

四川省地方标准
《油气开采含油污泥综合利用后剩余固相
处置利用技术标准》
编制说明

二〇二〇年九月

目 录

一、项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 起草单位、协作单位.....	1
1.3 工作过程.....	1
二、标准制定的必要性.....	3
三、标准编制基本思路.....	5
四、国内外相关标准及技术要求.....	6
4.1 国内相关标准及技术要求.....	6
4.2 国外相关标准及规定.....	8
五、四川省油气开采含油污泥特征及其处置利用现状.....	11
5.1 四川省含油污泥的主要来源.....	11
5.2 四川省含油污泥的基本性质和主要特点.....	12
5.3 四川省含油污泥处置利用现状.....	19
六、标准主要内容及确定依据.....	23
6.1 标准题目的确定.....	23
6.2 标准适用范围确定.....	24
6.3 规范性引用文件的确定.....	25
6.4 术语与定义的确定.....	25
6.5 标准基本原则的确定.....	26
6.6 污染物指标和限值的确定.....	27
6.7 处置利用技术要求的确定.....	36
6.8 监测的确定.....	49

6.9 实施与监管的确定.....	52
七、标准可达性分析.....	53
7.1 技术可达性分析.....	53
7.2 经济可达性分析.....	54
八、重大分歧意见的处理依据和结果.....	54
九、贯彻标准的措施建议.....	54
9.1 技术措施.....	54
9.2 管理措施.....	54
9.3 实施方案.....	55
十、预期效益分析.....	55
10.1 经济效益.....	55
10.2 环境效益.....	55

一、项目背景

1.1 任务来源

随着四川省油气开采，特别是页岩气等新兴油气领域的快速发展，油气开采含油污泥及其综合利用后剩余固相的处置利用受到越来越广泛的关注。为了规范和指导四川省油气开采含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用，有效控制含油污泥综合利用后剩余固相产生的环境风险，同时促进行业健康发展，四川省生态环境厅提出制定油气开采含油污泥及其综合利用后剩余固相的相关处理处置和利用技术标准，标准名称初步定为“油气开采含油污泥处置利用技术标准”。该标准编制任务于2019年10月在四川省市场监督管理局立项，2020年9月经技术审查会专家、生态环境厅相关处室与标准编制单位多方讨论，最终决定将标准名称修改为“油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准”。

1.2 起草单位、协作单位

标准起草单位为四川省生态环境科学研究院，协作单位为四川省固体废物与化学品管理中心，中国石油西南油气田分公司和中国石油集团川庆钻探工程有限公司。

1.3 工作过程

2019年10月14日，四川省市场监督管理局下发了川市监函〔2019〕1029号文《四川省市场监督管理局关于下达2019年度地方标准增补立项计划的函》，“四川省油气开采含油污泥处置利用技术标准”作为2019年四川省地方标准正式立项，其中归口单位为省生态环境厅，起草单位为四川省生态环境科学研究院。

在“四川省油气开采含油污泥处置利用技术标准”立项后，四川省生态环境科学研究所对接生态环境部固体废物与化学品管理中心、中国环境科学研究院土固所、中国石油大学等部门和单位；并与四川省生态环境厅法规与标准处、固体

废物处、四川省固体废物与化学品管理中心、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司和中国石油集团川庆钻探工程有限公司组成标准编制工作组。

标准编制工作组在已有的工作基础上对四川省油气开采含油污泥的产生、处理处置和综合利用现状情况进行了进一步调研，现场调研了包括中石油西南油气田、中石油川庆钻探工程有限公司、中石油长城钻探工程有限公司等油气开采企业，以及宜宾华洁环保工程有限责任公司、内江瑞丰环保科技有限公司等处理处置和综合利用企业。并对典型含油污泥和主要处理处置、综合利用过程中产生的固体废弃物进行了采样分析。经数据整理和资料收集，结合国内外同类标准相关经验，形成了《四川省油气开采含油污泥处置利用技术标准》及编制说明草案。

2020年8月，标准编制组完成了《四川省油气开采含油污泥处置利用技术标准》及编制说明征求意见稿，并在四川省生态环境厅及其直属单位征求意见。2020年9月召开标准征求意见稿技术审查会，会上经技术审查会专家、生态环境厅相关处室与标准编制单位多方讨论，最终决定将标准名称修改为《油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准》。

本标准的主要工作过程如下：

（1）2019年10月-12月

本标准于2019年10月在四川省市场监督管理局立项后，即成立标准编制工作组。标准编制工作组首先查阅和收集了国内外现有的各类相关标准和文献资料，比较了国内各省市同类标准与国外主要同类标准。制定了本标准编制的基本工作方案，包括调研方案、采样检测方案和标准编制方案等。

（2）2020年1月-6月

本标准在初步完成调研和采样检测的基础上，形成了标准和编制说明初稿，并召开两次专家咨询会和多次编制组内部咨询会，同时积极与四川省生态环境厅和相关企事业单位对接，广泛征求各方面意见建议，在进一步修改完善后，形成标准和编制说明征求意见稿。

（3）2020年6-9月

本标准在经两次专家咨询会和多次编制组内部咨询会后修改完成标准征求意见稿，2019年8月标准在四川省生态环境厅及其直属单位征求内部意见，并于2020年9月初完成内部意见征求，进一步修改完善标准及编制说明征求意见稿。

在此基础上，于2020年9月上旬召开标准技术审查会，会上讨论决定将标准名称修改为“油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准”，标准征求意见稿通过技术审查会。

(4) 2020年9-

标准公开征求意见。

二、标准制定的必要性

我国是石油天然气消费大国，石油天然气进口量位居世界第一，2018年我国进口原油4.6亿吨，对外依存度达70.9%，天然气进口量1254亿立方米，对外依存度升至45.3%。石油天然气大量依靠进口对我国的能源安全造成了严重隐患，为了降低石油天然气对外依存度，石油天然气开采特别是页岩气等新兴能源开采已成为稳定我国能源供应，保障能源安全的重要基石。

四川盆地地区页岩气储量丰富，位居全国前列，截至2018年，我省已探明页岩气资源储量为27.50万亿 m^3 ，占全国的20.46%，页岩气可采资源量4.42万亿 m^3 ，占全国的17.67%，资源量和可采资源量均居全国第一。但页岩气的开发过程也面临很多环境问题，其中尤以页岩气开采过程中产生的油基泥浆、油基岩屑等含油污泥的处理处置问题最为突出。我省每年页岩气等油气开采产生含油污泥约20万吨，不当处置将对生态环境构成严重威胁。

含油污泥已被列入《国家危险废物名录》（2016年版），废物类别为HW08废矿物油与含矿物油废物，废物代码072-001-08和071-002-08。含油污泥含油量可达10~30%，除此之外，还含有多环芳烃等有机污染物和其他重金属杂质（如砷、铬、铅等），一旦进入环境将对土壤、水体等造成严重污染。目前，油气开采含油污泥的处理处置问题已经成为困扰和制约石油天然气行业发展的关键问题，含油污泥的处理处置问题已经成为关系国家能源安全、行业发展、生态文明与人民健康的重要问题。

目前，含油污泥的综合利用项目已经在我省成都、宜宾、内江市等地均有开展，主要是利用回转窑集中焚烧、水泥窑协同处置、高温热解、化学热洗和热浴-萃取分离等技术进行综合利用。但由于国家尚未出台含油污泥及其综合利用后

剩余固相的污染控制标准和相关技术规范，省级部门在含油污泥综合利用后剩余固相的属性鉴别、技术审查、行政审批和监督管理过程中，尚缺乏指导政策，致使含油污泥及其综合利用后剩余固相的处置利用受到严重影响，这已成为制约我省页岩气行业发展的瓶颈问题之一。

现行危险废物目录要求将含油污泥作为危险废物进行管理，2019年以前危险废物管理相关办法要求含油污泥综合利用后剩余固相仍需作为危险废物进行管理和处理处置。2019年新颁布的《危险废物鉴别标准 通则》规定“具有毒性危险特性的危险废物利用过程产生的固体废物，经鉴别不再具有危险特性的，不属于危险废物。除国家有关法规、标准另有规定的外，具有毒性危险特性的危险废物处置后产生的固体废物，仍属于危险废物”。这在一定程度上放宽了对含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用限制，但在执行过程中仍然存在很多实际的限制和问题。这在很大程度上限制了含油污泥及其综合利用后剩余固相的处置利用，并制约了我省页岩气行业的发展。针对类似的问题，我国新疆维吾尔自治区、陕西省、辽宁省等油气田开发程度较大的区域已制定和发布了含油污泥及其剩余固相的污染控制和综合利用标准。

四川省省委省政府高度关注页岩气开采和利用过程中的环境问题，同时我省在页岩气钻井固体废物的处理处置和综合利用方面积累了大量实践经验；在这一方面，我省既要规范对油气开采含油污泥及其综合利用后剩余固相的处置利用进行规范和约束，也要坚守含油污泥及其综合利用后剩余固相安全利用的环境底线。

因此，有必要结合近年来国内外油气行业和含油污泥及其综合利用后剩余固相在处置利用方面的新发展和新政策，编制满足环境和社会发展要求，符合行业发展需要，技术上先进可靠，实践上切实可行，并且适合四川省发展实际情况和需求的含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用技术标准，为四川省油气开采含油污泥的综合利用后剩余固相的处置利用提供指导和规范。考虑到以上情况，四川省生态环境厅提出制定四川省地方标准《油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准》。

三、标准编制基本思路

本标准的编制思路如下图所示。

首先对标准适用范围和含油污泥进行定义，规定适用于本标准的含油污泥主要为废弃钻井泥浆及岩屑。

根据含油污泥中是否含有持久性有机污染物（POPs），对含油污泥进行分类，对于含有POPs的含油污泥综合利用后的剩余固相标准规定其不能采用本标准规定的处置利用方式。

对于不含有POPs的含油污泥，标准规定其综合利用后剩余固相的污染物标准限值，当综合利用后剩余固相达到标准限值时可采用本标准规定的处置利用方式；对于不能标准要求的含油污泥综合利用后剩余固相，仍然按照现行的危险废物要求进行处理处置。

标准规定综合利用需达到的指标限值、处置利用方式、技术要求和污染控制要求。

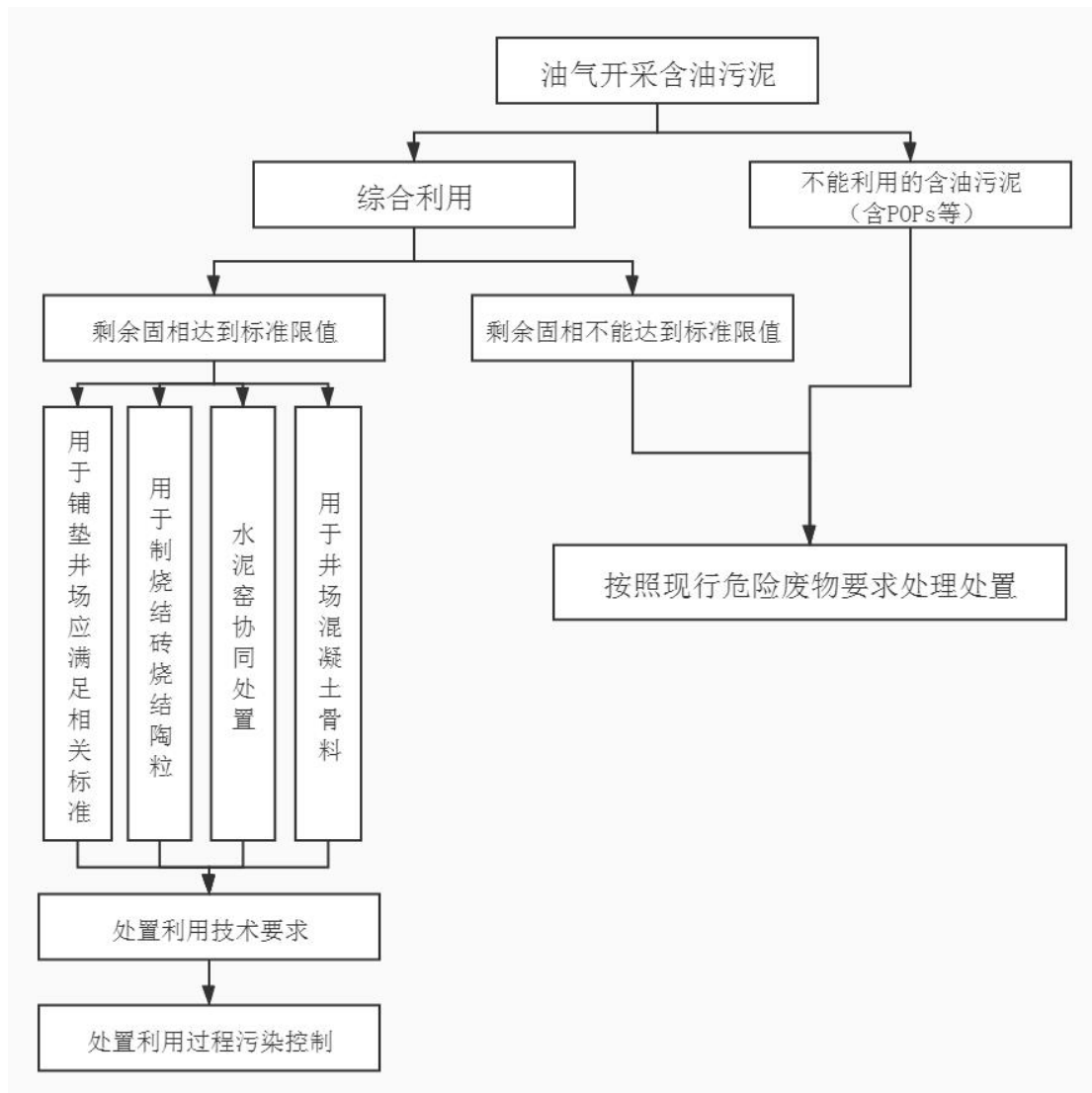


图 3-1 标准编制基本思路

四、国内外相关标准及技术要求

4.1 国内相关标准及技术要求

国内同类标准主要有能源部《陆上石油天然气开采钻井废物处置污染控制技术要求》(SY/T 7298-2016)、《陆上石油天然气开采含油污泥资源化综合利用及污染控制技术要求》(SY/T 7301-2016), 黑龙江省《油田含油污泥综合利用污染控制标准》(DB23/T 1413-2010), 新疆维吾尔自治区地方标准《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》(DB 65/T3997-2017)、《油气田含油污泥综合利用污染控制要求》(DB 65/T3998-2017)、《油气田含油污泥及钻井固体

