

毛细管选择建议

毛细管是制冷系统常用的节流装置，在所有家用和大部分商用制冷系统中使用，毛细管一般指内径为0.4~2.0mm的细长铜管。作为制冷系统的节流装置，毛细管是最简单的一种，因其价廉，选用灵活，容易安装而且故障率低。

高压制冷剂进入毛细管后,由于管径横截面积变小,制冷剂流速增加,从而在制冷剂与毛细管壁面之间产生剧烈摩擦,导致压力不断下降。

过冷状态制冷剂进入毛细管后，因流动摩擦阻力影响，压力降呈线性变化。它的流量主要取决于毛细管入口处制冷剂的状态，以及毛细管的几何尺寸。随着入口压力的提高毛细管的流量增加，毛细管的长度增加，内径缩小，相应地使流量减小。

毛细管的选用

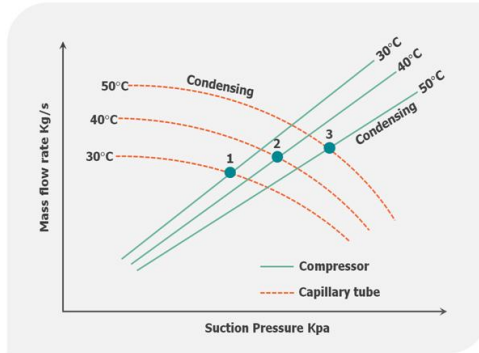
通过对流量和毛细管进出口压力的推测设计毛细管是不够准确的。系统的每个部件-压缩机，冷凝器，毛细管，蒸发器有他们各自运行的特点。设计制造完成后，运行条件的平衡，热负荷，环境温度，制冷剂的充注量等确定是否合适，都对系统的效率有很大影响。即使有简单的计算方法，最后的调节还是应该在实验室内通过实验进行。因为制冷系统并不总是在同样的条件下工作，他会影响毛细管运行。

毛细管流量与压缩机流量的关系

$$\dot{m}_{compressor} = \dot{m}_{capillary}$$

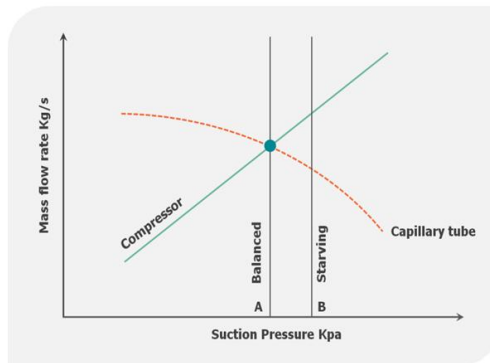
平衡点

压缩机和膨胀装置必须达到吸入和排出的平衡的条件，使压缩机从蒸发器中吸入的与膨胀装置输送到蒸发器具有相同的制冷剂流量。



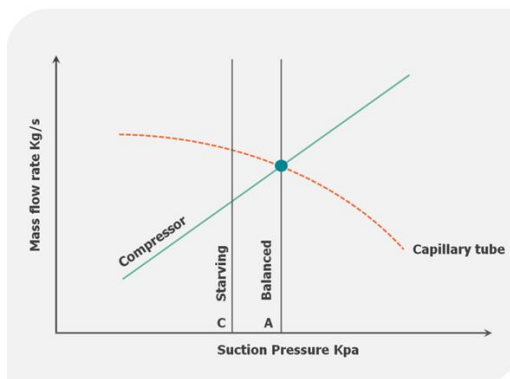
高热负荷条件

吸气压力升高（热负荷很大时），毛细管无法提供足够的制冷剂，蒸发器不能充分利用。蒸发器缺少制冷剂



低热负荷条件

吸气温度和压力下降到C点蒸发器充满制冷剂液体



毛细管流量

1. 影响毛细管流量最主要的因素是进出的压力，一般情况下，分别指于冷凝压力和蒸发压力。一个很实用的建议是冷凝温度中10K 的变化会导致蒸发压力中5K 左右的变化。
2. 流体通过环境转换为热量是非常重要的。毛细管与吸气管热交换（毛细管从内部通过或焊接在吸气管道外侧）在很大程度上影响其运行。作为常规建议，当蒸发温度越低越需要热交换（LBP压缩机，蒸发温度较低时可当作必要条件）。
3. 在大量生产过程中由生产公差造成的直径及粗糙程度的不同也会影响毛细管的实际流量。

体积流量

体积流量是指单位时间里流经管道横截面的流体体积

毛细管氮气体积流量计算，确定毛细管长度，内径，流量等

$$V(N_2) = 2,5 * (P_e^2 - 1)^{0.5} * L^{-0.5} * d^{2.5}$$

$$V(N_2) = \text{nitrogen flow (L/min)}$$

$$P_e = N_2 \text{ pressure (Bar)abs. (10Bar)}$$

$$L = \text{capillary length (m)}$$

$$d = \text{capillary diameter (mm)}$$

质量流量

质量流量是指单位时间里流经管道横截面的流体质量。

图解法 (R134a)

图1 :对于给定的毛细管入口压力和过冷度, 毛细管的参考质量流量可从图中估算;

$$P_c = 16\text{Bar} \quad \Delta T_{sub} = 15^\circ\text{C} \quad m_{reference} = 8.0 \text{ Kg/h}$$

