



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

蒸压硅酸盐功能骨料在混凝土中应用技术规程

Technical specification for the application of autoclaved
silicate functional aggregates in concrete

（征求意见稿）

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中国工程建设标准化协会 发布

中国工程建设标准化协会标准

蒸压硅酸盐功能骨料在混凝土中应用技术 规程

Technical specification for the application of autoclaved silicate
functional aggregates in concrete

T/CECS ×××-20×××

主编单位： 北 京 工 业 大 学
浙江中劲环保科技有限公司
批准单位： 中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会
施行日期： 2 0 × × 年 × × 月 × × 日

中国计划出版社
20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕40 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结各地实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 7 章。主要技术内容包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.蒸压硅酸盐功能骨料及其他原材料；5.混凝土配合比设计；6.生产与施工；7.质量检验与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由北京工业大学负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议，请将有关意见和资料寄送解释单位（北京市朝阳区平乐园 100 号，邮政编码：100124）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基 本 规 定	4
4 蒸压硅酸盐功能骨料及其他原材料	6
4.1 蒸压硅酸盐功能骨料	6
4.2 其他原材料	6
5 混凝土配合比设计	8
5.1 一般规定	8
5.2 普通密度混凝土的配合比设计	8
5.3 特定密度混凝土的配合比设计	9
6 生产与施工	12
6.1 一般规定	12
6.2 原材料进场	12
6.3 计量	13
6.4 搅拌	13
6.5 混凝土运输	13
6.6 浇筑	13
6.7 养护	14
7 质量检验与验收	14
7.1 原材料质量检验	14
7.2 混凝土性能检验	14
7.3 验收	15
本规程用词说明	16
引用标准名录	17

Contents

1	General provisions	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements.....	4
4	Autoclaved silicate functional aggregate and other raw materials	6
4.1	Autoclaved silicate functional aggregate	6
4.2	other raw materials.....	6
5	Concrete mix ratio design	8
5.1	General requirements	8
5.2	Mix ratio design for ordinary density concrete	8
5.3	Mix ratio design for specified density concrete	9
6	Production and construction.....	12
6.1	General requirements	12
6.2	Raw materials inspection on site.....	12
6.3	Material measurement.....	13
6.4	Concrete mixing.....	13
6.5	Concrete transportation	13
6.6	Concrete Casting	13
6.7	Concrete Curing	14
7	Quality inspection and acceptance	14
7.1	Raw materialsy inspection	14
7.2	Concrete performance inspection.....	14
7.3	Acceptance	15
	Explanation of wording in this specification.....	16
	List of quoted standards.....	17

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关节约资源、保护环境的技术经济政策，规范蒸压硅酸盐功能骨料在建设工程中的合理应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

【条文说明】

人造骨料由于原材料来源广泛，具有很大的性能设计空间，可为混凝土特殊性能的实现提供有力支撑。水热合成（蒸压）工艺制备骨料是采用适当比例的钙质原料与硅质原料，经配料、成球等工艺制成球形颗粒，在蒸压条件下（通常为 180°C ，饱和蒸汽压不低于 1MPa ），形成以托贝莫来石、水化硅酸钙为主要成分的骨料。该骨料表观密度为 $1700\sim 2200\text{kg/m}^3$ ，筒压强度可达 $8\sim 30\text{MPa}$ 。该方法生产原材料广泛，硅质原料可以是粉煤灰、炉渣、尾矿、石材锯泥等 SiO_2 含量较高的低品质固废，钙质原料则可以采用钢渣、电石渣、碱渣、白泥渣等工业固废。在原材料匹配程度较高的情况下，固废使用率可以超过 90%。水热合成工艺既拓展了原材料的多元化，又避免了烧结的高能耗，生产能耗大幅度降低，还可以利用钢厂、电厂的余热，生产过程中也无废水、废气、废渣排放，具有突出的环保价值。

