



夏益华

1895年前后,是世界物理学的一个重大转折点,这不仅是因为发现了X射线,电子和塞曼效应,更主要的是发现了具有革命性意义的放射性现象。放射性的发现给科学家们开辟了一个巨大的天地。于是伟大的发现层出不穷。伦琴、贝克勒尔、居里夫妇、卢瑟福、普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意、狄拉克、泡利……一大批杰出的

科学家相继崛起。同位素应用、辐照装置、核电站……廿世纪更是一个崭新的原子时代!

然而就在发现放射性现象不久,人类就开始注意到了它对人类的伤害。居里夫妇是原子科学的先驱者。他们在作实验的过程中都受到了一种奇怪而难以诊断的疾病的折磨。那是因为他们受到了太多的照射,摄入了太多的放射性物质的缘故。虽然皮埃尔·居里是死于车祸,玛丽·居里活了67岁,但她病了很长一段时间,而且最后死于因过度受照射而引起的许多症状中的一种——再生障碍性贫血。她逝世后,她的女婿发现她生前用过的实验记录本,甚至家里使用的菜谱书上都有严重的放射性沾污。

另外有夜光表镀盘工人的受伤害记录、无数的动物实验和辐射流行病学统计分析、广岛长崎的调查……。

1986年5月苏联切尔诺贝利核电站事故更是有史以来最严重的一次核事故。即使只是在距失事地点130公里以外的基辅逗留过2—3天的学生游客,回来后居然能从甲状腺内和衣物上探测到放射性沾污!这次事故不仅在欧洲引起混乱,而且使全世界为之震惊!

今天,放射性、原子能极大地造福于人类,可以说今天的世界实际已离不开对原子能的利用。但是,与此同时也使人类更清楚地认识到绝对不能忽视对辐射的防护。

事实上,随着对辐射研究和应用的不断深入和广泛,辐射防护或叫保健物理这门学科也已取得了长足的进展。从辐射防护的概念到原理和方法都发生了巨大的演变。作为其高度概括和实践依据的辐射防护标准也相应地在不断演变。特别是近十年来,以国际放射防护委员会(International Commission On Radiological Protection, 简称ICRP)发表的第26、30和32号出版物为代表的一系列推荐更形成了新防护标准体系的基础。世界上不少国家和有关国际组织大体都参考或参照这些推荐逐步修订了自己的防护标准。和以前的防护标准相比,新的标准体系大体有以下一些特点:

(一) 以危险度分析为基础, 定量化程度进一步提高

所谓“辐射危险度”,通常是由在具有统计学意义的足够大受照人群中,由于辐照原因所引起的致死恶性病死例数以及在该人群的子、孙两代中发生的严重的遗传性缺陷的例数之和来决定的。

新体系认为具有高安全标准的其它非核工业的平均危险度(它们由职业性危害引起的平均年死亡率不超过 10^{-4})是可以接受的,并且以此作为制定放射性职业照射标准的基础。对公众,则认为可被接受的危险度为 10^{-6} — 10^{-5} (因为这相当于日常生活中遇到的平均危险度水平)。这就使剂量限值的制定建立在相对更加科学、更易定量的基础上。过去的标准是以单个“紧要器官”的模式为基础,因此各个器官所受到的剂量之间,以及内照射和外照射剂量之间都是不能相加的。新体系则引入了“有效剂量当量”的概念。它根据各主要器官和组织对辐射敏感性不同(根据实际资料)引入相应的权重因子。各器官和组织所受到的剂量乘以各自的权重因子之后就可以相加,得到描述全身危险度状况的“有效剂量当量”。因此在新的标准中,各器官和组织所受剂量之间,以及内、外照射剂量之间不再是孤立的,而是有机地相加在一起的。

(二) 摒弃“容许剂量”的概念, 在权衡各种利弊因素的基础上, 要求把具有正当理由的照射保持在限值以下且实际可达到的低水平上

过去的标准中,所谓“容许剂量”的概念被理解为“对受照个体的一种实际存在的安全边界”。它被看成为一种“有无健康危害的剂量阈值”,或者是“临床上观察不到效应的剂量阈值”。因此当时就是用容许剂量或者它们的次级或导出限值(最大体负荷,最大容许浓度等)来控制照射的。也就是说,认为只要不超过限值就是安全的。在新体系中,这种概念已被放弃。它把辐射效应分为“随机”和“非随机”两大类。前者指发生辐射效应的几率(不是其严重程度)正比于所受剂量的大小,并且没有剂量阈值存在。后者,则其效应的严重程度和剂量大小有关,这种效应可能有剂量阈值存在。由于一般情况下的职业照射,特别是对公众的照射实际

