

制冷系统四大件—冷凝器

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

制作人：制冷百家公众号

2016/12/19



制冷系统简介

在制冷系统中，蒸发器、冷凝器、压缩机和节流阀是制冷系统中必不可少的四大件。蒸发器是输送冷量的设备。实际制冷系统中，除上述四大件之外，常常有一些辅助设备，如电磁阀、分配器、干燥器、集热器、易熔塞、压力控制器等部件组成，它们是为了提高运行的经济性，可靠性和安全性而设置的。

冷凝器：是放出热量的设备，将蒸发器中吸收的热量连同压缩机功所转化的热量一起传递给冷却介质带走。

压缩机：是心脏，起着吸入、压缩、输送制冷剂蒸汽的作用。

节流阀：对制冷剂起节流降压作用、同时控制和调节流入蒸发器中制冷剂液体的数量，并将系统分为高压侧和低压侧两大部分。

作用：低温低压的制冷剂蒸汽，在蒸发器中吸收热量，成为中压制冷剂蒸汽，并完全循环。
节流阀对制冷剂起节流降压作用，同时控制和调节流入蒸发器中制冷剂液体的数量，并将系统分为高压侧和低压侧两大部分。

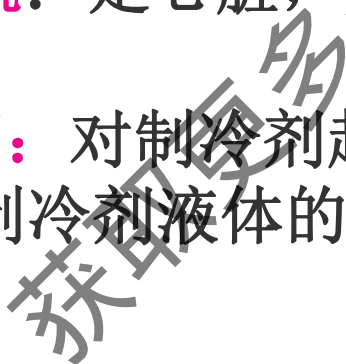
作用：低温低压的制冷剂蒸汽，在蒸发器中吸收热量，成为中压制冷剂蒸汽，并完全循环。

压缩机：起着吸入、压缩、输送制冷剂蒸汽的作用。

同时控制和调节流入蒸发器中制冷剂液体的数量，并将系统分为高压侧和低压侧两大部分。

冷凝器：是放出热量的设备，将蒸发器中吸收的热量连同压缩机功所转化的热量一起传递给冷却介质带走。

节流阀：对制冷剂起节流降压作用、同时控制和调节流入蒸发器中制冷剂液体的数量，并将系统分为高压侧和低压侧两大部分。

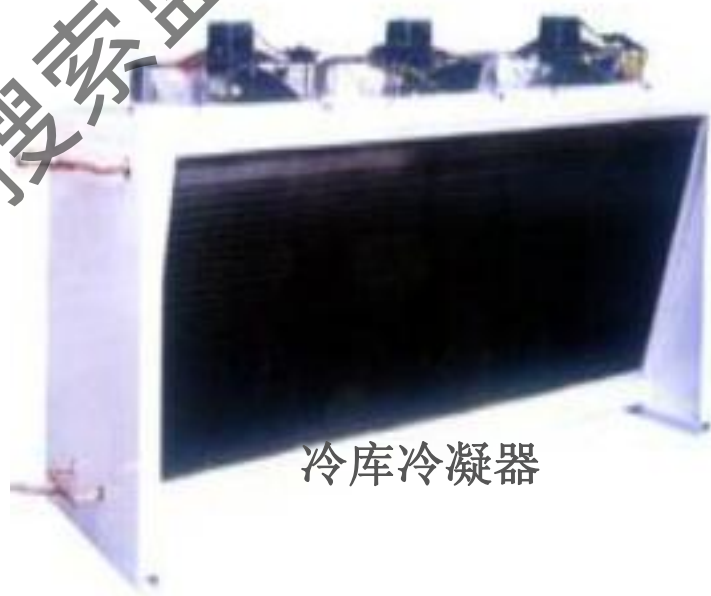




冷凝器

❁ **定义：** 空调系统的机件，能将管子中的热量，以很快的方式，传到管子附近的空气，大部分汽车上的冷凝器安装在水箱前面。在蒸馏过程中，把蒸气转变成液态的装置称为冷凝器。所有的冷凝器都是把气体或蒸气的热量带走而运转的。

❁ **原理：** 气体通过一根长长的管子（通常盘成螺线管），让热量散失到四周的空气中，铜之类的金属导入性能强，常用于输送蒸气。为提高冷凝器的效率经常在管道上附加热传导性能优异的散热片，加大散热面积，以加速散热。并通过风机加快空气对流的方式把热带走。



冷库冷凝器

微信搜索蓝领星球
获取更多精彩内容



冷凝器的种类

冷凝器

水冷冷凝器

空冷冷凝器

蒸发式冷凝器

淋激式冷凝器

立式壳管式

卧式壳管式

套管式壳管式

省水，造价低，结构简单，水垢易清除，体积小

不需水，安装简单，可置于屋面；传热系数小，受环境温度影响大，恶化环境，除尘困难

省水，造价低，结构简单，可现场制作，水垢易清除；金属耗量大，占地面积大

传热系数高，机组占地面积小，结构简单；金属耗量大，清洗困难，水阻力大

传热系数高，耗水量小，占空间小；水质要求高，清洗不易，留出拔管空间

传热系数高，占地面积小，清洗方便；耗水量大，体型笨重





(一) 水冷式冷凝器

- ❁ **原理：**水冷式冷凝器是以水作为冷却介质，靠水的温升带走冷凝热量。冷却水一般循环使用，但系统中需设有冷却塔或凉水池。
- ❖ **优点：**制冷能力大，运行经济性好。
- ❖ **缺点：**水系统比空气冷却系统复杂

分类：水冷式冷凝器按其结构形式又可分为壳管式冷凝器和套管式冷凝器两种，常见的是壳管式冷凝器。

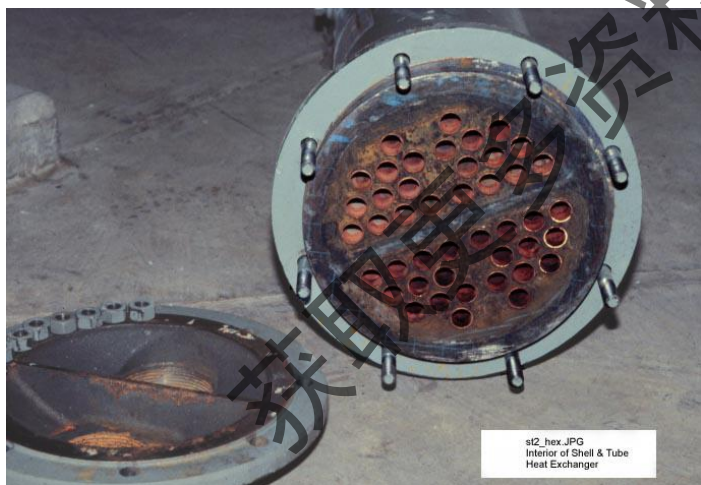
获取资料 微信搜索 领军星球



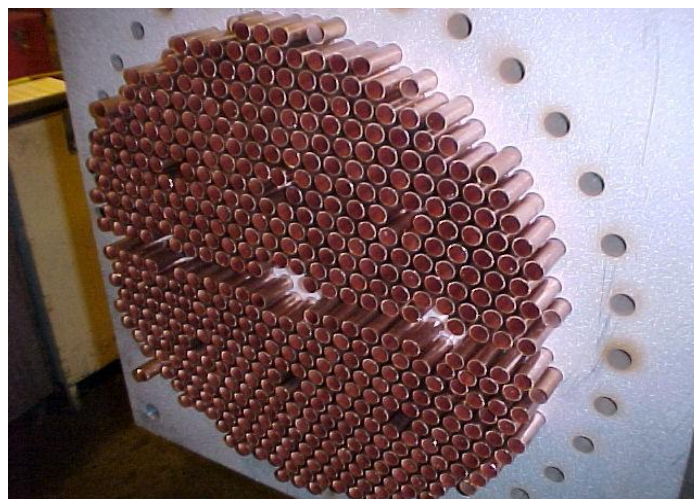


1、管壳式冷却器

- ❁ **管壳式冷却器**：又称列管式冷却器。是以封闭在壳体中管束的壁面作为传热面的间壁式冷却器。这种冷却器结构简单，操作可靠，可用各种结构材料（主要是金属材料）制造，能在高温、高压下使用，是目前应用最广的类型管壳式冷却器结构
- ❁ 由壳体、传热管束、管板、折流板（挡板）和管箱等部件组成。壳体多为圆筒形，内部装有管束，管束两端固定在管板上。进行换热的冷热两种流体，一种在管内流动，称为管程流体；另一种在管外流动，称为壳程流体。



sl2_hex.JPG
Interior of Shell & Tube
Heat Exchanger





壳管式冷凝器

▶ 立式壳管式冷凝器

冷却水靠重力沿管内流下的开式壳管式冷凝器，常用于大型氨制冷装置中。

▶ 卧式壳管式冷凝器

冷却水在压力下流过水平管束的闭式壳管式冷凝器，常用于大、中型氨或氟利昂制冷装置中。

套管式冷凝器

制冷剂的蒸气从上方进入内外管之间的空腔，在内管外表面上冷凝，液体在外管底部依次下流，从下端流入贮液器中。

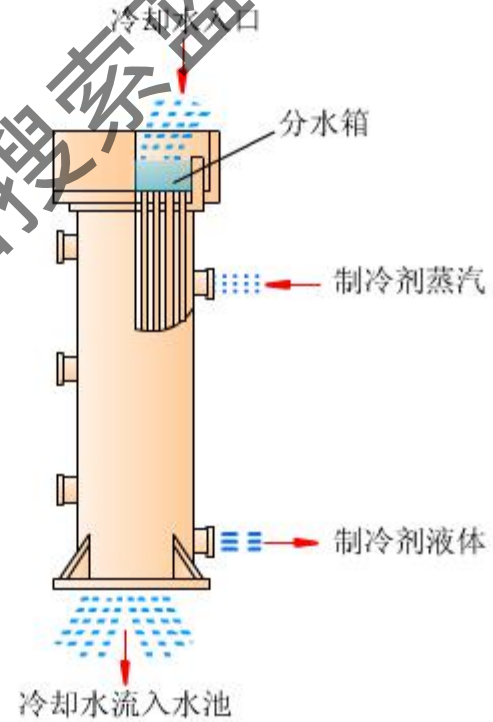
获取更多资料

微信搜索 蓝领星球





立式壳管式冷凝器



立式壳管式冷凝器

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球



立式壳管式冷凝器

❁ 特点:

- ❁ 1° 由于冷却流量大流速高，故传热系数较高，一般 $K=600\sim 700(\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$ 。
- ❁ 2° 垂直安装占地面积小，且可以安装在室外。
- ❁ 3° 冷却水直通流动且流速大，故对水质要求不高，一般水源都可以作为冷却水。
- ❁ 4° 管内水垢易清除，且不必停止制冷系统工作。
- ❁ 5° 但因立式冷凝器中的冷却水温升一般只有 $2\sim 4^\circ\text{C}$ ，对数平均温差一般在 $5\sim 6^\circ\text{C}$ 左右，故耗水量较大。且由于设备置于空气中，管子易被腐蚀，泄漏时比易被发现。

获取资料 微信搜索 蓝领星球





卧式壳管式冷凝器



它与立式冷凝器有相类似的壳体结构，主要区别在于壳体的水平安放和水的多路流动。卧式冷凝器不仅广泛地用于氨制冷系统，也可以用于氟利昂制冷系统，但其结构略有不同。氨卧式冷凝器的冷却管采用光滑无缝钢管，而氟利昂卧式冷凝器的冷却管一般采用低肋铜管。这是由于氟利昂放热系数较低缘故。



注意：有的氟利昂制冷机组一般不设贮液筒，只采用冷凝器底部少设几排管子，兼作贮液筒用。

获取更多资料

微信扫码关注星球

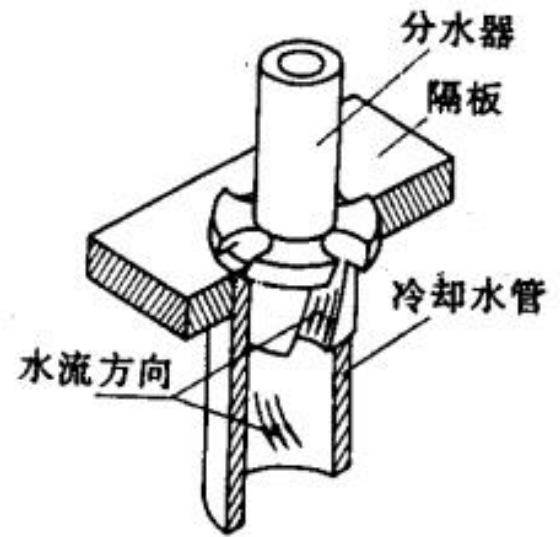
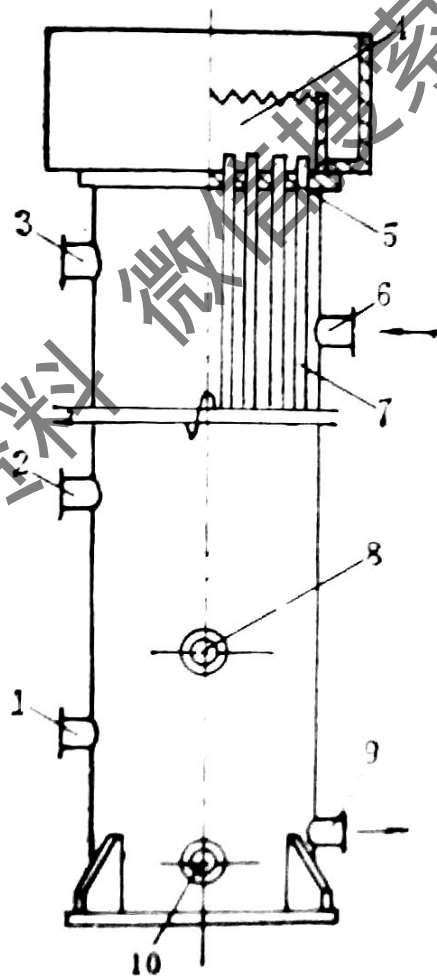




微课程资源蓝领星球

❁ 结构:

- 1-放气管
- 2-均压管
- 3-安全阀接管
- 4-配水箱
- 5-管板
- 6-进气管
- 7-无缝钢管
- 8-压力表接管
- 9-出液管
- 10-放油管



分水器结构





微信搜公众号 领星球

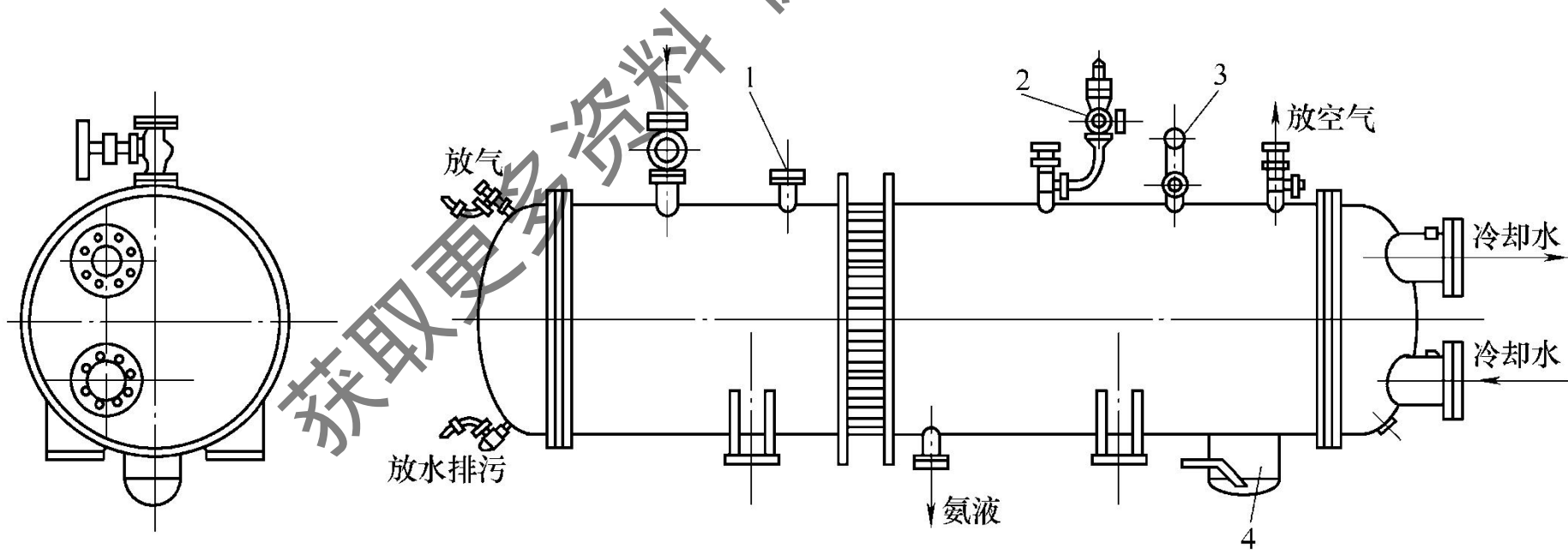
壳体、管板、管束、顶盖（封头）、挡板

〔横向
纵向



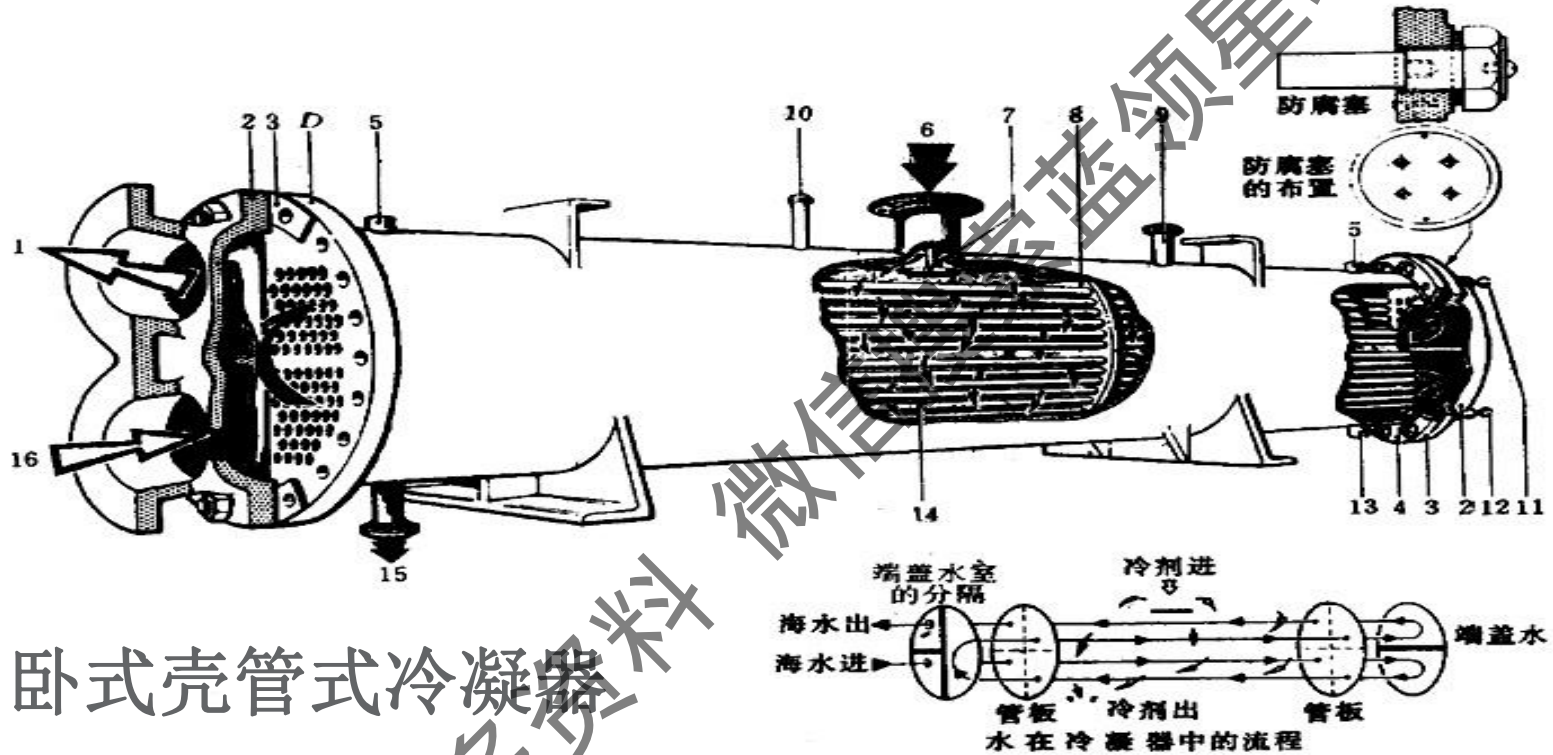
获取更多资料





微信搜索 蓝领星球

获取更多资料



卧式壳管式冷凝器

1-出口 2-端盖 3-垫片 4-管板 5-放空气阀接头 6-气态制冷剂进口 7-挡气板 8-管架 10-安全阀接头 11-水室放气旋塞 12-水室放水旋塞 13-泄放阀接头 14-冷却管 15-液态制冷剂出口 16-水入口



