# 瓦楞纸板螺旋横切机弹性除侧隙叠装齿轮的结构设计

王岭松
(天津商业大学，天津 300134)

**摘要：** 论述了瓦楞纸板螺旋横切机叠装除侧隙齿轮的一种新型弹性叠装调整结构，用以解决瓦楞纸板螺旋横切机上下刀辊间 1∶1 传动无侧隙啮合齿轮的调整侧隙问题。通过研究近年来国外业界提出的螺旋式电脑横切机的设计构思的基本原理，清楚得出了齿侧间隙是影响横切机高质量工作的重要因素，从而创新性的提出了该新型弹性叠装调整结构。弹性叠装齿轮调隙结构一定程度上解决了螺旋横切机上调隙齿轮工作部分噪声较大、寿命较低的问题，且该结构还适用于所有需要调整侧隙的场合。

**关键词：** 瓦楞纸板螺旋横切机；叠装齿轮；弹性；除侧隙
**中图分类号：** TB486$^{+}$.02 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2011)21-0004-03

## Structure Design of Elastic Stack Loading Gear for Corrugated Board Spiral Cutting Machine

*WANG Ling-song*
(Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

**Abstract:** A new kind of elastic stack adjustment structure for removing gear backlash of corrugated board spiral cutting machine was introduced to solve gear backlash adjustment problem of upper and lower rollers during 1∶1 transmission with non side backlash gear. The basic theory of computer spiral cutting machine design conceive from foreign countries was studied. It was concluded that gear backlash is the key factor influencing work quality of cutting machine. A creative new elastic stack adjustment structure was put forward. The elastic stack adjustment structure solves the long-standing problems in industry, such as large noise and low service. The structure can also be applied to all occasions where gear backlash adjustment is needed.

**Key words:** corrugated board spiral cutting machine; stack loading gear; elastic; gear backlash removing

随着我国经济的高速发展，商品的流通规模日益加大，对流通商品的包装需求越来越大，这也就要求瓦楞纸板生产线的速度日益增加，从最初的每分钟仅有几十米的生产速度，到现在已经达到了 300 m/min，且还有加快之趋势；纸板的幅宽从最初的 1.2～1.8 m，上升到现在 2.4 m 甚至更宽；纸板的定量也越来越大。由于上述综合原因，剪断纸板所需要的剪切力越来越大，剪切速度要求更快。显然陈旧的生产工艺已不适应现在的高速生产，例如在纸板横切技术方面，2004 年以前横切纸板多数都采用的是“直刀对切”技术，即瓦楞纸板的横切断是用一对与轴线平行直线型刀辊上的刃口同时对滚切剪完成的(直刀横切机)，由于是 2 个刃口直接剪切全幅宽纸板，其剪切阻力非常大，对刀轴的强度和刚度要求亦加大，安装刃口的刀辊直径尺寸较大并要按实心轴来设计，转动惯量等参数也就相应上升，使启/制动都不灵活，导致其剪切效率、质量和尺寸精度都较低，需要很大功率的电机才能拖动。高速瓦楞纸板机的出现要求陈旧的横切技必须及时更新和升级，在生产的迫切需求下螺旋横切机应运而生[1-2]。

## 1 螺旋式横切机的工作原理及问题分析

### 1.1 工作原理

为了克服传统直刀横切机的弊端，近年来国外业界提出一种螺旋式电脑横切机的设计构思，见图 1，

**收稿日期：** 2011-09-18
**基金项目：** 天津市自然科学基金项目 (10JCYBJC06100)
**作者简介：** 王岭松(1955－)，男，天津人，天津商业大学副教授，主要研究方向为机械工程结构设计、机械、包装结构优化设计等。

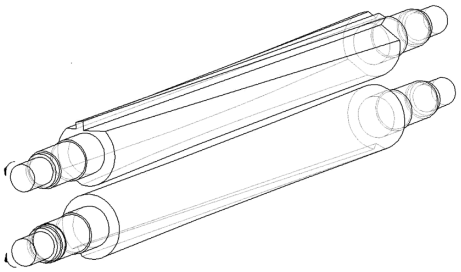


图 1　螺旋式横切机的上/下刀辊示意图

Fig. 1 Diagram of spiral cutting drum

其基本思路是:当生产的瓦楞纸板带在上下刀辊间穿过向前运动时,在纸板测速装置和 PLC 配合控制下,按事先输入的切断长度要求,控制机构适时启动刀辊驱动伺服电机,使一对带较小螺旋角 $\theta$($\theta$ 为刀辊刃口螺旋线切线方向与该点母线方向间所夹锐角,通常 $\theta<3°$,且两刀辊方向相反)的螺旋刀辊刃口逆向转动,经近半圈的加速过渡过程后,在刀辊下/上中心平面内,上下刀辊刃口以相适应的等角速度进入交叉剪切状态,在纸板要求剪断的准确位置上,构成铰合点形式的剪刀,该点始终处于刀辊中心平面内沿轴线方向移动,瞬间从纸板一端剪切到另端,完成切断纸板;纸板剪断后在 PLC 控制下电机转入制动状态,两刀辊亦经近半圈制动过渡过程,使刀刃最先切入端仍停在刀辊最上/下端(图 1 所处状态)准确位置上,等待下次剪切[3-4]。

