

对“电离辐射的最大容許量标准”和“放射性同位素工作的卫生防护細則”中若干規定的意見

潘自強

編者按：潘自強同志在文章中提出了一些值得研究和討論的問題，通过对“电离辐射的最大容許量标准”和“放射性同位素工作的卫生防护細則”內容的鑽研提出了自己的看法，这种精神是好的。

本刊發表此文是为了引起大家的注意，展開討論，为进一步修訂这个标准和細則提出更好的意見，供有关單位參考。

本文简单地敘述了輻射防护規程的一般要求；着重討論了我国卫生部和科学技术委员会联合发布的“电离辐射的最大容許量标准”和“放射性同位素工作的卫生防护細則”中的一些問題。提出并討論了作者认为这两个規程中的一些不够合理或相互有矛盾的規定，和規程中的名詞和術語缺乏明确定义的地方。并指出了开展輻射防护規程研究的必要性。

規程是輻射防护工作的准則，其目的在于保障工作人員的安全和健康。它应当概括輻射防护实践工作的經驗，反映現代保健物理、剂量学和放射生物学的最新成就。

規程按应用范围來說，可分为全国的、地方的和企业的；按对象來說，可分为“普遍的”和“特殊的”，“普遍的”系指对各种对象均适用的，“特殊的”系指專門对某种工作和某些对象而言的，例如：反应堆輻射防护規程、迴旋加速器輻射防护規程、靜电加速器輻射防护規程等；按效力來說，可分为“必須遵守的”和“参考性的”，在“必須遵守的”規程中的所有条文都应当是防护上确实需要且为多次实践所証明的，文字应力求簡洁并使所有工作人員都能看懂，“参考性的”規程可以称为防护指南，它包括許多有意义的参考資料和实践經驗，不一定具有普遍意义，也不具有強制性，但对实践工作却有重要参考价值。

輻射防护的标准量是制定規程的出发点，标准量可以分为两类：基本标准和执行标准。例如最大容許剂量、最大容許浓度¹⁾就是属于基本标准。为了保证基本标准的实现，就应当制定許多执行标准，例如，設備等表面的最大容許污染程度的規定，在設計防护层时安全系数的規定等。輻射防护人員的重要任务之一，就在于根据基本的标准和全国性規程中的执行标准，制定符合本单位具体情况的执行标准。在全国性規程中提出过多的沒有普遍意义的执行标准是不适宜的。

“普遍的”規程一般包括下述內容：(1)規程的应用范围；(2)名詞和術語的定义；(3)最大容許剂量标准、最大容許浓度标准及其它安全标准；(4)领导、輻射防护人員和工作人員的職責范围；(5)对使用輻射源和开放式放射性物質工作場所的要求；(6)使用輻射源和开放式放射性物質的要求；(7)放射性物質的領用、登記、保管和运输；(8)对放射性廢物的收集、排放及貯存的要求；(9)事故的报告与处理；(10)个人剂量检查、工作場所检查和环境检查。

我国在1960年2月27日由卫生部和科学技术委员会联合发布了“电离辐射的最大容許量标准”及“放射性同位素工作的卫生防护細則”^[1]，对輻射防护工作起了指导和推动作用。据我

1) 最大容許浓度相对于最大容許剂量來說，是属于次級标准(或导出标准)。

理解,这两个規程是属于全国性的具有法律效力的規程。所以对其中每一條規定进行仔細研究和討論是必要的,这对进一步理解、掌握和执行現有規程是有益的。我們在学习和贯彻这两个規程时,感到若干地方有值得商榷之处,作为抛砖引玉,現提出如下意見。

