

自密封橡胶用交联挤出机组研制

吴丹

(大连橡胶塑料机械有限公司, 辽宁 大连 116039)

摘要: 对自密封橡胶用交联挤出机组的研发原则、工作原理、工艺流程进行介绍, 列举了机组的主要性能指标, 对其主要组成部分的基本结构、核心参数、设计要点进行了详细说明和总结。

关键词: 自密封橡胶; 交联挤出机组; 研制; 结构; 设计要点

引用论文: 吴丹. 自密封橡胶用交联挤出机组研制 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(5):69-72.

中图分类号: TQ330.663

文章编号: 1009-797X(2026)05-0069-04

文献标识码: B

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.05.015

0 前言

具有超强气密性、均衡流动性、稳定高黏性的自密封橡胶, 被应用在自密封轮胎内衬上, 可有效防止轮胎被扎后导致的漏气, 确保轮胎内部的气压稳定, 从而避免漏气和爆胎, 让消费者的出行更加安全无忧。自密封轮胎的概念已经存在多年, 但因工艺复杂、制造难、成本偏高、穿孔尺寸有要求等, 未被广泛推广应用。近些年, 随着自密封轮胎技术的不断改进, 高速公路普及, 以及汽车制造商通过消除传统备件来减重的渴望, 很多国际大牌轮胎企业在内的一些专家人士普遍认为自密封轮胎因其独特的优势, 其销量也是大有未来的, 将成为未来的大趋势。

米其林、固特异、马牌等国外集团近年来在国内启动了一系列自密封胶扩产项目, 大幅提升自密封轮胎和配套半成品的产能。国外企业为保持创新技术及垄断地位, 完整的自密封轮胎生产线基本都通过分段采购、多家供应、专业化定制模式进行呈现。国内自密封轮胎生产工艺及装备虽然有很多企业在做, 但是整体(从原料、装备、生产等方面)技术水平还是处于研制阶段。

为了契合全球轮胎产业(技术和产品)发展, 伴随中国轮胎企业共同成长, 国内头部轮胎企业联合大连橡胶塑料机械有限公司(以下简称“大橡塑”), 吸收国外先进技术, 利用多年橡胶及塑料挤出设备研发与制造经验, 结合特有的工艺技术要求, 研究、试制自密封轮胎生产线关键装备“自密封橡胶用交联挤出机组”, 此装备填补国内空白, 有着非常重要的意义。

本文对其研发原则、工作原理、主要性能指标、核心部件结构及设计要点进行细化介绍。

1 自密封橡胶用交联挤出机组研制原则

- (1) 机组技术水平达到国际先进;
- (2) 适应用户生产工艺, 产量满足 200~320 kg/h;
- (3) 在一定动力黏度、温度、压力下, 停留时间大于 3 min;
- (4) 自动化程度高, 适应整条生产线联动控制。

2 主要性能指标及结构特点

2.1 工艺流程

上段工序密炼机或双螺杆挤出机输送机中转装置 A/B 熔体齿轮泵自密封橡胶交联机组适配器出料口成品料桶下段工序。

2.2 工作原理

上段工序将带有一定压力的混合后胶料, 用泵输送到交联挤出机的入口, 通过螺杆的旋转带入到机筒中, 经过压缩、剪切、升温的过程, 快速达到物理交联所需要的温度、压力等条件, 在此工况下完成在机筒内的停留时间, 即完成了胶料物理交联、均化作用。

作者简介: 吴丹(1975-), 女, 本科, 吹膜研究所所长, 高级工程师, 主要从事膜装备、合成橡胶后处理生产线的研发、设计工作, 荣获中国石油和化学工业联合会技术发明一等奖(2021年)、“2021年度大连市三八红旗手”、“2022年度大连市最美女性”等荣誉, 2023年被大连市机电工会授予“吴丹职工创新工作室”。

之后被在到达出料口，且各项指标满足了工艺要求。

2.3 主要性能指标

工艺基本参数：

物料	自密封橡胶；
物料黏度	< 1 000 Pa.s；
入口温度	100~120 °C；
出口温度	< 200±5 °C；
停留时间	> 3 min (在 200 °C)；
气孔率	无气泡 (目测)；
其它性质	不变。

