

# 工业辐照装置的事故教训

LESSONS LEARNED FROM ACCIDENTS IN  
INDUSTRIAL IRRADIATION FACILITIES

里412

原子能出版社

# 工业辐照装置的事故教训

刘志林 译

吕延晓 校

原子能出版社

• 北京 •

图字:01-1999-0853 号

图书在版编目(CIP)数据

工业辐照装置的事故教训/国际原子能机构编;刘志林译.-北京:  
原子能出版社,1999.5

书名原文:Lessons Learned from Accidents in Industrial  
Irradiation Facilities

ISBN 7-5022-2024-0

I. 工… II. ①国… ②刘… III. 辐照装置-事故分析  
IV. TL99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 15605 号

Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities

©IAEA, 1996

(中译本的出版得到国际原子能机构的许可,  
但国际原子能机构声明不对该中译本承担责任)

工业辐照装置的事故教训

©原子能出版社,1999

原子能出版社出版 发行

责任编辑:谭 俊

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

中国文联印刷厂印刷 新华书店经销

开本:850×1168 mm 1/32 印张:1.875 字数:50 千字

1999 年 5 月北京第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

定价:10.00 元



## 前 言

在全世界范围内,电离辐射在医学、工业和技术开发研究中的应用正日益增长,增长率较高的一种应用是利用高能 $\gamma$ 光子和电子束进行辐照。世界上当前有160多台 $\gamma$ 辐照装置,600多台电子束装置在运行,几乎遍及国际原子能机构(IAEA)所有成员国。这些装置最常见的用途是医疗用品消毒、药品灭菌、食品保藏、聚合物合成和消灭虫害。

虽然这种工业有很好的安全记录,但由于这些辐照源产生很高的剂量率,仍有可能发生事故而对人类健康产生严重后果。在发达国家和发展中国家的装置上都发生过致死事故。这些事故促使制造商、监管部门和运行单位组成的专家组对这些事故(包括5起致死事故)进行复查。专家组仔细审查了每起事故的具体情况以及设计、安全管理体系和人员操作方面的明显缺陷后,提出了许多关于通过采取措施能够提高辐照器安全性的建议。本书是根据辐照器事故所取得的教训而开展大量研究积累的成果。

本出版物是为从事工业辐照装置的制造商、监管部门和运行单位编写的。由美国核管理委员会的J. E. Glen和墨西哥国家科学技术委员会的P. Zúñiga-Bello起草。

# 目 录

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| 1 引 言                                  | (1)  |
| 1.1 背景                                 | (1)  |
| 1.2 目的                                 | (1)  |
| 1.3 范围                                 | (2)  |
| 1.4 结构                                 | (2)  |
| 2 事故简介                                 | (2)  |
| 2.1 背景                                 | (2)  |
| 2.2 意大利斯蒂莫斯(Stimos)的事故,1975年5月         | (3)  |
| 2.3 挪威切勒(Kjeller)的事故,1982年9月           | (3)  |
| 2.4 萨尔瓦多圣萨尔瓦多(San Salvador)的事故,1989年2月 | (4)  |
| 2.5 以色列索尔·万(Sor-Van)的事故,1990年6月        | (5)  |
| 2.6 白俄罗斯涅斯维日(Nesvizh)的事故,1991年10月      | (6)  |
| 2.7 美国伊利诺斯州(Illinois)的事故,1965年2月       | (6)  |
| 2.8 美国马里兰州(Maryland)的事故,1991年12月       | (7)  |
| 2.9 越南河内(Hanoi)的事故,1991年11月            | (7)  |
| 3 事故的主要起因和汲取的教训                        | (8)  |
| 3.1 事故的主要起因                            | (8)  |
| 3.2 汲取的教训                              | (9)  |
| 4 预防和补救措施                              | (11) |
| 4.1 资助组织                               | (11) |
| 4.2 监管部门                               | (12) |
| 4.3 运行单位                               | (13) |
| 4.4 设计单位、制造商、供应商或安装公司                  | (14) |
| 4.5 附加的技术措施                            | (15) |
| 附录:有致死后果和有严重辐射损伤的事故                    | (16) |
| A-1 意大利斯蒂莫斯厂的辐射事故                      | (16) |
| A-1.1 技术特性                             | (16) |
| A-1.2 进入辐照室的条件和程序                      | (16) |
| A-1.3 事件的起因和经过                         | (18) |

