

辐射环境监管与监测

山东省辐射环境管理站

国家注册核安全工程师 徐继录

讲课内容：

- 一、 辐射环境安全监管机构介绍
- 二、 辐射安全监管的方式方法
- 三、 辐射环境监管的相关要求
- 四、 辐射环境监测及相关规定

一、辐射安全监管机构介绍

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定：

- 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。
- 县级以上地方人民政府环境保护主管部门和其他有关部门，按照职责分工和本条例的规定，对本行政区域内放射性同位素、射线装置的安全和防护工作实施监督管理。
- 国务院公安、卫生等部门按照职责分工和本条例的规定，对有关放射性同位素、射线装置的安全和防护工作实施监督管理。

《关于放射源安全监管部门职责分工的通知》规定：

环境保护部门职责：

- 放射性同位素与射线装置的生产、进出口、销售、使用、运输、贮存和废弃处置安全的统一监管；
- 制定和组织实施放射性同位素与射线装置安全的法律法规和技术标准；
- 建立并实施放射源登记管理制度；
- 核发辐射安全许可证；

- 放射性同位素与射线装置的生产、销售、使用、贮存和废弃处置领域从事辐射安全关键岗位工作的专业技术人员的资格管理；
- 辐照人员资格和培训管理；
- 辐射事故的应急、调查处理和定性定级；
- 协助公安部门监控追缴丢失、被盗的放射源；
- 放射性同位素与射线装置安全技术科学研究等。

卫生部门职责：

- 负责放射源的职业病危害评价管理工作；
- 负责放射源诊疗技术和医用辐射机构的准入管理；
- 参与放射源的放射性污染事故应急工作，负责放射源的放射性污染事故的医疗应急。

公安部门职责：

- 负责对放射源安全保卫和道路运输安全的监管；
- 负责丢失和被盜放射源的立案、侦查和追缴；
- 参与放射源的放射性污染事故应急工作。

商务部门职责：

- 会同环保部门(核安全主管部门)公布放射源进出口管理目录。

海关：

- 根据放射源进出口管理目录，验凭环保部门(核安全主管部门)核发的放射源安全许可证办理海关进出口手续。

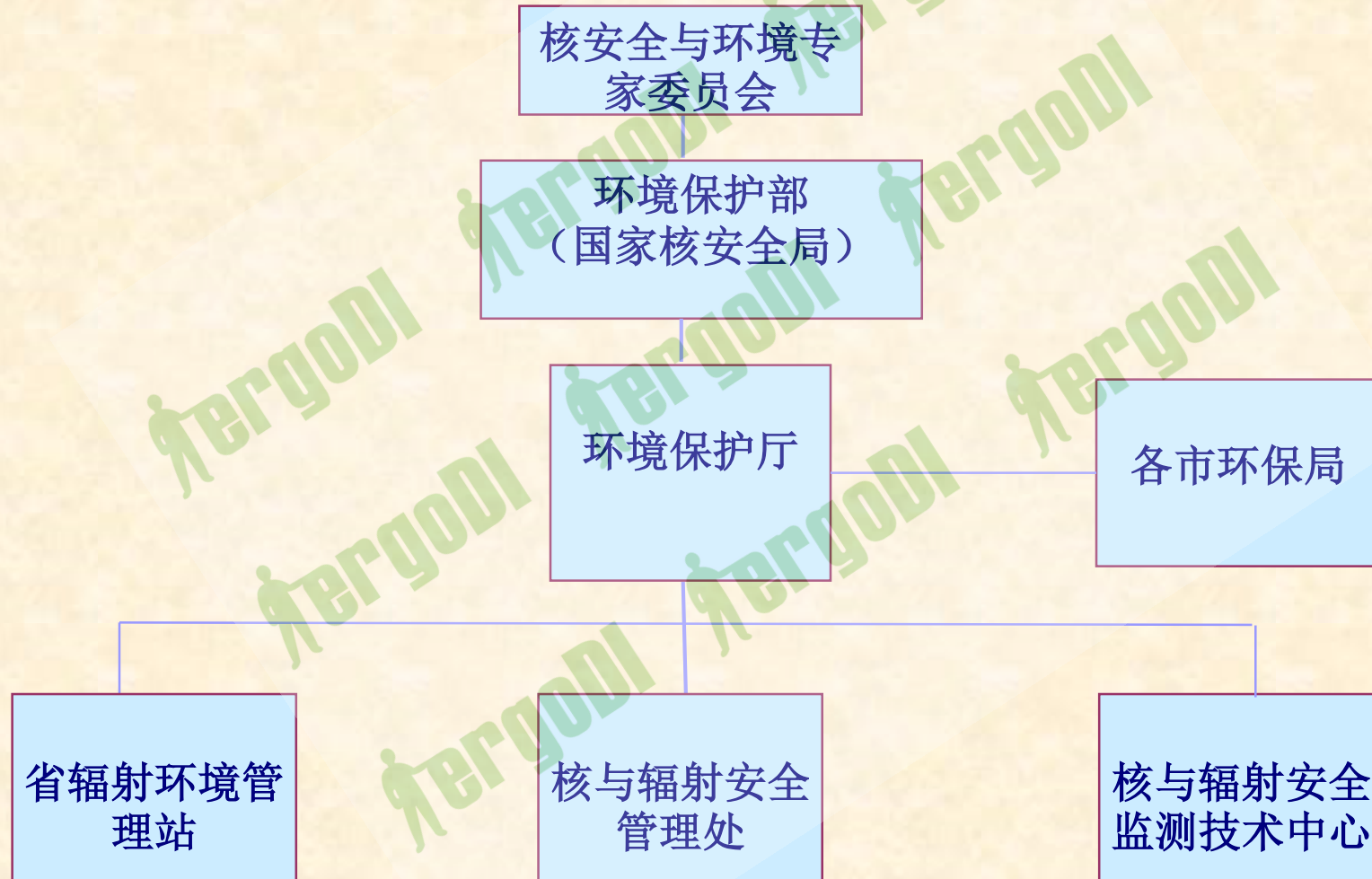
铁路、交通、民航部门职责：

- 分别负责放射源铁路、水路、航空运输和放射源铁路、公路、水路、民航运输单位及其运输工具、人员的安全监管。

邮政部门职责：

- 负责邮寄放射源的安全监督检查。

山东省核与辐射安全管理框架

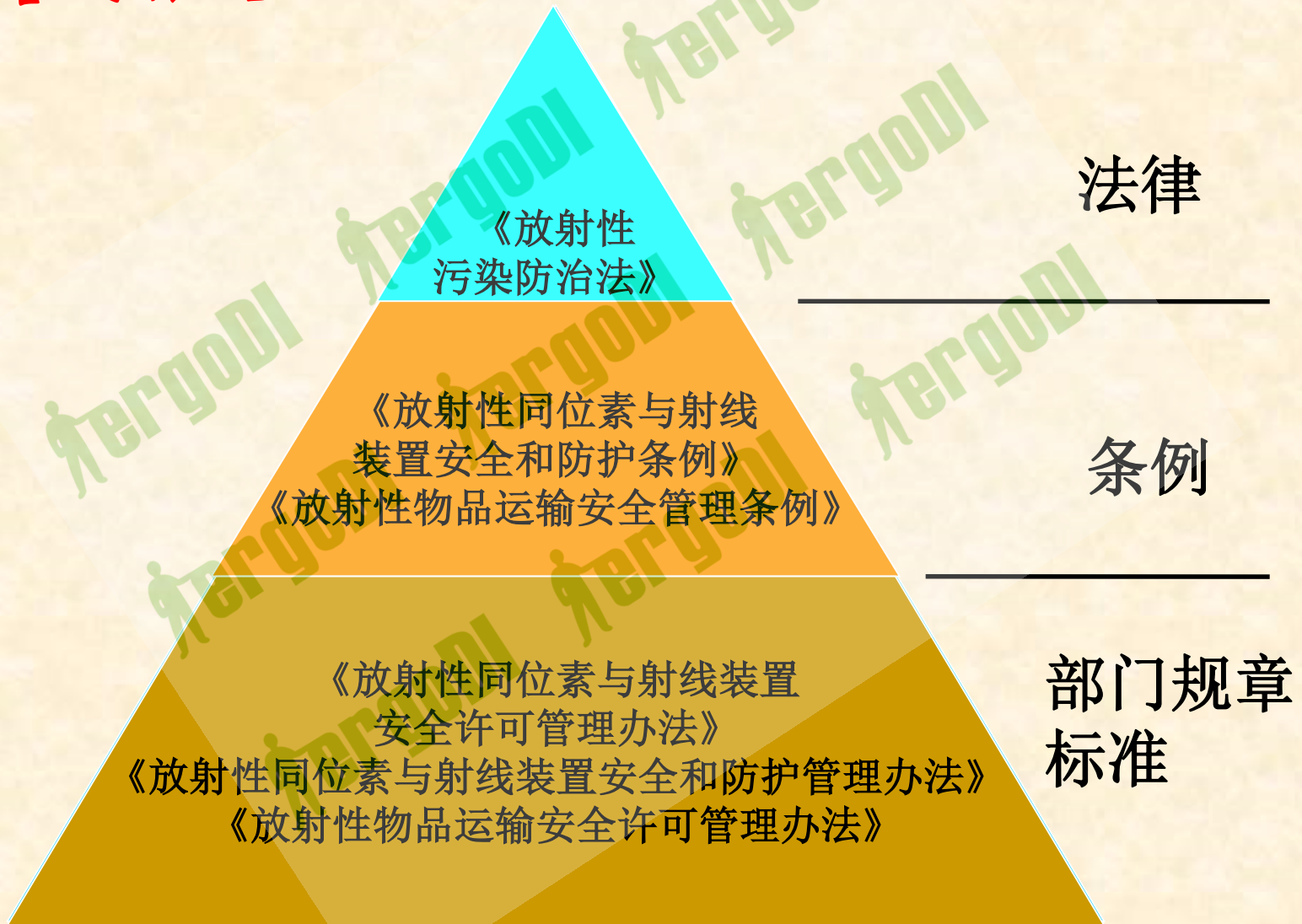


二、辐射安全监管的方式方法

1. 监管的目的

按照国家有关法规、标准到现场有针对性地核实辐射单位的辐射安全与防护设施有效性、核技术利用项目的人员配置合法性、项目运行的有关管理制度履行完好性。及早发现有关辐射安全与防护的过失或潜在危险，及时提出整改措施与建议，避免大的辐射事故发生，降低辐射工作对公众、社会和环境的影响。

2. 监管的依据



- 《中华人民共和国放射性污染防治法》
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》
- 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》
- 《放射性物品运输安全管理条例》
- 《关于发布放射源分类办法的公告》
- 《关于发布射线装置分类办法的公告》
- 《关于发布放射源编码规则的通知》
- 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》
- 《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》
- 《电离辐射防护与辐射安全基本标准》(GB 18871-2002)
- 其他相关法律、法规、标准及规范性文件

3. 监管的方式

(1) 放射性建设项目环境影响评价及其安全与防护设施的“三同时”监督检查；

(2) 许可证发放前的现场监督检查；

(3) 日常监督检查；

(4) 突发（包括举报）事件现场监督检查；

(5) 不定期的抽查式监督检查。

三、辐射环境监管的相关要求

- 1.对核技术利用项目单位的许可管理
- 2.对废旧放射源、放射性废物的管理
- 3.对放射性同位素运输的管理
- 4.常用放射源应用现场的管理
- 5.辐射事故的应急管理
- 6.对辐射工作从业人员的管理

（一）对核技术利用项目单位的许可管理

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2005年 31 号令）

辐射工作单位在申请领取许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。

环境影响报告书

- （一）生产放射性同位素的（制备PET用放射性药物的除外）；
- （二）使用 I 类放射源的（医疗使用的除外）；
- （三）销售（含建造）、使用 I 类射线装置的。

环境影响报告表:

- (一) 制备**PET**用放射性药物的;
- (二) 销售**I**类、**II**类、**III**类放射源的;
- (三) 医疗使用**I**类放射源的;
- (四) 使用**II**类、**III**类放射源的;
- (五) 生产、销售、使用**II**类射线装置的。

环境影响登记表:

- (一) 销售、使用**IV**类、**V**类放射源的;
- (二) 生产、销售、使用**III**类射线装置的。

使用 I 类放射源单位许可证的条件

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|---|---|
| 1 | 使用 I 类、II 类、III 类放射源,使用 I 类、II 类射线装置的,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作;其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作;依据辐射安全关键岗位名录,应当设立辐射安全关键岗位的,该岗位应当由注册核安全工程师担任。 | 1 名具有理工本科以上学历的有 3 年辐射工作经历的技术人员,专职,需用文件形式明确其管理职责。 辐射防护负责人需按照环保部 18 号令的要求参加辐射安全培训,并取得培训考核合格证书,证书在有效期内。 |
| 2 | 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 按照环保部 18 号令的要求参加辐射安全培训并取得培训考核合格证书,证书在有效期内。 |
| 3 | 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。 | 有环境影响评价批准文件。 |
| 4 | 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 | 必须有与放射源照射联锁的控制装置,防止人员误入。进出口有放射性标识和声光报警等安全警示装置。 |

