

电磁脉冲技术在核电解决海洋生物侵袭的实践

Practice of Electromagnetic Pulse Technology in Solving Marine Biological Invasion in Nuclear Power

杨龙龙

Longlong Yang

阳江核电有限公司 中国·广东 阳江 529500

Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd., Yangjiang, Guangdong, 529500, China

摘要: RRI/SEC 板式换热器在核电厂承担着重要的换热功能, 传统处理 RRI/SEC 板式换热器堵塞的方法有吹扫抽吸、解体清洗。论文主要介绍了一种新型电磁脉冲化学清洗技术, 相比传统清洗方法具有效果好、耗时短、人力投入少等优势。

Abstract: RRI/sec plate heat exchanger plays an important role in heat transfer in nuclear power plant, the traditional methods to deal with the blockage of RRI / sec plate heat exchanger include purging and suction, disassembly and cleaning. This paper mainly introduces a new type of electromagnetic pulse chemical cleaning technology, which has the advantages of good effect, short time consumption and less manpower investment compared with the traditional cleaning method.

关键词: 电磁脉冲; 化学; 清洗

Keywords: electromagnetic pulse; chemistry; cleaning

DOI: 10.12346/etr.v5i11.8771

1 引言

核电厂 RRI 系统向核岛内各热交换器提供冷却水, 并将其热负荷通过重要厂用水系统 SEC 传递到海水中。RRI/SEC 板式换热器在其中承担重要的换热功能, 但由于近年来海洋气候变化、海水水质差、海生物突袭, RRI/SEC 板式换热器堵塞的概率递增, 影响其换热能力, 严重时将导致设备不可用。传统处理堵塞的方法有吹扫抽吸、解体清洗, 但由于其检修耗时长、人力投入多、效果差等原因, 导致系统无法在短时间内恢复可用, 威胁核安全。因此, 开发一种能够快速清洗板式换热器的新技术就显得尤为重要。

2 结构介绍

RRI/SEC 板式换热器由许多压制成型的波纹金属钛板按一定的间隔, 四周通过垫片密封, 并通过框架和夹紧螺栓副进行压紧而成, 板片和垫片的四个角孔形成了流体的分配管和汇集管, 同时又合理地将冷热流体进行自由导流分配, 通过板片进行热传递达到热量交换的目的^[1-3]。

3 传统清洗方法

3.1 打开盲板吹扫抽吸

打开板式换热器 SEC 侧盲板, 使用专用压缩空气管和吸尘器进行吹扫和抽吸。检修耗时约 3h, 人力 6 人, 清理效果一般。

3.2 解体清洗板片

对板式换热器进行解体, 取出部分板片, 使用高压水枪对板片逐片进行清洗。检修耗时约 18h, 人力 10 人, 清理效果良好。

4 新型电磁脉冲化学清洗技术

4.1 原理介绍

电磁脉冲化学清洗是集气水脉冲清洗、加药化学清洗和自动化技术于一体, 采用电磁脉冲、气液震荡、水力转换等方式, 利用气液脉冲的“空化”现象产生的高速水冲击, 使水力和药液渗透到板片夹缝边角, 同时模拟洗衣机大波浪和气水涮洗效果, 快速有效地剥离泥沙和垢物。

【作者简介】杨龙龙(1988-), 男, 中国陕西渭南人, 工程师, 从事容器设备检修研究。

4.2 设备总成及清洗流程

电磁脉冲化学清洗设备结构如图1所示,主要由清洗罐1、清洗泵4、气体缓冲罐5、电磁阀25、脉冲发生器52、智能控制柜23等组成。无需解体设备,清洗时先打开板式换热器SEC侧盲板,安装专用法兰短接,一端接换热器SEC侧,一端接设备管道。清洗设备注入SED水,加氨基磺酸进行脉冲清洗,清洗完毕后加碱中和,中和后的废液排放至RRI/SEC板式换热器房间内地坑,最后向设备内加入SED水进行涮洗,涮洗后排空设备。拆除SED侧法兰专用法兰短接,安装SEC盲板。检修耗时6h,效果良好,人力6人。

