

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.024

风力送丝系统的优化

余数, 林聪, 刘剑敏, 倪建彬

(浙江中烟工业有限责任公司 宁波卷烟厂, 浙江 宁波 315040)

摘要:为解决烟丝风送过程中风速控制的不稳定问题,利用流体动力学原理和自动控制技术对风送系统进行研究分析。通过测算风送管网相关参数,调整除尘风机变频和末端补风控制,使管网风压风量得到合理匹配,并消除了风机喘振。文章研发了新的风速检测装置,优化改进了单台卷烟机风速控制程序。实际应用效果表明:稳定的烟丝风速控制系统可以使整丝率和碎丝率指标有较明显地改善,其中整丝率可以提高3.27%,碎丝率降低了0.669%;卷烟机的不良烟支剔除量可以降低2.793支/万支。

关键词:烟草工业;烟丝管道;管网阻力;风速;变频调节;烟丝质量

中图分类号:TS43

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0101-05

Optimization of Pneumatic Tobacco Cutter-Filler Feeding System

YU Shu, LIN Cong, LIU Jianmin, NI Jianbin

(Ningbo Cigarette Factory, China Tobacco Zhejiang Industrial Co. Ltd., Ningbo, Zhejiang 315040, China)

Abstract: In order to solve the pneumatic tobacco cutter-filler instability feeding of air velocity regulation, on the basis of the principle of hydrokinetics and automatic control technology, analyzed and optimized the whole air feeding system. The reasonable match between air volume and pressure was reached through calculating the related parameters of pneumatic tobacco transport pipe network, adjusting the electrical variable speed frequency of dust collector centrifugal fan and terminal compensation air flap of header pipe. In the meantime, the fan puff vibration was also eliminated during the commissioning period. The air feeding controlling system for each single maker was improved including research and development of differential pressure measurement detector unit and optimized program. The practical application results show that: it can be obviously ameliorated the target of tobacco whole cut rate and broken cut rate under the stable pneumatic air speed feeding control system. The whole cut rate can be increased 3.27%, the broken cut rate can be decreased 0.669%, unacceptable cigarettes eliminated quantity can be reduced 2.793 cigarettes/10 000 cigarettes.

Key words: tobacco industry; tobacco pipe; pipe resistance; air velocity; frequency regulation; tobacco quality

风力输送是利用风机产生的具有一定速度和压力的气流通过管道输送散状物料的技术,具有管路布置灵活、输送安全、环境污染少等优点^[1]。成品烟丝输送是连接制丝和卷包的重要环节,目前不少卷烟厂的风力送丝系统调速效果欠佳,造成风速不稳,烟丝造碎高等问题。虽然国内在烟丝风速测量和监控^[2]等方面都多有研究,然而卷烟厂在该系统运行维护中出现的问题,不少是其他因素造成的。为此,通过对整个风力送丝管网的阻力特性分布和除尘风机的参数研究,控制程序的优化和风速检测的可靠性改进,为风送系

统优化改造提供参考。

1 存在问题及分析

卷烟厂扩量式技改增加了储丝柜和卷烟机,由于投资和节能的考量还是沿用老的风送系统,未有系统的验算和调整优化。系统运行不稳定,影响卷包机组的整体效率,存在以下几个现象:①系统故障率高,经常维修;②系统稳定性不好,烟丝脱节,卷烟机因无烟丝停机频繁;③风速波动范围大,风速控制不理想;④缺乏风力送丝稳定性对烟丝品质影响的定量认识。

