

# 黑龙江省地方标准

DB 23/T XXXX—2025

## 粉煤灰烧结砂混凝土应用技术规程

（征求意见稿）

联系单位：哈尔滨学院

联系人：江守恒

联系电话：0451-86614321（13936210036）

邮箱：coldregion@163.com

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

黑龙江省住房和城乡建设厅  
黑龙江省市场监督管理局

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 基本规定 ..... 3

5 原材料 ..... 4

    5.1 粉煤灰烧结砂技术要求 ..... 4

    5.2 水 泥 ..... 6

    5.3 矿物掺合料 ..... 6

    5.4 粗骨料 ..... 6

    5.5 外加剂 ..... 6

    5.6 水 ..... 7

    5.7 其他功能材料 ..... 7

6 粉煤灰烧结砂混凝土性能 ..... 7

    6.1 一般规定 ..... 7

    6.2 混凝土性能 ..... 7

    6.3 冬期施工粉煤灰烧结砂混凝土性能 ..... 8

7 粉煤灰烧结砂混凝土配合比设计 ..... 8

    7.1 一般规定 ..... 8

    7.2 混凝土配合比设计 ..... 9

    7.3 混凝土配合比计算与调整 ..... 11

8 混凝土制备、运输和施工 ..... 13

    8.1 一般规定 ..... 13

    8.2 混凝土制备 ..... 13

    8.3 混凝土拌合物运输 ..... 14

    8.4 混凝土浇筑与振捣 ..... 14

    8.5 混凝土拆模 ..... 14

    8.6 混凝土养护 ..... 15

9 混凝土质量检验及验收 ..... 15

    9.1 原材料质量检验 ..... 15

    9.2 混凝土性能检验 ..... 16

    9.3 混凝土质量验收 ..... 17

附 录 A （规范性） 粉煤灰烧结砂筒压强度试验方法 ..... 18

    A.1 范围 ..... 18

    A.2 仪器设备 ..... 18

    A.3 试验步骤 ..... 18

A.4 试验结果计算与评定 ..... 19

附录 B （规范性） 粉煤灰烧结砂软化系数试验方法..... 20

    B.1 范围 ..... 20

    B.2 仪器设备 ..... 20

    B.3 试验步骤 ..... 20

    B.4 计算结果与评定 ..... 20

附录 C （规范性） 粉煤灰烧结砂吸水率与压力吸水率试验方法..... 21

    C.1 范围 ..... 21

    C.2 仪器设备 ..... 21

    C.3 试验步骤 ..... 21

    C.4 结果计算与评定 ..... 21

附录 D （规范性） 粉煤灰烧结砂抗冻系数试验方法..... 23

    D.1 范围 ..... 23

    D.2 仪器设备 ..... 23

    D.3 试验步骤 ..... 23

    D.4 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。

本文件由黑龙江省市场监督管理局归口。

本文件起草单位：哈尔滨学院、黑龙江省城乡建设研究所、哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、哈尔滨工业大学、北京工业大学、黑龙江省一恒建设有限公司、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、哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司、黑龙江省黑建一建筑工程有限责任公司、齐齐哈尔市建设工程质量安全监测中心、齐翔建工集团有限公司、中照建设工程有限公司、黑龙江建筑职业技术学院……等（未列全，待校核完善）

本文件主要起草人：董淑慧、江守恒、刘 群、宋玉宝、范文博、朱效宏、陶成云、郭晓川、常 远、谢家斌、魏 超、张 悦、李志刚、刘英健、肖会刚、程 迪、高 春、刘文喆、王 君、侯连权、赵莹、徐鹏举、李治远、孙钰涵、张春良、李松涛、张 怡、沈 滢、庞国强、殷少辉、柳赞祥、石 宪、王春雨、张 遥、张 鹏……等（未列全，待校核完善）

# 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严寒气候条件下使用的粉煤灰烧结砂混凝土材料选择、技术性能、配合比设计、制备运输与施工、质量检验及验收。

## 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 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 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 25176 混凝土和砂浆用再生细骨料
- 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 50010 混凝土结构设计规范
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB 50496 大体积混凝土施工标准

GB 50666 混凝土结构工程施工规范  
GB/T 50733 预防混凝土碱骨料反应技术规范  
GB 55008 混凝土结构通用规范  
JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规范  
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  
JG/T 223 聚羧酸系高性能减水剂  
JGJ/T 240 粉煤灰烧结骨料应用技术规程  
JG/T 568 高性能混凝土用骨料  
JC/T 474 砂浆、混凝土防水剂  
JC/T 475 混凝土防冻剂

