

# 自然科学教学中电离辐射的防护

国际放射防护委员会第36号出版物

原子能出版社

0123/CTT

国际放射防护委员会第36号出版物

# 自然科学教学中电离 辐射的防护

国际放射防护委员会第4专门委员会报告

(委员会1982年9月通过)

本报告取代 ICRP 第13号出版物

林兴成 译

金 名 校

原子能出版社

ICRP Publication 36

Protection against Ionizing  
Radiation in the Teaching of Science

ICRP, Pergamon Press, 1983

国际放射防护委员会第36号出版物

自然科学教学中电离辐射的防护

林兴成 译

金名 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 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $3/4$ ·字数12,6千字

1985年5月第一版·1985年5月第一次印刷

印数1—4,000·统一书号: 15175·620

定价: 1.88元

## 内 容 简 介

本报告是根据国际放射防护委员会第26号出版物的新建议制定的，它取代1970年出版的国际放射防护委员会第13号出版物。报告中提出了中等教育自然科学教学中辐射防护的新建议，包括中学生的剂量限值，中学的防护机构、防护计划，以及中学教学中会遇到的X射线机、封闭型辐射源与开放型辐射源辐射防护方面的一些具体规定。书末附有术语浅释。

本报告可供中学(包括卫生学校)教员、辐射防护人员、管理人员参考。

# 目 录

|             |    |
|-------------|----|
| 前言          | 1  |
| 一、引言及本报告范围  | 1  |
| 二、中学生的剂量限值  | 2  |
| 评价          | 2  |
| 剂量限值        | 3  |
| 限值的遵守       | 3  |
| 三、安全管理      | 5  |
| 职责          | 5  |
| 职能          | 5  |
| 咨询机构        | 6  |
| 四、防护计划      | 6  |
| 计划的制定和准备    | 6  |
| 原则和措施       | 7  |
| 设备和材料       | 8  |
| 五、特殊的应用     | 10 |
| X 射线机和X 射线源 | 10 |
| 封闭型辐射源      | 11 |
| 开放型辐射源      | 12 |
| 六、术语        | 15 |
| 参考文献        | 17 |

## 前 言

1970年委员会出版了“18岁以下中学生的辐射防护”，即国际放射防护委员会第13号出版物，它是根据已发表的国际放射防护委员会第9号出版物（1966年）中的有关建议制定的。

1977年委员会发表了新的建议（ICRP第26号出版物），次年委员会要求第4专门委员会准备一份有关自然科学教学中中学生辐射防护的新报告，以反映委员会最新的建议。同时，由于在前份出版物中，特别是基本数据方面的意见已为主管当局和教学设备制造单位广泛采纳，而其中许多意见仍然符合要求，所以本报告在进行必要修改的同时保留了原报告的有关内容。

国际放射防护委员会通过本报告时的第4专门委员会成员名单（略）。

### 一、引言及本报告范围

（1）本报告提出了中学生电离辐射防护的建议。这些建议主要适用于中等学校的自然科学教学，亦可用于某些形式的高等教育。学生基本上应在18岁以下。教学设备假定与高级中学教育的要求相适应。

（2）这些建议不适用于放射学专业的大学生，因为对这类人员的防护要求与委员会建议的有关工作人员的防护要求相类似。这些建议也不适用于机关职员。

(3) 自然科学基础课程中要进行伴有电离辐射的演示教学和实验。在物理和化学课程中要进行原子和核现象的研究, 在生物学课程中要用到放射性物质。在工程学课程中使用的仪器可能发射出有害的X射线。

(4) 因此, 许多年轻人有可能受到电离辐射的照射, 而他们的防护是重要的。实验过程中的设备和材料应经过仔细选择, 制定实验程序时应考虑到对辐射的防护, 应制定并遵守严格的安全规章。教师应谨慎地进行演示。

