

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**

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。

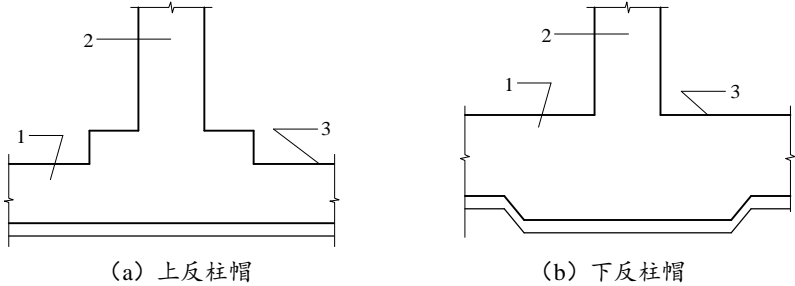


图 4.2.3 基础筏板剖面

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。

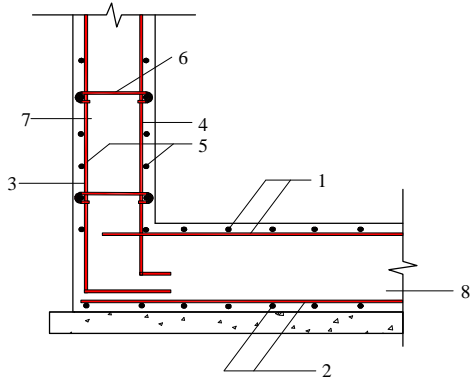


图 4.3.2 外墙竖向钢筋与底板连接构造

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。

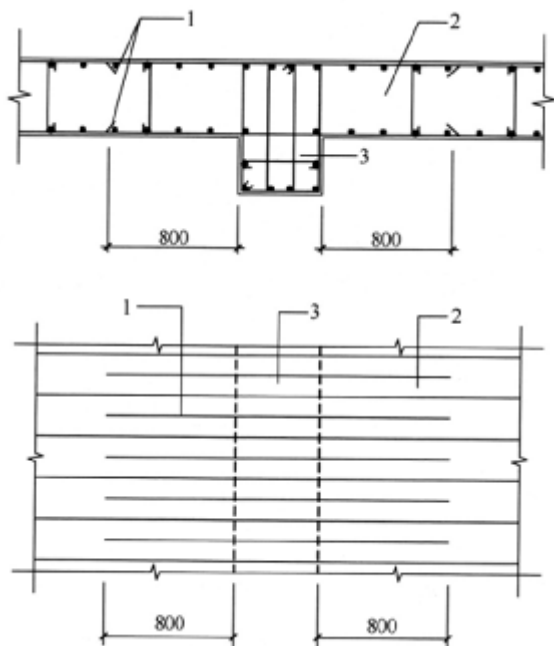


图 4.3.4 外墙附壁柱处附加钢筋

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。

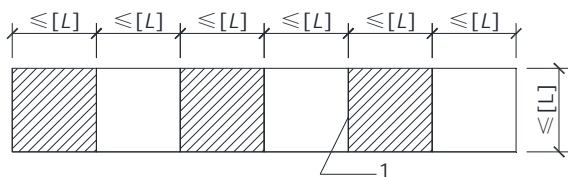
6 混凝土施工

6.1 一般规定

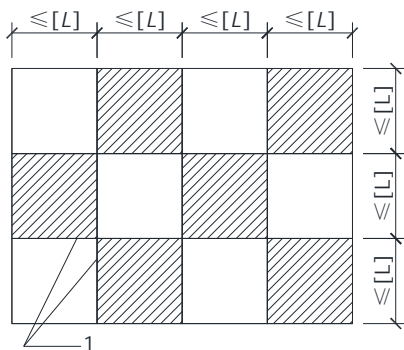
6.1.1 可按本规程对混凝土结构施工图中后浇带的留置进行优化，确定跳仓法施工的分仓位置。

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：

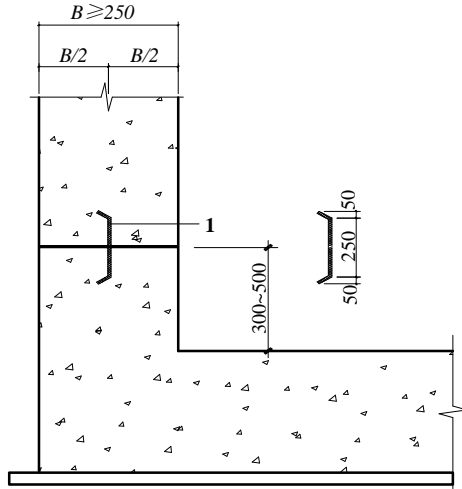
- 1) 抗裂构造措施；
- 2) 特殊部位和特殊气候下的施工措施；
- 3) 测温数据处理和温控措施；
- 4) 沉降观测方法和控制措施；
- 5) 应急预案和应急保证措施；

7 附件包括计算书、分仓图、测温点布置图等。

6.1.6 超长大面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：

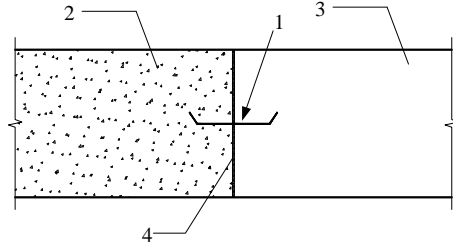
1 承压水位以下的底板与底板、底板与外墙、外墙与外墙以及有回填土的地下结构顶板施工缝应采取钢板止水带，底板施工缝处采用 $\phi 6$ 或 $\phi 8$ 双向方格（80mm×80mm）骨架，用 20 目钢丝网封

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 $l/400$ ；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°C ，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；

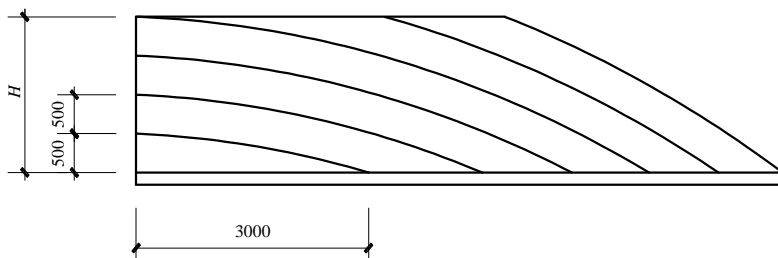


图 6.5.2 大体积混凝土大斜坡推进法

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/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。

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）；

表 A.6.1 混凝土的松弛系数表

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

A.6.3 在施工准备阶段，最大自约束应力也可按下式计算：

$$\sigma_{z\max} = \frac{\alpha}{2} \cdot E(t) \cdot \Delta T_{1\max} \cdot H_i(t, \tau) \quad (\text{A.6.3})$$

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/mm²）；

$H_i(t, \tau)$ ——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 A.6.1 取值。

A.6.4 外约束拉应力可按下式计算：

$$\sigma_x(t) = \frac{\alpha}{1-\mu} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta T_{2i}(t) \cdot E_i(t) \cdot H_i(t, \tau) \cdot R_i(t) \quad (\text{A.6.4})$$

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（ $^{\circ}\text{C}$ ），可按 A.6.5 计算；

μ ——混凝土的泊松比，取 0.20；

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

A.6.5 混凝土浇筑体综合降温差的增量可按下式计算：

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t) - \Delta T_2(t - k) \quad (\text{A.6.5})$$

A.6.6 混凝土外约束的约束系数可按下式计算：

$$R_i(t) = 1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{L}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_x}{HE(t)}}\right)} \quad (\text{A.6.6})$$