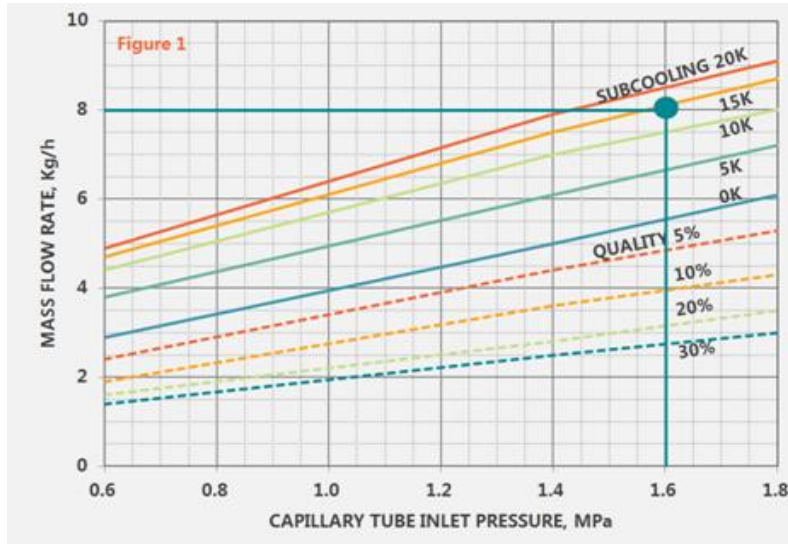
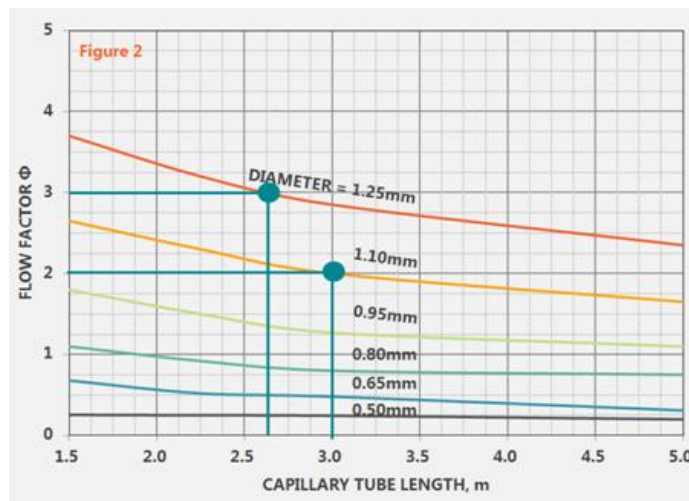


图2 :对于给定的毛细管直径规格, 流量校正系数可从图2中获得。实际的质量流量由参考流量和修正系数的乘积给出。



$$\Phi = m_{actual} / m_{reference}$$

$$m_{actual} = 16.0 \text{ Kg/h} \quad \Phi = 2.0 \quad D = 1.10\text{mm} \quad L = 3.0\text{m}$$

分析算法 (R134a)

分析算法涉及定义不同的参数，这些参数是根据热物理特性、操作试验条件和几何特性计算的。下表列出了可用于设计毛细管的参数的定义。

Parameter	Meaning	Symbol description
$\bar{M} = \frac{\dot{m}}{d\mu_L}$		\dot{m} : refrigerant mass flow rate d : capillary inside diameter
$\bar{L} = \frac{L}{d}$	Geometry effects	L : capillary length p_{in} : inlet pressure
$\bar{V} = \frac{d^2 h_{LG} \rho_L^2}{\mu_L^2}$	Vaporization effects	Δt_s : subcooling x : vapour quality
$\bar{P} = \frac{d^2 p_{in} \rho_L}{\mu_L^2}$	Inlet pressure effects	<i>The following thermophysical properties must be estimated at the saturation state using their capillary tube inlet temperature. Subscripts : L liquid phase and G vapour phase</i>
$S = \frac{d^2 c_p \Delta t_s \rho_L^2}{\mu_L^2}$ $\bar{x} = x$	Inlet condition: <u>subcooled</u>	ρ : density μ : dynamic viscosity
	Inlet condition: two-phase	h_{LG} : latent heat c_p : specific heat at constant pressure of the liquid

对于毛细管入口的过冷液体 ($1k < \Delta t_s < 17k$)，设计公式为：

$$\bar{M} = 1.8925 \cdot \bar{L}^{-0.484} \cdot \bar{V}^{-0.824} \cdot \bar{P}^{1.369} \cdot \bar{x}^{0.0187} \cdot \left(\frac{\rho_L}{\rho_G}\right)^{0.773} \left(\frac{\mu_L - \mu_G}{\mu_G}\right)^{0.265}$$

在毛细管入口为两相混合物的情况下 ($0.03 < x < 0.25$)，设计方程式为：

$$\bar{M} = 187.27 \cdot \bar{L}^{-0.635} \cdot \bar{V}^{-0.189} \cdot \bar{P}^{0.645} \cdot \bar{x}^{-0.163} \cdot \left(\frac{\rho_L}{\rho_G}\right)^{-0.213} \left(\frac{\mu_L - \mu_G}{\mu_G}\right)^{-0.483}$$

软件计算

在Embraco 网站或手册中查询压缩机对应工况下的质量流量，在Capillary tube 软件中输入相关参数
计算毛细管长度。

FFI12HBX 51320034799NE
Model
FFI12HBX
Order Code
51320034799NE



Test Condition: ASHRAE, Fan, Return Gas 35°C, Subcooling 8.3K, Ambient: 35°C

Select your own Rated Point

Condensing Temperature °C	Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h	Efficiency W/W
35	-10	619	358	2.27	12.17	1.73

Range Acceptable: -10°C 15°C