(5) 然而, 学生应懂得电离辐射仅是实验室中存在的几种危险因素之一, 应该正确对待。辐射防护应该是全部课程中的一个组成部分, 因而, 对电离辐射应采取谨慎的态度而不是惧怕它。

(6) 本报告中有关教育指导性质的内容, 在委员会其他出版物中是没有的。它规定了中学生辐射剂量的限值, 并提出了安全管理方法, 贯彻防护措施的一般建议以及对X射线源, 封闭型辐射源, 开放型辐射源的意见。

(7) 本报告采用委员会的建议 (见文献[1]), 并与其相一致。本报告所引用的委员会某些建议中的以及本报告中首次出现的一些术语, 将在“术语”部分予以解释。

## 二、中学生的剂量限值

### 评 价

(8) 中学生不应受到电离辐射照射, 除非某些特殊原因, 如与教学课程有关的演示和实验而受到照射。对人体的随意照射 (如手部放射照相) 是不允许的。

(9) 在不妨碍教学课程也不增加不适当费用的前提下, 应尽量把学生在每种情况下的受照剂量降到最低限度。这种较小的辐射量、较多的限制和费用之间的平衡可以用定量的方法来判定, 而定量的评价可能具有教育上的价值。

### 剂 量 限 值

(10) 然而, 委员会建议, 对学生个体的剂量当量应有一个明确的管理限值。这些限值列于表 1, 但表中数值不包括天然本底辐射和医疗照射产生的剂量。

表1 在校中学生的管理剂量当量限值

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 有效剂量当量                | 0.5mSv/a |
| 单个器官或组织 (如眼或皮肤) 的剂量当量 | 5mSv/a   |

(11) 由于学生的年龄小, 学习自然科学的人数又很多, 同时委员会考虑到讲课时不需要涉及较大的剂量, 故限值低于一般人员的剂量当量限值。即使考虑到学生的寿命及其后代, 对本人和他们的后裔危及的可能性也是很小的, 因而对社会不会有什么危害。

(12) 两种限值都应确保遵守原则上, 体内照射和体外照射、局部照射和全身照射都应予以考虑; 实际上, 往往只有一种照射起主要作用, 其限值的遵守可以简单地加以判定。

### 限 值 的 遵 守

(13) 将剂量当量保持在年剂量限值以内的一种可靠方



法是规定全年中每次可能照射的限值。因此，建议一次教学实践的剂量当量不超过年限值的 $1/10$ ，即有效剂量当量为 $0.05\text{mSv}$ ，单个器官和组织的剂量当量为 $0.5\text{mSv}$ 。

(14) 为此，具体说明如下。对于外照射，建议离某一封闭型辐射源适当距离处的剂量当量率应加以适当的限制，具体数值见后面部分。对于辐射源容器、贮存以及X射线机外壳也应作如此限制。所有数值都是根据仔细的评价并由教学中使用辐射源的实际情况而定的（参见第53，62，66和70段）。

(15) 对于内照射，建议任一教学实践中每个开放型辐射源的活度都应加以限制。适宜的限值为工作人员的同种放射性核素年摄入量限值（ALI）的 $1/10^{[2]}$ 。对吸入或食入，限值一般应更严格些。具体数值见后面部分（参见第76段）。

(16) 即使在一次教学实践中学生所用的放射性物质不可能都进入其体内，也应注意把学生的剂量当量约束在公众成员的有关限值范围内。这意味着危险度很低。尽管如此，由后面所述的防护计划中仍可以看出，这类摄入很可能属于少量摄入类型。