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。

3.2

**粉煤灰烧结砂**

采用粉煤灰经高温焙烧发泡后冷缺结块、破碎、筛分等工序制备的，粒径小于4.75mm的颗粒称为粉煤灰烧结砂。

3.3

**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。

3.4

**混合砂**

由天然砂与粉煤灰烧结砂按一定比例混合而成的砂。

3.5

**细度模数**

衡量砂粗细程度的指标。

3.6

**泥块含量**

砂中粒径大于1.18 mm，经水浸泡、淘洗等处理后小于0.60mm的颗粒含量。

3.7

**吸水率**

粉煤灰烧结砂在规定时间下吸收的水与单位质量之间的比例。

3.8

**压力吸水率**

粉煤灰烧结砂在规定压力与时间条件下吸收的水与单位质量之间的比例。

3.9

**抗冻系数**

粉煤灰烧结砂在规定5℃～-15℃正负温度经50次冻融循环后的筒压强度值与粉煤灰烧结砂筒压强度的比值。

3.10

**软化系数**

是指粉煤灰烧结砂在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。

3.11

**空隙率**

粉煤灰烧结砂在松散堆积体积中空隙体积所占的比例。

3.12

**粉煤灰烧结砂取代率**

粉煤灰烧结砂混凝土中粉煤灰烧结砂用量占砂总用量的体积百分比。

3.13

**附加用水量**

混凝土用粉煤灰烧结砂吸水24h饱和面干状态时所含水的质量。

3.14

**净用水量**

不包括粉煤灰烧结砂饱和面干状态时所含水质量的粉煤灰烧结混凝土拌合水质量。

3.15

**总用水量**

净用水量与附加用水量之和。

**4 基本规定**

4.1 被污染的粉煤灰不得用于制备粉煤灰烧结砂，用于烧结砂的粉煤灰放射性应符合 GB 6566 的规定，

- 粉煤灰烧结砂的生产与使用应符合国家有关安全和环保标准的规定。
- 4.2 生产粉煤灰烧结砂时，宜按照密度等级划分进行分类存储，应避免不同等级的原材料出现混料。若不同等级原材料出现混料情况，应将混料重新评定密度等级后使用。
- 4.3 粉煤灰烧结砂的生产破碎应采用全封闭或半封闭工艺，同时应配备高效的吸尘、除尘设备，防止处置过程中产生的粉尘外溢，对环境造成污染。
- 4.4 粉煤灰烧结砂生产企业应建立全封闭式料场，避免生产的粉煤灰烧结砂直接暴露在雨、雪等影响其含水率等性能的环境中，同时应采取有效措施避免轻物质、泥土、有害物质等杂质混入。
- 4.5 粉煤灰烧结砂混凝土不得用于预应力混凝土。冻融环境条件下混凝土制备用粉煤灰烧结砂除应符合 GB/T 17431.1 的规定外，尚应符合本文件要求。
- 4.6 粉煤灰烧结砂混凝土的强度等级不应低于 C15，不宜高于 C35。
- 4.7 粉煤灰烧结砂及其混凝土生产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。粉煤灰烧结砂混凝土的生产、施工应符合安全、环保要求。
- 4.8 冬期施工粉煤灰烧结砂混凝土应制定专项技术方案，并经论证后方可实施。
- 4.9 粉煤灰烧结砂的应用，除应符合本文件的相关规定，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 粉煤灰烧结砂技术要求

- 5.1.1 粉煤灰烧结砂的粗细程度按细度模数分为粗砂、中砂、细砂和特细砂 4 种规格，分别为：
- 1) 粗砂：3.7～3.1；
  - 2) 中砂：3.0～2.3；
  - 3) 细砂：2.2～1.6；
  - 4) 特细砂：1.5～0.7。
- 5.1.2 粉煤灰烧结砂的颗粒级配应符合表 1 和表 2 的规定。粉煤灰烧结砂的细度模数宜在 2.3～3.7 范围内。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不应大于 5.0 %。

表1 混凝土用粉煤灰烧结砂累计筛余

| 方孔筛尺寸<br>mm | 级配区    |       |       |
|-------------|--------|-------|-------|
|             | 1区     | 2区    | 3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 混凝土用粉煤灰烧结砂分计筛余

|         |      |       |       |       |       |      |      |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 筛孔尺寸，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 粉煤灰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。混合砂的细度模数宜在 2.3~3.0 之间。
- 5.1.4 粉煤灰烧结砂的密度等级按堆积密度划分，并应符合表 3 的规定。

表3 粉煤灰烧结砂密度等级

|                             |              |              |              |              |              |               |                |                |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 堆积密度范围<br>kg/m <sup>3</sup> | >400<br>≤500 | >500<br>≤600 | >600<br>≤700 | >700<br>≤800 | >800<br>≤900 | >900<br>≤1000 | >1000<br>≤1100 | >1100<br>≤1200 |
| 密度等级                        | 500          | 600          | 700          | 800          | 900          | 1000          | 1100           | 1200           |

- 5.1.5 粉煤灰烧结砂的筒压强度应不低于表 4 的规定。

表4 粉煤灰烧结砂筒压强度

|           |     |     |     |     |      |
|-----------|-----|-----|-----|-----|------|
| 密度等级      | 500 | 600 | 700 | 800 | ≥900 |
| 筒压强度（MPa） | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0  |

