

粉煤灰烧结砂混凝土应用技术规程

2026 - 04 - 07 发布

2026 - 07 - 07 实施

黑龙江省市场监督管理局
黑龙江省住房和城乡建设厅

发 布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本要求	3
5 原材料	3
5.1 烧结砂技术要求	4
5.2 水 泥	5
5.3 矿物掺合料	5
5.4 粗骨料	6
5.5 外加剂	6
5.6 水	6
6 烧结砂混凝土性能	6
6.1 一般要求	6
6.2 常温施工烧结砂混凝土性能	6
6.3 冬期施工烧结砂混凝土性能	7
7 烧结砂混凝土配合比设计	8
7.1 一般要求	8
7.2 烧结砂混凝土配合比设计	8
7.3 烧结砂混凝土配合比计算与调整	10
7.4 负温烧结砂混凝土配合比设计要求	12
8 制备、运输和施工	12
8.1 一般要求	12
8.2 烧结砂混凝土制备	12
8.3 烧结砂混凝土拌合物运输	13
8.4 烧结砂混凝土常温施工要求	13
8.4.1 浇筑与振捣	14
8.4.2 养护	14
8.4.3 拆模	14
8.5 烧结砂混凝土冬期施工要求	15
8.5.1 浇筑与振捣	15
8.5.2 养护	15
8.5.3 拆模	16
9 混凝土质量检验及验收	16
9.1 原材料质量检验	16
9.2 混凝土性能检验	17

9.3 混凝土冬期施工质量验收	17
附 录 A （规范性） 烧结砂筒压强度试验方法.....	19
A.1 仪器设备	19
A.1.1 承压筒	19
A.1.2 压力机	19
A.2 试验步骤	20
A.3 试验结果计算与评定	20
附 录 B （规范性） 烧结砂软化系数试验方法.....	21
B.1 仪器设备	21
B.2 试验步骤	21
B.3 计算结果与评定	21
附 录 C （规范性） 烧结砂 24 h 吸水率与压力吸水率试验方法	22
C.1 仪器设备	22
C.2 试验步骤	22
C.3 结果计算与评定	22
附 录 D （规范性） 烧结砂抗冻系数试验方法.....	23
D.1 仪器设备	23
D.2 试验步骤	23
D.3 计算结果与评定	23

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，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由黑龙江省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨学院、黑龙江省城乡建设研究所、哈尔滨工业大学、北京工业大学、哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司、中建二局第四建筑工程有限公司、哈尔滨地铁集团有限公司、黑龙江省一恒建设有限公司、黑龙江省黑建一建筑工程有限责任公司、齐翔建工集团有限公司、齐齐哈尔市建设工程质量安全监测中心、哈尔滨城市发展投资集团有限公司、中国铁塔股份有限公司黑龙江省分公司、齐齐哈尔市房屋征收中心、黑龙江鹏程检验检测有限公司、哈尔滨科学技术职业学院、哈尔滨建筑科技职业大学、黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、黑龙江省建设技术发展中心有限公司、哈尔滨市市政工程设计院有限公司、黑龙江工程学院。

本文件主要起草人：董淑慧、江守恒、宋玉宝、刘群、朱效宏、陶成云、郭晓川、常远、肖会刚、李增俊、魏超、李增尧、吴晗、任梓赫、冯羽、解海、刘英健、臧檬、张悦、高源、程迪、李治远、孙钰涵、沈滢、高春、庞国强、王君、王昭、侯连权、张春良、李林、辛天乐、王鹏、程凤莲、王晗、柳赞祥、石宪、张遥、王春雨、刘文喆、韩宏伟、李长平、白馨梅、李大鹏、李岩、王昭阳、张扬、邹雷、王文强、李松涛、范文博、谢家斌、张怡、刘春晓、霍严、董奕凌、殷少辉、刘虹、唐巍巍、王一琪、钱元源、李悦。

粉煤灰烧结砂混凝土应用技术规程

1 范围

本文件规定了粉煤灰烧结砂混凝土的术语和定义，基本规定，原材料技术要求，混凝土性能，混凝土配合比设计，制备、运输和施工，混凝土质量检验及验收。

本文件适用于黑龙江省一般工业与民用建（构）筑中粉煤灰烧结砂混凝土的应用。

2 规范性引用文件

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

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 9142 建筑施工机械设备 混凝土搅拌机
- GB/T 14684—2022 建设用砂
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 17431.1 轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料
- GB/T 17431.2 轻集料及其试验方法 第2部分：试验方法
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 35159 喷射混凝土用速凝剂
- GB 46039 混凝土外加剂安全技术规范
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 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
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- JC/T 474 砂浆、混凝土防水剂

JC/T 475 混凝土防冻剂
 JG/T 223 聚羧酸系高性能减水剂
 JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
 JGJ/T 12 轻骨料混凝土应用技术标准
 JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
 JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
 JGJ 63 混凝土用水标准
 JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程
 JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉煤灰烧结砂

采用粉煤灰经高温焙烧、破碎、筛分等工序制备的粒径小于4.75 mm的颗粒，以下简称烧结砂。

3.2

天然砂

在自然条件作用下岩石产生破碎、风化、分选、运移、堆/沉积，形成的粒径小于4.75 mm的岩石颗粒。

[来源：GB/T 14684—2022，3.1]

3.3

混合砂

由天然砂与烧结砂按一定比例混合而成的砂。

[来源：GB/T 14684—2022，3.3，有修改]

3.4

粉煤灰烧结砂混凝土

用粉煤灰烧结砂或部分粉煤灰烧结砂做细骨料配制而成的混凝土，以下简称烧结砂混凝土。

3.5

细度模数

衡量砂粗细程度的指标。

[来源：GB/T 14684—2022，3.7]

3.6

吸水率

烧结砂在规定时间内吸收水分的质量占干燥烧结砂质量的百分数。

3.7

压力吸水率

烧结砂在规定压力与时间条件下吸收水分的质量占干燥烧结砂质量的百分数。

3.8

抗冻系数

烧结砂经50次快速冻融循环后筒压强度与24 h饱水筒压强度的比值。

3.9

软化系数

烧结砂饱和吸水状态下的筒压强度与干燥状态下筒压强度的比值。

3.10

空隙率

烧结砂松散堆积状态下空隙体积所占的比例。

3.11

烧结砂取代率

烧结砂混凝土中烧结砂用量占砂总用量的体积百分比。

3.12

附加用水量

混凝土用烧结砂饱和面干状态时所含水的质量。

3.13

净用水量

不包括附加用水量的烧结砂混凝土拌合水质量。

4 基本要求

- 4.1 烧结砂的放射性应符合 GB 6566 的规定，其使用应符合国家有关安全和环保标准的规定。
- 4.2 进场烧结砂应按照堆积密度等级划分进行分类存储，不同密度等级的烧结砂应不混贮。
- 4.3 烧结砂应不用于制备预应力混凝土。
- 4.4 冻融环境条件下使用的混凝土制备用烧结砂除应符合 GB/T 17431.1 的规定外，尚应符合 5.1.7~5.1.12 要求。
- 4.5 烧结砂混凝土的强度等级不宜高于 C35。
- 4.6 烧结砂混凝土企业应建立健全质量保证体系，具备原材料、生产、运输等环节的质量控制能力。
- 4.7 烧结砂混凝土冬期施工时应制定专项技术方案，并经论证后实施。
- 4.8 烧结砂的应用，除应符合本文件的相关规定外，尚应符合 JGJ/T 12 及国家、行业和黑龙江省有关标准的规定。

