

# 医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的研制

吴丹, 董原, 张博文, 陈向禹

(大连橡胶塑料机械有限公司, 辽宁 大连 116039)

**摘要:** 对医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的研发原则进行介绍, 列举了机组主要性能指标, 针对机组的主要组成、核心零部件的结构及特点、设计原理及原则进行了详细说明和总结。

**关键词:** 医用 PVC; 压延法; 单螺杆挤出机组; 结构及特点; 设计原理及原则

**引用论文:** 吴丹, 董原, 张博文, 等. 医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的研制 [J]. 橡塑技术与装备, 2026,52(6):23-26.

**中图分类号:** TQ330.44

**文章编号:** 1009-797X(2026)06-0023-04

**文献标识码:** B

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2026.06.006

## 0 前言

PVC 是仅次于 PE、PP 的第三大通用塑料, 主要应用于建材、包装、医药等诸多行业。其中, 在建材行业占的比重最大, 约为 60%, 其次是包装行业, 剩余是其他若干小范围的应用行业。PVC 可分为软 PVC 和硬 PVC, 含柔软剂是软 PVC 与硬 PVC 的区别, 其中硬 PVC 大约占市场的 2/3, 软 PVC 占 1/3。软 PVC 一般用于地板、天花板以及皮革的表层、高级医用无毒 PVC (不含毒素, 符合医用器械标准) 等。

现代医学技术的发展使 PVC 在医学领域得到了广泛的应用, 医用 PVC 在提高医疗技术水平方面发挥了重要的作用。随着我国医疗保健制度逐步完善, 一次性 PVC 医疗用品需求量迅速增长, 对其医疗产品生产设备及工艺也提出了更高要求。由于医药领域对卫生安全、表面光洁、耐腐蚀等性能有特殊要求, 因而医用 PVC 生产用设备制造水平在其产品的生产过程中起着举足轻重的作用。水平的高低, 在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。

塑料压延法由于其固有的高速、连续化生产的优点及其制品应用广泛性、厚度精度高的特点, 一直以来作为塑料成型工艺中的主要类别之一。在我国的塑料膜、革、片材的生产中, 压延法均被广泛地应用。

为了契合现代医学技术的发展, 国内头部医用 PVC 生产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, 创新塑料压延法生产工艺方法及路线, 研究、开发“医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组”, 此机组填补医用 PVC 压延法的

国内空白, 对大橡塑有着非常重要意义来说就是进入新领域—医药领域。本文对其基本组成、研发原则、基本结构及特点、核心参数进行了细化介绍。

## 1 医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组研制原则

(1) 技术水平达到国内先进, 适用于医用软 PVC 压延法生产。

(2) 适应用户生产工艺, 产量满足 300~450 kg/h;

(3) 自动化程度高, 适应整线高效、联动生产的控制。

## 2 主要性能指标及结构特点

### 2.1 主要性能指标

**工艺基本参数:**

物料: 软 PVC, 粒料, ~Φ5 mm;

物料硬度: 80P;

增塑剂: ~40 份;

控制时间: < 150 °C;

破碎料: 不规则, ~20 mm×20 mm;

厚度: 0.1 mm~0.5 mm;

**作者简介:** 吴丹 (1975-), 女, 本科, 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, 曾获“2021 年度大连市三八红旗手”、“2022 年度大连市最美女性”等荣誉称号, 2024 年获得中国石油和化学工业联合会“技术发明一等奖”。

添加比例： 0~30%。

### 机组基本性能指标：

螺杆公称直径：  $\Phi 150$  mm；

长径比： 25；

生产能力： 300~450(max)kg/h。

## 2.2 机组结构及特点

医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组主要包括：物料输送系统、主电机、联轴器、减速机及润滑系统、螺杆、机筒、冷却系统、换网、机头、电控系统等组成。为了节省空间、方便操作，医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组布置采用“卧式+几字”形式，除了传动系统不锈钢包覆，满足对医药行业对洁净度的要求，见图 1 所示。其中螺杆、机筒、物料输送系统、电控系统是机组核心部件，其余部件，其主要结构及特点如下：



图 1 医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组

减速机采用铸造箱体，减速机采用渐开线齿轮进行传动副，齿轮经过热处理、精加工，达到足够的接触强度和承载能力，安全系数可到 1.5，螺杆径向力由推力向心对称球面滚子轴承承受，且轴承均采用稀油强制润滑的形式。

换网主要由壳体、多孔板、密封件等组成。采用机械式快速换网形式，其主体采用中碳钢的锻件，正火后调质处理，与物料接触表面镀铬，达到一定厚度，增强耐磨性，过滤精度大于  $60\ \mu\text{m}$ 。换网与模头之间过渡段距离设计要尽量短，且兼顾压力波动对挤出的影响因素。应用在医药领域，要减少物料滞留，避免物料变黄、结焦，网前要配有熔体压力、温度检测元件，实现在线报警、连锁上限的监控、保护功能。

