

YB611 包装机冷胶喷枪故障分析与优化维护策略研究

李国良 王林鹏 杨云凯
山东中烟工业有限责任公司青州卷烟厂 山东省潍坊市 262500

摘 要：国内烟草工业对高端包装设备的运行效率与稳定性要求极高。ZB416 硬盒硬条包装机组末端的 YB611 型条盒及条外透明纸包装机是效率保障关键，其核心涂胶部件故障频发，致设备停机、效率降低和辅料消耗增加。本文以 YB611 冷胶喷枪为研究对象，剖析其工作原理，从人、机、料、法、环五个维度分析喷胶歪斜、堵塞、泄漏等故障根源，进而提出含规范化操作、精细化维护、科学化参数调整及环境适应性管理的综合解决方案。实践表明，该方案大幅降低设备停机率，有效作业率提升近 7 个百分点，减少辅料消耗与不合格品，对保障质量、提升效率意义重大，也为同类设备维护提供参考。

关键词：YB611 包装机；冷胶喷枪；故障分析；维护保养；生产效率

引言

中国烟草行业已形成科研、生产、销售一体化完备体系。烟草包装机械的技术水平直接影响产品质量、效率与成本。为摆脱国外设备依赖，上海烟草机械有限责任公司自主研发时速达 600 包 / 分钟的 ZB416 硬盒硬条包装机组。该机组由 YB416 型硬盒包装机、YB511 型盒外透明纸包装机以及 YB611 型条盒及条外透明纸包装机组成^[1]，在多维度展现显著优势。

作为机组关键终端环节，YB611 型包装机承担条盒包装重任，其冷胶喷枪系统是条盒纸粘合的核心执行机构。喷胶常出现胶点歪斜、喷胶不畅、喷嘴积胶、胶液泄漏等问题，导致设备非计划停机、辅料浪费、生产效率下降，还对产品质量构成潜在风险。因此，深入分析故障机理并制定有效维护策略，成为提升 ZB416 机组效能的迫切需求。本研究结合理论与实践，总结标准化解决方案，为烟草包装设备稳定运行提供支撑。

1 YB611 冷胶喷枪的结构与工作原理

精准排查故障需先掌握设备结构与原理^[2]。YB611 冷胶喷枪为机电一体化精密装置，相比传统沉浸式胶缸，具有密封性好、污染小、喷胶量可调、响应快等特点。

1.1 喷枪的机械结构

如图 1 所示，该冷胶喷枪主要由五大核心部件构成：

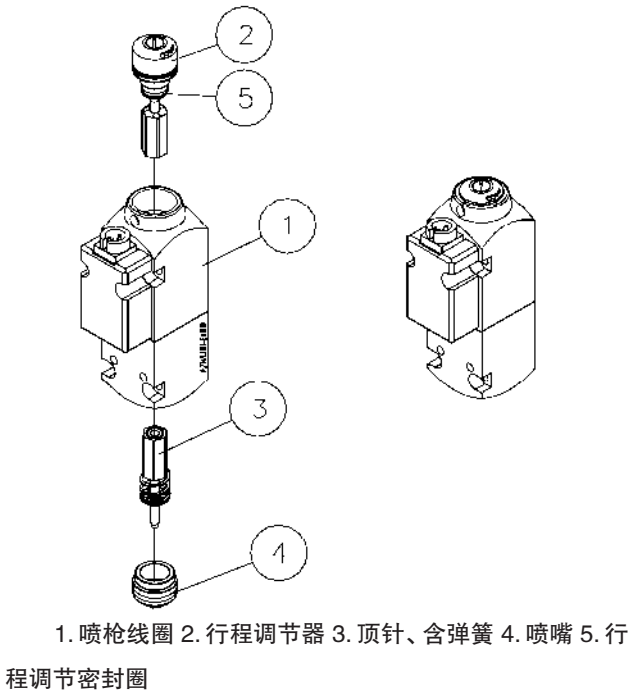


图 1 喷枪结构图

1. 喷枪线圈：动力源，属电磁感应组件。接收电流脉冲信号后产生磁场吸引顶针运动。
2. 行程调节器：带精密刻度的旋转机构。通过调节改变顶针回程距离，控制顶针与喷嘴缝隙，决定胶液流量。
3. 顶针与弹簧：顶针为胶路的“阀门”，前端锥面与喷嘴内孔精密配合实现密封。弹簧提供回复力，确保线圈断电后顶针复位切断胶路。
4. 喷嘴：胶液出口，孔径与光洁度决定胶点质量。与

