



航天地面机械产品工艺量化控制体系研究

常 军 宋 豪 张慧敏 袁晓峰 秦书勤

(长治清华机械厂, 长治 046012)



摘要: 通过分析航天地面机械产品工艺质量存在的问题, 论述了工艺量化的必要性和重要意义, 并且明确了基于质量管理持续改进的原理, 运用 PDCA 的工作方式, 开展工艺量化工作。经过总结工艺试验成果和工作经验, 为新形势下工艺设计工作, 设计出一套合理的工艺量化控制体系, 同时也明确后续工艺量化持续改进的方向。

关键词: 地面机械产品; 工艺量化; 控制体系

Research on Control System of Aerospace Ground Mechanical Product Process Quantification

Chang Jun Song Hao Zhang Huimin Yuan Xiaofeng Qin Shuqin

(Changzhi Qinghua Machinery Factory, Changzhi 046012)

Abstract: On the basis of analyzing the problems of aerospace ground mechanical product process quality, the necessity and significance of process quantification were discussed, and the working mode of PDCA was selected to carry out process quantification based on continuous improvement of quality management. A reasonable control system of process quantification was designed for new situation by summarizing test results and working experience, and a follow-up provement direction was provided as well.

Key words: ground mechanical product; process quantification; control system

1 引言

随着国力的增强, 国防工业呈现出良好的发展趋势。尤其是航天制造企业, 近年来迎来了前所未有的发展契机。探月工程、载人工程、北斗卫星等航天工程的全面成功也预示着航天制造业将赢来新一轮的快速增长, 但航天制造企业原有的一些粗放式管理模式也暴露出较多的问题, 尤其在制造技术的可靠性方面, 制造技术成熟度问题已经成为制约航天产品研制的一大阻碍。经统计, 约有 17% 归零的质量问题与工艺技术不成熟有关, 其主要表现在工艺可靠性方面存

在诸多不完善之处, 其中影响工艺可靠性的最大因素即是工艺指导性差、操作依据不唯一, 也就是工艺文件量化程度低。

量化的内涵可以理解为: 关注细节、避免粗放、提醒防错、控制关键环节等。因此对于任何一类产品形成的工艺过程, 量化的意义不需多讲。相反而言, 忽视量化控制必然会造成较大或难以挽回的损失。例如, 美国花费巨资发射的火星探测器, 经过了长达八个月的太空旅行, 圆满地到达火星, 最后却不能展开工作。仅仅是因为其中的一对采用的公制和英制的螺纹没有吻合所致。

2 航天地面机械产品工艺质量现状

航天地面机械类产品的批量小,少至生产一台套,多至十余台套,属于典型的“单件、小批量”生产模式;而且研制周期较为紧张,导致工艺设计准备时间较短;因此,整个航天系统很多地面设备企业或多或少都存在工艺粗放的问题。从另外一个角度分析,航天工业自成立之初就是解决“有无”问题的,以研制为主,以解决问题为主,走的是“工艺技术+操作技术”的工艺模式,工艺技术主要由两部分组成,一是工艺人员的工艺路线与较粗的工序要求;二是技术工人的操作技能,工艺工作具有天生缺陷性,在某种意义上是航天地面产品的研制特点形成了粗放的工艺模式。对于工艺不量化、指导性不强的说法,有两方面的原因:一方面是工艺人员没有能力识别出与操作相关的关键、重要点;另一方面,工艺也不是越细越好,这与操作人员的岗位考核标准是紧密联系在一起。简单的说,针对每个工种、每个级别的工人上岗考核标准应该是具体的、全面的,工艺文件量化程度、精细化程度能够满足相应级别工人上岗考核标准即可。而实际情况是,各企业操作人员的能力参差不齐,工艺量化也没有一个成熟的标准,工艺与操作两个环节没能衔接起来,这种管理问题也是工艺粗放的一个原因。但客观存在的困难并不是造成工艺粗放的主要原因,也就是工艺量化是必须解决的现实问题,也是提高航天地面机械产品制造工艺水平的重要举措。

3 工艺量化体系构建原则及主要内容

航天地面机械产品主要包括特种车辆、机械结构类产品,均为机、电、液一体化产品,对于承制企业,电气产品一般采购成熟产品,工厂内部只生产机械、液压类结构件产品;此类产品的工艺文件即为本文开展工艺量化工作的载体。

