

单件流下的机舱叶轮效率提升研究

王 燕 赵 忠 任成渝

(西安中车永电捷力风能有限公司,陕西 西安 710016)

摘 要 本文将从单件流的角度分析 2.0MW 机舱叶轮生产效率不高的原因,根据这些原因从而制定相应的提升措施。通过改善瓶颈工序,利用各种措施缩短各工序的有效时间,进而提升生产效率,提高生产平衡率。

关键词 单件流 机舱叶轮 生产平衡率

0 引言

某公司从 2017 年开始扩展永磁直驱风力发电机组业务,并在异地建立了分公司,开始机舱叶轮的生产制造。该分公司目前在制机型主要为永磁直驱风力发电机组的 2.0MW、2.5MW、2.8MW 机舱叶轮、发电机的生产制造。机舱、叶轮较发电机结构更加复杂、工序更加繁琐、物料更加繁多,因工装、工艺、人员配置、布局规划等不合理原因,造成机舱叶轮生产效率一直不高。根据资料,生产节拍的计算公式为:

$$TT = \frac{T_a}{T_d} \quad (\text{公式 1})$$

其中 $TT = \text{Takt Time}$ (生产节拍), $T_a =$ (可用工作时间,小时数/月), $T_d =$ (客户需求或月产量,台数/月)。

目前日工作时间 8 小时,月产量台数 7 套,工作日为 23 天,由公式(1)可计算机舱叶轮装配生产线的生产节拍为:

目前生产节拍 = $23 \times 8 \div 7 = 26.3 \approx 2.9$ 工作日

但按照客户需求计划,2018 年在该分公司提货 100 套机舱叶轮,其中 9-12 月需求较大,在生产高峰期单月平均需求为 18 套,按照每月的工作时间为 26 天,工作时间 10 小时计算。

由公式(1)可计算出

要求生产节拍 = $26 \times 10 \div 18 \approx 14.4 \approx 1.4$ 工作日

根据工位数的计算公式:

工位数 = 产品制造周期/生产节拍

根据实际情况,机舱叶轮生产周期为 5 天,生产节拍为 1.4 工作日。由此可计算出其工位数为:

工位数 = $5/1.4 \approx 3.6 \approx 4$ 个

1 单件流简介

单件流又叫一个流、连续流,按照精益大师沃麦克主持的美国精益研究院 LEI 编著的精益词典《Lean Lexicon》给单件流或连续流的定义是:“每次生产和移动一个(或一个小的、固定批量的)工件,使得工件尽可能连续的通过一系列的加工步骤,并且每一步都刚刚在下一步需要的时候完成。从单件流的定义上看,单件流满足的三要素如下:

1. 每次生产和转移一个、或一个固定的小批量(如一箱)零件;
2. 尽可能的连续流动
3. 上下工序刚刚好的衔接。

2 存在问题

2.1 布局规划不合理

前期生产期间,机舱叶轮各工序交叉作业,布局规划不合理,导致人员、设备移动频繁,对生产效率有较大影响。

2.2 生产平衡率不高

对机舱叶轮各 4 个工序统计时间,统计时间如下图 1、2:

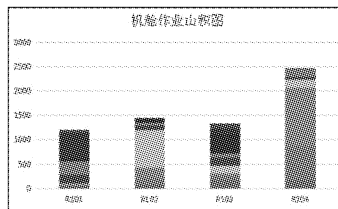


图 1 2.0MW 机舱作业山积图

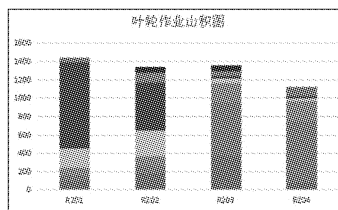


图 2 2.0MW 叶轮作业山积图

其中 R101 为机舱轴承工序, R102 为机舱附件工序, R103 为机舱自检工序, R104 为机舱电气工序, R201 为叶轮轴承工序, R202 为叶轮附件工序, R203 为叶轮自检工序, R204 为叶轮电气工序。其中机舱瓶颈工序为机舱电气工序, 瓶颈时间为 2481min, 叶轮瓶颈工序为叶轮轴承工序, 瓶颈时间为 1442min。

根据生产平衡率的公式

生产平衡率 = (各工序时间总和 / (工序数 × 瓶颈工序时间)) × 100% (公式 2)

