

T/CAIEC

团 体 标 准

T/CAIEC XXXX—2026

高性能混凝土施工与裂缝控制技术指南

Technical Guide for High Performance Concrete Construction and Crack
Control

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国国际工程咨询协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
5 原材料控制	2
6 配合比设计	4
7 施工工艺控制	5
8 裂缝控制技术措施	6
9 质量检验与验收	8
10 施工安全与环境保护	9
附录 A（规范性） 高性能混凝土裂缝分级管控与修补处置选用表	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由XXX提出。

本文件由中国国际工程咨询协会归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

高性能混凝土施工与裂缝控制技术指南

1 范围

本文件规定了高性能混凝土施工与裂缝控制技术的术语和定义、基本规定、原材料控制、配合比设计、施工工艺控制、裂缝控制技术措施、质量检验与验收、施工安全与环境保护。

本文件适用于工业与民用建筑、市政工程、桥梁工程等各类采用高性能混凝土的施工过程控制及裂缝预防、治理工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 9142 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 35164 用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉
- GB/T 39147 混凝土用钢纤维
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB/T 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB 50496 大体积混凝土施工标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- JC 901 水泥混凝土养护剂
- JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 59 建筑施工安全检查标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程

JGJ/T 259 混凝土结构耐久性修复与防护技术规程
JGJ/T 385 高性能混凝土评价标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高性能混凝土 high performance concrete

以建设工程设计、施工和使用对混凝土性能特定要求为总体目标，选用优质常规原材料，合理掺加外加剂和矿物掺合料，采用较低水胶比并优化配合比，通过预拌和绿色生产方式以及严格的施工措施，制成具有优异的拌合物性能、力学性能、耐久性能和长期性能的混凝土。

[来源：JGJ/T 385，2.0.1]

3.2

裂缝控制 crack control

针对高性能混凝土在施工及使用过程中可能产生的各类裂缝，遵循“预防为主、过程管控、及时治理”的原则，结合原材料优化、配合比设计、施工工艺调整、养护强化及裂缝监测、治理等综合技术手段，实现裂缝“少产生、不扩展、可修复”，保障混凝土结构安全性、耐久性和使用功能的全过程管控行为。

3.3

施工缝 construction joint

按设计要求或施工需要分段浇筑，先浇筑混凝土达到一定强度后继续浇筑混凝土所形成的接缝。

[来源：GB 50666，2.0.9]

3.4

塑性裂缝 plastic crack

高性能混凝土浇筑后至初凝前，因表面失水过快、骨料沉降与浆体分离等原因产生的表面裂缝，多呈不规则网状或放射状，深度较浅，宽度一般不大于0.2mm，主要影响混凝土表面质量和耐久性。

3.5

混凝土结构 concrete structure

以混凝土为主制成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构，按施工方法可分为现浇混凝土结构和装配式混凝土结构。

[来源：GB 50204，2.0.1]

4 基本规定

4.1 高性能混凝土的施工与裂缝控制应符合工程设计文件要求，并应符合 GB/T 50010、GB 50666、GB 50164、JGJ/T 385 的规定。

4.2 应遵循原材料优选、配合比优化、施工全过程管控、全周期裂缝防控的原则，统筹兼顾混凝土的强度、工作性、耐久性、体积稳定性，实现裂缝的源头防控与过程管控。

4.3 工程施工前应编制高性能混凝土专项施工方案，明确原材料控制指标、配合比执行要求、关键工序施工参数、裂缝分级管控措施、质量检验标准及应急处置预案，对施工班组应进行全覆盖技术交底。

4.4 应根据结构设计使用年限、结构类型、环境类别、约束条件进行分级管控，裂缝分级管控及处置方案选用应符合本文件附录 A 的规定。

4.5 施工单位应建立全过程质量管理与追溯体系，对原材料进场验收、配合比执行、施工工序管控、养护及成品保护实行全流程闭环管理，相关资料与验收记录应完整、可追溯。

4.6 高性能混凝土施工应对原材料计量、搅拌、运输、浇筑、振捣、养护等关键工序采用信息化手段进行动态监控。

4.7 对有抗渗、抗冻、耐腐蚀、超高强等特殊性能要求的高性能混凝土，除应符合本文件规定外，应符合国家现行相关专项标准的规定。

5 原材料控制

5.1 胶凝材料

5.1.1 高性能混凝土用水泥应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，性能应符合 GB 175 的规定，大体积高性能混凝土宜选用中低热硅酸盐水泥。

5.1.2 水泥的安定性应合格，碱含量不应 $>0.60\%$ ，氯离子含量不应 $>0.06\%$ ；同一工程同一强度等级的高性能混凝土，宜选用同一厂家、同一品种、同一强度等级的水泥。