5 原材料

5.1 烧结砂技术要求

5.1.1 混凝土用烧结砂的粗细程度按细度模数分为粗砂、中砂和细砂等 3 种规格，其细度模数范围分别为：

- a) 粗砂：3.7~3.1；
- b) 中砂：3.0~2.3；
- c) 细砂：2.2~1.6。

5.1.2 混凝土用烧结砂累计筛余和分计筛余应分别符合表 1 和表 2 的规定，砂的实际累计筛余，除 4.75 mm 和 0.60 mm 筛档外可以略有超出，但各类砂累计筛余超出值的总和应不大于 5.0%。

表1 混凝土用烧结砂累计筛余

方孔筛尺寸/mm	级配区		
	I 区	II 区	III 区
	累计筛余/%		
4.75	5~0	5~0	5~0
2.36	35~5	25~0	15~0
1.18	65~35	50~10	25~0
0.60	85~71	70~41	40~16
0.30	95~80	92~70	85~55
0.15	97~85	94~80	94~75

表2 混凝土用烧结砂分计筛余

方孔筛尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
分计筛余/%	0~10	10~15	15~25	20~31	20~30	5~15	0~20

5.1.3 烧结砂可以和天然砂以合理比例均匀混合制备成混合砂，天然砂的品质应符合 JGJ 52 的规定，混合砂成品应进行质量检验和分类。

5.1.4 烧结砂的细度模数宜在 2.3~3.7 范围内，混合砂的细度模数宜在 2.3~3.0 范围内。

5.1.5 烧结砂密度等级按堆积密度划分，并应符合表 3 的规定。

表3 烧结砂密度等级

单位为千克每立方米

堆积密度范围	>400	>500	>600	>700	>800	>900	>1 000	>1 100
	≤500	≤600	≤700	≤800	≤900	≤1 000	≤1 100	≤1 200
密度等级	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200

5.1.6 烧结砂筒压强度应不低于表 4 的规定。

表4 烧结砂筒压强度

单位为兆帕

密度等级	500	600	700	800	≥900
筒压强度	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0

5.1.7 烧结砂其他性能指标要求应符合表 5 的规定。

表5 烧结砂其他性能指标要求

项目名称		技术指标
含泥量/%		≤3.0
		结构混凝土用烧结砂≤2.0
泥块含量/%		≤1.0
		结构混凝土用烧结砂≤0.5
煮沸质量损失/%		≤5.0
吸水率/%	1 h	≤20.0
	24 h	≤35.0
压力吸水率/%		≤50.0
抗冻系数		≥0.90
软化系数		≥0.85
烧失量/%		≤5.0
硫化物和硫酸盐含量（按SO ₃ 计）/%		≤1.0
有机物含量		不深于标准色
氯离子含量/%		≤0.02

5.1.8 结构混凝土用烧结砂的煮沸质量损失指标应不大于 5.0%，对于有抗冻、抗渗、抗腐蚀、负温或其他特殊要求的混凝土，其含泥量应不大于 1.0%，泥块含量应不大于 0.5%，压力吸水率应不大于 20.0%，抗冻系数指标应不小于 0.95，软化系数不低于 0.95。

5.1.9 烧结砂应不具有碱骨料反应活性，检验方法应符合 GB/T 14684 的规定。

5.1.10 烧结砂应不具有低温碳硫硅钙石反应活性。

5.1.11 烧结砂中应不混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块、炉渣、沥青等杂物。

5.1.12 烧结砂入场后，应检测筒压强度、软化系数、1 h 吸水率、24 h 吸水率与压力吸水率、抗冻系数等指标，其试验方法应符合附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 的规定，其他性能参数应符合 GB/T 17431.1 和 GB/T 17431.2 的规定。

5.1.13 烧结砂进场后按产地、规格分别堆放，堆场地面进行硬化处理，搭设遮雨棚或进行有效遮盖，设置排水系统，存放应采取防止离析和混入杂质的措施。

5.2 水 泥

5.2.1 烧结砂混凝土宜选用通用硅酸盐水泥，水泥性能应符合 GB 175 的规定。

5.2.2 当采用其他品种水泥时，其性能应符合国家现行有关标准的规定。

5.2.3 冬期施工或有高抗冻融要求的烧结砂混凝土，水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.2.4 冬期施工时水泥应不加热。

5.3 矿物掺合料

5.3.1 矿物掺合料宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等，其性能应分别符合 GB/T 1596、GB/T 18046、GB/T 27690 和 GB/T 18736 的规定，当采用其他掺合料时，应经试验验证后方可使用。

5.3.2 矿物掺合料应品质稳定、来料均匀。

5.3.3 矿物掺合料可单独使用，也可复合使用，并应符合国家现行有关标准的规定。

5.3.4 矿物掺合料的试验方法应按 GB/T 1596、GB/T 18046 和 GB/T 18736 等标准的规定执行。

5.3.5 矿物掺合料储存时应防止受潮，且不应与其他材料混杂。

5.4 粗骨料

5.4.1 粗骨料宜选用质地坚硬、洁净、级配合理、粒形良好、吸水率小的碎石或卵石。

5.4.2 粗骨料应符合 JGJ 52 的规定。

5.4.3 粗骨料宜采用连续级配的碎石或卵石，当颗粒级配不符合要求时采取多级配组合的方式进行调整。

5.4.4 粗骨料最大粒径应符合 GB 50164 的规定。

5.4.5 严寒地区烧结砂混凝土用粗骨料应不具有低温碳硫硅钙石反应活性。

5.4.6 严寒地区烧结砂混凝土用粗骨料应不具有碱-碳酸盐反应和碱-硅酸盐反应活性，粗骨料快速砂浆棒法膨胀率的 28 d 检验结果应小于 0.20%，对于快速砂浆棒法膨胀率检验结果不小于 0.10%、小于 0.20%的粗骨料，无法避免时，应采取有效的预防碱骨料反应措施，并按 GB/T 50733 的规定进行抑制碱骨料反应活性有效性试验，并验证有效。

5.5 外加剂

5.5.1 烧结砂混凝土应根据严寒地区气候特点和工程要求选用防冻剂、早强剂、减水剂、引气剂、泵送剂、缓凝剂、速凝剂、防水剂、膨胀剂等外加剂。

5.5.2 烧结砂混凝土用外加剂质量应符合 GB/T 8076、GB 23439、GB/T 35159、JC/T 474、JC/T 475 和 JG/T 223 等的规定，烧结砂混凝土应用的外加剂应符合 GB 46039 和 GB 50119 的规定。

5.5.3 当烧结砂混凝土采用其他功能材料时，其技术指标应符合相关标准规定及配制混凝土所需性能要求。

5.6 水

5.6.1 拌合用水应符合 JGJ 63 的规定，除不溶物、可溶物不作要求外，养护用水的其他性能应符合 JGJ 63 的规定。

5.6.2 拌合用水性能的试验方法应符合 JGJ 63 的规定。

5.6.3 符合国家标准的饮用水可直接作为混凝土的拌合与养护用水，当采用其他水源或对水质有疑问时，应对水质进行检验。

6 烧结砂混凝土性能

6.1 一般要求

6.1.1 烧结砂混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定，烧结砂混凝土的强度等级划分为 C15、C20、C25、C30 和 C35 等 5 个等级。

6.1.2 结构混凝土用烧结砂的技术性能指标应符合 GB 55008 的规定。

6.2 常温施工烧结砂混凝土性能

6.2.1 烧结砂混凝土拌合物性能要求应符合下列规定：

- a) 烧结砂混凝土拌合物应具有良好的流动性、黏聚性和保水性，不离析或泌水；
- b) 烧结砂混凝土坍落度应满足工程施工要求，用于泵送的混凝土坍落度 1 h 经时损失不大于 30 mm，混凝土坍落度试验方法按 GB/T 50080 的规定执行；

- c) 烧结砂混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求，混凝土凝结时间试验方法按 GB/T 50080 的规定执行；
- d) 烧结砂混凝土的拌合物总碱含量应符合 GB/T 50010 的规定；
- e) 烧结砂混凝土拌合物的水溶性氯离子最大含量应符合表 6 的规定并作为烧结砂混凝土生产过程和进场控制指标，工程验收以硬化混凝土中氯离子含量检测结果为最终依据。

