

基于单神经元的啤酒灌装液位自适应控制算法

陈长生

(河南经贸职业学院, 郑州 450053)

摘要: **目的** 为了提高啤酒灌装生产线的生产效率, 提升制酒企业的自动化程度, 降低工人的劳动强度。**方法** 根据啤酒灌装流程以及自动灌装生产线结构, 提出一种基于 PLC 和触摸屏的啤酒自动灌装生产线控制系统, 控制系统以松下 FP-XHC60R PLC 为控制器核心, 以威纶维纶 MT6070I 触摸屏为人机操作界面, 通过 PLC 实现执行机构的自动控制和反馈控制, 由 HMI 人机触摸屏实现生产线运行的参数设置, 并监控生产线的运行状态。在此硬件结构基础上完成控制系统软件设计, 并根据单神经元控制理论, 提出一种啤酒灌装液位自适应控制算法, 以提高灌装液位控制精度。**结果** 该控制系统结构简单, 便于操作人员对设备进行人性化管理。**结论** 所设计的啤酒灌装生产线控制系统具有生产效率高、高度自动化、运行稳定等优点。

关键词: 啤酒灌装; PLC; 触摸屏; 软件设计

中图分类号: TB486; TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)11-0209-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.11.037

Adaptive Control Algorithm of Beer Filling Level Based on Single Neuron

CHEN Chang-sheng

(Henan Institute of Economics and Trade, Zhengzhou 450053, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the production efficiency of beer filling production line, elevate the automation degree of liquor making enterprises and reduce the labor intensity of workers. According to the beer filling process and the structure of automatic filling production line, a control system of automatic beer filling production line based on PLC and touch screen was proposed. The control system took the Panasonic FP-XHC60R PLC as the controller core and the MT6070I touch screen as the human machine operation interface to realize the automatic control and the feedback control of the actuator through the PLC. The production line operation parameters were set up and the production line operation condition was monitored by the HMI human machine touch screen. Based on this hardware structure, the software design of the control system was completed; and according to the single neuron control theory, a kind of beer filling level adaptive control algorithm was proposed to improve the control precision of the filling level. The control system has a simple structure convenient for operators to carry out humanized management of the equipment. The control system of beer filling production line designed has the advantages of high production efficiency, high automation and stable operation.

KEY WORDS: beer filling; PLC; touch screen; software design

随着我国经济快速发展和人民生活水平的逐步提高, 啤酒消耗量在逐日增加, 啤酒自动灌装机械行业迎来巨大的发展机遇^[1]。随着企业自动化进程的不断加快, 各大啤酒生产企业为了保持和扩大生产效益, 抢占巨大市场份额, 均在不断提升其灌装生产线智能化以及生产自动化, 以此来进一步提高企业生产

效率^[2]。

啤酒灌装是啤酒生产过程中的最后一道工序, 其灌装系统直接影响着啤酒成品质量、成本以及企业的生产效益, 因此啤酒灌装生产线的稳定性以及自动化程度对于啤酒生产企业至关重要^[3-4]。目前我国大部分啤酒生产企业仍旧采用传统的生产工

收稿日期: 2017-08-30

作者简介: 陈长生 (1984—), 男, 硕士, 河南经贸职业学院讲师, 主要研究方向为自动控制技术。

艺,在洗瓶、灌装、旋盖贴标、装箱等环节中均有工作人员参与,这种生产方式不仅生产效率低下,而且卫生和安全很难得到保证,从而大大降低了灌装质量和灌装效率^[5]。为了提升啤酒灌装效率和灌装质量,自动灌装机得到了飞速发展,在灌装过程中需要保证灌装机高精度控制和更快的响应速度。目前国内自动灌装机主要存在以下问题:灌装速度慢,灌装精度低,存在灌装和不满瓶等现象,因此研制一款高自动化、智能化的灌装机对于提升企业生产效率至关重要。

为了提高啤酒灌装质量提升灌装效率,文中结合啤酒灌装机工作过程提出一种结构简单易编程的 PLC 自动化啤酒灌装生产线控制系统。通过 PLC 和触摸屏实现灌装过程的智能化控制,在此硬件结构基础上完成控制系统软件设计,并根据单神经元控制理论,提出一种啤酒灌装液位自适应控制算法。