- 5.1.6 粉煤灰烧结砂其他性能指标要求应符合表 5 的规定。

表5 粉煤灰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，%                          |     | ≤1.5          |
|                                 |     | 结构混凝土用烧结砂≤0.5 |
| 沸煮质量损失，%                        |     | ≤5.0          |
| 吸水率，%                           | 1h  | ≤20.0         |
|                                 | 24h | ≤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 <sub>3</sub> 计），% |     | ≤1.0          |
| 有机物含量                           |     | 不深于标准色        |
| 氯离子含量，%                         |     | ≤0.02         |

- 5.1.7 粉煤灰烧结砂筒压强度、软化系数、压力吸水率、抗冻系数的试验方法，按附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 的规定执行，其他性能参数按 GB/T 17431.2 的规定执行。
- 5.1.8 粉煤灰烧结砂的碱骨料反应活性应符合 GB/T 14684 的规定。粉煤灰烧结砂不应具有低温碳硫硅钙石反应活性。
- 5.1.9 粉煤灰烧结砂的放射性应符合 GB 6566 的规定。
- 5.1.10 粉煤灰烧结砂中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块、炉渣、沥青等杂物。
- 5.1.11 结构混凝土用粉煤灰烧结砂的技术性能指标应符合 GB 55008 的规定，且煮沸质量损失指标不应大于 5 %；对于有抗冻、抗渗、抗腐蚀、负温或其他特殊要求的混凝土，其含泥量不应大于 3.0 %，泥块含量不应大于 2.0 %，压力吸水率不应大于 20.0 %，抗冻系数指标不应小于 0.95，软化系数不低于 0.95。

5.1.12 粉煤灰烧结砂入场前,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,产品合格证书应包括下列内容:

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

5.1.13 粉煤灰烧结砂入场后,使用单位应按 GB/T 17431.1 和 GB/T 17431.2 的规定进行取样检验,检验合格后方可使用。

5.1.14 粉煤灰烧结砂进场后,应按产地、规格分别堆放,堆场地面应进行硬化处理,搭设遮雨棚,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 粉煤灰烧结砂混凝土宜选用通用硅酸盐水泥,且其性能应符合 GB 175 的规定;当制备冬期施工施工和有高抗冻融要求混凝土时,水泥宜选用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥;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。

5.2.2 冬施施工时,水泥不得加热,入机温度不宜超过 60℃。

## 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 矿物掺合料必须品质稳定、来料均匀、来源固定。

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符合 GB/T 1596、GB/T 18046 和 GB/T 18736 等标准的规定。

5.3.5 矿物掺合料储存时,不得与其他材料混杂,且应防止受潮。

## 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,可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 考虑严寒地区的低负温影响,粗骨料不应具有低温碳硫硅钙石反应活性

5.4.6 考虑严寒地区的低负温影响,粗骨料不应具有碱-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检验结果宜小于 0.10%,不应大于等于 0.20%。对于快速砂浆棒法膨胀率检验结果大于等于 0.10%、小于 0.20% 的粗骨料,必须使用时,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 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,防冻剂应符合 GB 46039 的规定。

5.5.2 混凝土用外加剂应符合 GB 8076、GB 50119、GB 23439、JC/T 475、JC 474/T、JG/T 223 和 GB/T 35159 等的规定。

5.5.3 减水剂的选用应综合考虑减水率、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。

5.5.4 粉煤灰烧结砂混凝土选用的减水剂应与所用水泥、矿物掺合料之间应有良好的适应性。

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 符合国家标准的可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。

5.7 其他功能材料

当粉煤灰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。

6 粉煤灰烧结砂混凝土性能

6.1 一般规定

6.1.1 粉煤灰烧结砂混凝土的力学参数应按 GB 50010 取值。

6.1.2 粉煤灰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。粉煤灰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。

6.1.3 结构混凝土用粉煤灰烧结砂的技术性能指标应符合 GB 55008 和的规定。

6.1.4 粉煤灰烧结砂混凝土不应用于预应力混凝土结构。

6.2 混凝土性能

6.2.1 混凝土拌合物性能要求如下所列：

- 1) 粉煤灰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，不得泌水或离析；
- 2) 粉煤灰烧结砂混凝土坍落度应满足工程设计和施工要求；用于泵送的混凝土坍落度 1 h 经时损失不宜大于 30 mm。混凝土坍落度的试验方法应按 GB/T 50080 的规定执行；
- 3) 粉煤灰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；
- 4) 粉煤灰烧结砂混凝土拌合物的总碱含量应符合 GB 50010 的规定；
- 5) 粉煤灰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。混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应作为粉煤灰烧结砂混凝土生产过程和进场控制指标，工程验收应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 混凝土力学性能要求如下所列：

- 1) 粉煤灰烧结砂混凝土强度等级应按 GB/T 50107 进行评定。
- 2) 粉煤灰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、疲劳变形模量等应符合 GB 50010 的规定。混凝土力学性能应按 GB/T 50081 的规定执行，并应满足设计要求。
- 3) 粉煤灰烧结砂混凝土的弹性模量应通过试验确定。