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|---|---|
| 5 | 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。 | 2 个以上的个人剂量报警仪; 1 台防护剂量巡测仪; 1 台表面污染测量仪 (使用非密封放射性物质的)。 |
| 6 | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 有设备维修制度及记录; 监测方案: 个人剂量监测计划, 场所监测、污染物监测及其记录档案。使用非密封放射性物质的, 需有详尽的发现和防止环境污染的监测方案 (监测的项目、点位、频次和监测机构、仪器、方法)。 |
| 7 | 有完善的辐射事故应急措施。 | 有应急机构、事故控制和缓解措施方案、报告渠道、定期演练及其记录。 |
| 8 | 产生放射性废气、废液、固体废物的, 还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。 使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位, 还应当配备质量控制检测设备, 制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划, 至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。 | 使用非密封放射性物质的开展核医学诊疗的, 必须设置与其使用规模相适应的 2 个衰变池。医疗机构有放射诊疗的质量控制大纲及计划。 |

使用Ⅱ、Ⅲ类放射源单位许可条件

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|--|---|
| 1 | 使用 I 类、II 类、III 类放射源, 使用 I 类、II 类射线装置的, 应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构, 或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作; 其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作, 依据辐射安全关键岗位名录, 应当设立辐射安全关键岗位的, 该岗位应当由注册核安全工程师担任。 | 1 名具有理工本科以上学历的有 3 年辐射工作经历的技术人员, 专职, 需用文件形式明确其管理职责。辐射防护负责人需按照环保部 18 号令的要求参加辐射安全培训, 并取得培训考核合格证书, 证书在有效期内。 |
| 2 | 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 按照环保部 18 号令的要求参加辐射安全培训并取得培训考核合格证书, 证书在有效期内。 |
| 3 | 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。 | 有环境影响评价批准文件。 |
| 4 | 放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 | 有环境影响评价批准文件。必须有与放射源照射联锁的控制装置, 防止人员误入。进出口有放射性标识和声光报警。 |

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|---|--|
| 5 | 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。 | 必须配置 2 个以上的个人剂量报警仪，1 台防护剂量巡测仪；使用非密封放射性物质的还需配置 1 台表面污染测量仪。 |
| 6 | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 有设备维修制度及记录； 监测方案：个人剂量监测计划，场所监测、污染物监测及其记录档案。使用非密封放射性物质的，需有详尽的发现和防止环境污染的监测方案（监测的项目、点位、频次和监测机构、仪器、方法）。 |
| 7 | 有完善的辐射事故应急措施。 | 能控制事故，及时制止事故的恶化，上报渠道畅通。 |
| 8 | 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。 使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。 | 使用非密封放射性物质的开展核医学诊疗的，必须设置与其使用规模相适应的 2 个衰变池。医疗机构有放射诊疗的质量控制大纲及计划。 |

使用IV、V类放射源单位许可条件

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|--|---|
| 1 | 使用 I 类、II 类、III 类放射源, 使用 I 类、II 类射线装置的, 应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构, 或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作; 其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作; 依据辐射安全关键岗位名录, 应当设立辐射安全关键岗位的, 该岗位应当由注册核安全工程师担任。 | 1 名具有理工科大专以上学历的技术人员, 兼职, 需用文件形式明确其管理职责。 |
| 2 | 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 按照环保部 18 号令的要求参加辐射安全培训并取得培训考核合格证书, 证书在有效期内。 |
| 3 | 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。 | 有环境影响评价批准文件。 |
| 4 | 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 | 有环境影响评价批准文件。有放射性标识等警示设施。 |

| 序号 | 31 号令条款 | 说 明 |
|----|---|------------------------------|
| 5 | 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。 | 配置1个以上的个人剂量报警仪或1台环境辐射剂量仪。 |
| 6 | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 可以不要监测方案，放射源固定使用的可以不要使用登记制度。 |
| 7 | 有完善的辐射事故应急措施。 | 能及时上报，渠道畅通。 |
| 8 | 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。 使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。 | 医疗机构，有放射诊疗的质量控制大纲及计划。 |

（二）对废旧放射源、放射性废物的管理

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011环境保护部令 第18号）

生产、进口放射源的单位销售Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议。

转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议。进口放射源转让时，转入单位应当取得原出口方负责回收的承诺文件副本。

使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的单位应当在放射源闲置或者废弃后三个月内，按照废旧放射源返回协议规定，将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交具备相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存，并承担相关费用。

使用放射源的单位依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止的，应当事先将本单位的放射源依法转让、交回生产单位、返回原出口方或者送交废旧放射源收贮单位贮存，并承担上述活动完成前所有的安全责任。

(三) 对放射性同位素运输的管理

放射性物品运输的分类

根据放射性物品的特性及其对人体健康和环境的危害程度分为三类：

- 一类： I 类放射源、高水平放射性废物、乏燃料等释放到环境后对人体健康和环境产生重大辐射影响的放射性物品；
- 二类： II 类和 III 类放射源、中等水平放射性废物等释放到环境后对人体健康和环境产生一般辐射影响的放射性物品；
- 三类： IV 类和 V 类放射源、低水平放射性废物、放射性药品等释放到环境后对人体健康和环境产生较小辐射影响的放射性物品。

放射性物品运输单位的资质

- 生产、销售、使用或者处置放射性物品的单位，可以依照《中华人民共和国道路运输条例》的规定，向设区的市级人民政府道路运输管理机构申请非营业性道路危险货物运输资质，运输本单位的放射性物品，并承担本条例规定的托运人和承运人的义务；
- 自行运输本单位放射性物品的单位和在放射性废物收贮过程中的从事放射性物品运输的省、自治区、直辖市城市放射性废物库运营单位，应当取得非营业性道路危险货物运输资质。

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。

| 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 |
|--|------|------|---|
| $7 \times 10^4 \sim 4 \times 10^7$ | 常规运输 | I | $K \leq 0.005$ |
| $4 \times 10^7 \sim 4 \times 10^{10}$ | 常规运输 | II | $0.005 < K \leq 0.5$ |
| $4 \times 10^{10} \sim 4 \times 10^{13}$ | 常规运输 | III | $0.5 < K \leq 2.0$ |
| $4 \times 10^{13} \sim 2 \times 10^{15}$ | 专载运输 | III | $2.0 < K \leq 10$ |

1) 表中容量仅指装载放射性核素为⁶⁰Co时的铅制源容器。若换装¹³⁷Cs或¹⁹²Ir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, $K \leq 10 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$

放射性物品运输的事故应急

- 县级以上人民政府组织编制的突发环境事件应急预案，应当包括放射性物品运输中可能发生的核与辐射事故应急响应的内容。
- 放射性物品运输中发生核与辐射事故的，承运人、托运人应当按照核与辐射事故应急响应指南的要求，做好事故应急工作，并立即报告事故发生地的县级以上人民政府环境保护主管部门。
- 接到报告的环境保护主管部门应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施控制事故影响，并及时向本级人民政府报告，通报同级公安、卫生、交通运输等有关主管部门。
- 接到报告的县级以上人民政府及其有关主管部门应当按照应急预案做好应急工作，并按照国家突发事件分级报告的规定及时上报核与辐射事故信息。

(四) 常用放射源应用现场的管理

(1) 辐射工作现场管理制度

主要内容:

1. 使用操作规程;
2. 辐射防护制度;
3. 涉源仪器设备维修、维护制度;
4. 放射源出入库管理登记制度;
5. 安全保卫制度;
6. 监测计划;
7. 辐射事故应急管理制度 (预案)
8. 其他相关制度。

辐射安全管理制度的制订

- ◆要力求规范，适应相关法律法规要求
- ◆要责任明确，实行层级管理
- ◆要符合实际，具有针对性
- ◆要注重实效，具备可操作性
- ◆要有据可查，做好相关的登记、记录
- ◆要加强教育，形成职工的自觉行动

①使用操作规程

要做到程序性、规范性、可操作性，明确涉源仪器设备操作前、操作过程中、作业结束后的具体内容、步骤和注意事项，达到非工作人员按操作规程操作就能顺利开展工作的目的。

②辐射防护制度

要根据辐射工作单位使用放射源的危害程度，按照辐射防护的“三原则”，明确从业人员、公众的防护措施，明确对周围环境的防护措施，明确暂停使用和暂存期间的防护措施，防止对人员和环境造成不必要的危害。

比如：设立明显的警示标志、隔离带、警戒绳、专人职守、实行分区管理、运行故障等措施。

③涉源仪器设备维修、维护制度

要明确涉源仪器设备维修、维护的计划和时间安排，明确维修、维护的责任人、内容和辐射安全方面的注意事项，并规定维修、维护工作的记录表格。

④放射源出入库管理登记制度

要明确放射暂存库管理人员及职责，明确严格的出入库登记程序，明确放射源出入库的时间、放射源的基本信息、放射源的去向、接受人员和审批人员的签字等内容，并规定严格的出入库登记表格。

出入库登记工作，对移动放射源的管理尤为重要。

⑤安全保卫制度

明确放射源安全保卫工作的责任单位或责任人，明确安全保卫的措施，明确巡查工作的内容、范围、时间，明确安全保卫工作的报告时机和形式，明确相关登记、记录格式。

比如：工作场所、暂存场所的报警系统，110联动，双人双锁等。

⑥监测计划

应当按照国家环境监测规范，明确对相关场所进行辐射监测的计划。不具备监测能力的，应委托环保部门认定的环境监测机构进行。

⑦辐射事故应急管理制度（预案）

包括应急预案、应急演练、应急物资储备等内容。

⑧其他相关制度

如：放射源运输管理制度，废旧、闲置放射源管理制度，放射性污染物管理制度，等等。

(2) 常用放射源应用现场的管理

■ 核技术利用项目的分类 (1) :

放射性同位素生产

含放射源仪器生产

放射性同位素和射线装置销售

辐照装置 (包括血液辐照装置)

远距治疗装置

近距治疗装置

γ 集装箱检查系统

工业射线探伤

测井

固定式III、IV和V类源使用

核技术利用项目的分类（2）：

移动式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类源使用

非密封放射性物质使用

Ⅰ类生产放射性同位素的加速器

Ⅱ类非医用加速器

Ⅱ类医用加速器

Ⅰ类能量大于100MeV的非医用加速器

Ⅱ、Ⅲ类非医用射线装置（不含非医用加速器）

Ⅱ、Ⅲ类医用射线装置（不含医用加速器）

1.测井现场辐射安全管理

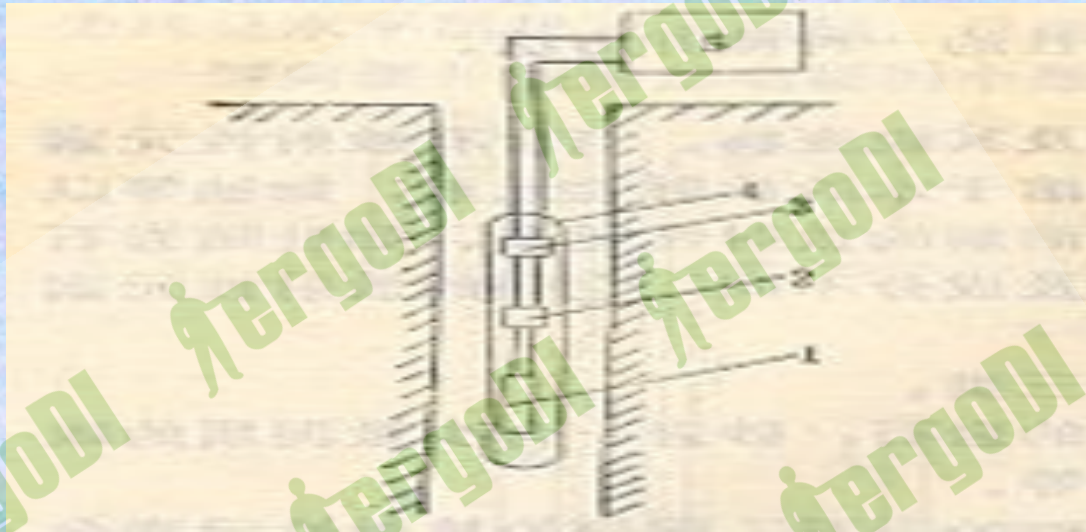
①核测井及分类

- 核测井是指将核技术应用于井中测量，根据岩石及其孔隙流体的核物理性质，研究井的地质剖面，勘探石油、天然气、煤以及金属、非金属矿藏，研究石油地质、油井工程和油田开发的核地球物理方法，又称放射性测井。

