

煤气化炉渣公路路面基层应用技术规范

Technical specifications for cement stabilized coal gasification
slag mixture base course of highway

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2025.3)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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、符号及代号	1
4 原材料	2
4.1 煤气化炉渣	2
4.2 粉煤灰	3
4.3 其他材料	4
5 配合比设计	4
5.1 一般规定	4
5.2 强度要求	4
5.3 无机结合料的计算和比例	5
5.4 混合料级配及技术要求	5
6 施工	7
6.1 一般规定	7
6.2 存储、拌和与运输	8
6.3 机械摊铺及碾压	9
6.4 养生	9
7 质量检验	10
7.1 原材料检验	10
7.2 混合料检验	10
7.3 施工过程检验	11
7.4 质量检查	11

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。

本文件由宁夏回族自治区交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：宁夏交通建设股份有限公司

宁夏交建交通科技研究院有限公司

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司

宁夏嘉恒绿色低碳新材料科技有限公司

本文件主要起草人：闫 升 惠迎新 王占银 杨建荣 窦占双 袁 明 滕逸伟 王 娜
焦智宇 李 虎 任 斌 李 蓉 刘 祺 郭 瑞 陶智忠 杜乾中

煤气化炉渣公路路面基层应用技术规范

1 范围

本文件规定了公路水泥稳定类煤气化炉渣基层应用的术语和定义、原材料技术指标、配合比设计、施工、质量检验等内容。

本文件适用于各等级公路基层、底基层，市政道路可参照执行。

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 14684	建设用砂
GB/T 14848	地下水质量标准
GB 15618	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 175	通用硅酸盐水泥
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 3838	地表水环境质量标准
GB 5749	生活饮用水卫生标准
HJ 557	固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法
JTG 3432	公路工程集料试验规程
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/T F20	公路路面基层施工技术细则
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义、符号及代号

下列术语和定义、符号及代号适用于本文件。

3.1

煤气化炉渣 coal gasification slag

煤炭在煤气化炉中反应后经冷却排出的固体残渣，不包括水煤浆气化炉渣。

3.2

煤气化炉渣集料 coal gasification slag aggregate

煤气化炉渣制备的集料，集料中粒径小于4.75 mm的为煤气化炉渣细集料，粒径大于等于4.75mm为煤气化炉渣粗集料。

3.3

无机结合料稳定类煤气化炉渣混合物 inorganic binder stabilized gasification slag mixture

采用煤气化炉渣集料代替部分碎石集料，掺入一定量的水泥、粉煤灰、石灰、固废基胶凝材料等无机结合料，加适量的水拌和后得到的混合物。

3.4 符号及代号

XG—煤气化炉渣细集料

G—煤气化炉渣粗集料

4 原材料

4.1 煤气化炉渣

4.1.1 放射性

煤气化炉渣应进行放射性指标检测，内照射指数、外照射指数应不大于1.0%。

4.1.2 选用煤气化炉渣应按照 HJ 557 规定的方法测定特征污染物及其重金属浸出浓度，确定其类别。

4.1.3 选用煤气化炉渣重金属浸出浓度限制应按照 GB/T 14848、GB 3838、GB 15618 的要求执行。

4.1.4 煤气化炉渣细集料规格

煤气化炉渣细集料规格应符合表1的规定。

表1 煤气化炉渣细集料规格要求

规格名称	工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)					公称粒径 (mm)
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.075	
XG1	3~5	100	90~100	0~15	0~5	—	2.36~4.75
XG2	0~3	—	100	90~100	—	0~15	0~2.36
XG3	0~5	100	90~100	—	—	0~20	0~4.75

4.1.5 煤气化炉渣细集料技术指标

煤气化炉渣细集料技术指标应符合表2的规定，试验方法按照JTG 3432执行，且均应符合JTG F20的规定。

表2 煤气化炉渣细集料技术要求

序号	指标	技术要求	试验方法
1	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和Fe ₂ O ₃ 的总含量 (%)	>70	JTG 3441 T 0816

2	烧失量 (%)	≤5	JTG 3441 T 0817
3	硫酸盐含量 (%)	≤0.25	JTG 3432 T 0341
4	塑性指数 (%)	≤17	JTG 3432 T 0354

