

目录

- ? 蒸汽基本知识
- ? 蒸汽泄露与损失对应表
- ? 蒸汽特性数据表
- ? 闪蒸蒸汽
- ? 蒸汽疏水阀种类
- ? 蒸汽疏水阀的选型
- ? 蒸汽凝结水如何排放
- ? 疏水阀选型和安全系数表
- ? 推荐选型表的使用说明
- ? 蒸汽疏水阀的安装和测试
- ? 蒸汽疏水阀故障排除
- ? 凝结水回收
- ? 蒸汽供应管线与凝结水回水管线的选型
- ? 怎样确定凝结水回水管线的尺寸
- ? 实用工程数据表
- ? 公制英制换算表
- ? 比重-比热表

● 总述

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，去加热空气、水或工艺介质。

我们已经提到，把沸水变成蒸汽，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。

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传热。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，蒸汽就会把供热系统中的管道加热。蒸汽热流通过管壁传给周围较冷的空气。散热会使一些蒸汽变回成水。这就是为什么供热管线一般都要加保温，来减少传热损失。

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，用到水加热器中加热水或用于烧水煮饭。这种传热不应受任何其他因素的干扰。

凝结水排放... 为什么是必须的？

凝结水是蒸汽系统传热的副产物。它是在蒸汽输送过程中由于不可避免的散热形式的，或在加热设备和工艺设备中由于蒸汽向被加热物质传热后降温形成的。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除掉。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 所需要的热量。或者，一个 kJ，就是 1 kg 热水冷却 0.24 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 升高到 5 ，这 1 千卡可以从 20 的环境温度中来，也可以是从温度为 538 的火焰中来。

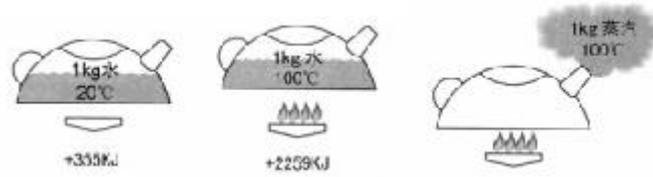


图 CG-1

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 需要 4.18 千焦热量，但是，在 100 时，把水变成蒸汽则需要更多的热量。

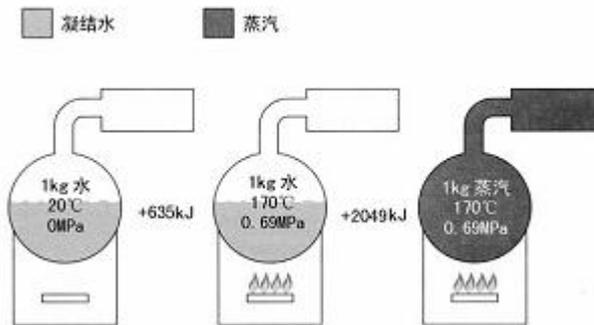


图 CG-2

如图所示，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。

供汽系统需要排放凝结水

在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走，产生一个危险的水头，并且在与其前面的液体的滚动中越来越大，它可以破坏任何改变气流方向的管件、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，也能侵蚀各种管件。

传热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的多，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，能够损坏设备，并说明系统中的凝结水没有排除掉。

很明显，传热设备中占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。它应该被快速排除掉，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

器的内表面，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，成为传热的潜在障碍（参见图 CG-3）。

需要排除空气和二氧化碳气体

设备开车及锅炉给水时总会有空气存在，给水中还可能会有能释放二氧化碳气体的溶解碳酸盐。蒸汽流把这些影响传热的气体推到换热器的壁上。由于这些气体必须和凝结水一起排掉，而加剧了凝结水的排放困难。

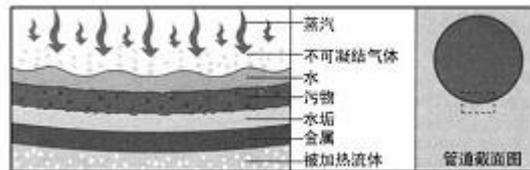


图 CG-3

可能对传热产生障碍的因素：蒸汽热量必须穿过这些热阻到达低温流体



图 CG-4

凝结水能在管道或管路里聚集，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，就象一个冲击水锤。



图 CG-5

盘管中存有一半凝结水时，无法满负荷工作。

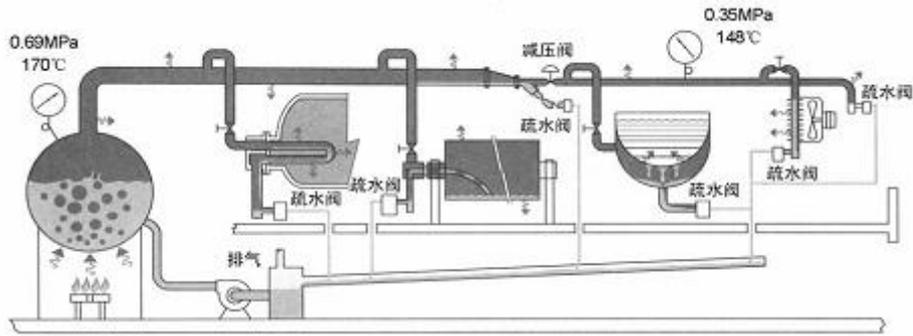


图 CG-6

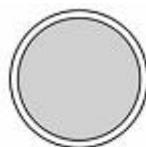
注意：蒸汽供应系统中的热辐射会引起凝结水的形成，所以要求在自然低点或控制阀前安装蒸汽疏水阀。在换热器中，疏水阀的重要之处，就是要在凝结水成为传热的障碍之前就把它们排掉。热凝结水可通过疏水阀返回锅炉重新使用。

空气对传热的影响

流向换热器表面的蒸汽流，一般都夹带着空气和其它气体。这些气体既不能凝结，也不能靠重力排除掉。这种非凝结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传热效率降低。事实上，在某种条件下，只要有 0.5% 体积的空气混到蒸汽里，传热效率就会降低一半（参见 CG-8 页中图 CG-8）。

| 压力 MPa | 不含空气时的蒸汽温度 | 与不同百分比空气混合后的蒸汽温度（体积百分比） | | |
|--------|------------|-------------------------|-------|-------|
| | | 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 ，蒸汽压力为 0.7 MPa ，蒸汽温度为 164.3

。



当管道内 90% 为蒸汽，10%为空气时，总压力为 0.7 MPa ，蒸汽压力为 0.62 MPa ，蒸汽温度为 160.2 。

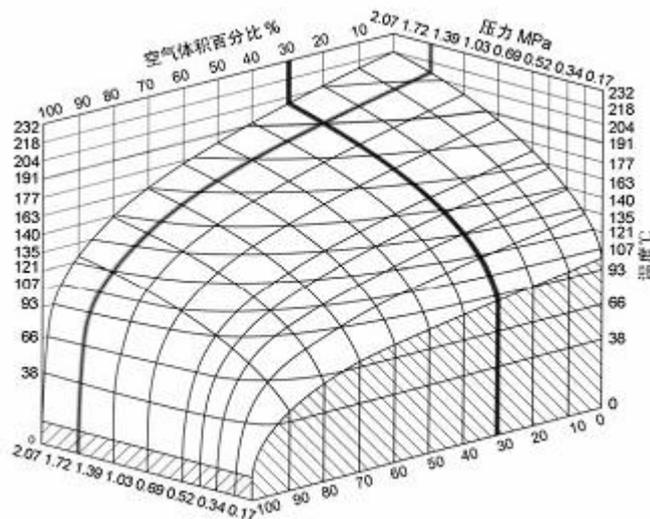
当非凝结气体（主要是空气）不断增加排不出去时，这些气体就会逐渐充满整个换热器，并且完全阻止蒸汽的进入，设备就会被“气阻”。

腐蚀

引起结垢和腐蚀的两个主要原因是二氧化碳气体和氧气。以碳酸盐溶解于锅炉给水中的一氧化碳气体进入系统，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，能够腐蚀穿管道和换热器（参见图 CG-9）。补水中加剧了碳酸的作用，加快了腐蚀速度，使钢铁表面变得坑凹不平（参见图 CG-10）。

除掉杂物

总 而言之，疏水阀必须排出凝结水，否则它会降低传热效率并产生水击。疏水阀还应能排出空气和其它非凝结气体，因为它们会降低蒸汽温度，阻断系统，降低传热效率，还会加剧破坏性的腐蚀。必须尽快、彻底地排除凝结水、空气和二氧化碳气体。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。



曲线图 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，热交换器温度为 190.6 。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，就是要尽快地把积存在系统中的凝结水、空气和二氧化碳气体排到系统之外。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，会使疏水阀显得不可靠。使用高效疏水阀，可以减少试验、修理、清洗、检查和其它损失以节省费用。
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。为了提高传热效率，防止系统产生气阻，必须把系统中的空气排掉。
5. 能排出二氧化碳气体 在蒸汽温度下排出二氧化碳气体，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。
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。凝结水把污物和管路中的水垢带来，也会把锅炉中的固体物带来。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. 减少冷车启动时间。
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。

也许有时候在一定场合，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-8. 传热单元中的蒸汽凝结，把空气推到传热设备的表面，并在那里聚集或“贴附”形成一层有害的隔热层。

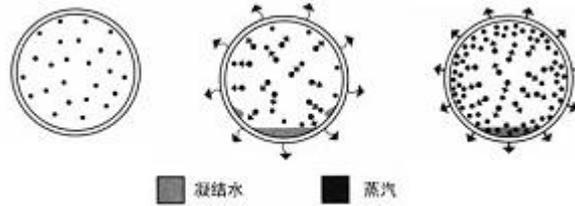
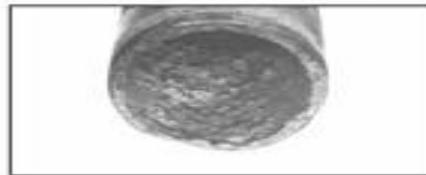


图 CG-9. 二氧化碳气体与凝结水混合，在蒸汽温度以下冷却时，可以产生碳酸，腐蚀管道和传热设备。如图所示，管口螺纹已经被腐蚀掉了。



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。



2. 蒸汽泄露与损失对应表

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 90 元)

| 阀孔孔径 | | 每月蒸汽 浪费量 kg | 每月损失/元 | 每年总损失/元 |
|------|------|----------------|--------|-----------------|
| mm | In | | | |
| 12.7 | 1/2 | 378,800 | 34,092 | |
| 11.1 | 7/16 | 288,800 | 26,001 | 409,104 312,012 |
| 9.5 | 3/8 | 213,200 | 19,188 | 159,192 159,192 |
| 7.9 | 5/16 | 147,400 | 13,266 | 102,924 |
| 6.3 | 1/4 | 95,300 | 8,577 | 57,240 |
| 4.8 | 3/16 | 53,000 | 4,770 | 25,704 |
| 3.2 | 1/8 | 23,800 | 2,142 | |

3. 蒸汽特性数据表？

本手册中提到的热量和温度/压力关系都取自本手册“饱和蒸汽特性数据表”。

所用术语的定义：

饱和蒸汽：指在一定压力下与水的沸点温度相对应的纯蒸汽。

绝对压力和表压：绝对压力是指相对于理想真空，以 MPa 为单位的压力。表压是指相对于大气压力，以 MPa 为单位的压力。1 个大气压力等于 0.1013 MPa 的绝压。表压加上 0.1013 等于绝对压力，换言之，绝压减去 0.1013 等于表压。

压力/温度关系（第 1, 2 和 3 栏）：饱和蒸汽的任一压力都对应相应的饱和温度。比如：表压 1.725 MPa 的饱和蒸汽对应的饱和温度总是 207.84 。

饱和水热量（第 4 栏）：指一定压力下，把 1 kg 水从 0 加热到沸点所需要的热量。热量单位用 kJ 表示。

潜热或蒸发热（第 5 栏）：指把 1 kg 沸水转化成 1 kg 蒸汽所需要的热量（用 kJ 来表示）。该热量与 1 kg 蒸汽经凝结变成 1 kg 水时所释放的热量相等。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。

蒸汽总热（第 6 栏）：指饱和水热量（第 4 栏）与潜热（第 5 栏）之和，用 kJ 表示。

饱和水比容（第 7 栏）：指单位质量的体积，用 m³/kg 表示。

蒸汽比容（第 8 栏）：指单位质量的体积，用 m³/kg 表示。

如何使用该表？

除了确定压力/温度关系以外，你可以通过已知加热单元的热能释放量来计算蒸汽凝结率。反之，如果已知蒸汽凝结率，利用本表可以确定热量释放量。在本手册的应用部分，经常要用到蒸汽特性数据表

表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表--真空

| 表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表 | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| | 第 1 栏 | 第 2 栏 | 第 3 栏 | 第 4 栏 | 第 5 栏 | 第 6 栏 | 第 7 栏 | 第 8 栏 |
| | | | | | | | 饱和水 | 饱和蒸汽 |
| | 表压 | 绝压 | 温度 | 水显热 | 汽化潜热 | 蒸汽总热 | | |
| | MPa | MPa | | kJ/kg | kJ/kg | kJ/kg | 比容 m ³ /kg | 比容 m ³ /kg |
| | | 0.0006 | 0.00 | 0.00 | 2504.5 | 2504.5 | 0.005992 | 206.294 |
| | | 0.0014 | 11.74 | 49.38 | 2476.5 | 2525.9 | 0.001000 | 95.222 |
| | | 0.007 | 38.74 | 162.26 | 2412.5 | 2574.8 | 0.001007 | 20.817 |
| 真空 | | 0.034 | 72.36 | 302.94 | 2330.3 | 2633.3 | 0.001024 | 4.588 |
| | | 0.069 | 89.56 | 375.20 | 2286.3 | 2661.5 | 0.001035 | 2.397 |
| | | 0.076 | 92.08 | 385.82 | 2279.8 | 2665.6 | 0.001037 | 2.193 |
| | | 0.083 | 94.42 | 395.67 | 2273.5 | 2669.2 | 0.001039 | 2.022 |
| | | 0.090 | 96.60 | 404.86 | 2267.9 | 2672.8 | 0.001040 | 1.876 |
| | | 0.096 | 98.64 | 413.48 | 2262.6 | 2676.1 | 0.001042 | 1.750 |

表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表--MPa(1)

| 表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表 | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| | 第 1 栏 | 第 2 栏 | 第 3 栏 | 第 4 栏 | 第 5 栏 | 第 6 栏 | 第 7 栏 | 第 8 栏 |
| | | | | | | | 饱和水 | 饱和蒸汽 |
| | 表压 | 绝压 | 温度 | 水显热 | 汽化潜热 | 蒸汽总热 | | |
| | MPa | MPa | | kJ/kg | kJ/kg | kJ/kg | 比容 m ³ /kg | 比容 m ³ /kg |
| | 0.000 | 0.103 | 100.0 | 419.20 | 2258.9 | 2678.0 | 0.001043 | 1.672 |
| | 0.009 | 0.110 | 102.40 | 429.33 | 2252.6 | 2681.9 | 0.001045 | 1.544 |
| | 0.016 | 0.117 | 104.13 | 436.64 | 2247.7 | 2684.3 | 0.001046 | 1.460 |
| | 0.037 | 0.138 | 108.87 | 456.66 | 2235.1 | 2691.8 | 0.001050 | 1.254 |
| | 0.071 | 0.172 | 115.59 | 485.20 | 2216.5 | 2701.7 | 0.001056 | 1.017 |
| | 0.105 | 0.207 | 121.29 | 509.41 | 2200.7 | 2710.1 | 0.001061 | 0.858 |
| MPa | 0.140 | 0.241 | 126.27 | 530.57 | 2186.5 | 2717.0 | 0.001066 | 0.743 |
| | 0.174 | 0.276 | 130.69 | 549.48 | 2173.7 | 2723.1 | 0.001070 | 0.655 |
| | 0.209 | 0.310 | 134.69 | 566.54 | 2161.8 | 2728.3 | 0.001074 | 0.587 |
| | 0.278 | 0.379 | 141.71 | 596.67 | 2140.8 | 2737.5 | 0.001080 | 0.486 |
| | 0.347 | 0.448 | 147.76 | 622.74 | 2122.2 | 2744.9 | 0.001088 | 0.416 |
| | 0.415 | 0.517 | 153.11 | 645.86 | 2105.7 | 2751.5 | 0.001093 | 0.363 |
| | 0.484 | 0.586 | 157.92 | 666.72 | 2090.1 | 2756.8 | 0.001099 | 0.323 |
| | 0.553 | 0.655 | 162.29 | 685.74 | 2075.9 | 2761.6 | 0.001104 | 0.296 |

表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表--MPa(2)

| 表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表 | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| | 第 1 栏 | 第 2 栏 | 第 3 栏 | 第 4 栏 | 第 5 栏 | 第 6 栏 | 第 7 栏 | 第 8 栏 |
| | | | | | | | 饱和水 | 饱和蒸汽 |
| | 表压 | 绝压 | 温度 | 水显热 | 汽化潜热 | 蒸汽总热 | | |
| | MPa | MPa | | kJ/kg | kJ/kg | kJ/kg | 比容 m ³ /kg | 比容 m ³ /kg |
| | 0.622 | 0.723 | 166.31 | 703.29 | 2062.6 | 2765.9 | 0.001109 | 0.264 |
| | 0.689 | 0.790 | 169.94 | 718.89 | 2048.6 | 2767.5 | 0.001114 | 0.242 |
| | 0.760 | 0.861 | 173.52 | 734.90 | 2037.9 | 2772.8 | 0.001118 | 0.224 |
| | 0.829 | 0.930 | 176.78 | 749.27 | 2026.8 | 2776.0 | 0.001123 | 0.208 |
| MPa | 0.863 | 0.965 | 178.34 | 756.18 | 2021.2 | 2777.4 | 0.001125 | 0.201 |
| | 0.898 | 0.999 | 179.87 | 762.89 | 2015.6 | 2778.5 | 0.001127 | 0.194 |
| | 0.967 | 1.068 | 182.50 | 775.78 | 2005.1 | 2780.9 | 0.001131 | 0.182 |
| | 1.036 | 1.137 | 185.55 | 788.10 | 1995.3 | 2783.4 | 0.001135 | 0.172 |
| | 1.104 | 1.206 | 188.19 | 799.83 | 1985.3 | 2785.1 | 0.001138 | 0.162 |
| | 1.242 | 1.344 | 193.15 | 822.02 | 1966.9 | 2788.9 | 0.001146 | 0.146 |
| | 1.380 | 1.481 | 197.72 | 842.53 | 1949.5 | 2792.0 | 0.001153 | 0.133 |
| | 1.552 | 1.654 | 202.98 | 866.30 | 1928.7 | 2795.0 | 0.001161 | 0.120 |
| | 1.725 | 1.826 | 207.84 | 888.36 | 1909.2 | 2797.6 | 0.001169 | 0.109 |
| | | 2.067 | 214.07 | 916.86 | 1883.4 | 2800.2 | 0.001179 | 0.096 |

表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表--MPa(3)

| 表 CG-1. 饱和蒸汽特性数据表 | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 第 1 栏 | 第 2 栏 | 第 3 栏 | 第 4 栏 | 第 5 栏 | 第 6 栏 | 第 7 栏 | 第 8 栏 |
| | | | | | | | 饱和水 | 饱和蒸汽 |
| | 表压 | 绝压 | 温度 | 水显热 | 汽化潜热 | 蒸汽总热 | | |
| | MPa | MPa | | kJ/kg | kJ/kg | kJ/kg | 比容 m ³ /kg | 比容 m ³ /kg |
| | | 2.756 3.101 | 229.22 235.79 | 987.07 1017.80 | 1817.0 1786.5 | 2804.1 2804.3 | 0.001207 0.001200 | 0.072 0.064 |
| | | 3.445 4.134 | 241.67 252.34 | 1046.20 1097.88 | 1757.6 1703.2 | 2803.8 2801.0 | 0.001232 0.001256 | 0.058 0.048 |
| MPa | | 6.201 8.268 | 277.77 297.34 | 1225.92 1330.92 | 1557.0 1424.8 | 2782.9 2755.0 | 0.001325 0.001393 | 0.031 0.022 |
| | | 10.335 11.73 | 313.46 322.86 | 1423.80 1481.31 | 1295.1 1209.6 | 2718.9 2690.9 | 0.001464 0.001515 | 0.017 0.015 |
| | | 13.780 17.225 | 335.46 353.41 | 1563.72 1700.84 | 1078.8 839.2 | 2642.5 2540.1 | 0.001601 0.001785 | 0.012 0.008 |
| | | 18.603 22.091 | 359.75 374.11 | 1760.43 2010.49 | 726.6 0 | 2487.0 2101.5 | 0.001889 0.003153 | 0.007 0.003 |

4. 闪蒸蒸汽

什么是闪蒸蒸汽？当一定压力下的热凝结水或锅炉水被降压，部分水分会二次蒸发，所得到的蒸汽即为闪蒸蒸汽。

为什么闪蒸蒸汽很重要？

为什么闪蒸蒸汽很重要？因为它包含可以使工厂经济运行的热量，不利用它，能源就会被白白浪费。

闪蒸蒸汽是怎样形成的？

当水在大气压力下被加热时，100 是该压力下液体水所能允许的最高温度。再加热也不能提高水的温度，而只能将水转化成蒸汽。

水在升温至沸点前的过程中吸收的热叫“显热”，或者叫饱和水显热。在同样大气压力下将饱和水转化成蒸汽所需要的热叫“潜热”。在一般场合下，热的单位用千焦表示，它是指将 1 kg 水在 1 个大气压力下升高 0.24 所需要的热量。

然而，如果在一定压力下加热水，那么水的沸点就要比 100 高，所以就要求有更多的显热。压力越高，水的沸点就高，热含量亦越高。压力降低，部分显热释放出来，这部分超量热就会以潜热的形式被吸收，引起部分水被“闪蒸”成蒸汽。

