

# T/LCH

## 中国长城绿化促进会团体标准

T/LCH XXXX—202X

### 用于道路基材的粉煤灰

Fly ash for road base material

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国长城绿化促进会 发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 分类与分级 .....	2
4.1 分类 .....	2
4.2 分级 .....	2
5 技术要求 .....	3
5.1 外观要求 .....	3
5.2 理化性能 .....	3
5.3 工程应用要求 .....	4
5.4 环保与安全 .....	5
6 试验方法 .....	5
6.1 取样与试样制备 .....	5
6.2 外观 .....	5
6.3 理化性能 .....	5
6.4 工程应用 .....	7
6.5 环保与安全 .....	7
7 检验规则 .....	7
7.1 检验分类 .....	7
7.2 组批与取样 .....	7
7.3 检验项目 .....	8
7.4 判定规则 .....	8
7.5 复检与仲裁 .....	8
8 标志、包装、运输与贮存 .....	8
8.1 标志 .....	8
8.2 包装 .....	9
8.3 运输 .....	9
8.4 贮存 .....	9

## 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。

本文件由华北电力大学提出。

本文件由中国长城绿化促进会归口。

本文件起草单位：华北电力大学、XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

# 用于道路基材的粉煤灰

## 1 范围

本文件规定了用于道路基材的粉煤灰的分类与分级、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存的要求。

本文件适用于以燃煤电厂粉煤灰为原料，经筛分、调湿、活化或复合处理后，用于公路、市政道路、厂区道路等新建与改建工程的路基填筑、基层稳定、底基层改良等结构的粉煤灰材料。

## 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 176 水泥化学分析方法
- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 208 水泥密度测定方法
- GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB/T 5484 石膏化学分析方法
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 39701 粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法
- HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**粉煤灰** fly ash

电厂煤粉炉烟道气体中收集的粉末。

注：粉煤灰不包括以下情形：(1)和煤一起煅烧城市垃圾或其他废弃物时；(2)在焚烧炉中煅烧工业或城市垃圾时；(3)循环流化床锅炉燃烧收集的粉末。

[来源：GB/T 1596—2017，3.1]

### 3.2

**F类粉煤灰** Class F fly ash

由无烟煤或烟煤煅烧收集的粉煤灰，其二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总质量分数 $\geq 70.0\%$ 。

### 3.3

**C类粉煤灰** Class C fly ash

由褐煤或次烟煤煅烧收集的粉煤灰，氧化钙质量分数 $\geq 10.0\%$ ，且二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总质量分数 $\geq 50.0\%$ 。

## 3.4

**强度活性指数 strength activity index**

试验胶砂与对比胶砂在28 d龄期的抗压强度之比，以百分数表示，用于表征粉煤灰的胶凝活性。

## 3.5

**需水量比 water requirement ratio**

为使粉煤灰胶砂达到与基准水泥胶砂相同流动度所需的加水量之比，以百分数表示，反映粉煤灰对胶砂工作性的影响。

## 3.6

**烧失量 loss on ignition**

粉煤灰在950 °C ± 25 °C高温下灼烧后，质量损失与灼烧前干样质量的比值，以百分数表示，主要反映粉煤灰中未燃尽碳等可燃物含量。

## 3.7

**游离氧化钙 free calcium oxide**

粉煤灰中未与其他矿物结合的氧化钙，其含量过高可能导致混合料体积稳定性不良。

## 3.8

**半水亚硫酸钙 hemihydrate calcium sulfite**

采用干法或半干法脱硫工艺产生的粉煤灰中含有的CaSO<sub>3</sub> · 1/2H<sub>2</sub>O组分，其含量过高可能影响粉煤灰的长期稳定性。

## 3.9

**铵离子含量 ammonium ion content**

粉煤灰中铵离子的质量含量，主要来源于脱硝工艺，过量铵离子可能影响工程性能和环境安全。

## 3.10

**承载比 California Bearing Ratio; CBR**

表征路基填料强度的指标，指试料在规定贯入量（通常为2.5 mm）时的贯入压强与标准碎石贯入压强的比值，以百分数表示。

## 3.11

**回弹模量 resilient modulus**

路基或基层材料在瞬时荷载作用下，应力与弹性应变的比值，反映材料抵抗弹性变形的能力，单位为兆帕MPa。

## 4 分类与分级

## 4.1 分类

## 4.1.1 按燃煤品种分类

根据燃煤品种分类：

- a) F类粉煤灰：由无烟煤或烟煤煅烧收集的粉煤灰，其二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）、三氧化二铝（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）和三氧化二铁（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）总质量分数≥70.0%；
- b) C类粉煤灰：由褐煤或次烟煤煅烧收集的粉煤灰，氧化钙（CaO）含量≥10.0%，其二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）、三氧化二铝（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）和三氧化二铁（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）总质量分数≥50.0%。

