

密封放射源分级

GB 4075—83
≈ISO 2919—1980

Sealed radioactive sources classification

本标准系按照密封放射源的各种典型使用方式，规定了源的分级和质量控制方法，作为生产单位在研制密封放射源时，必须遵守的基本标准。也可作为使用单位按照其工作条件选择合适的源时的技术依据。

标准是按照各种典型使用的环境，而规定了不同的质量指标。一般的说，这些指标只是对应于各项使用的最低要求。另外，标准还规定了在严峻环境下所应考虑的因素。

本标准不适用于核燃料元件，也不适用于反应堆内的放射性物质。

本标准与ISO 2919 (1980—05—01第一版) 等效。其在各项规定与指标上，除放射性核素毒性分类采用GBJ 8—74《放射防护规定》外，其他均一致，仅在文字编辑上有所差别。本标准的附录E则与ISO/TR 4826 (1979—02—15第一版) 等效。

本标准不包括产品检验的内容。这方面按GB 4076—83《密封放射源 一般规定》执行。

1 定义

1.1 密封放射源 一种密封在包壳或紧密覆盖层里的放射源。该包壳或覆盖层应具有足够的强度。使之在设计的使用条件和正常磨损下，不会有放射性物质散失出来。

1.2 源芯 放射源中含有放射性物质的部分。

1.3 包壳 防止放射性泄漏的保护性壳。

1.4 原型源 某种密封放射源的原始模型，作为制造同类型源的一个样本。

1.5 型号 表示产品型式规格的符号，一般由字母和数字所组成。

1.6 假密封源 某种密封放射源的复制品，其包壳的结构和材料与真实的密封放射源完全相同。但是源芯中的放射性物质用物理和化学上性质相似的非放射性物质代替。

1.7 模拟源 某种密封放射源的复制品，其包壳的结构和材料与真实的密封放射源完全相同。但是源芯中采用其机械、物理和化学性质尽可能接近放射性物质的材料，并且所含放射性物质仅为示踪量，此示踪剂的化学状态能溶于某种不会腐蚀包壳的溶剂中。

1.8 原型检验 一种新设计的密封放射源在实际使用前所进行的性能检验。

1.9 泄漏 放射性核素从密封放射源内逸出。

1.10 不可浸出的 指源芯的放射性物质实际上不溶于水，也不可能转变为可扩散的物质。

1.11 容器 指装盛密封放射源的外包装。

1.12 装置 指利用密封放射源的某种设备或部件。

1.13 装置中的源* 密封放射源在使用时是处于可以防止机械损伤的装置中。

1.14 无防护源* 密封放射源在使用时外部无防护装置。

1.15 放射(性)毒性 某些放射性物质进入人(或动物)体内，放射性对人(或动物)体产生毒害的特性。

1.16 质量管理 为确保产品或作业质量达到或超过标准规定〔附录D(补充件)〕而进行的一系列活动。

* 此条适用于工业射线照相、 γ 计器和 γ 辐射源。

2 密封放射源分级的表示方法

密封放射源的分级用一个字母和五个阿拉伯数字表示。

起始用一个字母C或E。C的意思是指源内的放射性活度不超过附录B（补充件）规定的限额。

E则表示超过限额。以下数字依次为：

第一个数字是表示温度特性的等级。

第二个数字是表示外压力特性的等级。

第三个数字是表示冲击特性的等级。

第四个数字是表示振动特性的等级。

第五个数字是表示穿刺特性的等级。

例如：一个典型无防护的工业照相源可写为GB/C 43515〔数字按附录C（补充件）的规定〕。

3 分级原则

密封放射源的分级是根据以下几个因素确定的。

3.1 所使用核素的放射毒性 附录A（补充件）

附录A中放射性核素的毒性分组系按照GBJ 8附录四的规定，并按ISO 2919的附件A补充了个别核素。

3.2 放射性活度限额 附录B

附录B中规定了每个密封源的最大放射性活度，当生产时源内的活度低于限额时，可按本标准第7章进行检验。当生产时活度高于限额时，必须根据具体的使用情况放射性核素毒性和溶解度等由生产和使用双方共同确定源的各项技术规范，并经生产单位的上级管理部门批准后生效。

