

重庆市工程建设标准

生活垃圾焚烧炉渣集料路用技术标准

Technical standard for road application of municipal
solid waste incineration bottom ash aggregate

DBJ50/T-561-2026

主编单位：重 庆 大 学

重庆绿茵恒源环保科技有限公司

批准部门：重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期：2 0 2 6 年 11 月 15 日

2026 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2026〕31号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《生活垃圾焚烧炉渣集料路用技术 标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建委、双桥经开区建设局、经开区生态环境建管局,有关单位:

现批准《生活垃圾焚烧炉渣集料路用技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-561-2026,自 2026 年 11 月 15 日起施行。标准文本可在标准备案后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆大学负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2026 年 8 月 5 日

重庆工程建设

前 言

为了推动生活垃圾焚烧炉渣集料的发展,引导生活垃圾焚烧炉渣的资源化利用,更好的规范我市生活垃圾焚烧炉渣集料在道路工程中应用的设计、施工和验收,根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2023 年度重庆市工程建设标准制定修订项目计划的通知》(渝建标〔2023〕31 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,在认真总结近年来工程实践经验并广泛征集意见的基础上,结合我市实际情况,参考国内相关标准,制定了本标准。

本标准的主要技术内容:总则;术语;基本规定;材料性能;组成设计;生产与运输;施工;质量检验与验收;附录 A。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆大学负责具体技术内容的解释。在本标准执行过程中,请各单位注意收集资料,总结经验,并将有关意见和建议反馈给重庆大学(地址:重庆大学材料科学与工程学院,邮编:400045,电话:023-65126472;邮箱:linwen.yu@cqu.edu.cn)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主 编 单 位：重庆大学

重庆绿茵恒源环保科技有限公司

参 编 单 位：健研检测集团重庆有限公司

重庆交通大学

重庆科技大学

重庆建筑工程职业学院

中冶建工集团重庆混凝土工程有限公司

重庆建工住宅建设有限公司

重庆市建筑业协会

中建八局第二建设有限公司

重庆设计集团有限公司

重庆市智翔铺道技术工程有限公司

重庆市北碚区森林火灾预防中心

重庆永渝检测技术有限公司

中冶建工集团两江建设有限公司

重庆莱胜建设工程有限公司

重庆市綦江区市场建筑安装有限公司

重庆金隅大成新都会有限公司

主要起草人员：杨长辉 余林文 朱传钦 吴太祥 李 贞

张武龙 张明涛 阳江英 班克成 方 睿

卢延东 聂 飞 黄春蕾 饶 毅 胡奇凡

唐德莎 冯兴征 蒋旺民 程 瑞 万姝君

叶建雄 向晓斌 李彪生 杨 文 张 意

罗东升 刘 攀 严小康 余江勇 陈汉林

王 勇 段后红 杨 凯 殷昆鹏 周 欢

主要审查人员：吴国雄 王 圃 谢厚礼 庄 炀 唐 娜

赵本坤 吴 桐

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	材料性能	5
4.1	生活垃圾焚烧炉渣集料	5
4.2	其他原材料	6
4.3	路基与垫层用生活垃圾焚烧炉渣填料	7
4.4	石灰粉煤灰稳定材料	8
4.5	水泥稳定材料	9
4.6	水泥粉煤灰稳定材料	11
5	组成设计	12
6	生产与运输	14
6.1	生产	14
6.2	运输	14
7	施工	16
7.1	路基与垫层施工	16
7.2	基层与底基层施工	17
8	质量检验与验收	20
8.1	原材料质量检验	20
8.2	工程质量验收	21
附录 A	生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 pH 值和 Cl^- 含量的检测方法	22
	本标准用词说明	26
	引用标准名录	27
	条文说明	29

重庆工程建设

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
4	Material properties	5
4.1	Municipal solid waste incineration bottom ash aggregate	5
4.2	Other raw materials	6
4.3	Municipal solid waste incineration bottom ash filler for subgrade and cushion	7
4.4	Lime and fly ash stabilized material	8
4.5	Cement stabilized material	9
4.6	Cement and fly ash stabilized material	11
5	Mix design	12
6	Production and transportation	14
6.1	Production	14
6.2	Transportation	14
7	Construction	16
7.1	Construction of subgrade and cushion	16
7.2	Construction of base and subbase	17
8	Quality inspection and acceptance	20
8.1	Quality inspection of raw materials	20
8.2	Engineering quality acceptance	21
Appendix A	Test method for pH value and Cl^- content of leaching solution from municipal solid waste incineration bottom ash aggregate	22

Explanation of Wording in this standard.....	26
List of quoted standards.....	27
Explanation of provisions.....	29



1 总 则

1.0.1 为规范生活垃圾焚烧炉渣集料在道路工程中的应用,做到统一设计、安全可靠、技术先进、环境友好、经济合理,保证工程质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于生活垃圾焚烧炉渣集料在道路路基、垫层、底基层及基层中的应用。

1.0.3 生活垃圾焚烧炉渣集料在道路工程中的应用,除应符合本标准的规定外,尚应符合国家、行业及重庆市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 生活垃圾焚烧炉渣 municipal solid waste incineration bottom ash

生活垃圾焚烧过程中产生的焚烧残渣、漏渣及锅炉灰的混合物。

2.0.2 生活垃圾焚烧炉渣集料 municipal solid waste incineration bottom ash aggregate (BAA)

生活垃圾焚烧炉渣经分选、破碎、除铁、除铝、筛分等加工处理后,得到的具有一定颗粒级配和物理力学性能的无机颗粒料。

2.0.3 热灼减率 loss of ignition

生活垃圾焚烧炉渣集料在规定温度下灼烧至恒重后,减少的质量占原试样干燥质量的百分数。

2.0.4 生活垃圾焚烧炉渣集料稳定材料 BAA stabilized material

以石灰、粉煤灰或水泥为无机结合料,以生活垃圾焚烧炉渣集料和普通集料为主要被稳定材料,通过加水拌合、压实和养生后具有一定强度的混合料。

2.0.5 石灰粉煤灰稳定材料 lime and fly ash stabilized material

以石灰和粉煤灰作为主要无机结合料,掺配有一定比例的生活垃圾焚烧炉渣集料和普通集料,通过加水拌合、压实和养生后具有一定强度的混合料。

2.0.6 水泥稳定材料 cement stabilized material

以水泥作为主要无机结合料,掺配有一定比例的生活垃圾焚烧炉渣集料和普通集料,通过加水拌合、压实和养生后具有一定强度的混合料。

2.0.7 水泥粉煤灰稳定材料 cement and fly ash stabilized material

以水泥和粉煤灰作为主要无机结合料,掺配有一定比例的生活垃圾焚烧炉渣集料和普通集料,通过加水拌合、压实和养生后具有一定强度的混合料。

3 基本规定

3.0.1 生活垃圾焚烧炉渣集料使用过程中应采取有效措施控制扬尘污染和水污染。

3.0.2 生活垃圾焚烧炉渣集料不得用于距离饮用水源不足100m范围内的道路工程。地下水位较深的,基层应位于地下水最高水位标高至少1m以上,且应满足相关环保要求。

3.0.3 采用生活垃圾焚烧炉渣集料的路基工程、路面基层施工,应进行隔水、防渗及排水系统设计,防止雨水、地表水渗入结构内部;施工遇降雨时,应采取临时覆盖措施,并加强现场排水。