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 ），一般可按表 A.6.6 取值。

表 A.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

A.7 控制温度裂缝的条件

A.7.1 混凝土抗拉强度可按下列公式计算

$$f_{tk}(t) = f_{tk}(1 - e^{-rt}) \quad (A.7.1)$$

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。

A.7.2 针对第一主拉应力的混凝土防裂性能可按下列公式进行判断：

$$\sigma_z \leq \lambda f_{tk}(t)/K \quad (A.7.2-1)$$

$$\sigma_x \leq \lambda f_{tk}(t)/K \quad (A.7.2-2)$$

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 A.7.2-1 取值；

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值，可按表 A.7.2-2 取值。

表 A.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 A.7.2-2 混凝土抗拉强度标准值 (N/mm²)

混凝土抗拉 强度标准值	混凝土强度等级			
	C25	C30	C35	C40
f_{tk}	1.78	2.01	2.20	2.39

附录 B 第二主拉应力计算

B.0.1 针对第二主拉应力（即等于最大剪应力）的混凝土防裂性能可按下列公式进行判断：

$$\sigma_2 = \tau_{xy\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \leq \lambda f_{tk}(t)/K \quad (\text{B.0.1})$$

式中： σ_2 ——第二主拉应力；

τ_{xy} ——剪应力；

σ_x ——长度方向的拉应力；

σ_y ——宽度或高度方向的拉应力；

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 A.7.2-1 取值；

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值，可按表 A.7.2-2 取值。

第二主拉应力 σ_2 与 σ_x 、 σ_y 的关系及第二主拉应力 σ_2 计算见图 B.0.1。

B.0.2 第二主拉应力角按照下列公式计算：

$$\tan 2\alpha_0 = \frac{-2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (\text{B.0.2})$$

式中： α_0 ——第二主拉应力角。

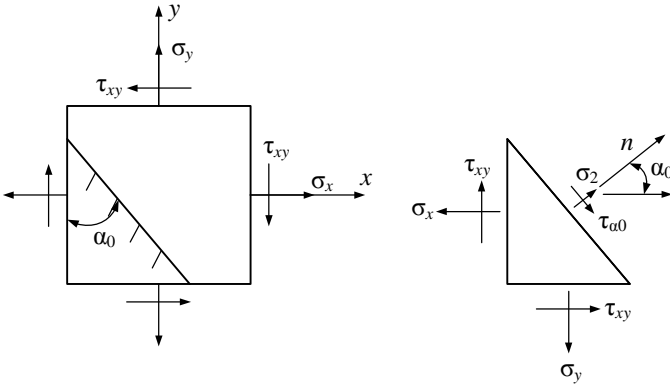


图 B.0.1 第二主拉应力角计算简图

附录 C 跳仓仓格长度的计算

C.1 跳仓仓格长度计算公式

C.1.1 跳仓仓格长度的确定，依据温度及收缩应力的简化计算公式：

$$\sigma = -E\alpha T \left[1 - \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{C_x}{HE(t)}} \cdot \frac{L}{2}\right)} \right] H(t, \tau) \quad (\text{C.1.1})$$

C.1.2 采用极限变形概念研究推导出平均伸缩缝间距的具体公式：

$$[L] = 1.5 \sqrt{\frac{EH}{C_x}} \operatorname{arcosh} \frac{|\alpha T|}{|\alpha T| - \varepsilon_p} \quad (\text{C.1.2})$$

其中：

σ ——第一主拉应力；

$[L]$ ——平均伸缩缝间距，最大仓格长度；

E ——混凝土弹性模量；

H ——底板厚度或板墙高度；

C_x ——地基或基础水平阻力系数；

α ——混凝土线膨胀系数；

T ——互相约束结构的综合降温差，包括水化热温差 T_1 、气温差 T_2 、收缩当量温差 T_3 ，即 $T = T_1 + T_2 + T_3$ ；

T_1 ——水化热温差（壁厚大于或等于 500mm 时考虑）；

T_2 ——气温差；

T_3 ——收缩当量温差；

ε_p ——钢筋混凝土的极限拉伸。

其中，连续基础底板与楼面板在计算时的内部约束相同，边界条件可以进行代换。只需对 C_x 进行修正，就可以应用于楼板的伸缩缝间距的计算。

C.2 跳仓仓格长度计算参数的选取

C.2.1 跳仓仓格长度计算公式中，参数 E 、 C_x 、 α 、 T 根据附录 A 中相应规定选取。

C.2.2 跳仓仓格长度计算公式中， ε_p 钢筋混凝土的极限拉伸：

- 1 当材质不佳、养护不良时，取 $0.5 \times 10^{-4} \sim 0.8 \times 10^{-4}$ ；
- 2 当材质优良、养护得当，缓慢降温时，取 2×10^{-4} ；
- 3 中间状况，取 $1 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-4}$ 。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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 条文中指明应按其他有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

- 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《混凝土结构工程施工质量验收》 GB 50204
- 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 《大体积混凝土施工标准》 GB 50496
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《矿物掺合料应用技术规范》 GB/T 51003
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《建设用砂》 GB /T 14684
- 《预拌混凝土》 GB /T 14902
- 《用于水泥、 砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
- 《普通混凝土用砂、 石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《混凝土矿物掺合料应用技术规程》 DB11/T 1029

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

条文说明

2023 北 京

目 次

1	总则	55
2	术语和符号	57
2.1	术语	57
3	基本规定	60
4	地下结构设计	64
4.1	一般规定	64
4.2	基础底板	69
4.3	地下结构外墙	71
4.4	地下室楼板	72
5	材料、配合比、制备及运输	74
5.1	一般规定	74
5.2	原材料	75
5.3	配合比设计	76
6	混凝土施工	78
6.1	一般规定	78
6.2	施工技术准备	79
6.3	钢筋工程	80
6.4	模板工程	80
6.5	混凝土浇筑	80
6.6	混凝土养护	81
7	温度监测及控制	82
附录 A	温度应力和收缩应力的计算	84
附录 B	第二主拉应力计算	84
附录 C	跳仓仓格长度的计算	84

1 总则

1.0.1 本规程的编制总结了四十余年来国家重大超长大面积混凝土跳仓法工程的设计、施工和材料等方面的成熟经验、工程试验及理论研究成果。本规程的技术措施属半经验半理论的概念设计理念。

国内针对超长大体积混凝土采取主动裂缝控制技术已经历了三代，即第一代“永久变形缝法”，第二代“后浇带法”和第三代“跳仓法（无缝分块放抗法）”。

永久性变形缝法：为了避免超长大体积混凝土出现有害裂缝和渗漏，将超长大体积混凝土用永久性变形缝分成若干独立单元，变形缝处混凝土及钢筋完全断开，缝内设置内埋式橡胶止水带，外表设可拆卸式橡胶止水带，永久性变形缝不能传递剪力、拉力和弯矩，属柔性连接，减少温度收缩应力和差异沉降应力。

后浇带法：为了跨越临时性较大温度收缩应力和沉降应力，设置临时性变形缝，混凝土断开，钢筋连续不断，超过一定时间再进行封填，将结构连成无缝整体。

跳仓法：根据结构和长度的非线性关系，将结构按不开裂长度分仓，根据混凝土供应条件对大体积混凝土结构采取跳仓浇筑的方法施工，相邻仓的间歇时间 7~10d，此期间混凝土应力得到松弛，抗拉性能得到提高，前后仓应力叠加，降低拉应力，有利控制温度收缩应力和有害裂缝的出现，避免采用永久性变形缝和后浇带（临时性变形缝）。跳仓法是将后浇带法两缝变一缝（分仓缝），混凝土分仓缝以钢丝网代替木模板埋入混凝土中，不拆模。

本规程跳仓法技术的设计、施工和材料要求是为了提高工程建成后的整体质量，以国家技术经济政策为方向，努力达到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境、提高综合效益。

本规程的“跳仓法”是混凝土不掺加任何膨胀剂的跳仓法施工，要求高品质“普通混凝土好好打”，提高混凝土的均质性，降低变异性。实践证明采用跳仓法施工对控制混凝土裂缝、提高效率、保证质量和降低工程造价具有显著的意义。同时，在工民建领域的大体积混凝土实施跳仓法，采用 60d、90d 强度，可以大量节约水泥，同时大量减少二氧化碳排放量，对节能减排的推动作用十分巨大。

