

111047

国际原子能机构安全丛书第84号

国际原子能机构安全导则

职业辐射监测的基本原则

国际原子能机构 1987年

李隆德 译 姚家祥 校

卫生部工业卫生实验所情报资料研究室

前 言

1982年,国际原子能机构(IAEA)发布了经过修订的《辐射防护基本安全标准》。同年,国际放射防护委员会(ICRP)发表了题为《工作人员辐射防护监测的一般原则》的35号出版物。这些进展使我们有必要编写这本导则来为IAEA成员国的原子能机构和公共卫生当局提供个人监测方面的指导。

我们打算在本导则之外,还要补充一些关于估算职业放射性物质摄入量和估算职业外照射量的建议。

本导则的编写得到了1984年4月16~19日在维也纳开会的由成员国的专家组成的咨询小组的帮助。此外,有几个国际机构的代表也参加了该咨询小组的工作。

国际原子能机构向编写本导则的咨询小组的成员表示感谢。感谢所有对初稿的修订提供过意见的人,特别是ICRP第4专门委员会的成员B.C.Winkler。特别要感谢咨询小组的主席R.V.Griffith,他后来根据咨询小组成员的意见对本导则作了整理。本导则的最后定稿是由IAEA核安全处的V.E.Aleinikov负责完成的。

目 录

1. 引言	1
1.1 总则	4
1.2 目的	4
1.3 范围	4
1.4 职业性辐射监测的定义、目的和种类	4
1.5 术语	5
2. 基本概念和组织	5
2.1 目的	6
2.2 要求	6
2.3 工作职责和分工	7
3. 个人监测的要求	8
3.1 总则	8
3.2 个人的辐射情况	9
3.2.1 甲种工作条件下的个人	9
3.2.2 乙种工作条件下的个人	10
3.2.3 来客	10
3.2.4 临时工作人员	10
3.3 辐射工作区	10
3.4 与工作有关的考虑	12
4. 正常作业的监测	12
4.1 总则	12
4.2 工作场所的监测	14

4.2.1 目的	14
4.2.1.1 常规监测	15
4.2.1.2 作业监测	15
4.2.1.3 特殊监测	15
4.2.2 工作场所的监测计划	16
4.2.2.1 工作场所常规监测	16
4.2.2.2 工作场所作业监测	16
4.2.3 仪器和方法	17
4.2.4 剂量当量的估算	18
4.3 个人外照射监测	19
4.3.1 目的	19
4.3.2 方法	19
4.3.3 剂量计	20
4.3.4 剂量当量的估算	21
4.4 个人内污染监测	22
4.4.1 目的	22
4.4.2 方法	22
4.4.3 剂量当量的估算	22
4.5 皮肤和衣服的污染监测	23
4.5.1 目的	23
4.5.2 仪器和方法	23
4.5.3 剂量当量的估算	24
5. 事故性过量照射的监测	24
5.1 总则	24
5.2 工作场所的监测	25
5.3 个人外照射监测	25

5.4 个人内照射监测.....	27
5.5 皮肤和衣服污染的监测.....	28
6. 刻度.....	29
7. 记录.....	30
7.1 总则.....	30
7.2 个人的监测记录.....	31
7.3 工作场所的监测记录.....	33
7.4 保密.....	33
8. 报告.....	33
9. 培训.....	34
参考文献.....	34

1. 引 言

1.1 总则

本安全导则的宗旨是为进行工作人员内、外照射的监测提供一个适当的策略。它包括个人监测和工作场所监测以达到为估算和控制个人辐射剂量所必需的程度。

本书讨论了有关当局组织放射工作人员监测工作的职责，简述了实施监测方法的管理规则。论述了选择检测仪器时需要考虑的一般原则，适用的监测技术以及刻度方法、记录方法和有关问题。

