



T/CECS ×××—202×

中国工程建设协会标准

混凝土用脱硝粉煤灰中残留氨含量 检测标准

Standard for residual ammonia content test and control of fly ash for
cement, mortar and concrete

(拟更名：水泥、砂浆和混凝土用粉煤灰中残留氨检测与控制
技术标准)

(征求意见稿)

中国工程建设协会标准

混凝土用脱硝粉煤灰中残留氨含量检测标准

**Standard for residual ammonia content test and application control of
fly ash for cement, mortar and concrete**

T/CECS ××× - 202×

主编单位：天津市贰拾壹站检测技术有限公司

天津市建筑材料科学研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年××月××日

202× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2019]12 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，经过试验验证，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分为 5 章和 1 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、粉煤灰中残留氨的含量检测方法、工程控制、附录 A 粉煤灰酸碱阈值检测方法等。

本标准某些内容可能涉及相关专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由天津市建筑材料科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行中如有意见或建议，请寄送天津市建筑材料科学研究院有限公司（地址：天津市南开区体育中心红旗南路 508 号，邮政编码：300381）。

主编单位：天津市贰拾壹站检测技术有限公司
天津市建筑材料科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

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.....	4
3.1	粉煤灰中残留氨的含量检测.....	4
3.2	粉煤灰中残留氨的控制.....	4
4	粉煤灰中残留氨的含量检测方法.....	6
4.1	一般规定.....	6
4.2	酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法.....	8
4.3	酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法.....	11
4.4	酸溶蒸馏酸碱滴定法.....	12
4.5	酸溶氨气敏选择性电极法.....	13
4.6	酸溶靛酚蓝分光光度法.....	14
4.7	酸溶离子色谱法.....	15
5	工程控制.....	18
5.1	一般规定.....	18
5.2	粉煤灰质量控制.....	19
5.3	工程应用.....	19
附录 A	粉煤灰酸碱阈值检测方法.....	22
	本标准用词说明.....	23
	引用标准名录.....	24
附：	条文说明.....	25

Contents

- 1 General provisions**
- 2 Terms and symbols**
 - 2.1 Terms**
 - 2.2 Symbols**
- 3 Basic requirements**
 - 3.1 Residual ammonia content test of fly ash**
 - 3.2 Control of residual ammonia from the fly ash**
- 4 Residual ammonia content test method of fly ash**
 - 4.1 General requirements**
 - 4.2 Acid dissolution Indophenol blue spectrophotometric method after distillation**
 - 4.3 Acid dissolution Nessler's reagent spectrophotometric method after distillation**
 - 4.4 Acid dissolution acid-base titration method after distillation**
 - 4.5 Acid dissolution ammonia sensitive ion selective electrode method**
 - 4.6 Acid dissolution Indophenol blue spectrophotometric method**
 - 4.7 Acid dissolution ion chromatography method**
- 5 Control of construction project**
 - 5.1 General requirements**
 - 5.2 Quality control of fly ash**
 - 5.3 Engineering application**
- Appendix A Acid-base threshold test of fly ash**
- Explanation of wording in this specification**
- List of quoted standards**
- Explanation of provisions**

1 总 则

1.0.1 为规范粉煤灰中残留氨的含量的检测方法，提高检测方法的准确度，并推进粉煤灰在工程中应用，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建设工程水泥、砂浆和混凝土用粉煤灰中残留氨的检测，以及砂浆和混凝土用粉煤灰中残留氨的控制。

1.0.3 粉煤灰中残留氨的检测及控制除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会现行有关协会标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 粉煤灰中残留氨 Residual ammonia in fly ash

粉煤灰中以游离态形式存在的氨及化合态形式存在的铵。

2.1.2 粉煤灰中残留氨的含量 Residual ammonia content in fly ash

所测得粉煤灰中残留氨的总含量，以氨（ NH_3 ）计。

2.1.3 粉煤灰混凝土氨释放量 Ammonia emitted from the fly ash concrete

在测试舱法的测试条件下，所测得配制的粉煤灰混凝土试件相应龄期下释放氨的量。

2.1.4 粉煤灰酸碱阈值 acid-base threshold from the fly ash acid treatment

粉煤灰中残留氨的含量检测所控制的粉煤灰酸碱性值，其值为加酸处理条件下所测得粉煤灰溶液的 pH 值。

2.2 符号

X	—— 粉煤灰中残留氨的含量（%）；
ω	—— 粉煤灰中残留氨的含量（mg/kg）；
ω_i	—— 检测方法所测得的粉煤灰中残留氨的含量（mg/kg）；
ρ_A	—— 样品溶液 S-A 中氨的质量浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；
A	—— 样品溶液 S-A 的吸光度；
A_0	—— 空白试验溶液的吸光度；
B_s	—— 计算因子（ $\mu\text{g}/\text{吸光度}$ ）；
V_f	—— 移取的样品溶液 S-A 的体积（mL）。
f	—— 样品吸收溶液 S-F 的整体稀释倍数；
V_F	—— 样品处理后溶液的总体积（mL）；
m	—— 称取试样的质量（g）；
m_A	—— 样品溶液中氨的质量（ μg ）；
m_0	—— 空白试验溶液中氨的质量（ μg ）；

- V_A —— 移取的用于显色的样品溶液 S-F 的体积 (mL);
- c_s (NaOH) —— 氢氧化钠标准滴定溶液的浓度 (mol/L);
- V_{s1} —— 滴定试样溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL);
- V_{s0} —— 空白试验消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL);
- ρ_{iF} —— 样品溶液的氨浓度 ($\mu\text{g/mL}$);
- ρ_{i0} —— 空白试验溶液的氨浓度 ($\mu\text{g/mL}$);
- k_i —— 检测方法间所测得样品中氨的含量的折算系数。

3 基本规定

3.1 粉煤灰中残留氨的含量检测

3.1.1 粉煤灰编号及取样应符合现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 的规定，所取样品应具有代表性和均匀性，每份样品的取样总量不应少于 2kg，应装入密封、洁净、干燥的样品袋中，并应在实验室环境条件下储存 2 月内完成粉煤灰中残留氨的含量检测。

3.1.2 所取粉煤灰样品在实验室环境条件下应放置 24h 后进行制样检测。应采用缩分器或四分法将所取粉煤灰样品缩分至约 100g，分别装入密封、洁净、干燥的容器中，应充分混匀，编号标记，并立刻测定。

3.1.3 粉煤灰中残留氨的含量检测中，所取粉煤灰样品并在制样中不应烘干处理。

3.1.4 粉煤灰中残留氨的含量检测方法应符合本标准第 4 章中规定的酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法、酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法、酸溶蒸馏酸碱滴定法、酸溶氨气敏选择性电极法、酸溶靛酚蓝分光光度法和酸溶离子色谱法中的一种。当检测结果存在争议时，应以酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法为准。

3.1.5 粉煤灰酸碱阈值测定方法应符合本标准附录 A 的规定。

3.1.6 粉煤灰酸碱阈值范围为 1.3~11.4（包括 1.3 和 11.4）的粉煤灰样品适用于本标准粉煤灰中残留氨的含量检测方法。粉煤灰中残留氨的含量检测结果应同粉煤灰酸碱阈值一并给出。

3.1.7 检测报告宜包括检测报告唯一性编号、委托方名称、工程名称、生产厂商、产品规格型号、生产日期、出厂编号、取样日期、取样数量、粉煤灰应用途径和粉煤灰中残留氨的含量分级、检测项目、检测方法、检测仪器、检测人员、检测结果等信息。

3.2 粉煤灰中残留氨的控制

3.2.1 粉煤灰理化性能和半水亚硫酸钙含量宜符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的相关规定。

3.2.2 不同建设工程及材料使用粉煤灰中，粉煤灰中残留氨的含量划分为 A0 级、A1 级、A2 级、A3 级四个等级，应优先选用粉煤灰中残留氨的含量限量值低的粉煤灰。

3.2.3 电厂燃煤炉烟道气体中收集生产粉煤灰中，有下列情况之一时，应增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制：

- 1 电厂运行状态不稳定及运行设备维修后；
- 2 所生产的粉煤灰中残留氨的含量有超标记录或波动较大；
- 3 电厂脱硝催化剂长时间运行使用后；
- 4 秋冬季大气污染防治时期。

3.2.4 粉煤灰中残留氨检测与控制宜符合下列规定：

1 X-射线衍射法（XRD）分析具有酸性铵矾的特征衍射峰、压片-傅里叶变换红外光谱法（IR）分析在 $1370\text{cm}^{-1}\sim 1400\text{cm}^{-1}$ 波段具有吸收峰时，应增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制。

2 粉煤灰在 pH 值大于 10 的溶液状态下冒泡，且有强烈的刺激性气味（氨味）时，应增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制。

3 颗粒级配所测得 D90 小于 $40\mu\text{m}$ ，或颗粒粒径分布不均匀时，应增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制。

4 应按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的规定测得三氧化硫质量分数大于 1.7%、烧失量大于 3.4%时，应增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制。

5 粉煤灰酸碱阈值小于 3.0 宜增加粉煤灰中残留氨的含量检测频率与控制。

3.2.5 粉煤灰在运输、存储和使用时，应防止对环境的污染。

3.2.6 用粉煤灰作为主要掺合料的预拌砂浆及混凝土应用时，分别应符合现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 和行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223 中的相关规定。

3.2.7 粉煤灰用于民用建筑工程时，室内环境污染物控制应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 的规定。

4 粉煤灰中残留氨的含量检测方法

4.1 一般规定

4.1.1 试验室试验条件宜为环境温度（20±3）℃。

4.1.2 检测仪器及设备选用应符合下列规定：

1 天平：分度值应为 0.0001g 和 0.01g。

2 酸度计或离子计：pH 值测定时应能测到 0.01 单位，并应带电极系统。

酸溶氨气敏选择性电极法检测时应可连接氨敏感膜电极，应精确到 0.2mV。

3 电极：pH 值测定时应选用甘汞电极和玻璃电极，或应选用复合电极。酸溶氨气敏选择性电极法检测时应选用氨敏感膜电极。

4 磁力搅拌器：搅拌速度应可调，并应包括 300r/min。

5 蒸馏吸收装置：应由 500mL 蒸馏器、加热部件、冷凝管、蒸馏接受管、蒸馏吸收器等组成，并应在蒸馏吸收处理中能密封。

6 滤纸：宜包括快速、中速、慢速型号的定性滤纸。

7 玻璃器皿：规格应包括 400mL、250mL、150mL、25mL 的烧杯等。

8 玻璃容量器皿应符合下列规定：

1) 移液管：规格应包括 50mL、25mL、10mL、5mL、2mL、1mL、0.5mL、0.2mL、0.1mL 等的刻度吸管。规格并应包括 50mL、25mL、20mL、10mL、5mL 等的单标记移液吸管。

2) 容量瓶：规格应能够包括 250mL、100mL、50mL 等。

3) 量筒：规格应包括 250mL、100mL 等。

4.1.3 试剂和材料选用应符合下列规定：

1 本标准中除另有规定外，所用试剂不应低于分析纯。

2 所用试剂，凡未注浓度者均应指市售试剂。

3 市售浓液体试剂的密度应指 20℃的密度，并应符合下列规定：

1) 盐酸：密度 1.18g/cm³~1.19g/cm³，质量分数 36%~38%。

2) 硫酸：密度 1.84g/cm³，质量分数 95%~98%。

4 试验用水应符合现行国家标准《分析实验室用水规格和试验方法》GB/T 6682 中规定的三级水或二级水。

5 pH 试纸：应包括广泛 pH 试纸。

4.1.4 检测中当所配制的溶液出现浑浊、沉淀、颜色变化等现象时，应重新配制。检测中溶液的配制应符合下列规定：

1 用体积比表示试剂稀释程度，包括盐酸（1+20）等。

2 硫酸溶液应符合下列规定：

1) 硫酸标准溶液[$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.5\text{mol/L}$]：量取 28.0mL 浓硫酸加入水中，并应稀释至 1L。

2) 硫酸标准溶液[$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2\text{mol/L}$]：量取 11.2mL 浓硫酸加入水中，并应稀释至 1L。

3) 硫酸标准溶液[$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.05\text{mol/L}$]：量取 2.8mL 浓硫酸加入水中，并应稀释至 1L。

4) 硫酸吸收液[$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$]：临用时将 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.05\text{mol/L}$ 硫酸标准溶液稀释 10 倍。

5) 硫酸标准溶液[$c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1\text{mol/L}$]：量取 3.0mL 浓硫酸加入水中，并应稀释至 1L。

