

国际放射防护委员会建议书

国际放射防护委员会第9号出版物

原子能出版社

国际放射防护委员会建议书

国际放射防护委员会第9号出版物

国际放射防护委员会建议书 (1965)

刘增鼎 译 果 行 校

原子能出版社

内 容 简 介

这是国际放射防护委员会(ICRP)于1965年9月重新修订通过的有关电离辐射防护的基本建议书。与1958年(第1号出版物)、1962年(第6号出版物)的建议书相比,许多基本原则并未改变,电离辐射防护标准也基本相同,但引入了许多新的概念。如提出了“可接受的危险”、“剂量极限”、“剂量负担”等。此外,还对可控制源照射的剂量限制和不可控制源的处置水平作了讨论,在放射性的环境监控方面,提出了关键居民组的问题。为了便于参考对照,本书附有国际放射防护委员会第6号出版物(果行译)。

本书可供从事放射医学、放射生物学、辐射防护等专业人员参考。

**Recommendations of
the International Commission on
Radiological Protection
(1965)**

国际放射防护委员会建议书

刘增鼎 译 果 行 校

原子能出版社出版

张家口地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

(只限国内发行)



开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张4 · 字数107千字

1975年10月张家口第一版 · 1975年10月张家口第一次印刷

印数: 001—4850 · 定价: 0.55元

统一书号: 15175·030

2474/06

导 言

(1) 委员会以前的建议书是在1958年通过的，并于1959年作为国际放射防护委员会第1号出版物发表。在1964年又发行了一份新的建议书作为国际放射防护委员会的第6号出版物，这一出版物载有1958年建议书的修改后的原文，包括直到1962年所采纳的所有修订及补遗。自1962年起，委员会曾广泛地复查了它的基本建议，现在的报告是代表1965年委员会的见解。委员会的意图是使现在的报告成为其基本原理的完整和广泛的说明，所以尽可能做到不需要参阅以往的版本。由于委员会所主张的许多原则并未改变，在此版本中有必要重复或扼要讲一下在以前版本中所作的若干陈述。但在某些场合下援引了委员会所属的专门委员会及工作小组的报告。为了参阅原报告的方便，在本文之末附有委员会全部出版物的一览表。

目 录

导 言

1. 国际放射防护委员会建议书所依据的基本原则.....	(1)
通则	(1)
辐射防护的目的	(1)
剂量当量	(3)
剂量率的影响	(7)
关键器官及组织	(7)
危险的概念	(9)
可接受的危险	(11)
照射的分类	(12)
个人所受的照射	(12)
公众中的成员	(12)
全人口的照射	(13)
可控制及不可控制的照射源	(13)
可控制源照射的限制	(13)
不可控制源照射的处置水平	(14)
2. 可控制源照射的剂量限制	(15)
通则	(15)
个人所受的照射	(15)
职业性照射	(15)
对特殊情况的应用	(16)
有计划的特殊照射	(18)
几个器官的照射	(18)
放射性物质的短期摄入	(19)
公众成员	(19)
生育年龄妇女的放射学检查	(21)

全人口所受的照射	(22)
通则	(22)
遗传剂量	(23)
遗传剂量的估定	(23)
遗传剂量的极限	(24)
遗传剂量的分配	(24)
躯体剂量	(25)
3. 不可控制源照射的处置水平	(26)
通则	(26)
辐射工作者的异常照射	(27)
应急照射	(27)
事故照射	(27)
全人口所受的异常照射	(28)
4. 实施辐射防护的一般原则	(29)
通则	(29)
工作人员的辐射防护	(29)
辐射防护计划	(30)
卫生监督	(31)
记录的保存	(31)
劳动时间和假期	(32)
公众的辐射防护	(32)
5. 委员会的工作及组织	(32)
6. 委员会的出版物	(34)
国际放射防护委员会第 6 号出版物	(39)
1. 1962年国际放射防护委员会对“1958年建议书”和 “1959年补遗”所作的若干修订和说明	(41)
2. 国际放射防护委员会建议书 (1962年修订后的全文) ...	(59)
A. 绪论	(59)
B. 基本概念	(67)
C. 最大容许剂量	(74)

