

附件 2

《桥梁桩基钻渣砂化处理技术规程》

编制说明

起草单位：中建三局集团有限公司，武汉工程大学，福建南方路面机械股份有限公司

1.项目现状及编制或修订目的和意义

在公路、铁路等基础设施建设中，桥梁桩基施工产生大量钻渣，该类钻渣普遍具有含水率高、成分复杂、黏性大、处理难度高等特点。传统外运堆弃方式不仅占用大量土地资源、增加工程成本，还存在水土污染和地质灾害等隐患。与此同时，工程建设中天然砂石填料日趋紧缺，供需矛盾突出，亟须寻求替代性填料来源。

已有研究证实，采用生石灰等固化剂改良钻渣的技术路径成熟，改良后钻渣土的路用性能可满足路基填筑要求。但改良效果的稳定性受固化剂掺量和加工装备适用性两大核心因素制约。针对这一问题，“砂化处理”作为一种创新的钻渣资源化利用技术应运而生，其核心在于通过连续给料、精确计量、固化剂投加、密闭破碎混炼等工艺，将高含水率、高黏性的复杂钻渣转化为粒径均匀、性能稳定的砂化改良土，可直接用于路基填筑。该技术从根本上改善了钻渣的工程力学性能，有效兼顾了钻渣处置与填料短缺的双重需求，实现了“变废为宝”和“就地资源化”。

然而钻渣砂化处理是一个涉及材料控制、场地与厂房布置、设备系统配置、工艺流程控制、质量控制与检验、设备运行维护以及安全生产与环境保护等多个环节的复杂系统工程，现有《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《道路固化土应用技术规程》（T/CECS 737）、《工程余泥渣土制备固化土应用技术规程》（T/CECS 1480-2023）等标准均未涵盖此特定环节的技术要求，导致该技术在实际推广应用缺乏统一、规范的技术依据和质量控制标准，制约了其规模化、标准化发展。

因此，为科学指导桥梁桩基钻渣砂化处理工程实践，统一技术要求，规范工

艺流程，强化质量控制和安全环保管理，推动桥梁桩基钻渣资源化利用技术标准化、规范化发展，拟编制《桥梁桩基钻渣砂化处理技术规程》。

编制本规程的意义如下：

（1）促进行业技术进步。一方面，将钻渣“变废为宝”，为路基工程提供了稳定、优质的替代填料来源，为破解填料匮乏难题提供了全新的解决途径；另一方面，首次系统构建桥梁桩基钻渣砂化处理的完整技术标准体系，为行业提供从“废渣”到“资源”的规范化解决方案，推动固废资源化利用技术进步，对行业具有推动意义。

（2）经济效益显著。应用本规程指导工程实现钻渣就地就近资源化利用，既节省了钻渣外运的高昂费用，大幅减少了路基填筑材料的采购和运输成本，又提高钻渣处置效率、降低人力成本，经济效益显而易见。

（3）社会及环保意义明显。本规程将桩基钻渣变废为宝、一举两得，不仅节约了土地资源，减少了因弃渣和取土造成的生态破坏与环境污染，还大幅降低了碳排放，符合“双碳”目标要求，社会及环保意义明显。

2.确定标准的主要内容或技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法等依据和理由

本标准共十一章，分别为范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、材料、场地与厂房、设备、工艺流程与控制、质量控制与检验、设备运行与维护、安全生产与环境保护。内容如下：

- 1 范围——说明了本标准编制的内容及适用范围。
- 2 规范性引用文件——说明了本标准编制的主要引用文件。
- 3 术语和定义——明确了适用于本标准的术语和定义。
- 4 基本规定——规定了桥梁桩基钻渣砂化处理的基本原则、工艺要求、设备选型原则及质量保证体系、安全生产管理制度等总体要求。
 - 5.1 一般规定——规定了砂化处理所用材料的技术性能要求。
 - 5.2 钻渣——规定了钻渣来源、进场控制指标、检验要求及分类储存要求。
 - 5.3 固化剂——规定了固化剂的类型选择、质量要求及进场与储存要求。
 - 5.4 水——明确了生产用水水质要求。
 - 6.1 一般规定——规定了厂房建设和场地布置应满足生产、安全、环保及运