1 啤酒自动灌装机概述

1.1 工作原理

啤酒灌装机生产线结构见图 1,整个自动灌装生

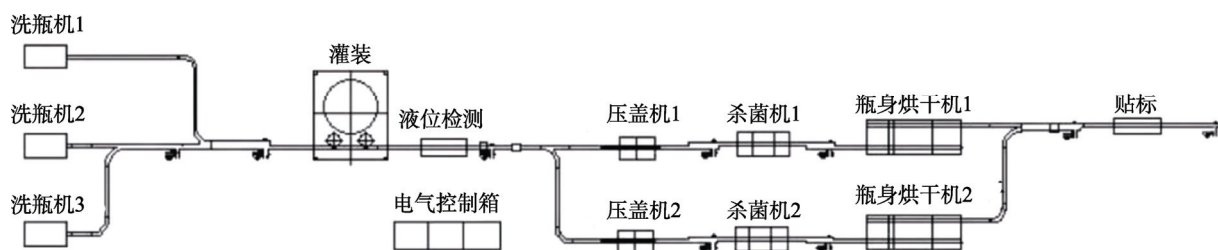


图 1 啤酒灌装生产线结构

Fig.1 The structure of beer filling production line

1.2 啤酒自动灌装机控制要求

啤酒自动灌装机生产线需要具备手动控制和自动控制等 2 种控制模式。手动模式主要用于设备的初期运行调试以及后期故障处理,自动模式主要用于灌装机流水线正常运转生产。生产线智能控制需要具备以下几点功能。

1) 紧急停止功能。当设备发生 ER 故障时,说明整个生产线出现较为严重故障,例如电机过载、卡机以及发生人员伤亡等故障,生产线能够自动停机,其通过按下外部急停按钮机组也会紧急停止,因此在每一个生产环节中,硬件和软件中均需要设计紧急停机功能。

2) 手动模式。手动模式下,可以单独运转生产线的每一个工位,例如传送带手动运转,灌装工位单独运转,液位手动检测,压盖机手动运行等,该功能主要用于各个环节的启动调试等工作。

产线依次完成空瓶运送→空瓶自动清洗→自动灌装→压盖→瓶体杀菌→瓶身烘干→贴标→喷墨打印→贴标→装箱→标码等一系列工作,而人工只需要完成装箱、封箱以及标码等工作。

为了提高啤酒灌装效率,采用 3 条洗瓶流水线,首先将瓶子进行翻转使瓶口朝下,利用空压机产生的高压气体对瓶子外壁进行吹扫,将瓶子外部灰尘进行处理,气扫相比于传统的水洗,避免了对瓶子的二次污染,同时可以降低烘干成本。在洗瓶机后端安装有挤瓶检测装置,避免 3 条洗瓶机传送过来的瓶体出现挤瓶卡瓶现象。

冲洗完啤酒瓶体经过传送带到达灌装机,啤酒灌装机采用等压灌装方式,等压灌装方式较为适用于含有泡沫的啤酒灌装。通过 PLC 控制电磁阀完成啤酒灌装,灌装完成后将瓶子传送到下一步液位检查工序,液位未达标则进行剔除,液位正常则分批进入压盖机 1 和压盖机 2 中,经过压盖后的啤酒瓶传送带杀菌机中进行进一步杀菌,杀菌完成后传送到烘干机中,对瓶子进行烘干处理,烘干完成后被传送到贴标处,进行贴标打印,从而完成整个灌装。

3) 自动模式。当按下机测自动启动按钮后,整个生产线按照软件程序进行运转,根据各个传感器反馈信号协调生产线高速自动运行。在自动模式下,当按下停止按钮后,生产线进行减速停止运行。

4) 啤酒产品计数统计。控制系统能够实现啤酒产品的生产数量统计,统计包括合格产品数 and 不合格产品数。合格产品数以及不合格产品数能够在人机触摸屏上进行显示,当不合格产品数连续超过 5 瓶时,整个生产线便会自动停机,需要进行分析不合格原因进行问题处理。

