

钢渣沥青混合料施工技术规范

2023 - 12 - 04 发布

2024 - 04 - 05 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 原材料	2
5 配合比设计	3
6 钢渣沥青混合料铺筑	6
7 施工质量管理与检查验收	8
附录 A（规范性） 钢渣集料浸水压碎值试验	9
附录 B（规范性） 钢渣粗集料浸水胀裂试验	11
附录 C（规范性） 钢渣沥青混合料矿料配合比修正方法（密度法）	12
附录 D（规范性） 钢渣粗集料有效相对密度试验	14

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、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。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西路桥建设集团有限公司、武汉理工大学、山西路桥集团阳蟒高速公路有限责任公司、山西昔榆高速公路有限公司、山西路桥集团检验检测中心有限公司、长治市武理工工程技术研究院。

本文件主要起草人：荆冰寅、李殿勤、张红日、磨炼同、秦莉、魏杰、常文伟、荆智涛、周明凯、孟秀元、张亚军、王宏宇、高国刚、林振华。

钢渣沥青混合料施工技术规范

1 范围

本文件规定了沥青路面用钢渣沥青混合料的范围、规范性引用文件、术语和定义、原材料技术要求、配合比设计、铺筑施工、施工质量控制和检查验收。

本文件适用于山西省各等级公路沥青路面面层，其它道路可参照执行。

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 8978 污水综合排放标准
GB/T 24175 钢渣稳定性试验方法
GB/T 25824 道路用钢渣
JTG 002 公路工程名词术语
JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JT/T 1086 沥青混合料用钢渣
YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法
DB14/T 160 公路改性沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢渣陈化

钢渣破碎后堆放一定的时间以促进钢渣中游离氧化钙和游离氧化镁接触水气发生消解，提高钢渣集料体积稳定性的过程。堆放过程中可定期淋水保湿加速钢渣集料游离氧化钙和游离氧化镁消解。

3.2

钢渣粗集料

采用陈化钢渣原料经过破碎加工、筛分分级处理得到的钢渣颗粒。

3.3

常规集料

采用天然岩石，如石灰岩、玄武岩、安山岩、辉绿岩等，经机械破碎、筛分制成的粗、细集料。

3.4

钢渣沥青混合料

矿料组成中粗集料至少有一种集料为钢渣粗集料，细集料采用常规集料的沥青混合料。

4 原材料

4.1 一般规定

4.1.1 钢渣粗集料取样应具有代表性，在钢渣料堆不少于 8 个不同部位取样。同一料堆所取样品应混合均匀再二次取样进行质量评定。

4.1.2 钢渣沥青混合料的粗集料应采用钢渣集料和常规集料，细集料应采用常规集料。

4.2 钢渣粗集料

4.2.1 生产钢渣粗集料的原料应选用转炉或电炉炼钢工艺等产生的钢渣。原料中重金属浸出浓度和放射性应符合表 1 的规定。

表1 钢渣集料重金属浸出浓度和放射性技术要求

重金属污染物	最高允许排放浓度/(mg/L)	试验方法
总汞	0.05	GB 8978
总镉	0.1	
总铬	1.5	
六价铬	0.5	
总砷	0.5	
总铅	1.0	
总镍	1.0	
总铍	0.005	
总银	0.5	
总α放射性	1	
总β放射性	10	

4.2.2 钢渣应加强源头分类使用，不得使用混渣加工钢渣粗集料。

4.2.3 钢渣粗集料应采用陈化时间不低于 12 个月、粒径大于 10mm 的钢渣进行二次破碎加工。钢渣集料破碎、筛分后应分类堆放，不得混料堆放。

4.2.4 钢渣集料的浸水膨胀率和游离氧化钙含量应符合表 2 的规定。

表2 钢渣集料浸水膨胀率和游离氧化钙含量技术要求

技术指标	技术要求	试验方法
浸水膨胀率/%	≤1.8	GB/T 24175
游离氧化钙含量/%	≤2.5	YB/T 4328

4.2.5 钢渣沥青混合料用钢渣粗集料技术要求除应符合 JT/T 1086 的规定，尚应符合表 3 的规定。

表3 沥青混合料用钢渣粗集料技术要求

技术指标	指标要求	试验方法
常规压碎值/%	≤22	T0316

技术指标	指标要求	试验方法
浸水抗压值/%	≤5	附录A
洛杉矶磨耗损失/%	≤22	T0317
表观相对密度/-	≤2.9	T0304
吸水率/%	≤3	
坚固性/%	≤12	T0314
针片状颗粒含量(混合料), 其中粒径大于9.5mm 其中粒径小于9.5mm	≤13	T0312
	≤10	
	≤15	
软弱颗粒含量/%	≤3	T0310
浸水颗粒胀裂率/%	≤5	附录B
磨光值/-	≥42	T0321
与沥青的粘附性/级	≥5	T0616

