

溴化锂制冷机的全面介绍

溴化锂制冷机的全面介绍

一、国外的发展过程

1. 美国是溴化锂制冷机的创始国，目前日本等国的溴冷机也都有较大的发展。
2. 美国开利公司于 1945 年试制出第一台制冷量为 523KW ($45 \times 104\text{kcal/h}$) 的单效溴冷机，开创了利用溴化锂水溶液为工质对做为吸收剂的吸收式制冷新领域。美国不仅创造了单效溴冷机，而且在世界上又率先研制出了双效溴冷机。现已研制出了直燃型、热水型和太阳能型等新型溴冷机。同时还研制了冷温水机组和吸收式热泵等新机组。
3. 日本一家汽车公司于 1959 年研制出制冷量为 689KW ($60 \times 104\text{kcal/h}$) 的单效溴冷机，1962 年荏原制造所又研制出双效溴冷机。日本溴冷机无论在生产数量、性能指标、应用范围和新技术、新产品研制等方面，均超过了美国，成为世界上溴冷机研究与生产领先的国家。特别是燃气两效温水机组的产量很大，约占世界上溴冷机生产总台数的 2/3；目前已致力于第三种吸收式热泵和溴化锂热电并供机组的研制工作。
4. 前苏联奔萨化工厂于 1965 年研制出 2908KW ($250 \times 104\text{kcal/h}$) 溴冷机。目前溴冷机的应用范围已从化纤厂扩展到其它纺织厂、橡胶厂酿酒厂、化工厂、冶金厂和核电站。

二、中国溴化锂制冷机的发展过程

我国研制溴冷机起步于 60 年代初期，至今已有四十多年，其发展过程大体分为四个阶段：

1. 研制阶段 60 年代初船舶总公司 704 所（原六机部 704 所）、一机部通用机械研究所与高等院校以及设备制造厂通力合作，试制了两台样机。1966 年上海第一冷冻机厂试制出了制冷量 1160KW ($100 \times 104\text{kcal/h}$) 全钢结构的单效溴冷机，安装于上海国棉十二厂。60 年代末期，许多单位都着手研制单效溴冷机，这一研制工作持续到了 70 年代初期。
2. 单效机生产应用阶段 70 年代初先后有上海、青岛、天津、北京和长沙等地的棉纺厂为了适应生产的需要，各自设计与制造了单效溴冷机。继而更多地区也都自行设计制造单效溴冷机，尤以上海、天津两地更为突出。以天津为例，70 年代初至 80 年代初，制造出 3480KW ($300 \times 104\text{kcal/h}$) 大型溴冷机七台，总制冷能力达到 24360KW ($2100 \times 104\text{kcal/h}$)。单效溴冷机在这一时期虽然有了较大发展，但仍有许多问题尚待解决，如严重的腐蚀、冷量的衰减和机器的寿命等，限制了溴冷机的进一步发展。
3. 双效机生产应用阶段 80 年代初期开始研制双效溴冷机，并于 1982 年由开封通用机械厂生产出 1744KW ($150 \times 104\text{kcal/h}$) 双效溴冷机组。双效机组的热力系数可提高到 1.1 以上，而单效机组一般为 0.6~0.7，双效机组的蒸汽单耗比单效机减少约 1/2，冷却水量减少约 1/3，是值得提倡的节能型制冷机组。86 年我厂研制出省内首台双效溴冷机 1160KW ($100 \times 104\text{kcal/h}$) 并首家通过省级鉴定。
4. 多种新型机研制应用阶段 80 年代末期国家计委提出，凡有蒸汽等热源的地区要发展溴冷机；1991 年我国在世界禁用氟里昂 (CFC) 生产与使用的“蒙特利尔议定书”上签了字，这对进一步发展溴冷机创造了良好条件。大专院校、科研院所和制造厂家共同努力，一方面在加紧改进与提高双效溴冷机的加工技术和性能水平，另一方面也竞相研制新型的多种溴冷机。现已推出的和正在研制的有热水型、直燃型、低压型、降膜式溴冷机和吸收式热泵等。

三、溴化锂溶液的特性

1. 在溴化锂吸收式制冷机中，水作为制冷剂用来产生冷效应，溴化锂溶液作为吸收剂，用来吸收产生冷效应后的制冷剂蒸汽。因此，水和溴化锂溶液组成制冷机中的工质对。
2. 溴化锂水溶液是由固体的溴化锂溶质溶解在水溶剂中而成。常压下，水的沸点是 100℃，而溴化锂的沸点为 1265℃。

供制冷机应用的溴化锂，一般以水溶液的形式供应。性状为无色透明液体；浓度不低于 50%；水溶液 PH 值 8 以上。

3. 20℃时溴化锂溶解至饱和时量为 111.2 克，即溴化锂的溶解度为 111.2 克。溶解度的大小与溶质和溶剂的性质的关系，还于温度有关，一般随温度升高而增大，当温度降低时，溶解度减小，溶液中会有溴化锂的晶体析出而形成结晶现象。这一点在溴冷机中是非常重要的，运行中必须注意结晶现象，否则常会由此影响制冷机的正常运行。