### 6.2.3 混凝土长期性能和耐久性能要求如下所列：

- 1) 粉煤灰烧结砂混凝土宜具有良好的早期抗裂性能。抗裂性能的试验方法应按 GB/T 50082 的规定执行。
- 2) 粉煤灰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应按 GB/T 50082 的规定执行。
- 3) 粉煤灰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。抗冻性能试验方法应按 GB/T 50082 的规定执行。
- 4) 粉煤灰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。耐久性能试验方法应按 GB/T 50082 的规定执行。

## 6.3 冬期施工粉煤灰烧结砂混凝土性能

6.3.1 粉煤灰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设计要求，当设计无要求时，应符合 GB50164、JGJ/T 12 和 JGJ/T 104 的规定。

### 6.3.2 冬期施工浇筑的粉煤灰烧结砂混凝土，受冻临界强度应符合下列规定：

- 1) 采用蓄热法、暖棚法、加热法等施工的普通混凝土，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制时，其受冻临界强度不应小于设计混凝土强度等级值的 40%；
- 2) 当室外最低气温不低于-15℃时，采用综合蓄热法、负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应小于 3.0MPa；当室外最低气温不低于-30℃时，采用负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应小于 5.0MPa；
- 3) 对有抗渗要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 40%；
- 4) 对有抗冻耐久性要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 50%；
- 5) 当采用暖棚法施工的混凝土中掺入早强剂时，可按综合蓄热法受冻临界强度取值。
- 6) 冬期施工需要提高混凝土强度等级时，应按提高后的强度等级确定混凝土的受冻临界强度。

## 7 粉煤灰烧结砂混凝土配合比设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 粉煤灰烧结砂混凝土配合比设计应根据混凝土强度等级、施工和易性性能、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 粉煤灰烧结砂混凝土用于有特殊性能要求的混凝土工程时（如弹性模量、碳化等），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粉煤灰烧结砂混凝土，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，应采取防止低温硫酸盐侵蚀技术措施。

- 7.1.5 用于泵送施工的粉煤灰烧结砂混凝土的配合比设计，应根据混凝土原材料、混凝土运输距离、混凝土泵与混凝土输送设备、环境气温等具体施工条件进行试配，并应符合 GB 50164、JGJ/T 12 和 JGJ/T 10 的规定。
- 7.1.6 粉煤灰烧结砂混凝土配合比设计时，粉煤灰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，应使用密度等级不低于 1000 级的粉煤灰烧结砂；负温粉煤灰烧结砂混凝土的含气量宜控制在 3.5 %~5.5 %。
- 7.1.8 配制粉煤灰烧结砂混凝土时宜优先选用 2 区砂。当采用 1 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，不发生明显上浮。泵送粉煤灰烧结砂混凝土宜选用密度等级不低于 800 级的 2 区中砂，体积砂率宜为 40 %~50 %。
- 7.1.9 粉煤灰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 混凝土配合比设计

7.2.1 粉煤灰烧结砂配合比应按 JGJ 55 和 JGJ/T 12 的规定进行设计。粉煤灰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，粉煤灰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 m<sup>3</sup>~0.15 m<sup>3</sup>，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 %。

7.2.2 粉煤灰烧结砂混凝土配制强度的确定

- 1) 粉煤灰烧结砂混凝土试配强度应按公式（1）计算：

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

式中：

- $f_{cu,0}$ ——粉煤灰烧结砂混凝土配制强度，单位为兆帕（MPa）；
- $f_{cu,k}$ ——粉煤灰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）；
- $\sigma$ ——粉煤灰烧结砂混凝土强度标准差单位为兆帕（MPa）。

- 2) 粉煤灰烧结砂混凝土抗压强度标准差应根据同品种、同强度等级的粉煤灰烧结砂混凝土统计资料计算确定，并应符合 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 粉煤灰烧结砂混凝土抗压强度标准差建议值

单位为兆帕

| 强度等级 | ≤C20 | C25、C30 | C35 |
|------|------|---------|-----|
| σ    | 4.0  | 5.0     | 6.0 |

- 7.2.3 粉煤灰烧结砂仅可用于强度等级不大于 C35 的混凝土。
- 7.2.4 宜取粉煤灰烧结砂 24 h 吸水率为附加水量，若无粉煤灰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的粒径，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，粉煤灰烧结砂混凝土的配合比设计应考虑粉煤灰烧结砂中的吸水率，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，水泥用量宜适当增加，可通过试验确定。
- 7.2.6 掺合料的品种和掺量，应结合粉煤灰烧结砂，通过试验确定。

7.2.7 粉煤灰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。粉煤灰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，粉煤灰烧结砂混凝土砂率的确定应符合下列规定：

- 1) 坍落度小于 50 mm 的混凝土，其砂率应通过试验确定；
- 2) 坍落度为 50 mm～80 mm 的混凝土，其砂率宜通过试验确定，当缺乏试验条件或技术资料时，可根据粗骨料最大公称粒径及水胶比按表 8 或表 9 选取；
- 3) 坍落度大于 80 mm 的混凝土，其砂率可通过试验确定，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 粉煤灰烧结砂混凝土的砂率

单位为百分数

| 水胶比  | 最大公称粒径（mm） |       |       |       |
|------|------------|-------|-------|-------|
|      | 16.0       | 20.0  | 25.0  | 31.5  |
| 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 粉煤灰烧结砂混凝土松散体积砂率

