

串联密炼机组的研发和应用概况

刘丽, 张仁广, 刘婧, 韩帮阔, 高巍
(大连橡胶塑料机械股份有限公司, 辽宁 大连 116039)

摘要: 介绍串联密炼机组的研发和应用概况。串联密炼机组由带压砣的上位机与不带压砣的大容量下位机组成, 上位机采用低温转子, 下位机采用啮合型转子。串联密炼机组可以实现从原材料投入到终炼胶产出连续一步完成, 尤其适用于白炭黑用量大的胶料混炼, 可提高混炼质量和生产效率, 降低混炼能耗。大连橡胶塑料机械股份有限公司串联密炼机组的结构设计重点: 密炼室和转子、传动系统、液压式压砣、冷却系统和过渡翻板门等; 系统控制要点: 密炼室温度和冷却效果、转子无级调速和压砣位置无级调整等。

关键词: 串联密炼机组; 上位机; 下位机; 转子; 压砣; 白炭黑胶料

密炼机是橡胶生产的关键设备, 也是橡胶生产的能源消耗和环保关注重点。近年来, 随着绿色轮胎生产技术为代表的轮胎生产新工艺、新配方的出现, 为满足炼胶工艺要求, 在传统分段式炼胶设备的基础上, 国外橡胶机械设备制造商开发了许多新型炼胶设备, 如法国米其林公司所用的1台高速密炼机与多台开炼机组成的SSM低温一次法炼胶生产线和日本横滨橡胶公司所用的的首尾共2台密炼机一次法炼胶生产线以及德国轮胎大陆公司所用的串联密炼机组。

现将串联密炼机组的研发和应用情况简介如下。

1 密炼机炼胶工艺

胶料混炼是将生胶与各种配合剂混合, 制成混炼胶的过程。密炼机用于胶料的密闭式混炼。目前, 传统密炼机的炼胶工艺有以下几种。

第1种是国内最常用的2段或多段炼胶方法。这种炼胶方法的一段混炼和加硫黄终炼均在密炼机中进行, 国内很多轮胎企业(包括外资企业)采用这种炼胶方法。其优点是工艺技术成熟, 尤其是对新建轮胎企业来说可以保证生产顺利进行。缺点是胶料需要多次搬运及在中间存储环节反复升温 and 降

温, 生产效率不高且能源消耗大。

第2种是一段混炼在密炼机中进行, 加硫黄终炼在开炼机上进行。这种炼胶方法的缺点是工作环境差, 密炼机和开炼机的混炼周期有差异, 产量不易匹配。

第3种是胶料的混炼和终炼均在一台啮合型密炼机中进行。啮合型密炼机比切线型密炼机具有更好的冷却和混炼能力, 部分胶料可以在啮合型转子密炼机中实现混炼和终炼(在加硫化剂前胶料冷却到一定程度)。过去这种炼胶方法通常只在橡胶制品生产时使用, 在轮胎生产时应用不多, 但今后可能在轮胎生产中广泛应用, 尤其适用于白炭黑用量较大的绿色轮胎胎面胶制备。国内已有企业对这种炼胶方法进行了较深入的研究并进行了应用, 取得了一定成果。国外已有大型轮胎企业采用320 L以上容量的啮合型密炼机进行混炼和终炼。

2 串联密炼机组研发意义

串联炼胶工艺是德国大陆轮胎公司于20世纪80年代后期在传统炼胶工艺基础上开发出来的, 英国Francis Show公司率先生产出串联密炼机生产线, 当时该串联密炼机生产线仅应于橡胶制品生产。随着英国Francis Show公司、意大利Pomini公

司、美国Farrel公司这些老牌密炼机生产企业被德国Harburg-Freudenberger公司并购以后，串联密炼工艺开始被越来越多的轮胎企业所接受。

串联密炼机组今后将在国内轮胎企业推广使用，主要原因是白炭黑胶料的广泛应用以及对炼胶效率、节能减排、混炼胶质量要求的不断提高。

2.1 白炭黑胶料的广泛应用

近年来，由于绿色轮胎市场前景良好，欧盟、美国和日本相继出台了轮胎标签法规，即根据滚动阻力、湿抓着力和噪声对轮胎分级。在胶料中尤其是胎面胶中添加大量白炭黑可以起到降低滚动阻力（减少燃料消耗）、改善抗湿滑性能（提高安全性能）及延长轮胎使用寿命等特点，未来白炭黑将更多替代炭黑用于轮胎胶料中。

