

放射卫生防护培训系列教材

辐射源检测仪表 检测装置的放射防护与安全

◎ 李万王
编 雅 时
著 春 玲 进



原子能出版社

责任编辑：刘 朔

封面设计：赵 杰

放射卫生防护培训系列教材

辐射源检测仪表和 检测装置的放射防护与安全

ISBN 978-7-5022-4108-7



9 787502 241087 >

定 价：18.00 元

放射卫生防护培训系列教材

辐射源检测仪表和 检测装置的放射防护与安全

王时进 万 玲 李雅春 编著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

辐射源检测仪表和检测装置的放射防护与安全/王时
进,万玲,李雅春编著. —北京:原子能出版社,2008.4
ISBN 978-7-5022-4108-7

I. 辐… II. ①王…②万…③李… III. 辐射源-检测仪
表-辐射防护 IV. TL77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 046449 号

辐射源检测仪表和检测装置的放射防护与安全

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)
责任编辑 刘 朔
责任校对 徐淑惠
责任印制 丁怀兰 刘芳燕
印 刷 北京画中画印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 850 mm×1168 mm 1/32
印 张 2.5
字 数 66 千字
版 次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-4108-7
印 数 1—5 000 定 价 18.00 元

版权所有 侵权必究

网址:<http://www.aep.com.cn>

前 言

核检测设备使用的辐射源为放射性核素源和射线发生器件。放射源检测仪表是工业生产中应用极其广泛的仪表,本书包括料位计、厚度计、密度计、核子秤、中子水分仪、油田测井仪等。另一类检测设备以射线发生器件为辐射源,本书包括 X 射线衍射仪、X 射线安检仪和整装货包检查装置。工业射线照相检测装置未包括在本书之列,将在本系列培训教材中另立分册。

本书可供辐射源检测仪表和检测装置相关工作人员和管理人员放射卫生防护培训使用,也可供厂家的客户培训、辐射防护与安全专业人员参考。

在放射卫生防护培训系列教材中,辐射防护与安全管理法规、辐射防护与安全基本标准、核物理和放射卫生基础将有单独的分册,在有关辐射源检测仪表和检测装置的放射防护与安全的培训中,可配套选用相应分册。

本书在编写过程中,不足之处在所难免,请广大读者和各位同行提出批评指正。

编者

2007 年 12 月

目 录

1 国家法规与标准	1
1.1 基本国家法规.....	1
1.2 《职业病防治法》摘录.....	1
1.3 职业病危害分类和放射工作人员职业健康管理.....	3
1.4 放射性同位素与射线装置许可管理与分类.....	4
1.5 相关的国家标准和技术规范.....	6
2 放射源检测仪表概述	7
2.1 检测仪表的特点.....	7
2.2 检测仪表类别.....	8
2.2.1 强度测量型仪表.....	8
2.2.2 荧光仪表	11
2.2.3 电离型仪表	11
2.3 常见放射源检测仪表	12
3 放射源检测仪表的辐射防护性能.....	14
3.1 密封源	14
3.1.1 密封源性能分级	14
3.1.2 不同穿透能力的放射源	17
3.1.3 检测仪表选用放射源的原则	19
3.2 对检测仪表的放射防护要求	19
3.2.1 源容器	19
3.2.2 检测仪表及其使用场所要求	23

4	放射源检测仪器的安全操作与管理	24
4.1	放射源和其检测仪器的管理	24
4.1.1	制造厂的职责	24
4.1.2	放射源检测仪器应用单位的管理规章	25
4.2	放射源检测仪器使用操作与维护的安全	25
4.3	源容器的运输要求	27
4.4	放射源容器和带放射源的检测仪器的贮存要求	28
5	放射源检测仪器的辐射安全	29
5.1	放射源的辐射危险	29
5.1.1	潜在照射概念	29
5.1.2	放射源的危险活度	29
5.1.3	放射源的分类	34
5.1.4	放射源和含源实践的意外危险	35
5.1.5	说明	35
5.2	放射源检测仪器应用中的放射事件与事故	37
5.2.1	放射事件与事故表现	37
5.2.2	放射事故原因	39
5.2.3	辐射(放射)事故及其管理	40
5.2.4	事故预防与对策	42
5.2.5	辐射事件与事故应急响应	43
5.2.6	结束语	45
6	X射线管检测装置的放射防护与安全	45
6.1	范围	45
6.2	X射线衍射仪和荧光分析仪	45
6.3	X射线行李包检查系统	47
6.4	其他X射线仪表	48