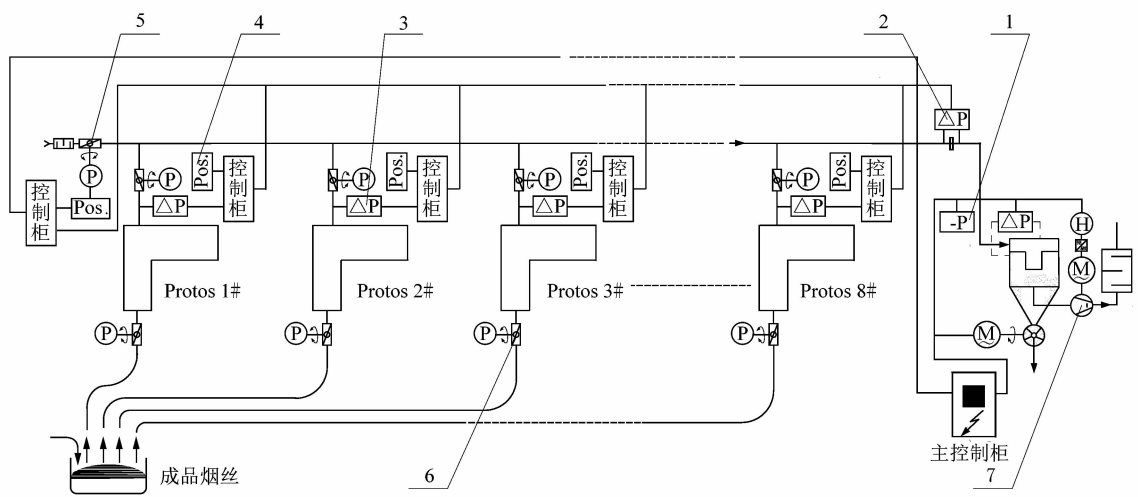
收稿日期:2013-12-29;修回日期:2014-03-24

作者简介:余数(1975),男,浙江宁波人,工程师,主要从事动力设备电控技术研究。E-mail:13806677180@163.com

1.1 风送管网特性变化

1 套风力送丝系统由 6~8 台卷烟机、1 台除尘器及风机、丝管、除尘管及控制系统等组成(图 1)。以总

管补风方式控制总管风量,变频风机控制总管负压,每台卷烟机送丝风速单独控制。



1—总管负压;2—总管风速;3—风速检测点;4—风送控制阀;5—补风阀;6—卷烟机供料阀;7—除尘风机

图 1 风力送丝控制原理图

Figure 1 Pneumatic tobacco cutter-filler feeding system control principle diagram

以远端的 1#~4# 卷烟机为例,储丝柜增加和喂丝机的移位造成的烟丝管道长度变化见表 1。

表 1 丝管长度变化

Table 1 Tobacco cutter-filler feeding pipe length change

卷烟机组	原长度/m	搬迁后长度/m
1#	28	131
2#	38	121
3#	50	111
4#	62	101

管网阻力的增加造成在实际生产中出现 1#—3# 卷烟机组风速不够($<12\text{ m/s}$)、供料不及时及堵料等现象。对整个管网进行压损(阻力)的测算,作为调整优化系统的依据。

1.2 风送管网的压损计算

管网压损包含有物料(烟丝)输送部分压损和尾气(除尘)部分压损两部分。即

$$\sum H = H_1 + H_2$$

式中: $\sum H$ 为风力送丝总压损; H_1 为烟丝输送部分压损; H_2 为尾气净化部分压损。

H_1 是由烟丝经过喂丝机—丝管—卷烟机集丝箱的路径过程中撞击、摩擦而产生的^[3], H_2 则是烟丝卸料之后含尘空气经过汇集管—总管—除尘器—风机—排出管的路径产生的压损。

1.2.1 烟丝输送部分的压损 H_1 测算

1) 加速压损 H_j

喂丝机吸口处烟丝和空气混合后启动加速进入丝管到送丝风速的压力损失,与烟丝输送量有关,其值为

$$H_j = 153\text{ Pa}$$

2) 提升压损 H_s

烟丝喂丝机吸口处提升到上层水平排管的压损,与高度、输送量相关,其值为

$$H_s = 45\text{ Pa}$$

3) 摩擦压损 H_m

烟丝在通过直段丝管时的摩擦压损,与丝管长度成正比,其值为

$$H_m = 6\,285\text{ Pa}$$

4) 弯头压损 H_w

烟丝和空气通过弯头处碰撞,摩擦叠加的压损,其值为

$$H_w = 357\text{ Pa}$$

5) 恢复压损 H_f

烟丝和空气经过弯头降速后再加速的压损,其值为

$$H_f = 765\text{ Pa}$$

6) 卸料器压损 H_x

烟丝在卷烟机集丝箱卸料后压损,其值为

$$H_x = 366\text{ Pa}$$

综上,烟丝输送部分的压损:

$$H_1 = H_j + H_s + H_m + H_w + H_f + H_x = 153 + 45 + 6\,285 + 357 + 765 + 366 = 7\,971 \text{ Pa}$$

1.2.2 尾气净化部分压损 H_2

1) 卷烟机卸料后除尘支管及总管的压损

含尘空气经过卷烟机集丝箱后回风到总管、除尘器的压损,其值为

$$H_h = 1\,150 \text{ Pa}$$

2) 除尘器的压损

除尘器本体包含滤袋和卸灰等的压损,其值为

$$H_c = 1\,500 \text{ Pa}$$

综上,尾气净化部分压损:

$$H_2 = H_h + H_c = 1\,150 + 1\,500 = 2\,650 \text{ Pa}$$

1.2.3 系统总压损和分析

$$\sum H = H_1 + H_2 = 7\,971 + 2\,650 = 10\,621 \text{ Pa}。$$

在本套风力送丝系统的总压损中,各部分阻力占比见表2,由烟丝在丝管中输送引起的摩擦压损是整个管网压损的主要来源,且丝管越长,与总压损相关度越高。丝管长度和弯头导致的压损在本系统中占比近七成,除尘器和其他压损是设备属性决定,无法改变。丝管的长度走向直接决定了主要阻力的大小。