5.1.3 矿物掺合料应选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉等，性能应分别符合 GB/T 1596、GB/T 18046、GB/T 27690、GB/T 35164 的规定。

5.1.4 矿物掺合料的掺量应通过配合比试验确定，应兼顾混凝土的工作性、强度发展、水化热、体积稳定性与耐久性；大体积高性能混凝土应采用双掺或多掺矿物掺合料体系，降低水化温升，减小温度裂缝风险。

5.1.5 胶凝材料组合应与所用外加剂进行适应性试验，满足混凝土拌合物工作性、经时损失、凝结时间及抗裂性能要求后方可使用。

5.2 骨料

5.2.1 高性能混凝土用骨料应选用质地坚硬、级配连续、粒形良好的洁净骨料，性能应符合 GB/T 14684、GB/T 14685 的规定。

5.2.2 细骨料宜选用 II 区中砂，细度模数宜为 2.6~3.0，含泥量不应 $>2.0\%$ ，泥块含量不应 $>0.5\%$ ，云母含量不应 $>1.0\%$ ；不应使用未经淡化处理的海砂，确需使用淡化海砂时，应符合 GB 50666 的相关规定。

5.2.3 粗骨料宜采用连续级配，最大公称粒径不宜 $>25\text{mm}$ ，针片状颗粒含量不应 $>5.0\%$ ，含泥量不应 $>0.5\%$ ，泥块含量不应 $>0.2\%$ ，压碎指标应满足设计要求。

5.2.4 粗骨料的岩石抗压强度应至少比混凝土设计强度等级高 30%。

5.2.5 骨料进场前应进行碱活性检验，不应使用具有潜在碱活性的骨料。

5.2.6 骨料进场时应按批次检验颗粒级配、含泥量等关键指标，施工过程中应实时检测骨料含水率，根据检测结果及时调整施工配合比。

5.3 外加剂

5.3.1 高性能混凝土应优先选用聚羧酸系高性能减水剂，性能应符合 GB 8076、GB/T 50119 的规定。

5.3.2 高性能减水剂的减水率不应 $<25\%$ ，应具有良好的保塑性与和易性，引入的气泡应均匀稳定，混凝土含气量应符合设计与规范要求。

5.3.3 外加剂应与所用胶凝材料进行适应性匹配试验，试验方法应符合 GB/T 50119 的规定，满足混凝土施工性能、强度发展、体积稳定性及抗裂要求后方可进场使用。

5.3.4 缓凝剂、引气剂、膨胀剂等功能型外加剂的掺量应通过实验室试配与现场适配试验确定，膨胀剂的限制膨胀率应满足设计抗裂要求。

5.3.5 外加剂应按批次进场检验，储存过程中应采取防雨、防晒、防冻措施，液体外加剂应定期搅拌均匀。

5.4 增强材料

5.4.1 增强材料宜选用聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、钢纤维等，性能应符合 GB/T 21120、GB/T 39147 的规定。

5.4.2 增强材料的品种、规格、掺量应通过试验确定，应在混凝土基体中具有良好的分散性与相容性，不应影响混凝土的工作性、强度及耐久性能产生不利影响。

5.4.3 氯盐等腐蚀环境中使用的钢纤维，应采取表面防腐处理或选用不锈钢纤维。

5.4.4 合成纤维应具备优异的耐碱性能，满足混凝土强碱性环境的长期使用要求。

5.5 拌合用水

5.5.1 高性能混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 的规定，不应使用未经处理的海水、工业废水、生活污水。

5.5.2 拌合用水应按水源进行水质检验，同一水源每年检验不应少于 1 次，水源发生变更时，应重新检验，合格后方可使用。

6 配合比设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 配合比设计应符合 JGJ 55 的规定，同时满足设计要求的强度、工作性、耐久性、体积稳定性和抗裂性能，兼顾施工工艺、结构形式与环境条件的适配性。
- 6.1.2 配合比设计应采用绝对体积法，以工程实际使用的原材料为基础，通过系统试验确定。
- 6.1.3 配合比设计应将抗裂性能作为核心控制指标，通过胶凝材料体系优化、水胶比调控、骨料级配优化等技术路径，降低混凝土收缩变形与水化热温升，提升体积稳定性。
- 6.1.4 配合比设计前应完成胶凝材料与外加剂的相容性试验，保证混凝土拌合物工作性经时损失、凝结时间满足施工运输与浇筑作业要求。
- 6.1.5 配合比设计应符合 JGJ/T 385 的相关技术要求，兼顾经济性与施工可操作性。

