

# 团 体 标 准

T/ACEF XXX-XXXX

## 粉煤灰基路基材料应用技术规范

Technical specifications for application of fly ash based subgrade materials

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布



# 目 次

前 言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 原材料 .....	2
5 配合比设计 .....	2
6 施工 .....	4
7 质量控制与检查验收 .....	6
8 环境保护要求 .....	7



## 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 XXXXX 提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。



# 粉煤灰基路基材料应用技术规范

## 1 范围

本文件规定了粉煤灰基路基材料的原材料、配合比设计、施工、质量控制与检查验收及环境保护要求等内容。

本文件适用于采用粉煤灰基路基材料填筑的公路和城市道路的路基项目，尤其适用于粉煤灰等固体废物资源丰富且取土困难的地区。

## 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/T 176 水泥化学分析方法

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/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范

CJJ 194 城市道路路基设计规范

JC/T 479 建筑生石灰

JC/T 481 建筑消石灰

JGJ 63 混凝土用水标准

JTG D30 公路路基设计规范

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

粉煤灰基路基材料 fly ash based subgrade materials

以粉煤灰为主要原料，与其他一般固体废物（如除硬泥、脱硫灰、炉渣、工程弃土等）、无机结合料（如需）等按照一定比例拌和而成的混合料，经摊铺、碾压和养生后，满足公路或城市道路相关规范要求要求的材料。

## 4 原材料

### 4.1 粉煤灰

4.1.1 粉煤灰应清洁无杂质，具体技术要求符合表 1 的规定。

表1 粉煤灰技术要求

序号	指标		规定值或允许值	试验方法
1	45 μm方孔筛筛余（%）		≤45	JTG 3430
2	界限含水率 <sup>①</sup>	液限	≤50%	
		塑性指数	≤26	
3	烧失量（%）		≤10.0	
4	有机质含量（%）		≤3.0	
5	游离氧化钙（f-CaO）质量分数（%）		≤1.0	GB/T 176
6	三氧化硫（SO <sub>3</sub> ）质量分数（%）		≤3.0	
7	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	
8	强度活性指数（%）		≥70	GB/T 1596

注：①界限含水率指粒径小于0.5 mm细粒料的液限、塑性指数。

### 4.2 无机结合料

4.2.1 无机结合料包括水泥、石灰、矿渣胶凝材料等。

4.2.2 水泥可采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥，强度等级不宜低于 42.5。初凝时间不得小于 3 h，终凝时间宜在 6 h 以上且小于 10 h，不应使用快硬水泥、早强水泥。

4.2.3 石灰采用建筑生石灰和消石灰，其技术要求应符合 JC/T 479 和 JC/T 481 的规定。高速公路、一级公路和城市快速路、主干路用生石灰或消石灰（扣除结合水和游离水后）中（CaO+MgO）的百分含量应不低于 85%，二级及以下公路和城市次干路及以下道路用生石灰或消石灰（扣除结合水和游离水后）中（CaO+MgO）的百分含量应不低于 75%。

### 4.3 水

4.3.1 粉煤灰基路基材料施工用水应符合现行 JGJ 63 的有关规定。

## 5 配合比设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 结合公路或城市道路等级、交通荷载等级、结构型式、材料特性等因素，设计技术经济合理的路基材料组成和配合比。

5.1.2 不同的原材料组合应分别进行配合比设计，设计的粉煤灰基路基材料应满足相应公路或城市道路的强度、稳定性和耐久性要求。

## 5.2 设计

5.2.1 根据项目所在地粉煤灰及其他原材料的资源情况，结合工程特点和设计要求进行室内配合比设计，可结合经验初步确定原材料配比及无机结合料掺量，其中粉煤灰的掺配质量比例宜为45%~75%。用于高速公路、一级公路、快速路、主干路路床，以及二级公路、次干路上路床的路基材料，粉煤灰的掺配质量比例不超过50%。