表2 各阻力分布表

Table 2 Distribution of resistance table

压损类型	压损值/Pa	阻力占比/%
摩擦 H_m	6 285	59.20
除尘器 H_c	1 500	14.10
弯头 H_w	1 122	10.60
其他	1 714	16.10
总压损 $\sum H$	10 621	100.00

1.3 系统风压和风量需求变化

扩量前系统总压损 $\sum H = H_1 + H_2 = 8\,468 \text{ Pa}$,其中 $H_1 = 5\,818 \text{ Pa}$, $H_2 = 2\,650 \text{ Pa}$ 。实际运行除尘器入口负压是 $7\,500 \text{ Pa}$,采样点为除尘器入口(图1),加上除尘器本身压损后约为 $9\,000 \text{ Pa}$,可以满足扩量前的系统运行要求。扩量后则需克服总压损 $10\,621 \text{ Pa}$ 的阻力才可使风送运行正常。

按送丝速度 20 m/s 计算,每台 PROLOS 70 机组需要 $814 \text{ m}^3/\text{h}$ 风量,8 台卷烟机需要 $6\,512 \text{ m}^3/\text{h}$,增加 1 台卷烟机后则需要 $7\,326 \text{ m}^3/\text{h}$ 。之前运行的总管风速控制在 16 m/s ,风量为 $7\,238 \text{ m}^3/\text{h}$,也需要增加风量满足系统生产要求。

1.4 单台卷烟机风速控制问题

单台卷烟机风送中,卷烟机要料信号发出,进料阀门开启,EP(电气)调节阀开启进行 PID 调节,要料结束,集丝箱料满后进料阀门关闭,EP 阀关闭,一个要料周期结束。由于喂丝机的连接丝管^[4]数量不同,丝管长度不同,集丝箱料满检测位置不同,导致各卷烟机进料时间($8 \sim 20 \text{ s}$)差异较大,风速调节 EP 阀跟踪慢,控制精度不高。风速检测取压口处于含尘空气中,易发生堵塞造成检测失准,传感器损坏也较多。

2 改进方法

2.1 除尘高压离心风机的运行调整

调整除尘风机频率,改变风机转速,使总管负压克服总压损,使每台卷烟机送丝速度都达到 $17 \sim 20 \text{ m/s}$ 范围内。由于风送除尘风机的运行频率为 45 Hz 时,除尘器入口负压为 $7\,500 \text{ Pa}$,通过提升变频器频率改变风机转速来增加负压,观察最长管路的卷烟机供料情况和系统运行稳定性来确定较优的频率和风量。由于在转速调试过程中,风机特性曲线有了相应的变化,出现了喘振现象。转速的提高,负压随之升高,如果保持风量不变,有可能进入喘振区域,严重影响系统的工作和长期稳定性^[5],必须在转速提高后观察管网的动态,对风量进行调整以应对喘振的出现。图2为风机变转速下的喘振曲线,其中风机输入频率 $N_1 > N_2 > N_3$ 。在风机转速提高的状态下,提高风量是减少喘振的必要条件。

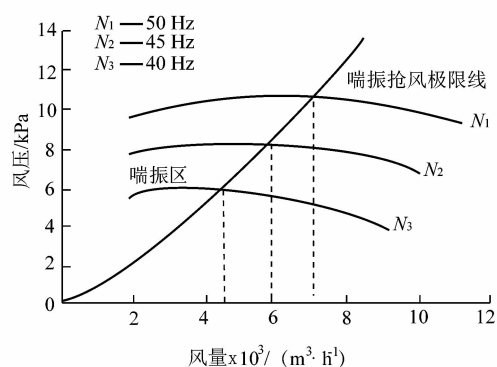


图2 风机变转速下的喘振曲线

Figure 2 Curve of puff-vibration under the fan rotate speed change

在提高总管风量后,喘振消失,系统归于稳定。调试数据如表3,综合系统稳定性和节能考虑,采用频率 48 Hz ,总管风速 22 m/s 下的参数作为日常运行的最终风压风量。