本导则包含了国际放射防护委员会在其35号出版物中¹提出的新概念和建议。

1.2 目的

本导则的目的是为负责工作人员电离辐射防护的人和当局以及制定和管理职业监测计划有关的人提供指导。

1.3 范围

本导则提出了在使用辐射源的设施中对个人受电离辐射照射进行监测的原则。监测仪器、医疗照射和环境辐射之类非职业源的辐射监测不在本导则中详述。

1.4 职业辐射监测的定义、目的和种类

本导则用的“职业辐射监测”这个术语既包括“个人监测”，其目的是直接估算个人剂量或体内积存量，也包括在某些情况下用来估计照射量的一些间接方法（如工作场所的辐射水平或空气中放射性浓度的测量）。这些工作的目的是为了确定有效剂量当量。但是，在射线照射量大大低于限值的大多数情况下，它们可用较简单的实用量术语来表示。比

如在光子情况下用“自由空气中照射量”，在混合辐射场情况下用“周围剂量当量”^[2]，它在外照射的场合可以提供有效剂量当量的可靠估计值。这种实用量的限值可以根据基本剂量当量限值推导出来。遵从这些导出的限值就意味着遵守有效剂量当量限值。但是，如果以将照射量保持在“可合理做到的最低水平”（ALARA）的精神做好辐射防护工作，就不会出现只用个人监测来保证不超过剂量限值的情况。实施监测工作还可以显示出个人的照射量保持在低水平，在许多情况下甚至微乎其微。在这些情况下，个人监测的重要性在于监测本身而不在于限制照射，这一事实对确定实用量应考虑的不确定度有较大的影响。此外，在照射量大大低于这种导出限值的场合，可以不必估算有效剂量当量。在个人记录中填写上实用量的数值就足以表明是否遵守基本剂量当量限值。

1.5 术语

1.5.1 “应当”和“必须”这两个词语用在规定作业的最低标准的条款中。用“须要”这个词，则表示该条款规定的作法很好，只要做得到就必须这样做。用“有意义”这个术语之处，不表明有具体的数字限值；专家们可以根据自己的学识和经验对各别情况确定其有意义的程度。

1.5.2 在正文中提到辐射量和单位的地方，其定义与国际辐射单位与测量委员会（ICRU）^[2~4]和国际放射防护委员会（ICRP）^[5]的定义是一致的。

1.5.3 辐射防护术语的定义是IAEA采用的定义^[6]。

2. 基本概念和组织

2.1 目的

对放射工作人员的照射量进行监测的主要目的是为了保証使照射量保持在可合理做到的最低水平,不超过管理限值。

剂量当量和污染水平的管理限值应当符合某种“剂量限制系统”^{6,7}。这种系统的要求之一是应用最优化程序,以便有效地进行此项工作,使工作人员的照射量保持在可合理做到的最低水平。管理部门可以根据工作条件规定较低的实用限值。

从开展职业辐射监测工作中得到的好处是:

- (1) 显示出监督、培训和工程技术标准是否完善。
- (2) 通过收集到的数据资料评价和制定适用于个人和小组的辐射作业。这种数据还可以用于流行病学调查、危险利益分析以及供医学和法律上使用。
- (3) 促使工作人员根据提供给他们数据减少自己受到的照射。

一个制定得很好的辐射监测计划也能够估计辐射事故中可能产生的大剂量照射。

2.2 要求

2.2.1 一个全面的辐射监测计划必须规定出,对个人从各种途径可能受到的所有照射进行测量、评价和记录。这个系统应当包括外照射和内照射评价,全身、局部和身体器官的吸收剂量或剂量当量的估算,并且还包括对已发生有意义照射的情况进行调查的体制。可能需要用的监测方法有:

- (1) 对外照射的个人剂量测量,为此而佩戴辐射测量装置(见第4.3段)
- (2) 内照射监测,利用测量身体发射出放射性的专门

仪器（全身监测器或局部监测器）和根据需要用生物分析方法确定待积剂量当量（见第4.4段）。

（3）皮肤和衣服的外污染测量（见第4.5段）。

（4）工作场所监测，包括辐射水平、气载污染和表面污染的测量，可利用这些测量结果来推算工作人员受照剂量当量的上限估计值，但要把放射性物质的化学和物理形式和造成照射的途径考虑进去。

