

附件 2

《桥梁桩基钻渣资源化利用技术导则》 编制说明

起草单位：中建三局集团有限公司，武汉工程大学

1.项目现状及编制或修订目的和意义

桥梁桩基施工会排出大量的钻渣和泥浆，含水率高、成分复杂、工程性质差，无法直接利用，以往主要作弃渣处理，存在占用土地、运费高、污染隐患大等缺点。针对此，本“标准”编制单位开展专题研究，室内试验、现场试验及工程实践证明，桩基钻渣制作碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土等效果良好，经济、社会及环境效益显著，表明采用正确的方法与路径，桩基钻渣完全可以实现资源化利用。

《公路路基设计规范》（JTG D30）、《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）均鼓励路基施工在满足质量标准的前提下，因地制宜、就地取材，合理利用工程弃渣。然而，桩基钻渣资源化利用有其特殊性，无法套用《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）、《道路固化土应用技术规程》（T/CECS 737）等现行标准。

因此，为规范和指导桥梁桩基钻渣资源化利用，保证利用方法与路径正确，确保工程质量和施工安全，并节约用地、减少污染，拟编制《桥梁桩基钻渣资源化利用技术导则》。编制本标准的意义如下：

（1）促进行业技术进步。一是明确了桩基钻渣资源化利用的方式与路径，为同类工程钻渣资源化利用提供指导；二是为缓解路基填料匮乏提供了新的解决途径。

（2）经济效益显著。桩基钻渣来源广泛、获取成本低，替代传统砂石、土方等建材用于路基填筑和工程回填，可大幅降低材料采购及运输成本。同时，减少弃土场征用和取土占地费用，尤其在地材匮乏、弃土场稀缺的平原水网地区，经济效益显著。

（3）社会及环保意义重大。本标准将桩基钻渣变废为宝、一举两得，既减

少了堆存钻渣、泥浆对土地资源的占用，又降低了路基填料的消耗，缓解了采砂取土对资源的破坏，社会及环保意义重大。

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

本标准共十章，分别为范围、规范性引用文件、术语和定义、总体原则与要求、利用方式与路径、碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土、其他、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 总体原则与要求——对钻渣资源化利用的质量、安全、环保等确立总体原则要求。

5.1 一般规定——规定钻渣资源化利用方式与路径选择的总体原则。

5.2 钻渣利用方式——规定了钻渣资源化利用的方式。

5.3 钻渣利用路径——规定了钻渣资源化利用的路径。

6.1 一般规定——规定了碾压固化土制备的总体要求。

6.2 材料——规定了碾压固化土原材料的技术指标、质量要求。

6.3 配合比设计——规定了固化剂掺量、强度标准及含水率控制要求。

6.4 施工——规定了碾压固化土的拌和场地布置、施工流程等要求。

6.5 质量控制——规定了碾压固化土原材料及成品固化土的检验指标。

7.1 一般规定——规定了流态固化土制备的总体要求。

7.2 材料——规定了流态固化土所用原材料技术指标、质量要求。

7.3 配合比设计——规定了固化剂掺量、强度标准控制要求。

7.4 施工——规定了流态固化土的拌和、施工流程等要求。

7.5 质量控制——规定了流态固化土的检验指标。

8.1 一般规定——规定了泡沫轻质土制备的总体要求。

8.2 材料——规定了泡沫轻质土所用原材料的技术指标、质量要求。

8.3 配合比设计——规定了泡沫轻质土配合比设计的要求。

8.4 施工——规定了泡沫轻质土的拌和、施工流程等要求。

- 8.5 质量控制——规定了泡沫轻质土的检验指标。
- 9.1 一般规定——规定钻渣其他资源化利用的基本要求。
- 9.2 技术要求——规定钻渣其他资源化利用的技术与环保要求。
- 9.3 质量控制——规定钻渣其他资源化利用的质量控制依据。
- 10.1 一般规定——规定了安全生产与环境保护的基本要求。
- 10.2 安全生产——规定了钻渣资源化利用的安全生产要求。
- 10.3 职业健康防护——规定了工作人员健康防护要求。
- 10.4 环境保护——规定了钻渣资源化利用的环保管控要求。

