

团体标准
《典型大宗固体废物土壤化利用技术导则》
编制说明

2022 年 11 月

《典型大宗固体废物土壤化利用技术导则》

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

我国疆域辽阔、人口众多、资源丰富，经过经济快速发展和转型升级，在生产活动中产生量大、对环境和安全影响较大的包括尾矿、煤矸石、工业副产石膏以及其它领域的污泥、农作物秸秆等大宗固体废物堆存量不断增加。截至 2020 年，全国大宗固体废物累计堆存量约 600 亿吨，年新增堆存量近 30 亿吨，综合利用率仅 55%，冶炼废渣、工业副产石膏、煤矸石等利用率不足 40%，尾矿利用率甚至低至 27%左右，利用水平低，大宗固废贮存和填埋过程中不仅给生态环境带来了不可逆转的破坏，而且对社会和人体健康产生了严重的影响。

2021 年中国正式开启全面建设社会主义现代化国家，与经济建设密切相关的大宗固体废物处理处置成为绿色发展和产业转型升级最大限制因素。大宗固废的产量控制和存量消纳仍将是我国高质量发展必须解决的问题，国家发改委、生态环境部等十个部门联合印发的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》提出将大宗固废综合利用关键技术、大规模综合利用技术研发等纳入国家重点研发计划，计划到 2025 年大宗固废综合利用关键瓶颈技术取得突破；逐步建立综合利用技术创新体系，在农业领域开展“工农复合”，推动上下游产业协同利用；意见中也明确提出了要加快完善大宗固废综合利用标准体系，推动上下游产业间标准衔接，鼓励制定大宗固废综合利用法规。此外，“三磷”问题集中排查整治行动、《加强长江经济带尾矿库污染防治实施方案》、《有机肥（NY525-2021）》等多项政策和举措也迫使各行业探索大宗固体废物的创新协同利用。

典型大宗固体废物土壤化利用是指对铁尾矿、磷尾矿、磷石膏、农作物秸秆等大宗固废通过一定的技术处理后，在其基础上赋予土壤相关的物理、化学、生物功能和特征，并不对周围环境和人体健康产生危害的大宗固体废物综合利用方法。土壤化是迅速提高大宗固废利用率的重要方式之一，不仅可以增加企业的经济效益，还能减少大宗固体废物的排放量和堆存量，进而减少其土地资源占用和环境危害；大宗固废基土壤可迁移至土壤退化区作为再生土壤利用、覆盖至矿山裸露地作为生态修复土源利用、配施至农用地作为土壤调理剂利用；大宗固废土壤化利用与“十四五”、“土十条”等国家发展战略相吻合，是创新上游产业与下游产品协同发展和深度融合，打通部门间、行业间堵点和痛点，以及建立跨部门联动协调机制的生态链接产业。

但迄今为止，国内外都没有大宗固体废物土壤化利用的规范化标准化技术导则与规范，制定典型大宗固体废物土壤化利用技术导则与规范，进一步引导并推动中国大宗固体废弃物综合利用健康有序发展。

项目任务主要来源于国家重点研发计划课题-非常规湿/热生产典型副产物清洁加工生态链接技术（2018YFC1900203）。以多物理场耦合调控为特征的强化污染物分离肥料化土壤化清洁利用新技术，形成非常规湿/热生产副产物跨工艺、跨行业的清洁利用生态链接技术体系，急需一套标准化规范化的文件来推动大宗固废绿色清洁加工和引导生态循环利用。国家重点研发计划课题-重金属尾矿污染长效固化剂/稳定剂等环境功能材料、技术与装备（2018YFC1801702）和国家自然科学基金铅锌尾矿重金属迁移转化微观行为及其纳微尺度高靶向稳定机制（51968033）等关键材料和装备的研发成果实地应用也急需相关标准文件引导和规范。根据大宗固体废物综合利用和相关生态文明建设要求，由昆明理工大学于2021年10月提出《典型大宗固体废物土壤化利用技术规范》申请，经中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技

