

山西省工程建设地方标准

高性能混凝土应用技术规程

**Technical specification
for application of high
performance concrete**

(报审稿)

DBJ-04-

山西 X X X X 出版社

2023 太 原

(版权页)

(公告)

(公告后面背白)

前 言

本标准按照山西省住房和城乡建设厅《关于印发 2022 年工程建设地方标准制（修）订计划（第二批）的通知》（晋建科字【2022】232 号）文件要求，由山西省建筑科学研究院集团有限公司会同有关单位修订而成。

本标准共分为 8 章：1.总则；2.术语与定义；3.基本规定；4.材料；5.配合比设计；6.高性能混凝土的性能要求；7.质量控制；8.质量验收。

本标准由山西省建筑科学研究院集团有限公司负责具体技术内容的解释，由 XXXXX 负责管理。

本标准在执行过程中如有意见或建议，请寄送山西省建筑科学研究院集团有限公司（地址：山西省太原市山佑巷 10 号）

本次修订的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

本标准主编单位：山西省建筑科学研究院集团有限公司
中建西部建设山西分公司

本标准参编单位：山西华建建筑工程检测有限公司
山西五建集团有限公司
山西黄河新型建材有限公司

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语和定义	2
3	基本规定	4
4	材料	6
4.1	水 泥	6
4.2	骨 料	7
4.3	矿物掺合料	11
4.4	外加剂	12
4.5	混凝土用水	13
4.6	纤维	13
5	配合比设计	14
5.1	一般规定	14
5.2	高性能混凝土配合比设计	16
5.3	一般环境中高性能混凝土耐久性设计	20
5.4	抗冻融耐久性设计	20
5.5	抗氯盐侵蚀耐久性设计	22
5.6	抗硫酸盐侵蚀耐久性设计	24
5.7	预防碱骨料反应措施	26
6	高性能混凝土性能要求	29
6.1	拌合物性能要求	29

6.2	物理力学性能要求	30
6.3	耐久性 & 长期性能要求	31
7	质量控制	35
7.1	原材料质量控制	35
7.2	高性能混凝土的生产	35
7.3	工作性检验	38
7.4	高性能混凝土的运输	39
7.5	高性能混凝土的浇筑	39
7.6	高性能混凝土养护	40
7.7	其他高性能混凝土的施工	42
8	质量验收	43
	本规程用词说明	44
	引用标准名录	45
	附：条文说明	47

(英文目录)

1 总 则

1.0.1 为了规范高性能混凝土在工程中的应用,保证工程质量,做到技术先进、安全可靠、经济合理,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山西省行政区域内工业与民用建筑、市政等建设工程中高性能混凝土的应用施工。

1.0.3 高性能混凝土的应用,除应执行本规程外,尚应符合国家、行业及山西省现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 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。

2.0.2 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。

2.0.3 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。

2.0.4 混凝土结构的耐久性 durability of concrete structure

在预定作用和预期的维护与使用条件下,混凝土结构及构件在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

2.0.5 水胶比 water to binder ratio。

混凝土配制时的总用水量与胶凝材料总量的质量比。

2.0.6 矿物掺合料 mineral admixture

以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要成分,具有规定细度,掺入混凝土中能改善混凝土性能的粉体材料。

2.0.7 粗骨料不规则颗粒 irregular particle in coarse aggregate

卵石、碎石颗粒最小一维尺寸小于该颗粒所属相应粒级的平均粒径 0.5 倍的颗粒。

2.0.8 人工砂片状颗粒 flaky particle in artificial sand

粒径 1.18mm 以上的人工砂颗粒中最小一维尺寸小于该颗粒所属相应粒级的平均粒径 0.45 倍的颗粒。

2.0.9 石粉亚甲蓝值 (MB 值) methylene blue number of rock fines
用于判定石粉吸附性能的指标。

2.0.10 石粉流动度比 fluidity ratio of rock fines

在掺加外加剂和 0.4 水胶比条件下,掺加石粉的胶砂与基准水泥胶砂的流动度之比,用于判定石粉对减水剂吸附性能的指标。

2.0.11 人工砂需水量比 water requirement of artificial sand

人工砂与中国 ISO 标准砂在规定水泥胶砂流动度偏差下的用水量之比,用于综合判定人工砂级配、粒形、吸水率和石粉吸附性能的指标。

2.0.12 混凝土工作性 workability of concrete

混凝土拌合物满足施工操作要求及保证混凝土均匀密实应具备的特性,主要包括流动性、黏聚性和保水性。简称混凝土工作性。

2.0.13 坍落扩展度 slump-flow

用坍落度筒测量混凝土坍落度之后,随即测量混凝土拌合物坍落扩展终止后扩展面最大直径以及与最大直径呈垂直方向的直径,取直径的平均值(mm)。

2.0.14 混凝土体积稳定性 volume stability of concrete

混凝土初凝后,能抵抗收缩或膨胀而保持原有体积的性能。

2.0.15 混凝土力学性能 mechanical properties of concrete

混凝土强度和受力变形性能的总称。

2.0.16 电通量 passed electric charge

在 60V 直流恒电压作用下 6h 内通过混凝土规定截面积的总电量。

2.0.17 氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

描述混凝土孔隙水中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散迁移过程的参数。

2.0.18 抗硫酸盐等级 resistance class to sulphate attack of concrete

用抗硫酸盐侵蚀试验方法测得最大干湿循环次数来划分的混凝土抗硫酸盐侵蚀性能等级。

2.0.19 符号

FF: 石粉流动度比; *X*:人工砂需水量比; *MBF*: 石粉亚甲蓝值。

3 基本规定

3.0.1 高性能混凝土必须具有设计要求的强度等级,在设计使用年限内必须满足耐久性和结构承载力等正常使用功能要求。

3.0.2 高性能混凝土应针对混凝土结构所处环境类别和环境作用等级进行耐久性设计,当结构构件受到多种环境类别共同作用时,应分别满足每种环境类别单独作用下的耐久性要求,环境类别及作用等级见表 3.0.2-1 和表 3.0.2-2。应依据要求选用适当的水泥品种、矿物掺合料,以及适当的水胶比,并采用适当的化学外加剂。

表 3.0.2-1 环境类别

环境类别	名称	腐蚀机制(劣化机理)
I	一般环境	保护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀(正常大气作用引起钢筋锈蚀)
II	冻融环境	反复冻融导致混凝土损伤
III	海洋氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
IV	除冰盐等其他氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
V	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

注:一般环境系指无冻融、氯化物和其他化学腐蚀物质作用的混凝土结构或构件的暴露环境。

表 3.0.2-2 环境作用等级

环境类别 \ 环境作用等级	A 轻微	B 轻度	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
	一般环境	I—A	I—B	I—C	—	—
冻融环境	—	—	II—C	II—D	II—E	—
海洋氯化物环境	—	—	III—C	III—D	III—E	III—F

续表 3.0.2-2

环境作用等级 环境类别	A 轻微	B 轻度	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
除冰盐等其他氯化物环境	—	—	V—C	V—D	V—E	—
化学腐蚀环境	—	—	V—C	V—D	V—E	—

3.0.3 在长期潮湿或接触水的环境条件下，用于混凝土结构的高性能混凝土耐久性设计应考虑混凝土可能发生的碱-骨料反应、钙矾石延迟生成反应和环境水对混凝土的溶蚀,在设计中采取相应的措施。

3.0.4 受到多种环境类别共同作用下的混凝土结构应采用高性能混凝土。高性能混凝土应符合下列技术要求：

- 1 水胶比不大于 0.45；
- 2 采用符合 JG/T 568 性能要求 I 级以上骨料，掺加高性能减水剂及符合要求的矿物掺合料（粉煤灰、矿渣粉、硅灰等）；
- 3 高性能混凝土中可溶性碱总含量不应大于 3.0kg/m^3 ；
- 4 高性能混凝土生产应按照《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328 中的要求进行绿色生产，生产企业应最少满足绿色生产评价等级一星级或以上的要求；
- 5 高性能混凝土的施工应按照绿色施工的要求进行施工和现场管理。

3.0.5 当对于高性能混凝土有特殊抗裂、防渗要求时，应进行专项论证。

3.0.6 高性能混凝土的评价宜按照 JGJ/T 385 的规定进行。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 高性能混凝土采用的水泥应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175和《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748 的规定。

4.1.2 水泥品种与强度等级的选用应根据设计、施工要求以及工程所处环境确定，对于一般建筑结构或预制构件的常规品高性能混凝土，宜选用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。大体积高性能混凝土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；盐冻融、低温硫酸盐腐蚀环境下的高性能混凝土，不宜采用含石灰石粉的水泥或掺合料；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。

4.1.3 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥的技术指标还宜符合下列的规定。

- 1 比表面积不大于 $360\text{m}^2/\text{kg}$ ；
- 2 3d 抗压强度不小于 28MPa, 28d 抗压强度不小于 50MPa；
- 3 熟料 C_3A 含量（按质量计）不大于 6%；
- 4 3d 水化热不大于 280kJ/kg, 7 d 水化热不大于 320kJ/kg；
- 5 氯离子含量(按质量计)不大于 0.06%；
- 6 标准稠度用水量不大于 27%；
- 7 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下表 4.1.3 进行控制；

表 4.1.3 抗裂高性能混凝土用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥技术指标要求

项目	指标要求
3d 抗压强度/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
28d/3d 抗压强度比	≥ 1.70

