

热管培训

- 主讲人：马誉高
- 时间：2019/09/26 21:10-22:40

热管启动

- 五个阶段：全固态-固态升温开始熔化-蒸发段完全融化产生稀薄气体-部分连续流-平面前锋推进-连续流
 - 平面前锋在第四阶段
- 流型：自由分子流-过渡流型-连续流
 - 自扩散模型描述自由分子流
 - 平面前锋模型描述过渡流
 - 网络热阻法描述连续流
- 各个阶段模型割裂，需要沟通，流型转变判据
- 流型转变判据：
 - 自由分子流->过渡流（平面前锋开始判据）：分子动力学; Kundsen特征数 $K_n = \frac{\lambda}{D}$ ， λ 为自由程， D 为特征尺寸，为管腔直径；自由分子流为 K_n 很大
 - 金属自由分子流为单原子分子理想气体，很好分析
 - 工程流体力学是 $K_n < 0.01$ ，为连续流，1是过渡
 - 由 $K_n = 0.01$ 得到气体的转变密度 ρ_{tr} ，但是温度更好测量，假设蒸汽处于饱和状态，由Clausius-Claperyron方程由一个参考点得到转变点处的温度，由转变密度得到转变温度 T_{tr} ，得到的是隐式方程，可以通过迭代法解出来，注意 T_{tr} 是气体平面前锋温度，不是平均温度，也不是壁面温度
 - 平面前锋附近是蒸发冷凝的过程，相变潜热很大，传热效率很高，（可以看成是一个短的热管？）
- 西交热管实验ANE文章
 - 八个点，蒸发段，绝热段，冷凝段
 - 最开始，蒸发段加热升温，其他都不咋升，因为轴向热阻很大很大
 - 当前端温度达到转变温度，下一点突然显著升温，到达转变温度，之后点点依然如此，连续流逐渐推进
 - 最终壁面有大概50K温差
 - 死区的概念
 - 热管倾角变化，重力会影响回流
 - 完全启动

- 部分启动：负角度或者功率不足可能部分启动
- 启动失败：负角度或者功率不足可能启动失败
- 流型图：倾角和输入功率与三种启动状态关系（多相流很重视流型图！）
- 就算完全启动，倾角较大的时候稳态温差较大，因为形成了热池，那部分成为了导热，热阻很大，而不是蒸发冷凝
- 锯齿状：间歇沸腾，有气泡长出来（小马哥解释是携带现象，也有分析倾角太大，液池烧干了，温度差距太大，液滴滴回一次一次）（物理图像解释很重要）
- 拉法尔管效应：在蒸发段结束段，静压转化为动压，温度最低的地方在蒸发段出口（这个西交没有观察到没有发，我们的实验有观察到）（庄俊书上有严格推导）
- 注：其实图上升没有那么陡峭，主要是时间以分钟比较大，热管加热其实很慢

传热极限

- 传热极限的本质：是从物理过程出发（如毛细现象，蒸汽声速限值等）产生的**理论限制**，不局限于一根热管，是普适的物理现象产生的，给出设计上限值，所以一般和实验不相符，理论值是远大于真实值

毛细力模型

- 纠正误区：水平热管的回流力是毛细力压头产生的压强差，而非毛细力，而毛细力压头来源于表面张力
- 毛细力压头产生必须在分界面，液体里面泡着的吸液芯没有毛细力
- 蒸发段和冷凝段的弯月面曲率半径不同导致毛细压强差
- 吸液芯可能会烧干一层，液面就会后退，多几层防线，细丝网靠近气体，粗的靠近外面，这就是为什么要多层吸液芯
- 一般吸液芯400目~30 μm 的孔洞
- 有效长度：整个回流长度不是整个长度，而和里面液膜的覆盖区域有关

蒸发-冷凝模型

- 常用Lee模型，蒸发量和饱和温度成定比关系（类似胡克定律），越接近饱和温度越难蒸发，推荐看张育民的文章
- 还可以从饱和压力模型（庄俊书25~27）出发计算蒸发量

总结

- 五个阶段，

- 三个流型（自由分子流、过渡流、连续流）
- 一个判据（转变温度 T_{tr} ）
- 三种启动状态（完全启动，部分启动，启动失败）
- 三种模型（毛细力模型，蒸发冷凝模型，多孔介质模型）