2.2.2 因此，一个完善的职业辐射监测系统要求做到：

（1）规定出进行监测的种类和范围

（2）选择、测试、刻度、维修和发放适用的仪器和剂量计。

（3）监测和采集样品

（4）个人监测数据的处理和判读

（5）场所监测数据的判读

（6）做好记录，提供报告这种记录的手段

（7）质量保证

2.3 工作职责和分工

2.3.1 一个单位的管理部门，作为负有电离辐射防护责任的一部分，应当建立一个完善的辐射监测系统，并提供为完成监测工作所必需的方便条件。

2.3.2 当辐射监测系统开始实施时，应当将要求的职责细节向整个机构公布，上至管理部门下至个人，在每一层达到适当的程度，如下列各项所示。

2.3.3 管理部门应当：

（1）指派一名技术水平高的人员（辐射防护负责人）

对本单位制定适当的辐射监测计划提供意见，监

督其实施并向管理部门报告个人受照剂量。辐射防护负责人还应当就如何改进防护措施和对已经超过或可能将要超过受照限值时应采取什么行动帮助提供意见或寻求咨询;

- (2) 保证对个人监测系统就地进行监督;
- (3) 制定防止或减少照射的程序;
- (4) 发现对必需的放射防护管理程度可能造成影响的处理方法或程序中的任何新因素或变化;
- (5) 制定正常和异常辐射情况的监测计划。

2.3.4 每个工作人员,在接受了适当的指导后,应当有责任正确佩戴剂量计并遵守为测定内照射剂量而制定的程序。

2.3.5 第2.2.2段(2)、(4)和(6)中所述的任务可以由本单位外面的技术优良的专业机构来完成。一个集中进行个人监测处理的机构可能有不少优点,例如,所用的技术和处理方法达到标准化,结果的判读一致,数据的记录和贮存集中。然而,本单位自己进行个人监测处理也有优点,例如,为了控制照射量的需要快速处理结果时,或者按作业的规模来算自己处理比较合算时。通常根据成本效果分析或国家法律规定就可以确定选用哪种方式。如果预期有意义的照射,则把两种方法结合起来使用也可能有好处。集中保存记录的优点总是须要考虑。

3.对个人监测的要求

3.1 总则

3.1.1 职业照射包括在工作中受到的所有剂量当量。职业照射性质和程度的变化范围可能很大。要求进行个人监测

的种类和范围视工作人员所在区域和工作中的辐射情况而定。ICRP (ICRP35号出版物¹第10段)认为,“鉴于工作人员的辐射防护问题在规模和性质上差异很大,因而引进一套区分工作条件的系统可能有实用价值”,建议按下列分类(参见ICRP26号出版物²第161段):

(1) 甲种工作条件:指年剂量当量有可能超过相应年限值的十分之三的条件;

(2) 乙种工作条件:指年剂量当量不大可能超过相应年限值的十分之三的条件。

这些定义是就最终可能达到这种剂量当量而言的,并非指在某一特定年度里实际所接受的剂量当量。

其他条件,例如,妊娠妇女和育龄妇女职业照射的限制在必要时可由主管当局确定。

3.1.2 对属于在甲种工作条件下工作的人员,进行个人监测是为证明是否遵守剂量当量限值所必需,因而应当进行此种监测,通常对工作场所进行监测就已足够。然而,有时对乙种工作条件下的个人进行监测,以便证实该工作条件是否令人满意或者是为了收集剂量分布的统计资料。

3.1.3 对工作条件的划分须要定期进行复查,以及每当计划有改变时进行复查。

3.2 个人辐射情况

3.2.1 甲种工作条件下的个人

对这类工作人员应当进行个人外照射、内污染或两者的监测。应当根据职业照射的全部记录定期检查这些工作人员的辐射情况(见第7部分)。如果新职工以往曾经从事过非密封放射性物质的工作(例如,核电站维修),那么在他开

始新工作之前须要考虑对他进行内污染监测。从事非密封辐射源工作的职工，在他们结束在该单位从事的职业之前须要接受最后一次内污染监测。这对以后申诉远后期辐射效应时可能很重要。当个人年剂量当量可能接近限值时，需要另外采取一些措施证明照射量在剂量限值范围内。这些措施可能包括加用一些剂量计、全身计数等等。使用有可调报警水平的直读式装置也是有效的，特别是在高剂量的辐射场。

