

路基填筑材料循环流化床锅炉灰（渣）
应用技术要求

2022 - 07 - 01 发布

2022 - 10 - 01 实施

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 填筑材料..... 2

5 路基应用..... 3

6 试验方法..... 4

7 质量检验..... 6

山西省地方标准

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。

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。

本文件由山西省工业和信息化厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省建筑材料标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：晋能控股电力集团有限公司、华东理工大学、武汉理工大学、太原理工大学、山西路桥建设集团有限公司、山西国峰煤电有限责任公司、晋能大土河热电有限公司、山西国锦煤电有限公司、山西国金电力有限公司、山西耀光煤电有限责任公司、山西省环境保护产业协会、中北大学、山西环境和资源综合利用协会、山西省公路学会、华东理工常熟研究院有限公司、长治市武理工工程技术研究院、山西嘉隆达公路工程有限公司。

本文件主要起草人：柳成亮、乔秀臣、魏绍青、刘文伟、甄树义、周明凯、袁进、郝海俊、谢俞超、贺宏彦、王孝全、颀钰、王文军、杨云凯、李华波、申海文、李晓姣、陈潇、高鹏、聂浩、董艺博、李风珍、叶圣茂、李国良、雷晓光、张继荣、侯冬梅、靳耀、李兰明、张青江、郑东锋、魏小兵、樊文彬、邵忠卫、薛玉兵、李贵顺、韦富政、王宏、孙福明、高峰、张培华、张瑞峰、张克英、刘伟、阎蕊珍、王彩萍、卫丽、王林山、祁月兵、吴瑞贤、郇劲松、薛宏伟、乔磊磊、李向宏、韦连梅。

路基填筑材料循环流化床锅炉灰（渣）应用技术要求

1 范围

本文件规定了公路路基填筑材料循环流化床锅炉灰（渣）的术语和定义、填筑材料、路基应用、试验方法和质量检验。

本文件适用于循环流化床锅炉灰（渣）填筑公路路基的设计、施工及验收，其他路基、场坪、铺面结构地基等可参照执行。

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 1345 水泥细度检验方法 筛析法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- 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 8978 污水综合排放标准
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
- HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
- JC/T 478.2 建筑石灰试验方法 第2部分：化学分析方法
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JTG/T 2321 公路工程利用建筑垃圾技术规范
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

循环流化床锅炉灰 CFB fly ash

循环流化床锅炉燃煤电厂，锅炉烟道气体经除尘收集的粉末称为循环流化床锅炉灰，简称CFB灰。

3.2

循环流化床锅炉渣 CFB bottom ash

循环流化床锅炉燃煤电厂，从锅炉底部排放的渣称为循环流化床锅炉渣，简称CFB渣。

3.3

陈化处理 aged treatment

CFB灰和CFB渣从锅炉排出到使用，经过一定时间储存或堆放以降低其膨胀性的处理。

3.4

有害氧化钙 harmful calcium oxide

遇水难以水化的氧化钙。

3.5

CFB 渣土混合料 mixture of fine grained soil and CFB bottom ash/aged CFB bottom ash

CFB渣或经过陈化处理的CFB渣与细粒土按一定比例混合成的路基填筑材料。

3.6

标准养护 standard curing

试样在温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 95\%$ 条件下的养护。

3.7

膨胀率 expansion ratio

CFB灰或CFB渣土混合料制备成CBR试样，先带模标准养护7d，然后浸水养护7d。浸水养护后试样净增长的高度与CBR试样带模标准养护7d的高度之比，以百分率表示。

4 填筑材料

4.1 一般规定

4.1.1 填筑材料包括 CFB 灰和 CFB 渣土混合料。

4.1.2 CFB 灰和 CFB 渣应符合表 1 的有关规定。

表 1 CFB 灰和 CFB 渣技术指标要求

序号	项目	技术指标
1	总 SO_3 含量/%	≤ 7.5
2	有害氧化钙含量/%	≤ 2.0
3	活性氧化钙含量/%	≤ 4.5
4	氧化镁含量/%	≤ 4.0
5	强度活性指数/%	≥ 70.0