表6 拌合物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	素混凝土
干燥环境	0.30	1.00
潮湿但不含氯离子的环境	0.20	
潮湿且含有氯离子的环境	0.10	
冻融或腐蚀环境	0.06	

6.2.2 烧结砂混凝土应具有良好的早期抗裂性能，抗裂性能试验方法按 GB/T 50082 的规定执行。

6.2.3 烧结砂混凝土力学性能应符合下列规定：

- a) 烧结砂混凝土强度等级按 GB/T 50107 规定进行评定；
- b) 烧结砂混凝土的强度标准值、强度设计值、弹性模量、轴心抗压强度与轴心抗拉强度设计值、疲劳变形模量等符合 GB/T 50010 的规定；
- c) 混凝土力学性能按 GB/T 50081 的规定执行，并应满足设计要求。

6.2.4 烧结砂混凝土长期性能和耐久性能应符合下列规定：

- a) 烧结砂混凝土的收缩和徐变性能应符合设计要求，收缩和徐变性能试验方法按 GB/T 50082 的规定执行；
- b) 烧结砂混凝土的抗冻性应符合设计要求，当设计无要求时，耐久性应符合 GB/T 50164 和 JGJ/T 12 的规定，抗冻性能试验方法按 GB/T 50082 的规定执行；
- c) 烧结砂混凝土的抗渗、抗氯离子渗透、抗碳化和抗硫酸盐侵蚀等耐久性能应符合设计要求，当设计无要求时，耐久性应符合 GB/T 50164 和 JGJ/T 12 的规定，耐久性试验方法按 GB/T 50082 的规定执行。

6.3 冬期施工烧结砂混凝土性能

6.3.1 冬期施工烧结砂混凝土的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应符合 GB/T 50164 和 JGJ/T 104 的规定。

6.3.2 冬期施工烧结砂混凝土的受冻临界强度应符合下列规定：

- a) 采用蓄热法、暖棚法、加热法等施工的烧结砂混凝土，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制时，其受冻临界强度不小于设计混凝土强度等级值的 40%；
- b) 当室外最低气温不低于-15℃时采用综合蓄热法、负温养护法施工的烧结砂混凝土受冻临界强度不小于 4.0 MPa，当室外最低气温不低于-30℃时采用负温养护法施工的烧结砂混凝土受冻临界强度不小于 5.0 MPa；
- c) 当采用暖棚法施工的烧结砂混凝土中掺入早强剂时按综合蓄热法受冻临界强度取值；
- d) 对有抗渗要求的烧结砂混凝土受冻临界强度不小于设计混凝土强度等级值的 50%；
- e) 对有抗冻耐久性要求的烧结砂混凝土受冻临界强度不小于设计混凝土强度等级值的 80%；
- f) 冬期施工需要提高烧结砂混凝土强度等级时，按提高后的强度等级确定混凝土的受冻临界强度。

7 烧结砂混凝土配合比设计

7.1 一般要求

- 7.1.1 烧结砂混凝土配合比设计应根据混凝土强度等级、工作性、长期性能和耐久性能等要求，在满足工程设计和施工要求的条件下，遵循低水泥用量、低用水量和低收缩性能的原则。
- 7.1.2 烧结砂混凝土用于有特殊性能（如弹性模量、碳化等）要求的混凝土工程时，其性能应符合设计要求，设计无要求时应符合相关标准的规定，配合比应通过试验确定。
- 7.1.3 对用于抗裂性能要求高和开裂倾向较大的敏感部位的烧结砂混凝土，应通过混凝土早期抗裂试验和收缩试验确定配合比，并采取抗裂技术措施。
- 7.1.4 在硫酸盐、碳酸盐及低温环境中使用应采取防止碳硫硅钙石产生技术措施。
- 7.1.5 烧结砂混凝土泵送施工时，其配合比设计应根据原材料、运输距离、泵送与输送设备、环境气温等具体施工条件进行试配，并符合 GB 50164、JGJ/T 12 和 JGJ/T 10 的规定。
- 7.1.6 烧结砂混凝土配合比设计时，烧结砂的选择应满足制备混凝土的要求。
- 7.1.7 配制负温混凝土、冬期施工用混凝土、有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土时应使用密度等级不小于 1 000 级的烧结砂。
- 7.1.8 负温烧结砂混凝土的含气量宜控制在 3.5%~5.5%。
- 7.1.9 配制烧结砂混凝土时宜优先选用 II 区砂，当采用 I 区砂时宜提高砂率，并保持足够的胶凝材料用量，以满足混凝土的和易性，烧结砂不发生明显上浮，泵送烧结砂混凝土宜选用密度等级不低于 800 级的 II 区中砂，体积砂率宜为 40%~50%。
- 7.1.10 减水剂的选用宜综合考虑减水率、坍落度经时变化量、含气量、凝结时间差和收缩率比等性能指标。
- 7.1.11 烧结砂混凝土选用的减水剂应与所用水泥、矿物掺合料之间有良好的适应性。
- 7.1.12 烧结砂混凝土的原材料品种、质量有显著变化，或对混凝土性能指标有新特殊要求，或混凝土生产间断半年以上时，应重新进行混凝土配合比设计。

7.2 烧结砂混凝土配合比设计

- 7.2.1 烧结砂混凝土配合比应按 JGJ 55 和 JGJ/T 12 的规定进行设计。
- 7.2.2 烧结砂混凝土宜采用绝对体积法或松散体积法进行配合比计算，烧结砂松散堆积体积可在天然砂松散堆积体积基础上适当增加 $0.05 \text{ m}^3 \sim 0.15 \text{ m}^3$ ，配合比计算中粗细骨料用量均应以干燥状态为基准，在不使用引气型外加剂时，空气量可取 1.0%。
- 7.2.3 烧结砂混凝土配制强度由以下方式确定：

- a) 烧结砂混凝土试配强度按公式 (1) 计算：

$$f_{\text{cu},0} \geq f_{\text{cu},k} + 1.645 \sigma \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$f_{\text{cu},0}$ ——烧结砂混凝土配制强度，单位为兆帕 (MPa)；

$f_{\text{cu},k}$ ——烧结砂混凝土立方体抗压强度标准值，取混凝土的设计强度等级值，单位为兆帕 (MPa)；

σ ——烧结砂混凝土强度标准差，单位为兆帕 (MPa)。

- b) 烧结砂混凝土抗压强度标准差根据同品种、同强度等级的烧结砂混凝土统计资料计算确定，并符合 JGJ/T 12 的规定，当无统计资料时，其抗压强度标准差宜按表 7 取值。

表7 烧结砂混凝土抗压强度标准差

单位为兆帕

强度等级	≤C20	C25、C30	C35
σ	4.0	5.0	6.0

7.2.4 烧结砂附加水量宜取 24 h 吸水率，当无烧结砂吸水率数据时，可适当增加用水量，并按施工坍落度要求进行调整。净用水量的取值，宜根据设计要求的坍落度和粗骨料最大粒径，按 JGJ 55 的规定取值。

7.2.5 在配制相同强度等级的混凝土时，烧结砂混凝土的配合比设计中应根据烧结砂吸水率参数，在天然砂混凝土基础上，适当调整胶凝材料用量，具体用量应通过试验确定，对于配制冬期施工用混凝土和负温混凝土时，水泥用量应适当增加，需通过试验确定。

7.2.6 掺合料的品种和掺量应结合烧结砂的用量，通过试验确定。

7.2.7 烧结砂混凝土的砂率应以体积砂率表示，体积可用绝对体积或松散体积表示，对应的砂率为绝对体积砂率或松散体积砂率，烧结砂混凝土的砂率宜在天然砂混凝土砂率的基础上适当提高，当缺乏技术资料时，烧结砂混凝土砂率的确定应符合下列规定：

