

重水净化系统实际运行中存在的问题的解决与优化

韩兆强

中核核电运行管理有限公司运行五处 浙江 嘉兴 314300

摘要: 本文介绍了重水净化系统处理流程,从运行实践和实际生产过程中,对系统正常净化时频繁出现活性炭过滤器压差高,净化流量低、大修期间产品箱水质有机物超标及活性炭过滤器更换完活性炭后过滤器压差不降等一系列问题,进行了个人观点的阐述,并根据实际运行经验提出对策及解决思路,降低系统上存在的风险,优化运行方式,减少操作人员工作量。

关键词: 活性炭;树脂;有机物;循环净化;过滤器

1 重水净化系统描述

秦山三厂是两台重水堆机组,重水作为冷却剂和慢化剂,装量之大,在电站正常运行期间,会产生大量的降级重水,主要来自于重水蒸汽回收系统,换料机泄露的重水、氧化除氙、慢化剂重水泄露收集的降级重水

等,这些降级的重水最终被传输到重水净化系统。净化系统的作用就是,重水净化系统通过活性炭过滤器和树脂床对降级重水中的固体颗粒、油、有机物、离子杂质进行去除,使它们满足重水升级系统的水质要求。系统简单流程如下图。

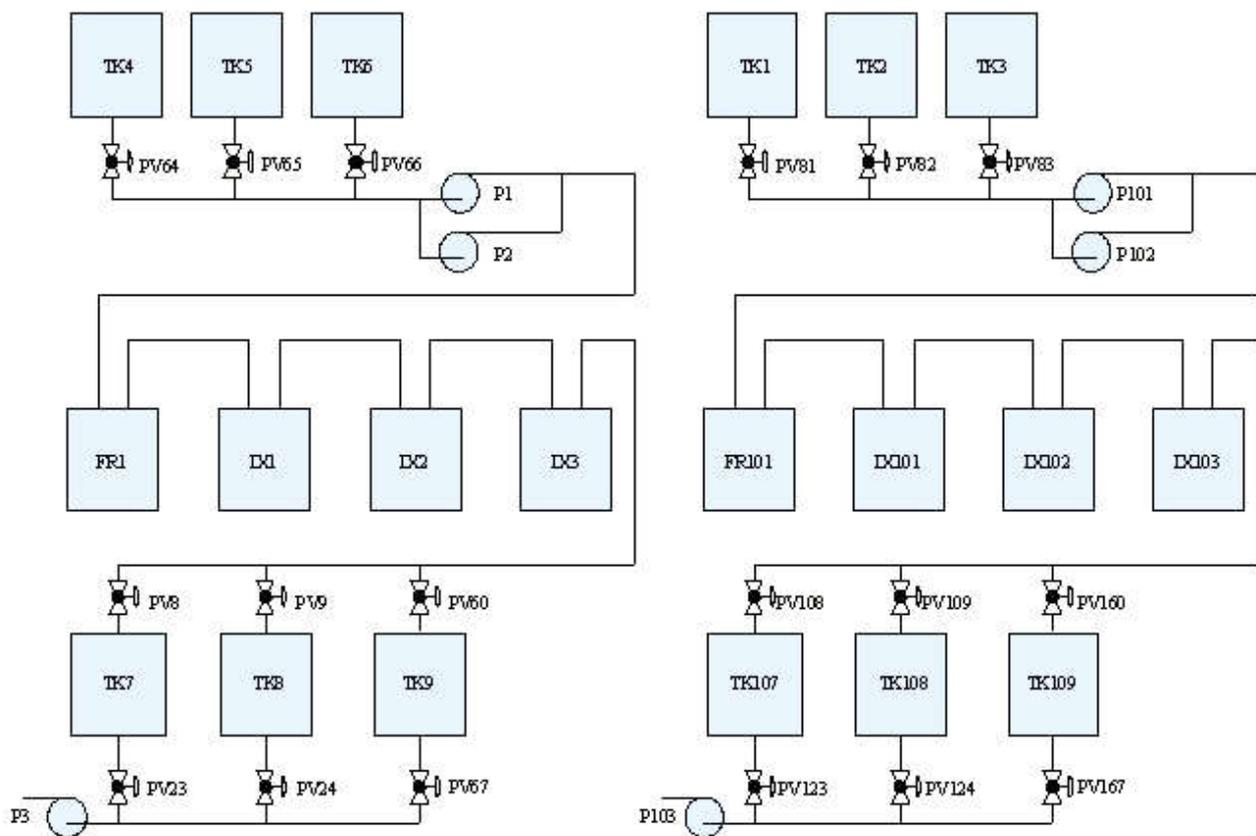


图1

2 重水净化系统实际运行中存在的问题及对策

重水净化系统有效解决了三厂两台机组日常运行中产生的大量降级重水,保证了两台机组重水装量维持在合理水平。但系统在实际运行过程中本身也有一些问

