

的辐射控制，它们是在处理某些建筑物内放射性污染事件中发展起来的，其补救措施规程下有限有逐步增严的趋势。制订建材的放射性限制量已引起了许多国家和国际性组织的关注，一个国际性建议书问世已为期不远了。

4. 我国工业正在飞快发展，利用工业废渣制建材是发展建材工业的重要方针之一。美国由于使用铀厂尾砂和磷酸盐工业废料曾引起一批建筑物污染，这种教训值得吸取。为降低由建材引起的集体剂量当量，限制某些高活性材料的使用，根据我国国情，尽快制订出我国建材或工业废渣的放射性限制量法规已势在必行。

参 考 文 献

1. UNSCEAR Rep 40 (A/32/40) Annex B, 1977.
2. Harley JH:PB-288743:332, 1978,
3. Крисюк ЭМ и др:СО NF-730907-p2:870, 1973.
4. Krsiuk EM et al:ERDA-tr-250:1, 1976.
5. Moeller DW et al:PB-281041:65, 1978.
6. NCRP Rep 56:29, 1977.
7. Fitzgerald et al:PB-288743:351, 1978.
8. Hoather WH:Nucleonics 10:73, 1952.
9. Hamilton EI:Am Ind Hyg Assoc J 32:398, 1971.
10. Toth A et al :KFKI-76-80:1, 1976.
11. Chang TY et al : Health Phys 27:385 , 1974.
12. Kolb W et al:PB 288743:313, 1978.
13. Stranden E:Phys Med Biol 24:921, 1979.
14. Boothe GF:Health Phys 32:285, 1977.
15. Roessler CE et al:Health Phys 37:269,1979.
16. O'Riordan MC et al:NRPB-R7:1, 1972.
17. 小田部広男,麻生末雄:Radioisotopes 28:1953, 1979.
18. Swedjemark GA:SSI-1980-14:1, 1980.
19. Eichhvlz GG et al:Health Phys 39:301, 1980.
20. Афанасьев МК и др:Гиг и Сан 12:64, 1967.
21. Нормы Радиационной Безопасности (НРБ-76) Атомиздат 1978.
22. Крсюк ЭМ:Гиг и Сан 12:32, 1980.
23. 佐藤乙丸:Radioisotopes 30:410, 1981.
24. Momont-Ciesla K et al:in Proceeding of Special Symposium on Natural Radiation Environment 1:19, 1981.
25. Steinfeld JL :in Satement of in "Hearing before the Subcommittee on Raw Materials of the Joint Committee on Atomic Energy, 92nd Congress" :p.52.U.S. Government printing office, 1971.
26. Lichtman S:Health Phys 41:871, 1981.
27. Roessler CE et at , in Proceeding of H-PS 12th Midgear Topical Symposium:p. 182, 1979.
28. Stranden E:in proceeding of IRPA 5th Vol.2:p.817, 1980.
29. Krsiuk EM et al:Health phys 39:578, 1980.

电 离 辐 射

Voelz GL: Occup Health Saf 7:34, 1982 (英文)

有一工作人员曾由于工作事故受到超过职业性照射允许年剂量约5倍的γ射线的全身照射，剂量约为25雷姆。现在，几乎二十年过去了，他仍然身体健康。或许患癌的危险度稍增加了一些，但毕竟太小，用目前的研究方法无法测定。由于低剂量照射的危险度太

小，不能直接测量，这就需要正确的评价和细心地假设来给予适当的回答。

长时间分散的照射剂量所产生的危害一般比急性剂量小，因为修复过程有时间来恢复潜在的损伤。

本文论述辐射照射的来源及其大小。也介绍估计

低剂量辐射危险度的常用评价方法。文中只讨论电离辐射,不包括微波、紫外线、红外线以及其他非电离辐射。电离辐射,如X射线、γ射线、α、β粒子和中子,在穿过物质时,都有足够的能量在物质中产生离子。电离辐射给予组织的辐射剂量直接与他们产生的离子数有关。

剂 量

对辐射剂量的评价,将使不同类型的职业照射工作人员得出一个概念。1975年工作人员总的集体辐射剂量(185,000人·雷姆)的百分数分布如下:医学工

作者为29%,工业用放射性核素的人员为20%,核燃料处理过程的作业人员占14%,牙科医生为10%,研究与开发部门的工作人员为6%,其它人员为11%。这次研究监测的工作人员总数为1,410,600名,其中450,913人可测出剂量。

表1列出了1977年核规章委员会(美)和能源部所属作业人员的剂量分布。1975年美国受辐射监测工作人员的年平均剂量为0.13雷姆。工作时测出的辐射剂量的平均值则为0.41雷姆。记录表明,一年内超过5雷姆的照射是较少的,(所测269,339人中有290人)。

职业性照射对美国人口总剂量仅有很小的增加。

表 1 不同工业部门工作人员年全身剂量的分布(1977年)

	剂 量 范 围 (雷 姆)				监测总数
	0~1	1~5	5~10	10	
NRC所属	工作人员数				
动力反应堆	56,166	10,698	270	0	67,134
燃料制造	11,002	349	0	0	11,351
UF ₆ 生产*	609	14	0	0	623
铀工厂**	396	41	0	0	437
工业射线照相 能源部及DOE	9,625	929	14	1	10,569
承 包 人	176,951	2,269	3	2	179,225

