

## 医疗床旁多功能冲洗管加热保温装置设计

孟祥祯, 刘晶楠, 刘欣雨, 徐瑞泽, 杨昕颖

华北理工大学 河北唐山

**【摘要】**在围手术期间, 冲洗操作是不可或缺的操作之一。针对现有冲洗方式易造成低体温等并发症的问题, 设计一种多功能冲洗管加热保温装置。该装置主要由冲洗装置和温度控制系统构成, 基于 PID 控制算法设计的温度控制系统对冲洗液均匀加热持续保温, 使温度控制更加精准, 同时适配多种应用模式, 能有效减少术中或术后不良反应的发生, 具有较强的临床应用价值。

**【关键词】**冲洗; 温度控制; PID 算法; 设计

**【基金项目】**河北省大学生创新实验训练计划项目 (S202310081131)

**【收稿日期】**2024 年 9 月 2 日

**【出刊日期】**2024 年 10 月 26 日

**【DOI】**10.12208/j.ijmd.20240032

### Design of heating and insulation device for multifunctional washing tube beside medical bed

Xiangzhen Meng, Jingnan Liu, Xinyu Liu, Ruize Xu, Xinying Yang

North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei

**【Abstract】** During perioperative period, irrigation is one of the indispensable operations. Aiming at the problem that the existing flushing method is easy to cause complications such as low body temperature, a multifunctional heating and insulation device for flushing tube is designed. The device is mainly composed of a rinsing device and a temperature control system. The temperature control system designed based on PID control algorithm uniformly heats the lotion and keeps heat preservation, which makes the temperature control more accurate. At the same time, it can adapt to a variety of application modes, and can effectively reduce the occurrence of intraoperative or postoperative adverse reactions, which has strong clinical application value.

**【Keywords】** Flushing; Temperature control; PID algorithm; Design

围手术期冲洗血液、脓液、病菌和组织碎屑异物残渣, 一方面可以保持术野清晰, 另一方面可以减少感染的发生, 且冲洗液在某些疾病中起到手术或药物治疗载体的作用<sup>[1]</sup>。使用接近室温的冲洗液对机体进行冲洗, 当室温较低时, 易诱发患者核心体温降低, 有研究表明, 外科手术中低体温的发生率高达 50%-70%<sup>[2]</sup>, 进而引发一系列严重的并发症, 为患者的生命健康埋下重大隐患。随着精细化医疗的不断发展, 冲洗液温度、压力等冲洗方式备受关注。目前国内临床冲洗操作正从注射器或悬挂冲洗药袋进行简单冲洗到术前恒温箱预热过渡, 而恒温箱预热仍不能很好的满足临床冲洗需求, 冲洗液从取出到实际使用过程中面临大量热量散失的问题, 如何在整个冲洗环节中恒定维持冲洗液的温度仍亟待解决。基于这一痛点, 设计一种医疗床旁多功能

冲洗管加热保温装置。

### 1 设计

#### 1.1 结构设计

如图 1 所示, 该冲洗管加热保温装置主体结构包括超声波清洁装置、药液搅拌装置、温度感应装置和加热保温装置。

将冲洗液通过药液管 6 倒入设备中, 光轴 21 通过联轴器 20 与直流减速电机 (370 电机) 19 以过盈配合进行链接, 直流减速电机 19 的转动带动光轴 21 上固定的搅拌扇叶 23 转动, 达到药液与药剂混合均匀的效果。加热元件 22 对药液进行加热, 再由温度传感器和处理信息的芯片对其进行通断电。再由药液水泵 7 通过将药液导出至冲洗管头 3, 最后由电磁阀 11 控制水压。同时为达到清洗效果, 装有 13 超声波振子。

