



T/CECS XXX—202X

中国工程建设标准化协会标准

公路钢渣沥青面层施工标准

Standard for construction of highway steel slag asphalt pavement

(征求意见稿)

中国**出版社

中国工程建设标准化协会标准

公路钢渣沥青面层施工标准

Standard for construction of highway steel slag asphalt pavement

T/CECS ×××-202×

主编单位：江苏东交智控科技集团股份有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年××月××日

中国**出版社

202× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会下达的《关于印发〈2020 年第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2020] 14 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外现行标准，并广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分为 6 个章节和 4 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、原材料、配合比设计、施工、质量管理等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会提出并归口管理，由江苏东交智控科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请寄送江苏东交智控科技股份有限公司（地址：南京市紫东路紫东国际创意园 A2 栋 4 楼；邮编：210046）。

主编单位：江苏东交智控科技股份有限公司

参编单位：南京市公路事业发展中心

无锡市城市道桥科技有限公司

无锡市市政设施建设工程有限公司

吴江市明港道桥工程有限公司

江阴交通产业集团有限公司

张家港保税区港城路面材料有限公司

主要起草人：王捷、赵文政、李华、倪伟、王亚昀、钱钧、岳光斌、相卫元、叶炜、于洋、孙浩、赵良、薛刚、邓博、王鹏、孙明富、赵喆、李传、赵松、王彬彬、宋亚洲、谈守坤。

主要审查人：

目 录

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 原材料	4
3.1 一般规定	4
3.2 钢渣集料	4
4 配合比设计	7
4.1 一般规定	7
4.2 目标配合比设计	7
4.3 生产配合比设计	8
4.4 生产配合比验证	8
5 施工	9
5.1 一般规定	9
5.2 试验段	10
5.3 集料存放	10
5.4 混合料生产	10
5.5 混合料运输	10
5.6 混合料摊铺	11
5.7 混合料碾压	11
6 质量管理	12
6.1 一般规定	12
6.2 钢渣集料	12
6.3 其它原材料	12
6.4 施工过程质量管理	12
附录 A 沥青浸渍法测定钢渣沥青混合料最大理论相对密度	15
附录 B 公路钢渣沥青混合料目标配合比设计流程	16
附录 C 体积换算方法	17
附录 D 公路钢渣沥青面层施工工艺流程	18

用词说明.....	19
引用标准名录.....	20
附：条文说明.....	21

征求意见稿

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Raw materials	4
3.1	General requirements	4
3.2	Steel slag aggregate.....	4
4	Mix proportion design	7
4.1	General requirements	7
4.2	Target mix design	7
4.3	Production mix design.....	8
4.4	Production mix ratio verification.....	8
5	Construction	9
5.1	General requirements	9
5.2	Test section.....	10
5.3	Aggregate storage.....	10
5.4	Mixture production.....	10
5.5	Mixture transportation.....	10
5.6	Mixture paving	11
5.7	Mixture rolling	11
6	Quality management	12
6.1	General requirements	12
6.2	Steel slag aggregate.....	12
6.3	Other raw materials	12
6.4	Quality management during construction	12
Appendix A determination of maximum theoretical relative density of steel slag asphalt mixture by asphalt impregnation method		15
Appendix B design process of target mix proportion of highway steel slag asphalt		

mixture	16
Appendix C volume conversion method	17
Appendix D construction process flow of highway steel slag asphalt pavement... ..	18
Explanation of wording	19
List of quoted standards	20
Addition: Explanation of provisions.....	21

征求意见稿

1 总 则

1.0.1 为提高公路钢渣沥青面层施工水平，指导工程实践，特制定本标准。

1.0.2 本标准规定了公路钢渣沥青面层的相关术语和定义、原材料、配合比设计、施工工艺和质量管理。

1.0.3 本标准适用于各等级新建、改扩建及养护工程的公路钢渣沥青面层施工。

1.0.4 公路钢渣沥青面层施工除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢渣沥青面层 steel slag asphalt surface course