废物处理处置技术规范》(DB 65/T3999-2017)及2019年的修改稿,陕西省地方标准《含油污泥处置利用控制限值》(DB 61/T 1025-2016),吉林省地方标准征求意见稿《油田废弃油土综合利用污染控制》,以及辽宁省地方标准征求意见稿《陆上油气田含油污泥处理后剩余固相污染物控制标准(试行)》、重庆地方标准《重庆市页岩气勘探开发行业环境保护指导意见(试行)》、《重庆市水泥窑协同处置危险废物行业环境管理指南(推荐)》及《重庆市页岩气开采行业固体废物环境管理指南(推荐)》等。国内相关地方标准中含油污泥及其处理后剩余固相处置利用方式及含油量限值比较如下表所示。

表 4-1 国内地方标准中含油污泥及其处理后剩余固相处置利用方式及含油量限值比较

地区	地方标准	处理利用方式	含油量限值
能源部	《陆上石油天然气开采钻井废物处置污染控制技术要求》	填埋	3%
	《陆上石油天然气开采含油污泥资源化综合利用及污染控制技术要求》	垫井场和井场道路	2%
黑龙江	《油田含油污泥综合利用污染控制标准》	垫井场和井场道路	2%
		建设农用	0.3%
陕西	《含油污泥处置利用控制标准》	垫井场和等级公路建设	1%
		工业生产原料	2%
新疆	《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》	垫井场和井场道路建设	1%
	《含油污泥综合利用污染控制要求》		2%
	《油气田含油污泥及钻井固体废物处理处置技术规范》	填埋	
重庆	《重庆市页岩气勘探开发行业环境保护指导意见(试行)》	无害化填埋 水泥窑协同处置	2% 热灼减率<10%
	《重庆市页岩气开采行业固体废物环境管理指南(推荐)》		
	《重庆市水泥窑协同处置危险废物行业环境管理指南(推荐)》		

地区	地方标准	处理利用方式	含油量限值
吉林	《油田废弃油土综合利用污染控制》（征求意见稿）	型煤	25%
		制砖	5%
		井场土方工程	2%
辽宁	《陆上油气田含油污泥处理后剩余固相污染物控制标准（试行）》（征求意见稿）	作为第二类用地的建设用土 （绿地与广场用地除外）	0.45%
		非烧结砖	2%
		油气田作业区通井路、垫井场	2%

4.2 国外相关标准及规定

国外对于油田开采含油污泥污染控制标准的制定起步较早，包括加拿大《关于上游石油工业油田废物管理要求》、美国《石油和天然气勘探和生产废料联邦危险废物豁免条例》、《石油天然气勘探与生产行业涉及池、罐和土地应用的废物自愿管理实践汇编》、《美国溢油清洁度等级的指导原则》以及欧盟部分国家制定的含油污泥筑路、填埋等污染控制标准等。

（1）美国

美国对于含油污泥的限制值提法多采取总石油烃（TPH）和苯类（BTEX）物质而非含油量，美国环保署（EPA）对危险和固体废物的处理以及土地处置提出了一般的要求，各个州也根据自己的实际情况制定了相应的法规或指导原则。美国国会颁布的《危险废物和固体废物修正案》（HSWA）规定了含油污泥填埋场设计要求。美国石油协会（API）及各州对含油污泥填埋总石油烃（TPH）含量提出要求，美国环保署也大力提倡水泥窑处置固体废弃物；此外，美国加利福尼亚州对用于筑路的含油污泥，含油量限值规定为5%。目前，由于政策的影响，美国许多州已禁止含油污泥填埋，部分州对于含油污泥进入填埋场或土壤的要求如下表所示。

表 4-2 美国含油污泥进入填埋场或土壤的要求

地区	总石油烃 (TPH)		
美国石油协会	自然黏土	产油区	
	<2%	>2%	
怀俄明州油气保护委员会	非临界区域	临界区域	
	<1%	0.1~1%	
犹他州	低敏感区	高敏感区	
	1%	0.003%-1%	
俄克拉荷马州 《TPH指导准则》	不需处理	垃圾填埋场	设防护层及沥青液收集系统的垃圾填埋场
	<0.005% (无BTEX)	<0.1%	>0.1%
蒙大拿州	5%		
马萨诸塞州	0.5%		
佐治亚州	0.01%		

(2) 加拿大

加拿大主要产油区位于阿尔伯塔省, 该省修订和颁布了包括《阿尔伯塔省 一类 土壤和地下水修复准则》、《阿尔伯塔省 二类 土壤和地下水修复准则》和 050 指令《钻井废物管理》、058 指令《关于上游石油工业油田废物管理要求》等标准, 针对不同的土壤用途 (包括自然区、农业用地、居住用地、商业用地和工业用地) 分别提出了石油烃含量限值要求。标准对于石油烃按照含碳数划分为 F1-F4, 除对F1-F4各馏分含量做出限值以外, 标准还专门针对重金属、苯系物、多环芳烃、卤代脂肪族化合物、氯化芳烃、农药及其他有机化合物的含量提出限值要求, 对含油污泥的土地利用要求见下表。

表 4-3 加拿大含油污泥土地利用含油量限值 (mg/kg)

标准	馏分	农业		居住		公园		商用		工业	
		粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒
CCEM	C ₆ -C ₁₀	30	210	30	210	30	210	320	320	320	320

标准	馏分	农业		居住		公园		商用		工业	
		粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒	粗粒	细粒
	C ₁₀ -C ₁₆	150	150	150	150	150	150	260	260	260	260
	C ₁₆ -C ₃₄	300	1300	300	1300	300	1300	1700	2500	1700	2500
	> C ₃₄	2800	5600	2800	5600	2800	5600	3300	6600	3300	6600
	TPH	2800	5600	2800	5600	2800	5600	3300	6600	3300	6600
指南58	TPH	20000									

加拿大阿尔伯塔省颁布的058 指令《关于上游石油工业油田废物管理要求》规定了油田废物用于铺路时总石油烃（TPH）限值为5%，而阿尔伯塔省能源利用委员会对于含油污泥铺路的总石油烃（TPH）限值为2%-5%。加拿大阿尔伯塔能源利用委员会提出石油工业应该符合最新的能够接受的总石油烃（TPH）标准规定，使油田废弃物能够用不同类型的垃圾填埋场处置，其具体规定如下。

表 4-4 加拿大含油污泥进入填埋场要求

垃圾填埋设计类型(II类)	TPH 含量水平
工程粘土或合成防护层，有沥出液收集和去除系统	无限制
工程粘土或合成防护层，没有沥出液收集和去除系统	<3%
自然粘土防护层	<2%
工业垃圾填埋场	<3%, C ₃₂ 以上含量高或者固体保护细微颗粒可>3%
不可填埋	钻井泥浆含精制烃（C ₅ -C ₁₈ ）>0.5%

（3）欧盟

欧盟国家早期对含油污泥的处理多以排入土壤为主，但欧盟颁布《欧洲议会环境保护污泥农用土地保护法令》后对含油污泥进入土壤进行了严格规定，欧盟各国也都制定了相关标准规范含油污泥处置。如荷兰要求土壤中的油含量小于0.001%；法国对于降水量较高、属于湿地的地区要求土壤中含油小于0.5%，对于旱地小于2%；丹麦对于含油污泥的处理要求较严格，要求土壤中的含油量应小于0.1%。

欧盟颁布的《固体废弃物土地填埋法令》（1999/31/EC）规定有机物含量大于5%的污泥禁止填埋，法国、德国等国均已全面禁止污泥填埋。欧盟制定了完备的水泥窑处置标准，规定了不同用途的废物及其在熟料、水泥中重金属限值和大气污染物排放限值，同时各国制定了符合本地区的水泥窑协同处置标准，具体比较如下表所示。

表 4-5 各国含油污泥水泥窑处置重金属限值对比 mg/kg

标准	用途	Hg	Cd	Ni	Cr	Pb	Cu	Zn
欧盟	替代燃料	/	10	200	200	200	200	500
西班牙	替代燃料	10	100	/	/	/	/	/
	替代原料	10	100	/	/	/	/	/
比利时	替代燃料	5	70	1000	1000	1000	1000	5000
奥地利	接受废物	2	20	/	300	800	500	/
德国	接受废物	30	4	30	50	150	180	/
中国 GB 30760-2014	入窑生料	/	1	66	98	67	65	361

（4）亚洲

亚洲各国家对含油污泥的处置要求也不尽相同，如新加坡要求含油污泥含油量小于1%即可进行填埋处理；中东地区卡塔尔要求进入土壤的含油污泥含油量应小于0.1%，巴林群岛和迪拜要求小于1%，沙特阿拉伯要求小于5%。日本大力发展水泥窑协同处置含油污泥，水泥行业将含油污泥作为替代燃料，焚烧灰作为替代原料制生态水泥。《生态水泥》（JISR 5214-2009）中规范了水泥中有害物质限值，但未对入窑废物有害物质进行规范。

五、四川省油气开采含油污泥特征及其处置利用现状

5.1 四川省含油污泥的主要来源

2013-2017年，四川省生态环境厅负责技术审查的页岩气钻井项目约为 455

个，主要涉及 9 家建设单位，其中以中国石油化工股份有限公司和中国石油天然气股份有限公司为主。5 年中，全省已实施开采的页岩气项目约 200 个，每个项目平均 6 口井，按照每口井 500 吨含油污泥计算，已批复开采的项目约产生 60 万吨含油污泥。每个项目按生产时效 5 年计算，平均每年产生含油污泥约 12 万吨。

根据规划，2017-2022 年四川省页岩气开采的企业仍将以中石油、中石化为主，预计开采项目约 300 个；以每个项目平均 6 口井计算，共计约 1800 口井（中石油约 1300 口井，中石化约 500 口井）。其他 7 家企业与过去五年相当，预计开采项目共约 30 个；以每个项目平均 6 口井计算，共计约 180 口井。据此推算，未来五年，四川省页岩气开采企业井场总数预计为 2000 口；按照每口井 500 吨含油污泥计算，已批复开采的项目约产生 100 万吨含油污泥；每个项目按生产时效 5 年计算，平均每年产生含油污泥约为 20 万吨。

5.2 四川省含油污泥的基本性质和主要特点

项目组对四川省油气开采含油污泥的产生、基本性质和主要特点进行了调研、采样和检测分析，部分数据如下。

表 5-1 四川省典型含油污泥中主要重金属和石油烃数据 (mg/kg)

污染物指标	含油污泥 -A1	含油污泥 -A2	含油污泥 -A3	含油污泥 -A4	含油污泥 -A5	含油污泥 -A6	含油污泥 -A7
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	47441	126433	107156	153279	113450	97699	94555
As	14.4	16.7	7.1	27.9	4.3	/	/
Ba	74212.6	64186.5	62951.7	70055.0	51138.0	55352.0	67170.3
Mn	615.2	594.5	544.2	596.7	311.6	437.4	472.8
Fe	20755.8	18140.9	25251.3	21475.1	15303.8	13891.8	14052.2
Co	/	/	/	/	/	/	/
Ni	44.4	32.1	53.6	32.8	46.9	41.7	44.2
Zn	397.9	548.5	288.6	454.5	249.2	161.5	269.6
V	67.5	52.7	82.7	76.1	82.6	100.3	238.1
Cr	37.6	27.3	56.3	52.5	39.6	60.0	56.8
Cu	37.7	38.8	33.8	36.1	44.5	42.8	40.7
Sb	11.1	13.0	11.2	8.0	/	/	3.1
Pb	422.0	727.7	266.9	453.0	252.8	112.4	141.8
Hg	0.47	0.63	0.56	0.39	0.45	0.28	0.80
Cd	/	/	/	/	/	/	/

污染物指标	含油污泥 -A1	含油污泥 -A2	含油污泥 -A3	含油污泥 -A4	含油污泥 -A5	含油污泥 -A6	含油污泥 -A7
Ag	/	/	/	/	/	/	/
Se	/	/	/	/	/	/	/
Be	/	/	/	/	/	/	/

*/表示低于检出限

表 5-2 四川省典型含油污泥浸出液中主要重金属数据 (mg/L)

样品	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥	含油 污泥
	-A1	-A2	-A3	-A4	-A5	-A6	-A7	-A1	-A2	-A3	-A4	-A5	-A6	-A7
浸出	水浸							酸浸						
As	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ba	1.52	1.01	0.61	0.28	1.03	1.38	0.31	0.92	0.31	0.2	0.11	0.27	0.5	0.25
Mn	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Co	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.01	/
Ni	0.01	/	/	/	/	/	/	/	0.03	0.02	/	0.01	0.01	0.04
Zn	/	0.02	/	/	/	/	/	/	0.03	/	0.01	/	/	0.04
V	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.01	/	/	/	0.01
Cr	/	0.01	/	/	/	/	/	/	0.02	0.01	0.01	0.01	/	/
Cu	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.01	/	/	/	/
Sb	/	0.01	/	/	0.01	0.01	/	0.01	0.01	/	/	0.01	0.01	/
Pb	0.03	0.54	/	0.01	/	/	/	/	0.57	/	/	/	0.02	0.02
Cd	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ag	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Se	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Be	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Hg	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
六价铬	0.027	0.023	0.018	0.016	0.023	0.027	/	0.011	0.040	0.015	0.015	0.093	0.026	/
pH	12.5	12.76	7.89	8.11	7.74	12.49	11.46							

*/表示低于检出限

从以上四川省典型含油污泥的石油烃(C₁₀-C₄₀)数据来看, 所采集样品的石油烃(C₁₀-C₄₀)均大于建设用地土壤污染风险管控标准第二类用地污染风险管制值(9000mg/kg, 0.9%), 最高达到 15%, 最低也在 5%左右, 这表明一方面各地及各企业的含油污泥含油量存在一些差异, 另一方面含油污泥含油量均较高, 具有较高的环境风险, 石油类物质也是含油污泥具有的主要污染物。

从重金属数据来看，所采集样品的各主要重金属含量均较低，均小于建设用地土壤污染第二类建设用地筛选值要求，显示含油污泥中重金属不具有较高环境风险。在以上样品中钡含量较高，这主要是由于油气开采工艺中采用重晶石等物质造成的。从样品浸出液（酸浸、水浸）中重金属含量来看，所采集的含油污泥浸出液重金属含量均较低，低于危险废物和 I 类工业固体废物对于浸出液中重金属含量的要求，显示这些含油污泥中重金属的溶出迁移性较差。从样品 pH 来看，一般含油污泥 pH 在 7-8 左右，但部分样品 pH 较高，呈明显碱性，这主要是由于部分企业为方便运输储存，对部分含油污泥加入了石灰等物质进行固化处理。

