

公路同步碎石封层技术规范
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

二〇二五年六月

目 录

一、 任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人	1
二、 制定标准的必要性和意义	1
三、 主要工作过程	3
四、 制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	4
五、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	6
六、 重大意见分歧的处理依据和结果	17
七、 采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况	17
八、 贯彻标准的措施建议	18
九、 其他应说明的事项	18

一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人

随着我国经济的快速发展和交通运输需求的不断增加，全国公路网的建设和扩展速度显著加快。根据国家“十四五”规划的总体要求，交通运输体系将向着更加高效、安全、绿色和智能的方向发展。在这一过程中，公路基础设施的质量和耐久性成为确保交通运输顺畅运行的关键因素。近年来，我国在公路建设和养护技术方面取得了一定的进展，但仍面临诸多挑战，特别是在公路养护技术的标准化和规范化方面。同步碎石封层技术作为一种高效的公路预防性养护手段，能够显著提高路面性能，延长道路使用寿命。尽管这一技术在国际上已有成熟应用，但在我国的推广和应用仍处于起步阶段，缺乏统一的技术标准和操作规范。

为了推动同步碎石封层技术在我国广泛应用，提升公路养护水平和效率，有必要制定《公路同步碎石封层技术规范》。该标准的制定不仅有助于规范行业行为，提升施工质量，还将为相关技术的研究和创新提供有力支撑，助力实现国家“交通强国”战略目标。

本标准由中国交通运输协会牵头组织编制，金华市公路港航与运输管理中心作为主要起草单位，同济大学作为副主编单位。邀请长安大学、东阳市公路与运输管理中心、杭州天禧公路养护科技有限公司、浙江通宜交通科技有限公司等单位参与编制工作，计划完成时间为2026年02月。

- **本标准负责起草单位：**金华市公路港航与运输管理中心、同济大学
- **本标准参加起草单位：**长安大学、东阳市公路与运输管理中心、杭州天禧公路养护科技有限公司、浙江通宜交通科技有限公司
- **本标准主要起草人：**吴闻秀、孙大权、邹晓勇、鲁童、刘惊、董磊、成海华、赵爽、徐磊、胡明君、倪航天、郭建祥、孙艳娜

二、制定标准的必要性和意义

近年来，我国公路维护和养护面临着巨大的挑战，尤其是在路面使用寿命方面，如何提高公路的耐久性和服务水平，已成为各级公路管理部门亟待解决的问题。公路事业将进入“建养并重”和“养护为主”时代，人们对出行要求提升，预防养护工程

比重将增大，公路同步碎石封层技术在我国沥青路面作为上封层预防养护工程中实施效果好，高速公路、国省道养护工程中，采用同步碎石封层作为应力吸收层也逐年增多，实施复合封层、封层罩面也逐步推广；同时，随着“四好农村路”的深化实施，农村公路“黑色化”比例将进一步增大，而养护经费有限的情况下，同步碎石封层作为一种经济高效的预防养护技术，具有广阔的应用前景。

近年来，同步碎石封层技术在我国得到了广泛应用，但是随着日益增长的交通荷载和高温极端恶劣气候增加，同步碎石封层技术的推广应用逐步暴露出一些问题。由于我国缺乏统一的标准规范，各地在技术应用上存在较大差异，施工质量参差不齐，部分路段的使用效果已无法匹配近年来提出的长寿命、高耐久型路面的要求。因此，制定适应我国交通特点和气候特征的技术标准，具有必要性和紧迫性。保障同步碎石封层实施效果的关键举措在于沥青胶结料品质的提升，特别是近年来高性能乳化沥青产品的发展，包括高弹高粘改性乳化沥青、环氧树脂改性乳化沥青等推广应用，得到行业技术人员的一致认可和好评。因此，本标准制定将基于现行行业规范关于原材料的相关规定，依据同步碎石封层工程实践经验，重点关注高性能乳化沥青内容，并提出设计和施工评价指标体系，在沥青胶结料的种类方面增加选择，以满足同步碎石封层在不同使用条件下的实施效果。此外，同步碎石封层所处层位和功能的不同必然对沥青胶结料技术指标要求不同，如同步碎石封层作为上封层时，对乳化沥青或改性乳化沥青的蒸发残留物含量、碎石指标、碎石覆盖率等要求更高，而用于下封层时蒸发残留物含量、碎石指标、碎石覆盖率等可适当降低，对加快形成强度以实施面层对乳化沥青破乳速度的要求更高等。

