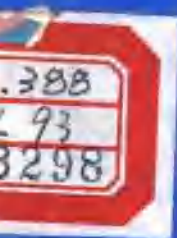


六氟化铀 实用操作手册

美国能源部橡树岭工厂 编



原子能出版社

六氟化铀实用操作手册

美国能源部橡树岭工厂 编

程宝璧 樊保柱 译
黄孝丞 林友梅 校

原子能出版社

内 容 简 介

本书是美国能源部橡树岭工厂的《六氟化铀实用操作手册》，全面阐述了美国对 UF_6 的操作质量保证， UF_6 的物理化学性质，美国 UF_6 容器和阀门的标准，容器的充料、排空、取样和称重的原理与方法，以及容器的运输与贮存等。

本手册对我国从事核燃料研究、设计和生产的人员有着重要的参考价值 and 实用价值，还可供大专院校有关专业的师生参考。

图字：01-95-719 号

图书在版编目(CIP)数据

六氟化铀实用操作手册/程宝璧，樊保柱译．—北京：原子能出版社，1995

书名原文：Uranium Hexafluoride: A Manual of Good Handling Practices

ISBN 7-5022-1390-2

I. 六… II. ①程… ②樊… III. 六氟化铀-操作-手册 IV. TL211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 09959 号



原子能出版社出版 发行

责任编辑：鲍世宽

社址：北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码：100037

原子能出版社印刷厂印刷 新华书店经销

开本：787×1092 mm 1/32 印张 3.60 字数 81 千字

1995 年 12 月北京第 1 版 1995 年 12 月北京第 1 次印刷

印数：1—1200

定价：12.00 元

序 言

1992 年下半年,我们见到了美国能源部橡树岭工厂 1991 年 10 月编写的《六氟化铀实用操作手册》(Uranium Hexafluoride: A Manual of Good Handling Practices)一书,立即引起了我们的兴趣,并由程宝璧、樊保柱同志进行翻译,黄孝丞和林友梅同志负责校审,于 1994 年 3 月译毕。征得美国橡树岭工厂的意见,同意我们用中文翻译出版,在这里我们要感谢 M. F. Darrough 博士和美国橡树岭工厂浓缩机构的经理助理 J. W. Parks 先生。J. W. Parks 先生还告诉我们,本手册目前正在修订,新版本将在 1994 年 9 月份由美国浓缩公司(USEC)出版。考虑到翻译出版的工作量很大,新版与本版又有一定的连续性,加之不少同志希望早日见到本手册中文本。因此,我们决定仍按原计划出版 1991 年版本,作为对本行业工作人员的一点贡献。

本手册全面阐述了美国对 UF_6 的操作质量保证, UF_6 的物理化学性质,美国 UF_6 容器和阀门的标准资料,容器的充料、排空、取样和称重的原理和方法以及容器的运输与贮存等方面的内容。鉴于我国所使用的 UF_6 容器标准接近美国的标准,因此本手册对

我国从事核燃料研究、设计和生产的人员有着十分重要的参考价值和实用价值。相信它的出版将会受到从事核燃料的工作者的欢迎。

本手册的出版还要感谢原子能出版社同志的大力协助,这里对他们和译者、校审者的辛勤劳动一并表示衷心的感谢!

潘恩霖

1994.8

目 录

1	前言	(1)
2	质量保证	(2)
3	委托浓缩资料	(4)
3.1	概要	(4)
3.2	容器装填限值	(4)
3.3	专用自备容器的检查、清洗和维修	(5)
3.3.1	通则	(5)
3.3.2	供料容器	(9)
3.3.3	UF ₆ 容器	(9)
3.3.4	容器残存料的循环	(10)
4	UF ₆ 的物理化学性质	(13)
4.1	通则	(13)
4.2	化学性质	(13)
4.3	物理性质	(15)
4.3.1	相图	(15)
4.3.2	密度	(16)
4.3.3	压力单位	(20)
5	标准容器资料	(23)
5.1	容器阀门	(23)
5.1.1	霍克 4618N4M 和 4628N4M 阀门	(23)
5.1.2	霍克 2422L64M3 阀门	(23)
5.1.3	1.91 cm (3/4 英寸) 阀门	(23)
5.1.4	2.54 cm (1 英寸) 阀门	(24)
5.2	对 UF ₆ 容器的要求	(24)
5.2.1	容器修改的审批	(24)