## 4.1.2 按道路工程用途分类

根据道路工程用途分类：

- a) 路面基层及底基层稳定用粉煤灰：用于公路、市政道路等工程的基层、底基层稳定体系，作为胶凝材料组分改善混合料强度、水稳定性及抗裂性的粉煤灰；
- b) 路基填筑用粉煤灰：用于公路、市政道路、厂区道路等工程的路基填筑、基底改良，起填充、压实稳定作用的粉煤灰。

## 4.2 分级

#### 4.2.1 路面基层及底基层稳定用粉煤灰

根据理化性能指标及工程适配性分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级，分级适用场景及核心适配要求如下：

- c) Ⅰ级：适用于高速公路、一级公路的基层及底基层，以及对材料性能要求较高的市政主干道基层；满足高强度活性、低需水量比、低烧失量等严苛指标，确保混合料长期稳定性与耐久性；
- d) Ⅱ级：适用于二级及以下公路的基层、各级公路底基层，以及市政次干道、支路基层；性能指标兼顾实用性与经济性，满足常规道路结构强度及稳定性要求；
- e) Ⅲ级：适用于低等级公路（如乡村公路）的底基层、临时道路的基层及底基层；核心满足基本压实性与强度要求，用于对材料性能要求较低的场景。

#### 4.2.2 路基填筑用粉煤灰

根据工程性能要求分为Ⅰ级、Ⅱ级，分级适用场景及核心适配要求如下：

- a) Ⅰ级：适用于高等级公路（高速公路、一级公路）路基填筑、路基基底处理，以及不良地质路段（如软土地基）的路基改良；应具备低含水量、良好压实性、低浸出毒性等指标，确保路基承载力与长期稳定性；
- b) Ⅱ级：适用于二级及以下公路路基填筑、厂区道路路基、一般路段路基回填；满足基本压实度、承载力及环保要求，用于对路基性能要求常规的场景。

### 5 技术要求

#### 5.1 外观要求

粉煤灰不应含有腐殖质、生活垃圾、危险废物、放射性废物及其他对道路工程性能、耐久性和环境安全有害的杂质，不应混入未燃尽煤矸石、碎石等块状物料。不应出现结块、成团现象。

#### 5.2 理化性能

##### 5.2.1 核心指标

核心指标要求包括：

- a) 路面基层及底基层稳定用粉煤灰：核心理化性能指标应符合表1的要求；
- b) 路基填筑用粉煤灰：核心理化性能指标应符合表2的要求。

表1 路面基层及底基层稳定用粉煤灰

指标名称	Ⅰ级		Ⅱ级		Ⅲ级	
	F类	C类	F类	C类	F类	C类
细度（45 μm方孔筛筛余）/%	≤12.0	≤15.0	≤30.0	≤35.0	≤45.0	≤50.0
需水量比/%	≤95	≤100	≤105	≤110	≤115	≤120
烧失量/%	≤5.0	≤8.0	≤8.0	≤10.0	≤10.0	≤12.0
含水量/%	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.5	≤1.5
三氧化硫（SO <sub>3</sub> ）质量分数/%	≤3.0	≤3.0	≤3.5	≤3.5	≤4.0	≤4.0
游离氧化钙（f-CaO）质量分数/%	≤1.0	≤4.0	≤1.5	≤5.0	≤2.0	≤6.0
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 总质量分数/%	≥70.0	≥50.0	≥65.0	≥45.0	≥60.0	≥40.0
密度/（g/cm <sup>3</sup> ）	≤2.6	≤2.6	≤2.7	≤2.7	≤2.8	≤2.8
安定性（雷氏法）/mm	—	≤5.0	—	≤7.0	—	≤10.0
强度活性指数（28 d）/%	≥75.0	≥75.0	≥71.0	≥71.0	≥65.0	≥65.0
抗冻性（冻融循环后强度损失率）/%	≤15.0	≤15.0	≤20.0	≤20.0	≤25.0	≤25.0