1.0.2 本条对本规程的适用范围作了规定，主要用在工业与民用建筑地下结构工程，也可供地上工程编制施工方案借鉴参考使用。

本规程是在 60 余年来长期处理工程裂缝的经验基础上进行的总结，其基本理论可以解释超长大体积混凝土常见裂缝的开裂机理。

地下室外墙、楼板的混凝土属于预计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大体积混凝土，由于施工养护条件不同于基础底板，如果采用跳仓法施工必须按本规程第 4 章的有关规定执行。

当地下室的范围较大，地上有若干栋多层或高层房屋，如果同期施工，在地下室部分不再设置施工后浇带、沉降缝或伸缩缝等永久缝。

1.0.3 本规程是现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB50496 的延伸和发展。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 在大体积混凝土工程设计、施工中，必须控制由于水化热引起的温度收缩裂缝，降低温度收缩应力。根据超长大面积混凝土结构温度应力与结构长度呈非线性关系的原理，采用不开裂的计算长度作为分仓尺寸，将整体结构分成若干仓，实行跳仓间歇施工，结构的温度收缩应力得以显著松弛和释放，抗拉性能得到提高，最终温度收缩应力由结构总体抗拉能力来承受。

跳仓法施工的原理是基于“混凝土的开裂是一个涉及设计、施工、材料、环境及管理等的综合性问题，必须采取‘抗’与‘放’相结合的综合措施来预防”。

跳仓法施工措施要同时注意“抗”与“放”两个方面。

“放”的原理是基于目前在工业与民用建筑混凝土结构中，胶凝材料（水泥）水化放热速率较快，1~3d 达到峰值，以后迅速下降，经过 7~14d 接近环境温度的特点，通过对现场施工进度、流水、场地的合理安排，先将超长结构划分为若干仓，相邻仓混凝土需要间隔 7d 后才能浇筑相连，通过跳仓间隔释放混凝土前期大部分温度变形与干燥收缩变形引起的约束应力。“放”的措施还包括初凝后多次细致的压光抹平，消除混凝土塑性阶段由大数量级的塑性收缩而产生的原始缺陷；浇筑后及时保温、保湿养护，让混凝土缓慢降温、缓慢干燥，从而利用混凝土的松弛性能，减小叠加应力。

“抗”的基本原则是在不增加胶凝材料用量的基础上，尽量提高混凝土的抗拉强度，主要从控制混凝土原材料性能、优化混凝土配合比入手，包括控制骨料粒径、级配与含泥量，尽量减小胶凝材料用量与用水量，控制混凝土入模温度与入模坍落度，以及混凝土“好好打”从而保证混凝土的均质密实等方面。“抗”的措施还包

括加强构造配筋，尤其是楼板的分布筋与大梁中的腰筋。结构整体封仓后，以混凝土本身的抗拉强度抵抗后期的收缩应力，整个过程“先放后抗”，最后“以抗为主”。从约束收缩公式分析中，可看出混凝土结构中的变形应力并不是随结构长度或约束情况而线性变化的，其最大值最后总是趋近于某一极值，若混凝土的抗拉强度能尽量贴近这一值，则可极大地减小开裂。同时可看出最大应力总是与结构的降温幅度成正比（干燥收缩也等效为等量降温），故提高抗拉强度不能以增加水化热温升或干燥收缩为前提。

2.1.2 本规程所属的大体积混凝土，不再单纯按尺寸厚度和施工经验界定。由于以往许多工程结构设计和施工中忽略了温控和抗裂措施，使得结构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归属于大体积混凝土。

2.1.3 钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距可按《混凝土结构设计规范》GB 50010，如表 1 所示。

表 1 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距（m）

结构类别		室内或土中	露天
排架结构	装配式	100	70
框架结构	装配式	75	50
	现浇式	55	35
剪力墙结构	装配式	65	40
	现浇式	45	30
挡土墙、地下结构 墙壁等类结构	装配式	40	30
	现浇式	30	20

2.1.4 “温度变形受到约束时”的约束包括混凝土的内约束和混凝土的外约束。内约束包括石子对水泥浆收缩的约束，以及混凝土内外温度差对混凝土收缩的约束等。外约束包括模板、地基、桩基和已有混凝土等对混凝土收缩的约束，以及寒冷降温对混凝土收缩的影响等。

2.1.5 收缩应力指混凝土早期收缩应力。塑性收缩（凝缩）应力、自生收缩（自缩）应力、温度收缩（冷缩）应力、干燥收缩（干缩）应力引起的混凝土裂缝，是跳仓法所要应对的主要内容。混凝土的碳化膨胀裂缝以及荷载裂缝不属于混凝土早期收缩应力裂缝。

2.1.6 混凝土浇筑后水化热引起混凝土升温最高值，与水泥品种、用量关系很大。近年来随水泥细度的提高，水泥活性较 30 年前提高出约两个等级，比如现在的 42.5 水泥大体相当于水泥标准修订前的 525 号水泥，又相当于 1979 年以前硬练标准的 600 号水泥；混凝土的水化热温升峰值也就大大提高、提前了。配置大体积混凝土要求温升峰值不应太早、太高，施工单位对水泥峰值进行实测，以便采取有针对性的降温技术措施。

2.1.7 温差是指同一时间同一断面的测温数据的差值。

2.1.9 降温速率是指混凝土达到温升峰值后每天的温度下降值。沿混凝土浇筑后的不同厚度部位的降温速率都必须进行控制，不大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。

2.1.11 混凝土浇筑体处于绝热状态，内部不同时刻升温曲线数值是控制不同厚度部位的温度梯度值的重要依据。

3 基本规定

3.0.3 鉴于超长大体积混凝土结构的重要性，“跳仓法”施工方案需经施工单位技术负责人审批，报送总监理工程师备案并核查落实情况。

3.0.4 本条根据超长大体积混凝土工程施工的特点，提出了对超长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，一般大体积比较适宜采用60d或90d龄期的强度指标。地下结构底板、墙体上的结构荷载是逐渐增加的，采用60d或90d龄期的强度指标，其利用后期强度的增长与上部荷载的增加是相适应的，已经是工程实践行之有效的经验，并在《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010第12.1.11条和《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》DBJ11501-2009第8.1.9条中有规定，是可节能、降耗、有效减少有害裂缝产生的技术措施。

在工民建领域的大体积混凝土采用60d、90d强度，可以充分利用掺合料取代水泥，降低温度收缩应力，提高抗裂性和耐久性，从而可以大量节约水泥，同时可大量减少二氧化碳排放量，满足低碳节能环保要求。

当采用60d或90d标养龄期的后期强度指标时，混凝土配合比设计、强度评定将其作为工程验收的依据。

为积累试验数据，采用60d、90d强度等级评定时，宜分别制作90d、120d备用试件。

高于C40混凝土出现裂缝的概率增加，因此建议采用设计强度等级在C25~C40范围的中低强度混凝土。

2 本款提出在超长大体积混凝土跳仓法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

方法（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 本款中所指的减少超长大面积混凝土结构外部约束是指：模板、地基、桩基和已有混凝土等外部约束。

4 在超长大面积混凝土结构施工中考虑硬质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。

3.0.5 结构分仓缝的设置可不受限于结构受力较小的部位。但在分仓时，宜适当避开钢筋密集及水池、梯井、泵坑、设备基础等部位。

3.0.6 本条规定不应掺加混凝土膨胀剂和具有体积膨胀性的外加剂的理由如下：

1 掺微膨胀剂补偿收缩混凝土需要饱和水养护 14 天，否则很难达到膨胀控制裂缝的目的。大量工程实践表明，一旦养护条件不满足要求，混凝土的收缩将会比不加微膨胀剂的混凝土收缩大很多，甚至产生贯穿裂缝。目前，大量跳仓法施工工程实践证明，不掺加微膨胀剂的混凝土，能控制工程不产生有害裂缝。