4. 溴化锂溶液对普通金属有腐蚀作用。尤其在有氧气存在的情况下腐蚀更为严重。

四、溴化锂制冷原理

1. 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。

2. 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℃），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不断。制冷过程中的热能为蒸汽，也可叫动力。

3. 双效溴化锂制冷机工作原理：

1) 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。

2) 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。

3) 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。

4) 加热高压发生器中稀溶液的工作蒸汽的凝结水，经凝水回热器进入凝水管路。而高压发生器中的稀溶液因被加热蒸发出了冷剂蒸汽，使浓度升高成浓溶液，又经高温热交换器导入吸收器。低压发生器中的稀溶液，被加热升温放出冷剂蒸汽也成为浓溶液，再经低温热交换器进入吸收器。浓溶液与吸收器中原有溶液混合成中间浓度溶液，由吸收器泵吸取混合溶液，输送至喷淋系统，喷洒在吸收器管簇外表面，吸收来自蒸发器蒸发出来的冷剂蒸汽，再次变为稀溶液进入下一个循环。吸收过程所产生的吸收热被冷却水带到制冷系统外，完成溴化锂溶液从稀溶液到浓溶液，再回到稀溶液循环过程。即热压缩循环过程。

5) 高、低压发生器所产生的冷剂蒸汽，凝结在冷凝器管簇外表面上，被流经管簇里面的冷却水吸收凝结过程产生的凝结热，带到制冷系统外。凝结后的冷剂水汇集起来经节流装置，淋洒在蒸发器管簇外表面上，因蒸发器内压力低，部分冷剂水闪发吸收冷媒水的热量，产生部分制冷效应。尚未蒸发的大部分冷剂水，由蒸发器泵喷淋在蒸发器管簇外表面，吸收通过管簇内流经的冷媒水热量，蒸发成冷剂蒸汽，进入吸收器。

6) 冷媒水的热量被吸收使水温降低，从而达到制冷目的，完成制冷循环。吸收器中喷淋中间浓度混合溶液吸收制冷剂蒸汽，使蒸发器处于低压状态，溶液吸收冷剂蒸汽后，靠压缩系统再产生制冷剂蒸汽。保证了制冷过程的周而复始的循环。

4. 溴化锂制冷机的分类

溴化锂吸收式制冷机的分类方法很多：根据使用能源，可分为蒸汽型、热水型、直燃型（燃油、燃气）和太阳能型；根据能源被利用的程度，可分为单效型和双效型；根据各换热器布置的情况，可分为单筒型、双筒型、三筒型；根据应用范围，可分为冷水机型和冷温水机型。目前更多的是将上述的分类加以综合，如蒸汽单效型、蒸汽双效型、直燃型冷温水机组等。

五、溴化锂制冷机的操作规程

1、开机程序

- 1) 、打开系统的冷媒水和冷却水阀门，并启动冷媒水和冷却水泵并检查其流量是否达到机组运行要求。
- 2) 、启动发生器、吸收器泵，并调整高、低发液位。
- 3) 、打开疏水器凝水旁通阀，并缓缓加入蒸汽，使机组逐渐升温，同时注意高发液位。
- 4) 、蒸发器冷剂水位上升后启动蒸发器泵，并关闭疏水器旁通阀。

2、关机程序

- 1)、关闭蒸汽。
- 2)、机组继续运行 20 分钟后关闭溶液泵（使稀浓溶液充分混合，以防机组结晶）。
- 3)、停止冷却水、冷媒水泵。

3、紧急停机

制冷机在运转过程中，当出现下列任何一种情形时，应立即关闭蒸汽阀门、旁通冷剂水至吸收器，打开凝结水疏水器旁通阀，并尽量按正常步骤停机。

- 1)、冷却水、冷媒水断水。
- 2)、发生器、蒸发器、吸收器泵中任何一台不正常运转。
- 3)、断电。

4、维护保养

- 1)、在正常运行情况下，一星期抽真空一次，如发现空气泄入机组应及时抽除。
- 2)、冬季保养时最好充以 20—30KPa 的氮气，以防空气泄入。
- 3)、及时清洗传热管表面污垢。
- 4)、更换老化的零部件，如隔膜片、视镜垫片等。

以上方法并不是唯一的方法，在实际操作中还应根据具体情况灵活处理。

六、溴化锂制冷机气密性检查、试验

1. 溴化锂吸收式制冷机是一种以热源为动力，通过发生、冷凝、蒸发、吸收等过程来制取 0℃ 以上冷媒水的制冷设备，它利用溴化锂二元溶液的特性及其热力状态变化规律进行循环。水是制冷剂，在真空状态下蒸发的温度较低。因此对机组的真空度要求很高。而机组在运行过程中，系统内的绝对压力很低，与系统外的大气压力存在有较大的压差，外界空气仍有可能渗入系统内。因此必须定期对机组进行气密性检查和试验。

2. 关于对机组气密性的考核标准，我国在 ZBJ006-89《吸收式冷水机组技术条件》标准中规定：“机组应进行真空检漏，其绝对压力小于 65Pa（约 0.5mmHg），持续 24h 绝对压力上升在 25Pa（约 0.2mmHg）以内为合格”。如果达不到上述标准应重新检漏。

