上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

核子仪器与射线探伤应用中的辐射安全与防护要点

范　深　根

环境保护部核与辐射安全中心

2011.05

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

目 录

一、应用与辐射危害
二、防护措施

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

1、放射性同位素和射线装置的广泛应用

- 有史可查的、我国最早的放射源应用是在1937年，采用镭源用于放射治疗；
- 改革开发后，随着经济的发展，放射性同位素应用的领域和数量出现快速增长；
- 到目前为止，放射性同位素已广泛应用工业、农业、医疗、科研等诸多行业领域。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

放射源实践的分类简介

源类别	实践的分类	活度比
I	放射性同位素热电发生器（RTGs） 辐照装置 远距放射治疗仪 固定多束远距放射治疗仪（γ刀）	A/D ≥ 1000
II	工业γ探伤 高/中剂量率短距放射治疗仪	1000 > A/D ≥ 10

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

放射源实践的分类简介

源类别	普通实践的分类	活度比
III	固定工业测量仪 料位计 挖泥机测量仪 装有高活度源的传送带测量仪 螺旋管道测量仪 测井仪	10 > A/D ≥ 1

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

实践的分类简介

源类别	普通实践的分类	活度比
IV	低剂量率短距放射治疗仪（永久植入源除外） 厚度/料位测量仪 可携式测量仪（湿度/密度计） 骨密度仪 静电消除仪	1 > A/D ≥0.01

Argodi

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

放射源实践的分类简介

源类别	普通实践的分类	活度比
V	X射线荧光分析仪 电子俘获装置 穆斯堡尔谱仪 正电子发射断层摄影术（PET）检查仪	0.01 > A/D ≥ 豁免水平/D

RergoDI

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

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100兆电子伏的医用加速器	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100兆电子伏的加速器
Ⅱ类射线装置	放射治疗用X射线、电子束加速器	工业探伤加速器
	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

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

射线装置分类表（续）

装置类别	医用射线装置	非医用射线装置
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	
	其它高于豁免水平的X射线机	

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

应用中的危害因素分析-1，危害对象

- **人员**：职业人员，公众

——职业人员：探伤操作、运输、库房管理、邻近人员

——公众：社会

- **物种改变**：是生态之本、改变量虽小、但品种多，意义深远
- **环境污染**

——实物污染

——辐射污染

ergoDI

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

应用中的危害因素分析-2，危害方式

- **密封源**

——外照射：涉及所有人员，正常时随机效应

——事故时也有内照射：事故周围，可能急性病

- **X射线装置**

——外照射：涉及所有人员，正常时随机效应

——事故时：可能急性病，局部伤害

- 恐怖活动：主要涉及密封源，也有非密封源

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

危害因素的管理-449号令
——规定联合管理

- 放射性同位素与射线装置安全和防护条例
- 中华人民共和国国务院令
- 第４４９号
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》已经２００５年８月３１日国务院第１０４次常务会议通过，现予公布，自２００５年１２月１日起施行。
- 第三条　国务院环境保护主管部门对全国放射性同位素、射线装置的安全和防护工作实施统一监督管理。
- 第八条　生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当事先向有审批权的环境保护主管部门提出许可申请，并提交符合本条例第七条规定条件的证明材料。
- 使用放射性同位素和射线装置进行放射诊疗的医疗卫生机构，还应当获得放射源诊疗技术和医用辐射机构许可。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

事故

- **最早事故**1954年，福州协和医院护士用血管钳夹持镭针进行穿线，不慎，1.22×10^8Bq镭针掉地，当时寻找未果，10年后省成立放射防护机构后再找也未找到
- 新华网2004/5/7日讯：乌克兰警方发言人6日宣布，安全部队查获两枚装有高放射性物质铯-137的箱子，并逮捕多名相关人员。
- ——1996年8月哥斯达黎加钴治疗机治疗事故，由于某医院放疗科将钴源监控仪表计时单位读错而致肿瘤患者受到超剂量照射114人，死亡64人。（辐射与健康通讯，总151期，2004/3。P2）

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

1988—1998年中丢失源事故共有258起

- 11年中丢失源事故共有258起，平均每年24起。共丢失587枚放射源，总活度达1040.53GBq（28.1Ci）。256枚（占44%）至今仍未找回。
- 丢失的源主要核素为铯-137，钴-60及镭-226等，主要用在工业和建筑及矿藏开采业的密度计、料位计、厚度计、水份计和核子秤等核仪器上。
- 丢失最多的是水泥生产企业（使用料位计），占总丢源事故的39%，并以安全管理意识较差和企业体制及营运稳定性最差的乡镇企业最为突出。其次是流动性较大的地质勘探、油田测井及燃煤生产等行业。
- 虽然放射性物质污染事故较少，主要发生在带有小放射源的核仪器使用单位。有些事故，将含源铅罐熔化，生产的钢材等产品出售或被放射源污染的炉渣用于铺路等；

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

88-98年我国油田放射事故

- 共发生12起：

——井内卡源 3

——外照射 3

——丢失 4

——源泄漏 1

ergodi

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

典型事故

γ工业探伤，1984年，摩洛哥

- **1.1×10^{12}Bq(^{192}Ir，28Ci)**
- 工地拾回家
- **45**天，**8**人死亡（全家及**2**个邻居）

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

国内，放射源丢失

- 公司将停用的**Cs-137**源（**5Ci**），存放在源库，长期无人检查、看管，致使被盗，源未找回。工作日损失**425**人•天，直接经济损失**12**万元
- 这样的源，在社会上是有潜在危险的

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

国内典型事故-960105事故 γ工业探伤

- 1996年，吉林，2.8TBq(^{192}Ir，74Ci)
- 工地拾放身上，10h
- 4肢剩1肢

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

960105事故，放射源丢失，事故经过

- 1996年1月5日早晨7：30上班途中，在地面的薄雪上拾到一条类似“手饰链”的小链子，问周围的人都说没丢。因急于上班，就先把链子放在右腿膝部裤袋内，准备中午休息时再寻失主
- 没想到9：30左右突然感到头昏恶心，以为重感冒，中午饭后不得不回宿舍休息。直到下午5：00。γ工业探伤人员才到宿舍从脱下的裤子袋内找到了放射源

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

960105事故案例-3，放射源丢失，严重的后果

- 就这短短的不足10个小时，它让受照者在二年中共做了7次大手术，手术累计时间30余小时，缝合300多针
- 第一次手术是1月13日，手术长达4个多小时，截去了左前臂、右腿。其后又陆续截去了左腿，仅存的右手也每个手指截去了一节

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

960105事故案例-4，放射源丢失，绝境生辉

- 但这位双下肢高位截肢且又双手不全的一级残疾，用自己的坚强和乐观不仅战胜了病魔，而且在1998年还赢得了爱情。
- 在为争取自己的权益不断上访的同时，用他仅存的中指敲出了30万字的书稿《生死链：中国首例核辐射受害者与生命对话》

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某公司工业探伤源被抢-1

- 2006年某日14时许，该公司盛XX驾车到目的地对地下煤气管道检测。当日17时30分许，盛XX等人在路边等候作业，探伤机放在面包车后备箱处（源为192Ir，1.0×1012Bq，27居里，Ⅱ类高危险）。盛XX和工人还未下车，就从车后开来一辆黑色奇瑞汽车停在面包车前，并走下3名男子。1名站面包车左侧，1人把手伸进胸口衣服内像要掏凶器的样子拦住面包车的左侧，第三个人拉开面包车后备箱门将“伽码射线探伤机”拿出。然后那个把手伸进胸口衣服的男子对盛XX说“让你们经理打这电话。”说完将一张写有电话号码的纸条交给盛XX。盛XX等人由于事发突然以及恐惧心理未做出反抗。随后，3名男子拿着仪器上走了。盛XX等人反应过来后驱车追赶，但对方仍逃脱了。盛XX等人在一城区附近及案发现场四处搜索未果，遂向公司领导杨汇报。杨按所留号码联系，嫌疑人称被该公司工人用“探伤机”照射了，损害了健康。声称如果想要取回仪器就交20万元赎金。19时36分，杨XX拨打“110”报警。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某公司工业探伤源被抢-2

- 公安局接到报案后，立即协查黑色奇瑞车并进行设卡拦截，并迅速将犯罪嫌疑人抓获，于次日7时15分在一间洗衣库房内找到被抢探伤机。
- 经检测，探伤机和源未损坏，未泄漏和人员伤害。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某公司工业探伤源被抢-3

- 经了解，盛XX与犯罪嫌疑人盛小X为同村老乡，交往密切。在一次闲聊中，盛XX向盛小X谈起去年某公司在某地施工时曾用伽码射线探伤机照射到他人，被对方将仪器抢走，事后公司为消除影响赔偿对方5万元钱的事情。
- 2006年11月14日左右，该案另一嫌疑人倪XX找到盛小X，称离家来京前曾贷款10万元，现一事无成，想向盛小X请教快速生财之道。盛小X随即向其提出了以探伤机照射损害身体健康为由敲诈勒索该公司，并议定了分赃计划。
- 探伤机在失控14小时后找到。
- 嫌疑人抓捕归案。公司注销γ探伤资质。
- 我国历史上第一起放射源被抢事件。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某探伤公司^{137}Cs放射源被盗-1

