

美国环保局辐射和室内空气办公室辐射防护部 组织编写

放射性污染表面去污 技术指南

但贵萍 谭昭怡 康厚军 张东 亢武 译



原子能出版社

X591
9

放射性污染表面去污 技术指南

美国环保局辐射和室内空气办公室辐射防护部 组织编写

但贵萍 谭昭怡 康厚军 张东 亢武 译

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

放射性污染表面去污技术指南/美国环保局辐射和室内空气办公室
辐射防护部组织编写;但贵萍等译. —北京:原子能出版社,2010.11
ISBN 978-7-5022-5046-1

I. ①放… II. ①美… ②但… III. ①放射性污染—
污染防治 IV. ①X591

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 182789 号

放射性污染表面去污技术指南

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
责任编辑 谭俊
技术编辑 冯莲凤
责任印制 潘玉玲
印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 880 mm×1230 mm 1/32
印 张 5 字 数 150 千字
版 次 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-5046-1 定 价 38.00 元

网址:<http://www.aep.com.cn>

发行电话:010-68452845

E-mail:atomep123@126.com

版权所有 侵权必究

声 明

本技术指南由美国环保局组织完成。指南概要性地总结了有关放射性污染表面去污有效的示范技术的可用信息。本指南中的技术或者其供货商不应该被认为是美国环保局已经认可的,同样,那些未包括在本指南中的技术也不能被认为是美国环保局不认可的。它仅仅表示当环保局在编写本指南时,那些技术还不能提供较为容易地达到一种可用状态的相关信息。由于依据有限数量的示范应用项目和专业的判断,在某种程度上来说,本指南中一些特定技术的性能和费用数据可能有失偏颇。此外,本指南中所有图片均引用自公共领域或者得到了相关方的许可。

致 谢

本手册由美国环保局辐射和室内空气办公室辐射防护部主持编写,Edward Feltsorn 先生为本项目负责人。在编写过程中,几个独立的机构为本指南提供了有价值的输入内容。特别要感谢包括美国环保局辐射和室内空气办公室辐射防护部 Schatzi Fitz-James 女士和 Ronald Wilhelm 先生,美国环保局行政契约中心的 Jami Rodgers 先生,阿贡国家实验室的 Larry Boing 先生以及爱达荷国家实验室的 Rick Demmer 先生等。此外,还要感谢下列部门和人员:

美国环保局:

Robin M. Anderson 女士	补救基金和技术革新办公室
Lindsey Bender 女士	辐射和室内空气办公室
Michael C. Eagle 先生	辐射和室内空气办公室
Schatzi Fitz-James 女士	辐射和室内空气办公室
Roger Goodman 先生	辐射和室内空气办公室
Brian Littleton 先生	辐射和室内空气办公室
Reid J. Rosnick 先生	辐射和室内空气办公室
Stuart Walker 先生	补救基金和技术革新办公室
Ronald Wilhelm 先生	辐射和室内空气办公室

爱达荷国家实验室:Rick L. Demmer 先生

田纳西州政府:Robert Storms 先生

EnDyna 公司提供相关技术支持,合同号为 4W-2324-WTSZX,合同由 Smita Siddhanti 博士负责管理并给予支持。

前 言

《放射性污染表面去污技术指南》旨在帮助有兴趣的人们在场址补救行动或其他放射性污染表面去污时选择可应用的技术。本指南仅针对目前技术发展状况进行了简单的描述，今后还需要进一步提高和深化。如果你对本指南中内容或对今后进一步修订工作有何补充和建议，请联系：

Mr. Edward Feltnorn

U. S. Environmental Protection Agency

Office of Radiation and Indoor Air Radiation Protection Division

1200 Pennsylvania Avenue, NW (MC 6608J)

Washington, DC 20460-0001 U. S.

