

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51025 – 2016

超大面积混凝土地面无缝施工 技术规范

Technical code for jointless construction of
super-large area slabs-on-ground

2016 – 06 – 20 发布

2017 – 02 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

超大面积混凝土地面无缝施工
技 术 规 范

Technical code for jointless construction of
super-large area slabs-on-ground

GB/T 51025 - 2016

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 2 月 1 日

中国计划出版社

2016 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1182 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准《超大面积 混凝土地面无缝施工技术规范》的公告

现批准《超大面积混凝土地面无缝施工技术规范》为国家标准,编号为GB/T 51025—2016,自 2017 年 2 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 6 月 20 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划(第一批)〉的通知》(建标〔2009〕88 号)的要求,规范编制组经广泛的调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规范。

本规范共分 7 章和 3 个附录,主要技术内容包括:总则,术语和符号,基本规定,材料、配比、制备及运输,施工准备,混凝土地面无缝施工和施工现场监测等。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,由中建五局第三建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中建五局第三建设有限公司(地址:湖南省长沙市中意一路 158 号,邮政编码:410004)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中建五局第三建设有限公司

重庆大学

参 编 单 位:博坤建设集团有限公司

重庆建工第七建筑工程有限责任公司

台州市城乡规划设计研究院

广西建工集团第五建筑工程有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

新疆中建地产有限公司

广东工程建设监理有限公司

重庆建工住宅建设有限公司

重庆广播电视大学

成都军区建筑设计院

湖南中建五局混凝土有限公司
中建五局土木工程有限公司
河南国基建设集团有限公司

主要起草人:栗元甲 华建民 何昌杰 康 明 余尧天
李 洪 王建君 李能斌 罗 刚 鲁 新
张 萌 张 意 范洁群 李 颖 李党义
张红卫 黄永军 刘大江 盛建伍 陈名弟
任自力 叶建雄 廖 飞 谢小红 余 瑜
黄乐鹏

主要审查人:王铁梦 张希黔 孙永民 周 燕 陈昌礼
王自强 陈火炎 王贻荪 张友亮 黄劲松

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(6)
4	材料、配比、制备及运输	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	原材料要求	(7)
4.3	配合比设计	(8)
4.4	制备及运输	(9)
5	施工准备	(11)
6	混凝土地面无缝施工	(13)
6.1	一般规定	(13)
6.2	模板工程	(14)
6.3	钢筋工程	(14)
6.4	混凝土工程	(15)
7	施工现场监测	(17)
附录 A	无缝施工温度作用计算方法	(19)
附录 B	控制裂缝的条件	(25)
附录 C	跳仓间距与混凝土应力计算	(26)
本规范用词说明		(30)
引用标准名录		(31)
附:条文说明		(33)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(6)
4	Materials、mix proportioning、concrete production and transportation	(7)
4.1	General requirements	(7)
4.2	Materials	(7)
4.3	Mix proportioning	(8)
4.4	Concrete production and transportation	(9)
5	Construction preparation	(11)
6	Jointless construction	(13)
6.1	General requirements	(13)
6.2	Formwork	(14)
6.3	Reinforcement	(14)
6.4	Concrete	(15)
7	Construction site monitoring	(17)
Appendix A	Calculation of composite value of temperature reduction	(19)
Appendix B	Control condition of crack	(25)
Appendix C	Calculation of distance of alternative bay and concrete stress	(26)

Explanation of wording in this code (30)

List of quoted standards (31)

Addition;Explanation of provisions (33)

1 总 则

1.0.1 为控制超大面积混凝土地面开裂效果,规范超大面积混凝土地面无缝施工,做到技术先进、经济合理、安全适用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于对建筑功能、工期等有特殊要求的,不留设伸缩缝、不设后浇带的工业与民用建筑的超大面积混凝土地面工程施工。

1.0.3 超大面积混凝土地面工程无缝施工除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 超大面积混凝土地面 super-large area slabs-on-ground

厚度不大于 700mm,短边不小于 40m,或面积不小于 1600m^2 ,需采取特殊技术措施防止混凝土的温度变化和收缩产生有害裂缝的混凝土地面。

2.1.2 无缝施工 jointless construction

在超大面积混凝土地面施工中,不留设伸缩缝、后浇带,混凝土地面浇筑成超大面积实体的施工方法。

2.1.3 跳仓法施工 alternative bay construction method

将超大面积混凝土地面按一定尺寸分为若干小块体,相邻块体间隔施工,经过短期应力释放,先浇筑混凝土经过收缩变形后,再将地面连接浇筑成一个整体,依靠混凝土抗拉强度抵抗后期浇筑混凝土收缩、温度应力的施工方法。

2.1.4 跳仓间距 distance of alternative bay

跳仓法施工中,划分地面块体的长度或宽度方向的尺寸。

2.1.5 收缩应力 shrinkage stress

混凝土收缩变形受到约束时,混凝土内部产生的应力。

2.1.6 温度应力 thermal stress

混凝土温度变形受到约束时,混凝土内部产生的应力。

2.1.7 有害裂缝 harmful crack

影响结构安全或使用功能的不稳定裂缝。

2.1.8 贯通性裂缝 transverse crack

贯穿混凝土结构或构件全截面的裂缝。

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(地基或已浇筑混凝土基层)的水平变形刚度;
- E_0 —— 混凝土弹性模量;
- $E(t)$ —— 混凝土龄期为 t 时的弹性模量;
- $E_i(t)$ —— 第 i 计算区段, 龄期为 t 时, 混凝土的弹性模量;
- $f_{tk}(t)$ —— 混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值;
- m —— 与水泥品种、浇筑温度等有关的系数;
- Q —— 胶凝材料水化热总量;
- Q_0 —— 水泥水化热总量;
- Q_t —— 龄期 t 时的累积水化热;
- t —— 混凝土龄期;
- T_b —— 混凝土浇筑体表面温度;
- $T_b(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土浇筑体的表面温度;
- $T_{bm}(t)$ 、 $T_{dm}(t)$ —— 混凝土浇筑体中部达到最高温度时, 块体上、下表面的温度;
- T_{max} —— 混凝土浇筑体内的最高温度;
- $T_m(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土浇筑体内的最高温度;
- $T(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土的绝热温升值;
- $T_y(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土收缩当量温度;
- $T_w(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土浇筑体预计稳定温度或最终稳定温度;
- $\Delta T_1(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土浇筑块体的里表温差;
- $\Delta T_2(t)$ —— 龄期为 t 时, 混凝土浇筑块体的综合降温差;

$\Delta T_{1\max}(t)$ ——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,第 i 计算区段混凝土浇筑块体里表温度增量；

$\Delta T_{2i}(t)$ ——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：

$[L]$ ——无缝施工的跳仓间距；

H ——混凝土浇筑体厚度,为浇筑体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和；

W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量。

2.2.3 计算参数及其他：

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

K ——防裂安全系数；

k ——不同掺量掺合料水化热调整系数；

k_1, k_2 ——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的水化热调整系数；

M_1, M_2, \dots, M_{13} ——混凝土收缩变形不同条件影响修正系数；

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

n ——常数,随水泥品种、比表面积等因素不同而异；

\bar{r} ——水力半径的倒数；

α ——混凝土的线膨胀系数；

β ——混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数；

β_1, β_2 ——混凝土中粉煤灰、矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数；

ρ ——混凝土的质量密度；

ϵ_y^0 ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值；

- $\varepsilon_y(t)$ —— 龄期为 t 时,混凝土收缩引起的相对变形值;
- $\varepsilon_p(t)$ —— 龄期为 t 的配筋混凝土极限拉伸值;
- λ —— 掺合料对混凝土抗拉强度影响系数;
- λ_1 、 λ_2 —— 粉煤灰、矿渣粉掺量对应的抗拉强度调整系数;
- $\sigma_x(t)$ —— 龄期为 t 时,因综合降温差,在外约束条件下产生的拉应力;
- $\sigma_z(t)$ —— 龄期为 t 时,因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。