- 2004 年2月6日，某探伤公司发现一枚废^{137}Cs源（1969年购入，用于金属探伤，事故时活度为2.23 Ci）被盗。县公安部门接后，引起县委、县政府高度重视，成立了以副县长为组长，政法委书记、公安局长，政法委、政府办、公安、卫生、防疫、环保以及东陈、孙镇等部门、乡镇为成员的放射源丢失事件协调处置工作领导小组和专案组。
  2月9日，《华商报》对被盗放射源事件进行了报道，并随后对此事件进行跟踪报道。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某探伤公司^{137}Cs放射源被盗-2

- 自案发以来，县公安局每日出动120名警力，在70多名乡村干部和近20多名专业技术人员、部队防化连官兵的大力配合下，携带检测仪器12台，对现场半径5公里内的8个行政村37个村民小组3000余户全面进行调查摸排，发放通告3000份，重点审查可疑人员百余人次。对本地及邻县的33个废品收购站和5家冶炼厂进行检查控制，对现场周围的果园、废机井、沟渠、砖瓦窑等可疑地120处进行了重点检测。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某探伤公司^{137}Cs放射源被盗-3

- 2月14日，下午5:30省环保局和省核地质局专家对公安、卫生重点排查的富平县钢厂兴宝有限公司进行监测，发现其1号炼钢炉及周围辐射剂量率较高。核地质局现场对γ剂量率监测值较高的点采集样品进行分析，以确定污染的放射性核素。经测定，所采集的样品中放射性核素主要是^{137}Cs，其比活度为2×106Bq/kg，可以断定该监测点被^{137}Cs污染。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某探伤公司^{137}Cs放射源被盗-4

- 2月16日，国家环保总局请来技术人员对车间内外进行布点监测，并采集样品分析测试，污染确定为^{137}Cs，其活度估算为300mCi，这与丢失的源2.23Ci相比差距很大，无法确定该源是某探伤公司的。事故的原因主要是公司放射源安全管理意识淡薄，被盗源长期存放，未及时处置，春节放假期间，安全管理人员擅离岗位.
- 对丢失的源进行了很多寻找工作，但仍未找到，人力物力损失巨大

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

某检测公司γ探伤人员受照射

- 2004年8月14日
  安装单位与检测单位原定该日晚上19：00至8月15日上午7：00的放射探伤停止作业。检测单位疏忽，未通知检测人员，检测人员照常将放射源投送G305#球罐，在未设置警示性标识情况下进行探伤，造成在G305#球罐临近处对G303#球罐进行整体退火作业的20名安装单位的施工人员受到长达近6．5小时的辐射照射。安装单位与检测单位为此发生纠纷，为了取证，安装单位阻止检测单位收源，造成近4个小时放射源裸露在现场。
  探伤机应用Ir-192密封放射源，事故时活度100Ci。引起了恐慌和纠纷，社会负面影响较大，直接经济损失3万余元。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

各类较严重辐射事故照射所致伤害

部门与应用类型	序号	事故类型	放射病			皮肤烧伤	
			总例数，人	其中死亡，人	其中截肢，人	总人数，人	其中植皮，人
核与辐射技术应用中职业人员与公众受辐射照射	8	密封源工业应用中失控，源未破坏	16	6	1		
	9	γ辐照装置运行	25	4	1		
	10	工业探伤装置运行	1		1		
	11	医技人员受照	6		2		
	12	其他设施和活动	1		1		
	13	核与辐射技术应用各领域				16	3
	14	小 计	49	10	6	16	3
全 部 合 计			90	25	6	87	8

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

目录

二、防护措施

ergoDI ergoDI ergoDI ergoDI ergoDI ergoDI ergoDI ergoDI

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

防护措施

- 5个方面的技术——（获得许可证）

——安全组织（含规章制度）

——屏蔽与禁入：工作室和库房四周、门窗、屋顶；门机联锁；

——警示标识：出入口、使用场地周围

——监测：辐射与污染、实时（+辐射声光）、定期、个人

——人员配备：选择、培训

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

放射源应用中的辐射监测
核仪器仪表应用
GBZ 137-2002
含密封源仪表的卫生防护监测规范

- 含密封源强度测量型仪表，特点：通过探测有、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，如料位计、厚度计、密度计、湿度计、核子秤等。
- 源容器漏射线剂量当量率的检测
- 常规检验每年至少一次。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

核技术工业应用——安全防护标准

- GBZ125-2002 含密封源仪表的卫生防护标准
- GBZ137-2002 含密封源仪表的卫生防护监测规范
- GB14052-1993 安装在设备上的同位素仪表的辐射安全性能要求
- EJ661-1992 钋-210静电消除器
- EJT684-1992 便携式源激发X射线荧光分析仪
- EJT767-1993 放射源激发的X射线荧光分析仪
- EJT784-1993 核子皮带秤
- EJT904-1994 单光子骨矿物密度测定仪
- EJT1078-1998 γ辐射煤灰分测量仪
- EJT1100-1999 X射线荧光测井仪
- GBZ115-2002X 射线衍射仪和荧光分析仪防护标准
- GBZ122-2006 离子感烟火灾探测器放射防护标准
- GBZ174-2006 含发光涂料仪表放射卫生防护标准
- GB/T 15636-2008电离辐射厚度计
- GB/T 13980-2008电离辐射密度计
- GB/T 11923-2008电离辐射物位计
- GBT 7352-2008利用电离辐射源的电测量系统和仪表

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

工业探伤——安全防护标准

- GBZ117-2006工业X射线探伤放射卫生防护标准
- GBZ132-2002工业γ射线探伤卫生防护标准
- GBZ175-2006 γ射线工业CT放射卫生防护标准
- GBZT150-2002工业X射线探伤卫生防护监测规范
- GBT14058-2008γ射线探伤机

Argon Argon Argon Argon Argon

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

测井应用——安全防护标准

- EJT583-1991 轻便型γ测井仪
- EJT611-1991 γ测井规范
- GBZ118-2002油(气)田非密封型放射源测井卫生防护标准
- GBZ142-2002油(气)田测井用密封型放射源卫生防护标准
- SY6501-2000 浅海石油作业放射性及爆炸物品安全规程
- SY 5131-2008 石油放射性测井辐射防护安全规程
- SYT5327-1999 放射性核素载体法示踪测井

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

射线检查——安全防护标准

- GB12664-90便携式X射线安全检查设备技术条件
- GB19211-2003 辐射型集装箱检查系统
- GBZ127-2002X射线行李包检查系统卫生防护标准
- GBZ143-2002集装箱检查系统放射卫生防护标准
- GBZ177-2006便携式X射线检查系统放射卫生防护标准
- 辐射环境监测技术规范
  放射性同位素和射线装置应用
  HJ-T 61-2001
- **X射线衍射仪和荧光分析仪卫生防护标准**
  GBZ 115-2002

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

工作场所要求

- 屏蔽：公众；操作间与探伤室分开；采用迷路形式；防护门（同等屏蔽能力，门缝搭接）；观察窗同等屏蔽能力；
- 安全装置：控制台上应有工作信号、源位置显示、联锁装置和紧急终止照射开关（此时源能自动回复到安全状态）；固定式辐射水平监测仪；个人剂量报警仪；安全标志与警戒（特别是野外作业时）；通风
- 应急准备：沙袋，工形铅砖，长柄工具
- 专业人员设计

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

辐射监测

- 个人剂量
- 使用个人剂量报警仪
- 源返回安全位置的监测确认，记录
- 源随探伤机送回库房的监测确认
- 源密封性检查
- 定期环境监测

ergodi

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

安全操作程序指导-1、人员与设备要求

- 人员：培训与体检，阅读和询问与本工作有关的安全问题，明确并研讨应所承担的责任，背诵操作程序并只使用专门设备
- 设备：应在在专用容器内有适用的放射源、导管、控制缆芯、准直器、屏障、警告标志、应急工具箱等约15种设备到齐后才能进行探伤

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

安全操作程序指导-2、照相准备；3、现场准备

- 照相拍摄准备
- 现场准备：总要求是物质、人员、信息沟通完备。具体准备包括：源、照相布置、清理环境并试照相、

Aergodi

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

安全操作程序指导-4、照相；5、照相完毕清理现场；6、对容器及附属设备的检查和记录；7、故障处理

- 每次照相后要用剂量率仪检查从准直器至源容器的导管，最后检查源容器旁的剂量率，确认源返回源容器
- 千万注意：任何故障都要向主管领导报告
- 千万注意：任何情况下都不允许手或身体其它部位接触放射源。
- 可参考：“放射性和辐射的安全使用”一书的P127~132

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

GBZ 135-2002 ,密封γ放射源容器卫生防护标准

涉及，放射性物质运输，γ射线探伤，医用γ射线远距治疗设备，要求放射源容器的结构、材料、质量和体积的设计，必须依装载放射源种类、活度、射线能量、运输方式、包装等级和泄漏辐射水平等内容综合考虑。

