

热的超导体——热管

谢恩东

热管是一种性能优异的传热器件。早在1942年,美国的高格勒就提出了这一概念,但直至1964年美国洛斯阿拉莫斯实验室的格罗弗等人发明热管以后,其优良传热特性才受到重视。热管的传热效率和输热能力大大超出一般传热器件,被誉为“热的超导体”,用热管制成的换热器结构紧凑、体积小、重量轻、传热温差小。

一、热管的原理

热管是一根密封的环形金属管(图1),管壳内壁衬垫一层多孔材料——吸液芯,吸液芯中灌有容易蒸发的液体,称为工作液。管内空腔抽成 $10^{-6} \sim 10^{-2}$ 毫米汞柱的真空,使工作液在受热时容易气化。工作液是热管工作的载热、输热介质,为气液两相共存,依靠它的相变使热管循环工作。液态介质浸没于吸液芯内,气态介质充满壳体内腔。各种多孔物质都可作为吸液芯,如各种细金属网或烧结的多孔结构。

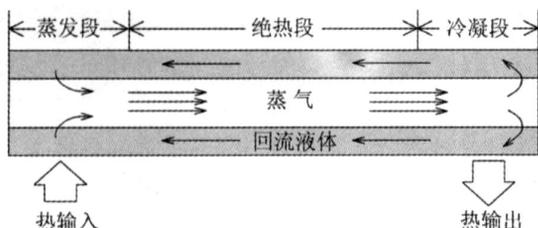


图1 热管原理示意图

当热源向热管的蒸发段供热时,工作液从热源吸热而气化,使局部蒸汽压升高。在压差作用下,蒸气迅速流向冷凝段,并向冷凝段放出潜热而凝结成液体。凝结液在吸液芯毛细抽吸力作用下,从冷凝端返回蒸发段再吸取热源供给的热量。如此循环往复,热量从高温处不断输送到低温处。实验证明,一支热管的传热性能比金属导热体高出几千倍。

目前制成的热管以黄铜、镍、不锈钢、钨及其他合金做外壳。热管工作液的种类更多,包括钾、钠、铯、铷、锂、铍、水银、水、酒精、丙酮、冷冻剂(氟里昂等)、液态氮、液态氧及其他一些无机盐等。热管外壳及工作液的种类视其应用情况而定。例如在1000℃以上高温时,热管内部多用钾、钠等液态金属;在-190℃时则多用液态氮等。

海拔4000米以上高原地带的青藏铁路有很长



图2 青藏铁路两旁的热管

一段路基建于冻土层之上,每到夏季,地面温度升高导致路基表层土质松软,给火车运行带来严重的安全隐患,能否解决冻土融涨问题是青藏铁路建设成败的关键。专家讨论后决定采用热管技术主动保护冻土,这种热管是一种7米长的碳素无缝钢管,5米埋入地下,2米露出地面(图2)。内部灌装液态氮,将地下冻土层的“冷气”带到地表土层。露出地面管径外表的“翅片”,把地表土层中的热量散发到空气中,就像是自动调节温度的“空调器”,让路基永远保持冷冻状态。

二、特殊功能的热管

经过研究和改进,科研人员已开发出功能各异的热管,如可控热管、热二极管、旋转热管、重力热管、抗重力热管、电力热管等。

将一定数量的不凝气体注入热管,并在常规热管的凝结段端部接一个贮气室,就是冷贮气室可变热导热管。这种热管具有较好的控制能力,当传递的热量变化幅度在10~20倍时,热管在常温下的工作温度变化可控制在-10~+10℃范围内。贮气室装上电加热器后,可以大大提高热源温度的控制精度,美国航天飞机的精密温度控制舱就采用了电反馈控制可变热导热管。

在地面上应用的重力热管,依靠重力作用实现管内工作液体的回流,所以加热段在下端才能传递热量、反方向不能传热或只有少量漏热,这就是单向传热器件,即热二极管。

利用旋转时离心力的分力使凝结液体回流,就构成了旋转热管。当旋转速度较高时,工作液的流动阻力小、传热能力强。具有转轴的许多旋转机械(如电机),都可在轴内安装旋转热管传递热量。

