

ICS 号
中国标准文献分类号

团体标准

T/CHTS XXXXX-XXXX
代替的团体标准编号

公路钢渣沥青混合料应用技术指南

Technical Guidelines for Application of Highway Steel Slag
Asphalt Mixtures

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会发布

团体标准

公路钢渣沥青混合料应用技术指南

Technical Guidelines for Application of Highway Steel Slag

Asphalt Mixtures

T/CHTS XXXXX-20XX

主编单位：山东省交通规划设计院集团有限公司

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

××××××(出版单位)

前 言

为提高钢渣沥青混合料路面的建设质量，促进钢渣资源的再生利用，推动公路行业绿色材料的发展，对钢渣沥青混合料施工提供规范性指导意见。编制组在充分调研、分析和总结国内外相关工程和科研成果，并结合其在室内研究成果和工程应用经验的基础上制定本指南。

本指南按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写。主要内容包括：总则、术语和符号、材料、混合料配合比设计要求、施工及质量控制等技术内容。

本指南由山东省交通规划设计院集团有限公司提出，由其负责具体解释工作。请有关单位将实施中发现的问题和建议反馈至山东省交通规划设计院集团有限公司（地址：山东省济南市高新区天辰路 2177 号联合财富广场 5 号楼，联系电话：0531-88328116，电子邮箱：XXX），供修订时参考。

主编单位：山东省交通规划设计院集团有限公司

参编单位：山东高速实业发展有限公司、山东交通学院、山东高速杭州湾绿色养护（嘉兴）股份有限公司、济南北方交通工程咨询监理有限公司、烟台市公路事业发展中心、山东高速济宁发展有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 材料	3
3.1 钢渣	3
3.2 沥青	4
3.3 集料	4
3.4 填料	5
3.5 纤维稳定剂	5
4 混合料配合比设计要求	6
4.1 矿料级配要求	6
4.2 配合比设计要求	6
4.3 性能检验	6
5 施工	8
5.1 混合料的拌制	8
5.2 混合料的运输	8
5.3 混合料的摊铺	8
6 质量控制	9
6.1 施工质量管理	9
6.2 验收	9
附录 A 钢渣沥青混合料配合比设计方法	10
用词说明	13

1 总则

1.0.1 为推广钢渣沥青混合料在路面工程中的应用，结合我国的气候、交通环境和材料特点，特制订本指南。

1.0.2 本指南适用于各等级新建或改建公路的沥青路面工程。

1.0.3 本指南主要包括道路用钢渣的技术标准和要求，钢渣沥青混合料的级配设计 and 要求，相应的施工工艺、质量管理、检查和验收等内容。

条文说明

钢渣具有耐磨、抗滑、强度高与沥青粘附性好等特点，特别适合用作沥青混合料的集料。钢渣沥青混合料的大规模应用一方面可以充分利用闲置的钢渣，另一方面也可以拓宽公路石料的来源，缓解天然石料的供需矛盾。目前，相关行业关于钢渣材料的标准很多，但公路行业缺少专门的钢渣沥青混合料标准。本指南可以为设计、施工和质量监督部门提供相应的技术指标，控制钢渣沥青混合料的质量，改善现有钢渣沥青混合料路面质量良莠不齐的现状，提高钢渣沥青混合料路面的质量，推动公路行业绿色材料的发展。

1.0.4 钢渣沥青混合料的设计与施工除符合本指南规定外，还应符合国家和行业现行有关标准规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢渣 steel slag

转炉、电炉和精炼炉熔炼过程中排出的由金属原料中的杂质、助溶剂、炉衬形成的硅酸盐、铁酸盐为主要成分的渣。

2.1.2 钢渣沥青混合料 steel slag asphalt mixtures

由钢渣、矿料等材料与沥青结合料拌和而成的混合料。

2.2 符号

AC — 密级配沥青混凝土混合料；

SMA — 沥青玛蹄脂碎石混合料；

γ_a — 矿料平均毛体积相对密度。

3 材料

3.1 钢渣

3.1.1 钢渣沥青混合料用钢渣宜选用陈化或稳定性处理过的性能稳定的钢渣。其粒径规格应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 钢渣粗集料规格