项目组对以上采集的含油污泥样品及其浸出液中部分有机物进行检测，部分数据如下。

表 5-3 四川省典型含油污泥中部分有机物数据 (mg/kg)

污染物指标	含油污泥-A1	含油污泥-A2	含油污泥-A3	含油污泥-A4	含油污泥-A5	含油污泥-A6	含油污泥-A7
四氯化碳	/	/	/	/	/	/	/
氯仿	/	/	/	/	/	/	/
氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
1,1-二氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
1,2-二氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
1,1-二氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
顺-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
反-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
二氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
1,2-二氯丙烷	/	/	/	/	/	/	/
1,1,1,2-四氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
1,1,1,2-四氯乙烷	/	0.22	/	0.21	0.39	/	/
四氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
1,1,1-三氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
1,1,2-三氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
三氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
1,2,3-三氯丙烷	/	/	/	0.24	/	/	0.15
氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
苯	/	/	/	/	/	/	/
氯苯	/	/	/	/	/	/	/
1,2-二氯苯	/	/	/	/	/	/	/
1,4-二氯苯	/	/	/	/	/	/	/
乙苯	/	/	/	/	0.18	/	/
苯乙烯	/	/	/	/	/	/	/

污染物指标	含油污 泥-A1	含油污 泥-A2	含油污泥 -A3	含油污泥 -A4	含油污泥 -A5	含油污 泥-A6	含油污 泥-A7
甲苯	/	/	/	/	/	/	/
间二甲苯+对二甲苯	/	0.05	/	/	0.36	/	/
邻二甲苯	/	0.07	/	/	0.43	/	/
硝基苯	/	/	/	/	/	/	/
2-氯酚	/	/	6.75	/	/	/	/
苯并[a]蒽	/	/	0.38	/	/	/	0.02
苯并[a]芘	/	/	0.63	/	/	/	/
苯并[b]荧蒽	/	/	0.32	/	/	0.47	0.01
苯并[k]荧蒽	/	/	0.63	/	/	/	/
蒽	/	/	0.81	0.05	/	/	0.02
二苯并[a, h]蒽	/	/	0.1	/	/	/	/
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	0.09	/	/	/	/
萘	0.23	1.13	1.74	4.67	0.46	/	/
一溴二氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
溴仿	/	/	/	/	/	/	/
二溴氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
1,2-二溴乙烷	/	/	/	/	/	/	/
六氯环戊二烯	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二硝基甲苯	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二氯酚	/	/	/	/	/	/	/
2,4,6-三氯酚	/	/	2.68	10.84	/	/	/
2,4-二硝基酚	0.54	/	/	/	/	/	/
五氯酚	/	/	4.93	10.99	/	/	/
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	/	7.89	/	/	8.24	5.28	/
邻苯二甲酸丁基苄酯	/	/	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二正辛酯	/	/	/	/	0.28	/	/
邻苯二甲酸二正丁酯	/	/	/	/	/	/	2.08
苯酚	/	/	/	/	1.07	2.95	/
2-硝基酚	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二甲酚	/	/	/	/	/	/	/
4-氯酚	6.15	6.48	206.97	55.9	3.62	28.29	11.36
4-硝基酚	/	/	/	/	/	/	/
2-甲基-4,6-二硝基酚	/	/	/	/	/	/	/
蒎烯	/	/	/	/	/	/	/
蒎	/	/	/	/	/	/	/
芴	/	/	/	/	/	/	/
菲	/	/	0.36	0.13	/	/	/
蒽	/	/	0.86	/	/	/	6.22
荧蒽	/	/	0.08	/	/	/	/

污染物指标	含油污 泥-A1	含油污 泥-A2	含油污泥 -A3	含油污泥 -A4	含油污泥 -A5	含油污 泥-A6	含油污 泥-A7
苈	/	/	0.57	0.06	2.26	/	/
苯并[ghi]花	/	/	0.29	/	/	/	/
二氯二氟甲烷	/	/	/	/	/	/	/
溴甲烷	/	/	/	/	/	/	/
氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
三氯氟甲烷	/	/	/	/	/	/	/
2,2-二氯丙烷	/	/	/	/	/	/	/
溴氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
二溴甲烷	/	/	/	/	/	/	/
1,3-二氯丙烯	/	/	/	/	/	/	/
1,3-二氯丙烷	/	/	/	/	/	/	/
异丙苯	/	/	/	/	0.14	/	/
溴苯	/	/	/	0.07	/	/	/
正丙苯	/	/	/	/	0.56	/	/
2-氯甲苯	/	/	/	/	0.17	/	/
1,3,5-三甲基苯	/	0.19	/	/	1.58	/	/
4-氯甲基苯	/	/	/	/	0.24	/	/
叔丁基苯	/	0.1	/	/	0.86	/	/
1,2,4-三甲基苯	/	0.72	/	0.14	5.68	0.12	/
仲丁基苯	/	/	/	/	0.35	/	/
1,3-二氯苯	/	/	/	/	/	/	/
4-异丙基甲苯	/	/	/	/	0.37	/	/
正丁基苯	/	0.17	/	/	0.74	/	/
1,2-二溴-4-氯丙烷	/	/	/	/	0.24	/	/
1,2,4-三氯苯	/	/	/	/	/	/	/
六氯丁二烯	/	/	/	/	/	/	/
1,2,3-三氯苯	/	/	0.05	0.07	0.09	0.2	0.29
N-亚硝基二甲胺	/	/	/	/	/	/	/
双(2-氯乙基)醚	/	/	/	/	/	/	/
2-甲基酚	/	/	/	/	/	/	/
二(2-氯异丙基)醚	/	/	/	/	/	/	/
六氯乙烷	/	/	/	/	/	/	/
N-亚硝基二正丙胺	/	/	/	/	/	/	/
4-甲基酚	/	/	/	/	/	/	/
异佛尔酮	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二甲基酚	/	/	/	/	/	/	/
二(2-氯乙氧基)甲烷	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二氯酚	/	/	/	/	/	/	/
4-氯苯胺	/	/	/	/	/	/	/
4-氯-3-甲基酚	/	/	/	/	/	/	/

污染物指标	含油污泥-A1	含油污泥-A2	含油污泥-A3	含油污泥-A4	含油污泥-A5	含油污泥-A6	含油污泥-A7
2-甲基萘	4.70	3.23	/	/	13.58	4.70	3.23
2,4,5-三氯酚	/	/	/	/	/	/	/
2-氯萘	/	/	/	/	/	/	/
2-硝基苯胺	/	/	/	/	/	/	/
蒗烯	/	/	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二甲酯	/	/	/	/	/	/	/
2,6-二硝基甲苯	/	/	/	/	/	/	/
3-硝基苯胺	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二硝基酚	0.54	/	/	/	/	/	/
二苯并呋喃	/	/	/	/	/	/	/
2,4-二硝基甲苯	/	/	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二乙酯	/	/	/	/	/	/	/
4-氯苯基苯基醚	/	/	/	/	/	/	/
4-硝基苯胺	/	/	/	/	/	/	/
4,6-二硝基-2-甲基酚	/	/	/	/	/	/	/
偶氮苯	/	/	/	/	/	/	/
4-溴二苯基醚	/	/	/	/	/	/	/
咔唑	/	/	/	/	/	/	/

*表示低于检出限

表 5-4 四川省典型含油污泥酸浸液中部分有机物数据 (mg/L)

污染物指标	含油污泥-A1	含油污泥-A2	含油污泥-A3	含油污泥-A4	含油污泥-A5	含油污泥-A6	含油污泥-A7
六氯苯	/	/	/	/	/	/	/
硝基苯	/	/	/	/	/	/	/
五氯酚	/	/	/	/	/	/	/
苯酚	0.11	0.03	/	/	0.54	/	/
2,4-二氯苯酚	0.03	0.13	/	/	0.09	/	/
2,4,6-三氯苯酚	0.06	0.04	0.02	0.04	0.10	/	/
苯并[a]芘	/	0.0128	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二正丁酯	/	/	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二正辛酯	/	/	/	/	/	/	/
苯	/	/	/	/	/	/	/
甲苯	/	/	/	/	/	/	/
乙苯	/	/	/	/	/	/	/
二甲苯	/	/	/	/	/	/	/
氯苯	/	/	/	/	/	/	/

污染物指标	含油污泥 -A1	含油污泥 -A2	含油污泥 -A3	含油污泥 -A4	含油污泥 -A5	含油污泥 -A6	含油污泥 -A7
1,2-二氯苯	/	/	/	/	/	/	/
1,4-二氯苯	/	/	/	/	/	/	/
丙烯腈	/	/	/	/	/	/	/
三氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/
四氯化碳	/	/	/	/	/	/	/
三氯乙烯	/	/	/	/	/	/	/
2-氯酚	/	/	/	/	/	/	/
3-甲酚	/	0.05	/	/	/	/	/
2-硝基酚	/	/	0.12	/	/	/	/
2, 4-二甲酚	/	/	/	/	/	/	/
4-氯酚	0.57	7.75	53.20	20.49	0.08	/	/
4-氯-3-甲酚	0.05	/	/	/	/	/	/
2, 4-二硝基酚	/	/	/	/	/	/	/
4-硝基酚	0.12	0.20	/	0.10	/	/	/
2-甲基-4, 6-二硝基酚	/	0.14	/	/	/	/	/
萘	/	/	/	/	/	/	/
蒽烯	/	/	/	/	/	/	/
蒽	0.0042	/	/	0.0033	0.0653	/	/
芴	/	/	/	/	0.01	/	/
菲	/	/	/	/	/	/	/
蒽	/	/	/	/	/	/	/
荧蒽	/	/	/	/	0.0043	/	/
芘	/	0.0046	/	/	0.1384	0.0089	/
苯并[a]蒽	/	/	/	/	/	/	/
屈	/	/	/	/	/	/	/
苯并[b]荧蒽	/	/	/	/	/	/	/
苯并[k]荧蒽	/	/	/	/	/	/	/
二苯并[a,h]蒽	/	/	/	/	/	/	/
苯并[ghi]花	/	/	/	/	/	/	/
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	/	/	/	/	/

*表示低于检出限

从以上数据来看，本次采集的含油污泥样品中含量相对较高的有机物包括4-氯酚、五氯酚、2,4,6-三氯酚、2-氯酚、2-甲基萘、萘、1,2,4-三甲基苯、邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯等，部分样品中这些有机物的含量超过1mg/kg，其中在A3、A4两个样品中4-氯酚的含量最高，分别达到206.97 mg/kg和55.90 mg/kg；这两个样品中五氯酚含量也较高且超过了建设用地土壤污染风险管控标

准第二类用地污染风险筛选值（2.7mg/kg），这说明部分含油污泥中氯酚类物质含量较高。此外，萘、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三甲基苯等几种有机物在以上含油污泥样品中的检出率最高。综合来看，虽然除部分样品中五氯酚超过建设用地二类筛选值外，其它主要有机物含量均不超过建设用地土壤污染风险管控标准第二类用地污染风险筛选值，但部分有机物含量检出率高且具有一定的浓度含量，如1,2,3-三氯丙烷，其浓度达到建设用地二类筛选值要求的约二分之一。

从上述样品浸出液中部分有机物含量来看，浸出液中包括4-氯酚、2,4,6-三氯酚、萘等有机物检出率较高；与含油污泥中情况类似，浸出液中4-氯酚含量也较高，以上样品中最高达到了53.2mg/L，但由于无相关标准限值，对此类有机物的环境风险判别尚且存在争议。另一个现象是部分含油污泥样品浸出液中有有机物检出种类较多，其中A2、A5两个样品检出有机物种类，明显多于其它种含油污泥，这说明不同含油污泥有机组成和有机物的溶出迁移性存在差异。值得注意的是，除A2样品浸出液中苯并[a]芘含量超过危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别标准值（0.0003 mg/L）外，检测的其它几种有机物均未出现明显超标现象，这说明大部分含油污泥中主要有机物的溶出迁移性较差，但仍需要注意苯并[a]芘等高毒性有机物的迁移性。

总的来说从以上含油污泥样品的含油量、重金属和有机物数据可以看到，含油污泥中主要污染物仍然是以石油烃类为主的石油类物质；重金属含量普遍较低，但由于工艺需要，含油污泥中钡的含量较高；有机物方面需要注意包括4-氯酚、五氯酚等氯酚类物质以及1,2,3-三氯丙烷、萘等物质可能的环境影响，还需要注意苯并[a]芘等物质的溶出迁移性和浸出毒性；此外，不同含油污泥的有机物种类和含量可能存在明显差异，但整体来看含量较低。

5.3 四川省含油污泥处置利用现状

截至2017年12月，四川省已有含油污泥集中处置利用中心3个，含油污泥处置利用能力约1.3万吨/年；已颁发四川省危险废物经营许可证的含油污泥处置利用企业3家，全省已具备约13万吨专业含油污泥处置利用能力；预计到2020年，新增含油污泥处置利用能力约9万吨/年；同时我省积极推进含油污泥水泥窑协同处置，已在德阳开展试点；综合来看，预计到2022年，我省含油污泥处

置利用能力将达到 41 万吨，基本满足全省含油污泥处置需求。

表 5-5 四川省现有、在建和规划含油污泥处置利用能力表

类型	公司/地方	主要工艺	处置利用能力 (万吨/年)
现有含油污泥处 置利用能力	成都兴蓉环保科技有限公司	焚烧+物化处理	0.5
	攀枝花中节能公司	焚烧+物化处理	0.3
	眉山中明环保公司	焚烧+物化处理	0.5
已建成含油污泥 处置利用能力	内江瑞丰环保公司	焚烧+资源化利用	3
	宜宾华洁环保公司	热浴+隔油+利用	9.6
	德阳一原环保/利森水泥公司	焚烧+水泥利用	0.4
全省危险废物处 置利用能力建设 布局	成都	焚烧+填埋	/
	南充	焚烧+填埋	1
	绵阳	焚烧+填埋	0.6
	遂宁	焚烧+填埋	4
	眉山	焚烧+填埋+物化	2
	宜宾	焚烧+物化	1
水泥窑试点地区 项目	德阳（成都平原）	协同处置	4.4
	自贡（川南）	协同处置	5
	绵阳（川北）	协同处置	/
	达州（川东）	协同处置	/
	泸州（川南）	协同处置	/

