

关于放射性豁免

周舜元

中图分类号: R141 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2002)04-0193-03

【摘要】 目的 系统地掌握有关放射性豁免的原则和数据。方法 依据有关放射性豁免的现有标准和其他资料。结果 提出一些使用放射性豁免的建议。结论 必须正确理解和使用放射性豁免的建议。

【关键词】 放射性; 豁免; 应用

On Exemptions of Radioactivity from Regulatory Control. ZHOU Shun-yuan. *National Institute of Radiological Protection and Nuclear Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088, China.*

【Abstract】 Objective To know well the exemption criteria and exemption levels of radioactivity from regulatory control. **Methods** It was done in accordance of the standards and other information on hand about exemptions of radioactivity. **Results** Some proposals for using exemption criteria and exemption standards are put forward. **Conclusion** It is imperative to understand and use precisely these proposals.

【Key Words】 Radioactivity; Exemption; Application

国际放射防护委员会(ICRP)的1990年建议书^[1],与以前历次建议书相比,其中一项很重要的区别在于提到了放射源的豁免,它明确指出:“对源的豁免是管理职能的一个重要组成部分”。由此可见,豁免是放射卫生监督执法过程中不可缺少的一个环节,例如在不久前发布的卫生部令《放射工作卫生防护管理办法》^[2]中也提到了豁免。

国际原子能机构(IAEA)的《国际电离辐射防护和辐射源安全的基本标准》^[3],进一步提供了关于豁免的一些值得参考的基本概念、原则和数据。我国由四部门联合制订的辐射防护和辐射源安全基本标准(已审查定稿,待报批),也已等效采用了这些内容。为此,本文在主要依据现有标准的基础上,按照当前的认识水平,综合整理并分析了关于放射性豁免的内容,以比较明确、具体的表述,为放射性豁免管理的操作提供了实在、可行的建议。这与过去的资料汇总相比^[4],已有很大进步,并将在今后实践中进一步完善。

1 放射性豁免

系指电离辐射实践或其中放射源的豁免,简称放射性豁免。综合现有一些法规或标准所说,其含义可以较为完整地表述为^[4]:未被排除的且已正当化了的特定电离辐射实践或其中的特定放射源,经评价与审查认为它们将不会危及工作人员或公众成员的健康和生命财产的安全、符合国家审管部门规定的豁免条款,并基于有关法人的申请或者国家审管部门的主动提议,准予它们部分或全部地免于执行有关放射防护法规和标准中规定的控制和管理要求。这里必须强

调的一点是:所有不正当的实践都不得予以豁免。

2 放射性豁免的一般原则

ICRP1990年建议书^[1]中提到的豁免所依据的两条原则是:

(1)无论在正常或事故情况下,对个人和集体所造成的剂量足够小,以致于没有必要对它们加以控制和管理。

(2)经类似于防护最优化的分析表明,豁免是最好的选择,没有其他合理可行的控制和管理方法能够明显地减少其照射所致个人剂量和集体剂量。

IAEA在其基本标准^[3]中也提到了豁免的一般原则,大体与此类似,增加的一点是:被豁免的实践和源具有固有的安全性,以致于在任何情况下都能满足上述两条原则。实际上只是说出了满足上述两条原则的一种特殊情况。

3 放射性豁免水平

为了使放射性豁免实际可行,有必要依据上述一般原则给出定量的数值水平,这就是放射性豁免水平,凡是低于此数值水平者就可予以豁免。定量的数值水平可以用不同的量来表示,最常见的就是用剂量或活度来表示。前者可称为剂量豁免水平,后者可称为活度豁免水平。IAEA在其基本标准^[3]中给出了两者。

3.1 剂量豁免水平 拟豁免实践或放射源,在一年内使任何公众成员个人所受的有效剂量预计不超过 $10\mu\text{Sv}$,并且要求该实践一年内所造成的集体有效剂量预计不超过 $1\text{人}\cdot\text{Sv}$ 或者经过防护最优化评价表明豁免是最好的选择。鉴于集体剂量估算时的不确定性和实际应用时的困难,真正可行的依据还是个人剂量,特别是对于较为简单的实践或放射源而言。