表3 除尘风机喘振调试

Table 3 Puff-vibration commissioning value of the dust collecting fan

风机频率/Hz	除尘器入口负压/hPa	风机侧负压/hPa	总管风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	系统运行及稳定性评价
45	70	85	16	远端的1#,2#卷烟机风速不够
46	75	89	18	1#,2#卷烟机风速不够
47	82	98	18	2#卷烟机风速基本到达15 m/s
48	91	102	18	1#,2#卷烟机风送速度已达要求,但系统出现喘振
48	90	100	22	满足送丝需求,喘振消失,运行稳定
49	95	110	23	满足送丝需求,运行稳定
50	102	115	23	满足送丝需求,运行稳定

2.2 丝管走向和布局的优化

风力送丝系统中由丝管长度和弯头造成的压力损失是总压损的主要来源。因此根据实际布局对丝管的布局和走向进行了调整,使丝管的总长度和弯头数量有相应的减少,系统运行更加稳定。

2.3 单台卷烟机风速控制系统的调整

2.3.1 风速取压装置的改进

风速采样是来自于回风除尘管孔板节流前后的差压计算而来的^[6-8],原检测装置采用孔板前后环形管路6点取压(图3),由于取压口长期处在含尘空气中,如果由于粉尘堵塞,会造成风速检测不准,差压传感器损坏造成控制失调。

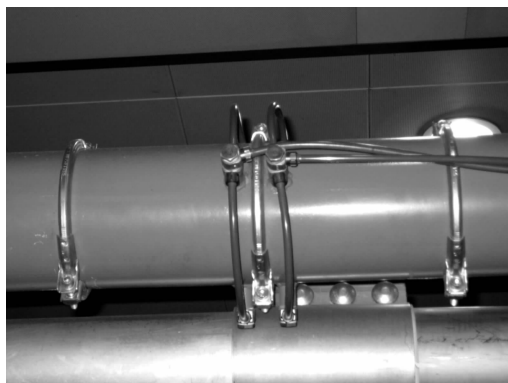


图3 原风速检测取压装置

Figure 3 Taking pressure unit of the original air velocity inspection

为此,采取管路顶部2点取压(图4),取压口内装有与除尘器布袋同样材质的无纺布过滤网过滤灰尘等杂质,确保传感器长期高精度可靠运行。取压口密封盖和取压口及回风座采用活性密封连接,方便拆卸、易于定期检查和更换过滤网。经过长期的运行,该装置可以免维护运行,且检测精度可靠有效。

2.3.2 单台卷烟机风送程序改进

由于卷烟机本身的供丝阀门可以保证供丝结束后的管路密封性,在停止供丝期间,保持EP阀的起始开



图4 新风速检测取压装置

Figure 4 Taking pressure unit of the new air velocity inspection

度为上次调节的最终稳态值,以便在下次供丝期间尽量减少调节角度的位移,进而节省时间,在2 s内可以到达稳态开度。实践表明,这种方式不仅可以满足调节的迅速到位,而且对阀门的机械机构磨损,压缩空气的消耗也有益处。把原先风速超越设定值 $\pm 1 \text{ m/s}$ 时PID输出执行,到超越 $\pm 0.5 \text{ m/s}$ 时变化输出执行阀门,更快速地响应可以增加风速的控制精度,保证风速控制在设定值的 $\pm 1 \text{ m/s}$ 。风速趋势均处于稳定状态,运行良好。

3 改进效果

风力送丝系统稳定性不仅对车间整体有效作业率有直接关联,而且对烟丝品质及烟支剔除不良率都有很大的关联^[7]。为验证他们之间的关联性,利用六西格玛方法^[9-10],对取样方法及数据统计分析^[11]等进行了精心设计。

3.1 风送系统优化改进后,整丝率和碎丝率有明显改善

选定卷烟机16#,除有无控制因子发生改变,其他因子不变的前提下,进行4分法连续取样,有控制(稳定性好)和无控制(稳定性差)各取样10组,测量整丝率和碎丝率见表5和表6。

表5 无控制(稳定性差)的取样检测数据

Table 5 Sampling inspection data
without stable controlling

序号	整丝率/%	碎丝率/%	序号	整丝率/%	碎丝率/%
1	71.49	1.960	7	72.03	3.160
2	71.30	2.270	8	74.85	2.370
3	72.16	1.830	9	74.19	2.560
4	73.38	2.230	10	75.03	2.200
5	70.93	2.190	平均值	72.53	2.463
6	69.98	3.860			

表6 有控制(稳定性好)的取样检测数据

Table 6 Sampling inspection data with stable controlling

序号	整丝率/%	碎丝率/%	序号	整丝率/%	碎丝率/%
1	77.46	1.330	7	77.95	1.860
2	73.85	1.720	8	77.98	1.880
3	74.08	1.690	9	79.39	1.600
4	71.59	1.680	10	75.31	2.330
5	74.48	1.510	平均值	75.80	1.794
6	75.94	2.340			

