

卧式安瓿瓶机结构与优化研究

刘新玺 董备 赵金帅

河北陆源科技有限公司, 河北石家庄, 050200;

摘要: 本文以卧式安瓿瓶机为研究对象, 依据安瓿瓶成型工艺标准及洁净室生产规范, 重点开展整机核心结构的设计工作, 并整合专用真空吸附技术与机器人协同作业思路, 制定了基于结构改进、运动协调优化及自动化升级的技术方案, 以为卧式安瓿瓶机的设计升级与技术创新提供切实可行的实际应用参考。

关键词: 卧式安瓿瓶机; 结构设计; 参数优化

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.055

引言

卧式安瓿瓶机是安瓿瓶自动化生产流程中的核心设备。其作业流程贯穿玻璃管供料、拉伸熔断、印字、打点刻痕、底切等多个连续工序, 设备结构的合理性直接关系到安瓿瓶的成型质量、生产效率及生产成本控制。当前市场上部分卧式安瓿瓶机仍存在诸多缺陷, 且对人工操作依赖度较高, 不仅生产效率低下, 还易引发洁净室污染隐患。基于此, 本文拟专门设计一套结构合理、运行稳定且自动化水平高的卧式安瓿瓶机, 重点针对现有设备的薄弱环节展开优化改进工作, 旨在切实提升设备的生产精度、运行效率及自动化衔接的效果。

1 卧式安瓿瓶机工作原理与工艺要求

1.1 工作原理

卧式安瓿瓶机采用连续化生产方式, 以玻璃管为原料, 依靠各机构的协同配合来完成安瓿瓶的成型加工, 同时还需满足多工序自动化衔接的核心要求。具体的工作流程如下: 首先是供管装置先将玻璃管有序输送至拉伸熔断装置, 玻璃管经加热灯头高温加热软化后在拉伸块的牵引作用下完成长度拉伸, 与此同时, 熔断灯头也同步实现玻璃管的定长熔断; 成型后的双联丝安瓿, 会通过智能输送机构依次进入印字机构完成产品标识印刷, 随后再经打点刻痕机构在瓶颈部加工出易折点, 最终通过底切机构完成双联安瓿的分离, 形成成品安瓿瓶; 成品安瓿瓶可通过专用真空吸附装置转运至针剂盒, 也可直接送入后续清洗、灌装、检测及包装设备, 而清空后的针剂盒则由回收机构集中收纳。各机构通过输入轴与控制系统实现联动调控, 以此保障生产过程的连续性、同步性及自动化衔接效果。

1.2 核心工艺要求

根据医药行业相关标准及洁净室生产规范, 卧式安瓿瓶机的生产工艺需满足以下几方面核心要求: 一是成型精度要合格, 安瓿瓶瓶身直径偏差需控制在 $\pm 0.2\text{mm}$ 以内, 瓶高偏差不超过 $\pm 0.5\text{mm}$, 颈部易折点刻痕深度要均匀, 确保开启时不会产生玻璃碎屑; 二是输送要稳定安全, 在各工序转运及自动化衔接过程中, 安瓿瓶需保持姿态稳定, 不会出现偏移、碰撞等情况, 避免瓶体破损, 同时夹持装置需适配薄壁玻璃的特性, 实现柔性夹持; 三是印字质量要达标, 印刷标识需清晰完整, 位置偏差不超过 0.3mm , 且印刷后要快速烘干固化; 四是能耗要合理可控, 在保障生产效率的前提下, 尽可能降低设备能源消耗, 提升企业的经济效益; 五是洁净适配性要优良, 设备需具备良好的防尘防水性能, 关键机构防护等级不低于IP67, 方便清洁维护, 满足不同等级洁净室的生产需求; 六是自动化衔接要顺畅, 需实现与后续清洗、灌装、检测设备的无缝对接, 减少人工干预的环节。

2 卧式安瓿瓶机总体结构与核心机构设计

2.1 总体结构设计

结合生产工艺要求及洁净室生产标准, 卧式安瓿瓶机总体采用模块化结构设计, 主要由成型机构、印字机构、打点刻痕机构、底切机构、智能输送机构、压紧机构、真空转运机构及回收机构构成。各机构通过机架有序装配, 实现动力的同步传递与运动协同。整机机架采用高强度钢材焊接成型, 表面经防腐蚀处理, 保障设备运行过程中的结构稳定性与洁净适配性; 各机构通过智能输送机构连接, 确保安瓿瓶在各工序间平稳转运; 在印字机构与底切机构前端设置压紧机构, 实现双联丝安瓿的位置校正, 提升加工精度; 在成品输出端配置真空转运机构与回收机构, 分别完成安瓿瓶的自动化转运与

