

ICS 号

R 00

团 体 标 准

T/CHTS XXXXX-XXXX

水下盾构隧道渣土资源化利用技术 指南

Technical Guidelines for the Resource Utilization of Muck from
Underwater Shield Tunnels

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

作为国家标准委、中国科学技术协会团体标准双试点单位，中国公路学会积极贯彻国务院《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13号）的要求，立足交通运输行业公路交通领域，于2015年6月份正式启动团体标准工作。同时，中国公路学会标准工作得到了交通运输部的大力支持，并正式写入交通运输部《交通运输标准化“十三五”发展规划》。

中国公路学会严格按照学会标准管理办法及团体标准良好行为指南要求对标准化工作进行管理，遵循开放、公平、透明、协商一致的原则，突出团体标准贴近实际、注重实用的特点，充分发挥密切跟踪行业科技创新进程、及时了解市场技术发展需求的优势，为交通运输行业公路交通领域提供优质的标准，促进行业技术进步，并打造中国公路学会标准品牌。

获取更多学会标准资讯请关注“中国公路学会标准”微信公众号（微信号：CHTS-standard）。

本标准版权为中国公路学会所有。除用于国家法律法规规定用途，或事先得到中国公路学会文字上的许可，不得以任何形式擅自复制、改编、汇编、翻译、发行或传播本标准。

中国公路学会地址：北京市朝阳区安华路17号

电话：010-64288712

网址：<http://www.chts.cn/>

电子信箱：CHTS-S@qq.com

团 体 标 准

水下盾构隧道渣土资源化利用技术指南

Technical Guidelines for the Resource Utilization of Muck from
Underwater Shield Tunnels

T/CHTS XXXXX-20XX

主编单位：江苏省交通工程建设局

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

××××××(出版单位)

中国公路学会文件

×××× (文号)

中国公路学会关于发布《×××××××》的公告

现发布中国公路学会标准《×××××××》(T/CHTS ××××××—×××××)，自×××××年××月××日起实施。

《×××××××》(T/CHTS ××××××—×××××)的版权和解释权归中国公路学会所有，并委托主编单位××××××负责日常解释和管理工作。

中国公路学会

×××××年××月××日

前 言

本指南是为更好的指导水下盾构隧道渣土资源化利用工程实践经验的基础上编制的。

本指南按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写,共分为共分为6章,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、渣土预处理、资源化利用生产流程、资源化成品技术要求等。

本指南由中国公路学会提出并归口管理。

实施过程中,由江苏省交通工程建设局(主编单位)负责日常管理。请将发现的问题和对标准的意见建议反馈至江苏省交通工程建设局(主编单位)(地址:江苏省南京市秦淮区石鼓路69号,联系电话:18202766127,电子邮箱:18202766127@163.com),供修订时参考。

主编单位: 江苏省交通工程建设局

参编单位: 中铁十四局集团有限公司、江苏中路工程技术研究院有限公司

主要起草人: 王 峻, 崔 佳, 缪文雯, 余雪娟, 方若全, 朱 宇, 赵合全, 宋 欢, 游少强, 海 希, 王军艳, 杨友森。

主要审查人:

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
4 渣土预处理	5
4.1 渣土的组成与分类	5
4.2 盾构渣土泥水分离	5
5 资源化利用生产流程	7
5.1 渣土砂生产流程	7
5.2 免烧砖生产流程	8
5.3 固化土生产流程	9
6 资源化成品技术要求	12
6.1 渣土砂成品技术要求	12
6.2 免烧砖成品技术要求	16
6.3 渣土固化土成品技术要求	19
用词说明	22

1 总则

1.0.1 为了贯彻国家有关建筑垃圾处理的法律法规和相关政策，加强水下盾构隧道渣土的管理利用，提高盾构渣土的预处理、资源化利用、资源化成品水平，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于水下盾构隧道渣土的预处理、资源化利用、资源化成品等的管理。