3 基本规定

3.0.1 超大面积混凝土地面工程施工前,应满足下列条件:

- 1 地基基础工程验收合格;
- 2 已编制施工组织设计或专项施工方案。

3.0.2 超大面积混凝土地面工程应符合下列规定:

- 1 混凝土设计强度等级宜采用 C20~C35;
- 2 配筋除应满足结构强度和构造要求外,尚应结合施工方法配置抗裂构造钢筋;
- 3 宜采用减少混凝土外部约束的技术措施;
- 4 当混凝土地面直接置于岩石类地基时,应在混凝土垫层上设置滑动层,其他地基宜设置滑动层。

3.0.3 温控指标应符合下列规定:

- 1 混凝土入模温度不宜大于 35°C ,浇筑体在入模温度基础上的最高温升值不宜大于 35°C ;
- 2 混凝土浇筑体里表温差不宜大于 30°C ;
- 3 混凝土浇筑体降温速率不宜大于 $3.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$;
- 4 混凝土浇筑体表面与大气温差不宜大于 20°C 。

4 材料、配比、制备及运输

4.1 一般规定

4.1.1 无缝施工混凝土配合比设计除应符合结构设计要求外,尚应符合下列规定:

- 1 应满足无缝施工工艺特性要求;
- 2 应合理使用材料,减少水泥用量。

4.1.2 无缝施工超大面积混凝土地面工程预拌混凝土参数应根据混凝土的原材料质量、制备条件、供应能力、运输设备、运输时间、环境温度等因素确定,并应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

4.2 原材料要求

4.2.1 水泥进场时应检查品种、强度等级、包装或散装仓号、出厂日期等,并应复检强度、安定性、凝结时间、水化热等性能指标。检验方法应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

4.2.2 无缝施工混凝土地面工程水泥选择及其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 宜选用中、低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥和粉煤灰水泥;

- 2 水泥在搅拌站的入机温度不应大于 60℃。

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

- 1 宜选用非碱活性骨料;

2 细骨料宜采用中、粗砂；

3 粗骨料宜选用 5.0mm~31.5mm 粒径，采用连续级配，含泥量不应大于 1%；

4 泵送施工时，粗骨料粒径应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的规定；采用非泵送施工时，粗骨料最大粒径不应大于 40mm。

4.2.4 矿物掺合料应根据设计、施工要求以及工程所处环境条件确定，并应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 的规定。矿物掺合料的种类和掺量应通过试验确定。

4.2.5 外加剂品种与掺量应根据设计要求、施工要求、环境条件等因素经试验后确定，并应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和环境保护的规定。

4.2.6 混凝土拌合及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.3 配合比设计

4.3.1 无缝施工混凝土配合比设计应考虑混凝土强度等级、早期收缩性能、工作性能、长期性能和耐久性能等要求，在满足设计和施工要求的条件下，混凝土配合比应遵循低水泥用量、低用水量和低早期收缩性能的原则。

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

1 宜采用 60d 或 90d 强度确定混凝土配合比；

2 砂率宜为 38%~42%，拌合水用量不宜大于 165kg/m³；

3 水胶比宜为 0.40~0.45，最大水胶比和最小胶凝材料用量宜符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 规定；

4 粉煤灰掺量不宜大于胶凝材料用量的 40%，矿渣粉的掺量不宜大于 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 混凝土的工作性能应根据地面厚度、钢筋含量、运输时间、浇筑和振捣方式及工程所处环境条件等确定，到浇筑工作面的坍落度宜为 $140\text{mm} \pm 20\text{mm}$ 。

4.3.3 无缝施工混凝土配合比设计时，性能试验除应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080、《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081、《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定外，尚应符合下列规定：

1 在混凝土制备前，应进行常规配合比试验，宜同时进行水泥水化热、混凝土泌水率和可泵性等试验；

2 泵送混凝土配合比尚应根据原材料、运输时间、输送管径、泵送距离、气温等施工条件试配，宜通过试泵送确定混凝土配合比。

4.3.4 混凝土配合比使用过程中，应根据反馈的混凝土动态质量信息，及时对配合比进行调整。

4.4 制备及运输

4.4.1 混凝土制备时，应根据混凝土温度控制、防裂控制施工方案，提出原材料、坍落度、入模温度等技术控制要求。

4.4.2 无缝施工超大面积混凝土地面工程宜采用预拌混凝土，预拌混凝土难以供应时，可采用现场拌制混凝土。

4.4.3 预拌混凝土生产单位的生产能力和运输能力应满足设计、施工的技术要求，混凝土质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。现场拌制混凝土质量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

4.4.4 同一批次混凝土宜由同一厂家供应，多厂家供应时，混凝

土应符合原材料、配合比、材料计量等级相同,以及制备工艺和质量检验水平相同的原則。

4.4.5 混凝土运输过程中,应控制混凝土不离析、不分层,并应控制混凝土拌合物性能满足施工要求。

4.4.6 混凝土运输宜采用搅拌运输车,运输要求应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定,宜具有防晒和防寒设施。

4.4.7 采用泵送混凝土时,混凝土运输应保证混凝土连续泵送,并应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的有关规定。

5 施 工 准 备

5.0.1 混凝土地面无缝施工前应进行图纸会审,制订专项施工方案。

5.0.2 超大面积混凝土地面无缝施工方案应包括下列主要内容:

- 1 混凝土浇筑体温度作用,可按本规范附录 A 计算;
- 2 控制裂缝的条件,可按本规范附录 B 确定;
- 3 跳仓间距,可按本规范附录 C 计算,并结合现场具体情况确定;
- 4 混凝土浇筑体温度应力和收缩应力,可按本规范附录 C 计算;
- 5 主要抗裂构造措施和温控指标;
- 6 监测设备和测试布置图;
- 7 原材料优选、配合比设计、制备与运输;
- 8 混凝土浇筑顺序;
- 9 混凝土保温和保湿养护措施;
- 10 主要应急保障措施;
- 11 特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。

5.0.3 混凝土地面无缝施工前,应对施工人员进行专业培训,逐级进行技术交底,建立岗位责任制和交接班制度。

5.0.4 施工现场设施应按施工总平面布置图的要求布置并按时完成,场区内道路应坚实平坦,供水、供电应满足混凝土连续施工的需要。

5.0.5 混凝土浇筑前,无缝施工设备应检修和试运转,其性能和数量应满足混凝土连续浇筑的需要。

5.0.6 混凝土测温监控设备应标定、调试正常,保温材料应齐备,

并应派专人负责测温作业管理。

5.0.7 混凝土地面无缝施工前,应与当地气象台、站联系,掌握近期气象情况。特殊条件下的施工,应制订应急预案。

6 混凝土地面无缝施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工单位应根据设计要求、工程性质、结构特点和环境条件等,按审批签认的专项施工方案要求对无缝施工进行全过程控制。

