

热管的新用途

目 录

- 一 前 言
- 二 热管用途的分类
- 三 各种类型热管的工作参数
- 四 热管在宇宙飞行技术上的实际应用
- 五 热管是冷却电子设备的新方法
- 六 热管在动力装置上的应用
- 七 热管在测量工作中的应用
- 八 日常生活用热管
- 九 结 束 语

一、前 言

热管是一种新型的传热元件。它的主要优点是传热量非常大、温度均匀、简单、可靠、没有转动部件。此外，热管还有轻便、价廉、寿命长等特点。1964年报道了第一根热管原理性实验成功后 (*J. Applied Physics*, Vol. 35, 1964)，它就受到许多国家科技界的重视。一些研究单位进行了系统的实验研究和理论分析。前文(热管简介, 科技情报〔中国科学院力学研究所〕, 1971年第5期)对热管原理和性能进行了介绍。本文侧重介绍目前热管在工程中实际使用的情况。从这些事例中可以看出, 在短短的七年里, 许多类型热管已从实验室研制的阶段进入到工业上成批生产推广使用的阶段。由于热管具有上述优点, 它将在宇宙航行、原子能技术、热动力装置、电子工业和日常生活中得到极为广泛和有效的应用。

当然, 热管也存在一定的缺陷, 因而在使用上受到某些限制。首先, 热管制作需要较严格的真空和密封技术。载热工质的纯度要求较高。另外, 热管的工作特性受到气体工质管内流动时的声速极限、气液交界面的流通极限、毛细结构的压头极限和载热工质的沸腾传热极限等四个主要极限的影响。常温下工质是固体状态的热管, 起动过程需适当控制。

为了使热管能在超高温(900—2000℃)、高温(200—900℃)、常温(5—230℃)和超低温(-200—-60℃)情况下工作正常, 完成一些复杂的沸腾和凝结传热过程以及寿命试验,

还需要进行大量的研究和试制工作。

三、热管用途的分类

从热管工作温度的范围而言，可分为：

1. 深度冷冻用热管， -200 — -80°C ，液态氮为工质。

2. 低温用热管， -70 — -60°C ，液氨、甲醇、乙醇为工质。

3. 常温用热管， 5 — 230°C ，水为工质。

4. 中温用热管， 200 — 550°C ，水银为工质。

400 — 900°C ，钾、钠为工质。

5. 高温用热管， 900 — 2000°C ，铯、银为工质。由此可见，由于热管的出现，从低挥发点的工质到高沸腾点的金属都成了理想的热管载热工质。

从热管的功能而言，热管可分为四类：

1. 热管作为大热流量的传递装置：如核燃料热离子发电、高温部件和电子设备的冷却等。

2. 热管作为温度均衡装置：如宇宙飞行器的温度控制等。

3. 热管作为分隔热源和热穴的稳定装置：如电子设备（行波管等）的冷却和电绝缘等。这时载热工质是良好的电绝缘介质。

4. 热管作为恒温变热流量的传递装置：例如将同位素发出的低热量汇集成高热流量来进行热离子发电。热流密度可提高十倍达 250 瓦/厘米²。

三 各种类型热管的工作参数

下表给出各种类型热管目前在实验室和实际使用中已经达到的指标参数。

温度范围 °C	工 质	管口材料	实际达到 轴向功率 千瓦/厘米 ² (°C)	实际达到热管 表面功率 瓦/厘米 ² (°C)	主要用途
-200至-80	液氮	不锈钢	2.07(-163)	1(-163)	超导元件, 液态气体的储存等。
-70至60	液氮	镍铝磷铜	2.30	3	卫星温度控制。
-45至120	甲醇	铜镍不锈钢	0.45(100)	75(100)	卫星温度控制, 电子设备冷却, 宇宙服
5至230	水	铜, 镍	0.67(200)	146(170)	动力装置 日常生活用品。
190至550	水银	不锈钢	19.5(360)	180(360)	动力装置
350至450	铯	不锈钢	1.0(450)	—	核燃料热离子发电接收极, 热中
400至800	钾	镍, 不锈钢	5.6(750)	180(750)	发电, 宇宙热辐射散热器。
500至900	钠	镍, 不锈钢	9.3(850)	225(760)	
900至1500	铯	钨+1%钨	15.0(1500)	210(1250)	核燃料热离子发电发射极, 航空
1500至2000	银	钨+5%钨	4.0	4.15	用核燃料动力装置

