

解包烟用纸箱回收系统归正装置设计于应用

江翀 徐立 章于海 孟建宏* 沈唯鲁

浙江中烟工业有限责任公司宁波卷烟厂，浙江宁波，315000；

摘要：本文介绍一种针对解包工序烟用纸箱回收系统的归正装置的设计方法。本文通过解包线烟用纸箱在回收过程中存在的问题入手，分析其原因并制定对应的设计方案，根据方案完成制作和实施，从而解决了烟用纸箱回收过程中堆叠不规整易倾倒等问题，提升了设备智能化水平和现场管理精益化水平。

关键词：解包工序；烟用箱；归正装置设计

DOI：10.69979/3029-2727.24.12.057

前言

卷烟厂加工的原料一般是指复烤后经过压缩的烟包。在制丝生产线的第一道工序就是将烟包进行解包处理，主要目的是去除装烟包的烟用纸箱。机器人会将烟用纸箱抓取处理并放置到纸箱接收架。纸箱经过折叠机折叠后，被输送至纸箱托盘。最后由叉车工将纸箱运送至回收站。

在纸箱折叠输送至托盘这一步骤过程中，其在落入托盘时，会有不规整的现象，由于一个托盘要接收 40 个左右的烟箱，不规整烟箱叠加后，使托盘上的纸箱在生产和运送过程中有倾倒的问题发生，不仅存在安全隐患，同时也不利于现场管理的规范。因此考虑使用一种归正装置对落于接受架上的纸箱进行归正。

目前，烟草行业纸箱回用方式多是采用人工叉车手段，对于纸箱的堆垛采用人工归正的方法。但随着设备智能化的不断深化，纸箱回收设备的自动化程度越来越高，因此自动归正装置的应用也越来越具有实用性。

1 问题分析

目前的烟用纸箱回收系统工作流程如下图 1 所示，自动回收系统主要由 4 个部分组成，分别是托架输送、托架升降装置、纸箱落料口、接口输送机。其工作过程如下，托架通过输送机 1 送至托架升降装置 2 处，托架升降装置将托架架提升至固定位置，接收从链式输送机落料口 3 送来的烟用纸箱。若干烟用纸箱掉落到托盘后，托架升降装置会下降，直至堆叠满 40 个纸箱后，通过接口输送机 4 送出。

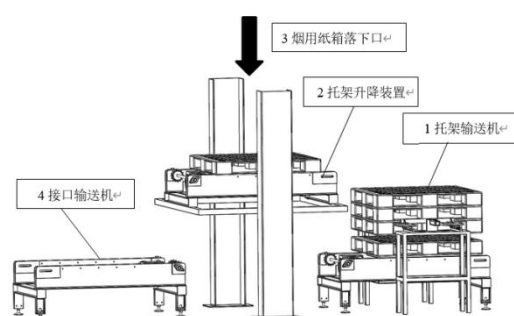


图 1 烟用纸箱自动回收系统整体示意图

该回收系统可以实现烟箱的自动回收功能，全流程无需人工干预，但是在烟用纸箱回收的工作过程中存在纸箱掉落不规则的问题，其原因在于两点，首先是纸箱掉落高度较大。托架升降装置出于安全性和稳定性考虑，升起高度有限位器，纸箱落料口和托架升降装置的限位高度距离有将近 800mm，随着工作过程的下降，纸箱落下的距离始终保持在 600-800mm 之间，这样的距离下纸板落下易发生位移。

其次是纸箱本身存在厚度不均的问题，在自动解包运送过程中又存在破损、折叠不规整等现象，使其重心位置存在不同程度的偏移。

综合下降高度和纸箱重心偏移问题，导致的结果是，纸箱落下时受气流和重心偏移影响，落到托盘后出现较大的不规整的状态。一个托架要堆叠 40 个纸箱，在堆叠状态不规整的情况下，非常容易发生倾倒和晃动。目前烟草行业的纸箱回收系统越来越智能化，很多企业开始应用 IGV 小车自动运送托盘，在这种情况下，纸箱不规则问题会导致自动小车在运载过程中出现多次倾倒，存在较大的安全隐患，同时也不利于现场管理水平的提升。

2 设计方法

2.1 方案确定

由于安全操作要求,升降装置的高度限制不能调节,纸箱质量也不受车间控制,因此解决方案主要针对落到托盘处的纸箱进行归正。对于归正装置的选择,考虑三个方案,一是在接口输送机出口安装滑轮导向条,通过运输过程被动归正的方式使纸箱归正;二是安装马达驱动的机械归正夹具,在纸箱完成堆叠运输时,进行归正。三是采用气缸驱动的推正块,安装在升降装置的支架上,在纸箱堆叠的同时完成归正动作。

