

# 橡胶双锥双螺杆挤出压片机螺杆传动方式对比分析

康鹏志, 刘冰

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

**摘要:** 橡胶双锥双螺杆挤出压片机是现代橡胶工业中关键的高效混炼与成型设备, 其传动系统的性能直接影响设备的稳定性、能耗与制品质量。本文针对螺杆在单电机驱动下两种主流传动方式—单减速机+同步锥齿轮联动方式与双减速机+万向联轴器串联方式进行剖析。从工作原理、结构特点、性能表现、能耗效率、维护成本及适用场景等维度进行系统性对比, 揭示其核心优缺点。研究表明, 前者在同步精度高、结构紧凑、传动效率高及维护简便等方面优势显著; 后者在负载分配合理、功率扩展性强、运行可靠性高、维护便捷以及工艺适应性广等优势显著。本文结论可为设备选型与优化设计提供重要理论依据。

**关键词:** 双螺杆挤出机; 传动系统; 同步锥齿轮; 万向联轴器; 对比分析

**引用论文:** 康鹏志, 刘冰. 橡胶双锥双螺杆挤出压片机螺杆传动方式对比分析 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(5):27-31.

**中图分类号:** TQ330.44

**文章编号:** 1009-797X(2026)05-0027-05

**文献标识码:** B

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2026.05.007

## 0 引言

橡胶双锥双螺杆挤出压片机是橡胶工业中的核心后段设备, 主要与密炼机配套使用。负责将密炼后的胶料通过强制输送、挤压、冷却等工序制成均匀的片材。广泛应用于轮胎、密封件、输送带等橡胶制品的生产。其核心在于螺杆通常呈锥形(直径从进料端向出料端递减), 相互啮合并同步异向旋转, 形成“C形小室”结构, 实现胶料的强制推进, 避免物料打滑或滞留。同时倾斜安装螺杆中心线与水平呈一定夹角(如 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ), 利用重力分力减少轴向轴承负荷延长寿命同时提升输送效率<sup>[1]</sup>。当前, 实现两根螺杆同步旋转存在两种典型技术路径: 一种是单电机驱动单减速机后, 减速机与长螺杆串联, 两根螺杆上装有同步锥齿轮实现同步转动; 另一种是单电机与减速机直联, 两个减速机通过万向联轴器串联在一起工作, 两个减速机分别驱动两根螺杆转动。这两种驱动方式在结构设计、传动效率、维护成本等方面各有特点, 直接影响设备的使用性能和经济效益<sup>[2]</sup>。

