

附件 3

《石油天然气开采业固体废物污染控制
技术规范（征求意见稿）》
编制说明

《石油天然气开采业固体废物污染控制技术规范》编制组

2024 年 7 月

项目名称：石油天然气开采业固体废物污染控制技术规范

项目统一编号：2022—42

承担单位：中国环境科学研究院、四川省生态环境科学研究院、中国石油天然气股份有限公司南方石油勘探开发有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、新疆维吾尔自治区环境保护科学研究院、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司

标准所技术负责人：李 琴

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	标准制订的必要性分析	1
3	标准制订基本原则和技术路线	2
3.1	标准制订基本原则	2
3.2	标准制订技术路线	2
4	标准主要技术内容	4
4.1	标准适用范围	4
4.2	标准结构框架	4
4.3	术语和定义	4
4.4	标准主要技术内容确定的依据	4
4.4.1	总体要求	4
4.4.2	收集、贮存、转移污染控制要求	4
4.4.3	利用、处置污染控制要求	5
4.4.4	剩余固相和回收的矿物油利用、处置污染控制要求	7
5	制订标准后的经济和环境效益分析	9
5.1	经济效益分析	9
5.2	环境效益分析	9

1 项目背景

1.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（以下简称《固废法》）等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，适应国家生态环境保护管理工作需要，进一步完善国家环境技术管理体系，规范石油天然气开采过程产生的固体废物（以下简称油气开采固体废物）安全利用处置，根据《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规规〔2020〕4号）有关规定，生态环境部发布《关于开展2022年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2022〕205号），确定由中国环境科学研究院牵头开展《石油天然气开采废物污染控制技术规范》制订任务（项目统一编号：2022-42）。

本标准的承担单位为中国环境科学研究院，参加单位包括四川省生态环境科学研究院、中国石油天然气股份有限公司南方石油勘探开发有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、新疆维吾尔自治区环境保护科学研究所和中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司。

1.2 工作过程

任务下达后，中国环境科学研究院联合在油气开采固体废物产生和利用处置技术、风险评估和地方标准编制等方面具有优势和研究基础的单位组成标准编制组。

编制组成立后，先后开展了油气开采固体废物国内外相关标准现状调研，以及废物特性调查和利用风险评估研究等工作，并召开多次行业和管理专家研讨会，对编制思路、编制原则和标准文本进行讨论，形成建议稿及编制说明。

2022年7月6日，标准通过开题报告专家技术论证会。

2024年6月24日，标准通过征求意见稿专家技术审查会。

2024年7月，编制组根据专家审查意见，修改完善，编制完成《石油天然气开采业固体废物污染控制技术规范（征求意见稿）》及编制说明，提请向社会公开征求意见。

2 标准制订的必要性分析

石油天然气开采业是我国经济发展的重要行业，在石油天然气开采过程中会产生大量钻井岩屑、含油污泥等油气开采固体废物。由于含有石油烃和重金属等多种有毒有害物质，不规范的贮存、利用和处置过程，会向周边环境排放大量污染物，造成大气、土壤和地下水污染，环境风险隐患突出。

油气开采固体废物年产生量巨大，且大多数以堆存和填埋为主，导致油气开采固体废物历史堆存数量逐年升高。大量堆存的油气开采固体废物不仅存在重大环境隐患，且已经严重制约石油天然气开采业的高质量发展。因此，亟需在环境风险可控的前提下，打通规模化消纳油气开采固体废物的途径，促进石油天然气开采业的绿色健康发展。

考虑到目前国家与地方对油气开采固体废物环境监管需求以及国内油气田企业固体废物规范化环境管理的需要，制定统一和明确的油气开采固体废物污染控制技术要求，是贯彻

落实《固废法》中加强固体废物污染环境防治的必然要求，可以显著提升油气开采固体废物的利用处置能力和环境监管水平。

综上，制定《石油天然气开采业固体废物污染控制技术规范》，对促进石油天然气开采业绿色发展和保护生态环境具有显著的必要性和现实意义。

3 标准制订基本原则和技术路线

3.1 标准制订基本原则

以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为根据，通过制定和实施标准，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一。

(1) 全过程污染控制原则。针对油气开采固体废物产生、收集、贮存、利用、处置全过程污染物排放节点及其利用产物风险的污染节点进行分析，分别提出对应的控制措施。重点针对油气开采固体废物利用过程及其利用产物的风险进行评估，提出技术参数要求和产物再利用方式、要求，控制废物利用处置过程和利用产物的污染。