从上述基本原理可以看出,该横切机是以点(若考虑纸板厚度为短剪切线)方式剪断纸板的,毫无疑问将可大幅度减少剪切阻力;由于剪切阻力小,则刀棍的尺寸可以变小并制成中空结构,转动惯量大幅度下降,其需要的启动和制动力矩就可大幅下降。实践中对比同幅宽直刃横切机其电机所需功率可减少 40%左右,螺旋横切机的另外一个优势是更适合于大幅宽的纸板剪切,根据上述原理,可以看出这是一种高速瓦楞纸板横切技术,是非常符合当今社会节能减排所要求的生产方式,是应当大力推广的。在螺旋剪切方式下,由于是在纸板运动的情况下动态剪切,所以必须让剪切点速度在纸板运动方向上的速度分量恰好和纸板前进运动速度大小相等、方向相反,这样就可以在纸板上剪切出一条垂直于纸板边的剪口切剪合成速度线见图 2。实现方式就是安装横切机时,使其刀棍轴线方向预先与纸板边夹($90°-\theta$)角,其转角方向可按照合成速度考虑决定。

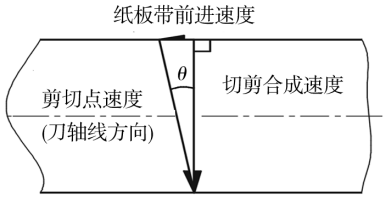



图 2　速度的合成

Fig. 2 Composition of velocities

### 1.2　工作时噪声大的原因分析

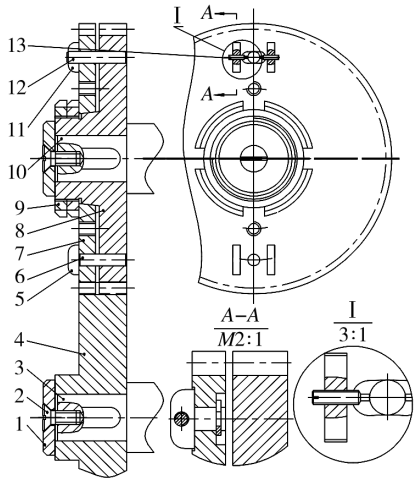
上述工作过程中,因上下刀辊需不断重复“静止—加速—等速剪切—减速—静止”工作循环,上下刀辊除须保持逆向同步转动外,不论加速还是制动减速,反应时间应严格保证同步,稍有误差将带来剪切长度、切口质量的瑕疵或两刃口间的干涉碰撞,即必须保证 2 根刀辊正/反向无任何间隙误差。实践中 2 个刀棍通常是由一对 1:1 传动的渐开线外啮合直齿轮来实现同步传动的,通常渐开线齿轮是需要有齿侧间隙的,但在本机中就是这微小的齿侧间隙,将严重影响横切机 2 根刀棍转动/制动的同步精确性,是必须消除的,否则将难保证高质量工作。

常用的除侧隙方法有:①提高齿轮制作精度,减小齿侧间隙;②采用 2 个齿轮的同轴叠装结构,工作前经调整使其产生微小的相对转动,将齿侧间隙消除,即 2 个齿轮各一侧参与工作,可将侧隙完全消除。但目前看,这些措施效果都有缺陷,前者除了增加齿轮制作成本外,因加工公差的存在,无法彻底消除齿侧间隙,工作情况不稳定,采用很少;后者虽可消除齿侧间隙,但是人为静态凭经验、刚性调整 2 个齿轮的相对转角,不可避免会使啮合过程中发生微小干涉,齿面间存在冷应力,且工作中时因内部温升还会在齿面间产生热膨胀应力,其后果是:齿面间乏油、冷/热应力较大、传动噪声增加,齿轮发热严重[3]。生产中让装配人员头疼不已,调整松了传动不准确;调整紧了噪声大幅增加,齿轮寿命下降,生产急需一种有效结构解决上述问题[5-6]。笔者认为问题关键应当在调隙结构中增加弹性环节,以减少冷/热应力,降低工作噪声。

