

基于 PLC 污泥脱水机控制系统的构建与实施

刘毅超

上海市浦东威立雅自来水有限公司, 上海 200000

[摘要]随着科技的不断进步,工业自动化领域取得了巨大的发展。在废水处理中,PLC(可编程逻辑控制器)技术已经被广泛应用,它具有稳定性高、可编程性强、可靠性好等特点,是控制系统的理想选择。针对污泥脱水机的特殊需求,研究一种基于 PLC 的污泥脱水机控制系统具有重要的现实意义。文章旨在构建一套基于 PLC 的污泥脱水机控制系统,通过对脱水机的关键部件进行精细控制,提高脱水效率的同时,降低能耗,减少环境污染。

[关键词]PLC; 污泥脱水机; 污泥脱水机控制系统

DOI: 10.33142/sca.v6i12.10644

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Construction and Implementation of a PLC Based Sludge Dewatering Machine Control System

LIU Yichao

Shanghai Pudong Veolia Water Supply Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract: With the continuous progress of technology, the field of industrial automation has made tremendous development. In wastewater treatment, PLC (Programmable Logic Controller) technology has been widely used, which has the characteristics of high stability, strong programmability, and good reliability, making it an ideal choice for control systems. In response to the special needs of sludge dewatering machines, studying a PLC based sludge dewatering machine control system has important practical significance. The article aims to build a PLC based sludge dewatering machine control system, which can improve dewatering efficiency, reduce energy consumption, and reduce environmental pollution by finely controlling key components of the dewatering machine.

Keywords: PLC; sludge dewatering machine; control system of sludge dewatering machine

引言

污泥脱水技术在现代环境保护领域扮演着至关重要的角色。随着城市化和工业化的快速发展,污水处理厂产生的污泥数量急剧增加,如何高效、环保地处理这些污泥成为了一个迫切的问题。污泥脱水机作为一种关键设备,在废水处理过程中发挥着关键作用。然而,传统的污泥脱水机操作复杂,能耗高,处理效率低的问题亟待解决。因此,研究和开发一种智能化、高效能的污泥脱水机控制系统显得尤为重要。

1 污泥脱水机系统构成及原理

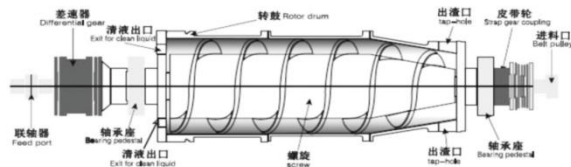


图1 脱水机内部结构

污泥脱水机是废水处理系统中的重要设备,其构成和原理的理解对于高效处理废水和降低环境污染至关重要。在国内,大多数污水处理厂多采用福乐伟、阿法拉伐、安德里茨等进口污泥脱水机,这些都有着自动化的控制系统,但是由于我国并没有这些程序的知识产权保护,导致不能交付给使用方。典型的污泥脱水机系统通常由主要构件组成,污泥脱水系统由脱水机、絮凝剂制备装置、污泥切

割机、进泥泵、加药泵、进泥流量计、加药流量计、水平和斜螺旋输送机、清洗水阀等设备构成。具体如图1所示。

转鼓和螺旋输送机两者之间关系如下:

$$\Delta n = nL - nZ \quad (1)$$

式(1)中, nZ —转鼓绝对转速; nL —螺旋绝对速; Δn —二者差速。

采用 $\Delta n > 0$ 为正差速,有利于沉降分离。

采用 $\Delta n < 0$ 为负差速,有利于污泥的输送。

絮凝剂制备装置在处理过程中起到关键作用。该装置负责将废水中的悬浮颗粒物结合成较大的颗粒,为后续脱水处理创造条件。接着,污泥切割机将混合污泥切割成均匀的小颗粒,以便更好地进行脱水。进泥泵和加药泵负责将处理好的污泥和絮凝剂送入脱水机,确保连续的处理过程。进泥流量计和加药流量计则用于监测和调节进入系统的污泥和絮凝剂的流量。

