



# 辐射防护基本知识

## ——放射源的分类与监管

汪 源

甘肃核与辐射安全局

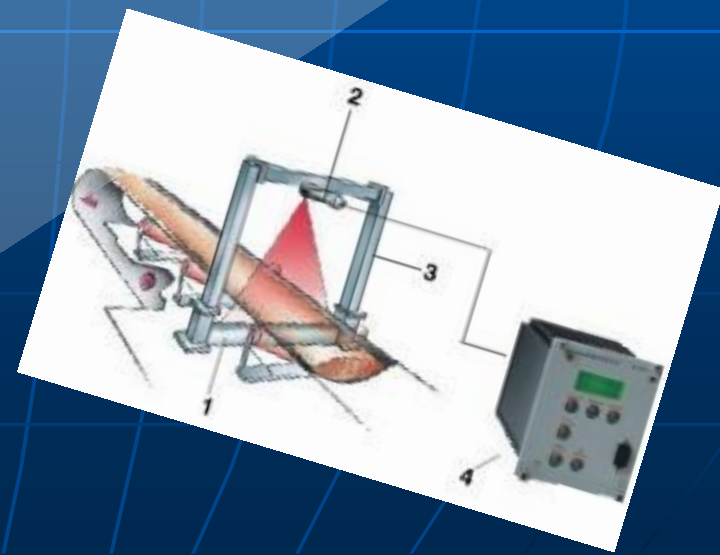
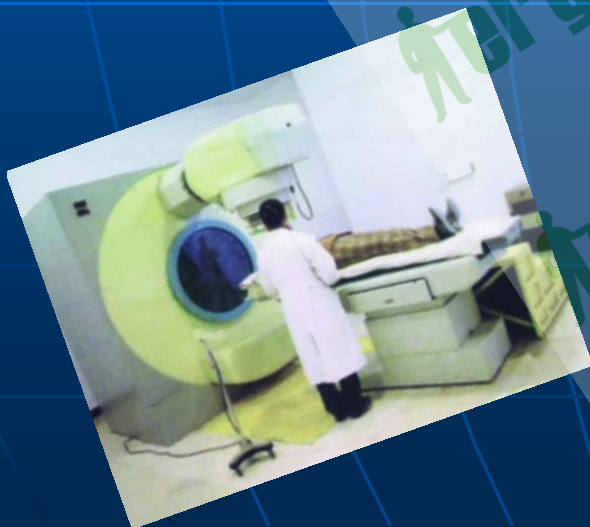
二00九年三月十九日

# 绪论

随着核能、核技术的发展，核设施、放射性同位素和射线装置在科学研究、医疗、工业、农业、地质调查和教学等领域已被受到越来越广泛的应用，由上述人类活动的加剧而导致的电离辐射污染已成了目前人们日益关注的焦点问题。

# 绪论

我国核技术应用始于上世纪三十年代，经历了开创初期、开展应用和全面发展几个阶段。特别是九十年代以后，核技术的应用步入了商业化进程，在国防、医疗、科研、工业、农业、能源等领域二十多个行业广泛应用，已初步形成具有一定规模和水平的较为完整的体系，对维护国防安全，促进国民经济和社会发展，增强国家综合国力，起到了十分积极的作用。



# 绪论

据统计（2004年），我国现有放射源14万枚，其中11万枚放射源在涉源单位中使用，3万枚放射源已被收贮，放射源使用数目年均以20%的速度增加。涉源单位约1.2万家，并且年均以15%的速度上升，主要分布在建材、医疗、科研院校、石油、化工、造纸、冶金、煤炭、辐照加工等24个行业。在用放射源的核素近五十种，其中主要核素是 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 等。全国放射源分布状况极不平衡，东西部涉源单位、放射源数量、放射性核素等差别较大。

# 绪论

我省也是国家最早的核工业和核试验基地，区内核工业及核设施依照国家核事业发展的整体布局，起步早、发展快，以404厂这个大型原子能联合企业为代表的一批军工与民用核设施数居全国第二位，且种类齐全，活动频繁。从采矿、选冶、浓缩、加工、核技术应用到乏燃料处理、废物处置，基本涵盖了核工业的全过程和核技术应用的各个方面。



# 放射源基础知识

## ■ 几个基本概念

**放射性同位素** 指某种发生放射性衰变的元素中具有相同原子序数但质量不同的核素。

**放射源** 指除研究堆和动力堆核燃料循环范畴的材料以外，永久密封在容器中或者有严密包层并呈固态的放射性材料。

**射线装置** 指X线机、加速器、中子发生器以及含放射源的装置。

# 放射源基础知识

## 放射性核素活度

放射性核素的活度是放射性核素多少的量度，一定量的某放射性核素的活度是该放射性核素的原子核在单位时间内自发放射性衰变的平均数。单位为秒的倒数（S-1），专用名称是贝可勒尔（Bq）