目前，我省正在使用的含油污泥综合利用技术主要有化学热洗技术、燃料化技术、热解技术、蒸汽喷射技术、常温溶剂萃取技术和微生物修复技术等，这些工艺技术主要被用于含油量在5-30%的含油污泥的资源化回收利用，大部分为钻采公司在井场进行综合利用。

针对含油量小于5%，特别是含油量小于2%的含油污泥，目前我省主要采用回转窑高温焚烧技术、水泥窑协同处置技术、高温裂解后焚烧残渣作为水泥添加原料、固化—填埋技术、气浮（热浴）—萃取技术等技术进行处置利用，大部分危废处置企业使用以上技术进行含油污泥处置利用。

在我国其他部分省市，除以上处置利用技术外，经处理和综合利用后的含油污泥剩余固相还被用于铺设井场和通井道路、作为工业生产原料、用于制砖制水泥以及作为混凝土掺配料等方式进行处置利用。但由于目前四川省对含油污泥及

其综合利用后剩余固相的管理要求不允许进行以上利用，四川省内尚未规模化开展相关处置利用工作。

表 5-6 四川省现有主要含油污泥处置利用技术比较

处理工艺	优点	缺点	典型企业	备注
回转窑集中焚烧	处理彻底、减量化明显	投资处理费用高，产生二次污染	成都兴蓉、攀枝花中节能、其他处置中心	未来主要建设内容
水泥窑协同处置	减量化彻底、处置成本低	存在争议，污染排放控制难度较大（如二噁英）	德阳一原环保/利森水泥	广元、内江、德阳、绵阳等地都已启动
高温热解	回收原油，处理彻底，残渣综合利用	设备能耗大，投资高	内江瑞丰环保公司	/
固化填埋	工艺简单、成本较低	未回收原油，需要专业填埋场，减量化水平低	眉山中明等危险废物处置中心	集中处置中心常用工艺
热浴分离	工艺简单、回收原油、效率较高	废渣量大，废渣鉴别难	宜宾华洁环保公司	/

(1) 焚烧

焚烧技术是指含油污泥在有过量氧和助燃剂存在的条件下完全燃烧从而实现减量化和无害化的过程，最常用的两种焚烧设备包括回转窑和流化床焚烧炉。一般来说，为了避免焚烧产生的二次污染，焚烧处理需要严格控制一系列的技术参数，包括焚烧炉出口烟气中的氧气含量应为6%-10%（干气），焚烧炉温度应大于或等于1100℃、停留时间应大于2s，焚烧残渣的热灼减率应小于5%。

含油污泥经焚烧处理后，许多有机物会被直接去除，体积会大幅减小，从而实现减量化和无害化。但该方法对处理温度以及回收装置的密闭性要求很高，燃烧残留物、逸出的气体污染物等需要配套系列的烟气净化和除尘设备，进料前需要对含油污泥进行脱水处理，成本也会相应增加。

目前我省建设的危险废物处置中心，基本上是以回转窑焚烧炉为主体设备。已有持证企业中，成都兴蓉、攀枝花中节能等公司使用该类工艺，内江瑞丰公司也使用该类工艺。

(2) 水泥窑协同处置

水泥窑协同处置是一种新型危险废物处置方法，是将含油污泥替代部分原料，利用水泥窑在进行水泥熟料生产的同时实现对含油污泥减量化和无害化处置的过程。该方法既能有效消除危险废物的有害成分，也能免除残渣的填埋需求，处置成本相对低廉。

水泥窑协同处置技术一方面对入窑含油污泥有一定的技术要求，包括其组成成分和稳定性，重金属以及氯、氟、硫等有害元素的含量等。同时，水泥窑协同处置技术同样需要对产生的废气等污染物进行处理，而生产的水泥产品也需要符合硅酸盐水泥相关质量标准以及固体废物相关标准。

我省已在德阳一原环保/利森水泥进行水泥窑协同处置含油污泥试点，该试点采取分散联合经营模式，已开始了持证经营活动。在未来两到三年内，全省还将有三到四家协同处置企业取得资质（广元海螺创业、内江星船城水泥等）。

(3) 高温热解

高温热解是在无氧或缺氧条件下对含油污泥进行高温分解的一种处理技术，一般高温热解温度在700~800℃，部分甚至高达1000℃以上，含油污泥中石油类物质的热解过程会通过断链反应和脱氢反应将较大分子的烃类转化为较小的分子，从而实现减量化和无害化。

热解过程会产生废气和固体废物等污染物，目前四川省的含油污泥热解处理一般是将热解残渣作为水泥添加原料，从而将热解过程作为水泥窑协同处置的前置工艺。该工艺是将热解废渣按1:6的比例将废渣与钢渣等进行混合，随后运至水泥厂作水泥原料加以资源化利用。这种热解与水泥窑协同处置工艺的联合使用，既消除了危险废物的有毒有害成分，又充分利用了残渣的资源属性，同时还有效免除了残渣的处理处置问题。我省现有持证企业中，宜宾华洁公司使用该工艺。

(4) 固化填埋

固化填埋是将含油污泥进行固化处理后进入危险废物填埋场进行填埋处理。采用固化填埋技术能较大程度地减少含油污泥中有害离子和有机物对土壤的侵蚀和淋溶，从而减少对环境的影响和危害。但固化技术处理后的废物综合利用率较低，必须征用土地进行安全填埋，从而使土地的再利用价值降低。该技术并没有从根本上解决含油污泥的无害化处置利用问题，反而增加了一些处理工程中的

固化药剂费用，处理成本高、占地面积大、污染隐患未根本消除，因此只有在处理量少时考虑选用。我省危险废物处置中心包含固化填埋内容的项目，都有一定数量的含油污泥填埋。

(5) 气浮（热浴）—萃取技术

该工艺是将含油污泥加入搅拌池中，并在搅拌池内加入一定量的热水、表面活性剂，经电加热搅拌混合从而将含油污泥中的油类物质溶解于溶液中，通过振动筛、离心机分离等方式回收高性能矿物油。该工艺回收的大部分高性能油可以直接外售给天然气、石油钻井平台，从而实现含油污泥中可回收油相的回收利用。经回收可利用油相后的剩余固相，其含油量一般小于1%，但按照目前的处置要求，该类剩余固相仍需按照危险废物进行处理处置，处置费用较高。

六、标准主要内容及确定依据

6.1 标准题目的确定

本标准题目为“油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准”。

说明如下：

(1) 四川省主要为天然气/页岩气开采，罕有石油开采，本标准仅针对四川省天然气/页岩气开采产生的含油污泥进行了相关调研、取样、检测和论证，未对石油开采含油污泥进行相关调研论证。但由于四川省境内罕有石油开采，不宜单独制定石油开采含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用技术标准，四川省境内可能出现的石油开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程可参照本标准进行环境监管。

(2) 目前“含油污泥”无标准定义，其包含物质范围较宽泛，不同行业所指物质各异。本标准名称中“含油污泥”主要指以矿物油为连续相配置钻井泥浆用于天然气钻井作业过程中产生的废弃钻井泥浆及岩屑。

(3) 本标准主要针对“含油污泥综合利用后剩余固相”的处置利用，而非含油污泥的处置利用。根据《危险废物鉴别标准 通则》相关规定，“具有毒性危险特性的危险废物利用过程产生的固体废物，经鉴别不再具有危险特性的，不

属于危险废物。除国家有关法规、标准另有规定的外，具有毒性危险特性的危险废物处置后产生的固体废物，仍属于危险废物”。含油污泥属于危险废物，其利用过程产生的剩余固相经鉴别不再具有危险特性的，不属于危险废物。

据此，为了与《危险废物鉴别标准 通则》以及危险废物管理相关要求进行衔接，本标准将主要范围和对象限定为“综合利用后剩余固相”；其中“综合利用”的定义与《危险废物鉴别标准 通则》中“利用”的定义衔接，为“指从含油污泥中提取物质作为原材料或者燃料的过程”。从四川省相关行业现状来看，本标准中的综合利用定义既适用于井场含油污泥离心甩干的资源回收过程；也适用于5%-15%含油量含油污泥的处理利用过程，具体包括高温热解、热浴分离、萃取等工艺过程；同时，还适用于焚烧等热利用过程和水泥窑协同处置等资源化处置利用过程。

因此，本标准针对含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用，符合我国现行的危险废物管理要求和危险废物鉴别规则，不存在环境管理风险和与现行法律法规冲突的情况。

(4)“处置利用技术标准”包含含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术要求以及污染物控制限值，处置利用方式等具体内容。

6.2 标准适用范围的确定

“本标准适用于四川省油气开采过程中产生的含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程中的污染防治和环境监管。本标准规定了油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用的方式和技术要求，污染物控制和环境管理要求以及环境监测要求。”

说明如下：

(1) 本标准主要针对四川省天然气/页岩气开采含油污泥综合利用后剩余固相的环境监管制定，但由于四川省境内罕有石油开采，不宜单独制定石油开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术标准，四川省境内可能出现的石油开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程可参照本标准进行环境监管。

(2) 本标准仅适用于四川省油气开采过程中产生的含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用，不适用于非四川省境内产生的含油污泥转运至四川省境内进

行综合利用后的剩余固相，也不适用于非四川省境内进行的含油污泥综合利用过程产生的剩余固相转运至四川省境内的情况。

(3) 标准范围明确为“含油污泥综合利用后剩余固相”的处置利用，是指含油污泥综合利用过程产生的固态物质的处置利用，而非含油污泥的处置利用。

(4) 本标准对包括含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用方式和技术要求进行了规定，还对剩余固相处置利用过程中的污染控制和环境管理以及环境监测进行了规定。

6.3 规范性引用文件的确定

本标准中引用了包括质量标准、鉴别标准、技术规范、污染控制标准、监测标准、检测标准以及公约和管理办法等规范性文件，凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

6.4 术语与定义的确

本标准的术语与定义包括含油污泥、综合利用、剩余固相、持久性有机污染物、处置利用、干基和井场等七个。

说明如下：

(1) 上述术语虽然在其它标准规范中有定义，但因其定义涵盖的范围广，在使用过程中可能产生歧义，所以本标准结合标准制定初衷和标准适用范围，考虑四川省地域性特点和实际应用过程中遇到的问题，针对性地进行了具体定义。

(2) 本标准中含油污泥主要指以矿物油为连续相配置钻井泥浆用于天然气钻井作业过程中产生的废弃钻井泥浆及岩屑。不包含石油冶炼、石油化工、废矿物油利用等非天然气开采过程产生的含油污泥；也不包括天然气开采过程中产生的井下及地层中含油物质等非钻井泥浆及岩屑。

(3) 本标准中综合利用是指从含油污泥中提取物质作为原材料或者燃料的过程，这一定义与《危险废物鉴别标准 通则》中“利用”的定义衔接。本标准中的综合利用定义既适用于井场含油污泥离心甩干的资源回收过程；也适用于

5%-15%含油量含油污泥的处理利用过程，具体包括高温热解、热浴分离、萃取等工艺过程；同时，还适用于焚烧等热利用过程和水泥窑协同处置等资源化处置利用过程。

(4) 本标准中对处置利用限定了其处置利用对象和利用方式，处置利用对象为含油污泥综合利用后剩余固相，标准未允许直接对含油污泥进行处置利用。处置利用方式限定为“用于铺垫井场和井场道路，制烧结砖、烧结陶粒，作为井场及井场道路混凝土掺配料或进行水泥窑协同处置”，此外本标准在处置利用技术要求中还对处置利用过程中污染控制和制品产品的相关要求进行了相关规定。

6.5 标准基本原则的确定

本标准规定了标准执行的基本原则，主要涉及标准制定和执行的目的、总体原则、基本前提等，标准基本原则及其确定说明如下：

(1) 本标准的制定和执行是建立在油气开采单位使用符合相关标准的原辅料进行油气开采作业基础上的，对于采用不符合相关标准的原辅料进行油气开采作业的情况不适用于本标准，其产生的含油污泥综合利用后剩余固相不能参照本标准进行处置利用，这是本标准制定和执行的基本前提。

该项原则的确定是由于采用不符合相关标准的原辅料进行油气开采，其涉及的污染物和污染方式可能超过本标准的相关规定，其环境风险高，所产生的含油污泥综合利用后剩余固相无法按照本标准规定的方式进行处置利用，且不符合我国现行法律法规的要求。

(2) 油气开采部门进行油气开采作业时，在采用符合相关标准的原辅料的基础上，应尽量选择和使用环境友好的原辅料，降低环境污染的产生。本标准特别提出油气开采原辅材料应关注持久性有机污染物（POPs）等高环境风险物质，本标准规定“油气开采部门应尽量使用环境友好的原辅料，不得添加《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》名录所列的化学品”。

针对本标准中这一原则，进行以下几点说明：

1) 该项原则的确定是基于持久性有机污染（POPs）具有的高毒性、强迁移性、生物蓄积性和持久性等污染特点，其环境和人体健康危害性以及污染特征区别于其它一般污染物，是国际公认地对人类威胁最大的一类污染物。油气开采含

油污泥综合利用后剩余固相一旦涉及此类污染物将很难实现无害化,无法采用本标准规定的处置利用方式,且不符合国际公约和相关法律法规规定,所以本标准将此作为标准制定和执行的一项基本原则和前置条件。

2) 对于持久性有机污染物(POPs)的范围,本标准限定为《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》名录所列的化学品,这符合目前国际和国内对持久性有机污染物的普遍共识,也符合国内的相关法律法规。

3) 油气开采过程中不得添加《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》名录所列的化学品,这主要指油气开采部门不得在原辅料中添加名录内的化学品,这也是实现油气开采含油污泥及其综合利用后剩余固相中持久性有机污染物源头防控的最佳方式。从相关资料来看,在部分油气开采过程中会使用到一些添加持久性有机污染物的原辅料,如全氟辛基磺酸盐(PFOS)被添加到表面活性剂中使用;而这与本标准制定的初衷和前提是相违背的,所以本标准在原则中对其进行约束。

4) 由于我国目前尚未建立一套完整的《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》名录内持久性有机污染物控制限值和监测方法的相关标准体系,所以本标准无法完整量化名录内持久性有机污染物的污染物控制要求。本标准采用原则规定的方式对持久性有机污染物进行约束,仍然具有一定的局限性,但这也是考虑到现阶段实际情况的一种折中做法。

