



中核四〇四有限公司国外核科技文献翻译丛书

含铀物料的稳定化、包装与贮存

主编 胡晓丹 丁戈龙 刘文彬

1813



原子能出版社

中国核工业集团公司国外核科技文献翻译丛书

含钚物料的稳定化、包装和贮存

美国能源部标准 DOE-STD-3013—2004

(代替 DOE-STD-3013—2000)

主编	胡晓丹	丁戈龙	刘文彬
翻译	张天祥	刘文彬	丁戈龙
	蒙金红	陆文博	
审校	张天祥	李嘉梁	贾瑞和
	孙银峰	陈海腾	丁戈龙
	李连顺	孙志杰	

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

含钚物料的稳定化、包装与贮存/胡晓丹,丁戈龙,
刘文彬主编. —北京:原子能出版社,2010.1
(中核四〇四有限公司国外核科技文献翻译丛书)
ISBN 978-7-5022-4799-7

I. 含… II. ①胡…②丁…③刘… III. 核物料—钚—核
燃料后处理 IV. TL24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 018522 号

含钚物料的稳定化、包装和贮存

总 编 辑 杨树录
责任编辑 卫广刚
责任校对 冯莲凤
责任印制 丁怀兰 潘玉玲
印 刷 中国文联印刷厂
出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
经 销 全国新华书店
开 本 850 mm×1168 mm 1/32
印 张 2.75 字 数 73 千字
版 次 2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-4799-7 定 价 28.00 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

中核四〇四有限公司
《国外核科技文献翻译丛书》

一、出版委员会

主 任 王俊峰

副主任 张天祥 姚守忠 胡晓丹 韩建平 李江颖 张燕春

二、编译委员会

主 编 胡晓丹 丁戈龙 刘文彬

成 员 (按姓氏笔划排序)

牛爱文	付云杉	代云水	任 立	刘学刚	孙小玉
孙银峰	宋崇立	张 伟	张彩云	陆文博	武成玉
贾娅敏	梁 勇	焦荣洲	蒙金红		

三、审校组成员 (按姓氏笔划排序)

王 邵	王玉荟	付云杉	代云水	任 立	刘秋生
孙志杰	孙银峰	宋崇立	张 伟	张 焰	李元洪
李嘉良	杨吉荣	陈海腾	南洁滨	胡丕显	贾瑞和
黄 勃	焦荣洲	韩秉魁	蒋建国		

四、编辑组成员 (按姓氏笔划排序)

王海峰	付云杉	代云水	田 甜	刘大伟	孙志杰
余东昌	张振兴	李连顺	杨 莉	杨吉荣	陈 亮
蒋建国					

总 序

核科技是一个相对年轻的专业科技领域,其起源和发展到现在不过百年历史。我国的核科技起步晚,发展快,有着广阔的市场发展潜力。随着我国大力发展核电,完善核燃料循环系统、加快推进后处理技术发展,我国核科技事业面临的前所未有的挑战。在新形势下,加强核科技交流与技术引进就显得尤为重要。

中核四〇四有限公司是我国体系最完整、规模最大的核工业联合企业,核科技在这里既有着广泛的应用,又有着巨大的需求。为了更好地借鉴先进技术,推动核科技事业的发展,中核四〇四有限公司核信息中心组织专业人员翻译了这套《国外核科技文献翻译丛书》(以下简称《丛书》)。这是一项重大的科技工程,我很赞成,也很高兴看到《丛书》的出版发行。

《丛书》致力于推介核工业的最新技术,翻译了大量美、英、俄等核科技发展和应用强国的专业文献,涉及专业广,有着很强的技术性和指导性;同时介绍了国际原子能机构发布的行业标准、政策等。《丛书》的出版对我国核工业科技工作者开阔眼界,探索新技术、新领域提供了有益的参考。

科学技术是第一生产力，科技的发展离不开交流与借鉴，相信这套《丛书》的出版必将为我国核科技事业的发展提供有力的支撑。在此，我向《丛书》的翻译者表示感谢，并向广大科技工作者推荐这套《丛书》。

潘自強

摘 要

本标准 of 铀钚总含量至少为 30%(质量分数)的含钚金属和氧化物的稳定化、包装及安全贮存提供了指导。本标准取代 DOE-STD-3013—2000《含钚物料的稳定化、包装和贮存》,并被批准供美国能源部(DOE)的所有机构和承包商使用。钚金属通过去除水分和易腐蚀杂质的方式进行稳定化,钚氧化物则采用在空气中高温煅烧的方式进行稳定化处理。本标准还包括了贮存容器设计、制造及试验方面的要求。对包装过程中贮存容器的装料限值以及相关的安全要求都作了详细规定。概述了货包在贮存期间的总体监测要求,并对监测记录的维护作了详细规定。

前 言

1. 本美国能源部(DOE)标准取代标准 DOE-STD-3013—2000《含钚物料的穩定化、包装和贮存》,并被批准供 DOE 的所有机构及其承包商使用。本标准涉及含钚物料的穩定化、包装和贮存。符合本标准前几个版本、已经过穩定化处理的和已包装的含钚物料仍然是合格的,无须再次评估它们是否满足 2004 年版的本标准。

