

10434

国际放射防护委员会第22号出版物

国际放射防护委员会关于把剂量保持在
不难达到的最低水平建议的含义

原子能出版社

国际放射防护委员会

第22号出版物

国际放射防护委员会
关于把剂量保持在
不难达到的最低
水平建议的
含义

国际放射防护委员会第22号专门委员会报告

(委员会1983年4月通过)

原子能出版社

1981

ICRP Publication 22
Recommendations Of the International
Commission on Radiological Protection
Implications of Commission Recommendations
that Doses be Kept as Low as Readily Achievable
ICRP, Pergamon Press, 1973

国际放射防护委员会第22号出版物
国际放射防护委员会关于把剂量保持在不难
达到的最低水平建议的含义

毛 焕 章 译

宋 绍 仪 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092 1/32·印张3/4·字数15千字

1981年9月第一版·1981年9月第一次印刷

印数001—1600·统一书号: 15175·355

定价: 0.13元

目 录

前言.....	1
绪论.....	1
一、委员会建议的基础.....	2
剂量限制的基本原则.....	4
二、国际放射防护委员会第 9 号出版物第 52 段的 实际应用.....	6
三、结论.....	9
四、术语解释.....	10
参考文献.....	11
附录 I 国际放射防护委员会第 9 号出版物摘录.....	11
附录 II 代价-利益分析的应用.....	15
附录 III 简单的代价-利益分析.....	19

前 言

国际放射防护委员会 (ICRP) 在 1971 年的会议上, 要求第 4 专门委员会 (委员会建议书应用委员会) 准备一份阐明国际放射防护委员会第 9 号出版物第 52 段含义的报告。第 52 段大意如下:

“(52) 鉴于任何照射都可能包含某种程度的危险, 委员会建议: 任何不必要的照射都应避免, 并且在考虑到经济和社会因素的条件下, 所有剂量都应保持在不难达到的最低水平。必须指出, 剂量限值是针对照射条件可以预见的辐射源, 在规划这些源的设计与运用方案时使用的; 对于不可控制源的照射制定“处置水平”, 要取决于其它因素……。”

这份报告是由国际放射防护委员会第 4 专门委员会的下列成员组成的一个工作小组准备的。他们是 L. Rogers (组长), H. J. Dunster, C. Polvani, D. J. Stevens。

绪 论

1. 多年以来, 本委员会和类似团体的建议, 都包括了要求把所有的辐射照射保持在能合理达到的远低于限值的水平。提出的时间和地点不同, 措词也不同, 而含义是一致的。但是, 实际上对这个定性的要求的解释带来了某些困难, 并且需要更定量地表示上述要求。起初, 委员会认为, 这是一个最好留待专门审议的问题, 而且认为引入定量的解释的任何尝试将会导致丧失灵活性的不良后果。然而, 现在委员会觉得, 更详细地解释其含义是适宜的。

一、委员会建议的基础

2. 委员会关于辐射防护的建议所依据的原则，已经过了大约 40 年的演化。在 20 世纪初期，辐射防护在医学专业中有了它的基础。当人体接受到 X 射线和天然放射性核素辐射的足够大的照射量时，能直接观察到急性效应和严重的晚期效应。已经很清楚，只有在某一剂量水平（称为阈剂量）以上时，才能观察到急性效应。红斑就属于这类效应。另一方面，严重的晚期效应，象恶性肿瘤，是更难于评价的，因为它们的发生率太低，只有在大批人员接受大量的照射后才能观察到。因此，要证明这些晚期效应有阈剂量的存在是不可能的。在一个很大的剂量范围内，大约从 50 拉德到几百拉德，危险水平与照射水平的关系，是危险度随照射量的增加而增大。除了进一步采纳生物学危险与剂量（直到最低水平）之间呈线性关系的保守假定外，这种考虑已成过去 20 年间辐射防护的主导思想。

3. 国际放射防护委员会第 9 号出版物^[1]中有几段提出了危险度的假定。这些假定构成了本建议的基础，并摘录于附录 I，以引起人们对以下两点的注意：（1）辐射诱发的有害效应可能是无阈的；（2）这种有害效应的几率与剂量之间的关系可能是线性的。

