

γ 辐照装置辐射安全审查公众剂量估算及管理须知

宋培峰¹, 李恩敬², 周启甫¹, 陈栋梁¹

摘要: 为优化 γ 辐照装置项目的公众剂量估算及管理,降低营运成本,对 γ 辐照装置的辐射公众剂量估算及管理较突出的问题进行探讨。不合适的剂量估算与管理导致营运成本较高及监管方、项目营运方等产生争议。在一些情形下分别采取引入第3组工作人员,具体分析公众受照、项目运行信息,设置隔离区域的措施有利于在人员及环境得到保护的前提下进行监管和使项目营运顺利。

关键词: γ 辐照装置; 公众剂量; 估算; 审查; 管理

Concerns on Estimation and Management for Public Dose of Gamma Irradiation Facilities in Safety Review SONG Pei-feng¹, LI En-jing², ZHOU Qi-fu¹, CHEN Dong-liang¹ (1.Radioactive Source Safety Department, Nuclear and Radiation Safety Center, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Beijing 100082, China; 2.Office of Laboratory and Equipment Management, Peking University, Beijing 100871, China). Address correspondence to CHEN Dong-liang, E-mail: chendongliang@chinansc.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: Several salient issues about the estimation and management for public dose of gamma irradiation facilities were discussed in this article to optimize the dose estimation and management and reduce operational costs. Inappropriate estimation and management would lead to elevated operational costs and conflicts between the regulatory authority and the licensee. In some cases, introduction of a third team, concrete analysis of public exposure and facility operation, and installation of isolated areas are helpful to the supervision and project operation under the premise that the public and environment are sufficiently protected.

Key Words: γ irradiation facilities; public exposure dose; estimation; review; management

γ 辐照装置,通常是指使用钴-60(⁶⁰Co)密封源作为辐照源的辐照装置,设计装源活度可达 2.96×10^{10} Bq以上,因其单枚源活度大,装源枚数多,会对周围环境及人员产生附加剂量,故从其项目立项、环境影响评价以及后续相关辐射安全许可审批等环节皆受到广泛的重视。

一方面,随着经济的大力发展,人们的生活水平逐渐提高,更加注重生存环境的质量,关注周边环境信息。而与“辐照”有关的信息则更容易成为被关注的焦点^[1-2],一旦出现舆论事件,不但给项目单位、当地政府以及周围公众带来损失,还给项目的具体监管部门带来较大压力。另一方面,作为新建辐照装置项目辐射安全许可的必要条件^[3-5]及其正常营运辐射安全管理基础的环境影响评价工作,因原有导则^[6]制定较早,不仅已不符合现行法规^[3,7-8]、监管体制及监管模式管理及技术的要求,而且缺少统一且足够具体的指导。从而使各级监管部门在辐照装置项目的具体审管时习惯采取相对保守的做法,比如要求进行屏蔽改造等,但这往往会使得项目申请者付出更高的成

本。这些成本主要体现在要求对装置的改造和辐射工作人员管理方面。辐照装置建成后实体屏蔽、布局已固化成型,若后期需要对这些进行改造将会付出经济成本;同时对整个项目而言,改造施工会引入未知的辐射安全风险,进行该风险评估也需要付出成本。按照现行法规,辐照装置运行以后,辐射工作人员须要进行专门的年度剂量监测、辐射安全与防护知识培训等;辐射工作人员数量每增加一个,相应的成本就会增加。

为达到既保护环境与人员的安全又促进辐照加工行业的发展,从审管上给项目申请和营运提供合理的支持,本研究将依据笔者的工作实践,就目前较突出的辐照装置项目辐射安全审管相关公众剂量估算及管理须注意的几个问题与对策做一探讨,以供相关辐射安全管理工作参考。

1 公众照射的剂量约束

按照我国法规及审管要求,辐照加工单位必须确保项目对公众的所致辐射影响在可以接受的水平范围内。

基于 γ 辐照装置的特点,正常情况下,其对人员及环境的影响主要是穿过屏蔽体射线的外照射,体现在对周边人员的影响就是所致的辐射剂量,即所谓管理上对公众的照射剂量。具体而言, γ 辐照加工作为一种受控的实践,正常运行时,其对人员的影响必须满足国家强制性标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002)有关公众照射剂量限

[作者简介] 宋培峰(1977—),男,硕士,工程师;研究方向:辐射防护;