基于质量管理持续改进的原理,运用PDCA的工作方式,开展工艺量化工作。首先梳理出工艺量化方面存在的问题,然后分专业开展必要的工艺试验,确定量化控制措施,最后形成量化控制方案,作为工艺设计的依据文件并落实。

通过梳理近三年来机械产品出现的质量问题,归纳问题原因,缺乏量化的工艺内容主要表现为:少量、紧固、安装平整等定性类模糊描述;只说明了要做什

么,但没有给出操作方法;操作过程的要点没有体现;产品、人身安全等风险识别不充分;检验点设置遗漏等。

通过梳理,最后确定了需要量化的产品工艺范围为:零件加工工艺、装配件工艺、螺纹紧固件安装工艺、产品试验工艺、特殊过程工艺、结构件焊接工艺、产品涂抹工艺、安全技术要求量化控制要求、检验点优化等。

4 工艺量化措施

4.1 零件加工工艺

在冷切削加工中,需要明确相关工艺参数、工序间余量协调。具体要求:粗、精加工余量的指定,主轴转数、切削深度、进给量、切削速度,刀具相关参数、装夹定位找正要求等;如果文字无法表述清楚的加工过程,应辅以三维图形说明,在图中指定加工面、明确加工精度及尺寸等要求,此类直观的表述方式最方便操作人员读图,根本不存在歧义。

4.2 装配件工艺

对于一般类组件的装配过程,在工艺文件中,不能只提出装配要求,应该明确装配顺序、操作要点和检验要点、装配用工夹具、检测仪器设备等要求。如果文字表述不清晰,可参考图1形式进行表述。

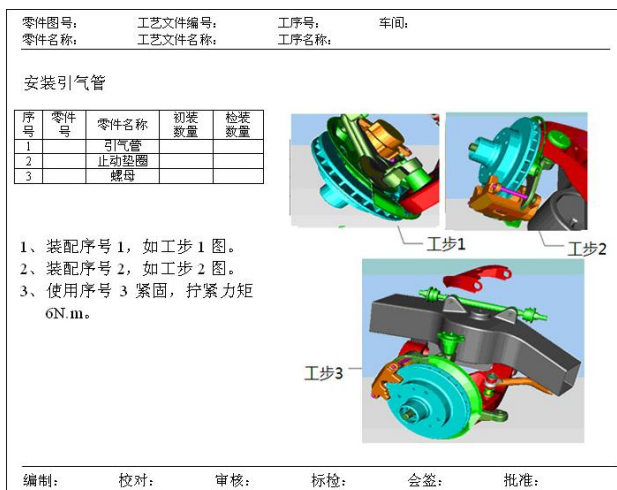


图1 (车辆刹车) 组件装配工艺

对于大型特种车装配,液压管路的走管方向、管夹位置、管路间距、空间位置等要求,导管与接头的装配要求(基本对正、手动自由状态拧紧、工具拧紧等)。油缸装配要求(保证装配不偏载是控制重点,

油缸安装的位置公差需通过计量仪器检定,上下关节轴承无多余物并涂抹润滑脂,装配后缓慢下放油缸保证与车体各处无干涉)。大型结构件、舱体的装配顺序须利于后续维修,并保证与车体纵向中心线对称。其它组件装配根据产品结构特点制订详细的装配要求及控制重点,对相关重要操作步骤明确每一项动作的要求。

4.3 螺纹紧固件安装工艺

在商用车制造工艺中,全部紧固件都实现了拧紧力矩的要求;由于航天地面机械产品批量较少,全面实现拧紧力矩量化存在较大困难,但工艺部门应与设计部门协商,针对以下几个方面开展拧紧力矩量化工作:与车架联接的零部件的紧固件;车轮轮组的紧固件;大型筒类产品的筒段对接螺栓;重要受力件的联接螺栓等。

针对涉及到拧紧力矩要求的零组件,在工艺设计过程中全面落实设计技术要求,在工艺文件中,明确工具型号、力矩指标、拧紧顺序等;现有工艺规范不能直接借用时,必要时开展拧紧力矩方面的工艺攻关工作。可参考成熟的航空行业相关标准:HB 6586—1998《螺栓螺纹拧紧力矩》、HB 6125—1987《航空发动机螺纹紧固件拧紧力》、HB/Z 251—1993《螺栓连接拧紧力矩与轴向力的关系》等。螺纹紧固件预紧力试验方法可参考 GJB 715.13《紧固件试验方法 安装成形紧固件的预紧力》、GJB 715.15《紧固件试验方法 力矩-拉力》。受力工况不复杂的组件,可参考以下公式进行计算。