5.2.2	报告,合格证和数据记录	(24)
5.2.3	非美国产的容器和阀门的证明书	(25)
5.3	清洁度	(25)
5.3.1	新容器	(26)
5.3.2	使用中的容器	(26)
5.3.3	容器外表面	(26)
5.3.4	容器清洗和去污	(26)
5.4	在役检查、试验和维护	(26)
5.4.1	常规检查	(27)
5.4.2	定期检查和试验	(27)
5.4.3	容器维护	(28)
5.4.4	容器阀门和堵头的更换	(29)
5.4.5	1.91 cm 阀门的磨损检查	(30)
5.4.6	1.54 cm 阀门的缺陷	(31)
5.5	安全问题的考虑	(31)
5.5.1	通则	(32)
5.5.2	危害性及预防措施	(32)
6	DOE 标准 UF ₆ 容器和阀门数据	(37)
6.1	通则	(37)
6.2	1S 型 UF ₆ 容器	(38)
6.3	2S 型 UF ₆ 容器	(40)
6.4	CDG 型 UF ₆ 取样容器	(42)
6.5	CLG 型 UF ₆ 取样容器	(44)
6.6	5A 型和 5B 型 UF ₆ 容器	(46)
6.7	8A 型 UF ₆ 容器	(48)
6.8	12B 型 UF ₆ 容器	(50)
6.9	30B 型 UF ₆ 容器	(52)
6.10	48X 型 UF ₆ 容器	(54)

6.11	48Y 型 UF ₆ 容器	(56)
6.12	48G 型 UF ₆ 容器	(58)
6.13	取样容器的阀门	(60)
6.14	容器阀门	(61)
7	典型的 UF ₆ 冷阱	(63)
7.1	设备描述	(63)
7.2	冷阱操作	(65)
7.3	吹洗方法	(65)
8	UF ₆ 容器的排空	(67)
8.1	外观检查	(67)
8.2	容器定位	(67)
8.3	挠性管	(68)
8.4	阀门通道与冷压检查	(69)
8.5	加热容器	(71)
8.6	供料结束	(72)
8.7	减少容器的残存料	(73)
9	UF ₆ 容器受料	(75)
9.1	外观检查	(75)
9.2	受料系统	(75)
9.3	空容器的压力	(75)
9.4	确立 UF ₆ 液体流	(76)
10	UF ₆ 容器充填限值	(78)
11	称重	(81)
11.1	通则	(81)
11.2	称重方法和校准	(83)
11.3	磅秤性能	(85)
11.4	砝码标准和人工校核标准	(86)
12	取样	(88)

12.1	通则	(88)
12.2	取样原理	(88)
12.3	取样容器	(90)
13	装运	(92)
13.1	通则	(92)
13.2	外部包装——运输保护包装	(96)
13.3	外部保护包装的检查	(97)
13.4	空容器	(97)
13.5	规程和其它参考资料	(97)
14	UF ₆ 的贮存	(103)
14.1	固态 UF ₆ 容器的贮存	(103)
14.2	贮存的综合考虑	(106)

1 引言

许多年来,美国能源部及其前任机构在 UF_6 运输容器和操作系统方面共享了他们的核工业经验。在本手册中适时地修正了早先出版物中的有关数据资料,它涉及到 UF_6 的操作,容器的充料和排空,称量和取样的一般原则,装运以及保护包装的使用等各个重要方面。此外,对 UF_6 的物理化学性质也进行了描述,并列入表内。

