

## 基于 PLC 的火力发电厂供水控制系统设计

王万成

中煤科工集团杭州研究院有限公司 浙江杭州

**【摘要】**火力发电厂作为用水大户，对供水质量和设备稳定性要求极高。传统供水系统多采用人工调节或继电器控制，存在自动化程度低、能耗高、供水质量不稳定等问题，难以满足现代火力发电厂需求。为了应对这些情况，首先，需求分析调研火力发电厂供水系统的现状和存在的问题。明确系统需要监测和调节的参数，如供水压力、流量、水质等。其次，进行系统架构设计：设计系统的整体架构，确定系统的自动化程度、可靠性、扩展性等要求。使用 PLC 编程软件编写控制程序，设计主程序和子程序，实现数据采集、数据处理、逻辑判断、控制输出等功能。将硬件设备和软件程序进行集成，进行系统联调。对系统进行功能测试和性能测试，确保系统能够稳定运行。根据测试结果对系统进行优化和调整，提高系统的性能和可靠性。

**【关键词】**恒压供水；PLC；变频器

**【收稿日期】**2025 年 3 月 9 日

**【出刊日期】**2025 年 4 月 8 日

**【DOI】**10.12208/j.jjea.20250109

### Design of water supply control system for thermal power plants based on PLC

Wancheng Wang

China Coal Technology and Engineering Group Hangzhou Research Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

**【Abstract】**Thermal power plants, as significant water consumers, have extremely high requirements for water supply quality and equipment stability. Traditional water supply systems, often relying on manual adjustment or relay control, suffer from low automation levels, high energy consumption, and unstable water supply quality, making it difficult to meet the demands of modern thermal power plants. To address these challenges, this study first conducts a needs analysis to investigate the current status and existing problems of the water supply system in thermal power plants. It identifies the parameters that need to be monitored and regulated, such as water supply pressure, flow rate, and water quality. Subsequently, a system architecture design is carried out, outlining the overall structure of the system and defining requirements for automation, reliability, and scalability. Control programs are developed using PLC programming software, including main programs and subroutines, to achieve functions such as data acquisition, processing, logical judgment, and control output. The hardware devices and software programs are then integrated and subjected to system commissioning. Functional and performance tests are conducted to ensure stable system operation. Based on the test results, the system is optimized and adjusted to enhance its performance and reliability.

**【Keywords】**Constant pressure water supply; PLC; Frequency converter

#### 1 引言

火电厂与供水站有着密不可分的关系，供水站的性能及质量也直接影响着火电厂的安全及运行效率。由于传统的水力发电厂供水系统自动化程度较低，有时都需要人工干预，此项研究的重点主要是使用 PLC 技术对供水系统进行智能化运作，以便根据实际用水量、设备状态等情况进行操作，尽可能地少用人，保证供水系统的效果与反应速度。一个

稳定的供水系统对于火力发电厂来说是非常重要的。借助 PLC 的优势技术，例如逻辑控制的性能与数据分析的能力，对供水系统的重要参数进行监测（如水位、水压、水流），一旦发生偏差及异常就会及时作出反应并报警，确保供水系统不管处于哪种水力工况都能保持稳定有效的工作，避免由于供水故障造成生产设备的损坏或是生产停工。除此之外，火力发电厂的供水系统耗费许多能量，因此节约能耗

已成为当今面临的重要挑战。通过 PLC 设计的供水系统能够在满足用水量的基础上精准地调节水泵的使用，减少水泵的空载及超负荷运行情况，实现节电的目的，也可以提高能源使用率，进而降低成本[1]。

### 2 系统供水理论分析及控制总体方案

#### 2.1 变频恒压供水原理

本文讨论的基于 PLC 的变频恒压供水系统，集成了信号检测、控制及执行三大单元，构成了一个能够实现压力闭环精确控制的综合系统。该系统的具体设计架构如图 2-1 所示：

