

环境  
辐射  
监测  
和  
剂量  
评价

国际放射防护委员会第7,29号出版物

原子能出版社

国际放射防护委员会第7、29号出版物

# 环境辐射监测和剂量评价

张 永 兴 译  
任 培 薛  
陈 丽 姝 校

原子能出版社

## 内 容 简 介

本书包括了国际放射防护委员会的第7号出版物（操作放射性物质的环境监测原则）和第29号出版物（放射性核素排入环境后公众所受剂量的评价）。第7号出版物介绍核工厂和研究所周围环境的放射性监测原则，重点叙述了所谓“三关键”的方法，它是以第9号出版物为依据的。第29号出版物是第7号出版物的补充，介绍了核设施对周围居民造成的剂量和集体剂量的评价方法，重点叙述浓集因子方法和系统分析方法，它是以第26号出版物为依据的。

本书可供环境保护、环境管理、放射医学和放射生态学工作者，以及大专院校有关专业师生参考。

201109

# 目 录

前言 .....	( 3 )
一、绪言 .....	( 4 )
二、委员会的建议 .....	( 6 )
委员会的有关建议 .....	( 7 )
建议的说明 .....	( 7 )
三、设施外的常规调查 .....	( 12 )
目的 .....	( 12 )
影响调查方案设计的因素 .....	( 12 )
运行前的调查 .....	( 13 )
运行时的调查 .....	( 14 )
四、应急事故调查 .....	( 16 )
目的 .....	( 17 )
影响调查方案设计的因素 .....	( 18 )
紧急事故照射 .....	( 19 )
五、术语注释 .....	( 19 )
参考文献 .....	( 21 )
附录 放射性物质排入环境后，辐射和放射性物质照 射人的途径 .....	( 23 )

国际放射防护委员会第7号出版物

**操作放射性物质的环境监测原则**

国际放射防护委员会  
第4专门委员会报告

(委员会1965年9月13日通过)

# 目 录

前言 .....	( 3 )
一、绪言 .....	( 4 )
二、委员会的建议 .....	( 6 )
委员会的有关建议 .....	( 7 )
建议的说明 .....	( 7 )
三、设施外的常规调查 .....	( 12 )
目的 .....	( 12 )
影响调查方案设计的因素 .....	( 12 )
运行前的调查 .....	( 13 )
运行时的调查 .....	( 14 )
四、应急事故调查 .....	( 16 )
目的 .....	( 17 )
影响调查方案设计的因素 .....	( 18 )
紧急事故照射 .....	( 19 )
五、术语注释 .....	( 19 )
参考文献 .....	( 21 )
附录 放射性物质排入环境后，辐射和放射性物质照 射人的途径 .....	( 23 )

## 前 言

1962年5月，国际放射防护委员会成立了一个新的专门委员会，并决定指派临时工作小组去探讨某些专门问题。在第4专门委员会（委员会建议书应用委员会）1963年的首次会议上，决定成立一个环境监测工作小组。国际放射防护委员会批准了具有下列委托事项的这个工作小组的编制和委员：

对操作放射性物质的设施附近和更广泛地区开展环境监测的目的进行审议；

为实现上述目的，起草一份报告，提出建议的方针。

工作小组的成员（略）。

第4专门委员会的这份报告是环境监测工作小组的工作成果，论述了在操作放射性物质的设施附近的环境监测问题。

第4专门委员会的委员名单（1962—1965年）（略）。

## 第4 专门委员会报告

### 一、 绪 言

(1)在本报告中,环境监测<sup>①</sup>指的是在操作放射性物质或辐射源的设施边界外面测量辐射和放射性,并只限于这些设施运行时所必须进行的那些测量。工艺流程监测和废物排放监测与所有环境规划密切相关,对于大多数设施来说,只有在这种监测能够提供充分资料的前提下,才可以不必进行环境监测。

(2)环境监测计划的主要目的概括如下:

(a) 对人所受的周围环境中放射性物质或辐射产生的现有照射和潜在照射进行评价,或者估定这种照射可能达到的上限。

(b) 开展科学调查,这种调查有时和评价照射有关,有时和其他目的有关。

(c) 改善与公众的关系。

对于委员会来说,目的(a)特别重要,因为用个人监测方法来评价公众中的成员所受的剂量,通常是不实际的。

(3)因而,本报告主要关注设施边界外面的那些监测计划,以及目的在于为获取对于评价或控制人员受辐射或放射

---

<sup>①</sup> 参看第五节术语注释。



性物质的照射[如同第(2)段(a)项内描述的]至为重要的资料而进行的那些调查。本报告的目的在于指出设计和实施这种计划的一般原则。核爆炸碎片的沉降问题是其他机构，特别是联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)详细研究的课题<sup>[1,2]</sup>，所以本报告只涉及与操作放射性物质和辐射源有关的环境调查。但是在许多情况下，调查的结果只有与核爆炸碎片的沉降调查相结合才能得到解释，因而对这种调查也略加叙述。