- 坍落度小于 50 mm 的混凝土，其砂率应通过试验确定；
- 坍落度为 50 mm~80 mm 的混凝土，其砂率通过试验确定，当缺乏试验条件或技术资料时，烧结砂混凝土的砂率可根据粗骨料最大公称粒径及水胶比按表 8 或表 9 选取；
- 坍落度大于 80 mm 的混凝土，其砂率通过试验确定，也可在表 8 或表 9 的基础上，按坍落度每增大 20 mm，砂率增大 1% 的幅度调整。

表8 烧结砂混凝土的砂率

水胶比	最大公称粒径/mm			
	16.0	20.0	25.0	31.5
砂率/%				
0.40	31~38	30~37	29~36	28~35
0.50	34~41	33~40	32~39	31~38
0.60	37~44	36~43	35~42	34~41
0.70	40~47	39~46	38~45	37~44

表9 烧结砂混凝土松散体积砂率

施工方式	砂率/%
预制	35~50
现浇	40~55

7.2.8 掺加外加剂的烧结砂混凝土，外加剂的品种与掺量应根据混凝土的强度等级、施工要求、混凝土所处环境条件等因素经试验确定，并应符合 GB 50119 的规定。

7.2.9 烧结砂混凝土配合比应根据基准河砂混凝土配合比和烧结砂取代率按照下列规定进行试配：

- 烧结砂混凝土总用水量应在基准河砂混凝土用水量基础上增加烧结砂 24 h 吸水率对应用水量作为附加用水量；
- 通过进一步调整外加剂用量来调整烧结砂混凝土拌合物的工作性；
- 当进行泵送混凝土配合比设计时，根据烧结砂用量、烧结砂取代率与烧结砂饱和面干吸水率、烧结砂压力吸水率估算烧结砂由干燥状态达到 5.0 MPa 压力吸水所需的用水量，作为泵送混凝土

土附加用水量,在净用水量的基础上,先增加 0.5 倍~0.7 倍的附加用水量,作为试配用水量,通过进一步调整外加剂用量和用水量来调整烧结砂混凝土拌合物的工作性,但总用水量不超过净用水量与附加用水量之和;

- d) 当实际用水量超出净用水量的 3.0%时,宜在水胶比不变的情况下在基准胶凝材料用量的基础上,增加 5.0%左右的胶凝材料用量,外加剂用量随胶凝材料用量相应调整,砂率相应调整。

7.2.10 烧结砂混凝土配合比设计应将工程设计文件提出的耐久性能和长期性能要求作为重要设计目标,当工程设计文件提出烧结砂混凝土收缩、徐变等长期性能要求时,则配合比设计也应将其作为重要设计目标,未提出耐久性能要求时,应结合工程具体情况以 GB/T 50476 中混凝土结构使用年限、环境类别和作用等级对耐久性能的要求作为设计目标,经试验确定烧结砂混凝土配合比是否满足耐久性能和长期性能的要求。

7.3 烧结砂混凝土配合比计算与调整

7.3.1 烧结砂混凝土配合比计算可采用松散体积法,也可采用绝对体积法,配合比计算中粗细骨料用量均以干燥状态为基准。

7.3.2 按 JGJ 55 和 JGJ/T 12 的规定计算混凝土试配强度,选择净用水量,计算胶凝材料用量,进而计算矿物掺合料用量和水泥用量。

7.3.3 松散体积法设计步骤应符合下列规定:

- 根据设计要求混凝土强度等级、混凝土用途,确定烧结砂的密度等级、粗骨料种类与最大粒径;
- 测定烧结砂的堆积密度、筒压强度和 24 h 吸水率,并测定粗骨料的堆积密度;
- 按 7.2.7 选取松散体积砂率;
- 根据粗、细骨料松散堆积体积,按公式(2)~公式(5)计算粗、细骨料用量:

$$V_s = V_t \times \beta_s \dots\dots\dots (2)$$

$$m_s = V_s \times \rho_{1s} \dots\dots\dots (3)$$

$$V_a = V_t - V_s \dots\dots\dots (4)$$

$$m_a = V_a \times \rho_{1a} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

V_s ——每立方米混凝土细骨料松散堆积体积,单位为立方米(m^3);

V_t ——粗、细骨料松散堆积总体积,单位为立方米(m^3);

β_s ——松散体积砂率,以百分数计(%);

m_s ——每立方米混凝土细骨料用量,单位为千克(kg);

ρ_{1s} ——细骨料堆积密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

V_a ——每立方米混凝土粗骨料松散堆积体积,单位为立方米(m^3);

m_a ——每立方米混凝土粗骨料用量,单位为千克(kg);

ρ_{1a} ——粗骨料堆积密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

- e) 按公式(6)计算总用水量,在采用预湿的烧结砂时,净用水量即为总用水量。

$$m_{wt} = m_m + m_{wa} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

m_{wt} ——每立方米混凝土的总用水量,单位为千克(kg);

m_m ——每立方米混凝土的净用水量,单位为千克(kg);

m_{wa} ——每立方米混凝土的附加水量,单位为千克(kg)。

- f) 按公式(7)计算烧结砂混凝土干表观密度(ρ_{cd}),并与设计要求的干表观密度进行对比,如其误差大于 2%,则应重新调整和计算配合比。

$$\rho_{cd}=1.15m_b+m_s+m_k \dots\dots\dots (7)$$

式中：

ρ_{cd} ——烧结砂混凝土干表观密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；

m_b ——每立方米混凝土胶凝材料用量，单位为千克（ kg ）；

m_s ——每立方米混凝土粗骨料用量，单位为千克（ kg ）；

m_k ——每立方米混凝土细骨料用量，单位为千克（ kg ）。

7.3.4 绝对体积法设计步骤应符合下列规定：

- a) 根据设计要求的混凝土强度等级、密度等级和混凝土用途，确定烧结砂的密度等级和粗骨料的种类与最大粒径；
- b) 测定烧结砂的堆积密度、颗粒表观密度、筒压强度和 24 h 吸水率，并测定粗骨料的堆积密度和表观密度；
- c) 按 7.2.7 选取绝对体积砂率；
- d) 按公式（8）～（11）计算粗、细骨料用量：

$$V_s=[1-(m_c/\rho_c+m_m/\rho_w)/1000]\times S_p \dots\dots\dots (8)$$

$$m_s=V_s\times\rho_s \dots\dots\dots (9)$$

$$V_a=[1-(m_c/\rho_c+m_m/\rho_w+m_s/\rho_s)/1000] \dots\dots\dots (10)$$

$$m_a=V_a\times\rho_{ap} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

V_s ——每立方米混凝土的细骨料体积，单位为立方米（ m^3 ）；

m_c ——每立方米混凝土的水泥用量，单位为千克（ kg ）；

ρ_c ——水泥的密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ），可取 $\rho_c=2\ 900\sim 3\ 100$ （ kg/m^3 ）；

m_m ——每立方米混凝土的净用水量，单位为千克（ kg ）；

ρ_w ——水的密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ），可取 $\rho_w=1\ 000$ （ kg/m^3 ）；

