**《含PFOS类废物污染控制技术规范》**

**编制说明**

DB 62/T 081-2024

**(征求意见稿)**

**《含PFOS类废物污染控制技术规范》编制组**

**2024年4月**

**目 录**

[1．任务来源 1](#_Toc175948024)

[2．概况 1](#_Toc175948025)

[3．编制目的 9](#_Toc175948026)

[4．编制过程 11](#_Toc175948027)

[5．适用范围 11](#_Toc175948028)

[6．指导总则 11](#_Toc175948029)

[7．国内外相关标准研究 12](#_Toc175948030)

[8．标准编制依据和参考资料 19](#_Toc175948031)

[9．标准的主要内容 27](#_Toc175948032)

**《含PFOS类废物污染控制技术规范》**

**编制说明**

# 任务来源

新污染物环境健康风险防控与预警治理是全球性难题，对生态环境和可持续发展构成挑战。我国作为世界最大的化工产品生产使用国，新污染物主要来源于这些物质的生产、加工和使用。党中央、国务院高度重视新污染物治理工作。2022年5月4日，国务院发布《新型污染物治理行动方案》，将PFOS列入新污染物重点管控名单，全面加强管控措施，包括源头禁止或限制生产、加工使用和进出口、废弃物安全处置，以及企业土壤环境管理等。为落实《POPs公约》及有关修正案要求，推动我国PFOS类物质的淘汰与替代工作，生态环境部对外合作与交流中心 (FECO) 与世界银行合作开展中国PFOS优先行业削减与淘汰工作，旨在帮助中国履行POPs公约中有关PFOS类物质的相关义务，实现特定豁免用途优先行业的淘汰和替代，引入最佳可行技术/最佳环境实践 (BAT/BEP) 应用等。目前，PFOS淘汰工作已在河南省、江苏省、浙江省、上海市开展废弃含PFOS泡沫灭火剂无害化处置示范活动，已初步形成具有示范性、探索性、可复制的管理方案及处置技术方案。为促进甘肃省建立规范化处置能力、加强规范化管理，生态环境部对外合作与交流中心委托甘肃省生态环境科学设计研究院编制形成含PFOS类废物无害化处置相关标准，切实提升甘肃省含PFOS废物规范化管理水平，为后续国内履约及新污染治理工作打下坚实基础。

# 概况

2.1 含PFOS类废物的现状

自上世纪70年代以来，我国使用电化学氟化法生产含PFOS产品。自2002年全球最大的PFOS产品生产商3M公司停止生产含PFOS相关产品后，我国PFOS产品生产量在市场需求的刺激下快速升高，从2002年年产量不到50 t快速上升到2006年的247 t，之后在国际和国家层面分别出台相应管控措施后，我国PFOS产品的产量逐渐下降。在过去20年里，我国生产PFOS产品总量约2000 t，这些产品废弃后进入环境将对环境造成显著的影响。这些产品主要用于消防、石油、电镀、农药、冶金、建材等行业，折算成PFOSF，使用量分别约为40~50 t、40~50 t、20~50 t、5~6 t、5~6 t和1~2 t。

目前我国典型含PFOS废物主要来源于PFOS生产行业、消防行业和电镀行业 (表1)，相关废物分为液态废物和固态/半固态废物两大类。其中，液态废物主要有废弃消防泡沫、消防泡沫使用后收集的残液、废弃电镀液、工艺或清洗废水、废有机溶剂、意外或事故泄漏产生的废水废液等。这类废物PFOS浓度差别较大，但含量均不高，从几ppb (如电镀废水) 至几百ppm (如废消防泡沫)。它们一般不可燃，有的含有较高浓度的有机物和无机离子等。固态/半固态废物主要有蒸 (精) 馏釜残、废水处理污泥、污染土壤、电镀滤渣、废吸附剂和过滤材料，以及废弃的产品、原料、副产品、沾染包装物等。这些废物PFOS浓度差别较大，且含量整体较高，可从几ppm (如污染土壤) 到几万ppm (如铬雾抑制剂等产品)，热值、重金属含量和可溶性盐含量等与废物来源和产生的工艺节点密切相关，不同废物之间差别很大。总之，我国含PFOS废物呈现来源广泛、数量较大和底数不清等特点。

表1 全国含PFOS废物来源

|  |  |
| --- | --- |
| 行业 | 产生的含PFOS废物 |
| 历史PFOS生产及相关衍生物生产 | ①清洗废水、水处理污泥 (主要成分为CaF2) 和精 (蒸) 馏残渣  ②淘汰、废弃的PFOS产品、副产物以及包装等沾染废物  ③意外或事故泄漏产生的废液、清洗废水和污染土壤等 |
| 消防行业 (用于水成膜消防泡沫，即AFFF) | ①消防泡沫生产工艺废水和水处理污泥  ②消防训练或灭火后收集的消防泡沫残液和沾染废物  ③淘汰、过期和不合格的废弃含PFOS消防泡沫产品、原料和副产品  ④消防泡沫泄漏或非闭环使用污染的土壤 |
| 电镀行业 (用于铬雾抑制剂) | ①废弃电镀镀液、滤渣以及电镀后的清洗废水、废有机溶剂等  ②废气、废水处理产生的废吸附剂 (如活性炭、离子交换树脂等) 和滤纸、滤布、滤芯等  ③电镀废水和水处理污泥  ④淘汰、过期的废铬雾抑制剂  ⑤意外或事故泄漏产生的废液、清洗废水和污染土壤等 |
| 杀虫剂、石油开采、皮革纺织、半导体、航空航天等行业 | 淘汰、废弃的含PFOS制剂、产品、原料、副产品以及包装等沾染废物 |

根据甘肃省行业分布情况来看，甘肃省内产品以PFOS为原料或添加剂的主要行业有：化工企业及园区、石油开采、电镀、半导体制造、农药生产、皮革鞣制加工等。主要的含PFOS产品和废物包括半导体蚀刻液、电镀铬酸雾抑制剂、B类火灾消防泡沫库存、消防泡沫使用后的收集残液等，含PFOS类废物的种类繁多、数量庞大，在全国占有相当比例，对甘肃省环境和当地居民健康有一定影响。尤其兰州、天水、白银等地工业活动频繁，使用PFOS的产业较为集中，是PFOS污染发生及其废物产生的最为主要的区域之一。总之，甘肃省PFOS类废物产生量较大，加之我省生态环境相对脆弱，对污染物的敏感性高且抵御能力低，复杂的地形和交通不便，经济条件较为落后，PFOS废物处理和处置面临巨大挑战。

2.2 含PFOS类废物的管控

**2.2.1 国外含PFOS类废物的管控**

含PFOS类废物种类多样，由于国情不同，各国对PFOS类废物提出了不同的管理要求，许多国家整体上对PFOA采取源头管制措施，以限制含PFOA类废物的产生。

美国：自上世纪40年代以来开始生产PFOS产品，并将其用于食品包装、消防、金属及电子产品加工等行业，目前美国8家主要的有关企业已承诺不再生产和使用含PFOS的产品，针对现存的含PFOS类废物，美国已将其视为危险废物，要求PFOS生产商提供更多的生产信息，指出自2011年1月1日以来曾制造 (包括进口) PFAS或含有PFAS物质的产品的的人员，必须向EPA报告有关PFAS的各种信息，并要求和PFOS储存、处置、运输相关的企业签署承诺书，保证对含PFOS类废物，通过填埋、焚烧、注井或其它适当的处置技术进行合理处置。

日本：日本厚生劳动省、产业经济省、环境省于2024年出台联合发布了《化审法》的修订草案，该修订草案在原则上要求禁止制造、进口PFOS类化合物，并在水污染相关法案中将饮用水中PFOS浓度上限设置为50 ng/L，以保障居民饮水安全。针对消防产品，日本对消防产品的储存条件、运输、容器标准、使用以及泄露物的处置均做出了详细的规定，要求尽可能对消防过程中产生的废液以及擦拭过废液的布料进行回收，并保存在密闭容器中等待处置。

欧盟：2002年12月，OECD召开第34次化学品委员会联合会议，将PFOS定义为持久存在于环境、具有生物储蓄性并对人类有害的物质。2005年3月，欧盟健康与环境危险科学委员会 (SCHER) 确认了PFOS的危害性，并于2005年12月提出了关于限制PFOS销售及使用的建议和指令草案。2006年12月，该指令正式公布并同时成效。指令的限制内容包括：(1) 限制PFOS类产品的使用和市场投放。不得销售以PFOS为构成物质或要素的、浓度或质量等于或超过0.005%的物质。(2) 限制在成品和半成品中使用PFOS。不得销售含有PFOS浓度或质量等于或超过0.1%的成品、半成品及零件。2023年8月，欧盟委员会在其官方公报上发布法规 (EU) 2023/1608，正式将PFOS列入欧盟POPs法规禁用物质清单。

加拿大：加拿大既不生产也不出口含PFOS产品，但在1997-2002年间进口了约600吨全氟化合物，其中43%为PFOS及其盐类和前体物质，在2002年后，加拿大基本停止了含PFOS物质的进口，目前库存基本已被耗尽，但仍有一部分通过市政/工业废水进入到环境中，为此，2023年5月，加拿大下议院通过《加拿大环境保护法》修正案，将PFOS纳入第一类有毒物质清单，除少数特殊用途和满足豁免条件外，禁止PFOS及其盐类和前体物质的研发制造、使用、销售、进口，并要求曾使用过含PFOS产品的单位对含PFOS类废物进行妥善处理。

**2.2.2 国内含PFOS类废物的管控**

**（1）法律法规**

我国中华人民共和国宪法 (2018年修正) 第一章、第二十六条中明确规定：“国家保护和改善生活环境和生态环境，防治污染和其他公害”。中华人民共和国环境保护法是我国环境保护方面的综合性法律，其中第四章、第四十六条规定了与POPs管理直接相关的条款即：“对严重污染环境的工艺、设备和产品实行淘汰制度。任何单位和个人不得生产、销售或者转移、使用严重污染环境的工艺、设备和产品。”中华人民共和国水、大气土壤、固体废物等污染环境防治法从不同的角度规定了污染防治的要求，亦可用于PFOS等POPs的管理；危险化学品安全管理条例对危化品实施安全监督管理，有意生产的PFOS属于该条例管理范畴[3]。

**（2）规划计划**

2009年，《关于石油和化学工业结构调整的指导意见》提出了中国第一个PFOS的产业结构调整政策，在2011年，我国发展和改革委员会公布的《产品结构调整引导目录文件 (2011年本)》将“新增全氟辛烷磺酰物质 (PFOS) 生产设施”列为限制类别，并将“全氟辛烷磺酰物质 (PFOS) 及其盐替代品的研发和使用”列为限制类别替代科技，属于鼓励类别，“含全氟辛烷磷酸 (PFOS) 的涂料”被当作“落后产物”加入到了淘汰类别。

2012年1月18日，为提升工业清洁生产水平，我国制定了《工业清洁生产推行“十二五”规划》，明确了电镀行业重点推广使用不含PFOS的铬雾和酸雾抑制剂；半导体器件生产领域研发光阻剂和防反射涂层等PFOS替代品。

2012年10月，为深入贯彻落实POPs公约国家实施计划，原环境保护部、国家发改委等部门联合颁布了《全国主要行业POPs污染防治“十二五”规划》，规划指出PFOS/PFOSF作为公约中新增的受控物质，要适时深入开展PFOS生产、使用、进出口以及污染场地情况调查，全面评估其环境风险。

2014年，环保部将8种PFOS类化学品列入了环境管理重点危险化学品目录，环境保护部等12个部委联合发表公报，除七种可以被接纳的用处如消防泡沫外，PFOS的制造与流通被明确禁止。

2014年，PFOS被列入环境保护部和海关总署联合发布的《中国严格进出口限制的有毒化学品清单 (2014)》。

2018年12月，为专门针对新增列11种类POPs的履约工作，生态环境部等14部门联合发布了我国履行POPs公约国家实施计划 (增补版)，要求开展PFOS/PFOSF生产/加工企业的调查统计、研发和推广PFOS/PFOSF替代品和替代技术、开展新增列POPs废物环境管理研究等系列措施，从而实现严格限制并逐步消除PFOS/PFOSF目的。