作者单位:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所,北京 100088

作者简介:周舜元(1942~),男,江苏苏州人,研究员,研究方向:放射卫生标准与法规、卫生检验机构的认可、认证管理。

3.2 活度豁免水平 基于上述个人剂量豁免水平,通过一系列有限制地使用和处置的情景设置,依据保守的模式,可以推导出放射性核素的活度豁免水平。活度豁免水平通常表示为总活度(Bq)、比活度(Bq/kg,用于固态物质)或活度浓度(Bq/m³,用于液态物质)。当然,在其他一些场合,有时也可用表面活度(Bq/m²)来表示活度豁免水平。

4 活度豁免水平的分类

随着情景设置和模式条件的不同,可以有各种不同结果的活度豁免水平。必须注意推导活度豁免水平时情景设置的条件和参数,并正确掌握不同活度豁免水平的适用场合。依据 IAEA 的观点,可以将活度豁免水平分为以下两类^[3]:

4.1 绝对豁免水平 低于此豁免水平的实践或放射源,不管今后如何利用,都能予以豁免。即不用附加任何限制条件,其实践或放射源所致照射总是能满足剂量豁免水平,故又称无条件豁免。推导绝对豁免水平时,要求考虑所有各种合理可能的照射途径,因此推导和应用时有一定难度。

4.2 相对豁免水平 低于此豁免水平的实践或放射源,只有在某些特定限制条件下,其所致照射才能满足剂量豁免水平,故又称有条件豁免。推导相对豁免水平时,通常只考虑有限数目的几种合理可能的照射途径。由于推导时所用条件和途径的不同,会造成推导结果的很大不同,因此只适用于符合推导情况的特定场合。此外,作为相对豁免水平的一种特例,是仅考虑摄入(包括吸入或食入)所致内照射而推导出的活度豁免水平。由于其照射途径比较单一和确定,由此所致剂量通常高于外照射,因此在安全方面是偏保守的,可以成为一种较为实用的导出水平。

5 应用于职业照射的豁免

5.1 非密封放射性物质 符合以下条件之一者,可以予以豁免:

(1)操作核素成分已知的非密封放射性物质,如其总活度或比活度低于 IAEA 在其基本标准^[3]中给出的放射性核素总活度或比活度豁免值者,可以予以豁免。为了防止上述豁免值的误用,有几点要求必须注意^[3],在我国四部门联合制订的辐射防护和辐射源安全基本标准中也有比较明确的表述,即:①上述豁免值只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对小量放射性物质和放射源的工业应用及实验室或医学应用。对于大量放射性物质的豁免,需由审管部门作更进一步考虑。②对于天然放射性核素的豁免应用,仅限于含放射性物质消费品,或者将其作为放射源使用(如²²⁶Ra, ²¹⁰Po),或者是只利用它们的元素特性(如钍、铀)等场合。③对于一种以上放射性核素,仅当各核素的放射性数量与其相应豁免值之比的和

小于 1 时,才可能考虑予以豁免。④放射性豁免,必须经审管部门确认和同意,必要时需根据实际情况逐例审查;⑤严禁为申报豁免而采取人工稀释等方法。

(2)尽管非密封放射性物质的比活度符合上述要求,但依据其要求①和②,对于涉及大量放射性物质的工作场所如矿山开采和矿石冶炼等场所的豁免,还应要求其工作场所空气中放射性物质浓度低于由职业人员个人年剂量限值推导得出的工作场所导出空气浓度的 1/20。本建议取自于我国原有的基本标准^[6],但依据职业人员和公众成员的年剂量限值之比由原来的 1/10 改为 1/20。