注: 表中, 28d/3d 抗压强度比为 28d 抗压强度与 3d 抗压强度的比值。

8 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。

4.1.4 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。

4.1.5 水泥进场应提供型式检验报告等质量证明文件, 且质量证明文件中应包含混合材品种及掺量。当采用 4.1.3 的技术建议时, 质量文件还应包含 4.1.3 中的检验项目, 且检验结果应符合 4.1.3 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。

4.1.6 水泥进场温度不宜大于 60°C 。

4.1.7 水泥性能试验方法

- 1 比表面积应按 GB/T 8074 的方法测定。
- 2 3d 抗压强度、28d 抗压强度应按 GB/T 17671 的方法测定。
- 3 熟料 C_3A 含量应按 GB/T 176 的方法测定。
- 4 3d 水化热、7d 水化热应按 GB/T 12959 的方法测定。
- 5 氯离子含量应按 GB/T 176 的方法测定。
- 6 标准稠度用水量应按 GB/T 1346 的方法测定。

4.2 骨 料

4.2.1 骨料的放射性应符合 GB 6555 的规定。

4.2.2 当使用矿山废石生产的粗细骨料配制高性能混凝土时, 有害物质含量应符合 GB/T 14684、GB/T 14685 中 II 类技术要求外, 还应符合国家、地方政府环保和安全相关规范, 不应对人体、生物、环

境和混凝土产生有害影响。

4.2.3 粗骨料应符合 GB/T 14685 的规定,颗粒级配应采用连续级配。当采用 JG/T 568 且技术指标有分级要求时,粗骨料的性能指标不应低于 I 级。

1 粗骨料除颗粒级配外其他技术指标应符合下表 4.2.3 中规定。

表 4.2.3 粗骨料技术要求

项目	卵石		碎石	
	特级	I 级	特级	I 级
针、片状颗粒含量/%	≤3	≤5	≤3	≤5
不规则颗粒含量/%	≤5	≤10	≤5	≤10
表观密度/(kg/m ³)	≥2600	≥2600	≥2600	≥2600
含泥量(按质量计)/%	≤0.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0
泥块含量(按质量计)/%	0	≤0.2	0	≤0.2
有机物	合格		合格	
硫化物及硫酸盐含量(按 SO ₃ 质量计) ^a /%	≤0.5	≤1.0	≤0.5	≤1.0
吸水率/%	≤1.0	≤1.5	≤1.0	≤1.5
坚固性(质量损失)/%	≤5	≤8	≤5	≤8
压碎指标 ^b /%	≤10	≤15	≤10	≤15
氯化物(以氯离子质量计)/%	≤0.01	≤0.02	≤0.01	≤0.02
含水率	实测值	实测值		
岩石抗压强度	在水饱和状态下,其抗压强度火成岩不应小于 80MPa,变质岩不应小于 60MPa,水成岩不应低于 45MPa			
^a 当粗骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化杂质时,应进行专门检验,确认能满足混凝土耐久性要求后,方能采用;当粗骨料中含有黄铁矿时,硫化物及硫酸盐含量(按 SO ₃ 质量计)不得超过 0.25%。				
^b 当采用干法生产的石灰岩碎石配制 C40 及以下强度等级大流态混凝土(坍落度大于 180mm)时,碎石压碎指标可放宽至 20%。				

2 配制强度等级大于或等于 C60 高性能混凝土的粗骨料应选用破碎石。骨料粒径宜采用 5mm~20mm 连续级配，粗骨料最大粒径不宜大于 20mm，其压碎值宜小于 8%。

4.2.4 细骨料应符合 GB/T 14684 的规定，颗粒级配累计筛余宜分布在 2 区，细度模数应为 2.3~3.2。当采用 JG/T 568 且技术指标有分级要求时，细骨料的技术性能不应低于 I 级。

1 细骨料颗粒级配应符合表 4.2.4—1 的规定，细骨料颗粒级配允许一个粒级（不含 4.75mm 和筛底）的分计筛余可略有超出，但不应大于 5%。当石粉亚甲蓝 $MB_F > 6.0$ 时，人工砂 0.15mm 和筛底的分计筛余之和不宜大于 25%。

表 4.2.4—1 细骨料颗粒级配

方孔筛尺寸 /mm	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
人工砂分级 筛余/%	0~5	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~20
天然砂分级 筛余/%	0~10	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~10

2 人工砂的石粉含量应符合下列要求：

a) 当石粉亚甲蓝值 $MB_F > 6.0$ 时，石粉含量（按质量计）不应超过 3.0%；

b) 当石粉亚甲蓝值 $MB_F > 4.0$ ，且石粉流动度比 $F_F < 100\%$ 时，石粉含量（按质量计）不应超过 5.0%；

c) 当石粉亚甲蓝值 $MB_F > 4.0$ ，且石粉流动度比 $F_F \geq 100\%$ 时，石粉含量（按质量计）不应超过 7%；

d) 当石粉亚甲蓝值 $MB_F \leq 4.0$ ，且石粉流动度比 $F_F \geq 100\%$ 时，石粉含量（按质量计）不应超过 10%；

e) 当石粉亚甲蓝值 $MB_F \leq 2.5$ 或石粉流动度比 $F_F \geq 110\%$ 时，根据使用环境和用途，并经试验验证，供需双方协商可适当放宽石粉含量（按质量计），但不应超过 15%。

3 石粉亚甲蓝(MB_F)值计算

1) 石粉亚甲蓝值(MB)按式(C.2)计算：

$$MB_F = \frac{V}{G} \times 10 \quad (C2)$$

式中: MB_F ——亚甲蓝值,表示每千克石粉试样所消耗的亚甲蓝克数,单位为克每千克(g/kg),精确至 0.1;

G ——试样质量为 50g;

V ——所加入的亚甲蓝溶液的总量,单位为毫升(mL);

10——换算系数,用于将每千克试样消耗的亚甲蓝溶液体积换算成亚甲蓝质量。

2) 石粉亚甲蓝(MB_F)值取 2 次试验结果的算术平均值,精确至 0.1。

4 细骨料的其他技术要求应符合下表的规定。

表 4.2.4-4 细骨料其他技术要求

项目	天然砂		人工砂	
	特级	I 级	特级	I 级
含泥量 (按质量计) %	≤1.0	≤2.0	—	—
泥块含量 (按质量计) %	0	≤0.5	0	≤0.5
片状颗粒含量 %	—	—	≤10	≤15
人工砂需水量比 %	—	—	≤115	≤125
坚固性 (质量损失) %	≤5	≤8	≤5	≤8
单级最大压碎指标 %	—	—	≤20	≤25
表观密度 / (kg/m ³)	≥2500	≥2500	≥2600	≥2600
松散堆积空隙率 %	≤41.0	≤43.0	≤41.0	≤43.0
饱和面干吸水率 (%)	≤1.0	≤2.0	≤1.0	≤2.0
云母含量 (按质量计) %	≤1.0	≤2.0	≤1.0	≤2.0
含水率	供需双方协商确定		供需双方协商确定	
轻物质含量 (按质量计) %	≤1.0		≤1.0	
有机物含量	合格		合格	
硫化物及硫酸盐含量 (折算成 SO ₃ 按质量计) %	≤0.5		≤0.5	
氯化物 (以氯离子质量计) %	≤0.01	≤0.02	≤0.01	≤0.02
贝壳 (按质量计) %	≤3.0	≤5.0	≤3.0	≤5.0
<p>^a 此指标为选择性指标,可由供需双方协商确定是否采用。</p> <p>^b 当细骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化杂质时,应进行专门检验,确认满足混凝土耐久性要求后,方能采用;当细骨料中含有黄铁矿时,硫化物及硫酸盐含量(按 SO₃ 质量计)不得超过 0.25%。</p> <p>^c 该指标仅适用于海砂,其他砂种不做要求。</p>				

4.2.5 高性能混凝土宜采用非碱活性骨料。

4.2.6 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，并应进行检验，检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

4.2.7 高性能混凝土用骨料试验方法

1 细骨料、粗骨料的试样、试验环境、试验用筛和颗粒级配分别按照 GB/T 14684 和 GB/T 14685 的规定进行，砂的细度模数按 GB/T 14684 的规定进行，粗骨料的针、片状颗粒含量按 GB/T 14685 的规定进行；

2 粗骨料不规则颗粒含量按 JG/T 568-2019《高性能混凝土用骨料》附录 A 进行；

3 人工砂片状颗粒含量按照 JG/T 568-2019《高性能混凝土用骨料》附录 B 进行；

4 石粉亚甲蓝值按 JG/T 568-2019《高性能混凝土用骨料》附录 C 进行；

5 石粉流动度比按 JG/T 568-2019《高性能混凝土用骨料》附录 D 进行；

6 人工砂需水量比按 JG/T 568-2019《高性能混凝土用骨料》附录 E 进行；

7 细骨料和粗骨料其他指标分别按照 GB/T 14684 及 GB/T 14685 的规定进行。

4.3 矿物掺合料

4.3.1 用于配制高性能混凝土的矿物掺合料应符合下列要求。

1 采用粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 标准的Ⅱ级以上粉煤灰技术要求，采用磨细粉煤灰时应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 标准中磨细粉煤灰技术要求且磨细粉煤灰的比表面积应不小于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ ，烧失量不大于 5%，需水量比不大于 100%，并按相关标准规范要求检测粉煤灰中的氨离子含量；

2 采用粒化高炉矿渣粉应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定,且应选用 S95 级或 S105 级矿渣粉;

