

DB13

河北省地方标准

DB 13/T 1510—2012

流态粉煤灰水泥混合料施工技术指南

Guideline of fluid fly ash and cement mixture

2012 - 03 - 22 发布

2012 - 04 - 10 实施

河北省质量技术监督局 发布

前 言

本指南按照GB/T1.1—2009给出的规则起草。

本指南由河北省交通运输厅提出并归口。

本指南由河北省交通规划设计院、河北省道路结构与材料工程技术研究中心负责起草，由河北路桥集团有限公司参与。

本指南起草人：刘桂君、刘中林、焦永顺、王联芳、田文、郭晓华、胡艳民、马磊霞、杨兴杰。

本指南为首次发布。

流态粉煤灰水泥混合料施工技术指南

1 范围

本指南规定了流态粉煤灰水泥混合料的材料、配合比设计、施工工艺、施工质量管理和验收等相关方面的内容。

本指南适用于采用流态粉煤灰水泥混合料施工的路基、台背、基坑、竖井（采空区）、管道等狭小位置回填的施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 8074 水泥比表面积测试方法 勃氏法

JGJ 636 混凝土用水标准

3 术语及定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

流态 fluid

指含水量大，流动性好，且依靠自身的流动性能达到密实的状态。

3.2

粉煤灰水泥混合料 fly ash and cement mixture

指由粉煤灰、水泥、外加剂、水等按一定比例掺配形成的混合料。

3.3

外加剂 admixtures

在流态粉煤灰水泥混合料中起激发粉煤灰活性、早强、减水和微膨胀作用，并能提高混合料使用性能的外掺剂的总称。

3.4

基坑 foundation pit

指为进行道路建筑物基础或地下构筑物的施工所开挖的地面以下空间。

3.5

台背 subgrade back

指大、中、小型桥梁、涵洞、通道及挡墙等结构物与路基接头处附近路基的总称。

4 材料要求

4.1 粉煤灰

4.1.1 粉煤灰的各项技术指标应满足表 1 的要求。

表1 粉煤灰技术指标

项目	指标	试验方法
比表面积 (cm ² /g)	≥2500	GB/T 8074
烧失量 (%)	≤20	GB/T 1596
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ 总含量 (%)	≥70	GB/T 176

4.1.2 用于流态粉煤灰水泥混合料的粉煤灰应洁净、无泥土等杂质。粉煤灰含水量不宜超过 35%，在运输和存放过程中应防止飞扬造成污染。粉煤灰的其他化学和物理特性参见附录 A。

4.2 水泥

4.2.1 用于流态粉煤灰水泥混合料的水泥宜为普通硅酸盐水泥，其各项技术指标应满足 GB 175 的技术要求。

4.2.2 水泥进场时每批量应附有化学成分、物理、力学指标合格的检验证明。

4.3 外加剂

用于流态粉煤灰水泥混合料的外加剂应满足表2的要求。

表2 外加剂的要求

项目		指标	试验方法
比表面积（cm ² /g）		≥3000	GB/T 8074
筛余量（0.08mm）（%）		≤8	GB/T 1596
减水率（%）		≥10	GB 8076
抗压强度比 R（%）	3d	≥120	GB 8076
	7d	≥115	
	28d	≥110	

4.4 水

4.4.1 水的技术指标和试验方法应符合 JGJ 636 要求。

4.4.2 养生用水可不检验可溶物、不溶物、水泥凝结时间差和水泥胶砂强度。

5 配合比设计

5.1 配合比方案制定

5.1.1 根据工程使用部位不同，确定施工配合比。施工配合比确定的主要指标为强度和稠度，强度和稠度要求见表 3。

表3 强度和稠度要求

项目		技术标准
抗压强度（MPa）	7d	≥0.4（或设计值）
	28d	≥0.6（或设计值）
稠度（mm）	高流动性混合料	100~220
	低流动性混合料	80~100

5.1.2 稠度测试方法见附录 B。

5.1.3 抗压强度测试方法见附录 C。

5.1.4 流态粉煤灰水泥混合料的组成设计应根据强度要求，通过试验选取最适宜的粉煤灰，确定必需的水泥剂量和混合料的最佳含水量，在需要改善混合料的物理力学性质时，还应确定外加剂的比例。