3 氢氧化钠溶液（200g/L）：应称取（ 20 ± 0.05 ）g 氢氧化钠（NaOH）溶于水中，并应加水稀释到 100mL。

4 氨标准贮备液（1mg/mL）：称取 3.1420g 经（ 105 ± 2 ） $^\circ\text{C}$ 烘 1h 的氯化铵（ NH_4Cl ，基准试剂），应精确至 0.0001g，置于烧杯中，用少量水溶解，应移入 1000mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀，得到氨标准贮备液。

4.1.5 检测中所使用的氨标准使用液和氨标准工作液，应临用时现用现配。

4.1.6 检测所绘制的线性回归方程工作曲线的相关系数 r 应达 0.995 以上，并应符合下列规定：

1 靛酚蓝分光光度法和纳氏试剂分光光度法显色测定时，试剂、分光光度计及配件不发生改变下，校准曲线宜每 2 个月制作一次，使用中应每批样做一

次单点校正。

2 酸溶氨气敏选择性电极法检测时，电极内填充溶液、氨气敏膜片、氨敏感膜电极、酸度计或离子计、电极工作状态，以及测定时吸取的测试液及碱性离子强度调节液体积不发生改变下，所绘制的工作曲线使用时长不应超过 10h，使用中应至少进行 2 次单点校正。

3 离子色谱法测定中的离子色谱仪的配件，以及淋洗液及淋洗液流速、柱箱温度、进样量、抑制电流、柱压等色谱工作条件不发生改变下，所绘制的工作曲线使用时长不宜超过 24h，使用中应进行单点校正。

4.1.7 检测中处理所得样品溶液应在 4℃条件下于聚乙烯瓶中密封储存，储存时间最长宜保存 2d。

4.1.8 样品检测时所用试剂及材料、仪器设备及配件、色谱工作条件等，应与绘制工作曲线时保持相同。

4.1.9 在样品测定分析的同时，应按同样的分析步骤、试剂和用量，不应加试样进行平行操作，对所得空白测试溶液进行测定。

4.1.10 每个样品应平行进行两次测定，应用两次试验结果的算数平均值表示检测结果。两次重复测试结果的绝对偏差的绝对值应符合表 4.1.10 的规定。

表 4.1.10 粉煤灰中残留氨的含量测定结果绝对偏差的绝对值

粉煤灰中残留氨的含量范围 (mg/kg)	绝对偏差的绝对值 (mg/kg)					
	酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法	酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法	酸溶蒸馏酸碱滴定法	酸溶氨气敏选择性电极法	酸溶靛酚蓝分光光度法	酸溶离子色谱法
≤300	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20
>300, ≤500	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30
>500	≤40	≤40	≤40	≤50	≤40	≤50

4.2 酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法

4.2.1 将粉煤灰试样盐酸溶液溶解后，从碱性溶液中快速蒸馏出氨，再用硫酸吸收液吸收处理后，在亚硝基铁氰化钠及次氯酸钠存在的条件下，以铵离子 (NH_4^+) 等形式的铵与水杨酸反应生成蓝绿色的靛酚蓝染料，根据着色深浅，

比色定量计算。

4.2.2 检测仪器及设备选用应符合下列规定：

- 1 具塞比色管：容量应为 10mL。
- 2 分光光度计：应能测定波长为 697.5nm 的吸光度，应带有 10mm 的比色皿。

4.2.3 检测所用的溶液应符合下列规定：

- 1 标准系列管制备所用的氨标准工作液配制应符合下列规定：

1) 氨标准使用液 (10 μ g/mL)：应准确吸取 1mg/mL 氨标准贮备液 1.00mL，并应移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀；

2) 氨标准工作液 (1 μ g/mL)：应准确吸取 10 μ g/mL 氨标准使用液 10.00mL，并应移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀。

2 靛酚蓝分光光度法显色测定所用的 $\rho[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}]=50\text{g/L}$ 水杨酸溶液、10g/L 亚硝基铁氰化钠溶液、 $c(\text{NaClO})=0.05\text{mol/L}$ 次氯酸钠溶液的配制及储存，应符合现行国家标准《公共场所卫生检验方法 第 2 部分：化学污染物》GB/T 18204.2 的规定。

4.2.4 靛酚蓝分光光度法显色测定应符合下列规定：

1 向具塞比色管内溶液中应加入 0.50mL 水杨酸溶液，再应加入 0.10mL 亚硝基铁氰化钠溶液和 0.10mL 次氯酸钠溶液，应混匀，应于室温下放置 1h。

2 使用分光光度计，应用 10mm 比色皿，应于波长 697.5nm 处，应以水作参比，测定管内溶液的吸光度。

4.2.5 检测所用工作曲线的绘制应符合下列规定：

1 标准系列管制备：应吸取 1 μ g/mL 氨标准工作液 0mL、0.50mL、1.00mL、3.00mL、5.00mL、7.00mL、10.00mL 分别放入具塞比色管中，再应对应加入 10.00mL、9.50mL、9.00mL、7.00mL、5.00mL、3.00mL、0mL 的 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液，使具塞比色管内溶液总体积为 10mL。标准系列管组成氨含量为 0 μ g、0.50 μ g、1.00 μ g、3.00 μ g、5.00 μ g、7.00 μ g、10.00 μ g 的标准系

列。

2 工作曲线绘制：采用靛酚蓝分光光度法显色测定各标准系列管溶液吸光度并进行分析时，应以吸光度为纵坐标，以相对应的氨含量（ μg ）为横坐标，绘制工作曲线，并应计算校准曲线的斜率。应以斜率的倒数作为样品测定时的计算因子（ B_s ）。

4.2.6 粉煤灰试样中残留氨的测定分析步骤应符合下列规定：

1 试样的预处理：称取 5g 试样，应精确至 0.0001g，宜置于 150mL 烧杯中。应在盛有试样的 150mL 烧杯中加入 50mL 盐酸（1+20），应置于磁力搅拌器上搅拌 10min 进行溶解后，应用水冲洗移入 500mL 蒸馏器中，应控制总体积 200mL，备蒸馏。

2 蒸馏吸收处理应符合下列规定：

1) 应准确移取 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.5\text{mol/L}$ 硫酸标准溶液 25.0mL 于蒸馏吸收器中，应将蒸馏接受管馏出液出口处插入蒸馏吸收器底部硫酸溶液中。应连接蒸馏吸收装置各部件，并确保密封以防氨逸出，在备蒸馏的溶液中应直接加入 200g/L 氢氧化钠溶液 10mL 使溶液 $\text{pH} > 12$ ，待加热蒸馏。

2) 加热蒸馏，应在收集蒸馏液达 180mL 后停止加热，卸下蒸馏吸收装置各部件，应用水冲洗冷凝管、蒸馏接受管和蒸馏吸收器，并将蒸馏液和洗涤液分别移入 250mL 容量瓶中，应用水稀释至标线，应摇匀，所得溶液为样品吸收溶液 S-F。

3) 应从样品吸收溶液 S-F 中准确吸取 5.00mL 溶液移入 50mL 容量瓶中，应用水稀释至标线，应摇匀，所得溶液为样品溶液 S-A。

3 应准确移取 10.0mL 样品溶液 S-A 到具塞比色管内，按靛酚蓝分光光度法显色测定样品溶液 S-A 的吸光度。

4.2.7 粉煤灰中残留氨的含量计算应符合下列规定：

1 粉煤灰试样溶液中氨的质量浓度计算应按下列式计算：

$$\rho_A = \frac{(A - A_0) \times B_s}{V_f} \quad (4.2.7-1)$$

式中： ρ_A ——样品溶液 S-A 中氨的质量浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

- A ——样品溶液 S-A 的吸光度；
 A₀ ——空白试验溶液的吸光度；
 B_s ——计算因子 (μg/吸光度)；
 V_f ——移取的样品溶液 S-A 的体积 (mL)，V_f=10mL。

2 粉煤灰中残留氨的含量计算应按下式计算：

$$\omega = \frac{\rho_A \times f \times V_F}{m} \quad (4.2.7-2)$$

- 式中：ω ——粉煤灰中残留氨的含量 (mg/kg)；
 ρ_A ——样品溶液 S-A 中氨的质量浓度 (μg/mL)；
 f ——样品吸收溶液 S-F 的整体稀释倍数，f=10；
 V_F ——样品处理后溶液的总体积 (mL)，V_F=250mL；
 m ——称取试样的质量 (g)。

4.3 酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法

4.3.1 将粉煤灰试样盐酸溶液溶样后，从碱性溶液中快速蒸馏出氨，再用硫酸吸收液吸收及处理后，以铵离子 (NH₄⁺) 等形式存在的铵与碘化汞和碘化钾的碱性溶液反应，生成淡红棕色络合物，根据着色深浅，比色定量计算。

4.3.2 检测所用仪器与设备、试剂和材料、工作曲线的绘制及纳氏试剂分光光度法显色测定、测定分析步骤应符合现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中的相关规定，测定分析步骤应符合下列规定：

1 溶液制备：称取 5g 试样，应精确至 0.0001g，试样的预处理应符合本标准第 4.2.7 条文的规定。蒸馏吸收处理中，在备蒸馏的溶液中应直接加入 200g/L 氢氧化钠溶液 10mL 使溶液 pH>12，收集蒸馏液达 180mL 后停止加热。

4.3.3 粉煤灰中残留氨的含量应按下式计算：

$$\omega = \frac{(m_A - m_0) \times V_F}{V_A \times m} \quad (4.3.3)$$

- 式中：ω ——粉煤灰中残留氨的含量 (mg/kg)；
 m_A ——样品溶液中氨的质量 (μg)；
 m₀ ——空白试验溶液中氨的质量 (μg)；

V_F ——样品处理后溶液的总体积 (mL), $V_F=250\text{mL}$;

V_A ——移取的用于显色的样品溶液 S-F 的体积 (mL);

m ——称取试样的质量 (g)。

4.4 酸溶蒸馏酸碱滴定法

4.4.1 将粉煤灰试样盐酸溶液溶解后, 再从碱性溶液中快速蒸馏出氨, 用过量硫酸标准溶液吸收, 以甲基红-亚甲基兰混合指示剂为指示剂, 用氢氧化钠标准滴定溶液滴定过量的硫酸, 定量计算。

4.4.2 检测所用碱式滴定管、 $c(\text{NaOH})=0.1\text{mol/L}$ 氢氧化钠标准滴定溶液、甲基红-亚甲基兰混合指示液应符合现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中的规定。

4.4.3 粉煤灰试样中残留氨的测定分析步骤应符合下列规定:

1 试样的预处理: 称取 10g 试样, 应精确至 0.01g, 宜置于 150mL 烧杯中。应在盛有试样的 150mL 烧杯中加入 50mL 盐酸 (1+20), 应置于磁力搅拌器上搅拌 15min 进行溶解后, 应用水冲洗移入 500mL 蒸馏器中, 应控制总体积 200mL, 备蒸馏。

2 蒸馏吸收处理和滴定应符合现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中的相关规定; 并在蒸馏吸收处理中, 在备蒸馏的溶液中应直接加入 200g/L 氢氧化钠溶液 10mL 使溶液 $\text{pH}>12$, 收集蒸馏液达 180mL 后停止加热。

4.4.4 粉煤灰中残留氨的含量计算应按下列式计算:

$$\omega = \frac{(V_{s0} - V_{s1}) \times c_s(\text{NaOH}) \times 0.01703}{m} \times 10^6 \quad (4.4.4)$$

式中: ω ——粉煤灰中残留氨的含量 (mg/kg);

$c_s(\text{NaOH})$ ——氢氧化钠标准滴定溶液的浓度 (mol/L);

V_{s1} ——滴定试样溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL);

V_{s0} ——空白试验消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL);

0.01703 ——与 1.00mL 氢氧化钠标准溶液 [$c(\text{NaOH})=1.00\text{mol/L}$] 相当的以克表示的氨的质量;

m ——称取试样的质量 (g)。

4.5 酸溶氨气敏选择性电极法

4.5.1 将粉煤灰试样酸处理后，在碱性离子强度调节液的存在下，并使铵盐转化为氨，由扩散作用通过氨敏感膜电极透气膜，使电极内充氯化铵电解质液发生反应，引起氢离子浓度改变，由酸度计或离子计测得其变化。根据在恒定的离子强度下，测得的电极电位与氨浓度的对数呈线性关系，以定量计算。