4.1.6 煤气化炉渣粗集料规格

煤气化炉渣粗集料规格应符合表3的规定。

表3 煤气化炉渣粗集料规格要求

规格名称	工程粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
G1	20~30	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—	19~31.5
G2	15~20	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	13.2~19
G3	10~15	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	9.5~13.2
G4	5~10	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

4.1.7 煤气化炉渣粗集料技术指标

煤气化炉渣粗集料技术指标应符合表4的规定，试验方法按照JTG 3432执行，且均应符合JTG F20的规定。

表4 煤气化炉渣粗集料技术要求

序号	指标	技术要求	试验方法
1	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和Fe ₂ O ₃ 的总含量 (%)	>70	JTG 3441 T 0816
2	烧失量 (%)	≤5	JTG 3441 T 0817
3	压碎值 (%)	≤26	JTG 3432 T 0316
4	针片状颗粒含量 (%)	≤20	JTG 3432 T 0312
5	0.075mm以下粉尘含量 (%)	≤2	JTG 3432 T 0310

4.2 粉煤灰

4.2.1 所采用的粉煤灰宜为煤燃烧后的烟气中收捕下来的细灰，不得采用体积安定性不良的脱硫粉煤灰。

4.2.2 干排或湿排的粉煤灰均可用作基层或底基层的结合料，粉煤灰技术指标应符合表5的规定。

表5 粉煤灰技术要求

序号	指标	技术要求	试验方法
1	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和Fe ₂ O ₃ 的总含量 (%)	>70	JTG 3441 T 0816
2	烧失量 (%)	≤20	JTG 3441 T 0817
3	0.3mm筛孔通过率 (%)	≥90	JTG 3441 T 0818

4	0.075mm筛孔通过率 (%)	≥70	JTG 3441 T 0818
5	湿粉煤灰含水率 (%)	≤35	JTG 3441 T 0801

4.3 其他材料

4.3.1 无机结合料宜采用普通硅酸盐水泥，其强度等级为 32.5 或 42.5，相关技术指标应按 GB 175 的要求执行。

4.3.2 所用无机结合料初凝时间应大于 3h，终凝时间应大于 6h 且小于 10h。

4.3.3 碎石集料应按 JTG/T F20 的要求执行。

4.3.4 作为稳定基层、底基层材料的拌和与养生用水应按 GB 5749 的要求执行。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 应根据公路等级、交通荷载等级、结构形式、路基状况等因素确定路面结构类型。

5.1.2 在配合比设计过程中，煤气化炉渣品质或规格发生变化、结合料品种等发生变化时，应重新进行混合料配合比设计。

5.1.3 确定稳定类煤气化炉渣基层或底基层材料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。

5.1.4 在混合料配合比设计中，应选择不少于 5 个胶凝材料剂量，分别确定各剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度。

5.2 强度要求

5.2.1 应采用 7 d 龄期无侧限抗压强度作为稳定类煤气化炉渣混合料配合比设计的主要指标。

5.2.2 水泥稳定煤气化炉渣混合料 7 d 龄期无侧限抗压强度应符合表 6 的规定。

表6 水泥稳定煤气化炉渣混合料的 7d 无侧限抗压强度标准 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.5~4.0
底基层	高速公路和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
	二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

5.2.3 水泥粉煤灰稳定煤气化炉渣混合料 7 d 龄期无侧限抗压强度应符合表 7 的规定。

表7 水泥粉煤灰稳定煤气化炉渣混合料的 7d 无侧限抗压强度标准 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0
	二级及二级以下公路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.0~3.5
底基层	高速公路和一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
	二级及二级以下公路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0

5.2.4 石灰粉煤灰稳定煤气化炉渣混合料 7 d 龄期无侧限抗压强度应符合表 8 的规定。

表8 石灰粉煤灰稳定煤气化炉渣混合料的 7d 无侧限抗压强度标准 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	≥ 1.1	≥ 1.0	≥ 0.9
	二级及二级以下公路	≥ 0.9	≥ 0.8	≥ 0.7
底基层	高速公路和一级公路	≥ 0.8	≥ 0.7	≥ 0.6
	二级及二级以下公路	≥ 0.7	≥ 0.6	≥ 0.5