3 采用的硅灰性能应符合 GB/T 27690《砂浆和混凝土用硅灰》的规定,且应选用 85 级或 90 级硅灰,原状硅灰堆积密度应不大于 $350\text{kg}/\text{m}^3$,加密硅灰堆积密度应大于 $350\text{kg}/\text{m}^3$;

4 石灰石粉性能应符合 GB/T 30190 的规定,复合掺合料性能应符合 JG/T 486 的规定且应选用 I 级或 II 级普通型复合矿物掺合料。

4.3.2 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。

4.3.3 对于有抗渗、抗冻、抗腐蚀、耐磨或有其他特殊要求的高性能混凝土,不应采用低于 II 级的粉煤灰。

4.3.4 高性能混凝土中矿物掺合料等量取代水泥的(单掺时)最大用量宜符合下列要求:

1 硅灰不大于 5%;粉煤灰不大于 30%;粒化高炉矿渣粉不大于 40%;复合掺合料不大于 40%;

2 当硅灰超量取代水泥时,取代系数不大于 2。

4.3.5 矿物掺合料的放射性应符合 GB 6566 的有关规定,且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。

4.3.6 矿物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。

4.4 外加剂

4.4.1 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外加剂品种和掺量。

4.4.2 高性能混凝土中采用的外加剂性能应符合 GB 8076、GB 50119 的规定以及 GB/T 41054 中外加剂的相关规定。所采用的减水剂或泵送剂宜为聚羧酸系高性能减水剂,其减水率应高于 25%。

4.4.3 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，并应进行检验，检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

4.5 混凝土用水

4.5.1 高性能混凝土的拌合用水和养护用水,必须符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.5.2 高性能混凝土拌合用水不宜使用混凝土搅拌站生产回收水。

4.5.3 高性能混凝土用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。

4.6 纤维

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

4.6.2 高性能混凝土掺用钢纤维宜采用异形钢纤维品种，抗拉强度等级应为 600 级及以上。需要掺入合成纤维时优先选用膜裂纤维。

4.6.3 高性能混凝土掺入纤维生产时宜配备纤维专用的计量和投料设备,为保证纤维均匀分布在混凝土中，宜先将纤维和粗细骨料投入搅拌机中干拌，将纤维打散，然后再加入水泥、矿物掺合料、水、外加剂搅拌，其搅拌时间应比普通混凝土适当延长。

4.6.4 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。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 高性能混凝土的配合比应根据混凝土结构工程的要求进行设计,满足其施工要求的工作性能,以及结构混凝土的力学性能和耐久性。

5.1.2 耐久性设计应针对混凝土结构所处外部环境中劣化因素的作用,确保结构在设计使用年限内不超过容许劣化状态。配合比设计应提前进行,以留出足够的时间进行配合比调整及长期耐久性试验。

5.1.3 高性能混凝土的配合比设计的应符合 GB 55008《混凝土结构通用规范》的相关规定。

5.1.4 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。

5.1.5 常规品高性能混凝土配合比设计应符合 JGJ 55 的规定。

5.1.6 特制品高性能混凝土配合比设计应符合下列规定。

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

5.1.7 用于预制制品的高性能混凝土配合比设计还应符合该类制品的相关标准要求。

5.1.8 高性能混凝土的浆体比宜符合表 5.1.8 的规定。

表 5.1.8 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

注:浆体比即混凝土中水泥、矿物掺合料、机制砂中粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的石粉、水、气体和外加剂的体积之和与混凝土总体积之比。

5.1.9 高性能混凝土处于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符合表 5.1.9 的规定。

表 5.1.9 钢筋混凝土、预应力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	
		钢筋混 凝土	预应力 混凝土	钢筋 混凝土	预应力 混凝土
粉煤灰	≤ 0.40	45	35	35	30
	> 0.40	40	25	30	20
粒化高炉矿 渣粉	≤ 0.40	65	55	55	45
	> 0.40	55	45	45	35
石灰石粉	≤ 0.40	25	20	20	15
	> 0.40	20	15	15	10
硅灰	—	10	10	10	10
复合掺合料	≤ 0.40	65	55	55	45
	> 0.40	55	45	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。

5.1.10 高性能混凝土配合比设计在低水胶比情况下,宜采用大掺量掺用矿物掺合料、掺加缓凝剂及采用 60d 或 90d 龄期强度等措施,提高混凝土的抗裂性能。

5.1.11 高性能混凝土配合比的混凝土试配宜包括进行早期抗裂试验和干燥收缩率,检验高性能混凝土的体积稳定性。

5.2 高性能混凝土配合比设计

5.2.1 高性能混凝土配合比应根据结构物的设计使用年限、结构形式、施工条件、特别是环境条件、环境作用等所要求的具体性能指标进行设计。在综合考虑强度、耐久性、经济性和其他性能要求的基础上,提出试验配合比。

5.2.2 高性能混凝土配合比设计应包括初步设计计算和试验配制两个阶段。其中高性能混凝土配合比的设计计算宜采用体积法,且骨料计算时宜采用饱和面干表观密度。

5.2.3 高性能混凝土试配强度的确定。

1 当设计强度等级小于 C60 时,高性能混凝土的试配强度应按下式确定:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.2.3-1)$$

式中: $f_{cu,0}$ ——混凝土试配强度 (MPa);

$f_{cu,k}$ ——混凝土强度等级标准值 (MPa);

σ ——混凝土强度标准差,当无统计数据时,可取 4.5MPa。

2 当设计强度等级大于或等于 C60 时,试配强度应按下式确定:

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (5.2.3-2)$$

5.2.4 水胶比的确定。

1 水胶比计算:

混凝土强度等级不大于 C60 等级时,混凝土水胶比宜按下式计算:

$$W/B = \frac{\alpha_a f_{ce} \gamma_f \gamma_s}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_{ce} \gamma_f \gamma_s} \quad (5.2.4-1)$$

式中: W/B ——混凝土水胶比;

F_{ce} ——水泥 28d 胶砂强度(MPa);

α_a, α_b ——回归系数,根据工程所使用的原材料,通过试验建立的水胶比与混凝土强度关系式来确定,当不具备统计资料时,按表

5.2.4-1 选用;

$\gamma_f \gamma_s$ ——粉煤灰影响系数和粒化高炉矿渣粉影响系数,可按表 5.2.4-2 选用。

表 5.2.4-1 回归系数 $\alpha_a \alpha_b$ 选用表

粗骨料品种 系数	碎石	卵石
α_a	0.53	0.49
α_b	0.20	0.13

表 5.2.4-2 粉煤灰影响系数 γ_f 和粒化高炉矿渣粉影响系数 γ_s

种类 掺量	粉煤灰影响系数 γ_f	粒化高炉矿渣粉影响系数 γ_s
0	1.00	1.00
10	0.95 ~ 0.95	1.00
20	0.80 ~ 0.85	0.95 ~ 1.00
30	0.70 ~ 0.75	0.90 ~ 1.00
40	0.60 ~ 0.65	0.80 ~ 0.90
50	—	0.70 ~ 0.85

注: 1 本表以普通硅酸盐水泥为准;如采用普通硅酸盐水泥意外的通用硅酸盐水泥,可将水泥混合材料掺量 20%以上部分计入矿物掺合料。

2 宜采用 I 级或 II 级粉煤灰;采用 I 级粉煤灰宜取上限值,采用 II 级粉煤灰宜取下限值。

3 采用 S75 级粒化高炉矿渣粉宜取下限值,采用 S95 级粒化高炉矿渣粉宜取上限值,采用 S105 级粒化高炉矿渣粉可取上限值加 0.05。

4 当超出表中的掺量时,粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数应经试验确定。

2 水胶比的选取

1) 公式(5.2.4—1)计算出的水胶比,应根据设计使用年限、环境类别与作用等级对照表 5.2.4—3、表 5.2.4—4、表 5.2.4—5、表 5.2.4—6、表 5.2.4—7、表 5.2.4—8 中的规定,选取其中较小的水胶比作为下步设计计算用水胶比。

2) 一般环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 5.2.4—3 的规定。

表 5.2.4—3 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

3) 冻融环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 5.2.4—4 的规定。

表 5.2.4—4 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	≥350	≥380	≥400	≥380	≥400	≥420

4) 氯化物环境中高性能混凝土的配合比参数宜符合表 5.2.4—5 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 5.2.4—5 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。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。								

5) 化学侵蚀环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 5.2.4—6 的规定。

表 5.2.4—6 化学侵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。						

6) 高性能混凝土抗硫酸盐或镁盐侵蚀配合比参数宜符合表 5.2.4—7 的规定。

表 5.2.4—7 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	0.42	≥35
> KS150	0.38	≥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) 高性能混凝土抗其他化学腐蚀配合比参数宜符合表 5.2.4—8 的规定。

表 5.2.4—8 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

5.2.5 每立方米混凝土用料量的计算、试配、调整与确定,按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和本规程的有关规定执行。

5.3 一般环境中高性能混凝土耐久性设计

5.3.1 一般环境中高性能混凝土配合比参数应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 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

5.3.2 高性能混凝土的抗碳化耐久性水胶比宜按下式确定:

$$W/B \leq \frac{-5.83c}{a\sqrt{t}} + 38.3 \quad (5.3.1)$$

式中: W/B —水胶比(%);

c —钢筋的混凝土保护层厚度 (mm);

a —碳化区分系数,室外取 1.0,室内取 1.7;

t —设计使用年限 (年)。

5.3.3 高性能混凝土的单方用水量不宜大于 175kg/m^3 ;胶凝材料总量、矿物掺合料的掺量应符合表 5.1.9 中所规定的不同环境作用下定量范围;砂率宜采用 37% ~ 44%。粗骨料紧密空隙率宜小于 40%,外加剂的掺量应根据试验确定。