1.0.3 水下盾构隧道渣土处理必须采用技术可靠、经济合理的技术工艺，鼓励采用新技术、新工艺、新材料和新设备。

1.0.4 水下盾构隧道渣土处理除应符合本指南外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

中国公路学会标准征求意见稿

2 术语

2.0.1 水下盾构隧道渣土 Underwater shield tunnel residue

水下隧道工程施工中采用盾构施工工艺所产生的弃土，但不包括受放射性、重金属、氯盐等有害杂质污染的弃土。

2.0.2 盾构渣土处理 Shield dregs treatment

对盾构渣土进行收集、运输、处置等的全过程，按处理场地的不同分为现场处理和集中处理。

条文说明

盾构施工现场场地允许时，尽可能将盾构渣土在施工现场进行处理，当受场地限制无法直接在盾构施工现场进行处理，就近寻找场地进行处理的，也属于现场处理范畴。

2.0.3 泥饼 Mud cake

盾构渣土经浆渣分离、脱水、改性等处理后，形成对环境无害的、含水率小于 40%的干化土。

2.0.4 免烧再生制品 No-burn recycled products

以不少于 85%的盾构渣土，添加土壤固化剂及其他改性材料，经过压制成型、养护等非烧工艺制作的产品。

2.0.5 免烧砌墙砖 Fire free wall brick

用于砌筑建筑构筑物非承重墙体的砖状盾构渣土免烧再生制品。

2.0.6 免烧路面砖 No-burn road brick

用于铺设建筑地面、人行道和非机动车道路面的砖状盾构渣土免烧再生制品。

2.0.7 土壤固化剂 Soil curing agent

掺入土壤中，通过与土壤、水、空气发生物理和（或）化学反应，改善土壤功能性能的材料。

2.0.8 固化渣土混合料 Solidified residue mixture

预处理后盾构渣土与土壤固化剂按一定比例均匀拌和而成的混合料。

2.0.9 渣土砂 Tunnel spoil used as sand

盾构渣土经破碎、筛选、清洗等处理过程，形成满足粒径分布、颗粒形状、清洁度、破碎值等各项指标要求的砂料。

中国公路学会标准征求意见稿

3 基本规定

3.0.1 水下盾构渣土转运、处理、处置设施的设置应纳入当地环境卫生设施专项规划，并应符合现行国家标准《城市环境卫生设施规划标准》GB/T50337的有关规定。

3.0.2 水下盾构渣土收集转运、处理过程不得混入生活污水、生活垃圾、河道疏浚淤泥、工业固体废物、农林垃圾、其他建筑垃圾和危险废物等。

3.0.3 水下盾构渣土处理可采用现场处理或集中处理，宜采用现场处理。水下盾构渣土处理后宜优先进行资源化利用。

3.0.4 水下盾构渣土进行预处理后，分离为中粗砂、粉细砂、粉砂及泥饼，其中粗砂、粉细砂、粉砂可作为渣土砂的生产流程原材料，泥饼可作为免烧砖、固化土的生产流程原材料。

3.0.5 对产生的原材料进行物理指标和化学指标检测，对于超标的原材料应进行无害化处理，消除危害性，并符合以下要求：

1 原材料放射性指标应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566-2010的有关规定。

2 定期对盾构渣土处理后的原材料进行取样检测。现场具备条件的可在现场开展检测试验，不具备条件的应送样至有资质的第三方机构进行检测。

3 泥饼中的物理检测指标主要包括 pH 值、含水率、黏度等。化学检测指标包括：施工过程中添加的泡沫剂、膨润土及高分子聚合物、重金属 As、Pb、Cd、Hg 等。

4 各项指标检测方法的规定如下：

1) pH 值的测定方法应按《土壤 pH 的测定》NY/T 1377 执行；

2) 含水率的测定方法应按《城市污水处理厂污泥检验方法》CJ/T 221 执行；

3) 含泡沫剂等的高分子聚合物的检测方法应按《水质阴离子表面活性剂的测定 亚甲基蓝分光光度法》GB/T 7494 执行。

5 泥饼中泡沫剂的含量应按照泥饼的用途确定，满足相关应用标准要求。泥饼应用于生产再生产品的，应满足相关资源化产品的生产要求。

条文说明

检测过程应进行质量控制管理，保证检测结果的准确性。

4 渣土预处理

4.1 渣土的组成与分类

4.1.1 根据施工工艺、地层条件、物理力学性质，同时考虑外加剂添加的影响将盾构渣土细化分类，具体划分标准如表 4.1.1 所示。

表4.1.1 盾构渣土分类

类别	分类标准
砂、砾	主要由粗颗粒的卵石、砾石、砂构成
砂砾土	击实后锥度仪贯入指数 $q_c > 800\text{kPa}$ ，主要由砂及砂土构成
硬黏土	击实后锥度仪贯入指数 $800\text{kPa} \geq q_c > 400\text{kPa}$ ，主要由砂土、粉土和部分黏土构成
黏土	击实后锥度仪贯入指数 $400\text{kPa} \geq q_c > 200\text{kPa}$ ，含水率为 40%~80%的黏性土
渣泥	击实后锥度仪贯入指数 $q_c \leq 200\text{kPa}$ 的泥状土，以黏土、粉土颗粒为主，含水率 $> 80\%$ ；含水率太高、无法击实的泥状土属于此类
泥浆	呈液体流动状，难以沉淀分离，流动度 $> 300\text{mm}$ ，含水率 > 3 倍液限

4.2 盾构渣土泥水分离

4.2.1 盾构渣土泥水分离包括振动筛分系统、洗砂系统、絮凝系统、压滤系统，主要借助振动筛、除砂器（一级旋流）、除泥器（二级旋流）进行固液分离和颗粒多级筛分，利用压滤机、离心机对细颗粒泥浆进行固液分离以满足排放标准及渣土一次资源回收。具体工艺路线应根据盾构渣土特点和再生产品性能要求确定，并符合以下要求：