(4)只有与调查有关的设施联系起来，特别是与这些设施的各个环境联系起来，以及与放射性物质有计划的排放或预计的事故排放联系起来，才能拟订出环境监测计划的设计细节，并对其做出解释。本报告主要是为那些参与设计和实施环境监测计划的人员提供指导。这种指导必然是一般性的，但是足以能为各种情况下作出抉择提供依据。此外，还可以对需要进行环境监测的那些情况提供指示。实现监测计划和调查计划的责任，一部分由设施的管理人员来承担，一部分由公共主管部门来承担。这些职责的划分将由地方和国家来决定，但是在每一种情况下应有明确的规定。

(5)对于本报告的目的来说，区别三种环境监测计划是适宜的：

(a) 在操作放射性物质的设施外的调查，包括在必要的地方进行运行前的调查；

(b) 紧急事故的调查；

(c) 核爆炸碎片沉降的调查。

这三种计划的主要目的通常是评价或限制照射。为达此目的，必须充分注重做周密细致的科学调查。

(6)环境监测计划应当提供的资料类型, 决定于这项计划打算完成的任务。在实现某项调查之前, 必须弄清如何运用预计得到的那些数据。事实上, 常出现这样的情况, 即为某种目的获得的资料, 可以有效地用于另一种目的; 因而不应该忽视将一种环境调查中获得的资料加以扩充, 以满足其他目的的可能性。但是要谨慎, 须防止因收集无价值的数据而使计划负担过重。

(7)对公众中的成员委员会建议采用最大容许剂量<sup>①</sup>, 并对整个群体所受的照射给出了指导<sup>②</sup>。在委员会建议的原则以内, 第2专门委员会对公众成员因吸入和食入而造成的体内污染提出了补充建议<sup>③</sup>②。

(8)现在若干地区的、国家的和地方的立法机关, 已经对放射性物质排入环境, 以及环境中存在的、来源于设施的放射性物质和辐射施加法律约束。这些约束任何时候都直接地或隐含地对环境监测规定了最低要求。

## 二、委员会的建议

(9)委员会的基本建议是以人体器官的受照剂量来表述的, 据此导出人体最大容许载积量、最大容许摄入量和最大容许浓度。在委员会对公众成员的建议中, 剂量和摄入量是以一年内的数值表示的, 因此相应的剂量率和浓度与年平均

---

① 第9号出版物中, 已把对公众成员的最大容许剂量改为剂量限值。

——译者注

② 委员会的第9号和第2号出版物建议的内容, 已分别为第26号和第30号出版物的新建议所代替。——译者注

值有关，而不与短期内的数值有关。建议的详细内容在委员会的其他出版物中叙述<sup>[3,4]</sup>。

(10)下面列出委员会作出的直接和环境监测有关的建议。但是必须阅读委员会及其专门委员会建议的全文。

### 委员会的有关建议

这些建议选自国际放射防护委员会第9号出版物<sup>[5]</sup>，其段落的序号是原有的。

基本原则 第(34,37,41—51)段

剂量限值 第(52)段

公众中的成员 第(70—75)段

整个群体 第(86,87,95)段

非控制源照射的处置水平

第(96—98, 103—106)段

实施辐射防护的一般原则

第(108,109,117,129,125)段

### 建议的说明

(11)将委员会的建议用于环境的时候，需要考虑在控制职业性照射时不会出现的某些问题，其中主要是关于公众中的个人照射建议的说明，另一个是关于“标准人”参数的应用。这些问题将在以下各段中讨论。

(12)个人的照射不仅是他所处环境中辐射水平和放射性水平的函数，而且也与个人使用这种环境及其习惯有关。委员会在第6号出版物的第(39)段中<sup>[6]</sup>承认有这种困难，因而提出了一个评价和控制个人照射的办法。这个办法包括要

研究照射组的一个样本和确定环境水平，要求样本中没有一个人接受任何过度的照射。这种方法常常用得很满意，但是已证明有些任意性，特别是当照射组包括的个人有繁多的习惯时更是如此。

