

# 市政污水处理离心机自控系统的研究与应用

严振华

(安德里茨(中国)有限公司, 广东 佛山 528000)

**摘要** 市政污水处理由多个过程组成, 污水浓缩和高效脱水是市政污水处理的重要过程, 离心机在这个过程中扮演着重要角色。本文介绍市政污水处理、处置中, 离心机的工作原理; 配套的先进自控系统组成、控制特点、效果因素; 影响市政离心机脱水效果的自控系统因素, 对有效提高市政污水脱水效率、节省污水处理运行成本、全面提高离心机在市政污水处理中的运行管理水平具有一定的参考意义。

**关键词** 市政污水 离心机 自控系统

**中图分类号:** TQ05

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2022)11-0112-03

随着我国国民经济的发展, 工业废水、生活污水的排放量日益增加, 为了保护生态环境, 保障人民的身体健康, 提高水环境质量, 污水必须经过净化处理达标后才能排放。在市政污水处理过程中, 污水浓缩和高效脱水是城市污水、水厂排泥水、工农业废水处理工程中的重要环节。经浓缩脱水后的污泥其体积大为缩小, 不但减轻了对环境的二次污染, 也为污泥资源的综合利用创造了极有利的条件。目前国际上已普遍使用全封闭连续运行的卧式螺旋卸料沉降离心机作为污泥脱水的主机, 它具有全封闭、不污染环境、连续运行、高速的优点; 但对配套的自控系统控制要求很高, 本文介绍市政污水处理、处置中, 离心机的工作原理, 以及配套的先进自控系统组成、控制特点、效果因素, 对有效提高市政污水脱水效率、节省污水处理运行成本、全面提高离心机在市政污水处理中运行管理水平具有一定的参考意义。

## 1 市政离心机的工作原理

市政污水处理离心机全称卧式螺旋沉降离心机, 简称市政离心机。它的设计和运行是基于沉降原理, 即比液体重的固体颗粒在一个预定的时间内沉淀出来。高速旋转产生的离心力使固体颗粒加速沉淀, 从而加快了污泥脱水分离过程。它主要由外壁转鼓和内腔带转轴的排料螺旋输送机组成, 两种通过差速器和皮带进行耦合。离心机正常运行后通过转鼓和排料螺旋的高速旋转, 使离心机内腔的污水固液混合物随之高速旋转, 并产生较大的离心力而形成液环, 在较大的离心力作用下, 加速固液混合物的沉降与分离。其中, 密度较大的固体颗粒沉降在液环层的外圈, 即沿转鼓

的内壁形成固体层。由于转鼓与排料螺旋旋转方向相同, 并通过不同的绝对速度形成一定的转速差, 排料螺旋的速度相对转鼓的速度快, 由此排料螺旋将分离出的干泥推出固体排出口, 澄清滤液则通过滤液口而排出机外, 连续不简单的进行固-液分离。

## 2 市政离心机自控系统的组成

市政污水处理离心机自控系统由变频调速驱动系统和 PLC 控制系统, 以及触摸屏监控操作系统三大部分组成。

### 2.1 变频调速驱动系统

变频调速驱动系统由整流电路、中间电路(滤波和缓冲)和逆变电路组成。它将工频(50Hz或60Hz)交流电源转换成频率可变的交流电源提供给电动机, 通过改变交流电源的频率来对电动机进行调速控制。

市政污水处理离心机具有运行速度快、转鼓惯量大、螺旋电动机超速的应用特点<sup>[1]</sup>。变频器具有以下特点:

1. 具备安全转矩中断功能, 符合 SIL3 安全等级标准, 能在紧急情况下能迅速封锁变频器的 IGBT 输出信号, 使离心机快速停止。
2. 变频器直流母线耐压高, 能吸收回馈螺旋电机在超速运行所产生的电能, 避免直流母线高报警。
3. 变频器具备现场总线接口, 能可靠地通过现场总线进行控制。
4. 变频器具备丰富的控制模式, 采用转速控制模式, 控制精度高。

针对离心机设备的安全使用和机器运行的特点, 变频调速驱动系统需要配置特殊电气安全保护回路, 有以下特殊要求:

1. 驱动系统的总供电供应转鼓变频器, 转鼓变频器前端配置快熔保护。

2. 转鼓变频器和螺旋变频器的直流母线端子 DC+, DC- 需要进行互连, 螺旋变频器通过转鼓变频器的直流母线进行供电, 用于生产过程中所产生的电能及时进行能量消耗或反馈电网。

