

新辐射防护标准的制定

Clarke RH*

1990年11月, ICRP主委员会正式通过新建议书替代1977年26号出版物提出的原建议书。ICRP在原建议书颁布后虽在其年报中发表过一些声明来阐明或延伸建议书内容, 但近年来特别是在涉及电离辐射危险估算方面的进展, 有必要提出新的建议书。

危险的估计

癌不是辐照的唯一效应, 但仍是关注的重点。新建议书回顾确定性(deterministic, 过去称为非随机性)效应和遗传性缺陷的资料, 未见明显改变。表1比较了目前ICRP提出的和26号出版物所采用的致死性癌症危险系数的估算值。这些值主要来自日本长崎、广岛原爆幸存者的资料。现在ICRP用相乘危险模式, 即将辐射效应表示为“天然”癌症发病率的倍数, 以适用于不同基线癌症发病率的人群。对少数器官和组织, 危险系数来自其它人群资料。全身受照后致死性癌的危险对所有年龄的人群为 $5\% \cdot Sv^{-1}$, 而对18~65岁的工作人员则为 $4\% \cdot Sv^{-1}$ 。

因为不是所有癌症都致死, 表中给出了致死性。ICRP认为, 遗传缺陷的危险系数对于所有年龄的人群为 $1\% \cdot Sv^{-1}$, 对工作人员则为 $0.6\% \cdot Sv^{-1}$ 。为估算危害, ICRP在致死性癌和遗传缺陷危害外对非致死性癌加上按其致死性权重而得的致死性危险系数。所以, 各器官或组织(包括性腺)的危险系数以该组织癌症或遗传疾患损失的寿命年数来权重。由于白血病寿命损失是甲状腺癌的两倍, 所以骨髓权重为甲状腺的两倍。因此, 对所有年龄的人群的危害率为 $7.2\% \cdot Sv^{-1}$, 而工作人员为 $5.5\% \cdot Sv^{-1}$ 。各器官对总危害的相对贡献, 可导出组织权重因子。新建议书用有效剂量代替有效剂量当量。考虑到危险估计中生物学精确性, 将有关器官或组织的权重因子分为四类: 0.01(骨表面、皮肤); 0.05(膀胱、乳腺、肝、食道、甲状腺、其它); 0.12(结肠、肺、骨髓、胃)和0.20(性腺)。

表1 ICRP1990年和1977年采用的危险系数比较

| 组 织 | 1977年 | | 1990年 | |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|
| | 致死性癌 ($\% \cdot Sv^{-1}$) | 致死性癌 ($\% \cdot Sv^{-1}$) | 致死性 ($\%$) | 寿命损失 (年) |
| 膀 胱 | | 0.30 | 50 | 9.8 |
| 骨 髓 | 0.20 | 0.50 | 99 | 30.9 |
| 骨 表 面 | 0.05 | 0.05 | 70 | 15.7 |
| 乳 腺 | 0.25 | 0.20 | 50 | 18.2 |
| 结 肠 | | 0.85 | 55 | 12.5 |
| 肝 | | 0.15 | 95 | 15.7 |
| 肺 | 0.20 | 0.85 | 95 | 13.2 |
| 食 道 | | 0.30 | 95 | 11.5 |
| 卵 巢 | | 0.10 | 70 | 16.8 |
| 皮 肤 | | 0.02 | 0.2 | 15.7 |
| 胃 | | 1.10 | 90 | 12.5 |
| 甲 状 腺 | 0.05 | 0.08 | 10 | 15.7 |
| 其 它 | 0.30*** | 0.50 | 71 | 13.6 |
| 小 计 | 1.25 | 5.0 | | |
| 遗传缺陷 | 0.40* | 1.0** | | 20.0 |
| 总 计 | 1.65 | 7.2(加权值) | | |

