

中华人民共和国国家标准

轻水堆核电站放射性 废液处理系统技术规定

GB 9135—88

The technical rules about
radioactive waste processing system
for light water reactor plants

1 主题内容与适用范围

本标准规定了轻水堆核电站放射性废液处理系统(以下简称本系统)的设计、建造和运行的最低技术要求。

本标准适用于轻水堆核电站放射性废液处理系统的设计、建造和运行。对类似反应堆的放射性废液处理系统亦应参照使用。

本标准中,放射性废液处理系统的起点是反应堆压力边界接口和其他系统排放管线出口(包括蒸汽发生器排污系统)及可能排出放射性废液的污水池或地漏;它的终点是向环境控制排放的出口,通向放射性固体废物处理系统的接口和为了复用而返回贮存池的接口。

2 引用标准

GB 6249 核电厂环境辐射防护规定

HAF 0200 核电厂设计安全规定

3 术语

3.1 化学废液

具有高电导但不含肥皂、洗涤剂、油脂等组分(或类似有机物)的放射性废液。

3.2 去污废液

沾污放射性的设备、部件和工具在去污过程中产生的放射性废液。不包括个人防护用品去污产生的废液。

3.3 洗涤废液

具有低放射性浓度并含有洗涤剂、肥皂或类似有机物质的放射性废液。

3.4 低纯(地漏或脏)废液

具有中等电导(通常为 50~200 S/cm)只含中等量不溶性固体颗粒(通常为 20~500 ppm)及放射性物质的放射性废液。

3.5 必须、应该、可以

“必须”表示必要条件,是强制性要求;“应该”表示推荐或建议,“可以”表示允许,既不表示要求,也不表示推荐。放射性废液处理系统必须按照本标准规定的要求进行设计、制造和运行,而不一定采用其中的建议。

国家环境保护局 1988-05-25 批准

1988-09-01 实施

4 目标

本标准所规定的一系列要求之目的是使放射性废液处理系统达到本章所规定的安全目标、设计目标和运行目标。

4.1 安全目标

4.1.1 本系统的设计、建造和运行,在向环境释放放射性物质时,核电厂职业工作人员和公众所受到的辐射照射必须保持在可合理达到尽量低的水平。

4.1.2 应该确保在所有运行和事故工况下,核电厂职业工作人员和公众所接受的剂量当量不超过国家有关规定的相应限值。

4.2 设计目标和运行目标

4.2.1 本系统应能安全地处理、贮存和排放核电厂的各种放射性废液。

4.2.2 经本系统处理后的排出液中的放射性物质的浓度及年排放量必须不超过主管部门规定的运行目标值。

5 放射性废液的来源

5.1 压水堆电厂废液的来源

5.1.1 杂项废液

杂项废液来自地漏排液、取样装置废液、辅助系统离子交换器和过滤器废液、余热排除系统、反应堆冷却剂辅助系统(包括硼回收系统排水)、紧急堆芯冷却系统、反应堆安全壳冷却系统、工艺设备冷却系统、燃料装卸系统、废物处理系统和蒸汽发生器排污等系统。

5.1.2 化学废液

化学废液来自放化实验室排液,化学清洗去污废液,离子交换树脂再生废液和其他含有高浓度化学试剂的放射性废液。

5.1.3 洗涤废液

洗涤废液来自洗衣房废液,工作人员淋洗废液及其他含有洗涤剂和肥皂的放射性废液。

5.1.4 二回路系统废液

二回路系统废液来自蒸汽发生器排污,汽轮机厂房排液,二回路系统离子交换器的废再生液和过滤废液。通常,这类废液为非放射性废液。只有当一回路的放射性液体漏入时,此类废液才可能成为放射性废液。

5.2 沸水堆电厂废液的来源

5.2.1 高纯废液

高纯废液来自:干井、反应堆、汽轮机、放射性废物处理,辅助厂房和燃料厂房中的设备排液;超声波树脂清洗器排液,粒状树脂反洗与输送废液,燃料池水过滤器和除盐器的反洗液与洗涤液相分离器的澄清液。

5.2.2 低纯废液

低纯废液来自:干井、反应堆、汽轮机放射性废物处理厂房或燃料厂房的地面排水。

5.2.3 化学废液、洗涤废液

化学废液来自:放化实验室排液,化学清洗去污废液,离子交换树脂再生废液和其他含有高浓度化学试剂的放射性废液。

6 系统要求

6.1 工艺设计

图1是压水堆放射性废液处理系统原理流程图;图2是沸水堆放射性废液处理系统原理流程图,这

两个流程表示了系统的分界线和一些可供选用的处理方法。

虽然废液有很多种类,某些废液是可以合并处理的。但洗涤废液应该单独处理。

在压水堆中,反应堆回路排水,通常在硼回收系统中处理,并作为反应堆冷却剂补给水复用。若不复用则应该送到放射性废液处理系统作进一步处理后排放。

系统中必须设测试装置,以便定期地测定系统中处理设备的性能。

6.1.1 处理要求

6.1.1.1 压水堆核电厂杂项废液

处理杂项废液的系统可采用过滤、混凝沉降、蒸发、离子交换等手段,可依需要选用不同的流程组合。可采用过滤作为蒸发的预处理手段,以减少沉积,蒸发后的二次冷凝液也可用离子交换进一步净化。

