

# 溴化锂冷水机组原理与故障排查

李杨

河南龙宇煤化工有限公司 河南永城 476600

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13236

**[摘要]** 针对故障诊断领域, 本文归纳了溴化锂制冷机普遍遭遇的故障现象, 包括吸收效率低下、真空状态不佳、侵蚀损害等, 并深入探讨了引发这些问题的根源。基于此, 我们构建了一套全面的故障诊断流程与策略, 旨在强化设备的稳定性和运作效能。综上所述, 通过案例分析, 提炼出了行之有效的维护及检修方案, 并明确了后续研究的路径。本文的研究目标旨在为优化溴化锂冷水机组的运作效能与故障应对策略, 提供坚实的理论依据与实际操作指南。

**[关键词]** 溴化锂冷水机组; 吸收式制冷; 故障排查; 性能分析

## 引言

基于溴化锂溶液作为吸收介质, 溴化锂吸收式冷水机组借助蒸汽或热水等次级热能运作, 展现出有效利用低位能热源、绿色无害及操作低噪的特性。尽管溴化锂冷水机拥有种种益处, 但在其运作期间, 仍难免会遭遇若干技术难题与操作问题。主要涉及的是溴化锂溶液浓度的调整、腐蚀现象的防范、保持真空状态以及确保热源的持续稳定。鉴于此背景与难题, 本文计划以溴化锂冷水机组的基础理论为起点, 全面剖析其常见的故障模式及其产生机理, 并融合前沿的诊断手段与故障处理策略, 探索并建议一套全面且实用的故障应对方案。

## 1 溴化锂制冷原理

溴化锂吸收式制冷原理和蒸汽压缩制冷原理有相同之处, 都是利用液态制冷剂在低温、低压条件下, 蒸发、汽化吸收载冷剂的热负荷, 产生制冷效应。所不同的是, 溴化锂吸收式制冷是在利用“溴化锂-水”组成的二元溶液为工质对, 完成制冷循环的。

在溴化锂吸收式制冷机内循环的二元工质中, 水是制冷剂。水在真空状态下蒸发, 具有较低的蒸发温度 ( $6^{\circ}\text{C}$ ), 从而吸收载冷剂热负荷, 使之温度降低。溴化锂水溶液是吸收剂, 在常温和低温下强烈地吸收水蒸气, 但在高温下又能将其吸收的水分释放出来。吸收与释放周而复始制冷循环。

## 2 双效溴化锂制冷机工作原理

双效溴化锂制冷机, 一般形式为三筒式。主要部件由: 高压发生器、低压发生器、冷凝器、吸收器、蒸发器、高温换热器、低温换热器、冷凝水回热器、冷剂水冷却器及发生器泵、吸收器泵、蒸发器泵和电气控制系统等组成。制冷原理为: 吸收器中的稀溶液, 由发生器泵分两路输送至高温换

热器和低温换热器, 进入高温换热器的稀溶液被高压发生器流出的高温浓溶液加热升温后, 进入高压发生器。而进入低温换热器的稀溶液, 被从低压发生器流出的浓溶液加热升温后, 再经凝水回热器继续升温, 然后进入低压发生器。

进入高压发生器的稀溶液被工作蒸汽加热, 溶液沸腾, 产生高温冷剂蒸汽, 导入低压发生器, 加热低压发生器中的稀溶液后, 经节流进入冷凝器, 被冷却凝结为冷剂水。

进入低压发生器的稀溶液被高压发生器产生的高温冷剂蒸汽所加热, 产生低温冷剂蒸汽直接进入冷凝器, 也被冷却凝结为冷剂水。高、低压发生器产生的冷剂水汇合于冷凝器集水盘中, 混合后导入蒸发器中。

## 3 溴化锂冷水机组运行过程

溴化锂制冷机的操作机制乃系一种融合多层热力学循环与化学作用的精密流程, 其精髓在于依仗溴化锂与水的物化属性以达成冷却目的。系统的根本结构涉及冷凝器、蒸发器、吸收器及发生器等核心组件。于溴化锂冷水机组之运作期间, 高热源 (包括热水、蒸汽或由天然气燃烧产出之热能) 被应用于推动发生器, 借此达成在溴化锂浓溶液内部分水分之汽化。于高温条件下, 浓稠溶液注入发生器内, 借助热交换机制促使溶液中的溶质浓度升高, 并伴随蒸气的生成。在蒸发器内, 低压条件促使水分快速转化为蒸汽, 进而大量吸热, 达成降温的效果。在蒸发器内, 由于低压条件促使水分快速转化为蒸汽, 这一过程能大量吸热, 达成降低温度的效果。

依照已知数据, 通常在标准操作环境下溴化锂溶液的浓度范围大约在 50%至 60%, 其流量会依据装置规模及环境条件的各异而作出相应调节。根据数据显示, 通常在标准操作环境下, 溴化锂溶液的浓度多落在 50%至 60%这个范围内, 其流速则会依据装置规模及环境适应性需求有所变化。据统计,

