GK 系列串联密炼机类型与应用分析

孙庆伟
（益阳橡胶塑料机械集团有限公司，湖南　益阳　413000）

摘要：针对轮胎及橡胶制品行业对混炼胶品质与生产效率日益提升的行业需求，本文阐述 GK 系列串联密炼机的研发背景，剖析其两类主流转子组合形式与设备结构特征。通过对比普通两段法、常规一次法及串联一次法炼胶工艺，分析该设备在橡胶制品一次法炼胶、轮胎白炭黑胎面胶混炼中的实际应用效果，总结其在胶料分散、温度控制、节能降耗、自动化控制方面的突出优势。同时探讨串联密炼机转子构型迭代升级与连续混炼生产线的发展方向，指出该装备在炼胶行业拥有广阔的应用发展潜力。

关键词：GK 系列；串联密炼机；橡胶制品；轮胎；转子
引用论文：孙庆伟 .GK 系列串联密炼机类型与应用分析 [J]. 橡塑技术与装备，2026, 52(11):35-39.
中图分类号：TQ330.46　　**文章编号**：1009-797X(2026)11-0035-05
文献标识码：B　　DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.11.007

0　研发使用背景

串联密炼机是根据橡胶混炼加工工艺的需求研发，主要作用是提高混炼胶加工的生产效率和提高混炼胶的物理机械性能。

轮胎行业对轮胎的耐磨性、湿滑抓地力、低滚阻性能要求越来越高。这就要求轮胎胶料的补强填料分散质量等级越来越高。利用串联式密炼机的混炼工艺可以满足这一要求。

橡胶制品行业对混炼胶质量要求高的同时对串联密炼机一次法炼胶的使用范围也越来越多。其主要是串联密炼机一次完成橡胶的母炼和终炼，上密炼机完成补强填料的混入和分散，下密炼机对胶料降温后加硫混炼。

1　GK 系列串联密炼机组合类型分析

串联密炼机的组合包括两台密炼机，包括上密炼机和下密炼机，中间用顺料斗进行连接。上密炼机是标准型密炼机，其主要作用是完成橡胶、补强填料、油料等的混入分散。下密炼机是特殊设计的密炼机，其填充系数小，冷却能力强，实现化学反应型混炼或加硫混炼。

串联密炼机根据上、下密炼机转子类型的不同，可以有不同的组合方式。上密炼机可以是啮合型转子也可以是切线型转子，下密炼机现主要是啮合型密炼机。随着转子技术的不断发展，在满足混炼质量的要求情况下，下密炼机也可以使用切线型密炼机，提高快速吃料和轴向折返分布混炼能力。

GK 系列串联密炼机的主要组合形式有两种。第一种组合形式为上、下密炼机转子均为啮合型转子。主要的组合形式有 GK90E/GE180T、GE135/GE260T、GE320/GE590T、GE420/GE800T、GE580/GE1000T。其中 GK90E/GE180T、GE135/GE260T、GK190E/GE360T 串联主要用于橡胶制品企业一次法炼胶，其余组合主要用于轮胎厂混炼，主要是减少混炼胶工艺段数，提高生产效率。第二种组合形式为上密炼机是切线型转子，下密炼机为啮合型转子。此种形式组合类型有 GN300/GE590T、GN430/GE800T。此种组合形式适用于混炼胶的终炼工艺，直接配置双螺杆压片挤出机出片，可以不用或减少开炼机的使用。也可用于混炼胶的快速返炼工艺，减少混炼工艺段数。

2　GK 系列串联密炼机在橡胶制品企业的应用分析

在橡胶制品企业的应用已有成功的实践案例，GK90E/GE180T、GK190E/GE360T 成功应用于橡胶密封行业。

2.1　普通两段法橡胶混炼工艺介绍

作者简介：孙庆伟（1982–），男，本科，主任工程师，参与的 GE320/GE590T 串联密炼机研制项目曾荣获湖南省优秀奖，GE420/GE800T 串联密炼机研制项目荣获中国化工集团科学技术进步奖。

普通两段法炼胶分为母炼一段和终炼一段，即我们俗称的 A 炼、B 炼工艺。

A 炼工艺主要是生胶、炭黑、油料、白色填料、氧化钙、硬脂酸、加工助剂等之间的混炼。混炼的主要特点是这些分散填料微观结构形态固定，分散困难、流动性、包容性、与橡胶之间的结合需要高温、高强度的分散混炼。在混炼时高温状态下化学性质不活泼，排胶温度通常为 150~160 ℃之间。混炼完成后开炼机压片冷却，可以长时间保存，一般在一年的时间内不影响胶料的使用。