4.5.2 检测所用的溶液应符合下列规定：

1 电极内氯化铵溶液：应称取 0.534g 氯化铵 (NH_4Cl , 基准试剂) 和 5.844g 氯化钠 (NaCl , 基准试剂)，精确至 0.001g，用水溶解后，应用水稀释定容至 1L。

2 碱性离子强度调节液：应称取 120g 氢氧化钠 (NaOH) 和 20g 乙二胺四乙酸二钠盐 (EDTA-2Na)，应精确至 0.01g，用水溶解后，应用水稀释定容至 1L。

3 氨标准工作液系列配制：应准确吸取 1mg/mL 氨标准贮备液 1.00mL、10.00mL，并应分别移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀，此氨标准工作液浓度分别为 10.00 $\mu\text{g/mL}$ 、100.00 $\mu\text{g/mL}$ 。再应准确吸取 10 $\mu\text{g/mL}$ 氨标准工作液 1.00mL、10.00mL，并应分别移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀，此氨标准工作液浓度分别为 0.10 $\mu\text{g/mL}$ 、1.00 $\mu\text{g/mL}$ 。

4.5.3 氨敏感膜电极的使用应符合下列规定：

1 电极使用前，安装氨气敏膜片后，电极内应填充氯化铵溶液，并应进行仪器及电极调试和检查。

2 应将盛有水的烧杯放于磁力搅拌器上，并应将电极头完全浸入水中，在搅拌状态下清洗不应少于 10min，且应在清洗期间更换 2~3 次水，使电极显示电位值不应低于 5mv 以完成电极清洗。

3 电极使用中测定稳定的电位值所需时间较长时，应通过清洗电极、更换氨气敏膜片等方式对电极性能进行活化。

4.5.4 应准确吸取 10.0mL 浓度分别为 0.10 $\mu\text{g/mL}$ 、1.00 $\mu\text{g/mL}$ 、10.00 $\mu\text{g/mL}$ 、100.00 $\mu\text{g/mL}$ 氨标准工作液于 25mL 的烧杯中，使用离子计或酸度计，浸入电极后应准确加入 2.0mL 碱性离子强度调节液，应充分搅拌后，读取稳定的电位值，应以测得的电位值为纵坐标，以相对应的氨浓度 ($\mu\text{g/mL}$) 的对数函数为横坐标，绘制工作曲线，得到回归方程。

4.5.5 粉煤灰试样中残留氨的测定分析步骤应符合下列规定：

1 试样处理：称取 8g 试样，应精确至 0.0001g，应置于 150mL 烧杯中后，应加入 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.2\text{mol/L}$ 硫酸标准溶液 50mL，宜使试样溶液 $\text{pH}<5$ ，应置于磁力搅拌器上搅拌 10min 进行溶解。试样溶液宜放置 15min 后过滤，此样品滤液 S-F 供测定用。

2 测定分析：应准确移取 10.0mL 样品滤液 S-F 于 25mL 烧杯中，浸入电极后应准确加入 2.0mL 碱性离子强度调节液使测试溶液 $\text{pH}>12$ ，应充分搅拌后，读取稳定的电位值。样品溶液分析时，应由测得的电位值以回归方程计算得到样品溶液的氨浓度的对数函数，并应计算得样品溶液的氨浓度。

4.5.6 粉煤灰中残留氨的含量按下式进行计算：

$$\omega = \frac{(C_{iF} - C_{i0}) \times V_F}{m} \times k_i \quad (4.5.6)$$

式中： ω ——粉煤灰中残留氨的含量 (mg/kg)；

C_{iF} ——样品溶液的氨浓度 ($\mu\text{g/mL}$)；

C_{i0} ——空白试验溶液的氨浓度 ($\mu\text{g/mL}$)；

V_F ——样品处理溶液的总体积 (mL)， $V_F=50\text{mL}$ ；

m ——称取试样的质量 (g)。

k_i ——检测方法间所测得样品中氨的含量的折算系数。粉煤灰酸碱阈值 <5 时，此 k 值取 1.16；粉煤灰酸碱阈值 ≥ 5 时，此 k 值取 1.40。

4.6 酸溶靛酚蓝分光光度法

4.6.1 将粉煤灰试样盐酸溶液溶解处理后，在亚硝基铁氰化钠及次氯酸钠存在的条件下，以铵离子 (NH_4^+) 等形式存在的铵与水杨酸生成蓝绿色的靛酚蓝染料，根据着色深浅，比色定量计算。

4.6.2 检测所用的具塞比色管、分光光度计、溶液，以及靛酚蓝分光光度法显色测定、工作曲线的绘制应符合本标准 4.2 节的相关规定。

4.6.3 粉煤灰试样中残留氨的测定分析步骤应符合下列规定：

1 试样的处理应符合下列规定：

1) 酸溶处理：称取 5g 试样，应精确至 0.0001g，宜置于 250mL 烧杯中后，应加入 50mL 盐酸（1+20），应置于磁力搅拌器上搅拌 10min 进行溶解。

2) 状态调整及过滤处理：试样溶解后，加水约至 175mL，继续搅拌并应在酸度计指示下用 200g/L 氢氧化钠溶液调节溶液的 pH 值在 4.0~6.0 之间。溶液宜放置 15min 后用快速滤纸过滤，应用水洗涤 5 次~6 次，最终滤液应转移至 250mL 容量瓶中，应用水稀释至标线，应摇匀，所得为样品溶液 S-F。

3) 稀释处理：应从样品溶液 S-F 中准确吸取 5.0mL 溶液移入 50mL 容量瓶中，用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀。此样品测试溶液 S-A 供测定用。

2 应准确移取 10.0mL 样品溶液 S-A 到具塞比色管内，按靛酚蓝分光光度法显色测定样品溶液 S-A 的吸光度。

4.6.4 应按本标准第 4.2.7 条文的规定进行靛酚蓝分光光度法测定结果计算后，并按按下式进行酸溶靛酚蓝分光光度法检测粉煤灰中残留氨的含量计算：

$$\omega = \omega_i \times k_i \quad (4.6.4)$$

式中： ω ——粉煤灰中残留氨的含量（mg/kg）；

ω_i ——检测方法所测得的粉煤灰样品中残留氨的含量（mg/kg）；

k_i ——检测方法间所测得样品中氨的含量的折算系数，此 k 值取 1.06。

4.7 酸溶离子色谱法

4.7.1 将粉煤灰试样盐酸溶液溶解处理后，或进一步从碱性溶液中快速蒸馏出氨，再用硫酸吸收液吸收处理后，用离子色谱分析，以保留时间定性、峰面积定量。

4.7.2 粉煤灰中残留氨的含量检测应优先选用酸溶蒸馏离子色谱法。

4.7.3 检测用离子色谱仪和配备的试剂材料应符合下列规定：

1 离子色谱仪应配备电导检测器、阳离子色谱柱、抑制器、抑制柱、样品定量环、可调流速的淋洗液泵、色谱工作站等。

2 滤膜应为 0.22 μm 水性滤膜。

3 淋洗液宜选用甲磺酸溶液。

4.7.4 离子色谱分析测定应符合下列规定：

1 安装好阳离子色谱柱、流动相，应调试仪器处于最佳工作状态。

2 仪器系统应平衡至基线平稳时，将测试液注入离子色谱分离，得到色谱图，应测得峰面积。

4.7.5 检测所用工作曲线的绘制应符合下列规定：

1 标准系列制备所用的氨标准工作液配制应符合下列规定：

1) 氨标准使用液（10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）：应准确吸取 1mg/mL 氨标准贮备液 1.0mL、10.0mL 分别移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀；

2) 氨标准工作液（0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、2.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）：应准确吸取 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 氨标准使用液 5.0mL、10.0mL、20.0mL 分别移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀。此氨标准工作液的氨浓度分别为 0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、2.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

3) 氨标准工作液（5.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、7.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、10.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）：应准确吸取 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 氨标准使用液 5.0mL、7.0mL、10.0mL 分别移入 100mL 容量瓶中，应用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释至标线，应摇匀。此氨标准工作液的氨浓度分别为 5.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、7.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、10.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

2 工作曲线绘制：应以 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液作空白标准工作溶液，并应用离子色谱分析测得标准系列溶液的色谱图，应以色谱图的峰面积为纵坐标，以相对应的氨浓度（ $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）为横坐标，绘制工作曲线，得到回归方程。

4.7.6 粉煤灰试样中残留氨的测定分析步骤应符合下列规定：

1 试样处理：对粉煤灰试样宜按本标准第 4.2.6 条文的相关规定进行酸溶及蒸馏吸收处理，或应按本标准第 4.6.3 条文的相关规定进行酸溶浸提和状态调整

及过滤处理后，应将所得样品溶液 S-F 供测定用。

2 测定分析：样品溶液 S-F 应用滤膜过滤，过滤中应弃去初期的 2mL~4mL 滤液后，滤液注入离子色谱仪进行离子色谱分析测定。样品溶液 S-F 分析时，应由色谱图的峰面积以回归方程计算得到样品溶液的氨浓度。

4.7.7 粉煤灰中残留氨的含量计算应符合下列规定：

1 采用酸溶蒸馏离子色谱法测定时，应按下式计算：

$$\omega = \frac{(C_{iF} - C_{i0}) \times V_F}{m} \quad (4.7.7-1)$$

式中： ω ——粉煤灰中残留氨的含量（mg/kg）；

C_{iF} ——样品溶液的氨浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

C_{i0} ——空白试验溶液的氨浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

V_F ——样品处理后溶液的总体积（mL）， $V_F=250\text{mL}$ ；

m ——称取试样的质量（g）。

2 采用酸浸提离子色谱法测定时，应按下式计算：

$$\omega = \frac{(\rho_{iF} - \rho_{i0}) \times V_F}{m} \times k_i \quad (4.7.7-2)$$

式中： ω ——粉煤灰中残留氨的含量（mg/kg）；

ρ_{iF} ——样品溶液的氨浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

ρ_{i0} ——空白试验溶液的氨浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

V_F ——样品处理后溶液的总体积（mL）， $V_F=250\text{mL}$ ；

m ——称取试样的质量（g）；

k_i ——检测方法间所测得样品中氨的含量的折算系数，此 k 值取 1.06。

5 工程控制

5.1 一般规定

5.1.1 不同建设工程和不同材料使用粉煤灰中，粉煤灰中残留氨的含量划分为四个等级进行粉煤灰中残留氨的控制，其限量应符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 粉煤灰中残留氨的含量限量

项 目	限 量			
	A0 级	A1 级	A2 级	A3 级
粉煤灰中残留氨的含量/(mg/kg)	≤100	≤210	≤320	≤450

5.1.2 四个等级粉煤灰在不同建设工程和不同材料中应用时，应符合下列规定：

1 A0 级粉煤灰应用不受限制，应包括用于重大建设工程用建筑材料等。

2 A1 级应包括用于民用建筑用建筑主体材料及装饰装修材料、水电水利工程用水工混凝土等，以及水泥用混合材等。

3 A2 级应包括用于工业建筑用建筑材料、仓储性建筑用建筑材料等，以及硅酸盐建筑材料、烧结材料等。

4 A3 级应包括用于构筑物用材料、桥涵用材料、隧道用材料、道路用材料等。

5.1.3 在生产过程中用 A2 级和 A3 级粉煤灰时，应注意检查粉煤灰输送管道的通畅情况，并确保粉煤灰实际计量质量的准确性。

5.1.4 应用粉煤灰原材料在生产和施工过程中应符合下列规定：

1 水泥凝结时间、强度、安定性（雷氏法）应符合国家现行有关标准的规定。

2 预拌砂浆稠度、抗压强度应符合国家现行有关标准的规定。

3 混凝土拌合物应具有良好的粘聚性、保水性和流动性，不得离析或泌水，并应满足设计和施工要求。混凝土坍落度、坍落度经时损失、凝结时间等应满足工程设计和施工要求，并应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验，每工作班应至少检验 2 次。

4 硬化混凝土力学性能和耐久性能检验应符合国家现行有关标准和工程要求的规定，并应符合设计要求。

5.1.5 建设工程和建筑材料使用粉煤灰时，工程施工用的粉煤灰、砂浆及混凝土、块体材料、混凝土部品、混凝土构配件等均应按检验批进行进场验收。

5.2 粉煤灰质量控制

5.2.1 粉煤灰供应单位应按本标准中的相关规定出具批次产品的粉煤灰中残留氨的含量的检测报告。

5.2.2 在生产过程中，宜在粉煤灰料仓上料的管道处，并宜距地面垂直高度约 1.5m 的位置设置取样口进行取样检验。

5.2.3 粉煤灰原材料进场后，应进行进场检验；在生产及施工过程中，还应对粉煤灰原材料进行抽检。粉煤灰检验项目应包括细度、含水量、需水量比、安定性、强度活性指数、烧失量、三氧化硫、放射性、粉煤灰中残留氨的含量，粉煤灰中残留氨的含量检测应符合本标准中的相关规定，其他项目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，并宜通过 0.9mm 方孔筛后在实验室环境条件下开敞式干燥处理后再进行细度检测。