## 1 单减速机+同步锥齿轮联动方式分析

### 1.1 结构特点与工作原理

#### 1.1.1 核心构成

单电机、单台大功率/大扭矩主减速机、1根贯

通的主驱动螺杆、1套高精度同步螺旋锥齿轮副、从动螺杆(见图1)。

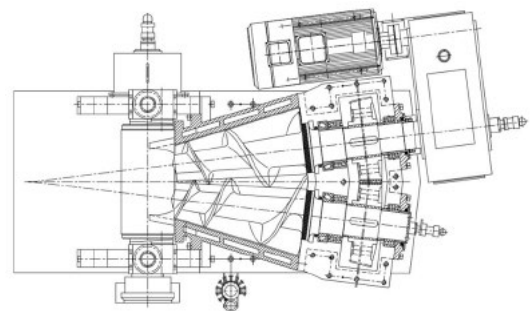


图1 单减速机+同步锥齿轮联动方式

#### 1.1.2 动力传递路径

电机→主减速机→主螺杆→同步锥齿轮副→从螺杆。

#### 1.1.3 同步机制

完全依赖安装在两根螺杆特定位置的锥齿轮副的精确啮合, 强制实现两根螺杆的瞬时角速度同步。

### 1.2 技术优势

#### 1.2.1 结构相对简单紧凑

仅需一台主减速机, 省去了额外的减速机和较长

作者简介: 康鹏志(1989-), 男, 本科, 工程师, 主要从事炼胶设备的设计和研发工作。

的中间传动轴系，整体结构布局相对简洁，占用空间较小。

### 1.2.2 初始投资成本较低

减少了一台大型减速机的采购成本，相关的基础安装、对中要求也相应简化，设备整体制造成本相对较低。

### 1.2.3 无中间传动损失（理论）

从主螺杆到从螺杆的动力传递通过齿轮啮合直接完成，理论上避免了联轴器等中间环节的效率损失（但齿轮本身存在啮合损失）。

### 1.2.4 机械同步可靠性（设计理想状态）

在齿轮加工和安装精度极高、负载绝对均衡的理想状态下，锥齿轮啮合能提供刚性的同步保证。

## 1.3 局限性分析

### 1.3.1 扭矩分配不均风险

在单减速机驱动系统中，两根螺杆的扭矩完全依赖于锥齿轮副的分配。当两侧螺杆的负载出现不平衡时（如进料不均或胶料黏度差异），容易导致锥齿轮承受额外的径向力，长期运行可能影响齿轮寿命。严重时甚至会出现“扭矩抢夺”现象，即负载较轻的一侧螺杆转速加快，而负载较重的一侧转速下降，破坏同步性<sup>[3]</sup>。

### 1.3.2 齿轮承受全部同步扭矩，应力集中

锥齿轮副不仅传递驱动螺杆所需的扭矩，更重要的是承担了强制两根螺杆保持同步的巨大“约束扭矩”。这使得齿轮齿根承受极高的交变弯曲应力和接触应力。后果：对齿轮的材料强度、热处理工艺、制造精度（尤其是齿形、齿向精度）要求极其苛刻。在重载、冲击载荷或润滑不良情况下，极易发生齿面点蚀、剥落甚至断齿失效，成为系统的薄弱环节和主要故障点<sup>[3]</sup>。

### 1.3.3 安装对中要求极高

螺杆的弯曲、温升热膨胀、轴承间隙以及齿轮箱本身的制造误差，都会影响锥齿轮副的啮合质量（如齿侧间隙、接触斑点）。保证两根螺杆在动态工作状态下，其轴线上锥齿轮安装位置的精确对中（空间交错角度、中心距）非常困难且成本高昂。后果：对中不良会显著加剧齿轮磨损、噪音和振动，降低传动效率和使用寿命<sup>[4]</sup>。

### 1.3.4 维护困难

齿轮副通常位于挤出机筒体内部或端部密封腔

内，工作环境恶劣（高温、可能存在的介质污染）。一旦齿轮磨损或损坏，检修或更换通常需要拆卸螺杆甚至部分筒体，停机时间长，维护成本高。过载能力受限：严重过载或卡死时，巨大的冲击载荷首先作用于脆弱的锥齿轮副，极易导致其损坏。系统缺乏有效的过载保护机制<sup>[5]</sup>。

## 2 双减速机 + 万向联轴器串联方式分析

### 2.1 结构特点与工作原理

#### 2.1.1 核心构成

单电机、两台规格相同或相近的减速机（主减速机、从减速机）、万向联轴器（通常为十字轴式）、两根独立驱动的螺杆（见图2）。

#### 2.1.2 动力传递路径

电机 → 主减速机 → 万向联轴器 → 从减速机 → 从螺杆。同时，主减速机直接驱动主螺杆。

#### 2.1.3 同步机制

两根螺杆的同步旋转依赖于两台减速机输入转速的同步。由于电机驱动主减速机输入轴，再通过刚性或准刚性的万向联轴器驱动从减速机输入轴，只要联轴器本身不发生打滑，理论上保证了两台减速机输入轴转速瞬时一致。经过2台相同减速比的减速机后，其输出轴（即螺杆）转速自然同步。万向联轴器主要解决安装时存在的微小角度和位置偏差。