2 掺具有体积膨胀性的外加剂存在“延迟膨胀”的风险和“过量膨胀”的危害。

混凝土的早期塑性收缩在先，与膨胀剂的线膨胀不同步——在塑性阶段生成钙矾石不会产生膨胀，待有一定强度时再膨胀反而会造成混凝土裂缝。

如果膨胀剂掺量不准确则会出现过量膨胀，尤其是混凝土先期水分不足，后期遇到潮湿环境后再膨胀导致混凝土开裂。

掺加膨胀剂还存在着延迟钙矾石膨胀应力形成的后期延迟性开裂风险。

国内常用膨胀剂钙矾石 $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ，必须有大量供水条件（ $65^\circ C \sim 75^\circ C$ 受热脱水分解）。法国专家要求小于 $65^\circ C$ 预防脱水破坏，膨胀剂中含有硫酸根，对钢筋锈蚀和耐久性不利，施工中

需水量大，掺膨胀剂后急剧降低坍落度。2009年8月为AP1000三代核电工程进行对比试验，根据试验结果决定核电工程一律不掺膨胀剂和纤维。施工过程中没有充分供水条件掺膨胀剂混凝土，产生剧烈的收缩落差，反而引起更多的收缩裂缝，限制膨胀率为零和负值。有许多工程出现裂缝后沉积在混凝土微裂缝中的钙矾石和混凝土中的未水化的钙矾石后期再遇充分供水条件时，便产生后期遇水膨胀破坏，即所谓延迟钙矾石引起的开裂。在北京、上海、深圳某些工程中掺膨胀剂，企图达到补偿收缩目的。但实际工程产生了更加严重的收缩裂缝。某些工程掺氧化钙类和氧化镁类膨胀剂，引起混凝土内部自约束应力，产生粉碎酥裂失去强度，形成自然爆裂。法国技术要求严格控制混凝土钙矾石稳定性，要求经过泡水与38℃烘箱干湿交替反复7天共70周的试验： $\epsilon \leq 0.06\%$ 膨胀变形。

本条规定不应掺加纤维，是鉴于纤维在工程实际应用中存在不能均匀分散、结团现象，易导致混凝土内部缺陷，降低混凝土强度。

本条规定不应预埋冷却水管，是由于工民建领域大体积混凝土水化时产生大量水化热，最高温升可达到65℃~75℃，此时如通入冷却水，导致混凝土整体降温较大，导致较大的外约束应力，从而导致贯穿性开裂，国内外都有工程实例。

3.0.7 本条确定了超长大体积混凝土在施工方案阶段应做的计算分析工作，对大体积混凝土浇筑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、里表温差、降温速率、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。

混凝土热工计算，水泥水化热应采用实际检测值进行计算，无检测报告时，可根据目前国内水泥水化热的统计数据 and 大型重点工程的经验值，以及《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018中规定

的水泥水化热最高限值进行计算，如普通硅酸盐水泥，3d 水化热不宜大于 250kJ/kg，7d 水化热不宜大于 280kJ/kg，水泥中的铝酸三钙含量小于 8%。

当水泥水化热超过规范最高限值或者水泥中铝酸三钙含量高于 8%，制备抗渗等级高、裂缝控制要求高的混凝土时，在配合比设计和施工工艺中应采取相应的温控措施。

3.0.9 在大量工程裂缝控制实践中，出现竖向裂缝是由第一主拉应力引起，但是在实践中发现在工程端部($X=\pm L/2$ 最大剪应力区)经常出现斜裂缝，参见图 1，这主要是第二主拉应力引起的，为了控制不产生有害的斜裂缝，我们还应该进行第二主拉应力的验算来避免有害的斜裂缝产生。

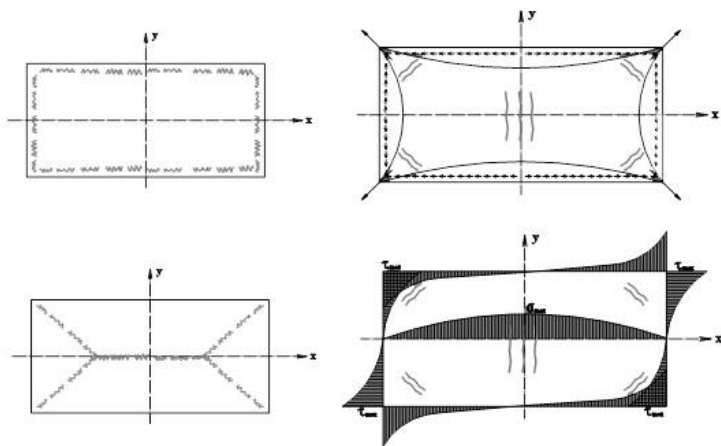


图 1 构件斜裂缝示意图

4 地下结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 高强度混凝土水化热及收缩偏大，徐变偏小，应力松弛效应偏小，为控制裂缝混凝土强度等级宜低不宜高。现在采用的泵送流动性高强度预拌混凝土，比以往的人工搅拌的较低强度混凝土，水泥用量、水用量都增加，水泥活性增加，比表面积加大，水胶比加大，坍落度加大等，导致水化热及收缩变形显著增加；混凝土及水泥向高强度化发展、水泥强度不断提高，用量不断增加，混凝土的抗压强度显著提高，而抗拉强度提高滞后于抗压强度，拉压比降低，弹性模量增长迅速；随胶凝材料增多，体积稳定性成比例下降（温度收缩变形显著增加）；用高强度钢筋代替中低强度钢筋导致钢筋配筋率减小，使用应力显著增加，混凝土出现裂缝概率增大。试验表明由于非弹性影响，混凝土结构开裂时钢筋实际应力约为60MPa。因此，钢筋混凝土结构中的混凝土裂缝不可避免，应控制有害裂缝（渗水、钢筋锈蚀、影响耐久性等）出现。

当地下结构顶板在需要早期布置大型施工装备等特殊使用工况下，地下结构顶板应按照施工荷载要求采用适合的混凝土强度评定等级。

4.1.2、4.1.3 设置沉降后浇带的目的是为控制相邻高度不等建筑、主楼与裙房或地下车库的基础之间的差异沉降而可能产生结构构件附加内力和裂缝。

从上世纪八十年代初开始许多高层主楼及裙房之间设置沉降后浇带，《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》JGJ 3-91第6.1.3条规定：“为减小高层部分与裙房之间的差异沉降量，在施工时采用施工后浇带断开，待高层部分结构完成是连成整体，如采用桩基，

可根据沉降情况，在高层部分主体未全部完成时连成整体”。

由于地基土连续剪切传递不可能发生突变，沉降观测表明在沉降后浇带两侧没有突变性沉降差，地基反压力仍然平缓均匀分布，沉降后浇带成了虚设，只起安慰作用，反而给施工造成许多困难，拖延工期，降低防水质量。因此，《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2002、JGJ 3-2010中都取消了设置沉降后浇带的规定，而在设计时必须采取有效措施，把主楼与裙房或地下车库的基础之间的差异沉降控制在允许范围内，采取的措施为：

1 减少高层建筑沉降的措施有：

(1) 地基持力层应选择压缩性较低的一般第四纪中密及中密以上的砂土或砂卵石土，其厚度不宜小于 4m，并且无软弱下卧层。

(2) 适当扩大高层部分基础底面面积，以减少基础底面的基底反力。

(3) 当建筑荷载较大或基础持力层以及地基受压层深度范围内为压缩性相对较大土层时。可以采用复合地基等处理方法或桩基础。

2 使裙房沉降量不致过小的措施有：

(1) 裙房基础应尽可能减小基础底面面积，不宜采用筏形基础，以柱下独立基础或条形基础为宜。有防水要求时可采用另加防水板的方法，此时防水板下宜铺设一定厚度的易压缩材料。