由钢渣集料替代部分或者全部天然集料与沥青胶结料、矿粉、及其它添加剂等以一定比例拌和而成、经摊铺、碾压成型的沥青面层。

2.1.2 钢渣集料 steel slag

转炉或电炉炼钢过程中产生的由金属原料中的杂质与助熔剂、炉衬形成的以硅酸盐、铁酸盐为主要成分的熔融渣，经处理后形成具有一定粒径的级配钢渣。

2.1.3 钢渣粗集料 steel slag coarse aggregate

钢渣集料中粒径大于等于 2.36mm 的钢渣。

2.1.4 钢渣细集料 steel slag fine aggregate

钢渣集料中粒径小于 2.36mm 的钢渣。

2.1.5 钢渣稳定化处理 steel slag stabilizing treatment

使钢渣中 f-CaO 和 f-MgO 充分消解成氢氧化钙和氢氧化镁并且稳定性检验合格的处理。

2.1.6 钢渣热闷自解工艺 self decomposing process of steel slag

将 200℃~1650℃的钢渣倾翻在热闷装置中，盖上装置盖，喷雾（水）产生饱和蒸汽使钢渣中 f-CaO 和 f-MgO 消解并使钢渣粉化的方法。

2.1.7 钢渣滚筒法处理工艺 rotary cylinder process of steel slag

液态钢渣缓慢倾翻在选择滚筒内，经高压水和钢球作用将钢渣冷却撞击成粒的方法。

2.1.8 浸水膨胀率 immersion expansion ratio

试样在规定试验条件下，浸水后的体积变化率。

2.1.9 体积配合比 volume mix ratio

忽略各档集料密度差异，根据各档材料筛分通过率和设计级配范围调配出的集料配合比。

2.1.10 质量配合比 mass mix ratio

考虑各档集料密度差异，将集料体积配合比修正后得到，用于室内拌和、拌和机生产

时集料质量称重的配合比。

2.2 符号

2.2.1 f-CaO——游离氧化钙。

2.2.2 f-MgO——游离氧化镁。

2.2.3 MFe——金属铁。

2.2.4 PSV——石料磨光值。

2.2.5 SMA——沥青玛蹄脂碎石混合料。

征求意见稿

3 原材料

3.1 一般规定

3.1.1 公路钢渣沥青面层所使用的沥青、天然粗集料、天然细集料、矿粉、纤维等原材料应满足 JTG F40 的要求。

3.1.2 钢渣的贮存以及处置应符合现行 GB 18599 的有关规定。

3.2 钢渣集料

3.2.1 钢渣集料应为经过稳定化处理的转炉或电炉钢渣。

3.2.2 稳定化处理宜采用热闷自解工艺或滚筒处理工艺，并自然陈化 6 个月以上。

3.2.3 钢渣集料技术指标要求应符合表 3.2.1 规定。

表 3.2.1 钢渣集料技术指标

检测项目		单位	技术要求	试验方法
镉含量		%	≤ 0.005	HJ/T 299
锌含量		%	≤ 5.0	HJ/T 299
游离氧化钙		%	≤ 3.0	YB/T 4328
游离氧化镁		%	≤ 5.0	YB/T 140
金属铁含量		%	≤ 2.0	YB/T 4188
浸水膨胀率		%	≤ 1.8	GB/T 24175
放射性核素限量	内照射指数	—	≤ 1.0	GB 6566
	外照射指标	—	≤ 1.0	

3.2.4 钢渣集料加工筛网应结合沥青混合料类型进行合理布置，在筛分过程中宜增设磁选装置对含铁量较大的钢渣进行剔除。

3.2.5 钢渣粗集料应颗粒洁净、干燥、无杂质，其粒径规格应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 钢渣粗集料粒径规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		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	—	—	—
G2	20~25	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	—
G3	15~20	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—
G4	10~20	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—

续表 3.2.2

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36
G5	10~15	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—
G6	5~10	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5
G7	3~5	—	—	—	—	—	100	90~100	0~15

3.2.6 钢渣粗集料物理力学性能指标应符合表 3.2.3 规定。

表 3.2.3 钢渣粗集料物理力学性能指标

检测项目	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路及城镇道路	试验方法
		表面层	其他层次		
表观相对密度	—	≥ 2.9	≥ 2.9	≥ 2.9	T 0304
压碎值	%	≤ 26	≤ 28	≤ 30	T 0316
针片状颗粒含量 (混合料) >9.5mm 集料 ≤ 9.5 mm 集料	%	≤ 15	≤ 18	≤ 20	T 0312
		≤ 12	≤ 15	—	
		≤ 18	≤ 20	—	
磨光值 (PSV)	—	≥ 42	—	—	T 0321
坚固性	%	≤ 12	≤ 12	—	T 0314
磨耗值	%	≤ 26	≤ 28	≤ 30	T 0317
沥青黏附性	级	≥ 5	≥ 5	≥ 5	T 0616
吸水率	%	≤ 3	≤ 3	≤ 3	T 0307
水洗法 <0.075mm 颗粒含量	%	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	T 0302
软石含量	%	≤ 3	≤ 5	≤ 5	T 0320

注：用于 SMA 中钢渣粗集料吸水率要求 $\leq 2\%$ 。

3.2.7 钢渣细集料应颗粒洁净、干燥、无杂质，其粒径规格应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 钢渣细集料粒径规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
X1	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

3.2.8 钢渣细集料物理力学性能指标应符合表 3.2.5 规定。

表 3.2.5 钢渣细集料物理力学性能指标

检测项目	单位	高速公路及一级公路	其他等级公路	试验方法
表观相对密度	—	≥ 2.9	≥ 2.9	T 0328
坚固性 (>0.3mm 部分)	%	≤ 12	—	T 0340

续表 3.2.5

检测项目	单位	高速公路及一级公路	其他等级公路	试验方法
砂当量	%	≥ 60	≥ 50	T 0334
亚甲蓝值	级	≤ 2.5	—	T 0349
棱角性（流动时间）	%	≥ 30	—	T 0345

征求意见稿

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢渣沥青混合料的配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定钢渣沥青混合料的材料品种、配合比、矿料级配以及最佳沥青用量。

4.1.2 钢渣沥青混合料配合比设计时，细集料宜使用由碱性石料加工制成的机制砂。

4.1.3 钢渣沥青混合料的最大理论相对密度应采用沥青浸渍法进行测定，具体方法参见附录 A。

4.1.4 除本标准要求外，公路钢渣混合料配合比设计其它要求应符合 JTG F40 的规定。

4.2 目标配合比设计

4.2.1 钢渣沥青混合料目标配合比应按照附录 B 分为“混合料类型与设计级配范围确定”、“原材料检测”、“钢渣掺量确定及配合比设计”、“最佳沥青用量确定”四个阶段进行设计。

4.2.2 混合料类型与设计级配范围的确定应根据 JTG F40 的规定，按照地区的气候特征，并结合道路使用要求、交通量等因素，确定沥青混合料类型以及合理的级配范围。

4.2.3 原材料检测应符合下列规定：

1 根据 JTG F40 及本标准原材料中的相关技术要求对原材料进行检测，满足要求后方可进行配合比设计；

2 根据 JTG E42 相关要求对钢渣粗、细集料进行级配分析。

4.2.4 钢渣掺量确定及配合比设计应符合下列规定：

1 确定 1~3 组粗细不同的体积配合比以及钢渣掺量，不同配比中钢渣的掺量保持不变。钢渣掺量确定应根据项目实际情况、钢渣集料级配等综合确定。

2 将体积配合比换算成质量配合比，具体方法参见附录 C；

3 根据工程经验初选钢渣沥青混合料的油石比，成型钢渣沥青混合料试件测定空隙率、矿料间隙率等指标。采用 JTG E42 T0348 中试验方法检验钢渣沥青混合料的体积稳定性，要求浸水膨胀率小于 1.5%。

