

蒸汽就是把锅炉中的水通过加热而产生的一种透明气体。在一定压力下，必须用足够的能量才能把水温升到沸点。之后再增加的能量只能把水转化为蒸汽，并不能升高水温。

蒸汽是一种高效、易控制的加热介质。它常用于将能量从一个集中点（锅炉）输送到工厂的各个地方，用于加热空气、水或用作工艺介质。

我们已经提到，把沸水变成蒸汽需要增加额外的热量。这些热量并没有损失掉，而是储存在蒸汽中，随时准备释放出来，用于加热空气、煮马铃薯、熨裤子或者干燥纸张。

把沸水变成蒸汽所需要的热叫做蒸发热或者潜热。正如“蒸汽特性数据表”所示，不同的压力/温度组合，需要的热量也不同。如本蒸汽特性表所示，每一压力/温度组合所对应的这种热量都不同。

工作中的蒸汽… 怎样利用蒸汽的热量？

在工艺中，热从高温区向低温区的流动叫热传递。从锅炉燃烧室开始，热通过炉管向水传递。当锅炉压力升高，把蒸汽推出来时，蒸汽就会加热供热系统中的管道。蒸汽热流通过管壁传给周围较冷的空气。热传递会使一些蒸汽变成水。这就是为什么供热管线一般都要通过保温来减少热传递损失。

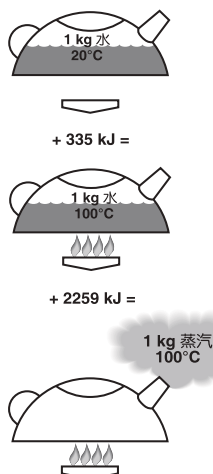
但是，当蒸汽到达系统中的热交换器时，情况就不同了。此时需要蒸汽进行热传递，这种从蒸汽中传递出的热量被用到空气加热器中加热空气，用到热水器中加热水或者用到煮蒸锅中加热食物。这种热传递不应受任何其他因素的干扰。

凝结水排放… 为什么是必须的？

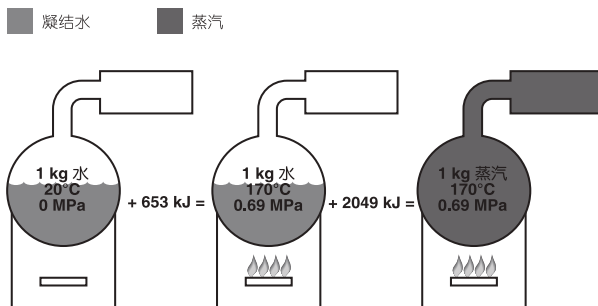
凝结水是蒸汽系统热传递的副产物。它是在蒸汽输送过程中由于不可避免的散热形成的，或在加热设备和工艺设备中由于蒸汽向被加热物质热传递后降温形成的。一旦蒸汽凝结，有价值的潜热被释放，热凝结水就必须被立即排出。尽管从 1 kg 凝结水中可以得到的热，比起 1 kg 蒸汽里的热要少很多，但凝结水还是有较高利用价值的热水，应该把它送回锅炉。

定义

- **kJ**：热量单位，是指以把 1 kg 凉水升高 0.24°C 所需要的热量。或者，一个 kJ，就是 1 kg 热水冷却 0.24°C 时释放出来的热量。1 千卡 = 4.1868 kJ。
- **温度**：热的程度，与能量多少没有关系。
- **热**：能量的尺度，与温度无关。比如，1 个千卡可以把 1 kg 水的温度从 4°C 升高到 5°C，这 1 千卡可以是 20°C 的环境温度中来，也可以是从温度为 538°C 的火焰中来。



图CG-1. 这些图表示在大气压力下需要多少热才能产生 1 kg 蒸汽。请注意，在到达沸点以前，每升高 1°C 需要 4.18 kJ 的热量，但是，在 100°C 时，把水变成蒸汽则需要更多的热量。



图CG-2. 这些图表示在 0.7 MPa 压力下，需要多少热才能产生 1 kg 蒸汽。注意，在 0.7 MPa 压力下，把水烧开所需要的热量和温度要比在大气压力下需要的更多。但是在较高的温度下，把水转换成蒸汽需要的热量却要少。

蒸汽...基本概念



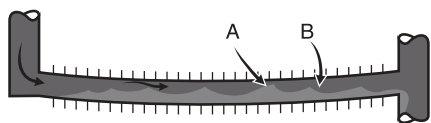
供汽系统需要排放凝结水

蒸汽管线底部的凝结水是引起水击的原因之一。以 40 m/s 的速度在管道中传输的蒸汽，与管线底部的凝结水相遇会产生“水波”（参见图 CG-4）。如果形成足够的凝结水量，高速流动的蒸汽就会推着凝结水一起流动，产生一个危险的水头，并且在与前面的液体一起滚动中越来越大，它可以破坏任何改变汽流方向的管件、调节阀、三通、弯头、盲板法兰。除了这种“水击”以外，高速流动的凝结水冲刷金属表面，也会侵蚀各种管件。

