

# 污泥脱水、干化、焚烧一体化控制系统

张明锐<sup>1</sup>, 林显琦<sup>1</sup>, 王少波<sup>2</sup>

(1. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804; 2. 上海环保工程成套有限公司, 上海 200070)

**摘要:** 根据污泥脱水、干化、焚烧一体化技术, 分析系统的构成, 设计自动控制系统。采用 PROFIBUS-DP 网络实现上位机与 PLC 之间的连接。根据工艺流程制定系统运行策略, 融入智能算法, 提高污泥处理的可靠性和效率。应用 InTouch 10.1 组态软件开发上位机软件, 绘制组态画面, 实时监控整个系统的运行。针对薄弱环节增加报警参量, 设置自动、手动两种运行模式, 实现正常情况下工艺流程的自动化和故障检修时人工的灵活操作, 提高了控制系统的智能度。

**关键词:** 污泥脱水、干化、焚烧一体化技术; InTouch 10.1; 工艺自动化; 控制系统; 智能监测

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3886.2014.06.032

[中图分类号] TP273 [文献标志码] A [文章编号] 1000-3886(2014)06-0093-04

## An Integrated Control System for Sludge Dewatering, Drying and Incineration

ZHANG Ming-rui<sup>1</sup>, LIN Xian-qi<sup>1</sup>, WANG Shao-bo<sup>2</sup>

(1. College of Electronic and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;

2. Shanghai Environment Protection Complete Engineering Co., Ltd., Shanghai 200070, China)

**Abstract:** Based on the technology integrating sludge dewatering, drying and incineration, this paper analyzes the system composition and designs an automatic control system. The upper computer and PLC is connected via PROFIBUS-DP network. Based on the technological process, the system operation strategy with intelligent algorithm is drawn up to improve the reliability and efficiency of sludge treatment. Configuration software InTouch 10.1 is used to develop upper computer software and draw configuration screens to monitor the operation of entire system on a real-time basis. Through increase of alarm parameters for weak links and setup of automatic and manual operational modes, we can realize automation under normal technological process as well as flexible operation during fault correction, thus raising the intelligence of the control system.

**Keywords:** sludge dewatering; drying; incineration integrated technology; InTouch 10.1; process automation; control system; intelligent monitoring

### 0 引言

根据环境保护部环境公告显示, 截止 2012 年底, 全国投运的污水处理设施已增加至 3 184 座, 日总设计处理能力 1.36 亿 m<sup>3</sup>, 平均日处理水量 1.06 亿 m<sup>3</sup>。随着我国污水处理行业的发展和城镇污水处理率的不断提高, 污水处理后的副产物污泥产量也急剧增加。按产泥率 1 万 m<sup>3</sup> 污水产 7 t 污泥计算, 全国污泥产量 (80% 含水率) 预计已突破 74 200 t/d, 干污泥量达 14 840 t/d, 污泥产量较五年前几乎翻倍, 至“十二五”末, 随着污水处理率的进一步提高, 污泥总产量还将持续上升。如何有效地处理和处置污泥, 是一个亟待解决的问题。

污泥脱水、干化、焚烧一体化技术可实现污泥的有效处理和良好处置, 其目标是将污水厂产生的污泥进行调理压榨深度脱水, 脱水后的泥饼含水率达到 55% 以下, 继而将污泥送入循环流化床进行焚烧处置。产生的高温烟气, 经旋风分离器分离下来的循环灰通过气动分配器, 大部分返回焚烧炉继续燃烧循环, 其余经空气预热器后通过净化塔和布袋除尘装置, 进行酸性气体的脱除和颗粒物捕集, 达标后的气体通过吸风机的作用由烟囱排入大气; 产生的灰渣作为污泥调理剂循环利用。

为实现污泥脱水、干化、焚烧一体化工艺的自动化, 研究并设

计技术先进、安全可靠的控制系统。根据污泥脱水、干化、焚烧一体化处理工艺, 分析自控系统的构成, 设计自控系统的硬件构成; 采用 InTouch 10.1 组态软件开发上位机软件, 监控整个系统的运行。

