



CECS XXX: 2021

中国工程建设标准化协会标准

钢渣沥青路面应用技术规程

Technical specification for steel slag asphalt pavement

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会标准

钢渣沥青路面应用技术规程

Technical specification for steel slag asphalt pavement

CECS XXX-2021

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海宝钢新型建材科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021 年**月**日

2021

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2019]22 号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 6 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、设计、施工、质量验收。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：上海市杨浦区中山北二路 901 号；邮政编码 200092），以供修订时参考。

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海宝钢新型建材科技有限公司

参编单位：湛江宝钢新型建材科技有限公司

上海宝钢节能环保技术有限公司

同济大学

北京城建道桥建设集团有限公司

上海浦东路桥沥青材料有限公司

上海市建筑科学研究院（集团）有限公司

新疆互力佳源环保科技有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4 设计.....	4
4.1 一般规定.....	4
4.2 路基.....	4
4.3 垫层.....	5
4.4 基层.....	6
4.5 面层.....	8
4.6 结构设计.....	14
5 施工.....	17
5.1 一般规定.....	17
5.2 路基.....	17
5.3 垫层.....	18
5.4 基层.....	18
5.5 面层.....	20
6 质量验收.....	24
6.1 一般规定.....	24
6.2 路基.....	24
6.3 垫层.....	25
6.4 基层.....	26
6.5 面层.....	27
附录 A 钢渣集料级配换算方法.....	30
本规程用词说明.....	31
引用标准名录.....	32
条文说明.....	33

Contents

1	General provision	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	3
4	Design.....	4
4.1	General requirement	4
4.2	Subgrade.....	4
4.3	Bed course	5
4.4	Base course.....	6
4.5	Surface course	8
4.6	Structural design	14
5	Construction.....	17
5.1	General requirement	17
5.2	Subgrade.....	17
5.3	Bed course	18
5.4	Base course.....	18
5.5	Surface course	20
6	Check and acceptance.....	24
6.1	General requirement	24
6.2	Subgrade.....	24
6.3	Bed course	25
6.4	Base course	26
6.5	Surface course	27
	Appendix A Mixture composition conversion	30
	Explanation of wording in this specification	31
	List of quoted standards	32
	Addition: Explanation of provisions.....	33

1 总则

1.0.1 为贯彻落实国家资源节约利用、生态环境保护政策，规范钢渣沥青路面的技术要求，保证钢渣沥青路面工程质量，制订本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级城市道路钢渣沥青路面的设计、施工与质量验收。

1.0.3 钢渣沥青路面的设计、施工与质量验收除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 钢渣 Steel slag

转炉炼制普碳钢过程中排出的由金属原料中杂质与助熔剂、炉衬形成的以硅、钙、镁、铁等多种氧化物及其固熔体为主要成分的普碳钢渣。

2.0.2 水泥稳定钢渣混合料 Steel slag mixture stabilized with cement

以钢渣全部或部分替代天然石料与一定数量的水泥、水或其他材料拌制成的混合料。

2.0.3 钢渣沥青混合料 Steel slag asphalt mixture

以钢渣全部或部分替代天然石料,与沥青、填料等材料拌制成的沥青混合料。

2.0.4 钢渣沥青路面 Steel slag asphalt pavement

面层采用钢渣沥青混合料铺筑的路面。

2.0.5 浸水膨胀率 Immersion expansion ratio

钢渣在规定试验条件下,浸水后的体积变化率。

3 基本规定

3.0.1 钢渣沥青路面应采用专业工艺加工处理的、性能稳定的钢渣。钢渣应保持清洁、不得含有其他有害物质，其性能指标应符合表 3.0.1 的要求。

表 3.0.1 钢渣性能指标要求

指标	单位	技术要求	试验方法
游离氧化钙含量	%	≤ 3.0	YB/T 4328
金属铁含量	%	≤ 2.0	YB/T 4188
浸水膨胀率	%	≤ 2.0	GB/T 24175
放射性	/	内照射指数 ≤ 1.0	GB 6566
	/	外照射指数 ≤ 1.0	

3.0.2 根据粒径和级配设计不同，钢渣可应用于沥青路面的路基、垫层、基层及面层。

3.0.3 钢渣的贮存以及处置应符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定。

3.0.4 钢渣应用于道路铺筑时必须符合国家现行环境保护法律法规的有关规定。

3.0.5 钢渣沥青路面在设计工作年限内应具有足够的抗车辙、抗裂、抗疲劳品质和良好的平整、抗滑、耐磨等使用功能。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢渣沥青路面应根据钢渣材料特性、气候特点、交通荷载与结构层功能要求等因素，结合当地经验，进行整体设计。

4.1.2 钢渣沥青路面设计应包括材料设计、混合料配合比设计及路面结构设计。

4.2 路基

4.2.1 填方路基用钢渣的最大粒径不应大于 60mm。钢渣的最小强度（CBR）应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 路基用钢渣最小强度（CBR）技术要求

填方类型	路床顶面以下深度（m）	CBR（%）		试验方法
		快速路、主干路	其他等级道路	
路床	0~0.3	8.0	6.0	JTG E40 T 0134
路基	0.3~0.8	5.0	4.0	
路基	0.8~1.5	4.0	3.0	
路基	>1.5	3.0	2.0	

4.2.2 钢渣填方路基的压实度应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 钢渣填方路基压实度技术要求

类型	路床顶面以下 深度（m）	压实度（%）				试验方法
		快速路	主干路	次干路	支路及其他	
填方路基	0~0.8	≥96	≥95	≥94	≥92	JTG 3450
	0.8~1.5	≥94	≥93	≥92	≥91	
	>1.5	≥93	≥92	≥91	≥90	

4.2.3 钢渣填方路基设计应根据路基所处的环境、钢渣材料特性及填筑部位等条件，做好路基结构、防排水系统和防护工程的综合设计。

4.2.4 钢渣填方路基应稳定、密实、均质，具有足够的强度、稳定性、抗变形能力和耐久性。快速路和主干路钢渣填方路基顶面设计回弹模量不应小于 30MPa，次干路和支路不应小于 20MPa。

4.3 垫层

4.3.1 在下列情况下，钢渣沥青路面基层下应设置垫层：

- 1 季节性冰冻地区的中湿或潮湿路段。
- 2 地下水位高、排水不良，路基处于潮湿或过湿状态。
- 3 水文地质条件不良的土质路堑，路床处于潮湿或过湿状态。

4.3.2 钢渣可与碎石、砂或砂砾等粒料复配用作道路垫层。垫层用钢渣的最大粒径不应大于 53mm，小于 0.075mm 的颗粒含量不宜大于 5%。

4.3.3 钢渣粒料垫层中，钢渣的掺用量宜在 40%以上。钢渣粒料的合成级配范围应符合表 4.3.3-1 的规定。钢渣的压碎值应符合表 4.3.3-2 的规定。

表 4.3.3-1 垫层材料颗粒范围

筛孔尺寸 (mm)	通过质量百分率(%)	
	快速路、主干路	次干路及以下道路
53	-	100
37.5	100	85~100
31.5	83~100	69~88
19.0	54~84	40~65
9.5	29~59	19~43
4.75	17~45	10~30
2.36	11~35	8~25
0.6	6~21	6~18
0.075	0~10	0~10