题有待解决,有些地方的运行方式可以优化,具体而言是:正常运行时频繁出现活性炭过滤器压差高流量低的问题;活性炭过滤器更换完新活性炭后压差仍然较高的问题;活性炭过滤器更换完新活性炭后TOC依然不降的

问题。

2.1 正常运行时频繁出现活性炭过滤器压差高流量低的问题

在日常重水净化时，经常会发生活性炭过滤器压差高和净化流量低的问题，导致该问题的直接原因就是供应箱内的降级重水中含有较多的颗粒性杂质，造成活性炭床本身内部进出口过滤器和管道过滤器堵塞，经过分

析认为，供应箱接收的降级重水主要来自于氧化除氧的水和重水蒸汽回收系统的水，氧化除氧的水中含有较多的碎树脂，而重水蒸汽回收系统的水中含有较多的破碎干燥剂，这些颗粒杂质被传输到供应箱后，一部分悬浮在水中，大部分都沉到了箱底。

2.1.1 实际运行中，活性炭过滤器堵塞解决对策

1.对活性炭过滤器反冲洗

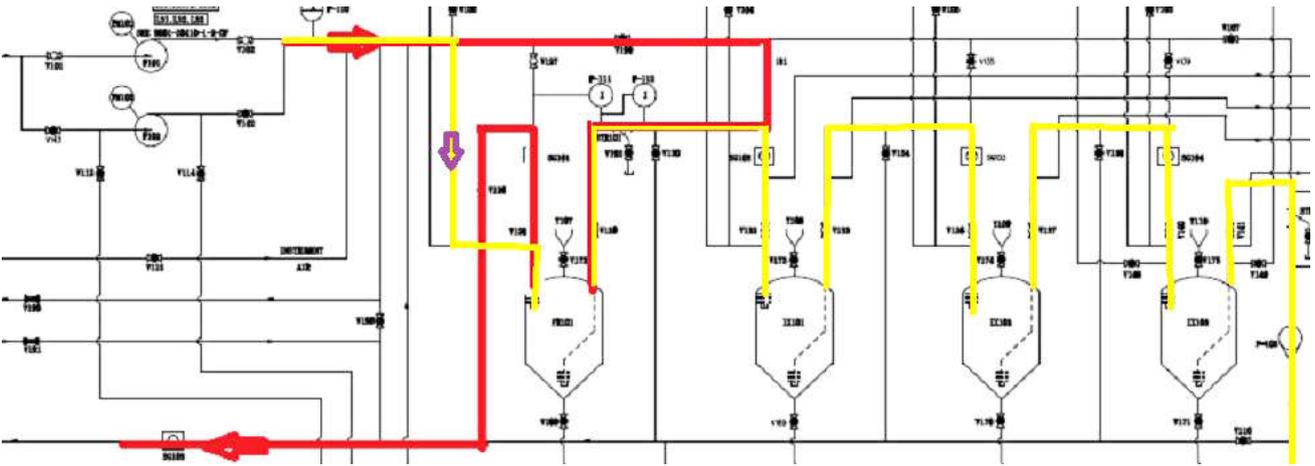


图2

注：红色线条代表反冲洗回路；黄色线条代表正常净化回路

活性炭过滤器反冲洗具体流程是：打开供应箱出口气动阀，打开泵进出口隔离阀，关闭活性炭过滤器入口总阀，打开活性炭过滤器旁路阀，打开活性炭过滤器进出口隔离阀，打开过滤器疏水排气阀，打开供应箱进水隔离阀，启动供水泵，即对活性炭床出口管道过滤器和活性炭过滤器内部进行反冲洗，将杂质冲洗到另一供应箱。