(2) 技术先进可行性原则。鼓励采用资源回收利用最大化、污染风险最小化的油气开采固体废物及产物利用先进技术。对每一受控的污染物项目，从污染排放源特征和风险产生水平，结合我国实际经济、技术发展水平，并参照采用国内外相关标准和技术法规的相关规定，制定切实可行的污染控制技术要求。

(3) 风险分级分类管控原则。重点针对易产生环境风险的油气开采固体废物利用产物的再利用环节开展环境风险评估，识别风险并提出风险控制要求。通过分析各种废物特性、各利用处置技术特点和效率，提出各类废物适用的技术类型及其技术参数要求；通过环境风险评估和技术现状分析，提出油气开采固体废物各利用产物的再利用方式和要求。

(4) 问题导向聚焦重点原则。本标准涉及的废物链长、技术面广，污染防治技术要求贯穿废物流的全环节，同时油气开采固体废物类别复杂、利用技术多样、利用产物再利用去向广，难以对所有废物、所有环节和所有技术作出细致全面的要求。本规范拟针对油气开采固体废物环境管理中存在的突出问题，重点提出基于利用产物再利用风险可控的废物利用处置技术要求，包括技术适用废物类型及要求、关键工艺参数；提出油气开采固体废物利用产物（剩余固相和回收的矿物油）适宜的利用处置方式及应满足的技术条件。

3.2 标准制订技术路线

技术规范在国家生态环境标准体系中定位为过程控制，重点提出保护生态环境的污染控制技术要求。标准编制分别从油气开采固体废物特性、利用处置技术过程和利用产物分析三条主线开展研究，通过调查分析、检测分析、模拟研究、风险评估等手段，提出本标准制订的技术路线（图 3-1）。