放射性活度的单位是居里：

$$1 \text{ C} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

# 放射源的应用

应用领域	典型应用和放射源
<p>医用、卫生、农林牧渔业 食品和饮料、卷烟轻纺 纸和纸制品生产、冶金 木材加工、印刷和出版 橡胶生产、探矿和采矿 石油和煤炭加工业、化工、 玻璃、水泥及其它非金属矿物加工业 机械制造、运输设备 建筑、水文、公共工程、环保 电力</p>	<p>远距离辐照治疗肿瘤，接触和植入辐照治疗，骨质密度分析，甲状腺吸碘测量（低能光子）； 辐照育种、杀虫、保鲜； 测密度，厚度，料位，水分，磨损，消除静电，辐射加工； 分析元素；应用<math>\alpha</math>、<math>\beta</math>、<math>\gamma</math>、中子源；</p>



# 放射源分类

- I类放射源为极高危险源。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；
- II类放射源为高危险源。没有防护情况下，接触这类源几小时至几天可致人死亡；
- III类放射源为危险源。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；

# 放射源分类

- 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；
- V类放射源为极低危险源。不会对人造成永久性损伤。

## 放射源分类—1

核素名称	I类源	II类源	III类源	IV类源	V类源
	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)
Am-241	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Am-241/Be	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Au-198	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Ba-133	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
C-14	$\geq 5 \times 10^{16}$	$\geq 5 \times 10^{14}$	$\geq 5 \times 10^{13}$	$\geq 5 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^7$
Cd-109	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^6$
Ce-141	$\geq 1 \times 10^{15}$	$\geq 1 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^7$
Ce-144	$\geq 9 \times 10^{14}$	$\geq 9 \times 10^{12}$	$\geq 9 \times 10^{11}$	$\geq 9 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^5$
Cf-252	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^{10}$	$\geq 2 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Cl-36	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^6$
Cm-242	$\geq 4 \times 10^{13}$	$\geq 4 \times 10^{11}$	$\geq 4 \times 10^{10}$	$\geq 4 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^5$
Cm-244	$\geq 5 \times 10^{13}$	$\geq 5 \times 10^{11}$	$\geq 5 \times 10^{10}$	$\geq 5 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Co-57	$\geq 7 \times 10^{14}$	$\geq 7 \times 10^{12}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Co-60	$\geq 3 \times 10^{13}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^{10}$	$\geq 3 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^5$
Cr-51	$\geq 2 \times 10^{15}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^7$
Cs-134	$\geq 4 \times 10^{13}$	$\geq 4 \times 10^{11}$	$\geq 4 \times 10^{10}$	$\geq 4 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Cs-137	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^4$
Eu-152	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^6$
Eu-154	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^6$
Fe-55	$\geq 8 \times 10^{17}$	$\geq 8 \times 10^{15}$	$\geq 8 \times 10^{14}$	$\geq 8 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^6$
Gd-153	$\geq 1 \times 10^{15}$	$\geq 1 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^7$

## 放射源分类—2（续表）

核素名称	I类源	II类源	III类源	IV类源	V类源
	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)
Ge-68	$\geq 7 \times 10^{14}$	$\geq 7 \times 10^{12}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^5$
H-3	$\geq 2 \times 10^{18}$	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{15}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^9$
Hg-203	$\geq 3 \times 10^{14}$	$\geq 3 \times 10^{12}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^5$
I-125	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
I-131	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Ir-192	$\geq 8 \times 10^{13}$	$\geq 8 \times 10^{11}$	$\geq 8 \times 10^{10}$	$\geq 8 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Kr-85	$\geq 3 \times 10^{16}$	$\geq 3 \times 10^{14}$	$\geq 3 \times 10^{13}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^4$
Mo-99	$\geq 3 \times 10^{14}$	$\geq 3 \times 10^{12}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Nb-95	$\geq 9 \times 10^{13}$	$\geq 9 \times 10^{11}$	$\geq 9 \times 10^{10}$	$\geq 9 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^6$
Ni-63	$\geq 6 \times 10^{16}$	$\geq 6 \times 10^{14}$	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^8$
Np-237 (Pa-233)	$\geq 7 \times 10^{13}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^{10}$	$\geq 7 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^3$
P-32	$\geq 1 \times 10^{16}$	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^5$
Pd-103	$\geq 9 \times 10^{16}$	$\geq 9 \times 10^{14}$	$\geq 9 \times 10^{13}$	$\geq 9 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^8$
Pm-147	$\geq 4 \times 10^{16}$	$\geq 4 \times 10^{14}$	$\geq 4 \times 10^{13}$	$\geq 4 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^7$
Po-210	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Pu-238	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Pu-239/Be	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Pu-239	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Pu-240	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 6 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^3$

