

原成[76]-029

内 部

科学技术成果报告

弱放废水处理车间运行总结

弱放废水处理车间

中国科学院原子能研究所

一九七六年十二月

目 录

一、前言	(1)
二、工艺流程与设备	(1)
1. 弱放废水处理车间主要工艺流程示意图	(1)
2. 弱放废水处理车间主要设备一览表	(2)
3. 弱放废水处理车间工艺运行主要控制参数	(2)
三、废水来源与组成	(6)
1. 废水的来源	(6)
2. 废水的组成	(7)
四、放射性净化效果	(9)
1. 过程净化效果、总净化效果及各个核素净化系数	(9)
2. 化学元素去除效果	(14)
五、剂量安全工作	(16)
1. 空气中气溶胶的检查	(16)
2. γ 射线(照射量的)检查	(16)
3. 表面污染检查	(16)
4. 个人剂量检查	(16)
附录: 弱放废水处理车间全面去污参考意见	(17)
六、供电与集中控制	(19)
1. 供电	(19)
2. 集中控制	(20)
3. 设备布置与选择	(21)
4. 问题讨论	(21)
七、检测仪表	(22)
1. 弱放废水处理工艺流程所测工艺参数和选用仪表	(22)
2. 检测仪表的维修	(23)
3. 弱放废水处理工艺流程自动化	(23)

八、运行经验.....	(23)
1. 设备试车、冷试车、热试车.....	(23)
2. 开车前的准备工作.....	(24)
3. 凝聚段.....	(24)
4. 蒸发段.....	(27)
5. 离子交换段.....	(34)
6. 总净化效果.....	(35)
7. 主要取样点的取样.....	(35)
8. 主要经济指标.....	(36)
9. 运行组织.....	(36)
九、事故处理.....	(37)
1. 事故停车.....	(37)
2. 不正常情况及处理.....	(37)
十、存在问题.....	(38)
1. 凝聚段.....	(38)
2. 蒸发段.....	(39)
3. 离子交换段.....	(39)

弱放废水处理车间运行总结

一、 前 言

弱放废水处理车间是以凝聚、蒸发、离子交换（1971年起增加电渗析）三段流程处理弱放废水（指总 β 为 1×10^{-5} 居里/升以下）的车间。

该车间在1959年开始设计，1960年苏修撕毁合同，撤走技术人员，妄图扼杀我国的原子能事业。在毛主席的革命路线指引下，我国工人阶级和工程技术人员，本着自力更生，奋发图强的革命精神，自己动手，大搞群众运动，克服了重重困难，于1965年底建成弱放废水处理车间，并投产运行。

该车间占地面积约2500平方米左右，投资金额约350万元。投入生产的第一线流程投资约200万元。该车间设有两条流线：一条是酸性废水处理线，即投入生产的第一线，一条是碱性废水处理线。各自处理量为4吨/时。

弱放废水处理车间历年处理废水量见表1。

表1 弱放废水处理车间运行情况

序 号	运 行 年 份	处 理 水 量, 吨
1	1965	3000
2	1967	1800
3	1968	1300
4	1969	1600
5	1970	1000
6	1971	2030
7	1973	1200
8	1976	2500
合 计		14430

