进行常规配合比试验，并进行水化热、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。

2.2.3 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。

2.3 制备及运输

2.3.1 混凝土的制备量与运输能力应满足混凝土浇筑工艺的要求，并应选用具有生产资质的预拌混凝土生产单位，其质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》(GB/T 14902-2003)的有关规定，并应满足施工工艺坍落度损失、入模坍落度、入模温度等的技术要求。

2.3.2 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要求。

2.3.3 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。

2.3.4 搅拌运输车在装料前应将罐内的积水排尽。

2.3.5 运输车的数量应满足混凝土浇筑的工艺要求，计算如下：

(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

$$Q_1 = Q_{\max} \cdot \alpha_1 \cdot \eta \quad (\text{公式 1})$$

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_1 ——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。

(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：

$$N = \frac{Q_1}{V} \left(\frac{L}{S_0} + T_0 \right) \quad (\text{公式 2})$$

2)

式中 N ——混凝土搅拌运输车台数(台)；

V ——每台混凝土搅拌运输车的容量(m^3)；

S_0 ——混凝土搅拌运输车平均行车速度(km/h)；

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)。

2.3.6 搅拌运输车单程运送时间，采用预拌混凝土时，应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902-2003的有关规定。

2.3.7 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) 运输过程中出现离析或使用外加剂进行调整时，搅拌车应进行快速搅拌，搅拌时间不应小于 120s；

(2) 运输过程中严禁向拌合物中加水。

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

第四章 混凝土主要施工设备和现场总平面布置图

4.1 混凝土的主要施工设备：根据本工程大体积混凝土各分区的工程量大小，拟配备 2 台 HBT80/90 输送泵，部分区段浇筑线路较长，浇筑量较大的可辅以汽车式输送泵(天泵)。

其他主要浇筑设备见下表：

机械名称	型号	台班	功率	备注
输送泵	HBT80C	2 台	110KW	
振动棒	ZN50	10 个	11KW	
平板振动器	HZ2-7	2 台	3KW	
全站仪		1 台		