(3)操作核素成分未知的非密封放射性物质,如果其放射性比活度低于 70 Bq/g 者;对于固态天然放射性物质,可以将此值放宽 5 倍。本建议取自于我国原有基本标准^[6,7]中的所谓“下限值”,相当于国外许多早期法规和标准中用到的 0.002 μCi/kg,低于此值者已不作为放射性物质对待。虽然在文献^[3]中未见提及此值,但仍有保留的必要,仅用于核素成分未知的场合(包括下面的公众照射场合)。

5.2 密封放射源 符合以下条件之一者,可以予以豁免:

(1)使用密封放射源时,其总活度低于 IAEA 在其基本标准^[3]中给出的放射性核素总活度豁免值者。

(2)正常运行条件下,在距密封放射源表面 0.1 m 处,所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率不超过 1 μSv/h 者^[3,7]。

5.3 辐照装置 在不加任何防护的情况下,符合以下条件之一者,可以予以豁免^[3,6,7]:

(1)所产生的辐射,其最大能量不大于 5 keV 者。

(2)正常运行条件下,在距设备的任何可接近表面 0.1 m 处,所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率不超过 1 μSv/h 者。

6 应用于公众照射的豁免

6.1 通用活度豁免水平 IAEA 在其基本标准^[3]中给出的放射性核素活度豁免水平,依据其要求①,仅适用于职业照射。而公众照射必须考虑辐射危害更大的内照射途径,相应的豁免水平应该更严。如依据前面所说相对豁免水平的特例,即仅考虑内照射途径,由个人剂量豁免水平 10 μSv/a,可以推导出对公众照射通用的活度豁免水平,它比 IAEA 豁免值更为偏保守,因而也是较为普遍适用的。

鉴于公众成员的年剂量限值为 1 mSv,是个人剂量豁免水平 10 μSv/a 的 100 倍,因而可以将这一通用活度豁免水平具体表述如下:

(1)固、液态放射性核素总活度低于公众的食入年摄入量限值(ALI_{公食})的 1%者。

(2)固态放射性核素的比活度或液态放射性核素的活度浓度,低于公众的导出食入浓度(DIC_公)的 1%

者。

此外,对于成分未知的场合,上面提到的所谓“下限值”即放射性比活度低于 70 Bq/g 者不作为放射性物质对待,也可适用。

6.2 含放射性物质消费品

符合以下条件之一者,可以予以豁免:

(1)仅含天然放射性核素,且其总活度或比活度低于 IAEA 在其基本标准^[3]给出的放射性核素总活度或比活度豁免值者。

(2)符合相应的放射卫生豁免标准(如:WS 177^[8], WS178^[9]等)要求者。

6.3 掺有独居石、锆英砂和稀土物质等含放射性成分的产品 按照卫生部令《放射防护器材与含放射性产品卫生管理办法》^[10],掺有独居石、锆英砂和稀土物质等含放射性成分的产品,和含放射性物质消费品同样对待,因而可参照上述第 2 点,对符合这些要求者予以豁免。

6.4 伴生 X 射线电器 按照文献^[10],对于伴生 X 射线电器也应加以管理,大体上将它分为以下两类加以管理:

(1)电视机、计算机终端设备等公众广泛使用的电器产品,只要其伴生 X 射线符合有关国家标准,即在正常使用条件下,距其表面 5 cm 的任何可接近部位,每 10 cm² 伴生的 X 射线平均空气比释动能率低于 5 μ Gy/h 者,可以予以豁免。这一要求与国际以及许多国家的控制指标相一致。更为重要的是测量,测得的结果必须确实是伴生 X 射线所造成的,将荧光屏中⁴⁰K 之类的其他干扰加以排除。

(2)电视机、计算机终端设备以外的伴生 X 射线电器,可参照辐照装置的情况,在不加任何防护的情况下,符合以下条件之一者,可以予以豁免:①所产生的伴生 X 射线,其最大能量不大于 5 keV 者。②正常运行条件下,在距设备的任何可接近表面 0.1 m 处,伴生 X 射线所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率不超过 1 μ Sv/h 者。

