

最大限度地降低成本,在保证合同交货期的前提下按图纸要求完成装配任务。重型机械制造业,其产品复杂、技术要求高,设计、工艺技术准备及生产制造周期较长。传统的装配工艺设计文件不能快速的向下游生产、采购等部门提供准确的生产节点等关键信息。针对目前重型机械制造业面临的交货期无法满足合同要求等问题,现有的装配工艺文件无法满足集团公司产品生产组织需要,工艺技术文件在生产组织中的指导作用亟待加强。本文就是面向生产组织关键节点,对重型机械产品的装配工艺设计方法进行研究,提出以关键零部件进装节点为主线进行装配作业流程规划,在装配工艺文件中实现网络计划图支持,使其既是指导操作者进行装配作业的技术文件,同时也能够为生产运行部门科学地进行生产组织管理及高效合理分配生产资源提供准确的技术支持和信息。

## 2 二重现状的分析

### 2.1 二重生产现状存在的问题

——整体生产组织思路和组织模式有待改进,生产运行节奏缓慢。

——合同按期交货率较低,成台产品的产出是一个复杂的过程,各内外配套部门不能按计划节点时间完成,装配现场经常出现等零件现象,装配计划很难执行;有时内部加工不同步严重制约装配,有时外单位配套件和外购配套件等又无法保证进度,同步配套差造成整体配套滞后,在制品增加导致生产资源的无效占用,合同按期交货率低。

——基础管理薄弱和基础数据缺失,目前是主要凭经验进行生产计

划平衡,缺乏科学有效手段和支持机制、信息,计划编制粗放,计划平衡的超前性和准确性不够,计划平衡未起到应有的作用。

——由于项目生产周期长,零部件种类繁多,涉及配套部门多,生产计划工作的特点是多变性和复杂性,标准化工作基础差,EMES系统的数据比较脱离实际,生产运行部门主要对关键件和关键机床进行粗负荷平衡分析,项目计划、技术准备计划、生产准备计划和生产运行计划相互之间衔接和分析不够,造成各类计划经常相互矛盾和脱离实际,在执行过程中很难衔接,计划科学性和可执行性不高,生产运行管理处于救火式的协调生产。

——管理原因造成的质量问题突出,报废、返修占用大量的生产资源和时间,最终导致生产周期延长。

### 2.2 二重装配工艺设计目前存在的问题

二重原有的装配工艺规划各装配工艺节点没有宏观统筹的概念,比如大型热模锻设备从部装到总装有几百个的装配节点,还包括配研、冷装等特殊要求,工艺人员在规划装配工艺时,按照经验编写操作说明,很难从宏观上统筹配置各工序的先后关系,合理利用资源。各节点统一以流水序号层级标识,工艺文件以文字性操作说明为主,车间操作时严格按照串行执行,人为地增加了产品装配的时间,拖长了整个产品的交货周期。对于大型成套产品,装配周期比较长,关键资源往往成为生产的瓶颈,在实际制造过程中,又需要参照项目计划和工艺装备的占用与释放状态,规划合理的装配顺序时常造成生产现场的混乱。

综上所述,目前二重装配工艺设计存在的问题:

——装配工艺对制造部门的拉动式生产计划调度,不能提供准确有效的进装节点信息。

——各工序间安排没有明确的并行关系,大大增加了作业时间和成本。

——装配工艺流程文件不能向生产、采购、质量、财务等部门提供所需的工艺源头数据。

对于重型装备制造业,产品的装配过程复杂,客户的需求越来越成熟,订单的随机性、产品的专用性、生产的一次性更加明显。随着国际和国内市场竞争的加剧,又要求制造企业尽可能地加快市场快速反应能力,缩短产品制造周期,同时提供高质量的产品。这就对装配工艺设计质量和效率提出了更高的要求。但现有的装配工艺和现有的生产管理存在着脱节现象,要改变这种状况,就必须找到一种有效的方式,创新产品装配工艺设计思路,使之能在生产计划制定及执行中为相关部门提供准确技术信息和时间节点、合理分配生产资源,发挥重要作用。

## 3 重型机械装配工艺设计中的关键技术需求分析:

### 3.1 分层次进行装配工艺规划:

重型装备的产品的结构都有大型复杂的特点,一个产品涉及的零件数量及种类多达上千上万个,如果全部铺开进行装配,则会头绪纷乱,查找困难,令人无从下手;而且随着二重集团公司生产产品种类的增加,装配场地非常紧张,每个装配场地都要划分成几个部位进行不同产品的装配,如果事先没有规划则会造造成装配场地操作及组织管理的混淆。因此在装配

工艺设计时必须对每个产品进行具体的剖析、按其功能结构或组织结构进行分层规划，为实际的操作人员和集团公司生产管理部门的操作提供指导。

### 3.2 明细的变换

建立新产品的新工艺或者从工艺库选择好与新产品相似的参照产品的工艺后，由于设计时的功能结构与制造时的工艺结构存在差异，在编制装配工艺时需要进行设计明细与制造明细的变换，而由此产生的制造明细则可以为生产制造部门提供相应的制造信息。

### 3.3 装配网络计划图

重型机械产品普遍具有尺寸大、结构复杂的特点，在进行装配时必须对产品的结构及装配顺序分析清楚，由于二重集团公司装配工艺目前都以文字说明为主，实际操作人员在拿到工艺后，无法形成直观的装配的整体思路，造成装配时某些衔接困难，生产难以管理。另外，生产部门现在都是根据工艺再结合经验编制生产计划和进行调度，时间节点掌握的非常粗糙，造成产品装配时所需零部件不能及时进装，从而使产品不能及时出产，拖延了产品的交货期，影响企业的信誉，造成企业的各方面的损失。

针对重型机械装配的实际情况，需要有一种工具来直观地描述装配各工序之间的相互联系及相关时间点，从而反映整个产品装配的全貌，并在规定条件下，能够全面筹划、统一安排。而网络计划技术的应用则可以很好地解决这一难题。

### 3.4 工序设计

目前在二重集团公司，产品装配主要有总装、组装、部装三个层次，而

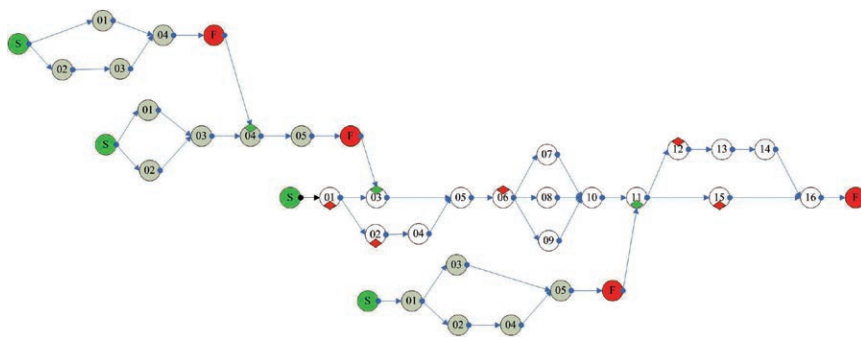


图1 装配网络计划图

每个层次的装配则有若干装配工序组成，现有工序内容为操作人员和生产管理人员提供的相关信息不是很清晰，造成实际操作具有一定难度。因此在进行工序设计时，应具体描述该工序所关联的零部件及进装顺序的信息，还应包含有该阶段的开工时间、完工时间以及装配基准、定位要求、装配工艺参数、工装要求等装配质量要求。