规格名称	粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)									公称粒径 (mm)
		53	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	-	-	-	19~31.5
G2	20~25	-	-	100	90~100	0~10	0~5	-	-	-	19~26.5
G3	15~20	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	-	-	13.2~19
G4	10~20	-	-	-	100	90~100	-	0~10	0~5	-	9.5~19
G5	10~15	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	-	9.5~13.2
G6	5~10	-	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

条文说明

钢渣形成的温度高、时间短，钢渣中含有游离氧化钙和游离氧化镁等活性物质，遇水水化反应生成氢氧化钙和氢氧化镁等，从而会使钢渣体积增大。因此未经稳定性处理的钢渣应用于道路建设中时，由于钢渣的浸水膨胀性，就会造成路面随机开裂。因此宜选用性能稳定的钢渣，避免上述问题。

3.1.2 钢渣作为集料应满足一定的物理力学性能，具体物理力学性能要求应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 钢渣集料物理力学性能指标

项目	针片状颗粒含量 (%)		表观相对密度	压碎值 (%)	磨光值	磨耗值 (%)	黏附性	吸水率 (%)	浸水膨胀率 (%)
技术指标	>9.5mm 集料	≤10	≥2.9	≤22	≥42	≤22	≥5	≤2	≤1
	≤9.5mm 集料	≤15							

条文说明

钢渣集料的针片状颗粒含量过多不仅会大大削弱集料间的嵌挤作用，影响沥青混合料的路用性能，所以针片状含量应被严格控制。同时为控制钢渣沥青混合料质量，经过大量的室内外试验验证、工程应用与文献调研，综合考虑经济性和适用性，确定上述钢渣集料物理力学性能指标。

3.1.3 钢渣的化学成分主要包含氧化钙、二氧化硅、氧化镁等，其中游离的氧化钙含量不应大于 1.5%。

条文说明

钢渣中游离的氧化物会吸水反应发生膨胀，影响混合料质量。为保证沥青混合料质量，需要对钢渣游离氧化物的含量规定范围，又因为游离氧化镁含量远低于游离氧化钙，故在现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中只规定了游离氧化钙的含量不大于 3%。本标准为了更好的控制钢渣沥青混合料路面的质量，减少因吸水膨胀导致的胀裂，结合在室内外试验及工程应用结果，将钢渣中游离氧化钙含量规定为不应大于 1.5%。

3.1.4 钢渣中铁含量不应大于 2.0%，检测方法应按照现行《耐磨沥青路面用钢渣》（GB/T 24765）中附录 B 执行。

3.1.5 钢渣集料应符合环保要求，内照射指数不应大于 1.0，外照射指数不应大于 1.0，检测方法应按照现行《建筑材料放射性核素限量》（GB 6566）执行。

3.2 沥青

3.2.1 钢渣沥青混合料用沥青技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

3.3 集料

3.3.1 钢渣沥青混合料用粗集料宜全部采用钢渣。

条文说明

若用钢渣完全替代沥青混合料中天然集料，则会出现混合料难以压实、孔隙率过大的问题，同时伴随着严重的沥青吸收效应。因此在钢渣沥青混合料中常采用钢渣与天然集料复配，一种是粗钢细石，即钢渣粗集料（>4.75mm 或者 2.36mm）与天然细集料复配；另一种是粗石细钢，即天然粗集料和钢渣细集料（<4.75mm 或者 2.36mm）复配。参考多篇文献对比分析发现：在制备沥青混合料时，粗钢细石比粗石细钢的沥青用量要低；且由于钢渣细集料的比表面积大，携带有大量粉尘，比钢渣粗集料具有更大的膨胀性隐患；同时携带的大量粉尘会在生产过程时影响设备的正常工作。因此本指南建议宜选用钢渣作为粗集料使用。

3.3.2 钢渣沥青混合料用粗集料部分采用天然粗集料时，其技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

