

团 体 标 准

T/SDHTS 00004-2024

沥青拌和站回收粉环保型铺面砖应用技术规程

Application technical code of practice for environmental-friendly
paving brick of asphalt mixing plant recycled powder

(编制说明)

此文本仅供个人学习、研究之用，未经授权，禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究

2024-10-16 发布

2024-12-01 实施

山东公路学会 发布

沥青拌和站回收粉环保型铺面砖应用技术规程

编制说明

一、工作概况

（一）任务来源

根据山东公路学会《关于发布第一批山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会（2023）6号），《沥青拌和站回收粉环保型铺面砖应用技术规程》为团体标准制定项目。

（二）任务分工

济南金日公路工程有限公司：负责前言、第1章、第6章、第8章及编制说明的编写。

山东交通学院：负责第2章、第5章、第6章、第7章及编制说明的编写。

山东省大通建设集团有限公司：负责第3章及有关编制说明的编写。

东汇检测认证集团有限公司：负责附录A的编写。

山东金衢设计咨询集团有限公司：负责附录B的编写。

山东科达基建有限公司：负责附录C的编写。

济南市交通运输事业发展中心：负责第4章及有关编制说明的编写。

山东交通职业学院：负责附录D的编写。

（三）编制工作过程

1. 成立编制组

济南金日公路工程有限公司于2023年3月接收山东公路学会标准编制计划立项通知后，立即牵头成立编制组，启动标准起草的准备工作。

编制组讨论了工作进度安排、任务分工及标准的初步思路，正式启动标准编制工作，提出了标准编制提纲。标准起草编制组结合有关主管部门现阶段的发文、要求以及试点实践等进行了深入分析和研究，完成对有关标准、文献资料等的收集、分析、总结工作。

2. 初稿审查

编制组根据编制提纲，编写形成初稿，于2024年3月13日开展了初稿审查工作，审查委员会提出

了将原立项名称《环保型沥青拌合站回收粉路面砖技术规程》改为《沥青拌和站回收粉环保型铺面砖应用技术规程》的建议；要求合并第7~10章为技术性能与检验，增加施工相关内容，优化原材料烧失量与路面砖抗冻性等技术指标，完善编制说明等意见。

3. 征求意见

编制组根据初稿审查意见修改后，形成征求意见稿，与2024年4月2日开始公开征求意见，共征求32家单位，涉及回收粉铺面砖配合比说明、成型工艺、标准引用及编写格式等共44条意见，其中采纳25条，不采纳19条。

4. 送审稿审查

编制组根据征求意见稿采纳情况修改完善标准，形成送审稿。山东公路学会于2024年7月3日开展了送审稿审查工作，审查委员会提出了优化外观质量检验中缺棱掉角、裂纹等指标，细化基本配合比单位胶凝材料及总量要求，完善编制说明中有关技术指标的依据等意见。

5. 报批稿阶段

编制组根据送审稿审查意见，修改完善形成报批稿，提交山东公路学会审核，根据审核意见修改完善后发布。

二、标准编制的目的、意义和背景

沥青拌和站将沥青、砂石料、填料或添加剂等材料按照一定的配合比拌和成为沥青混合料，其中，在原材料运输、传送、混合、加热、拌和等多道生产工序中，会产生大量的主要粒径小于0.075mm的扬尘颗粒物，由拌和设备收尘系统回收，称为沥青拌和站回收粉（简称回收粉），属于固体废弃物。沥青混凝土在拌和过程中，每生产100吨沥青混合料将会产生约5~10吨回收粉。随着公路与城市道路建设的迅猛发展，山东省国省道每年建设里程约为1.3万公里，需要沥青拌和站生产沥青混合料1亿余吨，加之每年新建与改造的农村道路里程，每年将产生回收粉近2000万吨。根据我国交通运输部发布的数据估算，我国公路里程每年约增长10万公里，新建、改建农村公路每年约增长25万公里，由此可见，我国沥青拌和站每年将产生回收粉多达上亿吨。目前，其主要消纳途径是充当部分沥青混合料的填料使用，但因掺量受控使其利用极为有限，新产生的与多年堆积的回收粉给环境部门和施工单位带来巨大压力，这也成为一直困扰路桥施工企业的一大难题。

回收粉不仅占用大量土地，需花费大量精力和财力围挡掩护，而且环境污染严重。当运输或大风天气时粉尘飞扬，损害大气环境；遇到雨雪天气则随水冲流，污染农田水利，给人民群众造成极大危害。如不及时处置利用，环境污染将更加严重。可见，扩大回收粉的研究与利用渠道，制定相应的标准使之