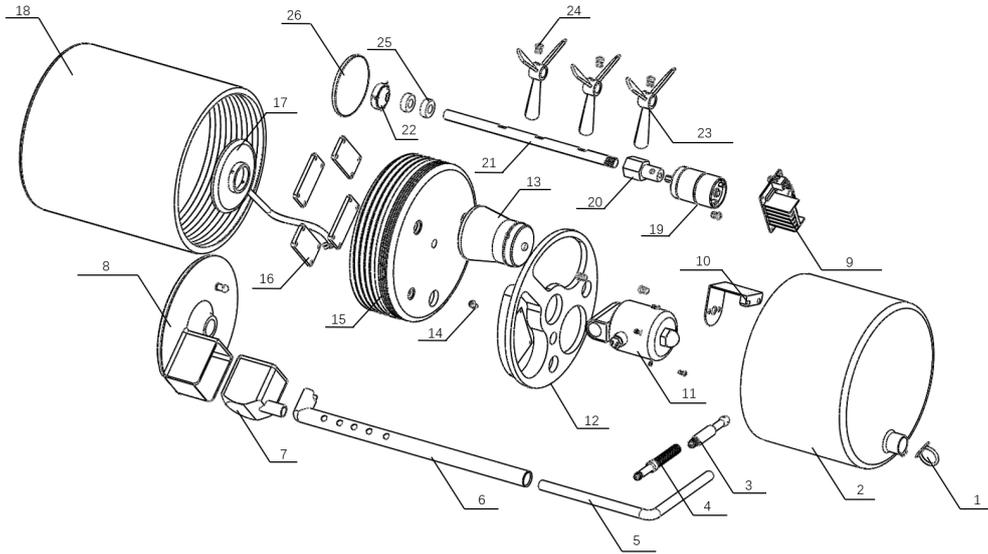


图1 冲洗管加热保温装置结构分解图

注: 1.注水盖; 2.设备上外壳; 3.冲洗管头; 4.管头活动关节; 5.导管; 6.药液管; 7.药液水泵; 8.固定温控底座; 9.驱动模块 10.固定电机支座; 11.电磁阀; 12.固定片; 13.超声波振子; 14.电机固定螺母; 15.螺旋连接盖; 16.电加热片; 17.加热底座; 18.设备下外壳; 19.370 驱动电机; 20.联轴器; 21.光轴; 22.加热元件; 23.搅拌扇叶; 24.顶丝螺; 25.轴承; 26.电池板

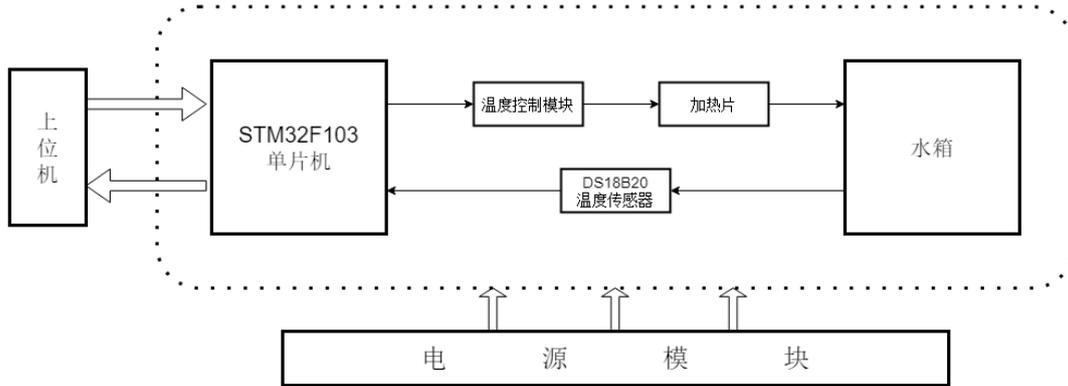


图2 温控系统基本结构

## 1.2 温控系统设计

### 1.2.1 温控系统的构成

本文温控系统是由 STM32 微型控制器、DS18B20 温度传感器、温度控制模块、加热片与水箱构成,如图2所示为设计的温控系统的基本结构。

该系统利用上位机向 STM32 微控制器发送目标指令,在 STM32 微控制器接收到目标指令后驱动温度控制模块利用加热片对水箱进行加热,并通过 DS18B20 温度传感器进行多点测温反馈到上位机实时显示当前温度。