6.6 污染物指标和限值的确定

6.6.1 污染物指标的确定

(1) 本标准规定“含油污泥综合利用后剩余固相达到表 1 全部指标后,可按表 2 和本标准第 6 条的规定进行处置利用。”

表 6-1 油气开采含油污泥处置利用污染物控制限值

序号	污染物项目	限值要求		
		A	B	C
1	pH (无量纲)	6~9		
2	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) ³ (mg/kg)	≤4500	≤10000	≤20000
3	砷 ¹ (mg/L)	≤0.5		
4	汞 ¹ (mg/L)	≤0.05		
5	铜 ¹ (mg/L)	≤0.5		
6	铅 ¹ (mg/L)	≤1.0		
7	总铬 ¹ (mg/L)	≤1.5		
8	六价铬 ¹ (mg/L)	≤0.5		
9	镍 ¹ (mg/L)	≤1.0		
10	镉 ¹ (mg/L)	≤0.1		
11	锌 ¹ (mg/L)	≤2.0		
12	锰 ¹ (mg/L)	≤2.0		
13	钡 ² (mg/L)	<100		
14	苯并[a]芘 ³ (mg/kg)	≤1.5		
<p>注: ¹按照 HJ 557 浸出后, 浸出液中含量; ²按照 HJ/T 299 浸出后, 浸出液中含量; ³干基折算值。</p>				

表 6-2 油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用方式

剩余固相级别	处置利用方式
A	铺垫井场和井场道路
B	制烧结砖、烧结陶粒或作为井场及井场道路混凝土掺配料
C	水泥窑协同处置

(2) 污染物指标的确定原则

1) 油气开采含油污泥的主要危险特性包括易燃性、毒性、pH 等, 油气开采含油污泥经综合利用后, 部分危险特性发生了改变, 所以对于含油污泥综合利用后剩余固相的污染物指标应选择对环境危害大且综合利用后仍然存在或增强的污染物。

2) 考虑到含油污泥综合利用后剩余固相进行处置利用, 主要可能对土壤、地表水和地下水造成影响, 所以污染物指标应选择《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)、《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)、《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 规定的指标; 另一方面, 含油污泥综合利用后剩余固相仍为固体废物, 其处置利用过程可能涉及固体废物

性质和污染物迁移性等问题,所以污染物指标还应考虑《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599-2001)和《危险废物鉴别标准》(GB 5085-2007)中规定的相关指标。

(3) 污染物指标的确定

1) 含油量(石油烃(C₁₀-C₄₀))是油气开采含油污泥及其综合利用后剩余固相中最具代表性和危害性的污染物指标,石油烃包括C₁₀以下组分、C₁₀-C₄₀组分,C₄₀以上组分。C₁₀以下组分流动性好,沸程低,在含油污泥综合利用过程中最先被去除;含油污泥综合利用后剩余固相中大部分的有害成分处在C₁₀-C₄₀之间。

从现有国内相关标准及技术要求的规定来看,含油污泥及其综合利用后剩余固相中含油量的测定主要有两类方法,一类是采用气相色谱法测定的石油烃(C₁₀-C₄₀),如《土壤和沉积物 石油烃(C₁₀-C₄₀)的测定 气相色谱法》(HJ 1021);另一类是采用红外分光光度法测定的含油量,如《城市污水处理厂污泥检验方法》(CJ/T 221)。现有国内相关标准中,近两年新制定和修订的辽宁、新疆等省份的地方标准中均采用石油烃(C₁₀-C₄₀)作为含油量的污染物指标,而更早的一些地方和行业相关标准则主要采用红外分光光度法作为含油量的测定方法。

项目组采用HJ 1021和CJ/T 221两种方法对四川省典型含油污泥及其综合利用后剩余固相含油量进行测定,比较二者之间在测定结果上的差异,结果如下表所示。

表 6-3 HJ 1021 和 CJ/T 221 两种方法测定含油量结果比较

综合利用前后	样品名称	含油量 (mg/kg)	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) (mg/kg)	相对偏差
		CJ/T 221	HJ 1021	
含油污泥	1#	28172	47441	25%
	2#	102124	126433	11%
	3#	14256	26497	30%
	4#	65530	97699	23%
综合利用后剩余固相	1#	1586	2544	24%
	2#	71	4	/
	3#	70	272	/
	4#	2013	2001	0%

注: /表示二者绝对含量相近,含油量大于石油烃(C₁₀-C₄₀)

从 HJ 1021 和 CJ/T 221 两种方法的测定的含油量结果来看, 采用 HJ 1021 测得的石油烃 (C_{10} - C_{40}) 含量在多数情况下较采用 CJ/T 221 测得的含油量在数值上高出 10-30%; 但在低含量水平下, 二者测得的结果数值相近。从两种方法的测试原理上分析, 红外分光光度法是利用石油中亚甲基 ($-CH_2-$)、甲基(CH_3-) 以及碳氢键($=CH-$)分别在 2930 cm^{-1} 、 2960 cm^{-1} 、 3030 cm^{-1} 处存在伸缩振动, 通过测定这三个波长处的吸收强度, 进而测得油中甲基、亚甲基、芳烃的含量, 以此来定量样品中石油类的含量。而气相色谱法标准中则定义在气相色谱图上保留时间介于正癸烷 (包含) 与正四十烷 (包含) 之间的物质均为石油烃, 除介于 C_{10} 和 C_{40} 之间的烃类物质以外, 在保留时间窗口内出峰的其他氮、硫、氧、卤素化合物等非烃类化合物也被作为石油烃进行计算。在钻井过程中, 含油岩屑经多次离心回用, 排出的含油岩屑中非烃类化合物含量比例较高, 这可能是可萃取性石油烃 (C_{10} - C_{40}) 含量普遍高于红外法测定含油量的原因。

从近几年场地环境监测的发展来看, 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB 36600) 作为目前国内场地土壤利用的主要标准, 将石油烃 (C_{10} - C_{40}) 作为场地土壤石油类的指标; 为了与该标准接轨, 目前国内范围内涉及场地的石油类指标均在向该标准看齐。油气开采场地 (井场) 为工业用地, 对于涉及井场的土壤、道路等场地环境, 其污染物指标也宜参照 GB 36600, 将石油烃 (C_{10} - C_{40}) 作为井场环境中含油量指标。所以本标准将石油烃 (C_{10} - C_{40}) 作为首要指标确定下来。

2) pH 作为含油污泥综合利用后剩余固相的常规污染物和基本性质确定下来。

3) 重金属类污染物的确定: 从分析数据来看, 油气开采含油污泥经综合利用后仍含有砷、汞、铅、铜、总铬、六价铬、镍、锌、锰等重金属; 作为土壤、地表水、地下水中危害性最大的重金属类指标, 也是与固体废物性质鉴别相关的最主要的重金属指标, 本标准将上述重金属指标均作为控制指标。镉、汞等重金属虽然在典型含油污泥及其综合利用后剩余固相中未检出, 但由于其对环境 and 人体危害较大, 为避免遗漏, 将镉、汞等污染物也作为控制指标之一。

重金属污染物的确定还存在总量和浸出水平的差异, 通常总量表示样品中重金属的含量, 而浸出水平则代表在降水淋溶条件下重金属污染物的迁移水平。

目前来看，土壤相关标准多以总量作为重金属污染物的控制指标，如 GB 36600；而固体废物则多以浸出水平作为重金属污染物的控制指标，如 GB 5085。固体废物的重金属浸出指标通常包括酸浸、水浸和醋酸浸出，其中酸浸一般用于危险废物鉴别，水浸一般用于一般工业固体废物 I 类和 II 类鉴别，醋酸浸出则一般用于填埋场污染控制。酸浸方法一般参照《固体废物浸出毒性浸出方法硫酸硝酸法》（HJT299-2007），水浸方法一般参照《固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法》（HJ 557-2010），醋酸浸出方法则一般参照《固体废物浸出毒性浸出方法醋酸缓冲溶液法》（HJ/T 300-2007）。

本标准主要涉及油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程中的污染物指标和限值。按照现行环境管理要求，含油污泥属于危险废物，其综合利用后的剩余固相也属于危险废物；但其中重金属类污染物并非其主要的危险属性，其含量和浸出水平均较低。从相关实验数据来看，含油污泥及其综合利用后剩余固相中以上几种重金属的酸浸水平明显低于危险废物浸出毒性标准限值，水浸水平大部分低于 GB 8978 中一类标准限值即一般工业固体废物 I 类限值。

在本标准中含油污泥综合利用后剩余固相的 A 类处置利用方式为铺垫井场和井场道路，由于含油污泥综合利用后剩余固相为固体废物，按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599）要求，一般工业固体废物 II 类处置场地应采取防渗措施，所以如果采用含油污泥综合利用后剩余固相铺垫井场和井场道路，除应考虑剩余固相是否满足工业场地土壤要求外，还应考虑其迁移性水平即是否需要采用防渗等污染控制措施。

本标准处置利用技术要求中对满足限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相用于铺垫井场时的重金属总量限值进行了规定（符合 GB36600 规定的第二类用地筛选值），而未对剩余固相中重金属的迁移性水平进行规定；另一方面，含油污泥综合利用后剩余固相作为固体废物，在处置利用过程中仍应以固体废物的相关指标作为主要参照指标。所以本标准认为含油污泥综合利用后剩余固相中重金属类污染物指标和限值更适合参照固体废物相关浸出指标；而从将剩余固相用于井场时是否需要采用防渗等污染控制措施的问题上考虑，本标准认为采用 HJ 557 水浸液浓度作为控制指标最为合适。

综上所述，本标准采用 HJ 557 水浸液浓度作为本标准中以上几种重金属类

污染物的控制指标。

4) 由于重晶石是钻井泥浆主要添加物之一，在标准编制过程中，编制组特别关注了含油污泥焚烧后剩余固相中钡元素性质的变化。经采样分析，部分含油污泥焚烧后剩余固相中钡元素的浸出毒性水平高于 GB5085.3 所规定的限值，根据危险废物鉴别标准，该类含油污泥综合利用后剩余固相仍为危险废物，需进一步处理后方可采用本标准规定的方式进行处置利用，所以本标准将钡的浸出毒性指标作为控制指标之一。

5) 标准编制过程中，经调查和检测发现部分采用高温干馏工艺综合利用的含油污泥剩余固相中苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘等有机物存在检出，特别是其中苯并[a]芘含量接近建设用地土壤二类管控值水平，表现出较高的环境风险，据此认为苯并[a]芘为高温干馏等部分综合利用工艺剩余固相的主要特征污染物之一，所以标准将苯并[a]芘作为控制指标之一确定下来。

苯并[a]芘指标采用总量指标而未采用浸出液含量主要是考虑到苯并[a]芘毒性大，含油污泥综合利用后剩余固相采用本标准规定的 A 类和 B 类方式进行处置利用均可能与人体发生直接接触；C 类处置利用方式则可能导致苯并[a]芘向气相转移。同时，高温干馏剩余固相浸出液中苯并[a]芘含量并未超过危险废物浸出毒性和工业固体废物 I 类限值，但其总量含量较高。因此，本标准认为苯并[a]芘指标采用总量指标更为合适。

6) 经检测，油气开采含油污泥的综合利用过程会将大部分 VOC 和 SVOC 去除，综合利用后剩余固相中 VOC 和 SVOC 含量较低，均远小于 GB36600 第二类用地筛选值；油气开采含油污泥综合利用后剩余固相中主要含有的有机物为石油烃类，该指标已作为基本控制指标列入本标准；所以本标准未将 VOC 和 SVOC 作为控制指标。

7) 本标准中石油烃(C₁₀-C₄₀)和苯并[a]芘两个总量指标均采用干基折算值，这是由于不同含油污泥综合利用后剩余固相含水率差异较大，采用干基折算值能够确保标准的可比较性，这也与目前国内标准对同类指标的规定一致。

6.8.2 污染物指标限值的确定

(1) 污染物指标限值的确定原则

1) 以四川省现有油气开采含油污泥综合利用水平为基础，要求技术和经济

上具有可达性；

2) 严于或等于相关国家标准限制；

3) 根据含油污泥综合利用后剩余固相处置利用方式, 考虑不同方式对土壤、地表水和地下水的环境影响, 确定污染物指标限值。

(2) 污染物指标限值的确定

1) pH

油气开采含油污泥综合利用后剩余固相在进行处置利用的过程中, 主要可能通过降雨淋溶等作用对其中 pH 进行释放, 并对土壤、地表水和地下水造成影响。现行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中规定地表水 pH 范围为 6-9, 《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》(GB 5085.1-2007) 中规定 $\text{pH} \geq 12.5$ 或 ≤ 2.0 为危险废物, 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001) 中规定一般工业固体废物 I 类的 pH 在 6-9 范围内。

油气开采产生的含油污泥一般为黏稠状固体, 为方便运输通常会加入石灰等添加剂进行固化, 这导致进入综合利用工艺的含油污泥 pH 常常呈现强碱性, 而含油污泥综合利用后剩余固相通常也具有较高的 pH; 但石灰的添加并非不可缺少的预处理环节, 且过高的 pH 可能对环境产生影响。所以本标准依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), 将污染物标准限值中的 pH 值设定为 6-9。

2) 石油烃 (C₁₀-C₄₀)

从目前我国现有地方和行业标准中对于含油污泥及其处理利用后剩余固相进行处置利用的含油量限值要求来看, 各地方存在一些差异。能源部《陆上石油天然气开采含油污泥资源化综合利用及污染控制技术要求》(SY/T7301—2016) 中要求用于铺设通井路、铺垫井场基础材料总石油烃含量不大于 2%; 黑龙江《油田含油污泥综合利用污染控制标准》中要求用于铺垫井场和井场道路的含油量限值为 2%; 辽宁《陆上油气田含油污泥处理后剩余固相污染物控制标准(试行)》中对含油污泥处理后剩余固相用于制非烧结砖以及在油气田作业区通井路、垫井场的含油量限值为 2%; 吉林《油田废弃油土综合利用污染控制》中对于制砖的含油量限值为 5%, 对于用于井场土方工程的含油量限值为 2%; 新疆《含油污泥综合利用污染控制要求》中对于铺垫井场和等级公路建设的含油量限值为 1%; 陕西《含油污泥处置利用控制限值》(DB61/T 1025-2016) 中要求铺设油田井场、