白炭黑的主要成分是轻质二氧化硅（分子式为 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ），其表面含有大量的硅氧烷和硅烷醇基团，易吸水，具有很强的亲水性（炭黑具有疏水性），亲水性强不利于白炭黑与橡胶结合。为了降低白炭黑的亲水性，需要在胶料中添加有机硅烷（硅烷偶联剂），使其与白黑发生硅烷化反应，而硅烷化反应产生大量的水（气）和乙醇（如图1所示），这些水（气）和乙醇如不及时排走，会混入胶料，导致硫化胶产生气泡，同时水（气）和乙醇对设备具有一定的腐蚀性。传统炼胶工艺采用多次提压砵排气、反复清扫、降低转子转速等方式炼制白炭黑胶料，而串联密炼机组的下位机由于无压砵且填充因数小，因此排气性特别好，不需要更多的排气辅助操作，炼制白炭黑胶料的工作效率高。

在白炭黑胶料混炼过程中，温度需要限制在

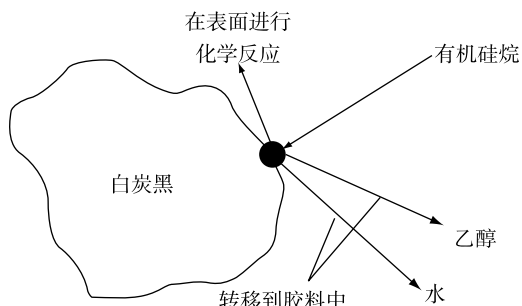


图1 胶料中硅烷化反应产生的水（气）和乙醇转移机理

一定范围（140~150℃）内，以保证胶料的硅烷化反应（约60s）在一个相对稳定的条件下进行。如果胶料温度过高，硅烷化反应会产生副反应。由于炼胶过程是一个不断生热的过程，这就要求密炼机组具有相当高的温度控制能力，而串联密炼机组温度控制性能好，十分有利于胶料的硅烷化反应。

2.2 提高炼胶生产效率，节能减排

炼胶工序是轮胎生产能耗最大的工序，其能耗约占轮胎生产总能耗的40%。因此炼胶设备的节能降耗很重要。与传统炼胶设备相比，串联密炼机组在提高生产效率、节能减排上具有以下特点。

（1）降低炼胶能耗。上位机排出的胶料直接进入下位机，胶料不用再热炼，只需一段混炼。

（2）简化炼胶工艺，大幅提高生产效率，见表1（数据来源自串联密炼机组生产企业德国HF公司）。

（3）降低资本投入。取消1段或2段炼胶工序，减少炼胶设备投资，降低胶料搬运成本。

（4）减少所需生产场地。减少混炼设备放置和混炼胶贮存场地。

（5）降低劳动力成本，减少一半操作工。

2.3 提高混炼质量

传统密炼工艺采用降低转子转速和多次提压砵来解决白炭黑胶料混炼过程中的排气问题，这对混炼质量有较大影响。与传统炼胶设备相比，串联密炼机组在提高混炼质量上具有以下特点。

（1）提高胶料的分散性，消除贮存对胶料性能的影响。

（2）改善胶料混炼工艺性能，尤其是低温下的工艺性能，消除人为因素对混炼胶质量的影响。

3 串联密炼机组的工艺原理

串联密炼机组是由上方1台带有压砵的密炼机（上位机）与下方1台不带压砵的大容量密炼机（下位机）组成的炼胶装置，如图2所示。串联密炼机组以复合作用方式取代传统密炼设备单一作用方式炼胶，将升温混炼和恒温反应2个工艺阶段合理地安排在2个容积不同的工位机上完成。上位机可以是啮合型转子密炼机，也可以是切线型转子

表1 串联密炼机组与传统密炼设备生产效率比较(一段混炼工艺)

混炼胶	门尼粘度	混炼时间/s		串联密炼机组	填充因数	
		串联密炼机组	传统密炼设备	生产效率增长率/%	串联密炼机组	传统密炼设备
乘用车轮胎胎面胶						
白炭黑胶料（高粘度）	90 ¹⁾	550	255	116	61	37
白炭黑胶料（中粘度）	70 ¹⁾	626	312	99	59	36
白炭黑胶料（低粘度）	49 ¹⁾	748	338	121	62	38
载重轮胎胎面胶						
炭黑胶料	70 ¹⁾	337	183	84	52	32
胶带胶料						
输送带胶料	62 ²⁾	256	161	60	62	38
环形带胶料	83 ²⁾	121	85	42	61	37

