

《黄金矿砟沥青混合料施工技术规范》 (报批稿) 地方标准编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

根据《山东省市场监督管理局关于印发<港口装卸服务规范 第1部分:集装箱>等第二批地方标准计划项目的通知》(鲁市监标函〔2024〕166号),《黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范》纳入2024年度山东省地方标准编制计划(计划编号:2024-T-36)。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施,由山东省交通运输标准化技术委员会(TC41)归口。

(二) 起草单位、起草人及任务分工

1. 起草单位

山东高速高速建设管理集团有限公司、山东高速工程检测有限公司

2. 起草人

李海生、房明、刘晓东、高国华、吕新建、李传海、马亚、徐刚、王凯、马钊、杨杰、王松涛、王明法、韩成博、刘代、胡云汉、蔡进、钟毅、阚涛、刘凯、苏纪壮、李立平、董鸣亮、王业飞、吴思、徐朋

3. 任务分工

山东高速建设管理集团有限公司主要负责标准的立项需求调研、标准编制进度把关、协助征集相关方意见等事项。山东高

速工程检测有限公司主要负责标准文本及编制说明的起草修改完善、征求意见的汇总、归纳和处理。其中：李海生担任标准编制组组长，全面组织、协调标准的编制工作。房明、刘晓东、高国华、吕新建、李传海、马亚、徐刚对标准技术内容以及与公共机构相关标准总协调进行把关。王凯、马钊、杨杰、王松涛、王明法、韩成博、刘代、胡云汉、蔡进、钟毅、阚涛、刘凯、苏纪壮、李立平负责标准起草编写、标准制定过程中的试验数据采集、对各相关方的意见和建议进行总结、归纳和处理；董鸣亮、王业飞、吴思、徐朋负责标准编制进度把控以及负责组织召开标准研讨会议。

(三) 起草过程

1. 前期准备

2024年3月，由山东高速建设管理集团有限公司向山东省交通运输厅提出申请的《黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范》标准获得山东省市场监督管理局批准立项。山东高速建设管理集团有限公司牵头成立了标准编制工作组，编制组结合现阶段交通运输部和山东省交通运输厅等主管部门的发文、要求以及试点实践等进行了深入分析和研究，完成已有标准、文献资料的收集、分析和总结。

2. 起草标准

2023年12月，编制组基于胶东地区黄金矿砟应用于高速公路沥青路面成套技术研究的实际工作，根据项目提出的黄金矿砟

沥青路面设计方法和试验路验证情况，成立编制组并对已有标准、文献资料、研究成果进一步分析和总结，于 2024 年 8 月形成标准草稿。并报送省交通运输标准化技术委员会秘书处审核。2025 年 1 月编制组根据秘书处审核意见进一步修改完善，形成最新标准初稿，于 2025 年 2 月 28 日组织召开了标准初稿审查会。

3.征求意见

编制组根据专家组意见，进一步明确了标准定位，修改完善了标准的总体框架，细化了标准内容，形成了标准征求意见稿。2025 年 4 月 2 日由山东省交通运输标准化技术委员会发布了《关于征求山东省地方标准〈黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范（征求意见稿）〉意见的函》，截至 2025 年 11 月 30 日，编制组面向全国高校、科研院所、业主单位、设计单位、施工单位、检测单位等 30 家单位统一发函广泛征求意见。起草组共收到“征求意见稿”回函的单位 30 个，回函并有建议或意见的单位 20 个，反馈意见 24 条，经认真整理、分析后，共采纳意见 24 条。编制组根据反馈意见对标准进行了进一步修改和完善，具体修改情况详见《黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范》征求意见汇总处理表，编制组结合相关征求意见稿对标准进行了修改完善，形成了标准送审稿。

4.送审阶段

山东省交通运输标准化技术委员会在2026年4月15日组织召开了《黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范》送审稿审查会，会上专家提出将本文件名称修改为《黄金矿砟沥青混合料施工技术规范》，并合并整理了专家的意见和建议（详见山东省地方标准《黄金矿砟沥青混合料设计与施工技术规范》（送审稿）专家审查会议纪要及意见处理表），编制组根据专家的意见进行修改后，形成《黄金矿砟沥青混合料施工技术规范》（报批稿）。