如 0.689 MPa 的蒸汽压力温度下的凝结水的热含量是 718.89 kJ/kg（参见蒸汽特性数据表第 4 栏）。如果这时将该凝结水排放到大气压力下(0 MPa)，它的热则马上降到 419.20 kJ/kg。剩下的 299.69 kJ/kg 热量则将部分凝结水二次蒸发或闪蒸。使用下列公式可以计算出闪蒸蒸汽的百分比

$$\% \text{闪蒸蒸汽} = (\text{SH} - \text{SL}) / \text{H} \times 100\%$$

SH = 排放前高压下凝结水中的显热。

SL = 排放时低压下凝结水中的显热。

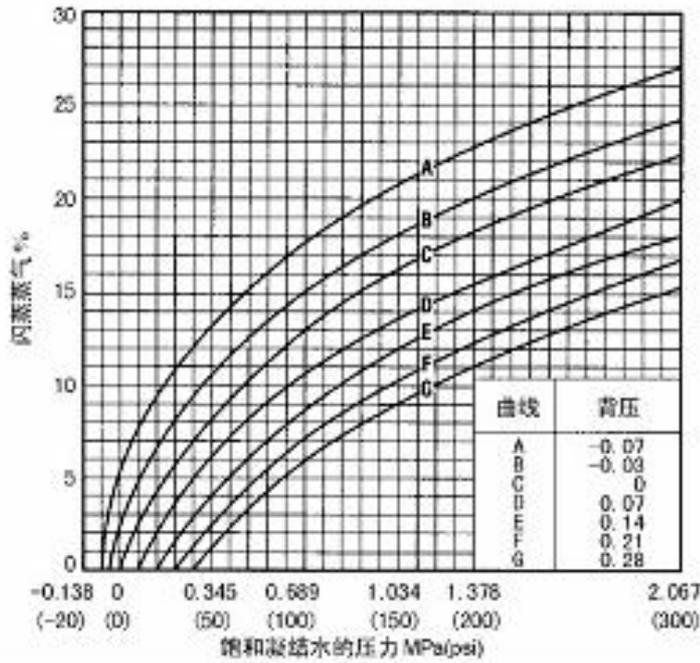
H = 低压下蒸汽中的潜热。

$$\% \text{闪蒸蒸汽} = (718.9 - 419.20 / 2258.9) \times 100\% = 13.3\%$$

为方便起见，曲线图 CG-3 给出了不同压力下排放凝结水时所形成的二次闪蒸蒸汽的百分比。其它实用图表见 CG-4。

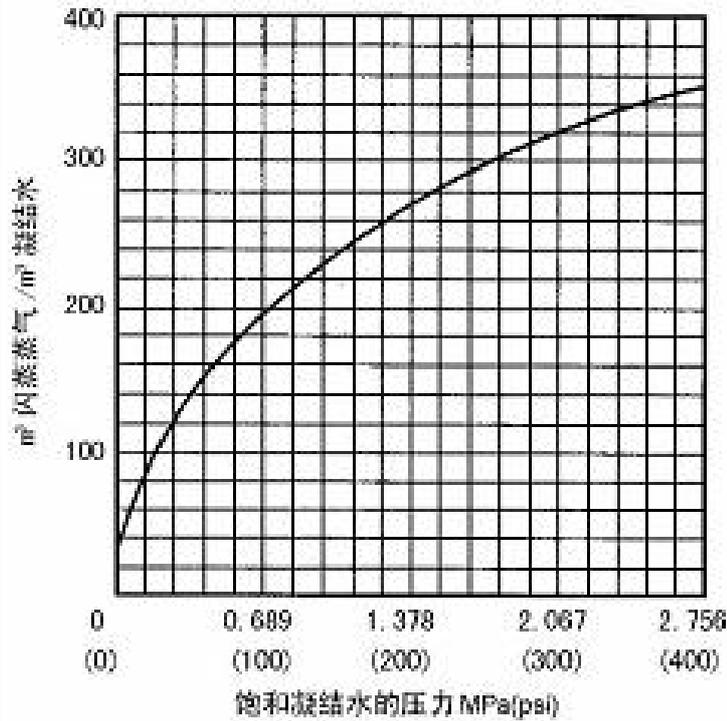
曲线图 CG-3

饱和凝结水减压时形成的闪蒸蒸汽百分比



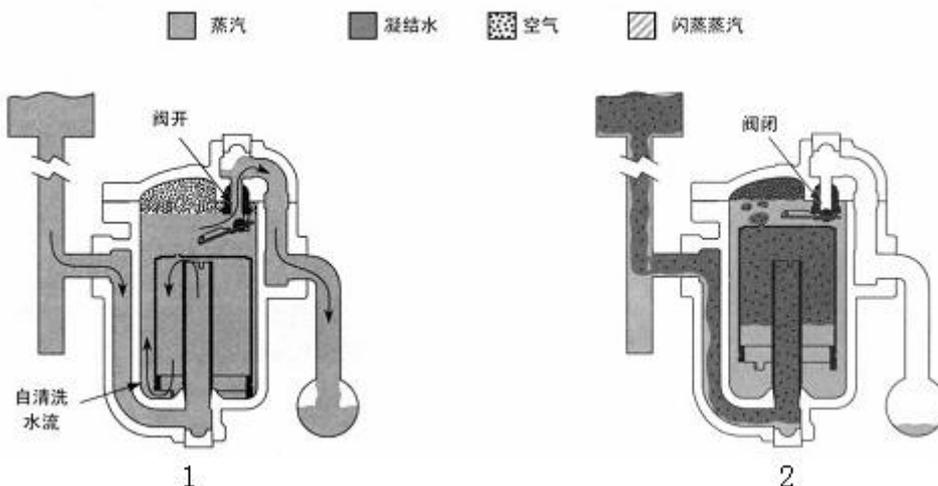
曲线图 CG-4

每 m^3 凝结水在大气压下排放时形成的闪蒸蒸汽量



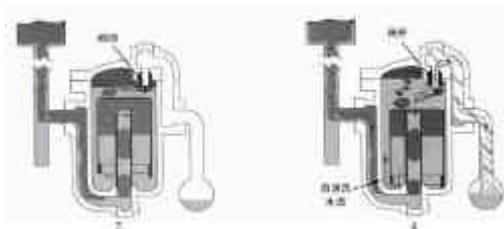
5. 蒸汽疏水阀种类

倒置桶型疏水阀的操作步骤（在接近最高压力情况下）



1. 蒸汽疏水阀安装在蒸汽加热设备与凝结水回水集管之间。开车时，桶在底部，阀门全开。凝结水进入疏水阀后流到桶底，充满阀体，全部浸没桶体，然后，凝结水通过全开阀门排至回水集管。

2. 蒸汽也从桶体底部进入疏水阀，占据桶体内的顶部，产生浮力。桶体慢慢升起，逐渐向阀座方向移动杠杆，直到完全关闭阀门。空气和二氧化碳气体通过桶体的排气小孔，聚集在疏水阀的顶部。从排气孔排出的蒸汽，都会因疏水阀的散热而凝结。



3. 当进来的凝结水开始充满桶体时，桶体开始对杠杆产生一个拉力。随着凝结水位不断升高，产生的力不断增加，直到能够克服压差，打开阀门。

4. 阀门开始打开，作用在阀瓣上的压差就会减小。桶体将迅速下降，使阀门全开。积聚在疏水阀顶部的不凝性气体先排出，然后凝结水排出。水流从桶体流出时带动污物一起流出疏水阀。凝结水排放的同时，蒸汽重新开始进入疏水阀，新的一个周期又开始了

倒置桶型蒸汽疏水阀

倒置桶型疏水阀，是一种根据蒸汽和水密度不同，利用杠杆与浮力原理工作的机械式疏水阀。参见图 CG-11。蒸汽进入倒置桶内，使桶浮起来，关闭阀孔。凝结水进入疏水阀改变桶的浮力，使其下沉，打开疏水阀孔放出凝结水。与其他机械式疏水阀不同，倒置桶可以在蒸汽温度下连续排放空气和二氧化碳气体。

这种简单的凝结水排放原理，是由阿姆斯特壮公司在 1911 年推出的。多年来，在材料和加工工艺方面的改进，使今天的倒置桶型疏水阀真正成为了一种高效、可靠、耐用的疏水阀。

高效、节能、耐用

倒置桶型疏水阀的核心，是一个能把桶提供的力放大，并在受压情况下打开阀孔的杠杆系统。该机构中没有固定支点，不会磨损或卡阻。它能打开阀孔，按最大能力排放。由于桶的底部是开口的，所以它能经受住水击。所有易磨损点都经过加固，可以长期使用。

倒置桶型疏水阀即使在出现磨损的情况下，也可以节省能源。因为，逐渐产生的磨损，尽管会增加阀座的直径，改变球形阀瓣的尺寸，但是这只能使阀瓣在阀座上越陷越深，密封性保持不变。

工作可靠

倒置桶型疏水阀之所以能运行可靠，主要是由于它的设计。因为它从设计上解决了防污物问题。请注意，倒置桶型疏水阀阀瓣和阀座都安装在疏水阀的顶部。而大块 的污物都落在桶底，并在桶的自下而上的运动中被打碎。由于倒置桶的阀门不是常开就是常闭，因此污物可以自由排放。另外，在桶的边缘下凝结水的漂浮波动，会产生一种独特的自冲洗运动，把污物赶出疏水阀。倒置桶只有两个运动部件，一是杠杆组件，另一是倒置桶。这种疏水阀没有固定支点，不存在复杂的连接，因此不会发生粘、卡、堵等现象。

耐腐蚀部件

倒置桶型疏水阀的阀瓣和阀座都是用高铬不锈钢研磨而成的。所有其它工作部件也都是用耐磨、耐腐蚀不锈钢制成的。

背压下工作

排放管线中存在一定压力时自然会降低通过阀门的压差。同背压接近入口压力时相似，当压差很低时，排放会成为连续排放。

背压除了会由于压差降低，而减少排量以外，对倒置桶型疏水阀的工作没有什么不利影响。使疏水阀运行，浮桶打开阀门所需要的力反倒减小了。

浮球型蒸汽疏水阀（带热静力型排气阀）

浮球型蒸汽疏水阀，是一种利用密度和温度变化进行工作的机械式疏水阀。浮球动作利用的是密度差原理。用连杆把浮球和阀瓣连接起来。当凝结水进入疏水阀，达到一定高度的时候，浮球浮起，打开阀孔，排放出凝结水。凝结水形成的水封，防止蒸汽流失。

由于排放阀孔在水封下，不能排除空气和其它不凝性气体。当积存的空气和不凝性气体达到一定程度的时候，就会产生一个温度降，这时在疏水阀上部的热静力排气 阀就会打开，把气体放出去。热静力排气阀的操作温度只比饱和温度低几度，所以它可以通过一个完全独立的阀孔，处理大量的空气。但是，这样会稍微降低一些排 放温度。

我公司的浮球型疏水阀具有排空气能力强，对凝结水反应快等特点。可以用于工业和采暖通风与制冷等不同场合。

蒸汽压力波动下工作可靠

压力波动的意思是，被排放的热交换设备的压力，在一定条件下，可以从最高蒸汽供应压力降到真空。这样，在零压力的条件下，只有重力可以用来推动凝结水通过蒸汽疏水阀。大量的空气也可以在这些低蒸汽压力的条件下排放。浮球型疏水阀的有效工作，能够满足上述全部特殊要求。

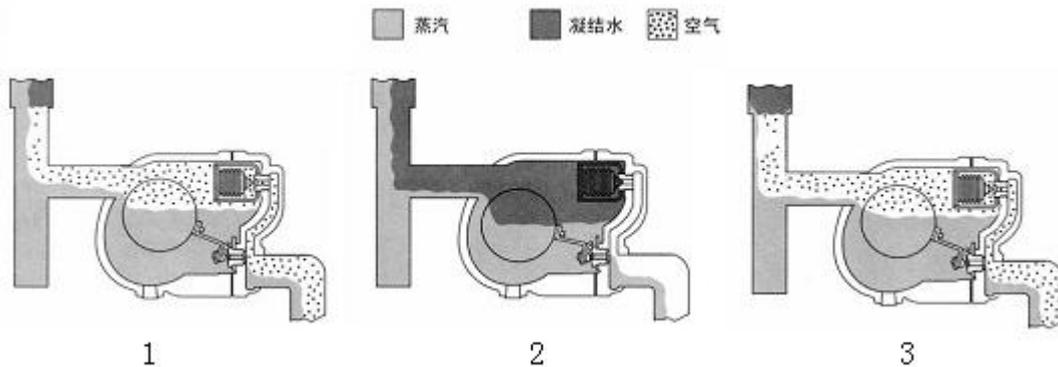
高背压下工作，由于压差低，浮球型疏水阀除了会降低排量外，工作不会受背压的不良影响。在背压高的影响下，疏水阀不会关不上，也不会喷出蒸汽。

G-5. 浮球型疏水阀典型

设

| | | |
|----------|----------|-------------|
| 公称通径 DN | 15~80 | 15~80 |
| 连接型式 | 螺纹或或法兰 | 螺纹承插焊法 兰 |
| 工作压力 MPa | 0~1.7 | 0~3.1 |
| 排量 kg/h | 至 94,000 | 至 127,000 |

浮球型疏水阀工作示意图



1. 在开车时，较低的系统压力强迫空气通过热静力排气阀排出，大负荷的凝结水随着空气的排出抬高浮球打开主阀，剩余的空气随着开启的排气孔继续排出。
2. 当蒸汽进入疏水阀时，随着温度增高，热静力排气阀关闭，凝结水以进入疏水阀的相同流速从通过浮球定位的主阀排出。
3. 随着空气在疏水阀内的聚集，温度会降到饱和蒸汽温度以下。压力平衡热静力排空气阀打开并排放空气。

注：浮球型疏水阀的这些工作示意图不代表疏水阀的实际构造。

受控圆盘型蒸汽疏水阀

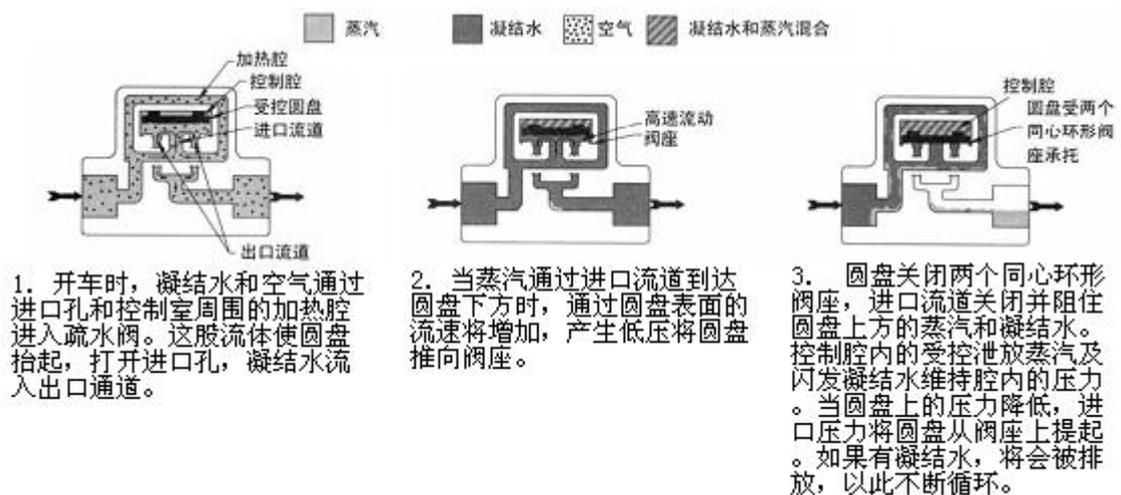
受控圆盘型疏水阀，是一种以速度原理工作的时间延迟装置。它只有一个活动部件，就是圆盘。由于这种疏水阀非常轻巧紧凑，因此它能够满足在场地狭小的场所工作的要求。圆盘阀除了结构简单、体积小特点外，还有其它许多优点，比如：耐水击，开阀时可以将凝结水全部放出，以及能够在稳定的吹扫过程中间歇式工作。

受控圆盘疏水阀的工作，取决于圆盘室内压力的变化。我公司的 CD 受控圆盘型疏水阀只要有凝结水流动就会开启。当蒸汽或闪蒸蒸汽到达进口孔，流速增加，使圆盘压向阀座。控制室压力的增加使圆盘快速关闭。随后压力降低受阀盖内加热室及圆盘上机加工出来的环形浅槽控制。一旦系统达一定温度，这个泄放槽将控制疏水阀启闭次数。

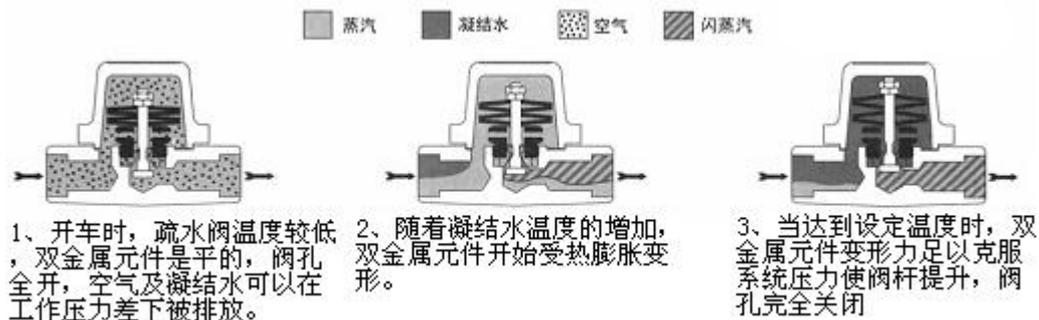
表 CG-6. 受控圆盘型蒸汽疏水阀的典型设计参数表

| | |
|----------|----------|
| 阀体与阀盖材质 | 不锈钢 |
| 公称口径 DN | 10~25 |
| 连接型式 | 螺纹承插焊法兰 |
| 工作压力 MPa | 0.07~4.1 |
| 排量 kg/h | 至 1,290 |

受控圆盘型蒸汽疏水阀的设计和 operation 原理



热静力型双金属疏水阀的设计与工作原理



热静力型蒸汽疏水阀

我公司的热静力型蒸汽疏水阀，有压力平衡式（波纹管型和膜盒）、固体膨胀式（双金属型）及液体膨胀式（恒温型）三大类，并提供多种材质，包括不锈钢、碳钢和青铜。这类疏水阀通常用于凝结水负荷非常小的场合。

表 CG-7. 双金属型蒸汽疏水阀的典型设计参数表

| | | |
|----------|-------------|---------------------------|
| 阀体与阀盖材质 | 不锈钢 | |
| 公称口径 DN | 15~25 | |
| 连接型式 | 螺纹承插 焊法兰 | 螺纹, NPT, 对焊, 承插焊 法兰 |
| 工作压力 MPa | 0~1.7225 | 1.378~6.201 |
| 排量 kg/h | 最大至 4989 | |

热静力型疏水阀的设计参数表

表 CG-8. 热静力型疏水阀的设计参数表

| 类别 | 压力平衡式 | | | | | 固体膨胀式 | | 液体膨胀式 |
|----------------|---------|--------|---------|--------|-------|-------|---------|------------|
| | 波纹管型 | | 膜盒型 | | | 双金属型 | | 恒温型 |
| 阀体 / 阀盖 材质 | 不锈 钢 | 青铜 | 不锈 钢 | 碳钢 | 青铜 | 碳钢 | 不锈 钢 | 不锈 钢 |
| 公称 口径 DN | 15, 20 | 15, 20 | 6~20 | 15, 20 | 15~25 | 15~25 | | 10, 15, 20 |

| 连接型式 | 螺纹承插焊 | 螺纹直式,角式 | 螺纹承插焊 | | 螺纹直式,角式 | 螺纹承插焊,对焊法兰 | | 螺纹 |
|----------|---------|---------|-------|-------|---------|------------|---------|---------|
| | | | | | | | | |
| 工作压力 MPa | 0~2.1 | 0~0.34 | 0~2.8 | 0~4.1 | 0~0.45 | 0~1.7 | 1.3~6.2 | 0~2.1 |
| 排量 kg/h | 至 1,560 | 至 720 | 至 32 | 至 35 | 至 430 | 至 5,000 | | 至 7,000 |

注：热静力型疏水阀也可以用来排放蒸汽系统中的空气。当空气积聚，温度下降，热静力空气放空口可以自动在整个压力操作范围内把稍低于饱和温度的空气排出。

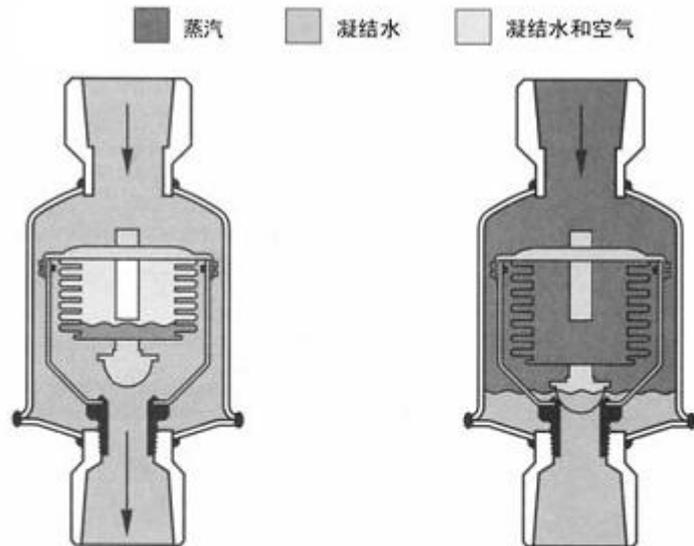
热静力型蒸汽疏水阀工作原理

静力型蒸汽疏水阀是靠蒸汽和冷却的凝结水及空气之间的温度差来工作的。对于压力平衡式疏水阀，蒸汽增加热静力元件内部的压力，使疏水阀关闭。随着凝结水和 不凝结气体在集水管内积存，温度逐渐下降，热静力元件收缩，使疏水阀开启。而疏水阀前凝结水积存的量，取决于负荷大小、蒸汽压力及管道尺寸。值得注意的是，不凝结气体有可能会积存在凝结水的后面。这种疏水阀主要用于凝结水负荷很低的场合。

对于固体膨胀式疏水阀，随着阀内温度的增加，其镍铬合金双金属元件开始膨胀，在蒸汽到达疏水阀之前，使疏水阀关闭，由此防止蒸汽泄漏。这种疏水阀重量轻，结构紧凑，耐水击。具有处理启动负荷大的能力。高压双金属疏水阀钛合金阀瓣/ 阀座可用于过热蒸汽系统下的恶劣环境，寿命长。

对于液体膨胀式疏水阀，传感排放阀是带热静力充蜡膜盒式自动阀，其只对凝结水温度做出反应。当凝结水的温度低至接近设定点时，阀口自动调节流量以维持恒定的凝结水排放水温。因此，多用于蒸汽伴热，凝结水回收管线防冻场所。

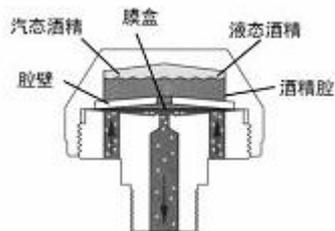
热静力型波纹管疏水阀的操作原理



1. 开车时，凝结水和空气被推至蒸汽的前端直接通过疏水阀。热静力波纹管元件完全收缩，阀门保持全开直到蒸汽到达疏水阀。

2. 随着疏水阀内的温度提高，充满液体的波纹管元件被迅速加热，其内部蒸发压力增加。当元件内部压力与压力达到平衡时。波纹管的热胀冷缩使元件膨胀，关闭阀门。当疏水阀的温度降到比饱和蒸汽温度低几度的时候，不平衡压力使波纹管收缩，打开阀门。

热静力膜合疏水阀的操作原理



压力平衡热静力型膜盒疏水阀的操作原理与图 CG-15 描述的压力平衡波纹管的操作原理非常相似。膜盒充添了部分液体。随着疏水阀内部的温度升高，充液膜盒被加热，增加了内部蒸发压力，当膜盒内部压力超过周围蒸汽压力时，膜盒片被迫压向阀座，使阀门关闭。凝结水和不凝结气体引起的温度下降会降低膜盒内部的压力而使阀座打开。

6. 蒸汽疏水阀的选型

短路

如果一个疏水阀与一个以上排放点连接，那么从某个或某些个单元来的凝结水和空气，就有可能到达不了该疏水阀。任何凝结速率的变化都会引起蒸气压降的变化。即使压力表显示不出来的压降，也会使从高压单元来的蒸气阻塞从低压单元来的空气或凝结水的流动。这样就会使低压单元的加热效率降低，输出减少，燃料浪费（参见图 CG-19 和图 CG-20）。