热传递设备需要排放凝结水

当蒸汽与比蒸汽温度低的凝结水相遇时，会产生另一种水击，叫做热冲击。蒸汽所占的体积比凝结水要大得多，当蒸汽体积突然减小时，会向整个系统放出冲击波。这种水击的形成会损坏设备，并说明系统中的凝结水没有被排出。

很明显，热传递设备中占据加热空间的凝结水会减少设备的有效换热尺寸和加热能力。应快速排出凝结水，使系统中充满蒸汽（参见图 CG-5）。蒸汽的凝结会形成一层水膜，附着在换热器内表面，不能变成液体的非凝结气体靠自身重力流动，它们形成一层薄膜，与脏物、水垢一起附在换热器表面，成为热传递的潜在障碍（参见图 CG-3）。



图CG-4. 凝结水能在管道或管路中积聚，并被蒸汽推动产生水波，直到在点 A 处把整个系统堵塞。凝结水在点 B 产生了一个压差，引起蒸汽压力的变化，推动凝结水头，就像一个冲击水锤。

需要排出空气和二氧化碳 (CO₂) 气体。设备开车时及锅炉给水中总会有空气存在，给水中还可能会有能释放二氧化碳气体的溶解碳酸盐。蒸汽流把这些影响热传递的气体推到换热器壁上。由于这些气体必须和凝结水一起排出，加剧了凝结水的排放困难。

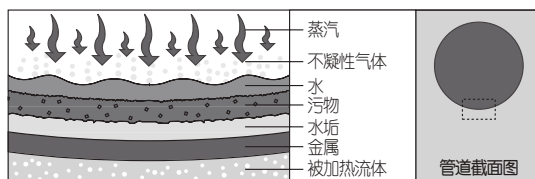
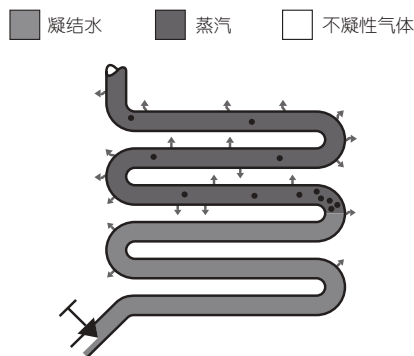
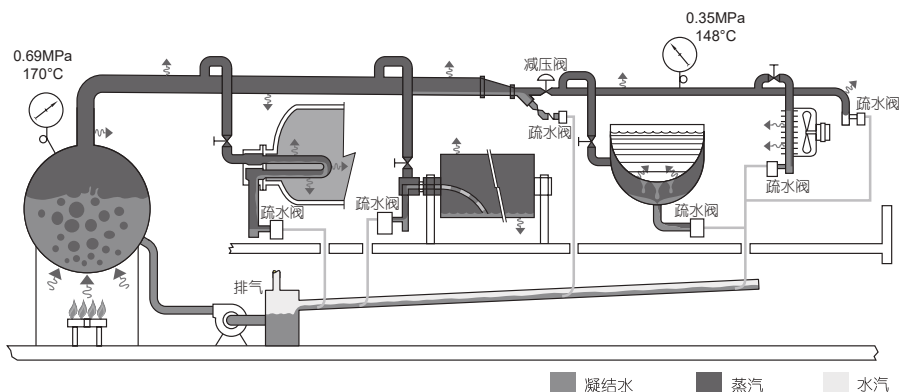


图 CG-3. 可能对热传递产生障碍的因素：蒸汽热量必须穿过这些热阻到达低温流体。



图CG-5. 盘管中存有一半凝结水时，无法满负荷工作。



图CG-6. 注意：蒸汽供应系统中的热辐射会引起凝结水的形成，所以要求在自然低点或控制阀前安装蒸汽疏水阀。在换热器中，疏水阀的重要之处，就是要在凝结水成为热传递的障碍之前就将其排出。热凝结水可通过疏水阀返回锅炉以重新利用。

空气对蒸汽温度的影响

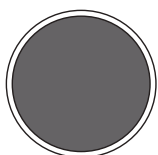
当空气和其他气体进入蒸汽系统时，它们占据了一些本应留给蒸汽的空间，使空气/蒸汽混合气体的温度下降到纯蒸汽温度之下。图 CG-7 解释了空气对蒸汽管线的影响。表 CG-2 和图表 CG-5 表示了不同压力 and 不同混合比例的空气对蒸汽温度的影响。

