

飞机翼盒梁间肋研制标准化应用研究

Research on Application of Standard Manufacture of Beam-Rib in Aircraft Wing Box

西安飞机国际航空制造股份有限公司数控加工中心 史靠军 周 鹏

[摘要] 介绍了在飞机翼盒梁间肋研制过程中采用标准化流程,通过对零件加工周期、工艺方案、机床选择、快速装夹设计、程编参数设计、测量方案以及质量评审等细节的标准化应用,规范了研制中的操作步骤,最终达到了提高数控加工效率和质量的目标。

关键词: 标准化流程 参数设计 仿真优化

[ABSTRACT] The standard process which is used to manufacture beam-ribs of aircraft wing box is described. It standardizes the operation procedure in manufacture through the standard application about machining period of parts, technology method, machine selection, quick-clamped fixture design, procedure parameter optimization, measure method, manufacture quality and so on, in order to achieve greater efficiency and quality of NC machining.

Keywords: Standard process Parameter design Simulation optimization

一定的范围内获得最佳秩序,对实际或潜在问题制定共同的和重复使用的规则的活动即称为标准化。随着企业规模的不断扩展,很多业务仅凭人脑和手工方式根本是行不通的,更何况这其中还充满各种人为因素和不确定因素,所有这些必须通过现代信息技术手段来实现,业务流程标准化就是一种细化到所有业务细节并基于信息技术的规模化管理手段^[1]。

随着数控加工产品种类的不断变化、创新,生产中对于数控加工前的工艺准备质量要求也随之提高,从先前的能否加工出合格的产品到现阶段高效、高质量的批生产进度要求,是航空制造业对数控加工的紧迫需求。因此不同结构、不同精度要求的航空或非航空零件就需要工程技术人员运用研制流程标准化手段来对零件逐一进行分类,制定整套切实可行的操作方法。某型机翼盒梁间肋零件结构基本相似,在实际加工中采用流程标准化规范其研制步骤有助于减少零件加工中的超差、报废质量损失,将复杂、模糊的研制计划进行有效排序和整合,降低人为因素的干扰,从而提高数控研制的整体水平。

52 航空制造技术 • 2010 年第 22 期

1 标准化流程的建立

1.1 工艺准备周期及节点目标的确立

在飞机零件数控工艺准备初期,需要根据研制周期绘制耗用时间分布图,合理分配各项工艺准备工作的时间节点,工艺技术人员按照时间分布图制定的时间节点完成考核目标。通过研制周期科学、合理的分布,不但可以准确地梳理工艺流程、有计划地控制流程节点,并且能够有效控制各项工作的完成质量,以便在研制后期对既定目标进行量化考核。

例如,某飞机翼盒梁间肋零件研制周期是 1 个月,包括工艺方案确定、专用工装申请、工艺文件和程序编制以及模拟仿真优化等内容。在较短的时间内要实现从设计图纸、模型转化为加工现场所能指导生产的 FO 和 G 代码指令,就需要合理的规范研制节点标准,以便合理的安排时间,如图 1 所示。

通过表 1 可以清楚地看出在工艺准备过程中各个操作步骤的目标时间及节点要求,对于技术工作的过程

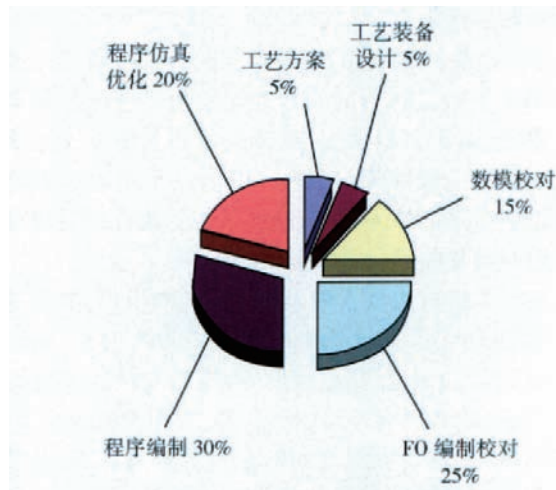


图1 数控工艺准备时间分布图
Fig.1 Time distribution chart for NC process preparation

表1 数控工艺准备时间安排计划表

操作步骤	工艺方案	申请工装	模型校对	FO 编制	编制程序	仿真优化	总计
时间/天	1.5	1.5	4.5	7.5	9	6	30

控制有一定的指导意义。

1.2 制定标准工艺流程

飞机零件机械加工工艺是飞机制造技术中的重要组成部分。随着电子计算机技术和数控加工技术的发展,计算机辅助设计、辅助制造(CAD / CAM)技术和柔性制造系统(FMS)技术得到了广泛的应用和迅速的发展,机加工艺技术水平得到了很大的提高。