2.将一个供应箱底部杂质传到另一供应箱

每次净化前，将净化供应箱底部的杂质传到另外一个供应箱，可以净化过程中过滤器堵塞的情况，具体流程为，将需要净化的供应箱出口气动阀开启，打开泵进出口隔离阀、再循环阀，打开另一供应箱的进口隔离阀，启动循环泵。

泵启动以后，我们要一直观察进水供应箱入口窥视窗，如果监视一段时间后（大约5分钟），窥视窗看不到杂质后，证明箱体底部杂质已经倒干净了。

将净化供应箱底部的杂质传到另外一个供应箱，只是把箱体底部颗粒杂质去除了，由于悬浮物质无法去除，净化过程中还是会出现过滤器压差高，净化流量低的情况，这是无法避免的，但是我们每次净化之前必须要做的。

3.将供应箱底部重水装桶

当将净化供应箱底部的杂质传到另外一个供应箱的

操作也起不到很好的作用时，说明供应箱内部的杂质已经太多了，只能将供应箱内部的重水进行装桶，然后再用重水过滤小车将重水桶内的重水重新打回到系统内，工作量之大，而且属于重水开口作业，风险高。

2.2 活性炭过滤器更换完新活性炭后压差仍然较高

2号机组209大修期间，净化系统慢化剂和热传输两个回路的活性炭都失效了，我们首先更换了热传输回路的活性炭，完成了活性炭过滤器的充水排气操作，两天后现场进行热传输回路循环净化时，泵启动后发现过滤器压差竟达到了25Kpa左右，净化流量也只有0.4L/S，远远超出程序要求，循环净化运行一段时间后，过滤器压差和净化流量没有太大变化，让后将净化系统停运了。

分析新活性炭更换完成后为什么比没更换之前更高？认为，新活性炭本身含有大量活性炭粉末（添加活性炭时可以看见），活性炭添加完成后，我们只是做了充水排气操作，没有连续充水排气或直接投入循环净化，导致活性炭粉末遇水后堵塞了活性炭之间的缝隙，使净化流量降低、压差升高、泵出口压力也随之升高。

2.2.1 如何解决更换完新活性炭压差高的问题

鉴于之前更换热传输回路活性炭的经验教训，之后我们在更换慢化剂回路新活性炭时，完成充水排气后，直接将活性炭床反冲洗一天，然后继续投入循环净化，

过滤器压差只有3Kpa左右，净化流量达到了0.7L/s，效果很明显。所以证明了我们之前的想法是对的。

2.3 重水净化活性炭和离子床去氘过程中存在的问题 活性炭和树脂失效后需要将废树脂和废活性炭排放

到79140系统，根据程序执行过滤器和离子床疏水吹干时，操作人员发现有大量降级重水被排放到79140系统，造成重水意外流失和工作人员误吸入氘的风险，具体流程如下图：

