

GB 15849—1995

前 言

本标准等效采用国际标准 ISO 9978—1992 第一版。

1979年,国际标准化组织曾在技术报告 ISO/TR 4826—1979 中对密封放射源的泄漏检验方法作过规定,当时由于实验不够充分,没有作为国际标准发布,经过 13 年的经验总结,将该技术报告修改为国际标准,即 ISO 9978—1992。它与原来的技术报告相比,不但增补了一些内容,而且对某些检验方法的探测阈值和限值也作了修改。它是检验密封放射源的比较完善而适用的国际标准。

目前,密封放射源已广泛应用于工业、农业、医学、科研等各个领域,有关密封放射源的安全问题已引起社会各界的普遍关注。因此,制定一个国家标准已成为当务之急。经国内专家对 ISO 9978—1992 进行研究、论证,认为该国际标准对我国密封放射源的泄漏检验完全适用,故将该国际标准转化为我国的国家标准。

本标准从 1995 年 8 月 1 日起实施,从生效之日起,GB 4075—83 的附录 E 作废。

本标准的附录 A 为标准的附录。

本标准的附录 B 为提示的附录。

本标准由全国核能标准化技术委员会提出。

本标准起草单位:核工业标准化研究所。

本标准主要起草人:宓培庆、王玲琦。

ISO 前言

鉴于密封放射源的使用越来越广泛,因此,有必要制定一些标准以指导用户、生产厂和管理机构。在制定这些标准的时候,首先要考虑辐射防护。

密封放射源的泄漏检验方法在 ISO/TR 4826¹⁾中曾发布过,自那时以来所积累的经验有助于该国际标准日臻完善。

1) ISO/TR 4826 1979 密封放射源的泄漏检验方法

中华人民共和国国家标准

密封放射源的泄漏检验方法

GB 15849—1995
eqv ISO 9978—1992Sealed radioactive sources
—Leakage test methods

1 范围

本标准规定了密封放射源不同的泄漏检验方法,制定了一套使用放射性方法和非放射性方法的全面检验程序。

本标准适用于下列几种控制:

- a) 按照 GB 4075 对原型密封放射源进行分级时,为了使确定分级所要求的检验有效而进行的质量控制;
- b) 各种密封放射源的生产控制;
- c) 在有效使用期内,按照规定的时间间隔对密封放射源所进行的定期检查。

本标准的附录 A(标准的附录)给出了指导用户按照控制类型和密封放射源的类型选择最合适的检验方法的建议。

本标准对那些要求特殊检验的特殊情况未作规定。

对于密封放射源的生产、使用、贮存和运输,除了符合本标准外,还应符合我国有关法规的要求。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 4075—1983 密封放射源分级

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 密封放射源 sealed radioactive source

永久地密封在一层或几层包壳内,并(或)与某种材料紧密结合的放射性物质。在设计的使用条件和正常磨损情况下,这种包壳和(或)材料必须足以保持密封源的密封性。

注:为了叙述简便起见,在本标准条文中用术语“密封源”代替“密封放射源”。

3.2 密封的 leaktight

密封源经受泄漏检验之后,能满足表 1 规定的限值。

3.3 包壳 capsule

防止放射性物质泄漏的保护性外壳,通常由金属制成。

3.4 假密封源 dummy sealed source

某种密封源的仿制品,其包壳的结构和材料与所代表的密封源完全相同,但源芯中的放射性物质被一种物理和化学性质尽可能相似的非放射性物质所代替。

国家技术监督局 1995-12-13 批准

1996-08-01 实施

GB 15849—1995

3.5 模拟密封源 simulated sealed source

某种密封源的仿制品,其包壳的结构和材料与它代表的密封源完全相同,但源芯中的放射性物质被一种物理和化学性质尽可能相似,且仅含有示踪量的放射性物质所代替。

注:示踪量的放射性物质在不腐蚀源包壳的溶剂中必须可溶解,且最大活度应与密封壳中采用的活度相当。

3.6 型号标志 model designation

为了标识某种特定密封源的设计而采用的说明项或参考号码。

3.7 原型密封源 prototype sealed source

某种密封源的原始样本,它是制造所有具有相同型号标志所标识的密封源的模型。

3.8 质量控制 quality control

为确保密封源符合 GB 4075 的质量要求,对原型密封源进行的控制。

3.9 生产控制 production control

一种新型号标志的密封源在其投入实际制造和使用之前所进行的性能检验。

3.10 定期检查 recurrent inspections

为了确定密封源在贮存和使用期间的密封性,每隔一定的时间间隔对密封源所进行的特别控制。

3.11 泄漏 leakage

放射性物质由密封源向环境的迁移。

3.12 不可浸出的 non-leachable

指封装在密封源中的放射性物质是不溶于水的,也不能转变为可扩散的产物。

3.13 标准氦泄漏率 standard helium leakage rate

在 $23 \pm 7^\circ\text{C}$ 的温度下,入口压力为 $10^5 \pm 5 \times 10^3 \text{ Pa}$,出口压力不大于 10^3 Pa 时的氦泄漏率。单位为 $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。 $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