4. 基于这些假定，没有一种照射水平可以被认为没有危险的。如果人们需要进行产生辐射照射的活动，那就必须选取这样的条件，使得

（1）辐射照射产生的危害^①与个人和社会从这种活动

① 见本报告第 21 段。

中取得的利益相比应该是不重要的。

(2) 危害的进一步的减少与为此所需作的努力相比是不足取的。

5. 为了阐述适用于可控制源照射的剂量限制, 这些原则被编入国际放射防护委员会第9号出版物第47段委员会的政策说明中。该说明(重新细分了段落, 但语句都是国际放射防护委员会第9号出版物中原有的)简述如下:

(1) 与这些剂量限值相关的危险度^①, 相对于从实践中得到的利益来说被认为小到足以相称的程度;

(2) 剂量限值必须制定在足够低的水平上, 以致使为实现任何进一步减小危险而需作的努力, 相对于所减小的危险程度来说将被认为是不足取的;

(3) 在职业性照射的情况下, 危害不得超过公认的有较安全标准的大多数其它工业或科学事业所承受的危害;

(4) 人工辐射源对公众成员产生的危险, 应当小于或等于日常生活中经常接受的其它危险, 并且鉴于这些利益用别法不能获得, 这种危险应该认为是合理的。

6. 在国际放射防护委员会第9号出版物第47至50段中(见附录I), 委员会拟定了作为剂量限制制度建议的基本政策。这些段落涉及整个剂量限制制度, 包括一般的和占主导地位的52段建议, 即避免不必要的照射, 并把所有照射保持在不难达到的最低水平。

7. 应该着重指出, 委员会第9号出版物第52段的建议, 在措词上不同于以前出版物的类似建议。发表在1955年英国放射学杂志^[2]第6期增刊中的委员会的建议, 包括下

① 国际放射防护委员会第9号出版物中使用的“危害”(risk)同本报告中使用的“危害”(Detriment)是同义的。

面的说明：

“尽管建议的最大容许剂量值包含的危险，同生活中其它危险相比是小的，但是，鉴于这些值是以不充分的证据作基础的，加之目前认为某些辐射效应是不可逆的和累积的，所以一贯强调，要尽一切努力把各种致电离辐射的照射减小到可能的最低水平。”

在国际放射防护委员会第1号出版物^[8]中，类似的建议是该报告的第45段，其内容是：

“应当强调，在这节中推荐的最大容许剂量是最大值，委员会建议，把所有剂量保持在可能实现的最低水平，并且应避免任何不必要的照射。”

这些建议逐步发展成了国际放射防护委员会第9号出版物的第52段建议。其中“可能的”一词已成功地被“可能实现的”和“不难达到的”取代了。建议也被扩展到要确立两个明确的因素（为确定可以认为是“不难达到的最低水平”的照射水平时所需考虑的因素），即经济因素和社会因素。其它因素，象道德上的因素，也没有被这个措词所排除，并且确实可以被认为由形容词“社会的”所包括。

剂量限制的基本原则

8. 在试图对国际放射防护委员会第9号出版物第52段作任何解释之前，再看一下作为剂量限制的最新实践基础的那些基本原则是适宜的。多年以来，已经很清楚，我们不能排除在最大容许剂量和剂量限值水平下持续照射可能对个人或公众的健康带来某些危害的可能性。另一方面，我们也不能排除这些小剂量照射不存在危险的可能性。由此可见，必须

把最大容许剂量和剂量限值看作是剂量限制制度的一部分。这个剂量限制制度旨在把剂量保持在这样一些水平，即在这样一些剂量水平下从提高剂量的方法中增加的利益被证明是合理的，并且这些剂量水平也可能是不难达到的远低于剂量限值的。证明特殊情况下所要求的照射的合理程度和把实际剂量减小到低于限值以下的可能性与一般使用的限值是有所区别的。

9. 一项对工作人员或公众成员造成辐射照射的工作产生一个剂量（也就是危害）分布，同时也产生一个利益的分布。但是，一般地说，这两种分布将是不同的。只有把对个人的危害限制到社会认为是可以接受的某个最大值的时候，那时利用利益的分布来证明危害的分布是合理的才是适当的。这是在工业发展中一个共同的问题，确实不只限于辐射防护领域。