拧紧力矩计算公式:

$$M = KdF$$

式中: K ——当量拧紧力矩系数,可针对特定工况条件按 GJB715.15 规定试验方法测出; F ——预紧力,一般可按螺栓最小破坏拉力的 35% 选取,或根据设计要求确定, kN ; d ——螺栓的公称直径, mm 。

4.4 产品试验工艺

试验工艺为较复杂的工艺规程,专业技术要求高。工艺量化方向主要为试验过程中相关产品性能指标分解及落实、试验操作步骤的先后顺序、试验检验点的合理性、特殊的安全环保要求的落实等;另外,须在合适的时机提出防误操作的要求。

4.5 特殊过程工艺

对于焊接、粘接、涂装、发泡、热表处理的工艺文件,须明确操作过程每个步骤的方法,以数值明确操作要点,明确工夹具要求,明确环境参数,明确后

处理时间和压力要求,细化检验点等。应有专用工艺文件或通用操作规范,作为指导生产作业的文件。

a. 焊接:明确环境条件、电流、电压、气体流量、焊接速度等参数,明确焊接前、焊接后处理要求和办法,焊接操作顺序,对操作人员的资质要求、多人配合操作要求,以及校形、清理要求等。

b. 粘接:胶液的调制要求、时间要求,对产品预处理方法和要求,粘后固化时间、加压要求,在粘接过程中对涂胶方法、层数、加热等提出具体的量化指标。

c. 涂装:应明确环境温度和湿度、产品防护要求、漆牌号、漆调制方法、粘稠度指标、涂刷方法及次数、每层漆膜厚度、过程干燥方法、所用工具设备要求、喷枪与产品间距、喷枪走行速度、最终干燥方法和时间等。

d. 发泡:应明确环境温度、原料牌号、配比量、搅拌时间、成形方法、浇铸方法、清洗方法等。

e. 热表处理:应明确工作介质、冷却方法、每个过程的作用时间、工件吊放方式、温控要求、去氢要求及时间、试件处理要求、检测方法要求等。

在完成上述要求的细化工艺参数、明确操作要领的基础上,还应从人、机、料、法、环等方面检查工艺文件的量化要求是否全面。

4.6 焊接结构件工艺

量化措施,明确每个零件的组焊顺序及组对精度,明确焊缝的施工顺序,明确装夹、定位、反变形控制措施,复杂结构件的焊接位置关系可按图 2 形式进行表述。

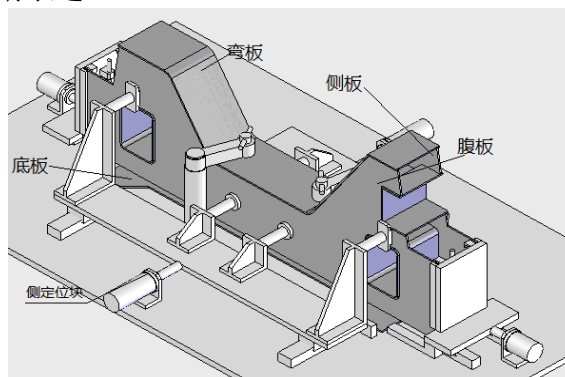


图 2 焊接工艺的组焊示意图

4.7 涂抹工艺

对于液压油缸产品中缸体、活塞杆、球头等活动部位的涂润滑脂要求需要提出量化的要求,避免涂抹过多润滑脂造成多余物。对于其它产品活动部位的涂

润滑脂要求需要提出量化的要求。量化措施可参考，明确涂抹前表面预处理要求，明确涂抹方法及要求：一般用毛刷，涂抹前和涂抹后检查毛刷，应无脱落的刷毛掉在产品中，精密部位也可用手涂抹，或带橡胶手套涂抹。涂抹量控制为均匀一层，厚度约为 0.05~0.25mm，表面不能有结块；也可制备专用涂抹枪，通过控制挤出的条状润滑脂的长度来确定用量。

螺纹表面涂胶工艺中：首先要求螺栓、螺母不得沾染尘土、油污和水。涂抹螺栓方法：一般要求是均匀地涂抹适量的胶液，在螺纹表面挤出一条直线状的胶液，涂抹胶液的长度根据工艺试验确定。螺母涂抹方法：使用毛刷，在螺纹内表面均匀涂抹薄薄一层胶液，不允许有结块及其它多余物存在。