1.0.2 本规程适用于建筑工程、交通工程、市政工程等领域，采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的干表观密度为 $2200\sim 2500\text{kg/m}^3$ 的普通密度混凝土与干表观密度为 $1800\sim 2150\text{kg/m}^3$ 的特定密度混凝土的配合比设计、生产、施工、质量检验和验收。

【条文说明】蒸压工艺制成的骨料，筒压强度高，表观密度大，更适用于普通结构混凝土中。考虑到普通结构混凝土对强度、弹性模量、长期收缩、徐变等性能的要求，宜以一定比例（如骨料体积的 5%~20%）置换普通砂石。既利用了这种骨料的粒形、颗粒级配可控等技术优势，作为混凝土骨料的改良组分，又能维持普通混凝土的结构性能参数基本不变。

蒸压硅酸盐功能骨料既能生产粗骨料（粒径通常为 $4.75\text{mm}\sim 20\text{mm}$ ），也能生产细骨料（粒径通常为 $1.18\text{mm}\sim 4.75\text{mm}$ ），二者搭配，全部替代天然砂石，可以配制出较轻或特定密度混凝土，本规程也包括了这种混凝土的应用。

1.0.3 蒸压硅酸盐功能骨料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

2.0.1 蒸压硅酸盐功能骨料 autoclaved silicate functional aggregate

以硅质材料与钙质材料为主要原材料，掺加适量石膏等，经过磨细、配料、匀化、成球、包壳、蒸压水热合成等工艺，制成的以托贝莫来石、水化硅酸钙为主要物相的硅酸盐制品，用于混凝土中具有改善骨料体系的粒形与级配、提高混凝土工作性、减少混凝土自收缩、促进胶凝材料后期水化等功能，简称功能骨料。

2.0.2 硅质材料 siliceous material

指粉煤灰、炉渣、气化渣等以 SiO_2 为主要化学成分，或砂岩、石英尾矿、金属尾矿等以石英为主要矿物成分，在水热条件下具有明显火山灰活性的材料。

2.0.3 钙质材料 calcareous material

指水泥、石灰、镁渣、钢渣等以硅酸三钙、硅酸二钙为主要矿物成分，或石灰、电石渣、氯醇法环氧丙烷皂化渣等以活性 CaO 或 Ca(OH)_2 为主要化学成分的材料。

2.0.4 蒸压水热合成 autoclave hydrothermal synthesis

指在高温相对应的饱和蒸气压条件下（通常养护温度大于 180°C ，对应的饱和蒸汽压力不低于 1.0MPa ）， SiO_2 与 CaO 反应生成托贝莫来石、水化硅酸钙的工艺过程。

2.0.5 普通密度混凝土 Ordinary density concrete

以少量功能骨料替代天然砂石配制的干表观密度为 $2200\sim 2500\text{kg/m}^3$ 的混凝土。

【条文说明】以功能骨料等体积替代混凝土骨料总体积的 $5\%\sim 20\%$ ，混凝土的密度、力学性能等变化较小，基本保持普通混凝土的技术性能参数。

2.0.6 特定密度混凝土 Specified density concrete

以较大量功能骨料部分或全部替代天然砂石配制的干表观密度为 $1800\sim 2150\text{kg/m}^3$ 的混凝土。

【条文说明】以功能骨料等体积替代混凝土骨料总体积的 $30\%\sim 100\%$ ，将获得特定密度混凝土，其技术性能参数可能介于普通混凝土与轻骨料混凝土之间。

2.0.7 体积砂率 volume rate of sand

细骨料体积与粗细骨料总体积之比。

3 基本规定

3.0.1 应根据工程特点和实际需求,确定蒸压硅酸盐功能骨料的技术参数以及在混凝土中的用量,并通过配合比设计,使得混凝土性能满足设计和施工要求。

3.0.2 采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的普通密度混凝土,其结构设计、施工、验收应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 等标准规范的规定。