6.1.1.2 化学废液

化学废液通常应单独处理。如果化学废液的固体含量或放射性浓度很高时,则可以直接送往固体废物处理系统处理。

在设有单独的化学废液处理系统中,设计时必须考虑化学调料和蒸发工序。冷凝液应采用离子交换法进一步处理。

6.1.1.3 洗涤废液

洗涤废液处理系统应该设有过滤装置,并按废液的水质水量选用合理流程进行处理。

6.1.1.4 压水堆电厂二回路系统废液

对于这种废液如单独设立蒸汽发生器排污处理系统,则必须包括过滤和离子交换或相应的处理过程,并必须设有使蒸汽发生器排污送往该处理系统的措施。汽轮机厂房的排污液一般不需要处理;但必须提供放射性监测和转移这种废液到处理系统的设备。

杂项废液处理系统可以用来处理汽轮机厂房及蒸汽发生器的排污液。

在化学废液处理系统或二回路处理系统中应该包括二回路系统离子交换树脂废再生液和过滤液的处理措施。

6.1.1.5 沸水堆电厂高纯废液

这种废液必须用过滤、离子交换或蒸发的方法来处理,并应最大限度地复用。

6.1.1.6 沸水堆电厂低纯废液

这种废液必须用过滤、离子交换、蒸发等手段处理。

6.1.2 废液的排放

经过处理的废液在向环境排放前,必须先送往监测槽逐槽分析,符合排放标准后方可排放。

6.1.3 选择设备的工艺依据

为了保证达到第4章“目标”中规定的要求,应该根据下述情况来选择放射性废液处理系统的设备或部件。

6.1.3.1 过滤

过滤设备的选择主要考虑的是颗粒的含量和颗粒的粒度分布。

过滤器外壳和芯子的结构必须设计成在拆除过滤器芯子时,可最大限度地减少对操作人员的照射。整个装置中的装卸设备应该标准化。

6.1.3.2 离子交换

离子交换设备的选择主要考虑可溶盐总浓度和离子的类型。应该合理选择离子交换器的树脂类型,床层厚度和被处理废液的通过速度,以保证达到表1中所示的最低去污系数。

表1 去污系数

处理过程	去污系统		
	总核素(碘除外)	碘	
蒸发			
杂散放射性废液			
不含洗涤废液	10 ⁴	10 ³	
含洗涤废液	10 ²	10 ²	
硼酸 ²⁾	10 ³	10 ²	
离子交换 ¹⁾	阴离子	Cs, Rb	其他阳离子
a. 沸水堆混床			
深床凝结水净化 ²⁾	10	2	10
反应堆冷却剂净化 ²⁾	10	2	10
高纯废液	100(10)	10(10)	100(10)
低纯废液	100(10)	2(10)	100(10)
b. 压水堆混床			
主冷却剂排污硼酸锂 Li ₃ BO ₃ ²⁾	10	2	10
废液	100(10)	2(10)	100(10)
硼回收系统供料 ²⁾	10	2	10
蒸汽发生器排污	100(10)	100(10)	10(10)
c. 混床			
d. 蒸发冷凝液精处理	10	2	10
粉末树脂	10(10)	10(10)	2(10)
e. 阳床	1(1)	10(10)	100(10)
f. 阴床	100(10)	1(1)	1(1)
反渗透		总核素	
洗涤废液		30	
其他废液		10	

注：1) 在两个离子交换器串连的情况下，第二个离子交换器的去污系数示于括号中。在蒸发器之后的精处理脱盐装置的去污系数应该用串连情况的第二个交换器的去污系数。

2) 不归放射性废液处理系统，但可用于估计系统的废液来源。

6.1.3.3 反渗透

反渗透设备有时可用于处理中等含盐量或者高含盐的废液。

6.1.3.4 蒸发

成分比较复杂，浓度变化范围较大的废液，可以采用蒸发处理。

6.1.4 去污系数的确定

应该采用表1中给出的数值来计算各种处理设备的性能和系统的总性能，但氚和溶解气体除外。

6.1.5 复用的可能性

放射性废液处理系统应该尽可能考虑复用要求以维持整个电厂的水量平衡和水质要求。洗涤废水

经处理后一般不复用。

在各个分系统中,必须设有水质测量装置,处理后的不合格废液应返回到各分系统的收集槽或其他分系统,以便重新处理。

6.2 系统设计和建造

6.2.1 抗震设计

- a. 本系统的设备设计不需要考虑抗震因素。
- b. 安装放射性废液设备的场所必须设计成在运行基准地震条件下能容纳设备中的全部废液。
- c. 室外放射性废液槽的基础、护坡和贮存池,必须设计成在运行基准地震条件下能容纳废液槽的全部液体。