从上表可以看出，目前实际达到的轴向功率还远远低于声速极限和流通极限，利用改善毛细结构的方法提高轴向功率的潜力还是很大的。热管寿命实验最长者已超过两万小时，完全满足工业要求。水热管在轨道卫星上的实验结果表明，失重情况下热管运转正常，也经受住了8倍多重力加速度和强烈机械振动的考验。

四 热管在宇宙飞行技术上的实际应用

1968年发射的SNAP-27采用热管型核燃料热离子发电装置。温度是1400—1500℃，效率达14%。

采用热管的核燃料温差热电势电池SNAP-29已制造成功，发电功率为35—40瓦。

卫星上用的太阳能电池的接收极采用热管后，太阳能电池的重量比肋片冷却装置减轻了3/4。单个电池的重量由320克降至78克。接收极温度为1000°K时，输出电流由35安培提高到55安培。效率提高20%以上。

核燃料热离子发电装置的发射极和接收极均采用热管冷却。卫星向太阳和背太阳时的最大温差可达250℃。大量实验结果和大型载人卫星热管结构测量结果表明，用水、氨热管控制卫星内部温度是一种行之有效的措施。例如，美国SERT-II卫星，SE-4卫星，GEOS-2卫星（用Freon-11作工质）和1970年发射的OAO-3宇宙飞船船舱骨架等都采用了大量的热管。

美国无线电公司 (RCA) 为美空军加工了一台钠热管空间辐射散热器, 可散出50瓩的热量。散热器长1.10米、宽0.58米, 有100根热管, 重量只有7.5公斤。

空间研究公司 (Air Research Mfg. Co.) 用热管原理做成防热导弹弹头和宇宙飞行服。热管亦可做成发动机喷管喉部冷却通道。

欧洲原子能公司 (Euratom) 设在意大利的原子能研究中心近六年来集中研究卫星用原子能发电装置高温热管, 以钨、银为工作介质。为了满足发射极的高温要求, 热管在1400—2000°C间工作。

美国劳斯·阿拉摩斯科学研究所 (Los Alamos Scientific Laboratory), 美国航空宇宙航行局 (NASA), 美国无线电公司喷气推进实验室 (JPL), 劳伦斯辐射实验室 (Lawrence Radiation Laboratory), 普渡大学 (Purdue University), 北卡罗来纳大学 (North Carolina University), 阿拉巴马大学 (Alabama University), 美海军学院, 法国电话公司技术研究所 (Compagnie Générale de Télégraphie), 西德中子物理和反应堆研究所 (Institute für Neutronenphysik und Reaktortechnik), 苏联原子能研究所, 英国原子能研究机构, 澳大利亚原子能研究局等许多单位均对热管进行了大量的研制工作。例如美国无线电公司近六年来研究试制了不同用途的各种类型热管

一千一百多根。

据了解我国已有好些个单位对热管研制感到兴趣，并开展了一些工作。

三 热管是冷却电子设备的新方法

一些电子设备冷却用热管已基本完成实验室工作，三年前正式投入生产和使用。这类热管一俟大量供应，将会得到普遍推广。在某些情况下热管冷却可以代替笨重的液冷和风冷系统，使电子设备的体积显著缩小。

