

ICS 91.100.30
CCS Q 13



中华人民共和国国家标准

GB/T 41054—2021

高性能混凝土技术条件

Technical specification for high performance concrete

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分类和性能等级	3
5 一般要求	4
6 原材料	4
7 配合比	7
8 质量要求	11
9 制备	13
10 试验方法	14
11 检验规则	15
12 订货与交货	16
附录 A (规范性) 高性能混凝土的施工	17

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。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本文件由全国混凝土标准化技术委员会(SAC/TC 458)归口。

本文件起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、许昌德通振动搅拌科技股份有限公司、苏交科集团股份有限公司、中铁十二局集团第四工程有限公司、中国路桥工程有限责任公司、中国水利水电第八工程局有限公司、上海市建筑科学研究院有限公司、广西壮族自治区建筑工程质量检测中心有限公司、东南大学、中建西部建设股份有限公司、安徽中铁工程材料科技有限公司、深圳市水泥及制品协会、西安同成建筑科技有限责任公司、中国人民解放军 96608 部队、深圳市安托山混凝土有限公司、山东省建筑科学研究院有限公司、河北建设集团股份有限公司、贵州磐石高科新材料有限公司、中铁二十二局集团第三工程有限公司、金华市顺通环境建设有限公司、内蒙古工业大学、中国建筑第二工程局有限公司、中建二局第二建筑工程有限公司、江西省建筑材料工业科学研究设计院、大元建业集团股份有限公司、泸州职业技术学院、浙江宇博新材料有限公司、重庆市建筑科学研究院有限公司、北京科技大学。

本文件主要起草人：冷发光、周永祥、王祖琦、张良奇、夏京亮、王卫、王宁宁、刘加平、王晶、王永海、高超、贺阳、黄直久、董化瑞、李志强、鞠秀颖、田承宇、於林锋、高育欣、陈爱芝、钟佳墙、黄海、杨渊、宋普涛、彭建伟、邹德松、王勇威、姚志玉、杨成军、吴道义、熊浩东、崔守臣、高芳胜、刘曙光、闫长旺、王永生、张俊国、张建强、回丽丽、李立、张晔、林万青、刘娟红、周伟、李志坤。

高性能混凝土技术条件

1 范围

本文件规定了高性能混凝土的分类和性能等级、一般要求、原材料、配合比、质量要求、制备、试验方法、检验规则、订货与交货。

本文件适用于工业与民用建筑、市政、铁路、公路、水运、海工、水利、能源等建设工程用的高性能混凝土。

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 176 水泥化学分析方法
- GB/T 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 10171 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站(楼)
- GB/T 12959 水泥水化热测定方法
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 26751 用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 30190 石灰石粉混凝土
- 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 普通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 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/T 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
GB/T 50733 预防混凝土碱骨料反应技术规范
JG/T 377 混凝土防冻泵送剂
JC 475 混凝土防冻剂
JG/T 315 水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料
JG/T 486 混凝土用复合掺合料
JG/T 568 高性能混凝土用骨料
JGJ/T 12 轻骨料混凝土应用技术标准
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程
JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
JGJ 206 海砂混凝土应用技术规范
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
JGJ/T 281 高强混凝土应用技术规程
JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程
JGJ/T 322 混凝土中氯离子含量检测技术规程
JGJ/T 328 预拌混凝土绿色生产及管理技术规程
JGJ/T 385 高性能混凝土评价标准
JT/T 522 公路工程混凝土养护剂

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—2015,2.0.1]

3.2

常规品高性能混凝土 **ordinary high performance concrete**

除特制品高性能混凝土之外符合高性能混凝土技术要求并常规使用的混凝土。

[来源:JGJ/T 385—2015,2.0.3]

3.3

特制品高性能混凝土 **special high performance concrete**

符合高性能混凝土技术要求的轻骨料混凝土、高强混凝土、自密实混凝土、纤维混凝土。

[来源:JGJ/T 385—2015,2.0.2]

4 分类和性能等级

4.1 分类

4.1.1 常规品高性能混凝土

常规品高性能混凝土应为除表 1 规定的特制品高性能混凝土以外的高性能混凝土,代号为 A_{HPC} ,混凝土强度等级代号为 C。

4.1.2 特制品高性能混凝土

特制品高性能混凝土包括的种类及其代号应符合表 1 的规定。

表 1 特制品高性能混凝土种类及其代号

混凝土种类		混凝土种类代号	强度等级代号
轻骨料高性能混凝土		L_{HPC}	LC
高强高性能混凝土		H_{HPC}	C
自密实高性能混凝土		S_{HPC}	C
纤维高性能混凝土	合成纤维高性能混凝土	F_{HPC}	C
	钢纤维高性能混凝土		CF