6.1.2 无缝施工应在地基处理、基础工程、防水工程及预埋管件等验收合格后方可施工。

6.1.3 无缝施工应采用跳仓法施工(图 6.1.3)。跳仓间距 L 应根据无缝设计要求,结合工程具体情况确定。

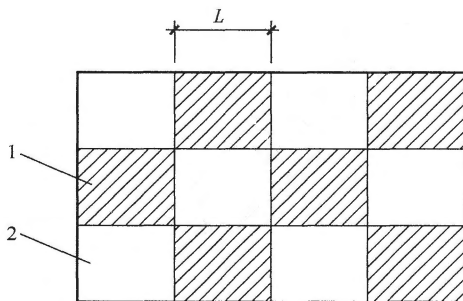


图 6.1.3 跳仓法施工浇筑示意

1—先期浇筑;2—后期浇筑

6.1.4 无缝施工跳仓分块单边最大尺寸不宜大于 $40\text{m} \times 40\text{m}$,相邻混凝土块体浇筑间隔时间不宜少于 7d,跳仓接缝应符合施工缝要求。

6.1.5 无缝施工设置水平施工缝时,除应符合设计要求外,尚应根据混凝土裂缝控制要求、混凝土供应能力、钢筋工程、预埋管件

安装等因素确定间歇时间。

6.2 模板工程

6.2.1 无缝施工模板和支架系统应符合下列规定：

1 应满足承载力、刚度和稳定性要求，并可靠承受施工过程中的各类荷载；

2 应保证结构和构件的形状、尺寸和位置，便于钢筋安装和混凝土浇筑；

3 应结合混凝土浇筑体养护方法进行保湿、保温构造设计。

6.2.2 跳仓法施工留置的竖向施工缝宜用钢板网、免拆模铁丝网分隔。

6.2.3 无缝施工混凝土拆模时间除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外，尚应符合下列规定：

1 正常环境条件下带模养护时间不应少于 3d；

2 拆模后，应预防寒流袭击、突然降温和剧烈干燥状况，采取保温保湿措施。

6.3 钢筋工程

6.3.1 无缝施工时，钢筋配置除应符合设计要求外，尚应符合下列规定：

1 防裂构造钢筋宜利用结构受力及构造钢筋贯通布置；

2 宜采用双层双向配置方式；

3 温度、收缩钢筋配筋率不宜小于 0.10%，间距不应大于 200mm。

6.3.2 不允许混凝土面层开裂时，宜在距混凝土顶面 20mm 处配置直径为 4mm、间距为 100mm 的钢筋网。

6.3.3 钢筋及其加工、制作应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

6.4 混凝土工程

6.4.1 原材料计量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

6.4.2 混凝土拌合物搅拌、运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

6.4.3 泵送混凝土施工工艺应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的规定。

6.4.4 混凝土拌合物入模温度,最高不宜大于 35℃,最低不宜小于 5℃,温度低于 5℃时,混凝土宜采取相应的防冻措施。

6.4.5 混凝土浇筑前,应清除模板内以及垫层上的杂物;表面干燥的地基土、垫层应浇水湿润。

6.4.6 混凝土浇筑时,应防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形,并及时清除混凝土表面的泌水。

6.4.7 混凝土浇筑过程宜分层进行,分层浇筑应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 规定的分层振捣厚度要求,上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完毕。

6.4.8 混凝土浇筑与振捣除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 应采用二次振捣工艺;
- 2 浇筑面应及时进行二次抹压处理。

6.4.9 混凝土浇筑后应及时进行保湿养护,保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。选择养护方式应考虑现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

6.4.10 混凝土养护除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 应及时按温控要求进行动态保湿保温养护；
 - 2 加强早期养护,保湿养护持续时间不应少于 14d；
 - 3 应及时检查保水层(塑料薄膜、养护剂涂层)的完整情况,保持混凝土表面湿润。
- 6.4.11** 无缝施工宜确定合理工期。遇寒冷、炎热或雨雪天气时,必须采取保温、保湿及雨季施工等措施,保证混凝土浇筑质量。施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 及现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的规定。
- 6.4.12** 当遇大风天气时,宜在施工作业面设置挡风设施,应增加混凝土表面的抹压次数,及时覆盖塑料膜和保温材料。

7 施工现场监测

7.0.1 无缝施工浇筑体内监测点应真实反映出最高温升、里表温差、降温速率。监测点的设置应符合下列规定：

1 地面结构实体最小尺寸大于 500mm，或温度裂缝和收缩裂缝控制要求严格时，宜进行现场监测；

2 监测点位置与数量应根据浇筑体温度场分布及温控要求确定；

3 监测点宜以浇筑体平面图长边对称轴线的半条轴线为测试区，测试区内监测点应按平面均匀布置；

4 测试轴线上，厚度方向中心区域监测点位不宜少于 3 处，剖面周边的测温点宜设置在距结构表面内 20mm~40mm 位置处，沿长度方向间距不应大于 10m；

5 环境温度测温点设置不宜少于 1 点，且应离开浇筑的结构边缘。

7.0.2 混凝土浇筑体里表温差、降温速率及环境温度测试应符合下列规定：

1 宜根据每个测温点被混凝土初次覆盖时的温度确定各测点部位混凝土的入模温度；

2 结构内部、表面、环境测温，与浇筑、养护宜同步进行；

3 宜按测温频率要求及时提供测温报告，包含测温点温度、温度变化曲线、温度变化趋势分析等；

4 混凝土结构中心位置温度与环境温度差值小于 20℃ 时，可停止测温。

7.0.3 浇筑体测温频率应早期密集，并应符合下列规定：

1 入模温度测量，每台班不应少于 2 次；

2 混凝土浇筑后 1d~3d 内,每 4h 不应少于 1 次;4d~7d 内,每 8h 不应少于 1 次;7d 至测温结束,每 12h 不应少于 1 次;

3 气温骤变期间,应增加测温次数。

7.0.4 测温元件的安装及保护应符合下列规定:

1 接头安装位置应准确,固定牢固,并应与钢筋及固定架的金属体绝热;

2 引出线宜集中布置并妥善保护;

3 混凝土浇筑不得直接冲击测试元件及引出线,振捣器不得触及测试元件及引出线。

7.0.5 测试时宜及时描绘监测点的温度变化曲线、断面温度分布曲线。监控数值异常时应及时报警,并采取相应处理措施。

附录 A 无缝施工温度作用计算方法

A.1 混凝土绝热温升

A.1.1 水泥的水化热可按下列公式计算：

$$Q_{\tau} = \frac{1}{n + \tau} Q_0 \tau \quad (\text{A. 1. 1 - 1})$$

$$\frac{\tau}{Q_{\tau}} = \frac{n}{Q_0} + \frac{\tau}{Q_0} \quad (\text{A. 1. 1 - 2})$$

$$Q_0 = \frac{4}{7/Q_{\tau} + 3/Q_3} \quad (\text{A. 1. 1 - 3})$$

式中： Q_{τ} ——龄期 τ 时的累积水化热(kJ/kg)；

Q_0 ——水泥水化热总量(kJ/kg)；

τ ——龄期(d)；

n ——常数，依水泥品种、比表面积等因素确定。

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，可按下式计算：

$$Q = kQ_0 \quad (\text{A. 1. 2})$$

式中： Q ——胶凝材料水化热总量(kJ/kg)；

k ——掺合料水化热调整系数。

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

$$k = k_1 + k_2 - 1 \quad (\text{A. 1. 3})$$

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 ——矿渣粉掺量对应水化热调整系数,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 t 时的绝热温升($^{\circ}\text{C}$);

