

溴化锂吸收式制冷机的主要附加措施

(1)防腐问题

溴化锂水溶液对一般金属有腐蚀作用，尤其在有空气存在的情况下腐蚀更为严重。腐蚀不但缩短机器的使用寿命，而且产生不凝性气体，使筒内真空度难以维持。所以，早期这种吸收式制冷机的传热管采用铜镍合金管或不锈钢管，筒体和管板采用不锈钢板或复合钢板，以致成本昂贵，无法推广。

目前，这种机器的结构大都采用碳钢，传热管采用铜管。为了防止溶液对金属的腐蚀，一方面须确保机组的密封性，经常维持机内的高度真空，在机组长期不运行时充入氮气，另一方面须在溶液中加入有效的缓蚀剂。

在溶液温度不超过 120°C 的条件下，溶液中加入 0.1% — 0.3% 的铬酸锂 (Li_2CrO_4) 和 0.02% 的氢氧化锂，使溶液呈碱性，保持 pH 值在 9.5 — 10.5 范围，对碳钢-铜的组合结构防腐蚀效果良好。当溶液温度高达 160°C 时，上述缓蚀剂对碳钢仍有很好的缓蚀效果。此外，还可选用其他耐高温缓蚀剂，如在溶液中加入 0.001% — 0.1% 的氧化铅 (PbO)，或加入 0.2% 的三氧化二锑 (Sb_2O_3) 与 0.1% 的铌酸钾 (KNbO_3) 的混合物等。

(2)抽气设备

由于系统内的工作压力远低于大气压力，尽管设备密封性好，也难免有少量空气渗入，并且，因腐蚀也会经常产生一些不凝性气体。所以，必须设有抽气装置，以排除聚积在筒体内的不凝性气体，保证制冷机的正常运行。

此外，该抽气装置还可用于制冷机的抽空试漏与充液。目前常用的抽气系统如图 10.8 所示。图中辅助吸收器 3 又称冷剂分离器，其作用是将一部分溴化锂-水溶液淋洒在冷盘管上，在放热的条件下吸收所抽出气体中含有的冷剂水蒸气，使真空泵排出的只是不凝性气体，以提高真空泵的抽气效果和减少冷剂水的损失。阻油器 2 的作用是防止真空泵停车时，泵内润滑油倒流入机体内。真空泵一般采用旋片式机械真空泵。