4 如钢渣沥青混合料的体积稳定性不满足要求，可以降低钢渣掺配比例，并重新进行

目标配合比设计。

4.2.5 最佳沥青用量确定应符合下列规定：

1 以初选沥青用量为中值，按照 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 变化成型钢渣沥青混合料试件，测定钢渣沥青混合料的空隙率、矿料间隙率等指标，并根据 JTG F40 确定最佳沥青用量；

2 确定最佳沥青用量后，按照 JTG F40 要求进行水稳定性检验、高温稳定性检验、低温抗裂性能、渗水性能等检验。

4.3 生产配合比设计

4.3.1 连续式拌和机可省略生产配合比设计步骤。

4.3.2 生产配合比设计时，应对各冷料仓进料速度进行标定，保证进料比例与目标配合比基本一致。

4.3.3 生产配合比合成级配调整应接近目标配合比。

4.3.4 以目标配合比设计的最佳沥青用量以及最佳沥青用量 $\pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行沥青混合料拌和、试验检测，综合确定最佳沥青用量。确定的最佳沥青用量与目标配合比设计结果差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

4.3.5 生产配合比设计阶段必须对钢渣沥青混合料的体积稳定性进行检验，要求浸水膨胀率小于 1.5%。

4.4 生产配合比验证

4.4.1 试拌前应对沥青拌和设备、纤维投料机等设备检查调试，并对传感器计量精度进行标定。

4.4.2 采用生产配合比进行试拌，设置拌和机各项参数，如冷料仓进料速度、矿料加热温度、沥青加热温度、沥青用量、矿粉用量。

4.4.3 试拌后的沥青混合料应进行各项技术指标检测，试验结果合格后方可进行试验段施工。

4.4.4 通过试拌决定：

1 拌和机的操作方式：拌和产量、拌和时间和拌和温度。

2 验证生产配合比设计，确定矿料配合比和沥青用量。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 公路钢渣沥青面层施工前必须进行施工组织设计，制定详细的施工方案。监理单位应在试铺前对施工组织设计审核通过报业主批准后方可进行。

5.1.2 现场施工应遵循附录 D 规定的工艺流程进行。

5.1.3 公路钢渣沥青面层施工温度应满足表 5.1.1 的要求，存在下列情况之一时，不应进行钢渣沥青面层施工。

- 1 气温低于 10 ℃；
- 2 雨天或工作面潮湿；
- 3 风力 6 级及以上；
- 4 受设备或其它条件制约，不能在规定时间内压实；
- 5 下承层、透封粘层施工质量不满足要求或被污染。

表 5.1.1 公路钢渣沥青沥青混合料施工温度控制

项目		沥青种类				
		50 号	70 号	90 号	110 号	SBS 类
沥青加热温度(℃)		160~170	155~165	150~160	145~155	≥175
矿料加热 温度	间隙式拌和机	矿料加热温度应比相应标号的沥青加热温度高 20℃~30 ℃				190 ℃~220 ℃
	连续式拌和机	矿料加热温度应比相应标号的沥青加热温度高 10 ℃~15 ℃				
沥青混合料出料温度(℃)		160~170	155~165	150~160	145~155	175 ℃~185 ℃
混合料贮料仓贮存温度		贮料过程中温度降低不超过 10℃				
混合料废弃温度 (℃)		>200	>195	>190	>185	>195
运输到现场温度 (℃)		≥160	≥155	≥150	≥145	≥170
混合料 摊铺温度 (℃)	正常施工	≥150	≥145	≥140	≥135	≥165
	低温施工	≥170	≥160	≥150	≥145	≥175
开始碾压 的混合料 内部温度 (℃)	正常施工	≥145	≥140	≥135	≥130	≥160
	低温施工	≥160	≥155	≥145	≥140	≥170
碾压终了	钢轮压路机	≥90	≥80	≥75	≥70	≥90

续表 5.1.1

项目	沥青种类				
	50 号	70 号	90 号	110 号	SBS 类
开放交通的路表温度	≤50	≤50	≤50	≤45	≤50

注：表中未列入的其它种类沥青施工温度由试验段确定。

5.1.4 除本标准要求外，公路钢渣沥青面层施工其它要求应符合 JTGF40 的规定。

5.2 试验段

5.2.1 试铺段宜选在主线直线段，长度不少于 300m。

5.2.2 通过试验段确定以下施工工艺及相关参数：

- 1 施工机械类型、数量以及组合方式。
- 2 摊铺温度、摊铺速度、振捣夯实的强度、自动找平方式、松铺系数。
- 3 压实顺序、碾压温度、碾压速度及遍数。
- 4 施工缝处理方法。

5.2.3 试验段铺筑后应提交试验段总结报告。

5.3 集料存放

5.3.1 钢渣集料和天然集料应堆放在防雨棚内，料仓地坪必须硬化，并具有良好的排水系统，避免材料被污染。

5.3.2 不同规格的钢渣集料和天然集料应分仓堆放，以免相互混杂。

5.4 混合料生产

5.4.1 拌和机冷料仓数量应满足钢渣沥青混合料生产配合比需要，通常不宜少于 5~6 个。

5.4.2 拌和时间由试拌确定，必须使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料，并以沥青混合料拌和均匀为度。常规沥青混合料不得少于 50s，SMA 不得少于 60s。

5.4.3 钢渣沥青混合料生产温度宜贴近本标准要求的上限。

5.5 混合料运输

5.5.1 运料车辆的数量和运输能力应与摊铺机数量、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。

5.5.2 运输车辆宜采用“篷布+棉被”的覆盖方式，并将篷布覆盖至运料车侧翼板。

5.5.3 应采用水银温度计或数字显示插入式热电偶温度计检测混合料的出厂温度和运到现场温度，插入深度应大于 150mm。在运料卡车侧面中部应设专用检测孔，孔口距车箱底面宜 300mm。