图 CG-19. 两个用汽单元共用一台疏水阀疏水，称作成组排放，可能会引起短路。

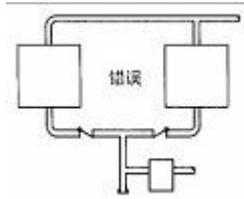
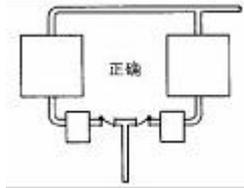


图 CG-20. 每个单元使用自己的疏水阀时，不会发生短路，并可确保效率的提高



蒸汽疏水阀选型的基本原则

单元疏水实际上是用疏水阀对系统中各个单台蒸汽凝结设备（包括每一台汽包或盘管）单独疏水。在下面“短路”一节中解释了为什么采用单元疏水，而不采用成组型集中疏水。

依靠经验 可以依靠过去的经验选择疏水阀。这种经验可以是您自己的，也可以是阿姆斯壮国际公司的专有技术诀窍，还可以是其它人从相同设备的疏水中得来的。

自我选型 在我公司选型软件的帮助下，您可以轻松地进行选型，即便在没有计算机软件帮助的情况下，只要取得以下信息，也可以进行自我选型：

1. 凝结水负荷，kg/h；
2. 所用安全系数；
3. 压差，MPa；
4. 最大允许压力，MPa。

1. **凝结水负荷** 本手册“凝结水怎样排放”中（CG-17 至 CG-43）包括了计算公式，蒸汽凝结速率和正确的选型程序。

2. **安全系数或经验系数的选取** 用户会发现，在蒸汽疏水阀的选型过程中，必须考虑安全系数。比如，一组盘管一小时的凝结水量是 250 kg，但是在选择疏水阀的时候，考虑整个系统的

安全运行，要求选用处理量为每小时 750 kg 的疏水阀。这个 3:1 的安全系数，考虑到了凝结速率的变化，偶尔出现的压降和系统设计的各种因素。

安全系数可以从 1.5 到 10。本手册中的安全系数是以用户多年的使用经验为基础的。

结构影响安全系数比一般的负荷和压力变化更重要的是，蒸汽加热单元本身的设计。参见图 CG-21，CG-22，CG-23。

蒸汽疏水阀的选型

为了能使上述各种疏水阀充分发挥作用，在给定工作条件下正确选择疏水阀并适当地安装维护，是至关重要的。编制本手册的目的之一，就是要为实现这一目的提供技术资料。蒸汽疏水设备的实际选型和应用应该由有经验的人员来进行。选型和安装也不应该离开有经验的技术人员的协助和指导。本手册不能代替这种技术协助和指导。我们鼓励用户与我公司及其代理商联系

7. 蒸汽凝结水如何排放

蒸汽输配系统凝结水怎样排放

蒸汽输配系统连接着锅炉和使用蒸汽的各个设备，它把蒸汽送到工厂里任何需要热能的地方。整个蒸汽输配系统由三个主要部分组成，它们分别是锅炉分汽缸、蒸汽主管和支管。其中每一个组成部分，都用于满足系统的一个要求，并与蒸汽汽水分离器、蒸汽疏水阀一起组成了一个完整、有效的蒸汽输配系统。

集水管

在所有蒸汽供应系统主管线上，一般每隔一段间隔都需要一个集水管（参见图 CG-27）。这些集水管被用来：

1. 让凝结水利用自身重力，从快速通过的蒸汽中分离出来。
2. 把瞬时大量的凝结水集存起来，直到其压差能够使它通过疏水阀排放出去。

图 CG-27. 蒸汽管与集水管

集水管直径尺寸选择合适的话才可以捕集住凝结水。如果太小，就有可能产生“短笛”效应，即凝结水会被蒸汽高速流动产生的压降从疏水阀

中抽回主管。参见 CG-19 页

表 CG-13。分汽缸直径在 100

mm 以下时，集水管直径和分

汽缸直径一样。100 mm 以

上时，集水管直径是分汽缸直径

的 1/2，但不得小于 100 mm。

| 被排放设备 | 第一选择和特性代码 | 替换选择 |
|-------|-----------------------|------|
| 锅炉分汽缸 | IBLV M, E, L, N, B, Q | *F&T |

*在过热蒸汽场合不使用浮球型疏水阀，而使用带内置止回阀的抛光阀瓣及阀座的倒置桶型疏水阀。

| 被排放设备 | 第一选择、特性代码及替换选择 | 0-0.2 MPa | 0.2 MPa 以上 |
|-------|------------------------------|-----------|------------|
| 蒸汽主管和 | B, M, N, L, F, E, C, D, Q | *IB | *IB |
| 支管无冰冻 | 替换选择 | F&T | **F&T |
| 蒸汽主管和 | B, C, D, E, F, L, M, N, Q, J | *IB | *IB |
| 支管有冰冻 | 替换选择 | 热静力或 CD | 热静力或 CD |

*压力波动应带内置止回阀。

**超过浮球型疏水阀压力/温度限制时使用倒置桶型 IBLV 疏水阀。注：在过热蒸汽场合应使用带内置止回阀的抛光阀瓣及阀座的倒置桶型疏水阀。

锅炉分汽缸

分汽缸是一种特殊的蒸汽主管，它能接受一台或一台以上锅炉送来的蒸汽。它常常是一根平放的管子，从管子上部接受蒸汽，然后送到蒸汽主管中去。蒸汽送入供汽系统之前，用疏水阀把分汽缸内的任何夹带物（锅炉水和固体杂物）排掉是很重要的。安装在分汽缸上的疏水阀，必须具有被夹带的大块污物一出现就能排除的能力。在选择这种疏水阀时，还应考虑它的抗水击能力。

分汽缸用疏水阀的选型和安全系数（仅对饱和蒸汽而言）所有安装在分汽缸上的疏水阀的安全系数，我们认为应该选用 1.5。疏水阀的排量可用下列公式计算出来：

疏水阀排量=安全系数 × 与各锅炉连接的负荷 × 预计夹带量（一般取 10%）

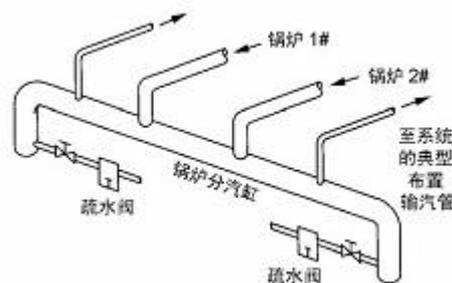
举例：在连接负荷为 25,000kg/h，预计夹带量为 10% 的情况下，应该选用多大尺寸的疏水阀？

使用公式：所用疏水阀排量=1.5 × 25,000 × 0.10=3,750 kg/h

对凝结水污物及时排放、极好的抗水击性能、在非常低负荷下的高效运行等特点，使得倒置桶型蒸汽疏水阀成为最适合这种场合使用的首选疏水阀。

安装 如果蒸汽是单向通过分汽缸的话，在下游端安装一个疏水阀就足够了。如果蒸汽是从中心点进入分汽缸（参见图 CG-28），或是类似双向蒸汽气流分布的话，应该在分汽缸的两端各安装一个疏水阀，以保证顺畅疏水。

图 CG-28. 锅炉分汽缸



蒸汽主管

蒸汽疏水阀最常用的一个场合就是蒸汽主管疏水。为了让使用蒸汽的设备能够正常运行，主管里需要保持无空气、无凝结水。蒸汽主管上的疏水阀如果选择不当的话，会引起水击以及凝结水中夹带的污物可能损坏控制阀及其它设备。

可以用两种方法来预热蒸汽主管：监督法和自动法。

监督法预热被广泛地用于大管径和长距离主管的初始预热中。使用方法是，在蒸汽到达主管之前把集水点阀门完全打开，使之自由向大气吹放。在所有或大部分预热凝结水被排放之前，这些阀

不能关闭。然后由疏水阀排出工作条件下产生的凝结水。发电厂主管线的预热大多采用这样的程序。

锅炉点火时，让主管路和部分或全部设备在没有人工帮助或监督下，达到压力和温度的方法，叫做自动预热法。

注意：无论那一种预热方法，都应该为预热期留有足够的时间，以减少热应力对系统的伤害。

蒸汽主管疏水阀的选型和安全系数（只对饱和蒸汽而言）

应该按照运行负荷下，热辐射损失产生的凝结水来选择疏水阀。如果按照开车时的负荷选择疏水阀，会引起疏水阀选型过大，这样会产生过早磨损。应该按照在低压预热条件下收集凝结水的情况，确定集水管的尺寸（参见 CG-19 页表 CG-13）。保温管道的凝结水负荷可由表 CG-10 查出。表中所有数据，按 75% 的保温效率来考虑。表中没有包括的压力或管径下的凝结水量可用下列公式计算出来：

$$C = A \times U \times (T_1 - T_2) E / H$$

其中：

C = 凝结水量，kg/m · h

A = 管子外表面积，m²/m(表 CG-10，第 2 栏)

U = kJ/m² · h，查 CG-19 页曲线图 CG-7。

T1 = 蒸汽温度，

T2 = 空气温度，

E = 1-保温效率（例如：保温效率=75%，1-0.75=0.25 或 E=0.25）

H = 蒸汽潜热（参见第 CG-3 页蒸汽性能数据表）kJ/kg

锅炉和蒸汽主管末端之间安装的疏水阀的安全系数为 2:1。安装在主管末端，或部分时间关闭的减压阀和切断阀前的疏水阀的安全系数为 3:1。

由于倒置桶型疏水阀能够处理凝结水的脏物和污物，并能抗水击，所以我们推荐使用倒置桶型疏水阀。另外，即使倒置桶型疏水阀出现故障的时候，它一般也是处于开的位置。

安装 两种预热方法都应在所有低点或自然排放点使用集水管及疏水阀，比如：

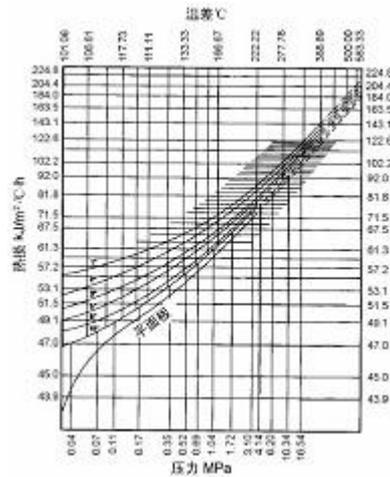
提升管之前；

主管末端；

膨胀节或弯头前；

阀门或调节阀前等。

曲线图 CG-7. 热损失曲线图



即使在沒有自然排放點的地方，也應該安裝集水管和疏水閥（參見圖 CG-29，圖 CG-30 和圖 CG-31）。通常每隔 90 m 設一疏水點，但絕對不要超過 150 m。

在採用監督預熱法時，集水管的長度至少要是主管道直徑的

1.5 倍，但絕對不要小於 250 mm。自動預熱時，集水管長度至少要 700 mm。對於這兩種方法，100 mm 以下的蒸汽主管道，集水管直徑最好與主管相同；100 mm 以上的管道，集水管直徑至少要是主管道直徑的 1/2，但絕對不應小於 100 mm（參見表 CG-13）。

蒸汽主管

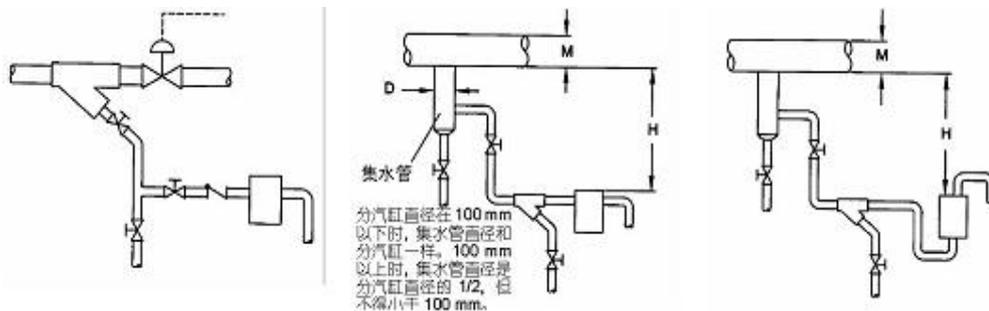


圖 CG-29. 減壓閥前應通過過濾器疏水

圖 CG-30. 蒸汽主管疏水應通過集水管疏水。

CG-31. 提升管上的疏水閥排放管與蒸汽主管的距離“H”（m）除以 100 等於通過疏水閥的靜壓頭 MPa。

支管

支管指連接蒸汽供應主管與使用蒸汽的特定設備之間的管線。整個系統的設計和連接都應該防止在任何一點上出現凝結水積聚。

用於蒸汽支管的疏水閥的選型和安全系數 蒸汽支管中凝結水負荷的計算公式與蒸汽主管中使用的公式一樣。支管中用的安全系數也推薦使用 3。

安裝 主管與調節閥之間的距離少於 3 m 時，推薦管徑參見圖 CG-32，距離在 3 m 以上時的管徑參見圖 CG-33。當調節閥必須安在主管下面時，管徑可參見圖 CG-34。

在系统中的每一个调节阀前和减压阀前，都要安装一个与管径相同的过滤器。使用倒置桶型疏水阀时，应使用排污阀。蒸汽系统开始投运几天以后，应该检查过滤器的滤网，看它是否需要清洗。

汽水分离器

蒸汽汽水分离器用于去除蒸汽供应系统所产生的凝结水。特别是在要求使用干燥蒸汽的设备之前，经常使用汽水分离器。汽水分离器还经常使用在二次蒸汽管线上，因为二次蒸汽里夹带很大比例的凝结水

支管线

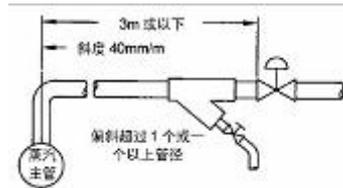


图 CG-32. 长度小于 3 m 的管线一般不需要疏水阀，除非返回锅炉分汽缸的斜率小于 40 mm/m

对于汽水分离器上用的蒸汽疏水阀的选型，必须注意它的处理凝结水污物的能力、抗水击的能力和在小负荷下工作的能力。

用于分离器的疏水阀选型和安全系数的安全系数：在各种情况下一律采用 3。使用下列公式可以算出所需疏水阀的排量：

疏水阀要求排量 (kg/h) = 安全系数 × 蒸汽流量 (kg/h) × 预测凝结水百分比 (一般为 10% 到 20%)。

举例：在流量为 4,500 kg/h 时，蒸汽疏水阀的尺寸应该是多少：

疏水阀排量 = $3 \times 4,500 \times 0.10 = 1,350$ kg/h

在使用汽水分离器时，建议使用带大排空气孔的倒置桶型疏水阀 (IBLV)。当污物和水击不是主要问题时，也可以采用浮球型疏水阀。在很多场合，自动差压型凝结水控制器也可以使用。它把上述两种疏水阀的优点结合了起来，用于凝结水负荷过大，超过分离器能力时的场合。

安装

疏水阀应该装在分离器排放管上，距离分离器底部 250 至 300 mm，集水管管径应相同 (参见图 CG-35)

图 CG-33. 长度大于 3 m 的管，在调节阀前需要集水管和疏水阀。如果排放管接的是倒置桶型疏水阀，可以用控制阀前的过滤器来代替集水管，这可以减轻过滤器的清洗问题。疏水阀应带内置式止回阀，或在疏水阀前安装一个旋启式止回阀。

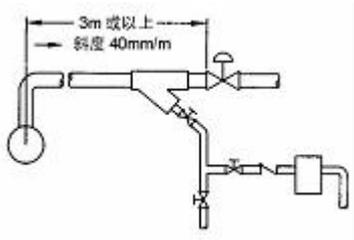


图 CG-34. 不管管线有多长，只要调节阀装在蒸汽供应管线之下，阀前就要有集水管和疏水阀。如调节阀上方有盘管，疏水阀应安装在调节阀的下游侧。

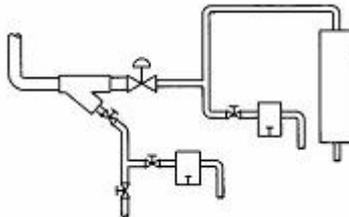
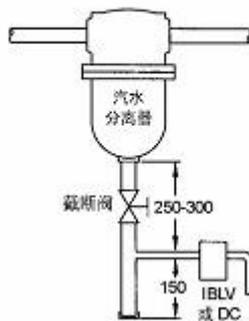


图 CG-35. 汽水分离器下部要求有足够尺寸的集水管或污物管，以确保凝结水及时流入蒸汽疏水阀。

汽水分离器



蒸汽输配系统凝结水怎样排放 (表) 1

| 表 CG-12. 管道重量, kg/m | | | | |
|---------------------|--------|--------|---------|-------|
| 公称通径 DN | 规格 40# | 规格 80# | 规格 160# | >160# |
| 25 | 2.52 | 3.23 | 4.24 | 5.45 |
| 32 | 3.53 | 4.46 | 5.60 | 7.75 |
| 40 | 4.05 | 5.40 | 7.23 | 9.54 |
| 50 | 5.43 | 7.47 | 11.09 | 13.44 |
| 65 | 8.62 | 11.40 | 14.90 | 20.37 |
| 80 | 11.27 | 15.25 | 21.31 | 27.65 |
| 90 | 13.56 | 18.62 | - | 34.01 |
| 100 | 16.06 | 22.29 | 33.63 | 40.98 |
| 125 | 21.76 | 30.92 | 49.05 | 57.37 |
| 150 | 28.23 | 2.52 | 67.41 | 79.11 |

| | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 200 | 42.49 | 64.57 | 111.17 | 107.77 |
| 250 | 60.24 | 81.46 | 172.63 | - |
| 300 | 79.77 | 131.85 | 239.60 | - |
| 350 | 93.76 | 159.24 | 282.76 | - |
| 400 | 123.52 | 203.88 | 364.61 | - |
| 450 | 156.26 | 254.48 | 459.85 | - |
| 500 | 183.05 | 311.03 | 546.02 | - |
| 600 | 254.48 | 441.99 | 806.60 | - |

蒸汽输配系统凝结水怎样排放 (表) 3

| 表 CG-10. 保温管道在大气 21 时输送饱和蒸汽时的凝结水量 (假定保温效率为 75%) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 压力 MPa | | 0.103 | 0.21 | 0.41 | 0.86 | 1.24 | 1.73 | 3.1 | 4.1 | 6.2 |
| 公称 通径 DN | 管子 外表 面积 m ² /m | 每米管线每小时凝结水量 Kg/m.h | | | | | | | | |
| | | 25 | 0.105 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.15 | 0.18 | 0.21 | 0.277 |
| 32 | 0.132 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.18 | 0.21 | 0.25 | 0.344 | 0.406 | 0.534 |
| 40 | 0.151 | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.21 | 0.24 | 0.28 | 0.388 | 0.481 | 0.604 |
| 50 | 0.190 | 0.12 | 0.15 | 0.19 | 0.25 | 0.30 | 0.34 | 0.476 | 0.564 | 0.741 |
| 65 | 0.230 | 0.15 | 0.18 | 0.22 | 0.30 | 0.36 | 0.42 | 0.571 | 0.676 | 0.887 |
| 80 | 0.278 | 0.18 | 0.21 | 0.27 | 0.38 | 0.42 | 0.49 | 0.685 | 0.813 | 1.083 |
| 90 | 0.319 | 0.19 | 0.24 | 0.30 | 0.40 | 0.48 | 0.57 | 0.774 | 0.918 | 1.201 |
| 100 | 0.359 | 0.22 | 0.27 | 0.33 | 0.45 | 0.54 | 0.64 | 0.860 | 1.021 | 1.335 |
| 125 | 0.444 | 0.27 | 0.33 | 0.40 | 0.55 | 0.65 | 0.78 | 1.035 | 1.225 | 1.604 |
| 150 | 0.529 | 0.30 | 0.37 | 0.48 | 0.65 | 0.76 | 0.88 | 1.204 | 1.427 | 1.865 |
| 200 | 0.689 | 0.40 | 0.48 | 0.61 | 0.82 | 0.98 | 1.13 | 1.564 | 1.851 | 2.423 |
| 250 | 0.857 | 0.45 | 0.58 | 0.76 | 1.01 | 1.16 | 1.40 | 1.836 | 2.275 | 3.005 |
| 300 | 1.018 | 0.57 | 0.68 | 0.86 | 1.19 | 1.37 | 1.65 | 2.290 | 2.710 | 3.561 |
| 350 | 1.119 | 0.68 | 0.76 | 0.97 | 1.29 | 1.53 | 1.80 | 2.512 | 2.975 | 3.905 |
| 400 | 1.280 | 0.70 | 0.85 | 1.10 | 1.47 | 1.77 | 2.05 | 2.868 | 3.385 | 4.480 |
| 450 | 1.436 | 0.79 | 0.95 | 1.26 | 1.65 | 1.95 | 2.28 | 3.201 | 3.795 | 4.987 |
| 500 | 1.600 | 0.86 | 1.06 | 1.36 | 1.83 | 2.16 | 2.53 | 3.552 | 4.212 | 5.544 |
| 600 | 1.915 | 1.01 | 1.25 | 1.62 | 2.18 | 2.53 | 3.02 | 4.216 | 5.008 | 6.588 |

蒸汽伴热管线凝结水怎样排放

蒸汽伴热管用于保持主管线里液体的温度均匀一致。在绝大多数场合下，这些伴热管都是在室外使用，它主要考虑的是环境气候条件。

蒸汽疏水阀在蒸汽伴热管线上的主要用途是，保持管线中的蒸汽，直到它的潜热被充分利用完，然后排掉凝结水和非凝结气体。其实，任何一台热交换设备，每一条件热管线都应该有自己的蒸汽疏水阀。尽管在多路伴热中，疏水阀有可能安装在同一回水管线上，但是一定要采用单元疏水以避免发生短路现象。参见 CG-15 页。

在选择蒸汽疏水阀时，应该重点考虑它们与所有系统的兼容性，这样的疏水阀必须是：

1. 通过长期可靠运行，能达到节能的目的。
2. 可以及时定期排放蒸汽管线中的凝结水和空气。
3. 能在低负荷下运行。
4. 停供蒸汽时，能够抗冰冻损害。

蒸汽伴热管线上疏水阀的选择一条蒸汽伴热管线所产生的凝结水负荷，可以通过使用下列公式从管线的热损失中计算出来：

其中 $Q = L \times U \times T \times E/S \times H$

$Q =$ 凝结水负荷，kg/h

$L =$ 蒸汽伴热管上各疏水阀之间管线的长度，m

$U =$ 热传导系数， $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h}$ (见 CG-19 页曲线图 CG-7)

$T =$ 温差，

$E = 1 -$ 保温效率 (例如：保温效率为 75% ，则 $1 - 0.75 = 0.25$ 或 $E = 0.25$)

$S =$ 管道单位外表面积的线性长度 m/m^2 (见 CG-53 页表 CG-29)，

$H =$ 蒸汽潜热， kJ/kg (见 CG-3 页，蒸汽表格)

蒸汽伴热管线典型安装图

图 CG-36、图 CG-37

| 被排放设备 | 第一选择和特性代码 | 替换选择 |
|-------|------------------------|---------|
| 伴热管线 | *IB A,B,C,L,J,N,I,K | 热静力或 CD |

