

基于 PLC 的恒压供水控制系统设计与调试

樊运涛

新疆宜化化工有限公司 新疆昌吉

【摘要】针对传统供水系统水压不稳定、能耗高的问题，设计基于 PLC 的恒压供水控制系统。采用压力传感器实时采集管网压力，将信号反馈至 PLC 控制器，通过 PID 算法调节变频器输出频率，实现水泵转速控制与恒压供水。详细阐述系统硬件选型与软件程序设计，涵盖 PLC 型号选择、传感器参数确定、程序模块编写等内容。经调试运行，系统水压波动控制在 $\pm 0.02\text{MPa}$ 内，节能效果显著，为供水系统智能化改造提供有效方案。

【关键词】PLC；恒压供水；控制系统；PID 算法；变频器

【收稿日期】2025 年 5 月 14 日

【出刊日期】2025 年 6 月 5 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250267

Design and debugging of constant pressure water supply control system based on PLC

Yuntao Fan

Xinjiang Yihua Chemical Co., Ltd. Changji, Xinjiang

【Abstract】In response to the issues of unstable water pressure and high energy consumption in traditional water supply systems, a constant-pressure water supply control system based on PLC has been designed. Pressure sensors are used to collect real-time pipeline pressure data, which is then fed back to the PLC controller. The PID algorithm adjusts the inverter output frequency to achieve pump speed control and constant-pressure water supply. This paper details the selection of hardware components and software program design, including the choice of PLC model, determination of sensor parameters, and programming module writing. After debugging and operation, the system's water pressure fluctuation is controlled within $\pm 0.02\text{ MPa}$, with significant energy savings, providing an effective solution for the intelligent transformation of water supply systems.

【Keywords】PLC; Constant pressure water supply; Control system; PID algorithm; Frequency converter

引言

随着城市建设发展与居民生活水平提升，对供水系统稳定性与节能性要求日益严格。传统供水方式存在水压波动大、能源浪费严重等问题，难以满足现代供水需求。基于 PLC 的恒压供水控制系统凭借自动化程度高、控制精准、适应性强等优势，成为供水领域研究热点。探索其设计与调试方法，对提升供水质量、降低运行成本具有重要现实意义。

1 系统问题分析

传统供水系统如同一个笨拙的人工管家，在面对复杂多变的用水需求时，常常显得力不从心。人工操作模式下，供水调度依赖值班人员的经验判断，他们需要定时巡检压力表，手动启停水泵。这种工作方式不仅效率低下，而且极易受到人为因素干扰。当值班人员稍有疏忽，就可能导致供水异常。而简单的继电器控制虽然实现了一定程度的自动化，但本质上仍属于粗放式管

理，无法根据实际用水情况进行动态调节。就像老式机械钟表，只能按照固定节奏运行，无法适应外界变化。

在用水高峰时段，传统供水系统的弊端暴露无遗。大量用户同时用水，就像无数个水龙头同时开启，管网中的水流被迅速抽走。此时，系统无法及时做出反应，水压如同泄了气的皮球，迅速下降。高层住户家中的水龙头，水流变得细若游丝，甚至完全断流。洗衣做饭、洗漱沐浴都成了难题，严重影响居民的日常生活质量。而到了用水低谷期，情况又走向另一个极端。水泵依旧按照固定频率运行，源源不断地向管网中注水，导致压力持续攀升。过高的压力如同悬在管道上方的达摩克利斯之剑，使管道长期处于超负荷状态，大大增加了泄漏风险。一旦管道破裂，不仅会造成水资源浪费，维修工作也会给居民生活带来诸多不便。

传统供水系统在技术层面也存在明显短板。以压力传感设备为例，市面上大量在用的电阻应变式压力

传感器,其精度等级普遍仅能达到 0.5 级,响应时间超过 200ms,这种性能参数使得它就像一个视力不佳的观察者,在面对管网压力的细微变化时,难以快速捕捉到诸如用水高峰期瞬时流量激增导致的压力骤降、夜间低用水量时的压力波动等信号^[1]。基于此类传感器采集的数据,不仅存在 $\pm 0.5\% \text{FS}$ 的固有误差,还会因环境温漂产生额外偏差,这些数据偏差直接导致 PID 控制器接收的反馈信号失真,为后续的压力控制埋下隐患。