在脱水机内部,通常由一组旋转的螺旋桨和筛网构成。螺旋桨的旋转作用下,污泥受到压缩,水分被挤压出来,实现脱水效果^[1]。脱水后的固体污泥通过水平和斜螺旋输送机输送到下一个处理单元。同时,为了确保系统的稳定运行,清洗水阀负责控制筛网的清洗,保持通畅的脱水通道。

污泥脱水机系统的原理主要基于机械脱水和物理脱水的结合。机械脱水依赖螺旋桨的旋转和筛网的挤压,将水分从污泥中迅速分离出来。物理脱水则通过压缩和挤压,

使污泥内部的水分受到机械力的作用，从而被排除。这种结合机械与物理原理的脱水方式，确保了污泥脱水的高效性和可靠性，为废水处理提供了可靠的技术支持。

2 污泥脱水机控制系统研究现状

随着工业自动化技术的飞速发展，污泥脱水机控制系统的研究也取得了显著进展。目前，研究者们主要集中在提高系统的智能化程度、降低能耗、优化控制算法和提高系统稳定性等方面展开探讨。借助先进的传感器技术和数据采集装置，研究者们能够实时监测污泥的湿度、温度、压力等参数，为系统提供精准的数据支持。同时，利用人工智能技术，如神经网络和模糊逻辑控制，研究者们将这些数据进行分析和处理，实现对系统运行状态的智能判断和调节，从而提高了系统的自适应能力和处理效率。传统的脱水机控制系统通常存在能耗高、效率低的问题，因此，研究者们提出了基于能耗模型的优化控制策略。通过建立系统的能耗模型，研究者们能够精确地预测系统的能耗变化，并根据预测结果调整系统的运行参数，实现能耗的最优控制。此外，针对污泥脱水机系统的特殊需求，一些研究者还提出了新型的机械结构设计，如改进的螺旋桨形状和结构，以降低系统内部的摩擦损耗，提高系统的机械效率。在提高系统稳定性方面，通过引入自适应控制、模糊控制和PID控制等方法，提高了系统对外部扰动的抵抗能力，保证了系统在复杂环境下的稳定运行^[2]。硬件设计方面，采用了抗干扰能力强的传感器和执行器，提高了系统的感知和响应能力，保证了系统在恶劣工作环境下的可靠性和稳定性。

3 脱水机控制系统设计

3.1 系统模块控制程序

系统模块控制程序是污泥脱水机控制系统的核心，它确保各个子系统之间协同工作，实现高效的废水处理。此次研究设计采用罗克韦尔 logix5000 软件编程，在系统模块控制程序中（如图 2），采用了先进的 PLC 编程技术，实现了各个模块之间的紧密配合。该程序涵盖了启动、停止、故障检测与处理、自动化控制等功能。通过精心设计的逻辑判断和信号传递，系统模块控制程序能够根据不同的工作状态自动切换，并保障整个系统的安全、稳定运行。这个程序不仅提高了系统的可靠性，还有丰富的触摸屏洁面（如图 3），确保了操作的便捷性，为操作人员提供了友好的界面和操作体验。

