

# 水厂吸泥机自控系统的优化改造技术

陈嘉宇

(张家港市给排水有限公司, 江苏 苏州 215600)

**摘要** 水厂沉淀池目前使用的行车式虹吸式吸泥机会发生底部被污泥卡住无法行走的情况, 吸泥机自控系统不完善是导致此问题产生的重要原因。基于此, 本研究提出水厂吸泥机自控系统优化方案, 研究中选择张家港市第四水厂沉淀池中使用的吸泥机, 在优化吸泥机自控系统过程中采取升级排气阀、安装常闭型液位传感器、增加污泥浓度仪表、修改 PLC 程序等措施。结果表明, 将自控系统优化后的吸泥机投入使用, 可明显提高沉淀池污泥清理效率, 降低吸泥机行走卡死情况发生率。

**关键词** 水厂; 吸泥机; 自控系统; 优化改造

中图分类号: TP27

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.01.008

## 0 引言

在大型、中型水厂中, 平流式沉淀池由于构造相对简单, 有稳定的处理效果等, 得到广泛应用。但沉淀池的沉淀效果受多种因素影响, 如絮凝情况、原水水质、絮凝体沉降速度、水力表面负荷等<sup>[1]</sup>。若沉淀池的沉淀得不到及时处理, 会影响水质效果。而行走式虹吸式吸泥机通过虹吸原理, 可较好地清理沉淀池中积压的污泥<sup>[2]</sup>。吸泥机在实际使用时, 因为自身工况、天气、系统等导致底部经常被污泥卡住, 无法达到理想的污泥处理效果, 导致水质受到影响, 因此需要对吸泥机自控系统进行改造。

## 1 水厂吸泥机自控系统现状与优化改造需求分析

### 1.1 水厂吸泥机自控系统优化改造现状

1. 检查自控系统现状。全面检查当前水厂吸泥机自控系统情况, 包括传感器、控制器以及执行器在内的硬件设备外观情况、运行状态、连接情况; 对软件系统的稳定性、功能进行检查。

2. 需分析吸泥机运行中的数据, 比如故障发生频率、吸泥效率、运行时间; 分析吸泥机自控系统相关参数的控制准确性, 如虹吸强度、行车速度等; 完成现有系统的维护成本、可靠性分析。

### 1.2 水厂吸泥机自控系统优化改造需求

张家港市第四水厂的沉淀池, 使用行走式虹吸式吸泥机, 利用虹吸原理, 完成对沉淀池积压污泥的清理, 具体行走路线如图 1 所示。但吸泥机在长期使用过程中, 每年都会出现底部被污泥卡住, 无法行走。吸泥机正常作用无法发挥, 会升高沉淀池浊度, 继而水质产生不良影响。沉淀池污泥积压问题最快的处理方

式是将整个沉淀池排空, 这需从外部雇佣人员。每个沉淀池的排空不仅需要大量水, 还需很多人员参与, 存在严重的水资源、财力与人力浪费。吸泥机受到自身局限性影响, 很难及时发现存在的排泥管堵塞与真空度泄漏。这需要对吸泥机的水射器、管道、球阀等各种配件进行全面检查, 观察是否存在泄漏情况。不管是哪种泄漏都会对吸泥机的吸泥效果产生不良影响。加之吸泥机的球阀和管道多, 管线长等, 很难通过肉眼发现轻微泄漏等, 因此需对吸泥机自控系统进行优化改造。

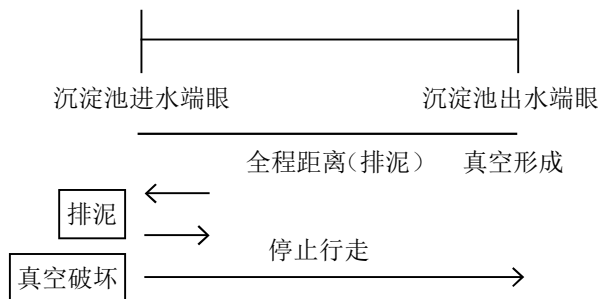


图1 行走式虹吸式吸泥机清理淤泥原理

## 2 水厂吸泥机自控系统优化设计方案

根据水厂目前所使用的吸泥机遇到的具体问题, 主要制定了以下优化设计方案。

### 2.1 更换老款泄压电磁阀

因为水里有硅胶、石头等多种不同类型的杂质, 老款泄压电磁阀在吸泥机工作过程中只依靠弹簧顶住皮垫, 很难将阀门彻底关死, 使得水厂中的每台吸泥机排气阀都出现不同程度的轻微漏气情况。所以不能再使用老款泄压电磁阀, 采用电动球阀, 对泄漏情况

的出现起到完全杜绝作用。

## 2.2 吸泥管上增设电容式液位传感器

需要将电容式液位传感器安装在每个吸泥管道上,当管道堵塞之后,会立即给 PLC 系统或蜂鸣器等发出警报。等到管道疏通之后,才可复位,也可通过人工方式复位。每根堵塞管道会有对应的传感器指示灯,巡检人员可根据指示灯状态判断对应管道的畅通情况,一旦有堵塞情况出现,可直接给机修车间反映问题,并尽快解决。