3.0.4 生活垃圾焚烧炉渣集料应每年进行一次型式检验以及本标准规定的放射性和浸出液中砷、铅、锌、铜、镉、总铬、六价铬、锰、镍的浓度检测,并提供相关检测报告。

3.0.5 生活垃圾焚烧炉渣集料宜与其他集料搭配使用改善其性能,使其质量满足现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20和现行地方标准《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078规定的技术要求。

3.0.6 生活垃圾焚烧炉渣集料填筑路基应采用重型击实标准确定其最大干密度和最佳含水量。

4 材料性能

4.1 生活垃圾焚烧炉渣集料

4.1.1 生活垃圾焚烧炉渣集料放射性核素限量应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

4.1.2 生活垃圾焚烧炉渣集料应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 生活垃圾焚烧炉渣集料的技术要求

序号	指标	技术要求			检验方法
		垫层	底基层	基层	
1	含水量(%)	≤10			JTG 3432 (T 0332 或 T 0305)
2	表观密度(kg/m³)	≥2300			JTG 3432 (T 0328 或 T 0308)
3	压碎值(%)	≤40	快速路、主干 路≤30 其他≤35	快速路、主干 路≤28 其他≤30	JTG 3432 (T 0350 或 T 0316)
4	热灼减率(%)	≤3			CJ/T 531
5	硫化物及硫酸盐含量(%) ^a	≤2.0			JTG 3432 (T 0341)
6	磁性金属残余率(%)	<10			GB/T 25032
7	单质铝含量(%)	<0.5			GB/T 25032
8	单质铝残余率(%)	<20			GB/T 25032
9	重有色金属残余率(%)	<15			GB/T 25032
10	浸出液 pH 值	6~10			附录 A
11	浸出液 Cl ⁻ 含量(%)	≤0.8			附录 A

续表 4.1.2

序号	指标	技术要求			检验方法
		垫层	底基层	基层	
12	浸出液砷含量(mg/L) ^b	0.5			GB/T 15555.3
13	浸出液铅含量(mg/L) ^b	1.0			HJ 786
14	浸出液镉含量(mg/L) ^b	0.1			HJ 786
15	浸出液总铬含量(mg/L) ^b	1.5			GB/T 15555.5
16	浸出液六价铬含量(mg/L) ^b	0.5			GB/T 15555.4
17	浸出液铜含量(mg/L) ^b	2.0			HJ 751
18	浸出液镍含量(mg/L) ^b	1.0			HJ 751
19	浸出液锌含量(mg/L) ^b	5.0			HJ 786
20	浸出液锰含量(mg/L) ^b	5.0			GB/T 11911

注：^a硫化物及硫酸盐含量以 SO₃ 计；

^b按现行行业标准《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》HJ 557 规定的方法制备浸出液。

4.1.3 生活垃圾焚烧炉渣集料公称最大粒径：用于基层时应不大于 31.5mm，用于底基层时应不大于 37.5mm。

4.1.4 基层与底基层用生活垃圾焚烧炉渣混合料宜选用粒径 0mm~5mm 或 0mm~10mm 的炉渣集料，具体掺量应通过试验确定。

4.1.5 生活垃圾焚烧炉渣细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 20%。

4.2 其他原材料

4.2.1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

4.2.2 石灰、粉煤灰、粗集料和细集料应符合现行行业标准《公

路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 和现行地方标准《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078 的规定。

4.2.3 外加剂应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 的规定。

4.2.4 宜采用饮用水进行拌和与养护。当使用非饮用水时,水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 和《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 的规定。

4.3 路基与垫层用生活垃圾焚烧炉渣填料

4.3.1 作为路基填料时,生活垃圾焚烧炉渣集料路基填料的 CBR 值应符合设计要求,当设计无规定时,其最小值应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 生活垃圾焚烧炉渣集料路基填料 CBR 值要求

填方类型	路床顶面以下深度 (cm)	最小 CBR 值(%)	
		城市快速路、主干路	其他等级道路
上路床	$\geq 0, < 30$	8.0	6.0
下路床	$\geq 30, < 80$	5.0	4.0
上路堤	$\geq 80, < 150$	4.0	3.0
下路堤	≥ 150	3.0	2.0

4.3.2 垫层宜采用生活垃圾焚烧炉渣集料与碎石、机制砂等其它集料按设计级配进行掺配,混合后的矿料级配宜符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 生活垃圾焚烧炉渣集料垫层矿料级配组成

序号	筛孔尺寸(方孔 mm)	通过筛孔的质量百分率(%)
1	53	100
2	37.5	85~100

续表 4.3.2

序号	筛孔尺寸(方孔 mm)	通过筛孔的质量百分率(%)
3	31.5	69~88
4	19	40~65
5	9.5	19~43
6	4.75	10~30
7	2.36	8~25
8	0.6	6~18
9	0.075	0~10

4.3.3 生活垃圾焚烧炉渣集料与碎石、机制砂等其它集料掺配混合制备的垫层材料压碎值应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 垫层材料压碎值要求

道路等级	垫层材料压碎值(%)
城市快速路、主干路	≤26
其他等级道路	≤30

4.4 石灰粉煤灰稳定材料

4.4.1 石灰粉煤灰稳定材料中矿料粒径应小于 37.5mm。

4.4.2 生活垃圾焚烧炉渣集料与其他集料混合后,集料中硫化物及硫酸盐含量(以 SO_3 计)应不大于 0.8%。

4.4.3 生活垃圾焚烧炉渣集料与碎石混合后,级配应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 生活垃圾焚烧炉渣碎石级配

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率(%)	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
37.5	—	100

续表 4.4.3

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率(%)	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
31.5	100	85~100
19.0	85~100	65~85
9.5	55~75	50~70
4.75	39~59	35~55
2.36	27~47	25~45
1.18	17~35	17~35
0.60	10~25	10~27
0.075	0~10	0~15

4.4.4 石灰粉煤灰稳定材料的 7 d 龄期无侧限抗压强度应满足设计要求,无设计要求时应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 石灰粉煤灰稳定材料强度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层(MPa)	≥ 1.0	≥ 0.8
底基层(MPa)	≥ 0.7	≥ 0.6

4.5 水泥稳定材料

4.5.1 当作基层时,水泥稳定材料中矿料粒径应小于 31.5mm;当做底基层时,对城市快速路和主干路,矿料最大粒径应小于 37.5mm,对次干路及以下道路,矿料最大粒径应小于 53mm。

4.5.2 生活垃圾焚烧炉渣集料与其他集料混合后,集料硫化物及硫酸盐含量(以 SO_3 计)应不大于 0.25%。

4.5.3 生活垃圾焚烧炉渣集料与碎石混合后,级配应符合表

4.5.3 的规定。

表 4.5.3 生活垃圾焚烧炉渣碎石级配

筛孔尺寸(mm)	通过质量百分率(%)			
	底基层		基层	
	次干路和支路	城市快速路、 主干路	次干路和支路	城市快速路、 主干路
53	100	—	—	—
37.5	—	100	100	—
31.5	—	90~100	—	100
26.5	—	—	66~100	90~100
19.0	—	67~90	54~100	72~89
9.5	—	45~68	39~100	47~67
4.75	50~100	29~50	28~84	29~49
2.36	—	18~38	20~70	17~35
1.18	—	—	14~57	—
0.60	17~100	8~22	8~47	8~22
0.075	0~50	0~7	0~30	0~7

4.5.4 水泥稳定材料的 7 d 龄期无侧限抗压强度应满足设计要求,无设计要求时应符合表 4.5.4 的规定。

表 4.5.4 水泥稳定材料强度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层(MPa)	4.0~6.0	2.5~4.0
底基层(MPa)	2.0~3.0	1.5~2.5

