

异戊橡胶装置流化床切刀的故障分析及改进

葛柯柯¹，李军¹，赵伟岸²，祁昆业¹，曾凯¹，张龙¹，赵卿波¹

(1. 新疆天利石化股份有限公司，新疆 独山子 833699；

2. 中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司，新疆 独山子 833699)

摘要：异戊橡胶后处理工序中，干燥机切刀（切粒机构）作为核心关键设备，其运行稳定性直接决定胶粒成型质量、干燥效果及生产连续性，对装置长周期高效运行具有重要影响。引进的进口干燥生产线，其切刀系统采用偏心式结构设计，自2014年开工以来，频繁出现切刀脱落、刀刃断裂、机架及电机底座振动、裂纹，切刀轴及轴承磨损等故障，多次导致后处理工序被迫停车，严重制约装置连续生产。本文针对切刀系统存在的两类核心故障，通过现场调研、受力分析及结构拆解，深入剖析故障产生的根本原因，针对性制定切刀固定方式、间隙调整、刀刃结构、轴承定位及机架加固等一系列改进措施，经实践验证，改进后的切刀系统运行稳定，彻底解决了切刀脱落及振动过大的问题，显著延长了设备使用寿命，实现了后处理工序连续稳定运行，为异戊橡胶装置整体生产效率提升提供了可靠保障。本文研究成果可为同类橡胶装置后处理切刀系统的优化改进提供参考借鉴。

关键词：切刀；偏心结构；振动；故障分析；改进措施；橡胶后处理

引用论文：葛柯柯，李军，赵伟岸，等．异戊橡胶装置流化床切刀的故障分析及改进[J]．橡塑技术与装备，2026，52(10):67-71．

中图分类号：TQ330.41

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2026)10-0067-05

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.10.013

某公司异戊橡胶厂，生产设计能力为3万t/年，设计运行时间为8000h/年，操作弹性60~110%。该厂引进国外合成橡胶工艺技术工艺包，生产系统由8个核心单元组成，分别为催化剂配制单元、单体精制单元、聚合胶罐单元、汽提单元、后处理单元等^[1]。其中聚合单元、汽提单元采用东西两条生产线并行设计，后处理单元采用南北两条生产线布局，可根据生产负荷灵活调整运行模式，保障生产连续性。

该厂通过连续溶液聚合工艺生产异戊橡胶产品，可生产多个橡胶牌号，产品广泛应用于轮胎制造、密封件、橡胶制品等领域，具有良好的市场前景。后处理单元作为异戊橡胶生产的末端关键工序，直接影响产品质量及生产效率，而切刀系统作为后处理单元的核心设备，其运行状态尤为关键。

0 前言

异戊橡胶（IR）又称合成天然橡胶，具有与天然橡胶相似的物理机械性能，是轮胎工业、橡胶制品行业的重要原材料，其生产工艺的稳定性直接决定产品质量。在异戊橡胶生产装置的后处理工序中，胶粒经

振动、挤压脱水后，进入膨胀干燥机进一步闪蒸脱除胶粒中含有的水分及其他挥发物，从干燥机模板喷出的絮状胶条，需经过切刀快速切成均匀胶粒，再进入流化床、振动输送机、压块机完成后续的冷却、输送、称重及包装工序。

切刀的运行状态不仅决定了最终胶粒的粒径均匀度、干燥效果，还直接影响胶块的成型质量和重量误差，对橡胶后处理工序的连续平稳生产起到至关重要的作用。若切刀系统出现故障，将直接导致后处理工序中断，影响整个装置的生产进度，造成经济损失。

该橡胶装置引进了两套进口干燥生产线设备，其中干燥机切刀系统设计为偏心切刀结构。相较于同心切刀，偏心切刀虽具有闪蒸空间大、胶粒不易黏结等优势，但由于其结构设计存在固有缺陷，自2014年开工以来，切刀系统运行中频繁出现切刀脱落、刀刃

作者简介：葛柯柯（1987—），男，学士，工程师，现主要从事化工设备运行维护管理工作。

项目支持：新疆维吾尔自治区“天山英才”培养计划优秀工程师项目（EB0046）；自治区工业和信息化领域科研创新平台支持计划；克拉玛依市高层次人才工作室。

断裂、机架和电机底座振动、裂纹，切刀轴及轴承磨损等故障。据统计，改造前因切刀故障平均每月导致后处理工序停车2~3次，每次停车处理时间长达4~6 h，严重制约了橡胶装置的连续生产和产能发挥。