## 放射源分类—3（续表）

核素名称	I类源	II类源	III类源	IV类源	V类源
	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)	(贝可)
Pu-242	$\geq 7 \times 10^{13}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^{10}$	$\geq 7 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Ra-226	$\geq 4 \times 10^{13}$	$\geq 4 \times 10^{11}$	$\geq 4 \times 10^{10}$	$\geq 4 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Re-188	$\geq 1 \times 10^{15}$	$\geq 1 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^5$
Ru-103 (Rh-103m)	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Ru-106 (Rh-106)	$\geq 3 \times 10^{14}$	$\geq 3 \times 10^{12}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^5$
S-35	$\geq 6 \times 10^{16}$	$\geq 6 \times 10^{14}$	$\geq 6 \times 10^{13}$	$\geq 6 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^8$
Se-75	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{12}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 2 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Sr-89	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^6$
Sr-90 (Y-90)	$\geq 1 \times 10^{15}$	$\geq 1 \times 10^{13}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^4$
Tc-99 <sup>m</sup>	$\geq 7 \times 10^{14}$	$\geq 7 \times 10^{12}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^7$
Te-132 (I-132)	$\geq 3 \times 10^{13}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^{10}$	$\geq 3 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^7$
Th-230	$\geq 7 \times 10^{13}$	$\geq 7 \times 10^{11}$	$\geq 7 \times 10^{10}$	$\geq 7 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^4$
Tl-204	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^4$
Tm-170	$\geq 2 \times 10^{16}$	$\geq 2 \times 10^{14}$	$\geq 2 \times 10^{13}$	$\geq 2 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^6$
Y-90	$\geq 5 \times 10^{15}$	$\geq 5 \times 10^{13}$	$\geq 5 \times 10^{12}$	$\geq 5 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^5$
Y-91	$\geq 8 \times 10^{15}$	$\geq 8 \times 10^{13}$	$\geq 8 \times 10^{12}$	$\geq 8 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^6$
Yb-169	$\geq 3 \times 10^{14}$	$\geq 3 \times 10^{12}$	$\geq 3 \times 10^{11}$	$\geq 3 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^7$
Zn-65	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 1 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^6$
Zr-95	$\geq 4 \times 10^{13}$	$\geq 4 \times 10^{11}$	$\geq 4 \times 10^{10}$	$\geq 4 \times 10^8$	$\geq 1 \times 10^6$