等级公路时含油量限值为 1%。

本标准根据不同的处置利用方式，将石油烃（C₁₀-C₄₀）限值分为 A、B、C 三类，具体说明如下：

a) A 类处置利用方式为铺垫井场和井场道路，而按照目前国家对工业场地的规定，将含油污泥综合利用后剩余固相用于铺垫井场和井场道路应符合 GB 36600 规定的二类筛选值要求，所以本标准依据 GB36600，将 A 类剩余固相的石油烃（C₁₀-C₄₀）污染物限值设定为小于等于 4500mg/kg。

b) B 类处置利用方式为制烧结砖、烧结陶粒或作为井场及井场道路混凝土掺配料。在 B 类处置利用方式中，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；而在作为井场及井场道路混凝土掺配料的情况下，剩余固相中的石油烃类物质不会被去除，而是进入井场混凝土中，这种过程存在石油烃类物质的暴露风险。

本标准编制过程中，以四川省本省实际情况为基础，结合人体健康环境风险评价结果，通过对含油污泥综合利用后剩余固相中毒性物质含量进行分析，确定当含油污泥综合利用后剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）含量不高于 1% 时，剩余固相毒性物质含量可以满足危险废物鉴别标准 GB5085.6 中的相关限值要求。基于目前四川省内相关含油污泥综合利用企业和工艺技术实际情况，剩余固相中含油量小于 1% 具有较高的技术可达性，且经济成本可控。四川省地理环境情况较东北、新疆具有更高的敏感性，地表水系更为发达、地下水埋深较浅、人口密度更高，环境健康风险较北方地区更为复杂和敏感，相关标准限值也需要更加严格。综上所述，本标准最终将 B 类剩余固相的石油烃（C₁₀-C₄₀）污染物指标限值设定为不高于 10000 mg/kg。

c) C 类处置利用方式为水泥窑协同处置。水泥窑协同处置固体废物是近年来固体废物处置领域的重要发展方向，含油污泥及其综合利用后剩余固相作为危险废物也已被广泛采用水泥窑协同处置的方式进行处置。本标准所规定的满足 C 类限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相可以采用水泥窑协同处置，与目前常规的水泥窑协同处置危险废物存在管理上的差异。满足本标准要求的剩余固相不需要交由具有危险废物经营许可的单位进行水泥窑协同处置，即对满足本标准限值要求的剩余固相环境管理要求进行部分放宽，这与本标准制定的原则和初衷是

一致的。

目前我国现行的《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662），《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》（GB 30485）和《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760）等水泥窑协同处置相关标准规范中并未对固体废物中石油类物质的入窑标准进行规定。含油污泥综合利用后剩余固相中石油类物质在水泥窑协同处置过程中大部分会通过高温被去除，且剩余固相的含油量并不会对水泥窑协同处置过程产生较大影响。所以本标准 C 类限值主要从剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）的环境健康风险方面进行考虑。

由于水泥窑协同处置过程与铺垫井场或作为工业原料制成产品等利用过程存在明显区别，采用水泥窑协同处置的含油污泥综合利用后剩余固相不会与人体和环境产生长期地、直接地接触；且相关研究和检测表明当含油污泥综合利用后剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）含量不高于 2%时，其致癌和非致癌风险处于人类可接受的水平范围内，不会对人体产生环境健康风险；从本标准的环境管理要求来看，满足本标准 C 类限值的剩余固相，其环境健康风险应明显低于综合利用前的含油污泥，且不再具有危险废物特性，从这个角度来看，石油烃（C₁₀-C₄₀）含量不高于 2%的限值是合理的；从标准可达性和经济性方面来看，目前我省含油污泥综合利用技术水平能够较稳定地达到 2%的标准限值，且能够有效控制成本；所以综合以上几点，本标准将 C 类含油污泥综合利用后剩余固相的石油烃（C₁₀-C₄₀）污染物指标限值设定为不高于 20000 mg/kg。

3) 重金属类污染物

相关实验数据和资料均表明，含油污泥及其综合利用后剩余固相中重金属类污染物的酸浸水平明显低于危险废物浸出毒性标准限值，水浸水平大部分低于一般工业固体废物 I 类限值。含油污泥综合利用后剩余固相属于固体废物，从固体废物用于铺垫井场和井场道路的防渗要求上来考虑，参照一般工业固体废物 I 类鉴别标准中重金属的污染物控制限值，对于剩余固相处置利用过程中的污染控制更具实际意义。因此本标准依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001），参照一般工业固体废物 I 类标准限值，将重金属类污染物限值确定为砷≤0.5 mg/L，汞≤0.05 mg/L，铜≤0.5 mg/L，铅≤1.0 mg/L，总铬≤1.5 mg/L，六价铬≤0.5 mg/L，镍≤1.0 mg/L，镉≤0.1 mg/L，锌≤2.0 mg/L，锰≤2.0

mg/L，以上重金属污染物限值均为采用 HJ 557 浸出后浸出液含量。

4) 钡

由于本标准要求油气开采含油污泥综合利用后剩余固相用于处置利用的基本条件是其不再具有含油污泥的危险特性，其浸出毒性水平应低于危险废物浸出毒性鉴别标准。所以，本标准对钡的浸出毒性浓度作出要求，依据《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)，将钡的污染物限值确定为<100 mg/L，该限值为采用 HJ/T 299 浸出后浸出液含量。

5) 苯并[a]芘

本标准中苯并[a]芘的污染物控制指标主要针对含油污泥经高温干馏等工艺综合利用后产生的剩余固相进行处置利用的情况。依照本标准规定得 A、B、C 三类处置利用方式，环境健康风险最高的情况为直接用于井场建设用地，而 B、C 两类方式的环境健康风险均低于 A 类。《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）规定小于第二类用地筛选值的指标对人体健康地风险可以忽略，且采用第二类用地筛选值也符合目前国家对工业场地环境质量的要求。所以本标准依据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018），参照第二类用地筛选值，将苯并[a]芘的污染物限值确定为≤1.5 mg/kg。

6.7 处置利用技术要求的确定

6.7.1 处置利用技术要求说明

本标准规定了符合本标准污染物限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相处置利用技术要求，说明如下：

(1) 本标准对达到本标准污染物限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相进行处置利用的方式进行了规定，本标准将符合本标准污染物限值的剩余固相按照处置利用方式分为三类，其中 A 类剩余固相的处置利用方式为铺垫井场和井场道路，B 类剩余固相的处置利用方式为制烧结砖、烧结陶粒或作为井场及井场道路混凝土掺配料，C 类剩余固相的处置利用方式为水泥窑协同处置。

(2) 本标准规定 A 类含油污泥综合利用后剩余固相除应达到本标准 A 类限值要求外，还应同时达到 GB 36600 规定的第二类用地筛选值要求；且 A 类剩

余固相用于铺垫井场和井场道路时，应限定在井场用地红线范围内。这主要是考虑到井场属于工业用地，用于铺垫井场和井场道路的剩余固相应达到《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）第二类用地筛选值的相关要求，这也是目前国家对建设用土壤利用的基本要求，本标准对含油污泥综合利用后剩余固相用于井场土壤的情况，参照国家标准执行。

即使是达到本标准规定的 A 类污染物限值要求和 GB 36600 第二类用地筛选值要求，其中的污染物仍然明显高于井场外的农田、林地等非井场用地；为避免这些含油污泥综合利用后剩余固相因被用于非井场范围内的土壤而导致严重的环境风险和健康风险，本标准再次强调 A 类剩余固相用于铺垫井场和井场道路时，应限定在井场用地红线范围内；井场用地红线范围一般较狭义的井场范围要大，这里主要是用于限定井场道路的适用范围。

（3）本标准对含油污泥综合利用后剩余固相达到本标准 B 类污染物限值时作为工业原料进行处置利用的方式和要求进行了规定。其处置利用技术要求包括用作井场用地红线范围内井场及井场道路的混凝土掺配料利用时，掺配比例不得大于 15%；作为烧结砖、烧结陶粒的原料时，掺配比例不得大于 25%。关于这部分要求的确定依据，详见本编制说明 6.7.2。

（4）本标准还对满足限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相用于烧结砖生产时的尾气污染控制进行了规定，即“窑尾应设置洗涤冷凝净化或有机废气净化系统，洗涤冷凝水应全部回用”。这主要是考虑到掺配含油污泥综合利用后剩余固相进行烧结砖或烧结陶粒生产过程中，剩余固相中的有机物会在高温作用下进入废气，形成有组织和无组织的有机废气排放。这些有机废气成分复杂，环境风险较高，需要进行妥善处理，以防止剩余固相中有机污染物通过气态转移造成环境污染。针对有机废气的处理，本标准提出采用洗涤冷凝净化的方式或其它有机废气净化系统，对于采用洗涤冷凝净化工艺的情况，应实现冷凝水的全部回用，防止直接外排，避免有机污染物向液体转移。

（5）本标准对符合 C 类污染物限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相进行水泥窑协同处置和利用的主要工艺参数进行了规定，即剩余固相应从水泥窑窑尾高温段投加，不得从生料系统投加。这主要是由于含油污泥综合利用后剩余固相中含有大量有机物，需要保证剩余固相在窑尾高温段的处置温度和停留时

间，以确保实现剩余固相的无害化，同时降低对水泥生产的影响。从窑尾原料口等非高温段进料无法保证剩余固相的高温无害化处理，同时一部分有机物会进入废气中形成二次污染；同时这也不符合《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662）和《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760）的相关要求。

（6）本标准对达到污染物限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相暂存场地及其防渗要求等内容进行了规定，规定达到限值要求的剩余固相的暂存场所应具备“防扬散、防流失、防渗漏”的措施，且具有渗滤液收集系统。在现行要求中，含油污泥综合利用后剩余固相的暂存需按照危险废物相关要求执行。本标准考虑达到本标准污染物限值要求的剩余固相，其危险性较含油污泥已明显降低，如果继续按照危险废物相关要求进行暂存会造成资源和成本浪费，不符合本标准制定的初衷。但另一方面符合本标准要求的剩余固相仍然具有较高的环境风险，对其暂存过程的环境风险仍然需要进行有效管控。所以本标准对达到限值要求含油污泥综合利用后剩余固相的暂存场所的相关规定既考虑了剩余固相所具有的环境风险，又避免了采用危险废物相关规定造成的过度要求和资源浪费。

（7）本标准还对达到限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相的运输过程进行了规定，要求运输过程应符合防雨、防渗漏、防遗撒要求，剩余固相在运输环节的含水率不应大于 30%。本标准考虑到，一方面满足限值的含油污泥综合利用后剩余固相较综合利用前的含油污泥环境健康风险和危险性均已大幅下降，将满足限值要求剩余固相继续按照危险废物进行运输将造成运输资源和管理资源的浪费；另一方面，满足限值剩余固相仍然具有一定的环境风险和危险性，其运输过程仍然需要采取一些污染防控措施；所以本标准不再要求满足限值剩余固相需按照危险废物进行运输，但同时规定剩余固相的运输需满足“防雨、防渗漏、防遗撒”要求，这也是现行的危险废物运输豁免条件要求。这种运输要求的部分放宽符合本标准制定的目的和原则，也符合我国现行《危险废物鉴别标准 通则》等危险废物鉴别与管理标准法规的相关规定。

为确保剩余固相运输过程的环境安全性，本标准还对满足限值要求的剩余固相在运输环节的含水率进行了规定，规定其不应大于 30%。这主要是考虑到过高的含水率可能导致剩余固相在运输过程中容易出现渗漏和遗撒，同时这也是剩

余固相运输过程管理要求放宽的必要条件。考虑到含油污泥综合利用后剩余固相的含水率通常较低，为尽可能降低运输过程中的环境风险，本标准将剩余固相在运输环节中的含水率限值要求确定为 30%，现行主要综合利用工艺均能够较容易地达到该限值要求。

(8) 本标准规定满足限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相的利用及建材产品应满足 HJ 1091 的相关要求。《固体废物再生利用污染防治技术导则》(HJ 1091) 对利用固体废物生产水泥、砖瓦、混凝土等建材的技术要求、污染控制要求和产品有害物质含量等均进行了规定，如规定“利用固体废物生产砖瓦、轻骨料、集料、玻璃、陶瓷、陶粒、路基材料等建材过程的污染控制执行相关行业污染物排放标准，相关产品中有害物质含量参照 GB 30760 的要求执行”。

由于本标准涉及的几种利用方式均在 HJ 1091 中有相应的规定，出于地方标准要求应严于或等于相关国家标准的总体原则，本标准中含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用技术要求参照 HJ 1091 执行。

(9) 除以上处置利用技术要求外，本标准还对达到本标准限值要求含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程中有组织 and 无组织排放的污染物进行了规定，要求其“需达到国家和地方相应行业执行的排放标准，其中大气排放特征污染物非甲烷总烃需达到 DB 51/2377 的排放要求”。

虽然 HJ 1091 中也对固体废物生产建材、用于场地等利用过程中的污染控制进行了规定，但由于本标准规定的处置利用方式较多，且相关行业存在较大差异，另外四川省对非甲烷总烃等污染物有相关地方标准。所以本标准对处置利用过程的污染控制要求参照国家和地方相应行业的排放标准执行，对于剩余固相处置利用过程中产生的大气排放特征污染物非甲烷总烃的排放参照《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》(DB 51/2377) 执行，这也是目前四川省执行的非甲烷总烃排放标准。这充分考虑了含油污泥综合利用后剩余固相处置利用过程产生的各类污染物，同时对标国家、地方和行业排放标准，符合现行法律法规的相关要求。

6.7.2 处置利用技术要求确定依据

1、四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相的污染特性

本项目采集了几种四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相，并对这些样

品中含油量、重金属和有机物进行检测。其中重金属和石油烃（C₁₀-C₄₀）数据如下所示。

表 6-4 四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相中部分重金属和含油量数据 (mg/kg)

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	2544	17	4	272	2001
As	20.0	/	/	/	61.9
Ba	48430.7	37166.2	71294.9	43069.0	25188.5
Mn	643.2	602.9	340.9	320.6	799.7
Fe	18998.2	29367.7	11650.7	10043.6	25958.1
Co	/	/	/	/	/
Ni	28.6	42.7	13.7	12.4	36.5
Zn	543.7	214.9	204.1	249.9	346.9
V	56.0	66.6	102.1	93.5	90.9
Cr	33.9	44.2	60.6	47.7	104.3
Cu	42.2	31.9	32.6	42.2	61.8
Sb	3.9	/	10.3	3.7	5.9
Pb	544.2	205.0	159.2	160.8	210.8
Hg	0.32	0.03	0.05	0.13	0.22
Cd	/	/	/	/	/
Ag	/	/	/	/	/
Se	/	/	/	/	/
Be	/	/	/	/	/

*表示低于检出限

表 6-5 四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相浸出毒性重金属检测数据 (mg/L)