*系1978年数字, **系1975年数字

1978年美国一般人群所受总照射剂量的估算值为:环境中天然本底辐射约占总数的二分之一。它来源于天然放射性核素如岩石和土壤中的铀、钍及其子体,加上宇宙射线和人体内的天然放射性如⁴⁰钾。辐射的另一主要贡献是医疗照射,其平均照射几乎和天然本底一样多。这两种辐射约占人群总照射量的94%。天然放射性在环境中的重新分布(叫作“技术性地增加”)如铀矿和磷酸盐矿的开采和冶炼约占总剂量的2.5%,大气层核试验产生的沉降物,依据其地理位置的不同,约为2.5%或稍多一些。

所有这些照射基本上都是低剂量和低剂量率的,并且是分次照射的。所谓低剂量通常定义是低于现行

职业性照射的限制剂量上限每年5雷姆。工作人员偶尔由于事故或非计划受到超限制剂量的照射。因此可以理解,为什么低剂量率照射的健康效应是放射生物学者、放射学者和辐射专业人员很感兴趣的课题。

生物学效应

由辐射造成的可观察到的健康效应,多在急性照射即高剂量和高剂量率照射后出现。高剂量产生的生物效应是容易观察到和可复制的。这些情况摘要列于表2。急性剂量低于75雷姆,除染色体变化外,人体的生物效应不易甚至根本观察不到。

已经观察到辐射照射的晚期效应。其中有些效应

表 2 全身急性照射后的剂量一效应关系(X线或γ线)

全身剂量(雷姆)	临床及实验室发现
5~25	无症状。常规血检正常。可发现有染色体畸变。
50~75	无症状。少数人可发现有白细胞和血小板稍有降低。特别是如果测定了基础值的话。

75~125	出现前驱症状(厌食、恶心、呕吐和疲劳)的最低急性剂量。约有10~20%的人在2天内出现上述症状。部分人白细胞和血小板有轻微降低。
125~200	大多数被照人员出现短暂的无力和明显的血液学变化。在48小时内淋巴细胞减少约50%。
240~340	多数人出现严重的失去劳动力的症病。如不治疗约有50%的人死亡。在48小时内淋巴细胞减少约75%以上。
500+	加剧了急性辐射综合症, 2周内改变为胃肠道并发症, 多数被照人员发生出血、死亡。
5000+	在24~72小时内, 由于心血管、胃肠道和中枢神经系统并发症的急性暴发而死亡。

只在数百雷姆的照射后才出现。包括急、慢性放射性皮炎、白内障和不育。诱发癌肿、遗传性突变、胎儿畸形等也可在更低的剂量时发生。由于在低剂量下很少发生这些效应, 以致不能对职业性照射水平在人体内的影响作出明确的判断, 更不必说还要低一些的环境辐射水平了。

在受照人员中广泛进行了癌肿发生的研究。根据这些研究以及放射生物学实验, 发现吸收剂量在100雷姆以上才有诱发癌肿的危险。为把这些观察结果扩伸到人们所关注的剂量范围, 有必要将诱发癌肿的几率外推到低剂量水平。

估计辐射危险度

在这些推断中, 各科学委员会利用他们集体经验的估价和假设, 提出了各种应用模式和曲线。并由此得到对低剂量照射危险度的估计。至今危险度模式是以辐射诱发癌肿是个无阈现象的假设为前提的, 即无论怎样小的剂量都有诱发癌肿的可能性。

过去科学委员会建议采用线性预测。因而从高剂量或高剂量率区到零剂量, 预期由辐射引起的超额癌肿数直接与剂量成正比。UNSCEAR77号报告中外推的各类癌肿发生的危险度摘要列于表3。其较低值(每百万人-雷姆 100 例致命癌肿)对于以低线性能量传递(低LET)为特征的辐射如X射线和γ射线是适当的。

关于这一问题, 美国科学院委员会于1980年在BIER I 号报告中提出了新的建议。在危险度估计中该委员会采用一个S形曲线, 即线性二次方程式模式。这种曲线包括一个低斜率的直线部分加上一个随剂量的平方而增加的二次方程部分。这一模式表明, 由低剂量的低LET辐射诱发癌肿的危险度比单一直线模式低。如假定对于10拉德的照射而言, 每拉德约有75~230超额死亡数。

表3 电离辐射引起致死性肿瘤的危险度
(UNSCEAR77)

	百万人-雷姆的危险度*
血白血病	15~50
甲状腺	10
乳房(妇女)	50
胃、肝、结肠	10~15
骨、食管、小肠	
膀胱、胰、直肠、淋巴组织	2~5
全部肿瘤	100~250

*剂量在100雷姆及其以上, 较低剂量的危险度可能低一些

病因

由于流行病学的调查研究提出了新的有关低剂量辐射可能产生辐射效应的问题, 因此对其危险度的估计仍在继续争论。引起争论的主要原因是未能区分开流行病学和病因之间的关系。

单纯流行病学调查还不能说明其因果关系, 必须研究各方面的资料, 试以详细论证因果关系。Hill曾提出最需要认识的是, 即使两个变量之间存在着统计学的联系, 流行病学调查也不能对因果问题给予明确地回答。

现今积累的知识表明, 辐射照射后的致癌危害是其各种危害包括遗传和胎儿畸形效应中最严重的危害。所以在修订辐射照射标准时, 致癌危害被认为是关键因素。

NCRP建议, 公众成员或偶然受照个人的年剂量限值为0.5雷姆, 学生为0.1雷姆, 人群平均每年剂量限值为0.17雷姆。环境保护机构(40CFR190)对核燃料工业, 不包括废物处理, 所颁布的人群中受最大剂量照射的特别限值为0.025雷姆。

[李光明摘译 刘雄华 高凤鸣审校]