

冗余分度凸轮在包装机分度机构中的应用研究

梁金生¹ 畅博伦¹ 林希²

(1 陕西科技大学 陕西 西安 710021; 2 陕西工业职业技术学院 陕西 咸阳 712000)

摘要: 采用槽轮机构和分度凸轮机构的包装机供料装置在高速分度运动时运动平稳性差、传动精度差, 针对此问题, 本文提出了采用冗余圆柱分度凸轮机构进行替代, 对其在高速分度运动时的运动平稳性进行实验研究, 并就角加速度突变进行了详细对比分析, 验证了该机构能消除横越冲击并改善高速下的运动平稳性, 表明该机构能很好地满足包装机高速分度运动的要求。

关键词: 冗余结构; 分度凸轮机构; 高速分度; 平稳性

1 包装机供料装置的问题和改进

在食品、医药、化工等行业粉粒状产品的全自动分装工作中, 包装机的供料装置需要将物料进行定量分离, 并按全自动包装机设定的时间节拍快速、平稳地输送到卸料位置处放料。目前可调量杯式计量装置的使用最为广泛^[1]。可调量杯式供料装置的旋转主要依靠槽轮机构完成分度运动, 在这之前有人对该槽轮机构进行结构的优化^[2], 如图1所示, 但槽轮机构存在较大冲击、运动平稳性和精度较差, 只能用于低速场合。

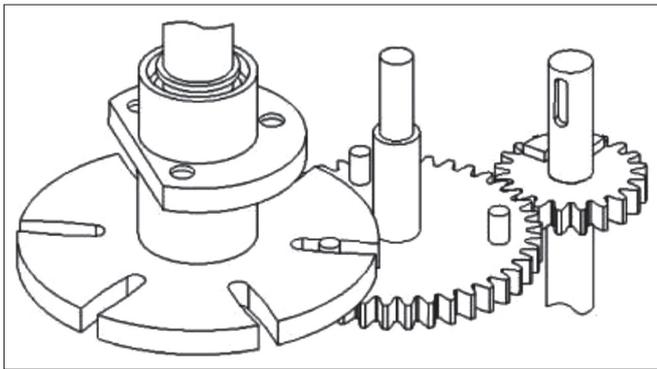


图1 包装机中的分度机构

在分度运动中, 分度凸轮机构具有传动精度高、运动平稳、易于控制、噪声低、能更好地适应高速运动的要求等特点, 广泛用于包装机械。因此在一些分度运动的场合, 分度凸轮机构已经开始逐步替代槽轮机构。

弧面分度凸轮机构具有结构紧凑、工作速度快、运动精度高和工作可靠等优点, 常用于分度机构中。但是该机构存在承载能力有限、加工精度难以提高、安装成本高等缺陷, 因此工程上会采用具有结构紧凑、刚性好、分度数大和运动控制精度高等优点的圆柱分度凸轮进行代替。但是圆柱分度凸轮机构在运动时存在冲击、振动, 造成运动平稳性差、噪声严重等问题, 限制了圆柱分度

凸轮机构在高速、高精度和平稳性要求场合的应用^[3]。

基于以上原因, 本文研究一种基于大小滚子的新型冗余凸轮机构, 如图2所示。

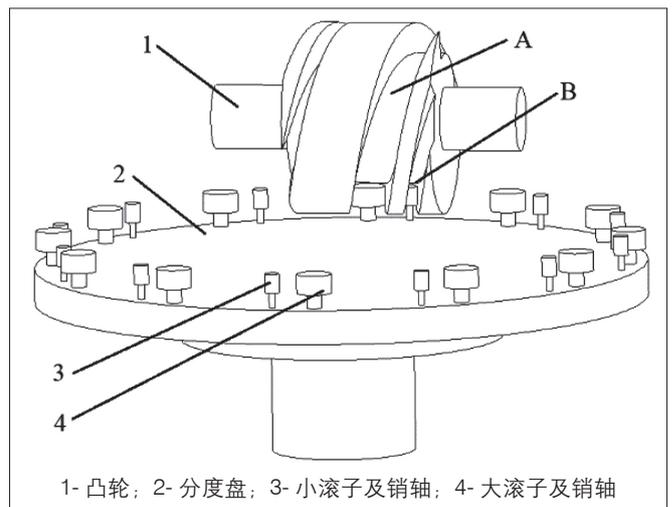


图2 大小滚子圆柱分度凸轮机构

该机构采用冗余结构, 使小滚子和大滚子分别接触各自轮廓的异侧, 通过销轴的弹性变形, 保证大滚子始终与工作廓面保持接触状态, 以消除横越冲击。之前相关项目组通过理论分析和计算机仿真验证了该机构能提高运动平稳性^[4], 本文将通过实验验证大小滚子圆柱分度凸轮机构对运动平稳性的改善。