3.0.3 采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的特定密度混凝土,其结构设计、施工、验收应符合现行行业标准《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 的规定。特定密度混凝土性能参数的相关取值可通过试验确定;当无试验数据时,可根据密度等级参照对应的轻骨料混凝土的相关规定执行,当密度等级超过 1900kg/m^3 且缺乏相关数据时,亦可参照密度等级为 1900kg/m^3 的轻骨料混凝土的相关规定执行。

【条文说明】

采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的特定密度混凝土强度等级不宜低于 C25;当采用强度等级 400MPa 及以上的钢筋时,特定密度混凝土强度等级不应低于 C30;预应力混凝土强度等级不宜低于 C40,且不应低于 C30。

采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的特定密度混凝土的轴心抗压标准值 f_{ck} 、轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 可参照表 1。

表 1 蒸压硅酸盐人造骨料混凝土的强度标准值(N/mm²)

强度类别	蒸压硅酸盐骨料混凝土强度等级											
	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
f_{tk}	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的特定密度混凝土的轴心抗压强度设计值 f_c 、轴心抗拉强度设计值 f_t 可参考表 2。

表 2 蒸压硅酸盐骨料混凝土的强度设计值(N/mm²)

强度类别	轻骨料混凝土强度等级											
	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80

f_c	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
f_t	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

采用蒸压硅酸盐功能骨料配制的特定密度混凝土的弹性模量 EC 可参照表 3 取值

表 3 结构用蒸压硅酸盐骨料混凝土的弹性模量($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)

强度等级	密度等级			
	1800	1900	2000	2100
C25	1.82	1.92	2.02	2.12
C30	1.99	2.10	2.21	2.32
C35	2.15	2.27	2.4	2.50
C40	2.30	2.43	2.56	2.70
C45	2.44	2.57	2.70	2.83
C50	2.57	2.71	2.85	2.99
C55	2.70	2.85	3.00	3.15
C60	2.82	2.97	3.12	3.27
C65			3.24	3.30
C70			3.30	3.35
C75			3.40	3.45
C80			3.50	3.55

3.0.4 掺加硅酸盐功能骨料的普通密度混凝土和特定密度混凝土的耐久性设计，应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。用于冻融循环、干湿循环等严酷环境中，应通过试验验证混凝土的耐久性，满足要求后方可使用。

3.0.5 掺加硅酸盐功能骨料的普通密度混凝土和特定密度混凝土的制备，应采用预拌生产方式，并应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和现行行业标准《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328 的规定。

3.0.6 蒸压硅酸盐功能骨料宜用于自密实混凝土、钢管混凝土、高强混凝土、自养护混凝土等。

3.0.7 用于人居环境的蒸压硅酸盐功能骨料，其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 的规定。

4 蒸压硅酸盐功能骨料及其他原材料

4.1 蒸压硅酸盐功能骨料

4.1.1 蒸压硅酸盐功能骨料应符合《蒸压硅酸盐功能骨料》T/CECS XXX~2024 的要求。

4.1.2 配制不同强度等级的混凝土时，蒸压硅酸盐功能骨料应符合下列规定：

1 配制普通密度混凝土，骨料的筒压强度宜符合表 4.1.2 的规定，且细骨料浸水 1h 后饱和面干的筒压强度不应低于 9MPa。

表 4.1.2 蒸压硅酸盐功能骨料的筒压强度（MPa）

混凝土强度等级	粗骨料	细骨料
C15~C25	≥8.0	≥10.0
C30~C40	≥9.0	≥11.0
C45~C60	≥11.0	≥13.0
C60~C80	≥13.0	≥15.0
C80 以上	≥15.0	≥17.0

2 对于 C50 以下普通密度混凝土，蒸压硅酸盐功能骨料粗骨料最大粒径不宜大于 16.0mm；C50 及以上强度等级的普通密度混凝土，蒸压硅酸盐功能骨料的粗骨料最大粒径不宜大于 10.0mm；

