

# 关于工程机械电气控制箱装配工艺优化及工艺装配要点探究

夏步林

徐州派特控制技术有限公司 江苏 徐州 221000

**摘要:** 近几年来, 受益于国家加大基础设施建设投资拉动, 工程机械整体需求呈现连续增长的态势, 工程机械电气控制箱作为工程机械的控制心脏, 提升其装配工艺、提高装配质量、提高装配效率越来越被业内关注与重视, 研究其相关内容的课题, 有非常重要的意义。本文首先对工程机械电气控制箱相关内容进行概述, 分析当前工程机械电气控制箱装配工艺及存在的问题, 结合自己多年的实践经验, 分别从设计、流程、加工设备及方法、关键工序等多个角度、多个方面对提升工艺、提高效率与质量, 以及装配工艺要点方面进行探索, 阐述自己的看法及观点, 以便推动相关工作的实践与进步。

**关键词:** 电气控制箱; 工程机械; 装配工艺; 优化实施

## 一、前言

工程机械具有小批量、多品种的特点, 汽车行业的流水线、节拍生产与其不相适应, 针对产品的特点, 要满足持续增长的需求及高性能、高质量、高可靠性的要求, 装配工艺的优化提升重要性越来越显得重要。如何提升装配工艺科学性、高效性, 如何提升产品的质量, 这就要对当前装配工艺、存在的质量等问题采用统计学的知识进行分析、探索, 找出更趋于合理、有效的措施与途径, 进一步提升相关工作实践, 促进装配工艺理论升级。

## 二、概述

随着经济的快速发展及科学技术水平提升, 工程机械技术主要发展趋势由机、电、液一体化广泛应用, 向高效、可靠和环保型发展, 向大型化和微型化发展[1], 向全电控方向发展。工程机械的电气设备系统是整机的重要组成部分, 其性能好坏直接影响整机的使用性、经济性、可靠性和安全性[2]。工程机械电气控制箱是工程机械的电气设备系统重要组成部分, 需求向多元化、多功能、高适用性方向发展。这对工程机械控制箱设计、装配也就提出了更高的要求。工程机械电气控制箱是工程机械的控制中心, 也是其神经网络中枢, 其因功能不同配置也有所差异, 工程机械控制箱集成也就有所不同, 主要由开关、电源、接触器、继电器、端子排、电源保护器、电子控制单元 (ECU)、监控器、GPS定位器等组成。工程机械电气控制箱基本的功能不仅具有控制电源设备、用电设备和其他辅助设备, 还控制着微机控制器、

传感器、执行装置等。既要保证电气系统正常运转, 又要保证电子系统的正常运行, 这就是工程机械电气控制箱, 其重要性也不言而喻。

## 三、工程机械电气控制箱优化前的生产工艺, 以及生产效率和形成产品过程中质量问题分析

### 1. 工程机械控制箱优化前生产装配工艺流程

根据月度销售订单编制生产计划 --> 根据月度生产计划编制编制上中下旬平衡生产计划 --> 根据月度生产计划编制上中下旬平衡生产计划 --> 下达派工单 --> 按照派工单领取生产工艺图纸、装配物料BOM及导线下线表 --> 根据物料BOM领取物料 --> 根据导线下线表要求裁制连接导线 --> 根据连接导线出入端定义穿低压导线号码管 --> 根据压接表压接连接器冷压端子 --> 控制器连接器预装 --> 控制器线束分线 --> 过壁连接器端子端子压接 (单式) --> 过壁连接器预装 --> 根据标识要求连接器、电气部件标识雕刻 --> 导轨、线槽制作、端子、电器部件排组装 --> 端子位、电器部件标识、贴标 控制箱内走线 --> KS等端子压接、并线连接、接线点及电气部件连接点接入 --> 捆扎、固定、防护、清理 --> 对于不符合质量标准要求的地方实施改进与调整 --> 装配质量检验、导通性能测试 --> 报检 --> 入库前准备工作 (插保险、安装风扇导风罩、打包、张贴产品标识) --> 办理入库手续。

