

北京市地方标准 DB

编号: DB11/T 1200-2023

超长大面积混凝土结构 跳仓法技术规程

Technical specification for
mass and super-length concrete structure
with alternative bay construction method

2023-12-27 发布

2024-04-01 实施

北京市住房和城乡建设委员会
北京市市场监督管理局 联合发布

北京市地方标准

超长大体积混凝土结构
跳仓法技术规程

**Technical specification for
mass and super-length concrete structure
with alternative bay construction method**

编号：DB11/T 1200 -2023

主编单位：北京市建筑工程研究院有限责任公司
北京市建筑设计研究院有限公司

批准部门：北京市市场监督管理局

实施日期：2024年04月01日

2023 北京

前 言

根据北京市市场监督管理局《2021年北京市地方标准制修订项目计划（第一批）》（京市监发〔2021〕19号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 地下结构设计；5 材料、配合比、制备及运输；6 混凝土施工；7 温度监测及控制。

本规程修订的主要技术内容是：

1、与国家标准《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018相关条款协调一致；

2、增加有条件地不设沉降后浇带的相关内容；

3、增加第二主拉应力的相关内容；

4、增加基础底板、地下结构墙体、地下结构楼板分仓可不在同一垂直位置的相关内容；

5、增加混凝土中掺加矿粉和矿粉选用的相关内容。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，北京市住房及城乡建设委员会负责归口并组织实施，北京市建筑工程研究院有限责任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，请寄送北京市建筑工程研究院有限责任公司（地址：北京市海淀区复兴路34号；邮政编码：100039；电话：010-68180829；E-mail：gts.wang@263.net）。

本规程主编单位：北京市建筑工程研究院有限责任公司
北京市建筑设计研究院有限公司

本规程参编单位：宝钢集团股份有限公司
北京建工集团有限责任公司
北京方圆工程监理有限公司

北京双圆工程咨询监理有限公司
中核工程咨询有限公司
北京城建设计研究总院有限责任公司
中冶建筑研究总院有限公司
中国中建设计研究院有限公司
中国建筑股份有限公司技术中心
北京市勘察设计研究院有限公司
北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司
北京京能地质工程有限公司
北京城建集团有限责任公司
中建三局集团有限公司
中建一局集团第二建筑有限公司
中建二局第三建筑工程有限公司
北京市第三建筑工程有限公司
北京建工四建工程建设有限公司
北京市第五建筑工程集团有限公司
北京市六建集团有限责任公司
北京建工博海建设有限公司
北京市住宅产业化集团股份有限公司
北京城乡建设集团有限责任公司
北京城建一建设发展有限公司
北京城建二建设工程有限公司
北京城建五建设集团有限公司
北京城建北方集团有限公司
北京住总集团有限责任公司
北京住总第二开发建设有限公司
中航建设集团有限公司
北京万兴集团建筑有限公司

北京天恒置业集团有限公司
中清大（北京）建设科技股份有限公司
北京工业大学
哈尔滨工业大学
上海大学
华夏建宇（北京）混凝土技术研究院
北京市建设工程质量第一检测所有限责任公司
北京经纬建元建筑工程检测有限公司
北京城建科技促进会

本规程主要起草人员：

王铁梦	李 伟	李晨光	周 笋	杨嗣信	李国胜
魏镜宇	刘佳庆	王国卿	陆 参	张文琦	张际斌
杨秀仁	仲晓林	林松涛	张海明	韩建聪	韩 焯
王铁英	郑庆峰	鲍召杰	蔡冠军	张 军	陈硕晖
刘爱玲	翟 炜	邱德隆	刘昌平	李金元	张贵洪
赵华颖	张莉莉	李素霞	潘天华	王惠杰	于大海
刘迎红	刘玉彬	王金友	李相凯	骆 宁	李鸿飞
王 浩	彭其兵	凤 敏	王振兴	胡延红	袁勇军
赖文楨	李铁良	李 栋	谢 磊	赵文娟	罗 镭
谢连玉	贾嘉陵	巴恒静	杨英姿	朱杰江	李 东
路来军	丁兆旺	邓友冠	孙岩波	李 宁	李 培
奚 琦	冯智勇	王建国			

本规程主要审查人员：

孙振声	张元勃	艾永祥	阎培渝	高文生	杨健康
范 重					

目 次

1	总 则	7
2	术语和符号	8
2.1	术语	9
2.2	符号	11
3	基本规定	14
4	地下结构设计	16
4.1	一般规定	16
4.2	基础底板	16
4.3	地下结构外墙	17
4.4	地下室楼板	20
5	材料、配合比、制备及运输	21
5.1	一般规定	21
5.2	原材料	21
5.3	配合比	22
5.4	制备及运输	23
6	混凝土施工	25
6.1	一般规定	25
6.2	施工技术准备	29
6.3	钢筋工程	29
6.4	模板工程	30
6.5	混凝土浇筑	31
6.6	混凝土养护	31
6.7	特殊气候条件下的施工	32
7	温度监测及控制	33
	附录 A 温度应力和收缩应力的计算	35
	附录 B 第二主拉应力计算	46