核工业系统要负责装备自己的运输容器和适合的保护包装。为了使 UF_6 容器、样品和外部包装达到标准化,美国核工业系统做了大量有价值的工作。美国国家标准协会(ANSI)在致力于正在出版的 ANSI N14.1 最新修订版本中的现行包装资料“Packaging of Uranium Hexafluoride for Transport”(1990)方面起了主要作用。该资料是符合最新修订版本 ANSI N14.1 要求的实施标准。

供料质量对浓缩厂安全有效地运行是很重要的。而来自浓缩厂的 UF_6 产品纯度对于燃料元件制造厂,公用事业公司,研究堆工作者及其他用户同样是很重要的。这些技术要求促进了能源部及其承包商为开发取样和化学与同位素分析的精密技术而积极工作。为了确保各测量项目的精密度达到要求,在美国能源部所属的浓缩厂实施了一项质量控制计划。

本文叙述的 UF_6 安全操作规程和系统,在能源部各单位经过 40 多年大量处理 UF_6 的实践基础上得到了发展和认可。通过对 UF_6 核性质的深入研究,可以基本上像处理任何其他有腐蚀性和/或毒性的化学物质那样安全操作。

2 质量保证

联邦法规、工业标准和良好的管理措施需要以文件形式提供有关 UF₆ 操作的各方面的质保大纲。这些大纲有助于保证每个运行阶段 UF₆ 的安全操作。在美国质保工作是由几个组织机构进行的,委托他们制定一些具体的质保大纲要求(表 1)。在国外,UF₆ 操作是按照其他组织机构的规程和导则执行的,如国际原子能机构(IAEA)和国际标准化组织(ISO)。

质保大纲可适用于处理操作和设备项目,如容器、挠性接头和阀门。各种操作,如容器称重和运输是用正规程序完成的。这些程序包括质保准则,以保证上述各项操作均按照现行的规程、规范进行。各种部件的设计,原材料的采购,加工制造及验收等各道工序都要按照所制定的具体的每项质保大纲执行。

表 1 汇集了几个组织机构负责制定的适用于 UF₆ 操作的各种质保规程和导则,以及在操作过程中的具体条款和内容。由于这些技术要求被定期修改,所以应当使用最新版本的规程、规范和标准。

表 1 质保要求

组织机构	要 求
能源部 (DOE)	DOE 1540.2, 危险材料包装的运输管理规程 DOE 5480.3, 危险材料、有害物质和有害废物的包装 运输安全要求 DOE 5700.6, 质量保证
核管会 (NRC)	联邦规程法典第 10 章, 第 71 部分, H 条款; 第 50.34 部分; 第 50 部分附录 B
运输部 (DOT)	联邦规程法典第 49 章, 第 173.474 与 173.475 部分
美国国家标准协会 (ANSI)	ANSI N14.1-1990 美国核材料—— UF_6 的运输包装 的国家标准
美国机械工程师学会 (ASME)	ASME NQA-1, 核设施质保大纲要求

3 委托浓缩资料

3.1 概要

能源部为核电站和军用提供委托浓缩服务。将天然铀-235 同位素丰度从 0.71% 浓缩到核反应堆的使用丰度。美国铀浓缩计划始于第二次世界大战期间,作为曼哈顿计划(Manhattan Project)的一部分,为军事需要提供高浓缩铀。在本世纪 40 年代,橡树岭气体扩散厂投入运行。在本世纪 50 年代,为了增加美国的浓缩铀能力,又分别建造了帕杜卡、坎杜、朴茨茅斯和俄亥俄等气体扩散厂。在 60 年代,浓缩重点从军用转移到为核电站提供燃料。以租赁方式为私营工业反应堆提供浓缩材料开始于 1957 年,一直延续到 1969 年开始了委托浓缩计划为止。

朴茨茅斯和帕杜卡气体扩散厂到目前为止,一直为核电工业提供浓缩铀。橡树岭扩散厂由于经济上的原因,于 1985 年关闭。能源部大约供应世界范围铀需求量的一半,同时也为某些研究堆和美国国防计划,包括海军核舰队提供高浓缩燃料。