首先是滑轮导向条装置,该装置可以安装在接收架边缘,于四点安装四条导向条,当纸箱落下时进行机械归正。该方案的优点在于实施简便,制作成本低。缺点在于该导向条属于固定式机械归正,对于有约束的纸箱动作有较好的归正效果,但是本文的纸箱是掉落后置于是接受架,在掉落过程中属于自由落体,没有约束效果,这种情况下,固定式的归正装置无法有效归正,在掉落过程中的偏移甚至会直接和导向条发生干涉,出现纸箱滑出接收架的问题,导致不必要的隐患。

其次是考虑马达驱动的机械归正装置。该方案采用在接收架两侧安装两块归正板,通过滑槽和电机马达进行驱动,在纸箱落位后,通过归正板的运动来夹紧纸箱,达到归正作用。这个方案的优点在于马达驱动的情况下,无需考虑夹紧力是否满足纸箱归正要求,而且可以通过电机控制的方式达到自动归正的作用。该方案的缺点在于成本和安全性,由于该方案包括电机马达、滑槽、归正板三部分,制作成本较大,而且由于纸箱需堆叠 40 个左右,按平均每个 20mm 厚度计算,最后的堆叠高度在 1 米以上,因此归正板的面积将比较大,在进行滑槽运动时,存在一定的安全隐患。同时接收架附近有人工保养区域,安装马达、滑槽和归正板后对保养工作造成了不便,也存在安全隐患问题。

最后方案三采用气缸驱动推正块的方式。由于气缸体积小,安装简便,可以安装在接收架上同步动作,因此不需要大面积的归正板,只需设计小尺寸的推正块即可满足要求。并且,气缸体积较小,推力可通过压力调节,安全性能高,控制方式简单有效,具有成本低、安装简便、效果可调节等优点,缺点在于归正时需要多个气缸同时定做,需要调节同步性。

通过综合考虑,决定采用方案三,即使用气缸驱动

推正块的方式,完成纸箱归正的动作。

2.2 设计思路

2.2.1 推力计算

在设计烟用纸箱归正装置时,首先对纸箱移动所需的力进行测量,并算出纸箱的摩擦系数。根据摩擦力的公式: $f = \mu mg$, (1)

其中 f 是拉动纸箱所需要的力, m 是纸箱重量, μ 为纸箱摩擦系数。

通过测力器拉动单个纸箱,得到 $f=55.6N$,通过 10 个纸箱称重,得到单个纸箱平均重量为 $m=18kg$ 。

代入公式 (1) 可以得出纸箱摩擦系数 $\mu=0.31$ 。

根据归正装置的初步设计,每堆叠 3 个纸箱进行一次归正动作。即:

$$f=0.32 \times 18kg \times 10N/kg \times 3=165N$$

得出结论:归正装置需提供至少 165N 的推力,确保纸箱能够完成归正动作。

2.2.2 归正装置主体设计

根据归正装置特点,初步考虑采用柱塞式气缸相相对顶的方式进行归正。在确定归正气缸的安装方式时,考虑到纸箱受力平衡的因素,决定采用两对共四个气缸进行归正。需要考虑安装位置采用对角线四点,还是固定在升降支架两侧。

首先考虑时四点归正,四点归正的优点是能够在 X Y 轴两端同时进行归正,归正效果最佳。缺点在于四点归正对于安装位置有严格要求,必须在接收架的对角线位置额外安装气缸支架,这种安装方式对于接收架的空间有一定要求,同时必须计算气缸支架的重量对于接收架的影响。

其次考虑采用升降支架两侧安装,这种安装方式优点在于无需额外安装气缸支架,通过安装在设备原有的升降支架,对接收架没有影响。缺点在于只能对 X 轴进行归正动作,Y 轴处没有有效约束。

通过观察纸箱堆叠的实际情况。由于纸箱在掉落之前会因自重滑落一段距离,并和落料机架有一个接触,可以视为机架对掉落前的纸箱,有了个 Y 轴单方向的归正作用,因此纸箱在掉落, Y 轴方向较为整齐,无需再进行归正,主要的不规则发生在 X 轴方向。因此只需要在 X 轴方向安装归正装置,