二、制定目的和意义

石料作为不可再生资源，随着道路建设步伐的加快，玄武岩与石灰岩的存储量越来越少，给高速公路建设者与管理者带来极大的压力。与此同时，石料在我国的分布极不均衡，沥青路面通常采用的玄武岩与石灰岩等石料匮乏，给当地公路建设者们带来极大的不便，制约了沥青路面的发展。在山东地区，石灰岩主要分布在鲁中和鲁南地区，而玄武岩主要分布在鲁中的少部分地区，储量极为有限，加之环境保护意识的日益增强，山东地区众多石料厂被迫关闭，导致优质集料供不应求，严重影响了当地的交通基础设施建设。为了保证工程建设的质量与进度，需远距离运输石料，导致建设成本的攀升，不符合我国交通行业所提倡的可持续发展。因此，寻找可替代石料迫在眉睫。据了解，我国黄金尾矿累计产量已达15亿吨以上，山东省黄金尾矿占比超过

25%，但黄金尾矿综合利用率却不足 20%，仅用作建筑材料和矿山采空区填充材料等方面，虽然针对尾矿综合利用的尝试一直在进行，利用率在逐年提高，但仍然远低于矿业发达国家 62% 的平均水平。黄金矿产资源长期高强度开发形成的大量库存尾矿和在线尾矿，存在着严重的环境污染和安全生产隐患。黄金尾矿属于岩浆岩，力学性能优异，具有作为沥青路面铺面材料的潜质。

截止 2023 年底，山东省高速公路通车里程已经突破 8400 公里，预计 2025 年将突破 10000 公里。其中，有接近 1/3 的高速公路位于经济发达的胶东半岛地区，这些高速公路沿线石灰岩与玄武岩等优质集料比较稀缺，而黄金矿砭资源相当丰富，如果黄金矿砭能够作为沥青路面的集料，不仅能充分发挥黄金矿砭良好的物理力学性能，而且能解决工程项目路面优质石料短缺的问题，避免了资源的浪费，降低了工程造价，缩短了工期，同时带动了当地相关产业的发展，经济和社会效益突出。因此形成黄金矿砭沥青混合料设计与施工技术规程是十分必要的，规程的制定与实施可有效降低工程造价，节约成本，同时可实现黄金尾矿的资源化利用，缓解生态与安全压力。

综上所述，通过在我省制定黄金矿砭沥青混合料施工技术规范，形成一套成熟且完整的技术和理论，指导黄金矿砭沥青路面的耐久性设计、施工与验收工作，解决黄金矿砭堆储污染环境与安全问题，进一步在全省乃至全国范围内推广应用黄金矿砭沥青路面。

三、编制原则、主要内容和确定依据

(一) 编制原则

本文件的制订原则是依据 GB/T 1.1-2020 给出的原则和有关标准、政策法规进行编制的。制订本文件时充分考虑到满足我国的技术发展和生产需要，充分体现行业进步和发展趋势，符合国家产业政策，推动行业技术水平提高。标准文本格式、条款主要是根据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》进行编制。

(1) 协调性原则。充分做好资料调研工作，做好与相关标准、规范的协调、衔接，保证本文件与《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410)等相关行业标准统一性。

通过对不同温度下混合料进行击实试验，为达到目标空隙率，确保混合料压实度，对于普通黄金矿砂沥青混合料出料温度，本文件在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)普通沥青混合料相关出料、摊铺等温度标准提高 5℃。具体原因解释见本文件 6.2。

(2) 可操作性原则。结合现有室内试验研究及已完工的实际工程，起草的条文应明晰、规范，便于工程应用，试验方法内容应详细、明确，可操作性强。

(3) 成熟性原则。标准须进行充分技术论证或试验验证，并在实际工程中加以验证，确保标准制订内容依据充分，理论正确，验证可信，确保技术成熟性、可靠性。

(4) 指标合理性原则。标准中的指标应具有明确的针对性、

实用性和现实性。

(5) 代表性和先进性原则。标准必须能够满足道路工程对路面的基本性能要求，同时也必须结合实际工程，确保标准内容据实可行；同时能够引导路面工程质量的改进、完善，进而有利于行业的持续进步。

(二) 主要内容和确定依据

本规范规定了黄金矿砷沥青混合料的术语和定义、材料要求、混合料设计、试验评价方法、施工、质量控制。具体的技术内容及依据说明如下：

1. 范围

本文件适用于各等级公路的新建、改扩建及养护工程。

2. 规范性引用文件

本章给出本文件涉及的 11 本规范性文件。

JT/T 533 沥青路面用纤维

JT/T 860.4 沥青混合料改性添加剂第 4 部分：抗剥落剂

JT/T 860.5 沥青混合料改性添加剂第 5 部分：天然沥青

JTG 3410-2025 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG 3432-2024 公路工程集料试验规程