6.2.2 材料

本系统各受压部件材料必须满足《钢制石油压力容器设计规定》¹⁾中的有关要求。

材料选择,必须考虑在正常运行以及预期运行条件下的腐蚀去污和辐照效应。

注: 1) 由石油化工总公司、化学工业部、机械工业部联合发布。化学工业出版社 1985 年出版。

6.2.3 焊接

- a. 所有承压部件和管道的受压边界的焊接,都必须由经过考试合格的焊工,按照 JB 741《钢制焊接容器技术条件》和 GB J 235《工业管道工程施工及验收规定》完成。
- b. 放射性废液处理系统中的承压部件,应尽量采用焊接结构。
- c. 在输送含固体颗粒多的液体、树脂或其他颗粒性物质的管线内,不要使用垫环。
- d. 输送泥浆、废离子交换树脂的管线应该采用带自耗焊料的对接焊,要求焊缝内壁光滑,放射性物质在焊接点的沉积最少(但为维修与操作所设的法兰与活动连接应除外)。

6.2.4 取样

废液在处理前后应该取样,取样应具有代表性。对其常量组成和放射性水平分别进行测定。并不定期地测量放射性核素组成。

取样的要求和建议见表 2。

表 2 取样的要求和建议

装置或设备	取样方式	要求或建议	取样目的
反应堆、汽轮机、放射性废液处理和辅助厂房的集水槽	定时取样	建议	确定废液来源
工艺设备的进入液和排出液	定时取样	要求	评价处理系统的效能和衡量设备的效能
处理系统中需要用仪器测量电导率、浊度、放射性活度或其他参量的一些部位	定时取样	要求	标定仪器和评价
接收槽、监测槽和取样槽	在循环管路上定时取样	要求	1. 为确定工艺条件进行的槽内液体分析 2. 为满足排放规定进行的取样槽内液体分析

6.3 质量保证

6.3.1 设计和订购

a. 设计和订购文件的管理

设计和订购文件必须由设计部门中的非起草人员审校,对这些文件的修改也必须审核。

b. 订购材料设备和供货的管理

必须制定措施,以保证设备材料的供应部门和建造部门按照订购文件中所规定的质量要求供货。可以通过测试或鉴定来达到此目的。

c. 装卸、贮存和运输的管理

必须对设备材料的装卸、贮存、运输和保管加以说明,以防损伤、变质和降低清洁度。

6.3.2 制造

a. 检查:必须由质量检查部门制定和执行检查大纲,以评定是否符合设计文件所提的全部质量要求。大纲中必须包括各设备及部件在装配前后以及在其修正、钝化之后的外观检查。

b. 检验、试验和状态显示

必须制定措施对已经满意地通过检验与试验要求的项目予以鉴定。

c. 不合格项目的鉴定与修正措施

必须制定措施,按订购文件或现行规范要求审核项目,应对不合格项目制定出相应的补救措施,并对这些措施予以鉴定。

7 设备要求

7.1 槽

7.1.1 排气和溢流

常压槽必须设有排气口。排气口的尺寸应该足以防止超压或形成真空。废液槽的排气必须送往厂房排气系统并经过滤处理。废液槽必须设有溢流管,根据槽中废液的特性,将其接到地漏或适当收集点。室外放射性废液槽必须设有排水沟并坡向集水池。排水沟或集水池必须设有通往放射性废液处理系统的输送设备。

7.1.2 排水和清洗

废液槽必须无裂纹与凹陷(尤其是底部)尽可能倒空并设有清洗与去污装置,对废液槽的泄漏,必须有相应的措施。

7.1.3 爬梯和人行道

在封闭槽的顶部必须设有人孔,并有爬梯与之相连。

7.1.4 槽的连接

槽的所有连接管和接头,必须采用焊接,但是带覆面的槽或玻璃钢槽除外。

7.1.5 搅拌

为保证取得有代表性的样品,应该有液体搅拌装置。

7.2 泵

7.2.1 密封

泵应具有可靠的机械密封,为了冲洗密封件,用于输送泥浆或高浓度溶液的泵应设有水管。泵及其管线的连接应该设计成易于进行密封件的更换和修理,并须有收集密封泄漏液的措施。