标准化的工艺流程是产品设计与产品制造之间的桥梁,是指导工人操作和验收零件的依据,是保证产品质量、提高劳动生产率、降低成本、保证生产安全的基础,也是进行生产组织、技术管理的重要手段。在飞机新机研制初期采用标准工艺流程设计有利于产品加工的质量稳定和效率提高,可以有效地防止错误的重复发生。

标准工艺流程设计由若干工序组成,完成这些工序需要若干不同类型的机床设备、工艺装备,以及热处理、表面处理等非机械加工工序,其设计的依据就是现有资源、条件(见图2)^[2]。同类零件的工艺过程可以是多种多样的,取其中最合理的一个,将其中的各项内容按工序顺序写成统一的流程,这个流程就是标准工艺流程。现就翼盒梁间肋标准工艺规程设计举例说明,具体程序如图3所示^[2]。

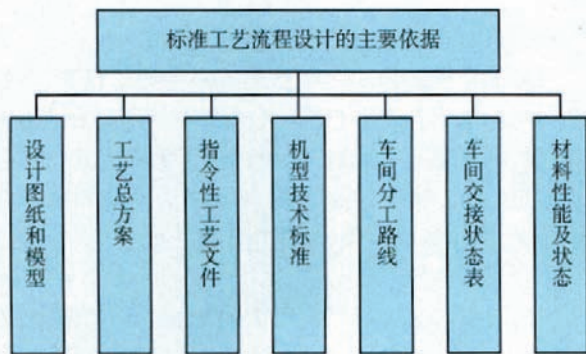


图2 标准工艺流程设计依据
Fig.2 Design basis for standard process flow

例如,通过对所研制的零件技术难点和结构特点的分析,利用标准流程设计原则制定翼盒梁间肋标准工艺方案,如图4所示。

1.3 数控加工机床的选择

在数控加工标准流程的设计中,应针对研制零件的尺寸、材料、表面质量、精度要求及加工周期等因素综合考虑,并结合机床资源确定机床。

在研制中还应通过标准工艺方案流程确定粗、精加工的数控机床,以便在实际加工中调整加工参数、验证方案,最终取得较好的加工效果。

1.4 快速装夹方案设计

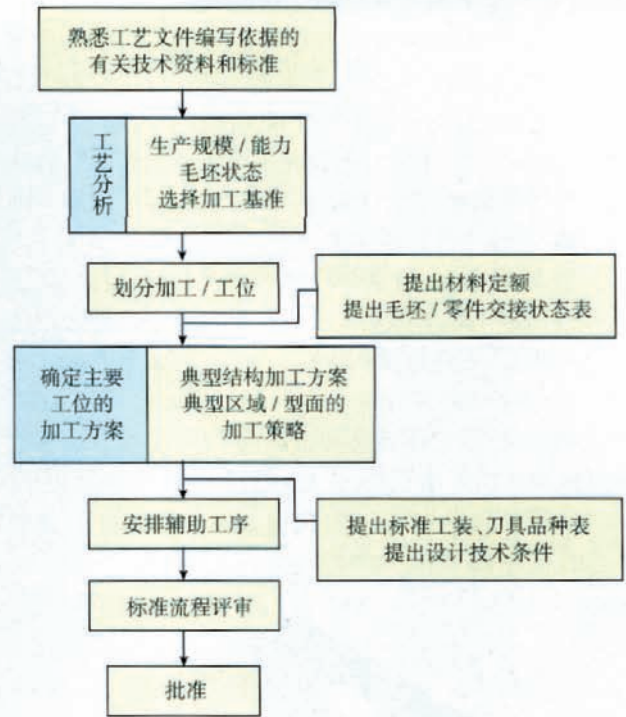


图3 标准工艺流程设计框图
Fig.3 Diagram for standard process flow design

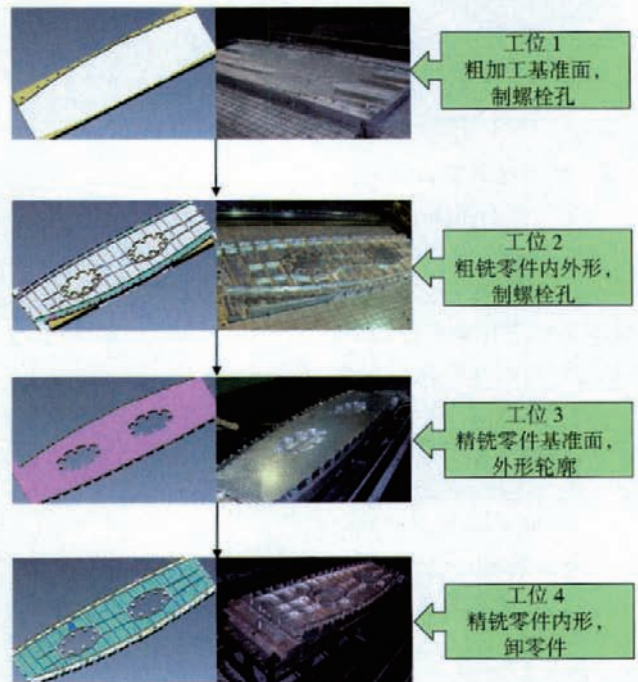


图4 翼盒梁间肋数控加工标准工艺流程
Fig.4 Standard process flow of NC machining about beam-ribs