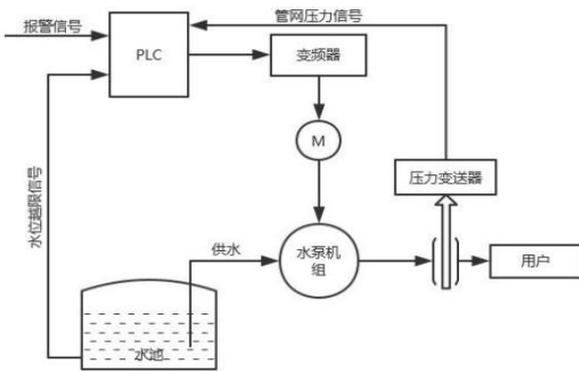


图 2-1 变频恒压供水系统控制原理图

信号检测组件是系统中的视觉中枢，是由压力变送器和液位变送器共同构成的。压力传感器负责在用户用水点监测水压情况，把压力数据以模拟信号形式传给可编程逻辑控制器（PLC），这信号是恒定压力供水系统的核心反馈信息[2]。液位传感器用于监测水池水源状态，防止因水位过低使水泵空转而造成损害。系统设置了报警电铃以及报警指示灯，用来快速反馈供水系统的运行状况，就像变频器要是出现异常情况，就会被触发报警。同时，水池水位异常还会引发报警信号，要保证所有报警机制被激活时，报警电铃都能响[3]。

控制中枢就像系统的神经核心一样，是由可编程逻辑控制器和变频器组成的。它能保证系统高效、有序地运转，是全面变频恒压供水系统的核心部件。该系统可获取压力变送器输出的压力信号，经 A/D 转换，然后在人机界面设定值基础上分析、对比与计算，生成结果经 D/A 转换成控制指令，传递给变频器，以实现水泵的调控。如图 2-2 所展示的内容。

执行系统包括水泵电机与水泵机组，于用户用

水高峰期，三台水泵全数启动，其间，两台水泵以工频方式运作，而一台则采用变频模式运行。依据变频器驱动的水泵是否变动，可以区分两类运行模式：一类为水泵循环变频，即变频循环型；另一类为变频水泵保持恒定，即变频固定型[4]。

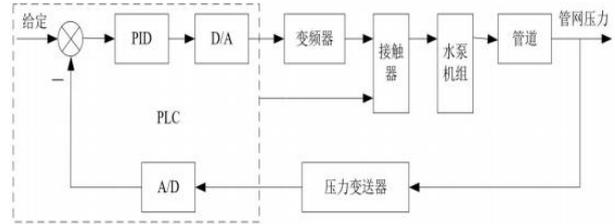


图 2-2 恒压供水系统框图

变频循环式：在系统配置中，一台水泵通过变频器实现变频操作。若因增大的用水量导致水压需求超出当前变频设定，即便变频器的频率调整至 50Hz 仍不足以满足供水要求时，变频器将执行策略从原水泵电机切换至备用的另一台水泵电机上。此时，切换至的水泵以变频模式运行，而先前处于变频状态的水泵则转为工频运行模式。

变频固定式：在系统设计中，一台水泵通过变频器实现变频运行。一旦发现水需求增加，若变频器将频率调整至 50 赫兹仍不足以满足供水需求，系统便会立即启动另一台以工频运行的水泵。同时，最初处于变频运行状态的水泵继续在变频器的调控下，维持其变频运行模式。

#### 2.2 水泵切换条件分析

一旦管网压力降至预设阈值，倘使当前变频泵已运行于最高频率，则应增设水泵，原先的变频泵将转换为工频泵操作，而新加入的水泵则实施变频调控。当管道压力超过预设值，同时变频泵与工频泵均处于运行状态，若变频泵已达到其最低频率操作点，应采取措施减小水泵数量，具体做法是停止工频泵的操作[5]。