4.1.3 CFB 灰和 CFB 渣宜进行陈化处理，陈化处理时间不少于 3d。

4.1.4 CFB 灰和 CFB 渣浸出液污染物浓度不应超过表 2 规定的最高允许浓度。

表 2 CFB 灰和 CFB 渣浸出液污染物最高允许浓度

序号	污染物	最高允许浓度 (mg/L)
1	总汞	0.05
2	总镉	0.1
3	总铬	1.5
4	六价铬	0.5
5	总砷	0.5
6	总铅	1
7	总镍	1
8	总铍	0.005
9	总银	0.5
10	总铜	0.5
11	总锌	2
12	总硒	0.1
13	氟化物	10

4.1.5 CFB 灰和 CFB 渣的放射性指标应符合 GB 6566 建筑主体材料的有关规定。

4.2 CFB 灰

4.2.1 CFB 灰细度应符合 GB/T 1596 中 II 级粉煤灰的有关规定。

4.2.2 CFB 灰均匀性应符合 GB/T 1596 的有关规定。

4.3 CFB 渣土混合料

4.3.1 CFB 渣不应直接用作路基填筑材料。

4.3.2 CFB 渣土混合料中细粒土掺量应占总质量的 10%~20%。

4.3.3 细粒土应符合 JTG D30 和 JTG/T 3610 的有关规定。

5 路基应用

5.1 填筑设计

5.1.1 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基设计应符合 JTG D30 的有关规定。

5.1.2 CFB 灰和 CFB 渣土混合料的最大干密度和最佳含水率确定, 应符合 JTG 3430 重型击实试验法的有关规定, 闷料时间宜为 4h~6h。

5.1.3 用于路基填筑的 CFB 灰和 CFB 渣土混合料的膨胀率应不大于 0.1%。当膨胀率大于 0.1% 时, 可采用陈化处理, 具体陈化时间需经试验验证。

5.1.4 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基的最小承载比 CBR 应符合表 3 的有关规定。

表 3 最小承载比 CBR

路基名称	最小承载比 CBR (%)
台背回填、上路床	30
其它路基	8

5.1.5 CFB 灰和 CFB 渣土混合料填筑路基的压实度应符合表 4 的有关规定。

表 4 路基压实度标准

路基部位		路面以下深度 (m)	压实度 (%)		
			高速公路、一级公路	二级公路	其它
上路床		0~0.3	≥93	≥93	≥93
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	≥93	≥93	≥90
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥93	≥93	—
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≥93	≥93	≥90
	特重、极重交通	1.2~1.9	≥93	≥93	—
下路堤	轻、中等及重交通	1.5以下	≥93	≥93	≥90
	特重、极重交通	1.9以下			

5.2 填筑施工

- 5.2.1 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基施工可参照 JTG/T 3610 关于粉煤灰路堤和工业废渣路堤，以及 JTG/T 2321 的有关规定。
- 5.2.2 CFB 灰和 CFB 渣土混合料应分层碾压，每层松铺厚度宜 150mm~250mm，碾压至设计厚度后，应覆盖塑料膜或无纺土工布进行保湿养护，养护时间不少于 7d。
- 5.2.3 CFB 灰和 CFB 渣土混合料在摊铺碾压过程中的实际含水率宜为最佳含水率的 1.1 倍~1.2 倍，以利于碾压密实。
- 5.2.4 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基施工是否使用包边土或减少超填宽度可根据试验路段验证结果确定。

6 试验方法

6.1 试验样品制备

称取CFB灰或CFB渣5kg±0.1kg，使用Φ500mm×500mm实验球磨机粉磨至细度满足45μm方孔筛筛余不大于30%，细度测试按GB/T 1345负压筛方法进行，采用四分法缩减样品至所需质量作为试验样品。