行管理要求。

6.2 场地选址与占地面积——规定了选址原则、占地面积建议及多线并行时的预留要求。

6.3 功能分区——规定了场地的功能区划分要求。

6.4 厂房与配套设施——规定了厂房建设要求及供配电、给排水等配套设施要求。

6.5 拆除与恢复——规定了场地停用后的拆除与恢复要求。

7.1 一般规定——规定了系统的基本构成单元。

7.2 关键设备性能要求——规定了各个单元设备的具体性能要求。

8.1 一般规定——规定了砂化处理的基本流程组织原则及动态调整要求。

8.2 原料接收与预处理——规定了钻渣进场后的分类堆放、预处理及杂物上机前清理破碎要求。

8.3 配料与投加——规定了固化剂种类、掺量和投加方式的确定方法及投加过程的控制要求。

8.4 破碎混炼与出料——规定了封闭混炼条件、成品要求及异常处理措施。

8.5 闷料熟化与堆放——规定了成品的闷料熟化时间、堆放方式要求。

9.1 一般规定——规定了质量控制与检验的总则要求。

9.2 材料质量控制——规定了钻渣的检验项目和频率及重点控制指标。

9.3 生产过程质量控制——规定了生产过程中的检查要求与指标。

9.4 成品质量检验——规定了砂化改良土的出厂检验项目及相应的检验频率与方法。

10.1 一般规定——规定了设备运行与维护的总体要求。

10.2 运行操作——规定了系统的启动、运行控制及停机流程。

10.3 维护保养——规定了日常保养、定期保养要求。

10.4 故障处理与记录——规定了故障处理流程及设备档案记录要求。

11.1 一般规定——规定了安全环保管理制度的建立要求。

11.2 人员要求与培训——规定操作人员须培训合格上岗，并配备劳动防护用品。

11.3 设备安全操作——规定了设备运行前检查、运行中监护及停机维护的

操作规程。

11.4 现场安全管理——规定了现场的安全警示、消防管理及车辆交通管理要求。

11.5 环境保护措施——规定了场地内废水、废油等废弃物的处理要求。

3.主要试验、验证结果

3.1 基本物理性质试验结果

对武汉都市圈环线高速公路汉南长江大桥及接线工程 HNTJ-1 标段桥梁桩基钻渣进行了基本物理性质试验，依据《公路土工试验规程》（JTG 3430—2020）和《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51—2009），测定了钻渣的液限、塑限、塑性指数及颗粒组成等指标。试验结果表明：该钻渣液限为 27.51%，塑限为 17.20%，塑性指数为 10.31，原状钻渣含水率小于 40%。上述试验结果为本标准中关于钻渣原材料特性、预处理要求及适用性判定提供了基础依据。

3.2 击实试验结果

对钻渣掺加生石灰改良后进行了重型击实试验，石灰掺量分别为 3%、4%、5%、6%、7%、8%。试验结果表明，随着石灰掺量的增加，改良钻渣的最佳含水率由 11.72%增大至 13.08%，表明掺加石灰后材料对水分条件的适应性得到改善；最大干密度则呈现先升高后降低的变化规律，在石灰掺量为 6%时达到最大值 1.906 g/cm^3 。说明石灰掺量并非越大越好，适量石灰有助于改善钻渣颗粒结构和压实性能，而掺量过高会导致最大干密度下降。综合分析，单掺生石灰改良钻渣时，6%为较优掺量。该结果为本标准中固化剂掺量确定和成品压实控制提供了试验依据。