### 1 软硬件配置

#### 1.1 系统网络配置

污泥脱水、干化、焚烧一体化控制系统采用上位机加 PLC 控制方法, 通过上位机可以实现对系统所有信息的监视和设备的远程控制<sup>[1]</sup>。上位机与 PLC 之间的连接采用 PROFIBUS-DP 网络, 从而保证数据传输的快速性、组网的方便性以及网络的可扩展性, 其网络配置如图 1 所示。

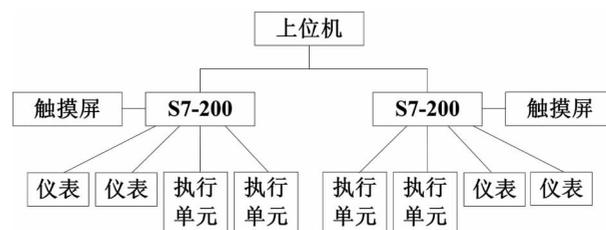


图 1 网络配置

PLC 选用西门子的 S7 系列产品, 属于模块化中小型 PLC 系统, 它能满足中等性能要求的应用。模块化、无风扇结构

定稿日期: 2014-04-17

使系统构成灵活,易于实现分布,易于用户掌握,这一突出特点使该系列产品成为各种从小规模到中等性能要求控制任务的方便又经济的解决方案,并且确保了系统的高可靠性、高稳定性、快速性。

上位机选用研祥公司的工控机,操作系统选用美国 Microsoft 公司的 Windows 7,并以美国 Wonderware 公司的 InTouch 10.1 作为整个系统的开发平台;从而使整个系统组态、维护方便,数据实时性强,系统易于将来的扩展。

### 1.2 组态画面设计

首先根据图纸,在 InTouch 标记名字典内对所有数据点进行详细定义。InTouch 中的数据主要分为两类:内存型和 I/O 型。其中,内存型数据为程序内部定义的变量(如年、月、日),而 I/O 型数据的来源一般为其它计算机节点或本机运行的其它程序(如 I/O Server),如生产现场的所有模拟量、开关量数据,只有事先在标记名字典中对数据点进行定义,且与控制单元的内部地址一一对应,才能将数据在操作员工作站的动态画面上显示<sup>[2-3]</sup>。

根据设计要求,画面主要包括四大部分:监控面板、工艺流程、设计图纸、通讯网络。监控面板可以实现工作人员对系统的远程监视和控制,画面直观,操作简便;工艺流程部分主要对污泥处理各个环节所采用的技术及技术规范等的说明,为工作人员操控提供参考;设计图纸描述了整个系统的设计全景;通讯网络对数据进行实时采集和传输,并且对各环节的通讯状态进行监测<sup>[4-5]</sup>。

## 2 控制系统设计

污泥脱水、干化、焚烧一体化技术采用调理剂 + 弹性板框压滤作为深度脱水工艺,将污泥由 80% 含水率降低至 55% 以下,减少污泥焚烧处置成本;焚烧系统采用热载体循环流化床焚烧炉,床体温度保持在 850℃ ~ 900℃ 进行干污泥焚烧。污泥处置主要由污泥调理系统、污泥深度脱水系统、干污泥焚烧系统、烟气净化装置、公用设备等相关部分组成,处理工艺采用神经网络算法优化,在工艺学习培训的基础上,可具备控制参数自适应调节能力,该技术工艺流程如图 2。

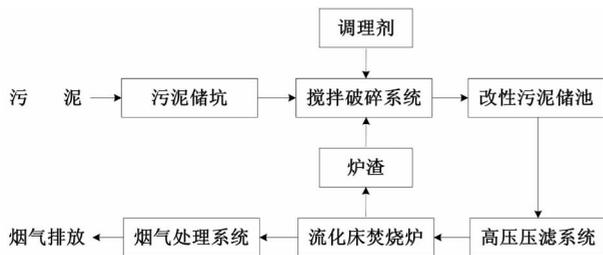


图 2 污泥脱水、干化、焚烧一体化技术工艺流程

### 2.1 污泥调理 - 深度脱水系统

污泥调理 - 深度脱水系统选用 1 套 7 m<sup>3</sup> 双轴搅拌破碎机、3 套(压滤面积 200 m<sup>2</sup>) 弹性板框压滤机;压滤机单台处理能力为 80 t/d 污泥(16 h 运行),可实现污泥量 200 t/d(80% 含水率)、干污泥量 40 t/d 的处理规模,并预留发展余量。污泥处理量增加可增加一班处理时间,处理量可达 300 t/d。