核测井大体分四类：

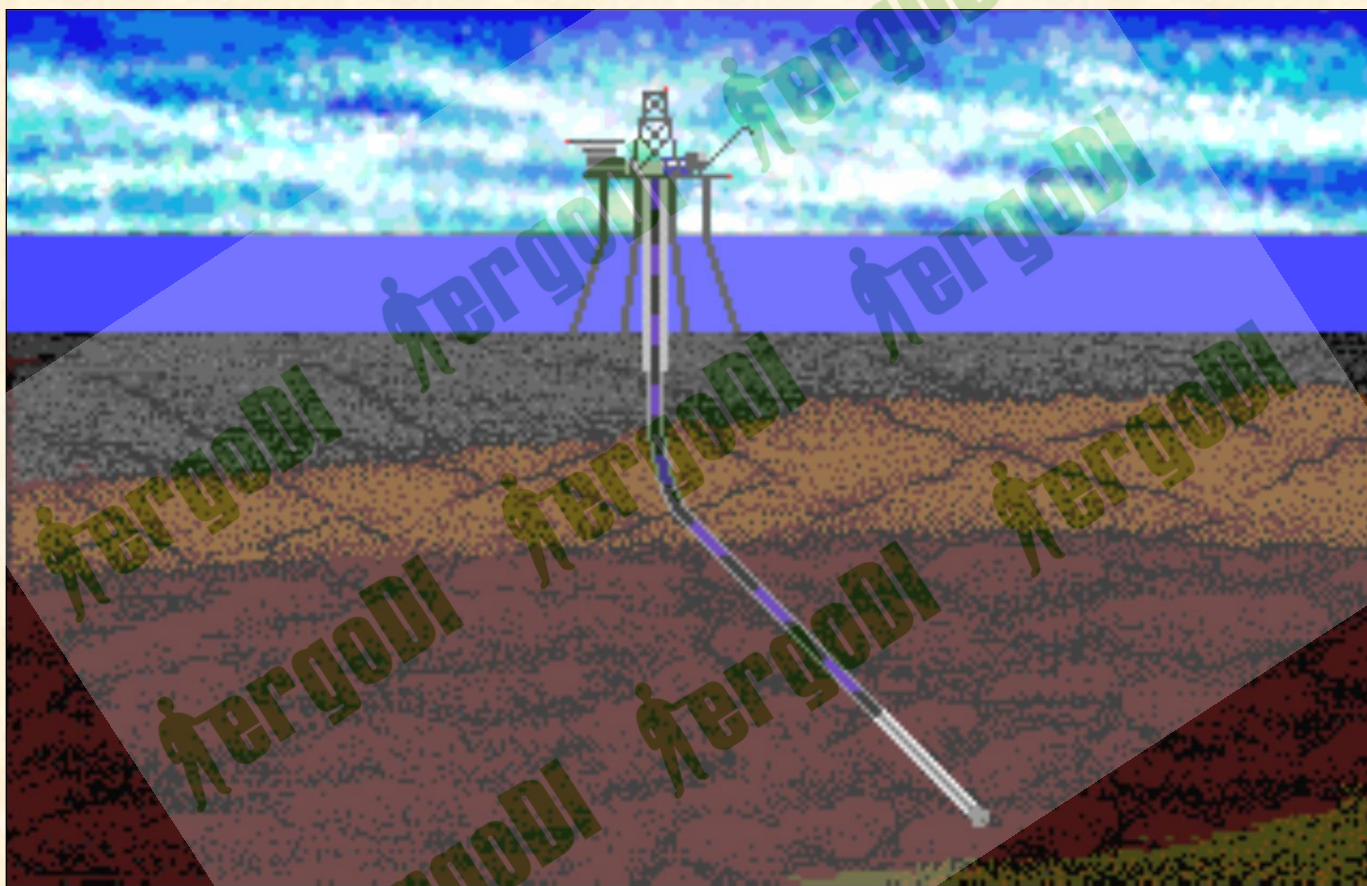
- 1. γ 测井。含自然 γ 和 γ — γ 测井（散射测井）。前者又分自然 γ 和自然 γ 能谱测井；后者又分地层密度和岩性密度测井。
- 2. 中子测井。主要含中子寿命测井、一般中子测井和中子诱发 γ 测井。
- 3. 放射性核素示踪测井。这种方法是利用放射核素作为示踪剂，将掺入流体中，并注入到井内，通过流体在井中的流动而使核素分布到各种孔隙空间。利用核 γ 测井对示踪剂进行追踪测量，确定流体的运动状态及其分布规律。
- 4. 核成像测井。如核磁共振成像测井等。

自然伽马和自然伽马能谱测井



原理：测量井剖面自然伽马射线的强度和能谱的测井方法。

沉积岩中含有天然放射性同位素，不同岩石所含放射性同位素的数量不同，衰变时放射出的伽马射线的强弱也不同，因此自然伽马测井曲线能够反映不同地层的岩性剖面。



②核测井应用现场管理重点

- 相应的便携式监测仪器仪表
- 个人剂量计及个人剂量监测报警仪
- 放射源的包装容器安全、牢靠
- 运输时装置或源容器与车身固定安全牢靠
- 运输车外表面剂量率符合运输要求
- 个人防护用品
- 应急处理工具（如剑式机械手等）
- 必备的警示标志和标识线
- 合适的灭火器材
- 必要的通讯联络设备
- 放射源应急包装容器

（注：示踪测井的监查与开放性同位素场所类似）

2.非密封放射性物质的管理

①非密封源

- 即储存于一定容器而未加密封的放射性物质。也称为开放型放射源。如医用核素发生器，放射性药物，放射性发光涂料，同位素示踪剂等。
- 其特点是：在使用或操作过程中它们的物理化学性质可能变化，如加温时液体可变成气体。当容器损坏时，液体漏出扩散，造成表面污染。所以在使用非密封源时，会对人员造成外照射和内照射，会产生废水、废气和固体废物，如果发生事故还会造成工作场所和环境的污染。

②非密封源的应用

非密封源在工业、农业、医学和科学研究等方面的应用越来越广泛。使用放射源的种类和数量越来越多。最常用的核素有 ^{125}I 、 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{18}F 、 ^{99}Mo 等，主要用于医学诊断治疗用放射性药物、放射免疫药盒，农业、生物、水文、地质、科研用放射性同位素示踪剂等等。

常用放射性药物

- 用于核医学诊断的主要放射性核素是锝-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) ；
- 用于核医学治疗的主要核素是碘-131 (^{131}I) 。

锝-99m

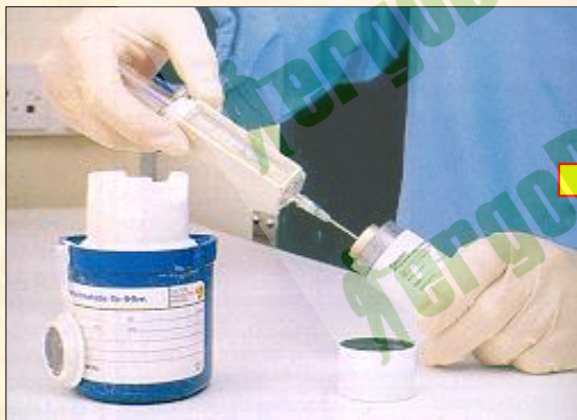
^{99m}Tc 有相当好的物理和辐射特性:

- 物理半衰期为6h; 无 β 辐射;

GBq活度的摄入用于诊断对患者不会产生显著辐射剂量。



- 将 $^{99m}\text{TcO}_4$ 加入含有化学复合物的管形瓶内，偶联即得。
得到的放射性药物能被特定的器官吸收，用 γ 照相机进行显像或分析。

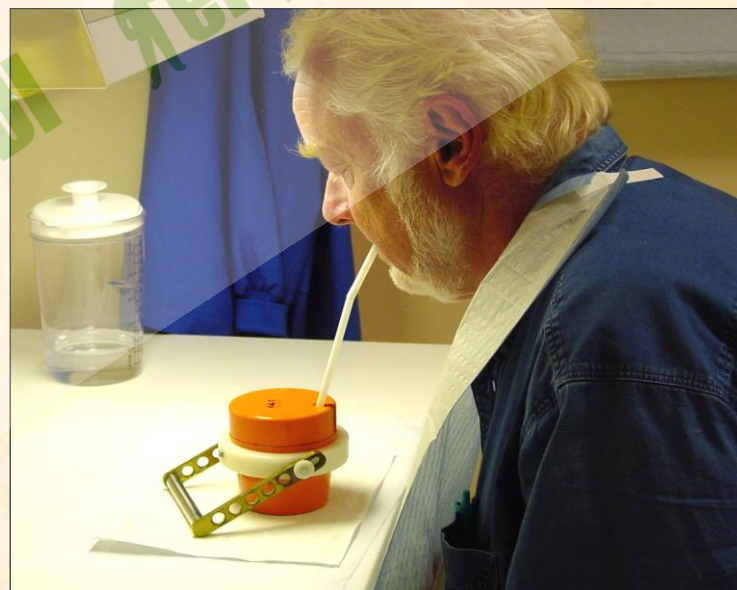


伽马相机 Gamma Cameras



^{131}I 碘

- 由反应堆生产
- 用于甲状腺方面的诊断和甲状腺疾病的治疗。
- 可以采用胶囊或液态形式给药；
- 给药时需要格外小心。





碘-131胶囊

③非密封放射性物质管理重点

非密封源使用单位一般为医院或科研院所，由于非密封源缺少放射源包壳这一重要物理屏障，因此可能会存在放射性物质的洒漏或弥散，不仅会对人员造成外照射，还有可能造成内照射，危害人员健康；同时如果扩散到环境中，也有可能对环境造成污染。因此，对此类单位监督检查主要是针对表面污染情况，以及工作场所分区管理控制的情况。主要包括：

◆放射性物质使用台帐、放射性物质处理账目、放射性物质帐物相符（主要物料平衡）、放射性物质购买等时的合法证明（如转移联单等）；

◆场所管理制度、操作规程、人流和物流路线图、安全与防护设施、放射性药物（体内）治疗病房与患者的管理规定；

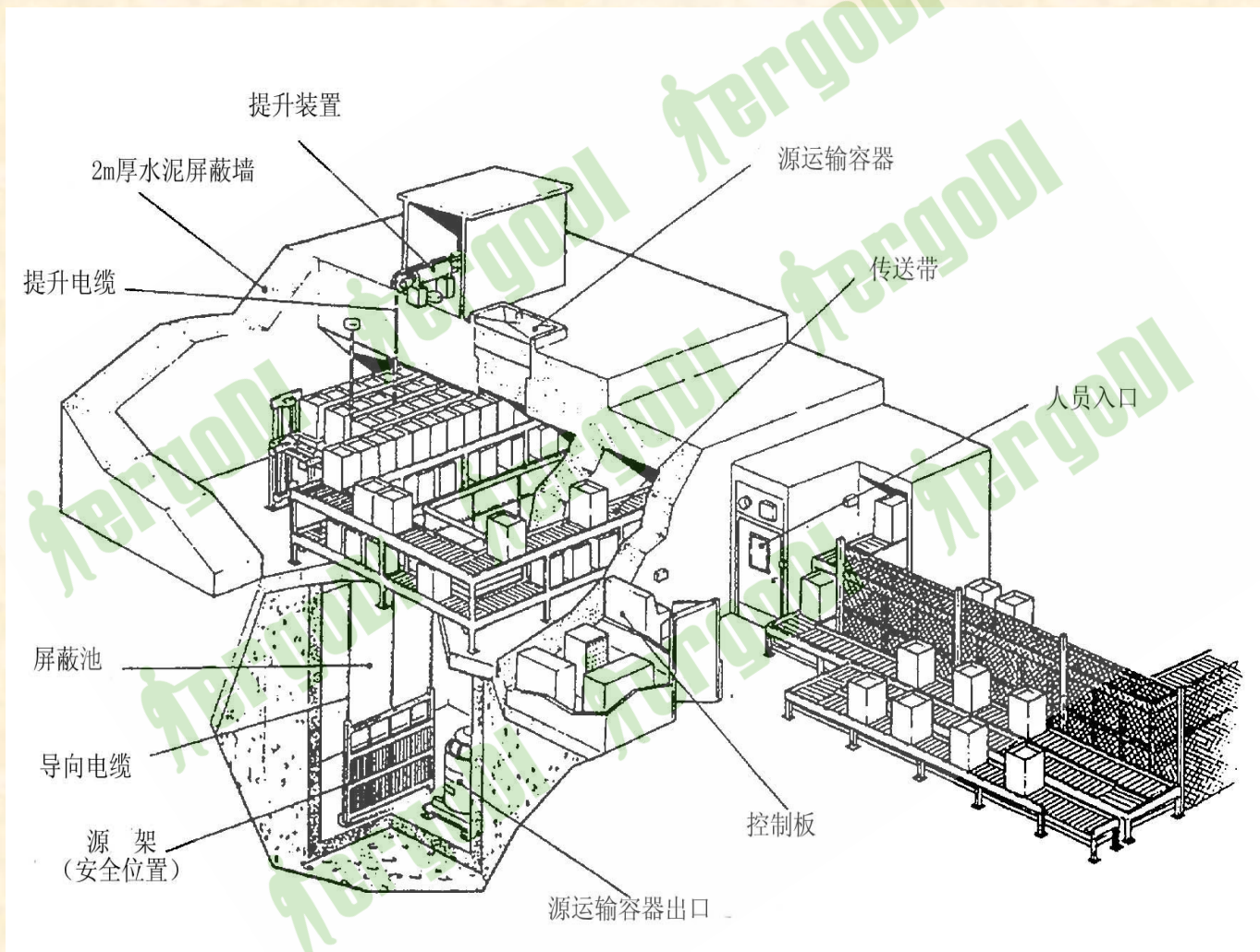
◆放射性废物处理记录、放射性废液排放记录、放射性废气排放记录、废气排放与许可范围符合情况等。

