

溴化锂吸收式制冷机组的防结晶保护分析

顾伟洲 广东亚视演艺职业学院 广东省肇庆市 526631

耿直 共青科技职业学院 江西省九江市 332020

王彬 海南科技职业大学 海南省海口市 571126

【摘要】

溴化锂吸收式制冷机是以热源为动力、水为制冷剂、溴化锂为吸收剂制冷的一种设备。溴化锂在水中的溶解度随着温度的降低而降低,当温度低于一定范围后,就会出现结晶的现象。当结晶到一定程度,就会对制冷机的正常运行造成一定的影响。目前,国内大多数的研究人员对于溴化锂制冷机组的研究主要关注于如何解决制冷机组所发生的故障,而对于如何预防制冷机组发生结晶的问题却并没有进行深入探究。本文分析了溴化锂吸收式制冷机组结晶的原因提出了防止溴化锂溶液结晶的控制方法开发了优化的控制软件。分析了该控制软件的控制结果提出了控制逻辑改进方法。

【关键词】 关键词溴化锂吸收式制冷机组结晶融晶控制方法

结晶原因

溴化锂吸收式制冷机组分为直燃型、热水型溴化锂制冷机组等,其中现在的企业和工厂一般采用热水型溴化锂制冷机组。热水型溴化锂机组一般利用工业余热,废热水等 70℃ 以上的余热水,采用吸收式制冷系统供冷。一般情况下导致溴化锂溶液发生结晶现象的原因如下:

1.1 机组运行期

(1) 热源加入量过大。溴化锂机组通常采用 PLC 控制,蒸汽阀在机组运行期间一般都开到最大,就可能会导致机组加热量过大,发生器内过量的水蒸发,就会导致溴化锂在发生器、发生器出口管路以及热交换器中发生结晶。(2) 进入发生器的溴化锂溶液减少。溶液循环量减少,溶液浓度不断提高,导致溶液结晶。(3) 机组真空度不够。机组真空度不够,那么吸收器吸收冷剂的量会大大减少,进入发生器的溴化锂浓度增加,在加入相同热源的条件下,发生器出口溶液浓度。(4) 冷却水温度过低。冷却水温度过低,会将稀溶液冷却过低,在溶液热交换器换热过程中,使浓溶液温度过低而产生结晶。(5) 停电。停电后,由发生器出来的浓溶液稀释不充分而造成结晶。

1.2 机组停机期间

(1) 冷却水温度过低。停机期间溴化锂溶液处于静止状态,如果冷却水温度过低,致使吸收器内及其出口的溴化锂溶液温度过低,当溶液温度低于某值时,会发生结晶。一般在机组停机后需要关小循环水阀门。

(2) 蒸汽调节阀内漏。在机组停机稀释时,按照逻辑设定,蒸汽调节阀自动关死。若调节阀出现内漏,溴化锂溶液就无法达到完全稀释,最终因为发生器出口浓度高而出现结晶。

1.3 机组启动时

(1) 热源加入量过快。机组刚启动时,溶液泵需要一定的时间才能将溴化锂溶液注入至发生器要求的液位,若一开始加热量过大,就容易引起发生器及其出口管路因蒸发量太大而结晶。

(2) 冷却水温度过低。结晶的原因与机组运行期间冷却水过低相同。目前,机组逻辑中都要设定循环水的温度作为启机条件。

2 结晶的判断

- (1) 机组不制冷,蒸发器中冷剂温度高。
- (2) 高温发生器中溴化锂溶液温度突然升高。

(3) 蒸汽凝液温度高于高温发生器中溴化锂溶液温度。机组在停机期间, 最容易结晶的部位是吸收器及溶液泵内的溴化锂溶液。因为停机时, 循环水温度过低, 就会使吸收器内的温度低于溴化锂溶液的结晶温度, 造成结晶。一旦发生结晶, 若启动机组, 溶液泵就会过载停止, 无法正常运行。

