

中华人民共和国城乡建设环境保护部部标准

粉煤灰在混凝土和砂浆中 应用技术规程

JGJ 28—86



1987 北 京

中华人民共和国城乡建设环境保护部部标准

粉煤灰在混凝土和砂浆中
应用技术规程

JGJ 28—86

主编单位：中国建筑科学研究院建筑工程材料及制品研究所
上海市建筑科学研究所
批准部门：城乡建设环境保护部
试行日期：1 9 8 7 年 5 月 1 日

关于批准《粉煤灰在混凝土和 砂浆中应用技术规程》为部标准的通知

(87) 城科字第 18 号

由中国建筑科学研究院负责组织编制的《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》，经审查，批准为部标准，编号 JG128—86，从 1987 年 5 月 1 日起试行。

在使用本规程中如有具体意见和问题，请函告中国建筑科学研究院，以便解释或今后修订时参考。

中华人民共和国城乡建设环境保护部

1987 年 1 月 17 日

目 录

第一章 总则	1
第二章 粉煤灰的技术要求	2
第一节 品质指标	2
第二节 试验方法	2
第三节 验收规则	2
第四节 运输和贮存	3
第三章 粉煤灰应用的一般规定	4
第一节 应用范围	4
第二节 最大限量	4
第三节 其他规定	4
第四章 粉煤灰在普通混凝土中的应用	6
第一节 性能指标	6
第二节 取代水泥率	6
第三节 配合比设计	7
第四节 搅拌	8
第五节 浇灌和成型	8
第六节 养护	9
第五章 粉煤灰在轻骨料混凝土中的应用	10
第一节 性能指标	10
第二节 配合比设计	10
第三节 搅拌	10
第四节 浇灌、成型与养护	11
第六章 粉煤灰在砂浆中的应用	12
第一节 品种及适用范围	12
第二节 取代水泥率	12
第三节 配合比设计	13
第四节 搅拌	13

第五节 施工.....	13
第七章 粉煤灰混凝土和砂浆的质量检验.....	14
录一 本规程专用名词解释.....	15
录二 粉煤灰混凝土配合比设计实例.....	16
录三 粉煤灰砂浆配合比设计实例.....	20

第一章 总 则

第 1.0.1 条 从煤粉炉排出的烟气中收集到的细颗粒粉末称为粉煤灰。按排放方式粉煤灰分为干排灰和湿排灰。

为了正确、合理地在混凝土和砂浆中应用粉煤灰，特制定本规程。

符合本规程要求的粉煤灰可作为混凝土和砂浆的掺合料。

第 1.0.2 条 本规程适用于一般工业与民用建筑结构和构筑物中掺粉煤灰的混凝土和砂浆（以下简称粉煤灰混凝土和粉煤灰砂浆）。

第 1.0.3 条 粉煤灰混凝土和粉煤灰砂浆除应满足本规程的要求外，尚应遵守相应的专门技术标准、规范和规程的有关规定。

第二章 粉煤灰的技术要求

第一节 品质指标

第 2.1.1 条 粉煤灰按其品质分为 I、II、III 三个等级。其品质指标应满足表 2.1.1 的规定。

粉煤灰品质指标和分类 表 2.1.1

序号	指 标	粉 煤 灰 级 别		
		I	II	III
1	细度 (0.080mm 方孔筛的筛余%) 不大于	5	8	25
2	烧失量 (%) 不大于	5	8	15
3	需水量比 (%) 不大于	95~105	105	115
4	三氧化硫 (%) 不大于	1	3	3
5	含水率 (%) 不大于		1	不规定

注：代替细骨料或用以改善和易性的粉煤灰不受此规定的限制。

第二节 试验方法

第 2.2.1 条 细度按《水泥细度检验方法（筛析法）》(GB1345—77) 测定。

第 2.2.2 条 烧失量、含水率和三氧化硫含量按《水泥化学分析法》(GB176—76) 测定。

第 2.2.3 条 需水量比按《水泥胶砂胀缩试验方法》(GB751—65) 及《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB1596—79) 的有关规定测定。

第三节 验收规则

第 2.3.1 条 供方应按本规程规定对粉煤灰按批检验,并签

发出厂合格证,其内容包括:

- (1) 厂名和批号;
- (2) 合格证编号及日期;
- (3) 粉煤灰的级别及数量;
- (4) 检验结果(按本规程第 2.1.1 条的要求)。

第 2.3.2 条 以一昼夜连续供应的 200t 相同等级的粉煤灰为一批,不足 200t 者按一批计。粉煤灰供应的数量按干灰(含水率 $<1\%$)的重量计算。

第 2.3.3 条 必要时,需方可对粉煤灰的品质进行随机抽样检验。

(1) 散装灰取样——从不同部位取 10 份试样,每份不小于 1kg,混合拌匀,按四分法缩取比试验所需量大一倍的试样(称为平均试样)。

(2) 袋装灰取样——从每批中任抽 10 袋,并从每袋中各取试样不少于 1kg,按本条(1)中的方法混合缩取平均试样。

第 2.3.4 条 每批粉煤灰必须按本章第二节的要求,检验细度和烧失量,有条件时,可加测需水量比,其他指标每季度至少检验一次。

第 2.3.5 条 检验后,符合本规程有关要求者为合格品;若其中任一项不符合要求时,则应重新从同一批中加倍取样,进行复检。复检仍不合格时,则该批粉煤灰应降级处理。

第四节 运输和贮存

第 2.4.1 条 粉煤灰散装运输时,必须采取措施,防止污染环境。

第 2.4.2 条 干粉煤灰宜贮存在有顶盖的料仓中,湿粉煤灰可堆放在带有围墙的场地上。

第 2.4.3 条 袋装粉煤灰的包装袋上应清楚标明《粉煤灰》、厂名、等级、批号及包装日期。

第三章 粉煤灰应用的一般规定

第一节 应用范围

第 3.1.1 条 I 级粉煤灰允许用于后张预应力钢筋混凝土构件及跨度小于 6m 的先张预应力钢筋混凝土构件。

第 3.1.2 条 II 级粉煤灰主要用于普通钢筋混凝土和轻骨料钢筋混凝土。

注：经专门试验，或与减水剂复合，也可当 I 级灰使用。

第 3.1.3 条 III 级粉煤灰主要用于无筋混凝土和砂浆。

注：经专门试验，也可用于钢筋混凝土。

第二节 最大限量

第 3.2.1 条 在普通钢筋混凝土中，粉煤灰掺量不宜超过基准混凝土水泥用量的 35%，且粉煤灰取代水泥率不宜超过 20%。

预应力钢筋混凝土中，粉煤灰最大掺量不宜超过 20%。其粉煤灰取代水泥率，采用普通硅酸盐水泥时不宜大于 15%；采用矿渣硅酸盐水泥时不宜大于 10%。

第 3.2.2 条 轻骨料钢筋混凝土中，粉煤灰掺量不宜超过基准混凝土水泥用量的 30%，其粉煤灰取代水泥率不宜超过 15%。

第 3.2.3 条 无筋干硬性混凝土和砂浆中，粉煤灰掺量可适当增加，其粉煤灰取代水泥率不宜超过 40%。

第三节 其他规定

第 3.3.1 条 粉煤灰宜与外加剂复合使用以改善混凝土或砂浆拌合物和易性，提高混凝土（或砂浆）的耐久性。外加剂的合理掺量可通过试验确定。

第 3.3.2 条 冬期施工时，粉煤灰混凝土和砂浆应采取早强

和保温措施，加强养护。

第四章 粉煤灰在普通混凝土中的应用

第一节 性能指标

第 4.1.1 条 用于地上工程的粉煤灰混凝土，其强度等级龄期定为 28d。

注：用于地下大体积混凝土工程的粉煤灰混凝土，其强度等级龄期可定为 60d。

第 4.1.2 条 粉煤灰混凝土的设计强度等级不得低于基准混凝土的设计强度等级。粉煤灰混凝土的标准强度、设计强度和弹性模量，与基准混凝土一样按有关规程、规范取值。

第 4.1.3 条 粉煤灰混凝土的收缩、徐变、抗渗等性能指标可采用相同强度等级基准混凝土的性能指标。

在等含气量的条件下，粉煤灰混凝土的抗冻性指标也可采用相同强度等级基准混凝土的抗冻性指标。

粉煤灰混凝土的抗碳化性能在满足本规程有关要求或同时掺入减水剂时，也可视为与基准混凝土基本相同。

第二节 取代水泥率

第 4.2.1 条 普通混凝土中，粉煤灰取代水泥率不得超过表 4.2.1 粉煤灰取代水泥百分率(R_f)