5.6 混合料摊铺

5.6.1 等候的车辆宜不少于 5 辆，方可开始摊铺作业。

5.6.2 卸料过程中应保持继续篷布覆盖直到卸料结束。

5.6.3 摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度进行控制，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。

5.7 混合料碾压

5.7.1 高速公路、一级公路铺筑双车道钢渣沥青面层的压路机数量不宜少于 5 台，其中轮胎压路机配置宜在 30t 以上，双钢轮压路机配置应在 10t 以上。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。SMA 钢渣沥青混合料不宜采用轮胎压路机碾压。

5.7.2 初压应在紧跟摊铺机后进行，宜采用同型号、同吨位钢轮压路机，静压 3 遍以上，并保持较短的初压区长度，尽快使表面压实，减少热量散失。

5.7.3 复压应紧跟在初压后进行，宜采用同型号、同吨位的胶轮压路机碾压 4~6 遍，碾压段的总长度应控制在 40m~60m 范围内。

5.7.4 终压应紧接在复压后进行。终压宜采用双钢轮压路机静压不少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

6 质量管理

6.1 一般规定

6.1.1 公路钢渣沥青面层施工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。

6.1.2 进场材料应符合本标准的要求，并提供质量检测报告。

6.1.3 除本标准要求外，公路钢渣沥青面层质量管理应符合 JTG F40 的规定。。

6.2 钢渣集料

6.2.1 钢渣集料进场前，施工单位对拟使用的钢渣集料均应送至法定检测机构按照本标准的规定进行全套指标检测，检测合格后方可使用。

6.2.2 施工过程中钢渣粗集料检测项目见表 3.2-2、表 3.2-3，不少于每 1000t 检测一次，数量不足 1000t 时按照最少检测一次计。

6.2.3 施工过程中钢渣细集料检测项目见表 3.2-4、表 3.2-5，不少于每 500t 检测一次，数量不足 500t 时按照最少检测一次计。

6.3 其它原材料

6.3.1 钢渣沥青混合料其它原材料抽检要求应符合 JTG F40 的规定。

6.4 施工过程质量管理

6.4.1 钢渣沥青混合料的检测频度、质量要求及允许偏差应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 钢渣沥青混合料的检测频度和质量要求

项 目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象		目测
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合 JTG F40 规定		传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合 JTG F40 规定		传感器自动检测、显示并打印，出厂时还需逐车按 T0981 人工检测
		逐盘测量记录，每天取平均值评定	符合 JTG F40 规定		传感器自动检测、显示并打印
矿料级配筛孔 mm (SMA)	0.075	逐盘在线检测	$\pm 2\%$ ($\pm 2\%$)	—	计算机采集数据计算
	≤ 2.36		$\pm 5\%$ ($\pm 4\%$)	—	
	≥ 4.75		$\pm 6\%$ ($\pm 5\%$)	—	
	0.075	逐盘检查，每天汇总 1 次取平均值评定	$\pm 1\%$ ($\pm 1\%$)	—	JTG F40 附录 G 的规定
	≤ 2.36		$\pm 2\%$ ($\pm 2\%$)	—	
	≥ 4.75		$\pm 2\%$ ($\pm 2\%$)	—	
	0.075	每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定	$\pm 2\%$ ($\pm 2\%$)	$\pm 2\%$	T0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	≤ 2.36		$\pm 5\%$ ($\pm 3\%$)	$\pm 6\%$	
	≥ 4.75		$\pm 6\%$ ($\pm 4\%$)	$\pm 7\%$	
沥青用量 (油石比)		逐盘检查，每天汇总 1 次取平均值评定	$\pm 0.1\%$	—	JTG F40 附录 F 总量检验
		每台拌和机每天检查 1 次~2 次，每次取两个样做平行试验，以 2 个试样的平均值评定	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.4\%$	抽提, T0721、T0722
		逐盘在线监测	$\pm 0.3\%$	—	计算机自动采集数据计算
马歇尔试验：空隙率、稳定度、流值		每台拌和机每天 1~2 次，以 4~6 个试件的平均值评定	符合 JTG F40 规定		T0702、T0709 JTG F40 附录 B、附录 C
浸水马歇尔试验		必要时 (试件数同马歇尔试验)	符合 JTG F40 规定		T0702、T0709
车辙试验		必要时 (以 3 个试件的平均值评定)	符合 JTG F40 规定		T0719
浸水膨胀率		每周 1 次 (以 3 个试件的平均值评定)	$\leq 1.5\%$		T 0348

6.4.2 钢渣沥青面层铺筑过程中应随时对铺筑质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许差应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 钢渣沥青混合料路面施工过程中工程质量控制标准

项 目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
外观		随时	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油钉、油包等缺陷，且无明显离析		目测
接缝		随时	紧密平整、顺直、无跳车		目测
		逐条缝检测评定	3mm	5mm	T0931
施工	摊铺温度	逐车检测评定	符合 JTG F40 规定		T0981
温度	碾压温度	随时	符合 JTG F40 规定		插入式温度计实测
厚度 ^①	每一层	随时，厚度≤50 mm 厚度 50 mm 以上	设计值的 5% 设计值的 8%	设计值的 8% 设计值的 10%	施工时插入法量测摊铺厚度及压实厚度
	每一层	1 个台班区段的平均值 厚度 50 mm 以下 厚度 50 mm 以上	-3mm -5mm		JTG F40 附录 D 总量检验
	总厚度	每 2000 m ² 一点单点评定	设计值的-5%	设计值的-8%	T0912
	上面层	每 2000 m ² 一点单点评定	设计值的-10%	设计值的-10%	
压实度 ^②		每 2000 m ² 检查 1 组逐点试件评定并计算平均值	试验室标准密度的 97%（98%） 最大理论密度的 93%（94%） 试验段密度的 99%（99%）		T0922、T0924
平整度(最大间隙) ^③	上面层	随时，接缝处单杆评定	3mm	5mm	T0931
	中下面层	随时，接缝处单杆评定	5mm	7mm	T0931
平整度(标准差)	上面层	连续测定	1.2mm	2.5mm	T0932
	中面层	连续测定	1.5mm	2.8mm	
	下面层	连续测定	1.8mm	3.0mm	
宽度	有侧石	检测每个断面	±20mm	±20mm	T0911
	无侧石	检测每个断面	不小于设计宽度	不小于设计宽度	T0911
纵断面高程		检测每个断面	±10mm	±15mm	T0911
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	T0911
沥青层面上的渗水系数 ^④		每 1 km 不少于 5 点每点 3 处取平均值	≤300ml/min（200ml/min）		T0971