单位为百分数

| 施工方式 | 砂率    |
|------|-------|
| 预 制  | 35~50 |
| 现 浇  | 40~55 |

7.2.8 掺加外加剂的粉煤灰烧结砂混凝土，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 粉煤灰烧结砂混凝土配合比应根据基准河砂混凝土配合比和粉煤灰烧结砂取代率按照下列规定进行试配：

- 1) 测定粉煤灰烧结砂的堆积密度、筒压强度和 24 h 吸水率，粉煤灰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粉煤灰烧结砂的 24 h 吸水率对应水量作为附加用水量；
- 2) 通过进一步调整外加剂用量来调整粉煤灰烧结砂混凝土拌合物的工作性；
- 3) 当进行泵送混凝土配合比设计时，根据粉煤灰烧结砂用量与粉煤灰烧结砂饱和面干吸水率、粉煤灰烧结砂压力吸水率估算粉煤灰烧结砂由干燥状态达到 5.0 MPa 压力吸水所需的用水量，作为泵送混凝土附加用水量；在净用水量的基础上，先增加 0.5～0.7 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粉煤灰烧结砂混凝土拌合物的工作性，但总用水量不宜超过净用水量与附加用水量之和；
- 4) 当实际用水量超出净用水量的 3.0 % 时，为了得到与普通混凝土相同工作性、相同强度等级的粉煤灰烧结砂混凝土，可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 %～10 % 的胶凝材料用量，外加剂用量应随胶凝材料用量调整，砂率可相应调整。

7.2.10 粉煤灰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轻骨料混凝土收缩、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,经试验确定粉煤灰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 混凝土配合比计算与调整

7.3.1 粉煤灰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 松散体积法应按下列步骤进行:

- 1) 根据设计要求的混凝土强度等级、混凝土的用途,确定粉煤灰烧结砂的密度等级和粗骨料的种类与最大粒径;
- 2) 测定粉煤灰烧结砂的堆积密度、筒压强度和 24 h 吸水率,并测定粗骨料的堆积密度;
- 3) 本文件第 7.2.7 条选取松散体积砂率;
- 4) 根据粗、细骨料松散堆积体积,按下列公式计算粗、细骨料用量:

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

$$M_s = V_s \times \rho_{ls} \dots\dots\dots (3)$$

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

$$M_a = V_a \times \rho_{la} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$V_s$ 、 $V_a$ ——分别为每立方米混凝土的细、粗骨料松散堆积的体积,单位为立方米 ( $m^3$ );

$V_t$ ——粗、细骨料的松散堆积的总体积,单位为立方米 ( $m^3$ );

$m_s$ 、 $m_a$ ——分别为每  $m^3$  混凝土细骨料和粗骨料用量,单位为公斤 (kg);

$\beta_s$ ——松散体积砂率,为百分比 (%);

$\rho_{ls}$ 、 $\rho_{la}$ ——分别为细骨料和粗骨料的堆积密度,单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ )。

- 5) 按公式 (6) 计算总用水量;在采用预湿的粉煤灰烧结砂时,净用水量即为总用水量。

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

式中:

$m_{wt}$ ——每立方米混凝土的总用水量,单位为公斤 (kg);

$m_{wn}$ ——每立方米混凝土的净用水量,单位为公斤 (kg);

$m_{wa}$ ——每立方米混凝土的附加水量,单位为公斤 (kg)。

- 6) 按公式 (7) 计算轻骨料混凝土干表观密度 ( $\rho_{cd}$ ),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。

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

7.3.4 绝对体积法应按下列步骤进行:

- 1) 根据设计要求的混凝土的强度等级、密度等级和混凝土用途,确定粉煤灰烧结砂的密度等级和粗骨料的种类与最大粒径;
- 2) 测定粉煤灰烧结砂的堆积密度、颗粒表现密度、筒压强度和 1 h 吸水率,并测定粗骨料的堆积密度和表观密度;
- 3) 按本文件第 7.2.7 条选取绝对体积砂率;
- 4) 按公式 (8) 计算粗、细骨料用量;

$$V_s = \left[ 1 - \left( \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} \right) \div 1000 \right] \times S_p \cdots \cdots (8)$$

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

$$V_a = \left[ 1 - \left( \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} \right) \div 1000 \right] \cdots \cdots (10)$$

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

式中:

- $V_s$ ——每立方米混凝土的细骨料体积, 单位为立方米 ( $m^3$ );
- $m_s$ ——每立方米混凝土的细骨料用量, 单位为公斤 ( $kg$ );
- $m_c$ ——每立方米混凝土的水泥用量, 单位为公斤 ( $kg$ );
- $m_{wn}$ ——每立方米混凝土的净用水量, 单位为公斤 ( $kg$ );
- $S_p$ ——密实体积砂率, %;
- $V_a$ ——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, 单位为公斤 ( $kg$ );
- $\rho_c$ ——水泥的密度, 可取  $\rho_c = 2900 \text{ kg/m}^3 \sim 3100 \text{ kg/m}^3$ ;
- $\rho_w$ ——水的密度, 可取  $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;
- $\rho_s$ ——细骨料的表观密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ );
- $\rho_{ap}$ ——粗骨料的表观密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ )。