## 4 重型机械产品装配关键技术研究

针对重型机械产品研究的装配工艺设计方法在装配工艺规划过程中利用计算机辅助技术配置的软件须具有以下架构：制造明细的生成；选择装配工艺模板或典型装配工艺做参照，若没有类似工艺，可直接创建装配工序；进行进装点的规划设计；进行装配网络图设计，将各工序用箭头连接；装配工艺设计完成后，可把相应工艺文件提升为典型工艺，进入典型产品装配工艺知识库存储备用。

### 4.1 设计明细导入与浏览

在产品完成设计后，把从设计部门得到产品的设计明细导入到系统内，进行产品工艺分析。在制订装配工艺规程前，首先要对原始资料进行分析和处理。这个过程主要是分析研究

产品图样，对产品的结构进行尺寸分析和工艺分析，进行设计与工艺之间的交流，明确各零部件之间的装配关系，审核产品装配的技术要求和验收标准，掌握装配中的关键技术问题，并制定相应的技术措施。

### 4.2 明细变换

在制造信息系统的集成中，明细发挥着关键的纽带作用，在PDM平台上，设计明细用产品结构树来描述。它不仅包含零部件的属性信息，例如图号、名称、材料等，而且反映了设计状态的产品装配关系，包括父子结构和设计数量等，经过加工和装配工艺设计，一方面生成各种工艺文件，另一方面通过装配的先后顺序可调整设计明细的结构树，向生产制造部门提供零件主记录、加工路线报告和制造明细三项重要的信息。

任何产品都是由若干个零件按一定的结构要求组合而成，具有用户所需的功能和性能。在由零件逐步组合的装配过程中，为了保证产品的功能与性能，又能方便地进行作业，其装配工作过程应分层次，分单元进行。把零件装配成部件的方法称为部件装配，简称部装。把零件和部件装配成产品的过程称为总装配，简称总装。装配时无论是部装还是总装，必须有装配基准零件或基准部件，它们是装配工

作的基础。

在确定了装配的组织形式后,将产品划分为可进行独立装配的单元就成为制订装配工艺规程中最重要的一个步骤。单独进行装配的部件都称为装配单元,其划分主要依据产品的生产、装配方法、组织形式、现场条件等等。划分装配单元对组织装配、安排计划、提高效率和保证质量均十分有利,同时只有划分好装配单元,才能合理安排装配顺序和划分装配工序。

由于设计明细的搭建主要是从产品的功能分离面考虑的,与工艺分离面有差异,在实际的装配过程中根据企业自身的技术条件和工艺装备,对设计明细的结构会有所调整,需要进行零部件的合并、拆分变换。基于装配时间和装配场地的考虑,二重在装配过程中将整个产品划分为具有独立功能的部件在总装线外进行装配,并按照功能之间的联系进行组合装配。为此首先应根据产品特征和工艺条件进行部件和组件的划分。在此过程中可能会出现设计明细原有的结构调整,原来在明细中属于某部件的零件可能会调整到另外的部件节点下。另外如焊接件,在设计明细中指定各部分形状、用料等,有唯一的物料标识,但在装配环节只存在焊接后的组合件。

#### 4.3 装配工艺知识、资源库的建立

二重集团公司自建立以来生产制造了大量的产品,根据积累的经验,按通用知识和典型产品等分类,可以整理出相应的工序设计知识条录以供后续设计人员进行参考。对于装配工艺知识的归纳整理形成工艺知识库,对于典型产品的装配过程的归纳整理形成实例库。另外,在装配过程中涉及

到的工装、辅具也应建立相应的工装库,以备装配设计时进行查询并确定是否需要添加。

#### 4.4 网络计划技术

网络计划方法是应用于科研开发、工程建设、计划管理中的一种十分有效的科学管理方法,而产品的装配过程除了技术上的要求,实际上也是装配物料、装配资源等的合理配置过程,因此在重型机械装配设计过程中利用网络计划技术进行归划能够取得显著的效果。

网络计划技术是以工序所需时间为时间因素,用描述工序之间相互联系的网络和网络时间的计算,反映整个工程或任务的全貌,并在规定条件下,全面筹划、统一安排,来寻求达到目标的最优方案的计划技术。网络计划方法不仅广泛应用于时间进度的安排上,而且也应用在资源的分配和费用地优化等方面。

网络图的组成包括:工序(作业、活动)、事项(事件、结点)、路线三部分。

工序是指一项有具体内容的、需要人力、物力、财力、占用一定空间和时间才能完成的活动过程。事项是指工程(计划)的始点、终点(完成点)或其各项作业的连接点(交接瞬间)。路线是指从网络图始点开始,顺着箭头方向前进,连续不断地到达终点的一条通道称为网络图的一条路线。各条路线所需的周期为对应的作业时间之和。

网络图的绘制原则:

- (1) 网络图是有方向的,不允许出现回路
- (2) 直接连接两个相邻结点之间的活动只能有一个

(3) 箭线首尾必有结点,不能从箭线中间引出另一条箭线

(4) 网络图必须只有一个网络始点和一个终点

(5) 各项活动之间的衔接必须按逻辑关系进行

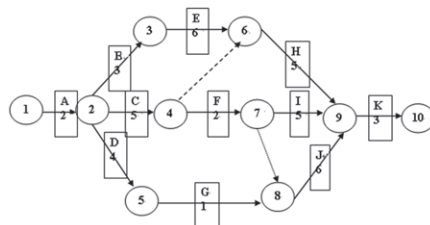


图2 典型网络计划图示例

(用带箭头的线段表示每项作业或任务,大写字母标识,标有数字的圆圈表示作业的开始和结束,把工期标于箭头下方)

重型机械产品应用网络计划技术于装配工艺规划,主要包括以下三个阶段:

① 计划阶段。将整个产品的装配进行宏观规划分解成若干个装配活动,确定各项活动的对象、所需的时间、人力、物力等,明确各项活动之间的先后逻辑关系,列出活动表或作业表,建立网络图以表示各项活动之间的相互关系。对于大型复杂产品来说,不可能将分散的零件在最后负责总装的车间里统一完成装配,应根据技术和生产条件,分层次进行装配。二重初步分总装、组件装配、部件装配等层次,按照前面划分的组件和部件层次在系统内进行装配工艺的详细规划。