空针剂盒的集中回收。

2.2 核心机构详细设计

2.2.1 成型机构设计

成型机构是把控安瓿瓶成型质量的核心模块，主要是由供管装置、拉伸熔断装置和输送装置这三部分构成的。供管装置采用链轮-链条传动结构，链条上按等间距装配U型导槽，靠这种结构来实现玻璃管的有序输送，导槽间距还会根据玻璃管直径进行精准调校，以此保障玻璃管放置的稳定性；拉伸熔断装置配置了17只拉伸块与16只熔断灯头，拉伸块与导向轴之间通过直线轴承连接，这样能减少运动过程中的摩擦损耗，导向轴则选用高强度导向光轴，进一步提升拉伸作业的稳定性的；加热灯头采用瓦型结构设计，这种设计能让玻璃管受热更均匀，从而保证软化效果的一致性。输送装置通过输送轴与输送轮的配合实现玻璃管及成型安瓿的转运，输送轮上开设弧形凹槽，保障瓶体精准定位，同一根输送轴上的输送轮凹槽位置保持一致，确保输送同步性。

2.2.2 智能输送与真空转运机构设计

智能输送机构采用多轴联动辊轮输送方式，主要由输送轴、输送轮、驱动电机及导向装置构成。为保障安瓿瓶转运过程中的姿态稳定，在成型机构与印字机构之间、打点刻痕机构与底切机构之间均安装压紧装置，该装置采用T型压杆与扭力弹簧的组合结构，通过弹簧弹性压力实现安瓿瓶的柔性压紧，避免瓶体破损；同时在输送轴上安装限位刀口轮，与输送轮凹槽配合实现安瓿瓶的双向定位，防止输送偏移。输送轴之间通过链条实现联动，由驱动电机统一驱动，确保各输送轮转速同步。

真空转运机构是自动化衔接环节的核心部件，配备的是专为安瓿瓶定制的专用真空吸盘。这款吸盘不仅结构紧凑、机械性能可靠，还能稳定实现一次性从针剂盒中取完所有安瓿瓶，当然也可以把输送线上的成品安瓿瓶转运至后续的清洗、灌装设备。根据针剂盒的规格及安瓿瓶的型号，真空吸盘还能灵活更换，以此适配多样化的生产需求。转运动作是由六轴机器人来驱动的，所选的工业机器人防护等级达IP67，能有效抵御液体与灰尘的侵入，很契合洁净室的生产环境；同时，电缆通过机器人底座供电，这样还进一步优化了设备的整体布局。

2.2.3 印字与打点刻痕机构设计

印字机构采用接触式印刷方式，主要由刷头支架、刷头及印刷板支架组成，刷头支架可实现上下左右位置

微调，保障印字位置精准；印刷板支架采用可拆卸式设计，便于根据不同产品规格更换印刷板。打点刻痕机构配备两只带承接口的支承圆盘，实现安瓿瓶的连续加工；打点装置通过凸轮驱动伸缩臂与摇杆运动，实现打点针的规律摆动，在瓶颈部形成均匀定位点；刻痕装置采用电机驱动合金刀片旋转，通过凸轮控制刀片上下运动，完成颈部易折点刻痕加工，刻痕深度通过电机座升降调节实现精准控制。

2.2.4 回收机构设计

回收机构布置在真空转运机构的一侧，专门是用来收纳那些已经清空的针剂盒的。这款机构采用的是倾斜式输送槽设计，借助气缸驱动的推送装置，把空针剂盒从机器人作业区域稳稳推送至回收容器内，这样就能实现空盒的自动化回收了。这样的设计不仅减少了人工清理的工作量，还进一步保障了生产流程的连续性。

3 卧式安瓿瓶机结构优化方案

3.1 现有设备的现状

通过对现有卧式安瓿瓶机实际运行情况的调研梳理，发现设备主要存在以下几类核心问题：一是输送偏移问题频频发生，在高速生产的时候，安瓿瓶在输送轮上很容易出现左右窜动的情况，这就会导致印字位置偏差超标，直接拉高了产品不合格率；二是印字烘干不够及时，印字工序之后并没有配置专用的烘干设备，印刷标识很容易被擦拭模糊，进而影响产品追溯；三是能耗控制得不太好，加热灯头与驱动电机的功率匹配不合理，存在比较明显的能源浪费现象；四是缺失成品检测环节，没办法及时筛选出破损或成型不良的产品，会对最终产品质量造成不小的影响；五是自动化衔接存在短板，安瓿瓶向后续设备的转运还得依赖人工操作，这样一来不仅效率低下，还存在洁净室污染的风险；六是传统真空吸盘很难适配薄壁安瓿瓶的夹持需求，很容易导致瓶体破损，进而增加企业的生产成本。

3.2 优化方案设计

3.2.1 输送机构优化

针对输送偏移这一问题，要专门从结构改进与导向强化两方面来优化输送机构：一方面是改进输送轮结构，把输送轮凹槽设计为与安瓿瓶轮廓精准贴合的弧形，这样能增大两者的接触面积，进而提升定位稳定性；另一方面则增设主动导向装置，在输送机构两侧安装可调式