表1　　密封γ放射源容器1）外表面辐射水平2）

核素容量（活度），Bq	运输方式	运输等级	容器外表面任一点的空气比释动能率（K），mGy h^{-1}
7×10^{4}～4×10^{7}	常规运输	I	K≤0.005
4×10^{7}～4×10^{10}	常规运输	II	0.005<K≤0.5
4×10^{10}～4×10^{13}	常规运输	III	0.5<K≤2. 0
4×10^{13}～2×10^{15}	专载运输	III	2.0<K≤10

1)表中容量仅指装载放射性核素为^{60}Co时的铅制源容器。若换装^{137}Cs或^{192}Ir时，其活度容量分别乘以系数2或3。

2）表中所列型号以外的特殊容器的外表面辐射水平限值，K≤10 mGy·h^{-1}

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

放射源容器其它要求

- 活度小于4×10^{12}Bq和能量在0.5MeV以下的γ放射源容器应采用铅、铁作为屏蔽防护材料。活度大于4×10^{12}Bq和能量在0.5MeV以上的密封γ放射源容器的材料应以铅、铁为主，辅以适当厚度的钨和贫铀或其合金作为防护层。
  密封γ放射源容器的提吊部件满足提吊要求。
  有双层封盖，容易开启，而且能锁。
  密封γ放射源容器的表面应光滑、平整、无凹陷，防止集水、积水，并且无锈蚀、易去污。
  活度大于4×10^{15}Bq以上的高活度密封γ放射源容器外面应设外壳或护栏，防止热辐射接触烫伤。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

含密封源检测仪表的放射防护性能检测项目

项 目	型式检验		出厂检验 验收检验	常规检验
	投产前	投产后		
源容器的结构和工作状态指示	✓	✓	直观检验	直观检验
源闸耐力	✓	循环操作10次	循环操作10次	循环操作10次
源容器适用的最高、最低温度	✓	在设计、工艺或材料有重大改变时	×	×
源容器抗火能力	✓	同上	×	×
源容器的标牌	✓	✓	✓	✓
仪表的随机文件	✓	×	✓	×
源容器的安装场所	×	×	✓	✓
源在贮存位置时源容器的漏射线	✓	✓	✓	✓
源在工作位置时源容器漏射线和2.5μSv/h剂量区	✓	✓	✓	✓
密封源泄漏	✓	✓	查验合格证	必要时

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

GBZ 137-2002,

含密封源仪表的防护监测规范

源容器漏射线剂量当量率的检测-1

常规检验每年至少一次

1、检测仪器

选取适合待测射线的辐射类型、能量和辐射水平的仪器。仪器应符合下列要求：基本误差≤±15%；相应待测辐射的能量响应系数为1.0±0.4；最低可读出的辐射剂量当量率应为1×10-1μSv/h。

2、检测条件

关闭源容器的源闸。检验场所应宽阔无杂物，除待检源容器外，场所固有辐射水平为一般环境本底水平。

型式检验和验收检验时源容器内装密封源活度应为额定活度值。

3、检测点

按GBZ 125第7.3.3条确定。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

源容器漏射线剂量当量率的检测-2

检测程序

a)检测前准备：核查仪器工作电源指示。查验仪器自校源的指示值。调整仪器“零点”，选择适合待测辐射的探测器窗，在远离待检测源的场所查验并测读仪器“本底读数值”。

b)测读：

——分别于距离密封源容器外表面5cm和100cm处测量。相应距离应为剂量检测仪器探测器灵敏体积中心到相应表面的距离。距外表面5cm处的测量，所记录的剂量当量率指的是10cm2面积上的读数平均值；距外表面100cm处剂量当量率的测量，指的是100cm2面积上的读数平均值。对于距离密封源容器外表面5cm处的测试，当探测器的几何中心不能达到待测位置时，可将探测器贴近相应表面进行近似测量。

——对于中子源检测仪表的检测应当用中子和γ辐射仪分别进行，其剂量当量率必须是中子和伴随γ辐射剂量当量率之和。

——检测时仪器量程由大到小调节，使读出值处于满量程的0.2～0.8之间。读数应在大于仪器响应时间后读取稳定数值，按要求逐点测读。每点读取4个以上数值。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

安装场所的辐射水平检测

常规检验每年至少一次。

检测仪器

——最低可读出的辐射剂量当量率应为1×10^{-2}μSv/h

检测条件

——在密封源源闸关闭和开启状态下分别进行测量。对透射仪表可在无待测物条件下检测；对散射式仪表，应在有待测物的条件下检测。

检测点

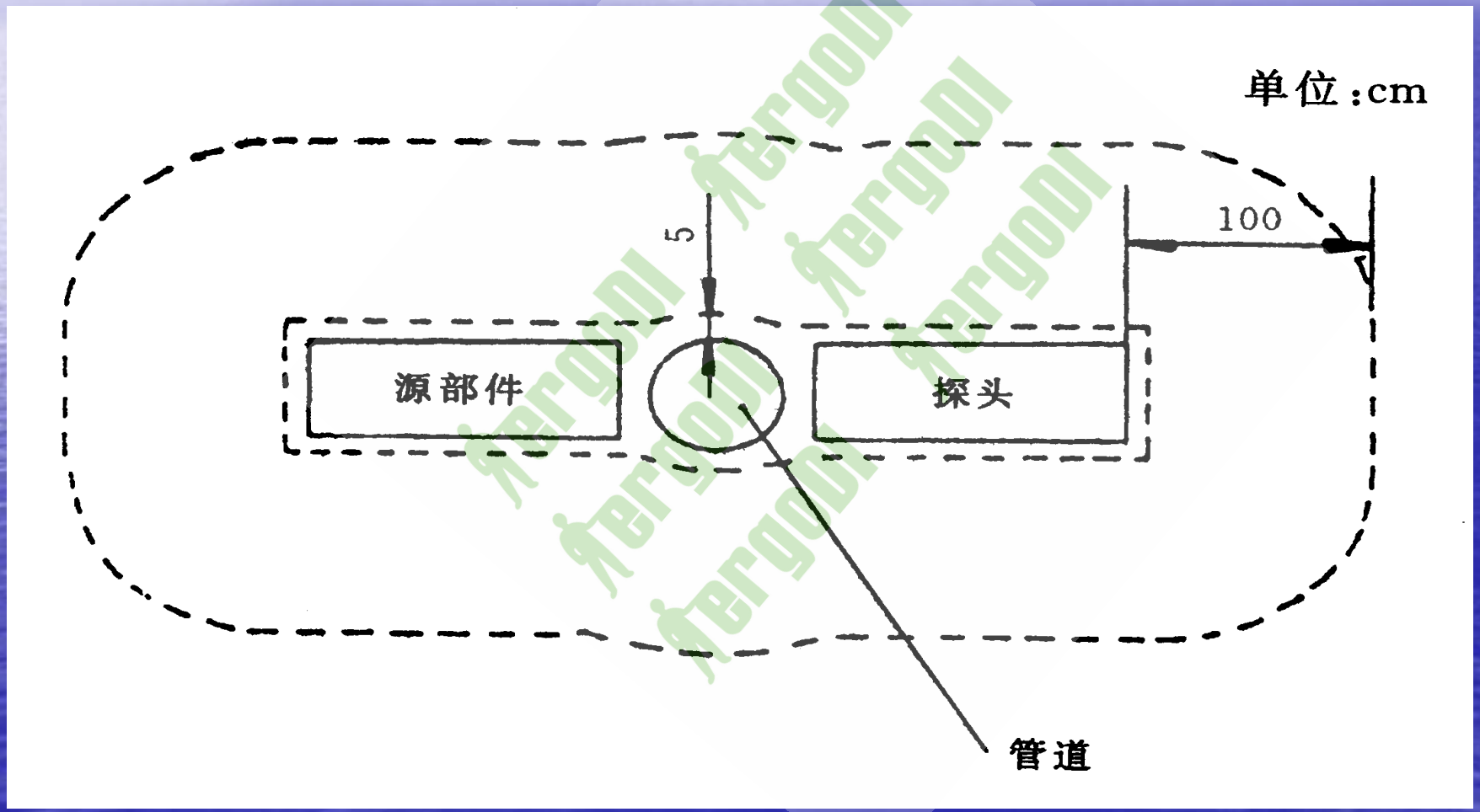
——检测点包括：距附录A（规范性附录）所示边界外表面5cm和100cm处各点；预计剂量较高的位置；人员停留时间较长的位置；仪表所在室内有代表性的点。仪表所在室内一般至少设5个点，即室中央、四角分别设点。测量时探测器应位于距地面1m高处。在人员工作的位置上，剂量当量率大于25μSv/h时，应分别对相应人员的眼、胸、性腺、手等部位进行测量。