2. 工程机械电气控制箱在生产装配中影响生产效率方面有很多, 本文主要通过对生产各工序的剖析, 找出影响装配效率的因素。

通过对工序工时进行测量统计,完成一套工程控制箱共需要耗费1144分钟(19.07h),通过对生产过程跟踪发现,存在诸多效率低下、工时浪费,以及不合理的方面。

过程跟踪发现工序存在的问题如下:

① 裁制连接导线时,输入设置参数数据耗费时间比较长,不论单套还是多套均要在此方面耗时60分钟左右。

② 穿链接导线号码管使用工时比较长。

③ 单式压接连接器端子、预装工序,耗费工时比较多,每个端子须经过三个节拍,拔掉线皮、插冷压端子、压接,质量根据操作人员的技能状况不同,最后的压接质量也存在差异,不能保证工作质量的一致性。

④ 导轨、线槽制作、端子排组装及标贴工序、电气部件、线槽安装工序,由于工序过程存在不合理情况,造成重复的进行空间及位置调整,致使工序工时耗费时间过长,最后装配成型的产品质量,因装配人员而不同,不能保证产品质量的统一性。

⑤ 控制器连接器线束分线工序,在裁制连接导线工序缺少有效的分线考虑或工序节点要求,造成后续工序重复劳动,造成工序工时浪费。

⑥ 外联端子压接、插接工序,采用手动压机,关键工序缺少对其前移考虑或者没有采用先进的设备和工艺,造成操作人员低效率工作,工作质量也难以保证。

⑦ 控制箱内走线、修线、压接管状端子、接入工序,设计未固定线长、关键工序未进行前移考虑,造成生产效率底下,工时浪费。

⑧ 自检(清理、检查、导通)、报检测试工序采用人工导通测试,费时费力,浪费了工时,存在检测盲点,短路质量问题无法有效避免。

⑨ 入库前准备工作,如插保险、安装风扇导风罩、打包、张贴产品标示等部分后移,造成工时浪费。

流程、工艺、工序等不合理性除上述带来工时浪费,也会带来质量隐患与问题,在连续3个月跟踪质量表现统计中,发现18种质量问题,并进行数据分析,分析结果,参加不良占比饼状图。

其不良占比如图1、2、3所示。



图1 5月份不良项占比分布

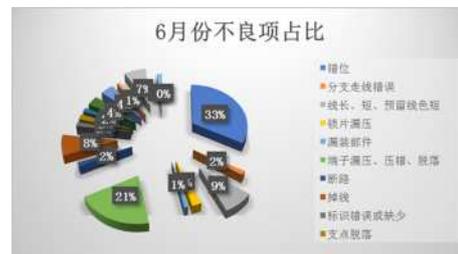


图2 6月份不良项占比分布



图3 7月份不良项目占比分布

通过连续三个月的出现的生产质量问题分析,主要问题项为错位、分支走线错误、端子漏压、压错、脱落、掉线、标识错误或缺少等。出现频次较多的上述质量问题,将会对工程机械产品的性能、平均无故障工作时间(MTBF)、安全产生影响,与当下追求的要满足持续增长的需求及高性能、高质量、高可靠性工程机械产品不相符,这就要求企业应跟随工程机机械的发展要求,不断适应需求变化,改善产品结构及布局设计,优化生产工艺,改善设备性能,提升生产效率与产品质量,增强企业的应对风险管控能力,推动企业高效发展。

#### 四、工程机械电气控制柜生产工艺改进及优化

如何提升生产效率及提升产品质量?本文结合公司现有条件及发展状况,自设计方面开始,结合“人、机、料、法、环、测”七要素,以及生产工艺流程进行探讨,改进方法及优化措施如下:

1.设计是影响产品生产效率和质量的重要因素,也是关键因素,主要从以下方面进行改进。

① 调整设计指导思想,打破原有的单一设计思想,向通用、标准化方向转变。

通过通用、标准化的设计,可以提高电气控制箱的通用性,无论是低配、标配、高配等机型可以根据客户的需求,增减配置即可以实现。采用通用、标准化配置可以解决技术工艺图纸的一致性、电气连接器的共用性、电器件的统型性、检验标准的一致性,同系列机型的电气控制箱要求都是一致的,可以有效改变小批量及多品种造成的生产困难,各节点的生产与检验员工的熟练程度也会大大提升,这样可以大大减少各节点工时,提升效率与产品质量。

## ② 对于局部设计存在不足的地方进行改进

在局部设计方面,原设计通过PG孔作为线束外联通道,外接外联过渡连接器,这样易导致密封性问题,容易从PG连接处进水,同时,给生产装配也带来了不少困难,线长不可控,产品的一致性不高,同样会影响产品最终质量。通过改变设计方向,采用过壁连接器模式,可以有效改变上述情况,采用密封式连接器,可以提升电气控制箱的防护等级,在生产方面也更利于控制线长、更利于生产效率的提升。

## ③ 采用3D软件进行精确化电线、定向化走线、布置设计

对于控制器连接导线、外联连接器导线走线、电气配置及分布,采用精确化、定向化设计方向,减少处理导线冗余造成的工时浪费,走线方向的唯一性提升产品的正确率,提升生产及检验的检测效率。

通过PROE软件进行电气结构件及电气部件进行3D模型构建,把设计好的三维图纸导入EPLAN Harness Prod软件进行电气布置三维布线走向设计,根据电气柜布线规范及线束QC/T29106-2004标准进行连接导线定线长工艺设计,可以提高装配空间的合理性、走线方向的一致性以及线长的准确性。

## ④ 采用连接导线喷码方式生产工艺代替号码管工艺,采用全自动双端压接方式工艺设备设计替代半自动压接、手动压接端子方式。

根据线路走向图把号码管进行标识的连接低压导线全部调整、更改为有起点到终端喷码设计工艺;对工艺压接图进行调整、更改,更改单端压接为双端压接工艺设计。

## ⑤ 采用根据中央控制器ECU所控制分支线路实施分线的规则设计

改变原后置式分线规则设计,根据中央控制器ECU低压导线控制分支连接图,在喷码、裁制、双端压接时,采用分支走线前置式分线、走线工艺设计。

## 2.从生产设备方面,根据公司产品状态进行生产设备提档升级,提高生产设备的自动化程度

购置并最大限度的使用全自动喷码、裁线、压接、测量一体机,取消手动压接,无法采用全自动压接的采用半自动压接;升级设备管理软件(增加排产软件),实现喷码、压接、裁切连接导线设置数据Bom自动导入。

## 3.从检测、检验方面,更新或提升检验工艺设备,进行通电模拟回路式测试检测、检验

在检测、检验设备方面,配置或自行改进、设计控

制箱各回路模拟导通台测试台,压缩手动的检测工艺占比,提升为全自动检测工艺;配置数字成像设备,对插入端子的护套进行扫描,对预装护套正确性进行识别、检测。

## 4.从原材料方面,改变单链、单步供料方式,采用预备料方法,减少不必要的节点等待时间。

5.作业现场管理方面,优化各生产节点转场布局,合理进行各工序、转场位置的设定,减少转场工序时间。

6.现场管理,做好5S方面有效管理,促进生产人员对于整理(Seiri)、整顿(Seiton)、清扫(Seiso)、清洁(Seiketsu)管理制度的执行,提升员工良好习惯的素养(Shitsuke),保证物品、工具有序摆放,空间与时间的节约,有效提升生产现场的工作环境,提高工作效率,保障产品质量。

## 7.按照优化后的生产工艺流程,开展生产工作

接到派工单,明确要求生产员工严格按照优化后的工艺设计,优化后工艺流程执行,去掉不必要的节点及工作步骤,减少各节点动作浪费。

8.加强过程控制,确保每一步工艺流程能够有效执行增加过程控制各节点、各工序工作质量效果的验证,需要设备检测验证的应进行测试,测试数据结果要达标,同时应保留测试记录。