4.6 水泥粉煤灰稳定材料

4.6.1 水泥粉煤灰稳定材料用于城市快速路、主干路基层时,矿料公称最大粒径应小于 26.5mm,用于城市快速路、主干路底基层时,矿料公称最大粒径应小于 31.5mm。

4.6.2 水泥粉煤灰稳定材料用于次干路和支路基层时,矿料公称最大粒径应小于 31.5mm,用于次干路和支路底基层时,矿料公称最大粒径应小于 37.5mm。

4.6.3 生活垃圾焚烧炉渣集料与其他集料混合后,集料硫化物及硫酸盐含量(以 SO_3 计)应不大于 0.25%。

4.6.4 水泥粉煤灰稳定材料的 7d 龄期的无侧限抗压强度应满足设计要求,无设计要求时,应符合表 4.6.4 的规定。

表 4.6.4 水泥粉煤灰稳定材料强度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层(MPa)	3.5~4.5	2.5~4.0
底基层(MPa)	2.0~3.0	1.5~2.5

5 组成设计

5.0.1 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料组成设计应按设计要求,选择技术经济合理的混合料类型和配合比,满足其强度、工作性和耐久性要求。

5.0.2 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料组成设计应包括原材料检验、目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数确定。

5.0.3 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料应满足本标准第4章规定的强度要求,设计有要求时尚应检验其抗冲刷性能。

5.0.4 采用7d龄期无侧限抗压强度作为生活垃圾焚烧炉渣稳定材料强度试验指标。试验方法应按现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG 3441执行。

5.0.5 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料强度试验时,平行试验的最少试件数量应符合表5.0.5规定。试验结果的变异系数大于表中规定值时,应重做试验或增加试件数量。

表 5.0.5 平行试验的最少试件数量

材料类型	变异系数要求		
	$\leq 6\%$	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$
细粒材料	6	—	—
中粒材料	—	9	—
粗粒材料	—	—	13

5.0.6 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料应根据试验结果,按式5.0.6计算强度代表值 R_d^0 。

$$R_d^0 = \bar{R} \cdot (1 - Z_a C_v) \quad (5.0.6)$$

式中: Z_a ——标准正态分布表中随保证率或置信度而变的系数,城市快速路和主干路取保证率95%,即 $Z_a = 1.645$;

次干路和支路应取保证率 90%, 即 $Z_a = 1.282$;

$\bar{R}$ ——一组试验的强度平均值;

C_v ——一组试验的强度变异系数。

5.0.7 强度数据处理时, 宜按 3 倍标准差的标准剔除异常数值。细、中粒材料异常值不超过 1 个, 粗粒材料异常值不超过 2 个。异常值超过上述规定的试验重做。

5.0.8 强度代表值 R_d^0 应不小于强度标准值 R_d , 见式 5.0.8。当 $R_d^0 < R_d$ 时, 应重新进行配合比试验。

$$R_d^0 \geq R_d \quad (5.0.8)$$

5.0.9 石灰粉煤灰稳定材料比例可采用表 5.0.9 的推荐值。

表 5.0.9 石灰粉煤灰稳定材料配合比

消石灰(%)	粉煤灰(%)	生活垃圾焚烧炉渣集料(%)	碎石(%)
6~10	12~20	5~20	50~77

5.0.10 水泥粉煤灰稳定生活垃圾焚烧炉渣集料时, 水泥与粉煤灰的质量比宜为 1:3~1:5, 水泥粉煤灰质量总和与炉渣碎石质量总和比例宜为 20:80~15:85。

5.0.11 水泥稳定材料配合比试验推荐水泥试验剂量可采用表 5.0.11 中的推荐值。

表 5.0.11 水泥稳定材料配合比试验推荐水泥试验剂量

条件		推荐水泥试验剂量(%)
基层	$R_d \geq 5.0 \text{ MPa}$	5、6、7、8、9
	$R_d < 5.0 \text{ MPa}$	3、4、5、6、7
底基层		3、4、5、6、7

5.0.12 无机结合料配合比中各材料的比例均为完全干燥材料的质量比。

5.0.13 生活垃圾焚烧炉渣混合料目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数确定应按照现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定进行。

6 生产与运输

6.1 生产

6.1.1 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料应在搅拌站集中拌制。

6.1.2 各类原材料应按品种、规格分仓存储,并设置明显的标志。存储场地应硬化、平整,并设有完善的排水、隔水及防雨淋设施。

6.1.3 在拌制各类生活垃圾焚烧炉渣稳定材料之前,应检查原材料的质量,测定其含水率,并应根据检验结果调整生产配合比。

6.1.4 原材料称量应采用自动电子计量设备,并应严格按照生产配合比进行计量。生产过程中,不得随意变更经设计确定的配合比。

6.1.5 各类生活垃圾焚烧炉渣稳定材料应拌和均匀,并无明显细料分离的现象。

6.1.6 天气炎热或运距较远时,生活垃圾焚烧炉渣稳定材料拌合时宜适当增加含水率。对稳定中、粗粒材料,混合料的含水率可高于最佳含水率 0.5~1 个百分点;对稳定细粒材料,混合料的含水率可高于最佳含水率 1~2 个百分点。

6.1.7 搅拌站应提供产品合格证及粒料级配、混合料配合比、无侧限抗压强度的检测报告。

6.2 运输

6.2.1 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料运输车装料前应清理干净车厢,不得存有杂物。

6.2.2 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料运输车装好料后,应用篷布

将厢体覆盖严密,卸料时方可打开。

6.2.3 水泥稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石从装车到运输至现场,时间宜不超过 1h,超过 2h 时应作为废料处理。

6.2.4 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料装料过程中应采取措施减小混合料的离析。

7 施 工

7.1 路基与垫层施工

7.1.1 采用生活垃圾焚烧炉渣集料填筑路基时,应进行试验路段施工,试验路段应选择地质条件、路基断面型式等具有代表性的地段,长度宜不小于 200m。

7.1.2 生活垃圾焚烧炉渣集料填料填筑前应对原地基进行处理,清除杂物、压实,并经验收合格。

7.1.3 应采用分层填筑、分层压实的方法。每层松铺厚度应根据压实机具效能通过试验段确定,且不宜超过 300mm,压实后的厚度不宜超过 250mm。

7.1.4 每层压实后,应及时检测压实度,每 1000m² 不少于 1 组 (3 点),每填筑 2m 宜检测路线中线、宽度和高程,合格后方可进行上一层施工。

7.1.5 生活垃圾焚烧炉渣集料填筑路基时,路基压实度应符合表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 生活垃圾焚烧炉渣集料路基填筑压实度质量要求

填挖类型		路面底面以下深度 (m)	压实度 (%)		
			快速路和主干路	次干路	支路
路堤	路床	$\geq 0, < 0.8$	≥ 96	≥ 95	≥ 94
	上路堤	$\geq 0.8, < 1.5$	≥ 94	≥ 94	≥ 93
	下路堤	≥ 1.5	≥ 93	≥ 92	≥ 90
零填及挖方路基		$\geq 0, < 0.3$	≥ 96	≥ 95	≥ 94

7.1.6 垫层厚度应根据道路等级、交通荷载和路基土质情况确定,宜大于 150mm,重载交通路段宜为 200mm~300mm。

- 7.1.7 垫层应设置完善的排水系统,应与边缘排水系统相连接,宽度不宜小于基层底面(设计上路床)的宽度。
- 7.1.8 垫层施工应在路基施工质量检验合格后方可进行。
- 7.1.9 垫层在施工过程中,应加强对路基排水设施的保护。
- 7.1.10 垫层铺筑后应严格限制车辆通行,保护垫层不受破坏。
- 7.1.11 路基垫层压实度应符合表 7.1.11 的规定:

表 7.1.11 生活垃圾焚烧炉渣集料路基垫层填筑压实度质量要求

试验项目	城市道路等级			
	快速路	主干路及承受重交通荷载的次干路	次干路及承受中交通荷载的支路	支路
压实度(%)	≥97	≥96	≥95	≥94

7.2 基层与底基层施工

7.2.1 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料的摊铺宜采用专用摊铺机械摊铺。对无法使用机械摊铺的超宽路段,应采用人工同步摊铺、修整,并同时碾压成型。

7.2.2 在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象,及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位,并用新拌混合料填补。

7.2.3 生活垃圾焚烧炉渣稳定材料摊铺时,应保持连续。对水泥稳定材料,因故中断时间大于 2h 时,应设置横向接缝,并应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

7.2.4 应碾压至表面平整,无明显轮迹。

7.2.5 石灰粉煤灰稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石的压实度应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 石灰粉煤灰稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石压实度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层	$\geq 97\%$	$\geq 96\%$
底基层	$\geq 96\%$	$\geq 95\%$

7.2.6 水泥稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石的压实度应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 水泥稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石压实度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层	$\geq 98\%$	$\geq 97\%$
底基层	$\geq 97\%$	$\geq 96\%$

7.2.7 水泥粉煤灰稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石的压实度应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 水泥粉煤灰稳定生活垃圾焚烧炉渣碎石压实度要求

结构层位	道路等级	
	城市快速路、主干路	次干路和支路
基层	$\geq 98\%$	$\geq 97\%$
底基层	$\geq 97\%$	$\geq 96\%$

7.2.8 生活垃圾焚烧炉渣混合料的养生期应不少于 7d。养生方式可采用洒水、覆盖保湿膜、土工布或湿砂等方法,应始终保持结构层表面处于湿润状态。

7.2.9 养生期间应封闭交通,除洒水车 and 小型通勤车辆外严禁其他车辆通行,施工车辆行驶速度应小于 40km/h。养生 7d 后,施工需要通行重型货车时,应有专人指挥,按规定的车道行驶,车速不应大于 15km/h,且轴载应不大于 13t。

7.2.10 山区路段路基填筑应进行专项边坡稳定性分析与设计。当填方边坡坡度大于 1:1.5 或原地表横坡大于 15% 时,应在原地面开挖宽度不小于 2.0m 的台阶,并优先采用土工格栅等加筋材料进行分层加筋处理,以增强整体稳定性。

7.2.11 生活垃圾焚烧炉渣集料用于路基施工尚应符合现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610 的要求。

8 质量检验与验收

8.1 原材料质量检验

8.1.1 原材料进场时,应按规定批次验收型式检验报告、出厂检验报告和合格证等质量证明文件。

8.1.2 原材料进场时,应进行进场检验。

8.1.3 生活垃圾焚烧炉渣集料进场检验的项目应包括表观密度、压碎值、小于 0.075mm 的颗粒含量,对于石灰、水泥稳定炉渣碎石用集料,还应检验 SO_4^{2-} 含量。同产地、同规格连续进场的炉渣集料每 400t 为一检验批,不足 400t 仍以一批计。

8.1.4 石灰进场检验的项目为有效氧化钙和氧化镁含量。同厂家、同产地连续进场的石灰每 100t 为一检验批,不足 100t 仍以一批计。堆放时间超过一个月应复验。

8.1.5 水泥进场检验的项目为凝结时间、安定性、胶砂强度。同厂家、同强度等级、同品种、同批号且连续进场的水泥,袋装水泥每 200t 为一验收批,散装水泥每 500t 为一验收批;不足上述数量时,也按一验收批计。存放时间超过三个月应复验。

8.1.6 其他集料进场检验的项目包括压碎值、颗粒级配、含泥量和针片状颗粒含量。同产地、同品种、同规格连续进场的集料每 400t 为一检验批,不足 400t 仍以一批计。不同品种、不同规格的集料应分别进行检验。

8.1.7 外加剂进场检验的项目包括减水率、凝结时间差和抗压强度比。同品种、同规格连续进场的外加剂每 50t 为一检验批,不足 50t 仍以一批计。

8.2 工程质量验收

8.2.1 在生产和施工过程中,应对生活垃圾焚烧炉渣稳定材料进行抽样检验,相同的炉渣稳定材料每 200m^3 检验不少于 1 次。

8.2.2 工程质量验收应按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTGF80-1、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1 和现行地方标准《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078 的规定进行。

附录 A 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 pH 值和 Cl^- 含量的检测方法

A.1 目的和适用范围

A.1.1 为规范生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液的制备、炉渣集料浸出液酸碱度(pH 值)及氯离子(Cl^-)的测定,特制定本检测方法。

A.1.2 本检测方法适用于测定生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液的酸碱度和 Cl^- 含量

A.2 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液的制备

A.2.1 用于生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液制备的仪器如下:

- 1 台秤:称量 1kg~2kg,量感 0.1g;
- 2 研钵、锥形瓶、量筒、布氏漏斗、滤纸等。

A.2.2 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液制备步骤如下:

1 取样:每组样品质量应不少于 60kg。从料堆取样时,取样部位应均匀分布。在料堆的顶部、中部和底部选取均匀分布的多个不同部位,取样前先将取样部位表面铲除,然后由各部分抽取大致相等的炉渣共 10 份,混合均匀,组成一组试样;

2 将所取生活垃圾焚烧炉渣集料试样经研钵研碎,在 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下恒温 8h。待试样冷却后,用台秤准确称取通过 1mm 孔筛的炉渣集料试样 50.0g;

3 放入干燥锥形瓶中,用量筒准确加入蒸馏水 250mL,加塞,振荡 3min,制得炉渣悬浊液;

4 采用装有滤纸的漏斗进行过滤,制得炉渣浸出液;

5 再次按照以上步骤制得炉渣平行浸出液;

6 将炉渣集料浸出液置于密封的玻璃瓶内,在室温下避光保存。

A.2.3 生活垃圾焚烧炉渣浸出液制备完成后,应在 24h 内完成测试。

A.3 生活垃圾焚烧炉渣浸出液 pH 值的测试

A.3.1 用于生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 pH 值测定的仪器如下:

- 1 带温度补偿功能的 pH 值测试计,pH 值精度 0.01;
- 2 烧杯、玻璃棒、滤纸等。

A.3.2 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 pH 值的测定步骤如下:

1 pH 值测试计的校正:在测定炉渣前应按照所用仪器的使用说明书校正 pH 值测试计;

2 将 25mL~35mL 的生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液盛于 50mL 烧杯中,将 pH 值测试计探头插入溶液中,待 pH 值测试计显示区数字稳定后读取一次数值;将 pH 值测试计从浸出溶液中取出,用水冲洗干净,将滤纸擦干探头,再次将 pH 值测试计探头插入滤渣平行浸出溶液中,待 pH 值测试计显示区数字稳定后读取一次数值。

A.3.3 试验结果整理如下:

- 1 两次 pH 值差不超过 0.1;
- 2 取两次数值的平均值作为炉渣浸出液的 pH 值。

A.4 生活垃圾焚烧炉渣浸出液 Cl^- 含量的测试

A.4.1 用于生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 Cl^- 含量测定的仪器与试剂如下:

- 1 仪器:酸滴定管(25mL)、锥形瓶、玻璃棒等;

2 试剂:

(1) 0.04mol/L 硝酸银标准溶液(保存于棕色瓶中);

(2) 0.02mol/L 碳酸氢钠溶液;

(3) 50g/L 铬酸钾指示剂:将 5g 铬酸钾溶于水中,逐滴加入 1mol/L 硝酸银标准溶液至刚有红色沉淀生成为止,放置过夜后,过滤,稀释至 100mL。

A.4.2 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 Cl^- 含量的测定步骤如下:

1 用移液管吸取浸出液 25mL 注入锥形瓶,向炉渣浸出液中逐滴加入 0.02mol/L 碳酸氢钠至溶液刚变为黄色(pH 值=7),再加铬酸钾指示剂 5 滴;

2 用 25mL 滴定管加入 0.04mol/L 硝酸银,随滴随摇,直至生成的砖红色沉淀不再消失为止;

3 记录所用硝酸银的毫升数(V);

4 按照上述步骤测试炉渣平行浸出液中的 Cl^- 含量。

A.4.3 试验结果整理如下:

1 生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液 Cl^- 含量按照式(A.4.3-1)和式(A.4.3-2)计算;

$$x_1 = \frac{V \times c}{m} \times 1000 \quad (\text{A.4.3-1})$$

$$w_{\text{Cl}} = x_1 \times 0.03545 \times 10 \quad (\text{A.4.3-2})$$

式中: x_1 ——生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液中氯离子的物质的量含量(mmol/kg);

w_{Cl} ——生活垃圾焚烧炉渣集料浸出液中氯离子的质量百分比(%);

c ——硝酸银标准溶液的浓度(mol/L);

V ——滴定用硝酸银溶液体积(mL);

m ——相当于分析时所浸出溶液体积的生活垃圾焚烧炉渣集料质量(g);

0.03545—— Cl^- 的摩尔质量(kg/mol)。

2 精度与误差应满足：

(1)两次 Cl^- 含量数值差不超过 0.01g/kg ；

(2)取两次数值的平均值作为炉渣浸出液的 Cl^- 含量。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3
- 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 《污水综合排放标准》GB 8978
- 《水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法》GB/T 11911
- 《固体废物 砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法》
GB/T 15555.3
- 《固体废物 六价格的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T
15555.4
- 《固体废物 总铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T
15555.5
- 《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB 18485
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599
- 《生活垃圾焚烧炉渣集料》GB/T 25032
- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 《生活垃圾焚烧灰渣取样和检测方法》CJ/T 531
- 《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》HJ 557
- 《固体废物 镍和铜的测定 火焰原子吸收分光光度法》HJ 751
- 《固体废物 铅、锌和镉的测定 火焰原子吸收分光光度法》HJ
786
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《公路工程集料试验规程》JTG 3432
- 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG 3441
- 《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610
- 《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20

《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30

《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1

《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078



重庆市工程建设标准

生活垃圾焚烧炉渣集料路用技术标准

DBJ50/T-561-2026

条文说明

2026 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	33
2	术语	34
3	基本规定	35
4	材料性能	36
4.1	生活垃圾焚烧炉渣集料	36
4.2	其他原材料	39
4.3	路基与垫层用生活垃圾焚烧炉渣填料	39
4.4	石灰粉煤灰稳定材料	40
4.5	水泥稳定材料	40
4.6	水泥粉煤灰稳定材料	40
5	组成设计	42
6	生产与运输	45
6.1	生产	45
6.2	运输	46
7	施工	47
7.1	路基与垫层施工	47
7.2	基层与底基层施工	48
8	质量检验与验收	50
8.1	原材料质量检验	50
8.2	工程质量验收	51

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为规范生活垃圾焚烧炉渣集料在重庆市道路工程中的安全、环保与高效应用,特制定本标准。旨在将生活垃圾焚烧炉渣转化为可靠的道路工程建设用集料,促进循环经济发展,同时确保工程结构安全、技术先进、经济合理。

1.0.2 本标准适用于重庆市新建、改建和扩建道路工程,明确将生活垃圾焚烧炉渣集料的应用范围限定于路基、垫层、基层及底基层等结构层。涵盖了从材料技术要求、组成设计、生产施工到质量检验与验收的技术要求。

1.0.3 生活垃圾焚烧炉渣集料的路用涉及材料、环保、设计及施工验收等多方面。本条文规定,除符合本标准外,必须同时遵守国家及重庆市现行相关的标准和规定。当其他标准规定严于本标准时,应从严执行。

2 术 语

2.0.1 本条明确了生活垃圾焚烧炉渣在本标准中的具体定义,指生活垃圾经焚烧后从炉排系统收集的主要固体残余物。规定生活垃圾焚烧炉渣的组成是生产后续路用集料的原料基础,区别于飞灰等其它焚烧产物。

2.0.2 本条定义了“生活垃圾焚烧炉渣集料”为原生生活垃圾焚烧炉渣经过系列物理加工(分选、破碎、筛分等)后得到的成品。强调了“加工处理”环节是使其满足道路工程集料技术要求的必要过程。

2.0.3 热灼减率是评价生活垃圾焚烧炉渣集料的关键指标之一,主要反映其中残留的可燃物含量。

2.0.4 本条定义了生活垃圾焚烧炉渣稳定材料是以生活垃圾焚烧炉渣集料为主要骨料之一,和机制砂、碎石等普通集料搭配使用,通过无机结合料稳定的各类混合料的统称,涵盖了本标准后续条文中的水泥稳定、石灰粉煤灰稳定等多种具体材料类型。

2.0.5~2.0.7 2.0.5~2.0.7 规定了本标准所指的稳定材料均为包含了生活垃圾焚烧炉渣集料和机制砂、碎石等普通集料的稳定材料。

3 基本规定

3.0.1 生活垃圾焚烧炉渣集料在生产、运输、堆放及使用过程中可能产生粉尘,其浸出液也可能影响水质。本条文强调全过程环境管控的要求,旨在从源头减少对大气和水环境的潜在影响。

3.0.2 基于环境风险预防原则制定。生活垃圾焚烧炉渣集料长期浸水可能加剧其中有害物质的浸出,对水体和土壤造成污染。规定与水源地的安全距离,是为有效保护饮用水源安全,划定明确的环境敏感区禁用红线。生活垃圾焚烧炉渣集料在道路工程中的应用,除应符合本标准规定以外,还应满足环保的相关要求。

3.0.3 水是影响生活垃圾焚烧炉渣集料路基耐久性和环境安全的关键因素。本条文要求设计隔水层、防渗层及完善的内外排水系统,主动控制水分侵入,从而保障路基结构长期稳定。雨水直接冲刷会导致材料流失、含水率剧增和强度下降,针对重庆多雨的气候特点,规定雨季施工时,采取有效的临时覆盖与防水措施,旨在降低施工质量风险。

3.0.4 规定生产厂家的送检责任,是监控生活垃圾焚烧炉渣集料质量和环境安全性的重要手段。

3.0.5 生活垃圾焚烧炉渣集料与其他集料搭配使用,有利于保证集料质量。

3.0.6 明确生活垃圾焚烧炉渣集料填筑路基的压实控制标准。重型击实标准能获得更高的最大干密度,以此作为压实度计算基准,有利于提高路基的密实度、承载能力和整体稳定性,是保证路基工程质量的关键环节。