《公路同步碎石封层技术规范》的制定，旨在规范和指导同步碎石封层技术在我国公路养护中的应用，提升施工质量和效率，保障公路的长久耐用性。这一标准的制定符合国家“十四五”规划和交通强国战略的要求，是落实“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念的重要举措。此外，《公路同步碎石封层技术规范》的制定，还将促进公路养护行业的技术创新和升级，为行业提供科学的技术指导和规范，为我国公路交通事业的高质量发展提供有力保障。

三、主要工作过程

（一）起草工作阶段

根据要求，中国交通运输协会于2024年下半年开始着手成立标准编制工作起草小组，组织标准编制的相关工作。金华市公路港航与运输管理中心和同济大学作为牵头单位，积极搜集与该标准相关的信息，并开展相关的调研及实验验证。同时，他们还与长安大学、东阳市公路与运输管理中心、杭州天禧公路养护科技有限公司和浙江通宜交通科技有限公司进行了沟通，最终确定了标准制定小组的成员，并正式成立了该小组。

随后，标准制定小组着手进行标准的立项申请和计划大纲的编写，明确了任务分配和各阶段的时间表。小组成员深入学习了GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》，并且结合标准制定的各个流程环节，进行了深入的探讨和研究。

标准起草工作组经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合设计、材料、施工工艺和应用技术发展趋势，在充分总结国内外技术研究与应用基础上，于2024年07月编写完成了团体标准《公路同步碎石封层技术规范》的立项申请材料。8月6日，协会组织行业专家召开立项审查会议，对标准立项报告进行审核，通过了标准项目的编制申请。

立项申请获批后，起草小组加快标准编制工作节奏，着手编制标准工作大纲和编制意见草稿的相关工作。编制工作大纲草案稿通过微信、邮件等方式提交给参编单位和协会专家分别审核，综合了多方意见，确定了标准起草编制的总体计划内容，形成了正式的标准工作大纲文件。

标准起草工作组按照立项审查会议内容，结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准的征求意见稿的编制以及试验项目的实施工作，将于2024年9月完成国内外调研和试验验证工作，10月编写完成团体标准《公路同步碎石封层技术规范》的工作大纲初稿。11月20日，协会组织行业专家于北京召开了大纲审查会议，审查组专家一致同意标准大纲通过审查。

（二）征求意见阶段

2024年11月~2025年2月，根据项目分工，完成标准各章节条文的编写，汇总形成征求意见稿。

2025年8月-9月，将标准编制说明和征求意见稿通过行业协会组织专家征求意见，同时将标准编制说明和征求意见稿向各起草单位发出征求意见。

2025年10月，将各意见汇总修改后形成完整的标准编制说明和征求意见稿，根据流程再组织专家集中审核。

（三）历次审查会专家审查意见及结论

- **标准大纲审查会：**会议审议了标准大纲，听取了汇报，审阅了相关资料，经质询、讨论，专家组一致同意本标准编制大纲通过，起草组提交的编制工作大纲资料齐全、内容完整、分工合理，符合《中国交通运输协会团体标准管理办法》的要求。同时，专家建议标准名称《公路同步碎石封层技术标准》修改为《公路同步碎石封层技术规范》，修改“8 施工质量管理与检查”为“施工质量控制与检验”，删除“4 总则”，删除“附录B”，删除“条文说明”，对应的章节编号顺次调整。对此根据评审专家意见，进行全部修改，意见已获得充分沟通落实。
- **标准征求意见稿审查会：**会议审查了标准征求意见稿草案，听取了汇报，审阅了相关资料，经质询、讨论，专家组一致同意标准征求意见稿草案，符合《中国交通运输协会团体标准管理办法》的规定，文本格式基本符合GB/T 1.1—2020的要求。同时专家建议调整“1 范围”中的表面处治层、下封层、应力吸收层描述顺序，并按此全文调整优化，删除部分术语和定义，修改或完善部分材料技术要求，按共性要求和不同层位要求修改设计和施工内容，添加施工工艺流程图。对此根据评审专家意见，对标准全文进行全部修改，意见已获得充分沟通落实。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）编写原则和依据

本标准为中国交通运输协会团体标准，属自愿性标准。本标准编制遵循“开放、公平、透明、协商一致、促进贸易和交流”的原则。在标准编制中，严格执行国家标

准《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020），严格控制标准编制质量，并根据提案、立项、起草、征求意见、技术审查、报批等节点时间控制本标准编制工作进度，确保按期保质完成标准编制工作。