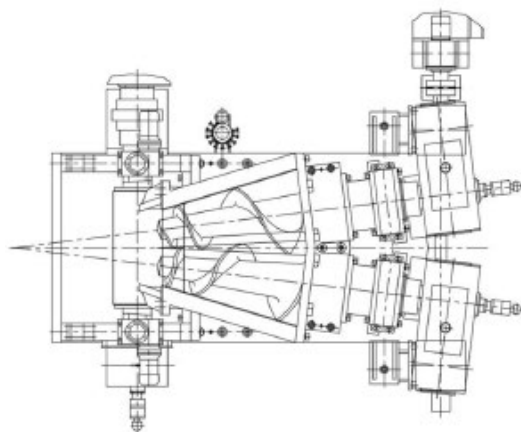


图2 双减速机 + 万向联轴器串联方式

## 2.2 技术优势

### 2.2.1 负载分配合理

双减速机系统的一个显著优点是能够实现两根螺杆的独立驱动和负载分配。每台减速机只负责一根螺杆的动力传递，从根本上避免了单减速机系统中的扭

矩分配不均问题。当两侧螺杆负载出现差异时，系统可以通过万向联轴器的柔性连接自动调节扭矩分配，保证运行的平稳性。

### 2.2.2 功率扩展性强

对于大功率需求的橡胶挤出应用，双减速机系统具有天然的扩展优势。通过采用两台减速机分担总负载，每台减速机的设计扭矩和尺寸可以控制在合理范围内，避免了单减速机在超大功率应用时面临的尺寸过大、加工困难等问题。实际应用中，这种系统可轻松适应从几十千瓦到数百千瓦的功率范围。

### 2.2.3 运行可靠性高

万向联轴器的引入大大提高了系统对安装误差和运行变形的容忍度。在橡胶挤出过程中，螺杆和机筒受热膨胀、基础沉降等因素都可能导致传动轴线的相对位置变化，而万向联轴器能够有效补偿这些偏差，保证传动的连续性和稳定性<sup>[5]</sup>。

### 2.2.4 维护便捷性

模块化设计的双减速机系统在维护方面具有明显优势。减速机可以独立检修或更换，不需要像单减速机系统那样必须整体拆卸。万向联轴器本身也采用标准化设计，磨损部件易于更换。这种设计显著缩短了设备维护停机时间，对于连续生产的橡胶企业尤为重要。

### 2.2.5 安装对中要求相对宽松

万向联轴器（尤其是双联或带伸缩节的结构）能够补偿减速机之间较大的轴向、径向和角向安装偏差。这显著降低了设备制造和现场安装的精度要求和难度<sup>[2]</sup>。

### 2.2.6 模块化设计

维护相对方便两台减速机结构相同，具有互换性。万向联轴器为标准件。若单台减速机或联轴器故障，通常只需拆卸故障单元即可更换，无需大范围拆卸螺杆和筒体，大大缩短了维护时间。

## 2.3 局限性分析

### 2.3.1 系统效率略低

相比单减速机系统，双减速机方案在传动链中增加了额外的动力传递环节（万向联轴器和第二台减速机），导致整体传动效率有所降低。实测数据显示，双减速机系统的综合效率通常比单减速机系统低2%~5%，在长期连续运行中会累积可观的额外能耗。

### 2.3.2 初始投资较高

双减速机系统需要配置两台减速机和相应的万向联轴器，设备购置成本明显高于单减速机方案。同

时，系统对减速机的同步精度和控制系统的要求也更高，进一步增加了初期投资。据统计，相同功率等级下，双减速机系统的采购成本通常比单减速机系统高20%~30%。

### 2.3.3 空间占用较大

两台减速机并排布置需要更多的安装空间，导致设备总体长度增加。对于厂房空间受限的橡胶企业，这可能成为制约因素。此外，增大的传动系统也带来了基础施工的复杂性，需要更强的地基支撑和更精确的安装调整。

### 2.3.4 维护复杂性增加

虽然双减速机系统的模块化设计便于局部维修，但系统的维护点实际上增加了。两台减速机都需要定期检查润滑状态和齿轮磨损情况，万向联轴器也需要关注其关节部位的磨损和润滑。这在一定程度上增加了日常维护的工作量和专业性要求。

### 2.3.5 振动控制挑战

双减速机系统在高速运行时可能面临更复杂的振动问题。两台减速机的振动特性可能存在差异，万向联轴器的动态不平衡也可能引入额外振动源。这些问题需要通过精密的动平衡校正和高品质的减振措施来解决，增加了技术难度和成本。