(2) 裙房宜采用较高的地基承载力。有整体防水板时，对于内、外墙基础，调整地基承载力所采用的计算埋置深度 d 均可按下式计算：

$$d = (d_1 + d_2) / 2$$

式中： d_1 ——自地下结构室内地面起算的基础埋置深度， d_1 不小于 1.0m；

d_2 ——自室外设计地面起算的基础埋置深度。

(3) 裙房基础埋置深度，可小于高层建筑的埋置深度，以使裙房地基持力层的压缩性大于高层地基持力层的压缩性（如高层地基

持力层为较好的砂土，裙房地基持力层为一般黏性土）。

参考案例

一、设有沉降后浇带的天然地基、复合地基和桩基础工程，沉降观测表明在沉降后浇带柱间或沉降后浇带两侧差异沉降值都很小，许多工程的沉降后浇带提前进行了浇灌。下列为工程实例：

（一）天然地基工程

1. 北京某项目：位于北京动物园南侧，是全国首例高层主楼与裙房低层之间不设永久性沉降缝、采用沉降后浇带的工程。高层客房楼 A 段：地下 3 层，地上 23 层加塔楼 6 层，高 93.51m；裙房大厅 B 段：地下和地上均为 2 层；宴会厅 C 段：地下 1 层，地上 2 层。A 段地基为砂卵石，箱形基础；B 段和 C 段地基为粉细砂交叉梁形基础。A 段与 B 段、C 段之间设置有沉降后浇带，在基础完成时共设置了沉降观测点 167 个，至主楼结构完工进行了沉降实测。A 段计算沉降值：最大为 50.3mm，最小为 35mm，而实测最大值为 32.1mm；B 段计算沉降值最大 10mm 左右。从各段沉降实测值可以看出高层主楼与裙房之间沉降曲线是连续的，没有突变现象。

2. 北京某项目：位于北京东三环，由高层主楼旅馆地上 18 层地下 3 层，北裙房地上地下各 1 层，南裙房地下 1 层地上 2~3 层组成。高层主楼为埋置在粉质粘土、粘质粉土上的箱形基础，南北裙房为在粉质粘土、粘质粉土上的片筏基础，高层主楼与裙房之间设置了沉降后浇带。基础底板完成设置沉降观测点，至主楼结构完成到进行部分装修，在主楼与裙房设置的沉降观测点，经观测主楼与裙房之间最终的差异沉降值仅 1.39mm~2.31mm。因此，主楼与裙房之间完全可以不设沉降后浇带。

3. 北京某项目：地上 12 层地下 2 层，与北边地下 2 层的车库连成整体，基础底为粉质粘土、砂质粉土，地基承载力标准值 180kPa，住宅为满堂筏基，地下车库采用独立柱基防水板，均为天然地基，施工期间主楼与地下车库之间设置了沉降后浇带，完成基础底板设

置了沉降观测点，并在沉降后浇带两侧也设了观测点。直至主楼结构封顶沉降观测结果，主楼最大沉降值为 15.4mm，沉降后浇带两侧差异沉降值最大为 0.7mm。

（二）复合地基工程

1. 北京某项目：位于北京清华大学东侧，两栋塔楼地上 26 层，裙房地上 5 层，地下均为 3 层，与地下车库部分连成整体。地基土为重粉质粘土、粘土，塔楼采用 CFG 桩复合地基，裙房和地下车库部分为天然基础，均采用满堂筏基。该工程塔楼与裙房、地下车库之间设置了沉降后浇带，在 2001 年 6 月基础底板完成后设置了沉降观测点，至 2003 年投入使用后 4 个月，共观测 23 次。观测表明：两塔楼核心筒最大沉降值分别为 39.7mm 和 35.7mm，裙房最小为 18.7mm，塔楼与裙房和地下车库之间沉降值没有突变现象。

2. 北京某项目：地上 34 层，地下 2 层，基础满堂筏板采用 CFG 桩复合地基，相邻地下车库 2 层，采用满堂筏板天然地基，主楼与地下车库地基基础连成整体。在施工期间设置沉降后浇带，从基础底板完成后就在后浇带两侧设置了沉降观测点，至主楼完成 6 层时沉降后浇带两侧几乎没有差异沉降，提前浇筑了后浇带的混凝土。主楼封顶时基础最大沉降值为 39.8mm。

（三）桩基础工程

1. 北京某项目，位于北京朝阳区三元桥东南角，主楼写字楼地上 31 层，地下 2 层，西侧有纯地下结构，基底为粉质粘土、粘质粉土，地基承载力标准值 220kPa，主楼采用 $\phi 400$ 预应力管桩，桩端持力层为细、粉砂，满堂布桩，纯地下结构部分为天然地基，主楼与纯地下结构之间基础不设置沉降后浇带。主楼计算最大沉降为 90mm，设置了沉降观测点，在结构封顶后大部分装修已完成时，在核心筒实测最大沉降量为 45.5mm。

二、设计单位采取变刚度调平设计方法及有效措施，把主楼与裙房或地下车库基础之间的差异沉降控制在规范允许范围内，已有

DB11/T 1200 -2023

百余个工程主楼与裙房或地下车库之间基础在施工期间不设置沉降后浇带。

1. 北京西城区某科技馆：地下 5 层，地上主楼 12 层，裙楼 6 层，基础埋置深度 30m，基底为中、细砂，地基承载力标准值 360kPa，基底附加压力远小于经深度修正后的地基承载力，地基最终沉降量将比地基回弹值还小。因此，在 2013 年 9 月 25 日经专家论证会讨论，决定将原设计高层与低层之间设置的沉降后浇带取消。

2. 北京雨泽商务区某项目：两栋 150m、1 栋 120m 主塔楼，裙房 5 层，地下均为 4 层，埋深 23m，均采用天然地基，持力层为卵石，主楼采用平板式筏基，裙房采用独立柱基、墙下条基加防水板，主楼带裙房的大底盘结构，采用上部结构、地下结构、基础、地基土整体模型，对地基基础进行协同分析，确保主楼与裙房之间的沉降差值满足规范要求，施工期间主楼与裙房之间均未设置沉降后浇带，该项目结构在 2016 年底竣工，2017 年底投入使用。

3. 北京 CBD 核心区某工程：位于北京 CBD 核心区，主塔楼地上共 108 层，高 528m，地下 7 层埋深约 37m，采用桩筏基础，设计用变刚度调平方法，主塔楼两侧纯地下结构部分采用天然地基，持力层为黏性土层。工程桩分为三种类型：主塔楼核心筒和巨型柱区域为桩径 1200mm、桩长 44.6m，主塔楼其他区域桩径 1000mm、桩长 40.1m，塔楼与纯地下结构之间过渡区域桩径 1000mm、桩长 26.1m，所有桩均采用桩侧柱端后压浆。该工程施工期间主塔楼与纯地下结构基础之间没有设沉降后浇带。

4. 北京亦庄经济技术开发区某项目：A 座地上 19 层、地下 5 层，框架—核心筒结构，CFG 桩梁板式筏基；B 座地上 16 层、地下 5 层，框架—核心筒结构，CFG 桩梁板式筏基；C 座地上 12 层，框架—核心筒结构，天然地基梁板式筏基。A、B、C 座地下结构及纯地下结构均为 5 层，纯地下结构天然地基独立柱基防水板，±0 高程为 27m，抗浮设计水位标高为 16.5m，纯地下结构抗浮采用钢渣压重和抗浮锚

杆。地基基础采用变刚度调平设计，A 座南楼平均沉降 39.5mm，B 座南楼平均沉降 35.7mm，C 座北楼平均沉降 41mm，主楼与纯地下结构之间差异沉降量均小于 0.1%，满足规范规定，不设置沉降后浇带。