在系统的真实运作过程中，用户的用水需求在短期内呈现出波动状态，这导致水泵的接入与退出以及变频器从起动的直至达到平稳运行阶段时，管网中的水压会经历显著波动。当变频泵运行于其最高频率时，若管网压力围绕预设阈值波动，一旦压力下降至该阈值之下，则触发增泵条件，导致水泵加入系统，从而引发管网压力瞬时上升并超出设定范围，进而触发减泵条件，促使水泵循环离线-接入，造成系统的不稳定运作[6]。为解决此问题，应引入延

迟判断机制：若水压监测数值超出预设阈值，需持续超过 30 秒后方执行水泵切换操作，以此规避当前困局。所以切换泵条件总结为：

$$f = f_{up} = P_f < P_s - \frac{\Delta P_d}{2}$$

减泵条件：

$$f = f_{low} = P_f > P_s - \frac{\Delta P_d}{2}$$

### 2.3 电动机调速原理

控制水泵运转的电机一般均采用三相交流异步电动机。

转速公式：

$$n = \frac{60f}{p}(1-s)$$

f: 电源频率；p: 磁极对数；s: 转差率

由电动机的转速公式可知，三相交流异步电动机的调速方式有以下三种：

- (1) 改变电源频率
- (2) 改变磁极对数
- (3) 改变转差率

根据三相交流异步电动机转速的理论表达式，在假设转差率保持恒定的条件下，可以推断出转速 n 与电源频率 f 呈现出直接的比例关系。通过调整变频器以控制电源频率 f 的值，能够有效实现对三相异步电动机转速的调控，进而达到调节管网水压的目的。此调节策略的精准度卓越，速度变换平滑，系连续可调技术，适配于恒定压力供水体系，同时实

现节能效益，并且其维护操作极为便捷。

### 3 控制系统硬件和软件设计

#### 3.1 控制器（PLC）及扩展模块选型

S7-200 系列 PLC（型号为 CPU226），它最多能够对接 7 个扩展模块。在本研究中，我们选用的 PLC 主机配置了 40 个 I/O 点，其中包含 24 个输入端与 16 个输出端。所涉及的输入信号源自压力传感器，产生的是模拟电压信号，而输出则为 PWM 信号用于控制电机转速，表现为模拟频率信号[14]。鉴于数字 I/O 点无法直接对接此类模拟信号，我们决定引入西门子的 EM235 模拟量扩展模块以实现信号转换。该模块具备 4 通道的模拟输入功能及 1 通道的模拟输出能力，成功地满足了系统在 I/O 点数上的需求，并确保了与现有数字 I/O 点的良好集成[7]。

#### 3.2 变频器选型

无论是在家庭还是工厂中应用的交流电源，其电压和频率均保持恒定。变频器乃是一种装置，其功能在于将恒定电压与频率的交流电转换为可调电压与频率的交流电。在此次恒压供水系统的规划中，变频器的功能在于调整交流电压的频率，以此达到控制电动机转速的目的，进而使得三相交流异步电动机能够实现平稳的速度变化。

#### 3.3 系统主程序设计

在控制系统架构中，核心主程序承载着最为繁复的功能，其职责包括系统启动时的初始化作业，确定变频泵与工频泵的配置，并建立起与其他子程序的联系。该程序还承担了故障警报的生成任务。主程序梯形图如下：