表 4.3.3-2 垫层材料压碎值技术要求

项目	压碎值 (%)	试验方法
快速路、主干路	<30	JTG E40 T 0316
次干路	<35	
次干路以下道路	<40	

4.3.4 钢渣粒料垫层的厚度宜大于 150mm，压实度不宜小于 96%。

4.4 基层

4.4.1 基层用钢渣填料应符合下列规定：

- 1 城市快速路、主干路基层用钢渣的最大粒径不应大于 31.5mm，底基层用钢渣的最大粒径不应大于 37.5mm；其他等级道路基层用钢渣的最大粒径不应大于 37.5mm，底基层用钢渣的最大粒径不应大于 53mm。
- 2 基层填料中钢渣掺用量宜在 40%以上。
- 3 基层用钢渣压碎值技术要求应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 基层用钢渣压碎值技术要求

指标		单位	技术要求		试验方法
			重交通及以上等级道路	其他等级道路	
压碎值	基层	%	≤30	≤35	JTG E40
	底基层		≤30	≤40	T 0316

4.4.2 基层用水泥材料宜选择强度等级为 42.5 级及以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，初凝时间应大于 3h，终凝时间应大于 6h 且小于 10h，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB/T 175 的规定。

4.4.3 基层用天然石料等其他材料的质量应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定。

4.4.4 水泥稳定钢渣混合料中钢渣集料的级配组成应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 水泥稳定钢渣混合料集料级配

层位	混合料类型	通过各孔筛（mm）的质量分数/%							
		37.5	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
基层	悬浮密实型	-	100	90~100	60~80	29~49	15~32	6~20	0~5
	骨架密实型	-	100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0~3
底基层	悬浮密实型	100	90~100	75~90	50~70	29~50	15~35	6~20	0~5

4.4.5 水泥稳定钢渣混合料的配合比设计应符合下列规定：

- 1 选择符合规范要求的水泥材料，并确定掺配范围。
- 2 确定钢渣集料的掺配比例，并应符合设计级配范围要求。

3 选择不少于 5 个水泥用量，分别确定各用量条件下混合料的最佳含水量和最大干密度。

4 根据试验确定的最佳含水量、最大干密度及压实度的要求制备成型标准试件，并在规定条件下养护。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 E51 的有关要求测定混合料试件的 7d 无侧限抗压强度。

5 水泥用量应根据设计要求强度确定。混合料试件的平均抗压强度（R）应符合下式要求：

$$R \geq R_d / (1 - Z_a * C_v) \quad (4.5.5)$$

式中：Z_a——标准正态分布表中随保证率或置信度 a 而变的系数，城市快速路和城市主干路应取保证率 95%，即 Z_a=1.645；次干路及以下城镇道路应取保证率 90%，即 Z_a=1.282；R_d——设计抗压强度；C_v——试验结果的变异系数（偏差系数）。

6 若材料品质或规格发生变化，应重新进行材料配合比设计。

4.4.6 水泥稳定钢渣混合料的压实度和 7d 无侧限强度应符合表 4.4.6 的规定。

表 4.4.6 水泥稳定钢渣混合料的压实度及 7d 无侧限强度技术要求

结构层	特重交通		重、中等交通		轻交通	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	≥98	3.5~4.5	≥98	3~4	≥97	2.5~3.5
底基层	≥97	≥2.5	≥97	≥2.0	≥96	≥1.5

4.4.7 水泥稳定钢渣混合料填筑的基层、底基层应具备足够的强度和稳定性、较小的温缩和干缩变形和较强的抗冲刷能力，在冰冻地区应具有一定的抗冻性能。

4.4.8 中、轻交通等级道路的底基层及轻交通等级道路的基层，可采用钢渣替代部分碎石组成的级配钢渣碎石填筑。级配钢渣碎石应符合下列规定：

1 钢渣、碎石的粒径不宜大于 53.0mm，软弱颗粒含量应小于 5%，不应含有黏土块及有害物质。

2 级配钢渣碎石的粒径范围应符合表 4.4.8-1 的规定。

表 4.4.8-1 级配钢渣碎石粒径范围

筛孔 尺寸 (mm)	通过质量百分率			
	基层		底基层	
	快速路、主干路	次干路及以下道路	快速路、主干路	次干路及以下道路
53	-	-	-	100
37.5	-	100	100	85~100
31.5	100	90~100	83~100	69~88
19.0	85~100	73~88	54~84	40~65
9.5	52~74	49~69	29~59	19~43
4.75	29~54	29~54	17~45	10~30
2.36	17~37	17~37	11~35	8~25
0.6	8~20	8~20	6~21	6~18
0.075	0~7	0~7	0~10	0~10

3 级配钢渣碎石的压碎值应符合表 4.4.8-2 的规定。

表 4.4.8-2 级配钢渣碎石的压碎值技术要求

道路等级	压碎值 (%)		试验方法
	基层	底基层	
快速路、主干路	<26	<30	JTG E40 T 0316
次干路	<30	<35	
次干路以下道路	<35	<40	

4 级配钢渣碎石基层及底基层的压实度和强度指标 (CBR) 应符合表 4.4.8-3 的规定。

表 4.4.8-3 级配钢渣碎石基层及底基层压实及强度指标 (CBR) 技术要求

项目	基层	底基层	试验方法
压实度 (%)	≥98	≥96	JTG 3450
CBR (%)	≥100	≥80	JTG E40 T 0134

4.5 面层

4.5.1 钢渣沥青路面面层用粗集料应符合以下规定：

1 粗集料可采用钢渣、天然石料等材料，粒径规格应符合表 4.5.1-1 的规定。

表 4.5.1-1 粗集料粒径规格

规格 名称	公称 粒径 /mm	通过各孔筛（mm）的质量分数/%								
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S6	15~30	100	90~100	-	-	0~15	-	0~5		
S7	10~30	100	90~100	-	-	-	0~15	0~5		
S8	10~25		100	90~100	-	-	0~15	0~5		
S9	10~20			100	90~100	-	0~15	0~5		
S10	10~15				100	90~100	0~15	0~5		
S11	5~15				100	90~100	40~70	0~15	0~5	
S12	5~10					100	90~100	0~15	0~5	
S13	3~10					100	90~100	40~70	0~20	0~5
S14	3~5						100	90~100	0~15	0~3

2 钢渣粗集料的颗粒形状宜接近正方体，棱角分明，表面粗糙，并保持洁净，其技术要求应符合表 4.5.1-2 的规定。

表 4.5.1-2 钢渣粗集料技术要求

指标	单位	快速路、主干路		其他等级道路	试验方法
		表面层	其他层		
压碎值	%	≤26	≤28	≤30	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤26	≤28	≤30	T 0317
磨光值	-	≥42	-	-	T 0321
表观相对密度	-	≥2.9	≥2.9	≥2.9	T 0304
吸水率	%	≤3.0	≤3.0	≤3.0	T 0307
坚固性	%	≤12	≤12	-	T 0314
针片状颗粒含量	%	≤12	≤12	-	T 0312
其中粒大于 9.5mm		≤12	≤12	-	
其中粒小于 9.5mm		≤12	≤12	-	
水洗法小于 0.075mm 颗粒含量	%	≤1			T 0310

软弱颗粒含量	%	≤3	≤5	≤5	T 0320
与沥青粘附性	级	5			T 0616

注：试验方法中带 T 的参照现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 规定的方法执行。

4.5.2 钢渣沥青路面面层用细集料应符合下列要求：

1 细集料可采用细粒径钢渣、机制砂、石屑等材料，粒径规格应符合表 4.5.2-1 的规定。

表 4.5.2-1 细集料粒径规格

规格 名称	公称粒 径/mm	通过各孔筛（mm）的质量分数/%							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S16	0~3	-	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

