

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 281-2012

备案号 J 1414-2012

高强混凝土应用技术规程

Technical specification for application of high strength concrete

2012-05-03 发布

2012-11-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

高强混凝土应用技术规程

Technical specification for application of high strength concrete

JGJ/T 281 - 2012

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 2 年 1 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2012 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1366 号

关于发布行业标准《高强混凝土 应用技术规程》的公告

现批准《高强混凝土应用技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 281-2012，自 2012 年 11 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2012 年 5 月 3 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2010〕43 号）的要求，编制组经广泛调查研究，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，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 原材料；5. 混凝土性能；6. 配合比；7. 施工；8. 质量检验。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院（地址：北京市北三环东路 30 号；邮政编码：100013）。

本 规 程 主 编 单 位：中国建筑科学研究院

浙江大东吴集团建设有限公司

本 规 程 参 编 单 位：四川华菱建工集团有限公司

上海建工（集团）总公司

甘肃三远硅材料有限公司

东莞市万科建筑技术研究有限公司

江苏博特新材料有限公司

深圳市安托山混凝土有限公司

合肥天柱包河特种混凝土有限公司

上海市建筑科学研究院（集团）有限公司

中建商品混凝土有限公司

辽宁省建设科学研究院

北京东方建宇混凝土科学技术研究院

有限公司
上海建工材料工程有限公司
广东三和管桩有限公司
青岛一建集团有限公司
云南建工混凝土有限公司
中国建筑第八工程局有限公司
贵州中建建筑科研设计院有限公司
陕西建工集团第三建筑工程有限公司
浙江中联建设集团有限公司
山西省建筑科学研究院
青岛理工大学

本规程主要起草人员：冷发光 丁 威 韦庆东 周永祥
姚新良 郭朝友 龚 剑 王洪涛
谭宇昂 刘建忠 高芳胜 沈 骥
俞海勇 王 军 王 元 路来军
吴德龙 魏宜龄 孙从磊 李章建
曹建华 王玉岭 冉志伟 刘军选
王芳芳 赵铁军 王 晶 张 俐
孙 俊 纪宪坤 王永海

本规程主要审查人员：石云兴 郝挺宇 张仁瑜 杜 雷
杨再富 陈文耀 闻德荣 罗保恒
封孝信 李帼英 刘数华

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	3
4	原材料	4
4.1	水泥	4
4.2	矿物掺合料	4
4.3	细骨料	5
4.4	粗骨料	5
4.5	外加剂	6
4.6	水	6
5	混凝土性能	7
5.1	拌合物性能	7
5.2	力学性能	8
5.3	长期性能和耐久性能	8
6	配合比	9
7	施工	11
7.1	一般规定	11
7.2	原材料贮存	11
7.3	计量	12
7.4	搅拌	12
7.5	运输	13
7.6	浇筑	13
7.7	养护	15

8 质量检验.....	17
附录 A 倒置坍落度筒排空试验方法	18
本规程用词说明	20
引用标准名录	21
附：条文说明	23

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirements	3
4	Raw Materials	4
4.1	Cement	4
4.2	Mineral Admixture	4
4.3	Fine Aggregate	5
4.4	Coarse Aggregate	5
4.5	Chemical Admixture	6
4.6	Water	6
5	Technical Properties of Concrete	7
5.1	Mixture Properties	7
5.2	Mechanical Properties	8
5.3	Long-term Properties and Durabilities	8
6	Mix Design	9
7	Construction	11
7.1	Basic Requirements	11
7.2	Storage of Raw Materials	11
7.3	Metering	12
7.4	Mixing	12
7.5	Transportation	13
7.6	Casting	13
7.7	Curing	15

8 Quality Inspection 17

Appendix A Test Methods for Flow Time of Mixture

 from the Inverted Slump Cone 18

Explanation of Wording in This Specification 20

List of Quoted Standards 21

Addition: Explanation of Provisions 23

1 总 则

1.0.1 为规范高强混凝土应用技术，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 本规程适用于高强混凝土的原材料控制、性能要求、配合比设计、施工和质量检验。

1.0.3 高强混凝土的应用除应符合本规程外，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 高强混凝土 high strength concrete

强度等级不低于 C60 的混凝土。

2.1.2 硅灰 silica fume

在冶炼硅铁合金或工业硅时，通过烟道收集的以无定形二氧化硅为主要成分的粉体材料。

2.2 符 号

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值；

$t_{sf,m}$ ——两次试验测得的倒置坍落度筒中混凝土拌合物排空时间的平均值；

t_{sf1}, t_{sf2} ——两次试验分别测得的倒置坍落度筒中混凝土拌合物排空时间。

3 基本规定

3.0.1 高强混凝土的拌合物性能、力学性能、耐久性能和长期性能应满足设计和施工的要求。

3.0.2 高强混凝土应采用预拌混凝土，其标记应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

3.0.3 强度等级不小于 C60 的纤维混凝土、补偿收缩混凝土、清水混凝土和大体积混凝土除应符合本规程的规定外，还应分别符合国家现行标准《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、《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 和《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的规定。

3.0.4 当施工难度大的重要工程结构采用高强混凝土时，生产和施工前宜进行实体模拟试验。

3.0.5 对有预防混凝土碱骨料反应设计要求的高强混凝土工程结构，尚应符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 的规定。

4 原 材 料

4.1 水 泥

4.1.1 配制高强混凝土宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

4.1.2 配制 C80 及以上强度等级的混凝土时，水泥 28d 胶砂强度不宜低于 50MPa。

4.1.3 对于有预防混凝土碱骨料反应设计要求的高强混凝土工程，宜采用碱含量低于 0.6% 的水泥。

4.1.4 水泥中氯离子含量不应大于 0.03%。

4.1.5 配制高强混凝土不得采用结块的水泥，也不宜采用出厂超过 3 个月的水泥。

4.1.6 生产高强混凝土时，水泥温度不宜高于 60℃。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 用于高强混凝土的矿物掺合料可包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉和磷渣粉。粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定，粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定，钢渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 的规定，磷渣粉应符合现行行业标准《混凝土用粒化电炉磷渣粉》JG/T 317 的规定，硅灰应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 的规定。

4.2.2 配制高强混凝土宜采用 I 级或 II 级的 F 类粉煤灰。

4.2.3 配制 C80 及以上强度等级的高强混凝土掺用粒化高炉矿渣粉时，粒化高炉矿渣粉不宜低于 S95 级。

4.2.4 当配制 C80 及以上强度等级的高强混凝土掺用硅灰时，硅灰的 SiO_2 含量宜大于 90%，比表面积不宜小于 $15 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。