1) 编制的指导思想

①服务行业、服务工程。体现规范为行业服务的指导思想，紧紧围绕公路同步碎石封层设计与施工技术，指导同步碎石封层在各省干线和地方道路预防养护工程建设，针对相关技术要求、材料要求、封层设计、质量检验等关键技术问题，开展标准编制工作。

②整合资源、群策群力。集结设计、施工、养护、科研优势单位和专家，深入剖析公路同步碎石封层设计与施工技术相关需求，深入吸收目前公路同步碎石封层实际工程的好经验好体系，结合各方智慧，共同做好规程编制工作。

2) 编制的依据

主要依据基于《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)、浙江省交通运输厅2019年发布的《浙江省高速公路沥青路面规范化施工指南》等现有标准和技术规范。在此基础上，充分调研国内外关于公路同步碎石封层设计与施工技术标准，总结归纳近些年关于同步碎石封层研究的实践经验及优秀成果，编制完成适合我国的同步碎石封层技术标准设计与施工技术规程。

3) 编制的内容

主要工作内容包括前期调研与准备、标准框架与内容设计、标准编制与修改、标准审查与发布以及宣贯与实施。具体而言，前期调研将收集和分析国内外相关技术资料和行业现状，标准框架设计将明确各部分内容重点，包括范围、规范性引用文件、术语和定义、符号、材料、设计、施工、施工质量控制与检验等内容。

（二）与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。具体而言：本标准将涉及同步碎石复合封层和封层罩面等章节内容，可与现行的行业标准无缝对接，有关同步碎石表面处治层、下封层、应力吸收层等设计内容，是对现行行业标准的补充完善。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（一）主要内容

标准的主要内容如下所示，详细内容参见标准草稿。

1 范围

主要对本标准的制定原则、适用范围以及总体要求等进行编制。

2 规范性引用文件

主要对本标准编制所依据的有关法律、法规和国家、行业、地方标准的关系等进行说明。

3 术语和定义

3.1 同步碎石下封层

3.2 同步碎石应力吸收层

4 符号

SCS-0

SCS-1

SCS-2

SCS-3

5 材料

5.1 沥青胶结料

5.2 碎石

6 设计

6.1 一般规定

6.2 材料组成设计

7 施工

7.1 一般规定

7.2 施工流程

7.3 施工准备

7.4 试验路段

7.5 施工工艺

8 施工质量控制与检验

8.1 施工准备

8.2 施工过程

8.3 交工验收

附录

附录A（规范性） 沥青与碎石用量测试方法（平板试验）

（二）主要条款的说明

■ 标准名称：

标准名称为“公路同步碎石封层技术规范”。

■ 应用范围：

本文件规定了公路同步碎石封层的材料、设计、施工和质量控制等内容。

本文件适用于各等级公路新建、改扩建及养护工程的下封层、水泥混凝土路面加铺沥青路面的应力吸收层，二级及二级以下公路沥青路面的表面处治层。

■ 规范性引用文件：

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。

■ 术语和定义：

对“同步碎石下封层”、“同步碎石应力吸收层”等进行定义和解释。

■ 符号：

对SCS-0、SCS-1、SCS-2和SCS-3符号代表的碎石级配类型进行解释。

■ 材料：

规定公路同步碎石封层的材料选择要求，包括沥青胶结料的种类、性能以及碎石的技术性能；规定沥青胶结料的选择应基于道路等级、交通量、旧路面状况和施工设备等因素，同时对碎石的物理特性如坚硬度、形状和洁净度提出要求。

1. “5.1.2 沥青胶结料性能要求”条款的说明：

① 乳化沥青流动性好，易于喷洒。同时乳化沥青对碎石的浸润、裹附能力强，对沥青路面的渗透力较好，可较好地封闭裂缝。尤为重要是乳化沥青对碎石水分、封层含量不敏感，对各种碎石的适应能力较强，是同步碎石封层经常采用的粘结料。为提高对石料的粘结能力，提高耐久性，近年来改性乳化沥青得到了广泛应用。乳化沥青、改性乳化沥青技术要求依据JTG F40-2004 中关于洒布型乳化沥青和改性乳化沥青相关规定进行编写，为提高乳化沥青对碎石的粘结性能，适当地提高了乳化沥青中沥青含量、蒸发残留物的软化点（改性乳化沥青）的技术要求。

