

团 体 标 准

T/JSCTS XX—2025

沥青混合料用钢渣预处理技术规程

Technical Specification for Pretreatment of Steel Slag for Asphalt Mixture

（征求意见稿）

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。

20XX-X-X 发布

20XX-X-X 实施

江苏省综合交通运输学会 发 布

目 录

前 言 2

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 钢渣粗集料 4

 4.1 粒径规格 4

 4.2 物理指标 4

 4.3 化学指标 5

5 钢渣粗集料预处理 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 陈化处理 6

 5.3 酸处理 7

 5.4 有机硅处理 7

6 试验方法 8

 6.1 粒度粒形 8

 6.2 孔隙率 8

 6.3 表观相对密度 8

 6.4 吸水率 9

 6.5 坚固性 9

 6.6 压碎值 9

 6.7 磨耗值 9

 6.8 浸水膨胀率 9

 6.9 针片状颗粒含量 9

 6.10 软弱颗粒含量 9

 6.11 金属铁含量 9

 6.12 游离氧化钙含量 10

 6.13 重金属浸出含量 10

7 检验 10

 7.1 出厂检验项目 10

 7.2 型式检验项目 10

 7.3 组批规则 10

 7.4 取样 10

 7.5 判定规则 10

附录 A（规范性）预处理钢渣沥青混合料性能指标 12

附录 B（资料性）预处理钢渣沥青混合料试验方法 13

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。

本文件由江苏永钢集团有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：江苏永钢集团有限公司、东南大学、苏州交通投资集团有限责任公司、苏州交通工程集团有限公司、苏州三创路面工程有限公司

本文件主要起草人：胡俊辉、罗桑、任晓健、王新明、刘进步、胡靖、朱海亚、陆卫、万奇林、路明鉴、徐汉江、袁希一、吴鑫、庄维、范文忠、张博皓、朱惠勇、赵伟翔、王丽丽、杨晓淼

沥青混合料用钢渣预处理技术规程

1 范围

文件规定了作为沥青路面材料使用的钢渣技术要求,以及不满足要求的钢渣所用预处理方法及预处理后钢渣及其沥青混合料的技术要求,并对试验方法和检验做了规定。

适用于道路工程中预处理钢渣测试及其沥青混合料的设计、试验和检验。

本文件主要针对钢渣粗集料,其技术指标、预处理工艺与沥青混合料用钢渣细集料存在显著差异。钢渣细集料的应用可参考其他相关标准或另行规定。

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 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别

GB/T 21650.3-2011 压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第3部分:气体吸附法分析微孔

GB/T 24175 钢渣稳定性试验方法

GB/T 24765-2009 耐磨沥青路面用钢渣

GB/T 25824-2010 道路用钢渣

GB 28664 炼钢工业大气污染物排放标准

GB 31573 无机化学工业污染物排放标准

HJ 557-2010 固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法

JT/T 1086-2016 沥青混合料用钢渣

JTG E42-2005 公路工程集料试验规程

JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

YB 4328-2012 钢渣中游离氧化钙含量测定方法

DB32/939-202 化学工业主要水污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 沥青路面用钢渣粗集料 Steel slag coarse aggregate for asphalt pavement