液位传感器的安装方式主要有两种,分别是:其一,纯电路修改。并联 12 组常闭型液位传感器,只用在电箱中传入一根电缆,利用潜水泵的中继启动条件和增设时间继电器实现 12 组液位开关的延时启动。但这一目标的实现需要吸泥机完全形成虹吸作用才能发挥作用,否则可能会出现误判泄漏情况,吸泥机会不断报警。当排气阀打开时,时间继电器断电,液位传感器的作用也就脱离电路,使传感器处于无效状态。其二,通过 PLC 控制液位传感器的电源,原理与第一种方法一样。更改程序的优点是接线更便利,完成电路修改的目标只用增加 2 根线,而且与纯电路修改方式相比,使用的精准度和寿命都明显更优。当吸泥机产生堵车时,一般会在沉淀池边缘的絮凝池那一侧出现。当吸泥机到达最边缘后,可以修改 PLC 程序使吸泥机多停留一段时间,污泥可得到更大程度的清理。对比两种方案后,选择优化吸泥机自控系统。

## 2.3 排水水箱内增设污泥浓度计

在排水水箱内添加污泥浓度水质在线仪表用于检测排泥水样,可实时反馈中心控制室当前水质状况,另外,通过 PLC 程序内的比较指令,程序内设定一个模拟量数值与在线仪表的反馈模拟量进行比对,当仪表反馈模拟量超过设定值时代表沉淀池底部污泥比较多,可使吸泥机暂停行走,直到仪表数值低于设定值再继续行走,最大限度地把污泥较多的部分清理干净。同时也设置关闭此功能,以便于手动操作吸泥机。

# 3 水厂吸泥机自控系统具体优化设计

## 3.1 硬件选择

吸泥机选用施耐德 M340H 的 PLC 控制系统和系列模块,再发挥网络通信作用,将获取的各种数据传至监控软件。系统本地控制可以提供接触器、继电器等控制,留 PLC 控制接口。负责污泥状态信息采集的是模拟量模块,数据会在 PLC 系统中保留,便于上位机读取。具体需要的硬件设备及配件等信息见表 1。

表 1 吸泥机自控系统优化设计需采购配件及数量

| 配件名称      | 数量 | 单位 |
|-----------|----|----|
| 液位传感器     | 48 | 个  |
| 电动球阀      | 4  | 个  |
| 开关电源      | 4  | 个  |
| 中继继电器     | 8  | 个  |
| 修改程序      | 4  | 套  |
| 电缆线       | 30 | 米  |
| 模拟量 AI 模块 | 4  | 块  |
| 污泥浓度仪     | 4  | 台  |

## 3.2 系统软件

吸泥机自控系统基于施耐德 M340H 的 PLC 控制系统,完成真空阀、真空表、同步电机等各项数据信息采集,达到自动控制、处理故障等目标。使用的软件系统为 Unity Pro 系统,做到定时排泥、远程控制、一键停止与启动等。

在软件系统中不同的模块都能发挥重要作用,表现为:

1. 远程监控,可以让系统中受到控制的不同设备通过远程手动控制,便于根据各沉淀池的具体需求,合理调配各个吸泥机,也可实现手动排泥。

2. 一键启动与停止模块。在发现吸泥机产生故障后,可以采取强制操作。帮助吸泥机自动停止工作,并打破真空状态,避免浪费更多水资源。

3. 往返排泥。沉淀池中不同位置的淤泥沉积厚度各不相同,对于一些沉积较厚的地方,需要进行多次排泥,往返排泥模块就可发挥此作用。具体往返的次数与排泥花费的时间可由操作者根据淤泥厚度、水质等多种因素综合考量之后自行设定。

4. 返程排泥与否。吸泥机在沉淀池完成吸泥的整个过程需要花费较长时间,排泥周期普遍较长,导致沉淀池靠后被清理淤泥的地方存在更多淤泥<sup>[3]</sup>。设置返程排泥模式,是解决此问题的重要方式。另外,若吸泥机第一遍的淤泥清理效果不好,可以设置返程排泥,促进排泥整体效果增强。

PLC 自控系统的运作过程为:在开始、初始化之后,需处理接收的沉淀池淤泥处理信号,定位需清理的沉淀池位置,选择控制方式。正常情况下设置 PLC 自控系统,先返回起点,通过真空泵抽真空,形成真空后可将真空泵停止。进入往返排泥流程,该程序结束后,再开展全程排泥,完成后进入返程环节。根据是否需