3.主要试验、验证结果

3.1 桩基钻渣掺灰改良试验

1) 击实试验

对钻渣掺灰改良后进行重型击实试验，得到最大干密度及最佳含水率。不同石灰掺量改良钻渣的最大干密度及最佳含水率如表 1 所示。

表 1 不同石灰掺量改良钻渣的最大干密度及最佳含水率

石灰掺量（%）	0	2	4	6	8
最大干密度（g/cm³）	1.85	1.84	1.83	1.81	1.68
最佳含水率（%）	10.92	13.14	13.43	14.11	15.65

根据表 1 可知，随着石灰掺量的增加，改良钻渣的最大干密度由 1.85g/cm³ 降低至 1.68 g/cm³，而最佳含水率从 10.92%升高至 15.65%。可见，钻渣掺加石灰改良能有效提高最佳含水率；随着石灰掺量的增加，钻渣最大干密度逐渐减少。

2) 石灰掺量对含水率的影响

预设钻渣初始含水率分别为 30%与 35%，采用烘干法测定石灰掺量对含水率的影响。不同石灰掺量下钻渣 1d、3d、5d、7d 的含水率变化规律如图 1 所示。

由图 1 可知，掺加石灰能有效降低钻渣的含水率，且初始含水率 35%的钻渣含水率下降幅度更大。此外，初始含水率 30%与 35%的钻渣掺入 6%的石灰、闷料 7d 后的含水率分别为 14.85%、14.31%，较为接近石灰掺量 6%的最佳含水率 14.11%。

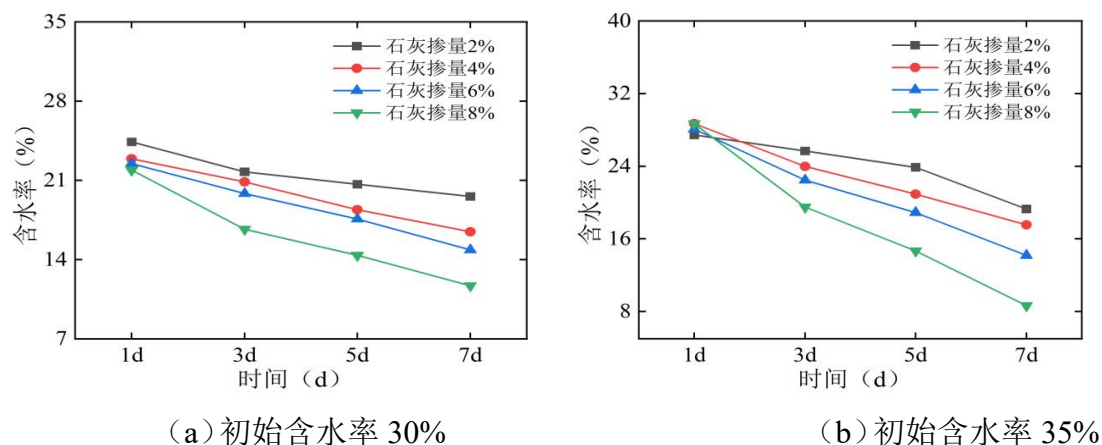


图 1 不同石灰掺量下钻渣的含水率

3) 承载比 (CBR) 试验

通过测试石灰改良钻渣的 CBR 值来评估其承载能力与变形性能之间的关系。石灰掺量分别为 2%、4%、6%、8%，控制含水率处于最佳条件下对改良钻渣进行制样，养护 96 h 后测试承载比，试验结果如图 2 所示，不同石灰掺量下试样 CBR 值如表 2 所示。

