

输液泵设备故障与修复方法研究

王鑫港

德州市陵城区人民医院 山东 德州 253500

摘要：输液泵在医疗领域应用广泛，其稳定运行直接关系到患者治疗效果与安全。本文深入剖析输液泵的基本构造，如微计算机系统、泵体组件等关键部分，详细阐述其工作原理。全面梳理电气、机械、软件、传感器及管路等方面常见故障的种类、成因，给出针对性诊断方法，并提出切实可行的修复技术，以此提升维修质量，保障临床安全使用，助力医疗设备维护工作，降低医疗风险，为医疗服务的稳定运行筑牢根基。

关键词：输液泵；故障分析；修复方法；医疗设备维护

1 引言

随着医学技术的持续进步，输液泵作为一种能够精确调节输液速率和量的医疗设备，在临床治疗中发挥着重要作用。其精准的输液控制显著提高了药物的安全性和治疗效果，减轻了医疗人员的工作负担。然而，因设备频繁使用及工作环境复杂，输液泵偶尔会发生故障。此类故障不仅影响设备的正常运行，还可能给患者治疗带来困扰，甚至威胁生命。因此，深入探讨输液泵的故障及修复技术，具有重要的实际意义。通过对常见故障的分析及有效修复，能够提升设备的可靠性、延长使用寿命，并降低医疗开支，保障医疗服务顺利进行。

2 输液泵的基本结构与工作原理

输液泵由微计算机系统、泵体组件、检测系统、警报装置、输入设备和显示设备等部分组成。微计算机系统是设备的核心部分，类似于大脑，负责智能控制与管理整个系统，确保输液过程的精确性。当系统检测到异常情况时，及时触发警报装置，发出声音和光信号。泵体组件为设备的主要动力源，通过蠕动泵以不稳定的方式挤压输液管内的液体，推动液体流动，从而实现精确输液。检测系统集成多种传感器，如压力传感器、红外滴数传感器和超声波传感器等，这些传感器实时监控设备运行状况，及时识别异常。输入设备通常包括键盘和旋钮，方便医务人员调整输液的速度和总量；显示设备负责清晰展示设备的工作状态及读取的数据。以SA213型输液泵为例，该设备采用高度集成的32位ARM单片机控制输液过程，并通过步进电机驱动蠕动泵作为动力源。它配备了多种故障检测电路，以满足不同类型的输

液需求。电源模块将220V市电转换为18V直流电，一部分用于充电，另一部分为系统板提供工作电压，以确保设备在不同供电情况下的稳定运行。SA213型输液泵的工作原理可参考图1。

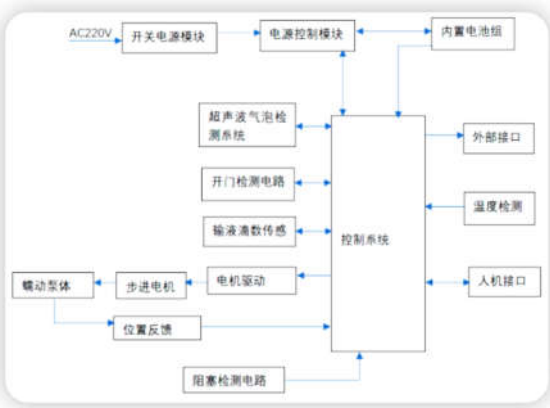


图1 SA213型输液泵工作原理

3 输液泵常见故障分析

3.1 故障分类

输液泵故障可分为产品组件故障、软件问题、警报系统故障以及电源故障。在2018年8月至2022年10月间，某医院的562台输液泵维修中，产品组件故障占比最大，达48.22%。这类故障包括传感器问题、输液管问题、泵门故障及其他机械故障。尽管软件故障较为少见，但仍不可忽视，常见问题有错误指令、代码或通信失误。警报系统故障通常表现为未发出警告或报警系统自动关闭。电源故障可能表现为无法充电、设备无故停止运行、无法启动或电源警报触发等。

3.2 故障原因分析

传感器故障可能影响输液精度，尤其是速度检测传感器。若压力传感器发生故障，系统可能无法实时监测压力信号，导致误判为无输液状态并自动停机。输液管

作者简介：王鑫港(1997年6月—)，男，汉族，山东省德州市陵城区人，本科，助理工程师，研究方向：生物医学工程。

故障通常由于管道部分或完全堵塞或折叠,增加液体传输阻力,触发压力警报;管道折痕可能触发气泡警报。蠕动排接触磨损区时会导致液体残留。泵门故障多因老化损坏或磁传感器异常,导致无法正常关闭。长时间工作导致的机械磨损会影响蠕动组件的性能,严重时设备将无法正常运行。软件故障一般由可编程芯片损坏引起。报警故障通常源于检测设备损坏、软件问题或维护不足。电源故障可能由电源模块、蓄电池问题或电压异常造成。