5.2 混合料设计

5.2.1 先确定混合料稠度，根据稠度确定水的用量。

5.2.2 分别按表 4 所示 5 种水泥剂量配制同一种流态粉煤灰水泥混合料。

表4 水泥剂量配制

项目	剂量配制（%）				
粉煤灰	90	91	93	95	96
水泥	10	9	7	5	4

5.2.3 测试 7d、28d 抗压强度。

5.2.4 做出稠度-水泥剂量曲线图以及强度-水泥剂量曲线图，选定符合强度、稠度要求且水泥用量最低的配合比作为混合料的配合比。

5.2.5 在保证稠度、强度的条件下，可将用水量或外加剂用量作相应调整。

6 施工工艺

6.1 混合料拌合

6.1.1 混合料拌合前，应测定现场粉煤灰的含水量，根据粉煤灰含水量的检测结果，严格控制各种材料用量，材料用量允许偏差见表 5。

表5 材料用量允许偏差

项目	允许偏差 (%)
水泥	±1
粉煤灰	±3
名称	允许偏差 (%)
水	±2
外加剂	±1
注：各成分均以质量计。	

6.1.2 应根据拌合物的稠度、均质性及强度稳定性试拌，确定最佳拌合时间，拌合设备宜采用 350L 以上水泥混凝土拌合机或泥浆泵，拌合时间不宜少于 50 S。

6.1.3 拌合时，要在拌合场地标识正确的配合比设计，各种衡器均要保证计量准确。

6.1.4 搅拌前先将结块的粉煤灰打碎。

6.1.5 外加剂应以稀释溶液加入，其稀释用水的水量，应从拌合加水量中扣除。

6.2 混合料的运输

6.2.1 如果采用现场拌合，可将混合料通过导流槽导入台背、基坑、竖井、管道等部位。

6.2.2 如果采用拌合场集中拌合时应采用混凝土运输车运输，应保证连续供应、不间断、不离析。

6.3 混合料的浇筑

6.3.1 浇筑工作一般利用混合料的自身流动性充满基坑，也可采用泵送方式进行施工，不需进行振捣；如果面积较大，则应配合人工适当整平和分段下料的方式进行填筑。

6.3.2 浇筑混合料的部位，若无支挡物，宜采用模板进行封堵。浇筑混合料前应对支架、模板进行检查，模板如有缝隙，应填塞严密，模板内面应涂刷脱模剂。

6.3.3 浇筑混合料前，应对基坑进行彻底清理，基坑内应无杂物、积水，基坑底应夯实平整。

6.3.4 混合料应按一定厚度（一般为 40~60cm）、顺序和方向分层浇筑，自由倾落高度不宜超过 2m，否则应使用导流槽或串筒将混合料导入，浇筑过程不宜间断。如果施工出现间断，则浇筑层厚度不宜小于 50cm。

6.3.5 浇筑过程中应人工辅助找平，保证每一浇筑层基本水平，顶面高差不宜超过 10cm；斜面上浇筑混合料时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。

6.3.6 对基坑进行浇筑时，宜回填至路基顶面或设计标高。

6.3.7 气温低于 5℃时，不宜进行混合料施工。

6.4 混合料的养生

6.4.1 混合料浇筑完成后，应覆盖养生养护 7d，保证强度增长，期间应严禁车辆行人通行。

6.4.2 养生期间，由于混合料的收缩作用，表面会产生裂缝，应及时用混合料对裂缝进行处理。

7 施工质量管理和验收

7.1 一般规定

7.1.1 必须建立、健全质量管理体系，实行施工单位自检和质监部门抽检相结合的质量管理制度。检查应做到方法规范、原始资料齐全、数据可靠。检验不合格的部位必须采取补救措施使其达到规定要求，经检查合格后，方可进行下一道工序。养生结束后，应进行全面检查、验收。

7.1.2 工地试验室应能进行相关项目的质量检验，并配备相应的试验设备和仪器。

7.1.3 对浇筑部位的几何尺寸进行严格检查，并留存影像资料。

7.2 施工前的材料与设备检查

7.2.1 施工前必须检查各种材料的来源和质量。对水泥、粉煤灰、外加剂等重要材料，供货单位必须提供最新检测的正式试验报告。所有材料都应按规定取样检测，经质量认可后方可订货。