检测程序

——同源容器监测

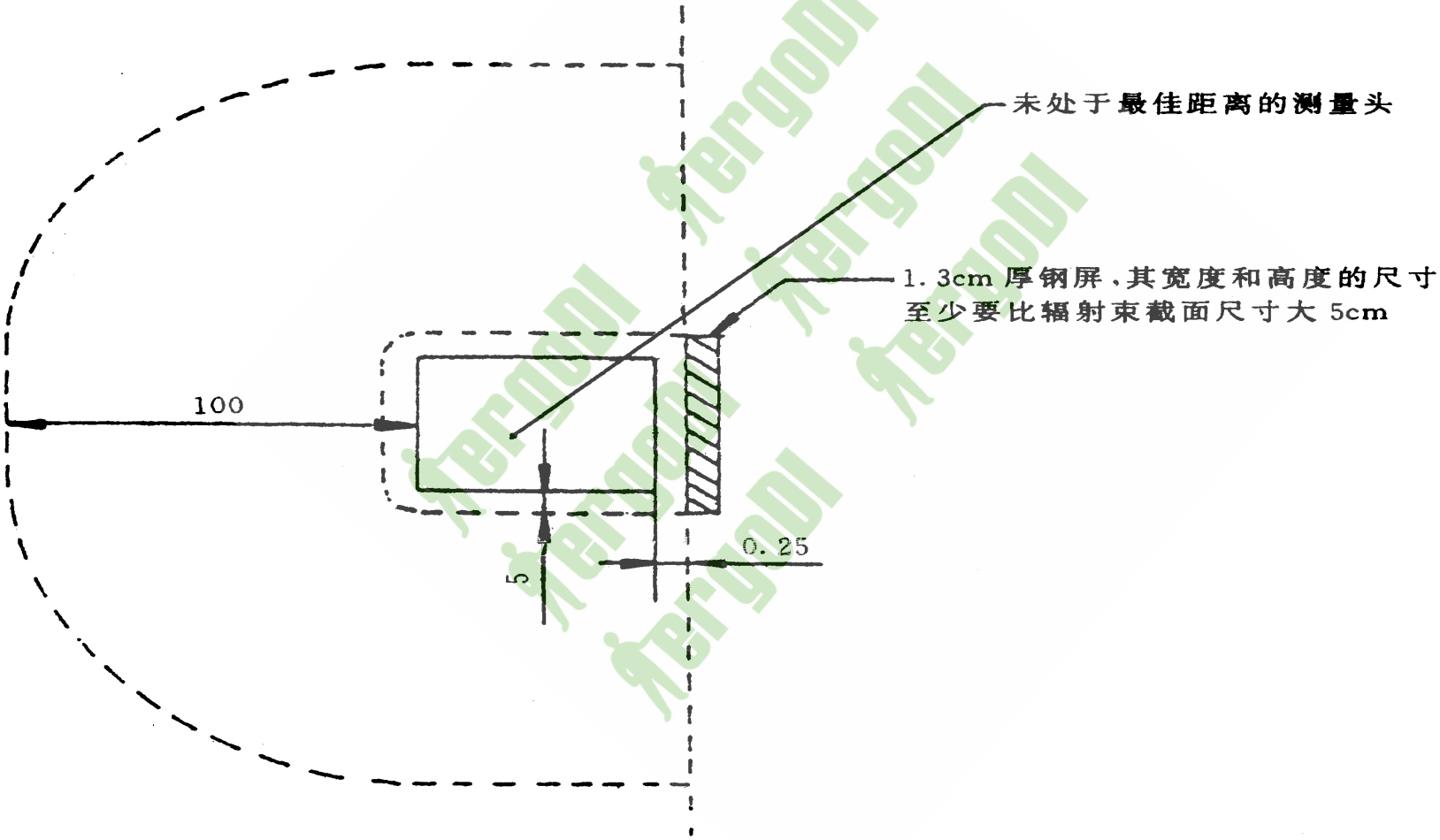
上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

密度计源容器外围的剂量当量率测量区示意图



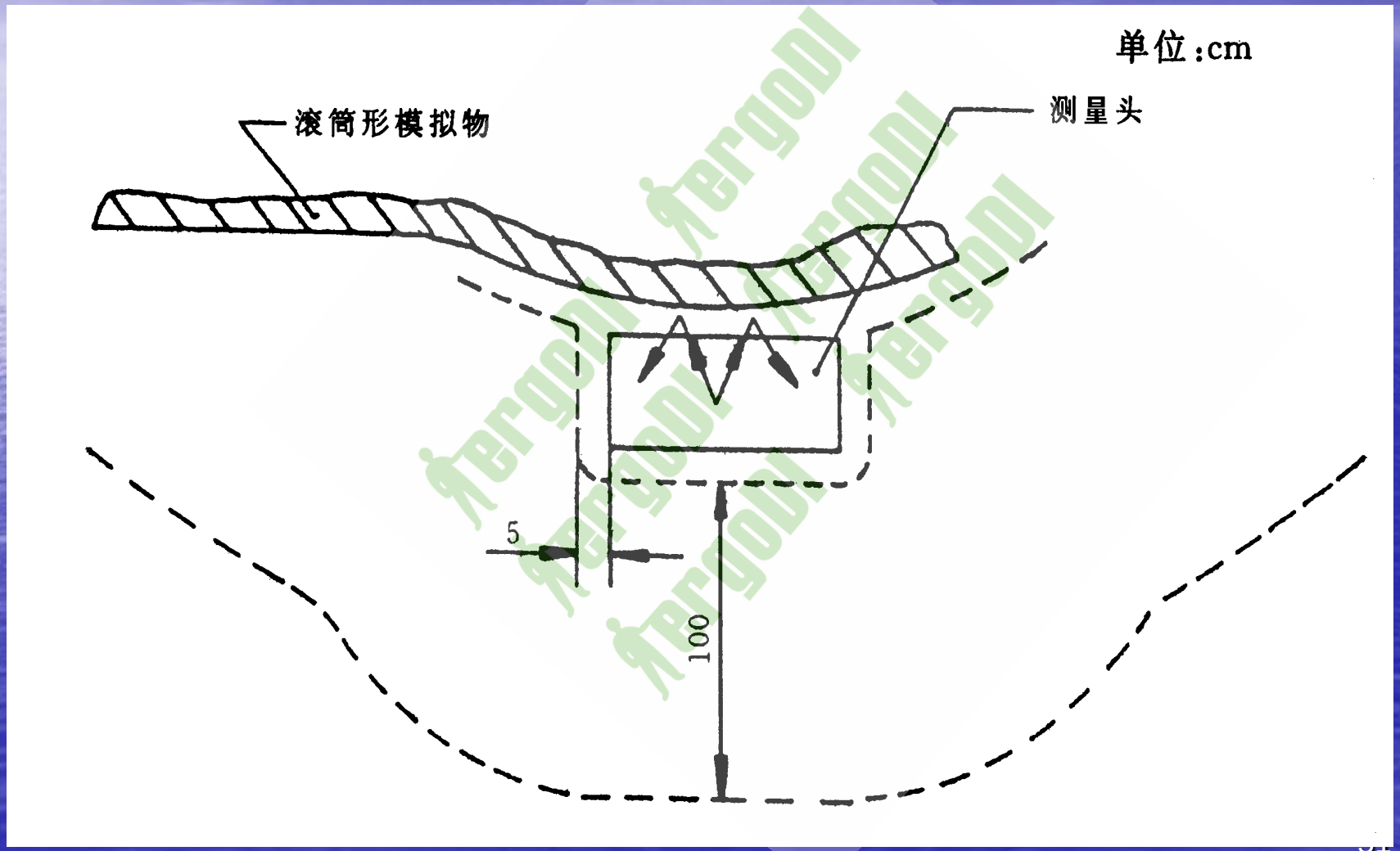
上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