5.2.2 宜采用单因素试验或正交试验等进行承载比（CBR）试验和7d龄期的无侧限抗压强度试验，并满足设计要求。当设计没有明确要求时，粉煤灰基路基材料承载比（CBR）和无侧限抗压强度应满足表2和表3的规定。

5.2.3 对于满足强度要求的路基材料试件应进行渗透性试验。当渗透系数不满足表4的要求时，应调整配合比重新试验。

5.2.4 根据试验结果，并综合考虑经济性、施工便利性和环境保护等因素，确定设计配合比。

5.2.5 粉煤灰基路基材料配合比设计应按下列步骤进行：

- 1) 确定试验用材料及其含水率；
- 2) 确定粉煤灰等原料的掺入比例；
- 3) 选取不同材料用量比例，进行路基材料试配；
- 4) 采用重型击实方法确定粉路基材料的最大干密度和最佳含水率；
- 5) 进行承载比（CBR）试验和7d龄期的无侧限抗压强度试验；
- 6) 对于满足强度要求的路基材料试件进行水稳定性试验；
- 7) 调整和确定粉煤灰基路基材料配合比。

表2 路基材料承载比要求

路基部位	最小承载比（CBR）（%）			试验方法
	高速公路、一级公路 快速路、主干路	二级公路 次干路	三、四级公路 支路	
上路床	8	6	5	JTG 3430 T0134
下路床	5	4	3	
上路堤	4	3	3	
下路堤	3	2	2	

表3 路基材料无侧限抗压强度要求

路基部位	无侧限抗压强度（7d）（MPa）			试验方法
	高速公路、一级公路 快速路、主干路	二级公路 次干路	三、四级公路 支路	
路床	≥0.8	≥0.6		JTG 3430 T 0148
路堤	≥0.6	≥0.5		

表4 路基材料渗透性要求

项目	技术要求	试验方法
渗透性 (28 d)	$k \leq 10^{-4}$ cm/s	GB/T 50123 第16章

5.2.7 季节冻土地区应根据气候、地形地貌、水文地质条件、排水状况、路基总冻胀量等要求合理选用粉煤灰基路基材料，确定材料配合比。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

6.1.1 施工前应完成对粉煤灰基路基材料的相关试验与检验，并出具检测报告，满足本文件及相关标准规定方可使用。

6.1.2 路基施工时，临时性排水和永久性排水设施应同步进行施工，并满足设计及相关标准规范要求。

6.1.3 粉煤灰基路基材料填筑路基时，应采用黏土或防水土工合成材料从两侧和底部对路基进行包边。黏土包边土厚度不小于 1 m，防水土工合成材料的技术参数应符合设计要求。

6.1.4 宜在气温较高、少雨的季节组织施工，日最低气温应在 5 °C 以上。

6.1.5 粉煤灰基路基材料的拌和可采用集中厂拌和路拌两种方式。对于高速公路、一级公路和城市快速路、主干路应采用集中厂拌法。

6.1.6 拌和前，粉煤灰等原料的含水率过高时应晾晒或烘干处理，避免含水率过高影响混合料质量。

6.1.7 根据施工拌和均匀难易程度确定闷料时间，当混合料易于拌和混匀时，可不闷料；当混合料均匀性难以满足要求时，应在无机结合料（如需）掺加前先进行闷料，闷料时长宜不少于 6 h。

### 6.2 施工前准备

6.2.1 粉煤灰基路基材料施工前，应进行不小于 200 m 的试验路段铺筑。试验路段施工应完成以下内容：

- 1) 粉煤灰基路基材料试验、检测报告等；
- 2) 压实工艺主要参数：机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围等；
- 3) 过程质量控制指标及方法；
- 4) 质量验收指标及标准；
- 5) 施工组织方案及工艺的优化；
- 6) 原始记录、过程记录；
- 7) 对施工图的修改建议等；
- 8) 安全保证措施；
- 9) 环保措施。