|                  |                         |      |
|------------------|-------------------------|------|
| A-1.4            | 剂量评定 .....              | (18) |
| A-1.5            | 装置的改进 .....             | (20) |
| A-2              | 挪威切勒的辐射事故 .....         | (20) |
| A-2.1            | 引言 .....                | (20) |
| A-2.2            | γ 辐照装置 .....            | (21) |
| A-2.3            | 人员和规章制度 .....           | (23) |
| A-2.4            | 事件的起因、经过和后果 .....       | (24) |
| A-2.5            | 事故分析 .....              | (24) |
| A-2.6            | 装置的改进 .....             | (25) |
| A-3              | 萨尔瓦多圣萨尔瓦多的辐射事故 .....    | (27) |
| A-3.1            | 背景 .....                | (27) |
| A-3.2            | 事件的起因和经过 .....          | (28) |
| A-3.3            | 相继发生的受照 .....           | (30) |
| A-3.4            | 事故响应 .....              | (31) |
| A-4              | 以色列索尔·万辐照装置的辐射事故 .....  | (35) |
| A-4.1            | 装置的描述 .....             | (35) |
| A-4.2            | 事件的起因、经过和后果 .....       | (38) |
| A-4.3            | 装置设计和固有安全性 .....        | (39) |
| A-5              | 白俄罗斯涅斯维日辐照装置的辐射事故 ..... | (40) |
| A-5.1            | 装置的描述 .....             | (40) |
| A-5.2            | 安全和控制系统 .....           | (42) |
| A-5.3            | 事件的起因、经过和后果 .....       | (42) |
| A-6              | 美国伊利诺斯州的直线加速器事故 .....   | (45) |
| A-7              | 美国马里兰州的加速器事故 .....      | (45) |
| A-7.1            | 辐射装置 .....              | (45) |
| A-7.2            | 事件的起因、经过和后果 .....       | (46) |
| A-8              | 越南河内的电子加速器事故 .....      | (48) |
| A-8.1            | 辐射装置 .....              | (48) |
| A-8.2            | 安全和控制系统 .....           | (48) |
| A-8.3            | 事件的起因、经过和后果 .....       | (50) |
| 参考文献 .....       |                         | (51) |
| 参与起草和审阅的人员 ..... |                         | (53) |

# 1 引言

## 1.1 背景

50年代后期工业化国家开始使用工业 $\gamma$ 射线和电子束辐照器进行辐照加工和食品保藏,而后推广到其他国家。在过去的15年里,国际原子能机构(IAEA)以技术合作项目的方式向发展中国家提供了大约40台各种型号的辐照器。在辐照工业发展的早期(至1975年)没有发生过致命的事故,但自1989年以来,至少每年有一次重大事故报道。

据报道,1975年至1994年间,发生了5起致命的事故。第一起发生在意大利(1975年),第二起发生在挪威(1982年)。只有少数人知道这些事故,因此不可能广泛地从这些教训中取得益处。后来,对于在萨尔瓦多<sup>[1]</sup>、以色列<sup>[2]</sup>和白俄罗斯<sup>[3]</sup>发生的事故,IAEA有较详细的记载并发表了报告。不过,仍有必要对这3起事故连同以前的事故一起加以剖析,以确定已发生事故国家的监管部门对其监管计划做了哪些修改(作为以后事故的预防措施),弄清如何按照IAEA“安全丛书”No. 107<sup>[4]</sup>所规定的那样,利用所汲取的教训来修改设计、建造和操作规程及许可证审批和检查方案。更重要的是,为了预防今后发生类似事故或减轻事故后果,并对辐照器的监管计划、操作规程及其设计和建造提出改进意见,有必要列出监管部门对监管计划作出的修改以符合IAEA“安全丛书”No. 115<sup>[5]</sup>。也有必要向所有成员国,特别是那些尚没有强有力的辐射安全基础设施的国家传播这些信息,以便都能从经验中获益,并在其监管、许可证审批和检查程序方面实施必要的改进。

## 1.2 目的

本出版物的目的是介绍那些已向监管部门或专业团体报告的、

或在科学刊物上发表的工业辐照事故的调研结果。这次调研的范围是要了解事故的引发事件,对事故起作用的因素和事故后果,并就如何利用所汲取的教训来预防这类事故再次发生或减轻其后果得出结论。

