

垂直-水平 90° 力矩变向调整机构的应用研究

林明山¹, 陈文芎^{2*}

(1. 漳州职业技术学院机械与自动化工程系, 福建 漳州 363000; 2. 厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 给出一种采用垂直-水平 90° 力矩变向结构, 该结构将外印设备印刷滚筒轴的印刷压力调整机构由复杂危险的水平调节改造成安全方便的垂直调节, 具有安全、操作性好的特点. 进行了相关的结构和运动学分析及给进量精度分析, 分析表明本结构给进精度可达 0.01 mm, 满足生产要求.

关键词: 外印工艺; 印刷滚筒; 印刷压力; 力矩; 机构设计

中图分类号: TG 386

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2012)06-01001-04

易拉罐的制造融合了冶金、化工、机械、电子、食品等诸多行业的先进技术, 成为铝深加工的一个缩影^[1-4]. 在生产中, 外印是生产工序中重要一环, 通过外印设备把客户所要求的商标、文字图案印刷在罐体外表, 实现产品视觉传达的功能^[2]. 这种设备具有高精度、高转速等特点, 每台设备依颜色需要配备有 6~8 个印刷滚筒. 在外印过程中, 为了消除冷热机状态下印刷效果的差异, 调整机构(图 1)就显得非常重要, 需要经常对装有印刷版滚筒 3 进行微调, 以获得印刷版与安装在传印版滚筒 4 上的传印版之间有良好的压力^[2-3]. 图 1(a)为常用的印刷版滚筒压力微调结构, 调整时通过转动调整螺栓 1 对印刷版的滚筒轴调节杆 2 施加水平力, 使印刷版滚筒上的偏心结构产生偏心移动量来完成. 图 1 中 F_0 为转动螺母所产生的螺旋力; α 为该型号螺母的螺旋角. 这种调整机构虽然简单, 但机构与滚筒轴端面深度达到 400 mm, 邻近又有高速旋转的传动件, 空间狭小. 调整时要在印刷滚筒轴高速旋转的工况下将手臂深入到这样深且危险的位置操作, 极易造成操作人员手臂或手指被传动件所伤, 或工具被传动件撞击飞出伤到周围的人等生产安全事故. 为了解决这个问题, 我们查阅了许多资料, 未能找到类似装置的国内外研究成果或专利, 而目前国内外的这类型设备中均沿用图 1(a)所示的调整机构. 因此, 进行这方面的研究具有较高的应用价值.

1 机构的设计

经过多年的生产研究, 给出了图 1(b)所示的一种采用 90° 力矩变向的新调整机构, 机构由相互垂直的轴杆 5 与顶杆 6 构成. 施加在轴杆 5 上的垂直力通过顶杆 6 转变为水平力, 推动滚筒轴调节杆 2 产生偏心移动, 推动印刷滚筒, 实现偏心量调整. 该结构将调节部分移到外面调整, 因此具有操作安全、结构简单的特点.

新调整机构结构图如图 2 所示, 机构中轴杆 3 与滑块 15 连接采用推力球轴承 13, 可顺利完成轴向力传递; 轴杆与基座 11 采用螺纹连接, 形成螺杆传动副, 同时基座也成为轴杆的支撑^[5].

当需要调整时, 用扳手扳动转动头 1 带动轴杆 3 转动(转动头 1 通过销与轴杆 3 紧固在一起), 拉动滑块 15 向后或向前滑动, 从而带动联接板 9 产生转动, 进而使得顶杆 16 产生水平运动, 推动调节杆完成对印刷版滚筒的偏心量调整. 调整结束后, 拧紧止动螺母 2 使轴杆不再有转动.

