

CNIC-01803

IAE-0213

## 辐射工作场所改造中的辐射监测与管理

于 涛 梁石强 汪幼梅

(中国原子能科学研究院,北京,102413)

### 摘 要

主要介绍辐射工作场所改造前期的辐射监测与管理经验。在辐射场所改造前期,预先对改造场所进行调查,制定工作计划,选择合适的仪器和设备,设计监测流程,培训人员并结合实际进行现场处理,较好地完成了前期去污、拆除和场所清理工作,为辐射场所改造中后期工作的顺利开展打下了坚实的基础。

关键词:辐射工作 改造 去污 监测 管理

# **Radiation Survey and Management on the Reconstructed Radioactive Work-site**

*(In Chinese)*

YU Tao LIANG Shiqiang WANG Youmei  
(China Institute of Atomic Energy , Beijing, 102413 )

## **ABSTRACT**

The experiences of radiation survey and administration in the prophase on reconstructed radioactive work-site are summarized. The advance works are to investigate the reconstructed work-site, settle working plans, devise inspecting flow charts, deal with something in time in the local and train the staffers. The works about prophasic decontaminating, removing and cleaning up the site have been finished, which have established the deep foundation to develop later task.

**Key words:** Radiation work, Reconstructed, Decontamination, Survey, Administration

## 引言

随着科学技术的进步和原子能事业的蓬勃发展,尤其是放射性同位素的广泛应用,现有的辐射工作场所已不能满足市场或国家的需要,再加上原有的辐射工作场所经过几十年的服役,设备破损,设施落后,也不能满足环保和辐射安全的要求,急需改造或退役。由于辐射场所的新建存在进入壁垒及开销很大等问题,往往被企业所舍弃;而退役工作亦需花费大量资金,原有固定厂房难以移作他用等,所以,辐射工作场所的改造就成为企业或科研单位的最佳选择。

本文主要讨论改造场所前期工作的一些内容与方法,为后期的施工与运行打下基础。

## 1 技术工作

### 1.1 定制控制标准

依据国家辐射防护法规与政策<sup>[1,2]</sup>,在严格遵守国家标准的前提下,结合现场实际情况,分类定制以下标准:

(1)个人剂量限值 辐射工作人员的年剂量限值为  $20 \text{ mSv} \cdot \text{a}^{-1}$  (在开展改造工作时, GB 18871-2002 未出台)。

(2)去污前的表面污染控制水平(如表 1)。

(3)去污后的放射性物质表面污染控制水平(如表 2)。

(4)放射性固体废物包装箱表面  $\gamma$  辐射水平控制限值(如表 3)。

表 1 去污前表面污染控制水平

表面污染程度	表面污染水平/(Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$ 放射性物质	$\beta$ 放射性物质
重度污染	>40	>400
轻度污染	4~40	40~400
略有污染	0.08~4	0.08~40

表 2 去污后放射性废物处置表面污染控制水平

表面类别或物件类别	表面污染水平/(Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$ 放射性物质	$\beta$ 放射性物质
一般垃圾或废钢铁回收	0.08	0.8
回收利用的设备	0.4	4
地面、墙壁	0.4	4
放射性废物	原子能院固体废物贮存库	0.08
	改造专用暂存库	0.08

注:<sup>1)</sup>分类存放表面  $\gamma$  辐射水平见表 3。

表 3 放射性固体废物包装箱表面  $\gamma$  辐射水平控制限值

存放地点	$\gamma$ 辐射水平/( $\mu\text{Gy/h}$ )	
原子能院固体废物贮存库	强放废物	$\geq 720, < 28\ 800$
	弱放废物	$< 720$
改造专用暂存库	$< 72$	

(5)放射性废液排放控制限值(如表 4)。

(6)人员监测与验收标准(如表 5)。

表 4 放射性废液排放控制限值

废液类型	控制限值/(Bq/L)	
	$\alpha$ 放射性废液	$\beta$ 放射性废液
强放废液	$>4 \times 10^6$	$>4 \times 10^7$
弱放废液	$\leq 4 \times 10^6$	$\leq 4 \times 10^7$

表 5 人员监测与验收标准控制限值

表面类型	控制限值/(Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$ 放射性物质	$\beta$ 放射性物质
地面、墙壁	0.04	4
工作服、手套、工作鞋	0.4	4
手、皮肤、工作袜	0.04	0.4