4 材料性能

4.1 生活垃圾焚烧炉渣集料

4.1.1 放射性合格是保证生活垃圾焚烧炉渣集料安全使用的重要前提。

4.1.2 表 4.1.2 各项指标的制定,主要基于以下四方面依据:1. 确保各结构层的基本力学性能与路用功能;2. 保障工程的长期耐久性;3. 控制环境安全风险;4. 结合炉渣集料自身的材料特性及重庆市地理气候特点。具体指标的依据说明如下:

1 含水量($\leq 10\%$):

此指标主要用于控制生产、运输和储存环节的材料状态。过高的含水量会导致材料结团、装卸困难,在拌和稳定材料时难以精确控制总含水量,影响压实与强度形成。限值 10% 参考了常规集料的出厂控制标准及施工可操作性要求。

2 表观密度($\geq 2300\text{kg/m}^3$):

表观密度反映材料的密实程度和矿物组成。较高的密度通常意味着材料更为密实、坚硬,孔隙率低,有助于提升混合料的整体密度和力学性能。

3 压碎值:

压碎值直接衡量集料抵抗压碎的能力,是评价其力学强度和韧性的关键指标。

垫层($\leq 40\%$):垫层主要起扩散荷载、排水或隔水作用,受力相对较小,故要求较低。

底基层($\leq 35\%$):底基层承受来自基层的荷载并向下扩散,受力大于垫层,因此要求提高。

基层($\leq 30\%$):基层直接承受行车荷载,应力水平最高,故要

求最严格。

此分级要求与现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中对不同层位集料压碎值的分级理念一致,并针对炉渣集料的特性进行了具体数值的适配,旨在确保各结构层在预期荷载下不发生严重的颗粒破碎,保持结构稳定。

4 热灼减率($\leq 3\%$):

热灼减率表征炉渣中残留的可燃物(主要为未燃尽有机物)含量。过高的可燃物含量意味着材料化学不稳定,可能在长期使用中缓慢氧化或分解,导致体积变化、强度衰减或产生有害气体。限值 $\leq 3\%$ 参考了现行国家标准《生活垃圾焚烧炉渣集料》GB/T 25032 中对炉渣热灼减率的控制要求,旨在保证炉渣集料具有足够的化学稳定性和体积稳定性,适用于道路工程。

5 硫化物和硫酸盐的危害主要体现在高浓度硫酸盐侵蚀可能导致体积膨胀、开裂,破坏结构。

用于石灰稳定类时($\leq 0.8\%$):石灰对硫酸盐侵蚀相对不敏感,故限值较宽。

用于水泥稳定类时($\leq 0.25\%$):水泥水化产物易受硫酸盐侵蚀,因此要求极为严格。此限值参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的严格限制标准,旨在从根本上杜绝硫酸盐侵蚀风险,确保水泥稳定层的长期耐久性。

6 磁性金属残余率、单质铝含量、单质铝残余率和重有色金属残余率均参考现行国家标准《生活垃圾焚烧炉渣集料》GB/T 25032 的规定。

7 浸出液 pH 值($\leq 6\sim 10$):

生活垃圾焚烧炉渣浸出液通常呈碱性。过高的 pH 值(强碱性)不仅对环境(土壤、水体)可能造成影响,也可能与某些结合料(如沥青)或周围土体发生不良反应。限定 $\text{pH} \leq 10$,是基于对炉渣浸出液一般碱性的控制,并参考了相关环保标准中对腐蚀性($\text{pH} \geq 12.5$ 为危险废物)的界定,留出了安全余量,确保材料环境

友好。

8 Cl^- 含量($\leq 0.8\%$):

生活垃圾焚烧炉渣内 Cl^- 极易浸出,当用于路基填筑时,可能对周边土壤和水源质量产生不利影响。各国对炉渣浸出液中 Cl^- 浓度的限制各有不同,如丹麦对第一类固体废物(可直接用于建筑 and 施工) Cl^- 的浸出量限值为 150mg/L ,对第三类固体废物(可替代沥青混合料、混凝土中的石料,炉渣集料即属此类) Cl^- 的浸出量限值为 3000mg/L ;荷兰对炉渣 Cl^- 的浸出量限值为 880.7mg/L ;德国对炉渣 Cl^- 的浸出量限值为 2500mg/L 。

9 浸出液中重金属含量:

根据重庆市生活垃圾的特点,确定了需要检验的重金属种类。测试方法是依据现行国家标准《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599 中规定:第一类和第二类一般工业固体废物均应按现行行业标准《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》HJ 557 规定的方法获得浸出液,测试结果按照现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 进行评价。

表 4.1.2 中各项技术指标构成了一个相互关联的质量控制体系,共同确保炉渣集料在不同结构层应用中,既能满足力学性能与耐久性要求,又能有效管控其作为再生材料可能带来的环境风险。指标的差异化设定,充分体现了道路工程“材料性能与结构功能需求相匹配”的核心设计原则。所有指标的检测方法均引用了现行有效的国家、行业标准或本标准附录,保证了检验的规范性和结果的可靠性。

4.1.3 规定公称最大粒径上限,主要基于道路结构层设计厚度与施工压实工艺。限制粒径可保证摊铺均匀性、压实密实度,并防止过大颗粒在碾压中破碎或导致离析,确保层体整体性。

4.1.4 该粒径范围材料比表面积大,有助于与水泥、石灰等结合料更好作用,填充粗骨料间隙,改善混合料和易性、均匀性。

4.1.5 过高粉料会显著增加混合料最佳含水率、干缩性,削弱骨

料间嵌挤力,并可能包裹粗颗粒影响界面粘结,对强度、水稳性及抗裂性产生不利影响。该限值主要参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中对细集料 0.075mm 以下颗粒含量的控制要求。

4.2 其他原材料

4.2.1~4.2.4 本节规定了水泥、石灰、粉煤灰、粗细集料、外加剂及拌和用水的技术要求。这些材料与生活垃圾焚烧炉渣集料共同构成混合料,其质量必须符合国家及行业现行相关产品标准及重庆市地方标准。原材料性能的稳定是保证最终混合料设计与施工质量的基础,严禁使用不合格材料。

4.3 路基与垫层用生活垃圾焚烧炉渣填料

4.3.1 规定了生活垃圾焚烧炉渣作为路基填料时,在不同道路等级及深度下的最小 CBR 值要求。CBR 是评价填料承载强度的关键指标,此要求旨在确保炉渣路基具备足够的承载力和抵抗变形的能力,为路面结构提供均匀稳定支承。

4.3.2 提供了生活垃圾焚烧炉渣垫层材料的建议级配范围。良好的级配可使颗粒间形成密实嵌挤结构,从而提高垫层的承载能力、荷载扩散性能以及排水或隔水功能(视设计目的),是实现垫层结构功能的关键。

4.3.3 根据道路等级规定了垫层材料的压碎值要求。压碎值反映材料抵抗破碎的能力,更严格的限值(如快速路、主干路 $\leq 26\%$)适用于重载交通道路,以确保垫层在长期车辆荷载下保持结构完整性,避免因颗粒破碎导致层状失效。本条规定了生活垃圾焚烧炉渣集料与碎石、机制砂等其它粗、细集料掺配混合制备的垫层材料应满足的压碎值指标。