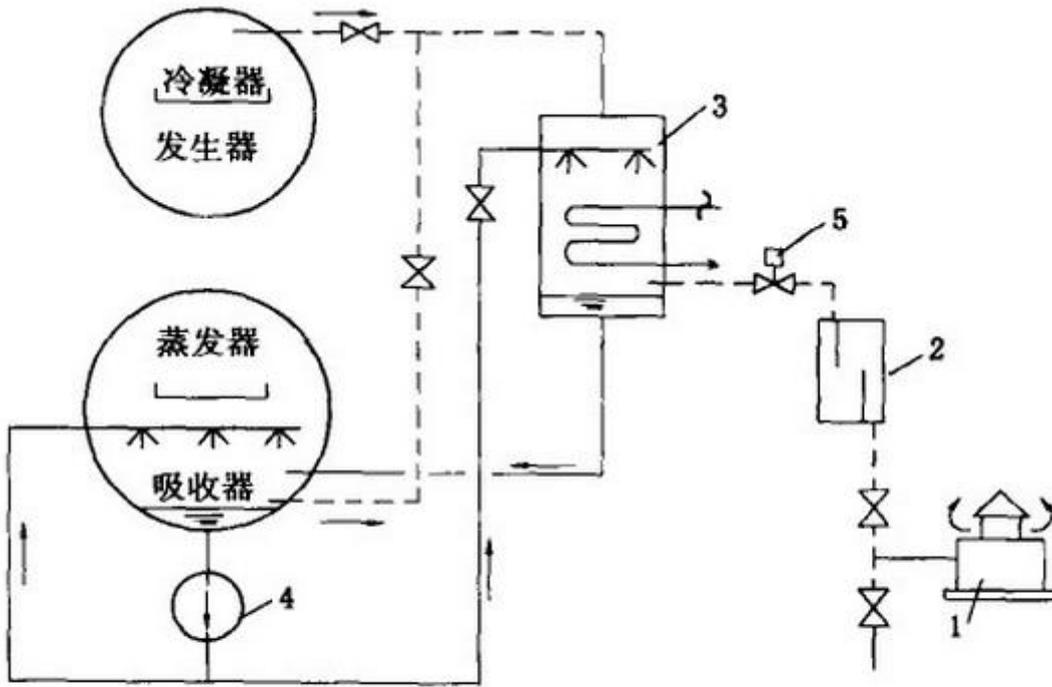


图 10.8 抽气系统

1—真空泵；2—阻油器；3—辅助吸收器；4—吸收器泵；5—调节阀

但是上述抽气系统只能定期抽气，为了改进溴化锂吸收式制冷机的运转效能，除装置上述抽气系统外，可附设自动抽气装置。图 10.9 所示为许多自动抽气装置中的一种。该装置是利用引射原理，靠喷射少量的稀溶液，随时排出系统内存在的不凝性气体。排出的气体混在稀溶液中，经气体分离器分出，积存于分离器的上部，用手动放气阀定期放人大气。

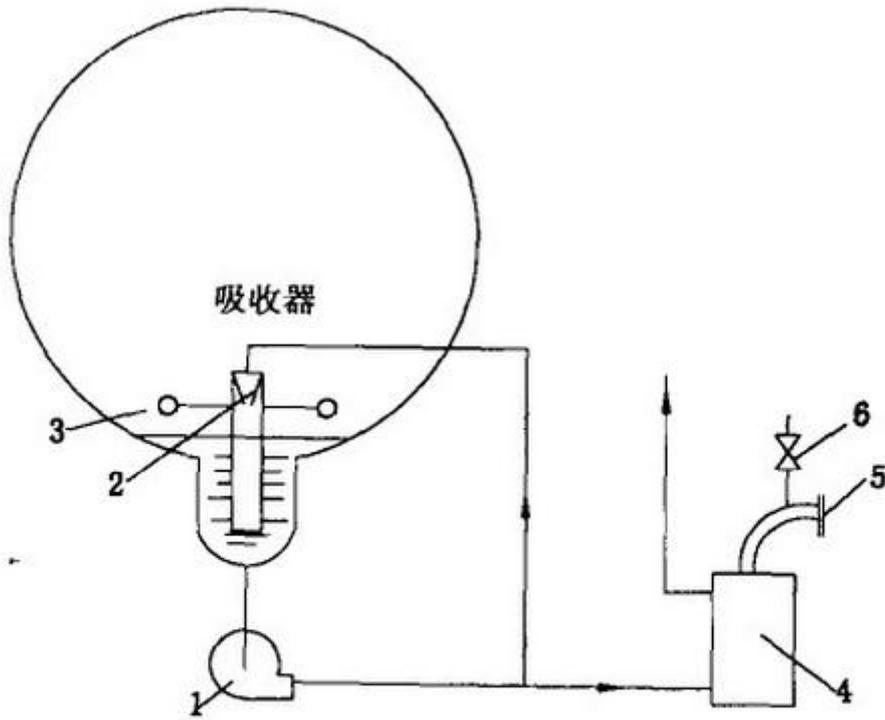


图 10.9 自动抽气装置原理图

1—溶液泵;2—抽气引射泵;3—吸气管;
4—气体分离器;5—视镜;6—放气阀

(3)防止结晶问题

从溴化锂水溶液的压力饱和和温度图（如图 10.3 所示）可以看出，溶液的温度过低或浓度过高均容易发生结晶。因此，当进入吸收器的冷却水温度过低（如小于 20--25℃）或发生器加热温度过高时就可能引起结晶。结晶现象一般先发生在溶液热交换器的浓溶液侧，因为那里的溶液浓度最高，温度较低，通路窄小。发生结晶后，浓溶液通路被阻塞，引起吸收器液位下降，发生器液位上升，直到制冷机不能运行。