PFOS及其盐类和PFOSF的制造、运送、应用和与外国往来贸易 (可以被接纳的用处除外) 都被国家发展和改革委员会于2019年3月26日阻止，PFOS及其盐类和PFOA被列为落后产物 (可以被接纳的用处也受到约束)。

2022年12月29日，生态环境部等6部门发布的《重点管控新污染物清单 (2023年版)》中对PFOS类管控要求为：从2023年3月1日以后禁止加工使用PFOS类物质而用于生产灭火泡沫药剂除外 (该用途的豁免期至2023年12月31日止)。

2023年12月1日，《产业结构调整指导目录 (2024年本)》经第6次委务会议审议通过，需发展全氟辛基磺酰化合物 (PFOS)、全氟辛酸 (PFOA) 及其盐类和相关化合物的替代品和替代技术开发和应用。

**（3）部门规章**

2013年8月，全国人大常委会批准关于新增列全氟辛基磺酸及其盐类 (PFOS) 和全氟辛基磺酰氟 (PFOSF) 等10种持久性有机污染物 (POPs) 的修正案。

2014年3月25日，原环境保护部、发改委等12部门联合发布关于POPs公约新增PFOS/PFOSF生效的公告，自2014年3月26日起，禁止PFOS/PFOSF除特定豁免和可接受用途外的生产、流通、使用和进出口。

2019年3月4日，我国关于部分PFOS/PFOSF使用的豁免期即将到期，国家生态环境部、发改委等11部门联合发布公告，自2019年3月26日起，禁止PFOS/PFOSF除可接受用途外的生产、流通、使用和进出口。

2019年3月22日，国家农业农村部发布公告，决定自2019年3月22日起，不再受理和批准含氟虫胺 (在环境中能够降解为PFOS) 相关农药产品的登记；自2019年3月26日起，撤销含氟虫胺农药产品的农药登记和生产许可；禁止全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟除可接受用途外的生产、流通、使用和进出口。自2020年1月1日起，禁止使用含氟虫胺成分的农药产品。

2019年11月，国家发改委根据《斯德哥尔摩公约》，将“全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟 (可接受用途为限制类)”列为落后产品。

自2011年起，我国针对PFOS及相关产品、替代品环境管理颁布了一系列管理制度，对其生产、进口、流向、风险防控及淘汰退出等提出了具体的管理要求，相关管理制度见表2。

表2 我国PFOS/PFOSF管理相关国家部门规章

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件名称 | 文号 | 颁布日期 | 颁布主体 | 适用内容 |
| 《产业结构调整指导目录 (2011年本)》 | 国家发改委令第9号 | 2011/3/27 | 国家发改委 | 新建、改扩建PFOS生产装置被列入目录限制类产业，含PFOS有害物质的涂料列为国家淘汰类的落后产品。 |
| 《禁止用地项目目录 (2012年本)》 | / | 2012/5/23 | 国土资源部、国家发展和改革委员会 | 国土资源管理部门和投资管理部门不得为新建PFOS项目办理相关手续。 |
| 《中国严格限制进出口的有毒化学品目录》 | 公告2013年第85号 | 2013/12/30 | 原环境保护部、海关总署 | PFOS/PFOSF被列入中国严格限制进出口的有毒化学品目录。 |
| 《重点环境管理危险化学品目录》 | 环办〔2014〕33号 | 2014/4/4 | 原环境保护部 | 全面启动其环境管理登记工作。 |
| 《危险化学品目录》 | 2015年第五号 | 2015/2/27 | 国家安全监督总局、工业和信息化部、公安部等 | 对其生产、储存、使用、经营和运输等全过程进行全面监督管理。 |
| 《清洁生产审核办法》 | 国家发改委、环境保护部令第38号 | 2016/5/16 | 国家发改委、原环境保护部 | 使用PFOS/PFOSF进行生产的企业应当实施强制性清洁生产审核。 |
| 《关于办理环境污染刑事案件适用法律若干问题的解释》 | / | 2016/12/27 | 最高人民法院、最高人民检察院 | PFOS/PFOSF被认定为有毒物质。 |
| 《中国严格限制的有毒化学品名录》 (2018年) | 公告2017年第74号 | 2017/12/15 | 生态环境部、商务部、海关总署 | PFOS/PFOSF再次被列入中国严格限制进出口的有毒化学品目录。 |
| 《优先控制化学品名录 (第一批)》 | 公告2017年第83号 | 2017/12/27 | 原环境保护部等3部委 | 采取风险管控措施，最大限度降低目录中化学品的生产、使用对人类健康和环境的重大影响。 |
| 《环境保护综合名录“高污染、高环境风险”产品名录》 | 环办政法函〔2018〕67号 | 2018/1/12 | 原环境保护部 | 基础化学原料制造行业中PFOS/PFOSF产品被列入高污染、高环境风险”产品名录。 |
| 《持久性有机污染物统计调查制度》 | 国统制〔2018〕38号 | 2018/8/6 | 国家统计局 | PFOS被列入持久性有机污染物统计制度。 |
| 《产业结构调整指导目录》 | 国家发展委令第29号 | 2019/10/30 | 国家发展改革委 | 可接受用途的PFOS/PFOSF生产装置被列入限制类产业，PFOS/PFOSF类产品被列为国家淘汰类的落后产品。 |
| 《禁限用农药名录》 | / | 2019/11/29 | 农业农村部 | 氟虫胺自2020年1月1日起禁止使用。 |
| 《中国严格限制的有毒化学品名录》 (2020年) | 公告2019年第60号 | 2019/12/30 | 生态环境部、商务部、海关总署 | PFOS/PFOSF再次被列入中国严格限制进出口的有毒化学品目录。 |
| 《优先控制化学品名录 (第二批)》 | 公告2020年第47号 | 2020/10/30 | 生态环境部、工业和信息化部、卫生健康委 | PFOS/PFOSF再次被列入优先控制化学品名录。 |
| 《国家危险废物名录》 (2021年版) | 生态环境部令第15号 | 2020/11/25 | 生态环境部 | 禁止使用的POPs公约受控化学物质被列为危险废物。 |
| 《化学品环境国际公约管控物质统计调查制度》 | 国统制〔2021〕60号 | 2021/6/30 | 国家统计局 | PFOS被列入化学品环境国际公约管控物质统计调查制度。 |
|
|
| 《重点管控新污染物清单》 (2023年版) | 生态环境部令第28号 | 2022/12/29 | 生态环境部等6部门 | 除用于生产灭火泡沫药剂 (该用途的豁免期至 2023 年 12 月 31 日止) 外禁止加工使用。 |

此外，还有多种关于PFOS类物质的检测标准、限值标准和产品标准等。《清洁生产标准 制革工业（羊革）》（HJ560-2010），要求制革行业中的染色、加脂和涂饰工艺不含全氟辛基磺酸盐。《环境标志产品技术要求 皮革和合成革》（HJ507-2009）中规定：“产品生产过程中不得使用全氟辛基磺酸（PFOS）”；《环境标志产品技术要求 文具》（HJ572-2010）中规定，“产品所用塑料材料中不得含有全氟辛基磺酸和其盐类以及全氟辛基磺酰氟等持久性有机污染物”。《食品包装材料中全氟辛烷磺酰基化合物（PFOS)的测定 高效液相色谱一串联质谱法》（GB/T23243-2009)、《氟化工产品和消费品中全氟辛烷磺酰基化合物（PFOS）的测定 高效液相色谱-串联质谱法》（GB/T24169-2009）、《纺织染整助剂中有害物质的测定 第2部分：全氟辛烷磺酰基化合物（PFOS）和全氟辛酸（PFOA）的测定 高效液相色谱一质谱法》（GB/T24169-2009）和《纺织品 全氟辛烷磺酰基化合物和全氟羧酸的测定》（GB/T31126-2014）都是我国现有的针对PFOS类物质的检测分析标准。我国还有鞋类、皮革及其制品、纺织品、进出口化工产品、进出口洗涤用品和化妆品、进出口灭火剂、进出口杀虫剂、进出口轻工产品和出口食品中PFOS类物质的商检标准。

2.3 含PFOS类废物的处理现状

目前针对含PFOS废物的处理处置技术主要分为物理吸附/分离技术、化学破坏技术和生物降解技术三类。其中，物理吸附/分离技术是采用活性炭、树脂、沸石等吸附材料以及过滤、沉降、淋洗、热脱附等手段将PFOS分子从废物基质中分离，目前以颗粒活性炭、树脂 (包括阴离子交换树脂和非离子交换树脂)、纳滤 (NF)、反渗透 (RO) 和混凝沉降技术应用最为成熟，其他尚处于实验室研究或小规模试验阶段。化学破坏技术主要是采用超声、紫外光、电化学、高温以及化学催化、氧化等手段破坏PFOS分子，目前仅高温焚烧、水泥窑协同处置技术有工程化应用的案例；而由于PFOS分子高度的生物惰性，开发高效、彻底的生物降解技术依然是尚待突破的难点。此外，其他通用性处置方式如稳定化、填埋和深井注入等也应用于含PFOS废物的处置。整体上，相关处理处置技术以试验性研究居多，针对实际废物的成熟高效、经济适用的处理处置技术还比较缺乏，高温焚烧是目前为数不多可规模化处置含PFOS废物的成熟技术。

**2.3.1 高温焚烧处置**

**（1）预处理**

预处理是焚烧前的一个重要步骤，目的是为了使废物能够更好地适应焚烧处理。预处理方法包括破碎、混合、压缩等。对于大块废物，需要进行破碎处理，以便于后续的输送和燃烧;对于成分复杂、不稳定或黏度较大的废物，需要进行混合和搅拌，以便于燃烧和热量的传递；对于高密度或大体积的废物，需要进行压缩处理，以便于减少体积和重量。

**（2）处置过程**

体积较大的含PFOS废物经过破碎后与不需破碎的废物由抓斗混合后送至废物给料斗，经计量后从料斗经溜槽由推料机构送入回转窑内。液态PFOS废物根据热值的不同并经过过滤后分别喷入回转窑和二燃室内焚烧。固态废物和液态废物根据化验分析的成分和分析由技术部门制定配料单，进料量根据回转窑内温度等工况条件由控制室内的计算机进行调节和控制。整个焚烧系统配备了自动控制和监测系统，在线显示运行工况和尾气排放监测，并能自动反馈，对有关的主要工艺参数进行自动调节。焚烧系统还设有可靠的配风装置以保证回转窑、二燃室处于负压运行状态。

**2.3.2 水泥窑协同处置**

**（1）预处理**

为适应水泥窑处置的要求，可在生产处置厂区内对固体废物进行预处理，包括化学处理，如酸碱中和、氧化等：物理处理，如浮选、磁选、水洗、破碎、粉、烘干等；生物处理，如厌氧发酵、好氧发酵、生物分解等。同时，预处理工艺过程应有防扬尘、防异味发散、防泄漏、防噪音等技术措施；宜在密闭或负压条件下进行预处理。

**（2）处置过程**

危废物料放入进料斗后，提升机带动进料斗在密封自动装置内上升。当进料斗到达危废破碎楼顶端时，进料斗可自动翻转，将危废物料倒入危险废物破碎机的进料仓。当危废物料进入危险废物破碎机上部的进料仓后，推料装置将危废物料向下挤压，加快物料破碎速度，提高破碎效率。危废物料经破碎楼中部的危险废物破碎机主机破碎处理成小碎块，汇集出料向下至口碎料坑，等待下一步处理。