## 3 关键性能指标对比

### 3.1 能耗效率对比

能耗效率是评价橡胶双锥双螺杆挤出压片机驱动系统优劣的关键指标之一，直接影响设备的长周期运行成本。通过对两种驱动方式的深入分析可以发现，它们在能量利用效率方面表现出明显差异。单电机单减速机同步锥齿轮驱动系统在传动链路上更为简洁，从电机到螺杆只经过一次减速和一次锥齿轮分配，能量损失环节较少，整体效率相对较高。双减速机万向联轴器驱动系统由于增加了额外的动力传递环节，整体效率相对较低。虽然通过采用高效减速机和精密万向联轴器可以缩小效率差距，但无法从根本上改变多级传动带来的能量损失。

值得注意的是，两种系统的效率差异会随着负载率的变化而改变。在满载工况下，单减速机系统的效率优势最为明显；而在部分负载工况下，双减速机系统由于可以调整两台减速机的负载分配，效率下降相对平缓，此时两种系统的效率差距会缩小。

从能耗管理的角度看，单减速机系统更适合负载

稳定、连续运行的场合，如大批量单一配方的橡胶制品生产；而双减速机系统则更适合负载波动大、需要频繁调整的多样化生产场景。橡胶企业在选择驱动系统时，应充分考虑自身的生产特点和能耗结构，做出合理选择。

### 3.2 维护成本对比

设备维护成本是影响橡胶企业生产效益的重要因素，两种驱动系统在维护频次、维护难度和维护费用方面存在显著差异。

单电机单减速机同步锥齿轮驱动系统的维护工作主要集中在减速机和锥齿轮副上。减速机需要定期更换润滑油（通常每 4 000~6 000 工作小时），检查齿轮和轴承的磨损情况。锥齿轮副则需要关注啮合间隙和润滑状态，一般每半年进行一次全面检查和调整。这种系统的优势在于维护点集中，维护程序相对标准化，工厂维护人员容易掌握。主要维护成本包括润滑油费用和定期更换的密封件等易损件，年均维护费用约占设备价值的 1%~1.5%。

双减速机万向联轴器驱动系统的维护工作更为复杂。除了两台减速机各自的常规维护外，万向联轴器是需要特别关注的部件。联轴器的十字轴、轴承和花键等部位需要定期润滑（通常每 500 工作小时），并检查磨损情况。同时，由于系统存在多个连接和对中环节，需要更频繁地进行对中检查（建议每 3 个月一次），以防止不对中导致的振动和磨损。这种系统的年均维护费用通常较高，约占设备价值的 1.8%~2.5%，且对维护人员的专业技能要求更高。

从长期运行角度看，单减速机系统的关键部件（特别是锥齿轮副）在经历多次维护后，往往需要进行专业修复或更换，而这类大修的成本较高。双减速机系统虽然日常维护频繁，但由于负载分配更均衡，关键部件的使用寿命通常更长，大修周期相对延后。统计数据显示，两种驱动系统在 10 年使用周期内的总维护成本差距通常在 15% 以内，具体优劣取决于实际使用条件和维护水平。

对于维护资源有限的中小型橡胶企业，单减速机系统可能更为适合，因其维护简单、周期长；而对于拥有专业维护团队的大型企业，双减速机系统的模块化设计和冗余性则能提供更高的运行保障<sup>[4]</sup>。

### 3.3 使用寿命对比

设备使用寿命是橡胶企业投资决策的重要考量因

素，两种驱动系统在关键部件的耐久性和整体寿命方面各有特点。

单电机单减速机同步锥齿轮驱动系统的寿命瓶颈通常集中在锥齿轮副上。在高扭矩、连续运行的工况下，锥齿轮的齿面接触疲劳和磨损是主要失效形式。优质合金钢制造并经渗碳淬火处理的锥齿轮，在正常维护条件下一般可运行 6 万~8 万 h。减速机本身的使用寿命通常更长，可达 10 万 h 以上。系统的整体寿命很大程度上取决于锥齿轮的维护和更换情况，合理使用下整套传动系统可服务 15 年以上。

双减速机万向联轴器驱动系统的寿命特性则更为复杂。两台减速机的寿命与单减速机系统中的减速机相当，均可达到 10 万 h 以上。万向联轴器的寿命通常在 3 万~5 万 h，需要定期更换关键部件。系统的整体寿命受最薄弱环节制约，但得益于模块化设计，可以通过局部更换延长整体使用寿命。实际应用中，这种系统的全生命周期可达 12~15 年，略低于单减速机系统，但通过合理的部件更新可以进一步延长。