4 要求

本标准所提到的检验必须由能胜任的,且经过辐射防护培训的合格人员完成。

根据控制类型和密封源的类型,至少选择 5、6 两章中所介绍的检验方法中的一种进行检验。检验方法的选择见附录 A(标准的附录)。

在进行本标准未规定的特殊检验时,使用者应能证明所采用的方法至少和本标准规定的相应方法同等有效。

对密封源进行一种以上的泄漏检验时,为了进行沾污检查通常还要进行最终擦拭检验。

当检验结束时,如果密封源符合表 1 规定的限值,就确认它是密封的。

如果不同方法的测量水平不完全一致,其结果将取决于测量设备和程序。

在大多数情况下,当不可浸出的固体内容物泄漏率为 $10 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 和可浸出的固体、液体和气体的内容物泄漏率为 $0.1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 时,可以认为与 2 KBq ($\approx 50 \text{ nCi}$) 的放射性活度释放限值相当。

不管内容物的性质如何,在温度为 25°C 的干燥空气中,相对真空度等于或低于 10^3 Pa ,且内外压差为 10^5 Pa 时,出现等于或大于 $10^{-2} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的泄漏率表示不密封。

除定期检查外,在进行任何检验之前,必须将密封源彻底清洗,并进行仔细的目视检查。

检验使用的一切设备必须进行适当维护,并定期进行校准。

在检验场所,无论哪次检验应尽可能地规定下列参数:

——压力;

——温度;

——密封源的体积与某些泄漏检验使用的检漏小室的体积以及浸没被检验密封源使用的液体体积之间的比例因子。

擦拭检验在一般情况下不应作为泄漏检验方法,只有对某些特殊类型的源(例如,薄窗源)进行定期

GB 15849—1995

检查,且在没有任何其他更合适的检验方法的情况下才使用擦拭检验法。

表 1 不同检验方法的探测阈值和限值

检验方法	章条号	探测阈值	限值	
			不可浸出内容物	可浸出内容物或气体内容物
		活度 Bq	kBq	
热液体浸泡检验	5.1.1	10~1	0.2	0.2
沸腾液体浸泡检验	5.1.2	10~1	0.2	0.2
液体闪烁液浸泡检验	5.1.3	10~1	0.2	0.2
射气检验	5.2.1	4~0.4	— ¹⁾	0.2(²²² Rn/12 h)
液体闪烁射气检验	5.2.2	0.4~0.004	— ¹⁾	0.2(²²² Rn/12 h)
湿式擦拭检验	5.3.1	10~1	0.2	0.2
干式擦拭检验	5.3.2	10~1	0.2	0.2
			标准氦泄漏率, $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	
氦检验	6.1.1	$10^{-2} \sim 10^{-4}$	1	10^{-2}
氦加压检验	6.1.2	$1 \sim 10^{-2}$	1	10^{-2}
真空鼓泡检验	6.2.1	1 ²⁾	1	— ³⁾
热液体鼓泡检验	6.2.2	1 ²⁾	1	— ³⁾
气体加压鼓泡检验	6.2.3	1 ²⁾	1	— ³⁾
液氮鼓泡检验	6.2.4	10^{-22}	1	10^{-2}
			水的质量增量, μg	
水加压检验	6.3	10	50	— ³⁾
1) 不适用。 2) 这些探测限值仅适于良好观察条件下的单次泄漏。 3) 不够灵敏。				

