

重水堆核电厂二回路疏水阀缺陷处理与预防

杨博文 李攀攀 朱元生 朱凯亮 韩鹏
(中核核电运行管理有限公司维修五处 浙江 嘉兴 314300)

摘要: 秦山核电重水堆生产单元二回路疏水阀为 V 型球气动调节阀, 其故障可能影响机组功率甚至引起汽机跳机, 文章通过对其主要缺陷形式进行系统性分析, 并制定出有针对性的维修策略, 可以有效提高检修质量和设备可靠性。

关键词: 二回路疏水阀; V 型球气动调节阀; 维修策略

0 引言

秦山核电基地紧傍风景秀丽的杭州湾畔, 地处中国经济最具活力的长江三角洲, 共 9 台机组, 是一个大型清洁能源基地, 公司年发电量愈 520 亿千瓦时。

秦三厂重水堆机组生产单元(以下简称秦三厂)二回路所有的高低加、汽水分离再热器的液位, 均由国外某厂家生产的 V 型球气动调节阀控制, 按功能分为正常疏水阀和应急疏水阀。机组运行期间, 液位由正常疏水阀控制, 阀门一直处于调节疏水状态, 控制和稳定高低加、汽水分离再热器的液位, 应急疏水阀则处于常闭备用状态, 当正常疏水阀发生故障或疏水负荷超过自身能力, 无法调节液位时, 应急疏水阀就会自动开启和调节液位, 但对机组的功率会有一定的损失。近年来, 随着机组运行时间增加, 缺陷频率呈增高趋势。通过对两台机组历史缺陷进行梳理、分析、分类, 有针对性地对阀门的维修策略进行系统性提升完善, 设备可靠性提升明显。

1 概述

秦三厂两台机组二回路疏水阀共有 68 台, 每机组

34 台, 其中正常疏水阀 16 台, 应急疏水阀 18 台, 阀体结构为 V 型球偏心旋转球阀, 与管道法兰连接, 应急疏水阀泄漏等级 VI 级, 正常疏水阀泄漏等级 IV 级。阀门工作原理见图 1。

2 缺陷分析与处理

近年来, 秦三厂疏水阀出现了一系列缺陷, 比如阀门的动作卡涩、急疏阀的卡关、外漏等, 从根本上解决问题对电厂常规地稳定运行具有重要意义。秦三厂二回路疏水阀近 3 年缺陷情况见表。

2.1 阀芯、阀座未装配到位

基于气动球形调节阀结构特点, 阀芯阀座未装配到位会导致阀门内漏或卡涩, 其为疏水阀最主要的缺陷。典型事件如某次机组降功率过程中, 汽水分离再热器紧

表 秦三厂二回路疏水阀近 3 年缺陷情况统计表

序号	缺陷类型	缺陷次数	累计	百分比	累计百分比
1	阀门内漏	19	19	63.33%	63.33%
2	阀门控制异常	5	24	16.67%	80.00%
3	填料渗水	3	27	10.00%	90.00%
4	其他	3	30	10.00%	100%