10. 由此可见，在执行剂量限制制度时，首先应确保符合委员会建议的最大容许剂量和剂量限值。其次应该避免不必要的照射。这应当理解为应该摒弃使用那些无利的从而是不合理的辐射和放射性物质。它应当同减少合理的照射量区分开（在本段其余部分要论及这个问题）。剂量限制制度的第三个要求是，应当提供对专门业务的操作控制（单个地和联合地），使产生的剂量足够低，以满足两个互相关联的条件：

（1）在考虑到经济和社会因素的条件下，剂量应是不难达到的最低水平；

（2）应当以所采取措施的预期利益来证明剂量是合理的。

在执行剂量限制制度的过程中，既需要考虑当前的情

况，也需要考虑有关将来可能的发展趋势方面的任何情况。

11. 本报告主要涉及第 10 段第三个要求的应用，前面两个要求的应用比较简单。在考虑到经济因素和社会因素条件下，有可能确定这样一个剂量，这个剂量可以认为是不难达到的最低水平，进一步降低被选取的这个剂量所获得的经济和社会的利益，与实现这种降低所付出的经济和社会的代价相等。用期望的利益证明这个剂量水平是合理的，则要求使用更一般的代价-利益分析。这种分析方法的应用及其更有限地用于定义词组“不难达到的最低水平……”将在附录 II 和附录 III 中作更详细的讨论。

二、国际放射防护委员会

第9号出版物第52段

的实际应用

12. 国际放射防护委员会第 9 号出版物第 52 段包括的内容，应理解为下面两个独立的建议：

(1) 因为任何照射都可能包含某种程度的危险，委员会建议应避免任何不必要的照射；

(2) 因为任何照射都可能包含某种程度的危险，在考虑到经济和社会因素条件下，委员会建议把所有剂量保持在不难达到的最低水平。

如果把这段文字作如下改写，就会更加明确。

“因为任何照射都可能包含某种程度的危险，委员会建议，应避免一切不必要的照射，并且在考虑到经济和社会因

素的条件下，要把所有可证明为合理照射的剂量保持在不难达到的最低水平。”

13. 为了确定剂量的降低是不是不难达到的，既要考虑由于降低剂量带来的社会收益，也要考虑实现降低剂量所付出的社会代价。至今，委员会还没有建议选用剂量-危险度线性关系来估算降低剂量获得的社会收益。在确立定量的剂量限值时，假定由足够高的剂量水平与产生可以观测到的效应的线性外推而得到的这个线性关系的斜率是谨慎的。但是，将这种方法推得的线性关系，用来评价降低剂量所获得的社会收益，是不符合要求的。因为这个线性关系意味着降低每单位剂量所取得的社会收益是相同的，而与剂量和剂量率的水平无关。在某一低的剂量和剂量率的范围内，非线性的剂量-危险度关系的任何可能的形式，包含由降低单位剂量所取得的社会收益要小于用从已观察到的人类效应的大剂量下线性外推所包含的价值。因此，大剂量线性外推的结果，可能会高估低水平剂量和剂量率时降低剂量所取得的社会收益，并且可能导致所做努力的花费与相应的社会收益不平衡。

14. 实施剂量限制制度时，要考虑到个人所受的剂量和受照射的人数两个方面。这可以用另外一个量来补充“剂量参量”，这个量是接受某一剂量的人数和该剂量乘积之和。当对全体居民进行求和时，这个量叫做人口剂量^①；当只限于对所选择的一组人求和时，这个量叫做集体剂量。人口剂量和集体剂量的单位是人-雷姆。此处和本报告别处所使用的术语“剂量”，也包含个人或群体的剂量负担。

15. 以人-雷姆表示的人口剂量（或集体剂量）的概念，

① 见本报告第 21 段。

已被广泛地应用于对全体居民或居民组（他们可以是工作人员，也可以是公众成员）的总危害的度量。这种用法仅在线性无阈的剂量-危险度关系，且与剂量率无关的情况下才是正确的。即使承认这些条件，在实践中也需要作一些修正。

