

加香加料泵驱动系统的改进设计

Improved design of servomechanism drive system in flavoring feeding

吴文强¹ 易浩¹ 刘斌¹ 刘勇¹

WU Wen-qiang¹ YI Hao¹ LIU Bin¹ LIU Yong¹

张辉¹ 张学武² 许俊敏²

ZHANG Hui¹ ZHANG Xue-wu² XU Jun-min²

(1. 湖南中烟工业有限责任公司技术研发中心, 湖南长沙 410014; 2. 北京金五叶科技有限公司, 北京 100015)

(1. Hunan Branch of China Tobacco Industrial Corporation, Changsha, Hunan 410014, China;

2. BeiJing JinWuYe Technology Co. Ltd., Beijing 100015, China)

摘要:针对传统变频加料泵驱动系统使用过程中加香加料精度不高的问题,对加料泵驱动系统进行改进,采用伺服电机系统驱动加料泵的形式添加料液,并对控制程序进行优化设计。系统改进后,累计加香精度提高了 0.09%~0.15%,保证了加香加料的均匀性,提高了产品品质,降低了生产成本。

关键词:加香加料;精度;变频;伺服

Abstract: According to the low flavoring accuracy in the traditional frequency conversion feeding pump drive system, the the feed pump drive system was improved, the servo motor system was used to drive the liquid feeding, and the control program is optimized. After the modification of the system, the cumulative added essence increased from 0.09% to 0.15%, to ensure the uniformity of spiced charging, improve the product quality, reduce the production cost.

Keywords: flavoring feeding; precision; frequency conversion; servo motor

烟草的加香加料工艺是烟草加工中的一个重要环节,能够减轻刺激性,使烟气柔和细腻,改善余味,使烟香丰满,对于改善和稳定卷烟品质、确立卷烟风格有重要影响^[1-4]。提高加香总体精度和瞬时精度合格率是制丝工艺、设备和控制方法研究的重要内容^[5]。目前,中国的加香加料机械都是引进的国外卧式滚筒加香加料机及其相关技术,其加香加料装置通常采用变频器驱动普通电机带动加料泵的方式,加料的精度一般不高^[6-7],均匀性也不好。由于加香加料精度和均匀度直接影响着卷烟的内在质量,为此,利用伺服系统可以

实现稳定、精准的控制原理^[8-9],专门对加料泵驱动系统进行改进设计,采用伺服电机系统驱动加料泵的形式对料液进行添加,以期解决现有加料装置存在的问题,提高料液施加的精度和均匀性。

1 加料系统及其存在的问题

如图 1 所示,加香加料机工作具体过程为:首先让设备处于准备就绪状态,当整条生产线启动时,该设备通过工业网络、本地设定或者其它方式获取工艺生产线上物料的实时流量和生产工艺所规定的添加比例等信息,通过一定的算法控制,计算出所要添加的料液流量,然后通过控制加料泵的转速来改变料液添加的流量,实时的按比例进行料液加注。

目前,在制丝生产线上使用的传统液体料液添加装置中,对液体的控制驱动系统,通常采用的是变频器控制普通电机,然后由普通电机带动加料泵转动来驱动液体的方式(见图 2)。这种系统存在以下缺陷:① 控制方法上带来的问题,由于变频器对电机的控制是开环型控制,所以变频器对

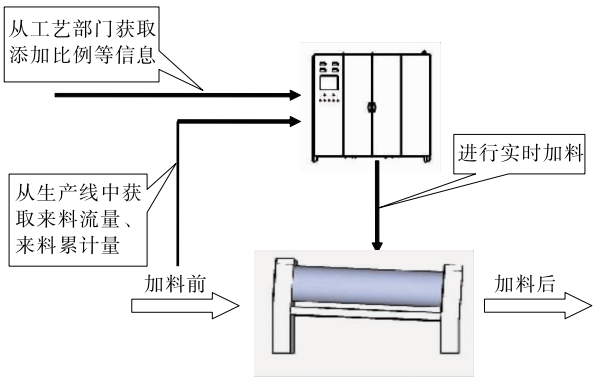


图 1 加香加料机工作原理图

Figure 1 The working principle of flavor feeding machine

作者简介:吴文强(1980—),男,湖南中烟工业有限责任公司工程师,硕士。E-mail: wuwq1216@hngyotobacco.com

收稿日期:2016-02-25

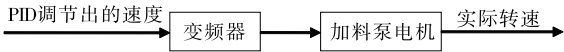


图2 加料系统中普通变频器控制方式

Figure 2 Control mode of common frequency converter in feeding system

普通电机转速的控制精度不高,直接造成电机带动加料泵驱动液体流量的实时精度下降;② 器件选用上带来的问题,传统的液体料液添加装置选用的是普通电机带动加料泵的方式,普通电机的可控性及定位性效果差。所以达不到对管线中液体流量的精确控制,不能很好地实现在线均匀添加液体料液,不能满足高精度的工艺要求。