料位计源容器外围的剂量当量率测量区示意图



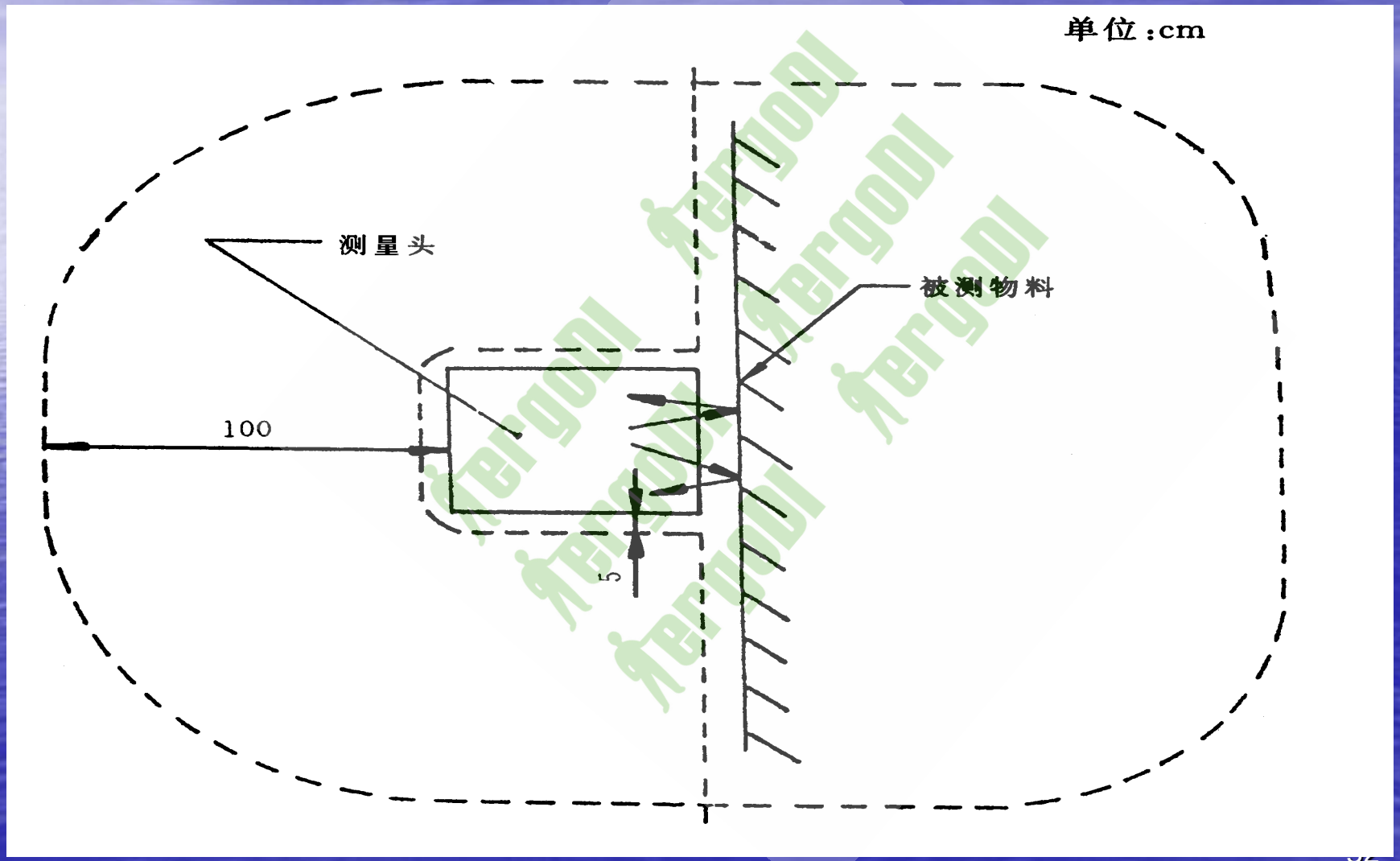
上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

β、γ反散射式测量仪表外围的剂量当量率测量区示意图



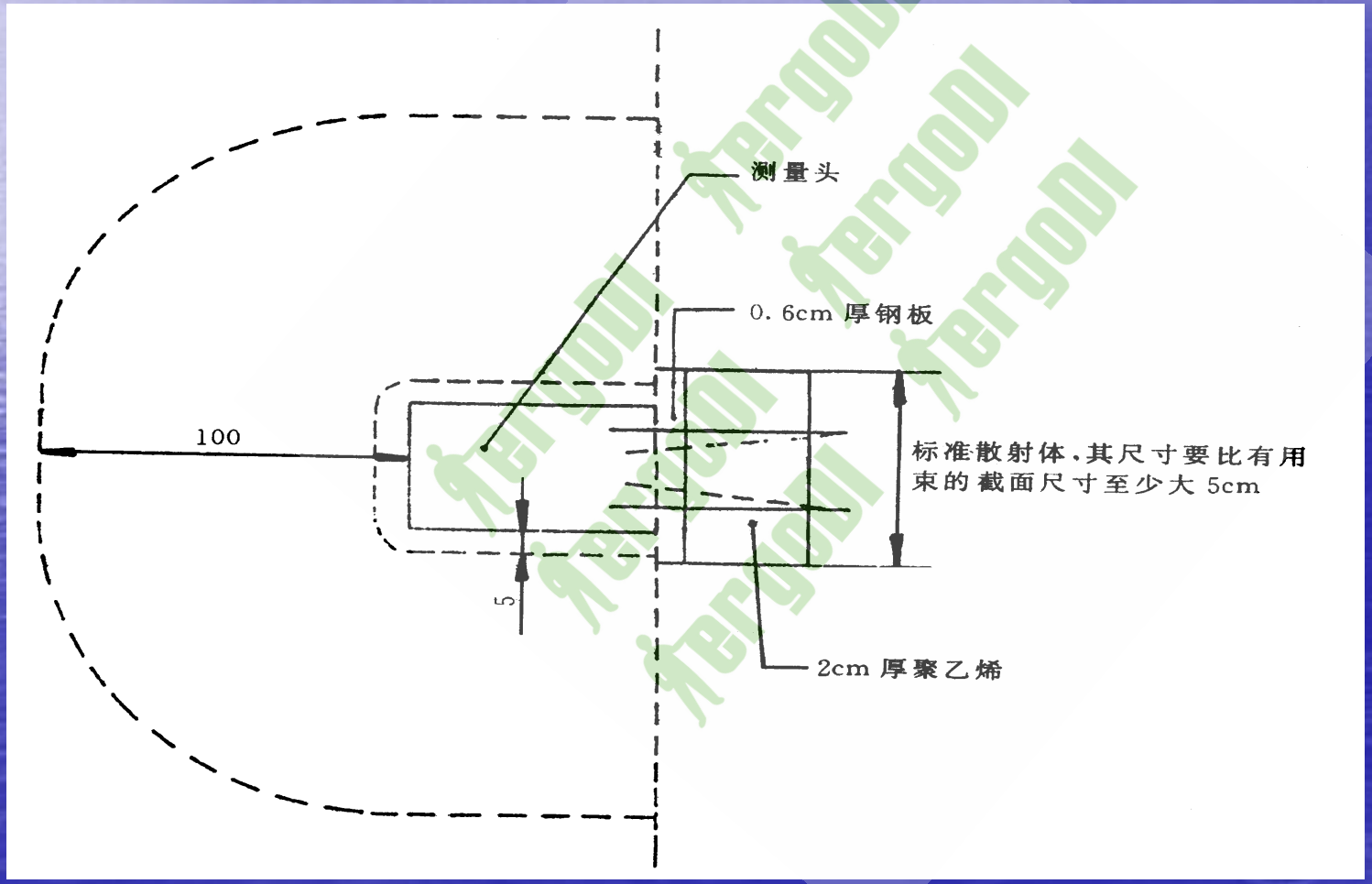
上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

表面反散射式测量仪表外围的剂量当量率测量区示意图



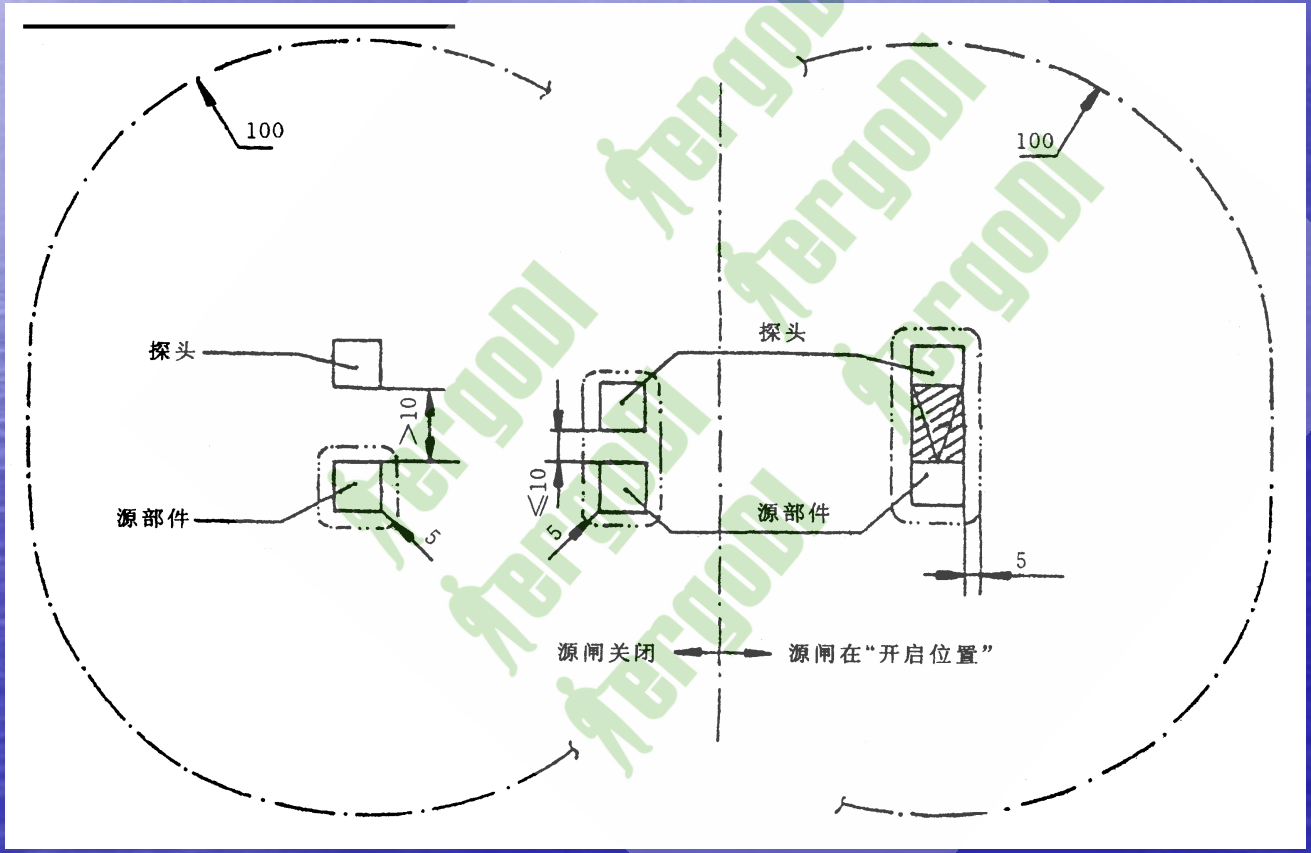
上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