3.3 典型使用的分类 附录C

附录C中列出了密封放射源的某些典型用途及其在质量上的要求。它考虑了正常使用时所遇到的偶然事故，如跌落等，但未考虑火灾或爆炸等严重事故。通常，源在使用时是放在某种装置内。这些装置在事故时可给源以一定的防护。但当实际使用的环境劣于典型使用的环境，或者使用的方式不清楚时，则应由生产、使用和管理三方面根据活度和毒性来规定质量等级，增加检验项目或其他质量的要求。

3.4 密封放射源分级标准 附录D

每种密封放射源的等级，必须按附录D所列的检验项目，对该种源中的两个（密封、原型、假源或模拟源）进行检验后才能确定。如果过去已进行过这些检验，并且证明该源合格，则可不再检验。进行每项检验时可以使用新的样品。

是否符合标准，应以检验后源所保持的完整性来确定。

当密封源的包壳不止一层时，至少有一层能通过检验为合格。

在附录D中所要求的泄漏试验，可参照附录E（参考件）实行。当使用模拟源试验时，检漏方法应具有对应于实际源的灵敏度。

3.5 火灾、爆炸和腐蚀的考虑

生产和使用单位应考虑密封放射源（或连装置）在遇到火灾、爆炸和腐蚀环境的可能性及其后果。由以下各因素确定是否需要做实际检验。

- a. 密封放射源中放射性物质逸出后可能产生的后果。
- b. 放射性核素的活度和毒性。
- c. 放射性物质的物理和化学状态及其几何形状。
- d. 使用时周围环境和防护情况。

4 质量管理

质量管理是保证质量的基本措施。由设计和生产单位按照本标准对密封放射源的设计和制造进行质量管理。生产单位的上级管理部门应予以监督。

5 分级的程序

5.1 确定源的类型和等级

根据附录A查出所用核素的放射性毒性。然后按附录B确定该源的活度限额。如果源的活度不超过限额,且由于火灾、爆炸和腐蚀所产生的事故又不会很严重时,则可按附录C确定源的质量等级。如果有可能产生严重事故时,则按照3.5条所列的因素评价,其中特别要注意温度和冲击所造成的危险性。当源的活度超过限额,则除对火灾、爆炸和腐蚀所产生的危险性进行估计外,还要对该种源的设计和使用情况分别给予安全评价。

5.2 确定检验指标

由5.1条将质量等级确定后,即可由附录D来查出该源的性能标准亦即检验的指标。

当然,也可从源的指标而明确源可适用于那些用途。

5.3 附加要求

按第3.3条规定需要增加检验项目和其他质量要求的源,在确定等级时,同时明确这些项目和要求的技术指标。

6 标志

应将第2章分级的表示方法在检验证书上标明。如果可能,最好在源的容器上和包壳上也标明。

7 各级密封放射源的检验方法

本章提出了各项指标的检验方法和最低限度的检验装置。如果有其他方法,在证明其效果不低于本章要求后,也可采用。

除温度检验外,其他检验均可在室温下进行。

7.1 温度检验

7.1.1 装置

加热或冷却装置中检验区域的体积至少应为被检验样品的五倍。如果用煤气或燃料油加热,检验区域内始终应为氧化气氛。

7.1.2 方法

所有检验必须在大气中进行。但低温检验中,如果用固体二氧化碳或液体氮为冷源时,允许源在二氧化碳或氮中试验。被检验的样品,在最高温度至少保持1h。在最低温度至少保持20min。

低温试验时,样品应在45min内从室温降至检验温度。

高温试验时,样品应从室温在不大于表中所列的时间内升温至检验温度。

温度检验时的升温速度

到达温度 ℃	累计时间 min
室温	0
80	5
180	10
400	25
600	40
800	70

当检验中规定有热冲击时，可以利用温度检验时的样品，也可另用新的样品。热冲击时，应将样品加热到规定温度至少保持15min，然后在15s内将样品投入不高于20℃的水中，水量应大于样品体积的20倍。如果采用流动的水，水流量至少达到1min有10倍样品体积。