由公式(2)及图 1、图 2 中的数据可得到

机舱生产平衡率 = (1205 + 1458 + 1330 + 2481) / (4 × 2481) × 100% = 65.2%

叶轮生产平衡率 = (1442 + 1339 + 1361 + 1120) / (4 × 1442) × 100% = 91.2%

2.3 不满足客户要求

根据客户需求计划, 2018 年在该分公司最大单月需求为 18 套, 平均 1.4 天/套, 而目前该分公司共有操作人员 19 人, 2.0MW 机舱叶轮的生产节拍为 2.9 天/套, 目前生产能力远远达不到客户的提货要求。

2.4 人员技能不熟练

由于对机舱叶轮接触时间不长, 大部分操作人员对工序技能不熟练, 特别是在人员紧缺的情况下, 人员掌握工序技能较少, 个别工序会拖延整个生产的进度。

2.5 物料存在浪费情况

如机舱叶轮使用的线缆, 在按照工艺要求裁剪完成线缆后, 由于工艺中的线缆长度较实际使用的长度多, 接线时需要对线缆进行二次裁剪, 不仅造成线缆裁剪浪费, 还浪费作业时间。

2.6 工装配置不全

在 2.0MW 叶轮顶盖安装过程中, 周围无相应工装进行防护, 操作人员需小心作业, 作业效率较低。机舱轴承工序需借助机舱底座安装平台才可进行作业, 但该分公司目前只有 1 件安装平台, 导致轴承工序效率不高, 从而影响后续生产进度。

3 解决措施

3.1 优化布局

对机舱叶轮的生产布局进行重新规划, 按照工序流程进行布局, 并在相应的工序配置工作所需的工具、设备等。下图 3 为改善后的布局图

3.2 工装制作

3.2.1 改造底座翻身操作平台。

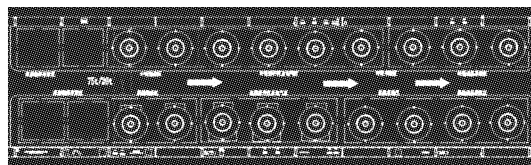


图 3 改善后 2.0MW 机舱叶轮布局图

设计 2.0MW 底座翻身支撑座, 将 2.5MW 底座翻身操作平台改造成 2.0MW、2.5MW 通用底座翻身操作平台。

使用底座翻身操作平台后, 机舱轴承工序可以同时生产 2 台 2.0MW 机舱, 将轴承安装的生产效率提升了 1 倍。同时使用工装后, 可以使用行车吊装制动器, 避免员工搬运制动器产生的高劳动强度工作(单副制动器 65KG, 共 12 副)。

使用免翻身安装制动器的操作工时为 420min, 使用翻身安装制动器的操作工时为: 190min, 较免翻身节省了 230min。

3.2.2 叶轮导流罩安装优化。

制作叶轮顶盖安装平台, 在保证人员安全的同时, 操作人员的操作效率也能大大提高。

未使用安装平台前, 由于安全因素, 机械密封胶涂抹质量较差, 往往需要返工 1-2 次才可达到合格状态, 造成了大量返工及机械密封胶浪费。使用该安装平台后, 操作人员只需正常操作一次就可满足检验标准。

通过使用叶轮顶盖安装平台, 减少了操作人员人数, 由原来的 2 人减少为 1 人。叶轮顶盖安装由原来 2 个步骤的 270min 减少到了 105min, 操作工时减少了 165min。

3.2.3 叶轮导流罩钻孔工装优化。

对导流罩钻孔工装进行改制。选用与可调速钻机配合使用的丝锥钻, 将打孔、攻丝工作一次性完成; 在钻孔工装上加装铁屑收集盒, 使得飞溅出的铁屑尽可能地流落到收集盒内, 减少了后期的清理工作。此工装改制可为单台叶轮生产节省操作及清理工时约 45min。

3.3 多技能人才培养

制定多技能工培养方案, 同时加强对操作人员的工艺及实操培训, 定期组织工艺及实操考试, 以巩固加强操作人员对工艺的掌握程度。制定相应的人员轮岗计划及相应的考评机制, 对达到轮岗条件的人员进行轮岗学习操作, 并给予一定的物资奖励。