3. 检漏和试验是一项细致和技术要求高的工作。气密性检查的工作程序是：正压找漏→补漏→正压检漏→负压检漏……直至机组气密性达到合格为止。正压检漏就是向机组内充以一定的压力气体，以检查是否存在漏气的部位。严格说，机组漏气是绝对的，不漏气是相对的。为了做到不漏检，可把机组分为几个检漏单元进行。凡漏气部位必须采取补漏措施直至不漏为止。

4. 正压检漏和补漏合格后，并不意味着机组绝对不漏。同时要要进行负压检漏。高真空的负压检漏结果，才是判定机组气密性程度的唯一标准。

七、溴化锂制冷机内部的清洗

中央空调溴化锂制冷机的清洗包括内部清洗和系统清洗

1、溴化锂制冷机内部的清洗

对溴化锂溶液循环系统的化学清洗，是在机组内部腐蚀严重，机组已不能正常工作时，所采取的一种清洗，是使机组内腔清洁的唯一手段，一般 4-5 年清洗一次。通过清洗，可将机组内腔因腐蚀产生的锈蚀物彻底清除干净，可改善内腔的传热效果，提高喷淋效果，保证屏蔽泵的正常运转，且新灌注的溶液不受杂质的影响，在最佳状态发挥最佳的制冷力，通过对机组内腔壁的预膜，使预膜剂在材质表层发生化学反应，生成惰性的保护膜从而使机组腐蚀减少，使用寿命延长。

2、溴化锂制冷机冷却水冷媒水系统的清洗

在长期的循环过程中会在铜管、管道等内壁形成一层坚硬的污垢及锈质，有时甚至使管道产生堵塞现象，严重影响热质间的热量交换，导致机组制冷量大幅度下降。因此必须定时对水循环系统进行清洗。该清洗包括机组冬季保养时的铜管清洗和水系统清洗。

八、溴化锂溶液的再生处理

溴化锂溶液是机组的“血液”，经过长期的运行都会发生不同程度的变化。如：颜色由原来的淡黄色变为暗黄、红、白、黑等不正常颜色。溶液的浓度因腐蚀产物而降低，溶液的 PH 值变成强碱性或者偏酸性，溶液中的缓蚀剂失效，以及各种杂质

离子的增加，这都将导致机组的正常制冷能力不能充分发挥，以及机组本身的腐蚀加剧。这时须对该溴化锂溶液进行再生处理。溴化锂溶液再生时，针对各项指标的变化情况，在密封反应器中添加各种试剂，在高温及有压力的情况下将杂质除去，使溶液指标达到符合化工部行业标准 HG/T2822—1996 中所规定的范围。溶液再生后，将会具有与新溶液同样的制冷效果和缓蚀效果。这种再生办法只能在溶液厂家里进行。

溴化锂溶液使用年限不长的机组，平时可采用添加铬酸锂等防护剂。

九、溴化锂制冷机的调试

溴化锂制冷机新出厂或经过检修、溶液再生处理等工作以后，必须由专业技术人员对机组进行调试和重新调试，使至能达到最佳制冷效果。溴化锂制冷机的调试可分为：

1、手动开机程序调试；2、溶液浓度的调整和工况的测试；3、调试和运转中出现的一般问题的分析及其处理；4、验收等几个内容进行。

1、手动开机程序调试（见溴化锂制冷机操作规程的开机程序）

2、溶液浓度的调整和工况的测试应利用浓缩（或稀释）和调整溶液循环量的方法来控制进入发生器的稀溶液的浓度和回到吸收器浓溶液的浓度。这可通过从蒸发器向外抽取冷剂水或向内注入冷剂水，以调整灌注进机组的原始溶液的浓度。冷剂水抽取量应以低负荷工况能维持冷剂泵运行，高工况时接近设计指标为准。工况的测试主要内容为：吸收器和冷凝器进出水温度和流量；冷媒水进出水温度和流量；蒸汽进口压力、流量和温度；冷剂水密度；冷剂系统各点温度；发生器进出口稀溶液、浓溶液以及吸收器的浓度。

3、调试和运转中出现的一般问题的分析及其处理（见溴化锂制冷机故障处理）（电脑自动控制原理介绍）（电脑自动控制柜故障处理）。

4、电气调试主要测试各泵的起动停止是否正常，电流电压是否正常（见手动电气原理接线图）（自动控制电气原理）。

5、验收在工况测试时开始，工况测试应不少于三次；在工况测试过程中，不应开真空泵抽气，以检验气密性；同时要测定真空泵的抽气性能和电磁阀的灵敏度；屏蔽泵运行电流正常，电机表面不烫手（温度不得超过 70℃），叶轮声音正常；自控仪器使用正常，仪表准确，开关灵敏。如上述项目均符合要求，应以测试的最高工况的制冷量为准，衡量其是否接近设计标准。一般允许误差为标准的±5%视为合格。可以签发验收合格证书。

无锡新天马制冷有限公司

二手制冷设备回收网

中国空调制冷设备论坛