

# 透析管路消毒装置控制系统设计

俞超<sup>1</sup> 陈仙明<sup>3</sup> 梁红燕<sup>2</sup> 邓廷锴<sup>1</sup> 傅嘉灏<sup>1</sup> 王珂胜<sup>1</sup>

1 浙江水利水电学院 机械与汽车工程学院 浙江 杭州 310018

2 浙江大学附属邵逸夫医院 浙江 杭州 310011

3 浙江省农村水利水电资源配置与调控关键技术重点实验室 浙江 杭州 310018

**【摘要】**介绍了血液透析用水和制水设备的工艺要求，结合要求进行了透析管路消毒装置的工艺布置。在结合工艺要求的基础上，设计了电路控制软硬件，具体包括硬件电路、软件程序和触摸屏界面等。控制系统不仅实现了消毒装置的动作要求，在此基础上完成了工艺备份和参数记录等功能，大大提升了设备自动化程度。

**【关键词】**消毒装置；控制系统；水处理；血液透析

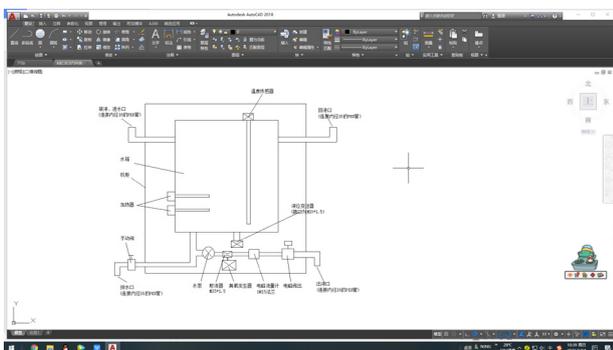
## 1. 引言

随着生活节奏的加快和生活习惯的改变，各项疾病出现概率增加。慢性肾衰竭就是其中之一，根据统计发病率近年来持续增高。血液透析是治疗肾衰竭的重要临床手段之一，治疗过程中需要大量符合标准要求高纯水。若治疗过程用水不符合卫生要求，水中包含的有毒因素可能会通过透析器进入血液，导致急性和慢性并发症。

透析水处理设备是保证透析用水安全的核心，主要基于反渗透为主的处理工艺，括预处理、反渗透和输出等三部分。由于临床需求，血液透析用水处理设备夜间都会处于停运状态。设备中的核心元件和后端输水管路中的产水，如果长期不流动，反而会造成微生物的大量滋生。膜系统一旦受到细菌污染后，可在短时间内大量繁殖，导致细菌超标，降低膜通量，影响产水量。一旦形成污染，且未及时有效处理，形成很难处理生物膜后，管路环境将会不断释放致热源，使产水内毒素超标。无论多么先进的水处理系统，都无法杜绝生物污染，只能通过后续的维护来降低危害。

基于上述原因，国家食品药品监督管理总局制定和发布行业标准《血液透析和相关治疗用水处理设备技术要求 第1部分：用于多床透析》（YY 0793.1-2010）和《血液透析和相关治疗用水处理设备技术要求 第2部分：用于单床透析》（YY 0793.2-2011）用于规范水处理设备及其配套消毒装置。

## 2. 消毒装置介绍



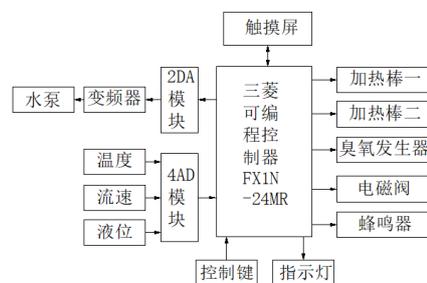
鉴于目前各种水处理消毒方式存在的问题，本装置能实施集化学、臭氧和热消毒为一体的多功能消毒。采用了独立的消毒箱和消毒泵，通过各种传感器和执行器，实现了消毒过程的自动化和安全保护。消毒装置按照标准化接口设计，能灵活的适应各种在用的水处理设备和管路，最终完成移动式消毒服务。能够对各种状况实现多功能的消毒，防止产水细菌和内毒素的超标。根据消毒工艺要求，总体工艺排布如图1所示。



图1 工艺排布图

## 3. 硬件电路设计

本装置的电路核心采用可靠性及高的可编程逻辑控制器 PLC 及工业控制触摸屏，对各个采集元件及执行器进行控制，实现相应的动作。信号采集包括管道流速、水箱液位和消毒液温度等模拟量，通过 AD 转换模块连接 PLC 本体。通过处理后能够实现对加热棒、臭氧发生器、电磁阀及蜂鸣器等开光量的控制。PLC 通过 DA 模块完成模数转换，实现变频器控制，最终完成水泵的调速，硬件部分框图见图2。



