

附件 2

《核燃料后处理厂核材料衡算 (征求意见稿)》编制说明

为进一步加强后处理核材料衡算监管，规范后处理厂核材料衡算过程。2020年3月，国家核安全局全面启动了国内外核燃料后处理厂核材料衡算情况调研和相应导则编制工作。

一、任务来源与编写目的

根据生态环境部核设施安全监管司开展《铀浓缩厂核材料衡算》和《后处理设施核材料衡算》导则编制调研工作（工作任务单[2020]110号（监））和编制核安全导则《核燃料后处理厂核材料衡算》及相关编制说明（工作任务单[2021]89号（监））的要求。生态环境部核与辐射安全中心组织成立核安全导则《核燃料后处理厂核材料衡算》编写组。

核安全导则《核燃料后处理厂核材料衡算》为新建、改建或扩建核燃料后处理设施核材料衡算系统的设计、安装和运行提供指导，并为国家核安全监管部对核燃料后处理设施核材料衡算系统的审评和监督检查提供依据。

二、编写过程

自2020年立项后，编写组对核燃料后处理设施核材料衡算系统的国内外技术法规、标准和技术规范等进行了广泛调研。主要参考了IAEA、法国和国内相关法规标准，并结合我国多年来核燃料后处理设施核材料衡算系统的实际运行经验编。

2020年7月，编制完成《核燃料后处理厂核材料衡算》（初稿）。2020年7月29日编写组邀请有关专家对导则初稿进行了讨论，参加讨论会的专家来自中核四〇四有限公司、国防科工局军用核设施安全中心和国家核安保中心。根据讨论会专家意见对导则初稿进行了修改和完善，在此基础上于2020年10月完成征求意见稿。

编写该导则主要参考文件如下：

1. 《中华人民共和国核材料管制条例》
2. 《中华人民共和国核材料管制条例实施细则》
3. IAEA 《Safeguards Implementation Practices Guides ON Establishing and Maintaining State Safeguards Infrastructure》 (Services Series 31)
4. IAEA 《 International Safeguards in Nuclear Facility Design and Construction》 (Nuclear Energy Series No.NP-T-2.8)
5. IAEA 《Nuclear Material Accounting Handbook》 (Services Series 15)
6. JRC Reference Reports 《The Euratom Safeguards On-Site Laboratories at the Reprocessing Plants of La Hague and Sellafield》

三、导则的主要内容

本导则共有十五个部分。第一部分是总则；第二部分是核材料衡算组织机构；第三部分是核材料平衡区（MBA）和物项控制区（ICA）；第四部分是核材料管理；第五部分是核材料测量；第六部分是测量系统的质量控制；第七部分是核材料实物盘存；第八部分是核材料衡算管理及评价；第九部分是核材料衡算帐目与报告；第十部分是附录一是后处理设施闭合材料平衡 MUF 的相对标准偏差限值；第十一部分附录二核材料总体测量方法误差限值；第十二部分是附录三核材料元素浓度取样误差限值；第十三部分是附录四铀元素浓度测量方法误差限值；第十四部分是附录五钚元素浓度测量方法误差限值；第十五部分是附录六后处理厂 MUF 相对标准偏差计算方法。

1. “总则”：主要说明编制本导则对后处理厂核材料衡算的目的和适用范围与处理厂核材料衡算系统设计的总体原则等。

2. “核材料衡算组织机构”：主要说明核材料衡算组织机构的组成，以及核材料管制办公室和核材料衡算管理组的具体职责分工。

3. “核材料平衡区（MBA）和物项控制区（ICA）”：主要对后处理厂核材料平衡区划分原则及平衡区的划分、关键测量点的设置和物项控制区的要求进行了规定。

4. “核材料管理”：主要对后处理厂核材料衡算的起点与终点、核材料调入、核材料调出、核材料内部转移、核材料贮存和核废物管理的要求进行了规定。

5. “核材料测量”：主要对后处理厂核材料测量范围、核材料测量系统、核材料测量方法的要求进行了规定。

6. “测量系统的质量控制”：主要说明后处理厂核材料测量系统质量控制的目的是、测量质量管理、测量系统的质量控制管理应达到的目标、测量系统的质量控制标准、测量系统的质量控制管理、测量系统所用标准的制备和使用、人员要求等内容。