4.4 石灰粉煤灰稳定材料

4.4.1~4.4.4 4.4.1~4.4.4 规定了石灰粉煤灰稳定材料的矿料最大粒径、级配范围及 7d 无侧限抗压强度标准。技术要求主要依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中的相关规定,并结合炉渣集料特性进行适配。重庆市生活垃圾焚烧炉渣集料中的硫化物和硫酸盐含量(以 SO_3 含量计)通常在 1.5%~1.8% 之间,但其一般与机制砂、碎石等普通骨料混合使用,混合集料中硫化物和硫酸盐含量(以 SO_3 含量计)与总集料质量比应不大于 0.8%,符合现行标准的要求。强度标准根据道路等级与结构层位进行差异化设定,旨在保证该材料用于基层/底基层时具有足够的承载强度与耐久性,其特点是后期强度增长显著,收缩较小。

4.5 水泥稳定材料

4.5.1~4.5.4 本节规定了水泥稳定材料的矿料级配与 7d 抗压强度要求。参照现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中水泥稳定材料的技术体系,并根据炉渣掺入特点进行了级配优化。强度标准范围针对不同道路等级与层位进行了细化,基层要求高于底基层。该材料早期强度高,但收缩相对较大,设计与施工时需注意控制裂缝。混合集料中硫化物和硫酸盐含量(以 SO_3 含量计)与总集料质量比应不大于 0.25%,符合现行标准的要求。

4.6 水泥粉煤灰稳定材料

4.6.1~4.6.4 本节规定了水泥粉煤灰稳定材料的矿料最大粒径与 7d 抗压强度要求。该材料结合了水泥的早强性和粉煤灰的后

期贡献,性能较为均衡。技术指标的制定参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 及水泥粉煤灰稳定材料的相关经验,强度标准介于水泥稳定与二灰稳定材料之间,适用于对早期强度有一定要求且需兼顾长期性能的路段。

5 组成设计

5.0.1 本条明确了配合比设计的总体原则与目标。旨在通过科学设计,使混合料在满足本标准第4章强度等性能要求的前提下,实现原材料的经济、合理利用,为施工提供可靠依据。参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中配合比设计的基本指导思想。

5.0.2 本条将完整的配合比设计过程划分为四个逻辑阶段。该流程遵循现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定,旨在系统性地从理论配比过渡到生产控制,最终确定施工参数,确保设计成果能够准确、稳定地指导实际生产与施工。

5.0.3 本条为配合比设计的核心强制性要求。设计得出的混合料其7天无侧限抗压强度代表值必须满足本标准表4.4.4、4.5.4及4.6.4中的相应标准,这是保证结构层承载能力的根本,若设计有抗冲刷要求时,还应检验其抗冲刷性。

5.0.4 本条规定了强度验证的方法。现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG 3441 规定强度试验时,应按现场压实度标准采用静压法成型试件,试件的高径比应为1:1。

5.0.5 本条规定了强度试验的最少试件数量要求,以保证试验结果的统计可靠性。参考现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG 3441 的规定。

5.0.6 本条规定了强度代表值的计算公式。该公式采用数理统计方法,在平均强度基础上,根据试验变异系数和规定的保证率进行折减。公式及保证率系数(Z_a)均直接引用自现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20,旨在保证工程整体强度水平。

5.0.7 本条明确了强度试验数据的处理原则。采用“3 倍标准差法”剔除异常值是工程试验中常用的统计方法,其依据是现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG 3441 等规范,旨在排除偶然误差干扰,保证数据集的代表性。同时限制剔除数量以防过度处理。

5.0.8 本条给出了配合比强度合格与否的判定标准。强度代表值 R_d^0 必须大于等于设计标准值 R_d (即第四章各表中的值)。若不满足,则证明该组配合比不合格,必须分析原因(如材料变化、级配不佳等)并重新进行设计,直至满足要求。

5.0.9 本条提供了石灰粉煤灰稳定材料的初始(试验)配合比参考范围。该范围基于现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中二灰稳定材料的常用比例,并结合炉渣集料特性调整得出。实际工程中应以此范围为起点,通过试验最终确定最佳比例。

5.0.10 本条提供了水泥粉煤灰稳定材料的配合比设计指导参数。水泥与粉煤灰的质量比(1:3~1:5)及总结合料与骨料的质量比(15:85~20:80)参考了同类材料工程经验,旨在平衡早期强度与长期性能、经济性与收缩性。需通过试验验证。

5.0.11 本条为水泥稳定炉渣碎石的配合比试验提供了初始水泥剂量选择建议。该表参考现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20,根据设计强度标准 R_d 的高低,给出了不同的剂量试验序列。设计时宜从表中选取 3~5 个剂量进行试验,以绘制强度-剂量关系曲线,确定满足要求的最小经济剂量。

5.0.12 本条明确了配合比表达中的基本规则。所有材料比例均为“干燥状态”下的质量比,这是无机结合料稳定材料配合比设计的通用约定(现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20),为材料计量提供了统一的基准,避免了因材料含水波动造成的配比混乱。

5.0.13 本条指明了配合比设计各阶段具体操作应遵循的详细

规范。目标配合比设计、生产配合比设计及施工参数确定(如最佳含水量、最大干密度、松铺系数等)的方法、步骤和验证要求,均应严格按照现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 执行,确保设计过程的规范性与结果的可靠性。

6 生产与运输

6.1 生产

6.1.1 本条强调混合料必须集中厂拌。依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 规定,集中拌和利于精确控制配合比、确保拌和均匀性及质量稳定,是保证无机结合料稳定材料质量的关键前提,禁止路拌。

6.1.2 本条规定了原材料的规范存储要求。分类分仓、场地硬化与排水隔离等措施,旨在防止材料混杂、污染及受潮(特别是炉渣集料),参考现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 对拌和场地的通用规定,是生产合格混合料的基础保障。

6.1.3 本条是生产前必要的质量控制环节。测定原材料(尤其是炉渣集料与天然集料)的实时含水率,是动态调整施工配合比、确保拌和后混合料含水率接近最佳值的关键步骤,依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的生产控制要求。

6.1.4 本条对生产计量设备与配比纪律提出强制性要求。采用自动计量是保证配合比准确性的必要条件;严禁随意变更经设计验证的配合比,是确保成品混合料性能符合设计预期的根本。

6.1.5 本条是对混合料拌和均匀性的直观检验要求。拌和均匀是混合料获得预期强度的基础,“无明显细料分离”是现场快速判断拌和和质量的基本标准,参考了稳定材料生产的通用质量控制经验。

6.1.6 本条是针对高温天气或长距离运输的施工补偿措施。适当增加含水率可部分补偿运输过程中的水分蒸发损失,旨在避免混合料运抵现场时过于干燥,影响摊铺与压实效果,依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的相关规定。

6.1.7 本条明确了搅拌厂(或供应商)应提供的质量证明文件。产品合格证及关键参数是混合料“出厂”的质量标识,也是施工方进行进场核查和追溯的依据,符合建设工程材料管理的通用规定。

6.2 运 输

6.2.1 本条规定运输车辆的基本清洁要求,目的是防止车厢内杂物混入混合料,影响其均匀性和洁净度,该条是保证材料在运输环节不受污染的基本措施。

6.2.2 本条强制要求运输过程全程覆盖。覆盖可有效减少水分蒸发、防止扬尘污染环境,并避免雨淋导致含水率剧增,是保证混合料工作性稳定和环保施工的重要环节。

6.2.3 本条是对水泥稳定类材料运输时间的限制。旨在控制从拌和到摊铺碾压的总时间,确保在水泥初凝前完成施工,避免因延迟导致强度损失,时间要求严于普通稳定材料,参考了水泥稳定材料的快凝特性。本条参考现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的相关要求。