本总结以1973年的工艺运行数据为主，同时考虑了往年及1976年的运行情况。扼要的总结了其它有关工种如电气、仪表、剂量等运行情况。

二、 工艺流程与设备

1. 弱放废水处理车间主要工艺流程示意图 见图1。

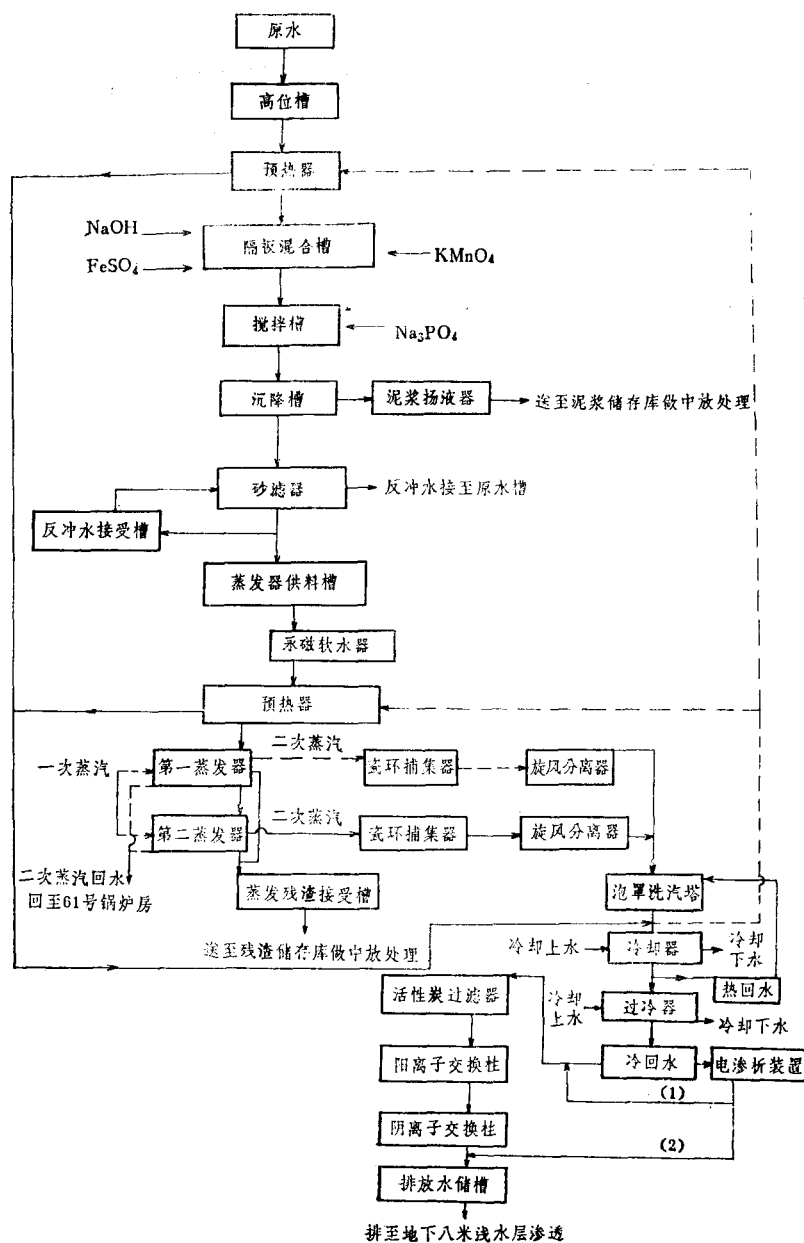


图1 弱放废水处理车间主要工艺流程图

(1) 电渗析出水不符合排放标准送离子交换段。

(2) 电渗析出水符合排放标准送排放罐。

2. 弱放废水处理车间主要设备一览表 见表2。

3. 弱放废水处理车间工艺运行主要控制参数 见表3至表6。

表2 弱放废水处理车间主要设备一览表

序号	设备代号	名 称	主 要 尺 寸
1	A-01	废 水 罐	直径4500毫米, 高4500毫米, 容积72米 ³
2	A-05	隔板混合器	长度1200毫米, 高300毫米, 宽600毫米, 容积200升
3	A-06	搅 拌 器	直径1500毫米, 高1500毫米, 容积2.7米 ³
4	A-07	沉 降 槽	直径4500毫米, 圆柱体高3500毫米, 圆锥体高2250毫米, 容积68米 ³
5	A-08	砂 过 滤 器	直径1028毫米, 高2340毫米, 砂层高1200毫米
6	A-13	第一蒸发器	换热面100米 ² , 高7600毫米
7	A-14	第二蒸发器	换热面10米 ² , 高14200毫米
8	A-15	泡罩洗气塔	直径1800毫米, 高5300毫米, 五块塔板
9	A-16	冷 凝 器	换热面100米 ²
10	A-17	冷 却 器	换热面12米 ²
11	A-20	活 性 炭 柱	直径1525毫米, 高3870毫米, 填充物高2200毫米
12	A-22	离子交换柱	直径1525毫米, 高3870毫米, 填充物高2200毫米
13	A-23	排放水贮罐	直径4500毫米, 高3500毫米, 容积55.6米 ³
14	A-25	冷 回 水 罐	直径4500毫米, 高3500毫米, 容积55.6米 ³
15		泵	离心泵, 耐酸泵, 旋涡泵
16		电 渗 析	长度1600毫米, 宽800毫米, 80对, 共电极