水准仪		1 台		
铁锹		20 把		
塑料布		100 张		

4.2 施工现场平面布置图见附图。

第五章 混凝土浇筑顺序和施工进度计划

5.1 根据本工程分区情况及施工组织设计的进度安排，分工程各区段施工顺序。

各区段混凝土本着最小施工作业面，减小施工冷缝出现的可能性，同时考虑机械布置的位置来确定浇筑流向、浇筑顺序及浇筑流向见附图。

5.2 施工进度计划

根据广大置业开盘节点及本工程施工组织设计的总体安排，本工程大体积混凝土的施工进度计划见表 2。

第六章 混凝土施工

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 1-1）或推移式连续浇筑施工（1-2）

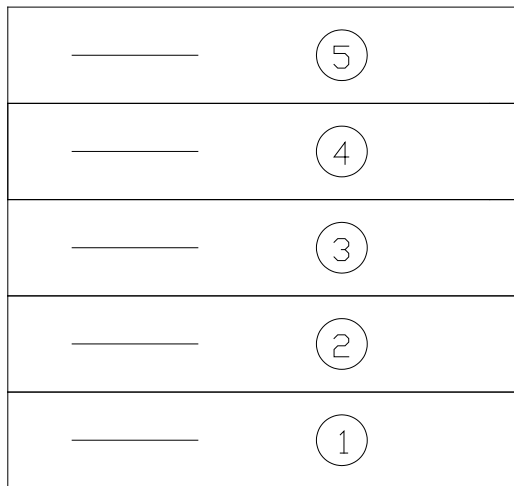


图 1-1 整体分层连续浇筑施工

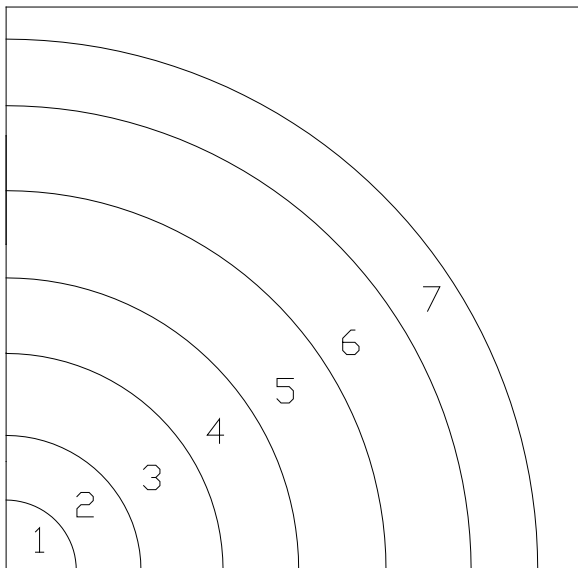


图 1-2 推移式连续浇筑施工

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位置及间歇时间。

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国家现行有关

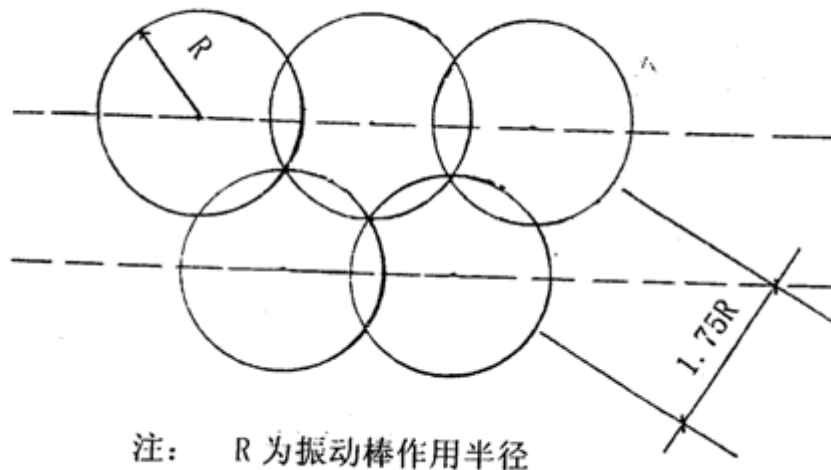
标准的规定；

(2)后浇带施工：后浇带的设置和施工应符合图纸及国家现行有关标准的规定；

(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，跳仓接缝处应按施工缝的要求设置和处理。

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。

筏板砼浇筑振捣时，为了保证施工质量，振捣器的振动棒插点必须按下图执行。



6.1 施工技术准备

6.1.1 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，制定关键部位的施工作业指导书。

6.1.2 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。

6.1.3 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，应与市政、交管等部门协调，制定场外交通临时疏导方案。

6.1.4 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，应有双回路供电或自备电源等措施。

6.1.5 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。

6.1.6 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。

6.1.7 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。

6.1.8 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，同时应建立严格地岗位责任制和交接班制度，同时应配备足够的劳动力。

各区域底板混凝土施工，项目经理全面负责生产技术协调工作，生产经理 1 名，负责栋号生产，项目工程师负责各区域施工技术，各区域技术组负责现场施工技术指导，各区专职质检员负责现场施工质量。各区配 1 个混凝土施工班组，各班组配振捣手 5 名，其它配合人员 5 人。

6.2 模板工程

6.2.1 大体积混凝土的模板和支架系统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，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。

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

6.2.3 后浇带或跳仓法留置的竖向施工缝，宜用钢板网、铁丝网或小板条拼接支模，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他部位分开。

6.2.4 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°C ；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方案计算的温控要求确定。

6.2.5 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。

6.3 混凝土浇筑

6.3.1 大体积混凝土的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 $300\sim 500\text{mm}$ 。

(2) 整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间歇时间，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。当层间间歇时间超过混凝土的初凝时间时，层面应按施工缝处理，承台混凝土浇筑斜面分层厚度控制在 500mm 以内，浇筑斜向坡度为 $1:6$ ，每条管布料直径大约在 $1.5\sim 20\text{m}$ 范围，混凝土浇筑时要准确控制分层的厚度，均匀布料，覆盖完全。混凝土浇筑过程中，应加强振捣，且要保证上下层混凝土之间浇筑间隙时间不超过初凝时间的 $t/2$ ，施工中采取二次复振技术振捣提高混凝土界面处粘结力和胶合力，消除混凝土泌水现象。振捣时，使用插入式振捣器，振捣程度以混凝土浆上浮，不出现气泡为合适。振捣器振捣间距按 400mm 梅花状振捣，采用自后向前的振捣顺序，振捣器垂直插入下层混凝土，且插入深度不应小于 500mm ，使上、下两层混凝土完融合。对于底板混凝土采用常规施工方法浇筑混凝土。

(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) 混凝土浇筑宜采用二次振捣工艺。

6.3.2 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) 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) 混凝土应振捣密实，并使新旧混凝土紧密结合。

6.3.3 施工缝及后浇带处理：地下室底板后浇带采用模版做成直行缝，地下室底板与外墙之间的施工缝原则上留在底板面以上 500mm 处，做成平台缝并加止水钢板或企口缝，水池墙壁同外墙。施工缝中间 3cm 要求平整，其余表面采用植石笋处理，石笋植入混凝土内要求达石子长度的 2/3。

6.4.4 大体积砼浇筑过程中，除现场必要施工管理人员外，项目部应安排专人值班，负责现场相关管理、协调及其他临时情况处理、突发情况汇报等工作。根据项目部现有人员配备情况，各单位大体积砼浇筑时，项目部由杨厚成、杨武军、罗德俊三人轮流值班，张小亦负责总协调。要求劳务单位施工管理人员至少一名在现场指挥生产，施工班组至少组织两个轮换带班管理人员。

6.4 混凝土养护

6.4.1 大体积混凝土的养护方式应根据其厚度、当时的气候条件由计算确定。

6.4.2 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，同时做好测试记录；

(2) 保湿养护的持续时间不得少于 14d，并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。

6.4.3 在混凝土浇筑完毕初凝前，宜立即进行喷雾养护工作。

6.4.4 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。

6.4.5 高层建筑转换层的大体积混凝土施工，应加强养护，其侧模：底模的保温构造应在支模设计时确定。

6.4.6 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。

6.5 特殊气候条件下的施工

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

6.5.2 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，应避免高温时段浇筑混凝土。结合目前季节气候因素，本次施工不考虑高温施工措施。

6.5.3 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。

6.5.4 雨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。

第七章 混凝土的温控施工

为了掌握筒体大体积混凝土升温 and 降温的变化规律，需对混凝土进行温度检测控制。

7.1 大体积混凝土浇筑体内检测点的布置，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检测区，在测试区内监测点按平面分层布置。