混凝土等级	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥
	(%)	(%)
C15 以下	15~25	10~20
C20	10~15	10
C25~C30	15~20	10~15

注：1. 以 425 号水泥配制成的混凝土取表中下限值；以 525 号水泥配制的混凝土取上限值。

2. C20 以上的混凝土宜采用 I、II 级粉煤灰；C15 以下的素混凝土可采用 III 级粉煤灰。

4.2.1 规定的限量。

第三节 配合比设计

第 4.3.1 条 粉煤灰混凝土的配合比设计以基准混凝土的配合比为基础，按等稠度、等强度等级原则，用超量取代法进行调整。

第 4.3.2 条 粉煤灰混凝土的配合比设计按下列步骤进行：

(1) 按设计要求，根据《普通混凝土配合比设计技术规定》(JGJ55—81) 进行普通混凝土基准配合比设计；

(2) 按表 4.2.1 选择粉煤灰取代水泥率 (β_c)；

(3) 按所选用的粉煤灰取代水泥率 (β_c)，求出每立方米粉煤灰混凝土的水泥用量 (m_c)；

$$m_c = m_o(1 - \beta_c)$$

(4) 按表 4.3.2 选择粉煤灰超量系数 (δ_c)

粉煤灰超量系数

表 4.3.2

粉 煤 灰 级 别	超 量 系 数 (δ_c)
I	1.0~1.4
II	1.2~1.7
III	1.5~2.0

注：C25 以上混凝土取下限，其他强度等级混凝土取上限。

(5) 按超量系数 (δ_c)，求出每立方米混凝土的粉煤灰掺量 (m_f)：

$$m_f = \delta_c(m_o - m_c)$$

式中 m_f ——每立方米混凝土的粉煤灰掺入量 (kg)；

δ_c ——超量系数；

m_o ——每立方米基准混凝土的水泥用量 (kg)；

m_c ——每立方米粉煤灰混凝土的水泥用量 (kg)。

(6) 计算每立方米粉煤灰混凝土中水泥、粉煤灰和细骨料的绝对体积，求出粉煤灰超出水泥的体积，

(7) 按粉煤灰超出的体积，扣除同体积的细骨料用量；

- (8) 粉煤灰混凝土的用水量，按基准配合比的用水量取用；
- (9) 根据计算的粉煤灰混凝土配合比，通过试配，在保证设计所需和易性的基础上，进行混凝土配合比的调整；
- (10) 根据调整后的配合比，提出现场施工用的粉煤灰混凝土配合比。

粉煤灰混凝土配合比设计实例见附录 2 中例 1。

第 4.3.3 条 泵送粉煤灰混凝土的配合比设计，也可采用固定粉煤灰掺量法，即首先固定粉煤灰掺量、用水量、粗骨料用量，然后按等稠度、等强度等级原则进行设计，但此时应考虑坍落度损失，调整水泥、外加剂及细骨料的用量。

第四节 搅 拌

第 4.4.1 条 粉煤灰投入搅拌机可采用以下方法：

- (1) 干排灰经计量后与水泥同时直接投入搅拌机内。
- (2) 湿排灰经计量制成料浆后使用。
- (3) 粉煤灰计量的允许偏差为 $\pm 2\%$ 。

第 4.4.2 条 坍落度大于 20mm 的混凝土拌合物宜在自落式搅拌机中制备；坍落度小于 20mm 的或干硬性混凝土拌合物宜在强制式搅拌机中制备。

粉煤灰混凝土拌合物一定要搅拌均匀，其搅拌时间宜比基准混凝土拌合物延长约 30s。

第 4.4.3 条 泵送粉煤灰混凝土拌合物运到现场时的坍落度不得小于 80mm，并严禁在装入泵车时加水。

第五节 浇灌和成型

第 4.5.1 条 粉煤灰混凝土的浇灌和成型与普通混凝土相同。

第 4.5.2 条 用插入式振动器振捣泵送粉煤灰混凝土时，不得漏振或过振，其振动时间为：

坍落度为 80~120mm——15~20s；

坍落度为 120~180mm——10~15s。
粉煤灰混凝土拌面时，必须进行二次压光。

第六节 养 护

第 4.6.1 条 蒸养粉煤灰混凝土制品成型后宜进行不小于 1h 的干热静停。常温静停时，塑性低强度等级的粉煤灰混凝土，其静停时间宜适当延长 0.5~1h。蒸养时的升温速度不宜超过 20℃/h，恒温温度以不低于 85℃为宜。