特点：

- ❁ 冷却水的行程较长，流速高，水侧的换热系数大；
- ❁ 提高冷却水进出口的温差，减少冷却水用量；
- ❁ 氨系统用光滑钢管；氟利昂系统采用低肋铜管，强化氟利昂侧的冷凝放热。

➤ 冷却水温升： $4\sim 6^{\circ}\text{C}$

优缺点：

- 冷却水流速高，传热系数较立式高；
- 结构紧凑，占地面积较小；
- 冷却水温升较大，冷却水耗用量较少。
- 冷却水阻力较大；
- 清洗不方便，要求冷却水水质较好。





套管式冷凝器

- ❁ 制冷剂的蒸气从上方进入内外管之间的空腔，在内管外表面上冷凝，液体在外管底部依次下流，从下端流入贮液器中。冷却水从冷凝器的下方进入，依次经过各排内管从上部流出，与制冷剂呈逆流方式。
- ❁ 这种冷凝器的优点是结构简单，便于制造，且因系单管冷凝，介质流动方向相反，故传热效果好，当水流速为 $1\sim 2\text{m/s}$ 时传热系数可达 $800\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 。其缺点是金属消耗量大，而且当纵向管数较多时，下部的管子充有较多的液体，使传热面积不能充分利用。另外紧凑性差，清洗困难，并需大量连接弯头。因此，这种冷凝器在氨制冷装置中已很少应用。
- ❁ 对于小型氟利昂空调机组仍广泛使用套管式冷凝器。