表 3 弱放废水处理车间工艺运行控制参数 (凝聚段)

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
控制项目	A-04/1出口 流量	A-06/1出口 pH值	A-39/1加 4.0% NaOH	A-39/2加 1.0% FeSO ₄ ·7H ₂ O	A-39/3加 0.2—0.5% KMnO ₄	A-39/4加 6.0% Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	A-08/1-2 压差	A-08/1-2 反冲	A-08/1-2 排气	A-07/1 排泥
控制指标	3.8—4.2 米 ³ /时	8.5—9.0	调节pH 8.5—9.0	按Fe ²⁺ 计 10—15 ppm	按KMnO ₄ 计 5—10 ppm	按PO ₄ ³⁻ 计 80 ppm	2.0—3.5 米水柱	压 差 不大于 3.8—4.0 米水柱	每班检 查一次	每天 两次
仪表读数	60—67	8.5—9.0		40—60	20—40	84	20—35	38—40		每次 A-37/1 一罐

表 4 弱放废水处理车间工艺运行控制参数 (蒸发段)

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
控制项目	A-13加热蒸汽 气压, 公斤/厘米 ²	A-14加热蒸汽 气压, 公斤/厘米 ²	A-13, A-14 二次蒸汽压, 公斤/厘米 ²	A-13, A-14 实际蒸发量, 米 ³ /时	A-13到A-14 过料阀	A-13, A-14 蒸发液面	蒸汽总压 力, 公斤/厘米 ²	蒸汽总流 量, 吨/时	A-15 喷淋水量, 升/时
控制指标	2.5	0.8—1.0	0—0.2	3.0—4.0 (按大罐计算 扣喷淋水)	开度不超过 1/2圈(手动)	低—中	4—6	4—5	300
仪器读数	2.5	0.8—1.0	0—20	—	—	信号不亮	4—6	4—5	60

续表 4

序 号	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
控制项目	冷却水量, 吨/时	A-27 凝 水温度, ℃	A-25 凝 水温度, ℃	A-12出口处 预热温度, ℃	A-15二次 蒸汽出口 温度, ℃	A-13/1 排 渣	A-14/1 排 渣	A-30 压 送 108* *	B ₁ -41阀 开 度	A-53底部 U 型管的小阀
控制指标	400—500	80—90	<50	95—98	102	每天四次	每天四次	高频液面计 为60—70格 时压送	不超过 20—30格	每班检查或 放水1—2次
仪器读数	400—500	80—90	<50	95—98	102	每次三小格 (约50—80升)	每次三小格 (约50—80升)	—	不超过 20—30格	—

* 108工号指废水贮存车间。

表5 弱放废水处理车间工艺运行控制参数（离子交换段）

序 号	1	2	3	4
控制项目	A-18, A-25 凝水温度, °C	A-19 出口流量, 米 ³ /时	A-18, A-25 凝 液 pH	A-18, A-25 凝 液 电 阻, 欧姆-厘米
控制指标	<50	3.5—4.0	5—6 (用pH试纸测)	大于 1×10^4 (用电导仪测)
仪器读数	<50	—	—	—

表6 弱放废水处理车间工艺运行控制参数（电渗析段）

序 号	1	2	3		4	
控制项目	直流电压, 伏	进水温度, °C	流量, 米 ³ /时		出水电阻, 欧姆-厘米	
			淡 水	浓 水	淡 水	浓 水
1	180—200	35—40	4.0	1.0	1.0×10^4	浓水循环 至电阻约 40—45时 更换
2	180—200	35—40	4.0	1.0	1.0×10^4	—

三、废水来源与组成

1. 废 水 的 来 源

（1）酸性废水的主要来源

①反应堆废水：包括设备、地面、工具的冲洗液；第一回路冷却剂净化残渣；屏蔽水箱及贮棒池水；元件切割及放化实验室产生的部分工艺废液。

②热铀处理实验室废水及堆照同位素废水：包括热室二区地面冲洗液设备工具洗涤液；工艺操作解析液及少量工艺废水。

③本车间产生的废水：包括工艺返回废水如设备液流，砂碱反冲洗涤水等；分析实验室废水。

(2) 碱性废水的主要来源

①洗衣房废水。

②放射性工作人员洗澡水（这部分水现在直接排放）。

根据废水处理的工艺流程及设备的特点以及本地区废水的来源和水量的具体情况，现已将各种类型的废水合并在一条流线处理，为此，弱放废水处理车间已成为处理综合性弱放废水的车间。根据几年运行的实践，能安全可靠地将弱放废水处理达到排放要求。