3 控制结晶的方法

当机组结晶程度轻微时机组通过本身的融晶管自动融晶。当机组不能自动融晶时需采取一定的措施进行融晶融晶时间长达几个小时甚至更长对于没有备用机组的用冷场合会影响舒适度、产品质量或者生产进度 [6]。要避免结晶的发生就需要使用控制软件随时监测机组的运行状况一旦检测到机组有异常情况就及时地进行控制调节避免结晶的发生。针对机组的结晶保护笔者开发的控制软件包含了以下控制策略能够及时、迅速地防止机组出现结晶现象。

3.1 溴化锂溶液浓度监测

在机组运行过程中随时监测换热器出口处浓溶液的浓度一旦检测到浓溶液的浓度接近结晶浓度则对机组进行相应的控制调节降低浓溶液的浓度避免结晶的发生。换热器出口浓溶液浓度控制流程如图 1 所示。

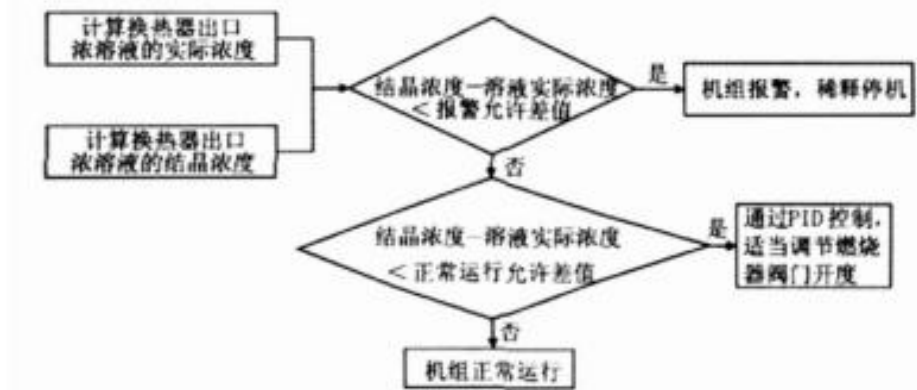


图 1 换热器出口溴化锂溶液浓度控制流程

3.2 热源输入量控制

对于直燃型溴化锂吸收式冷水机组可以通过调节燃烧器阀门的开度来控制热量的输入。随着机组负荷的变化在 0~100% 范围内调节燃烧器阀门的开度从而控制热量的输入。调节燃烧器阀门开度不仅可以防止机组结晶还可以减少能源的消耗降低机组运行费用。笔者开发的控制软件采用 PID 调节对热源输入量进行控制。输入量为冷水出口温度以及高压发生器浓溶液温度输出量为燃烧器阀门开度。热源输入量控制流程如图 2 所示。