7	整装货包检查系统放射防护与安全	48
7.1	概述	48
7.1.1	检查系统和其应用范围	48
7.1.2	检查系统分类	49
7.1.3	检查系统组成与结构	5
7.2	检查系统工作场所分区及辐射剂量控制水平	53
7.2.1	工作场所分区	53
7.2.2	辐射剂量控制水平	54
7.3	辐射安全系统	55
7.3.1	辐射安全一般原则	55
7.3.2	辐射安全设施	56
7.4	安全操作与管理注意事项	59
8	剂量监测要求	60
8.1	不同类别的剂量监测	60
8.1.1	分类	60
8.1.2	辐射源检测仪表和检测装置的剂量监测一般要求	60
8.1.3	对放射源检测仪表的放射防护性能检测和检验	60
8.1.4	经常性场所剂量检测(含安全设备检查)	65
8.1.5	个人剂量监测	65
8.1.6	特殊监测	65
8.2	对剂量监测仪表的要求	66
8.3	剂量监测仪表使用注意事项	67
8.4	个人剂量计使用注意事项	67
	参考文献	69

1 国家法规与标准

1.1 基本国家法规

(1) 中华人民共和国主席令第六号《中华人民共和国放射性污染防治法》，2006 年 6 月 28 日

(2) 中华人民共和国主席令第 60 号《中华人民共和国职业病防治法》，2002 年 5 月 1 日

(3) 中华人民共和国国务院第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月 1 日

(4) 国家环境保护总局令第 31 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日

(5) 国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号《关于发布放射源分类办法的公告》，2005 年 12 月 23 日

(6) 国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号《关于发布射线装置分类办法的公告》，2006 年 5 月 30 日

(7) 中华人民共和国卫生部令第 49 号《建设项目职业病危害分类管理办法》，2006 年 7 月 27 日

(8) 中华人民共和国卫生部令第 55 号《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 6 月 3 日

1.2 《职业病防治法》摘录

第三条 职业病防治工作坚持预防为主，防治结合的方针，实行分类管理，综合治理。

第八条 国家实行职业卫生监督制度。

第十四条 在卫生行政部门中，建立职业病危害项目的申报制度。

第十五条 新建、扩建、改建建设项目和技术改造，技术引进项目

(以下统称建设项目)可能产生职业病危害的,建设单位在可行性论证阶段应当向卫生行政部门提交职业病危害预评价报告。卫生行政部门应当自收到职业病危害预评价报告之日起 30 日内,作出审核决定并书面通知建设单位。未提交预评价报告或者预评价报告未经卫生行政部门审核同意的,有关部门不得批准该建设项目。

第十六条 建设项目的职业病防护设施……与主体工程同时设计,同时施工,同时投入生产和使用。职业病危害严重的建设项目的防护设施设计,应当经卫生行政部门进行卫生审查,符合国家职业卫生标准和卫生要求的方可施工。

建设项目在竣工验收前,建设单位应当进行职业病危害控制效果评价,建设项目竣工验收时,其职业病防护设施经卫生行政部门验收合格后,方可投入正式生产和使用。

第十七条 职业病危害预评价、职业病危害控制效果评价由依法设立的取得省级以上人民政府卫生行政部门资质认证的职业卫生技术服务机构进行。

第十九条 用人单位应当采取下列职业病防治管理措施:

(一) 设置或指定职业卫生管理机构或组织,配备专职或者兼职的职业卫生专业人员负责本单位的职业病防治工作;

(二) 制定职业病防治计划和实施方案;

(三) 建立、健全职业卫生管理制度和操作规程(第二十二条款……应当在醒目位置及公告栏公布……)