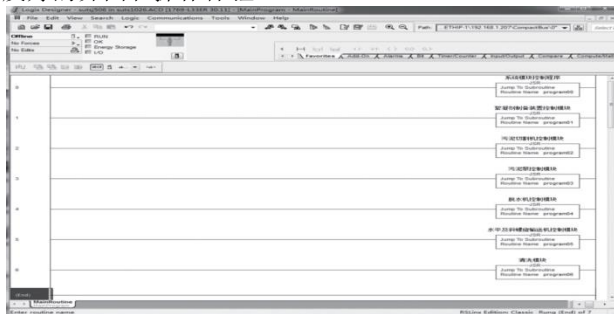


图 2 程序模块

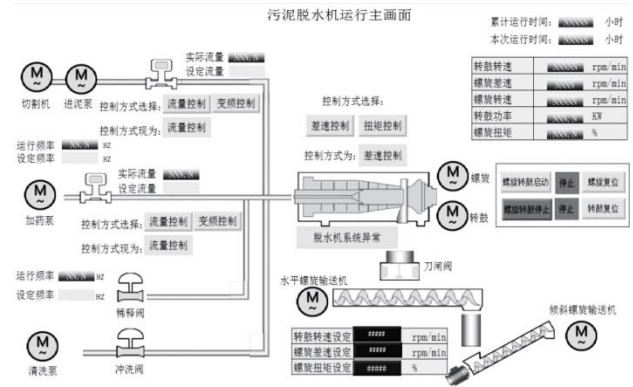


图 3 触摸屏洁面

3.2 絮凝剂制备装置控制模块

絮凝剂制备装置的控制模块负责废水中悬浮颗粒物的结合和溶解，为后续的脱水处理创造有利条件。例如，采用冠能的废浆处理模块。冠能固控废弃泥浆处理系统组成部分主要包括六个，分别是干燥筛模块、离心机模块、絮凝加药处理模块、泥浆输送模块、泥浆搅拌混合模块、储存中转模块。该模块配备了精密的传感器，可以实时监测废水的特性，根据监测结果自动调整絮凝剂的投加量和混合时间。控制模块采用了先进的 PID 控制算法，确保絮凝剂在制备过程中的稳定性和均匀性。此外，该模块还具备自动清洗功能，保障了设备的长期稳定运行。综上所述，絮凝剂制备装置控制模块实现了自动化控制和智能化运行，提高了絮凝剂的利用率，降低了废水处理的成本，对环境保护产生了积极影响。

3.3 污泥切割机控制模块

污泥切割机控制模块是污泥脱水系统中的关键组成部分，负责控制污泥切割机的运行速度和切割深度，以确保污泥能够被均匀切割，提高后续脱水效果。此次研究选用 TOTEN 的污泥切割机控制模块，中包括有切割组件、传动装置、液压系统、控制系统等，该控制模块整合了先进的电子控制技术，可以根据污泥的湿度和种类智能调整切割机的参数。具体来说，通过传感器实时监测污泥的湿度，控制模块可以动态调整切割机的速度，以适应不同湿度的污泥。同时，控制模块还能根据污泥的种类预设最佳的切割深度，确保切割的均匀性和高效性。这种智能化的控制策略不仅提高了脱水效率，也延长了切割机的使用寿命。在污泥切割过程中，控制模块负责实时监测切割机的工作状态。当切割机需要调整工作参数时，控制模块可以通过 PLC 系统发送指令，实现切割机速度和切割深度的实时调整。这种自动化调整保证了切割效果的稳定性，使得不同性质的污泥都能够得到最佳的处理效果。

3.4 污泥泵控制模块

污泥泵控制模块在污泥脱水系统中扮演着至关重要的角色，它负责将处理好的污泥从制备装置输送至脱水机内部。该控制模块具备智能化功能，能够根据系统需求自

动控制泵的启停、流量和压力，确保污泥的稳定输送，保障系统的连续运行。在污泥处理过程中，当脱水机需要污泥时，传感器实时监测脱水机的工作状态。当脱水机开启时，污泥泵控制模块自动启动泵，将污泥从制备装置抽送至脱水机。控制模块根据脱水机的需求智能调节泵的流量和压力，确保污泥在脱水过程中受到适当的压力和挤压，从而高效分离水分。当脱水机停止工作时，污泥泵控制模块及时关闭泵，避免能源浪费。这种智能化的控制方式，保障了污泥的稳定输送，提高了系统的运行效率。污泥泵控制模块还配备了故障检测功能。通过传感器实时监测泵的运行状态，控制模块可以检测到泵的异常振动、温度异常等故障情况。一旦检测到异常，控制模块会发出警报并停止泵的运行，避免设备受损。此外，该模块还能够进行远程监测，使得操作人员能够随时随地掌握泵的运行状态，提高了系统的监控和管理效果。

