

带人体智能温度仪自由转动冷刀头的 低温外科装置研究

王惠龄, 罗海燕, 王晨峰

华中科技大学低温新技术研究所 武汉 430074

【摘要】 在低温实验研究的基础上,基于低温液体双相传输技术,研究提出液氮传软输低温医疗仪,阐述双相传输技术原理,计算物理模型,低温医疗装置系统,360度自由转动冷刀头,1米工作半径,人体智能温度仪低温特性,低温实验研究及临床应用,指出低温技术进步对促进低温医疗仪器和低温医疗技术发展的重要关键。

【关键词】 气液双相传输; 实验研究; 低温软传输治疗仪; 人体温度传感器; 临床应用

An Investigation of Cryosurgical Instrument Based Liquid Nitrogen Transport by Soft Pipe with Lt Intelligent Thermometer

Wang Hui-ling, Luo Hai-yan, Wang Chen-feng

Huanzhong University of Science and Technology, Wuhan 430074

Abstract In order to extend the practice of cryosurgery, a compact liquid nitrogen cryo-medical instrument, using low temperature liquid dual transfer technique, is developed based on the research results of low temperature experiments. The theory of dual transfer technique is defined. The physical model is calculated and designed. The cryo-medical instrument set is systemized. The cryo-medical knife is 360 degree free rotary and has a operating radius of 1 meter. The cryo-medical instrument set, completed with a intelligent human cryo-thermometer, is studied in low temperature experiments and clinic surgery. The low temperature technique is critical to develop cryo-medical instrument and cryosurgery technology.

Key Words liquid nitrogen dual phase transfer; experimental investigation; cryo-medical instrument; human cryo-thermometer; Clinical applications

随着现代科学的进步和低温技术的发展,低温外科手术设备在用液氮冷冻、二氧化氮节流、氩氮刀以及运用超声波等的检测与影像技术上取得了不断的进展。代表性的有俄罗斯,日本和英国等的产品。九十年代初,国际上推出手持金属杜瓦喷射型低温手术器,以丹麦、捷克等国的产品为代表,它的优点是精致小巧,操作到位。为低温外科应用起了一定的普及和推动作用。但是由于传输管是金属短管,刀头的角度不能随意倾斜等,手术应用上受到制约。

总的来说,一段时期以来,国内外这方面产品

装置构造过于复杂两极趋势局面的状况,以低温液体为冷源的复杂产品从低温技术上还是七八十年代的水平,潜意识地限制了低温医疗技术临床应用的普及推广和提高。研发既要充分展现低温外科医疗技术特色,又要结构简约,临床应用方便实用,有利普及促进提升低温外科发展的医疗装置,是低温外科技术和低温现代外科治疗仪研究发展的关键和方向。

液氮软传输原理及物理模型

液氮软传输原理是基于低温液体氮在管内传



输时,受管壁气氮围绕形成一绝热保护层,氮气的导热系数介于 0.0261-0.0674W/m·K 之间,这比许多优良的绝热材料的绝热性能还高。则简化了低温传输设备结构,提高了低温液体传输效率。采用气膜软传输的原理使低温医疗仪的刀头可以获得任意操作角度。气膜传输是一个涉及液氮两相流非常复杂的物理过程,其设计和优化的研究工作报道很少。在理论上和实用上有许多有意义的研究工作要做。

两相传输制冷系统制冷量取决于液氮两相流的流动速度,流动速度与工作压差有关。为使问题简化,假设两截面间液体的密度不变,为定常流动,定物性参数等。建立的物理模型为

根据伯努利粘性流体总流方程,

$$z_1 + p_1 / \rho_1 + u_1^2 / 2g$$

$$= z_2 + p_2 / \rho_2 + u_2^2 / 2g$$

同时根据一元流动连续性方程,

$$\rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2$$

式中 u 和 ρ 分别为两相流的速度和密度, A_1 、 A_2 为流通截面。则可得到所划分的 I~VII 中每段的方程,然后解此联立方程组,得到不同压差下的流速。模型计算结果与实验验证结果一致。

软传输低温外科治疗仪及其系统

基于液氮两相传输工作过程的实验研究,运用低温两相传输原理将使低温外科手术设备结构上发生本质的变化。我们先后研制出袖珍型液氮两相传输低温医疗装置,如图 1 所示.和低温外科治疗仪及其系统,如图 2 所示。