(2) 在测试区内，监测点的布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要求确定。

(3) 在每条测试轴线上，监测点位不宜少于 3 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，必须布置外表、底面和中心温度测点，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，宜为混凝土外表以内 50mm 处的温度。

7.2 测温元件的安装：

整个底板的测温工作分区进行，筒体承台部位各设 1 组，共计 2 组，设置深度分别为距底 0.15m、居中、距外表面 0.3m，在混凝土浇筑前布置摆设，每根测温线均应绑牢在 $\Phi 12$ 钢筋上，且测温线插入混凝土内 1 端，温度感应器采用 50×50 混凝土垫块与钢筋隔开，另一端出混凝土面 200mm，为保护测温线插入不

被破坏，采用 $100 \times 100 \times 500$ 的无盖夹板盒保护。

7.3 测温元件的选择应符合下列规定：

1. 测温元件的测温误差不应大于 0.3°C （ 25°C 环境下）
2. 测试范围应为 $-30^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ ；
3. 绝缘电阻大于 $500\text{M}\Omega$ 。

7.4 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，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，并应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引出线；振捣时，振捣器不得触及测温元件及引出线。

7.5 测试过程中应及时描绘出各点的温度变化曲线和断面的温度分布曲线。

7.6 发现温控数值异常应及时报警，并应采取相应的措施；

7.7 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；入模温度的测点，每台班不应少于 2 次。

7.8 温控指标应满足：（1）混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50°C ；（2）混凝土浇筑体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不宜大于 25°C ；（3）混凝土浇筑体的降温速率不宜大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。

7.9 每个温控点设置三个温度感应头，位置分别在底板

的上、中、下位置，间距不小于 500mm，深度分别为表面下 200mm、混凝土中部和混凝土底部上 200mm。

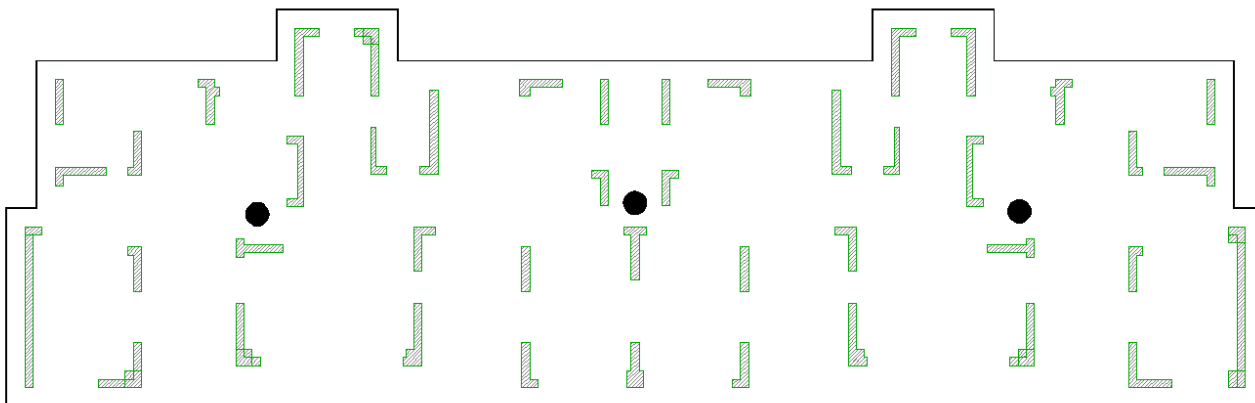
测温时间从测点混凝土浇筑完 10 小时（初凝）后开始，72 小时内每 2 小时测温一次，72 小时后每 4 小时测温一次，7 天~14 天每 6 小时测温一次（力求在接近混凝土出现最高和最低温度时测量）测至温度稳定为止；采用保温保湿养护，养护时间不应少于 14d。

7.10 混凝土的内外温差：一般的指，混凝土表面 5cm 与内部最高温度的温差。若覆盖较，表面 5cm 的温度和覆盖温度基本无相差。混凝土内部的最高温度一般可达 60~65℃；内部的最高温度，多数发生在浇筑后的最初 3~5 天。砼的拌合水中，只有约 20%的水分是水泥水化所必需的，其余 80%要被蒸发。