W ——胶凝材料用量(kg/m^3);

C ——混凝土比热,取 $0.92 \sim 1.0[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})]$;

ρ ——混凝土密度,取 $2400 \sim 2500(\text{kg}/\text{m}^3)$;

m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数,取 $0.3 \sim 0.5(\text{d}^{-1})$;

t ——混凝土龄期(d)。

A. 2 温 升 估 算

A. 2. 1 浇筑体内部温度场和应力场计算可采用一维差分法或有限单元法。

A. 2. 2 有限单元法可使用有限元计算程序或自编的经过验证的有限元程序。采用一维差分法时,可将混凝土沿厚度划分为

若干有限段 Δx , 时间划分为若干有限段 Δt 。相邻三点的编号为 $n-1$ 、 n 、 $n+1$, 在第 k 时间里, 三点的温度为 $T_{n-1,k}$ 、 $T_{n,k}$ 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:

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

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. 2. 3 混凝土内部热源在 t_1 和 t_2 时刻释放热量所产生的温差可按下式计算:

$$\Delta T = T_{\max} (e^{-m_1} - e^{-m_2}) \quad (\text{A. 2. 3})$$

A. 2. 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. 3 温 差 计 算

A. 3. 1 混凝土浇筑体的里表温差可按下式计算:

$$\Delta T_1(t) = T_m(t) - T_b(t) \quad (\text{A. 3. 1})$$

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

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

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

A. 3. 2 混凝土浇筑体的综合降温差可按下式计算:

$$\Delta T_2(t) = \frac{1}{6} [4T_m(t) + T_{bm}(t) + T_{dm}(t)] + T_y(t) - T_w(t) \quad (\text{A. 3. 2})$$

式中: $\Delta T_2(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体综合降温($^{\circ}\text{C}$);
 $T_m(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体内的最高温度,可通过温度场计算或实测求得($^{\circ}\text{C}$);
 $T_{bm}(t)$ 、 $T_{dm}(t)$ ——混凝土浇筑体达到最高温度 T_{\max} 时,块体上、下表层温度($^{\circ}\text{C}$);
 $T_y(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土收缩当量温度($^{\circ}\text{C}$);
 $T_w(t)$ ——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($^{\circ}\text{C}$)。

A. 4 混凝土收缩变形值的当量温度

A. 4. 1 混凝土收缩的相对变形值可按下式计算:

$$\epsilon_y(t) = \epsilon_y^0 (1 - e^{-0.01t}) M_1 M_2 M_3 \cdots M_{13} \quad (\text{A. 4. 1})$$

式中: $\epsilon_y(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土收缩引起的相对变形值;
 ϵ_y^0 ——标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值,取 3.24×10^{-4} ;
 M_1 、 M_2 、 \cdots 、 M_{13} ——非标准条件的修正系数,可按表 A. 4. 1 取值。

A. 4. 2 混凝土收缩相对变形值的当量温度可按下式计算:

$$T_y(t) = \epsilon_y(t) / \alpha \quad (\text{A. 4. 2})$$

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.4.1 不同条件下混凝土收缩变形影响修正系数

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}	环境 风速 (m/s)	M_{12}	环境 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	M_{13}
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	0	1	12	0.84
低热 水泥	1.10	400	1.13	0.4	1.0	25	1.2	2	1.11	30	1.18	0.1	0.76	0.05	0.85	有	1.3	20	0.86	20	1.01	3	1.04	22	1
普通 水泥	1.0	500	1.35	0.5	1.21	30	1.45	3	1.09	40	1.1	0.2	1	0.10	0.76	—	—	30	0.89	30	1.02	6	1.11	32	1.35
火山 灰 水泥	1.0	600	1.68	0.6	1.42	35	1.75	4	1.07	50	1.0	0.3	1.03	0.15	0.68	—	—	40	0.90	40	1.05	9	1.14	—	—
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 A.4.1

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}	环境 风速 (m/s)	M_{12}	环境 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	M_{13}
—	—	—	—	—	—	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, $\bar{r} = L/(100 \times F) (\text{m}^{-1})$;

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——粉煤灰(矿渣粉)掺合料重量占胶凝材料总重的百分数。

附录 B 控制裂缝的条件

B.0.1 混凝土抗拉强度可按下式计算：

$$f_{tk}(t) = f_{tk}(1 - e^{-\gamma}) \quad (\text{B.0.1})$$

式中： $f_{tk}(t)$ ——混凝土龄期 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,根据混凝土试验确定,无试验数据时,可取 0.3。

B.0.2 混凝土防裂性能可按下列公式判断：

$$\sigma_z \leq \lambda f_{tk}(t)/K \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$\sigma_x \leq \lambda f_{tk}(t)/K \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： σ_z ——浇筑体里表温差产生自约束拉应力的累计值(MPa)；

σ_x ——因综合降温差,在外约束条件下产生的拉应力(MPa)；

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, $\lambda = \lambda_1 \lambda_2$,可按表 B.0.2-1 取值；

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值,可按表 B.0.2-2 取值。

表 B.0.2-1 不同掺量掺合料抗拉强度调整系数

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

表 B.0.2-2 混凝土抗拉强度标准值(N/mm²)

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

附录 C 跳仓间距与混凝土应力计算

C.1 跳仓间距计算

C.1.1 配筋后的混凝土极限拉伸值可按式计算：

$$\varepsilon_p(t) = f_t \left(1 + \frac{\mu_p}{d} \right) \times 10^{-4} \cdot \frac{\ln t}{\ln 28} \quad (\text{C.1.1})$$

式中： $\varepsilon_p(t)$ ——龄期为 t 的配筋混凝土极限拉伸值；

f_t ——混凝土抗拉设计强度(N/mm²)；

μ_p ——配筋率 $E_s F_s / E_c F_c$ (不加百分数,如 0.3%,则 $\mu_p = 0.3$)；

d ——钢筋直径(cm)。

C.1.2 根据 B.0.2 条的防裂判据,无缝施工中跳仓间距可按式计算：

$$[L] = 1.5 \sqrt{\frac{E(t)H}{C_x}} \operatorname{arch} \frac{|\alpha \Delta T_2(t)|}{|\alpha \Delta T_2(t)| - \varepsilon_p(t)} \quad (\text{C.1.2})$$

式中： $[L]$ ——无缝施工跳仓间距；

H ——混凝土浇筑体厚度,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系数(N/mm³) ,可按表 C.1.2 取值；

$\Delta T_2(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体综合降温(℃)；

$E(t)$ ——混凝土龄期为 t 时,混凝土弹性模量(N/mm²) ;可根据试验或本规范附录 C 式(C.2.1)计算得到。

表 C.1.2 不同外约束介质下 C_x 取值(10^{-2} N/mm³)