6.2 强度与工作性设计

- 6.2.1 混凝土强度设计应符合 GB 50010、JGJ 55 的规定，配制强度应满足设计强度等级与 95% 强度保证率要求，同时兼顾弹性模量等力学性能指标的适配性。
- 6.2.2 工作性设计应根据结构部位、钢筋间距、浇筑方式、运输距离与环境条件确定，核心控制指标包括坍落度、扩展度、黏聚性、保水性与经时损失。
- 6.2.3 混凝土拌合物应具备良好的抗离析、抗泌水性能，泵送施工时其工作性应符合 JGJ/T 10 的相关要求。
- 6.2.4 外加剂掺量应通过相容性试验与试配验证确定，不应超掺使用，保证拌合物工作性稳定。

6.3 体积稳定性与抗裂性设计

- 6.3.1 应优先降低混凝土水化热、自收缩与干燥收缩值，提升极限拉伸值与体积稳定性，抗裂性能试验应符合 GB/T 50082 的规定。
- 6.3.2 胶凝材料体系应采用“水泥+矿物掺合料”的二元或多元复合体系，合理掺用符合 GB/T 1596 的粉煤灰、GB/T 18046 的矿渣粉等活性掺合料，替代部分水泥以降低水化热、优化收缩性能。
- 6.3.3 水胶比应根据抗裂性、强度与耐久性要求通过试验确定，严控拌合用水量，减少混凝土收缩变形。
- 6.3.4 砂率应根据骨料级配、胶凝材料用量与工作性要求优化确定，保证混凝土黏聚性与保水性，减少塑性收缩风险。
- 6.3.5 应通过收缩试验、水化热试验、平板抗裂试验对配合比的抗裂性能进行验证，优先选用低水化热、低收缩、高抗裂性能的配合比方案。

6.4 耐久性设计

- 6.4.1 耐久性设计应根据结构所处环境类别、作用等级与设计使用年限开展，符合 GB 50476 的规定。
- 6.4.2 应根据环境类别与耐久性要求，严控最大水胶比、最小胶凝材料用量，以及混凝土中的氯离子含量、碱含量，防止发生碱骨料反应与钢筋锈蚀。
- 6.4.3 针对冻融、氯盐侵蚀、化学腐蚀等特殊环境，应通过试验确定适配的配合比方案，选用对应的功能性外加剂。
- 6.4.4 矿物掺合料的种类与掺量应根据耐久性要求优化确定，充分发挥其二次水化效应。
- 6.4.5 外加剂应与胶凝材料具备良好的相容性，不得对混凝土耐久性产生不利影响。

6.5 配合比试配与调整

- 6.5.1 配合比试配应采用工程实际使用的原材料，至少开展 3 组不同配合比的对比试验，其中 1 组为基准配合比，另外 2 组配合比的水胶比应在基准配合比基础上上下浮动 0.02~0.03，同步调整相关材料用量。
- 6.5.2 试配过程中，应检验混凝土拌合物的工作性、经时损失、凝结时间，以及硬化后的强度、水化热、收缩性能、抗裂性能与耐久性能，全面验证配合比的符合性。
- 6.5.3 应根据试配结果，对配合比参数进行优化调整，确定满足设计与施工要求的基准配合比。

6.5.4 正式生产前,应根据现场骨料实际含水率,调整拌合用水量与骨料用量,确定生产配合比,并开展开盘鉴定,符合 GB 50164 的规定。

6.5.5 当原材料产地、规格、性能发生显著变化时,应重新开展配合比试配与验证工作。

7 施工工艺控制

7.1 搅拌与运输

7.1.1 高性能混凝土应采用强制式搅拌机搅拌,设备性能应符合 GB/T 9142 的规定,计量系统应定期校验。

7.1.2 应通过试验确定最优搅拌制度,明确投料顺序与搅拌时间,高性能混凝土总搅拌时间应比普通混凝土适当延长,保证胶凝材料、外加剂与骨料均匀分散。

7.1.3 混凝土运输应采用搅拌运输车,运输过程中应保持筒体匀速转动。

7.1.4 运输时间应根据混凝土初凝时间、工作性经时损失确定,保证混凝土运至浇筑现场时工作性满足施工要求。

7.1.5 混凝土运至现场后,应逐车检测拌合物工作性,不符合要求的不得用于工程浇筑,工作性调整应在专业技术人员指导下进行。

7.2 模板与钢筋工程

7.2.1 模板工程的设计、选型、安装与拆除应符合 GB 50666 的规定,模板应具备足够的承载力、刚度与稳定性,拼缝严密,不漏浆。

7.2.2 模板隔离剂应选用对混凝土表面性能与钢筋粘结力无不利影响的产品。

7.2.3 模板拆除时间应根据混凝土强度增长情况、结构特点、环境条件与温控要求确定,大体积混凝土拆模应兼顾内外温差控制,防止拆模过早引发温度裂缝,拆模后应及时采取后续养护措施。