## 2　弹性除侧隙叠装齿轮结构及其特点分析

应生产企业要求,为解决上述问题,经过研究,设

计了一款新颖的弹性除侧隙叠装齿轮结构，见图 3。




1－轴端挡圈；2－紧定螺钉；3－下刀辊；4－下齿轮；5－配重块；6－定位圆柱销；7－除侧隙小齿轮；8－上齿轮；9－双圆螺母；10－上刀辊；11－调节支架；12－调节销钉；13－调节螺钉

图 3 叠装齿轮的结构

Fig. 3 Structure of stack loading gear

其结构叙述为：上齿轮 8 上制作有一短圆锥面，除侧隙小齿轮 7 的锥孔装于其上，在上齿轮 8 的锥面左侧端头上加工有螺纹，除侧隙小齿轮 7 安装后在螺纹上装有 2 个压紧圆螺母 9 将其压紧，为保证 7，8 两齿轮的定位准确，在其下部配做有圆柱销孔，并装有定位圆柱销 6(调整侧隙前应将其除去)，以形成两齿轮的圆周方向定位零点，在上齿轮 8 的上部制作有一圆柱销孔，需要调整齿侧间隙时，在孔中装上调节销钉 12，在除侧隙小齿轮 7 的对应位置上开有一弧形长孔，调节销钉 12 穿其而过，弧形长孔两端制有调节支架 11(小截面有较强弯曲弹性，其大小应当根据机器的负荷大小通过计算决定)，其上开有垂直于调节销钉轴线的螺孔，每侧都装有一个调节螺钉 13，为平衡掉调节支架 11 重量所造成齿轮旋转不平衡，在其对面位置上制有配重块 5，另外，为方便从自锁锥孔中取下除侧隙小齿轮 7，其表面上还制作有 2 个拆卸螺孔[7-8]。

除侧隙调整方法：先将除侧隙小齿轮 7 用定位圆柱销 6 定位到圆周零点(即保证 2 个齿廓上下对齐)；然后用双压紧圆螺母 9 适量压紧，将其装到机器上与下齿轮 4 配合在一起，进行除侧隙调位，即拆除定位圆柱销 6，装上调节销钉 12，适量旋转调节螺钉 13(松开一侧，顶紧另侧螺钉)，将侧隙消除后，大力旋紧双压紧圆螺母 9 使其锥孔与锥轴强力压紧在一起，松开调节螺钉 13，取出调节销钉 12，完成去除侧隙初调节。为防止重载工作时使齿轮 7，8 又被载荷还原到有侧隙状态，应在轻载工作一段时间，齿面间互相适应后，再重新装上调节销钉和调节螺钉，以使调隙准确位置被固定；为防止调节螺钉自行松脱，还应将两边调节螺钉在该位置上对顶拧紧。

实践证明，该结构因增加了弹性调侧隙环节，在一定程度上可有效地缓解齿间乏油、冷/热应力所造成的噪声增加等问题，据估计工作噪声至少可下降 30%以上，并使调节更方便。

采用上述结构的优点如下：(1)由于除侧隙小齿轮 7 是装在一个小锥角的圆锥轴面上，具有很强的自锁性，这样主要利用锥面间摩擦力矩来抵抗小齿轮某一齿面上受力产生的力矩，由于是摩擦连接，本身就具有缓冲、减振的作用，若初调位后齿面间由于内部干涉产生过大冷应力，或因工作温升导致两齿面间产生过大的热应力，在初期轻载工作时能通过 2 个锥面间的微小滑动自行释放缓解，该弹性调整环节既保证了齿面间可消除侧隙，又可减小内应力，所以可以有效减轻了齿轮工作噪声，还使齿面润滑状况得以改善、齿轮寿命有效提高；(2)为防止由于瞬间过度载荷使叠装齿轮发生反向冲击位移，造成侧隙重新出现，工作精度丧失的问题，上述结构在初调隙后，专门安排了轻载适应工作时段，目的在于使内部调隙不和谐的干涉点自然消除，其后再重新顶紧调节螺钉，由于调解支架 11 和调解销钉 12 采用了小刚度的机械构件，因此当顶紧后仍具有一定弹性，可承担较大工作载荷，并利用其机械弹性实现缓冲吸振降噪；(3)由于除侧隙小齿轮 7 可以相对齿轮 8 两个方向旋转，解决了传统设计中 7，8 两齿轮一般都只有一个齿面工作的问题，若一个齿面发生了磨损或点蚀失效，本结构可以将调隙方向改变到相反方向，使两齿轮的另侧齿面参与工作，这样就能进一步有效延长齿轮的工作寿命。

## 3 结论

上述弹性叠装齿轮调隙结构一定程度上解决了长期困扰业界的螺旋横切机上调隙齿轮工作部分噪声较大、寿命较低问题。尽管上述结构是为螺旋横切机消除齿轮间侧隙所设计，但因机械设备中常会遇到需要消除齿轮侧隙的机械传动结构，故该弹性叠装齿