4.3 常规集料

钢渣粗集料与常规集料配合使用时,所用常规粗集料和细集料相关粒径规格和技术指标应符合JTG F40的有关规定。

4.4 钢渣粗集料粒径规格

沥青混合料用钢渣粗集料应洁净和无杂质,粒径规格应符合表4的规定。

表4 沥青混合料用钢渣粗集料粒径规格

粒径规格 (mm)	通过方孔筛(mm)的质量分数/%								
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
19-26.5	100	90-100	0-15		0-5				
16-26.5	100	90-100		0-15		0-5			
9.5-19		100	90-100			0-15	0-5		
9.5-16			100	90-100		0-15	0-5		
9.5-13.2				100	90-100	0-15	0-5		
4.75-13.2				100	90-100	40-70	0-15	0-5	
4.75-9.5					100	90-100	0-15	0-5	
2.36-4.75						100	90-100	0-15	0-3

钢渣沥青混合料所用道路石油沥青、改性沥青、填料、纤维稳定剂等原材料应符合JTG F40的有关规定。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢渣沥青混合料适用于沥青面层 AC 型密级配沥青混合料、SMA 沥青混合料和橡胶沥青混合料。

5.1.2 钢渣沥青混合料配合比应按 JTG F40 配合比设计方法进行设计,确定矿料合成级配和最佳沥青用量。

5.2 矿料级配

- 5.2.1 钢渣沥青混合料的矿料合成级配应符合 JTG F40 和 DB14/T 160 的级配范围。
- 5.2.2 钢渣沥青混合料矿料合成级配设计应以相关规范规定的矿料合成级配范围为基准，并以钢渣相对密度作为基准进行常规集料和填料用量换算与修正，具体方法见附录 C。

5.3 最佳沥青用量

- 5.3.1 按照 JTG F40 的规定选择马歇尔试验配合比设计方法进行试验，确定最佳沥青用量。
- 5.3.2 采用普通沥青制备钢渣沥青混合料时，钢渣沥青混合料理论最大相对密度应采用真空法测定。
- 5.3.3 采用改性沥青制备钢渣沥青混合料时，钢渣沥青混合料理论最大相对密度应采用算法测定。钢渣集料的有效相对密度应采用沥青浸渍法进行测定，具体方法见附录 D。常规集料和填料的有效相对密度按照 JTG F40 的有关规定进行测定。
- 5.3.4 钢渣沥青混合料的最佳沥青用量应充分分析马歇尔稳定度、流值、沥青饱和度、矿料间隙率、空隙率、密度等各项技术指标综合确定，并对沥青混合料路用性能进行验证。

5.4 钢渣沥青混合料技术要求

- 5.4.1 钢渣 AC 型密级配沥青混合料可采用基质沥青或改性沥青，钢渣 SMA 沥青混合料和橡胶沥青混合料应采用改性沥青。
- 5.4.2 钢渣 AC 型密级配沥青混合料技术要求应符合表 5 的规定。钢渣 SMA 沥青混合料技术要求应符合表 6 的规定。橡胶沥青混合料技术要求应符合表 7 的规定。