在通常情况下,用更精确的已校准的装置进行最终测量之前,应该先用常用的沾污测量装置(例如,盖革计数管)立即核查擦拭检验或液体浸泡检验样品,以确定是否有明显沾污。

本标准参考资料列于附录 B(提示的附录),充分考虑了标准内容与相关标准的协调一致。

5 放射性检验方法

5.1 浸泡检验

5.1.1 热液体浸泡检验

将密封源浸泡在既不腐蚀源表面材料,又能在这种检验条件下有效地去除泄漏出来的所有痕量放射性物质的液体中(这类液体有蒸馏水、稀的洗涤剂溶液或螯合剂、5%左右的微酸性溶液或微碱性溶液)。将液体加热到 $50 \pm 5^\circ\text{C}$,使源在该温度下浸泡 4 h 以上。取出密封源,并测量液体的放射性活度。

注:也可使用超声清洗法,使用该法时,密封源在 $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 的液体中,浸泡时间可以减少到 30 min 左右。

5.1.2 沸腾液体浸泡检验

GB 15849—1995

将密封源浸泡在既不腐蚀源的表面材料,又能在这种检验条件下有效地去除泄漏出来的所有痕量放射性物质的液体中,煮沸 10 min,使其冷却,然后用新鲜浸泡液清洗密封源。再把密封源浸泡在一份新鲜浸泡液中,煮沸 10 min,取出密封源,并测量液体的放射性活度。

5.1.3 液体闪烁液浸泡检验

室温下,将密封源浸泡在不腐蚀源表面材料的液体闪烁液内至少 3 h。避光存放,以防光致发光。取出密封源,并用液体闪烁计数法测量液体的放射性活度。

5.1.4 室温浸泡检验¹⁾

将密封源浸泡在 20 ± 5 °C 的既不腐蚀源表面材料,又能在这种检验条件下有效地去除泄漏出来的所有痕量放射性物质的液体中 24 h。取出密封源,并测量液体的放射性活度。

5.1.5 判定检验合格的准则

如果测得放射性活度不超过 0.2 kBq (≈ 5 nCi),则判定源是密封的。

5.2 射气检验

5.2.1 射气检验——吸收法(适用于镭-226 密封源)

将密封源放置在一个小气密容器中,容器内放一些合适的吸收剂,例如,活性炭、棉花或聚乙烯,放置 3 h 以上。迅速取出密封源并关闭容器,立刻测量吸收剂上的放射性活度。

5.2.2 液体闪烁浸泡射气检验法(适用于镭-226 密封源)

按照 5.1.3 叙述的步骤进行。

5.2.3 射气检验法(适用于氡-85 密封源)

将密封源在减压条件下放置 24 h。用塑料闪烁计数法测量密封小室中氡-85 的含量。7 d 以后重复进行该检验。

5.2.4 其他射气检验方法

可以使用与 5.2.1~5.2.3 相当的任何其他检验方法。

5.2.5 判定检验合格的准则

当完成 5.2.1 和 5.2.2 的检验后,如果 12 h 收集的氡的放射性活度不超过 0.2 kBq (≈ 5 nCi)时,则判定源是密封的。当检验周期小于 12 h 时,必须作相应的修正。

当完成 5.2.3 和 5.2.4 的检验后,如果测得的放射性活度不超过 4 kBq/24 h (≈ 100 nCi/24 h)时,则判定源是密封的。

5.3 擦拭检验

如果在进行机械的或加热的原型检验之后使用擦拭检验检查源的密封性时,必须在检验之前首先清洗(去污)被检验的密封源。

当用擦拭检验作为制造阶段进行泄漏检验的手段时,必须在检验之前首先清洗密封源,并应存放观察 7 d。

5.3.1 湿式擦拭检验

用滤纸或其他合适的高吸湿性材料作成擦帚,将其用不腐蚀源外表材料的液体润湿,而且,在这种检验条件下使用的液体必须能有效地去除源表面沾有的任何放射性物质。用擦帚彻底地擦拭密封源的所有外表面,并测量擦帚的放射性活度。

5.3.2 干式擦拭检验

对不适于使用湿擦帚的场所,例如,对于高活度的钴-60 源的检查或某些源的定期检查,可以使用干式擦拭检验。

为了进行这种检验,先用干滤纸擦帚彻底擦密封源的所有外表面,再测量擦帚的放射性活度。

1) 该检验对没有热液体检验方法的场所可能是有用的,但是,在可能的情况下,推荐使用热液体检验法,因为热液体检验法已广泛使用多年,而且很有效。

GB 15849—1995

5.3.3 判定检验合格的准则

如果测得的放射性活度不超过 0.2 kBq (≈ 5 nCi), 则判定源是密封的。

注: 对于可接近的表面, 使用擦拭检验的要点是尽可能地接近密封源, 而且需要注意辐射防护。

6 非放射性检验法

当采用非放射性检验程序时, 应该确定容积泄漏率和放射性物质损失量之间的关系。实际上, 要确定这种关系是困难的, 因为密封源中使用的放射性物质的形态是多种多样的, 而且泄漏的类型也不相同。