6.2.2 建设单位应组织设计、施工、监理等单位进行技术交底。施工范围根据设计要求和调查的现场实际情况，根据工程数量和工期要求，制订施工组织设计。

6.2.3 施工单位应进行控制测量、导线与水准点复测、中线与路基放样等，每项测量必须满足规范要求，并进行复核，原始记录应存档。

6.2.4 施工单位应按照 JTG 5220 对原地表进行检测，各项指标符合有关规范和设计要求后方可进行施工。

### 6.3 集中厂拌法施工

#### 6.3.1 拌和

6.3.1.1 原材料和拌和水等按照计算的配合比精确配料。需要添无机结合料时，应提前按照试验配合比确定掺配量。

6.3.1.2 每批次混合料拌和前，至少测定 1 次含水率，混合出料后再次测定 1 次含水率，不满足最佳含水率要求的，需再次拌和进行调整。

6.3.1.3 根据运输距离和气候条件，混合料的含水率宜高于最佳含水率 1% ~ 3%，以补偿摊铺和碾压过程中水分的损失。

6.3.1.4 如拌和厂离摊铺地点较远，混合料在运输时应覆盖保湿，运到现场后应及时摊铺。

#### 6.3.2 摊铺

6.3.2.1 布料时每层填筑前，按照设计断面、填筑长度和松铺厚度计算所需填料量。

6.3.2.2 路基材料宜用大型自卸车运输卸料，均匀地卸在路幅中央，路幅宽时也可卸成两行。

6.3.2.3 卸料后用平地机或其他合适的机具将路基材料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应平整。

6.3.2.4 摊铺后，立即用机械和人工按照设计坡度、跨拱进行平整。初步整形后，检查混合料的松铺厚度，必要时进行补料或减料。

6.3.2.5 从路基材料摊铺、整型到碾压前，应中断交通，禁止任何车辆通行。

#### 6.3.3 碾压

6.3.3.1 结合试验路段确定的压实机械、碾压方式、碾压遍数、碾压速度等施工工艺参数进行施工。

6.3.3.2 碾压时路基材料的含水率保持在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内，如含水率低，则需洒水增补，含水率过高需要晾晒，待含水率适当时再行碾压。

6.3.3.3 按照“先边缘后中间，先慢后快”的原则进行，压实路线纵向互相平行。压路机宜选用重型振动压路机，碾压方式一般为：静压—弱震—强震—弱震—轮胎碾静压，行驶速度不宜超过 4 km/h。碾压完毕后及时检查压实度，符合规定后继续填筑上层。

6.3.3.4 当工作间断或分段施工时，衔接处可预留 10 m 及以上混合料不压实段。

6.3.3.5 摊铺的粉煤灰基路基材料应在试验确定的延迟时间内完成碾压。

### 6.4 路拌法施工

#### 6.4.1 摊铺与拌和

6.4.1.1 宜采用方格法进行布料，逐格卸料并保证其松铺厚度满足设计要求。使用推土机和平地机配合完成摊铺施工。

6.4.1.2 结合不同原材料的含水率及天气等情况，补充洒水，使含水率等于或略大于最佳含水率（1%~3%）。宜用喷管式洒水车补充洒水。

6.4.1.3 拌和宜采用专用路拌机设备，设专人随时检查和深度，拌和深度宜大于松铺厚度 5 mm~10 mm。

6.4.1.4 没有专用拌和设备时，可用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合拌和，较路拌机多拌和 2 遍，应翻犁到底。

6.4.1.5 拌和过程结束时，应及时检测含水率，含水率宜略大于最佳值。如含水率过大则多拌和、翻晒两遍；含水率不足时，继续补充洒水。洒水后，应及时再次拌和。

#### 6.4.2 碾压

可参照本规范 6.3.3 的要求进行。

#### 6.5 养生

6.5.1 路基全部碾压完成并检测合格后即可养生，养生可采取洒水养生、薄膜养生或土工布覆盖养生等方式。

6.5.2 洒水养生时，洒水车不得采用高压式喷管。

6.5.3 在养生期内应始终保持路基处于湿润状态，但不得有薄层积水。

6.5.4 养生期的长短应根据环境温度确定，当环境温度在 20℃以上时，不得少于 7 d；当环境温度在 5℃~20℃时，不得少于 14 d。当超过规定养生期，仍未满足设计指标时，应延长养生期限。