7.2.4 钢筋工程的加工、绑扎与安装应符合 GB 50204 的规定。

7.2.5 应严格控制钢筋保护层厚度,垫块应选用与混凝土同强度等级的砂浆垫块或专用塑料垫块,布置均匀、固定牢固,避免保护层厚度偏差过大引发开裂风险。

7.2.6 钢筋密集区域应提前制定专项浇筑方案,保证混凝土浇筑顺畅,避免因钢筋阻挡造成振捣不密实、蜂窝孔洞等缺陷,引发应力集中开裂。

7.3 浇筑与振捣

7.3.1 混凝土浇筑前,应对模板、钢筋、预埋件、预留孔洞的位置与固定情况进行验收,符合要求后方可开展浇筑作业。

7.3.2 混凝土浇筑应连续进行,当必须间歇时,间歇时间应小于混凝土初凝时间,超出时应按规范要求设置施工缝。

7.3.3 浇筑顺序应根据结构形式、浇筑厚度、钢筋密集程度确定,分层浇筑时,分层厚度应与振捣设备性能匹配,上层混凝土应在下层混凝土初凝前浇筑完成。

7.3.4 泵送作业应连续稳定,浇筑时出料口与浇筑面的垂直距离不宜 $>2\text{ m}$ 。

7.3.5 混凝土振捣应采用高频插入式振捣器,遵循“快插慢拔”的原则,振捣时间以混凝土表面泛浆、不再显著下沉、无大量气泡溢出为准,不应欠振、漏振与过振。

7.3.6 振捣器移动间距不宜大于其作用半径的 1.5 倍,与模板的距离不宜大于作用半径的 0.5 倍。

7.3.7 钢筋密集区域、薄壁结构应采用小直径振捣器辅助振捣。

7.3.8 大体积混凝土浇筑应采用分层推移式或斜面分层浇筑工艺,控制浇筑速度,避免水化热集中释放,符合 GB 50496 的规定。

7.4 抹面与整平

7.4.1 混凝土浇筑完成后,应根据混凝土凝结状态分阶段开展抹面整平作业,严控作业时间与工序质量。

7.4.2 初凝前应完成初次抹面,刮平表面浮浆,整平作业面,消除表面脚印与不平整缺陷;初凝至终凝之间,应开展二次或多次压抹作业,闭合混凝土表面塑性收缩微裂缝。

7.4.3 高温、大风、干燥环境下，应加密抹面次数，缩短表面暴露时间，防止表面水分快速蒸发引发塑性裂缝。

7.4.4 抹面作业时，不应在混凝土表面随意洒水、撒干水泥，避免造成表面起砂、起皮与后期开裂。

7.4.5 抹面完成后，应立即采取保湿覆盖措施，避免混凝土表面持续暴露在空气中。

7.5 养护技术

7.5.1 应根据结构形式、原材料特性、配合比参数与环境条件，制定专项养护方案，明确养护方式、养护起止时间、养护措施与质量控制要求。

7.5.2 混凝土养护应兼顾保湿与温控双重要求，保湿养护应保证混凝土表面始终处于湿润状态。

7.5.3 温控养护应严控混凝土内外温差与降温速率，防止温度裂缝产生。

7.5.4 养护方式可根据工程特点选用洒水养护、覆盖养护、喷涂养护剂养护、蓄水养护、蓄热养护等，覆盖材料应具备良好的保湿、保温性能，养护剂性能应符合 JC 901 的规定。