附录 C 跳仓仓格长度的计算	48
本规程用词说明.....	51
引用标准名录.....	52
条文说明.....	53

Contents

1 General provisions	7
2 Terms and symbols	8
2.1 Terms	9
2.2 Symbols	11
3 Basic requirements	14
4 Design of underground structures	16
4.1 General requirements.....	16
4.2 Foundation slab	16
4.3 Exterior wall of underground structures	17
4.4 Basement floor.....	20
5 Materias, mix proportioning, production and transportation ..	21
5.1 General requirements.....	21
5.2 Materias	21
5.3 Mix proportioning	22
5.4 Production and transportation.....	23
6 Concrete construction	25
6.1 General requirements.....	25
6.2 Technique preparation	29
6.3 Reinforcement project	30
6.4 Formwork	31
6.5 Placing.....	31
6.6 Curing	31
6.7 Construction of special climate	32
7 Temperature monitoring and control	33
Appendix A Computing method of temperature stress and shrinkage stress	35
Appendix B Computing method of the second principal tensile stress	46
Appendix C Length of alternative bay	48
Explanation of wording in this specification	51

List of quoted standards 52
Explanation of provisions 53

1 总 则

1.0.1 为使跳仓法更好地用于超长大体积混凝土结构的设计与施工，贯彻执行国家技术经济政策，符合技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境、提高效益、推动建筑业高质量发展的原则，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于北京地区工业与民用建筑地下超长大体积混凝土结构跳仓法的设计与施工。

1.0.3 超长大体积混凝土结构的设计与施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 跳仓法 alternative bay construction method

在超长大面积混凝土工程施工中，将超长的混凝土块体分为若干以不开裂的计算长度作为分仓尺寸的小块体间隔施工，经过短期的应力释放，再将若干小块体连成整体，依靠混凝土的抗拉强度抵抗温度收缩应力的技术方法。

2.1.2 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可能导致有害裂缝产生的混凝土。

2.1.3 超长大面积混凝土结构 mass and super-length concrete structure

超过结构设计伸缩缝最大间距的大体积混凝土结构。

2.1.4 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。

2.1.5 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。

2.1.6 温升峰值 peak value of rising temperature

混凝土浇筑体内部的最高温升值。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 降温速率 descending speed of temperature

DB11/T 1200 -2023

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。

2.1.10 入模温度 temperature of mixture placing to mold

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

2.1.11 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。

2.1.12 自约束应力 internal confinement stress

由于混凝土浇筑体内部不均匀温度场导致自身变形受到约束而产生的应力。

2.1.13 外约束应力 external confinement stress

混凝土浇筑体因温度和收缩产生的变形受到模板、地基、桩基和已有混凝土等外部约束而产生的应力。

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，或称为地基或基础水平阻力系数

E ——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；

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

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；

t ——龄期；

T ——互相约束结构的综合降温差；

T_1 ——水化热温差；

T_2 ——气温差；

T_3 ——收缩当量温差。

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；

$T(t)$ ——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；

DB11/T 1200 -2023

$T_w(t)$ ——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；

α ——混凝土的线膨胀系数；

ε_p ——钢筋混凝土的极限拉伸；

ρ ——混凝土的质量密度；

$\Delta T_1(t)$ ——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。

2.2.2 数量几何参数

H ——混凝土浇筑体的厚度，即底板厚度或板墙高度；

L ——主楼与裙房或地下车库相邻跨的柱或墙基础的中心距离；

$[L]$ ——平均伸缩缝间距，最大仓格长度；

W ——每立方混凝土的胶凝材料用量。

2.2.3 计算参数及其他

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；

m ——常数，随水泥品种、比表面积等因素而异；

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

t ——混凝土的龄期；

\bar{r} ——水力半径的倒数；

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；

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；

σ ——第一主拉应力；

σ_2 ——第二主拉应力；

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

σ_x ——长度方向的拉应力；

σ_y ——宽度或高度方向的拉应力；

$\sigma_z(t)$ ——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；

σ_{zmax} ——最大自约束应力；

τ_{xy} ——剪应力。

3 基本规定

3.0.1 超长大面积混凝土结构采用跳仓法技术，应遵循“抗放结合、以抗为主、先抗后放”的原则。

3.0.2 超长大面积混凝土结构采用跳仓法技术，应根据本规程采用合理的设计方案和施工措施，选用合适的混凝土材料，控制温度变化、减少或避免收缩引起的裂缝，取消永久变形缝、沉降后浇带及施工后浇带。

3.0.3 超长大面积混凝土结构采用跳仓法技术，应根据工程结构设计图纸以及工程特点、环境编制施工方案。

3.0.4 超长大面积混凝土结构跳仓法的设计和施工应符合现行国家标准《大面积混凝土施工标准》GB 50496 及《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定外，尚应符合下列规定：

1 混凝土设计强度等级宜为 C25~C40，地下工程大面积混凝土底板、外墙应采用 60d 或 90d 龄期的强度指标，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 混凝土结构配筋除应满足结构承载力和设计构造要求外，还应结合超长大面积混凝土的技术方法，加强构造设计，配置小直径小间距的抗裂构造钢筋；

3 设计中宜采取减少超长大面积混凝土结构外部约束的技术措施；

4 非桩基的超长大面积混凝土基础结构设置在坚硬地基或岩石类地基上时，宜在混凝土垫层上设置滑动隔离层。

3.0.5 基础底板、地下结构墙体、地下结构楼板均可采用跳仓法施工，分仓可不在同一垂直位置，分仓位置不需考虑受力影响，可在跨间钢筋少、施工方便的位置。基础底板、地下结构墙体、地下结构楼板宜分别绘制分仓布置图。