反散射式中子测量仪表外围的剂量当量率测量区示意图



上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

透射式检测仪表探头与源容器相邻表面之间的距离小于、等于或大于10cm时，源闸“开”或“关”状态下，源容器外围的剂量当量率测量区等距离轮廓线示意图



图A6 等距离轮廓线示意图

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

安装场所的辐射水平检测

- 检测仪器
  最低可读出的辐射剂量当量率应为1×10^{-2}μSv/h。
- 检测条件
  在密封源源闸关闭和开启状态下分别进行测量。对透射仪表可在无待测物条件下检测；对散射式仪表，应在有待测物的条件下检测。
- 检测点
  检测点包括：A、距核仪表边界外表面5cm和100cm处各点；B、预计剂量较高的位置；C、人员停留时间较长的位置；D、仪表所在室内有代表性的点。仪表所在室内一般至少设5个点，即室中央、四角分别设点。
- 测量时探测器应位于距地面1m高处。在人员工作的位置上，剂量当量率大于25μSv/h时，应分别对相应人员的眼、胸、性腺、手等部位进行测量。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

表面污染监测

- 检验方法
  换源时可擦拭源容器内腔表面。
  使用中定期检验应擦拭源的密封性能意外发生问题时最可能污染的源容器外围区域。擦拭面积应不小于10cm×10cm。擦拭时应从左至右或由上而下按顺序进行。拭样用实验室测定仪器测量。仪器的探测下限不大于2Bq（95%置信度）。可分别测总α或总β表面污染。
- 评价与处理
  当拭样的放射性污染大于20Bq时，应怀疑密封源有泄漏，需按GB4075中规定的方法由有资格的单位进一步检验。
  当测出的污染大于185Bq时，密封源不能继续使用，需申请报废，更换新源，并采取防止放射性污染扩散的措施。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

GBZ 125-2002含密封源仪表的卫生防护标准

对于发射α、低能β、低能X射线的密封源，距核仪表边界外5cm处的剂量当量率应小于2.5μSv/h。

此外，核仪表在不同场所使用时，距仪表边界外5cm和100cm处的剂量当量率应满足要求

检测仪表的使用场所	距边界外下列距离处的剂量当量率*H*控制值，μSv/h	
	5cm	100cm
对人员的活动范围不限制	$H<2.5$	$H<0.25$
在距源容器的1m区域内很少有人停留	$2.5\leq H<25$	$0.25\leq H<2.5$
距源容器外表面3m的区域内不可能有人进入，或工作场所划出了监督区和非限制区	$25\leq H<250$	$2.5\leq H<25$
只能在特定的放射工作场所使用，并按控制区、监督区、非限制区分区管理	$250\leq H<1000$	$25\leq H<100$

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

Ⅲ--Ⅴ类源

- 料（液）位计、核子秤、测厚仪等
- 使用场所固定
- 测量（工作与贮存状态）

  ——设备表面辐射水平（最大值）；

  ——离源**0.3**、**0.5**、**1.0**、**2.0**、**5.0m**处

  ——隔离体（室、围栏）周边、门口、窗户处
- 室外、使用场所不固定
- 测量（工作与贮存状态）

  ——设备表面辐射水平（最大值）；

  ——离源**0.3**、**0.5**、**1.0**、**2.0**、**5.0**、**10.0m**处

  ——隔离体（室、围栏）周边、门口、窗户处

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

失控（丢失、被盗或违规处置）源进入环境后；

- 监测步骤如下：调查原因与过程，初步确定失控源的可能去向；了解源的种类、强度、包装等情况；根据源的核素种类、活度、射线类别、包装或埋深、所处的可疑位置及可要求的探测限等确定监测方案，选择监测仪器；源被找到并取走后，对失控源所处位置的附近进行仔细监测，确认无残留放射源；根据情况，对失控源破损造成土壤、水体等环境污染时，除进行污染水平监测外，对去污后的环境质量进行监测，达到审管部门的管理限值要求。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

GB/T 14058γ探伤

按GB/T 14058γ探伤机工作贮源器的辐射水平限制

各类γ探伤机工作贮源器的辐射水平限制

类　别	辐射的空气比释动能率K，mGy．h^{-1}		
	容器外表面	距容器外表面5cm处	距容器外表面100cm处
手提式	2	<0.5	<0.02
移动式	2	<1	<0.05
固定式	2	<1	<0.10

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

工业探伤（工业CT）监测一般原则

- ——室内

A、出源状态（没有探伤物件）：探伤室墙外表面（30cm），探伤室墙外10m范围内，门口（防护门开启与关闭，注意上下左右），控制室；

B、源在安全位置：探伤机表面剂量最大点，探伤室内（测量给出剂量分布梯度，离源50cm、80cm处，迷道口），门口，控制室

- ——库房：库内剂量分布，门口
- ——室外

A、确定探伤机的合格性

B、划出2.5uSv/h的警区

C、确定0.25uSv/h的区域

D、测定工作人员经常停留点辐射水平

E、探伤机存放室门口和墙外的辐射水平

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

γ探伤，一般要求和监测方法

- 距探伤室屋顶外1m处剂量当量率不得超过2.5μSv/h，其它墙体及防护门表面30cm处剂量当量率不得超过2.5μSv/h，设计建造探伤室时，应满足对职业人员的年剂量约束限值在6mSv以内。
- γ射线剂量当量率在控制区的边界不得超过15μSv/h，监督区边界剂量当量率不得超过2.5μSv/h。
- 源库或暂存设施任意外表面30cm处剂量当量率不得超过2.5μSv/h。
- γ射线探伤单位的监测应按以下要求进行。

  监测仪器

  使用监测仪器为经检定的 X-γ辐射剂量率仪，该仪器量程应包含100 nSv/h ~1 Sv/h范围，能量响应范围应包含100keV~3MeV。

  使用数字显示个人剂量报警仪的，其显示数字应能精确到0.1uSv，量程和能量响应范围同X-γ辐射剂量率仪。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

固定式γ射线探伤监测方法

- 1 放射源处于贮存状态时，测量探伤机任意可达表面5cm处和1m处剂量率；
- 2 放射源处于工作状态时，除在各主要屏蔽体外巡测外，还应重点监测以下点位：
  a）探伤室各墙面至少选取3个代表性的监测点；
  b）防护门外表面30cm离地面高度1m处，监测门缝四周并顾及门的左、中、右部位3个代表性的监测点；
  c）人员可以到达的探伤室屋顶上方1m处，至少包括主射束到达范围的5个监测点；
  d）控制室、工作人员办公室，周围环境4~6个点位和公众敏感点。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

移动式γ探伤监测方法

- 1、放射源处于贮存状态时，测量探伤机表面5cm处和1m处剂量率；
- 2、放射源处于工作状态时，在控制区和监督区边界各个方向巡测，读取最大值，并选取周围环境和公众敏感区域4~6个点位进行监测。