经过加工处理,可作为集料使用的且满足沥青路面路用技术要求的钢渣粗集料。

3.2 粒度粒形 Particle size and shape

通过图像分析对颗粒的大小形状进行统计、描述、评价的一系列指标。

3.3 孔隙率 Porosity

熔融钢渣在冷却处理过程中产生的孔隙体积占总体积的百分比。

3.4 金属铁 Metallic iron

钢渣在冶炼过程中未完全反应而以单质形式存在的铁颗粒,通常具有磁性。

3.5 游离氧化钙 Free calcium oxide

钢渣中没有以化合状态存在,而是以游离状态存在的氧化钙,具有较高的活性。

3.6 膨胀率 Dilatation

钢渣及其沥青混合料在浸水后产生的体积膨胀变化量与原体积之比。

3.7 重金属浸出含量 Heavy metal leaching content

钢渣及其沥青混合料在一定处理方式下的重金属元素析出含量。

3.8 陈化处理 Aging treatment

钢渣自然堆积、浸水一定时间，促使钢渣中的f-CaO与空气中的水发生水化反应。

3.9 酸处理 Acid treatment

根据酸碱中和原理，使用酸处理改性钢渣，从而降低钢渣发生水化膨胀的程度。

3.10 有机硅处理 Silicone treatment

通过有机硅所具有的优异的疏水性和渗透性，经喷洒或浸泡后，液体疏水涂料可以在钢渣表面固化成膜，封堵钢渣表面孔隙，阻止钢渣与水接触。

4 钢渣粗集料

4.1 粒径规格

沥青混合料用钢渣粗集料的规格名称应符合JTG F40的规定，粒径要求应符合表1的规定。

表 1 钢渣粗集料规格

规格名称	粒径 (mm)	通过方孔筛 (mm) 的质量分数/%									公称粒径 (mm)
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6	
S1	20~30	100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	-	-	19~31.5
S2	20~25		100	90~100	0~10	0~5	-	-	-	-	19~26.3
S3	15~20			100	90~100	0~10	0~5	-			13.2~19
S4	10~20			100	90~100	-	0~10	0~5	-	-	9.5~19
S5	10~15				100	90~100	0~10	0~5	-	-	9.5~13.2
S6	5~10					100	90~100	0~15	0~5	-	4.75~9.5
S7	3~10					100	90~100	40~70	0~20	0~5	2.36~9.5
S8	3~5						100	90~100	0~15	0~3	2.36~4.75

4.2 物理指标

沥青路面用钢渣粗集料应为经过冲洗，晾晒等稳定化处理后的转炉或电炉钢渣，颗粒干燥、洁净、无其他杂质。

4.2.1 粒度粒形

沥青路面用钢渣粗集料的粒度粒形指数符合满足表2的要求。

表 2 沥青混合料用钢渣粗集料粒度粒形技术要求

指标	技术要求
纵长比	≤1.5
扁平比	≤0.3
粒形因数	≤0.3
球度	≤0.8
凸起比	≤1.0

注释：钢渣粗集料有较好的粒度粒形指数有利于形成更稳定的骨架结构，提高沥青路面路用性能。

4.2.2 物理力学性能

沥青路面用钢渣粗集料应符合表3规定。

表 3 沥青路面用钢渣粗集料技术要求

指标	单位	技术要求
孔隙率	%	≤15
表观相对密度	-	≥2.9
吸水率	%	≤3
坚固性	%	≤12
压碎值	%	≤22
磨耗值	%	≤22
浸水膨胀率	%	≤1.5
针片状颗粒含量	%	≤12
其中粒径大于9.5mm	%	≤12
其中粒径小于9.5mm	%	≤15
软弱颗粒含量	%	≤3

4.3 化学指标

4.3.1 金属铁含量

沥青路面用钢渣粗集料中的金属铁含量应低于2.0%（本指标用于评价钢渣中原始金属铁的含量，为确保检测结果的准确性与可比性，用于本指标检测的钢渣样品宜为新出厂的、未被显著风化和锈蚀的钢渣）。

注释：钢渣存在的较多的金属铁会使钢渣膨胀，当 Fe、FeO 和 FeS 含量过高时，易水化生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 导致体积增大。

4.3.2 游离氧化钙含量

沥青路面用钢渣粗集料中的游离氧化钙的含量应低于2.5%（本指标用于评价钢渣中原始金属铁的含量，为确保检测结果的准确性与可比性，用于本指标检测的钢渣样品宜为新出厂的、未被显著风化和锈蚀的钢渣）。