注: 1) 门尼粘度 [MS (1+3) 100 °C]; 2) 门尼粘度 [ML (1+4) 100 °C]。

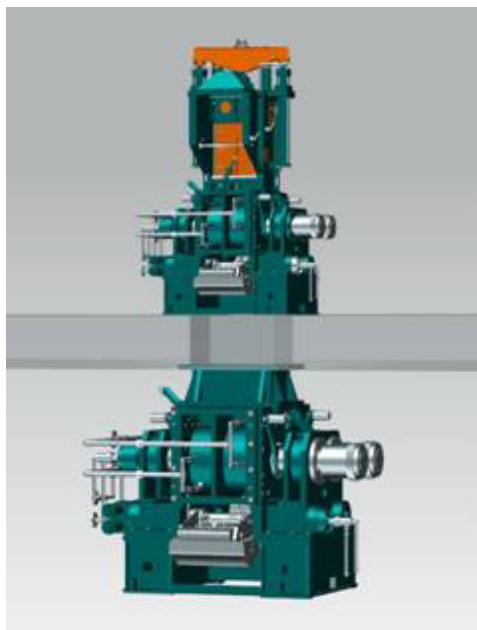


图2 串联密炼机组

密炼机,但必须采用低温转子。上位机以高转子转速和大压砣压力来进行胶料的升温混炼,然后将胶料直接排放到下位机中,下位机完成胶料的冷却和混炼。由于下位机是无压砣的密炼机,且填充因数很小(通常为0.4左右),因此冷却面积大,必须采用啮合型转子,才能实现无压自喂料,以达到良好的炼胶效果。通过下位机转子转速的控制,可以保证胶料温度在一定范围内,以在适宜的条件下完成胶料的硅烷化反应。最后,下位机排放的胶料在开炼机或挤出机上出片。

4 我国轮胎企业串联密炼机组的使用情况

德国HF公司已在全球售出40多套串联密炼机组,这些机组主要有3种配置形式。

(1) 上位机270 L切线型密炼机,下工位550ET啮合型密炼机;

(2) 上位机550E啮合型密炼机,下工位1000ET啮合型密炼机;

(3) 上位机320E啮合型密炼机,下工位550ET啮合型密炼机。

320E啮合型密炼机的产量和270 L切线型密炼机相同。

根据调查,国内目前有2家大型轮胎企业(下面分别称为A公司和B公司)使用串联密炼工艺,其串联密炼机组上位机均为320E啮合型密炼机,下位机分别为520E和550ET啮合型密炼机。

4.1 A公司串联密炼机组

A公司是国内第1家使用串联密炼机组技术的轮胎企业,其串联密炼机组组成为:

(1) 上辅机系统,包括自动称量系统和碎胶机,大胶块在进密炼机前就进行了粉碎;

(2) 主机系统,由320E啮合型密炼机和520E啮合型密炼机组成;