由此,采用升降支架两侧安装的方式。如图 3 中箭头所示。

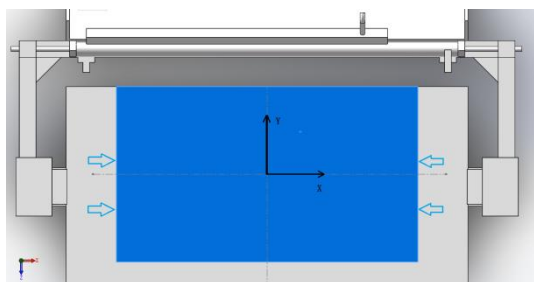


图 3 气缸安装位置示意

完成气缸安装位置的设计后，对柱塞式气缸进行选型。由于气缸顶部需要安装归正块（如图 4），归正块的两端采用滚轮结构，减少纸箱勾连的隐患，而在工作过程中归正块所受的力不是均布载荷，因此如果采用单柱塞结构，柱塞会出现单边受力的情况，对气缸柱塞会形成扭矩（如图 5），长时间工作后柱塞容易发生变形导致卡顿，或者内腔因摩擦不均匀，发生内漏，因此在选型时考虑采用直线导程式气缸（图 6），减少其产生的扭矩力。

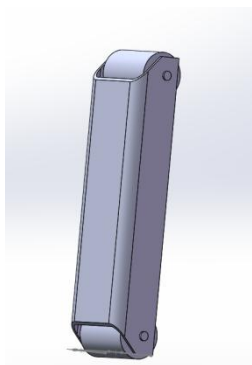


图 4 归正块示意图

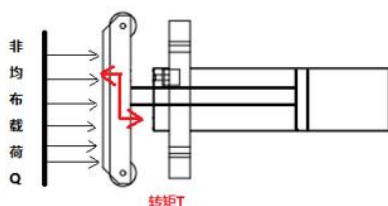


图 5 单柱塞气缸示意

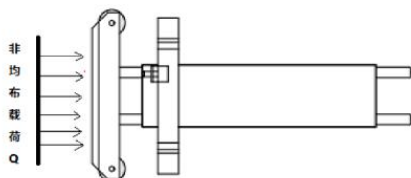


图 6 直线导程式气缸示意

同时测量纸箱处于规整状态下到支架的距离，测得

距离为 330-340mm，根据气缸顶端安装的归正装置固定位和可调节量位 33mm（如图 7），将气缸行程定为 300-320mm。

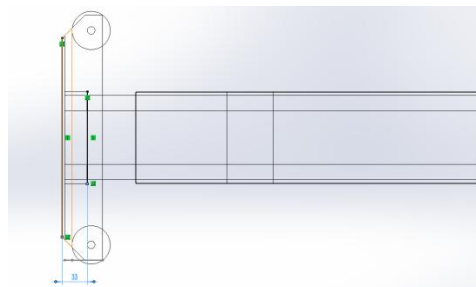


图 7 归正块连接位置尺寸示意

确定气缸行程后，根据推力计算得出的结果 $f \geq 16$ 5N, 结合气压供给预设 0.2Mpa, 根据公式

$$F=PS \quad (2)$$

其中，由于 4 个双杆归正气缸，共 8 个导杆， $F=16$ 5/8=20.625N

$$P=0.2\text{Mpa}=200\text{N/m}^2$$

带入公式 2 后，得 $S=0.10\text{m}^2$

气缸导杆为圆柱型，根据公式

$$S=\pi r^2 \quad (3)$$

把 $S=0.1\text{m}^2$ 代入公式 3 得

$$R=0.17\text{m}=17\text{mm}$$

由此得出结论气缸导杆的直径 $\varnothing \geq 34\text{mm}$

考虑到负载较轻，工作环境较好，兼顾经济性，采用安全系数 1.1

得到气缸导杆直径 $\varnothing \geq 34\text{mm} \times 1.1 = 37.4\text{mm}$

综合以上得出的结论可以获得归正气缸的基本参数为

直线导程式气缸，气源压力不低于 0.2Mpa。

气缸行程为 300-320mm。

气缸直径 $\varnothing \geq 37.4\text{mm}$ 。

根据以上参数，在 FESTO 产品手册中，查询合适的气缸结果为：

DFM-40-300-B-P-A-GF

由此完成归正装置的主体设计如下：

归正装置安装位置为升降装置支架

归正装置主体由四对气缸，并于气缸前端安装归正块

气缸选型为 DFM-40-300-B-P-A-GF

2.2.3 归正装置控制逻辑设计

归正装置的工作过程设计思路是每堆叠 3 个纸箱进

行一次归正动作，完成归正动作后，升降台下降 3 个纸箱的高度，当再次完成三个纸箱的堆叠后，进行下一次归正，以此类推，直至完成四十个纸箱的堆叠。