3 配制特定密度混凝土时，蒸压硅酸盐功能骨料的技术参数可参照上述要求。

4.1.3 用于长期潮湿、干湿循环、冻融循环等严酷环境中时，功能粗骨料的软化系数不应小于 0.90，细骨料浸水 1h 后饱和面干的筒压强度不应低于 12MPa。。

4.1.4 有内养护要求的混凝土宜采用细骨料，吸水率可为 15%~25%，并由试验确定。

4.2 其他原材料

4.2.1 水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

4.2.2 矿物掺合料应符合下列规定：

1 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 的有关规定，且不宜低于Ⅱ级；磨细粉煤灰应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的有关规定。

2 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定，且不宜低于 S95 级。

3 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的有关规定。

4 石灰石粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164。

5 复合掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的有关规定。

4.2.3 天然粗骨料和细骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685、《建设用砂》GB / T 14684，以及现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4.2.4 混凝土拌合水和养护水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.2.5 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 的有关规定。

5 混凝土配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 普通密度混凝土的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。

5.1.2 特定密度混凝土的配合比设计应符合现行行业标准《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 的规定。

5.1.3 掺加功能骨料的混凝土的配合比设计应满足混凝土和易性、强度和耐久性的要求。混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的试验方法应分别符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080、《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 的规定。

5.1.4 掺加功能骨料的混凝土拌合物的水溶性氯离子含量应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定。

5.1.5 掺加功能骨料的普通密度混凝土应先按照常规混凝土进行配合比设计，再以功能骨料等体积置换天然砂石骨料，并适当降低水胶比，可根据情况适当降低水泥用量，增加粉煤灰等矿物掺合料用量，矿物掺合料用量可比《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定取值增加 5%~10%。

5.1.6 应按体积法对掺加功能骨料的普通密度混凝土进行配合比计算。

5.1.7 掺加功能骨料的混凝土应具有较好的黏聚性和匀质性。

5.2 普通密度混凝土的配合比设计

5.2.1 掺加功能骨料的普通密度混凝土的配合比设计应符合下列规定：

1 混凝土的最小胶凝材料用量、矿物掺合料最大掺量、配制强度和标准差、水胶比均应按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定取值，并按照体积法计算获得基准混凝土的配合比。

2 应将功能骨料等体积取代基准混凝土中的部分天然砂石：功能骨料取代率不应大于骨料总体积的 20%；C40 及以下强度等级的混凝土，功能骨料取代率不

宜大于骨料总体积的 **15%**；C40 以上强度等级的混凝土，功能骨料取代率不宜大于骨料总体积的 **12%**。

3 可根据需要单独以功能细骨料或功能粗骨料分别等体积取代天然砂石。

4 功能粗骨料宜采用连续级配，且随着混凝土强度等级的提高，应适当降低功能粗骨料的最大粒径。

5 宜以细骨料和 5~10mm 的粗骨料按照 1:1~2:1 之间的比例等体积取代天然砂石，功能骨料可全部取代天然粗骨料，或者大部分取代粗骨料，少部分取代细骨料。

6 当功能骨料体积替代率超过 10%后，混凝土水胶比宜较基准混凝土降低 **0.02~0.03**。当降低水泥用量，增加粉煤灰等掺合料用量时，则还应进一步降低水胶比。

【条文说明】采用功能骨料制备普通混凝土，需要将体积替代率限制在一个较小的范围内。功能细骨料和功能粗骨料，总体上颗粒在 1.18mm 以上，适合取代天然粗骨料，即使取代天然细骨料，也应少量取代，否则可能影响混凝土的工作性。