3.3.3 钢渣沥青混合料中细集料宜选用机制砂，不应选用石屑。

条文说明

石屑由石料破碎过程中表面剥落或撞下的棱角和细粉而成，粒形不规则、棱角多，粗糙度较大而且表面形貌较为复杂，并且石屑级配不合理，泥土含量超标，施工时不易压实。而

机制砂针片状含量少，形状规则，级配合理。石屑物理性能较差，而机制砂的抗压强度比较高。故本指南推荐使用机制砂。

3.3.4 细集料技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的规定。

3.4 填料

3.4.1 填料技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的规定。

3.4.2 拌和机的粉尘不得作为矿粉的一部分回收使用，以确保钢渣沥青混合料的质量。

3.5 纤维稳定剂

3.5.1 纤维稳定剂技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的规定。

4 混合料配合比设计要求

4.1 矿料级配要求

4.1.1 在矿料级配设计中各档矿料配合比应采用体积比，在试验及生产中应换算成质量比，具体换算方法应符合本指南附录 A 的相关规定。

条文说明

本指南建议采用粗钢细石的复配方式，钢渣的密度比天然集料高出 15%~20%，配合比如果采用质量比的方法，就会造成合成级配与目标级配之间产生较大误差。因此矿料级配采用体积比。

4.1.2 钢渣沥青混合料矿料体积级配应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中矿料级配范围的规定。

条文说明

《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中推荐的级配范围是矿料通过筛孔的质量百分率范围，由于不同规格天然集料间的密度相差不大，规范中推荐的级配范围实质是矿料通过筛孔的体积百分率范围。因此可以将《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中推荐的级配范围直接作为钢渣沥青混合料中矿料通过筛孔的体积百分率范围。

4.2 配合比设计要求

4.2.1 钢渣沥青混合料预估适宜的沥青用量宜较天然集料沥青混合料高出 0.3%~0.5%。

条文说明

与天然集料（如玄武岩、石灰岩等）相比，钢渣具有表面粗糙、微孔多、吸水率高等特点，导致沥青用量增加。因此本指南将钢渣沥青混合料预估沥青用量进行了提高。

4.2.2 本指南采用马歇尔试验配合比设计方法，也可采用其他配合比设计方法。

4.3 性能检验

4.3.1 对钢渣沥青混合料应进行各种使用性能检验。不符合要求的沥青混合料，应更换材料或重新进行配合比设计。

4.3.2 钢渣沥青混合料的高温稳定性宜用车辙试验来评价。车辙试验应符合表 4.3.2 的要求。

表 4.3.2 钢渣沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区所要求的动稳定度（次/mm）								试验 方法	
七月平均最高气温（℃）及气候分区		>30				20~30					<20
		1. 夏炎热区				2. 夏热区					3. 夏凉区
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4		3-2
钢渣普通沥青混合料，不小于		1000		1200		800	1000				800
钢渣改性沥青混合料，不小于		2800		3200		2400	2800			2200	
钢渣 SMA 混合料	非改性，不小于	1800								T 0719	
	改性，不小于	3600									

条文说明

通过文献调研，发现钢渣沥青混合料高温稳定性优于天然集料沥青混合料，其动稳定度与混合料类型、沥青种类等因素有关，不仅满足现行规范要求，并较天然集料沥青混合料平均提高 14%~100%。并结合室内外试验研究结果分析，动稳定度较现行规范提高 20%是有保证的，同时考虑工程应用中的各种不利因素，因此本指南中钢渣沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求较现行规范提高 20%。通过分析发现钢渣的表观构造和成分有助于提高沥青混合料的高温稳定性，主要体现在以下三个方面：一、钢渣材料具有丰富的棱角和发达的纹理，使集料间的嵌挤作用非常显著；二、钢渣的微孔结构对沥青产生扩散作用，沥青中的沥青质、树脂、油分被钢渣吸附，造成沥青粘度提高，沥青裹覆的钢渣集料之间形成较大的粘聚力；三、钢渣中含有的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 等大量阳离子与沥青中沥青酸发生化学反应，生成沥青酸盐，提高了沥青与钢渣之间的粘附力。因此钢渣沥青混凝土的高温稳定性比天然集料沥青混合料高，高温抗车辙能力强。

4.3.3 钢渣沥青混合料水稳定性应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.3.4 钢渣沥青混合料的低温抗裂性能应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.3.5 渗水试验应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.3.6 钢渣沥青混合料应具有良好的体积安定性，其活性和膨胀性试验应按照现行试验规程（T 0348）执行，测试钢渣沥青混凝土的膨胀量不得超过 1.0%。