## 9.增加防呆措施,降低生产过程中的出错率

在防错方面,增加防呆措施,多设计增加工装,对护套插接方面,采用防呆模型,先插入盲堵,再进行端子插入,杜绝插错。

10.提升生产信息化水平,实行信息化、可视化发布与应用,提升派工执行可控性,以及各工序生产的信息下达与反馈及时性,提升生产工序的效率

推行无纸化生产,信息化生产,生产各工位增加可视发布与信息接受电子屏,减少图纸及生产过程信息传递各环节,同时,提升对于产品状态进行及时性反馈效率。

## 11.推行标准化管理工作,对于生产工艺文件及资料制定统一标准,提升公司标准化水平

推行工艺、工序标准化。对工艺、工序优化后,进行固化,形成企业标准,保证公司生产出高标准、一致性的产品。

## 12.优化人员结构,开展人员技能培训,提升人员的技能水平

对人员技能等级进行识别、评定,根据评定结果开展人员分级培训,提升生产人员操作技能及素养。

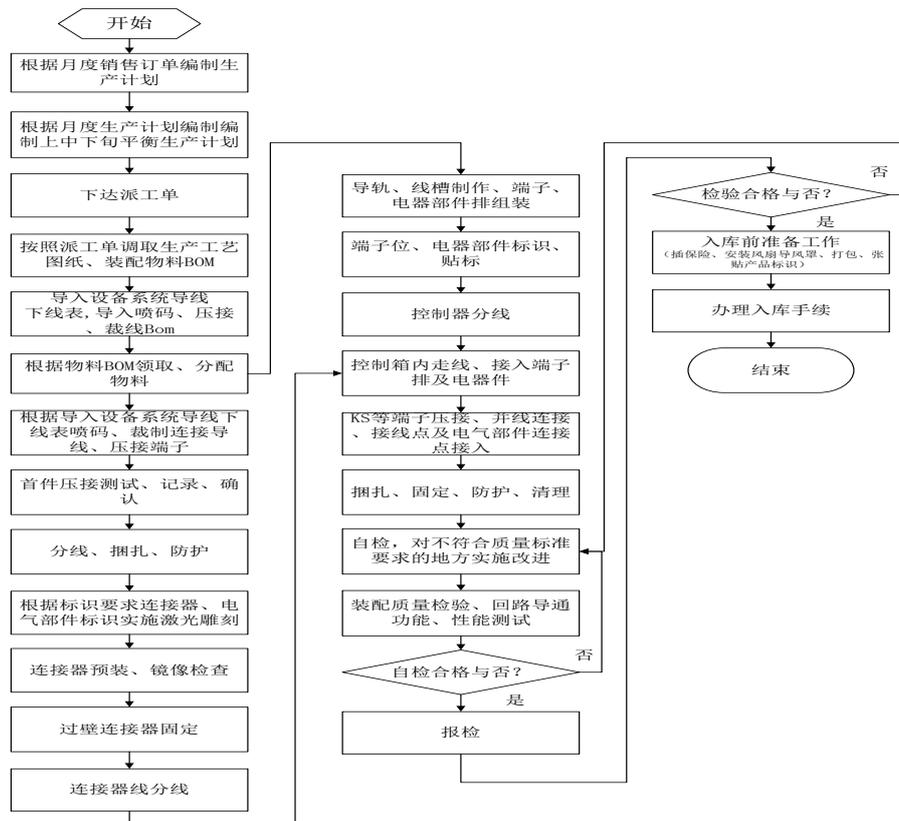
## 五、工程机械电气控制箱生产工艺提升后效果验证及优化后工艺流程

### 1. 工程机械电气控制箱生产工艺效果验证

通过从设计、设备、工装、工艺、工序、现场5S、人员等方面改进措施实施,完成从一台控制箱需要19.07

工时,降低到现在的10.95个工时,减少了8.12个工时,提升了42.57%生产效率;产成品平均一次交验合格率由上一年度的98.52%提升到现在的99.24%,提升了0.72%。