要返程排泥,对真空阀进行控制。返程到达终点之后,可以打破真空状态,确保完全不存在真空情况。

PLC 自控系统在运作中还需要连接以太网,根据企业的具体情况设置通信协议,尽量选择更高的数据传输速率,提供多个网络通道,便于 PLC 收集与处理更多信号信息<sup>[4]</sup>。连接系统与网络后,便可在监控设备屏幕上实时显示 PLC 控制系统的设备状态、步骤等。优化设计后的 PLC 自控系统是在各个吸泥管道上增加电容式液位传感器,选择 PLC 控制传感器电源方式,增加水质仪表监控排水水质并控制设备行走,智能清除沉淀池底部污泥较多部分和增加信号线达到监控排泥管道是否堵塞并发出警报的目标。

### 3.3 系统调试与人员培训

吸泥机 PLC 自控系统优化升级后,需要针对系统的软件部分进行调试,选择更合适的开发工具与编程语言,保证软件系统可靠且稳定。在系统开发中,需要开展严格测试与验证,确保软件的各项功能都与设计目标、要求等相符合<sup>[5]</sup>。之后对自控系统开展整体调试,做到软件系统与硬件设施的匹配吻合;调试中可对各项参数进行逐步调整,让自控系统各项功能达到最佳;开展故障模拟测试,验证自控系统的故障诊断与报警功能是否正常。

吸泥机自控系统优化升级结束后,组织专门人员验收优化成果。具体开展验收时分别从自控系统的技术文档、性能指标、系统功能等多角度出发,全部都通过验证后,完成验收报告签订,再为后续测试使用提供支持。

系统优化升级后在操作方面产生了新需求,所以还需对系统相关的操作与维护人员开展专门培训。主要培训内容包含优化后系统的基本原理、操作流程、故障预警与处理等,让系统相关工作人员都可对系统优化后的操作与维护方法、要点等熟悉。全面了解后,再参与系统的实际操作和运维,为自控系统的整体稳定性与可靠性提升奠定基础<sup>[6]</sup>。

### 3.4 系统运行与维护

吸泥机自控系统在优化设计后,也需正常开展运行维护。首先,对系统的运行状态开展全程监测,对运行产生的各种数据进行定向收集,便于开展系统运行情况和基本性能的分析。还可根据监测获取的数据信息,及时发现并解决问题。然后,系统维护保养。可以根据自控系统优化升级后的新特点,制定新的系统维护计划<sup>[7]</sup>。明确维护系统的时间与方案,定期维护系统的软件与硬件设备,包括涵盖系统升级、检查与校准、清洁等。通过定期运行维护等,让吸泥机自

控系统始终处于较好的运行状态,促进系统使用寿命进一步延长。

## 4 水厂吸泥机自控系统优化设计后应用效果

张家港市第四水厂四号吸泥机已经进行了自控系统优化升级,主要取得了以下效果:

1. 升级排气阀之后,可以让吸泥机之前较长发生的排气阀泄漏问题得到彻底解决。

2. 将液位传感器安装在排泥管道之后,能对管道的淤泥堵塞情况展开全程监控。

3. 自控程序修改后,可在沉淀池进水端污泥积压最多的地方停留,提高污泥清理效率,降低吸泥机行走卡死情况发生率。

4. 根据排泥水箱中的污泥浓度仪可监控排水水质和控制吸泥机行走,可自动重点清除污泥较多的地方,提高了设备的智能化。

5. 当吸泥机优化后的自控系统在张家港市第四水厂的四个沉淀池中都推广应用后,每年可以节省约 5 万吨的水以及冲泥的其他花费。整体上实现了投资少、收益大的目标。

## 5 结束语

研究中以张家港市第四水厂为例,分析行走式虹吸式吸泥机在清理沉淀池淤泥中遇到的障碍发生率较多的问题,提出优化升级吸泥机自控系统方案。实际系统设计时,分别从硬件设备和系统软件出发,先在每个吸泥管道上安装电容式液位传感器和在排水处增加水质在线仪表,然后优化 PLC 自控系统。测试结果显示优化后的自控系统可全程监控管道淤泥情况,提高淤泥清理效率的同时,实现水资源节约与资金成本降低。

## 参考文献:

- [1] 韦志新,徐斌.降低水厂刮吸泥机故障率探讨[J].设备管理与维修,2022(19):56-59.
- [2] 盛大春,王洋,吴苏炜.净水厂平流式沉淀池桁架式吸泥机研究与改进[J].机电工程技术,2023,52(08):226-229.
- [3] 吕季轩.桁架式虹吸吸泥机走偏问题分析及解决措施[J].设备管理与维修,2022(01):20-21.
- [4] 王洪刚.沉淀—气浮—深度处理联用工艺排泥水处理系统设计[J].净水技术,2024,43(05):182-187.
- [5] 林靖伟.南方某水厂平流式沉淀池排泥系统改造[J].冶金丛刊,2022(05):168-170.
- [6] 邱博.桁架式吸泥机改造与应用[J].设备管理与维修,2022(21):71-72.
- [7] 李政磊,邱博.桁架式吸泥机改造[J].设备管理与维修,2022(21):71-72.