2. 废 水 的 组 成

1970年废水组成，见表7。1973年废水组成，见表8。

1973年废水处理的特点：比放高，有两罐废水总 β 为 2×10^{-4} 居里/升；盐含量高，有一罐废水盐含量为23克/升；Cs含量高，有两罐废水Cs含量为60%以上，有一罐废水Cs含量为40%以上。

表7 1970年废水贮存车间废水分析报告

废 水 罐 代 号	部 分 元 素 比 放， 居 里/升			总放，居里/升
	^{137}Cs	总 希 土	^{90}Sr	
A-05-1	2.22×10^{-6} 90%	9.05×10^{-7} 3.7%	4.49×10^{-7} 1.8%	2.45×10^{-5}
A-07-1	1.88×10^{-5} 48.5%	2.92×10^{-6} 7.5%	4.87×10^{-6} 1.3%	3.87×10^{-5}
A-06	1.74×10^{-5} 41.0%	3.81×10^{-6} 9.0%	1.37×10^{-5} 23.0%	4.26×10^{-5}
A-07/2	1.82×10^{-5} 43.6%	4.37×10^{-6} 8.3%	1.41×10^{-5} 26.8%	5.27×10^{-5}
A-05/2	6.04×10^{-5} 70.0%	9.62×10^{-7} 1.1%	1.51×10^{-6} 1.75%	8.65×10^{-5}
A-05/3	7.10×10^{-5} 43.5%	7.83×10^{-6} 4.8%	1.59×10^{-5} 9.8%	1.63×10^{-4}

表 8 1973年废水贮存车间各罐原水分析综合报告

样品名称	总β放射 性,居里/升	^{89}Sr - ^{90}Sr		^{137}Cs		^{106}Ru		总 希 土		^{95}Zr - ^{95}Nb		电 阻, 欧姆-厘米
		比 放, 居里/升	Sr比放 总 放 %	比 放, 居里/升	比 放, 总 放 %	比 放, 居里/升	比 放, 总 放 %	比 放, 居里/升	比 放, 总 放 %	比 放, 居里/升	比 放, 总 放 %	
A-05-1	2.11×10^{-4}	9.18×10^{-5}	44	2.10×10^{-5}	10	1.04×10^{-6}	1	4.31×10^{-5}	21	$\leq 1 \times 10^{-7}$		250
A-05-2	3.49×10^{-6}	2.50×10^{-7}	7.2	2.25×10^{-6}	65	2.49×10^{-7}	7.2	3.18×10^{-7}	9.1	$\leq 1 \times 10^{-9}$		510
A-05-3	5.90×10^{-6}	1.42×10^{-6}	24	3.53×10^{-6}	60	1.12×10^{-7}	1.9	4.11×10^{-7}	6.8	$\leq 1 \times 10^{-9}$		1500
A-06	5.77×10^{-6}	2.79×10^{-6}	48	1.40×10^{-6}	24	2.02×10^{-7}	3.5	1.31×10^{-6}	23	$\leq 1 \times 10^{-9}$		420
A-07-1	2.57×10^{-4}	3.58×10^{-5}	14	9.78×10^{-5}	40	1.56×10^{-6}	1	5.31×10^{-5}	21	$\leq 1 \times 10^{-7}$		94
A-08	3.55×10^{-6}	1.51×10^{-6}	43	3.05×10^{-7}	8.6	9.22×10^{-8}	2.6	7.21×10^{-7}	21	$\leq 1 \times 10^{-9}$		35

续表 8

样品名称	总固体, ppm	总 硬 度 (以 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 计), ppm	pH	总磷量(以P计), ppm	总铁量(以Fe计), ppm	石油黄酸及洗衣粉 (以重量计), ppm	钍量(以Th计), ppm
A-05-1	3200	29.8	7.0	6.2	0.12	3.2	0.025
A-05-2	1500	27.0	7.2	3.6	0.32	5.5	≤ 0.010
A-05-3	600	24.4	7.0	3.0	0.08	0.02	0.066
A-06	1400	25.0	8.0	6.8	0.16	7.5	0.280
A-07-1	5600	32.0	2.0	8.6	21.0	2.3	0.630
A-08	23500	28.0	9.0	45.2	0.42	23.5	0.180