数控加工的夹具,应该与具有高速切削性能和高效率生产的数控机床相适应,并满足形状复杂、精度要求高的整体结构件的加工。因此,数控加工用的夹具除应具备一般机加用夹具的特性以外,对定位面为平面的结

构件,应尽量采用真空吸附结构,并按零件设计多层多网格密封槽,使其具有一定范围的通用性。定位、找正元件应符合零件工艺坐标系要求。如零件上没有可借用的工艺设计,则夹具必须设置相应的对刀块、校正孔或对刀销棒。压紧装置的设计不能妨碍刀具的运动轨迹。为操作简便、缩短辅助装夹时间,应尽量采用气动沉头螺栓、液压等夹紧方式。

装夹设计标准化要充分体现操作快捷、安全、稳定性高的特点。装夹方案的合理设计对复杂零件数控加工至关重要,不但直接影响加工过程的可靠性和加工质量,而且影响装夹操作的便捷性和加工效率。

例如,在翼盒梁间肋的铣削设计中,改变以往螺栓-压板装夹的传统思维,充分利用零件结构间隙,采用内六角螺钉气动压紧方式,提高了装夹准备效率,使装夹操作标准化,如图5所示。

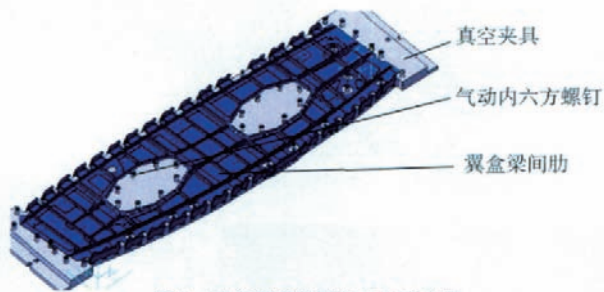


图5 翼盒梁间肋精加工标准夹具
Fig.5 Standard fixture for finishing beam-ribs

1.5 标准化编程参数设计

在飞机新机研制的初期,通过对试验件的加工记录比较编程中采用的粗精加工参数,根据零件加工的实际加工效果,优先选择零件加工效率高且变形小的一组数据作为标准化参数进行推广。通过1~2架份零件的试验统计分析,掌握变形规律,调整余量分配,重新制定标准化参数应用于实际加工。同时本着高效加工的编程理念,在标准化参数设计中提倡数控程序空刀采用机床最大进给速度,以提高效率。

(1) 统一的程序编制标准。

统一采用CATIA v5r19软件编制数控加工程序,制定标准、高效的数控加工程序策略。典型结构(如基准面)编程策略粗加工统一采用由内向外环切、层优先方式;理论外形采用来回行切、深度优先方式;单个槽腔加工采用环切层优先方式(小槽腔可采用来回铣切方式);整体槽腔面加工采用由中心部位向两边对称扩散、层优先方式;数控程序在编制当中还应考虑到减少空刀轨迹,空运行速度使用G0指令,安全平面不允许超过零