② 进度安排阶段。这一阶段的目的是编制一张表明每项活动开始和完成时间的进度表,进度表上应重点明确为了保证整个装配作业按时完成必须重点管理的关键活动。对于非关键活动应提出其时差(富余时间),以便

在资源限定的条件下进行资源的处理分配和平衡。为有效利用资源,可适当调整一些活动的开始和完成日期。

③ 控制阶段。应用网络图和时间进度表,定期对实际进展情况作出报告和分析,必要时可修改和更新网络

图,决定新的措施和行动方案。

重型机械产品的结构复杂,零件多而且尺寸大,吊运都需用专门的工具。同时在二重集团公司,由于平衡负荷的需要,一个产品会按总装、部装分配到不同的装配车间进行装配,因此

需要用网络计划技术对总装、部装过程进行管理,为各个部门提供清晰直观的信息。

以二重典型产品125MN热模锻压力机为例,其形成的装配网络图及进度图如下所示:

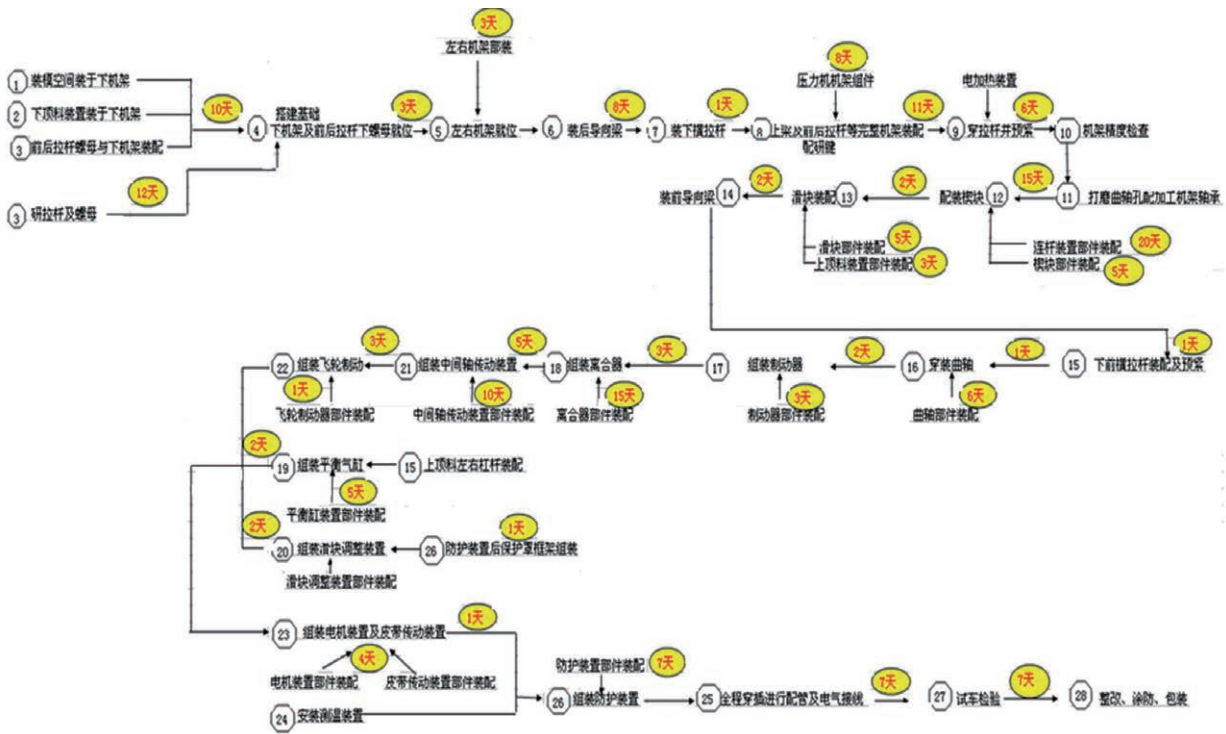


图3 125MN热模锻装配网络图

#### 4.5 计算机辅助装配工艺方案设计

随着先进制造技术和信息技术的进步和发展,利用信息技术来改造和提升制造业已经成为当代制造业发展的一个重要趋势。计算机辅助装配工艺设计,从本质上说就是用计算机模拟人编制装配工艺的方式,高效方便地生成装配工艺文件。

利用计算机辅助技术进行重型机械产品装配工艺设计时,工艺设计人员通过计算机辅助设计系统接收由产品工艺路线汇总而产生的装配工艺设计任务及零部件明细。设计员随任务自动获得或者通过PDM系统申请相关产品的电子装配图浏览、下载或打印

权限,参照装配图进行装配工艺设计。在CAPP的装配明细配置环境下,进行添加组合虚拟件的操作。通过了解产品结构,明确零、部件间的装配关系;分析并审查产品的结构的装配工艺性;研究装配方法;在此基础上,把整个产品的装配过程划分为若干个进装工序。选择装配工艺模板或典型装配工艺做参照,若没有类似工艺,可直接创建装配工序,并把各零部件(包括虚拟件)、工艺资源等拉入相应的工序内容中。完成各工序操作工时、操作要求等内容。

工序划分时,可以参考已完成的装配明细,提取其工序配置,自动绘制

在绘图区,同时引用此已完成装配明细的进装点属性及工序配置,并可以在此基础上修改,以生成满足当前装配要求的进装顺序规划。

工序创建完成以后,从装配准备结构树上选择本工序要装配的零、部件拉到工序结点下。对本工序进行工序配置设计,设置该工序属性信息(包括工序编号、执行时间、位置信息等)。对于某个工序,可以引用已配置完成工序,并在此工序基础上修改,以生成满足装配条件的工序配置。在工序设计的过程中,实时查询装配工装的能力状况,对装配工装、设备等进行选择。