注:去污过程中,采用区域控制,放宽了工作服、手套和工作鞋的监测范围。

## 1.2 编制工作计划并具体实施

### 1.2.1 改造场所辐射水平和污染水平调查

(1)辐射水平调查和污染水平调查程序如图 1 所示。原放射性工作场所生产过<sup>210</sup>Po-Be 中子源,此场所已停产多年,<sup>210</sup>Po 几乎无残留,故而调查中未考虑中子辐射。

(2)辐射水平调查示意图如图 2 所示,污染水平调查示意图如图 3 所示。在调查过程中,首先找到  $\gamma$  辐射来源,结果表明几乎都是正当的;污染水平调查时,须尽可能地接近真实情况<sup>[3]</sup>。防止交叉污染和污染的扩散。

(3)表面污染调查结果列于表 6。

表 6 表面污染调查结果

污染类别	表面污染类型	污染面积/m <sup>2</sup>	污染活度/Bq
实验室的表面	略有污染	700	$3.22 \times 10^6$
	轻度污染	590	$5.62 \times 10^6$
	重度污染	270	$8.5 \times 10^7$
手套箱内	污染及残留	253	$1.8 \times 10^{11}$
通风柜内	污染及残留	226	$5.5 \times 10^{11}$
<sup>192</sup> Ir 废源井	污染及残留		$1.9 \times 10^{11}$
总计		2 039	$8.3 \times 10^{11}$

### 1.2.2 去污程序及其监测结果

(1)污染去污程序如图 4 所示。

(2)去污效果列于表 7。



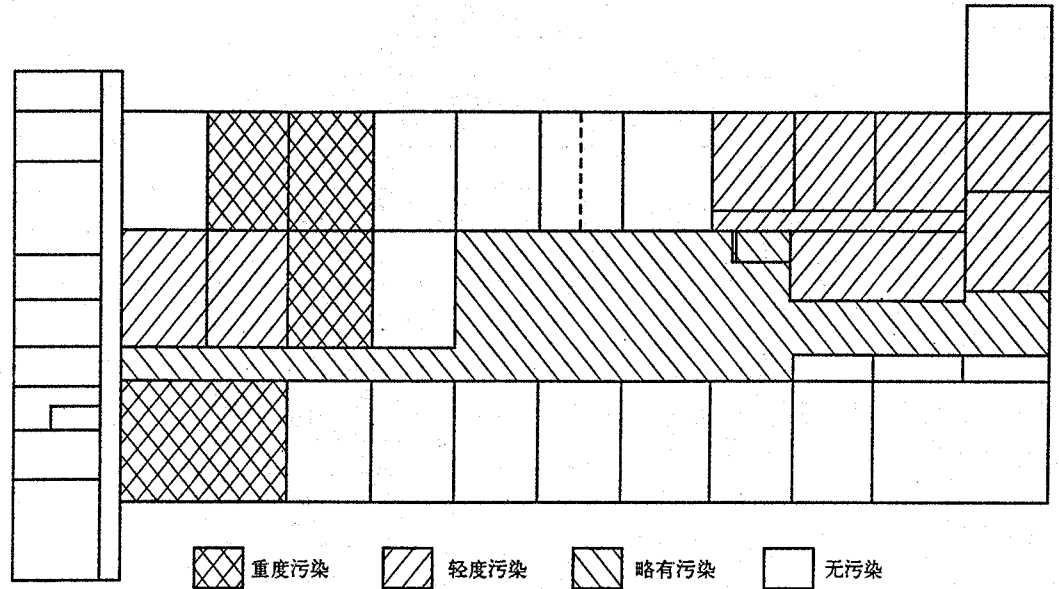


图3 工号改造工程范围的表面污染示意图

表7 不同的去污方法和物质表面放射性污染的去污效果

表面类型与污染类别	去污效果/%					
	II号去污剂擦拭	油污克星擦拭	稀硝酸擦拭	砂纸、砂轮磨	刀刮、削、刨	机械剥除
手套箱等不锈钢表面 $\alpha$ 轻度污染	80~95	70~90	70~80	80~90		
手套箱等不锈钢表面 $\beta$ 轻度污染			80~90	80~90		
手套箱等不锈钢表面 $\alpha$ 重度污染	20~30	10~20				
手套箱等不锈钢表面 $\beta$ 重度污染			30~50			
塑料地板 $\alpha$ 轻度污染	90~100	90~100				
塑料地板 $\beta$ 轻度污染			90~100			
塑料地板 $\alpha$ 重度污染	70~90	70~80			100	
塑料地板 $\beta$ 重度污染			70~80	100	100	
瓷砖、水泥地面 $\alpha$ 轻度污染	60~70	50~60	70~80	80~90		100
瓷砖、水泥地面 $\beta$ 轻度污染			70~80	80~90		100
瓷砖、水泥地面 $\alpha$ 重度污染	30~40	30~40				100
瓷砖、水泥地面 $\beta$ 重度污染			30~50			100
木制品、油漆表面 $\alpha$ 轻度污染	30~50	30~50			100	
木制品、油漆表面 $\beta$ 轻度污染			40~50		100	
木制品、油漆表面 $\alpha$ 重度污染	10~20	10~20			100	
木制品、油漆表面 $\beta$ 重度污染			10~20		100	