空气对热传递的影响

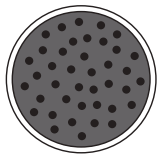
流向换热器表面的蒸汽流，一般都夹带着空气和其他气体。这些气体既不会凝结，也不能靠重力排出。这种不凝性气体在蒸汽和换热器表面之间形成了一个障碍层。有绝好隔热特性的空气使热传递效率降低。事实上，在某种条件下，只要有 0.5% 体积的空气混到蒸汽里，热传递效率就会降低一半（参见图 CG-8）。

表CG-2. 由于空气存在引起温度下降对应表				
压力 (MPa)	不含空气时的 蒸汽温度 (°C)	与不同百分比空气混合后的蒸汽温度 (体积百分比) (°C)		
		10%	20%	30%
0.07	115.6	112.4	108.9	104.9
0.17	130.7	127.2	123.4	119.1
0.35	147.8	143.9	139.7	135.1
0.52	160.2	156.1	151.6	146.6
0.69	170.1	165.7	161.0	155.8

图CG-7. 含有空气和蒸汽的管道空间，只能传送蒸汽的分压热，而不是总压。



蒸汽管道内 100% 充满蒸汽时，
总压力为 0.7 MPa (绝压)
蒸汽压力为 0.7 MPa (绝压)
蒸汽温度为 164.3°C



当管道内 90% 为蒸汽，10% 为空气时，
总压力为 0.7 MPa (绝压)
蒸汽压力为 0.62 MPa (绝压)
蒸汽温度为 160.2°C

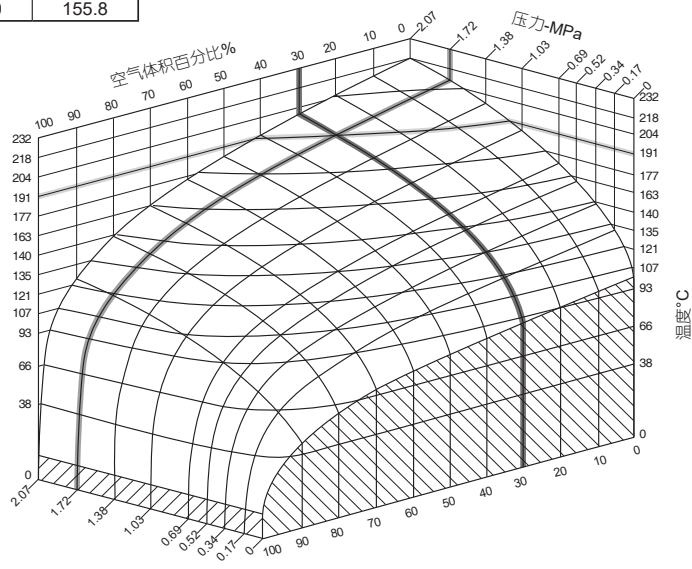
当不凝性气体（主要是空气）不断增加但排不出去时，这些气体会逐渐充满整个换热器，并且完全阻止蒸汽的进入，设备就会被“气阻”。

腐蚀

引起结垢和腐蚀的两个主要原因是二氧化碳 (CO₂) 气体和氧气。以碳酸盐溶解于锅炉给水中的二氧化碳 (CO₂) 气体进入系统，它一旦与冷的凝结水混合就会生成碳酸。有较强腐蚀性的碳酸会腐蚀穿管道和换热器（参见图 CG-9）。补水中的溶解氧加剧了碳酸的作用，加快了腐蚀速度，使钢铁表面变得坑凹不平（参见图 CG-10）。

去除杂物

总而言之，疏水阀必须排出凝结水，否则它会降低热传递效率并产生水击。疏水阀还应能排出空气和其他不凝性气体，因为它们会降低蒸汽温度，阻断系统，降低热传递效率，还会加剧破坏性的腐蚀。必须尽快、彻底地排出凝结水、空气和二氧化碳 (CO₂) 气体。一台蒸汽疏水阀，实际上就是一台自动阀门，打开可以排放凝结水、空气和二氧化碳 (CO₂) 气体，关上可以阻断蒸汽。从经济角度来看，蒸汽疏水阀应该能够长期运行，尽量减少故障。