5.2.4 粉煤灰原材料的检验规则应符合下列规定：

- 1 应按每 200t 为一个检验批；
- 2 不同批次或非连续供应时，在不足一个检验批量情况下，应按同种类、相同等级每批次至少检验一次。

5.3 工程应用

5.3.1 建设工程所用材料中粉煤灰选用除应符合本标准第 5.1.1 条文和第 5.1.2 条文的规定外，并在砂浆和混凝土中应用时选用宜符合下列规定：

- 1 砂浆中宜符合下列规定：
 - 1) 防水砂浆应选用 A0 级粉煤灰。
 - 2) 抹灰砂浆应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰。
 - 3) 砌筑砂浆宜选用 A0 级、A1 级和 A2 级粉煤灰。

2 混凝土中宜符合下列规定：

1) 大体积混凝土应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰。

2) 预应力混凝土、高性能混凝土应选用 A0 级粉煤灰。

2) C60 及以上高强混凝土应选用 A0 级粉煤灰；强度等级 C30~C60（包括 C30）的钢筋混凝土应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰；强度等级 C30 以下的钢筋混凝土应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰，宜选用 A2 级粉煤灰。

3) 施工空间的通风换气不佳时，混凝土应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰。

3 冬季施工时，抹灰砂浆、砌筑砂浆和混凝土应选用 A0 级和 A1 级粉煤灰。

5.3.2 粉煤灰在预拌砂浆及混凝土中的掺量应通过试验确定，并应符合下列规定：

1 在混凝土中最大掺量宜符合现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 第 5.2.1 条文的规定。

2 当掺用 A2 级和 A3 级粉煤灰时，预拌砂浆及混凝土中的最大掺量应进行试验论证。

5.3.3 A2 级和 A3 级粉煤灰宜采取适宜的措施处理降低粉煤灰中残留氨的含量后，应按本标准中的相关规定在建设工程中使用。

5.3.4 民用建筑工程的混凝土用 A1 级粉煤灰，除粉煤灰中残留氨的含量应符合本标准中的规定外，7d 龄期粉煤灰混凝土氨释放量不宜大于 $0.18\text{mg}/\text{m}^3$ 或 28d+7d 龄期粉煤灰混凝土氨释放量不宜大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，粉煤灰混凝土氨释放量检测方法应符合现行河南省工程建设地方标准《混凝土用粉煤灰氨污染控制技术标准》DBJ41/T 226 中的规定，并应在检测前试件于温度 $20^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的室内环境条件下静置 24h。

5.3.5 应用 A2 级和 A3 粉煤灰原材料在生产应用混凝土中，应采取适当延长搅拌时间的方式降低对性能的不利影响。

5.3.6 当掺粉煤灰的水泥净浆、水泥胶砂，或砂浆及混凝土拌合中出现冒泡、刺激性气味（氨味）或凝结时间明显延长时，应查找原因，并应采取适宜的处置措施。

5.3.7 建设工程使用 A2 级和 A3 级粉煤灰时，应在施工过程中监测施工现场空

气中氨浓度，并做好安全防护措施。

5.3.8 建设工程使用粉煤灰的工程质量验收检验项目应符合下列规定：

- 1 预拌砂浆的检验项目应包括抗压强度，抹灰砂浆和普通防水砂浆并应包括拉伸粘结强度检验项目。
- 2 混凝土的检验项目应包括强度。
- 3 民用建筑工程室内环境污染物应包括氨。

附录 A 粉煤灰酸碱阈值检测方法

A.0.1 将酸度计的电极浸入已酸溶处理的粉煤灰试样溶液中，根据电极间产生的电位差给出所测溶液的 pH 值。

A.0.2 试验室试验条件应为环境温度 (20 ± 3) °C，应使被测溶液的温度为 (20 ± 3) °C。

A.0.3 检测所用标准 pH 缓冲溶液宜选用 pH 值 4 左右的邻苯二甲酸氢钾溶液、pH 值 7 左右的中性磷酸盐溶液和 pH 值 9~9.5 的硼酸盐溶液。

A.0.4 检测所用温度计的分度值应为 1°C。

A.0.5 每批样品测定时，应选用两种接近或者涵盖被测样品 pH 的标准 pH 缓冲溶液，在室温下按酸度计的出厂说明书校正仪器。

A.0.6 样品酸处理溶液的制备：应称取质量为 (10 ± 0.05) g 的试样置于 250mL 烧杯中，应在烧杯中加入 20mL 盐酸 (1+20) 后，再应加入 80mL 水，应置于磁力搅拌器上搅拌 15min 进行溶解后，应在继续搅拌下立刻进行溶液 pH 值测定。

A.0.7 样品酸处理后溶液的 pH 值测定应符合下列规定：

1 当酸度计校正好后，应先用水冲洗电极直至所显示的 pH 值在 1min 内的变化不超过 0.05，应再将电极完全浸入被测溶液中；

2 应待到酸度计的 pH 读数稳定 1min 后，记录 pH 读数；

3 测定结束后，应用水冲洗电极，以待下次测定。

A.0.8 每批次 (≤ 10 个样品/批) 或每连续测定 20 个样品至少应分析 1 个所选用的标准 pH 缓冲溶液，测定结果绝对偏差的绝对值不应大于 0.1 个 pH 单位，否则应重新校正仪器，重新测定该批次样品。

A.0.9 粉煤灰酸碱阈值以酸度计测出的样品酸处理后溶液的 pH 值表示，应取两次重复测得的 pH 值的算数平均值为最终结果。当粉煤灰酸碱阈值在 6~9 之间时，两次重复测试结果的绝对偏差的绝对值不应大于 0.2 个 pH 单位；当粉煤灰酸碱阈值 ≤ 6 或 pH 值 ≥ 9 时，两次重复测试结果的绝对偏差的绝对值不应大于 0.1 个 pH 单位。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》 GB 50325
- 2 《粉煤灰混凝土应用技术规范》 GB/T 50146
- 3 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 4 《分析实验室用水规格和试验方法》 GB/T 6682
- 5 《公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物》 GB/T 18204.2
- 6 《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》 GB/T 39701
- 7 《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
- 8 《混凝土用粉煤灰氨污染控制技术标准》 DBJ41/T 226

中国工程建设协会标准

混凝土用脱硝粉煤灰中残留氨含量 检测标准

T/CECS ××× - 202×

条 文 说 明

目 次

1	总则.....	27
2	术语和符号.....	30
2.1	术语.....	30
2.2	符号.....	30
3	基本规定.....	31
3.1	粉煤灰中残留氨的含量检测.....	31
3.2	粉煤灰中残留氨的控制.....	33
4	粉煤灰中残留氨的含量检测方法.....	37
4.1	一般规定.....	37
4.2	酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法.....	39
4.3	酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法.....	40
4.4	酸溶蒸馏酸碱滴定法.....	41
4.5	酸溶氨气敏选择性电极法.....	42
4.6	酸溶靛酚蓝分光光度法.....	43
4.7	酸溶离子色谱法.....	44
5	工程控制.....	45
5.1	一般规定.....	45
5.2	粉煤灰质量控制.....	46
5.3	工程应用.....	47
附录 A	粉煤灰酸碱阈值检测方法.....	51

1 总 则

1.0.1~1.0.3 近年来，由于我国固体废弃物资源化利用政策的支持，燃煤电厂排放粉煤灰用作辅助性胶凝材料、粉煤灰墙体材料、建筑工程填筑等资源化利用的传统技术已形成了规模化、工业化生产，被广泛地应用于建筑、建材领域，粉煤灰已成为我国建筑工程发展中制备建筑材料不可缺少的材料之一。而粉煤灰资源化利用的最佳选择是制备建筑材料，实现粉煤灰的加工处理排放。

在推进生态文明建设时期，大气环保的防治要求不断提高，多数燃煤火电厂基本上均选用具有相对投资少、工艺过程简易、脱硝效率高等优点的选择性催化还原法（SCR）脱硝技术，以防治氮氧化物（NO_x）等排放造成的污染。而选择性催化还原法（SCR）脱硝工艺过程中需喷淋液氨、氨水等还原剂，最终使得粉煤灰中残留氨物质对粉煤灰造成影响，应用于混凝土等水泥胶凝材料制品中也会产生相关不利的影响，影响工程质量，同时应用后所释放的氨更会对人体健康产生危害。如燃煤火电厂脱硝后的粉煤灰在水泥混凝土中应用出现了异常现象：粉煤灰本身、粉煤灰混凝土搅拌浇筑过程或硬化后释放刺鼻刺激性气体（氨味）；新拌混凝土凝结时间延长、坍落度损失加剧，硬化后表面留有泡眼痕迹、强度降低等。

目前环境空气和废气中氨，以及水质中氨氮的测定方法有靛酚蓝分光光度法、纳氏试剂分光光度法、次氯酸钠-水杨酸分光光度法、氨气敏选择性电极法、蒸馏酸碱滴定法。多数粉煤灰呈碱性，且波动较大，标准编制组收集的大量粉煤灰以料水比 1:10 溶解后溶液 pH 分布在 4.7~12.6；粉煤灰中固体颗粒物粉末及杂质较多，粉煤灰颗粒难溶，其表面积较大，粉煤灰颗粒以及粉煤灰中的杂质颗粒表面均吸附了大量的氨，同时吸附了以 NH₄⁺ 形式存在的化合态物质。由于粉煤灰的酸碱性和吸附残留氨的特性，粉煤灰中残留氨的含量检测方法不同于环境空气和废气中氨，以及水质中氨氮的测定方法。

国家标准《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588 中采用酸溶蒸馏酸碱滴定法测定混凝土外加剂中释放氨，电力行业标准《燃煤锅炉飞灰中氨含量的测定离子色谱法》DL/T 1494 中采用酸溶离子色谱法测定飞灰中氨含量，现行

国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中采用水溶蒸馏酸碱滴定法、水溶蒸馏纳氏试剂分光光度法、水溶氨气敏选择性电极法、水溶蒸馏离子色谱法测定粉煤灰中铵离子含量。针对粉煤灰的酸碱性和粉煤灰吸附残留氨的特性，粉煤灰中残留氨的含量测定的关键是样品溶样处理中使尽可能多的氨快速溶解在溶液中并稳定存在，处理所得的测试溶液满足检测方法的最佳测试条件、且需避除可溶杂质离子对测定时的干扰，同时蒸馏吸收操作中应使粉煤灰及溶液中的氨氮物质完全快速转化为氨，并避免氨的散失，且氨被充分吸收并稳定存在于溶液中。

国家标准《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588 中采用酸溶混凝土外加剂过滤时，因外加剂不溶物较少，溶解速度快且溶解性较好，能够很好地将铵物质溶解转移于滤液中，而对于粉煤灰仍有部分残留氨氮物质留存于过滤残渣中。电力行业标准《燃煤锅炉飞灰中氨含量的测定离子色谱法》DL/T 1494 中采用酸溶浸提粉煤灰中残留氨氮物质时，也面临着粉煤灰仍有部分残留氨氮物质留存于固体颗粒物中，同时低浓度的酸不能使代表性粉煤灰快速转移到溶液中。现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中采用蒸馏水溶样，不能使粉煤灰固体颗粒物粉末及杂质中吸附的残留氨氮物质快速溶出，且溶样中会使部分氨散失，同时粉煤灰中的杂质影响以致有时无法测定；此外，蒸馏吸收操作中直接加入约 0.2g 化学纯氢氧化钠试剂会使氨有所散失，且不以调整备蒸馏液 $\text{pH} > 12$ 为技术要求，会使部分粉煤灰中残留氨氮物质转化为氨时不充分。