## 1.3 范围

本出版物将简述工业辐照装置的事故情况,分析事故的主要起因,确定应汲取的教训,并向在辐照加工工业中所有负责安全的工作人员提出建议。

## 1.4 结构

第2部分介绍已发生的重大事故的简介及对其主要起因的分析;第3部分讨论应该从这些事故中汲取的教训;第4部分给出预防和补救措施的建议项目表,假若采纳这些建议,就可能避免这类事故的再次发生或减轻其后果。在附录中,将深入介绍5起有致死后果的事故以及3起有严重辐射损伤后果的事故,后者被认为是辐照工业中有代表性的过量照射。

# 2 事故简介

## 2.1 背景

自50年代以来,在几乎所有IAEA成员国运行的160多台 $\gamma$ 辐照装置和600多台电子束装置中一直使用电离辐射源。总的来说其安全记录是好的;但也发生过死亡和严重损伤事故。假若失去控制和疏于防护,这些装置的高剂量率可能在数秒或数分钟之内产生致死性照射。如果装置与安全系统不很好地管理和维修,又不遵守程序控制,就可能发生严重后果。在“安全丛书”No. 107<sup>[4]</sup>中给出了这些装置安全设计和运行的指南。几起比较严重的事故说明对装置和运行

不进行必要的维修和控制所产生的后果。从下面的描述可以看到,导致防止这些装置发生严重事故的安全系统失效的模式基本相同。下面的简要介绍旨在说明这些事故的情况和起因,更详细的内容在附录中介绍。

## 2.2 意大利斯蒂莫斯(Stimos)的事故,1975年5月

一名受雇往传送机上放麻袋的不熟练的工人从为传送机开设的入口爬进辐照室。传送机是空的,但高活度的 $^{60}\text{Co}$ 源处在“非屏蔽”位置;而辐照器也无人值守。该工人身体不同部位接受的剂量范围为8~24 Gy,13天后死亡。根据辐照室的设计,只能通过无人值守门才可进入。安全系统要求在给门提升机构供电之前,源棒应正确地存放在带有屏蔽的贮存库中;安放在辐照室下部孔洞里的辐射监测仪给出低计数信号;提升此门需经控制台运行人员的同意。根据进入辐照室的程序要求,应移开中央传送机并在进入辐照室时使用便携式辐射监测仪。在这个事例中,一名未经培训的工人通过装置设计时或制定安全控制和程序时未曾预料到的开口进入辐照室,从而能够绕过所有的安全和程序控制(附录,A-1)。

## 2.3 挪威切勒(Kjeller)的事故,1982年9月

一名维修技师听到报警铃响后,就关掉辐照器控制盘上的报警器并打开辐照室的门进去。控制盘上的绿色灯显示源处在“屏蔽”位置,但辐射监测仪却指示出辐射水平很高。他在辐照室停留了几分钟,因疏忽受到照射,13天后他死于辐照损伤。该装置安全系统的设计要求在满足两个条件后才能将门打开:(1)接收数个微型开关信号的辐射源位置指示仪必须指示辐射源是处在“屏蔽”位置;(2)辐射监测仪必须确保当辐射水平超过预置水平时,门保持锁定状态。这两个指示仪控制着同一个门栓,防止辐射源处于照射状态时打开门。运行程序要求工作人员进入辐照室必须带便携式辐射监测仪和报警器。

用来给门联锁装置提供信号的辐射监测仪早些时候已拆下送去修理,因此事故发生时只有一套安全系统与门相联。后来发现,用来指示辐射源位置的几个微型开关中有一个已经失效。控制逻辑关系是这样的:单个微型开关失效可能导致源“屏蔽”的显示,而事实上该源处于“非屏蔽”位置。这名维修技师违反了两条程序:(a)他没有注意到辐射安全监测仪显示的照射量率;和(b)他没有使用便携式辐照监测仪或报警器(附录,A-2)。