第 4.6.2 条 粉煤灰混凝土制品自然养护时，宜保持其表面湿润，并适当延长养护时间。

第五章 粉煤灰在轻骨料混凝土中的应用

第一节 性能指标

第 5.1.1 条 粉煤灰轻骨料混凝土标养 28d 的抗压强度不应低于基准轻骨料混凝土的设计强度等级，其标准强度、设计强度、弹性模量和热工指标的取值，仍按轻骨料混凝土的有关规程的规定取用。

第 5.1.2 条 粉煤灰轻骨料混凝土的收缩、徐变、抗冻性等与基准轻骨料混凝土相同。

粉煤灰对轻骨料混凝土碳化性能的影响比普通混凝土小，在满足本规程要求或同时掺入减水剂时，其抗碳化性能与基准混凝土基本相同。

第二节 配合比设计

第 5.2.1 条 粉煤灰轻骨料混凝土的配合比可参照本规程第 4.3.2 条用超量取代法进行设计，但基准轻骨料混凝土的配合比设计按《轻骨料及轻骨料混凝土技术规定及试验方法》(J78—2) (暂行规定) 的规定进行。

第 5.2.2 条 轻骨料混凝土中，粉煤灰取代水泥率 (β_c) 按第 3.2.2 条的要求确定。粉煤灰的超量系数 (δ_c) 可取 1.2~2.0。

粉煤灰轻骨料混凝土配合比设计实例见附录 2 中例 2。

第三节 搅 拌

第 5.3.1 条 搅拌前轻骨料宜预湿，或是粗细骨料先投入搅拌机后，加部分水先搅拌约半分钟，再加入粉煤灰搅拌，最后加入水泥和剩余的水拌匀。

第 5.3.2 条 粉煤灰轻骨料混凝土宜采用强制式搅拌机进行

搅拌、其投料方法可参照本规程第 4.4.1 条。

第 5.3.3 条 粉煤灰与外加剂复合使用时，外加剂宜采用后掺法。

第四节 浇灌、成型与养护

第 5.4.1 条 粉煤灰轻骨料混凝土的浇灌、成型和养护与基准轻骨料混凝土相同，其操作可参照有关的规定执行。

第六章 粉煤灰在砂浆中的应用

第一节 品种及适用范围

第 6.1.1 条 粉煤灰砂浆依其组成为粉煤灰水泥砂浆、粉煤灰水泥石灰砂浆（简称粉煤灰混合砂浆）及粉煤灰石灰砂浆。

第 6.1.2 条 粉煤灰水泥砂浆主要用于内外墙面，台度、踢脚、窗口、沿口、勒脚、磨石地面底层及墙体勾缝等装修工程及各种墙体砌筑工程；粉煤灰混合砂浆主要用于地面上墙体的砌筑和抹灰工程；粉煤灰石灰砂浆主要用于地面以上内墙的抹灰工程。

第二节 取代水泥率

第 6.2.1 条 砂浆中的粉煤灰取代水泥率可根据其设计强度等级及使用要求参照表 6.2.1 的推荐值选用。

砂浆中粉煤灰取代水泥率及超量系数 表 6.2.1

砂浆品种		砂浆强度等级				
		M1.0	M2.5	M5.0	M7.5	M10.0
水泥石灰砂浆	β_m (%)	15~40			10~25	
	δ_m	1.2~1.7			1.1~1.5	
水泥砂浆	β_m (%)	—	25~40	20~30	15~25	10~20
	δ_m	—	1.3~2.0		1.2~1.7	

注：表中 β_m 为粉煤灰取代水泥率， δ_m 为粉煤灰超量系数。

第 6.2.2 条 砂浆中，粉煤灰取代石灰膏率可通过试验确定，但最大不宜超过 50%。

第三节 配合比设计

第 6.3.1 条 粉煤灰砂浆的配合比设计按下列顺序进行：

- (1) 按砂浆设计强度等级及水泥标号计算每立方米砂浆的水泥用量；
- (2) 按求出的水泥用量计算每立方米砂浆的灰膏量；
- (3) 选择取代水泥（或石灰膏）率和超量系数，计算粉煤灰掺量；
- (4) 确定每立方米砂浆中砂的用量，求出粉煤灰超出水泥（或石灰膏）体积，并扣除同体积的用砂量；
- (5) 通过试拌，按稠度要求确定用水量；
- (6) 通过试验调整配合比。