(13)大多数操作放射性物质的设施，其设计和运行都要限制辐射和包容放射性物质，以及浓集它们的废物；然而，由于低放废物的处置和事故，所以仍然有一些放射性要排到人类环境中去。这些放射性排入环境的许多不同方面，而且排放量和成分随设施而变化（甚至在同一类型设施之间也有变化），也随时间而变化。

(14)因此，在将放射性物质排入人类环境的大多数情况下，被排出的每一种核素可能通过各式各样复杂的途径，最终使人受到辐射的照射。这种途径的一个实例是 $^{90}\text{Sr}$ 沉积在草地上；它可以直接滞留在牧草上，也可以经由土壤被牧草吸收，奶牛食入牧草，随后人、特别是儿童食用牛奶。有更多的例子表示于附录。即使对于具有重大潜在辐射危险的设施，例如反应堆、反应堆燃料后处理厂和燃料后处理厂的废物库，也不需要对所有途径进行广泛而又详细的研究。经验表明，某种情况的研究将指出，某些核素和某些照射途径比其他更重要，因而就称之为关键核素和关键途径。

(15)存在于某个关键途径中的某种关键核素，对于设施外面的群体中每一个成员并不产生同样的照射；因此，运行前的调查[参看第(25)和(26)段]通常要确定一到两个居民组。由于这组居民的特征，例如习惯、住地或年龄等，使之接受的剂量高于设施外面群体中其他人所接受的剂量，因而需要对他们进行单独的考虑。这种居民组称之为关键居民组。在

实际工作中确定这个组的时候，需要有精辟的判断力，还必须考虑以下几个方面的因素：这些因素中有的和影响常规调查设计的因素相同[参看第(25)段]。下面仅列出涉及关键组本身的一些因素：

- (a)潜在照射组的住地和年龄分布；
- (b)饮食习惯，例如特种食品 and 消费量；
- (c)特殊性职业习惯，例如操作渔网；
- (d)住室类型，例如屏蔽性能；
- (e)家庭习惯，例如在室内的时间，个人洗澡和洗衣服的频繁程度；
- (f)嗜好，例如打猎、钓鱼或日光浴。

群体中的这些组可以在设施附近，也可以在相距一定距离的地方；可以包括成年男人、妇女，孕妇和儿童；他们可以是食用以特种方法配制或在特定地方生产的食品的个人，也可以是在特种工业部门中工作的人员。对于确定关键组和有关的关键核素与关键途径时需要考虑的因素，只给予一般性的指导；虽然每一个设施及其环境的情况都是特有的，但是这样做的意义还是很大的。关键组的概念在遵照委员会对公众成员的建议行事方面，提供了切实可行的方法；这种方法也能使环境监测经济地进行。

(16)鉴别关键组的方法是：它是群体中受到较高照射的个人的代表，而且在剂量方面，也就是在第(15)段列出的那些在所考虑的特定情况下对剂量有影响的因素方面，要尽实际可能地均匀一致。

(17)一旦用这种方法鉴别出关键组，就应当挑选出能适当代表这个组的样本进行研究，以便对他们现有的照射和潜

在的照射进行评价。然后,这样一种样本受到的平均照射应该视作接受较高照射的那些个人的典型照射,委员会对于公众中成员所建议的最大容许剂量适用于这种平均值。样本中剂量数值的分散度,是这个组的有关被研究特征均匀性的某种度量。必须认识到,个人有许多特征(诸如新陈代谢率),可能对接受的剂量有影响,而且是不可度量的。这些个体差异也许会导致关键组内的个人所受剂量的分散度增大。还必须认识到,在关键组之外也许有少数个人的习惯和特征极为异常,这种特殊情况往往意味着这些个人接受的剂量可能稍高于关键组接受的剂量。预计废物处置方法不是根据这些个人的可能接受的照射来决定,而是根据关键组接受的剂量来决定的。

(18)在若干情况下,例如在进行初步规划时,或者关键组的剂量显然很小时,可以不必进行为鉴别关键组而开展的那些详细的研究。这时,简捷的做法是,设想一个具有极端特征的假设组(例如吸入和饮入未经稀释的排放物),对它估算的剂量将为任何真实关键组可能接受的剂量提供了一个上限。这种方法相当于估算受照群体中的一个不均匀组和难以确定的照射组的平均剂量,然后对这个组规定的容许环境条件应加一项安全因子。