# 3．编制目的

3.1 PFOS使用现状和环境危害

PFOS废物因其持久性、生物累积性和毒性（PBT特性）广受关注，广泛用于电镀、消防、农药、半导体制造和石油开采等行业。这些行业产生大量含PFOS的废水和废渣，特别是电镀和消防领域。例如，中国有约60家水成膜泡沫灭火剂生产厂家，其中50%的配方含有PFOS类氟表面活性剂。2016-2023年甘肃省共收购泡沫灭火剂共计436吨，其中PFOS含量达0.058吨。甘肃省的工业区（如兰州、天水、白银）也存在大量PFOS废物，生态环境脆弱，处理难度大，亟需制定标准以引导有效处理，减少环境污染。国家和国际社会高度重视PFOS及其废物治理。2009年和2019年，PFOS被列入《持久性有机污染物公约》附件B，促使各国限制其生产和使用。中国也通过中央会议和“十四五”规划，以及2022年国务院发布的《新型污染物治理行动方案》，加强对PFOS的管控，推进源头控制和废弃物安全处置。目前我国在PFOS废物管理方面存在不足，缺乏明确的标准，影响国际履约和生态环境风险防控。具体问题包括：缺乏针对PFOS的一般固废或危废判定标准，导致管理要求不明确；PFOS废物特性不同，其处置需求也不同，但缺乏相应的管理要求和技术规范，难以有效控制环境风险。甘肃省已启动POPs履约示范知识推广工作，提升PFOS治理技术支撑能力。然而，由于PFOS类废物环境风险隐蔽、种类繁多、常规管控措施不足等特点，迫切需要建立PFOS废物管控标准，以提升全省危险废物及新污染物监管和处置能力，有效防控环境与安全风险。

PFOS由于其C-F键的键能较大，被认为是自然界中最难降解的有机污染物之一，在环境中能够持续存在。PFOS具有生物蓄积性、高毒性和长距离迁移等特性，是一种典型的持久性有机污染物，具有超强稳定性、高表面活性和特殊的疏水疏油性，能够经受强的加热、光照和化学作用以及微生物和高等脊椎动物的代谢作用。环境中存在的PFOS最终能够进入生物体内并在体内蓄积，对生物体造成危害。PFOS可引起肝脏细胞氧化应激反应，破坏生物膜系统，对细胞增殖等多种代谢途径产生抑制作用。对免疫器官具有严重的损伤作用，会显著降低免疫细胞数量，破坏生物体的免疫功能。此外，PFOS暴露可能与乳腺癌、肾癌膀胱癌前列腺癌等风险升高相关，会增加高胆固醇血症、甲状腺和心脑血管类疾病发病的风险。

3.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要

随着对PFOS危害认知的提高，各国政府相继制定政策法规限制其生产与使用，国际社会对含PFOS类废物治理越来越重视。2009年、2019年PFOS被列入POPs公约附件B，引发各国法令法规出台，以防范PFOS风险。为治理含PFOS类废物，各国严格制定排放标准，限制其生产与使用，同时致力于废物处理与回收利用技术研发与应用。国际组织积极推动跨国合作，分享治理经验和技术资源，以共同应对环境与健康挑战。在中国，中央高度重视新型污染物治理，习近平总书记多次主持相关会议并作出重要指示。国家“十四五”规划明确提出“重视新型污染物治理”，并于2013年8月批准斯德哥尔摩公约PFOS修正案，自2014年全面履行该公约，加强对PFOS管控。2022年5月4日，国务院发布《新型污染物治理行动方案》，将PFOS列入重点管控名单，全面加强管控措施，包括源头禁止或限制生产、加工使用和进出口、废弃物安全处置，以及企业土壤环境管理等。

含PFOS废物相关标准缺失掣肘国际履约进展和生态环境风险防控等国家重大战略任务实施。然而，由于相关工作开展时间较短，我国含PFOS废物管理支撑能力尚不完善，尤其针对PFOS废物的风险管控还存在一定的不足和短板。首先，缺乏对PFOS进行一般固废判定或危废判定的标准，导致执行危废管理还是一般固废管理要求不明确；其次，含PFOS类废物本身的特性使得其焚烧、填埋等处置需要有不同的要求。相关管理要求和技术规范的缺乏使得PFOS废物环境风险难以有效控制，这不仅影响我国国际履约，也不利于风险防控。

鉴于甘肃省含PFOS类废物环境风险隐蔽、种类繁多、常规管控措施不足以应对其环境风险等特点，为推进含PFOS类废物的污染防治和风险管控，提高对PFOS废物的监管能力，迫切需要建立含PFOS类废物污染控制标准，以提高对新型污染物的治理能力。因此，制定本标准具有重要意义，通过明确其识别、处理和处置的标准和程序，从而最大程度地减少其对环境和人体健康的潜在危害。

# 4．编制过程

甘肃省生态环境科学设计研究院在接到此任务后，与生态环境部对外合作与交流中心、兰州大学联合成立了标准编制组，召开了标准制制定工作启动会。随后标准编制组根据《国家环保标准制修订工作管理办法》的相关规定，查询了国内外相关文献资料。查阅的文献资料主要集中于PFOS类的基本理化性质、环境危害、国内外分析方法和限制标准等方面，重点调研了PFOS类废物在清理、收集、包装、运输、暂存、贮存及无害化处理处置过程中需要采取的技术方法、污染防治和风险管控等方面的情况。在此基础上提出了《含PFOS类废物无害化技术规范》的草案和编制说明。

# 5．适用范围

本标准规定了含PFOS类废物的类别，以及含PFOS类废物清理、收集、包装、运输、暂存、贮存及无害化处理处置、采样与检测全过程的环境保护要求。

本标准适用于含PFOS类废物的分类、无害化管理及无害化处置、采样与检测全过程的污染控制管理。

# 6．指导总则

本标准的编制工作遵循“实现公约要求、政策相符、综合防治、环境目标、技术可行”的原则，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》的规定编写。

6.1 实现公约要求

《POPs公约》将PFOS以及PFOSF作为新增POPs列入公约附件B受控清单，禁止PFOS类化合物除可接受用途外的一切生产、流通、使用和进出口，要求实现PFOS类化合物的淘汰和替代。本标准编制以公约要求为指导，保证公约目标的实现。

6.2 政策相符原则

本标准的编制依据国家相关法律法规、标准、技术规范、产业政策、行业发展规划等政策性文件。所确定的含PFOS类废物的分类、无害化管理及无害化处置全过程的污染控制符合相关国家标准和行业标准的要求。

6.3 综合防治原则

本标准综合考虑全过程开展污染排放监测和突发环境事件监测，对水污染物、大气污染物、固体废物等进行污染控制。本标准关注的指标覆盖排放标准中的所有污染物，达到相应的排放标准要求。本标准既关注主要污染源的有组织排放，也说明了无组织排放、突发环境事件的管理，考虑了PFOS类废物进行无害化处置过程中的安全防护与事故应急要求。

6.4 环境目标原则

环境质量与人体健康和经济发展速度紧密相关，环境标准编制必须以环境质量目标为基础，必须有利于改善和提高环境质量，必须从社会经济发展需要和保障人体健康等方面确定排放标准体系。

6.5 技术可行原则

本标准对含PFOS类废物处置方法的确定遵循“技术强制”原则，考虑PFOS类废物的特性，以经济可行的处置技术、BAT和BEP为基础确定，从而使含PFOS类废物处置实现最优化控制并达到环境污染最小化目标。

# 7．国内外相关标准研究

7.1 国外相关标准研究

**7.1.1 斯德哥尔摩公约**

为了加强化学品的管理，减少化学品尤其是有毒有害化学品引起的危害，国际社会达成了一系列的多边环境协议，其中斯德哥尔摩公约涉及持久性有机污染物 (POPs) 的相关规定。2001年国际社会通过本公约，作为保护人类健康和环境免受POPs危害的全球行动。POPs是指高毒性的、持久的、易于生物积累并在环境中长距离转移的化学品。公约于2004年生效，有124个成员国，其中包括中国。

斯德哥尔摩公约附件B中明确提到全氟辛基磺酸 (PFOS) 及其盐类和全氟辛基磺酰氟 (PFOSF)。除附件B第一部分规定的那些通知秘书处打算生产和 (或) 使用并用于可接受用途的缔约方之外，所有缔约方均应停止生产和使用PFOS及其盐类和PFOSF。附件B第三部分规定了一些可接受用途，或在生产这些可接受用途的化学品的过程中用作中间体。具体可接受用途包括：照片成像、半导体器件的光阻剂和防反射涂层、化合物半导体和陶瓷滤芯的刻蚀剂、航空液压油、只用于闭环系统的金属电镀 (硬金属电镀)、某些医疗设备 (比如乙烯四氟乙烯共聚物 (ETFE) 层和无线电屏蔽ETFE的生产、体外诊断医疗设备和CCD滤色仪)、灭火泡沫、用于控制切叶蚁 (美叶切蚁属和刺切蚁属) 的昆虫毒饵等。缔约方在登记簿登记的前提下可被允许用于特定用途的使用或生产。

使用和 (或) 生产这些化学品的各缔约方应每四年一次就消除PFOS及其盐类和PFOSF方面的进展情况进行汇报，并依照斯德哥尔摩公约第15条并在依照该条进行的汇报过程中将其有关上述进展情况提交缔约方大会。为减少和最终消除对这些化学品的生产和（或）使用，缔约方大会应鼓励使用这些化学品的各缔约方在出现合适的替代物质或方法时，采取行动逐步淘汰它们的使用。各缔约方在其能力范围内，促进为使用这些化学品的缔约方研究和开发安全的化学和非化学替代品、工艺、方法和战略，此种研究和开发应符合那些缔约方的国情。在考虑替代品或不同替代品的结合时，应予重视的因素应当包括这些替代品对人类健康的危害及环境影响。

第6条第1款(d)(ii)项：缔约方应采取适当措施，以确保此类废物：

以销毁其持久性有机污染物成分或使之发生永久质变的方式予以处置，从而使之不再显示出持久性有机污染物的特性；或在永久质变并非可取的环境备选方法或在其持久性有机污染物含量低的情况下，以环境无害化的其他方式予以处置

第6条第2款：缔约方大会应与《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》的有关机构密切合作，尤其要：

(a) 制定进行销毁和永久质变的必要标准

(b) 确定它们认可的上述对环境无害化的处置方法

(c) 酌情制定持久性有机污染物的含量标准，以界定第1款(d)(ii)项中所述及的持久性有机污染物的低含量。

**7.1.2 巴塞尔公约**

巴塞尔公约是一项国际环境协定，旨在控制跨境转移和处理危险废物的规范。巴塞尔公约附件中概述了受约束的废物危险特性。PFOS是一种持久性有机污染物，常见于各种工业和消费品中，如涂料、防水剂、表面处理剂等，具有毒性。根据巴塞尔公约规定，对于危险废物的跨境转移需要遵守特定的程序和条件。转移前需要获得相关当局的授权，并确保目的地国有足够的能力安全处理这些废物，以防止环境污染和人类健康风险。巴塞尔公约鼓励各成员国采取措施，以减少或消除危险废物的产生，并采取安全和环保的方式处理和处置这些废物。2023年5月，巴塞尔公约第十六次缔约方大会通过了关于对由持久性有机污染物构成、含有此类污染物或受其污染的废物实行无害环境管理的技术导则。

该技术导则关于此类废物的无害环境管理有以下相关规定：

1. 低POPs含量是指对于PFOS、其盐和PFOSF的临时定义50毫克/千克。低POPs含量的划分是独立于巴塞尔公约下关于危险废物的规定的。

含有高于50毫克/千克的PFOS、其盐或PFOSF，必须按照第IV.G.2小节中描述的方法进行处置，或者在环境友好的情况下以其他方式进行处置。当破坏或不可逆转转化不代表环境上更可取的选择时，可以采取第IV.G.3小节中描述的方法进行处置。

2. 库存清单

库存清单是识别、量化和表征废物的重要工具。开发PFOS或PFOA的国家库存清单通常包括以下步骤 (有关详细信息，请参见联合国环境规划署，2021c)：

(a) 第一步：规划 (即确定生产PFOS、PFOA或PFHxS或其相关物质的相关公司以及使用PFOS、PFOA和PFHxS及其相关物质的部门)；

(b) 第二步：选择分层方法的数据收集方法；

(c) 第三步：从国家统计数据收集和编制有关PFOS、PFOA和PFHxS及其相关物质的生产、使用、进口和出口的数据；

(d) 第四步：使用估算方法管理和评估第三步中获得的数据；

(e) 第五步：准备库存报告；

(f) 第六步：定期更新库存清单。

3. 处理、收集、包装、标记、运输和储存

受到PFOS及其相关物质污染的废物流的处理、收集、包装、标记、运输和储存的注意事项：

(1) 液体和半液体

含有PFOS的废水、填埋场滤液和污泥是重要的废物流，因为存在大量这些废物。由于生产，液压液以及含有PFOS的灭火泡沫是重要的废物流。应采取适当措施防止在处理、收集、包装、运输和储存过程中泄漏。此类废物也应该单独处理和包装，以避免与其他材料混合和污染。