针对切刀系统存在的突出问题，企业组织技术人员召开多次专题会议，通过现场勘查、故障拆解、受力分析、同类装置调研等方式，深入剖析故障产生的根本原因，制定了针对性的优化改进方案，并组织专业人员开展攻关改造工作。经过多轮调试和优化，切刀系统运行状态得到显著改善，设备运行周期大幅延长，彻底解决了频繁故障停车的问题，为装置稳定高效生产提供了有力支撑。本文结合该装置切刀系统的运行实践，详细分析故障原因及改进措施，为同类橡胶装置后处理设备的优化升级提供参考。

1 切刀系统的结构原理

该橡胶后处理干燥机切刀系统采用独立悬臂安装结构，切刀通过悬臂支架安装在干燥机模板对面，与模板一同被罩在流化床护罩内，形成封闭的切粒空间，避免胶粒飞溅和粉尘泄漏。切刀轴与驱动电机之间采用皮带传动方式，传动平稳且便于维护，切刀盘面与模板端面保持平行，确保切粒过程中刀刃与胶条接触均匀。

生产过程中，高温高压（160~200℃，2~8 MPa）的絮状胶条从干燥机模板模眼喷出后，瞬间与高速旋转的切刀接触，被快速切成均匀胶粒，胶粒直接掉入下方流化床进行冷却干燥，完成切粒工序。该切刀系统的结构示意图如图1所示。

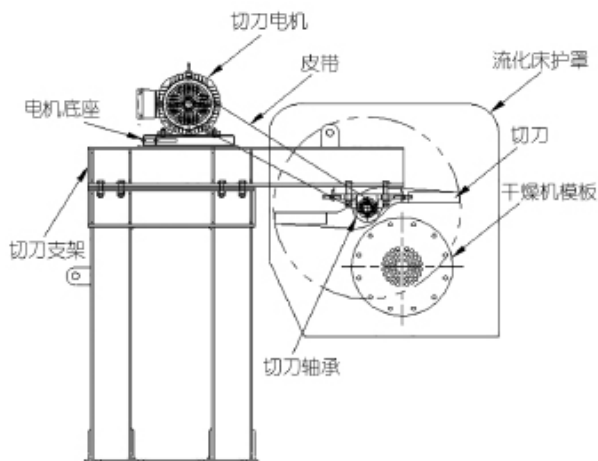


图1 切刀结构原理图

该结构切刀为偏心式设计，即切刀轴与模板中心

不同心，其核心优缺点如下：

优点：一是胶料从干燥机模板喷出后，闪蒸空间更大，有利于胶粒中水分及挥发物的快速脱除，可有效降低胶料挥发份含量，提升产品质量；二是切刀经过胶条时线速度大，且受力方向保持一致，切出的胶粒粒径均匀，不易因胶料黏性重新黏结成块，减少后续处理工序的负担。

缺点：一是切刀刀刃长度较长，且切胶过程中刀刃始终处于单边受力状态，受力不平衡，导致运行过程中振动幅度较大，不仅缩短切刀使用寿命，还会影响周边设备的稳定性；二是切刀旋转范围较大，流化床护罩内存在一定的死区，容易出现积胶、挂胶现象，长期积累会进一步加剧切刀振动，甚至导致切刀卡阻故障。

对比同类橡胶装置可知，同心切刀技术成熟，结构设计合理，受力均匀，振动小，在国内多数异戊橡胶、顺丁橡胶装置中得到广泛应用，且运行效果良好；而偏心切刀由于结构设计复杂、受力不平衡等问题，应用案例较少^[2]，相关技术积累不足，这也是该装置切刀系统频繁出现故障的重要原因之一。

2 故障分析及改进措施

结合该装置切刀系统的运行记录和故障拆解情况，将频繁出现的故障总结为两类：一类是切刀脱落故障，直接导致后处理工序中断；另一类是振动过大故障，引发机架、电机底座、刀刃出现裂纹，切刀轴、轴承、皮带及切刀本身使用寿命缩短，间接影响生产连续性。针对两类故障，分别开展原因分析并制定改进措施。

2.1 切刀脱落故障分析及改进

2.1.1 故障原因分析

原切刀的固定方式如图2所示，其结构设计存在明显缺陷：切刀刀座通过大螺母固定在切刀轴上，切刀本身则通过2个M8螺栓固定在刀座上，刀座与刀盘之间可通过增加调整垫片，调节切刀与模板之间的间隙，以适应不同生产工况的需求。