污泥调理压滤的工艺流程如图 2 所示,处理的核心是通过工

程设施和手段,将污泥和调理剂快速有效地混合均匀,混合物泵入弹性板框压滤机,经压滤深度脱水,使出料污泥达到改性要求,便于最终处置或后续资源化利用。包括污泥进料系统、污泥搅拌系统和高压压滤系统。

#### (1) 污泥进料系统

污泥进料系统包括污泥储池、上料行车(带抓斗,抓量 2 t,行车 4 t, N = 11 kW),污泥由行车抓斗送入搅拌系统。

#### (2) 污泥搅拌系统

污泥搅拌系统包括:1 台双轴卧式搅拌机(容积 7 m<sup>3</sup>, N = 75 kW,带破碎机),改性污泥储池(60 m<sup>3</sup>),调理剂料仓 1 套(容积 25 m<sup>3</sup>),螺旋输送机 2 套(N = 8 kW),药剂罐 1 套(容积 15 m<sup>3</sup>),计量泵 2 套(1 000 L/h, N = 2.2 kW)。这些设施可稳定高效地将车间内存储的调理剂输送到污泥搅拌设备中去。污泥和调理剂按设计配比进入搅拌机,经搅拌混合均匀后出料至改性污泥储池。

#### (3) 高压压榨系统

高压压榨系统包括弹性板框压滤机、污泥输送气动隔膜泵、皮带输送机。改性污泥由污泥气动隔膜泵送入高压压榨机中,经加压脱水后,干化污泥落至皮带输送机上送出。压滤出来的污水经管道收集后部分回流,其余排入污水管网。弹性压板工作原理如图 3。

智能控制系统:控制系统分为自动运行和手动控制,程序流程如图 4,采用模糊逻辑控制自动调节污泥挤压应力和时间,保证含水符合焚烧要求。污泥调理 - 深度脱水智

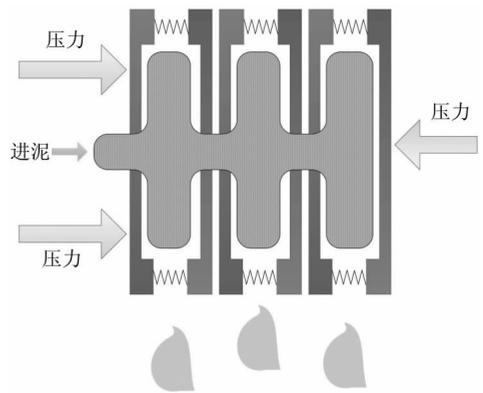
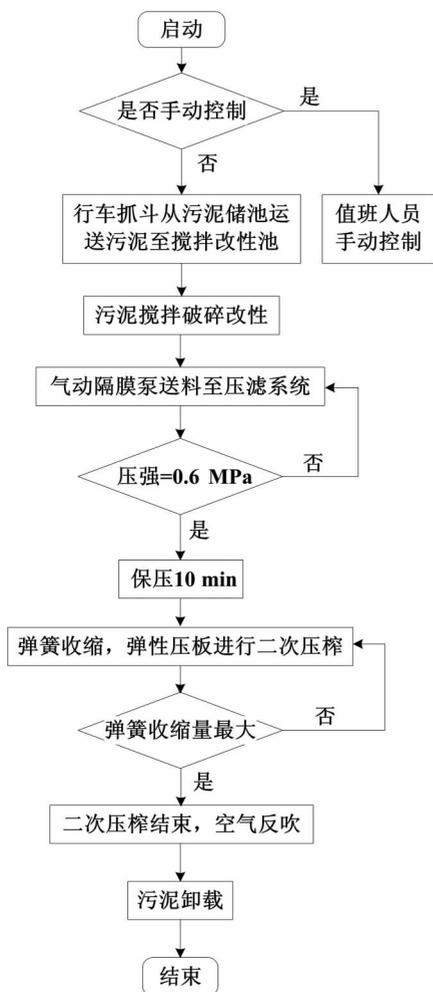