(3) 开炼机组,包括1台冷却开炼机,5台分流终炼串联液压调距开炼机和1台压片机。

A公司串联密炼机组工艺布置如图3所示。该串联密炼机组可以实现从原材料投入到终炼胶产出

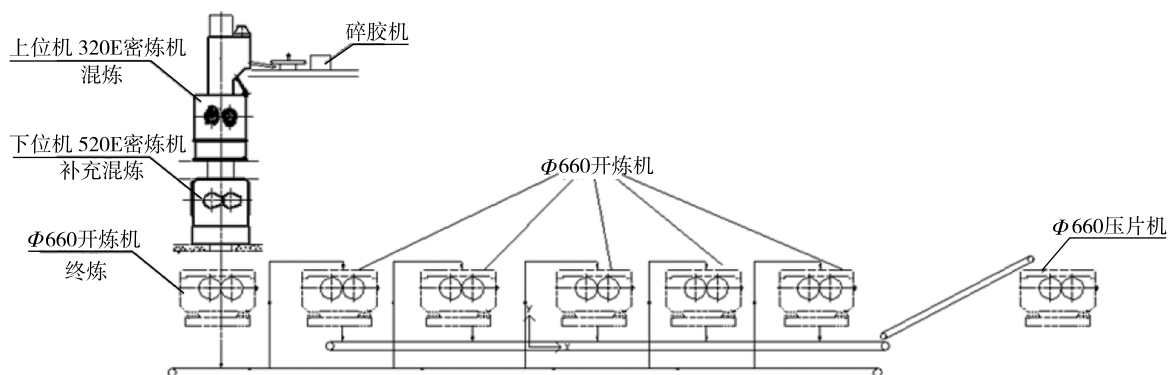


图3 A公司串联密炼机组工艺布置

连续一步完成的高度自动化混炼，取消了传统工艺的一段混炼胶冷却、停放和热炼工序，提高了生产效率。

该串联密炼机组适用于高白炭黑含量的胶料混炼。在上位机中胶料混炼到一定温度后，排放到下位机中继续补充混炼，且下位机中不添加任何其它材料，利用温度控制系统和转速自动调节系统的协同作用，保证下位机中胶料混炼温度恒定，使胶料的硅烷化反应充分。

该串联密炼机组投胶量225 kg（填充因数可达0.7），320E啮合型上位机炼胶时间约3 min，排胶温度约140 ℃；520E啮合型下位机炼胶时间约2 min，不添加其它材料。为实现下位机混炼温度恒定，下位机最低转子转速可至 $10 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。胶料的

加硫黄终炼是在开炼机中完成的。

该生产线适合于轮胎胎面胶以及丁基橡胶胶料等的混炼，但有一定的局限性，不适合太硬、太散、太粘的胶料，如内衬层胶等。

安装该串联密炼机组的厂房高度与安装传统密炼机组相同。

4.2 B公司串联密炼机组

B公司于2011年5月开始安装Harburg-Fredenberger公司的串联密炼机组，上位机是320E啮合型密炼机，下位机为550ET啮合型密炼机（取代原370切线型密炼机），下辅机为370挤出压片机和胶片冷却机。

B公司串联密炼机组工艺布置如图4所示。B公司使用串联密炼生产线后，胶料品质有了明显提

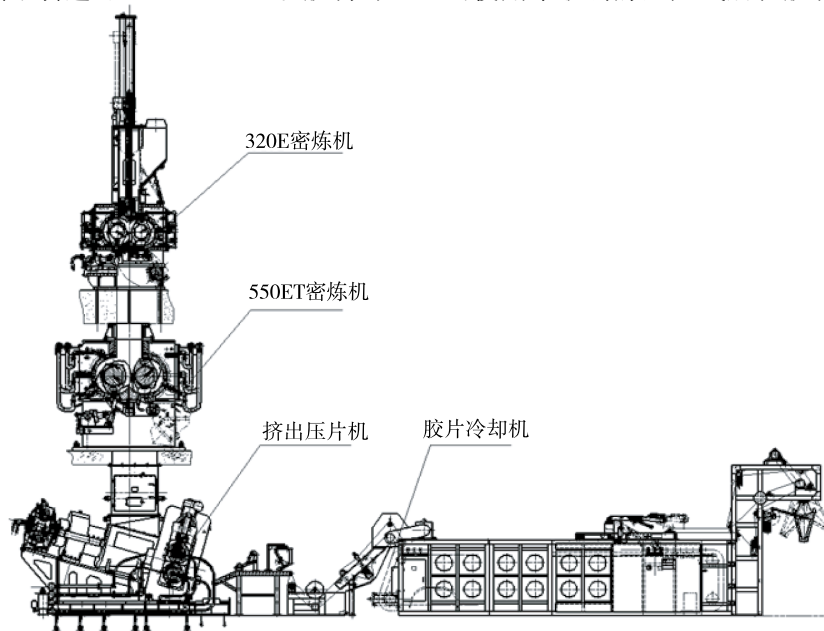


图4 B公司串联密炼机组工艺布置

升,分散性提高;部分胶料,尤其是添加白炭黑的胎面胶生产效率提高。但啮合型密炼机的转子为啮合构型,吃料速度较慢。在下工位550ET啮合型密炼机中进行了加硫黄试验,混炼胶质量达到要求。但目前加硫黄不能自动化,完全人工操作,生产效率低,因此该串联密炼机组暂时未能实现连续一步完成胶料混炼。

5 大橡塑串联密炼机组的特点

作为国内第1台密炼机生产企业和密炼机生产大型企业,大连橡胶塑料机械股份有限公司(简称大橡塑)紧跟橡胶工业发展步伐,不断开发新技术和新结构密炼机,并取得了一定成绩。

目前,大橡塑已完成了320E啮合型密炼机和550E啮合型密炼机的串联机组技术开发工作,具备投产、交付使用的条件。其中,作为串联密炼机组的上位机,320E啮合型密炼机已售出8台,且部分已完成安装调试,工作进入正常负荷使用中。