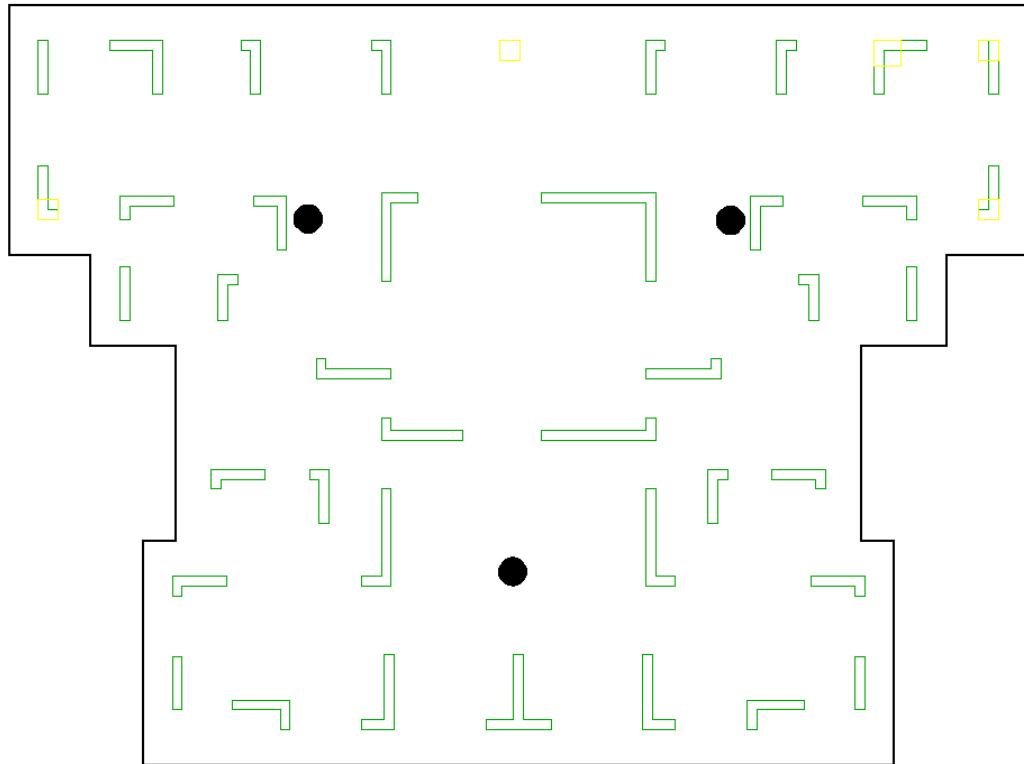
7.11 为保证棒式温度计的测温精度，应注意以下几点：测温管的埋设长度宜比需测点深 50~100 mm，测温管必须加塞，防止外界气温影响。2、测温管内应灌水，灌水深度为 100~150 mm；若孔内灌满水，所测得的温度接近管全长范围的平均温度 3、棒式温度计读数时要快，特别在混凝土温度与气温相差较大和用酒精温度计测温时更应注意。4、采用预留测温孔洞方法测温时，一个测温孔只能反映一个点的数据。不应采取通过沿孔洞高度变动温度计的方法来测竖孔中不同高度位置的温度。主要量测 2 个温差，一是砼中心与表面的温差，可通过同一测温点的 2 支不同长度测温管进行量测；二是砼表面与大气的温差，可用短的测温管与空气中的温度对比而获得。要控制以上 2 个温差 25°C，因大气温度与砼的中心温度是无法调节的，故我们只能通过覆盖或收起砼表面塑料薄膜来调节其表面温度以达到调节温差的目的，由于塑料薄膜的保温效果非常明显，故要根据测得的温

度及时进行调整。

7.12 测温点平面布置图如下：



3~7#楼筏板温控点位图



2#、3#、8~12#楼筏板温控点位图

第八章 大体积混凝土浇筑防裂缝技术措施

8.1 大体积混凝土的结构特性：

(1) 升温 and 降温阶段混凝土内部的应力变化：

混凝土浇筑后，水泥放出大量的水化热积聚在混凝土体内，由于体积大不易散热，混凝土体内的温度显著升高，而混凝土表面散热较快，引起混凝土内外温差，在升温阶段混凝土内部产生压应力，表面产生拉应力。

混凝土体内升温后，随着散热，体内温度逐渐下降而产生收缩；混凝土内部的拌和水的水化和蒸发，以及混凝土的胶质体的胶凝作用，又促使混凝土硬化时的收缩，这两种收缩的同时，由于受到自身结构和基底面的约束，产生收缩应力（拉应力），如超过此龄期混凝土的极限抗拉强度，即产生收缩裂缝。

(2) 表面和收缩裂缝的内在联系：

收缩裂缝有时会贯穿全断面，是结构破坏裂缝。表面裂缝虽不属于结构破坏裂缝，但可以削弱断面、产生应力集中的现象，有助于收缩裂缝的开展，也不容忽视。

(3) 裂缝产生的规律：

- 1) 温差和收缩较大，越容易开裂，裂缝越宽、越密。
- 2) 温度变化和收缩的速度越快，越容易开裂。
- 3) 地基对结构的约束作用越大，越容易开裂。
- 4) 温度变化梯度越大，承受均匀温差收缩的厚度越小，越容易开裂。

8.2 大体积混凝土温度裂缝控制对策：

(1) 降低温度应力：

为了降低混凝土的温度应力，要求严格控制其温度的变化。从防止混凝土出现温度裂缝的前提出发，温度控制的主要任务

是：

- 1) 降低混凝土内部最高温升，减少总降温差。
- 2) 提高混凝土表面温度，降低混凝土内部温差，减少温度梯度。
- 3) 延缓混凝土的降温速率，充分发挥混凝土的徐变特征。

根据上述三要素，可以采取以下具体措施：

8.2.1 混凝土供应优化原材料：

选用普通硅酸盐 P.O(其中 C3A 含量 \leq 6%)42.5R 水泥，其主要性能指标必须符合现行国标要求。采用连续级配的骨料，石子选用粒径 1-2.5cm、压碎指标 $<$ 10%、针片状颗粒含量 $<$ 10%、含泥量 $<$ 1.0%的级配良好的碎石；细骨料选用中粗河砂，细度模数 2.6-3.0，含泥量 \leq 2%。