顶针配合精度是防漏胶、保顺畅的关键。

5. 行程调节密封圈：位于行程调节器与枪体间，防止高压胶液泄漏。

1.2 喷枪的工作过程与原理

其工作过程是一个典型的“通电打开-断电关闭”循环：

1. 待机状态(关闭)：未接收到喷胶信号时，线圈不通电。顶针在弹簧预紧力作用下紧抵喷嘴内孔，形成金属硬密封，阻断高压胶液。

2. 喷射状态(打开)：控制系统发出指令，电流脉冲加载到线圈。电磁力克服弹簧力拉动顶针后移。形成环形缝隙。高压胶液通过缝隙喷射成胶点。

3. 关闭状态：电流脉冲消退，电磁力消失。顶针在弹簧力作用下复位密封胶路，喷射终止。

喷胶过程耗时毫秒级，通过调节行程调节器控制顶针开启行程。可精确调整喷胶量。

2 冷胶喷枪故障的深度原因分析

结合生产实践，借鉴“人、机、料、法、环”分析法进行全面剖析。

2.1 人的因素：操作规范性与技能水平

操作工是设备的第一线维护者，其主观能动性和技能水平对设备状态有直接影响。

1. 保养意识不足：部分操作工，特别是新手，对预防性保养的重要性认识不足。对于喷枪清洁座、海绵垫、喷嘴外部残留胶等关键点的保养流于形式，未能彻底清除固化胶粒和污物，为日后故障埋下隐患。

2. 技能培训缺失：对喷枪的调零、调工作点等精细操作，若未经过系统培训，操作工往往不敢调、不会调。甚至在拆卸清洗时，因不规范操作导致精密部件(如顶针尖端、喷嘴内孔)被划伤或损坏，造成永久性损伤。

3. 故障判断能力弱：当出现喷胶不良时，无法快速准确地判断是胶水问题、气压问题、还是喷枪本身机械问题，只能通过频繁更换喷枪或呼叫维修人员来解决，延长了停机时间。

2.2 设备的因素：磨损、老化与堵塞

1. 正常磨损：顶针与喷嘴长期频繁启闭，配合锥面磨损，密封效果下降，导致关闭不严、滴胶、漏胶或喷胶形状异常。

2. 胶道堵塞：固化胶粒、胶水结皮杂质、条盒纸纸粉纤维等堵塞喷嘴孔或配合面。轻微堵塞致喷胶歪斜、胶点变

小；严重时完全无法喷胶。

3. 弹簧疲劳：复位弹簧长期压缩-回复循环，回复力下降。导致顶针回位慢，关闭延迟，产生拖尾胶或滴胶；严重时无法完全关闭。

4. 顶针或吸起动作迟缓，影响喷胶的瞬间爆发力。

2.3 方法的因素：操作与维护流程的规范性

1. 拆卸流程错误：拆卸喷嘴前未泄除胶压，高压胶液喷出造成浪费与安全隐患；未旋松行程调节器直接拆卸，易损坏精密配合面。

2. 清洗方法不当：用硬物疏通喷嘴刮伤内壁，清洗不彻底，残留胶水固化形成新堵塞。

3. 调试参数不当：行程调节器工作点小于第1刻度易积胶；大于第5刻度易漏胶。

4. 安装力矩不当：用普通扳手拧得过紧，损坏螺纹或导致顶针变形。

2.4 辅料与环境的因素：胶水质量与生产环境

1. 胶水质量：不同厂家、批次胶水性能差异大。使用劣质、过期或混用胶水，易结块、堵塞且粘结不牢。

2. 环境温湿度：温度过低，胶水粘度增大，流动性差，喷射困难、胶点拉丝；温度过高，胶水粘度降低，提前固化或产生气泡。湿度过高引起胶水变性。冬季温差大易使胶水“相分离”，析出杂质堵塞管路。