6.2.4 本条要求在装料环节减少离析。采用正确的装料顺序(如前后移动车辆分次装料)可减轻粗细集料在车厢内的空间分离,是保证摊铺均匀性的第一道控制,依据常规施工工艺要求。

7 施 工

7.1 路基与垫层施工

7.1.1 本条强制要求路基填筑前先铺试验段。目的是通过试验段确定机械组合、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关键工艺参数,为大规模施工提供依据。

7.1.2 本条强调填筑前对下承层(原地基)的处理与验收。确保下承层平整、坚实、排水良好是保证新填筑层质量的基础,避免因下承层软弱或不均匀导致路基沉降,是路基施工的通用必要程序。

7.1.3 本条规定了分层填筑压实的基本工艺参数。分层厚度直接影响压实效果,过厚难以压实均匀。松铺厚度通过试验确定,以适应炉渣集料的特性。

7.1.4 本条明确了分层验收的制度。每层压实后立即检测压实度、高程等指标,合格后方可进行上层施工,是实施过程控制、确保最终路基整体质量的关键环节,属于施工质量管理的通用原则。

7.1.5 本条规定了炉渣集料路基各部位的压实度标准。表格根据道路等级和路基深度进行了差异化要求,标准值主要参照现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 中对路基压实度的规定,并考虑了重型击实标准。

7.1.6 本条对垫层厚度给出指导性范围。最小厚度 150mm 为保证其有效扩散应力的结构需要;重载路段增加厚度(200mm~300mm)是基于力学计算与工程经验的加强措施,依据路面结构设计原理。

7.1.7 本条强调垫层与排水系统的有效连接。垫层常兼具排水或隔水功能,其宽度延伸至基层边缘或与盲沟相连,旨在保证内部

水能被迅速引排,防止滞留软化路基,参考了道路排水设计原则。

7.1.8 本条明确了垫层施工的工序条件。必须在路基验收合格后进行,体现了“下承层合格是上层施工前提”的施工逻辑,避免路基质量问题被掩盖或影响垫层施工质量。

7.1.9 本条要求在垫层施工中保护既有排水设施。防止施工机械或材料损坏已完成的边沟、盲沟等,确保排水系统在施工期间及工后保持有效,是文明施工与成品保护的要求。

7.1.10 本条是对垫层的交通管制要求。垫层材料在形成整体强度前易被车辆破坏,故需严格限制非施工车辆通行,以保护施工成果,此要求与常规垫层施工规定一致。

7.1.11 本条规定了垫层材料的压实度标准。标准值略高于同等级道路的下路堤要求,体现了垫层作为路面结构一部分需具备较高压实度与稳定性的需求,依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 及《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 对垫层质量的要求制定。

7.2 基层与底基层施工

7.2.1 本条推荐基层混合料采用专用摊铺机作业。依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 对高等级道路基层施工的设备要求,摊铺机可保证摊铺的均匀性、平整度和初始压实度,是提高基层施工质量与效率的关键设备。人工同步摊铺与修整旨在保证这些机械不易操作区域的摊铺质量,做到与机械摊铺段落同步成型、整体性一致。

7.2.2 及时铲除粗集料“窝”并用新料填补,是消除摊铺过程缺陷、保证基层材料均匀性的必要人工辅助措施,属于保证面层平整度和结构均匀性的通用施工工艺。在摊铺上一层前,应保证下一层表面湿润、洁净。必要时,可采用洒水或喷洒水泥净浆等界面处理措施,以增强层间粘结。

7.2.3 本条强调了摊铺作业的连续性和对水泥稳定材料的中断处理。在摊铺上一层前,应保证下一层表面湿润、洁净。必要时,可采用洒水或喷洒水泥净浆等界面处理措施,以增强层间粘结。连续摊铺减少纵向冷接缝;中断超 2 小时需设横向施工缝,并按现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 规定处理,是为防止产生薄弱接缝,影响基层整体性。

7.2.4 “表面平整、无明显轮迹”是碾压充足、压实度达到要求的外部直观表现,也是为上一结构层提供平整工作面的基础,依据通用施工质量检验标准。

7.2.5~7.2.7 7.2.5~7.2.7 分别规定了三种不同类型稳定材料的压实度标准。标准值根据结合料类型(水泥类要求最高)和道路等级差异化设定,主要参照现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中各类稳定材料基层/底基层的压实度规定,是控制施工碾压质量的核心指标。

7.2.8 7 天养生期是保证水泥、石灰等无机结合料完成早期水化硬化、形成足够强度的关键时间,依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 及材料特性制定。养生期内保持湿润至关重要。

7.2.9 封闭交通旨在避免车辆对未形成足够强度的结构层造成扰动、压坏或产生裂缝,洒水车等特许车辆也应慢速通行,此为保基层成型质量的通用强制性措施。

7.2.10 本条是针对山区陡坡路基的专项技术规定。开挖台阶和采用土工格栅加筋是提高陡坡路段填挖结合部整体稳定性、防止滑移的常用有效工程措施。

8 质量检验与验收

8.1 原材料质量检验

8.1.1 本条规定了原材料进场时文件验收的要求。查验有效的型式检验报告、出厂检验报告及合格证,是确认产品合规性、建立质量可追溯性的首要环节,符合《建设工程质量管理条例》及材料验收的通用管理规定。

8.1.2 仅凭文件不能完全代表进场材料的实际质量,必须进行抽样检测,防止不合格材料流入施工现场,是过程质量控制的关键步骤,依据工程施工质量验收统一标准的基本要求。

8.1.3 本条明确了生活垃圾焚烧炉渣集料进场检验的主控项目。表观密度、压碎值直接影响混合料力学性能;小于 0.075mm 颗粒含量影响水稳性; SO_4^{2-} 含量过高会对水泥/石灰材料的耐久性产生危害。这些项目是针对炉渣集料路用特性的关键质量控制点。以 400t 为一检验批,参考了现行地方标准《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078 中对集料检验批量的常规规定,并考虑了炉渣集料作为大宗物料的进场规模,在保证质量控制有效性的同时兼顾了检验的可行性。

8.1.4 有效钙镁含量是石灰活性成分的直接体现,决定了其胶结能力,是评价石灰质量是否合格的决定性项目。100t 一批次参照现行地方标准《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ50/T-078;存放超一个月需复验,是因为生石灰易吸水消化降低活性,此规定旨在保证使用材料的有效性,依据工程实践经验。

8.1.5 凝结时间、安定性和强度是水泥最基本的物理力学性能,直接关系到混合料的施工可操作性和最终强度。

8.1.6 压碎值、级配、含泥量、针片状含量均是影响集料自身强度、堆积密度及与结合料粘结的关键指标,其要求应同时满足现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 等相关规范。与炉渣集料一致,采用 400t 为一检验批,与公路工程行业对集料检验的常规要求保持一致,便于施工单位统一管理。

8.1.7 生活垃圾焚烧炉渣集料稳定材料中最常使用的外加剂是减水剂,其质量控制主要项目为减水率、凝结时间差和抗压强度比。

8.2 工程质量验收

8.2.1 本条规定了施工过程中对成品混合料的抽样检验频率。按每 200m³ 混合料不少于 1 次进行抽样检验,旨在对生产与施工质量进行连续监控,此频率参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 对稳定材料施工过程检验的一般要求,以保证质量控制的覆盖度。

8.2.2 本条明确了工程最终质量验收所依据的标准体系。炉渣稳定材料道路工程作为专业工程,其质量评定与验收必须遵循国家及行业通用的质量检验评定标准的细化要求,确保验收工作的权威性、统一性和地方适用性。