获取更多资料 请移步至领星球



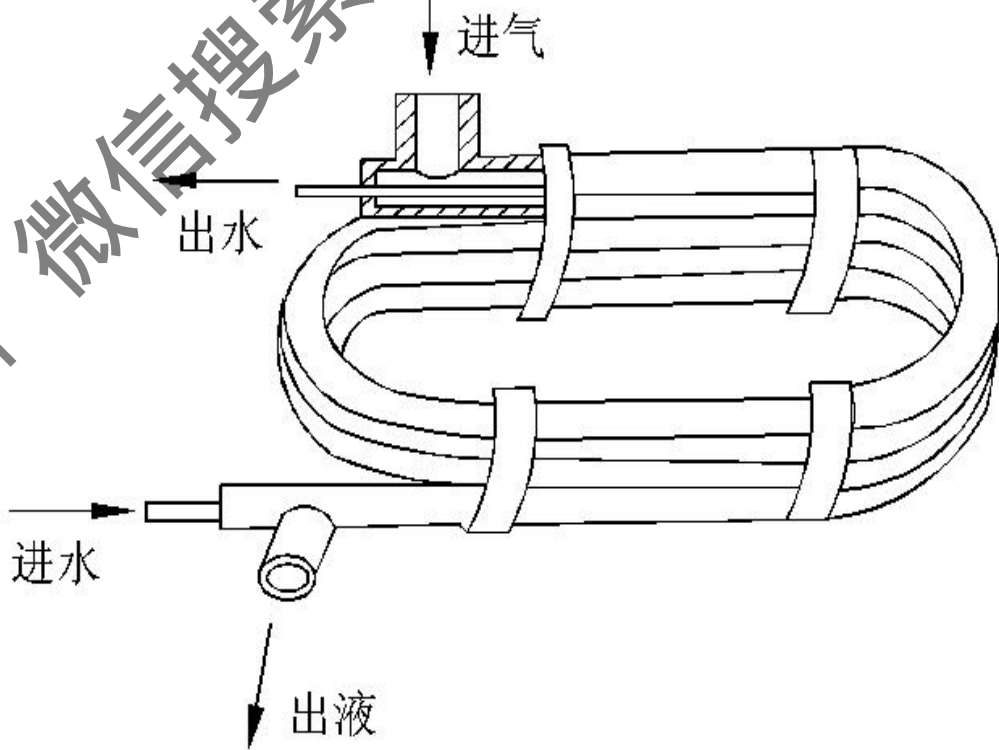


微信搜索蓝领星球

套管式换热器

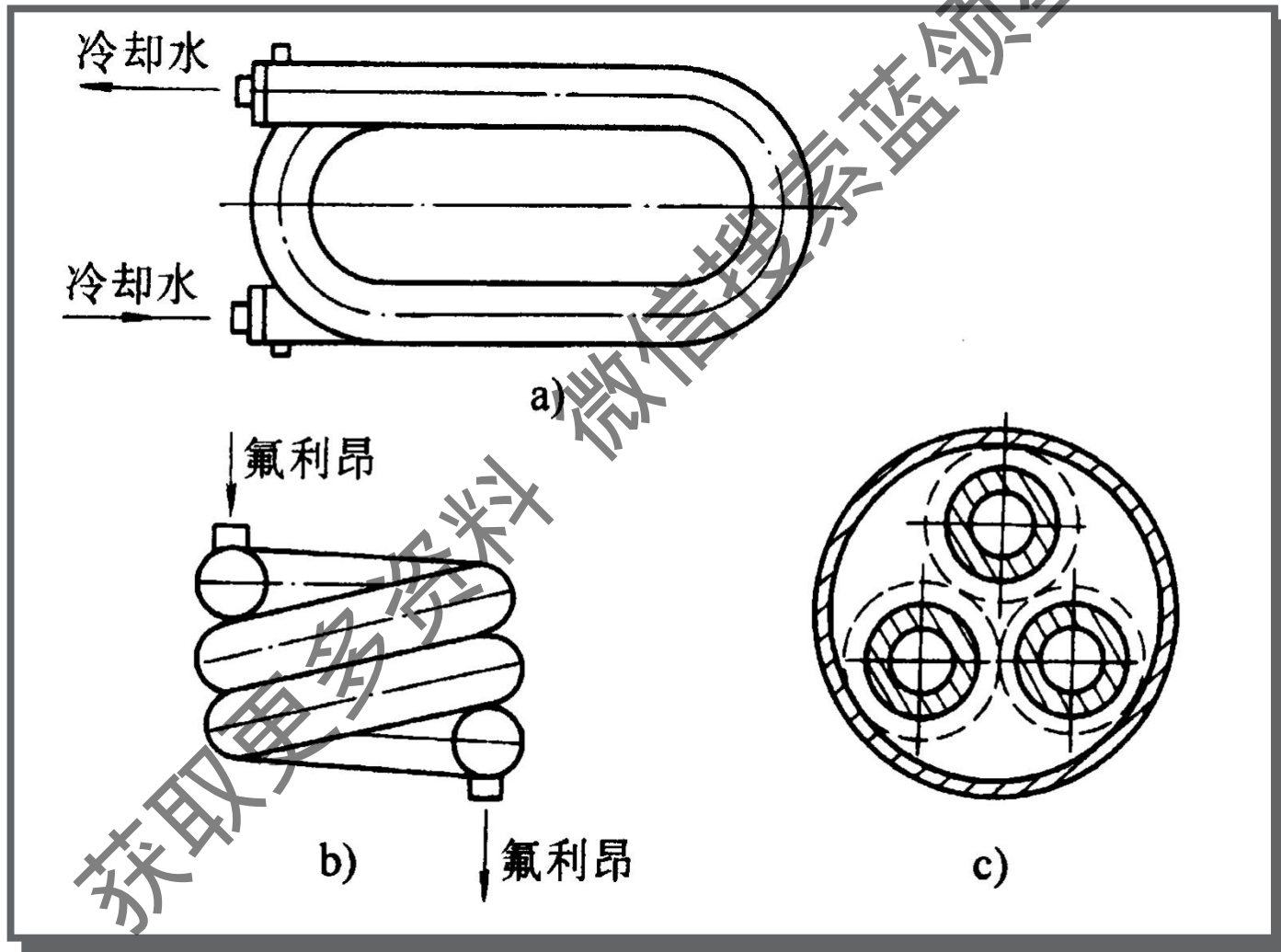


冷、热流体分别在内管和套管中流动并换热



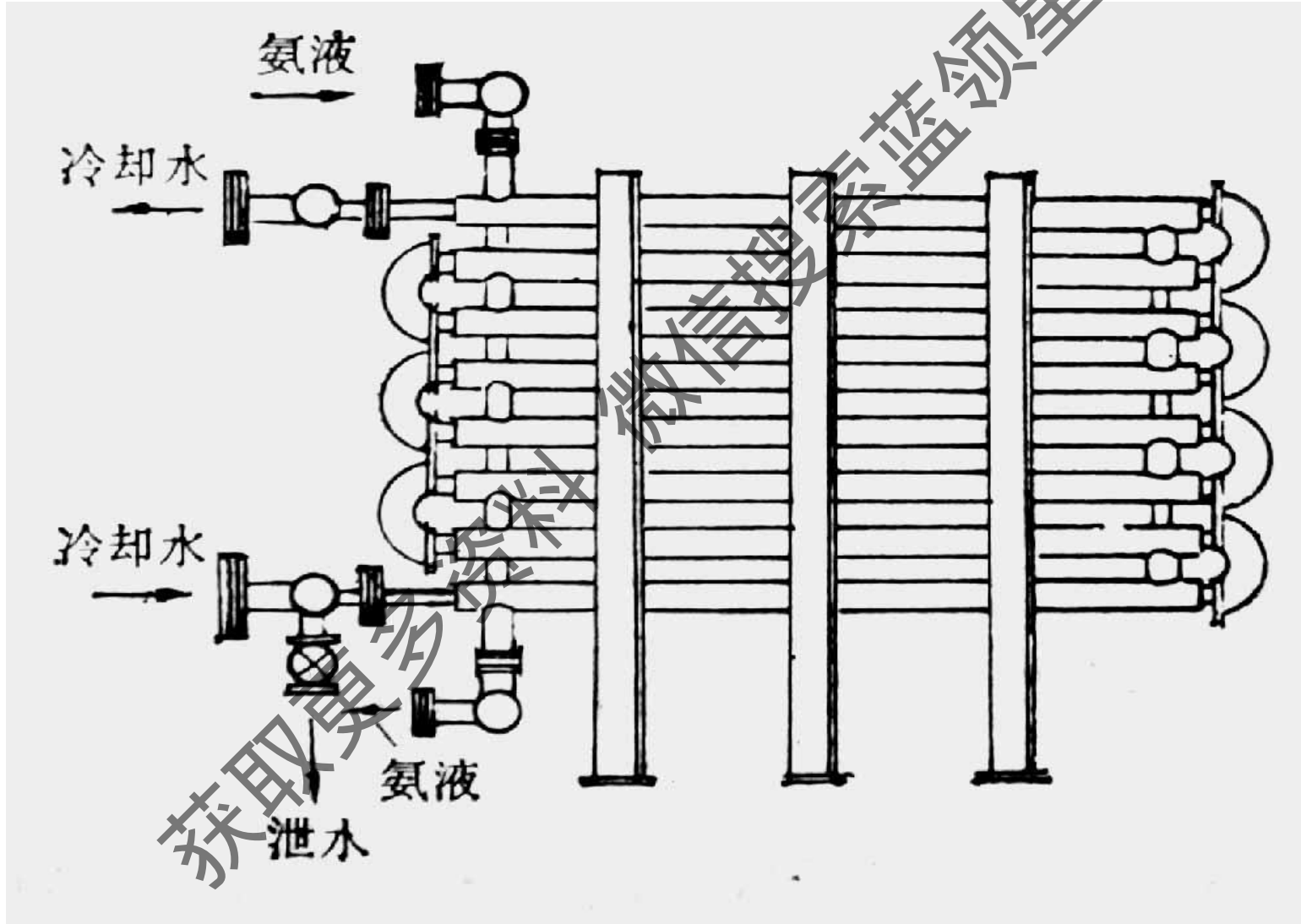
获取更多资料

氟利昂套管式冷凝器





氨套管式冷凝器



微信搜公众号蓝领星球

获取资料



❁ 特点:

- 内管中冷却水下进上出，外套管内高压气态制冷剂上进下出，为逆流式换热，传热效果好，传热系数 $1100\text{ W/m}^2\cdot\text{C}$ 左右；
- 结构紧凑，制造简单，价格便宜、传热特性好；
- 冷凝液体过冷度大；冷却水耗量较少。
- 制冷剂侧和冷却水侧阻力都较大
- 清洗不方便，要求冷却水水质好；
- 单位体积换热面积小（约 $20\text{ m}^2/\text{m}^3$ ，壳管式为 $100\sim 200\text{ m}^2/\text{m}^3$ ）。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球





(二) 空气冷却式冷凝器

- ❁ 空气冷却式冷凝器是以空气作为冷却介质，靠空气的温升带走冷凝热量的。这种冷凝器适用于极度缺水或无法供水的场合，常见于小型氟利昂制冷机组。根据空气流动方式不同，可分为自然对流式和强迫对流式两种。
- ❁ 空冷式冷凝器主要由外壳、带肋片管束、贮液筒和制冷剂进出口等组成。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球





❁ 管束上附有金属螺旋状缠绕的散热肋片(可加强空气侧的传热效果),管束可为钢管、钢肋片或铜管、钢肋片(或铝肋片),管束可连接有几个通路。气态制冷剂由顶部可分成几路进入冷凝器,当采用轴流风机(或离心式风机)吹出以 $2\sim 3\text{m/s}$ 的风速迎面掠过冷凝器的肋管束时,吸收了管束内制冷剂放出的热量,使其冷凝液化,被空气带走的热量即可散发到大气中。

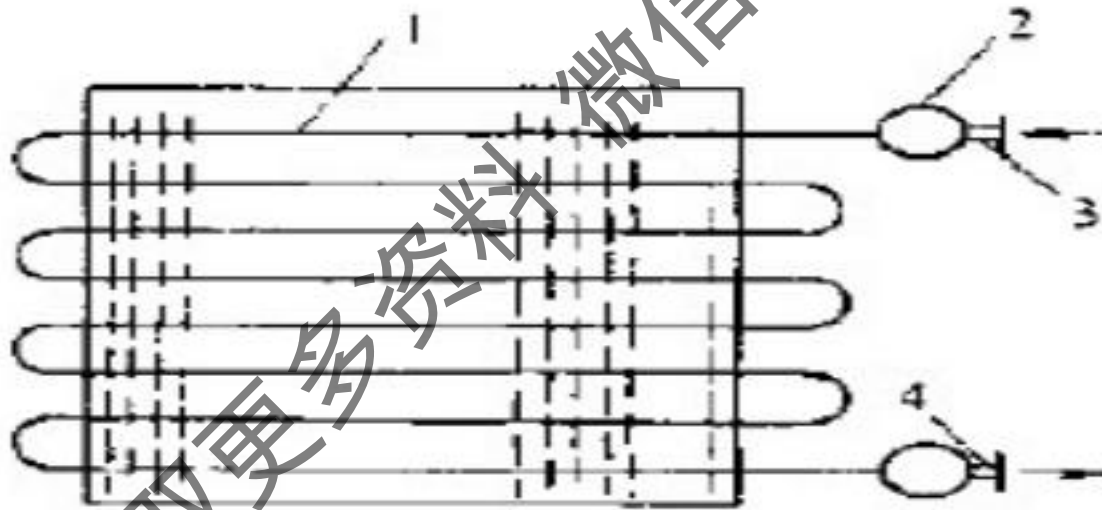


图 5-19 空冷式冷凝器示意图

1—带肋片管束; 2—贮液筒;

3—气态制冷剂进口; 4—液态制冷剂出口



❁ 优点：

- ❖ 系统简单，不需要冷却水，适用于缺水或供水困难的地区；
- ❖ 风冷热泵：从空气取热量。

❁ 缺点：

- ❖ 传热系数低；
- ❖ 在水源充足的地方，水冷式设备的初投资和运行费用均低于风冷设备；
- ❖ 冷凝温度高，压缩机容量比水冷式大15%。

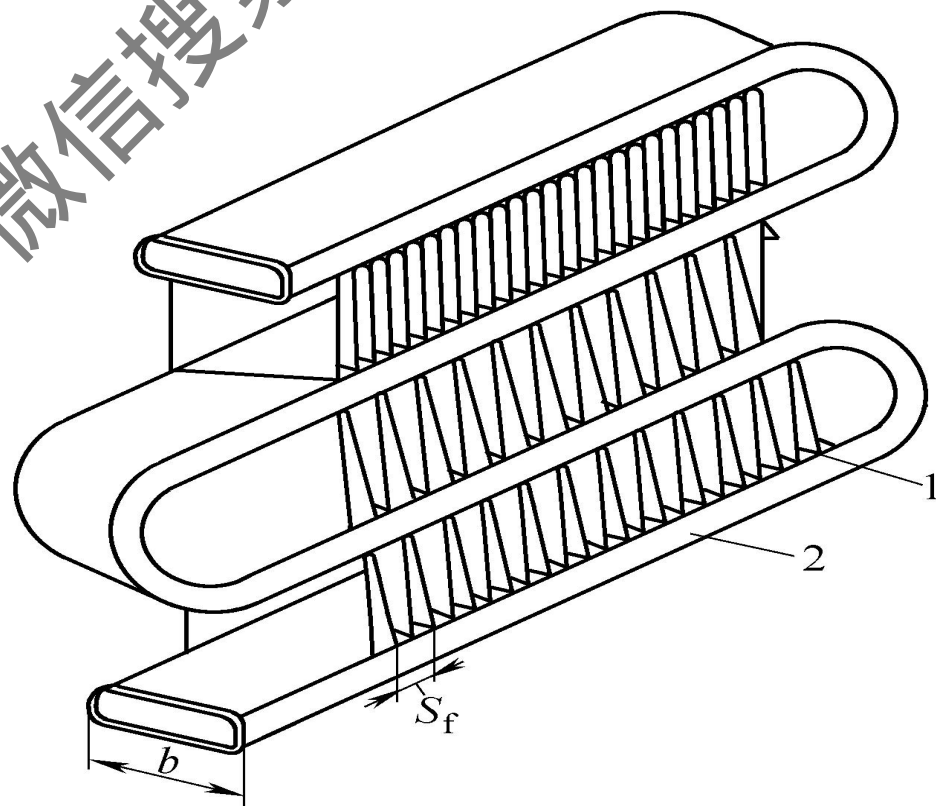
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