典型运行环境中, 溴化锂溶液的浓度通常维持在 50%至 60%范围内, 其流量则会依据机组的规格及环境要求进行相应变动。

#### 4 故障诊断工具与方法

通过观察控制面板与指示灯的显现、外接线路完整性以及液体泄漏迹象, 可对机组的运行状况做一个初步评估。通过观察控制面板和指示灯的表现、外接线路的完整度, 以及检查是否存在泄漏迹象, 可对机组的运行状况做一个初步评估。通过监控控制面板与指示灯的表现、外接线路的完好性, 以及检查是否存在泄漏迹象, 可以对机组的运行状况做个初步评估。

故障诊断的首要工具是基于数据驱动的监测系统。现代溴化锂冷水机组通常配备有各种传感器, 可实时监测运行中的重要参数, 包括溴化锂溶液的浓度、温度、压力等。通过高频采集这些数据, 并将其输入到故障诊断系统中, 可以迅速识别出异常情况。例如, 通过分析溴化锂溶液的浓度变化, 可以预测可能的结晶堵塞问题。溴化锂溶液的正常浓度范围通常在 58%至 62%之间, 如果出现显著偏差, 则可能存在制冷剂泄漏或不平衡的吸收过程。

专家系统作为故障诊断的一种重要工具, 其基于预先积累的经验 and 知识库, 提供了良好的故障诊断能力。专家系统通过将工程师丰富的经验转化为可计算的规则, 能够快速定位故障。这种方法尤其适用于复杂的故障模式, 如多因素交织导致的系统失效。在溴化锂冷水机组中, 利用专家系统诊断潜在的腐蚀问题也是一个典型的应用。

借助于识别数据中深层结构, 这些手段能提升故障诊断的精准性。借助识别数据中深层规律, 这些策略能大幅提升故障诊断的精准性。借助于识别数据中的复杂规律, 这些策略可显著提升故障诊断的精准度。借助于识别数据中的复杂结构, 这些策略可显著提升故障诊断的精准性。

依赖模型的方法需要深厚系统认识并伴随着定期的模型更新保养。依赖模型的方法需要深厚体系理解并伴有定期的更新维护。采用依赖模型的方法需要深厚系统理解并伴随着定期的模型更新维护。

所以, 综合使用多元诊断技术和手段, 结合现代信息技术, 将有利于提升溴化锂冷水机组的运营效率, 减少运行成本。综上, 通过结合各类诊断工具和现代信息技术, 有效地利用, 能够优化溴化锂冷水机组的运营管理水平, 从而减少运行成本。

#### 5 溴化锂冷水机组故障排查与维修方法

在故障发生后, 运行操作人员先按下“报警停止”按钮, 则蜂鸣器停止鸣叫; 然后根据发生的故障编码, 查找发生的故障内容, 确定处理方案, 详细请查看相应机组的使用说明书。故障处理完了后, 按下停止按钮, 对控制盘复位, 再按下运转按钮, 机组投入运转。

##### 5.1 针对机组无法正常启动进行以下排查及维修

(1) 检查机组是否送电正常, 合上主电源和控制电源。若主电源和控制电源无法送电, 需要对机组电源控制柜和机组控制盘进行排查, 对电源控制柜综保、接线及机组控制盘接线端子、排线等进行详细排查, 对损坏的电源控制柜综保进行更换, 对松动的机组控制盘接线端子、排线进行紧固。

(2) 检查机组循环冷却水流量是否满足启机条件, 检查循环冷却水阀门开度是否正常, 检查循环冷却水压力是否正常, 检查循环冷却水上水过滤器滤网是否堵塞并疏通。

(3) 检查机组冷冻水流量是否满足启机条件, 检查冷水泵运行是否正常, 若运行冷水泵异常及时对冷水泵进行倒泵, 到泵后调整冷冻水流量至正常。

(4) 机组控制面板出现报警若不消除则机组无法启动, 要根据发生的报警编码, 查找发生的故障内容, 确定处理方案, 详细请查看相应机组的使用说明书。故障处理完了后, 按下停止按钮, 对控制面板复位消除报警。

##### 5.2 针对机组溶液泵异响进行以下排查及维修

(1) 检查溶液泵是否出现汽蚀, 若有汽蚀现象则停止机组运行, 待机组稀释停机后重新开机, 开机后检查溶液泵运行是否正常。同时要降低循环冷却水温度, 防止循环冷却水温度过高, 造成溶液泵得到正常冷却, 容易出现汽蚀现象。

(2) 利用听棒、测温枪对溶液泵进行检查, 查看溶液泵运行及出口流量是否正常, 若出现异常则停止机组运行, 关闭溶液泵进口阀、出口阀后, 对溶液泵进行拆检, 更换泵内损坏部件。

(3) 检查蒸发器冷剂液位开关是否出现故障, 对故障的液位开关进行更换。

##### 5.3 针对机组溶液泵异响进行以下排查及维修

(1) 检查溶液泵是否出现汽蚀, 若有汽蚀现象则停止机组运行, 待机组稀释停机后重新开机, 开机后检查溶液泵运行是否正常。同时要降低循环冷却水温度, 防止循环冷却水温度过高, 造成溶液泵得到正常冷却, 容易出现汽蚀现象。