(17) 实际上无疑应当遵循关于中学生的剂量当量限值，其具体建议概括如下：

(i) 一次教学实践的剂量当量限定为表1中年限值的 $1/10$ 。

(ii) 以第14段所提及的做法来限制封闭型辐射源和类似辐射源的剂量当量率。

(iii) 一次教学实践中开放型放射性物质的摄入量限制为第15段所述工作人员年摄入量限值的 $1/10$ 。

采用这些建议可以简化普通的自然科学教学中辐射防护的管理工作。

### 三、安全管理

#### 职 责

(18) 就总的的安全而言,辐射防护的职责应该明确规定。通常落实到学校的教学管理机构,通过他们的领导或主要负责人来实现。

(19) 学校管理机构的职责是贯彻防护计划,使学生不受到不必要的照射,同时使所受的辐射量不超过表 1 所规定的限值。

(20) 防护计划很可能会受到外界因素的影响。教学课程,教学人员的资格以及有关事项可由政府来规定。法定的或其他有关电离辐射照射的规章也可用于学校。但管理职能应由学校管理机构来履行。

(21) 防护计划应得到设备和财政方面的有力支持。

#### 职 能

(22) 学校管理机构应在学校内指定一名教师负责监督学校的辐射防护工作。被指定的教师应经过充分的严格训练。如条件许可,可成立一个咨询委员会。

(23) 担任可产生辐射照射的教学工作的课任老师有责任保护学生的安全。教师应受到使用辐射源方面的适当训练。应鼓励学生进行安全测量的实践。

(24) 应由受过充分训练的工作人员负责辐射源的安全

保管工作。

### 咨 询 机 构

(25) 学校的辐射防护工作可能需要征求专家们的意见和帮助。因而学校管理机构应确定在辐射防护方面可供咨询的专家。他们可以是主管机关的职员，也可以是专业的辐射防护专家。医学管理人员也应参加进来。

(26) 学校存放辐射源应通知消防队。

(27) 总之，学校管理机构应精简地使用人员，并可采用其他各种方法来履行它的职责。

## 四、防 护 计 划

### 计划的制定和准备

(28) 应制定一份辐射防护计划并加以执行，本节对此作一般性指导。对不同类型辐射源的专门意见见下节。

(29) 被指定的教师应保证不忽视实际存在的和潜在的任何类型辐射源，尤其是X射线源。

(30) 所有的防护方案都应得到学校管理机构的批准。

(31) 凡用到辐射源的所有教学实践都应是有计划的，并应在着手工作之前经过试验。目的是确定并使每次演示或实验的照射量降到最低限度，以保证不超过剂量当量限值。每一计划都应得到被指定的教师或咨询委员会的批准，并作记录以备考查。

(32) 有些辐射源产生的潜在照射量可能很小，以致使用前不需加以估算，因而对可忽略不计的放射性或X射线的

防护可在计划中免去。不过，这最好与主管当局协商决定。

(33) 学校管理机构可以考虑根据学生的年龄和能力逐步引导学生进行使用辐射源的实验。

(34) 对课程以外的辐射源的管理和控制以及异常情况下的行动应有一个正式的计划。

(35) 应该遵守有关辐射源保管、使用和处理方面的法规或其他规章。

(36) 在制定的规章中应体现出辐射防护计划的相应部分并在学校内公布。

(37) 如果辐射源的使用超出高级中学教育一般教学的正常使用范围，必须制定一份适合于职业照射的防护计划。委员会的其他出版物中发表了符合实际情况的建议和意见。这事应与主管当局磋商。

## 原 则 和 措 施

(38) 辐射源的性质和照射情况影响学生接受的剂量当量，故应将这些问题考虑进去。

(39) 辐射源的活度或X射线源的剂量当量率应限制在满足演示或实验的最低需要量。

(40) 应选择材料和形式上损伤性最小的辐射源，应挑选最安全可靠的X射线源。

(41) 应尽可能缩短照射时间，应充分利用受照剂量随距离增加而减少这一有利因素。

(42) 对外照射应采用适当的屏蔽，对开放型放射性物质应采用适当的包容方式，以减少照射量和污染。

(43) 对学生的指导和严格的监督是成功地执行防护计划的保障。每一实验的规则都应书写成文，要培养学生良好

的操作习惯。

(44) 不可用手接触辐射源，也不可将辐射源接近皮肤或眼睛。实验室内不允许饮食，以免增大放射性物质摄入体内的危险性。不允许实验室内的其他物质与放射性物质发生任何物理或化学上的干扰，以免导致放射性污染。

