

高速通用气动差分理盖机

穆嘉楠 / 陕西省西安市西安中学
指导教师 赵锦鹏 房继红 吕 铎

◎ 发现问题

2013 年寒假中,我和父亲在塑料制品厂中看到如下场景:工人们将生产出的红白两种油壶盖叠放在一起,用橡皮锤人工砸合。如此原始的操作和工厂中各式先进生产机器形成了鲜明对比。

进一步的实地考察与网络搜集资料调查显示,“人工砸盖”这一工艺流程有以下缺点:效率低下;人工操作造成难以消除的二次污染;工人劳动机械重复,劳动强度大。同时,我在考察中未见到现有压盖机的有关信息,网络查找资料未发现成熟压盖机资料。

这一现状使我萌生了设计并完成一台代替人工砸盖的机器的想法。结合进一步市场调查,这样一台机器的设计期望是:成品率不低于 99.5%;速度达到人工操作的 4 倍;成本不高于 10 万元人民币。

◎ 确定研究项目

通过观察思考,我发现要制作一台机器代替人工实现压盖子,它要解决的主要是 3 个问题:首先要解决的,是盖子开口朝向要一致;其次,两种盖子能按照要求初步组合到一起;最后,是用机械力压合两盖。

通过进一步调查分析,我发现组盖、压盖问题不难处理,可以利用间歇运动

机构及冲床的原理进行改造。而理盖用途更广,而且有一定的挑战性。

当前在食用油、部分饮料及洗衣液等食品日化行业,包装容器采用带防伪拉环的圆柱形盖封装的形式比较普遍。在封装工序中,防伪盖的分理成为一大难题,国内现在尚无成熟的防伪盖的高速自动分拣技术及设备。提升式理盖机和振动式理盖机通用性较好,但速度太低,只有 1 pcs/s 左右;叉齿形理盖器和陷阱式理盖器速度很快,但通用性不好;尤其是在油壶盖生产过程中,大多为人工分拣、摆放。国外也暂未见相关报道及应用。

◎ 研究过程

➤ 测试、总结、分析

经过多次测试并反思与分析,我们为新产品明确了 3 个方向:①要实现高速理盖,应该采用二步法分拣;②叉齿形理盖器和陷阱式理盖器都是采用“堵”的策略,我们应该尝试采用“疏”的策略,从而解决卡滞的问题;③叉齿形理盖器和陷阱式理盖器对正反盖子的甄别,都是采用“硬”力——固定的叉齿和陷阱,我们为什么不能使用“软”力呢?!首选的“软”力非气动力莫属!

➤ 气动差分理器的原理设计

综合上面总结明确的 3 个方向,我得出一个气动差分理的思路:如果将

盖子水平放置,让一股与水平面成一定角度的气流吹向盖子中心位置,这股气流将对盖子产生推力,这个力可以分解为水平分力和垂直分力;盖子有底的一面很光滑且边缘无阻挡,水平分力会小得多;而盖子开口的这一面,由于有侧边对气流的阻挡,水平分力将会大得多;至于垂直分力,对于两种朝向的盖子应该都是一样大的。力可以产生位移,那么我们就利用这个不同的水平分力实现盖子的分拣。原理设计见图 1。

如图 1 所示,上下分别设置了相互平行而方向相反的气流,形成了“差动”,所以我们称之为气动差动分离器,简称“气动差分器”。

不同朝向的瓶盖受同一气流吹动作用,产生了明显的分离现象,且分离效果与气流方向和水平放置的瓶盖的水平线轴线的夹角有关,大约在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 间为佳。

➤ 离心分离器的深入分析

气动差分理器的输出可以选择,这是一个优势,但是同时也给我带来了困惑:应该选择哪一种盖子形态作为输出呢?经过大量的观察发现,离心分离器输出的盖子,开口向上的盖子数量远远多于开口向下的盖子数量。这是由于开口朝上的盖子重心较低,而开口朝下的盖子重心较高,受水平作用力后,以最下端为支点造成的。

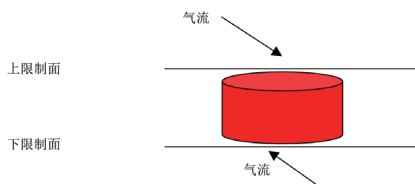


图1 气动差分原理

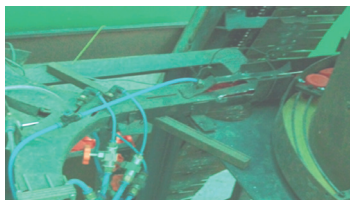


图2 气动差分理盖机实物

水平运动时，开口朝上的盖子重心较低；而开口朝下的盖子重心较高；在相同的合力作用下，开口朝下的盖子比开口朝上的盖子承受的扭矩要大一些，倾覆翻转的概率肯定要大于开口朝上的盖子。垂直坠落时空气阻力作用点在盖子下侧边中点，重力作用于重心位置，由于重力和空气阻力作用线不重合，就会产生扭转力矩；而这个扭转力矩总是朝着使盖子向开口朝上的状态翻转。

以上两种情况就是造成开口朝上的盖子数量远远多于开口朝下的盖子数量的原因。因此，可以毫不犹豫地确定：应该选择开口向上的盖子形态作为输出！

② 气动差分理盖机的制作、测试

根据上面的实验分析和结论，采用二步分理法：离心分理器 + 气动差分分理器；我们很快制作了一台气动差分理盖机（见图2）。

我们把输出滑道和气动差分分理器出口连接上，再向离心分理器里倒入200多个盖子，运行不到10秒钟，离心分理器里的盖子全部清空！经过仔细检查，输出滑道中的盖子全部都是开口向上！

我们又给机器加了上料器，往料仓里加入2000多个盖子，开机。不到2分钟，料仓中的盖子全部分理完！输出滑道中的盖子全部都是开口向上！而且

没有发生一次卡滞！

我们又找来2个工人，负责不断地给料仓里加入盖子，并做测试记录。在5天的测试时间里，理盖的数量超过了100000个！而且，5天中仅出现了5次卡滞和8次反盖，还都是由于盖子的质量有严重缺陷造成的，与我们的理盖机无关。

◎ 实用性及创新点

◆ 当前在食用油、部分饮料及洗衣液等日化行业，包装容器多采用圆柱形防伪盖封装，或台阶形盖加圆柱形防伪盖构成二件式组合盖封装，在封装工序中，防伪盖的高速分理成为一大难题。本项目的研究成果可以成功地解决这一问题，并在工厂实际应用中表现稳定。

◆ 本项目的研究提供了一种分理不规则瓶盖的新思路即气动差分分理，只要求盖子的长径比 <1 ，可以运用于各种形状不规则瓶盖的分理。

◆ 无需人工分理、摆放，减少了产品被污染的几率（尤其是食品、日化应用）。

◆ 降低工人的劳动强度。

◆ 样机分理速度现在已经达到6 pcs/s，是人工分理速度的15倍以上。

◆ 本项目中采用高压鼓风机（涡旋气泵）实现气动差分分理，解决了现

有工艺难以处理的问题，较之采用压缩空气，极大地节省了能源，也大大降低了噪声。

该项目获得第29届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组工程学一等奖。

专家评语

本文作者在研究瓶盖集合通风阻力的基础上，提出的气动差分分离方式能够准确地正向瓶盖与反向瓶盖分离，生产制作的气动差分理盖机首先通过离心方式，将无序的瓶盖排队，再在通道中加入气动差分装置，将两种状态的瓶盖分离，最终得到队列化、姿态一致的瓶盖形态，是瓶装生产线上的一种良好装置，具有推广价值。■