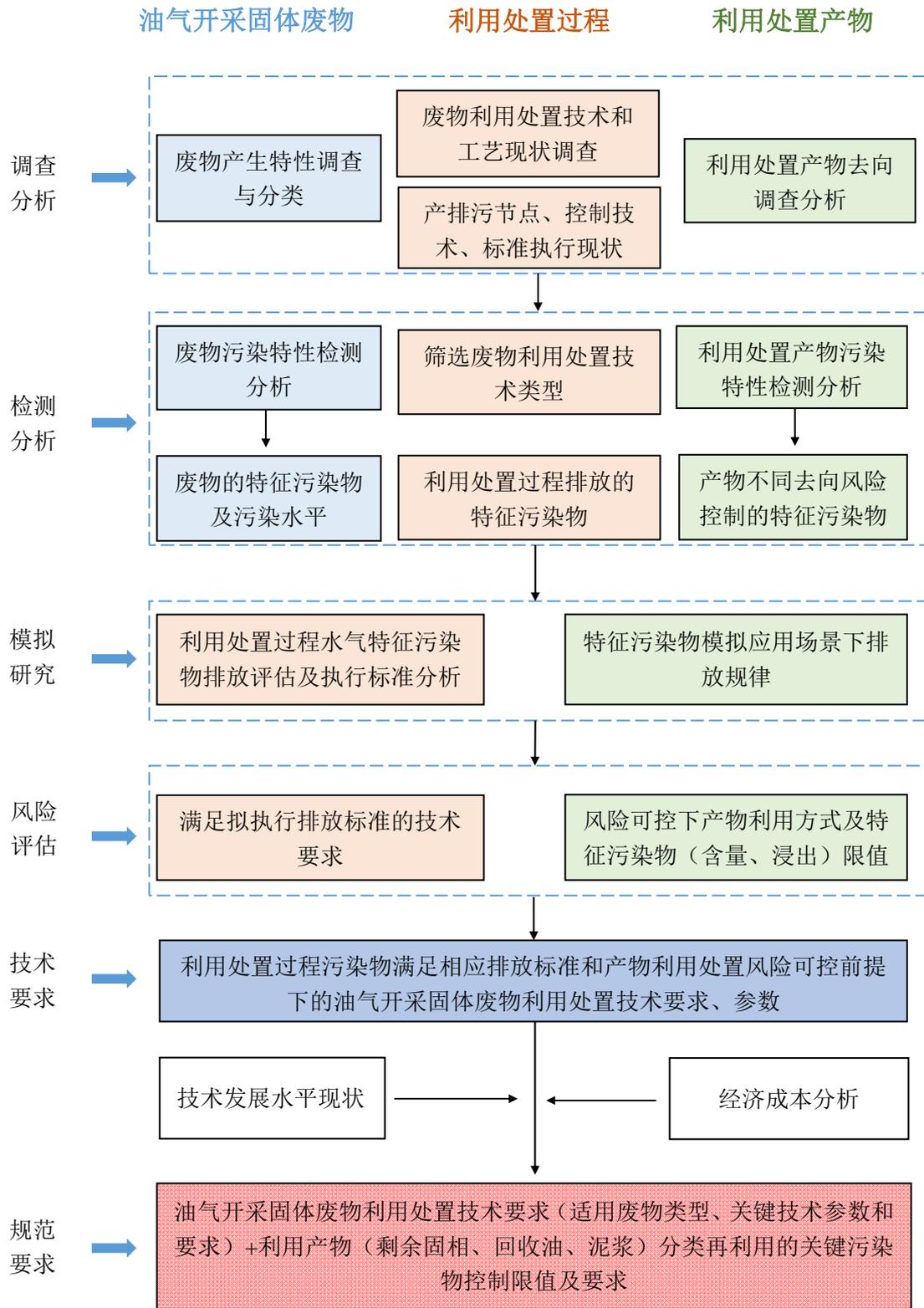


图 3-1 标准制订技术路线

4 标准主要技术内容

基于技术规范在国家生态环境标准体系中的定位，结合相关标准现状，本规范拟重点提出：1) 基于利用产物再利用风险可控的废物利用处置技术要求，包括技术适用废物类型及要求、关键工艺参数等；2) 提出油气开采固体废物利用产物（剩余固相和回收的矿物油）适宜的利用处置方式及应满足的技术条件。

4.1 标准适用范围

本部分明确了标准规定的主要内容和适用范围。

本标准适用于陆上石油天然气开采业固体废物在收集、贮存、转移、利用、处置过程及利用产物的污染控制，可作为与陆上石油天然气开采业固体废物及利用产物有关项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可管理、清洁生产审核等的技术依据。

目前，海上石油天然气开采产生的固体废物，除部分废物直接在海洋处置外，其余废物转移至陆地进行处置，因此有关海上石油天然气开采固体废物的污染控制可参照本标准执行。

4.2 标准结构框架

本标准正文包括：适用范围，规范性引用文件，术语和定义，总体要求，收集、贮存、转移污染控制要求，利用、处置污染控制要求，剩余固相和回收的矿物油利用、处置污染控制要求，环境和污染物监测要求，环境管理要求共9部分。

4.3 术语和定义

参照国家相关法规、标准，对石油天然气开采、油气开采固体废物、水基岩屑、含油废物、油基岩屑、含油污泥、剩余固相等术语做出了定义和说明。

4.4 标准主要技术内容确定的依据

4.4.1 总体要求

本部分对油气开采固体废物全过程污染控制提出总体性要求。主要内容包括鼓励油气开采固体废物优先采用源头减量、资源循环利用的处理方式，提出废物分类管理和利用的要求，以及油气开采固体废物和剩余固相不得农用，利用处置场地不应位于国家规定的保护区域内。

为保持与相关法规和制度协调一致，本标准提出油气开采固体废物和剩余固相的收集、贮存、转移、利用、处置应满足环境保护相关要求，国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法律法规标准另有规定的，适用其规定。

4.4.2 收集、贮存、转移污染控制要求

考虑到含油废物和水基岩屑，以及磺化钻井岩屑等不同产生工段和产生工况的岩屑在性质和危险特性上的差异以及后续利用处置过程的不同，提出应分类收集的要求。

目前，水基岩屑全部执行不落地处理工艺，为减少水基岩屑产生量和降低其污染物含量，

提出应固液分离后收集,对于污染物含量相对较高的磺化岩屑则要求其必须采用破胶脱稳工艺,降低污染物含量。基于现行固液分离工艺和设备的技术现状,及后续转移要求,提出了分离后水基岩屑含水率小于 60%的要求。

根据各固体废物的属性及污染特性,分别对贮存、转移过程的防渗、防雨、防尘和无组织排放作出相应要求。其中针对西北地区的气候条件,提出综合考虑降雨量、蒸发量等因素,因地制宜采取必要的防雨、防尘措施的要求。