E-mail: 380634565@qq.com

[通信作者] 陈栋梁高级工程师, E-mail: chendongliang@chinansc.cn

[作者单位] 1.环境保护部核与辐射安全中心辐射源安全评估部,北京 100082; 2.北京大学实验室与设备管理部,北京 100871

值的要求。同时也必须满足《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB 10252—2009)剂量约束的要求,即在辐照装置的工程设计、运行和退役时,辐射防护的剂量约束值须满足公众成员个人年有效剂量 ≤ 0.1 mSv 的要求。剂量约束是剂量限值的一个份额。

2 公众照射估算及管理须注意的几个问题

公众照射估算的目的是项目申请者通过提供的材料,证明所申请的辐照装置项目预期对周边公众所致附加剂量满足审管要求。辐射安全主管部门则通过审查、评估或论证等审管程序对上述估算结论进行核实与确认,必要时采取管理或指导性措施保证国家有关要求得到落实。

根据具体审查、评估等工作情况的统计,公众照射剂量估算及其管理存在人为从严标准、泛用剂量率、忽视客观情况、过度简化等倾向。这在辐照大厅、迷道口处、辐照室屏蔽体外个别点位、多个辐照装置共处同一场址情形的剂量估算及审管时,尤其突出;且较容易引起审管者与申请者之间的争议,甚至行政复议。

2.1 辐照大厅、迷道口处剂量的估算及管理

目前,国内运行的大型γ辐照装置,一般都是动态辐照装置,装源量较大,项目地点多位于工业园区内或类似地区,大部分用于工业加工,年辐照时间可达8000h,工作人员实行“四班人员,三班倒”的模式。

2.1.1 辐照大厅、迷道口处的具体控制要求 根据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB 10252—2009)的分区管理,辐照室和迷道为控制区;货物装卸区域(辐照大厅)、辐照室屋顶、控制室以及水处理间等为监督区。通常根据当前管理要求,进入控制区工作的人员作为辐射工作人员进行管理、只在监督区工作或者偶尔进入监督区的人员作为一般公众管理。这就从管理上明确了辐照大厅、迷道口处的辐射水平控制要求,即可以理解为这些地方需要遵守对公众成员的剂量约束值 ≤ 0.1 mSv/a 的要求。

同时,根据《γ辐照装置设计建造和使用规范》(GB17568—2008),在设计最大装源量的前提下,屏蔽体外和迷道口处剂量率不应超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。此 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 可以理解为由职业人员每年工作2000h,受照剂量达到职业照射约束值(5 mSv/a)计算得到。

2.1.2 辐照大厅、迷道口处剂量估算及管理存在的问题 目前存在将有效剂量约束值变成瞬时剂量控制的倾向。即按照辐照装置每年运行8000h、公众剂量约束 0.1 mSv/a 以及居留因子取 $1/40 \sim 1/16^{[9-10]}$ 来推导出一个剂量率($0.2 \sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$)的控制水平,然后要求迷道口等处剂量率不能超过该水平范围。这属于瞬时剂量泛用、人为从严标准要求是不妥的。事实上,迷道口等处剂量率(设为E,单位 $\mu\text{Sv/h}$)处于 $0.5 \sim 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 范围,也是符合标准要求的,前提是进入该区域的非辐射工作人员停留时间每年不得超过 $100 \mu\text{Sv}/E$ 。这需要采取措施限制人员进入和停留,但在实际工作中,限制有关人员在該区域停留的制度性管理措施往往不被审管部门接受,而更倾向于要求项目申请者进行屏蔽改造。类似屏蔽改造的强制性管理要求,因须改变原设计、工

程量大、代价较高等原因往往引起较大的争议,的确从最优化的角度看,过度保守的做法存在一定程度的不合理性。

此外,辐照加工单位对在迷道口处、辐照大厅及邻近区域活动的人员,包括技术、管理、搬运、装卸人员,考虑成本因素,一般不委托有资质的单位进行个人剂量监测。需要说明的是搬运、装卸人员往往是临时人员,数量大,流动性大。不监测就导致无法获取具有法律效力的该类人员的受照剂量数据。而这些人员由于对自己受到照射的影响及其程度不了解,容易把任何的身体不适归结于曾受到过辐射照射,引起纠纷、民事诉讼,给管理工作埋下隐患。但辐照加工单位若全部对这些人员进行剂量监测则会带来较高的运行成本,而不进行剂量监测就无法提供有力的受照剂量证明。即便是具有每年委托有资质单位出具的辐射环境监测报告,报告给出的也只是瞬时剂量,对人员年受照剂量也只是个估算值,往往不能作为有力的法律依据,不足以说服这些受照人员。这是审管上的难点,同时也是审管者采取较保守措施的客观原因之一。