S_p ——密实体积砂率，以百分数计（%）；

m_s ——每立方米混凝土的细骨料用量，单位为千克（ kg ）；

ρ_s ——细骨料的表观密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）（ kg/m^3 ）；

V_a ——每立方米混凝土的粗骨料体积，单位为立方米（ m^3 ）；

m_a ——每立方米混凝土的粗骨料用量，单位为千克（ kg ）；

ρ_{ap} ——粗骨料的表观密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）。

e) 按公式（6）计算总用水量，当采用预湿的烧结砂时，净用水量即为总用水量。

f) 按公式（7）计算混凝土干表观密度（ ρ_{cd} ），并与设计要求的干表观密度进行对比，如其误差大于 2%，则应重新调整和计算配合比。

7.3.5 在配合比试拌的基础上，烧结砂混凝土配合比应按 JGJ 55 的规定进行强度试验，并按下列规定进行配合比调整和校正：

a) 对选定配合比方量校正的步骤应符合下列规定：

1) 按公式（12）计算选定配合比的混凝土拌合物的湿表观密度；

$$\rho_{cc}=m_a+m_s+m_k+m_t \dots\dots\dots (12)$$

式中：

ρ_{cc} ——按选定配合比各组成材料计算的湿表观密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；

m_a 、 m_s 、 m_k 、 m_t ——选定配合比中的粗骨料用量、细骨料用量、胶凝材料用量、总用水量，单位为千克（ kg ）。

2) 实测混凝土拌合物的湿表观密度，并按公式（13）计算方量校正系数（ η ）。

$$\eta = \rho_{co} / \rho_{cc} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

η ——方量校正系数；

ρ_{co} ——实测混凝土拌合物的湿表观密度，单位为千克每立方米（kg/m³）。

b) 选定配合比中的各项材料用量均乘以校正系数即为调整确定的配合比。

7.3.6 校正后的烧结砂混凝土配合比，应在满足混凝土拌合物性能要求和混凝土试配强度的基础上，对设计提出的混凝土耐久性项目进行检验和评定，符合要求的配合比确定为试验室设计配合比。

7.4 负温烧结砂混凝土配合比设计要求

7.4.1 负温烧结砂混凝土配合比应根据选用防冻剂规定的负温温度、适应条件、工程所使用的原材料和对负温混凝土的性能要求及设计、施工等要求，在试验室进行试配，确认合格后方可使用。

7.4.2 负温烧结砂混凝土配合比的计算和试配步骤应按 JGJ 55 的规定执行。

7.4.3 负温烧结砂混凝土的-7 d 抗压强度最小值应满足下列规定：

- a) 恒-5℃冻结的负温混凝土-7 d 抗压强度值不低于基准混凝土 28 d 抗压强度值的 20%；
- b) 恒-10℃冻结的负温混凝土-7 d 抗压强度值不低于基准混凝土 28 d 抗压强度值的 12%；
- c) 恒-15℃冻结的负温混凝土-7 d 抗压强度值不低于基准混凝土 28 d 抗压强度值的 10%；
- d) 经恒-5℃、恒-10℃、恒-15℃养护的负温混凝土-7 d 抗压强度值不低于 4.0 MPa。

7.4.4 当烧结砂负温混凝土中掺入复合胶凝材料时，所掺入的防冻剂按占复合胶凝材料的总质量计。

7.4.5 烧结砂负温混凝土配合比设计时最小水泥用量应不低于 280 kg/m³。

8 制备、运输和施工

8.1 一般要求

8.1.1 烧结砂混凝土宜采用预拌混凝土，其性能应符合 GB/T 14902 的有关规定。

8.1.2 施工前施工单位宜根据设计要求、工程性质、结构特点和环境条件等制定烧结砂混凝土施工技术方案。

8.1.3 施工中，应对烧结砂混凝土原材料计量、搅拌、运输、浇筑、拆模及养护进行全过程质量控制，冬期施工或负温烧结砂混凝土生产时所采用的粗、细骨料应清洁，不应含有冰、雪、冻块等物质。

8.1.4 烧结砂或混合砂、粗骨料含水率的检验每工作班应不少于 1 次，当雨雪天气等外界影响导致混凝土骨料含水率变化时应及时检验，并应根据检验结果及时调整施工配合比。

8.1.5 烧结砂混凝土运输、输送、浇筑过程中严禁加水。

8.2 烧结砂混凝土制备

8.2.1 原材料计量应符合 GB 50164 和 GB 50666 的规定。

8.2.2 原材料称量采用自动计量并应严格按照施工配合比进行计量，每盘原材料计量的允许偏差应符合表 10 的规定。

表10 每盘原材料计量的允许偏差

原材料种类	允许偏差（按质量计）/%
胶凝材料	±2
外加剂	±1

表10 每盘原材料计量的允许偏差（续）

原材料种类	允许偏差（按质量计）/%
拌合用水	±1
烧结砂、混合砂	±2
粗骨料	±3

- 8.2.3 烧结砂混凝土的搅拌应符合 GB 50164 和 GB 50666 的有关规定。
- 8.2.4 混凝土搅拌机应符合 GB/T 9142 的有关规定。
- 8.2.5 烧结砂混凝土的搅拌时间应在天然砂混凝土搅拌时间的基础上延长 20 s~30 s，且应每班检查不少于 2 次。
- 8.2.6 烧结砂混凝土拌合步骤应符合下列规定：
- 采用干燥或自然含水的烧结砂时，先将烧结砂、粗骨料和水泥加入搅拌机内，加入二分之一拌合用水，搅拌 1 min 后再加入剩余拌合水量继续拌 2 min 即可；
 - 采用经过淋水预湿处理的烧结砂时，先将烧结砂滤去明水，与粗骨料、水泥一起拌合 1 min 后，再加入拌合用水量，继续拌合 2 min 即可；
 - 掺和料或粉状外加剂可与水泥同时加入，液体外加剂或预制成溶液的粉状外加剂宜加入剩余拌合用水中。
- 8.2.7 泵送混凝土采用的烧结砂在使用前，应进行浸水预湿处理，预湿后的吸水率应不小于 24 h 吸水率。
- 8.2.8 冬期施工烧结砂混凝土原材料宜采用加热水的方法，当加热水的方法不能满足设计要求时，可对骨料进行加热，拌合水的温度宜不超过 80℃，骨料温度宜不超过 60℃。
- 8.2.9 烧结砂混凝土坍落度允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 烧结砂混凝土坍落度允许偏差

单位为毫米

坍落度	允许偏差
<50	±10
50~90	±20
>90	±30

8.3 烧结砂混凝土拌合物运输

- 8.3.1 烧结砂混凝土的运输应符合 GB 50164、GB 50666 和 GB/T 14902 的相关规定。
- 8.3.2 烧结砂混凝土泵送施工时，其运输应保证满足连续泵送的要求，并符合 JGJ/T 10 规定。
- 8.3.3 烧结砂混凝土运输至浇筑现场时应不出现泌水、离析或分层现象。
- 8.3.4 对于采用搅拌运输车运输的烧结砂混凝土，当坍落度损失较大不能满足施工要求时采用泵送剂调节，在运输车罐内加入适量的与原配合比相同成分的泵送剂，并快速旋转搅拌均匀，并应在达到要求的工作性能后再泵送或浇筑，泵送剂加入量应事先由试验确定，并应进行记录。
- 8.3.5 冬期施工烧结砂混凝土或负温烧结砂混凝土运输过程中应采取保温措施，保证混凝土运输温度满足要求，当设计无要求时，应不小于 5℃。
- 8.3.6 烧结砂混凝土运输和入模温度可按 JGJ/T 104 的规定进行计算。