7.1.3 评价

经过温度试验后的样品，先目检变化情况，再进行检漏（检漏的方法参照附录E）。

7.2 外压检验

7.2.1 设备

所用的加压装置，其能力至少为检验所需压力的110%，减压装置的能力至少能达到20kPa以下。加压和减压可以放在不同的小室中进行。

7.2.2 方法

将源置于检验用的压力釜中，将压力降至25kPa（绝对气压），保持5min。再恢复至大气压，并立即加压至规定的压力，保持5min后降回至常压。此操作重复一次。

压力传递用的介质，减压时用气体，加压时用水或气体（对6级源检验，介质应当用水）。如介质用油类时，源应密封在柔软的包裹中，囊内可充水*。

7.2.3 评价

经过压力试验后的样品，先目检变化情况，再进行检漏（检漏的方法参照附录E）。

7.3 冲击检验

7.3.1 设备

钢锤，其上部可以设法固定，下部是一个直径为25mm的平底冲击面，边角倒圆，半径为3mm。

钢锤的重心应与被冲击面中心及锤上部的固定点成一垂直线。

钢砧，其重量至少为钢锤10倍。安装要牢固，在检验时砧应无反冲。钢砧表面为一个大于被测样品的平面。

7.3.2 方法

将样品放置砧上，使其最薄弱面朝上。按附录D规定调整好钢锤重量。提起钢锤使其底平面至样品上面距离为1m。然后自由跌落直接冲击到样品。

7.3.3 评价

经过冲击试验后的样品，先目检变化情况，再进行检漏（检漏的方法参照附录E）。

7.4 振动检验

7.4.1 设备

能完成规定检验内容的振动装置。

7.4.2 方法

将样品紧固在振动装置的平台。在整个试验过程中，样品应与平台连成一体，样品的轴向应与振动轴向一致。如样品不止一个轴向时，则每个轴向**均需试验。检验按照规定的条件以均速的扫描方式将频率从最小调至最大，再回调至最小。对2或3级（附录C）试验，此过程所用时间不少于10min。对4级试验则不少于30min。如果发现共振频率，则在此频率下连续试验30min。以上操作对每个样品需完整的进行三轮。

7.4.3 评价

经过振动试验后的样品，先目检变化情况，再进行检漏（检漏的方法参照附录E）。

7.5 穿刺检验

7.5.1 设备

* 不可用液压油直接接触源壳，以防堵塞漏孔。

** 最多有三个轴向。球形有一个；圆形有两个，椭圆形有两个，其他源有三个，其他源可取有效的外形尺寸平行线为轴向。

钢锤，其上部为圆柱形钢块，下部牢固地装上一个冲杆。钢锤按照规定的重量校准。冲杆的规格为：

硬度：HRC 50～60。

杆高度：6 mm。

杆直径：3 mm。

底表面为半球形。

冲杆的中心线、重心及固定点应在一条垂直线上。

钢砧、规格同7.3.1款，必要时可将样品用垫块固定在钢砧上，以防止在试验时样品变形。

7.5.2 方法

样品放在钢砧上。将钢锤按附录D调整好并提高到样品上方1 m处，然后自由落下直接冲击样品上。如果样品太小，可以设计专门的导轨使其能击中样品。检验时样品的薄弱面应朝上，如果不止一个薄弱面，每个薄弱面均应试验。

7.5.3 评价

经过穿刺试验后的样品，先目检变化情况，再进行检漏（检漏方法参照附录E）。

附 录 A
放射性同位素的毒性分组
(补充件)

A.1 极毒组

	²¹⁰ Po	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²²⁷ Ac	²²⁸ Th
²³⁰ Th	²³¹ Pa	²³² U	²³⁷ Np	²³⁸ Pu	²³⁹ Pu
²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Pu	²⁴² Pu	²⁴⁴ Pu	²⁴¹ Am	^{242m} Am
²⁴³ Am	²⁴³ Cm	²⁴⁴ Cm	²⁴⁵ Cm	²⁴⁶ Cm	²⁴⁸ Cm
²⁴⁹ Cf	²⁵⁰ Cf	²⁵¹ Cf	²⁵² Cf	²⁵⁴ Cf	²⁵⁴ Es

A.2 高毒组

	²² Na	⁶⁰ Co	⁹⁰ Sr	¹⁰⁶ Ru	¹²⁵ I*
¹²⁶ I	¹²⁹ I	¹³¹ I	¹⁴⁴ Ce	¹⁵⁴ Eu	²¹⁰ Pb
²¹⁰ Bi	²¹¹ At	²²³ Ra	²²⁴ Ra	²²⁷ Th	²³² Th
²³⁴ Th	天然钍	²³⁰ Pa	²³⁰ U	²³³ U	²³⁴ U
²³⁵ U	²³⁶ U	²³⁸ U	天然铀	²⁴² Cm	²⁴⁷ Cm
²⁴⁹ Bk	²⁵³ Cf	²⁵³ Es	^{254m} Es	²⁵⁵ Es	²⁵⁶ Fm