Phone: (202) 343-9422

FAX: (202) 343-2306

E-mail: feltnorn.ed@epa.gov

内 容 提 要

本指南由美国环保局(EPA)辐射与室内空气办公室(ORIA)组织编制,主要目的是帮助相关人员确认那些能够从建构筑物和装置表面去除放射性污染物的表面去污技术,这些技术同时也能够用于去除表面非放射性污染物,如重金属等。本指南还提供有关这些技术的相关市场信息。指南中提及的相关技术能够用于特定场址中去污技术比较,选择的技术可用于该场址的去污。

指南中描述的去污技术分为两类:

- 化学去污技术
- 物理去污技术

化学去污技术是将化学试剂或溶液与污染表面接触一段时间,这些试剂或溶液与污染物以及基质发生化学反应而实现去污。物理去污技术实际上是一种机械过程,比如对表面进行擦、刮、磨,以去除表面污染物或者基质-污染物的混合物。

本指南以统一的格式来描述每种技术,这些技术的相关信息来源于不同的渠道。每种技术包括以下八个部分的内容:

- (1) 概述;
- (2) 去污对象;
- (3) 适用介质和表面特征;
- (4) 废物量和废物管理;
- (5) 操作特征;
- (6) 去污性能;
- (7) 投资和运行费用;
- (8) 商业信息。

本指南拟在必要的时候进行更新。为确认某技术对建构物或设备装置表面放射性去污的适用性和有效性,本指南对获得的信息进行了全面审查。然而,必须指出的是,对于所有的技术得到上述八部分完整信息是困难的,在某些案例中得到真实的成本信息尤其困难。尽管如此,指南还是对那些能用于场址响应决策的有关信息进行了总结。除此之外,本指南还对这些去污技术是否能够应用于城市环境中放射性污染扩散控制进行了评估。

缩 写 词

A	安培
AEC	美国原子能委员会
AECL	加拿大原子能有限公司
ALARA	合理可行尽量低原则
ANL	阿贡国家实验室
ANSI	美国国家标准学会
AP	碱性高锰酸盐
ARAR	适用或相关和适当的要求
ASME	美国机械工程师学会
Bq	贝可勒尔
BRC	管理限之外
BRWM	美国国家科学院放射性废物管理委员会
CANDEREM	加拿大去污和补救行动程序
CERCLA	《1980 年综合环境反应补偿与责任法》
CFM	立方英尺每分
CFR	联邦法规代码
CITROX	柠檬酸—草酸去污过程
CLU-IN	危险废物清洁信息站点(EPA 站点)
cm	厘米
CMS	纠正措施研究
CORD	化学氧化去污
D&D	去污与拆除(也可作去活和退役等)
DECOHA	氟硼酸去污过程
DfD	退役中去污(电力研究学会)
DHS	美国国土安全部
DOE	美国能源部
DPM	每分钟衰变数

DTPA	二乙烯三胺五乙酸
EC	欧共体
EDDS	乙二胺二琥珀酸
EDTA	乙二胺四乙酸
EHS	电动液压琢磨
EPA	美国环保局
EPRI	电力研究协会
ERDF	环境恢复处置设施
ERWS	墙壁粗琢真空自动工具
EU	欧共体
FEMP	弗纳尔德环境管理项目
FS	可靠性研究
ft	英尺
g	克
gal	加仑
h	小时
HEDTA	羟乙基乙二胺三乙酸
HEPA	高效微尘和气溶胶过滤器
HPS	保健物理学会
HPWC	高压水清洗
Hrc	以 C 分度表示的洛氏硬度
Hz	赫兹
ICRP	国际放射防护委员会
in	英寸
INL	爱达荷国家实验室
ITSR	技术革新筛检报告
kJ	千焦
kg	千克
kV	千伏
kW	千瓦
L	升