3.3 故障诊断方法

在输液泵的故障检测中,硬件问题是常见原因之一。当设备显示“ERROR”并停止工作时,可能是多个传感器故障。此时,应逐一检查压力传感器和红外滴数传感器。例如,某医院曾出现类似故障,经过检查发现是压力传感器损坏导致系统错误。如果输血量出现偏差,速度传感器可能是问题源,因此需要重点检查。

设备突然停机而无报警时,压力传感器尤为重要,因为它监控输液压力,出现故障可能导致停机。输液管故障可通过检查是否堵塞、折叠、磨损等判断;泵门故障需检查泵门是否关闭正常,磁传感器是否工作正常。对于机械故障,可检查蠕动组件、传动轴磨损及电机是否卡顿。

软件故障、报警系统问题和电源故障也不能忽视。软件故障可通过错误提示和可编程芯片的状态排查,若出现“通信错误”可能是通信芯片或程序问题。报警系统故障需检查内部检测器、软件及维护状态,确保报警系统正常工作。电源故障时,需检查电源模块、蓄电池、电压及电路状态。在断电情况下,可使用直流稳压电源模拟充电过程,检查电池和电源模块;若开机时指示灯不亮,需检查交流指示灯,逐步定位故障原因。

4 输液泵故障修复技术与方法

4.1 电气故障修复

当电源模块出现故障,导致输液泵无法正常充电或开机时,维修团队应使用万用表对电源电路进行仔细检查。首先,需要检查输入电压是否符合标准,我国的市电标准为220V。如果测得的电压低于200V或高于240V,可能会干扰电源模块的正常运作。在这种情况下,应检查供电线路、插座以及稳压器等相关设备。若输入电压正常,接下来需测量电源模块的输出电压。以SA213型输液泵为例,电源模块应输出18Vdc的电压。如果实际输出电压与预期值不符,需进一步检查模块内部组件,如整流二极管和滤波电容。若滤波电容存在漏电现象,其电容值将发生变化,此时可使用电容表进行测量。正常情

况下,某型号输液泵的滤波电容为470 μ F。如果测量结果偏差较大,则应更换与原规格相同的电容,以确保电源输出的稳定性。

电路板故障也是电气故障的常见原因之一。如果出现按键故障或显示异常,可能是电路板上的芯片或电路出现问题。以SA213型输液泵为例,若ZLG7290CS芯片出现故障,可能导致面板数码管无法显示,部分按键无法正常工作。维修人员可以使用示波器来测量芯片引脚的电压和波形。正常情况下,ZLG7290CS芯片的17和18号引脚电压应为2.27V。如果测量结果异常,并且连接的5.0MHz晶振未振动,经过确认晶振和电容正常后,可以判断芯片损坏。在更换芯片时,应使用热风枪,并将温度控制在350℃至400℃之间,以精确调节温度,避免因过高温度损坏电路板其他部分。更换后,需要对电路板进行功能性检测,并使用专用测试工具模拟输液泵的工作状况,确保各项功能恢复正常。

4.2 机械故障修复

输液泵的机械故障主要集中在泵门、蠕动部件和传动轴等关键部件。当泵门出现故障,如不能正常关闭或关闭不彻底时,维修团队应首先仔细检查泵门的机械构造,确认是否有异物阻塞或机械部件损坏。如果泵门的锁扣磨损,导致锁扣无法牢固锁定,可使用卡尺测量锁扣的尺寸,并与原规格进行比较。如果锁扣磨损严重,则需要更换新的锁扣。

在蠕动组件出现故障的情况下,如果输液速度不准确,可能是蠕动泵的挤压块磨损所致。以特定型号的输液泵为例,通常挤压块的厚度应为5mm。如果测量结果表明挤压块厚度低于4mm,将影响输液管的挤压效果,并可能导致输液速度不稳定。因此,需要更换挤压块。在更换过程中,必须确保挤压块的安装位置精确,并与蠕动泵的其他组件良好配合。此外,某些型号的输液泵蠕动组件还配有检测制动装置(参见图2),此装置用于避免因输液管安装方向错误引起的血液逆流问题。

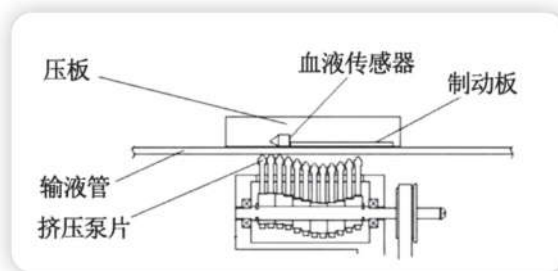


图2 检测制动装置

传动轴故障是导致输液泵问题的常见原因之一。如

果传动轴出现卡顿现象,维修团队需要将输液泵拆解,仔细检查传动轴与电机及蠕动部件的连接状态,以确认是否存在松动或位置不当的问题。同时,应检查传动轴的润滑状况,若发现润滑油干涸或缺失,将增加摩擦力,进而导致卡顿。在这种情况下,需使用专门的润滑油对传动轴进行润滑,通常推荐使用粘度在 $20\sim 30\text{mm}^2/\text{s}$ 范围内的润滑剂。如果传动轴出现严重磨损,或表面有明显划痕或变形,则需要更换传动轴,并在安装完成后进行调试。此时,可使用转速表检测传动轴转速,确保其在正常范围内,从而保障输液泵机械传动的稳定性和准确性。