3.辐照装置的管理重点

■ 1、辐照装置的主要用途

- ①医疗产品的消毒
- ②血液制品的消毒
- ③药物产品的消毒
- ④食品保鲜（调味品等）
- ⑤杀虫
- ⑥聚合物材料的合成
- ⑦用于研究目的的细胞培养的辐照。

2、常用辐照装置的基本原理

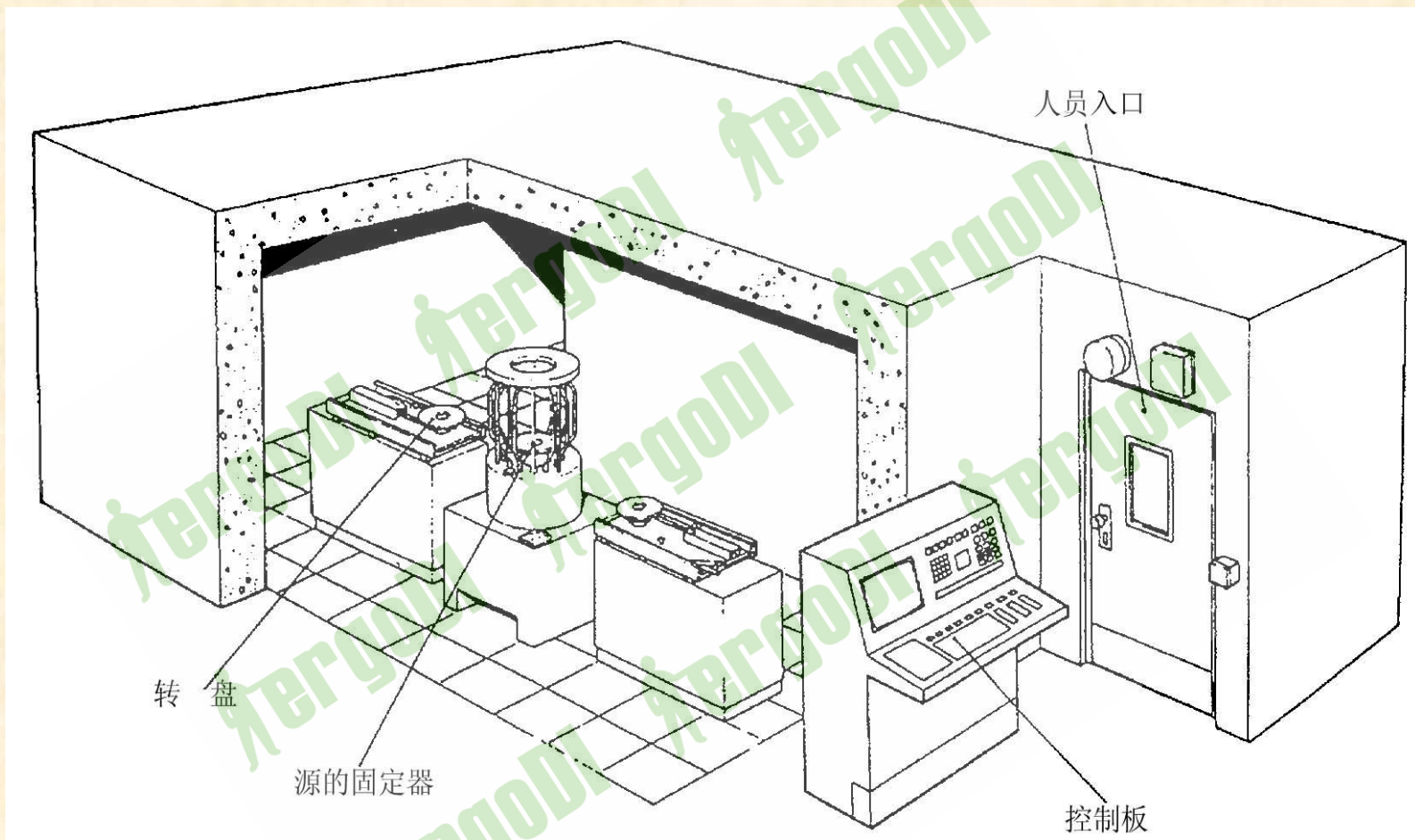


湿式贮源辐照装置全景图



干式辐照装置





干式贮源辐照装置全景图

3、大型辐照装置的管理重点

- γ 辐照装置的使用单位是核技术利用项目中应用放射源活度最大，潜在安全危害最大的类别。重点是对这类单位的辐照场所有关安全与监控设施进行监督检查，避免无关人员进入，杜绝一切人员被误照，保障职业人员与公众的生命安全，减少其对环境的影响。
- ①钥匙控制：一般要求使用钥匙开关、人员和货物通道门采用同一把钥匙、钥匙拔下自动降源、钥匙与便携式辐射报警仪连在一起。
- ②进入时的监测：要求带便携式辐射检测报警仪（并走在最前面）、带个人剂量报警仪。

- ③固定式辐射监测仪：在控制区内一般应设固定辐射监测仪，并且应当与源联锁、与人员通道门联锁；货物出口处也应设固定辐射监测仪，并且要与人员通道门联锁。
- ④警告标志：人员通道门上和货物进、出口门上设电离辐射警告标志；人员通道和货物通道门上方显示源状态的指示器。
- ⑤人员通道门机联锁：人员通道门与源升降的联锁装置情况；人员通道门的内侧开门应急按钮。
- ⑥紧急降源装置：主要设在辐照室内（一般为拉线开关）、控制台上、断电紧急降源、是否有紧急迫降装置。
- ⑦其他事项：如要了解辐照室断电保护装置情况、辐照室内烟雾报警装置情况、通风设施使用情况等方面的内容。

4. 远距治疗装置（包括 γ 刀）的管理重点

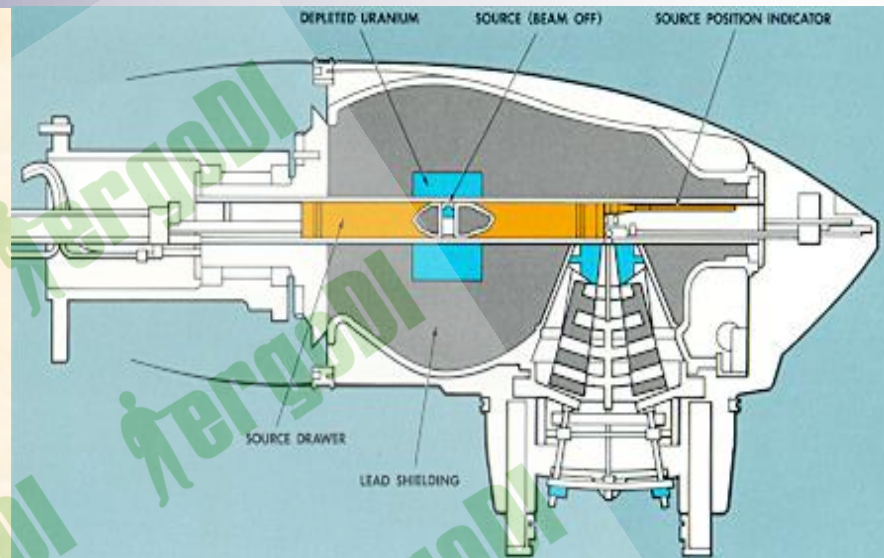
- γ 射线远距治疗装置是医疗机构中针对肿瘤患者的放射治疗设备。这类设备使用的放射源活度大、能量高，是目前医疗机构潜在危险最大的放射源。采取措施防止非患者及工作人员误入正在照射的场所，避免其受到意外的辐射照射。降低正在接受治疗的患者非肿瘤组织受到不应有的辐射剂量。

钴-60远距离治疗工作原理

- 将钴60辐射源放置在一个能作轴向直线运动的圆柱形钴源抽屉里，再共同置于钴机辐射头上的组合防护体中，治疗时靠气动装置推动源抽屉运动，使钴60辐射源准确地处于辐射位置，发出 γ 射线照射在患者身上(杀死病灶癌变细胞，抑制其生长)，治疗完毕后，气动装置带动源抽屉作反向运动，使钴60辐射源回到安全贮存位置。



•治疗机实景图



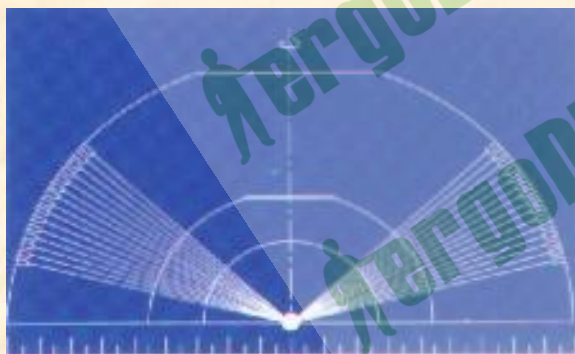
•机头和典型的源传输结构

- **钴-60远距离治疗典型辐射水平:**
- 源活度在400TBq左右
- 平均辐射泄漏1米处不得超过0.02 mGy/h ， 也就是50小时不得超过1 mSv
- 通常，应尽量减少在治疗室的时间

γ刀工作原理



阳光下的放大镜，只有在焦点才能产生高温，使火柴头燃烧，伽玛刀正是运用了 this 原理。



伽玛射线采用多角度多方位聚焦，穿过正常组织，杀死焦点处的病变组织，其他正常组织安然无恙。



玛西普伽玛刀

- 用置于某一装置中的很多高活度的 ^{60}Co 源，使射线覆盖特殊治疗部位；
- 伽玛刀：为一半球形头盔装置，有201个钴-60放射源窗口，201个线聚焦于靶点上，以短时间，大剂量（16-30Gy/次）一次照射而不损害邻近正常组织；
- 用于治疗头部肿瘤；



病人定位瞄准仪



远距治疗装置（包括 γ 刀）的管理重点：

- ★操纵台控制系统：使用钥匙控制设备启动、钥匙专人管理
- ★工作人员进入治疗室佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪
- ★治疗室门与源照射机构联锁
- ★系统停电放射源自动回到储存安全位
- ★气压不足放射源自动回到储存安全位
- ★放射源被卡住，机械强行回源装置
- ★治疗室与控制室的对讲装置
- ★控制室对治疗室的电视监视装置（视野内可见）
- ★治疗床上、治疗室内、控制台上设置紧急停止照射装置
- ★治疗室及环境辐射水平监测
- ★出入口处电离辐射警告标志
- ★出入口处源工作状态显示
- ★机械通风