规范利用的任务艰巨而迫切。

近年来随着城市道路不断发展,国内外越来越多的道路工作者发现铺面砖作为城市道路铺面材料表现出多种优异功能,如与柔性地基的协调性好;适合于城市地下工程的维修与填补;利于城市绿色环保与生态平衡;景观设计性较为突出等,因此颁布了多部铺面砖的相关标准指导生产与建设。虽然回收粉存在占用耕地、资源浪费、污染环境等众多危害,但其具有潜在价值,可有效利用,变废为宝。在国家积极推进实现“双碳”战略目标的大背景下,济南金日公路工程有限公司于2022年立项了山东省工业和信息化厅科技创新项目“沥青拌和站回收粉路面砖性能和生产技术研究”并完成研究任务。回收粉铺面砖是利用沥青拌和站回收粉取代10%~50%水泥等胶凝材料,按照一定生产工艺制备而成的环保型铺面砖,可用于城市车行道、广场、停车场,以及人行道、步行街、公园道路等行人交通设施道面和边坡防护工程铺装,实现我国交通基础设施建设的绿色低碳和可持续发展目标。

依托该项目的研究成果及有关文献资料,开展《沥青拌和站回收粉环保型铺面砖应用技术规程》编制,旨在有效促进沥青拌和站回收粉固废的规模化与规范化回收利用,提高综合利用率,实现资源循环、节约,促进生态文明建设,加速绿色公路低碳循环的全面转型发展。

三、标准编制原则和主要内容

(一) 编制原则

标准编制遵循“规范性、先进性、实用性、可操作性”的总原则,根据室内试验和工程实践开展编制工作。

认真贯彻国家有关法律法规和方针政策,标准内容不得与现行法律、法规相违背。

充分考虑使用要求,兼顾全社会的综合效益。

合理利用国家资源,推广先进技术成果,在符合使用要求的情况下,有利于标准对象的简化、选优、通用和互换,做到技术上先进、经济上合理。

与其他相关规范、标准协调配套,注重标准的可操作性。

(二) 标准主要技术内容说明

3.1 由拌和机械收尘系统收集的回收粉,主要来源于沥青拌和站生产中冷料与热料的运输、传送、混合、加热、拌和等多道工序,回收粉为颗粒状,粒径一般小于0.6 mm,其中小于0.075 mm的细粉颗粒应占75%以上,才能有效提高其水化活性。因此,在给出沥青拌和站回收粉的定义时考虑了其细度,规定其主体粒径应小于0.075 mm。

4.2.2 欧洲采用的商品混凝土路面砖规格主要有100 mm×100 mm、150 mm×150 mm、200 mm×200

mm 正方形, 50 mm×100 mm、100 mm×200 mm 长条形等规则形状及工字型、S 型连锁等异形形状, 厚度为 40 mm~76 mm, 其中长条形公称长度:公称宽度=2:1。我国最常见的规则混凝土路面砖尺寸有 100 mm×100 mm、150 mm×150 mm、200 mm×200 mm、300 mm×300 mm 正方形, 100 mm×200 mm、150 mm×300 mm、200 mm×400 mm 长条形, 厚度为 40 mm~120 mm; 护坡工程用预制混凝土砌块尺寸一般为边长 100 mm~600 mm、厚度 80 mm~300 mm。结合国内外路面砖主要加工尺寸、我国混凝土路面的设计厚度及铺面砖未来的发展趋势, 本文件规定了常用规则形状回收粉铺面砖(REB)的规格尺寸为公称长度或公称宽度为 100 mm~500 mm、公称厚度为 40 mm~150 mm, 并按照公称长度、宽度与厚度的力学协调性进行了分类规定, 同时提出公称厚度最小值应根据需求通过试验确定的规定。

4.3 GB 28635《混凝土路面砖》仅对 Cc40、C_f4.0 及以上强度等级路面砖做了规定, 但在研究中发现, Cc35 及以下的回收粉铺面砖的防滑、抗冻、抗盐冻、耐蚀、耐热等安全、耐久性能指标均较优良, 且应用状态可靠。同时, 我国预制混凝土护坡砌块的抗压强度等级范围一般在 Cc15~Cc40, 因此, 结合我国大力提倡再生材料的研究、应用与推广等指导方针, 以及现阶段再生铺面砖的发展现状, 本文件规定了回收粉铺面砖的抗压强度(MPa)等级分为 Cc15、Cc20、Cc25、Cc30、Cc35、Cc40 六个等级, 抗折强度(MPa)等级分为 C_f1.5、C_f2.0、C_f2.5、C_f3.0、C_f3.5、C_f4.0 六个等级。