2 细粒径钢渣应保持洁净、干燥、无杂质，其质量技术要求应符合表 4.5.2-2 的规定。

表 4.5.2-2 细粒径钢渣质量技术要求

指标	单位	快速路、主干路	其他等级道路	试验方法
表观相对密度	-	≥2.90	≥2.75	T 0328
坚固性（>0.3mm 部分）	%	≤12	-	T 0340
含泥量 （小于 0.075mm 颗粒含量）	%	≤3	≤5	T 0333
砂当量	%	≥60	≥50	T 0334
亚甲蓝值	g/kg	≤2.5	-	T 0349
棱角性（流动时间）	s	≥40	-	T 0345

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 规定的方法执行。

4.5.3 钢渣沥青路面用其他集料、沥青结合料、填料及稳定剂等材料应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定。

4.5.4 钢渣沥青混合料中钢渣掺用量宜大于 30%，钢渣沥青混合料类型宜选用 SMA、AC 和 OGFC 等级配类型。

4.5.5 钢渣沥青混合料配合比设计应符合下列规定：

1 钢渣沥青混合料的配合比设计应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的相关规定。

2 钢渣与碎石等材料掺配使用的集料级配设计，应按本规程附录 A 中的方法执行。

3 钢渣沥青混合料的配合比设计可采用马歇尔试验方法进行。钢渣沥青混合料的技术要求应符合表 4.5.5-1 至表 4.5.5-8 的规定。

表 4.5.5-1 密级配钢渣沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验项目		单位	技术要求					试验方法	
			重交通及以上等级道路			其他等级道路			
击实次数（双面）		次	75			50		T 0702	
马歇尔试件尺寸		mm	Ø101.6mm×63.5mm						
空隙率 VV		%	3~5			3~6		T 0705	
马歇尔稳定度 MS		kN	≥8			≥5		T 0709	
流值 FL		mm	1.5~4			2~5			
矿料间 隙率 VMA (%)	设计空隙率	相应于以下公称最大粒径（mm）的技术要求							T 0705
	(%)	19	16	13.2	9.5	4.75			
	3	≥12	≥12.5	≥13	≥14	≥16			
	4	≥13	≥13.5	≥14	≥15	≥17			
	5	≥14	≥14.5	≥15	≥16	≥18			
	6	≥15	≥15.5	≥16	≥17	≥19			
沥青饱和度（%）		65~75				70~85			

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

表 4.5.5-2 SMA 钢渣沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验项目	单位	技术要求		试验方法
		使用普通沥青	使用改性沥青	
马歇尔试件尺寸	mm	Ø101.6mm×63.5mm		T 0702
击实次数（双面）	次	50		
空隙率 VV	%	3~4		T 0705
粗集料骨架间隙率 VCA _{min}	-	≤VCA _{DRC}		
沥青饱和度 VFA	%	75~85		

矿料间隙率 VMA		≥ 17		
马歇尔稳定度 MS	kN	≥ 5.5	≥ 6	T 0709
流值	mm	2~5	-	
谢伦堡沥青析漏损失	%	≤ 0.2	≤ 0.1	T 0732
肯塔堡飞散试验飞散损失	%	≤ 20	≤ 15	T 0733

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

表 4.5.5-3 OGFC 钢渣沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件尺寸	mm	$\varnothing 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$	T 0702
击实次数（双面）	次	50	
空隙率 VV	%	18~25	T 0708
马歇尔稳定度 MS	kN	≥ 3.5	T 0709
谢伦堡沥青析漏损失	%	≤ 0.3	T 0732
肯塔堡飞散损失	%	≤ 20	T 0733

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

5 钢渣沥青混合料必须在规定的试验条件下进行车辙试验，其动稳定度性能技术要求应符合表 4.5.5-4 的规定。

表 4.5.5-4 钢渣沥青混合料动稳定度技术要求（次/mm）

交通等级	结构层位	温度分区									试验方法
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-2	
轻、中	上面层	≥ 2000				≥ 1000				≥ 800	T 0719
	中、下面层	≥ 1000				≥ 800				≥ 800	
重	上、中面层	≥ 3500				≥ 2500				≥ 1500	
	下面层	≥ 1200				≥ 800				≥ 800	
极重	上、中面层	≥ 5000				≥ 4000				≥ 2000	
特重	下面层	≥ 1500				≥ 1500				≥ 800	

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

6 钢渣沥青混合料必须在规定试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验，其水稳定性技术要求应符合表 4.5.5-5 的规定。

表 4.5.5-5 钢渣沥青混合料水稳定性技术要求

项目	技术指标		试验方法
	年降水量 $\geq 500\text{mm}$	年降水量 $< 500\text{mm}$	
浸水马歇尔残留稳定度 (%)	≥ 80	≥ 75	T 0709
冻融劈裂残留强度比 (%)	≥ 75	≥ 70	T 0729

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

7 应根据气候条件检测密级配钢渣沥青混合料低温抗裂性能，钢渣沥青混合料破坏应变技术要求应符合表 4.5.5-6 的规定。

表 4.5.5-6 钢渣沥青混合料低温破坏应变技术要求

气候条件及技术指标	年极端最低气温（℃）				试验
	<-37.0	-21.5~-37.0	-9.0~-21.5	>-9.0	方法
钢渣沥青混合料（采用普通沥青）极限破坏应变（10 ⁻⁶ ）	≥2600	≥2300	≥2000		T 0715
钢渣沥青混合料（采用改性沥青）极限破坏应变（10 ⁻⁶ ）	≥3000	≥2800	≥2500		

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

8 钢渣沥青混合料的渗水系数应符合表 4.5.5-7 的规定。

表 4.5.5-7 钢渣沥青混合料渗水系数技术要求

级配类型	单位	技术要求	试验方法
密级配钢渣沥青混凝土	mL/min	≤ 120	T 0730
SMA 钢渣沥青混合料		≤ 80	
OGFC 钢渣沥青混合料		实测	

注：试验方法参照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中规定的方法执行。

9 应对钢渣沥青混合料进行膨胀性试验，钢渣沥青混合料的膨胀量应符合表 4.5.5-8 的规定。

表 4.5.5-8 钢渣沥青混合料膨胀量技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
膨胀量	%	≤ 1.5	JTG E42 T 0348

4.5.6 钢渣沥青混合料的配合比设计应包括目标配合比设计、生产配合比设计和

生产配合比验证三个阶段。目标配合比设计与生产配合比设计均需经监理工程师审查批准。当材料来源、品种发生变化，必须重新进行配合比设计。

4.5.7 钢渣沥青混合料的目标配合比设计应符合下列规定：

1 初选 3 组不同的矿料级配。初选矿料公称最大粒径大于或等于 9.5mm，宜以 4.75mm 筛孔通过百分率处于设计级配范围中值，并在中值上下一定范围进行选择 and 调整。初选矿料公称最大粒径小于或等于 4.75mm，宜以 2.36mm 筛孔通过百分率处于设计级配范围中值，并在中值上下一定范围内进行选择 and 调整。

初始沥青用量宜根据混合料级配类型并结合已有的工程经验确定。

2 按照初选的矿料级配与初始沥青用量制作马歇尔试件，一组试件的个数不应少于 4 个。

3 按照现行试验规程《公路工程集料试验规程》JTG E42 规定的方法，确定沥青混合料试件的各项体积指标和毛体积相对密度，确定设计级配。

4 根据确定的混合料设计级配，以初始沥青用量为中值，按照一定间隔（0.3%~0.5%），取 5 个或 5 个以上不同的沥青用量分别成型马歇尔试件，每组试件的试样数不应少于 4 个。应按照混合料指标要求确定最佳沥青用量。

5 在最佳沥青用量条件下进行车辙试验、水稳定性试验与低温弯曲试验。当沥青混合料试件的各项性能满足设计要求时，最佳沥青用量应作为设计沥青用量。当沥青混合料试件的性能未满足设计要求时，应重新设计最佳沥青用量。