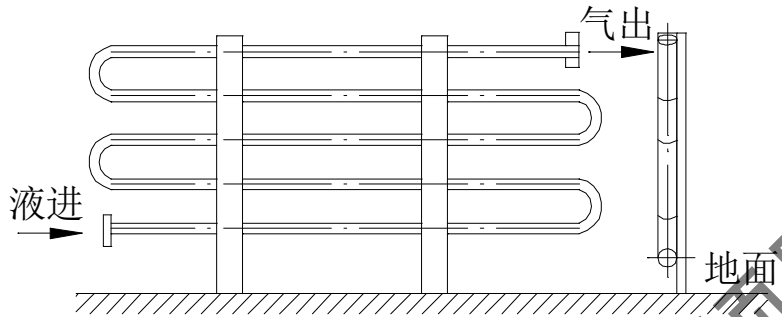




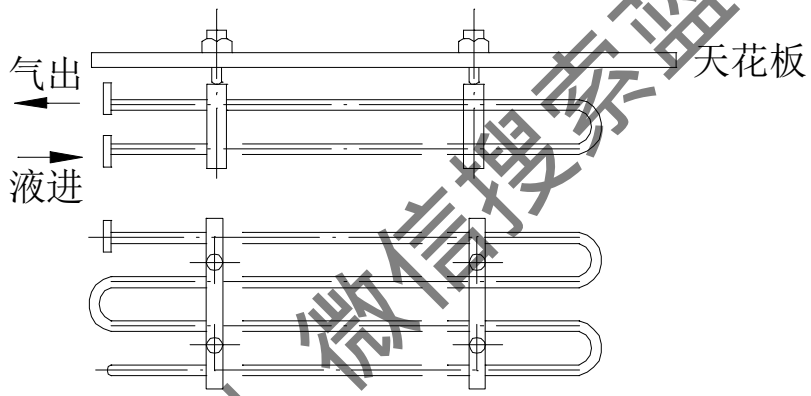
自然对流空冷式冷凝器

- 自然对流方式只是用于制冷量小的一些家用制冷设备中(如冰箱等)，冷凝器置于空气流通的地方，靠自然通风散发冷凝器表面的温度。空调制冷系统主要是采用机械强制通风对流，冷却冷凝器管内的气态制冷剂。

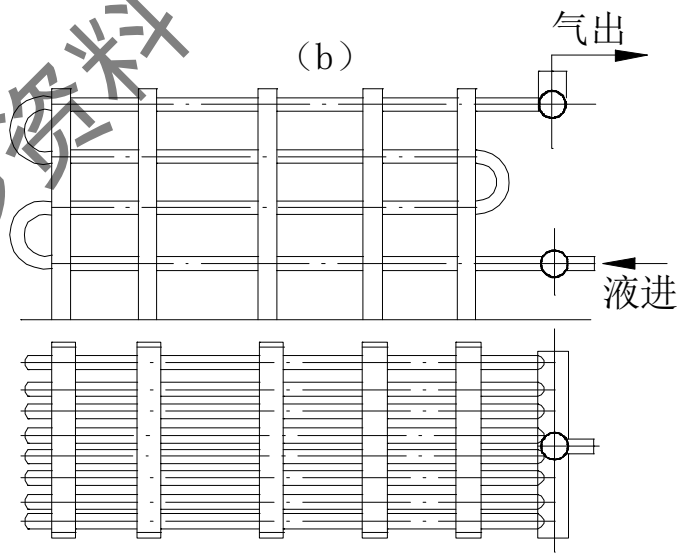




(a)



(b)



(c)

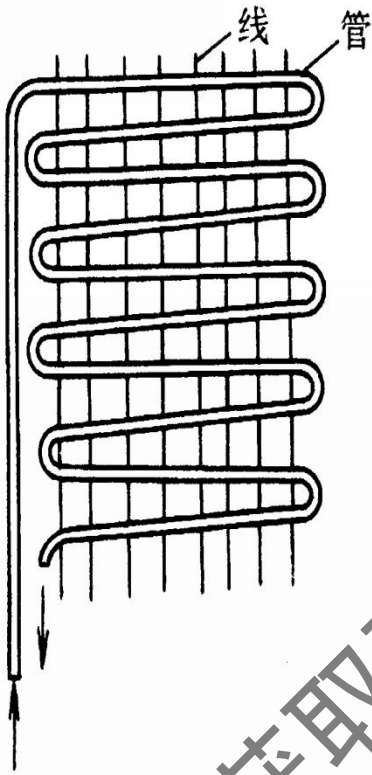
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

自然对流式空气冷却器

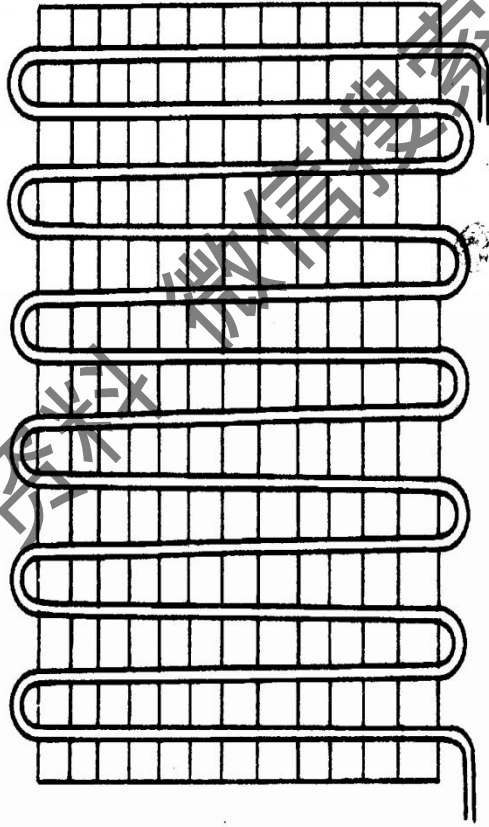




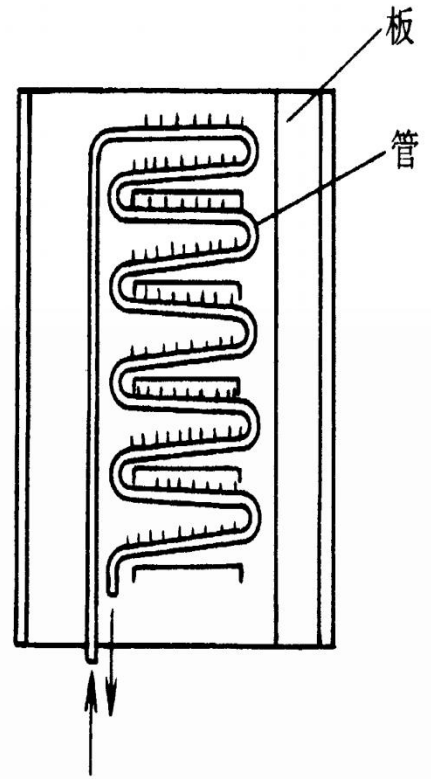
蓝领星球



a)



b)



c)

获取更多资料



❖ 特点:

❁ 噪声小

❁ 但冷凝器传热系数低

❖ 冷却排管具有存液量少，其充液量约为排管内容积的40%左右，操作维护方便等优点。

❖ 但存在管内制冷剂流动阻力大，蒸发后的蒸气不易排出。

❖ 同时由于管外空气为自由运动，传热系数较低，一般在 $6.3\sim 8.1\text{ W}(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 范围。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球





强制对流式空冷式冷凝器

- ❁ 强制对流式空气冷却器又称冷风机。由于光管式空气冷却器传热系数很低，为加强空气侧的换热，往往需要在管外设置肋片以提高传热系数值。但是在一般情况下，设置肋管后因片距较小会引起较大的流动阻力，必须采取措施强制空气以一定的流速通过肋片管族，以便于获得较好的换热效果。
- ❁ 强制对流空气冷却式冷凝器都采用铜管穿整体铝片的结构（因此又称管翅式冷凝器）。其结构组成主要为——U形弯传热管、翅片、小弯头、分叉管、进（出）口管以及端板等（如图1）