### 2. 工程机械控制箱改进、优化后的生产工艺流程



5.2 优化后工艺流程

## 六、工程机械电气控制箱在生产中应注意的工艺要点

1. 低压导线在生产时,应严格按照工艺图纸进行生产,所使用的低压导线应具备一定的机械强度

在工程机械电气箱设计过程中按照理论低电流的回路可以选择 $0.5\text{mm}^2$ 的导线,但为了保证一些电流很小的电气导线具有一定的机械强度,其截面不得小于 $0.5\text{mm}^2$ 。

2. 箱内连接线、线束应做好捆扎、固定

工程机械控制箱作为室外用设备,工况比较差,环境比较恶劣,特别是振动比较厉害,有轴向窜动也有上下振动,其自身也因自重而下垂,为了防止低压导线、线束连接点因振动产生拉拽发生松动脱落,造成电气断路故障,在工程机械电气箱装配中,对线槽内的低压导线应进行捆扎,对未装配在线槽内的低压导线束应在做好外防护的同时,低压导线束的两端应使用装有防护橡胶套的固定卡进行固定,如果两固定点距离50cm,中间

应增加固定点,同时应保留一定扰度。

3. 箱内的接点处连接尾线应预留合理,不允许出现迂回与低压导线网格

在装配中,在线槽内走线时,连接线应横平竖直,需要转弯时,转弯半径不小与线径的2倍,不允许因低压导线过长通过迂回的方式调整,不允许走线时,出现低压导线回路网格,对通信系统或传感器造成电磁干扰。在装配中,连接线尾部低压导线长度预留应合理,通常为尾部固定点到接入位置距离的2倍,为安装、维修预留足够的活动长度。

4. 控制箱与主机固定点连接应采用防振、弹性连接为更好的阻断或降低主机自身或者外部环境不平整产生的振动向控制箱进行传递,控制箱与主机固定点连接处应加装弹性橡胶固定件,降低故障率,提升工程机械的使用寿命。

5. 电气连接线应严格按照电气规范要求装配,连接导

线中间不允许有接点, 当需要并线时, 连接点应采用超声波进行焊接, 同时节点处要进行打胶并进行绝缘处理。

6. 工程机械电气控制箱连接件应选用标准件。每套标准件应配有平垫与弹垫, 螺栓与螺母强度等级不小于 8.8 级, 在螺栓的尾部应涂抹放松、防震胶, 防止标准件脱落, 造成设备故障。

#### 7. 采用标准化流程及工艺、工序生产

在控制箱生产过程中, 对标准化工艺要求要进行各节点、关键工序、实施步骤应进行全面的系统的学习, 掌握标准化工艺要求的各要点, 严格按照标准化工艺实施装配, 确保生产出的产品各方面高度一致性、可互换性, 提升工作效率与产品质量。

#### 8. 供电系统布线应与电子系统布线应分开布置

控制箱柜内越复杂, 柜内电磁干扰环境也会变得愈加复杂, 电磁干扰的三要素为干扰源、传输途径和干扰对象。对于工程机械控制箱布线工艺来说, 应按照布线

装配工艺设计的要求, 在布线中, 通过掐断或削弱电磁干扰的传输途径来解决电磁干扰性问题, 供电系统布线系统应与电子系统有效的进行分开, 不具备条件的应采用屏蔽线, 降低电磁对电子系统的干扰。

#### 七、结束语

综上所述, 根据工程机械电气控制箱自身的特点, 通过标准化、通用化设计, 通过对设备智能化更新、改造, 通过生产流程的优化、通过生产现场布局调整, 及其实施要点探索, 不仅提升了生产效率, 还为生产出高质量的产品提供保证, 促进了控制箱产品性能、质量全面提升, 对于工程机械装配工艺水平理论的提升也有着重要的科学意义。

#### 参考文献:

[1]. [2]. [3]陈继文, 范文利 等著. 工程机械电气控制系统 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015年10月北京第一版第二次印刷: 2-3