3.0.6 跳仓法施工超长大面积混凝土结构，不应掺加混凝土膨胀剂

和具有体积膨胀性的外加剂，不应掺加纤维，不应预埋冷却水管。

3.0.7 超长大体积混凝土结构跳仓法施工前，应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按本规程附录 A、附录 B 的规定进行计算，并确定混凝土浇筑体的温升峰值、里表温差及降温速率等控制指标，制定相应温度、湿度控制技术措施。收缩应力根据收缩应变的当量温差和温度应力一并分析计算。计算的基本原则是假定混凝土和钢筋混凝土的性质各向同性、均质弹性而进行分析。

3.0.8 第一主拉应力不应大于混凝土标准抗拉强度的 85%，第一主拉应力可按本规程附录 A 的规定进行计算。

3.0.9 第二主拉应力不应大于混凝土标准抗拉强度的 85%，第二主拉应力可按本规程附录 B 的规定进行计算。

3.0.10 超长大体积混凝土结构跳仓法施工，应根据现场条件、周围环境做好跳仓法施工组织管理，并应考虑雨季、高温、气温骤降等特殊或异常条件下的应急预案。

3.0.11 对建筑物的沉降应从浇筑基础底板上墙柱开始，进行连续观测，观测至沉降稳定终止。

4 地下结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 地下结构的混凝土强度等级基础梁板不宜高于C40，外墙宜采用C30~C35，楼盖梁板采用预应力时宜C40，非预应力时不宜高于C35，内墙和内柱根据设计需要采用。

4.1.2 主楼结构与裙房或地下车库结构在地下部分连成整体时，应采取有效措施减少差异沉降，并应进行地基变形验算。当主楼与裙房或地下车库相邻跨的柱或墙基础差异沉降小于 $L/500$ ，或绝对差异沉降小于30mm时，不应设置沉降后浇带，L为主楼与裙房或地下车库相邻跨的柱或墙基础的中心距离。

4.1.3 减少主楼结构与裙房或地下车库结构的差异沉降，可采取以下措施：

1 主楼、裙房或地下车库的基础均采用桩基；

2 主楼、裙房或地下车库均为天然地基；

3 主楼基础采用桩基或复合地基，裙房或地下车库采用筏形基础的天然地基；

4 主楼基础采用桩基或复合地基，裙房或地下车库天然地基采用独立柱基防水板。

4.2 基础底板

4.2.1 超长大体积混凝土结构采用跳仓法施工，天然地基、复合地基和桩基的基础底板可采用平板式或梁板式筏形基础，裙房或地下车库也可采用独立柱基防水板基础。

4.2.2 基础底板采用本规程第6.5.2条连续浇筑施工工艺时，在板的中间部位可不设水平构造钢筋。

4.2.3 平板筏基的底板厚度可根据多数柱或桩的冲切承载力确定，轴力大的柱，为满足冲切承载力需要，筏板可设上反柱帽或下反柱

帽，见图 4.2.3。桩顶锚入筏板或承台时，应采取有效防水措施。

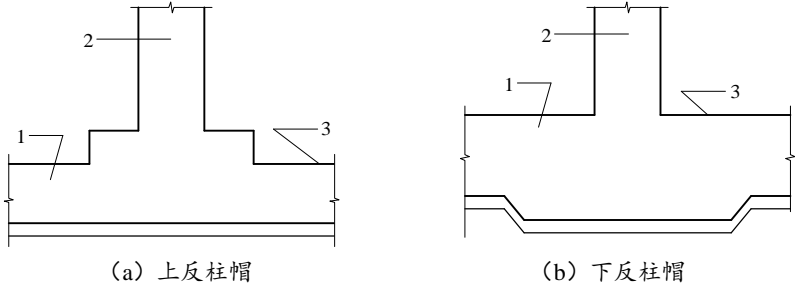


图 4.2.3 基础筏板剖面

1—基础筏板； 2—墙或柱； 3—底板板面

4.2.4 当设有地下结构时，柱下条形基础和筏形基础可不考虑抗震构造，筏形基础的梁与板、厚板基础的板、条形基础的梁等基础结构构件可不验算混凝土裂缝宽度。

4.2.5 地基承载力满足承载要求时，基础底板在外墙边不宜外伸挑出，可与外墙外侧取平。

4.3 地下结构外墙

4.3.1 地下结构外墙的厚度应根据层高和受力情况确定，且不应小于 250mm。

4.3.2 地下结构外墙承载力计算简图应根据工程具体支承条件确定。当地下结构层高不大，外墙承载力计算可按竖向单向板，在楼板处按铰接，与基础底板按固接。底板上部钢筋可伸入外墙不少于 15 倍钢筋直径，下部钢筋可伸至外墙外侧边，端部可不设弯钩，外墙外侧竖向钢筋在基础底板弯成直段，其长度按搭接长度与底板钢筋相连接，内侧竖向钢筋锚入底板满足锚固长度，见图 4.3.2。