2 伺服驱动加料泵系统的组成

2.1 伺服驱动加料泵系统组成

伺服加料泵驱动系统包括伺服控制器 1 和伺服电机 2。伺服控制器 1 通过电机电源线 3 和光电编码器 4 与伺服电机 2 连接。伺服电机 2 通过螺栓固定在电机支架 5 上,通过联轴器与加料泵 6 连接。加料泵 6 一侧与第一球形接头 7 连接,第一球形接头 7 通过弯头 8 与第一三通管件 9 连接,第一三通管件 9 通过弯头 8 与气动两通阀门 10 一侧连接,气动两通阀门 10 另一侧通过管道与第二三通管件 11 连接,第二三通管件 11 通过管线 12 与弯头 8 连接,弯头 8 通过第二球形接头 13 与加料泵 6 另一侧连接。其中,加料泵 6 包括齿轮泵、蠕动泵等液体加料泵。

伺服驱动加料泵系统主要由加料泵、伺服电机、伺服控制器等组成(见图 3)。伺服电机通过齿轮泵支架与齿轮泵连接,齿轮泵并行安装一个气动阀门,伺服电机通过伺服控制器进行控制。旁通气动阀门的作用是由于齿轮泵不能在无料的状态下进行空转,所以在吹扫时,让齿轮泵停止转动,而打开气动阀门进行吹扫。

在加香加料装置中装配此系统,可以使加香加料装置在生产过程中利用伺服系统良好的调节方式,精准地进行料液添加,而且使用专用的算法进行控制,使加香加料达到更好的效果。

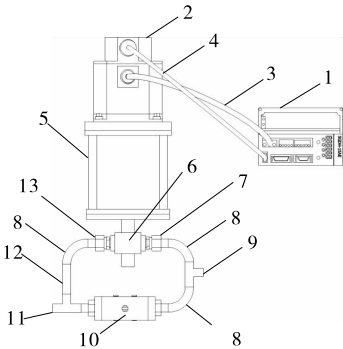


图3 伺服驱动加料泵系统结构示意图

Figure 3 Structure diagram of servo feeding pump drive system

2.2 伺服电机的工作原理

在自动化控制理论中,可分为开环控制系统、闭环控制系统和复合控制系统等。普通变频控制系统为开环控制系统,而伺服系统为闭环控制系统,其控制效果明显优于前者。其控制原理见图 4。

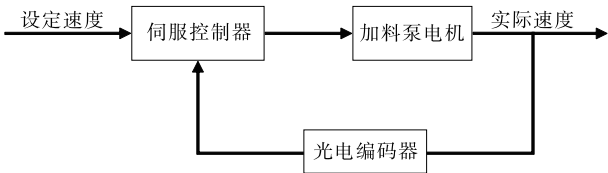


图4 加料装置中伺服驱动控制系统

Figure 4 Servo drive control system in feeding device

当加香加料装置根据实际流量与目标流量进行调节后,得到一个电机运转的设定速度,伺服控制器把电机的运转速度转换为伺服的指令脉冲(见图 5),经过齿轮比的运算,转化为速度对电机进行控制,然后通过光电编码器,获取电机轴实际的转速,再反馈给伺服控制器自动修正伺服电机与指令脉冲的转速偏差,从而精确地控制了电机轴的转速,也就精确控制了加料泵泵出的料液量,提高了对加料泵加料流量的可控与精准性能。

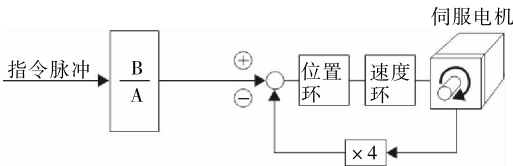


图5 伺服电机的工作原理

Figure 5 Working principle of servo motor

2.3 伺服驱动加料泵系统在加香加料装置中的实现

加料装置在加料过程中,通常采用 PID 调节的方法。图 6 为传统的变频控制系统在加料装置中控制原理。其只是简单的采用流量 PID 控制环进行控制。而使用了伺服驱动加料泵系统的加料装置中,不仅实现了加料流量过程的 PID 调节,而且在驱动加料泵的过程中采用了光电编码器实现了电机转速的 PID 调节(见图 7)。