8.2.2 三掺技术控制大体积混凝土的裂缝：

采用超掺法在混凝土中掺入 17%左右粉煤灰，可以减少水泥用量 15%，降低混凝土水化热，配合比设计掺用 F 类 II 级粉煤灰，细度 \leq 25%。

混凝土中掺入 SY-G 型膨胀剂，控制水灰比 0.4，在保证施工要求的流动性的前提下，取得提高强度和密实度的效果，混凝土中高效外加剂的使用，可以削弱混凝土中水泥水化热的放热峰值，降低混凝土内部早期温升，有利于抗收缩防裂，避免大体积混凝土施工时出现的冷缝问题，从而避免冷缝带来的渗漏问题。混凝土施工前必须对掺合物质量进行抽样检验，检验结果必须符合国家标准，以确保混凝土拌制质量。

8.2.3 混凝土的浇筑温度：

混凝土从搅拌机出料后，经搅拌车运输、卸料、泵送、浇筑、振捣、平仓等工序后的混凝土温度称为浇筑温度，因此，我

们必须对以上各个环节一一加以控制：

- a. 要求混凝土供应商采用市政自来水搅拌。
- b. 选择离施工浇筑现场较近的混凝土搅拌站点（枣山站）供货，尽量缩短混凝土在路上的运输时间，并在搅拌运输车的搅筒上喷洒冷水降温；
- c. 在混凝土输送泵上面搭设遮阳棚，在整个混凝土的输送管道上经常喷洒冷水。
- d. 本工程地下室底板混凝土浇筑采用“一个坡度、薄层浇筑、循序推进、一次到顶”的浇筑方法来缩小混凝土的暴露面。
- e. 改进混凝土振捣工艺：对浇筑后的混凝土，在振动界限（即混凝土经振捣后能恢复塑性状态的时间）以前给予二次振捣，能排除混凝土因泌水在粗骨料、水平钢筋下部生成的水分和空隙，提高混凝土与钢筋的握裹力，防止因混凝土沉落而出现裂缝，减少内部微裂，增加混凝土密实度，同时使混凝土的抗压强度提高 10~20%左右，从而提高混凝土自身抗裂性。

8.2.4 大体积混凝土的设计强度等级宜为 C25~C40，可和设计院协商采用混凝土 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；

8.2.5 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；

8.2.6 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；

8.2.7 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温升峰值、里表温差及降温速率的控

制指标，制定相应控技术措施。

8.2.8 混凝土浇筑体表面与大气温差不宜大于 20℃。大体积混凝土施工前，应做好各项施工前准备工作，查询天气预报，并于当地气象台、站联系，掌握近期气象情况，必要时应增添相应的技术措施。

第九章 大体积混凝土施工质量保证措施

(1) 混凝土在施工过程中，我司每个班次不少于两次派专人到混凝土供应厂家进行抽检，抽检项目含：配合比计量、外加剂使用情况、塌落度、砂石含水率等，发现问题及时通知供应商调整材料用量。

(2) 泵送混凝土属大流动性混凝土，振捣时间不宜过长，振捣时间若长，在振捣处会出现富浆部位，富浆部位较易出现塑性收缩裂缝，终凝后继续收缩后发展成贯通裂缝。故混凝土振捣每一振点的振捣延续时间以混凝土表面呈现浮浆和不再沉落为准。

(3) 混凝土浇筑后及时覆盖养护，避免混凝土表面较快硬结，形成一层硬皮，硬皮上的裂缝已经抹压不动，而下部混凝土还未到初凝的现象发生。

(4) 侧墙模板避免过早拆模，导致蒸发失水过快，出现塑性收缩裂缝，要求混凝土浇筑 7d 后拆模。

(5) 商品混凝土运至现场，严禁恣意加水，随意改变混凝土坍落度。混凝土施工前加强施工人员质量意识教育，落实奖罚制度。

(6) 在施工和易性允许的情况下，尽可能降低混凝土坍落度，控制在 140mm 以下。坍落度小了，加水量随之降下来了，对

减少混凝土收缩有利。

(7) 混凝土初凝前后表面及时反复抹压数遍，使已出现的塑性收缩裂缝愈合。如表面已开始硬结，人力抹压不动时，严禁现场加水，应采取二次振捣的方法，趁初凝前后水泥晶胚开始形成之际，使重新组成的混凝土结构过一步密实化。

(8) 加强混凝土养护工作，确保养护期前五天内时刻注意混凝土与外界温差，将温差控制在 250C 以内。

(9) 现场各栋号施工时配备一台 150KVA 发电机组，预防停电时应用，确保底板混凝土施工顺利进行。

(10) 底板混凝土施工时间一旦确定，就和市政自来水公司取得联系，在确认底板混凝土施工不受自来水中断影响的时间段内及时完成混凝土浇筑。

(11) 预防混凝土浇筑时受暴雨影响，各栋号混凝土施工前预备好 1500m² 塑料网布，在施工区段内预先支好钢管支架，暴雨时遮盖，避免混凝土受雨水影响改变施工质量。