- 1 振动筛分系统进行预筛分，是渣土物料通过给料机分料至振动筛，振动筛分后粗骨料粒径的干渣和砂石被分离出来，细砂、粉粒、黏粒和水通过筛下溜槽进入洗砂系统。
- 2 洗砂系统采用两级叶轮洗砂机及水力旋流器将细砂洗出，以降低砂中含泥量，将分离出来的砂石集料按粒径需求进行分。
- 3 絮凝系统是水力旋流器溢流及筛下泥浆进入絮凝系统，池底高含水率泥浆泵入压滤系统。
- 4 压滤系统是压滤后形成低含水率泥饼和清水，清水符合循环回用或达标排放要求。

4.2.2 采用振动筛分系统将粒径大于 2mm 的干渣和砂石被分离出来；采用分离机进行

粗筛，将粒径 74um~2mm 的砂分离出来；采用旋流器进行振筛，将粒径为 20um~74um 的粉砂分离出来；采用压滤机将颗粒物粒径小于 20um，压滤成泥饼。

4.2.3 水下盾构渣土泥水分离示意图（图 4.2.3）。

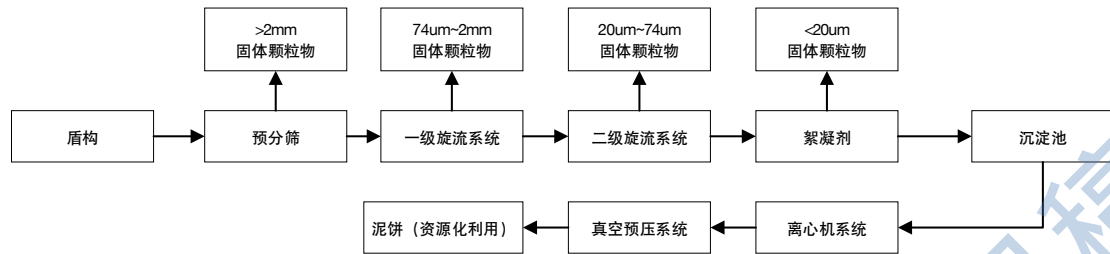


图4.2.3 水下盾构渣土泥水分离示意图

条文说明

对于质量较好的盾构渣土，在现场堆填场地允许的前提下，可实现就地利用。具备处置能力的企业可将盾构渣土送往泥水分离、破碎、再利用等一体化的盾构渣土临时处理车间进行处理。

5 资源化利用生产流程

5.1 渣土砂生产流程

5.1.1 一般规定

1 渣土制砂过程应遵循资源节约、环境保护的原则，并应满足渣土砂制备的基本原则和工艺流程，确保产品质量稳定且满足《建设用砂》（GB/T 14684-2022）等相关建筑用砂标准。