2 大小滚子圆柱分度凸轮机构实验平台

圆柱分度凸轮机构的工作转速通常不能超过600r/min。为了验证大小滚子圆柱分度凸轮在高速运动下对冲击的减小和分度盘运动平稳性的提高, 选择在同样的实验条件下, 将凸轮分别按照400r/min、600r/min和800r/min的转速进行驱动, 通过编码器测定输出轴的角位移, 依次对两种分度凸轮机构输出的角位移数据进

行采集并滤波、分析大小滚子圆柱分度凸轮机构在高速运动时对分度盘工作平稳性的影响情况。

圆柱分度凸轮机构采用修正正弦运动规律，主要运动参数：分度数为 12，分度盘转角 30°，凸轮的分度角 270°。

3 分度盘运动特性实验数据分析

3.1 圆柱分度凸轮机构运动特性实验分析

将实验中采集的分度盘角位移数据导出，绘制角位移线图，并对时间求导，绘制出角速度和角加速度线图，不同工作速度时的运动线图如图 3 所示。

从图 3 可以看出：

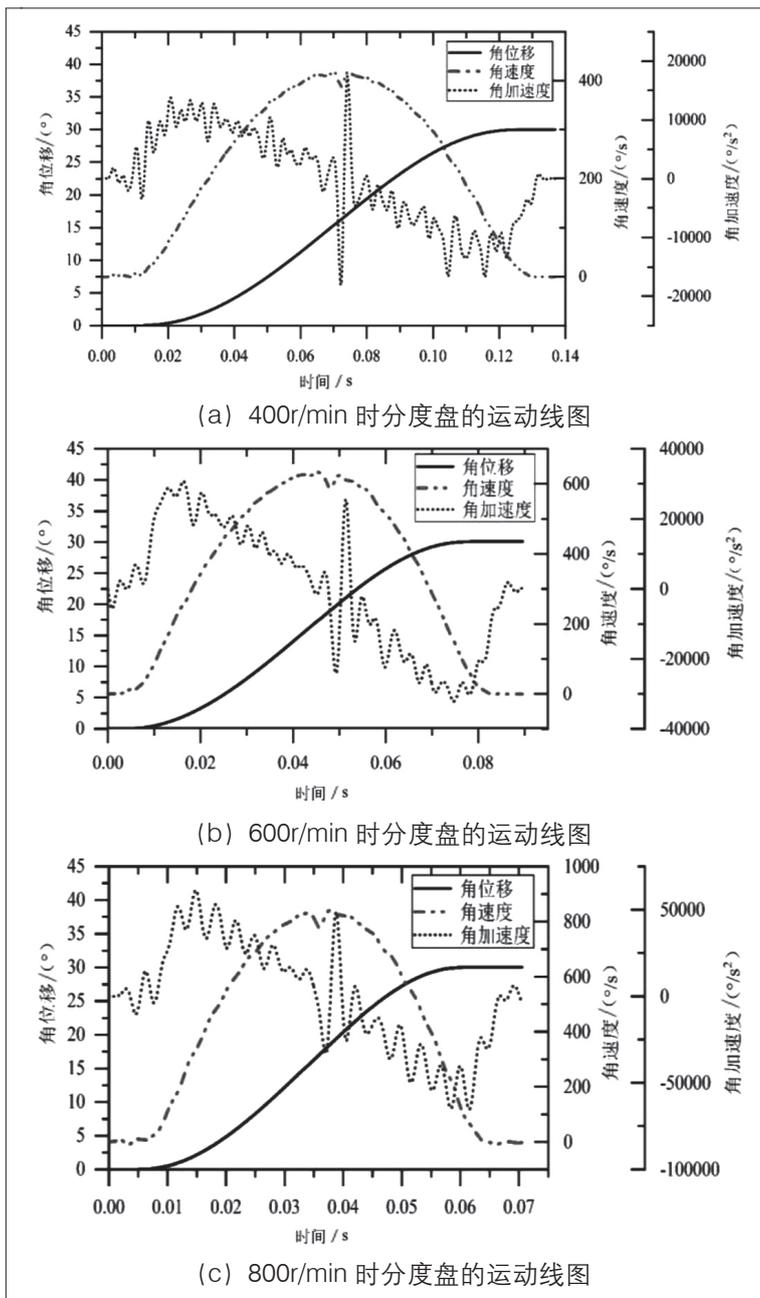


图 3 圆柱分度凸轮机构分度盘运动线图

(1) 圆柱分度凸轮机构在加速度反向时，分度盘角速度线图上存在突变，即为横越冲击，由此产生的惯性力，会导致机器存在较大的冲击、振动和噪声，严重影响机构的运动平稳性和工作精度；