外墙裂缝应按偏心受压构件计算。

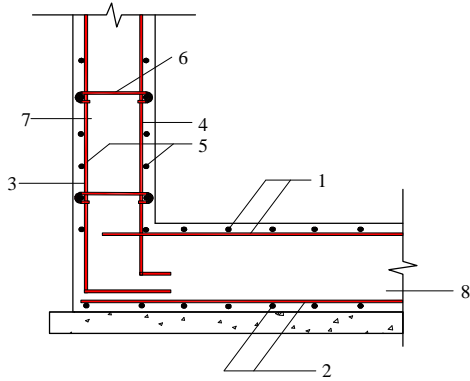


图 4.3.2 外墙竖向钢筋与底板连接构造

1—基础底板上部钢筋； 2—基础底板下部钢筋； 3—外侧竖向钢筋；
4—内侧竖向钢筋； 5—水平分布钢筋； 6—拉接钢筋； 7—外墙； 8—基础底板

4.3.3 地下结构外墙的竖向和水平钢筋除按计算确定外，钢筋的配筋率不宜小于 0.3%。外墙厚度不大于 600mm 时水平分布钢筋最小配筋率宜为 0.4%~0.5%，钢筋直径宜细，间距不大于 150mm，且应在竖向钢筋的外侧，内外侧水平钢筋拉筋直径可为 6mm，间距不大于 600mm 梅花形布置，人防外墙拉筋间距不大于 500mm。

4.3.4 无地上结构的地下车库，外墙不宜设附壁柱。当外墙设有附壁柱时，如附壁柱作为外墙的挡土受力支座，其两侧墙体水平钢筋应按计算确定；如水平钢筋为构造钢筋，在附壁柱处沿竖向原有水平分布钢筋间距之间增加直径 8mm、长度为柱每边伸出 800 mm 的附加钢筋，见图 4.3.4。

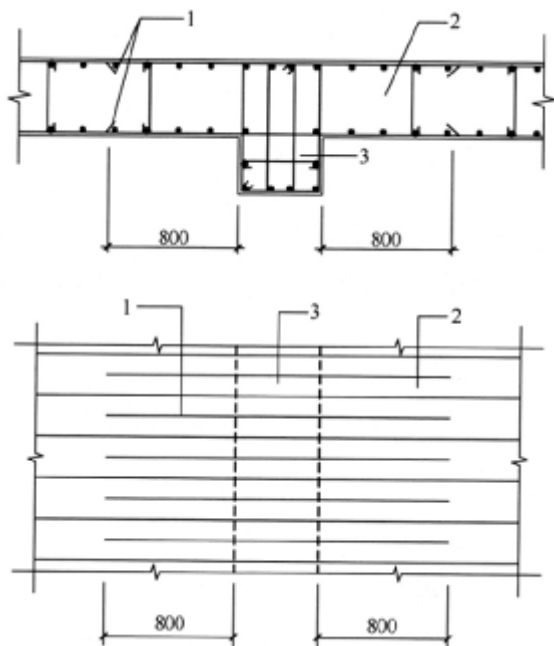


图 4.3.4 外墙附壁柱处附加钢筋

1—附加水平分布钢筋；2—外墙；3—附壁柱

4.3.5 地下结构仅有一层时的外墙顶部宜配置两根直径不小于20mm的通长构造钢筋，两层及以上的地下结构外墙与基础底板交界处均不设置基础梁或暗梁。

4.3.6 地下室相邻底板埋深有较大高差时，不宜采用放坡将较深基础外墙与较浅基础底板连成一体的处理方式。可在较深基础边根据土质情况放坡，先施工较深的基础及外墙防水，之后采用素混凝土回填肥槽，再施工较浅基础。

4.4 地下室楼板

4.4.1 地下室顶板作为上部结构嵌固部位时，地下一层与首层侧向刚度比不宜小于两倍，首层楼面距室外地面不大于地下一层层高的1/3，且不大于1.2m。

4.4.2 有多于一层地下室的建筑，地下一层顶板不满足上述嵌固条件时，如上部为剪力墙结构，可将地下二层顶板作为上部结构的嵌固部位。

4.4.3 作为上部结构嵌固部位的地下室楼盖，应采用梁板式结构。地下室多于一层时，上部结构嵌固部位楼盖应采用梁板式结构外，其他层顶板可采用无梁楼盖。

5 材料、配合比、制备及运输

5.1 一般规定

5.1.1 跳仓法施工混凝土的材料应符合经济合理、绿色环保的原则，减少水泥和胶凝材料用量，降低混凝土绝热温升值的要求。

5.1.2 跳仓法施工混凝土的配合比应按国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55和《混凝土矿物掺合料应用技术规程》DB11/T 1029设计。跳仓法施工的混凝土中掺合料应以粉煤灰为主，矿粉宜少掺或不掺。利用后期强度等级评定的混凝土宜不掺矿粉。

5.1.3 跳仓法施工混凝土的制备和运输，应根据预拌混凝土运输距离、运输设备、供应能力、材料变化、气象环境等调整预拌混凝土的有关参数。

5.2 原材料

5.2.1 跳仓法施工所用水泥的质量除应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 宜使用 P·O 42.5 普通硅酸盐水泥、P·I 42.5 硅酸盐水泥或 P·II 42.5 硅酸盐水泥，比表面积不宜大于 350m²/kg；

2 所用水泥在拌制混凝土时的温度不宜大于 60℃。

5.2.2 骨料的选用，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 和现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 细骨料宜选用天然砂或机制砂，级配良好，细度模数宜大于 2.30，含泥量不应大于 3%；

2 粗骨料最大公称粒径不宜小于 31.5mm，并应连续级配，含泥量不应大于 1%，针片状颗粒含量不应大于 8%，级配后的石子空隙率不宜大于 40%；

3 应选用非碱活性的粗骨料。

5.2.3 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉的选用，除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 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 粉煤灰宜采用 II 级及以上粉煤灰，对进厂的粉煤灰应按现行地方标准《混凝土矿物掺合料应用技术规程》DB11/T 1029 的规定进行复检；

2 矿粉宜选用 S95 级，其比表面积不宜大于 $420 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。