# 放射源监管

## 目的

- 确保辐射源的安全；
- 预防可造成放射性损伤的事故和事件发生；
- 通过确保辐射剂量不超过规定水平而使职业人员和公众的照射减到最低。

# 放射源监管

## 方法

- 法规标准与管理要求
- 必须了解源、装置的情况
- 辐射与安全的特点
- 经验教训

# 现场监督检查——对源

## 放射源编码

### 国产

- 生产放射源单位
  - 产品台账
  - 统一编码
  - 未列入产品台账和未编码，不得出厂和销售

### 进口

- 环保部编码

# 现场监督检查——对源

源的信息：产品说明书的要求

含放射源设备的说明书应当告知用户该设备含有放射源及其相关技术参数和结构特性，并告知放射源的潜在辐射危害及相应的安全防护措施。

# 现场监督检查——对源

## 放射源台帐

辐射工作单位应当建立放射性同位素与射线装置台帐，记录：

放射性同位素的核素名称、生产厂家、出厂时间和活度、编码和类别、来源和去向

射线装置的名称、型号、主要技术参数、射线种类、类别、来源和去向



# 现场监督检查——对辐射工作人员

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；

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，持证上岗。

# 现场监督检查——对辐射工作场所

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。

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。

# 现场监督检查——对辐射工作场所

## 放射性工作场所标识、安全连锁和安全措施

设置明显的放射性标志

入口处设置安全连锁、报警装置或者工作信号

# 现场监督检查——监测

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。

# 现场监督检查——规章制度

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。

有完善的辐射事故应急措施。



# 核技术应用中常见的放射源

# 放射源的种类

## 按辐射类型

分为 $\alpha$ 放射源， $\beta$ 放射源， $\gamma$ 放射源，低能光子源，中子源等。

## 按结构

分为密封源和非密封源。

## 按应用

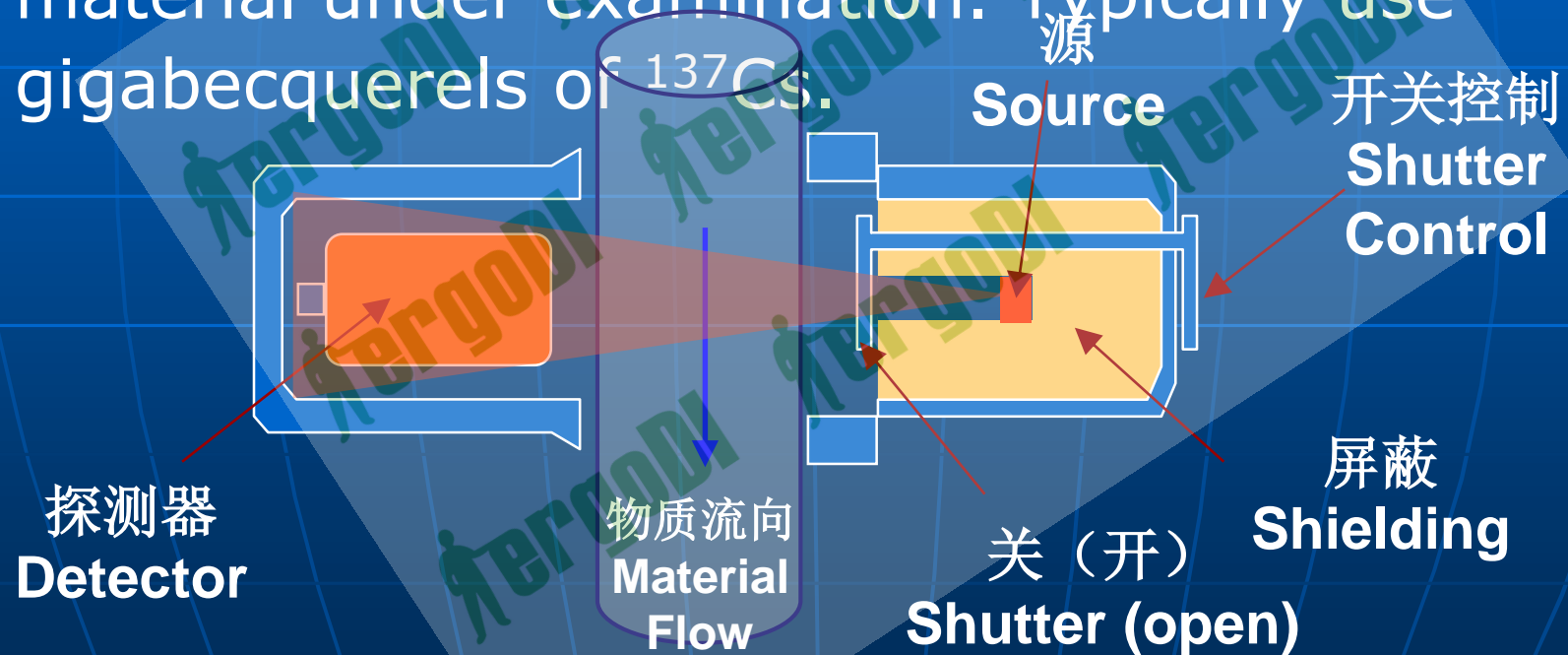
分为工业用源，医用源，实验室用源，同位素仪表用测厚源，离子感烟探测器用火警源，穆斯堡尔效应测量用穆斯堡尔源，X射线荧光分析用低能光子源， $\gamma$ 照相探伤源，静电消除源和同位素热源等。

# 密封放射源



# 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 $^{137}\text{Cs}$ 。The detector measures the amount of radiation passing through the material under examination. Typically use gigabecquerels of  $^{137}\text{Cs}$ .