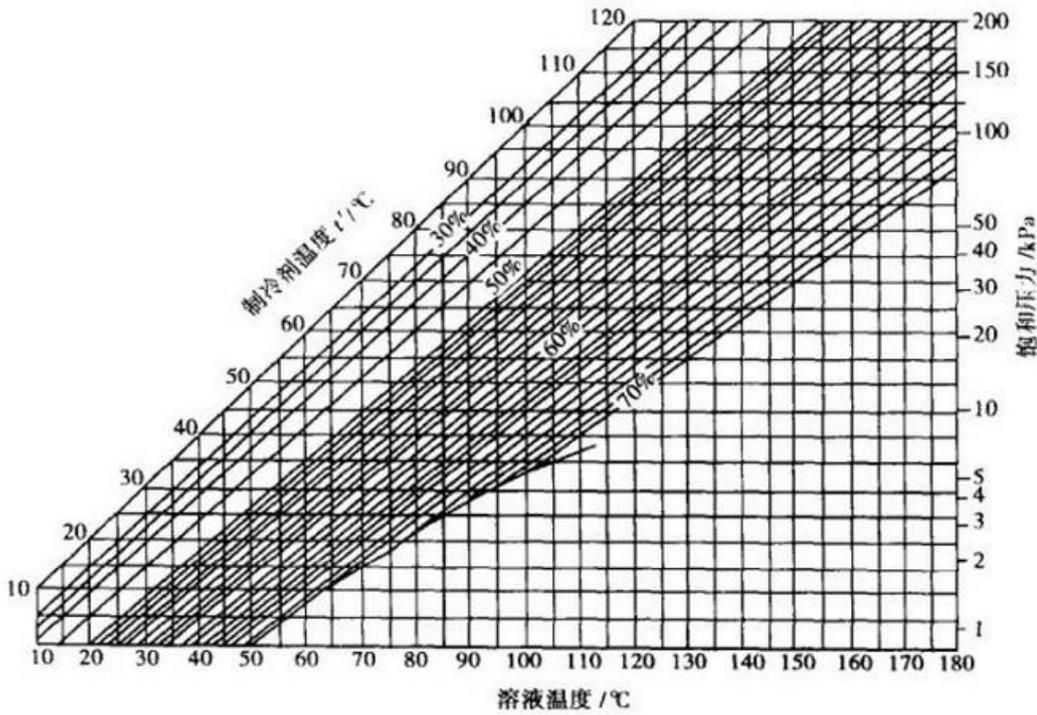


图 10.3 溴化锂水溶液的蒸汽压线图

为解决热交换器浓溶液侧的结晶问题，在发生器中没有浓溶液溢流管(如图 10.7 中的 21)。该溢流管不经过热交换器，而直接与吸收器的稀溶液囊相连。当热交换器浓溶液通路因结晶被阻塞时，发生器的液位升高，浓溶液经溢流管直接进入吸收器。这样，不但可以保证制冷机至少在部分负荷下继续工作，而且由于热的浓溶液在吸收器内直接与稀溶液混合，提高了热交换器稀溶液侧的温度，将有助于浓溶液侧结晶的缓解。

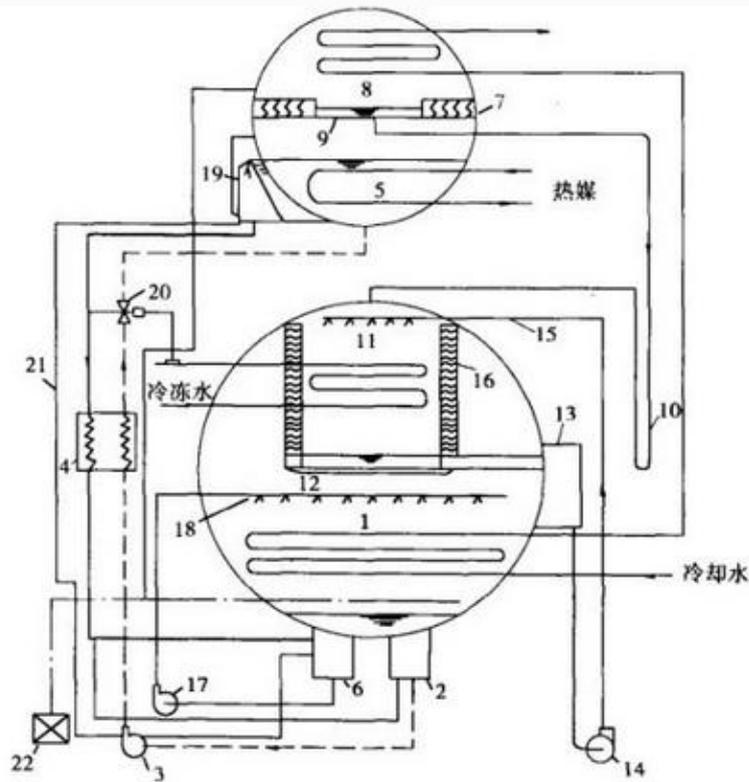


图 10.7 双筒型溴化锂吸收式制冷机典型结构简图

1—吸收器;2—稀溶液囊;3—发生器泵;4—溶液热交换器;5—发生器;6—浓溶液囊;7—挡液板;8—冷凝器;9—冷凝器水盘;10—U形管;11—蒸发器;12—蒸发器水盘;13—蒸发器水囊;14—蒸发器泵;15—制冷剂喷淋系统;16—挡水板;17—吸收器泵;18—溶液喷淋系统;19—发生器浓溶液囊;20—三通阀;21—浓溶液溢流管;22—抽气装置