10 CFR20 的主要修订点 (摘登)

修 订 点	原 标 准	修 订 稿
职业照射: 限值	<p><u>外照射:</u> 全身、头和躯干, 1.25 雷姆/季度或 3 雷姆/季度但同时满足 5(N-18) 的限制. N 为年龄. 活性造血器官, 眼睛晶体, 生殖腺</p> <p>手和前臂、足和踝 $18 \frac{3}{4}$ 雷姆/季度</p> <p>全身皮肤 $7 \frac{1}{2}$ 雷姆/季度</p> <p>各器官的内照射剂量不相加内、外照射剂量不相加</p> <p><u>内照射:</u> 相当于 520 容许浓度·小时/季度的摄入量. 它们可以产生的 50 年待积剂量当量分别为: 全身 1.25 雷姆 骨、甲状腺、皮肤 7.25 雷姆 其它器官 3.75 雷姆</p>	<p>全身、头、躯干、肘 5 雷姆/年(包括外照射深部剂量和内照射待积有效剂量当量之和) 上手臂、膝上大腿</p> <p>每季度外照射深度剂量当量最大不超过 3 雷姆</p> <p>眼睛晶体 15 雷姆/年</p> <p>手、肘、肘下前臂 50 雷姆/年 足、膝、膝下小腿</p> <p>皮肤(10 厘米²) 50 雷姆/年</p> <p>对各器官所受剂量要加权后相加. 内、外照射剂量要相加. 注: 除了因铀和超铀核素的导出空气浓度或年摄入量限值水平比较难测量, 而采用年有效剂量当量来控制以外, 其余核素均采用待积有效剂量当量来控制.</p>
事先计划的特殊照射	按 5(N-18) 关系式均匀受照, 并有季度剂量限值.	相当于 2000 导出空气浓度·小时/年的年摄入量限值 (ALI). 导出空气浓度的计算是基于前述关于引入器官相对危险度权重因子的方法. 对各主要器官和组织均给出了相应的权重因子 W_T 值. 除了常规照射的年限值以外, 在特殊情况下, 容许事先计划的特殊照射. 对这种特殊照射的限值为: 一年内的所有这类照射不得超过一个年限值 (即除了 5 雷姆的常规照射以外, 当年最多再接受 5 雷姆的特殊照射). 而终生所受的特殊照射之和总计不得超过 5 倍年限值 (25 雷姆).

上都是由随机效应来限制的, 因此整个新防护标准体系是建立在线性无阈的假定之上的. 它有下列三个基本防护原则:

1. 任何涉及到辐射照射的操作或实践, 必须是对社会真正有益. 也即任何实践都必须具备正当的理由 (称作正当化原则);
2. 在考虑到技术、经济、社会诸因素后, 必须使一切照射保持在“可合理地达到的尽可能低”的水平 (As Low As Is Reasonably Achievable —— 简称 ALARA 原则);
3. 个人所受的剂量当量不能超过相应规定的限值.

在这里, “剂量限值”不再是过去“容许剂量”的概念. 而是指不被容许的剂量范围的下限值. 也就是说, 超过这个限值一般是不容许的, 但低于这个照射水平不一定就是合理和容许的. 还必须根据上述诸因素的综合考虑把照射保持在它下面的一个“可合理达到的尽可能低”的水平上. 通常就要利用所谓“辐射防护最优化原则”来限制实际的照射水平; 而不是简单地用剂

量限值来限制. 可见防护标准中的限值概念已经发生了根本的变化. 这也正是最优化原则在辐射防护工作中受到日益重视的原因.

(三) 对标准的管理下限 —— 豁免水平给予更多的注意

在过去的几十年内, 防护工作的主要注意力放在标尺的上端: 即研究多大的照射是“安全”的, 或容许的? 自从明确确定 ALARA 原则作为防护工作的主要原则之后, 很自然地对标尺的下端开始给予更多的关心. 因为既然防护标准是假定辐射效应和剂量的关系是线性无阈关系, 即认为任何辐照都伴随着一定的危险性. 那么是否就必须把照射减弱到“零”呢? 显然也不是. 因为这种要求, 不仅在经济上是不合理的, 而且在技术上也是行不通的. 因此这种要求把照射限制到实际尽可能低的过程显然也应该是有限的, 也应该存在相应的下限值. 这种管理上的下限值就是标准的各种豁免值. 凡是低于相应豁免值的照射, 都是不必

再进行管理的。这就可以防止把社会资源和人们的努力耗费在不值得的地方。豁免值问题，在过去的一些标准中也是有所涉及的。但是在新的标准体系中，伴随着 ALARA 原则的出现而显得更加突出。这就是为什么近年来国际上对可忽略量和豁免值问题开展日益广泛的讨论和研究的原因。在新修订的一些标准中相应出现了更多的有关规定（如关于可予免的各种放射性核素操作量的规定，关于可直接排入生活下水系统的限量的规定，关于计算集体剂量当量时剂量豁免水平的规定等）。下面我们例举美国联邦法规有关辐射防护标准部份（10CFR 20）的一些主要修订要点。从中可以加深对上述一些基本特点的理解。这里例举的 10CFR20 最近修订稿，是指 1986 年 4 月的最后一版征求意见稿。将来正式公布时可能还会有某些变动。但由于新标准体系明确地强调了 ALARA 原则的执行，因此总的来讲，对管理上的要求比过去更严了。