注：① 表中厚度检测频度指高速公路、一级公路钻芯频度其他等级公路可酌情减少。
 ② 压实度检测执行 JTG F40-2004 附录 E 的规定。括号内数值是对 SMA 的要求。
 ③ 渗水系数适用于密级配的沥青混合料路面，应在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定，表中渗水系数以平均值评定，计算的合格率不得小于 90 %。括号内数值是对 SMA 的要求。
 ④ 3 m 直尺主要用于接缝检测，对正常生产路段，采用连续式平整度仪测定。

附录 A 沥青浸渍法测定钢渣沥青混合料最大理论相对密度

A.1 范围

本附录适用于钢渣沥青混合料最大理论相对密度的测定。

A.2 试验设备

钢勺、不锈钢容器、水中重法试验仪器、烘箱。

A.3 试验步骤

A.3.1 称取钢勺加容器的质量 m_1 以及钢勺加容器在水中质量 m_2 。

A.3.2 用钢勺将 500-1000g 沥青混合料装入的容器中，准确称取装有钢勺以及沥青混合料的容器总质量 m_3 。

A.3.3 将装有钢勺及沥青混合料的容器放入 165℃（非改性沥青 140℃）的烘箱中 2h 去除水分，然后将相同沥青倒入容器中，沥青需没过集料，并充分搅拌排除气泡。

A.3.4 重新将装有钢勺及沥青混合料的容器放入 165℃（非改性沥青 140℃）的烘箱中，2h 后取出每 15min 进行搅拌，1h 后观察表面是否有气泡。若无气泡，则取出冷却至 25℃。

A.3.5 称取装有钢勺、沥青及沥青混合料的容器总质量 m_4 及水中质量 m_5 。

A.3.6 计算沥青混合料最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{m_3 - m_1}{m_4 - m_5 - (m_1 - m_2) - (m_4 - m_3)/\gamma_a} \dots\dots\dots (A.3.1)$$