(4) 制冷量的调节

吸收式制冷机的制冷量一般是根据蒸发器出口被冷却介质的温度，用改变加热介质流量和稀溶液循环量的方法进行调节的。用这种方法可以实现在 10% - 100% 范围内制冷量的无级调节：

(5) 提高效率的措施

吸收式制冷机主要由换热设备组成，如何强化传热，降低金属耗量，提高效率是其推广应用需解决的重要问题之一。用各种方法对传热管表面进行处理可以提高传热系数，在溶液中加入表面活性剂可以提高制冷量。此外，根据外界条件选择和改进流程，以及能量的综合利用等也是提高效率的重要措施。

3) 其他流程

(I)多级发生

如前所述，由于溶液结晶条件的限制，单级溴化锂吸收式制冷机的热源温度不能很高。当有较高温度热源时，应采用多级发生的循环：如有表压 0.6 -0.8MPa 的蒸汽或有燃油、燃气作热源时，通常采用双效型溴化锂吸收式制冷机；分别称为蒸汽双效型和直燃双效型。

图 10.10 为蒸汽双效型溴化锂吸收式制冷机的流程。它有高、低压两级发生器，高、低压两级溶液热交换器，有时还有为利用热源蒸汽的凝水热量而设置的溶液预热器，从吸收器 A 来的浓度 ξ_0 的稀溶液，经 T3、T2、T1 三个热交换器预热后进入高压发生器 G1；在其中被外热源蒸汽加热，汽化成为中间浓度 ξ_1 的溶液（过程 7'-4'）。该溶液在热交换器 T2 中预冷（过程 4'-8'）后流入低压发生器 G2，被进一步浓缩为浓度 ξ_5 的浓溶液，然后返回吸收器 A。

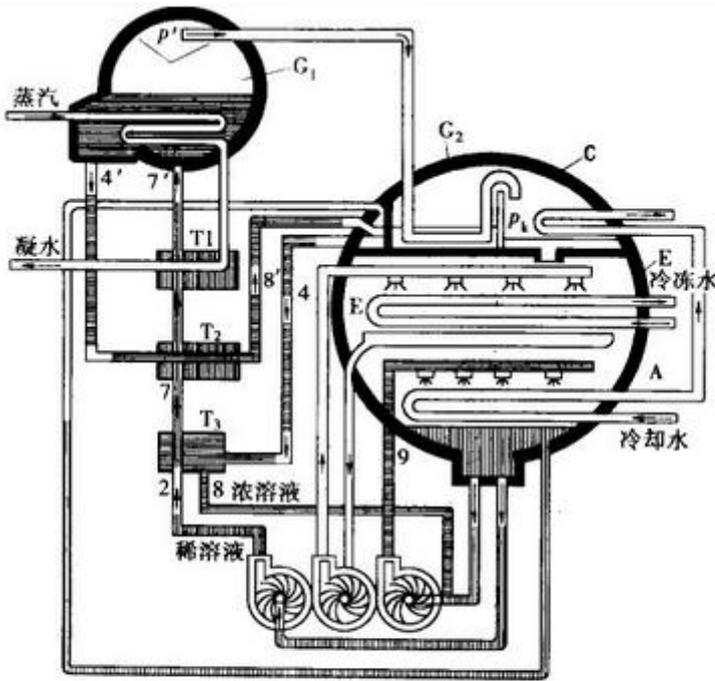


图 10.10 蒸汽双效型溴化锂吸收式制冷机

- G₁—高压发生器；G₂—低压发生器；
- C—冷凝器；A—吸收器；E—蒸发器；
- T₁—利用蒸汽凝水的溶液预热器；T₂—高压溶液热交换器；
- T₃—低压溶液热交换器

在高压发生器中溶液汽化时产生的制冷剂蒸汽，先去低压发生器作为加热溶液用的内热源，再

与低压发生器中溶液汽化时产生的制冷剂蒸汽汇合在一起，作为**制冷剂**，去冷凝器 C 和蒸发器 E 制冷。由于高压发生器的制冷剂蒸汽的凝结热已用于机器的正循环中，因此，冷凝器中冷却水排走的主要是低压发生器的制冷剂蒸汽的凝结热。冷凝器的热负荷仅为普通单级机的一半、而且发生器的耗热量也减少了，热力系数可达 1.0 左右。