4.2 性能等级

4.2.1 拌合物性能等级

高性能混凝土拌合物坍落度、扩展度等级划分及允许偏差应符合 GB 50164 的规定。

4.2.2 强度等级

4.2.2.1 常规品高性能混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C30、C35、C40、C45、C50、C55。

4.2.2.2 高强高性能混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C60、C65、C70、C75、C80、C85、C90、C95、C100、C105、C110、C115。

4.2.2.3 自密实高性能混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80、C85、C90、C95、C100、C105、C110、C115。

4.2.2.4 钢纤维高性能混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 CF35、CF40、CF45、CF50、CF55、CF60、CF65、CF70、CF75、CF80、CF85、CF90、CF95、CF100、CF105、CF110、CF115;合成纤维高性能混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80。

4.2.2.5 用于预制制品的高性能混凝土强度等级不宜低于 C40,轻骨料高性能混凝土除外。

4.2.3 耐久性能等级

4.2.3.1 高性能混凝土抗冻性能等级划分为 F250、F300、F350、F400 和大于 F400。

4.2.3.2 高性能混凝土抗水渗透性能等级划分为 P12 和大于 P12。

4.2.3.3 高性能混凝土抗硫酸盐侵蚀性能等级划分为 KS120、KS150 和大于 KS150。

4.2.3.4 高性能混凝土抗氯离子渗透性能的等级划分应符合下列规定：

- a) 当采用氯离子迁移系数(RCM法)划分高性能混凝土抗氯离子渗透性能等级时,应符合表2的规定,且测试龄期应为84 d;

表2 高性能混凝土抗氯离子渗透性能的等级划分(RCM法)

等级	RCM-III	RCM-IV	RCM-V
氯离子迁移系数 $D_{RCM}/(\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s})$ (RCM法)	$2.5 \leq D_{RCM} < 3.0$	$1.5 \leq D_{RCM} < 2.5$	$D_{RCM} < 1.5$

- b) 当采用电通量划分混凝土抗氯离子渗透性能等级时,应符合表3的规定,且高性能混凝土测试龄期宜为56 d。

表3 高性能混凝土抗氯离子渗透性能的等级划分(电通量法)

等级	Q-III	Q-IV	Q-V
电通量 Q_s/C	$1\ 000 \leq Q_s < 1\ 500$	$500 \leq Q_s < 1\ 000$	$Q_s < 500$

4.2.3.5 高性能混凝土的抗碳化性能等级划分应符合表4的规定,且高性能混凝土宜在28 d龄期进行碳化试验,碳化时长应为28 d。

表4 高性能混凝土抗碳化性能的等级划分

等级	T-III	T-IV	T-V
碳化深度 d/mm	$10 \leq d < 15$	$0.1 \leq d < 10$	$d < 0.1$

5 一般要求

- 5.1 工程所处环境类别与作用等级应按 GB/T 50476 确定。
- 5.2 当混凝土结构有特殊抗裂、防渗要求时,应进行专项论证。
- 5.3 当混凝土结构对抗裂性有较高要求时,高性能混凝土宜采用比表面积小、放热慢、水化热低、早期强度发展慢、收缩小的水泥。
- 5.4 高性能混凝土的评价宜按照 JGJ/T 385 的规定进行。
- 5.5 高性能混凝土的施工应符合附录 A 的规定。
- 5.6 轻骨料高性能混凝土应符合 JGJ/T 12、JGJ/T 385 的规定。

6 原材料

6.1 水泥

6.1.1 水泥品种与强度等级的选用应根据设计、施工要求、结构特点以及工程所处环境和应用条件确定。

6.1.2 高性能混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,且水泥应符合 GB 175 的规定;盐冻融环境下的高性能混凝土,不宜采用含石灰石粉的水泥;有预防混凝土碱-骨料反应要求的高性能混凝土宜采用碱含量低于 0.6% 的水泥;大体积高性能混凝土宜采用中、低热硅酸盐水泥,且应符合 GB/T 200 的规

定,也可使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥同时复合使用大掺量的矿物掺合料;化学腐蚀环境下的高性能混凝土,宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥同时复合使用优质的矿物掺合料,其中低温硫酸盐腐蚀环境下不宜采用含石灰石粉的水泥或掺合料。

6.1.3 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥的技术指标还宜符合表5的规定。

表5 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥技术指标建议

项目	建议
比表面积/(m ² /kg)	≤360
3 d 抗压强度 ^a /MPa	42.5 级硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥: ≥17.0, ≤25.0 52.5 级硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥: ≥22.0, ≤31.0
28 d/3 d 抗压强度比 ^a	≥1.70
熟料 C ₃ A 含量(按质量计)/%	重度硫酸盐环境下: ≤5% 中度硫酸盐环境下: ≤8% 海水等氯化物环境下: ≤10%
3 d 水化热(kJ/kg) ^a	一般水泥: ≤280 中热水泥: ≤251 低热水泥: ≤230
7 d 水化热(kJ/kg) ^a	一般水泥: ≤320 中热水泥: ≤293 低热水泥: ≤260
氯离子含量(按质量计)/%	≤0.06
标准稠度用水量/%	≤27
^a 选择性指标,当硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥用于有抗裂要求的混凝土中时采用。	