液体PFOS废物的二次防护是控制储存和运输过程中意外泄漏的关键方面。二次防护不需要像主要储存那样满足长期材料兼容性的要求；然而，它们的设计和建造应该能够至少包含泄漏的液体，直到泄漏物质被回收。

容器应该被适当地标记，注明其内容，并存放在具有二次防护的经批准和指定的封闭区域内。这些设施应定期检查和维护。

液体和半液体的PFOS废物不应长时间大量积累，因此应定期收集和运送到经批准的转运站或中央处理中心。如果废物最初被送到转运站，则应进一步将其运送到最合适的中央处理或处置设施。

(2) 固体

诸如地毯、皮革和室内装潢或家庭和消费者纺织品废物等纺织品可能含有可变浓度的PFOS。这种废物流可能由于体积而重要。应谨慎处理大量这样的废物，即使储存正确，它们更有可能带来风险，而不是分散在大面积。

含有PFOS的纺织品废物不应长时间大量积累，因此应定期收集和运送到经批准的转运站或中央处理中心。如果废物最初被送到转运站，则应进一步将其运送到最合适的中央处理或处置设施。

4. 无害环境的处置

(1) 预处理

预处理方法应基于待预处理的PFOS废物的性质和类型进行选择。此类方法可能包括：

(a) 吸附和吸收；

(b) 膜过滤，特别是反渗透和纳滤；

(c) 混合；

(d) 油水分离；

(e) 体积减少。

(2) 销毁和不可逆转的转化方法

依照《巴塞尔公约》附件四A部分和B部分中的规定，出于销毁和永久性改变废物中所含持久性有机污染物的目的，应准许采用下列处置办法，但条件是在采用这些办法时，应确保所余废物及其排放不具有持久性有机污染物的特点：D9: 物理化学处理；D10: 陆上焚化；R1: 用作燃料 (而不直接焚化) 或以其他方式产生能量；R4: 金属和金属化合物的再循环/回收。在销毁或永久性质变均不是环境无害化处理办法的情况下采用的其他处置方法如特别设计的土地填埋或在地下矿井和岩洞中永久储存。此外，(e) 水泥窑协同处置、(f) 气相化学还原 (GPCR)、(g) 危险废物焚烧和 (j) 超临界水氧化 (SCWO) 被提及，用于PFOS废物、其盐或PFOSF的含量达到或超过50 mg/kg，PFOA、其盐和PFOA相关化合物的含量达到或超过50 mg/kg。

5. 销毁和永久性质变的程度

销毁率（DE）是通过一种特定方法或技术销毁或永久质变的废物中持久性有机污染物含量的百分比。销毁去除率（DRE）仅考虑向空气中的排放，是永久质变和从气体排放中去除的原持久性有机污染物的百分比。

(a) 销毁率和销毁去除率均根据原持久性有机污染物含量；

(b) 销毁率是用于评估销毁和永久性质变技术性能的一个重要标准；

(c) 存在最佳可得技术和最佳环保做法以确保实现预期的环境性能，包括预期销毁率；以及

(d) 相关的国家立法和国际规则、标准和准则适用于这些活动。

应根据持久性有机污染物含量的绝对值采用下列销毁程度和永久质变程度的暂行定义：

(a) 向大气中的排放：依照相关的国家立法和国际规则、标准和准则；

(b) 向水体中的排放：依照相关的国家立法和国际规则、标准和准则；

(c) 固体残留物：持久性污染物含量应低于在本章A节中所界定的低持久性有机污染物含量。然而，如果持久性污染物含量为或超出A节中所界定的低持久性污染物含量，则所涉固体残留物便应依照第四G节的规定加以处理。

此外，在应用销毁和永久性质变技术时应依照最佳可得技术和最佳环保做法行事。

**7.1.3 欧盟**

《关于限制全氟辛烷磺酸销售及使用的指令》(2006/122/EC) 的内容主要包括：

1. 限制PFOS类产品的使用和市场投放。不得销售以PFOS为构成物质或要素的、浓度或质量等于或超过0.005%的物质。

2. 限制在成品和半成品中使用PFOS。不得销售含有PFOS浓度或质量等于或超过0.1%的成品、半成品及零件。指令限制范围包括有意添加PFOS的所有产品，包括用于特定的零部件中及产品的涂层表面，例如纺织品。但限制仅针对新产品，对于已经使用中的以及二手市场上的产品不限制。

3. 对指令进行评估。为逐步淘汰PFOS的使用，当有新情况或安全的替代产品出现时，应对指令中的限制范围进行评估。

4. 部分例外情况：(1) 指令指出，根据确认，现在航空业、半导体工业和影像工业中谨慎地使用PFOS，如果有少量PFOS排放到环境中或暴露于车间，不会出现对环境和人类的关联性的危害，因此光阻材料、照相平版涂层、航空液压品等不适用该指令；(2) 关于消防泡沫问题，同意应先对其替代产品的危害性进行分析后再作出最后决定；(3) 关于限制PFOS在镀层工业的应用问题，同意如果不能找到有效的方法将金属镀层过程中的排放减少到明显较低的水平，则今后将限制PFOS在该工业中的使用，但在现阶段须应用最先进技术使工业电镀中PFOS的排放尽量降低。

**7.1.4 国际标准化组织**

ISO 25101:2009《全氟辛烷磺酸 (PFOS) 和全氟辛酸 (PFOA) 的测定》规定了一种使用高效液相色谱-串联质谱 (HPLC‑MS/MS) 测定饮用水、地下水和地表水 (淡水和海水) 未过滤样品中全氟辛烷磺酸 (PFOS) 和全氟辛酸 (PFOA) 线性异构体的方法。其他异构体可作为非线性异构体单独报告，并进行鉴定。该方法适用于全氟辛烷磺酸浓度范围为2.0 ng/l至10000 ng/l，全氟辛酸浓度范围为10 ng/l到10000 ng/l。根据基质的不同，在适当稀释样品或减少样品量后，该方法也可适用于范围从100 ng/l到200000 ng/l的更高浓度。

**7.1.5 欧洲化学品管理局**

ECHA发布的标准《关于限制在电子产品中使用某些有害物质的规定》（EU 195/2012）中的主要内容包括：

1. 指定了被限制使用的有害物质名单，其中包括PFOS。

2. 规定了PFOS的最高允许限量，以及检测方法。

3. 规定了企业在申请使用PFOS时必须提交的文档，包括但不限于测试报告、生产流程和废物处理说明。

4. 规定了违反此规定的处罚，可能包括罚款和/或禁止进入市场。

**7.1.6 欧洲标准化委员会**

**（1）CEN-TS 15968-2010《涂覆和浸渍的固体颗粒，液体及消防泡沫内可萃取的全氟辛烷磺酸 (PFOS) 的测定》**

该技术规范描述了从覆盖的和充满土壤粒子的液体和泡沫灭火材料中浓缩萃取物用高效液相色谱-串联质谱或四极杆质谱测定全氟辛烷磺酸，这个方法可用于PFOS在萃取物溶液浓度范围为0.5 μg/l至50 μg/l。

标准CEN-TS 15968-2010的主要内容包括方法的原理、仪器和设备的选择与调节、固体和液体样品取样的要求规范、萃取和分析方法及其详细操作要求等。

**（2）ASTM E3302-23-PFAS分析方法选择标准指南**

指南讨论了用于识别和定量环境介质中全氟烷基和多氟烷基物质（PFAS）的分析方法和技术的选择和应用。它提供一个技术框架，用于在知情的情况下选择和应用分析方法和技术，以确定环境样品介质中的目标和非目标PFAS，也描述了在PFAS环境计划中选择和应用分析程序时广泛接受的注意事项和最佳实践，而PFOS的分析方法也可以参考此标准指南进行。

（3）欧洲议会于2006年通过了建议全氟辛烷基磺酸的销售和使用限制，限量规定为：质量分数达到或超过0.005%时，可用作生产原料及制剂组分，半制品的限量为0.1%，纺织品及涂层材料限量为1 μg/m2。

**7.1.7其他国家和地区**

挪威污染控制管理局 (SFT) 提出的PoHS草案中，亦明确限制了PFOA的应用，限制为50 ppm。加拿大标准对PFASs的限值要求相对宽松，PFOA的限值为200 ng/L，PFOS的限值为600 ng/L。日本与美国EPA发布的标准限值要求相对较严，PFOS和PFOA分别为50、70 ng/L。

7.2国内相关标准研究

目前，我国并没有明确关于含PFOS类废物环境管控和处置的标准规范，涉及PFOS其他方面的标准也很少。基于本标准的编制要求，关于此类物质和相关技术对我国已有的标准规范进行了研究。

总体看，国内PFOS物质相关的标准系列，主要是对PFOS类物质在水质、土壤、沉积物等介质中分析测定方法的标准，如《全氟辛烷基磺酸及其盐产品中全氟辛基磺酸（PFOS）的测定方法》 (HJ 1021-2020)、《全氟辛基磺酸及其盐产品中全氟辛基磺酸 (PFOS)的测定方法》 (HJ 1021-2020)、HJ 1334《土壤和沉积物 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法》等，这些标准在本项目中可用于控制PFOS在废弃处理过程的排放和管控浓度限值的鉴定。

**（1）PFOS物质的检测**

自2009年以来我国颁布了多项PFOS检测标准，检测方法均为液相色谱串联质谱的方法，前处理方法多为溶剂萃取和固相萃取，检出限在0.001~0.5 mg/kg之间。2021年发布的《水质全氟辛基磺酸和全氟辛基羧酸的测定固相萃取/液相色谱-三重四极杆质谱法》 和《土壤和沉积物全氟辛基磺酸和全氟辛基羧酸的测定液相色谱-三重四极杆质谱法》，对PFOS物质的检测做出以下方面的规定：

检测方法原理、试剂和材料要求；

样品的采集保存、过滤前处理以及试样的制备过程；

分析步骤中仪器参考条件、校准、结果计算和标识

2023年3月，国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会发布了《生活饮用水检验方法第8部分：有机物指标》 (GB/T 5750.8-2023），规定了生活饮用水中PFOS的检测方法，采用的仪器为超高效液相色谱-串联质谱，前处理方法为固相萃取，检出限为3 ng/L。

**（2）PFOS的分级和识别**

考虑PFOS类物质的特征与危害性，参照我国现有标准HJ 1276，对含PFOS类废物进行了分类分级和识别标识。在行业标准HJ 1276中对危险废物的标识有以下相关内容：

危险废物标签的内容、填写和设置要求；

废物数字码的结构、编写要求；

危险废物标识的制作等。

**（3）PFOS的收集与运输**

在PFOS废物收集和运输方面，参照了我国现有标准《危险货物运输包装通用技术条件》(GB 12463)、HJ 2025《危险废物收集、贮存、运输技术规范该标准》，上述标准有以下相关内容：

不同包装容器的材质、容积和设计的要求；

包装标志及标记代号的要求；

危险废物收集、贮存、运输的一般要求；

危险废物废物的收集，贮存、运输的特殊要求等。

**（4）PFOS处理技术**

国内涉及处理含PFOS类废物的技术主要在一些文献中，通过搜集相关技术的文献资料，并参考我国危险废物和一般工业固废处置的相关标准，含PFOS类废物无害化处置污染控制部分涉及的相关标准主要是GB 18484《危险废物焚烧污染控制标准》、GB 30485《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》、HJ 662《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》。其中，《危险废物焚烧污染控制标准》对焚烧法处置废物有以下相关内容：