② 橡胶沥青（Asphalt rubber）是将废轮胎橡胶粉加入到沥青中，经过高温搅拌、研磨、发育等工艺得到一种改性沥青。按照ASTM D6144-97标准的定义，橡胶沥青中橡胶粉掺量不得低于15%。依据浙江省交通运输厅编写的《高等级公路沥青路面设计施工与养护技术》，提出橡胶粉细度为30目~50目、橡胶粉含量不低于18%的要求。

③ 橡胶沥青的性能是保障橡胶沥青同步碎石封层工程质量的关键之一。各国橡胶沥青技术标准差异较大，但高温粘度是橡胶沥青的核心指标。高温粘度不仅影响橡胶沥青的喷洒和易性，也直接决定了对碎石的粘结性。美国ASTM D6114-2019要求橡胶沥青175℃粘度为1.5~5.0 Pa·s，Arizona州要求175℃粘度为1.5~4.0 Pa·s，Texas要求177℃粘度为1.5~4.5 Pa·s，California要求191℃粘度为1.5~4.0 Pa·s，河南省《废胎胶粉复合改性沥青路面施工技术规范》（DB41/T 1286-2016）要求175℃粘度为1.0~5.0 Pa·s。上海市《橡胶沥青路面技术规范》要求橡胶沥青180℃粘度为2.0~5.0 Pa·s。参考国内外相关技术标准，本文件提出适用于同步碎石封层的橡胶沥青技术要求。

2. “5.2.1”条款的说明：

对同步碎石封层用碎石主要有三方面要求：a) 坚硬、耐磨；同步碎石封层中碎石直接承受车辆荷载作用，必须具有足够的强度和抗磨光能力。b) 单一粒径、近似立方体；单一、近似立方体颗粒碎石可形成紧密嵌挤、厚度一致结构层，而具有级配、针片状含量较高的碎石形成的结构层厚度不一致，较大颗粒容易脱落而颗粒较小处容易泛油。c) 洁净；碎石中的泥土、粉尘等杂质将影响沥青与碎石的粘结强度。尘土等覆盖于碎石和沥青的接触界面，使得两者的粘结力降低，所以大量的碎石就会脱落。

因此同步碎石封层中对碎石的洁净度应进行严格控制。

3. “5.2.3”条款的说明：

根据《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40-2004）中关于粗碎石技术要求，并结合同步碎石封层技术特点，提高了用于二级公路沥青路面表面处治的同步碎石封层碎石的压碎值、针片状含量和含泥量等技术要求。

压碎值是表征碎石强度的间接指标，《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40-2004）规定高速公路和一级公路沥青路面表层粗碎石压碎值不大于26%，其他等级公路粗碎石压碎值不大于30%。由于沥青路面表面处治用同步碎石封层直接承受车辆荷载作用，以密级配混合料对粗碎石压碎值要求质量控制是不合理的。根据调研（表），各地碎石的压碎值均小于20%。《排水沥青路面设计与施工技术规范》（JTGT3350-03-2020）规定用于排水沥青路面的粗碎石压碎值不得大于18%。另外，随着先进的碎石加工设备应用，碎石针片状含量不断降低。另外，粗碎石通过加强除尘、水洗等方法可将小于0.075mm含量控制在0.5%以内。因此，本文件将用于沥青路面表面处治的同步碎石封层所采用的碎石压碎值、针片状含量等技术要求适当提高是合理的且可操作的。

■ 设计：

规定表层处治封层、下封层和应力吸收层的组成设计流程，首先进行路况调查及适用性判定，分析路面结构承载能力和路面破损情况，为设计提供基础数据，进一步，根据公路等级、交通量、气候条件、路面状况等因素，选择适合的沥青胶结料和碎石；规定沥青胶结料的性能要求，包括70号道路沥青、乳化沥青、改性乳化沥青等；规定碎石的技术性能要求，包括压碎值、洛杉矶磨耗损失、表观相对密度、吸水率、坚固性、软石含量、针片状含量和磨光值等；规定碎石撒布量和沥青洒布量的确定方法，包括计算公式和平板试验法。

1. “6.2.2”条款的说明：

同步碎石封层组成设计是一种经验-理论设计方法，室内进行的组成设计试验结果需要现场试铺的检验和优化调整。因此，完整的同步碎石封层组成设计流程包括路况调查、室内组成设计和试验路试铺检验等三个步骤。