JTG 3450-2019 公路路基路面现场测试规程

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

DB 37/T 1161 大粒径透水性沥青混合料施工技术规范

DB37/T 1722-2024 公路工程高性能沥青混合料施工技术规范

3.术语和定义

本部分给出了黄金矿砟、黄金矿砟粗集料、黄金矿砟细集料、黄金矿砟沥青混合料的术语和定义。

4.原材料

4.1 本部分为原材料的一般规定，原材料进场应提供厂家出示的合格证或质量检测证书，原材料运至现场后应进行质量检验，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场质量检验。

4.2 沥青

本部分规定了沥青的技术要求，在高等级公路中应用时宜采用 70 号 A 级道路石油沥青和 SBS（I-D）改性沥青。

4.3 添加剂

4.3.1 抗剥落剂

在原有抗剥落剂规范的基础上，增添了老化后沥青与集料间的拉拔强度比，依据拉拔强度比关系（表 4-1、表 4-2），分别对固态（建议添加量为沥青的 1%）、液态抗剥落剂（建议添加量为沥青的 0.3%）掺量下，混合料残留稳定性和老化后沥青抗拉强度比开展试验研究。最终确定出，当采用沥青老化后抗拉强度比作为评判指标时，依据 JTG F40 要求，普通沥青在满足残留稳定性不小于 80%要求时，对应沥青老化后拉拔强度比，40℃保温不小于 85%，-10℃保温不小于 80%；改性沥青在满足残留稳

定度不小于 85%要求时，对应沥青老化后拉拔强度比，40℃保温不小于 90%，-10℃保温不小于 85%。该方法可作为对抗剥落剂好坏评价的参考依据，具体检测方法参照本文件附录 A。

表 4-1 固体抗剥落剂老化后沥青拉拔强度比确定

抗剥落剂添加量占沥青比例 (%)	浸水马歇尔试验 残留稳定度比 (%)		老化后沥青拉拔强度比 (%)			
			40℃		-10℃	
	普通沥青	改性沥青	普通沥青	改性沥青	普通沥青	改性沥青
0	70.5	72.3	72.8	75.3	69.6	73.1
0.5	76.0	77.5	81.2	82.8	77.1	82.4
1	82.6	86.2	88.4	91.3	83.8	88.5
1.5	92.1	93.4	96.6	97.1	87.9	93.7

表 4-2 液态抗剥落剂老化后沥青拉拔强度比确定

抗剥落剂添加量占沥青比例 (%)	浸水马歇尔试验 残留稳定度比 (%)		老化后沥青拉拔强度比 (%)			
			40℃		-10℃	
	普通沥青	改性沥青	普通沥青	改性沥青	普通沥青	改性沥青
0	70.5	72.3	72.8	75.3	69.6	73.1
0.2	77.1	84.2	85.2	92.8	81.2	86.2
0.4	86.2	90.6	91.4	97.2	87.4	94.6
0.6	90.4	93.8	95.4	98.4	93.2	96.2

4.4 黄金矿砟粗集料

4.4.1 因为黄金矿砟韧性差，加工时易产生针片状集料，因此建议加工时，必须采用二级及以上破碎工艺，实践中第二道破碎工艺采用反击破会起到较好的整形作用，故建议最后一道工艺采

用反击破。加工过程中，根据加工厂筛网角度、振幅、产量等因素综合考虑所用筛网尺寸，在无相关经验借鉴时，可参考表 4-3 中的筛孔尺寸规格。

表 4-3 黄金矿砭加工振动筛筛孔尺寸

标准筛筛孔 (mm)	31.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36
对应振动筛筛孔 (mm)	32	22	15	11	6	3.5~4.5

4.4.2 粗集料加工采用二级及以上破碎工艺，在严格控制集料针片状含量的情况下，集料力学性能指标良好。对此，编制组对不同矿区的黄金矿砭集料随机取样进行压碎值、洛杉矶磨耗试验，结果如表 4-4 所示。因此，本标准与现行规范相比，将黄金矿砭中、下面层压碎值指标提高至不低于 22%，洛杉矶磨耗值提高至不低于 28%；上面层压碎值提高至不低于 20%，洛杉矶磨耗值提高至不低于 26%。

表 4-4 不同矿区黄金矿砭压碎值

编号	黄金矿砭编号	压碎值 (%)	洛杉矶磨耗值 (%)
1	样品 1	18	23.2
2	样品 2	16	20.6
3	样品 3	18	22.4
4	样品 4	15	16.5
5	样品 5	16	18.1
平均值		17	20.2