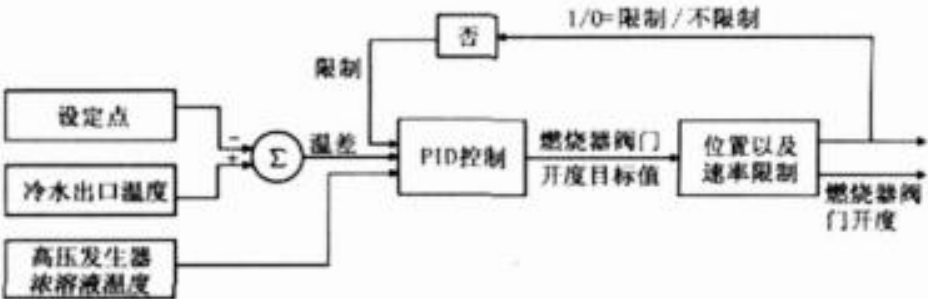


图 2 热源输入量控制流程

如果结合 PID 控制以及限位限速控制技术来调节燃烧器阀门的开度则可以达到更加优化的控制效果更好地控制热源的输入量以及热量的消耗实现最佳的制冷与节能的目的。

3.3 高压发生器浓溶液温度控制

高压发生器浓溶液温度过高也是热源输入量过大的一种表现形式因此可以通过控制高压发生器浓溶液的温度来控制热源的输入量。具体的控制流程如图 3 所示。

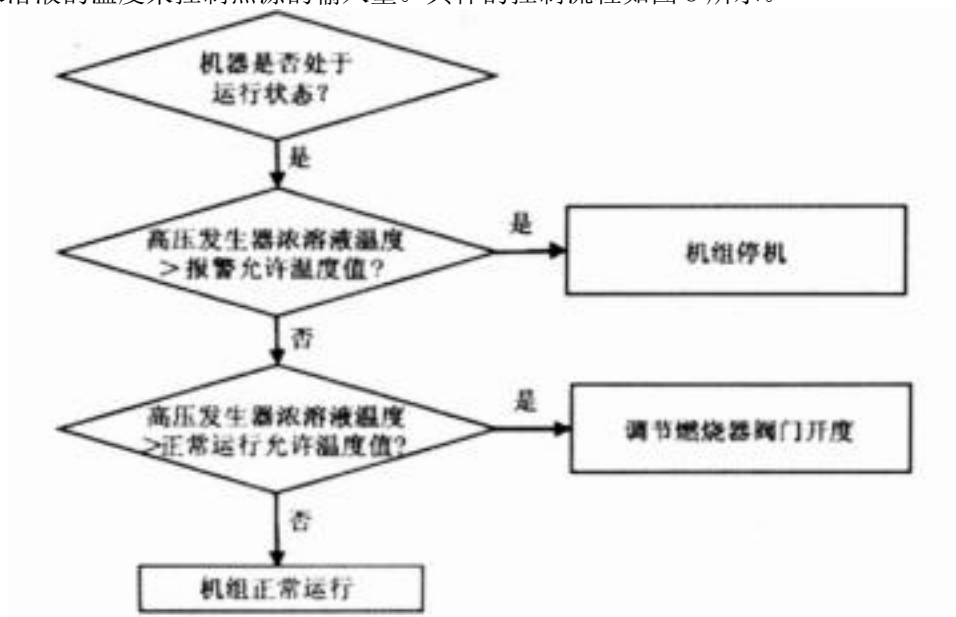
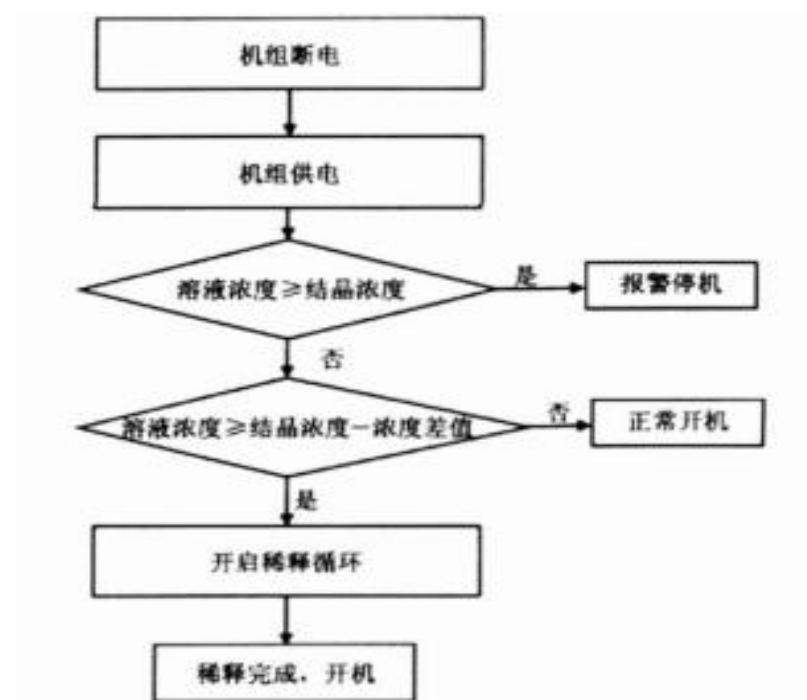


图 3 高压发生器浓溶液温度控制流程

由图 3 可以看出当高压发生器浓溶液温度高于报警允许温度时机组报警停机同时进行稀释循环以防止结晶的发生；当发生器浓溶液温度高于正常运行允许温度时调节燃烧器阀门的开度从而调节热量的输入使发生器内温度缓慢降低防止发生器内温度过高导致溶液结晶。