(四) 建立、健全职业卫生档案和劳动者健康监护档案(第三十二条款……用人单位组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查……第三十四条……档案包括劳动者职业史、职业病危害接触史、职业健康检查结果和职业病诊疗等有关个人健康资料。……)

(五) 建立、健全工作场所职业病危害因素监测及评价制度(第二十四条款……由依法设立的取得省级以上人民政府卫生行政部门资质认证的职业卫生技术服务机构进行……)

(六) 建立、健全职业病危害事故应急救援预案。

1.3 职业病危害分类和放射工作人员职业健康管理

(1) 2006 年 7 月 27 日发布了中华人民共和国卫生部令第 49 号《建设项目职业病危害分类管理办法》，将职业病危害分为“轻微”、“一般”和“严重”三类。在放射性职业病危害因素中，核设施、辐照加工设备、加速器、放射治疗装置、工业探伤机、油田测井装置、甲级开放型放射性同位素工作场所和放射性物质贮存库等装置或场所，均属于危害“严重”类别。该管理办法规定了自项目的可行性研究阶段至项目验收中向卫生行政部门申请和卫生行政审批要求，图 1.1 和表 1.1 列出行政审管程序与分类审管要求。

表 1.1 不同类职业病危害的审管要求

危害类别	预评价*	职业病防护 设施设计	控制效果 评价*	行政审管
轻微	表	×	表	备案
一般	表	×	表	审核/竣工验收
严重	书	√	书	审核/设计审查/竣工验收

注：* 由卫生行政部门认可的有资质的卫生技术服务部门编制。

(2) 2006 年 6 月 3 日发布了中华人民共和国卫生部令第 55 号《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，规定了“放射工作人员证”的管理，规定了从事放射工作的放射工作人员基本条件，包括放射防护与法规培训、个人剂量监测和职业健康管理要求。管理办法第五条规定如下：

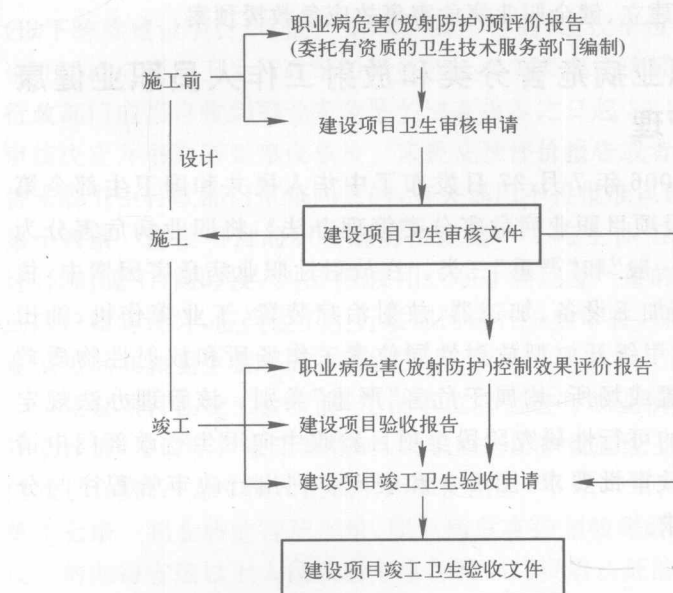


图 1.1 卫生行政审查程序

第五条 放射工作人员应当具备下列基本条件：

- (一) 年满 18 周岁；
- (二) 经职业健康检查，符合放射工作人员的职业健康要求；
- (三) 放射防护和有关法律知识的培训考核合格；
- (四) 遵守放射防护法规和规章制度，接受职业健康监护和个人剂量监测管理；
- (五) 持有《放射工作人员证》。

1.4 放射性同位素与射线装置许可管理与分类

(1) 依据国务院 449 号令，国家环境保护总局发布了《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及其他配套法规，规定了放射性同位素与射线装置分类的辐射安全许可证管理规范，应向环

环境保护管理部门详细咨询并认真执行,实施相关的管理。

(2) 按国家环境保护总局 62 号令,放射源分类如下:

参照国际原子能机构的有关规定,按照放射源对人体健康和环境的潜在危害程度,从高到低将放射源分为 I、II、III、IV、V 类,V 类源的下限活度值为该种核素的豁免活度。

1) I 类放射源为极高危险源。在没有防护情况下,接触这类源几分钟到 1 小时就可致人死亡;

2) II 类放射源为高危险源。在没有防护情况下,接触这类源几小时至几天可致人死亡;

3) III 类放射源为危险源。在没有防护情况下,接触这类源几小时就可对人造成永久性损伤,接触几天至几周也可致人死亡;

4) IV 类放射源为低危险源。基本不会对人造成永久性损伤,但对长时间、近距离接触这些放射源的人可能造成可恢复的临时性损伤;

5) V 类放射源为极低危险源。不会对人造成永久性损伤。

(3) 按国家环境保护总局 26 号令,射线装置分类如下:

根据射线装置对人体健康和环境可能造成危害的程度,从高到低将射线装置分为 I 类、II 类、III 类。按照使用用途对医用射线装置和非医用射线装置分别分类。

1) I 类为高危险射线装置,事故时可以使短时间受照射人员产生严重放射损伤,甚至死亡,或对环境造成严重影响;

2) II 类为中危险射线装置,事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤,大剂量照射甚至导致死亡;

3) III 类为低危险射线装置,事故时一般不会造成受照人员的放射损伤。

常用的射线装置按表 1.2 进行分类。编者认为,表 1.2 中的重离子治疗加速器和质子治疗装置应属于 I 类医用射线装置。

表 1.2 射线装置分类表

装置类别	医用射线装置	非医用射线装置
I 类射线装置	能量大于 100 MeV 的医用加速器	生产放射性同位素的加速器(不含制备 PET 用放射性药物的加速器) 能量大于 100 MeV 的加速器
	放射治疗用 X 射线、电子束加速器	工业探伤加速器
II 类射线装置	重离子治疗加速器	安全检查用加速器
	质子治疗装置	辐照装置用加速器
	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)用放射性药物的加速器	其他非医用加速器
	其他医用加速器	中子发生器
	X 射线深部治疗机	工业用 X 射线 CT 机
	数字减影血管造影装置	X 射线探伤机
III 类射线装置	医用 X 射线 CT 机	X 射线行李包检查装置
	放射诊断用普通 X 射线机	X 射线衍射仪
	X 射线摄影装置	兽医用 X 射线机
	牙科 X 射线机	
	乳腺 X 射线机	
	放射治疗模拟定位机	
	其他高于豁免水平的 X 射线机	

1.5 相关的国家标准和技术规范

- (1) GB18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- (2) GB14052—1993《安装在设备上的同位素仪表的辐射安全性能要求》
- (3) GB11806—2004《放射性物质安全运输规程》
- (4) GB4075—2003《密封放射源 一般要求和分级》
- (5) GBZ115—2002《X 射线衍射仪和荧光分析仪卫生防护标准》

- (6) GBZ125—2002《含密封源仪表的卫生防护标准》
- (7) GBZ127—2002《X 射线行李包检查系统卫生防护标准》
- (8) GBZ137—2002《含密封源仪表的卫生防护监测规范》
- (9) GBZ142—2002《油(气)测井用密封型放射源卫生防护标准》
- (10) GBZ143—2002《集装箱检查系统放射卫生防护标准》
- (11) GBZ114—2006《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射性防护标准》
- (12) GB15849—1995《密封放射源的泄漏检验方法》

2 放射源检测仪表概述

2.1 检测仪表的特点

放射源检测仪表是辐射式检测仪表之一,它是利用辐射与物质相互作用时发生吸收、散射或电离、激发等效应,取得有关物质的微观、宏观信息,对非电离参数实现检测和控制的一种仪表。检测仪表具有下列特点:

- (1) 不接触被测对象,是一种非破坏性的检测工具;
- (2) 可在各种现场条件下,如高温、高压、高黏度、高腐蚀和高毒性等情况下,对非密封和密封容器内物料的非电参数进行检测和控制;
- (3) 检测灵敏度高,响应速度快;
- (4) 可以连续测量、输出电信号,实现生产过程自动控制;
- (5) 许多仪表可以做到体积小,重量轻,便于安装;
- (6) 应用范围广。

放射性核素源中,不稳定的原子核自发地向稳定状态转化,称为核衰变,同时释放粒子或射线。人们不可能用机械的、化学的方

法终止这种转化。不论在检测仪表使用时或停用时,放射性核素源总是持续不断地发出粒子或射线,但发射能力可随时间减弱,不同源减弱快慢不等,决定于其自身特性。

放射源释放的粒子或射线是可以直接或间接产生电离的辐射,称为致(可以引起)电离的辐射。当辐射作用于人体,达到一定量时,将产生健康影响,国家将放射源列为第七类危险物品。对于放射线,是可以防护的,例如用放射源屏蔽容器吸收和衰减辐射。在应用检测仪表进行有益的检测工作的同时,要通过防护措施和防护设施防止放射线对人体的不必要照射。

放射源检测仪表往往安装在工业生产线上,现场条件多种多样,对放射源和放射源容器的保安管理是十分重要的。由于放射源的核衰变特性,对于用旧了或不继续使用的放射源,仍然是危险物品,必须专门收贮,禁止随意抛弃。

2.2 检测仪表类别

按辐射的作用方式,放射源检测仪表分为强度测量型仪表、电离式仪表、荧光仪表。虽然属于射线探伤类的数字图像处理型仪表、在线活化分析及实验室能谱分析仪等类仪表,也属于此类仪表,本书不涉及这些内容。它们的放射防护与安全问题可以参考有关资料和本系列培训教材的其他相关部分。

2.2.1 强度测量型仪表

强度测量型仪表定义为:“通过有、无待测物时粒子注量的变化或探测粒子与物质相互作用所产生的次级粒子的注量来检测有关量的一种仪表”。这里,“注量”指一定时间内射入仪表的探测器灵敏体积内的粒子数。

强度测量型仪表按其工作原理可以分为透射式仪表和散射式仪表。透射式仪表的探测器和放射源位于被测物的两侧,三者排列在同一直线上。散射式仪表的探测器和放射源位于被测物的同侧,三者呈三角状排列(见图 2.1~图 2.3)。

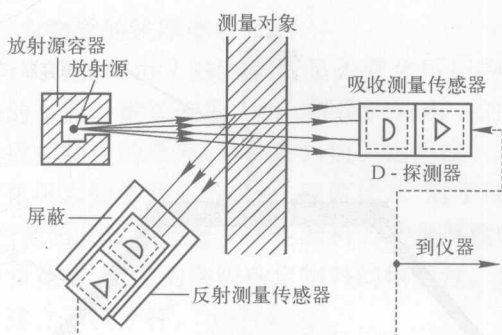


图 2.1 检测仪表的一般工作模式

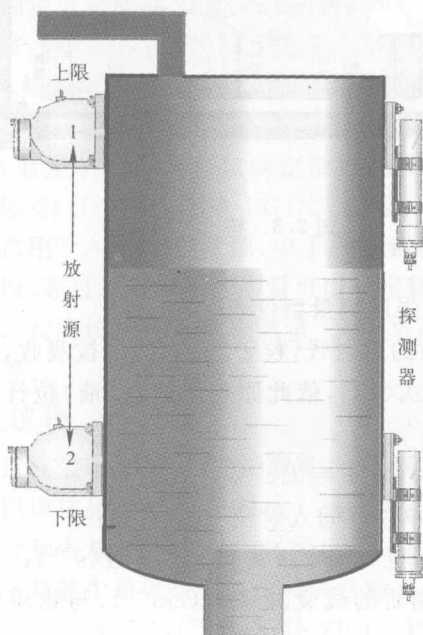


图 2.2 料位计的检测示意图

源 1 检测上料位, 源 2 检测下料位,
若源 1 和源 2 之间为线状源, 可进行料位连续检测