16. 因此，在决定使用人口剂量概念的方法时，应当考虑用个人所受的剂量来补充。在低水平的个人剂量下，比如这些小的剂量与地区天然本底变化相比，对个人的危险是如此之小，以致辐射剂量的存在与否，对他的健康和福利不会有明显的改变。当个人剂量接近相应的剂量限值时，要求避免偶然的超剂量，遵守管理机关所施加的限制，以及希望把个人所受的辐射危害降低到远低于这些个人要不然就要受到的危险，这三方面的要求就意味着在实践中需要比单纯考虑集体剂量而降低的剂量作出更大的努力。

17. 当目的是评价某一辐射源的总的危害时，不管那种危害与以前存在的或潜在的危害（包括天然本底辐射的危害）相比其程度如何，即使很小，也必须用所有的剂量之和来估算集体剂量或人口剂量。然而，实际上当个人的剂量水平是相应剂量限值的一小部分时，如已清楚某点以外的剂量，对总剂量的贡献将不会使估算的人口剂量增加1至2倍，换言之，此点以外剩下的危害同期望从这个辐射源取得的利益相比已知是很微小的，这时，则没有必要对超过这点以外的剂量继续求和。这个判断是在分析每一具体情况的基础上作出的。

18. 因此，不仅用人-雷姆，而且也用社会的和经济的术语，例如用危害或货币单位来表示人口剂量是有好处的，以使降低集体剂量的利益可以直接同危害或付出的代价相比较。这样就可以直接使用附录 III 中的方法。在个人剂量接

近剂量限值时，所需要的额外努力能够用所增加的人-雷姆的货币当量（大约 10 倍左右）来表示。已经发表的一些人-雷姆货币当量的估算值，列在附录 II 中。

19. 人-雷姆的货币当量估算值，仅提供一个粗略的指导，但它对保持一贯的方法很有帮助。使用这种方法必须具有很高的专业判断能力，特别是，不必设想这种用法将会导致剂量人为的均一化。如果把剂量扩展到很宽的范围，这种方法可能仍然很有价值。

三、结 论

20. 委员会建议的剂量限制制度包括，但不是仅限于定量的最大容许剂量和剂量限值。因为任何照射都包含某种程度的危险（也就是某种危害），广泛的剂量限制制度包括下列主要目的：

- （1）确保符合剂量限值；
- （2）避免使用不必要的照射源；
- （3）提供个别的和联合的专门业务的操作控制，以使产生的剂量是考虑到经济和社会因素的条件下能合理^①达到的最低水平；
- （4）建立一个较普遍的制度，以保证用取得的利益来证明这些剂量是合理的，而这种利益用其它方法是不能获得的。

应当指出，剂量限制制度是打算对那些照射条件可以预测的辐射源，提供一个设计和操作的基础。对不可控制的照

① 副词“不难地”已经被“合理地”代替，因为现在委员会看来，似乎“合理地”更接近表达其旨意。

射，处置水平的确定取决于国际放射防护委员会第9号出版物第3部分中讨论的其它因素。

四、术语解释

21. 本报告中大多数术语是常用的，但有一些需要作解释。

危险度 (R)

本报告中采用的“危险度”一词，表示某一个人由于受到辐射剂量而招致有害效应的几率。如果 P_i 是遭受第 i 种效应的几率，那么 $R = 1 - \prod_i (1 - p_i)$ 。当不同的效应互相排斥时，上述公式可简化为 $R = \sum_i p_i$ 。当所有 $p_i \ll 1$ 时，虽然效应不是互相排斥的，这个简化公式也是近似正确的。

危害 (G)

群体的“危害”被定义为辐射剂量所引起的损伤的数学“期望值”，不仅要考虑每种有害效应的几率，而且也要考虑效应的严重程度。因此，如果 p_i 是效应 i 的几率，效应的严重程度由权重因子 g_i 表示，那么在由 P 名成员组成的一个组中的危害 $G = P \sum_i p_i g_i$ 。