5.4 抗冻融耐久性设计

5.4.1 冻害地区可分为寒冷地区、严寒地区。应根据冻害设计外部劣化因素的强弱,按表 5.4.1 的规定确定水胶比的最大值。

表 5.4.1 不同冻害地区或盐冻地区混凝土水胶比最大值

外部劣化因素	最大水胶比(W/B)
寒冷地区	0.50
严寒地区	0.40

5.4.2 冻融环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 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	≥350	≥380	≥400	≥380	≥400	≥420

5.4.3 复合矿物掺合料掺量宜符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 复合矿物掺合料最大掺量推荐性参数

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

注：1、采用其他通用硅酸盐水泥时，可将水泥混合材掺量 20%以上的混合材量计入矿物掺合料；

2、复合矿物掺合料中各矿物掺合料组分的掺量不宜超过 5.1.9 中单掺时的限量；

3、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%。

5.4.4 高性能混凝土的骨料除应满足第 4.2 节的规定外,其品质尚应符合表 5.4.4 的要求。

表 5.4.4 骨料的品质要求

混凝土结构 所处环境	细骨料		粗骨料	
	吸水率(%)	坚固性试验质量 损失(%)	吸水率 (%)	坚固性试验质量 损失(%)
严寒地区	≤2.0	≤5	≤1.5	≤5
寒冷地区	≤3.0	≤8	≤2.0	≤8

5.4.5 对抗冻高性能混凝土宜采用引气剂或引气型减水剂。当水胶比小于 0.30 时,可不掺引气剂;当水胶比不小于 0.30 时,宜掺入引气剂。

经试验检定,抗冻融型高性能混凝土的含气量应达到 4% ~ 6% 的要求。

5.4.6 高性能混凝土的抗冻性(冻融循环次数)宜采用现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GB/T 50082 规定的快冻法测定,应根据混凝土的冻融循环次数确定混凝土的抗冻等级。重要工程和大型工程,混凝土的抗冻耐久性指数不应低于表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 混凝土抗冻耐久性指数 $DF(\%)$

设计使用年限	100 年			50 年			30 年		
	高度饱水	中度饱水	盐或化学侵蚀下冻融	高度饱水	中度饱水	盐或化学侵蚀下冻融	高度饱水	中度饱水	盐或化学侵蚀下冻融
严寒地区	80	70	85	70	60	80	65	50	75
寒冷地区	70	60	80	60	50	70	60	45	65

注: 1 抗冻耐久性指数为混凝土试件经 300 次快速冻融循环后混凝土的动弹性模量 E_1 与其初始值 E_0 的比值, $DF=E_1/E_0$ 。;如在达到 300 次循环之前 E_1 已降到初始值的 60% 或试件重量损失已达到 5%, 以此时的循环次数 N 计算 DF 值, $DF=0.6 \times N/300$;

2 对于厚度小于 150mm 的薄壁混凝土构件,其 DF 值宜增加 5%。

5.5 抗氯盐侵蚀耐久性设计

5.5.1 对于地下含盐量较高的地区,应进行抗盐害耐久性设计。对盐湖盐害地区,可根据盐害外部劣化因素分为准盐害环境地区(离盐湖岸边 250m ~ 1000m)、一般盐害环境地区(离盐湖岸 50m ~ 250m)、重盐害环境地区(离盐湖岸边 50m 以内)。盐害地区的混凝土电通量应满足表 5.5.1 的要求。

表 5.5.1 盐害地区的混凝土电通量(C)

混凝土等级	设计使用年限		
	100 年	50 年	30 年
< C30	< 1500	< 2000	< 2500
C30 ~ C45	< 1200	< 1500	< 2000
≥ C50	< 1000	< 1200	< 1500

5.5.2 高性能混凝土处于氯化物环境中的配合比参数宜符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 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。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。								

5.5.3 高性能混凝土中氯离子含量宜小于胶凝材料用量的 0.1%。并应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》CB 50164 的规定。

5.5.4 在盐害地区,高耐久性混凝土的表面裂缝宽度宜小于 $c/30$ (c --混凝土保护层厚度,mm)。

5.5.5 高性能混凝土抗氯离子渗透性、扩散性,应以 56d 龄期电通量(C)确定,其测定方法应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的标准规定。根据混凝土电通量和抗氯离子渗透性,可按表 5.5.5 进行混凝土定性分类。

表 5.5.5 根据混凝土电通量试验结果对混凝土的分类

电通量(C)	氯离子渗透性	可采用的典型混凝土种类
2000 ~ 3000	中	中等水胶比(0.40 ~ 0.60)普通混凝土
1000 ~ 2000	低	低水胶比(< 0.40)普通混凝土
500 ~ 1000	非常低	低水胶比(< 0.38)含矿物掺合料混凝土
< 500	可忽略不计	低水胶比(< 0.30)含矿物掺合料混凝土

5.6 抗硫酸盐侵蚀耐久性设计

5.6.1 抗硫酸盐腐蚀混凝土宜优先采用中抗硫酸盐水泥或高抗硫酸盐水泥,其矿物组成应符合 C_3A 含量小于 8.0%, G_3S 含量小于 55% 的要求;其矿物掺合料应选用低钙粉煤灰、偏高岭土、矿渣、硅粉等。

5.6.2 混凝土的抗硫酸盐侵蚀性应按《普通混凝土长期性能和耐久性性能试验方法标准》CB/T 50082 规定的方法进行检测。盐类结晶破坏环境下混凝土抗结晶破坏性能应符合表 5.6.2 的要求。

表 5.6.2 胶砂膨胀率、抗蚀系数、抗硫酸盐性能评定指标

试件膨胀率	抗蚀系数	抗硫酸盐等级	抗硫酸盐性能
> 0.4%	< 1.0	低	受腐蚀
0.4% ~ 0.35%	1.0 ~ 1.1	中	耐腐蚀
0.34% ~ 0.25	1.2 ~ 1.3	高	抗腐蚀
$\leq 0.25\%$	> 1.4	很高	高抗腐蚀

注:检验结果如出现试件膨胀率与抗蚀系数不一致的情况,应以试件膨胀率为准。

5.6.3 抗硫酸盐侵蚀混凝土的最大水胶比应按表 5.6.3 确定。

表 5.6.3 抗硫酸盐腐蚀混凝土的最大水胶比

劣化环境条件	最大水胶比
水中或土中 SO_4^{2-} 含量大于 0.2% 的环境	0.45
除环境中含有 SO_4^{2-} , 混凝土还采用含有 SO_4^{2-} 的化学外加剂	0.40

5.6.4 化学侵蚀环境中高性能混凝土配合比参数宜符合表5.6.4的规定。

表 5.2.7-6 化学侵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。						

5.6.5 高性能混凝土抗硫酸盐或镁盐侵蚀配合比参数宜符合表5.6.5的规定。

表 5.6.5 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	0.42	≥35
> KS150	0.38	≥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。		

5.6.6 高性能混凝土抗其他化学腐蚀配合比参数宜符合表 5.6.6 的规定。

表 5.6.6 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

5.7 预防碱骨料反应措施

5.7.1 骨料

1 在勘察和选择采料场时，应对制作骨料的岩石或骨料按照《建设用砂》GB/T 14684 和《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定进行碱活性检验。

2 对快速砂浆棒法检验结果膨胀率不小于 0.10% 的骨料，应按照 GB/T 50733《预防混凝土碱骨料反应技术规范》的规定进行抑制骨料碱-硅酸反应活性有效性试验，并验证有效。

3 在盐渍土、海水和受除冰盐作用等含碱环境中，重要结构的混凝土不得采用碱活性骨料。

5.7.2 其他原材料

1 应采用 F 类的 I 级或 II 级粉煤灰，碱含量不宜大于 2.5%。粉煤灰的碱含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》GB 176 执行。

2 宜采用碱含量不大于 1.0% 的粒化高炉矿渣粉。粒化高炉矿渣粉的碱含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》GB 176 执行。

3 宜采用二氧化硅含量不小于 90%、碱含量不大于 1.5% 的硅灰。其碱含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》GB 176 执行。

4 宜采用低碱含量的外加剂。外加剂的碱含量试验方法应按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 执行。

5 应采用碱含量不大于 1500mg/L 的拌合用水。水的碱含量试验方法应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

5.7.3 配合比

1 混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

2 混凝土中碱含量不宜超过表 5.7.3 的要求，碱含量的计算宜按下列规定进行：

- 1) 混凝土中碱含量应为配合比中各原材料的有效碱含量之和；
- 2) 水泥、外加剂和水的有效碱含量可用实测值计算；粉煤灰碱含量可用 1/6 实测值计算；硅灰和粒化高炉矿渣粉碱含量可用 1/2 实测值计算；
- 3) 骨料碱含量可不计入混凝土碱含量。

表 5.7.3 预防碱骨料反应破坏的混凝土碱含量

环境条件	混凝土中最大碱含量(kg/m ³)		
	特殊工程结构	重要工程	一般工程
干燥环境	3.0	3.5	不限制
潮湿环境	2.0	3.0	3.5
含碱环境	2.0(采用非碱活性骨料)	2.5(采用非碱活性骨料)	3.0

3 当采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥时，高性能混凝土中掺加大量矿物掺合料，矿物掺合料掺量见本规程表 5.1.9，并符合下列规定：