图 3 弹性压板工作原理示意图

能控制系统的主要监测和控制量如表 1。

正常情况下,系统采用自动模式,按照设定的程序运行:上料行车从污泥储池装载污泥(含水量 80%),运送至污泥搅拌机中卸载污泥;经搅拌破碎后,加入调理剂,进行改性处理;调理好的污泥通过气动隔膜泵及附属链接管路输送至压滤机进行过滤,进料过程全程通过变频控制,随着进料压力的增大,进料量越来越少,当压力达到 0.6 MPa 时,保压 10 min 后,停泵,进料结束;进料结束后再通过油缸推进,进一步压缩板框滤室进行二次压榨,二次压榨在行程到达限位时(弹簧压缩量最大),二次压榨基本完成,停止压榨;二次压榨结束后,利用压滤机配套空压系统(本工程采用螺杆式空压机)进行反吹,将滤板、进料通道及中心柱的湿污泥去除;反吹结束后通过自动拉板系统完成滤板的卸泥。

当运行过程中某一环节出现异常,系统将自动报警,由值班人员转为手动控制进行操作及检修。



污泥调理、深度脱水系统自动控制程序流程图

表1 污泥调理、深度脱水系统监测量和控制量

装置	监测量	控制量
污泥储池	液位含水量	无
行车抓斗	抓斗位置坐标 行车次数 行车速度 装载量	行车速度 行车方向
破碎搅拌改性池	液位 含水量 污泥性质参数	搅拌机开关控制
调理剂	液位 添加量	调理剂开关控制
气动隔膜泵	流量	泵开关控制
弹簧压滤系统	污泥液位 含水量 机内压强 弹性压板位置 弹簧压缩量	压板开关控制 压板行动控制

## 2.2 干污泥焚烧系统

干污泥焚烧系统主要包括: a、污泥焚烧炉和二次燃烧调温室

1套:采用最先进的“浅床式流化床技术”(SFBC); b、辅助煤上料系统 1套:主要用于系统启动初期和底料循环补充,由垂直式提升装置、料斗、螺旋给料机等组成; c、平衡通风系统 1套:由焚烧炉鼓风机、一二次供风系统、引风机、烟囱等组成; d、电气仪表系统 1套:污泥料槽上方设有电视监视器,运行人员可以根据料槽内污泥料位高低启动输送机; e、烟气净化洗涤系统 1套。干污泥焚烧系统主要由焚烧系统、烟气净化装置、公用设备等相关部分组成。

### (1) 焚烧系统

深度脱水后的污泥采用皮带输送机送入焚烧炉。焚烧系统采用热载体循环流化床焚烧炉,焚烧炉床体温度保持在 850℃~900℃进行干污泥焚烧。燃烧干化污泥所产生的高温烟气,经旋风分离器分离下来的循环灰通过气动分配器,大部分返回焚烧炉继续燃烧循环,另一部分经空气预热器后通过净化塔和布袋除尘装置,进行酸性气体的脱除和颗粒物捕集,达标后的气体通过吸风机的作用由烟囱排入大气。

### (2) 烟气净化系统

在焚烧炉运行时通过输送装置不间断向炉内送入石灰粉与焚烧所产生的烟气充分接触,脱除酸性气体,降低烟气中的酸性气体浓度,达标排放( $SO_2 \leq 502 \text{ mg/m}^3$ ,  $NO_x \leq 337 \text{ mg/m}^3$ )。布袋除尘装置对尾气排放前进行除尘处理,捕集颗粒物,降低烟气中的烟尘浓度,达标排放( $\leq 120 \text{ mg/m}^3$ )。