件最高装夹高度50mm等因素。

试验件加工完成后,根据试验件的加工效果制定标准的切削参数,使得同类产品获得相同的加工切削参数,以便于后续的工艺优化,达到自动化无人干预的最终目标。

(2) 标准VERICUT优化库的使用。

采用VERICUT 6.2版本软件对数控加工程序进行G代码仿真,避免因编程、机床及系统等原因产生的零件铣伤、机床、夹具碰撞等质量问题。

通过仿真软件计算零件实际加工周期,从而达到掌控零件研制周期的目的;通过数控中心研发部门对英宇航梁间肋的分析研究、数据采集,建立典型零件切削参数优化库*。

建立典型的切削参数优化库,实现同类产品切削参数标准化建立典型的切削参数优化库,使得编程人员容易掌握和应用合理的切削参数。

(3) 刀具的标准化选用。

合理地选用数控加工用刀具可以提高数控机床的利用率,保证生产作业的连续性和节奏性,避免不必要的换刀以及不合格产品的出现。

正确选择数控加工刀具的几何参数,能显著提高数控加工的效率和产品质量。数控刀具几何参数的选择原则如下。

a. 前角的选择。

刀具前角的数值主要根据加工零件的材料确定,铝合金为易切削材料,应选择较大的前角。其次根据刀具本身的材料来确定,如高速钢材料的抗弯强度和抗拉强度相接近,可以用较大的前角;而硬质合金材料的抗弯强度较低,但抗压强度高,故应选用较小的前角。

b. 后角的选择。

后角对加工表面质量有很大的影响。后角越大,刀具越锋利。对一定刀具材料,前后角有对应关系,如高速钢前角大,则后角略小一些;硬质合金前角小,后角可略大一些。后角数值一般按切削厚度 A_p 值来确定: A_p 值越小,则后角越大。后角的选择直接影响着刀具的耐用度。

c. 螺旋角的选择。

数控铣削为高速切削,目前主轴转速一般在20000r/min,切削力小,相对处于平稳状态,为利于排屑,其螺旋角可取得小一些。

d. 齿数。

齿数的选择与零件材料有关。加工铝合金时,由于切屑松散、体积大,为适应其高速切削的要求,一般齿数

* 优化库的无干预加工仿真切削优化技术是基于切削条件和切削材料量的关系建立的,当切削大量材料时,刀具进给率降低;切削少量材料时,进给率相应地提高。根据每部分需要切削的材料量的不同,自动计算并在需要的地方插入改进后的进给率。

选择较少,保证铣刀排屑槽有足够的容量。数控铣刀的齿数一般为 2~3 齿。

e. 切削刃过中心。

为适应数控铣削下刀钻铣的要求,将刀具端齿设计成单刃或双刃过中心。

f. 柄部形式。

为适应各种不同类型的数控机床,刀具柄部可分为莫氏锥柄、直柄、削平型直柄、斜削型直柄等不同的结构形式。

为便于选用和管理,数控刀具必须达到标准化、通用化、系列化的要求,还应在选刀的标准化流程中注意以下几点:第一、减少专用数控刀具的设计与制造。在新机研制中,工艺人员可在已标准化、通用化、系列化的数控刀具选用手册/数据库中查找到符合产品结构要求的绝大部分刀具,也可直接向专业工厂订货,这样可以缩短新机研制的生产准备周期。第二、刀具专业工厂可按飞机厂数控结构件加工的数控刀具选用手册/数据库和飞机厂提出的需求计划来组织刀具设计和生产,由此可提高刀具的制造质量,降低刀具成本。第三、由于有了较密集的数控刀具品种规格,可实现刀具中心轨迹编程,以消除人工刀具补偿操作失误^[2]。

例如,在翼盒梁间肋研制中根据零件结构相似的特点,在工序中均采用标准化规格的刀具,如图 6 所示。

1.6 零件检测

在翼盒梁间肋的研制中,工艺技术人员通过试验件生产过程中对实际测量数据的分析,根据零件加工后的变形状况,设计并制造标准的测量支撑工装(如图 7 所示),可以达到快速定位、装夹的支撑效果,保证零件测量的准确性,同时提高了测量效率。

2 标准流程应用效果评审

通过飞机翼盒梁间肋零件在研制过程中的各项技术准备工作及最终零件的加工结果等综合指标评判工艺技术人员研制准备效果。例如,通过对某型机翼盒梁间三架份的耗用时间统计(见图 8),可以清楚地数据图表中判断各项翼盒零件的研制周期(见图 9)是否与预期一