A.3 中毒组

	²⁴ Na	³² P	³⁵ S	³⁶ Cl	⁴² K
⁴⁵ Ca	⁴⁷ Ca	⁴⁶ Sc	⁴⁷ Sc	⁴⁸ V	⁵² Mn
⁵⁴ Mn	⁵⁶ Mn	⁵⁵ Fe	⁵⁹ Fe	⁵⁷ Co	⁵⁸ Co
⁶³ Ni	⁶⁵ Ni	⁶⁵ Zn	^{69m} Zn	⁶⁷ Ga*	⁷² Ga
⁷³ As	⁷⁴ As	⁷⁶ As	⁷⁷ As	⁷⁵ Se	⁸² Br
⁸⁶ Rb	⁸⁵ Sr	⁸⁹ Sr	⁹¹ Sr	⁹² Sr	⁸⁷ Y*
⁹⁰ Y	⁹¹ Y	⁹² Y	⁹³ Y	⁹⁵ Zr	⁹⁷ Zr
^{93m} Nb	⁹⁵ Nb	⁹⁹ Mo	⁹⁶ Tc	^{97m} Tc	⁹⁷ Tc
¹⁰³ Ru	¹⁰⁵ Ru	¹⁰⁵ Rh	¹⁰³ Pd	¹⁰⁹ Pd	¹⁰⁵ Ag
^{110m} Ag	¹¹¹ Ag	¹⁰⁹ Cd	^{115m} Cd	¹¹⁵ Cd	^{114m} In
¹¹³ Sn	¹²⁵ Sn	¹²² Sb	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	^{125m} Te
^{127m} Te	¹²⁷ Te	^{129m} Te	^{131m} Te	¹³² Te	¹³² I
¹³³ I	¹³⁴ I	¹³⁵ I	¹³⁴ Cs	¹³⁵ Cs	¹³⁶ Cs
¹³⁷ Cs	¹³¹ Ba	¹⁴⁰ Ba	¹⁴⁰ La	¹⁴¹ Ce	¹⁴³ Ce
¹⁴² Pr	¹⁴³ Pr	¹⁴⁷ Nd	¹⁴⁷ Pm	¹⁴⁹ Pm	¹⁵¹ Sm
¹⁵³ Sm	¹⁵² Eu	¹⁵⁵ Eu	¹⁵³ Gd	¹⁵⁹ Gd	¹⁶⁰ Tb
¹⁶⁶ Dy	¹⁶⁶ Ho	¹⁶⁹ Er	¹⁷¹ Er	¹⁷⁰ Tm	¹⁷¹ Tm
¹⁷⁵ Yb	¹⁷⁷ Lu	¹⁸¹ Hf	¹⁸² Ta	¹⁸¹ W	¹⁸⁵ W
¹⁸⁷ W	¹⁸³ Re	¹⁸⁶ Re	¹⁸⁸ Re	¹⁸⁵ Os	¹⁹¹ Os
¹⁹³ Os	¹⁹⁰ Ir	¹⁹² Ir	¹⁹⁴ Ir	¹⁹¹ Pt	¹⁹³ Pt

* 根据 ISO 2919 补充。

¹⁹⁷ Pt	¹⁹⁶ Au	¹⁹⁸ Au	¹⁹⁹ Au	^{197m} Hg	²⁰³ Hg
²⁰¹ Tl	²⁰² Tl	²⁰⁴ Tl	²¹² Pb	²⁰⁶ Bi	²⁰⁷ Bi
²¹² Bi	²²⁰ Rn	²²² Rn	²²⁶ Ac	²³³ Pa	²⁴⁰ U
²³⁹ Np	²⁴² Am	²⁵⁰ Bk	²⁵⁴ Fm	²⁵⁵ Fm	