本文件主要参考和借鉴Modified Kearby设计方法。Modified Kearby设计方法基本原则：

①在单层播撒的情况下，特定碎石的用量是由实验板法满铺确定的，不受到沥青种类与用量以及路面状况的影响；

②沥青用量根据碎石性质、沥青种类、原有道路路面状况及交通水平确定。如果沥青为乳化沥青、改性乳化沥青等含水类沥青材料，则需要根据季节调整沥青用量。

2. “6.2.4”条款的说明：

同步碎石封层碎石粒径的选择可根据交通条件、路面状况、封层类型等因素综合考虑。一般认为交通量大的路段可选择较大粒径的碎石，其原因主要是当采用较大粒径的碎石，必须提高沥青用量以与之匹配，这有利于提高碎石粘结强度和封层耐久性，同时也增强了路面密水效果。但是，过大的粒径可能引起封层表面构造过于粗糙，一方面增加了车辆行驶过程中轮胎-路面的接触噪声，另一方面也使碎石受到过大的冲击荷载和水平应力，使碎石容易剥落。

表1给出了美国部分地区碎石封层采用的级配。美国碎石封层采用的碎石公称最大粒径一般均小于10mm，绝大部分粒径集中在4.75~10mm。

表1 美国部分地区碎石封层级配范围

筛孔 (mm)	阿拉斯加州	亚利桑那州		明尼苏达州		蒙大拿州	南达科他州	
		低交通量	高交通量	单层	双层上层		低交通量	高交通量
12.5	100	100	100	100	100	100	100	100
10.0	90~100	100	70~90	90~100	100	100	100	40~70
6.25	-	70~90	0~10	40~70	100	-	-	-
4.75	10~30	1~10	-	0~15	85~100	0~30	10~90	0~15
2.36	0~8	0~5	0~5	0~5	10~40	0~15	0~30	0~5
0.425	-	-	-	-	0~5	-	0~4	-
0.075	0~1	0~1	0~1	0~1	0~1	0~2	-	0~1

表2给出了各地同步碎石封层采用的碎石粒径范围。比较常用的粒径范围为SCS-2和SCS-3这两种。

表2 各地部分同步碎石封层采用的碎石粒径范围

工程名称	用途	碎石级配
46省道	沥青路面表面处治	SCS-2

330国道	半刚性基层下封层	SCS-2
环城南路	沥青路面表面处治	SCS-3
歌胡线	沥青路面表面处治	SCS-3
金塘大桥	混凝土桥面防水粘结层	SCS-2
金丽温高速	隧道水泥路面应力吸收层	SCS-1

3. “6.2.5 碎石撒布量确定”条款的说明：

目前，确定同步碎石封层碎石用量主要有两种方法：经验法和试验法。经验法是通过现场试铺确定碎石用量，当经验不足时宜采用本文件提出的试验法（Modified Kearby法），该方法由美国乳液工作组（ETF）为AASHTO TSP-2规范编制文件推荐，同时也是美国德克萨斯州交通部（TxDOT）最常用的碎石封层设计方法。相较于国内常用的经验法和McLeod法，该方法能有效降低行车引起的碎石磨损。

4. “6.2.6 沥青洒布量确定”条款的说明：

沥青用量由碎石性质、原有道路路面状况及交通水平确定，同时也跟沥青种类有关，其原因如下：

原有路面状况会直接影响到沥青的吸收程度，严重坑槽、渗水、氧化路面可以吸收较多的沥青，同样的道路泛油路面吸收沥青的能力会很低，因此需要根据不同路面状态确定修正因子。交通水平对沥青用量有较大影响，交通量越大，需要的沥青用量就越小。主要原因是在较大交通量下，同步碎石封层被进一步压密，容纳沥青的空间变小。大多数的碎石对沥青都有一定的吸收效果，封层设计中必须考虑到这种吸收效果从而对沥青用量进行修正。

对于乳化沥青用量，不能采用将乳化沥青中水分去掉，用沥青含量直接换算乳化沥青用量的方法，否则可能引起泛油，并且需要考虑季节因素。橡胶沥青同步碎石封层中橡胶沥青用量明显高于其他类型的同步碎石封层。其原因主要是橡胶沥青粘度大，可抑制碎石被进一步压密；橡胶沥青中橡胶颗粒实际上是起到了类似细碎石的填充作用；适当提高橡胶沥青用量，不仅可增强对碎石粘结强度，而且也不容易泛油。