3.4 线缆优化

统计 5 套机舱叶轮线缆实际使用长度, 取平均

值,通过与工艺中的线缆长度做对比,单套机舱叶轮能够节省 26.15m 线缆,合计节省电缆费用 388.25 元/套。

节省操作时间分析:通过裁剪工装、长度地标的投入使用,此 26 种线缆的裁剪时间由原来的 520min 减少到了 310min,单套节省了 210min。

编制《2.0MW 电气接线原理图(模板)》,按照此模板进行接线,单台 2.0MW 机舱接线工时由原来的 720min 降低到 540min,较原来节省了 180min;线标绑扎工时由原来的 240min 降低至 120min,较原来节省了 120min。

3.5 其他优化

制作 2.0MW 变桨轴承防护垫。紧固变桨轴承上部螺栓及涂刷上部螺栓的冷喷锌时,易污染变桨轴承底部内侧,清理困难而且费工费时。根据变桨轴承安装后的宽度,裁剪相应宽度的防护垫。操作人员在涂刷螺栓的防腐时,冷喷锌不会直接掉落在轴承上,从而避免了二次清理轴承,单台节省清理工时 120min。

4 总结

通过一系列改善措施的实施,生产效率较之前提升了一倍,满足了客户的提货需求,同时也在以下方面取得了成果:

4.1 节省各项费用

按照该分公司 2018 年 2.0MW 机舱叶轮生产计划 100 套、工时 20 元/h 计算,可节省操作工时费用约 42000 元,节省工装改制费用 21000 元,节省物料损失及人工返工费用 73000 余元。

4.2 生产平衡率

经过工装改制、物料优化等提升,生产平衡率有所提高,如下所示:

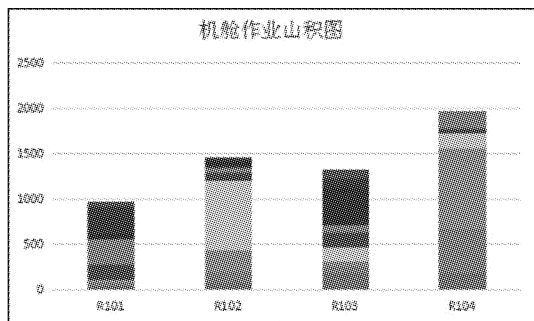


图4 改善后2.0MW机舱作业山积图

由公式(2)及图4、图5中的数据可得到

$$\text{机舱生产平衡率} = (975 + 1458 + 1330 + 1971) / (4 \times 1971) \times 100\% = 72.7\%$$

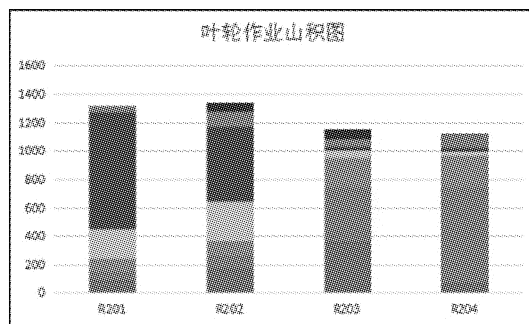


图5 改善后2.0MW叶轮作业山积图

$$\text{叶轮生产平衡率} = (1322 + 1339 + 1151 + 1120) / (4 \times 1339) \times 100\% = 92.1\%$$

4.3 固化标准

将制作并验证后的机舱电气接线“傻瓜式”电气原理图,发放至电气组,电气人员可按照此图纸进行接线,大大缩短了接线时间。同时将叶轮顶盖安装平台、底座翻身操作平台等工装纳入《工装管理实施细则》进行管理,由设备管理员与班组成员共同对工装进行检查及维护。将统计并验证后的电缆长度制成表单,发放至电气组内,电气人员按照此表进行裁剪电缆长度。

参考文献

- [1] 韩风顺. 单件流在高压电机绕组生产中的应用研究[J]现代工业经济和信息化.2017(10).
- [2] 葛常吉,马如宏,董晓慧,李爱华. 基于单件流的叶轮轮毂及柜体精益生产研究[J]盐城工学院学报.2018.09.
- [3] 蒋美仙,金寿松,冯定忠,鲁建夏. 我国机械制造企业的单件流应用研究[J]工业工程与管理.2006(5).

中国中车召开智能制造 业务创新论坛

在11月14日召开的第五届中车智能制造业务创新论坛上,时速600公里高速磁悬浮列车、京张高铁、新一代碳纤维地铁车辆……一个个在2019年最具颠覆意义的黑科技,一项项数字化网络化智能化融合最新成果,令会场充斥着智慧之光。中国中车经过近五年的集中发力建设,智能制造发展已初见成效,数字化转型升级的理念已深入人心。

(摘自《电传动时讯》1673期)