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

C.2 混凝土弹性模量计算

C.2.1 混凝土弹性模量可按下列式计算：

$$E(t) = \beta E_0 (1 - e^{-\varphi t}) \quad (\text{C. 2. 1})$$

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，近似取标准条件下养护 28d 的弹性模量，可按表 C. 2. 1 取用；

φ ——系数，根据混凝土试验确定，无试验数据时，可取 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，可按本规范式(C. 2. 2)计算。

表 C.2.1 混凝土在标准养护条件下龄期为 28d 时的弹性模量

强度等级	弹性模量(N/mm ²)
C25	2.80×10^4
C30	3.00×10^4
C35	3.15×10^4
C40	3.25×10^4

C.2.2 掺合料修正系数可按下列式计算：

$$\beta = \beta_1 \beta_2 \quad (\text{C. 2. 2})$$

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

β_2 ——矿渣粉掺量对应的弹性模量调整修正系数，可按表 C. 2. 2 取值。

表 C.2.2 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

C.3 温度、收缩应力计算

C.3.1 自约束拉应力可按式计算：

$$\sigma_z(t) = \frac{\alpha}{2} \sum_{i=1}^n \Delta T_{li}(t) E_i(t) H(t, \tau) \quad (\text{C. 3. 1})$$

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

$\Delta T_{li}(t)$ ——龄期 t 时，第 i 计算区段浇筑体里表温差的增量(℃)；

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

α ——混凝土线膨胀系数；

$H(t, \tau)$ ——龄期 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 C. 3. 1 取值。

表 C.3.1 混凝土的松弛系数

$\tau=2\text{d}$		$\tau=5\text{d}$		$\tau=10\text{d}$		$\tau=20\text{d}$	
t	$H(t, \tau)$	t	$H(t, \tau)$	t	$H(t, \tau)$	t	$H(t, \tau)$
2	1	5	1	10	1	20	1
2.25	0.426	5.25	0.510	10.25	0.551	20.25	0.592
2.5	0.342	5.5	0.443	10.5	0.499	20.5	0.549
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	—	—
30	0.186	30	0.208	30	0.214	—	—

C.3.2 混凝土浇筑体里表温差增量可按式计算：

$$\Delta T_{li}(t) = \Delta T_1(t) - \Delta T_1(t-j) \quad (\text{C. 3. 2})$$

式中: j ——第 i 计算区段步长(d)。

C.3.3 在施工准备阶段,最大自约束应力也可按下式计算:

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

式中: σ_{\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($^{\circ}\text{C}$);

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

$H(t, \tau)$ ——龄期 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 C. 3. 1 取值。

C.3.4 外约束拉应力可按下式计算:

$$\sigma_x(t) = \frac{\alpha}{1 - \mu} \sum_{i=1}^n \Delta T_{2i}(t) E_i(t) H(t, \tau) R_i(t) \quad (\text{C. 3. 4})$$

式中: $\sigma_x(t)$ ——龄期 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 t 时,在第 i 计算区段内,浇筑体综合降温差的增量($^{\circ}\text{C}$),可按本规范式(C. 3. 5)计算;

μ ——混凝土的泊松比,取 0.15;

$R_i(t)$ ——龄期 t 时,在第 i 计算区段,外约束的约束系数。

C.3.5 混凝土浇筑体综合降温差的增量可按下式计算:

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t) - \Delta T_2(t - j) \quad (\text{C. 3. 5})$$

C.3.6 混凝土外约束的约束系数可按下式计算:

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

式中: L ——混凝土浇筑体的长度(mm);

H ——混凝土浇筑体的厚度,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),可按表 C. 1. 2 取值。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

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

- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
- 《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
- 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

中华人民共和国国家标准

超大面积混凝土地面无缝施工
技术规范

GB/T 51025 - 2016

条文说明

制 订 说 明

《超大面积混凝土地面无缝施工技术规范》GB/T 51025—2016,经住房和城乡建设部 2016 年 6 月 20 日以第 1182 号公告批准、发布。

本规范制订过程中,规范编制组经广泛调查研究,认真总结了超大面积混凝土地面无缝施工优秀工程的实践经验,同时参考了有关国际标准和国外先进标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《超大面积混凝土地面无缝施工技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行说明。但条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(39)
2	术语和符号	(42)
2.1	术语	(42)
2.2	符号	(42)
3	基本规定	(43)
4	材料、配比、制备及运输	(45)
4.1	一般规定	(45)
4.2	原材料要求	(45)
4.3	配合比设计	(46)
4.4	制备及运输	(46)
5	施工准备	(48)
6	混凝土地面无缝施工	(50)
6.1	一般规定	(50)
6.2	模板工程	(51)
6.3	钢筋工程	(52)
6.4	混凝土工程	(52)
7	施工现场监测	(55)

1 总 则

1.0.1 随着我国国家经济的发展,人民生活水平的改善,对建筑物功能的要求正逐步提高。平面尺寸超长、超宽的建筑物迅速涌现,且多用于大型公共建筑、工业厂房、商业中心、机场停机及跑道等工程。鉴于建筑与结构的整体性、使用功能和建设工期的要求,此类建筑的地面(或楼面)大多数要求不设伸缩缝和后浇带,或伸缩缝间距超过现行规范要求,即对这类超大面积混凝土地面工程提出了无缝施工的要求。

目前超大面积混凝土地面在结构工程界还没有明确的定义,本规范对其的界定:超大面积混凝土地面指平面尺寸超长、超宽,即结构在平面两个方向均超过现有建筑设计类规范规定的不设置伸缩缝的最大间距,在设计和施工过程中必须考虑收缩温度应力等问题并采取一系列措施避免混凝土可能产生有害裂缝的混凝土类地面结构。在对现有工程资料及有关文献归纳总结后,超大面积混凝土地面工程通常有以下特点:

(1)结构形式上呈现出平面尺寸超长、超宽的特点,但厚度较小,民用室内地面一般不超过 500mm,机场道路有可能达到 700mm。

(2)混凝土浇筑后,由于内外温差以及季节温差的作用,超大面积混凝土地面结构内将产生较大的收缩、温度应力,使得地面产生较大的收缩变形。

(3)超大面积混凝土地面结构的裂缝主要由结构变形约束(温度、收缩、不均匀沉降)和外荷载共同作用引起。通常收缩应力及稳坐应力的共同作用是超大面积混凝土地面结构裂缝出现的主要因素。

与大体积混凝土以温度作用为主、收缩作用为辅不同,超大面积混凝土是以收缩作用为主,温度作用为辅,两者共同作用,导致超大面积混凝土在施工期间及正常使用期间容易开裂。控制混凝土的收缩作用及温度作用是改善超大面积混凝土地面开裂控制效果和规范超大面积混凝土地面无缝施工的关键。超大面积混凝土地面工程无缝施工的核心问题在于对因变形约束应力过大而产生混凝土裂缝的控制,在过去几十年中,由于经济水平等原因,国内涉及超大面积混凝土结构的工程较少,超大面积混凝土地面结构的工程更少。因而对此类结构的裂缝控制理论研究不多。从而导致我国规范、规程乃至各种施工手册中都很难找到这类结构具体的设计和施工方法。使得工程技术人员缺少对此类结构定量的分析计算,而只能定性地按工程经验进行设计和施工,这种设计和施工的盲目性和不科学性,在工程中造成大量的浪费和安全隐患。鉴于近年来超大面积混凝土地面工程无缝施工的应用越来越广泛,而对这方面的工程理论研究还不够全面、系统和规范,因此本规范的制定具有重要的工程应用价值。