6.1.4 水泥中不应含有影响混凝土长期性能和耐久性能的助剂或激发剂。

6.1.5 水泥进场应提供型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件,且质量证明文件应包含混合材品种及掺量。当采用表5的技术建议时,质量文件还应包含表5中的检验项目,且检验结果应符合表5的规定。水泥进场还应进行检验,检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

6.2 矿物掺合料

6.2.1 配制高性能混凝土可采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉、粒化电炉磷渣粉、石灰石粉、天然火山灰质材料、复合掺合料等。粉煤灰性能应符合 GB/T 1596 的规定,粒化高炉矿渣粉性能应符合 GB/T 18046 的规定,硅灰性能应符合 GB/T 27690 的规定,钢渣粉性能应符合 GB/T 20491 的规定,粒化电炉磷渣粉性能应符合 GB/T 26751 的规定,石灰石粉性能应符合 GB/T 30190 的规定,天然火山灰质材料性能应符合 JG/T 315 的规定,复合掺合料性能应符合 JG/T 486 的规定。

6.2.2 使用其他掺合料应经过系统试验研究和论证,并应进行长期性能和耐久性能试验验证符合工程要求后方可使用。

6.2.3 对于高强高性能混凝土或有抗渗、抗冻、抗腐蚀、耐磨或有其他特殊要求的混凝土,不应采用低于Ⅱ级的粉煤灰。

6.2.4 掺合料中不应含有影响混凝土长期性能和耐久性能的激发剂或其他助剂。

6.2.5 掺合料进场应提供型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件,并应进行检验,检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

6.3 骨料

6.3.1 骨料应符合 GB/T 14684、GB/T 14685 的规定,且人工砂石粉含量、分计筛余、片状颗粒含量以及粗骨料不规则颗粒含量宜符合 JG/T 568 的规定。当采用 JG/T 568 且技术指标有分级要求时,不应低于 I 级。

6.3.2 海砂应采用淡水淘洗的方法进行净化处理,且应符合 JG/T 568 和 JGJ 206 的规定。

6.3.3 高性能混凝土宜采用非碱活性骨料。当采用碱活性骨料时,除应采取抑制骨料碱活性措施外,还应在混凝土表面采用隔离措施。预防混凝土碱骨料反应的技术措施应符合 GB/T 50733 的规定。

6.3.4 骨料进场应提供型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件,并进行检验,检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

6.4 外加剂

6.4.1 外加剂品种和掺量应根据混凝土结构设计、施工、结构特点和工程所处环境条件等要求确定。

6.4.2 高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂、引气减水剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂及引气剂性能应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定,且 28 d 收缩率比不宜大于 110%;膨胀剂性能应符合 GB/T 23439 和 JGJ/T 178 的规定;防冻剂性能应符合 JG 475 的规定;防冻泵送剂性能应符合 JG/T 377 的规定。采用其他新品种外加剂,应经试验验证混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能符合工程要求时方可使用。

6.4.3 外加剂应与水泥、掺合料、砂石等材料具有良好的相容性。

6.4.4 含有六价铬、亚硝酸盐和硫氰酸盐成分的外加剂,不应用于饮水工程中建成后与饮用水直接接触的混凝土。

6.4.5 含有强电解质无机盐的早强型普通减水剂、早强剂、防冻剂和防水剂,不应用于下列混凝土结构:

- 与镀锌钢材或铝材相接触部位的混凝土结构;
- 有外漏钢筋预埋件而无防护措施混凝土结构;
- 使用直流电源的混凝土结构;
- 距离高压直流电源 100 m 以内的混凝土结构。

6.4.6 含有氯盐的早强型普通减水剂、早强剂、防水剂和氯盐类防冻剂,不应用于预应力混凝土、钢筋混凝土和钢纤维混凝土结构。

6.4.7 含有硝酸铵、碳酸铵的早强型普通减水剂、早强剂和含有硝酸铵、碳酸铵、尿素的防冻剂,不应用于办公和居住等有人员活动的建筑工程。

6.4.8 含有亚硝酸盐、碳酸盐的早强型普通减水剂、早强剂、防冻剂和含有亚硝酸盐的阻锈剂,不应用于预应力混凝土结构。

6.4.9 外加剂进场应提供型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件,并进行检验,检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