一、局限性和不必要的規定

“放射性同位素工作的卫生防护細則”(下面簡称为卫生防护細則)的局限性較大。例如:在对操作放射性物質的“工作場所及其設備和通风的要求”一节中提出了乙、丙类工作場所的要求,而对在同位素制备、化学工厂及冶炼等企业占有重要地位的甲类工作場所仅提了一句“根据具体情况專門設計和建造”。相反,对用于放射生物研究工作的动物房却作了两条規定(10、11条)。作为一个全国性的普遍規程,对有关动物房要求的規定所占比例是偏大的。無論从其意义上来看或从其普遍性来看都可以得到这样的結論。从动物房本身的特点来看也是这样,它的結構并不是特別复杂的,实际上第11条的大部分都重复了前面已提出的乙、丙类实验室的要求。

又如“电离辐射的最大容許量标准”第10条,“如将浓度由‘居里/升’換算成‘蜕变数/分/升’应将表6中的数字乘以 2.2×10^{13} ”。这是一个简单的单位換算,一般也有明确的定义,不作此規定也不会引起不統一。显然,把它写成一条規定是没有必要的(注意:“电离辐射的最大容許量标准”一共只有14条!)。相反,許多应当有明确定义的地方反而没有。

二、安全系数和合理性

安全系数的引入是由于对事物了解不够或事物本身的不定性而引起的。由于辐射防护的对象是各种各样的,人們对其認識的深浅程度也各有差异,不管其对象如何而籠統地規定同一安全系数是不适宜的。这样就必然加大安全系数,造成經濟上不必要的浪費。两个規程中的有些規定的安全系数是偏大的。

如“电离辐射的最大容許量标准”第5条,“在設計和改建防护层时,应当在剂量率或強度方面有5倍的安全系数……”,是否在任何情况下都要有5倍安全系数?在設計和改建防护层时引入安全系数的原因不外乎是:1)射綫在防护层中衰減規律沒有精确的實驗材料和計算数据;2)不能完全預計的污染的存在,如地板、牆壁、桌面和工作服等污染引起的照射;3)放射性气体、气溶胶所引起的照射。所以在上述資料精确已知时或部分已知时,就可以不引入或減小安全系数。例如:在設計一个静电加速器的防护层时,一般說来(在不用于产生光中子反应时)它是不可能产生污染的。如果所用防护材料为水泥,射綫在水泥中的衰減規律有實驗数据,在这样情况下就不必考虑安全系数。污染引起的照射以及放射性气溶胶和气体引起的照射的大致数值,外照射和內照射之比,虽然随工作性质的不同而有很大差异,但仍然是可以估計的。在文献[2]中指出了几种不同工作外照射和內照射之比的統計資料:

	高濃縮度的濃縮鈾(U^{235})的工作 ¹⁾	天然鈾 ¹⁾	热室	反应堆
F_1	100	90	20	10
F_2	0	10	80	90

其中 F_1 为 $\frac{\text{平均吸入的浓度}}{\text{最大容許浓度}} \times 100$, F_2 为 $\frac{\text{平均所受外照射}}{\text{最大容許剂量}} \times 100$ 。当然,目前有关这方面的資料还是很少的,也是不够准确的。但是,不难看出,由于考虑污染等原因引起的照射一般是沒

1) 对天然鈾和濃縮鈾的工作,不存在設計專門防护层的问题。

有必要引入 5 倍安全系数的。

又如“电离辐射的最大容許量标准”第 12 条,“居民区的大气受放射性气体、粉尘污染的最大容許污染程度:放射 β 射綫的放射性物质(鐳²²⁶除外),为 5×10^{-13} 居里/升……”。除鐳以外,在工作場所空气中的最大容許浓度最低的是 I^{131} : 5×10^{-12} 居里/升,居民区最大容許污染程度为其 1/10;最高的是 H^3 (游离气体): 1×10^{-7} 居里/升,居民区为其二十万分之一。由此可见,如果污染源是 H^3 ,则居民区最大容許污染程度的安全系数显然是太高了。这种不合理的情况是完全可以避免的。例如,若把上述条文改成:“居民区的大气受放射性气体、粉尘污染的最大容許污染程度为工作場所空气中最大容許浓度的十分之一”,就可以避免这种不合理性。当污染来源不明时,则按可能存在的最大容許浓度最小的元素計算,类似的規定可以在文献 [3,4] 中看到。