7 功能骨料在饱和面干状态下的含水量不应计入混凝土拌合水用量，也不应计入水胶比的计算。

8 应根据混凝土拌合物的和易性调整外加剂用量或调整外加剂的组成。

5.2.2 掺加功能骨料的普通密度混凝土的配合比应通过体积法进行校核，最终配合比应通过试配确定。

5.2.3 混凝土试配时，功能骨料应提前进行预湿处理，功能骨料应以饱和面干的状态加入搅拌机中。

5.2.4 混凝土试配时，应根据拌合物和易性，调整功能细骨料与粗骨料的掺入比例，同时调整确定取代天然粗骨料和细骨料的比例。在满足和易性要求前提下，混凝土宜采用较低的体积砂率。

5.3 特定密度混凝土的配合比设计

5.3.1 配制特定密度混凝土宜共同采用功能细骨料与普通砂，其掺用比例应根据密度等级、混凝土和易性等通过试验确定，功能细骨料宜占混凝土细骨料总体积的 10%~50%。

5.3.2 混凝土的砂率应以体积砂率表示。体积采用绝对体积表示，对应的砂率应为绝对体积砂率。特定密度混凝土的体积砂率可按表 5.3.2 选用。当混合使用普

通砂和功能细骨料时,宜取表 5.3.2 中的中间值,并按普通砂和功能细骨料的混合比例进行插值计算。对于泵送现浇的混凝土,体积砂率宜取表 5.3.2 的上限值。

表 5.3.2 特定密度混凝土的体积砂率

混凝土施工方式	细骨料品种	体积砂率(%)
预制构件	功能细骨料+普通砂	35~50
	普通砂	30~40
现浇混凝土	功能细骨料+普通砂	35~55
	普通砂	35~45

5.3.3 功能粗骨料掺量以绝对体积表示,可参照表 5.3.3 选择。

表 5.3.3 功能粗骨料掺量与骨料级配推荐比例

	混凝土强度等级		
	C30~C40	C45~C50	C55~C60
粗骨料粒径范围	5~20mm	5~16mm	5~16mm
每立方米混凝土功能粗骨料掺量 (m³)	0.38~0.45	0.38~0.42	0.38~0.40
颗粒级配比例* 5~10mm: 10~20mm	4: 6	3: 7	/
颗粒级配比例* 5~10mm: 10~16mm	3: 7	3: 7	3: 7

5.3.4 配制不同强度特定密度混凝土的胶凝材料用量可按表 5.3.4 选用。配制 C30~C55 混凝土,水泥宜为 42.5 级普通硅酸盐水泥,最大胶凝材料用量不宜超过 550kg/m³; 配制 C60~C80 混凝土,胶凝材料中的水泥宜为 52.5 级硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,宜掺加硅灰,胶凝材料用量不宜超过 650kg/m³; 泵送混凝土的胶凝材料用量不宜小于 350kg/m³。

表 5.3.4 蒸压硅酸盐骨料混凝土的胶凝材料用量(kg/m³)

混凝土配制强度 (N/mm²)	蒸压硅酸盐功能骨料密度等级				
	900	1000	1100	1200	1300
25~30	340~400	340~400	340~400	340~400	340~400
30~40	380~480	370~470	370~470	370~470	370~470
40~50	420~520	410~510	410~510	410~510	410~510

50~60	440~540	430~530	430~530	430~530	430~530
60~70	540~640	530~630	530~630	530~630	530~630
70~80	560~640	560~640	560~640	560~640	560~640

5.3.35 特定密度混凝土的净用水量可按表 5.3.5 选用，并应根据采用的外加剂，对其性能经试验调整后确定。

表 5.3.5 蒸压硅酸盐骨料混凝土的净用水量

蒸压硅酸盐骨料混凝土成型方式	坍落度(mm)	净用水量 (kg/m ³)
振动台成型	0~10	120~160
振捣棒或平板振动器振实	30~80	140~180
机械振捣	150~ 200	120~170
钢筋密集机械振捣	200	125~180