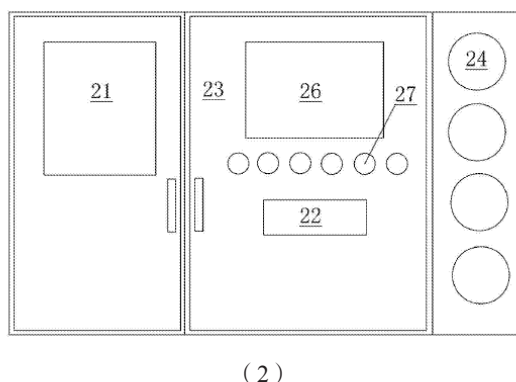
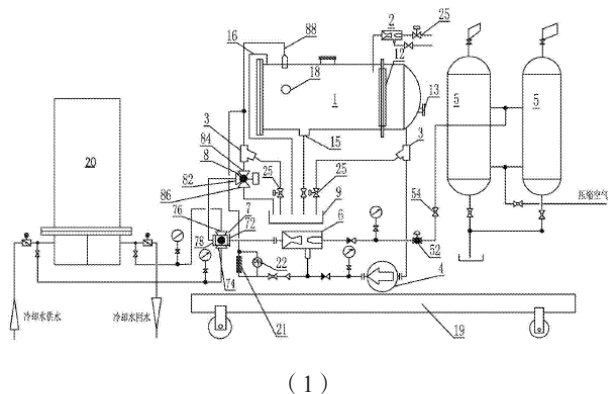


图1 电磁脉冲化学清洗设备结构图

4.3 化学药剂对设备腐蚀影响

为了检验清洗药剂对设备材质的腐蚀性和对密封胶垫有无影响,试验采取较为苛刻的条件:主剂氨基磺酸10%加适量助剂,0.3%lan-826,氢氧化钠5%,温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,时间12h(通常清洗酸浓度约5%,碱浓度约3%,温度不超过 50°C ,时间不超过8h)。

4.3.1 金属钛片在酸液中的腐蚀试验

将三个金属钛片(001、002、003)按要求处理后,在以10%氨基磺酸为主剂的清洗剂、0.3%lan-826缓蚀剂的溶液中,温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,动态失重试验12h,并根据ASTME1447-2009中惰性气熔热传导/红外线检测法,测量钛片动态试验后的含氢量,测量钛试片的腐蚀速率及吸氢腐蚀性能,并观察试片状态。

4.3.2 金属钛片在碱液中的腐蚀试验

将三个钛试片(004、005、006)按要求处理后,在5%NaOH溶液中,温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,动态试验12h,测量钛试片腐蚀速率、并观察试片状态。

4.3.3 密封胶垫在酸液中的融化老化试验

将三个胶条(01、02、03)放在以10%氨基磺酸为主剂的清洗剂、0.3%lan-826缓蚀剂的溶液中,温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,动态试验12h,测量胶条失重并观察外观是否有影响。

4.3.4 密封胶垫在碱液中的融化老化试验

将三个胶条(04、05、06)放在5%NaOH溶液中,温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,动态试验12h,测量胶条失重并观察外观是否有影响。

4.3.5 金属钛片在酸液中的试验数据

金属钛片在酸液中的动态腐蚀试验数据见表1。

表1 钛试片在酸液液中动态试验数据

试片编号	初始质量(g)	动态失重(g)	动态腐蚀速率 $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	试验前含氢量(%)	试验后含氢量(%)	试片状态
0001	17.5866	0.0002	0.0052	0.004	0.005	光亮
0002	17.4988	0.0003	0.0081	0.004	0.004	光亮
0003	17.3392	0.0002	0.0056	0.005	0.005	光亮

由表1可见, $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,用10%氨基磺酸为主剂的清洗剂,用钛试片做动态失重试验12h,钛试片表面光亮,腐蚀速率很低,且试验前后含氢量几乎不变。

4.3.6 金属钛片在碱液中的试验数据

金属钛片在碱液中的动态腐蚀试验数据见表2。

表2 钛试片在碱液中动态试验数据

试片编号	初始质量(g)	静态失重后质量(g)	动态失重(g)	动态腐蚀速率 $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
0004	17.3448	17.3448	0.0000	0.0000
0005	17.4546	17.4546	0.0000	0.0000
0006	17.4444	17.4444	0.0000	0.0000

由表2可知, $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,在5%NaOH中,钛试片动态失重试验12h,没有腐蚀。

4.3.7 密封胶垫在酸液、碱液中的试验数据

密封胶垫在酸液、碱液中的试验数据见表3。

表3 密封胶垫在酸液、碱液中的试验数据

编号	原始重量(g)	动态试验后失重(g)	动态试验后外貌	备注
01	0.8949	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中
02	1.0632	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中
03	0.9128	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中
04	0.7926	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中
05	0.9107	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中
06	0.9018	0.0000	没有融化软化老化	在酸液中