4.6 结构设计

4.6.1 钢渣沥青路面结构设计应包括结构组合设计和结构层厚度设计。

4.6.2 钢渣沥青路面结构设计应符合下列规定：

1 钢渣沥青路面结构设计指标与要求应按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定执行。

2 双层式钢渣沥青路面面层可分为表面层和下面层。

3 三层式钢渣沥青路面面层可分为表面层、中面层和下面层。

4.6.3 钢渣沥青路面典型路面结构组合见表 4.6.3-1 至表 4.6.3-4。

表 4.6.3-1 半刚性基层钢渣沥青路面

面层	上面层	密级配钢渣沥青混合料、钢渣沥青 SMA 混合料、开级配钢渣沥青混合料
	中、下面层	密级配钢渣沥青混合料、沥青稳定钢渣碎石
基层	基层	水泥稳定钢渣混合料、无机结合料稳定碎石
	底基层	水泥稳定钢渣混合料、无机结合料稳定级配碎石或土
垫层		钢渣、砂、碎（砾）石等粒料

表 4.6.3-2 粒料基层钢渣沥青路面

面层	上面层	密级配钢渣沥青混合料
	中、下面层	密级配钢渣沥青混合料
基层	基层	级配钢渣碎石
	底基层	级配钢渣碎石、水泥稳定钢渣混合料
垫层		钢渣、砂、碎（砾）石等粒料

表 4.6.3-3 沥青类基层钢渣沥青路面

面层	上面层	密级配钢渣沥青混合料、钢渣沥青 SMA 混合料、开级配钢渣沥青混合料
	中、下面层	密级配钢渣沥青混合料
基层	基层	密级配钢渣沥青混合料、沥青稳定碎石、开级配沥青碎石
	底基层	水泥稳定钢渣混合料、无机结合料稳定碎石、级配钢渣碎石
垫层		钢渣、砂、碎（砾）石等粒料

表 4.6.3-4 刚性基层钢渣沥青路面

面层	上面层	密级配钢渣沥青混合料、钢渣沥青 SMA 混合料、开级配钢渣沥青混合料
	中、下面层	密级配钢渣沥青混合料、沥青稳定碎石
基层	基层	贫混凝土、碾压混凝土、普通水泥混凝土
	底基层	水泥稳定钢渣混合料、无机结合料稳定碎石、级配钢渣碎石
垫层		钢渣、砂、碎（砾）石等粒料

4.6.4 钢渣沥青路面沥青混合料类型应与交通荷载以及使用要求相适应，并应符合

合下列规定：

1 城市快速路、主干路应采用三层式结构，且上、中面层应选用改性钢渣沥青混合料；城市次干路可采用双层或三层式结构，上面层应选用改性钢渣沥青混合料；城市支路可采用双层式结构，上面层宜选用改性钢渣沥青混合料。

2 城市快速路上面层宜选用开级配钢渣沥青混合料。周边居民区较多的道路宜选用透水钢渣沥青路面等低噪声路面形式。

4.6.5 钢渣沥青路面面层层间必须设置粘层，半刚性基层与粒料基层顶面应设置透层，城市快速路、主干路的半刚性基层上必须设置下封层。

4.6.6 非机动车道、人行道与步行街采用钢渣沥青铺装，沥青混合料面层厚度不应小于 30mm。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 钢渣沥青路面施工必须进行施工组织设计，制订详细的施工方案，保证合理的施工工期。

5.1.2 钢渣集料应单独堆放，并采取措施防止灰尘污染。来自不同厂家、不同品种和规格的原材料应分开储存，不得混堆。

5.1.3 钢渣沥青路面施工，应选择有利季节进行，不得在大风、雨、雪天气、潮湿路面及温度低于 10℃ 的环境下施工。

5.1.4 钢渣沥青路面正式施工前应做试验段，确定材料配合比、机械设备设置和施工参数等。

5.1.5 钢渣沥青路面施工必须符合国家现行有关环境、消防、安全等法律法规的规定。施工过程应有良好的劳动保护，确保施工安全。

5.1.6 钢渣沥青路面施工应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与验收规范》CJJ 1 的相关规定。

5.2 路基

5.2.1 路基施工前，应根据工程地质勘察报告，对钢渣等路基填料进行含水量、标准击实、CBR 试验及膨胀性等试验。

5.2.2 钢渣填方路基应分层铺筑，碾压密实，并应符合下列规定：

1 路基压实度应符合本规程表 4.2.2 的规定。

2 路基压实应先轻后重，先慢后快，均匀一致。压路机最快速度不宜超过 4km/h。压实遍数应现场试验确定。

3 压实应在填料最佳含水量附近进行。填料含水量偏差范围应经试验确定，宜控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 以内。

4 路基压实过程中应采用措施保护地下管线、构筑物的安全。

5.3 垫层

5.3.1 垫层施工前，应清理路基，并对路基的质量进行检测，确定路基的平整度、压实度和高程等符合设计要求。

5.3.2 钢渣碎石垫层铺设施工前，应在清理干净的路基表面洒水，保持表层湿润。级配钢渣碎石的摊铺过程中，每层的厚度都应保持均匀，做到一次性铺齐，保证颗粒的分布达到均匀，避免多次找补。

5.3.3 级配钢渣碎石垫层铺设后，应及时进行碾压成活。在碾压过程中，实际含水量应控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 以内。

5.3.4 垫层碾压的过程中，应严格遵循先轻后重、先慢后快、从两边到中间的原则，实际碾压遍数应根据试验段数据及现场实际情况确定。

5.4 基层

5.4.1 基层施工前，应清理下承层，保持下承层表面平整、坚实、无松散，路拱、平整度和压实度应满足规范要求。

5.4.2 水泥稳定钢渣混合料应由工厂集中拌制，并应符合下列规定：

1 应将水泥、钢渣、天然石料和水搅拌均匀。混合料的含水量宜略大于最佳含水量，并应根据施工地点的气候条件适当调整混合料的含水量。

3 拌和厂应向施工现场提供产品合格证及粒料级配、混合料配合比及抗压强度等资料。

4 拌和后的混合料堆放时间不宜超过 24h。

5 混合料运输过程中应覆盖，防止遗撒和扬尘。

5.4.3 水泥稳定钢渣混合料的摊铺应符合下列规定：

1 路床应满足施工要求，必要时应洒水润湿。

2 摊铺前，混合料的含水量宜在最佳含水量的 $\pm 2\%$ 以内。

3 水泥稳定钢渣混合料的拌和、运输、摊铺和碾压应紧凑进行。

4 水泥稳定钢渣混合料宜采用专用的机械摊铺，压实系数宜为 1.2~1.3。

6 每次机械摊长度宜为一个碾压段。混合料每层最大压实厚度应为 20cm，且不宜小于 10cm。

7 摊铺过程出现集料离析，应及时翻拌均匀。

8 分层摊铺时，应在下层压实后立即摊铺上层混合料，在摊铺上层混合料前可将下层表面适当洒水润湿。如不能立即铺筑上层而下层又结硬时，宜先将下层拉毛、洒水润湿，再铺筑上层。

5.4.4 水泥稳定钢渣混合料的碾压应符合下列规定：

1 碾压时混合料的含水量宜在最佳含水量的允许偏差范围内。

2 直线和不设超高的平曲线段，应由两侧向中心碾压；设超高的平曲线段，应由内侧向外侧碾压。

3 用两轮压路机碾压时，每次应重叠 1/3 轮宽；用三轮压路机碾压时，每次应重叠后轮宽的 1/2。光轮压路机的碾压速度宜为 30 m/min~40m/min，振动压路机宜为 60m/min~100m/min。