A.4 低毒组

	³ H	⁷ Be	¹⁴ C	¹⁸ F	³¹ Si
³⁸ Cl	³⁷ Ar	⁴¹ Ar	⁵¹ Cr	^{58m} Co	⁵⁹ Ni
⁶⁴ Cu	⁶⁹ Zn	⁷¹ Ge	^{85m} Kr	⁸⁵ Kr	⁸⁷ Kr
⁸⁷ Rb	^{85m} Sr	^{91m} Y	⁹³ Zr	⁹⁷ Nb	^{96m} Tc
^{99m} Tc	⁹⁹ Tc	⁹⁷ Ru	^{103m} Rh	^{113m} In	^{115m} In
¹¹⁵ In	¹²⁹ Te	^{131m} Xe	¹³³ Xe	¹³⁵ Xe	¹³¹ Cs
^{134m} Cs	¹⁴⁴ Nd	¹⁴⁹ Nd	¹⁴⁷ Sm	¹⁶⁵ Dy	¹⁸⁷ Re
^{191m} Os	^{193m} Pt	^{197m} Pt	¹⁹⁷ Hg	²⁰⁰ Tl	²⁰³ Pb
²³¹ Th	²⁴³ Pu	²⁴⁴ Am	²⁴⁹ Cm		

附 录 B
放射性活度的限额
(补充件)

毒性组	活 度 限 额 10^{12} Bq	
	可浸出的或易起化学反应的	不可浸出的或不易起化学反应的
极 毒	0.01	0.1
高 毒	1	10
中 毒	10	100
低 毒	20	200

注：① 可浸出的与不可浸出的界限是，将源芯浸在100 ml水中，在20℃左右放置48 h。测量水中的总放射性。当浸出的放射性活度大于总活度的0.01%时，则认为是可浸出的。否则认为是不可浸出的。

② 易起化学反应的是指源芯易与空气或水起作用，如钾、钠、铀粉等。不易起化学反应的是指金、铱、陶瓷、玻璃等惰性物质。

附 录 C
密封放射源典型使用对质量的要求
(补充件)

密封放射源的使用方式	质 量 等 级				
	温度	压力	冲击	振动	穿刺
工业 射线照相 无防护源	4	3	5	1	5
装置中的源	4	3	3	1	3
医疗 射线照相	3	2	3	1	2
γ 射线远距离治疗	5	3	5	2	4
间质植入和腔内的照射*	5	3	2	1	1
表面敷贴器	4	3	3	1	2
γ 计器(中高能) 无防护源	4	3	3	3	3
装置中的源	4	3	2	3	2
β 计器、低能 γ 计器或X射线荧光分析(不包括气体源)	3	3	2	2	2
油田测井	5	6	5	2	2
便携式湿度和密度计(包括手推小车搬运)	4	3	3	3	3
一般中子源应用(不包括反应堆启动)	4	3	3	2	3
仪器刻度源 活度大于1MBq	2	2	2	1	2
γ 辐射源 无防护源	4	3	4	2	4
装置中的源	4	3	3	2	3
离子发生器** 色谱仪上	3	2	2	1	1
静电消除器	2	2	2	2	2
感烟探测器	3	2	2	2	2

* 在使用中, 此类源可能变形, 因此需要增加某些检验项目。

** 可以连装置一起作检验。

附录 D
密封放射源质量检验标准
(补充件)

检验项目	级 别					
	1	2	3	4	5	6
温度	免检	-40℃ (20min), +80℃ (1h)	-40℃ (20min), +180℃ (1h)	-40℃ (20min), +400℃ (1h) 以及 400 至 20℃ 的热冲击	-40℃ (20min), +600℃ (1h) 以及 600 至 20℃ 的热冲击	-40℃ (20min), +800℃ (1h) 以及 800 至 20℃ 的热冲击
外压	免检	由绝对压力 25 kPa 至大气压	由绝对压力 25 kPa 至 2 MPa	由绝对压力 25 kPa 至 7 MPa	由绝对压力 25 kPa 至 70 MPa	由绝对压力 25 kPa 至 170 MPa
冲击	免检	锤重 50 g, 跌落距离 1 m	锤重 200 g, 跌落距离 1 m	锤重 2 kg, 跌落距离 1 m	锤重 5 kg, 跌落距离 1 m	锤重 20 kg, 跌落距离 1 m
振动	免检	在 49 m/s ² (5g) * 条件下 25 至 500 Hz 试验 3 次, 每次 10 min	在 49 m/s ² (5g) * 条件下 25 至 50 Hz 在峰与峰之间振幅为 0.635 mm 时 50 至 90 Hz 和在 98 m/s ² (10g) * 条件下 90 至 500 Hz 以上均试验 3 次, 每次 10 min	在峰与峰之间振幅为 15 mm 时 25 至 80 Hz 和在 196 m/s ² (10g) * 条件下 80 至 2000 Hz 以上均试验 3 次, 每次 10 min		
穿刺	免检	锤重 1 g, 跌落距离 1 m	锤重 10 g, 跌落距离 1 m	锤重 50 g, 跌落距离 1 m	锤重 300 g, 跌落距离 1 m	锤重 1 kg, 跌落距离 1 m
						专门检验