4.5 其他材料

黄金矿砟沥青混合料中添加岩沥青的作用：（1）提高混合料的模量和混合料高温性能，降低密级配混合料空隙率，提高路面密水性；（2）在一定程度上，提高粗集料的黏附性，增强混合料抗水损性能。

当黄金矿砟集料黏附性、老化后拉拔强度及混合料浸水稳定度比、冻融强度劈裂比、空隙率等指标达到设计要求时，可以不添加，集料可以直接用于沥青混合料（含基层沥青混合料）生产。

5 黄金矿砟混合料设计

5.1 通则

5.1.1 目标配合比设计按 JTG F40 的方法。黄金矿砟沥青混合料中岩沥青掺量应按照试验结果确定，由试验数据（表 5-1）得出，一般掺量为沥青混合料的 0.3%~0.6%。当采用采用石灰粉提高混合料水稳定性能时，添加量宜占矿料质量的 1%~2%。

表 5-1 不同岩沥青掺量黄金矿砟沥青混合料试验结果

岩沥青 掺量/%	技术指标	单位	混合料类型		
			AC-20 70#	AC-20 SBS	SMA-13 SBS
0.0	浸水马歇尔试验残留	%	75	81	82
	冻融劈裂试验残留强	%	70	73	75
	动稳定度	次	1370	4971	5459
	低温弯曲试验破坏应	$\mu\epsilon$	2341	3107	3192
0.2	浸水马歇尔试验残留	%	78	84	85
	冻融劈裂试验残留强	%	73	80	81
	动稳定度	次	3560	5155	5665
	低温弯曲试验破坏应	$\mu\epsilon$	2244	2807	2942

0.4	浸水马歇尔试验残留	%	81	86	88
	冻融劈裂试验残留强	%	80	84	87
	动稳定度	次	5521	6186	6571
	低温弯曲试验破坏应	$\mu\epsilon$	2247	2735	2865
0.6	浸水马歇尔试验残留	%	86	89	90
	冻融劈裂试验残留强	%	83	88	90
	动稳定度	次	6764	7384	8172
	低温弯曲试验破坏应	$\mu\epsilon$	2147	2654	2744
0.8	浸水马歇尔试验残留	%	89	91	91
	冻融劈裂试验残留强	%	85	90	91
	动稳定度	次	8169	9157	9867
	低温弯曲试验破坏应	$\mu\epsilon$	1847	2421	2576

黄金矿砟沥青混合料的拌和因添加岩沥青，建议室内拌和、成型试件流程为：拌制黄金矿砟混合料时，将岩沥青和集料（纤维）拌合均匀，然后依次加入掺有抗剥落剂的沥青（改性沥青）、填料。混合料拌制完毕后放入达到摊铺时温度的烘箱中 2h。模拟混合料的运输过程，同时验证添加抗剥落剂后混合料的耐老化性能。

5.1.2 考虑到岩沥青在混合料中添加量仅为 0.3%~0.6%，而大部分岩沥青中灰分占比较少，实际应用中可以忽略岩沥青中灰分对矿料级配的影响。

5.1.3 当混合料内添加岩沥青时，混合料模量提高，沥青含量相同的基础上，达到降低混合料空隙率的效果。通过试验研究对于 AC 及 SMA 沥青混合料设计空隙率调整为 2~4%。空隙率降低后，可确保压实后路面的密水性能，达到降低路面渗水的目的，减轻水渗入对路面的侵蚀和剥落危害。当混合料不添加岩沥青

时，空隙率指标应参照 JTGF40 执行。

5.2 性能检测及技术要求

黄金矿砷沥青混合料应在配合比设计的基础上进行各种路用性能检测，AC 及 SMA 沥青混合料技术指标应符合本文件表 7 的规定。否则，应更换材料或重新进行配合比设计。沥青混合料在添加岩沥青后，能对混合料的动稳定度进一步提高，因此，将动稳定度值提高。与现行规范相比，密级配（AC）普通沥青混合料的动稳定度要求值不低于 1000 次/mm，改性沥青混合料的动稳定度要求值不低于 3000 次/mm。其次，在水稳定性方面，对表征 SMA 沥青混合料水稳定性的冻融劈裂试验残留强度比的最低值比规范要求提高 5%。以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例，采用不同矿区的黄金矿砷作为集料，添加岩沥青，AC-20 掺量为混合料 0.6%，SMA-13 掺量为混合料 0.4%，抗剥落剂掺量为沥青的 1%，室内试验结果如表 5-2 所示。