电动力热管是一种利用电极结构代替管芯使液体回流的热管,但这种热管需在管壳和管内的电极间加足够高的电压,结构也比较复杂,应用范围也因此受到限制。

在重力场内,当热管具有一定倾斜度时,重力就能使管内凝结液回流,这时管内可去掉吸液芯,这就是重力辅助热管。在热管用于地面作业时,热量需要从上向下传递,为维持热管正常工作,工作液体必须克服重力输送到上部的蒸发段,这就是抗重力热管。提升液体的方法有附加热动力蒸气泵或能产生较大压差的渗透膜,但这些方法均使热管结构复杂、成本提高。

三、热管在航天事业中的应用

在茫茫太空中运行的人造卫星、太空空间站、宇宙飞船和航天飞机等航天器,都面临共同的“冷热”难题:就是航天器面向太阳的一侧受到高温煎熬,而背向太阳的一侧则要经受低温考验。由于不可能通过空气调节温度,因此飞行器两侧温差竟可高达300℃。尽管航天器表面经过特殊处理,但如此大的温差下仍会导致其变形,从而造成严重后果。尤其是在航天器运动速度极快、不断改变方向时,向阳面和背阴面连续变化,这种“冷热不均”的情况就更加严重。热管可消除航天器向阳面和背阴面的巨大温差(图3),持续不断地把向阳面的热能迅速引到背阴面。



图3 航天器外壁上的热管

四、热管在节能与散热中的应用

热管调节温差的神奇功效也使其广泛应用于冶金、化学、石化、电力、轻纺和机械等众多领域,在节能、散热等领域更是大显身手。

1969年研制成功的“带翅片热管束”空气加热器可以回收工业排气中的热能,从而使热管技术在节能和环保领域找到了用武之地,传统散热器的设计思路也摆脱了单纯依靠高风量电机的单一散热模式。

传统电动机的转速越高,产生的热量也越多。如果散热不及时,就会存在火灾隐患。普通电动机一般用气冷或水冷设备冷却转子,效率低、冷却部件体积大,整个电机粗大笨重,而且噪声大、污染严重。而利用热管冷却转子,不但效率高,电动机的辅助设备体积小、使用寿命长,成本也有所降低。

在生活和生产中离不开各种锅炉,最近一种将热管传热技术运用在常压热水锅炉上的热管锅炉异军突起,其炉体上方与超大型烟箱相通,内设超导“热管”换热器,可以充分利用二次热能,回收余热。

微型热管在电脑中应用广泛,体积越来越小的高速处理器使散热成为一大难题。台式电脑的设计人员可以依靠功率强大的风扇把热量转移到周围环境中。便于携带的笔记本电脑则广泛应用了先进的“热管”技术:热端置于CPU上方的散热片上,三根8字型的细小热管就是散热器的主体,不仅散热速度快,噪音也有所降低。

五、美好前景

随着对热管性能的深入了解和热管制造技术的快速发展(特别是热管生产的规模扩大和成本降低),其应用领域不断延伸。

热管用于大剂量注塑零件铸模的均温和冷却可提高产品质量;利用热管传输地热或以电能通过热管加热地表层,可以防止冬季地面结冰或用于重要道路设施(如机场跑道)的融雪;热管在冷却润滑油、旋转或固定刀具方面都有较好效果;医疗器械开发人员计划试制应用热管的样品。

家用电器采用热管技术能够大大节约能源。热管用于普通烧水壶可以缩短烧开水的时间、节省能源。利用热管的高效传热特性可制成速冻电冰箱,被冻物品可直接放在作为内壁的平板型热管上,除了上部吹入的冷风外,物品底部通过热管导热,制冷速度比普通电冰箱提高1倍。

随着热管理论和技术的不断发展,导热冠军“热管”将会更加广泛地进入我们的日常生活!

(安徽省安庆市第一中学 246000)