5. 近距离治疗装置管理重点

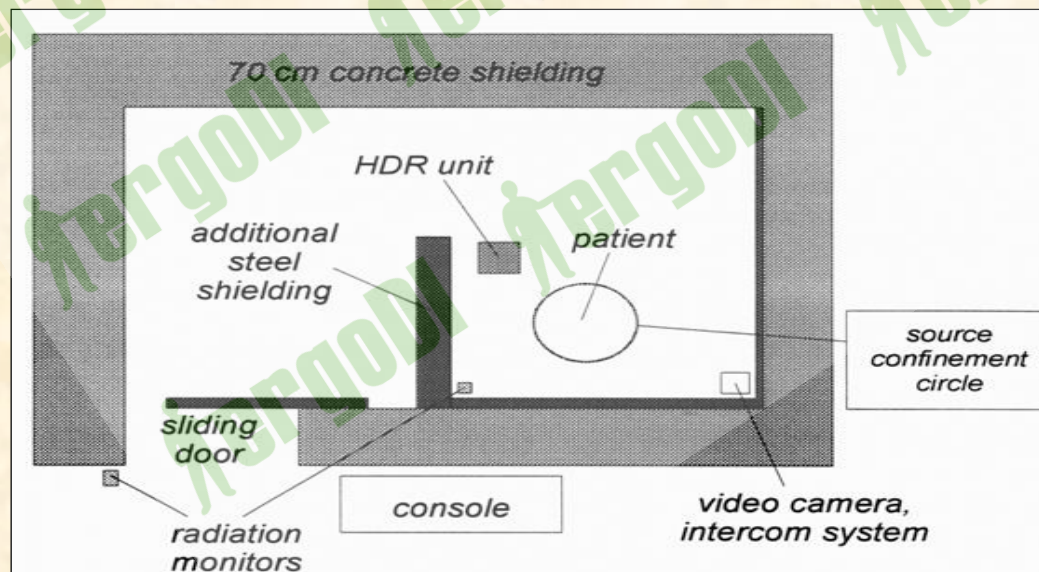
人工近距离放射治疗中可用到的几种治疗类型:

- 癌的组织间隙治疗
- 癌的腔内治疗
- 眼模片植入
- 局部应用

我们常见的： ^{192}Ir 后装机、 ^{90}Sr 敷贴器

后装机工作原理

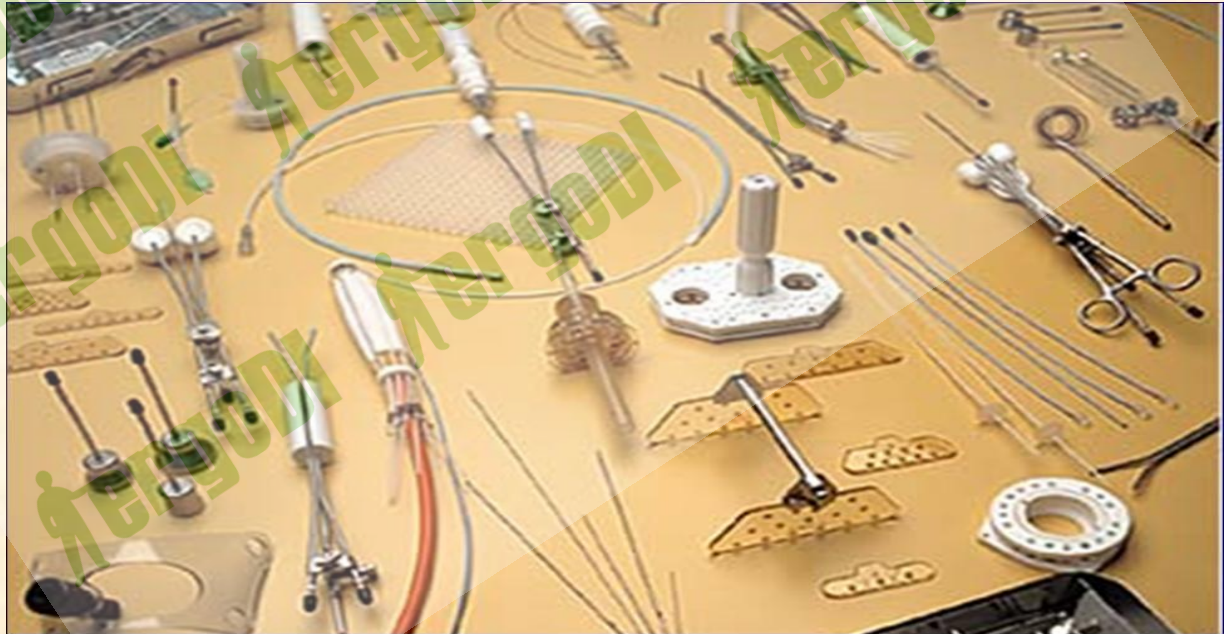
- 主要是通过人体腔道直接进入肿瘤部位进行高剂量局部放射治疗，达到杀死肿瘤细胞的目的。
- 后装技术是：先使用非放射性导管给病人定位，再装放射源。
- 先将施源器通过外置或插植的方法放置在需要照射的部位，然后才送入放射源照射。后装治疗能有效提高局部的照射剂量，减轻邻近组织的放射性损伤。它是一种外照射的补充治疗手段。
- 分为腔内和组织间照射，使用的放射源以同位素为主，如 ^{192}Ir ，使用的设备多为后装机。
- 这种技术治疗已广泛应用于鼻咽癌、舌癌、子宫颈癌、膀胱癌、食管癌等。



敷贴器工作原理

- 锶-90或磷-32发射射程很短的纯 β 射线，将它们制成敷贴器作为外照射源紧贴于病变皮肤，通过射线对病变部位的电离辐射生物效应，使增生迅速的血管瘤组织细胞分裂速度减低、停止乃至凋亡，血管瘤组织微血管萎缩、闭塞；同时，辐射效应可抑制末梢神经过敏作用，并能萎缩皮肤的附属器，限制汗腺、皮肤腺的分泌，从而对不同皮肤疾患达到相应的治疗目的。由于射线射程很短，故周围组织及深部组织不受损伤，因而是非常安全的治疗手段。
- 锶-90敷贴器发射纯 β 射线，半衰期28.5年，射线能量0.65MeV，组织内射程约2~3mm。
- 磷-32敷贴器（药膜）需要使用时自制，半衰期14.3天，最大能量1.7MeV，在组织上最大射程可达8mm。为了保证每日敷贴剂量不变，则必须按衰变率（4.7%/日）进行校正。

- 核素敷贴治疗主要应用于表浅皮肤疾患，包括草莓状血管瘤（毛细血管瘤）、鲜红斑痣、癍疤疙瘩、局部神经性皮炎、慢性湿疹、牛皮癣、扁平苔癣、白斑、眼病疾病（翼状胬肉等）以及寻常疣、尖锐湿疣等皮肤疾病的治疗，因年龄不同、皮肤疾病种类不同，治疗方法也不尽相同。



近距离放射治疗敷贴器

近距离治疗装置监督检查重点

- 后装机的监督检查与远距治疗装置的检查类似，如：
- 使用钥匙开关、钥匙由专人控制；
- 进入时佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪；
- 门与源联锁；
- 治疗室辐射水平监测；
- 出入口处电离辐射警告标志；
- 出入口处源工作显示；
- 紧急停照装置；
- 源专用贮存室、双人双锁、防盗门窗；
- 其它通风等等。
- 敷贴器的监督检查重点是在保证放射源的贮存安全。

6. γ 集装箱检查系统的管理重点

工作原理

- 固定式钴-60集装箱检查系统是以 ^{60}Co 工业探伤源作辐射源，从辐射源发射出的 γ 射线束穿过被检测物体后，进入阵列探测器转化为与射线强度成正比的电信号，经过信号放大，并进行A / D变换后送到数据采集机，得到被检测物体的二维投影图像。再把得到的被检测物体图像传送到图像服务器和图像检查系统，由检查人员对图像进行分析处理。
- 能在边境口岸、港口、机场和其它交通要道对集装箱进行快速、实时、有效的不开箱检查，是打击走私和防止恐怖活动的有力武器。

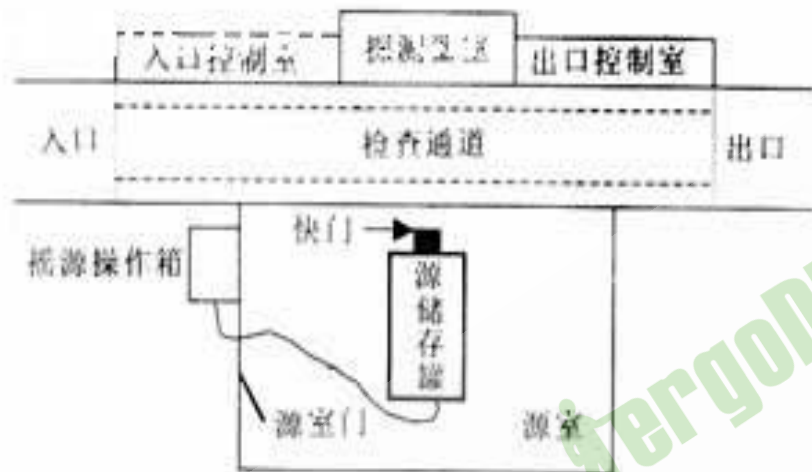
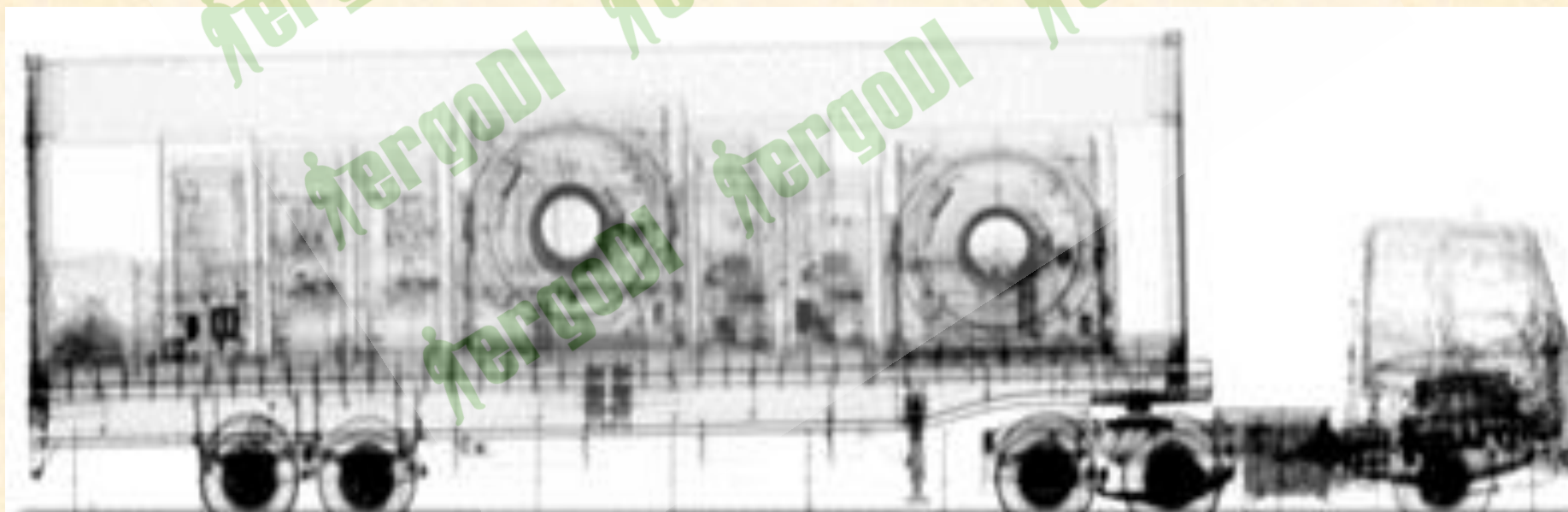


图 2-1 固定式钴-60 集装箱检查系统建筑结构示意图



管理重点

该系统使用的放射源活度大、能量高，是对集装箱等货包进行检查潜在危险最大的放射源。监督检查的重点在于采取措施防止放射源被盗或者失控，避免人员误入正在照射的场所受到意外辐射照射。

◆场所设施：放射源编码；场所外电离辐射示警标志场；所内文字说明、声音、光电等警示；防火设备、防盗装置(贮存场所必备)；屏蔽防护设施或设备；视频成像监视系统；放射源贮存设施或设备。

◆固定式 γ 集装箱检查系统连锁：主控制台与涉源操作系统钥匙连锁；源室的 γ 剂量率与源室门连锁；源室门与快门连锁；摇源操作箱与快门连锁；源室门与摇源操作箱连锁；报警装置与快门连锁；断电保护与快门连锁；紧急处理开关与快门连锁。