5. 北京市某安置房项目：施工分为一、二、三、四标段。一、二标段由 9 栋高层住宅楼、1 个大型地下车库等组成，地下均为 3 层，总建筑面积约为 32 万平方米，其中 1 号至 4 号楼地上 28 层，高 83m；5 号至 9 号楼地上 27 层，高 72.4m，高层住宅采用 CFG 桩筏板基础，车库采用天然地基筏板基础，按设计计算高层住宅最终沉降量不大于 40mm，高层住宅与地下车库之间设置沉降后浇带，在 2017 年 10 月 24 日专家论证会讨论决定不设沉降后浇带。三、四标段由 7 栋高层住宅、大型地下车库等组成，均为地下 3 层，总建筑面积 25.38 万多平方米，其中 1 号、4 号、5 号楼地上 27 层，高 78.75m，2 号、3 号楼地上 28 层，高 81.65m，6 号楼地上 18 层，高 52.65m，7 号楼地上 19 层，高 55.55m，地下均为 3 层，高层住宅采用 CFG 桩筏板基础，地下车库采用天然地基筏板基础，按设计高层住宅最终沉降量不大于 50mm，高层住宅与地下车库之间设置沉降后浇带，在 2017 年 11 月 3 日专家论证会讨论后决定不设置沉降后浇带。

4.2 基础底板

4.2.1 基础底板型式有梁板式筏基、平板式筏基。以前国内设计习惯采用梁板式筏基，一般认为它的整体刚度大、结构用的材料比平板式筏基省，尤其是现场施工操作人员的工资水平较低的情况下更可取。经过多项工程对基坑护坡、基础工程土方、基础结构用工及工期、梁板式筏基与平板式筏基单方造价、地下结构建筑地面回填材料等综合比较结果，采用平板式筏基综合造价比梁板式筏基低，如果考虑基础工期缩短减少银行贷款的利息，那将更有意义。上部结构虽然有不同类型的，基础底板不论是平板式筏基还是梁板式筏基由于地下结构周边外墙和若干内墙都将构成整体刚度较大的结构，

当具有多层地下结构时更是这样。

为加大裙房或地下车库的基础沉降，减小与主楼的差异沉降，裙房或地下车库可采用独立柱基、墙下条基加防水板基础。

4.2.2 由于目前基础筏板按现行国家标准《大体积混凝土标准》GB 50496 采用整体分层连续浇筑施工，厚度大于 1m 的不再分层浇筑，因此没有必要按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 第 8.4.10 条要求在筏板厚度大于 2m 的中间再设置水平构造防裂钢筋。

4.2.3 平板式筏形基础应进行冲切承载力验算是现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 第 8.4.6 条规定。轴力大的柱下为满足冲切承载力需要筏板设置柱帽时，因地下车库考虑卫生环境不再设置排水沟，宜优先采用下反柱帽，这样有利减少基础埋置深度，节省造价。当需要抗浮填压重材料时，柱帽可采用上反。桩顶锚入筏板或承台时为防水采取有效措施是必要的，不仅设计要有明确要求，更重要的是施工时要保证质量。

4.2.4 基础结构构件（包括筏形基础的梁与板、厚板基础的板、条形基础的梁等），地震发生时不会产生塑性铰，不需要考虑延性，不考虑抗震构造，也就是基础梁的箍筋弯钩可按非抗震、支座边箍筋间距按剪力确定，无加密区要求。基础结构构件可不验算混凝土裂缝宽度，这是因为基础梁或筏板钢筋应力实测值远小于设计强度值，其因素较多，例如，天然地基和桩基设计承载力均为极限值的 1/2，在柱下和墙下的反力比平均反力大得多，而跨中梁、板变形和内力比计算值小得多；基础底面与地基土之间巨大摩擦力；地下结构与上部结构整体作用，使基础构件内力及相应的挠曲减小；混凝土弯曲构件裂缝验算方法是根据简支梁的试验结果提出的，基础构件与简支梁情况差得很远等等。因此，没有必要再验算混凝土裂缝宽度。

4.2.5 主楼地下室及裙房或地下车库基础底板伸出外墙边的做法，

往往不是地基承载力的需要而是习惯做法。伸出外墙边会扩大肥槽体积、增加支护费用、增加结构混凝土和钢筋用量，延长工期。

4.3 地下结构外墙

4.3.1 地下结构外墙的厚度应根据具体工程确定，考虑到承受土压、水压及防水功能其厚度不应小于 250mm。地下结构外墙的混凝土养护难度大，控制裂缝比其他构件困难，而混凝土强度等级高时，更不易控制混凝土裂缝，因此，混凝土强度等级宜低不宜高，不论多层建筑还是高层建筑的地下结构外墙，承受轴向压力、剪力不需要太高混凝土强度，土压、水压作用下按偏压构件或按弯曲构件计算，混凝土强度等级高低对配筋影响很小，所以混凝土强度等级宜采用 C30~C35。地下结构内部墙体及柱子受力大，混凝土易养护对控制裂缝有利，因此混凝土强度等级应根据结构设计需要进行确定。

4.3.2 地下结构外墙在水平方向支承构件可能是墙或柱，间距可能不等，如按实际情况计算外墙板，类型可能较多。如果挡土墙支座是柱子，应沿竖向计算柱在外墙水平荷载作用下的组合弯矩。为了计算简单，外墙配筋统一，外墙在水平侧向荷载作用下可按单向板计算，并在楼板处按铰支座，在与基础底板相交处按固接。

基础底板上部钢筋锚入外墙按构造大于等于 15 倍直径即可，没有必要按习惯和某些图集要求端部下弯，底板下部钢筋端部也可不沿外墙上弯，而外墙外侧竖向钢筋下端与底板下部钢筋按搭接长度搭接，即能满足外墙外侧竖向钢筋的锚固长度，与基础底板按固接。而底板在外墙端一般是按铰支座计算，按本规程图连接完全可满足构造要求，而且方便施工、节省人工。

无论有无地上建筑，地下结构外墙除承受水平荷载外，均有竖向轴力存在，应按偏心受压构件计算，按纯弯计算混凝土裂缝宽度是不切实际的，这样会造成裂缝计算结果偏大而增加钢筋。

4.3.3 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第 12.2.5 条规定：高层建筑地下结构外墙，其竖向和水平钢筋应双层双向布置，间距

不宜大于 150m，配筋率不宜小于 0.3%。实际情况表明许多工程的地下结构外墙由于混凝土养护比较困难，裂缝控制难度较大。除高层建筑以外的其他建筑的地下结构外墙分布钢筋配筋率均不宜小于 0.3%。外墙厚度增大时，水平分布钢筋的配筋率还应当适当增大，墙厚不大于 600mm 时宜 0.4%~0.5%，其直径宜细不宜粗，间距不宜大于 150mm，并应将水平分布钢筋布置在竖向钢筋的外侧。

4.3.4 在地下结构外墙的附壁柱处，实为外墙截面突变，最易产生竖向裂缝，不少工程就在这些部位出现此类裂缝。实践表明，为了控制裂缝在附壁柱两侧采取如图 4.3.4 所示必要的附加钢筋措施是有效的。无地上建筑的地下结构外墙可以不设附壁柱，楼板的梁在外墙端可按铰支座，虽加大了梁的跨中配筋，但不再配附壁柱钢筋，总的钢筋用量反而节省。

4.3.5 多层地下结构的外墙具有极大的刚度和整体性，基础底板反力完全可以有效地与上部柱平衡；单层地下结构外墙，当上部结构柱间距小于墙高度两倍时，则为刚性墙，基础底板反力如同多层地下结构外墙与上部柱平衡，否则地下结构外墙应按深梁考虑，但是均没有必要在地下结构外墙与基础底板交接部位设置地梁。当地下结构仅为一层时，参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第 12.3.22 条宜在墙顶部配置两根直径不小于 20mm 的通长构造钢筋。在多层地下结构的外墙与楼板交接处不应设附加钢筋，更不应设暗梁。

4.3.6 主楼基础与裙房或地下车库基础埋深不一致很常见，处理方法应避免简单习惯的放坡方法，可采用本条款经济合理做法。

4.4 地下室楼板

4.4.2 作为上部结构嵌固部位的地下室顶板必备条件在国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等标准中均有规定，上部结构的嵌固部位的侧向