7. “核材料实物盘存”：主要对后处理厂核材料实物盘存规程、盘存频度和盘存的组织及实施进行了规定。

8. “核材料衡算管理及评价”：主要对后处理厂核材料衡算及评价的条件、衡算管理和衡算评价进行了规定。

9. “核材料衡算帐目与报告”：主要对后处理厂核材料衡算的帐目与报告进行了规定。

10. “附录一”：主要对后处理设施闭合材料平衡 MUF 的相对标准偏差限值进行了说明。

11. “附录二”：主要对核材料总体测量方法误差限值进行了说明。

12. “附录三”：主要对核材料元素浓度取样误差限值进行了说明。

13. “附录四”：主要对铀元素浓度测量方法误差限值进行了说明。

14. “附录五”：主要对钚元素浓度测量方法误差限值进行了说明。

15. “附录六”：主要对后处理厂 MUF 相对标准偏差计算方法进行了说明。

四、需要说明的问题

根据编制组的调研，国外没有完整可借鉴的核燃料后处理厂核材料衡算管理类似的法规或导则蓝本。本导则是在国内核燃料后处理厂核材料衡算管理现有实践经验的基础上，参考了国内标准、国际原子能机构和法国（JRC）的法规文件、导则和标准中对核燃料后处理厂核材料衡算管理的要求编制的。与国外法规文件或导则内容相比较，该导则对核燃料后处理厂核材料衡算管理的要求与国外先进国家的要求在同一水平。例如，IAEA《Nuclear Material Accounting Handbook》(Services Series 15)和 JRC Reference Reports《The Euratom Safeguards On-Site Laboratories at the Reprocessing Plants of La Hague and Sellafield》。

1.基本原则

参照 IAEA 文件《Nuclear Material Accounting Handbook》、JRC Reference Reports《The Euratom Safeguards On-Site Laboratories at the Reprocessing Plants of

La Hague and Sellafield》和核安全技术文件《动力堆核燃料后处理厂核材料衡算管理》(HAFJ0018)，结合国内中试厂的实践，确定后处理厂核材料衡算基本原则如下：

(1) 应建立专职机构或制定专人负责保管核材料，严格交接手续，建立帐目与报告制度，保证帐物相符。

(2) 应设置核材料衡算平衡区。平衡区应尽量与实体边界相一致，便于核材料准确测量，避免互相交叉，有利于采用封隔/监视措施。

(3) 应建立核材料衡算制度和分析测量系统，应用批准的分析测量方法和标准，达到规定的衡算误差要求，保持核材料收支平衡。

(4) 应开展核材料实物盘存和核材料衡算。核材料记录与衡算报告应完整、及时、准确、规范，数据应具有可追溯性。记录系统应及时反映后处理厂中核材料的动态分布。

(5) 应切实做好核材料及有关文件、资料的安全保密工作。凡涉及国家秘密的文件、资料，要按照国家保密规定，准确划定密级，制定严格的保密制度，防止失密、泄密和窃密。

2. 平衡区和关键测量点设置

依据《中华人民共和国核材料管制条例》和《中华人民共和国核材料管制条例实施细则》的要求，参照 JRC Reference Reports 《The Euratom Safeguards On-Site Laboratories at the Reprocessing Plants of La Hague and Sellafield》和核安全技术文件《动力堆核燃料后处理厂核材料衡算管理》(HAFJ0018)，同时结合中试厂平衡区和关键测量点设置的情况，确定了本标准核材料衡算平衡区和关键测量点设置的原则。

依据平衡区划分原则：平衡区的大小应便于核材料准确测量，有利于核材料衡算管理；应尽量与实体边界相一致，平衡区之间应避免互相交叉；应有利于采用封隔/监视措施，以减少测量工作量和保证核材料流量测量的完整性；应考虑工艺流程、物料放射性及核材料形态等因素；平衡区的划分可考虑企业商业敏感数据的保密性。将后处理厂核材料平衡区至少划分为乏燃料元件贮存后处理首端工艺区 (MBA1)、化学分离和纯化工艺区 (MBA2)、铀、钚产品贮存区 (MBA3)。