7.工业射线探伤管理重点

工业探伤及其工作原理

工业探伤是：

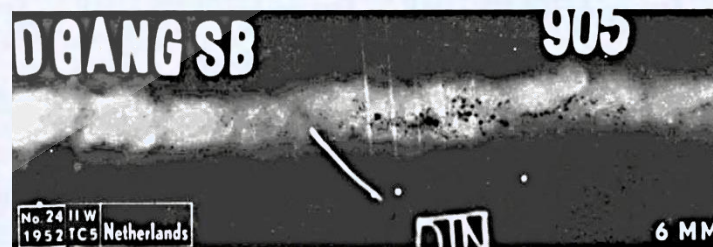
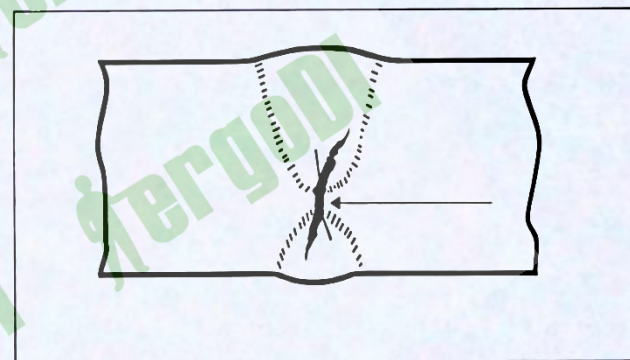
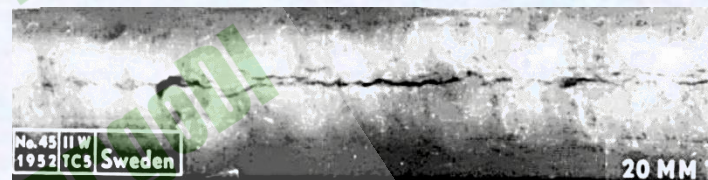
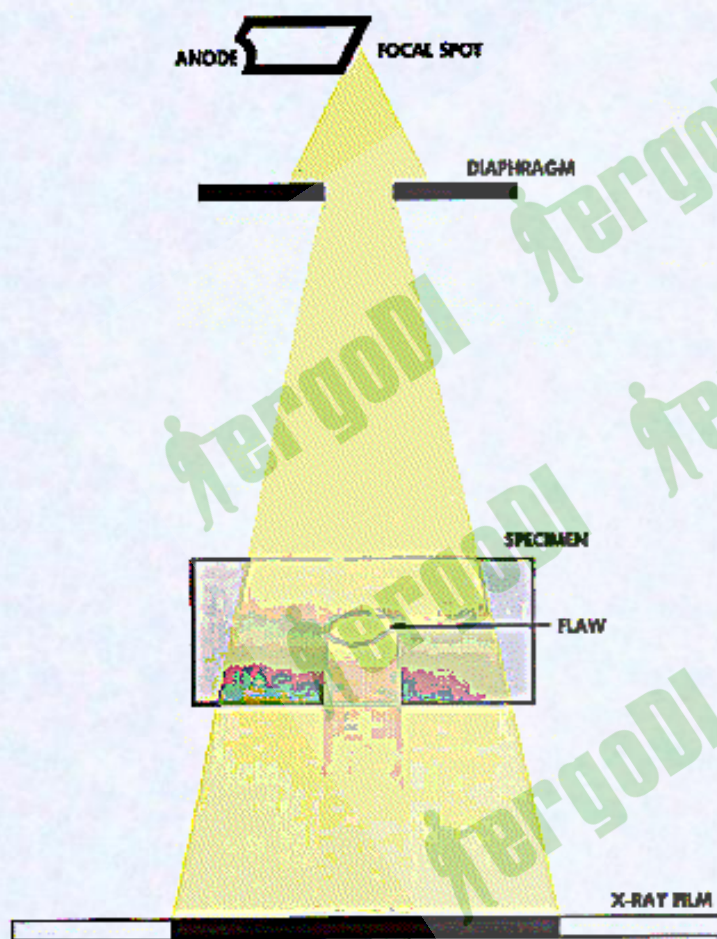
对一个部件或产品进行无损检测；
最常用于油/气工业金属构件的质量控制；
也用于检测其它产品。

工作原理：

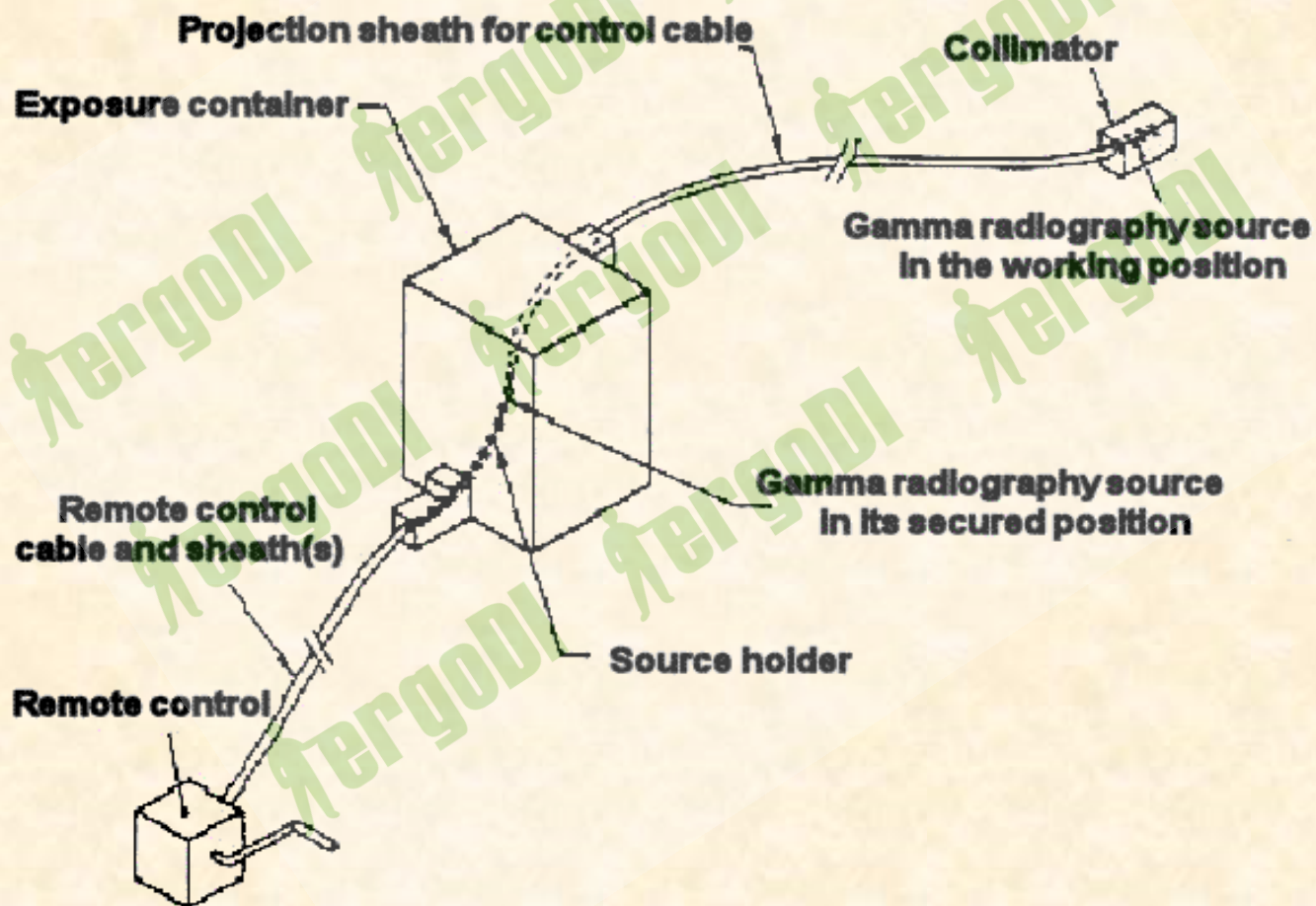
根据射线的衰减程度的变化，结合射线能量、被透照物体的性质、厚度、密度等来判断物体中是否有缺陷，或了解物体的结构；

也有基于非透射（反散射等）的射线照相技术。

成象原理



γ 抛射型设备工作原理



工业探伤设备的类型

◇按探伤机设备分：

γ 探伤装置、源和辅助设备；X-射线探伤机；爬行器；实时辐照成像技术；加速器（直线加速器和电子感应加速器）；中子探伤机。

◇按探伤机的可移动性分：

固定式：有专门的屏蔽设施

便携式和移动式：无专门屏蔽设施

◇按源的位置（操作类型）分：

I型；**II**型；**X**型



■ 便携式装置

- 可以一个人携带； < 50kg；
- 最通用的类型；
- 特制的可携带活度达3.7 TBq的 ^{192}Ir 。

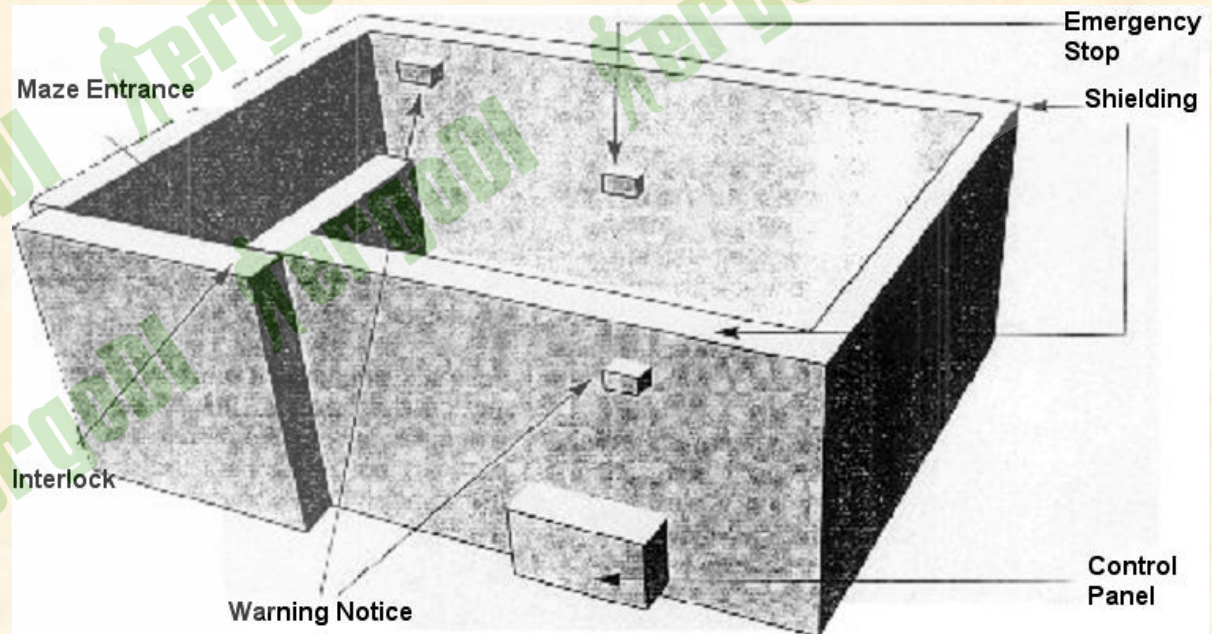
- 移动式装置
- 通常利用一个手推车移动；
- 常用来容纳 ^{60}Co





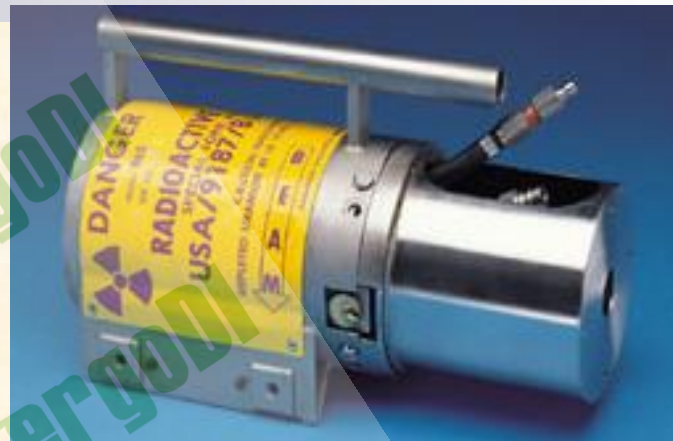
- 固定式装置
- 在同一地点使用;
- 非常笨重;
- 可使用活度达 8.5—37 TBq 的 ^{60}Co

• 固定式探伤室
结构示意图



操作类型

- 类型 I
- 辐射源并不从辐照装置中移出来，通过快门或其他的机械装置来控制照射。



类型 II

- 源直接从屏蔽的源容器中照射(经过通风管, 气动装置等), 通过一个套管到达照射位置.

类型 X

特殊的应用（例如测量管道）
设计和测试需要依赖特殊的装置。





For pipe sizes from 6 inches to 18 inches.

Optimized shielding design, advanced materials and high technology electronics result in a light-weight but robust device.



Signals the location of the crawler and provides both a visual and audible warning during source exposure.

The Command unit accurately positions the Ir-192 source at the radiographic position.



Permits high quality, cost-effective testing to keep pace with pipeline production fabrication.



For pipe sizes from 18 inches to 60 inches.

The crawler allows accurate positioning of the Ir-192 source at the axis of the pipe over the entire range of pipe sizes.