4.2.5 钢渣粉和粒化电炉磷渣粉宜用于强度等级不大于 C80 的高强混凝土，并应经过试验验证。

4.2.6 矿物掺合料的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的有关规定。

4.3 细 骨 料

4.3.1 细骨料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 和《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 的规定；混凝土用海砂应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 的规定。

4.3.2 配制高强混凝土宜采用细度模数为 2.6~3.0 的Ⅱ区中砂。

4.3.3 砂的含泥量和泥块含量应分别不大于 2.0% 和 0.5%。

4.3.4 当采用人工砂时，石粉亚甲蓝（MB）值应小于 1.4，石粉含量不应大于 5%，压碎指标值应小于 25%。

4.3.5 当采用海砂时，氯离子含量不应大于 0.03%，贝壳最大尺寸不应大于 4.75mm，贝壳含量不应大于 3%。

4.3.6 高强混凝土用砂宜为非碱活性。

4.3.7 高强混凝土不宜采用再生细骨料。

4.4 粗 骨 料

4.4.1 粗骨料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。

4.4.2 岩石抗压强度应比混凝土强度等级标准值高 30%。

4.4.3 粗骨料应采用连续级配，最大公称粒径不宜大于 25mm。

4.4.4 粗骨料的含泥量不应大于 0.5%，泥块含量不应大于 0.2%。

4.4.5 粗骨料的针片状颗粒含量不宜大于 5%，且不应大于 8%。

4.4.6 高强混凝土用粗骨料宜为非碱活性。

4.4.7 高强混凝土不宜采用再生粗骨料。

4.5 外 加 剂

4.5.1 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。

4.5.2 配制高强混凝土宜采用高性能减水剂；配制 C80 及以上等级混凝土时，高性能减水剂的减水率不宜小于 28%。

4.5.3 外加剂应与水泥和矿物掺合料有良好的适应性，并应经试验验证。

4.5.4 补偿收缩高强混凝土宜采用膨胀剂，膨胀剂及其应用应符合国家现行标准《混凝土膨胀剂》GB 23439 和《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 的规定。

4.5.5 高强混凝土冬期施工可采用防冻剂，防冻剂应符合现行行业标准《混凝土防冻剂》JC 475 的规定。

4.5.6 高强混凝土不应采用受潮结块的粉状外加剂，液态外加剂应储存在密闭容器内，并应防晒和防冻，当有沉淀等异常现象时，应经检验合格后再使用。

4.6 水

4.6.1 高强混凝土拌合用水和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。

4.6.2 混凝土搅拌与运输设备洗刷水不宜用于高强混凝土。

4.6.3 未经淡化处理的海水不得用于高强混凝土。

5 混凝土性能

5.1 拌合物性能

5.1.1 泵送高强混凝土拌合物的坍落度、扩展度、倒置坍落度筒排空时间和坍落度经时损失宜符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 泵送高强混凝土拌合物的坍落度、扩展度、倒置坍落度筒排空时间和坍落度经时损失

项 目	技 术 要 求
坍落度(mm)	≥ 220
扩展度(mm)	≥ 500
倒置坍落度筒排空时间(s)	>5 且 <20
坍落度经时损失(mm/h)	≤ 10

5.1.2 非泵送高强混凝土拌合物的坍落度宜符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2 非泵送高强混凝土拌合物的坍落度

项 目	技 术 要 求	
	搅拌罐车运送	翻斗车运送
坍落度(mm)	100~160	50~90

5.1.3 高强混凝土拌合物不应离析和泌水，凝结时间应满足施工要求。

5.1.4 高强混凝土拌合物的坍落度、扩展度和凝结时间的试验方法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 的规定；坍落度经时损失试验方法应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定；倒置坍落度筒排空试验方法应符合本规程附录 A 的规定。

5.2 力学性能

5.2.1 高强混凝土的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 和 C100。

5.2.2 高强混凝土力学性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

5.3 长期性能和耐久性能

5.3.1 高强混凝土的抗冻、抗硫酸盐侵蚀、抗氯离子渗透、抗碳化和抗裂等耐久性能等级划分应符合国家现行标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定。

5.3.2 高强混凝土早期抗裂试验的单位面积的总开裂面积不宜大于 $700\text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

5.3.3 用于受氯离子侵蚀环境条件的高强混凝土的抗氯离子渗透性能宜满足电通量不大于 1000C 或氯离子迁移系数 (D_{RCM}) 不大于 $1.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 的要求；用于盐冻环境条件的高强混凝土的抗冻等级不宜小于 F350；用于滨海盐渍土或内陆盐渍土环境条件的高强混凝土的抗硫酸盐等级不宜小于 KS150。

5.3.4 高强混凝土长期性能与耐久性能的试验方法应符合现行国家标准《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。

6 配 合 比

6.0.1 高强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，并应满足设计和施工要求。

6.0.2 高强混凝土配制强度应按下式确定：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (6.0.2)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）。

6.0.3 高强混凝土配合比应经试验确定，在缺乏试验依据的情况下宜符合下列规定：

1 水胶比、胶凝材料用量和砂率可按表 6.0.3 选取，并应经试配确定；

表 6.0.3 水胶比、胶凝材料用量和砂率

强度等级	水胶比	胶凝材料用量 (kg/m ³)	砂率(%)
≥C60, <C80	0.28~0.34	480~560	35~42
≥C80, <C100	0.26~0.28	520~580	
C100	0.24~0.26	550~600	

2 外加剂和矿物掺合料的品种、掺量，应通过试配确定；矿物掺合料掺量宜为 25%~40%；硅灰掺量不宜大于 10%。

6.0.4 对于有预防混凝土碱骨料反应设计要求的工程，高强混凝土中最大碱含量不应大于 3.0kg/m³；粉煤灰的碱含量可取实测值的 1/6，粒化高炉矿渣粉和硅灰的碱含量可分别取实测值的 1/2。

6.0.5 配合比试配应采用工程实际使用的原材料，进行混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能试验，试验结果应满足设计和

施工的要求。

6.0.6 大体积高强混凝土配合比试配和调整时，宜控制混凝土绝热温升不大于 50℃。

6.0.7 高强混凝土设计配合比应在生产和施工前进行适应性调整，应以调整后的配合比作为施工配合比。

6.0.8 高强混凝土生产过程中，应及时测定粗、细骨料的含水率，并应根据其变化情况及时调整称量。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.1 高强混凝土的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