进入装配网络图设计环境，将各工序拉入到设计面板，并用箭头连接各节点，或者通过定义顺序，自动形成

网络图。CAPP智能化按照装配网络图和关键路径生成装配工艺卡片。装配工艺文件走相应的审签流程进行电

子审签。装配工艺设计完成后，可把相应工艺文件提升为典型工艺，进入典型产品装配工艺知识库存储备用。

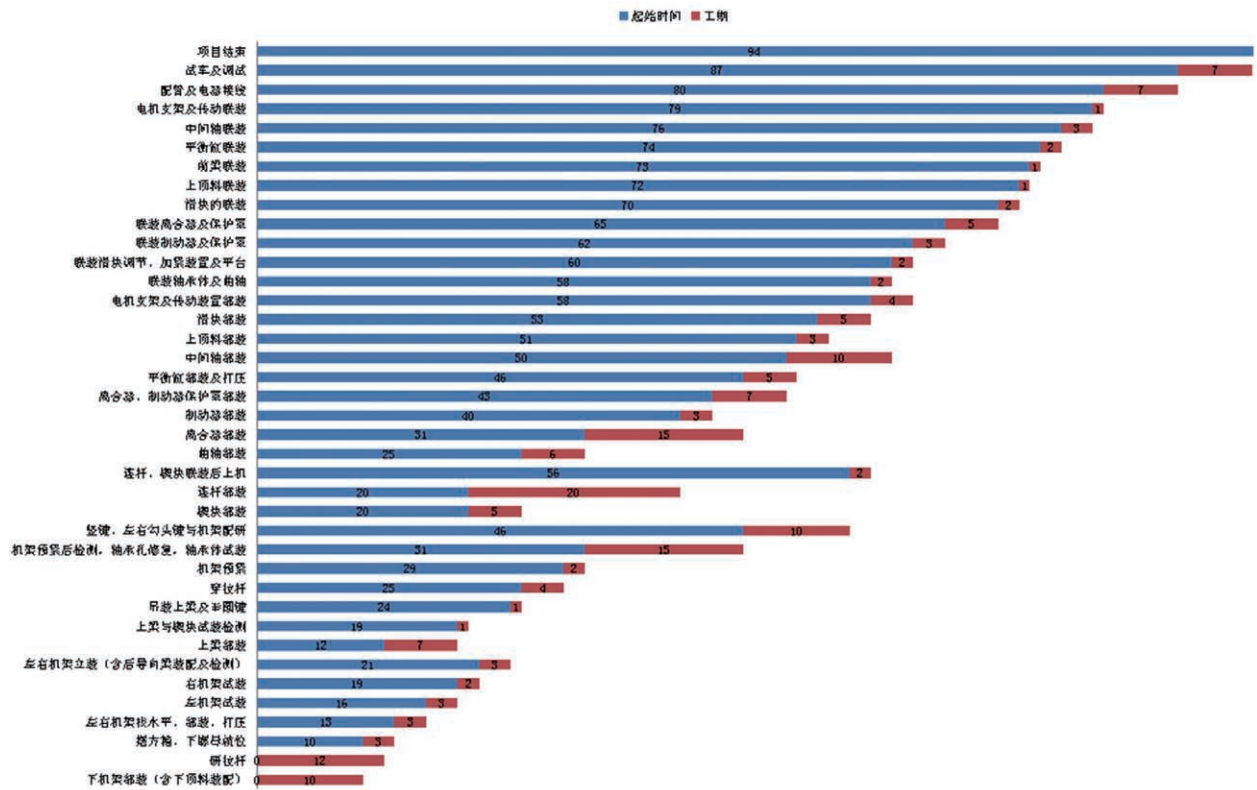


图4 125MN热模锻进度图

## 5 结束语

装配做为整个产品制造过程的最后一道工序，装配工作的效率和装配工作的质量对整个产品的制造成本和产品的最终质量有着极大的影响。本文仅针对二重生产制造现状，对于装配工艺设计为了满足整个生产流程的

需要应具备相应的功能，提出了现有设计系统应该配备的技术支撑，以便促使产品的制造过程加快、生产周期缩短、成本降低同时质量要求提高。装配工艺设计是产品制造过程中一项重要的技术准备工作，是生产中的关键性工作。提高装配工艺设计水平，使之更好地为生产制造服务，应成为企

业及每个装配工艺设计人员追求的目标。**7**

### 作者信息

钱红梅，中国第二重型机械集团公司重机公司工艺部，高级工程师 通讯地址：中国第二重型机械集团公司重机公司工艺部，邮编618000，电话08382341103，邮箱qianhongmei888@sina.com

(上接42页)

耗。这是我国乃至世界都千方百计致力于资源节约的课题。项目获得了效率提升、质量提升和劳动强度下降三重效果。部分技术已推广到国内一些制造企业，获得巨大的效果。项目的关键技术对推动行业的小型设备制

造有着巨大的发展潜力，具有引领小型设备开发方向的社会效益。此成果在本单位应用获得巨大的经济效益，节约成本1867.96万元；增产效益利润3500.36万元。**7**

主要完成单位：广西玉柴机器股份有限公司  
主要完成人：何祥金、陈隆、吴敬、郑光强、孔韶、林成、陈业东、袁爱国、肖林、黄玲、陈名春、杨利亮、陈邦永、杨献辉、周春林

# 成组技术在卷烟包装机制造中的应用

林齐, 吴建军, 薛晓敏

上海烟草机械有限责任公司技术开发部, 上海, 201206

**摘要:** 卷烟包装机产品零件具有多品种、小批量的特点, 为提高经济效益, 利用零件分类成组方法根据零件工艺相似性进行优化成组, 使小批量生产获得大批量生产的效果。建立原始零件/机床矩阵数据表, 利用排序聚类分析法对加工零件进行分类成组。基于VB语言开发了成组软件实现排序聚类及优化成组功能, 分组结果显示机床利用率提高至79%, 为企业应用成组技术, 充分利用技术装备提高经济效益提供了技术支撑。

**关键词:** 成组技术; 排序聚类; 卷烟包装机

## The Application of Group Technology in the Manufacturing of Tobacco Machinery

LIN Qi, WU Jianjun, XUE Xiaomin

Technique Department, Shanghai Tobacco Machinery Company, Shanghai, 201206

**Abstract:** In order to improving economic benefits, the classified group technology was applied to obtain optimizing part-groups according to the process similarity of components, transforming the small batch production into large scale production. Combining the diversity, small batch and large scale features of product component, processing components were classified in several groups by Rank-Order Clustering Algorithm, after establishment of original parts/machines matrix data tables. Rank-Order Clustering and scientifically optimization grouping function were realized by developed software, based on Visual Basic Programming language. The classified Group results showed that Machine utilization was increased to 79 percent. This provides technical support for making fully use of technology and equipment and improving economic benefits by applying group technology.

**Keywords:** group technology; rank-order clustering; optimization; tobacco machine

### 1 前言

装备制造业是国民经济各行业提供技术装备的战略性产业, 是各产业升级、技术进步的重要保障和国家综合实力的集中体现, 为适应市场需求, 多品种, 小批量的生产方式是当前机械制造业的发展趋势, 公司有硬

盒与软盒包装机多种产品机型, 卷烟包装机产品单个机组有一万多种零件, 实际生产中70%到85%属于小批量生产<sup>[1]</sup>。成组技术(Group Technology)是通过研究挖掘生产过程中所具有相似性, 并对其进行充分利用, 把相似的问题归类成组, 寻求解决这一组问题相对统一的最优方案。通过对企业产

品的零件进行分析, 零件基本可以划分为三类: 第一类为复杂件; 第二类相似件; 第三类标准件或简单件。相似件的数量占产品总件数的比重预计超过70%, 为应用成组技术获得接近于大批量生产的效益创造了条件。