本标准中给出的容积泄漏率和放射性物质损失量之间关系值是来源于国际原子能机构文件公布的数据, 虽然还未被实验工作完全证实, 但容积泄漏检验法已使用多年, 经验表明, 这些有效的检验方法是可以接受的。

在按照 6.1~6.3 进行检验之前, 首先应该彻底地清洗密封源, 并使之完全干燥。

对可浸出的或气态内容物的密封源可以采用 6.1 的氦气检验。

必须保证检验方法不存在可能导致检验结果无效的严重不足, 例如, 目视检查, 或是比本标准叙述的检验灵敏度差的方法。除 6.3 叙述的检验之外, 要使检验有效, 密封源内的自由空间必须大于 0.1 cm³。如果把这种检验用于自由空间小于 0.1 cm³ 的密封源, 使用者必须能证明这种检验是有效的。

对于可浸出的或气态内容物的密封源只能利用探测限低的氦检验(6.1)。

6.1 氦质谱仪泄漏检验

6.1.1 氦检验

把内部充氦气的密封源放于合适的真空室内, 随即用氦质谱仪抽真空。按照泄漏检验设备厂家的推荐方法, 估算实际的氦泄漏率。

必须保证密封源内充入的工业级氦的浓度大于 5%。用前面估算的指示氦泄漏率除以自由空间内氦浓度, 就得到实际标准氦泄漏率。

6.1.2 氦加压检验

把密封源放入加压室内, 用氦气清除气室内的空气。将气室加压到规定的氦气压力, 并维持该压力到规定的时间。将气室泄压, 用干燥氦气冲洗或用挥发的氟代烃液体清洗密封源, 将源转移到合适的真空室内, 按照 6.1.1 的程序测量氦泄漏率。

按照下列公式计算指示氦泄漏率 Q 和实际标准氦泄漏率 L :

$$Q = \frac{L^2 P t}{P_0^2 V} \dots\dots\dots (1)$$

式中: Q ——指示氦泄漏率, $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;

L ——在 $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \sim 10^{-2} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内的实际标准氦泄漏率, $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($L \leq 1.7 \sqrt{QV/Pt}$);

P_0 ——标准大气压, μPa , $P_0 = 1.01325 \times 10^5 \mu\text{Pa}$;

P ——氦气压力, μPa ;

t ——加压时间, s;

V ——源内自由空间, m³。

注 1: 如果氦气压力为 P , 单位为兆帕(实际氦气压力在 0.5 MPa 和 10 MPa 之间), 维持压力 P 在某一规定的时间 t , t 的单位为小时, 在加压和测量之间的延迟时间小于 10 min, 而且, 考虑到密封源内自由空间 V (单位为立方厘米) 大于 0.1 cm³ 的情况, 可以选择简便的检验参数, 用下式计算检验结果:

GB 15849—1995

$$Q = 0.35 \times \frac{L^2 P t}{V} \dots\dots\dots(2)$$

注2: 在分子流通过单孔或多孔泄漏的情况下,公式(2)是有效的。在高百分比粘滞层流的情况下,该公式会导致实际标准氦泄漏率的结果略微偏高,而这个因素对检验结果的影响很小。

6.1.3 判定检验合格的准则

当完成这些检验的时候,如果对不可浸出的内容物实际标准氦泄漏率低于 $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,而对可浸出的或气态内容物实际标准氦泄漏率低于 $10^{-2} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,则判定源是密封的(见表1)。

6.2 鼓泡泄漏检验

鼓泡泄漏检验依靠增加内压,随后,气体从内部孔隙渗漏出来,在液体浴中形成一些可见的气泡。对某种特定的漏孔而言,鼓泡率随着液体表面张力的降低而增加。

6.2.1 真空鼓泡检验

向一个适当大小的真空室内,放入乙二醇、异丙醇、矿物油(或硅油)或含有润湿剂的水作为泄漏检验用的液体。将真空室抽气1 min以上,以降低液体内的空气含量。再恢复到常压,将密封源完全浸没在液体中,使源的顶端在液面以下至少5 cm。再将真空室内的绝对压力降低到15~25 kPa之间。观察1 min以上,看是否有气泡从密封源逸出。