在双效型机的高压发生器中，不仅溶液的最高温度取决于热源温度，而且溶液的压力也与热源温度有关。一般蒸汽双效型机溶液最高温度约 150℃，但因溶液压力也高(约 700mmHg)。因而溶液浓度仍能维持在溶液结晶条件的许可范围之内。

低压发生器与普通单级发生器相似，其内溶液斥力仍取决于冷凝器内冷却水的温度。

(2)多级吸收

前已述及，当其他条件一定时，随着热源温度的降低，吸收式制冷机的浓度差（放气范围）将减少。如若热源温度很低，以致按普通单级循环计算，放气范围小至 3%-4%甚至成为负值时，可采用多级吸收循环（一般为两级）。

图 10.11 示的两级吸收式制冷循环，有高、低压两级完整的溶液循环。来自蒸发器的低压(P_0)制冷剂蒸汽先在低压级溶液循环中升压为中间压力 P_m 的制冷剂蒸汽，再进入高压级溶液循环升压为高压（冷凝压力 P_k ）制冷剂蒸汽，最后去冷凝器、蒸发器制冷。

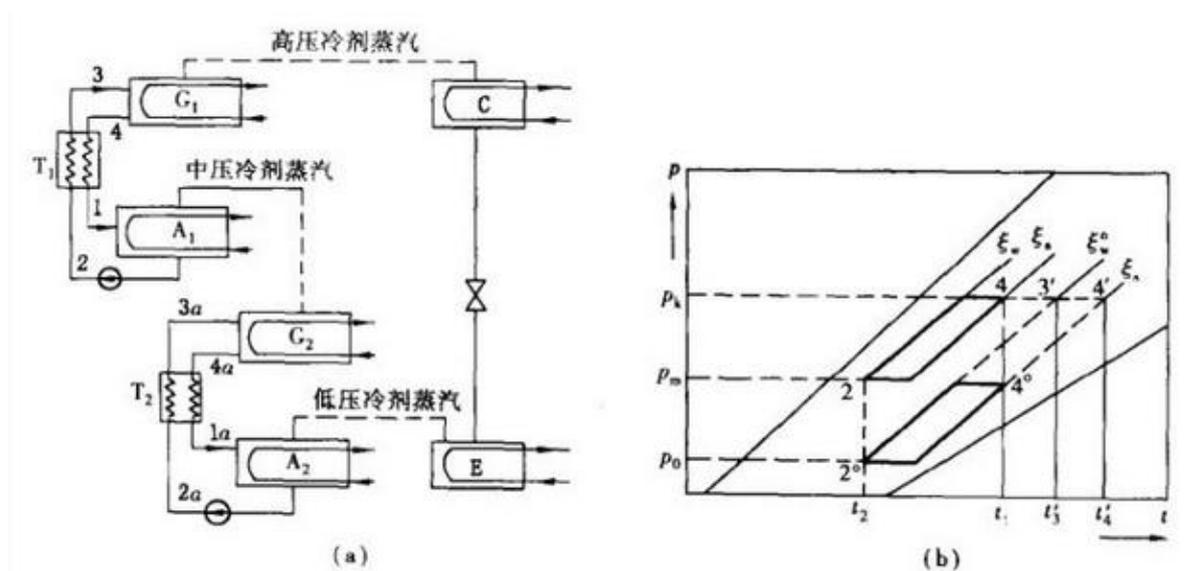


图 10.11 两级溴化锂吸收式制冷机

G_1 —高压发生器; A_1 —高压吸收器; T_1 —高压溶液热交换器;

C —冷凝器; G_2 —低压发生器; A_2 —低压吸收器

高、低压两级溶液循环中的热源和冷却水条件一般是相同的。因而，高、低压两级的发生器溶液最高温度 t_4 ，以及吸收器溶液的最低温度 t_2 也是相同的。

由图 10. 11(b)所示的压力-温度图上可以看出，在冷凝压力 P_k ，蒸发压力 P_o 以及溶液最低温度 t_2 一定的条件下，发生器溶液最高温度 t_4 若低于 t'_3 ，则单级循环的放气范围将成为负值。而同样条件下采用两级吸收循环就能增大放气范围，实现制冷。