5 水泥稳定钢渣混合料宜采用 18t 或 18t 以上压路机初步碾压。混合料初步稳定后，再采用大于 18t 的压路机碾压，直至表面平整、无明显轮迹，且达到压实度要求。

6 当采用振动压路机时，应符合环境保护和周围建筑物、地下管线以及构筑物的安全要求。

5.4.5 接缝施工应符合下列规定：

1 纵横接缝均应设直茬。纵向接缝宜设计路中线处。接缝应做成阶梯形，梯级宽度不应小于 1/2 层厚。

2 基层施工应避免纵向接缝。分幅施工的纵缝应垂直相接，不得斜接。

5.4.6 水泥稳定钢渣混合料的养生应符合下列规定：

1 混合料碾压成活后，应洒水养生。应分次均匀洒水，并应以养生期内保持混合料基层表面湿润为宜，不得有薄层积水。

2 当环境温度在 20℃ 以上时，养生不得少于 7d；当环境温度在 5℃~20℃，养生不得少于 14d。

3 采用乳化沥青养生时，宜在其上撒布适量石屑。

4 养生期间应封闭交通。

5.4.8 级配钢渣碎石混合料的摊铺应符合下列规定：

1 宜采用机械摊铺符合级配要求的厂拌级配钢渣碎石。

2 压实系数应通过试验段确定。

3 每层摊铺宜一次性完成，颗粒分布应均匀，厚度一致，不得多次找补。

4 已摊铺级配钢渣混合料碾压前，应封闭交通，保持摊铺层清洁。

5.4.9 级配钢渣碎石的碾压除应符合第 5.4.4 条的相关规定外，尚应符合下列规定：

1 碾压前和碾压中应适量洒水。

2 碾压中对有过碾现象的部位，应进行换填处理。

3 宜采用 12t 以上的压路机碾压成活，碾压至缝隙嵌挤密实，坚实稳定，表面平整，轮迹小于 5mm。

4 已成活的混合料在铺装上层前，不得开放交通。

5.5 面层

5.5.1 钢渣沥青路面施工前，应调试沥青混合料拌和楼、摊铺机、压路机等各种机械设备，并应检查或标定机械设备的配套情况、技术性能与传感器计量精度等。

5.5.2 热拌钢渣沥青混合料的拌和、施工温度应符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 热拌钢渣沥青混合料拌和施工温度要求

施工工序	普通沥青	改性沥青	高黏度改性沥青
沥青加热温度（℃）	155~165	165~175	170~180

矿料加热温度（℃）	170~190	190~220	190~220
混合料出料温度（℃）	150~165	170~185	170~185
混合料废弃温度（℃）	>195		
混合料储存温度（℃）	储存过程中温度降低不超过 10		
摊铺温度（℃）	≥140	≥160	≥170
初压温度（℃）	≥135	≥150	≥160
碾压终了的表面温度（℃）	≥80	≥90	≥90
开放交通时的路表温度（℃）	≤50	≤50	≤50

5.5.3 钢渣沥青混合料的拌和应符合下列规定：

- 1 钢渣沥青混合料拌和厂的设备设施应进行专门标定，并进行定期检查。
- 2 钢渣沥青混合料拌和时间应根据混合料类型、沥青种类等经试拌确定。
- 3 钢渣沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌和，总的拌和能力应满足施工进度要求。间歇式拌和机每盘料的干拌时间宜较常规干拌时间增加 5s 以上，湿拌时间宜较常规湿拌时间增加 5s 以上。
- 4 运料车在拌和楼接料时，宜按前、后、中的顺序移动，分多次装料形成多个料斗。钢渣沥青混合料应保持均匀，无结团、无离析现象。

5.5.4 钢渣沥青混合料的运输应符合下列规定：

- 1 钢渣沥青混合料应使用具备保温、防雨、防污染措施的运料车运输。运料车辆的数量和运输能力应与摊铺机的数量、摊铺能力、运输距离相适应，在摊铺机前应形成一个不间断的供料车流。
- 2 运料车每次使用前后应清理干净，运输前应在车厢内侧板和底板涂上适量的防粘剂或隔离剂，但不得有余液积聚在车厢底部。使用油水混合料作隔离剂时，应严格控制油和水的比例。
- 3 钢渣沥青混合料在运输过程中应采用苫布或棉被等材料覆盖保温。
- 4 采用插入式温度计检测运至施工现场的钢渣沥青混合料温度，插入深度应大于 150mm。运料车侧面中部应设专用检测孔，孔口与车箱底面距离宜为 300mm。

4 运输至现场的混合料超过使用温度范围、或出现明显结团、离析或雨淋等现象，应严禁使用。

5.5.5 钢渣沥青混合料的摊铺应符合下列规定：

1 钢渣沥青混合料宜采用履带式摊铺机摊铺，摊铺温度应符合表 5.5.2 的规定。每台机器的摊铺宽度不宜超过 6m（双车道）~7.5m（3 车道以上）。表面层宜采用多机全幅摊铺，减少施工接缝。

2 摊铺过程中，运料车应在摊铺机前 100m~300mm 处停住，空挡等候，由摊铺机顶住运料车，运料车应边前进边缓慢卸料。运料车卸料时，每次应倾倒干净，如有剩余应及时清除。

3 摊铺机应采用自动找平方式，下面层宜采用钢丝绳引导，中上面层宜采用平衡梁控制摊铺厚度。

4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断的摊铺，不得随意变换速度或中途停顿。摊铺速度宜控制在 4m/min~6m/min。

5 钢渣沥青混合料的松铺系数应通过试验路段的试铺确定。

6 在摊铺过程中应有专人检测摊铺温度、控制松铺系数及摊铺宽度、路拱、横坡等参数，应设专人消除接缝处的离析带及料窝。

5.5.6 钢渣沥青混合料的碾压应符合下列规定：

1 钢渣沥青路面应配备足够数量的压路机，选择合理的压路机组合方式及碾压步骤，以达到最佳碾压效果。钢渣沥青路面碾压宜采用钢筒式静态压路机与轮胎压路机或振动压路机组合的方式，按初压、复压、终压三个阶段进行。SMA 钢渣沥青混合料不宜采用轮胎压路机碾压。

2 钢渣沥青混合料压实应遵循紧跟、慢压的原则进行。钢渣沥青混合料面层碾压温度应符合表 5.5.2 的规定。压路机必须紧跟在钢渣沥青混合料摊铺机后在尽可能高温状态下碾压，不得等候，不得在低温状态下反复碾压。具体的碾压速

度与碾压温度应根据混合料种类、压路机类型、气温和层厚等情况经试压确定。

3 碾压过程中碾压轮应保持清洁，可对钢轮涂刷隔离剂或防粘结剂，严禁刷柴油。不得在已完成压实的路面上散落混合料或油料等杂物，不得停放各种施工机械或车辆。

5.5.7 钢渣沥青混凝土路面面层的接缝处理应符合下列规定：

1 横向接缝宜采用垂直于道路中线的平接缝，纵缝应采用热接缝。相邻两幅及上、下层的横向接缝应错位 1m 以上；上、下面层的纵向热接缝应错位 150mm 以上。

2 横向接缝碾压时宜先用双钢轮压路机横向碾压，然后进行 45°斜压，最后再实施横压。纵向接缝碾压时第一趟宜先碾压接缝部分，然后向两边碾压。

3 冷热接茬处应尽量减少碾压冷却一侧的路面，以防止出现泛白现象。

4 路面接缝应连续平顺、紧密，不得有明显的离析。碾压后宜用 3m 直尺检查，确保满足平整度要求。

5.5.8 钢渣沥青混凝土路面应待摊铺层完全自然冷却，表面温度低于 50℃后方可开放交通。

6 质量验收

6.1 一般规定

6.1.1 钢渣沥青路面应根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定；应加强施工过程的质量控制，实行动态质量管理，确保施工质量的稳定性。