表5 钢渣 AC 型密级配沥青混合料技术要求

试验项目		单位	1-3夏炎热区			2-2、2-3夏热区			试验方法	
			中轻交通	重交通及以上		中轻交通	重交通及以上			
马歇尔试验	击实次数(双面)	次	75						T 0702	
	试件尺寸	mm	Φ 101.6×63.5							
	空隙率(VV)	%	3-5						T 0705	
	稳定度, 不小于	kN	10						T 0709	
	流值	mm	2-4							
	矿料间隙率(VMA), 不小于	设计VV(%)	%	相应于以下公称最大粒径的最小的VMA及VFA						T 0705
				26.5mm	19mm	16mm	13.2mm	9.5mm	4.75mm	
11				12	12.5	13	14	16		
12				13	13.5	14	15	17		
	5		13	14	14.5	15	16	18		
沥青饱和度(VFA)	%	55-70	65-75			70-85				
高温车辙试验	动稳定度, 不小于	上面层	次/mm	1000	5000	800	5000	T 0719		
		中面层		1000	4000	800	4000			
		下面层		1000	2500	800	1500			
水稳定性试验	浸水马歇尔残留稳定度, 不小于	%	2. 湿润区: 85、3. 半干区: 80						T 0709	

表5 钢渣AC型密级配沥青混合料技术要求（续）

试验项目		单位	1-3夏炎热区		2-2、2-3夏热区		试验方法
			中轻交通	重交通及以上	中轻交通	重交通及以上	
	冻融劈裂试验强度比，不小于	%	2. 湿润区：80、3. 半干区：75				T 0729
体积稳定性试验	浸水体积膨胀率，7d，不大于	%	1.5				T 0348
低温弯曲试验	破坏应变，不小于（-10℃，50mm/min）	$\mu\epsilon$	1-3、2-3冬冷区		2-2冬寒区		T 0715
			2000	2500	2300	2800	
渗水试验	渗水系 数，不大 于	细粒式	90				T 0730
		中、粗粒 式	120				
注：中轻交通道路高温动稳定度指标为未采用改性沥青的混合料技术要求。							

表6 钢渣 SMA 改性沥青混合料技术要求

试验项目		单位	1-3夏炎热区		2-2、2-3夏热区		试验方法
			中轻交通	重交通及以上	中轻交通	重交通及以上	
马歇尔试验	击实次数(双面)	次	50	75	50	75	T 0702
	试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$				
	空隙率(VV)	%	3-4.5				T 0705
	稳定度，不小于	kN	5.5	6.0	5.5	6.0	T 0709
	流值	mm	2-5				
	矿料间隙率(VMA)，不小于	%	17.0				T 0705
	沥青饱和度(VFA)	%	75-85				
	粗集料骨架间隙率 VCA_{DRC} ，不大于	-	VCA_{DRC}				
谢伦堡析漏试验	结合料损失，不大于	%	0.2	0.1	0.2	0.1	T 0732
肯塔堡飞散试验	飞散损失，不大于	%	15				T 0733
体积稳定性试验	浸水体积膨胀率，7d，不大于	%	1.5				T 0348
高温车辙试验	动稳定度，不小于	次/mm	3000	5000	3000	4000	T 0719
水稳定性试验	浸水马歇尔残留稳定度，不小于	%	85				T 0709
	冻融劈裂试验强度比，不小于		80				T 0729
低温弯曲	破坏应变，不小于	$\mu\epsilon$	1-3、2-3冬冷区		2-2冬寒区		T 0715

试验项目		单位	1-3夏炎热区		2-2、2-3夏热区		试验方法
			中轻交通	重交通及以上	中轻交通	重交通及以上	
试验	(-10℃, 50mm/min)		2000	2500	2300	2800	
渗水试验	渗水系数, 不大于	mL/min	80				T 0730

表7 橡胶沥青混合料技术要求

试验项目		单位	1-3夏炎热区		2-2、2-3夏热区		试验方法
			中轻交通	重交通及以上	中轻交通	重交通及以上	
马歇尔试验	击实次数(双面)	次	75				T 0702
	试件尺寸	mm	φ 101.6×63.5				
	空隙率(VV)	%	3-5				T 0705
	稳定度, 不小于	kN	7				T 0709
	流值	mm	2-5				
	矿料间隙率(VMA), 不小于	%	相应于以下公称最大粒径的最小的VMA及VFA				T 0705
			16mm	13.2mm	9.5mm		
13.5	14	15					
沥青饱和度(VFA)	%	70-85					
高温车辙试验	动稳定度, 不小于	次/mm	2500	4000	2000	3000	T 0719
水稳定性试验	浸水马歇尔残留稳定度, 不小于	%	2湿润区: 85; 3半干区: 80				T 0709
	冻融劈裂试验强度比, 不小于		2湿润区: 80; 3半干区: 75				T 0729
体积稳定性试验	浸水体积膨胀率, 7d, 不大于	%	1.5				
低温弯曲试验	破坏应变, 不小于 (-10℃, 50mm/min)	μ ε	1-3、2-3冬冷区		2-2冬寒区		T 0715
			2000	2500	2300	2800	
渗水试验	渗水系 数, 不大 于	细粒式	90				T 0730
		中粒式	120				