2 机构运动分析

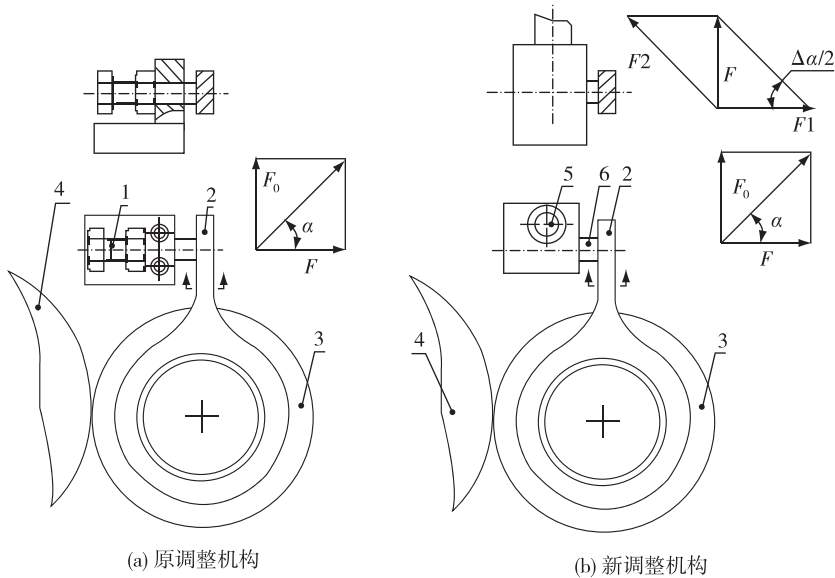
从图 2 可以得知, 轴杆 3、顶杆 16、联板 9 为活动构件, 轴杆 3 为原动件; 轴杆 3 与基座 11 及顶杆套 10 与顶杆 16 构成移动副; 联板 9 通过基座销 5、基座 11 构成转动副; 显然, 轴杆 3 的上下运动通过联板 9 绕铰接点摆动传递给顶杆 16, 从而实现顶杆的左右移动^[5-6].

当 90° 力矩变向调整机构运动到某一个的位置时所

收稿日期: 2012-03-29

基金项目: 福建省教育厅科技项目(JB09279)

* 通信作者: wxchen@163.com



1. 调整螺栓; 2. 滚筒轴调节杆; 3. 印刷版滚筒; 4. 传印版滚筒; 5. 轴杆; 6. 顶杆

图 1 调整机构简图
Fig. 1 The sketch of adjusting mechanism

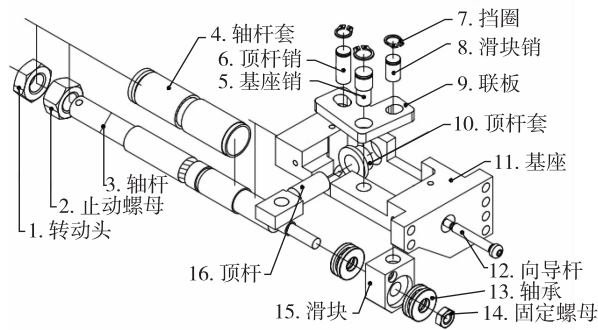


图 2 新调整机构结构图
Fig. 2 The improved adjusting mechanism

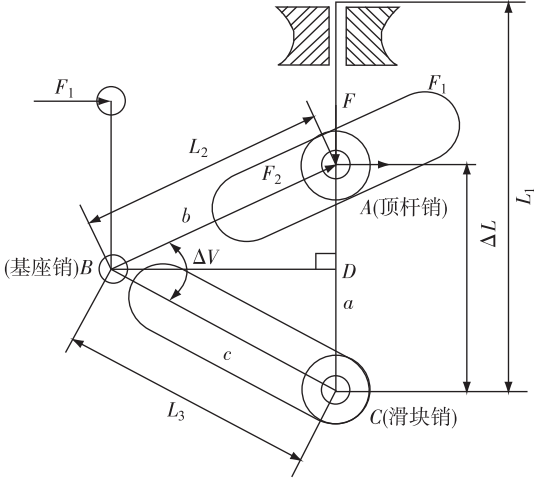


图 3 销轴连杆运动及受力简图
Fig. 3 The stress and movement situation of coupler

对应销轴连杆简图如图 3 所示。

根据余弦定理的计算公式：

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha, \tag{1}$$

式中, a, b, c 分别为三角形三条边的长度, α 是 a 边对应的角度. 对 90° 力矩变向调整机构, 可得

$$\Delta L^2 = 2L_3^2 - 2L_3^2 \cos \Delta \alpha, \tag{2}$$

式中, ΔL 是轴杆旋转后行进的距离; $n \cdot p$, n 为转动圈数, p 为轴杆的螺距, L_3 是基座销与顶杆销的中心距离, $\Delta \alpha$ 是基座销与顶杆销之间角度的变量, 经整理后可得