5.2.5 无机结合料稳定类煤气化炉渣混合料的弯拉强度宜为 (1.5~2.0) MPa, 弹性模量宜为 (18000~28000) MPa。

5.2.6 宜优先通过原材料技术指标控制和级配优化设计提高稳定类煤气化炉渣混合料的强度, 不宜单纯通过提高无机结合料剂量来提高材料强度。

5.3 无机结合料的计算和比例

5.3.1 水泥稳定类煤气化炉渣混合料的水泥剂量以水泥质量占全部干燥被稳定材料质量的百分率表示, 煤气化炉渣掺配比例不宜超过 40%。

5.3.2 水泥粉煤灰稳定煤气化炉渣混合料应采用质量配合比计算, 以水泥: 粉煤灰: 被稳定材料的质量比表示。水泥: 粉煤灰的比例宜为 1: 3~1: 9, 水泥粉煤灰总质量宜为 12%, 应不大于 18%。

5.4 混合料级配及技术要求

5.4.1 水泥稳定煤气化炉渣基层或底基层混合料的级配可采用表 9 的级配范围。其中, 用于高速公路和一级公路时, C-B-1 级配宜用于基层和底基层, C-B-2 级配宜用于基层, 混合料密实时也可采用 C-B-3; 用于二级及二级以下公路时, C-B-3 级配宜用于基层和底基层。

表9 水泥稳定煤气化炉渣碎石基层或底基层级配范围 (%)

筛孔尺寸 (mm)	C-B-1	C-B-2	C-B-3
37.5	—	—	—
31.5	—	—	100
26.5	100	—	—
19	86~82	100	86~68
16	79~73	93~88	—
13.2	72~65	86~76	—
9.5	62~53	72~59	58~38
4.75	45~35	45~35	32~22
2.36	31~22	31~22	32~22
1.18	22~13	22~13	—
0.6	15~8	15~8	15~8
0.3	10~5	10~5	—
0.15	7~3	7~3	—
0.075	5~2	5~2	3~0

5.4.2 水泥粉煤灰稳定煤气化炉渣基层或底基层混合料的级配可采用表 10 中的级配范围。其中，用于高速公路和一级公路底基层时，对极重、特重交通荷载等级，级配宜采用 CF-A-2S；用于二级及二级以下公路底基层时，对极重、特重交通荷载等级，级配宜采用 CF-B-2S。

表10 水泥粉煤灰稳定煤气化炉渣碎石基层或底基层级配范围 (%)

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	
	CF-A-1S	CF-A-2S	CF-B-1S	CF-B-2S
37.5	—	—	100	—
31.5	100	—	100~90	100
26.5	95~90	100	93~80	100~90
19	84~72	88~79	81~64	86~70
16	79~65	82~70	75~57	79~62
13.2	72~57	76~61	69~50	72~54
9.5	62~47	64~49	60~40	62~42
4.75	40~30	40~30	32~22	32~22
2.36	28~19	28~19	32~22	32~22
1.18	20~12	20~12	—	—
0.6	14~8	14~8	15~8	15~8
0.3	10~5	10~5	—	—
0.15	7~3	7~3	—	—
0.075	5~2	5~2	3~0	3~0

5.4.3 石灰粉煤灰稳定煤气化炉渣基层或底基层混合料的级配可采用表 11 中的级配范围。其中，用于二级及二级以下公路底基层时，各档被稳定材料总质量宜不小于 70%，并符合表 11 中 LF-B-1L 和 LF-B-2L 的规定。对极重、特重交通荷载等级，可选择符合表 11 中 LF-B-2L 和 LF-B-2S 的规定。

表11 石灰粉煤灰稳定煤气化炉渣碎石基层或底基层级配范围（%）

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	
	LF-A-1S	LF-A-2S	LF-B-1S	LF-B-2S
37.5	—	—	100	—
31.5	100	—	100~90	100
26.5	95~91	100	94~81	100~90
19	85~76	89~82	83~67	87~73
16	80~69	84~73	78~61	82~65
13.2	75~62	78~65	73~54	75~58
9.5	65~51	67~53	64~45	66~47
4.75	45~35	45~35	50~30	50~30
2.36	31~22	31~22	36~19	36~19
1.18	22~13	22~13	26~12	26~12
0.6	15~8	15~8	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	—	—
0.15	7~3	7~3	—	—
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前应制订环境保护方案，严格执行国家环境保护法律法规。