7.2.2 各种材料都必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本指南技术要求的材料不得进场。水泥以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料 60t 为一批，不足 60t 按 60t 计；粉煤灰以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料 200t 为一批，不足 200t 按 200t 计。

7.2.3 工程开始前，必须对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认，不符合本指南要求时材料不得进场。进场的各种材料的来源、品种、质量应与招标及提供的样品一致，不符合要求的材料严禁使用。

7.2.4 施工前应对各种施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、计量精度等进行认真检查、标定，并得到监理的认可。

7.3 质量控制与管理

7.3.1 评定流态粉煤灰水泥混合料的抗压强度，应以标准养生 28d 龄期的试件为准。试件为边长 707mm×707mm×707mm 的立方体。每 50m³（不足 50m³按 50m³计）混合料制作一组试件，一组为 3 个试件。

7.3.2 需每天在开工后一小时及收工前一小时取混合料，检测稠度和立方体抗压强度。

7.3.3 验收项目和检测频率见表 6。

表6 验收项目和检测频率

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
立方体抗压强度（MPa）	≥0.6（或设计值）	50m ³ 测一组试件
纵断高程（mm）	+10, -20	水准仪：每 200m 测 4 个断面
宽度	不小于设计值	尺量：每 200m 测 4 处
平整度（mm）	15	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺
横坡（%）	±0.5	水准仪：每 200m 测 4 个断面
边坡	不陡于设计值	尺量：每 200m 测 4 处

8 本指南用词说明

对执行条文严格程度的用词采用以下写法。

8.1 表示很严格，非这样不可的用词

正面词用“必须”；反面词用“严禁”。

8.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词用“应”；反面词用“不应”或“不得”。

8.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词用“宜”或“可”；反面词用“不宜”。

附 录 A

(资料性附录)

粉煤灰

粉煤灰具有一定的活性，粉煤灰活性是指粉煤灰具有一定的火山灰质材料的活性，即在调水后本身并不能硬化，但是在与碱性物质混合后，加水拌合，不但能在空气中硬化还能在水中继续硬化的性质。

其活性的本质是基于硅铝质玻璃体在碱性介质中，OH⁻离子打破了AL-O、SI-O键的网络，使聚合度降低成为活性状态，并与Ca(OH)₂反应生成水化铝酸钙和水化硅酸钙，从而生成强度。

粉煤灰在与水泥反应，从力学观点上能产生多种效应：形态效应、活性效应、和微集料效应，早期以形态效应和微集料效应的物理作用为主，后期以化学活性效应为主。

影响活性的因素：主要是玻璃体含量、化学组成、颗粒组成、比表面积和比重。一般而言，玻璃体含量越高，尤其是低铁玻璃体含量越高，活性越好，而石英、莫来石、赤铁矿含量越少越好。颗粒组成越细越好，比表面积越大越好，比重越大形成强度越高。

1) 化学成分

粉煤灰主要成分为SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃及少量的CaO、MgO组成。我省的粉煤灰均属于硅铝型的低钙粉煤灰。

2) 物理性质

粉煤灰的密度为1.8~2.3g/cm³，容重为0.8~1.0g/cm³，其需水量比和细度是影响混合料早期强度因素之一，一般认为细度在45μm下时具有较好的活性。

需水量比指按规定方法测试出来的粉煤灰胶砂需水量与水泥胶砂需水量之比值(%)。

3) 流态水泥粉煤灰反应机理

粉煤灰活性激发的方法及机理主要有加钙处理、碱激发(石灰、水玻璃)、硫酸盐激发、磨细、掺早强剂等。

粉煤灰颗粒在电子显微镜下有四种颗粒单相或多相组合而成：

球形颗粒：这种颗粒表面光滑，呈球形，颗粒直径从0.2~80μm不等，其中20μm以下居多，在粉煤灰中属惰性物质，活性差，吸附能力差；

多孔块状物：颗粒直径100μm，表面多孔隙，这类颗粒比表面积大，活性好具有较强吸附能力；

不规则块状颗粒，无固定形式，表面凸凹不平，大小不一，活性好，吸附能力强；

超微颗粒，一般直径1μm左右，含量较少。

粉煤灰主要成分为酸性氧化物在碱性条件下，可反应生成水化硅酸钙和水化铝酸钙；粉煤灰浸出液PH值一般在6左右，呈弱酸性，在碱性条件下，玻璃体可转化为活性SiO₂和Al₂O₃，在玻璃体表面溶出，这个过程进行缓慢，致使混合料早期强度偏低。