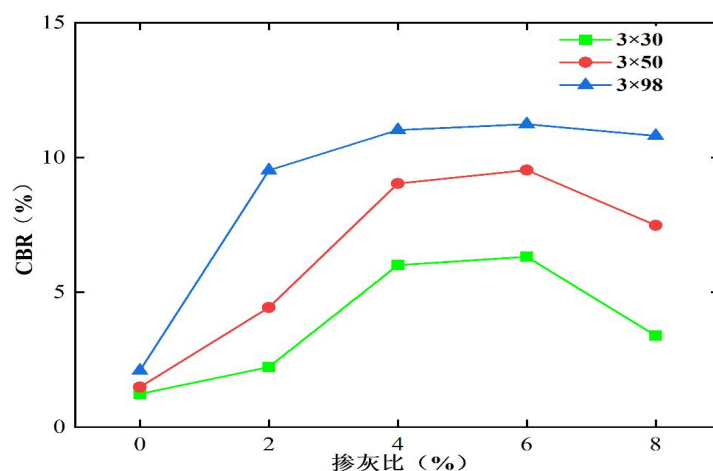


图 2 承载比 (CBR) 试验结果

表 2 不同石灰掺量下试样 CBR 值

石灰掺量/ (%)	0	2	4	6	8
CBR 值/ (%)	2.09	9.52	11.02	11.24	10.81

由表 2 可知，相比原钻渣，采用 2%石灰改良后试样的 CBR 值从 2.09 增大到 9.52，增加幅度高达 45.5%，表明石灰改良钻渣能显著提高 CBR 值。进一步将石灰掺量增加到 6%时，CBR 值达到 11.24，但当石灰掺量增加到 8%时，CBR 值反而降低为 10.81。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，且能满足《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）中关于高等级公路路基材料承载比的要求。

4) 无侧限抗压强度试验

依据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51-2009），按照控制含水率为最佳含水率 $\pm 2\%$ 和 90%压实度，对掺灰量为 2%、4%、6%、8%的石灰改良钻渣进行无侧限抗压强度试验，养护 7d、14d、21d、28d 后分别测定抗压强度。不同掺灰量试样无侧限抗压强度与养护龄期的关系如图 3 所示，不同石灰掺量改良钻渣 28d 无侧限抗压强度试验结果如表 3 所示。

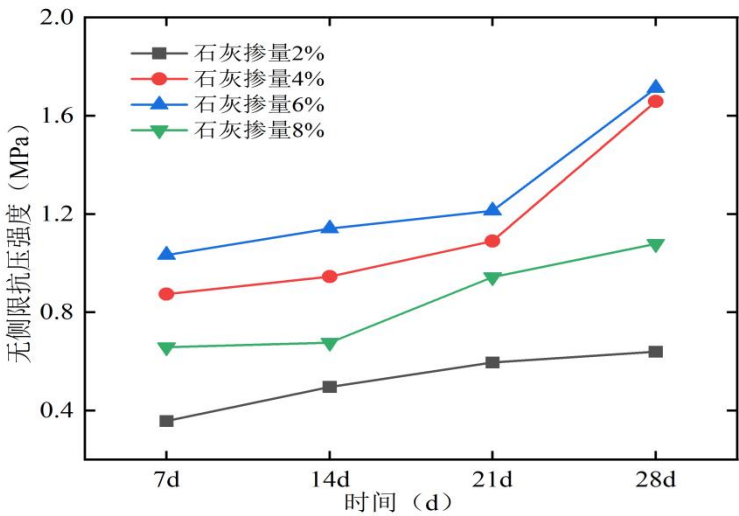


图 3 不同掺灰量石灰改良钻渣无侧限抗压强度与养护龄期的关系

表 3 不同掺灰量石灰改良钻渣 28d 无侧限抗压强度

石灰掺量/(%)	2%	4%	6%	8%
强度/(MPa)	0.639	1.658	1.712	1.078

由图 3 可见，不同石灰掺量的钻渣前期强度增长均较为缓慢，但后期强度增长迅速。此外，由表 3 可知，随着石灰掺量的增加，改良钻渣的强度逐渐增大，当石灰掺量为 6%时，改良钻渣 28d 的无侧限抗压强度达到 1.712MPa。然而当石灰掺量增加到 8%时，改良钻渣的 28d 无侧限抗压强度反而降低为 1.078MPa，表明改良钻渣的无侧限抗压强度并不随着石灰掺量的增加而持续增长。