注释：钢渣的 f-CaO 含量较高时，会导致沥青混合料的膨胀率较高，会使混合料表面部分集料会发生粉化和膨胀开裂现象，导致路面病害，进而影响路面的使用寿命。

4.3.3 重金属浸出含量

经过实验测试的沥青路面用钢渣粗集料浸出液中重金属浓度应符合表4中的要求。

表 4 钢渣粗集料中的重金属浸出含量要求

元素	单位	技术要求
铜 (Cu)	mg/L	≤2.0
锌 (Zn)	mg/L	≤5.0
镉 (Cd)	mg/L	≤0.5
铅 (Pb)	mg/L	≤0.5
汞 (Hg)	mg/L	≤0.1
总铬 (Cr)	mg/L	≤1.5
(Cr ⁶⁺)	mg/L	≤0.5
镍 (Ni)	mg/L	≤1.0
锰 (Mn)	mg/L	≤5.0
钒 (V)	mg/L	≤1.0
铍 (Be)	mg/L	≤0.005

注释：钢渣粗集料在堆放和使用过程中，会在酸雨水浸泡作用下，钢渣中的重金属可能溶出到环境中，造成土壤和水资源污染。Cu、Zn、Mn 含量参考 GB 8978—1996 污水综合排放标准第二类污染物要求，Cd、Cr、Ni、Be、Pb 含量参考第一类污染物控制要求。Hg 含量参考 GB5085.3-2007 危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别控制要求。

5 钢渣粗集料预处理

5.1 一般规定

对不满足第4章要求的钢渣粗集料，当其关键指标超出限值但未超过预处理准入上限（如膨胀率：≤3%，游离氧化钙含量：≤4%等）时可以采用陈化处理，酸处理，有机硅处理的方式。其中，陈化处理占地面积大，处理时间长，适用于有充足堆放场地和较长预处理时间的一般工程。是处理大宗钢渣、

用于低交通量或一般等级沥青路面最经济的选；酸处理时间相对较短，成本低，适用于处理周期要求较短、且具备化学品操作和废水处理能力的项目，是平衡处理效率与成本的选择，推荐用于常规等级沥青路面。有机硅处理钢渣粗集料性能最优，但成本较高，适用于对路面性能和使用寿命有极高要求的关键路段，推荐用于特种路面和道路交叉口等重载交通路面。

5.2 陈化处理

对不满足第4章要求的钢渣粗集料可采用陈化处理方式，包括自然陈化、浸水陈化处理。陈化处理过程中，应建立过程质量控制与检验制度。宜根据处理工艺与规模，定期对陈化堆体不同位置的钢渣关键指标（如膨胀率）进行抽样检测，以科学判定陈化处理的终点。

5.2.1 技术原理

炼钢产出的钢渣在经过冷却后，通过自然堆积、浸水一定时间，促使钢渣中的f-CaO与空气中的水发生水化反应，导致f-CaO含量降低，从而降低了钢渣的膨胀率。

5.2.2 处理原则

自然陈化改性原则如下：

- a) 对于道路用钢渣集料，应用至沥青混合料时，钢渣自然陈化时间不得低于6个月。
- b) 采用自然陈化处理前，应对钢渣进行重金属析出检测，析出物遵循要求
- c) 采用自然陈化堆存钢渣时，应在钢渣堆存处铺设防扬尘网罩，并定期洒水，避免扬尘。钢渣堆放过程中的粉尘排放应符合 GB 28664和地方有关规定。
- d) 采用陈化堆存处理后钢渣应满足本表中的规范技术要求。
- e) 钢渣的贮存应符合GB 18599的有关规定。

浸水陈化改性原则如下：

- a) 采用常温25℃条件浸水陈化时，应用至沥青混合料时，钢渣浸水陈化时间不得低于14天。
- b) 采用60℃条件浸水陈化时，应用至沥青混合料时，钢渣浸水陈化时间不得低于7天。
- c) 采用浸水陈化处理后钢渣应满足本规范技术要求。
- d) 钢渣浸水过程中产生的水应尽量循环使用，外排废水需满足规范GB8979要求。
- e) 供水泵选型要适合介质温度、水质特点、启动迅速的要求。

5.2.3 处理方法

1) 自然陈化

将出厂钢渣置于室外的自然环境中，在钢渣堆存处铺设防尘网罩，并定期洒水，避免扬尘，放置时间不少于6个月。陈化结束后将钢渣筛分成各档钢渣集料备用。

2) 浸水陈化

- a) 按试验需求称取一定质量钢渣材料，并洗去表面浮尘；
- b) 将准备好的钢渣集料放入恒温水箱中，水量应没过钢渣，设定恒温水箱温度；
- c) 按试验设计要求浸水保温规定天数后将钢渣取出，置于烘箱中105±5℃烘干并除尘，最后将钢渣筛分成各档钢渣集料备用。