委托浓缩费用由能源部根据扩散厂对 UF_6 的浓缩和包装来估价。浓缩服务收费表可向能源部橡树岭现场办公室业务经营部索取。

3.2 容器装填限值

能源部供给的 UF_6 被封装在不同尺寸的容器内,它取决

于 UF_6 的总量和所含的 ^{235}U 丰度 (^{235}U 重量百分比)。标准容器的装填限值列于表 2。为了便于参考,该表复制在本手册最后,作为附录 I *。用标准容器运到能源部各厂的 UF_6 ,必须符合本表中的装填限值和最高的 ^{235}U 丰度。

3.3 专用自备容器的 检查、清洗、试验与维修

能源部各厂使用各公司提供的容器必须符合能源部有关容器的检验、清洗、试验和维修规定。

3.3.1 通则

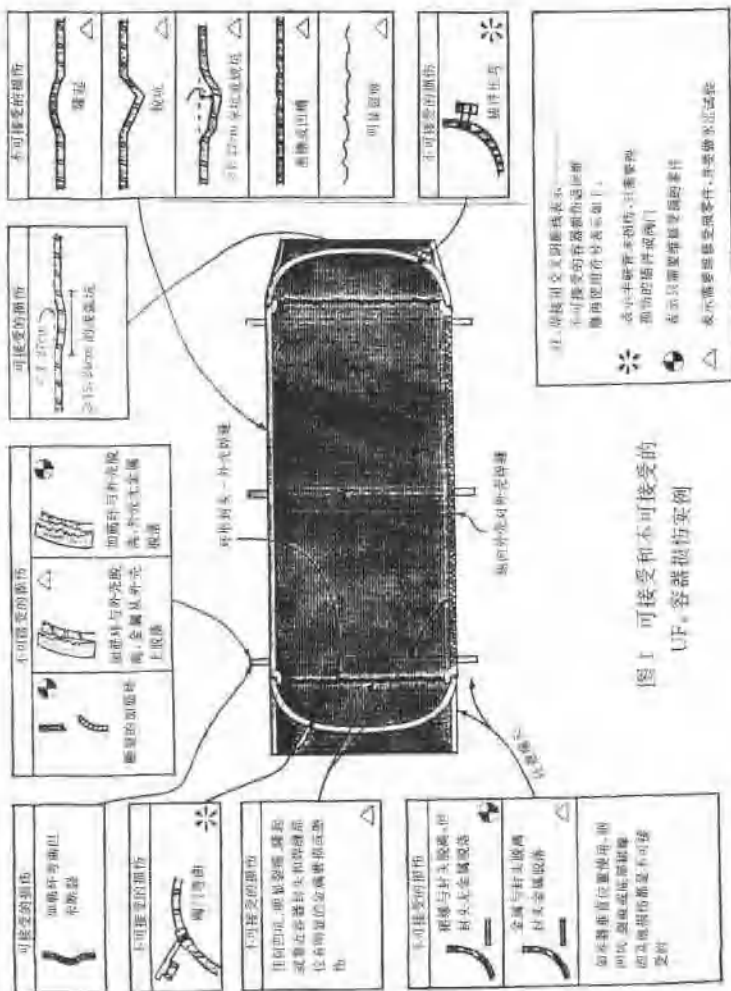
能源部的方针是当 UF_6 容器运到能源部工厂时,都要对其直观检查。这些检查为容器满足技术规范和安全使用提供了附加保证。不论发货人或收货人都应在其各自的工厂检查容器,并记录必要的数。图 1 描述并给出了可接受和不可接受容器的损坏实例。典型的容器检查数据示于图 2。

有时 UF_6 容器需要清洗以清除过量的积累杂质。当不同同位素丰度的 UF_6 装入容器中时,也希望清除其残存料。清洗工作一般由容器拥有者来完成,因为能源部通常不清洗专用自备容器。

ANSI 已制定出一份 UF_6 容器标准,该标准的最新版本 (ANSI N14.1-1990) 仅包括了那些符合 UF_6 操作规程的容器。对于不符合本标准要求的容器,不过目前仍在使用,并有必要的管理许可证,当他们按照 ANSI 标准进行检查、试验和维修后,则认为是可接受的,可以继续使用。