7.1.2 生产高强混凝土的搅拌站（楼）应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的规定。

7.1.3 在施工之前，应制订高强混凝土施工技术方案，并应做好各项准备工作。

7.1.4 在高强混凝土拌合物的运输和浇筑过程中，严禁往拌合物中加水。

7.2 原材料贮存

7.2.1 各种原材料贮存应符合下列规定：

1 水泥应按品种、强度等级和生产厂家分别贮存，不得与矿物掺合料等其他粉状料相混，并应防止受潮；

2 骨料应按品种、规格分别堆放，堆场应采用能排水的硬质地面，并应有遮雨防尘措施；

3 矿物掺合料应按品种、质量等级和产地分别贮存，不得与水泥等其他粉状料相混，并应防雨和防潮；

4 外加剂应按品种和生产厂家分别贮存。粉状外加剂应防止受潮结块；液态外加剂应贮存在密闭容器内，并应防晒和防冻，使用前应搅拌均匀。

7.2.2 各种原材料贮存处应有明显标识。

7.3 计 量

7.3.1 原材料计量应采用电子计量设备，其精度应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的规定。每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

7.3.2 原材料的计量允许偏差应符合表 7.3.2 的规定，并应每班检查 1 次。

表 7.3.2 原材料的计量允许偏差（按质量计，%）

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

注：累计计量允许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。

7.3.3 在原材料计量过程中，应根据粗、细骨料的含水率的变化及时调整水和粗、细骨料的称量。

7.4 搅 拌

7.4.1 高强混凝土采用的搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的规定，宜采用双卧轴强制式搅拌机，搅拌时间宜符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 高强混凝土搅拌时间（s）

混凝土强度等级	施工工艺	搅拌时间
C60 ~ C80	泵送	60~80
	非泵送	90~120
>C80	泵送	90~120
	非泵送	≥120

7.4.2 当高强混凝土掺用纤维、粉状外加剂时，搅拌时间宜在表 7.4.1 的基础上适当延长，延长时间不宜少于 30s；也可先将纤维、粉状外加剂和其他干料投入搅拌机干拌不少于 30s，然后

再加水按表 7.4.1 的搅拌时间进行搅拌。

7.4.3 清洁过的搅拌机搅拌第一盘高强混凝土时，宜分别增加 10% 水泥用量、10% 砂子用量和适量外加剂，相应调整用水量，保持水胶比不变，补偿搅拌机容器挂浆造成的混凝土拌合物中的砂浆损失；未清理过的搅拌机高水胶比混凝土的搅拌机用来搅拌高强混凝土时，该盘混凝土宜增加适量水泥和外加剂，且水胶比不应增大。

7.4.4 搅拌应保证高强混凝土拌合物质量均匀，同一盘混凝土的搅拌匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

7.5 运 输

7.5.1 运输高强混凝土的搅拌运输车应符合现行行业标准《混凝土搅拌运输车》JG/T 5094 的规定；翻斗车应仅限用于现场运送坍落度小于 90mm 的混凝土拌合物。

7.5.2 搅拌运输车装料前，搅拌罐内应无积水或积浆。

7.5.3 高强混凝土从搅拌机装入搅拌运输车至卸料时的时间不宜大于 90min；当采用翻斗车时，运输时间不宜大于 45min；运输应保证浇筑连续性。

7.5.4 搅拌运输车到达浇筑现场时，应使搅拌罐高速旋转 20s~30s 后再将混凝土拌合物卸出。当混凝土拌合物因稠度原因出罐困难而掺加减水剂时，应符合下列规定：

- 1 应采用同品种减水剂；
- 2 减水剂掺量应有经试验确定的预案；
- 3 减水剂掺入混凝土拌合物后，应使搅拌罐高速旋转不少于 90s。

7.6 浇 筑

7.6.1 高强混凝土浇筑前，应检查模板支撑的稳定性以及接缝的密合情况，并应保证模板在混凝土浇筑过程中不失稳、不跑模

和不漏浆；天气炎热时，宜采取遮挡措施避免阳光照射金属模板，或从金属模板外侧进行浇水降温。

7.6.2 当暑期施工时，高强混凝土拌合物入模温度不应高于 35℃，宜选择温度较低时段浇筑混凝土；当冬期施工时，拌合物入模温度不应低于 5℃，并应有保温措施。

7.6.3 泵送设备和管道的选择、布置及其泵送操作可按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的有关规定执行。

7.6.4 当缺乏高强混凝土泵送经验时，施工前宜进行试泵。

7.6.5 当泵送高度超过 100m 时，宜采用高压泵进行泵送。

7.6.6 对于泵送高度超过 100m 的、强度等级不低于 C80 的高强混凝土，宜采用 150mm 管径的输送管。

7.6.7 当向下泵送高强混凝土时，输送管与垂线的夹角不宜小于 12°。

7.6.8 在向上泵送高强混凝土过程中，当泵送间歇时间超过 15min 时，应每隔 4min~5min 进行四个行程的正、反泵，且最大间歇时间不宜超过 45min；当向下泵送高强混凝土时，最大间歇时间不宜超过 15min。

7.6.9 当改泵较高强度等级混凝土时，应清空输送管道中原有的较低强度等级混凝土。

7.6.10 当高强混凝土自由倾落高度大于 3m 时，宜采用导管等辅助设备。

7.6.11 高强混凝土浇筑的分层厚度不宜大于 500mm，上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过 120min。

7.6.12 不同强度等级混凝土现浇对接处应设在低强度等级混凝土构件中，与高强度等级构件间距不宜小于 500mm；现浇对接处可设置密孔钢丝网拦截混凝土拌合物，浇筑时应先浇高强度等级混凝土，后浇低强度等级混凝土；低强度等级混凝土不得流入高强度等级混凝土构件中。

7.6.13 高强混凝土可采用振捣棒捣实，插入点间距不应大于振捣棒振动作用半径，泵送高强混凝土每点振捣时间不宜超过

20s,当混凝土拌合物表面出现泛浆,基本无气泡逸出,可视为捣实;连续多层浇筑时,振捣棒应插入下层拌合物 50mm 进行振捣。

7.6.14 浇筑大体积高强混凝土时,应采取温控措施,温控应符合现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的规定。

7.6.15 混凝土拌合物从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间不宜超过表 7.6.15 的规定。

**表 7.6.15 混凝土拌合物从搅拌机卸
出后到浇筑完毕的延续时间 (min)**

混凝土施工情况		气 温	
		≤25℃	>25℃
泵送高强混凝土		150	120
非泵送高强混凝土	施工现场	120	90
	制品厂	60	45

7.7 养 护

7.7.1 高强混凝土浇筑成型后,应及时对混凝土暴露面进行覆盖。混凝土终凝前,应用抹子搓压表面至少两遍,平整后再次覆盖。

7.7.2 高强混凝土可采取潮湿养护,并可采取蓄水、浇水、喷淋洒水或覆盖保湿等方式,养护水温与混凝土表面温度之间的温差不宜大于 20℃;潮湿养护时间不宜少于 10d。

7.7.3 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%,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现行行业标准《公路工程混凝土养护剂》JT/T 522 的规定。