5.2.4 陈化处理钢渣粗集料的技术要求

陈化处理钢渣粗集料技术要求见表5。

表 1 沥青路面用钢渣粗集料技术要求

指标	单位	技术要求
孔隙率	%	≤15
表观相对密度	-	≥2.9
吸水率	%	≤3
坚固性	%	≤12
压碎值	%	≤22
磨耗值	%	≤22
浸水膨胀率	%	≤1.5
针片状颗粒含量	%	≤12
	%	≤12

其中粒径大于9.5mm 其中粒径小于9.5mm	%	≤15
软弱颗粒含量	%	≤3

表2 沥青路面用陈化处理钢渣粗集料技术要求

指标	单位	技术要求
粒度粒形	%	同4.2.1要求
孔隙率	%	≤14
表观相对密度	-	≥2.90
吸水率	%	≤2.8
坚固性	%	≤12
压碎值	%	≤20
磨耗值	%	≤22
浸水膨胀率	%	≤1.3
针片状颗粒含量	%	≤12
其中粒径大于9.5mm	%	≤12
其中粒径小于9.5mm	%	≤15
软弱颗粒含量	%	≤2.8
金属铁含量	%	≤1.8
游离氧化钙含量	%	≤2.2
重金属浸出含量	mg/L	同4.3.3要求

5.3 酸处理

对不满足第4章要求的钢渣粗集料可采用酸处理改性方式。

5.3.1 技术原理

由于钢渣存在较多金属氧化物，根据酸碱中和原理，使用酸处理改性钢渣，从而降低钢渣发生水化膨胀的程度。

5.3.2 处理原则

- 避免采用强酸，操作不当易造成安全风险，并对人体造成危害；建议采用乙酸，醋酸等弱酸。
- 酸处理改性过程中应采用浸泡的方式进行改性，改性过程中应进行充分翻拌。
- 酸处理改性后应对钢渣进行陈放并除尘处理。
- 酸处理改性后产生的污染物应遵循GB31573和DB32/939-202要求排放处理。
- 采用酸处理改性后钢渣应满足本规范技术要求。

5.3.3 处理方法

- 将酸与蒸馏水进行混合，配制浓度为5%-15%的酸溶液；
- 将钢渣浸泡至特定浓度的酸溶液中，并进行充分翻拌，浸泡时间宜根据酸溶液浓度确定：浓度为10%~15%时，宜为12h~18h；浓度为5%~10%时，宜为18h~36h；
- 浸泡结束后，将钢渣取出，置于105±5℃烘箱内烘干并除尘，最后将钢渣筛分成各档钢渣集料备用。

5.3.4 酸处理钢渣粗集料的技术要求

酸处理钢渣粗集料的技术要求同表4。

5.4 有机硅处理

对不满足第4章要求的钢渣粗集料可采用有机硅改性方式。

5.4.1 技术原理

通过有机硅所具有的优异的疏水性和渗透性，经喷洒或浸泡后，液体疏水涂料可以在钢渣表面固化成膜，封堵钢渣表面孔隙，阻止钢渣与水接触，从而达到抑制钢渣体积膨胀的目的。

5.4.2 处理原则

- a) 工程采用的有机硅处理剂应是已通过有资质机构检验并具有检验合格报告的产品，生产厂家应出具产品合格证和说明书。
- b) 有机硅处理剂配制应按产品技术要求进行。
- c) 有机硅改性过程中应采用喷淋或浸泡的方式进行改性，改性过程中应进行充分翻拌。
- d) 有机硅改性后产生的污染物应遵循DB32/939-202要求要求进行排放处理，外排废水需满足规范GB8979要求。
- e) 采用有机硅改性处理后钢渣应满足本规范技术要求。