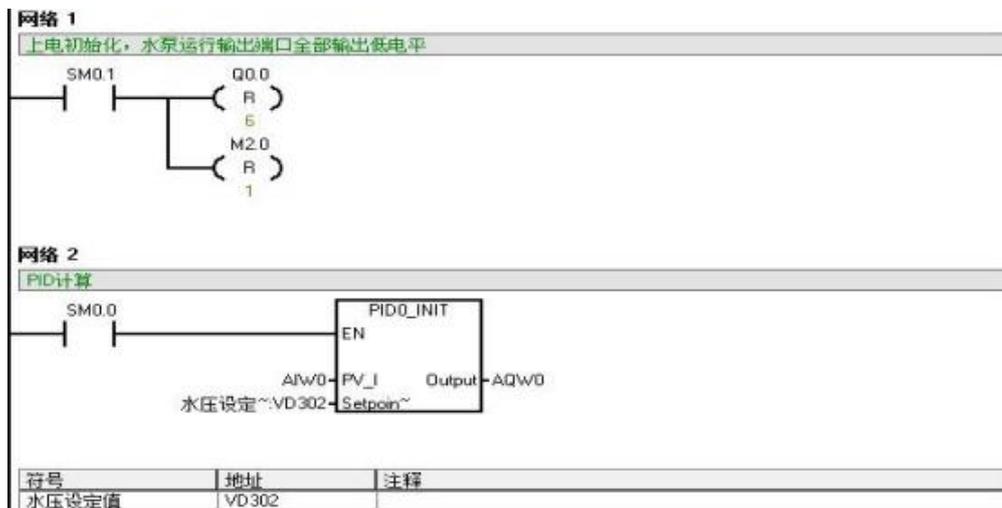


图 3-1 水泵输出端口全输出低电平及 PID 计算程序图

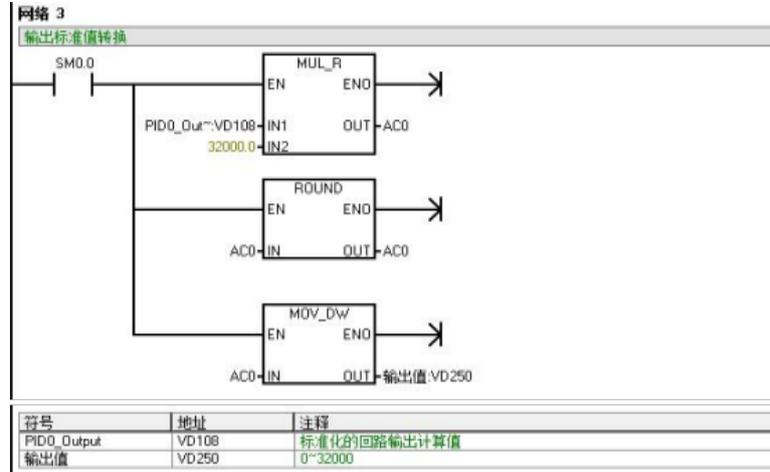


图 3-2 输出标准值转换程序图

### 4 结论

通过 PLC 技术构建火电厂恒压供水的控制体系，其性能符合预期，基本上达到了任务书所提出的目标。

设计以可编程控制器为核心系统，辅以变频器、压力变送器、液位变送器及电动机等组件。压力信号由压力传感器捕捉，并传输至可编程控制器进行数字化处理，该信号被发送至变频器以调控电机的转速。恒压供水系统的未来发展潜力显著，该技术不仅在供水模式上，而且在控制系统上均顺应供水行业的演进趋势，展现出巨大的发展潜力<sup>[8]</sup>。

### 参考文献

[1] 翟祺.变频器在恒压供水上的应用[J].山西电子技术,2006(04):27-28.

[2] 李钢,张敏.变频恒压供水控制系统的研究与设计[J].电子设计工程,2022,30(10):90-94.

[3] 唐亚军.感应炉炉体冷却水控制系统的设计[J].工业加

热,2024,53(02):40-45+49.

[4] 胡素萍.PLC 在恒压供水系统中的应用[J].企业导报,2012(20):260-264.

[5] 宋阳.基于 PLC 的双恒压供水控制系统设计研究[J].制造业自动化,2012(15):144-146.

[6] 马莎.淋浴车专用变频恒压供水系统的设计[J].中国水运(下半月),2011(04):90-92.

[7] 宋曙光,郑小海,王露曼,孙浩毓.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.

[8] 耿弟.洒水泵房变频恒压供水系统原理及其软硬件改造[J].西北民族大学学报(自然科学版),2010(04):24-26.

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/>