(19)必须认识到,第(14)到(17)段的方法与对任何一个人接受的剂量制订出一个上限这一理想目的有所偏离。这个目的事实上是达不到的,但在这些段落内建议的方法将尽可能地接近这个目的。必须谨慎地挑选获取关键组样本的方法,在确定关键组和挑选要研究的个人与获取有关他们的资料时,应当征询有关专家的意见。

(20)对于评价群体中成员所接受的剂量来说,另一个有影响的因素是所采用的“标准人”<sup>①</sup>的特征。现有“标准人”的参数只是对成年人的,虽然已经着手扩大到儿童。当儿童的剂量明显地高于受照组其他成员时,应当采用儿童的专用数值。除年龄分布以外,还有其他(诸如种族差异)一些因素是造成照射组的特征与“标准人”不同的原因。这种差异往往不会对剂量评价带来有意义的影响。但是在可以用某个组所特有的参数的地方,国家主管部门可以选用这种参数来代替“标准人”的参数。

(21)不是每一个操作放射性物质或处置放射性废物的设施都必须有环境监测计划。然而,开工前,对设施的预计排放放射性有关的环境状况进行审议毕竟是应当的。这种审议对于最终证明核设施对人造成的剂量将是微不足道的说法,也许能提供充分的资料。这样一来,对设施排放的放射性物质采取措施进行控制,而不进行任何环境测量则将是有利的。这种情况适用于大部分设施,因为通常只有少数设施操作大量放射性和排出有意义数量的废物。有一些设施也不必监测废物,例如通常不必监测从示踪实验室和医院排出的空气。另一方面,随着放射性物质用途的日益广泛,会使操作小量放射性的人员集中起来,共同对环境造成有意义的污染,从而带来累积的危害。在这种情况下,也许需要有一个周密设计、而通常又是很有限的环境监测计划。这是有关的主管部门的职责。

---

① 国际放射防护委员会第 23 号出版物详细讨论了“标准人”的解剖、生理和代谢特征。——译者注

### 三、设施外的常规调查

#### 目 的

(22)本报告所论及的常规监测，其主要目的在于检验是否和国家的或地方的有关要求（至少是以委员会的建议为基础的那些要求）相符合。委员会的建议是与年剂量以及放射性物质的年摄入量相联系的，但是实际上因为所接受的实际剂量通常甚低于建议的最大容许值，所以估计上限而不估计实际年剂量或年摄入量，常常就足够了。

(23)为了控制而不是为了评价照射起见，有时不仅需要衡量当前的情况，而且还要预计发展趋势。应当按器官接受的剂量或放射性物质的摄入量来评价这种趋势。因为依据任意的基准（例如环境天然放射性）所做的评价，都不能和委员会的建议联系起来。为了控制的目的，还要求辨别环境中放射性的来源。

(24)为了达到这个目的，对运行调查结果的解释，需要参照环境中原有的放射性水平，以及之后由设施以外的其他源附加的放射性水平。

#### 影响调查方案设计的因素

(25)有许多因素影响设施边界外面放射性或辐射的常规调查方案的设计，其中较为重要的因素如下：

- (a) 设施的类型和与其有关的潜在危害；
- (b) 排出的核素，这些核素的放射性活度、物理和化学



状态、排放的方法和途径；

(c)来自其他源现有的和预期出现的同类核素；

(d)排出的核素在环境中的行为；

(e)影响排出核素行为的环境自然特征，例如气候、地形、土壤、地质、水文、水文地理和植被；

(f)影响排出核素行为的环境中的人工因素，例如蓄水池、水渠或河流，以及港口设施；

(g)农业、渔业、水和食物供应，工业和文娱对环境的利用；

(h)群体分布和习惯[参看第(15)段]。

搜集这些因素的资料，目的在于鉴别关键核素、关键途径和关键居民组，估算关键居民组现有的和预计的受照剂量。然后，这种资料构成了拟订环境调查的主要依据，并且也许还和其他方面，诸如厂址选择、废物处置方法和选用的包容程度有关。这些问题应当在运行前的调查计划中查清。上述诸因素中，大多数的资料是容易得到的，但是也许还需要对那些了解得不够的特殊方面进行专门研究。

## 运行前的调查

(26)运行前的调查有许多目的。与调查计划有关的目的可以归纳为三个：

(a)为了获得关于关键核素、关键途径和关键组的资料，从而能开展运行时的调查设计，以及从人接受的现有照射和潜在照射的角度对监测结果的解释提供定量的依据；

(b)提供运行前的环境中辐射水平和放射性水平的数据，这些数据有助于解释运行时调查的结果；