3.4 停机稀释循环

当机组突然断电或运转停机时没有进行稀释循环或者机组停机之后周围环境温度过低都有可能导致机组停机时出现结晶现象。因此为避免结晶的发生在每次机组启动之时要对机组进行稀释循环以确保机组安全运行。机组稀释循环过程的控制流程如图 4 所示。



3.5 冷却水控制

从制冷效果来说冷却水的温度越低越好但是冷却水温度过低也是不可取的。因为冷凝器中的冷却水温度过低可能导致制冷剂蒸气大量增加蒸发后的溴化锂溶液浓度增加发生结晶的可能性也就大大提高；而吸收器中的冷却水温度过低则会使吸收器中的溴化锂稀溶液温度降低在经过溶液换热器与从发生器出来的溴化锂浓溶液换热时吸收过多的热量造成浓溶液的温度过低也会增加溶液结晶的可能性。当进入吸收器的冷却水温度低于设定的最低极限值或者离开吸收器的冷却水温度高于设定的最高极限值时机组报警停机从而降低机组结晶的可能性。

4 控制结果分析

以上控制策略只有综合使用、有效配合才能避免机组在运行过程中结晶。将笔者开发的控制软件应用于 16DN 系列溴化锂吸收式制冷机组上进行测试采用数据采集仪器采集机组运行过程中的各项数据通过比较分析获得了以下结果。图 5 为控制燃烧器阀门开度的结果由图可见当设定温度为 12℃ 左右时在开始阶段由于

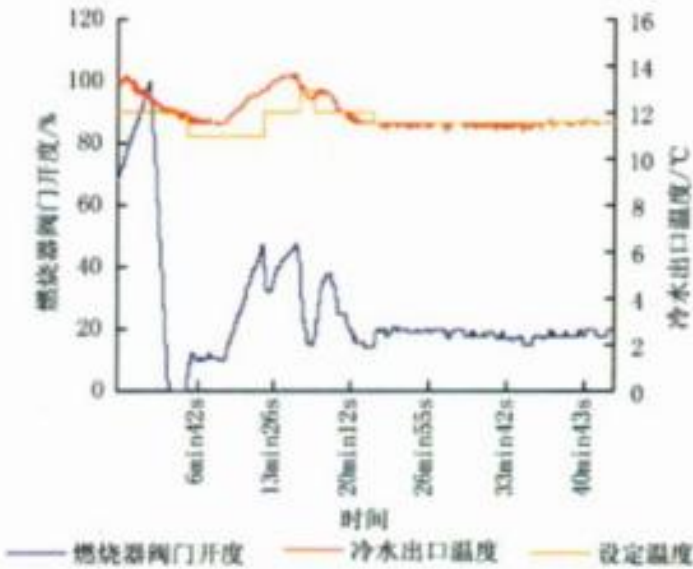


图 5 燃烧器阀门开度控制结果

由图 6 可以看出当溶液温度高于保护端点值时燃烧器阀门开度减小浓溶液温度随着燃烧器阀门开度的减小而缓慢降低（浓溶液温度的降低较燃烧器阀门开度的减小存在一定的延时）浓溶液温度的降低保证了溶液不会由于温度过高而出现结晶现象。