表2 路基填筑用粉煤灰

指标名称	Ⅰ级	Ⅱ级
含水率/%	≤20.0	≤25.0
细度（0.075 mm方孔筛通过率）/%	≤40.0	≤45.0

指标名称	I 级	II 级
烧失量/%	≤15.0	≤20.0
三氧化硫 (SO <sub>3</sub> ) 质量分数/%	≤3.0	≤3.5
液限/%	≤45.0	≤50.0
塑限/%	结合液限确定塑性指数≤20	结合液限确定塑性指数≤25
最小承载比 (CBR) /%	≥8.0	≥6.0
最大干密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	≥1.6	≥1.5
渗透系数/ (cm/s)	1×10 <sup>-3</sup> ~1×10 <sup>-5</sup>	1×10 <sup>-2</sup> ~1×10 <sup>-5</sup>

### 5.2.2 碱含量

粉煤灰用于预应力混凝土基层关联部位时,碱含量应不大于0.6%;其他使用场景有特殊要求的,由供需双方协商确定。

### 5.2.3 半水亚硫酸钙含量

半水亚硫酸钙含量应不大于3.0%。

注:本指标适用于干法或半干法脱硫工艺生产的道路基材粉煤灰。

### 5.2.4 铵离子含量

道路基材粉煤灰中铵离子含量应不大于210 mg/kg。

### 5.2.5 均匀性

道路基材粉煤灰均匀性以细度为表征指标,单个样品的细度偏差不应超过前10个样品细度平均值的±5%;样品数量少于10个时,按所有前述样品的细度平均值计算。均匀性偏差限值可由供需双方协商调整。

### 5.2.6 粒径级配

路面基层/底基层用粉煤灰,0.075 mm~4.75 mm颗粒含量应不小于30%;路基填筑用粉煤灰,粒径应不大于40 mm,且粒径不小于20 mm的颗粒含量应不大于10%。

## 5.3 工程应用要求

### 5.3.1 路面稳定混合料力学性能

粉煤灰与水泥、石灰等稳定剂制备的混合料,其7 d无侧限抗压强度应符合表4的规定,且满足设计文件的强度、耐久性要求。

表3 路面基层/底基层粉煤灰稳定混合料7d无侧限抗压强度限值

道路等级	结构层位	抗压强度限值 MPa
高速公路、一级公路	基层	≥3.0
	底基层	≥2.0
二级公路	基层	≥2.5
	底基层	≥1.5
三级及以下公路、市政支路	基层/底基层	≥1.0

### 5.3.2 体积稳定性

路面基层及底基层用粉煤灰稳定混合料,其干燥收缩系数、温缩系数应满足设计抗裂要求;用于高等级公路基层时,干燥收缩应变应不大于300×10<sup>-6</sup>。

### 5.3.3 水稳定性

粉煤灰稳定混合料经7 d饱水养护后，强度保留率应不低于75%，无崩解、软化现象；路基填筑用粉煤灰压实并饱水后，CBR值应不低于初始值的80%。

### 5.3.4 路基填筑压实性能

粉煤灰填筑路基的压实度、回弹模量应符合JTG D30及设计文件的要求；其中高等级公路路基压实度应不低于96%，压实后回弹模量应不低于35 MPa。

### 5.3.5 抗冻要求

用于严寒、寒冷地区的粉煤灰，其混合料经规定次数冻融循环后，强度损失率和质量损失率应符合表3的规定。

表 4 不同气候区粉煤灰混合料抗冻性限值

气候分区	冻融循环次数	强度损失率限值	质量损失率限值
严寒地区	10次	≤15%	≤5%
寒冷地区	5次	≤20%	≤5%
其他地区	-	≤25%	≤5%

## 5.4 环保与安全

### 5.4.1 放射性核素限量

粉煤灰与符合GB 175要求的硅酸盐水泥按质量比1:1混合后，其内照射指数 $I_{ra}$ 应不大于1.0，外照射指数 $I_r$ 应不大于1.0，放射性指标应符合GB 6566中建筑主体材料的放射性限量要求。