图表CG-5. 空气/蒸汽混合曲线

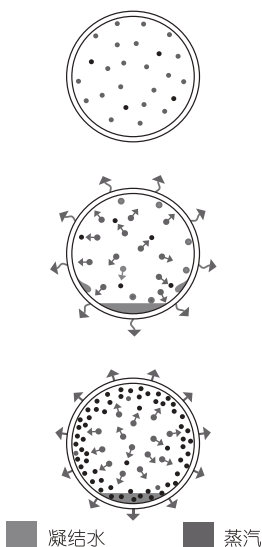
在不同压力下，不同的空气比例都会不同程度的引起温度的下降。本表可以根据已知的压力和温度确定所含空气的百分比。具体做法是，通过查找已知压力、温度在表上的交叉点，确定所含空气的体积百分比。举例说明，假设系统压力为 1.72 MPa，换热器温度为 190.6°C。从本表中可查出其交叉点的空气含量为 30%，即这时蒸汽中空气的含量为 30% 体积百分比。

蒸汽疏水阀必须做什么？

蒸汽疏水阀的工作，就是要尽快地把积聚在系统中的凝结水、空气和二氧化碳（CO₂）气体排到系统之外。而且，还要求高效、经济地工作。对好的蒸汽疏水阀的要求是什么？

1. **蒸汽损失最小。**从表 CG-3 中可以看出不为人所注意的蒸汽泄漏损失。
2. **寿命长，性能可靠。**部件如果易损，会使疏水阀性能不可靠。使用高效疏水阀，可以减少试验、修理、清洗、故障停机和其他损失以节省费用。
3. **耐腐蚀。**疏水阀的工作部件应该是耐腐蚀的，应该能防止凝结水中的酸和氧气的破坏。
4. **能排出空气。**蒸汽中总是含有空气，特别是在开车时。为了提高热传递效率，防止系统产生气阻，必须把系统中的空气排出。
5. **能排出二氧化碳气体（CO₂）。**在蒸汽温度下排出二氧化碳（CO₂）气体，可以防止碳酸的形成。所以，疏水阀必须能够在或接近蒸汽温度下工作，因为二氧化碳（CO₂）气体能溶解在比蒸汽温度低的凝结水里。
6. **能在背压下工作。**回水管线里的压力可能是设计的要求，也可能是无意中产生的。所以，回水系统中的蒸汽疏水阀应该能在实际背压下工作。

图CG-8. 热传递单元中的蒸汽凝结，把空气推到传热设备的表面，并在那里积聚或“贴附”形成一层有害的隔热层。

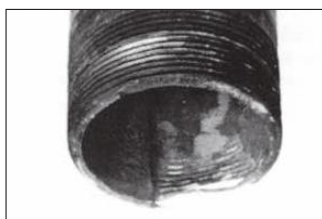


7. **能防污物堵塞。**由于疏水阀都是安装在蒸汽系统中的低点，所以容易产生污物堵塞问题。凝结水会夹带管路中的污物或水垢，也可能会夹带锅炉中的杂质。甚至过滤器滤网腐蚀后，有些颗粒也会跑到系统中来，所以蒸汽疏水阀必须能够在有污物的情况下正常工作。

一台疏水阀如果没能达到对上述全部工作/设计特点要求的话，就会降低系统效率，增加成本。一旦疏水阀达到了上述全部要求，那么，该蒸汽系统就会：

1. 加快热交换设备加热速度。
2. 提高蒸汽换热效率，使设备达到最高温度。
3. 使设备能力达到最高。
4. 取得最佳燃料效益。
5. 减少单位产量所需的劳动力成本。
6. 减少维修量，增加无故障工作寿命。

有时候某个应用场合可能不需要疏水阀具备全部上述设计特点，但是，在绝大多数情况下，具备所有这些特点的疏水阀，会带来最佳效果。



图CG-9. 二氧化碳（CO₂）气体与凝结水混合，在蒸汽温度以下冷却时会产生碳酸，腐蚀管道和热传递设备。如图示，管口螺纹已经被腐蚀掉了。



图CG-10. 系统中的氧气加速了管道的腐蚀（氧化），如图所示，管内表面坑凹不平。

图CG-9. 和图CG-10. 图片来源：迪尔伯恩化学公司 Dearborn Chemical Company

表 CG-3. 在 0.7 MPa 压力下蒸汽泄漏与损失的对应表
(假定 1 吨蒸汽的价格为 100 元)

阀孔孔径		每月蒸汽浪费量 (kg)	损失 (元/每月)	损失 (元/每年)
12.7 mm	1/2"	250,600	25,060	300,720
11.2 mm	7/16"	191,900	19,190	230,280
9.5 mm	3/8"	140,900	14,090	169,080
7.9 mm	5/16"	97,900	9,790	117,480
6.4 mm	1/4"	62,500	6,250	75,000
4.8 mm	3/16"	35,400	3,540	42,480
3.2 mm	1/8"	15,600	1,560	18,720

计算蒸汽损失时假设凝结水为泄漏情况下的通常排量。

阿姆斯壮的疏水阀管理和凝结水回收的方法学已经获得“联合国气候变化公约组织清洁发展机制”批准。