样品	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
浸出	水浸					酸浸				
As	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ba	1.31	289.25	606.04	103.7	0.56	0.84	1070.42	894.5	150.57	0.36
Mn	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Co	0.01	/	/	/	/	0.01	/	/	/	/
Ni	0.16	/	/	/	/	0.11	/	0.01	0.01	0.01
Zn	0.01	/	/	/	/	0.02	/	0.02	0.02	0.02
V	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cr	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

样品	热解剩 余固相 -B1	焚烧剩 余固相-B2	焚烧剩 余固相-B3	焚烧剩 余固相- B4	高温干馏 剩余固相 -B5	热解剩 余固相-B1	焚烧剩 余固相-B2	焚烧剩 余固相-B3	焚烧剩 余固相- B4	高温干馏 剩余固相 -B5
Cu	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sb	/	0.03	/	/	/	/	0.01	/	/	/
Pb	0.31	/	/	/	/	0.35	0.06	0.06	0.02	0.02
Cd	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ag	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Se	/	/	/	/	/	/	/	0.03	/	/
Be	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Hg	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
六价铬	0.031	0.009	0.016	0.006	/	0.022	/	0.011	/	/
pH	12.76	12.63	12.43	12.21	11.08					

*表示低于检出限

以上几种四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）含量均在 0.2%以下，最低的焚烧剩余固相石油烃（C₁₀-C₄₀）含量小于 0.1%，这说明以上几种综合利用工艺均能有效降低含油污泥中主要的石油烃类污染物。从重金属总量的情况来看，除个别样品的 As 含量达到建设用地二类土壤筛选值附近外，其它主要重金属均小于二类筛选值要求；但另一方面与表 4-1 中四川省主要含油污泥重金属含量相比，含油污泥综合利用后剩余固相中的重金属含量并未较含油污泥出现明显变化，这说明含油污泥中的大部分重金属经过综合利用工艺过后仍会留存在剩余固相中，但其存在形态可能发生了改变。

从浸出液中重金属的情况来看，可以看到部分含油污泥综合利用后剩余固相中钡的存在形态发生了明显改变，特别是焚烧剩余固相中钡的浸出水平较含油污泥浸出液水平出现了显著升高，且超过了危险废物浸出毒性鉴别标准所规定的浸出液钡含量限值（100mg/L），其中部分焚烧剩余固相样品中钡的浸出含量达到了 1000mg/L 以上。钡的浸出含量显著上升主要是由于焚烧工艺包含高温工艺过程，且焚烧过程需要投加部分还原性燃料，这可能促使含油污泥中的重晶石发生分解或还原反应，从而增加了钡的可溶出态。

钡浸出含量的增加导致钡的溶出迁移风险大幅提高，浸出液钡含量超标意味着焚烧剩余固相具有了焚烧前含油污泥所不具备的危险特性。该类含油污泥综合利用后剩余固相不符合本标准要求，不适用于本标准规定处置利用方式。

除钡浸出含量外，另一个需要关注的问题是 pH，可以看到包括部分热解、焚烧工艺在内的剩余固相 pH 均达到 12.5 以上。这主要是由于石灰的加入，一方面在含油污泥运输储存过程常常会加入石灰进行固化；另一方面在焚烧等处理过程中，相关工艺设备为了对烟气进行处理一般会采用干法、半干法等工艺进行脱硫，这就造成焚烧工艺剩余固相中存在一部分石灰，从而导致其 pH 的上升。

对以上几种四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相样品及其浸出液中部分有机物进行检测，部分数据如下。

表 6-6 四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相中部分有机物检测数据 (mg/kg)

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
四氯化碳	/	/	/	/	/
氯仿	/	/	/	/	/
氯甲烷	/	/	/	/	/
1,1-二氯乙烷	/	/	/	/	/
1,2-二氯乙烷	/	/	/	/	/
1,1-二氯乙烯	/	/	/	/	/
顺-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	/
反-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	/
二氯甲烷	/	0.05	0.01	/	/
1,2-二氯丙烷	/	/	/	/	/
1,1,1,2-四氯乙烷	/	/	/	/	/
1,1,1,2-四氯乙烷	/	/	/	/	/
四氯乙烯	/	/	/	/	/
1,1,1-三氯乙烷	/	/	/	/	/
1,1,2-三氯乙烷	/	/	/	/	/
三氯乙烯	/	/	/	/	/
1,2,3-三氯丙烷	0.01	/	/	0.04	0.14
氯乙烯	/	/	/	/	/
苯	/	/	/	/	/
氯苯	/	/	/	/	/
1,2-二氯苯	/	/	/	/	/
1,4-二氯苯	/	/	/	/	/
乙苯	/	/	/	/	/
苯乙烯	/	/	/	/	/
甲苯	/	/	/	/	0.07
间二甲苯+对二甲苯	/	/	/	/	0.08
邻二甲苯	/	/	/	/	0.07
硝基苯	/	/	/	/	/

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
2-氯酚	/	/	/	/	/
苯并[a]蒽	/	/	/	/	0.19
苯并[a]芘	/	/	/	/	14.07
苯并[b]荧蒽	/	/	/	/	4.47
苯并[k]荧蒽	/	/	/	/	4.24
蒽	/	/	/	/	0.31
二苯并[a, h]蒽	/	/	/	/	0.29
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	/	0.01	0.61
萘	/	/	/	/	0.08
一溴二氯甲烷	/	/	/	/	/
溴仿	/	/	/	/	/
二溴氯甲烷	/	/	/	/	/
1,2-二溴乙烷	/	/	/	/	/
六氯环戊二烯	/	/	/	/	/
2,4-二硝基甲苯	/	/	/	/	/
2,4-二氯酚	/	/	/	/	/
2,4,6-三氯酚	/	/	/	/	/
2,4-二硝基酚	/	/	/	/	/
4-氯酚	/	/	/	/	/
五氯酚	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸丁基苄酯	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二正辛酯	/	/	/	/	/
丙烯腈	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二正丁酯	2.53	2.70	/	/	/
苯酚	/	/	/	/	/
2-硝基酚	/	/	/	/	/
2,4-二甲酚	/	/	/	/	/
4-硝基酚	/	/	/	/	/
2-甲基-4,6-二硝基酚	/	/	/	/	/
蒗烯	/	/	/	/	/
蒗	/	/	/	/	/
芴	/	/	/	/	0.08
菲	/	/	/	/	0.83
蒽	/	/	/	/	0.19
荧蒽	/	/	/	/	/
芘	/	/	/	/	/
苯并[ghi]花	/	/	/	/	0.12

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
二氯二氟甲烷	/	/	/	/	/
溴甲烷	/	/	/	/	/
氯乙烷	/	/	/	/	/
三氯氟甲烷	/	/	/	/	/
2,2-二氯丙烷	/	/	/	/	/
溴氯甲烷	/	/	/	/	/
二溴甲烷	/	/	/	/	/
1,3-二氯丙烯	/	/	/	/	/
1,3-二氯丙烷	/	/	/	/	/
异丙苯	/	/	/	/	/
溴苯	/	/	/	/	/
正丙苯	/	/	/	/	/
2-氯甲苯	/	/	/	/	/
1,3,5-三甲基苯	/	/	/	/	/
4-氯甲基苯	/	/	/	/	/
叔丁基苯	/	/	/	/	/
1,2,4-三甲基苯	/	/	/	/	/
仲丁基苯	/	/	/	/	/
1,3-二氯苯	/	/	/	/	/
4-异丙基甲苯	/	/	/	/	/
正丁基苯	/	/	/	/	/
1,2-二溴-4-氯丙烷	/	0.03	/	/	/
1,2,4-三氯苯	/	/	/	/	/
六氯丁二烯	/	/	/	/	/
1,2,3-三氯苯	/	/	/	/	/
N-亚硝基二甲胺	/	/	/	/	/
双(2-氯乙基)醚	/	/	/	/	/
2-甲基酚	/	/	/	/	/
二(2-氯异丙基)醚	/	/	/	/	/
六氯乙烷	/	/	/	/	/
N-亚硝基二正丙胺	/	/	/	/	/
4-甲基酚	/	/	/	/	/
异佛尔酮	6.40	/	/	/	/
2,4-二甲基酚	/	/	/	/	/
二(2-氯乙氧基)甲烷	/	/	/	/	/
2,4-二氯酚	/	/	/	/	/
4-氯苯胺	/	/	/	/	/
4-氯-3-甲基酚	/	/	/	/	/
2-甲基萘	0.23	/	/	/	2.21

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
2,4,5-三氯酚	-	-	-	-	-
2-氯萘	-	-	-	-	-
2-硝基苯胺	-	-	-	-	-
蒽烯	-	-	-	-	-
邻苯二甲酸二甲酯	-	-	-	-	0.46
2,6-二硝基甲苯	/	/	/	/	/
3-硝基苯胺	/	/	/	/	/
2,4-二硝基酚	/	/	/	/	/
二苯并呋喃	/	/	/	/	/
2,4-二硝基甲苯	/	/	/	/	/
邻苯二甲酸二乙酯	/	/	/	/	/
4-氯苯基苯基醚	/	/	/	/	/
4-硝基苯胺	/	/	/	/	/
4,6-二硝基-2-甲基酚	/	/	/	/	/
偶氮苯	/	/	/	/	/
4-溴二苯基醚	/	/	/	/	/
呋唑	/	/	/	/	/

* /表示低于检出限

表 6-7 四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相酸浸液中部分有机物检测数据 (mg/L)

污染物指标	热解剩余固相-B1	焚烧剩余固相-B2	焚烧剩余固相-B3	焚烧剩余固相-B4	高温干馏剩余固相-B5
六氯苯	/	/	/	/	/
硝基苯	/	/	/	/	/
五氯酚及五氯酚钠 (以五氯酚计)	/	/	/	/	/
苯酚	0.21	/	/	/	/
2,4-二氯苯酚	0.06	/	/	/	/
2,4,6-三氯苯酚	/	/	/	/	/
苯并[a]芘	/	/	/	/	0.00028
邻苯二甲酸二正丁酯	/	/	/	/	0.007
邻苯二甲酸二正辛酯	/	/	/	/	/
苯	/	/	/	/	/
甲苯	/	/	/	/	/
乙苯	/	/	/	/	/
二甲苯	/	/	/	/	/
氯苯	/	/	/	/	/

污染物指标	热解剩余固相 -B1	焚烧剩余固相 -B2	焚烧剩余固相 -B3	焚烧剩余固相 -B4	高温干馏剩余 固相-B5
1,2-二氯苯	/	/	/	/	/
1,4-二氯苯	/	/	/	/	/
丙烯腈	/	/	/	/	/
三氯甲烷	/	/	/	/	/
四氯化碳	/	/	/	/	/
三氯乙烯	/	/	/	/	/
2-氯酚	/	/	/	/	/
3-甲酚	/	/	/	/	/
2-硝基酚	/	/	/	/	/
2, 4-二甲酚	/	/	/	/	/
4-氯酚	/	/	/	/	/
4-氯-3-甲酚	0.04	/	/	/	/
2, 4-二硝基酚	/	/	/	/	/
4-硝基酚	/	/	/	/	/
2-甲基-4, 6-二硝基酚	/	/	/	/	/
萘	/	/	/	/	/
蒽烯	/	/	/	/	/
蒽	/	/	/	/	/
芴	/	/	/	/	/
菲	/	/	/	/	/
蒽	/	/	/	/	/
荧蒽	/	/	/	/	/
芘	/	/	/	/	0.0013
苯并[a]蒽	/	/	/	/	/
屈	/	/	/	/	0.0001
苯并[b]荧蒽	/	/	/	/	/
苯并[k]荧蒽	/	/	/	/	/
二苯并[a,h]蒽	/	/	/	/	/
苯并[ghi]花	/	/	/	/	/
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	/	/	/

*表示低于检出限

标准编制组采集的几种四川省典型含油污泥综合利用后剩余固相中主要有有机物与表 5-3 中四川省典型含油污泥所含有有机物种类类似，其中在各类综合利用工艺剩余固相中 1,2,3-三氯丙烷、邻苯二甲酸二正丁酯具有一定的检出率，但整体来看剩余固相中有机物含量均较低；在含油污泥中含量较高的 4-氯酚在剩余固相中则没有检出，说明综合利用过程降低了这些有机物的含量。需要注意的是综

合利用过程也可能导致部分有机物含量上升，如高温干馏工艺剩余固相中苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘等有机物含量均超过 4mg/kg，其中苯并[a]芘达到 14.07mg/kg，接近建设用地土壤二类管控值要求（15mg/kg），表现出较高的环境风险。据此可以看到不同工艺综合利用后剩余固相中有机物的种类和含量仍然存在一定的差异，尽管大部分有机物含量较低，但对于苯并[a]芘等毒性较高的有机物，仍需关注其在剩余固相中的环境风险。

不同综合利用工艺剩余固相的浸出液中有机物种类存在一定的差异，如焚烧工艺剩余固相浸出液中基本没有检出，而高温干馏工艺剩余固相浸出液中存在多种有机物检出。出现苯并[a]芘总量超标的高温干馏剩余固相浸出液中苯并[a]芘含量较低，未超过危险废物鉴别标准，说明尽管其总量较高但迁移性较弱。

综合以上数据来看，不同综合利用工艺的含油污泥剩余固相中主要污染物包括苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘等有机物以及浸出液中的钡。其中部分剩余固相中钡的浸出量较高，已超过危险废物浸出毒性标准；部分剩余固相中苯并[a]芘的含量较高，接近建设用地土壤二类管控值要求。这说明对含油污泥综合利用后剩余固相中钡的浸出含量和苯并[a]芘总量进行限制是完全有必要的，这也是本标准将钡和苯并[a]芘纳入污染物控制限值进行约束的原因。

2、处置利用技术要求的确定依据

本标准对达到本标准限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相，作为工业原料进行处置利用的方式和要求进行了规定。其处置利用方式和要求包括用作井场及井场道路的混凝土掺配料利用时，掺配比例不得大于 15%；作为烧结砖、烧结陶粒的原料时，掺配比例不得大于 25%。

以上作为烧结砖、烧结陶原料和作为井场及井场道路的混凝土掺配料的掺配比例的确定，主要是从三个方面进行考虑的，具体如下：

1) 掺配量的增加对烧结砖、烧结陶粒和混凝土等建材制品的产品质量会产生直接影响，从调查和检测结果来看，掺配比例过高将导致砖和混凝土质量的下降，强度等质量参数无法达到建材制品使用要求。从相关试验结果来看，采用以上两组掺配比例对混凝土和烧结砖、烧结陶粒的产品质量影响较小，所制得的建材质量能够达到相关产品质量标准。