$$\Delta \alpha = \arccos \left(1 - \frac{\Delta L^2}{2L_3^2} \right). \tag{3}$$

利用平面四杆机构运动分析原理, 对 90° 力矩变向调整机构进行位移运动分析, 当运动 $\Delta \alpha$ 后得到销轴顶杆简图, 如图 4 所示。

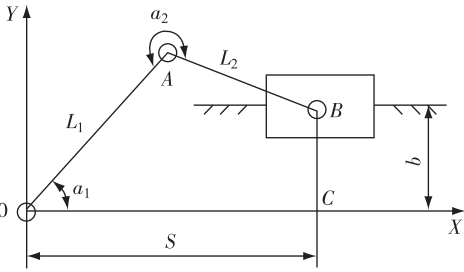


图 4 销轴顶杆简图
Fig. 4 The part of pushing-rod

从图4中四边形OABC各矢量方向,可得

$$L_1 e^{i\alpha_1} + L_2 e^{i\alpha_2} = s + ib^{[7]}, \quad (4)$$

分别取实部与虚部,并在 b 前加符号系数 N 后得

$$s = L_1 \cos \phi_1 + L_2 \cos \phi_2, \quad (5)$$

$$\phi_2 = \arcsin \frac{Nb - L_1 \sin \phi_1}{L_2}, \quad (6)$$

式中,当偏距 b 位于 y 轴的正向时, $N=1$,反之, $N=-1$; L_1 是基座销与滑块销的中心距离; L_2 是顶杆的长度; $\phi_1 = \phi_1 - \Delta\alpha$, $\phi_2 = \phi_2 + \Delta\alpha$, ϕ_1 、 ϕ_2 是初始角度。

综上可得,轴杆转动的圈数与顶杆运动行程的关系式如下:

$$s = L_1 \cos \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right] + L_2 \cos \left[\phi_2 + \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right]. \quad (7)$$

当 $L_1 = 100$ mm, $L_2 = 200$ mm, $\phi_1 = 50^\circ$, $\phi_2 = 150^\circ$, $p = 1$ mm, $L_3 = 30$ mm时,可得出轴杆转动的圈数与顶杆运动行程的关系曲线图,如图5所示。

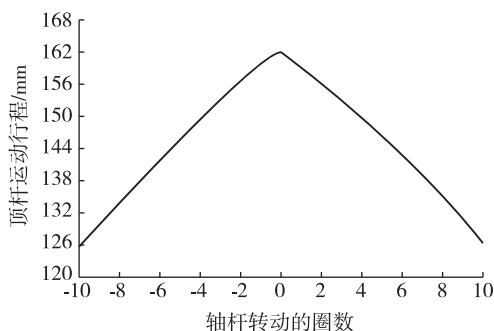


图5 轴杆与顶杆行程的曲线图

Fig. 5 The kinematic relationship between spindle and pushing-rod

机构中工作构件的运动误差主要受两类因素影响。第一类是由机构各基本尺寸误差引起的机构工作构件运动误差。这类误差来源有构件加工制造过程中的误差,运动副间隙引起的误差等。在本机构中,螺杆和螺母、各运动副存在制造及配合公差。由于机构调节的零件(印刷滚筒)始终沿着逆时针旋转,顶杆16头部受压,运动副间隙被压向一侧,螺旋副在单方向传动时,间隙不会影响螺母的位移误差^[8]。当调节结束后机构被锁定不再运动,这些误差只是影响调节的敏捷性,不影响机构调整精度。但间隙的存在会影响机构动力学性能,由于难以在机构的运动方程解析式中考虑间隙,故有关从运动学角度研究间隙对运动误差影响的文献还不多见,目前尚需凭经验来确定运动副配合精度^[9]。为了提高操作性,运动副配合选择较高精度等

级,螺旋副选择较高的制造精度。第二类是在机构选型和尺寸设计过程中,设计出的机构在各构件尺寸均无任何误差情况下能够实现的运动,与预定要求的理想运动之间的误差。例如选用平面铰链四杆机构的连杆上某点近似实现预定轨迹的设计中,设计出的机构能实现的运动轨迹,与预定要求的运动轨迹之间的偏差。这类偏差可用机构运动分析方法确定^[10]。

根据机构运动分析,当 $b=0$ 时,顶杆的位置方程为:

$$s = L_1 \cos \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right] + \sqrt{L_2^2 - L_1^2 \sin^2 \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right]},$$

分别对 L_1 和 L_2 求偏导数,得误差传递系数

$$\frac{\partial s}{\partial L_1} = \cos \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right] - \frac{L_1 \sin^2 \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right]}{\sqrt{L_2^2 - L_1^2 \sin^2 \left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right]}}.$$