在实际生产过程中，从模板模眼喷出的絮状胶条处于高温高压状态（温度160~200℃，压力2~8 MPa），会对切刀产生较大的轴向冲击力和橡胶膨胀挤压力。经受力计算，2个M8螺栓的承载能力无法克服上述作用力，长期运行后，螺栓易出现疲劳断裂，进而导致切刀整体从刀座上脱落，掉入流化床内，引

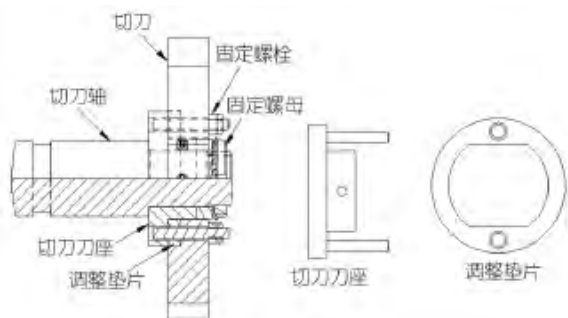


图2 切刀固定方式

发后处理工序紧急停车，不仅影响生产进度，还需拆解流化床取出脱落切刀，增加维护工作量和成本。

2.1.2 改进措施

针对切刀固定方式存在的缺陷，通过受力和结构优化，制定了以下改进措施：将刀座和切刀轴加工为一个整体结构，取消原有的刀座与切刀轴分离设计，消除螺栓连接带来的承载隐患；在切刀轴端设置固定螺母，将切刀直接牢牢固定在切刀轴上，确保切刀与轴同步旋转，避免相对位移；切刀与刀座之间仍保留调整垫片，可根据生产需求灵活调整切刀与模板之间的间隙，保证切粒质量。改进后的切刀固定方式如图3所示，该结构彻底解决了螺栓承载不足的问题，切刀与切刀轴成为一个整体，能够有效承受胶条的轴向冲击力和膨胀挤压力，从根本上杜绝了切刀脱落故障的发生。

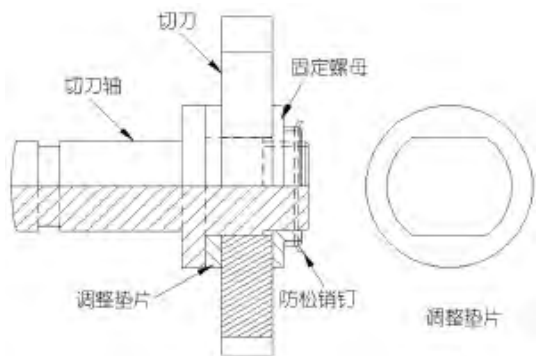


图3 改进后的切刀固定方式

2.2 振动过大故障分析及改进

切刀切胶过程中，会受到胶条的冲击力、膨胀挤压力及切胶阻力的共同作用，导致切刀转动时产生不规则的轴向和径向振动。该振动会传递至切刀支架、电机底座、皮带护罩等部件，长期作用下，会导致这些部件出现裂纹、变形，同时造成切刀轴与轴承之间产生位移、磨损，缩短切刀、轴承、皮带等易损件的

使用寿命，严重时还会导致电机损坏，进一步扩大故障影响范围。

2.2.1 故障原因分析

通过现场测试、结构拆解及受力分析，确定振动过大的原因主要包括以下5个方面：

(1) 切刀与模板间隙过小。调试初期，切刀与模板之间的间隙设置为3~5 mm，当高压(2~4 MPa)胶条从模板喷出后会迅速膨胀，间隙过小导致橡胶膨胀空间不足，切胶时胶料与刀背之间的挤压力和冲击力大幅增加，进而加剧切刀振动。

(2) 切刀刀刃宽度过大。调试初期，厂家提供的切刀刀刃宽度为57 mm，刀刃宽度越大，切胶时与胶条的接触面积越大，受到的切胶阻力和冲击力也越大，振动幅度随之增加。

(3) 刀刃数量少、切刀转速低。调试初期采用的是2刃切刀，切刀转动频率为15~25 Hz，刀刃数量少、转速低，导致切胶时刀刃受到的不间断冲击时间间隔较长，切刀承受的交变应力较大，振动现象更为明显。