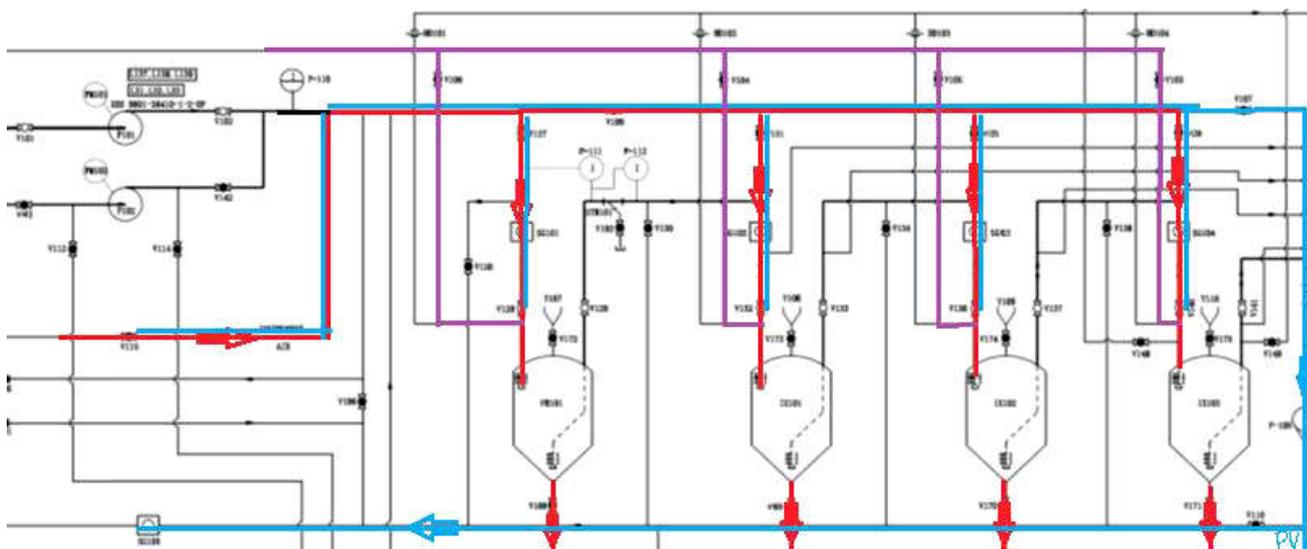


图3

注：红色实线代表压缩空气流动方向；蓝色实线代表含有重水管线，紫色实线代表除盐水管线

根据上图所示，除盐水将废活性炭和废树脂排放完成后，要用压缩空气将活性炭过滤器和离子床内的除盐水压到79140系统。从现场管线布置看，产品箱的入口PV阀在流量计的下游且在系统的最高点，所以系统正常净化泵停运后，PV阀关闭，PV阀前面管道内都是满水的（蓝色实线部分）。当系统废树脂和废活性炭排放结束后，打开各个箱体的入口隔离阀压缩空气（红色实线部分）进入各个箱体内将水压到79140系统。

风险：根据现场实际测量，含有降级重水的管线长度大约长20米，查询流程图9801-38410-1-3-FS-E得知管径是一英寸，我们可以大约估算出管道内降级重水的体积为 $V = \pi r^2 h = 10L$ ，所以我们更换一个回路的废树脂和废活性炭就有大约10L的降级重水被排到79140系统，两个回路就有20L降级重水白白浪费掉了。

优化对策：对于上述问题我们进行以下优化，废树脂和废活性炭排放结束后，我们先用压空将蓝色管线内的降级重水压到供应箱里，观察对应回路的SG105和SG5，当SG内看不到水流后，证明管线内的水已经被疏空了，然后接着可以做过滤器和树脂床的疏水吹干了。

3 净化系统的运行方式优化

在实际生产中，有时候产品箱的水要连续循环几次才能合格，给运行人员和化学人员增加了很多工作量，为此我们对有助于实际生产中的运行方式进行一些总结。

3.1 高低TOC的降级重水交叉净化

实际运行中，产品箱的水一次净化后TOC的含量仍然较高，说明产品箱降级重水中的有机物已经是很难以除去的大分子有机物了，这些有机物很难被活性炭所吸附，长时间的循环也没有效果。

表1 209大修期间热传输净化序列产品箱中TOC含量

净化日期	产品箱编号	净化类型	TOC含量
2018.5.25	3841-TK8	一次正常净化+循化净化	22.1ppm
2018.6.7	3841-TK7	一次正常净化+循化净化	6.63ppm
2018.6.11	3841-TK8	一次循环净化	9.51ppm
2018.6.13	3841-TK8	一次循环净化	6.15ppm
2018.6.14	3841-TK7	一次循环净化	3.45ppm
2018.6.20	3841-TK8	一次循环净化	4.46ppm

表2 209大修期间慢化剂净化序列产品箱中TOC含量

净化日期	产品箱编号	净化类型	TOC含量
2018.5.22	3841-TK108	一次正常净化+循环净化	12.1ppm
2018.5.25	3841-TK108	一次循环净化	18.5ppm
2018.6.21	3841-TK108	一次循环净化	10.88ppm
2018.6.22	3841-TK109	一次正常净化+循环净化	10.2ppm
2018.6.28	3841-TK109	一次循环净化	9.93ppm
2018.6.29	3841-TK109	一次循环净化	8.13ppm

由上述运行情况和数据可以得出如下结论：TOC含量相差较大的TK7和TK8交替循环净化，最后都满足了化学指标，而TK108和TK109TOC含量差不多，且都比较高，连续循环净化几次后，效果没有太大变化，且净化系统也出现了饱和状态，所以在实际运行中，无论是正常净化供应箱中的水还是循环净化产品箱中的水，必须保证高低含量TOC的降级重水分开来，这样既不会造成活性炭床的饱和，也大大提高生产效率，降低生产压力，对我们实际工作都很有帮助的。