7.2.2 排气和排水

泵外壳必须设有排气管和排水管。应该分别收集泵底盘排水,轴封和外壳排水,只有在泵抽吸水与底盘排水,按水质可以在同一系统处理时,才可混在一起收集。

7.3 阀门和管道

7.3.1 阀门控制

可采用气动阀或电动阀,经常操作的阀门应该能从控制盘进行远距离操作。不经常操作的阀门可以是手动或通过传动杆操作。

7.3.2 阀门类型

用于放射性泥浆的阀门应该是波纹管阀,隔膜阀或具有相同密封性能的阀门。

7.3.3 阀门填料

阀门密封材料必须有足够的耐辐照性能。以保证预期的使用寿命。可采用聚四氟乙烯作为密封材料。

7.3.4 泥浆管道

泥浆管道必须具有一定的坡度,其长度应尽量短,管道的转弯半径必须大于五倍直径,以保证泥浆在管道中流动通畅。

7.3.5 浓缩液管道

在环境温度下可能产生结晶的蒸发浓缩废液,其输送管道应该有保温(或热伴随)并具有一定的坡度与清洗和吹扫措施。

7.4 离子交换器

7.4.1 排气与排水

离子交换器必须设有排气管与排水管。排水管应能完全排空。排气与排水均接至原水槽。

7.4.2 树脂的装卸

离子交换树脂应该采用水力装卸。

7.4.3 树脂的捕集

应该设置树脂捕集器收集破碎或漏出的树脂,并可对其进行遥控与反洗操作。

7.5 过滤器

7.5.1 预涂层过滤器

7.5.1.1 排气和排水

过滤器外壳必须设有排气管与排水管,并能完全排空。有关接管不得妨碍过滤器的拆卸。过滤器排气和排水应该接到反洗液接受槽,或者接到排气和排水系统。

7.5.1.2 预涂和反洗

所有预涂和反洗操作均应设计成在手动启动后能自动运行。

7.5.1.3 预涂层的保持

万一出现低流量情况时,应有自动加入保持流量用水的可能性。

7.5.2 筒式过滤器

7.5.2.1 排气和排水

过滤器外壳必须设有排气管和排水管,并可完全倒空。相应接管不得妨碍过滤器的拆卸。

7.5.2.2 滤芯的拆除

必须使操作人员在拆除废过滤器芯子时所受照射尽量少。

7.6 蒸发器

7.6.1 清洗

为了去污和除垢,蒸发器必须设有添加清洗用化学试剂的接管。为便于清洗和更换,加热器必须是可拆卸的。

7.6.2 材料

蒸发器材质的选择必须考虑料液的化学成分并留有足够的腐蚀裕量。

7.6.3 操作及维修

蒸发器必须设计成远距离操作。设计和布置蒸发器时,必须考虑到尽量减少维修期间放射性对人的照射。

7.6.4 蒸发器的加热蒸汽供应系统

应该把蒸发器的加热蒸汽供应系统与核蒸气供应系统分开,至少要通过中间热交换器(再沸器)以保证核蒸气供应系统的冷凝液不受污染。

7.7 反渗透

反渗透可用于处理含盐量为中等浓度至较高浓度的溶液。为了满足膜的要求在溶液处理前应对其进行过滤和 pH 值调节。

表 3 放射性厂房的剂量分区

辐射区域	最大设计辐射剂量率	
	mrem/h	mSv/h
I	<1	<0.01
II	<2.5	<0.025
III	<15	<0.15
IV	<100	<1
V	>100	>1

表 4 仪表与控制装置

设备名称	测量参数	功 能			
		记录	显示	报警 高-低	自动控制
过滤器	差压		(R)	(R)	
	进料液流量		O		
	流出液浊度		O	O	
离子交换器	流出液电导率		O	O	
	差压		(R)	(R)	
	进料液温度		(R) ¹⁾	(R) ¹⁾	
蒸发器	二氧化硅		O	O	
	除雾器压差		(O)	(O)	控制回流
	馏出液流量	(R) ²⁾	(R)	(O)	
	馏出液电导率	(O)	(O)	(O)	复用馏出物 ³⁾
	馏出液温度	(O)	(R)	(R)	
	液位		(R)	(R)(R)	控制进料
	液温	(O)	(R)		
	蒸汽的温度或压力	(O)	(R)	(O)	
	蒸汽室压力	(O)	(R)		
	蒸汽流量	(O)	(O)		
	进料液流量	(R) ²⁾	(R)		
	浓缩液浓度	(O)	(O)	(O)(O)	控制排料 ³⁾
浓缩液流量	(O)	O			
贮槽	液位	O	(R)	(R)(R)	在低液位时停泵
	压力 ⁴⁾		(R)	(R)	
集水坑	液位	(R)	(R)	(R)(R)	在高液位起动在低液位停泵