7.5.5 混凝土浇筑抹面完成后，应在初凝前及时覆盖保湿材料，高温、大风、干燥环境下应同步采取遮阳、挡风、喷雾增湿措施，初凝后立即进入正式养护阶段。

7.5.6 养护持续时间应符合以下规定：

——采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土，养护时间不应 <14 d；

——掺用矿物掺合料、缓凝型外加剂、有抗渗或抗裂要求的混凝土，养护时间不应 <21 d；

——大体积混凝土养护时间不应 <28 d。

7.5.7 大体积混凝土养护应执行温控指标，混凝土内外温差不应 >25 °C，降温速率不应 >2 °C/d，采取内降外保的综合措施。

7.5.8 采用带模养护的结构，带模养护时间不宜 <7 d，拆模后应继续采取保湿养护措施，直至达到规定养护时长。

7.6 特殊气候条件施工

7.6.1 高温环境施工（日平均气温高于 30 °C时），应采取以下控制措施：

——采取骨料遮阳、冷水拌合、罐体保温等措施，降低混凝土入模温度；

——调整浇筑作业时间，避开中午高温时段，优先选择夜间或清晨浇筑；

——缩短混凝土运输、浇筑与抹面作业时间，加快施工衔接速度；

——加强现场遮阳、挡风、喷雾增湿措施，加密抹面次数，强化保湿养护。

7.6.2 低温环境施工（连续 5 d日平均气温低于 5 °C时），应按冬期施工要求执行，符合 JGJ/T 104 的规定，采取以下控制措施：

——采取原材料预热、拌合站保温措施，保证混凝土入模温度不 <5 °C；

——选用适配的早强型、防冻型外加剂，符合 GB 8076 的规定；

——浇筑完成后立即采取保温蓄热养护措施，不应在低温环境下洒水养护；

——严控混凝土受冻临界强度，未达到临界强度前不应拆除保温措施。

7.6.3 雨期施工应采取以下控制措施：

——提前掌握气象预报，避开大雨、暴雨天气浇筑混凝土；

——现场设置完善的排水系统，保证作业面无积水；

——浇筑过程中遇降雨，应及时覆盖未初凝的混凝土表面，按规范要求设置施工缝；

——雨后应重新检测骨料含水率，调整生产配合比。

7.6.4 大风干燥环境施工（风力 ≥ 5 级时）应采取以下控制措施：

——设置挡风棚、挡风墙等防风设施；

——大幅缩短混凝土表面暴露时间，加快抹面与保湿覆盖作业速度；

——强化保湿养护措施，防止表面水分快速蒸发引发塑性收缩裂缝。

8 裂缝控制技术措施

8.1 塑性裂缝控制

8.1.1 塑性裂缝控制应从原材料、配合比、施工工艺、环境防控四个维度采取综合措施，重点防控塑

性收缩裂缝与塑性沉降裂缝。

8.1.2 原材料与配合比应采取以下控制措施：

- 选用保水性、黏聚性良好的胶凝材料体系，优化骨料级配，提升混凝土抗离析、抗泌水性能；
- 合理掺用引气剂、增稠型外加剂，改善拌合物工作性，减少塑性沉降与泌水；
- 严控拌合用水量与水胶比，优化砂率。

8.1.3 施工与环境应采取以下控制措施：

- 混凝土运输、浇筑过程中严控离析现象，保证拌合物均匀稳定；
- 钢筋密集区域、大板面结构应在初凝前开展二次振捣，消除塑性沉降与收缩产生的微裂缝；
- 严格控制钢筋保护层厚度，固定牢固，避免因钢筋沉降引发塑性沉降裂缝；
- 大风、高温、干燥环境下，浇筑作业面应采取遮阳、挡风、喷雾增湿措施，降低表面水分蒸发速率；
- 混凝土浇筑完成后，应快速完成抹面作业，初凝前开展二次压抹，及时闭合塑性微裂缝，表面暴露时间不宜超过 30min，抹面后立即覆盖保湿材料。

8.2 早期温度裂缝控制

8.2.1 早期温度裂缝控制应重点针对水化热温升与温度应力防控，采取原材料、配合比、施工、温控监测全流程管控措施。

8.2.2 原材料与配合比应采取以下控制措施：

- 优先选用低水化热水泥，采用多元复合胶凝材料体系，大掺量活性矿物掺合料替代水泥，降低水化热峰值，推迟水化热峰值出现时间；
- 选用缓凝型外加剂，延长混凝土凝结时间，降低水化热释放速率；
- 优化配合比参数，在满足设计要求的前提下，严控胶凝材料总用量。

8.2.3 施工与温控应采取以下控制措施：

- 严控混凝土入模温度，夏季施工入模温度不宜 $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冬季施工不宜 $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，大体积混凝土入模温度应通过专项温控计算确定；
- 采用分层浇筑、跳仓浇筑等工艺，控制浇筑厚度与浇筑速度，分散水化热释放，降低内部温升值；
- 大体积混凝土应采取“内降外保”的温控措施，内部设置冷却水管通水降温，外部采用保温材料全覆盖，严控混凝土内外温差 $\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，降温速率 $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ；
- 严格控制拆模时间与拆模条件，拆模时混凝土表面温度与环境温度之差不宜 $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，拆模后立即采取保温保湿措施；
- 大体积混凝土施工应开展全过程温度监测，根据监测数据动态调整温控措施。