焚烧设施选址要求；

污染控制技术中贮存、配伍、焚烧环节的具体要求；

排放控制要求；

运行环境管理和监测要求等。

水泥窑协同处置技术的两个标准对处理废物有以下相关内容：

协同处置设施要求：

入窑协同处置固体废物特征的规定；

运行技术要求；

污染排放限值的规定；

# 8．标准编制依据和参考资料

8.1 标准主要编制依据

**8.1.1 类别和分级管理**

在含PFOS废物的管理和控制中，分级的依据是至关重要的，因为它直接影响到后续的处理措施和资源的合理分配。分级通常基于以下几个关键因素：

(1) 浓度级别

浓度是判断PFOS废物处理紧迫性和风险等级的首要标准。通常，高浓度的PFOS废物需要更严格的处理和处置方法。

(2) 物理状态

PFOS废物的物理形态（固态、液态、气态）也影响处理技术的选择。例如，固态废物可能需要机械处理或安全填埋，而液态废物可能更适合化学或生物处理。

(3) 来源和成分

PFOS废物的来源（如工业制造、消费品或研究设施）及其与其他化学物质的混合情况也是分级的重要依据。不同来源的废物可能含有不同的危害成分，需要不同的处理策略。

(4) 危害性评估

基于废物可能对环境和人体健康的危害进行评估。包括其持久性、生物累积性以及潜在的毒性效应。

(5) 法规和标准

不同国家和地区对于PFOS的法规和环保标准不同，这些法规也会影响废物的分级。遵守地方、国家乃至国际上的相关法规是分级的一个重要考虑因素。

分级与分类管理的目的是：

(1) 提高处理效率

通过将废物分类管理，可以更有效地指派合适的处理和处置资源。不同类型和风险级别的废物可能需要不同的处理方法和技术，分级管理有助于合理分配这些资源，确保每一类废物得到适当的处理。

(2) 降低环境风险

分级管理使得高风险废物得到优先处理，从而减少这些废物可能对环境和人体健康造成的伤害。例如，高浓度或高毒性的PFOS废物将被归入更高的危险类别，并采取更严格的控制措施。

(3) 合规性

不同国家和地区对于含PFOS废物的处理和处置有严格的法规要求。通过分级管理，相关组织和企业能够更好地遵守这些法规，避免法律责任和潜在的罚款。

(4) 环保目标的实现

合理的分级管理有助于实现更广泛的环保目标，如减少环境污染、保护生物多样性和促进可持续发展。通过对废物进行科学分级，可以更系统地减少对环境的负面影响。

(5) 公众安全与健康保护

通过将含PFOS废物分类并采取适当的管理措施，可以有效地控制这些物质对公众健康的潜在风险。尤其是在居民区附近处理或处置这类废物时，严格的分级管理尤为重要。

按照POPs公约第六条要求，缔约方应采取措施对PFOS类含量超过第2 (C)款低浓度限值的废物进行环境无害化处置。其中，PFOS类的低浓度限值于2015年由《巴塞尔公约》设定为50 mg/kg (相当于0.005%)。国际上，2019年6月，欧洲议会和欧洲理事会通过了关于持久性有机污染物 (POPs) 的指令，根据其用于管控、替代POPs的条例“Regulation (EC) NO 850/2004”，含PFOS类产品采用规定废物管理的含量限值为50 mg/kg (即0.005 %)，无意产生PFOS的半成品限值为0.1%。

因此，本标准根据污染物浓度将进行PFOS类废物分级：

I类：根据（2021年版）或GB 5085.7-2019《危险废物鉴别标准 通则》和HJ 298-2019《危险废物鉴别技术规范》规定，不属于危险废物，且PFOS类含量小于50mg/kg的固态、半固态、液态废物；

II类：根据国家危险废物名录或国家危险废物鉴别标准规定的属于危险废物，或不属于危险废物，且PFOS类含量大于50mg/kg的固态、半固态、液态废物。

由于不同形态废物在收集、贮存、运输、处置方面的管理和污染控制不同，因此在进行分级的基础上，按照废物的形态和来源可将PFOS类废物分为以下几个类别：禁止使用的纯PFOS类化学品；以PFOS类为原料或添加剂的报废材料和产品部件；含PFOS类的报废装置及含PFOS类产品的包装容器（如含PFOS航空液压油的液压装置或油箱、含PFOS刻蚀剂的刻蚀机部件、含PFOS光阻剂的供液系统等）；含PFOS类产品生产过程中产生的生产废水、设备清洗废水、污泥、电镀废渣及反应釜残等；含PFOS类废物泄漏、非闭环生产及贮存过程中受到污染的建筑材料及需异位无害化处置的污染土壤；含PFOS类废物贮存、运输时的包装容器；含PFOS类废物包装容器清洗废水；沾染了含PFOS类废物的物质和物品，如灭火过程中的消防泡沫沾染物、吸附材料、抹布等。除了已知的八条PFOS类废物外，可能存在其他未明确列出的类别。这些废物可能具有不同的特性和处理要求，因此在具体处理时需要特别注意并进行综合考量。

**8.1.2 含PFOS类废物无害化管理与处置技术要求**

本标准从含PFOS废物的清理与收集、包装与运输、暂存与贮存以及无害化处理处置等方面规定了含PFOS废物环境管理与无害化处置技术要求。

**（1）PFOS的清理与收集**

关于含PFOS类废物的清理与收集，依据标准《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）中的相关规定，对该过程制定通用要求，规定含PFOS类废物封存点在清理工作开始前，应在现场周围设置警戒区域及警示标志；且恶劣天气时（暴雨、大风、雷电等）禁止开展清理和收集工作。为了合理安全收集含PFOS的废物，需要对其进行分类并有序收集，依据标准《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）规定收集容器应使用塑料桶、不锈钢桶、专用包装袋等专用容器。此过程涉及的容器需要符合国家标准和安全要求，并严格按照先液体物质再固体物质的顺序做好收集。具体收集过程中要求：①对于液体废物，为避免液体外溢或挥发，应使用高效吸附剂或专用设备回收；为确保污染表面不残留液体废物，应采用适当的吸附材料对其进行吸附处理。②对于固体废物，收集时依据其化学性质进行独立包装并清楚标识，安全处理以防在后续清理中产生扬尘或二次污染。

含PFOS废物收集场地需执行标准《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）的要求，为防止废物扩散需设置防渗防撒等基础设施。

依据标准《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）和文件《危险废物转移管理办法》的规定与要求，为确保收集操作过程中工作人员的安全、减少污染物暴露和确保废物清理过程信息可查，对作业者的防护设备与措施、专业收集工具和收集后的转移与信息登记做了明确要求。此外，根据国家法律法规对危险废物的管理要求，为了确保危险废物得到安全、合法的处理和处置，防止环境污染，保障生态安全，要求对II类含PFOS废物，清理和收集方案需经论证并报所在地县级以上生态环境主管部门备案。

**（2）PFOS的包装与运输**

根据我国相关标准规范《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）的内容和含PFOS类废物的特点，本标准对该类废物包装容器与过程、运输过程做出如下规定：

1. 因含氟聚合物对环境存在潜在威胁，若接触时防护不当，其生物积累性等对生物存在健康隐患，因此包装容器材质应选取不含氟聚合物的材料，包装容器应按标识要求添加标签，标识字样应醒目、明确，不易损坏、脱落，并标注“含PFOS类废物”等字样。
2. 在包装要求方面，本标准中参考标准《标准危险货物运输包装通用技术条件》（GB 12463 ）、《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）和《危险废物转移联单管理办法》等，在运输包装结构与强度方面做了规范，要求它们的包装应有足够的强度和防护性能，抗压抗冲击，其构造和封闭形式应能承受正常运输条件下的各种作业风险。另外，盛装液体废物的容器，应能经受在正常运输条件下产生的内部压力。为了防止因温度变化导致的容器破裂或爆炸等安全事故，‌灌装时应留有足够的膨胀余量（预留容积≥20%）。

3. 根据《危险货物运输包装通用技术条件》（GB12463）中对盛装危险货物运输包装基本要求和性能指标的相关规定，对于含PFOS废物的包装运输过程，其液态废物宜采用聚丙烯材质的闭口塑料桶，包装时确保完全密封；半固态废物宜采用聚丙烯材质的广口带盖塑料桶，需通过吸附等手段确保包装前无游离液体；不锈钢材质表面经过了防滑处理后能够稳定存取货物，刚性好、易清洗且持久耐用，可以避免与容器内含物接触发生有害性反应而产生新的污染等问题，故本标准规定固态、半固态含PFOS类废物未发生PFOS类分解、释放时，应放置于有边沿的不锈钢制托盘中，并放置吸附材料，若发生分解、释放时应先对其中的液态废物进行吸附收集。

4. 此外，为了确保人员和环境的安全和废物的完好，依据《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）标准内容对含PFOS废物运输过程具体工作做相关要求。规定运输车需要采取合理的防护措施，避免因泄露、扬撒等导致的环境污染；运输路线需提前并合理规划；为避免颠簸或交通事故引起废物泄露，在运输前需要对容器和车辆做好检查；此外，随时监控并做好应急处理准备。为了确保运输过程的安全性和应对突发事件，相关工作人员需进行专业培训并严格要求其配备装置和防护设备。

5. 针对含PFOS的废物是否为危险废物，本标准还规定了以下特殊要求：

① 危险废物

因这类废物对环境危害大、危险系数高，包装容器必须坚固、严密，能够承受运输下的压力与冲击，可在包装容器外增设固定支架等加固措施；其包装材料除了要有良好抗性，包装材料应符合GB 12463中Ⅲ类包装的要求。为了该类废物准确和安全的运输与处理，其标识还应符合HJ 1276的设计、设置要求。危险品的包装上必须标明危险品的名称、危险性质、分类、操作注意、生产/收集单位名称、联系人、联系方式、生产日期、废物重量和备注事项等信息，以便于运输和装卸人员了解危险品的性质和注意事项。同时，危险品的包装上还必须标记危险品的标志和编号。

②非危险废物

含PFOS废物不属于危险废物但是其含量较大，大于50mg/kg的含PFOS类废物，包装材料和过程也需要特殊处理，包装材料的选取宜参照GB 12463中Ⅲ类包装要求执行，应使用耐腐蚀、耐化学性好的材料。

**（3）含PFOS废物的暂存与贮存**

① 暂存区的设置与要求

关于废物暂存区的设置，规定当清理现场的含PFOS类废物无法及时运走时，应在清理区内设置专门的暂存区；根据《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025），对该区域的场地防渗要求、防雨设施等做了相关要求，确保废物的合理保存和防止产生环境污染，也保证暂存废物不受雨水侵蚀或污染。

② 贮存区的设置与要求

当含PFOS废物收集到贮存区时，也对该区域的设施、分类标识和容器做了规定，确保该区域的环保性能和废物的合理贮藏。贮存区设备配套要齐全，包括防护设备和通风排水设备等，也需要对存储的废物做好标记和分类分区存放，以免混淆或反应，并要求该区域要定期检查和维护等，以确保环境安全和可利用。

③ 应急处理要求

针对应急处理和作业人员方面也做出一定要求。为了应对突发事件，依据《危险化学品安全管理条例》、《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）有关规定对应急设备和人员应急演练做出要求。

④ 特殊要求

对于含PFOS的危险废物，其贮存还应符合GB 18597及《危险化学品安全管理条例》等有关要求，贮存设施应根据危险废物形态性质而采取必要的防治措施，不应露天堆放危险废物。

对于不属于危险废物，若PFOS类含量大于50mg/kg的含PFOS类废物，其贮存宜参照GB 18597执行。若是PFOS类含量小于50mg/kg的含PFOS类废物，其贮存还应符合GB 18599中贮存要求；贮存区应进行防渗处理，可采用改性压实粘土类衬层或用高密度聚乙烯膜。

**（4）含PFOS类废物无害化处理处置要求**

对于Ⅰ类含PFOS类废物的无害化处理处置：

1. 为了减少和稳定所含有机废弃物，提供后续处理所需的废物形态；尽可能地消减和去除废物中的有毒有害物质，减少污染物排放负荷，需要对液态Ⅰ类含PFOS类废物进行预处理。预处理技术包括活性炭吸附、树脂吸附、混凝吸附、膜滤纳滤等技术。预处理过程中收集的浓缩液及吸附材料仍还有大量或不可忽略的PFOS物质，应采用高温焚烧或水泥窑协同处置的方式进行无害化处置。