5.4.3 处理方法

- a) 配制5%浓度的有机硅溶液，比例为有机硅：蒸馏水：无水乙醇=5:45:50，配制方式如下：将有机硅按比例加入无水乙醇和蒸馏水混合溶液中，搅拌30min，在常温下静置1h，使溶液充分水解；
- b) 将洗净烘干的钢渣集料完全浸泡在有机硅溶液中，使其充分反应，40min后取出钢渣；
- c) 将取出钢渣置于160℃烘箱中固化2h；
- d) 将固化后的钢渣放入105±5℃烘箱内烘干并除尘，最后将钢渣筛分成各档钢渣集料备用。

5.4.4 有机硅处理钢渣粗集料的技术要求

有机硅处理钢渣粗集料的技术要求见表6。

表 3 沥青路面用有机硅处理钢渣粗集料技术要求

指标	单位	技术要求
粒度粒形	%	同4.2.1要求
孔隙率	%	≤12
表观相对密度	-	≥2.90
吸水率	%	≤2.5
坚固性	%	≤12
压碎值	%	≤18
磨耗值	%	≤22
浸水膨胀率	%	≤1.0
针片状颗粒含量	%	≤12
其中粒径大于9.5mm	%	≤12
其中粒径小于9.5mm	%	≤15
软弱颗粒含量	%	≤2.8
金属铁含量	%	≤1.5
游离氧化钙含量	%	≤2.0
重金属浸出含量	mg/L	同4.3.3要求

6 试验方法

6.1 粒度粒形

应采用图像法粒度粒形分析仪对钢渣集料的粒度粒形进行测试。实验宜按以下步骤进行：

- a) 样品制备与取样：将待测钢渣集料样品缩分至适量，均匀铺展在仪器载物台上，确保颗粒互不重叠，具有代表性。
- b) 图像采集与处理：启动仪器，对样品进行扫描或拍摄，获取清晰的颗粒图像。利用仪器软件自动识别和分割单个颗粒。
- c) 参数计算：仪器软件应基于识别出的颗粒图像，自动计算粒度分布和粒形参数。

6.2 孔隙率

参照GB/T 21650.3-2011进行。

6.3 表观相对密度

参照JTG E42-2005规范中T0304进行。

6.4 吸水率

参照JTG E42-2005规范中T0307进行。

6.5 坚固性

参照JTG E42-2005规范中T0340进行。

6.6 压碎值

参照JTG E42-2005规范中T0316进行。

6.7 磨耗值

参照JTG E42-2005规范中T0317进行。

6.8 浸水膨胀率

参照GB/T 24175进行。

6.9 针片状颗粒含量

参照JTG E42-2005规范中T0312进行。

6.10 软弱颗粒含量

参照JTG E42-2005规范中T0320进行。

6.11 金属铁含量

(1) 选取有代表性的钢渣不少于100kg, 并称取质量, 计为 m_0 。

(2) 将钢渣全部破碎到粒径为30 mm以下, 混匀后按四分法将钢渣缩分到每份10kg, 破碎过程中手选出粒径大于30 mm的难以破碎的金属铁颗粒, 并称取质量, 计为 m_1 。取2份已制备好的钢渣试样, 分别进行测试。

(3) 将钢渣试样用小型颚式破碎机破碎至5mm以下, 破碎过程中手选出难以破碎的小铁块。

(4) 将按(3)挑出来的铁块放入球磨机中研磨20min, 取出后过1mm方孔筛, 称量筛上物质量及筛下物质量, 分别记为 m_2 和 m_3 , 并将筛下物放入密闭式制样机中研磨, 直到全部通过筛孔尺寸0.08mm方孔筛, 按YB/T140中规定测定筛下物中金属铁含量 $\omega_1(\%)$ 。

(5) 破碎到5mm以下的钢渣按四分法缩分出1kg渣样。

(6) 将(5)缩分好的1kg钢渣样放在纸上或不含铁的容器中摊开, 用纸包裹磁铁块在渣粉中吸取磁性颗粒。吸附后将纸从磁铁块上脱下, 用毛刷把磁性颗粒刷下, 直至磁性颗粒吸取完全。吸除磁性颗粒后的渣粉为尾渣。