*蒸汽水阀选择 5/64 的阀座孔可节约能源，避免脏物和水垢的堵塞

| 公称通径 DN | 铁管 | 铜管 |
|---------|------------------|------------------|
| | m/m ² | m/m ² |
| 15 | 14.93 | 25.03 |
| 20 | 11.93 | 16.70 |
| 25 | 9.51 | 12.53 |
| 32 | 7.55 | 10.01 |
| 40 | 6.59 | 8.37 |
| 50 | 5.28 | 6.27 |
| 65 | 4.36 | 4.99 |
| 80 | 3.58 | 4.17 |
| 100 | 2.78 | 3.13 |

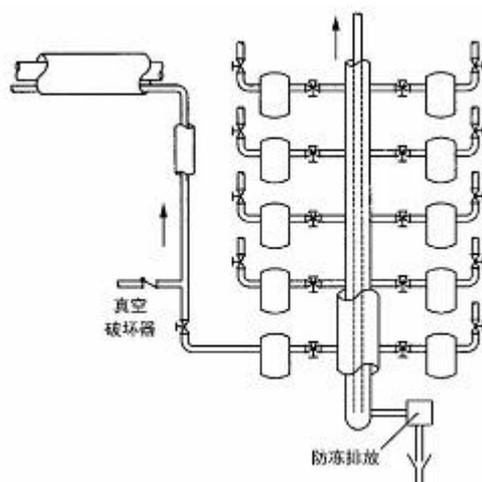
举例：蒸汽压力为 0.7 MPa,管径 500 mm, 长度为 30 m 的保温蒸汽输送管线上的 3 条件热管线, 用来保证产品温度 88 。室外设计温度为零下 23 。进一步假定保温效率为 75% , 凝结水负荷是什么？

$$Q=30 \times 49.8 \times (88+23) \times (1-0.75)/0.627 \times 2048= 32 \text{ kg/h}$$

然后除以 3, 得出每条伴热管线的负荷为 11 kg/h。

在绝大多数蒸汽伴热管线中, 流往蒸汽疏水阀的凝结水量非常小, 所以, 一般都使用最小的疏水阀。根据长期可靠节能, 处理低负荷, 抗冻和能清洗系统等特点, 倒置桶型疏水阀被推荐使用在蒸汽伴热管线上。

图 CG-38. 蒸汽伴热管线典型安装图



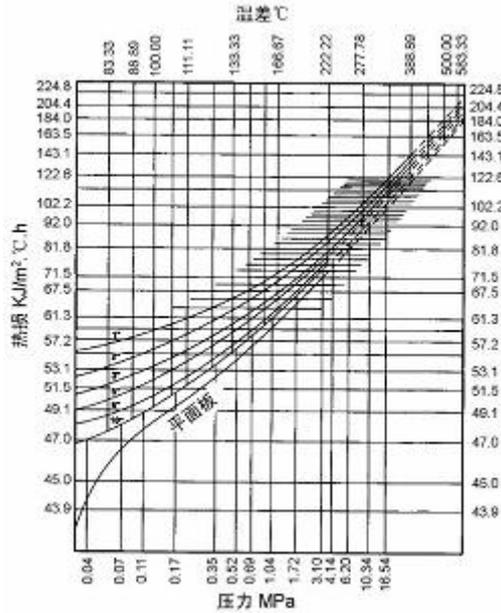
安全系数 无论是否暴露在环境气候条件下, 安全系数都选用 2。蒸汽疏水阀和蒸汽伴热管都不要选的过大。蒸汽疏水阀可选用最小的阀座孔。

安装

需要伴热的介质输送管线, 一定要安装在伴热管的上部。为了有效地排放凝结水和去除非凝结物, 伴热管要有一个斜度, 以便利用重力把所有低点的凝结水都排完。这样做将有利于伴热管的防冻 (参见图 CG-36 , 图 CG-37 和图 CG-38)。

为了节能, 应把凝结水返回到锅炉。在疏水阀前安装一个真空破坏器, 以保证停车时重力排放系统能正常工作。当天气寒冷时, 建议在疏水阀排放集水管上做防冻处理。

曲线图 CG-10. 热损曲线图



在 24 的静止空气中，各种饱和蒸汽压力或温差下，不同管径（或平面）的未保温管道的单位热损失。

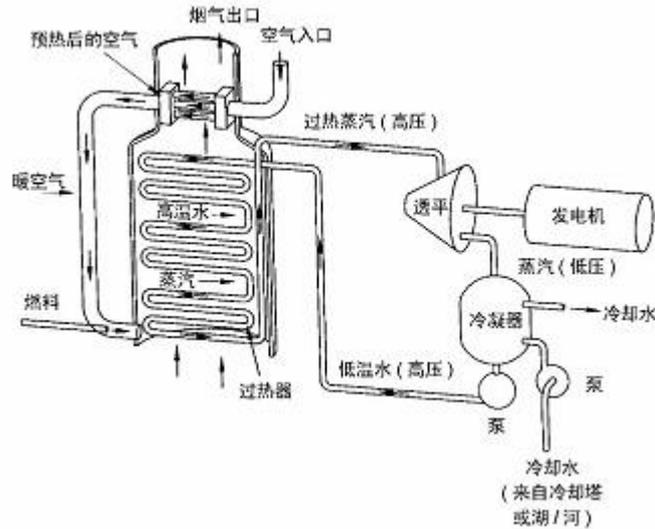
过热蒸汽管线凝结水怎样排放

乍一看，这一问题可能让人困惑。因为一般概念认为过热蒸汽是不会产生凝结水的，所以输送过热蒸汽的管路内不应有任何凝结水。当系统达到要求温度和压力时，确实如此；但在此之前，系统仍然需要疏水。本节要解释过热蒸汽概念及其应用。物质的比热是使 1 kg 物质温度升高 1 所需要的热量。按这一定义，水的比热为 $4.18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{℃}$ 。过热蒸汽的比热随温度和压力的变化而不同。温度增加时，比热减少；压力升高时，比热增加。通常，过热蒸汽是通过在锅炉内或锅炉烟道区另加盘管利用锅炉“废热”得到的。或者，在蒸汽总管上另加过热室。以下为带过热段的蒸汽发电机组的简图。

过热蒸汽的性质

过热蒸汽的一些性质使过热蒸汽可作为理想的做功和传质介质，但不适于作为热能交换介质。与饱和蒸汽不同，过热蒸汽的温度和压力是彼此独立的。因为过热蒸汽是在饱和蒸汽的压力下形成的，只是温度升高，体积增大。在高能率锅炉上，汽包相对较小，汽水分离特别困难。汽包内的少量水在快速负荷冲动下，形成工质膨胀压缩，加剧蒸汽对水的携带。

图 CG-39. 蒸汽发电机组



这些携带的水可以通过锅炉蒸汽出口的分离器和疏水阀去除。但是在需要干蒸汽的设备上，这些分离措施不能达到 100% 的分离效果，需要在锅炉的炉膛内另加过热盘管作为对流换热通道。蒸汽在这里吸收热量，使携带的水汽化，并增加少量过热，确保绝对干蒸汽。

由于过热蒸汽在变回到饱和蒸汽之前只能给出很少的热量，所以它不是一个很好的传热介质。在某些过程中，如发电厂，为了做功，需要加热干蒸汽。不管是那种发电设备，过热都能帮助减少冷启动时的凝结水量。过热蒸汽还能推迟设备膨胀级的蒸汽凝结，从而增加功率输出。增加排汽端的干度能增加透平叶片的使用寿命。过热蒸汽能损失热而不凝结成水，而饱和蒸汽却做不到这一点。因此，过热蒸汽可以输送很长的距离而不凝结。这样就可以在全是蒸汽的系统中输送干蒸汽。

为什么给过热蒸汽系统疏水？

给过热蒸汽系统疏水的首要原因是启动负荷。由于蒸汽总管的尺寸很大，启动负荷可以很大。启动时，由于有时间开、关阀门，很可能使用手动阀。这就是所谓监督启动。给过热蒸汽系统疏水的第二个原因是应对紧急情况，如失去过热器或过热器旁路，这时可能需要用饱和蒸汽运行。在这些事故中，没有手动开启阀门的时间；因此，需要蒸汽疏水阀。

以上情况下，都必须正确为疏水阀选型。像任何蒸汽系统中一样，必须除去凝结水，以保持高效率，并将有害的水击和腐蚀减少到最小限度。

确定过热蒸汽疏水负荷

过热蒸汽管路的疏水负荷变化很大，从极大的启动负荷到运行时的基本无负荷。因此，对于任何蒸汽疏水阀来说，这都是很苛刻的应用条件。开车时，庞大的冷态管路中充满蒸汽。此时，管路中只有低压饱和蒸汽，直至管路的温度升高。为了使管路不产生热应力，这一过程很缓慢，要较长的时间。大流量凝结水和低压的启动工况要求使用大疏水流量的疏水阀。这些过大的疏水阀在随后的正常过热运行工况下，又需要运行在高压低疏水流量下。

典型的启动负荷可以粗略地用下面的公式计算：

$$C = 0.447WP(t_1 - t_2) / H$$

其中：

C = 凝结水量，单位为 kg；

W_p = 管道总重量（查自 CG-18 页表 CG-12）

H = 压力 X 下的焓值减去压力 Y 下的显热（蒸汽的潜热。对于较长的预热时间，用过热蒸汽供汽压力（X）下的饱和蒸汽焓减去预热期间平均压力（Y）下的饱和蒸汽显热）；

0.447 = 钢管的比热，单位是 kJ/kg ·

举例：

设加热速率为 37 /h，直径 350 mm 的美标管道规格 80 管道，供过热蒸汽压力为 85 bar，温度 577，环境温度为 21，相邻疏水阀间管长 61 m。

最初的两小时内：

W=61 m × 159.1 kg/m=9707 kg，

t(2)-t(1)=132-21=111

H=2755.6 kJ/kg-456.7 kJ/kg=2299 KJ/kg

C= (0.477 kJ/kg · × kg 9707 × 111)/2299 kJ/kg =224 kg

在随后两小时内：

唯一改变的是这一期间平均压力下饱和蒸汽的显热。

C= (0.477 kJ/kg · × kg 9707 × 111)/1977 kJ/kg =260 kg

| 时段 | 平均压力 (MPa) | 时段终止温度() | 14 管路凝结水生成速率 (kg/h) |
|------------|------------|-----------|-----------------------|
| 第 1 个 2 小时 | 0.035 | 132 | 112 |
| 第 2 个 2 小时 | 0.98 | 243 | 130 |
| 第 3 个 2 小时 | 4.9 | 354 | 160 |
| 第 4 个 2 小时 | 8.5 | 465 | 131 |
| 第 5 个 2 小时 | 8.5 | 577 | 118 |

注：对于平均压力（8.5 MPa），设 H 为 8.5 MPa 下蒸汽的汽化潜热加上时段终止温度下的过热热量。

为了确保高效排除凝结水，在过热蒸汽系统安装疏水阀时，还应正确选择凝结水集水管的尺寸和疏水阀接管尺寸。CG-19 页上的表 CG-13 列出各种接管直径下的适用凝结水集水管尺寸。

关于凝结水集水管、疏水阀接管及疏水阀是否需要加保温层的问题，回答是不加。除非根据安全要求必须加保温层外，蒸汽系统中的这一部分不应加保温层。这样做可以保证在疏水阀之前的接管中能连续生成凝结水并流入疏水阀内，以延长疏水阀的使用寿命。

过热蒸汽疏水阀的类型双金属型

在 凝结水冷却到低于饱和温度之前，双金属型疏水阀不会开启。在已有压力下，只要疏水阀内有蒸汽，不管蒸汽温度的高低，疏水阀保持关闭。蒸汽温度升高时，双金属元件的拉力变大，为阀门提供更大的密封力。过热蒸汽能更好地密封阀门。双金属型疏水阀还能胜任大的起动负荷。出于这些原因，这种疏水阀是过热蒸汽疏水的 正确选择。

在过热运行中，这种疏水阀内的凝结水必须冷却到低于饱和温度，疏水阀才能开启。如果疏水阀

之前的凝结水集水管的直径和长度不够大的话，凝结水可能回流到管路中，可能损坏管路、阀门和设备。

倒置桶型

倒置桶疏水阀内的水封可以防止过热蒸汽接近疏水阀的排放孔，保证不损失新鲜蒸汽并延长使用寿命。排放孔位于疏水阀的顶部，使污物不易沉积并允许排除空气。这种疏水阀能胜任大的起动负荷，又适用于小的运行负荷。在过热系统中应用倒置桶型疏水阀存在的主要问题是保持其水封，因此应加装止回阀。

为了保持倒置桶疏水阀中的“初始充水”，必须正确接管，过热系统倒置桶的疏水阀的正确接管可参考 CG-19 页上的图 CG-31。选定过热蒸汽疏水阀的规格时，选定起动负荷不需安全系数。应根据最高压力、温度及过热度选定阀体材料。

空间加热设备如何疏水

空间加热设备在各种工业生产中都能见到，诸如：风机盘管、空气加热器、散热器和管道盘管等，这些都是非常基本的工艺生产设备，而且平时几乎不需要维修。因此，这些设备上的疏水阀通常也是长期被忽视的。这种忽视所产生的问题之一就是，在加热盘管里积存的凝结水，会由于冰冻、腐蚀和水击而损坏设备。

疏水阀的选型和安全系数

不同的场合，包括使用恒压或压力变化蒸汽，决定了疏水阀的类型和尺寸。有两种标准方法选择盘管用的疏水阀：

1. 蒸汽压力稳定的情况

倒置桶型和浮球型疏水阀在工作压差下使用的安全系数是 3。

2. 蒸汽压力不稳的情况

浮球型和带热敏元件的倒置桶型疏水阀

蒸汽压力 0-0.1 MPa：按 0.003 MPa 压差下的排量，安全系数为 2。

蒸汽压力 0.1-0.2 MPa：按 0.014 MPa 压差下的排量，安全系数为 2。

蒸汽压力大于 0.2 MPa：按最大压差的一半时的排量，安全系数为 3。

不带热敏元件的倒置桶型疏水阀仅在蒸汽压力超过 0.2 MPa 时，按最大压差一半时的排量，安全系数为 3。

风机盘管和空气加热器的疏水阀选择

可以用三种方法计算出处理的凝结水量。只要知道工作条件就可以确定使用哪一种方法。

1. 热量法 风机盘管和其它空气加热盘管的标准等级是，加热器蒸汽压力为 0.014 MPa，进口空气温度为 15.6 时的热量输出。把标准等级换算成实际等级时，可使用表 24-1 中的换算系数。一旦得到实际工作条件，就可以用适当的安全系数去乘凝结水负荷。

2. 温升法 如果只知道风机的能力 ($CMM=m^3/min$) 和空气温升，使用下列简单的计算公式，就可以得出实际热量值。凝结水负荷= $CMM \times 72 \times$ 温升

举例：对于一台产生 44 温升，需要排放 $100 m^3/min$ 的加热器，应该选择多大的疏水阀？（蒸汽压力为恒压 0.4 MPa）。

将数值带入上述公式

$$100 \times 72 \times 44 = 316800 \text{ kJ/h}$$

现在用 2105.7 kJ/h (从蒸汽特性表来) 除 340560 kJ/h , 等于 162 kg/h , 再乘以所建议的安全系数 3 , 得出在这种情况下 , 排量为 486 kg/h 的疏水阀。

上述公式中系数 72 是这样导出的

$$1 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.2 \text{ kg 空气}/\text{m}^3 = 72 \text{ kg 空气}/\text{h}$$

$$72 \times 1 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot (\text{空气的比热})$$

$$= 72 \text{ kJ}/\text{h} \cdot$$

3. 凝结水法一旦确定了热量输出就可以 :

a. 用所用蒸汽压力下的蒸汽潜热去除热量输出。参见 CG-27 页表 CG-16 中的第二栏或 CG-3 页的蒸汽特性数据表 , 将得出蒸汽凝结水的实际重量。使用经验法则估算 , 用 2,000 去除热量输出。

b. 用安全系数去乘以蒸汽凝结水的实际重量 , 就可以得出所要求的疏水阀连续排放量。

曲线表 CG-11. 多管盘管确定疏阀流量的乘数

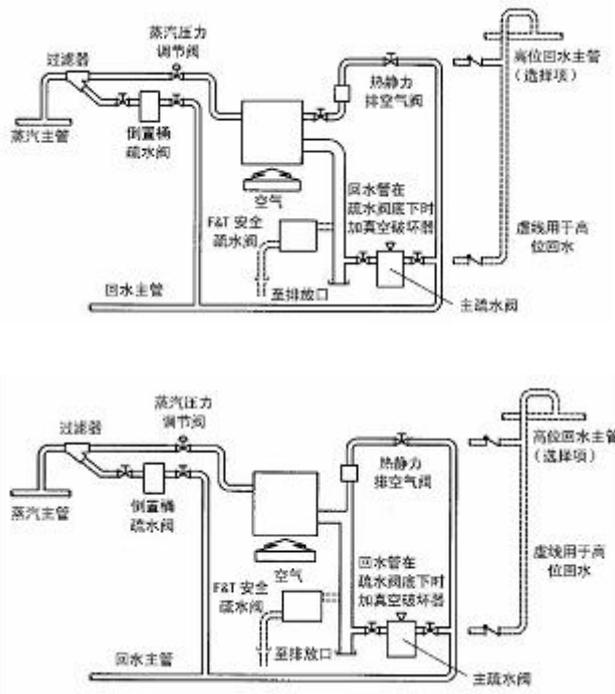
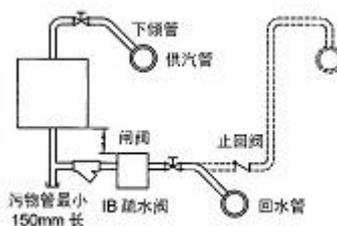
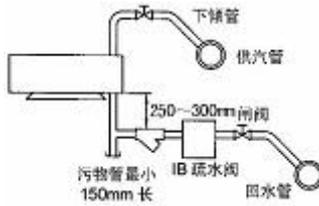


图 CG-41. 空气加热盘管的疏水和排气图





CG-43. 立式排放加热器通用管道布置及疏水 (0.1 MPa 以下)

表 CG-16 表 CG-17 表 CG-18 表 CG-19

表 CG-16. A 表非标准条件下确定单元加热器热量输出的常数表。(标准条件为蒸汽压力 0.014 MPa. 室温 16 。使用时, 所有常数乘以加热器的标准热量能力等级)

| 蒸汽压力 MPa | 蒸汽潜热 kJ/kg | 空气进入温度 | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | -23.3 | -17.8 | -12.2 | -6.7 | -1.1 | 4.4 | 10.0 | 15.6 | 21.1 | 26.7 | 32.2 | 37.8 |
| 0.014 | 2247.5 | - | - | - | - | - | 1.155 | 1.078 | 1.000 | 0.926 | 0.853 | 0.782 | 0.713 |
| 0.034 | 2234.4 | 1.640 | 1.550 | 1.466 | 1.370 | 1.289 | 1.206 | 1.127 | 1.050 | 0.974 | 0.901 | 0.829 | 0.760 |
| 0.083 | 2215.1 | 1.730 | 1.639 | 1.545 | 1.480 | 1.375 | 1.290 | 1.211 | 1.131 | 1.058 | 0.982 | 0.909 | 0.838 |
| 0.103 | 2199.1 | 1.799 | 1.708 | 1.614 | 1.525 | 1.441 | 1.335 | 1.275 | 1.194 | 1.117 | 1.043 | 0.970 | 0.897 |
| 0.138 | 2184.7 | 1.861 | 1.769 | 1.675 | 1.584 | 1.498 | 1.416 | 1.333 | 1.251 | 1.174 | 1.097 | 1.024 | 0.952 |
| 0.207 | 2159.5 | 1.988 | 1.871 | 1.775 | 1.684 | 1.597 | 1.500 | 1.429 | 1.346 | 1.266 | 1.130 | 1.115 | 1.042 |
| 0.276 | 2138.1 | 2.058 | 1.969 | 1.862 | 1.771 | 1.683 | 1.596 | 1.511 | 1.430 | 1.349 | 1.270 | 1.194 | 1.119 |
| 0.345 | 2119.3 | 2.134 | 2.035 | 1.936 | 1.845 | 1.755 | 1.666 | 1.582 | 1.498 | 1.416 | 1.338 | 1.262 | 1.187 |
| 0.413 | 2102.3 | 2.196 | 2.094 | 1.997 | 1.902 | 1.811 | 1.725 | 1.640 | 1.555 | 1.472 | 1.388 | 1.314 | 1.239 |
| 0.482 | 2087.0 | 2.256 | 2.157 | 2.057 | 1.960 | 1.872 | 1.782 | 1.696 | 1.610 | 1.527 | 1.447 | 1.368 | 1.293 |
| 0.517 | 2078.8 | 2.283 | 2.183 | 2.085 | 1.990 | 1.896 | 1.808 | 1.721 | 1.635 | 1.552 | 1.472 | 1.392 | 1.316 |
| 0.552 | 2072.8 | 2.312 | 2.211 | 2.112 | 2.015 | 1.925 | 1.838 | 1.748 | 1.660 | 1.577 | 1.487 | 1.418 | 1.342 |
| 0.620 | 2059.3 | 2.361 | 2.258 | 2.159 | 2.063 | 1.968 | 1.880 | 1.792 | 1.705 | 1.621 | 1.541 | 1.461 | 1.383 |
| 0.689 | 2046.7 | 2.409 | 2.307 | 2.204 | 2.108 | 2.015 | 1.927 | 1.836 | 1.749 | 1.663 | 1.581 | 1.502 | 1.424 |