图6 零件加工使用的典型加工刀具
Fig.6 Typical machining tools of NC milling

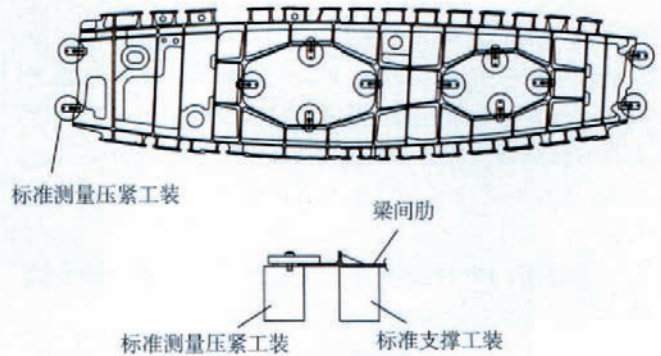


图7 标准测量工装
Fig.7 Standard measurement fixture

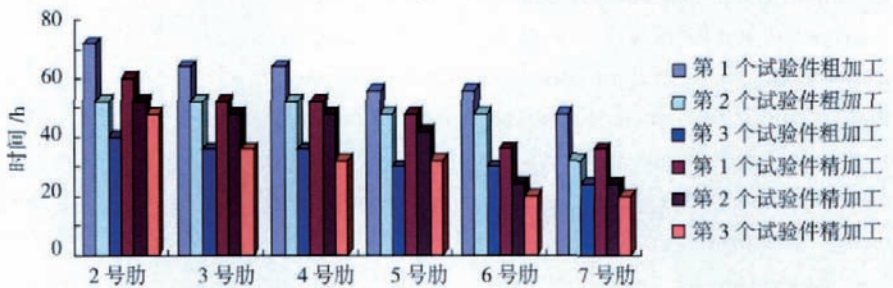


图8 研制耗用时间图
Fig.8 Chart of consumed time for NC manufacturing

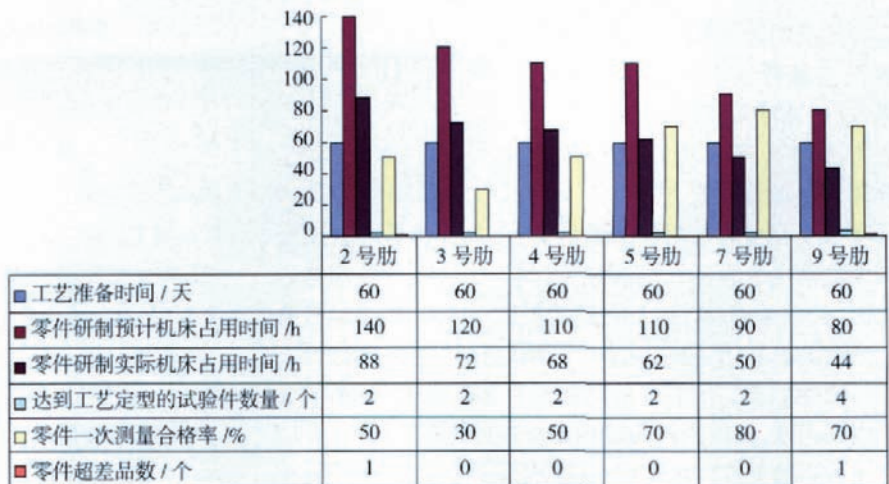


图9 研制效果评议图
Fig.9 Evaluation diagram of manufacturing effect

(下转第 75 页)

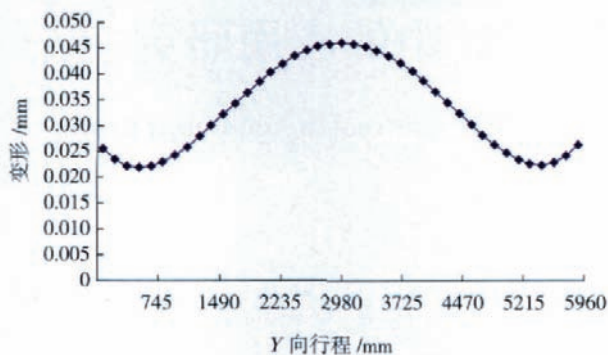


图10 铺丝头末端X向变形随横滑板位置的变化曲线
Fig.10 Variation curve of X deformation of fiber placement head end with horizontal skateboarding