2 盾构渣土制砂的原料应预先去除其中的杂物，确保无明显可见的大颗粒杂质和有毒有害物质，并进行适当清洗，以减少泥浆含量。

3 制砂过程应采用高效节能的设备进行多次破碎、整形和筛分，保证产出的砂粒级配合理，满足《建设用砂》（GB/T 14684-2022）等各项技术指标。

5.1.2 生产流程要点

1 破碎与制砂

1) 应采用适宜的破碎设备，如颚式破碎机、反击式破碎机或圆锥破碎机进行初次破碎。

2) 破碎后的物料进入制砂机进行细碎和整形，确保砂粒形状良好，级配均匀。

2 筛分与分级

制砂后的物料通过多层振动筛进行精细分级，根据不同粒径要求分离出不同规格的成品砂。

3 质量控制

定期取样检测砂子的物理力学性能，确保其符合各项技术参数标准，建立完善的生产记录和质量追溯体系，确保每一环节可控可溯。

4 渣土砂生产流程示意图（图 5.1.2）

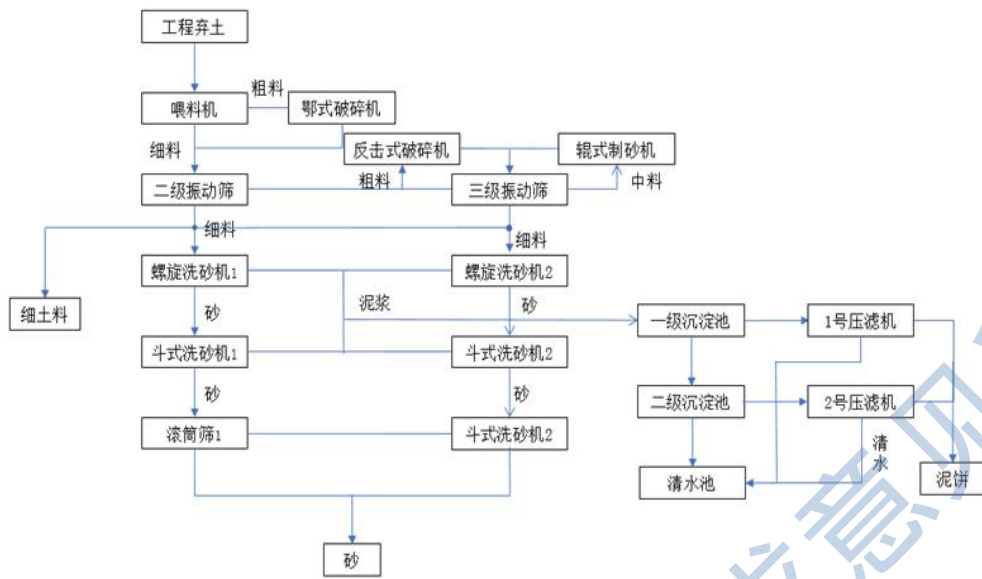


图5.1.2 渣土砂生产流程示意图

5.2 免烧砖生产流程

5.2.1 一般规定

1 免烧砖应采用水泥混凝土制作，包括混凝土实心砖、混凝土多孔砖、混凝土空心砖、普通混凝土小型砌块、透水路面砖和透水路面板等。

2 免烧砌墙砖和免烧路面砖抗压强度分为 MU5、MU10、MU15、MU20 四个等级。

5.2.2 生产流程要点

1 采用压滤后形成低含水率泥饼作为原材料，处理工艺主要分为烘干、轮碾、筛分三个流程，将原材料初步风干后放入旋转烘干机根据烘干时间长短进行确定烘干温度，一般通常在 60~80℃ 之间较为适宜，将渣土含水率降至 1% 以下；然后用轮碾机将烘干渣土碾磨 30min，过筛得到粒径 2mm 以下的渣料备用。

2 在制作免烧砖时，需要添加少量分离出的粘性物料、少量压制砖专用增强剂、少量细骨料，并调整合适的粒径、级配和含水率，采用自动化压砖系统制备出高强度免烧砖。砖强度满足《非烧结垃圾尾矿砖》JC/T 422-2007 标准要求。

3 免烧砖生产流程示意图（图 5.2.2）。

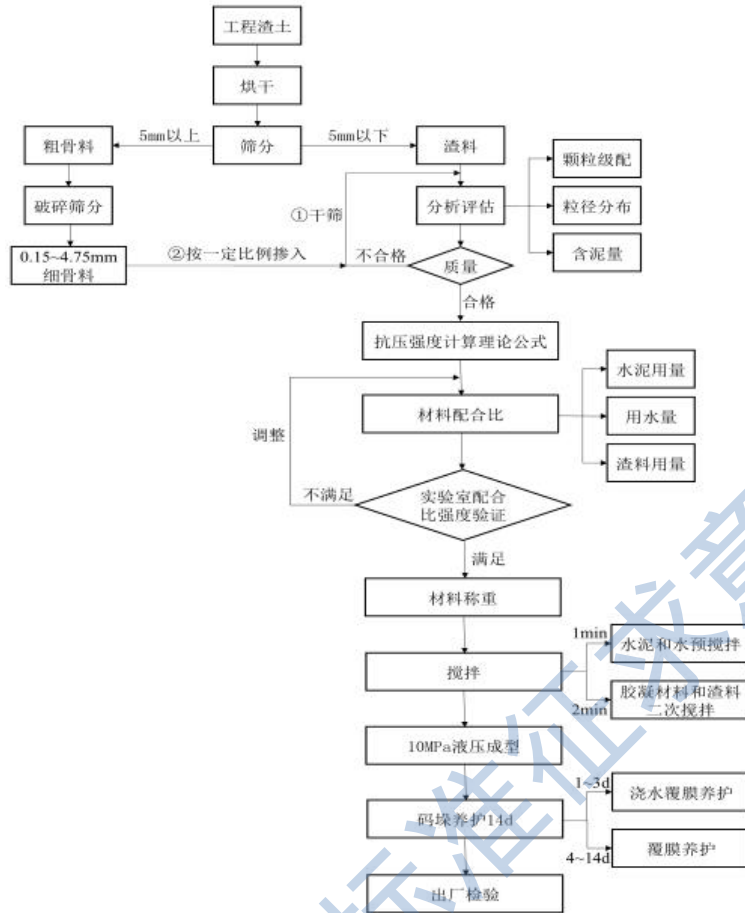


图5.2.2 免烧砖生产流程示意图

条文说明

免烧砖生产主要包括渣土的处理及分析评估、材料配合比确定和渣土免烧砖的制备。渣土的处理包括渣土的初步除杂、烘干、筛分和破碎。在筛分流程中，不同粒径的渣料须经过颗粒级配、粒径分布、含泥量等因素的分析，评估渣料是否合格，合格渣料可直接用于渣土免烧砖的制备。