表 CG-17. 非标准条件翅片散热换算系数表 (标准条件为 18.3 空气和 101.7 蒸汽)

| 蒸汽压力 MPa | 蒸汽温度 | 空气进入温度 | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|-----------|--|------|
| | | 7.2 | 12.8 | 18.3 | 21.1 | | 23.9 | | 26.7 | | 32.2 |
| 0.006 | 101.7 | 1.22 | 1.11 | 1.00 | 0.95 | 1.05 | 0.90 | | 0.84 | | 0.75 |
| 0.034 | 108.4 | 1.34 | 1.22 | 1.11 | 1.17 | | 1.00 | 1.11 | 0.95 1.05 | | 0.81 |
| 0.069 | 115.2 | 1.45 | 1.33 | 1.22 | 1.26 | | 1.20 | | 1.14 1.37 | | 0.91 |
| 0.103 | 121.0 | 1.55 | 1.43 | 1.31 | 1.48 | 1.81 | 1.42 | 1.75 | 1.69 2.00 | | 1.00 |
| 0.206 | 134.4 | 1.78 | 1.66 | 1.54 | 2.11 | | 2.05 | | 2.16 2.41 | | 1.21 |
| 0.413 | 152.9 | 2.10 | 2.00 | 1.87 | 2.27 | 2.54 | 2.21 | 2.47 | | | 1.51 |
| 0.689 | 169.9 | 2.43 | 2.31 | 2.18 | | | | | | | 1.81 |
| 0.861 | 178.3 | 2.59 | 2.47 | 2.33 | | | | | | | 1.96 |
| 1.205 | 191.9 | 2.86 | 2.74 | 2.60 | | | | | | | 2.21 |

| 表 CG-18. 裸管饱和蒸汽的凝结速率表 (环境温度为 21) | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--|--|--|
| 管径 mm | 管表 面积 m ² /m | 蒸汽压力 MPa 温差 (相对 21) | | | | | | | | |
| | | 0.103 82.2 。 | 0.207 95.5 。 | 0.413 113.9 ° | 0.861 139.4 ° | 1.240 154.4 ° | 1.723 168.9 。 | | | |
| | | 凝结量 kg/h · m | | | | | | | | |
| 15 | 0.067 | 0.19 | 0.22 | 0.28 | 0.39 | 0.45 | 0.52 | | | |
| 20 | 0.084 | 0.22 | 0.28 | 0.38 0.42 | 0.49 0.58 | 0.57 0.68 | 0.67 | | | |
| 25 | 0.105 | 0.28 | 0.34 | 0.54 | 0.73 | 0.85 | 0.80 | | | |
| 32 | 0.132 | 0.138 | 0.42 | 0.61 0.74 | 0.82 1.01 | 0.97 1.19 | 1.00 | | | |
| 40 | 0.151 | 0.39 | 0.48 | 0.88 | 1.21 | 1.41 | 1.13 | | | |
| 50 | 0.190 | 0.49 | 0.60 | 1.04 1.19 | 1.43 1.61 | 1.68 1.89 | 1.38 | | | |
| 65 | 0.230 | 0.58 | 0.70 | 1.32 | 1.80 | 2.13 | 1.65 | | | |
| 80 | 0.279 | 0.68 | 0.83 | | | | 1.95 | | | |
| 90 | 0.319 | 0.77 | 0.94 | | | | 2.23 | | | |
| 100 | 0.359 | 0.86 | 1.04 | | | | 2.56 | | | |

| 表 CG-19. 翅片散热设备的凝结速率表 (空气温度 18.3 , 蒸汽温度 101.7 , 本表仅作疏水阀选型的参考)。 | | | | | |
|--|-------|---------|--------|-------|------------|
| 散热片材料 | 管径 mm | 翅片尺寸 mm | 每英寸翅片数 | 管子数 | 凝结量 kg/h.m |
| 钢管,涂黑漆钢翅片 | 32 | 83 | 3~4 | 1 2 3 | 1.6 |
| | | | | | 3.3 |
| | | | | | 3.9 |
| | 50 | 108 | 2~3 | 1 2 3 | 2.4 |
| | | | | | 3.6 |
| | | | | | 4.6 |
| 铜管,未喷漆铝翅片 | 32 | 83 | 4 | 1 2 3 | 2.2 |
| | | | | | 3.6 |
| | | | | | 4.8 |
| | 32 | 108 | | 1 2 3 | 2.4 |
| | | | | | 3.3 |
| | | | | | 4.2 |
| 32 | 108 | | 1 2 3 | 3.3 | |
| | | | | 4.6 | |
| | | | | 5.4 | |

工艺空气加热器凝结水怎样排放

工艺空气加热器 (例如, 工艺干燥器、隧道式干燥器和燃烧空气预热器) 用于干燥纸张、木材、奶制品、淀粉和其它产品, 以及锅炉燃烧空气的预热。与空间空气加热器相比较, 工艺空气

加热器可以在非常高的温度下工作。这里说的高温是指 260 以上，这就需要使用高压蒸汽（偶而也使用过热蒸汽）。

疏水阀的选择和安全系数使用下列公式，可以计算确定工艺空气加热器的凝结水负荷：

$$Q = F \times C_p \times d \times 60 \times T/H$$

其中：

Q = 凝结水负荷，kg/h

F = 空气量 m³/min

C_p = 空气比热，kJ/kg· (参见表 52-2)

d = 空气密度，1.29 kg/m³

T= 温升，

H = 蒸汽潜热，kJ/kg (参见 CG-3 页蒸汽特性数据表)

举例：一台盘管处理空气量为 56 m³/min 的隧道式干燥器，当要求温升为 55 时，凝结水负荷是多少？蒸汽压力为 0.3 MPa 时，可使用下列公式：

$$Q = 56 \times 1.29 \times 1 \times 60 \times 55/2130 = \text{kg/h } 112$$

图 CG-44. 空气加热器

乘以安全系数 2 (恒压工艺空气加热器均采用此数)，得出疏水阀的排量为 224 kg/h。该数据的基础为单根盘管。空气温升越高，要求串联的盘管数越多。

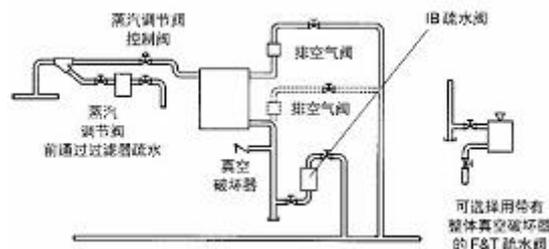
安全系数

对恒压蒸汽来说，在工作压差下，安全系数为 2；对压力不稳定的蒸汽，按在疏水阀最大压差的 1/2 下工作时安全系数取 3。

安装

由于温度变化范围较大，应在整个工艺空气加热设备的管道上，包括全部蒸汽疏水阀的接管上考虑膨胀裕度。应在盘管以下 250 到 300 mm 处安装疏水阀，至少留有 150 mm 长污物管。无论是恒压蒸汽还是压力不稳定蒸汽，都应该在盘管和蒸汽疏水阀之间安装真空破坏器，每个盘管上安装排气阀，排空气和不凝性气体，以减少腐蚀。参见图 CG-44。

如果凝结水在疏水阀之后被提升，或者出现背压时，应该考虑在安装真空破坏器的地方用安全排放阀代之。参见第 CG-47 页配管图和说明。



管壳式热交换器和潜浸盘管凝结水怎样排放(一)

潜浸式盘管是指浸在液体中加热、蒸发或浓缩的传热元件。这种盘管几乎在所有使用蒸汽的工厂或机构中都可见到。它的一般应用场合是水加热器、再沸器、吸入式加热器、蒸发器和汽化蒸发器。它经常用于易于输送和自动化工作的工、民用水的加热、工艺气体(如乙烷和氧气)的加热、工艺液体(糖，饮料和石油)的浓缩和燃料油的加热。

不同的应用场合，包括使用恒压或变压蒸汽，决定了使用哪一种类型的疏水阀。选择疏水阀的因素包括在低压差下处理空气的能力、节能、排放凝结水中的污物和泥浆，以下有三种标准方法来帮助选定盘管用的疏水阀的类型和尺寸。

安全系数

1. 恒压蒸汽

倒置桶型疏水阀或浮球型疏水阀在工作压差下，安全系数采用

2. 变压蒸汽

浮球型疏水阀或倒置桶型疏水阀。

蒸汽压力 0-0.1 MPa：按 0.003 MPa 压差下的排量，安全系数为 2。

蒸汽压力 0.1-0.2 MPa：按 0.014 MPa 压差下的排量，安全系数为 2。

蒸汽压力大于 0.2 MPa：按最大压差的一半时的排量，安全系数为 3。

3. 带虹吸排放的恒压或变压蒸汽自动压差疏水控制器的安全系数应该使用 3。如果使用带大口径排气桶的倒置桶型疏水阀时，安全系数为 5。

使用恒压蒸汽时，应对最大压差下的排量使用安全系数。而使用变压蒸汽时，应在 1/2 最大压差下的排量使用安全系数

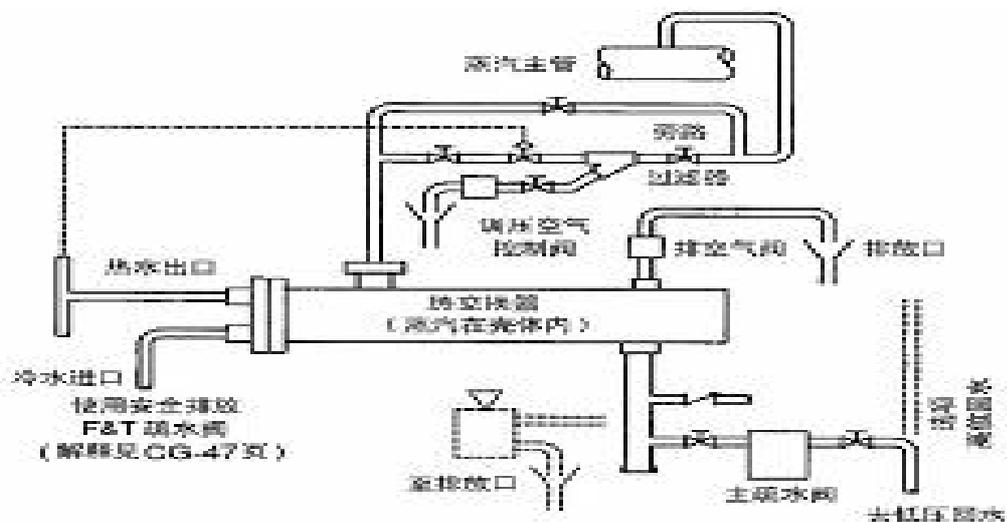


图 CG-45. 管壳式热交换器 (典型配管图)

管壳式热交换器

潜浸式盘管的形式之一就是管壳式热交换器 (参见图 CG-45)。在这种热交换器中，数根管子被装在一个具有一定自由空间的壳体里，保证在壳程中流动的介质能与管程充分接触。尽管潜浸式盘管的名称意味着蒸汽走管内，管子浸在被加热液体中，但管内走液体管外走蒸汽的也叫潜浸式盘管。

管壳式热交换器疏水阀的选择

当实际热负荷是已知时，可使用下列公式计算管壳式热交换器的凝结水负荷量：（如果只知道加热盘管的尺寸，对凹凸盘管也可使用下列公式，但要加“U”系数）

其中：

$$Q = L \times T \times C \times Sg/H$$

Q = 凝结水负荷 kg/h

L = 液体流量 m³/h

T = 温升

C = 液体比热 kJ/kg.

Sg = 液体密度 kJ/m³

H = 蒸汽潜热 kJ/kg（参见 CG-3 页蒸汽特性数据表）

举例：假设水的流量为 0.2m³/min，进口温度为 4 ，出口温度 60 ，蒸汽压力 0.1 MPa 时的冷凝水负荷是多少？

使用公式：

$$Q = 0.2 \times 60 \times 56 \times 4.1841 \times 998.24 / 2,326.4 = \text{kg/h } 1,206.5$$

*确定再沸器，蒸发器和汽化蒸发器（产生蒸发气体的工艺设备）的尺寸时，使用下述的凹凸盘管的计算公式（见第 CG-30 页）。

管壳式热交换器和潜浸盘管凝结水怎样排放(二)

计算热水器凝结水额定负荷的经验法则：

把 0.57 m³ 水的温度升高 1 ，将使 1 kg 蒸汽凝结成水。

凹凸盘管

开口的水槽或化学品槽经常使用凹凸盘管来加热（参见图 CG-46）。两片金属板的凹压槽产生了蒸汽空间。把这两片金属板焊接起来，就能使蒸汽进入，进行热传导，并产生凝结水的排放问题。

凹凸盘管上疏水阀的选型

使用下列公式，计算凹凸盘管里的凝结水负荷

$$Q = A \times U \times Dm$$

其中：

Q = 总传递热，kJ/h

A = 盘管外表面面积，m²

U = 总传热系数，kJ/h · m² · 。参见表 CG-20 和表 CG-21

Dm = 蒸汽与液体之间的对数平均温差（比如：热交换器进出口之间），

$$Dm = (D1 - D2) / \ln (D1 / D2)$$

D1 = 最大温差

D2 = 最小温差

可以使用曲线图 CG-16 (CG-34 页) 进行对数平均温差的估算。

U 值的确定来自受控条件下的试验。表 CG-20 和表 CG-21 给出了一般可以接受的潜浸式凹凸盘管的各种数据。选择疏水阀所用的 U 值, 要比估算实际热交换器所用的 U 值大一些。

举例:

$$A = 1.8\text{m}^2 \text{ 盘管面积}$$

$$U = 3574 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}$$

条件: 进水: 4 出水: 65

蒸汽压力: 0.86 MPa@178

$$D1=178-4=174$$

$$D2=178-65=113$$

除以 2, 得出曲线图 CG-16 中的范围

$$D1=87$$

$$D2=56.5$$

从曲线图上得到的对数平均温差是 70 。乘以 2, 得出对数平均温差的原始值是 140 。代入公式:

$$Q = 1.8 \times 3.574 \times 140 = 900,648 \text{ kJ/h}$$

蒸汽在 0.86 MPa 时的潜热= 2036 kJ/kg

$$900,648/2036= 442\text{kg/h 凝结水}$$

确定要求的凝结水负荷, 应该用推荐的安全系数乘以凝结水量。

| 表 CG-20. 盘管 U 值表 kJ/h · m ² · | | |
|--|--------------|--------------|
| 工作场合 | 循环方式 | |
| | 自然 | 强制 |
| 蒸汽-水 | 1,020~4080 | 3,060~24,530 |
| 1- 1/2 光管 | 3,680 | 9,200 |
| 加热 | 4080 | 1,0220 |
| 2- 3/4 光管 | 200~610 | 1,020~3,060 |
| 加热蒸汽-油 | 6,130~16,350 | |
| 蒸汽-沸液 | 1,020~3,060 | |
| 蒸汽-沸油 | | |
| 表 CG-21. 凹凸盘管 U 值表 kJ/h · m ² · | | |
| 工作场合 | 循环方式 | |
| | 自然 | 强制 |
| 蒸汽-水溶液 | 2,040-4,090 | 3,060-5,620 |
| 蒸汽-轻油 | 820-920 | 1,230-2,250 |
| 蒸汽-中油 | 410-820 | 1,020-2,040 |
| 蒸汽-燃料煤 | 310-610 | 820-1,640 |
| 蒸汽-焦油沥青 | 310-510 | 370-1,230 |
| 蒸汽-熔融硫磺 | 510-720 | 720-920 |
| 蒸汽-熔融烯烃 | 510-720 | 820-1,020 |
| 蒸汽-糖蜜或玉米糖 | 410-820 | 1,430-1,840 |
| 浆 | 310-610 | 1,020-1,230 |

| | | |
|----------|--|--|
| 导热姆-焦油沥青 | | |
|----------|--|--|

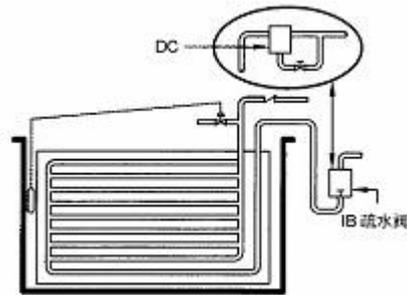


图 CG-46. 热静力受控凹凸盘管，虹吸排放

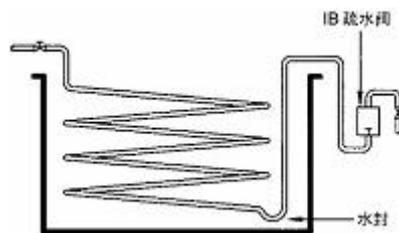


图 CG-47. 连续盘管，虹吸排放

管壳式热交换器和潜浸盘管凝结水怎样排放(三)

光管盘管

光管盘管就是浸渍在比盘管本身体积大得多的容器里的热传导管（参见 CG-30 页中图 CG-47）。这一点是与管壳式热交换器的基本不同点。与凹凸盘管一样，根据安装现场的条件，可以是重力排放，也可以是虹吸排放。与凹凸盘管不一样的是，大部分管型盘管都安装在密闭的容器里。光管盘管疏水阀的选择可以根据已知数据，选用一个公式，用来确定光管盘管的凝结水负荷。如果已知负荷，可以使用管壳式热交换器的计算公式。如果已知盘管的外形尺寸，可以使用凹凸盘管的公式。

安装

当管壳式热交换器、凹凸盘管和光管型盘管使用重力排放时，蒸汽疏水阀的位置应该在加热盘管之下。使用变压蒸汽时，应安装真空破坏器，浮球型疏水阀本身带有真空破坏器；对于倒置桶型疏水阀，真空破坏器应安装在进口管线上。可以在疏水阀前安装一个足够大的集水管，作为积水罐。这样做可以保证在最低蒸汽压差和最高凝结水负荷情况下盘管的疏水。

应该避免在使用变压蒸汽情况下从管壳型热交换器、凹凸盘管和管式盘管上提升凝结水。但是，如果必须提升的话，建议采取下列措施：

1. 无论是在疏水阀前还是在其后，每增加 0.1 MPa 压差下，凝结水提升高度不得超过 5 m。
2. 如果凝结水提升是在疏水阀之后，取代真空破坏器，应安装一个低压安全排放阀（参见第 CG-47 页）。
3. 如果凝结水提升是在疏水阀之前（虹吸提升），应安装一个自动差压疏水控制器，以有效地排放所有的闪蒸蒸汽。
4. 取消真空破坏器，加装止回阀。

| 图表 CG-14. 推荐选型表（“特性代码”见 CG-2 页） | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 需疏水设备 | 第一选择及特性代码 | 恒压 | | 第一选择及特性代码 | 变压 | |
| | | 0-0.2 MPa | >0.2 MPa | | 0-0.2 MPa | >0.2 MPa |
| 管壳式热交换器 | B,C,E,F,G, I,K,N,Q 替代选择 | IBLV DC F&T | IBLV DC *F&T | B,C,G,H,I,L 替代选择 | F&T+ DC IBT | F&T+ DC IBLV |
| 凹凸盘管和光管盘管虹吸排水 | B,C,E,F,G, H,I,K,N,Q 替代选择 | DC IBLV | DC IBLV | B,C,G,H,I,L 替代选择 | DC IBT | DC IBLV |
| 凹凸盘管和光管盘管重力排水 | B,C,E,F,G, I,K,N,Q 替代选择 | IBLV DC F&T | IBLV DC F&T | B,C,G,H,I,L 替代选择 | F&T+ DC IBT | *F&T+ DC IBLV |

*超过压力/温度限制时使用带大排气孔的倒置桶型疏水阀。

*如须处理污物及大量空气，使用带外置热静力排气阀的倒置桶疏水阀最有效。

注意：

1. 对低于大气压力的场合应使用真空破坏器。
2. 变压场合提升凝结水时应使用安全排水。

蒸发器凝结水怎样排放

蒸发器的目的，就是要利用热能来减少产品里的水份。蒸发器在有些工业场合里使用得非常普遍，比如造纸、食品、纺织、化工和钢铁。

蒸发器实际上就是一台管壳式热交换器，蒸汽一般走壳程，产品在管程中运动。根据产品的种类和要求，可以进行一级或叫作一效以上的蒸发。尽管有时会出现五效或六效，但是三效蒸发却是最经常使用的。

单效蒸发

当产品被强制进入蒸发器的管程而被加热后，去掉了一定的湿度。完全通过蒸发器后，产品的蒸发气体和浓缩后的产品被强制进入不同的容器，在那里，蒸发气体被抽出或被用于其他地方。浓缩液则被泵打到工艺的其他部分（参见图 CG-48）。

多效蒸发

当使用多效蒸发方式时，一效蒸发使用的是锅炉来的蓄热蒸汽，然后把从产品中产生的蒸发气体，作二效蒸发的热源。二效产生的蒸发气体作三效蒸发的热源，最后加热其他工艺用水，或者用于预热进料（参见图 CG-49）。

由于不同产品的生产中都要使用蒸发器，所以蒸发器的设计上有很多变化。蒸发器的蒸发能力可以从大约 500 kg/h 变到 50,000 kg/h，蒸汽压力可以从一效的 1 MPa 高压，变到最后

一效的 610 mm 汞柱真空态。

由于蒸发器一般都连续运行，所以处理的凝结水负荷是一致的。有一点很重要，就是必须要根据每一效的实际压差选择疏水阀。

- 在蒸发器上排放凝结水有以下三点应该考虑到：
1. 凝结水负荷大。
 2. 有些效的压差低。
 3. 要去除空气和污物。

安全系数

实际凝结水负荷超过 25,000 kg/h 并且负荷稳定、一致时，安全系数可取 2。
25,000 kg/h 以下时，采用 3。

无论是单效或多效蒸发器，都建议使用自动差压疏水控制器。除了可以连续工作以外，凝结水控制器还具有在蒸汽温度下排放空气和二氧化碳气体，处理闪蒸蒸汽和对疏水中污物反应迅速等优点。

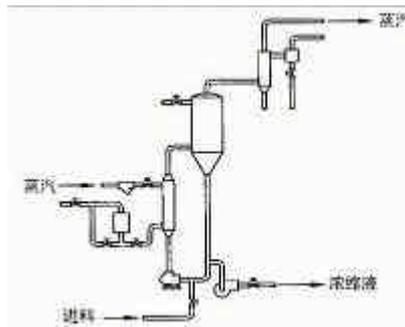


图 CG-48. 单效蒸发系统示意图

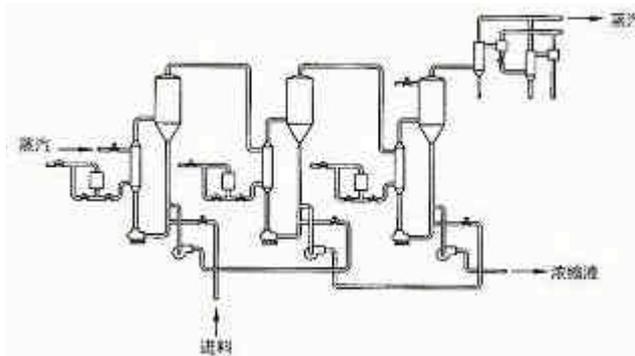


图 CG-49. 三效蒸发系统示意图

| 图表 CG-15. 特性代码推荐表（“特性代码”见 CG-2 页） | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------|------------|
| 被排放设备 | 第一选择、特性代码及 替换选择 | 0-0.2 MPa | 0.2 MPa 以上 |

| | | | |
|-------|---------------------|-----------|-----------|
| 单效蒸发器 | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | 替换选择 | IBLV, F&T | IBLV, F&T |
| 多效蒸发器 | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | 替换选择 | IBLV, F&T | IBLV, F&T |

安装

由于蒸发器基本上就是一台蒸汽走壳程的管壳式热交换器，所以在热交换器上，应该有几个独立的排气孔。这些排气孔都应选在空气有聚集倾向的地方，比如壳程的死角等。每一效都要安装一台疏水阀。一效凝结水有可能返回锅炉，而后面几效的凝结水由于受到产品的污染，则不能回锅炉。

蒸发器上疏水阀的选择

计算蒸发器的凝结水负荷时，U 值 ($\text{kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot$) 的选择应该慎重。作为一般原则，下列 U 值可以采用：

使用低压蒸汽 (0.17 MPa 以下)，自然循环蒸发器时为 6,100。

使用高压蒸汽 (0.31 MPa 以下)，自然循环蒸发器时为 10,200 。

强制循环蒸发器用 15,300 。

使用下列公式计算恒压蒸汽，连续热交换器的热传导值：

$$Q=A \times U \times Dm$$

其中：

Q = 总传热量，kJ/h

A = 盘管外表面面积， m^2

U = 总换热系数， $\text{kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot$ (参见表 CG-22 和表 CG-23)