硬件框图

#### 4. 软件设计

整个消毒装置的控制部分三菱 FX 系列 PLC 作为控制核心，采用标准梯形图进行控制程序的编程。PLC 程序采用模块化编程，主要包括现场信号采集、模拟信号数据处理、器件执行及数据上传等部分。整个 PLC 架构分为主程序、外部中断、手动消毒子程序、热消毒子程序、臭氧消毒子程序及化学消毒子程序。

主程序是总体流程结构，一旦设备上电 PLC 处于运转状态，则该程序始终做循环动作，直到中断控制到来。总体程序架构包含现场信号的采集、信号的后续处理及消毒子程序触发与判断。中断流程则实时检测外部选择或结束信号，对内部子程序进行跳转或结束，以达到进入各项子程序的目的。各项子程序结合功能要求进行编程。触摸屏内部脚本和 PLC 的梯形图程序联合控制，最终完成消毒所需的整个动作的实施。

#### 5. 控制界面设计

人机界面主要包括工艺流程监控和参数状态监控两大部分，通过界面按键进行相互的切换，详见图 3。工艺流程监控区域又分为：艺流程状态指示和界面按键两大区块。工艺流程状态对消毒装置内部部件进行了可视化处理，通过颜色及流动体现出所处的工作状态。同时器件旁边具有参数显示部分，直观显示数字量，如温度、流速、液位等。按键部分包括“手动”部分、“化学 / 冲洗”部分、“臭氧”部分、“热”部分、“参数”部分、“结束”部分等按键，其中“手动”按钮用于进入手动消毒子程序，“热”按钮用于进入热消毒子程序，“臭氧”按钮用于进入臭氧消毒子程序，“化学 / 冲洗”按钮用于进入化学消毒子程序，“结束”用于结束消毒过程。

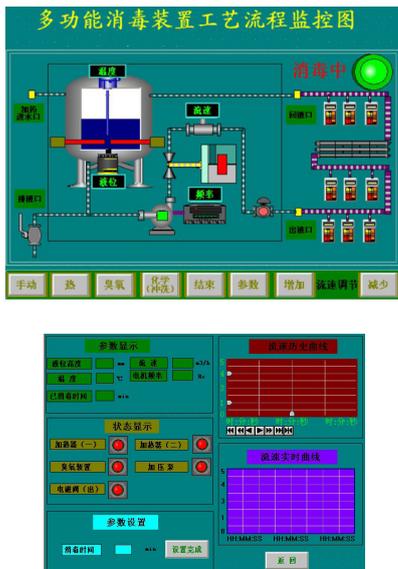


图 3 控制界面

#### 6. 结束语

本装置集成了热、化学及臭氧三种消毒方式，一台装置能够实现三种不同的消毒模式，以实现各种消毒效果的优点。装置可以集成到水处理设备中，也可以作为移动设备对各地的水处理设备及管路进行定期的消毒，

更好地预防管道内细菌和内毒素的滋生。采用了以消毒箱和消毒泵为主体的独立装置，结合流量、液位、温度等传感器输入装置及电磁阀、报警系统等输出装置，以控制器作为核心实现键盘输入和显示功能，达到了各种消毒方式的自动工作功能，降低了消毒过程的人为干预。该装置在设计过程就参照了相关的医疗器械安全标准，能够以独立的消毒装置或集成到现有的水处理设备中，推向市场为各个医疗机构的设备或管路消毒提供保障。

#### 【参考文献】

- [1] 王质刚. 血液净化学 - 第 2 版 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2003:79-81.
  - [2] 陈仙明, 俞加, 陈丹. 基于热消毒的透析用水处理系统的设计 [J]. 生物医学工程研究, 2016,35(3):209-212
  - [3] 张克. 基于物联网技术的血液透析用水处理设备远程监控系统的设计和实现 [J]. 医疗装备, 2019,32(9):31-33
  - [4] 中国医院协会血液净化中心管理分会临床工程技师学组. 血液净化临床工程技师日常工作内容和常规操作的指导意见 [J]. 中国血液净化, 2016,15(12):641-655
  - [5] 朱继斌, 丁勇黄明. 血液透析室水处理系统的维护 [J]. 医疗装备, 2019,32(6):144-145
  - [6] 钱雪峰, 乔美珍, 金美娟, 等. 三种用于血液透析和相关治疗用水微生物学监测方法的评价 [J]. 中国感染控制杂志, 2017,16(8):698-701.
  - [7] 王云刚, 陈文燕. 基于 MCGS 和 PLC 的水位自动控制系统设计 [J]. 测控技术, 2014, 33(01): 96-98.
  - [8] 陈仙明, 吕维敏. 浅谈血透用水处理设备及其水质标准制修订进展 [J]. 医学信息, 2013, 26 (5) : 615-616
- 基金项目: 国家大学生创新创业训练计划项目 (201911481022)、浙江省教育厅科研项目 (Y201840192)、国家自然科学基金 (51976202)、先进水利装备浙江省工程研究中心。