3. 配置安全断开扭矩功能, 在故障连锁或紧急停车时能迅速触发安全断开扭矩功能, 从而变频器迅速封锁 IGBT 的输出, 促使转鼓和螺旋无条件停止。

离心机变频调速驱动系统电气原理图(罗克韦尔变频器), 共直流母线驱动和安全断开转矩的配置, 实现可靠控制和保护离心机变频驱动系统。

## 2.2 PLC 控制系统

在市政污水处理中, 由于随着季节的天气差异和城市污水的排量负荷等相关因素制约, 导致市政污水的浓度会发生变化。离心机作为市政污水处理的重要设备, 其自控系统不仅要高效率的控制离心机快速脱水出泥, 还需要适应污泥浓度的变化能进行相关工艺参数的自动调整。

自控系统不仅仅要实现前期阶段恒差速度控制, 还需要在稳定生产时随着离心机扭矩的变化来自动调节差速度<sup>[2]</sup>。在整个自控过程中对控制器的 PID 控制要求很高, 不仅要求 PID 控制需要快速响应, 同时也要求超调量小, 快速稳定, 精度误差小; 因此对 PLC 的要求很高, 具备高级过程控制功能。

本项目的 PLC 选用罗克韦尔 Rockwell (AB) 公司生产的 CompactLogix 5370。它带敷形涂覆, 内置能量存储, 无需使用锂电池, 附带高达 2GB 的 SD 卡, 可快速保存和恢复程序, 提供设备级环网 (DLR) 网络拓扑结构支持, 帮助提高网络弹性, 可实现最大可扩展性, 是经济实惠的可扩展控制解决方案, 非常适合小型单机设备到高性能设备等应用。

为了保证网络通讯的可靠性, PLC 和变频器全部都升级到 V28 版本。

PLC 和转鼓变频器、螺旋变频器采用 EtherNet/IP 网络连接形成设备层环网, 采用总线通讯的方式来控制变频驱动系统。

由于本项目的变频器和 PLC 都是选用罗克韦尔 Rockwell (AB) 公司<sup>[3]</sup>, 都兼容 EtherNet/IP 通讯协议。EtherNet/IP 通讯的组态和配置都将在 Studio5000 软件平台上完成。EtherNet/IP 网络的集成驱动控制可使用以下步骤进行配置:

1. 硬件上安装 PLC 模块和变频器驱动器, 并通过网线连接, 并要求 PLC 和变频器都需要在 V21 版本平台及其以上。

2. 在 Studio5000 平台上配置 PLC 控制器和 IO 模块、通讯模块、并配置 CIP 同步, 启用时间同步, 实现时间同步和运动控制。

3. 在 Studio5000 平台上添加同变频器相同软件版本的硬件 PowerFlex 753, 选择功率单元并分配设备之后, 创建运动组和添加关联轴。在 Studio5000 软件中将自动映射了 PowerFlex 753 通讯地址。

4. 使用 DriveTools 软件工具配置 PowerFlex 753 变频器, 并设置变频器的基本的电机铭牌参数和 EtherNet/IP 通讯参数。

5. 装载配置文件到 PLC, 将网线连接好变频器, 通讯配置成功, 根据映射的通讯地址即可实现变频器的控制。

## 2.3 触摸屏监控系统

在市政污水处理离心机自控系统中, 不可或缺的设备之一是触摸屏监控系统, 它用于操作员对控制系统的监视和控制。项目触摸屏采用罗克韦尔 Rockwell (AB) 公司生产的 PanelViewPlus6 触摸屏 2711P-T10C4D8, 10.4 寸真彩触摸屏, IP66 防护等级, 连接在 EtherNet/IP 网络上的触摸屏设备, 共同使用网络的资源。

市政污水脱水处理中工艺配置由离心机器部分、进料管线、加药稀释管线、冲洗管线组成。离心机自控系统不仅仅要控制离心机转鼓电机和螺旋电机, 以及排泥装置, 也要对进料管线、加药稀释管线、冲洗管线上的相关电机和阀门进行控制。

软件上不仅仅要求能实时监控离心机设备的温度、振动、转矩、电机速度、转鼓速度、差速度参数, 还能实时操作设备启停、故障确认和复位; 对进料管线的污泥流量, 加药稀释管线的加药流量能进行实时的监控、操作和设置。

监控画面中能显示监控实时和历史趋势曲线、数据报表功能, 这对设备的运行状况和提高污泥的处理效率有很好的分析效果。

## 3 影响市政离心机脱水效果的自控系统因素

市政离心机是利用两不互溶介质间的密度差、在高速旋转的离心力作用下, 加快固相颗粒的沉降速度, 通过污泥和絮凝剂作用形成絮凝体来实现固液分离的。在市政污水处理项目中如离心机型号确定的情况下, 若要充分发挥离心机的脱水效果, 可以通过对一些自