B 炼工艺主要是 A 炼胶与硫化剂、促进剂、发泡剂之间的混炼，此种混炼温度一般在 80~90 ℃之间。此段工艺添加的粉料化学活性强，对温度敏感性强，在较高的温度下容易发生化学反应，使胶料早期硫化或发泡，影响后期压出、压延、成型、硫化等加工工艺质量。减少了胶料的焦烧时间，提高了胶料的黏度，影响了加工性能，最终导致最终产品不合格。普通两段炼胶的工艺流程图见图 1。

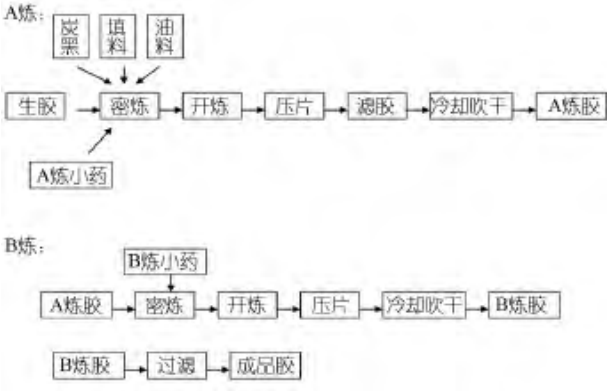


图 1　普通两段炼胶的工艺流程图

2.2　普通一次法橡胶混炼工艺介绍

橡胶制品炼胶一次法是对两段炼胶工艺的改进，目的在于提高质量和效率，降低能耗和库存周转管理成本等。主要改进方案是增加多台开炼机，一般 3~4 台。

普通一次法炼胶具体加入硫化剂的方式有两种，一种是在密炼机中加入，另外一种是在开炼机加入。在密炼机加入硫化剂前需要密炼机提砣，降速，降温以达到加硫磺的温度要求。这种工艺对密炼机设备的性能要求非常高，既要有很强的剪切分散能力适合母炼胶混炼，又要有很强的分布混炼能力适合于终炼胶的混炼能力。此种在密炼机加入硫化剂的工艺对密炼机混炼腔的温度调节能力要求最高，另外需要配备制冷能力非常好的温控系统。母炼时要求密炼机的剪切力强，所以填充系数比较大，而终炼胶又要求胶料在混炼室内流动性好，填充系数相对较低。在炼胶过程中，等待降温的时间比较长，一般 3~4 min 后才能达到加入硫化剂的温度要求，所以密炼机炼胶时间相对较长。

普通一次法炼胶在开炼机加硫时，因为开炼机加硫混炼时间比较长，一般单台加硫混炼均需要 10~16 min，所以一台密炼机一般配置三台开炼机，以便达到产能配比要求。配置多台开炼机加硫混炼首先造成工艺设备占地面积比较大，另外如果配置自动开炼机的话投入成本比较高，并且造成设备故障率提高。对硫化剂的要求比较高，最好提前预制成硫磺颗粒或终炼母胶形态，这样在混炼过程容易与母炼胶包容和分散。如果是粉状硫化剂物料状态，在加入的过程中会有飞扬散落的情况，既污染了环境又影响了炼胶配方配比的准确性。

在开炼机上加硫混炼对开炼机辊筒的质量性能要求比较高，要求辊筒温度均匀性好，热传导性能优良，钻孔式强制循环冷却。开炼机需要配置优良的温控系统，满足辊筒表面的温度均匀性的要求。另外由于多台开炼机转速、辊筒表面温度及控制时间有差异，容易造成胶料最终质量有差异，影响同批次胶料的质量统一稳定性。普通一次炼胶的工艺流程图见图 2。

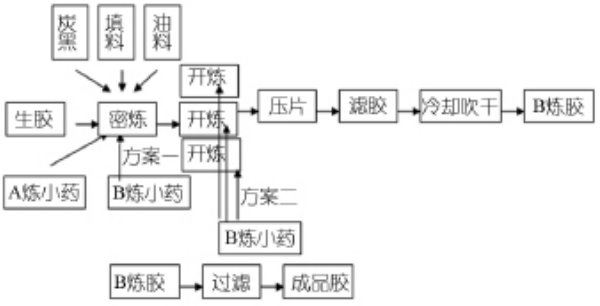


图 2　普通一次炼胶的工艺流程图

2.3　串联一次法橡胶混炼工艺介绍

串联一次法混炼主要是在下密炼机里进行加硫，下密炼机混炼容积比较大，填充系数比较小，对胶料的冷却效果好，可以对胶料快速降温进行加硫混炼。此串联上、下密炼机均是啮合型转子，上密炼机填充系数 0.6~0.65，下密炼机填充系数 0.35。