值得注意的是，两种系统的寿命表现与负载工况密切相关。在稳定满载工况下，单减速机系统的寿命优势更为明显；而在变负载、频繁启停的工况下，双减速机系统的适应性更好，寿命衰减较慢。橡胶企业应根据自身的生产特点评估哪种系统更能满足长期使用需求。

从技术发展角度看，随着材料科学和制造技术的进步，两种系统的寿命都在不断提升。新型高强合金、表面处理技术和状态监测系统的应用，使得现代橡胶双锥双螺杆挤出压片机的使用寿命比 10 年前提高了 30%~50%，这在一定程度上缩小了两种系统在寿命方面的差距。

## 4 结论

橡胶双锥双螺杆挤出压片机的两种驱动配置方案各有特点，没有绝对优劣之分。单电机-单减速机-同步锥齿轮系统结构简单、成本低、同步精度高，适合中小型设备；单电机-双减速机-万向联轴器系统承载能力强、灵活性好，适合大型高负荷设备。设备选型时应综合考虑生产需求、负载特性、预算限制和技术支持能力等因素，选择最适合的驱动配置方案。

参考文献：

[1] 张广成, 李勇. 大型双螺杆挤出机传动方案对比与选型[J]. 塑

- 技术与装备, 2021,47(10):45-48.
- [2] 郑志强. 双螺杆挤出机传动系统扭振分析与同步控制研究 [D]. 华南理工大学, 2020.
- [3] 成大先. 机械设计手册 (第 5 版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [4] 黄汉雄. 塑料混合及连续混合设备 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [5] 刘安源, 王伟. 橡胶塑料机械设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.

## Comparative analysis of screw drive modes in rubber double-cone twin-screw extrusion calender

Kang Pengzhi, Liu Bing

(Yiyang Rubber and Plastic Machinery Group Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

**Abstract:** The rubber double-cone twin-screw extrusion calender is a key high-efficiency mixing and molding equipment in the modern rubber industry. The performance of its transmission system directly affects the stability, energy consumption, and product quality of the equipment. This paper analyzes two mainstream transmission modes of the screw driven by a single motor: the single reducer + synchronous bevel gear linkage mode and the dual reducer + universal joint coupling in series mode. A systematic comparison is conducted from the perspectives of working principle, structural characteristics, performance, energy efficiency, maintenance cost, and applicable scenarios, revealing their core advantages and disadvantages. The research shows that the former has significant advantages in high synchronization accuracy, compact structure, high transmission efficiency, and simple maintenance; the latter has notable advantages in reasonable load distribution, strong power expansion, high operational reliability, convenient maintenance, and wide process adaptability. The conclusions of this paper provide an important theoretical basis for equipment selection and optimal design.

**Key words:** twin-screw extruder; transmission system; synchronous bevel gear; universal joint; comparative analysis

(R-03)

## 超 1 亿元轮胎配套项目，启动环评公示

EIA launched for over 100-Million-Yuan tire supporting project

近日，潍坊市生态环境局高密分局，公示了山东豪迈机械科技股份有限公司，“大规模精密轮胎模具技术改造及提质增效扩产项目”环境影响评价受理信息，公示期为 5 个工作日，该项目正式进入环保合规审核阶段，即将启动实质性建设。

作为全球轮胎模具制造龙头企业，山东豪迈深耕该领域多年，目前轮胎模具年产能达 2.8 万套，产品涵盖乘用车、工程车等多类型模具，与多家世界 500 强轮胎企业达成深度合作。

此次技改扩产项目选址于高密市豪迈工业园，聚焦精密轮胎模具的技术升级与产能提升，总投资 1.13 亿元，旨在对原有的年产 8 000 套高端子午线轮胎模具生产线进行改扩建。

据悉，项目将通过引进五轴联动加工中心等高端设备，优化生产工艺，提升产品精度与生产效率，同时配套建设完善的环保处理设施，严格控制废气、噪声、固体废物等污染物排放，确保各项指标符合国家及地方环保标准。

项目建成后，将形成年产高端轮胎模具 22 000 付、精密叶轮 6 000 件的生产能力。

摘编自“聚胶”

(R-03)