1.0.2 与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中为避免结构混凝土产生温度收缩裂缝,规定钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距一样,现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 也同样对混凝土地面结构伸缩缝和后浇带作了规定:“室内地面的水泥混凝土垫层,应设置纵向缩缝和横向缩缝,纵向缩缝间距不得大于 6m,横向缩缝不得大于 12m”;“垫层底板长度超过 60m 时应设置后浇带,间距 30m~40m,带宽 1000mm”。但对于下列情况如有充分依据和可靠措施,则可适当增大伸缩缝间距或取消伸缩缝和后浇带:①采取专门的预应力措施;②采取能减小混凝土温度变化或收缩的措施,要求在增大伸缩缝间距或取消伸缩缝和后浇带时,考虑温度变化和混凝土收缩对结构的影响。

本规范提出的超大面积混凝土地面工程无缝施工属于第二种范畴,旨在用于不留设伸缩缝、不设后浇带、对建筑功能和工期等

有特殊要求的工业与民用建筑地面工程,也同样适用于有类似要求的混凝土工程。

在参考使用本规范的时候,应注意超大面积混凝土地面工程适用于周边无复杂约束(如墙、柱的强烈约束)、约束主要来源于底面接触层的水平状底层地面。

1.0.3 本规范主要解决因变形约束应力过大而产生混凝土裂缝的控制的特殊问题。无缝施工仍属于混凝土结构工程施工的范畴,除应遵守本规范外,尚应按混凝土工程施工有关标准的要求进行施工。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本条对超大面积混凝土地面厚度给予不大于 700mm 的界限,主要是考虑到此种厚度以下、平面尺寸超大的板状混凝土的变形以收缩为主导,水化热的影响退为次要控制指标,需采取防止混凝土的温度变化和收缩产生有害裂缝的特殊技术措施与大体积混凝土有所区别。

2.1.7 本条有害裂缝直接从定性解说的角度定义。实际裂缝的控制宽度或无缝要求应结合地面的设计功能要求来确定。这也会影响到施工时所采用的特殊技术措施。

2.2 符 号

2.2.2 “ H ”为混凝土浇筑体厚度,如有保温层时,即为浇筑体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和。保温层换算混凝土虚拟厚度的计算按现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496相关内容进行。

3 基本规定

3.0.1 超大面积混凝土地面工程施工前,应保证地基工程验收合格,不能因后期地基承载力不足或变形而影响到地面无缝施工的效果。强调无缝施工前应完成无缝施工设计及施工组织设计(专项施工方案),是为了体现无缝设计的重要作用。无缝设计的内容是无缝施工专项施工方案的核心。

3.0.2 本条根据超大面积混凝土地面工程施工的特点,提出了对超大面积混凝土设计强度等级、结构配筋及减少底层约束等的具体要求:

1 根据现有资料统计,一般超大面积混凝土地面工程的设计强度等级在 C20~C35 的范围内比较适宜。这是地面常用的混凝土强度等级。不建议在地面上使用强度等级高的混凝土,高强混凝土的相对高收缩性会使防裂控制难度增大。

2 超大面积混凝土地面工程的配筋除应满足结构强度和构造要求外,还应结合超大面积混凝土地面工程施工的具体办法,保证配置有承受温度应力和收缩应力的构造钢筋。

3 本款中所指的超大面积混凝土地面工程外部约束可能来源于模板、地基和已有底部垫层等。

4 考虑到岩石地基对超大面积混凝土地面的约束较强,应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。其他类型的地基也可采用设置滑动层的方式来减少地面的底层约束。

3.0.3 本条给出了超大面积混凝土地面工程的具体温控指标。混凝土的收缩性指标是指导超大面积混凝土地面工程无缝施工的指标之一,混凝土原材料的品种众多导致混凝土收缩性指标有较

大的差异,且收缩指标的测试仍未进入常规的混凝土质量控制中,从实际工程角度看,尚不具备提出收缩性能具体控制数值的条件。工程中如具备条件,可充分利用收缩指标来控制混凝土的收缩,实现无缝施工的良好效果。

4 材料、配比、制备及运输

4.1 一般规定

4.1.1 由于工程地域、施工方法、地面厚度及跳仓尺寸的大小等因素的差异,超大面积混凝土无缝施工地面工程的施工工艺特性要求会有所不同。在进行拌合物配制时应充分考虑到无缝施工的工艺特性,保证混凝土拌合物有良好的工作性能和收缩性能,既满足良好的流动性,不泌水,合理的凝结时间以及坍落度损失小等基本要求,又达到收缩性较小的要求。合理使用材料,减少水泥用量,不仅能降低混凝土的收缩,而且能达到环保节约的目的。

4.1.2 对于超大面积混凝土无缝施工地面工程中所使用的预拌混凝土,其与混凝土质量密切相关的各种参数应根据工程的具体情况制订,以满足超大面积混凝土地面工程对混凝土的特殊要求。

4.2 原材料要求

4.2.1 水泥是超大面积混凝土地面工程混凝土中的重要原材料。调研结果表明,水泥进场检查及性能指标的复检工作十分重要。水泥进场检查不完整及性能指标复检不全,会给混凝土带来质量隐患,直接影响地面工程的施工质量,造成超大面积混凝土地面工程裂缝防控失效的严重后果。

4.2.2 超大面积混凝土地面工程无缝施工中,部分收缩来源于温度收缩。为了降低混凝土因水泥水化热引起的温升,达到降低温度应力的目的,本条结合现行国家标准《通用硅酸盐水泥标准》GB 175的有关规定,建议有条件情况下使用低水化热水泥,并控制水泥在搅拌站的人机温度。

4.2.3 本条结合地面工程骨料使用的实际情况,从减少收缩的角

度给出了粗、细骨料的选择建议。

4.2.4 添加矿物掺合料的主要目的是降低超大面积混凝土的水化热、部分改善混凝土的收缩性能。但矿物掺合料掺量增加也会导致混凝土抗拉强度的降低,因此矿物掺合料的掺量应该加以控制。

4.2.5 混凝土外加剂种类繁多,根据试验研究结果,超大面积混凝土施工时所采用的外加剂对于硬化混凝土的收缩会产生较大的影响。在选用外加剂时,宜通过试验确定混凝土的收缩值,将其收缩值作为一项重要指标加以控制,在此基础上优选外加剂种类及掺量。

4.3 配合比设计

4.3.1 超大面积混凝土无缝施工地面工程需使用性能良好的混凝土。这种良好的性能体现在早期收缩性能、施工性能、长期性能和耐久性能等多方面。根据已有的工程数据及经验,低水泥用量、低用水量和低早期收缩性能的混凝土收缩量降低,能够降低超大面积混凝土地面工程开裂风险,有效控制地面裂缝。

4.3.2 本条规定超大面积混凝土地面工程混凝土配合比设计除满足现行国家标准外,对混凝土强度、砂率、水胶比、矿物掺合料的掺量从减少混凝土的早期收缩的角度给予了建议。涉及混凝土工作性能的配合比设计中,坍落度是一个重要的指标。本条第5款中强调了到浇筑面时坍落度控制值,适宜的坍落度值为混凝土浇筑提供了便利,也不会增加裂缝控制的难度。