桥梁桩基钻渣掺灰改良后各项指标满足规范要求，表明掺灰改良桥梁桩基钻渣资源化利用方法可行。

3.2 桩基施工废弃泥浆制作泡沫轻质土

利用桩基施工废弃泥浆制作水泥泡沫轻质土试块，对养护 3d、28d 的试块进行抗压强度试验，得到不同配合比的抗压强度，如表 4 所示。

表 4 各配合比泡沫轻质土 3d、28d 抗压强度

编号	3d 抗压 强度 (MPa)	28d 抗压 强度 (MPa)	编号	3d 抗压 强度 (MPa)	28d 抗压 强度 (MPa)	编号	3d 抗压 强度 (MPa)	28d 抗压 强度 (MPa)
SN1	0.46	1.36	SN11	0.41	1.26	SN21	0.31	1.02
SN2	0.53	1.42	SN12	0.47	1.37	SN22	0.37	1.11
SN3	0.58	1.45	SN13	0.51	1.39	SN23	0.41	1.13
SN4	0.66	1.53	SN14	0.56	1.45	SN24	0.44	1.19
SN5	0.73	1.67	SN15	0.62	1.46	SN25	0.49	1.24
SN6	0.45	1.33	SN16	0.34	1.13			
SN7	0.51	1.41	SN17	0.43	1.16			
SN8	0.55	1.43	SN18	0.44	1.24			
SN9	0.61	1.52	SN19	0.47	1.29			
SN10	0.67	1.56	SN20	0.49	1.31			

由表 4 可知，所有组数的配合比 28d 抗压强度均能达到 1MPa，表明桩基施工废弃泥浆制作泡沫轻质土方法可行。

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）

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资源化利用进行了系统明确的规定，与国内外相关标准关系分析如下：

（1）《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）

该规范统一了公路路基设计技术标准，对一般路基、路基排水、路基防护与支挡、路基拓宽改建、特殊路基等的设计作了规定，适用于各级新建和改扩建公路的路基设计，可为本标准编制提供参考。但该规范没有规定钻渣资源化利用的方式与路径，制作碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土以及其他利用方式的基本技术要求。

（2）《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）

该规范涵盖了路基施工从施工准备到验收的全过程，包括施工准备、一般路基、路基排水工程、路基防护与支挡、特殊路基、路基施工安全与验收，适用于各级新建和改扩建公路的路基施工。该规范为本标准中的路基填筑、压实、排水及验收等内容提供通用依据，但主要针对常规路基填料施工，无桥梁桩基钻渣资源化利用技术的系统规定。

（3）《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、生产、摊铺、碾压和养生等作出了规定，其无机结合料计算方法、厂拌与运输、摊铺碾压及施工质量控制要求，可为本导则相关内容提供参考。但二者适用对象和技术重点存在明显差异：一是该细则主要适用于路面基层工程，而本导则适用于桥梁桩基钻渣资源化利用；二是本导则涉及钻渣闷料、翻拌及砂化处理等专门工艺，该细则未作规定。

（4）《工程施工废弃物再生利用技术规范》（GB/T 50743-2012）

该规范规定了工程施工废弃物的回收、处理与再生利用技术要求，涵盖再生骨料分级、配合比设计、构件施工验收，以及渣土回填与建材利用。而本导则专门针对桥梁桩基钻渣这一特定来源的工程废弃物，系统规定了钻渣资源化利用的方式与路径、基本技术要求、安全生产与环境保护等。

（5）《宁波市建筑渣土资源化利用技术导则（暂行）》（DX-03-2019）

该导则规定了宁波市建筑渣土的减量、收集、运输、分类处置与资源化利用要求，涵盖回填、种植土、再生建材（烧结/非烧结）等应用，可为本导则编制提供参考。本导则针对桥梁桩基钻渣这一特定工程废弃物，系统规定了其资源化利用的方式与路径，制作碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土以及其他利用方式的基本技术要求，涵盖了从钻渣来源、利用方式与工程应用的完整处置链。

（6）《典型大宗固体废物土壤化利用技术导则》（T/CI 015-2023）

该导则以煤矸石、粉煤灰、工程施工弃渣土等八大类典型固废为对象，通过无害化处理赋予其土壤功能，适用于八个品类大宗固废的土壤化利用，以及功能退化废土和工程施工弃渣土的土壤化，与本导则差距较大。

