

伞包类产品产能负荷测算及精益产线布局规划管理

高 倩

航宇救生装备有限公司 湖北 襄阳 410000

摘 要：降落伞伞包产品生产工序繁杂、缝纫工艺精度要求严苛、安全质量标准极高，传统粗放式生产管理难以适配订单波动与交付管控要求。本文以航空降落伞伞包为研究对象，分析伞包产品生产特点与缝纫加工工艺流程，阐明产能负荷科学测算方式，从布局原则、产线选型、工位设计、物流规划及可视化管控五个维度搭建精益产线。精准测算工序产能负荷、优化精益产线布局，能够有效优化缝纫工序节拍，提升生产效率、压缩在制品库存、提高资源利用率，可为同类伞具伞包生产线优化提供参考。

关键词：伞包类产品；产能负荷；精益生产；产线布局；线平衡

引言：降落伞伞包是航空救生降落伞的核心承载收纳构件，广泛应用于应急救援领域，行业交付质量标准严苛。伞包产品结构特殊，以高强度纺织布料为基材，主要依靠缝纫加工完成成型，包含裁料、缝制、加固、组装、检测等工序，具有手工占比高、缝纫工艺复杂、多品种小批量生产特征。传统生产模式存在产能估算依靠经验、缝纫工位排布杂乱、工序节拍失衡、在制品积压严重等问题。本文以降落伞伞包缝纫加工为核心，开展产能负荷测算，结合精益理念优化产线布局，探索适配伞包生产的高效管控方法。

1 伞包类产品生产特点与工艺流程分析

1.1 伞包产品分类与结构

本文研究对象为降落伞专用伞包，按照使用场景可分为飞行员弹射救生伞包、空投物资伞包、训练备用伞包等类型，不同品类伞包承载负荷、防护强度、外形尺寸存在差异化要求。降落伞伞包整体结构主要包含伞包主体、加强缝制带、缓冲防护层、背带连接组件、锁紧开合机构五大部分。伞包主体采用高强度尼龙纺织材料，具备抗撕裂、耐老化、防霉变特性；缝制加强带为核心受力部位，采用多层叠缝工艺保障抗拉强度；背带组件用于人体固定承重；开合机构包含弹簧引导结构与手动开锁装置。降落伞伞包对缝纫针距、线迹强度、布料阻燃性、耐磨性能均有严格标准，不可出现跳线、断缝、偏缝等工艺缺陷。

1.2 生产工艺流程梳理

降落伞伞包生产以缝纫加工为核心，整体工艺流程包含裁剪、缝纫加固、配件加工、总成装配、成品检验、封装入库六大环节。裁剪环节采用高精度裁床依照样板裁切布料，尺寸公差控制在毫米级别。缝纫为伞包加工最关键工序，包含主体拼缝、加强带叠缝、受力点

加固缝制、包边处理等工艺，针距严格控制为每英寸8至12针，要求线迹平整、张力均匀、无跳线断丝。配件加工包含金属扣件、织带裁切、端头加固处理，批量抽检力学拉力。装配阶段将背带、锁扣、开合机构与伞包主体组合调试。成品检验开展外观检测、缝纫强度拉力测试、开合流畅度检测，合格后进行封装入库。各工序衔接紧密，缝纫工序质量直接决定伞包使用安全性^[1]。

1.3 生产管理难点

降落伞伞包生产存在多项管理痛点。工序节拍失衡，裁剪工序产能富余，缝纫工序高度依赖熟练技工，极易形成生产瓶颈，造成半成品堆积。产品质量波动较大，缝纫手工操作占比超70%，工人缝制手法差异易造成针距不均、缝迹偏移，不良率维持在3%至8%，返工返修占用大量产能。产品换产难度大，不同型号伞包布料规格、缝制轨迹、加强带位置不同，单次换产调试耗时1至2小时。作业空间要求高，伞包大面积布料铺展、检验、整形需宽敞作业台面。订单波动性强，批次生产集中、交付周期紧凑，淡季产能闲置。纺织布料易滑移、静电量大，加工定位难度高。伞具安全属性严苛，批次需抽样进行破坏性拉力试验，生产成本与检验管控压力较大。

2 产能负荷测算方法

2.1 产能测算基本概念

产能测算需区分设计产能、有效产能与实际产能三类指标。设计产能为理想工况下理论最大产出，不考虑停机损耗；有效产能剔除计划性保养、换型调试、人员休息等停机时长；实际产能再扣除设备故障、人员缺勤、返工报废等非计划损耗。负荷率计算公式为实际产量/有效产能 $\times 100\%$ ，负荷率低于85%判定产能闲置，高于95%判定产线过载。伞包产品以缝纫工序为核心瓶颈，需按工序

逐项测算工时，精准识别瓶颈工位。行业测算以实测法为主，不可依靠设备铭牌估算。不同型号伞包缝制工时差异较大，严禁笼统合并统计，保证产能测算贴合伞包生产实际，为人员调配、批次排产提供数据支撑。