- 1) 对于快速砂浆棒法检验结果膨胀率大于 0.20%的骨料，混凝土中粉煤灰掺量不宜小于 30%；当复合掺用粉煤灰和粒化高炉矿渣粉时，粉煤灰掺量不宜小于 25%，粒化高炉矿渣粉掺量不宜小于 10%；
- 2) 对于快速砂浆棒法检验结果膨胀率为 0.10%~0.20%范围的骨料，宜采用不小于 25%的粉煤灰掺量；

3) 当本条第 1、2 款规定均不能满足抑制碱-硅酸反应活性有效性要求时，可再增加掺用硅灰或用硅灰取代相应掺量的粉煤灰或粒化高炉矿渣粉，硅灰掺量不宜小于 5%。

4 当采用除硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以外的其他通用硅酸盐水泥配制混凝土时，可将水泥中混合材掺量 20%以上部分的粉煤灰和粒化高炉矿渣掺量分别计入混凝土中粉煤灰和粒化高炉矿渣粉掺量，并应符合本规范上条的规定。

5 在混凝土中宜掺用适量引气剂，引气剂掺量应通过试验确定。

5.7.4 混凝土性能

- 1 混凝土拌合物不应泌水,稠度和其他拌合物性能应满足设计要求。
- 2 混凝土强度和其他力学性能应满足设计要求。
- 3 混凝土耐久性能应满足设计要求。

5.7.5 生产和施工

1 混凝土生产和施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

2 对于采用快速砂浆棒法检验结果不小于 0.10%膨胀率的骨料,当其配制的混凝土用于盐渍土、海水和受除冰盐作用等含碱环境中非重要结构时,除应采取抑制骨料碱活性措施和控制混凝土碱含量之外,还应在混凝土表面采用防碱涂层等隔离措施。

- 3 对于大体积混凝土,混凝土浇筑体内最高温度不应高于 80℃。
- 4 采用蒸汽养护或湿热养护时,最高养护温度不应高于 80℃。
- 5 混凝土潮湿养护时间不宜少于 10d。
- 6 施工时应加强对混凝土裂缝的控制,出现裂缝应及时修补。

6 高性能混凝土性能要求

6.1 拌合物性能要求

6.1.1 高性能混凝土拌合物应具有优异的和易性，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。

6.1.2 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《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。在满足施工工艺要求的前提下，宜采用较小的坍落度。

6.1.3 高性能混凝土中拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 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 (胶凝材料用量的质量百分比, %)	
	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	0.15	
除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境、 盐渍土环境	0.10	

6.1.4 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；在含盐干湿循环环境、含盐大气环境中高性能混凝土应为引气混凝土，其含气量不宜超过 5%；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，密实成型的高性能混凝土最小含气量应符合表 6.1.4 的规定，最大不宜超过 7.0%。

表 6.1.4 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
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。

6.1.5 特殊要求的高性能混凝土的稠度以及其他性能控制宜符合如下规定：

1 泵送高强高性能混凝土

坍落度控制目标值不宜小于 180mm，经时 1h 坍落度应无损失，扩展度不宜小于 500mm，倒置坍落度筒排空时间宜控制在 5s ~ 20s；

2 自密实混凝土扩展度不宜小于 600mm，经时 1h 扩展度应无损失；扩展时间 T_{500} 不宜大于 8s；坍落扩展度与 J 环扩展度差值不宜大于 25mm；离析率不宜大于 15%；

3 泵送钢纤维混凝土坍落度控制目标值宜为 160mm ~ 210mm，坍落度经时损失不宜大于 30mm/h；泵送合成纤维混凝土坍落度控制目标值不宜大于 180mm，坍落度经时损失不宜大于 30mm/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。

6.1.6 用于混凝土预制制品的高性能混凝土拌合物性能还应满足该制品制造工艺的要求。

6.1.7 高性能混凝土拌合物工作性能的试验方法应符合 GB/T 50080 的有关规定。

6.2 物理力学性能要求

6.2.1 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。

6.2.2 特殊要求的高性能混凝土强度等级划分：

1 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、C120；

2 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；

3 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、CF120；

4 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。

6.2.3 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。

6.2.4 高性能混凝土物理力学性能应满足设计要求。

6.2.5 高性能混凝土的物理力学性能试验方法应符合 GB/T 50081 的有关规定。

6.3 耐久性及长期性能要求

6.3.1 高性能混凝土耐久性能等级划分：

1 高性能混凝土的抗冻性能、抗水渗透性能和抗硫酸盐侵蚀性能的等级按照表 6.3.1-1 规定划分；

表 6.3.1-1 高性能混凝土抗冻性能、抗水渗透性能和抗硫酸盐侵蚀性能的等级划分

抗冻等级（快冻法）		抗冻标号（慢冻法）	抗渗等级	抗硫酸盐等级
F250	F400	D150	P12	KS120
F300	> F400	> D200	> P12	KS150
F350	—	> D200	—	> KS150

2 高性能混凝土抗氯离子渗透性能的等级按下列规定划分：

1) 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 6.3.1-2 的规定, 且测试龄期宜为 84d;

表 6.3.1-2 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} (RCM 法) ($\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)	$2.5 \leq D_{RC} < 3.0$	$1.5 \leq D_{RC} < 2.5$	$D_{RCM} < 1.5$

2) 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 6.3.1-3 的规定, 且高性能混凝土测试龄期宜为 28d。当混凝土中水泥混合材与矿物掺合料之和超过胶凝材料用量的 50% 时, 测试龄期可为 56d。

表 6.3.1-3 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 $Q_S(\text{C})$	$1000 \leq Q_S < 2000$	$500 \leq Q_S < 1000$	$Q_S < 500$

3 高性能混凝土的抗碳化性能等级划分应符合表 6.3.1-4 的规定, 且测试龄期宜为 28d。

表 6.3.1-4 高性能混凝土抗碳化性能的等级划分

等级	T-III	T-IV	T-V
28d 碳化深度 $d(\text{mm})$	$10 \leq d < 15$	$0.1 \leq d < 10$	$d < 0.1$

6.3.2 一般环境中高性能混凝土的耐久性能要求应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 一般环境中高性能混凝土耐久性能要求

耐久性的要求	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

续表 6.3.2

耐久性的要求	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
抗渗等级	≥P12	≥P12	≥P12
碳化深度、抗渗等级应至少满足一项。			

6.3.3 冻融环境中高性能混凝土的耐久性能要求应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 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

6.3.4 氯化物环境中高性能混凝土的耐久性能要求应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 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
84d 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

6.3.5 硫酸盐腐蚀环境中高性能混凝土的耐久性能要求应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 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
84d 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
56d 电通量/C	≤ 2000	≤ 1500	≤ 1000	≤ 1500	≤ 1000	≤ 800
抗硫酸盐等级	$\geq \text{KS120}$	$\geq \text{KS150}$				

其中 84d 氯离子迁移系数、56d 电通量要求应至少满足一项。

6.3.6 高性能混凝土的体积稳定性通过收缩性能来体现。控制要求为：早期抗裂试验单位面积上的总开裂面积不宜大于 $700\text{mm}^2/\text{m}^2$ ，180d 干燥收缩率不宜超过 0.045%。

6.3.7 高性能混凝土耐久性能试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。

7 质量控制

7.1 原材料质量控制

7.1.1 原材料的选用

1 各种原材料应按本规程第 4 章的质量要求选用。宜在相对固定的、具有一定规模的生产企业或供应网点采购；

2 进行高性能混凝土生产的预拌混凝土企业宜具备总碱量、氯离子、三氧化硫、硅灰二氧化硅含量等项目的检验检测,应对进场的原材料按批量进行检测；

7.1.2 原材料的存贮应符合下列条件：

1 粗、细骨料应在封闭式料仓内分隔堆放，料仓地面应硬化并确保排水通畅。骨料配料地仓宜与骨料仓一起封闭，配料用皮带输送机应进行封闭；

2 水泥、粉煤灰、矿粉、硅灰等粉料应按不同类别、品种分别存放于粉料仓内，清晰标识粉料名称、产地、规格和检测状态。粉料用于生产时的温度不宜高于 60℃；各种粉料由于受潮或其它原因而变质时不得使用。粉料仓应配备料位控制系统，料位控制系统应定期检查维护；

3 液体外加剂和水应存储在密闭容器内，并应防晒和防冻。粉状外加剂应按照不同供货单位、品种和牌号进行标识单独存放，并注意防潮防雨。

7.1.3 原材料的运输、装卸和存放应采取降噪和防尘措施，并保持清洁卫生，符合环境卫生要求。

7.2 高性能混凝土的生产

7.2.1 一般规定

1 高性能混凝土应采用符合 GB/T 10171 规定的搅拌站（楼）生产。

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。

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。

7.2.2 高性能混凝土原材料的计量

1 高性能混凝土应采用电子计量设备,计量设备的精度应符合现行国家标准《混凝土搅拌站(楼)》GB/T 10171 的有关规定，应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验。混凝土生产单位每月应自检 1 次，每一工班正式开始称量前,应对计量设备进行检查和零点校准。用于集中搅拌的搅拌站(楼)经大修、中修或迁移至新的地点后,应对计量设备进行重新检定。

2 高性能混凝土原材料应严格按照输入的生产配合比计量,其允许偏差应符合表 7.2.2 的规定，并每工作班检查一次。

表 7.2.2 高性能混凝土原材料计量允许偏差 (%)