3.3 固化剂对含水率影响试验结果

针对不同初始含水率钻渣，开展了石灰掺量对含水率影响试验。试验分别选取初始含水率约为 25%、30%、35%的钻渣样品，按不同石灰掺量进行闷料处理，并测试 1 d~7 d 内含水率变化情况。试验结果表明，钻渣初始含水率是确定石灰掺量和闷料时间的重要控制参数。该结果为本标准中钻渣预处理、固化剂动态调整和闷料熟化要求提供了依据。

3.4 承载比（CBR）试验结果

承载比（CBR）是评价路基填料承载性能的重要指标。对掺加 3%、4%、5%、6%、7%、8%生石灰的改良钻渣试样，在最佳含水率条件下制样并养护后进行了 CBR 试验。试验结果表明，石灰可显著提升钻渣的 CBR 值，且其强度特性受配比与击实次数共同影响。当石灰掺量在 3%~6%范围内时，随着石灰掺量的增加，击实 98 次的改良钻渣试样的 CBR 值从 22.27%增大到 29.81%，增加幅度明显，表明石灰改良钻渣能显著提高 CBR 值。但当石灰掺量超过 6%时，CBR 值回落，可见改良钻渣并不是石灰掺量越大越好，石灰掺量为 6%时 CBR 值最大。该试验结果为本标准中固化剂选用、成品性能控制指标和工程应用范围的确定提供了重要依据。

3.5 现场试验

为验证“砂化法”改良钻渣的实际效果、确定合理施工参数，为后续正式路基填筑提供依据，根据室内试验结果以及批复的掺量配比开展现场试验，进一步明确钻渣改良的配合比。

2025 年 11 月 15 日，在南屏互通区域选择一段 60×6 m 的场地进行现场试验，填筑 2 层，采用闷料 3 d 的“砂化法”改良钻渣成品料进行填筑，松铺厚度 30 cm，使用 26 t 压路机进行 6 遍碾压施工（静压 1 遍→弱震 1 遍→强震 2 遍→弱震 1 遍→静压 1 遍），如图 4 所示。完成碾压后测得 5%掺量压实度 93.4%，6%掺量压实度 94.6%，7%掺量压实度 95%。从试验结果看，除 5%掺量外，6%、7%掺量均满足压实度大于 94%的要求。综合改良效果与经济性，拟采用生石灰粉改良钻渣的掺量为 6%。经“砂化法”处理后的钻渣颗粒细腻、均匀，闷料 1~2 d 后含水率接近最佳含水率，填筑效果良好，显示了“砂化法”处理的优良效果，也表明制定的实施方案正确合理，确定的施工参数可指导规模化施工。



图 1 “砂化法”改良钻渣填筑现场试验

4.其它（包括采用国际标准；国内外标准水平对比分析；参考资料；存在问题与措施；调查研究统计数据；主要试验；验证原始记录；分析或综述报告；例行试验报告等。若页面不够，可另作附页）

4.1 本标准未采用国际标准。

4.2 国内外标准水平对比分析

本标准对湖北省桥梁桩基钻渣的砂化处理技术进行了较为系统、具体的规定，与国内外相关标准关系分析如下：

（1）《工程施工废弃物再生利用技术标准》（GB/T 50743，修订征求意见稿）

该国家标准正在修订中，修订内容新增了“工程泥浆处理与资源化利用”章节。与本标准的关联在于两者均关注工程废弃物资源化利用，但该标准适用对象范围较广，侧重一般性、综合性要求；本标准则聚焦于桥梁桩基钻渣砂化处理这一专门领域，针对材料、场地与厂房、设备、工艺流程、质量检验等提出更具体、更具操作性的规定。

（2）《土壤固化外加剂》（CJ/T 486-2015）

该标准规定了土壤固化外加剂的术语和定义、分类和标记、要求及试验方法，适用于无机类、有机高分子类、有机无机复合类和离子类土壤固化外加剂的生产及检验。与本标准的关联在于钻渣砂化处理中所用的石灰、水泥及复合固化剂等固化材料的质量检验可参照执行；但该标准主要面向固化剂产品本身的技术性能，未涉及固化剂与钻渣的混合工艺参数、投加方式及与处理设备的协同要求，本标准则在此基础上进一步规定了固化剂的选用原则、掺量确定方法及工艺适配要求。