工业 γ 射线探伤用放射源现场管理的重点

《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》(环发〔2007〕8号)。

(1) 移动探伤现场的管理重点

按规定划定控制区和监督区；

采用绳索、铁链等设置相应边界和警告标志；

控制区边界“禁止进入放射性工作场所”标牌；

监督区边界设有“当心，电离辐射！”标牌，公众不得入内；

确定被检物与探伤机位置关系、照射方向、时间和屏蔽条件，控制受照剂量；

控制区边界低于 $40\mu\text{Gy/h}$

监督区边界低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$

放射源的运输是否满足要求；

放射源的贮存是否满足要求；

应急计划与准备情况；

操作现场的应急设备情况；

是否配备了个人剂量报警仪；

其他方面内容。

(二) 固定式探伤现场管理重点

辐射防护墙（包括人员入口和货物出入口）外5cm处剂量率是否小于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ ；

辐射防护门入口处是否有电离辐射警告标志；

探伤曝光期间，辐射防护门入口处是否有“禁止入内”的警示标志；

门禁联锁（个别老机器做不到）；

人员入口处是否有声光报警装置；

被探物件出入口处是否有声光报警装置；

探伤机工作时声光报警装置是否能自动接通；

是否有辐射防护门开关的指示灯；

探伤室内是否安装固定式剂量率仪的探头，门外是否有剂量率指示和/或超剂量率限值（探伤工作状态或源处在非屏蔽保护状态）报警；

是否配置便携式辐射检测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起；

是否配备了个人剂量报警仪；

暂存库是否满足要求。

8. 固定式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类源使用管理重点

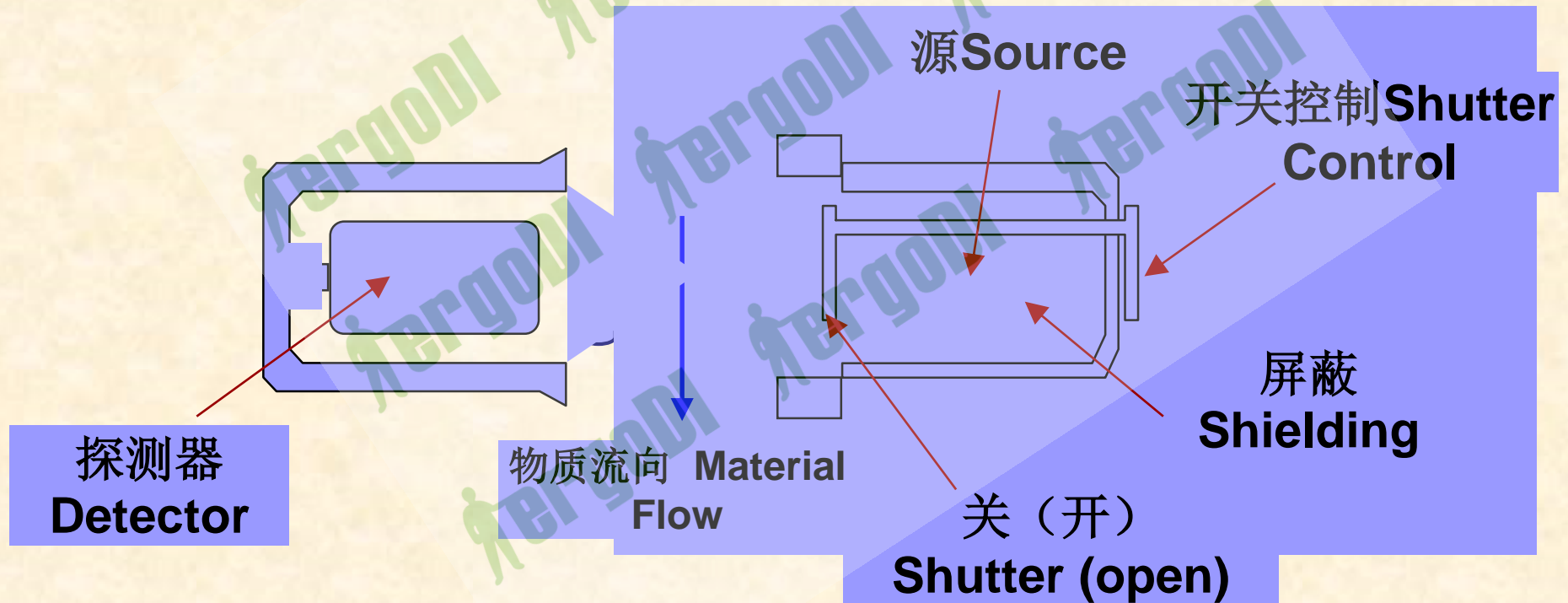
- 固定式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类放射源使用单位的范围较广，既有工业企业生产线上传输系统，物料使用量的控制系统，也有一些科研、校验部门。

固定核子测量——厚度测量仪



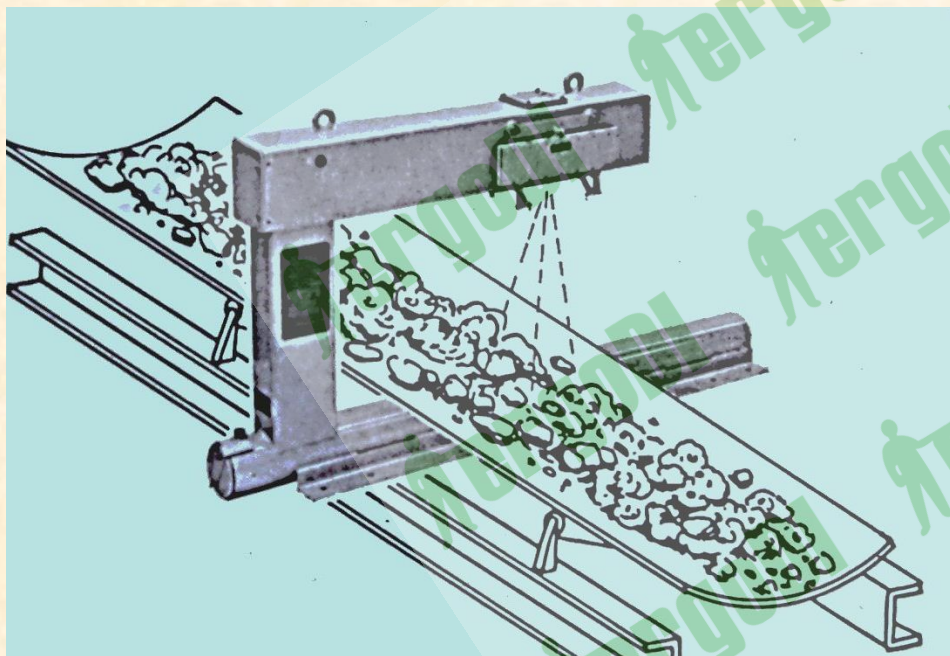
密度测量仪

通过探测器测量穿过被检查物质的射线量。典型采用GBq的 ^{137}Cs 。



密度测量仪（核子秤） Density Gauges

传送带称重仪器 Belt weighing gauge



密度测量仪（核子秤） Density Gauges

传送带称重仪器 Belt weighing gauge



固定核子测量—料位计



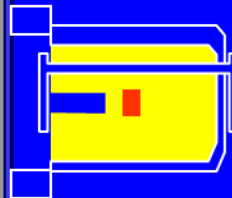
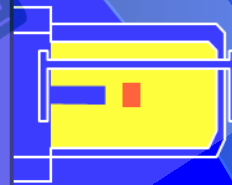
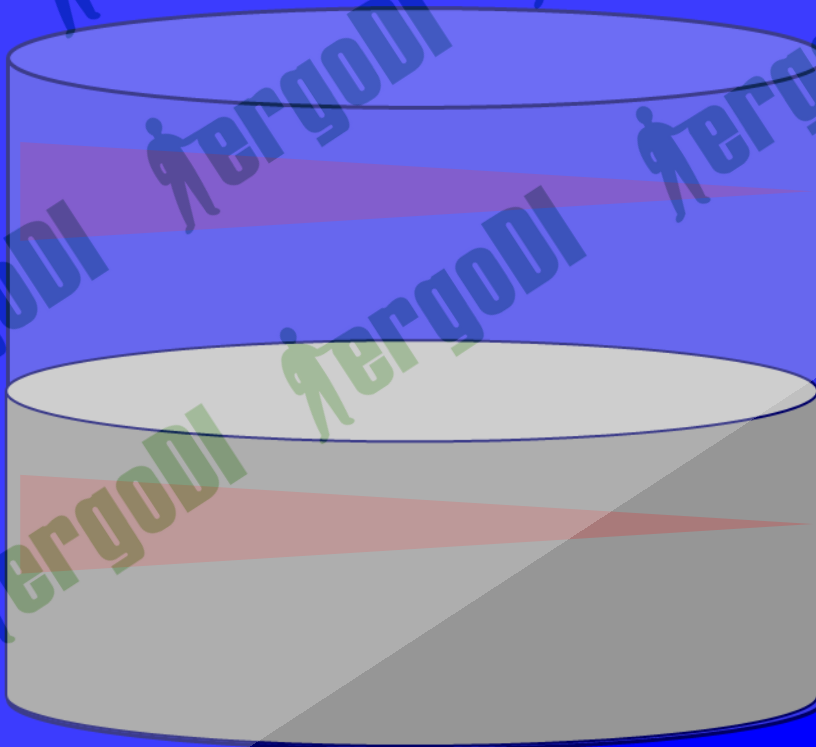
物位测量仪 Level Gauges

通常一个或多个仪器和探测器被用作“开/关”，用来控制料箱或料斗中物料的位置等，大、厚壁容器可能使用GBq的 ^{60}Co 。

高位探测器
High level
detector



低位探测器
Low level
detector



固定式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类源使用管理重点

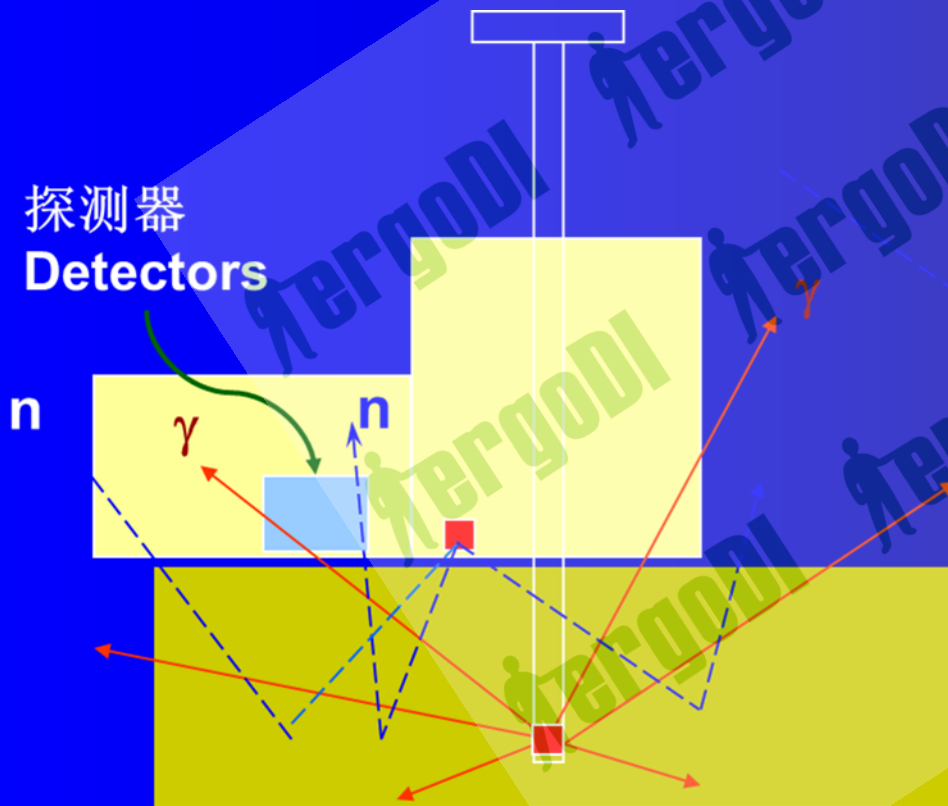
- 编码与装置对应清晰明了
- 场所外电离辐射警示标志
- 装置本身警示标志
- 场所内文字说明、声音、光电等警示
- 防火设备防盗装置
- （贮存场所必须）屏蔽防护设备
- 固定式辐射监测报警仪
- 相应的便携式监测仪器仪表
- 个人剂量计或个人剂量监测报警仪
- 放射源的包装容器安全、牢靠
- 个人防护用品
- 必备的警示标志和标识线
- 合适的灭火器材
- 必要的通讯联络
- 设备放射源应急包装容器

9.移动式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类源管理重点

- 移动式Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ类源的含源设备主要为射线式业探伤机或移动式湿度/密度计，涉及的行业较广，在核技术利用项目中占有较大份额，同时也是辐射安全事故高发行业。