D.关于工作条件的一般原则	(87)
---------------------	--------

3. 1962年对第Ⅱ专门委员会(1959年)报告的补充

以及若干有关的说明和假设	(91)
--------------------	--------

参考文献

附表:

自发裂变的能量分布	(96)
-----------------	--------

对国际放射防护委员会第2号出版物表1的补充(对职业性照射的最大容许人体负荷量和放射性核素在空气和水中的最大容许浓度)	(97)
--	--------

对国际放射防护委员会第2号出版物表5的补充(有效能量)	(103)
-----------------------------------	---------

对国际放射防护委员会第2号出版物表5a的补充(衰变链的有效能量)	(105)
--	---------

对国际放射防护委员会第2号出版物表12的补充(生物常数和有关的物理常数)	(113)
--	---------

1. 国际放射防护委员会建议书 所依据的基本原则

通 则

(2) 委员会在制定建议书时所采取的方针是提出辐射*防护措施所依据的基本原理,而由各个国家的防护组织负责制定最适合其本国需要的特殊建议、实施条例或规程。委员会着重指出,其建议书是为负责实施辐射防护的专业人员提供指导。由于建议书具有谘询性质,建议书的条文形式在规程或实施条例中直接使用是不一定合适的。

辐射防护的目的

(3) 辐射防护的目的是防止急性辐射效应并将晚期效应的危险限制到一个可以接受的水平(参见后面可以接受的危险的讨论——第34—39节)。急性效应常常在照射之后几周内就显现出来;而晚期效应可以有几十年的潜伏期。

(4) 辐射效应显现在受照人本身时叫做躯体效应,如影响受照人的后代时则称之为遗传效应。胚胎或胎儿受到照射后引起的发育障碍可考虑为躯体效应的特殊情况。

(5) 急性照射(在此照射中剂量是在几小时或更少一些时间内给予的),使身体全部或大部受到几百拉德数量级的吸收剂量,将导致早期的躯体损伤——急性辐射症候群。这种照射所致的死亡通常是由于造血组织的衰竭。在较高剂量时,死亡可能是由于对胃肠道的广泛损伤,而几万拉德的吸收剂量很快就导致死亡,主要由中枢神经系统损伤引起。几百拉德数量级吸收剂量的急性局部照射可引起局部效应。急性效应的显现通常可以明显地

* 在建议书中“辐射”一词专指电离辐射。

表明它的起因是辐射照射。

(6) 晚期躯体损伤包括白血病和其他恶性疾病, 白内障, 皮肤损伤, 生育力损害, 可能还有“非特异性衰老”(这种衰老导致不能归因于各种特异原因的早死)。在各个病例中, 把这样的效应归结为起因于辐射照射是极为困难, 甚至是不可能的。在制定适当的剂量限度时必须考虑像白血病和非特异性衰老的这两个极端类型的长期躯体效应。白血病是发生在一部分受照者身上的一种严重效应, 而非特异性衰老也许是对每个受照者都发生轻微的影响。

(7) 辐射诱发白血病及其他类型恶性病的机理尚不了解。这种诱发作用迄今为止在剂量超过 100 拉德时已有明显的证明, 但是不知道是否存在着一个阈值, 低于此剂量时不引起恶性病。如果存在着这样一个阈值, 那么只要不超过这一水平, 就不会有诱发恶性病的危险。由于不知道是否存在着一个阈值, 所以设想即使很小的剂量也有导致恶性病的相当比例的微小危险。此外, 对于在人的身上引起恶性病的剂量与效应关系的本质还缺乏了解——特别是在那些和放射防护有关的剂量水平——所以委员会为了放射防护的目的, 没有别的切合实际的途径, 而只好假定在剂量与效应之间存在着线性关系而且剂量的作用是累积的。委员会认识到, 没有阈值以及所有剂量都是完全相加的这两个假设可能是不正确的, 但它感到安心的是这种假设不致低估辐射危险。目前还缺乏足够的资料来作出舍此以外的假设。