根据以上设计思路，首先将升降平台托盘无纸箱时最高点的位置设为零位，然后测量单个纸箱的平均高度为 20mm，根据这个测量结果，在距离零位高 60mm 处设置一对对射式光电管，安装于长槽支架上，便于调整光电管位置。其次由于此装置结构简洁，应用环境不复杂，因此在气源过滤减压后，采用电磁式二位五通式换向阀，保证气路开闭的快捷性和便利性，同时为了确保四个气缸同时动作，通过排气节流方式，手动调节四个气缸的同步率。（如图 8 所示）。最后连接 PLC 程序，关联归正信号和升降信号。

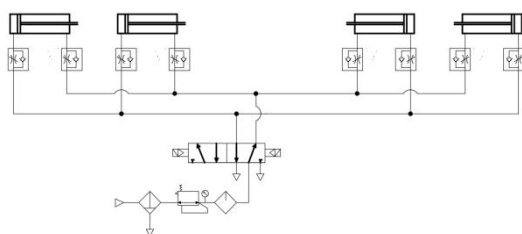


图 8 归正装置气路控制示意图

2.2.4 归正装置的设计综述

该归正装置的执行部分采用两对 FESTO 柱塞式气缸，在活塞处安装滑轮机构作为归正块，通过一对气缸活塞的相向伸出，对纸箱进行归正。由于归正块在工作过程中有受力情况，如果采用单柱塞结构，会出现归正块单边受力的情况，对气缸活塞会形成扭力，不利于气缸正常工作，因此在选型时考虑采用双柱塞式气缸，对归正块采用双点固定，增加其强度。同时在选择气压大小时，考虑到纸箱厚度重量和归正效果，应使用 0.1MPa 以上的气压，并通过可调节的减压阀、在气缸进出气端增加节流装置的方式，来调节归正时负荷强度以及活塞杆的速度。

气缸气源通过过滤器、减压阀联结的方式，采用电控式电磁阀控制气缸气路的连通。由于此装置结构简洁，应用环境不复杂，因此气缸采用两位四通式，保证气路开闭的快捷性和便利性。

关于归正装置的控制逻辑，采用若干纸箱落下到达一定堆叠高度时进行一次归正。实现的方式是通过在气

缸合适位置安装光电感应器。正常情况下归正装置处于不工作状态，当落下若干纸箱后，纸箱堆叠到达一定高度，光电感应器的光接收装置被落下的纸箱遮挡后，输出电信号，使电磁阀换向至工作位，气缸伸出进行归正，归正后接受架下降一个高度，光信号重新接收，再次输出电信号，使电磁阀复位，气缸复位，等待下一次工作。

2.2.5 归正装置工作过程

图 9 是归正装置的工作示意图。

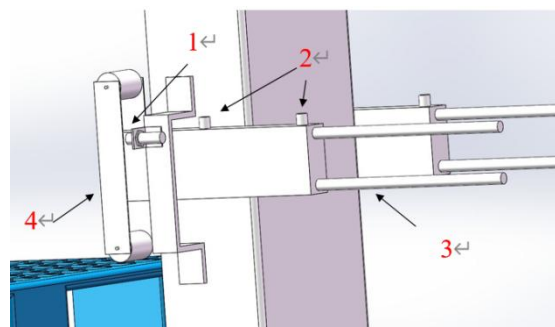


图 9 工作过程示意

1-对射式光电管 2-节流阀 3-导程气缸 4-归正块

归正装置在正常状态下，处于不工作状态。当三个纸箱落下到达堆叠高度时，安装在归正装置上的对射光电感应器 1 会因为被纸箱遮挡，从而输出电信号，使与二位五通电磁阀换向至工作位，电磁阀通过气路与归正气缸的节流阀 2 相连接，使活塞杆伸出，活塞杆前的归正块 4，对纸箱进行归正。归正后接受架通过 PCL 程序，控制升降装置电机，使升降台下降一个高度，光信号重新接收，再次输出电信号，使电磁阀复位，气缸复位，等待下一次工作。

3 结语

这种归正装置的设计方法能够有效解决烟用纸箱回收系统的堆叠不规整问题，消除了纸箱回收过程中倾倒和卡死的隐患，同时通过自动化装置的设计与安装，达到实现设计意图的目的，提升了设备的自动化程度。

参考文献

- [1] 成大先，《机械设计原理第六版》化工工业出版社 2016.
- [2] 闻邦椿，《机械设计手册第五版气压传动与控制》机械工业出版社 2024