式中： γ_a 为沥青相对密度（25℃），无量纲。

附录 B 公路钢渣沥青混合料目标配合比设计流程

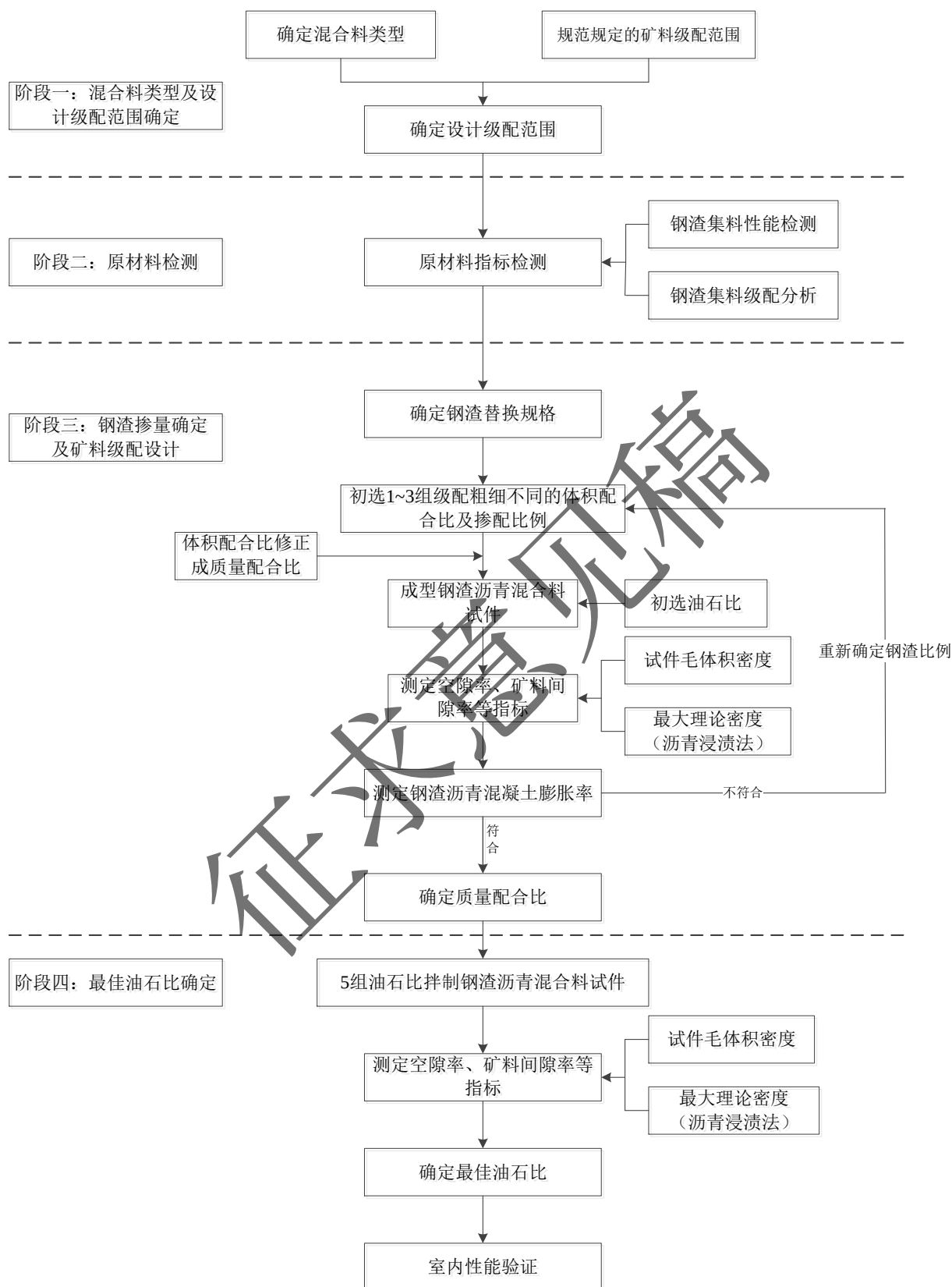


图 B.1 公路钢渣沥青混合料目标配合比设计流程

附录 C 体积换算方法

C.1 范围

本附录适用于钢渣沥青混合料配合比设计中对体积配合比进行换算修正质量配合比。

C.2 一般规定

体积换算方法是指在对两种密度差值比较大的集料进行配合比设计时，将混合料级配曲线的通过率理解为集料体积通过率，然后对两种集料密度差值进行体积与质量之间的换算。

C.3 换算方法

体积法具体换算方法如表 C.3.1 所示。

表 C.3.1 体积法换算方法

矿料类型	体积配合比 (%)	毛体积相对密度 (g/cm ³)	质量分量	质量配合比 (%)
1	P ₁	γ ₁	P ₁ *γ ₁	P ₁ *γ ₁ *100/M
2	P ₂	γ ₂	P ₂ *γ ₂	P ₂ *γ ₂ *100/M
3	P ₃	γ ₃	P ₃ *γ ₃	P ₃ *γ ₃ *100/M
...	...	...	...	...
n	P _n	γ _n	P _n *γ _n	P _n *γ _n *100/M
总计	100	—	M	100

注：P₁、P₂...P_n 为钢渣体积配比，γ₁、γ₂...γ_n 为各档集料毛体积相对密度，M 为体积配比换算得到各档集料质量总和。

附录 D 公路钢渣沥青面层施工工艺流程

公路钢渣沥青面层施工工艺应按照图 D.1 工艺流程进行。

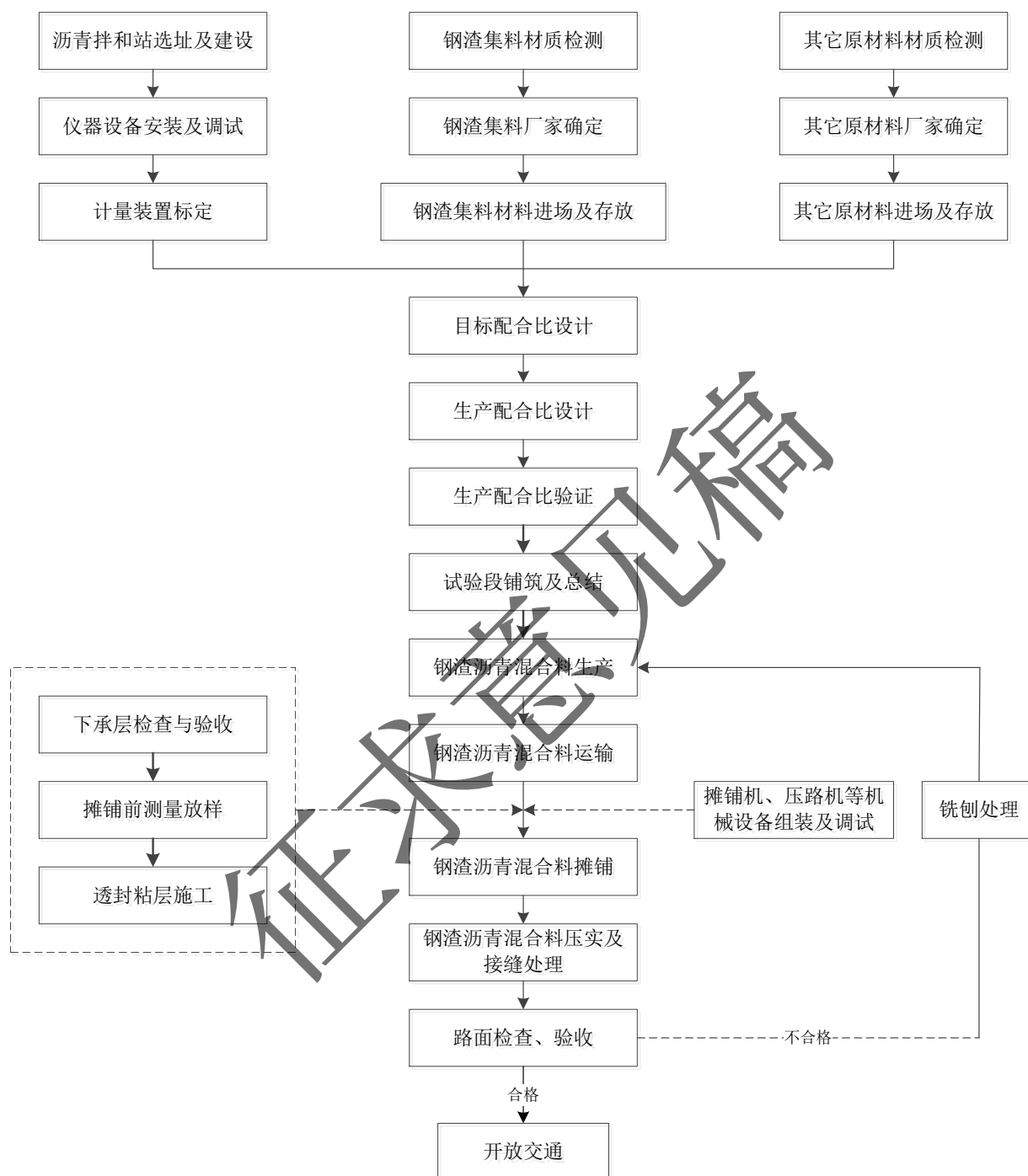


图 D.1 钢渣沥青面层施工工艺流程图

用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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”或“可”，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”。