机组基本性能指标：

生产能力	200~320(max)t/h；
螺杆公称直径	Φ120 mm。

2.4 主要结构特点及设计要点

自密封橡胶用交联挤出机组主要包括：主电机、联轴器、减速箱及润滑系统、螺杆及尾部密封、机筒组件、适配器（阻尼器）、出料模板等组成（见图1）。机组布置采用卧式形式，为了方便维护及工艺调整，整体可移动式。

其设计要点如下：

- (1) 合理的主参数设计，达到机组性能指标；
- (2) 核心部件的结构设计，实现工艺（温升范围、停留时间等）要求；
- (3) 自洁性、耐磨性等表面处理设计，适应自密封橡胶高黏度、流动性差的特性；
- (4) 整体密封性设计，确保无渗、漏现象发生。

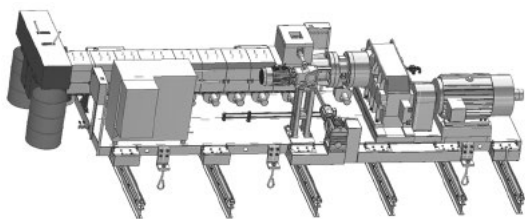


图1 自密封橡胶用交联挤出机组

2.4.1 主电机、联轴器

主电机采用的是三相异步电动机，机座带有调整用丝孔。

联轴器采用的是弹性柱销联轴器，模块化结构，弹性元件使用非金属材料。

主电机设计要点如下：

功率类比法：

测试自密封橡胶特性，结合大橡塑对挤出机设计的积累经验，名义比功率 P' 取 0.4，安全系数取 1.5，

考虑装机功率 110% 余量核算，主电机功率设计要点如下：

$$N=P' \times (Q \times 1.1) \times 1.5$$

扭矩算法：

$$T=9550 \times (N \div n)$$

根据自密封橡胶特性，随着温度升高黏度减弱，其需要扭矩 $T_1 \geq T_2 \geq T_3$ 的趋势。但因长径比不同需考虑安全系数 k' , $T'=k' \times T_3$ ，验证 $T \approx T'$ 相当，主电机功率设计要点如下：

$$N'=(T' \times n) \div 9550$$

功率核算法：

得到 $N' \approx N$ 相当后，按 $N''=k'' \times D^3 \times (L/D) \times n \times 10^{-3}$ [1]，核算其设计的正确性。

2.4.2 减速箱及润滑系统

减速器主要是由箱体、传动轴、齿轮、轴承、密封等组成。

采用三级传动结构，设计要点如下：确定各级齿轮副中心距、选取齿轮参数，校核齿轮强度、计算轴承寿命；根据新设计减速器方案确定减速器整体外形尺寸；根据《齿轮传动设计手册》进行齿轮及轴设计；依据机组结构设计箱体、箱盖的壁厚及其它尺寸；润滑系统设计原则是放置在减速器侧面，达到结构紧凑、占地面积小的目的。



图2 自密封橡胶用交联挤出机组减速箱

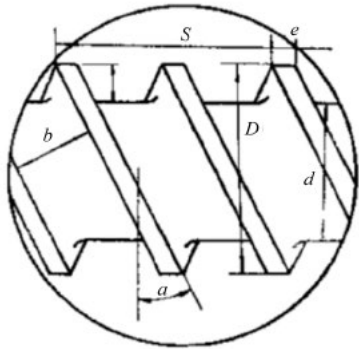
2.4.3 螺杆及尾部密封

螺杆结构采用收敛式，为等距不等深、等距等深、等距不等深三段结构，芯部钻孔，中空结构，压缩段、挤出段采用销钉结构。为保证物料的产量与停留时间要求，螺杆有加料段、压缩段、破碎段（销钉）、屏障段等多段组合形式，内部钻孔，通高温油。头数采用双头，避免因产量及压力波动带来设备的摆动。