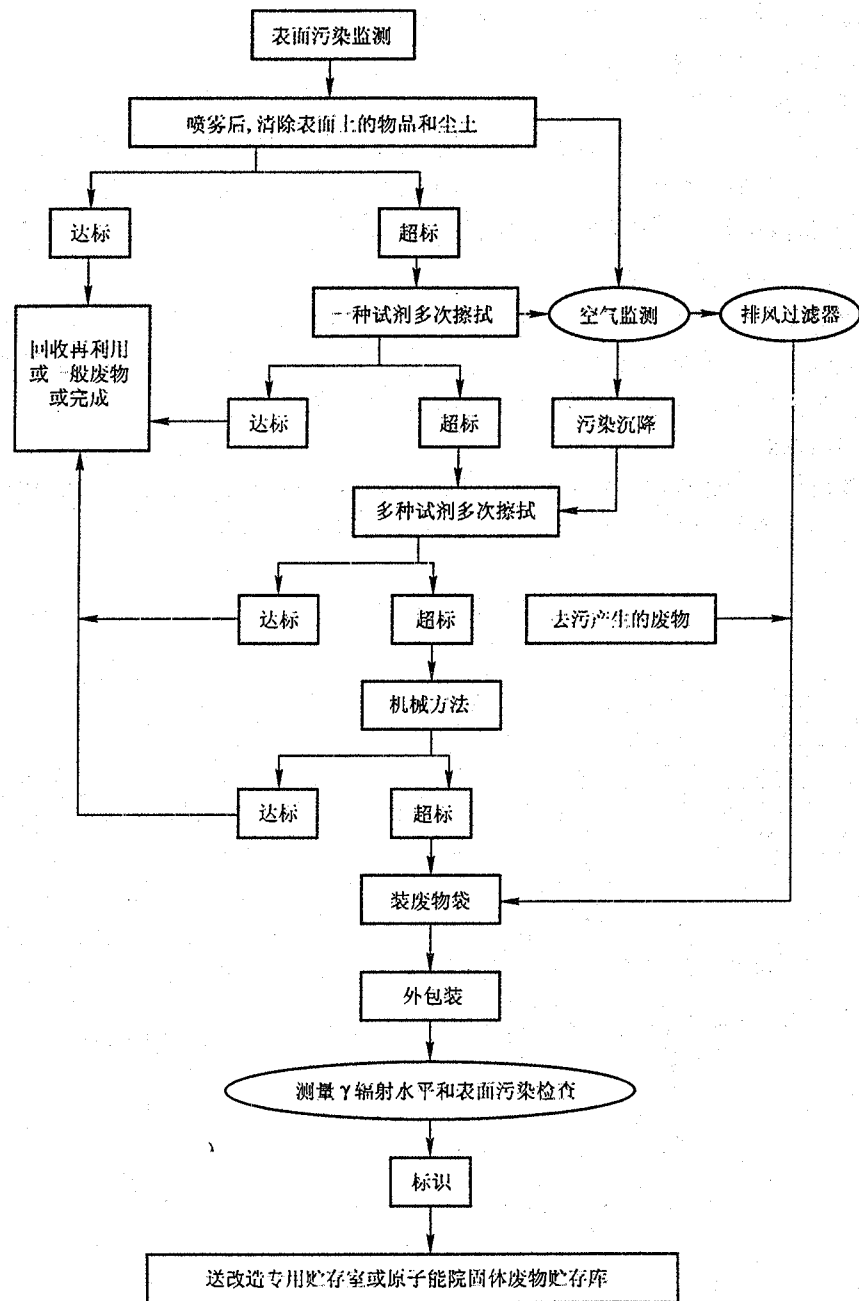


图4 去污流程图

去污效果与表面污染水平、被污染表面的性质、去污试剂、去污方法和去污人员等密切相关。从实际效果看,湿法擦拭对去除轻度以下污染水平和松散污染效果较好,对严重污染的手套箱(不锈钢)、铁制物表面(铁板、管道表面)、水泥地面、瓷砖表面等的去污效果较差,对使用时间较长的塑料地板也不太理想。采用刀刮、削切、刨等方法可以全部去除木制物品和塑料地板等的表面污染。对瓷砖、水泥地面、墙壁的固定污染采用机械剥除方法去污彻底,但劳动强度大。对金属制品局部很难去污的严重污染,采用电气焊切割减容,可以减少