6 钢渣沥青混合料铺筑

6.1 施工准备

6.1.1 施工前应对下层进行检查与验收, 合格后方可开展上一层钢渣沥青混合料摊铺施工。

6.1.2 施工前应配备足够的施工机械和人员, 拌和、运输、摊铺、碾压设备能力应相匹配。施工前应做好设备保养、调试、试机等工作, 并对相关施工人员进行技术交底以保障施工作业顺利进行。

6.2 生产配合比设计

6.2.1 生产配合比设计前应对沥青拌和楼冷料流量进行标定，绘制各冷料仓皮带供料频率（转速）与集料流量关系图，结合室内目标配合比、钢渣集料含水率和实际产量要求，确定各冷料仓皮带工作频率（转速）。

6.2.2 生产配合比设计所取热料，应是沥青拌和楼按确定的冷料仓皮带工作频率（转速）上料，并按正常生产工艺要求进行骨料烘干、除尘和二次筛分后储存在各热料仓内的热料。

6.2.3 生产配合比的矿料合成级配设计应按规定方法取样测试各热料仓热料级配，并以目标矿料合成级配作为基准，确定各热料仓和填料的材料配比，并按附录 C 要求进行钢渣和常规集料的用量换算与修正。

6.2.4 按目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC， $OAC \pm 0.3\%$ 共 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌，通过室内试验以及沥青拌和楼试拌取样试验综合确定生产配合比的最佳沥青用量。

6.3 钢渣沥青混合料拌和

6.3.1 钢渣沥青混合料应采用间歇式拌和楼拌制，其拌和方法与普通沥青混合料方法相同。集料加热应根据钢渣集料含水率调整加热功率。拌和生产温度应在普通沥青混合料的基础上提高 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。拌和生产温度应符合表 8 的要求。

6.3.2 钢渣沥青混合料应分干拌时间和湿拌时间，其中干拌时间应不少于 10s，湿拌时间不少于 45s。

表8 钢渣沥青混合料拌和生产温度控制

工序	基质沥青混合料	SBS改性沥青混合料	橡胶沥青混合料
沥青/改性沥青加热温度	150℃-160℃	165℃-175℃	180℃-190℃
集料加热温度	170℃-180℃	180℃-195℃	185℃-200℃
混合料出厂温度	160℃-175℃	175℃-185℃	180℃-200℃
混合料贮存温度	降低不应超过10℃	降低不应超过10℃	降低不应超过5℃
混合料废弃温度	超过185℃ (黄烟、发乌)	超过200℃ (黄烟、发乌)	超过210℃ (黄烟、发乌)

6.4 钢渣沥青混合料运输

6.4.1 钢渣沥青混合料的运输应符合 JTG F40 的有关规定。

6.4.2 钢渣沥青混合料应采用车况良好的自卸车运输，并加装保温和防雨措施。

6.4.3 运料车到达施工场地后，应逐车检测钢渣沥青混合料运输到场温度。

6.5 钢渣混合料摊铺与碾压

6.5.1 钢渣沥青混合料的摊铺与碾压应符合 JTG F40 的有关规定。现场施工温度控制应符合表 9 的规定。

表9 钢渣沥青混合料现场施工温度控制

工序	基质沥青混合料	改性沥青混合料	橡胶沥青混合料
运输到现场温度	不低于160℃	不低于170℃	不低于175℃
开始摊铺温度	不低于155℃	不低于165℃	不低于170℃
开始碾压混合料内部温度	不低于145℃	不低于155℃	不低于165℃
碾压终了路表温度	不低于80℃	不低于90℃	不低于90℃