7.7.4 在风速较大的环境下养护时,应采取适当的防风措施。

7.7.5 当高强混凝土构件或制品进行蒸汽养护时,应包括静停、升温、恒温和降温四个阶段。静停时间不宜小于 2h,升温速度

不宜大于 $25^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，恒温温度不应超过 80°C ，恒温时间应通过试验确定，降温速度不宜大于 $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。构件或制品出池或撤除养护措施时的表面与外界温差不宜大于 20°C 。

7.7.6 对于大体积高强混凝土，宜采取保温养护等温控措施；混凝土内部和表面的温差不宜超过 25°C ，表面与外界温差不宜大于 20°C 。

7.7.7 当冬期施工时，高强混凝土养护应符合下列规定：

- 1 宜采用带模养护；
- 2 混凝土受冻前的强度不得低于 10MPa ；
- 3 模板和保温层应在混凝土冷却到 5°C 以下再拆除，或在混凝土表面温度与外界温度相差不大于 20°C 时再拆除，拆模后的混凝土应及时覆盖；
- 4 混凝土强度达到设计强度等级标准值的 70% 时，可撤除养护措施。

8 质 量 检 验

8.0.1 高强混凝土的原材料质量检验、拌合物性能检验和硬化混凝土性能检验应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

8.0.2 高强混凝土的原材料质量应符合本规程第 4 章的规定；拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应符合本规程第 5 章的规定。

附录 A 倒置坍落度筒排空试验方法

A.0.1 本方法适用于倒置坍落度筒中混凝土拌合物排空时间的测定。

A.0.2 倒置坍落度筒排空试验应采用下列设备：

1 倒置坍落度筒：材料、形状和尺寸应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》JG/T 248 的规定，小口端应设置可快速开启的封盖。

2 台架：当倒置坍落度筒支撑在台架上时，其小口端距地面不宜小于 500mm，且坍落度筒中轴线应垂直于地面；台架应能承受装填混凝土和插捣。

3 捣棒：应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》JG/T 248 的规定。

4 秒表：精度 0.01s。

5 小铲和抹刀。

A.0.3 混凝土拌合物取样与试样的制备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 的有关规定。

A.0.4 倒置坍落度筒排空试验测试应按下列步骤进行：

1 将倒置坍落度筒支撑在台架上，筒内壁应湿润且无明水，关闭封盖。

2 用小铲把混凝土拌合物分两层装入筒内，每层捣实后高度宜为筒高的 1/2。每层用捣棒沿螺旋方向由外向中心插捣 15 次，插捣应在横截面上均匀分布，插捣筒边混凝土时，捣棒可以稍稍倾斜。插捣第一层时，捣棒应贯穿混凝土拌合物整个深度；插捣第二层时，捣棒应插透到第一层表面下 50mm。插捣完刮去多余的混凝土拌合物，用抹刀抹平。

3 打开封盖，用秒表测量自开盖至坍落度筒内混凝土拌合物全部排空的时间 (t_{sf})，精确至 0.01s。从开始装料到打开封盖的整个过程应在 150s 内完成。

A.0.5 试验应进行两次，并应取两次试验测得排空时间的平均值作为试验结果，计算应精确至 0.1s。

A.0.6 倒置坍落度筒排空试验结果应符合下式规定：

$$|t_{sf1} - t_{sf2}| \leq 0.05t_{sf,m} \quad (\text{A.0.6})$$

式中： $t_{sf,m}$ ——两次试验测得的倒置坍落度筒中混凝土拌合物排空时间的平均值 (s)；

t_{sf1} ， t_{sf2} ——两次试验分别测得的倒置坍落度筒中混凝土拌合物排空时间 (s)。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 2 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 3 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 4 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 5 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 6 《大体积混凝土施工规范》GB 50496
- 7 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 8 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733
- 9 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 10 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 11 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 12 《混凝土外加剂》GB 8076
- 13 《混凝土搅拌站(楼)》GB/T 10171
- 14 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 15 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 16 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
- 17 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491
- 18 《混凝土膨胀剂》GB 23439
- 19 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10
- 20 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 21 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 22 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 23 《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169
- 24 《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178

- 25 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
- 26 《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206
- 27 《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221
- 28 《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241
- 29 《混凝土防冻剂》JC 475
- 30 《混凝土坍落度仪》JG/T 248
- 31 《混凝土用粒化电炉磷渣粉》JG/T 317
- 32 《混凝土搅拌运输车》JG/T 5094
- 33 《公路工程混凝土养护剂》JT/T 522

中华人民共和国行业标准

高强混凝土应用技术规程

JGJ/T 281 - 2012

条文说明

制 订 说 明

《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281-2012，经住房和城乡建设部 2012 年 5 月 3 日以第 1366 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了广泛而深入的调查研究，总结了我国工程建设中高强混凝土应用技术的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了高强混凝土应用技术的相关重要技术参数。

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程时能正确理解和执行条文规定，《高强混凝土应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，供使用者参考。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	26
2	术语和符号	27
2.1	术语	27
3	基本规定	28
4	原材料	30
4.1	水泥	30
4.2	矿物掺合料	31
4.3	细骨料	31
4.4	粗骨料	33
4.5	外加剂	34
4.6	水	35
5	混凝土性能	36
5.1	拌合物性能	36
5.2	力学性能	36
5.3	长期性能和耐久性能	37
6	配合比	39
7	施工	41
7.1	一般规定	41
7.2	原材料贮存	41
7.3	计量	42
7.4	搅拌	42
7.5	运输	42
7.6	浇筑	43
7.7	养护	44
8	质量检验	46
附录 A	倒置坍落度筒排空试验方法	47

1 总 则

1.0.1 近年来，高强混凝土及其应用技术迅速发展并逐步成熟，在我国得到广泛应用，总结和归纳高强混凝土技术成果和应用经验，制订高强混凝土技术标准，有利于进一步促进高强混凝土的健康发展。

1.0.2 由于高强混凝土强度等级高，因此其特性和有关技术要求与常规的普通混凝土有所不同，原材料、混凝土性能、配合比和施工的控制要求也比常规的普通混凝土严格。本规程是针对高强混凝土的原材料、配合比、性能要求、施工和质量检验的专用标准，可以指导我国高强混凝土的应用。

1.0.3 与本规程有关的、难以详尽的技术要求，应符合国家现行标准的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 高强混凝土属于普通混凝土范畴，由于强度等级高带来的技术特殊性，现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 将高强混凝土列为特制品。

2.1.2 硅灰主要用于强度等级不低于 C80 的混凝土。国家标准《砂浆、混凝土用硅灰》正在编制过程中，在其发布并实施之前，可采用现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 中有关硅灰的规定。