工业同位素示踪





烟雾探测器



射线测厚仪



SY-5500核子秤

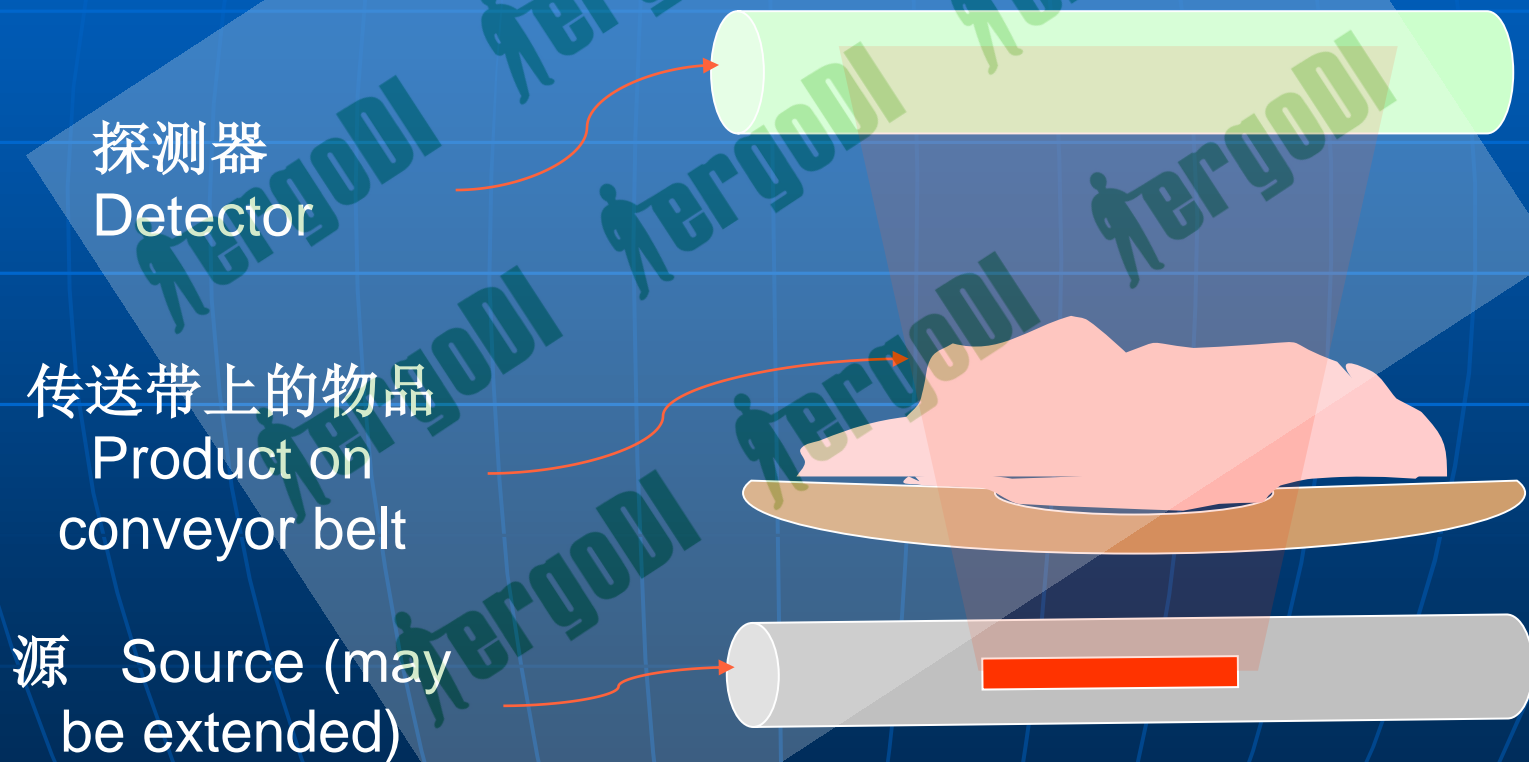


# 密度测量仪 Density Gauges



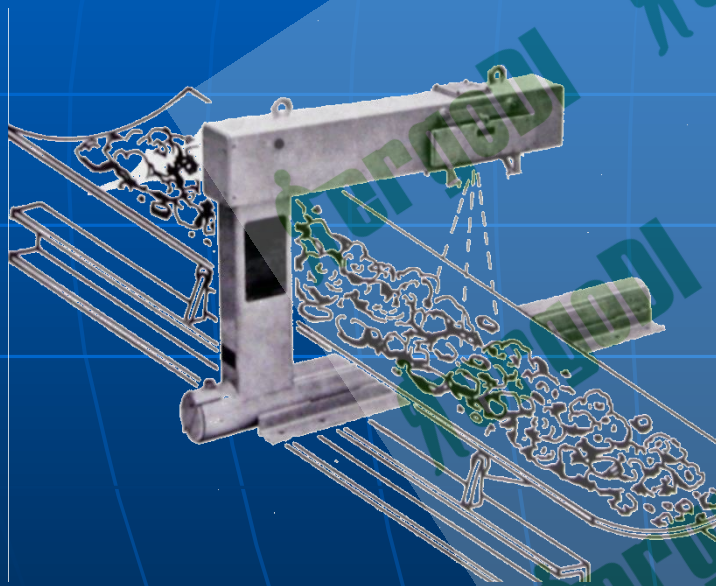