粉煤灰砂浆配合比设计实例见附录 3。

第四节 搅 拌

第 6.4.1 条 粉煤灰砂浆宜采用机械搅拌，以保证拌合物均匀。砂浆各组分的计量（按重量计）允许误差为：

- 水泥····· ±2%，
- 粉煤灰、石灰膏和细骨料····· ±5%。

第 6.4.2 条 搅拌粉煤灰砂浆时，宜先将粉煤灰、砂与水泥及部分拌合水先投入搅拌机，待基本拌匀后再加水搅拌至所需稠度。总搅拌时间不得少于 2min。

第五节 施 工

第 6.5.1 条 粉煤灰砂浆的施工操作技术基本上与普通砂浆相同，施工操作时，应遵守有关规范的要求。用粉煤灰砂浆砌筑或粉刷时，应将砌筑工程用的砖、块、构件或粉刷工程的基层面，预先浇水预湿，施工后，还应加强养护。

第七章 粉煤灰混凝土和砂浆的质量检验

第 7.0.1 条 粉煤灰混凝土的质量检验和评定，按《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204—83) 执行。粉煤灰混凝土的标号龄期按本规程第 4.1.1 条执行。

第 7.0.2 条 对现浇的，自然养护和冬期施工的粉煤灰混凝土，应加强早期强度的检验。检验时，可按实际需要检验同条件养护的早期强度，并预留后期强度试件备查。

第 7.0.3 条 粉煤灰砂浆的质量检验和评定，按《砖石工程施工及验收规范》(GBJ203—83) 和《装饰工程施工及验收规范》(GBJ210—83) 的有关规定进行。

附录一 本规程专用名词解释

1. 粉煤灰混凝土 掺入一定量粉煤灰的水泥混凝土。
2. 基准混凝土 与粉煤灰混凝土相对应的不掺粉煤灰或外加剂的对比试验用的水泥混凝土。
3. 粉煤灰砂浆 掺入一定量粉煤灰的砂浆。
4. 等稠度 是指粉煤灰混凝土拌合物与基准混凝土合具有相同的坍落度或维勃秒以及粉煤灰砂浆拌合物与不掺粉煤灰的砂浆拌合物具有相同的流动度。
5. 等强度等级 粉煤灰混凝土或砂浆具有与基准混凝土或砂浆相同的抗压强度等级。
6. 取代水泥率 基准混凝土或砂浆中的水泥被粉煤灰取代的百分率。
7. 超量取代法 粉煤灰混凝土配合比设计的一种方法，即为达到粉煤灰混凝土与基准混凝土等强度的目的，粉煤灰的掺入量超过其取代的水泥量。
8. 超量系数 粉煤灰掺入量与其所取代水泥量的比值。
9. 后掺法 在混凝土拌合物中掺入液态化学外加剂的一种方法，即在混凝土拌合物基本搅拌均匀后，再加入外加剂拌匀，以减少坍落度损失和轻骨料对外加剂的吸附。

附录二 粉煤灰混凝土配合比设计实例

例 1 根据某工程要求,设计粉煤灰混凝土的配合比。

已知:混凝土设计强度等级为 C30,其标准差 $\sigma=5\text{MPa}$;混凝土拌合物坍落度为 30~50mm;水泥采用 425 号普通硅酸盐水泥;粗骨料为碎石,其最大粒径为 20mm;细骨料为河砂,属砂。

设计计算:

1. 根据《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204—83)规定,求得混凝土试配强度 (f_{cu}) 为:

$$f_{cu} = 30 + 5 =$$

35MPa 2. 根据《普通混凝土配合比设计技术规定》(JGJ55—81),计算出基准混凝土(不掺粉煤灰的混凝土)的材料用量:

$$(1) \text{ 由 } f_{cu} = 0.46f_c^0 \left[\frac{m_c}{m_w} - 0.52 \right], f^0 = 1.13f_{\alpha}^0$$

$$\text{得 } \frac{m_c}{m_w} = 2.10, \frac{m_w}{m_c} = 0.48$$

式中 f_{α}^0 ——水泥标号^①,

f_c^0 ——水泥的实际强度 (MPa)。

(2) 查 (JGJ55—81) 表 2.0.5 得:

用水量 $m_{w0} = 195\text{kg}$,

水泥用量 $m_{c0} = 406\text{kg}$,

(3) 查 (JGJ55—81) 表 2.0.7:

取砂率 (β_s) = 0.36

(4) 按体积法计算得每立方米混凝土的砂、石用量:

砂子用量 $m_{s0} = 648\text{kg}$

石子用量 $m_{g0} = 1151\text{kg}$

① 应按水泥计算强度代入,如 425 号水泥,则为 42.5MPa (近似值)。

(5) 因此得每立方米基准混凝土材料用量为：

$$m_{co}=406\text{kg}$$

$$m_{wo}=195\text{kg}$$

$$m_{so}=648\text{kg}$$

$$m_{go}=1151\text{kg}$$

3. 粉煤灰混凝土配合比设计以基准混凝土为基础，用粉煤灰超量取代法进行计算调整。

(1) 按本《规程》表 4.2.1 选取粉煤灰取代水泥率 $\beta_c=0.15$

(2) 按取代水泥率算出每立方米混凝土的水泥用量 (m_c):

$$m_c=406 \times (1-0.15) = 345\text{kg}$$

(3) 按本《规程》表 4.3.2 选取粉煤灰超量系数

$$\delta_c=1.5。$$

(4) 按超量系数算出每立方米混凝土的粉煤灰掺量 (m_f):

$$m_f=1.5(406-345) = 92\text{kg}$$

(5) 计算水泥、粉煤灰和砂的绝对体积，求出粉煤灰超出水泥部分的体积，并扣除同体积砂的用量。

[取水水泥比重 $\rho_c=3.1$ ，粉煤灰比重 $\rho_f=2.2$ ，砂子比重 $\rho_s=2.6$

$$m_s=m_{so}-\left(\frac{m_c}{\rho_c}+\frac{m_f}{\rho_f}-\frac{m_{co}}{\rho_c}\right)\rho_s=590\text{kg}。$$

(6) 取 $m_g=m_{go}$ ， $m_w=m_{wo}$

由此得每立方米粉煤灰混凝土材料计算用量：

$$m_c=345\text{kg}；$$

$$m_w=195\text{kg}；$$

$$m_s=590\text{kg}；$$

$$m_g=1151\text{kg}；$$

$$m_f=92\text{kg}。$$

4. 经试配调整得出设计配合比：

因试配得粉煤灰混凝土的实测容重为 $2410\text{kg}/\text{m}^3$ ，(计算容重为 $2373\text{kg}/\text{m}^3$)，故得校正系数。

$$\alpha \frac{2410}{2375}=1.02$$

由此得每立方米粉煤灰混凝土的材料用量为：

$$m_c = 352\text{kg};$$

$$m_w = 199\text{kg};$$

$$m_s = 602\text{kg};$$

$$m_g = 1174\text{kg};$$

$$m_f = 94\text{kg}。$$

例2 根据某工程要求，设计粉煤灰轻骨料混凝土，其干容重不大于 $1400\text{kg}/\text{m}^3$ ，工作度等于 20s。

已知：轻骨料混凝土强度等级为 CL20；粗骨料为页岩陶粒，其松散容重 $\gamma_g = 620\text{kg}/\text{m}^3$ ，陶粒吸水率 $\omega = 4\%$ ；细骨料为陶砂，松散容重 $\gamma_s = 760\text{kg}/\text{m}^3$ ，颗粒容重 $\gamma_k = 1500\text{kg}/\text{m}^3$ ；水泥为 425 号矿渣硅酸盐水泥。