由于能量损失、环境等多种因素影响,导致水箱无法被精确地加热到目标温度<sup>[3]</sup>,针对这一问题,本系统利用温度传感器作为输出反馈加入了 PID 控制算法以达到精准控温的目的。

### 1.2.2 PID 温度控制算法

在温控系统中具有滞后性、时变性和非线性等特点,难以建立起系统精确的数学模型,而引入增量式 PID 控制算法可以依据系统输出的反馈值计算被控量的偏差以及偏差的变化率,并通过比例、积分、微分运算为系统输出较为理想的输出值<sup>[4]</sup>。

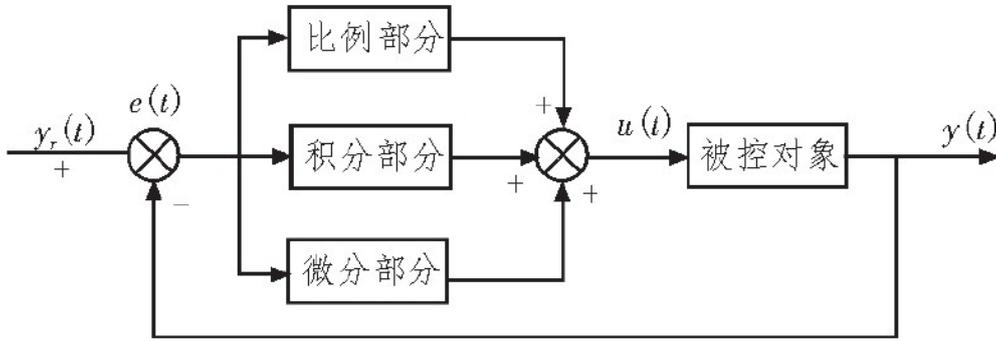


图3 PID算法原理框图

取样  $r(k)$ 、 $c(k)$  值, 其中  $r(k)$  为目标值,  $c(k)$  为系统输出反馈值。将目标值与系统反馈值作差作为比例控制, 偏差越大则输出越大, 偏差越小则输出越小, 则计算偏差值如下:

$$e(k) = r(k) - c(k) \quad (1)$$

将偏差累计做积分作为积分控制, 偏差积分越大则输出越大, 偏差积分越小则输出越小, 偏差积分如下:

$$u(j) = \sum_{j=0}^k e(j) \quad (2)$$

将偏差微分作为微分控制, 偏差变化率减小时, 相应的输出减小, 偏差变化率增大时, 相应的输出增大, 偏差微分如下:

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (3)$$

通过调节  $K_P$ 、 $K_I$ 、 $K_D$ , 可以控制系统稳定性、精度和响应速度, 计算系统总控制增量如下:

$$u(k) = K_P(e(k)) + K_I \sum_{j=0}^k e(j) + K_D(e(k) - e(k-1)) \quad (4)$$

## 2 使用方法

先用导液管将药液通过上方小口灌入容器之内, 塞紧药液塞。打开开关之后, 本产品采用三片电加热片能将 2L 药液均匀升温至设定温度。当药液达到设定温度时, 将会有温度传感器向处理装置发出信号, 进而对电加热片进行断电处理, 并提醒医务人员注意。当温度低于设定温度时, 温度传感器将会向处理器穿出加热信号, 使电加热片通电, 对药液

进行加热, 循环往复, 确保药液维持在设定温度。在使用结束后, 医护人员可以通过水泵将剩余的药液排出, 开启超声波清洗模式。

## 3 设备适配性设计 (优化设计)

### 3.1 消毒

消毒装置的设计采用了超声波清洗消毒, 使用振荡电路驱动超声波振子, 通过改变电路的谐振, 可以改变超声波振子的震动频率, 配合雾化消毒液可以达到更好的清洗效果<sup>[5]</sup>。