8.3 干燥收缩裂缝控制

8.3.1 干燥收缩裂缝控制应重点降低混凝土收缩值，减少约束作用下的收缩应力，严控混凝土早期失水与长期干湿交替。

8.3.2 原材料与配合比应采取以下控制措施：

- 选用级配良好、弹性模量高的粗骨料，优化骨料级配，减少空隙率，降低混凝土干燥收缩值；
- 合理优化胶凝材料体系与矿物掺合料掺量，严控拌合用水量与水胶比；
- 可根据工程需求掺用符合 GB/T 23439 规定的膨胀剂，制备补偿收缩混凝土，抵消部分干燥收缩变形；
- 配合比设计应通过干燥收缩试验验证，优先选用低收缩配合比方案。

8.3.3 施工与运维应采取以下控制措施：

- 强化混凝土振捣作业，保证混凝土密实均匀；
- 落实保湿养护制度，保证养护时长，避免混凝土早期失水，养护结束后应逐步降低环境湿度，避免剧烈干湿交替；
- 大面积、超长结构应合理设置伸缩缝、后浇带，释放收缩应力；
- 结构成型后，应避免长期暴露在干燥、大风环境中，及时开展后续装修与表面防护处理，封闭混凝土表面。

8.4 结构约束裂缝控制

8.4.1 结构约束裂缝控制应重点降低外约束与内约束作用，优化结构应力分布，提升混凝土抗变形能力与韧性。

8.4.2 设计与构造优化应采取以下措施：

- 配合设计单位优化结构形式，避免截面突变、转角等应力集中部位，合理设置变形缝、后浇带、诱导缝；
- 在结构易开裂部位增设抗裂构造钢筋，优化钢筋间距与布置方式；
- 超长结构可采用跳仓法施工工艺，减小结构连续浇筑长度，释放约束应力。

8.4.3 原材料与配合比应采取以下控制措施：

- 优化配合比设计，提升混凝土极限拉伸值与韧性，降低弹性模量，增强混凝土适应约束变形的能力；
- 可根据工程需求掺用符合 GB/T 21120 的合成纤维或 GB/T 39147 的钢纤维，抑制裂缝的产生与扩展；
- 超长、大体积约束结构可采用补偿收缩混凝土，设置膨胀加强带，补偿约束下的收缩变形。

8.4.4 施工应采取以下控制措施：

- 合理安排施工顺序，减小相邻结构之间的约束作用，大体积结构可在地基表面设置滑动层，降低地基对结构的外约束；
- 严控后浇带浇筑时间，后浇带应在两侧混凝土收缩变形基本稳定后浇筑，间隔时间不宜 $<42d$ ，浇筑采用补偿收缩混凝土，强化养护管控；
- 严控施工荷载，不应过早加载、超载作业，防止结构在强度未达到设计要求时产生受力裂缝；
- 严控结构施工偏差，避免因支座不平、结构偏心等问题产生附加应力，引发约束裂缝。

8.5 裂缝修补与处理

8.5.1 裂缝修补处理前，应开展裂缝专项检测，明确裂缝的位置、宽度、深度、长度、形态、发展趋势，结合裂缝类型、对结构安全性、耐久性、使用功能的影响程度，分级分类确定修补处理方案，裂缝分级分类判定及修补处置方案的选用应符合本文件附录 A 的规定。