术审核通过，2021 年 11 月 16 日公示并下达《典型大宗固体废物土壤化利用技术规范》团体标准计划项目，项目编号为 CI2021095。

（二）起草单位

本标准的主要起草单位是昆明理工大学、江西理工大学、深圳市景泰荣环保科技有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司、天津大学、华中科技大学等单位参与起草。

本标准的主要起草人有瞿广飞、罗仙平、吴 锋、杨晨光、康建雄、刘家臣、罗才贵、周 丹、姜刘志、周连宁、徐婷婷、郑锐滨、韩正平、姜 薇、董 鹏、陈帮金、李军燕、陈远翔、吴丰辉。

（三）主要工作过程

1、起草阶段

本标准项目于2021年10月初由昆明理工大学牵头进行标准预研工作，对大宗典型固废土壤化的目标、实施路径及工作的行动方案等方面分别进行了调研，于2021年11月16日在全国团体标准信息平台立项公示后，成立标准编制小组。编制小组成员在2022年3月底组织标准编制启动会，经汇总讨论，确定标准中需要规定的主要技术内容，形成标准草案。

2、征求意见阶段

10月30日，为进一步准确标准技术内容，编制小组组织召开二次启动会，昆明理工大学瞿广飞教授、董 鹏教授、李军燕副教授、陈帮金老师、陈远翔老师、吴丰辉老师，江西理工大学罗仙平副校长、罗才贵老师、周 丹老师，华中科技大学姜 薇副教授，天津大学刘家臣教授、深圳市景泰荣环保科技有限公司吴锋总经理、姜刘志总工办主任、周连宁经理、郑锐滨经理、徐婷婷技术总监，中国市政工程西北设计研究院有限公司韩正平副院长、杨晨光总经理，康建雄教授等编制小组成员参会，经认真讨论与细致修改，最终形成标准征求意见稿，于11月中旬由

中国国际科促会提交全国团体标准信息平台进行征求意见。

3、 审查阶段

4、 报批阶段

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）标准的编写原则

本标准根据国家标准 GB/T1.1-2009 制定，具有严谨的规范性，符合国家标准编制要求。本标准具有科学性和实用性，符合我国国情，尽量与现行有效的国家标准、行业标准和地方标准保持协调，对固废资源化综合利用等相关标准进行有效的补充。

（二）提出本标准的依据

现有国内外研究表明，重金属、氟化物及其它有害污染物无害化处理方法在材料协同稳定以及去除方面的技术皆有显著进步。此外，污泥、畜禽粪污以及农业废弃物资源化利用的同时，相关的重金属、抗生素、病原生物的处理技术也有相关应用。基于现有技术以及未来发展趋势，典型大宗固废清洁化土壤化利用的关键技术将进一步突破，并在相关政策与规范化文件引导下健康发展。

含低浓度重金属的稀土尾矿、磷尾矿、副产石膏等是潜在的土壤源。国内外在包括了磷化工等行业产生的固体废物无害化处理与生态利用，以及多固废协同的土壤化利用方面做了大量的研究工作。以清洁或农用土壤相关的有机质、水分、容重、团粒结构以及矿物质为目标，通过添加改性材料改善低危害性固废理化性质和稳定特征污染物使其满足相关用土标准进而实现土壤化利用，能有效解决固废在传统的矿山充填、材料生产、生态治理修复等方面综合利用率低的问题，对促进大宗资源化利用和缓解土源压力具有重要意义。

有机废物及工业废物对固废土壤生态特性形成有积极的影响，施用后能有效改善其总有机碳含量，调节合适的pH能促进有机-矿石复合物

颗粒的形成，加速土壤生态系统功能的建立和恢复。将猪粪堆肥联合熟石灰混合到矿山类尾矿土壤中，溶解性有机碳和NKP明显增加并在竖直方向上产生了一定的位移，重金属的浸出风险有所减小。改良材料降低了尾矿土相关风险，提供的养分促进了植物生长，并显著增加了土壤酶活性。对废弃渣土长期施用化肥和猪粪，增大了孔隙率。采用秸秆、沼渣、有机肥和生物炭进行大田试验改善了土壤有机碳含量和团聚体稳定性。