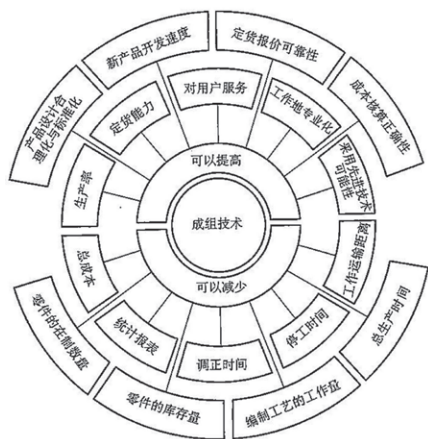


图1 实施成组技术的经济效果

## 2 零件分类成组方法

零件分类成组方法是实施成组技术的基础核心，按照零件的几何或工艺相似性，将加工零件归并成零件族。零件分类成组方法包括视检法，生产流程分析法和编码分类法等<sup>[2]</sup>。

### 2.1 视检法

视检法是由经验丰富的工程技术人员通过仔细审阅零件图样，用眼睛审视图纸或实物，凭个人经验将具有相似特征的零件归并为一类。该方法取决于个人的生产经验，带有主观性和片面性。

### 2.2 编码分类法

编码分类法是根据零件的编码来进行分类成组。在编码之前需要开发编码系统和制定标准，所得到的分组结果不能得到与这些零件组相对应的机床单元，且得到的零件组并非最终零件组<sup>[3]</sup>。

### 2.3 生产流程分析法

生产流程分析(Production Flow Analysis,简称PFA)是研究工厂生产活动中物料流程客观规律的一种统计分析方法，根据零件的加工工艺相似性进行分组。生产流程分析法主要包括关键机床法和聚类分析法<sup>[4]</sup>。关键机

床法根据使用频率较大的机床组作为关键机床，然后找出关键机床对应的的基本零件归并成组。该方法分析过程繁琐，当机床数量大时，分组效率较低。排序聚类分析法是用数学方法定量确定零件之间的相似程度进行聚类成组。该算法的主要优点是可以得到零件组与机床组<sup>[5]</sup>。结合企业实际情况，采用排序聚类分析法对零件进行分类成组。

## 3 建立原始零件/机床数据库

### 3.1 数据采集原则

进行排序聚类分析首先要确定的工作是决定研究范围和收集所需要的数据。研究范围决定了被分析的零件总体，所研究的对象为具有相似性的零件，需要的数据为相似件的工艺过程信息。为简化工作，不对性质相同的工序和次要的辅助工序进行编码，故数据采集时作以下规定：

(1) 采用机床代码，规格相近的同类型机床可用同一代码；

(2) 同一工艺过程中，如有若干工序用到代码相同的机床，则仅对最先工序编码，即工艺过程编码不会出现相同的代码出现，合并每一个零件相同的机床代码；

(3) 不需要特殊设备或采用低廉设备的辅助工序，如划线、钳工及检验工序等，可以不予以编码<sup>[6]</sup>。

### 3.2 数据采集方法

数据采集的方法有两种：(1) 手工输入，但由于数据量庞大，输入繁琐费时，而且存在人为因素造成的录入错误，因而不适合大量零件的工艺信息采集工作；(2) 进行CAPP软件的二次开发，将零件的工艺内容及其所使用的机床信息进行提取，导入至数据

库。

### 3.3 建立原始零件/机床矩阵

现随机采集新产品FORCK中连续编号的41种零件工艺信息，零件编号为1CBS\*\*\*\*1000—1CBS\*\*\*\*5000，包括齿轮、法兰、法兰轴、间隔环、轴、螺栓、密封圈等零件。

如图2，将所收集到的零件工艺过程信息汇总，可得由41种零件与使用到的16种型号机床所构成的原始零件/机床矩阵表，其中，矩阵横坐标位置为机床名，纵坐标位置为零件编码及名称，1CBS\*\*\*\*1100环套与中车机床的交叉点上数字是“1”，表明在1CBS\*\*\*\*1100环套零件的工艺过程中要使用到中车机床，否则相应的交叉点上标“0”。

## 4 软件开发与实例

### 4.1 VB访问Access数据库平台搭建

VB(Visual Basic)是由微软于1991年开发的一种可视化的、面向对象和采用事件驱动方式的结构化高级程序设计语言，可用于开发 Windows 环境下的各类应用程序。Access是由微软发布的关联式数据库管理系统。该数据库在很多地方得到广泛使用，为实现原始数据和成组结果的处理与存储功能，利用VB软件通过ADO(ActiveX Data Objects)技术访问Access数据库。

ADO是一个用于存取数据源的COM组件。它提供了编程语言和统一数据访问方式OLE DB的一个中间层，是独立于开发工具和开发语言的数据接口，所有的数据源都可以通过ADO来访问。如下所示为VB与access数据库链接字符串。

```
Dim connectionstring As String
```

零件代码	大车	中车	小车	滚齿机	车铣复合机床	内磨	平磨	万磨	高精度外圆磨床	R1/370	DK7632(慢走丝)	MXR-560V	中钻	数铣	立铣	C800U
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0环套	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0螺栓	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0堵头	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0垫圈	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1CBS 0法兰轴	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
1CBS 0同隔环	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0同隔环	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1CBS 0螺栓	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0同隔环	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1CBS 0齿轮	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1CBS 0法兰	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1CBS 0轴	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1CBS 0同隔环	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图2 原始零件/机床矩阵表



图3 成组软件界面

表1 零件分组结果

零件组1		零件组3		零件组4		零件组6		零件组7	
1CB	0法兰轴	1CB	齿轮	1CB	0同隔环	1CB	法兰	1CBS	0环套
1CB	0同隔环	1CB	齿轮	1C	00垫圈	1CB	法兰	1CB	0轴
		1CB	齿轮	1CB	0同隔环	1CB	法兰	1CB	0轴
		1CB	齿轮	1CB	0同隔环	1CB	法兰		
		1CB	齿轮	零件组5		1CB	法兰	零件组8	
		1CB	齿轮	1CBS13001600轴	1CBS	3封面	1CB	1CB	0螺栓
		1CB	齿轮	1CBS13003500轴	1CB	法兰	1CB	1CB	0堵头
		1CB	齿轮	1CBS13002900轴			1CB	1CB	0法兰
		1CB	齿轮	1CBS13003300轴	特殊零件组9				
		1CB	齿轮	1CBS13003700螺栓					

```
Connectionstring=
“provider=Microsoft.Jet.
oledb.4.0;” & _
“Data source=E:\GT\gtddb04.
mdb”
```