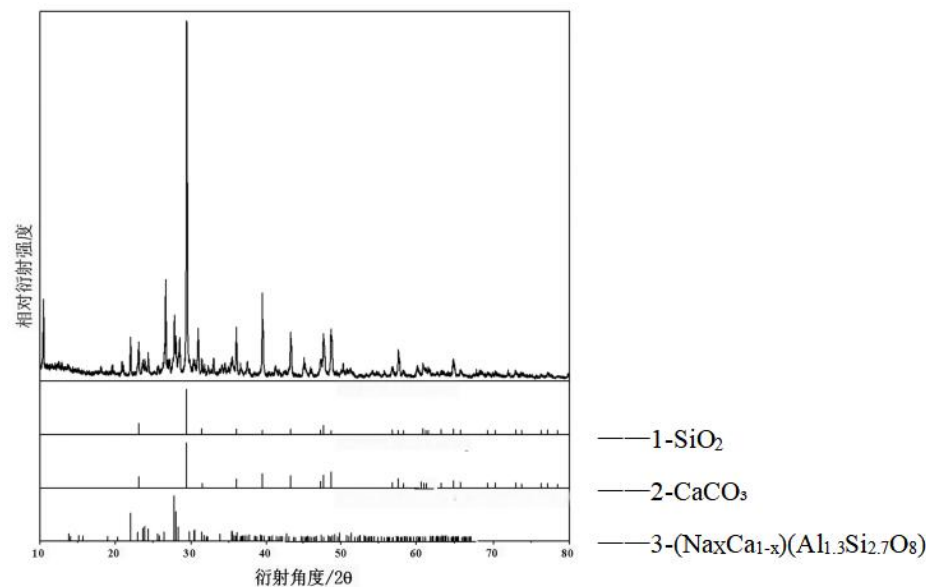
介于回收粉铺面砖现阶段的研究成果与安全性考虑, 本文件暂未涉及 Cc50、C_f5.0 及 Cc60、C_f6.0 等较高强度等级及其指标。

4.4 我国现行标准对铺面砖的标记主要按产品代号、分类、规格尺寸及标准号的顺序进行标记, 一般未提及强度等级的标记方法。而强度等级作为铺面砖产品质量的重要指标, 尤其对于回收粉铺面砖的质量尤为重要, 因此本文件将强度等级作为回收粉铺面砖的一项标记内容, 使产品出厂检验、评价、应用与选择更加方便明确。

5.1.1 (1) 沥青拌和站通常采用两级组合除尘。一级集尘装置主要收集颗粒较大的灰尘, 常采用干式集尘器, 回收粉可被利用。二级集尘装置主要收集颗粒较细的灰尘, 有湿式集尘器和布袋式集尘器, 湿式集尘系统需要配置循环水沉淀池, 粉尘不能直接回收利用, 并且沉淀收集的回收粉常含有害成分也不能直接利用, 如文丘里式湿式集尘器有部分燃烧气体含有 SO₂ 溶入水中呈酸性, 处理较为复杂; 布袋式集尘系统适应性强、造价和运行费用低、使用寿命长、收尘效率高、效果好, 回收的粉尘可以再利用。因此, 本文件规定的回收粉主要指来源于干式集尘器可直接利用的回收粉, 暂不涉及湿式集尘系统沉淀的回收粉。

(2) 采用 XRD 对沥青拌和站回收粉进行了化学成分分析, 如图 1 XRD 图谱所示, XRD 图谱中 1、

2、3 分别表示 SiO_2 、 CaCO_3 和 $(\text{Na}_x\text{Ca}_{1-x})(\text{Al}_{1.3}\text{Si}_{2.7}\text{O}_8)$ 衍射峰的位置。结果显示，回收粉的主要化学成分含有 SiO_2 、 CaCO_3 和 $(\text{Na}_x\text{Ca}_{1-x})(\text{Al}_{1.3}\text{Si}_{2.7}\text{O}_8)$ 三种成分，且根据衍射峰强度定量分析认为 $\text{SiO}_2:\text{CaCO}_3:(\text{Na}_x\text{Ca}_{1-x})(\text{Al}_{1.3}\text{Si}_{2.7}\text{O}_8)$ 的大致比例为 25:65:10。其中， CaCO_3 的含量是沥青拌和站回收粉的主要活性成分，有研究表明，当回收粉中 CaCO_3 含量低于 60% 时，对水泥混凝土的力学与耐久性能影响较大。因此，结合试验研究结果与文献资料，规定了回收粉的 CaCO_3 含量应不小于 60%。



1— SiO_2 （石英）图谱；2— CaCO_3 （方解石）图谱；3— $(\text{Na}_x\text{Ca}_{1-x})(\text{Al}_{1.3}\text{Si}_{2.7}\text{O}_8)$ （长石）图谱

图 1 沥青拌和站回收粉的 XRD 图谱

5.1.2 （1）亚甲蓝值（MBV）是科学评价回收粉质量的关键指标，反映了沥青拌和站回收粉中黏土（膨胀性黏土）颗粒的含量。文献统计资料显示，济南市及其他省市沥青拌和站回收粉的 MBV 大约波动于 0.9~1.4 之间，如表 1 所示。