本文件的各类修正因子借鉴美国德克萨斯州交通部2024年9月发布的《封层和表面处治手册》，以及美国乳液工作组2021年2月发布的AASHTO TSP-2推荐文件《乳化沥青碎石封层最佳实践》。

同步碎石下封层主要起到密水、加强基层与沥青层粘结、抑制反射裂缝等作用，与用于沥青路面表层处治的同步碎石封层无论是在功能上，还是在结构层位上、下承层性质上都存在显著差异，所以本文件提出的沥青洒布量设计方法不适用于同步碎石下封层。本文件主要依据《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中提出的下封层沥青结合料用量，根据同步碎石特点和工程经验提出大致的沥青用量范围。由于半刚性基层的差异性，沥青用量应根据实际应用情况适当调整。

为加强下封层与沥青层嵌挤，提高基层与沥青层之间的粘结强度和抗剪切、抗推移能力，下封层碎石不应满铺，而是有一定的空隙率，一般在80%的覆盖率为宜。

同步碎石应力吸收层主要应用于“白改黑”工程，以抑制沥青加铺层反射裂缝的产生。当应用于混凝土桥面，主要目的是加强混凝土桥面板与沥青铺装层之间的粘结与防水。橡胶沥青粘度大，其洒布量可取较大值而不会产生泛油，因此可增强吸收应力效果而提高抗反射裂缝能力。目前，同步碎石应力吸收层主要采用橡胶沥青作为胶结料。

同步碎石应力吸收层沥青用量主要依据经验和试验应用确定。金丽温高速隧道路面同步碎石封层中橡胶沥青用量为 $1.9\text{kg/m}^2\sim 2.1\text{kg/m}^2$ （碎石规格 $9.5\text{mm}\sim 13.2\text{mm}$ ），江苏盐通高速同步碎石封层中橡胶沥青用量为 2.6kg/m^2 （碎石规格 $9.5\text{mm}\sim 13.2\text{mm}$ ），广东广珠高速同步碎石封层中橡胶沥青用量为 $2.0\text{kg/m}^2\sim 2.4\text{kg/m}^2$ （碎石规格 $6\text{mm}\sim 11\text{mm}$ ），咸阳机场高速同步碎石封层中橡胶沥青用量为 2.2kg/m^2 （碎石规格 $9.5\text{mm}\sim 13.2\text{mm}$ ）。上海市《橡胶沥青路面技术规范》（DG/TJ08-2109-2012）规定橡胶沥青应力吸收层橡胶沥青推荐用量为 $2.0\text{kg/m}^2\sim 2.4\text{kg/m}^2$ 。

■ 施工：

规定表层处治封层、下封层和应力吸收层的施工要求，包括施工流程、设备配置、路面病害处理、试验路段施工、施工过程中的质量管理与检查；规定施工前对下承层的检测和清理要求，确保路面平整、整洁、干燥、无杂物；规定同步碎石封层车的技术要求，包括沥青洒布量和碎石撒布量的自动控制系统精度；规定沥青和碎石的施工温度、施工速度、接缝处理和碾压要求，以及施工过程中对沥青雾化状态和均匀性的观测。

1. “7.2.1 同步碎石封层施工流程”条款的说明：

同步碎石下封层和应力吸收层不需要碾压，其主要原因：碎石不是100%覆盖，碾压将粘轮并带走碎石；沥青层施工时碾压可使其碎石就位、稳定。

2. “7.5.6 表面处治层碾压”条款的说明：

为防止碎石压碎，同步碎石封层不得采用钢轮压路机进行碾压，宜采用小吨位（9t~16t）轮胎压路机。如采用25T轮胎压路机，可适当减少碾压次数1~2遍。交通量较小的路段需要较长时间才能达到设计最小平均厚度。加强施工过程中的碾压，有助于使碎石紧密嵌挤就位，减少碎石脱落。

■ **施工质量管理与检查：**

规定施工过程中的质量管理与检查措施，包括施工前材料与设备的检查、施工过程中的质量管理和检查验收；规定对关键设备如同步碎石封层车的监管和操作人员的专业培训要求，以及工地实验室的常规试验能力；详细规定原材料质量检查项目与频率，以及施工过程中的质量控制标准。规定同步碎石上封层、下封层、应力吸收层的交工检查与验收标准等进行编制，提出同步碎石封层工程质量的检验评定标准和方法，确保工程质量满足相关技术规范的要求。