又如“卫生防护細則”第 8 条,“排出的空气須經高效率的过滤材料过滤……”,是否各类实验室排出的空气都須經高效率的过滤材料过滤?排出的空气是否須要过滤决定于排出的空气是否可能引起周围大气(指地面及有人活动的区域)中放射性物质含量超过其容許限量,同时要考慮长期积累的效果(特別当放射性尘埃顆粒較大时)。当操作小量的不易揮发的物质时,有实验材料和計算結果証明没有这种危险时,则过滤是不必要的。丙类实验室除了某些操作易揮发物质或进行发生操作的实验室須要特別考虑外,一般都可以不要过滤。另外,过滤只是处理气态废物的一种方法,但并不是唯一的。在許多情况下常常是把大气稀释法(即用提高释放点的方法)与过滤法结合起来使用。所以第 8 条的規定是不合理的,也是不全面的。

三、很难执行的及相互矛盾的規定

两个規程中的有些条文,在实际工作中很难执行,而且相互之間有矛盾。例如:“电离辐射的最大容許量标准”第 9 条,“供飲用和日常生活使用的地下水源只允許含有天然放射性元素,其含量不得超过露天水源中的最大容許浓度(表 6)且不得含有其他放射性元素”。这里有几个問題:(1)“供飲用和日常生活使用的地下水源”的定义是什么?如果只要有人飲用和使用的都算的話,那就几乎所有地下水源都可以认为是供飲用和日常生活使用的了;(2)只允許含有天然放射性(可达最大容許浓度),不允許含有其它放射性元素是什么原因?是基于辐射防护的要求?还是考慮到矿区的实际情况,如果是前者,那無論是天然放射性还是人工放射性都应当平等看待;如果是后者,那既然可以考慮矿区的实际情况,同样也可以考慮其它企业;(3)地下水和地面水之間总是有联系的,完全孤立的地下水是不存在的,而它們之間互相交換的定量关系往往是很难測量的。因此由于地面水的污染必然会引起地下水的污染(当然由于地下水和地面水相互联系的紧密程度的不同,污染程度也会有所不同)。这样就会使所有放射性的废水都无法排放。第 8 条关于露天水源中最大容許浓度的規定也会失效。应该指出:露天水源中最大容許浓度的标准本身就是按可以飲用的标准定的。

又如“电离辐射的最大容許量标准”第 7 条,“在住宅和居民区,电离辐射由外照射的最大容許量不得超过天然本底”。同一規程第 12 条,“居民区的大气受放射性气体、粉尘污染的最大容許污染程度:放射 β 射綫的放射性物质(鐳除外),为 5×10^{-13} 居里/升……”。大气中有放射性物质(β , γ)的污染也就必然产生外照射,例如:大气中所含 Co^{60} 为 5×10^{-13} 居里/升时,相应剂量率就等于約 1 微伦/小时。所以若承認第 12 条就必然否定第 7 条,反之亦然。如果“……不得超过天然本底”系指不得超过天然本底的 1 倍,则应說得更明确,例如改成“不得比天然本底高 10 微伦/小时”。