征求意见稿

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

- 1 GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- 2 GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置 场污染控制标准
- 3 GB/T 24175 钢渣稳定性试验方法
- 4 HJ/T 299 固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
- 5 JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- 6 JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- 7 JTG E42 公路工程集料试验规程
- 8 YB/T 140 渣化学分析方法
- 9 YB/T 4188 钢渣中磁性金属铁含量测定方法
- 10 YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法

中国工程建设标准化协会标准

公路钢渣沥青面层施工标准

T/CECS ×××-202×

条文说明

征求意见稿

目 录

1 总则..... 24

2 术语..... 25

3 原材料..... 26

 3.1 钢渣集料..... 26

4 配合比设计..... 28

 4.1 一般规定..... 28

 4.2 目标配合比设计..... 29

5 施工..... 30

 5.1 一般规定..... 30

 5.3 集料存放..... 30

 5.4 混合料生产..... 30

征求意见稿

Contents

1	General provisions.....	24
2	Terms	25
3	Raw materials	26
3.1	Steel slag aggregate	26
4	Mix proportion design	28
4.1	General requirements	28
4.2	Target mix design	29
5	Construction	30
5.1	General requirements	30
5.3	Aggregate storage.....	30
5.4	Mixture production.....	30

征求意见稿

1 总则

1.0.1 我国作为钢铁大国，在钢铁的炼制过程中，钢渣这种冶炼固体副产物也被大量排出、堆积，1t 的钢将能产生 10%~15% 的钢渣。以我国 2021 年 10 亿吨的钢铁产量，约有 1 亿吨的钢渣，堆积如山的钢渣不仅会占用大量的土地，并且会造成了对空气、水质等的二次污染，严重地破坏环境，给周边地区带来生态灾难。为了将这种“放错地方的资源”运用于交通工程，很多研究者对钢渣物化特性以及钢渣沥青混合料的路用性能进行了研究。成果均表明，钢渣自身具有耐磨、抗冻收缩性小、水硬性好、多棱角等特点，是一种具有优良路用性能的材料。其应用一方面能够减少了玄武岩等石料的需求量，降低工程造价，具有显著的经济效益和社会效益；另一方面，用钢渣完全替代（或部分替代）石料，实现了资源的再生利用，减少对特定材料资源的过度开发，有利于保护生态环境和地区经济的可持续发展。为更好地推广钢渣在沥青面层中的运用，保证钢渣沥青面层施工质量，实现这种废弃物的资源化循环利用，有必要编制本标准。

2 术语

2.1.9 体积配合比 Volume mix ratio

在实际工程应用中，根据各档材料筛分通过率 and 设计级配范围确定出来配合比是体积配合比，但是由于各档石料毛体积密度相差不大，将体积配合比视作质量配合比进行生产。

2.1.10 质量配合比 Mass mix ratio

因为钢渣毛体积密度较石灰岩、玄武岩密度分别大了 0.7 、 0.5g/cm^3 左右，这时候如果将体积配合比看成质量配合比进行生产，会导致骨料空间粒径组成与设计不一致。因此需要考虑密度影响，将体积配合比换算成质量配合比。

征求意见稿

3 原材料

3.1 钢渣集料

3.1.1 国内钢渣成渣工艺分为 3 种，转炉钢渣、电炉钢渣、平炉钢渣，实际上只要满足本标准的技術要求，均可使用。但是因为平炉钢渣能耗高、产量少等劣势，目前基本已经被淘汰，同时考虑与钢渣相关国标 GB/T 24765、GB/T 25824 保持一致，故对钢渣成渣工艺作了限定。

3.1.2 钢渣稳定化处理工艺分为预处理和陈化处理。其中，预处理方法主要有：浅盘水淬法、水淬法、风淬法、热泼法、粒化轮法、滚筒法和热闷法等。其中热泼法、热闷法、滚筒法最为常见。不同钢渣预处理方法优缺点如表 3.1-1 所示。

表 3.1-1 不同钢渣预处理方法优缺点

预处理工艺	优点	缺点
浅盘水淬法	处理量大，占地面积小，粉尘少， $f\text{-CaO}$ 含量低。	工艺环节多，操作量大，成本高，污水处理量大。
水淬法	流程简单，处理周期短，占地面积小。	投资高，处理效率低，耗水量大，易发生爆炸。
风淬法	占地面积小，渣粒度小，耗水少，成本低。	噪声大，粉尘量大，仅适用于处理液态钢渣。
热泼法	工艺简单，处理效率高，适用范围广。	占地面积大，耗水量大，处理周期长， $f\text{-CaO}$ 含量高。
粒化轮法	污染小，粉尘少，成本低，占地面积小。	对钢渣的流动性要求高，设备维护费用高。
热闷法	处理时间短，粉化率高（粒径 20mm 以下者达 85%），渣铁分离好，钢渣性能稳定， $f\text{-CaO}$ 、 $f\text{-MgO}$ 含量低，可用于建材和道路基层材料。	需要建固定的封闭式内嵌钢坯的热闷箱及厂房。
滚筒法	占地面积小，排渣快，污染小，钢渣粒度均匀， $f\text{-CaO}$ 含量低。	只能处理液态渣，设备维护费用高