湿度/密度计 Moisture / density gauges

密度测量：伽马源 (^{137}Cs) 推出屏蔽室到源棒末端，并位于被测物质中进行测量。

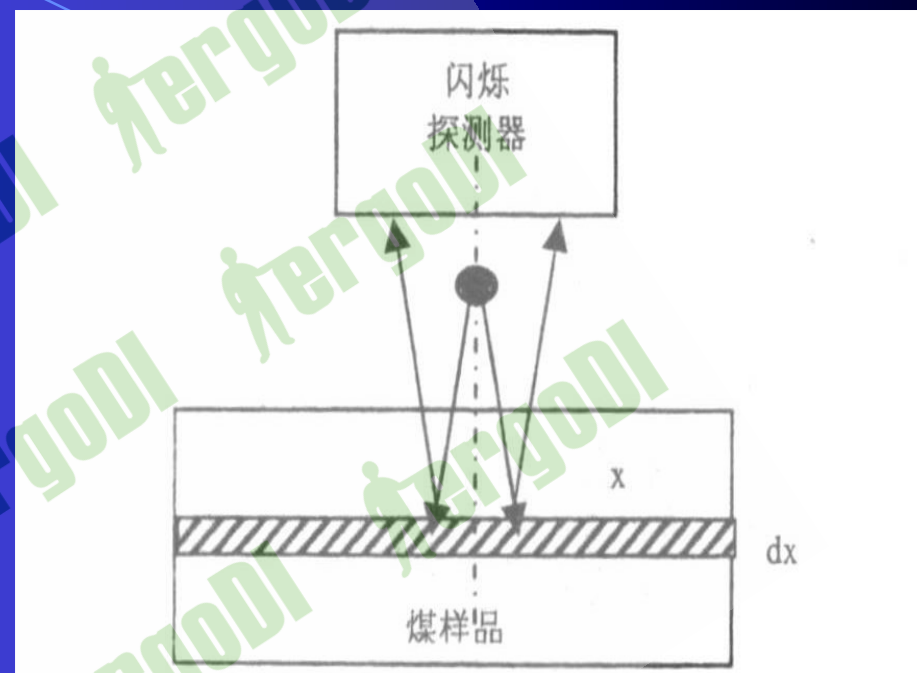


湿度测量：仪器里中子源 (通常是 $^{241}\text{Am-Be}$) 通过中子散射测定湿度。



灰分检测原理

双能 γ 射线穿透法测灰技术，其检测原理是利用低能 γ 射线 ^{241}Am (镅)在煤中的衰减不仅与煤的质量厚度有关，而且与煤的灰分有关，而中能 γ 射线 ^{137}Cs (铯)在煤中的衰减只与煤的质量厚度有关，通过测量透过煤层的低能和中能 γ 射线强度，将两个透射强度公式进行联列变换就可得到与煤层厚度无关的灰分含量公式，经过标定后即可测量煤中的灰分含量。



(五) 辐射事故的应急管理

1. 行政主管部门职责

- (一) 环保部门负责放射性同位素的生产、进出口、销售、使用、运输、贮存和废弃处置安全的统一监管；负责放射源的放射性污染事故的应急、调查处理和定性定级工作；协助公安部门监控追缴丢失、被盗的放射源。
- (二) 公安部门负责对放射性同位素安全保卫和道路运输安全的监管；负责丢失和被盗放射源的立案、侦查和追缴；参与放射源的放射性污染事故应急工作。
- (三) 卫生主管部门负责辐射事故的医疗应急。

2. 辐射事故的含义

主要指除核设施事故以外，放射性物质丢失、被盗、失控，或者放射性物质造成人员受到意外的异常照射或环境放射性污染的事件。

- 按其发生原因划分可分为责任事故、技术事故和其他事故。
- 按其性质可分为超剂量照射事故、表面污染事故、丢失放射性物质事故和放射性泄漏事故。

3. 辐射事故的原因分析

Tab. 5 Analysis of direct causes of accidents in 1988~1998

| 主要直接原因 | 事故起数 | 占事故总数的百分数(%) |
|-----------|------|--------------|
| 责任事故 | 281 | 84.64 |
| 违反操作规程和规定 | 15 | 4.52 |
| 安全观念薄弱 | 22 | 6.63 |
| 缺乏知识 | 4 | 1.20 |
| 操作失误 | 16 | 4.82 |
| 管理不善 | 157 | 47.29 |
| 领导失职 | 67 | 20.18 |
| 技术事故 | 42 | 12.65 |
| 设计不合理 | 5 | 1.51 |
| 设备意外故障 | 34 | 10.24 |
| 监测系统缺陷 | 3 | 0.90 |
| 其它事故 | 9 | 2.71 |
| 自然事故 | 8 | 2.41 |
| 原因不清 | 1 | 0.30 |

1.管理不善

从上表中可以看出，人为因素造成的责任事故占绝大部分（占84.6%），责任事故中以管理不善为主，占全部事故的47.3%。

管理不善主要原因为：缺乏对设备的维护、维修，安全职责不清，防护规程不完善和缺乏检查等。

丢失放射源的事故中，有很多属于对放射源的管理职责不清和缺乏检查或检查不严。

2.领导失职:

从上表中可以看出,领导失职造成的事故占全部事故的20.2%。

领导失职的主要原因为:

(1)无证使用放射性同位素,职工未经安全教育,长期不明确安全防护管理人员和长期不作安全检查。

(2)单位领导缺乏安全防护意识,只重视生产,忽视对放射源安全的严格管理。

3.违反操作规程：

操作人员违反操作规程和有关规定，往往是造成事故发生的直接原因之一。

4.操作人员过失：

操作人员在操作中，由于不小心或按计划 and 规程执行中出现偏差所造成的操作失误事故，在责任事故中约占6%左右。

5.技术事故和其它事故：

在技术事故中，以设备的意外故障为主，约占该类事故的80%。

其中比较突出的是发生在测井工作中，放射源被卡在井中无法打捞上来。

其它事故相对较少，多数是由于社会和自然因素偶发事件造成的。

放射源的安全问题与核恐怖事件

近年来，涉及不安全的、废弃的、丢失的或失控的放射源事故屡屡发生。

恐怖分子可通过购买、转移、偷盗、走私等方式获取放射源或废旧源；劫持生产运输过程中的放射源或废旧源；或者自行生产用于制造核恐怖主义事件的放射源。因而放射源的安全问题备受关注。

恐怖分子利用放射源来进行恐怖袭击，可以采取两种方式：

一是无动力扩散放射性物质。包括将放射性气体弥散在人群集中区域内，弥散在饮用、生活水源中，或在食物中混入放射性物质。

二是有动力扩散放射性物质。常被称作“脏弹”，即利用常规的爆炸方式将炮弹内的放射性物质扩散到相当大的区域，引起比常规爆炸更可怕的后果和恐慌，以达到更大的恐怖袭击效果。

据2002年美国科学家研究结果：

假设用1磅TNT引爆10居里的测井用 ^{241}Am 源，将会有超过10倍于常规炸弹的区域需要进行医学监督和调查。

将会有30倍于上述区域大的面积内的人群需要在半小时内立即撤离。

在原始放射性尘埃经过的区域，由于放射性尘埃可能再次被扬起而被人群吸入，并对人体形成内照射，因此在放射性尘埃经过路径上区域将有10个街区人群的放射性致癌率将会增至0.1%。

将会有2公里长60个街区的辐射剂量超过美国环境保护处规定的剂量安全限制，如果该区建筑物需要重建，将会耗费500亿美元。

统计数据显示，有45%的放射性事故涉及 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 和 ^{241}Am ，这些在工业领域被广泛应用的放射源，因为单个放射源的活度很大，如果被恐怖分子用作“脏弹”进行恐怖袭击，后果将比放射源事故更严重，影响范围更广。

辐射事故的报告：

发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。

造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(六)对辐射工作从业人员的管理

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令 第18号

生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

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。

取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。

辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。

不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效。

四、辐射环境监测及相关规定

监管部门辐射环境监测制度

环保部组织开展辐射环境质量监测；

- 国家对核动力厂等重要核设施开展监督性监测，对流出物要求槽式排放，对周围环境进行监测；
- 核设施营运单位有义务向国家环保部和省级环保部门报告排放情况和监测结果；
- 县级以上环保部门对核技术应用单位定期开展监督性监测。

辐射工作单位的辐射监测

- 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

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 $\leq \pm 15\%$ ；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 $1 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。

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 (略)

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 (略)

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。

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 $1 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$

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：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 $25 \mu\text{Sv/h}$ 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

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 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 。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。

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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

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, $\mu\text{Sv/h}$ | |
|---------------------------------------|---|---------------------|
| | 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 | $250 \leq H < 1000$ | $25 \leq H < 100$ |

III--V 类源的监测

- 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

失控（丢失、被盗或违规处置）源进入环境的监测

- 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。

开放性同位素工作场所表面污染监测

表 工作场所的放射性表面污染控制水平 (单位 Bq/cm²)

| 表面类型 | | α 放射性物质 | | β 放射性物质 |
|-------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 极毒性 | 其他 | |
| 工作台、设备、墙 | 控制区 1) | 4 | 4×10 | 4×10 |
| 壁、地面 | 监督区 | 4×10 ⁻¹ | 4 | 4 |
| 工作服、手套、工 | 控制区 | 4×10 ⁻¹ | 4×10 ⁻¹ | 4 |
| 作鞋 | 监督区 | 4×10 ⁻¹ | 4×10 ⁻¹ | 4 |
| 手、皮肤、内衣、工作袜 | | 4×10 ⁻² | 4×10 ⁻² | 4×10 ⁻¹ |

1) 该区内的高污染子区除外

废旧金属回收冶炼的放射性监测 (1)

- 废旧金属回收熔炼企业，应当建立辐射监测系统，配备足够的辐射监测人员，在废旧金属原料入炉前、产品出厂前进行辐射监测，并将放射性指标纳入产品合格指标体系。
- 新建、改建、扩建建设项目含有废旧金属回收熔炼工艺的，应当配套建设辐射监测设施；
- 未配套建设辐射监测设施的，环境保护主管部门不予通过其建设项目竣工环境保护验收。
- 辐射监测人员在进行废旧金属辐射监测和应急处理时，应当佩戴个人剂量计等防护器材，做好个人防护。
- 废旧金属回收熔炼企业发现并确认辐射监测结果明显异常时，应当立即采取控制措施，并在4小时内向所在地县级以上环境保护主管部门报告。

废旧金属回收冶炼的放射性监测 (2)

- 禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射监测结果异常信息。
- 环境保护主管部门接到报告后，应当对辐射监测结果进行核实，查明导致辐射水平异常的原因，并责令废旧金属回收熔炼企业采取措施，防止放射性污染。
- 处理废弃放射源或者被放射性污染物品所产生的费用，由其原持有者或者供货方承担；
- 无法查明来源的，送贮费用由废旧金属回收熔炼企业承担；
- 对于已经开展监测的，经所在地省级人民政府环境保护主管部门核实、同级财政同意后，省级环保部门所属废旧放射源收贮单位可以酌情减免相关处理费用。

辐射工作人员个人剂量监测 (1)

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令 第18号

生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员**年满七十五周岁**，或者停止辐射工作**三十年**。

辐射工作人员个人剂量监测 (2)

辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备下列条件的机构进行个人剂量监测：

- (一) 具有保证个人剂量监测质量的设备、技术；
- (二) 经省级以上人民政府计量行政主管部门计量认证；
- (三) 法律法规规定的从事个人剂量监测的其他条件。

辐射工作人员个人剂量监测 (3)

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB 18871—2002

职业照射剂量限值：

★应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50 mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150 mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500 mSv。

★对于年龄为16岁~ 18岁接受涉及辐射照射就业培训的徒工和年龄为16岁~ 18岁在学习过程中需要使用放射源的学生，应控制其职业照射使之不超过下述限值：

- a) 年有效剂量，6 mSv；
- b) 眼晶体的年当量剂量，50 mSv；
- c) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，150 mSv。

辐射工作人员个人剂量监测 (4)

★ 特殊情况

在特殊情况下，可依据标准所规定的要求对剂量限值进行如下临时变更：

a) 依照审管部门的规定，可将连续5年的年平均有效剂量期破例延长到10个连续年；并且，在此期间内，任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过20 mSv，任何单一年份不应超过50 mSv；此外，当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到100 mSv时，应对这种情况进行检查；

b) 剂量限值的临时变更应遵循审管部门的规定，但任何一年内不得超过50 mSv，临时变更的期限不得超过5年。

★ 孕妇的工作条件

女性工作人员发觉自己怀孕后要及时通知用人单位，以便必要时改善其工作条件。孕妇和授乳妇女应避免受到内照射。

感谢!