## 2.4 萨尔瓦多圣萨尔瓦多(San Salvador)的事故, 1989年2月

深夜2点,一名值晚班的运行人员听到源位移报警器铃声,表明出了故障。这导致辐射源架自动从辐照位置降落到贮存池中。尽管进行了复位操作,而报警器继续作响,这就意味着装有辐射源的源架并没有回到“完全落下”的位置。该运行人员拨动“降源”微型开关以便接通控制盘上的绿灯使之发出源架下落的信号。而后他手动操作控制盘,模拟辐射监测仪探测到了安全本底辐射水平(尽管辐射监测仪大约五年前就已被拆除)。等了几分钟,他进到辐照室,但没有核对便携式辐射监测仪上的辐射水平。该运行人员自己不能解脱(被货物挤住的)源架,就从另一部门请来两名未受过培训的工人帮助搬开货物包装箱,降下源架。当源架落进贮存池时,他们看到了切伦科夫辐射的蓝色辉光便慌忙地离开了辐照室。所有人员很快得病被送往医院。受照射最大的这名运行人员比其他两个工人早开始受照大约一小时,最后,一条腿被截肢,但此后很快死亡。第二个工人两条腿被截肢,但恢复很快,预后良好。第三个工人患有慢性后遗症,其症状不甚严重,预后良好,可以完全恢复。该装置曾几次改变所有权,发生事故时运行人员只接受了一些非正式的在职培训。该装置很少维修,安全系统失效也没有再更换,供应商对换源和维修也没有进行常规的回访,也没有安装所建议的保护源架的防护罩。由于这些诸多情况,加上安全设备遭到损坏,缺乏辐射危害的知识,所以就没有有效的屏障

来预防这次事故(附录, A-3)。

## 2.5 以色列索尔·万(Sor-Van)的事故, 1990年6月

当产品传输堵塞时,  $\gamma$  辐射报警器声响, 但“源落下”灯也亮了起来。当时, 辐照器没有值班人员, 因此, 就通知在家的值班员。值班员到达该装置后, 给控制台送电, 同时显示出三个信号: (1) 产品堵塞警告灯; (2) “源落下”信号; 和 (3)  $\gamma$  辐射警报。该值班员违反操作规程(规程是用英文而不是用本地语言写的), 决定自己处理此事, 而没有打电话请示他的领导。他判定“源落下”信号是正确的, 因此, 他断开联结辐射监测仪与报警线路的电缆。这就使报警器不响了, 但是他仍然不得不通过进行辐射监测仪测试把门打开。不过, 有一个惯用的“窍门”, 就是巧妙地拨弄控制台开关来模拟这一测试。值班员可以带着系在便携式辐射监测仪上的控制台钥匙把门打开。他打开了便携式监测仪, 但却没有对着安装在门上的放射性校验源检验这台监测仪。实际上该便携式辐射监测仪在值班员开启的这个低剂量档上不工作。他看到一个纸板包装箱挤住源架(该装置没有安装辐射源供应商建议的辐射源护罩), 但没有注意到源是处在“升起”位置, 而不是在贮存池的水中。他离开房间, 取回一辆手推车, 搬走挤坏的纸板箱, 当他感到眼部有灼热感, 头部沉重时, 才惊慌起来。尽管经强化治疗, 他还是在受照后 36 天死于辐照效应。在这次事故中, 该值班员被两个安全指示器的故障引人歧途: (a) 有故障的“源落下”开关与辐射监测仪信号有矛盾; 和 (b) 便携式辐射监测仪未能正常工作。然而, 该值班员确有足够的知识意识到可能存在危险情况。对辐射监测仪信号的明显不信任和缺乏用值班员本国语言所写的使用说明显然也是这次事故的原因(附录, A-4)。

## 2.6 白俄罗斯涅斯维日(Nesvizh)的事故,1991年10月

一个运行人员因产品输送系统出现堵塞而受到 $^{60}\text{Co}$ 照射。虽然该运行人员确切的动作无人知晓,但某些事实是清楚的。事故后发现,提升源的钥匙位于主控台上,很可能是他没有取下钥匙而进入辐照室。在通往辐照室的迷宫人口处,有一地坑,必须用这把钥匙才能启动覆盖这一地坑的可移动盖板的控制机构。事故后,发现可移动盖板部分处于打开位置,据此猜想,运行人员有可能是踩在驱动可移动盖板的电动机上跨过该地坑的。显然,该运行人员随身带着便携式剂量率监测仪,因为后来在迷宫人口和辐照室连接的地方发现了它。经证实监测仪处在正常工作状态。在迷宫人口处的地板上有一块难以跨越的压力板;发现它也处在正常工作状态。一种可能性是辐射源的移动机构被卡住,但事故后发现辐射源处在“完全屏蔽”位置。辐射源的传动机构经试验发现其运行令人满意。似乎是运行人员进到辐照室时,源处在“安全”位置。因为钥匙在控制台上,因偶然按下了照射按钮、因部件失效或由于逻辑控制系统的缺陷都可能把源提升起来。该运行人员报告说:他在辐照室内呆了大约一分钟后,感到头痛,关节和睾丸也痛。而后他看到了辐射源,就跑出辐照室并告诉他的助手他已受到了照射。尽管经强化治疗,他还是于受照后113天死亡。就这次事故的实际情况来说,有很多事实尚属未知;但不遵守规定的操作程序,绕过了一些安全设施是确信无疑的(附录,A-5)。