本标准在充分考虑粉煤灰的酸碱性和粉煤灰吸附残留氨的特性基础上，并针对目前建筑工程实际使用粉煤灰组分的复杂性，对粉煤灰中残留氨的含量测定的关键技术进行控制，以本标准建立的粉煤灰酸碱阈值粉煤灰酸碱阈值检测方法为基础，优化建立了酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法、酸溶蒸馏酸碱滴定法、酸溶氨气敏选择性电极法、酸溶离子色谱法（包括酸溶蒸馏离子色谱法和酸浸提离子色谱法）；同时根据目前实际应用的粉煤灰情况，一定程度上避免测量结果受重金属离子、溶液悬浊等干扰的影响，优化建立了酸溶靛酚蓝分光光度法。在考虑到采用酸溶氨气敏选择性电极法、酸浸提离子色谱法、酸溶靛酚蓝分光

光度法测定粉煤灰中残留氨含量时，仍有部分固定残留氨氮物质留存于固体颗粒物中，以标准编制组的研究成果，采取了与酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法的基准方法测定结果间折算的方式进行技术处理。

本标准结合标准编制组的工作成果，针对粉煤灰中残留氨易散失以致取样测定困难，对不同酸碱特性的粉煤灰作出了取样后不同储存时长和检测处理的要求。此外，从粉煤灰取样储存时长、各检测方法质量控制措施、样品溶液的储存条件等方面还进行了技术规定。本标准解决了粉煤灰中残留氨检测时取样困难问题，提高了各检测方法的准确性和可靠性，建立了具有操作简便快捷、检测结果准确、经济合理、适用性强的综合性检测方法，最终从普遍性、便携性、时效性、安全性、经济性、抗干扰性、可操作性、日常维护方面综合评价，确定了酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法为基准法。脱硫灰等固体废弃物中残留氨的含量可参照本标准中的检测方法测定。

标准编制组在结合国内外研究成果的基础上，从电厂脱硝工艺影响控制、表征手段特征分析、气味、物理化学性能的相关性，以及对粉煤灰理化性能、水泥物理性能、砂浆物理力学性能、混凝土拌合物性能及混凝土物理力学性能的影响等方面，提出了与粉煤灰中残留氨控制密切相关的技术措施。结合本标准提出的粉煤灰中残留氨的含量的分级及限量控制的要求，并提出了粉煤灰中残留氨的含量不同级别的粉煤灰在砂浆和混凝土中具体的选用要求。本标准的编制对规范行业发展，促进砂浆和混凝土用粉煤灰中残留氨的控制，推进粉煤灰资源化利用，保障人民身体健康，保证建筑工程质量，具有重要作用。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.2 本标准粉煤灰是指现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中所定义的粉煤灰，而电厂主要是采用选择性催化还原法烟气脱硝技术后在粉煤灰中引入残留氨。对电厂 SCR 系统下游设备中空气及电厂粉煤灰等中的氨的检测分析和粉煤灰的 XRD 等分析，粉煤灰中残留氨以吸附于粉煤灰颗粒上的游离态氨为主，并存在化合态 NH_4HSO_4 等；目前由于表征方法的局限性，无法表征得到气体氨和化合态氨的存在情况，以及化合物态混合物的存在情况。考虑到粉煤灰中残留氨以吸附于粉煤灰颗粒上的游离态氨为主，相比对水泥胶凝材料的影响，粉煤灰应用中对室内空气中氨作用影响更大，故本标准粉煤灰中残留氨的含量的测定结果以氨（ NH_3 ）计，此与国家标准 GB/T 39701-2020《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》中测定结果以铵离子计的表达方式存在区别。

2.1.3 河南省工程建设地方标准《混凝土用粉煤灰氨污染控制技术标准》DBJ41/T 226-2019 中规定了环境测试舱法的温湿度、空气交换率、混凝土试件表面积与环境测试舱容积之比等测试条件，并配制对应的粉煤灰混凝土试件状态调整后，通过测定相应龄期粉煤灰混凝土试件在环境测试舱内空气中氨的平衡浓度得粉煤灰混凝土氨释放量。现行环境行业标准《环境标志产品技术要求预拌混凝土》HJ/T 412-2007 中规定 100mm0100mm0100mm 的一组混凝土试件标样 28d 后，置于体积为 1m³ 的密闭容器舱中存放 9h 测定粉煤灰混凝土氨释放量。

2.1.4 粉煤灰中残留氨检测中以可区分目前工程应用中的大多数粉煤灰的酸碱性差别为原则，依据对料液比、适宜酸的量的优化参数，建立了粉煤灰酸碱阈值检测方法。

2.2 符号

3 基本规定

3.1 粉煤灰中残留氨的含量检测

3.1.1~3.1.2 温度因素和碱性条件是影响粉煤灰中残留氨释放的主要因素，较高温度会加速氨释放，故取样后尽可能在室温甚至更低温度下储存样品。粉煤灰样品缩分至约 100g 后，粉煤灰中残留氨的储存稳定性较差，应立刻进行粉煤灰中残留氨的测定。

标准编制组研究表明：1) 每份样品的取样总量不少于 2kg，样品在实验室环境条件下储存时粉煤灰中残留氨的含量在 2 月内变化并不明显；2) 随着储存时间的延长，粉煤灰中残留氨的含量会降低，不同含量粉煤灰的粉煤灰中残留氨的含量降低程度有差异，不同粉煤灰酸碱阈值的粉煤灰中残留氨的含量降低程度有差异。粉煤灰中残留氨的含量越高，粉煤灰中残留氨在储存期内散失得越多。粉煤灰酸碱阈值为 8 的粉煤灰在实验室环境条件下储存 2 年中（取样总量少于 2kg），粉煤灰中残留氨的含量由大于 1000mg/kg 可散失到未检出；粉煤灰酸碱阈值为 2 的粉煤灰在实验室环境条件下储存 2 年中（取样总量少于 2kg），粉煤灰中残留氨的含量由大于 300mg/kg 可散失到未检出。粉煤灰酸碱阈值大于 8 的粉煤灰的粉煤灰中残留氨散失速率较大，粉煤灰中残留氨散失完全所需时间较短。

3.1.3 粉煤灰产品出厂时已进行了质量控制，粉煤灰的含水量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 中不应大于 1.0% 的规定。粉煤灰中残留氨的含量检测中对所取粉煤灰样品及其制备的样品进行烘干处理，改变了粉煤灰中残留氨，所测定的结果不能代表粉煤灰中残留氨的含量的实际情况。

3.1.4 目前多数粉煤灰呈碱性，且波动较大，同时实际工程用的粉煤灰组分比较复杂，标准编制组经研究采用适宜酸溶样且使溶液 pH 不大于 4 时，可使粉煤灰中残留氨尽可能多的氨快速溶解在溶液中并稳定存在，且能够避除对测定结果的干扰，故本标准粉煤灰样品前处理均采用了适宜酸溶样的技术要求条件。

此外，标准编制组对各检测方法的最佳测试条件研究，建立了本标准中的酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法、酸溶蒸馏酸碱滴定法、酸溶氨气敏选择性电极法、酸溶靛酚蓝分光光度法和酸溶离子色谱法，其中酸溶离子色谱法包括酸溶蒸馏离子色谱法和酸浸提离子色谱法，同时对测定操作中避免氨散失的技术进行了优化完善。考虑到部分方法未加热浸提处理和过滤中残渣中仍有留存，不能使粉煤灰中残留氨完全转化被测定，以标准编制组的研究成果，采取了与酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法测定结果相比较，对应方法均有折算系数使之检测结果与酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法的检测结果尽可能保持一致。

各检测方法从普遍性、便携性、时效性、安全性、经济性、抗干扰性、可操作性、日常维护方面综合评价，确定了酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法为基准法。纳氏试剂分光光度法（酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法）中配制纳氏试剂所使用的碘化汞有毒，一定程度上影响了该方法的使用。酸溶蒸馏酸碱滴定法测量下限高，同时现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701中的水溶蒸馏酸碱滴定法在实际应用中，因受粉煤灰中的酸性物质等影响，会出现滴定试样溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积比滴定空白溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积大而无法测定，均一定程度上影响了该方法的使用。酸溶离子色谱法在企业中很少配备阳离子柱，仪器价格昂贵及试验成本高，操作及维护复杂，测试时长较慢，测定结果受粉煤灰溶样后溶液中钠离子浓度的影响，不利于离子色谱法的推广使用。酸溶氨气敏选择性电极法方便携带，但日常维护要求较高，样品环境和电极状态要求高，一定程度上影响了该方法的使用。

同一粉煤灰样品本标准中规定所测得的粉煤灰中残留氨的含量比国家标准GB/T 39701中所要求测得的粉煤灰中铵离子含量高。一是对于粉煤灰中残留氨存在形式的认知不同，本标准中的粉煤灰中残留氨主要以吸附在粉煤灰颗粒的游离态氨为主，同时还吸附了 NH_4^+ 形式存在的铵离子，但以氨（ NH_3 ）计，而国家标准GB/T 39701中粉煤灰中残留铵是以吸附在粉煤灰颗粒表面的 NH_4^+ 形式存在的铵离子为主；二是本标准采用适宜酸溶样，以及操作处理过程中减少了氨散失，并对各检测方法进行优化完善，所测结果较高。

3.1.5~3.1.6 标准编制组对大量燃煤火电厂产出的粉煤灰和实际工程应用中的

粉煤灰采用本标准粉煤灰酸碱阈值测定方法测试，基本上所有样品粉煤灰酸碱阈值在 1.3~11.4 范围（包括 1.3 和 11.4）。基于粉煤灰酸碱阈值在 1.3~11.4 范围（包括 1.3 和 11.4），以代表性粉煤灰对各测定方法中的最佳测试条件进行优化完善，确定了适宜酸用量、适宜碱液用量等，才最终建立了各粉煤灰中残留氨的含量检测方法。因以满足大多数粉煤灰的酸碱特性（粉煤灰酸碱阈值）为前提而建立了各检测方法，故对于粉煤灰酸碱阈值在 1.3~11.4 范围（包括 1.3 和 11.4）的样品，采用各粉煤灰中残留氨的含量检测方法时完全适用，超出此粉煤灰酸碱阈值范围的样品应调整适宜酸用量、适宜碱液用量等，才可准确测定。考虑到粉煤灰酸碱特性（粉煤灰酸碱阈值）与检测方法准确性相关，要求给出粉煤灰中残留氨的含量检测结果时应包括粉煤灰酸碱阈值数值。

3.1.7 为规范粉煤灰中残留氨的含量分级下的应用，粉煤灰应用途径应根据粉煤灰中残留氨的含量分级指出用于具体的建设工程种类和具体的材料种类，也便于检测报告结论的判别。如用于民用建筑的混凝土用 F 类 II-A1 级粉煤灰。

3.2 粉煤灰中残留氨的控制

3.2.1 国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146、国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003、行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223、《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650、国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902、国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181、国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 等中应用粉煤灰时，均以国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的技术要求为基础，要求细度、需水量比、烧失量、三氧化硫、游离氧化钙、安定性、活性强度指数等理化性能，以及放射性、碱含量、半水亚硫酸钙等满足粉煤灰的分类及分级要求，是对粉煤灰产品质量的最基本要求。

3.2.2 粉煤灰中残留氨的含量分为四个等级：A0 级、A1 级、A2 级、A3 级，针对粉煤灰的产品规格型号，结合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的相关规定，应以“用于拌制砂浆和混凝土用 F 类 II-A1 级粉煤灰”、“用于水泥活性混合材料用 F 类 A0 级粉煤灰”等表示粉煤灰的产品规格

型号。

3.2.3 粉煤灰是燃煤火电厂所产出的固体废弃物，其品质与电厂工艺密切相关，结合电厂脱硝工艺和实际情况，针对电厂运行时影响粉煤灰中残留氨的含量的方面作出了相关规定。

为切实改善空气质量，国务院《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37号）制定了“大气污染防治行动计划”，并且相关各地方相应落实还制定了各地的“工作方案”以改善空气质量，如天津市的天津市人民政府办公厅先后印发了“关于天津市2018年大气污染防治工作方案的通知”（津政办发〔2018〕13号）、“《天津市2018—2019年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》的通知”（津政办发〔2018〕44号）等。2014年7月1日开始，火电厂实施严格的环保标准GB 13223-2011《火电厂大气污染物排放标准》，其中火电厂燃煤锅炉氮氧化物（以NO₂计）排放浓度限值为100mg/Nm³，相关省市执行更严格的地方标准要求火电厂燃煤锅炉氮氧化物（以NO₂计）排放浓度限值为50mg/Nm³，甚至更低，为此火电厂将采取非常严格的脱硝措施（包括加大喷氨水等催化剂的量）降低氮氧化物等排放。标准编制组调研及研究发现，秋冬季大气污染防治时期燃煤火电厂所产出的粉煤灰，粉煤灰中残留氨的含量普遍存在偏高。此外，其他相关技术内容与国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701、《火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法》HJ 562一致，以对粉煤灰中残留氨的含量进行检测控制。