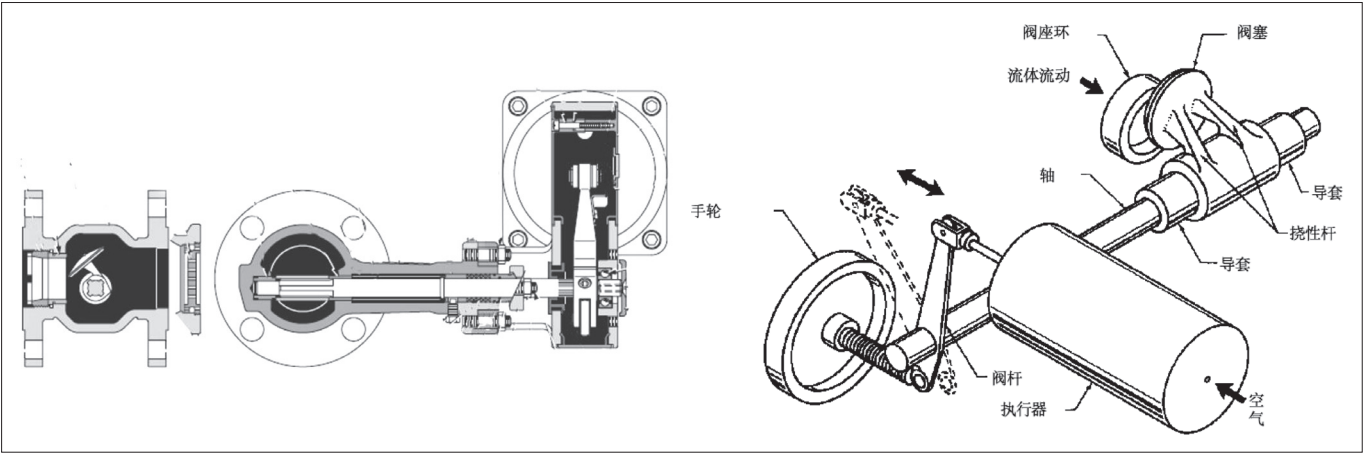


图 1 阀门工作原理图

急疏水阀未按要求打开,其壳体疏水箱液位高触发汽轮机提前脱扣。此阀在后续整体动作试验都能正常开关,但在动作过程中存在“突跳”现象。对脱开的气动执行机构单独执行动作试验无异常,排除气动执行机构故障。对阀体进行检查,各零部件均未发现变形、磨损、损伤等缺陷,徒手关闭阀门,发现阀门左上部分密封面已接触,但阀门右下部分存在间隙,判定为阀座未调整好,阀芯与阀座出现不同轴,阀座左上部密封面首先承受挤压应力(图2),随着气动执行机构带动阀轴转动,阀芯与阀座产生过度挤压,从而产生较大的静摩擦力,该静摩擦力超过阀门弹簧所提供的弹力,导致阀门无法按照设计要求正常动作。对阀座进行重新调整并调整限位后,阀门卡涩现象消除。

此类阀门工作原理(图3)为阀芯通过挠性杆与旋转轴上滑动的轮毂连接,沿着转轴的轴线转动来控

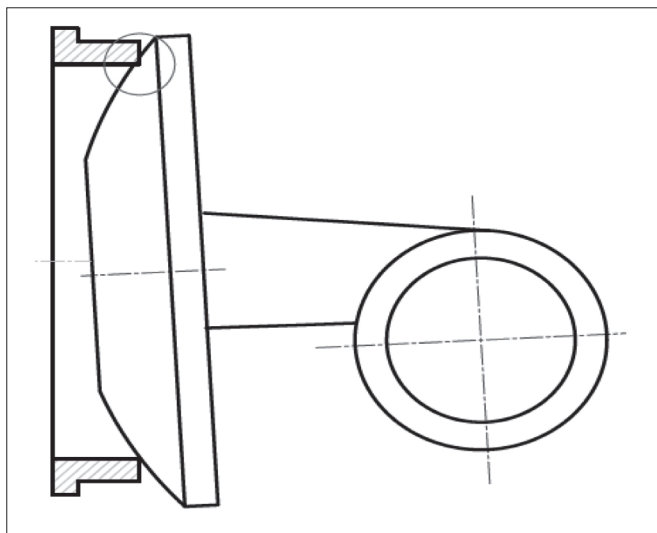


图2 阀芯阀座密封面接触示意图

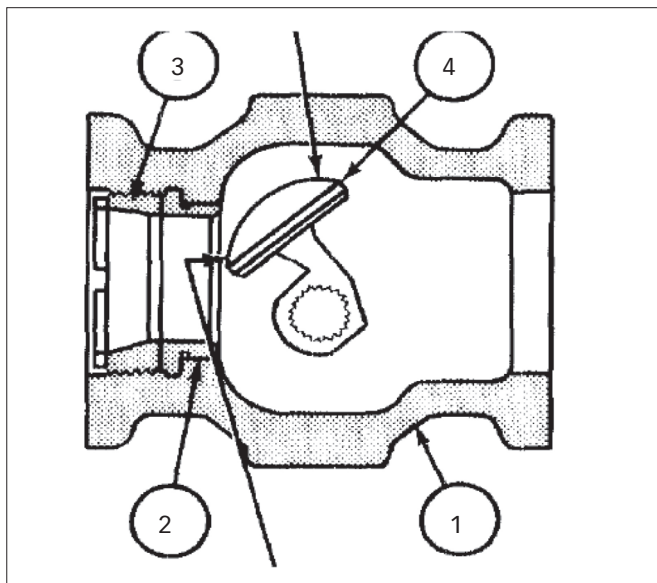


图3 阀门本体结构图

制开关。塞杆的弹性变形可以使得阀芯和阀座之间达到良好密封。倒角型阀座环通过一个带螺纹的固定器固定在阀体内。由于阀座与阀体之间存在间隙,装配过程中容易出现阀座与阀芯不同轴情况,造成阀芯与阀座密封面无法紧密贴合,进而出现内漏。