(8) 关于辐射对寿命的效应, 小鼠受到大剂量辐射照射时显示寿命缩短, 这可以解释为除癌症以外其他疾病的发病率也有所增加。低剂量时是否对寿命产生影响尚不确定。对于人体, 有一些证据暗示辐射照射除了它所引起的癌症这一原因外, 可能对其他原因的死亡率有所影响, 但尚不能完全确定除了能归之于一些特殊原因的寿命缩短效应之外, 是否还有任何附加的生命缩短效应。对某些在低剂量率情况下受到小量累积剂量照射的动物, 曾报告过有生命延长效应, 但这可能是进行此项研究的实验条件

所引起的效应。所以现在的证据总的来说，还不能据此作出结论，然而不能排除这样的可能性，即小剂量辐射照射除了由于引起白血病或其他恶性病而影响寿命外，还可能对寿命有非特异性的、有害的效应。

(9) 对基因引起的改变包括基因点突变及染色体突变，这种改变的后果通常是有害的。当基因*改变发生在生殖细胞时，受照射者的后代将遭受遗传的后果。突变的基因或染色体通过受照射者本人或其后代与广大居民中的其他成员通婚而散布于居民之中。遗传缺陷可能具有不同的严重程度，从不太明显一直到死亡。招致轻微的身体或功能障碍的缺陷可以传给许多世代的后裔，而严重的缺陷则由于接合子的早期死亡或带有此种有缺陷的基因的人早年夭折而很快就被排除了。在控制遗传损害时所考虑的主要之点（除了个人的不幸之外）是，发生有害的基因突变的人数在总人口中所占的比例增加后，在未来的世代里给人类社会所加的负担。从这观点考虑，带给全人类的有缺陷的基因无论其来源于接受较小辐射剂量的许多人，还是来源于受到了较大剂量的少数人，从长远来说是同样不利的。遗传损伤的控制借助于限制有遗传意义的全人口剂量来实现（参见第84及85节）。此外，为了减少在个人的第二代或第三代的显性突变——基因的或染色体的——的危险，对个人所受的剂量也有必要加以限制。

剂 量 当 量

(10) 相同的吸收剂量未必产生相同的某一生物效应的危险，因为生物效应可能受辐射类型或照射条件不同的影响。把某些条件所得到的危险估计应用于其他一些情况，其中所用的辐射类型不同，或照射条件不同，例如关于吸收剂量的空间分布不

* 在已往的报告中，形容词“遗传的(genetic)”是用来做为“躯体的(somatic)”的一个对应语。但是，最近的研究指出躯体细胞中的遗传机理的紊乱也会引起躯体损伤。所以，“遗传的”一词的应用尽可能限制在“遗传剂量”或“遗传有效剂量”的这些特殊规定的名词中。

同，这时需要将吸收剂量乘以一个或几个权重因子。在放射防护中吸收剂量乘以权重因子后所得的量，叫做剂量当量。在这些建议中，为了方便有时使用较短的名词“剂量(Dose)”，虽然严格地说其意义是指“剂量当量(Dose Equivalent)”。在最大容许剂量、剂量极限、遗传剂量为躯体剂量这一类名词中，这种用法更为常见。

(11) 如果能从适用于辐射防护的低剂量水平下所做的生物实验中获得适合的数据，那就可以给出各种照射条件下的全部的权重因子。但是这样的数据是很少的，所以现在不可能对每一种照射情况给出特殊的生物权重因子。作为一种代替的办法，有必要选择这样一些因子，那些因子被认为对于不同照射条件下的不同的生物效率起着主要的影响。为此目的，委员会建议用品质因数(QF)*来计及线能量转移(LET_{∞})的差别。

(12) 在某些情况下还需要进一步的修正因数。当放射性核素沉积在骨骼中使之受到照射时，委员会建议用一个修正因数 n 这个因素主要联系到吸收剂量的不均匀空间分布，受损伤组织的关键性，以及特殊类型的受照细胞的辐射敏感性。对于眼部的某些照射也推荐了一个修正因素(参见第16节)。今后可能推荐一些修正因素适用于，譬如说，吸收剂量率的不同或吸收剂量的分次给予。

(13) 以这些修正因数乘上吸收剂量而得到的量，叫做剂量当量。剂量当量在数字上等于以拉德为单位的剂量乘以品质因素及委员会所推荐的任何其他一些修正因素，剂量当量的单位是雷姆。需要着重指出，应用全部修正因数的乘积是企图把吸收剂量和所致生物效应的危险联系起来。