（3）《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）

该规范主要规定了公路路基施工的通用技术要求和质量控制方法，适用于各类填料的路基施工过程。但其重点在于填料的施工与压实控制，对桥梁桩基钻渣如何通过预处理、计量配料、破碎混炼等工艺转化为可利用材料，缺乏专门规定。

（4）《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）

该“细则”对公路路面基层混合料的组成设计、混合料的生产摊铺及碾压、养生、填隙碎石的施工等作出了规定与要求，其无机结合料的计算和比例、混合料的厂拌与运输、摊铺与碾压、养生、施工质量标准与控制等可供本标准石灰、

水泥等改良钻渣参考。然而，二者存在明显区别，一是“细则”适用于路面基层，本标准适用于路基；二是其原材料、配合比设计、性能要求均针对级配集料和稳定材料，与以复杂钻渣为原料、旨在改良其基本工程性质的砂化处理在目标、材料和工艺上存在显著差异。

（5）《道路固化土应用技术规程》（T/CECS 737-2020）

该规程规定了固化土在道路工程中应用的技术要求，侧重于设计、施工与验收。本标准则侧重于前端，专门规定如何将钻渣制成可用于固化或直接填筑的“砂化改良土”原料，两者在技术链条上前后衔接，但处理对象、核心工艺和阶段目标不同。

（6）《工程余泥渣土制备固化土应用技术规程》（T/CECS 1480-2023）

该规程针对工程余泥渣土制备固化土的原材料、配合比、施工与验收要求。与本标准的共同点在于均涉及工程废弃土资源化利用，但该规程主要面向余泥渣土制备固化土的应用环节；本标准则重点规范桥梁桩基钻渣砂化处理全过程，专业性和针对性更强。

（7）《泥浆干化稳定土》（T/CECS 10323-2023）

该标准规定了泥浆干化稳定土的材料、配合比设计、产品要求与制备方法。与本标准的关联在于均涉及泥浆类废弃物的资源化利用，但区别在于：该标准是产品标准，规定了泥浆干化稳定土这一产品的技术要求；本标准是工艺规程，规定了从钻渣到砂化改良土的全套处理工艺、设备与质量控制要求。

（8）《钻孔弃浆压滤固化处治再利用技术规程》（T/JSJTQX 39-2023）

该规程规定了钻孔弃浆压滤固化处治的基本要求、设备、施工与试验方法。与本标准的关联在于均涉及桩基施工废弃物的固化处理，但区别在于：该规程针对的是弃浆的压滤固化，而本标准针对的是钻渣的砂化处理。

4.3 参考资料

- [1] 湖北省公路学会. 桥梁桩基钻渣固化土路基施工技术规范: T/HBTS 06-2025[S]. 武汉: 湖北省公路学会, 2025.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工程施工废弃物再生利用技术标准: GB/T 50743[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012（修订征求意见稿）.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 土壤固化外加剂: CJ/T 486-2015[S]. 北

京：中国标准出版社, 2015.