第十章 大体积混凝土施工安全保证措施

10.1 完善各级施工人员的安全责任制，要求工程施工过程中杜绝事故发生。

10.2 建立现场安全维护管理组，其职责为：

- (1) 坚持每天一次的联合安全巡视。
- (2) 一般障碍物的排除。
- (3) 督促施工人员使用好“三宝”和纠正违章操作。
- (4) 夜间施工的路灯照明管理。
- (5) “临边及洞口”的防护检查。
- (6) 检查特殊工种人员持证上岗。

(7) 设置和维护施工现场的安全告示、安全操作牌、警告牌。

10.3 对新进场的工人必须进行三级安全教育，首先是公司教育、工程项目教育、岗位教育，并将教育内容和现场工作时间等登记入卡。

10.4 特殊工种如电工、电焊工及架子工等操作人员必须经过有关部门培训并取得合格证方能持证上岗。

10.5 着重抓好两个安全监控重点，即防止高空坠落和机械伤害。

10.6 对工程施工中的现场用电作如下要求：

- (1) 现场施工用电组织设计应专题另行编制。
- (2) 线路应按三相五线制架空。
- (3) 现场配电房派电工专人管理。
- (4) 必须做到一机一闸一漏电保护。

10.7 建立现场消防管理规定。

(1) 进入现场施工区域内严禁吸烟和随便使用明火，并设置灭火器材和消防用水。

(2) 现场用火要经生产负责人批准，办理用火手续，持用火证方可使用明火。

(3) 电、气焊作业必须严格执行“十不烧”规定。

(4) 易燃、易爆物品要妥善保管。

(5) 用电设备和导线严禁超负荷运转。

(6) 消防器材不得随便挪作它用，并保持其周围道路畅通。

(7) 严格执行有关“消防法规”和“消防条例”。

10.8 施工用电动机械设备均应有可靠接地，绝不允许使用

破损的电缆，严防设备漏电，施工用设备和机械的电缆须集中在一起。

10.9 高空作业，当风速为 10m/s 时，有些吊装作业应停止，当风速达到 15m/s 时所有工作均须停止。

第十一章 大体积混凝土施工环保措施

大体积混凝土施工时，环保措施主要指噪音控制，我们力争做到以下几点：

11.1 将施工噪声控制在建筑施工现场的噪声限值内。地下室底板混凝土施工由于技术原因需中午或夜间连续作业时，必须向环保部门申请批准，并在围墙上张贴批文复印件，以求得居民的谅解，施工时还须尽一切可能降低噪音，把对周围居民的影响降到最低。

11.2 选择一些性能好、噪音小的机械，发电机房等做吸音板减小噪音，力争做到“静音状态”施工待用。

11.3 混凝土工浇捣时严禁振动钢筋，防止产生噪音，钢筋绑扎、吊运时注意轻放，不得乱扔、乱抛而产生很大响动。

11.4 工人上下班不得大声喧哗，公司车队及混凝土车到工地时先停在附近停车场，不得一次停靠数辆车而造成局部交通拥挤，项目部每天派专人值班、指挥，始终如一地保持良好的秩序。

11.5 教育职工注意仪表，维护公司形象，与周围居民和睦相处，有事由项目部领导出面协调，发现有与居民吵架者立即调离该项目部并严加惩处。

计算书:施工阶段温度应力与收缩应力的计算

附件 I 混凝土的绝热温升

(1) 水泥的水化热可按公式 1-1、1-2、1-3 计算:

$$Q_t = \frac{1}{n+1} Q_0 t \quad (\text{公式 1-1})$$

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{n}{Q_0} + \frac{t}{Q_0} \quad (\text{公式 1-2})$$

$$Q_0 = \frac{4}{7/Q_7 - 3/Q_3} \quad (\text{公式 1-3})$$

式中 Q_t —龄期 t 时的累积水化热 (kJ/kg);

Q_0 —水泥水化热总量 (kJ/kg);

t —龄期 (d)

n —常熟, 随水泥品种、比表面积等因素不同而异。

(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, 可按公式 1-4 计算:

$$Q = kQ_0 \quad (\text{公式 1-4})$$

式中 Q —胶凝材料水化热总量 (kJ/kg);

k —不同掺和量掺合料水化热调整系数。

(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公式 1-5 计算:

$$k = k_1 + k_2 - 1 \quad (\text{公式 1-5})$$

式中 k_1 —粉煤灰掺量对应的水化热调整系数可按表 1 取值;

k_2 —矿渣粉掺量对应的水化热调整系数, 可按表 1 取值。

表 1 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。

(4) 混凝土的绝热温升值可按公式 1-6 计算：

$$T_{(t)} = \frac{WQ}{C_p} (1 - e^{-mt}) \quad (\text{公式 1-6})$$

6)

式中 $T_{(t)}$ — 龄期为 t 时，混凝土的绝热温升 ($^{\circ}\text{C}$)；

W — 每立方米混凝土的胶凝材料用量 (kg/m^3)；

C — 混凝土比热容。可取 ($0.92 \sim 1.0$) $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；

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

m — 与水泥品种、浇筑温度等有关的系数，可取 ($0.3 \sim 0.5$)

d^{-1} ；

t — 龄期 (d)。

附件 II 混凝土收缩值的当量温度

(1) 混凝土收缩的相对变形值可按公式 2-1 计算：

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

2-1)

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

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 4.0×10^{-4} ；

$M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdots M_{11}$ — 混凝土收缩值不同条件影响修正系数，可按