例如，射频大功率晶体管可以安装在一个扁平的热管上，无需再用散热片。休斯飞机公司 (Hughes Aircraft Co.) 电子分公司用热管冷却高功率高效能行波管 (TWT)，不再需用笨重的液冷装置。行波管的接收极需要用热管散出 600 瓦的热量，最高温度 300°C 耐压 15000 伏。扁平的电子组合件直接安装在扁状热管上可得到良好的冷却效果。大功率真空四极管采用热管后不再需要庞大的散热片。速调管 (Klystron) 采用热管可得到良好的冷却效果。印刷线路板用细热管围起来保持冷却。整个微波天线由热管构成，它起到导热和结构支撑的双重作用。美国电子动力公司 (Electron

Dynamics) 已经用大量热管冷却各种类型的晶体管元件、晶体管功率放大器、可控硅元件、薄膜组件、整流器和各种电子设备上使用的微型陶瓷组件。

巴泰尔研究所 (Battelle Memorial Institute) 着重研究温度在 $-15 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 时直径为 3 至 6 毫米微细热管。这类热管主要用在电子设备上。

飞歌福特公司 (Philco Ford Corp.) 制成的行波管放大器接收极用热管冷却器，工质是水，功率为 750 瓦。在 8500 米高空时可在 $-5.4 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下连续工作。从冰冻状态下启动只需要 10 分钟。正常工作情况下，行波管放大器接收极的温度保持在 140°C 以下。

六 热管在动力装置上的应用

燃气轮导向叶片和燃气轮机用再生式换热器可采用热管作为传热元件，有些研究单位做了些模型试验。由于发动机技术问题复杂，成本较高，目前还不成熟。

原子能反应堆和航空发动机采用热管的方案引起人们的注意。

发电机和电动机的轴中心挖空构成旋转热管，可使电机内部得到良好冷却。

机械技术公司 (Mechanical Technology Incorp.) 的 E. F. Finkin 申请到热管刹车专利。Concorde 型飞机着陆架轮刹车将采用热管散出刹车过程中产生的大量热量。采用热管刹车后重量将显著下降。E. F. Finkin 预计工业用刹车和摩擦式联接器均可用热管冷却。

热管将汽车排气管的废热引到汽车内部供冬天取暖之用。

核燃料热离子发电装置的发射极和接收极采用热管，显著地降低了发电装置的重量，供通讯卫星使用。

五 热管在测量工作中的应用

美国标准局 (National Bureau of Standard) 利用热管原理建成一台金属镀膜热管炉。用来作为金相分析金属镀膜用。这种加热炉和一般加热炉相比，优点是温度稳定而均匀，因而可得到非常均匀的金属蒸气。

利用热管壁面温度平衡的原理构成的金属热辐射黑度系数测定仪可获得良好的测量结果，在很广阔的温度范围内，测量误差仅百分之二左右。

劳斯·阿拉摩斯科学研究所设计了一台热管加热的等离子体炉。

六 日常生活用热管

热管也可以在日常生活中得到应用。例如能量转换系统公司 (Energy Conversion System Inc.) 出售一种“奇妙”热管烤肉针。将热管一端插入生肉内，另一端在炉上加热，肉块就会自内向外煮熟。这为烹调技术开辟了新途径。

七 结束语

自从第一根原理性热管问世以来，短短七年的时间里，热管就受

到许多国家科技界的重视。人们正在对热管的原理和用途进行着广泛的研究。从宇宙飞船到潜水艇动力装置，从电子设备的冷却到日常生活的烤肉取暖都可用热管作为一种新型的传热元件。许多具有热量传递的场所都可使用热管装置，发挥它无转动部件、高热流、等温等独特的优点。许多采用高温热管的复杂装置如动力装置等，目前还处于实验和试制阶段，只有少量样机投入使用。

目前，比较成熟和成批使用热管的工业部门主要是电子设备冷却和卫星温度控制等方面。这些热管工作温度较低（ -45 至 120°C ），热管制作工艺简单，比较容易推广。高温和超低温热管由于有它的独特优点，在尖端技术中有使用前途，虽然制作工艺比较困难，但仍受到重视。