(2) 利用听棒、测温枪对溶液泵进行检查, 查看溶液泵

运行及出口流量是否正常,若出现异常则停止机组运行,关闭溶液泵进口阀、出口阀后,对溶液泵进行拆检,更换泵内损坏部件。

(3)通过查看吸收器、高温发生器的视镜来检查溶液是否出现结晶,若溶液出现结晶,第一时间进行停机,与厂家服务人员联系,待厂家服务人员检查后再进行维修。

#### 5.4 针对机组不制冷进行以下检查及维修

(1)将蒸汽控制阀切换为自动状态,或者手动状态下增加蒸汽阀开度,查看机组是否开始制冷。一般来说,当高温发生器出口温度达到 $80^{\circ}\text{C}$ ,机组即开始制冷,所以要密切关注机组高温发生器出口温度。

(2)检查蒸汽控制阀后的蒸汽压力是否满足机组额定要求,若蒸汽控制阀后的蒸汽压力过低,需要检查前端蒸汽供给系统是否正常。同时可以短时间打开蒸汽控制阀的旁路阀,若蒸汽压力出现上涨,则说明蒸汽控制阀本体出现问题,需要对蒸汽控制阀进行隔离检修。

(3)启动机组抽真空泵,先将抽真空泵气镇阀打开,查看抽真空泵运行是否正常,当抽真空泵油温升高后,再打开机组各抽真空阀门,将机组内不凝性气体抽出。

若抽真空长时间运行还无法将不凝性气体抽空,则机组外壳可能存有漏点,此时需要将机组停机,利用氩气对机组充压至 $0.05\text{MPa}$ 后,用泡沫液对机组外壳进行查漏,发现漏点漏进行补焊消漏。

(4)利用测温枪对循环冷却水温度进行检查,查看是否与机组控制盘显示一致,若循环冷却水温度过高,则需要开启冷却塔风机,降低循环冷却水温度。

(5)利用外夹式超声波流量计对循环冷却水流量进行测量,若循环冷却水流量低于机组额定要求,进行倒机操作,待机组稀释停机后,对循环冷却水上水过滤器及吸收器、冷凝器水室列管进行清洗疏通。

#### 5.5 针对机组制冷量低下进行以下检查及维修

(1)启动机组抽真空泵,先将抽真空泵气镇阀打开,查看抽真空泵运行是否正常,当抽真空泵油温升高后,再打开机组各抽真空阀门,将机组内不凝性气体抽出。

若抽真空长时间运行还无法将不凝性气体抽空,则机组外壳可能存有漏点,此时需要将机组停机,利用氩气对机组充压至 $0.05\text{MPa}$ 后,用泡沫液对机组外壳进行查漏,发现漏点漏进行补焊消漏。

(2)利用测温枪对循环冷却水温度进行检查,查看是否与机组控制盘显示一致,若循环冷却水温度过高,则需要开启冷却塔风机,降低循环冷却水温度。

(3)利用外夹式超声波流量计对循环冷却水流量进行测量,若循环冷却水流量低于机组额定要求,进行倒机操作,待机组稀释停机后,对循环冷却水上水过滤器及吸收器、冷凝器水室列管进行清洗疏通。同时若循环水流量正常但是机组制冷量不足,则需要考虑水室隔板是否是否出现泄漏,需要对机组停机后拆检水室检查垫片并更换。

(4)在机组停机期间,通过在溶液泵入口往机组内假如表面活性剂异辛醇或正辛醇,增强溴化锂溶液对水蒸气的接触面积和吸收能力,提高机组中有关部件的热质交换效果。

(5)通过查看蒸发器的视镜来检查冷剂颜色是否正常,同时在冷剂泵出口对冷剂进行取样分析,查看冷剂是否出现污染。通常可能是由于吸收器和冷凝器的循环冷却水漏入机组内造成冷剂污染,若冷剂污染严重,需要对机组的冷剂及溴化锂溶液进行更换。

## 6 结论

为了确保设备能够持久高效运作,推荐制定详尽的保养方案。包括日常维护、预防性维修与预知性维修等范畴内。建立一支专业的维护团队,并实施周期性的训练,旨在增强其故障辨识的技术水平。此外,提议创建故障记录库,搜集并解析过往故障信息,以为后续的故障评估与维护操作供给指导。借助全面的保养与修复方案,溴化锂制冷机得以保持卓越性能,长期高效运作,从而有效减少能源消耗与财务损失的可能性。

### [参考文献]

[1]王鲁宁,孙晗,刘忠宝,等.添加正辛醇对溴化锂水溶液表面张力及吸收率的影响[J].制冷技术,2023,43(01):23-29.

[2]白保安,贺诚,魏自强.热水型溴化锂机组的经济运行[J].中国氯碱,2022,(11):47-50.

[3]胡玉峰,黄辰光,曾志环.溴化锂吸收式热泵在电厂的应用[J].能源与节能,2022,(09):162-165.D0I:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2022.09.028.

作者简介:李杨,男,1991年3月生,汉族,河南永城人,现为河南龙宇煤化工醋酸装置技术主管,主要从事醋酸生产技术研究,本科学历,助理工程师。