Conn.Open connectionstring

#### 4.2 软件测试

在排序聚类分析法中，零件/机床矩阵数据的交换时按一定的规律进行的。零件/机床矩阵数据的交换按以下规则进行，直到行与列都符合升序排列为止：

(1) 将基础矩阵中每一行和每一列由“1”和“0”顺序组成的一串串数字视为二进制数；

(2) 行变换：根据每行二进制数的大小，按从大到小的递减的顺序编排新的行，得到新的零件/机床矩阵待下一次变换；

(3) 列变换：根据每一列二进制数的大小，按从大到小的递减的顺序编排新的列，得到新的零件/机床矩阵待下一次变换；

(4) 如果新零件/机床矩阵的行与列的二进制数的大小均由大到小排列，排序随即结束，否则返回(2)继续进行与列变换。

依据FORCK产品编号为1CBS\*\*\*\*1000至1CBS\*\*\*\*5000零件建立的原始零件-机床基础矩阵表，编程时轮流对基础矩阵进行行与列变换，使基础矩阵中的有效元素“1”具有规则的分布。理想状态是使“1”分布在矩阵对角线附近。

图3所示为基于VB开发的成组软件界面，将原始零件-机床基础矩阵表导入，进行排序聚类与优化分组，得到零件分组结果示例如表1所示。



### 4.3 分组结果评定

机床利用率是零件族中机床用于生产次数的百分比,一般而言,机床利用率越高,分组效果越好,其计算公式为:

$$MU = \frac{N_1}{\sum_{i=1}^k m_i n_i} \quad (1)$$

$$MU_{后} = \frac{162}{2*3+5*4+11*9+4*2+4*4+8*5+3*3+3*2+1*1} * 100\% = 79\%$$

通过计算零件成组前后的机床利用率可以看出,经过GT生产流程分析后,机床利用率将提高至79%。

## 5 结语

结合卷烟包装机多品种、小批量特点,对零件分类成组方法进行了相关研究,按工艺相似性寻求加工零件分类成组的最佳路径,基于VB语言开发软件实现零件的优化成组功能,实例分组结果显示机床利用率提高至

式1中  $N_1$ —零件族元素值为1的元素数量; $k$ —分组数量; $m_i$ —第*i*个零件族的机床数量; $n_i$ —第*i*个零件族的零件数量。

按式1计算分组后机床利用率为:

79%,为提高生产效率和经济效益提供技术支撑。T

### 参考文献

- [1] Carrum S. Elias , Torres -T Luis , Pérez V. Pedro. Group technology: Technique with comparisons.
- [2] 王先逵. 机械加工工艺手册. 机械工业出版社, 2007.
- [3] 许惠香,蔡建国.成组技术[M].北京:机械工业出版社,1993.

械工业出版社,1993.

- [4] 沈斌等. 生产系统学. 同济大学出版社.
- [5] 刘志存.分枝-聚类法存在问题及改进.成组技术与生产现代化,2000.
- [6] David Tom. Group technology for high-mix printed circuit assembly. Electronic manufacturing technology symposium, 264-269.
- [7] 王细洋,万在红.CAPP的关键问题及对策. 制造业自动化,2000.
- [8] 顾新建,祁国宁.大成组技术与大规模定制生产[J].成组技术与生产现代化,1999.

### 作者信息

林齐,上海烟草机械有限责任公司,技术开发部,工程师,研究方向:先进制造工艺与装备,计算机集成制造技术,通讯地址:上海市浦东新区金港路1041号,邮编:201206, Tel:021-61664980, E-mail:linqi1207@sina.com

(上接15页)

布、异构、同样是动态变化的制造资源间,通过云服务建立一种按需的资源组织、管理、获取和使用方式,以优化制造资源的配置,促进资源增值和增效,支持绿色制造的实现。把用户的需求放在价值链的首端,实现了真正的面向服务、面向需求。这种大转变是实现生产型企业向服务型企业转变、实现资源优化配置以提高资源利用率的关键。

通过云制造服务平台,可以为制造全生命周期过程提供完善的、按需匹配的、安全可靠的、最优廉价的各类制造资源和服务。云制造服务平台可以突破地理空间、文化差异的束缚,既能满足云制造服务需求者的服务请求,又可以为具备提供服务和资源资格的企业提供信息发布和业务拓展

等服务。将最优的服务资源和最契合的制造需求相结合,达到最优的资源配置,实现制造业的信息化智能化,并提高快速响应能力,为不同地域空间的核心制造商或制造服务需求客户端进行信息化服务,满足其对协同制造的需求。

## 5 加快云制造的务实落地

云制造是实施《中国制造2025》战略规划的一种智能制造模式和手段。在企业内部的需求驱动,企业外部的政府政策引导下,不少企业和区域已开始探索和实施云制造,促进了云制造的“落地”,并有效地带动了云制造研究的突破。通过整合共享与优化配置产业中的制造资源和制造能力,实现一种面向服务、基于网络的社会化大

制作模式,云制造能够服务于国民经济领域。云制造提供了一种全新的产业生态环境,将企业推到云端,突破企业在资源环境上的束缚,实现面向全球的产业对接,基于网络按需获取和配置自己所需的制造资源和制造能力,以敏捷响应市场,降低产品成本,提高企业市场竞争能力。

关于云制造的研究和应用依然面临着很多的问题,在模式、应用和技术等方面都还有许多有待深入探讨的空间,下一步将对相关的问题做更深的研究与探索,进而推动云制造在制造业的作用及应用,促进我国正在进行的“云计算”和“云制造”从理论到实践,从概念到内容落地的具体化,进一步提升中国制造业信息化的水平。T

# 三级定位精密主轴和无级进给传动 创新技术的开发及应用

## 1 项目的重要性及意义

三级定位精密主轴创新技术和无级进给传动创新技术的开发项目,服务于制造领域的一线生产,是惠及一线产业工人的革新关键技术。此项目成果用于金刚镗床的技术升级,解放工人繁重劳动强度,也是升级生产效率和产品质量的创新技术。解决最底层产业工人实实在在的问题,也着眼节约社会资源,向创新技术挖潜的精益制造门槛进军研发,走的是“少资源、造精品”的研发道路,给我国经济型机床的开发与制造提供很好地借鉴意义。

## 2 立项背景

工人劳动强度特别大,加工一台六缸气缸体的缸孔、止口、倒角等的操作动作数量高达295个分解动作。且须一边操作,一边检测精度,需要心身神三者结合的岗位,精力、体力消耗巨大。因为强度大,这样的岗位自然是整条生产线的瓶颈工序,严重影响整线的生产节拍。解决一线生产效率及质量瓶颈,是立项背景之一。

在我国的中小制造企业中,小型金刚镗床使用多,但存在稳定性低、加工振动等技术缺陷。而金刚镗床价格低廉,如通过技术升级,提高刚性及稳定性,解决共振,结合数控升级,将具有巨大的市场前景。挑战金刚镗的

技术缺陷难题是立项背景之二。

## 3 主要科技内容

三级定位精密主轴和无级进给传动创新技术,用于普通金刚镗的技术升级。从精益制造角度出发共开发出七项属于国内首创的专利技术和其它四项创新关键技术。主要科技内容包括:

(1)引入动作经济性原则,细分金刚镗利用三级定位精密主轴和无级进给传动创新技术前后的动作增值状态。技术革新前加工一台六缸气缸体缸孔需执行295个动作,节拍为1200秒,技术革新后,加工同内容的气缸体只需执行49个动作,节拍为654秒。动作增值比提高了50.37%,生产效率提高了45.5%。

(2)利用精益理念及人机工程开发无级进给传动关键创新技术——金刚镗床进给传动装置及包括该装置的金刚镗床获国家实用新型专利。无级进给技术,结合一种特殊编码器安装结构专利技术和数控控制,省去了进给机构的中间传动环节,获得快速、无间隙、无失真的精密传动。进给机构采用滚珠丝杆副,精度从0.02mm提高到0.001mm。无级进给传动技术中运用到带锁定功能的六角螺母专利技术,消除无级进给传动的轴向微量间隙,进一步提高传动系统的刚性。

(3)从加工精度、主轴刚性创新挖潜开发三级定位精密主轴,为国家实用新型专利。三级定位精密主轴成功地解决小型设备的共振,利用平行四边形法则安装主轴突破了三点一线安装约束难的难题。三级定位的主轴,只接受输入端传入的扭矩,可以更好地过滤振动及其它交变载荷。还利用带多个锁紧螺孔的调整螺母锁紧专利技术,提高主轴的刚性及精度。

(4)为提高三级定位精密主轴的各项精度参数,开发了一种精密轴承防损坏拆卸技术——轴承拆卸装置发明专利,通过无损坏拆卸精密轴承,配置主轴预紧部件结合平行四边形法则安装。

(5)三位一体镗杆技术开发应用,镗杆采用“十字+双环”外形结构,刀具对称安装,实现双刃对称平衡切削。且气缸体缸孔的镗削、止口镗削、止口倒角三个加工内容实现同步加工,互不干扰。因加工受力平衡消除振动,精度实现升级。

(6)金刚镗加长导轨专利技术,使普通镗床实现四缸孔加工升级到六缸孔加工。

## 4 效益及促进行业进步情况

项目从精益制造的角度出发,挖潜新技术,减少制造过程的资源消

(下转37页)

# AP1000核电半速1250MW 汽轮发电机制造工艺研究

AP1000核电1250MW汽轮发电机是世界上最先进的第三代AP1000核电站应用的汽轮发电机，它的制造完成标志着我公司和我们国家具有了生产世界上最先进最安全的第三代核电站配套电机的能力，为国家进一步发展AP1000三代核电市场打下坚实的基础，推动了国家核电站的建设，为我国核电事业的快速发展提供重要的装配支撑。

该项目是依托国家“三门”和“海阳”核电项目，以市场换技术，HEC（哈尔滨电机厂有限公司）与MELCO（日本三菱电机公司）签订技术转让协议，引进第三代核电，加快核电建设的大背景下，立足于公司现有条件和设备，制造用于世界上最先进的第三代核电技术压水堆AP1000核电项目的汽轮发电机。

AP1000核电1250MW汽轮发电机是世界上最先进的为核电站配套的四极发电机，其制造工艺复杂、技术指标要求严格，制造难度极大。哈尔滨电机厂工艺人员结合本厂自有设备，采取先进的工艺技术，经过艰苦的攻关，最终完成发电机的制造。在工艺上主要开发应用了：定子铁芯装配预放工具槽钢预判铁芯紧度、定子绕组装配采用喷漆泵进行定子端部注胶、定子水路抽真空干燥技术、插转子应用纸类薄膜减小摩擦力技术、轴

向通风多级高压风扇装配技术、使用产品油集装和水集装进行型式试验技术、转子车序和机座加工镗序找正时都找正采用激光跟踪仪配合、转子动平衡试验接地

片安装技术（此项技术已申报国家发明专利）、转子低速旋转电加热技术（此项技术已申报国家发明专利）、转子槽楔配加工用的静态圆度测量装置及方法（此项技术已申报国家发明专利）、动风叶车胎设计（此项技术已获得国家实用新型专利）、定位筋弦距测量工具（此项技术已获得国家实用新型专利）等国内乃至国际上最先进的工艺技术。

核电发电机的制造工艺技术代表了国内同行业最高的技术水平，是哈电立足自身已有的技术，并学习三菱技术，再结合公司生产、工装、设备等现状进行改进、创新，并经实践而最终完成。核电制造工艺填补了大型四极发电机制造技术的空白，缩短了我国与世界最先进的电机制造公司的差距，是目前中国汽轮发电机制造方面最先进技术的代表。其中的很多技术，如定子端部注胶、转子动平衡低



速旋转电加热等均为国内同行业中哈电独有的技术。

在核电发电机制造过程中，哈电技术人员克服重重困难，也经历严重的挫折，在从失败与教训的学习中不断完善提高发电机制造工艺，可以说，正是借助核电契机，哈电在汽轮发电机制造水平上有了跨越式的发展，具备了制造大型四极发电机能力，哈电的电机制造技术提高也是国家发电机制造技术的标志之一。

作为中国最优秀的发电机制造厂家之一，哈电技术水平的提高也为国家发展核电站提供了重要支撑，在客观上促进了国家发电行业的发展。**7**

主要完成单位：哈尔滨电机厂有限责任公司  
主要完成人：刘俊英、李军、李冰、王巍、刘超、杨长泳、龚彬、刘继海、吉举正、张禹卓、刘显光、孟祥欣、温海明、董巍、贺云龙、刘瑜、孟秋

# 基于精密塑性成形的锌制零件节能节材工业化生产关键技术开发与应用

冶炼、建材、化工和煤电等高能消耗产业是造成严重雾霾等环境污染的主要因素，要治理雾霾，最有效的途径是调整产业结构，实现节能减排。有色金属是机械制造、航空航天和国防工业等的重要原材料，其铸造时的二次熔融，电能消耗极大。目前，国内外锌制车轮平衡块传统的生产工艺为锭料二次熔融后的压铸成型，除了二次熔融电能高消耗以外，也存在锌液对浇注系统和模具的严重腐蚀、锌料氧化结渣等问题。

以精密塑性成形技术代替传统铸造工艺，去除了锭料再熔融工序，节能减排效果显著；消除了锭料持续加热形成的氧化锌炉渣，提高了原材料利用率；避免了液态锌对浇铸系统、模具和坩锅的腐蚀，降低了生产成本。同时塑性成形锌制平衡块的韧塑性好，优化了产品结构，新产品可以在车轮装配现场灵活校形，以适应不同曲率的轮毂。项目节能节材和减少二氧化碳等有害物质排放效果非常显著，对于提高资源利用和环境保护具有重要意义。