(2) 横越冲击对机构运动影响较大，甚至在 400r/min 时由横越冲击引起的加速度变化超过了整个加速度的变化幅度，体现了低速时由横越冲击引起的动载荷是影响机构运动平稳性的主要因素；

(3) 800r/min 时分度盘的加速度波动更为明显，加之横越冲击的影响，限制了圆柱分度凸轮机构在高速情况下的正常工作，表明了圆柱分度凸轮机构不适合在更高的转速场合工作。

3.2 大小滚子圆柱分度凸轮机构分度盘运动特性实验分析

再用大小滚子圆柱分度凸轮机构替代前面实验中的圆柱分度凸轮机构传动装置，重复之前的步骤。大小滚子圆柱分度凸轮机构不同转速下分度盘的运动线图如图 4 所示。

从图 4 可以看出：

(1) 在加速度反向的瞬间，角速度曲线上并未出现明显突变，表明了这种冗余结构消除了横越冲击，明显改善了机构的运动平稳性；

(2) 相比于图 3，图 4 的分度盘角加速度曲线相对平滑，表明了该机构的运动平稳性有所改善，在高速场合下的传动精度得到提高。

3.3 分度盘加速度突变情况数据分析

为了更准确地分析大小滚子这种冗余结构对圆柱分度凸轮机构分度盘运动平稳性的改善，还需要将采集到的数据与理论值进行对比，理论分析如下。

对角加速度进行无量纲化处理，其最大值是 5.528，由此推导出计算该圆柱分度凸轮机构的角加速度为：

$$\varepsilon = 5.528 \times 30 \times \left(\frac{n}{45}\right)^2$$

将设计参数分度盘角位移 30°、动静比 270°/90° 以及凸轮的工作速度 (400r/min、600r/min、800 r/min)，分别代入上式得到分度盘的最大角加速度的理论数值。

对图 3 实验导出的分度盘运动数据进行分析，得到不同转速下，因横越冲击造成的加速度突变值；结合图 3 和图 4，将分度盘角加速度上升阶段时下降部分的变化和下降阶段时角加速度上升段的变化作为加速度突变量进行分析，对比分析，寻找最大的突变段，通过软件寻找加速度变化两端的数值，显示并计算两点数据的差，作为分度盘在运动中的