## 2.7 美国伊利诺斯州(Illinois)的事故,1965年2月

一位工人从一扇带联锁的门底下爬进正在运行的直线加速器房间,这扇门的下半部已卸下以便安装输送机。该工人身体右侧剂量很高。最终他的右臂肘关节以下部分和右腿膝关节以下部分被截肢。文件资料中没有给出关于装置安全系统和工人安全的其他细节(附录,

A-6)。

## 2.8 美国马里兰州(Maryland)的事故, 1991 年 12 月

1991 年一名加速器运行人员在美国马里兰州的一座工业辐照装置上受到过量照射。辐射源是一台设计产生高电子束流用于加工材料的 3 MV 电压加速器。在维修低压电极期间,该运行人员的双手、头和脚都置于电子束区。在这一过程中电子源灯丝电压已被“切断”,但在高压端帽上仍有满幅加速电压。运行人员全身,特别是他的四肢和头受到了暗电流的照射。事故后 3 个月,他的右手 4 个手指全部和左手 4 个手指的大部分不得不切除。两周后还观察到头发变稀,6 个月后没有再长新发。虽然原装置设计拥有防止加速器运行时进入辐照室的冗余联锁和系统,但管理部门和雇员有组织地拆除了这些安全系统,使之不能工作,或绕过了这些安全系统。另外,一些老资格的运行人员似乎对即使灯丝电源被切断时电子源仍在工作和存在冷(暗)电流缺乏认识。虽然这种暗电流比正常工作电流低几个数量级,但它仍足以对运行人员身体各部位产生  $0.4 \sim 13 \text{ Gy/s}$  的剂量率(附录, A-7)。

## 2.9 越南河内(Hanoi)的事故, 1991 年 11 月

一名物理学家回到电子束直线加速器辐照室重新调整样品的位置。另一名研究人员以为这名物理学家已离开辐照室,就告诉运行人员实验已准备就绪,机器可以启动。该装置没有装备任何进出联锁或报警信号,在加速器以 15 MeV 的能量运行时,这名物理学家继续在手动调整样品。第二个研究人员开始意识到有问题,在喊这位物理学家的名字但没有得到回答后,就要求运行人员关掉了加速器。这位物理学家在加速器开机的  $2 \sim 4 \text{ min}$  内,大约三次把手放进钨靶  $5 \sim 30 \text{ cm}$  以内。很难估计这名物理学家手部所受的剂量,因为事故时该装置上没有经标定过的辐射测量仪器。这位物理学家双手受到

了严重的辐射损伤;最终,他左手的两个手指和右手不得不截肢。这个电子束装置实际上没有辐射安全系统和人员培训,辐射防护主要依靠研究人员的科学知识。再则,由于缺乏设备和培训,对加速器装置外围没有进行过辐射监测以确定屏蔽结构与进出迷宫通道设计的完备性。因为缺乏对辐射危害的认识,此次事故在两周后,即观察到急性照射症状之后才意识到它的严重性(附录,A-8)。

### 3 事故的主要起因和汲取的教训

#### 3.1 事故的主要起因

在每起事故中,有三个明显的起作用的因素。第一,原设计有缺陷,或是没有按原设计要求维护装置和设备,或是新的程序和修改产生了设计中未预料到的情况;第二,整个安全系统由于组件故障或因为运行组织、管理部门或运行人员采取了一些使系统旁路或无法工作的行动而变得无效;第三,有的人因误报或缺乏知识采取了不恰当的行动,或是作出了忽视矛盾信息的决定。