6.5 水

6.5.1 水应符合 JGJ 63 的规定。

6.5.2 按比例掺用设备洗刷水、废浆水或废弃新拌混凝土处理过程中产生的废水形成的混合用水,应符合 JGJ 63 的规定,并应进行混凝土性能的试验验证。

6.5.3 水的检验项目应符合 JGJ 63 的规定,检验频率应符合 GB 50204 的规定。

6.6 纤维

6.6.1 高性能混凝土用钢纤维、合成纤维应符合 JGJ/T 221 的规定。

6.6.2 高性能混凝土用钢纤维抗拉强度等级应为 600 级及以上。

6.6.3 纤维进场应提供型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件, 并应进行检验, 检验项目及检验批量应符合 JGJ/T 221 的规定。

7 配合比

7.1 一般要求

7.1.1 混凝土配合比设计应满足混凝土拌合物性能(8.1)、力学性能(8.2)、耐久性能和长期性能(8.3)的要求。

7.1.2 高性能混凝土配合比设计宜重视骨料的品质和骨料体系的设计, 在满足拌合物性能和施工要求的情况下, 宜尽量增加粗骨料用量, 设计较低的拌合物流动性。

7.1.3 常规品高性能混凝土配合比设计应符合 JGJ 55 的规定。

7.1.4 特制品高性能混凝土配合比设计应符合下列规定:

- a) 高强高性能混凝土配合比设计应符合 JGJ 55 的规定;
- b) 自密实高性能混凝土配合比设计应符合 JGJ/T 283 的规定;
- c) 纤维高性能混凝土配合比设计应符合 JGJ/T 221 的规定。

7.1.5 高性能混凝土的浆体比宜符合表 6 的规定。

表 6 不同等级混凝土浆体比推荐性参数

强度等级	浆体比
C30~C50(不含 C50)	≤0.32
C50~C60(不含 C60)	≤0.35
C60 及以上	≤0.38
自密实高性能混凝土浆体比不宜大于 0.40。 注: 浆体比即混凝土中水泥、矿物掺合料、机制砂中粒径小于 75 μm 的石粉、水、气体和外加剂的体积之和与混凝土总体积之比。	

7.1.6 一般环境和冻融环境下钢筋混凝土和预应力混凝土中矿物掺合料最大掺量宜分别符合表 7 和表 8 的规定。

表 7 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量

矿物掺合料种类	水胶比	最大掺量/%	
		采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
粉煤灰	≤0.40	45	35
	>0.40	40	30
粒化高炉矿渣粉	≤0.40	65	55
	>0.40	55	45
石灰石粉	≤0.40	25	20
	>0.40	20	15

表 7 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量 (续)

矿物掺合料种类	水胶比	最大掺量/%	
		采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
天然火山灰质材料	≤ 0.40	35	25
	> 0.40	30	20
钢渣粉	—	30	20
磷渣粉	—	30	20
硅灰	—	10	10
复合掺合料	≤ 0.40	65	55
	> 0.40	55	45

复合掺合料各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量。
 在混合使用两种或两种以上矿物掺合料时,矿物掺合料总掺量宜符合表中复合掺合料的规定。
 采用硅酸盐水泥时,经混凝土耐久性和长期性能试验验证,复合掺合料最大掺量可放宽 5%。
 石灰石粉不宜单独使用。
 注 1: 采用其他通用硅酸盐水泥时,将水泥混合材掺量 20% 以上的混合材量计入矿物掺合料。
 注 2: 当采用含石粉机制砂时,机制砂中的石粉含量计入石灰石粉掺量。

表 8 预应力钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量

矿物掺合料种类	水胶比	最大掺量/%	
		采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
粉煤灰	≤ 0.40	35	30
	> 0.40	25	20
粒化高炉矿渣粉	≤ 0.40	55	45
	> 0.40	45	35
石灰石粉	≤ 0.40	20	15
	> 0.40	15	10
天然火山灰质材料	≤ 0.40	30	20
	> 0.40	25	15
钢渣粉	—	20	10
磷渣粉	—	20	10
硅灰	—	10	10
复合掺合料	≤ 0.40	55	45
	> 0.40	45	35

复合掺合料各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量。
 在混合使用两种或两种以上矿物掺合料时,矿物掺合料总掺量宜符合表中复合掺合料的规定。
 采用硅酸盐水泥时,经混凝土耐久性和长期性能试验验证,复合掺合料最大掺量可放宽 5%。
 石灰石粉不宜单独使用。
 注 1: 采用其他通用硅酸盐水泥时,将水泥混合材掺量 20% 以上的混合材量计入矿物掺合料。
 注 2: 当采用含石粉机制砂时,机制砂中的石粉含量计入石灰石粉掺量。

7.2 一般环境中配合比参数

一般环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 9 的规定。

表 9 一般环境中高性能混凝土配合比参数

配合比参数	设计使用年限、环境类别与作用等级		
	50 年		100 年
	I-C	I-B	I-C
水胶比	≤0.45	≤0.42	≤0.40

7.3 冻融环境中配合比参数

7.3.1 冻融环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 10 的规定。

表 10 冻融环境中高性能混凝土配合比参数

配合比参数	设计使用年限、环境类别与作用等级					
	50 年			100 年		
	II-C	II-D	II-E	II-C	II-D	II-E
水胶比	≤0.45	≤0.42	≤0.38	≤0.42	≤0.38	≤0.35
胶凝材料用量/(kg/m ³)	≥350	≥380	≥400	≥380	≥400	≥420