表 1 我国部分省市沥青拌和站回收粉的 MBV 统计结果

产地	山东济南	江苏徐州	重庆铜梁	浙江金华	湖北大冶	河北唐山	陕西咸阳
MBV（g/kg）	1.4	1.0	1.2	0.9~1.1	1.0	1.1	1.1

对济南金日公路工程有限公司的沥青拌和站回收粉进行抽样检测统计，其亚甲蓝值一般为 1.2 g/kg。依据试验研究及调查研究结果（表 1），为控制回收粉中黏土颗粒含量，保证回收粉铺面砖的原材料质量，本文件规定回收粉的 MBV 不应大于 1.4 g/kg。

（2）回收粉粒径粗细与级配组成将影响回收粉铺面砖的性能,根据对回收粉的细度与级配研究发现，回收粉级配范围在 0.075 mm 的通过百分率为 75%~100%，级配范围在 0.15 mm 的通过百分率为

90%~100%，且最大粒径不大于 0.6 mm 较为适宜，故以此作为回收粉的粒度范围，而对其细度不再规定。

6.2.1 因砖的尺寸规格较多，其密度需求也不相同，为便于生产配制，表 3 回收粉铺面砖的推荐基准配合比给出了“相对用量配合比”。计算配合比单位材料用量时，普通回收粉铺面砖的表观密度可取 1680 kg/m³~2500 kg/m³，透水回收粉铺面砖的表观密度可取 1600 kg/m³~2300 kg/m³。

6.4.2 因为沥青拌和站回收粉中含有一定的黏土颗粒，具有体积不稳定，遇水膨胀的风险,为保证回收粉铺面砖的强度和体积稳定性,本文件提出先将回收粉铺面砖标准养护或蒸汽养护一定时间使其达到一定强度后，继续采用自然养护方式使其体积均匀变化，趋于稳定状态。

7.1.1 分层指标通常是指铺面砖成型后由于加料不均匀，配合比不准确，养护制度不合理，砂石含泥量较大等多种因素引起的不均匀分层现象。回收粉铺面砖同样具有上述不良因素，可能引起分层破坏现象，因此对该指标进行了质量要求，通常采用对铺面砖的侧面进行目测的检验方法。

7.1.3 （1）GB 28635《混凝土路面砖》规定了抗压强度与抗折强度试验的适应条件，即当铺面砖公称长度/公称厚度≤4 时，应进行抗压强度试验；当公称长度/公称厚度>4 时，应进行抗折强度试验。但研究认为，对于回收粉铺面砖的铺面功能与结构层位，所有几何形状的回收粉铺面砖均应进行抗压强度与抗折强度试验，并规定了其强度标准。但当回收粉铺面砖公称长度/公称厚度≤4 时，按抗压强度等级分类；当回收粉铺面砖公称长度/公称厚度>4 时，按抗折强度等级分类。

（2）为全面控制回收粉铺面砖（REB）的力学强度，保证铺面砖质量，达到设计使用寿命，编制组对不同组配方法铺面砖的力学性能与回收粉掺量的关系进行了研究。如采用单粒级 3 mm~8 mm 与 5 mm~10 mm 集料配制回收粉铺面砖的力学强度与回收粉掺量变化规律的试验研究结果见图 2、图 3。