设计计算：

1. 根据《轻骨料及轻骨料混凝土技术规定和试验方法》(J78—2)，按松散体积法计算基准轻骨料混凝土每立方米的材料用量：

(1) 按 (J78—2) 表 1—10 及表 1—13 选择：

$$\text{水泥用量 } m_{co} = 350\text{kg}$$

$$\text{砂率 } \beta_s = 0.4$$

(2) 按 (J78—2) 附表 5 选取粗细骨料总体积：

$$V_{g+s} = 1.45\text{m}^3$$

(3) 计算每立方米混凝土陶砂用量：

$$m_{so} = 1.45 \times 0.4 \times 760 = 440\text{kg}$$

(4) 计算每立方米混凝土陶粒用量：

$$m_{go} = 1.45 \times (1 - 0.4) \times 620 = 539\text{kg}$$

(5) 根据工作度要求，按 (J78—2) 表 1—12 选择净用水量为 180kg。因采用陶砂再增加 10kg，加上陶粒的吸水率，得总用水量：

$$m_{w0} = (180 + 10) + 539 \times 0.04 = 212\text{kg}$$

(6) 核算轻骨料混凝土的干容重：

$$\gamma = 1.15 \times 350 + 539 + 440 = 1381.5 \text{ kg/m}^3$$

计算结果满足设计要求，故每立方米基准轻骨料混凝土料用量为：

$$m_{co} = 350 \text{ kg};$$

$$m_{wo} = 212 \text{ kg};$$

$$m_{so} = 440 \text{ kg};$$

$$m_{go} = 539 \text{ kg}。$$

2. 以基准混凝土配合比为基础，按超量取代法计算粉煤灰轻骨料混凝土的配合比。

(1) 按本《规程》第 3.2.2 条选取粉煤灰取代水泥率：

$$\beta_c = 10\%$$

(2) 计算每立方米粉煤灰混凝土的水泥用量：

$$m_c = 350 (1 - 0.1) = 315 \text{ kg}$$

(3) 按本《规程》第 5.2.2 条选取超量系数：

$$\delta_c = 1.5$$

(4) 计算每立方米混凝土的粉煤灰掺量：

$$m_f = 1.5 (350 - 315) = 52.5 \text{ kg}$$

(5) 计算每立方米混凝土的陶砂用量：

$$\text{(取 } \rho_c = 3.1, \rho_f = 2.2, \rho_s = 1.5 \text{)}$$

$$m_s = 440 - \left(\frac{315}{3.1} + \frac{52.5}{2.2} - \frac{350}{3.1} \right) 1.5 = 421 \text{ kg}$$

(6) 取 $m_g = m_{go}$, $m_w = m_{wo}$

由此得每立方米粉煤灰轻骨料混凝土材料计算用量：

$$m_c = 315 \text{ kg};$$

$$m_f = 52.5 \text{ kg};$$

$$m_w = 212 \text{ kg};$$

$$m_s = 421 \text{ kg};$$

$$m_g = 539 \text{ kg};$$

经试配调整得出设计配合比与计算配合比相近，满足设备要求。

附录三 粉煤灰砂浆配合比设计实例

例 1 某工程要求用 325 号水泥配 M5.0 水泥砂浆，粉煤灰水泥率 $\beta_m=15\%$ 。

取粉煤灰超量系数 $\delta_m=1.8$ 。

1) 每立方米不掺粉煤灰砂浆中的水泥用量按下式确定：

$$m_{co} = \frac{1.15f_m}{\alpha f_c^o} \times 1000$$

f_m ——砂浆强度等级；

f_c^o ——水泥标号；

α ——调整系数，随砂浆强度等级与水泥强度等级而变化，其值列于附表 1。

上述公式只适用于含水率为 2% 的中砂和粗砂，同时每立方米中的用砂量为 $1m^3$ 。

查附表 1 得 $\alpha=0.806$

调整系数(a 值)表

附表 1

标号 (#)	砂 浆 强 度 等 级				
	M10.0	M7.5	M5.0	M2.5	M1.0
	α 值				
825	0.885	0.815	0.725	0.584	0.412
825	0.931	0.855	0.758	0.608	0.427
825	0.999	0.915	0.806	0.643	0.450
825	1.048	0.957	0.839	0.667	0.466
825	1.113	1.012	0.884	0.698	0.486

$$m_{\infty} = \frac{1.15 \times 5.0}{0.806 \times 32.5} \times 1000 = 220 \text{kg}$$