6.5.5 养护期间宜封闭交通。

### 7 质量控制与检查验收

#### 7.1 质量控制

7.1.1 粉煤灰等一般固废材料和无机结合料等应按照本规范技术要求进行质量检验。所有原材料应检验合格后方可使用。原材料的检验批次应符合下列规定：

- 1) 水泥、石灰等无机结合料应按每 500 t 为一个检验批，当不足上述数量时，按一批进行检验。
- 2) 粉煤灰应按每 2000 t 为 1 个检验批，不足 2000 t 的按 1 个检验批。
- 3) 其他一般固废材料应按每 1000 t 为 1 个检验批，不足 1000 t 的按 1 个检验批。
- 4) 拌和用水应按同一水源不少于 1 个检验批。

7.1.2 粉煤灰路基材料混合料检查项目、频度、质量要求和方法应符合表 5 的规定。

表5 路基材料混合料检验要求

项目	频度	质量要求	试验方法
均匀性	随时观察	整体颜色均匀	目测

含水率	每2000 m <sup>2</sup> 检查1次	最佳含水率±2%	JTG 3430 T0103
水泥、石灰等无机结合料剂量	每2000 m <sup>2</sup> 检查1次	不小于设计值的1%	JTG 3441 T0809

7.1.3 施工过程中每道工序完成后均应进行检验，确认合格后方可进行下道工序施工。

## 7.2 检查验收

7.2.1 粉煤灰基路基材料填筑路基压实质量检查应从压实度、强度和外观质量等方面进行综合评定，应符合表7中的规定。

表7 路基压实检测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差			检查方法和频率
			高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	二级公路、次干路	三级和四级公路、支路及以下道路	
1	压实度 (%)	上路床	≥94	≥93	≥92	灌砂法、环刀法：每 1000 m <sup>2</sup> 不少于 2 点
		下路床	≥94	≥93	≥92	
		上路堤	≥92	≥92	≥91	
		下路堤	≥91	≥90	≥90	
2	纵断高程 (mm)		+10, -20	+10, -30		水准仪：每 200 m 测 4 个断面
3	中线偏位 (mm)		≤50	≤100		经纬仪：每 200 m 测 4 点，弯道加 HY、YH 两点
4	宽度 (mm)		满足设计要求			米尺：每 200 m 测 4 处
5	平整度 (mm)		≤15	≤20		3 m 直尺：每 200 m 测 2 处 ×10 尺
6	横坡 (%)		±0.3	±0.5		水准仪：每 200 m 测 4 个断面
7	包边黏土厚度 (m)		≥1	≥1		米尺：每 200 m 测 4 处
8	弯沉 (0.01 mm)		满足设计要求			采用贝克曼梁法检测，沿道路纵向每车道每 20 m 布置 1 个弯沉测点
9	边坡		满足设计要求			尺量：每 200 m 测 4 点

## 8 环境保护要求

8.1 在江河、湖泊、运河、渠道、水库及其最高水位线以下的滩地和岸坡等区域以及浸水路段，不应使用粉煤灰基路基材料填筑路基。

- 8.2 在国务院和国务院有关主管部门及省、自治区、直辖市人民政府划定的自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区和其他需要特别保护的区域内，不应使用粉煤灰基路基材料填筑路基。
- 8.3 原材料应分类堆放，并设有专门堆放料场，堆放场地应进行硬化处理，并采用防雨、防潮、防扬尘措施。
- 8.4 原材料放射性指标应符合 GB 6566 的有关规定。
- 8.5 粉煤灰基路基材料填筑前，应选取不少于 5 个样品按照 GB/T 30810 规定的方法测定的可浸出重金属含量应满足 GB/T 30760 中第 8 章规定。
- 8.6 粉煤灰基路基材料施工前应编制施工环境保护方案，并在施工过程中严格落实。
-