3 基本规定

3.0.1 本条规定了控制高强混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能与耐久性能的基本原则。高强混凝土拌合物性能包括坍落度、扩展度、倒置坍落度筒排空时间、坍落度经时损失、凝结时间、不离析和不泌水等；力学性能包括抗压强度、轴压强度、弹性模量、抗折强度和劈拉强度等；长期性能与耐久性能主要包括收缩、徐变、抗冻、抗硫酸盐侵蚀、抗氯离子渗透、抗碳化和抗裂等性能。

3.0.2 高强混凝土技术要求高，预拌混凝土有利于质量控制。现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 规定高强混凝土为特制品，特制品代号 B，高强混凝土代号 H。高强混凝土标记示例：C80 强度等级、240mm 坍落度、F350 抗冻等级的高强混凝土，其标记为 B-H-C80-240(S5)-F350-GB/T 14902。

3.0.3 强度等级不小于 C60 的纤维混凝土、补偿收缩混凝土、清水混凝土和大体积混凝土可属于高强混凝土范畴。由于纤维混凝土、补偿收缩混凝土、清水混凝土和大体积混凝土都有较大的特殊性，所以有各自的专业技术标准。本标准与纤维混凝土、补偿收缩混凝土、清水混凝土和大体积混凝土的相关标准是协调的。高强混凝土用于压蒸养护工艺生产的离心混凝土桩可按相关专业标准的技术要求操作。

3.0.4 高强混凝土经常用于重要的或特殊的工程，这些结构往往比较复杂，对生产施工要求较高，并且情况差异较大，因此，对于这类工程结构，进行生产和施工的实体模拟试验是保证工程质量的比较通行的做法。

3.0.5 预防混凝土碱骨料反应对于高强混凝土工程结构非常重要，尤其是在不得不采用碱活性骨料的情况下。现行国家标准

《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 中包括了抑制骨料碱活性有效性的检验和预防混凝土碱骨料反应技术措施等重要内容。

4 原 材 料

4.1 水 泥

4.1.1 配制高强混凝土宜选用新型干法窑或旋窑生产的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。立窑水泥的质量稳定性不如新型干法窑和旋窑生产的水泥。硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥之外的通用硅酸盐水泥内掺混合材比例高，混合材品质也较低，胶砂强度较低，与之比较，采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥并掺加较高质量的矿物掺合料配制高强混凝土更具有技术和经济的合理性。

4.1.2 采用胶砂强度低于 50MPa 的水泥配制 C80 及其以上强度等级混凝土的技术经济合理性较差，甚至难以实现强度等级上限水平的配制目的。

4.1.3 混凝土碱骨料反应的重要条件之一就是混凝土中有较高的碱含量，引起混凝土碱骨料反应的有效碱主要是水泥带来的，因此，采用低碱水泥是预防混凝土碱骨料反应的重要技术措施。

4.1.4 烧成后的水泥熟料中残留的氯离子含量很低，但在粉磨工艺中采用的助磨剂却良莠不齐，严格控制水泥中氯离子含量有利于避免熟料烧成后粉磨时掺入不良材料。再者高强混凝土水泥用量较高，控制水泥中氯离子含量有利于控制混凝土中总的氯离子含量。

4.1.5 配制高强混凝土对水泥要求相对较严，结块的水泥和过期水泥的质量会有变化。

4.1.6 在水泥供应紧张时，散装水泥运到搅拌站输入储罐时，经常会温度过高，如立即采用，会对混凝土性能带来不利影响，应引起充分注意。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 高强混凝土中可掺入较大掺量的矿物掺合料，有利于改善高强混凝土技术性能（比如改善泵送性能，减少水化热，减少收缩等）和经济性。粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰是高强混凝土最常用的矿物掺合料，磷渣粉和钢渣粉经过试验验证也是可以适量掺用的。

4.2.2 配备粉煤灰分选设备的年发电能力较大的电厂产出的粉煤灰，一般可达到Ⅱ级灰或Ⅰ级灰质量水平。实践表明，Ⅱ级粉煤灰也能够满足高强混凝土的配制要求，目前许多高强混凝土工程采用的是Ⅱ级灰。C类粉煤灰为高钙灰，由于潜在的游离氧化钙问题，技术安全性不及F类粉煤灰。

4.2.3 S95级和S105级的粒化高炉矿渣粉，活性较好，易于配制C80及以上强度等级的高强混凝土。

4.2.4 配制C80及以上强度等级的高强混凝土时，对硅灰质量要求较高。

4.2.5 钢渣粉和粒化电炉磷渣粉活性一般低于粒化高炉矿渣粉，并且质量稳定性也比粒化高炉矿渣粉差，在采用普通硅酸盐水泥的情况下，在混凝土中掺用限量为20%，比粒化高炉矿渣粉低得多。

4.2.6 矿物掺合料属于工业废渣，可能出现放射性问题，比如粒化电炉磷渣粉等，应避免使用放射性不符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566规定的矿物掺合料。

4.3 细骨料

4.3.1 天然砂包括河砂、山砂和海砂等，人工砂是采用除软质岩和风化岩之外的岩石经机械破碎和筛分制成的砂。现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52和《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241包括了对天然砂和人工砂的规定，但对于海砂，现行行业标准《海砂混凝土应用技术规

范》JGJ 206 的规定更为合理，主要表现在氯离子含量和贝壳含量的规定方面。

4.3.2 采用细度模数为 2.6~3.0 的Ⅱ区中砂配制高强混凝土有利于混凝土性能和经济性的优化。

4.3.3 砂的含泥量和泥块含量会影响混凝土强度和耐久性，高强混凝土的强度对此尤为敏感。

4.3.4 高强混凝土胶凝材料用量多，控制人工砂的石粉含量，有利于减少混凝土中粉体总量，从而有利于控制混凝土收缩等不利影响。规定人工砂的压碎指标值便于人工砂颗粒强度控制，对实现高强混凝土的强度要求是比较重要的。

4.3.5 现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 借鉴了日本和我国台湾地区的标准，并同时考虑到我国大陆地区的实际情况，将钢筋混凝土用海砂的氯离子含量限值规定为 0.03%，低于现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 规定的 0.06%。现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 规定的海砂氯离子含量低于现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的另一个原因是，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 测定氯离子含量的制样存在烘干过程，而海砂净化后实际应用是湿砂状态，研究表明，这种差异会低估实际应用时海砂中氯离子的含量。因此，在不改变现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 干砂制样方法的前提下，可以通过降低氯离子含量的限值来解决这一问题。