四、放射性净化效果

1. 过程净化效果、总净化效果及各个核素净化系数

过程净化效果及总净化效果，以净化系数表示，等于进出口比放射性之比值。各取样点的比放射性分析数据见表9、表10。各种净化系数结果见表11—15。

表9 各取样点的比放平均值

序号	项 目	单位	第 一 组	第 二 组	第 三 组	第 四 组
1	原 水 A-01罐	居里/升	1.42×10^{-5}	3.1×10^{-5}	1.15×10^{-4}	5.35×10^{-5}
2	加入试剂的原水 A-05/1 出口	"	1.12×10^{-5}	1.86×10^{-5}	5.81×10^{-5}	3.96×10^{-5}
3	凝 聚 后 出 水 A-07/1	"	3.98×10^{-6}	1.10×10^{-5}	1.83×10^{-5}	2.12×10^{-5}
4	泥浆A-07/1底	"	—	—	2.20×10^{-3}	2.31×10^{-3}
5	砂滤出水					
	A-08/1-2出口	"	3.43×10^{-6}	9.25×10^{-6}	1.38×10^{-5}	2.03×10^{-5}
	A-09 出口	"	2.88×10^{-6}	1.02×10^{-5}	1.69×10^{-5}	7.75×10^{-6}
6	二次蒸汽 A-13 出口	"	5.90×10^{-6}	3.81×10^{-7}	1.39×10^{-6}	4.44×10^{-7}
	二次蒸汽 A-14 出口	"	7.95×10^{-6}	1.21×10^{-7}	1.39×10^{-6}	5.03×10^{-7}
7	残 渣 A-13底	"	6.50×10^{-5}	8.35×10^{-5}	4.50×10^{-4}	8.35×10^{-4}
	残 渣 A-14底	"	6.45×10^{-5}	8.30×10^{-5}	4.85×10^{-4}	9.75×10^{-4}
8	蒸发后旋风分离 回 流 液 A-53	"	—	1.09×10^{-4}	9.15×10^{-5}	4.50×10^{-5}
	A-45	"	5.31×10^{-5}	5.76×10^{-5}	1.11×10^{-6}	1.47×10^{-6}
9	磁 环 回 流 液	"	4.60×10^{-5}	8.20×10^{-5}	4.25×10^{-4}	2.25×10^{-4}
10	二次蒸汽冷凝液 A-15/1后	"	4.50×10^{-11}	9.90×10^{-11}	4.01×10^{-11}	5.30×10^{-11}
11	喷 淋 回 水 A-15/1底	"	3.66×10^{-7}	1.29×10^{-8}	5.80×10^{-7}	1.99×10^{-8}
12	冷 回 水 A-25	"	4.40×10^{-11}	9.20×10^{-11}	6.50×10^{-11}	5.40×10^{-11}
13	热 回 水 A-27	"	1.06×10^{-10}	480×10^{-11}	2.50×10^{-11}	7.80×10^{-11}
14	电 渗 析 淡 水	"	2.60×10^{-11}	3.50×10^{-11}	5.25×10^{-11}	5.80×10^{-11}
15	电 渗 析 浓 水	"	2.90×10^{-10}	9.10×10^{-10}	1.60×10^{-9}	1.20×10^{-9}

续表 9

序号	项 目	单位	第 一 组	第 二 组	第 三 组	第 四 组
16	电 渗 析 极 水	居里/升	8.30×10^{-11}	4.26×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.20×10^{-10}
17	活性炭出水 A-20	"	—	3.90×10^{-11}	6.00×10^{-11}	8.40×10^{-11}
18	阳离子交换柱出水 A-21	"	—	4.00×10^{-11}	1.00×10^{-11}	2.30×10^{-11}
19	阴离子交换柱出水 A-23(排放水)	"	2.60×10^{-11}	9.60×10^{-12}	5.64×10^{-12}	8.36×10^{-12}
20	一次蒸汽回水	"	4.06×10^{-12}	2.20×10^{-12}	2.00×10^{-12}	3.50×10^{-12}