8.4 烧结砂混凝土常温施工要求

8.4.1 浇筑与振捣

- 8.4.1.1 烧结砂混凝土的浇筑应符合 GB 50164 和 GB 50666 的有关规定。
- 8.4.1.2 烧结砂混凝土浇筑时的自由倾落高度不宜大于 3.0 m，当大于 3.0 m 时应采用滑槽、漏斗、串筒等器具辅助输送混凝土。
- 8.4.1.3 振捣应保证烧结砂混凝土密实、均匀，并应避免欠振、过振和漏振，振捣延续时间应以拌合物捣实和避免烧结砂上浮为原则，当颗粒上浮面积较大时采用表面振动器复振，使砂浆上返后再进行抹面。
- 8.4.1.4 夏季施工时，烧结砂混凝土拌合物入模温度不宜超过 35℃，并宜选择夜间浇筑混凝土，当现场温度高于 35℃ 时宜对金属模板进行浇水降温，并不得留有积水，并采取遮挡措施避免阳光照射金属模板。
- 8.4.1.5 当风速大于 5 m/s 时烧结砂混凝土浇筑宜采取挡风措施。
- 8.4.1.6 浇筑大体积烧结砂混凝土时应采取必要的温控措施，保证混凝土温差控制在设计要求范围内，当混凝土温差设计无要求时应符合 GB 50496 的规定。
- 8.4.1.7 浇筑竖向尺寸较大的结构物时应分层浇筑，每层浇筑厚度控制在 300 mm~350 mm。
- 8.4.1.8 烧结砂混凝土振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。
- 8.4.1.9 烧结砂混凝土在浇筑过程中应观察模板支撑的稳定性和接缝的密合状态，应不出现漏浆现象，同时施工中及时排出混凝土泌水。

8.4.2 养护

- 8.4.2.1 烧结砂混凝土的养护应按 GB 50164 和 GB 50666 的相关规定执行。
- 8.4.2.2 烧结砂混凝土振捣密实后宜采用塑料薄膜及时顶浆覆盖，在终凝以前应采用抹面机械或人工多次抹压，并应在抹压后进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。
- 8.4.2.3 少介绍混凝土成型后，抗压强度达到 1.2 MPa 以前应不在混凝土上踩踏。
- 8.4.2.4 烧结砂混凝土养护时间应符合下列规定：
- 采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制时，采取洒水和潮湿覆盖的养护时间应不少于 7 d；
 - 采用粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥配制时，或掺加缓凝剂、以及大掺量矿物掺合料时，采取洒水和潮湿覆盖的养护时间应不少于 14 d；
 - 对于竖向混凝土结构，养护时间宜适当延长。
- 8.4.2.5 烧结砂混凝土构件或制品养护应符合下列规定：
- 采用蒸汽养护或湿热养护时，养护时间和养护制度应满足混凝土及其制品性能的要求；
 - 采用蒸汽养护时应分为静停、升温、恒温和降温四个阶段，混凝土成型后的静停时间不少于 2 h，升温速度不超过 25℃/h，降温速度不超过 20℃/h，最高温度和恒温温度均不超过 65℃，混凝土构件或制品在出池或撤除养护措施前应进行温度测量，且构件出池或撤除养护措施时，表面与外界温差应不大于 20℃；
 - 采用潮湿自然养护时应符合 6.4.7 的规定。
- 8.4.2.6 大体积烧结砂混凝土养护过程中应进行温度控制，混凝土内部和表面的温差不超过 25℃，表面与外界温差应不大于 20℃，保温层拆除时混凝土表面与环境最大温差应不大于 20℃。

8.4.3 拆模

- 8.4.3.1 烧结砂混凝土侧模拆除时，其强度应能保证结构表面、棱角以及内部不受损伤。
- 8.4.3.2 烧结砂混凝土底模拆除时，其抗压强度应符合设计要求，当设计无要求时，底模拆除时

烧结砂混凝土抗压强度百分率应符合表 12 的规定。

表12 底模拆除时烧结砂混凝土抗压强度百分率

结构类型	结构尺度/m	达到混凝土设计强度的百分比/%
板	≤2	≥50
	>2, ≤8	≥75
	>8	≥100
梁、拱、壳	≤8	≥75
	>8	≥100
悬臂构件		≥100

8.4.3.3 烧结砂混凝土拆模后，其强度未达到设计强度的 75%时应避免与流动水接触。

8.4.3.4 当遇大风或气温急剧变化时不宜拆模。

8.5 烧结砂混凝土冬期施工要求

8.5.1 浇筑与振捣

8.5.1.1 冬期施工时，烧结砂混凝土拌合物入模温度应不低于 5℃，并应采取保温措施。

8.5.1.2 冬期施工烧结砂混凝土在浇筑前应清除模板和钢筋上的冰雪和污垢。

8.5.1.3 冬期施工时，应不在强冻胀性地基上浇筑负温烧结砂混凝土，在弱冻胀性地基上浇筑负温烧结砂混凝土时地基上应不遭受冻结，当在非冻胀性地基上浇筑烧结砂混凝土时，其受冻前的抗压强度值应符合 6.2.3 的规定。

8.5.1.4 分层浇筑厚大整体式结构负温烧结砂混凝土时，已浇筑层的混凝土温度在未被上一层混凝土覆盖前不应低于防冻剂的规定温度。

8.5.2 养护

8.5.2.1 冬期施工烧结砂混凝土或负温烧结砂混凝土不应采取洒水保湿养护方法，撤除保温养护措施时受冻临界强度应达到 6.3 的规定。

8.5.2.2 采用覆盖蓄热养护时养护前的温度掺防冻剂时应不低于防冻剂的规定温度。

8.5.2.3 负温烧结砂混凝土浇筑后裸露表面应采取塑料薄膜等方式覆盖保湿养护。

8.5.2.4 负温少介绍混凝土浇筑后应加强测温，掺用早强剂的混凝土内部温度降到 0℃之前，混凝土的受冻临界强度应符合 6.3.2 的规定。掺用防冻剂的混凝土内部温度降到防冻剂规定温度之前，混凝土的受冻临界强度应符合 6.3.2 的规定。

8.5.2.5 负温烧结砂混凝土养护期间温度测量宜符合下列规定：

- a) 施工及养护期间，负温烧结砂混凝土温度监测项目与次数宜按表 13 进行；
- b) 掺早强剂的烧结砂混凝土从入模开始到混凝土达到的受冻临界温度，或混凝土温度降到 0℃或工程规定的温度以前，宜至少每隔 6 h 测量 1 次；
- c) 掺防冻剂的烧结砂混凝土在强度未达到 6.3.2 规定之前宜每隔 2 h 测量 1 次，达到受冻临界强度以后可停止测温，当施工技术方案中有明确规定测温停止时间时按方案执行；

表13 负温烧结砂混凝土温度监测项目与次数

测温项目	测温次数
室外气温及环境温度	每昼夜不少于4次，并需测量最高、最低气温

表13 负温烧结砂混凝土温度监测项目与次数（续）

测温项目	测温次数
搅拌机棚温度	每一工作班不少于4次
水、水泥、砂、石及外加剂溶液温度	每一工作班不少于4次
混凝土出罐、浇筑、入模温度	每一工作班不少于4次

- d) 全部测温点需编号，并编制布置图，测温点设在有代表性的结构部位和温度变化大、易冷却的部位，点深宜为 100 mm~150 mm，也可为板厚的 1/2 或墙厚的 1/2 处；
- e) 宜采用埋入式温度传感器测试负温混凝土内部温度。

8.5.3 拆模

8.5.3.1 冬期施工时模板和保温层在负温烧结砂混凝土达到规定强度，并冷却至 5℃后方可拆除。

8.5.3.2 拆模时混凝土温度与环境温度差大于 20℃时，拆模后的烧结砂混凝土表面应及时保温覆盖，使其缓慢冷却。

9 混凝土质量检验及验收

9.1 原材料质量检验

9.1.1 烧结砂混凝土原材料进场时，应按规定批次验收，供应单位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，产品合格证书内容应符合下列规定：