3.5 污泥脱水机控制模块

污泥脱水机控制模块是脱水系统的核心，它负责监测和调节脱水机的内部状态，确保脱水效果的最大化。该控制模块整合了高级传感技术，能够实时监测脱水机的压力、转速和筛网状态等参数。基于这些数据，控制模块通过先进的控制算法自动调整脱水机的工作参数，确保污泥在脱水过程中受到适当的压力和挤压，从而高效分离水分。此外，控制模块还负责监测脱水机的故障和清洗筛网，保障系统的稳定运行。通过智能化的控制手段，污泥脱水机控制模块提高了系统的自适应能力和处理效率，为废水处理提供了可靠的解决方案。

由于差速器的作用，转鼓转速和螺旋输送机转速的对应关系如下：

$$AS \cdot R - SS = RS \cdot K \quad (2)$$

式(2)中，AS—转鼓电机转速值；R—带轮传动比；SS—螺旋电机转速值；RS—相对转速值；K—差速器比率。

3.6 污泥水平及斜螺旋输送机控制模块

污泥水平及斜螺旋输送机控制模块是污泥脱水系统中的重要组成部分，它负责控制输送机的运行速度和方向，确保污泥能够被顺利输送到下一个处理单元。该控制模块整合了精密的传感器技术，可以实时监测输送机的负载和运行状态^[3]。基于这些监测数据，控制模块可以智能调整输送机的运行速度，以适应不同负载条件，保障污泥的稳定输送。同时，控制模块还能根据处理工艺要求调整输送机的运行方向，确保污泥被输送到指定位置。这种智能化的控制方式，提高了系统的适应性和稳定性，保障了废水处理过程的连续性和高效性。

3.7 清洗阀控制模块

清洗阀控制模块是污泥脱水系统中的关键组件，它负责控制清洗阀的开启和关闭，确保筛网保持通畅。该控制模块采用了高灵敏度的传感器，能够实时监测筛网的堵塞

程度。当筛网堵塞时，控制模块会自动开启清洗阀，向筛网提供清洗水，清除堵塞物，保障脱水通道的畅通。随着清洗的进行，传感器会监测筛网的清洗状态，当清洗完成时，控制模块会自动关闭清洗阀，节省水资源。这种智能化的清洗方式，不仅提高了系统的可靠性和稳定性，还减少了水资源的浪费，为环境保护和节能减排做出了贡献。

4 PLC 污泥脱水机控制系统实施

4.1 硬件组装与接线

在 PLC 污泥脱水机控制系统的实施过程中，首先进行的关键步骤是硬件组装与接线。如使用 M-2301 离心机(如图 4)由润滑油泵、润滑喷雾、氮气保护、转鼓电机、螺旋电机和进料控制阀等部分组成。M-230 离心机可以根据工艺操作需求，选择手自动启动，确保机组长周期运行。具体而言，而在整个污泥离心脱水系统设备中，主要包含 3 个螺杆泵、3 个电磁流量计、3 个污泥泵、3 个污泥切割机、3 个离心机、3 个无轴螺旋、3 个余液切换阀以及 1 个电磁阀。其中的 M-230 离心机主电机(转鼓电机)、辅电机(推料螺旋电机)的功率分别为 55KW、11KW，选用 ABB 公司的 ACS880-01 型变频器，污泥泵为 11KW，设计为 ABBACS550-01 变频器，加药泵 0.6KW，设计 ABB 公司的 ACS350-03E 型变频器。在硬件的组装与接线这一阶段要求工程师团队根据系统设计的蓝图，精心选择和组装各种硬件设备，确保它们能够协同工作、相互配合，实现顺畅的控制流程。硬件组装涉及到传感器、执行器、PLC 模块等关键组件的选择与安装。在选择时，需要根据系统的需求，选择性能稳定、精度高的传感器，以及可靠、耐用的执行器。PLC 模块的选择需要考虑其处理速度、存储容量和扩展性，以适应系统的复杂控制逻辑。