厂家维修手册对阀芯、阀座的装配要求为装配完成后红印试验和拉纸条试验合格,具体要求为使用联轴器合驱动臂关、开阀门一次,确认阀芯与阀座密封面红印压痕均匀、连续、清晰,如密封面红印压痕有断线,则拆松阀座止动器,并重新进行调整,直至红印试验合格,且使用手电检查阀座应无透光现象。红印试验通过后,再在阀芯前沿和后沿与阀座接触面处分别放置一纸条[纸条规格:3"~6" 阀门为0.1mm厚(正常A4打印纸厚度)、6mm宽;8"~12" 阀门为0.2mm厚(正常A4打印纸对折一次)、12mm宽],用联轴器合驱动臂手动关闭阀门,两纸条均不应拉出。然而,通过对模拟体执行红印试验和拉纸条试验,发现在两项验收要求均满足且手电不透光的情况下,部分阀门的阀芯和阀座仍存在不完全同轴情况。通过分析发现,该类型的阀门密封结构导致其易造成阀芯、阀座装配不到位,而现有的验收标准无法定量,无法真实反应阀门的密封状况,造成“假合格”,从而出现内漏现象。

在 ASME B 16.104-1970 Control Valve Seat Leakage (控制阀门阀座泄漏)中,对阀门泄漏等级和试验方法及验收标准有明确的指导,电厂结合实际阀门状况,决定抛弃原红印试验验收要求,依据 ASME 标准,设计制作专用工具并采用进口侧打压、出口侧测泄漏量(数起泡)的新检修标准。阀门测漏原理如图4所示。

按照新的装配指导及试验方法再次在阀门模拟体上进行了装配试验,试验结果表明泄漏量合格的阀门阀芯、阀座再无不同轴情况,阀门密封性能得到了极大的改善。

2.2 部件关键尺寸偏差

此阀门原厂设备和部件已升级多次,且现场阀门存在减流量非标设计,两个机组同位置阀门内部零部件也存在尺寸偏差等情况,所以在检修时如果质量控制不精确可能会出现安装的备件与设计不匹配情况,在更换不合格的新备件或长期运行磨损后,会对阀门密封性能有明显的影响,造成内漏或卡涩情况。后利用大修窗口大批量阀门的解体机会,对所有阀门的内部零部件进行测绘,给出尺寸公差,对每个阀门备件都进行精细化管理,以此作为新备件入库的验收条件和后续检修的标准。在用尺寸作为备件的采购控制条件后,入库备件的合格率大大提高,同时也明显地减少了阀门缺陷量和检修工作量。