3、监测以对警戒区域或屏蔽设施的边界巡测为主，同时顾及屏蔽设施外表面代表点位的漏射线剂量（率）

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

控制区（监督区）距离的估算

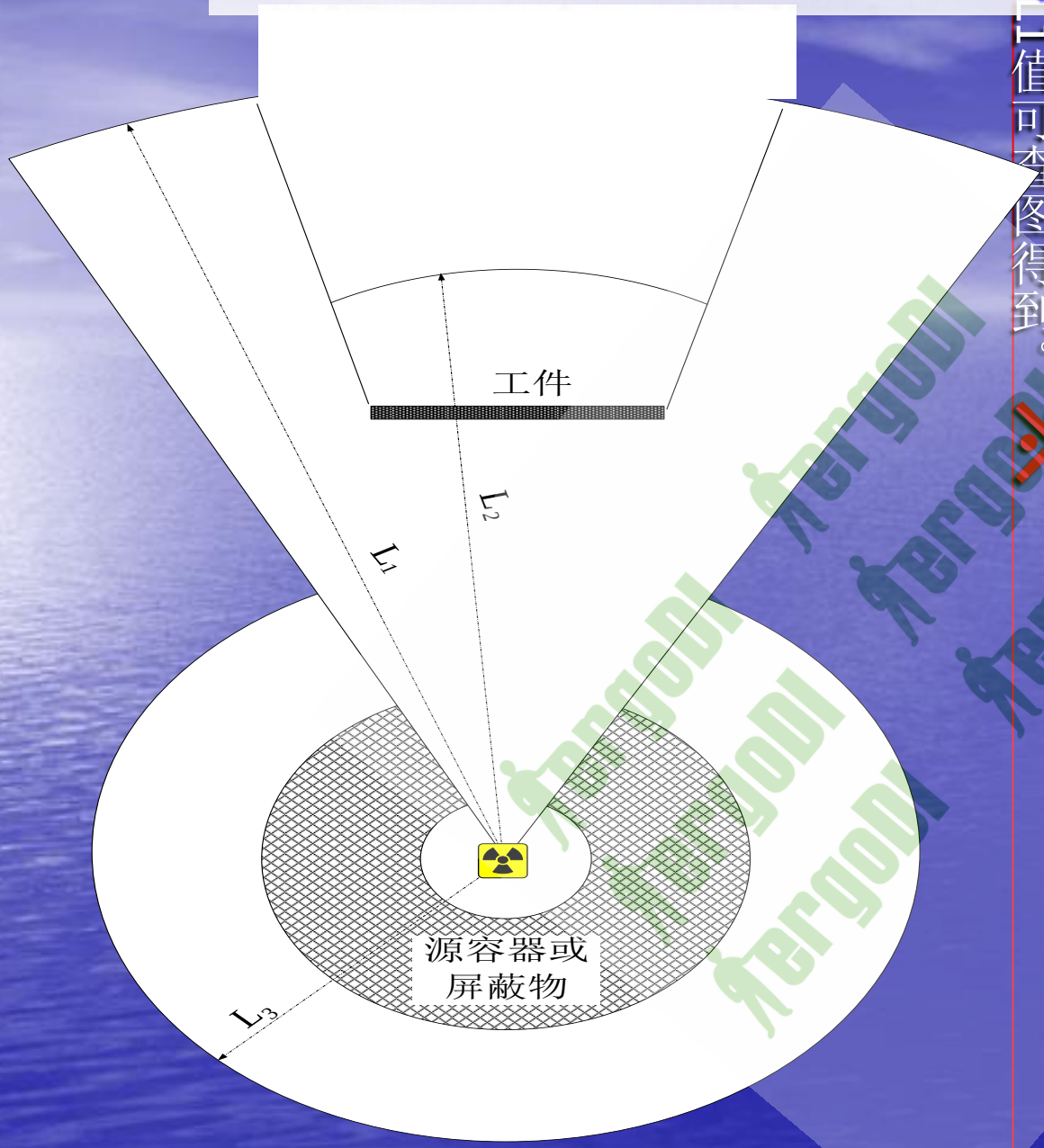
控制区（监督区）距离按各方向γ射线的照射情况分为三类，

A、存在屏蔽体时控制区（监督区）边界示意

B、L1为无遮挡时的控制区（监督区）距离；L2为经工件屏蔽后的控制区（监督区）距离；

L3为源容器或其它屏蔽物后的控制区（监督区）距离。

C、移动探伤时，根据探伤机所用密封源的现有活度，控制区边界的剂量当量率为15μSv/h时估算的L1值可查图得到，监督区边界的剂量当量率为2.5μSv/h时估算的L1值可查图得到。



上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

控制区（监督区）距离的估算和确定——详见探伤标准

- D.1 控制区（监督区）距离按各方向γ射线的照射情况分为三类，如图D.1所示。
  图D.1 存在屏蔽体时控制区（监督区）边界示意
  D.2 L1为无遮挡时的控制区（监督区）距离；L2为经工件屏蔽后的控制区（监督区）距离；L3为源容器或或其它屏蔽物后的控制区（监督区）距离。
  D.3 移动探伤时，根据探伤机所用密封源的现有活度，控制区边界的剂量当量率为（40μSv/h ）15μSv/h时估算的L1值可查图D.2得到，监督区边界的剂量当量率为2.5μSv/h时估算的L1值可查图D.3得到

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

GBZ/T 150-2002
工业X射线探伤卫生防护监测规范

- ——监测仪器

1 监测仪器检定

用于工业X射线探伤装置放射防护监测的仪器，每年至少由法定计量部门检定一次，并取得合格使用证明书。有效期内的监测仪器经可能涉及计量刻度的重大维修后，必须重新进行检定。

2 监测仪器性能要求

用于监测散漏辐射的仪器应具备下列主要性能：

a)最小量程0～10μGy·h－1；

b)能量响应30～500keV±30%；

c)读数响应时间小于15s。

- ——监测记录与报告

工业X射线探伤的放射卫生防护监测，应按附录A（资料性附录）给出原始记录，并按附录B（资料性附录）出具监测报告。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

泄漏辐射空气比释动能率的监测

——监测环境

试验室应无其它电离辐射的干扰。在进行监测时X射线管应距墙壁2m以上，距焦点2m以内不应有其它散射体。

—— 监测方法

X射线管出束口用10个半值层的铅罩严密覆盖，在额定管电压、管电流照射条件下监测。辐射探测器（电离室）中心与X射线管焦点之间的距离为1m。

——结果评价

根据GBZ 117的要求X射线探伤装置在额定工作条件下，距X射线管焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率应符合要求。

管电压，kV	泄漏射线空气比释动能率，$mGy \cdot h^{-1}$
＜150	＜1
150～200	＜2.5
＞200	＜5

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

探伤室周围辐射水平的监测

- 1 环境辐射水平巡测

巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定。例如，无顶或薄顶探伤室，如需向上照射时，应巡测距离探伤室墙不同距离处的辐射水平分布。无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门上、门四周的辐射水平。设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

- .2 定点监测

a) 通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外5cm离地面高度为1m处，测门的左、中、右侧3个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外5cm离地面高度为1m处，每个墙面至少测2个点；

d) 人员经常活动的位置。

- 3 结果评价

探伤室周围非放射工作人员居留侧辐射水平应不大于2.5μGy·h－1。放射工作人员居留侧辐射水平应不大于25μGy·h－1。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

现场探伤作业场所的监测- X射线探伤

- 划区监测

  A、使用移动式或便携式X射线探伤装置进行现场探伤时，都必须根据 GBZ 117的要求，通过巡测划出控制区和管理区，并设置明显的标志或声、光报警装置。

  B、当X射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

- 结果评价

  应将被检物体周围场所的空气比释动能率在40μGy·h^{-1}以上的区域划为控制区，控制区边界外空气比释动能率4μGy·h^{-1}以上的区域划为管理区。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