5.2.4 外加剂的选用，除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 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 外加剂的品种、掺量应根据混凝土配合比试验确定；

2 跳仓法施工混凝土宜优先选用减缩型聚羧酸减水剂；

3 抗冻性能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型减水剂。

5.2.5 拌合用水质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的有关规定。

5.3 配合比

5.3.1 超长大面积混凝土结构混凝土配合比设计时，其配置强度计算应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的相关规定，且配置强度上限值不应超过30%。

5.3.2 跳仓法施工的 C25~C40 大体积混凝土，其主要参数应符合下列规定：

1 水胶比可参照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规范》JGJ 55 中的有关规定计算，并根据对混凝土结构的耐久性要求进行适当调整，宜为 0.40~0.45；拌合水用量不宜超过 $170\text{kg}/\text{m}^3$ ，胶凝材料总量不宜大于 $400\text{kg}/\text{m}^3$ ，水泥用量不宜大于 $240\text{kg}/\text{m}^3$ ，矿物掺合

料总量占胶凝材料总量宜 30%~50%，其中矿粉占胶凝材料总量不宜超过 15%；

2 粗骨料空隙率不宜大于 40%，粗骨料用量不宜低于 1050kg/m³；

3 泵送混凝土的砂率宜为 38%~42%；

4 矿物掺和料在混凝土中的掺量应通过试验确定。具体取值与所使用的水泥品种、工程结构类型及对混凝土耐久性要求、所处环境、施工季节、水胶比大小等因素相关。其具体掺量应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 和现行国家标准《矿物掺和料应用技术规范》GB/T 51003 的有关规定；

5 混凝土拌合物浇筑时入模坍落度宜控制在 100mm~140mm，最大不得超过 160mm，在满足施工和泵送要求的前提下，宜采用较小的坍落度；

6 混凝土拌合物入模温度应控制在 5℃~30℃。

5.3.3 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控制裂缝有影响的技术参数的试验，混凝土配合比可通过试泵送进行验证。

5.3.4 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合水等原材料及混凝土拌合物入模温度控制的技术措施，严格控制原材料的质量。

5.4 制备及运输

5.4.1 由多家预拌混凝土生产单位同时供应同一个工程部位的混凝土，所使用的原材料、配合比、材料计量精度以及制备工艺和质量检验水平应基本相同。

5.4.2 混凝土拌合物的运输应采用混凝土搅拌运输车，并应符合下列规定：

1 运输车应具有防风、防晒、防雨、防寒设施及卫星定位监控系统；

2 搅拌运输车在装料前，罐内的积水应排除干净；

DB11/T 1200 -2023

3 搅拌运输车的数量应满足混凝土浇筑的工艺要求；

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

5.4.3 混凝土拌合物从搅拌机出料至搅拌运输车卸料时的运输时间不宜大于 90min，如需延长运送时间，则应采取相应的有效技术措施，并应通过试验验证。

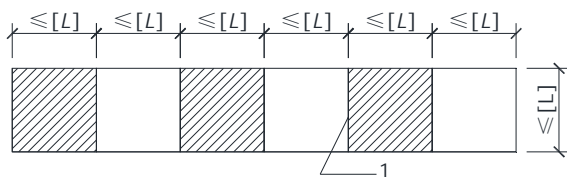
6 混凝土施工

6.1 一般规定

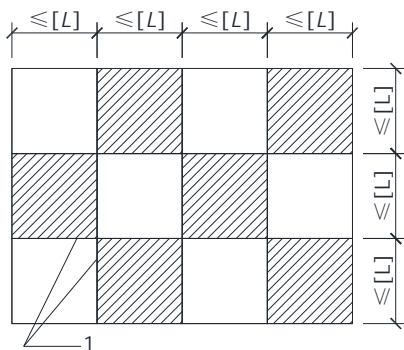
6.1.1 可按本规程对混凝土结构施工图中后浇带的留置进行优化，确定跳仓法施工的分仓位置。

6.1.2 基础筏板采用跳仓法施工时，应符合下列规定：

1 仓块划分以有利于应力释放和易于流水作业为原则，根据基础面积大小沿纵向和横向分仓，筏板仓格长度宜小于 40m，跳仓平面采用间隔式跳仓或棋盘式跳仓方式布置，见图 6.1.2。底板、楼板及墙体的分仓位置可错开；



(a) 间隔式跳仓



(b) 棋盘式跳仓

图 6.1.2 跳仓平面布置方式

1—分仓缝

2 先行跳仓浇筑混凝土,间隔不小于 7d 后再填仓浇筑混凝土;

3 仓格长度大于 40m 时,应通过温度应力和收缩应力计算最大仓格长度[L], [L]按本规程附录 C 进行计算。

6.1.3 地下结构楼板采用跳仓法施工时,应符合下列规定:

1 平面的纵向和横向仓格长度宜小于 40m;

2 仓格长度大于 40m 时,应通过温度应力和收缩应力计算最大仓格长度[L], [L]按本规程附录 C 进行计算。

3 地下结构需回填的部位拆模后应及时做防水并回填,地下结构高出室外地面部分应及时完成保温隔热做法,避免长期暴露在露天环境中。

6.1.4 地下结构墙体采用跳仓法施工时,应符合下列规定:

1 地下结构墙体仓格直线长度宜小于 40m;

2 仓格长度大于 40m 时,应通过温度应力和收缩应力计算最大仓格长度[L], [L]按本规程附录 C 进行计算。

6.1.5 超长大体积混凝土结构跳仓法施工方案应包括下列内容:

1 编制依据;

2 工程概况;

1) 工程名称、建设地址;

2) 建筑规模:地上面积、层数、总高、结构类型;地下面积、层数、层高;地下车库层数、顶部覆土厚度;

3) 建设、勘察、设计、监理、施工、预拌混凝土生产等各单位名称;

4) 室内±0.00 标高、水文地质情况、抗浮水位、地基情况、基础类型、基底标高;

5) 地下结构构件混凝土强度等级及评定龄期;

6) 原设计施工后浇带总长度、沉降后浇带总长度;

7) 建筑主楼、裙房或地下车库地基沉降计算成果;

3 跳仓法施工准备应包括：

- 1) 基础、地下墙体及楼板的分仓图；
- 2) 跳仓施工顺序及进度安排；
- 3) 混凝土配合比及原材料的要求；
- 4) 制备与运输计划；
- 5) 热工、温度应力、收缩应力及分仓长度计算；

4 施工部署应包括：

- 1) 主要施工设备和现场总平面布置；
- 2) 测温人员、设备布置及测温点布置；
- 3) 保温等材料准备；
- 4) 现场场地及道路准备；

5 施工方法应包括：

- 1) 分仓模板；
- 2) 分仓缝止水措施；
- 3) 混凝土浇筑；
- 4) 保温保湿养护方法；

6 质量、安全及应急措施包括：

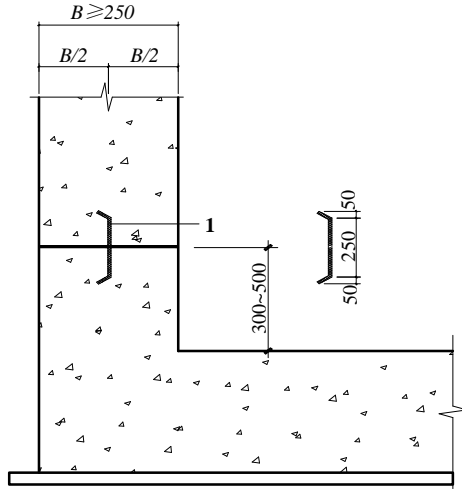
- 1) 抗裂构造措施；
- 2) 特殊部位和特殊气候下的施工措施；
- 3) 测温数据处理和温控措施；
- 4) 沉降观测方法和控制措施；
- 5) 应急预案和应急保证措施；

7 附件包括计算书、分仓图、测温点布置图等。

6.1.6 超长大体积混凝土结构跳仓法施工缝应根据地下结构的实际水位情况，按下列规定处理：

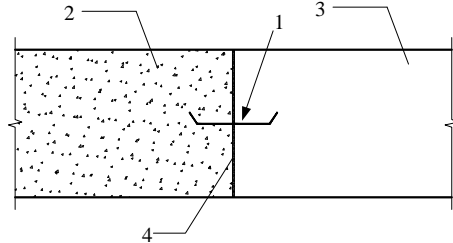
1 承压水位以下的底板与底板、底板与外墙、外墙与外墙以及有回填土的地下结构顶板施工缝应采取钢板止水带，底板施工缝处采用 $\phi 6$ 或 $\phi 8$ 双向方格（ $80\text{mm}\times 80\text{mm}$ ）骨架，用 20 目钢丝网封

堵混凝土，见图 6.1.6。设止水钢板时骨架及钢板网上、下断开，保持止水钢板的连续贯通。



(a) 底板与外墙施工缝

(无腋角时导墙高度 300mm，有腋角时导墙高度 500mm)



(b) 基础底板施工缝

图 6.1.6 施工缝示意

- 1—止水钢板；2—已浇筑混凝土；3—待 7d 后浇筑混凝土；
4— $\phi 6$ 或 $\phi 8$ 钢筋骨架，先浇侧绑扎 20 目钢丝网

6.2 施工技术准备

6.2.1 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，对预拌混凝土生产单位提出技术要求，并进行专项技术交底。

6.2.2 采用跳仓法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后方可进行混凝土施工。

6.2.3 施工现场设施应按施工总平面布置图的要求按时完成，标明地泵或布料车位置。场区内道路应坚实平坦通畅，并制订场外交通临时疏导方案。

6.2.4 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。

6.2.5 混凝土的供应能力应满足连续浇筑的需要，并制定防止出现“冷缝”的措施。

6.2.6 用于跳仓法施工的设备，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。

6.2.7 混凝土的测温监控设备应按本规程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。

6.2.8 采用跳仓法施工前，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。

6.3 钢筋工程

6.3.1 在每仓块混凝土浇筑过程中，应采取防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形的措施，并确保钢筋保护层厚度。

6.3.2 水平结构预埋管线的密集部位，宜在预埋管线的上层面布置 $\phi 8\sim\phi 12$ 钢筋，间距150mm~200mm，或宽度600mm~800mm的钢筋网片带作为抗裂构造措施。

6.3.3 相邻仓块垂直于施工缝方向的钢筋连接可采用搭接方式。

6.3.4 基础底板厚度大于500mm时，应根据承受荷载对上排钢筋的支撑架进行验算，确定支架横梁和支架立柱的截面选型。

6.4 模板工程

6.4.1 模板及支架应根据施工过程中的各种工况进行设计，强度和刚度应满足可靠度要求，支架系统在安装、使用和拆除过程中，应采取防倒塌防倾覆的措施，保证整体稳定性。