附 录 B
(规范性附录)
稠度测试方法

- B.1** 采用高度 200mm，内径 100mm 的金属坍落度圆筒进行试验。
- B.2** 湿润坍落度筒及底板，坍落度筒内壁和底板上应无明水。底板应放置在坚实水平面上，并把筒放在底板中心，然后用脚踩住两边的脚踏板，坍落度筒在装料时应保持固定的位置。
- B.3** 将新拌的含有要求水泥掺量的流态粉煤灰材料填满于坍落度筒中。
- B.4** 清除筒边底板上的混凝土后，垂直平稳地提起坍落度筒至 15cm 以上，提离过程在 5s 内完成；从开始装料到提离坍落度筒的整个过程应不间断进行，并应在 120s 内完成。
- B.5** 提起坍落度筒后，用钢尺测量拌合物最终的最大直径和最小直径，在这两个直径之差小于 50mm 的条件下，用其算术平均值作为稠度测试值，否则，此次试验无效。拌合物的稠度值以毫米为单位，测量精确至 1mm。

附 录 C

（规范性附录）

抗压强度测试方法

C.1 试件制作与养护

C.1.1 试模尺寸为70.7mm×70.7mm×70.7mm的带底试模。

C.1.2 制作流态粉煤灰试件时，将试模内壁事先涂刷薄层机油或脱模剂。

C.1.3 成型时，将拌制好的混合料一次性装满试模，用捣棒均匀地由边缘向中心按螺旋式插捣25次，插捣过程中如混合料低于试模口，应随时添加，可用油灰刀插捣数次，并用手将试模一边抬高5mm~10mm，各振动5次，使混合料高出试模顶面6mm~8mm。

C.1.4 待表面水分稍干后，将高出试模部分的混合料沿试模顶面刮去并抹平。

C.1.5 试件制作后应在(20±5)℃温度环境下放置一昼夜(24±2)h，当气温较低时，可适当延长时间，但不应超过两昼夜，然后对试件进行编号并拆模。试件拆模后，应在标准养护条件下，继续养护至规定龄期，然后进行试压。

C.1.6 标准养护条件是：温度为(20±3)℃，相对湿度60%~80%；养护期间，试件彼此间隔不少于10mm。

C.2 强度测试

C.2.1 试件从养护地点取出后应及时进行试验。试验前将试件表面擦拭干净，测量尺寸，并检查其外观。并据此计算试件的承压面积，如实测尺寸与公称尺寸之差不超过1mm，可按公称尺寸进行计算。

C.2.2 将试件安放在试验机的下压板（或下垫板）上，试件的承压面应与成型时的顶面垂直，试件中心应与试验机下压板（或下垫板）中心对准。开动试验机，当上压板与试件（或上垫板）接近时，调整球座，使接触面均衡受压。承压试验应连续而均匀地加荷，加荷速度应为每秒钟0.025kN~0.15kN（混合料强度不大于0.5MPa时，宜取下限，混合料强度大于0.5MPa时，宜取上限），当试件接近破坏而开始迅速变形时，停止调整试验机油门，直至试件破坏，然后记录破坏荷载。

混合料立方体抗压强度应按下列式计算：

$$f_{m,cu} = \frac{N_u}{A}$$

式中：

$f_{m,cu}$ ——混合料立方体试件抗压强度（MPa）；

N_u ——试件破坏荷载（N）；

A ——试件承压面积（mm²）。

C.2.3 流态粉煤灰水泥混合料抗压强度应精确至0.01MPa。

C.2.4 以三个试件测值的算术平均值的 1.3 倍作为该组试件的混合料立方体试件抗压强度平均值(精确至 0.1MPa)。

C.2.5 当三个测值的最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时,则把最大值及最小值一并舍除,取中间值作为该组试件的抗压强度值;如有两个测值与中间值的差值均超过中间值的15%时,则该组试件的试验结果无效。