LOMI	低氧化态过渡金属离子去污过程
LSDDP	大规模验证和展示计划
LSDP	大规模示范项目
LTR	许可终止准则
m	米
MDA	最低可探测活度
MEDOC	铈氧化金属去污过程
MID	微生物降解作用
min	分
mm	毫米
NAS	国家科学院
NCP	国家油类和有害物质污染应急计划
NEA	核能机构
NITROX	硝酸—高锰酸—草酸去污过程
nm	纳米
NMSS	核材料安全和保障
NORM	天然放射性物质
NP	硝酸—高锰酸去污过程
NRC	美国核管会
NUREG	核规章
OECD	经合组织
OEDPA	羟基亚乙基二膦酸
OMB	行政管理和预算局
OPG	草酸—过氧化氢—葡(萄)糖酸去污过程
OSC	现场调度
OSDF	离线处置设施
OSHA	职业安全与保健管理总署
p	皮(词头)
PCB	多氯化联(二)苯
PH	Person-hour 人小时
PICS	体温调节系统

PLF	生产力功耗因素
PNNL	西北太平洋国家实验室
PPE	个人防护装置
PWR	加压水反应堆
psi	磅每平方英寸
R&D	研究与开发
RCT	辐射控制技术
RAPIC	补救行动计划信息中心
REDOX	氧化还原去污过程
RBMK	高功率通道反应堆
RI	补救调查
RI/FS	补救调查/可行性研究
rpm	转/分
s	秒
SABAR	钢珠喷射和复用系统
SARA	环保局超级投资和重新授权法案 1986
scfm	立方英尺/分
SCIRUS	一种专门用于科学的搜索引擎
SODP	臭氧去污过程
SITE	超级创新技术评估
SRS	能源塞凡纳河场址
TEDE	总有效剂量当量
TENORM	技术增强之天然放射性物
TMS	工艺操作系统
TUCS	复杂溶液的热不稳定性
USACE	美国工程师集团
UV	紫外线
V	伏特
VAC	交流电压
VISITT	创新处理技术供货商信息系统
yr	年

目 录

缩写词

内容提要

第一章 导言	(1)
1.1 目的	(1)
1.2 审管要求	(3)
1.3 技术途径/文件发展	(4)
1.4 指南结构和使用帮助	(5)
第二章 化学去污	(12)
2.1 化学去污概述	(12)
2.2 螯合试剂和有机酸	(14)
2.3 强无机酸和相关材料	(20)
2.4 化学泡沫和凝胶	(25)
2.5 氧化还原试剂	(29)
2.6 TechXtract 试剂	(33)
第三章 物理去污	(40)
3.1 物理去污简介	(40)
3.2 可剥离涂层	(42)
3.3 离心喷砂	(47)
3.4 混凝土研磨机	(53)
3.5 混凝土刮	(58)

3.6	混凝土剥离机	(62)
3.7	干冰喷射	(67)
3.8	干真空抽吸	(71)
3.9	电驱液压凿	(75)
3.10	EN-VAC 机器人墙式琢石机	(77)
3.11	喷砂.....	(82)
3.12	高压水.....	(91)
3.13	软介质喷射去污.....	(97)
3.14	蒸汽吸尘.....	(103)
3.15	活塞粗琢.....	(111)
附录 A	参考资料	(119)
附录 B	供货商目录	(126)
附录 C	放射性基本术语、符号及单位	(131)
附录 D	信息来源	(134)
附录 E	城市环境中表面去污技术的适用性	(136)
附录 F	去污新技术	(138)
F.1	生物去污法	(138)
F.2	电动去污	(138)
F.3	微波粗琢	(139)
F.4	激光、可见光烧蚀	(139)
附录 G	NCP 中处理的定义	(140)
附录 H	化学试剂 CAS 登录号	(141)

图表目录

表 1-1	化学去污技术	(8)
表 1-2	物理去污技术	(9)
表 2-1	TechXtract®技术与基准方法的比较	(38)
表 2-2	去污装置成本和人员费率	(39)
表 2-3	生产速度和单位成本	(39)
表 3-1	离心喷砂系统的物理性能	(49)
表 3-2	离心喷砂单元的性能参数	(51)
表 3-3	DOE 费用分析	(52)
表 3-4	在处理铀材料方面花费对比	(53)
表 3-5	研磨性能参数	(56)
表 3-6	DOE 费用比较	(57)
表 3-7	单位费用总结	(58)
表 3-8	产率和单位耗费	(62)
表 3-9	混凝土剥离机的性能	(65)
表 3-10	DOE 费用比对	(66)
表 3-11	去污单位费用总结	(66)
表 3-12	常用喷砂材料的化学组成	(84)
表 3-13	一些常用喷射材料的特性	(86)
表 3-14	En-Vac 和 Pentek 手动琢的性能	(88)
表 3-15	费用和产率总结	(89)
表 3-16	材料性能和费用(一次性使用的矿渣和钢砂)	(90)
表 3-17	DOE 费用分析结果	(95)
表 3-18	软介质喷射系统的性能	(101)
表 3-19	能源成本分析结果	(103)