* 已往这个权重因子被称为“相对生物学效应系数(RBE)”，但此名词同时用于放射生物学及防护目的时引起某些问题，这些问题在RBE委员会写给ICRP及ICRU的报告^[16]中曾予以详细讨论。

(14) 委员会所推荐的品质因数的实际值*是和辐射的线能量转移(LET)联系起来的,而同其他一些照射因素无关;所推荐的表述辐射性质的基本参数是线能量转移(LET_{∞})。理想上,任何一种辐射的品质因数都应该计算成沿径迹上的品质因数值的均数,但实际上这样计算的复杂性将使各种辐射的品质因数难于估计,由于这种情况,委员会推荐用下面所给的值;必须认识到目前这些数值自必带有某种任意性。

(15) 对于外照射,委员会推荐X及 γ 射线的品质因数为1;对于电子来说只是在能量很低时才大于1。对于能量直到1000兆电子伏的中子和质子所推荐的品质因数(QF)值已在ICRP的第4号出版物中详细给出,并于《能量直到400兆电子伏的质子及中子的辐射剂量的计算》一文^[24]予以进一步考虑。对重反冲核(包括 α 衰变后的反冲原子),反冲裂变碎片及加速器所产生的重粒子所建议的品质因数值是20。

(16) 当眼晶体受到照射时,除了品质因数之外,可能需要用一个附加的修正因数。当品质因数是10或更大一些时,这个修正因数的值应该是3**,但当品质因数是1时,此因数的值则应为1。当品质因数的值在1与10之间时**,所用的相应修正因数

*委员会推荐的在辐射防护计算中所用的QF与 LET_{∞} 之间的关系如下:

LET_{∞} 千电子伏/微米, 水中	QF
3.5 或更小	1
7	2
23	5
53	10
175	20

LET_{∞} 这一符号的详细解释参见RBE委员会写给ICRP及ICRU的报告^[16]。

** 在1969年已取消这一建议,认为无需另外乘上修正因数3,见*Health physics* 17, 389 (1969)。——译者注

的值可以用 1 与 3 之间的内插法来得到。

(17) 对于内照射, β^- 、 β^+ 、 γ 及 X 辐射为转换电子的 QF 值是 1 (除最大能量 $E_m \leq 0.03$ 兆电子伏的 β^- 、 β^+ 及 e^- 辐射, 此时 QF 取作 1.7)^{*}; α 粒子是 10; 而裂变碎片及发射 α 时所产生的反冲核是 20。对于内照射, 自发裂变所产生的中子的 QF 值取作 8。

(18) 具有不同 LET 成份的辐射, 其剂量当量是由在任一 LET_∞ 时所传递的吸收剂量与相应的修正因数的乘积相加而得的。只要不低估剂量当量的话, 这一程序可以简化。这样简化的一个例子是对所有快中子用一个单一的 QF 值 10 来代替那些来自 ICRP 第 4 号出版物中的数值^[14]。

(19) 在防护工作中遇到的某些辐射照射条件下, 上述的 QF 概念需要加以重大的修改才能应用。重要的例子是那些吸收剂量明显不均匀分布的情况, 如亲骨性放射性核素或在肺中的放射性粒子。对亲骨性放射性核素来说, 已经发展了一些特殊的方法, 其中包括使用一个附加的修正因数, 用来确定“最大容许身体负荷”。亲骨性放射核素的剂量当量这一概念应用于外照射时, 引起一些问题, 对这些问题需要做进一步的工作。

(20) 在肺部吸收剂量不均匀分布的情况下, 仅借 QF 及平均吸收剂量的乘积作为整个肺部剂量当量的估计, 可能是很错误的, 但是我们对这个问题需要等待进一步的实验证据才能完全了解。同时也没有明显的证据来指出, 对于给定的平均吸收剂量, 不均匀分布的生物学危险究竟大于还是小于剂量在肺部比较弥散分布时所致之危险。当照射来源于吸入的钍射气或氡及其子体时, 有关的剂量当量是在支气管粘膜的剂量当量, 支气管粘膜被认为是受照射最严重的组织。这里用整个肺部来代替受照射的组织是不适宜的。