这种两级吸收式制冷机可以利用 $90 - 70^\circ\text{C}$ 废气或热水作热源，但其热力系数较低，约为普通单级机的 $1/2$ 。它所需的传热面积约为普通单级机的 1.5 倍。

(3)变热器

吸收式制冷机作为变热器工作是最有效的。变热器是热能的改造者，它可以把热能从高温变低温，也可以从低温变高温。

当把吸收式制冷机的吸收热和冷凝热也利用起来时，可以实现同时制冷和制热，提高了吸收式机的热力系数。

图 10. 12(a)为同时制 7°C 冷冻水和 70°C 热水的溴化锂吸收式机，该机器运行在较高的冷凝温度 ($t_k=75 - 80^\circ\text{C}$) 下，故可利用其冷凝热获得 70°C 热水；其热介质是压力 $0.5\text{MPa} - 0.6\text{MPa}$ 水蒸气或相应温度的热水。吸收热用冷却塔循环水排掉。

图 10. 12(b)是吸收热和冷凝热都被利用的情况。蒸发器将 $25 - 35^\circ\text{C}$ 水冷却 $5 - 10^\circ\text{C}$ ，吸收热和冷凝热用来把工艺排出的 $25 - 35^\circ\text{C}$ 水加热到 $60 - 80^\circ\text{C}$ 。加热介质(温度为 $160 - 180^\circ\text{C}$)。此时发生器每 1kW 热负荷获得的制热量约 1.6kW (变热系数 1.6)。

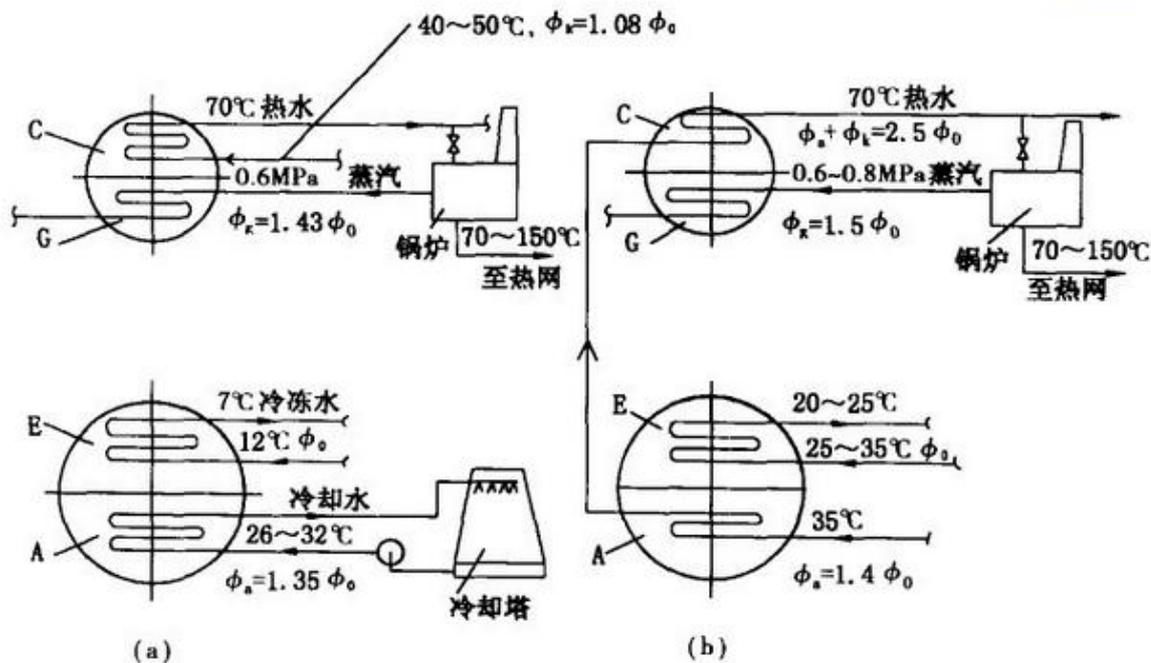


图 10.12 利用溴化锂吸收式机作冷-热供应的流程
 (a)同时制冷水(7℃);(b)按降温变热器循环工作
 A—吸收器;E—蒸发器;G—发生器

在另一种情况下，当有 5—10℃的冷源（如冬季）时，溴化锂吸收式制冷机可按升温变热器工作。这种机型可利用较低温度（如 70℃）的水作热源，而使较高温度的水升温，热力系数约 0.5。

[空调制冷设备论坛](#)

[二手制冷设备回收网](#)