有机大宗废物除了在土壤化过程中对营养条件、孔隙率、团粒结构等理化性质改善明显外，在重金属稳定化和增加土壤生物多样性等方面也发挥着重要作用。在不使用稳定化材料时，将蚯蚓粪、园林土、矿堆土壤（铬矿、石英矿、锰矿）按1:1:1比例混合培育后，Cd、Cr、Pb和Mn浸出量分别减少了32.5%、50.25%、44.50%和42.25%，降低了重金属的生物有效性，也增大了植物对尾矿重金属、高密度和酸碱度等理化基质的抗逆性。橄榄固废、城市固废堆肥、褐煤和泥炭添加到矿山土壤中，可移动锌镉含量的减量效果明显，而且土壤呼吸、酶活性都有明显提高，对土壤微生物功能建立和恢复有较好效果。

大宗固体废物土壤化利用过程中除了添加有机废物外，还常常使用生物炭、碱性或盐类无机材料。生物炭等环境功能材料在赋予固废、沙化土、盐碱土等土壤生态特性方面具有很大的参考价值，国内也有许多关于尾矿和沙化土的相关土壤化技术研究，并且经过多年的发展，也逐渐完善了土壤改良与土壤基质方面的标准与规范，为土壤化技术开发与标准制订提供了宝贵经验。

此外，重庆交通大学易志坚研究团队采用力学手段改变沙子的力学属性，使其具有较强的存储水分、养分、空气和滋生微生物的能力，实现了“沙漠土壤化”；中南大学柴立元领衔的重金属污染防治创新团队研发了固废重金属的包裹固定新方法，已制备出重金属化学固定剂并将其应用于重金属污染土壤修复及含重金属固体废物资源化利用领域，为

大宗固体废物土壤化安全利用提供了关键技术支持；山东大学崔兆杰研究团队结合土壤修复和改良技术对铁尾矿土壤化利用进行了研究。

尽管国内外在典型大宗固体废物土壤化方面的研究做了大量工作，但是各方仍以实验研究为主，缺乏在土壤化相关领域的具体应用，所使用的标准限制不一，尚未形成规范化的“研究-培养-产业化”典型大宗固体废物土壤化利用体系。基于当前国内土壤化需求与发展现状，提出《典型大宗固体废物土壤化利用技术导则》，并鉴于当前技术水平与未来趋势编制了标准技术内容，引导行业有序规范发展。

（三）制定本标准的基础

本起草单位在国家重点研发计划《非常规湿/热生产典型副产物清洁加工生态链接技术》课题中进行了石膏和炉渣材料化、肥料化利用研究；《重金属尾矿污染长效固化剂/稳定剂等环境功能材料、技术与装备》课题针对尾矿钝化土壤化的重大技术需求已进行了高靶向重金属阻滞钝化机制研究，研发了重金属长效稳定化环境功能材料，为土壤化利用后污染物的长期固定提供了材料支撑。《磷石膏基生态修复材料的研发》以副产磷石膏制备用于各类型覆土植被和农、林、牧草种植等方面的磷石膏土壤化材料；《对低品位矿、尾矿及采矿废石的无害化及资源化利用关键技术》在土壤化利用技术和矿区表土生态重构方面开展了大量研究，实现矿区生态覆绿。此外，起草工作组在西部高海拔矿区生态修复、矿冶环境保护与生态修复、盐湖镁资源综合利用与功能材料开发，以及生态调控和污泥修复技术等方面进行了大量工作，拥有土壤化系列的分析测试、技术研究以及工程应用基础和关键材料支撑。