2.2 标准工时测定

本文采用秒表测时法测定伞包各工序标准工时，选取熟练缝纫工人正常作业速度，连续记录10至20个作业周期，剔除异常波动数据后取平均值。复杂缝制工序结合预定动作时间标准法，拆解取料、对齐、缝制、裁剪、收尾等基础动作精准核算工时。宽放率结合伞具加工特性划分：缝纫工序劳动强度大，疲劳宽放取值5%至10%；作业宽放取值3%至5%；生理宽放取值2%至3%。标准工时 = 正常作业时间 × (1 + 宽放率)。企业建立伞包工时数据库，区分不同型号缝制工时，采用设备自动计时留存数据。定期复测更新标准工时，适配工人熟练度提升节奏，工时数据用于计件核算与批次排产管控^[2]。

2.3 各工序产能核算

结合伞包生产工艺，逐项核算各工序小时产能，判定生产瓶颈。裁剪工序单台裁床每小时可裁切布料30至50平方米，产能富余；缝纫工序为核心瓶颈，单台专业缝纫设备每小时仅可完成标准伞包2至4件；配件加工工序织带、扣件加工速度快，拉力检测耗时较长；总成装配单人单件耗时15至40分钟；成品检验单件检测时长5至15分钟；包装工序流程简单，单件耗时2至5分钟。对比各工序小时产出，缝纫工序产能最低，决定整条产线最大产出量。产能核算需区分新人与熟练工差异，新人作业效率为熟练工的60%至80%，同时预留5%至10%设备故障冗余，保障排产合理性。

2.4 负荷平衡与排产策略

负荷平衡用于缩小工序产能差值，提升产线平衡率， $\text{线平衡率} = \text{各工序工时总和} \div (\text{瓶颈工时} \times \text{工序数})$ ，伞包产线平衡率目标不低于85%。针对缝纫瓶颈可采取工序拆分、作业优化、人员增补等方式压缩节拍。排产方面，旺季工序负荷率接近100%时，优先保障重点订单，非紧急民用训练伞包延后排产；淡季负荷率低于60%，合并生产班次，开展设备保养与缝纫技能培训。多品种伞包混产采用经济批量法，平衡换产调试损耗与半成品库存。生产计划采用周度滚动排产模式，结合订单需求、物料库存编制生产清单。利用甘特图绘制工序负荷图，负荷率超90%工位标红预警，提前调配熟练缝纫工人缓解产能压力。

3 精益产线布局规划

3.1 产线布局基本原则

降落伞伞包产线布局贴合纺织缝纫加工特性，遵循六大原则。流程连贯原则：物料流向严格按照裁剪—缝纫—配件—装配—检验—包装单向流动。最短搬运原则：工位间距控制1至2米，减少布料搬运拉扯损耗。空间适配原则：大面积裁布、检验工位布置在车间端头，缝纫工位紧凑排布。柔性生产原则：工位模块化设计，适配不同型号伞包快速换产。安全管控原则：纺织材料易燃易爆静电，布设防静电设施、消防器材，布料存放区与加工区隔离。人机工程原则：缝纫工作台高度可调，降低工人久坐疲劳，检验台配备标准光源，保证针脚缺陷清晰可见。布局图纸按比例标注工位、通道、物料区，评审完成后落地实施。

3.2 产线类型选择

结合降落伞伞包多品种、小批量、重质量的生产特点，合理选择产线布局模式。大批量定型伞包采用产品流水线布局，工序固定、流向清晰、半成品积压少；定制化科研试制伞包采用机群式工艺布局，同类缝纫设备集中排布，方便工艺调整；中批量多规格产品采用成组单元化布局，按伞包结构相似性划分生产单元。企业推荐采用混合布局模式：定型量产伞包走主流流水线，异形定制伞包在柔性加工单元切换生产。结合订单波动、缝纫设备数量、技工水平综合判定布局方案，采用仿真软件模拟在制品数量、搬运距离，筛选最优布局方案，提升缝纫产线柔性生产能力^[3]。

3.3 工位与作业区域设计

依据伞包缝纫工艺特点分区规划作业工位。裁剪区布设长5至10米、宽2至3米铺布台面，裁床布置在末端，裁片采用专用流动车转运，防止布料褶皱滑移。缝纫加工区采用单列或U型排布，工位间距1.2米，每台缝纫设备配备辅助台板、物料挂架、照明系统，专门用于伞包拼缝、加强带缝制、受力点加固。配件加工区独立设置织带裁切、扣件装配、拉力检测工位。装配区采用双排对坐工位，方便大面积伞包整形组装。检验区配置3至5米加长检验台面，铺设软性防护垫，配备标准光源检测细微缝迹缺陷。包装区布设折叠平台、热封设备。车间采用黄色地标划分区域，人行通道净宽不低于1米，保障物料流转通畅。

