

The Control System Design Of Hemodialysis Water Treatment Devices

Xianming Chen^{1,3*} Chao Yu¹ Hongyan Liang² Tingkai Deng¹ Jiahao Fu¹ Kesheng Wang¹

1.School of Mechanical and Automotive Engineering, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China

2.Mayo Clinic Care Network Member, Hangzhou, Zhejiang, 310016, China

3.Key Laboratory For Technology in Rural Water Management of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China

Abstract

The paper combined with the requirements of hemodialysis water, the treatment technology of dialysis water treatment equipment was introduced. According to the process requirements, the corresponding control system is designed, including hardware circuit, software program and touch screen interface. The control system not only realizes the operation requirements of the equipment, but also completes the functions of process backup and parameter recording, which greatly improves the degree of equipment automation.

Keywords

reverse osmosis(RO); control system; water treatment; hemodialysis; heat sterilization

透析用水处理设备控制系统设计

陈仙明^{1,3*} 俞超¹ 梁红燕² 邓廷楷¹ 傅嘉灏¹ 王珂胜¹

1. 浙江水利水电学院机械与汽车工程学院, 中国·浙江 杭州 310018

2. 浙江大学附属邵逸夫医院, 中国·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, 中国·浙江 杭州 310018

摘要

论文结合血液透析用水要求,介绍了透析用水处理设备处理工艺。针对工艺要求设计了相应的控制系统,具体包括硬件电路、软件程序和触摸屏界面等方面设计。控制系统不仅实现了设备的动作要求,在此基础上还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

反渗透; 控制系统; 水处理; 血液透析

1 引言

随着科技的发展和现代生活节奏的加快,生活方式也逐渐发生着变化,高强度和高压力导致亚健康状态逐渐增多,慢性肾衰竭发病率持续增高。目前针对慢性肾病患者,医疗机构主要采用血液透析的治疗方案,析出血液中的毒害成分,从而减轻患者肾脏的机能负担,改善患者的生活质量。

血液透析主要通过透析器将透析液与患者血液进行透析交互,期间需要大量的高纯水。根据大量的临床试验表明,若透析用水质量不合格,含有毒有害物质,就可能通过透析器进入患者血液,引起各种急性或慢性的不良反应^[1]长期使用较差透析用水会对患者造成透析并发症。因此,透析用水质量对患者治疗至关重要,国家食品药品监督管理局为此

制定和发布了行业标准 YY0572-2015《血液透析及相关治疗用水》,用于规范透析用水的水质。

随着科技的发展,血液透析用水的处理工艺也在逐渐发展和成熟。从最初的软化水到一级反渗透,再到目前流行的二级反渗透,水质在原有基础上得到大量的提升。目前透析用水处理设备工艺普遍采用预处理、反渗透和电去离子装置、后处理等工艺作为处理核心,水质得到了更好的保障。

科技发展不仅改变着处理工艺,也改变着控制方式,使设备操作更加完善,自动化程度大幅提升。发展过程见表1。从早期的大缓冲水箱到现在的缓冲器联动及智能恒压调节、自动消毒及自动开关机、远程监控,技术和工艺的每次变革大大提升了中国和国际水处理设备的性能,使产水的质量得

到大幅度提升,为有效地保证产水达到标准要求,奠定了良好的基础^[2]。在此基础上,相关部门又制定了YY0793.1-2010《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》及YY/T1269-2015《血液透析和相关治疗用水处理设备常规控制要求》等标准来规范设备出厂和使用过程中可能存在的问题。

表1 设备自动化程度发展表

阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段	第四阶段	第五阶段
操作方式	面板按钮	薄膜开关	触摸屏	终端监控	远程遥控
控制电路	简单电路	IC	IC+PLC	PC+PLC	PC Internet
数据处理	数据处理	机械显示	显示简单处理	显示运算	显示远程通讯运算

2 水处理工艺介绍

根据目前水处理工艺、各地水质及相关标准要求,本透析用水处理设备采用反渗透和电去离子为主要工艺核心。具体流程为原水箱储存原水,经过砂滤器、软化器、活性炭等预处理后,再经高压泵提升、电去离子交换后,再经反渗透处理,供给透析机使用,详见图1工艺流程图。

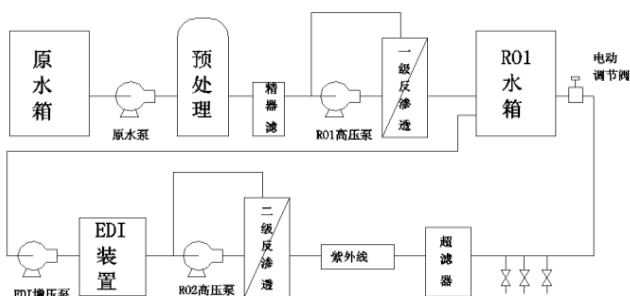


图1 工艺流程图

3 电路设计

电路是设备运行的中枢,是完成动作的关键。结合图1的工艺流程动作要求,控制部分除要实现泵、阀等执行器件

的基本动作外,还要完成液位、电导率、温度等模拟量的检测和显示^[3]。设备采用三菱FX3U-48MR为主要控制核心,通FX2N-4AD完成模拟量信号的采集,通过FX2N-4DA完成对于电去离子的电压调节和循环泵的调速。PLC通过编程口与昆仑通态TPC1061Ti触摸屏通讯,完成上位机的控制,详见图2硬件框图。