6.2.2 热液体鼓泡检验

检验前,确保密封源处于室温下。将室温下的密封源放入90~95℃的水浴中,源的顶端至少在水面以下5 cm的深度。也可以用120~150℃的甘油代替水。观察1 min以上,看是否有气泡从密封源逸出。在可能的情况下,最好观察2 min以上,特别是在源壳热容量较大和导热系数较差的时候,必须观察2 min以上。

6.2.3 气体加压鼓泡检验

将密封源放入合适的耐压室内,其室内空间至少二倍于源的体积和五倍于源内自由空间体积。向耐压室充入氮气,至压力在1 MPa以上维持15 min。迅速泄压,将密封源取出,并立即浸泡在乙二醇、异丙醇、丙酮或含有润湿剂的水中,使源顶端在液面以下至少5 cm,观察1 min以上,看是否有气泡从密封源逸出。

6.2.4 液氮鼓泡检验

将密封源完全浸泡在液氮中约5 min,随后,立即转移到检验液体(通常使用甲醇)内,观察1 min以上,看是否有气泡从密封源逸出。

6.2.5 判定检验合格的准则

当完成6.2.1~6.2.4所叙述的检验之后,如果看不到气泡出现,就可断定密封源的泄漏率低于 $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,如果内容物是不可浸出的,就可判定源是密封的。

6.3 水加压检验

先在天平上准确称量密封源的质量,再用水进行实验性加压检验,擦干密封源,再用同一台天平准确称量源的质量。

如果质量的增加小于50 μg ,密封源的内容物是不可浸出的,则可判定源是密封的。

只有当计算的密封源内自由空间容纳的水量比天平灵敏度大5倍以上时,该检验才是有效的。这种检验特别适用于评定GB 4075中3、4、5、6级的外压检验。

GB 15849—1995

附录 A

(标准的附录)

按照控制类型和密封源类型选择检验方法指南

本附录给出了按照密封源的类型(设计和特性等)选择最合适的检验方法的指南,以进行质量控制、生产控制和定期检查。

尽管表 A1 的内容不很全面,但它包括了一个很宽的范围,对许多密封源的设计都能起到指导作用。表 A1 分别列出了首选检验方法和次选检验方法。

A1 密封源生产的泄漏检验

对于含有放射性核素的密封源的生产,可以按照各种密封源的设计和工艺,从表 A1 中选定最合适的泄漏检验方法。

A2 原型密封源的泄漏检验

为了使按照 GB 4075 确定原型密封源的分级检验有效,可以按照下列几种源的类型进行泄漏检验:

- a) 具有名义放射性含量的原型密封源;
- b) 模拟密封源;
- c) 假密封源。

显然,最后一种密封源必须使用非放射性泄漏检验方法。

根据密封源的工艺和设计,从表 A1 中可以选定最合适的泄漏检验方法。

A3 定期检查

当密封源从生产厂供货之后,每隔一定时间就需要进行检验,以检查这些密封源是否有泄漏。检验的周期随着密封源的类型、设计和工作环境的不同而变化。

这些检验方法不需要和生产密封源使用的检验方法相同。重要的一点是考虑密封源使用的环境以及它在有效使用期内可能遭受的各种危险。

实际上,在考虑密封源的定期检查时,可能会遇到下列几种情况:

- a) 密封源只能在使用现场检验,而且,对最可接近的部位只能用擦拭检验。在这种情况下,选择擦拭检验(5.3)。如果可能,还应对密封源进行目视检查。

表 A1 与制造工艺有关的泄漏检验方法的选择

源的类型	生产源使用的检验		确定源的分级使用的检验	
	首选	次选	首选	次选
A 含放射性物质的密封源	浸泡(5.1)	擦拭(5.3)	浸泡(5.1)	擦拭(5.3)
A1 单层薄窗源 例如,烟雾探测器				
A2 低活度标准源 例如,封装在塑料中的源				