由表3可知, $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,在10%氨基磺酸为主剂的清

洗剂和 5%NaOH 中, 经过 12h, 密封胶垫没有融化软化现象, 完好无损。

5 优化改进

5.1 清洗管线布置改进

原设计清洗管线为两根独立的进口管, 只能同时满足一台 RRI/SEC 板式换热器的清洗, 在其他换热器需要清洗时, 要先拆除管线, 挪动搬运后重新连接。工作量大、耗时长, 不利于应对冷源应急。现通过修改管线布置, 将两根独立的管线修改为母管加支管的方式, 一次性布置完毕, 清洗完毕后无需挪动管线, 工作量小、耗时短, 同时也可以满足多台换热器同时清洗。平均清洗一台可节省时间约 2h, 改进后的管线布置如图 2 所示。

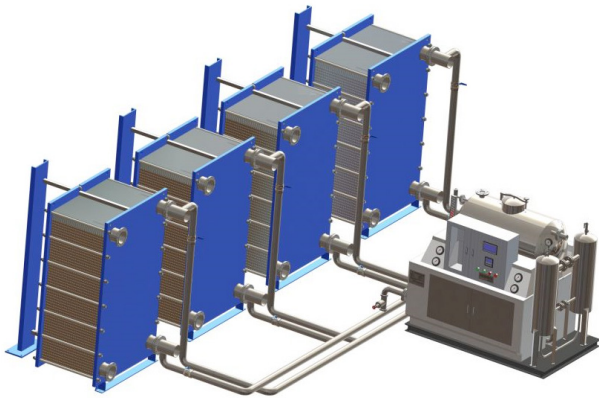


图 2 改进后的管线布置图

5.2 堵板短接改进

RRI/SEC 板式换热器设计为 RCCM3 级、抗震 1F 级设备, 设计要求运行期间, 安装在其本体上的零部件必须满足以上标准。清洗设备原设计堵板短接为非核级材料制作, 因此只能在停运检修清洗时使用, 不能作为正式物项保留在运行的 RRI/SEC 系统上, 每次使用完后必须拆除, 再安装原堵板, 不利于冷源应急响应。现通过对堵板短接材料、制造等级优化改进, 使其满足 RRI/SEC 系统的设计规范和抗震要求, 在冷源应急期间, 堵板短接一次安装就位后, 仅需拆装小法兰, 有效缩短了现场作业时间, 使系统可以尽快地恢复投运,

同时堵板短接优化改进采取了偏心布置, 更便于排水。平均清洗一台可节省时间约 1h, 改进后的堵板短接如图 3 所示。

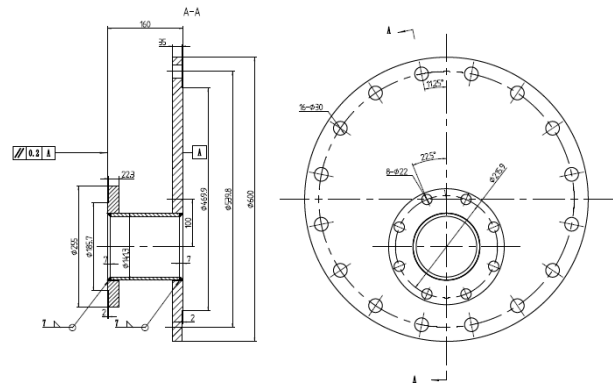


图 3 改进后的堵板短接图

5.3 清洗管线增加隔离阀的改进

在清洗管线布置改进的基础上, 通过在连接换热器的支管上增加隔离阀, 可实现设备间快速切换。即清洗完毕一台换热器后只需操作隔离阀即可, 平均清洗一台可节省时间约 30min。

6 结语

面对日益严峻的冷源形势, 核电厂 RRI/SEC 板式换热器作为核岛的最终热阱, 承担着保障核电厂核安全的重要角色。电磁脉冲化学清洗技术是当前应对 RRI/SEC 板式换热器堵塞应急清洗最有效的手段, 优化改进后的工艺可大大提高了作业效率, 缩短检修工期。为后续核电厂 RRI/SEC 板式换热器压差高堵塞应急清洗提供了重大借鉴和指导意义。

参考文献

- [1] PYY42EOM002W30B45SS 核岛RRI/SEC板式换热器设备运行、维护手册[Z].
- [2] PYY42EOM001W30B45SS EQUIPMENT, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL (EOMM) for Yangjiang Unit 1&2 RRI Plate Heat Exchanger[Z].
- [3] PYY42EOM001W30B45SS 阳江5-6号机组LOT130B RRI板式换热器运行及维修手册[Z].