5.3 固化土生产流程

5.3.1 一般规定

1 根据盾构渣土性质不同，经室内配合比设计试验，应以固化渣土混合料强度值满足设计要求为准则，确定土壤固化剂掺量。

2 固化渣土混合料的配合比设计试验宜采用质量比。土壤固化剂掺量按其渣土干质量的百分比表示，即土壤固化剂掺量=土壤固化剂质量/盾构渣土干土质量。

3 固化渣土混合料试验方法可按照《公路土工试验规程》JTG 3430-2020 中规定的方法进行试验。

4 应保证泥饼堆存过程中不对地下水和地表水造成二次污染，泥饼中泡沫剂的水浸值应符合《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地表水环境质量标准》GB 3838 的要求。

5.3.2 生产流程要点

1 盾构渣土堆放

在盾构机出渣时，施工单位在出渣后，应做好盾构渣土的预处理，盾构渣土中泥饼部分不宜用于路基填筑，需与盾构渣土分离，并严格做到分开堆放，以便对盾构渣土中的有效成分进行资源化利用。

2 拌合均匀性

准备地点适宜、面积充分的拌合场地或拌合场地与盾构渣土堆置疏干场地相结合，路上拌合方式需满足施工作业空间要求。拌合厂拌合采用小型拌合设备，或利用装载机翻拌，路上拌合宜采用拖拉机拖带犁拌与旋耕拌合。加固改善材料堆放现场需覆盖，满足防雨防潮要求。保证加固材料掺加数量要求和翻拌次数，达到材料均匀性要求，避免出现明显的离析情况。

3 处理盾构渣土高含水率

针对盾构渣土的含水率较高这个问题，除了可以采用粗骨料（碎石、建筑垃圾）掺拌达到降水疏干效果外，还可以用晾晒的方式达到降低含水率的效果。在盾构渣土堆放现场随机取部分渣土进行晾晒试验分析。

4 固化土生产流程示意图（图 5.3.2）。

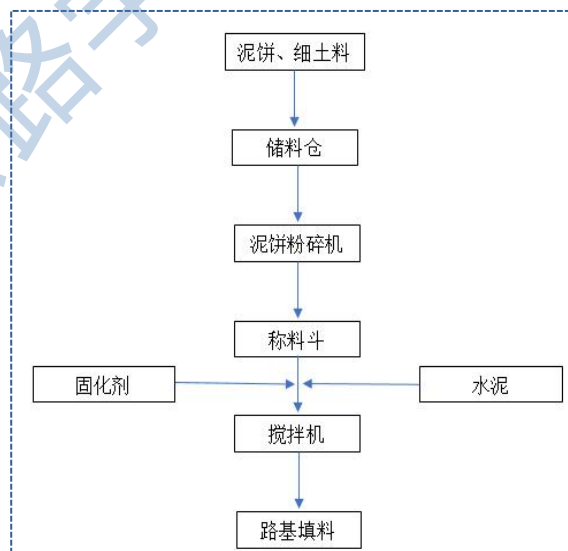


图5.3.2 固化土生产流程示意图

条文说明

固化土技术以带式压滤机分理出的渣土为主料，碾碎后添加专用固化剂等，通过专用的均匀搅拌装置可制备出满足不同要求的回填土。首先将渣土加入储料仓内，由提升机输送至粉碎机进行粉碎。粉碎后的细料送入秤料斗，加入水泥、专业固化剂等送入搅拌机搅拌均匀。最后进行改良土振动无液化实验，确认满足装车外运或回填等要求。

中国公路学会标准征求意见稿

6 资源化成品技术要求

6.1 渣土砂成品技术要求

6.1.1 材料要求

渣土砂应来源于盾构隧道施工后的渣土，经破碎、筛选等预处理过程，满足粒径分布、颗粒形状、清洁度等要求，符合《建设用砂》GB/T 14684-2022 中对建设用砂的技术指标。

1 颗粒级配

1) 渣土砂按颗粒级配、含泥量（石粉含量）、亚甲蓝（MB）值、泥块含量、有害物质、坚固性、压碎指标、片状颗粒含量技术要求分为 I 类、II 类和 III 类。

2) 除特细砂外，I 类砂的累计筛余应符合表 6.1.1-1 中 2 区的规定，分计筛余应符合表 6.1.1-2 的规定；II 和 III 类砂的累计筛余应符合表 6.1.1-1 的规定。砂的实际颗粒级配除 4.75 mm 和 0.60 mm 筛档外，可以超出，但各级累计筛余超出总和不应大于 5%。

表6.1.1-1 渣土砂累计筛余

级配区	1 区	2 区	3 区
方孔筛尺寸/mm	累计筛余/%		
4.75	5~0	5~0	5~0
2.36	35~5	25~0	15~0
1.18	65~35	10~50	25~0
0.60	85~71	70~41	40~16
0.30	95~80	92~70	85~55
0.15	97~85	94~80	94~75

表6.1.1-2 渣土砂分计筛余

方孔筛尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
分计筛余/%	0~5	10~15	10~25	20~31	20~30	5~15	0~20