2.3 人员技能与培训

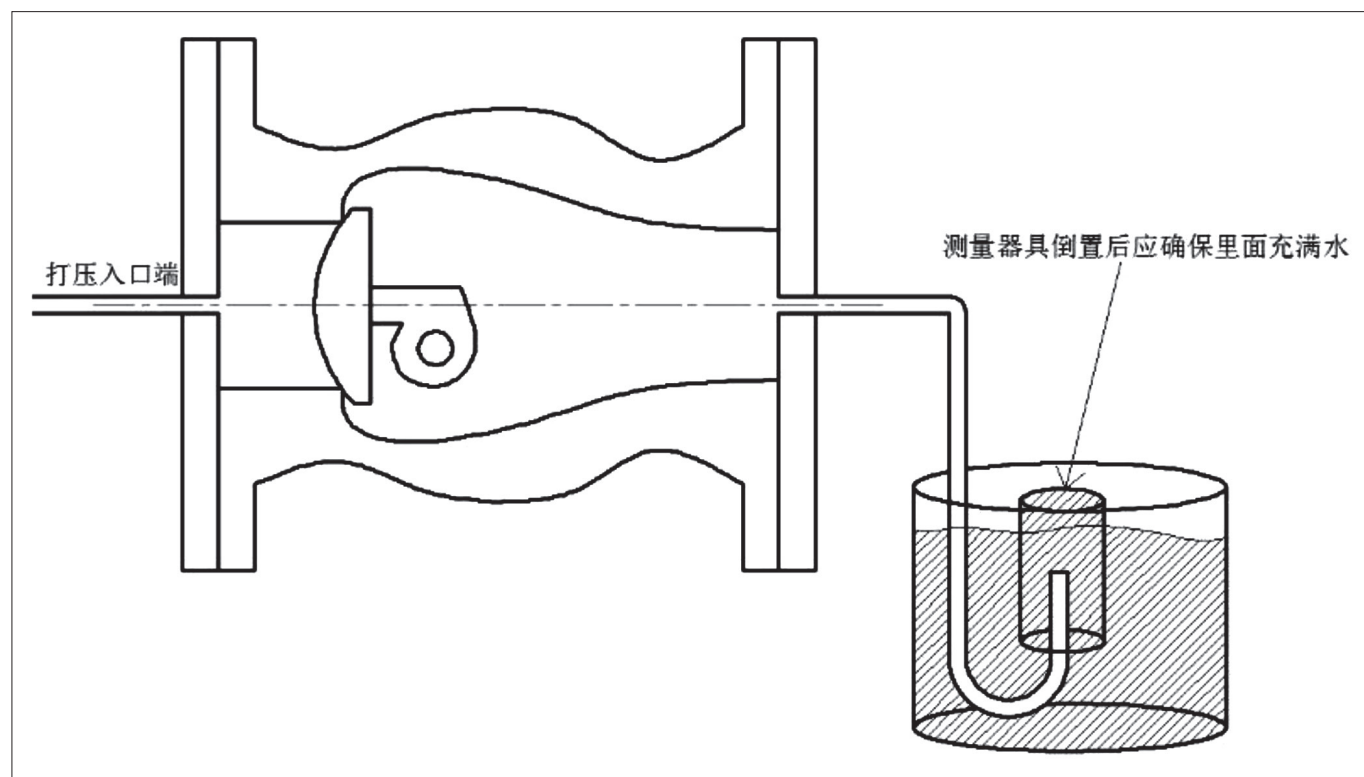


图4 阀门测漏原理图

通过调查工作年限不同，且执行过此气动球形调节阀检修工作的工作责任人，发现其所对应检修设备均出现了内漏情况。对没有此阀门检修经验的员工，测试在不同培训时长后，在严格执行维修规程前提下同类型阀门的检修情况，发现随着培训时长的增加，3名员工的检修合格率整体呈现上升的趋势，当培训时长达到28h及以上时，检修合格率达到100%，可以看出检修方式的提升才是提高检修质量的根本因素。

2.4 预维周期与要求

通常此气动球形调节阀检修周期为6年，秦三厂两台机组气动球形调节阀68台，统计不同时间段内缺陷产生次数，根据散点分析图进行数学建模分析，并无明显关系，判断预维周期基本满足要求。

针对缺陷统计和分析，电厂对预维大纲主要进行了优化，如发现气缸内壁存在损伤则直接整体更换气装、变更填料压盖形式等。

2.5 填料紧固力矩与阀门关限位

阀门的调料力矩值选用也是检修中的一项重要步骤，调料压盖力矩值过大，则会发导致阀门动作卡涩，填料力矩值过小则会出现外漏情况。电厂通过选定多种规格的阀门并使用专用工具进行离线试验，对参考力矩值上下50%浮动范围多个力矩值进行试验，选定出了最佳力矩值。此外，当长期运行调料磨损出现微漏时，通过选定的最近力矩值紧固基本都能够实现消缺且不影响阀门正常动作。

气动球形调节阀部分执行机构上会安装有限位螺杆，该限位螺杆的作用是防止阀门出现过关。若限位失效，可能会出现阀门未关闭到位的情况，进而导致阀门内漏，在检修前应予以标记或测量原始尺寸。

2.6 系统中存在异物

此疏水阀运行系统为常规岛二回路凝结水系统，系统庞大、复杂，且接口众多。若系统相关设备检修过程中带入异物，或系统运行过程中，冲刷脱落的管道锈蚀物等进入阀芯与阀座之间，也会造成阀门关闭不严，甚至可能会造成密封面损伤，因此在检修中需严格做好防异物工作。