3 系统性解决方案与优化维护策略

针对以上故障原因，必须采取一套系统性的、防治结合的解决方案^[3]。

3.1 强化人员培训与标准化作业(解决人的问题)

1. 编制可视化作业指导书(SOP)：将喷枪的日常保养、拆卸清洗、安装调试的全过程拍成视频或图文并茂的流程图，张贴于机台醒目位置，使操作步骤一目了然，降低对人员经验的依赖。

2. 实施专项技能培训与认证：定期组织操作工进行喷枪原理与维护的专项培训，并进行实操考核。实行“持证上岗”制度，确保每一位操作该设备的员工都具备相应的技能。

3. 建立完善的交接班制度：交接班内容必须包括喷枪当前工作状态、已喷胶量、有无异常等信息的确认，实现状态的可追溯性。

3.2 建立精细化的预防性维护体系(解决设备与方法的问题)

3.2.1 日常保养规范化

严格遵循原文所述的日常保养三步法：

1. 检查与清洁：每日班前、班后必须检查清洁座海绵垫，确保其浸润石蜡（起到隔离防粘作用），并用浸有温水的软布彻底擦拭每个喷嘴外部，去除积胶，最后涂抹薄层凡士林以防粘。

2. 试喷检查：每日开机前，必须执行手动喷胶测试，观察各喷头胶点是否饱满、圆润、喷射有力、方向正直。发现异常立即处理，绝不带病运行。

3.2.2 定期轮保制度化

1. 强制清洗周期：根据胶水特性和使用量，规定每班次、每 24 小时或每周必须对喷枪进行一次彻底的拆卸清洗。

2. 标准化清洗流程：

（1）泄压：操作面板上执行“喷胶测试”功能，彻底释放系统胶压。

（2）拆卸：逆时针旋转行程调节器至少两圈，再使用专用内六角套筒扳手拆卸喷嘴和顶针。

（3）清洗：使用专用柔性铜丝刷或尼龙刷清理枪体内腔；用清洁销毛毡蘸取温水或专用清洗液轻轻擦拭顶针尖端和喷嘴内孔，绝对禁止用硬物捅戳。

（4）检查：在光照下仔细检查顶针锥面和喷嘴内孔是否光滑、有无磨损划痕。一旦发现损伤，立即更换新件。

（5）安装与调试：按规范安装后，必须重新进行调零和调工作点，这是保证喷枪性能的关键一步。

3.2.3 精密调试标准化（调零与调工作点）

此步骤是恢复喷枪性能的核心，必须严格执行：

1. 调零（建立基准点）：

使用一字螺丝刀，轻柔地将行程调节器顺时针方向旋入，直到手感明确感觉到顶针已接触喷嘴并有一股轻微的阻力。此时立即停止，此位置即为机械零点。观察此时行程调节器上的“0”刻度线是否与枪体上的标记对齐。如果未对齐，松开内六角锁紧螺栓，保持螺栓不动，旋转调节器外壳使其“0”刻度与标记对齐，然后重新锁紧螺栓。切忌用力过大旋紧，否则极易压损顶针和喷嘴的精密配合面。

2. 调工作点（设定喷胶量）：

从零点开始，逆时针旋转行程调节器。将工作点设置在第 2.5 至第 3.5 个刻度之间为最佳工作区间。工作点不能小于第 1 刻度（易积胶），不能大于第 5 刻度（易漏胶）。需根据所用胶水的粘度微调，粘度高可适当调大。

3.3 加强辅料与环境管理（解决料与环的问题）

1. 胶水准入管理：建立严格的胶水采购和验收标准。尽量固定品牌和批次。如需更换，必须进行小批量试验，验证其与设备的兼容性和工艺符合性后方可大批量使用。

2. 胶水使用规范：遵循“先进先出”原则，防止胶水过期。向胶缸添加新胶前，必须核对品牌、规格和有效期。定期彻底清空并清洗胶缸，防止陈胶变质。

3. 环境适应性调控^[4]：与厂务部门协同，尽量保持车间恒温恒湿；冬季特殊管理，提前将冷库中的胶水搬运至生产车间存放 24 小时以上，使其温度缓慢回升至室温，避免“冷胶”直接加入温热的胶缸中导致热应力分离和水分凝结；考虑在胶液管路增加伴热保温套，尤其是在北方寒冷地区的工厂，以维持胶液在输送过程中的最佳温度。