### 智能控制系统:

控制系统分为自动运行和手动控制,程序流程如图5。干污泥焚烧智能控制系统的主要监测量和控制量如表2。正常情况下,皮带输送机以一定速度运行,将高压压榨系统得到的干污泥送入热载体循环流化床焚烧炉,与底料混合沸腾形成自持稳定燃烧;电气仪表系统对焚烧炉内污泥料位、温度、压强等进行实时监控,供值班人员参考,远程操控辅助没上料系统;高温烟气通过净化系统,由气动分配器决定是否进行循环燃烧。

当运行过程中某一环节出现异常,系统将自动报警,由值班人员转为手动控制进行操作及检修。

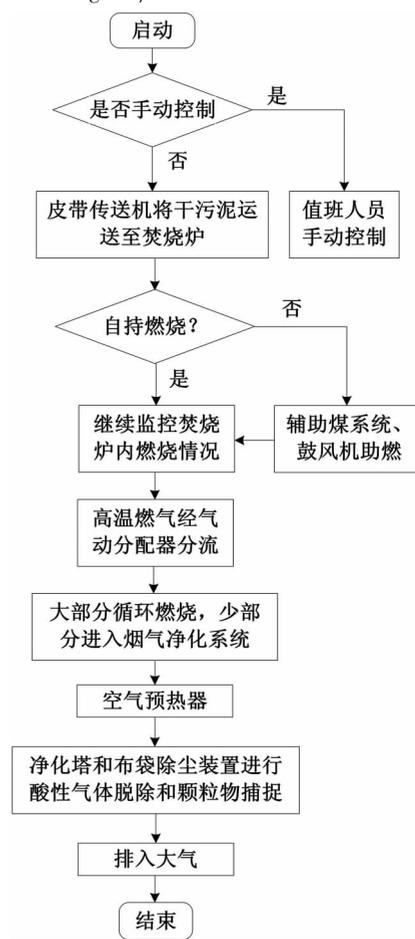


图5 干污泥焚烧系统自动控制程序流程图

表 2 干污泥焚烧系统监测量和控制量

装置	监测量	控制量
皮带输送机	运行速度	输送机开关控制
	装载量	输送机速度控制
辅助煤系统	储量	辅助煤开关控制
	添加量	
焚烧炉	炉温	送风机开关控制
	炉压	炉渣卸载开关
	燃烧物液位	石灰粉添加开关
	送风机状态	
旋风分离机	炉渣含量	分离机开关控制
	烟气浓度	
	烟气温度	
烟气净化系统	流量 烟气有害物质含量	无

3 结束语

污泥脱水、干化、焚烧一体化控制系统,可以同时污泥处理各个环节中机器和污泥的状态进行实时采集和传输,以保证系统

运行的可靠监控。控制方式多样,为污泥处理厂的建设提供了设计思路,智能控制的投入,清晰、友好的人机界面,可大大提高工作效率,具有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 李坤峰,张明锐,王为,等. 水厂加压泵站自动化系统[J]. 自动化技术与应用 2004 23(2):76-79.

[2] 张志全,臧立强. Intouch 工控组态软件及其在城市污水处理厂的应用[J]. 微机计算机信息 2004 20(1):10-11.

[3] 高素萍,尹丽娟,徐勤. Intouch 组态软件在计算机监控系统中的应用[J]. 计算机工程与设计 2007 28(13):3273-3276.

[4] 陈炜,杨秀萍,刘军,等. 基于 PLC 和 Intouch 模块化过程控制系统的设计与实现[J]. 仪表技术与传感器 2013 50(8):57-59.

[5] 张明锐. 大型变电站计算机监控系统的开发与应用[J]. 电力系统及其自动化学报 2003 15(6):91-93.