7.3.2 冻融环境中高性能混凝土的复合矿物掺合料掺量宜符合表 11 的规定。

表 11 冻融环境中高性能混凝土的复合矿物掺合料掺量

水胶比	最大掺量/%	
	采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
≤0.40	60	50
>0.40	50	40

复合矿物掺合料中各矿物掺合料组分的掺量不宜超过表 7 中单掺时的限量。
采用硅酸盐水泥时,经混凝土耐久性和长期性能试验验证,复合掺合料最大掺量可放宽 5%。

7.4 氯化物环境中配合比参数

氯化物环境中高性能混凝土的配合比参数宜符合表 12 的规定。当海洋氯化物环境与冻融环境同时作用时,应采用引气混凝土。

表 12 氯化物环境中高性能混凝土配合比参数

配合比参数	设计使用年限、环境类别与作用等级							
	50年				100年			
	Ⅲ-C Ⅳ-C	Ⅲ-D Ⅳ-D	Ⅲ-E Ⅳ-E	Ⅲ-F	Ⅲ-C Ⅳ-C	Ⅲ-D Ⅳ-D	Ⅲ-E Ⅳ-E	Ⅲ-F
水胶比	≤0.42	≤0.40	≤0.36	≤0.34	≤0.40	≤0.36	≤0.34	≤0.32
矿物掺合料掺量/%	≥35				≥40			
宜选用复合掺合料、单掺矿渣、单掺粉煤灰或者粉煤灰、矿渣、硅灰中的两种或三种复合，也可采用其他可相对有效降低混凝土氯离子迁移系数和电通量的矿物掺合料。当采用硅灰时，同时宜满足硅灰掺量≤10%。 注：矿物掺合料掺量为采用普通硅酸盐水泥情况的掺量。								

7.5 化学腐蚀环境中配合比参数

7.5.1 化学腐蚀环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 13 的规定。

表 13 化学腐蚀环境中高性能混凝土配合比参数

配合比参数	设计使用年限、环境类别与作用等级					
	50年			100年		
	V-C	V-D	V-E	V-C	V-D	V-E
水胶比	≤0.42	≤0.39	≤0.36	≤0.39	≤0.36	≤0.33
矿物掺合料掺量/%	≥30			≥35		
宜选用复合掺合料、单掺矿渣、单掺粉煤灰或者粉煤灰、矿渣、硅灰中的两种或三种复合。当采用硅灰时，同时宜满足硅灰掺量≤10%。 注：矿物掺合料掺量为采用普通硅酸盐水泥情况的掺量。						

7.5.2 高性能混凝土抗硫酸盐或镁盐侵蚀配合比参数宜符合表 14 的规定。

表 14 高性能混凝土抗硫酸盐或镁盐侵蚀配合比参数

抗硫酸盐等级	最大水胶比	矿物掺合料掺量/%
KS120	0.42	≥30
KS150	0.38	≥35
> KS150	0.33	≥40
宜选用复合掺合料、单掺矿渣、单掺粉煤灰或者粉煤灰、矿渣、硅灰中的两种或三种复合。当采用硅灰时，同时应满足硅灰掺量≤10%。 注：矿物掺合料掺量为采用普通硅酸盐水泥情况的掺量。		

7.5.3 高性能混凝土抗其他化学腐蚀配合比参数宜符合表 15 的规定。

表 15 高性能混凝土抗其他化学腐蚀配合比参数

环境条件	腐蚀介质指标	最大水胶比
水(含酸雨等)中酸碱度(pH值)	5.5~<6.0	0.42
	4.5~<5.5	0.39
	<4.5	0.36
水中侵蚀性CO ₂ 浓度/(mg/L)	15~<30	0.42
	30~<60	0.40
	60~<100	0.38

8 质量要求

8.1 拌合物性能要求

8.1.1 高性能混凝土拌合物应具有良好的和易性,且坍落度、扩展度、坍落度经时损失和凝结时间等拌合物性能应满足施工要求。

8.1.2 在满足施工工艺要求的前提下,宜采用较小的坍落度。

8.1.3 高性能混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表 16 的规定。

表 16 高性能混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量

环境条件	水溶性氯离子最大含量/% (水泥用量的质量分数)	
	钢筋混凝土	预应力混凝土
干燥环境	0.30	0.06
潮湿但不含氯离子的环境	0.20	
潮湿且含有氯离子的环境、盐渍土环境	0.10	
除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境	0.06	
注:当掺合料采用粉煤灰、矿渣粉或硅灰时,其掺量可折算为水泥用量。		