# 密度测量仪（核子秤） Density Gauges

传送带称重仪器 Belt weighing gauge



# 密度测量仪（核子秤） Density Gauges

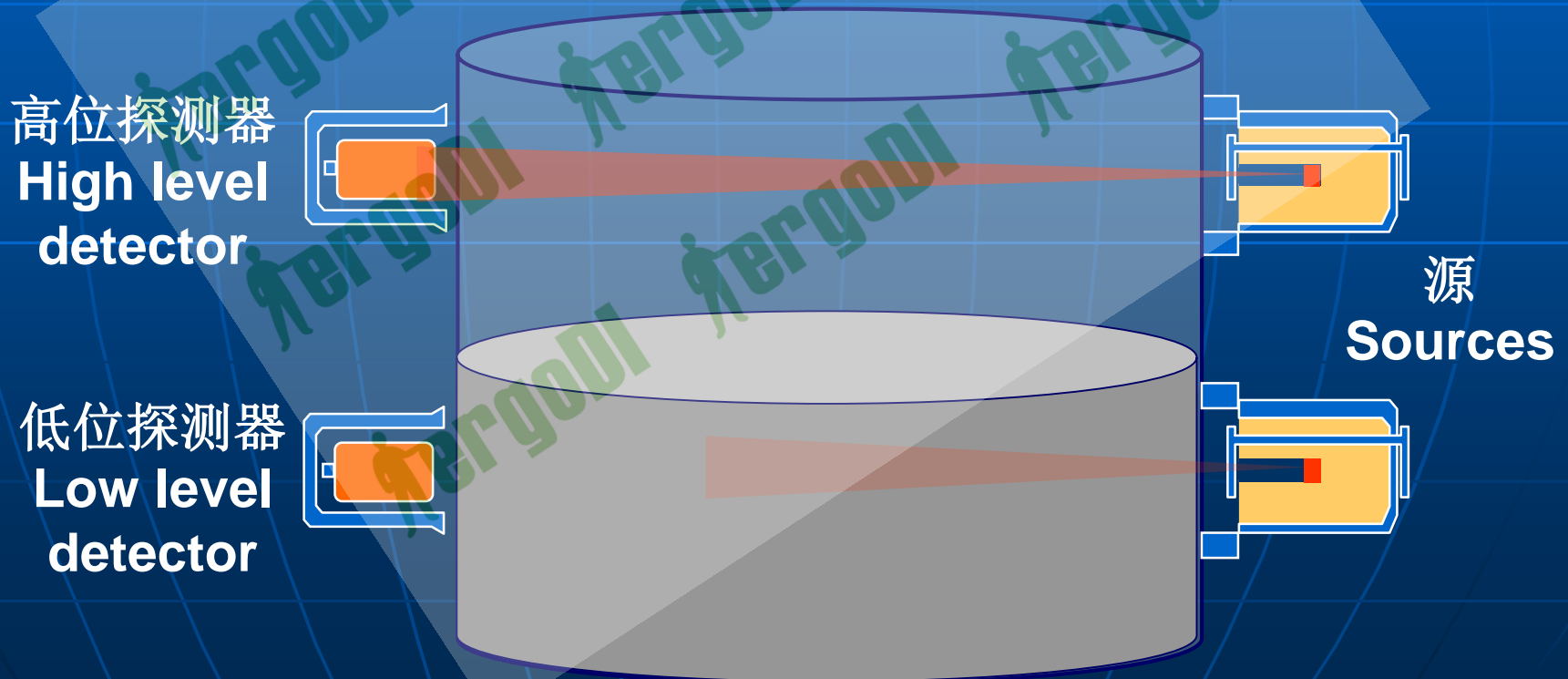
传送带称重仪器 Belt weighing gauge