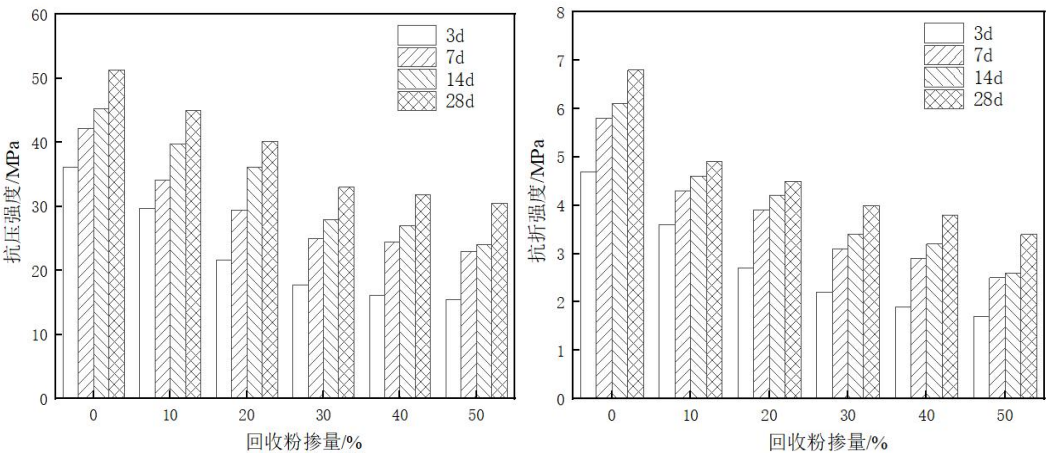


图 2 3 mm~8 mm 集料 REB 的力学强度与回收粉掺量关系

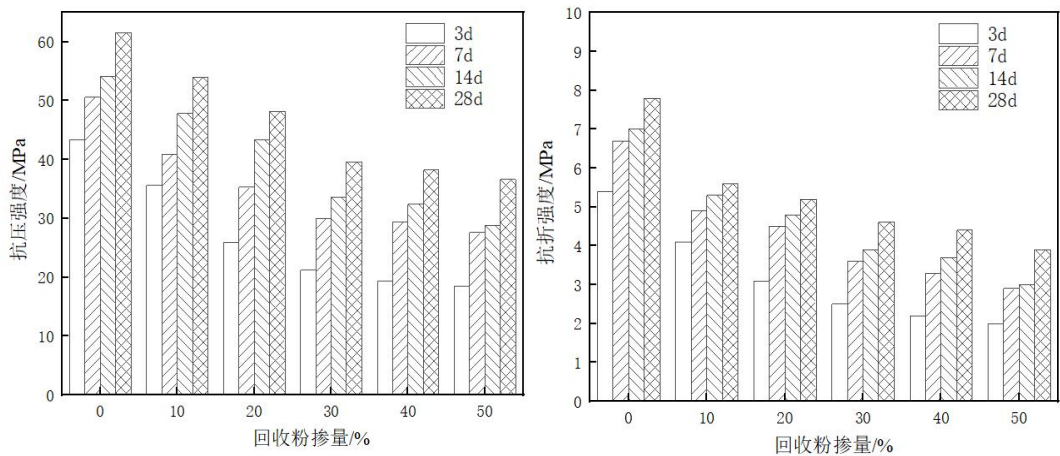


图 3 5 mm~10 mm 集料 REB 的力学强度与回收粉掺量关系

由图 2、图 3 可知，随着回收粉掺量增加，回收粉铺面砖各个龄期的抗压强度与抗折强度均呈下降趋势，但能够满足其不同等级的强度需要。当回收粉掺量由 10%增加至 50%时，图 2 试验结果可以加看出，在标准养护条件下其 3 d~7 d 的抗压强度由 30 MPa~35 MPa 变化至 16 MPa~22 MPa，抗折强度由 3.6 MPa~4.3 MPa 变化至 1.7 MPa~2.4 MPa，28d 抗压与抗折强度则增长更高；由图 3 试验结果可以加看出，在标准养护条件下其 3 d~7 d 的抗压强度由 36 MPa~41 MPa 变化至 18 MPa~28 MPa，抗折强度由 4.1 MPa~5.0 MPa 变化至 2.0 MPa~3.0 MPa，28d 抗压与抗折强度同样增长更高。

依据试验结论与现行标准的相关规定，本文件规定了回收粉铺面砖 Cc15、Cc20、Cc25、Cc30、Cc35、Cc40 与 C_f1.5、C_f2.0、C_f2.5、C_f3.0、C_f3.5、C_f4.0 强度等级及其技术指标要求。

7.1.4 （1）由于本文件规定了回收粉铺面砖分为优等品和合格品两类质量等级，为明确分类标准，与之呼应，对其外观质量与综合性能指标均分类制定了相应的技术指标。

（2）与 GB 28635 《混凝土路面砖》、GB/T 25993 《透水路面砖与透水路面板》相比较，本文件对回收粉铺面砖的其他综合性能指标，增加了耐蚀性、抗滑性等检测项目与技术指标，完善了其物理性质、耐久性能 and 安全性检验项目，以保证产品及其应用质量，为城市居民生活提供良好的生态环境，保障行人与行车安全，提高道路路面的使用寿命。

（3）参照 GB/T 25993 规定磨坑长度不大于 35 mm，结合 GB 28635 提高了 REB 的耐磨性标准要求，规定其磨坑长度指标分别应不大于 28.0 mm（优等品）和 32.0 mm（合格品）。

（4）分析认为，回收粉铺面砖的耐蚀性，除了采用抗盐冻性指标对北方地区抵抗冬季除冰盐的腐蚀加以限制外，对于我国大部分具有腐蚀性地质环境地区（如沿海、盐碱等不良地质区域）应用的回收粉铺面砖也应进行耐腐蚀指标限制。通常，耐蚀系数是普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准中对混凝土抗硫酸盐侵蚀的要求；对于沿海环境，一般氯离子迁移系数小于 1.5×10^{-12} m/s 的混凝土砖具有

优异的抗氯离子渗透性能（GB 50164）。据此综合考虑，本文件增加了耐蚀系数指标及相应的试验方法。

（5）本文件研究制定了更适宜回收粉铺面砖抗滑性的检测方法，如摆式摩擦系数与构造深度的检测方法，并参照 JTG F80/1 《公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程》提出了回收粉铺面砖优等品的构造深度指标为 0.7 mm~1.1 mm、合格品的构造深度指标为 0.5 mm~1.0 mm 的指标要求。