剩余固相的收集、贮存、转移过程的其他要求,应根据鉴别结果,按照其管理属性分别执行相关环境保护规定和标准的要求。

4.4.3 利用、处置污染控制要求

本部分按照水基岩屑和含油废物利用处置过程,分类提出相应污染控制要求,重点对水基岩屑和含油废物常用的、成熟的技术做了规定。污染控制要求具体包括各种技术适宜利用处置的废物类型,关键的技术参数等。其中,提出的技术参数要求主要基于现有的技术水平以及确保利用产物后续利用风险控制考虑。

4.4.3.1 水基岩屑

结合水基岩屑利用处置现状,以及规模化消纳的现实需求,提出水基岩屑利用方式包括:井场铺垫和道路铺设、制备烧结砖或陶粒、充填或回填、混凝土骨料。处置方式主要是填埋。

(1) 用于井场铺垫和道路铺设

水基岩屑铺垫井场/路基资源化利用过程中,由于表层覆土,故主要考虑岩屑中石油烃等特征污染物随降水经过包气带进入地下水,可能造成的健康风险。基于人体健康风险评估、污染物稀释衰减分析结果,开展模型反演研究,计算得出在不同地区(地下水埋深/包气带厚度)岩屑铺垫井场场景下污染物含量和浸出浓度阈值等。

对于清水钻井岩屑,其污染物含量极低(普遍未检出),用于任意区域油气开采生产的井场铺垫和道路铺设时,环境风险均处于可接受水平。其他水基岩屑用于井场和道路铺垫时,在不同条件下满足 6.1.1.2 规定的污染物控制要求时,其环境风险处于可接受水平。

由于特殊工段(造斜井段和目的层井段)以及非正常工况不稳定,可能会动态调整工艺参数和药剂,导致产生的聚合物岩屑中污染物含量变化幅度较大,不易控制,其用于铺垫井场和井场道路时环境风险不可控,不应用于井场铺垫和道路铺设;而用于生产烧结砖、烧结陶粒等建材时,高温工艺可以去除石油烃类污染物,环境风险可控。

对于磺化岩屑,其污染物含量普遍比聚合物岩屑高,但污染物种类相同,相同场景下的风险暴露途径也相同。因此,在满足标准 6.1.1.2 条中 a)~e) 款中任一条件,可用于油气开采生产作业区的井场铺垫、道路铺设。

(2) 制备烧结砖、陶粒

水基岩屑用于生产烧结砖、陶粒时,环境风险主要在于废气排放和烧结砖及陶粒使用过程中的环境风险。对于烧结砖和陶粒,其使用过程中主要暴露场景为污染地表水。考虑到最不利条件为,在饮用水源地使用的场景,假定其经酸雨浸泡,浸出液释放到地表水体中,造成地表水污染。因此,根据使用场景,计算得到暴露场景下的污染物稀释系数,进而提出环境风险可控条件下烧结砖或陶粒中的污染控制要求。

(3) 充填和回填

水基岩屑（不包括特殊工段及非正常工况产生的聚合物岩屑）属于一般工业固废，回填应满足相应标准要求。考虑到回填过程中可能存在吸入途径的健康风险，因此，引用《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）中第二类用地土壤污染风险筛选值中石油烃的限值要求。选址要求参照《固废法》和《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599—2020）相关要求。回填场景下的防渗要求，则要求不引入人工材料，避免破损失效时导致污染泄漏。充填场景下，其主要风险为地下水浸泡后污染地下水体。因此，要求按照 HJ 557 制备的浸出液中特征污染物浓度不应超过 GB/T 14848 规定的Ⅲ类标准限值。其他要求应根据 GB 18599 中充填或回填利用的相关规定执行。

(4) 用于混凝土骨料

磺化钻井岩屑中污染物含量相对高，只能用于油气开采生产作业区内使用的混凝土骨料。

(5) 填埋

一开表层井段水基岩屑污染物含量极低（普遍未检出），属于一般工业固废中的Ⅰ类固废。其他水基岩屑，应根据其类别，满足 GB 18599 的要求。

4.4.3.2 含油废物

(1) 热脱附

热脱附一般用于从油基岩屑中回收目标矿物油。油基岩屑热脱附时，通过调质处理，以实现物料受热均匀、传质性提升的目标，从而使烟气排放更稳定，不会产生大量芳烃类污染物。炉腔内要保持微负压或微正压绝氧状态，防止油氧化分解。