表 5-2 黄金矿砷沥青混合料试验结果

黄金矿砷编号	混合料类型	浸水马歇尔试验 残留稳定度/%	冻融劈裂试验 残留强度比/%	动稳定度 /(次/mm)
样品 1	AC-20-70#	88	85	6807
	AC-20-SBS	93	90	7435
	SMA-13-SBS	94	91	8215
样品 2	AC-20-70#	87	84	6834
	AC-20-SBS	92	88	7401
	SMA-13-SBS	95	90	8234

黄金矿砟沥青混合料的长期耐久性采用汉堡车辙试验进行验证。相比于现行标准，增添了黄金矿砟沥青混合料的长期耐久性试验方法与技术要求。采用汉堡车辙试验评价混合料的耐久性，高温浸水与循环荷载多重耦合作用下，判定黄金矿砟沥青混合料的耐久性。一是对混合料出现剥落拐点的碾压次数提出要求，二是对其最大碾压次数和碾压深度进行限定。同样的，以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例，采用不同矿区的黄金矿砟作为集料，添加岩沥青，AC-20 掺量为混合料 0.6%，SMA-13 掺量为混合料 0.4%，抗剥落剂掺量为沥青的 1%，采用旋转压实，成型汉堡车辙试件，空隙率在 3%~5%，室内试验结果见表 5-3。结合试验结果以及前期相关研究，对于黄金矿砟沥青混合料汉堡车辙性能要求为（1）抗水损害性能，规定碾压次数内不出现剥落拐点；（2）高温性能，对于普通沥青试验温度 50℃，碾压次数 10000 次，车辙深度 ≤12.5mm；对于改性沥青试验温度 60℃，碾压次数 20000 次，车辙深度 ≤12.5mm。但考虑到路面各结构层实际使用过程中温度，本标准要求上面层汉堡试验温度采用 60℃，中面层及以下汉堡试验温度采用 50℃。

表 5-3 黄金矿砟沥青混合料汉堡车辙试验结果

集料地点	混合料类型	试验温度/℃	碾压次数(次)	剥落点	最大车辙深度
------	-------	--------	---------	-----	--------

					/mm
样品 1	AC-20-70#	50	10000	未出现	10.8
	AC-20-SBS	60	20000	未出现	8.6
	SMA-13-SBS	60	20000	未出现	7.9
样品 2	AC-20-70#	50	10000	未出现	10.3
	AC-20-SBS	60	20000	未出现	8.4
	SMA-13-SBS	60	20000	未出现	8.2

设计空隙率调整为 2~4%后，设计渗水性能相应得到提升，指标调整为 AC 沥青混合料渗水系数 $\leq 80\text{mL/min}$ ，SMA 沥青混合料渗水系数 $\leq 50\text{mL/min}$ 。

6 生产与施工

6.1 生产

山东省内拌和站均采用间歇式拌和机械，因此本文件建议生产时宜采用间歇式拌合机械拌制。

黄金矿砟沥青混合料拌和过程中岩沥青的添加方式可根据实际工程量选择，若工程量较小，采用人工投放的方式；若工程量较大，采用专用配套设备自动添加的方式。

混合料施工温度确定部分，提到正常施工温度及低温施工温度，两者确定标准参见《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）第 35 页表 5.6.6 中相关规定，对于高速公路、一级公路取 15°C 为分界点；而对于其他等级公路降低 5°C ，取 10°C 为分界点。

6.2 黄金矿砟沥青混合料施工

黄金矿砟沥青混合料的施工温度根据室内试验确定。以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例，采用不同矿区的黄金矿砟作为集料，添加岩沥青，AC-20 掺量为混合料 0.6%，SMA-13 掺量为混合料 0.4%，抗剥落剂掺量为沥青的 1%。