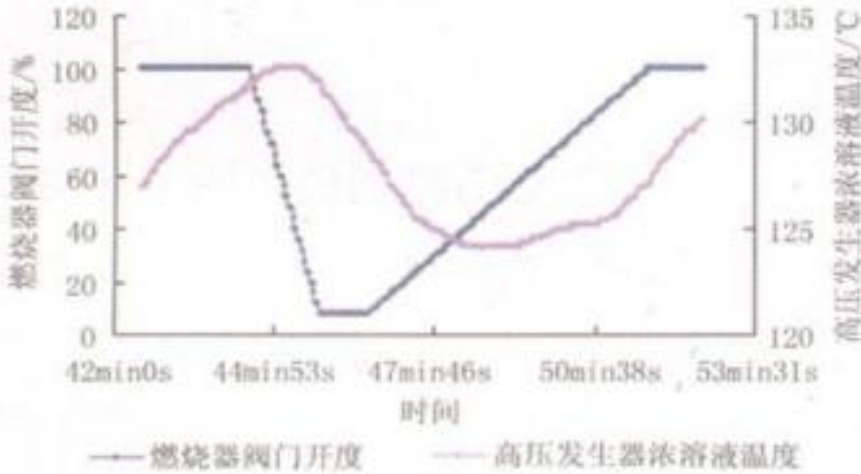


图 6 高压发生器浓溶液温度保护控制

6 结论及展望

虽然溴化锂机组结晶会对整个装置的运行产生严重影响,但若操作人员能熟练掌握机组结晶的原因、结晶的处理方法以及结晶的预防措施,那么在很大程度上能够预防结晶的发生。或者即便发生结晶,也能及早发现,及时处理,最大限度地降低机组结晶产生的影响。本文通过对溴化锂机组结晶原因的分析提出了溴化锂机组结晶控制策略。这些控制策略对于控制机组结晶起到了很好的预防作用对于机组结晶的控制具有指导意义。该控制软件采用 PID 控制来调节燃烧器阀门的开度可以控制高压发生器内浓溶液的温度调节机组冷量的输出从而有效地防止机组出现结晶现象。在今后的研究中考考虑采用更优化的 PID 控制方法以使机组运行更加安全可靠更加节能。

参考文献:

- [1] 费泓鹏. 吸收式溴化锂制冷机组运行经验总结[J]. 氮肥技术, 2020, 41 (04): 19-21.
- [2] 温海棠. 单效溴化锂吸收式制冷系统动态建模与优化控制[D]. 天津大学, 2020. DOI:10. 27356/d. cnki. gtjdu. 2020. 000344.
- [3] 刘思泽. 溴化锂吸收式机组的仿真建模及应用研究[D]. 华北电力大学(北京), 2020. DOI:10. 27140/d. cnki. ghbbu. 2020. 001576.
- [4] 陈清. 太阳能溴化锂吸收式机组运行特性分析[D]. 华北电力大学(北京), 2020. DOI:10. 27140/d. cnki. ghbbu. 2020. 000922.
- [5] 吕佳奇, 朱晋杰, 刘佳, 靳洁. 二段热水型溴化锂吸收式制冷机组在运行状态下的结晶分析[J]. 电子世界, 2020 (04): 31-32. DOI:10. 19353/j. cnki. dzsj. 2020. 04. 015.
- [6] 冯宇. 吸收式溴化锂空调系统的数据驱动控制方案研究[D]. 天津大学, 2019. DOI:10. 27356/d. cnki. gtjdu. 2019. 004452.
- [7] 戴金辉, 马炎. 浅谈溴化锂吸收式制冷机组结晶的处理方法与预防[J]. 中国设备工程, 2019 (19): 174-175.
- [8] 柴逸. 吸收式制冷系统的动态建模和学习控制研究[D]. 天津大学, 2018. DOI:10. 27356/d. cnki. gtjdu. 2018. 002129.
- [9] 陈金峰. 太阳能吸收制冷与蒸汽压缩空调耦合循环机理与实验研究[D]. 上海交通大学, 2018. DOI:10. 27307/d. cnki. gshtu. 2018. 000529.
- [10] 吴萌萌, 于晓龙, 刘革. 提高溴化锂制冷机运行稳定性研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37 (21): 85-86.
- [11] 张宏, 李望, 赵和平, 陈经义. 溴化锂机组运行问题分析及对策[J]. 机电信息, 2017 (27): 55-56. DOI:10. 19514/j. cnki. cn32-1628/tm. 2017. 27. 033.
- [12] 吴小青. 溴化锂制冷机组防结晶保护 [J]. 设备管理与维修 2004 (9)
- [13] 尹洪超靳兵赵亮. 溴化锂水溶液的结晶控制及应用对策 [J]. 能源技术 200829 (1): 45-47
- [14] 彭好义周子民蒋绍坚等. 不凝性气体对溴化锂吸收式制冷机组的影响及其预防管理 [J]. 暖通空调 200535 (10): 130-132