人口剂量

这是全体居民全身或一个特定器官总照射量的一种量度。如果接受的剂量在 H 和 $H + dH$ 之间的人数为 $N(H)dH$ ，那么人口剂量由下式给出：

$$\int H N(H) dH$$

式中积分是对全世界人口在总剂量分布内进行的。在某些情

况下，鉴别与一个给定的子群体有关的人口剂量的组分可能是有用的，对某种目的，子群体可以是指一个国家或是指一个地区。那么，这个组分可以叫做那个子群体的集体剂量。

参 考 文 献

- [1] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (1966) (Adopted 17 September 1965) ICRP Publication 9, Pergamon Press, Oxford.
- [2] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (1955) (Revised 1 December 1954) British Journal of Radiology, Supplement 6, British Institute of Radiology, London.
- [3] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (1959) (Adopted 9 September 1958) ICRP Publication 1, Pergamon Press, London.

附录 I 国际放射防护委

员会第 9 出版物摘录

危险的假定

29. 委员会建议的一个基础是，谨慎地假设任何辐射照射都可能发生某种躯体效应（包括白血病和其它恶性肿瘤）和遗传效应的危险。委员会的假定是，一直到最低水平的剂量，其诱发的疾病或导致丧失能力的危险随着个人累积

的剂量而增加。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，这是一个保守的假定，而某些效应可能需要一个最小的剂量即阈剂量。但是，在缺乏确切知识的情况下，委员会相信，假设在低剂量下也存在损伤危险的这一方针，对辐射防护是最合理的基础。

30. 基于辐射损伤的危险与累积的剂量是成正比的这一假定，因此，天然本底辐射的照射，即使在没有附加的人工照射存在时，也有引起躯体和遗传损伤的几率。此外，某些与辐射完全无关的其它环境因素和先天原因，也会引起与辐射损伤相同的损伤，因而带来了附加的危险。因此，倘若辐射和其它因素之间没有协同效应，损伤的总的危险将是辐射（天然或人工辐射源）所致的危险加上环境的及其它原因所造成的危险的总和。

(.....)

(.....)

(.....)

34. 既然可以假设任何辐射照射都会带来有害效应的危险，那么，除非人们愿意摒弃包含有致电离辐射照射的各种活动，否则他必须认识到，一定程度的危险总是存在着，并须把辐射剂量限制到这样一个水平，在此水平下，鉴于从这些活动所得到的利益，所设想的危险被认为对个人和社会都是可以接受的。这样的剂量被称为可以接受的剂量，它与“容许剂量”具有相同的含义。

35. 如果知道剂量和效应的危险之间的定量关系，社会或个人就能够根据需要辐射照射的特殊环境，来判断可能接受的危险程度。理想中，这样的判断将包括对一给定的照射，在它的利益或实际需要和危险之间谋求平衡，这种利益

的权衡也可能与这个社会中的其它危险的权衡联系起来。此外，也需要考虑到限制照射的困难。

36. 如果知道剂量和效应的关系，且决定在某一特殊情况下被认为可接受的危险的程度是可能的，那么判定与这种危险相应的可接受的剂量，就将是次要的事情。但是，在当前剂量和危险之间的关系尚未确切了解，而且对所得利益做定量的估价通常也是不可能的。尽管如此，鉴于供设计目的用的实际指导仍然需要，委员会认为有责任保持其推荐适当的剂量限值的惯例。

(.....)

(.....)

国际放射防护委员会剂量限制制度的根本政策

47. 在照射源受到控制的条件下，确定各种剂量限值需要的并且也是合理的，使得与这种限制相应的危险相对于它所提供的利益来说，被认为是小到足以相称的程度。而且，这种限值必须确定在足够低的水平上，以致为实现任何进一步减小危险而需要做的努力相对于所减小的危险程度来说将被认为是不足取的。在职业性照射情况下，危害不得超过公认的有较高安全标准的大多数其它工业或科学事业中所承受的危害。人工辐射源对公众成员产生的危险应该小于或等于日常生活中经常接受的其它危险，并且鉴于这些利益用别法不能获得，这种危险应该认为是合理的。

48. 剂量限值一经确定，任务就是很好地计划照射源的