5) 按公式(6)计算总用水量; 在采用预湿的粉煤灰烧结砂时, 净用水量即为总用水量。

6) 按公式(7)计算轻骨料混凝土干表观密度( $\rho_{cd}$ ), 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, 粉煤灰烧结砂混凝土配合比应按 JGJ 55 的规定进行强度试验, 并进行配合比调整和校正。

a) 对选定配合比进行方量校正, 步骤如下:

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;

$$\rho_{cc} = m_a + m_s + m_b + m_{wt} \quad (6.3.5-1)$$

式中:

- $\rho_{cc}$ ——按选定配合比各组成材料计算的湿表观密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ );
- $m_a, m_s, m_b, m_{wt}$ ——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, 单位为公斤 ( $kg$ )。

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( $\eta$ )。

$$\eta = \frac{\rho_{c0}}{\rho_{cc}} \quad (6.3.5-2)$$

式中:

- $\eta$ ——方量校正系数;
  - $\rho_{c0}$ ——实测混凝土拌合物的湿表观密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ )。
- 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 校正后的粉煤灰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。

8 混凝土制备、运输和施工

8.1 一般规定

- 8.1.1 粉煤灰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，制定粉煤灰烧结砂混凝土施工技术方案。
- 8.1.3 施工中，应对混凝土原材料计量、搅拌、运输、浇筑、拆模及养护进行全过程质量控制。
- 8.1.4 粉煤灰烧结砂或混合砂、粗骨料含水率的检验每工作班不应少于 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 混凝土运输、输送、浇筑过程中严禁加水。

8.2 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 原材料称量宜采用自动计量，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

单位为百分数

| 原材料种类      | 允许偏差（按质量计，%） |
|------------|--------------|
| 胶凝材料       | ±2           |
| 外加剂        | ±1           |
| 拌合用水       | ±1           |
| 粉煤灰烧结砂、混合砂 | ±2           |
| 粗骨料        | ±3           |

- 8.2.3 粉煤灰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 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 粉煤灰烧结砂混凝土应按下列步骤拌合：
- 1) 采用干燥或自然含水的粉煤灰烧结砂时，先将粉煤灰烧结砂、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；
  - 2) 采用经过淋水预湿处理的粉煤灰烧结砂时，先将粉煤灰烧结砂滤去明水，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；
  - 3) 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 泵送粉混凝土采用的粉煤灰烧结砂在使用前，宜进行浸水预湿处理，预湿后的吸水率不应小于 24 h 吸水率。
- 8.2.8 冬期施工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，拌合水的温度不宜超过 80 ℃，骨料温度不宜超过 60 ℃，水泥不得直接加热。
- 8.2.9 混凝土的坍落度允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 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 混凝土拌合物运输

- 8.3.1 粉煤灰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 泵送施工粉煤灰烧结砂混凝土，其运输应保证连续泵送，并符合 JGJ/T 10 规定。
- 8.3.3 混凝土运输至浇筑现场时，不得出现泌水、离析或分层现象。
- 8.3.4 对于采用搅拌运输车运输的混凝土，当坍落度损失较大不能满足施工要求时，可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 冬期施工混凝土或负温混凝土运输过程中应采取保温措施，保证混凝土入模温度满足设计要求，混凝土运输和入模温度可按 JGJ/T 104 的规定进行计算。

8.4 混凝土浇筑与振捣

- 8.4.1 粉煤灰烧结砂混凝土的浇筑应符合 GB 50164 和 GB 50666 的有关规定。
- 8.4.2 粉煤灰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。
- 8.4.3 振捣应保证粉煤灰烧结砂混凝土密实、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粉煤灰烧结砂上浮为原则，若颗粒上浮面积较大，可采用表面振动器复振，使砂浆返上再作抹面。
- 8.4.4 夏季施工时，混凝土拌合物入模温度不应超过 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，并可采取遮挡措施避免阳光照射金属模板。
- 8.4.5 冬期施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 5 ℃，并应采取保温措施。
- 8.4.6 当风速大于 5 m/s 时，混凝土浇筑宜采取挡风措施。
- 8.4.7 浇筑大体积混凝土时，应采取必要的温控措施，保证混凝土温差控制在设计要求的范围以内。当混凝土温差设计无要求时，应符合 GB 50496 的规定。
- 8.4.8 浇筑竖向尺寸较大的结构物时，应分层浇筑，每层浇筑厚度宜控制在 300 mm~350 mm。
- 8.4.9 混凝土振捣时，应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。
- 8.4.10 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，不得出现漏浆现象，同时及时排出混凝土泌水。

8.5 混凝土拆模

- 8.5.1 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。
- 8.5.2 混凝土底模拆除时，其强度应符合设计要求；当设计无要求时，强度应符合表 12 的规定。