在安装有伺服驱动加料泵系统的加料装置中,首先对加香加料装置进行预填充操作,然后可进行在线式实时加料。如图 7 所示,加料装置通过工艺计算出一个目标流量,然后通过流量 PID 调节器输出一个控制量,作为伺服驱动系统的输入量,然后伺服驱动系统对电机进行驱动,并且通过光电编码器进行修正。这样得到的实际流量可以精确地接近目标流量,最终达到更高的累计加料精度,并且在实时加料过程中可以精确地控制瞬时加料精度,能按照工艺配比均匀添加液体料液。

由于伺服系统可以精确地控制电机转动的圈数和角度,所以在伺服驱动加料控制系统中,可以很好地计算出每一转加料泵所泵出的料液量,故在料头、料尾等物料流量变化大的情况下,可以使用如下方法进行控制,这是变频驱动等普通驱动系统所做不到的。

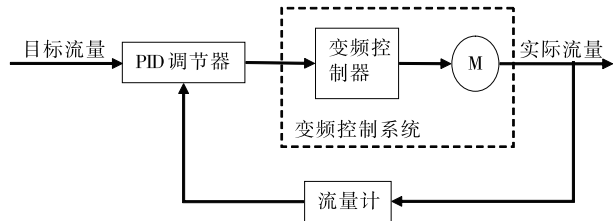


图 6 变频驱动系统 PID 调节

Figure 6 PID control of variable frequency drive system

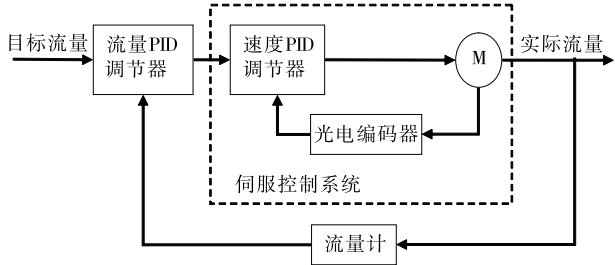


图 7 伺服驱动系统 PID 调节

Figure 7 PID control of servo drive system

如图 8 所示,在料头、料尾等情况下,使用 80%的目标加料量,根据伺服对加料泵每转泵出稳定料液量的条件下,计算出加料泵的一个速度,然后根据 20%的目标流量,经过 PID 调节出的加料泵的另一个速度,二者叠加形成伺服控制器的最终设定速度进行控制。

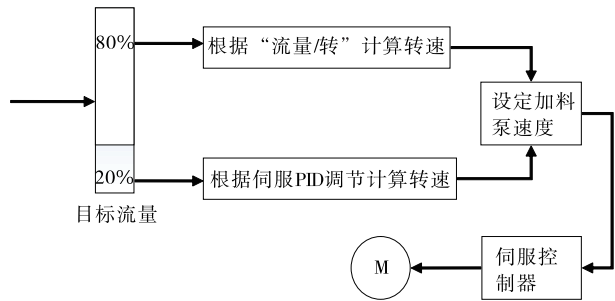


图 8 料头料尾的程序调节

Figure 8 Remnants of the adjustment program

3 应用效果

由表 1、2 可知,应用前累计加香精度在 $-0.45\% \sim 0.43\%$,应用后累计加香精度在 $-0.30\% \sim 0.34\%$,加香累计精度应用后比应用前有明显的提高,且远高于《卷烟工艺规范》(2003 版)加香误差应小于 0.5%的要求。由图 9 可知,在整批烟丝加香过程中,除了在料头时段瞬时加香精度超标外,整个加香过程中瞬时加香精度都在标准范围内,进一步提高了批次加香整体控制精度。

本系统的应用,提高了液体料液添加的实时瞬时精度和整批产品添加的累计精度,更好地实现产品工艺上的添加要求,极大提高产品品质,简单实用。减少对系统的维护,降低生产成本。伺服加料泵驱动系统可以实现从 $2 \sim 1\,200\text{ kg/h}$ 的连续精准加香加料增湿加水,加料泵系统设计改变了对于加香加料精度的传统认识,设计料液添加系统各项技术指标