6.4.2 模板及支架的变形验算应符合下式的要求：

$$\alpha_{fG} \leq \alpha_{f.lim} \quad (6.4.2)$$

式中： α_{fG} —按永久荷载标准值计算的构件变形值；

$\alpha_{f.lim}$ —构件变形限值。

按照结构部位和构件种类对构件变形限值 $\alpha_{f.lim}$ 分别规定如下：结构表面外露的模板，其挠度限值宜取模板构件计算跨度1/400；结构表面隐蔽的模板，其挠度值宜取模板构件计算跨度的1/250；支架轴向压缩变形限值或侧向挠度限值，宜取计算高度或计算跨度的1/1000。

6.4.3 跳仓法施工模板工程应符合下列规定：

- 1 地下结构多层间连续支模的底层支架拆除时间，应根据连续支模的楼层间荷载分配和混凝土强度的增长情况确定；
- 2 不得将预埋件及电气开关盒固定在模板上；
- 3 安装模板前与混凝土接触面应清理干净、涂刷隔离剂，减小混凝土与模板间的吸附力；
- 4 施工期间，应在墙体混凝土达到一定强度时，先松动对拉螺栓，减少模板对混凝土墙的吸附或粘结；
- 5 竖向结构模板与水平结构模板应分别支设。

6.4.4 当采用跳仓法施工，模板作为保温养护措施的一部分时，拆模时间除应满足现行国家标准《混凝土结构施工规范》GB 50666外，还应满足混凝土浇筑体表面以下50mm处与大气温差不大于20℃，或根据本规程规定的温控措施确定。

6.5 混凝土浇筑

6.5.1 超长大面积混凝土结构基础底板、墙柱、楼板混凝土的浇筑顺序按施工方案进行，相邻仓块的浇筑间隔时间不宜少于7d。

6.5.2 基础底板跳仓法施工的浇筑工艺应符合下列规定：

1 混凝土的浇筑应采用分层布料、分层振捣、一个斜面、连续浇筑、一次到顶的大斜坡推进法；

2 分层浇筑高度不宜大于 500mm，坡度为 1:6~1:7，每步错开宜不小于 3000mm，见图 6.5.2；

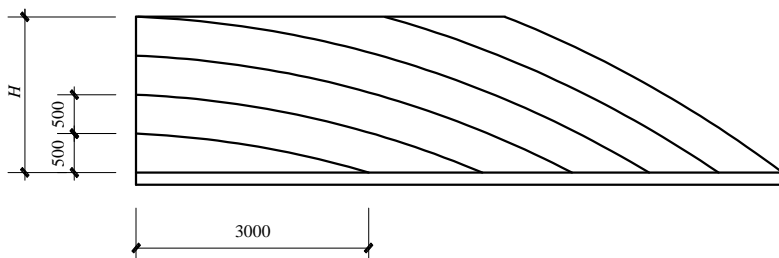


图 6.5.2 大体积混凝土大斜坡推进法

3 振捣时布设三道振捣点，分别设在混凝土的坡脚、中部和坡顶。振捣必须充分，每个点振捣时间控制在 10~15s 并及时排除泌水；

4 宜在初凝前进行二次振捣。

6.5.3 当建筑层高超过5m时，楼板与墙柱不宜一次浇筑。

6.5.4 浇筑面应在初凝前进行二次抹压处理，板表面严禁掸水扫毛。

6.5.5 应防止漏振，并避免过振引起泌水和骨料与浆体分离。

6.6 混凝土养护

6.6.1 混凝土底板在浇筑完毕，抹压喷雾养护后，应立即用塑料薄膜（布）覆盖或采用蓄水养护。保湿养护的持续时间不得少于14d。

6.6.2 地下结构外墙带模养护的持续时间宜不少于5d；拆模后宜采用墙顶铺长管随时浇水或喷雾等措施或覆膜养护，保湿养护的持续时间不得少于14d。

6.6.3 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，并按本规程的有关规定操作，同时应做好测试记录；
- 2** 养护水温度应与混凝土表面温差不大于20℃；
- 3** 保温覆盖层的去除应分层逐步进行，当混凝土的表面以下50mm处温度与大气温度最大温差小于20℃时，方可全部去除。

6.7 特殊气候条件下的施工

6.7.1 跳仓法施工遇炎热、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。

6.7.2 炎热天气浇筑混凝土时，宜采用遮盖、洒水等降低混凝土原材料温度的措施，混凝土入模温度应控制在30℃以下，混凝土浇筑后应进行保湿养护。

6.7.3 冬期浇筑混凝土，应制定冬期施工保障措施和方案。混凝土入模温度不应低于5℃。混凝土浇筑后，应进行保湿保温养护。

6.7.4 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，应覆盖塑料薄膜和保温材料。

6.7.5 雨雪天气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，应在结构合理部位留置施工缝，并应尽快中止混凝土浇筑；已浇筑混凝土应进行覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。

7 温度监测及控制

7.0.1 超长大体积混凝土结构跳仓法施工过程中应进行温度监测与控制。

7.0.2 混凝土施工时应进行温度控制，并应符合下列规定：

1 在覆盖养护或带模养护阶段，混凝土浇筑体里表温差不应大于 25°C ；结束覆盖养护或拆模时，混凝土浇筑体表面以内 50mm 位置处的温度与环境温度差值不应大于 20°C ；