5) 模拟量采集。灌装工位中需要采集灌装瓶内的模拟量液位传感器,通过模拟液位传感器采集数据实现液位的闭环控制。

2 控制系统硬件设计

此生产线以松下 FP-XHC60R PLC 可编程控制器

为控制核心, FP0-A04I 为模拟量输出, 通过模拟量输出模块 (0~20 mA) 实现变频电机的变速控制, 以维纶 MT6070IH 触摸屏作为人机操作界面, 以接近开关、光电传感器以及限位开关等元件组成信号反馈, 采集到的信号传送到 PLC 中进行运算处理, 由 PLC 输出端控制各机构的动作。触摸屏采用简体中文设计, 生产线中的所有信息通过人机操作界面进行显示, 生产线运行参数也可通过人机界面进行设置^[6-13]。自动灌装生产线得硬件结构见图 2。

生产线采用三相五线制 380 V/50 Hz 交流电源, 并通过相序保护器对缺相进行检测, 在主电路中通过交流接触器和热继电器实现电机的启停控制和过载反馈, 并通过 ABB 变频器实现部分变频电机的转速控制。主电路结构见图 3。图 3 中 MCB 为主断路器; KM1, FR1 分别为交流接触器以及热继电器; UF1, UF2 分别为电机 2 和电机 3 的变频驱动器。



图 2 控制系统硬件结构

Fig.2 Hardware structure of control system

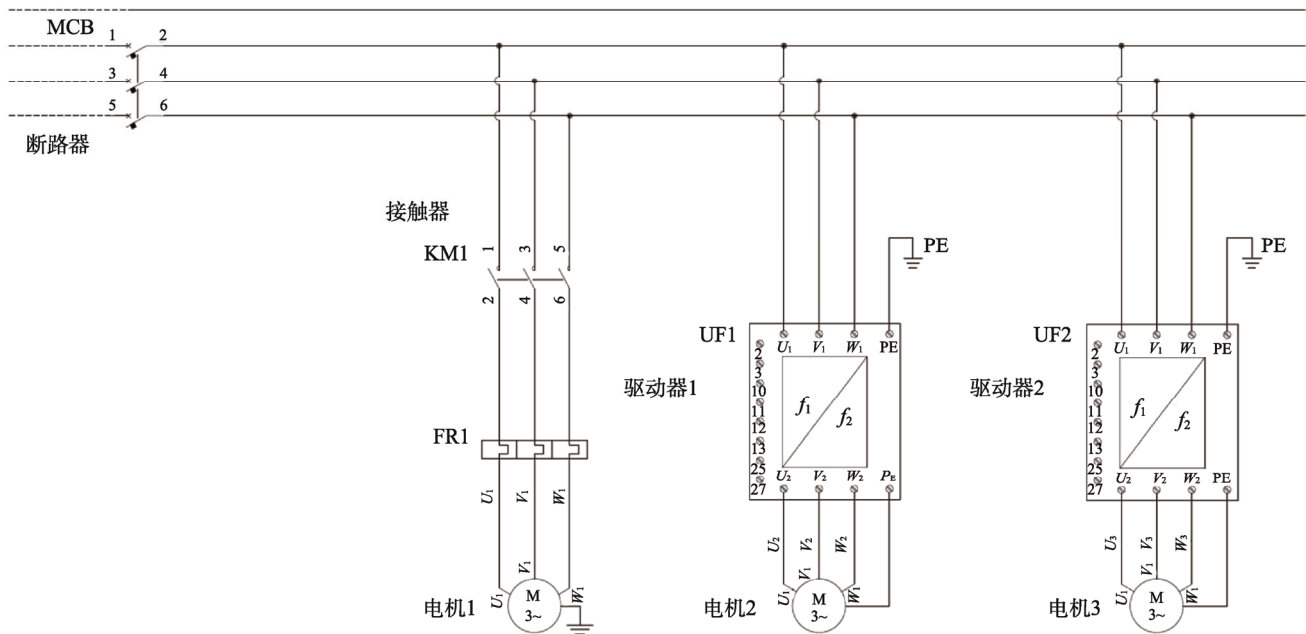


图 3 主电路结构

Fig.3 Main circuit structure

3 控制软件设计

3.1 程序流程设计

生产线控制系统程序的设计使用 FPLWIN GR Version 2.94 版本软件进行编程, 在上述控制系统硬件结构基础上, 根据啤酒自动灌装生产线工作原理, 设计了自动灌装生产线流程, 其流程见图 4。