(45) 辐射源应有人看管。

(46) 学校内辐射源的运送应由受过适当训练的工作人员承担，尽可能地减少照射，避免污染。后面关于贮存和包容方面的建议将作为指南（参见第53, 79段）。学校外的运送也应遵守法规。

(47) 本报告坚持这些建议的一个重要原因是，这样做就能使放射性监督工作减到最低限度。学生将不需要进行个人辐射监测，职员也未必需要，不过有时仍可能需要指导。

(48) 然而，对辐射源和实验设备的监测是必须的，以确定教学实践产生的剂量当量，定期检查辐射屏蔽的安全程度和测定污染情况。所有这些措施和其他类似防护措施的效果，取决于探测器对辐射的响应和对探测下限与探测极限之间关系的理解。对此，可能需要听取专家的意见。

(49) 如果学生被认为已受到明显的内照射或外照射，例如受到比表1限值更大的剂量当量，那末应由医务人员和辐射防护专家来检查。

(50) 必须做好有关这类事故的记录，避免再次发生。防护计划实施中采取的一些其他行动和措施都应记录在案。

## 设 备 和 材 料

(51) 产生电离辐射的实验室应根据所用辐射源的类型安装防护设备。一些特殊的要求见下节，然而实验室通常应

保持清洁、整齐、宽敞。

(52) 应备有并使用适合演示和实验的安全服和器具。

(53) 辐射源必须安全贮存。辐射源应保存在能单独锁闭的房间或箱盒内，以便最大可能地减少损坏的机会，万一发生放射性污染也容易清除。如果辐射源有可能产生放射性气体，或换句话说能产生某种放射性气溶胶，贮存场所应采用排风设备向外排气。贮存处要标有可辨认的表示有电离辐射的标志，并附有相应的说明。贮存设备外的剂量当量率在距表面 5 cm 处不应超过  $5\mu\text{Sv h}^{-1}$ 。

(54) 学校总的放射性活度应遵循有关条例。不管在什么情况下，仅应保留课程教学中需要的辐射源，凡不需要的放射性物质应根据规章进行处理。

(55) 贮存辐射源的清单应由负责安全保管的职员保存。对辐射源应记录明确日期的放射性活度。

(56) 为便于辐射源的管理，应设置一份合适的图表，以便随时都可以知道它们的存放地点和状况。所有辐射源都应以适当的方式定期检查和测试，都应有明显的说明标牌。如实际上做不到，可标在放置辐射源的容器、罐或盒子上。

(57) 学校管理机构仅可得到经主管当局检验和批准的教学用的各种辐射源，并应进行有关源的使用和误用的模拟试验。

(58) 学校不允许存有未经批准的辐射源，应防止含有放射性物质的常用仪表如放射发光钟表的滥用。

(59) 学校应配备辐射监测仪表，这些设备应精心选择，正确使用。也有可能得到既可用于教学又可用于辐射防护的测试设备。这方面应征求专家的意见。

## 五、特殊的应用

(60) 一般教学用的辐射源有三类: X 射线源, 封闭型辐射源, 开放型辐射源。关于辐射源的一般性建议前已涉及, 这里补充一些有关特殊应用的建议。

### X射线机和X射线源

(61) 很容易将X射线机和产生有害X射线的电器设备区别开来。前者包括分析用的、X射线照相用的和辐照用的X射线装置, 后者包括一些低气压高电压装置, 它们有加速电子撞击物质的作用, 如放电管、阴极射线管、微波振荡器、微波放大器和电子显微镜。对这两种装置, 外照射是主要危害, 其中未予屏蔽的设备的危害就更大。