下表 2

表 2 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 (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	$\frac{E_s F_s}{E_c F_c}$	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	1.00	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	1.20	2	1.11	30	1.18	0.1	0.76	0.05	0.85	有	1.30	20	0.86	20	1.01
普通水泥	1.00	500	1.35	0.5	1.21	30	1.45	3	1.09	40	1.10	0.2	1.00	0.10	0.76	—	—	30	0.89	30	1.02
火山灰水泥	1.00	600	1.68	0.6	1.42	35	1.75	4	1.07	50	1.00	0.3	1.03	0.15	0.68	—	—	40	0.90	40	1.05
抗硫酸盐 水泥	0.78	—	—	—	—	40	2.10	5	1.04	60	0.88	0.4	1.20	0.20	0.61	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	45	2.55	7	1.00	70	0.77	0.5	1.31	0.25	0.55	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	50	3.03	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 $E_s E_s / E_c E_c$ 为广义配筋率， E_s 、 E_c 为钢筋、混凝土的弹性模量（N/mm²）。

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。

（2）混凝土收缩相对变形值的当量温度可按公式 2-2 计算：

$$T_y(t) = \varepsilon_y(t) / \alpha \quad (\text{公式 2-2})$$

式中 $T_y(t)$ —龄期为 t 时，混凝土收缩当量温度；

α —混凝土的线膨胀系数，取 1.0×10^{-5} 。

附件 III 混凝土的弹性模量

（1）混凝土的弹性模量可按公式 3-1 计算：

$$E(t) = \beta E_0 (1 - e^{-\varphi t}) \quad (\text{公式 3-1})$$

式中 $E(t)$ —混凝土龄期为 t 时弹性模量（N/mm²）；

E_0 —混凝土弹性模量，可取标准条件下养护 28d 的弹性模量，可按表 3 采用；

φ —系数，应根据所用混凝土试验确定，当无试验数据时，可取 0.09；

β —混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数，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，可按公式 3-1 计算。

表 3 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 (N/mm ²)
C25	2.80×10^4
C30	3.0×10^4
C35	3.15×10^4
C40	3.25×10^4

(2) 掺合料修正系数可按公式 3-2 计算：

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (\text{公式 3-2})$$

式中 β_1 —混凝土中粉煤灰掺量对应的弹性模量修正系数，可按表 4 取值；

β_2 —混凝土中矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数，可按表 4 取值。

表 4 不同掺量掺合料修正系数

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

附件 IV 温升估算

(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。

(2) 有限单元法可采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 $T_{n+1, k+1}$ ，经过 Δt 时间后，中间层的温度 $T_{n, k+1}$ ，可按差分式求得公式 4-1：

$$T_{n, k+1} = \frac{T_{n-1, k} + T_{n+1, k}}{2} \times 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - T_{n, k} (2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - 1) + \Delta T_{n, k} \quad (\text{公式 4-1})$$

式中 a ——混凝土的热扩散率，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。

(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，可按公式 4-2 计算：

$$\Delta T = T_{\max} (e^{-mt_1} - e^{-mt_2}) \quad (\text{公式 4-2})$$

(4) 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 $\Delta T/2$ 。

附件 V 温差计算

(1) 混凝土浇筑体的里表温差可按公式 5-1 计算：

$$\Delta T_{(t)} = T_m(t) - T_b(t) \quad (\text{公式 5-1})$$

式中 $\Delta T_{(t)}$ ——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 ($^{\circ}\text{C}$)；

(2) 混凝土浇筑体的综合降温差可按公式 5-2 计算：

$$\Delta T_2(t) = \frac{1}{6} [4 T_m(t) + T_{b_m}(t) + T_{d_m}(t)] + T_y(t) - T_w(t) \quad (\text{公式 5-2})$$

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 ($^{\circ}\text{C}$)；

$T_{b_m}(t)$ 、 $T_{d_m}(t)$ ——混凝土浇筑体中部达到最高温度时，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（℃）；

$T_w(t)$ ——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，可取计算龄期 t 时的日平均温度或当地年平均温度（℃）。

附件VI 温度应力计算

(1) 自约束拉应力的计算可按公式 6-1 计算：

$$\sigma_z(t) = \frac{\alpha}{2} \times \sum_{i=1}^n \Delta T_{1i}(t) \times E_i(t) \times H_i(t, \tau) \quad (\text{公$$

式 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）；

$\Delta T_{1i}(t)$ ——龄期为 t 时，在第 i 计算区段混凝土浇筑体块体里表温差的增量（℃）；

$E_i(t)$ ——第 i 计算区段，龄期为 t 时，混凝土的弹性模量（N/mm²）；

α ——混凝土的线膨胀系数；

$H_i(t, \tau)$ ——在龄期为 τ 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 5 取值。