（四）实验内容

无。

（五）实际应用效果

无。

三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验或验证的分析

以大宗固体废物粉体磷石膏和磷尾矿为原料，在5~50℃、湿度20%~90%下将固化稳定剂加入大宗固体废物粉体中对其进行改性，然后再添加补充剂调控其性质，制得环保粉体材料，该环保粉体材料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）相关指标要求，且浸出液满足《污水综合排放标准》（GB8978 2002），满足矿坑充填、井下充填、生态修复原料的相关要求，实现了大宗固体废物的低成本、无害化和大批量处理，为生态修复、工程充填和资源化利用提供极大的技术支撑。此外，进行了磷尾矿无害化处理和电场强化污染物浸出实现了清洁化，并通过物理化学改良技术改善了磷尾矿的有效元素含量、含水率、有机质含量等理化特性，适合植物定植与生长。

（二）预期的经济效果

磷石膏处理处置成本自当前的100-200元/吨降低至20元/吨以下，并具有潜在的生态环境修复收益。

（三）真实性验证

采用固-固相反应的方法，如表1所示，磷石膏改性处理后使用标准HJ 557 浸出方法测得重金属浸、磷、氟浸出毒性均满足《污水综合排放标准》（GB8978 2002）的最高级别要求，在无害化处理方面具有现实可行性。进一步地，通过对磷尾矿的改性处理，其特征污染物氟化物的水溶性含量低于5mg/kg，植物可利用的有效磷含量提升了5倍以上，经过土壤化后，含水率由9.274%提升至21.53%，有机质含量增加至3.71%，氨氮、有效钙、镁、钾、铁等养分含量也明显提升。

表1 磷石膏改性处理后的浸出毒性

	pH	水溶性盐 (%)	磷酸盐 (以 P 计) mg/L	氟化物 (以 F ⁻ 计) mg/L
实施案例 1	6.97	1.1472	0.1528	9.5607
实施案例 2	7.56	1.3150	0.2038	6.9972
实施案例 3	6.89	1.0497	0.3486	7.4367
实施案例 4	8.11	1.1653	0.4835	8.5241
实施案例 5	8.64	1.2475	0.3124	7.6813
实施案例 6	7.54	1.1625	0.2661	9.1362

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

无。

五、与现行的法律、法规和强制性国家标准的关系

1、按照 GB/T 1.1—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》要求进行编写。

2、参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

规范性引用文件包括：

GB 5085（所有部分） 危险废物鉴别标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 19231 土地基本术语

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB 50137 城市用地分类与规划建设用地标准

HJ 298 危险废物鉴别技术规范

HJ/T 332 食用农产品产地环境质量评价标准

HJ/T 333 温室蔬菜产地环境质量评价标准

HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）

NY/T 1121（所有部分） 土壤检测

NY/T 3034 土壤调理剂 通用要求

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、贯彻标准的要求和建议措施（组织实施、技术措施、过渡办法等）

本标准可作为大宗固体废物处理处置与土壤再利用等行业的推荐标准。

本团体标准发布后实施前，将面向标准的各相关方开展标准宣传贯彻工作，并建议该标准自发布之日起 12 个月内开始实施。团体标准颁布后，各相关方实施执行过程中不得擅自降低标准要求。标准贯彻中的问题，一般由原编写部门解释和协调，发生争议时，报管理者代表裁决。

本团体标准满足市场和创新需要，应结合市场需求，根据技术发展，及时制修订以提高标准水平。建议每 2-5 年复审一次，及时提出确认、更改、修订或废止的意见。本标准的更改原则上由标准原编制人或部门进行更改，如需要其他部门更改，该部门应获得该标准编制的背景资料。随着技术创新的需要，后续相关技术规范的制订，原编制人员或部门应积极参与并协助编制小组完成制订任务。

八、其他应予说明的事项。

典型大宗固体废物土壤化利用标准的制定过程中，针对不同固体废物及废弃渣土涉及的主要土壤化技术范围较广，且目前尚无指导和规范土壤化行为的相关政策与标准。经项目成员讨论研究决定，放弃标准立项申报书标题《典型大宗固体废物土壤化利用技术规范》，更名为《典型大宗固体废物土壤化利用技术导则》，旨在促进典型大宗固体废物综合利用，为土壤化技术实际应用提供指导，推动废弃渣土及典型大宗固体废物土壤化技术发展。

九、标准中涉及专利的情况说明
无。

标准编制小组

2022年11月