2.7 阀杆磨损或弯曲变形

阀杆的过度磨损会导致与填料结合部位无法紧密贴合，进而出现外漏。此外，气动球形调节阀阀门动作原理为执行机构进气，通过驱动臂推动阀杆转动直到阀门关，阀杆如果出现弯曲变形则会直接导致阀门动作异常，维修人员通过选取阀杆跳动值0.01~0.20mm范围内的10个跳动值数据进行阀门启闭力矩测试，并观察阀门动作情况，当阀杆跳动值>0.10mm以后，阀门启闭力矩呈现指数级增大，且跳动值达到0.18mm以上后会出现阀杆无法关闭到位情况，因此认为阀杆跳动值设定0.10mm合理。

2.8 气动执行机构异常

疏水阀气动执行机构故障的发生与设备的使用时长、选型、结构特点、备件质量等方面因素相关。此外，

检修中也要关注气动执行机构运行供气压力值偏低导致阀门无法关闭到位的可能性。

2.9 其他优化

在上述优化基础上,电厂对阀门气动执行机构与阀门的匹配性也进行了优化,对于动作频率较高的阀门气动执行机构予以换型。同时电厂为从根本上结束疏水阀的缺陷,分4次大修使用新的检修标准对所有疏水阀进行预防性解体维修维修工作,并完成所有阀门的阀芯、阀座、阀杆的测绘和零件图编制,同时清理核实了现有库存备件尺寸,补充采购不齐全的备品备件。

3 结语

对于一些“老大难”设备问题,通过梳理历史缺陷,找出直接原因和根本原因,系统性地找出设计、维修策略、维修标准以及经验技能等方面不足,对形成高质量的维修思维具有重要意义。在维修过程中,尽量采用可量化的维修标准,如阀芯阀座的安装标准,将原来对技能和责任心有较高要求抽纸条验证和红印试

验验证,将设备管理和维修由不可量化转变为可量化,由不确定转变为确定。此思路同样适用于解决其他故障次数较高的系统设备。

参考文献:

- [1] 张光辉.疏水阀应用中的常见问题及对策[J].当代化工研究,2017(03):19-20.
- [2] 宋永军.梅索尼兰调节阀在气化炉压力放空中的应用[J].化工生产与技术,1996(02):53-55.

作者简介: 杨博文(1989.06-),男,汉族,山西忻州人,本科,工程师/技师,研究方向:核电站维修;李攀攀(1982.12-),男,汉族,河南洛阳人,本科,高级工程师/技师,研究方向:核电站维修;朱元生(1995.09-),男,汉族,安徽六安人,本科,助理工程师,研究方向:核电站维修;朱凯亮(1993.06-),男,河北沧州人,本科,工程师,研究方向:核电站维修;韩鹏(1985.05-),男,辽宁沈阳人,本科,工程师/技师,研究方向:核电站维修。

(上接第82页)

关人员开展安全教育。

3.2.2 对设备因素控制

施工单位应根据实际情况准备足够的水泥、水玻璃、水泵等材料和设备。

3.2.3 对材料因素控制

施工材料要做到定点摆放。在施工现场,所有的施工材料,包括构件等一定要做到随时拆除随时搬运,并且对无效的材料进行处理并搬运到指定地点,不能随意丢弃,以免对环境造成破坏与污染。

3.3 做好安全制度考核

其实大部分事故的发生主要是由于疏忽管理和忽视管理条例,因此一个建筑项目的主要工作重点不仅是按质按量地完成工期内应完成的项目,更应该充分健全安全管理制度。因此,在一个项目的起始时期,就应该分别从人、设备和材料等方面进行安全制度考核,从而尽可能地减少安全事故的发生。

4 结语

文章采用的安全检查表法,对人、设备和机械三

个不同方面的安全情况可能产生的不安全因素进行举例和分析,并在此基础上,结合层次分析法,利用矩阵模型构建了地铁建设中安全性指标权重的求解过程。

参考文献:

- [1] 贾俊峰.城市轨道交通土建工程施工安全风险研究[D].北京:北京交通大学,2006.
- [2] 胡丽娜.基于层次分析法的隧道工程项目风险管理研究[D].西安:西安科技大学,2020.
- [3] 付蓉,吴伟巍.地铁维护工作安全风险研究现状及发展,都市快轨交通[J].2009,12(6):18-21.
- [4] 罗云等.风险分析与安全评价[M],北京:化学工业出版社,2010.
- [5] 陈宝智.安全原理[M].北京:冶金工业出版社,2004.

作者简介: 陈龙(1987-),男,汉族,重庆人,本科,工程师,研究方向:铁路及市政项目管理。