条文说明

现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）规定了钢渣沥青混凝土的膨胀量不得超过 1.5%。编制组经过调研发现，目前使用达到规范要求的钢渣粗集料，其沥青混凝土膨胀量大部分保持在 1.0%以下，规范规定的膨胀量 1.5%较易满足，本指南严格规定了钢渣沥青混凝土的膨胀量不得超过 1.0%。

5 施工

5.1 混合料的拌制

5.1.1 钢渣沥青混合料拌和时间根据具体情况经试拌确定，以沥青均匀裹覆集料为度。拌和机每盘的生产周期不宜少于 90s（其中干拌时间宜为 25~35s），根据实际情况注意合理调整集料湿拌时间。

条文说明

拌制过程中，延长集料干拌时间，可以使各种原材料的热量充分交换，保证钢渣沥青混合料的温度分布均匀，确保沥青均匀裹覆集料，同时延长“湿”拌时间确保集料与沥青充分粘附，保证钢渣沥青混合料的出料质量。

5.1.2 钢渣沥青混合料的出料温度宜为石油沥青 70#A 级 160℃~175℃，改性沥青 180℃~190℃。

条文说明

钢渣的化学成分中铁元素含量相对较高，铁的化合物是良好的热传导介质，故加热时钢渣沥青混合料温度上升很快，提高了加热效率。但混合料在运输和施工中温度下降较快，到达摊铺现场时，混合料温度可能会下降至低于摊铺温度而无法施工。为解决这一问题，适当提高拌制温度，使钢渣沥青混合料具有较高的出料温度，确保后续顺利摊铺。

5.2 混合料的运输

5.2.1 宜采用大吨位运输车辆，运输过程中宜用保温布覆盖，减少温度损失。

5.3 混合料的摊铺

5.3.1 钢渣沥青混合料的摊铺温度宜为 160℃~180℃。

6 质量控制

6.1 施工质量管理

6.1.1 施工质量管理的内容、频度、允许误差应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的规定。

6.2 验收

6.2.1 钢渣沥青混合料路面验收项目及要求应按照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)执行。

附录 A 钢渣沥青混合料配合比设计方法

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于密级配钢渣沥青混合料及钢渣 SMA 沥青混合料。

A.1.2 钢渣沥青混合料的配合比设计采用钢渣粗集料与天然细集料复配的方法。

A.1.3 如采用其他方法设计沥青混合料时,应按本指南规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验,并报告不同设计方法的试验结果。