设计要点如表1：

表 1 螺杆设计依据表

序号	主参数	设计依据
1	螺旋布置	双头, 收敛式
2	长度 l /mm	冷、热喂料, 挤出段约占长径比的 1/2
3	导程 S /mm	一般 $(0.6\sim 1.5) D$ S 加大, 吃料容易; S 加大, 增加停留时间
4	螺距 t /mm	一般 $(0.6\sim 1.5) D$ /头数 $f = \frac{(t_1 - e)(D - h_1) \cdot h_1}{(t_2 - e)(D - h_2) \cdot h_2}$
5	压缩比 f	热喂料一般 1.3~1.4, 有时达到 1.6~1.7 冷喂料一般 1.6~1.7, 有时达到 1.9~2.0
6	螺槽深度 h /mm	热喂料一般沟槽深度 $0.25D$ 冷喂料一般沟槽深度 $0.125\sim 0.17 D$
7	螺槽轴向宽度 e /mm	一般 $(0.06\sim 0.08) D$, 取小些
8	螺杆芯孔直径 d /mm	一般在 $\Phi 28$ 、 $\Phi 30$
9	销钉排数 n	一般 6~10 排, 排数 8 排居多, 约占长径比的 1/2
10	销钉单排数量 m	一般 6~10 个, 个数通常 8 个居多
11	销钉切口大小 A /mm	一般在 26、30
12	螺杆头	按橡胶设计手册, 120 热喂料挤出机推荐标准
13	螺杆尾部	一般采用反螺纹结构
14	与减速箱连接形式	一般采用外花键连接形式
15	与机筒直径间隙 /mm	一般采用 C9 或 D9/h8



尾部密封主要冷却套、压环、斯特封、密封圈等组成。

设计要点：分析工艺特点，入口胶料为热态熔体，且温度 $100\sim 120\text{ }^\circ\text{C}$ 区间，要使物料无泄漏，其螺杆尾部密封适用带冷却形式，不仅可避免热量传递给减速箱，也使来料存在压力情况下，借助反螺纹 + 密封圈形式，要尽量减少尾部密封件与轴的间隙，实现轴向密封。又增加了轴向密封 + 端盖密封设计，在进料压力下达到可靠的密封效果。端盖密封采用斯特封新型密封结构，材质为聚四氟乙烯。

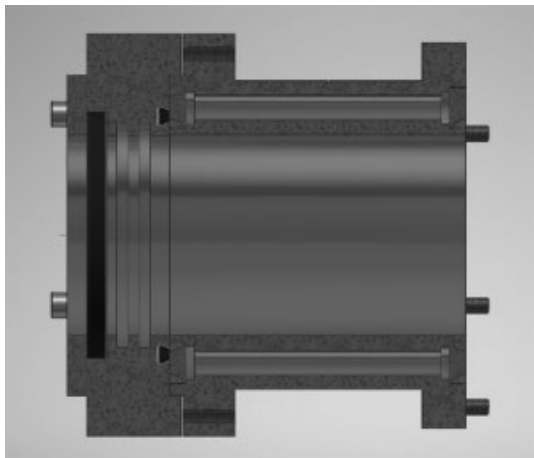


图 3 螺杆尾部密封

2.4.4 机筒组件

机筒组件由加料段机筒、压缩段机筒、挤出段机筒、衬套等组成。

设计要点如下：加料段内孔带沟槽，沟槽形式为矩形，目的是加大输送能力，机筒本体材质采用铸钢。

压缩段、挤出段不带衬套、沟槽，机筒的本体材质采用合金钢。衬套镶嵌在机筒内，其内表面采用离心浇铸合金。机筒之间密封采用止口端面 + 金属密封圈结构。机筒用电加热、风冷却形式，筒体上带有测温压传感器、热电偶元件，可实时监控调整工艺温度。

2.4.5 适配器（阻尼器）

适配器（阻尼器）主要由手轮、减速机、导杆、导板、上下料门等组成。

设计要点：根据实际挤出情况，调节出口的开度，通过手轮使得上下门可移动距离为 $0\sim 25\text{ mm}$ 区间，确保其工序的工艺要求，实现对温度、压力、停留时间的微调。