续表 4

设备名称	测量参数	功 能			
		记录	显示	报警 高-低	自动控制
泵	出口压力		R		
反渗透	进料液压力		(R)	(R)	
	透过液压力		(R)	(R)	
	浓缩液流量	(O)	(R)		
	透过液流量	(O)	(R)		
	进料液温度		(R)	(R)	反冲进料
	进料液 pH 值	(O)	(O)		反冲进料
	透过液电导率	(O)	(O)		
	透过液 pH 值	(O)	(O)		
排放管	流量	(R)	(R)		关闭排放阀
	总放射性活度	(R)	(R)	(R) ⁵⁾	
过滤器	总流量	(R)	(R)		
	差压		(R)	(R)	

注: R 表示需要, O 表示自由选择或推荐选择, () 表示远距离读出或显示。

- 1) 对于来自环境温度贮槽的进料液无须设置除盐器进料液温度仪表。
- 2) 需要对蒸发器的进料液或对馏出液记录流量,但无需两者都记录。
- 3) 自由选择。
- 4) 只压力槽需要。
- 5) 高放射性活度信号在放射性废液控制板和总控制间两处同时报警。

8 仪表与控制装置

仪表和控制装置包括所有检测元件、设备与操作阀门的手动开关设备与阀门的运行状态指示灯、工艺参数仪表以及保证安全可靠运行所必须的全部自动控制装置。

仪表必须能指示或记录监控系统及其设备所必需的参数。仪表还必须能对不利于系统排放或系统(或设备)运行的反常现象或不良状态(参照表 4)加以显示或报警或既显示又报警。仪表和控制应集中布置,以便控制与观察。经常有人操作的控制区应该设在 I 类辐射区。

所有经常操作的阀门和设备,必须有手控开关与运行状态指示灯。放射性废液处理系统的仪表和控制可不必考虑备用。

8.1 工艺过程检测仪表和控制装置

放射性废液处理系统必须备有足够的仪表与控制装置,以便能在 II 类和 II 类辐射区(见表 3)启动、运行、监测和停车。

表 4 给出了仪表和控制的最低要求,以便在系统启动、运行和停车期间提供控制方法和下列数据:

- a. 系统或设备的压力数据(以防超压和保持固定的流量)。
- b. 贮槽液位的数据。
- c. 水、油、空气和其他辅助系统的数据(以保证设备正常运行和避免误操作)。
- d. 热交换器的进出口温度、液位、电导率和流量等数据(以便评价该设备性能并可在需要时得到正确的数据)。

- e. 排放液的流量数据(以确定放射性释放量)。
- f. 放射性浓度数据(以确定释放量、滞留时间和设备性能)。

8.2 工艺过程和排出物放射性监测

放射性监测装置应该设计成能连续进行监测和记录。当排出液中放射性浓度超过规定值时能自动停止排放。

必须有定期校验放射性监测设备的措施。在预定排放的规定范围内仪表和监测设备必须具有足够的灵敏度并累计释放的放射性量。在系统中应设置工艺过程辐射监测仪,以便监测所选工艺过程的性能数据。

对一切释放放射性物质到环境的可能途径都必须进行监测。

为了实现放射性向环境的有控制的排放,控制设备的操作方式必须合理,重力或虹吸方法不得用于贮存槽的排放控制。

用于控制放射性废液排放的阀门,必须设计成一旦失去驱动力时,仍能自动关闭。

9 系统布置

放射性废液处理系统中设备和部件的布置都必须保证工作人员在运行和维修期间所受辐射符合第4章“目标”的要求。

系统和设备的设计、定位和布置必须限制工作人员进入第Ⅲ类辐射区和更高辐射区。

表3示出了本标准采用的辐射区分类。

贮存放射性废液的装置和设备的屏蔽与布置必须由工作人员在运行、检查、试验和维修时所需靠近的程度来决定。需要定期维修、检查、试验的设备和装置,应根据其预计的辐射水平布置在相应的辐射区内,而不得布置在辐射水平更高的辐射区内。为此,应利用距离或屏蔽(或两者)来隔离设备。

9.1 操作对布置的要求

对布置和屏蔽的设计准则有如下要求与建议:

- a. 所有操作都应在Ⅰ区或Ⅱ区进行。
- b. 超过Ⅲ区标准的贮槽和工艺设备(例如过滤器、离子交换器、蒸发器)应当与需要定期维修、校准或检查的装置和设备如泵、阀门、仪表变送器分开设置或进行屏蔽。
- 除装在设备上的部件(例如热电偶)外,所有仪表均需安装在设备室外的Ⅰ、Ⅱ或Ⅲ区内。
- c. 仪表变送器和流量测定元件必须设在Ⅲ区或低辐射区内。变送器必须装在易于接近的地方,以便校准和维修。
- d. 非放射性辅助系统的阀门和设备。例如冷却水、仪表用气、辅助用气及有关辅助设施等,均应当设在Ⅱ区或Ⅲ区内。
- e. 所有手动阀门和阀门操纵杆及手轮等均需布置在便于操作与维修的地方。
- f. Ⅳ、Ⅴ区在布置设计上必须与其他区隔离以免操作人员误入。
- g. 屏蔽区入口应采用迷宫屏蔽。装有压力式预涂层过滤器、筒式过滤器、离子交换器或蒸发器的设备室必须设计成便于设备的拆除和更换。
- h. 穿墙管线不得布置在与放射性设备成一条直线的位置(应位于辐射源的上方、下方或一侧)以减少辐射的影响。
- i. 按工艺管线的表面剂量率将其置于与它通过的辐射区相一致的屏蔽内。
- j. 为得到必要的屏蔽,未处理废液(除低放废液,例如洗涤废液外)的管路必须布置在Ⅲ、Ⅳ或Ⅴ区内。
- k. 放射性废液管线一般不应浇筑在混凝土中(地漏通到集水槽的管线除外)。
- l. 工艺设备的布置必须合理、切实可行,管线长度应该尽量短。
- m. 暴露的管线与阀门,必须合理布置,并有标记,以便辨认。

n. 放射性废液设备的底部都不能设在低于该区集水池的位置。为便于维修,集水池都必须设有通道。

o. 泵的位置必须合适,以免当附近设备发生泄漏事故时,泵或它的驱动装置被淹(例如规定电机高出地面的最小距离)。

9.2 维修对布置的要求

为确保电厂操作人员受到的辐射照射可合理达到尽量低,提出如下要求与建议:

a. 在设备(或部件)布置时,要留有适当的间距,以保证进行拆除和维修。管道、导管和电缆套管的走向应布置得便于接近和维修。有的地方还须配备梯子和平台,以便于接近设备和减少不必要的停留时间。

b. 设置局部屏蔽时,防护屏不应依附在被屏蔽的设备和部件上,并应布置得便于进行拆除或更换。

c. 为将设备或部件从安装位置上拆除并运往检修区,设备本身应配备吊耳。

d. 所有设备区均须设有充足的照明。

9.3 带放射性积累设备的维修

有几种拆除带放射性积累设备的方法,如更换过滤介质和离子交换树脂的方法如下:

a. 隔离操作法:这是利用一种加长柄工具和某些屏蔽设备的方法,以减少对操作人员的照射。

b. 移动式屏蔽法:这是一种利用屏蔽邻近辐射源或使直接维修人员所受的照射减至最少的方法。在确定屏蔽要求时,应当把安装临时屏蔽期间所受照射剂量的增量也考虑在内。

c. 就地去污法即可用水冲洗或化学去污。

d. 设备内所含放射性物质的移出,如果设备内含有可移出的物质,则应将其移出后再进行维修。

e. 转移设备:如果维修设备的附近设备是辐射源,则应把被维修的设备部件转移到低辐射区进行维修,以减少对维修人员的照射。

f. 屏蔽维修设备:在维修设备本身屏蔽后,对其可接近部分进行维修。

g. 衰变:如果大部分核素是短寿命的,则在维修前的去污方法,就是待放射性降到允许操作的水平后,再进行维修。

10 系统的处理能力和备用

放射性废液处理系统的处理能力和系统中设备的备用程度主要从经济角度来考虑。为了提高设备的利用率,本节提出了用于确定系统能力和设备备用程度的准则。

10.1 系统处理能力

10.1.1 沸水堆电厂

10.1.1.1 设计源项

为设计放射性废液处理系统,必须先确定设计源项。对于非常规操作的临时情况(每年1个月以内)源项数据应乘以某个系数。对于多堆公用的放射性废液处理系统也应将源项数据提高适当的倍数。

10.1.1.2 系统处理能力

废液处理系统,各分系统处理能力的确定应根据下列因素:

a. 日最大废液体积的发生频率(不低于1%);

b. 日释放和复用所需的最长时间;

c. 设备每天的最大有效运行时间(该时间要由操作过程,例如:过滤介质和离子交换树脂的更换、进料液的调配、贮槽和设备的加料等所需要的时间来确定)。

10.1.1.3 废液贮槽容量的确定

a. 在确定低纯废液和高纯废液两个系统的接受贮槽的容量时,应考虑到当系统不能处理废液时(如更换过滤介质和树脂及调料等)每天的最大废液量再加上30%。

b. 低纯废液系统、高纯废液系统和化学废液系统贮槽应当有一定的缓冲容量,以便接受单次最大的废液量。另外还应考虑 30% 裕量。

c. 化学废液系统接受槽的容量除能接受单次加入的最大废液量外,还应有 30% 的裕量。洗涤废液分系统收集容量除能接受每日最大废液量外,还应有 30% 的裕量。

d. 使用取样槽其容积应由诸如加料、混合分析和排空等操作所需的时间来确定再加上 10% 的裕量。

10.1.2 压水堆电厂

10.1.2.1 设计源项

为设计放射性废液处理系统必须先确定设计条件的源项。在确定设备尺寸时应按所有废液的最大流量来考虑,如设备处理多堆组合电厂的废液时则还应考虑增加适当的倍数。

10.1.2.2 废液处理系统的能力

放射性废液处理系统应当能处理所接受的全部废液。各分系统的处理能力应按下列因素确定:

- 各类废液日平均最大流量(包括事故情况)。
- 操作各个设备所需的循环时间,完成离子交换树脂的再生和更换、过滤介质的更换、蒸发器进料的化学调料、贮槽和设备的加料、开车和倒空混合取样分析等操作所需的有效工作时间。
- 过滤器、离子交换器和泵的运行能力也应按分系统处理流量来考虑。

10.1.2.3 废液贮槽容量的确定

贮槽容积应能容纳当系统不能处理废液时的最大废液量加 30% 的裕量;监测槽容积应由诸如加料、混合分析和排空等操作所需的时间来确定,再加 10% 裕量。

10.2 备用

在考虑放射性废液处理系统设备的备用要求时,应考虑下列因素:

- 故障类型,设备出现故障可能有两类:一类是事先不可预见的;另一类是事先可以预计的,逐渐形成的。对于后一类故障可在计划停车期间更换或维修设备。
- 故障出现的几率(尤其应考虑故障几率很大的设备)。
- 修理或更换设备的难易程度和所需时间。
- 维修设备时贮槽的容量。
- 其他处理方法处理废液的可能性(例如在电导率不高的情况下,蒸发与离子交换可以互换)。
- 旁通到类似的系统去处理的可能性。
- 进料可调性(例如在压水堆核电厂,当蒸汽发生器排污设备检修时,可以将排污液暂时转送到其他废液槽,在沸水堆核电厂可将相分离器的澄清或离子交换器树脂的淋洗再生推迟,直到故障设备修复为止)。
- 备用投资。

11 运行和维修

11.1 运行

11.1.1 运行计划

放射性废液处理系统的运行,应按 24 h 运行制定计划,而相关的操作,例如凝结水处理,再生或反洗操作和大修等也应给予考虑。

11.1.2 操作规程

编制的操作规程,必须说明本系统工艺过程、主要设备和控制参数系统中的操作阀门的正确位置和各种预定运行的程序,以及简明的系统故障分析处理一览表。

11.1.3 工艺流程图

在紧靠控制盘的地方应配备一幅清晰的工艺流程图,在图中应示出主要阀门、管线、泵、贮槽、设备

仪表及有关参数。为了反映流程的变化和增减,流程图应随时更新。

11.1.4 设备标志

所有阀门、管道、泵、槽和其他有关设备都必须有清楚的标志,以便操作人员易于识别。此外还应提供能够识别阀门和仪表位置的示意图。

11.1.5 操作人员的培训

培训操作人员是减少误操作的有效办法。操作人员应当了解系统中每个设备的功能和操作特点;了解故障后果和应采取的补救措施。此外,必须及时让操作人员了解修改后的工艺系统和设备、操作规程和要求以及系统运行曾经遇到的故障和系统设计条件等。

11.1.6 系统进行监测

对所有接受槽应该规定接受的废液量及放射性强度并应做测量和记录。集水槽还应备有取样和计量措施。应该记录、整理和收集这些数据,应进行准确的物料和放射性衡算,并判断系统是否发生故障。