表 1 改进前加香累计精度记录表

Table 1 Before the application of flavoring accumulative precision sheet

序号	秤累积 量/kg	加香比 例/%	理论加料 量/kg	实际加料 量/kg	累计精 度/%
1	13 841.201	0.50	69.206	69.490	0.41
2	14 932.337	0.50	74.662	74.886	0.30
3	13 764.574	0.50	68.823	68.630	-0.28
4	14 582.325	0.50	72.912	72.584	-0.45
5	15 224.323	0.50	76.122	76.457	0.44
6	15 136.261	0.50	75.681	75.923	0.32
7	14 673.341	0.50	73.367	73.685	0.43
8	14 775.672	0.50	73.878	73.575	-0.41
合计	116 930.034	0.50	584.650	585.23	0.10

表 2 应用后加香累计精度记录表

Table 2 After the application of flavoring accumulative precision sheet

序号	秤累积 量/kg	加香比 例/%	理论加料 量/kg	实际加料 量/kg	累计精 度/%
1	14 737.173	0.50	73.686	73.468	-0.30
2	13 882.687	0.50	69.413	69.549	0.20
3	15 645.462	0.50	78.227	78.427	0.26
4	14 495.644	0.50	72.478	72.369	-0.15
5	14 930.283	0.50	74.651	74.906	0.34
6	15 249.413	0.50	76.247	76.124	-0.16
7	14 441.529	0.50	72.208	72.072	-0.19
8	14 684.895	0.50	73.424	73.209	-0.29
合计	118 067.086	0.50	590.34	590.124	-0.04

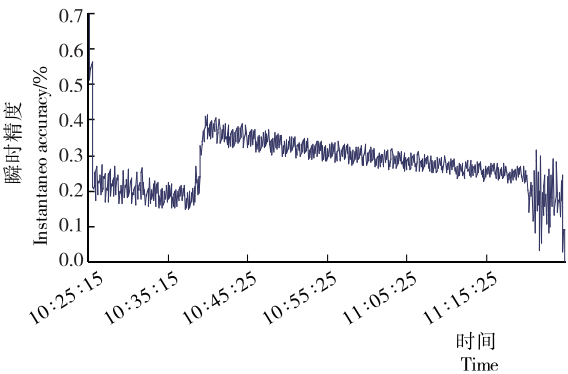


图 9 瞬时加香精度趋势图

Figure 9 Instantaneous accuracy trend chart

已经远远高于现有的工艺要求。

参考文献

[1] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2009: 95-110.

[2] 高阳, 赵生, 许式强, 等. 实验室烟草加香加料过程的模糊-PID

(下转第 219 页)

World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2014, 30(1): 125-133.

[47] Ducrey Sanpietro Luis M, Kula M R. Studies of astaxanthin biosynthesis in *Xanthophyllomyces dendrorhous* (*Phaffia rhodozyma*). Effect of inhibitors and low temperature[J]. Yeast, 1997, 14(11): 1 007-1 016.

[48] 王丽丽. 诱导子对雨生红球藻虾青素含量的影响及其分子机理的初步研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2009.

[49] 张颖鑫, 辛嘉英, 刘书娟, 等. 金属离子对红酵母菌产类胡萝卜素影响的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 65-70.

[50] Buzzini P, Martini A, Gaetani M, et al. Optimization of carotenoid production by *Rhodotorula graminis* DBVPG 7021 as a function of trace element concentration by means of response surface analysis[J]. Enzyme and Microbial Technology, 2005, 36(5): 687-692.

[51] Hsu W J, Poling S M, DeBenedict C, et al. Chemical inducers of carotenogenesis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1975, 23(5): 831-834.

[52] 汪文俊, 宋发军, 孙雅芳. 生化诱导子对红法夫酵母生长和类胡萝卜素合成的影响[J]. 中南民族大学学报: 自然科学版, 2008, 27(2): 14-17.

[53] 韩建荣, 高宇英, 赵文婧. 几种诱导子对青霉 PT95 菌株固态发酵产生类胡萝卜素的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(2): 208-210.

[54] 叶辉, 王兆慧, 陈佩林, 等. 微生物诱导子对诺卡氏菌属 No5205 菌株发酵的影响[J]. 生物技术, 2004, 14(6): 57-58.

[55] Saini R K, Prashanth K V Harish, Shetty N P, et al. Elicitors, SA and MJ enhance carotenoids and tocopherol biosynthesis and expression of antioxidant related genes in *Moringa oleifera* Lam. leaves[J]. Acta Physiologic Plantarum, 2014, 36(10): 2 695-2 704.

[56] 齐凤慧, 詹亚光, 景天忠. 诱导子对植物细胞培养中次生代谢物的调控机制[J]. 天然产物研究与开发, 2008(20): 568-573.