6 生产与施工

6.1 一般规定

6.1.1 功能骨料应提前预湿处理,进入搅拌机前功能骨料的吸水率不应大于 2%,骨料表面也不应带有附着水。

6.1.2 当日平均气温低于 5℃时,预湿后的功能骨料应采取措施避免结冰。

6.1.3 在混凝土拌合物的运输和浇筑过程中,严禁向拌合物中加水。

6.2 原材料进场

6.2.1 功能骨料进场时,应按规定批次检查型式检验报告、出厂检验报告及合格证等质量证明文件。

6.2.2 功能骨料进场检验应符合下列规定:

1 应对功能骨料的颗粒级配、筒压强度、堆积密度、氯离子含量进行抽样检验;

2 当服役环境存在干湿循环或设计要求混凝土的抗冻等级达到 F200 及以上时,应进行坚固性检验。

3 功能骨料每 600t 应作为一个检验批,不足 600t 的应按一批计;

4 功能骨料进场检验结果应符合本规程第 4.1 节的规定。当有一项指标达不到要求时,可从同一批产品中加倍取样,对不符合要求的项目进行复验。复验结果合格的,可判定该批产品为合格产品;复验结果不合格的,应判定该批产品为不合格产品。

6.2.3 功能骨料的运输和堆放应符合下列规定:

1 应按粗骨料和细骨料分批运输和分仓堆放,避免混杂;

2 应保持各分仓堆放的功能骨料颗粒混合均匀,减少分层;

3 细骨料与最大粒径不超过 10mm 的粗骨料按照 1: 1~3: 1 比例混合使用时,可混合堆存,但应采取措施避免骨料发生明显分层。

4 应采取防止混入杂物、人为碾压和污染的措施。

6.2.4 其他原材料的进场、检验、运输及贮存应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的相关规定。

6.3 计量

6.3.1 原材料计量应采用电子计量设备。混凝土生产每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

6.3.2 功能骨料和其他原材料应按质量计量；功能骨料的计量允许偏差应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关骨料的规定。

6.3.3 当功能骨料的吸水率和天然砂石骨料含水量发生变化时，应及时调整骨料和拌合水的用量。

6.4 搅拌

6.4.1 掺加功能骨料的混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，并应搅拌均匀。

6.4.2 掺加功能骨料的混凝土的投料搅拌顺序应符合下列规定：

1 当功能骨料预湿充分（吸水率不大于 2%）时，宜先加入天然骨料、功能骨料和胶凝材料预先搅拌不少于 20s，之后加入拌合水和外加剂，投料全部结束后搅拌不宜少于 60s；

2 当功能骨料预湿不充分（吸水率大于 2%）时，宜先加入功能骨料、天然骨料以及可能需要补充进去的预湿水、约 1/2 拌合水进行搅拌，搅拌时间不宜少于 60s，之后加入胶凝材料、外加剂和剩余的拌合水，投料全部结束后搅拌不宜少于 90s。