3.2.4 国内外研究表明，刺激性气味（氨味）、细度、粉煤灰酸碱阈值（粉煤灰酸碱性）、三氧化硫、烧失量等与较高粉煤灰中残留氨的含量有相关性。调研国内外研究成果，并经标准编制组研究表明如下：

1) 粉煤灰中残留氨的含量较高时，用X-射线衍射法（XRD）分析时衍射角 2θ 为17°、24°、34°、36°等处具有酸性铵矾的特征峰，用压片-傅里叶变换红外光谱法（IR）分析时在1370cm⁻¹~1400cm⁻¹波数处具有吸收峰，可表征粉煤灰中以铵离子化合态形式存在的残留氨。

2) 粉煤灰具有刺激性气味时，并不一定是粉煤灰中残留氨的含量较高所致，但是在碱性条件下具有刺激性气味（氨味）时，粉煤灰中残留氨的含量一般大

于 200mg/kg，且刺激性气味（氨味）越大，粉煤灰中残留氨的含量可能会更高。此外，粉煤灰在碱性条件下产生刺激性气味，并经 65 经以上加热冒泡是掺杂了杂质 Al 组分等所致。

3) 颗粒级配测定所得累计粒度分布曲线中，90%体积的颗粒直径比 40 μ m 小时，及颗粒粒径分布不均匀多处出现粒度分布时，粉煤灰中残留氨的含量会大于 200mg/kg。粉煤灰颗粒级配测定应按 JC/T 721-2006《水泥颗粒级配测定方法 激光法》中的规定进行，应确保固体颗粒在液体中的良好分散。按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的规定测得细度（45 规定方孔筛筛余质量分数）在 12%~30%时，应引起对粉煤灰中残留氨的含量的重视。

4) 粉煤灰中残留氨的含量与粉煤灰酸碱阈值及三氧化硫、烧失量、放射性有一定的相关性。粉煤灰三氧化硫偏高时粉煤灰易呈酸性，酸性粉煤灰样品更容易出现高氨灰。粉煤灰中残留氨的含量较大时，粉煤灰的三氧化硫、烧失量比较高。粉煤灰中残留氨的含量较大时，用热失重分析法分析温度在 621 $^{\circ}$ C~525 $^{\circ}$ C 范围内质量损失较大；粉煤灰中残留氨的含量越大，在室温~500 $^{\circ}$ C 范围内质量损失越大，同时不同粉煤灰在不同温度区间的质量损失现象会有差异。

此外，粉煤灰中锌含量、粉煤灰放射性等与粉煤灰中残留氨的含量也有一定的相关性，此类参数进一步工程实践验证后完善。

3.2.5 粉煤灰在运输、存储和使用时，还应重视对空气环境的污染。

3.2.6 用粉煤灰作为主要掺合料的混凝土应用时，现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 中对粉煤灰的技术要求及检验方法、验收和储存，以及粉煤灰混凝土的配合比设计、施工、质量检验作了规定。现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223 中对砂浆的进场检验、储存、砂浆拌合，以及砂浆工程应用中的基层处理、施工、质量验收作出了相关规定，粉煤灰作为掺合料制备砂浆应用时应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223 中的规定。

3.2.7 因建筑施工中使用的高碱混凝土膨胀剂和含尿素的混凝土外加剂，以及室内装饰装修材料均是建筑工程室内空气中氨的主要来源，并对人体健康存在

危害，故现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中对相关建筑材料进行了控制规定，并作出对II类民用建筑工程室内空气中氨浓度限量不应大于 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 、I类民用建筑工程室内空气中氨浓度限量不应大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 的规定。现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中对相关建筑材料的放射性和室内氡浓度等也进行了控制规定。

低浓度的氨对眼睛和潮湿的皮肤会迅速产生刺激作用。氨气可通过皮肤及呼吸道引起中毒，嗅阈为 $0.1\sim 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，引起嗅觉反应的最低浓度为 $2.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，人们吸入浓度 $22\text{mg}/\text{m}^3$ 的氨气，5min 即引起鼻干。因极易溶于水，对眼、喉、上呼吸道作用快，刺激性强，轻者引起充血和分泌物多，进而可引起肺水肿。长时间接触低浓度氨，可引起喉炎、声音嘶哑、严重时致咳血及肺水肿，呼吸困难，患者有咽灼痛、咳嗽、咳痰或咳血、胸闷和胸骨后疼痛等；重者，可发生喉头水肿、喉痉挛而引起窒息，也可出现呼吸困难、肺水肿、昏迷和休克。

目前粉煤灰主要用于水泥用混合材、砂浆、混凝土等建筑材料中，且粉煤灰中残留氨的含量相对较高的情况时有发生，并在碱性环境中会持续释放氨。此外，经过调研国内外的相关研究成果表明，多数认为在混凝土搅拌及制备中混凝土中残留氨有 $20\%\sim 40\%$ 释放，在混凝土搅拌及制备中和 3d 硬化混凝土中混凝土中残留氨有 $30\%\sim 60\%$ 释放，混凝土中残留氨有 $50\%\sim 80\%$ 留存在 28d 硬化混凝土中，并持续缓慢释放。掺加粉煤灰所引入混凝土中残留氨含量越高，混凝土中的氨气释放速率越快，所释放氨量越大，但氨气释放百分比越低，混凝土中的氨气在 1d~3d 内快速释放达相对稳定地释放状态，故所引入混凝土中较高含量的残留氨残留在混凝土中，一方面会释放更大量的氨，另一方面又延长了氨持续释放的时间。综上所述，在民用建筑工程中应对粉煤灰中残留氨的影响重视并进行控制。

民用建筑工程室内空气中污染物采样点数量设置、检测点布置及室外空白扣除、检测方法、检测条件应符合国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中的相关规定。

4 粉煤灰中残留氨的含量检测方法

4.1 一般规定

4.1.2~4.1.3 本标准中酸溶-粉煤灰酸碱阈值检测方法、酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法、酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法、酸溶蒸馏酸碱滴定法、酸溶氨气敏选择性电极法、酸溶靛酚蓝分光光度法、酸溶离子色谱法和附录 A 所涉及到的检测仪器及设备、试剂和材料统一作出了规定。

4.1.4 溶液配制中用体积比表示试剂稀释程度，例如：盐酸（1+20）表示 1 份体积的浓盐酸与 20 份体积的水相混合。

由于物质的量的数值取决于基本单元的选择，因此表示物质的量浓度时，必须指明基本单元，否则就没有明确的意义。如下某硫酸溶液的浓度，由于选择不同的基本单元，其摩尔质量就不同，浓度亦不相同：

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.050 \text{ mol/L}$$

$$c(1/2 \text{H}_2\text{SO}_4) = 0.100 \text{ mol/L}$$

$$c(2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.025 \text{ mol/L}$$

本标准中的粉煤灰中残留氨的含量是以氨（ NH_3 ）计，在氨标准贮备液（ 1 mg/mL ）配制制备时已考虑，故在本标准规定的各检测方法测定结果表达处理时，不需要再进行铵离子与氨之间的折算处理。

4.1.5 标准编制组在研究中发现，准确移取适量 1 mg/mL 氨标准贮备液所配制的氨标准使用液和氨标准工作液在室内环境条件下储存大于 1d 时，溶液中氨的质量浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）有明显的降低，大大影响了检测结果的准确性，故对各检测方法中所使用的氨标准使用液和氨标准工作液作出了临用时现用现配的要求。

4.1.6 对各检测方法的线性回归方程工作曲线相关的各因素尽可能固定下，作出了检测方法中绘制工作曲线的时效性规定，以提高检测效率，并保证检测准确性。测定中单点校正在保证检测准确性的条件下，也助于及时发现问题，以便作出相应的措施。酸溶氨气敏选择性电极法检测中，因提高电极活性需要更换氨气敏膜片、电极内填充溶液，此时应重新制作绘制线性回归方程工作曲

线。本标准对离子色谱仪的配件在其检测方法中有了规定，具体包括电导检测器、阳离子色谱柱、抑制器、样品定量环、可调流速的淋洗液泵、色谱工作站。

4.1.7 酸溶蒸馏酸碱滴定法检测中滴定操作快速方便，待滴定样品溶液能够及时完成测定。酸溶氨气敏选择性电极法检测中，一方面受所绘制工作曲线使用时长等的限制，另一方面处理所得样品溶液量较少，故所得样品溶液应及时完成测定。考虑到分光光度法和离子色谱法测定分析操作较为繁琐，同时针对样品集中，且主要是蒸馏前处理设施有限的情况下，在保证检测准确性，以提高工作效率，对各检测方法处理所得样品溶液 S-F 的储存条件及储存时间做出了要求。标准编制组经研究，要求检测处理所得试样溶液于聚乙烯瓶中密封储存，并在冰箱 4℃条件下最长可保存 2d，操作测定时再按照相应规定稀释后进行，对检测结果的影响不大。

4.1.8 样品测定条件应与绘制标准曲线的条件相一致，才能准确测定样品中残留氨的含量，本标准第 4.1.6 条文中对绘制标准曲线控制的条件进行了规定。靛酚蓝分光光度法和纳氏试剂分光光度法显色测定应使试剂、分光光度计及配件相一致。酸溶氨气敏选择性电极法检测时，应使电极内填充溶液、氨气敏膜片、氨敏感膜电极、酸度计或离子计和电极使用状态相一致。离子色谱法检测中，应使离子色谱仪的电导检测器、阳离子色谱柱、抑制器、样品定量环、可调流速的淋洗液泵、色谱工作站等配件，以及淋洗液及淋洗液流速、柱箱温度、进样量等色谱工作条件相一致。

4.1.9 水溶蒸馏酸碱滴定法在测定粉煤灰中残留氨的含量时，本应是滴定试样溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积不大于滴定空白溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积，但时常有滴定试样溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积大于滴定空白溶液消耗氢氧化钠标准溶液的体积情况出现，此时在排除是非滴定误差所造成时，应更换检测方法对样品重新进行检测并作出判定。

4.1.10 测定结果数据的修约应符合《数字修约规定与极限数值的表示和判定》GB/T 8170 中的规定。例行生产控制分析时，每样测定的试验次数可以为一次。在重复性条件下，采用本标准中的检测方法分析同一试样时，两次检测结果应在本标准 4.1.10 条文规定限值内。若超出本标准 4.1.10 条文规定限值，应在短

时间内进行第三次测定，测定结果与前两次或任一次检测结果的绝对偏差的绝对值符合本标准 4.1.10 条文规定限值，则取其平均值，否则，应查找原因，重新按上述规定进行分析。

4.2 酸溶蒸馏靛酚蓝分光光度法

4.2.1 本方法适用于粉煤灰中残留氨的含量在 500mg/kg 内的粉煤灰中残留氨的检测。标准编制组试验表明：粉煤灰中残留氨的含量在 184mg/kg~670mg/kg，本检测方法的相对标准偏差（精密度）为 1.4~1.7%；粉煤灰中残留氨的含量在 207mg/kg~414mg/kg 加标下，加标回收率（准确度）为 90%~94%。粉煤灰中残留氨的含量大于 500mg/kg 时采用减少称样量的方式进行测定。

4.2.3 现行国家标准《公共场所卫生检验方法 第 2 部分：化学污染物》GB/T 18204.2-2014 中对靛酚蓝分光光度法显色测定所用的溶液配制及储存有着具体要求。 $\rho[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}] = 50\text{g/L}$ 水杨酸溶液室温下可稳定一个月， 10g/L 亚硝基铁氰化钠溶液储存于冰箱中可稳定一个月， $c(\text{NaClO}) = 0.05\text{mol/L}$ 次氯酸钠溶液储存于冰箱中可保存两个月。

$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.1\text{mol/L}$ 硫代硫酸钠标准溶液制备说明如下。（1）配制：称取 26g 硫代硫酸钠（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）（或 8g 无水硫代硫酸钠）放于 400mL 烧杯中，精确至 0.01g，加入新煮沸并已冷却的水至完全溶解后，加入 0.2g 无水碳酸钠，然后再用新煮沸并已冷却的水稀释成 1L，盛于棕色细口瓶中，摇匀，静置 7d~14d 再进行标定。（2）标定：称取 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘至恒重的重铬酸钾（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，基准试剂）0.10g~0.15g，精确至 0.0001g，然后置于 500mL 碘量瓶中，加入 25mL 水，摇动使之溶解，再加 2g 碘化钾及 20mL 硫酸（1+5），立即塞上瓶塞，液封瓶口，摇匀于暗处放置 10min。加 150mL 水用待标定的硫代硫酸钠溶液滴定到呈草绿色，加入 3mL 新配制的淀粉指示剂（5g/L），继续滴定至溶液由蓝色变为亮绿色为止，记录所用硫代硫酸钠标准溶液体积。同时做空白试验。（3）浓度按下式计算：