- 烧结砂规格和生产单位名称；
- 批量编号及供货数量；
- 检验结果、日期及执行标准编号；
- 合格证编号及发放日期；
- 检验部门及检验人签章。

9.1.2 原材料进场后，应进行抽样检验，抽检的项目应符合下列规定：

- 水泥应对胶砂强度、凝结时间、安定性和烧失量进行检验，对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土，还应检验其碱含量；当用于大体积混凝土时，还需检验水化热；
- 砂应对颗粒级配、细度模数、筒压强度、堆积密度、吸水率、压力吸水率、含泥量和泥块含量进行检验，对于有抗渗、抗冻要求的混凝土，还应检验抗冻系数，对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土，还应进行碱活性试验；
- 粗骨料应对颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量、压碎值指标和坚固性进行检验，对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土，还应进行碱活性试验；
- 粉煤灰应对细度、需水量比、烧失量和三氧化硫含量进行检验，C类粉煤灰应增加游离氧化钙含量和安定性检验，粒化高炉矿渣粉应对比表面积、三氧化硫含量、活性指数和流动度比进行检验，硅灰应对比表面积、二氧化硅含量和活性指数进行检验，矿物掺合料均应进行放射性检验；
- 外加剂应对 pH 值、氯离子含量、碱含量、减水率、凝结时间差和抗压强度比进行检验，引气剂和引气减水剂应增加含气量检验，防冻剂应增加含气量和 50 次冻融强度损失率比检验，膨胀剂应增加凝结时间、限制膨胀率检验；
- 拌合用水应对 pH 值、不溶物含量、可溶物含量、硫酸根离子含量、氯离子含量、凝结时间差和抗压强度比进行检验，对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土，还应检验其碱含量；
- 当工程设计有其他要求时，原材料还应增加相应检验项目。

9.1.3 原材料的检验规则应符合下列规定：

- a) 烧结砂应以 200 m^3 为一个检验批，应按密度等级分别划分批量；不同批次或非连续供应的不足一个检验批时，应按一检验批计；
- b) 对于同一生产厂家、同一强度等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，袋装水泥应以 200 t 为一个检验批，散装水泥应以 500 t 为一个检验批，不足一个检验批时，也应按一个检验批计；
- c) 粗骨料应以 400 m^3 或 600 t 为一个检验批，不足一个检验批时，也应按一额检验批计；
- d) 粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料应按 200 t 为一个检验批，硅灰应按每 30 t 为一个检验批，不足一个检验批时，也应按一个检验批计；
- e) 外加剂应按每 50 t 为一检验批，不足一个检验批时，也应按一个检验批计；
- f) 拌合用水应按同一水源不少于一个检验批；
- g) 当原材料来源稳定且连续三次检验合格时，可将检验批量扩大一倍。

9.2 混凝土性能检验

9.2.1 混凝土原材料计量系统应经检定合格后方可使用，且混凝土生产单位每月应自检一次，原材料计量偏差应每班检查 1 次，原材料计量偏差应符合 8.2.2 的规定。

9.2.2 在生产和施工过程中，应对混凝土拌合物进行抽样检验，流动性、黏聚性和保水性应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验。

9.2.3 对于混凝土拌合物的流动性、黏聚性和保水性项目，每工作班应至少检验 2 次。

9.2.4 混凝土拌合物性能应符合 6.2.1 的规定。

9.2.5 硬化混凝土性能检验应符合下列规定：

- a) 混凝土强度的检验评定应符合 GB/T 50107 的规定；
- b) 混凝土长期性能和耐久性能的检验评定应符合 JGJ/T 193 的规定；
- c) 混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能应分别符合 6.2.3、6.2.4 的规定。

9.3 混凝土冬期施工质量验收

9.3.1 烧结砂混凝土工程冬期施工质量验收除应符合 GB 50204 和 JGJ/T 104 规定外，还应符合下列要求：

- a) 检查外加剂质量及掺量，外加剂进入施工现场后应进行抽样检验，合格后方准使用；
- b) 根据施工方案确定的参数检查水、骨料、外加剂溶液和混凝土出机、浇筑、起始养护时的温度；
- c) 应检查混凝土从入模到拆除保温层或保温模板期间的温度；
- d) 采用预拌混凝土时，原材料、搅拌、运输过程中的温度及混凝土质量检查应由预拌混凝土生产企业进行，并将记录资料提供给施工单位。

9.3.2 冬期施工烧结砂混凝土抗压强度质量验收留置试件除应符合 GB 50204 的规定外，还应符合下列规定：

- a) 每生产 100 盘且不超过 1000 m^3 的同配合比混凝土，其取样应不少于 1 次；
- b) 每工作班生产的同配合比混凝土不足 100 盘时，其取样应不少于 1 次；
- c) 对现浇混凝土结构，每一现浇楼层同配合比的混凝土，其取样应不少于 1 次，同一单位工程每一验收项目中同配合比的混凝土，取样应不少于 1 次；
- d) 每次取样应至少留有 4 组试件，1 组用于标准养护抗压强度，1 组用于同条件养护检验负温混凝土受冻前的抗压强度，1 组用于同条件养护检验负温混凝土的长期抗压强度，1 组用于同条件养护 -28 d 转入常温养护 28 d 的混凝土抗压强度，与结构构件同条件养护的受冻混凝土试件，需解冻后方可受压。

注：负温条件下养护的混凝土需解冻后试验，在 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下， $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 试件的解冻时间为4 h， $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 150\text{ mm}$ 试件的解冻时间为6 h。

9.3.3 负温混凝土质量验收除进行抗压强度验收外，还应进行下列验收：

- a) 检查混凝土表面是否受冻、粘连，是否有收缩裂缝，边角是否脱落，施工缝处有无受冻痕迹；
- b) 检查同条件养护试块的养护条件与施工现场结构养护条件的一致性。

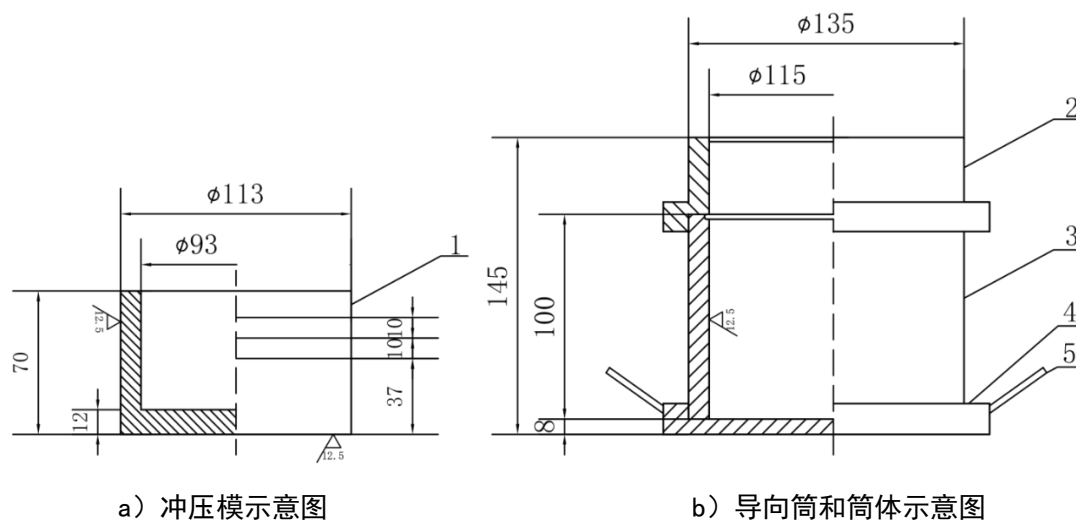
附录 A
(规范性)
烧结砂筒压强度试验方法

A.1 仪器设备

A.1.1 承压筒

由圆柱形筒体、筒底、冲压模和导向筒等部分组成，如图A.1所示，筒体可用无缝钢管制作，有足够的刚度，筒体内表面和冲压模底面须经渗碳处理，筒体可拆，并装有把手，冲压模外表面有刻度线，以控制装料高度和压入深度，导向筒用以导向和防止偏心。