图 1 所示为低温双冷刀头结构,其装置体积微型化,总重量只有 3 公斤。



图1 低温双冷刀头治疗仪

图 2 所示为研究的一种低温外科治疗仪及其系统,它集成了低温外科手术系统,液氮冷源储

运装置和人体温度测量记录于一体。



图2 低温外科治疗仪及其系统

低温医疗仪系统由复合冷刀头、绝热刀杆、传输软管、控制杜瓦、储存杜瓦；人体低温温度传感器、数字测量仪表和数据输出接口和数据处理器等组成。软传输低温外科治疗仪冷刀可 360 度自由转动，操作灵活，靶向精准，医院门诊临床治疗可长时间不需补充低温液体（一个月以上），最大限度方便临床实际应用促进低温外科技术的提高与发展。

低温实验研究

实验系统通过在低温医疗仪装置上加装稳压测压部分,热电偶测温部分,测温二次仪表分辨率为 1 微伏.流量由自制的低流速传感器测量.实验测得低温医疗仪冷刀的冷量和冷刀头达到的最低温度与液氮两相流流速的关系如图 3 所示。

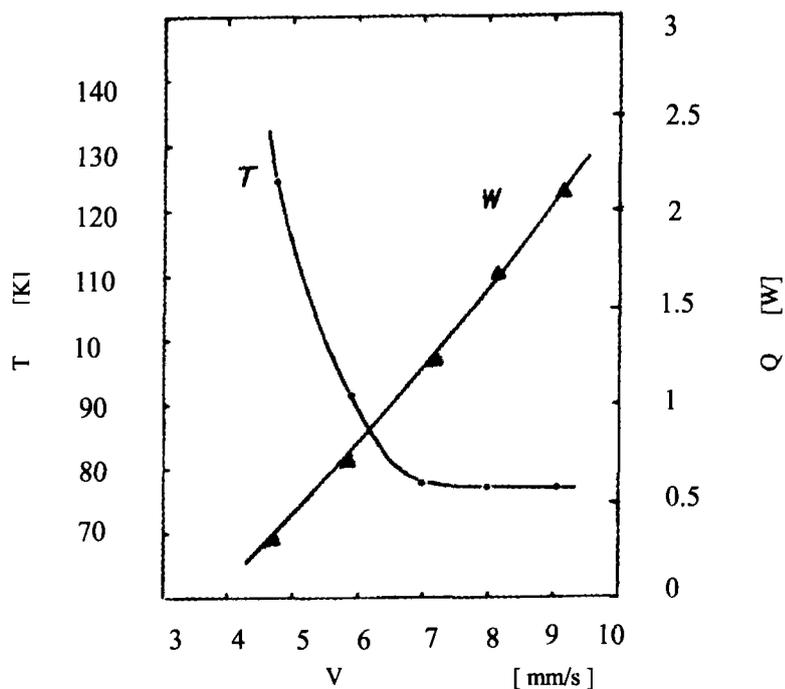


图3 冷刀冷量与冷刀温度与液体传输速度的关系

图 3 中曲线 T 表示在不同流速下，达到不同的最低温度,由图可见在传输速度达到 7 mm/s

时,冷头温度接近或达到 77K 低温.图 3 中 W 曲线是不同流速下得到的冷量值。由图可以看出，随



着流速的加大,冷量迅速增加。流量的大小由设置在医疗仪上的调节旋钮控制。

智能型人体测温仪特性

低温外科智能型人体低温数字温度计的需求和重要性不亚于低温冷刀设备。低温医疗仪带有可供临床应用的人体低温温度计,对实现低温临

床治疗过程数据化描述,提高和扩大低温外科疗效具有重要的意义。研制的低温外科应用的人体温度计如图4所示。温度仪包括插入式人体温度传感器,如图中左侧所示,插入式人体温度传感器插立在鸡蛋上,插入式人体温度传感器无毒无污染;动态响应小于3秒。和智能温度显示仪表,低温温度测量范围低温可以达到 -200°C 。