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{m \times 1000}{(V_1 - V_2) \times M}$$

式中： $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ ——硫代硫酸钠标准溶液浓度（mol/L）；

m ——重铬酸钾质量（g）；

V_1 ——硫代硫酸钠溶液用量（mL）；

V_2 ——空白试验硫代硫酸钠溶液用量（mL）；

M ——重铬酸钾的摩尔质量（g/mol） [$M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 49.03$]。

4.2.6 结合标准编制组研究表明如下：（1）采用适宜酸溶样、碱性条件下加热处理方式，可使粉煤灰中残留氨充分转化为氨被吸收。（2）蒸馏吸收处理中调整蒸馏的溶液未使 $\text{pH} > 12$ 时，会使检测结果偏低，最大有偏低 20%。（3）备蒸馏液总体积、蒸馏液体积对检测结果影响不大，溶样搅拌时长、蒸馏吸收装置各部件连接密封性、蒸馏时长、吸收液及测试液酸度条件对检测结果有影响。

本标准基于大多数粉煤灰的酸碱特性范围，对溶样用盐酸的浓度及用量、200g/L 氢氧化钠溶液用量作出了规定，并依据对搅拌时长、吸收液及测试液酸度条件等的优化完善作出了对应规定。不同蒸馏吸收装置最佳蒸馏时长不一致，一般蒸馏时长控制在 35min~60min 内。除了对蒸馏吸收装置各部件水封密封外，在 500mL 蒸馏器的加样口应配备 200g/L 氢氧化钠溶液加样部件，最大程度上避免氨的损失。靛酚蓝分光光度法和纳氏试剂分光光度法显色测定时溶液酸度条件对检测结果准确性影响很大，本标准中控制的显色测试溶液的组成及总体积、显色测定所用的溶液体积不得随意改变。

4.3 酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法

4.3.1 本方法适用于粉煤灰中残留氨的含量在 500mg/kg 内的粉煤灰中残留氨的检测。

4.3.2 本标准与国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 所认为的粉煤灰中残留氨的存在形式有所不同，本标准中煤灰中残留氨的含量的测定结果以氨（ NH_3 ）计，故酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法检测时，应按本标准第 4.1.4 条文的规定制备氨标准储备液后，再按国家标准 GB/T 39701 中的要求进行标准系列管制备用的氨标准工作液配制，最后粉煤灰中残留氨的含量

计算时不再进行铵离子与氨之间的折算处理。本标准依据标准编制组的研究成果，对酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法从盐酸溶样处理、备蒸馏的溶液中碱液加入、蒸馏吸收装置各部件连接密封性等方面选取了最佳参数条件。采用纳氏试剂分光光度法显色测定时，应移取 10mL~20mL 样品吸收溶液 S-F（硫酸吸收溶液）加入 50mL 具塞比色管中，加水稀释到标线，再加入酒石酸钾钠和纳氏试剂显色测定。酸溶蒸馏纳氏试剂分光光度法检测时，应以氨标准使用液的吸光度为纵坐标，以相对应的氨含量（ μg ）为横坐标，绘制工作曲线，得到回归方程，而样品溶液中氨的质量应由样品溶液的吸光度以回归方程计算得到。

4.3.3 若按国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中的要求制备氨标准储备液后，再进行标准系列管制备用的氨标准工作液配制，最后粉煤灰中残留氨的含量计算时需乘以折算系数才可获得粉煤灰中残留氨的含量。

4.4 酸溶蒸馏酸碱滴定法

4.4.1 本方法适用于粉煤灰中残留氨的含量大于 100mg/kg 的粉煤灰中残留氨的检测。标准编制组试验表明：粉煤灰中残留氨的含量在 155mg/kg~834mg/kg，本检测方法的相对标准偏差（精密度）为 1.0%~11.6%。

4.4.2 $c(\text{NaOH})=0.1\text{mol/L}$ 氢氧化钠标准滴定溶液的配制及标定可参考现行国家标准《化学试剂 标准滴定溶液的制备》GB/T 601 中的相关规定。蒸馏酸碱滴定法检测时，储存使用中的 $c(\text{NaOH})=0.1\text{mol/L}$ 氢氧化钠标准滴定溶液保存时间不应超过 2 个月，超过保存时间的溶液应按现行国家标准《化学试剂 标准滴定溶液的制备》GB/T 601 中的相关规定进行复标定后可继续使用，但最长储存时间不应超过 6 个月。蒸馏酸碱滴定法检测中应注意甲基红-亚甲基兰混合指示剂的有效性。

4.4.3 本标准依据标准编制组的研究成果，对酸溶蒸馏酸碱滴定法从盐酸溶样处理、备蒸馏的溶液中碱液加入、蒸馏吸收装置各部件连接密封性等方面选取了最佳参数条件。现行国家标准《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中对蒸馏吸收处理和滴定的硫酸标准溶液浓度及体积和分析步骤有具体

的要求。

4.5 酸溶氨气敏选择性电极法

4.5.1 标准编制组试验表明：粉煤灰中残留氨的含量在 50mg/kg~509mg/kg，本检测方法的相对标准偏差（精密度）为 0~1.9%；粉煤灰中残留氨的含量在 200mg/kg~400mg/kg 加标下，加标回收率（准确度）为 80%~90%。酸浸提下加标回收率试验时，加入适宜量的氯化铵溶液后，稍搅拌后尽快过滤处理，否则所测加标回收率值偏低；同时酸浸提下的加标回收率高低还与粉煤灰自身有关。酸浸提下加标回收率表现不一致，是否与粉煤灰颗粒性质相关有待进一步研究分析。

4.5.2 电极内氯化铵填充溶液不同厂商有不同的要求，可按厂商要求配置。碱性离子强度调节液配制中应分别配制氢氧化钠溶液和乙二胺四乙酸二钠盐（EDTA-2Na）溶液后，再混合定容至 1L。

4.5.3 电极性能对检测结果准确性、检测效率等有显著影响，应确保电极性能较好。电极氨气敏膜片的安装，以及填充氯化铵溶液的量应根据厂商要求进行。仪器及电极调试和检查主要包括电极氨气敏膜片安装是否妥当、电极响应性能等。选用两点法测定电极响应斜率，即电极在浓度差 10 倍的两个溶液中的电位差被定义为电极斜率。当溶液温度在 20°C~25°C 时，电极斜率应该在 -54~-60mv 之间，如果斜率不在此范围内，说明电极的响应性能较差，需要更换电极氨气敏膜片或重新组装电极进行活化等。测定分析中，电极清洗时所需时间较长，或电极显示反应灵敏性较差，应采取更换氨气敏膜片等方式对电极性能进行活化。

4.5.4 酸溶氨气敏选择性电极法测定中，应采取振动烧杯的方式使碱性离子强度调节液充分混匀。

4.5.5 以大多数粉煤灰的酸碱特性范围，依据标准编制组对酸溶氨气敏选择性电极法中水溶及适宜酸溶样、料水比、搅拌时间、搅拌放置时间、碱性离子强度调节液用量、过滤操作等对测定结果的影响，选取最佳参数条件作出了酸溶氨气敏选择性电极法测定粉煤灰中残留氨的含量的规定。采用水溶氨气敏选择

性电极法测定时，测试中测试液清澈对测定结果干扰影响较小，但无法在短时间内快速完成测试，以及样品偏碱性条件下，样品测试结果的重复性很差。采用酸溶氨气敏选择性电极法测定时，酸溶样处理后应使试样溶液 $\text{pH} \leq 4$ 可确保检测方法的准确性，但是较高浓度酸溶样一方面面临着有样品过滤困难及过滤液偏少，另一方面会使测试液浑浊对测定结果干扰影响较大的问题，本标准在综合考虑粉煤灰的酸碱特性、称样量、适宜酸浓度等方面后作出了规定。

4.6 酸溶靛酚蓝分光光度法

4.6.1 本方法适用于粉煤灰中残留氨的含量在 500mg/kg 内粉煤灰中残留氨的检测。标准编制组试验表明：粉煤灰中残留氨的含量在 $190\text{mg/kg} \sim 695\text{mg/kg}$ ，本检测方法的相对标准偏差（精密度）为 $0.3\% \sim 2.3\%$ ；粉煤灰中残留氨的含量在 $208\text{mg/kg} \sim 417\text{mg/kg}$ 加标下，加标回收率（准确度）为 $90\% \sim 102\%$ 。

4.6.2 本标准第 4.2.2 条文、第 4.2.3 条文、第 4.2.4 条文、第 4.2.5 条文对具塞比色管、分光光度计和标准系列管制备所用的氨标准工作液、靛酚蓝分光光度法显色测定所用的溶液，以及靛酚蓝分光光度法显色测定方法、工作曲线的绘制等作出了规定。

4.6.3 以大多数粉煤灰的酸碱特性范围，依据标准编制组对酸溶靛酚蓝分光光度法中适宜酸溶样、搅拌时间、搅拌放置时间、测试溶液酸度条件等对测定结果的影响，以最佳参数条件作出了酸溶靛酚蓝分光光度法测定粉煤灰中残留氨的含量的规定。试样溶解后，加水至烧杯刻度 175mL 处，继续搅拌以保证酸度计显示稳定，并加入 $3\text{mL} \sim 6\text{mL}$ 的 200g/L 氢氧化钠溶液调节溶液使溶液 pH 值在 $4.0 \sim 6.0$ 之间后，溶液需放置 15min 后可澄清便于快速过滤。样品溶液 S-F 稀释处理中，需用 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液稀释才能保证靛酚蓝分光光度法显示测定的酸度条件。

4.6.4 按本标准第 4.2.7 条文的规定计算样品溶液 S-A 中氨的质量浓度 ρ_A 后，粉煤灰样品中残留氨的含量按下式进行计算：

$$\omega = \frac{\rho_A \times 10 \times 250}{m} \times k_i$$

4.7 酸溶离子色谱法

4.7.1 本方法适用于粉煤灰中残留氨的含量在 500mg/kg 内粉煤灰中残留氨的检测。标准编制组部分试验结果表明，酸溶离子色谱法的相对标准偏差（精密度）比蒸馏靛酚蓝分光光度法和酚蓝分光光度法的相对标准偏差的值整体偏大。

4.7.2 本标准粉煤灰中残留氨的含量检测的酸溶离子色谱法包括酸溶蒸馏离子色谱法和酸浸提离子色谱法。酸溶蒸馏离子色谱法可避除钠离子等的干扰，本标准规定优先选用酸溶蒸馏离子色谱法。

4.7.3 电导检测器可以进行温度补偿或自动调整量程。阳离子色谱柱对铵离子应达基线分离。抑制器应为电解自动再生微膜抑制器或其他抑制器。样品定量环应根据实际测定需要选用。淋洗液泵接触流动相的部件不应为阳离子色谱柱造成污染，且应是非金属材质。色谱工作站用于数据的记录、处理、储存等。淋洗液可选用 20mmol/L 甲磺酸、48mmol/L 甲磺酸、1.7mmol/L 硝酸、1.7mmol/L 吡啶二羧酸等，淋洗液浓度和流速应根据仪器性能自行设定。

4.7.5 本标准配置的氨标准工作液系列和 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005\text{mol/L}$ 硫酸吸收液组成了氨含量为 0.00 $\mu\text{g/mL}$ 、0.50 $\mu\text{g/mL}$ 、1.00 $\mu\text{g/mL}$ 、2.00 $\mu\text{g/mL}$ 、5.00 $\mu\text{g/mL}$ 、7.00 $\mu\text{g/mL}$ 、10.00 $\mu\text{g/mL}$ 的标准系列。实际粉煤灰中残留氨的含量测定中，可根据所配备离子色谱仪配套的定量环、阳离子柱等，与试样测定分析步骤对应后建立相适宜的标准系列。