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料
每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±2
累计计量允许偏差*	±1	±2	±1	±1	±1
累计计量偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。					

3 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。对于粉状外加剂应设置计量系统并能够实现生产计量数据的存储和查询。

4 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。

5 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。

7.2.3 生产配合比的输入和调整

1 依据生产时测定的粗、细骨料含水率对按照本规程第 5 章确定的基准配合比进行调整形成生产配合比；

2 生产配合比经审核批准后，输入搅拌计量控制系统；

3 生产配合比在搅拌过程中,可在授权调整范围内,进行在线调整。超出调整范围的需重新调整生成生产配合比,重新输入。

4 当混凝土原材料和施工工艺等发生变化时,必须重新选定配合比。当施工工艺和环境条件未发生明显变化、原材料的品质在合格的基础上发生波动时,可对混凝土外加剂用量、粗骨料组配比、砂率进行适当调整,调整后混凝土的拌和物性能应与原配合比一致。应严格测定粗、细骨料的含水率,宜每班抽测 2 次。

7.2.4 高性能混凝土的搅拌

1 搅拌应符合 GB/T 14902、GB 50164 的规定。

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。

3 搅拌工艺应根据混凝土配合比、搅拌设备等确定。

4 生产高性能混凝土时的粉体材料温度不宜高于 60℃。

5 外加剂可采用粉剂和液体外加剂。当采用液体外加剂时,应从混凝土用水量中扣除溶液中的水量;当采用粉剂时,应适当延长搅拌时间,不宜少于 30s。

6 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。混凝土出机温度不宜低于 10℃。

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。混凝土出机温度不宜大于 30℃。

7 原材料的投料顺序宜为:粗骨料、细骨料、水泥、微细粉投入(搅拌约 30s)→加入拌合水(搅拌约 60s)→加入减水剂(搅拌约 30s)→出料。当采用其他投料顺序时,应经试验确定其搅拌时间,保证搅拌均匀。

8 搅拌的最短时间尚应符合设备说明书的规定。从全部材料投完算起的搅拌时间不得少于 60s。搅拌 C50 以上强度等级的混凝土或采用引气剂、膨胀剂、防水剂和其他外加剂时,应相应延长搅拌时间。

7.3 工作性检验

7.3.1 高性能混凝土拌合物出厂前,应检验其工作性,包括测定其坍落度、扩展度、倒置排空时间;观察有无分层、离析,测定坍落度经时损失等,经检验合格后方可出厂。有抗冻要求的混凝土尚应测定含气量。

7.3.2 高性能混凝土的扩展度等级按照 GB/T 14902 规定的下表 7.3.2-1 进行划分。

表 7.3.2-1 混凝土拌合物的扩展度等级划分 单位: mm

等级	扩展直径
F1	≤340
F2	350 ~ 410
F3	420 ~ 480
F4	490 ~ 550
F5	560 ~ 620
F6	≥630

表 7.3.2-2 混凝土拌合物稠度允许偏差 单位:mm

项目	控制目标值	允许偏差
扩展度	≥350	±30

扩展度实测值与控制目标值的允许偏差宜符合表 7.3.2-2 的规定。自密实混凝土扩展度控制目标值不宜小于 550mm,并应满足施工要求。

7.3.3 高性能混凝土拌合物运送到现场后,应在工程项目有关三方见证取样的条件下,测定其工作性,经检验合格后方可使用。当设计无要求时,入模含气量应按表 7.3.3 的规定控制。

表 7.3.3 混凝土入模含气量最低值

环境条件	冻融破坏环境		盐类结晶破坏环境
	寒冷	严寒	
含气量(%)	5.0	6.0	4.0

7.4 高性能混凝土的运输

7.4.1 高性能混凝土从搅拌结束到施工现场浇筑完成不宜超过 120min。在运输过程中不应加水。

7.4.2 运输应符合 GB/T 14902、GB 50164 和 GB50666 的规定。一般采用符合 JG/T 5094 的规定混凝土搅拌运输车运输。对于寒冷、严寒或炎热的天气情况,搅拌运输车的搅拌罐应有保温或隔热措施。运输车装料前应将搅拌罐内水排净。

7.4.3 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。

7.4.4 从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的运输时间不宜大于 90min(当最高气温低于 25℃时,运送时间可延长 30min),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。

7.4.5 当确有必要调整混凝土的坍落度时,严禁向运输车内添加计量外用水,而必须在专职技术人员指导下,在卸料前加入与配合比相同成分的减水剂,且加入后采用快速转动料筒进行搅拌 60s。外加剂的数量和搅拌时间应经试验确定。

7.5 高性能混凝土的浇筑

7.5.1 高性能混凝土应采用泵送施工,高频振捣器振动成型。

7.5.2 泵送施工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,并符合以下要求:

1 混凝土浇筑时应加强施工组织和调度,混凝土的供应必须确保在规定的施工区段内连续浇筑;

2 泵送混凝土应根据现场情况合理布料。混凝土的自由倾落高

度不宜超过 2m;在采用溜槽接料,且不会出现分层离析的情况下,骨料最大粒径大于 25mm 的拌合物最大落料高度应控制在 3m 以内,骨料最大粒径小于 25mm 的拌合物最大落料高度应控制在 6m 以内;

3 在夏季高温时应采用湿草帘或湿麻袋覆盖泵管降温,混凝土的入模温度不宜高于 35℃。冬期施工时应采用保温材料覆盖泵管,混凝土的入模温度不应低于 5℃;

4 混凝土搅拌后 240min 内应泵送完毕,如因运送时间不能满足要求或气候炎热,应采取经试验验证的技术措施,防止因坍落度损失影响泵送。

7.5.3 冬期浇筑混凝土时应遵照现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 和现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定,制定冬期施工措施。在施工环境的最低气温高于-5℃时,可采取混凝土正温入模,加盖塑料薄膜和保温材料,经热工计算,做好保湿蓄热养护。在寒冷地区和严寒地区冬期施工,应按高性能混凝土的要求,经试验确定掺加外加剂的品种和数量。

7.5.4 浇筑高性能混凝土应振捣密实,保证混凝土的均匀性和密实性,宜采用高频振捣器垂直点振。当混凝土较粘稠时,应加密振点分布。高性能混凝土应进行二次振捣,确保有效地消除塑性阶段产生的收缩和表面收缩裂缝。

7.6 高性能混凝土养护

7.6.1 养护应符合 GB 50164 和 GB 50666 的规定。

7.6.2 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。

7.6.3 高性能混凝土必须加强保温、保湿养护,特别是底板、楼面板等大面积混凝土浇筑后,应立即用塑料薄膜严密覆盖。二次振捣和抹压表面时,可卷起覆盖物操作,然后及时覆盖,混凝土终凝后可用水养护。保温、保湿养护期不应少于 14d。

7.6.4 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℃。

7.6.5 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%，7d 和 28d 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。

7.6.6 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 7.6.6 的规定。

表 7.6.6 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 $\geq 50\%$)，无风，无阳光直射		大气干燥($20\% \leq$ 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 $T/^\circ\text{C}$	养护时间/d	日平均气温 $T/^\circ\text{C}$	养护时间/d	日平均气温 $T/^\circ\text{C}$	养护时间/d
> 0.45	$5 \leq T < 10$	21	$5 \leq T < 10$	28	$5 \leq T < 10$	56
	$10 \leq T < 20$	14	$10 \leq T < 20$	21	$10 \leq T < 20$	45
	$T \geq 20$	7	$T \geq 20$	14	$T \geq 20$	35
≤ 0.45	$5 \leq T < 10$	21	$5 \leq T < 10$	21	$5 \leq T < 10$	45
	$10 \leq T < 20$	14	$10 \leq T < 20$	14	$10 \leq T < 20$	35
	$T \geq 20$	7	$T \geq 20$	10	$T \geq 20$	28

7.6.7 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 4h。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。

7.6.8 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。

7.6.9 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。

7.6.10 当高性能混凝土中胶凝材料用量较大时,应采取覆盖保温养护措施。保温养护期间应控制混凝土内部温度不超过 75℃;应采取措

施确保混凝土内外温差不超过 25℃。可通过控制入模温度控制混凝土结构内部最高温度,可通过保湿蓄热养护控制结构内外温差;还应防止混凝土表面温度因环境影响(如暴晒、气温骤降等)而发生剧烈变化。

7.7 其他高性能混凝土的施工

7.7.1 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。

7.7.2 大体积混凝土施工

大体积混凝土施工应符合 GB 50496 的规定。

7.7.3 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。

8 质量验收

8.0.1 高性能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 及《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054 的规定。高性能混凝土拌合物到达施工现场后,应检测混凝土拌合物坍落度、含气量。实测坍落度应在设计规定的范围之内,实测含气量与合同规定值之差不应超过 1.5%。

8.0.2 混凝土结构工程的施工质量验收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 和《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定,并应符合《高性能混凝土技术条件》(GB/T 41054-2021)附录 A 的要求。

8.0.3 混凝土强度检验评定应符合《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定。高性能混凝土强度检验结果符合设计和 GB 50107 要求时为合格。

8.0.4 高性能混凝土的抗碳化性能、抗冻蚀、抗氯盐侵蚀、抗硫酸盐或镁盐侵蚀、预防碱骨料反应措施等项目,应在工程现场预留规定数量的试件,养护应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构施工规范》GB 50666 的规定,标准养护至规定的龄期后,依据《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 进行检验,性能应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 等相关标准规定。