表12 底模拆除时混凝土强度

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

8.5.3 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。

8.5.4 当遇大风或气温急剧变化时，不宜拆模。

8.6 混凝土养护

8.6.1 混凝土的养护应按 GB 50164 和 GB 50666 的相关规定执行。

8.6.2 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。

8.6.3 混凝土成型后，抗压强度达到 1.2 MPa 以前，不应在混凝土上踩踏。

8.6.4 混凝土养护时间应符合下列规定：

- 1) 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不得少于 7 d；
- 2) 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不应少于 14 d；
- 3) 对于竖向混凝土结构，养护时间宜适当延长。

8.6.5 混凝土构件或制品养护应符合下列规定：

- 1) 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。
- 2) 采用蒸汽养护时，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 2 h，升温速度不宜超过 25 ℃/h，降温速度不宜超过 20 ℃/h，最高温度和恒温温度均不宜超过 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，表面与外界温差不应大于 20 ℃。
- 3) 采用潮湿自然养护时，应符合相关标准的规定。

8.6.6 大体积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宜超过 25 ℃，表面与外界温差不宜大于 20 ℃；保温层拆除时，混凝土表面与环境最大温差不宜大于 20 ℃。

8.6.7 冬期施工混凝土或负温混凝土不得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本文件 6.3 节的规定。冬期施工时，对于墙体，带模养护不应小于 14 d。

9 混凝土质量检验及验收

9.1 原材料质量检验

9.1.1 粉煤灰烧结砂混凝土原材料进场时，应按规定批次验收，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，外加剂产品还应具有使用说明书。

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：

- 1) 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，还宜检验水化热；

- 2) 砂应对颗粒级配、细度模数、筒压强度、堆积密度、吸水率和压力吸水率进行检验；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；
- 3) 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；
- 4) 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；
- 5) 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；
- 6) 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；
- 7) 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：

- 1) 粉煤灰烧结砂应以 200 m<sup>3</sup> 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；
- 2) 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；
- 3) 粗骨料应以 400 m<sup>3</sup> 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；
- 4) 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；
- 5) 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；
- 6) 拌合用水应按同一水源不少于一个检验批；
- 7) 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；
- 8) 原材料的取样应按有关标准执行；
- 9) 粉煤灰烧结砂及其他原材料的质量应符合本文件第 4 章的规定。

## 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才可使用，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本文件 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：

- 1) 混凝土强度的检验评定应符合 GB/T 50107 的规定；
- 2) 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；
- 3) 混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能应分别符合 6.2 的规定。

### 9.3 混凝土质量验收

9.3.1 粉煤灰烧结砂混凝土工程施工质量验收应符合 GB 50204 的规定。

9.3.2 粉煤灰烧结砂混凝土工程验收时，应符合本文件对混凝土力学性能、长期性能和耐久性能的规定。

附 录 A  
(规范性)  
粉煤灰烧结砂筒压强度试验方法

A. 1 范围

本附录规定了用承压筒法测定粉煤灰烧结砂颗粒的平均相对强度指标。

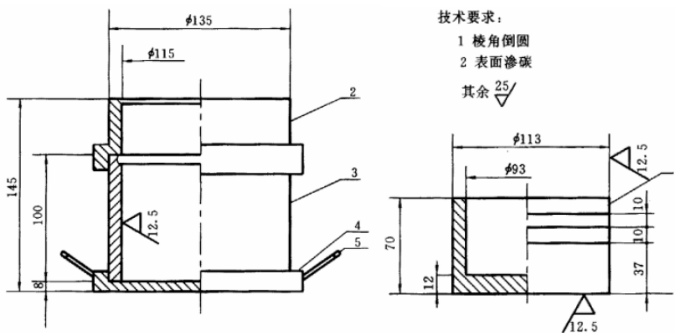
A. 2 仪器设备

A. 2.1 承压筒

由圆柱形筒体（另带筒底）、冲压模和导向筒三部分组成（见图1）；筒体可用无缝钢管制作，有足够刚度，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。

A. 2.2 压力机

根据筒压强度的大小选择合适吨位的压力机，测定值的大小宜位于所选压力机表盘最大读数的20%~80%范围内。



1-冲压模；2-导向筒；3-筒体；4-筒底；5-把手

图A. 1 测定粉煤灰烧结砂筒压强度的承压筒

A. 2.3 其他

- a) 天平：量程为 5 kg、分度值为 5 g；
- b) 烘箱：温度控制范围为 105 ℃±5 ℃。

A. 3 试验步骤

A. 3.1 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. 3.2 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强度筒，且不得碰撞承压强度筒。装满后使承压强度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. 3.3 按A. 3.2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. 4 试验结果计算与评定

A. 4. 1 粉煤灰烧结砂的筒压强度按式（A. 1）计算：

$$f_a = \frac{P}{F} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

- $f_a$ ——粗集料的筒压强度，单位为兆帕（MPa），精确至0.1 MPa；
- $L$ ——压入深度为20 mm时的压力值，单位为牛顿（N）；
- $F$ ——承压面积（即冲压模面积 $F=10000\text{ mm}^2$ ）。