5.1 结构特点

5.1.1 啮合型转子

为进一步提高串联密炼机组的生产效率,对密炼机的核心构件啮合型转子结构进行了改进,并进行三维造型。

(1) 新型啮合型转子体木型、毛坯均采用数控加工技术制备;

(2) 新型啮合型转子采用全自动堆焊技术制备;

(3) 与传统啮合型转子相比,新型啮合型转子受力状态改善,冷却面积增大。

5.1.2 密炼室

密炼室特点为:

(1) 密炼室采用加长式边支架结构,改善受力状态,取消大底座;

(2) 密炼室上部设4块耐磨板,直接通到连接座,与压砣相接触的表面堆焊耐磨合金,耐磨板磨损后可以更换;

(3) 密炼室周边钻冷却孔,整筒采用自动焊接技术制备;

(4) 密炼室转子轴向力由双向推力调心滚子

轴承承受,可精确确定轴向位置。

5.1.3 传动系统

传动系统特点为:

(1) 主电机采用高压电机变频控制,节能降耗;

(2) 减速器齿轮为硬齿面,洛氏硬度为56~62度,齿轮精度在6级以上;

(3) 减速器的润滑系统配有独立的润滑站,包括流量开关、双工位过滤器、冷却器、压力表、温度计等保证齿轮和轴承的润滑。

5.1.4 新型导杆液压式压砣

新型导杆液压式压砣特点为:

(1) 以大橡塑开发的2代压砣结构(均获国家专利)为基础开发;

(2) 采用单层密封式新型液压压砣结构。

5.1.5 卸料和锁紧装置

卸料和锁紧装置特点为:

(1) 卸料门采用钻孔冷却,卸料门与物料接触的表面堆焊耐磨合金,卸料门中部装有测温热电偶;

(2) 锁紧装置采用曲柄连杆摆动式结构并固定支撑于左右边支架中,使其锁紧力形成封闭系统,有利于结构稳定。

5.1.6 冷却系统

与胶料接触的部位全方位冷却,与胶料接触的零部件如前/后密炼室、压砣及卸料门等均采用强制通道通水冷却,为温控系统提供足够的热交换面积。

5.1.7 过渡翻板门

在上位机与下位机之间设置一过渡翻板门,其作用是将上位机排放的胶料压入下位机中。另外,当上位机炼胶过程出现异常情况时,可以用翻板门将不合格的胶料导出而不是继续排入下位机中,当下游设备中有挤出压片机等连续工作设备时,过渡翻板门更具实际意义。

5.2 控制要点

5.2.1 密炼室温度

密炼工艺可以采用温控、时控、能控3种控制方式,传统密炼工艺通常采用时控排胶,胶料温度

作为排胶辅助参考。在串联密炼机组中,密炼机成为硅烷化反应的反应器,因此必须非常精确地控制密炼机密炼室温度(即胶料温度)。为此,在上、下位机的卸料门及门边支架处安装测温热电偶,可以选择进口热电偶(耐磨、测量精度高),并在机械结构上规避误动作产生的机械碰撞,以免造成热电偶失效等问题。

5.2.2 密炼室冷却效果

为有效带走炼胶过程中产生的热量,密炼机密炼室内与胶料接触的表面必须冷却,且冷却流道尽可能接近密炼室表面,转子采用铸造螺旋槽强制冷却,密炼室、卸料门、压砣、挡圈均采用钻孔冷却。生产过程中要严格控制冷却流道流量,检查泄漏、清理和缺陷情况,保证最佳冷却效果。

5.2.3 密炼室表面耐磨和耐腐蚀

在串联密炼机组混炼的胶料中白炭黑用量很大时,白炭黑与偶联剂发生硅烷化反应后生成的水(气)和乙醇具有一定的腐蚀性,因此密炼室内与胶料接触的表面必须全部进行硬化处理,最好无裂纹,且在硬化层与本体间加焊不锈钢层。上位机的加料通道最好进行镀铬处理。

5.2.4 压砣位置无级调整

在串联密炼机组混炼的胶料中白炭黑用量很大时,为了防止炼胶过程中白炭黑从压砣与侧壁的间隙中喷出,污染环境,且影响胶料性能,其压砣不像传统密炼机一样迅速降到最低位,而应逐渐降到最低位,这样可以有效减少炭黑的喷洒和泄漏。压砣位置采用位移传感器监测、显示、记录和自动控制,