粉磨处理得到的试验样品用于本文件4.1.2、4.1.4和4.1.5中CFB灰和CFB渣各项指标测试，强度活性指数测试除外。

6.2 总 SO₃ 含量

按GB/T 5484规定含有亚硫酸钙工业副产石膏方法测试SO₃。

CFB灰或CFB渣总SO₃含量按公式（1）计算，结果保留至0.1%。

$$\omega_s = \frac{(m_2 - m_3) \times 0.343}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ω_s——CFB 灰或 CFB 渣总 SO₃ 含量（%）；

m₁——CFB 灰或 CFB 渣试验样品质量（g）；

m₂——灼烧后沉淀质量（g）；

m₃——空白试验灼烧后沉淀质量（g）。

6.3 有害氧化钙含量和活性氧化钙含量

按GB/T 176乙二醇法测定CFB灰或CFB渣的氧化钙含量为 m_4 ，其中搅拌时间延长至30min，乙二醇-乙醇溶液增加至45ml。按JC/T 478.2生石灰有效氧化钙测定方法测定灰(渣)中的活性氧化钙含量为 m_5 ，其中称取试验样品的质量增加至8.412g。

灰(渣)中有害氧化钙含量按公式(2)计算，结果保留至0.1%。

$$\omega_g = m_4 - m_5 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- ω_g ——有害氧化钙含量(%)；
- m_4 ——按GB/T 176乙二醇法所测CFB灰或CFB渣的氧化钙含量(%)；
- m_5 ——按JC/T 478.2所测CFB灰或CFB渣的活性氧化钙含量(%)。

6.4 氧化镁含量

按GB/T 176进行。

6.5 强度活性指数

按GB/T 1596进行。

6.6 浸出液污染物浓度

按HJ 557规定方法获得浸出液，浸出液污染物测定方法按GB 8978进行。

6.7 放射性

将CFB灰或CFB渣试验样品与符合GB/T 21372要求的硅酸盐水泥熟料按质量比1:1混合均匀，放射性按GB 6566进行。

6.8 膨胀率

按JTG 3430中成型方法制备试样，试样压实度为设计值。所制CBR试样带模标准养护7d，再带模浸水养护7d。按公式(3)计算膨胀率。

$$\omega_e = \frac{m_7 - m_6}{m_6} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- ω_e ——膨胀率(%)；
- m_6 ——CBR试样带模标准养护7d的高度(mm)；
- m_7 ——CBR试样先带模标准养护7d，再带模浸水养护7d的高度(mm)。

6.9 承载比 CBR

按本文件第5.1.2条的有关规定进行最大干密度和最佳含水率测试。按JTG 3430静压成型方法制备CBR试样，试样压实度应符合本文件表4的有关规定。将CBR试样先带模标准养护7d以促进火山灰反应，

再浸水养护4d后,按照JTG 3430进行CBR测试。

7 质量检验

7.1 原材料质量检查

7.1.1 CFB 灰和 CFB 渣以连续供应的日排灰(渣)量为一个检验批。每一检验批为一取样单位。取样方法按 GB/T 12573 进行。取样应有代表性,应连续取样,总量不低于 40kg。试样应混合均匀,按四分法取出 10kg 试样,用防止水分蒸发的容器盛装,密封保存。

7.1.2 同一工程首次使用的 CFB 灰或 CFB 渣,应检验本文件 4.1.2、4.1.4、4.1.5、4.2.1 和 5.1.3 规定的项目。有一项性能不符合规定,允许同批次加倍取样进行复验,若试验结果符合规定则该批 CFB 灰或 CFB 渣可以应用,否则不得使用。

7.1.3 同一工程连续使用的 CFB 灰或 CFB 渣,每一检验批的必检项目为本文件 4.1.2 表 1 中的总 SO_3 含量。有下列情况之一应检验本文件 7.1.2 规定的项目:

- a) 循环流化床锅炉燃煤电厂原料、工艺有较大改变时;
- b) 出厂检验结果与上次检验有较大差异时。

7.1.4 检验报告内容应包括出厂检验批编号、排灰(渣)日期、出厂检验项目。当用户需要时,CFB 灰或 CFB 渣供应方应在灰(渣)发出日起 14d 内寄发各项检验结果。

7.1.5 对原材料质量有争议时,相关单位应将认可的样品签封,送双方认可的第三方质量监督检验机构进行仲裁检验。

7.2 路基质量检验

7.2.1 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基填筑完成 7d 后进行质量检验。

7.2.2 CFB 灰和 CFB 渣土混合料路基压实度应符合本文件表 4 的有关规定,其余路基实测项目应根据 JTG F80/1 和设计文件的有关规定进行质量检验。