4 效果验证

为验证方案有效性，在 YB611 包装机上进行了为期三个月的推广应用，并与实施前同期的运行数据进行了对比（如表 1），效果显著。

1. 效率提升：有效作业率提升近 7%，其主要贡献来自于喷枪故障停机时间的大幅减少。这意味着设备更多的有效运行时间，直接提升了机台产出。

2. 成本降低：条盒纸消耗的降低，源于因喷胶不良导致的包装缺陷和停机浪费的减少。同时，维修成本和备件（喷嘴、顶针）更换频率也显著下降。

3. 质量改善：班均不合格品剔除数量从 79 条锐减至 6 条，降幅高达 92.4%。这充分证明喷胶质量的稳定性和一致性得到了根本性改善，产品质量得到了有力保障。

4. 劳动强度下降：操作工从频繁的应急处理中解放出来，可以将更多精力投入到预防性保养和过程监控中，形成了良性循环。

表 1: 解决方案实施前后关键绩效指标对比

绩效指标	实施前 (基准期)	实施后 (报告期)	变化幅度
平均有效作业率	76.8%	83.6%	+6.8%
万支烟条盒纸消耗 (张)	52.5	50.2	-4.4%
班均不合格品剔除 (条)	79	6	-92.4%
喷枪相关故障停机时间	平均 35 分钟 / 班	平均 8 分钟 / 班	-77.1%

数据采集周期: 实施前为 2022 年 1 月 -3 月; 实施后为 2022 年 4 月 -6 月。

5 结语

本文通过对 YB611 包装机冷胶喷枪系统的深入研究, 得出以下结论:

1. 冷胶喷枪的故障是一个多因素综合作用的结果, 必须从人、机、料、法、环五个维度进行系统性的分析, 才能找准根源。
2. 建立并严格执行标准化、精细化的预防性维护流程(特别是规范的拆卸、清洗、调零和调工作点), 是保障喷枪长期稳定运行的最有效措施。
3. 加强人员技能培训和辅料与环境管理, 是巩固维护成果、防止问题复发的重要支撑。
4. 实践数据证明, 通过实施上述综合性的优化维护策略, 可以显著提升设备有效作业率、降低辅料消耗、改善产品质量, 经济效益显著。

未来的工作可以从以下几个方面进一步深入:

1. 状态监测与预测性维护: 探索基于物联网 (IoT) 技术, 通过传感器实时监测喷枪线圈电流、胶压波动等参数, 利用大数据分析提前预测喷枪的潜在故障, 实现从预防性维护向预测性维护的升级。
2. 配件材质与工艺升级: 与供应商合作, 研发更耐磨、耐腐蚀的顶针和喷嘴涂层材料 (如陶瓷、特种合金), 延长

其使用寿命。

3. 胶液供给系统优化: 研究加装高精度过滤器、改进胶液加热和恒温控制系统, 从源头上减少堵塞风险。

总之, 对冷胶喷枪的维护不仅是一个技术问题, 更是一个管理问题。只有将技术方案与管理流程、人员素养相结合, 才能最终实现设备效率与产品质量的双重提升, 为企业的降本增效和高质量发展奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 上海烟草机械有限责任公司. ZB416 型硬盒硬条包装机使用说明书 [Z]. 上海.
- [2] 王栋, 李工. 烟草包装设备胶缸系统常见故障与维护 [J]. 设备管理与维修, 2021(10): 145-146.
- [3] 刘伟. 论预防性维修在现代化设备管理中的应用 [J]. 科技创新导报, 2020, 17(15): 120-121.
- [4] 赵明. 环境温湿度对水性胶粘剂性能的影响研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2019.

作者简介: 李国良 (1986—), 男, 汉族, 山东省青州市, 本科, 助理工程师, 包装机械维修技师, 主要从事卷烟包装设备机械维修。

通讯作者: 杨云凯 (1989—), 男, 汉族, 山东省青州市, 硕士研究生学历, 助理工程师, 主要从事卷烟与包装生产控制。