2. 对于半固态、固态Ⅰ类含PFOS类废物，应先采用机械脱水与热干化相结合的干化处理，并通过固化/稳定化处理、添加吸附剂进一步稳定化技术进行预处理。

对于Ⅱ类含PFOS类废物的无害化处理处置：

1. 高温焚烧处置

含PFOS废物成分比较复杂，为了避免易反应废物混合，提高最终处理过程中进料均质化和稳定化，减少污染物排放负荷，提高处理效率，需要对水液态的Ⅱ类含PFOS类废物应提前进行均质化预处理，本标准在搅拌与混合、化学稳定化、混合比例控制和设备等方面对改处理过程制定了具体操作规范。对于非水液态的Ⅱ类含PFOS类废物应在专用设备中进行破碎预处理，所含固体物种等成分经破碎减少颗粒尺寸，达到缩容；同时使得废物的比表面积增加，提高如焚烧、热分解等进一步处理操作的稳定性和效率。本标准针对该破碎预处理过程中的设备、尺寸控制、筛分与分离等环节做出规范性的要求。

焚烧炉的技术性能指标达除了应达到GB 18484的技术要求，并根据对无锡能之汇环保科技有限公司开展的含PFOS消防泡沫液无害化处置示范活动的有关调研数据，本标准规定二燃室温度≥1200 ℃，气体停留时间应在3s以上。

通过国内相关实践经验与资料调研，本标准规定控制入炉含PFOS类废物的总量，要求氟元素含量不应≥0.4%。此外，由于目前工艺已能够实现的PFOS类焚毁去除率≥99.9999%，保证经处理后PFOS无残留，本标准要求PFOS类焚毁去除率≥99.9999%。

2. 水泥窑协同处置

含PFOS类废物水泥窑协同处置过程前期需要进行预处理操作，其中针对废物形态分为固态、半固态和液态进行均质化和破碎处理，预处理过程中应根据固体废物特性按照HJ662中的要求正确选择固体废物预处理措施、投加点和投加方式。要求对固体废物进行破碎、筛分、分选、中和、沉淀、干燥、配伍、混合、搅拌、均质等处理；对于液态废物，需先进行混合搅拌，并配备研磨装置、沉淀、中和或过滤设备；对于半固态（浆状）废物，需进行混合搅拌，并根据需要使用破碎、筛分、分选、高速研磨等设备投加量控制。此外，严格控制入窑废物的投加量，确保重金属含量及投加量满足HJ 662的要求，氟元素含量低于0.4%。

焚烧炉技术性能指标应满足GB 30485要求，焚烧炉焚烧温度达到1400℃以上、并维持烟气在高温下4~6s的停留时间。在焚烧处理过程是有毒有害物质二噁英产生的主要来源，二噁英可在环境中持久存在，对人体和环境产生危害，防止二噁英的产生关键是控制焚烧过程中的条件，因此在焚烧处置系统产生的高温烟气应采取急冷处置，采用急冷塔或喷淋冷却等方式，将烟气温度快速降低到200℃以下，防止二噁英产生或二次生成。该技术处理后大气废物的排放需满足GB 4915相关要求，其中规定了水泥窑装置排放各类大气污染物的排放限值要求，同时对排气中的氧含量进行监测，对于水泥窑及窑尾余热利用系统排气、采用独立热源的烘干设备排气。

3.其他处置技术

气相化还原作为成功开发用于高温焚烧的新型销毁技术，在850℃或更高的温度下用氢气还原有机化合物，主要产生甲烷、氯化氢（如果废物被氯化）和少量低分子量碳氢化合物（苯和乙烯），适用于多种危险废物的处理处置。此外，超临界水氧化技术当水处于其临界点以上的高温、高压状态时，有机废物和空气、氧气等氧化剂在超临界水中互溶，进行均相氧化反应，从而将水中有机物去除。考虑到其它方法，本标准规定根据含PFOS废物形态、数量和污染程度不同，可采用气相化学还原、超临界水氧化等其他处置技术处置Ⅱ类含PFOS类废物，但无害化处置工程必须进行环境影响评价并取得批复后方可实施。

破坏性无害化能够将化学物质转化为较为稳定、环境中存在的无害物质，应用于Ⅱ类含PFOS废物的处理处置，将其分解为较小的无害分子或原子，降低或消除在环境中的长期存在性与生物积累性。本标准规定Ⅱ类含PFOS类废物应选择焚烧等破坏性无害化处置方式，在未无害化处置前，不应填埋处置。

因为全氟辛基磺酸及其盐类（PFOS）排入自然环境后属于持久性污染物，排放标准制定的原则从严，可以减少其在环境中的积累。目前我国尚未有标准规定排放限值，本标准确定其排放限值的总体思路是：全氟辛基磺酸及其盐类（PFOS）属于有机氟化物，属于“氟化物”范畴，《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）“生活饮用水水质常规指标及限值”附录A中，表A.1生活饮用水水质参考指标及限值中“全氟辛基磺酸”限值为0.00004mg/L，同标准的氟化物限值是1.0mg/L。与《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）表2“第二类污染物最高允许排放浓度”氟化物排放限值的二级标准和三级标准20-30mg/L比较，两者比例1:20-30。按同比例测算，全氟辛基磺酸及其盐类排放限值可以采用0.0008- 0.0012mg/L。因此，本标准规定含PFOS类废物无害化处置过程中的废水排放除应满足GB 8978要求外，结合最佳可行技术以及国内外相关标准，排放废水中的PFOS类浓度应≤1ug/L，可以防止后续污染的发生。

**8.1.3含PFOS废物的采样与检测方法**

通过采样和分析，可以了解废物的成分、性质以及可能含有的有害物质，以便选择合适的处理方法和方案；同时，有助于评估废物处理过程的效率和效果，是确保废物处理过程符合相关法规要求的关键步骤。本标准该部分首先在采样方法上做出标准规定，要求固态、液态废物中含PFOS类的采样方法应参照HJ/T 20、HJ/T 298进行。废气中的PFOS类参照GB/T16157执行。其次，依次对固体废物、液体废物和气态废物的分析方法做出标准规范要求，规定了含PFOS的固体废物通过消解和提取等预处理，分析方法按照HJ 1333、HJ 1334及相关国家监测方法标准执行；含PFOS液体污染物分析方法按照HJ 1333及相关国家监测方法标准执行；含PFOS液体污染物分析方法可以参考EPA Method 8327，步骤包括使用碱性吸收液捕捉PFOS、调整pH值、中性pH的固相萃取、洗脱和浓缩样品，之后通过气相色谱-质谱（GC-MS）或液相色谱-质谱（LC-MS/MS）进行分析。最后说明采样及分析过程中应避免使用含氟聚合物材质及玻璃材质的器皿，防止测定过程中可能产生的干扰。

8.2标准主要参考资料

GB 4915 水泥工业大气污染物排放标准

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 8978 污水综合排放标准

GB 12463 标准危险货物运输包装通用技术条件

GB/T16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法 标准

GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准

GB 18484 危险废物焚烧污染控制标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB 30485 水泥窑协同处置固体废物污染控制标准

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ 298 危险废物鉴别技术规范

HJ 662 水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范

HJ 1276 危险废物识别标志设置技术规范

HJ 1333 水质 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法

HJ 1334 土壤和沉积物 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法

HJ 2025 危险废物收集、贮存、运输技术规范

EPA/600/R-18/352 METHOD 537.1 DETERMINATION OF SELECTED PER-AND POLYFLUORINATED ALKYL SUBSTANCES IN DRINKING WATER BY SOLID PHASE EXTRACTION AND LIQUID CHROMATOGRAPHY/TANDEM MASS SPECTROMETRY （LC/MS/MS）

# 9．标准的主要内容

9.1 适用范围

本标准规定了含PFOS类废物清理、收集、包装、运输、暂存、贮存及无害化处理处置全过程的污染控制要求。

本标准适用于含PFOS类废物的分类、无害化管理及无害化处置全过程的污染控制。

9.2 规范性引用文件

本部分共列举了本标准应用的全部18个规范性文件，其中10个国家标准，7个行业标准和一个国际标准。上述主要为标准中引用的管理要求，废物处置技术等。

9.3 术语和定义

本部分明确了11个术语和定义。包括4个关于废物类型 (PFOS、含PFOS类废物、含PFOS类产品、报废PFOS) 的术语、1个关于含PFOS废物处置的术语 (清理) 以及6个技术指标术语 (干化技术、稳定化技术、焚毁去除率、高温焚烧、急冷处理、水泥窑协同处置)。本标准按照产生源定义方法，首次明确了含PFOS类废物的定义，指在生产和使用过程中被限制、淘汰的含PFOS类产品及原料或者根据国家规定的鉴别标准鉴别方法认定的含有PFOS类的其他物质。

9.4 含PFOS类废物的类别和分级

该部分规定了含PFOS废物类别与分级的要求，重点明确了属于PFOS废物的八大类别，以及划分为Ⅰ、Ⅱ类废物的指标与管理要求。

为了后期可以根据不同的含PFOS废物类型，采取不同的包装运输及不同的无害化处理处置技术的选择提供便利；也为了有效地管理和处理不同类型的废物，‌以减少对环境和人类健康的影响。考虑到PFOS的生产和使用过程，含PFOS类废物种类复杂，其中包括属于纯PFOS类化学品；PFOS作为原料或添加剂的淘汰产品和产品部件；广泛使用PFOS的行业如电镀、航空等行业所产生的报废装置和包装容器等；生产含PFOS产品时的排放物和受到PFOS污染的材料与土壤；含PFOS废物收集运输过程中的容器及其清洗废水等。此标准在第4章4.1条中具体分类如下：‌

1. 禁止使用的纯PFOS类化学品；
2. 以PFOS类为原料或添加剂的报废材料和产品部件；
3. 含PFOS类的报废装置及含PFOS类产品的包装容器（如含PFOS航空液压油的液压装置或油箱、含PFOS刻蚀剂的刻蚀机部件、含PFOS光阻剂的供液系统等）；
4. 含PFOS类产品生产过程中产生的生产废水、设备清洗废水、污泥、电镀废渣及反应釜残等；
5. 含PFOS类废物泄漏、非闭环生产及贮存过程中受到污染的建筑材料及需异位无害化处置的污染土壤；
6. 含PFOS类废物贮存、运输时的包装容器；
7. 含PFOS类废物包装容器清洗废水；
8. 沾染了含PFOS类废物的物质和物品，如灭火过程中的消防泡沫沾染物、吸附材料、抹布等。

注：除了已知的八条PFOS类废物外，可能存在其他未明确列出的类别。这些废物可能具有不同的特性和处理要求，因此在具体处理时需要特别注意并进行综合考量。

PFOS含量和浓度的不同导致其危害特性和环境风险存在差异，为了确保采用不同处理方法高效合理地处理此类废物，也能够优先处理高风险废物，降低环境风险和确保人体与环境安全；同时，为了遵守相关组织与企业严格的法规要求和实现更广泛的环保目标，本标准第4章中4.2条从相关的国家鉴别标准规定和废物污染物浓度两个方面，依据含PFOS类废物的环境危害特性和国家有关危险废物的规定，对含PFOS类废物进行分级。根据《巴塞尔公约》和欧盟相关法规的要求，本标准对PFOS类废物分级规定如下：

1. I类：根据（2021年版）或GB 5085.7-2019《危险废物鉴别标准 通则》和HJ 298-2019《危险废物鉴别技术规范》规定，不属于危险废物，且PFOS类含量小于50mg/kg的固态、半固态、液态废物；
2. II类：根据国家危险废物名录或国家危险废物鉴别标准规定的属于危险废物，或不属于危险废物，且PFOS类含量大于50mg/kg的固态、半固态、液态废物。

9.5 环境无害化管理与处置

该部分规定了含PFOS废物在清理与收集、包装与运输、暂存与贮存以及不同无害化处理处置技术的具体要求，明确了含PFOS废物清理与收集、包装与运输、暂存与贮存的通用要求和特殊要求；Ⅰ类和Ⅱ类含PFOS废物预处理以及采用高温焚烧处置技术和水泥窑协同处置技术等无害化处理处置方法的执行要求。具体规定和依据说明如下：