*开始两代

**所有各代

***应为0.50, 可能有误——校者

Sv^{-1} , 而工作人员为 $5.5\% \cdot Sv^{-1}$ 。各器官对总危害的相对贡献, 可导出组织权重因子。新建议书用有效剂量代替有效剂量当量。考虑到危险估计中生物学精确性, 将有关器官或组织的权重因子分为四类: 0.01(骨表面、皮肤); 0.05(膀胱、乳腺、肝、食道、甲状腺、其它); 0.12(结肠、肺、骨髓、胃)和0.20(性腺)。

概念结构

1977年原建议书只适用于正常情况, 后来扩大应用来处理事故、固体废物和室内

*作者是ICRP主委员会成员和英国国家辐射防护局负责人。

氡。新建议书则用同一辐射防护体系概括所有这些情况。

人类某些活动增加了新的源项、释入环境途径和受照人数，从而提高了对人的总辐照，称为实践。反之，导致降低辐照的人类活动称为干预。实践必须正当化，辐射防护应最优化，个人的剂量应在限值以下。最优化是对单个源而言，限值用于个人以保证对所有源的防护。因此，委员会引入针对剂量或危险的约束的概念。它应用于单一源来达到最优化和不超过个人剂量或危险限值。所以它应是剂量或危险限值的一个分数，数值取决于该源项特性或总体最优化。在某些情况，在考虑控制决策时和放射源、释出途径及受照个体都有关，则通过干预来减少剂量。干预通常不能用于放射源而必须应用于环境或人。如事故时需要撤离人群或为降低室内氡辐照而采取必要补救措施等。

剂量限值

剂量限值的制定要求是在该限值以上的连续辐照总是不能接受的，只有低于该限值的连续辐照才是可耐受的。为确定这个界限，委员会考虑了健康危害的定量因子。对职业性照射，委员会计算了18~65岁，在年剂量分别为10、20、30和50mSv辐照所致的年致死癌概率。由于采用相乘模式，该概率与癌症自然死亡率有关，是年龄的函数。对各受照组，该概率的峰值都在将近80岁。在一般工业的高危险亚组，最高的年死亡危险通常是千分之一。委员会在确定危害时对非致死癌和遗传缺陷用相应寿命损失权重后计入。对于非致死癌权重数约为致死率的20%，而遗传缺陷则要对致死率再加上20%。计算结果见表2。

表2 工作人员辐照危害的特征

| 年有效剂量(mSv) | 10 | 20 | 30 | 50 |
|---------------|------|------|------|------|
| 近似终生剂量(Sv) | 0.5 | 1.0 | 1.4 | 2.4 |
| 归因于死亡概率(%) | 1.8 | 3.6 | 5.3 | 8.6 |
| 非致死癌(权重后, %)* | 0.25 | 0.50 | 0.74 | 1.2 |
| 遗传缺陷(权重后, %)* | 0.34 | 0.68 | 1.0 | 1.6 |
| 总计(%)* | 2.4 | 4.8 | 7.0 | 11.4 |
| 平均寿命损失(年) | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 1.1 |

* 建议书正式发表时，数值有所改变——校者

考虑到辐射诱发癌症危险和死亡率的年龄分布及其它危害，委员会制定职业性剂量限值为五年内平均 $20\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ，每年不超过 50mSv 。委员会认为这样的辐照率接近于不可接受水平，诱发癌症或遗传缺陷的终生危险为4.8%，接近于1977年建议书中未包括非致死癌的相应值。对于公众成员，类似考虑使委员会重申剂量限值为 $1\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ，但规定特殊情况下可放宽到五年内平均不超过 $1\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。对未怀孕的女辐射工作人员其限值同于男子。但若已经或可能已怀孕，委员会为保护胎儿，推荐其限值与公众成员相同。正常防护条件下工作的妇女一经判定怀孕，在剩余孕期内腹部表面剂量限制为 2mSv ，放射性核素摄入量限制到ALI的1/20。

新建议书包括了危险限制的原则，但难以给出限值。这种危险的限值适用于受所有辐照源辐照的个人，而计算的概率通常针对单个源项。对危险的任何约束值完全不同与剂量约束值，建议应予分别处理。对干预未给出数值，委员会打算对不同需要推荐行动水平。

[Nucl Eng Int 1991, (2):20~23(英文) 诸洪达节译 张景源校]