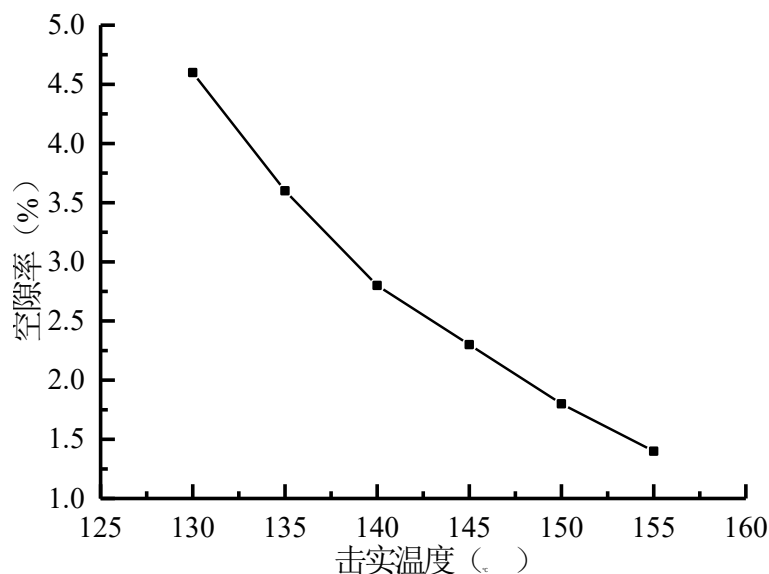


图 1 普通沥青 AC-20 混合料击实温度与空隙率关系曲线

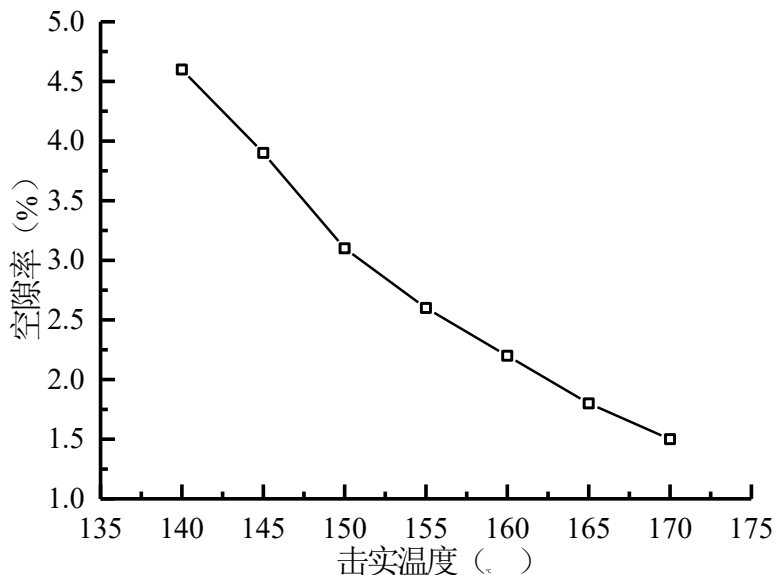


图 2 SBS 改性沥青 SMA-13 混合料击实温度与空隙率关系曲线

结合图 1 和图 2 试验结果发现,混合料采用道路石油沥青时,提高沥青混合料出料和施工温度 5°C , 可达到较好压实效果; 采用改性沥青的混合料出料和施工温度较高, 此时加入岩沥青后对沥青粘度影响较小, 出料和施工温度与公路沥青路面施工技术规范中要求相同。

7 施工质量管理与验收

7.1 施工过程质量管理与检查

对于黄金沥青矿渣沥青混合料, 为确保成型后路面具有良好的密水和耐久性能, 同时兼具合适的空隙率, 因此将施工中压实度控制标准应与配合比设计阶段空隙率标准相结合。工程实践中发现, 现场空隙率在 6% 以下时, 现场检测渗水系数较小, 密水效果较好, 可有效防止水渗入。

因此, 文件中规定对于 (1) 密级配沥青混合料最大理论密度控制的压实度 $\geq 94\%$, 以实验室标准密度控制的压实度 $\geq 98\%$;

(2) SMA 沥青混合料最大理论密度控制的压实度 $\geq 95\%$, 以实验室标准密度控制的压实度 $\geq 99\%$ 。

为确保路面具有良好密水性能, 降低路面运营期水损害, 将路面渗水系数指标标准提高, AC 沥青混合料路面 $\leq 100\text{mL}/\text{min}$, SMA 沥青混合料路面 $\leq 80\text{mL}/\text{min}$ 。

附 录 A 拉拔试验方法

检测仪器

A. 1. 1 附着力测试仪：最大荷载满足不超过量程的80%且不小于量程的20%的要求，一般采用20kN，分度值为10N。

A. 1. 2 数据采集系统或X—Y记录仪：能自动采集传感器的电测信号，在数据采集系统中储存或在X—Y记录仪绘制最大荷载。

A. 1. 3 恒温水槽：用于试件保温，温度范围能满足试验要求，控温

精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。当试验温度低于 0°C 时, 恒温水槽可采用 1: 1 的甲醇水溶液或防冻液作冷媒介质。恒温水槽中的液体应能循环回流。