(21) 推荐的 QF 值只是用于剂量水平在委员会所规定的那

^{*} 在 1969 年已有修改, 对于低能量 β 和 e^- , QF 也取作 1, 见 *Health physics*, 17, 389 (1969)。——译者注

些极限以下的辐射防护工作。这些 QF 值不一定能指示在辐射事故中遇到的高剂量及高剂量率下各种类型辐射的真实的相对生物学效应系数。辐射事故所涉及的问题与正常防护工作所涉及的问题完全不同。事故照射必须根据每个事件所特有的情况予以估价。

剂量率的影响

(22) 很久就知道辐射的效应不仅决定于所接受的累积剂量，还决定于总剂量按时间分次给予的方式及每次是在何种剂量率下给予的。例如，短期照射之后的急性辐射效应比相同剂量在几天或几星期的时期内分次照射的效应要更显著些。这尤其适用于低LET的辐射如X射线， γ 射线及 β 射线，这些射线是目前在职业性照射中遇到的最普通的电离辐射。就目前所知，以及基于一些理论上与实验上的根据，下列的假设似乎是合理的，那就是当剂量或剂量率很低时，任何效应都是与剂量成正比而与剂量率无关。这一假设也暗含于过去对最大容许水平的建议中，虽然支持这一假设的证据还很缺乏，但相信这一假设就目前我们的知识水平来说是评价生物效应的最好的基础。

(23) 但是，最近用小鼠进行了关于隐性可见效应的突变的实验，这些实验表明，在精原细胞及卵母细胞中，如剂量率减低到一定范围，突变的诱发率明显降低（参见报告《辐射危险的估价》第3.2.4节^[20]）。在小鼠的更成熟的雄性生殖细胞中，没有观察到这种对于剂量的时间分布的依赖关系。委员会已往的建议是根据用高剂量率所做的遗传实验推导出来的数字，而从这些新的实验看来可能有些保守了。但是，目前在尚未获得进一步的资料之前，委员会认为不宜作出太普遍的结论或修正其已往的建议，即把剂量率对人类辐射遗传效应可能有的影响估算在内。

关键器官及组织

(24) 辐射损伤在个人的一生中显现的几率取决于受照射的

组织的种类，及其细胞的功能的重要性，受损细胞的复制能力，也许还有排除和更换损伤细胞的方式。所以，实际上，不同组织受到照射后所引起的后果的严重性也随许多因素而变化，如组织对机体的重要性，组织受到损伤后招致恶性病或其他严重病变的几率，以及这种病变是否易于诊断和有效地给予治疗。

(25) 在近似全身均匀照射的情况下，某些特殊的组织或器官受到照射，将对本人或其后裔的健康招致最大的危害；这些组织称为在全身均匀照射下的“关键”组织。此外，在全身照射时受到照射的细胞数量最多，因而对给定的剂量来说，由于单个细胞或一组细胞遭受损伤而招致恶性病或其他效应的可能性也最大。在这情形下，个人剂量的极限主要是由对于最关键的组织来讲被视为是可以接受的那种剂量决定的，在这些建议书中，最关键组织被认为是红骨髓，性腺，以及在高LET的辐射时，眼的晶体。对孕妇来说，剂量极限是由对胎儿可能发生的影响决定的。

(26) 当各种身体组织或器官受到不同程度照射时，某一器官或组织的照射将具有最大的重要性，其原因是由于它所接受的剂量，它对辐射的敏感性或它的损伤对健康的重要关系。这种组织或器官称为在这具体情况下的关键组织或器官。个人剂量的极限是由对于这一组织或器官来讲被认为是可以接受那种剂量决定的。在计算内照射剂量时，关键器官是这样的器官，在此器官内沉积的某一放射性所产生的损伤招致最大的身体损害。这一器官通常是，但不一定都是被假定为集积放射性核素的浓度最大的器官。

(27) 必须认识到关于各种组织的照射可能招致的损伤类型尚无足够的资料。然而，除了大剂量的急性效应外，最重要的效应似乎是致癌，退行性效应的产生如白内障，胎儿组织的发育异常及遗传缺陷。此外，还缺乏足够的知识来比较不同组织受到的剂量，这些剂量将有可能引起重要程度可以互相比拟的损伤。所以目前对特殊器官或组织的照射考虑为可以接受的剂量水平，必须认为还需要进一步地研究。