7.2.1 检验分为出厂检验与型式检验，当出现新产品试制定型检验、正常生产的原材料与工艺等发生较大改变、停产三个月以上恢复生产时、出厂检验与上次型式检验结果有较大差异等情况，以及正常生产时每隔半年时段或国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时，均应该进行型式检验，且应包括产品的全部检验项目。

7.2.2 由于目前国产全自动制砖机的机型不同，按照通常年生产能力范围计算，回收粉铺面砖日最大生产能力约为 8~10 万块/日，因此，确定一个检验批以 10 万块砖计。对于日产量大于 10 万块者，以 10 万块为一检验批；对于日产量不足 10 万块者，检验批亦可按 10 万块计。

8.2.1 普通回收粉铺面砖道面铺装工程的施工规定，参照北京市地方标准 DBJ 01—45 《北京市城市道路工程施工技术规程》制定。

8.2.2 透水回收粉铺面砖道面铺装工程的施工规定，参照北京市地方标准 DB11/T 686 《透水砖路面施工与验收规程》制定。

8.2.3 回收粉铺面砖道面铺装工程验收，按照验收项目的重要性分为主控项目（*）与一般项目进行了规定。

附录 A 回收粉铺面砖抗折强度试验方法

本试验方法制定的总体依据：关于路面砖的抗压强度与抗折强度试验方法，目前 GB/T 28635 《混凝土路面砖》、JC/T 446 《混凝土路面砖》、GB/T 25993 《透水路面砖和透水路面板》、JG/T 376 《砂基透水砖》和 JC/T 945 《透水砖》等标准基本沿用了同一种方法，但均存在着方法不相统一、内容不尽完善、缺少试验结果数据处理规定等问题。关于护坡砖的抗压强度与抗折强度试验方法主要参照 GB/T 50081 《混凝土物理力学性能试验方法标准》，因为护坡砖的规格、形状、空隙率等参数与普通混凝土有一定的差异，因此本文件规定了适用于回收粉铺面砖的抗压与抗折强度试验方法。

本试验方法条文说明如下：

A.1.1 试验中规定了试验机应带有自动控制与数据采集功能，符合我国仪器设备自动化的发展趋势，尤其采用自动化大型仪器设备，增加了试验数据采集的精度与可靠性。同时，完善了试验机的上下压板尺寸应大于试件大面尺寸的指导规定。

A.2.1 现行相关标准中，路面砖力学试验的样本数一般选取 5 块或 10 块。由于回收粉铺面砖的尺寸范围较大，如其长度与宽度范围在 100 mm~600 mm。按照试验方法与统计原则，针对较大尺寸的铺面砖可以取相对小的试验样本数，反之，较小尺寸铺面砖试验则应取较大的样本数。为增加回收粉铺面

砖力学试验的可靠性及与数据处理规定的统一性，本试验方法选取了 10 块砖作为抗折强度试验的样本数。

A. 3.2 现行规范对试件在水中的浸泡时间的误差范围不尽一致，如规定试件浸泡时间有 24 h、24 h $\pm$ 0.25 h、24 h $\pm$ 3 h 等。通过试验比较与分析认为，浸水时间误差范围越大，对试验结果的影响越大；反之，浸水时间误差范围越小，虽然降低了试验结果的偏差，但由于本试验方法抽取的试验样本数较大，且抗折强度与抗压强度使用了同一批样本，如果试件在水中浸泡的时间误差范围过小，则将增大在此时间范围内完成规定数量试验的风险。因此，综合考虑以上因素与试验结论，确定试件在水中的浸泡时间为 24 h $\pm$ 0.5 h，并规定了浸水的注意事项。

A. 3.5 提出了每次抗折强度试验的断块应立即用拧干的湿布覆盖的要求，以防止试件发生较大程度的干湿变化而增大抗压强度试验结果的偏差。

附录 B 回收粉铺面砖抗压强度试验方法

本试验方法制定的总体依据：关于铺面砖的抗压强度试验方法，存在的问题同附录 A 的条文说明，故制定本试验方法。尤其在样本的选择、试件表面的找平处理、抗压夹具的应用及其数据处理方法等方面做出了具体规定。

本试验方法条文说明如下：

B. 1.2 参照了 JTC/T 945《透水砖》与 GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》等标准制定了回收粉铺面砖的抗压强度试验方法。JTC/T 945 规定透水砖抗压强度试验方法，是将试件带有水泥净浆的找平面与试验机下压板接触，砖的上表面放置一定尺寸的垫压板进行抗压强度试验；GB/T 17671 规定，对于不规则的水泥胶砂抗折断块，应采用抗压夹具（面积为 40 mm $\times$ 40 mm）测试与计算水泥胶砂的抗压强度。本试验方法针对较大尺寸的回收粉铺面砖，如长边尺寸大于 200 mm 规格的铺面砖，制定了专用抗压夹具规格为受压面积 50 mm $\times$ 50 mm。对于尺寸较小的回收粉铺面砖，可与 GB/T 17671 的夹具（受压面积为 40 mm $\times$ 40 mm）通用。