获取更多资料 微信搜索 领星球



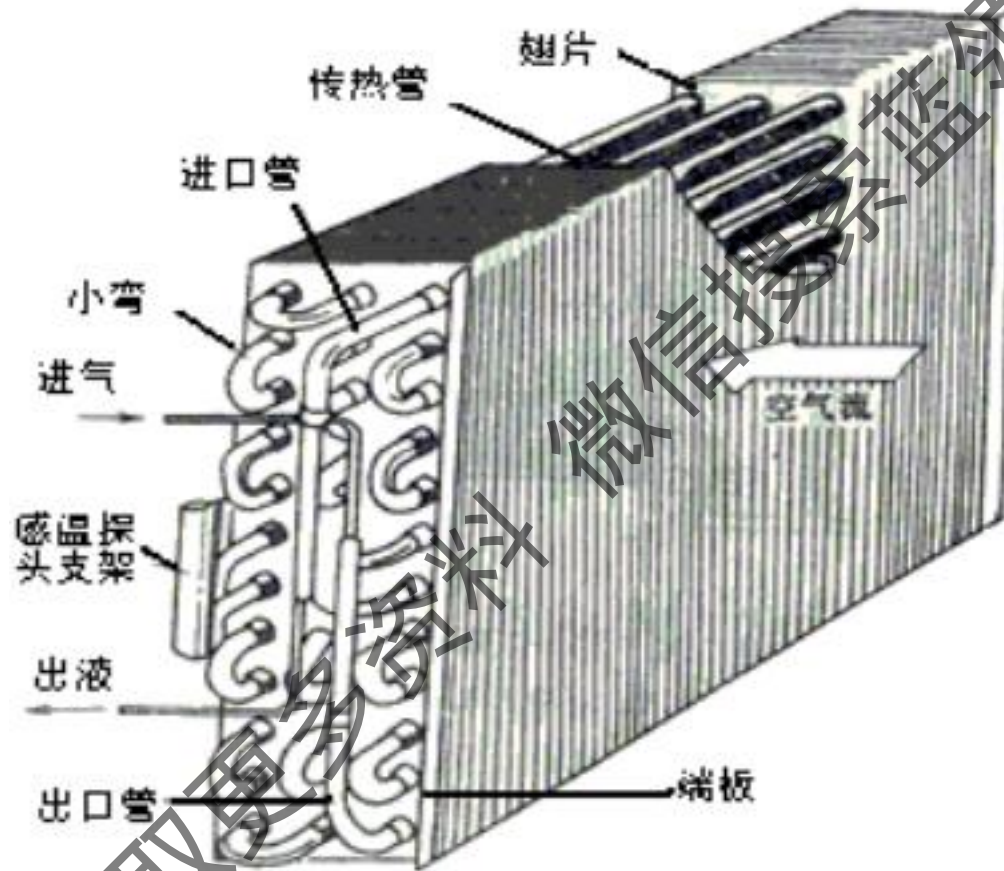


图1 管翅式冷凝器示意图

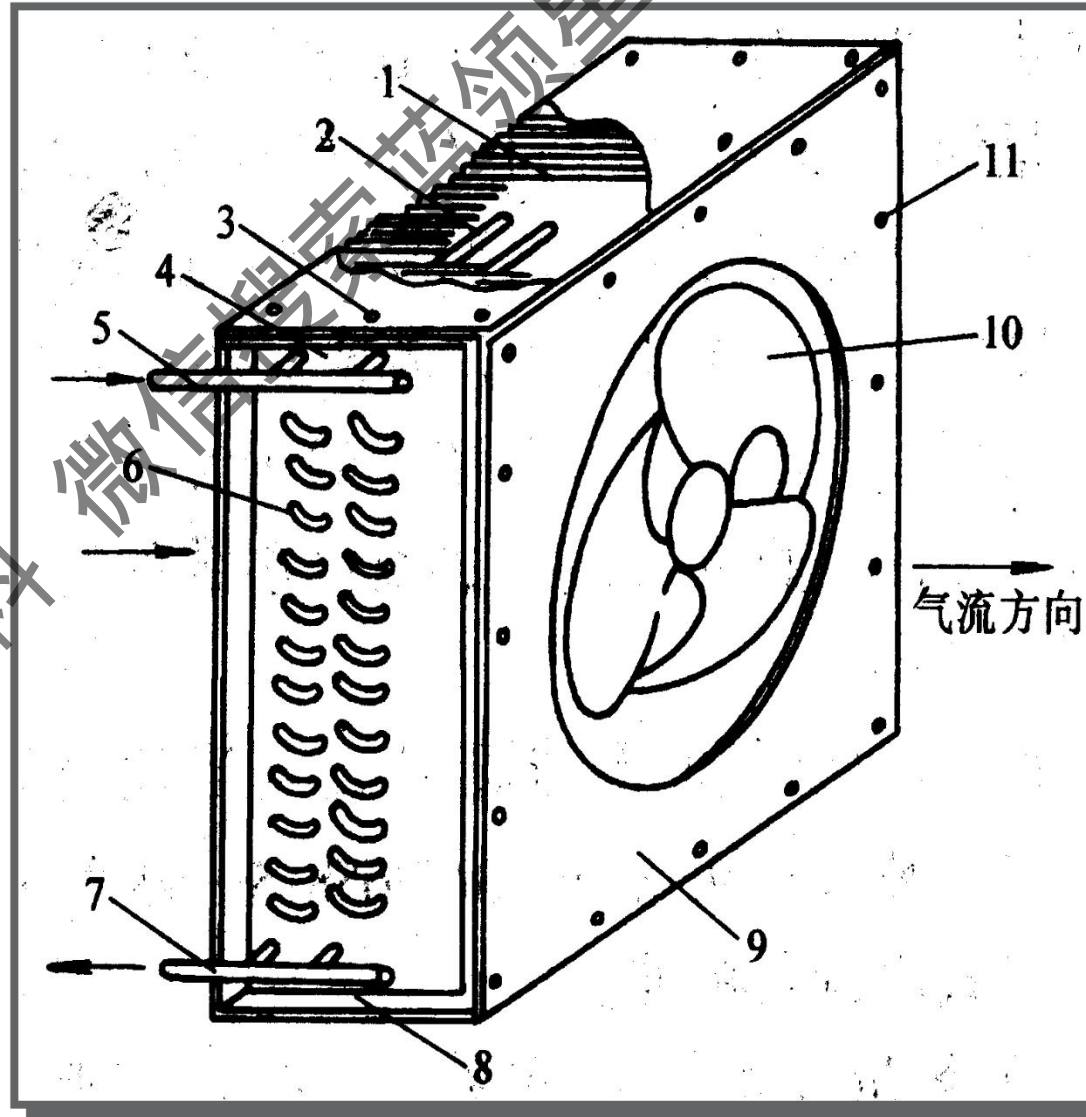
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球





❁ 结构:

- 1-肋片
- 2-传热管
- 3-上封板
- 4-左端板
- 5-进气集管
- 6-弯头
- 7-出液集管
- 8-下封板
- 9-前封板
- 10-轴流风机
- 11-装配螺钉





❁ 特点：

- ❁ 有噪声，但传热系数有所上升
- ❁ 这种蒸发器具有结构紧凑，传热效果好
- ❁ 可以改变空气的含湿量，应用范围广。
- ❁ 但从制造工艺要求分析，肋片与传热管的紧密接触是提高其传热效果的关键。

获取更多资料

微信搜索蓝领星球





(三) 蒸发式冷凝器

- ❁ 蒸发式冷凝器 (Evaporative condenser) 又叫蒸发冷、冷却器, 是由制冷利用盘管外的喷淋水部分蒸发时吸收盘管内高温气态制冷剂的热量而使管内的制冷剂逐渐由气态被冷却为液态的一种设备。
- ❁ 蒸发式冷凝器由冷却管组、给水设备、通风机、挡水板和箱体等部分组成。冷却管组为无缝钢管弯制成的蛇形盘管组, 装在薄钢板制成的长方形箱体内。箱体的两侧或顶部设有通风机, 箱体底部兼作冷却水循环水池。
- ❁ 蒸发式冷凝器的工作原理是将需要冷凝的高温蒸汽从换热盘管上部进口送入盘管内, 高温蒸汽在换热盘管内放出热量而自身被冷却后发生相变冷凝为液体。在换热盘管外部以循环喷淋水为冷却介质, 喷淋水在换热盘管外表面上形成一层均匀的水膜, 水膜吸收盘管内热蒸汽放出的热量而蒸发, 再通过风机将水蒸汽带出蒸发式冷凝器而将盘管内的热量带走。

获取资料请关注微信公众号：制冷技术星球





获取更多资料 微信搜索蓝领星球





❁ 特点:

- ❖ 循环水量比水冷式少得多（只有水冷冷凝器的5%~10%），补水量少（只有水冷冷凝器的1/50~1/25），适合于缺水和气候干燥地区使用；
- ❖ 风机流量小（不到风冷冷凝器的50%）；
- ❖ 换热量受湿球温度影响很大，气候越干燥效果越好；
- ❖ 吸入式蒸发式冷凝器气流均匀地经过冷凝盘管，传热效果比压送式好，但风机在高温高湿下运行，易发生故障；
- ❖ 水泵功率小，节省运行费用；
- ❖ 初投资高。
- ❖ 冷却水不断循环使用，水垢层增长较快，需要使用经过软化处理的水。

获取更多资料 微信搜索 领军星球



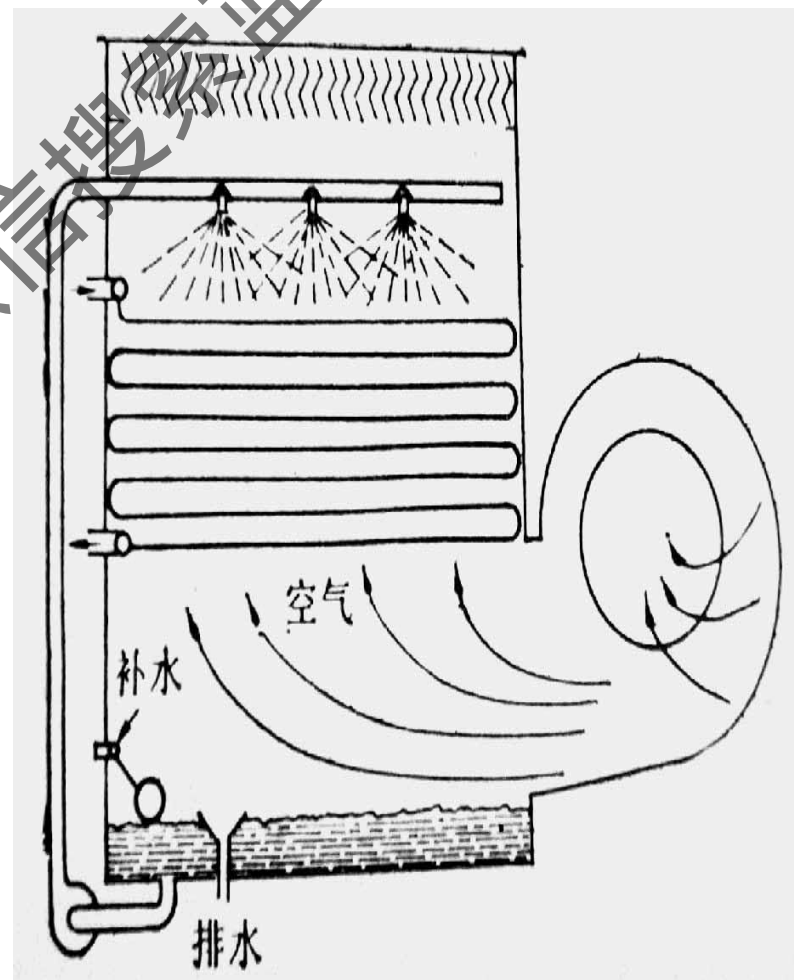
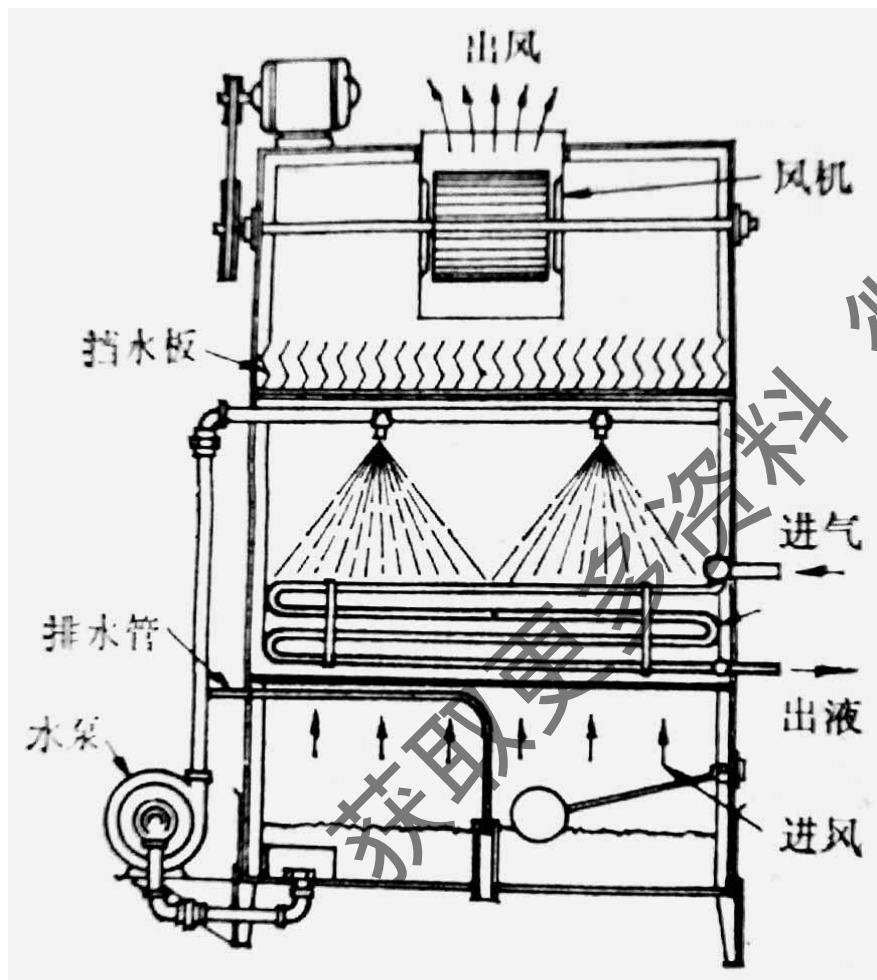