位移应趋于零，因此，除地下一层侧向刚度与地上一层侧向刚度比值应满足有关规定以外，地下室顶板距室外地面不能太高，在《全国民用建筑工程设计技术措施》（结构 地基与基础）2009 年版第 5.8.2 条第 4 款中也有规定，当地下二层顶板作为上部结构的嵌固部位时，楼盖应采用梁板式结构，楼板厚度不应小于 160mm。

4.4.3 作为上部结构的嵌固部位，为平衡上部柱下端弯矩楼盖采用梁板式是合理的，为此《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 第 3.6.3 条有此规定。当有多层地下室时，除嵌固部位的楼盖采用梁板式外，其他层楼盖可采用无梁楼盖，这样有利减小层高和基础埋置深度，可节省工程综合造价。为控制裂缝，地下室楼盖的混凝土强度等级不宜太高，一般不应大于 C35。

5 材料、配合比、制备及运输

5.1 一般规定

5.1.2 混凝土的强度等级是指建筑物完成后的使用状态，建设过程结构部件荷载增加速度是一个较漫长的过程，因此利用混凝土后期强度有着很大潜力。尤其是粉煤灰混凝土早期强度增长较慢(早期水化热低)，后期强度增长较大能够防止混凝土裂缝的产生。利用 60d、90d 强度等级还能节约水泥，减少碳排放保护环境。在正常情况下掺有粉煤灰的大体积混凝土，取用 60d 或 90d 龄期强度，对工程结构承载力也是合理和可靠的。

表2 普通混凝土与粉煤灰混凝土对比

水泥品种	混凝土种类	各龄期强度比值				
		R ₇	R ₂₈	R ₆₀	R ₉₀	R ₁₈₀
42.5级 硅酸盐 水泥	普通混凝土	0.63~ 0.84	1.0	1.07~ 1.18	1.18~ 1.27	1.25~ 1.42
	粉煤灰混凝土	0.55~ 0.79	1.0	1.15~ 1.21	1.27~ 1.35	1.35~ 1.48

表3 混凝土不同龄期强度

C30混凝土			C40混凝土		
龄期 (d)	强度 (N/mm ²)	百分比 (%)	龄期 (d)	强度 (N/mm ²)	百分比 (%)
3	15.2	51	3	21.3	53
7	28.6	95	7	37.8	95
14	33.8	113	14	44.6	112
28	37.6	125	28	48.3	121
60	42.7	142	60	56.0	140
90	47.5	158	90	63.5	159

5.2 原材料

5.2.1 为在超长大体积混凝土结构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。

5.2.2 骨料选用原则依据《大体积混凝土施工标准》GB 50496 对原材料的要求。

粗细骨料的选用考虑到混凝土的收缩是由于水泥浆体水化硬化成水泥石后体积收缩所致。混凝土的骨料，特别是粗骨料对水泥收缩起着约束作用，是混凝土内部阻抗水泥石收缩的主要组分，因此骨料的含量、粒径、级配、空隙率大小、杂质含量、骨料材质、品种都对混凝土收缩开裂有一定影响。本条文选用天然砂或机制砂，规定细度模数 2.3~3.0 的中等粗砂含泥量不大于 3%（包括泥块含量）。

粗骨料选用原则为：5mm~31.5mm、质地坚硬、连续级配、空隙率 40% 以内，这一指标是 20 年前我国骨料的一般水平。西方国家采取人工级配的方法控制骨料空隙率，资料表明，混凝土用水量只有 130kg/m³ 并依然有较好的泵送性。目前北京、深圳等地所用石子的空隙率接近 50%，北京地区砂子含石量为 20% 左右，粗细骨料的质量必须引起高度重视，改变粗放型的管理方式是防止超大体积混凝土出现有害裂缝的重要途径。

根据《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10，采用最小内径 150mm 的输送管，粗骨料粒径可达 40mm。本规程选用的 5mm~31.5mm 粗骨料，满足泵送性要求。

5.2.3 掺和料材料的选用，本规程只选择粉煤灰和矿粉两种掺合料理由如下：

1 混凝土掺加粉煤灰可以减少水泥用量，降低水化热，减缓早强速率，减少混凝土早期裂缝。粉煤灰在拌制混凝土时有三种效应并产生三种势能，包括形态效应产生的减水势能、火山灰活性效应造成的反应势能、微集料效应造成的致密势能。与基准混凝土相比，掺加粉煤灰可以改善混凝土拌合物的和易性，减少混凝土的泌水性。

此外，掺有粉煤灰的混凝土具有较小的弹性模量，且能减小混凝土水化热，延缓大体积混凝土水化热峰值的出现，使得最终由温度引起的约束力变小。正是由于粉煤灰掺合料的这一特点，使其广泛应用于泵送混凝土，来改善混凝土的可泵性和抗裂性，防止集料的离析。但是，粉煤灰会降低混凝土早期的极限抗拉强度。所以，粉煤灰对于混凝土的抗裂存在一个最优掺量。由试验得知，掺有粉煤灰的混凝土抗裂性较基准混凝土有明显的改善，但对粉煤灰掺量较高的混凝土应加强养护或采用二次抹面。

2 矿渣粉和优质超细矿渣粉活性均高于粉煤灰，且需水量较低，改善了絮凝情况，改善均匀性，但其水化反应较粉煤灰快，提高了早期弹性模量，并且产生胶凝量较大，对开裂较为敏感，增大了混凝土收缩开裂趋势，细度较大的超细矿粉表现更甚。掺矿渣粉较掺粉煤灰对混凝土抗裂性能降低。掺普通矿渣粉还易产生泌水，措施不当易产生表面裂缝。

对进场粉煤灰除按规定进行复检外，应通过看颜色、闻气味，必要时用显微镜观察辨别真伪，同时应做“安定性”检验或直接加水搅拌，观察其有无膨胀。

5.3 配合比设计

5.3.1 根据现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 中相关规定，考虑运输、管理等因素，混凝土搅拌站配置强度比设计强度提高不小于 15%，但有的搅拌站提高得太多，这对控制混凝土裂缝是不利的。

5.3.2 本条文依据现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 5 吸取了有经验的混凝土搅拌站多年来数理统计方法确定的混凝土成分参数成熟经验，结合各地近年来跳仓法施工的成熟经验。本规程提出了水胶比、浆骨比、砂石比、掺合料的相关参数规定，不仅是单纯从混凝土强度等级考虑，而且高度重视了混凝土的长期耐久

性和前期的防裂性，以及混凝土的可操作性。

本条文中“拌合水用量不应大于 $170\text{kg}/\text{m}^3$ ”，“混凝土入模坍落度宜控制在 $100\sim 140\text{mm}$ ，最大不得超过 160mm ”是重点。根据《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10，坍落度宜控制在 $100\sim 140\text{mm}$ 可满足最大泵送高度 50m 的要求。采用跳仓法施工的地下室混凝土，在满足施工和泵送要求的前提下，尽可能采用较小的坍落度。

6 混凝土施工

6.1 一般规定

6.1.3 地下结构楼板采用跳仓法施工，有关分仓、混凝土浇筑等的规定与基础底板相似，但是混凝土浇筑后的养护工作更为重要。

地下结构外墙及地下车库顶板在完成防水施工后及时回填和覆盖土是非常重要的，地下结构顶板采用跳仓法施工时，对有关构件做好保温隔热措施是必备的条件，否则难以控制施工期间混凝土出现裂缝。