（7）《公路工程现浇泡沫聚合土设计施工技术规程》（T/HBTS 04-2026）

该规程规定了公路工程现浇泡沫聚合土的材料要求、配合比设计、结构设计、施工工艺、质量控制与验收标准，适用于各等级公路新建和改扩建工程现浇泡沫

聚合土路基设计与施工，可为本标准编制“泡沫轻质土”部分提供参考依据。

(8) 《工程渣土再生填料路用技术规程》(DB42/T 2492-2025)

该规程规定了湖北省工程渣土经处理后作为再生填料用于城镇道路路基及下基层的材料性能、配合比设计、施工工艺、质量验收及安全环保要求，适用于湖北省新建和改扩建道路工程。本导则规定了钻渣资源化利用的方式与路径，制作碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土以及其他利用方式的基本技术要求，除适用于城镇道路外，还适用于公路工程的路基与下基层。

(9) 《工程渣土资源化利用技术规程》(DB32/T 5172-2025)

该规程规定了江苏省工程渣土资源化利用的再生材料生产、施工工艺、质量验收及安全环保要求，涵盖填料、栽植、建材三类应用，适用于江苏省道路、堤防、绿化、农用地、砌筑铺筑等工程。本导则规定了桥梁桩基钻渣资源化利用的方式与路径，明确了钻渣制作碾压固化土、流态固化土、泡沫轻质土等资源化利用方式的基本技术要求。

4.3 参考资料

- [1] 刘泽, 李长利, 廖鹏, 等. 桩基泥浆固化土工程特性试验研究与路用可行性分析[J]. 湖南交通科技, 2021, 47(2): 70-73.
- [2] 中华人民共和国交通运输部. 公路土工试验规程: JTG 3430-2020[S]. 北京: 人民交通出版社, 2020.
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基路面现场测试规程: JTG 3450-2019[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基设计规范: JTG D30-2015 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [5] 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.
- [6] 湖北省公路学会. 桥梁桩基钻渣固化土填筑路基技术规程: T/HBTS 00X-2024 [S]. 武汉:湖北省公路学会, 2024.
- [7] 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.
- [8] 中国国际科技促进会. 典型大宗固体废物土壤化利用技术导则: T/CI

- 015-2023 [S]. 北京: 中国国际科技促进会, 2023.
- [9] 江苏省市场监督管理局. 工程渣土资源化利用技术规程: DB32/T 5172-2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025.
- [10] 湖北省住房和城乡建设厅. 工程渣土再生填料路用技术规程: DB42/T 2492-2025 [S]. 武汉: 湖北省住房和城乡建设, 2025.
- [11] 宁波市住房和城乡建设局. 宁波市建筑渣土资源化利用技术导则: DX 03-2019 [S]. 宁波: 宁波市住房和城乡建设局, 2019.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路路基设计规范: CJJ 194-2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [13] 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.

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

标准工作组针对桥梁桩基钻渣及废弃泥浆资源化利用实际需求，调研钻渣处置现状、工程痛点与标准缺口，收集国内外相关规范与工程案例，结合中建三局集团有限公司与武汉工程大学的技术积累，确定导则编制原则、框架与核心内容，形成标准草案，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，专家组听取立项汇报，对标准必要性、适用范围、技术指标、创新性等进行质询与讨论，一致同意立项。湖北省公路学会发布《桥梁桩基钻渣资源化利用技术导则》团体标准立项公告。

（3）标准征求意见阶段

起草组开展钻渣制作碾压固化土、流态固化土等配合比优化、施工工艺验证与专家研讨，广泛征求施工企业、科研院所、检测机构、行业协会意见，对钻渣分类与性能指标、固化剂选择、配合比设计、施工质量控制等逐条完善，确保技术先进、安全可靠、工程适用，形成《桥梁桩基钻渣资源化利用技术导则》（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）

主要起草人及其分工

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	徐雄	武汉工程大学	副教授	材料	起草“利用方式与路径”部分
8	罗荡	武汉工程大学	研究生	路桥	收集资料、起草文稿