蒸发式冷凝器在实际应用中的问题

- ❁ 1、喷头堵塞，引起冷凝管组没有被均匀润湿，使冷凝压力升高，需要经常清洗。
- ❁ 2、管组结垢：配置先进的电子水除垢仪，另外还可通过控制循环水使用周期，以及排污来控制杂质的积聚。
- ❁ 3、水量的合理分布问题
- ❁ 4、腐蚀问题
- ❁ 5、进口空气的湿球温度 t_{s1} 与当地气象条件有关
- ❁ 6、风量配备与 t_{s1} 有关。 t_{s1} 越高则所要求的送风量就越大，送风耗能也越多。所以送风量的配备应从节能和性能要求两方面综合考虑
- 7、水量配备以保证润湿全部换热表面为原则。随意增大配水量会造成水泵功耗上升，水的飞散损失增大，运行成本提高。



❁ 分类：蒸发式冷凝器的换热主要是靠冷却水在空气中蒸发吸收气化潜热而进行的。按空气流动方式可分为吸入式和压送式，如图所示。





盘管式蒸发式冷凝器

❁ 盘管式蒸发式冷凝器（见图1）是将冷却水喷淋于管子表面形成水膜，水膜与管内介质完成换热后，水直接与管外快速流动的空气接触并发生热质交换，完成换热过程，并由空气将热量及水蒸气带走，空气的流动不仅使换热过程变得更快，而且由于空气的快速流动，空气在整个过程都能保持非饱和状态，其传热传质推动力也更大。盘管式蒸发式冷凝器是目前被广泛应用最广、最多的一种蒸发式冷凝器。

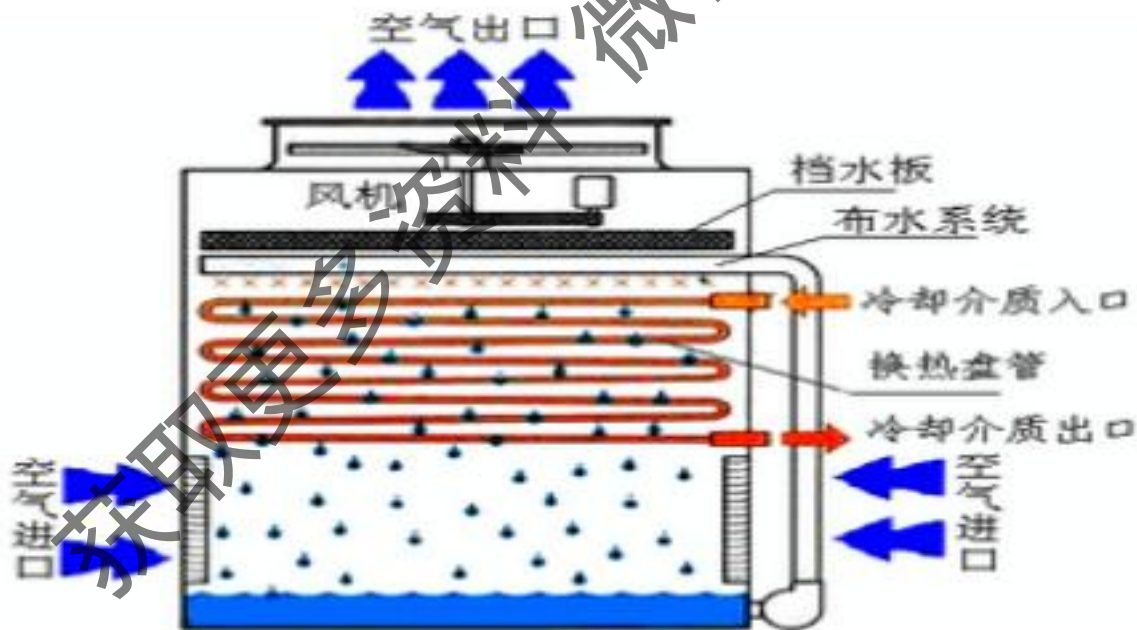


图1 盘管式蒸发式冷凝器示意图

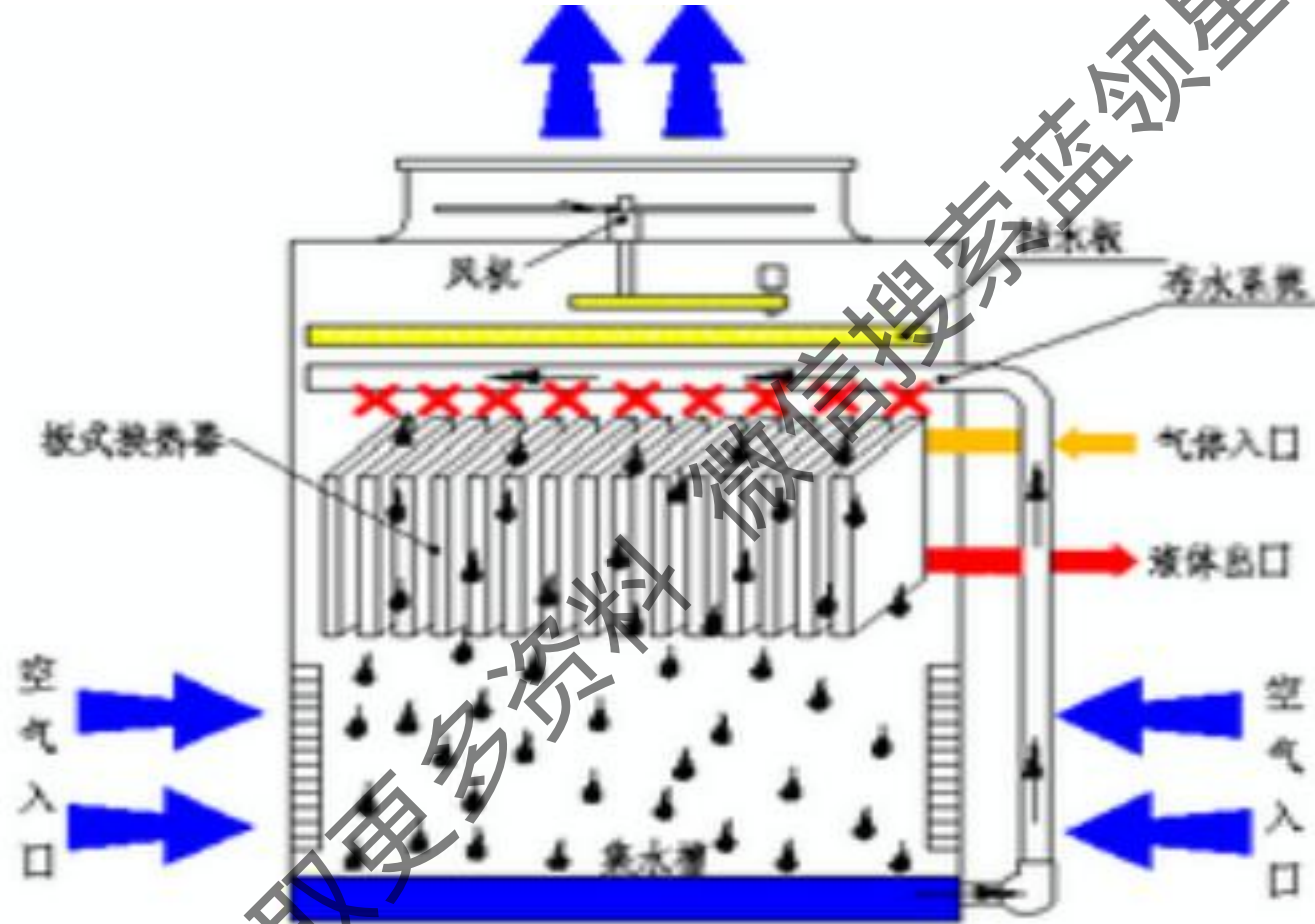


板式蒸发式冷凝器

❁ 板式蒸发式冷凝器的结构如图2所示，板外为水与空气的逆流、顺流或错流，板间为冷凝排液区。其特点有：在板间可强化表面的凝结换热，加速液膜的排泄；同时由于板面的强化传热结构（如图3）可改善流体流动状况，强化水与空气之间的传热传质过程，大大增强了热容量及传热性能，而且其强化传热依靠本身的特殊结构来完成，不需要任何额外的维护。