### 5.4.2 浸出毒性限值

浸出液应按照HJ 557规定的方法制备，浸出液中有害污染物浓度应符合GB 5085.3的限值要求，不应使用浸出毒性超标的粉煤灰。

## 6 试验方法

### 6.1 取样与试样制备

6.1.1 取样按 GB/T 12573、JTG 3430 的规定执行，所取样品具有代表性与均匀性。每批取样总量不少于 10 kg，留样量不少于 3 kg，样品密封贮存于干燥容器内，防止受潮、污染。

6.1.2 试验前试样的制备、缩分按对应检测方法标准的规定执行。需烘干的试样，在 100 °C~110 °C 烘箱中烘干至恒重，置于干燥器中冷却至室温后备用。

### 6.2 外观

在自然光下，采用目测、手感法检测。

### 6.3 理化性能

#### 6.3.1 路面基层及底基层稳定用粉煤灰核心指标

##### 6.3.1.1 细度

按GB/T 1345规定的45 μm负压筛析法执行。

##### 6.3.1.2 需水量比

按GB/T 1596—2017附录A规定的方法执行。

##### 6.3.1.3 烧失量

按GB/T 176规定的方法执行。

##### 6.3.1.4 含水率

按GB/T 1596—2017附录B规定的方法执行。

#### 6.3.1.5 三氧化硫质量分数

按GB/T 176规定的方法执行。

#### 6.3.1.6 游离氧化钙质量分数

按GB/T 176规定的方法执行。

#### 6.3.1.7 二氧化硅三氧化二铝和三氧化二铁总质量分数

按GB/T 176规定的方法分别测定各组分含量后汇总计算。

#### 6.3.1.8 密度

按GB/T 208规定的方法执行。

#### 6.3.1.9 雷氏法安定性

按GB/T 1346规定的方法执行。

#### 6.3.1.10 28d 强度活性指数

按GB/T 1596—2017附录C规定的方法执行。

### 6.3.2 路基填筑用粉煤灰核心指标

#### 6.3.2.1 含水率

按JTG 3430规定的烘干法执行。

#### 6.3.2.2 细度

0.075 mm方孔筛通过率按JTG 3430规定的筛分法执行。

#### 6.3.2.3 烧失量

按GB/T 176规定的方法执行。

#### 6.3.2.4 三氧化硫(SO<sub>3</sub>)质量分数

按GB/T 176规定的方法执行。

#### 6.3.2.5 液限、塑限

按JTG 3430规定的液限和塑限联合测定法执行。

#### 6.3.2.6 最小承载比(CBR)

按JTG 3430规定的承载比试验方法执行。

#### 6.3.2.7 最大干密度与最佳含水率

按JTG 3430规定的重型击实试验方法执行。

#### 6.3.2.8 渗透系数

按JTG 3430规定的变水头渗透试验方法执行。

### 6.3.3 碱含量

按GB/T 176规定的方法执行，按 $Na_2O+0.658K_2O$ 计算最终结果。

### 6.3.4 半水亚硫酸钙含量

按GB/T 5484规定的方法执行。

### 6.3.5 铵离子含量

按GB/T 39701规定的方法执行。

### 6.3.6 均匀性

以细度为表征指标，按GB/T 1345规定的方法测定细度，以同批次样品细度偏差进行评定。

### 6.3.7 粒径级配

按JTG 3430规定的筛分法执行。

## 6.4 工程应用

### 6.4.1 路面稳定混合料力学性能

按JTG 3430、JTG/T F20规定的无机结合料稳定材料无侧限抗压强度试验方法执行。

### 6.4.2 干燥收缩性能

按JTG 3430规定的方法执行。

### 6.4.3 水稳定性

按JTG 3430规定的方法成型试件，通过饱水养护前后的抗压强度变化计算强度保留率。

### 6.4.4 回弹模量

按JTG 3430规定的承载板法执行。

### 6.4.5 抗冻性

按JTG/T F20规定的无机结合料稳定材料冻融循环试验方法执行。

## 6.5 环保与安全

### 6.5.1 放射性核素限量

按GB 6566规定的方法执行。

### 6.5.2 浸出毒性限值

浸出液制备按HJ 557规定的方法执行，有害污染物浓度测定按GB 5085.3规定的方法执行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

#### 7.1.1 出厂检验

每批产品交付验收时必检，由供货方按本文件执行，覆盖对应类别、等级的核心技术指标。

#### 7.1.2 型式检验

7.1.2.1 出现下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或新技术鉴定、定型；
- b) 原材料、生产工艺、设备发生重大变化；
- c) 停产6个月以上恢复生产；
- d) 监管部门或用户提出要求。