(下转第 41 页)

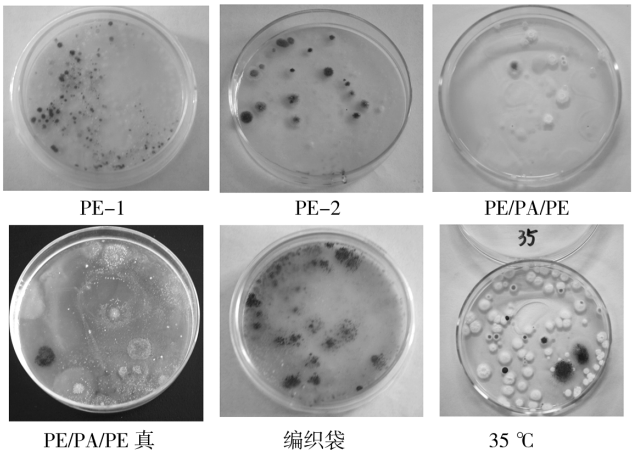



图 5　不同温度下不同包装材料储存的大米的霉变情况

Fig. 5 Moldy situation of rice in different packaging materials under different storage temperatures

**表 5　不同包装材料包装的大米的霉变情况**

**Tab. 5 The mildew of rice in different packaging materials**

| | 青霉 | 黑霉 | 黄曲霉 |
|---|---|---|---|
| PE-1 | 60 | 0 | 20 |
| PE-2 | 30 | 0 | 10 |
| PE/PA/PE | 9 | 0 | 8 |
| PE/PA/PE 真 | 5 | 1 | 3 |
| PE/OPP/PE | 14 | 0 | 4 |
| 编织袋 | 100 | 20 | 50 |
| 35 ℃ | 3 | 2 | 6 |
| 45 ℃ | 2 | 0 | 1 |
| 55 ℃ | 1 | 0 | 0 |

## 3　结语

通过试验得出，高温高湿对储藏大米的品质有显著的影响。在常温下大米霉变严重，褐变程度较小，而高温条件下大米褐变很严重。高温也严重影响了大米的一些质量指标，其中水分含量和脂肪酸含量变化相对更大些，脂肪酸含量最高达到了 55 mgKOH/100g，所以，高温和不适宜的湿度环境不适于储存大米。编织袋内大米的剧烈物理化学变化与 PE/PA/PE 这类阻隔性高的包装材料包装的大米相比，严重影响了大米的品质，所以阻隔性好的包装材料能较好地保证大米的品质，延长大米的保质期。

**参考文献：**

[1]　大米储藏[J]. 粮食科技与经济，2006，35(2)：31－38.

[2]　巩雪，周建伟，董静. 大米保鲜包装技术实验研究[J]. 包装工程，2009，30(1)：26－29.

[3]　张伟. 大米感官及质量评价方法[J]. 技术交流，2009(8)：50－55.

[4]　SHANNA V，VINOD K. Evaluation of Color Based Classification for Milled Rice[C]. Florida：ASAE Annual International Meeting，2005.

[5]　OYEKANMI A A，OKELEYE K A. Physical and Water Absorption Characteristics of Some Improved Rice Varieties[J]. Food Bioprocess Technol，2009.（余不详）

[6]　王颖，张蕾. 不同包装方式对大米保鲜效果影响的研究[J]. 包装工程，2006，27(5)：38－42.

（上接第 6 页）

轮结构亦可适用其他有类似要求的场合。

**参考文献：**

[1]　王泽天. 瓦楞纸板生产线中横切机的设计与探讨[J]. 上海造纸，1989(Z1)：113－115.

[2]　何鸿肃，黎勉. 直接传动瓦楞纸板横切机[J]. 中国包装工业，1997(2)：26.

[3]　唐善华. 瓦楞纸板横切机的无键联接设计[J]. 包装工程，2007，28(3)：93－94.

[4]　辛寿明，王实，吴生民. 1500 横切机列的研制与调试[J]. 有色设备，1988(S1)：14－17.

[5]　葛飞，谢小兴，侯西方. 瓦楞纸板生产线 LXDNHQ-1800 螺旋刀横切机的研制[J]. 郑州大学学报(工学版)，2004，25(4)：86－89.

[6]　韩提文，魏泽鼎. 瓦楞纸横切机控制系统建模[J]. 包装工程，2009，30(6)：27－28.

[7]　刘为成. 瓦楞纸板横切机实现电脑改造的一条有效途径[J]. 湖南包装，1996(4)：17－18.

[8]　黄蜜，吴淑芳，杜启祥. EBE 楞瓦楞纸板缓冲曲线研究[J]. 包装工程，2011，32(13)：19－20.