7 应用于其他特定场合的豁免

7.1 干预豁免水平 ICRP 在其 1990 年建议书中提到,为避免在国际贸易中,特别是对食品,施加不必要的限制,可能需要按另一种方式应用干预水平,并称之为干预豁免水平。它指的是 FAO/WHO 食品法典委员会制定的关于事故污染后进入国际贸易中食品的放射性核素指导水平^[11],作为是否可以自由进出口的判据,目的是消除国际贸易中的人为障碍。IAEA 在其基本标准^[3]中称之为“食品通用行动水平”,是一种应用于特定场合的豁免。

在最近出版的 ICRP 关于公众慢性照射的报告^[12, 13],对于在某些情况下可能构成长期照射主要来自

源的商品如建筑材料,提出了用附加的个人年剂量表示的干预豁免水平 1 mSv/a。并建议有关国家主管部门或相关国际机构为建筑材料制订一种用放射性核素浓度表示的导出干预豁免水平。

7.2 清洁解控水平 在放射工作单位和场所以及核设施退役时,为了判断场所及其中设备、物品等是否可以解除审管控制,可采用清洁解控水平作为判定依据,低于此水平者可移出放射工作场所使用。清洁解控水平可看成是另一种应用于特定场合的豁免,一般来说清洁解控水平不应高于相应的豁免水平。GB 13367^[14]之附录 B 推荐的有关核设施退役钢材及设备再利用时其放射性核素污染和表面污染的豁免值,就属于这一例子。

7.3 豁免废物水平 指低于此水平的放射性废物,可免于对放射性废物的控制和管理,如 GB 13367^[14]之附录 A 推荐的有关低水平放射性废弃物的豁免值。按照 GB 9133^[15]的规定,无论是气态、液态或固态放射性废物,如其活度水平不超过清洁解控水平,都属于豁免废物,可免于对放射性废物的控制和管理。因此,豁免废物水平不仅是应用于特定场合的一种豁免,且与清洁解控水平也有关。

参考文献:

- [1] ICRP. 国际放射防护委员会 1990 年建议书[M]. 北京:原子能出版社, 1993.
- [2] 中华人民共和国卫生部令第 17 号,放射工作卫生防护管理办法[S]. 2001.
- [3] IAEA. 国际电离辐射防护和辐射源安全的基本安全标准[S]. 北京:原子能出版社, 1997.
- [4] 周舜元,郭芙蓉.放射性豁免管理的探讨[J].中华放射医学与防护杂志, 1995, 15(3): 182.
- [5] 夏益华.豁免原则应用中某些有关问题的讨论[J].辐射防护, 1994, 14(4): 248.
- [6] GB 4792-84.放射卫生防护基本标准[S].
- [7] GB 8703-88.辐射防护规定[S].
- [8] WS 177-1999.牙瓷中天然铀的豁免[S].
- [9] WS 178-1999.日用陶瓷中天然放射性物质的豁免[S].
- [10] 中华人民共和国卫生部令第 18 号,放射防护器材与含放射性产品卫生管理办法[S]. 2001.
- [11] FAO/WHO. Codex alimentarius commission; Guideline levels in foods following accidental nuclear contamination[S]. IDHL, 1990, 41(2): 339.
- [12] 国际放射防护委员会:在持续辐射照射情况下公众的防护——委员会辐射防护体系应用于由天然源和长寿命放射性残存物引起的可控制辐射[M].北京:原子能出版社, 2000.
- [13] Abel J Gonzalez. 关于公众慢性辐射照射的决策[J].辐射防护, 2002, 22(2): 100.
- [14] GB 13367-92.辐射源和实践的豁免管理原则[S].
- [15] GB 9133-1995.放射性废物的分类[S].

(收稿日期: 2002-05-14)