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
- 《混凝土物理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
- 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 《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规范》GB 50204
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥》GB/T 200
- 《低热矿渣硅酸盐水泥》GB/T 42531
- 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《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
- 《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《大体积混凝土施工标准》GB 50496
- 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10
- 《高性能混凝土用骨料》JG/T 568

- 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
- 《高性能混凝土评价标准》JGJ/T 385
- 《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281
- 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
- 《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221
- 《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178
- 《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328
- 《混凝土防冻泵送剂》JG/T 377
- 《混凝土防冻剂》JC 475
- 《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12
- 《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322
- 《混凝土用复合掺合料》JG/T 486

山西省工程建设地方标准

高性能混凝土应用技术规程

(征求意见稿)

DBJ-04-
条文说明

目 次

1	总则	52
2	术语	53
3	基本规定	56
4	原材料	57
4.1	水泥	57
4.2	骨料	57
4.3	矿物掺合料	57
4.4	外加剂	57
4.5	混凝土用水	58
5	配合比设计	59
5.1	一般规定	59
5.2	高性能混凝土配合比设计	59
5.3	一般环境下高性能混凝土耐久性设计	59
5.4	抗冻融耐久性设计	59
5.5	抗氯盐侵蚀耐久性设计	60
5.6	抗硫酸盐侵蚀耐久性设计	61
5.7	预防碱骨料反应措施	61
6	高性能混凝土性能要求	62
7	质量控制	63
7.1	原材料质量控制	63

7.2	高性能混凝土生产	63
7.3	工作性检验	63
7.4	高性能混凝土运输	64
7.5	高性能混凝土浇注	64
7.6	高性能混凝土养护	64
7.7	其他高性能混凝土养护	65
8	质量验收	66

(英文目录)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 主要对本规程的内容和适用做了规定。高性能混凝土应用技术规程的适用范围与普通混凝土和高强混凝土基本相同，高性能混凝土的生产和施工方法与普通混凝土和高强混凝土也相同。所以使用本规程时应注意与相关标准的衔接。

1.0.3 自我省 2014 年制定颁布《高性能混凝土应用技术规程》以来，我省高性能混凝土随着山西省城市化进程得到了大量的实践应用并取得了一定经验。同时砂石骨料、混凝土外加剂、粒化高炉矿渣粉等材料相继颁布了新的标准规范，高性能混凝土技术条件、高性能混凝土评价标准等产品技术规范标准也相继颁布。对高性能混凝土概念以及相关条件进行了重新定义。本规程在充分尊重采纳《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054-2021 的基础上，经过广泛调查研究、学习其他行业研究成果、认真总结实践经验、参考有关国家标准和其他行业相关的标准规范，并在广泛征求意见的基础上对原地方标准进行了修订。与本规程有关的、难以详尽的技术要求，应符合国家现行的有关标准要求。

2 术 语

2.0.1 吴中伟先生、廉慧珍先生的著作《高性能混凝土》中对高性能混凝土提出如下定义：高性能混凝土是一种新型高技术混凝土，是在大幅度提高普通混凝土性能的基础上采用现代混凝土技术制作的混凝土，它以耐久性作为设计的主要指标。针对不同用途要求，高性能混凝土对下列性能有重点地予以保证：耐久性、工作性、适用性、强度、体积稳定性、经济性。为此，高性能混凝土在配制上的特点是低水胶比，选用优质原材料，并除水泥、水、集料外，必须掺加足够数的矿物细掺料和高效外加剂。本标准采用了《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054-2021 对高性能混凝土的定义。

2.0.2、2.0.3 均沿用了《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054-2021 对各类高性能混凝土的定义。

2.0.4 高性能混凝土除通常的抗冻性、抗渗性明显高于普通混凝土之外，高性能混凝土的 Cl^- 渗透率，明显低于普通混凝土。高性能混凝土由于具有较高的密实性和抗渗性，因此，其抗化学腐蚀性性能显著优于普通强度混凝土。

2.0.5 膨胀剂、复合防水剂等外加剂掺量较大或替代其他胶结料时，外加剂的用量也一并算入胶结料用量。同时，在应用聚羧酸高性能减水剂时应将外加剂中的水量考虑到总用水量中。

2.0.6 本条依据《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003-2014 对矿物掺合料定义进行了修改。目前我省预拌混凝土企业普遍采用了粒化高炉矿渣粉和粉煤灰，太原及周边地区使用了硅灰，天然沸石粉等材料未见使用。

2.0.7 本条是引用了行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568-2019 以及国标《建设用砂》GB/T 14684-2022 提出的新控制指标的表述。

2.0.8~2.0.11 随着国家环保战略的深入实施，人工砂已经替代天然砂称为混凝土中的主要细骨料。同时全文强制国家标准《混凝土结

构通用规范》GB 55008-2021 中 3.1.2 结构混凝土用砂指出“机制砂应按石粉的亚甲蓝指标和石粉的流动度比指标控制石粉含量”。为此采用了行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T568-2019 以及国标《建设用砂》GB/T14684-2022 中的相关术语定义。

2.0.12 新拌混凝土的工作性（和易性）是流动性、粘聚性和保水性的综合体现，新拌混凝土的流动性、粘聚性和保水性之间既互相联系，又常存在矛盾。因此，在一定施工工艺的条件下，新拌混凝土的和易性是以上三方面性质的矛盾统一。

流动性是指新拌混凝土在自重或机械振捣的作用下，能产生流动，并均匀密实地填满模板的性能。流动性反映出拌合物的稀稠程度。若混凝土拌合物太干稠，则流动性差，难以振捣密实；若拌合物过稀，则流动性好，但容易出现分层离析现象。主要影响因素是混凝土用水量。

黏聚性是指新拌混凝土的组成材料之间有一定的粘聚力，在施工过程中，不致发生分层和离析现象的性能。粘聚性反映混凝土拌合物的均匀性。若混凝土拌合物粘聚性不好，则混凝土中集料与水泥浆容易分离，造成混凝土不均匀，振捣后会出现蜂窝和空洞等现象。主要影响因素是胶砂比。

保水性是指在新拌混凝土具有一定的保水能力，在施工过程中，不致产生严重泌水现象的性能。保水性反映混凝土拌合物的稳定性。保水性差的混凝土内部易形成透水通道，影响混凝土的密实性，并降低混凝土的强度和耐久性。主要影响因素是水泥品种、用量和细度。

2.0.13 混凝土初凝后，会产生一定的收缩现象，混凝土凝结初期或硬化过程中出现的体积缩小现象，一般分为塑性收缩(又称沉缩),化学收缩(又称自身收缩),干燥收缩及碳化收缩,较大的收缩会引起混凝土开裂。本规程中主要通过早期抗裂试验和干燥收缩率来表征混凝土体积稳定性。

2.0.14 混凝土力学性能一般包括：抗压强度、轴心抗压强度、静力受压弹性模量、劈裂抗拉强度、抗折强度等。

2.0.15~2.0.17 沿用了原规程的定义。

2.0.18 为与规程中抗硫酸盐侵蚀性能等级划分协调一致，采用了《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082-2009中的“抗硫酸盐等级”的定义。

3 基本规定

3.0.1 在设计使用年限内必须满足结构承载和正常使用功能要求，这是混凝土配合比设计的基本要求。

3.0.2~3.0.3 高性能混凝土应满足一种或几种技术要求，部分性能指标参考了公路、铁路、水利行业对耐久性的技术要求。

3.0.4 高性能混凝土是兼具有低水胶比、合理选用优质原材料、采用外加剂和矿物掺合料“双掺”技术，应用高性能减水剂、绿色生产、严谨施工综合技术的混凝土。

3.0.5 特殊的抗裂、抗渗性能必须通过充分论证，从原材料、配合比、生产、施工全过程全环节加以控制确保目标实现。

3.0.6 高性能混凝土的评价分为设计评价、生产评价、工程评价。设计评价有利于工程设计采用高性能混凝土，从而促进推广应用高性能混凝土；生产评价有利于高性能混凝土的生产和应用，有利于混凝土生产行业技术水平的提高；工程评价有利于体现高性能混凝土对整个工程及其领域的贡献。

4 原材料

4.1 水泥

本节参照《高性能混凝土技术条件》GB/T41054-2021 相关要求，并依据山西省预拌混凝土水泥实际使用情况提出了高性能混凝土用水泥的标准要求。

4.2 骨料

由于行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568-2019、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021 的颁布执行，国标《建设用砂》GB/T 14684 和《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 修订 2022 年 11 月 1 日实施执行。行标《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52-2006 的技术要求不能满足高性能混凝土的技术标准，所以本节采用了新国标 GB/T 14684、GB/T 14685 以及 JG/T 568 的相应技术指标作为高性能混凝土用骨料的技术要求。

4.3 矿物掺合料

本节参照《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054-2021 相关要求以及 3 月份发布的修订版国标《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T27690，并依据山西省预拌混凝土掺合料实际使用情况提出了高性能混凝土用矿物掺合料的技术要求。本规程规定的是最大掺量，实际使用中应根据需要进行合理配置。

4.4 外加剂

聚羧酸系高性能减水剂是继木钙为代表的普通减水剂和以萘系为代表的高效减水剂之后发展起来的第三代高性能减水剂，是目前

世界上较前沿、科技含量高、应用前景好、综合性能优良的一种高效减水剂。经与国内外同类产品性能试验比较，我省聚羧酸系高性能减水剂在技术性能指标、性价比方面都达到了当今国内先进水平。作为绿色产品逐步取代了萘系减水剂，目前在省内大部分地市县已经推广应用。根据近两年来我院 1500 余次的抽检或委托检验，固含量为 20%左右的聚羧酸系减水剂，掺量为 1.0%~1.2%时，其减水率完全能达到 25%，具有很高的性价比。