* 最大加速度振幅。

附录 E

密封放射源泄漏检验方法

(参考件)

附录E是为配合密封放射源的检验而提供的检漏方法,可适用于原型检验或产品检验。文中共提出了12种方法,内容与ISO/TR 4826等效。

任何一种检漏方法皆不可能适用于所有的源,使用时应按照源的特点选择合适的方法。如果本文中的方法不适宜采用时,也可以采用已被证明有效的方法。

E.1 泄漏检验方法

E.1.1 放射性方法

如果密封放射源表面尚有放射性沾污时,用本条的各种方法(除E.1.1.2项外)可能失效。在此情况下,源可预先去污,并过7天再检验。

E.1.1.1 湿式擦拭法

用一种有高度吸湿性的软质材料如滤纸等,沾上不腐蚀源壳表面而又能有效去除放射性的液体,擦拭整个源的表面,并测量擦拭材料上的放射性。如果放射性活度小于185 Bq,则源可视为不漏。

E.1.1.2 干式擦拭法

将源预先放在超声清洗器内,用非腐蚀性液体如三氯乙烯或乙二胺四乙酸(EDTA)清洗10 min,用水洗净后再用丙酮冲洗并放置至干。

用软质材料如滤纸擦拭源表面,测量擦拭物上的放射性,如果放射性活度小于185 Bq,则过7天再擦拭源表面并测量擦拭物上的放射性,如果放射性活度小于185 Bq,则源可视为不漏。

E.1.1.3 浸泡法

将源浸没在一种不腐蚀源表面而又能有效地去除放射性的液体*中,在 $50 \pm 5^\circ\text{C}$ 保持4 h。取出源,测量液体中放射性。如果放射性活度小于185 Bq,则源可视为不漏。

E.1.1.4 煮沸浸泡法

将源浸没在一种不腐蚀源表面而又能有效地去除放射性的液体*中,煮沸10 min,冷却后用相同的新鲜液体洗涤。如此操作重复三次,测量放射性。如果放射性活度小于185 Bq,则源可视为不漏。

E.1.1.5 射气固体吸收法(为 ^{226}Ra 源)

将源放在一个小的气密容器中,容器内放置一些合适的吸收剂,如活性炭、棉花或聚乙烯。放置3 h以上,迅速取出源并关上容器,立刻测量吸收剂上放射性。如果相当于12 h所逸出的放射性活度小于185 Bq(以 ^{222}Rn 计)时,则源可视为不漏。如果检验时间不足12 h,应给予适当校正。

E.1.1.6 射气液体闪烁法(为 ^{226}Ra 源)

将源浸没在一种不腐蚀源表面的液体闪烁剂中,在黑暗中放置三天。取出源,用液闪测量装置测量液体中的放射性。如果相当于12 h所逸出的放射性活度小于185 Bq(以 ^{222}Rn 计),则源可视为不漏。

E.1.2 非放射性方法

在作下面各种检验以前,应将源彻底清洗干净并干燥,使之不至因表面附着污物等而妨碍观察或使灵敏度降低,以致影响检验结果。

E.1.2.1 真空鼓泡法

E.1.2.1.1 应用范围

用本方法时源内的自由空间应大于 0.1 cm^3 。如果小于此数量时,必须有试验报告证明本方法对某种源有效,并给出试验装置及方法。

* 如水、稀薄的洗涤剂或螯合剂。

本方法不宜用于可浸出的源芯中气体源。

E.1.2.1.2 方法

用一透明的真空室，放入分析纯乙二醇、水或矿物油*等液体。抽气至少1min，以除去液体内部空气，恢复到常压，将源放入液体中。源顶端至液面距离应有5cm以上。抽真空至室内绝对压力在15至25kPa。观察1min以上。如果没有气泡从源表面上连续逸出，则源可视为不漏。

E.1.2.2 热液体鼓泡法

E.1.2.2.1 应用范围 与E.1.2.1.1相同。

E.1.2.2.2 方法

用一水浴，放入蒸馏水，预先加热至90~95℃（如用甘油代替水，可加热至120~150℃）。将源从室温状态投入。源的顶端至液面距离应有5cm以上。观察1min，当源壳热容量较大，或导热系数较差时，则观察2min以上。如果没有气泡从源表面上连续逸出。则源可视为不漏。