B. 2.1 现行相关标准中，铺面砖力学试验的样本数一般为抗压强度与抗折强度试件各取 5 块或 10 块，以 10 块为例，抗压强度与抗折强度两项试验抽检样本累计需要 20 块。由于回收粉铺面砖规格较多，对于较大尺寸铺面砖而言，抽检样本数越多将引起试验成本增加、工作强度增大、效率降低。因此，借鉴 GB/T 17671 提出的回收粉铺面砖抗压强度取样方法，即随机抽取抗折强度试验断块至少 10 块作为一组抗压强度试件数量，这样既节省了试样，又增大了检验样本数量。试验验证，在较短时间内循环利用抗折试验断块来完成抗压强度试验完全可行。

B. 3.1 现行试验方法一般规定“将试件的两个受压面应平行平整否则应找平处理，找平层一般为

水泥浆且厚度应不大于 5 mm”，主要沿用了传统烧结黏土砖的试验方法。而该步骤也是针对烧结黏土砖存在的表面不平整状态会影响抗压强度的试验精度而做出的规定，且该方法在实际操作中存在诸多问题：（1）未对抹平水泥浆的稠度做出规定；（2）水泥浆抹面的方法操作难度较大，水泥浆厚度不易准确量化，难控制，波动大，对试验结果影响较大；（3）水泥净浆抹面后需要在室内养护，时间较长。由于当前各类铺面砖主要为免烧砖，表面平整程度较高，因此，结合回收粉铺面砖的特点，参照 JTG 3450《公路路基路面现场测试规程》土基现场 CBR 值测试方法（T 0941）与承载板测试土基回弹模量方法（T 0943）中承载板与地面之间撒布少许洁净细砂填平的方法，针对回收粉铺面砖可能存在的表面不平整的情况，制定了撒布少许湿细砂找平回收粉铺面砖表面的方法。考虑试件处于饱水状态，撒布砂采用了处于饱和面干状态的湿细砂，细度为 0.15 mm~0.3 mm。该方法极大简化了试验步骤，提高了试验效率，降低了数据偏差，提高了试验的准确度。

附录 C 普通回收粉铺面砖表面构造深度试验方法

本试验方法制定的总体依据：目前，铺面砖的相关标准中对于抗滑性能测试基本采用摆式摩擦系数试验，以摆式摩擦系数作为评价指标。该方法虽然适用性广，但试验仪器较重，仪器调整较繁琐。而路面现场检测方法中，手工铺砂法测试路面构造深度（JTG 3450 T 0961）方法简单，操作易行，常作为路面现场检验抗滑性的快速方法。本试验方法利用手工铺砂法测试路面构造深度的试验原理，提出了构造深度作为普通回收粉铺面砖摩擦性的评价指标，并参照 JTG 3450 T 0961 提出了适宜的构造深度检测方法，简化了试验过程。

本试验方法条文说明如下：

C.1.1 与路面现场构造深度试验相比，普通回收粉铺面砖的尺寸大小不一，完全采用 25 cm³ 的量砂筒不尽合理，因此通过大量试验研究，提出了检测普通回收粉铺面砖构造深度的量砂筒体积与其规格尺寸之间的关系，并以此提出了适用于普通回收粉铺面砖短边最小尺寸≥300 mm、200 mm~300mm 及 100 mm~200 mm 三种规格的量砂筒体积与尺寸，明确了普通回收粉铺面砖试件取样数量及其构造深度的指标要求。

附录 D 回收粉铺面砖摆式摩擦系数试验方法

本试验方法制定的总体依据：GB 28635《混凝土路面砖》附录 G 防滑性能试验方法与 JTG 3450 T 0964《公路路基路面现场测试规程》摆式仪测试路面摩擦系数方法基本一致，但回收粉铺面砖的表面性质与沥青路面、混凝土路面均不相同，因此不能直接采用。

本试验方法条文说明如下：

D. 1. 2 由于铺面砖的面积远远小于路面面积，在以往的试验过程中发现，铺面砖难以固定，因此当受到摆的冲击作用时，铺面砖往往会发生位移而影响试验结果的准确性。本试验方法研究并设计了带有水平气泡的回收粉铺面砖试件的固定装置，双向推拉长度为 120 mm~520 mm，每次试验可固定一块试件，并能反复连续使用。

