

# 单效溴化锂吸收式制冷机的性能

## 单效溴化锂吸收式制冷机的性能

### 知识要点:

经济运行——确定和选择制冷机的调节、控制方案，使制冷机在最合理的情况下工作。

一般而言，溴化锂吸收式制冷机的性能比较稳定，其性能系数(COP)的高低取决于设计水平、机组型式、运转情况，工作蒸汽压力、冷却水温度和流量、污垢情况、机组内的真空水平等许多因素。

溴化锂吸收式制冷机在实际运行中，常常由于热源加热蒸汽压力(或水温)的波动、季节气候变化和用户负荷的改变，使制冷机不能在设计工况下工作，例如引起制冷机工作蒸汽与冷却水的消耗量、制冷机的性能系数等产生一系列的变化。另外，在用户冷负荷发生变化时，制冷机的制冷量也应随时作相应的改变。

由于单效溴化锂吸收式制冷机的性能较差，其性能系数(COP)较小，一般只有 0.7 左右。影响其性能的主要有以下一些因素:

### (1)不凝性气体对制冷机性能的影响

"真空是溴化锂吸收式制冷机的第一生命"，溴化锂吸收式制冷机是在高真空状态下工作的**制冷设备**，有些机组的制冷性能不稳定或达不到设计能力的一个主要原因，就是机组真空问题没有解决好。对于溴化锂吸收式制冷机来讲，真空度的高低实质上是机组内不凝性气体被抽除多少的反映。(4000m 高空，水 88℃沸腾；8.04mmHg 压力下，水 8℃沸腾)

机组系统内不凝性气体的来源大致如下：机组启动时，机组内空气未完全抽尽；空气通过管路连接处、焊缝、阀门等处泄漏到机组内；在机组内，由于**溴化锂溶液**对金属材料的腐蚀而产生的氢气。机组内存在不凝性气体，主要影响吸收过程，使传热、传质减弱。外部漏入制冷机的空气与制冷机内因金属表面腐蚀所释放的氢气等均属不凝性气体。这些气体都不能凝结，也不会被溴化锂溶液吸收。当它们附着于冷凝器的传热管表面时，增加了传热热阻，提高了冷凝压力，使发生器压力随之增大，减小了发生器的产汽量，使制冷机的制冷量下降。不凝性气体存在于吸收器中时，减少了吸收过程中水蒸气被吸收的质推动力，使传质系数减小，传质过程恶化，制冷量明显下降。不凝性气体体积聚越多，制冷量下降越厉害，有时甚至会达到不能制冷的地步。

### (2)溶液循环量对制冷机性能的影响

溶液循环量的多少对机组的经济运转非常重要。对于额定的加热蒸汽压力、冷却水温度和冷媒水出口温度，溴化锂吸收式制冷机有与之对应的溶液循环倍率，从上式可看出，在此循环倍率下，进发生器的稀溶液量与制冷量成正比。若调整不当，会出现以下两种情况。

(一)稀溶液量过大 若进入发生器的稀溶液量过大，则发生器里加热蒸汽的热量大部分用来提高稀溶液的温度，产汽量降低，从而使发生器中溶液的平衡浓度下降，同时使通向吸收器的浓溶液流量增大，加大了吸收器的放热量，提高了喷淋溶液的温度，降低了喷淋溶液的浓度，使喷淋溶液的吸收效果恶化，吸收能力下降。产汽量降低使制冷量下降，浓溶液浓度降低使性能系数下降。

(二)稀溶液量过小 若进入发生器的稀溶液量过小，其结果与上述情况相反。但浓溶液出口浓度的增加，将会产生浓溶液结晶的危险。一旦发生结晶，吸收器吸收效果将恶化，蒸发器不可能发挥其制冷效果，使制冷机处在局部负荷下运行，这是很不利的。因此，溶液循环量的调节是否合适，对溴化锂吸收式制冷机的经济运行是十分重要的。另外，吸收器喷淋量加大可以适当地改善吸收器的吸收效果，但却增加了吸收器泵

的电耗。反之，若吸收器喷淋量太小，则会影响吸收效果。所以必须调整喷淋量到一个合适的值。蒸发器喷淋量的影响结果与吸收器喷淋量的影响结果相类似。

### (3) 冷剂水中溴化锂的含量对制冷机性能的影响

溴化锂吸收式制冷机因发生器容汽空间的垂直高度太小，冷剂蒸汽的流速太高或挡液板结构不良，或者由于加热蒸汽压力突然升高，稀溶液浓度较低，溶液的 pH 值太大，冷却水温度太低等原因而造成发生器中溶液强烈沸腾，使发生器中的溴化锂液滴被冷剂蒸汽带入冷凝器；吸收器溴化锂液滴也有可能溅入蒸发器，造成冷剂水污染。可以从蒸发器液囊视镜观察冷剂水的颜色，发现冷剂水带黄色时，有污染之疑。这时可通过冷剂水取样阀取样，测定冷剂水的密度，若测得的密度不大于  $1.04\text{kg/l}$  时，一般不作处理；当大于  $1.04\text{kg/l}$  时，可通过冷剂水旁通阀使冷剂水再生，直至冷剂水的密度达到合格。