由表5、表6分析可知,系统优化改进后,整丝率从72.53%提高到75.8%,提高了3.27%。碎丝率从2.463%降低到1.794%,降低了0.669%。

3.2 烟支剔除不良率降低

选定卷烟机17#,除控制因子发生改变,其他因子不变的状态下,进行有控制(稳定性好)和无控制(稳定性差)各生产一周,统计不良烟支剔除率,详见表7。

表7 MES采集的坏烟剔除数量

Table 7 Unacceptable cigarettes
quantity by MES collected

无控不良烟支 剔除数/支	有控不良烟支 剔除数/支	17#周产量/万支
217 653	204 895	4 567.7

(上接第100页)

组串联工作时,需通过淀粉胶加热凝结的速度,设计出两设备之间纸板加热烘干生产线,提高包边效率。

参考文献:

- [1] 叶婷,王莉.蜂窝纸板生产设备与加工工艺[J].轻工机械,2008,26(5):78-81.
- [2] 吴国荣.谈蜂窝纸板[J].包装与食品机械,2003,21(4):36-37.
- [3] 叶柏彰.低碳经济促纸蜂窝材料“破茧成蝶”[J].造纸信息,2010(5):7-8.
- [4] 张峻岭,毛中彦.蜂窝纸板在包装中的应用[J].机电信息,2004(17):28.
- [5] 叶柏彰.我国蜂窝纸板产业发展状况与包装应用分析[J].造纸信

从表7中可以看出两周对比生产后,少剔除不良烟支 $217\ 653 - 204\ 895 = 12\ 758$ 支,可得每生产万支烟可以少剔除不良烟支为: $12\ 758 / 4\ 567.7 = 2.793$ 支/万支。按2011年80万箱(1箱有5万支卷烟)产量,一年可减少 $80 \times 5 \times 2.793 = 1\ 117.2$ 万支的不良卷烟。

4 结语

封闭式的物料风送系统可从系统设计的参数匹配,控制系统合理化配置等方面入手得到改进,并且良好稳定的风送系统对物料的产质量都有不错的提升。

参考文献:

- [1] 吴建章,李东森.通风除尘与气力输送[M].中国轻工业出版社,2009.
- [2] 张振峰,戴石良,李国荣,等.风速监控仪在卷烟机风力送丝系统中的应用[J].烟草科技,2007(6):24-25.
- [3] 凌啸,袁国安,黄深海.烟丝在水平管道内流动特性分析[J].轻工机械,2011,29(4):79-81.
- [4] 张楚安,陈德祥,熊浩.风力送丝系统配丝装置的改进应用[J].烟草科技,2007(7):11-13.
- [5] 沈传新.污水厂TURBO离心鼓风机的喘振原因分析及对策[J].中国给水排水,2009,25(14):96-99.
- [6] 张雄,李国荣.烟丝气力输送系统送丝管风速测量[J].烟草科技,2006(2):18-21.
- [7] 姚光明,李晓,尹献忠.烟丝整丝率变化率对卷烟卷接质量的影响[J].烟草科技,2004(11):3-6.
- [8] 谢海,郑小珍,彭小勇.恒压集束管式风力送丝装置的设计与应用[J].包装与食品机械,2012,30(3):66-69.
- [9] 马林,何桢.六西格玛管理[M].北京:中国人民大学出版社,2007.
- [10] 马逢时,周晖,刘传冰.六西格玛管理统计指南[M].北京:中国人民大学出版社,2007.
- [11] 何晓群,王作成.六西格玛管理与MINITAB软件[J].中国统计,2005,52(9):10-14.

息,2001(12):14-15.

- [6] 曾台英,齐建红,蔡锦达.蜂窝纸板托盘包边设备设计[J].包装工程,2013,34(5):60-61.
- [7] 沈汉春,刘崇文.蜂窝纸板包边机:中国,2011104472807[P].2011-12-28.
- [8] 张峻岭.蜂窝纸板防振缓冲特性研究及应用[D].武汉:华中科技大学,2004:1.
- [9] 李咏梅,骆光林.瓦楞纸板和蜂窝纸板的发展方向[J].中国包装工业,2005(4):28.
- [10] 温时宝,曹开化,王斌,等.高强瓦楞蜂窝复合纸板及其力学性能研究[J].包装与食品机械,2012,30(3):32-35.
- [11] 中国包装联合会.BB/T0016-2006包装材料-蜂窝纸板[S].北京:中国计划出版社,2006:2-4.