(1) 乏燃料元件贮存后处理首端工艺区 (MBA1)：在平衡区内的主要工艺设

备有：乏燃料运输容器和容器贮存室；乏燃料贮存水池、供料热室；乏燃料剪切和剥壳热室；乏燃料溶解器及输入衡算计量槽；及其他辅助设备。

(2) 化学分离和纯化工工艺区 (MBA2)：平衡区的主要设备有：化学分离和纯化处理生产线（一般位于地下）；硝酸铀、钚浓集和贮存；铀、钚转化和准备单元等。

(3) 铀、钚产品贮存区 (MBA3)：平衡区的主要设备有：铀、钚产品贮存设备。

如商用后处理厂涉及大量放射性废液（高放和中放等）、玻璃固化设施或 MOX 燃料组件生产设施，应根据具体情况，酌情增加平衡区数量。

关键测量点是确定核材料流量或存量的部位，设立在核材料存在形态便于测量的部位。关键测量点分为：流动关键测量点和盘存关键测量点。流动关键测量点用阿拉伯数字标识，盘存关键测量点用大写英文字母表示。后处理厂至少应在进出平衡区的位置设置流动关键测量点。同时结合工艺过程、物料化学形态、衡算要求等因素，可合理增加流动关键测量点数量。后处理厂应根据工艺过程、设备布局、衡算要求等情况，合理设置盘存关键测量点。但盘存关键测量点至少应包含：乏燃料组件贮存水池、含有核材料溶液的暂存槽、分析实验室、产品贮存设备等。

3. 分析测量方法及其不确定度

参照 JRC Reference Reports 《The Euratom Safeguards On-Site Laboratories at the Reprocessing Plants of La Hague and Sellafield》和 IAEA 《International Target Values 2010 for Measurement Uncertainties in Safeguarding Nuclear Materials》(STR-368)，同时结合中试厂的实践，确定了后处理厂核材料分析测量方法及其不确定度。

后处理厂为散料核设施，核材料测量过程包括取样、总体测量和分析测量。总体测量包括物项的重量或体积测量，分析测量包括物料中元素浓度和同位素成分分析。

选择测量方法时，首要考虑的是测量方法的精确度和准确度应满足国家对核材料评估中 MUF 测量不确定度的要求。测量系统应尽可能采用规范化的取样方法及标准分析方法，建立严格的记录制度，使测量数据具有良好的可追溯性，并能

提供可靠的支持性文件。测量分析部门应根据有关标准及规定编制测量方法程序手册。其中应包括：总体测量、取样、化学分析、无损检测方法的详细内容和要求；测量方法变更记录；标定标准及标定方法说明等。后处理厂核材料测量推荐分析方法包括不限于以下内容：同位素稀释质谱法、混合式 KED/XRF 法、恒电位库伦法、电位滴定法、激光荧光法、分光光度法、 α 能谱法、X 射线衍射荧光法等。

总体测量方法误差限值

测量对象	仪器/方法	随机误差%	系统误差%	国际不确定度目标值%
质量	基于称重传感器的称重系统	0.05	0.05	0.07
	电子天平	0.05	0.05	0.07
体积 ¹	电子压力计 ² (计量罐)	0.05	0.1	0.11
	电子压力计 ³ (工艺罐, 高浓度)	0.2	0.2	0.28
	电子压力计 ⁴ (工艺罐, 低浓度)	1	1	1.4
	电子压力计 ⁵ (计量罐)	0.3	0.2	0.36
密度	电子压力计 ⁶ (计量罐)	0.05	0.05	0.07
	电子压力计 ⁶ (工艺罐, 高浓度)	0.1	0.1	0.14
	电子压力计 ⁶ (工艺罐, 低浓度)	0.7	0.7	1
	振动管密度计	0.05	0.05	0.07