11.2 维修计划

对预防性的维修和定期维修必须制定维修计划。

维修计划应该详细列出维修内容,所需工具材料、维修程序、预期受照情况、工作时间以及参加人员名单。

12 运行前的试验与清洗

12.1 系统完整性试验和清洗

系统安装完毕后必须按 GB J 235《工业管道工程施工及验收规定》进行水压和气压试验。

12.2 建造期间的清洁度控制

在建造期间应控制一定的清洁度。需要保持的最低清洁度要求,可参照反应堆液体系统的清洁度有关规定。

12.3 可运行性和功能性检验

安装后的系统各个部分应按实际工况进行预试验,以验证系统的可运行性和功能特性。

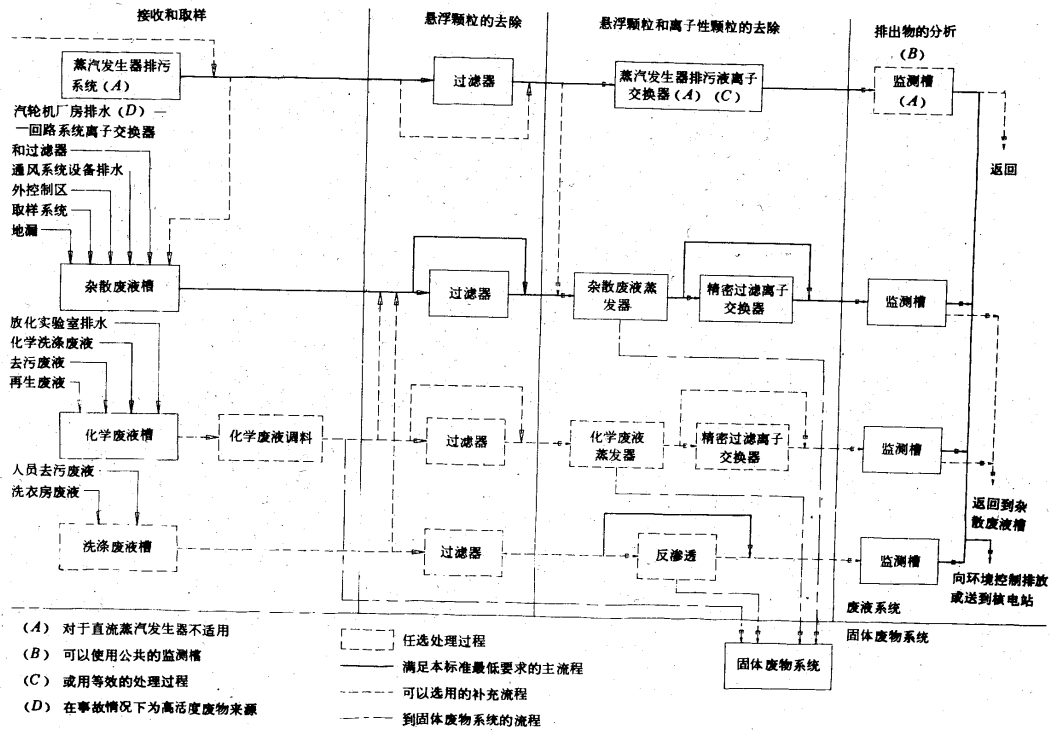


图1 压水堆放射性废液处理原理流程图

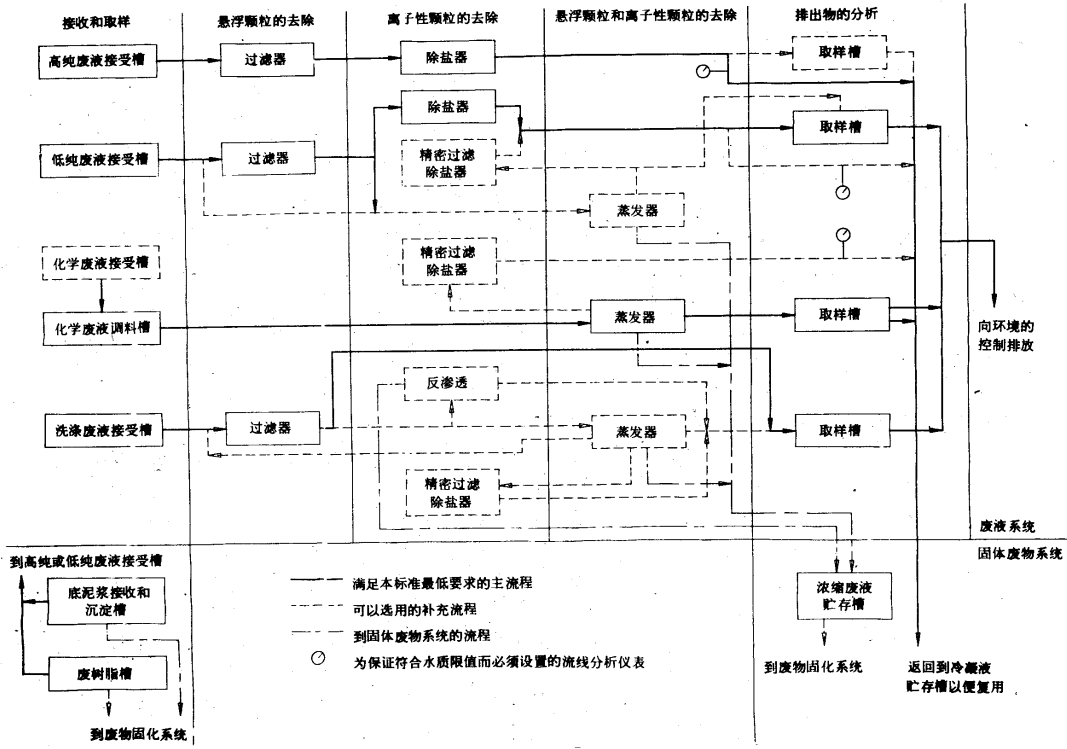


图2 沸水堆放射性废液处理原理流程图

附加说明：

本标准由国家环境保护局和核工业部提出。

本标准由北京核工程研究设计院负责起草。

本标准主要起草人张耀华、王媛君、阎鸿邦。

本标准由国家环境保护局负责解释。