3.2.2 乙种工作条件下的个人

对这类工作人员通常不需要进行个人外照射和内污染监测。但是，对新的作业或经过修改的作业，在最初的试验阶段为了确定这种作业是否达到高标准，以及为了证实是否符合乙种工作条件，则进行这种监测可能是恰当的，另外，如第3.1.2段所述，为了证实工作条件是否仍然令人满意或者为了收集剂量分布的统计资料，也可以随时进行个人监测。然而，在个人监测期间记录到的低剂量本身还不具备足够的理由把一种作业由甲种工作条件改划为乙种工作条件，还必须明白，造成低剂量的情况条件似乎不会改变。

3.2.3 来客

来客应当作为公众个别成员。虽然不要监测，但是简单的个人外照射剂量测量往往是可行的，根据需要也可进行污染检查。

3.2.4 临时工作人员

可能从事辐射工作的临时工作人员如访问学者、研究人员、学生和承包检修的外来工人，对他们应当至少按照正式放射工作人员的同样标准进行监测。

3.3 辐射工作区

3.3.1 工作区须要按照可能的照射水平进行划分。在员工接受的照射量可能超过剂量当量限值的十分之三的地方须要划为控制区。控制区的边界须要这样来划定，即在控制区外的工作人员年剂量当量不会超过该限值的十分之三。在控制区外须要设监督区。这些区是照射量极不可能超过剂量当量限值十分之三的区域。监督区的边界必须这样选定，即在监督区外年剂量当量极不可能超过该限值的十分之一。在监督区内不需要进行个人监测，但是应当进行工作场所监测，监测的种类和范围须要由主管当局选定。

3.3.2 如果作更细的划分，可以指明个人是否可能受到外照射，皮肤污染、内污染或兼而有之。

3.3.3 在划定控制区时，须要考虑可能发生意外的强辐射场或高度污染水平的情况，例如，即使是在设计精良的设施中，由于人为的误操作或设备失灵可能导致大剂量照射的情况发生。

3.3.4 应当确定可能发生异常辐射水平或涉及放射性物质或裂变物质的事件的区域。在这些区域里，需要建立一个特殊的监测系统。

3.3.5 如果对可能产生最大照射量的情况，即放射性物质的最紧要定位，产生辐射的设备的最大限度工作状态等，作全面调查后表明，在该设施周围人们可到之处的剂量当量率不超过7.5微希沃特/小时，那么就保证具备乙种工作条件。

3.3.6 发出 γ 射线的放射源，在 γ 辐射得到完全屏蔽的情况下，如果活度和光子能量的乘积不超过50兆贝可/兆电子伏，并且如果工作距离离人体1米或以上时，就可认为具备乙种工作条件。

至于 β 辐射源（无论有没有 γ 辐射），下列活度可在乙种工作条件下操作： β 粒子最大能量低于0.3兆电子伏者，活度达50兆贝可， β 粒子最大能量等于或超过0.3兆电子伏者，活度达5兆贝可。假定条件是已经采取简单的预防措施，决不用手拿放射源。

3.3.7 牙科X线照相或利用放射线进行控制或测量的工艺操作，例如厚度或水平测试，只要设备和操作程序达到高标准，就可认为符合乙种工作条件。

3.4 与工作有关的考虑

须要检查在辐射区进行的作业的特点，以确定个人受照射的可能来源。

3.4.1 在外照射方面，须要确定辐射源的种类、能量和空间分布，以便正确选择剂量计和仪器和正确判读监测结果。如果必须测定器官剂量或有效剂量当量，这种资料特别有用。

3.4.2 在内污染方面，需要考虑的因素包括放射性核素的性质和活度水平，它们的密闭程度，操作程序的性质，呼吸道防护措施的效果，环境条件（例如通风率）以及火灾或爆炸等其他危害的存在。

3.4.3 与工作有关的其他考虑可能包括在具体照射条件下所花的时间，对工作人员承担某种任务前的培训，监督的程度和工作区的总体布置。

4. 正常作业的监测

4.1 总则

4.1.1 在任何工作区里需要作的个人监测的种类和范围

视下列情况而定：

- (1) 按第3.1.1段的规定，划分工作条件，即甲种工作条件或乙种工作条件；
- (2) 辐射危害的性质，是否由于外照射或外/内污染或兼而有之，以及辐射的种类和所涉及的放射性核素的毒性；
- (3) 工作人员发生事故性过量照射可能达到的程度（见第5章）。