6.1.2 水泥稳定类煤气化炉渣基层或底基层混合料应集中厂拌，摊铺工艺推荐摊铺机摊铺。

6.1.3 对于边角部位施工，混合料拌和方式应与主线相同，可采用推土机摊铺，平地机整平的人工方式摊铺，并与主线同步碾压成型。

6.1.4 对稳定类煤气化炉渣混合料，宜在 2h 之内完成碾压成型，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为混合料的施工控制时间。

6.1.5 稳定类煤气化炉渣混合料结构层施工应选择适宜的气候环境，针对宁夏地区气候变化制定相应的处置预案。

6.1.6 应将室内重型击实法确定的干密度作为压实度评价的标准密度。

6.1.7 水泥稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准应符合表 12 的规定。

表12 水泥稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准（%）

公路等级	水泥稳定类煤气化炉渣碎石基层			
高速公路和一级公路	基层	≥98	底基层	≥97
二级及二级以下公路		≥97		≥95

6.1.8 水泥粉煤灰稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准应符合表 13 的规定。

表13 水泥粉煤灰稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准（%）

公路等级	水泥粉煤灰稳定类煤气化炉渣碎石基层			
高速公路和一级公路	基层	≥97	底基层	≥97
二级及二级以下公路		≥95		≥95

6.1.9 S 石灰粉煤灰稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准应符合表 14 的规定。

表14 石灰粉煤灰稳定类煤气化炉渣材料基层、底基层压实标准（%）

公路等级	石灰粉煤灰稳定类煤气化炉渣碎石基层			
高速公路和一级公路	基层	≥98	底基层	≥97
二级及二级以下公路		≥97		≥95

6.1.10 稳定类煤气化炉渣混合料基层和底基层正式施工前，均应铺筑试验段，长度应大于 200 m。

6.1.11 试验段各项指标合格后，方可正式施工。试验段不满足技术要求时，应重新铺设试验段。施工设备、施工组织及施工关键参数应通过试验段确定。

6.2 存储、拌和与运输

6.2.1 工程所需的原材料严禁混杂，应独立存放，并有明显的标志。

6.2.2 煤气化炉渣存储要求应按 GB 18599 的要求执行。

6.2.3 拌和用粉煤灰可选用干粉煤灰或湿粉煤灰，干粉煤灰存储、拌和宜采用散装立式水泥料仓，湿粉煤灰存储、拌和宜采用集料料仓。

6.2.4 在正式拌制混合料之前，应先调试所用的设备，特别是粉煤灰料仓生产计量的稳定性，使混合料的级配组成和含水率都达到配合比设计的规定要求。原材料的颗粒组成发生变化时，应重新调试设备。

- 6.2.5 煤气化炉渣混合料拌合时，产量不宜超过拌合设备最大产量的 2/3。
- 6.2.6 当天气炎热或运距较远时，集中厂拌的水泥稳定煤气化炉渣碎石混合料拌和时宜适当增加含水率。混合料的含水率可高于最佳含水率 0.5 %~1 %。
- 6.2.7 应根据工程量的大小和运距的长短，配备足够数量的混合料运输车。运输车装料前应清理干净车厢，不得存在杂物。运输车装好料后，应用篷布将厢体覆盖严密，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。
- 6.2.8 从拌和机向运料车上装料时，应多次挪动汽车位置，平衡装料，以减少混合料离析。
- 6.2.9 稳定类煤气化炉渣碎石混合料基层材料的拌和方式及运输其他要求应按 JTG/T F20 的要求执行。