单位为毫米



标引符号说明：

1——冲压模；

2——导向筒；

3——筒体；

4——筒底；

5——把手。

注1：技术要求棱角倒圆；

注2：技术要求表面渗碳。

图A.1 测定烧结砂筒压强度的承压筒示意图

A.1.2 压力机

根据筒压强度的大小选择合适量程的压力机，测定值的大小宜位于所选压力机最大量程的20%~80%范围内。

A.1.3 其他仪器设备应符合下列规定：

- a) 天平：量程为 5 kg、分度值为 5 g；
- b) 烘箱：温度控制范围为 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

A.2 试验步骤

A.2.1 筛取2.36 mm~4.75 mm粒级的试样5 L，放入干燥箱内干燥至恒量。

A.2.2 用取样勺或小料铲将试样从离容器口上方50 mm处（或采用标准漏斗）均匀倒入，让试样自然落入带筒底的承压筒，且不应碰撞承压筒，装满后使承压筒口上部试样成锥体，然后用直尺沿筒边缘从中心向两边刮平表面凹陷处，用粒径较小的集料填平后称量，分别测定3次松散料质量，取其算术平均值，将测得的平均松散料重乘以填充系数1.10作为试样量。

A.2.3 按A.2.2试样量称取试样，装入承压筒内，先用木锤沿筒壁四周轻敲数次，然后装上导向筒和冲压模，检查冲压模的下刻度线是否与导向筒的上缘重合，如不重合，再轻敲筒壁四周直至完全重合为止，把承压筒放在压力机的下压板上，以每秒300 N~500 N的速度匀速加荷，当冲压模压入深度为20 mm时，记下压力值。

A.3 试验结果计算与评定

A.3.1 烧结砂的筒压强度按式（A.1）计算：

$$f_a = P/F \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

f_a ——粗集料的筒压强度，单位为兆帕（MPa），精确至0.1 MPa；

P ——压入深度为20 mm时的压力值，单位为牛顿（N）；

F ——承压面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）（即冲压模面积 $F=10\,000\text{ mm}^2$ ）。

A.3.2 烧结砂的筒压强度以3次试验结果的算术平均值作为测定值，当3次试验结果中最大值和最小值之差大于平均值的15%时，应重新进行试验。

附录 B
(规范性)
烧结砂软化系数试验方法

B.1 仪器设备

所需仪器设备与附录A相同。

B.2 试验步骤

B.2.1 取试样10 L，粒级要求与A.2.1相同。

B.2.2 取5 L试样，浸水制备饱和面干试样的方法应符合下列规定：

- a) 把试样拌合均匀，分成三等份，分别称量，然后放入盛水的容器中，当有颗粒漂浮于水上时应采用有效方法将其压入水中；
- b) 试样浸水 24 h 后，取出，倒入 0.63 mm 的筛子上，滤水 1 min~2 min，然后倒在拧干的湿毛巾上，用手握住毛巾两端，使其成为槽形，让烧结砂在湿毛巾上来回滚动至表面无多余水分后倒入瓷盘里，即将烧结砂制成饱和面干试样，然后称量。

B.2.3 按A.2.2和A.2.3分别测定干燥试样和浸水24 h饱和面干试样的筒压强度值。

B.3 计算结果与评定

B.3.1 烧结砂的软化系数按式 (B.1) 计算：

$$\psi = f_t / f_0 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

ψ ——烧结砂的软化系数，精确至0.01；

f_t ——浸水24 h的饱和面干烧结砂筒压强度值，单位为兆帕 (MPa)；

f_0 ——干燥状态下烧结砂筒压强度值，单位为兆帕 (MPa)。

B.3.2 饱和面干试样和干燥试样筒压强度值试验结果的计算和评定方法按A.3执行。

B.3.3 软化系数以3次试验结果的算术平均值作为测定值。

附录 C

(规范性)

烧结砂 24 h 吸水率与压力吸水率试验方法

C.1 仪器设备

仪器设备应符合下列规定：

- a) 烘箱：温度控制范围为 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 天平：量程应不小于 1 000 g，最小分度值应不大于 0.1 g；
- c) 筛子；
- d) 真空加压饱水装置，最大压力不小于 35.0 MPa，最小分度值应不大于 0.1 MPa；
- e) 容器、磁盘、毛巾等。

C.2 试验步骤

C.2.1 取试样 4 L，用筛孔为 2.36 mm 的筛子过筛，取筛余物干燥至恒量，备用。

C.2.2 把试样拌合均匀，分成三等份，分别称量，然后放入盛水的容器中，当有颗粒漂浮于水上时，应采用有效方法将其压入水中。

C.2.3 试样浸水 24 h 后，按 B.2.2 的方法，将试样制成饱和面干，然后称量。

C.2.4 将浸水 24 h 后试样放入真空加压饱水装置，在 10 min 内将压力升至 5.0 MPa，并恒压 30 min，泄压后按 B.2.2 的方法，将试样制成饱和面干，然后称量。

C.3 结果计算与评定

C.3.1 烧结砂 24 h 吸水率按式 (C.1) 计算：

$$\omega_a = (m_1 - m_0) / m_0 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

ω_a ——烧结砂 24 h 吸水率，精确至 0.1%；

m_1 ——24 h 吸水后饱和面干试样质量，单位为克 (g)，精确至 0.1 g；

m_0 ——烘干试样质量，单位为克 (g)，精确至 0.1 g。

C.3.2 烧结砂压力吸水率按式 (C.2) 计算：

$$\omega_p = (m_2 - m_0) / m_0 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

ω_p ——烧结砂压力吸水率，精确至 0.1%；

m_2 ——加压 5.0 MPa，30 min 饱水试样质量，单位为克 (g)，精确至 0.1 g；

m_0 ——烘干试样质量，单位为克 (g)，精确至 0.1 g。

C.3.3 以 3 次试验结果的算术平均值作为测定值。

附录 D
(规范性)
烧结砂抗冻系数试验方法

D.1 仪器设备

D.1.1 仪器设备应符合下列规定：

- a) 烘箱：温度控制在 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 天平：量程应不小于 $1\ 000\text{ g}$ ，最小分度值应不大于 0.1 g ；
- c) 快速冻融试验机：符合 GB/T 50082 的规定；
- d) 承压筒：应符合本文件 A.3.1 的规定；
- e) 压力机：应符合本文件 A.3.2 的规定。

D.2 试验步骤

D.2.1 取试样10 L，粒级要求与A.2.1相同。

D.2.2 取5 L试样，其浸水饱和方法及冻融冻融循环试验方法应符合下列规定：

- a) 把试样拌合均匀，分成三等份，分别称量，然后放入盛水的容器中，当有颗粒漂浮于水上时应采用有效方法将其压入水中；
- b) 试样浸水 24 h 后，放入冻融试验箱进行冻融循环试验，冻融循环制度按 GB/T 50082 的规定执行，冻融循环 50 次后取出，倒入 0.63 mm 的筛子上，滤水 $1\text{ min}\sim 2\text{ min}$ ，然后倒在拧干的湿毛巾上，用手握住毛巾两端，使其成为槽形，让烧结砂在湿毛巾上来回滚动至表面无多余水分后倒入瓷盘里，即将烧结砂制成冻融循环 50 次后的饱和面干试样。

D.2.3 按A.2.3测定浸水24 h饱和面干试样和50次冻融循环后饱和面干试样的筒压强度值。

D.3 计算结果与评定

D.3.1 烧结砂的抗冻系数按式 (D.1) 计算：

$$\beta = f_a / f_0 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

β ——烧结砂的抗冻系数，精确至0.01；

f_a ——烧结砂浸水24 h后冻融50次的饱和面干试样的筒压强度值，单位为兆帕（MPa）；

f_0 ——烧结砂浸水24 h饱和面干试样的筒压强度值，单位为兆帕（MPa）。

D.3.2 浸水24 h再经50次冻融循环后饱和面干试样和浸水24 h饱和面干试样的筒压强度值试验结果的计算和评定方法与A.3相同。

D.3.3 抗冻系数以3次试验结果的算术平均值作为测定值。