(62) X射线机和X射线束应完全封闭起来, 可以封闭在箱内或房间内。建议在设备最高工况下距封闭系统外表面5 cm处的剂量当量率不超过 $5\mu\text{Sv h}^{-1}$ 。可按照委员会介绍的屏蔽方法<sup>[8]</sup>达到这一要求。

(63) 应以一种可靠的抗干扰电路将封闭室和X射线机开关联锁起来。这样就能做到不关闭X射线机就不能接近它, 不使用开关就不能再启动X射线机。

(64) X射线机应装一个自动定时器来控制每次工作的时间, 还应装一盏自动指示灯来表示机器正在产生X射线。封闭室入口处应设置可辨认的附有适当说明的辐射标记。

(65) 任何情况下都应采用与教学实践需要相符的最低速率和最小线束, 并采用最大的过滤。

(66) 被指定的教师应定期对X射线机和封闭室进行检

验, 室外剂量当量率的测量可在约 $10\text{cm}^2$ 的面积求平均。

(67) 由大于 $5\text{kV}$ 的电位差加速电子的任何设备, 应看作是可能有害的X射线源。因而这类辐射源应认真监测, 如有必要, 可采用前述关于X射线机的建议, 且可作必要的修改。

(68) 对放电管X射线的监测应特别仔细, 因为这种监测似乎是困难而复杂的。这应听取专家的意见。要防止对这类设备的不当操作。

### 封 闭 型 辐 射 源

(69) 封闭型辐射源是指将离散的放射性物质封闭起来以防泄漏的辐射源, 但容许按设计有一定量的射线发射出来。教学中要用到 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 和中子辐射源, 如 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{210}\text{Pb/Be}$ 等。它们通常是单独的, 但有些却固定在仪器(如云室)里。

(70) 至于引起外照射的辐射源, 除 $\alpha$ 源外, 它们的活度应根据它们在直接照射时产生的剂量当量率加以限制。距离为 $10\text{cm}$ 处的限值见表2, 其他不同距离处的限值, 虽然有时可能需要较精确的计算, 但一般是按平方反比律减小。辐射源发射的所有射线都应予以考虑。

表2 距教学实践中所用封闭型辐射源 $10\text{cm}$ 处剂量当量率的建议限值

| 辐 射 源      | 剂量当量率 ( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ) |
|------------|---------------------------------|
| $\beta$ 源  | 50                              |
| $\gamma$ 源 | 10                              |
| 中子源        | 10                              |



(71) 不能满足上述要求的辐射源应按前述对X射线机介绍的方式进行封闭、屏蔽、联锁、标记和监测，但可作适当修改以适应具体情况。获得和使用这种辐射源前应听取专家的意见。

(72) 教学用封闭型辐射源的批准条件如下：

(i) 放射性物质应嵌入或封闭在金属的或其他坚固的基质内。

(ii) 被封闭的物质放在大小合适的小盒内或托物上，这样可避免遗忘。小盒或托物的形状要便于操作。

(iii)  $\alpha$  源和  $\beta$  源的表面特别容易被损坏，应使之凹进并有屏障保护。

(iv) 放射性核素的名称和它在某一日期的活度应刻在或牢靠地标记在小盒或托物上。

(v) 整个物体应置于有屏蔽的容器内，并标有可辨认的附有适当说明的辐射标志。

(73) 尽管封闭型辐射源具有精致的封闭结构，但还有可能泄漏出放射性物质，故被指定的教师每年应该进行泄漏检查。当有理由怀疑辐射源的完好性时要随时检查。

(74) 天然放射性物质的固体标本（如金属铀，硬的铀、钍矿物），应该看作为封闭型辐射源，应作相应处理。这些材料表面或表面附近的剂量当量率可能是高的，同时也要考虑到含铀或钍的材料表面会析出氡。

### 开 放 型 辐 射 源

(75) 开放型辐射源是指放射性物质处于离散状态的辐射源，如液体、粉末或低硬度固体。这种辐射源对学生的主要危害是通过吸入或食入途径进入体内。不过也有发生外照