规定贝壳最大尺寸的原因是，大贝壳会影响高强混凝土的性能，尤其是强度。目前宁波、舟山地区经过净化的海砂，其贝壳含量的常见范围是 5%~8%。试验研究发现，采用贝壳含量在 7%~8% 的海砂可以配制 C60 混凝土，且试验室的耐久性指标良好。从目前取得的贝壳含量对普通混凝土抗压强度和自然碳化深度影响的 10 年数据来看，贝壳含量从 2.4% 增加到 22.0%，抗压强度和自然碳化深度无明显变化。2003 年发布的《宁波市

建筑工程使用海砂管理规定》(试行)对贝壳含量有如下规定:混凝土强度等级大于 C60, 净化海砂的贝壳含量小于 4.0%; 强度等级为 C30 ~ C60, 净化海砂的贝壳含量小于 (4.0% ~ 8.0%); 强度等级小于 C30, 净化海砂的贝壳含量小于 (8.0% ~ 10.0%)。《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 规定:用于不小于 C60 强度等级的混凝土, 海砂的贝壳含量不应大于 3.0%。

4.3.6 通常高强混凝土用于重要结构, 且水泥用量略高, 出于安全性考虑, 尽量不要采用碱活性骨料。由于高强混凝土结构的混凝土用量一般有限, 尚可接受调运骨料的情况。

4.3.7 现行行业标准《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 规定再生细骨料最高可配制 C40 及以下强度等级混凝土。在国内实际工程中应用, 目前仅北京和青岛等地区应用了 C40 等级再生骨料混凝土。

4.4 粗 骨 料

4.4.1 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 对高强混凝土用粗骨料是适用的。

4.4.2 岩石抗压强度高的粗骨料有利于配制高强混凝土, 尤其混凝土强度等级值越高就越明显。试验研究和工程实践表明, 用于高强混凝土的岩石的抗压强度比混凝土设计强度等级值高 30% 是比较合理的。

4.4.3 连续级配粗骨料堆积相对比较紧密, 空隙率比较小, 有利于混凝土性能, 也有利于节约其他更重要资源的原材料。试验研究和工程实践表明, 高强混凝土粗骨料的公称粒径为 25mm 比较合理, 既有利于强度、控制收缩, 也有利于施工性能, 经济上也比较合理。

4.4.4 粗骨料含泥(包括泥块)较多将明显影响混凝土强度, 高强混凝土的强度对此比较敏感。

4.4.5 如果粗骨料针片状颗粒含量较多, 则级配较差, 空隙率

比较大，针片状颗粒易于断裂，这些对混凝土性能会有影响，强度等级值越高影响越明显，同时对混凝土泵送性能影响也较明显。

4.4.6 与 4.3.6 条文说明相同。

4.4.7 由于高强混凝土多数用于重要或特殊工程，目前尚缺乏再生粗骨料用于高强混凝土工程的实例。

4.5 外 加 剂

4.5.1 现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 规定的外加剂品种包括高性能减水剂、高效减水剂、普通减水剂、引气减水剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂和引气剂等；现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 规定了不同剂种外加剂的应用技术要求。

4.5.2 现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 规定的高性能减水剂包括不同品种，但规定减水率不小于 25%。工程实践表明，采用减水率不小于 28% 的聚羧酸系高性能减水剂配制 C80 及以上等级混凝土具有良好的表现，也是目前主要的做法。

4.5.3 外加剂品种多，差异大，掺量范围也不同，在实际工程应用时，不同产地、品种或品牌的水泥对外加剂和矿物掺合料的适应情况有差异，可能与水泥和矿物掺合料产生适应性问题，只有经过试验验证，才能证明是否适用。

4.5.4 膨胀剂是与水泥、水拌合后经水化反应生成钙矾石、氢氧化钙或钙矾石和氢氧化钙，使混凝土产生体积膨胀的外加剂。补偿收缩混凝土是由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力为 0.2MPa~1.0MPa 的混凝土。对于高强混凝土结构，减少高强混凝土早期收缩是非常重要的，采用适量膨胀剂可以在一定程度上改善高强混凝土早期收缩。

4.5.5 采用防冻剂是混凝土冬期施工常用的低成本方法，高强混凝土也可采用。

4.5.6 配制高强混凝土对外加剂要求严格，结块的粉状外加剂，

即便重新粉磨处理后质量也会有变化；液态外加剂出现沉淀等异常现象后质量会有变化。

4.6 水

4.6.1 高强混凝土用水技术要求与其他普通混凝土用水并无差异。现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 包括了对各种水用于混凝土的规定。

4.6.2 混凝土企业设备洗刷水碱含量高，且水中粉体颗粒含量高，质量却不高，不适宜配制高强混凝土。

4.6.3 未经淡化处理的海水含有大量氯盐和其他盐类，会引起严重的混凝土钢筋锈蚀问题和其他混凝土性能问题，危及混凝土结构的安全性。

5 混凝土性能

5.1 拌合物性能

5.1.1 试验研究和工程实践表明,泵送高强混凝土拌合物性能在表 5.1.1 给出的技术范围内,即能较好地满足泵送施工要求和硬化混凝土的各方面性能,并在一般情况下,泵送高强混凝土坍落度 220mm~250mm,扩展度 500mm~600mm,坍落度经时损失值 0mm~10mm,对工程有比较强的适应性。泵送高强混凝土拌合物黏度较大,倒置坍落度筒流出时间指标的设置,有利于将拌合物黏度控制在可顺利泵送施工的水平,并且使大高程泵送的泵压不至于过高。

5.1.2 采用搅拌罐车运输,出罐的最低坍落度约为 90mm,否则出罐困难。另外,由于调度、运输、泵送前压车等情况的影响,坍落度需有一定的富余。对于非泵送高强混凝土,坍落度 50mm~90mm 混凝土的各方面性能较好,翻斗车运送时坍落度大了混凝土拌合物易于分层和离析。

5.1.3 高强混凝土控制拌合物不泌水、不离析很重要;对于不同的现场条件,可以通过采用外加剂调节凝结时间满足施工要求。

5.1.4 高强混凝土拌合物性能试验方法与常规的普通混凝土拌合物性能试验方法基本相同。

5.2 力学性能

5.2.1 立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试体,在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有不小于 95%保证率的抗压强度值。目前我国混凝土相关企业配制的混凝土强度可以超过 130MPa,相当于超过 C110,本

规程最大强度等级为 C100 是可行的。

5.2.2 现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定了抗压强度、轴压强度、弹性模量、抗折强度和劈拉强度等试验方法。

5.3 长期性能和耐久性能

5.3.1 国家现行标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 对混凝土抗冻、抗硫酸盐侵蚀、抗氯离子渗透、抗碳化和抗裂等耐久性能划分了等级。现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 关于耐久性能等级的划分同样适用高强混凝土，只是高强混凝土的耐久性能等级不会落入比较低的等级范围。一般来说，高强混凝土的耐久性能可以达到表 1 的指标范围。