(28) 在所规定的职业性照射的最大容许剂量的范围内, 假定不存在着阈值, 而且效应与剂量成直线关系, 那么考虑对整个器官或组织的平均剂量是合理的, 虽然也认识到当获得更多的资料时, 使用某一类型细胞的平均剂量将更为适宜, 如同在支气管粘膜被氦及钍射气的子体照射时所做的那样。使用平均剂量有其实际上的方便, 有效体积可以取作所考虑的器官或组织的体积。事实上, 这一原则已经早已用于计算放射性核素在组织内的最大容许负荷。但是, 对极不均匀的剂量(例如, 对比放射性很高的颗粒状放射性物质), 这种做法可能是不适当的。这是一个需要进一步研究的问题。同样, 对皮肤的外照射来说, 特别是当距离照射源非常近的时候, 或者受照面积非常小时, 把整个皮肤的剂量平均起来是不适宜的。我们建议把接受剂量最高的皮肤部位的一平方厘米面积的剂量平均起来; 但是, 对一些强度极高的非常狭窄的射线束, 如同在X射线分析中所用的那样, 这样一个平均剂量的值可能会引起错误, 在这情形下的防护措施必须基于一些定性的考虑。

危险的概念

(29) 委员会建议书的一个基础是这样一种谨慎的假设, 即辐射照射都有发生躯体效应(包括白血病和其他恶性病)以及遗传效应的某些危险。委员会的假设是, 一直到最低水平的剂量, 诱发疾病或导致丧失能力的危险是随着个人所累积的剂量而增加的。这一假设的含意是没有完全“安全”的辐射剂量。委员会认识到这是一个保守的假设, 而某些效应可能需要一个最小的剂量, 即阈剂量。但是, 在缺乏确实知识的情况下, 委员会相信, 假设在低剂量时 also 存在着损伤的危险这一方针是对辐射防护最合理的基础。

(30) 假设辐射损伤的危险是与累积剂量成正比, 那么, 天然本底辐射的照射, 即使没有附加的人工照射, 也有引起某些躯体损伤或遗传损伤的一定的几率。此外, 其他和辐射完全无关的

环境因子及先天原因也会引起与辐射损伤相同的损伤，因而带来了附加的危险。这样，倘若在辐射与其他因子之间没有协同效应，损伤的总的危险将是辐射所致的危险（起因于天然的或人工的照射源）再加上环境及其他原因所致的危险的总和。

(31) 委员会认为辐射以外的环境因子所引起的危险成份不在其审议范围之内，虽然如此，在应用委员会的建议书时，其他来源所产生的危险的大小也应该留意。另外，委员会相信，天然本底的照射所造成的危险不应当影响把来自人工照射的附加危险区分开来，这样的做法是正当的，只要效应的发生率与剂量成正比，因而不同来源的照射所致的危险是简单的叠加关系。因此，委员会所推荐的任何剂量极限仅指由技术工作所致之照射而言，这种照射是附加于天然本底辐射之上的。所以这些剂量极限也包括诸如由采矿，高空飞行，或浓缩形式的镭、铀、钍一类放射性物质的存在所引起的照射。

(32) 在本报告中所推荐的剂量极限不包括病人在医疗过程中所接受的那些照射*。这一区分是合理的，这也是基于这样的假设，即效应的频率是与所接受的总剂量成正比而医疗和其他照射的危险是叠加的。委员会考虑，由医疗照射所致之辐射剂量一般不应包括在任何委员会所推荐的剂量极限之内，虽然如此，在评价由辐射照射所产生的对个人或对全人口的总的危险时，它们是需要考虑在内的。

(33) 关于病人由于医疗原因而受到的照射，委员会相信对病人所作的各种检查，专门推荐适合的剂量极限是不可能的。虽然如此，委员会还是希望强调，由放射学的程序所产生的剂量，必须根据病人的实际情况进行权衡，以便将剂量限制到最小量。

* 包括所有的诊断和治疗辐照。“医用”这个术语广泛应用于放射科、一般临床、牙科、妇产科、骨科、按摩等工作人员对病人进行医疗的各种类型辐照。