表10 主要取样点裂片元素全分析数据

序号	项 目	(一)		(二)		(三)		(四)	
		居里/升	%	居里/升	%	居里/升	%	居里/升	%
1	A-01罐原水								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	7.54×10^{-7}	1.35	4.38×10^{-7}	3.02	2.39×10^{-5}	58.0	1.02×10^{-5}	67.0
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	3.08×10^{-6}	55.0	1.0×10^{-5}	66.6	1.70×10^{-5}	41.0	4.60×10^{-6}	30.0
	总 希 土	1.39×10^{-6}	24.8	7.28×10^{-7}	5.04	4.50×10^{-6}	10.0	2.0×10^{-6}	13.0
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	3.14×10^{-7}	5.6	1.22×10^{-7}	1.07	7.48×10^{-7}	1.8	2.92×10^{-7}	1.9
	总 β	5.60×10^{-6}	—	1.50×10^{-5}	—	4.10×10^{-5}	—	1.52×10^{-5}	—
2	A-08/1-2砂滤 出水								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	4.41×10^{-8}	1.3	1.41×10^{-7}	1.4	1.04×10^{-7}	0.6	1.63×10^{-6}	16.8
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	3.18×10^{-6}	92.0	8.80×10^{-6}	88	1.40×10^{-5}	82	6.38×10^{-6}	66.4
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	1.17×10^{-7}	3.05	3.30×10^{-8}	0.53	3.54×10^{-7}	2.0	1.79×10^{-7}	1.9
	总 希 土	3.20×10^{-8}	1.03	6.0×10^{-8}	0.45	5.90×10^{-8}	0.33	3.00×10^{-7}	3.1
	总 β	3.45×10^{-6}	—	1.00×10^{-5}	—	1.71×10^{-5}	—	9.65×10^{-6}	—
3	A-07/1底泥浆								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	1.03×10^{-4}	20.2	3.50×10^{-4}	42.0	1.38×10^{-3}	33.0	1.95×10^{-5}	26.7
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	2.39×10^{-4}	47.0	3.60×10^{-5}	4.4	1.30×10^{-5}	0.5	4.86×10^{-5}	64.0
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	1.40×10^{-5}	2.8	1.42×10^{-5}	1.8	3.43×10^{-5}	1.09	6.8×10^{-7}	1.3
	总 希 土	2.10×10^{-6}	0.43	3.90×10^{-6}	0.4	1.90×10^{-6}	0.5	6.90×10^{-6}	9.1
	总 β	5.10×10^{-4}	—	8.33×10^{-4}	—	3.74×10^{-3}	—	7.60×10^{-5}	—