3.2 大修期间降级重水传输方式的建议

机组正常运行期间，重水净化系统供应箱接收的重水是根据重水浓度的不同来接收的，对于慢化剂序列供应箱，3841-TK1只接收重水浓度大于50%的重水，3841-TK2和TK3接收0.5%-50%浓度的降级重水，同样热传输序列供应箱3841-TK4只接受浓度大于50%的降级重水，3841-TK5和TK6接收0.5%-50%浓度的降级重水。以下是我们统计的209大修期间，2号机组传输到重水净化系统的降级重水，及整个大修期间降级重水中的TOC含量变化：

表3 209大修期间2号机组重水蒸汽回收系统TOC含量变化情况

日期	传水箱编号	重水浓度%	氚含量MBq/L	TOC含量	折算成百分氚浓度GBq/L
4.7	2-3831-TK2	27.623	13953	8.93	51
4.8	2-3831-TK3	3.12	4289	0.38	137
4.15	2-3831-TK1	20.27	10949	12.8	54
4.20	2-3831-TK2	8.34	4631	13.76	57
4.24	2-3831-TK3	2.26	2246	9.15	102
4.28	2-3831-TK2	3.67	2683	47.5	73
5.12	2-3831-TK2	2.48	3502	106	141
5.14	2-3831-TK1	1.318	1153	78.6	88
5.14	2-3831-TK3	1.761	3000	73.2	176
5.21	2-3831-TK2	2.24	1319	86.6	58
6.3	2-3831-TK1	4.5	6672	69.4	148
6.18	2-3831-TK2	13.81	10334	45.3	74
6.29	2-3831-TK3	2.71	3481	19.2	128
7.3	3-3831-TK1	12.24	9355	18.6	76

从上表可以看出，从大修开始到4月24日前，也就是大修的前期，重水蒸汽回收系统收集的降级重水中TOC含量很低，从大修中期到6月3号大修结束，重水蒸汽回收系统回收的降级重水中TOC的含量大比较高，在大修结束后的一个月，重水蒸汽回收系统收集的降级重水中TOC含量渐渐恢复到正常，所以大修期间对净化系统带来的影响可能长达3-4个月的时间。

3.3 明确树脂和活性炭的更换周期

目前，该系统更换活性炭和树脂的原则是失效了再换，没有明确的时间，按照以往净化系统更换活性炭和

树脂的时间大约是一个大修周期，两个回路的活性炭床和树脂床就失效了，且树脂和活性炭在失效前一段时间内，吸附效果急剧下降，给实际运行带来很多困扰，增加了许多工作量。

4 变更改造

对于净化系统目前存在的活性炭过滤器堵塞的问题，供应箱内杂质如何去除问题，为了降低重水系统开口作业的风险，从实际情况出发，决定临时变更：我们将过滤小车过滤器的入口与泵的出口连接法兰拆开，将重水桶站的14#快接头连接到过滤器入口上，过滤器出口的12#快接头

正常运行时已经连接到系统上,用3841-P2和3841-P102分别作为热传输回路和慢化剂回路的循环净化泵,就可以实现对慢化剂供应箱和热传输供应箱在线循环净化。

变更的优点:变更比较简单,且净化系统上没有开口,没有重水泄露的风险,充分利用现场设备解决了实际问题,当过滤小车上过滤器堵塞后,只需要更换滤芯,节约成本,系统可控。

4.1 程序优化

对于过滤器压差高时反冲洗和供应箱与共应箱之间的传输等,目前38410-OM上还没有相应程序支持,后续将发出状态报告,对程序进行优化,升版发布。

5 结束语

本人通过对重水净化系统长期运行以来,系统中存

在的问题进行了总结,并根据自己的运行经验和对系统的理解在实际生产中对遇到的问题分析、解决、汇总,希望对以后机组运行上有所帮助,由于个人水平有限,分析的比较浅显,还望各位专家批评指教。

参考文献

- [1]运行手册98-38410-TPOPOM-0001
- [2]运行流程图9801-38410-DWOPLC-0003
- [3]运行图册9801-38410-DWMALC-0002
- [4]运行图册9801-38410-DWMALC-0001
- [5]运行流程图9801-38410-DWOPLC-0001
- [6]初级培训教材38410-TMT-Q3FA128
- [7]运行流程图9801-38410-DWOPLC-0002