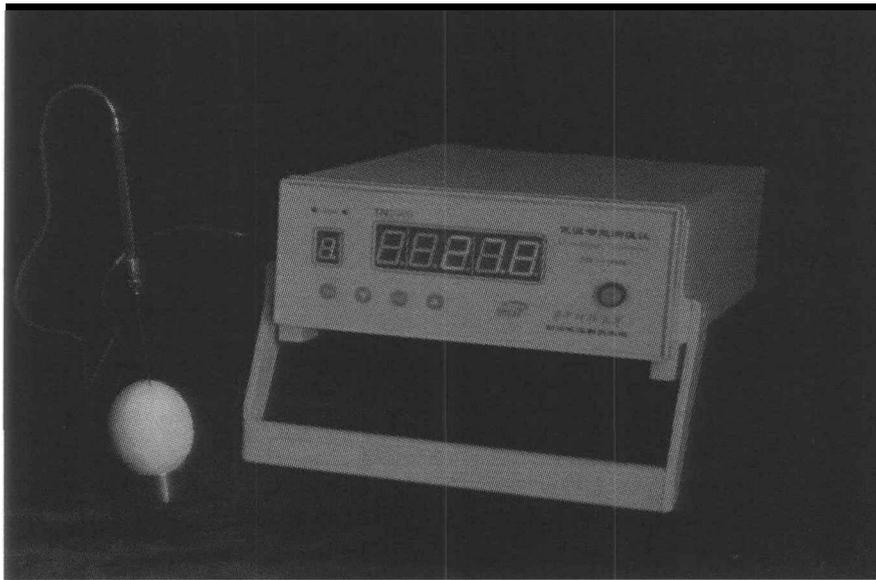


图4 低温外科用人体智能测温仪

人体温度计主要技术参数:

- 温度计传感器直径: $< 0.3\text{ mm}$,
- 插入温度计传感器长度 $1 < 90\text{ mm}$,
- 测量范围: -199.9°C 到 $> 100^{\circ}\text{C}$
- 温度计分辨率: 0.1°C
- 仪表基本误差: $0.1\%F.S \pm 1$ 字

温度传感器采用直径为 0.1 mm 的特制的低温铜-康铜热电偶作为传感元件。低温循环复现性和年稳定性均符合高精度温度传感器标准,二次仪表采用微机非线性处理技术。并设置了上下极限温度报警功能。有单点和多点巡回检测仪表以满足临床使用。

临床应用

先后在北京肿瘤医院和武汉市医院临床应用。
临床案例

(1) 武汉市第八医院

患者: 胡×× 女 36岁

主述症状: 十年前右上腹部生一痣, 半年来逐渐长大无痛, 不痒。

体检: 右侧季肋区有一直径为 1 厘米的圆形黑色素痣, 表面光滑隆起, 约数毫米高, 无压痛。

诊断: 单纯黑色素痣

治疗: 采用低温治疗仪治疗, 如图5所示, 约经冷冻 90 秒后, 常规消毒包扎。患者在治疗过程中无疼痛感。三天后换药仅见局部二度冻伤。共换药三次, 十五天后结痂痣核脱落无残根遗留, 皮肤愈合良好, 无继发感染。患者对这种低温医疗仪的手术疗效表示满意, 脱落组织物理病理检查符合诊断。



图5 软传输低温冷冻切除腹部黑色素痣

(2) 中国医学科学院北京肿瘤医院

患者: 男 50岁

患者脚根部黑色素瘤(恶性肿瘤), 癌瘤直径约3厘米, 经低温医疗仪冷冻两分钟, 手术两周后结痂脱落。

结 语

两相传输低温医疗仪中两相流的流速与工作压差成正比, 压差大, 流速大, 含气率相对降低, 将出现连续液芯的工况, 压差太低, 冷量小, 达不到要求。因此对于具体机型存在相适应的压差范围。

参考文献

- 1 Cryosurgery Mechanism and Applications, International Institute of Refrigeration, Paris, FRANCE, 1995
- 2 Wang Huiling, Gong Weiwen, Low Temperature Experimental Research for Methods Neglecting Arterial Blood Stream Heat, Advances In Cryosurgery P.127. International Academic Publishers, 1989
- 3 王惠龄, 汪京荣. 超导应用低温技术, 国防出版社, 2008
- 4 刘金刚, 刘作斌. 低温医学, 人民卫生出版社, 1993
- 5 华泽钊, 任禾盛. 低温生物医学技术, 科学出版社, 1994
- 6 韩颖, 权国波, 王捷熙. 人红细胞和血小板保存研究新进展, 第5届全国低温生物医学会议论文集, 2006
- 7 朱明荣, 李硕, 王惠龄. 低温生物医学在神经医学上的应用. 低温工程, 1996; 6: PP38 - 42

精确的, 无毒无污染的低温人体温度计是低温外科临床重要的设备之一, 是低温医学临床和科学研究重要的实验与测试手段。

软传输液氮低温医疗仪工作半径可达 1 m, 冷刀头可以 360 度全方位操作。临床切除了直径 10 mm 和 30 mm 的肿瘤, 操作轻便, 疗效良好。后一系统, 可以较长时间不用灌液, 根据门诊实用情况, 可以实现一个月无需充灌低温液氮, 使用方便。

低温医疗技术随着现代科学技术的进步而发展, 其中材料科学, 自动控制和低温技术影响直接, 特别是低温技术进步是关键。有利普及, 促进和提高低温外科医疗水平与技术发展, 是低温外科技术和低温现代外科治疗仪研究的关键和方向。