6.3 机械摊铺及碾压

- 6.3.1 应在下承层施工质量检测合格后，开始摊铺上层结构层。
- 6.3.2 在施工期间，两台摊铺机的前后间距不宜大于 10 m，且两个施工段面纵向应有 300mm~400 mm 的重叠。
- 6.3.3 混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm。
- 6.3.4 在稳定类煤气化炉渣混合料结构层施工时，应在混合料处于或略高于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时，碾压时的含水率可比最佳含水率增加 0.5 %~1 %。
- 6.3.5 摊铺机须缓慢均连续不间断地摊铺不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度，减少混合料的离析。
- 6.3.6 稳定类煤气化炉渣混合料基层或底基层材料机械摊铺及碾压其他要求应按 JTG/T F20 的要求执行。

6.4 养生

- 6.4.1 稳定类煤气化炉渣混合料碾压完成并经压实度检测合格后，应及时养生。
- 6.4.2 养生可采取洒水养生、薄膜覆盖养生、土工布覆盖养生、铺设湿砂养生、草帘覆盖养生、洒铺乳化沥青养生等方式，宜结合实际情况选择适宜的方式。
- 6.4.3 稳定类煤气化炉渣混合料养生期宜不少于 7 d。

6.4.4 养生期间应封闭交通，除洒水车辆外严禁其他车辆通行，洒水车的行驶速度应小于 20 km/h。

7 质量检验

7.1 原材料检验

7.1.1 在施工前以及在施工过程中，煤气化炉渣等原材料或混合料发生变化时，应检验施工拟采用的原材料或混合料。

7.1.2 用作基层和底基层的煤气化炉渣集料应按表 15 所列试验项目和要求检测评定。

表15 煤气化炉渣集料技术要求

序号	指标	频率	试验方法
1	含水率	每天使用前测2个样品	JTG 3441 T0801/T0803
2	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和Fe ₂ O ₃ 的总含量（%）	使用过程中每2000m ³ 测2个样品	JTG 3441 T0816
3	烧失量（%）		JTG 3441 T0817
4	硫酸盐含量（%）		JTG 3432 T0341
5	塑性指数（%）		JTG 3432 T0354
6	级配		JTG 3432 T0327
7	重金属离子	做配合比设计及材料发生变化时每批次煤气化炉渣测2个样品	GB/T 25824、HJ 557

7.1.3 煤气化炉渣集料取样方法、取样数量、试样缩分按 GB/T 14684 的要求执行。

7.1.4 用作基层和底基层的其他材料应按 JTG/T F20 的要求执行。

7.1.5 原材料试验结果中，有一项性能不满足本标准要求，允许同批次加倍取样进行复验，若试验结果满足要求则该批次产品合格；否则，判定为不合格。

7.2 混合料检验

水泥稳定类煤气化炉渣碎石混合料应按表16所列试验项目和要求检测评定。

表16 基层和底基层混合料试验项目和要求

序号	试验项目	目的	频率	试验方法
1	重型击实试验	确定最佳含水率和最大干密度	材料发生变化时	T0804
2	抗压强度试验	施工期间质量评定	每批次配合比试验时	T0805
3	延时时间	确定施工允许的延迟时间	水泥品种变化时	T0805
4	绘制EDTA标准曲线	有效控制施工过程中水泥剂量	水泥品种或配合比变化时	T0809

7.3 施工过程检验

- 7.3.1 对于集中厂拌、摊铺机摊铺的施工工艺，应按后场与前场划分，按照 JTG/T F20 的要求执行。
- 7.3.2 在现场碾压结束后应及时检测压实度，压实度检测应采用整层灌砂试验方法，灌砂深度应与现场摊铺厚度一致。
- 7.3.3 压实度检测中，测定的含水率与规定含水率的绝对误差应不大于 2 %；不满足要求时，应分析原因并采取必要的措施。
- 7.3.4 基层材料应钻取芯样检验其整体性，取芯龄期为 7 d，芯样应按 JTG/T F20 的要求执行。
- 7.3.5 设计强度大于 3 MPa 的稳定类煤气化炉渣碎石混合料的完整芯样应切割成标准试件，检测强度。
- 7.3.6 其他施工过程检验应按照 JTG/T F20 的要求执行。

7.4 质量检查

- 7.4.1 质量检查内容应包括工程完工后的外形检查和质量检查两部分。
- 7.4.2 外观检查和质量检查均应按照 JTG/T F20 的要求执行。
- 7.4.3 质量验收应按照 JTG F80/1 的要求执行。
-