工业化生产关键技术获得突破，

研制了数字化全自动卷料开坯整形机、锌制平衡块自动胶带粘贴机等专用设备；设计了“无废料阶梯型多凸模精密冲裁模”，效率提高了4~5倍；研发了成形工序的差时可调定位、顶件一体机构，提高了产品质量；开发了精密切边整形复合模，根本解决了残余毛刺造成的垫坑缺陷；研制了激光模具表面处理技术，提高了模具寿命。

项目的节材率可达20%以上，每吨锌节约再熔融电能约2500元。近三年，已经累计新增销售收入12454万元、利税2957万元；节约原材料623万元，减少能源消耗1168吨标准煤，减少排放：二氧化碳2919吨、煤粉尘795吨、二氧化硫87.6吨、氮氧化物47吨。在社会效益方面，2014年我国汽车销量达到2349.19万辆，锌制平衡块的销售额可达4.73亿元，本项目实施后可节约0#锌材料2364万元，节约电能1231.5万度，约1477.5万元。减少能源消耗4431吨标准煤，减少排放：二氧化碳11080吨、煤粉尘3015吨、二氧化硫332.5吨、氮氧化物178.5吨，具有非常显著的经济效益和环保效益。

本项目的成果获得多项发明专利授权，拥有完全自主知识产权，各项技术指标处于国际先进水平，已经稳定向上海大众汽车、一汽大众汽车、一汽轿车和上汽汽车等著名汽车公司供货，仅替代进口就达到数千万元的销售额。本项目的塑性成形技术还可以推广到锌等有色金属制造的机械、五金水暖配件等零件的制造，以取得更显著的社会效益和环保效益。T



主要完成单位：上海工程技术大学  
主要完成人：徐新成、赵春锋、朱建军、范小兰、唐佳、张亚龙、赵中华

# 关于召开2016年全国机电企业工艺年会暨第十届机械工业节能减排工艺技术研讨会的通知(第三号)

各会员单位、各有关单位:

新一代信息技术与制造业的深度融合,正在引发新一轮技术革命和产业变革,我国处于制造大国向制造强国转变的重要时期,为提高制造业企业创新能力,推进落实中国制造2025,我会定于8月17-20日在山东青岛举办“2016年全国机电企业工艺年会暨第十届机械工业节能减排工艺技术研讨会”,会议主题“智能制造与绿色发展”。会议将邀请相关部委领导、行业内知名专家、学者、企业代表进行大会报告和技术研讨,交流研讨制造工艺技术发展以及机电行业企业未来规划,现将会议有关事项通知如下:

## 一、组织机构

**主 办:** 中国机械制造工艺协会

**承 办:** 机械科学研究总院青岛分院

先进成形技术与装备国家重点实验室

**协 办:** 机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟

中关村未来制造业产业技术国际创新战略联盟

中央企业青年科技工作者协会

中国智能制造产业技术创新战略联盟

**二、会议时间:** 2016年8月17-20日

**三、会议地点:** 青岛世贸海悦大酒店,青岛市黄岛区经济技术开发区香江路55号(近井冈山路)

## 四、会议主要内容及议程

17日	全天	报到
18日	上午	1. 大会开幕式 2. 全国机电企业工艺年会工艺征文、中国机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师、科技成果奖、百强制造工艺创新基地、优秀会员单位等颁奖活动 3. 大会特邀报告
	下午	1. 大会特邀报告、主题报告 2. 现场讨论与交流
	19:00-21:00	中国工艺协会第五届理事会第四次会议
19日	上午	专题分论坛: 1. 增材制造与快速制造 2. 轻量化设计与轻量化材料成形 3. 智能制造与数字化车间 4. 激光焊接与异种连接 5. 绿色制造技术与装备
	下午	参观企业
20日	全天	返程

## 五、会务安排

**会议费用:** 会议费2300元/人, 学生(非在职)1200元/人, 7月31日前交纳会议费享受9折优惠。

请参会单位或个人将上述费用按下列地址汇出并在“用途”或“附言”栏中注明“会议费”, 在会议回执中说明发票信息及邮寄地址。

**开户银行:** 中国工商银行北京礼士路支行

**户名:** 中国机械制造工艺协会

**帐号:** 0200003609014456387

会议期间, 代表食宿由大会统一安排, 住宿费自理。具体住宿房型及价格请参见(附件1.会议注意事项), 请会议代表于7月31日前回执, 参见(附件2.会议回执), 以便会务组统一安排食宿。

## 六、会议代表

请各会员单位、各理事单位高度重视, 选派企业主管工艺技术的领导、工艺部门负责人出席年会。请各单位理事代表和获奖代表准时到会, 如工作原因不能到会, 请务必委托代表参加。

## 七、专题分论坛

工艺年会期间将举办多个专题分论坛, 欢迎各单位投稿作者及单位代表踊跃报名做论坛技术报告, 展示创新成果, 加强企业交流。(“年会论文模板”可从中国机械制造工艺协会网站[www.cammt.org.cn](http://www.cammt.org.cn)下载)。论坛主要内容如下:

1. 增材制造与快速制造: 金属增材制造技术及装备、非金属增材制造技术、无模铸造等增材制造与快速制造的工艺、方法、技术、装备及应用;

2. 轻量化设计与轻量化材料成形: 高强钢、超高强钢、铝、镁、钛合金、纤维增强复合材料; 拓扑优化技术、多目标优化技术; 铝合金、超高强钢热冲压成形工艺、镁合金高致密度压铸、钛合金等温锻造成形技术等、复合材料模压成形技术、内高压成形技术等;

3. 智能制造与数字化车间: 数字化工艺设计与仿真、专家系统、数字化物流、生产决策管理系统, 智能制造标准、典型数字化车间建设经验等。

4. 激光焊接与异种连接: 激光焊接技术、激光电弧复合焊接、激光拼焊技术、异种材料连接技术以及新型连接技术等。

5. 绿色制造技术与装备: 传统制造工艺绿色化、绿色制造新工艺/新方法/新装备、绿色设计、资源循环再利用、节能减排技术与装备、绿色制造标准、绿色制造车间、绿色工厂等。

## 八、举办先进制造工艺与装备展览会

以实物或模型图片、资料等形式, 展示贵单位在先进制造工艺技术、加工设备、工装辅具、新型工艺材料、软件、检测技术与装备、安全环保、质量攻关与技术改造等工作中取得的创新成果。请有意参加展会的单位于2016年7月31日前与会务组联系布展。

## 九、联系方式

**联系人:** 田媛 郭志丽      **邮 箱:** [cammt\\_bjb@163.com](mailto:cammt_bjb@163.com)

**电 话:** 010-88301523      **传 真:** 010-88301523

**地 址:** 北京市海淀区首体南路2号院1209房间(100044)

**附 件:** 1. 会议注意事项 2. 会议回执 3. 论文模板(可从[www.cammt.org.cn](http://www.cammt.org.cn)下载)

中国机械制造工艺协会

2016年6月29日