机主要由机头体、快开结构、连接件等组成。出口采用扁平式结构，使得熔融的物料在低温状态下进一步塑化、挤出。机头体采用中碳钢的锻件，正火后调质处理，与物料接触表面镀铬，达到  $0.03\ \text{mm}$  以上的厚度，槽口处淬火，硬度大于 35HRC，目的是增强耐磨性。快开结构利用机械锁紧卡扣，实现快开闭

的功能。

冷却系统由换热器、电磁阀、管路等组成。采用高效率、过滤面积大的板式换热器实现对系统的热量快速交换，通过调节阀调控流量，控制需要的工艺温度，与水接触部分均采用不锈钢材质，保证系统的使用寿命。

## 2.3 机组核心零部件主要结构及特点、设计原理及原则

PVC 是非结晶高聚物，在不同温度下有三种状态，即玻璃态、高弹态、粘流态，且温度范围较大，其熔融在一个比较大温度范围内完成。这样，机组核心零部件的结构形式及主参数设计就尤为重要了。医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的核心零部件如下：

### 2.3.1 螺杆

#### (1) 螺杆设计原理及原则

因 PVC 具有对温度敏感的独特特性，螺杆核心参数确定是建立在收集、分析国内外不同机型 PVC 机组核心数据（见表 1）的基础上开展进行的。

表 1 国内外 PVC 机组的螺杆数据表

项目	$\Phi 90 \times 25$	$\Phi 120 \times 18$	$\Phi 150 \times 20$	$\Phi 180 \times 9$	$\Phi 200 \times 20$
设计能力 (kg/h)	50~100	50~100	150~300	400~800	200~400
主电机功率 /kW	55	40	75	75	110
螺杆输出转速 (rpm)	26~78	10~30	7~42	6~60	5~15
冷却孔尺寸 /mm	$\Phi 25$	$\Phi 25$	$\Phi 35$	$\Phi 45$	$\Phi 45$
螺杆导程 /mm	90	120	150	160	200
螺棱宽度 /mm	8	12	12	12	16
螺杆压缩比	2.154	3.37	3.83	2.25	2.57

依据医用 PVC 物料特性，遵循以上机组的设计原则，确定医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的螺杆核心参数如下：

- 螺杆类型： 普通型；
- 螺杆公称直径：  $\Phi 150$  mm；
- 长径比： 25；
- 螺杆转速： 6~60 r/min；
- 螺杆导程： 150 mm。

确定螺杆规格后，根据非结晶高聚物各段长度设计经验，螺杆参数细化设计原则如下：

- $L_1$ ： 一般取 (10%~25%)  $L$ ；
- $L_2$ ： 一般取 (50%~60%)  $L$ ；
- $L_3$ ： 一般取 (20%~25%)  $L$ ；

$H_3$	一般取 (0.025~0.06) $D$ ;
$e$	一般取 (0.08~0.12) $D$ ;
$l$	一般取 (0.08~0.1) $D$ ;
$\delta$	一般取 (0.2~0.4) mm。

螺杆确定了核心参数,核算各性能指标,具体性能参数见下表 2。

表 2 医用 PVC 螺杆性能指标参数表

项目	$\Phi 150 \times 25$
深延比 $-a$ (体现流体粒子的应变程度)	0.89
剪切速率 $\gamma$	9.9
混合度 $M$ (体现在螺槽中分散程度)	1 351
比能耗 $e$ ( $J \cdot cm^{-3}$ ) 分析物料在螺槽中塑化程度,需要的力或功)	10.68
料温升高 $\Delta T / ^\circ C$	4.2
停留时间 $t / sec$ (分析物料主要成分的老化程度)	92.4
剪切应力 $\tau / (g \cdot cm^{-3})$	57.5

### (2) 螺杆结构及特点

采用等距渐变普通三段形式;头数多为单头,螺杆头部采用  $90 \sim 120^\circ$  锥体结构,避免因产量及压力带来的波动;螺杆内部钻孔,通冷却水,减少温度敏感性影响;螺杆表面进行氮化、镜面抛光处理,控制物料停留时间,满足医药领域洁净度要求。

## 2.3.2 机筒

### (1) 机筒设计原理及原则

要考虑与螺杆匹配,同理核心参数确定是建立在收集、分析国内外不同机型 PVC 机组核心数据(见表 3)上开展进行的。

表 3 国内外 PVC 机组的机筒数据表

项目	$\Phi 90 \times 25$	$\Phi 120 \times 18$	$\Phi 150 \times 20$	$\Phi 180 \times 9$	$\Phi 200 \times 20$
机筒加热方式	电	电	电	电	电
机筒冷却方式	水	风	水	水	水
机筒冷却用沟槽 / mm	$\Phi 12 \times 13$	无	$\Phi 12 \times 13$	$\Phi 16 \times 17$	$\Phi 16 \times 17$
机筒加料段是否带沟槽	是	无	是	无	是
机筒加料段沟槽形式	矩形	无	三角形	无	三角形