A. 1. 4 环境箱:

用于试件保温, 温度范围能满足试验要求, 控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

A. 1. 5 胶水: 用于黏结集料与石板、锭子, 其黏结强度大于沥青黏结强度。

A. 2 试件准备

A. 2.1 根据JTG 3410中T0609方法老化后制备沥青试样,待沥青融化后加热到150℃(改性沥青170℃),将一定量的沥青试样滴到直径为50mm标准尺寸集料表面,然后放上相同规格的集料,将沥青挤压成0.2mm的薄膜,刮掉多余的沥青,在室温条件下冷却不少于2h,一组不少于三个试件。

A. 2. 2 将试件下侧集料用胶水黏结于平整的试板上, 将锭子平整的黏结到试件上侧集料表面。

A. 2. 3 其中一组试件放入已达到40℃的水槽中保温48h, 对于低温试验, 试件放入-10℃的水槽中保温48h, 另一组试件在室温中放置48h。

A. 2. 4 试件保温完成后放入25℃环境箱中恒温不少于2h。

A.3 试验步骤

A.3.1 迅速套上套筒，连接拉拔装置。

A. 3. 2 开动附着
力测试仪, 以0.7
MPa/s的加载速率
加载, 直至上下集
料从沥青面层断
裂。记录加载过程
中达到的最大拉
拔力。

A.4 计算

根据附着力测试仪输出的最大荷载 P ，计算沥青与集料的粘附性抗拉强度 R ，按公式A.1、公式A.2和公式A.3求出浸水后试件的强度比 T_1 及低温后试件的强度比 T_2 。

$$R = \frac{P}{\pi \times r^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (\text{A. } 1)$$

$$T_1 = \frac{R_1}{R_3} \times 100\% \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad (A.2)$$

$$T_2 = \frac{R_2}{R_3} \times 100\% \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{A. 3})$$

式中：

R ——拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；

P ——最大荷载，单位为千牛（kN）；

r ——试件直径，数值为50mm；

T ——拉拔强度比，%；

R_1 ——浸水拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；

R_2 ——低温拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；

R_3 ——未浸水拉拔强度，单位为兆帕（MPa）。

A. 5 结果整理

每组有效试件不应少于3个，取其平均值作为试验结果。

A. 6 允许误差

当测定值中的某个数据与平均值之差大于标准差的k倍时，该数据舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试件数目为3、4、5、6时，k值分别为1.15、1.46、1.67、1.82。

A. 7 报告

试验结果应标注试件尺寸、试验温度、加载速率。

四、试验验证的分析、综述报告，预期的经济、社会和生态

效益

通过对胶东地区高速试验路铺筑测算，对于双向四车道高速，（1）对于 AC-25 沥青混合料，采用黄金矿砟作为集料时，抗剥落剂掺量为沥青用量 0.9%，岩沥青掺加量为沥青混合料的 0.2% 时，每公里可节约成本 15.7 万元（详见下表 1）；（2）对于 SMA-13 沥青混合料，采用黄金矿砟作为集料时，抗剥落剂掺量为沥青用量 1.0%，岩沥青掺加量为沥青混合料的 0.4% 时，每公里可节约成本 25.1 万元（详见下表 2）。

表 1 AC-25 沥青混合料采用黄金矿砟与石灰岩的造价对比

名称	黄金矿砟沥青混合料	石灰岩沥青混合料
岩沥青及抗剥落剂种类	TR-500S	/
沥青种类	70# 沥青	70# 沥青
沥青含量 %	4.1	4.2
每吨沥青造价 / 元	3700	3700
每吨混合料沥青的造价 / 元	151.7	155.4
每吨混合料集料的造价 / 元	55.8	102.3
每吨混合料矿粉造价 / 元	3.6	3.6
每吨混合料外加剂的造价 / 元	$430.00923 + 2 \times 4.8 = 18.09$	0
每吨混合料总造价 / 元	229.18	261.3
下面层每公里所需混合料 / 吨	4301.4	4372.8
每公里混合料成本 / 万元	98.6	114.3
每公里节约成本 / 万元	15.7	—

表 2 SMA-13 沥青混合料采用黄金矿砟与石灰岩的造价对比

名称	黄金矿砟沥青混合料	玄武岩沥青混合料
岩沥青及抗剥落剂种类	TR-500S	/
沥青种类	SBS 改性沥青	SBS 改性沥青
SMA 沥青含量 / %	5.9	5.9
每吨沥青造价 / 元	4700	4700
每吨 SMA 混合料沥青造价 / 元	277.3	277.3