在控制算法层面,传统系统大多采用固定参数的 PID 控制策略,这种单一的控制模式缺乏必要的灵活性和适应性。当供水系统面临用水需求突变、水泵启停切换、管网阻力变化等复杂工况时,固定参数的 PID 算法无法根据实际情况动态调整比例、积分、微分参数,常常出现超调量大、调节时间长、系统震荡等问题。特别是在高层建筑二次供水场景中,随着楼层高度增加导致的静压变化,以及多台水泵并联运行时的耦合效应,传统控制算法的局限性愈发明显。在这样的技术条件下,想要实现稳定的恒压供水,无异于缘木求鱼^[2]。对传统供水系统进行升级改造,引入自适应控制、模糊控制等更先进的智能控制技术,结合高精度数字传感器构建闭环控制系统,成为保障供水质量、提升系统可靠性的必然选择。

2 系统方案设计

在硬件系统的构建中,西门子 S7-200 SMART 系列 PLC 无疑是整个控制系统的“智慧大脑”。它就像一位经验丰富的指挥官,凭借着强大的运算能力和高效的数据处理速度,对整个供水系统进行统筹调度。其编程方式简单易懂,即便不是专业的编程人员,经过一定培训也能快速上手。这使得系统的开发和维护变得更加便捷,大大降低了技术门槛。无论是日常运行中的常规操作,还是应对突发状况时的紧急处理,这款 PLC 都能游刃有余地完成各项任务,为系统的稳定运行提供坚实保障。

压力传感器在现代自动化控制系统中扮演着至关重要的角色,它被喻为系统的“感知器官”,承担着实时监测和控制管网压力的重任。在众多类型的压力传感器中,扩散硅压力变送器因其卓越的性能表现,脱颖而出,成为了众多工程师和设计师的首选。它就如同一位警觉的侦察兵,具备了极高的灵敏度,能够精确地捕捉到管网中哪怕是最微小的压力变化,并且迅速地将这些变化转化为电信号,传递给中央处理单元 PLC。扩散硅压力变送器的高量程和高精度特性,保证了它在

数据采集过程中的准确性和可靠性。无论是在用水高峰期管网压力的急剧下降,还是在用水低谷期管网压力的轻微上升,扩散硅压力变送器都能够及时地检测到这些变化,并且迅速地反馈给控制系统,从而为整个系统的精确控制提供了坚实的数据支持和可靠的决策依据。

而三菱 FR-A840 系列变频器,则是实现水泵电机调速的关键设备,如同一位灵活的调节师。它与 PLC 紧密配合,根据管网压力的变化实时调整水泵电机的转速。当用水需求增加时,变频器提高电机转速,加大供水量;当用水需求减少时,降低电机转速,减少能耗^[3]。这种智能调速方式,打破了传统水泵工频运行的固定模式,使供水系统能够根据实际需求动态调节,实现了节能与高效的完美结合。

在软件设计方面,多个功能模块协同工作,共同构建起一套完整的控制系统。主程序就像一个总导演,负责协调各个模块的运行,把控整个系统的运行流程。PID 控制程序则是系统的核心算法,它如同一位技艺精湛的调音师,通过不断调整控制参数,对变频器的频率进行精确调节,使管网压力始终保持在设定值附近^[4]。故障报警程序则像一位忠诚的卫士,时刻监测系统运行状态,一旦检测到异常情况,立即发出警报,并采取相应的保护措施,确保系统安全可靠运行。

3 系统调试实施

系统调试的第一步,是对硬件电路进行全面细致的检查,这一过程就像医生为病人进行体检。技术人员需要逐一检查每一根线路的连接是否正确,确保没有短路、断路等问题。还要对电气设备的绝缘性能进行测试,防止漏电事故发生。每一个接线端子、每一处连接点都要仔细核对,容不得半点马虎。因为硬件电路是整个系统运行的基础,任何一个小的疏忽都可能导致系统故障,甚至引发安全事故。只有确保硬件电路的准确性和安全性,才能为后续的调试工作打下坚实的基础。

完成硬件检查后,进入空载调试阶段。这就好比演员在正式演出前进行的彩排,在没有实际用水负荷的情况下,模拟压力信号输入,测试 PLC 与变频器之间的通信是否正常,验证系统的控制逻辑是否正确。技术人员通过人为设定不同的压力值,观察 PLC 的响应和变频器的调节情况。他们需要仔细检查每一个信号的传输是否准确无误,每一个控制指令的执行是否及时到位^[5]。一旦发现问题,立即进行分析和调试,反复验证,直到系统在空载状态下能够稳定运行,各项功能都符合设计要求。