2.1.3 对策探讨 根据对辐照加工单位辐射工作人员个人年有效剂量统计,只从事一般辐照加工操作,不参与辐照装置倒源操作的辐射工作人员年度有效剂量值一般在1 mSv以内;参与倒源人员的年度有效剂量值在5 mSv以内。鉴于此,同时考虑管理上的因素,认为较好的对策是参照对医疗照射陪护人员的管理,在辐射工作人员和一般需要按照公众管理的人员之间引入一个第3组工作人员^[11],亦即不须按照辐射工作人员、公众管理的中间组人员。该组人员限制进入控制区,只在监督区及其临近区域内活动、从事相关操作,人员相对固定,该组人员对从事工作的辐射照射及危害了解并愿意从事该工作。对该组人员的剂量约束值取1 mSv/a,只要预计全年受照剂量不超过1 mSv就是可以接受的,且不需要进行个人剂量监测。当然这需要以许可证持有者良好的辐射安全管理水平为基础;同时根据国内现状,这需要许可证持有者向监管部门报批。

同时,对上述人员活动的这部分区域,采用热释光等剂量计,进行环境的剂量监测。具体根据批复的环境影响评价文件、验收监测报告或委托监测报告,选择代表性监测点位(一般是人员可达的剂量率最高点),由辐照加工单位在监管部门监督下取放,然后经由监管部门送检,监测报告由监管部门、辐照加工单位存档,并在辐照加工单位内部张贴公告告知相关人员。这样能了解在这个区域活动的人员年受照有效剂量的具体数据,前提是这个点位数据不超过管理要求,则在这个区域活动的人员受到的照射剂量都会在该点位数据以下。

2.2 屏蔽体外个别点的估算及管理

屏蔽体外要考虑天空散射、迷道散射以及贯穿辐射等各有效途径的照射,估算屏蔽体外点位受照剂量需要将这些有效途径的照射做叠加。一般会估算出屏蔽墙外30 cm处的瞬时剂量率,大部分情况下数值在十几个nSv/h左右或以下,远远低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。按照此剂量率直接计算的公众年有效剂量也远低于0.1 mSv的要求,具体计算过程是,直接采用屏蔽体外30 cm处的瞬时剂量率乘以8000h,然后再乘以相应的居留因子。这是目前审管时得到较多认可的估算方式,一种保守的估算。对于需要关注的控制室、水处理间等其他点位也需估算出

剂量率,并按照上述方法估算该点位受照剂量。

2.2.1 屏蔽体外个别点剂量估算及管理存在的问题 进行屏蔽体外各剂量关注点的公众剂量估算时,总有相对较高的点,这些点位的瞬时剂量率小于但不远小于标准要求的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 比如 $0.5 \mu\text{Sv/h}$, 这些点的处理,也是各方关注和争议较多之处。按照保守的估算方法,一旦估算的屏蔽墙外 30 cm 处的瞬时剂量率超过 $0.2 \mu\text{Sv/h}$, 从理论上审视就会有超过 0.1 mSv 的可能,而且这种情况也的确会在很多环境影响评价文件中出现。