续表10

序号	项 目	(一)		(二)		(三)		(四)	
		居里/升	%	居里/升	%	居里/升	%	居里/升	%
4	A-13残渣								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	1.19×10^{-6}	3.6	1.44×10^{-6}	1.1	2.64×10^{-7}	0.3	4.60×10^{-7}	0.5
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	2.55×10^{-5}	77.4	6.20×10^{-5}	54.0	6.10×10^{-4}	70	6.20×10^{-4}	81
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	1.82×10^{-6}	5.6	3.50×10^{-7}	0.2	9.63×10^{-6}	1.1	2.85×10^{-5}	3.8
	总 希 土	7.15×10^{-7}	2.0	9.37×10^{-7}	0.8	9.50×10^{-8}	0.001	1.60×10^{-7}	0.20
	总 β	3.30×10^{-5}	—	1.15×10^{-4}	—	8.74×10^{-4}	—	7.60×10^{-4}	—
5	A-14残渣								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	1.37×10^{-6}	0.8	2.10×10^{-6}	0.6	9.90×10^{-6}	1.0	3.76×10^{-5}	2.0
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	1.41×10^{-4}	78	3.19×10^{-4}	82.5	7.70×10^{-4}	77.0	1.71×10^{-3}	90.0
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	1.75×10^{-5}	7.5	2.01×10^{-6}	0.6	7.96×10^{-6}	0.8	6.55×10^{-5}	3.5
	总 希 土	1.50×10^{-6}	1.0	1.34×10^{-6}	0.5	7.89×10^{-7}	—	6.01×10^{-6}	0.3
	总 β	1.80×10^{-4}	—	3.74×10^{-4}	—	1.00×10^{-3}	—	1.90×10^{-3}	—
6	A-25冷回水								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	3.88×10^{-11}	10.1	2.60×10^{-11}	10.4	2.92×10^{-11}	14.5	9.20×10^{-12}	3.5
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	4.78×10^{-11}	13.6	1.50×10^{-10}	60.0	1.07×10^{-10}	54	5.46×10^{-10}	—
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	5.55×10^{-11}	16.0	1.42×10^{-11}	6.0	5.20×10^{-11}	26.0	3.46×10^{-11}	13.3
	总 希 土	7.60×10^{-11}	22	4.30×10^{-12}	2.0	6.00×10^{-12}	3.0	4.60×10^{-11}	17.5
	总 β	3.50×10^{-10}	—	2.50×10^{-10}	—	2.00×10^{-10}	—	2.60×10^{-10}	—
7	电淡*								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	8.75×10^{-12}	25	2.50×10^{-11}	8.3	1.80×10^{-11}	—	1.05×10^{-11}	21.8
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	2.60×10^{-11}	74.5	2.04×10^{-12}	68.0	5.50×10^{-11}	—	3.09×10^{-11}	64.0
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	8.80×10^{-12}	25	1.23×10^{-11}	4.1	5.20×10^{-11}	—	2.16×10^{-11}	45.0
	总 希 土	2.80×10^{-11}	80.0	2.50×10^{-11}	8.4	2.70×10^{-11}	—	6.90×10^{-12}	14.2
	总 β	—	—	3.00×10^{-10}	—	2.90×10^{-11}	—	4.80×10^{-11}	—
8	电浓**								
	$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	1.59×10^{-11}	2.8	1.90×10^{-11}	10.0	2.90×10^{-9}	2.4	1.63×10^{-11}	1.4
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	3.07×10^{-10}	55.0	1.70×10^{-10}	88	3.57×10^{-9}	—	2.30×10^{-9}	—
	$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	1.76×10^{-10}	30.3	1.23×10^{-11}	6.4	1.08×10^{-10}	9.0	1.56×10^{-10}	13.0
	总 希 土	3.80×10^{-11}	6.8	1.90×10^{-11}	10	3.56×10^{-11}	3.0	7.10×10^{-11}	6.0
	总 β	5.60×10^{-10}	—	5.90×10^{-10}	—	1.20×10^{-9}	—	1.20×10^{-9}	—

* 电淡：电渗析淡水。

** 电浓：电渗析浓水。

表11 过程净化系数及总净化系数

序号	项 目	第一组	第二组	第三组	第四组	备 注
1	混凝沉降过程 净化系数	4.1	3.3	8.3	2.6	原 水 比 砂 滤 出 水
2	蒸 发 过 程 净 化 系 数	7.6×10^4	1.1×10^4	3.4×10^5	3.8×10^5	砂滤出水比 二次冷凝液
		1.4×10^6	8.4×10^5	1.1×10^7	1.5×10^7	A-13 蒸残液比 二次冷凝液
3	电渗析过程 净化系数	1.7	2.8	0.8	0.9	二次冷凝液比 淡水
4	离子交换过程 净化系数	1.0	3.6	9.3	6.9	淡 水 比 阴 柱 出 水
5	总净化系数	5.4×10^5	3.2×10^6	2.0×10^7	6.3×10^6	

表12 混凝沉降过程各个核素净化系数

项 目	原水/砂滤出水				泥 浆/原 水			
	一	二	三	四	一	二	三	四
$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	17	3.1	2.1×10^2	6.3	1.3×10^2	8.0×10^2	57	1.9
^{137}Cs	0.96	1.1	1.2	0.72	77	3.6	0.80	10.5
$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	2.7	2.3	2.1	1.6	44	1.1×10^2	45	3.3
总 希 土	43	20.2	83	7.0	1.5	5.3	0.4	3.5
总 β	1.6	1.5	2.4	1.5	96	55	91	5.1