带载调试是整个调试过程中最关键、也是最具挑战性的环节,如同运动员在实战中检验训练成果。在这一阶段,技术人员需要逐步增加用水负荷,模拟真实的用水场景。随着用水量的不断变化,管网压力也会随之波动。此时,系统需要根据压力反馈数据,实时调整 PID 参数,以达到最佳的控制效果。这就像厨师在烹饪过程中不断调整火候和调料,需要技术人员具备丰富的经验和敏锐的洞察力^[6]。他们要在复杂多变的工况下,找到最适合的参数组合,使系统既能快速响应压力变化,又能保持稳定运行。经过反复调试和优化,系统最终实现了压力的稳定控制,能够在各种用水情况下,都能满足实际供水需求。

4 系统应用效果

基于 PLC 的恒压供水控制系统投入运行后,彻底改变了传统供水系统的“尴尬局面”,为居民用水带来了全新体验。曾经困扰居民的水压波动问题得到了有效解决,供水压力始终稳定在设定值附近。无论是用水高峰还是低谷,水龙头里的水流都保持着稳定的流量和压力,再也不会出现水流忽大忽小、时有时无的情况。居民们可以安心地享受舒适的用水体验,洗衣、做饭、洗澡都变得更加顺畅,生活质量得到了显著提升。

在节能方面,该系统展现出了巨大的优势。通过变频调速控制,水泵不再像传统方式那样始终以工频运行,而是根据实际用水需求自动调节转速。这就好比汽车在行驶过程中,能够根据路况自动调整车速,避免了不必要的能量消耗。相比传统供水方式,新系统实现了大幅节能,运行成本得到了有效降低^[7]。这不仅为供水企业节省了大量资金,也符合国家节能减排的发展战略,具有重要的经济和社会意义。

系统具备的故障自诊断功能,为供水安全提供了双重保障。它就像一个不知疲倦的智能医生,能够实时监测系统的运行状态,自动检测潜在的故障隐患。一旦发现异常情况,系统会立即发出警报,并自动采取相应的保护措施,如关闭故障设备、切换备用设备等^[8]。这大大缩短了故障处理时间,提高了供水系统的可靠性。即使在夜间或无人值守的情况下,系统也能及时发现并处理故障,确保居民用水不受影响,真正做到了让居民用水无忧。

5 结语

基于 PLC 的恒压供水控制系统通过引入高精度压力传感器与先进的变频调速技术,实现对供水压力的实时监测与动态调节,有效降低能耗并保障供水稳定性。展望未来,随着物联网与人工智能技术的蓬勃发展,该系统可深度集成远程监控平台,利用 5G 通信技术实现供水数据的毫秒级实时传输。结合大数据分析机器学习算法,系统将具备故障智能预警、能耗优化预测等功能,显著提升供水系统的智能化与精细化管理水平,为智慧城市建设与可持续发展注入新动能。

参考文献

- [1] 孙伟博,赵微雪.基于 PLC 的水厂供水控制系统设计[J].科技与创新,2024,(23):99-101.
- [2] 李钢.基于模糊 PID 控制的恒压供水系统的研究[J].电子设计工程,2024,32(13):83-87.
- [3] 陈小兵,梁春芳,王丰磊,等.厂区级冷却供水系统智能控制设计实现[J].计算机测量与控制,2024,32(06):145-151.
- [4] 孟慧荧,孟繁星,张春岭.基于 PLC 的恒压供水监控系统设计[J].物联网技术,2024,14(06):33-35+40.
- [5] 李广军,武瑞杰,李文强.基于 Smith 预估的恒压供水系统模糊免疫 PID 控制研究[J].江苏理工学院学报,2023,29(04): 1-8.
- [6] 宋曙光,郑小海,王露曼,等.基于 PLC 的小区恒压供水智能控制系统设计[J].无线互联科技,2023,20(13):41-44.
- [7] 沈灿钢.基于 S7-300PLC 的双恒压供水控制系统[J].物联网技术,2023,13(02):115-118+121.
- [8] 陆卫,陈晨.基于模糊预测控制技术的变频恒压供水系统设计及实验研究[J].科学技术创新,2023,(03):193-196.

版权声明: ©2025 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/>