注：对于亚甲蓝值 MB>1.4 的渣土砂，0.15mm 的筛和筛底的分计筛余之和不应大于 25%。

2 片状颗粒含量

I 类机制砂的片状颗粒含量不应大于 10%。

3 渣土砂亚甲蓝和石粉含量值应满足表 6.1.1-3 的要求。

表6.1.1-3 渣土砂的亚甲蓝和石粉含量

类别	亚甲蓝值 (MB)	石粉含量 (质量分数) /%
I 类	MB≤0.5	≤15.0
	0.5<MB≤1.0	≤10.0
	1.0<MB≤1.4 或快速试验合格	≤5.0
	MB>1.4 或快速试验不合格	≤1.0
II 类	MB≤1.0	≤15.0
	1.0<MB≤1.4 或快速试验合格	≤10.0
	MB>1.4 或快速法不合格	≤3.0
III 类	MB≤1.4 或快速试验合格	≤15.0
	MB>1.4 或快速法不合格	≤5.0

注：砂浆用砂的石粉含量不做限制。

4 渣土砂的泥块含量应符合表 6.1.1-4 的要求。

表6.1.1-4 泥块含量

类别	I 类	II 类	III 类
泥块含量 (质量分数) /%	≤0.2	≤1.0	≤2.0

5 渣土砂中含云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物等有害物质含量应符合表 6.1.1-5 的规定。

表6.1.1-5 渣土砂有害物质含量

类别	I 类	II 类	III 类
云母 (质量分数) /%	≤1.0	≤2.0	
轻物质 (质量分数) /%	≤1.0		
有机物	合格		
硫化物、及硫酸盐 (按 SO ₃ 质量计) /%	≤0.5		
氯化物 (以氯离子质量计) /%	≤0.01	≤0.02	≤0.06

6.1.2 成品性能

渣土砂的坚固性、压碎指标、表观密度、松散堆积密度和孔隙率、放射性等性能参数应

符合《建设用砂》GB/T 14684-2022 中对建设用砂的要求。

1 渣土砂的坚固性应满足表 6.1.2-1 的规定。

表6.1.2-1 坚固性指标

类别	I 类	II 类	III 类
质量损失率/%	≤8		≤10

2 渣土砂的压碎指标还应满足表 6.1.2-2 的规定。

表6.1.2-2 渣土砂的压碎指标

类别	I 类	II 类	III 类
质量损失率/%	≤20	≤25	≤30

3 表观密度、松散堆积密度和孔隙率

除特细砂外，砂表观密度、松散堆积密度和空隙率应符合下列规定：

——表观密度不小于 2500kg/m³；

——松散堆积密度不小于 1400kg/m³，空隙率不大于 44%。

4 放射性

砂的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566-2010 的规定。

6.1.3 试验方法

1 经过处理后渣土砂的单项试验见表 6.1.3-1，包括片状颗粒含量、表观密度、堆积密度和空隙率、碱集料反应、含水率等，最少取样质量应符合《建设用砂》GB/T 14684-2022 表 9 的规定，如能保证试样经一项试验后不致影响另一项试验的结果，可用同一试样进行几项不同的试验。

表6.1.3-1 渣土砂检验项目

项次	检验项目	规定值或允许值	试验方法
1	颗粒级配	满足 5.1.1.1 节	GB/T 14684-2022
2	片状颗粒含量	≤10%	GB/T 14684-2022
3	表观密度	满足 5.1.1.1 节	GB/T 14684-2022
4	堆积密度和空隙率	满足 5.1.1.1 节	GB/T 14684-2022

项次	检验项目	规定值或允许值	试验方法
5	放射性	满足 GB 6566-2010	GB 6566-2010
6	碱集料反应	实测值	GB/T 14684-2022
7	碱-硅酸反应	实测值	GB/T 14684-2022
8	碱-碳酸盐反应	实测值	GB/T 14684-2022
9	含水率	实测值	GB/T 14684-2022

2 有下列情况之一时，渣土砂还应进行型式检验：

- 1) 新产品投产时；
- 2) 原材料产源或生产工艺发生变化时；
- 3) 正常生产时，每年进行一次；
- 4) 长期停产后恢复生产时；
- 5) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时。

砂的型式检验项目应至少包括 6.1.1~6.1.2 规定的技术要求。

3 配合比设计

1) 利用渣土砂配制砂浆时，应按照《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ 98 进行配合比设计，考虑砂的物理性能和化学性质，以及与水、水以及其他掺合料之间的相容性。

2) 设计砂浆配合比时，应确保渣土砂与其他材料混合后的砂浆能满足抗压强度、稠度、流动性、和易性、抗冻性、耐久性等性能要求。

3) 对渣土砂及其配制的砂浆，还应按照《建筑砂浆基本性能试验方法》JGJ/T 70-2023 中规定的试验方法，进行各项性能测试，包括但不限于筛分试验、稠度试验、凝结时间试验、抗压强度试验等。

4 检验组批规则

按同分类、类别及日产量组批，日产量不超过 4000t，每 2000t 为一批，不足 2000t 亦为一批；日产量超过 4000t，按每条生产线连续生产每 8h 的产量为一批，不足 8h 的亦为一批。