E.1.2.3 加压鼓泡法

E.1.2.3.1 应用范围 与E.1.2.1.1相同。

E.1.2.3.2 方法

用一个可耐压的小室，室内空间要大于二倍源的体积和五倍源内空间体积。充入氦气，压力在1MPa以上，维持15min。迅速降低压力并取出源立即投入水中（可用乙醇或丙酮代替水）。水面至源顶端距离应有5cm以上。观察1min以上。如果没有气泡从源表面上连续逸出，则源可视为不漏。

E.1.2.4 氦质谱法

制源时应将源内自由空间充以氦气，其浓度应保证不小于5%（以工业氦计）。将源放在一真空室内，接上氦质谱检漏仪，抽去空气，按仪器规定方法测量出漏率，此数值除以自由空间中的氦浓度，可求得真实漏率。如果真实漏率低于下表中允许界限，则源可视为不漏。

E.1.2.5 氦加压法

将源放在耐压小室内。抽去室内空气，再通入氦气至某一压力后维持一定时间，然后迅速降至常压，取出源转入真空室中，按照E.1.2.4方法测出漏率。

当氦压力在一定时间 t （h）内为 P （MPa）时（实际在0.5~10MPa），如果源内自由空间 V 不小于 0.1cm^3 ，而加压和测量之间持续时间不大于10min时，则可选择适当的参数，通过下式计算漏率。

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

式中： Q ——指示漏率， $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；

L —— $1.33 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 和 $1.33 \times 10^8 \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 之间的标准氦漏率， $\mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

如果真实漏率低于下表中允许界限，则源可视为不漏。

E.1.2.6 压水增重法

E.1.2.6.1 应用范围

源内空间体积至少应大于称量仪器灵敏度的5倍（以水计）。本方法可与外压检验（附录D 3~6级）一道进行。

E.1.2.6.2 方法

将源先用分析天平称量，放入水中，按7.2条外压检验方法加压后取出擦干表面水，再用同一天平称量，如果增加的重量不足 $50\mu\text{g}$ ，则源可视为不漏。

E.2 检验方法的灵敏度

在选择泄漏检验方法时，可以参考下表，确定合适的方法。

* 适用的油类指标为：20℃时密度为 $890\text{mg}/\text{cm}^3$ 左右。动态粘度在20℃时为 $25\text{mm}^2/\text{s}$ 左右。在50℃时为 $9\text{mm}^2/\text{s}$ 左右。

检出的极限受探测仪器影响，各单位在检验前应当有实际试验证明其灵敏度可以满足允许界限的要求。

检漏方法的检测极限与允许界限比较表

条目号	检验方法	检测极限	不同形态源芯的允许界限**	
			不可浸出的	可浸出的或气体的
E.1.1.1 E.1.1.2 E.1.1.3	湿式擦拭法 干式擦拭法 浸泡法	40~4 Bq	185 Bq	185 Bq
E.1.1.4	煮沸浸泡法	40~0.4 Bq	185 Bq	185 Bq
E.1.1.5 E.1.1.6	射气固体吸收法 射气液体闪烁法	4~0.4 Bq 0.4~0.004 Bq	—	185 Bq
E.1.2.1 E.1.2.2 E.1.2.3	真空鼓泡法 热液体鼓泡法 加压鼓泡法	$\approx 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}^*$	$1.33 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	—
E.1.2.4	氦质谱法	$10^{-11} \sim 10^{-14} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$1.33 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$1.33 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
E.1.2.5	氦加压法	$10^{-6} \sim 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$1.33 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$1.33 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
E.1.2.6	压水增重法	10 μg	50 μg	—

附加说明：

本标准由中华人民共和国核工业部提出。

本标准由核工业部原子能研究所负责起草。

本标准主要起草人蒲以同。

* 检测极限是在有利的观察条件，对单一漏孔而言。

** 按照IAEA安全丛书第37号（维也纳1973年版），第749条所载，对固体源芯漏率为 $10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l/s}$ ($1.33 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)多数情况相当于放射性逸出1850 Bq (50 nCi)，对液体或气体则为 $10^{-6} \text{ Torr} \cdot \text{l/s}$ ($1.33 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)时，相当于放射性逸出1850 Bq (50 nCi)。