2) 从污染控制的角度来看，本标准要求用于处置利用的含油污泥综合利用

后剩余固相含油量限值为 1%。将满足本标准限值要求的剩余固相用于掺配混凝土和制烧结砖、烧结陶粒，在 25%掺配量条件下制成品的整体石油烃（C₁₀-C₄₀）含量最高仅为 0.25%，低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600）第二类用地筛选值中石油烃（C₁₀-C₄₀）浓度限值 0.45%的要求，环境影响可以忽略。

3) 对制成品进行浸出毒性试验，其重金属、有机物和钡等污染物浸出浓度均低于危险废物浸出毒性标准，不具有浸出毒性。下面列出了采用含油污泥及其焚烧剩余固相制烧结砖和烧结陶粒产品的主要重金属浸出毒性水平。可以看到烧制工艺过程不会对钡等元素的酸可溶态产生明显影响，而工艺中其他配料的加入则能有效降低产品整体的钡元素浸出水平。

下表为添加 25%和 100%含油污泥综合利用后剩余固相制得的烧结砖的主要重金属浸出水平。可以看到即便是 100%掺配量制得的烧结砖，其主要重金属的浸出水平均低于危险废物和一般工业固体废物 II 类水平。

表 6-8 添加 25%和 100%剩余固相制得的烧结砖主要重金属浸出水平（mg/L）

污染物指标	25%掺配量	100%掺配量	25%掺配量	100%掺配量
	酸浸		水浸	
As	/	0.26	/	0.02
Ba	0.09	0.21	0.08	0.12
Mn	/	/	/	/
Co	/	/	/	/
Ni	/	0.02	0.01	0.01
Zn	0.06	0.06	0.03	0.04
V	0.23	1.55	0.31	0.78
Cr	/	/	/	/
Cu	/	/	/	/
Sb	/	/	/	/
Pb	/	0.03	0.01	0.02
Hg	/	/	/	/
Cd	/	/	/	/
Ag	/	/	/	/
Se	/	/	/	/
Be	/	/	/	/
六价铬	/	/	/	/

*/表示低于检出限

下表为含油污泥和含油污泥焚烧工艺剩余固相以不同掺配比例烧制烧结陶粒的主要重金属浸出毒性水平。可以看到，即使使用未经综合利用的含油污泥和存在钡浸出超标的焚烧剩余固相以较高的掺配比例烧制烧结陶粒，其产品中的浸出毒性也远低于危险废物浸出毒性标准。据此来看，本标准规定的使用含油污泥综合利用后剩余固相烧制烧结砖和烧结陶粒的利用方式是安全的，环境风险较低。

表 6-9 含油污泥和焚烧剩余固相不同掺配量制烧结陶粒主要重金属酸浸水平（mg/L）

样品	含油污泥-陶粒	含油污泥-陶粒	含油污泥-陶粒	焚烧剩余固相-陶粒	焚烧剩余固相-陶粒	焚烧剩余固相-陶粒	焚烧剩余固相-陶粒
掺配量	25%	40%	50%	25%	40%	50%	75%
As	0.23	0.09	0.03	/	0.05	/	/
Ba	0.09	0.09	0.10	0.06	0.20	0.06	0.23
Mn	/	/	/	/	/	/	/
Co	/	/	/	/	/	/	/
Ni	/	/	/	/	/	/	/
Zn	/	/	0.02	/	/	/	/
V	0.96	3.06	1.76	0.42	0.31	1.05	/
Cr	/	0.04	/	0.01	0.01	0.06	/
Cu	/	/	/	/	/	/	/
Sb	/	/	0.03	/	/	/	/
Pb	0.01	0.03	0.03	/	/	/	/
Cd	/	/	/	/	/	/	/
Ag	/	/	/	/	/	/	/
Se	/	/	/	/	0.02	0.03	0.01
Be	/	/	/	/	/	/	/

*/表示低于检出限

6.8 监测的确定

6.8.1 样品采集和前处理的确定

目前，国家针对固体废物采样的标准规范仅有《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20），因此本标准中规定样品采集和前处理按照 HJ/T 20 规定进行。

6.9.2 检测方法的确定

本标准污染物指标的检测采用下表中的检测方法。

表 6-10 油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用污染物检测方法

序号	污染物项目	检测方法	标准编号
1	pH	固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法	GB/T 15555.12
2	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	土壤和沉积物 石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定 气相色谱法	HJ 1021
3	砷 ¹	固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法	HJ 702
		固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
4	汞 ¹	固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法	HJ 702
5	铜 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
6	铅 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
7	总铬 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
8	六价铬 ¹	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法	GB 7467
9	镍 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
10	镉 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
11	锌 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
12	锰 ¹	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 781
13	钡 ²	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别	GB 5085.3 附录 A/B/C/D
14	苯并[a]芘	固体废物 多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 950
		固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 951
注： ¹ 按照 HJ 557 浸出后，检测浸出液中含量； ² 按照 HJ/T 299 浸出后，检测浸出液中含量。			

(1) pH

含油污泥综合利用后剩余固相为固体废物，pH 的测定适用《固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法》(GB/T 15555.12)。

(2) 石油烃 (C₁₀-C₄₀)

目前固体废物中石油类检测方法主要有《城市污泥矿物油的测定 红外分光光度法》(CJ/T 221-2005)，《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别 (附录 O 固体废物 可回收石油烃总量的测定 红外光谱法)》(GB5085.6)，其中 CJ/T 221 适用于石油烃总量测定，GB5085.6 适用于沸程小于 200℃ 的石油溶剂类物质测定，二者均不能检测石油烃 (C₁₀-C₄₀)。

本标准的污染物限值主要针对含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用，由于经剩余固相含油量较含油污泥低，性质与建设用地土壤相近，且用于铺垫井场和井场道路或作为井场和井场道路混凝土掺配料进行利用时，其含油量检测方法应与场地标准衔接，因此本标准石油烃 (C₁₀-C₄₀) 测试方法选用建设用地土壤检测方法《土壤和沉积物 石油烃 (C₁₀-C₄₀) 的测定 气相色谱法》(HJ 1021)。

(3) 砷、汞

固体废物浸出液中重金属砷的检测方法包括《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》(HJ 781)和《固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法》(HJ 702),其中 HJ 702 也适用于固体废物浸出液中汞的测定,所以本标准中砷、汞的检测方法采用固体废物浸出液中砷、汞检测方法,其中砷为 HJ 781 和 HJ 702,汞为 HJ 702。

(4) 铜、镍、总铬、锌、锰、铅、镉

固体废物浸出液中重金属铜、镍、总铬、锌、锰、铅、镉的检测方法主要包括《固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》(HJ 766)、《固体废物 镍和铜的测定 火焰原子吸收分光光度法》(HJ 751)、《固体废物 铍 镍 铜和钼的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》(HJ 752)、《固体废物 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》(HJ 749)、《固体废物 总铬的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》(HJ 750)、《固体废物 铅和镉的测定 石墨原子吸收分光光度法》(HJ 787)、《固体废物 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法》(GBT 15555.2)和《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》(HJ 781)等,本标准采用较新的方法 HJ 781,可以同时检测固体废物浸出液中的铜、镍、总铬、锌、锰、铅、镉,检出限满足本标准要求,可以满足实际检测需要。所以本标准中铜、镍、总铬、锌、锰、铅、镉的检测方法采用 HJ 781。

(5) 六价铬

本标准中六价铬的污染物指标和限值参照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599)确定,所以本标准中六价铬的测定方法也参照 GB 8978 中六价铬的测定方法,选用《水质 六价铬 二苯碳酰二肼分光光度法》(GB 7467)作为六价铬的检测方法,该方法也适用于固体废物浸出液中六价铬的检测。

(6) 钡

本标准中钡(浸出液含量)的污染物限值主要是参考《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3)中的相关规定确定的,所以本标准中钡(浸出液含量)的检测方法采用《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3)附录 A、B、C、D 中钡的浸出液含量检测方法。

(7) 苯并[a]芘

本标准中苯并[a]芘的污染物限值引用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600）第二类用地筛选值，但由于含油污泥综合利用后剩余固相为固体废物，不宜采用土壤中苯并[a]芘的检测方法，而适合采用固废中苯并[a]芘的检测方法，且经过比较土壤和固废中苯并[a]芘的检测方法原理和检测过程基本一致，所以本标准采用 HJ 950、HJ 951 作为苯并[a]芘的检测方法。

6.9.3 污染物限值判定监测频次的确定

由于本标准规定的处置利用方式均在 HJ 1091 中出现，而《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ 1091）对利用固体废物生产建材、用于土壤等情况的监测频次也进行了规定；HJ 1091 作为固体废物再生利用的全国性标准，将其作为本标准的主要参考符合地方标准要求应严于或等于相关国家标准的总体原则；所以本标准含油污泥综合利用后剩余固相污染物限值判定的监测频次参照 HJ 1091 第 8 条执行，监测项目仍为本标准表 1 中项目。

6.9.4 产品监测频次的确定

产品监测频次的确定与污染物限值判定监测频次的确定类似，以 HJ 1091 为基础确定含油污泥综合利用后剩余固相处置利用产品的监测频次符合地方标准要求应严于或等于相关国家标准的总体原则。HJ 1091 中规定，利用固体废物生产的建材产品中有害物质含量参照 GB 30760 的要求执行，但 GB 30760 中并未对钡进行规定；考虑到含油污泥中钡含量较高，部分剩余固相中钡的浸出毒性远高于危险废物浸出毒性标准；且在含油污泥处置利用过程中钡并不会被去除，所以本标准将钡的浸出毒性指标也作为产品监测的主要指标之一确定下来。

6.9 实施与监管的确定

本标准规定了标准的实施和监管要求，主要用于标准实施过程中的监管，说明如下：

(1) 本标准规定达到限值要求的剩余固相的贮存、运输、处置和利用环节可不按照危险废物管理。这主要是考虑到满足限值剩余固相较综合利用前的含油污泥环境健康风险和危险性均已大幅下降，经危险废物鉴别已不再具有危险特

性，如果继续按照危险废物进行管理将带来大量的管理和处置成本的浪费，也不利于油气开采行业的健康发展。本标准主要涉及到剩余固相的贮存、运输、处置和利用环节，其中贮存和运输环节在本标准处置利用技术要求部分进行了相关规定，处置和利用环节则是本标准的主要内容。本标准对满足本标准限值要求的含油污泥综合利用后剩余固相在贮存、运输、处置和利用环节的环境管理要求进行部分放宽，这符合本标准制定的目的和原则，也符合我国现行《危险废物鉴别标准 通则》等危险废物鉴别与管理标准法规的相关规定。

(2) 本标准规定涉及满足限值剩余固相处置利用的建设项目应符合建设项目环保管理相关要求，这也是我国法律法规的一般性规定，本标准在此对其进行再次强调和明确。

(3) 本标准规定达到限值要求的剩余固相应建立全过程管理台账，确保来源可查、去向明确、过程可追溯。由于本标准已不再要求满足限值剩余固相需按照危险废物相关要求进行管理，剩余固相已不适用于《危险废物转移联单管理办法》；但由于达到限值要求的剩余固相仍然具有一定的环境风险，所以本标准要求建立剩余固相的全过程管理台账，确保来源可查、去向明确、过程可追溯，这是实现剩余固相环境安全管理的必然要求，同时这也符合新《固废法》对固废管理的相关规定。

七、标准可达性分析

7.1 技术可达性分析

经调查，含油污泥经综合利用后，剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）含量较含油污泥出现大幅下降，现有工艺技术达到本标准规定的 B 类石油烃（C₁₀-C₄₀）污染物限值（不高于 10000 mg/kg）不存在技术问题，四川省目前主要使用的化学热洗技术、热解技术、焚烧技术和萃取技术等均能实现；而焚烧、萃取等技术则可以达到本标准规定的 A 类石油烃（C₁₀-C₄₀）污染物限值（不高于 4500 mg/kg）；本标准涉及的其他污染物控制指标则较石油烃（C₁₀-C₄₀）更容易实现。所以本标准污染物控制指标与目前四川省含油污泥综合利用技术水平相符，具有较好的技术可达性。

7.2 经济可达性分析

经调查，焚烧技术和萃取技术可以较好地实现含油污泥综合利用后剩余固相中石油烃（C₁₀-C₄₀）含量不高于 10000 mg/kg，且不需要显著增加工艺成本；焚烧技术可能涉及的钡浸出含量问题的处理也不需要显著增加成本。化学热洗处理技术和热解技术将石油烃（C₁₀-C₄₀）含量从 20000mg/kg 降至不高于 10000 mg/kg，其成本约增加 1 倍，但仍低于降剩余固相作为危险废物处理处置的成本，成本总体可控。此外，本标准放宽了油气开采含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用途径，减少了油气开采企业相应的危险废物委托处理处置成本支出，整体有利于节约企业和社会的经济成本支出。综上所述，本标准具有较好的经济可达性。

八、重大分歧意见的处理依据和结果

在征求意见过程中，无重大分歧意见。

九、贯彻标准的措施建议

9.1 技术措施

全省各油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处理利用相关单位需配备本标准涉及的剩余固相处置利用相关指标的检测能力及设备，按标准规定的样品采集、样品测定和监测频次要求，对剩余固相进行检测，相关指标检测结果必须满足相应的污染物控制指标要求。

9.2 管理措施

本标准由四川省生态环境厅提出并归口，由四川省生态环境厅负责解释。

9.3 实施方案

本标准拟于 2020 年 X 月 1 日颁布，颁布之日起实施。

十、预期效益分析

10.1 经济效益

该标准实施后，可以打破目前四川省天然气/页岩气开采污染防治瓶颈，在规范油气开采含油污泥综合利用后剩余固相处置利用要求的同时，促进和规范行业发展，进一步巩固四川省作为全国重要页岩气生产基地的定位。标准实施后，可以大幅降低油气开采企业含油污泥综合利用后剩余固相的处理处置费用，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含油污泥及其综合利用后剩余固相的处理处置支出。

10.2 环境效益

该标准实施后，可有效规范四川省油气开采含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用，广泛应用于油气开采企业环境管理和危险废物经营单位的技术依据，使四川省油气开采含油污泥综合利用后剩余固相的处置利用过程更加规范，避免剩余固相对环境的损害，有效降低油气开采环境污染、保护我省自然生态环境。