表 2 UF₆ 容器数据一览表

容器 型号	公称直径 英寸	制作 材料	最小容积		近似皮重 (不包括阀门保护罩)		²³⁵ U 最高丰度 wt%	UF ₆ 最大装填限值	
			ft ³	L	磅	kg		磅	kg
1S	1.5	镍	0.0053	0.15	1.75	0.79	100.00	1.0	0.45
2S	3.5	镍	0.026	0.74	4.2	1.91	100.00	4.9	2.22
5A	5	蒙乃尔	0.284	8.04	55	25	100.00	55	24.95
5B	5	镍	0.284	8.04	55	25	100.00	55	24.95
8A	8	蒙乃尔	1.319	37.35	120	54	12.5	255	115.67
12A	12	镍	2.38	67.4	185	84	5.0	460	208.7
12B	12	蒙乃尔	2.38	67.4	185	84	5.0	460	208.7
30B	30	钢	26.0	736.0	1400	635	5.0	5020	2277
48A	48	钢	108.9	3084	4500	2041	4.5	21030	9539
48X	48	钢	108.9	3084	4500	2041	4.5	21030	9539
48F	48	钢	140.0	3964	5200	2356	4.5	27030	12261
48G	48	钢	139.0	3936	2600	1179	1.0	26840	12174
48X	48	钢	142.7	4041	5200	2359	4.5	27560	12501
48H	48	钢	140.7	3964	3170	1438	1.0	27030	12261
48HX	48	钢	140.0	3964	3170	1438	1.0	27030	12261
480M	48	钢	140.0	3964	3050	1386	1.0	27030	12261



UF 容器检验数据表									
容器编号	☐ 30A(2.5") ☐ 30B(2.5") ☐ 4R(10") ☐ 18" 1C(2)		容器型号 ☐ 4R(C14) HW1 ☐ 4R(C14) HW2 ☐ 4R(C14) LW1 ☐ 4R(C14) LW2	☐ 大 ☐ 中 ☐ 小	☐ 合格 ☐ 不合格	水压试验日期 合格 ☐ 不合格 ☐	☐ 受检容器 ☐ 仅对材料 ☐ 仅对结构	☐ 前 ☐ 后	☐ 前 ☐ 后
容器钢印号	容器状况		☐ 满 ☐ 空	☐ 合格 ☐ 不合格		容器内装物是否固化 ☐ 是 ☐ 否			
容器是否超装	净重	磅	最大允许装填量	磅	可接受	不可接受	不能出		
I 容器阀门、 阀门与堵头	A. 阀门 1. 阀门类型 2. 物理损伤 3. 螺纹吻合 4. 阀门状况与位置 B. 阀门 1. U/F, 堵头 2. 其它轴头或外来物的沾污 C. 堵头 1. 物理损伤 2. 螺纹吻合 3. 密封 D. 阀门保护罩 1. 现状与安装位置 2. 损伤情况说明								
II 容器厚接	A. 密封头、罐端 B. 密封头、罐端 C. 纵向罐端 损伤情况说明								
III 容器外头 与封头	A. 外壳 B. 封头、罐端 C. 封头、罐端 损伤情况说明								
IV 加料环	A. 罐 端 B. 罐 端 C. 罐 端 损伤情况说明								
V 裙 座	A. 罐 端 B. 罐 端 损伤情况说明								
检验日期与时间					检验人				
A 栏	此栏由质量评审部门填写 评语 上述检查项目 ☐ 合格 ☐ 不合格 日期 检验人								
B 栏	此栏在判断上述损伤情况时,由另外质量评审部门填写 损伤情况鉴定与处置方法 审批人 名称 日期								
配色: 白色: 轴控制 (KYRC) 蓝色: 质量评审 (填写 A 栏用) 浅黄色: 生产									

图 2 典型的 UF₆ 容器材料检验数据表