4.1.2 决定是否进行个人监测可能根据发生外照射和内照射的可能性而独立地作出。因此，根据发生外照射的可能性将工作环境划为甲种工作条件，而内照射极不可能超过次级限值的十分之三，就不必成为对个人进行常规内照射监测的理由，反之亦然。实际上，只有几种情况需要同时进行内外照射的常规个人监测以确保工作人员的防护达到足够的水平。由于在判断是否符合甲种或乙种工作条件时难免不够准确，所以，除了少见的介乎两者之间的情况外，单独监测外照射或内照射就已足够。

无论采用什么监测计划，都须要定期地或每当工作环境或作业发生大的改变时随时根据获得的经验进行审查。

4.1.3 监测器件（仪器和个人剂量计）须要能提供不确定度在可接受范围内的有效的数据（见第4.1.5段）。使用者须要清楚地知道这些器件的性能和缺点，因为任何一种器件不可能有给定工作环境所要求的一切监测功能。特别是，须要知道，用一种器件进行的测量可能取决于下列情况：

- (1) 由于辐射水平、辐射性质、角分布、能量依赖关系和剂量率依赖关系等因素，一个仪器或个人剂

量计的响应同正确值之间有一定的偏差;

(2) 器件维持刻度的可靠性;

(3) 环境条件 (例如, 温度、湿度、灰尘、蒸气、风、光、电或磁场等) 和作业条件 (例如, 草率处理, 电源的电压和频率涨落等) 的影响。

4.1.4 采用的器件和方法须要适用于既定的用途, 牢记技术上的考虑, 如需要维修等。

4.1.5 用监测器件测得的结果具有一定的不确定度。当个人辐射监测结果大大低于导出限值时, 即使有较大的不确定度也可以容忍。

在外照射的常规个人监测方面, 置信水平在95%时, 相对不确定度为-50%和+100%对于年剂量当量在导出限值的1/5范围是可以接受的。但是, 如果这些值与年限值相似, 则置信水平在95%时的相对不确定度不得超过-33%和+50%。这些不确定度包括剂量计不正确的 (光谱和角) 响应引起的随机的和系统的贡献以及其刻度的不确定度。

原则上, 同样的要求也适用于常规的个人内照射监测, 但是实际上不确定度小至50%的可能性很小。

工作场所监测中可接受的不确定度视进行这种监测的目的而定。根据工作场所监测结果至少应能明确划分出控制区或监督区。但是, 这种结果对估算个人剂量当量的价值不大 (见第4.2.4项)。

上述的所有不确定度是指实用量而不是有效剂量当量或器官剂量当量。

4.2 工作场所的监测

4.2.1 目的

进行工作场所监测可以证明工作条件是否满意或对工作条件的任何恶化提出警报。并提供资料以便估算射线或放射性物质的照射量。这种监测可以再分为三种类型，即常规监测、作业监测和特殊监测。

工作场所监测通常测量的参数是外照射、表面污染和气载污染。

4.2.1.1 常规监测

常规监测的目的是弄清继续作业的条件是否令人满意。这种监测主要是起证实作用，但是可以包括提供探测器以便发现异常或紧急情况的发生。

对于甲种工作条件，进行有效的工作场所监测通常就足以证明对照射量的控制是否达到满意的程度（还可参见第3.2.2项）。

4.2.1.2 作业监测

进行作业监测可以提供关于某项作业的资料，必要时作为立即对该作业作出决定的依据。这在不符持续长期作业条件的情况下进行短期作业时尤其需要这样做。

作业监测可用于控制乙种或甲种工作条件下的照射。

4.2.1.3 特殊监测

特殊监测包括以下两种情况：一是对于工作环境的辐射情况不够了解，难以对照射量充分加以控制；二是在异常情况下包括发生事故或疑似事故时正在进行的一项作业。进行特殊监测的目的是为弄清问题和确定将来的程序提供更详细的情况。因此，任何一个特殊监测计划都须要确定有限的持续时间和明确的目标，而一旦达到这些目标，就须要停止以便进行相应的常规监测或作业监测。