1. “8.2.1”条款的说明：

施工过程中原材料的质量管理与检查，主要参照了《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）和《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610—2019）中有关原材料质量管理与检查的内容、方法与频率，同时考虑了同步碎石封层施工的特点，增加了碎石中值粒径、橡胶沥青的质量检查。

2. “8.2.2”条款的说明：

同步碎石封层施工对施工依赖性较强，同步碎石封层车正常工作、准确控制是保障同步碎石封层施工质量的关键因素之一。因此本文件中增加了对同步碎石封层车设备的管理与检查。

3. “8.2.3”条款的说明：

施工过程中同步碎石封层检查，主要结合同步碎石封层特点，强调沥青、碎石撒布的均匀性和用量的准确性。除按照本文件方法外，考虑到同步碎石封层施工的变异

性和单点测试的代表性，在设计单位和监理人允许下，可以采用总量控制的方法。

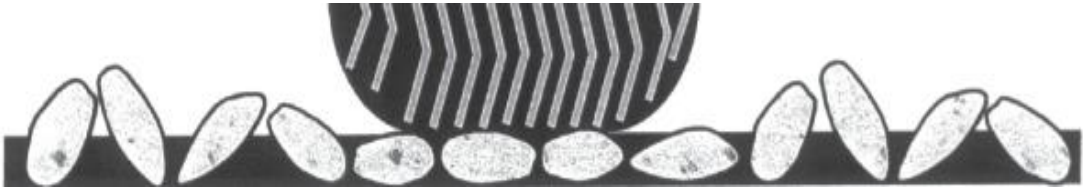
4. “8.3.2” 条款的说明：

同步碎石封层交工验收阶段的质量检查与验收，主要参考《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）和《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610—2019）中的有关标准，同时采用刹车试验判定同步碎石封层的粘结性能。

（三）主要试验（或验证）综述

按照条款要求，组织实施相关重要的试验项目进行验证。具体研究内容如下：

同步碎石封层采用的碎石理想颗粒形状为立方体。立方体集料断面较为平整，所以车辆轮胎对集料的作用相对其他的集料来说较小，这样可较小碎石脱落的可能性。另外，立方体的集料之间能够形成良好的相互嵌锁结构，从而保证了路面的耐久性和稳定性。



（1）针片状含量较高碎石封层



（2）几乎立方体碎石封层

图1 碎石颗粒形状对封层使用性能影响

对于集料的形状可以采取针片状含量或针片状指数FI等技术指标来控制。针片状指数大的集料车辆行驶碾压会改变扁平碎石原来的放置状态。比如，原来“矗立”在碎石封层中的扁平碎石，在车轮频繁碾压后，碎石的扁平面会朝下，碎石将“横躺”在碎石封层中，使得封层面变薄。如果沥青用量过多，轮胎碾压较多的地方就会出现泛油现象；沥青用量较少，轮胎碾压较少的地方在有车辆轮胎作用下，容易掉粒。车流量较少的道路或停车场，封层面的厚度差异不是很大，因为必须经过频繁的碾压，

扁平碎石的扁平面才会朝下。在采用立方形碎石时，无论碎石如何放置，碎石封层的厚度基本一致，不会出现上述病害。

目前，我国高速公路沥青路面对集料针片状含量要求为15%，但是这个要求对同步碎石封层过于宽泛。下表给出了各地同步碎石封层碎石的针片状含量测试结果。可见，大部分工程采用的碎石针片状含量在5~10%。为此，提出用于同步碎石封层的碎石针片状含量要求小于10%。

表3 各地同步碎石封层碎石的针片状含量

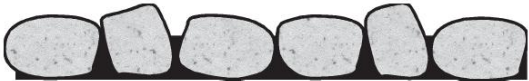
序号	应用地区	石料种类	针片状含量（%）
1	辽宁沟北线	玄武岩（5~10mm）	6.3
2	辽宁沈盘线	玄武岩（5~10mm）	9.3
3	山东省道017线	石灰岩（5~10mm）	7.2
4	金华白汤下线	玄武岩（5~10mm）	7.5
5	天津	玄武岩（3~8mm）	4.6
6	吉林	玄武岩（5~10mm）	7.2
7	上海	辉绿岩（3~8mm）	8.4