冷剂水被污染后，随着机组运行时间的增长，冷剂水中溴化锂的含量会越来越多，试验表明，当冷剂水的密度大于  $1.1$  时，制冷量将明显下降。这是因为冷剂水含溴化锂后会呈现稀溶液状态。根据拉乌尔定律可知：同一温度下溴化锂水溶液的饱和蒸汽压力总是低于纯水的蒸汽压力，由于溶液周围冷剂蒸汽压力的下降，使吸收器中传质推动力减小，吸收过程减弱，造成冷媒水出口温度上升，制冷机的制冷量下降。

### (4) 表面活性剂对制冷机性能的影响

为了提高溴化锂吸收式制冷机中传热，传质效果，提高制冷机的性能，目前广泛地添加一定的有机物质——表面活性剂，在溴化锂溶液中添加  $0.1\%$  的辛醇，可以使制冷量提高  $10\% \sim 15\%$ 。在溴化锂溶液中常用的表面活性剂有异辛醇或正辛醇，它们在常压下均为无色有刺激性气味的油状液体，几乎不能溶解于溴化锂溶液。在加热蒸汽压力较高的两效溴化锂吸收式制冷机中，由于加热温度较高，辛醇在较高温度下要分解，可改用氟化醇。它们的强化机理如下：

#### (一) 提高吸收效果

添加表面活性剂后提高了吸收效果。这是因为添加辛醇后，溶液的表面张力大幅度下降，使溶液与水蒸气的结合能力增强，这意味着吸收效率的提高；另外，添加辛醇后，溴化锂水溶液的分压力降低，吸收推动力增大，提高了吸收效果。

#### (二) 增强传热

添加表面活性剂后，冷凝器由膜状凝结变为珠状凝结，提高了冷凝效果，添加辛醇后起到了改善凝结表面的作用。由于辛醇可以使铜管受热面完全润湿，含有辛醇的水蒸汽与铜管受热面接触后，随后形成一层液膜，水蒸汽在辛醇液膜上呈现珠状凝结。珠状凝结的放热系数可比膜状凝结提高两倍以上，因而提高了冷凝器的传热效果。一般添加  $0.1\% \sim 0.3\%$  已能满足要求。

辛醇的密度较小，它总是漂浮于吸收器液囊的液面上。为使辛醇能随着溶液的喷淋进入吸收器的传热面，在吸收器液面上设有冲辛醇管，冲击辛醇，使之与溶液混合，然后通过喷淋溶液把它带至吸收器传热管。如不足时可予以补充。

### (5) 水侧污垢系数对制冷机性能的影响

溴化锂吸收式制冷机运行一段时间后，由于各种因素的影响，传热管内壁上逐渐生成一层水垢，增加了传热热阻，使传热恶化。这时冷凝器压力和吸收器压力都增加，从而降低了浓度差，加大了溶液的循环倍率  $f$ ，导致制冷量下降。污垢系数是表示这种污垢所引起的热阻大小的参数，污垢系数越大，热阻越大，传热效果越差，制冷量越小。

通常来说，新机组的制冷量比设计值高  $8\% \sim 10\%$ ，这是因为新溴化锂吸收式制冷机的污垢系数近似等于零。但为了保证在长期运行以后，制冷量仍可达到设计要求，在运行期间应注意水质分析，若发现水质较差，则应及时采取水处理措施，例如对水中的杂质进行适当的化学处理，并定期用机械或化学方法清理传热面。另外，制冷机在设计时，应根据所用水的水质情况选取适当的污垢系数进行传热计算。各种情况的污垢系数可在有关书籍及手册中查得。通常在水质比较好的情况下，可取  $0.0001\text{m}^2\text{C/W}$ ，如果水质很差，污垢系数甚至可达  $0.0004 \sim 0.0006\text{m}^2\text{C/W}$ 。

因此，我们必须了解制冷机的这种运转性能和研究它们的变化规律。根据这种变工况的特性，用户能够按自己的具体条件恰当地选择制冷机；能够确定和选择制冷机的调节、控制方案，使制冷机在最合理的情况下工作。这种调节和控制应是自动化的，它不仅可以减少操作人员的劳动强度，而且可以准确地保证制冷机在规定的工况下运行，从而降低运转费用，防止运转事故的发生。

空调制冷设备论坛

二手制冷设备回收网