表 1 高强混凝土可达到的耐久性能指标范围

耐久性项目	技术要求	
	≥C60	≥C80
抗冻等级	≥F250	≥F350
抗渗等级	>P12	>P12
抗硫酸盐等级	≥KS150	≥KS150
28d 氯离子渗透(库仑电量, C)	≤1500	≤1000
84d 氯离子迁移系数 D_{RCM} (RCM 法)($\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)	≤2.5	≤1.5
碳化深度(mm)	≤1.0	≤0.1

5.3.2 早期抗裂试验的单位面积上的总开裂面积不大于 $700\text{mm}^2/\text{m}^2$ 是采用萘系外加剂的一般强度等级混凝土的较好的水平，而采用聚羧酸系外加剂的一般强度等级混凝土的较好水平是不大于 $400\text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

5.3.3 滨海或海洋等氯离子侵蚀环境条件，以及盐冻和盐渍土环境条件是典型的不利于混凝土耐久性能的严酷环境条件，本条

文关于高强混凝土耐久性能指标的有关规定，有利于提高高强混凝土在上述典型严酷环境条件下应用的耐久性水平。试验研究和工程实践表明，高强混凝土达到本条文规定的高强混凝土耐久性能指标范围是可行的。

5.3.4 现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 规定了收缩、徐变、抗冻、抗水渗透、抗硫酸盐侵蚀、抗氯离子渗透、碳化和抗裂等与本规程高强混凝土长期性能与耐久性能有关的试验方法。

6 配 合 比

6.0.1 现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 包括了高强混凝土配合比设计的技术内容,因此对高强混凝土配合比设计也是适用的。本标准未涉及的配合比设计的通用技术内容可执行现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

6.0.2 对于高强混凝土配制强度计算公式,现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《公路桥涵施工技术规范》JTJ/T F50 都已经采用了本条文给出的计算公式 [即式 (6.0.2)],实际上,这一公式早已经在公路桥涵和建筑工程等混凝土工程中得到应用和检验。

6.0.3 高强混凝土配合比参数变化范围相对比较小,适合于根据经验直接选择参数然后通过试验确定配合比。试验研究和工程应用表明,本条给出的配合比参数范围对高强混凝土配合比设计具有实际应用的指导意义。对于泵送高强混凝土,为保证泵送施工顺利,推荐控制每立方米高强混凝土拌合物中粉料浆体的体积为 340L~360L (水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰和水等密度可知大致,容易估算粉料浆体的体积),这也有利于配合比参数的优选。对于高强混凝土,较高强度等级水胶比较低,在满足拌合物施工性能要求前提下宜采用较少的胶凝材料用量和较小的砂率,矿物掺合料掺量应满足混凝土性能要求并兼顾经济性,这些规律与常规的普通混凝土配合比设计规律没有太大差别。

6.0.4 对于高强混凝土,要将混凝土中碱含量控制在 $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ 以内,需要采用低碱水泥,并采用较大掺量的碱含量较低的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料。混凝土中碱含量是测定的混凝土各原材料碱含量计算之和,而实测的粉煤灰和粒化高炉矿渣

粉等矿物掺合料碱含量并不是参与碱骨料反应的有效碱含量，对于矿物掺合料中有效碱含量，粉煤灰碱含量取实测值的 $1/6$ ，粒化高炉矿渣粉和硅灰的碱含量分别取实测值的 $1/2$ ，已经被混凝土工程界采纳。

6.0.5 配合比试配采用的工程实际原材料，以基本干燥为准，即细骨料含水率小于 0.5% ，粗骨料含水率小于 0.2% 。高强混凝土配合比设计不仅仅应满足强度要求，还应满足施工性能、其他力学性能和耐久性能的要求。

6.0.6 混凝土绝热温升可以在试验室通过测试绝热容器中混凝土的温度升高过程测得，也可在现场通过实测足尺寸混凝土模拟试件内的温度升高过程测得。

6.0.7 现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中配合比设计过程中经历计算配合比、试拌配合比，然后形成设计配合比。生产和施工现场会出现各种情况，需要对设计配合比进行适应性调整后才能用于生产和施工。

6.0.8 在高强混凝土生产过程中，堆场上的粗、细骨料的含水率会变化，从而影响高强混凝土的水胶比和用水量等，因此，在生产过程中，应根据粗、细骨料的含水率变化情况及时调整配合比。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.1 高强混凝土的施工要求严于常规的普通混凝土，因此，在符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的基础上，还应符合本规程规定。

7.1.2 现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 对主要参数系列、搅拌设备、供料系统、贮料仓、配料装置、混凝土贮斗、安全环保和其他方面作出了全面细致的规定，对保证高强混凝土生产质量十分重要。

7.1.3 高强混凝土施工技术方案可分为两个方面：一方面是搅拌站的生产技术方案（涉及原材料、混凝土制备和运输等），进行生产质量控制；另一方面是工程现场的施工技术方案（涉及浇筑、成型、养护及其相关的工艺和技术等），进行现场施工质量控制。当然，这两个方面可以合为一体。

7.1.4 高强混凝土水胶比低，强度对用水量的变化极其敏感，因此，在运输和浇筑成型过程中往混凝土拌合物中加水会明显影响混凝土强度，同时也会对高强混凝土的耐久性能和其他力学性能产生影响，对工程质量具有很大危害。

7.2 原材料贮存

7.2.1 高强混凝土所用的粉料种类多，避免相混和防潮是共同的要求。骨料堆场采用遮雨设施已逐步在预拌混凝土搅拌站得到实施，高强混凝土水胶比低，强度对用水量的变化极其敏感，采用遮雨措施防止骨料含水量波动，对保证施工配合比的准确性非常重要。高强混凝土常用的液态外加剂（比如聚羧酸系高性能减

水剂)受冻后性能会降低。

7.2.2 原材料分别标识清楚有利于避免混乱和用料错误。

7.3 计 量

7.3.1 高强混凝土生产对原材料计量要求较高,尤其是对水和外加剂的计量要求高。采用电子计量设备有利于保证计量精度,保证高强混凝土生产质量。

7.3.2 符合现行国家标准《混凝土搅拌站(楼)》GB/T 10171 规定称量装置可以满足表 7.3.2 的要求。

7.3.3 如果堆场上的粗、细骨料的含水率变化而称量不变,对水胶比和用水量会有影响,从而影响高强混凝土性能;相对而言,粗、细骨料用量对高强混凝土性能影响较小。

7.4 搅 拌

7.4.1 采用双卧轴强制式搅拌机有利于高强混凝土的搅拌。对于高强混凝土,强度等级高比强度等级低的搅拌时间长;非泵送施工比泵送施工搅拌时间长。

7.4.2 高强混凝土拌合物黏度较大,适当延长搅拌时间或采取合适的投料措施,有利于纤维和粉状外加剂在高强混凝土中分散均匀。

7.4.3 本条文的规定仅针对清洁过的或未清理过的搅拌机搅拌的第一盘混凝土。

7.4.4 现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 关于同一盘混凝土的搅拌匀质性的规定有两点:①混凝土中砂浆密度两次测值的相对误差不应大于 0.8%;②混凝土稠度两次测值的差值不应大于混凝土拌合物稠度允许偏差的绝对值。