条文说明

指南中规定的制砂材料颗粒级配、含泥量、亚甲蓝值、泥块含量、有害物质含量、坚固性和压碎指标等性能要求，不仅满足现有国标如《建设用砂》GB/T 14684-2022 的要求，还在特定条件下对其性能进行了

强化，确保水下盾构施工环境下的特殊适应性和稳定性。

6.2 免烧砖成品技术要求

6.2.1 材料要求

1 水泥

应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175-2023 的规定。

2 水

应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175-2023 的规定。

3 盾构渣土

颗粒粒径不宜大于 5mm，有机质含量不应大于 8%，重金属含量应符合《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600-2018 的规定，放射性核素不应高于《建筑材料放射性核素限量》GB 6566-2010 的规定。

4 土壤固化剂

应符合《土壤固化外加剂》CJ/T 486-2015 中粉体土壤固化外加剂的规定。

6.2.2 成品性能

1 免烧砖的表面质量、尺寸偏差、力学及物理性能应符合表 6.2.2-1 的规定。

表6.2.2-1 免烧砖表面质量、尺寸偏差、力学及物理性能

项目			要求	
			免烧砌墙砖	免烧路面砖
抗压强度/MPa	MU5	平均值	≥5.0	
		最小值	≥3.0	
	MU10	平均值	≥10.0	
		最小值	≥6.0	
	MU15	平均值	≥15.0	
		最小值	≥10.0	
	MU20	平均值	≥20.0	
		最小值	≥14.0	
软化系数			≥0.8	

项目	要求	
	免烧砌墙砖	免烧路面砖
干燥收缩值/ (mm/m)	0.5	-
抗冻性	抗压强度损失率≤30%，外观无明显变化	
体积密度/ (kg/m ³)	≥1800	
吸水率/%	≤15	
泛霜	符合《砌墙砖试验方法》GBT2542-2012 中轻微泛霜要求	
耐磨性/mm	-	≤39
防滑性/BPN	-	≥60

2 免烧砖应采取蒸汽养护，配合比建议符合表 6.2.2-2 的规定。

表6.2.2-2 免烧砖配合比

掺合料	水泥	渣土	含水率
1.5	8.5	90	16.5
2	8	90	16.5
0.5	9.5	90	16.5
1	9	90	16.5

6.2.3 试验方法

1 抗压强度试验

渣土免烧砖的抗压强度试验方法参考规范《砌墙砖试验方法》GB/T 2542-2012 进行。具体试验方法步骤如下：

1) 将试样锯成两个半截砖，两个半截砖用于叠合部分的长度不得小于 100mm。两半截砖切断口相反叠放，叠合部分不得小于 100mm，即为抗压强度试样。

2) 测量抗压强度试样连接面或受压面各两个长、宽尺寸，得到它们的平均值，精确至 1mm。

3) 将抗压强度试样平放在压力板中心，垂直于受压面加荷。加荷速度取 5kN/s，直至试样破坏为止，得到渣土免烧砖最大破坏荷载 P。

4) 渣土免烧砖的抗压强度按下式计算：

$$R_p = \frac{P}{L \times B} \quad (6.2.3-1)$$

式中： R_p 渣土免烧砖的抗压强度； p 渣土免烧砖的最大破坏荷载； L 渣土免烧砖受压面的长度； B 渣土免烧砖受压面的宽度。

2 吸水率试验

渣土免烧砖的吸水率试验方法参考规范《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111-2013 进行。具体试验方法步骤如下：

- 1) 将试件取样后立即用毛刷清理试件表面及孔洞内粉尘，称取其质量 m ，精确至 0.005kg。
- 2) 将试件泡入 15℃~25℃ 的水中，试件应低于水面 20mm 以上，浸泡 24h 后取出并立即湿布擦去渣土免烧砖外表面的残留水，称其饱和面干状态的质量 m_1 ，精确至 0.005kg。
- 3) 每个渣土免烧砖的吸水率按下式计算，精确至 0.1%。

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \quad (6.2.3-2)$$

式中： W 为渣土免烧砖的吸水率； m_1 为渣土免烧砖饱和面干状态的质量； m 为渣土免烧砖的绝干质量。

3 软化系数试验

渣土免烧砖的软化系数试验方法参考规范《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111-2013 进行。具体试验方法步骤如下：

- 1) 试件设置一组为对照组，一组为试验组。试验组泡入 15℃~25℃ 的水中浸泡 4d 后取出，试件应低于水面 20mm 以上，浸泡 4d 后取出并立即湿布擦去渣土免烧砖外表面的残留水。对照组放置在温度 20℃ ± 5℃，相对湿度 (50 ± 15) % 的试验室内进行养护。
- 2) 将试验组表面自然风干后，与对照组一起按 4.1.3 的抗压强度试验方法进行试验。
- 3) 渣土免烧砖的软化系数按下式计算，精确至 0.01。

$$K = \frac{f_1}{f} \times 100 \quad (6.2.3-3)$$

式中： K 渣土免烧砖的软化系数； f_1 为 4 个饱和面干试件的抗压强度平均值； f 为 4 个气干状态的对比试件的抗压强度平均值。

条文说明

渣土免烧砖的吸水率、软化系数等性能指标，根据国标《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111-2013进行精准控制，确保渣土制品的耐用性和环境友好性。