6.5 混凝土运输

6.5.1 在运输过程中，应采取减少坍落度损失和防止混凝土拌合物分层离析的措施。

6.5.2 当采用搅拌罐车运输混凝土拌合物时，卸料前宜采用快挡旋转搅拌罐不少于 20s。

6.6 浇筑

6.6.1 采用泵送施工时，混凝土拌合物入泵时的坍落度值宜为 150mm~220mm，并应在泵送施工前进行试泵。

6.6.2 拌合物从搅拌机卸料起到浇入模内止的延续时间不宜超过 90min。

6.6.3 混凝土拌合物浇筑倾落的自由高度不应超过 1.5m；当倾落高度大于 1.5m 时，应加设串筒、斜槽、溜管等装置。

6.6.4 掺加功能骨料的混凝土的振捣应符合下列规定：

1 浇筑上表面积较大的构件，其厚度不大于 200mm 时，可采用表面振动成型；厚度大于 200mm 时，宜先用插入式振捣器振捣密实后再采用表面振捣。

2 对采用干硬性混凝土的制品构件，应采用振动台表面加压成型。

3 用插入式振捣器振捣时，插入间距不应大于棒的振动作用半径的一倍。连续多层浇筑时，插入式振捣器应插入下层拌合物约 50mm。

4 振捣时间不宜过长，可在 10s~20s 内选用，以拌合物表面泛浆为宜，不得过振。

6.6.3 对现浇竖向构件，应分层浇筑，且分层厚度不大于 300mm。

6.6.4 混凝土构件成型后，在强度达到 1.2MPa 以前，不得在构件上踩踏、堆放物料、安装模板及支架。

6.7 养护

6.7.1 掺加功能骨料的混凝土浇筑成型后应及时进行保湿养护，保湿养护宜采用覆盖方式。

6.7.2 掺加功能骨料的混凝土采用自然养护时，应符合下列规定：

1 采用普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥拌制的混凝土，湿养护时间不应少于 7d；掺用缓凝型外加剂的混凝土，湿养护时间不应少于 14d；

2 可采用塑胶薄膜覆盖养护。

6.7.3 掺加功能骨料混凝土构件采用蒸汽养护时，应符合下列规定：

1 养护应分为静停、升温、恒温 and 降温四个阶段；混凝土成型后的静停时间不宜少于 2h，升温速度不宜超过 25℃/h，降温速度不宜超过 20℃/h，最高和恒温温度不宜超过 65℃。

2 混凝土构件在出池或撤除养护措施前，应进行温度测量，当表面与外界温差不大于 20℃时，构件方可出池或撤除养护措施。

7 质量检验与验收

7.1 原材料质量检验

7.1.1 原材料进场后，应进行进场检验。功能骨料和其他原材料的进场检验应符合本规程第 6.2 节的规定，外加剂产品还应具有使用说明书。

7.1.2 在混凝土生产过程中，还宜对混凝土原材料进行随机抽检。

7.2 混凝土性能检验

7.2.1 掺加功能骨料的混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的试验方法，应分别符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080、《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定。

7.2.2 掺加功能骨料的混凝土拌合物性能检验应符合下列规定：

1 在生产施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对混凝土拌合物进行抽样检验；

2 拌合物坍落度检验频率应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定；

3 同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂的混凝土凝结时间应至少检验 1 次；

4 同一工程、同一配合比的混凝土氯离子含量应至少检验 1 次。

7.2.3 掺加功能骨料的硬化混凝土性能检验应符合下列规定：

1 强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107 的有关规定；

2 耐久性能检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的有关规定；

3 长期性能检验规则可按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 中耐久性检验的有关规定执行。

7.2.4 掺加功能骨料混凝土的检验结果应符合本规程第 5 章的规定以及设计与施工的要求。

7.3 验收

7.3.1 掺加功能骨料的普通密度混凝土结构工程，其混凝土分项工程、子分部工程的验收应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定执行。

7.3.2 掺加功能骨料的特定密度混凝土结构工程的验收应按照现行行业标准《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 的规定执行。

7.3.3 掺加功能骨料的混凝土应实测拌合物的湿密度，并按照湿密度计算混凝土的浇筑体积。掺加功能骨料的普通密度混凝土，其拌合物湿密度不宜低于 2300kg/m³；掺加功能骨料的特定密度混凝土，其拌合物湿密度不宜低于 2000kg/m³。

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

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《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
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《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
- 《建设用砂》GB/T 14684
- 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《石灰石粉混凝土》GB/T 30190
- 《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《海砂混凝土应用技术规范》 JGJ 206

《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》 JGJ/T 318

《混凝土中氯离子含量检测技术规程》 JGJ/T 322

《聚羧酸系高性能减水剂》 JG/T 223

《混凝土用复合掺合料》 JG/T 486

《蒸压硅酸盐功能骨料》 T/CECS xxxx