2. 如有可以改进本标准的好意见(建议、补充、删减)及相关资料,可以通过信函或填写本文件结尾处带有(DOE)地址的《文件改进建议表》(DOE F 1300.3)后寄往技术标准项目办公室(Technical Standards Project Office)。

3. DOE 的技术标准(如本标准)并不构成强制性的要求,但在下述情况下 DOE 标准中的全部或部分条款可变为强制性要求:

(1) 在 DOE 的要求文件中被明确规定为要求的;

(2) 在合同或在 DOE 要求文件中规定的执行计划或项目计划中,该机构承诺要满足本标准的。

4. 本标准中的“应”(shall)一词用于指出若要达到本标准的目的必须完成的动作。如果本标准的条款由于上述两种情况之一变成了要求,则使用“应”(shall)一词的语句就成了要求。

5. 有关下列这些需要评价或判断的请求,请递交萨凡纳河业务部(Savannah River Operations Office)的核材料项目处办公室(Nuclear Materials Program Division Office, NMPD):

- 对用于稳定性核实的替代分析方法进行技术评价;
- 对能简化已稳定化材料的测试要求的合格工艺进行技术评价;
- 对建议的能满足一项或多项规定的替代规定或替代方法,从安全角度看技术上是否与本标准的规定等效进行判断;
- 对在严格控制的条件下将适用范围进行界限明确的扩展进行技术评价。

NMPD 将向负责处理此请求的 DOE 官员提供一份经 DOE 同意的建议书。

6. 有关 DOE-STD-3013—2004 的规定的各种等效性请求,应通过萨凡纳河业务部的 NMPD 提交 DOE EM。DOE-EM 将接收、评价和核准该建议。

7. 本标准的管理由“环境管理计划”负责归口,并由 NMPD 实施。按照上述第 2 条提供给技术标准项目办公室的意见和数据,应同样给 NMPD 送一份。有关本标准的疑问,应向 NMPD 提出。本标准的任何种类的修改意见(修订书或变更通知),必须通过 NMPD 提交环境管理局。

目 录

1 范围	(1)
2 目的	(2)
3 适用性	(3)
4 参考文献	(4)
5 缩略语和定义	(5)
5.1 缩略语	(5)
5.2 定义	(5)
6 稳定化、包装和贮存规范	(7)
6.1 稳定化的物料	(7)
6.2 容器——“货包”	(9)
6.3 内容物	(11)
6.4 贮存——贮存货包的安全监测	(12)
6.5 文件资料	(13)
6.6 质量保证	(15)
附录 A 含钚物料的稳定化、包装和贮存的技术基础	(16)
附录 B 压力公式的推导	(49)
附录 C 参考文献	(66)

1 范 围

本标准对含钷物料在 DOE 设施中进行稳定化处理,使之成为安全而稳定的形式制订了一些规定,稳定后的含钷物料包装后能在最少的监测条件下贮存长达 50 a。本标准适用于钷铀总含量至少为 30%(质量分数)的含钷金属和氧化物。对于浓缩铀金属,钷含量须高出橡树岭 Y-12 厂接收的限值。对于含大量铀的氧化物物料的实际限值,钷含量须大于适用的“核保障终止限值”。对于铀而言,则没有下限。本标准不适用于预定要运往废物隔离中试厂(WIPP)的物料,例如钷残渣或超铀(TRU)废物、辐照过的燃料、密封源、 ^{233}U 质量分数大于 0.5%的物料或钷溶液。

DOE 库存的钷氧化物相当大一部分含有氯化物。例如,草酸盐沉淀的氧化物就含有百分之几的氯化物。不锈钢是本标准中规定的容器用材料,氯化物的存在,即使含量较低,也会加速不锈钢产生应力腐蚀裂纹。本标准未规定氯化物污染的限值,因为腐蚀程度是由存在的水分而不是由存在的氯化物决定的。本标准规定了水含量的限值,足以避免造成较严重的腐蚀。

本标准介绍了贮存货包的一套安全性限值。至于贮存设施的设计、核保障与保安的接口以及运输方面的要求,则在 DOE 的其他指令(例如政策和命令)和其他机构的规章制度中详细阐述,本标准不准备重复这些要求。但还是建议本标准的用户在落实这些要求时能够参考并遵守其他的适用指令。

2 目 的

本标准各项规定为确保含钚物料能以稳定的形式装入特制的货包,在 DOE 设施中安全而长期地贮存提供基础。这种货包在预期的装卸、运输和贮存直至它们的最终处置期间,都只需要最少的监测。

3 适用性

DOE 的所有机构及其承包商可使用本标准。

4 参考文献

10 CFR 830.120, Nuclear Safety Management, Quality Assurance Requirements.

49 CFR 178, Specifications for Packagings.

ASME Boiler & Pressure Code, Section VIII, July 1, 1998.