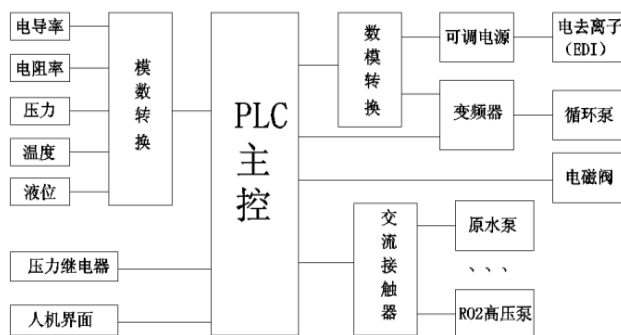


图2 硬件框图

4 软件设计

本系统的控制主要在PLC和触摸屏两处进行编程完成,具体是在昆仑通态MCGS组态编程平台和三菱编程软件GX Works2的环境下共同协调完成^[4]。触摸屏部分采用脚本方式编程,PLC部分采用梯形图方式实现。触摸屏部分主要完成关键参数的设置、控制信号的输入、关键参数的显示、工艺流程的状态显示,PLC部分则完成具体动作的协调和底层传感器及执行器件的数据交互。

基本动作主要针对设置完成后的供水需求,协调原水泵、高压泵、电磁阀等执行器件,完成供水任务^[5]。当水箱满水或压力到达条件时,能完成设备的暂停和重启,实现前后段工艺的协调。在此基础上,当需要对单个执行器件进行控制时,能通过手动方式,实现系统中任何一个器件的启停操作。详见图3主程序流程图。

【基金项目】浙江省教育厅科研项目(项目编号:Y201840192);国家大学生创新创业训练计划项目(项目编号:201911481022);国家自然科学基金(项目编号:51976202);先进水利装备浙江省工程研究中心。