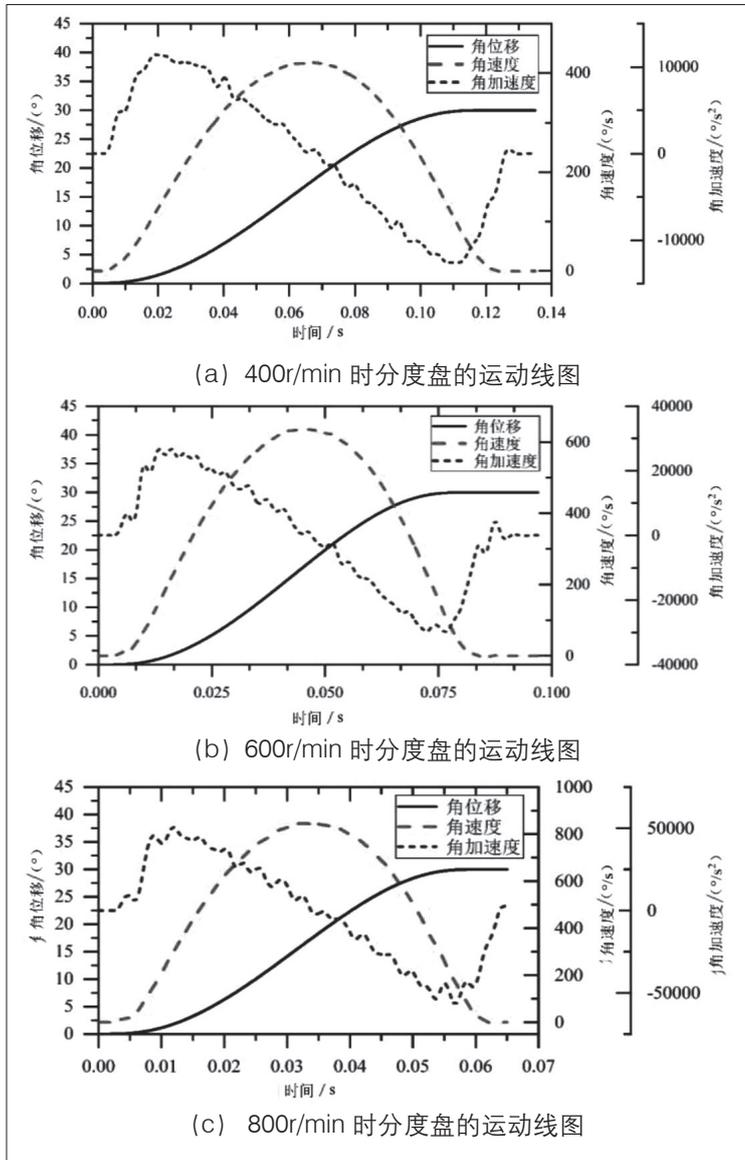


图4 大小滚子圆柱分度凸轮机构分度盘运动线图

角加速度突变的最大值,将该值分别与普通圆柱分度凸轮机构的理论加速度总变化量和实验中得到的角加速度突变的最大值进行比较,由加速度变化情况的改善情况,作为减少冲击振动的依据。数据对比结果如表所示。

由表可知:

(1) 普通圆柱分度凸轮机构中由于横越冲击的影响,

表 加速度突变情况

机构	参数	凸轮转速 / (r/min)		
		400	600	800
普通圆柱分度凸轮机构	角加速度理论幅值 / ($^{\circ}/s^2$)	26206.82	58965.34	104827.26
	角加速度突变值 / ($^{\circ}/s^2$)	35546	62839	126733
	实际与角加速度理论幅值比 / %	135.64	106.57	120.90
大小滚子圆柱凸轮机构	角加速度突变值 / ($^{\circ}/s^2$)	1018	4584	13297
	两种结构角加速度突变值比 / %	2.86	7.29	10.49

导致其加速度突变值很大,其值为角加速度理论总幅值的135%,表明了横越冲击对圆柱分度凸轮机构的运动平稳性产生了巨大的影响;

(2) 采用大小滚子这种冗余结构的分度凸轮机构能够有效消除横越冲击,且分度盘角加速度突变值最大不超过横越冲击引起的角加速度突变值10.49%,表明这种具有冗余结构的圆柱凸轮机构能大幅提高分度盘的运动平稳性;

(3) 大小滚子圆柱分度凸轮机构能够在更高的转速下高性能工作,即使在800r/min时的角加速度突变值也仅占圆柱分度凸轮机构在400r/min时实际角加速度突变值37.41%,这足以证明大小滚子圆柱分度凸轮机构在高速工作时,可以获得更加良好的运动特性。

4 结语

为了满足包装机高速、平稳分度运动的要求,本文通过实验对比,可以看出这种具有冗余结构的大小滚子圆柱分度凸轮机构,能消除横越冲击的影响,有效地减少加速度突变,使机构的最大角加速度突变值,相比于普通圆柱分度凸轮机构角加速度最大突变值能够下降约90%及以上。其极大改善了分度盘的运动平稳性,丰富了分度凸轮机构的理论研究,并且对包装机在高速运动下机构的选择有一定的指导意义。

基金项目: 陕西科技大学博士启动基金(2020BJ-12); 陕西省科技厅工业项目(2021GY-281)。

参考文献:

[1] 张鹏. 食品包装中自动定量计量系统研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(03): 217-220.
 [2] 刘亚丽, 张俊, 杨晓平, 等. 包装机供料装置的改进与曲槽槽轮机构设计[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 97-100.
 [3] 闫茹, 曹巨江, 杨坤, 等. 内啮合弧面凸轮机构的设计与分析[J]. 包装工程, 2021, 42(01): 186-192.

[4] 张超洋, 曹巨江, 梁金生, 等. 考虑弹性变形的大小滚子圆柱分度凸轮机构[J]. 机械传动, 2016, 40(12): 173-175.

作者简介: 梁金生(1976.05-), 男, 汉族, 陕西咸阳人, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 凸轮机构、自动机械设计。