放射性固体废物,但增加了对工作人员的照射和劳动强度。

经过去污达到了控制标准要求。

### (3)气溶胶浓度监测

在去污过程中,我们启动原有的通风系统,辐射工作人员完全按照甲级工作场所的佩戴要求进行工作。监测气溶胶浓度基本正常,但有时超过国家标准十倍甚至百倍,这与原工号运行有关,也是内照射个人剂量的主要来源。

### (4)放射性废液处理

采用离子交换方法,处理了  $2.3 \text{ m}^3$  约  $7 \times 10^7 \text{ Bq/L}$  的  $^{241}\text{Am}$  放射性废液,处理后的废液经国防科工委一级计量站测量达到  $17 \text{ Bq/L}$ ,有关部门同意排入原子能院弱放下水系统。回收的离子交换柱等装入放射性废物包装箱做废物处理。

### 1.2.3 设备拆除

改造场所设备拆除程序如图 5 所示。设备拆除需严格按照程序进行,此外经北京市环境保护局监测合格的一般废弃物转运至废品回收公司,回收利用。

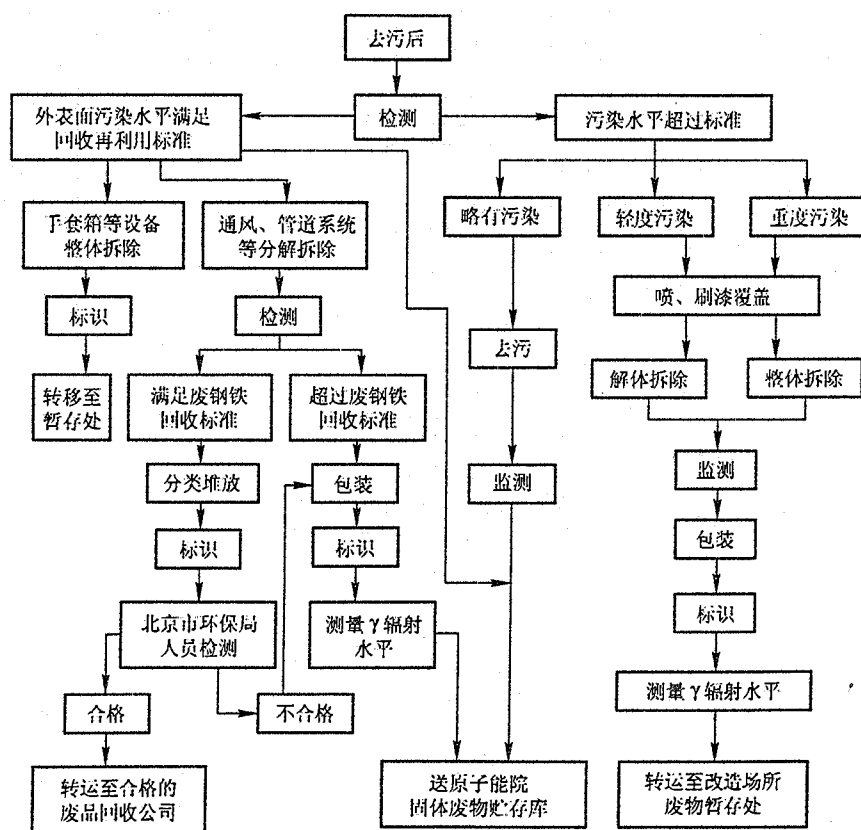


图 5 设备拆除流程图

### 1.2.4 场所清理

场所清理过程中,防护人员要进行不定期检查,杜绝遗漏的放射性污染。场所清理结果:(1)场所清理、拆卸前,其地面、墙壁等放射性物质污染水平经过了原子能院安防处监测,北京市环保



局抽查监测,均达到标准。(2)场所清理出的废旧设备、管道等打算回收再利用的废旧金属品处理前,经北京市环保局和原子能院安防处监测同意后,按规定处理。(3)场所清理中发现的放射性物质按规定及时进行标识、处理。场所清理后, $\gamma$ 辐射水平基本上达到本底水平。