**9.5.1 清理和收集**

本标准应符合《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）规范要求，并依据含PFOS废物处置相关企业的实践经验，在第5章中5.1条规定含PFOS废物现场清理与收集要求如下：

5.1.1通用要求

5.1.1.1 含PFOS类废物封存点在清理工作开始前，应在现场周围设置警戒区域及警示标志；

5.1.1.2 恶劣天气时（暴雨、大风、雷电等）禁止开展清理和收集工作。

5.1.1.3 收集操作需使用符合国家标准和安全要求的专用容器，并严格按照废物类别进行分类收集。收集顺序先液体后固体，具体要求为：

液态物质：首先使用高效吸附剂或专用设备回收液态废物，避免液体外溢或挥发；使用适当的吸附材料（如活性炭、吸附垫等）处理污染表面，吸附处理确保液态废物不残留。

固态物质：最后将残留的固态废物进行收集，避免在清理过程中产生扬尘或二次污染；各类废物收集后应根据其化学性质进行独立包装，并标识清楚，以确保后续处理过程的安全性。。

5.1.2 收集场地要求

清理和收集场地应设置围挡、地面防护层、排水系统等防流失、防扬撒、防渗漏的基础设施，防止废物扩散至周围环境。

5.1.3 现场操作规范

5.1.3.1 作业人员个人防护装备：作业人员在进行清理与收集操作时，应穿戴符合标准的个人防护装备（如防化服、手套、防护眼镜等），以确保操作安全。

5.1.3.2 废物收集工具与防护措施：作业过程中应避免废物直接接触皮肤和进入呼吸道，使用专用工具进行收集，以减少污染物暴露风险。

5.1.3.3 废物收集后的转移与信息登记：收集后的废物应立即转移至安全存放区域，并登记详细信息（如废物类型、数量、包装日期等）。

5.1.4 特殊要求

对II类含PFOS废物，清理和收集方案需经论证并报所在地县级以上生态环境主管部门备案。

**9.5.2 包装与运输**

该部分要求对于不同形态的含PFOS类废物采取不同的包装技术要求，以达到含PFOS类废物运输、贮存过程中的无害化管理，并有助于实现最终无害化处置。根据我国制定相关标准文件《危险货物运输包装通用技术条件》（GB12463）、《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）、《危险废物转移联单管理办法》中对危险废物包装材料、性能要求和废物运输管理等内容的相关要求，此标准5.2条中规定了包装与运输的具体要求如下：

5.2.1包装容器要求

5.2.1.1 所有包装容器应使用不含氟聚合物的材料，避免与PFOS类废物发生化学反应。

5.2.1.2 包装容器应符合国家和行业标准，并在外部清晰标识标签，包括废物类别、危害性说明、处理注意事项等。

5.2.1.3 包装要求

5.2.1.3.1 运输包装结构与强度

运输包装应结构合理，并具有足够强度，防护性能好，其构造和封闭形式应能承受正常运输条件下的各种作业风险。例如聚丙烯材质的吨桶、抗压防渗漏的专用包装袋、不锈钢制防渗漏托盘等。

5.2.1.3.2 液体容器的压力与膨胀余量

盛装液体废物的容器，应能经受在正常运输条件下产生的内部压力。灌装时应留有足够的膨胀余量（预留容积≥20%）。

5.2.2 包装过程要求

5.2.2.1 液态废物：应优先使用聚丙烯材质的闭口塑料桶进行封闭包装，包装时，避免液体与容器外部接触，使用密封装置或双层包装确保液体完全密封。

5.2.2.2 半固态废物：使用聚丙烯材质的广口带盖塑料桶，盖子紧闭。包装前废物禁止含游离液体，可添加吸附材料以吸收多余液体。

5.2.2.3 固态废物：未发生分解、释放的固态或半固态含PFOS类废物应放置于有边沿的不锈钢托盘中，托盘内应铺设吸附材料以应对意外泄漏或分解。发生分解、释放时，需先行吸附收集液态废物，再进行固态废物的包装。

5.2.3 运输过程要求

5.2.3.1 运输车辆应配备防流失、防扬撒、防渗漏的安全装置，并根据废物的特性采取防护措施，防止在运输过程中发生环境污染事件。

5.2.3.2 运输宜参照HJ 2025及《危险废物转移联单管理办法》执行，对运输路线提前规划，禁止经过人口密集区或环境敏感区域，并预留应急处理的备用路线。

5.2.3.2 运输前应对包装容器进行检查，确保密封性完好无损，包装容器应稳固地固定在运输车辆上，防止因颠簸或车辆事故导致废物泄漏。

5.2.3.4 在运输过程中，操作人员应随时监控运输状况，并准备应急处理设备（如吸附材料、应急储存桶等），以便应对突发状况。

5.2.4 包装和运输过程工作中的其他要求

5.2.4.1 参与包装与运输的人员应经过专业培训，熟悉操作规程和应急预案，确保在处理含PFOS类废物时的安全性。

5.2.4.2 操作人员应佩戴符合标准的个人防护装备，并在运输过程中保持通信畅通，以便及时响应突发事件。

5.2.5特殊要求

5.2.5.1 对属于危险废物的含PFOS类废物，其包装容器包装容器必须坚固、严密，能够承受运输下的压力与冲击，可在包装容器外增设固定支架等加固措施，符合GB 12463中Ⅲ类包装要求，其运输污染控制还应符合HJ 2025要求，其转移还应符合《危险废物转移联单管理办法》的相关要求。包装容器坚固严密以抗压抗冲击；包装材料必须具有良好的抗爆、抗压、抗冲击等性能，能够保证危险品在运输过程中不发生泄漏、爆炸等事故；其标识还应符合HJ 1276的设计、设置要求；危险品的包装上必须标明危险品的名称、危险性质、分类、操作注意事项等信息，并表明是否属于危险品，以便运输和装卸人员了解挥危险品的性质和注意事项。

5.2.5.2 对不属于危险废物，但PFOS类含量大于50mg/kg的含PFOS类废物，对不属于危险废物，但PFOS类含量大于50mg/kg的含PFOS类废物，包装材料的选取宜参照GB 12463中Ⅲ类包装要求执行，应使用耐腐蚀、耐化学性好的材料。

**9.5.3 暂存与贮存**

该部分根据我国标准文件《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597）、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599）、《危险化学品安全管理条例》及《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025），在此标准5.3条中规定了含PFOS类废物的临时暂存与贮存要求，具体内容如下：

5.3.1暂存区的设置与要求

5.3.1.1 暂存区的选址与隔离措施

当清理现场的含PFOS类废物无法及时运走时，应在清理区内设置专门的暂存区。暂存区应远离人员密集区域，并设置明确的警戒线和标识，以防止无关人员进入。

5.3.1.2 暂存区地面防渗

暂存区地面应进行防渗处理，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜（HDPE）或其他合适的防渗材料。

5.3.1.3 暂存区的防雨保护设施

暂存区应具备防雨设施，如搭建临时防护棚、使用防水布覆盖等，确保废物在暂存期间不受雨水侵蚀或污染。

5.3.2 贮存区的设置与要求

5.3.2.1 含PFOS废物的贮存设施

含PFOS类废物的长期贮存应在符合环保要求的贮存设施中进行。贮存设施应具备防火、防爆、防渗漏的功能，并配备适当的通风和排水系统。

5.3.2.2 含PFOS废物分类与标识

贮存区内应根据含PFOS废物的类别进行分类分区存放，并标识清楚，确保不同类别的废物不会相互混淆或发生反应。

5.3.2.3 贮存区域包装容器维护与检查

在贮存区域应定期检查包装容器的完整性和密封性，并根据需要进行更换或加固，确保在贮存期间不发生泄漏或破损。

5.3.3 应急处理要求

5.3.3.1 暂存与贮存区域应配备足够的应急处理设备，如吸附材料、紧急收集容器、防护服等，以应对可能发生的泄漏或其他突发事件。

5.3.3.2 操作人员应定期进行应急演练，确保在突发事件发生时能够迅速响应并采取适当的措施，防止污染扩散。

5.3.4 操作人员要求

5.3.4.1 人员专业培训

从事暂存与贮存工作的人员应接受专业培训，熟悉废物的性质、存放要求及应急处理措施，确保工作过程中的安全性。

5.3.4.2 个人防护装备佩戴

操作人员在进入暂存与贮存区域时，应佩戴适当的个人防护装备，避免直接接触废物或吸入有害气体。

5.3.5 特殊要求

5.3.5.1 危险废物

对属于危险废物的含PFOS类废物，其贮存还应符合GB 18597及《危险化学品安全管理条例》等有关要求，贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

5.3.5.1 非危险废物

非危险废物包含两类：

1）对不属于危险废物，但PFOS类含量大于50mg/kg的含PFOS类废物，其贮存宜参照GB 18597执行。贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

2）对PFOS类含量小于50mg/kg的含PFOS类废物，其贮存还应符合GB 18599中贮存要求。贮存区应进行防渗处理，可采用改性压实粘土类衬层或用高密度聚乙烯膜。

**9.5.4 含PFOS类废物无害化处理处置要求**

本部分确定了含PFOS类废物适用的处理技术，确保处理设施符合适用的环境法规和标准。同时，需考虑处置过程中及后续可能产生的副产品和副作用，并明确监测和控制废物处理过程中的污染物排放参数指标，以保证废物处置过程的环境安全和合规性。

依据《POPs废物无害化总体技术指南（UNEP/CHW.16/6/Add.2/Rev.1）以及《PFOS废物无害环境管理技术指南》（UNEP/CHW.16/6/Add.2/Rev.1）最新修订版本规定，关于PFOS类污染物的无害化处置技术主要包含两大类，涵盖了破坏和不可逆转化技术和当破坏或不可逆转化不能作为环境优选方案时的其他处置技术。其中，破坏和不可逆转化技术主要包括水泥窑协同处置技术、高温焚烧技术、气相化学还原、等离子体技术、超临界水处理技术等。当破坏或不可逆转或去除PFOS不是环境上首选的处理选项时，对含有或PFOS污染的废物进行环境友好处置的方法，包括使用专门设计的填埋场和地下矿井和地层中的永久存储。考虑到在地下矿井和地层中的永久存储在我国并不适用，选择填埋作为处理I类含PFOS废物的主要技术。本标准中5.4.1、5.4.2规定了I类含PFOS类废物预处理处置要求，5.4.3规定了预处理后的废物填埋要求。

目前，破坏和不可逆转化技术适用于PFOS类含量大于50mg/kg的含PFOS类废物。根据我国目前已广泛应用的危险废物无害化处置技术，以及对处理PFOS类废物的相关企业进行的调研，参照国内危险废物相关管理要求及标准，焚烧/水泥窑处置是目前较为成熟的破坏技术。本标准选择了水泥窑协同处置技术、高温焚烧技术作为处理II类含PFOS废物的主要技术。本标准中5.4.4规定了II类含PFOS类废物无害化处理处置要求。

（1）5.4.1 、5.4.2、5.4.3的主要条款及制定依据参见表3。

表3 标准5.4.1、5.4.2、5.4.3的主要条款及制定依据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 条款内容 | 依据 |
| 1 | （1）液态Ⅰ类含PFOS类废物的预处理应先采用活性炭吸附、树脂吸附、混凝吸附、膜滤纳滤等技术进行预处理，以形成浓缩液。预处理过程中收集的浓缩液及吸附材料，应采用高温焚烧或水泥窑协同处置的方式进行无害化处置。 | 一是含PFOS废物成分比较复杂，为了避免易反应废物混合，提高最终处理过程中进料均质化和稳定化，减少污染物排放负荷，提高处理效率，需要对水液态的含PFOS类废物应提前进行均质化预处理。 |
| 2 | （2）对于半固态、固态Ⅰ类含PFOS类废物的预处理技术应先采用机械脱水与热干化相结合的干化技术，并通过稳定化技术进行预处理。 | 一是采用干化及稳定化技术进行预处理，使得危险废物中的所有污染组分呈现化学性或包容起来便于运输和利用处置，从而减少环境污染。  二是干化技术主要用于将液体中的水分去除，转变为固体或半固体状态。通过去除水分，降低废物或物料的体积，便于运输和处理，也延长物料的保存时间，更有利于后续的处理或利用。 |
| 3 | 填埋要求：预处理后含水率小于60%的，可进入一般工业固废填埋场处置。填埋应符合GB 16889、GB 18599的相关技术要求，含水率小于30%，有机质含量小于5%，水溶性盐总量小于5%。 | 《一般工业固废贮存和填埋要求》中的规定‌预处理后含水率小于60%的工业固体废物可以进入一般工业固废填埋场处置。 |