表13 蒸发过程各个核素净化系数

项 目	砂滤出水/二次冷凝液				A-13残渣/二次冷凝液			
	一	二	三	四	一	二	三	四
$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	1.1×10^3	5.4×10^3	3.5×10^3	1.7×10^5	3.1×10^4	5.4×10^4	9.1×10^3	5.0×10^4
^{137}Cs	6.6×10^4	5.9×10^4	1.3×10^5	1.1×10^4	5.3×10^5	4.1×10^5	5.7×10^6	1.1×10^6
$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	2.1×10^3	3.7×10^3	6.8×10^3	5.2×10^3	3.2×10^5	2.4×10^4	1.8×10^5	8.2×10^5
总 希 土	4.2×10^2	8.3×10^3	9.0×10^3	6.5×10^3	9.4×10^3	2.1×10^5	1.6×10^4	3.5×10^3
总 β	1×10^4	4×10^4	8.5×10^4	3.6×10^4	1×10^5	4.6×10^5	4.3×10^6	3.0×10^6

表14 电渗析过程各个核素净化系数

项 目	二次冷凝液/电淡				电 浓/电 淡			
	一	二	三	四	一	二	三	四
$^{89}, ^{90}\text{Sr}$	4.4	1.0	1.6	9.2	1.8	0.8	1.6×10^2	1.5
^{137}Cs	1.8	7.3	2.0	17	11	74	65	74
$^{103}, ^{106}\text{Ru}$	6.2	1.1	1.0	1.6	19	1.0	2.1	7.2
总 希 土	2.7	0.2	0.22	6.6	1.1	0.76	1.3	13
总 β	10	0.8	7.6	5.4	16	0.6	41	25

表15 主要设备的放射性净化效果

序号	项 目	第 一 组	第 二 组	第 三 组	第 四 组
1	沉降槽, 原水/凝聚后水	3.5	3.0	2.0	2.5
2	砂滤器, 凝聚后水/砂滤出水	1.2	1.2	1.3	1.0
3	蒸发器 (包括旋风分离器、磁环捕集器),				
	A-13残渣/砂滤出水	19	9.0	3.2	4.1
	A-14残渣/砂滤出水	19	9.0	3.5	4.8
4	泡罩洗气塔, 喷淋出水/喷淋进水	3.4×10^3	2.7×10^2	2.3×10^4	2.4×10^2
5	电渗析器, 进水/电淡	1.7	2.6	1.2	0.9
6	离子交换柱,				
	活性炭进水/出水	1.0	1.0	1.0	
	阳柱进水/出水	1.0	6.0	3.7	
	阴柱进水/出水	4.1	1.7	2.7	

表9—15均为分析的实际数据, 数据中产生偏差的主要原因: 1. 二次蒸气取的是气体样; 2. 取样瓶的沾污; 3. 取样管道较长, 管道内有积留现象; 4. 有的取样管道两种样品共用, 产生互相污染的现象; 5. 取样罐内放射性分布不均匀, 取的是某一点的样, 而不是均匀样; 6. 分析人员的分析误差。

2. 化学元素去除效果

表16 主要化学元素去除效果*

序号	项 目	第 一 组	第 二 组	第 三 组	第 四 组
1	A-01/1 罐 原 水				
	pH 值	8.5	10.0	9.3	9.0
	电 阻	171	107	131	310
	总固体	2950	4800	4300	1400
	总硬度	25.1	5.2	12.1	16.0
	阴离子表面活性物	8.4	8.8	1.6	3.1
	钍 量	≤0.01	—	—	—
2	A-08/1-2 砂滤出水				
	pH 值	9.7	10.0	9.3	9.8
	电 阻	150	140	120	282
	总固体	3420	4500	4600	2500
	总硬度	≤0.01	≤0.01	0.16	0.24
	阴离子表面活性物	8.4	4.6	7.1	11.6
	钍 量	≤0.01	—	—	—
3	A-07/1 罐底泥浆				
	pH 值	9.7	9.0	10.0	10.1
	电 阻	<20	<20	170	178
	总固体	37500	25000	25000	3600
	总硬度	—	—	—	413
	阴离子表面活性物	18.9	38.0	≤0.01	3.7
	钍 量	0.29	1.8	1.98	9.8
4	A-13 罐 残 渣				
	pH 值	714	714	714	714
	电 阻	<20	<20	<20	<20
	总固体	29880	39600	241600	101500
	总硬度	21.0	2.1	3.1	21.2
	阴离子表面活性物	20.0	12.8	50.0	70.8
	钍 量	≤0.01	≤ 0.01	2.90	≤0.01
	钍 量	23.5	69.5	11.2	78.5