1. 根据液位压力，密度和温度测量值确定体积。体积测量的不确定性高度取决于液体的均匀性，密度测量的质量以及在校准过程中确定的校准方程式。体积测量还可能涉及绝对误差分量，在确定体积测量的总体不确定性时必须考虑该绝对误差分量。
2. 对于新建的大通量设施中的计量罐，在以下情况下，对于满容量，随机误差和系统误差的不确定度可达到0.05%：(i) 在良好控制下实施了精心设计的校准程序 环境和稳定的温度条件； (ii) 使用高精度电子压力计对特性良好且均质的液体进行测量。
3. 用于高浓度Pu溶液的工艺罐通常也配备高精度电子压力计，但是，校准工作和罐设计规格可能会更低。
4. 配备标准电子压力计，减少校准工作。
5. 该值适用于较旧的设备，在这些设备中，储罐的设计不受优化的电子压力计体积测量功能的影响。
6. 适用于体积测量相同的注释； 另一个重要的校准参数是确定探针（浸入管）的距离。

元素浓度取样误差限值

材料	随机误差%	系统误差%	最小取样量 ¹
后处理输入溶液 (1AF)	0.3	0.2 ²	2×1mL
高放废液	5	5	2×1mL
硝酸铀溶液	0.1	*	10mL
硝酸钚溶液, 硝酸铀、钚溶液	0.2	*	10mL

氧化钚	0.1	*	2×1g
-----	-----	---	------

*值尚未定义。

1. 根据STR-69 (《核材料会计核算的破坏性分析和评估服务》, STR-69, 国际原子能机构, 修订版5, 维也纳, 2004年)。
2. 气提的影响(蒸发)产生的采样系统性的不确定性。

铀元素浓度测量方法误差限值

方法	材料	随机误差%	系统误差%	国际不确定度目标值%
重量分析法	U (纯的化合物)	0.05 ¹	0.05 ¹	0.07 ¹
	U (含Gd)	0.1	0.1	0.14
滴定法 ²	U (纯的化合物)	0.1	0.1	0.14
	U合金	0.2	0.2	0.28
	U/P混合物	0.1	0.1	0.14
极谱法	U (含Gd)	0.05	0.05	0.07
同位素稀释质谱	热室条件	0.24 ^{3,4}	0.2 ^{3,4}	0.28 ^{3,4}
		0.3 ^{3,5}	0.3 ^{3,5}	0.42 ^{3,5}
	手套箱条件	0.15 ^{3,4}	0.1 ^{3,4}	0.18 ^{3,4}
		0.2 ^{3,5}	0.2 ^{3,5}	0.28 ^{3,5}
K边界分析法 ⁶	U和U/Pu溶液	0.2	0.2	0.28
混合式KED/XRF法 ⁶	乏燃料溶液	0.2	0.2	0.28
X射线衍射荧光法 ⁷	U溶液 (低浓度)	2	2	2.8
分光光度法 ⁸	U溶液 (低浓度)	2	2	2.8

1. 包含非挥发性杂质<1000 ppm的材料。
2. 戴维斯—格雷方法。
3. 对于核燃料循环中通常遇到的所有材料。
4. 在加标峰和样品的同位素组成充分不同且样品与加标率比率接近最佳的条件下, 使用大号加标峰 (例如LSD)。
5. 在加标和样品的同位素组成充分不同且样品与加标比接近最佳的条件下, 使用小尺寸的加标。
6. 对于溶液, 样品的U> 50 g / L, 测量时间为3 × 1000秒。
7. 1 to 50 g/L U.
8. 用于热室条件下的过程分析。

钚元素浓度测量方法误差限值

方法	材料	随机误差%	系统误差%	国际不确定度目标值%
重量分析法 ¹	氧化钚	0.05	0.05	0.07
滴定法 ²	氧化钚和硝酸钚	0.15	0.15	0.21
	氧化U/Pu和硝酸U/Pu	0.2	0.2	0.28
库伦分析法 ³	Pu (纯的化合物)	0.1	0.1	0.14
同位素稀释质谱	热室条件	0.2 ^{4, 5}	0.2 ^{4, 5}	0.28 ^{4, 5}
		0.3 ^{4, 6}	0.3 ^{4, 6}	0.42 ^{4, 6}
	手套箱条件	0.15 ^{4, 5}	0.1 ^{4, 5}	0.18 ^{4, 5}
		0.2 ^{4, 6}	0.2 ^{4, 6}	0.28 ^{4, 6}