图3 各种强化传热板示意图



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

图 2 板式蒸发式冷凝器示意图



立式蒸发式冷凝器

立式蒸发式冷凝器的结构如图4所示，管内为水与空气的逆流或顺流，管外大空间为冷凝排液区。该冷凝器的特点有：管子采用不锈钢强化传热管（如图5），不但抗腐蚀性能强，而且换热性能好、能加速冷凝液膜的排泄，尤其适用于水蒸汽的冷凝。在电力行业中，凝汽器是汽轮发电机组的重要辅机之一，它的性能好坏直接影响机组的运行。而它的主要传热组件——冷却管是凝汽器的最重要部分，因此，冷却管的选材和选型是凝汽器设计的关键[8]

。

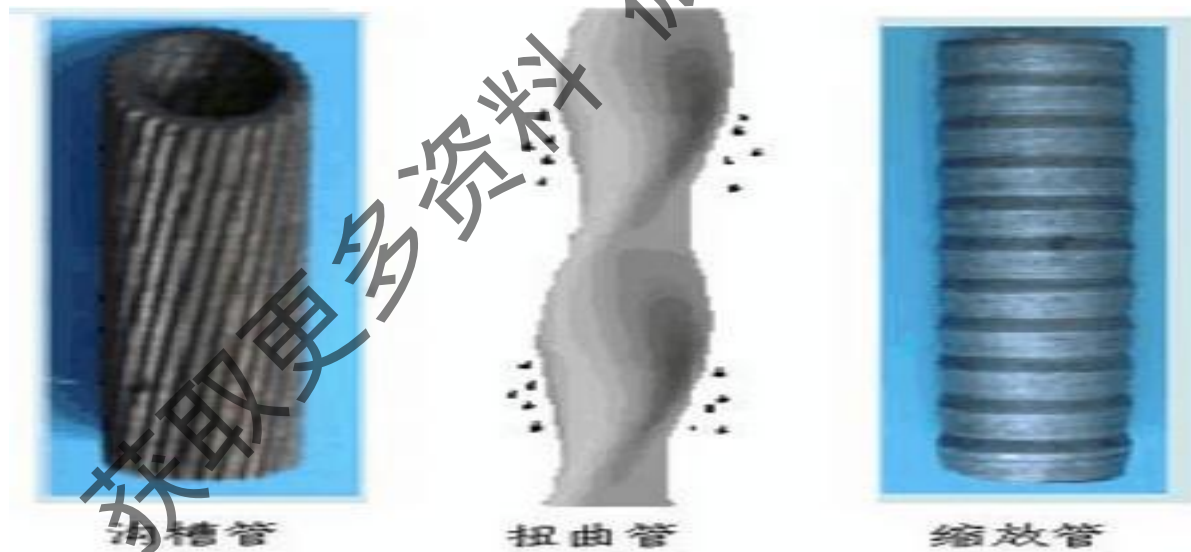


图5 各种强化传热管示意图





（四）淋水式冷凝器

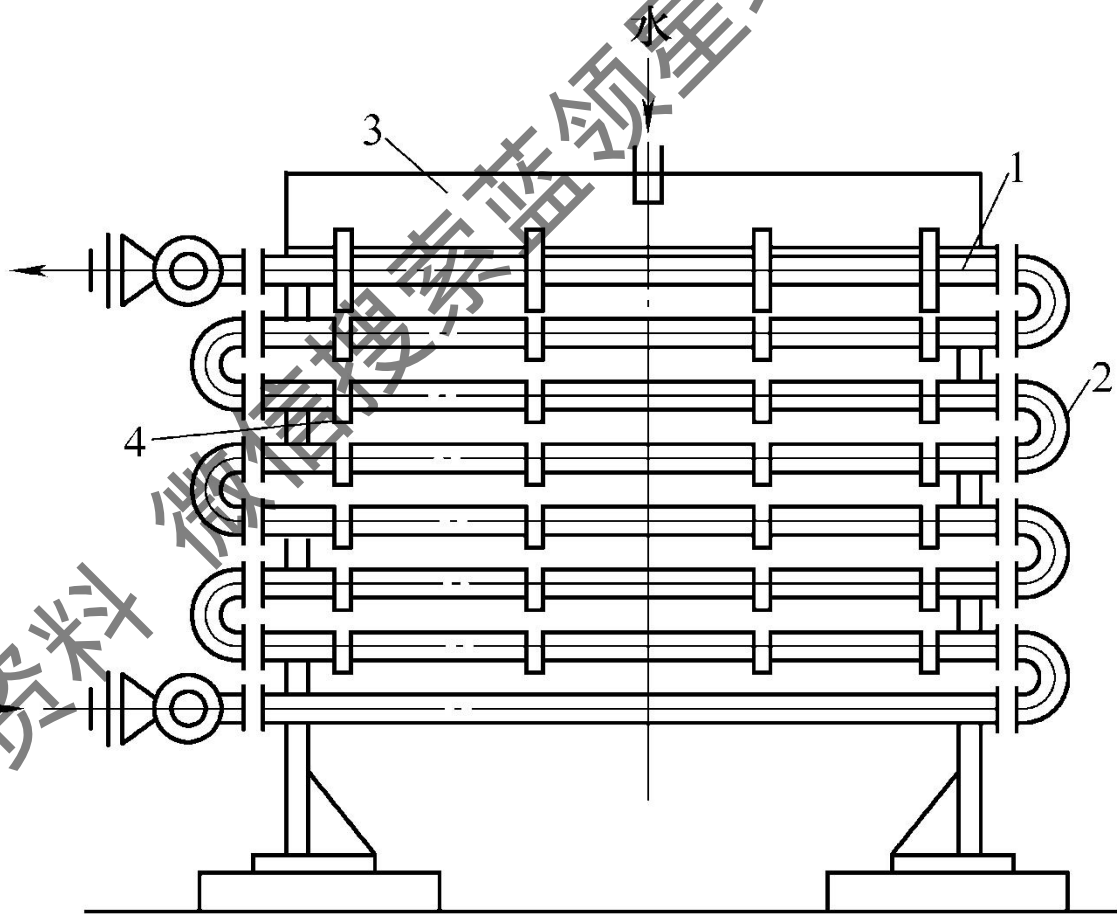
- ❁ 淋水式冷凝器是一种水和空气混合冷却的冷凝器。它由淋水箱、冷凝盘管和集水池组成。
- ❁ 淋水箱内盛有来自冷却塔的温度较低的冷却水，箱底开有小缝隙，冷却水从这些小缝隙里流到冷凝盘管上，成膜状向下流动，最后汇聚到集水池里。冷却水沿管壁向下流时使冷凝盘管得到冷却。此外，一部分冷却水在空气中自然蒸发，带走了部分冷凝热。集水池中的冷却水由水泵泵入冷却塔，冷却后循环使用。
- ❁ 淋水式冷凝器是靠水的温升和水在空气中蒸发带走冷凝热量。这种冷凝器主要用于大、中型氨制冷系统中。它可以露天安装，也可安装在冷却塔的下方，但应避免阳光直射。

获取更多资料 制冷专家 占领星球





- 通常采用水平盘管的型式
- 一般是露天布置而且常装在冷却水塔的下面



获取更多资料
微信搜索 蓝领星球





微信搜索蓝领星球



获取更多资料

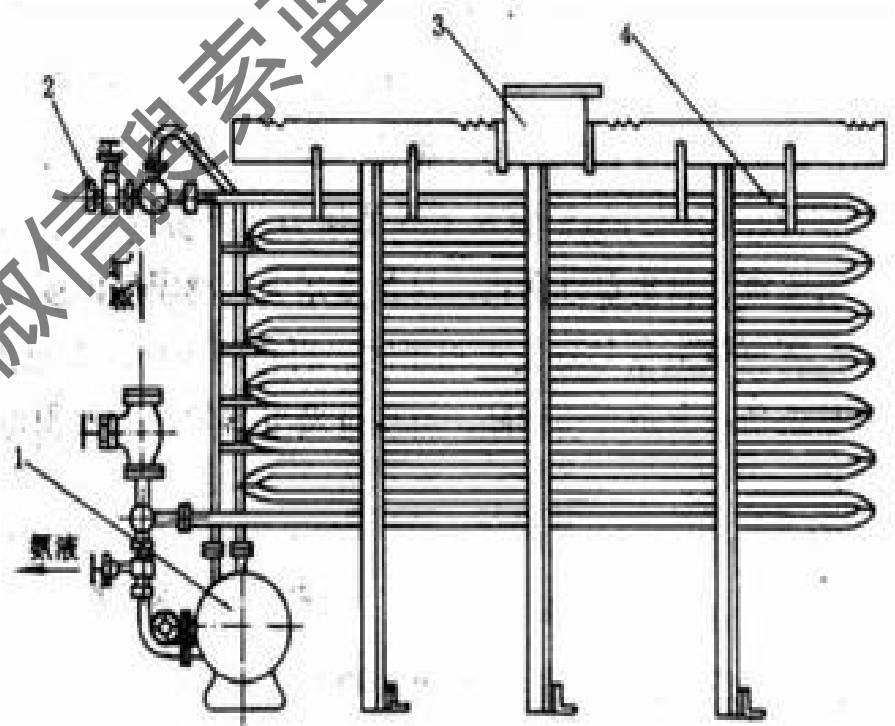


图11-6 淋水式冷凝器

- 1. 贮氨器
- 2. 放空气
- 3. 配水箱
- 4. 冷却排管



❁ 优点:

- ❁ 1、结构简单，制造方便；
- ❁ 2、漏氨时容易发现，维修方便；
- ❁ 3、清洗方便；4、对水质要求低。

❁ 其主要缺点是:

- ❁ 1、传热系数低；2、金属消耗量高；
- ❁ 3、占地面积大目前生产和使用较少。
- ❁ 4、淋水式冷凝器不设喷嘴，不如蒸发式冷凝器那样结构紧凑，

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