7.5 运 输

7.5.1 搅拌运输车难以将坍落度小于 90mm 的高强混凝土拌合物卸出。

7.5.2 罐内积水或积浆会使混凝土配合比欠准确。

7.5.3 采用外加剂调整混凝土拌合物的可操作时间并控制混凝土出机至现场接收不超过 90min 是易行的。运输保证浇筑的连续性有利于避免高强混凝土结构出现因浇筑间断产生的“冷缝”或薄弱层。

7.5.4 在现场施工组织不畅而导致压车或因交通阻塞延长运输时间等场合下，多发生混凝土拌合物坍落度损失过大导致搅拌运输车卸料困难的问题，向搅拌罐内掺加适量减水剂并搅拌均匀可改善拌合物稠度将混凝土拌合物卸出。

7.6 浇 筑

7.6.1 高强混凝土拌合物中浆体多，流动性大，浇筑时对模板的压力大，浇筑时易于漏浆和胀模，因此，支模是高强混凝土施工的关键环节之一；天气炎热时金属模板会被晒得发烫，对高强混凝土性能不利。

7.6.2 在不得已的情况下，降低高强混凝土拌合物温度的常用方法是采用加冰的拌合水；提高拌合物温度的常用方法是采用加热的拌合水，拌合用水可加热到 60℃ 以上，应先投入骨料和热水搅拌，然后再投入胶凝材料等共同搅拌。

7.6.3 现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 规定了普通混凝土和高强混凝土的泵送设备和管道的选择、布置及其泵送操作的有关规定。

7.6.4 高强混凝土泵送是施工的关键环节之一。一般认为：高强混凝土拌合物用水量小，黏度大，尤其在大高程泵送情况下，有一定的控制难度，解决了高强混凝土的泵送问题，基本就解决了高强混凝土施工的主要问题。施工前进行高强混凝土试泵能够为提高泵送的可靠性做准备。

7.6.5 由于高强混凝土黏度大，间歇后开始泵送瞬间黏滞作用大，进行较大高程的高强混凝土泵送，对泵压要求高。

7.6.6 强度等级不低于 C80 的高强混凝土黏度很大，采用较大

管径的输送管有利于减小黏度对泵送的影响。

7.6.7 向下泵送高强混凝土时，控制输送管与垂线的夹角大一些有利于防止形成空气栓塞引起堵泵。

7.6.8 在泵送过程中，为了防止混凝土在输送管中形成栓塞导致堵泵，应尽量避免混凝土在输送管中长时间停滞不动。当向下泵送高强混凝土时，反泵无益。

7.6.9 输送管道中的原有较低强度等级混凝土混入后来浇筑的较高强度等级混凝土中会引发工程事故。

7.6.10 高强混凝土自由倾落不易离析，但结构配筋较密时，高强混凝土会被结构配筋筛打成离析状态。

7.6.11 高强混凝土结构通常是分层浇筑的，分层厚度不宜过大和层间浇筑间隔时间不宜过长，有利于保证每层混凝土浇筑质量和整体结构的匀质性。自密实高强混凝土浇筑不受此条规定的限制。

7.6.12 例如，在整体现浇柱和梁时，柱可能是高强混凝土，而梁不是高强混凝土，那么现浇对接处应设在梁中；由于高强混凝土流动性大，所以需要设置密孔钢丝网拦截；填补柱头混凝土时应注意不要采用梁的混凝土。

7.6.13 泵送高强混凝土振捣时间不宜过长，以避免石子和浆体分层。非泵送的高强混凝土也可以采用其他密实方法，比如预制桩采用的离心法等。

7.6.14 高强混凝土结构尺寸较大的情况不少，并且由于高强混凝土温升较高，温控就尤为重要。采取措施后，高强混凝土可以满足现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的温控要求。

7.6.15 混凝土制品厂采用的高强混凝土可以是塑性混凝土或低流动性混凝土，操作时间相对减少。

7.7 养 护

7.7.1 高强混凝土早期收缩比较大，如果再发生表面水分损失，

会加大混凝土开裂倾向，因此，应采取措施防止混凝土浇筑成型后的表面水分损失。

7.7.2 一方面，高强混凝土强度发展比较快，另一方面，由于施工性能要求和经济原因，矿物掺合料掺量比较大，因此，潮湿养护时间不宜少于 10d。

7.7.3 对于竖向结构的混凝土立面，采用混凝土养护剂比较有利。

7.7.4 风速较大对高强混凝土养护十分不利，一方面，如果混凝土不好，混凝土表面会迅速失水，导致表面裂缝，另一方面，大风会破坏养护的覆盖条件。

7.7.5 混凝土成型后蒸汽养护前的静停时间长一些有利于减少混凝土在蒸养过程中的内部损伤；控制升温速度和降温速度慢一些，可减小温度应力对混凝土内部结构的不利影响；如果生产效率和时间允许，控制最高和恒温温度不超过 65℃ 比较合适。

7.7.6 对于大体积高强混凝土，通常采用保温措施控制混凝土内部、表面和外界的温差。

7.7.7 冬期施工时，高强混凝土结构带模养护比较有利，易于采取保温措施（比如保温模板等），保湿效果也可以；采用高强混凝土的结构往往比较重要，提高受冻前的强度要求是有益的；对通常用于重要结构的高强混凝土，撤除养护措施时混凝土强度达到设计强度等级的 70% 比常规普通混凝土的 50% 高一些有利于结构安全，主要是考虑到高强混凝土强度后期发展潜力比较小。

8 质 量 检 验

8.0.1 高强混凝土的检验规则与常规的普通混凝土一致，现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 第 7 章混凝土质量检验完全适用于高强混凝土的检验。

8.0.2 高强混凝土性能以满足设计和施工要求为合格；设计和施工未提出要求的性能可不评价。

附录 A 倒置坍落度筒排空试验方法

高强混凝土拌合物黏性较大，流动速度也较慢，对泵送施工有影响。本试验方法可用于检验评价混凝土拌合物的流动速度与输送管壁的黏滞性。对于高强混凝土，排空时间越短，拌合物与输送管壁的黏滞性就越小，流动速度也越大，有利于高强混凝土的泵送施工。