(7) 将(6)磁选出的磁性颗粒放入密闭式制样机中研磨1min。取出后过1mm方孔筛, 称量筛上物质量 m_4 。

(8) 将(6)中的尾渣放入密闭式制样机中研磨至1mm以下与(6)的筛下物合并, 缩分代表性试样100g放入密闭式制样机中研磨直到全部通过0.08mm方孔筛, 按YB/T140中规定测定其中金属铁含量 $\omega_2(\%)$ 。

(9) 计算公式如下:

$$W_{MFe} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times \frac{m_2 + m_3 \times \omega_1 + [(1 - m_4) \times \omega_2 + m_4] \times (10 - m_2 - m_3)}{10} + \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

式中:

W_{MFe} —钢渣中金属铁含量, %;

m_0 —钢渣原样质量, 单位为千克(kg);

m_1 —手选粒径大于30mm的金属铁质量, 单位为千克(kg);

m_2 —手选筛上物质量, 单位为千克(kg);

m_3 —手选筛下物质量, 单位为千克(kg);

m_4 —磁选筛上物质量, 单位为千克(kg);

ω_1 —手选筛下物金属铁含量, %;

ω_2 —磁选尾渣金属铁含量，%。

6.12 游离氧化钙含量

参照YB 4328-2012规范进行。

6.13 重金属浸出含量

采样方法参照GB/T 25824-2010规范进行，样品前处理参照HJ 557-2010规范进行，检测方法参照GB 5085.3-2007规范进行。

7 检验

7.1 出厂检验项目

对钢渣粗集料进行出厂检验，检验项目见表7。

表 4 钢渣粗集料出厂检验项目

序号	检验项目	钢渣粗集料技术要求	预处理钢渣粗集料技术要求	试验方法	出厂检验
1	粒度粒形	4.2.1	5.2.4 5.3.4 5.4.4	6.1	—
2	孔隙率	4.2.2		6.2	+
3	吸水率	4.2.2		6.4	+
4	坚固性	4.2.2		6.5	+
5	压碎值	4.2.2		6.6	+
6	磨耗值	4.2.2		6.7	—
7	浸水膨胀率	4.2.2		6.8	+
8	针片状颗粒含量	4.2.2		6.9	+
9	软弱颗粒含量	4.2.2		6.10	+
10	金属铁含量	4.3.1		6.11	+
11	游离氧化钙含量	4.3.2		6.12	+
12	重金属浸出含量	4.3.3		6.13	+

注：“+”为必检项目；“—”为选检项目。

7.2 型式检验项目

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- ①生产工艺发生变化时；
- ②停产两个月或更长时间，恢复生产时；
- ③出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- ④正常生产，每半年进行一次；
- ⑤国家质量监督机构提出要求检验时。

7.3 组批规则

每批钢渣应为相同厂家、相同处理工艺，每5000t为一批，不足5000t亦为一批。

7.4 取样

在进行质量检验时，按随机抽样法，从每批钢渣堆放料堆内部取足够数量的钢渣样品，从4处以上取样混合后按分料器法或四分法进行处理，尽量使所抽收的试样具有代表性。

7.5 判定规则

各项指标检验结果，应符合本标准第4，5章的要求。

检验结果中若有一项性能指标不符合本标准要求时，则应从同一批产品中加倍取样，对不符合标准要求的项目进行复检。复检后，该项指标符合本标准要求时，可判该批产品合格，仍然不符合本标准要求时，则该批产品判为不合格。

附录A
(规范性)

预处理钢渣沥青混合料性能指标

A.1 体积膨胀率

预处理钢渣沥青混合料体积膨胀率应满足表8，9中的要求。

表 5 陈化处理与酸处理钢渣沥青混合料体积膨胀率要求

试验项目	单位	技术要求		
		钢渣含量≤30%	钢渣含量≤60%	钢渣含量≤100%
体积膨胀性3d	%	≤0.8	≤1.0	≤1.2
体积膨胀性15d	%	≤1.5	≤2.0	≤2.5