导向板,通过调节导向板的间距来适配安瓿瓶直径,以此实现输送全程的导向限位,从根本上杜绝瓶体偏移的情况。同时还优化了压紧装置的弹簧参数,根据安瓿瓶的规格精准调整弹性压力,既能够保证可靠压紧,又能避免瓶体受压变形。

3.2.2 印字机构升级

在印字机构后方专门增设了预烘干炉,采用热风循环加热的方式,将炉内温度稳定控制在60-80℃;通过输送丝杆把印字后的安瓿瓶匀速送入烘干炉,根据生产速度将烘干时间调控为3-5秒,确保标识能快速固化,彻底解决标识模糊的问题。同时还优化了印字刷头的材质,选用耐磨且吸墨均匀的硅胶刷头,这一做法既提升了印字清晰度,又延长了刷头的使用寿命,还能降低耗材更换的成本。

3.2.3 能耗优化

采用变频调速技术对驱动电机进行动态控制,根据生产速度实时调节电机转速,避免电机空载或高速空转所造成的能源浪费;对加热灯头实施分组管控,结合玻璃管的输送速度与实际加热需求,动态调整开启的灯头数量,以此实现精准的按需加热;在加热灯头外侧加装保温罩,减少热量的散失,进一步提升能源利用效率。此外,机器人驱动系统还选用了节能型控制器,以此进一步降低设备的整体能耗水平。

3.2.4 增设成品检测与智能控制模块

在底切机构后方增设成品检测组件,该组件由顶起单元、拍照检测单元及踢废单元组成。顶起单元将单个安瓿瓶托起,拍照检测单元通过高清摄像头采集安瓿瓶图像,利用图像识别技术检测瓶体是否破损、印字是否清晰、尺寸是否合格;对于不合格产品,踢废单元通过气缸驱动槽板动作,将其从踢废口剔除至废料槽,保障成品质量。可专门引入智能控制系统,搭载YRC1000micro高性能控制器,这款控制器支持手持式编程器、触摸屏操作终端(SmartPendant)及PLC功能模块(MotoLogix)等多种操作模式,能够把机器人控制功能整合到更高层级的设备控制系统当中。系统会通过3D摄像系统引导机器人完成精准作业,同时还特意增设了第二台摄像机,专门用来自动核查针剂盒内的安瓿瓶数量,并把检测数据与生产台账进行实时对比,这样就能实现生产过程的动态监控与数据可追溯了。

3.2.5 自动化衔接优化

重点优化真空转运机构与机器人的协同作业流程,根据实际生产节拍精准调整机器人运动轨迹,将单盒安瓿瓶的转运耗时控制在55秒;要是配置两台机器人协同作业的话,还能进一步提升转运效率。机器人选用额定载重量25kg的机型,适配集成了辅助功能装置的真空吸盘,以此保障转运过程的稳定性与可靠性。同时还优化了设备整体布局,缩短了真空转运机构与后续清洗、灌装设备之间的间距,减少转运路径长度,这样就能有效提升工序间的衔接效率了。

4 结语

综上所述,本文围绕卧式安瓿瓶机的结构设计与优化开展研究,结合安瓿瓶生产工艺要求与洁净室生产标准,完成了整机总体结构设计与核心机构详细设计,重点融入专用真空吸附技术与机器人协同理念,强化了设备的自动化衔接能力,更契合医药行业高质量发展的需求。

参考文献

- [1] 曾凡云. 立式洗瓶机中单夹臂轴多夹头式机械手[J]. 机电信息, 2010(35): 32-33+48.
- [2] 本刊编辑部. 国产抗生素瓶/安瓿类小容量注射剂生产联动线产品市场期望在完善中提升[J]. 机电信息, 2009(02): 23-26.
- [3] 王业洲. 卧式滚筒洗瓶机的比较及其缺陷改进[J]. 机电信息, 2008(32): 39-43.
- [4] 王锐华, 许晶, 张越毅. 安瓿洗烘灌封联动生产线改造实践[J]. 机电信息, 2008(23): 35-37.
- [5] 王业洲. 卧式滚筒洗瓶机的比较及其缺陷改进[C]/ 兴业杯第四届中国制药装备论文集. 湖南海辰制药机械有限公司, 2008: 53-57.
- [6] 申祥劭, 刘和友, 王忠雄. 洗瓶机夹瓶和插针机构的设计与探讨[J]. 医药工程设计, 2006(03): 43-45.

作者简介: 刘新玺(1983.08-), 男, 汉族, 河北石家庄人, 本科学历, 高级工程师, 研究方向: 制瓶机自动化设备研发。

项目名称: 石家庄市制瓶装备技术创新中心

项目编号: 247790799A