K边界分析法 ⁷	Pu和U/Pu溶液	0.3	0.3	0.42
混合式KED/XRF法 ⁸	乏燃料溶液	0.8	0.5	0.94
X射线衍射荧光法 ⁹	Pu溶液（低浓度）	2	2	2.8
Pu-VI分光光度法 ¹⁰	工艺过程溶液	2	2	2.8
α 能谱测量	废液（低浓度）	7	7	10
超热中子多重计数器 ¹¹	U/Pu氧化物	1	1	1.4
量热法 ^{11, 12}	Pu, U/Pu材料	0.4	0.4	0.56

1. 包含非挥发性杂质<1000 ppm的材料。
2. 诸如MacDonald和Savage以及AgO方法之类的技术。
3. 对于包含> 25 μ gFe / g Pu的样品，需要校正或化学分离。
4. 对于核燃料循环中通常遇到的所有材料。
5. 在加标和样品的同位素组成充分不同且样品与加标比接近最佳的条件下，使用大号加标（例如LSD）。
6. 在加标和样品的同位素组成充分不同且样品与加标比接近最佳的条件下，使用小尺寸的加标。
7. 对于> 40 g / L Pu和 13×1000 sec测量时间的溶液中的样品。
8. 通常为150至250 g / L U，U / Pu之比为80至150，测量时间为 3×1000 秒。
9. Pu浓度在1至50g / L之间。
10. >0.1 g/L Pu.
11. 用质谱法测定同位素组成。
12. 对于含低燃耗Pu的材料，可以实现较低的不确定性。

4..实物盘存

参照 IAEA 文件《Nuclear Material Accounting Handbook》，结合国内中试厂具体实践，制定了实物盘存原则。

后处理厂应结合生产计划提出盘存时间表，对铀元素，盘存频度每年不得少于一次；对钚元素，盘存频度每年不得少于两次。

遇到下列情况时必须进行盘存：

- （1）转入新的批量生产前；
- （2）发生重大事故，影响核材料衡算正常进行；
- （3）账面存量和实际存量存在显著差异。

5. 核材料衡算及其相对标准偏差

依据《中华人民共和国核材料管制条例》和《中华人民共和国核材料管制条例实施细则》相关要求，参照 IAEA 文件《International Safeguards in Nuclear Facility Design and Construction》和《Nuclear Material Accounting Handbook》，同时结合国内中试厂实践，确定核材料衡算方法及其相对标准偏差。

(1) 核材料衡算

核材料衡算和管理的基点是实物盘存，通过盘存可以证明物料实物的存在。以实物盘存为依据的核材料衡算，通过实物盘存数据，测量方法的误差以及物料衡算环节的数据，计算 MUF 和 δ MUF。由此确定是否发生核材料丢失或转移。

衡算连续两次实物盘存间的物料平衡，采用下述衡算公式：

不平衡差 (MUF) = 起初存量 + 调入量 - 期末存量 - 调出量 - 已知损失量

公式中 (起初存量 + 调入量 - 调出量 - 已知存量) 称为帐面存量，其由测量系统测得；期末存量由实物盘获得；已知损失量如排放的废气、废液等，由测量系统测得。