每吨混合料集料的造价 / 元	51	178.5
每吨混合料矿粉造价 / 元	13.2	13.2
每吨混合料中纤维造价 / 元	10.5	10.5
每吨混合料外加剂的造价 / 元	$590.0123+4*4.8=32.77$	0
每吨沥青混合料原材料的总造价 / 元	384.77	479.5
上面层每公里所需混合料数量 / 吨	2100.7	2208.9
每公里混合料成本 / 万元	80.8	105.9
每公里节约成本 / 万元	25.1	—

黄金矿砭是金矿开采、选矿环节中产生的大宗固体废弃料，其产生量伴随金矿产能同步增长，长期以来，这类废弃料多以露天堆放、填埋等方式处置。一方面，大规模的矿砭堆放需要占用大量土地资源，挤占生态用地空间；另一方面，矿砭中残留的部分可溶性物质若经雨水冲刷、渗透，可能会对周边土壤、地下水造成潜在污染，同时堆放过程中产生的扬尘也会对区域大气环境产生不利影响，给生态环境保护带来压力。

将黄金矿砭应用于沥青路面建设，是变废为宝、实现资源循环利用的重要途径。这一应用模式的推广，不仅能够有效消纳金矿开采过程中产生的固体废弃料，从源头上解决矿砭堆放占地、污染环境等突出问题，还能减少天然砂石等筑路原材料的开采与消耗，减轻对绿水青山的破坏。从生态效益角度来看，该举措既减轻了矿山区域的生态修复压力，又推动了道路工程建设向绿色低碳、可持续的方向发展，对保护生态环境、构建资源循环型经济体系具有十分重要的现实意义。

五、与现行相关法律、法规、规章和其他标准的关系

（一）与现行法律及政策文件的关系

与本文件密切相关的法律及政策文件有《交通运输部关于印发《绿色交通“十四五”发展规划》的通知》（交规划发〔2021〕104号）、《山东省人民政府关于印发山东省“十四五”综合交通运输发展规划的通知》（鲁政字〔2021〕127号）、《山东省交通运输厅关于印发山东省交通运输科技创新“十四五”发展规划的通知》（鲁交发〔2021〕9号）、《山东省交通运输厅关于印发山东省交通运输节能环保“十四五”发展规划的通知》（鲁交发〔2021〕8号）等。本文件符合上述法律及政策文件的要求。

（二）与国际标准的关系

没有与本文件密切相关的国际标准。

（三）与国家标准的关系

没有与本文件密切相关的推荐性国家标准和强制性国家标准。

（四）与行业标准的关系

与本文件密切相关的行标有《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路工程集料试验规程》（JTG E3432）、《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）、《沥青混合料改性添加》剂（JT/T 860.5）、《沥青路面用纤维》（JT/T 533）。

（五）与地方标准的关系

与本文件密切相关的地方标准有《岩沥青路用技术要求》（DB37/T 2536）。

六、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据

本文件无重大分歧意见。

七、公平竞争审查结论

按照《公平竞争审查条例》（中华人民共和国国务院令 第 783 号）《公平竞争审查条例实施办法》（国家市场监督管理总局令 第 99 号）《山东省市场监督管理局关于山东省地方标准起草中开展公平竞争审查的通知》和《公平竞争审查制度实施细则》规定的审查程序和标准要求，山东省交通运输厅于 2026 年 × 月 × 日 - × 月 × 日通过省厅网站向社会公开征集了本标准公平竞争审查意见，截至公示期结束，未收到有关意见。经审查，该地方标准没有违反公平竞争审查标准的内容。

八、涉及专利的有关说明

本文件不涉及专利内容。

九、实施地方标准的措施建议

建议过渡期是 3 个月。

公路及城市道路建设单位、设计单位及施工单位等是标准实施的主体，为确保其准确理解、掌握和执行标准，规范黄金矿砟沥青混合料项目的实施，标准发布后将向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实施。预计此项工作需要 3 个月的时间。

十、其他需要说明的内容

此标准的制订会取得如下效益：首先从材料、设计和评价方法以及施工工艺等方面，提出实现黄金矿砟沥青路面的技术标准，指导黄金矿砟应用于沥青路面，缓解地区性新建道路工程玄武岩与石灰岩等石料短缺问题。通过此标准指导黄金矿砟沥青混

合料的材料选择与设计、级配设计，延长黄金矿砟沥青路面的使用寿命，避免黄金矿砟沥青路面早期出现坑槽等水损害现象，保证优良的长期性能，节约后期的养护成本。

提出部门：山东省交通运输厅

（盖 章）

2026 年 4 月