表 3-20	处理浓缩铀材料的费用比较	(103)
表 3-21	凯利去污系统的综合性能结果	(108)
表 3-22	能源部结论成本分析	(110)
表 3-23	琢磨去污技术性能	(114)
表 3-24	Pentek Moose 的设备费用	(117)
表 3-25	单元费用和生产率	(117)
表 B-1	供货商联系信息表	(126)
表 E-1	技术使用性评估表	(137)
表 H-1	化学试剂 CAS 登录号	(141)
图 2-1	EDTA 螯合物结构示意图	(15)
图 2-2	NPOx 去污工艺装置	(32)
图 3-1	可剥离涂层	(42)
图 3-2	离心喷砂系统	(47)
图 3-3	混凝土研磨机	(54)
图 3-4	使用中的混凝土研磨机	(54)
图 3-5	混凝土刮和刮鼓	(59)
图 3-6	典型的干冰球丸(粒径 1/8 in,长 1/16~3/16 in)	(67)
图 3-7	Alpheus 公司的 MiniBlast Model PLT-5x TM 干冰 喷射系统	(68)
图 3-8	Pentek 真空吸尘器系统	(73)
图 3-9	EN-VAC 遥控琢磨石机	(78)
图 3-10	在 Decon Shop 中墙面油漆的消除	(78)
图 3-11	软磨料喷射过程	(97)
图 3-12	软磨料喷射系统	(98)
图 3-13	凯利去污净化系统示意图	(104)
图 3-14	遥控琢磨去污系统	(112)
图 3-15	遥控琢磨头	(112)
图 3-16	带钻头的活塞琢磨头	(113)

第一章 导 言

1.1 目的

本指南计划用于帮助场址管理者、补救计划管理者、现场协调者以及项目承包方和其他相关人员,在场址补救行动中,确定去污技术对于建构筑物、设备或装置表面放射性污染去除的潜在适用性。尽管希望在其他相似情况下本指南是有用的,但是其主要目标还是针对《1980年综合环境反应补偿与责任法》(CERCLA)以及后来修订的《超级投资和重新授权法案 1986》(SARA)管理下场址的去污。

场址管理者们需要相关技术信息以帮助他们制订场址决策响应计划。基于这个原因,本指南提供了一些技术的基本信息和一些更加详细的信息来源。同样,本指南以决策为目的帮助场址管理者选择一种合适的表面去污技术,以满足清洁标准要求。

假定场址管理者或者其他决策制定者具备环境项目管理的相关经验,并了解放射性污染物的危害,但不一定是一名保健物理学家。本指南只针对去污而不涉及退役、去活或者拆除解体等其他内容。假定针对建构筑物进行去污的决策已经作出,并已经确定了去污的目标,且不涉及对污染物采取屏蔽措施以防止照射。EPA 认可场址管理者履行技术、管理、审管以及为实现目标而谨慎地作出临时决定的职责。在响应行动计划和实施阶段,本指南能用于补救调查/可靠性研究(RI/RF)或者提出处理方案。另外,投资管理者、联邦设施中的 EPA 场址管理者、EPA 之外的场址管理者、EPA 区域放射性专项管理人员以及供货商也可以对技术的选择性进行评估。本指南应该是一种资源而不是教学工具。

本指南旨在帮助制定决策而无意于取代那些众所周知的决策制定过程。通过小规模的工程研究收集用于选择和实施补救措施的相关信