(4) 切刀轴承跑内圈。切刀轴安装在2个调心球轴承SEALMASTER 3-23D IU CW上，每个轴承通过4个顶丝顶紧卡在轴上的顶丝卡槽里，实现轴向定位(如图4所示)。但仅靠顶丝的作用力，无法克服切刀在切胶时产生的强大轴向推力和冲击力，长期运行后，顶丝和切刀轴会出现磨损，导致轴承跑内圈，轴与轴承之间出现轴向和径向位移，振动幅度显著增加，同时也给轴承的拆卸更换带来较大困难。

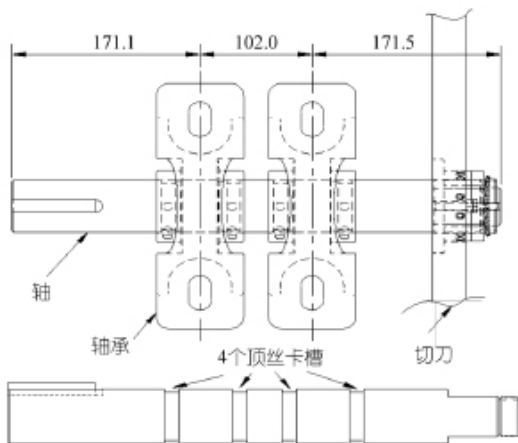


图4 切刀轴承的固定方式图

(5) 切刀系统整体结构存在缺陷。一是切刀轴的悬臂段长度(171 mm)大于支撑段长度(102 mm)，支撑段无法有效减小切刀轴的弯矩，导致切刀轴整体

失稳，振动加剧；二是机架为 1 600 mm 高的型钢焊接结构，切刀支架为 760 mm 的悬臂梁，且切刀轴的支撑段也采用悬臂结构，三段悬臂梁叠加，导致整个切刀系统刚性不足，振动无法有效衰减，进一步放大了振动影响。

2.2.2 改进措施

针对上述振动过大的原因，结合现场生产实际，制定并实施了以下针对性改进措施，逐步解决振动问题：

(1) 调整切刀与模板间隙。重新加工切刀轴，增加轴头长度，将切刀与模板之间的间隙调整至 18~22 mm，增大胶条膨胀空间，减少切胶时胶料对刀背的挤压力和冲击力，从源头降低振动幅度。

(2) 优化切刀刀刃结构。将切刀刀刃宽度从 57 mm 减小至 37 mm，减小切胶时的接触面积，降低切胶阻力；同时在刀背上进行倒角处理，进一步减少胶料膨胀时对刀刃的冲击和挤压，缓解切刀振动。

(3) 增加刀刃数量、提高切刀转速。将原有的 2 刃切刀更换为 6 刃切刀，同时将切刀转动频率提高至 35~45 Hz，增加刀刃与胶条的接触频次，减少对单个刀刃的间断冲击力，使切刀受力更加连续均匀，减小交变弯矩，有效降低振动。

(4) 改进轴承定位方式。重新设计切刀轴结构，在两个轴承之间增加轴向定位轴套和反向锁紧螺母，改造后的轴承顶丝仅承担径向定位作用，轴向定位由定位轴套和锁紧螺母共同承担，能够有效克服切刀产生的轴向推力和冲击力，避免轴承跑内圈现象，减少轴与轴承之间的位移和磨损，降低振动，同时也便于

轴承的拆卸更换。改进后的轴承定位结构示意图如图 5 所示。

(5) 加固切刀系统机架。采用增加斜撑和浇筑混凝土基础的方式，对切刀机架进行加固处理：在机架两侧增加高强度斜撑，增强机架的刚性和稳定性，减少振动传递；在机架底部浇筑混凝土基础，增大机架与地面的接触面积，提高整体承载能力和抗振能力，有效衰减振动幅度，避免机架、电机底座出现裂纹。

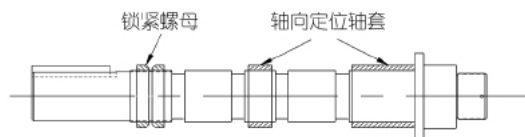


图 5 改进后的切刀轴承定位方式

3 结语

针对异戊橡胶装置后处理切刀系统频繁出现的切刀脱落、振动过大等故障，通过深入分析故障原因，结合现场生产实际，制定并实施了一系列优化改进措施，包括优化切刀固定方式、调整切刀与模板间隙、改进刀刃结构、优化轴承定位及加固机架等。