用于碎石封层的理想石料是单一粒径碎石。如果集料的粒径十分的统一，那么每个粒子嵌入路面的深度相同，形成嵌挤结构。如果采用级配碎石，可能引起以下问题：

（1）这种结构的孔隙率很小，导致沥青的空间太小，使得在确定沥青用量的时候会导致很难确定，两者的线性差值很小，稍有不慎就可能导致集料的剥离和泛油。

（2）行车荷载的作用下细小的集料会逐渐下沉，在细集料多的地方会导致泛油，而那些大于平均厚度的大颗粒集料会在行车荷载的挤压下剥落。

（3）在确定粘结料用量的时候增加，由于集料间的孔隙率很小，因此很难找到一个合适的沥青用量使得在这个用量的时候沥青既能够粘结住粗集料又不淹没细集料。



（1）单一粒径碎石排列方式



（2）级配碎石排列方式



(3) 单一粒径的集料铺面状态



(4) 级配集料铺面状态

图2 单一粒径和级配碎石排列方式和铺面状态区别

在选择集料的最大公称粒径的时候要综合考虑交通条件、路面状况、封层类型等因素。在同步碎石封层设计中，碎石平均粒径（ALD）是一个重要的指标，它不仅影响沥青的用量，而且也很大程度地决定了碎石封层抗滑性和耐久性。

当采用较大粒径的碎石，必须提高沥青用量以与之匹配，这有利于提高碎石粘结强度和封层耐久性，同时也增强了路面密水效果。但是，过大的粒径可能引起封层表面构造过于粗糙，一方面增加了车辆行驶过程中轮胎-路面的接触噪声，另一方面也使碎石受到过大的冲击荷载和水平应力，使碎石容易剥落。

下表给出了美国部分地区碎石封层采用的级配。美国碎石封层采用的碎石粒径一般均小于10mm，绝大部分粒径集中在4.75~10mm。同时，大交通量路段采用的碎石粒径较大，而轻交通路段可采用较小粒径碎石。

表4 美国部分地区碎石封层级配范围

筛孔	阿拉斯	亚利桑那州	明尼苏达州	蒙大	南达科他州
----	-----	-------	-------	----	-------

(mm)	加州	低交通量	高交通量	单层	双层上层	拿州	低交通量	高交通量
12.5	100	100	100	100	100	100	100	100
10	90~100	100	70~90	90~100	100	100	100	40~70
6.25	-	70~90	0~10	40~70	100	-	-	-
4.75	10~30	1~10	-	0~15	85~100	0~30	10~90	0~15
2.36	0~8	0~5	0~5	0~5	10~40	0~15	0~30	0~5
0.425	-	-	-	-	0~5	-	0~4	-
0.075	0~1	0~1	0~1	0~1	0~1	0~2	-	0~1

碎石中的泥土、粉尘等杂质将影响沥青与集料的粘结强度。尘土等覆盖于集料和沥青的接触界面，使得两者的粘结力降低，所以大量的集料就会脱落。因此同步碎石封层中对碎石的洁净度应进行严格控制。上表表明，对于0.075mm通过率要求不大于1%。

对于粉尘含量较高的碎石应进行处理：

- (1) 水洗；
- (2) 采用乳化沥青作为粘结材料；

综合以上分析，对于碎石的要求主要有：

- (1) 强度；必须有足够的硬度已抵挡交通磨损。在相对重载车较多，车流量较大的情况下，骨料的硬度尤为重要。
- (2) 级配；单一级配，几乎不含粉料。
- (3) 形状；尽量使用立方体的骨料，避免针片状结构，以保证骨料在沥青中达到合适的嵌入深度。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准在符合国家和行业现行有关标准规定的前提下，结合同步碎石封层在不同

层位的具体设计和施工特点编制而成，与《公路沥青路面养护设计规范》（JTJ 5421-2018）、《公路沥青路面养护技术规范》（JTJ 5142-2019）、《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTJ 5220-2020）、《公路青路面预防养护技术规范》（JTJ/T 5142-01-2021）等，共同形成了公路同步碎石封层设计、施工及验收标准体系。充分吸纳、总结了已有的类似地方标准的特色，对现有标准中关于公路同步碎石表面处治层、下封层、应力吸收层的常用材料、设计方法、施工技术、施工质量检验和验收进行充分补充和细化，使公路同步碎石封层技术更加全面完整。

本标准的总体技术水平属于国内领先水平。

八、贯彻标准的措施建议

建议本标准在批准发布3个月后实施。

九、其他应说明的事项

无。