按医用 PVC 物料特性,遵循以上机组的设计原则,确定医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组的机筒核心参数如下:

机筒加热方式:	电;
机筒冷却方式:	水;
机筒加料段:	带沟槽,沟槽三角形;
机筒公称直径:	$\Phi 150$ mm。

### (2) 机筒结构及特点

采用电加热、水冷却;加料段内孔带沟槽,沟槽形式为三角形,加大输送能力;外壁全长方向开沟槽,

计量段导程适当减小,目的是加大冷却能力;机筒内表面进行氮化、镜面抛光处理,提升耐磨性,利于物料的流动,满足医药领域洁净度要求。

## 2.3.3 物料输送系统

### (1) 物料输送系统设计原理及原则

物料输送系统需要适用多料态、多种比例的添加,且要考虑成本、操作、空间等因素,其设计采用主螺旋输送的结构形式。物料输送系统主要由主喂料机、辅喂料机、输送机、料斗等组成(见图 2)。主喂料机采用大螺距、大槽深的结构,设计能力达到 450 kg/h,完成粒料的输送。辅喂料机采用小螺距、小槽深的结构,设计能力达 150 kg/h,带有防架桥功能机构,完成不规则、片状破碎料的输送。

### (2) 物料输送系统结构及特点

物料输送系统所有与物料接触表面抛光 Ra0.8 以上,材质采用不锈钢 316 L,达到医药领域要求。物料输送系统采用错落、叠加布置,多级减速达到匹配的传动比,特点是占地空间小,节省整线长度。



图 2 物料输送系统

## 2.3.4 电控系统

电控系统设计原理及原则:遵循自动化程度高,适应整线高效、联动生产的控制原则,主要包含驱动、温控、下料三部分。

### (1) 驱动

从成本上考虑经济性,结合全线驱动采用 PROFINET 通讯,电机驱动器采用尼得科 CT 的 NE300 变频装置,程序中增加 .GSD 文件,实现与主系统的驱动网络组态。

### (2) 温控

采用温控表、固态继电器配合模式,完成加热输

出、冷却输出。

### (3) 下料

多个电机通过旋钮和程序逻辑，实现可单独手动调速，也可切换以手动模式为基准联动方式，达到同步升降速。

### 3 结束语

目前，大橡塑研制“医用 PVC 压延法单螺杆挤出机组”已交付用户使用。通过正式生产运行，满足工

艺需求，实现稳定输送、均匀塑化，产能、外观适用于生产医用软 PVC 压延法生产线，性能达到预期目标。可适配下游的压延法生产线，满足压延制品最大宽度达 800 mm，厚度 0.1~0.5 mm，厚度精度  $\pm 0.015$  mm，与上下游装备高效协调、连续生产，总体评价机组是合理的、先进的，达到国内先进水平。用户反馈自动化程度高、经济性良好，此机组大橡塑已形成了自主知识产权，为公司开拓了医药新领域的产品，也成为公司的新经济增长点。

---

## Development of medical PVC calendaring single screw extrusion unit

Wu Dan, Dong Yuan, Zhang Bowen, Chen Xiangyu

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

**Abstract:** This article introduces the research and development principles of the medical PVC calendaring single-screw extrusion unit, lists its main performance indicators, and provides a detailed description and summary of its main components, the structure and characteristics of core parts, as well as design principles and guidelines.

**Key words:** medical PVC; calendaring method; single screw extrusion unit; structure and characteristics; design principles and guidelines

(R-03)

---

## 总投资超 6 亿，三利轮胎扩建项目正式公示

With a total investment exceeding 600 million, the expansion project of Sanli Tire has been officially announced

2026 年 4 月 28 日，山东省菏泽市生态环境局正式批复《山东省三利轮胎制造有限公司年产 338 万条高端高性能半钢子午线轮胎改扩建项目环境影响报告书》，公示期为 4 月 28 日至 5 月 10 日，标志着该重点技改扩建项目迈出关键一步，即将进入规范化建设阶段。

据悉，该项目位于菏泽市曹县经济开发区三利轮胎原有厂区内，属改扩建性质，不新增建设用地，总投资 6.3671 亿元，其中环保投资 130 万元。项目将利用原厂区空间，新建 6.6 万  $m^2$  生产车间和 1.4 万  $m^2$  仓库，购置密炼机、成型机、硫化机等 162 台套专业设备，建成一条高端半钢子午线轮胎生产线。

项目建成后，将形成年产 338 万条高端高性能半钢子午线轮胎的产能，产品涵盖低断面大尺寸高性能轿车子午线轮胎 200 万条、新能源汽车轮胎 80 万条、补气保用胎 50 万条及自修复轮胎 8 万条，精准契合当前汽车产业向新能源、高性能、安全化转型的趋势。

山东省三利轮胎制造有限公司改制成立于 1996 年，位于菏泽市曹县，专注于轮胎制造领域，拥有年产半钢轮胎 1 000 万条、特种轮胎 100 万套的生产能力，旗下拥有多个自主品牌。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)