0.0135mm,与设计允许值 0.015/1000 的要求已经非常接近。

图 11 为铺丝头末端 Z 向变形随滑板位置的变化曲线。变形曲线近似弓形,当横滑板移动到横梁中间位置时,铺丝头末端的变形最大。这一变形曲线对横梁反变形设计提供了帮助。

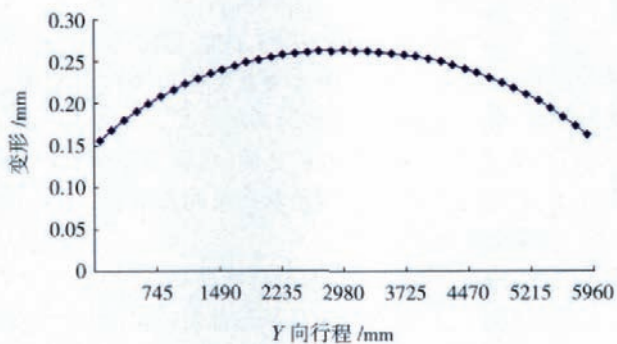


图11 铺丝头末端Z向变形随横滑板位置的变化曲线
Fig.11 Variation curve of Z deformation of fiber placement head end with horizontal skateboarding

计算表明,由自重变形引起的 XY 平面 Y 向移动的直线度的计算值为 0.068mm,比 YZ 平面 Y 向移动的直线度的计算值 0.0135mm 大很多,不能满足设计允许值 0.02/1000 的要求,经过多次的方案优化,该项指标降低到了 0.017mm,满足了设计要求。

3 结论

通过详细计算分析得出以下结论。

(1) 自重变形对 XY 平面内 X 向移动的直线度影响较大,1000mm 直线度计算值为 0.0106mm,满足设计允许值 0.015/1000 的要求;对 XZ 平面 X 向移动的直线度影响很小。

(2) 自重变形对 YZ 平面内 Y 向移动的直线度影响

较大,1000mm 直线度计算值为 0.0135mm,满足设计允许值 0.015/1000 的要求。

(3) 自重变形对 XY 平面内 Y 向移动的直线度的计算值为 0.068mm,远大于设计要求的 0.02/1000 指标,经过多次的方案优化,该项指标降低到 0.017mm,满足设计要求。

研究为大型复合材料丝束铺放机关键部件结构优化设计提供了理论依据,尤其是为横梁反变形设计提供了重要数据,为实现丝束铺放机的高速度、高精度特性提供了理论保障。

(责编 良辰)

(上接第 55 页)

致。同时通过图表反映出来的零件确切的数控机床占用时间,可以为后续工艺技术优化、生产进度安排以及工时定额提供有效的数据资源,并具有一定的指导意义。

3 结束语

飞机翼盒梁间肋研制标准化应用针对工程技术人员在研制过程中的每一个环节、每一个岗位,以充分利用资源、提高加工效率为根本核心,制定细而又细的科学化、数量化的标准。通过严格按照标准实施,将复杂、繁琐的事情变得简单、有序,从而达到提高质量和效率的目的。

标准化研制流程是一个从简单到复杂再到简单的转变过程,其中的复杂意味着严谨、周密、明晰,而不是无序、杂乱、模糊。通过对翼盒梁间肋研制流程标准化操作,可以清楚地看出流程标准化是使业务化繁为简的有效工具。文中提及的翼盒梁间肋研制过程中,通过对流程标准化的应用,使零件最终变形得到有效控制,生产过程中因人为干预因素造成的零件超差及报废等质量事故减少;加工效率大幅度提高;零件表面质量好,表面残留得到较好地控制,减少了钳工工作量。

总之,流程标准化的巨大优势就是可以迅速地进行学习和复制,不管是谁只要按这个标准进行操作,就可以得到合格的产品和用户的满意,并且可以极大地提高效率。所以,流程标准化的应用是提高管理和运营效率的有力武器,标准化流程有助于研制工作的顺利运行。

参考文献

- [1] 徐翔. 现代企业业务流程标准化操作手册. 企业管理出版社, 2006.
- [2] 刘强 郇极. 航天航空制造与现代数控技术及装备. 中国制造业信息化, 2005(3): 64-66.

(责编 小颖)