后处理厂应在平衡周期末进行核材料平衡结算：

1) 设施铀测量系统误差传递总标准偏差应符合《实施细则》要求即 δ MUF $\leq 0.8\%$ ；

2) 设施钚测量系统误差传递总标准偏差应符合《实施细则》要求即 δ MUF $\leq 1.0\%$ ；

3) 当 MUF 小于或等于 2σ MUF，达到闭合衡算；

4) 当 MUF 大于 2σ MUF 时，后处理厂应重新检查盘存结果、帐目记录以及测量和测量质量控制系统，对可能的未测量的存量 (如滞留量、废弃物) 进行调查。

(2) 相对标准偏差

为了便于 MUF 相对标准偏差，实践中建立以件、批、层和组元为计量的一套等级系列。

件：是基础单位，它具有重量，容积和用 DA 或 NDA 测量的值。

批：若干件集合在一起，且所有集合的件都具有同一的元素浓度，这就组成了批。批也可能由唯一的一个件组成。

层：为了减轻统计取样测量，把具有相似物理化学特性的批组合在一起，这就是层。

组元：把层合并形成 MUF 计算方程式的组元。MUF 计算方程式有期初存量、期末存量、调入和调出四大元素组成。

在计算 MUF 相对标准偏差时，为了方便、统一和规范化，作以下几点规定：随机误差，短期系统误差和长期系统误差标准偏差为已知，且为相对偏差值。

在一个批内，取样数和每个样品的平行分析次数应为常数。

在一个层内，每个批的件数应为常数。

在一个层内，所采用的磅秤和分析方法不超过一台，一种。（即误差特性要等同）

求得的元素浓度只能用于本层。

X_{kqpt} = k 层中元素总重量，其重量是用总体测量方法 q 测出，从 p 类物质中取样用 t 方法分析。若用 NDA 分析，则总体及取样方法可以省略。有时有可能在一个层内，不是所有的件都受同一系统误差影响，即有短期系统误差的问题。这时，可用括号指出元素总重量是指在“条件 i”下测量的。如：

$X_{kq(3)pt}$ = k 层在条件 3 下分析方法 t 得出的总重量值。

$X_{kq(2)pt}$ = k 层在条件 2 下总体测量去 q 方法下得出的总体重量值。

δ = 相对标准偏差。其下标如下：

s, g, r = δ 的第一个下标：s 指长期系统误差；g 指短期系统误差；r 指随机误差。

q, p, t = 第二个、第三个和第四个下标，其定义与 X 的下标含义相同，如仅讨论总体测量时，p 和 t 用“.”代替。如 $\delta_{rq..}$ = 总体测量时的随机误差。

n_k = k 层中每批的件数。

m_k = k 层中的批数。

r_k = 为了确定批元素的浓度，k 层中每批的取样数。

c_k = k 层中每个样品的平行分析次数。

k = 总层数。

$V(\dots)$ = 括号内量的方差。如： $V(\dots)$ = 括号内量的方差； $V(MUF)$ = MUF 的方差。V 的下标 s, g, r 的含义与 δ 的相同。若无下标，则表示总方差。

MUF 随机误差方差的计算

$$V_r(X_{kqpt}) = (X_{kqpt})^2 [(\delta_{rq..})^2 / n_k m_k + (\delta_{r.q.})^2 / r_k m_k + (\delta_{r..t})^2 / c_k r_k m_k] \quad (1)$$

$$V_r(MUF) = \sum_{i=1}^k V_r(X_{kqpt}) \quad (2)$$

MUF 短期系统误差方差的计算

首先计算受短期误差方差影响的各核材料组元的总体测量值：

$$M_{gq(i)..} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kq(i)pt} \quad (3)$$

此处：对调入层和期初存量层 $A_k = +1$ ；对调出层和期末存量层 $A_k = -1$ 。

受取样短期系统误差方差影响的总量为：

$$M_{g.p(i).} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kqp(i)t} \quad (4)$$

受分析短期系统误差方差影响的核材料总量为：

$$M_{g..t(i)} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kqpt(i)} \quad (5)$$

MUF 的短期误差方差为：

$$V_{g(MUF)} = \sum_q (\delta_{gq..})^2 \sum_i (M_{gq(i)..})^2 + \sum_p (\delta_{g.p.})^2 \sum_i (M_{g.p(i).})^2 + \sum_t (\delta_{g..t})^2 \sum_i (M_{g..t(i)})^2 \quad (6)$$

MUF 长期系统误差方差的计算

长期系统误差方差计算模型与短期系统误差向类似。即：

首先计算受长期误差方差影响的各核材料组元的总体测量值：

$$M_{gq(i)..} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kq(i)pt} \quad (7)$$

此处：对调入层和期初存量层 $A_k = +1$ ；对调出层和期末存量层 $A_k = -1$ 。

受取样长期系统误差方差影响的总量为：

$$M_{g.p(i).} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kqp(i)t} \quad (8)$$