6.5.2 钢渣沥青混合料摊铺初始压实度应不低于 80%。

6.5.3 钢渣沥青混合料摊铺后，应按初压、复压和终压的碾压步骤进行压实。各阶段碾压应遵循高温、紧跟、高频、低幅、慢压的原则进行。

6.5.4 具体的摊铺速度、碾压速度和碾压温度应根据铺筑的试验段确定。

6.6 养生及开放交通

钢渣沥青路面施工后应封闭交通，待摊铺层完全自然冷却温度低于50℃方可开放交通。

7 施工质量管理与检查验收

钢渣沥青混合料的施工质量管理与检查验收按JTG F40和JTG F80/1的规定执行。

附录 A (规范性) 钢渣集料浸水压碎值试验

A.1 目的与适用范围

钢渣集料浸水压碎值用于衡量钢渣集料高温浸水抵抗压碎的能力,以检验钢渣集料水稳定性,具体参考JTG E42-2005《公路工程集料试验规程》中T 0316《粗集料压碎值试验》要求进行。

A.2 仪器与材料

仪器与材料包括:

- 粗集料压碎值试验仪:由内径150mm、两端开口的钢制圆形试筒、压柱和底板组成;
- 金属棒:直径10mm,长450mm至600mm,一端加工成半球形。
- 天平:称量不小于5kg,感量不大于1g。
- 标准筛:筛孔尺寸13.2mm、9.5mm和2.36mm方孔筛各一个。
- 托盘:不锈钢托盘,尺寸不小于40cm×60cm。
- 压力机:不小于500kN,应能在10min内达到400kN。
- 恒温水浴箱:控温准确至1℃,深度不小于150mm。
- 烘箱:能使温度控制在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

A.3 试验准备

- A.3.1 用风干钢渣集料用13.2mm和9.5mm标准筛过筛,取9.5mm至13.2mm的试样3组各3600g,供试验用。
- A.3.2 将三组试样分别装入三个编织袋中,绑扎好袋口后连同样品和编织袋浸泡在 90°C 恒温水浴箱热水中7天。取出样品分别倒在三个托盘中,放入 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内烘干4h后应冷却至室温备用。

A.4 试验步骤

- A.4.1 将压碎值试验仪试筒安放在底板上。
- A.4.2 将试样3600g分3次(每次数量大体相同)均匀装入试模中,每次均将试样表面整平,用金属棒的半球面端从石料表面上均匀捣实25次,将最后一次装料且经捣实后多余的料舍弃。用金属棒作为直刮刀将表面仔细整平,最后加压头放入试筒内石料面上,注意使压头摆平,勿楔挤试模侧壁。
- A.4.3 将装有试样的试模放到压力机上,上下对中后开动压力机,均匀地施加荷载,在10min左右的时间内达到总荷载400kN,稳压5s,然后卸荷。
- A.4.4 将试模从压力机上取下,取出试样倒在托盘,称取试筒内全部样品质量(m_0)。
- A.4.5 用2.36mm标准筛筛分经压碎的全部试样,可分几次筛分,均需筛到在1min内无明显的筛出物为止。
- A.4.6 称取通过2.36mm筛孔的全部细料质量(m_1),准确至1g。

A.5 计算

- A.5.1 钢渣集料浸水压碎值按式A.1计算,精确至0.1%。

$$Q_1 = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中:

- Q_1 ——浸水压碎值(%);
- m_0 ——试验前试样质量(g);
- m_1 ——试验后通过 2.36mm 筛孔的细料质量(g)。

以3个试样平行试验结果的算术平均值作为浸水压碎值的测定值，测定结果相对偏差应在±15%以内。

A. 5. 2 按JTG E42-2005《公路工程集料试验规程》中T 0316《粗集料压碎值试验》要求进行钢渣粗集料常规压碎值试验，常规压碎值为 Q_0 。

A. 5. 3 浸水压碎值升高 ΔQ 按A. 2计算，精确至0. 1%。

$$\Delta Q = Q_0 - Q_1 \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中:

- ΔQ ——浸水压碎值升高(%);
- Q_0 ——常规压碎值(%);
- Q_1 ——浸水压碎值(%)。

附 录 B
(规范性)
钢渣粗集料浸水胀裂试验

B.1 目的与适用范围

钢渣集料颗粒浸水胀裂试验用于衡量钢渣颗粒体积安定性，以检验钢渣集料长期浸水后的稳定性。

B.2 仪器与材料

仪器与材料包括：

- 标准筛：筛孔尺寸 13.2mm、9.5mm 和 4.75mm 方孔筛各一个。
- 制冰格模具：冰格数不少于 10 行×10 列。
- 恒温水浴箱：控温准确至 1℃，深度不小于 150mm。
- 采用风干钢渣集料用 13.2mm、9.5mm 和 4.75mm 标准筛过筛，取 9.5mm 至 13.2mm，4.75mm 至 9.5mm 的试样各 3000g，供试验用。