表 5 混凝土的松弛系数

$\tau=2d$	$\tau=5$	$\tau=10d$	$\tau=20$
-----------	----------	------------	-----------

t	H (t, τ)	t	H (t, τ)	t	H (t, τ)	t	H (t, τ)
2.00	1.000	5.00	1.000	10.00	1.000	20.00	1.000
2.25	0.426	5.25	0.510	10.25	0.551	20.25	0.592
2.50	0.342	5.50	0.443	10.50	0.499	20.50	0.549
2.75	0.304	5.75	0.410	10.75	0.476	20.75	0.534
3.00	0.278	6.00	0.383	11.00	0.457	21.00	0.521
4.00	0.225	7.00	0.296	12.00	0.392	22.00	0.473
5.00	0.199	8.00	0.262	14.00	0.306	25.00	0.367
10.00	0.187	10.00	0.228	18.00	0.251	30.00	0.301
20.00	0.186	20.00	0.215	20.00	0.238	40.00	0.253
30.00	0.186	30.00	0.208	30.00	0.214	50.00	0.252
∞	0.186	∞	0.200	∞	0.210	∞	0.251

(2) 混凝土浇筑体里表温差的增量可按公式 6-2 计算：

$$\Delta T_{1i} (t) = \Delta T_1 (t) - \Delta T_1 (t-j)$$

(公式 6-2)

式中 j —为第 i 计算区段步长 (d)；

(3) 在施工准备阶段，最大自约束应力也可按公式 6-3 计算：

$$\sigma_{zmax} = \frac{\alpha}{2} \times E(t) \times \Delta T_{lmax} \times H_i (t, \tau)$$

(公式 6-3)

式中 σ_{zmax} —最大自约束应力 (MPa)；

ΔT_{lmax} —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 ΔT_{lmax} 相对应龄期 t 时间，混凝土的弹性模量 (N/mm^2)；

$H_i (t, \tau)$ —在龄期为 τ 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 xx 取值。

(4) 外约束拉应力可按公式 6-4 计算：

$$\sigma_x(t) = \frac{\alpha}{1-\mu} \sum_{i=1}^n \Delta T_{2i} (t) \times E_i (t) \times H_i (t, \tau) \times R_i (t)$$

(公式 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 ($^{\circ}\text{C}$)。

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。

(5) 混凝土浇筑体综合降温差的增量可按下式计算:

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t-j) - \Delta T_2(t) \quad (\text{公式 6-5})$$

(6) 混凝土外约束的约束系数可按下式计算:

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

式中 L ——混凝土浇筑体的长度 (mm);

H ——混凝土浇筑体的厚度, 该厚度为浇筑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(地基或老混凝土)的水平变形刚度(N/mm^3), 可按表 6 取值;

h ——混凝土结构的实际厚度 (mm)。

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

表 6

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
-------	-----	-----	------	--------	-------------

5.4.1.7 控制温度裂缝的条件

(1) 混凝土抗拉强度可按公式 6-7 计算：

$$f_{tk}(t) = f_{tk} (1 - e^{-\gamma t})$$

(公式 6-7)

式中 $f_{tk}(t)$ — 混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值(N/mm²);

f_{tk} — 混凝土抗拉强度标准值 (N/mm²);

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。

(2) 混凝土防裂性能可按下列公式 6-8、6-9 进行判断：

$$\sigma_z \leq \lambda f_{tk}(t) / K$$

(公式 6-8)

$$\sigma_x \leq \lambda f_{tk}(t) / K$$

(公式 6-9)

式中 K —防裂安全系数, 取 1.15;

λ —掺合料对混凝土抗拉强度影响系数, $\lambda = \lambda_1$, λ_2 可按表 7 取值;

f_{tk} —混凝土抗拉强度标准值, 可按表 8 取值。

表 7 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 8 混凝土抗拉强度标准值 (N/mm²)

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

5.4.1.8 大体积混凝土浇筑体表面积保温层的计算方法

(1) 混凝土浇筑体表面保温层厚度可按公式 6-10 计算

$$\delta = \frac{0.5h\lambda_i (T_b - T_q)}{\lambda_0(T_{max} - T_b)} K_b \quad (\text{公式 6-10})$$

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 (°C);

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

T_{max} —混凝土浇筑体内的最高温度 (°C);

h —混凝土结构的实际厚度 (m);

$T_b - T_q$ —可取 (15~20) °C;

$T_{max} - T_b$ —可取 (20~25) °C;

K_b —传热系数修正值, 取 1.3~2.3, 见表 9

表 9 传热系数修正值

保温层	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
在易透风材料上下各偶一层不易透风材料	1.3	1.5
由不易透风材料组成	1.3	1.5

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

(2) 多种保温材料组成的保温层总热阻, 可按公式 6-11 计算

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\beta_\mu}$$

(公式 6-11)

式中 R_s ——保温层总热阻

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 [$W/(m \cdot K)$]

β_μ ——固体在空气中的传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$]

表 10 固体在空气中的传热系数

风速 (m/s)	β_μ		风速 (m/s)	β_μ	
	光滑表面	粗糙表面		光滑表面	粗糙表面
0	18.4422	21.0350	5.0	90.0360	96.9619
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

(3) 混凝土表面向保温介质传热的总传热系数 (不包括保温层的热容量), 可按公式 6-12 计算:

$$\beta_s = \frac{1}{R_s} \quad (\text{公式 6-12})$$

式中 β_s ——保温材料总传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$];

R_s ——保温层总热阻 [$(m^2 \cdot K)/W$].

(4) 保温层相当于混凝土的虚拟厚度, 可按公式 6-13 计算:

$$h' = \frac{\lambda_c}{\beta_s} \quad (\text{公式 6-13})$$

式中 h' ——混凝土的虚拟厚度 (m);

λ_0 ——混凝土的导热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$ 。