### 3.2 搅拌

为保证药液的充分搅拌, 搅拌装置的硬件设计采用了 370 直流减速电机以及 L298N 电机驱动模块。

利用 STM32 微控制器 IO 口输出 PWM 波, 并设定 PWM 的周期与脉宽, 根据需要调整 PWM 的占空比可以控制 370 直流电机的正转、反转、转速等, 可以达到充分搅拌的目的。改变 IO 口的高低电平可以改变电机转向, IO 口输出为高电平时电机正转, IO 口输出为低电平时电机反转, 同时增大 PWM 的占空比可以提高电机转速, 减小 PWM 占空比可以降低电机转速<sup>[6]</sup>。

## 4 优点

### 4.1 提高患者舒适度, 降低并发症的发生率

根据不同科室需求的差异化, 确定理想的加热温度并持续保温, 降低低温冲洗所引起的并发症风险, 使患者更加舒适, 同时利于创面恢复。同时传感器实时监测冲洗液温度以控制冲洗安全阈值, 安全可靠, 符合生理需求, 体现人文关怀。

### 4.2 提高冲洗效果, 使冲洗操作更科学有效

多功能冲洗管配套多种冲洗接头, 同时装置轻便灵活便于移动, 适用于多科室的多宫腔部位冲洗, 实现一机多用。根据临床应用的范围冲洗过程中匹配对应的药液冲洗接头, 精准调节不同的压力实现药液的雾化、射流等多种喷射方式。

#### 4.3 普适性更强, 降低使用成本

多功能冲洗管为小型医疗器械, 医疗制造成本较低, 结构制造简单, 使用过程方便, 大规模普及后适用于基层医疗卫生机构和大型医院使用, 满足各场景的需要, 符合医疗行业的需求, 值得临床推广。

#### 5 结语

随着医疗的不断发展, 使用加温的冲洗液进行冲洗操作已被证实能够减少围手术期间并发症的发生。目前, 围手术期冲洗多数仍采用注射器或悬挂冲洗药袋进行简单冲洗操作, 此冲洗方式远远不能达到最适冲洗温度, 不能满足临床的需求, 即使部分科室在操作前使用恒温箱对冲洗液进行加热保温, 从恒温箱取出后冲洗液在室温环境下散失热量, 仍不能解决实际使用温度低于保温温度的问题, 此外, 需在使用前数小时提前放入恒温箱, 耗时长且效果不佳。

该多功能冲洗管加热保温装置通过研究优化智能温控系统, 以达到精确加热冲洗液温度并持续保温的目的, 降低了低温冲洗造成的肌肉痉挛、组织损伤甚至低体温等不良反应的风险。其普适性强、

价格低廉且使用方便, 易于医务工作者操作, 同时也能达到最佳治疗效果, 弥补了现有临床冲洗方式的不足, 解决了围手术期冲洗液的加热保温问题。

#### 参考文献

- [1] 卞春, 许勤, 冯建萍等. 外科手术中冲洗液温度的研究进展[J]. 护理学杂志, 2022, 37(20): 106-109.
- [2] 刘小颖, 吴新民. 围术期低体温[J]. 中华麻醉学杂志, 2003(09): 72-74.
- [3] 胡帅, 江亚峰, 杜铭权等. 基于 STM32 的智能节能恒温控制装置[J]. 机械制造与自动化, 2020, 49(04): 184-187.
- [4] 黄斌, 王永树, 秦振清. 基于模糊 PID 的锅炉汽包水位控制系统研究与应用[J]. 冶金能源, 2019, 38(03): 56-58+61.
- [5] 韩竺秦. 基于室内自主导航的管家服务机器人设计与实现[J]. 电子质量, 2022(04): 57-63.
- [6] 邹丽丽, 魏同晓. 基于 PWM 控制的有源滤波在浮吊船上的应用[J]. 船舶与海洋工程, 2022, 38(02): 40-43.

**版权声明:** ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**