GB 15849—1995

续表 A1

源的类型	生产源使用的检验		确定源的分级使用的检验	
	首选	次选	首选	次选
A3 计量,射线照相和近距离射线治疗用的单层或双层密封源(³ H和 ²²⁶ Ra除外)	浸泡(5.1) 氦检验(6.1)	鼓泡(6.2)	浸泡(5.1) 氦检验(6.1)	鼓泡(6.2)
A4 单层或双层密封的镭 226 和其他气体源	射气检验(5.2)	浸泡(5.1)	射气检验(5.2)	浸泡(5.1)
A5 远距离治疗用的双层密封源和高活度的辐照源	氦检验(6.1)	浸泡(5.1) 擦拭(5.3.2)	浸泡(5.1) 氦检验(6.1)	鼓泡(6.2)
B A3、A4 和 A5 型的模拟密封源			浸泡(5.1) 氦检验(6.1)	鼓泡(6.2)
C 假密封源			氦检验(6.1)	鼓泡(6.2)

b) 密封源只能在使用现场检验,而且,直接接触源是不可能的或是不希望的,因为进行这种检验,操作人员要受到超剂量的照射。例如,高活度远距离治疗源或是密封容器中的其它源。在这种情况下,应对源的最可接近的部位进行擦拭检验。

值得注意的是,如果检验发现有放射性存在,即使在 0.2 kBq(≈5 nCi)限值以下也应采取措施,以判定是否由于源的泄漏引起的。在这种情况下隔一定的时间要进行重复检验,以确定测定的放射性活度是否在增加。

c) 在某些单位(例如,医院)当有条件利用擦拭以外的方法检验密封源,或将源运回生产厂或其他合适的实验室进行检验时,可使用表 A1 中生产密封源推荐使用的检验方法。如有可能,还应对密封源进行目视检查。

应特别注意,当进行定期检验时必须保证控制辐射照射水平在可接受的限值之内。

附录 B

(提示的附录)

参 考 资 料

(1) McMASRERS, R.C,ed., Non-destructive Testing Handbook, Vol. 1, Leak Testing, American Society for Non-destructive Testing American Society for Metals, 2nd ed., 1982.

无损检验手册,第 1 卷泄漏检验,美国无损检验学会/美国金属学会第 2 版,1982。

(2) American National Standard for Radioactive Materials, Leakage Tests on Packages for Shipment, ANSI No. 14.5—1987.

美国国家标准 ANSI No 14.5—1987 放射性物质运输货包的泄漏检验。

(3) ASTM E 515—74(Reapproved 1980), Standard Method of Testing for leaks Using Bubble Emission Techniques.

ASTM E 515—74(1980 年再确认) 使用鼓泡技术进行泄漏检验的标准方法。

(4) ASTM F 98—72(Reapproved 1977), Standard Recommended Practices for Determining Hermeticity of Electron Devices by a Bubble Test.

ASTM F 98—72(1977 年再确认) 用鼓泡检验确定电子装置密封性的推荐标准方法。

GB 15849—1995

(5) ASTM F 134—78, Standard Recommended Practices for Determining Hermeticity of electron devices with a Helium Mass Spectrometer Leak Detector.

ASTM F 134—78 用氦质谱检漏仪检查电子装置密封性的推荐标准方法。

(6) ASTM F 730—81, Standard Test Methods for Hermeticity of Electron Devices by a Weightgain Test.

ASTM F 730—81 用增重法检验电子装置密封性的标准检验方法。

(7) BIRAM, J., and BURROWS, B., Bubbles tests for gas tightness, Vacuum, 14(7), 1964, pp. 221~226.

气密性的鼓泡检验法, 真空, 14(7), 1964, pp. 221—226。

(8) HOWL, D., A., and MANN, C., A. The backpressurizing technique for leak—testing. Vacuum, 15(7), 1965, pp. 347~352.

泄漏检验中的回压技术, 真空, 15(7), 1965, pp. 347~352。

(9) ASTON, D., BODIMEADE, A., H., HALL, E., G., and TAYLOR, C., B., G., The specifications and testing of radioactive sources designated as “special form” under the IAEA transport regulations, Report EUR 8053 EN. 1982.

国际原子能机构运输规定中, 指定为“特殊形式”放射源的技术条件和检验方法, Report EUR 8053 EN. 1982.

(10) DWIGHT, D., J., A new method for leak—testing sealed sources of radium-226 and thorium-228. Report RCC—R 176(1964) and Addendum RCC—R 176(1965).

镭-226 和钍-228 密封源泄漏检验的新方法。Report RCC—R176(1964), 1965 年增补。

(11) IAEA Safety Series No. 6, Regulations for the safe transport of radioactive materials. Vienna, 1985

国际原子能机构第 6 号安全丛书。放射性物质安全运输规定, 维也纳, 1985。

(12) IAEA Safety Series No. 37 Advisory material for the application of the IAEA transport regulations. Vienna, 1987.

国际原子能机构第 37 号安全丛书。使用国际原子能机构运输规定的咨询材料, 维也纳, 1987。