（2）5.4.4 规定属于Ⅱ类含PFOS类废物无害化处理处置要求，包括高温焚烧处置技术

、水泥窑协同处置技术和其他无害化处置技术，主要条款及制定依据参见表4。

表4 标准5.4.3的主要条款及制定依据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 编号 | | 条款内容 | 依据 |
| 高温焚烧处置 | 1 | （1）水液态的Ⅱ类含PFOS类废物应提前进行均质化预处理，非水液态的Ⅱ类含PFOS类废物应在专用设备中进行破碎预处理。 | 一是含PFOS废物成分比较复杂，为了避免易反应废物混合，提高最终处理过程中进料均质化和稳定化，减少污染物排放负荷，提高处理效率。  二是专用设备中进行破碎预处理，所含固体物种等成分经破碎减少颗粒尺寸，达到缩容；也使得废物的比表面积增加，提高如焚烧、热分解等进一步处理操作的稳定性和效率。 |
| 2 | （2）水液态的Ⅱ类含PFOS类废物的均质化预处理  使用专用搅拌设备（如搅拌罐或均质机）对液态废物进行充分搅拌，确保成分均匀，避免焚烧时温度分布不均或处理效果差。均质化预处理可加入化学稳定剂，并通过计量系统控制混合比例，以调整废物的pH值或稳定性，确保其物理和化学性质符合焚烧要求，防止二次污染或有害气体释放。搅拌设备应具备防腐功能和自动搅拌装置，并配有化学添加剂的精确控制系统，以安全处理高腐蚀性液态废物。 | 水液态的Ⅱ类含PFOS类废物的均质化预处理使得废水中PFOS均匀分布。均质化确保了PFOS在废液中的一致性，便于后续处理步骤（如分解、去除或回收）的有效性；均质化减少了废液中PFOS浓度的波动，降低了因局部高浓度而可能引发的处理困难和环境风险；均匀混合有助于减少处理过程中的意外风险，例如局部高浓度的PFOS可能导致处理设备的损坏或健康危害。 |
| 3 | （3）非水液态的Ⅱ类含PFOS类废物的破碎预处理。  使用专用破碎设备（如剪切破碎机、锤式破碎机等）对非水液态含PFOS废物进行破碎，将其加工为适合焚烧处理的尺寸（通常为数厘米至数毫米）。根据废物特性和焚烧要求调整破碎参数。破碎后的废物需经过筛分和分离，去除过大颗粒及金属杂质或其他不可焚烧成分。处理设备应具备防堵塞、防尘功能的破碎机、多层筛网装置，以及自动化高效的磁选机或气流分离器，以确保焚烧处理质量。 | 通过破碎，将废物加工为尺寸更小、形态更均匀的物料，可以增加其表面积，从而促进焚烧过程中的燃烧效率，确保废物能够完全燃烧，减少残留物的生成。焚烧炉通常对进料的尺寸有一定要求，过大的颗粒可能导致焚烧不完全或设备堵塞。破碎处理确保废物尺寸控制在焚烧炉的适合范围内，确保焚烧过程的顺利进行。在破碎和筛分过程中，利用磁选或气流分离技术去除金属杂质或其他不可焚烧的成分，能够避免这些杂质在焚烧过程中对设备造成损害或影响焚烧效果。 |
| 4 | （4）高温焚烧处理  焚烧炉的技术性能指标应达到GB18484的技术要求，二燃室温度≥1200℃，气体停留时间应在3s以上，控制入炉含PFOS类废物的总量，氟元素含量不应≥0.4%；PFOS类焚毁去除率≥99.9999%。同时使用急冷处理使焚烧产生的高温烟气应迅速冷却，采用急冷塔或喷淋冷却等方式，将烟气温度快速降低到200°C以下，防止二噁英的生成或再生。 | 为了确保垃圾能够彻底焚烧并转化为无害物质，‌必须保证适当的焚烧温度和氧气含量，‌以及有效的烟气处理系统。为了保证其安全、‌高效和环保运行，焚烧炉运行指标应严格按照已有标准GB 18484的技术要求。根据对无锡能之汇环保科技有限公司开展的含PFOS消防泡沫液无害化处置示范活动的有关调研数据，本标准规定二燃室温度≥1200 ℃，气体停留时间应在3s以上。通过国内相关实践经验与资料调研，本标准规定控制入炉含PFOS类废物的总量，要求氟元素含量不应≥0.4%。此外，由于目前工艺已能够实现的PFOS类焚毁去除率≥99.9999%，保证经处理后PFOS无残留，本标准要求PFOS类焚毁去除率≥99.9999%。 |
| 5 | （5）Ⅱ类含PFOS类废物焚烧处置过程中的污染物排放应按照GB 18484要求执行，对大气污染物以及水污染物和噪声污染物控制等。 | 该标准涵盖了污染物控制指标和排放限值等方面的内容，以确保危险废物焚烧过程的安全和环保性。‌ |
| 水泥窑协同处置 | 1 | （1）废物预处理  均质化与破碎是对不同形态含PFOS类废物进行预处理的关键步骤。根据固体废物的特性和入窑固体废物的要求，对废物进行破碎、筛分、分选、中和、沉淀、干燥、配伍、混合、搅拌、均质等处理。对于液态废物，需先进行混合搅拌，并配备研磨装置、沉淀、中和或过滤设备。对于半固态（浆状）废物，需进行混合搅拌，并根据需要使用破碎、筛分、分选、高速研磨等设备。预处理过程中，应依据《HJ662》标准选择适当的措施、投加点和方式，并控制入窑含PFOS类废物的投加量，确保氟元素含量不超过0.4%。 | 一是均质化和破碎技术的配合使用，使PFOS及其他成分在液体中均匀分布，避免局部浓度过高或过低；均匀的废物有助于后续处理步骤的效果，确保处理过程的一致性和可靠性；此外，通过破碎固体成分的表面积增大，有助于后续的化学反应或物理处理；破碎后的颗粒更容易与液体充分混合，提高废物的整体均匀性；也减少处理难度，可以使其更易于运输和处理，避免处理过程中出现大块固体堵塞设备的问题。  二是选择合理固体废物预处理措施，可以高效改善废物的物理特性，并降低成本并增加安全性；选择合理投加点在能提高处理效果和控制反应条件的位置，投加方式的合理选择也能确保均匀分布、提高反应效率、控制添加量，并简化操作。 |
| 2 | （2）焚烧温度与时间控制  在水泥窑中进行高温焚烧时，确保焚烧温度达到1400°C以上，并维持烟气在高温下4~6s的停留时间，以确保PFOS类物质的焚毁去除率达到99.9999%和减少二噁英的产生。同时使用急冷处理使焚烧产生的高温烟气应迅速冷却，采用急冷塔或喷淋冷却等方式，将烟气温度快速降低到200°C以下，防止二噁英的生成或再生。 | 为了确保装置合理安全运行，应控制入窑废物含量，此处规定同高温焚烧处置的要求一样。除此之外，二噁英是一种有毒的化学物质，‌主要在高温下分解，‌而在较低温度下则有可能重新生成。‌因此，通过急速冷却技术将烟气温度迅速降低到200度以下，‌以防止二噁英在较低温度下重新生成。 |
| 3 | 1. 水泥窑协同处置过程中的污染物排放应按照GB 30485、GB 4915的要求执行，水泥窑及窑尾余热利用系统排气筒大气污染物、废水进行收集处理后排放。 | 废物处理过程中会产生大量的废气和废水，其中包含多种大气污染物，为了减少污染，水泥窑及窑尾余热利用系统排气筒大气污染物、废水进行收集处理后排放。 |
| 其他 | 1 | （1）根据废物形态、数量和污染程度不同，可采用气相化学还原、超临界水氧化等其他处置技术处置Ⅱ类含PFOS类废物，但无害化处置工程必须进行环境影响评价并取得批复后方可实施。 | 气相化学还原技术通过还原反应将有害物质转化为无害或低毒物质，‌从而减少对环境和人体的危害；超临界水氧化技术能够将有机物完全氧化为清洁的H2O、‌CO2和N2等物质，从而实现危险废物的无害化处理和再生利用。但是，无害化处置工程必须进行环境影响评价并取得批复后方可实施。 |
| 2 | （2）Ⅱ类含PFOS类废物应选择焚烧等破坏性无害化处置方式，在未无害化处置前，不应填埋处置 | 一是属于危险废物的含PFOS废物采用高温焚烧技术等，可以达到减容效果好、‌无害化彻底、‌资源化率高、‌污染可控制、‌处理效率高等效果。  二是未经无害化的废物填埋时高填埋要求难以满足、‌土地资源稀缺、‌以及垃圾填埋降解速度慢导致环保性不足。‌ |
| 3 | （3）含PFOS类废物无害化处置过程中的排放废水PFOS类浓度应≤1ug/L。 | GB 8978规定了污水排放的综合要求，涵盖了多种污染物的限值。然而，由于PFOS的特殊性及其危害性，需要对其排放设置更加严格的标准。确保废水中PFOS浓度低于1 µg/L，是为了尽量减少其对环境和健康的潜在危害。 |

9.6 采样与检测方法

该部分从采样方法、分析方法和验证过程中的干扰消除三部分，依据相关标准文件工业固体废物采样制样技术规范（HJ/T 20）、《危险废物鉴别技术规范》（HJ/T 298）、《水质 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法》（HJ 1333）、《土壤和沉积物 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法》（HJ 1334）规定了含PFOS污染物的采样和检测方法。这些标准经过广泛验证和实践，是规范和统一采样与分析流程的基础，确保结果的可靠性和可比性。在本标准第6章中相关要求规定和依据如下：

6.1 采样方法

固态、液态废物中含PFOS类的采样方法应参照HJ/T 20、HJ/T 298进行（如：系统采样、分层采样、点采样等）。废气中的PFOS类参照GB/T16157执行（干式冲击冷凝法等）。

6.2 分析方法

6.2.1 固体废物

固体废物中的PFOS类污染物通过消解和提取等预处理，分析方法按照HJ 1333、HJ 1334及相关国家监测方法标准执行。固体废物中的PFOS类污染物通常与基质紧密结合，通过直接检测难以准确测量。因此，必须通过消解将固体废物中的有机质或无机质分解，再通过提取步骤（如溶剂萃取）将PFOS类物质从复杂基质中分离出来，以便后续分析。

6.2.2 液态废物

液态废物中的PFOS类污染物分析方法按照HJ 1333及相关国家监测方法标准执行。液态含PFOS类废物的分析方法包括过滤样品，使用甲醇和水按1:1配比的溶液进行消解，通过固相萃取进行净化，浓缩洗脱液后，通过高效液相色谱-质谱/质谱（HPLC-MS/MS）进行定性和定量分析。

6.2.3 气态污染物

气态污染物中PFOS类废物的分析方法可以参考EPA Method 8327，步骤包括使用碱性吸收液捕捉PFOS、调整pH值、中性pH的固相萃取、洗脱和浓缩样品，之后通过气相色谱-质谱（GC-MS）或液相色谱-质谱（LC-MS/MS）进行分析。EPA Method 8327在国际上具有较高的认可度和通用性，该方法能够最大限度地提高检测的灵敏度和准确性，确保气态污染物中的PFOS被有效捕获并准确测定。

6.3 验证过程中的干扰消除

采样及分析过程中应避免使用含氟聚合物材质及玻璃材质的器皿，防止测定过程中可能产生的干扰。这是因为含氟聚合物可能释放出微量氟化物，导致分析结果出现假阳性或干扰。此外，玻璃材质器皿可能吸附PFOS类化合物，影响测定的准确性。