当 $\left[\phi_1 - \arccos \left(1 - \frac{n^2 p^2}{2L_3^2} \right) \right] = 27^\circ$ 时,其值为

$$\frac{\partial s}{\partial L_1} = 0.8249, \frac{\partial s}{\partial L_2} = 1.0106.$$

若此时 L_1 、 L_2 的误差为 ΔL_1 、 ΔL_2 ,则 s 的误差

$$\Delta s = \frac{\partial s}{\partial L_1} \Delta L_1 + \frac{\partial s}{\partial L_2} \Delta L_2 = 0.8249 \Delta L_1 + 1.0106 \Delta L_2.$$

以上分析得出, s 的误差由 L_1 、 L_2 的误差所确定,只需控制这2个误差,当 ΔL_1 、 ΔL_2 误差控制在各为0.005 mm时,则 s 的误差为0.01 mm,能满足印刷版滚筒压力微调结构的误差要求。

3 应用验证

基于上述分析及设计,制造出样机引入某制罐公司引进的高速易拉罐自动化生产线上的彩印设备试用,表1为在线10次实际应用的结果。

4 结论

本文在易拉罐行业提出了一种力矩变向机构,将外印设备印刷滚筒轴的印刷压力调整机构由危险的水平调节改造成垂直调节。应用结果表明,该调整机构可操作性强,调节精度满足要求,调节快捷安全,消除了安全隐患,可完全替代原机调整机构,并在行业内推广。

表 1 新调整机构的应用结果
Tab. 1 The application of improved adjusting mechanism

序号	调整原因	调整值/mm	调整结果
1	黑色漏印	进 0.28	漏印消除,经检测色泽符合色标要求
2	红色漏印	进 0.27	漏印消除,经检测色泽符合色标要求
3	蓝色太浅	进 0.15	颜色转深,经检测色泽符合色标要求
4	黄色太深	退 0.14	颜色转浅,经检测色泽符合色标要求
5	黑色太浅	进 0.15	颜色转深,经检测色泽符合色标要求
6	绿色太深	退 0.16	颜色转浅,经检测色泽符合色标要求
7	绿色漏印	进 0.26	漏印消除,经检测色泽符合色标要求
8	金色漏印	进 0.27	漏印消除,经检测色泽符合色标要求
9	蓝色太深	退 0.18	颜色转浅,经检测色泽符合色标要求
10	红色太深	退 0.16	颜色转浅,经检测色泽符合色标要求

参考文献:

[1] 林明山. 铝合金板材易拉罐变薄拉伸技术分析[J]. 模具制造,2007,72(7):27-30.

[2] 叶凯,林明山. 铝质易拉罐技术研究与应用[J]. 中国包装工业,2002,93(3):6-9.

[3] Fu G S, Chen W Z, Qian K W. Effects of melt treatment technique on the metallurgical quality and mechanical properties of aluminum sheet used for can[J]. Key Engineering Materials,2005(297):482-488.

[4] 刘乘,唐静静. 罐盖送料机构的研究[J]. 包装与食品机械,2004,22(5):4-6.

[5] 斯克莱特(美). 机械设计实用机构与装置图册[M]. 邹平,译. 北京:机械工业出版社,2010.

[6] 郑文玮,吴克坚. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

[7] 华大年,华志宏. 连杆机构设计与应用创新[M]. 北京:机械工业出版社,2008.

[8] 王世萍. 螺旋传动精度分析[J]. 光学机械,1987,94(1):49-58.

[9] 宋黎,杨坚. 运动副间隙对平面连杆机构运动误差影响的模拟实验研究[J]. 机械设计,1998,15(7):30-32,44.

[10] 华大年,华志宏,吕静平. 连杆机构设计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1995.

Study on the Application of Adjusting Mechanism
Vertical-horizontal 90° Torques

LIN Ming-shan¹,CHEN Wen-xiang^{2*}

(1. Department of Mechanical Engineering and Automation,Zhangzhou Institute of Technology,Zhangzhou 363000,China;
2. School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering,Xiamen University,Xiamen 361005,China)

Abstract: The article gives a vertical-horizontal 90 degree to the change structure of torque, the printing pressure adjustment mechanism of foreign printing equipment printing roller shaft is composed of complex danger level by transformation into safe and convenient vertical adjustment, which characteristics has safe and good operation. The article undertook relevant dynamics analysis and feed amount of precision analysis, the experimental results show that the structure of the feeding accuracy up to 0.01 mm, meet the requirements of production.

Key words: external printing process;printing cylinder;printing press;moment;mechanism design