D. 2. 1 遵照 JTG 3450 T 0964《公路路基路面现场测试规程》同一个测点至少测试 5 次，每次间隔 3 m~5 m 布设 3 个测点的规定，本试验方法中试验试件样本数依据回收粉铺面砖的尺寸确定为 3~5 块/组。

D. 2. 2 沥青路面常设计为密级配路面，较为密致，且沥青路面为憎水性材料，渗水性极小，因此，试验规定采用喷壶直接喷洒润湿路面的方法较接近户外雨雪天气路面的实际状态，在湿路面的不利条件下进行摆式摩擦试验切实可行。但普通回收粉铺面砖的吸水率为 4%~15%，透水回收粉铺面砖的透水率更大，雨雪天气时回收粉铺面砖的表面吸水达到饱和状态的速率更快，可见采用喷壶直接喷洒润湿路表面的方法显然不适宜于回收粉铺面砖。为了最大程度模拟雨雪天气对回收粉铺面砖表面的影响状态，本试验方法通过试验研究提出将试件放入室温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中浸泡 $2\text{ h}\pm 0.5\text{ h}$ ，使砖达到最大吸水饱和状态，并在此最不利因素下测试回收粉铺面砖的摆式摩擦系数及其耐磨性。

四、主要试验（验证）的分析情况

本文件依托 2022 年立项的山东省工业与信息化厅科技创新项目“沥青拌和站回收粉路面砖性能和生产技术研究”，对沥青拌和站回收粉组分及性能进行分析，对沥青拌和站回收粉环保型铺面砖的原材料、配合比、力学强度、耐久性等技术指标进行试验研究，并取得了良好的研究成果。

根据研究成果，课题组于 2022 年 7 月对回收粉铺面砖进行了人行道试验路现场铺筑，经过近 18 个月的性能监测，试验路段道路平整，回收粉铺面砖外形尺寸完整，无砖块断裂、表面磨损、掉渣和冻融破坏等现象。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

城市道路建设中铺面砖应用十分广泛，市场需求量巨大。而回收粉铺面砖无需经过高温煅烧，生产工艺简单，不仅解决了回收粉污染环境、乱堆乱弃、占用土地、浪费资源的难题，而且还能使其资源化利用，产生显著的经济、社会和环保效益。本文件提出的回收粉铺面砖中回收粉的掺量范围为 10%~50%，可大量节省原材料；该铺面砖制备简单、性能稳定，可满足不同形状、尺寸和功能的应用需求，具有较高的性价比，推广应用前景广阔。

回收粉铺面砖的制备采用与沥青拌和站联产模式，就地取材，减少了回收粉二次运输带来的成本与

环保问题。通过对回收粉铺面砖的生产技术研究，已形成可靠的面向场站使用的生产、制备成套技术，为提高沥青拌和站回收粉的资源化利用开创了一条经济低耗的途径。

编制组调研了济南金日公路工程有限公司三个沥青拌和站情况，2018~2022 年回收粉回收量约为 50 余万吨，累计往年排放量约计 100 万吨以上，而实际利用率仅为 20%。据不完全调查，山东省有沥青拌和站 300 余座，每年产生的回收粉多达数千万吨；全国有近 10000 座沥青拌和站，每年产生的回收粉预计多达上亿吨。回收粉铺面砖所用材料易于获得，生产便捷，利于推广，适用于所有公路建设与施工企业对干式沥青拌和站回收粉的处置，可降低道路路面人行道、广场、停车场及边坡防护等工程的铺装成本，经济效益显著，有利于促进绿色公路建设可持续发展。

本文件实施的效益分析：编制本文件将有助于指导沥青拌和站回收粉环保型铺面砖在我省的工程施工应用，显著降低生产成本，提高回收粉铺面砖的质量与耐久性，经济、环境与社会效益显著，有助于实现绿色低碳材料可持续的发展目标。

六、与现行相关法律法规及标准，特别是强制性标准的协调性

本文件与现行的法律、法规无冲突和违背。

本文件在编制过程中，重点依据或引用了 GB 28635《混凝土路面砖》、JC/T 446《混凝土路面砖》、GB/T 25993《透水路面砖和透水路面板》、JC/T 945《透水砖》、JG/T 376《砂基透水砖》、GB/T 50081《混凝土物理力学性能试验方法标准》、GB/T 16925《混凝土及其制品耐磨性试验方法（滚珠轴承法）》、JTG 3450《公路路基路面现场测试规程》及 TJG F80/1《公路工程质量检验评定标准》等国家标准与行业标准的相关内容，部分条款明确的内容要求高于其相关要求。

同时，对沥青混合料生产过程中产生的回收粉综合化利用是当前拌和站急需解决固废处置难题的绿色转型方向，也是生产企业绿色高质量发展的必然趋势，建立和完善回收粉建材资源化利用是公路标准化的一项重要基础性工作。本文件的标准化对象主要是回收粉铺面砖的组成材料、技术性能、配比、制备、施工与验收，将有效促进回收粉固废的规模化与规范化回收利用，为回收粉铺面砖的生产、质量控制、施工及推广应用提供了科学系统的技术标准支撑。

七、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况。

本文件编制未采用国际标准和国外先进标准。

八、标准涉及专利情况

无。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、其他应予说明的事项

无