A. 4. 2 粉煤灰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。若3次试验结果中最大值和最小值之差大于平均值的15 %时，须重做。

附 录 B  
(规范性)  
粉煤灰烧结砂软化系数试验方法

B.1 范围

本附录规定了适用于测定粉煤灰烧结砂浸水前后的筒压强度变化，以求其软化系数的试验方法。

B.2 仪器设备

与附录A所需设备相同。

B.3 试验步骤

B.3.1 取试样10 L，粒级要求与A.3.1相同。

B.3.2 取5 L试样，采用下述方法浸水制备成面干饱和试样。

- 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。如有颗粒漂浮于水上，必须采取措施将其压入水中。
- 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，让粉煤灰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。即将粉煤灰烧结砂制成饱和面干试样，然后称量。

B.3.3 按A.3.2和A.3.3分别测定干燥试样和24 h饱和面干试样的筒压强度值。

B.4 计算结果与评定

B.4.1 粉煤灰烧结砂的软化系数按式（B.1）计算：

$$\psi = \frac{f_t}{f_0} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $\psi$ ——粉煤灰烧结砂的软化系数，精确至0.01；
- $f_t$ ——浸水24 h的饱和面干粉煤灰烧结砂筒压强度值，单位为兆帕（MPa）；
- $f_0$ ——干燥状态下粗集料的筒压强度值，单位为兆帕（MPa）。

B.4.2 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与A.4相同。

B.4.3 软化系数以3次试验结果的算术平均值作为测定值。若3次试验结果中最大值和最小值之差大于平均值的15 %时，须重做。

附 录 C  
(规范性)  
粉煤灰烧结砂吸水率与压力吸水率试验方法

C.1 范围

本附录规定了粉煤灰烧结砂吸水率与在水压力作用下的压力吸水率试验方法。

C.2 仪器设备

仪器设备应符合下列要求：

- a) 烘箱：温度控制范围为 105 ℃±5 ℃；
- b) 天平：量程应不小于 1000 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.3 试验步骤

- C.3.1 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.3.2 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。如有颗粒漂浮于水上，必须设法将其压入水中。
- C.3.3 试样浸水24h后，按B.3.2的方法，将试样制成饱和面干，然后称量。
- C.3.4 将浸水24h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.3.2的方法，将试样制成饱和面干，然后称量。

C.4 结果计算与评定

C.4.1 粉煤灰烧结砂吸水率按式（C.1）计算：

$$\omega_a = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：  
ω<sub>a</sub>——粉煤灰烧结砂24 h吸水率，精确至0.1 %；  
m<sub>1</sub>——24h吸水后饱和面干试样质量，单位为克（g），精确至0.1 g；  
m<sub>0</sub>——烘干试样质量，单位为克（g），精确至0.1 g。

以3次试验结果的算术平均值作为测定值。

C.4.2 粉煤灰烧结砂压力吸水率按式（C.2）计算：

$$\omega_p = \frac{m_2 - m_0}{m_0} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：  
ω<sub>p</sub>——粉煤灰烧结砂压力吸水率，精确至0.1%；  
m<sub>2</sub>——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<sub>0</sub>——烘干试样质量，单位为克（g），精确至0.1 g。

以3次试验结果的算术平均值作为测定值。

若3次试验结果中最大值和最小值之差大于平均值的15 %时，须重做。

附 录 D  
(规范性)  
粉煤灰烧结砂抗冻系数试验方法

D.1 范围

本附录规定了粉煤灰烧结砂抗冻系数试验的方法。

D.2 仪器设备

D.2.1 仪器设备应符合以下规定：

- a) 烘箱：温度控制在 105 ℃ ±5 ℃；
- b) 天平：量程应不小于 1000 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.4.1 的规定。
- e) 压力机：应符合本文件 A.4.2 的规定。

D.3 试验步骤

D.3.1 取试样10L，粒级要求与A.3.1相同。

D.3.2 取5L试样，采用下述方法浸水饱和并进行冻融冻融循环。

- 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。如有颗粒漂浮于水上，必须采取措施将其压入水中。
- b) 试样浸水 24 h 后，分别放入冻融试验箱，冻融循环 50 次，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，让粉煤灰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。即将粉煤灰烧结砂制成冻融 50 次后饱和面干试样。

D.3.3 按A.3.2和A.3.3分别测定干燥试样和24h饱和面干试样的筒压强度值。

D.4 计算结果与评定

D.4.1 粉煤灰烧结砂的抗冻系数按式（D.1）计算：

$$\beta = \frac{f_a}{f_0} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- $\beta$ ——粉煤灰烧结砂的软化系数，精确至0.01；
- $f_a$ ——浸水24 h后冻融50次的饱和面干粉煤灰烧结砂筒压强度值，单位为兆帕（MPa）；
- $f_0$ ——干燥状态下粗集料的筒压强度值，单位为兆帕（MPa）。

D.4.2 24 h浸水后50次冻融饱和面干和干燥试样筒压强度值试验结果的计算和评定方法与A.4相同。

D.4.3 抗冻系数以3次试验结果的算术平均值作为测定值。若3次试验结果中最大值和最小值之差大于平均值的15 %时，须重做。