ANSI N14.5—97, Standard for Radioactive Materials-Leakage Tests on Packages for shipment, American National Standards Institute, Inc., New York, NY, 1997.

DOE Order 440.1A, Worker Protection Management for DOE Federal and Contractor Employees, March 27, 1998.

DOE 5633.3B, Control and Accountability of Nuclear Materials, September 7, 1994.

“Additional Attractiveness Level E Criteria for Special Nuclear Material (SNM)”, Edward J. McCallum (USDOE/NN51), July 22, 1996.

DOE-STD-1098—99, Radiological Control, July 1999.

Y/LB-15, 902/Rev. 1, Criteria for Acceptance and Technical Assessment for Acceptance of Enriched Uranium at the Y-12 Plant, March 1997.

5 缩略语和定义

5.1 缩略语

ANSI(American National Standards Institute)——美国国家标准学会

ASME(American Society of Mechanical Engineers)——美国机械工程师学会

CFR(Code of Federal Regulations)——联邦法规汇编

DOE(United States Department of Energy)——美国能源部

IDC(Item Description Code)——物项描述代码

LOI(Loss on Ignition)——灼烧损失

MBA(Material Balance Area)——物料平衡区

MC&A(Materials Control and Accountability)——材料控制与衡算

TID(Tamper Indicating Device)——干扰指示器件

TRU(Transuranic)——超铀

WIPP(Waste Isolation Pilot Plant)——废物隔离中试厂

5.2 定义

设计压力(Design Pressure):表示密封容器能承受的內部压力的特性。用 ASME《锅炉和压力容器规范》的话来说,它是“最大容许工作压力”。

成品燃料(Fabricated Fuel):由完全装在包壳(包括端部配件)內的含钚物料构成的核反应堆燃料元件(细棒、平板、组件等),制造和维护的质量与质量保证水平都很高。

自由气体容积(Free Gas Volume):密封货包内可用于填充气体并容纳贮存期间产生的所有气体的那部分容积。更详细的讨论见附录 B。

辐照过的燃料(Irradiated Fuel):以其已有的形态在反应堆或加速器中受过辐照,从而能产生外照射剂量、需要特殊包装和处理的核材料(包括成品燃料)。

灼烧损失(Loss on Ignition):将称过质量的样品在空气中加热至材料温度达到 1 000 °C、持续时间至少 1 h 后测得的质量损失,用以度量由残留的挥发性物质引起的质量变化。

材料温度(Material Temperature):一块被加热材料内的最低温度。换言之,材料的各个部分均达到或高于该温度。

氧化物(Oxide):暴露在氧化环境中的铀氧化物及相伴的非铀组分。非铀组分包括其他的锕系元素(例如铀和镅)和化合物(例如氧化镁和氯化钠),它们是由铀或燃料加工处理过程中所用化学物质产生的。

货包(Package):本标准要求的由两个容器(一个内容器和一个外容器)装配而成的组合体,连同已装入的含铀物料以及盛装含铀物料的任何附加的简易容器。

核保障终止限值(Safeguards Termination Limit):在满足 DOE 命令 5633.3B 第一章第 1.1 节中给出的条件的情况下,材料控制与衡算以及实物保护可以终止的最大铀浓度。如果本标准参考文献所载内容以外的核保障指导性意见是可适用于一个或多个场所的,则这些控制性的指导性意见也应可适用于包装场所。

稳定化的物料(Stabilized Material):这样的物料在 50 a 的设计寿期内不会导致本标准中描述的容器设计基准因容器内产生压力、腐蚀或应力过大而被超过。

6 稳定化、包装和贮存规范

6.1 稳定化的物料

由于金属、氧化物和专用物料的化学和物理性质(以及它们的加工处理方法)显著不同,因此针对每一类物料做出不同的规定。

6.1.1 含钚的金属与合金

6.1.1.1 待包装金属件的比表面积应小于 $100 \text{ mm}^2/\text{g}$ 。该限值可以通过限定每个金属件至少重 50 g,或者通过对每种物料进行计算并对每个金属件进行相应的物理测量(例如称重、测量尺寸等)来实现。待包装的金属件绝对不能小于 10 g。根据本标准,不得将金属箔、切屑和金属丝打包。

6.1.1.2 在包装时,金属表面不得有可见的非附着性腐蚀物(包括氧化物)、液体和塑料与油之类的有机材料。

6.1.1.3 根据本标准的规定,由钚切屑压制成的团块不能贮存。

6.1.2 氧化物

6.1.2.1 稳定化的环境:将物料在氧化气氛中加热到材料温度至少达到 950°C (1742°F),加热时间长得(不少于 2 h)足以满足 6.1.2.3 的验收标准。

6.1.2.2 稳定性核实:应使用以下所述方法之一使人确信被包装材料满足 6.1.2.3 的验收标准:

6.1.2.2.1 稳定性测试:对于已经过稳定化处理的物料,必须用已证明技术上适用的方法(例如灼烧损失法)测量其水分含量。对于灼烧损失法以外的其他方法,应按前言中第 5 条描述的过程取得 DOE