四、基本标准和执行标准

基本标准是制定规程的基准,它必须是科学的和切实可行的。“电离辐射的最大容许量标准”把最大容许剂量规定为每日 0.05 生物伦琴当量,而“由于工作需要或其他必要原因,在周剂量不超过 0.3 生物伦琴当量的原则下,日剂量方可超过 0.05 生物伦琴当量”,在这里是把每日 0.05 生物伦琴当量作为基本标准,把每周 0.3 生物伦琴当量作为特殊情况下的标准,是否有必要把计算最大容许剂量的时间单位订为每日?而特殊情况下每周也不能超过 0.3 生物伦琴当量?毫无疑问把计算最大容许剂量的时间单位定为每日比把时间单位定为每年、每季或每周更安全,但这是否合理和可行呢?国际应用辐射防护委员会 1956 年推荐为:每年 5 伦姆 (rem),30 岁前累积剂量为 50 伦姆,在任何连续 13 周内最大剂量为 3 伦姆^[5]。国际应用辐射防护委员会 1959 年提到:“在任何连续 13 周不超过 3 伦姆时,在任何时间间隔内(即 1 分,1 天,1 星期等)允许受 3 伦姆”^[6]。所以把计算最大容许剂量的时间单位定为每日是缺乏充分根据的。在实际工作中要把工作人员每天所受剂量都控制在 0.05 生物伦琴当量以下是不可能的。在特殊情况下,例如进行检修和处理事故时,工作人员一次所受剂量超过 0.3 生物伦琴当量有时也是必需的。从个人剂量测量上来看,要测量到 0.05 生物伦琴当量,用一般的个人剂量计(胶片和剂量笔)是很难达到的。因此,把计算容许剂量的时间单位适当的延长是适宜的。当然,允许在特殊情况下,一次受到很强的剂量,并不等于随便允许一个人受很强的剂量。相反,在强剂量率的辐射场下工作,必须要有严格的批准手续,作为这种批准手续的一个例子可以参看文献[7]。因为现在人类对辐射的损伤作用了解还很不充分,所以尽量减少一切不必要的照射应当作为一个基本原则(即使低于最大容许剂量)。为了减少在强辐射场下工作的时间,事先应把工作中的每一步骤都计划好,并进行预演。在工作过程中加强辐射防护监督,如发给可以及时读数或自动报警的个人剂量计,辐射防护人员到现场监督等。

前面已经指出的,为了保证基本标准的实现,须要制定许多执行标准。由于辐射防护的对象异常复杂,条件又各有差异,所以在制定规程时,特别在提出一些执行标准时,对复杂的问题不应当过分简单化,对不能统一的地方不必强求统一,标准本身应有一定的可以灵活运用范围。对存在不定因素的地方应当在规程中反映出来。在这两个规程中这一点是考虑不够的。例如:“电离辐射的最大容许量标准”第 14 条关于最大容许污染程度的规定就是这样。在此规定中对下述因素考虑是不够的:(1)不同放射性元素毒性的差异,第 14 条的规定是对 α 、 β 分别定出的。但放射 β 射线的不同元素其毒性可以相差很大;(2)物理状态的差异。松散的污染比固定污染显然更危险;因为它更容易转移到人体中。表面污染和空气污染之间的关系实验资料还非常少。在文献[8]中提出了这方面的一些实验结果,但它是在一定情况下对某一些元素得出的结果,不能作为普遍的结论。爱生必德(Eisenbid)等^[9]企图通过大量的实际测量找出表面污染、空气污染和生物样品放射性之间的定量关系,但没有达到预期的目的;(3)不同地区和不同用途的设备应当有所差异。对手套箱和通风柜中的设备的要求就应当比对一般实验桌上的设备的要求低,而对要拿到被监督区外面去的设备的要求则应更高。所以上述的关于最大容许污染程度的规定是过分简单化了,没有反映出事物本身的差异性和复杂性。最大容许污染程度的标准在国际应用防护委员会的推荐中没有提出。其它国家的规定可以参看[10,11]。“卫生防护细则”中关于“对工作场所及其设备和通风的要求”的规定也有类似的问题。