受分析长期系统误差方差影响的核材料总量为：

$$M_{g..t(i)} = \sum_{k=1}^k A_k X_{kqpt(i)} \quad (9)$$

MUF 的长期误差方差为：

$$V_{s(MUF)} = \sum_q (\delta_{gq..})^2 \sum_i (M_{gq(i)..})^2 + \sum_p (\delta_{g.p.})^2 \sum_i (M_{g.p(i).})^2 + \sum_t (\delta_{g..t})^2 \sum_i (M_{g..t(i)})^2 \quad (10)$$

MUF 相对标准偏差计算

$$\delta_{(MUF)} = \sqrt{V_r(MUF) + V_g(MUF) + V_s(MUF)} \quad (11)$$

误差以绝对值形式表达时的方差计算

在衡算实践中，尤其是总量称量，常常遇到误差是用绝对值形式表达，在这样条件下，以上讨论的误差传递公式必须要作些改变，以方便计算。

令 σ 为表达标准偏差的绝对值，则：

$$\delta_{rq..} = \frac{n_k m_k \sigma_{kq..}}{X_{kqpt}} \quad (12)$$

在（1）公式中的第一项可用 $n_k m_k (\sigma_{kq..})^2$ 代替，这样以称重的次数代替了重量。

在（3）公式和（7）公式中当误差以绝对值表达时， $X_{kq(i)pt}$ 及 X_{kqpt} 相应乘以 $\frac{n_k m_k}{X_{kq(i)pt}}$ 和 $\frac{n_k m_k}{X_{kqpt}}$ 以后，计算时就可直接使用 $\sigma_{kq..}$ 绝对误差。

五、适用性说明

本导则适用于我国境内核燃料后处理核材料衡算管理的要求，包括核燃料后处理厂（以下简称“后处理厂”）的乏燃料接收、卸料、贮存以及向工艺区的转运，后处理首端处理，化学分离和纯化，铀、钚产品贮存和放射性废物处理的核材料衡算管理。本导则的内容考虑了国内后处理核材料衡算系统的发展，并结合了我国的工程实践，既保证了技术水平，又满足核设施的需要，具有可操作性。导则的发布对我国后处理核材料衡算系统的设计、安装、调试和运行起到指导作用；也作为核安全监督管理部门对核燃料后处理核材料衡算系统监督检查的依据。

核安全导则《核燃料后处理厂核材料衡算》编写组

2021年3月26日

《后处理设施核材料衡算技术总则》专家咨询会会议纪要

2020年7月29日,生态环境部核与辐射安全中心组织召开了《后处理设施核材料衡算技术总则》(初稿)专家咨询会,来自中核四〇四有限公司、国防科工局军用核设施安全中心和国家核安保技术中心的6位专家以及核与辐射安全中心相关人员参加了会议(名单附后)。


会议听取了核与辐射安全中心的汇报,主要包括导则编制的必要性、国内外后处理设施核料衡算等情况。经交流研讨,形成会议纪要如下:

一、制定《后处理设施核材料衡算技术总则》导则对规范后处理设施核材料衡算具有重要意义,本导则内容符合目前实际情况,具有指导意义。

二、建议对初稿内容进行如下修改:

- 1、进一步明确钚元素实物盘存的频次;
- 2、对高放废物的管理要求探讨后进一步完善;
- 3、MUF评估标准与核材料管制及其实施细则保持一致;
- 4、在“8.3.1 职责分工”中增加核材料管制办公室职责,并优化本节对职责的相关描述;
- 5、核实本导则表格中数据的准确性;
- 6、增加本导则专业术语名词解释;
- 4、根据专家意见完善相关文字描述。

综上所述,《后处理设施核材料衡算技术总则》按上述要求修改完善后,形成征求意见稿。

专家组组长: 

2020年7月29日

参会人员名单

序号	姓名	单位	职称
1	王健	中核四〇四有限公司	研高
2	汪南杰	中核四〇四有限公司	研高
3	张彩云	中核四〇四有限公司	研高
4	张强	国防科工局军用核设施安全中心	高工
5	孙德泉	国防科工局军用核设施安全中心	高工
6	高雪梅	国家核安保技术中心	研高
7	赵善桂	生态环境部核与辐射安全中心	研高
8	张敏	生态环境部核与辐射安全中心	高工
9	陈乐	生态环境部核与辐射安全中心	工程师