在混炼过程中上密炼机完成补强粉料、填料、油料等分散混炼完成 A 炼胶的工艺要求，在排入下密炼机之前，密炼机提砣，转子降速，将混炼胶料从 150 ℃左右降至 120 ℃左右时，打开卸料门通过顺料槽落

入下密炼机，上密炼机混炼时间一般 5~6 min。下密炼机对胶料继续降温，因为下密炼机容积大，填充系数小，所以对胶料冷却效果很好。从 120 ℃降到 90 ℃左右大约需要 3 min 左右，降到此温度后硫磺加入下密炼机混炼，加入硫磺以后大约再混炼 2 min 左右完成混入分散过程。在硫磺加入混炼的过程中，混炼胶温度并不会上升，反而处于下降趋势，最后根据调节降低转速使终炼胶温度保持在 85 ℃左右。下密炼机混炼胶料时间约 5 min 左右。

下密炼机排料进入带冷却鼓的自动开炼机继续补充混炼，混炼时间 5 min 左右。开炼机自动扯断胶片，胶料进入下一台出片开炼机进行出片，开炼机切条后进入网带式胶片冷却，胶条自动排条收框，最终胶条温度小于 35 ℃。

此串联线加硫后在线滤胶，选用齿轮式滤胶机。滤胶效率高，温升低，适合快速低温在线滤胶工艺使用。串联一次炼胶的工艺流程图见图 3。

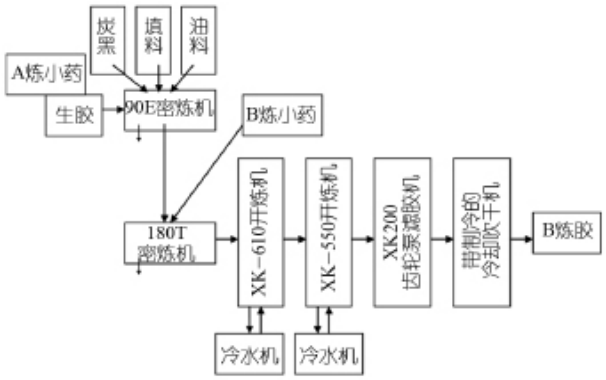


图 3　串联一次炼胶的工艺流程图

2.4　串联一次法橡胶混炼工艺优势总结

（1）上密炼机具有高的剪切力，具有优秀的补强填料、油料、加工助剂分散混炼能力。可以快速混炼，分散。并在卸料落入下密炼机前，可以提砣、降速，可以对胶料温度提前降一定的温度。

（2）下密炼机具有非常好的分布混炼能力，极好的温度控制能力。可以快速冷却胶料，降低胶料温度。加入硫化剂小药方便容易，胶料焦烧风险小，混炼效率高。绝大部分胶料配方都可以实现串联一次法炼胶，比如对炼胶温度要求很高的发泡胶料。

（3）串联上、下密炼机均可以快速吃料和排料，能够实现很好的自清洁能力。

（4）串联密炼机采用在线自动控制功能，减少了人为控制因素，减少了胶料质量的波动。

（5）生产任务切换便捷，多种小批量的生产也较为容易。

（6）所需智能开炼机的数量少，投资成本降低，生产线的设备可靠性得到提升。

（7）串联生产线的设备布局紧凑，要求的建筑面积小。

3　GK 系列串联密炼机在轮胎企业的应用分析

在轮胎厂使用的密炼机主要是大型号的密炼机，主要因轮胎厂产能相对较大。其主要应用型号有 GE320/GE590T、GE420/GE800T、GE580/GE1000T。

3.1　轮胎厂串联密炼机布局形式

根据厂房高度条件主要分为两种形式，第一种是串联密炼机和挤出压片机立式排列（见图 4）。立式排列的好处是串联密炼机的胶料直接排入挤出压片机中，可以快速降温出片，防止因等待时间出现胶团中心焦烧现象。