8.1.4 长期处于潮湿或水位变动的寒冷和严寒环境、盐冻环境、受除冰盐作用环境的高性能混凝土应掺用引气剂。引气剂掺量应根据混凝土含气量要求经试验确定,高性能混凝土密实成型后的最小含气量应符合表 17 的规定,最大不宜超过 7.0%。在含盐干湿循环环境、含盐大气环境中的高性能混凝土应采用引气混凝土,其含气量不宜超过 5.0%。对于无抗冻要求的一般环境条件,掺用引气剂或引气型外加剂高性能混凝土拌合物的含气量应符合 GB 50164 的规定。

表 17 高性能混凝土最小含气量

粗骨料最大公称粒径/mm	混凝土最小含气量/%	
	潮湿或水位变动的 寒冷和严寒环境	受除冰盐作用、盐冻 环境、海水冻融环境
40.0	4.5	5.0

表 17 高性能混凝土最小含气量 (续)

粗骨料最大公称粒径/mm	混凝土最小含气量/%	
	潮湿或水位变动的 寒冷和严寒环境	受除冰盐作用、盐冻 环境、海水冻融环境
25.0	5.0	5.5
20.0	5.5	6.0

注：含气量为气体占混凝土体积的百分比。

8.1.5 特制品高性能混凝土的稠度以及其他性能控制应符合下列规定：

- 泵送高强高性能混凝土 1 h 坍落度应无损失，扩展度不宜小于 500 mm，倒置坍落度筒排空时间宜控制在 5 s~20 s；
- 自密实混凝土的扩展度控制目标值宜为 600 mm~700 mm，1 h 扩展度应无损失；扩展时间 T500 不宜大于 8 s；坍落扩展度与 J 环扩展度差值不宜大于 25 mm；离析率不宜大于 15%；
- 泵送钢纤维混凝土坍落度控制目标值宜为 160 mm~210 mm，坍落度经时损失不宜大于 30 mm/h；泵送合成纤维混凝土坍落度控制目标值不宜大于 180 mm，坍落度经时损失不宜大于 30 mm/h；纤维混凝土拌合物中的纤维应分布均匀，不出现结团现象。

8.2 力学性能要求

高性能混凝土力学性能应满足设计要求。

8.3 耐久性能和长期性能要求

8.3.1 一般环境中高性能混凝土的耐久性能要求

一般环境中高性能混凝土耐久性能应符合表 18 的规定。

表 18 一般环境中高性能混凝土耐久性能要求

耐久性能要求	设计使用年限、环境类别与作用等级		
	50 年	100 年	
	I-C	I-B	I-C
碳化深度/mm	≤15	≤10	≤5
抗渗等级	≥P12	≥P12	≥P12

碳化深度、抗渗等级应至少满足一项。

8.3.2 冻融环境中高性能混凝土的耐久性能要求

冻融环境中高性能混凝土耐久性能应符合表 19 的规定。

表 19 冻融环境中高性能混凝土耐久性能要求

耐久性能要求	设计使用年限、环境类别与作用等级					
	50年			100年		
	Ⅱ-C	Ⅱ-D	Ⅱ-E	Ⅱ-C	Ⅱ-D	Ⅱ-E
抗冻等级	≥F250	≥F300	≥F350	≥F300	≥F350	≥F400

8.3.3 氯化物环境中高性能混凝土的耐久性能要求

氯化物环境中高性能混凝土耐久性能应符合表 20 的规定。

表 20 氯化物环境中高性能混凝土耐久性能要求

耐久性能要求	设计使用年限、环境类别与作用等级							
	50年				100年			
	Ⅲ-C Ⅳ-C	Ⅲ-D Ⅳ-D	Ⅲ-E Ⅳ-E	Ⅲ-F	Ⅲ-C Ⅳ-C	Ⅲ-D Ⅳ-D	Ⅲ-E Ⅳ-E	Ⅲ-F
84 d 氯离子迁移系数/ ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	<3.0	<2.5	<2.0	<1.5	<2.5	<2.0	<1.5	<1.2

8.3.4 硫酸盐腐蚀环境中高性能混凝土的耐久性能要求

硫酸盐腐蚀环境中高性能混凝土耐久性能应符合表 21 的规定。

表 21 硫酸盐腐蚀环境中高性能混凝土耐久性能要求

耐久性能要求	设计使用年限、环境类别与作用等级					
	50年			100年		
	V-C	V-D	V-E	V-C	V-D	V-E
84 d 氯离子迁移系数/ ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	≤4.0	≤2.5	≤2.0	≤3.5	≤2.0	<1.5
56 d 电通量/C	≤2 000	≤1 500	≤1 000	≤1 500	≤1 000	≤800
抗硫酸盐等级	≥KS120	≥KS150	≥KS150	≥KS150	≥KS150	≥KS150
其中 84 d 氯离子迁移系数、56 d 电通量要求应至少满足一项。						