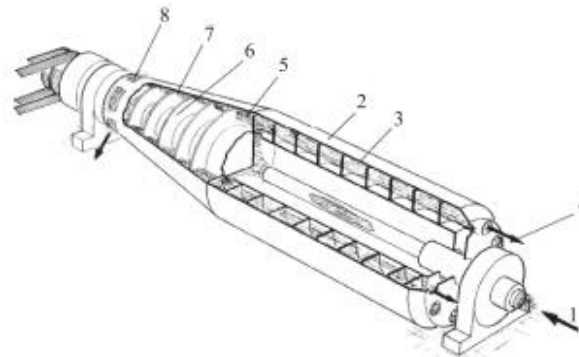


图 4 M-2301 离心机转鼓和螺旋系统示意图

在硬件组装完成后，工程师团队着重进行精细的接线工作。良好的接线是系统稳定运行的基础，工程师们需要根据设计图纸精确连接各个硬件组件，确保信号传递的准确性和稳定性。此外，合理的布线和整齐的接线不仅提高了系统的可靠性，还便于后期的维护和故障排查。在硬件组装与接线阶段，团队成员需要密切合作，确保每个组件都正确安装并与系统的其他部分连接良好。只有在这一阶

段的仔细施工和检查下,系统的后续阶段,如编程和测试,才能够在稳定的硬件基础上进行,保障整个 PLC 污泥脱水机控制系统的高效运行。

4.2 PLC 编程与调试

PLC 编程与调试是 PLC 污泥脱水机控制系统实施过程中的关键阶段。在这一阶段,工程师团队需要运用专业的编程技能,根据系统设计需求,利用 PLC 编程软件编写系统的控制逻辑。编程内容涵盖了各个控制模块的启动、停止、自动化控制、故障处理等方面。编程需要严格遵循逻辑清晰、稳定可靠的原则,确保系统能够在各种工作状态下稳定运行。

在编程完成后,接下来是调试阶段。调试工作主要包括逻辑的验证和参数的调整。工程师们将逐步验证各个控制模块的功能,确保传感器和执行器的信号传递准确,各个模块的动作符合预期。在调试过程中,可能需要对编程进行微调,以确保系统的稳定性和可靠性。此外,调试阶段还需要检查 PLC 与外部设备的通信是否正常,确保 PLC 能够准确地接收和发送信号。

PLC 编程与调试阶段需要具备良好的逻辑思维能力和对系统运行过程的深刻理解。通过严密的调试工作,确保了系统的各个模块能够协同工作,具备自动化控制的能力。这一阶段的成功完成成为系统的后续测试和实际运行提供了坚实的保障,保证了 PLC 污泥脱水机控制系统的高效性和可靠性。

4.3 控制系统整体测试

控制系统整体测试是确保 PLC 污泥脱水机控制系统正常运行的关键步骤。该阶段包括手动模式测试和自动模式测试,通过这些测试,可以验证系统的各个模块是否按照设计要求协同工作,确保系统在实际运行中稳定可靠。

4.3.1 手动模式测试

在手动模式测试中,操作人员可以通过人机界面或按钮手动控制系统的各个部分。这包括手动启动和停止各个控制模块、手动调整参数以及观察系统的反应。在这个阶段,系统的每个动作都可以被单独验证,确保各个传感器的信号准确、执行器的动作精确。同时,手动模式测试也可以用于检查系统的紧急停止功能,确保在紧急情况下系统可以迅速停止运行,保障设备和操作人员的安全。