7.1.2.2 型式检验应覆盖第5章全部技术要求项目。

### 7.2 组批与取样

#### 7.2.1 组批规则

7.2.1.1 路面基层及底基层稳定用粉煤灰同一燃煤品种、工艺、等级，连续生产不大于 500 t 为一批，不足 500 t 按一批计。

7.2.1.2 路基填筑用粉煤灰同一燃煤品种、工艺、等级，连续生产不大于 1000 t 为一批，不足 1000 t 按一批计。

## 7.2.2 取样要求

7.2.2.1 取样应具有代表性，采用连续取样或多点取样，覆盖料层上、中、下部。

7.2.2.2 每批取样总量不少于 10 kg，留样量不少于 3 kg，密封保存并标识清晰。

7.2.2.3 取样及试样制备按 6.1.1 规定执行。

## 7.3 检验项目

### 7.3.1 出厂检验项目

7.3.1.1 路面基层及底基层稳定用粉煤灰出厂检验项目包括细度、需水量比、烧失量、含水量、三氧化硫、游离氧化钙、 $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 总质量分数、密度、28 d 强度活性指数；C 类粉煤灰加测安定性（雷氏法）；干法/半干法脱硫粉煤灰加测半水亚硫酸钙含量；脱硝粉煤灰加测铵离子含量。

7.3.1.2 路基填筑用粉煤灰出厂检验项目包括含水率、0.075 mm 方孔筛通过率、烧失量、三氧化硫、液限、塑限、最小承载比（CBR）、最大干密度、最佳含水率、渗透系数。

### 7.3.2 型式检验项目

覆盖第5章全部技术要求，含出厂检验项目及碱含量、均匀性、粒径级配、工程适配性试验（无侧限抗压强度、收缩性能、水稳定性、回弹模量、抗冻性）、环保与安全性能试验（放射性、浸出毒性）。

## 7.4 判定规则

### 7.4.1 出厂检验

所有检验结果符合第5章对应类别、等级限值，判定合格；任一项目不合格，判定该批产品不合格。数值修约与极限数值判定按GB/T 8170执行。

### 7.4.2 型式检验

全部项目符合第5章技术要求，判定合格；任一项目不合格，判定型式检验不合格。

## 7.5 复检与仲裁

### 7.5.1 复检

供需双方对检验结果有异议，可申请复检；复检样品从原批产品重新随机取样，按本文件规定执行，复检结果为最终判定依据。

### 7.5.2 仲裁检验

对复检结果仍有争议，应委托具备资质的第三方检测机构进行仲裁检验，其结果为最终仲裁结论。

## 8 标志、包装、运输与贮存

### 8.1 标志

#### 8.1.1 包装袋

清晰标注产品名称、类别（F类/C类）、等级（I级/II级/III级）、净含量、生产单位名称及地址、联系方式、生产批次、生产日期、执行标准编号；符合GB/T 191的“怕雨”“防扬尘”图示标志。

#### 8.1.2 散装粉煤灰

运输工具/贮存仓附带标识卡片，标注产品名称、类别、等级、批次、生产单位、生产日期、净含量、执行标准编号。

## 8.2 包装

### 8.2.1 袋装

采用带内膜编织袋或牛皮纸袋，净含量25 kg或40 kg（偏差小于1%）；其他规格由供需双方协商。

### 8.2.2 散装

采用密闭式专用运输车辆或贮存设施，防止受潮、扬尘、混入杂物。

## 8.3 运输

8.3.1 运输工具密闭清洁，无污染物残留，避免粉煤灰受潮、泄漏、扬尘及混入杂质。

8.3.2 采取防扬尘措施（覆盖篷布、喷淋抑尘等），符合大气污染防治规定。

8.3.3 不同类别、等级不应混装，防止包装破损。

## 8.4 贮存

8.4.1 贮存于干燥、平整、排水良好场地，配备防雨、防潮、防扬尘设施（防雨棚、密闭仓等）。

8.4.2 不同类别、等级分仓/分区存放，设明显标识，不应混存。

8.4.3 定期检查，防止结块、霉变、混入杂物；结块产品应破碎筛分合格后方可使用。

8.4.4 贮存期限不宜超过6个月，超期产品重新检验，合格后方可使用。

---