4.3.4 本条要求对混凝土配合比使用情况进行过程监督,以保证超大面积混凝土地面工程混凝土的质量。

4.4 制备及运输

4.4.1 混凝土制备是保证混凝土质量的重要环节,为了体现超大面积混凝土地面工程混凝土质量的特殊控制要求,制备时的粗细

骨料、拌合用水、坍落度、入模温度等技术控制措施都应预先制订并贯彻实施。

4.4.2、4.4.3 不论是采用预拌混凝土还是现场设立搅拌站都应严格执行混凝土检验制度,对预拌混凝土,初始施工时每车检查坍落度,质量稳定后,2h~4h 检查 1 次。对现场设立搅拌站,入泵和出泵应派检验人员定时检查,检查的内容有:入泵温度、入泵坍落度、出泵温度、出泵坍落度。

4.4.4 超大面积混凝土地面工程的混凝土宜采用同一厂家制备,这样可以减少由于混凝土原材料、混凝土制备工艺和质量检验水平的不同而造成超大面积混凝土地面工程混凝土质量的参差不齐。采用多家供应商供料时,应制订统一的技术标准,确保混凝土质量可靠。

4.4.6 混凝土场外运输一般采用搅拌运输车,在夏季应有防晒措施,冬期应有保温措施。

4.4.7 施工现场输送采用的混凝土输送管,宜采用麻袋覆盖,夏季应洒水保湿。

5 施 工 准 备

5.0.1 超大面积混凝土地面无缝施工前,完成图纸会审工作和制订专项施工方案是重要的技术准备工作,应结合实际工程情况及施工单位技术力量和管理水平,确定跳仓间距、制订关键部位的质量控制措施和施工期间的综合抗裂措施。

5.0.2 根据超大面积混凝土地面无缝施工的特点和工程实践经验对无缝施工专项施工方案列举了十一个方面的主要内容,包括无缝设计的内容、监测内容、混凝土施工中各流程的主要防裂措施等。安全管理与文明施工的要求应遵守国家现行的有关规定。无缝施工的设计结合设计要求、工程实际情况及施工条件,应由施工方为主体完成。主要是通过计算解决无缝施工中的施工主要参数(如跳仓间距),并确定温控指标,制订裂缝控制的技术措施,防止或控制有害裂缝的发生,确保施工质量。

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

5.0.3~5.0.7 超大面积混凝土地面工程无缝施工是一个系统工程,无缝施工的良好效果来源于混凝土地面工程的各个环节防裂控制措施的实施。在施工准备工作中不仅包括了裂缝控制的技术准备,也包括了组织及管理的准备。条文从人员、现场设施、施工及监测设备和环境条件等方面提出要求。

根据超大面积混凝土地面施工的特点,应组织岗前培训,落实技术交底。

现场道路、水、电、专用施工设备的设置应满足超大面积混凝土地面浇筑的需要,尽量缩短混凝土的装运时间,控制好混凝土浇

筑质量。

施工准备中应对浇筑设备应进行全面的检修和调试,确保其性能可靠,以满足混凝土连续浇筑的需要。

为了提高工效、保证无缝施工的混凝土质量,提倡超大面积混凝土地面无缝施工进行信息化管理。利用测温监控设备,能及时反馈混凝土性能的信息,提高防裂控制效果。施工中宜指定专人负责维护管理相关设备。

超大面积混凝土地面无缝施工容易受到不利气候的影响,因此应该结合近期气象环境情况,科学合理地确定施工工期,不能过分强赶工期。对于无法避免的特殊气候条件,应有施工措施预案予以应对。

6 混凝土地面无缝施工

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定专项施工方案在实际执行前应得到监理的审核及认可。在专项施工方案实施中应遵循全过程控制管理的理念。无缝施工全过程中,任意单一环节技术管理的缺失都可能造成最终超大面积混凝土地面工程无缝防裂的失败,所以应高度重视全过程的施工控制。

6.1.2 本条表明了超大面积混凝土地面工程无缝施工中,混凝土分项与其他分部分项工程之间的工序关系。施工前应对上道工序如地基处理、基础工程、防水工程、预埋管件等隐蔽工程进行检查验收,合格后再进行混凝土地面的施工。

6.1.3 跳仓法施工技术指在混凝土地面按垂直方向设置施工缝,用施工缝将地面按一定尺寸分为若干块,相邻块间隔浇筑(跳仓浇筑),待先期浇筑混凝土经过较大收缩变形后,再浇筑后期混凝土,使地面连接成整体。

关于跳仓法施工中跳仓间距的确定,本规范在附录 C 中给出了计算方法。对于超大面积混凝土地面工程跳仓间距的计算,可以通过混凝土结构伸缩缝间距公式来找到依据。根据国内外大量试验、混凝土受拉时应力-应变关系接近线性关系,以及抗拉强度与极限拉伸的正比关系,当地面混凝土内最大水平应力达到抗拉极限强度时,地面结构长度为允许最大长度(伸缩缝许可间距),如果结构长度超过伸缩缝间距,那么伸缩缝间距就是裂缝间距,这个伸缩缝间距就是我们需要得到的跳仓间距。

根据跳仓间距的理论计算结果,结合工程情况(一般是结合建

筑设计中柱网尺寸)及施工技术水平,综合确定出实际施工时采用的跳仓间距数值。

6.1.4 本条提出了跳仓分块单边最大尺寸的限值,但如有成熟的工程经验及较高的施工水平,也可不受此分块尺寸值的限制。据已有工程经验,规定间隔施工的时间不宜小于 7d 是为了保证先期浇筑混凝土的早期收缩应力得到充分的释放。跳仓接缝符合施工缝的性质,所以应满足相关规范中对施工缝的要求。

另外,条文中的跳仓分块尺寸是针对钢筋混凝土地面结构层而言的。广义的混凝土地面可能还包括垫层及面层。在垫层及面层施工中,也可参照无缝施工设计的内容进行跳仓施工,以达到加快工期、提高整体性的目的。但是,垫层及面层的变形能力可能不如钢筋混凝土地面结构层,因此,通常情况下面层(特别是常用的水泥砂浆面层)的跳仓间距值会减小。

6.2 模 板 工 程

6.2.1 超大面积混凝土地面的模板和支架系统在设计时除应满足一般要求外,同时还宜结合混凝土浇筑体的养护方法进行保湿、保温构造设计。

6.2.2 与其他的混凝土结构构件不同,超大面积混凝土地面此类板状构件厚度尺寸远小于长、宽尺寸,在跳仓方法施工时,竖向施工缝采用钢板网、免拆模铁丝网的形式,可以减少后期施工缝处理的工作量,提高工效和施工缝的连接效果。

6.2.3 本条规定了拆模时间的要求,强调了拆模后为保证防裂效果而应注意保温、保湿措施。国内外的工程实践证明,过早拆模会在混凝土表面形成较陡的温度梯度,产生很大的拉应力,极易形成裂缝。拆模后,寒流袭击、突然降温和剧烈干燥等不利环境条件也容易导致超大面积混凝土地面混凝土裂缝的产生,应予以重视并做好应对。对超大面积混凝地面工程,宜延长模板拆除时间,充分发挥混凝土的应力松弛效应,提高防裂效果。