8.3.5 收缩性能

有特殊抗裂、防渗要求的高性能混凝土 180 d 干燥收缩率不宜超过 0.045%。

9 制备

9.1 通则

9.1.1 搅拌站(楼)应符合 GB/T 10171 的规定。

9.1.2 生产厂址选择、厂区要求、设备设施、控制要求、监测控制应符合 JGJ/T 328 的规定,并应达到一

星级及以上的标准。

9.1.3 高性能混凝土的生产与管理宜采用实时监测、图像监控等信息技术手段,并及时封存相关信息作为备案资料。

9.2 原材料进场与贮存

9.2.1 原材料进场与贮存应符合 GB/T 14902 和 GB 50164 的规定。

9.2.2 大宗粉料不宜使用袋装方式。

9.2.3 原材料的运输、装卸和存放应采取降低噪声和防尘的措施,并保持清洁卫生,符合环境卫生要求。

9.3 计量

9.3.1 生产计量应符合 GB/T 14902 的规定。

9.3.2 外加剂的计量宜单独采用精度更高的计量设备或其他有效措施来提高外加剂计量精度。

9.3.3 当掺加纤维等特殊原材料时,应安排专人负责计量操作和环境安全。

9.3.4 应严格控制计量过程中的粉尘排放,并定期对除尘装置进行滤芯更换。

9.4 搅拌

9.4.1 搅拌应符合 GB/T 14902、GB 50164 的规定。

9.4.2 应采用强制式搅拌机,宜采用振动搅拌等其他可使物料分散更均匀、搅拌效果更好的搅拌设备。

9.4.3 搅拌工艺应根据混凝土配合比、搅拌设备等确定。

9.4.4 生产高性能混凝土时的粉体材料温度不宜高于 60 °C。

9.4.5 拌合物温度应采取下列控制措施:

- a) 冬期施工搅拌混凝土时,宜采用加热水的方法提高拌合物温度,也可同时采用加热骨料的方法提高拌合物温度;
- b) 炎热季节搅拌混凝土时,应采取遮阳、喷淋、风冷等措施降低骨料温度;搅拌混凝土时可采用冷水或掺加冰屑降低拌合物温度。

9.5 运输

9.5.1 运输应符合 GB/T 14902、GB 50164 和 GB 50666 的规定。

9.5.2 搅拌运输车出入厂区时宜使用循环水进行冲洗以保持卫生清洁,冲洗运输车产生的废水可进入废水回收利用设施。

9.5.3 高性能混凝土在运输过程中不应加水。

10 试验方法

10.1 水泥性能

10.1.1 比表面积应按 GB/T 8074 的方法测定。

10.1.2 3 d 抗压强度、28 d 抗压强度应按 GB/T 17671 的方法测定,28 d/3 d 抗压强度比为 28 d 抗压强度与 3 d 抗压强度的比值。

10.1.3 熟料 C_3A 含量应按 GB/T 176 的方法测定。

10.1.4 3 d 水化热、7 d 水化热应按 GB/T 12959 的方法测定。

10.1.5 氯离子含量应按 GB/T 176 的方法测定。

10.1.6 标准稠度用水量应按 GB/T 1346 的方法测定。

10.2 高性能混凝土拌合物性能

10.2.1 水溶性氯离子含量应按 JGJ/T 322 的方法测定。

10.2.2 其他高性能混凝土拌合物性能应按 GB/T 50080 的方法测定。

10.3 高性能混凝土强度

高性能混凝土强度应按 GB/T 50081 的方法测定。

10.4 高性能混凝土耐久性能和长期性能

高性能混凝土耐久性能和长期性能应按 GB/T 50082 的方法测定。

11 检验规则

11.1 检验项目

高性能混凝土应检验混凝土拌合物水溶性氯离子含量、坍落度、凝结时间、硬化混凝土强度、耐久性能和长期性能；掺用引气剂或引气型外加剂的混凝土还应检验拌合物的含气量。

11.2 取样与检验频率

11.2.1 高性能混凝土试样应在浇筑地点由第三方或混凝土使用方质检部门随机抽取。拌合物取样方法与数量应符合 GB/T 50080 的规定，强度试样取样方法、数量、试件制作与养护应符合 GB/T 50107 的规定，耐久性能和长期性能试样取样方法、数量、试件制作与养护应符合 GB/T 50082 的规定。

11.2.2 常规品高性能混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

- a) 坍落度检验频率应与强度检验相同；
- b) 同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂的拌合物凝结时间应至少检验 1 次；
- c) 同一工程、同一配合比的拌合物水溶性氯离子含量应至少检验 1 次；
- d) 同一工程、同一配合比和采用同一批次海砂的拌合物水溶性氯离子含量应至少检验 1 次；
- e) 同一工程、同一配比的掺用引气剂或引气型外加剂的高性能混凝土拌合物含气量应至少检验 1 次。