五、名词和术语的定义

由于许多名词和术语没有明确的定义,意义比较模糊,容易造成执行上的混乱。例如:“卫

生防护細則”第2条,“根据所使用的放射性同位素的毒性大小和用量多少,将使用放射性同位素的工作場所分为三种类型”。“用量”的定义是什么?指操作量?还是消耗量?如果在工作場所儲存有大量放射性物质,这算不算“用量”?工作場所的定义又是什么?如果在一个房間中有几个人同时操作,这时是算一个人的“用量”?还是几个人相加?“用量”是指一次“用量”?还是一天或一星期的用量?如果把“用量”改为“工作場所中存在的放射性物质的强度”就可以避免前面所述意义上的模糊之处。

又如“电离辐射的最大容許量标准”第14条,“操作放射性物质的工作人员的手、工作服等受污染的最大容許污染程度如表7所列”,表7中的单位“粒子/150平方厘米/分”是指 4π 立体角,还是 2π 立体角内放出的粒子数?(有许多人认为它是用Tisc仪表测量时仪表上讀出的“脉冲数”。)由于不同的理解,执行的标准可能差几倍。在文献[12]中曾指出,此单位是指在 2π 立体角内,每分鐘从150平方厘米上射出的粒子数。

应该指出,国际应用防护委员会推荐的和苏联1960年发布的“使用放射性物质和电离辐射源的卫生規章”中虽然有关于名詞、术语定义的部分,但这些名詞、术语大都是核子科学和技术中已有定义的,而对辐射防护的专有名詞、术语的定义則較少。

結 語

由上述可見,两个規程中有許多問題是值得进一步深入研究和討論的。应当着重指出:保証安全并不等于高标准,也不等于高的安全系数。一个“很安全”的设备由一个不“不安全”的人掌握仍然是不安全的。安全的保証在很大程度上决定于工作人员和辐射防护人员对操作对象了解的深入程度,以及他們之間的良好合作。規程則应该作为他們共同遵守的准则。

为了制定一个切实可行的規程,一方面要总结辐射防护工作的实践經驗,另一方面应该开展許多专题的研究。例如:水中和空气中放射性物质最大容許浓度的研究,手、工作服、设备表面最大容許污染程度的研究,可能危害区或防护带的研究,对操作放射性物质工作場所要求的研究等。只有这样才能使規程建立在科学的基础上,并适合我国原子能事业的具体情况。

本文承李德平先生提出許多意見,在此表示感謝。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部、中华人民共和国科学技术委员会,放射性工作卫生防护暫行規定,1960年3月,人民卫生出版社。
- [2] H. Blatz, Radiation Hygiene Handbook, 11—11, 1959年, New York.
- [3] 苏联保健部、苏联部长會議原子能利用委员会,使用放射性物质和致电离辐射源的卫生規章, P. 58 (中譯本), 1961年11月,人民卫生出版社。
- [4] The International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959), p. 86—87.
- [5] Report on 1956 Amendments to the Recommendation of the International commission, Radiological Protection, *Radiology*, 70, 261—2 (1958).
- [6] 同[4], p. 5.
- [7] F. Duhamel, J. M. Lavie and L. Fitoussi, Data provided by Monitoring and resulting Rules for Protection against Radiation, appendix A, Peaceful uses of atomic energy, Vol. 23, p. 221, 1958.
- [8] Dunster, H. J., Contamination of surface by Radioactive materials: the derivation of maximum permissible level, *Atomics*, Vol. 6, No. 8 (1955), P. 233—239, 250.
- [9] Eisenbid, Merrill, Blatz, Hanson and Barry, How Important is Surface Contamination, *Nucleonics*, vol. 12, 8 (1954), p. 12—15.
- [10] International Atomic Energy Agency, Safe Handling of Radioisotopes, Series, No. 2, 1958, Vienna.
- [11] H. Gotte, strahlenschutz beim ungang mit offenen Radioactiven Stoffen, *Atompraxis*, Heft 4/5 (1960), p. 148—154.
- [12] Н. Г. Гусева и др., Сборник радиохимических и дозиметрических методик, p. 245, 1959.

(編輯部收稿日期 1962年5月10日)