2.4.6 出料模板

出料模板主要由连接体、分流体、滑板、定距套、固定板、连接弯头、手柄等组成。

设计要点：根据实际挤出情况，需要调节出料方向，通过移动手柄滑动定距套、固定板位置来满足两个连接弯头处交替出料，确保实现工艺要求。

2.4.7 整机移动

设计要点：从工艺操作上来说，上游工序需要经常打开、清洗，空间布置及检修需要，自密封交联设备需要沿着垂直出料中心线的方向，实现整机往返移动，距离达到 2 m 。

2.4.8 电控系统

硬件设计要点：

硬件控制系统包含驱动控制及温度控制。驱动控制采用 753、755 系列的变频装置，配备通讯协议，

于程序中直连，实现驱动装置的硬件网络组态；温度控制采用温控表、固态继电器配合的模式。加热输出时，驱动固态继电器使得加热器处于工作状态。冷却输出时，驱动冷却风机接触器，实现螺杆冷却。

软件交互设计要点：

PLC 系统采用主站 1769 系列，位于总控制柜，从站 1794 系列，位于操作台。操作台配备工控机，采集全线数据并进行报表储存；机组通讯使用通讯协议，通过该协议将 PLC、变频器和计量秤连接，实现网络通讯，使得机体全线参数进入 PLC 系统，便于后期报

表生产和实现机组监控。

3 结束语

目前，大橡塑研制“自密封橡胶用交联挤出机组”已交付用户使用。通过正式生产运行：主要性能参数确定、部分装置功能、设计要点等方面是合理、先进的，达到国际先进水平，可替代进口产品，满足了工艺需求。用户反馈经济性好、安全性高、自动化程度多，且大橡塑已形成了此机组自主知识产权，为公司开拓了新产品领域，也成为公司的新经济增长点。

Development of crosslinking extrusion unit for self-sealing rubber

Wu Dan

(Dalian Rubber & Plastics Machinery Co. LTD., Dalian 116036, Liaoning, China)

Abstract: This article introduces the research and development principles, working mechanisms, and process flow of the crosslinking extrusion unit for self-sealing rubber. It enumerates the main performance indicators of the unit and provides a detailed description and summary of the basic structure, core parameters, and design essentials of its main components.

Key words: self-sealing rubber; cross-linking extrusion unit; develop; structure; design key points

(R-03)

国家级绿色工厂名单，10 家胎企入选

10 tire enterprises have been selected into the national list of green factories

近日，工业和信息化部正式发布 2025 年度绿色工厂名单，全国共 2038 家企业获此国家级认定。其中，轮胎制造业表现突出，共有 10 家企业凭借在绿色制造、节能减排、低碳循环等方面的卓越实践成功入选，覆盖外资、合资与本土民族品牌，彰显行业绿色转型的全面突破。

此次入选的 10 家轮胎企业分别为：

中策橡胶（天津）有限公司、杭州中策清泉实业有限公司、赛轮（东营）轮胎股份有限公司、双钱集团（新疆）昆仑轮胎有限公司、米其林沈阳轮胎有限公司、锦湖轮胎（长春）有限公司、山东宏盛橡胶科技有限公司、大连轮胎有限公司、河北万达轮胎有限公司、江苏托普轮胎股份有限公司。

企业分布于天津、山东、辽宁、吉林、河北、江苏、新疆等地，既有中策、赛轮、双钱等本土龙头，也有米其林等国际巨头在华工厂，形成多元主体协同推进绿色发展的格局。

绿色工厂是工信部构建绿色制造体系的核心载体，入选企业需在能源高效利用、清洁生产、废物资源化、产品生态设计等全流程达到行业领先水平。此次轮胎企业集中上榜，标志着我国轮胎行业已从末端污染治理转向全产业链绿色重构，绿色制造能力与国际标准接轨，为突破海外环保贸易壁垒、推动行业高质量发展筑牢根基。

摘编自“聚胶”

(R-03)