8.5.2 裂缝修补材料应与混凝土基材具备良好的粘结性、相容性与耐久性，性能应符合 GB 50367、JGJ/T 259 的相关规定。

8.5.3 裂缝修补完成后，应开展修补质量专项检验，保证修补效果符合设计与规范要求，修补部位的耐久性、防水性能应与主体结构匹配。

9 质量检验与验收

9.1 原材料检验

9.1.1 高性能混凝土所用原材料的质量应符合本标准第 5 章的规定。

9.1.2 原材料进场时，应检查产品合格证、出厂检验报告，并按规定的批量取样复验。

9.1.3 胶凝材料的检验应按 GB 175、GB/T 1596、GB/T 18046 等标准的要求进行。

9.1.4 骨料的检验应按 GB/T 14684、GB/T 14685 及 JGJ 52 的要求执行，并应重点关注骨料的级配、含泥量、泥块含量及坚固性指标。

9.1.5 外加剂的检验应按 GB 8076、GB 50119 执行，重点检验其减水率、收缩率比及与胶凝材料的相容性。

9.1.6 增强材料的检验应符合 GB/T 21120、GB/T 39147 和国家现行相关标准的规定

9.1.7 拌合用水的检验应按 JGJ63 执行。

9.2 拌合物性能检验

9.2.1 高性能混凝土拌合物的取样与检验应按 GB/T 50080 执行。

9.2.2 施工过程中应定期检验混凝土拌合物的工作性，包括坍落度、扩展度、倒置坍落度筒排空时间等，并应控制其经时损失。

9.2.3 对有抗渗、抗冻要求的混凝土，应按设计要求及 GB/T 50082 的相关规定进行拌合物性能的辅助

检验。

9.3 硬化后性能检验

9.3.1 硬化混凝土的性能检验应包括抗压强度、抗折强度、弹性模量、抗渗性能、抗氯离子渗透性能等，具体检验项目应符合设计要求。

9.3.2 混凝土强度的检验评定应按 GB/T 50107 执行。

9.3.3 试件的制作、养护及试验方法应符合 GB/T 50081 的规定。

9.3.4 混凝土耐久性能的检验应按 GB/T 50082 进行。

9.3.5 检验结果应满足设计文件规定的设计使用年限要求。

9.4 裂缝检测与评定

9.4.1 混凝土结构表面的裂缝应全部进行检查。

9.4.2 裂缝的宽度、长度、深度及分布情况应使用专业仪器进行量测。

9.4.3 裂缝的检测与评定应符合 GB/T 50344、GB 50204 和附录 A 的相关规定。

9.4.4 对超过表观允许宽度的裂缝，应分析其成因，评定其对结构承载力、耐久性及防水性能的影响，并按本标准第 8.5 节的要求提出处理意见。

9.5 工程验收

9.5.1 高性能混凝土工程的验收应在施工单位自行检查评定的基础上，按 GB 50300 和 GB 50204 的规定进行。

9.5.2 工程验收时应提交下列文件：

- a) 原材料出厂合格证及进场复验报告；
- b) 混凝土配合比设计报告及施工配合比通知单；
- c) 混凝土拌合物性能检验记录；
- d) 混凝土强度及耐久性能检验评定资料；
- e) 裂缝检查及修补记录；
- f) 重大技术问题的处理方案和验收记录；
- g) 其他必要的文件和记录。

9.5.3 结构实体检验用的同条件养护试件及其检验方法应符合 GB 50204 的规定。

10 施工安全与环境保护

10.1 施工安全要求

10.1.1 施工单位应建立健全安全生产责任制度，施工前应对作业人员进行安全技术交底。

10.1.2 施工人员进入施工现场应按规定佩戴安全帽、防尘口罩、防护手套、安全鞋等劳动防护用品。

10.1.3 搅拌站、泵送设备、起重机械等大型施工设备应由专人操作，并定期进行维护保养和安全检查。

10.1.4 施工现场临时用电应采用 TN-S 接零保护系统，做到“一机、一闸、一漏、一箱”，电缆线路应规范敷设。

10.1.5 模板及其支架的安装与拆除应编制专项施工方案。拆模时应待混凝土强度达到设计要求后进行。

10.1.6 钢筋焊接操作人员应持证上岗，作业时应遵守消防安全操作规程。

10.1.7 混凝土浇筑过程中应对模板及支架进行监测，发现异常应立即处理。使用插入式振捣器时应穿戴绝缘防护用品。

10.1.8 临边、洞口等危险部位应设置安全防护栏杆和安全网。交叉作业时应设置有效的隔离措施。

10.1.9 施工现场应设置醒目的安全警示标志，对重大危险源进行公示。

10.1.10 外加剂等化学品应储存在专用库房，并配备必要的应急救援器材。

10.1.11 高温、低温及雨雪等特殊气候条件下施工，应制定专项安全技术措施，并按本标准第 7.6 节的相关要求执行。

10.2 环境保护措施

10.2.1 高性能混凝土施工应贯彻绿色施工理念，采取有效措施控制粉尘、废气、废水、噪声等对环境的污染。

10.2.2 应采取下列粉尘控制措施：

- 水泥、粉煤灰、矿粉等易产生粉尘的散装物料应储存在封闭料仓内，装卸、输送环节应采取密闭或除尘措施；
- 砂、石等骨料堆放场应采取封闭、覆盖措施，并采取洒水喷淋抑尘；
- 施工现场主要道路和作业区应进行硬化处理，运输车辆进出口应设置冲洗设施；
- 拆除模板、剔凿等易产生粉尘的作业应采取湿式作业。

10.2.3 应采取下列废水处理措施：

- 搅拌机、运输罐车的清洗废水应经沉淀等处理方式达标后排放或回收利用；
- 施工现场应设置合理的排水系统，实行雨污分流；
- 应采取措​​施防止施工用水对周边土壤和地下水造成污染。