无级调整。在加料装置上安装自动清扫装置,按工艺要求设定清扫程序。

5.2.5 转子无级调速

在串联密炼机组中,上位机转子高速转动,迅速将胶料混合,胶料温度至140℃左右时转子适当减速;下位机的主要作用是恒温反应,胶料温度在140~150℃之间保持一段时间,这主要通过炼胶过程中转子转速自动调整实现。因此要求上、下位机的转子无级调速,转速根据工艺要求自动调整。

5.2.6 电气控制

电气控制系统是串联密炼机组实现自动化的基础,可以监测和记录各项参数,包括功率、温度、容积、压力和压砣位置等,可以以曲线和表格的方式显示出来。与炭黑胶料相比,白炭黑胶料必须在硅烷化反应完成后才排胶,因此必须把白炭黑胶料的硅烷化反应作为串联密炼机组的一个控制元素。

6 结语

随着美国、欧洲、日本及其它国家轮胎标签法规的不断推出,对轮胎行驶安全性的要求越来越高,轮胎制造企业更加重视产品和技术的升级换代,这就给以串联密炼机组为代表的先进橡胶机械装备带来较大的市场空间。但从目前来看,串联密炼机组更适用于白炭黑用量较大的胶料混炼,而不适用于硬度和粘度较大的胶料混炼。因此,串联密炼机组技术的应用和推广还需要密炼机制造和应用企业共同探讨。

Development and Application of Mixer Group in Tandem Arrangement

Liu Li, Zhang Renguang, Liu Jing, Han Bangkuo, Gao Wei

(Dalian Rubber & Plastics Machinery Co., Ltd., Dalian 116039, China)

Abstract: This paper introduces the development and application of mixer group in tandem arrangement. The tandem process works with a combination unit consisting of a ram mixer and a ramless mixer below it. The top ram mixer has low temperature rotors, while the lower mixer has intermeshing rotors. The masterbatch passes from the primary mixer into the tandem mixer below, where it is cooled and finish-mixed continuously. It is then emptied

into a two-roll mill or a dump extruder and processed in the normal way. The process is suitable for the rubber compounding with large amount of silica, very effective to improve the mixing quality and production efficiency, and reduce the energy consumption. The key designs are mixing chamber, rotors, transmission system, hydraulic ram system, cooling system, discharge flap and chute. Key control points of the process are temperature of the mixing chamber, cooling efficiency, rotor speed (stepless adjustment) and ram position.

Keywords: mixer group in tandem arrangement; top mixer; lower mixer; rotor; ram; silica filled compound

信息·资讯

2013年我国合成橡胶进口量同比增长6.24%

据海关统计, 2013年我国合成橡胶(包括胶乳)的总进口量为152.74万t, 同比增长6.24%。其中, 丁苯橡胶(不含胶乳, 下同)进口量为35.99万t, 同比增长10.91%; 丁基橡胶进口量为25.18万t, 同比增长9.19%; 热塑性苯乙烯-丁二烯共聚物进口量为4.31万t, 同比下降

11.32%; 聚丁二烯橡胶进口量为23.31万t, 同比下降1.23%; 丁腈橡胶进口量为7.90万t, 同比下降8.14%; 氯丁橡胶进口量为2.00万t, 同比增长0.02%; 乙丙橡胶进口量为25.23万t, 同比增长19.12%; 异戊二烯橡胶进口量为3.99万t, 同比下降24.88%。

崔小明

美国橡塑机械制造业持续6年负增长

据国际知名产业咨询机构BIS World报告, 2008-2013年美国橡塑机械制造业年均增长率为-3.1%。

目前, 美国从事橡塑机械制造的核心企业有469家, 从业人员12938人, 橡塑机械总产值约为40亿美元。从汽车制造业到饮料灌装业, 各种下游产业活动对橡塑机械制造业产生较大影响。自2007年以来, 由于美国下游行业需求波动较大, 橡塑机械制造业收入表现出较大的波动性。

美国橡塑机械制造业呈现出资本密集度低

的特点, 劳动力成本远远超出了新设备等固定资产的投资。据测算, 目前橡塑机械制造企业每0.11美元固定资产投资, 对应劳动力成本约为1美元。在过去的5年间, 工资成本已经占到了营业收入的1/5左右, 但投资费用(按折旧计算)一直达不到总收入的3.0%。投资费用包括购买生产设备、环保处理设备、办公设备以及建设厂房等的开支。

预计在2017年前, 美国橡塑机械制造业的走势将继续取决于海外需求, 而国内市场有望重振。

邓海燕