(2) 按所选用的取代水泥率 β_m ，求每立方米粉煤灰砂浆中的水泥用量：

$$m_c = m_{c0} (1 - \beta_m) = 220 (1 - 0.15) = 187 \text{kg}$$

(3) 按超量系数 (δ_m)，求出每立方米粉煤灰砂浆中的粉煤灰用量 (m_f)：

$$m_f = \delta_m (m_{\infty} - m_c) = 1.8 (220 - 187) = 59 \text{kg}$$

(4) 取每立方米砂浆中砂用量 $m_{s0} = 1450 \text{kg}$

(5) 计算水泥、粉煤灰和砂的绝对体积，求出粉煤灰超出水泥部分的体积，并扣除同体积的砂用量，则得每立方米粉煤灰砂浆中的砂用量 (m_s)。

(取 $\rho_c = 3.1$, $\rho_f = 2.2$, $\rho_s = 2.62$)

$$m_s = m_{s0} - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_f}{\rho_f} - \frac{m_{\infty}}{\rho_c} \right) \rho_s$$

$$= 1450 - \left(\frac{187}{3.1} + \frac{59}{2.2} - \frac{220}{3.1} \right) \times 2.62 = 1408 \text{kg}$$

(6) 由此得每立方米粉煤灰砂浆材料用量：

$$m_c = 187 \text{kg};$$

$$m_f = 59 \text{kg};$$

$$m_s = 1412 \text{kg}。$$

(7) 通过试拌，按砂浆稠度要求确定用水量。

例 2 某工程要求用 425 号水泥配 M5.0 混合水泥砂浆，粉煤灰取代水泥率 $\beta_{m1} = 10\%$ ，取代石灰膏 $\beta_{m2} = 50\%$ 。

取粉煤灰超量系数 $\delta_m = 1.8$

查附表 1 得 $\alpha = 0.758$,

求：(1) 每立方米不掺粉煤灰砂浆水泥用量：

$$m_{\infty} = \frac{1.15 \times 5.0}{0.758 \times 42.5} \times 1000 = 178 \text{kg}$$

(2) 每立方米不掺粉煤灰砂浆石灰膏用量：

$$m_{p0} = 350 - 178 = 172 \text{kg}$$

(3) 每立方米粉煤灰砂浆水泥用量：

$$m_c = m_{co} (1 - \beta_{m1}) = 178 (1 - 0.1) = 160 \text{kg}$$

(4) 每立方米粉煤灰砂浆石灰膏用量:

$$m_p = m_{po} (1 - \beta_{m2}) = 172 (1 - 0.5) = 86 \text{kg}$$

(5) 每立方米粉煤灰砂浆的粉煤灰用量:

$$\begin{aligned} m_f &= \delta_m [(m_{co} - m_c) + (m_{po} - m_p)] \\ &= 1.8 (18 + 86) = 187 \text{kg} \end{aligned}$$

(6) 计算水泥、粉煤灰、石灰膏和砂的绝对体积, 求出粉煤灰超出水泥部分的体积, 并扣除同体积的砂用量, 得每立方米粉煤灰砂浆中的砂用量。

(取 $\rho_c = 3.1$, $\rho_f = 2.2$, $\rho_p = 2.9^{\text{①}}$, $\rho_s = 2.62$)

$$\begin{aligned} m_s &= m_{co} - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_p}{\rho_p} - \frac{m_{co}}{\rho_c} - \frac{m_{po}}{\rho_p} \right) \rho_s \\ &= 1450 - \left(\frac{160}{3.1} + \frac{187}{2.2} + \frac{86}{2.9} - \frac{178}{3.1} - \frac{172}{2.9} \right) \times 2.62 \\ &= 1320 \text{kg} \end{aligned}$$

(7) 由此得每立方米粉煤灰砂浆材料用量

$$m_c = 160 \text{kg};$$

$$m_p = 86 \text{kg};$$

$$m_f = 187 \text{kg};$$

$$m_s = 1320 \text{kg}。$$

(8) 通过试拌, 按砂浆稠度要求, 确定用水量。

本规程主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主编单位：

中国建筑科学研究院建筑工程材料及制品研究所
上海市建筑科学研究所

参加单位：

中国建筑科学研究院建筑工程材料及制品研究所
上海市建筑科学研究所
上海市施工技术研究所
陕西省建筑科学研究所
辽宁省建筑科学研究所
北京市建筑工程研究所
北京市第一建筑构件厂

主要起草人：

龚洛书、谷章昭、水翠娟、平炳华、张德鸾、彭国珍、
英、李志恭、王如意、盛丽芳、王海民。