6.1.2 钢渣沥青路面的质量验收应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 36 的相关规定。

6.2 路基

6.2.1 钢渣填方路基填料质量验收应符合下列规定：

1 钢渣填料的质量应符合本规程第 3.0.1 条及 4.2 节的相关规定。

检查数量：按不同材料进场批次，每批检查 1 次（钢渣按每 1000t 为 1 批，不足 1000 t 的按 1 批计）。

检验方法：查检验报告。

6.2.2 路基压实度应符合本规程第 4.2.3 条的规定。

检查数量：每 1000m²、每压实层抽检 3 点。

检验方法：环刀法、灌砂法或灌水法。

6.2.3 路基弯沉值不应大于设计规定值。

检查数量：每车道、每 20m 检测 1 点。

检验方法：弯沉仪检测。

6.2.4 路基质量允许偏差应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 路基允许偏差

项目	允许偏差	检查频率		检验方法
		范围	点数	
中线偏位 (mm)	≤30	100m	2	用经纬仪测量

纵断高程 (mm)	-20 ~ +10	20m	1			用水准仪测量
平整度 (mm)	≤15	20m	路宽 (m)	<9	1	用 3m 直尺和塞尺连续量两尺， 取较大值
				9~15	2	
				>15	3	
宽度	不小于设计值	40m	1			用钢尺量
横坡	±0.3%且不反坡	20m	路宽 (m)	<9	1	用水准仪测量
				9~15	2	
				>15	3	
边坡	不陡于设计值	20m	2			用坡度尺量，每 侧1点

6.2.5 路基应平整、坚实，无显著轮迹、翻浆、波浪、起皮等现象，边坡应密实、稳定、平顺。

检查数量：全数检查。

检验方法：观测。

6.3 垫层

6.3.1 垫层用钢渣的质量验收应符合下列规定：

1 钢渣原材料的质量应符合本规程第 3.0.1 条及第 4.3 节的相关规定。

检查数量：按不同材料进厂批次，每批检查 1 次（钢渣按每 1000t 为 1 批，不足 1000 t 的按 1 批计）。

检验方法：查检验报告、复检。

6.3.2 垫层用天然石料等材料的质量应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的相关规定。

检查数量：按不同材料进厂批次，每批检查 1 次。

检验方法：查检验报告、复检。

6.3.2 钢渣碎石垫层的压实度不得低于设计要求。

检查数量：每 1000m²抽检 1 点。

检验方法：灌砂法或灌水法。

6.4 基层

6.4.1 水泥稳定钢渣混合料基层及底基层的质量验收应符合下列规定：

1 原材料质量验收应符合下列规定：

1) 钢渣的质量应符合本规程第 3.0.1 条及第 4.4.1 条的相关规定。

2) 其他材料质量应符合本规程第 4.4.2 条至 4.4.4 条的相关规定。

检查数量：按不同材料进厂批次，每批检查 1 次（钢渣按每 1000t 为 1 批，不足 1000 t 的按 1 批计）。

检验方法：查检验报告、复检。

2 基层、底基层的压实度应符合本规程第 4.4.6 条的相关规定。

检查数量：每 1000m²，每压实层抽检 1 点。

检验方法：环刀法、灌砂法或灌水法。

3 基层、底基层试件的 7d 无侧限抗压强度应符合本规程第 4.4.6 条的相关规定。

检查数量：每 2000m² 抽检 1 组（6 块）。

检验方法：现场取样试验。

6.4.2 级配钢渣碎石基层、底基层的质量验收应符合下列规定：

1 钢渣原材料的质量应符合本规程第 4.4.8 条的相关规定。

检查数量：按不同材料进厂批次，每批检查 1 次（钢渣按每 1000t 为 1 批，不足 1000 t 的按 1 批计）。

检验方法：查检验报告、复检。

2 级配钢渣碎石压实度应符合本规程第 4.4.8 条的相关规定。。

检查数量：每 1000m² 抽检 1 点。

检验方法：灌砂法或灌水法。

3 弯沉值不应大于设计规定值。

检查数量：设计规定时每车道、每 20m 测 1 点。

检验方法：弯沉仪检测。

6.4.3 基层、底基层表面应平整、坚实，无松散和粗、细集料集中现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测观察。

6.4.4 基层、底基层质量允许偏差应符合表 6.4.4 的规定。

表 6.4.4 基层及底基层允许偏差

项目		允许偏差	检查频率				检验方法
			范围	点数			
中线偏位（mm）		≤20	100m	1			用经纬仪测量
纵断高程 （mm）	基层	±15	20m	1			用水准仪测量
	底基层	±20					
平整度 （mm）	基层	≤10	20m	路宽 （m）	<9	1	用 3m 直尺和塞尺连续量两尺， 取较大值
	底基层	≤5			9~15	2	
					>15	3	
宽度		不小于设计值	40m	1			用钢尺量
横坡		±0.3%且不反坡	20m	路宽 （m）	<9	1	用水准仪测量
					9~15	2	
					>15	3	
厚度		±10	1000m ²	1			用钢尺量

6.5 面层

6.5.1 钢渣等原材料质量应符合本规程第3.0.1条及第4.5节的相关规定。

检查频率：按不同产品进场批次（钢渣按每1000t为1批，不足1000 t的按1批计）和产品抽样检验方案确定。

检验方法：查出厂合格证、检测报告并进场复验。

6.5.2 钢渣沥青混合料的质量应符合本规程第 4.5.5 条的相关规定。

检查频率：每日、每品种检查1次。

检验方法：现场取样试验。

6.5.3 钢渣沥青混合料拌和、施工温度应符合本规程表 5.5.2 的规定。

检查频率：逐盘检测。

检验方法：检查测温记录、现场检测。

6.5.4 钢渣沥青路面质量验收应符合下列规定：

1 密级配钢渣沥青混合料面层压实度，对快速路、主干路不应低于 96%，对次干路及以下道路不应低于 95%。

检查数量：每 1000m²抽检 1 点。

检验方法：检查试验记录（马歇尔击实试件密度，试验室标准密度）。

2 钢渣沥青路面面层厚度应符合设计规定，允许偏差为-5mm ~+10mm。

检查数量：每 1000m²抽检 1 点。

检验方法：钻孔，用刚尺量。

3 弯沉值不应大于设计规定值。

检查数量：设计规定时每车道、每 20m 测 1 点。

检验方法：弯沉仪检测。

4 钢渣沥青路面面层质量允许偏差应符合表6.5.4的规定。

表 6.5.4 面层质量允许偏差

项目		允许偏差		检查频率				检验方法
				范围	点数			
纵断高程		±15		20m	1			用水准仪测量
中线偏位（mm）		≤20		100m	1			用经纬仪测量
平整度 （mm）	标准差	主干路 及以上	≤1.5	20m	路宽 （m）	<9	1	用 3m 直尺和塞 尺连续量两尺， 取较大值
		次干路 及以下	≤5			9~15	2	
						>15	3	
宽度		不小于设计值		40m	1			用钢尺量

横坡		$\pm 0.3\%$ 且不反坡	20m	路宽 (m)	<9	1	用水准仪测量
					9~15	2	
					>15	3	
抗滑	摩擦系数	符合设计要求	200m	1			横向力系数车
	构造深度			1			铺砂法