2 混凝土浇筑体内相邻两测温点的温度差值不应大于 25°C ；

3 混凝土内部降温速率不宜大于 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。

7.0.3 混凝土测温应符合下列规定：

1 每个测温点被混凝土覆盖时的温度即为各测点部位混凝土的初始温度；

2 浇筑体内部测温点、表面测温点、环境测温点的测温，应与混凝土浇筑、养护过程同步进行；

3 应按测温频率要求及时提供测温报告，测温报告应包含各测温点的温度数据、温差数据、代表点位的温度变化曲线、温度变化趋势分析等内容；

4 混凝土结构表面以内 50mm 位置的温度与环境温度的差值小于 20°C 时，可停止测温。

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

2 监测点的布置范围应以仓格为测试区，在仓格中心、起始浇筑部位、结束浇筑部位布测试点，每仓监测点位宜不少于 3 处，应

DB11/T 1200 -2023

根据结构的几何尺寸布置；

3 沿混凝土浇筑体厚度方向，一般布置外表面、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；基础底板厚度小于 1.5m 时可以分外表面和中心两层设置测温点；

4 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；

5 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；

6 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。

7.0.5 混凝土测温频率应符合下列规定：

1 第 1 天至第 4 天，每 4h 不应少于一次；

2 第 5 天至第 7 天，每 8h 不应少于一次；

3 第 7 天至测温结束，每 12h 不应少于 1 次。

7.0.6 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。测试元件的引出线宜集中布置，并应加以保护。混凝土浇筑过程中，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。

7.0.7 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。

7.0.8 发现温控数值异常应及时报警，并应按照预案采取加强保温保湿措施。

附录 A 温度应力和收缩应力的计算

A.1 混凝土的绝热温升

A.1.1 水泥的水化热

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

式中： Q_3 ——在龄期 3d 时累积水化热 (kJ/kg)；

Q_7 ——在龄期 7d 时累积水化热 (kJ/kg)；

Q_0 ——水泥水化热总量 (kJ/kg)。

A.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：

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

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，其值取法参见式

A.1.3。

A.1.3 当现场采用粉煤灰与矿渣粉复合掺时，不同掺量掺合料水化热调整系数可按下式进行计算：

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

式中： k_1 ——粉煤灰掺量对应的水化热调整系数可按表 A.1.3 取值；

k_2 ——矿粉掺量对应的水化热调整系数可按表 A.1.3 取值。

表 A.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。

A.1.4 混凝土的绝热温升可按下式计算：

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

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 ——混凝土比热容，一般为 $0.92\sim 1.0$ （ $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})$ ）；
 ρ ——混凝土的质量密度， $2400\sim 2500$ （ kg/m^3 ）；
 m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数， $0.3\sim 2.0$ （ d^{-1} ）；
 t ——混凝土龄期（ d ）。

A.2 混凝土收缩变形值的当量温度

A.2.1 混凝土收缩的相对变形值可按下式计算：

$$e_y(t) = e_y^0 (1 - e^{-0.01t}) \prod_{i=1}^n M_i \quad (\text{A.2.1})$$

式中： $e_y(t)$ ——龄期为 t 时混凝土收缩引起的相对变形值；
 e_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_i （ $i=1\sim 11$ ） ——考虑各种非标准条件的修正系数，可按表 A.2.1 取用。

A.2.2 混凝土收缩相对变形值的当量温度可按下式计算

$$T_y(t) = e_y(t)/\alpha \quad (\text{A.2.2})$$

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 A.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	$\frac{E_s F_s}{E_c F_c}$	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	0.90	20	1.03
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	0.86	30	1.07
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	0.82	40	1.12
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	—	—	50	0.80	50	1.18
—	—	—	—	—	—	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 $E_s F_s / E_c F_c$ ——配筋率， E_s 、 E_c ——钢筋、混凝土的弹性模量 (N/mm²)， F_s 、 F_c ——钢筋、混凝土的截面积 (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。

A.3 混凝土的弹性模量

A.3.1 混凝土的弹性模量可按式计算

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

式中： $E(t)$ ——混凝土龄期为 t 时，混凝土的弹性模量（N/mm²）；

E_0 ——混凝土的弹性模量，一般近似取标准条件下养护 28d 的弹性模量，可按表 A.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 A.3.2 计算。

表 A.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

A.3.2 掺合料修正系数可按式计算

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

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 A.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 A.3.2 取值。

表 A.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

A.4 温升估算

A.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。

A.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：

$$T_{n, k+1} = \frac{T_{n-1, k} + T_{n+1, k}}{2} \cdot 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - T_{n, k} \left(2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - 1 \right) + \Delta T_{n, k} \quad (\text{A.4.2})$$

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 层热源在 k 时段之间释放热量所产生的温升。

A.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，可按下列式计算：

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

A.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 $\Delta T/2$ 。

A.5 温差计算

A.5.1 混凝土浇筑体的里表温差可按下列式计算：

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

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（℃）。

A.5.2 混凝土浇筑体的综合降温差可按下列式计算

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

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、下表面的温度（℃）；

$T_y(t)$ ——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）（℃）。

A.6 温度应力计算

A.6.1 自约束拉应力的计算可按下式计算

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

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；

$H_i(\tau, t)$ ——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 A.6.1 取值。

A.6.2 混凝土浇筑体里表温差的增量可按下式计算：

$$\Delta T_{1i}(t) = \Delta T_1(t) - \Delta T_1(t - j) \quad (\text{A.6.2})$$

式中： j ——为第 i 计算区段步长（d）；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/678121012140006024>