6.1.6 地下结构底板施工缝钢丝网与止水钢板构造参见图 2。

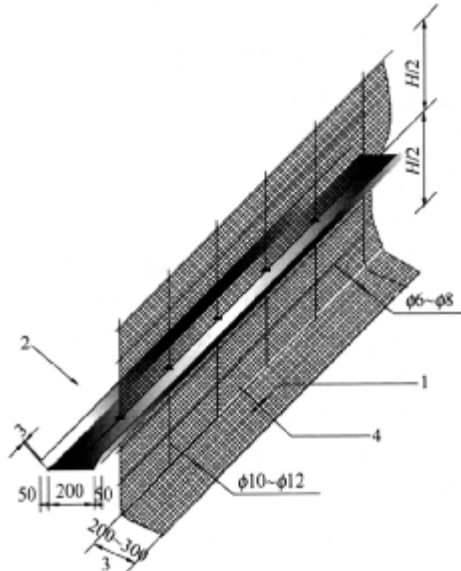


图 2 地下结构底板施工缝钢丝网与止水钢板构造

1—先浇仓；2—后浇仓；3—堵头网；4—20 目钢丝网

底板施工缝止水钢板必须上翘（开口向上），防止开口向下混凝土浇筑时气泡积聚，不易排出。当基础底板厚度 $\leq 600\text{mm}$ 时，止水

钢板设置在板厚中部；当基础底板厚度 $>600\text{mm}$ 时，止水钢板设置在靠近板底 300mm 高度位置。止水钢板的原理是承压水通过混凝土裂缝渗透，采用止水钢板延长渗透路径，当渗透压在渗透路径上减小为零时渗透停止，即起到止水作用。止水钢板开口无须朝向迎水面。

6.2 施工技术准备

6.2.1 预拌混凝土连续供应是超长大体积混凝土结构施工前一项重要的技术准备工作，应选用实力强、信誉好、管理水平高的预拌混凝土生产单位，并签订合同文件。同时可以要求预拌混凝土生产单位报送有针对性的技术保证文件。

6.2.2 本条规定无论从工程质量还是从施工安全的角度看都是十分必要的。边调整钢筋或电管，边浇筑混凝土，或边加固模板边浇筑混凝土，不仅不能保证工程质量，更是重大安全事故的重要原因。全部隐蔽部份的部位未完成书面验收签认不得进行混凝土的浇筑应当成为不可动摇的规矩。

6.2.3 为了超长大体积混凝土结构的顺利浇筑，平面运输布置图要求按地下工程、地上工程分阶段绘制，分阶段实施。

6.2.4 本条目的是实现混凝土浇筑的连续性。

6.2.5 本条首先制定防止出现“冷缝”的措施，其次还应制定“冷缝”的处理措施。

6.2.6 认真实施设备检修和试运转后应留下可追溯记录。制定本条目的是满足大体积混凝土的连续浇筑，保证在一个仓内不出现“冷缝”。

6.2.7 条文中“应派专人负责测温作业管理”是落实测温方案的重要手段，不仅要有测温记录还有综合分析以及对温差超标准的处理建议。

6.2.8 培训要有考核记录，岗位责任制要有书面文字，交接班要有书面签认。

6.3 钢筋工程

6.3.2 楼板中的预埋管线在个别部位密集，是施工中经常出现的情形，对混凝土断面的削弱过多，易出现沿预埋线管方向的楼面裂缝，宜采取相应的抗裂措施。

6.3.3 为方便施工和保证钢筋连接施工质量，区块相邻垂直于施工缝方向的钢筋连接宜采用搭接方式。

6.3.4 对厚度大于500mm基础底板上排钢筋支撑架进行验算，是为了防止出现坍塌和倾覆问题，确保施工安全。

6.4 模板工程

6.4.1 本条是模板工程与施工安全相关的重要工作内容，应认真落实。

6.4.2 本条给出模板和支架系统在变形验算时的基本规定，与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011第4.3.8条一致。

6.4.4 拆模要依据相应的规范，且应满足混凝土表面与大气温差要求。

6.5 混凝土浇筑

6.5.1 本条文主要说明超长大体积混凝土结构基础底板、墙体、顶板的浇筑顺序。

6.5.2 本条强调超长大体积混凝土结构跳仓法施工的浇筑工艺应符合的规定。

3 要求排除泌水，由于采用一次推进大斜坡浇筑法施工，泌水沿斜面流到坑底，再用机械或人工清出；且要求混凝土表面的水泥浆应分散开，在初凝之前可用木抹子进行二次压实。

6.5.3 当建筑层高超过5m时，墙柱等竖向结构混凝土浇筑过程会产生较大的沉缩。如楼板与墙柱共同浇筑，因沉缩导致墙、板部位内

部裂缝的风险大，故要求采取分次浇筑的措施。

6.5.4 本条强调超长大体积混凝土结构跳仓法施工浇筑面应及时进行二次抹压处理，楼板表面严禁掸水扫毛工艺，并建议采取机械抹压工艺。

6.6 混凝土养护

6.6.1 跳仓法施工的超长大体积混凝土结构，基础底板在混凝土浇筑完毕初凝后，宜立即喷雾养护，并采取覆盖塑料薄膜的养护措施或蓄水养护。

6.6.2 地下结构外墙混凝土的养护是施工薄弱环节，应结合工程实际情况，确定随时浇水或喷雾等可行的养护措施。可在混凝土强度达到1.2MPa时，先松模不拆模。

7 温度监测及控制

7.0.2 控制温差是解决混凝土裂缝控制的关键，温差控制主要通过混凝土覆盖或带模养护过程进行，温差可通过现场测温数据经计算获得。

1 本款分别按覆盖养护或带模养护、结束覆盖养护或拆模后两个阶段规定了混凝土浇筑体与表面温度的差值要求。根据现行国家标准《混凝土结构工程施工标准》GB 50666 的规定，当基础大体积混凝土浇筑体表面以内 40mm~80mm 位置的温度与环境温度的差值小于 20℃时，可停止测温并结束覆盖养护。根据现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的规定，本规程结合大体积混凝土保护层等因素确定混凝土浇筑体的外表温度为混凝土外表以内 50mm 处的温度。

本款中所说的混凝土浇筑体表面温度是指保温覆盖层或模板与混凝土交界面之间测得的温度，表面温度在覆盖养护或带模养护时用于温差计算；环境温度用来确定结束覆盖养护或拆模的时间，在拆除覆盖养护层或拆除模板后用于温差计算。由于结束覆盖养护或拆模后无法测得混凝土表面温度，故采用在基础表面以内 50mm 位置设置测温点来代替混凝土表面温度，用于温差计算。

当混凝土浇筑体表面以内 50mm 位置处的温度与混凝土浇筑体表面温度差值有大于 20℃的趋势时，应增加保温覆盖层或在模板外侧加挂保温覆盖层；结束覆盖养护或拆模后，当混凝土浇筑体表面以内 50mm 位置处的温度与混凝土温度差值有大于 20℃的趋势时，应重新覆盖或增加外保温措施。

2 测温点布置以及相邻两测温点的位置关系应符合本规程 7.0.4 条的规定。

3 降温速率可通过现场测数据经计算获得。在构件边缘部位降温速率采用断面加权平均温度。

7.0.3 本条对混凝土测温提出了相应的要求，对大体积混凝土测温开始和结束时间作了规定。虽然混凝土裂缝控制要求在相应温差不大于 25℃时可以停止覆盖养护，但考虑到天气变化对温差可能产生的影响，测温还应继续一段时间，故规定温差小于 20℃时，才可以停止测温。

7.0.4 多数超长大体积混凝土结构具有对称轴线，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。

7.0.5 本条对大体积混凝土测温频率进行了规定，每次测温都应形成报告。

7.0.8 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。

附录 A 温度应力和收缩应力的计算

跳仓法温度应力和收缩应力的计算公式引自《工程结构裂缝控制（第二版）》（王铁梦，中国建筑工业出版社，2017.7）。

附录 B 第二主拉应力计算

跳仓仓格长度的计算公式引自《工程结构裂缝控制（第二版）》（王铁梦，中国建筑工业出版社，2017.7）。

附录 C 跳仓仓格长度的计算

第二主拉应力的计算简图引自《工程结构裂缝控制（第二版）》（王铁梦，中国建筑工业出版社，2017.7）。