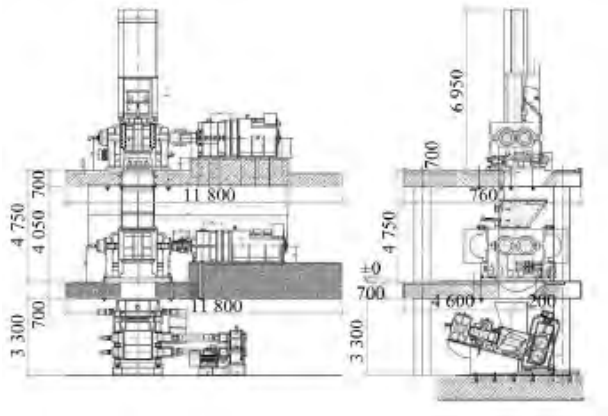


图 4　轮胎厂串联密炼机立式布局图

第二种布局形式是厂房高度受限，采取密炼机上下串联，然后用提升装置提升胶料，通过输送机构将胶料输送到挤出压片机中（见图 5）。此种布局形式的缺点是输送胶料浪费时间，降低生产效率。另外由于胶料从密炼机落下时是团状形态，而且胶料温度较高，通常为 145 ℃左右，会造成胶料芯部温度更高，最终导致胶料焦烧。最终造成胶料质量下降，甚至出现废料的现象。但是对于胶料焦烧温度较高，厂房确实高度受限的情况下，可以考虑此种可行的布局方式。

3.2　轮胎厂串联密炼机炼胶工艺分析

3.2.1　串联密炼机在半钢轮胎胎面胶混炼工艺的使用分析

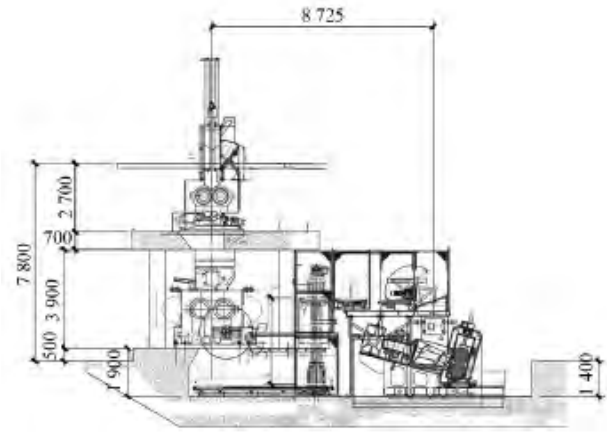


图 5　轮胎厂串联密炼机提升式布局图

轮胎厂使用串联密炼机主要是为了提升生产效率和产品质量，尤其适合半钢轮胎的胎面胶混炼工艺。

随着高性能轮胎的逐渐使用，轮胎胎面的低滚阻、低噪音及湿滑抓地力要求越来越高。在低滚阻要求中，胎面胶中要加入大份数的白炭黑，白炭黑想要分散的好，密炼机混炼胶时分散性和温控性能均要优秀。所以串联密炼机转子为 GK 系列啮合型转子，其具有优异的分散性和热交换性能。

如果使用切线型转子混炼高份数白炭黑胎面胶，比如 60 份以上胎面胶配方，会出现以下问题。

(1) 混炼胶时工艺不稳定，炼胶温度 150 ℃时经常出现麻面、熟胶等情况。

(2) 恒温炼胶时，硅烷化反应不充分，胶料性能下降，经常出现胎面泡、硫化模具不好清理等问题。

(3)60 份以上白炭黑胶料恒温炼胶时间应不低于 150 s，用单台切线型密炼机（比如 BB430）两段炼胶时间会达到 385 s 以上，严重影响混炼胶产能。

所以当使用串联式密炼机时，上密炼机炼胶时间控制在 180 s 左右，下密炼机进行恒温炼胶，恒温炼胶时间≥ 150 s。使硅烷化反应充分，提高胶料与白炭黑结合胶的产生，防止出现粉料的团聚现象，大大提高了白炭黑粉料的分散等级。最终提高胎面胶的使用性能，降低了滚阻，减少了生热，提高了轮胎的动态运动性能。

3.2.2　串联密炼机在轮胎厂炼胶使用优势

（1）串联与 B/M 普通炼胶工艺段数比为 1:2~1:1.5。

（2）混炼白炭黑胎面胶料实际检测数据，串联与 B/M 普通炼胶生产效率提升 16% 左右，吨耗节能 19% 左右。

（3）串联密炼机混炼白炭黑胶料时，胶料的耐老化性能、磨耗、生热、派恩效应、加工性能均优于传统的 B/M 密炼机。

4　GK 系列串联密炼机发展前景

发展前景主要包括两方面的发展，第一种是串联密炼上下密炼机转子类型发展；第二种是串联密炼机在连续混炼生产线的发展应用。

4.1　串联密炼机上下密炼机转子类型的发展

目前主要使用的上下密炼机均为啮合型密炼机，使用的市场比较大。为了提高终炼胶的生产效率，减少开炼机的使用。上密炼机采用切线型密炼机，下密炼机采用啮合型密炼机，采用挤出机直接出片。目前此种串联已在轮胎厂终炼胶中使用。