3.2 液位自适应控制

受参数不确定性和外界扰动的影响, 灌装液位控制系统具有一定非线性。当被控对象参数发生变化时, 控制器能够主动修改自身相关参数, 以确保系统

性能满足期望指标, 文中采用单神经元自适应控制算法, 以提高灌装液位控制的稳定性和精确性^[14-15]。控制器结构见图 5。

图 5 中 T 为液位设定值; $T(k)$ 为液位实际采样值; $u(k)$ 为控制量; $e(k)$ 为液位偏差值。通过转换器可将液位偏差 $e(k)$ 转换为自适应控制状态变量 $x_1(k)$, $x_2(k)$, $x_3(k)$, 即:

$$\begin{cases} x_1(k) = e(k) \\ x_2(k) = e(k) - e(k-1) \\ x_3(k) = e(k) - 2e(k-1) + e(k-2) \end{cases} \quad (1)$$

状态变量 $x_i(k)$ 对应权值为 $w_i(k)$ 。为提高控制器自动调整能力, 可根据系统输入量、输出量以及

液位偏差值对权值进行调整,即:

$$\begin{cases} w_1(k+1) = w_1(k) + \eta_p e(k) u(k) x_1(k) \\ w_2(k+1) = w_2(k) + \eta_l e(k) u(k) x_2(k) \\ w_3(k+1) = w_3(k) + \eta_D e(k) u(k) x_3(k) \end{cases} \quad (2)$$

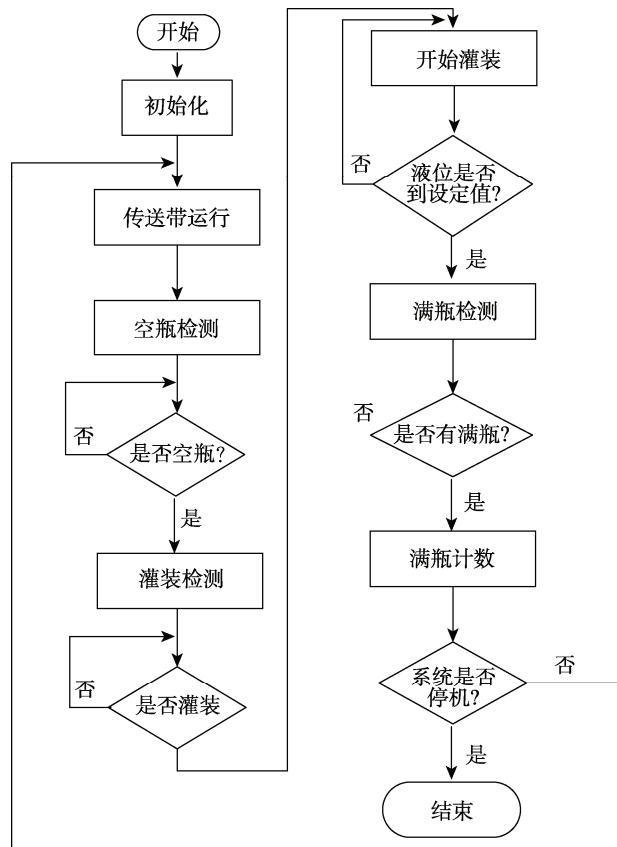


图4 程序设计流程

Fig.4 The program design flow

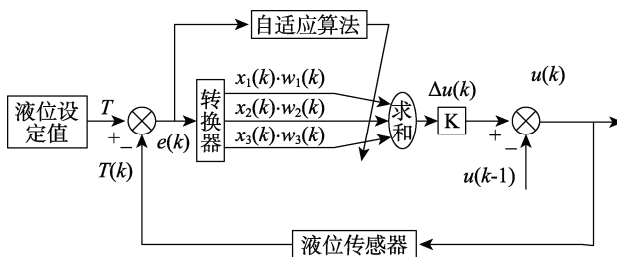


图5 单神经元自适应控制器结构

Fig.5 The single neuron adaptive controller structure

式中: η_p, η_l, η_D 为学习率, 且均大于 0。如果 η_p 数值较大, 那么系统响应速度较快, 同时超调量会较大; 如果 η_l 数值较大, 则系统超调量较小, 同时响应速度较慢; 另外, η_D 增大会进一步降低响应速度, 减小超调量。