4.8 检验点优化

检验点优化的措施主要是识别以下几类情况,设置合理检点,以避免错过产品数据记录时机。需要设置检点的时机如下所述。

下道工序不可逆，项目检验时很难分解且代价昂贵，或接近不了检测部位，无法实施检验时；例如某些关键受力部件的紧固件装配完成后在总装时被其它部件遮挡无法进行后续检测，或某些封闭腔结构焊接完成后无法对封闭腔内部的焊缝进行检测等。

产品一旦装配后,由于其发生故障或失效将可能损坏其它或更关键的产品时,例如油管焊接清洗后未清理干净将多余物带入液压系统中导致系统故障。

由于制造、操作步骤的关键性或复杂性，可能对最终产品的特性和完整性构成潜在危害时，例如热处理过程中温度、时间控制、焊接过程中焊接参数的控制等。

4.9 安全技术要求量化

[illegible]

(上接第33页)

参考文献

- 1 冯吉才, 王廷, 张秉刚, 等. 异种材料真空电子束焊接研究现状分析[J], 焊接学报, 2009, 30(10): 108~111
- 2 管金星. 304 不锈钢软钎焊用钎剂研究[D]. 南京航空航天大学, 2013
- 3 张秉刚, 张春光, 陈国庆, 等. 5A02/0Cr18Ni9 异种金属电子束焊接接头组织与性能[J]. 焊接学报 2010, 31(5): 5~8
- 4 王廷, 张秉刚, 陈国庆, 等. TA15 钛合金与 304 不锈钢的电子束焊接[J]. 焊接学报, 2010, 31(5): 53~56
- 5 张秉刚, 陈国庆, 何景山, 等. Ti-43Al-9V-0.3Y TC4 异种材料电子束焊接[J]. 焊接学报, 2007, 28(4): 41~44
- 6 陈国庆, 张秉刚, 王振兵, 等. 真空电子束焊接 35CrMnSi 钢[J]. 焊接

68

在涉及到操作安全的工序中，除了明确操作过程中的禁止项和提出安全技术要求等以外，还必须将安全技术要求量化，指导操作人员实施，确保安全技术要求的有效落实。主要控制措施如下。涉及高空作业的工艺文件中，明确使用安全带及工具防脱落要求。对于有力矩要求、涂胶、锁固要求的产品，必须在工艺中提出完整要求并要求检验作记录。大型结构件的起吊、翻转，应明确吊具额定载荷要求及产品吊装位置。

5 结束语

工艺设计的概念为,技术人员根据零件的生产类型、设备条件、工具条件和工人技术水平等情况,规定的零件加工工艺过程和操作方法的設計工作。工艺量化是工艺精细化的重要内容,也是回归工艺设计本质的一种体现。针对航天地面机械产品的快速研制的需求,工艺的量化控制还需进行大量的改进工作;在不断改进工艺方法的基础上,也可借鉴目前先进的结构化、数字化工艺设计方法,逐步将工艺控制过程进行结构化处理,为航天产品工艺可靠性的提高探索新的改进思路。

参考文献

- 1 魏巍. 对机械加工工艺编制的要点分析研究. 科技传播, 2013(10): 68~69
- 2 岳景芬. 机械加工制造工艺研究与探析. 中国新技术新产品, 2013(4): 93
- 3 葛顺义, 任艳. 涂抹螺纹锁固密封剂最佳方法的探讨. 科技创新与应用, 2013(26): 79
- ★★
- 学报, 2011, 32(9): 33~36
- 7 张祺, 王家庆, 陈国宏, 等. T92/Super304H 异种钢焊接接头的组织结构和力学性能[J]. 中国有色金属学报, 2013, 23(2): 396~402
- 8 陈忱. 不锈钢/碳钢复合板的焊接工艺及接头组织性能研究[D]. 南京航空航天大学, 2012, 27
- 9 Kurz W, Fisher D J. 凝固原理[M]. 李建国, 胡乔丹译. 第4版. 高等教育出版社, 2010, 120~121
- 10 王柏平, 赵勇, 黄坚. 厚板不锈钢激光填丝多道焊的接头组织分析[J]. 中国激光, 2013, 40(2): 1~4
- 11 罗怡, 许惠斌, 李春天, 等. 真空电子束焊接热源建模及功率密度分析[J]. 焊接学报, 2010, 31(9): 73~76