Dm = 蒸汽与液体之间的对数平均温差 (比如：热交换器进出口之间)，

$$Dm = D1 - D2 / \ln D1 / D2$$

D1 = 最大温差

D2 = 最小温差

可以使用第 CG-27 页曲线图 CG-16 进行对数平均温差的估算。

举例：

8 根外径为 20 mm，长 3.6 m 的传热管

$$A = 8 \times 3.6 / 16.7 (\text{表 } 29 - 3) = \text{盘管表面积 } 1.72\text{m}^2$$

$$U = 10,200 \text{ kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot$$

条件：进水：4 出水：65

蒸汽压力：0.86 MPa@178

$$D1 = 178 - 4 = 174$$

$$D2 = 178 - 65 = 113$$

被 2 除，得出曲线图 31-1 中的范围，D1 = 87

$$D2 = 56.5$$

从曲线图上得出平均温差为 70 。乘以 2，得出原始值的平均温差为 140 。代入公式：
 $Q = 1.72 \times 10,200 \times 140 = 2,456,160 \text{ kJ/h}$ （每小时传量）。
 蒸汽在 0.86 MPa 时的潜热=2,021 kJ/kg

凝结水= $2,456,160 / 2,021 = 1,215 \text{ kg/h}$

用推荐的安全系数乘以凝结水量，得出要求的疏水阀排量。

| 工作场合 | 循环方式 | |
|-----------|--------------|--------------|
| | 自然 | 强制 |
| 蒸汽-水 | 1,020-4080 | 3,060-24,530 |
| 1- 1/2 管束 | 3,680 | 9,200 |
| 2- 3/4 管束 | 4080 | 1,0220 |
| 蒸汽-油 | 200-610 | 1,020-3,060 |
| 蒸汽-沸液 | 6,130-16,350 | |
| 蒸汽-沸油 | 1,020-3,060 | |

| 公称通径 (mm) | 铁管 | 铜管 |
|-----------|-------|-------|
| 15 | 14.93 | 25.03 |
| 20 | 11.93 | 16.70 |
| 25 | 9.51 | 12.53 |
| 32 | 7.55 | 10.01 |
| 40 | 6.59 | 8.37 |
| 50 | 5.28 | 6.27 |
| 65 | 4.36 | 4.99 |
| 80 | 3.58 | 4.17 |
| 100 | 2.78 | 3.13 |

| 工作场合 | 循环方式 | |
|-----------|-------------|-------------|
| | 自然 | 强制 |
| 蒸汽-水溶液 | 2,040-4,090 | 3,060-5,620 |
| 蒸汽-轻油 | 820-920 | 1,230-2,250 |
| 蒸汽-中油 | 410-820 | 1,020-2,040 |
| 蒸汽-燃料煤 | 310-610 | 820-1,640 |
| 蒸汽-焦油沥青 | 310-510 | 370-1,230 |
| 蒸汽-熔融硫磺 | 510-720 | 720-920 |
| 蒸汽-熔融烯烃 | 510-720 | 820-1,020 |
| 蒸汽-糖蜜或玉米糖 | 410-820 | 1,430-1,840 |
| 浆导热姆-焦油沥青 | 310-610 | 1,020-1,230 |

在 D1 比例尺上画上最高温差，在 D2 比例尺上画上最低温差，在中心比例尺上读出对数平均温差。

曲线图 CG-16. 热交换设备对数平均温差曲线图

条件系数

(曲线上的数据除以适当的系数)

| 条件 | 系数 |
|-------------|-----|
| 清洁透明 | 1 |
| 中度结垢 | 2 |
| 液体含固体量达 25% | 3-5 |
| 粘稠液体 | 4-8 |

8. 疏水阀选型和安全系数表

本表推荐了在不同场合下最有效的疏水阀型式。所建议的安全 荐的疏水阀及其安全系数，请与我公司或其代系数保证了在不同条件下都能正常工作。如要进一步了解与代理商联系。

| 表 CG-27. | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|---|
| 用途 | | 第一选择 | 第二选择 | 安全系数 |
| 锅炉分汽缸 (过热蒸汽) | | IBLV | F&T | 1.5:1 |
| | | IBC (抛 光) | 膜盒 | 开车负荷 |
| 蒸汽主管和支管 (不冻) (有冻) | | IB (压 力变化 CV) | F&T | 如果在主管末端阀前或支管上 用 3:1, 2:1 |
| | | IB | 热静力或圆盘 | 同上 |
| 汽水分离器 蒸汽品质低于 90% 时 | | IBLV | DC | 3:1 |
| | | DC | - | |
| 伴热线 | | IB | 热静力或圆盘 | 2:1 |
| 风机盘 管和空 气加热 器 | (恒压) (0-0.1 MPa 变压) (0.1-0.2 MPa 变 压) (大于 0.2 MPa 变压) | IBLV | F&T | 3:1 |
| | | | | 0.003 MPa 下的排量, 乘 2 |
| | | F&T | IBLV | 0.014 MPa 下的排量, 乘 2 |
| | | | | 在最大压力差的 1/2, 乘 3 |
| 散热片和盘管 | (恒压) (变压) | IB | 热静力 | 快热式为 3:1 正常为 2:1 |
| | | F&T | IB | 快热式为 3 正常为 2 |
| 工艺空气加热器 | (恒压) (变压) | IB | F&T | 2:1 |
| | | F&T | IBLV | 在最大压力差的 1/2, 2 |
| 蒸汽吸收器 | | F&T | IB/热静力排气 阀 | 在最大压力差的 1/2, 2 |
| (恒压) 管壳 式热交换器管式的浸式盘管 (变压) | | IB | DC 或 F&T | 2:1 |
| | | F&T | DC 或 IBT(大于 0.2 MPa: IBLV) | <0.1MPa: 0.003 MPa 下的排 量, 乘 2 0.1MPa-0.2MPa: 0.014 MPa 下的排量, 乘 2 >0.2MPa: 在最大压力差的 1/2, 乘 3 |
| 单效, 多效蒸发器 | | DC | IBLV 或 F&T | 2 (负荷达 22,680 kg/h 时, 用 3) |
| 夹套釜 (重力排放) (虹 吸排放) | | IBLV | F&T 或热静力 | 3:1 |
| | | DC | IBLV | 3:1 |
| 旋转干燥器 | | DC | IBLV | 用 DC 时, 3; 恒压用 IB 时, 8; 变压用 IB 时, 10 |
| 闪蒸罐 | | IBLV | DC 或 F&T | 3:1 |
| IBLV = 带大排气孔的倒置桶型疏水阀 | | 当超过浮球型疏水阀压力极限, 或蒸汽品质很差时, 可使 | | |

| | | |
|-------------------------|------------------|----------------------------|
| | | 用 |
| IBC V = 带内置式止回阀的倒置桶型疏水阀 | | 倒置桶型疏水阀配外置热静力排空气阀。如无其他注释，所 |
| IBT | = 带热敏排气桶的倒置桶型疏水阀 | 有安全系数都是指在工作压差下使用的安全系数。 |
| F&T = 浮球型疏水阀 | | |
| DC | = 压差疏水控制器 | |

9. 推荐选型表的使用说明

在本手册 CG-17 至 CG-43 页的“怎样排放凝结水”部分，处处可见可帮助快速查找的“推荐选型表”。

从 A 至 Q 的特征码系统为您提供“一目了然”的信息。

推荐选型表包括蒸汽疏水阀的类型及其在每一特定场合下应用的主要优点。

例如，假如您要查找一台用于重力排放夹套釜的疏水阀的有关信息，您应该：

1. 翻到 CG-35 至 CG-36 页“夹套釜凝结水怎样排放”部分，在 CG-35 页的左下角找出其推荐选型表。（每一部分都有推荐选型表）

2. 在“被排放设备”栏下找出“夹套釜——重力排放”，在它右面一栏找出“第一选择和特性代码”。本例的第一选择是：“IBLV”，特性代码是 B, C, E, K, N。

3. 参照下表“各种蒸汽疏水阀的特点”，分别找出最左面一栏中的字母 B, C, E, K, N。如字母 B 指该疏水阀具有节能作用。

4. 顺着 B 行向右，找到与上述第一选择相对应的栏，在本例中是倒置桶型疏水阀。根据试验结果和实际工作经验，倒置桶型蒸汽疏水阀的节能性能“优秀”。其他代码可用同样方法查找。

缩写定义

IB 倒置桶型疏水阀

IBLV 带大排空气孔的倒置桶型疏水阀

F & T 浮球型疏水阀

CD 受控圆盘型疏水阀

DC 自动压差型凝结水控制器

CV 止回阀

T 热敏排气桶

PRV 减压阀

图表 CG-1. 特性代码推荐选型表（“特色代码”参照下表）

| 被排放设备 | 第一选择及特性代码 | 替换选择 |
|---------|--------------------|------------|
| 夹套釜重力排放 | IBLV B,C,E,K,N | F & T 或热静力 |
| 夹套釜虹吸排放 | DC B,C,E,G,H,K,N,P | IBLV |

图表 CG-2. 各种蒸汽疏水阀的特点

| | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|
| 各种蒸汽疏水阀的特点 | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|

| 特性代码 | 特点 | 倒置桶型 | 浮球型 | 双金属型 | 圆盘型 | 热静力型 | 压差控制型 |
|------|-----------------------|-------|-----|--------|--------|-------|-------|
| A | 工作方式 | (1)间断 | 连续 | (2)间断 | 间断 | (2)间断 | 连续 |
| B | 节能 (工作时间) | 优秀 | 良好 | 优秀 | 不好 | 一般 | (3)优秀 |
| C | 耐磨损 | 优秀 | 良好 | 优秀 | 不好 | 一般 | 优秀 |
| D | 耐腐蚀 | 优秀 | 良好 | 优秀 | 不好 | 良好 | 优秀 |
| E | 耐水击 | 优秀 | 不好 | 优秀 | 优秀 | (4)不好 | 优秀 |
| F | 蒸汽温度下排空气和CO2 | 可以 | 不可以 | 不可以 | 不可以 | 不可以 | 可以 |
| G | 低压下排空气能力 0.002 MPa | 不好 | 优秀 | (5)不推荐 | (5)不推荐 | 良好 | 优秀 |
| H | 处理启动空气负荷的能力 | 一般 | 优秀 | 优秀 | 不好 | 优秀 | 优秀 |
| I | 在背压下工作 | 优秀 | 优秀 | 优秀 | 不好 | 优秀 | 优秀 |
| J | 耐冰冻 (6) | 良好 | 不好 | 良好 | 良好 | 良好 | 良好 |
| K | 清洗系统的能力 | 优秀 | 一般 | 良好 | 优秀 | 良好 | 优秀 |

| | | | | | | | |
|---|-----------|------|----|----|------|-----|----|
| L | 极小负荷时的性能 | 优秀 | 优秀 | 优秀 | 不好 | 优秀 | 优秀 |
| M | 对凝结水的反应 | 立即 | 立即 | 延迟 | 延迟 | 延迟 | 立即 |
| N | 处理污物的能力 | 优秀 | 不好 | 一般 | 不好 | 一般 | 优秀 |
| O | 外型尺寸的比较 | (7)大 | 大 | 小 | 小 | 小 | 大 |
| P | 处理闪蒸汽的能力 | 一般 | 不好 | 不好 | 不好 | 不好 | 优秀 |
| Q | 机械故障(开或关) | 开 | 关 | 开 | (8)开 | (9) | 开 |

(1) 凝结水排放是连续的，而排放动作是间断的。(6) 不推荐使用铸铁阀。

(2) 低负荷时连续排放。

(7) 焊接式不锈钢结构——适中。

(3) 利用二次蒸汽时为优秀。

(8) 由于磨损和污物存在使阀无法关闭。

(4) 双金属和膜盒型疏水阀为良好。(9) 感温元件的不同设计使阀出现故障时不能开启或关闭

(5) 低压操作时不推荐使用。

10. 蒸汽疏水阀的安装和测试

安装前

安装疏水阀之前用蒸汽或压缩空气吹扫清洗管道，吹扫后应清洗所有过滤器滤，再安装疏水阀。

疏水阀定位 ABC 原则

A— 便于检查、维修。

B— 尽可能装在集水点之下。

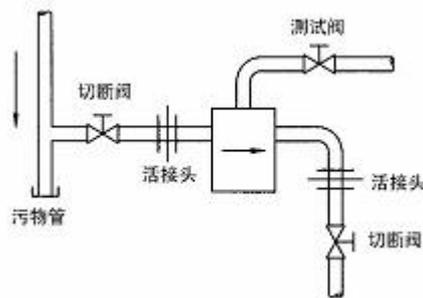
C— 尽量靠近集水点安装。

疏水阀连接参见 CG-45 至 CG-48 页中图 CG-60 至 CG-71 的典型连接图。

切断阀在蒸汽主管或大型换热器等设备上疏水时，疏水阀前需要安装切断阀，这样当疏水阀需要维修时，系统可以不间断。在小型蒸汽加热机械上，诸如洗衣熨斗上不需要装切断阀。只要在蒸汽供应管线上安装切断就足够了。

切断阀当疏水阀前有旁通时需要在疏水阀的排水线路上安装切断阀。当排水主管结压力高时，尤其应该安装切断阀，请参阅“止回阀”部分。

图 CG-60. 倒置桶型疏水阀系统典型连接示意图



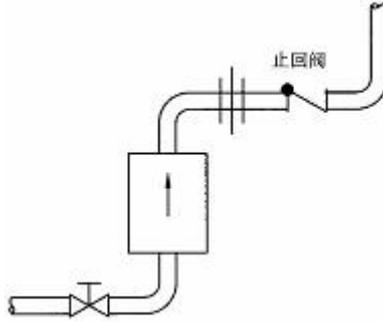
旁通（参见图 CG-64 和图 CG-65）不建议使用旁路，因为旁路打开时会有损于疏水阀的功能。如果必须需要连续工作的话，可以并联两台疏水阀，一用一备。

活接头如果只使用一只活接头的话，应该用在疏水阀的排出侧。如果使用两只，应避免横、纵向串联。最好的安装方式是直角式（参见图 CG-60 和图 CG-64）或并联安装（参见图 CG-65）。

标准连接同 样口径和类型的疏水阀，其进出口接管应该一样长，这样可以简化维修工作。带有同样长度的接管和单边活接头的疏水阀可以存放在仓库里。在疏水阀需要维修时，只要断开活接头，抽出阀门，安上备用疏水阀，拧紧活接头即可。然后对疏水阀进行维修，上好接管和单边活接头，重新放回仓库。

测试阀参见图 CG-60，这是检验阀门动作的绝好方法。使用一台小旋塞阀。在排放管线上装一台止回阀或切断阀，在测试时隔断疏水阀出口的切断阀，打开测试阀。

图 CG-61. 倒置桶型疏水阀底进一顶出系统连接典型示意图



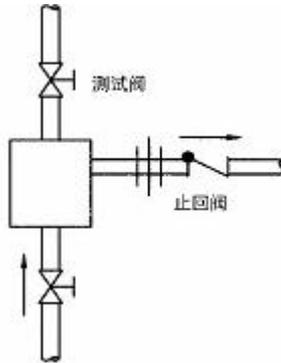
过滤器如果有规定或者工作条件差时，可以在疏水阀前安装过滤器来保证疏水阀的正常使用。有些类型的疏水阀对污物问题很敏感。参见表 CG-2。

有些疏水阀带有内置过滤器。如果过滤器带排污阀，在打开该阀前应先关闭供汽阀。疏水阀体内的凝结水将反冲回来清洗过滤器滤网。再一次打开蒸汽阀门时要慢。

污物管可有效的收集水垢和沙粒并减少对弯头的侵蚀。污物管应定期清洗。

虹吸安装要求有水封，并在疏水阀内或阀前装一个止回阀（压差控制器除外）。虹吸管的尺寸应比疏水阀的公称口径小一档，但不能小于 DN15 。

图 CG-62. 倒置桶型疏水阀底进-侧出系统典型连接示意图



凝结水提升排放凝结水时不要把垂直提升管的尺寸选的过大，应比该种情况下正常尺寸小一档即可。

止回阀是经常需要的。如果在输出管线上没有装切断阀的话，那么止回阀就是必须的了。图 CG-63 上表示了外置止回阀可以安装的位置—— 阿姆斯壮倒置桶型疏水阀可配置型止回阀，圆盘型疏水阀的自身具有止回阀的作用。图中表示了建议的安装位置。

排放管线上的止回阀可以防止回流，并在试验阀打开时隔断疏水阀。该阀的正常安装位置是 B。回水管线升高或疏水阀暴露在冰冻条件下时，止回阀可以安装在图 CG-63 中的位置 A 上。

进口管线上的止回阀可以在压力突然下降时，或者当倒置桶型疏水阀位置高于集水点的时候，防止水封的破坏。建议在位置 D 上安装带阿姆斯壮不锈钢内置止回阀的疏水阀。如果使用旋启式止回阀，可以安装在图 CG-63 的位置 C 上。

图 CG-63. 止回阀可以安装的各种位置示意图

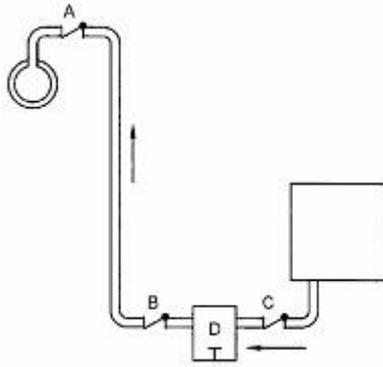


图 CG-64. 倒置桶型疏水阀旁路系统典型连接示意图

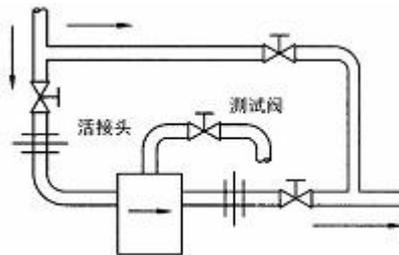
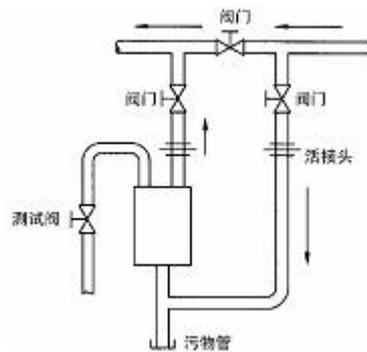


图 CG-65. 倒置桶型疏水阀底进-顶出旁路系统典型连接示意图



安全排放疏水阀应该用在主蒸汽疏水阀进口压力有可能降到出口压力以下的场合，特别是在出现冷空气的时候。其中一种情况，就是在使用调压加热盘管时，必须往提升的回水管里排放凝结水。当主疏水阀排量不足，凝结水位升到安全排放高度时，安全疏水阀开始工作，使凝结水在进入热交换器之前就会排放出去。浮球型疏水阀作安全疏水阀有很好的安全排放性能，因为它能处理大量的空气，并且工作简单。安全疏水阀的尺寸（排量）应与主疏水阀相同。

安全排放疏水阀的合理应用，参见图 CG -66。安全排放疏水阀的进口必须装在热交换器的集水管上，并且要位于主疏水阀进口之上。它必须排入开口下水道内。安全疏水阀的泄水口应该连接到主疏水阀的进口。这样可以防止当主疏水阀工作时，由于阀体散热，在安全疏水阀内部形成的凝结水损失。安全排放疏水阀本身带有内置式真空破坏器，一旦热交换器压力降到大气压力之下，它可以保证继续工作。真空破坏器的进口还应该有一段升管与热交换器底部同高，防止在真空破坏器工作时漏水，使水只存留在集水管和疏水阀体内。

防冻保护

选型、安装合理的疏水阀只要有蒸汽通过，就不会出现冰冻问题。但是如果蒸汽被切断，蒸汽就会在热交换器或伴管里凝结成水并形成真空。这就会在发生冰冻之前阻止凝结水从系统中自由排放出去。所以，要在被排放设备和疏水阀之间安装一个真空破坏器。如果从疏水阀到回水管不是使用重力排放，疏水阀和排放管线就应该用人工排放或者使用带防冻措施的排放管自动排放。还有，当多个疏水阀一起安装在疏水阀站的时候，给疏水阀保温可以防止冰冻。

防冻措施有：

1. 疏水阀所选的型号不要过大。
2. 保持疏水阀排放管线尽可能短。
3. 使疏水阀排放管线向下倾斜，以加快重力排放的速度。
4. 疏水阀排放管线和凝结水回水管线加保温。
5. 当凝结水回水管线暴露在大气条件下时，应考虑加伴热管。
6. 如果回水管升高，垂直排放管要与回水集管上部的排放管相邻，并把排放管和疏水阀排放管一起保温，参见图 CG-67。

注：较长的横向排放管会产生问题。在管子远端会结冰堵塞管道，使疏水阀无法工作，阀中无蒸汽进入，阀中的水就会因此结冰。

图 CG-66. 安全排放阀典型连接示意图

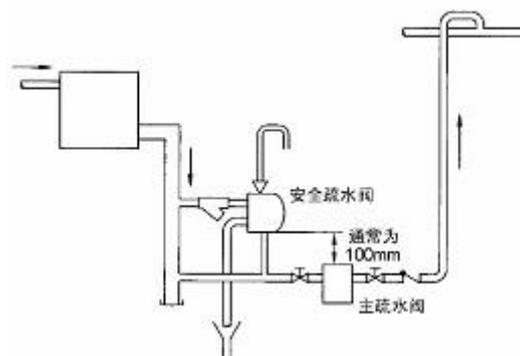


图 CG-67

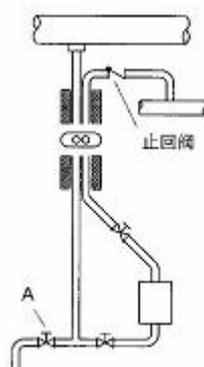
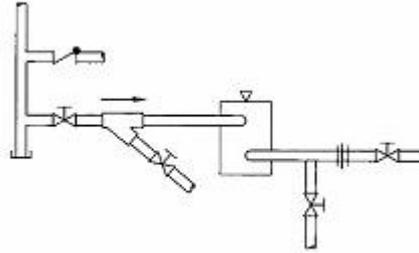


图 CG-68. 浮球型疏水阀典型连接示意图



我公司蒸汽疏水阀的检测计划为了延长疏水阀寿命和节约蒸汽,应该建立一套疏水阀的常规检测方法和维修计划。疏水阀的型号、工作压力和在整个工艺中的重要性,将决定疏水阀的检查周期和频率。

| 工作压力 MPa | 应用场合 | | | 工艺 |
|-------------|------|---------|----|----|
| | 集水管 | 伴热 线 | 盘管 | |
| 0-0.7 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 0.7-1.7 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 1.7-3.1 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 3.1 以上 | 3 | 3 | 4 | 12 |

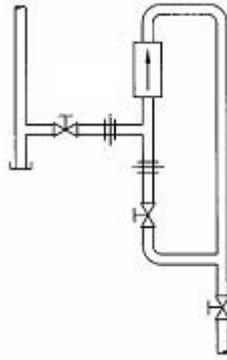
怎样检测

检测阀门法 是最好的方法。图 CG-60 (CG-45 页) 表示了正确的连接方法,即在回水管上加切断阀,将疏水阀与回水管隔断。检测阀打开后应注意:

1. 凝结水的排放——倒置桶型和圆盘型疏水阀都是间歇排放凝结水。浮球型是连续排放,热静力型根据负荷不同可能是连续也可能是间歇排放。当倒置桶型疏水阀的负荷极小的时候,由于涓滴效应,也会连续排放凝结水。这种工作方式在这种条件下是正常的。
2. 闪蒸蒸汽——不要把闪蒸蒸汽错当成通过疏水阀泄漏的蒸汽。受压凝结水所含的热量要比常压凝结水中的热量大的多。当凝结水被排放出来的时候,这些多余的热量 就会使一部份凝结水二次蒸发。(参见 CG-3 页有关闪蒸蒸汽的叙述)怎样识别闪蒸汽?疏水阀的用户有时候会混淆什么是闪蒸蒸汽,什么是泄漏蒸汽。请看下面的不同:

如果蒸汽连续喷出,成为“蓝色”蒸汽,就是泄漏蒸汽。如果蒸汽是间断的“飘”出来(每当疏水阀排放凝结水时),形成白色汽雾的话,就是闪蒸蒸汽。

图 CG-69. 差压控制器典型连接示意图



3. 蒸汽连续喷出——故障，参见 CG-49 页。

4. 无排放——可能是故障，参见 CG-49。

听诊器检测 使用听诊器或用一根钢棒，一头放在疏水阀盖上，另一头贴在耳朵上，可以听出不同疏水阀间歇排放和连续排放的不同。这种正确的工作状态与疏水阀直通时流速增高的声音是不同的。由于其他声音也会沿管子传递，所以使用听诊器测试法时，需要有一定经验的人来进行。

温度计检测 本方法的检测准确程度取决于回水管线的设计和疏水阀阀孔的大小。另外，当排放到公用回水管的时候，有可能会因为别的疏水阀直通，而引起被测疏水阀出口的温度升高。所以，还是使用听诊器法效果更好。

图 CG-70. 圆盘型疏水阀典型连接示意图

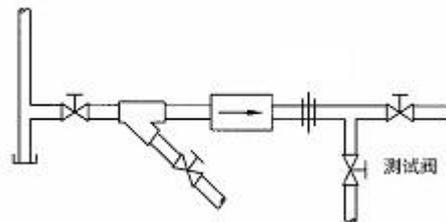
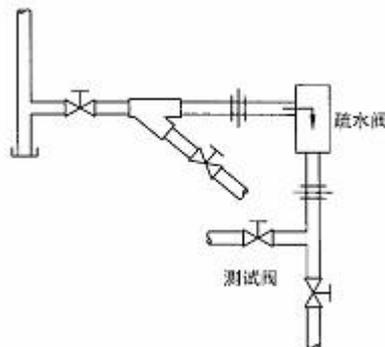


图 CG-71. 热静力型疏水阀典型连接示意图



11. 蒸汽疏水阀故障排除

本章介绍了几乎所有蒸汽疏水阀的故障判断和处理方法。很多问题实际上是系统问题，而不是疏水阀的问题。对于每种产品实际应用时的故障处理方法，详细资料可与厂家联系。当发现疏水阀无法工作，而又查不出原因时，应该注意观察疏水阀的排放情况。如果疏水阀安装了测试阀，检查起来就比较简单。反之，就要关闭出口连接管线。

冷阀——不排水

如果疏水阀不能排放凝结水，则：

- A. 压力可能过高。
 - 1. 原设计压差有误。
 - 2. 压力升高，没有安装小一点的阀嘴。
 - 3. 减压阀失灵。
 - 4. 锅炉压力表读数偏低。
 - 5. 正常磨损后，阀嘴放大。
- 6. 回水管线内的高真空增加了压差，超过了疏水阀的工作压差。
- B. 无凝结水或蒸汽进入疏水阀。
 - 1. 疏水阀前的过滤器堵塞。
 - 2. 疏水阀前的管线上有其它阀门关闭或堵塞。
 - 3. 管线或弯头堵塞。
- C. 机械磨损或缺陷。需要修理或更换。
- D. 疏水阀体被污物堵塞。应该安装过滤器或进行清污。
- E. 对倒置桶型疏水阀，当浮桶排气孔被污物堵塞时，应采取以下措施：
 - 1. 安装过滤器。
 - 2. 稍微扩大一点排气孔。
 - 3. 在排气孔中放置金属丝。
- F. 对浮球型疏水阀，如果空气排气孔工作不畅通的话，就会产生气阻现象。
- G. 对热静力型疏水阀，波纹管元件由于水击可能损坏，使疏水阀关死。
- H. 对圆盘型疏水阀，疏水阀可能会反装。

热阀——不排水

- A. 无疑结水流向疏水阀。
 - 1. 疏水阀安装在有泄漏的旁通阀上。
 - 2. 在干燥滚筒中的虹吸排放管破裂或损坏。
- 3. 热水器盘管出现真空，妨碍排放。在换热器和疏水阀间安装真空破坏器。

蒸汽损失

如果疏水阀喷出新鲜蒸汽，可能是由于下列原因造成：

- A. 阀门关不严。
 - 1. 水垢卡住了阀孔。

2. 部件磨损。

B. 倒置桶型疏水阀不工作。

1. 如果疏水阀喷放新鲜蒸汽,先将进口阀关几分钟,然后慢慢打开。如果这时疏水阀能够工作,说明疏水阀是好的。

2. 倒置桶型疏水阀不工作,一般都是由于蒸汽压力突然或者经常变化造成的。在这种情况下,可按 CG-46 页图 CG-63 在 D 和 C 的位置上安装一台止回阀。如果可能的话,应该把疏水阀安装在集水点之下。

C. 对浮球热静力型或热静力型疏水阀,可能是热静力元件损坏而关不上。

连续排放

如果倒置桶型或圆盘型疏水阀连续排放,或者浮球型或热静力型疏水阀全开排放,应该检查下列因素:

A. 疏水阀太小。

1. 更换大一些的疏水阀,或并联安装另一只疏水阀。

2. 低压差场合可能安装了一只高压差疏水阀,这时应选择阀孔合适的疏水阀。

B. 供水条件不正常如锅炉内起泡,使大量水跑到蒸汽管道里。应该安装一台汽水分离器,改变供水条件。

加热缓慢

疏水阀的工作正常,但工艺加热单元加热不畅。

A. 一个或一个以上单元被短路。解决方法是,每一条管线上各安装一台疏水阀。

B. 尽管看起来处理凝结水很有效,但实际上疏水阀型号选的太小。试一下大一点的疏水阀。

C. 疏水阀空气处理能力可能不够,或者空气到不了疏水阀。无论是哪种情况,都需要配置排空气阀。

莫名其妙的问题

如果在大气压力下排放,疏水阀工作正常,但是与回水管线相连就发现问题时,请检查以下几点:

A. 背压降低了疏水阀的排量。

1. 回水管太小—疏水阀热。

2. 其他疏水阀可能漏汽造成回水管压力增高-疏水阀热。

3. 凝结水箱上的排空气孔堵塞—疏水阀热或冷。

4. 回水管线堵塞—疏水阀热。

5. 回水管线超真空—疏水阀冷。

摆脱假象的困扰

如果疏水阀每次排放凝结水时,都有蒸汽冒出,请记住:当凝结水向低压排放时会形成闪蒸蒸汽,但是一般都在回水管线里迅速凝结。参见 CG-4 页曲线图 CG-4。

12. 凝结水回收

合理有效地利用凝结水=节能

在蒸汽系统中,最基础的节能方法是合理利用所有有价值的热能。随压力不同,存在于疏水阀内的凝结水含有从锅炉中带来的约 20% 的显热热能。

有效回收凝结水可以减少三种有形蒸汽成本。

y 产生蒸汽所需的燃料/能源成本。

y 锅炉补水及污水处理成本。

y 锅炉水的化学处理费用。

这些节省可通过下面的计算公式算出。回收凝结水节省水资源、能源和保护环境。为您的企业节约资金和能源—请不要将凝结水白白排放掉。

回收凝结水年节约量地点_____设施_____

世界的不同地区、企业的能源成本不尽相同,以下为保守数据。将您的参数填入下表,可算出回收凝结水每年为您的企业所节约的费用。

—

运行条件及能源成本

| | |
|------------------|---------------|
| 1) 凝结水负荷 | 4000kg/hr |
| 2) 年运行时间 | 7,200 小时每年 |
| 3) 及污水成本 | ¥0.0044/kg |
| 水处理化学品 | ¥0.011/kg |
| 4) 水回收温度 | 83 |
| 补水冷水温度 | 13 |
| 补水温升(温差) | 70 |
| 5) No.6 燃料油的成本 | 1.85/L |
| 6) @85% 锅炉效率所含净能 | 8530kcal/L 燃油 |
| 7) 蒸汽成本 | ¥13/1000kg |

A 回收凝结水所节约的水及化学处理剂

* 所节约的水乘以 .88 以扣除闪蒸汽的损失。

年节省水 = .88 × 凝结水负荷 × 年运行小时 × 总水成本

年节省水 = .88 × 4,000 × 7,200 - 0.011

年节约水成本 = ¥278,784 4

B 减少预热补水所节约的燃油

* 所节约的燃油量乘以 .88 以扣除闪蒸汽的损失。

年节省水 = .88 × 凝结水负荷 × 年运行小时 × 补水温升 × 燃油成本 ÷ 每升油净含热量

即 = (.88 × 4,000 × 7,200 × 70 × 1.85) / 8530

年节省燃油成本=¥84,765

共节约：

加年节约水成本（A） ¥278,784

加年节约燃油成本（B） ¥84,765

年节约成本总计为 ¥663,549

* 在开式系统中必须考虑到闪蒸汽的损失。在闭式回路系统中则不必考虑闪蒸汽的损失。



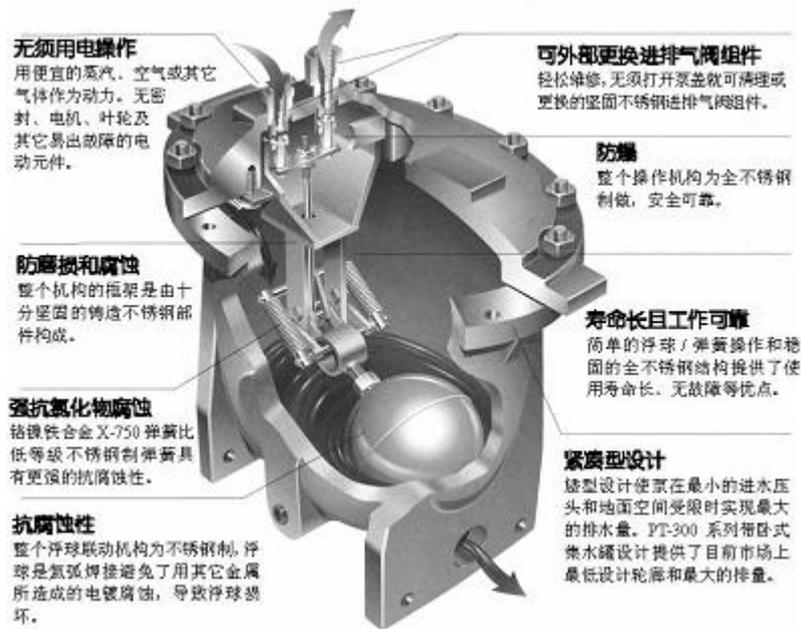
凝结水回收泵

内部结构优点

机械式凝结水回收泵是由弹簧辅助的浮球联动机构操作的。这就是说弹簧是主要的磨损点。阿姆斯壮所生产的凝结水回收泵装有大口径的铬镍铁合金 X-750 弹簧，它比其它同类产品具有更高的耐腐蚀性和更长的使用寿命。详细的优点请见下：



注意工业上的标准弹簧（左）及铬镍铁合金弹簧两者间设计差异。



凝结水回收泵系列产品是一种维护工作少,无电操作的大排量凝结水回收泵,它可将大量凝结水和其它液体从低位低压或真空区域移至高位、高压区域。与传统的电动泵相比它可以在高于 99 的温度下回收凝结水,且没有泄漏或气蚀等令人头痛的麻烦。

低压加热系统

- y 蒸汽调控的工艺热交换器或盘管
- y 远距离安装
(伴热、储罐或远程盘管)

y 真空系统

y 危险(防爆)区域

y 腐蚀性环境

y 需泵碳氢化合物

轻液体(比重 0.06-0.09)的场合

y 低洼、潮湿、粉尘、污染等环境恶劣的场所。

您的凝结水回收要求提供预先接好管及预先工程化处理的成套装置。所有部件的选型、接管及制造均满足您的实际工况。简单快捷的现场安装具有以下优点：

节约成本

节省设计和选型方面的时间—无需多专业配合、无需繁杂图纸的描述。

节省安装时间

现场制作成本降低

减少维修—弹簧使用寿命保证

节约运送和现场操作的费用

减少供货商—单个供货源

节约采购成本—不用为多个部件分别签订合同购买从而降低了采购成本。

可靠性：

保证您购买的产品在设计及制造上按照生产厂的建议及用户的具体要求运行。

根据具体工况条件及需求，可以为您设计高效无故障的凝结水回收装置。参见第 CRE-15 页上的尺寸确定和选型表，请填入您的具体工况数据以便确定最适合您的凝结水泵。

凝结水回收泵的一般应用

开式系统

对于开式系统，也是大多数应用场合，建议您在每个热交换设备上用一个蒸汽疏水阀。当单个或多个蒸汽疏水阀向集水罐排水时，闪蒸汽将会被排放到大气中。凝结水回收泵在其下游且低于集水罐，因此提供了合适的进水压头。

备注 1：疏水阀可向集水罐、回水管线或水沟排水。

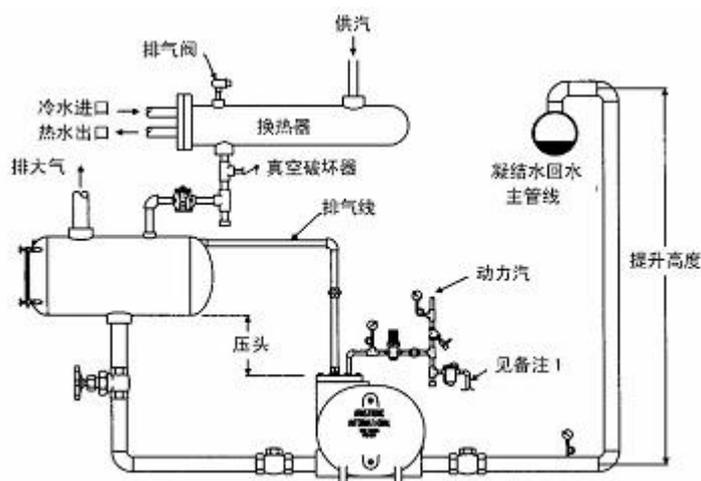
闭式系统

对于闭式系统，主要用于需要将排气管线回接到热交换空间里以平衡热交换器、集水罐/管道和凝结水泵内压力的场合。这样使得水靠重力流入泵中，送入回水系统。整个系统中有价值的热能因闪蒸汽未被排到大气而保留下了。闭式系统可以用在真空条件下从设备中排放液体的场合。请参看 CRE-17、CRE-18 页，确定集水罐的尺寸。

备注 1：如果用蒸汽驱动，疏水阀可向回收管线或排水沟排水。

备注 2：凝结水回收泵的排气管线可以连接到被疏水的设备内侧，前提是设备的压降小于 0.003MPa，且至少有 609mm 压头。

备注 3：如果凝结水回收泵的排气管线连接到集水罐上，必须安装真空破坏器，如果设备调控至低于大气压的状态，真空破坏器将打开，使系统保持平衡，并提供足够的排放能力。



多个或单个疏水阀向通气集水罐排水

滞速表

使用右边的滞速表可以确定何时会出现积水。

阿姆斯壮解决方案

阿姆斯壮凝结水回收泵和蒸汽疏水阀配合使用，可以在所有系统状态下排放凝结水，从而彻底解决了滞速问题。当蒸汽系统压力足以克服背压时，蒸汽疏水阀正常工作，当蒸汽系统压力降至滞速状态下，凝结水回收泵开始工作，将凝结水从蒸汽疏水阀中泵出，在所有系统状态下都可以保证温度控制和凝结水的排水。注意：凝结水回收泵的尺寸是根据滞速情况确定的。

13. 蒸汽供应管线与凝结水回水管线的选型

选型表

CG-51 页曲线表 CG-25 是确定在 0 MPa 表压的饱和蒸汽下，每 30.5 m 规格 40 的美标管道在不同压降下的流速和流量的基本曲线图。运用放大曲线表（曲线表 CG-24），曲线表 CG-25 可用于 0 至 1.4 MPa 的所有饱和蒸汽温度（如例）。

这些曲线图是基于莫氏摩擦系数的，考虑了雷诺数和管道内径的粗糙程度。

注意：根据莫氏摩擦系数，凝结水流动不能抑制蒸汽的流动，从曲线表 CG-24 中可得到 0 至 1.4 MPa 饱和蒸汽压力下对应的流量及流速。

管道尺寸

确定蒸汽管线尺寸有两个原则。

1. 锅炉初始压力和系统允许总压降。系统总压降不得超过锅炉最高压力的 20%。这是指全部压降，包括管道压降、弯头压降、阀门压降等等。记住：压降就是损失能源。

曲线表 CG-24. CG-25 的流速放大表

2. 蒸汽的流速。侵蚀和噪音声随着流速的增加而增加。工艺蒸汽的合理流速是 30-60 m/s。但是在低压加热系统中，流速一般较低。另一个因素就是“未来发展”。确定管线尺寸时，应考虑到将来的用量。如果有疑问，宁可选的大一点，以免以后不够用。

基本选型表和速度放大表的使用

举例

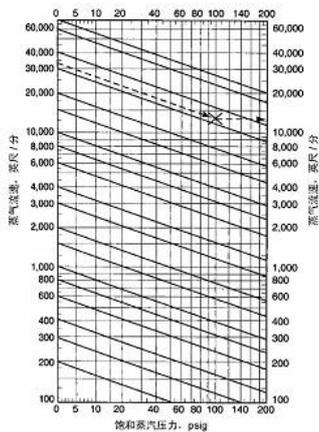
在流量 6,700 lb/hr 下，起始蒸汽压力为 100 psig，压降为 11 psi/100 英尺，求要求的规格 40 的美标管道尺寸及管道中蒸汽流速。

解：以下步骤在表 CG-25 和表 CG-24 中用断线表示。

1. 按表 CG-25 找到 6,700 lb/hr 流量，垂直向上移至 100 psig 的横线。
2. 沿相交点的斜线（左上）至 0 psig 的横线。在 0 psig 下对应的质量流约为 2,500 lb/hr。
3. 沿流量为 2,500 lb/hr 的直线垂直向上。直至与 11 psi/100 英尺的压降线相交，得出标准管径为 2-1/2 英寸，相应的 0 psig 下蒸汽流速约为 32,700 fpm。
4. 要得出 100 psig 压力下蒸汽的流速，在流速放大表 CG-24 的纵坐标上找到蒸汽流速 32,700 fpm。
5. 沿此点相交的倾斜放大线（向右下），找到与 100 psig 压力垂直线相并点可得出 100 psig 压力下蒸汽流速为 13,000 fpm。

注意：给定数值不同时，第一步至第五步需随之调整。

曲线表 CG-24

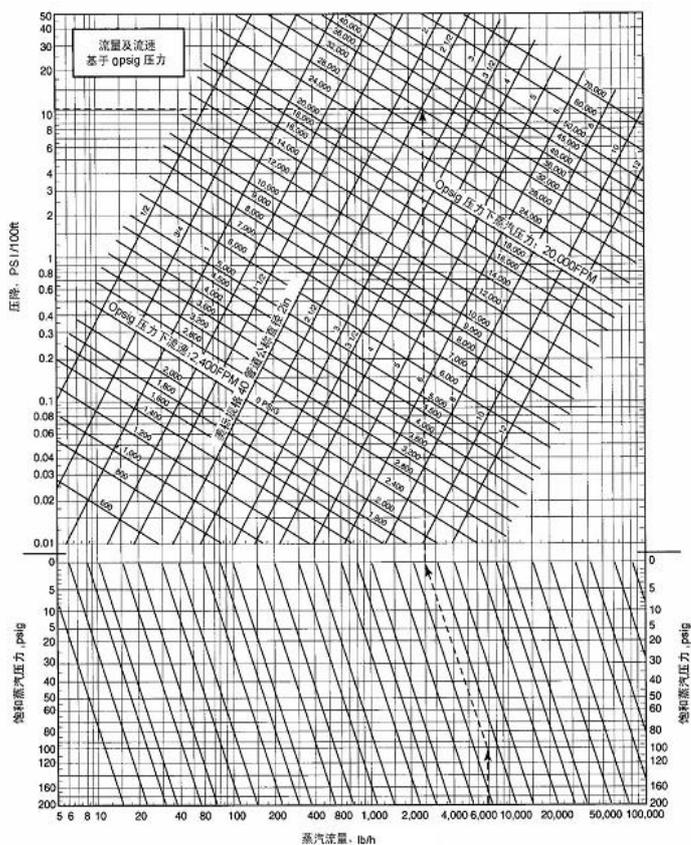


公制、英制转换

1psig=0.0689Mpa

1FPM(英尺/分)=30.5m/min.(米/分)

曲线表 CG-25. 蒸汽在 0 psig 压力下在规格 40 的美标管道中的流量及流速



公制英制转换：

1 psig = 0.0689 MPa

1 ft = 30.5 m

1 lb/h = 0.4536 kg/h

1 in = 25.4 mm

14. 怎样确定凝结水回水管线的尺寸

确定凝结水回水管线尺寸与确定蒸汽管线和水管管线尺寸时出现的问题不太一样，其中最大的问题是处理闪蒸蒸汽的问题。虽然回水管线必须处理水和闪蒸蒸汽，但闪蒸蒸汽的体积是凝结水体积的若干倍，从表 CG-26 中可以看出，闪蒸蒸汽的体积占整个体积的 96-99%，所以表 CG-26 中也仅考虑了闪蒸蒸汽。

确定凝结水回水管线的尺寸时，应该考虑在一个可接受的压降下，有一个合理的速度，在表 CG-26 中假设速度保持在 35.5 m/s 以下，使用美国压力管道第 40 号标准。需要考虑的其他因素，主要是水质情况，比如污物、水垢、腐蚀和侵蚀等。

根据疏水阀的给定供汽压力和回水压力，以及假设的每 30 m 管线的压降 ($\Delta P/L$) 和已知凝结水流量，可以从表 CG-26 中选择适当的管径。

怎样使用表 CG-26

举例 1: 蒸汽供应压力为 0.2 MPa 的凝结水系统。回水管线压力为零，回水管线的凝结水排量为 907 kg/h 不变，问回水管线的尺寸应该是多少？

解：由于系统可以调凝结水压力从 0-0.2 MPa，所以会产生闪蒸蒸汽（假设无局部凝结），回水系统为干式密封（非全部液体，无大气放空）。可使用表 CG-26 中的数据，选择每 30 米 0.00172 MPa 压力，表 CG-26 中供汽压力为 0.2 MPa，回水压力为零， $\Delta P/L = 0.00172$ ，可选择 DN50 的回水管线。

举例 2: 凝结水回水系统的蒸汽供应压力为 0.689 MPa，回水管线压力为零，无放空口，水平回水管线，必须具有排放 1,134 kg/h 的排量。问这时回水管尺寸要求是多少？

解：因系统可调，无局部冷却凝结水，压力从 0-0.7 MPa，有闪蒸蒸汽产生，系统为干式密封回水。选择每 30 米 0.00689 MPa 的压降，是表 CG-26 中的非推荐区域(a)。因此，应该选择每 30 米 0.00172 MPa 压降，本系统应使用 DN 65 管子。