根据系统需要, 神经元激活函数选取为:

$$f(x) = Kx \quad f \in [-1, 1] \quad (3)$$

式中: K 为比例系数, K 值越大系统响应速度越

快, 但容易导致系统不稳定, 故需要通过试验选取。另外, 控制增量可描述为:

$$\Delta u(k) = K \sum_{i=1}^3 \omega_i^*(k) x_i(k) \quad (4)$$

其中:

$$\omega_i^*(k) = \frac{\omega_i(k)}{\sum_{i=1}^3 |\omega_i(k)|} \quad i = 1, 2, 3 \quad (5)$$

那么液位控制量的增量表达式为:

$$u(k) = u(k-1) + K \sum_{i=1}^3 \omega_i^*(k) x_i(k) \quad (6)$$

控制器根据式(6)调节液位输送器, 便可实现啤酒灌装液位精确控制。

4 仿真分析

为了验证单神经元算法在啤酒灌装液位控制中的有效性, 将单神经元与传统 PID 控制进行仿真对比, 以参考文献[16]中提出的一种啤酒灌装液位数学控制数学模型:

$$G(s) = \frac{4.756}{160.436s + 1} \quad (7)$$

其中采样周期为 0.5 s, 采用 Matlab 仿真软件进行仿真, 仿真结果见图 6。

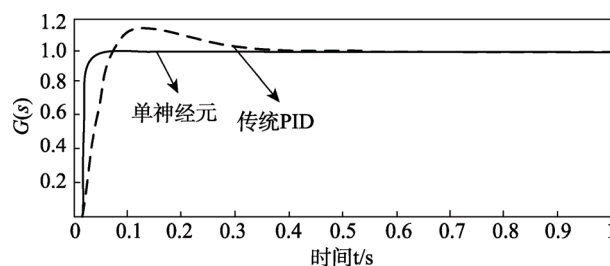


图6 仿真结果

Fig.6 The simulation results

由仿真结果可以看出, 与传统 PID 控制相比, 单神经元自适应控制算法动态响应速度更快, 超调量明显减小, 系统在很短的时间内便趋于稳定, 具有良好的动态性能。

5 结语

为了提升啤酒灌装生产效率, 降低生产成本, 在啤酒灌装流程以及控制要求基础上, 提出了基于 PLC 和触摸屏的啤酒灌装生产线控制系统。以松下 FP-XHC60R PLC 为控制器核心, 以威纶维纶 MT6070IH 触摸屏作为人机操作界面, 通过 PLC 实现执行机构的自动控制和反馈控制, 由 HMI 人机触摸屏实现生产线运行参数设置并监控生产线运行状

态。为了进一步提高液位控制精度,提出了一种神经元自适应液位控制算法,有效提升了液位控制精度。该控制系统具有自动化程度高、生产效率高、操作简单等优点,对于提升企业制酒效率具有重要指导意义。

参考文献:

- [1] 何非, 黄川, 张敏. 基于单片机的啤酒灌装机控制系统设计[J]. 机械设计与制造工程, 2014, 43(11): 58—62.
HE Fei, HUANG Chuan, ZHANG Min. Microcontroller Based Control System Design for Beer Filling Machine[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2014, 43(11): 58—62.
- [2] 门延会, 杜伟. 高效白酒自动灌装生产线控制系统研究与实现[J]. 包装与食品机械, 2017, 35(2): 36—39.
MEN Yan-hui, DU Wei. A Research and Implementation of Efficient Automatic Liquor Filling Production Line Control System[J]. Packaging and Food Machinery, 2017, 35(2): 27—32.
- [3] ZHANG Tian-xia, DONG Feng, YUAN Hao. Application of PLC for Arranging Bottle in Beer Filling Production Line[C]// The 24th Chinese Control and Decision Conference Proceedings, Taiyuan, 2012: 1216—1221.
- [4] 史步海, 刘尉, 梁佑彬. 基于现场总线的啤酒灌装生产线自动化控制系统[J]. 计算技术与自动化, 2005, 24(3): 36—38.
SHI Bu-hai, LIU Wei, LIANG You-bin. Based Fieldbus Automatic Control System of Beer Filling & Packing Production Line[J]. Computing Technology and Automation, 2005, 24(3): 36—38.
- [5] 王喜斌, 王俊红, 赵琛. 智能灌装生产线控制系统的研究与设计[J]. 北华航天工业学院学报, 2015, 25(1): 1—5.
WANG Xi-bin, WANG Jun-hong, ZHAO Chen. A Research of Intelligent Filling Production Line Control System[J]. Journal of North China Institute of Aerospace Engineering, 2015, 25(1): 1—5.
- [6] 翟阳, 曹亦轩, 肖永松. 热封切制袋机中多通道温控系统的设计[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 68—71.
ZHAI Yang, CAO Yi-xuan, XIAO Yong-song. Design of Multi-channel Temperature Control System for Heat Sealing and Cutting Bag Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 68—71.
- [7] 刘占跃. 化肥自动定量包装的 PCL 控制[J]. 化学工程与装备, 2012(3): 48—50.
LIU Zhan-yue. PCL Control of Fertilizers' Automatic Weighing and Quantitative Packing[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2012(3): 48—50.
- [8] 李明, 李丽娟, 杨松, 等. 全自动液体定量灌装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 78—81.
LI Ming, LI Li-juan, YANG Song, et al. Design of Automatic Quantitative Liquid Filling Machine Control System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 78—81.
- [9] 岳晓峰, 焦圣喜, 韩立强. 液体灌装系统中桶口的视觉定位研究[J]. 无损检测, 2006, 28(12): 645—648.
YUE Xiao-feng, JIAO Sheng-xi, HAN Li-qiang. Visual Position Research of the Sprue on the Barrel in Liquid Filling System[J]. Nondestructive Testing, 2006, 28(12): 645—648.
- [10] 肖渊, 金守峰, 张慧. 基于触摸屏和 PLC 的 B423 型针梳机自调匀整装置控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2009, 31(9): 104—106.
XIAO Yuan, JIN Shou-feng, ZHANG Hui. Design of Control System of B423 Ggill-boxing Based on PLC and Touch Screen[J]. Manufacturing Automation, 2009, 31(9): 104—106.
- [11] 张俊, 李明. 基于 PLC 的模糊控制器在定量包装秤中的应用[J]. 制造业自动化, 2014, 36(5): 110—112.
ZHANG Jun, LI Ming. Application of Quantitative Packaging Machine Based on PLC Fuzzy Controller[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(5): 110—112.
- [12] 刘鹏, 王宝光, 杨德燕. 中药滴丸自动灌装设备的关键技术研究[J]. 制造业自动化, 2004, 26(3): 65—69.
LIU Peng, WANG Bao-guang, YANG De-yan. Research on the Key Technology of Traditional Chinese Medicine Pill Automatic Filling Equipment[J]. Manufacturing Automation, 2004, 26(3): 65—69.
- [13] 戴冠秀, 刘太湖, 巩敦卫, 等. PLC 在运料小车自动控制中的应用[J]. 工矿自动化, 2005(6): 57—59.
DAI Guan-xiu, LIU Tai-hu, GONG Dun-wei, et al. Application of PLC in Automatic Control of Carriage[J]. Industry and Mine Automation, 2005 (6): 57—59.
- [14] 郭小和, 刘科, 周继强, 等. 基于改进遗传算法的单神经元自适应 PID 控制[J]. 南昌航空大学学报(自然科学版), 2012, 26(4): 14—18.
GUO Xiao-he, LIU Ke, ZHOU Ji-qiang, et al. Single Neuron Adaptive PID Control Based on Improved Genetic Algorithm[J]. Journal of Nanchang Hankong University (Natural Sciences), 2012, 26(4): 14—18.
- [15] 王磊, 杜晓强, 宋永瑞. 用于飞轮储能单元的神经元自适应比例-积分-微分控制算法[J]. 电网技术, 2014, 38(1): 74—79.
WANG Lei, DU Xiao-qiang, SONG Yong-rui, et al. Neuron Adaptive PID Control Algorithm With Application to Flywheel Energy Storage System Unit[J]. Power System Technology, 2014, 38(1): 74—79.
- [16] 王靓, 宁奎伟, 李明辉. 基于遗传算法的贮液缸液位 PID 控制参数整定[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 89—93.
WANG Jing, NING Kui-wei, LI Ming-hui. Tuning of PID Control Parameter for Liquid Level of Liquid Storage Cylinder Based on Genetic Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 89—93.