4.3.2 自动模式测试

自动模式测试是控制系统整体测试的最终阶段,也是系统最终验证的关键步骤。在自动模式下,系统将根据预设的逻辑程序和控制策略自主运行。在这个阶段,系统的稳定性、自动化程度和响应速度将得到验证。操作人员主要观察系统在自动模式下的运行状态,包括各个模块的协同工作、系统的稳定性和响应速度等。在自动模式测试中,还可以模拟不同的工作场景和负荷,确保系统在各种情况下都能够正常运行。

5 污泥脱水机自动控制的实现

5.1 人机界面选择

人机界面(HMI)是操作者与控制系统之间的交互界面,它允许操作者监控和控制设备的运行。对于传统的污泥脱水机控制,通常在现场的电控柜上设置按钮和开关,操作者可以直接操作设备。这种方式被称为就地控制或本地控制。然而,随着科技的发展,自动化控制技术越来越成熟,现在更多的设备操作系统使用远程控制。这意味着,操作者可以通过网络远程监控和控制设备,而不需要直接接触设备。这种方式提供了更便捷的操作方式,同时也提高了操作的安全性。在实现远程控制的过程中,HMI的设计变得尤为重要。它需要提供清晰、直观的界面,使得操作者能够轻松理解设备的状态和操作流程。同时,HMI也需要提供足够的反馈,以便操作者能够及时了解设备运行的情况。所以,无论是就地控制还是远程控制,HMI都是实现污泥脱水机自动控制的关键部分。通过合理的设计,可以使得操作者更有效地监控和控制设备的运行,从而提高设备的运行效率和安全性。

5.2 组态界面选择

组态界面选择是实现污泥脱水机自动控制的一个重要步骤。触摸屏组态的界面包括离心机控制主界面、参数设定、当前运行时间复位、报警表、故障复位等。离心机控制主界面是操作者最常接触的部分,它可以实时显示污泥脱水机的工作状态,如运行速度、转速、电流、压力等。同时,它也提供了各种控制功能,如启动、停止、切换模式等。这个界面允许操作者对污泥脱水机的运行参数进行设定,如转速、处理量、报警阈值等,这些参数的设定可以根据实际工作需要进行调整,以保证污泥脱水机的最佳运行效果。界面允许操作者对污泥脱水机的运行时间进行复位。在设备运行过程中,可能会出现异常情况,如设备故障、停电等。通过复位运行时间,可以确保设备在恢复正常运行后,能够重新计时,以便对设备的工作时间进行准确统计。界面显示了污泥脱水机在运行过程中出现的各种报警信息,如过载、欠载、故障等。操作者可以通过这个界面及时了解设备的运行情况,并根据报警信息进行相应的处理。界面还允许操作者对污泥脱水机出现的故障进行复位。当设备出现故障时,可能会导致设备无法正常运行。通过故障复位,可以使得设备重新恢复正常运行,从而保证生产的顺利进行。

6 结语

在本文中,我们设计并实施了一套高效的 PLC 污泥脱水机控制系统,该系统集成了先进的硬件设备和智能化控制程序,实现了污泥脱水过程的自动化和精确控制。通过对污泥脱水机系统构成、控制系统研究现状以及各个控制模块的详细设计与实施,确保了系统在废水处理中的稳定性、高效性和可靠性。实现了污泥脱水过程的自动化控制,提高了废水处理的效率,还为环境保护和资源节约做出了

贡献。然而,在实际应用中,不同场景下可能会面临各种挑战和改进空间。因此,实际应用中持续优化和改进系统,以应对不断变化的环境需求,为可持续发展提供更为可靠和高效的废水处理解决方案。

[参考文献]

[1]成家佳.基于 PLC 的污水处理控制系统设计和应用[J].决策探索(中),2020(11):96.

[2]阳启航.磷矿污水处理自动控制系统研究[D].贵阳:贵州大学,2022.

[3]付保英.西门子 PLC 控制系统在污水处理控制中的应用[J].科技资讯,2020,18(35):29-31.

作者简介:刘毅超(1987.7—),男,单位名称:上海市浦东威立雅自来水有限公司,毕业学校和专业:上海工程技术大学 电气工程及其自动化。