审管时常见的问题是,对屏蔽体外这些点位的剂量估算及管理过于简单化,不针对具体项目具体的情况进行估算及管理,比如人员居留时间取值脱离客观情况等。

2.2.2 对策探讨 较好的措施是分两种情形来解决这个问题。

(1) 关注点位于辐照加工单位场址围栏等实体边界以外的情况,按照保守计算超过 0.1 mSv/a 时,所致剂量应基本上由天空散射成分引起,否则应建议项目申请者进行实体屏蔽的改造。此时,对于基本由天空散射影响的点位,应调查该点位及周边人员居留情况,这包括深入调查项目评价范围内的、周边公众分布,尤其是距离信息,确认是何种类型场所,基本判断公众人员一年内的居留的可能性,估算出相对合理的居留时间,比如一些公路,一般情况下公众不可能停留达 50 h/a 。采取调查后一般能排除绝大部分因计算过程引起的超过 0.1 mSv 的情况。(2) 关注点位于辐照加工单位场址围栏等实体边界以内的情形,按照上述保守计算超过 0.1 mSv/a 时,可以采取设置隔离区域的措施。此时,也需展开具体的调查,分析关注点位场所的类型,判断是否是人员可达区域、属于控制室、辐照室屋顶、设备间、水处理间、停车场等场所的哪一种。然后根据场所的不同设置硬件保障的隔离区域,硬件上限制有关人员进入,同时将放射源升降与此隔离区域的完整性设置安全连锁,即一旦有人闯入该隔离区域,则放射源自动回到屏蔽位,并发出闯入警示,使相关人员无法达到致使其受照超过剂量约束值的区域,亦即人为设置公众不可达区域。相比修改设计、增加屏蔽,这不仅是代价较小的措施,也是能兼顾各方利益和要求的有效办法。

2.3 多装置共处一场址时的问题及对策

一个场址有多个装置的情形的问题,以遗漏剂量的叠加较常见。常见情形,以两台装置共处一场址为例,其一,若两座装置设计时执行标准一致,都是执行了公众照射 0.1 mSv/a 的剂量约束值,这须注意确认周边关注点的剂量叠加情况,不能仅考虑其中某一座,且公众的剂量约束仍须遵守 0.1 mSv/a 的要求。其二,两座装置为一新一旧,设计时执行标准有差异,从理论上说,此时应考虑设计标准的不同,不能一刀切,但在估算时应尽量核实旧装置的设计资料、运行模式和运行时间,然后综合新装置考量公众的受照剂量,在可能的情况下应采取措施使之满足现行标准要求,这是因为必须考虑经济和社会影响等因素的结果。

3 小结

作为探讨,本研究结合具体工作实践归纳了辐照装置项目辐射安全审管时较突出的一些问题及其采取的应对措施,目的是在确保符合当前法规及管理要求的前提下,降低审管因素增加企业负担情况的发生,鼓励该行业发展。对这些问题应给予充分的关注,正确理解、执行有关标准,恰当的计算以及同时符合管理要求和最优化原则的关键点的处理,对达到上述目的很有必要。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 曲昌荣. 河南杞县钴 60 卡源故障成功处置[EB/OL]. (2009-08-24) [2013-08-12]. <http://society.people.com.cn/GB/41158/9919459.html>.
- [2] 张小磊, 刘文晋. 钴-60 放射源被卡 48 天未出现放射性物质泄漏[EB/OL]. (2009-12-15) [2013-08-12]. http://www.ycwb.com/ePaper/YCWB/html/2009-12/15/content_684713.htm.
- [3] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国务院令 第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》[EB/OL]. (2005-10-08) [2013-08-12]. http://www.gov.cn/jwqk/2005-10/08/content_74766.htm.
- [4] 中华人民共和国国家环境保护总局. 国家环境保护总局令 第 31 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》[EB/OL]. (2006-01-08) [2013-08-12]. http://www.zhb.gov.cn/info/gw/juling/200601/t20060118_73624.htm.
- [5] 宋培峰, 许忠扬, 姜文华. 核技术应用项目环境影响评价文件技术审查的管理[J]. 辐射防护通讯, 2011, 31(1): 25-27.
- [6] 中华人民共和国国家环境保护总局. HJ/T 10.1—1995《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书(表)的内容和格式》[EB/OL]. [2013-08-12]. http://kjs.mep.gov.cn/hjbhbz/bzwb/hxxhj/xgbz/199603/t19960301_68668.htm.
- [7] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国主席令 第六号《中华人民共和国放射性污染防治法》[EB/OL]. (2003-06-28) [2013-08-12]. http://www.gov.cn/flfg/2005-06/27/content_9911.htm.
- [8] 中华人民共和国环境保护部. 环境保护部令 第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》[EB/OL]. (2011-04-11) [2013-08-12]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bl/201104/t20110425_209684.htm.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 152—2002 γ 远距治疗室设计防护标准[S]. 北京: 法律出版社, 2004.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 201.1—2007 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [11] 潘自强, 程建平. 电离辐射防护和辐射源安全[M]. 北京: 原子能出版社, 2007: 206.

(收稿日期: 2013-08-14)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 王晓宇; 校对: 张晶)