A.1.4 钢渣沥青混合料的目标配合比设计宜按图 A.1.4 的框图的步骤进行。

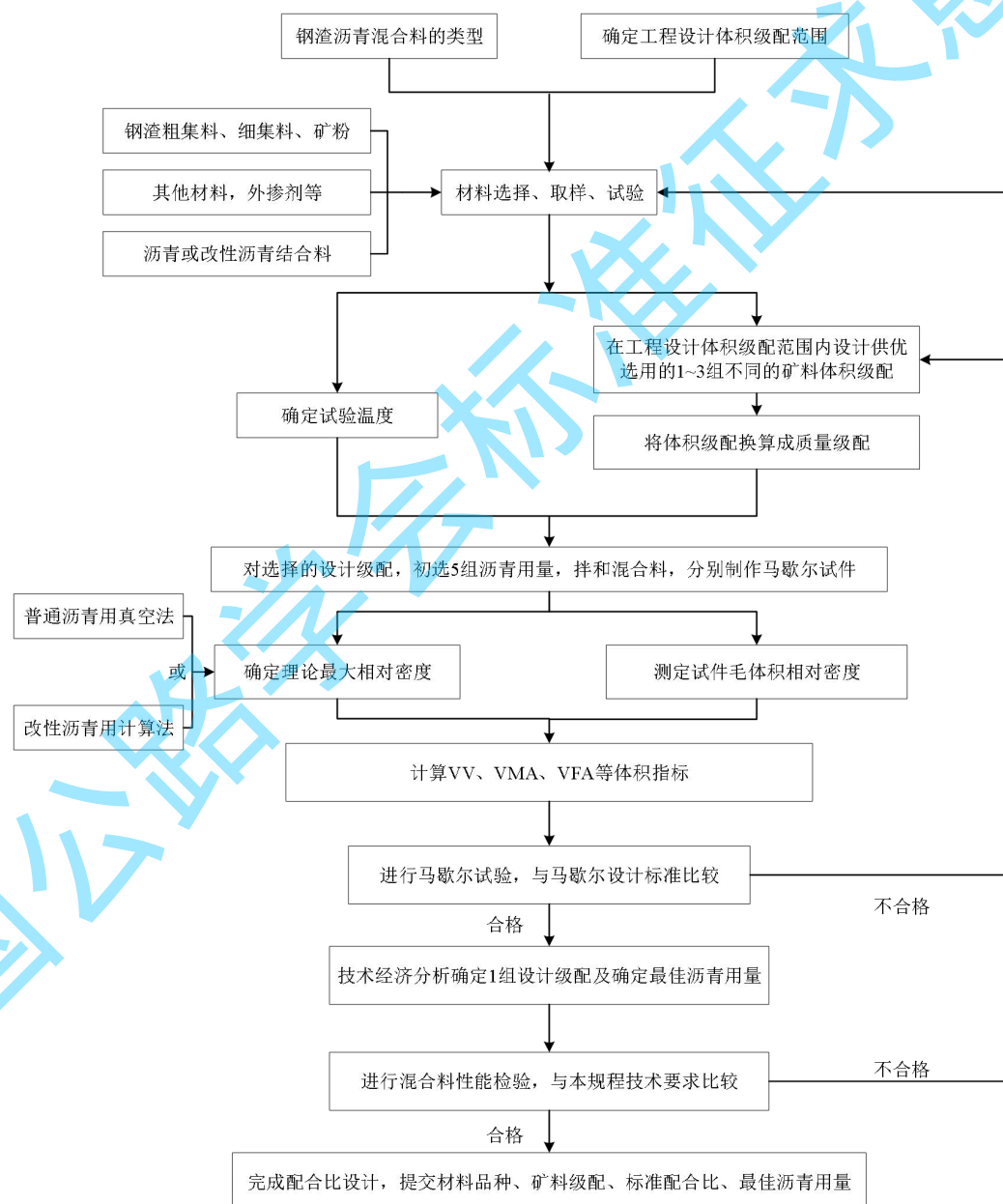


图 A.1.4 钢渣沥青混合料目标配合比设计流程图

A.2 确定工程设计体积级配范围

A.2.1 钢渣沥青混凝土宜使用本指南 4.1.2 规定的体积级配范围。

A.3 材料的选择与准备

A.3.1 配合比设计所使用的各种材料应符合本指南第 3 章规定的技术要求。

A.3.2 各种材料规格及性能试验应按照现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 的规定执行。

A.4 矿料配合比设计

A.4.1 矿料配合比应按照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的规定方法设计。

A.4.2 将设计级配的体积比换算成质量比。

按式 (A.4.2-1) 计算矿料的平均毛体积相对密度 γ_a 。

$$\gamma_a = \frac{p_1\gamma_1 + p_2\gamma_2 + \dots + p_n\gamma_n}{100} \quad (\text{A.4.2-1})$$

式中: p_1 、 p_2 、...、 p_n —各种矿料成分的体积配合比, 其和为 100;

γ_1 、 γ_2 、...、 γ_n —各种矿料相应的毛体积相对密度。

按式 (A.4.2-2) 计算各种矿料成分的质量配合比 P_i 。

$$P_i = \frac{p_i\gamma_i}{\gamma_a} \quad (\text{A.4.2-2})$$

式中: i —各种矿料成分, $i=1, 2, \dots, n$ 。

p_i —各种矿料成分的体积配合比。

A.5 马歇尔试验

A.5.2 钢渣沥青混合料体积指标计算方法和技术要求应按照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 执行。

A.6 确定最佳沥青用量 (或油石比)

A.6.1 应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的规定确定最佳沥青用量 (或油石比)。

A.7 钢渣沥青混合料性能检验

A.7.1 钢渣沥青混合料应按现行试验方法进行性能检验,其要求应符合本指南 4.3 相关规定。

A.8 配合比设计报告

A.8.1 配合比设计报告应按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)附录 B.8 的规定执行。

用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合×××××的有关规定”。（×××××为标准编号）

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本指南第×章的有关规定”“应符合本指南第×.×节的有关规定”“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行”。