- [4] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基施工技术规范: JTG/T 3610-2019[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019.
- [5] 中华人民共和国交通运输部. 公路路面基层施工技术细则: JTG/T F20-2015[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [6] 中国工程建设标准化协会. 道路固化土应用技术规程: T/CECS 737-2020[S]. 北京: 中国计划出版社, 2020.
- [7] 中国工程建设标准化协会. 工程余泥渣土制备固化土应用技术规程: T/CECS 1480-2023[S]. 北京: 中国计划出版社, 2023.
- [8] 中国工程建设标准化协会. 泥浆干化稳定土: T/CECS 10323-2023[S]. 北京: 中国计划出版社, 2023.
- [9] 江苏省交通工程建设局. 钻孔弃浆压滤固化处治再利用技术规程: T/JSJTQX 39-2023[S]. 南京: 江苏省交通工程建设局, 2023.
- [10] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基设计规范: JTG D30[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [11] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程无机结合料稳定材料试验规程: JTG E51[S]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [12] 曾庆余, 宋德洲. 石灰改良泥浆土厂内机械化拌合固化技术研究[J]. 低温建筑技术, 2021, 43(9): 18-21.
- [13] 徐海波, 董琨, 周浩翔, 等. 桥梁桩基钻渣掺灰改良现场试验研究[J]. 交通企业管理, 2024(6): 62-64.
- [14] 邵成龙, 张懂, 张龙, 等. 固化桥梁桩基废弃钻渣路用性能研究[J]. 公路, 2025, 70(11): 197-204.
- [15] 丁飞鹏. 钻孔灌注桩泥浆固化处理以及在路基填筑中的应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 27015.

5.重大意见分歧的处理（包括处理过程、依据和结果。）

无。

6.标准编制过程

（1）项目立项阶段

标准工作组针对公路桥梁桩基钻渣处置难、现有加工装备存在不足等实际问题，围绕桥梁桩基钻渣砂化处理技术应用需求，开展了前期调研，收集国内相关标准、科研成果和工程案例。结合中建三局集团有限公司、武汉工程大学、福建南方路面机械股份有限公司等单位在桥梁桩基钻渣改良处理、工程应用及成套装备研发等方面的研究基础和实践经验，确定了本规程的编制原则、框架和主要内容，形成标准草案，并向湖北省公路学会提交立项申请。

(2) 项目申报阶段

2026 年 8 月 19 日，湖北省公路学会召开本标准立项评审会。评审会上，专家组听取了立项汇报，并对标准制定的必要性、适用范围、技术内容和工程应用价值等进行了质询和讨论，一致同意立项。湖北省公路学会发布《桥梁桩基钻渣砂化处理》团体标准立项公告。

(3) 标准征求意见阶段

标准起草组依托武汉都市圈环线高速公路汉南长江大桥及接线工程 HNTJ-1 标段等工程实践，围绕桥梁桩基钻渣砂化处理关键技术开展了系统研究，开展了钻渣击实试验、CBR 试验及现场填筑试验，对桥梁桩基钻渣砂化处理的材料性能、固化剂掺量、施工参数和成品质量要求进行了研究验证。在此基础上与专家研讨，广泛征求施工单位、科研院所、设备制造单位、检测机构及有关专家意见，对标准条文逐条进行研究、修改和完善，形成征求意见稿。

7.主要起草人（专家组）信息（包括姓名、单位、职务、专业、在制定团标方面开展了哪些工作等）

主要起草人员名单

序号	姓名	工作单位	职称/职务	专业	主要工作
1	黄华	中建三局第二建设工程有限责任公司	高级工程师	路桥	统筹编制，总体协调。
2	胡国祥	武汉工程大学	教授	路桥	技术负责，起草文稿
3	金奇	中建三局第二建设工程有限责任公司	高级工程师	路桥	标准的总体框架设计
4	肖盼	中建三局第二建设工程有限责任公司	高级工程师	路桥	标准的总体框架设计

5	郭伟超	中建三局第二建设工程有限责任公司	高级工程师	土木	统筹编制，总体协调。
6	章恒	中建三局第二建设工程有限责任公司	执行总经理	管理学	统筹编制，总体协调。
7	连煌	福建南方路面机械股份有限公司	工程师	机械	起草标准的“设备”部分
8	侯健强	福建南方路面机械股份有限公司	高级工程师	机械	起草标准的“设备”部分
9	徐雄	武汉工程大学	副教授	材料	起草标准的“术语和定义”部分
10	刘胜骢	武汉工程大学	研究生	路桥	收集资料、起草文稿