11.2.3 常规品高性能混凝土强度的检验频率应符合 GB/T 50107 的规定。

11.2.4 常规品高性能混凝土收缩性能检验频率与碳化深度、抗冻性能、抗水渗透性能、抗硫酸盐侵蚀性能、氯离子迁移系数、电通量检验频率一致，均应符合 JGJ/T 193 的规定。

11.2.5 特制品高性能混凝土的检验频率还应符合下列规定：

- a) 高强高性能混凝土检验频率应与常规品高性能混凝土相同；
- b) 自密实高性能混凝土除 11.1 以外项目的检验频率还应符合 JGJ/T 283 的规定；
- c) 纤维高性能混凝土除 11.1 以外项目的检验频率还应符合 JGJ/T 221 的规定。

11.3 评定

11.3.1 高性能混凝土拌合物中水溶性氯离子含量检验结果符合 8.1.3 规定时为合格。

11.3.2 掺用引气剂或引气型外加剂的高性能混凝土含气量检验结果符合 8.1.4 规定时为合格。

GB/T 41054—2021

11.3.3 高性能混凝土拌合物坍落度、扩展度、坍落度经时损失和凝结时间等拌合物性能检验结果符合 8.1.1 和 8.1.5 规定时为合格。

11.3.4 高性能混凝土强度检验结果符合设计和 GB/T 50107 要求时为合格。

11.3.5 高性能混凝土耐久性能和长期性能检验结果符合 8.3 规定时为合格。

12 订货与交货

高性能混凝土的订货与交货应符合 GB/T 14902 的规定。



附 录 A
(规范性)
高性能混凝土的施工

A.1 常规品高性能混凝土的浇筑

常规品高性能混凝土浇筑应符合下列规定：

- a) 不应向混凝土中加水；
- b) 高性能混凝土入模温度不宜高于 35℃，且不应低于 5℃；
- c) 混凝土应成型密实；
- d) 浇筑应符合 GB 50164 和 GB 50666 的规定。

A.2 常规品高性能混凝土的养护

A.2.1 养护应符合 GB 50164 和 GB 50666 的规定。

A.2.2 浇筑后应及时进行保湿养护。大面积暴露的水平构件、竖向构件及大体积构件宜根据构件尺寸、环境情况及施工条件确定养护开始时间及养护时长。大掺量矿物掺合料混凝土宜适当延长养护时长。

A.2.3 当采用混凝土养护剂进行养护时，养护剂的有效保水率不应小于 90%，7 d 和 28 d 抗压强度比均不应小于 95%。养护剂有效保水率和抗压强度比的试验方法应符合 JT/T 522 的规定。

A.2.4 养护用水应符合 JGJ 63 的规定。未经处理的海水不应用于钢筋混凝土和预应力混凝土养护。养护用水温度与混凝土表面温度之间的温差不宜大于 20℃。

A.2.5 自然养护时，混凝土浇筑完毕后的保温保湿养护时间应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 混凝土保温保湿的最短养护时间

水胶比	大气潮湿(相对湿度 ≥50%)，无风，无阳光直射		大气干燥(20%≤相对湿度 <50%)，有风，或阳光直射		大气极端干燥(相对湿度 <20%)，大风，大温差	
	日平均气温 T/℃	养护时间/d	日平均气温 T/℃	养护时间/d	日平均气温 T/℃	养护时间/d
>0.45	5≤T<10	21	5≤T<10	28	5≤T<10	56
	10≤T<20	14	10≤T<20	21	10≤T<20	45
	T≥20	10	T≥20	14	T≥20	35
≤0.45	5≤T<10	14	5≤T<10	21	5≤T<10	45
	10≤T<20	10	10≤T<20	14	10≤T<20	35
	T≥20	7	T≥20	10	T≥20	28

A.2.6 蒸汽养护前，应对混凝土进行适当的静停养护，静停养护温度不应低于 5℃，静停养护时间不宜小于 4 h。蒸汽养护时，养护的升、降温速度不宜大于 10℃/h。蒸汽养护后，混凝土还应进行适当的保温保湿养护。

A.2.7 当环境最低温度低于 5℃时，应采取适当的保温保湿养护措施进行养护，不应直接进行洒水养护。

A.2.8 用于预制制品时，养护应满足该制品生产工艺规定的养护制度的要求。

A.3 特制品高性能混凝土施工

高强高性能混凝土施工应符合 JGJ/T 281 的规定,自密实高性能混凝土施工应符合 JGJ/T 283 的规定,纤维高性能混凝土施工应符合 JGJ/T 221 的规定。

A.4 大体积混凝土施工

大体积混凝土施工应符合 GB 50496 的规定。

A.5 特殊、复杂的混凝土工程施工

特殊、复杂的混凝土工程施工应制定专项施工方案。