表 CG-26. 干式回路回水管流量表 (kg/h)

| $\Delta P/L$ MPa/30m | 供给压力=0.034 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=0.103 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=0.207 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=0.345 MPa 回水压力=0 MPa | | |
|-------------------------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|
| | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 |
| 公称管径 D,mm | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 109 | 236 | 499 | 43 | 95 | 204 | 27 | 59 | 124 | 19 | 42 | 91 |
| 20 | 231 | 508 | 1089 | 95 | 204 | 431 | 59 | 127 | 268 | 41 | 91 | 191 |
| 25 | 454 | 975 | 2059 | 181 | 390 | 826 | 113 | 240 | 508 | 82 | 172 | 363 |
| 32 | 853 | 2041 | 4309 | 301 | 616 | 1724 | 236 | 503 | 1061 | 168 | 363 | 762 |
| 40 | 1438 | 3075 | 6441 | 576 | 1234 | 2586 | 354 | 758 | 1592 | 254 | 544 | 1143 |
| 50 | 2830 | 6033 | a | 1134 | 2413 | a | 699 | 1483 | a | 583 | 1066 | a |
| 65 | 4536 | 9662 | a | 1828 | 3865 | a | 1125 | 2381 | a | 807 | 1715 | a |
| 80 | 8165 | 17237 | a | 3266 | 6895 | a | 2014 | 4246 | a | 1447 | 3053 | a |
| 100 | 16874 | 35381 | a | 6759 | 14198 | a | 4164 | 8709 | a | 3021 | 6269 | a |
| 150 | 50123 | a | a | 20094 | a | a | 12383 | a | a | 8891 | a | a |
| 200 | 103893 | a | a | 41595 | a | a | 25583 | a | a | 18371 | a | a |

| $\Delta P/L$ MPa/30m | 供给压力=0.689 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=1.034 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=0.689 MPa 回水压力=0 MPa | | | 供给压力=1.034 MPa 回水压力=0 MPa | | |
|-------------------------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|
| | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 | 0.00043 | 0.00172 | 0.00689 |
| 公称管径 D,mm | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 13 | 28 | 60 | 10 | 23 | 49 | 25 | 53 | 118 | 20 | 42 | 91 |
| 20 | 28 | 61 | 132 | 23 | 50 | 104 | 54 | 118 | 254 | 42 | 91 | 191 |
| 25 | 54 | 118 | 247 | 45 | 95 | 204 | 109 | 227 | 481 | 82 | 177 | 363 |
| 32 | 113 | 245 | 513 | 91 | 200 | 422 | 227 | 481 | 998 | 172 | 363 | 762 |
| 40 | 172 | 367 | 771 | 141 | 299 | 635 | 340 | 726 | 1506 | 259 | 549 | 1134 |
| 50 | 340 | 721 | a | 227 | 590 | a | 667 | 1406 | 2926 | 588 | 1066 | 2223 |
| 65 | 544 | 1157 | a | 445 | 953 | a | 1076 | 2268 | 4672 | 816 | 1710 | 3538 |
| 80 | 980 | 2064 | a | 798 | 1683 | a | 1919 | 4019 | a | 1452 | 3044 | a |
| 100 | 2823 | 4237 | a | 1851 | 3481 | a | 3980 | 8258 | a | 3083 | 6269 | a |
| 150 | 5888 | a | a | 4899 | a | a | 11748 | 24313 | a | 8891 | 18416 | a |
| 200 | 15429 | a | a | 10161 | a | a | 24222 | 50032 | a | 18371 | 37921 | a |

a: 该规格及压力损失由于流速超过 35.6 m/s, 请用其它规格及压降的数据。

15. 实用工程数据表

表 CG-29. 压力管道标准尺寸 (美国压力管道第 40 号标准)

| 规格 DN | 直径 mm | | 厚度 mm | 周长 mm | | 横截面积 mm ² | | | 单位面积周长 m/m ² | | 单位体积 管长 m/m ³ | 重量 kg/m | | 每英寸 磅/英寸 |
|-------|--------|--------|-------|----------|----------|----------------------|------------|-----------|-------------------------|-------|--------------------------|---------|-------|----------|
| | 外径 | 内径 | | 外 | 内 | 外壳截面积 | 内壳截面积 | 金属截面积 | 外表面 | 截面积 | | 平口 | 带螺纹 | |
| 4 | 10.29 | 6.83 | 1.73 | 32.31 | 21.47 | 83.23 | 36.77 | 46.45 | 30.94 | 46.59 | 21.534.05 | 0.36 | 0.36 | 27 |
| 6 | 13.72 | 9.25 | 2.24 | 43.09 | 29.05 | 147.73 | 67.12 | 80.60 | 23.21 | 34.43 | 12.406.34 | 0.63 | 0.63 | 18 |
| 10 | 17.15 | 12.52 | 2.31 | 52.86 | 39.34 | 239.83 | 123.13 | 107.69 | 18.57 | 25.42 | 5.283.61 | 0.84 | 0.84 | 18 |
| 15 | 21.34 | 15.80 | 2.77 | 67.03 | 49.63 | 357.47 | 196.00 | 161.47 | 14.92 | 20.15 | 6.193.28 | 1.06 | 1.06 | 14 |
| 20 | 26.67 | 20.93 | 2.87 | 83.79 | 65.75 | 558.54 | 343.98 | 214.56 | 11.94 | 15.21 | 1.660.5 | 1.68 | 1.69 | 14 |
| 25 | 33.49 | 26.64 | 3.38 | 104.93 | 83.71 | 876.05 | 557.48 | 318.57 | 9.53 | 11.95 | 3.319.03 | 2.49 | 2.51 | 11.5 |
| 32 | 42.16 | 35.05 | 3.56 | 132.46 | 110.12 | 1,395.02 | 954.79 | 431.23 | 7.55 | 9.08 | 2,318.96 | 3.37 | 3.39 | 11.5 |
| 40 | 48.26 | 40.89 | 3.58 | 151.61 | 128.47 | 1,828.87 | 1,313.19 | 516.68 | 6.60 | 7.78 | 1,939.19 | 4.03 | 4.06 | 11.5 |
| 50 | 60.33 | 52.50 | 3.91 | 189.52 | 164.94 | 2,857.81 | 2,164.49 | 893.11 | 5.28 | 6.06 | 1,442.76 | 5.42 | 5.47 | 8 |
| 65 | 73.03 | 62.71 | 5.16 | 229.41 | 197.02 | 4,107.46 | 3,088.29 | 1,099.10 | 4.36 | 5.08 | 909.77 | 8.60 | 8.66 | 8 |
| 80 | 88.90 | 77.93 | 5.43 | 279.29 | 244.82 | 6,206.00 | 4,768.55 | 1,437.45 | 3.58 | 4.08 | 695.65 | 11.24 | 11.33 | 8 |
| 100 | 114.30 | 102.26 | 6.02 | 359.08 | 321.26 | 10,258.89 | 8,211.51 | 2,047.38 | 2.78 | 3.11 | 488.43 | 16.01 | 16.21 | 8 |
| 125 | 141.30 | 128.19 | 6.55 | 443.91 | 402.73 | 15,678.10 | 12,904.52 | 2,773.58 | 2.25 | 2.48 | 360.55 | 21.69 | 22.04 | 8 |
| 150 | 168.28 | 154.05 | 7.11 | 528.65 | 483.97 | 22,235.01 | 18,635.33 | 3,600.19 | 1.89 | 2.07 | 277.75 | 28.15 | 28.65 | 8 |
| 200 | 219.89 | 202.72 | 8.18 | 688.24 | 636.86 | 37,687.18 | 32,269.33 | 5,417.84 | 1.45 | 1.57 | 184.58 | 42.37 | 42.87 | 8 |
| 250 | 273.05 | 254.51 | 9.27 | 857.81 | 799.56 | 50,545.34 | 40,864.04 | 7,681.30 | 1.17 | 1.25 | 130.19 | 60.07 | 61.21 | 8 |
| 300 | 323.85 | 303.23 | 10.31 | 1,017.40 | 952.61 | 62,356.10 | 52,200.22 | 10,155.87 | 0.98 | 1.05 | 98.47 | 79.42 | - | - |
| 350 | 355.60 | 333.38 | 11.41 | 1,117.15 | 1,047.33 | 69,295.83 | 57,271.81 | 12,024.12 | 0.90 | 0.95 | 83.17 | 94.03 | - | - |
| 400 | 406.40 | 381.00 | 12.70 | 1,276.74 | 1,196.95 | 79,692.64 | 65,987.68 | 13,704.97 | 0.78 | 0.84 | 63.67 | 122.81 | - | - |
| 450 | 457.20 | 428.60 | 14.30 | 1,436.34 | 1,346.49 | 91,419.03 | 76,248.55 | 15,170.48 | 0.70 | 0.74 | 50.27 | 155.56 | - | - |
| 500 | 508.80 | 477.88 | 15.86 | 1,595.93 | 1,501.29 | 104,644.76 | 85,323.69 | 19,321.07 | 0.63 | 0.67 | 42.88 | 182.37 | - | - |
| 600 | 609.60 | 574.70 | 17.45 | 1,915.11 | 1,805.47 | 129,809.45 | 103,352.80 | 26,456.65 | 0.52 | 0.55 | 30.81 | 253.80 | - | - |

表 CG-30. 压力管道对管件的当量长度 (美国压力管道第 40 号标准)

| 规格 DN | 长度 m | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 标准 弯头 | 侧出 三通 | 闸阀* | 球阀* | 角式 阀* |
| 15 | 0.40 | 0.91 | 0.09 | 4.27 | 2.13 |
| 20 | 0.55 | 1.22 | 0.12 | 5.49 | 3.05 |
| 25 | 0.67 | 1.52 | 0.15 | 7.01 | 3.66 |
| 32 | 0.81 | 1.83 | 0.18 | 8.84 | 4.57 |
| 40 | 1.07 | 2.13 | 0.24 | 10.30 | 5.49 |
| 50 | 1.31 | 2.44 | 0.30 | 14.02 | 6.71 |
| 65 | 1.52 | 3.35 | 0.34 | 16.48 | 8.28 |
| 80 | 1.88 | 3.96 | 0.43 | 20.12 | 10.38 |
| 100 | 2.74 | 5.49 | 0.58 | 28.04 | 13.72 |
| 125 | 3.35 | 6.71 | 0.67 | 34.14 | 17.07 |
| 150 | 3.97 | 8.24 | 0.85 | 41.45 | 20.42 |
| 200 | 5.18 | 10.67 | 1.13 | 54.86 | 28.04 |
| 250 | 6.40 | 13.72 | 1.40 | 70.10 | 34.14 |
| 300 | 8.24 | 16.17 | 1.68 | 82.35 | 40.23 |

*阀门处于全开状态

表 CG-31. 管子的热膨胀量

| 温度 °C | 膨胀量 mm/100m(28.9°C以上) | | | |
|-------|-----------------------|-------|--------|-------|
| | 铸铁管 | 钢管 | 可锻 铸铁管 | 铜管 |
| -28.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| -17.8 | 0.106 | 0.121 | 0.127 | 0.170 |
| -6.7 | 0.213 | 0.244 | 0.255 | 0.368 |
| 4.4 | 0.328 | 0.368 | 0.388 | 0.548 |
| 15.6 | 0.432 | 0.494 | 0.517 | 0.740 |
| 26.7 | 0.541 | 0.604 | 0.650 | 0.917 |
| 37.8 | 0.658 | 0.748 | 0.788 | 1.115 |
| 48.9 | 0.772 | 0.879 | 0.925 | 1.308 |
| 60.0 | 0.876 | 1.005 | 1.054 | 1.498 |
| 71.1 | 1.000 | 1.140 | 1.189 | 1.673 |
| 82.2 | 1.121 | 1.273 | 1.331 | 1.879 |
| 93.3 | 1.246 | 1.408 | 1.482 | 2.088 |
| 104.4 | 1.378 | 1.558 | 1.648 | 2.308 |
| 115.6 | 1.518 | 1.718 | 1.818 | 2.548 |
| 126.7 | 1.668 | 1.888 | 1.998 | 2.808 |
| 137.8 | 1.828 | 2.068 | 2.188 | 3.088 |
| 148.9 | 1.998 | 2.268 | 2.398 | 3.388 |
| 160.0 | 2.178 | 2.488 | 2.628 | 3.708 |
| 171.1 | 2.368 | 2.728 | 2.878 | 4.048 |
| 182.2 | 2.568 | 2.988 | 3.148 | 4.408 |
| 193.3 | 2.778 | 3.268 | 3.438 | 4.788 |
| 204.4 | 2.998 | 3.568 | 3.748 | 5.188 |
| 215.6 | 3.228 | 3.888 | 4.078 | 5.608 |

表 CG-31 给出了从 28.9 至给定温度的管道热膨胀量。要得出任何两个温度间管道的热膨胀量，只需取表中两个温度下的管道热膨胀量之差。如，假设铸铁管的安装温度为 26.7°C，工作温度为 60°C，则热膨胀量为 0.876-0.213 = 0.663。

摘自美国《管道手册》。

16. 公制英制换算表

| 类别 | 单位 | 符号 | 换算关系 |
|-------|--------------------|----------------------------|--|
| 长度 | 毫米 | mm | |
| | 米 | m | 1m=1000mm |
| | 英尺 | ft | 1ft=304.6mm |
| | 英寸 | in | 1in=25.4mm |
| | 码 | yd | 1yd=914.4mm |
| 面积 | 平方毫米 | mm ² | |
| | 平方米 | m ² | 1m ² =1000,000mm ² |
| | 平方英尺 | ft ² | 1ft ² =0.0929m ² |
| | 平方英寸 | in ² | 1in ² =645.16mm ² |
| 体积和容积 | 立方米 | m ³ | |
| | 立方英尺 | ft ³ | 1ft ³ =0.02832m ³ |
| | 立方英寸 | in ³ | 1in ³ =0.0000164m ³ |
| | 美加仑 | gal (美制) | 1gal (us)=0.003785m ³ |
| | 英加仑 | gal (英制) | 1gal (uk)=0.004546m ³ |
| 质量 | 千克 | kg | |
| | 磅 | lb | 1lb=0.4536kg |
| 压力 | 兆帕 | mpa | |
| | 大气压 | atm | 1psig=0.00689MPa |
| | 磅力/英寸 ² | 1bf/in ² (psig) | 1psig=0.00689MPa |
| 温度 | 绝对温度 T | °K | T=tc+273 |
| | 摄氏温度 tc | | Tc=5/9(tF-32) |
| | 华氏温度 tF | | TF=9/5tc+32 |
| 热量 | 焦耳 | J | |
| | 千卡 | kcal | 1kcal=4,187J |
| | 英热单位 | Btu | 1Btu=1,055J |
| 比热 | 千焦/公斤·摄氏度 | | KJ/kg |
| | 英热单位/磅·华氏度 | Btu/lb. | 1Btu/lb =4.1868KJ/kg. |
| 流量 | 米 ³ /秒 | m ³ /s | |
| | 英尺 ³ /秒 | ft ³ /s | 1ft ³ /s=0.02832m ³ /s |
| | 英加仑/分 | gal (英制)/min | 1gal (uk) /min=0.000076m ³ /s |
| | 美加仑/分 | gal (美制)/min | 1gal (us) /min=0.000066m ³ /s |

17. 比重-比热表

比重-比热表(1)a

| 表 CG-33. 常用液体、固体比重-比热表 | | | |
|------------------------|----|--------------|-----------------|
| | 相态 | 比重 15.6 至 21 | 比热 15.6 时 kJ/Kg |
| 乙酸 100% | 液 | 1.05 | 2.01 |
| 乙酸 10% | 液 | 1.01 | 4.02 |
| 丙酮 100% | 液 | 0.78 | 2.15 |
| 醇含乙醇 95% | 液 | 0.81 | 2.51 |
| 醇含乙醇 90% | 液 | 0.82 | 2.72 |
| 铝 | 固 | 2.64 | 0.96 |
| 氨 100% | 液 | 0.61 | 4.61 |
| 氨 26% | 液 | 0.90 | 4.19 |
| Aroclor | 液 | 1.44 | 1.17 |
| 石棉板 | 固 | 0.88 | 0.80 |
| 沥青 | 液 | 1.00 | 1.76 |
| 固体沥青 | 固 | 1.1-1.5 | 0.92-1.67 |
| 苯 | 液 | 0.84 | 1.72 |
| 砖墙 | 固 | 1.6-2.0 | 0.92 |
| 盐水-氯化钙 25% | 液 | 1.23 | 2.89 |
| 盐水-氯化钠 25% | 液 | 1.19 | 3.29 |
| 干粘土 | 固 | 1.9-2.4 | 0.94 |
| 煤 | 固 | 1.2-1.8 | 1.09-1.55(4) |
| 煤焦油 | 固 | 1.20 | 1.47 |
| 固体焦 | 固 | 1.0-1.4 | 1.11 |
| 铜 | 固 | 8.82 | 0.42 |
| 软木 | 固 | 0.25 | 2.01 |
| 棉 | 固 | 1.50 | 1.34 |
| 棉籽油 | 液 | 0.95 | 1.97 |
| 导热姆 A | 液 | 0.99 | 2.64 |
| 导热姆 C | 液 | 1.10 | 1.747-2.72 |

| | | | |
|--------|---|------|-----------|
| 乙二酸 | 液 | 1.11 | 2.43 |
| 脂肪酸-软脂 | 液 | 0.85 | 2.73 |
| 脂肪酸-硬脂 | 液 | 0.84 | 2.30 |
| 鲜鱼 | 固 | | 3.14-3.43 |

| | | | |
|----------------|---|-----------|-----------|
| 鲜水果 | 固 | | 3.35-3.68 |
| 汽油 | 液 | 0.73 | 2.22 |
| 耐热玻璃 | 固 | 2.25 | 0.84 |
| 玻璃绵 | 固 | 0.072 | 0.66 |
| 胶, 2 份水 1 份干胶 | 液 | 1.09 | 3.73 |
| 甘油 100%(丙三醇) | 液 | 1.26 | 2.43 |
| 蜂蜜 | 液 | | 1.42 |
| 盐酸 31.55% (氯化) | 液 | 1.15 | 2.51 |
| 盐酸 10% (氯化) | 液 | 1.05 | 3.14 |
| 冰 | 固 | 0.90 | 2.09 |
| 冰淇淋 | 固 | | 2.93 |
| 猪油 | 固 | 0.92 | 2.68 |
| 铅 | 固 | 11.34 | 0.13 |
| 皮革 | 固 | 0.86-1.02 | 1.51 |
| 亚麻油 | 液 | 0.93 | 1.84 |
| 氧化镁 85% | 液 | 0.208 | 1.13 |
| 枫树浆 | 液 | | 2.01 |
| 鲜猪肉 | 固 | | 3.27 |
| 牛奶 | 液 | 1.03 | 3.77-3.89 |
| 镍 | 固 | 8.90 | 0.46 |
| 硝酸 95% | 液 | 1.05 | 2.09 |
| 硝酸 60% | 液 | 1.37 | 2.68 |
| 硝酸 10% | 液 | 1.05 | 3.77 |
| 1#燃油 (煤油) | 液 | 0.81 | 1.97 |

| | | | |
|----------|---|------|------|
| 2#燃油 | 液 | 0.86 | 1.84 |
| 3#燃油 | 液 | 0.88 | 1.8 |
| 4#燃油 | 液 | 0.90 | 1.76 |
| 5#燃油 | 液 | 0.93 | 1.72 |
| 6#燃油 | 液 | 0.95 | 1.67 |
| API 中部原油 | 液 | 0.85 | 1.84 |

| 表 CG-33(续). 常用液体、固体比重-比热表 | | | |
|---------------------------|----|--------------|-----------------|
| | 相态 | 比重 15.6 至 21 | 比热 15.6 时 kJ/Kg |
| API 汽油 | 液 | 0.88 | 1.76 |
| 纸 | 固 | 1.7-1.15 | 1.88 |
| 石蜡 | 固 | 0.86-0.91 | 2.60 |
| 熔融石蜡 | 液 | 0.90 | 2.89 |
| 酚(碳酸) | 液 | 1.07 | 2.34 |
| 磷酸 20% | 液 | 1.11 | 3.56 |
| 磷酸 10% | 液 | 1.05 | 3.89 |
| 邻苯二酸酐 | 液 | 1.53 | 0.97 |
| 硫化橡胶 | 固 | 1.10 | 1.74 |
| SAE-SW (8#机油) | 液 | 0.88 | |
| SAE-20 (20# 机油) | 液 | 0.89 | |
| SAE-30 (30# 机油) | 液 | 0.89 | |
| 砂 | 固 | 1.45-1.76 | 0.80 |
| 海水 | 液 | 1.03 | 3.94 |
| 丝绸 | 固 | 1.25-1.35 | 1.38 |
| 烧碱 50% | 液 | 1.53 | 3.27 |
| 烧碱 30% | 液 | 1.33 | 3.52 |
| 豆油 | 液 | 0.92 | 1.00-1.38 |
| 钢 | 固 | 7.90 | 0.46 |
| 不锈钢 300 系列 | 固 | 8.04 | 0.50 |

| | | | |
|--------------|---|----------|-----------|
| 蔗糖 60% 糖浆 | 液 | 1.29 | 3.10 |
| 蔗糖 40% 糖浆 | 液 | 1.18 | 2.76 |
| 糖、甘蔗及甜菜 | 固 | 1.66 | 1.26 |
| 硫磺 | 固 | 2.00 | 0.85 |
| 硫酸 110% (发烟) | 液 | | 1.13 |
| 硫酸 90% | 液 | 1.84 | 1.47 |
| 硫酸 60% | 液 | 1.50 | 2.18 |
| 硫酸 20% | 液 | 1.14 | 3.52 |
| 钛 (商用) | 固 | 4.50 | 0.54 |
| 甲苯 | 液 | 0.86 | 1.76 |
| 二氧化碳 | 液 | 1.58 | 0.88 |
| 松木油 | 液 | 0.86 | 1.76 |
| 鲜蔬菜 | 固 | | 3.06-3.94 |
| 水 | 液 | 1.00 | 4.19 |
| 果酒 | 液 | 1.03 | 3.77 |
| 木材 | 固 | 0.35-0.9 | 3.77 |
| 羊毛 | 固 | 1.32 | 1.36 |
| 锌 | 固 | 7.05 | 0.40 |

| 表 CG-34. 常用气体比热-比重表 (空气的密度是 1.29 kg/m ³) | | |
|--|------------------|-----------------|
| | 相对空的比重 15.8 至 21 | 比热 15.8 时 KJ/Kg |
| 空气 | 1.00 | 1.00 |
| 氨 | 0.60 | 2.26 |
| 苯 | | 1.36 |
| 丁烷 | 2.00 | 1.91 |
| 二氧化碳 | 1.50 | 0.88 |
| 一氧化碳 | 0.97 | 1.07 |
| 氯 | 2.50 | 0.50 |
| 乙烷 | 1.10 | 2.09 |
| 乙烯 | 0.97 | 1.88 |
| 氟里昂-12 | | 0.67 |
| 氢 | 0.07 | 14.32 |
| 硫化氢 | 1.20 | 1.05 |
| 甲烷 | 0.55 | 2.51 |
| 氮 | 0.97 | 1.06 |

| | | |
|------|------|------|
| 汽 | 1.10 | 0.94 |
| 丙烷 | 1.50 | 1.93 |
| 二氧化硫 | | 0.68 |
| 水蒸汽 | 2.30 | 1.90 |