【作者简介】陈仙明(1980-),男,中国浙江台州人,研究生学历,副教授,从事透析用水处理及水质监测研究。

俞超(1998-),男,中国浙江湖州人,本科学历,从事机电设备自动化研究。

梁红燕(1979-),女,中国浙江台州人,本科学历,护师,从事临床护理研究。

傅嘉灏(1998-),男,中国浙江宁波人,本科学历,从事机械机构设计及优化研究。

邓廷锴(1998-),男,中国浙江杭州人,本科学历,从事机械结构设计研究。

王珂胜(1999-),男,中国浙江嵊州人,本科学历,从事水处理工艺分析研究。

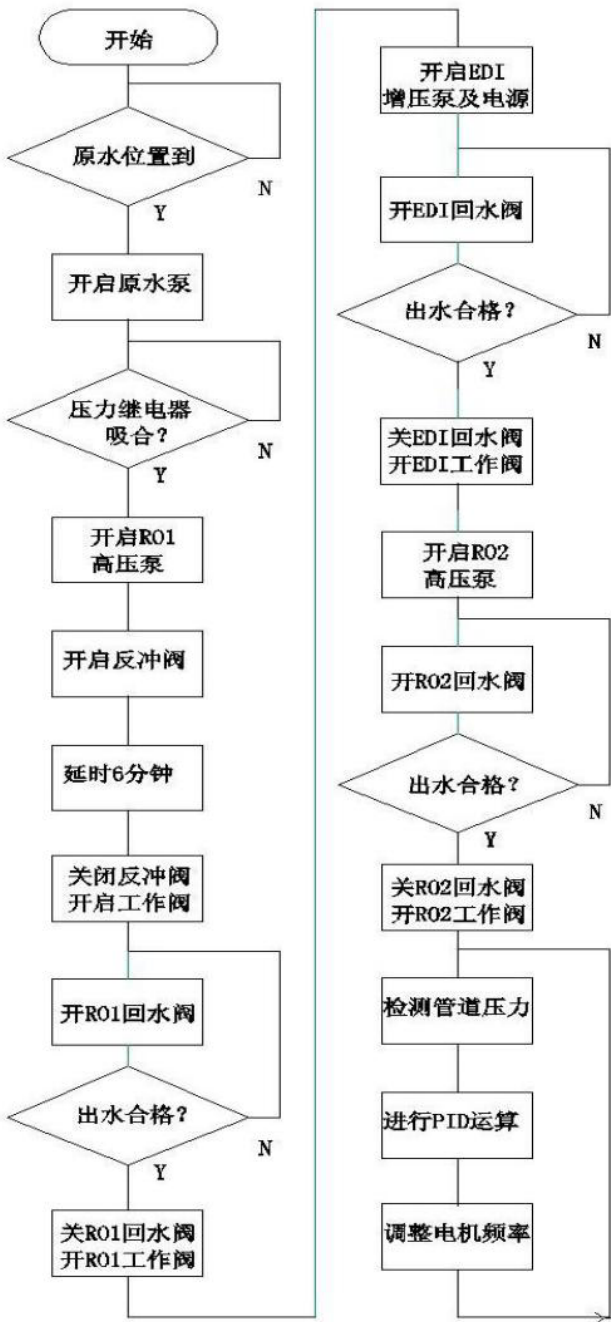


图3 主程序流程图

结合临床需求，程序设计了多套备用方案。正常供水模式采用二级反渗透和电去离子工艺，达到最优化的水质的输出。当其中某个工艺出现故障时，设备可以通过程序切换管路走向，在满足水质达标的前提下，能持续提供产水输出，为紧急用水和维修争取时间。

5 控制界面设计

系统采用 10 英寸昆仑通态触摸屏作为人机界面，整个

界面区域设计了：流程监控区、参数操作区、参数显示区、压力开关状态显示区、参数设置区、产水水质记录区^[6]。用户按照操作说明，能方便地实现对整个设备控制。详见图 4 主控制界面。

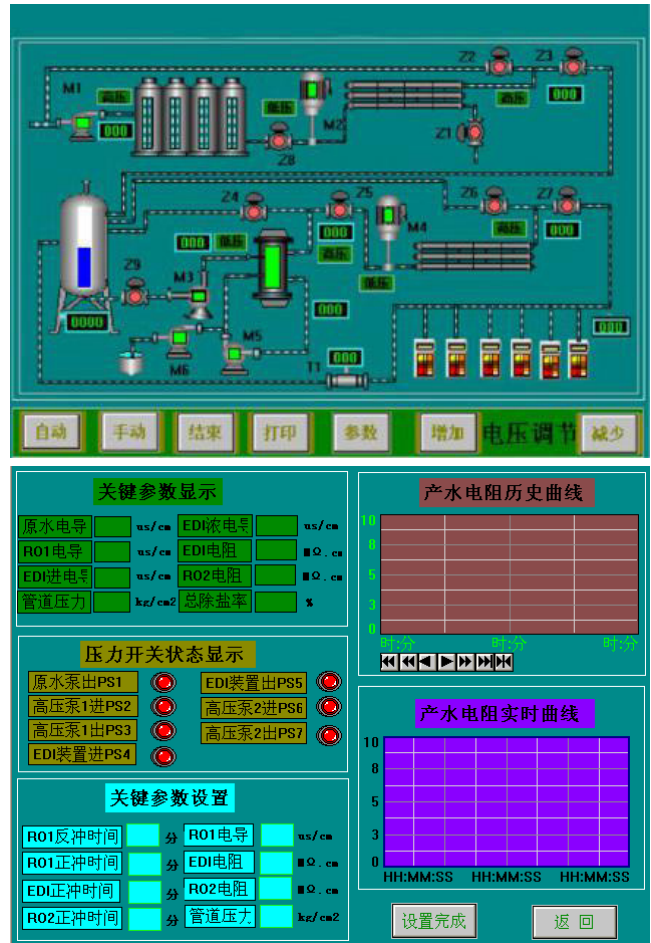


图4 主控制界面

根据血液透析质控要求，每天水质需要做记录。设备水质相关的参数及时保存在触摸屏的内存中，需要时可通过 U 盘导出，在电脑端进行分析。同时配备针式微型打印机，每日定时打印相应参数，达到质控参数记录的要求。

主画面主要包括工艺流程的状态、部分参数显示及控制按钮^[7]。界面直观地展示了整个制水工艺流程及各个执行部件所处状态。参数界面中除将参数及压力开关状态进行集中显示外，增加了各级正反冲时间、管道压力、产水水质的设置，同时具备终端产水的水质记录，直观展示水质的变化，并具备历史数据的显示功能，能有效监测产水质量。

针对本系统的使用对象是医护人员，设备操作需简单易懂，人机交互友善。通过对工艺流程的电气化集成设计及人机界面的优化，达到了操作简洁、自动化程度高的设计要求，

6 结语

针对行业标准对水质提出要求,介绍了透析用水处理工艺流程,并提出了相应控制要求。在此基础上设计电路软硬件和触摸屏界面。不仅达到了设备的基本动作需求,也对关键参数的设置、显示,关键状态的监控,部分数据的存储等做了相应的功能设置。使设备自动化程度获得了较大的提升,大大方便了医护人员对于设备的操作。间接保证了产水的质量,提高了患者的治疗效果。

参考文献

- [1] 左力.《中国血液净化质量控制和管理高峰论坛》纪要[J].中国血液净化,2010(12):642-643.
- [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(03):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(09):31-33.
- [4] 彭韬,向中凡,李科.基于PLC的直供式透析用水处理器的控制方案设计[J].西华大学学报(自然科学版),2015(06):42-45.
- [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(06):144-145.
- [6] 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(01):96-98.
- [7] 陈仙明,吕维敏.浅谈血透用水处理设备及水质标准制修订进展[J].医学信息,2013(05):615-616.