在有关 $\gamma$ 辐照的大多数事故中,初始事件必然伴有次级支撑机构,而源的传送机构本身并未出现故障。往返辐照室传送辐照产品的机械装置通常是针对运行装置的特定环境设计的。辐射源供应商可能参与也可能未参与过产品传送装置的设计和评价。产品传送系统的故障可能影响或可能不影响源传送机构。在这些事故中有几起,产品堵塞看来是经常性的,但都被运行人员和管理部门所容忍。因此,对安全系统的怀疑也是经常的,而运行人员宁愿采取处理故障后果(清理被堵塞的输送系统)而不采取纠正故障原因(产品包装容器或输送系统的设计和维修)的策略。有些事故是在辐射源供应商和辐照装置设计者建议安装防护罩以确保产品包装容器不再与源(源架)或源的提升构件发生接触之后发生的。

辐照室入口的控制系统特别重要。这些装置的设计是这样的:进

入辐照室的控制主要依赖于联锁系统的使用。一些严重后果是由于工作人员通过没有联锁的开口进入辐照室而引起的,因为穿过小开口或越过地坑进入被认为是不可可能的。另外,在一些事例中,联锁控制没有设计成带有顺序性的,这样任何试图越过或不按顺序使用联锁控制系统都将使预定的操作失效并需重新启动这一顺序。当辐射剂量可能很高时,使用辐射监测仪警告工作人员或使用联锁防止进入都是很重要的。然而,在所有这些事故中,这样的系统不是没有设置就是没有工作,或者容易被运行人员用所熟悉的办法旁路。

每起事故中工人和运行人员都是根据他们所得到的信息和所提供的规程采取了不适当的行动。在少数几例事故中,事故当事人根本没有经过适当的培训以致不了解这种危害;在另一些事故中,运行人员具备辐射及其风险的知识,但对辐射源的实际情况做出了错误的判断。运行人员完全把精力集中在常规运行和纠正一些小的问题上,以致高活度辐射照射可能产生的严重后果却没有引起他们应有的警觉。一些不适当的做法比较长期地存在着,运行装置的管理部門本应进行检查纠正。

### 3.2 汲取的教训

从对 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置上发生的严重事故调查结果中已取得了很多教训,冗余和多样的安全系统本应能预防大多数的事故。例如:

- (1) 在所有过量照射中,运行人员主要依靠由源架位置控制的进出屏障和(或)联锁装置,或者仅依据于状态信号;
- (2) 在所有过量照射中,由辐射激活联锁装置为基础的出人屏蔽不是没有安装,就是已被拆除,或很容易使之失效;
- (3) 在几例过量照射中,辐射源位置指示由于个别元件失效或因为进行手动操作在控制盘上给出假信号而出现错误指示;
- (4) 在几例事故中,控制盘处于运行或准备状态时可使出人屏障不起作用。

假若装置的设计不经仔细审查以鉴别关键性的安全条件,就会危及到安全,这就需要考虑冗余性,避免单一考虑模式故障和考虑人为因素。凡是没有充分考虑这些因素的地方,就会产生不安全状况,例如:

(a) 当仍可给加速器供电使之运行或使 $\gamma$ 源处在“非屏蔽”位置时,从控制台上断开关键安全系统曾导致不安全状况;

(b) 当从控制盘上断开关键安全系统而没有自动导致关掉加速器电源或未能使 $\gamma$ 源转移到“屏蔽”位置时,这种断开就构成了不安全条件;

(c) 当工作人员试图解决问题时,总企图以其他各种可能容易实现的办法,如果能轻易地借助于梯子、弯腰或爬行、拨弄开关、使用磁带等旁路方式,则会诱使他们摆脱屏障。

如果运行组织的管理部门不进行系统的监视和常规培训,就可能很快失去对雇员知识水平和技能的控制。例如:

(i) 在一些装置上,涉及事故的工作人员使用了一些“窍门”而使安全系统不能发挥作用;

(ii) 涉及事故的运行人员进入辐照室,经常不用便携式辐射监测仪,这就表明这种不遵守程序的现象很普遍,还应注意到,其中大多数人也没有佩戴指定的个人监测设备。

管理部门的某些做法和态度弱化了安全系统和管理程序。看来,产品和生产成本有时比安全占有更重要的地位,当监管部门放弃监管或监管不力时这种情况尤其明显。例如:

——在一些事故中管理部门对拆除或废弃由辐射触发的联锁装置的容忍起主要作用;

——有几起事故在发生前管理部门已收到辐射源供应商有关安装保护罩的建议,但却没有这样做。这样的保护罩本来是能够阻止事故发生的;

——至少有一起事故,管理部门显然曾批准安装一个开关用来旁路一个联锁装置,并批准拆除唯一的一套被动式监测系统,该系统