6.3 渣土固化土成品技术要求

6.3.1 材料要求

1 对盾构渣土进行预处理及预处理后的渣土的适用范围，应满足下列规定：

1) 耕植土、腐殖土、盾构土及受放射性、重金属或有机物污染的盾构渣土不得使用；

2) 预处理后渣土的有机质含量不得高于 10%，其他杂质含量不得超过 1.5%，且根据颗粒粒径分布不同，预处理后渣土的适用范围应符合表 6.3.1-1 的规定。

表6.3.1-1 预处理后盾构渣土的适用范围及指标要求

适用范围	指标要求	
	最大粒径 (mm)	其他
路面底基层	≤50	30mm~50mm 的颗粒含量应不大于 20%，小于 20mm 的颗粒含量应不小于 60%
路床	≤100	80mm~100mm 的颗粒含量应不大于 20%，小于 20mm 的颗粒含量应不小于 60%
路堤	≤150	100mm~150mm 的颗粒含量应不大于 20%，小于 20mm 的颗粒含量应不小于 60%

2 土壤固化剂的性能指标应符合《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286-2018 的规定。

3 土壤固化剂中可溶性重金属含量测定应按《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3-2007 执行，其浸出液中镉、汞、铅、铜等重金属含量最大限制应符合《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》GB/T 25499-2010 中相关规定。

4 材料拌和与养护用水应满足《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015 中表 3.5.2 规定。

6.3.2 成品性能

1 固化渣土混合料可用于路基与路面底基层，其相关技术要求应符合表 6.3.2-1 和表 6.3.2-2 中的相关规定。

表6.3.2-1 固化渣土混合料作为路基填料的性能要求

指标项目	路床顶面以下深度 (m)	最大粒径	填料最小强度 (CBR) /%
------	--------------	------	-----------------

		(mm)	快速路、主干路	次干路	支路
填方路基	上路床 (0m~0.3m)	100	8	6	5
	下路床 (0.3m~0.8m)	100	5	4	3
	上路提 (0.8m~1.5m)	150	4	3	3
	下路提 (>1.5m)	150	3	2	2
零填及挖方路基	上路床 (0m~0.3m)	100	8	6	5
	下路床 (0.3m~0.8m)	100	5	4	3

表6.3.2-2 固化渣土混合物作为路面底基层材料的性能要求

层位	快速路、主干路		次干路、支路	
	最大粒径 (mm)	抗压强度* (MPa)	最大粒径 (mm)	抗压强度* (MPa)
路面底基层	50	≥0.8	50	≥0.7

注：*抗压强度 7d 无侧限抗压强度。

2 固化渣土混合物应符合《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600-2018 中第二类用地的土壤污染风险选值要求。

3 固化渣土混合物作为公路路面底基层应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20-2015 中关于压缩值、磨耗值的要求。

6.3.3 试验方法

1 对预处理后的盾构渣土，应取代表性试样，按《公路土工试验规程》JTG 3430-2020 进行下列试验：

- 1) 含水率测定。
- 2) 颗粒分析及液塑限测试。
- 3) 击实试验（重型击实）。
- 4) 承载比（CBR）试验。

5) 对原服役环境可能存在有害物质的土样还需进行有机质含量，可溶性盐含量及 pH 值等测试。

2 应按《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286-2018 土壤固化剂的性能进行检测。

3 对拌合机养护用水应测定 pH 值，pH 值宜不小于 6.0。

4 固化渣土、混合料应以表 6.3.3-1 中的规定项目进行型式检验。当用于路基时，应以最大粒径及 CBR 值满足表 6.3.2-1 中规定为合格判定标准；当用于路面底基层时，应以最大粒径及 7d 无侧限抗压强度满足表 6.3.2-2 中规定为合格判定标准。

表6.3.3-1 固化渣土混合料型式检验项目

项次	检验项目	规定值或允许值	试验方法
1	最大粒径	满足表 6.3.2-1 或表 6.3.2-2 规定	JTG 3430-2020 (T 0115-1993)
2	CBR		JTG 3430-2020 (T 0134-2019)
3	7d 无侧限抗压强度		JTG 3430-2020 (T 0148-1993)
4	最佳含水率	实测值	JTG 3430-2020 (T 0103-2019)
5	最大干密度		

条文说明

指南对渣土固化土作为路基和路面底基层材料的粒径、抗压强度、CBR 值等制定了严格的技术指标，较之一般的道路施工标准，针对渣土资源化产品的特性进行了定制化的规定。

用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。

2) 当引用本指南中的其他规定时，表述为“应符合本指南第×章的有关规定”“应符合本指南第×.×节的有关规定”“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行。”