附录 A 钢渣集料级配换算方法

钢渣沥青混合料采用钢渣和天然石料混合集料，且钢渣掺量达 30%~70%时，应将以体积比表示的设计级配通过换算得到质量比表示的级配。换算密度选用毛体积相对密度，换算方法如表 A。

表 A 级配换算方法

矿料 成分	设计级配（体积比） （%）	毛体积相对 密度	质量分数 （%）	换算后级配（质量比） （%）
1	P_1	γ_1	$P_1 * \gamma_1$	$P_1 * \gamma_1 / \sum * 100$
2	P_2	γ_2	$P_2 * \gamma_2$	$P_2 * \gamma_2 / \sum * 100$
3	P_3	γ_3	$P_3 * \gamma_3$	$P_3 * \gamma_3 / \sum * 100$
.....				
i	P_i	γ_i	$P_i * \gamma_i$	$P_i * \gamma_i / \sum * 100$
.....				
n	P_n	γ_n	$P_n * \gamma_n$	$P_n * \gamma_n / \sum * 100$
合计	100		$\sum$	100

$$P_i' = P_i * \gamma_i / \sum * 100 \quad (1)$$

式中： P_i' ——换算后矿料 i 的质量百分比；

P_i ——设计级配中矿料 i 的体积百分比；

γ_i ——矿料 i 的毛体积密度；

$\sum$ ——各档矿料的质量与其毛体积密度乘积之和。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,以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

- 1 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》 GB 18599
- 2 《通用硅酸盐水泥》 GB/T 175
- 3 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 4 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 5 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
- 6 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40

中国工程建设标准化协会标准

钢渣沥青路面应用技术规程

T/CECS

条文说明

目 次

1 总则.....	36
2 术语.....	37
3 基本规定.....	38
4 设计.....	39
4.2 路基.....	39
4.4 基层.....	39
4.5 面层.....	39
4.6 结构设计.....	40
5 施工.....	41
5.1 一般规定.....	41
5.2 路基.....	41
5.4 基层.....	41
5.5 面层.....	41
附录 A 钢渣集料级配换算方法.....	43

Contents

1	General provision	36
2	Terms	37
3	Basic requirements	38
4	Design.....	39
4.2	Subgrade.....	39
4.4	Base course.....	39
4.5	Surface course	39
4.6	Pavement surface.....	40
5	Construction.....	42
5.1	General requirement	42
5.2	Subgrade.....	42
5.4	Base course.....	42
5.5	Surface course	42
	Appendix A Mixture composition conversion	44

1 总则

1.0.1 钢渣是炼钢过程中排出的熔渣，是冶炼行业的主要固体副产物。钢渣生产量约为粗钢产量的 10%~25%，产量较大。目前我国钢渣利用率相对较低，多数露天堆放。钢渣的堆放不但占用大量的土地面积，还加剧了环境污染等问题。处置钢渣并提高钢渣利用率已经成为固废处置的重点关注方向。按发达国家钢渣应用经验，道路修筑是资源化利用钢渣的重点领域。欧洲约有 39%~62%的钢渣用于道路建设，英国钢渣利用比例高达 98%。日本的高炉渣利用率几乎达到 100%，主要用于筑路和水泥、建筑骨料的生产。而我国用于道路建设的钢渣不足 2%，离发达国家还有很大差距。钢渣材料的强度高、具有水硬性，可替代优质筑路集料，提升路面质量。我国在钢渣道路领域已经开始多年的探索和实践应用，取得了大量的研究成果和应用经验。为了规范钢渣沥青路面中设计、施工与质量验收，保证钢渣沥青路面工程质量，有必要编制本规程。

2 术语

2.0.1 钢渣 Steel slag

钢渣是炼钢过程产生的废渣。不同的炼钢工艺和钢渣处理工艺得到的钢渣成分和性质不同。转炉炼制普碳钢过程中排出的普碳钢渣成分较为固定，重金属等成分含量低，适宜用作筑路集料。

2.0.2 水泥稳定钢渣混合料 Steel slag mixture stabilized with cement

通过添加适量的水泥和水，拌制钢渣混合料，形成类似水泥稳定碎石的材料。水泥稳定钢渣混合料一般用于道路基层。

2.0.3 钢渣沥青混合料 Steel slag asphalt mixture

采用钢渣作为集料拌制的沥青混合料，一般用于道路面层。

2.0.5 浸水膨胀率 Immersion expansion ratio

炼钢时需加入石灰等造渣剂去除钢水中的 S、P 等杂质。未能完全反应的石灰在钢渣中残留形成游离氧化钙。这部分游离氧化钙在钢渣颗粒中反应极为缓慢，若不预先进行稳定化处理，在后续工程应用中钢渣的崩解粉化会造成路面隆起、裂缝等病害。因此钢渣必须预先经稳定化处理，且经浸水膨胀率检验合格后方可使用。

3 基本规定

3.0.1 钢渣的稳定性主要受其中游离氧化钙含量的影响。游离氧化钙含量越大，其浸水膨胀率越大，影响路面混合料的稳定性。此外，钢渣内可能含有少量放射性元素，如镭、钾、钍以及少量重金属有毒物质等，若将钢渣应用于道路工程中，可能会污染附近的土体，使其重金属化并危害到人体健康，因此本规程对钢渣的放射性能作出了规定和要求。

3.0.2 钢渣的性能与其加工处理工艺有关。道路建设用钢渣多为转炉钢渣，钢渣的物理力学性能、化学成分和矿物相组成与炼钢及钢渣处理工艺有关。

国内具有代表性的转炉钢渣处理工艺主要有热泼法、风淬法、热闷法及滚筒法。如表 1 所示，热泼法与热闷法处理的钢渣粒度分布范围较宽，2.36mm 以下的颗粒较少，热泼法制备的钢渣粒度最大，26.5mm 以上的颗粒占比超过 40%。滚筒法处理的钢渣粒度较细，分布较为均匀，4.75mm 以下的颗粒占比达 50%以上。风淬法处理的钢渣粒度最细，4.75mm 以下颗粒占比达 95%以上。

表 1 钢渣粒度分布

尺寸/mm	31.5	26.5	13.2	4.75	2.36	0.3	0.075
热泼渣	45.8	45.9	61.4	88.8	95.3	99.7	99.9
风淬渣	0	0	0.6	4.0	34.4	87.8	98.8
热闷渣	3.3	4.7	22.7	74.0	89.4	96.8	98.3
滚筒渣	3.7	3.7	6.4	42.9	66.0	90.0	95.7

钢渣的稳定性经专业处理后能得到较好的改善。传统的热泼法处理的钢渣中游离氧化钙含量较高，导致钢渣容易膨胀粉化，性能不稳定。先进的滚筒法等工艺处理的钢渣（即滚筒渣）中游离氧化钙含量低，钢渣颗粒度分布均匀，性能稳定。因此，钢渣沥青路面推荐采用性能稳定的滚筒渣。

3.0.3 钢渣碱性较强，浸水后容易产生碱性废水。因此钢渣在储存过程中应避免浸水。对于钢渣贮存过程中遇水产生的钢渣渗滤液，应采用符合国家和行业现行环境保护的措施处理。

4 设计

4.2 路基

4.2.1 填方路基需要大量的填料，常规路基填筑方式通常采用天然石料提升路基强度。采用钢渣替代天然石料用作路基填料，可有效节约筑路成本，减少石料用量以及石料开采对环境造成的破坏。我国天津、武汉等地均曾大量采用钢渣作路基或路堤填料，工程应用效果良好。