# 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 $^{60}\text{Co}$ 。



# 固定核子测量——料位计

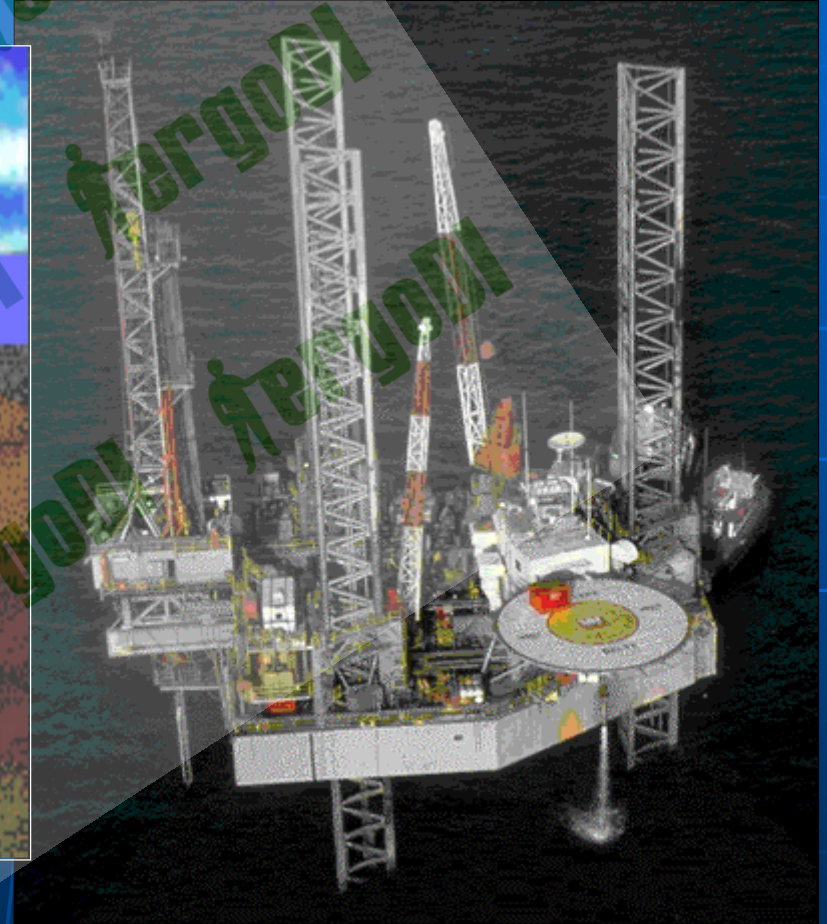
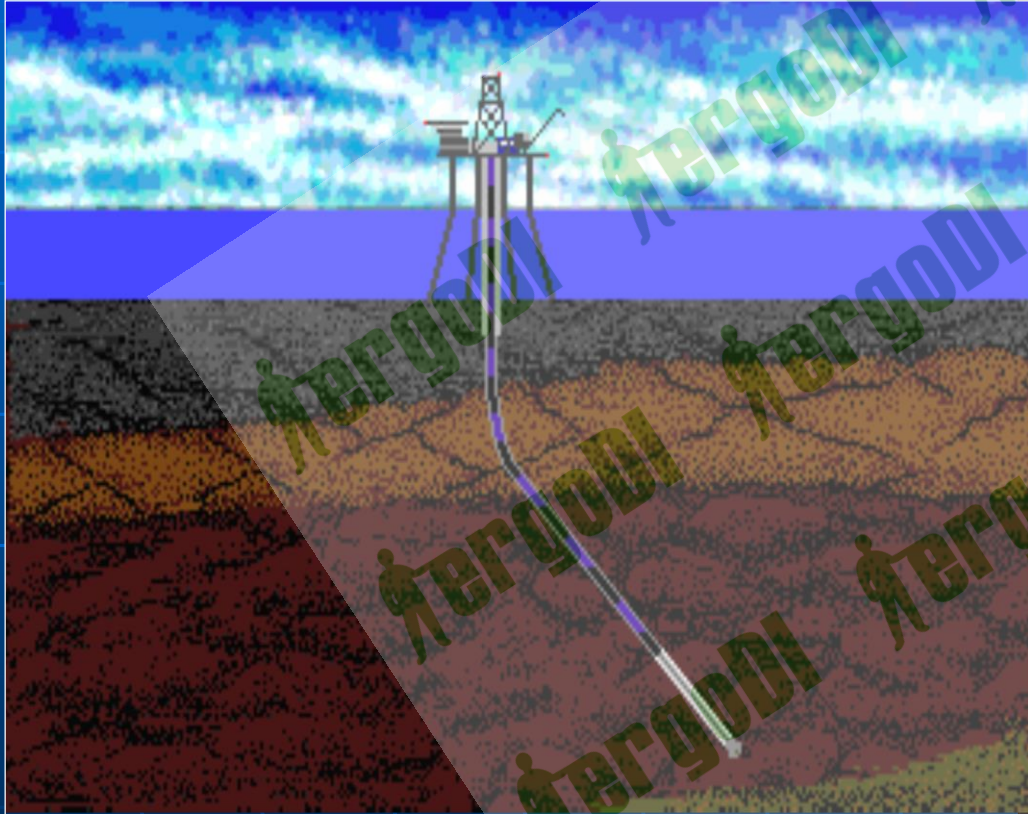