B.3 试验准备

B.3.1 取9.5mm至13.2mm钢渣集料900颗，各分成3组，每组300颗。同样取4.75mm至9.5mm钢渣集料各900颗，各分成3组，每组300颗。

B.3.2 将每组300颗钢渣分别放在一个制冰格模具中，每一个冰格放一颗钢渣。

B.3.3 将每组试样连同同样制冰格模具浸泡在90℃恒温水浴箱热水中7天，取出样品检查和计算每组胀裂的钢渣个数。

B.4 计算

钢渣集料浸水胀裂率按发生胀裂的钢渣数量占排放浸水的钢渣颗粒总数百分比计算，每种规格钢渣以3个试样平行试验结果的算术平均值作浸水胀裂率的测定值，测定结果相对偏差应在±15%以内。

附录 C
(规范性)

钢渣沥青混合料矿料配合比修正方法（密度法）

C.1 目的与适用范围

本方法适用于修正含有密度差异较大的钢渣集料和常规集料的沥青混合料矿料配合比设计。

C.2 换算与修正步骤

C.2.1 选定沥青混合料级配范围，结合钢渣集料、常规集料和填料的筛分通过率，按JTG F40矿料配合比设计要求计算各种钢渣集料、常规集料和填料用量百分比。

$$P_{ss-i} + P_{sa-i} + P_{fl} = 100 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- P_{ss-i} ——第 i 种规格钢渣集料的用量百分比 (%)；
- P_{sa-i} ——第 i 种规格常规集料的用量百分比 (%)；
- P_{fl} ——填料用量百分比 (%)。

C.2.2 以用量最大的某一种规格的钢渣集料的毛体积相对密度作为基准密度，利用常规集料毛体积相对密度和填料相对密度换算成同一基准密度下的矿料集料和填料相对用量比例：

$$P'_{ss-i} = \frac{\gamma_{ss-i}}{\gamma_{ss}} \times P_{ss-i} \dots\dots\dots (C.2)$$

$$P'_{sa-i} = \frac{\gamma_{sa-i}}{\gamma_{ss}} \times P_{sa-i} \dots\dots\dots (C.3)$$

$$P'_{fl} = \frac{\gamma_{fl}}{\gamma_{ss}} \times P_{fl-i} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- P'_{ss-i} ——第 i 种规格钢渣集料的相对用量比例 (%)；
- P'_{sa-i} ——第 i 种规格常规集料的相对用量比例 (%)；
- P'_{fl} ——填料用量相对比例 (%)；
- γ_{ss-i} ——第 i 种钢渣集料的毛体积相对密度，无量纲；
- γ_{ss} ——钢渣集料的毛体积相对基准密度，无量纲；
- γ_{sa-i} ——第 i 种常规集料的毛体积相对密度，无量纲；
- γ_{fl} ——填料相对密度，无量纲。

C.2.3 换算后的矿料用量比例之和 $P'_{总}$ 不是100，应利用各矿料相对用量比例 P'_{ss-i} 、 P'_{sa-i} 和 P'_{fl} 除以 $P'_{总}$ 修正成配合比用量百分比，所得比例即为钢渣沥青混合料中钢渣集料、常规集料和填料的实际材料配合比，其适用于室内试验成型配料与沥青拌和楼施工生产配料。

$$P'_{ss-i} + P'_{sa-i} + P'_{fl} = P'_{总} \dots\dots\dots (C.5)$$

$$P''_{ss-i} = \frac{P'_{ss-i}}{P'_{总}} \dots\dots\dots (C.6)$$

$$P''_{sa-i} = \frac{P'_{sa-i}}{P'_{总}} \dots\dots\dots (C.7)$$

$$P''_{fl} = \frac{P'_{fl}}{P'_{总}} \times 100 \dots\dots\dots (C. 8)$$

$$P''_{ss-i} + P''_{sa-i} + P''_{fl} = 100 \dots\dots\dots (C. 9)$$

式中：

- P''_{ss-i} ——密度换算修正后第 i 种规格钢渣集料的用量百分比 (%) ；
 P''_{sa-i} ——密度换算修正后第 i 种规格常规集料的用量百分比 (%) ；
 P''_{fl} ——密度换算修正后填料用量百分比 (%) 。