通常滚筒法及热闷渣等处理工艺生产的钢渣粒径最大约在 50mm 左右。为保证路基的压实度，规定钢渣的最大粒径不应大于 60mm。

4.4 基层

4.4.3 受钢渣集料自然粒径分布的影响，水泥稳定钢渣混合料的强度有可能达不到规范要求，可以试验掺用一定量的天然石料，调整集料级配组成，使得混合料强度满足规范要求。

4.4.4 钢渣与石灰、粉煤灰、土等无机材料混合也可作为基层填料，但其强度发展相对较慢，需较长的养护时间。目前道路基层中应用较多的主要是水泥稳定钢渣混合料。

4.5 面层

4.5.1 钢渣粗集料的粒径并非越大越好，当采用公称粒径大于 20mm 的钢渣时，在混合料拌和时容易出现花料现象。研究表明，在进行钢渣沥青混合料配合比设计时，采用粒径为 2.36mm~20mm 之间的钢渣粗集料更为经济合理。

钢渣表面的孔隙较多，相较于普通天然石料，其吸水率较大，因此对钢渣吸水率指标放宽到 3.0%。控制钢渣的吸水率可减少以下两类问题：一是吸水率过大，将增加混合料拌和过程中对钢渣干拌的温度和时间；二是钢渣吸水率过大容易引起钢渣与沥青的剥离，影响混合料的水稳定性。

4.5.4 钢渣沥青混合料中钢渣掺用量宜根据钢渣原材料的粒径规格、混合料级配类型等因素综合确定。过低的钢渣掺用量达不到提升路面强度的目的，经济效益不明显。提高钢渣掺量的前提是满足集料级配的要求。

4.5.5 现行规范中沥青混合料集料级配范围多采用质量比的形式，以方便施工。钢渣的密度较普通碎石大，如钢渣的密度比玄武岩要高出 15~20%，若仍按质量比设计级配，便会造成实际合成级配曲线与目标级配曲线之间出现偏差，并且这

种误差随着钢渣的掺用量以及钢渣与天然集料密度差的增大而增大,进而影响最终混合料的质量。因此,对于钢渣掺用量较大(30%~70%)的沥青混合料级配设计时,必须将钢渣与天然集料间的配合比进行合理修正,以符合目标级配组成。

规程编制组采用滚筒渣与玄武岩石料掺配使用,设计 OGFC-13 级配。研究发现,当钢渣掺入量小于 30%时,混合料级配变化不明显;当钢渣掺入量达 30%~70%时,混合料的合成级配与原设计级配间出现较明显的偏差。

4.6 结构设计

4.6.2 《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 中对沥青混合料的抗压模量提出了范围要求。相关研究及试验表明,采用钢渣作集料的沥青混合料的抗压模量与传统天然石料制备的沥青混合料的抗压模量相差不大。如有研究结果显示,油石比为 5.0% 的细粒径钢渣沥青混合料 AC-13 的抗压模量测试值为 2008MPa,符合现行规范对普通细粒式沥青混合料 AC-13 的抗压模量范围要求(1800~2200MPa)。此外,规范要求水泥稳定碎石混合料(水泥含量在 4%~6%)的抗压回弹模量应为 1300~1700Mpa。而试验研究表明,不同龄期的水泥稳定钢渣碎石的抗压回弹模量和常规石料材料的抗压回弹模量较为相近。研究结果显示,在最佳配比下(水泥用量 4.0%),水泥稳定钢渣碎石(钢渣掺量 50%)混合料强度(28d)约为 1600MPa。说明无机结合料稳定钢渣混合料完全可以满足作为路面基层的需求。因此,钢渣沥青路面的结构组合设计可参考现有典型沥青路面结构组合经验进行选择。

4.6.4 钢渣集料强度高,耐磨性好,与沥青粘附性强,特别适合用作开级配沥青混合料的粗集料。相较于传统天然石料,采用钢渣作集料的透水沥青路面的使用耐久性可得到明显提升。在城市居民区较多的道路,推荐采用钢渣透水沥青路面,即可以有效减少路面雨水径流,提升道路交通安全性,又可以减少行车噪声,提升道路环保性能。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.2 钢渣表面孔隙较多，应注意防止储存地的灰尘污染，以免影响增大钢渣集料的吸水率，降低钢渣与沥青之间的粘附性。

5.2 路基

5.2.2 钢渣填方路基的施工方法基本上与砂砾路基的施工方法相同，分层填筑，分层碾压，严格控制摊铺机压实层厚。

在钢渣路基的施工中最重要的是保证钢渣路基的压实度。钢渣中粗颗粒孔隙率比较大，水分蒸发较快，摊铺施工后应立即压实并进行压实度检测。实际施工中应视具体情况，通过增加洒水车的使用和控制填料的晾晒时间等方法使填料的含水量控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 以内。

5.4 基层

5.4.3 水泥稳定钢渣基层施工控制的重点是压实度控制，与传统水泥稳定碎石相比，水泥稳定钢渣碎石的骨架更难嵌挤密实，现场碾压较传统水稳要求有所提高。施工经验表明，水泥稳定钢渣基层施工需要提高现场碾压功，尽量采用大吨位压路机，并需优化调整碾压方案，以确保压实度。

钢渣混合料的含水量对压实度影响很大，为保证钢渣混合料的压实度，应尽量使其实际含水量接近最佳含水量。

5.5 面层

5.5.3 钢渣的导热性容易使得在运输过程中混合料温度下降较快，待到达摊铺现场时，可能由于温度下降过大影响施工。此外，钢渣表面孔隙较多，吸水量相对较大。因此，实际施工中，钢渣集料的加热时间不宜太短。考虑延长集料干拌时间，以提高集料温度减少混合料温度损失。另一方面，钢渣在淬冷成型时各部位的收缩率不同，破碎后的钢渣表面棱角丰富，但也存在许多“死角”或一些较深的孔隙。在进行沥青混合料拌和时，沥青短时间内难以充分浸润此类区域，容易造成路面出现水损害等早期病害。因此，在拌和过程中应适当延长湿拌时间，以便使沥青裹复均匀。因此，钢渣沥青混合料拌和机每盘料的生产周期应较常规沥青混合料拌和时间适当延长。其中，干拌时间和湿拌时间宜各自延长 5s 以上。

钢渣与普通集料间存在密度差异，掺配钢渣的混合料在施工过程中尤其应注

意防止集料发生离析。运料车接料时，按前、后、中的顺序移动，分多次装料形成多个料斗，可防止堆成单锥状造成集料离析。

5.5.5 常规沥青混合料摊铺速度宜为 2m/min~6m/min，为防止混合料温度下降过快，钢渣沥青混合料摊铺速度宜适当加快，宜为 4m/min~6m/min。

附录 A 钢渣集料级配换算方法

传统的级配设计理论是将集料视为密度相同的颗粒，是体积设计理论。而实际工程应用中，级配控制通常采用质量比控制。不同集料的密度各不相同，如在沥青混合料中包含两种或两种以上类型的石材时，工程中一般选择忽略集料密度差异。因为天然石料的密度相近，其差异一般不会带来严重的影响。《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 即直接采用质量百分率为级配曲线通过率。但是，钢渣的密度比玄武岩密度高出 20%左右，密度差异较大。当钢渣在集料中占比达 30%~70%时，采用质量百分率设计的级配曲线将会显著偏离目标级配。因此，在这种情况下，有必要依据密度进行换算。

集料颗粒间的相互作用是以毛体积形式进行填充和嵌挤，因此换算过程中采用混合集料的毛体积相对密度，将以体积比表示的设计级配换算为以混合集料质量比表示的合成级配。