## 2 辐射防护安全监测与管理

### 2.1 辐射工作人员培训

所有辐射工作人员必须经过辐射安全培训,考察合格后方能上岗。并在工作过程中,不断地灌输辐射安全防护思想,加强工作人员的辐射安全文化意识。

### 2.2 个人外照射剂量监测

监测结果列于表 8

表 8 外照射个人剂量监测结果

人员类别	总人数/人	监测数/人	剂量当量范围/mSv	集体剂量/人·Sv	人均个人剂量/mSv
去污人员	13	11	0.26~5.46	0.028 03	2.55
拆除人员	18	16	0.12~3.34	0.016 98	1.06
防护人员	2	2	4.33~5.43	0.009 76	4.88
合计	33	29	0.12~5.46	0.054 77	1.89

从表 8 可看出,去污、拆除和防护人员的外照射个人剂量最大值为 5.46 mSv,平均值为 1.89 mSv。符合国家有关标准。

### 2.3 个人内照射剂量监测

监测结果列于表 9。

表 9 内照射个人剂量监测结果统计

人员类别	总人数/人	监测数/人	剂量当量范围/mSv	集体剂量/人·Sv	人均个人剂量/mSv
去污人员	13	12	0.00~16.00	0.048 44	3.87
拆除人员	18	12	0.00~6.50	0.036 16	3.01
防护人员	2	1	8.10	0.008 1	8.10
合计	33	25	0.00~16.00	0.092 7	3.71

从表 9 可看出,去污、拆除和防护人员的内照射个人剂量最大值为 16.00 mSv,平均值为 3.71 mSv。

个人内照射与外照射剂量之和最大值为 19.54 mSv,低于 20 mSv·a<sup>-1</sup>控制标准。

### 2.4 表面污染监测

个人防护用品表面污染监测结果列于表 10。

表 10 个人防护用品的表面( $\alpha$ )污染监测

类别	监测次数	出现下述数值(Bq/cm <sup>2</sup> )占总监测数的百分比/%				
		≤0.04	>0.04 ≤0.4	>0.4 ≤4	>4 ≤40	>40
工作服	1 642	89.22	7.13	3.53	0.12	0.00
手套	1 701	49.03	31.39	18.34	0.94	0.00
工作鞋	1 922	48.18	33.56	15.30	2.80	0.16
手、皮肤	110	94.55	3.64	1.81	0.00	0.00
工作袜	91	97.80	2.20	0.00	0.00	0.00

### 3 总 结

(1)人员的外照射剂量最大 5.46 mSv,人均 1.89 mSv;内照射剂量最大 16.00 mSv,人均 3.71 mSv;个人剂量最大 19.54 mSv,低于计划人员受照剂量(20 mSv)。

(2)为了减少放射性固体废物,采用去污、切割、减容和分检等措施,使放射性废物减少约 10 m<sup>3</sup>。

(3)采取区域控制措施,是防止交叉污染、污染扩散和重复污染的有效方法。

(4)在高水平  $\gamma$  辐射场中,先找到其辐射原因,再采取有效的措施,降低工作人员外照射剂量,这项措施在实际工作中是正确的。

(5)处理<sup>241</sup>Am 废水罐中的废水时,使用的是正向压力排空水液,在整个处理过程中,因很难确定有关阀门是否都已关闭、关紧,在处理接近尾声时,突然发现某房间靠南端墙壁处,有近 1 m<sup>2</sup>的  $\alpha$  污染,污染水平最高处大于 200 Bq/cm<sup>2</sup>,总量达  $2 \times 10^6$  Bq。经过周密调查,发现污染处有一排气管道与<sup>241</sup>Am 废水罐相连,且罐口处所套的乳胶手套被冲破,而在这些天中<sup>241</sup>Am 废水罐正在处理废水。在排除一切其他原因后,知道污染是由处理<sup>241</sup>Am 废水罐中的废水时使用加压方法且阀门没有彻底关闭所引起的。

通过处理上述事件,我们应从中吸取的教训是:在处理类似情况时,要尽量利用负压的方法。

### 致 谢

感谢张永兴研究员及尹远淑研究员给予的指导,谢广泰高级工程师给予的启发和陈洪涛等提供的有关数据。

### 参 考 文 献

- 1 国家环境保护局. GB 8703-88. 辐射防护规定, 1988
- 2 国家环境保护局, 国家技术监督局. GB 9133-1995. 放射性废物的分类, 1995
- 3 国家技术监督局. GB/T 14056-93. 表面污染规定, 第一部分  $\beta$  发射体(最大能量大于 0.15 MeV)和  $\alpha$  发射体, 1993