表 6 有机硅处理钢渣沥青混合料体积膨胀率要求

试验项目	单位	技术要求		
		钢渣含量≤30%	钢渣含量≤60%	钢渣含量≤100%
体积膨胀性3d	%	≤0.5	≤0.8	≤1.0
体积膨胀性15d	%	≤1.0	≤1.5	≤2.0

A.2 重金属浸出含量

经过实验测试的预处理钢渣沥青混合料重金属浸出含量应符合表10中的要求。

表 7 预处理钢渣沥青混合料的重金属浸出含量要求

元素	单位	技术要求
铜 (Cu)	mg/L	≤0.5
镉 (Cd)	mg/L	≤0.1
铅 (Pb)	mg/L	≤0.1
锌 (Zn)	mg/L	≤0.5
总铬 (Cr) (Cr ⁶⁺)	mg/L	≤1.5
	mg/L	≤0.5
镍 (Ni)	mg/L	≤0.1
汞 (Hg)	mg/L	≤0.01
锰 (Mn)	mg/L	≤0.1
钒 (V)	mg/L	≤0.1
铍 (Be)	mg/L	≤0.005

A.3 锈蚀率

预处理钢渣沥青混合料锈蚀率应满足表11，12中的要求。

表 8 陈化处理与酸处理钢渣沥青混合料锈蚀率要求

试验项目	单位	技术要求		
		钢渣含量≤30%	钢渣含量≤60%	钢渣含量≤100%
锈蚀率15d	%	≤0.2	≤0.3	≤0.5
锈蚀率30d	%	≤0.5	≤0.8	≤1.0

表 9 有机硅处理钢渣沥青混合料锈蚀率要求

试验项目	单位	技术要求		
		钢渣含量≤30%	钢渣含量≤60%	钢渣含量≤100%
锈蚀率15d	%	≤0.1	≤0.2	≤0.3
锈蚀率30d	%	≤0.3	≤0.4	≤0.5

附录B

(资料性)

预处理钢渣沥青混合料试验方法

B.1 体积膨胀性

对马歇尔试件进行水浴浸泡然后测量其体积变化，以评估其体积稳定性。即将试件在60℃水浴箱中浸泡3 d（15 d）并测量其浸泡前后的体积（将马歇尔试件表面围绕试件中心按照60℃一个点进行依次标记，共标记6次。然后使用游标卡尺测量标记后试件的6个高度与3个直径并取平均值），以此计算试件的体积膨胀率，计算公式如下：

$$D = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100$$

式中，D为试件体积膨胀率(%)； V_1 和 V_2 分别为浸泡前、后试件体积(mm^3)。

B.2 重金属浸出含量

通过切割成型的马歇尔试件，采用固液比（沥青混合料马歇尔试件：pH值=4酸性浸取剂）1kg:10L制备浸出液样品。浸出液样品采用恒温振荡器（300r/min）振荡6h+静态浸泡18h的抽取方法，对振荡和静置共24h后的样品取上部清液作为检测试样，用电感耦合等离子体发射光谱仪进行重金属元素含量检测。

B.3 锈蚀率

通过对马歇尔试件在60℃水浴箱浸泡15 d（30 d），测量试件表面的锈蚀面积与总面积，计算试件的锈蚀率，计算公式如下：

$$C = \frac{S_1}{S} * 100$$

式中：

C——试件锈蚀率(%)；

S_1 ——锈蚀面积(mm^2)；

S——总面积(mm^2)。

其中，测量试件表面的锈蚀面积可以采用如下方法：

a) 目测法：通过肉眼观察马歇尔试件表面的锈蚀情况，根据锈蚀的程度和范围进行估算。

b) 化学法：利用化学试剂，如酸洗溶液或酸性染料，将马歇尔试件表面的锈蚀部分染色，然后通过显微镜或图像处理软件来测量锈蚀面积。

测量试件表面的总面积可以采用如下方法：

a) 直接测量法：利用测量工具，如卷尺或尺子，直接测量试件表面的高度和直径，然后计算出表面的总面积。

b) 数字化测量法：利用数字化测量仪器，如激光测距仪或影像扫描仪，对试件表面进行扫描或测量，然后通过计算机软件来计算出表面的总面积。