3.4 物流路径与物料配送设计

规划单向闭环物流路径：原料库→裁剪工位→缝纫加工区→配件处理区→总成装配区→成品检验区→包装入库，杜绝物料交叉迂回搬运。裁片半成品使用专用周转车存放，防止布料摩擦起静电；成型伞包采用悬挂输送方式，避免挤压变形。线边物料架采用双面存放模

式,外侧补料、内侧取用,实现先进先出。物料实行定时定量配送,每2小时补充一次缝纫线材、扣件、布料辅料,依照生产看板信号按需补给。关键辅料设置最低库存预警,低于阈值自动申请补料。成品采用一物一码追溯管理,每件伞包绑定唯一编码。车间公示物流流向图,定期测算搬运距离,动态优化缝纫工位排布,压缩物流浪费。

3.5 设施布局可视化

搭建可视化管控体系,实现伞包产线透明化管理。车间入口张贴工艺流程图,标注缝纫工序顺序、物流流向、工位职能;悬挂车间平面布置图,明确设备、通道、物料存放区域。绘制价值流图,区分缝纫增值工序与等待、搬运浪费工序,统计在制品存量。生产进度看板每2小时更新,记录计划产量、实际产出、工序差异。技能矩阵看板标注缝纫工人操作等级、熟练产品型号,方便精准排班。缝纫、装配工位布设安灯报警拉绳,出现断线、次品、设备故障立即亮灯预警。利用仿真软件验证布局合理性,输出工位利用率、半成品库存、工序等待时长等数据,择优确定最终精益布局方案。

4 基于精益工具的管理优化

4.1 线平衡改善

本文以缝纫工序为核心瓶颈开展线平衡优化,缝纫工序工时180秒,其余工序工时冗余。通过拆分瓶颈工序,将简易缝制工序前置分流;升级缝纫设备,加装自动剪线结构,单件节约5至8秒;扩充缝纫工位并增设辅助人员,合并重复性工序减少周转浪费。优化后产线平衡率由48%提升至82%。车间每月绘制山积图动态排查新生瓶颈,规范缝纫作业流程并编制标准化指导文件,持续管控半成品堆积问题,稳定各工序生产节拍,提升伞包缝纫产线整体流畅性。

4.2 快速换产(SMED)

为解决伞包型号切换耗时的问题,本文推行快速换产优化。原换产时长75分钟,通过划分内外作业,将非停机准备工作前置处理。改造样板夹持结构、统一压脚接口,大幅压缩调试时间,搭配成套工具车与预制工艺图纸,规范换产流程并编制检查清单。优化后单次换产时长缩短至30分钟以内,有效降低换产损耗。该优化方式适配伞包多品种、小批量生产模式,提升订单切换

灵活性,提高小批次定制产品生产经济效益^[4]。

4.3 现场管理与可视化

依托5S管理规范伞包缝纫生产现场,清理闲置物料与工装,工具物料定点分类存放,每班清扫设备线头,建立点检制度规范现场标准,培养员工良好作业习惯。搭建可视化管理看板,实时公示生产进度、缝纫缺陷、员工技能等级。工位配置安灯报警系统,生产异常快速响应处置。同时在缝纫工位悬挂图文作业指导书,明确针距、线迹等缝纫工艺标准,实现生产现场标准化、透明化管控,保障伞包生产环境整洁规范。

4.4 质量管控嵌入产线

为防控缝纫质量缺陷,车间建立嵌入式源头质量管控体系。在缝纫、检测设备加装智能感应装置,实现断线停机、不合格品锁定。采用扫码防错技术避免配件错装,实行首件、巡检、末件三级检验制度。生产次品统一存放专用红箱,分类返工处理。每日统计质量数据,利用柏拉图分析跳线、偏缝等主要缝纫缺陷,针对性优化缝制工艺。通过质量看板公示不良率,定期开展质量复盘,持续改良缝纫加工工艺,稳定伞包生产质量。

结束语

降落伞伞包属于安全类纺织产品,缝纫工艺复杂、质量管控严格、生产管控难度大。本文结合伞包产品生产特性,梳理缝纫为主的加工工艺流程,建立产能负荷科学测算方法,从工位排布、物流规划、可视化管控等方面完成精益产线布局,依托线平衡、快速换产、现场5S、嵌入式质量管控完成体系优化。未来可推进数字化技术与缝纫产线深度融合,持续优化伞包缝制工艺,提升伞具制造智能化、精益化生产水平。

参考文献

- [1]贾贺,蒋伟,包文龙,等.行星探测用柔性降落伞跨/超声速气动特性及耦合机理[J].航空学报,2025,46(1):32-54.
- [2]张冬梅.精益管理模式在施工企业经营优化中的应用路径与效果分析[J].企业改革与管理,2025(23):33-35.
- [3]颜海梅.基于精益生产的生产现场布局与节拍优化研究[J].现代制造技术与装备,2021,57(2):206-207,210.
- [4]王一凡.纺织伞具缝纫工艺质量控制要点探析[J].纺织科技进展,2024(05):62-64.