控系统的可调设备参数及工艺因素等进行调整来实现。

影响市政离心机脱水效果的自控系统因素主要有:转鼓转速、相对速度(差速度)、离心机扭矩、污泥和絮凝剂进料量等。

### 3.1 转鼓转速

市政离心机的转鼓转速的调节通过变频器来调节转鼓电机的转速来实现。在离心机允许的最大转鼓转速范围内,转鼓速度越大,离心力越大,能有效提高泥团的含固率。转鼓转速过大也容易破坏污泥和絮凝剂形成的絮凝体,反而降低脱水效果,造成离心机出现排污水不排泥的状态。同时转鼓转速太高会加速对机器零件的磨损,动力能耗、振动、温度及噪声水平也会相应增加,对机器长期使用不利。

### 3.2 相对速度

相对速度(差速度)是螺旋排料电机相对转鼓的速度。相对速度直接影响污泥的输送能力、污泥干度和滤液澄清度,它是离心机运行中重要的调节参数之一。应根据物料浓度、絮凝剂浓度、处理量大小、处理要求及离心机结构参数来确定相对速度大小。在实际应用中需要根据现场工况寻找到最佳的处理量、处理效果需求的相对速度值范围,以实现满足污泥干度的情况下尽可能高的排泥处理能力。同时,应具备相对速度自动调节功能,能根据离心机系统的扰动进行自动修正。

### 3.3 离心机扭矩

离心机扭矩是通过螺旋电机传动的方式反映离心机内腔的物料负载和机械传动状态。离心机扭矩大小决定了离心机的处理能力和污泥干度。离心机扭矩高,污泥含水率低,污泥干度好;反之离心机扭矩低,污泥含水率高,污泥干度差。在实际生产中既要求处理的污泥干度高,也要求污泥处理量大的指标;这样就要求自控系统在稳定控制离心机扭矩,保持良好干度的同时,动态控制相对速度以实现控制污泥处理量。原则上要以污泥处理量结合污泥干度来确定离心机扭矩和相对速度参数,根据实际情况进行上下调整,结合污泥流量和絮凝剂流量计,污泥干度、滤液状况来确定,找到最佳离心机扭矩和相对速度数值。

### 3.4 污泥和絮凝剂进料量

市政污水是生产、生活中所排放的污水,污水水质成分有较大的差异,如采用不同处理工艺得到的污泥会有较大的差异<sup>[4]</sup>。为了改善污泥脱水性能和处理效果,离心机脱水前的污水需要按照工艺比例加入絮凝

剂,即聚丙烯酰胺,用来降低污水中污泥的比阻,结合比重大的污泥颗粒形成絮凝团,加速了污泥的固相和液相分离后便于脱水。实际应用中絮凝剂的种类很多,絮凝剂的选择必须要和污泥性质、离心机类型和设备运行工况相适应。在离心机正常运行,污泥浓度稳定的情况下,絮凝剂的用量和处理的污水的固体含量成正比例关系,在一定污泥进料量的情况下,絮凝剂的用量要根据污泥的浓度进行调整。

实际上受季节的天气差异、城市污水的排量负荷、水质的变化、待处理污水存放时间等相关因素制约,市政污水的浓度会经常发生变化。这种污泥浓度的变化对市政离心机脱水机和絮凝剂进料量的会产生较大波动。污泥浓度发生变化,离心机自控系统要及时调整絮凝剂进料量和相对速度,既要保证处理效果又要避免絮凝剂的浪费;污泥进料量增大或污泥浓度增加时,自控系统自动跟踪絮凝剂进料量增加,相对速度速度相应加大;污泥进料量下降或污泥浓度降低时,自控系统自动跟踪絮凝剂进料量降低,相对速度相应减少,从而实现自控系统自动动态调节,保持整个污水、絮凝剂、离心机三者关系的平衡。

高性能的要求对离心机自控系统来说,需要配置高性能的控制器,配置高级PID自动控制和模糊控制功能,实现污泥脱水机的处理量和污泥干度控制。

## 4 结语

市政污水离心机在市政污水处理中扮演着重要角色。先进和稳定的离心机自控系统是使用离心机高效脱水的基础,本文从离心机自控系统角度出发,阐述了自控系统的特点以及效果因素,对全面提高离心机在市政污水处理中的运行管理水平具有一定的参考意义。

## 参考文献:

- [1] 郭宏斌.基于PLC卧式螺旋离心机变频调速控制系统的研究[J].黑龙江科技信息,2014(24):144.
- [2] 陈远龙,张凤霞,丁苏赤,等.基于PLC的卧式螺旋离心机控制系统[J].机电工程,2007(06):50-51.
- [3] 汤颖.AB变频器、PLC及上位机的以太网通讯[J].科技信息,2014(07):64.
- [4] 张赛涛.污水处理厂卧螺离心机运行技术研究[J].给水排水,2013,49(S1):492-496.