5 工程控制

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.2 不同建设工程和不同材料使用粉煤灰中，A0级粉煤灰产销与应用范围不受限制，重大建设工程用建筑材料应选用A0级粉煤灰；A1级粉煤灰、A2级粉煤灰、A3级粉煤灰可用于构筑物用材料、桥涵用材料、隧道用材料、道路用材料等；A2级粉煤灰不可用于重大建设工程、民用建筑工程、水利水电大型工程等中的材料，但可用于工业建筑工程、其他建筑工程等中的材料和制备工艺中可散失氨的材料；A1级粉煤灰不可用于重大建设工程中材料，可用于民用建筑工程、水利水电大型工程等中的材料，以及工业建筑工程、其他建筑工程等中的材料和制备工艺中可散失氨的材料。

标准编制组经调研国内外研究成果，并在编制组专项研究的基础上，结合实践经验，提出了粉煤灰中残留氨的含量的分级及限量应用控制的要求。主要是从粉煤灰中残留氨对粉煤灰的理化性能、水泥胶凝材料性能（包括水泥物理性能、砂浆的物理力学性能、混凝土拌合物性能及混凝土物理力学性能）、室内空气质量（人体健康危害）及施工环境的影响，并结合目前粉煤灰中残留氨的含量的实际状况、应用途径、工程实践应用情况，同时依据国外粉煤灰中残留氨对人体健康及施工安全性的限量和国家标准 GB/T 39701-2020《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》中的限量规定，以及粉煤灰中残留氨的存在形式及检测方法，以保证室内空气质量满足标准要求和对水泥胶凝材料性能影响较小，并推进粉煤灰的资源化利用为原则，提出了不同建设工程和不同材料使用粉煤灰中，对粉煤灰中残留氨的含量的分级及限量应用控制的要求。

《粉煤灰综合利用管理办法》（中华人民共和国国家发展和改革委员会等10部门令 第19号）、工业和信息化部2018年第26号公告中的《国家工业固体废物资源综合利用产品目录》等文件和我国相关标准中，对粉煤灰的资源化利用途径有较为明确的分类及产品性能要求。民用建筑的建筑主体材料及装饰装修材料中的材料主要包括水泥、矿物掺合料、砂浆、混凝土、砖、砌块、板

材、防火材料等。硅酸盐建筑材料主要包括蒸压制品、耐磨耐火材料等。

5.1.3 粉煤灰会因粉煤灰中残留氨的含量较高而引起其性质发生变化，粉煤灰会出现结团、板结等现象，在生产中应防止输送管道堵塞，并确保实际计量粉煤灰质量的准确性。

5.1.4~5.1.5 以粉煤灰中残留氨对水泥物理性能、砂浆的物理力学性能、混凝土拌合物性能及混凝土物理力学性能中主要性能的影响，并结合目前国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 等中的规定，作出了应用粉煤灰原材料在生产和施工过程中对主要性能的控制规定。

水泥凝结时间、强度应满足现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 中的要求，水泥安定性（雷氏法）应满足现行国家标准《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检测方法》GB/T 1346 中的相关规定。预拌砂浆稠度、抗压强度应满足现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223、《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220、国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181 中的相关要求。混凝土拌合物性能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，硬化混凝土力学性能试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中的相关规定，长期性能和耐久性能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 和现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 中的相关规定。粉煤灰混凝土的强度检验与评定应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定执行。建设工程和建筑材料使用粉煤灰中，工程施工中应按检验批进行材料进场验收，并按相关标准进行工程质量验收。

5.2 粉煤灰质量控制

5.2.1 粉煤灰应用单位应按本标准第 3.1.1 条文、第 5.1.2 条文的规定和本标准第 5.3 节的规定选用粉煤灰，粉煤灰供应单位应同粉煤灰的三氧化硫、烧失量、细度、强度活性指数等项目一样，还需提供批次产品的粉煤灰中残留氨的含量的检测报告。

5.2.2~5.2.3 针对粉煤灰进场检验、抽检、日常控制的项目，从两方面考虑对拌制砂浆及混凝土、水泥活性混合材料用粉煤灰的细度、含水量、需水量比、安定性、强度活性指数、烧失量、三氧化硫、放射性、粉煤灰中残留氨的含量重要控制项目进行了规定。两方面具体包括：一是以目前国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146、国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003、国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 等中对粉煤灰进场检验和抽检的项目要求；二是依据粉煤灰中残留氨对粉煤灰的三氧化硫、烧失量、需水量比、强度活性指数等理化性能的作用影响最明显。

面对粉煤灰品质变化较大等问题，日常生产中生产单位对品控有较高要求，采取了一些较好的品控取样措施，对所生产产品的质量控制有重要作用。因粉煤灰中残留氨会影响粉煤灰的粒径分布及颗粒结合，使得按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中规定所测得的细度（45 度（方孔筛筛余））值比实际值大，本标准提出在实验室环境条件下开敞式干燥处理后检测，才可得到实际的细度（45 实验室方孔筛筛余）。不过现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 在修订过程中，通过研究粉煤灰细度对需水量比、烧失量、强度活性指数及其他性能的影响，将拌制混凝土和砂浆用粉煤灰技术要求中Ⅱ级粉煤灰的细度（45 煤灰方孔筛筛余）指标由原来不大于 25% 改为不大于 30%，一定程度上避免了因细度检测不准确对粉煤灰品质的误判。

5.3 工程应用

5.3.1~5.3.3 本标准中粉煤灰中残留氨的含量分为四个等级：A0 级、A1 级、A2 级、A3 级，在本标准第 5.1.1 条文和第 5.1.2 条文的规定基础上，依据粉煤灰中残留氨对水泥胶凝材料性能的影响，并结合在砂浆和混凝土中具体应用情况，作出了更具体的规定。

国家标准《体积混凝土施工标准》GB 50496 中对大体积混凝土作出了规定，基础底板、桩基承台、厚大结构转换层楼板及大梁等此类大体积混凝土施工后，混凝土内部温度较高会加速氨释放，为防止对混凝土性能影响，作出粉煤灰混

凝土选用的粉煤灰应为 A0 级和 A1 级的要求。密闭空间不利于空气中氨扩散释放，应引起重视。粉煤灰中残留氨的含量大于 500mg/kg 时，不应在建筑工程及建筑材料中使用。

粉煤灰的掺量大小对预拌砂浆及混凝土的性能影响较大，且大掺量粉煤灰所引入的粉煤灰中残留氨对其性能的影响会更明显，粉煤灰中残留氨的含量较高的 A2 级和 A3 级粉煤灰利用时更应注意对其性能的影响；因粉煤灰中残留氨的含量较高对预拌砂浆及混凝土的性能产生不利影响时，可通过减少预拌砂浆及混凝土中粉煤灰掺量的配比措施进行试验后使用。

不同建设工程和不同材料使用粉煤灰中，应优先选用 A0 级粉煤灰和 A1 级粉煤灰；粉煤灰中残留氨的含量较高的 A2 级和 A3 级粉煤灰，可通过晾翻搅拌、高温处理、水洗烘干等措施降低粉煤灰中残留氨，因此类措施处理使得粉煤灰中残留氨的氨和化合物存在发生了变化，所得粉煤灰比粉煤灰中残留氨的含量同级别未处理的粉煤灰对水泥胶凝材料材料的影响会大一些，使用时还应引起注意。

5.3.4 粉煤灰混凝土氨释放量的检测是民用建筑工程室内空气中氨污染防控的重要措施之一，对于民用建筑室内空气中氨污染的防控评价更合理，特别是采用环境测试舱法进行模拟测定。民用建筑工程的混凝土用粉煤灰应对粉煤灰中残留氨的含量和粉煤灰混凝土氨释放量进行检测控制，粉煤灰中残留氨的含量检测方法应符合本标准第 4 章中的规定，其限量和应用应符合本标准第 5.1.1 条文、第 5.1.2 条文、第 5.2.1 条文的规定。

河南省工程建设地方标准《混凝土用粉煤灰氨污染控制技术标准》DBJ41/T 226-2019 依据现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中规定 I 类民用建筑工程室内空气中氨浓度限量不应大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，提出了 28d+7d 龄期粉煤灰混凝土氨释放量不应大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ ，鉴于民用建筑工程中房间的通风换气率、混凝土制备及状态等状况与材料测试条件间的衔接问题，以及建筑工程材料进场检测时效、残留氨的存在形式等实际情况，目前以 28d+7d 龄期粉煤灰混凝土氨释放量要求不大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 进行工程应用控制，今后可根据工程实践及实际情况进一步对粉煤灰混凝土氨释放量限量作出要求。

经过调研国内外研究成果，并结合工程应用实际的情况，对粉煤灰混凝土氨释放量检测进一步细化了要求。粉煤灰混凝土氨释放量检测中，按照粉煤灰掺量最大的混凝土配合比，用同一批次的粉煤灰制备混凝土试件，混凝土试件厚度应为 100mm 或宜选用边长为 150mm 的立方体，试件成型后在温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的室内静置 1d~2d，试件拆模后立刻放入温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 95% 以上的标准养护室养护至 6d 或 28d+7d 后，所测试件于温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的室内环境条件下状态调节 24h 后，置于环境测试舱进行测试。工程实体所取试样，检测时应满足试件的表面积与用于测试的环境测试舱容积比应为 2:1，对所测试样于温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的室内环境条件下状态调节 24h 后，置于环境测试舱进行检测，所测粉煤灰混凝土氨释放量不宜大于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

当粉煤灰中残留氨的含量 $300\text{mg}/\text{kg}$ 左右时，制备粉煤灰混凝土后，民用建筑工程室内空气中氨浓度在 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。当粉煤灰中残留氨的含量 $500\text{mg}/\text{kg}$ 以内时，搅拌制备粉煤灰混凝土中，一般施工环境空气中氨浓度不会超过 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 。目前粉煤灰中残留氨的含量主要分布在 $700\text{mg}/\text{kg}$ 以内，大多数集中在 $200\text{mg}/\text{kg}$ 以内，高氨粉煤灰大多数也在 $500\text{mg}/\text{kg}$ 以内。

5.3.5 延长搅拌时间，粉煤灰中残留氨所引入混凝土中的残留氨会加速释放，一定程度上降低了对混凝土性能的不利影响，但是具体延长的搅拌时间应根据粉煤灰中残留氨的含量、粉煤灰掺量、混凝土配合比、拌合时通风状态等因素，经试验确定。

5.3.6 在应用中出现冒泡、刺激性气味（氨味）或凝结时间明显延长时，应确认是否是因粉煤灰中残留氨的含量过高所致，应按本标准中的相关规定使用粉煤灰。对工程应用中具有刺激性气味、加水搅拌冒泡（酸条件下会大量冒泡）、影响混凝土性能的粉煤灰进行粉煤灰中残留氨的含量检测，其粉煤灰中残留氨的含量在 $100\text{mg}/\text{kg}$ 以下，并经 XRD 分析具有刺激性气味、冒泡的粉煤灰并非高氨灰。

5.3.7 A3 级粉煤灰使用中，施工现场空气中氨浓度一般不会超过职业卫生的限值要求，但是对于通风不良环境仍存在超标风险，A2 级和 A3 级粉煤灰使用中

应有通风换气措施。

5.3.8 预拌砂浆的检验项目应符合现行行业标准《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223、《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 中的相关规定。混凝土的检验项目应符合现行国家标准和行业标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 等，以及现行国家标准和行业标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 等中的相关规定。块体材料的检验项目应符合现行国家标准《墙体材料应用统一技术规范》GB50574 等中的相关规定。民用建筑工程室内环境污染物应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中的规定。

附录 A 粉煤灰酸碱阈值检测方法

标准编制组试验表明：当粉煤灰酸碱阈值在 6~9 之间时，重复测试结果的绝对偏差的绝对值相比粉煤灰酸碱阈值 \leq 间或 pH 值 \geq 时大。

检测所用标准 pH 缓冲溶液可按国家标准《pH 基准试剂 定值通则》GB/T 27501-2011、环境行业标准《水质 pH 值测定 电极法》HJ 1147-2020 等标准中的规定制备，也可选用标准物质。

试样中加入 20mL 盐酸（1+20）后，轻轻摇动烧杯，可使试样初步溶解后，再加入 80mL 水进行样品溶解。粉煤灰酸碱阈值测定时，应在搅拌状态下进行测定，此时所得数据稳定且有效。

pH 读数在 1min 内的变化不超 0.10 为 pH 读数稳定状态。粉煤灰酸碱阈值在 6~9 时，测定样品酸处理所得溶液的 pH 值中，酸度计的 pH 读数稳定相比需较长时间，此时应耐心观察直至酸度计的 pH 读数稳定 1min 后，才能准确测定粉煤灰酸碱阈值。