4.3 软件系统故障修复

输液泵的软件系统故障通常表现为错误的命令、程序代码问题或通讯故障。遇到这类故障时,维修团队应首先收集设备的故障数据,并通过设备显示器或计算机连接查看故障记录。如果出现“通信错误”的提示,可能是通信芯片或相关程序出现问题。针对通信芯片故障,需借助专业工具(如逻辑分析仪)实时监控芯片的工作状态。如果确认是通信芯片故障,则需根据芯片型号与技术规格更换相同型号的芯片。在更换芯片时,特别要注意芯片引脚连接,确保焊接质量,避免虚焊或短路问题。

若故障由软件程序引起,例如程序存在漏洞或数据错误,维修人员应使用设备制造商提供的专用软件工具进行修复或升级。举例来说,某型号输液泵的软件版本可能存在缺陷,导致在特定情境下出现错误指令。此时,应下载最新版本的软件,并通过USB接口或其他数据传输方式更新设备。更新过程中,需确保电源稳定,以避免因电力中断导致更新失败。更新完成后,必须对输液泵的各项功能进行全面测试,确保输液速度控制、警报功能和数据展示等方面的正常运行,从而保障软件系统的稳定性,避免因软件故障影响设备的准确性和安全性。

4.4 传感器与管路问题修复

对于传感器出现的故障,以气泡传感器为例,如果常发生气泡误报警,维修人员首先应检查传感器表面是否有污渍或液体残余。传感器通常利用光学或超声波原理检测气泡,而污垢可能会影响其正常功能。此时,应使用柔软的无纺布蘸取适量的75%浓度酒精,轻柔地清洁传感器表面,去除污渍。清洁时,应保持适当力度,避

免损伤传感器的敏感部分。如果擦拭后问题仍未解决,可以利用示波器等专用检测工具检查传感器输出信号。正常情况下,若输液管内无气泡,传感器会输出稳定的高电平信号;若存在气泡,则输出低电平信号。若信号异常,可能是传感器内部电路损坏,此时需要更换相同型号的传感器。

关于管道问题,若输液管发生堵塞,可能会触发压力警报或导致输液过程断裂。修理人员可使用注射器注入适量的生理盐水($20\sim 30\text{ml}$),轻轻推动生理盐水注入输液管,尝试清理堵塞部位。如堵塞严重,可使用专门的管道疏通工具(如细钢丝),但要特别注意避免擦伤输液管内壁。如果输液管损坏或老化,应及时更换新管。在选择新管时,需确保其与输液泵型号匹配,例如某型号输液泵需要内径为 $3\sim 4\text{mm}$ 、壁厚为 $0.5\sim 0.8\text{mm}$ 的输液管,以确保输液过程的准确性与稳定性。更换新管后,需对输液泵进行试运行,确保输液过程顺畅,并检查是否存在漏液问题。

结语

输液泵是临床医疗中不可或缺的重要设备,对其故障的及时诊断与修复,对于确保患者治疗的安全性至关重要。通过深入研究输液泵的基本结构与工作机制,以及准确分析常见故障类型和原因,掌握相关诊断与修复技术,可以有效提高维修质量与效率,减少设备故障发生频率,并延长设备使用寿命。日常工作中,医务人员与维修团队应加强合作,定期进行必要的维护与保养,严格遵循操作指南,及时发现并解决潜在的故障风险。同时,设备制造商应不断优化产品设计,提升产品的质量与稳定性,保障设备在临床应用中的可靠性与安全性。

参考文献

- [1]马方颖,郭丽欣.浅析输液泵故障分析及防倒流改进设计[J].中国设备工程,2023,11(上):137-140.
- [2]胡志帅,牛惠芳,郑冬雁,等.输液泵常见故障类不良事件的原因及风险性[J].医疗装备,2022,35(11):35-37.
- [3]边明尧.小型常用医疗设备故障维修4例[J].设备管理与维修,2022,5(下):66-67.
- [4]张楷,侯羿,贾仁杰,等.一种输注设备防漏液电源插座的改进设计[J].中国医学装备,2022,19(4):209-210.
- [5]赵龙,咎钊.SA213型输液泵的常见故障维修[J].中国医学装备,2019,16(12):165-167.