热脱附有外加热和自加热两种方式，热相分离是核心工序。采用外加热的，需要配置可控制的加热装置，以控制热相分离系统内的温度和一定的停留时间，保证目标矿物油脱附、挥发完全。

冷凝阶段配备喷淋管汇系统，用于对热相分离出来的气体进行喷淋冷凝。通过喷淋冷凝，热相分离气体中的酸性气体、含氯有机物被有效去除。不凝气体经过净化处理后，通入燃烧室作为辅助燃料燃烧利用。

剩余固相采用排料设备由气锁、排料刮板输送机、间接冷却设备组成，可以实现对油基岩屑热脱附后产物的抑尘和降温。原料堆存区、物料预处理区、污水处理设施和剩余固相贮存区产生的挥发性有机物应进行负压收集并进行处理。

(2) 热裂解

热裂解一般用于含油污泥处理。调制预处理阶段，较高的含水率和较大粒径均会影响对含油污泥的裂解效率。

热分解是核心工序，由制氮机产氮气充入加热腔体，使物料中的油和水在氮气保护下高温汽化并进入喷淋冷却装置冷凝，杜绝炉内燃烧。热分解需要配置可控制的加热器，以控制热解腔内的温度和一定的停留时间，保证含油污泥裂解完全。

(3) 化学热洗

化学热洗一般用于粒径较大且以砂性土为主的含油污泥处理，包括筛分、制浆、清洗、

油水分离、泥水分离处理等工序。应保证使用的表面活性剂或其他破乳剂、清洗剂等无毒，不引入新的毒性物质。

(4) 溶剂萃取

溶剂萃取一般用于含油量为 5%~10% 的油基岩屑的处理，包括萃取脱附、固液分离、溶剂回收等工序。应保证使用的脱附剂无毒，不引入新的毒性物质，并易于重复利用。固液分离、溶剂回收阶段，配合搅拌实现在反应器中分层，分别为泥浆（上层）、溶剂（中层）和干渣（下层）。泥浆溢流后经天然气间接加热，去除泥浆中的水分、溶剂，保证泥浆满足回用的要求。回收的油基泥浆经调整后应回用于钻井。以上萃取脱附以及溶剂的回收均在密闭系统内进行。

(5) 堵水调剖利用

堵水调剖利用过程中的环境污染风险主要源于油泥的收集、贮存、转移，堵水调剖剂配制、注入过程挥发性和半挥发性有机气体的无组织排放，以及注入时由于注入井完整性出现问题造成地下水污染。因此，堵水调剖不应用于与地下水有连通的油藏。堵剂和调剖剂配制时，不得添加与提高堵剂或调剖剂性能无关的物质，避免引入新的污染物。堵水调剖利用过程中挥发性和半挥发性有机气体的无组织排放主要是来源于开放液面、设备管线接口密闭不严等情况，结合采出液沉积物的特点，提出堵水调剖利用过程挥发性和半挥发性有机气体的无组织排放的减少措施。

(6) 微生物处理

微生物处理对于低含油率的含油污泥处理效果较好，一般适用于石油烃含量小于 2% 的落地油泥。考虑到生物多样性安全，提出宜采用土著微生物菌种，若采用特殊微生物菌种时，应提供菌种的分类鉴定报告和菌种安全性评价资料的要求。同时对处理场地的防渗提出了要求。微生物处理过程中挥发性有机物的无组织排放应满足 GB 37822 的要求。

(7) 水泥窑协同处置

水泥窑协同处置固体废物有专项标准规定，因此，本章节主要依据 GB 30485 和 HJ 662 的相关要求，结合含油废物特点，针对性的提出了含油废物在水泥窑协同处置过程中的加入位置、加入方式、污染控制条件，以及水泥熟料的产品质量要求等。

(8) 焚烧

焚烧处置一般用于处置石油烃含量小于 5% 的含油污泥。当进料含油率大于 5%，则采用甩干机进行预处理使之含油率低于 5%，以便于更好的进料，并对矿物油进行资源化利用。含油废物属于危险废物，因此，规定含油废物焚烧处置过程污染控制要求应符合《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484）的相关规定。