4.5 混凝土用水

4.5.1 高性能混凝土的拌合和养护用水，如果是取自地下水或附近河流，宜进行有害物质分析，避免对混凝土造成危害。

4.5.2 混凝土搅拌站回收水成分复杂，不易检测和控制。为此不宜用于高性能混凝土。

5 配合比设计

5.1 一般规定

混凝土配合比设计不仅仅要满足强度要求还应满足施工性能、其他力学性能、长期性能和耐久性能。《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 也根据实际需要,增加并突出了混凝土耐久性的规定,本规程不再重复介绍。

5.2 高性能混凝土配合比设计

5.2.1 近年来对结构混凝土耐久性的要求越来越高,往往由于耐久性方面的要求,使混凝土抗压强度超过结构因素所需的值,因此,对于重要结构除了按强度设计要求考虑混凝土的抗压强度外,还需要考虑耐久性要求,保证所需要的强度。

5.3 一般环境下高性能混凝土耐久性设计

5.3.1 高性能混凝土的配合比设计应满足:施工要求的工作性、结构要求的力学性能和混凝土结构在所处环境条件下要求的耐久性。高性能混凝土属高耐久性混凝土。

5.3.2 混凝土抗碳化耐久性计算公式引自日本建筑学会“Recommendations for Design and Construction Practice of High Durable Concrete”。

5.4 抗冻融耐久性设计

5.4.1 对水中冻融及盐水中冻融,混凝土均可用冻融循环次数及耐久性系数来评价其抗冻耐久性系数与混凝土的水灰比、含气量及气泡间隔系数有关。水胶比 < 0.30 的高性能混凝土可以不掺引气剂。水胶比 ≥ 0.30 的混凝土,应掺入引气剂,使混凝土中含气量达

4%-5%。而且在盐水中冻融比水中冻融的含气量要求高一个等级,即含气量要达到 5%-6%才能实现 300 次快速冻融循环。

关于气泡间隔系数 $< 0.25\text{mm}$,在宏观上是难以确认的,如果引气剂质量好,在适当引气范围内,混凝土中的气泡间隔系数会在要求的范围内。

5.4.2~5.4.3 沿用了 GB/T 41054 的配合比参数要求。

5.4.4 骨料的耐久性严重影响高性能混凝土试件的耐久性。吸水率低、坚固性质量损失小的骨料,有助于提高混凝土的抗冻融能力。

5.4.5 掺入适量的引气剂有利于混凝土的耐久性,尤其对于有较高抗冻要求的混凝土。但引气剂的掺量要适当,引气量太少作用不够,引气量太多混凝土强度损失较大,经实验研究,一般含气量不大于 7%为宜。

5.5 抗氯盐侵蚀耐久性设计

5.5.1 不同环境条件下混凝土的电通量指标参考了《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定(铁建设(2005)157号)》、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《高性能混凝土应用技术规程》CECS207 等相关的标准规范。

5.5.2 沿用了 GB/T 41054 的配合比参数要求。

5.5.3 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中氯离子含量以水泥用量的百分比计算,对于高性能混凝土,由于掺入的矿渣粉、粉煤灰等量较大,氯离子含量宜按照胶凝材料用量的百分比计算。

5.5.4 外部氯离子向混凝土内部扩散渗透与混凝土的裂缝宽度有很大关系,应控制盐害地区混凝土的裂缝宽度。

5.5.5~5.5.6 电通量法来源于美国材料试验协会(ASTM)推荐的混凝土抗氯离子渗透性试验方法,是目前国际上应用最为广泛的混凝土抗氯离子渗透性的试验方法。国内外使用该方法积累了大量的宝贵数据和经验,实践证明,该方法对于大多数普通混凝土是适用的,而且与其他电测法具有很好的相关性。影响混凝土抗氯离子渗透性的因素有水灰比、外加剂、龄期、骨料种类、水化程度和养护方法

等，因此采用本方法进行试验结果验证时，应注意以上因素的影响。

5.6 抗硫酸盐侵蚀耐久性设计

5.6.1~5.6.3 硫酸盐对混凝土的腐蚀，主要是由于 SO_3 聚集到一定程度后与水泥水化时生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、水化铝酸钙产生反应，生成水化硫铝酸钙（钙矾石）。因其体积增大造成混凝土开裂，使混凝土结构的耐久性降低。

检验混凝土抗硫酸盐腐蚀性首先应检验所使用水泥或胶凝材料的抗硫酸盐性能，宜按照《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748 进行 14d 线膨胀率检验，中抗硫酸盐 14d 线膨胀率应不大于 0.050%，高抗硫酸盐 14d 线膨胀率应不大于 0.040%。

5.6.4~5.6.6 沿用了 GB/T 41054 的配合比参数要求。

5.7 预防碱骨料反应措施

5.7.1~5.7.4 混凝土的碱-骨料反应分为碱-碳酸盐反应和碱-硅酸盐反应两种，碱-骨料反应与混凝土中的碱含量、碱活性骨料量和混凝土结构所处的环境湿度有关。由于发生混凝土碱-骨料反应后，对结构混凝土破坏严重，而且无法进行修复或补救，因此应以预防为主。宜优先选用没有潜在碱活性危害的骨料。如果条件限制，则采用该骨料配制混凝土必须采取预防措施，目前预防混凝土发生碱-骨料反应的普遍方法是掺入矿物微细粉到混凝土中，以抑制反应产生的有害膨胀，或者使用抑制碱-骨料反应的化学外加剂。

6 高性能混凝土性能要求

本章为新增章节，内容参照引用了《高性能混凝土技术条件》GB/T 41054 相关内容。

7 质量控制

7.1 原材料质量控制

7.1.1 为了降低原料的质量波动，宜选择具有一定规模的生产企业或供应网点采购。预拌混凝土企业宜具备总碱量、氯离子等项目的测试条件，从源头上保证高性能混凝土的质量。

7.1.2~7.1.3 本条提出了对骨料和混凝土外加剂的贮存要求。

7.2 高性能混凝土生产

7.2.1 通常情况下，高性能混凝土工作性好，比较粘稠，为了确保混凝土的匀质性，必须使用强制式搅拌机进行搅拌。

7.2.2 满足计量精度的计量设备是保证高性能混凝土质量的前提。

7.2.3 水胶比必须严格控制，避免混凝土质量波动。为了消除骨料含水量的变化，建议对骨料采用仓储或苫盖的方法。

7.2.4 宜使用聚羧酸系减水剂配置高性能混凝土，如果必须采用萘系减水剂，应控制其碱含量及硫酸钠含量，并考虑不同季节由于温度的变化对混凝土外加剂的影响。

7.2.5 为了保证新拌高性能混凝土的匀质性，与拌制普通混凝土相比，建议适当延长搅拌时间，在生产过程中，可以根据自己设备的状态特点适当进行调整，确定更为合理的搅拌时间，积累更多的科学数据。

7.3 工作性检验

7.3.1~7.3.3 由于高性能混凝土生产要求较高，本规程提出了必要的技术保证条件。混凝土在出厂前除应按照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定做相应的检验外，还需要根据设计要求进行专门的检验，对关键部位的混凝土应加强抽检频率，如果原料、环

境温度、生产人员发生变化，也应及时进行检验、验证。

7.4 高性能混凝土运输

7.4.1 本条规定了高性能混凝土在运输过程中的时间控制要求。车内任意加水将严重影响混凝土的性能，必须严格禁止。

7.4.2 应将运输车内残留的不同品种混凝土清洗干净，并排尽积水，确保拌合物的水胶比不变。

7.4.3 运输过程必须保证绿色运输，节约用水。

7.4.4 实际施工中，应提前设计车辆运行线路，确保按时送达施工现场。

7.4.5 当拌合物性能不能满足原设计要求时，可在试验验证的基础上通过加入外加剂进行调整，不允许加水。

7.5 高性能混凝土浇注

7.5.1~7.5.2 为了获得良好的高性能混凝土，选择适当的工具、设计合理的浇筑方法十分重要。在订货前应由供货商和客户进行及时沟通，查看施工现场和施工部位，根据实际情况确定技术要求和施工方案。

7.5.3 本条规定冬季施工的技术要点。

7.5.4 高性能混凝土的浇筑速度应根据施工部位、模板情况、施工人员配置等条件而定，合理保证浇筑速度，不能漏振或过振。

7.6 高性能混凝土养护

7.6.2 高性能混凝土的早期养护非常重要，由于混凝土的水灰比较小，混凝土在终凝前的失水极易造成早期收缩开裂。

7.6.3~7.6.9 引用了 GB/T 41054 附录 A 中高性能混凝土养护要求。

7.6.10 高性能混凝土中胶凝材料用量较大时，水化升温比较迅速，应及时做好保温措施。

7.7 其他高性能混凝土的施工

本节内容应用了 GB/T 41054 附录 A 的内容。要求当高性能混凝土特制品或用于特殊、大体积时应按照其专门的应用规程、规范标准要求进行施工。

8 质量验收

8.0.1 高性能混凝土是否符合原设计的性能要求，应严格按照相关的规定进行检验，确保工程质量。

8.0.2~8.0.3 本条规定了高性能混凝土的施工质量验收及强度检验依据。

8.0.4 本条规定了高性能混凝土各项性能的试验方法依据。