6.3 钢筋工程

6.3.1 本条规定了超大面积混凝土地面工程无缝施工中,减少混凝土裂缝产生而采取的钢筋配置基本原则。根据工程实践,在混凝土结构中适当地配置构造钢筋,无论对于温度应力或收缩应力,都能提高结构的抗裂性。因此,应结合混凝土地面工程的结构设计,充分利用结构受力及构造钢筋,考虑防裂构造钢筋的配置。工程实践表明,在相同配筋条件下,细而密的配筋方式(小直径小间距)能有效分散微裂缝、控制裂缝发展。

6.3.2 对于有严格裂缝控制要求的混凝土地面,可用配置细密的钢筋网来提高面层防裂效果。

6.4 混凝土工程

6.4.1~6.4.3 条文规定了超大面积混凝土地面工程原材料计量,拌合物的搅拌、运输及其泵送应符合的相关规定。

6.4.4 本条规定了超大面积混凝土地面工程的混凝土入模温度,高温天气如不采取遮阳降温措施,骨料的高温会直接影响混凝土拌合物的出罐温度和入模温度,入模温度过低,会影响混凝土强度增长。

6.4.5 进行超大面积混凝土地面工程施工前,应清理浇筑部位的垃圾、泥土、木屑等杂物,清理钢筋上的污染物,并检查钢筋保护层垫块是否就位。对干燥的基层,应浇水充分湿润但不得有积水存在。

6.4.6 混凝土浇筑过程中,可能会触碰到受力钢筋、定位筋、预埋件等物体,引起其变形和移位,浇筑前应采取有效措施将其固定。另外,也可能存在混凝土表面浮浆和泌水现象,应在施工方案中事先规定清除混凝土表面的泌水的具体做法,保证混凝土质量。

6.4.7 厚度不大于 300mm 的混凝土地面通常不分层直接浇筑,对于大于 300mm 的混凝土地面宜采用分层浇筑,分层应符合现

行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.4.8 超大面积混凝土地面工程无缝施工,混凝土振捣质量直接影响到混凝土成型后密实度以及混凝土表面质量,充分恰当的振捣可较大程度地提高混凝土抗裂能力。

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

二次抹压处理是指混凝土浇筑后,在混凝土初凝前和终凝前分别对混凝土裸露表面进行抹面处理。抹压处理可有效避免混凝土表面出现因水分散失过快而产生干缩裂缝,能控制混凝土表面非结构性细小裂缝的出现和开展。如有必要,也可在混凝土终凝前 1h~2h 进行多次抹压处理。抹压处理可以采用人工抹压或机械抹压的方式。

混凝土的浇筑与振捣除应符合相关规定外,在浇筑振捣过程中宜采用的措施有:

(1)混凝土下料均匀,振动棒采用“快插慢拔”,均匀的“梅花形”布点,并使振动棒在振捣过程中上下略有抽动,振动均匀,使混凝土中的气泡充分上浮消散,这样可提高混凝土的密实性。同时,振点应分布均匀,振动时间一致。

(2)振动棒注意尽量不接触找平控制钢筋,对施工缝和预留空洞等薄弱环节应充分振动,以确保混凝土密实,对设备基础等钢筋密集的部位不得出现漏振、欠振或过振。

(3)控制好每个跳仓块混凝土浇筑的间歇时间,保证在块内不出现施工缝,做到紧凑而有序地作业。

(4)掌握好混凝土振捣时间,过长易造成混凝土离析,过短混凝土振捣不密实,一般以混凝土表面呈水平并出现均匀的水泥浆、不再有显著下沉和大量气泡上冒时即可停止,混凝土振捣时间一

般控制在每个点 15s~20s。

(5)在混凝土振捣过程中,采用分区定人振捣方式,为浇筑处配备充足的振动设备及施工工人,并防止工人因过度疲劳影响振捣质量。

6.4.9 超大面积混凝土地面工程无缝施工中,养护工作是重要的工作之一。养护的主要目标是混凝土处于保湿状态,养护方式可以根据现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素综合确定。地面工程常用的养护方式有洒水养护和覆盖养护。

6.4.10 混凝土养护除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外,尚需要强调的是:

1 按照温控技术措施及时实施养护工作,并根据现场条件变化及时调整养护措施,保证动态养护。

2 养护开始的时间对混凝土的最终成型质量至关重要。超大面积混凝土地面工程混凝土的养护应该从初凝时就开始,包括初凝时的抹压及防止骤降温差的施工措施。为了达到良好的无缝施工效果,保湿养护持续时间不应少于 14d。

3 保湿效果应及时检查。

6.4.11 冬期、炎热或雨雪等特殊气候条件下,为了控制混凝土不出现有害裂缝,保证混凝土浇筑质量,进行超大面积混凝土地面施工时,应遵守相关标准的技术规定。

6.4.12 大风天气会加快超大面积混凝土地面表面的水分蒸发,增加塑性裂缝的开裂风险,加剧塑性裂缝的裂缝宽度开展。因此,当混凝土水分蒸发速率大于 $1\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,应在施工作业面采取挡风、喷雾等措施。混凝土水分蒸发速率可按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 附录 K 的内容进行估算。

7 施工现场监测

7.0.1 施工现场的监测工作可根据工程实际需要、施工技术水平来确定。地面混凝土厚度较大、防裂要求严格或施工单位不具备成熟经验时,应进行施工现场监测。

监测点位置可根据经验及理论计算结果选择有代表性温度测试位置。通常情况下,多数超大面积混凝土地面工程均具有对称轴线,在半条轴线上设置监测点较为理想。地面块体中心区域监测点沿厚度方向不宜少于3处,一处应处于厚度中心处,另两处可设置在距结构表面内20mm~40mm位置处。远离中心区域处,条件许可情况下,可适当减少厚度方向上的监测点数。

需要说明的是,超大面积混凝土是以收缩作用为主,温度作用为辅,两者共同作用,导致超大面积混凝土在施工期间及正常使用期间容易开裂。控制混凝土的收缩作用及温度作用是改善超大面积混凝土地面开裂控制效果和规范超大面积混凝土地面无缝施工的关键。但考虑到现代施工技术水平的现状及工程实际,本规范中没有对收缩的实体监测提出要求。

7.0.2 超大面积混凝土地面工程无缝施工的施工现场监测,与大体积混凝土不同,并不是考虑水化热的影响、控制内外温差,主旨是在控制环境温度变化对超大面积混凝土地面裂缝的影响,因此,重点监测指标是混凝土表面的降温速率。应根据环境温度及降温速率实施无缝施工的防裂措施。

7.0.3 超大面积混凝土地面工程在早期混凝土收缩变形较快,因此早期加强监测对超大面积混凝土地面工程的质量保证有着重要的意义。监测方案中应体现早期密集的原则,即在浇筑后3d内是超大面积混凝土防裂的控制重点。气温骤变会给裂缝控制带来不

利影响,此时需要增加测温次数,指导现场及时调整施工技术措施。

7.0.4 工程中,测温元件可能因安装及保护不当出现无法测试的情况。本条对测温元件的安装及保护进行了规定,是为了保证测温元件不失效,在监测中能正常工作、提供有效监测数据。

7.0.5 温度监测是信息化施工的重要手段,是从温度方面判断混凝土质量及防裂效果的一种直观方法。监测结果可及时反映温控指标的变化,一旦温控指标出现不正常变化,可以迅速反馈并采取相应的处理措施,保证超大面积混凝土地面工程的质量。