(9) 其他技术

锅炉协同处置等其他利用、处置技术的污染控制要求可通过环境影响评价进行确定。

4.4.4 剩余固相和回收的矿物油利用、处置污染控制要求

4.4.4.1 剩余固相

剩余固相中污染物主要来自含油废物及其利用过程中可能引入的其他物质，根据对剩余

固相相关检测结果，主要为石油烃、钡等重金属和氟化物等。剩余固相存在多种利用途径，为控制剩余固相利用处置过程中的环境风险，针对不同利用途径存在的环境风险提出了相应的污染控制技术要求。

(1) 铺垫井场和道路铺设

对于剩余固相铺垫井场或通井路利用过程中，其污染物暴露场景与水基岩屑利用场景相同，且污染物种类也相同，因此，在满足水基岩屑在铺垫井场和道路铺设场景下相关污染物限值要求的情况下，其环境风险也处于可接受水平。

(2) 水泥窑协同处置

根据《水泥窑协同处置危险废物经营许可证审查指南（试行）》，作为替代混合材向水泥磨磨加的危险废物应为不含有机物（有机质含量小于 0.5%，二噁英含量小于 10 ng TEQ/kg，其他特征有机物含量不大于水泥熟料中相应的有机物含量）和氰化物（CN⁻含量小于 0.01 mg/kg）的固体废物，其他固体废物应从分解炉等位置投加。

(3) 烧结砖、陶粒

剩余固相作为烧结砖、烧结陶粒的原料时，主要考虑添加物对烧结砖质量及其利用场景下环境风险的影响。制烧结砖、烧结陶粒的工艺过程会将含油污泥综合利用后剩余固相中的石油烃类物质去除，在制成品中石油烃类物质含量极低。通常认为原料中氧化钙含量超过 5%会导致坯体在焙烧过程中严重变形，还会使出窑后成品发生炸裂、粉化等现象。此外，高掺加量情况下制得的烧结砖、陶粒浸出液中钡的浓度过高。

(4) 充填和回填

剩余固相若用于充填和回填，在满足选址等要求的前提下，还应在充填和回填前开展环境风险评估，对比和评估填充前与填充后的环境影响。

(5) 填埋

剩余固相中含有一定含量的石油烃，可能会腐蚀高密度聚乙烯防渗膜，引起防渗层破坏，故要求采用双层防渗膜。剩余固相填埋的其他要求，则应该先判定其是否属于危险废物，再根据其管理属性，分别满足相应管理要求。

4.4.4.2 回收的矿物油

(1) 配置钻井泥浆

当回收的矿物油用于回配油基钻井泥浆时，矿物油中石油烃和重金属等污染物与泥浆中相同，回用于原始用途，环境风险可接受。

(2) 作为燃料油

含油废物回收的油中硫元素含量均大于市售柴油和白油，但低于《炉用燃料油》（GB 25989）的限值。燃料油分为炉用和船用，当其性能满足炉用燃料油要求时，可用于馏分型燃料油。

(3) 作为石油炼制原料

在回收的矿物油用于石油炼制时，其中的有害物质可在后续炼制过程中通过成熟的污染控制技术和相应的污染控制标准规范进行限制，环境风险可接受。

5 制订标准后的经济和环境效益分析

5.1 经济效益分析

该标准实施后，可以打破目前油气开采固体废物污染防治瓶颈，在规范油气开采固体废物利用处置过程污染要求的同时，可以大幅降低油气开采企业废物处理处置费用，同时，处置利用过程也可以节约一部分井场工业材料费用，能够为油气开采企业创造较好的经济效益，也可以进一步降低政府和社会对于油气开采固体废物及剩余固相和回收的矿物油等的处理处置支出。

5.2 环境效益分析

本标准针对油气开采固体废物收集、贮存、转移、利用、处置全过程的排污节点和关键污染环节提出了具体的污染控制技术要求，并按照水基岩屑、含油废物、剩余固相和回收的矿物油的不同利用处置过程提出相应的污染控制技术要求，明确了各类废物在井场铺垫和道路铺设、制备烧结砖或陶粒以及热脱附、热裂解、溶剂萃取、化学热洗、水泥窑协同处置等过程的污染防治技术措施，将有利于企业根据实际情况采取相应的环境保护措施，防范环境风险。此外，本标准鼓励将具有综合利用价值的废物进行综合回收，既减少油气开采固体废物堆存的压力，也减少了不恰当利用方式的环境风险，环境效益显著。