【作者简介】张明锐(1971-)男,甘肃人,副教授,硕士生导师,研究方向为分布式发电与微网、轨道交通牵引供电技术。林显琦(1990-)男,山东人,硕士研究生,研究方向为分布式电源并网。王少波(1976-)男,河南人,博士,高级工程师,环保工程集成应用、企业信息化。

(上接第 29 页)

Zachary 网络是检测社团发现算法的基准网络之一<sup>[14]</sup>,它反映了美国一所大学中空手道俱乐部 34 名成员之间的相互社会关系。该俱乐部在被研究期间,由于内部争执而分裂成了大小分别为 16 和 18 的小俱乐部。用基于局部相似性的算法对该网络进行社团划分,图 3 为不同社团个数所对应的模块度曲线图。

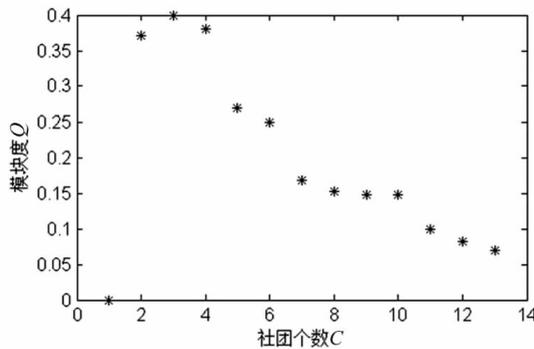


图 3 模块度分布

从图 3 可知,当社团个数  $c=3$  时,模块度最大为 0.3991,而当社团个数为 2 时,模块度和最大值相差不大,为 0.3715,且社团划分准确率为 100%。

美国大学足球联盟网络是根据 2000 年秋季常规赛季的比赛计划构建的,网络中的节点代表球队,边代表两个球队之间常规赛季的比赛,它共包含 115 个节点和 616 条边。该网络中通常由 8~12 个球队组成一个联盟(Conference),同一个联盟的球队之间的比赛次数要多于不同联盟的球队间的比赛次数,每个联盟代表了一个真实社团。采用 LP 社团发现算法划分准确率达 0.9269。

3 结束语

本文提出一种新的网络节点相似性度量方法,该方法在检测网络社团方面比传统局部相似性指数更为准确,且计算复杂度不

大,论文将 LP 相似性和层次聚类方法相结合,可以较为准确,有效地检测实际网络社团结构。文中定义的 LP 相似性指数也可以和任何基于相似性的社团发现相结合,来检测社团结构。

参考文献:

[1] Strogatz S H. Exploring complex networks [J]. Nature, 2001, 410 (6825): 268-276.

[2] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno. Complex networks: Structure and Dynamics [J]. Physics Reports 2006 424(4): 175-308.

[3] Santo Fortunato. Community detection in graphs [J]. Physics Reports, 2010 486(3): 75-174.

[4] L. Katz, A new status index derived from sociometric analysis [J]. Psychometrika, 1953, 18(1): 39-43.

[5] Ying Pan, De Hua Li, JianGuo Liu. Detecting community structure in complex networks via node similarity [J]. Physical A: Statistical Mechanics and its Applications 2010 389(14): 2849-2857.

[6] M. E. J. Newman, Clustering and preferential attachment in growing networks [J]. Physical Review 2001 64(2): 025102(1-4).

[7] G. Salton, M. J. McGill, Introduction to Modern Information Retrieval [M]. London: Facet publishing, 1983.

[8] L. A. Adamic, E. Adar, Friends and neighbors on the Web [J]. Social Networks 2003 25(3): 211-230.

[9] Danon L, Diaz Guilera A, Duch J, Arenas A. Comparing community structure identification [J]. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 2005 2005(9): 09008(1-5).

[10] Newman M E J, Girvan M. Finding and evaluating community structure in networks [J]. Physical Review E 2004 69(2): 026113(1-12).

[11] Newman M E J. Fast algorithm for detecting community structure in networks [J]. Physical Review. E 2004 69(6): 066133(1-6).

[12] Newman M E J. Finding community structure using the eigenvectors of matrices [J]. Physical Review E, 2006 74(3): 036104(1-8).

[13] 刘旭, 易东云. 基于局部相似性的复杂网络社区发现方法 [J]. 自动化学报 2011 37(12): 1520-1529.

[14] Zachary W W. An information flow model for conflict and fission in small groups [J]. Journal of Anthropological Research, 1977, 33(4): 452-473.

【作者简介】高红艳(1981-)女,陕西榆林人,硕士,讲师,主要研究方向为复杂网络和生物信息学。