附录 D
(规范性)
钢渣粗集料有效相对密度试验

D.1 目的与适用范围

本方法适用于测定吸水率大于2% 的钢渣粗集料的有效相对密度。

D.2 仪器与材料

仪器与材料包括：

- 天平或浸水天平：可悬挂吊篮测定集料的水中质量，称量应满足试样数量称量要求，感量不大于最大称量的 0.05%。
- 吊篮：耐锈蚀材料制成，直径和高度为 150mm 左右，四周及底部用 1mm 至 2mm 的筛网编制或具有密集的孔眼。
- 溢流水槽：在称量水中质量时能保持水面高度一定。
- 烘箱：能控温在 $165^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 放置集料和沥青的容器（如不锈钢杯）。
- 用于搅拌的铁棒。
- 标准筛。
- 干燥箱。
- 其它：刷子等。

D.3 试验准备

D.3.1 将试样用标准筛过筛除去其中的钢渣中细集料，对粒径大于4.75mm的钢渣粗集料应用4.75mm筛过筛；对2.36mm至4.75mm集料，则用2.36mm标准筛过筛。用四分法或分料器法缩分至要求的质量，分两份备用。对沥青路面用钢渣粗集料应对不同规格的集料分别测定，不得混杂，所取的每一份集料试样应基本上保持原有的级配。在测定2.36mm至4.75mm的集料时，试验过程中应特别小心，不得丢失集料。

D.3.2 经缩分后供测定有效相对密度的钢渣集料质量应符合表D.1的规定。

表D.1 测定有效相对密度所需要的试样最小质量

公称最大粒径 (mm)	4.75	9.5	16	19	26.5
每一份试样的最小质量 (kg)	0.8	1	1	1	1.5

D.3.3 将每一份钢渣集料试样浸泡在水中，并适当搅动，仔细洗去附在集料表面的尘土和石粉，经多次漂洗干净至水完全清澈为止。清洗过程中不得散失集料颗粒。钢渣集料清洗后放入 105°C 烘箱烘干后冷却备用。

D.4 试验步骤

D.4.1 将铁棒置于不锈钢杯中，称取铁棒和不锈钢杯的干重 m_1 和水中重 m_2 。

D. 4. 2 将不锈钢杯和铁棒烘干后，取1000g左右的钢渣放入不锈钢杯中，称量不锈钢杯、铁棒和钢渣的干重 m_3 并放入165℃烘箱加热。

D. 4. 3 沥青放入165℃烘箱加热至液态后，将热沥青倒入不锈钢杯中，保证沥青液面没过钢渣集料不少于3cm。用铁棒搅拌排除气泡后放入145℃烘箱中，每隔20分钟取出进行搅拌，搅拌3-5次直至无气泡出现后置于干燥箱中冷却至室温。

D. 4. 4 称量不锈钢杯、铁棒、钢渣和沥青的总干重 m_4 和水中重 m_5 。

D. 4. 5 对同一规格的钢渣集料应平行试验两次，取平均值作为试验结果。

D. 5 计算

钢渣集料有效相对密度按式D. 1计算至小数点后3位。

$$\gamma_{se} = \frac{m_3 - m_1}{m_4 - m_5 - (m_1 - m_2) - (m_4 - m_3) / \gamma_b} \dots\dots\dots (D. 1)$$

式中：

γ_{se} ——钢渣集料的有效相对密度，无量纲；

γ_b ——沥青的相对密度，无量纲；

m_1 ——铁棒和不锈钢杯的干重（g）；

m_2 ——铁棒和不锈钢杯的水中重（g）；

m_3 ——铁棒、不锈钢杯和钢渣的干重（g）；

m_4 ——铁棒、不锈钢杯、钢渣和沥青的干重（g）；

m_5 ——铁棒、不锈钢杯、钢渣和沥青的水中重（g）。

D. 6 精密度或允许差

钢渣有效相对密度两次试验结果相差超过0.02时，试验结果无效。