# 固定核子测量——厚度测量仪





# 钻井测量

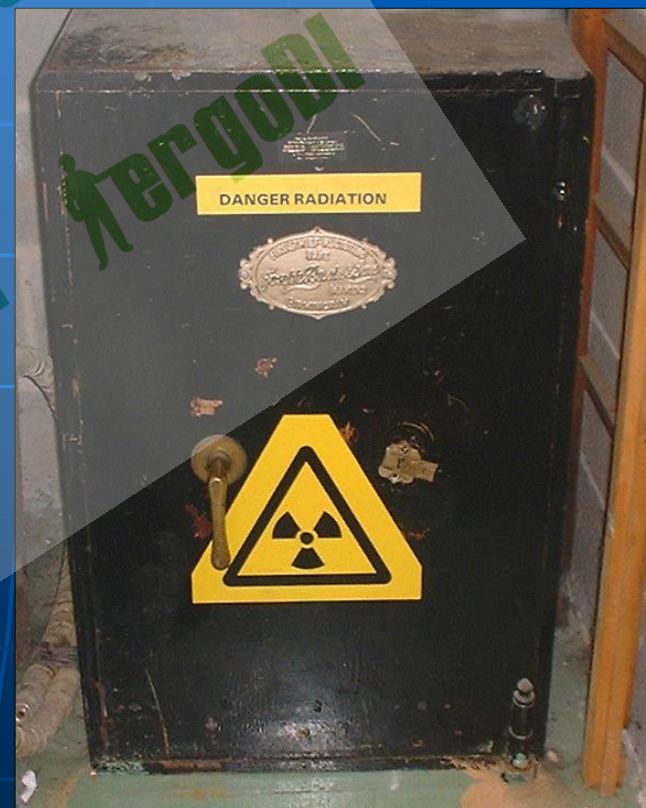


## 源的贮存

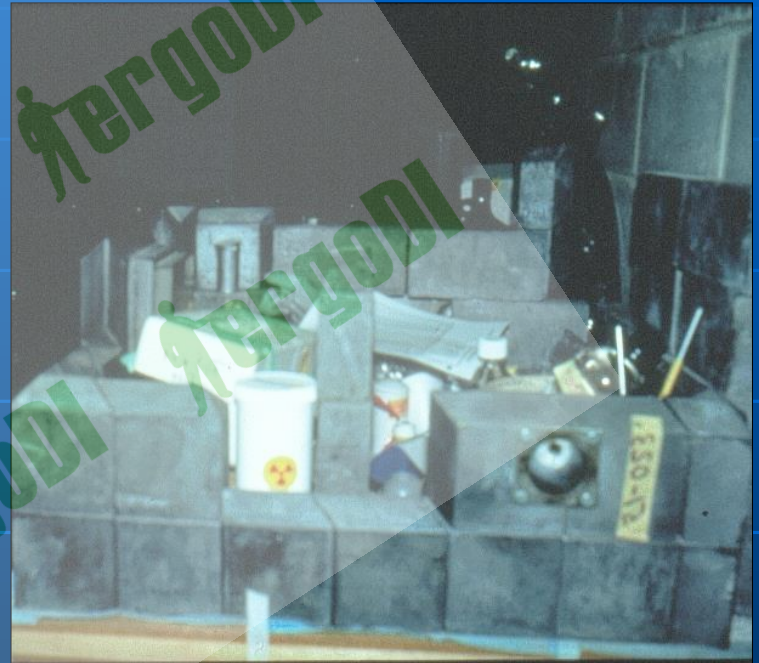
源贮存区应该

### ■ 提供对环境的防护

- 只存放放射性物质
- 提供足够的屏蔽
- 能抵御火灾
- 是安全的









# 辐射监管人员的辐射防护

# 方法

## 外照射防护

- 时间防护;
- 距离防护;
- 屏蔽防护

# 方法

## 内照射防护

### 围封

保持清洁和对被污染的空气、水和物体表面采取去污措施  
制定适宜的管理规定和操作规程尽量减少吸入或摄入放射性物质；

采用合适的个人防护器具；

妥善储存放射性物品。

## 防护服及其相关设备

放射性设施使用的防护服及其相关设备包括：

含铅围裙

含铅手套

甲状腺含铅围脖

防护眼镜



## 防护服

适当的防护服至少应包括实验服和手套。

国家法规可以要求更多。





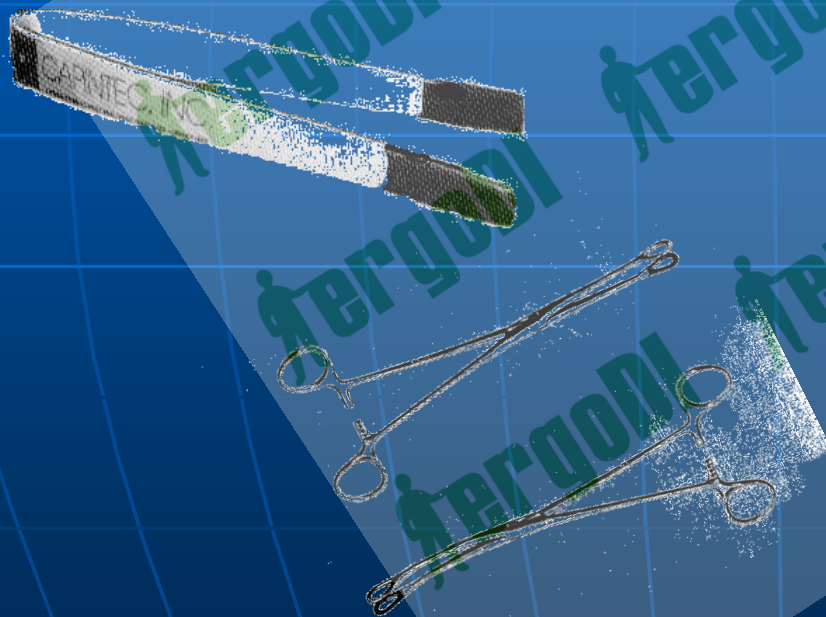
# 屏蔽



- 工作台面屏蔽
- 玻璃瓶屏蔽
- 注射器屏蔽



# 镊子和钳子





谢谢大家