10.2.4 应采取下列噪声控制措施：

- 应选用低噪声施工设备和工艺，对高噪声设备采取降噪措施；
- 应合理安排施工时间，减少夜间施工。确需夜间施工的应按规定办理手续；
- 在敏感区域施工时应设置临时隔声屏障。

10.2.5 施工过程中应采取措​​施保护周边植被、水体等生态环境，施工结束后应及时进行场地清理和环境恢复。

10.3 废弃物处理

10.3.1 施工废弃物的处理应遵循减量化、资源化、无害化的原则。

10.3.2 建筑垃圾应进行分类收集、集中存放。可回收利用的废弃物应交由有资质的回收单位进行处理。

10.3.3 废弃混凝土、过剩混凝土拌合物等应集中堆放，经破碎处理后可作为再生骨料利用，或交由有资质的单位进行处置，不得随意倾倒。

10.3.4 废水处理产生的沉淀污泥应经脱水等处理达标后，按建筑垃圾或一般工业固体废物进行处置。

10.3.5 废机油、废化学试剂包装物等危险废弃物应设置专门容器分类收集，并交由持有相应资质的单位进行安全处置，同时建立危险废弃物管理台账。

10.3.6 各类包装物应统一回收，不应随意丢弃或焚烧。

10.3.7 施工结束后应及时清运所有施工废弃物，做到工完场清。

附录 A (规范性)

高性能混凝土裂缝分级管控与修补处置选用表

A.1 范围

A.1.1 本附录与正文第4.4条、第8.5条配套使用，规定了高性能混凝土裂缝的分级规则、管控要求、修补处置方案选用标准，是裂缝分级管控与修补处理的强制性技术依据。

A.1.2 裂缝环境类别划分应符合GB 50010的规定，修补材料与工艺应符合GB 50367、JGJ/T 259的规定。

A.2 裂缝分级管控与修补处置选用

裂缝分级管控与修补处置选用应符合表A.1的规定。

表 A.1 裂缝分级管控与修补处置选用表

裂缝等级	裂缝类型	适用环境类别	裂缝宽度限值 w	裂缝特征与危害程度	核心管控要求	推荐修补处置方法
I级 (无害微裂缝)	静止塑性收缩微裂缝、表面干缩微裂缝	一类环境	$w < 0.2 \text{ mm}$	表面浅层裂缝，深度不超过保护层厚度，无发展趋势，不影响结构承载力、耐久性与使用功能	源头防控，闭合裂缝通道，防止有害介质侵入	表面封闭法：涂刷水泥基渗透结晶型防水材料、环氧树脂类封闭涂料，配套表面打磨处理
II级 (需关注的轻微裂缝)	静止干缩裂缝、轻微温度裂缝	一类环境、二a类环境	一类： $0.2 \text{ mm} \leq w < 0.3 \text{ mm}$ ；二a类： $0.2 \text{ mm} \leq w < 0.25 \text{ mm}$	裂缝深度未贯穿结构截面，无发展趋势，不影响结构承载力，长期暴露存在耐久性劣化风险，无抗渗要求	全封闭防护，阻断水分与有害介质侵入，定期监测裂缝状态	表面封闭+柔性涂膜防护法；宽度接近上限时采用低压注浆法，选用低粘度环氧树脂注浆材料
III级 (需处置的功能性裂缝)	静止温度裂缝、干缩裂缝、约束裂缝，有抗渗要求的裂缝	二a二b类环境、三a三b类环境、有抗渗/抗冻要求的结构	二~三类环境： $0.2 \text{ mm} \leq w \leq 0.5 \text{ mm}$ ；抗渗结构： $w \geq 0.15 \text{ mm}$	裂缝深度超过保护层厚度，部分贯穿结构截面，无发展趋势，不影响主体结构承载力，存在钢筋锈蚀、抗渗性能下降风险，影响结构使用功能	裂缝内部填充密实，恢复结构整体性、抗渗性与耐久性，处置后开展专项检验	压力注浆法：选用低粘度环氧树脂、聚氨酯注浆材料，配套注浆嘴封闭注浆，注浆完成后表面做防护处理
IV级 (需加固的结构裂缝)	受力裂缝、约束应力裂缝、持续发展的活动裂缝	所有环境类别	$w > 0.5 \text{ mm}$	裂缝贯穿结构截面，影响结构承载力与刚度，或裂缝仍处于持续发展状态，存在结构安全隐患	先溯源管控裂缝发展，待裂缝稳定后开展加固处置，应会同设计单位制定专项方案	注浆加固+结构补强法：先注浆填充裂缝，再根据受力情况采用粘贴碳纤维复合材料、粘贴钢板、增大截面等加固方式；活动裂缝采用柔性材料封闭+可伸缩注浆体系