[57] 张坤生, 连喜军, 李红. 红酵母高产 β -胡萝卜素营养因子的选择[J]. 食品工业科技, 2004, 25(7): 60-62.

[58] Pirastru Laura, Darwish Mohamed, Chu Fong Lam, et al. Carotenoid production and change of photosynthetic functions in *Scenedesmus sp* exposed to nitrogen limitation and acetate treatment[J]. Journal of Applied Phycology, 2012, 24(1): 117-124.

[59] Saha Sushanta Kumar, Moane Siobhan, Murray Patrick. Effect of macro- and micro-nutrient limitation on superoxide dismutase activities and carotenoid levels in microalga *Dunaliella salina* CCAP 19/18 [J]. Biorource Technology, 2013, 147: 23-28.

[60] Lamers Packo P, Janssen Marcel, De Vos Ric C H, et al. Carotenoid and fatty acid metabolism in nitrogen-starved *Dunaliella salina*, a unicellular green microalga[J]. Journal of Biotechnology, 2012, 162(1): 21-27.

[61] Farhat Nejia, Rabhi Mokded, Falleh Hanen, et al. Optimization of salt concentrations for a higher carotenoid production in *Dunaliella salina* (chlorophyceae) [J]. Journal of Phycology, 2011, 47(5): 1 072-1 077.

[62] Liu Wen-hua, Ming Yao, Li Ping, et al. Inhibitory effects of hypo-osmotic stress on extracellular carbonic anhydrase and photosynthetic efficiency of green alga *Dunaliella salina* possibly through reactive oxygen species formation[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2012, 54: 43-48.

[63] Hagi Tatsuro, Kobayashi Miho, Nomura Masaru. Aerobic condition increases carotenoid production associated with oxidative stress tolerance in *Enterococcus gilvus* [J]. FEMS Microbiology Letters, 2014, 350(2): 223-230.

(上接第 116 页)

开关切换控制[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 238-241.

[3] 易浩, 廖文大, 杜文, 等. 物料干重控制模式在加香加料及掺配环节中的应用[J]. 烟草科技, 2012(8): 12-14.

[4] 陈洪. 提高烟草加香加料精度的方法[J]. 重庆与世界, 2012, 29(11): 153-154, 160.

[5] 许雄文. 高精度加香系统在制丝线的应用[J]. 山东工业技术, 2014(18): 129.

[6] 张晓峰, 于红丽. 烟草制丝叶片加料系统改造[J]. 设备管理与维修, 2014(2): 54-57.

[7] 李奇, 姚二民, 郭帅. 提高加香机加香精度及烟丝混合均匀性[J]. 轻工科技, 2014(3): 82-83, 118.

[8] 李光乐. FFS 包装机伺服电子定量秤研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 118-121.

[9] 阳斌. 伺服技术在枕式包装机中的应用[J]. 食品与机械, 2005, 21(3): 49-51.

(上接第 151 页)

[15] Sun Zheng-liang, Peng You, Zhao Wei-wei, et al. Purification, characterization and immunomodulatory activity of a polysaccharide from *Celosia cristata* [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 133: 337-344.

[16] 汪名春. 枳椇肉质果梗多糖的分离纯化、结构分析及生物活性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.

[17] 叶莎莎, 曾耀英, 尹乐乐. 红景天苷对小鼠腹腔巨噬细胞体外增殖、凋亡、吞噬、ROS 和 NO 产生的影响[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2011, 27(3): 237-241.

[18] Chen Zhi-gang, Zhang Dan-li, Zhu Qu, et al. Purification, preliminary characterization and *in vitro* immunomodulatory activity of tiger lily polysaccharide[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 106: 217-222.

[19] 韩丽荣, 程代, 王莉蕊, 等. 灰树花胞外多糖的结构及免疫调节活性[J]. 生物工程学报, 2016, 32(8): 1-9.

[20] 陈榕芳. 浒苔多糖粗提物对巨噬细胞 RAW264.7 免疫调节作用及可能机制研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2012: 19.

[21] 周静, 王秩楠, 柳忠辉, 等. 脂多糖诱导小鼠巨噬细胞系 RAW264.7 细胞的活化凋亡作用[J]. 中国生物制品学杂志, 2009, 22(2): 136-138.

[22] Sharma J N, Al-Omran A, Parvathy S S. Role of nitric oxide in inflammatory diseases [J]. Inflammopharmacology, 2007, 15(6): 252-259.