泄漏射线空气比释动能率测试位置示意图

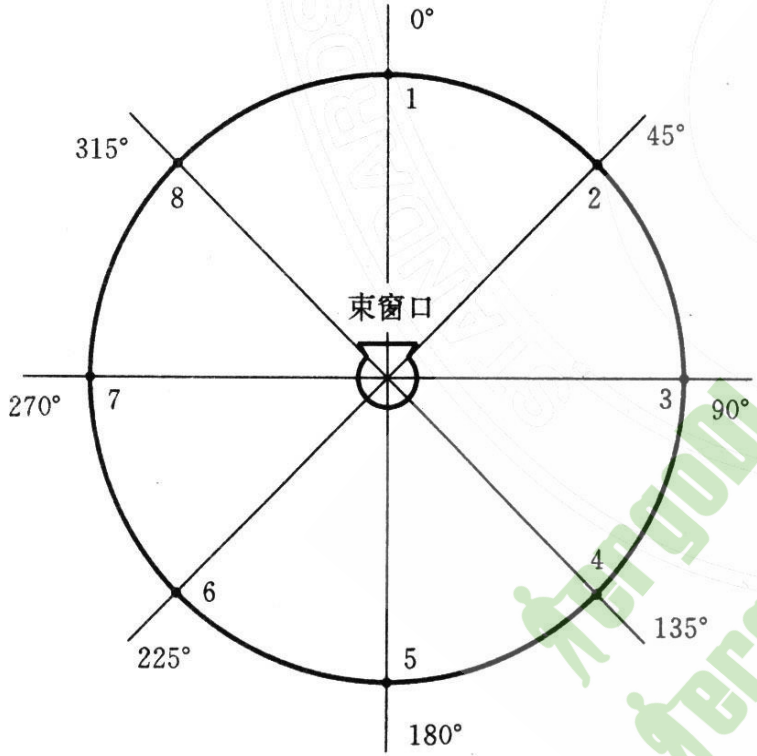


图 B1　与 X 射线管轴垂直的测试平面

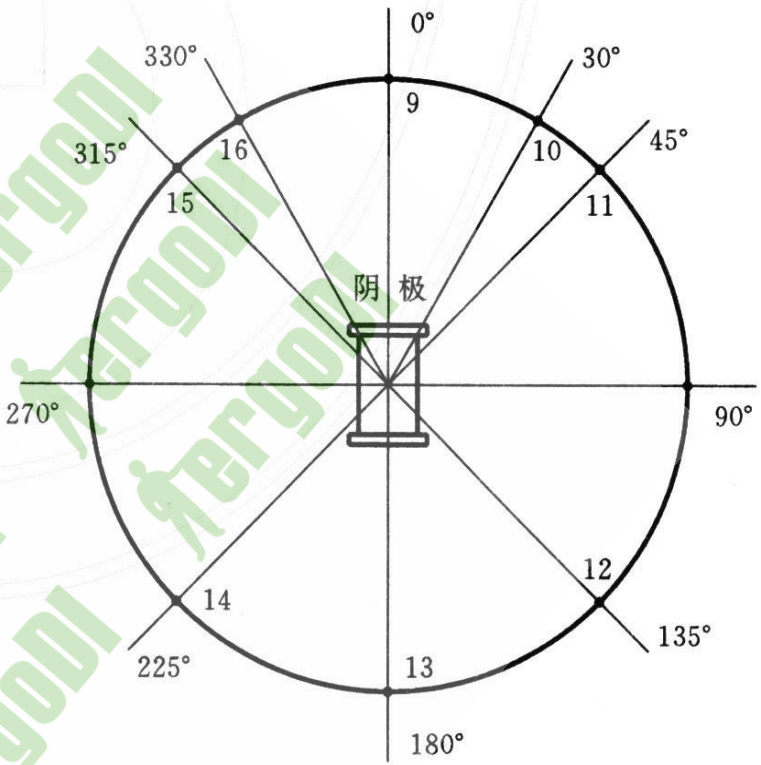


图 B2　与 X 射线管轴平行的测试平面

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

射线装置应用中的辐射监测

加速器，X射线机：

HJ-T 61-2001辐射环境监测技术规范
放射性同位素和射线装置应用，

- 应用粒子加速器监测项目：运行前，屏蔽墙外辐射水平，循环冷却水总β；运行中，运行前项目基础上加固体废物外表面剂量率。
- 应用X射线机（包括CT机）监测项目：运行前及运行中，对屏蔽墙外的X射线剂量率进行监测，累计剂量进行估算。

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

数据的记录、报告和测量估算

——必须详细记录，主要内容包括：

a.测量日期（年、月、日、时、分）；

b.测量者（对累积测量或连续测量而言剂量计或记录磁带、纸带的收取者），数据处理者（本人签名）；

c.测量仪的名称、型号和编号，检定与刻度证明文件等；

d.固定测点的编号，非固定测点的点位名称及地理特征描述；

e.测量的原始数据必须登记造册保存，数据的单位必须是仪表实际给出的剂量单位；

——对测量结果的不确定度必须做出估算，测定报告必须由有关人员和负责人复核、签署

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

18号令-3

- **第十八条** 辐射安全培训分为高级、中级和初级三个级别。

  从事下列活动的辐射工作人员，应当接受中级或者高级辐射安全培训：

  （一）生产、销售、使用Ⅰ类放射源的；

  （二）在甲级非密封放射性物质工作场所操作放射性同位素的；

  （三）使用Ⅰ类射线装置的；

  （四）使用伽玛射线移动探伤设备的。

  从事前款所列活动单位的辐射防护负责人，以及从事前款所列装置、设备和场所设计、安装、调试、倒源、维修以及其他与辐射安全相关技术服务活动的人员，应当接受中级或者高级辐射安全培训。

  本条第二款、第三款规定以外的其他辐射工作人员，应当接受初级辐射安全培训。

  第二十条 省级以上人民政府环境保护主管部门对从事辐射安全培训的单位进行评估，择优向社会推荐。

  环境保护部评估并推荐的单位可以开展高级、中级和初级辐射安全培训；省级人民政府环境保护主管部门评估并推荐的单位可以开展初级辐射安全培训

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

保安级别分类

各保安级别执行目标汇总

<table>
<tr><th>A级保安</th><th>B级保安</th><th>C级保安</th><th>D级保安</th></tr>
<tr><td colspan="4">视为有用资产的安全管理和保护</td></tr>
<tr><td colspan="3">阻止非法接近放射源</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">及时探测非法接近放射源</td><td colspan="2" rowspan="2">核查放射源是否在其指定位置</td></tr>
<tr><td colspan="2">及时探测非法获取放射源</td></tr>
<tr><td>延迟非法获取放射源直至可能的响应</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Mergoo

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

按照放射源分类法确定的保安级别

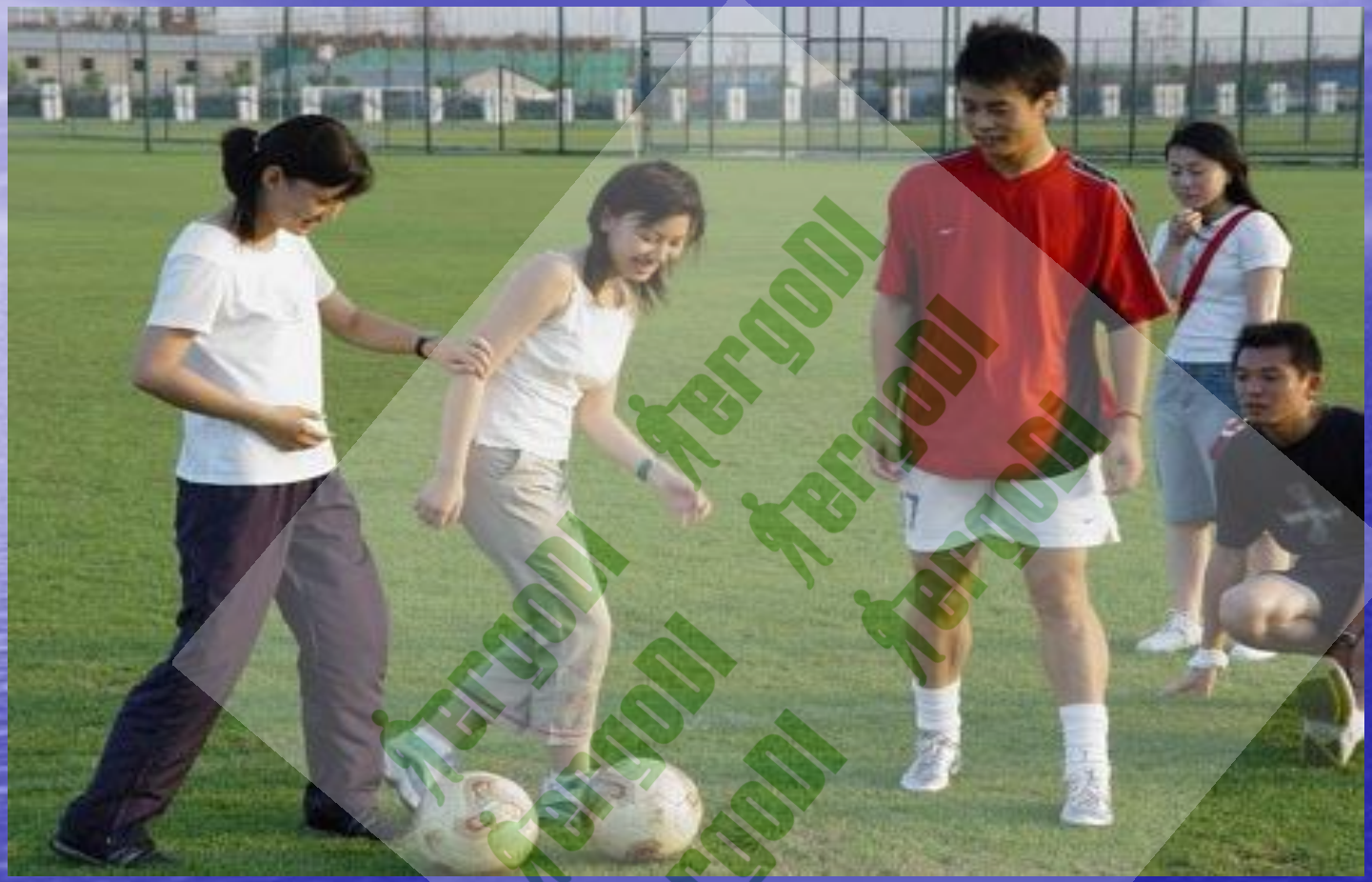
保安级别	放射源类别	实例
A	1	放射性同位素热电发生器（RTGs） 辐照装置 远程放射治疗仪 固定多束远距放射治疗仪（伽马刀）
B	2	工业放射照相 高/中剂量率短距放射治疗仪
	3	固定工业测量仪（例如物位计，挖泥机测量仪，传送带测量仪） 测井测量仪
C	4	低剂量率近距放射治疗仪（除了以下类型） 厚度/满料位测量仪 可携式测量仪（如：湿度计/密度计） 骨密度测量仪 静电消除器
D	5	低剂量率短距眼斑及永久植入源放射治疗仪 X射线荧光分析仪 电子俘获装置

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690

各类保安级别对应的保安措施

A级保安	B级保安	C级保安	D级保安
通用管理措施			
每日帐目	每周帐目	半年帐目	年报帐目
可及时探测擅自进入放射源地点的出入控制		放射源地点出入控制	无特别的预防措施 一般措施即可以保证放射源的安全使用，并视其为一种财产予以保护
提供的防范包括：			
用于隔离放射源和未经授权人员接近的两个技术防范措施	用于隔离放射源和未经授权人员接近的两个防范措施（一个技术措施）	用于隔离放射源和未经授权人员接近的一个技术防范措施	
特别的应急响应计划		一般应急响应计划	
背景审查			
保安计划			
信息安全			
威胁增加时保安级别升级			
提供及时的探测：			
遥控监视入侵报警；报警能及时响应	就地报警		

上海仁机仪器仪表有限公司-核检测仪器制造商-www.radtek.cn 021-61649690



谢 谢 ！