经过多次调研、反复论证和现场调试优化，后处理流化床切刀系统基本实现了连续稳定运行，杜绝了切刀脱落现象，未再出现因切刀故障导致后处理工序停车的情况。改造前后切刀系统使用效果对比见表 1，从对比数据可以看出，改进后切刀系统的运行稳定性和使用寿命得到显著提升，切刀固定方式已稳定运行 2.5 年，切刀支架轴向振动值稳定在 5~8 mm/s，轴承使用寿命大幅延长，设备维护工作量和维护成本显著降低。

表 1 改造前后使用效果对比

项目	改进前使用寿命描述	改进后使用效果描述
固定方式切刀	切刀使用不到 2 天便出现脱落现象，设备无法连续运行，每月因切刀脱落停车 2~3 次	改进后的切刀固定方式已稳定使用 2.5 年，未出现过切刀脱落现象，彻底杜绝此类故障停车
切刀轴承固定方式	一般运行 5~7 天切刀支架轴向振动值便开始增大，振动值达 20 mm/s 以上，切刀轴承使用寿命不超过 2 个月，维护频繁	切刀支架轴向振动已稳定在 5~8 mm/s，持续稳定运行 3 个月以上，轴承使用寿命延长至 6 个月以上，维护工作量大幅减少
切刀使用寿命	刀刃易断裂，平均使用寿命不超过 15 天，需频繁更换切刀	刀刃磨损速度减缓，平均使用寿命延长至 3 个月以上，更换频次降低 80% 以上
后处理工序连续运行时间	平均连续运行时间不超过 7 天，频繁因切刀故障停车	连续运行时间延长至 30 天以上，生产连续性显著提升

实践证明，本次对偏心切刀系统的改进方案科学合理、切实有效，不仅解决了长期困扰装置连续生产的难题，还提升了胶粒质量和生产效率，为异戊橡胶装置的整体稳定、高效、长周期运行提供了可靠保障。同时，本次改进积累的经验和技术方案，可为同类橡

胶装置后处理切刀系统（尤其是偏心切刀系统）的优化改进提供参考借鉴，具有一定的工程应用价值。后续将持续跟踪切刀系统的运行状态，根据生产负荷和工况变化，进一步优化调整相关参数，不断提升设备运行稳定性和可靠性。

参考文献：

[1] 合成橡胶工业编辑部. 茂名 30 万 t/a 乙烯工程 5 万 t/a 合成橡胶装置 [J]. 合成橡胶工业, 1995,18(3):186-187.

[2] 靳钊. 橡胶后处理引进设备的特点 [J]. 合成橡胶工业, 1996, (1):15-17.

Failure analysis and improvement of fluidized bed cutter in isoprene rubber unit

Ge Keke¹, Li Jun¹, Zhao Weian², Qi Kunye¹, Zeng Kai¹, Zhang Long¹, Zhao Qingbo¹

(1. Xinjiang Tianli Petrochemical Co. LTD., Dushanzi 833699, Xinjiang, China;

2. PetroChina Dushanzi Petrochemical Company, Dushanzi 833699, Xinjiang, China)

Abstract: In the post-processing step of isoprene rubber production, the dryer cutter (granulation mechanism) serves as a core and critical equipment. Its operational stability directly determines the quality of rubber granule formation, drying efficiency, and production continuity, exerting a significant impact on the long-term efficient operation of the plant. The imported dryer production line incorporates an eccentric structural design for its cutter system. Since its commissioning in 2014, frequent malfunctions such as cutter detachment, blade breakage, vibration and cracks in the frame and motor base, as well as wear on the cutter shaft and bearings, have repeatedly forced the post-processing step to be shut down, severely restricting the continuous production of the plant. This paper focuses on two core types of malfunctions in the cutter system. Through on-site investigations, force analysis, and structural disassembly, it delves into the root causes of these malfunctions. A series of targeted improvement measures, including cutter fixing methods, gap adjustment, blade structure, bearing positioning, and frame reinforcement, are formulated. Practical verification has shown that the improved cutter system operates stably, completely resolving the issues of cutter detachment and excessive vibration. This significantly extends the equipment's service life, achieves continuous and stable operation in the post-processing step, and provides a reliable guarantee for enhancing the overall production efficiency of the isoprene rubber plant. The research findings of this paper can serve as a reference for the optimization and improvement of post-processing cutter systems in similar rubber plants.

Key words: cutting blade; eccentric structure; vibration; fault analysis; improvement measures; rubber post-processing

(R-03)