综上，钢渣处理工艺采用热闷法及滚筒法，整体质量较为可控。经调研，现阶段首钢、宝钢以及南钢均采用热闷法对钢渣进行预处理。

通常在钢渣用于道路工程前，为保证体积稳定性满足要求，需要对固化后钢渣进行进一步处理。根据原理的不同可以分为 3 种：促进 $f\text{-CaO}$ 水化、抑制 $f\text{-CaO}$ 水化和消除 $f\text{-CaO}$ 。促进 $f\text{-CaO}$ 水化是指在钢渣作为集料使用前，就诱导 $f\text{-CaO}$ 发生水化反应，提前释

放膨胀潜力，从而降低钢渣用于工程后的体积膨胀，主要方法包括自然陈化、水热陈化、蒸汽陈化等。抑制 f-CaO 水化是指采用表面涂层材料或改性剂对钢渣进行喷洒、浸泡，在钢渣表面形成一层能隔离活性物质与水的保护层，使水化反应无法进行，但是当表面保护层遭到破坏，仍会导致体积膨胀。消除 f-CaO 是指在钢渣使用前或使用时，加入一定量的掺合料与 f-CaO 发生反应，从而降低膨胀风险。

经调研目前各家钢厂基本均采用自然陈化处理方式，这种处理方式能够节省一定费用。《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）明确指出经过破碎且存放超过 6 个月以上的钢渣方可用作沥青混合料粗集料使用，相关研究资料表明，经 6 个月陈化后，钢渣中 f-CaO 含量基本均小于 3%。

征求意见稿

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.2 钢渣替代天然集料的方式有全部替代、部分替代。考虑到钢渣细集料会导致沥青混合料的体积安定性不易控制，会增加路面膨胀开裂的风险。目前，在实体应用工程中，一般不推荐钢渣细集料全部代替天然细集料。通常的做法是粒径大于 2.36mm 的集料采用钢渣，而小于 2.36mm 的集料采用常规天然集料。

由于钢渣为多孔结构，钢渣替代天然集料时，钢渣掺量越大，混合料沥青用量将明显增加，对于施工经济性较为不利，项目可以综合成本、性能等方面进行考虑。

4.1.3 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTGE20—017）介绍了最大理论密度两种测量方法：溶剂法及真空法。

溶剂法是借助溶剂（三氯乙烯）将裹覆在矿料表面的沥青溶解，使各种大小不同的矿料自然分开，沥青溶入溶剂之中，这样沥青混合料中就不存在空隙，即达到零空隙状态；然后根据公式计算沥青混合料最大理论相对密度。此法最大的缺点是溶剂将沥青膜溶解后将进一步进入矿料开口空隙中，使得混合料实际体积变小，最大理论密度变大，且三氯乙烯溶剂危害操作人员健康，污染环境。对于钢渣这种多孔结构的集料，三氯乙烯将沥青溶解后浸入集料内部程度远大于沥青，对于最大理论密度测定产生不利影响。

真空法是想借助负压使分散的沥青混合料空隙率为零，但一般来说分散的沥青混合料中有闭口空隙，闭口空隙愈多，测定的结果越不准确。试验规程规定试验时先抽真空，后强烈振荡负压容器。这种做法初衷是采用负压迫使沥青混合料中的开口空隙充满水，后振荡使混合料继续充分分散，使得混合料达到最大的分散程度，实现空隙率为零的目标。

这种方法在理论上有弊端。首先，分散的混合料（规程规定细集料团块分散到 6.4mm 以下）不可能没有闭口空隙，只是无法测定罢了，如果在负压并振荡下水进入不了闭口空隙，那么在理论上真空法测得的密度是小的；其次，假想再增大负压，再强烈振荡，迫使水进入闭口空隙，即使水全部进入空隙之中，但此时必定又会产生沥青膜破裂现象，使水进入集料的开口空隙，从而影响测试结果的精度。从理论上说，只要松散的沥青混合料有闭口空隙，真空法测得的结果就不准确。此外真空法试验精度还与平行试验时矿料配合比和沥青用量的变异性有关。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)介绍了得到最大理论密度的另一种方法—计算法。采用计算法需要的参数包括集料的表观相对密度、毛体积相对密度和沥青吸收系数C。JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》给出了沥青吸收系数C与吸水率的三次回归关系。而这一回归关系适用于吸水率在0.5%~1.7%范围内。通常的天然集料吸水率很少超过1.7%。钢渣作为多孔材料,其吸水率可能超过1.7%。回归公式对钢渣则不再适用。

综合以上三种方法可以看出,上述方法对于钢渣最大理论密度测定的适用性不足。目前国内较多专家学者相关研究分析结果表明,沥青浸渍法理论严密、实践可行、方法简便,是非常有效的测量沥青混合料最大理论相对密度的试验方法,适用于多孔玄武岩或改性沥青组成的沥青混合料。

4.2 目标配合比设计

4.2.4 根据钢渣沥青混合料的级配范围以及各档集料级配确定集料体积百分比。当集料间的密度一致或相似时,可简化为质量比。然而,钢渣的密度一般比普通集料(玄武岩、石灰岩)均要高出15%以上,若仍按体积配合比作为质量配合比,便会造成实际合成级配曲线与目标级配曲线之间的误差。并且这种误差随着钢渣与天然集料密度差值的增大而增大,因此,必须将体积配合比进行合理修正,以符合目标级配组成。

同时为保证钢渣混合料的体积稳定性,在目标配合比矿料级配设计过程中新增浸水膨胀率试验,验证钢渣添加量的合理性。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.3 由于钢渣集料中含有铁金属，导热性较好，因此，在混合料生产、摊铺、碾压等环节需做好钢渣沥青混合料的温度控制工作，保证连续施工。

5.3 集料存放

5.3.1 由于钢渣集料的多孔结构，钢渣容易吸收水分，因此，集料应覆盖堆放，料仓地坪必须硬化，并具有良好的排水系统。

5.4 混合料生产

5.4.2 钢渣破碎后的表面棱角丰富，在进行沥青混合料拌和时，沥青短时间内难以充分浸润，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拌和时间，以便使沥青裹复均匀。