随着材料、加工工艺的水平逐渐提升，上下密炼机均使用切线型密炼机也会成为可能，这种既提升了炼胶质量，又提升了生产效率，解决了啮合型密炼机的吃胶慢的问题。

4.2　串联密炼机连续混炼生产线的发展应用

此种连续混炼生产线具体工艺流程为碎胶机（生胶破碎、称量、转运系统）+ 混匀装置 + 碎胶输送系统 + 串联密炼机 + 双锥挤出机（挤出成型，向连续混炼机喂料）+ 硫化体系称量系统（完成硫化体系的称量和投送）+ 双螺杆连续混炼机 + 滤胶机（终炼胶的过滤和成型胶片一次性完成）+ 胶片冷却（冷却定型）。

随着串联密炼机自身类型的发展，串联密炼机在炼胶工艺生产线的发展会越来越广。

5　总结

目前串联密炼机在橡胶制品行业和轮胎行业应用越来越广泛，其巨大的使用潜能优势并没有完全展现。随着工业技术的发展，其混炼胶料的质量、效率、节能、自动化智能优势会逐渐提升，助推国家混炼胶行业的发展。

Analysis of the types and applications of GK series tandem internal mixers

Sun Qingwei

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

Abstract: In response to the growing demands for compound quality and production efficiency in tire and rubberproduct industries, this paper presents the research background of GK series tandem mixers and analyzes its two mainstream rotor combinations and structural characteristics. By comparing conventional two-stage, general one-stage and tandem one-stage mixing processes, the practical performance of the equipment in one-stage mixing for rubber products and silica-filled tire tread compound mixing is investigated. Its outstanding advantages in compound dispersion, temperature control, energy saving and automation are summarized. The development trends of rotor configuration iteration and continuous mixing production lines are also discussed, showing the broad application potential of this equipment in rubber mixing industry.

Key words: GK series; tandem mixer; rubber products; tires; rotor

(R-03)

大庆石化 POE 产品首次市场化供货，国产“工业黄金”走出龙江

First commercialscale supply of POE products from Daqing Petrochemical: domestic "industrial gold" emerges from Heilongjiang

2026 年 10 月 12 日 13 时 56 分，中国石油大庆石化首批辛烯共聚 POE 产品正式发运出厂。满载 31.5 t 产品的货运车辆缓缓驶离厂区，发往华东地区重点客户，应用于光伏胶膜、汽车改性材料等领域。这标志着中国石油第一套万吨级溶液法 POE 示范装置实现产品首次市场化供货。

3 万 t/ 年 POE 工业示范工程，是大庆石化布局高端新材料领域的标志性工程，也是企业推进产业转型、构建“炼化生精材”产业格局的关键一步。项目推进过程中，生产技术团队持续优化装置运行，加快多牌号研发，稳定产品质量，提升装置创效能力；营销技术服务团队抢抓市场机遇，做好客户对接，开拓高端市场；全体干部员工坚持创新驱动，攻坚克难，稳步推进新材料自主研发。

POE 被誉为“工业黄金”，具备高弹性、高伸长率等优异物理性能，抗低温性能突出，是高端制造、塑料改性、医疗卫生等领域的重要原料，该装置依托石油化工研究院技术攻关成果，产品可满足下游多元化应用需求，有力推动高端聚烯烃国产化替代进程。

装置投产后，大庆石化生产运行部、聚烯烃部等相关部门和单位，把工作重心全面转向装置安稳运行与质量精细管控。面对没有成熟运行经验可借鉴的现状，技术团队紧盯产品指数、密度等核心指标，持续校准生产参数，动态优化助剂注入比例，反复比对工况变化，摸索形成适配装置的最优操作方案，逐一化解反应进料、系统压力波动等生产难题，牢牢守住产品质量关口。生产、设备、安全、质量等专业协同联动，完成开工资料归档，修订岗位操作卡与专项应急预案，细化巡检、交接班等基础台账，为装置长周期运行夯实制度根基。

为确保首批产品顺利交付，大庆石化计划经营部、销售储运中心等部门和单位紧密联动，统筹产销衔接与排产调度，严格把控成品包装、仓储保管各环节质量，细化装车发运流程，做好全流程风险管控。从产品检验封装、物资调度到车辆组织，各环节无缝衔接，实现首批产品按期发运出厂。

摘编自“大庆石化”

(R-03)