

基于业务协同的制造执行过程监控技术*

Monitoring Technology of Manufacturing Execution Process Based on Business Collaboration

北京理工大学机械与车辆工程学院 丁雷 王爱民 宁汝新

[摘要] 针对多品种、变批量生产模式下复杂制造执行问题,提出了基于业务协同的制造执行过程监控技术。

关键词: 业务协同 制造执行 周转过程控制 制造信息可视化

[ABSTRACT] The monitoring technology of manufacturing execution process based on business collaboration is developed to solve complex manufacturing execution problem in the multi-products and various mass production.

Keywords: Business collaboration Manufacturing execution Revolving process control Manufacturing information visualization

随着国家国防工业发展战略的调整,军工企业的生产模式逐渐从以研制为主、多试少产转变为多品种、变批量、研产并重,主要体现为在承担预研、研制工作的同时还必须完成批量生产^[1]工作。对于研制性任务而言,具有技术输入车间较迟、技术状态变化较快、甚至在执行过程中出现工艺变化的缺点,而对于批产任务,则具有动态分批、急件插单等变化,这些都要求车间必须快速对这些变动情况进行响应^[2]。同时,车间内多型号、小批量生产导致的大量任务并行展开及其复杂状态的管理无疑使得现场管理日趋复杂,存在工件加工地点难以追踪,工件加工状态、合格数量难以察看,关键任务进度无法查询的现象,车间的快速响应制造能力受到了极大的制约。在传统的手工管理模式下,很难保证车间能够有序、协调、可控和高效地运行,从而对研究适合企业业务流程的制造执行过程监控平台提出了迫切的需求^[3-5]。

本课题针对军工企业亟待解决,但在目前的手工管理模式下无法实现车间生产现场有序、协调管理的问题,提出了基于业务协同的制造执行过程监控技术,以车间作业的周转过程控制为核心,实现车间生产过程中多角色的业务协同,通过车间制造信息的可视化,形成有序、协调、可控和高效的运行效果。

* 总装预研项目(51318010406)资助。

1 问题的提出

对于车间而言,可将其视为一个输入为技术文件和原材料,输出为产品的系统,目标是以最低的成本制造出客户满意的产品。要想提高整个系统的响应能力,必须从全过程、全方位、全员参与3个方面进行分析:所谓全过程指对产品从输入到输出(包括工艺准备、生产准备、生产制造、周转入库)的全过程进行管理,包括过程的进展状态、异常情况监控;所谓全方位指从工艺、进度、质量和成本等业务进行全面的的管理;所谓全员参与车间领导、计划人员、工艺人员、调度人员、操作人员、质量管理人员、库存人员和协作车间人员等根据自身角色参与制造执行过程,在获取实时数据的基础上,通过及时的沟通与协调,实现业务协同。

因此,基于业务协同的制造执行过程监控技术需要解决的问题总结如下:

① 生产现场信息及时反馈。

信息的反馈为车间多个角色进行服务。零件加工状态信息反馈为分调度进行管理提供了方便;型号任务的进度对型号负责人管理型号生产具有指导作用;工艺状态的反馈为工艺人员对工艺进行编制提供了依据;同时现场信息的反馈能为调度调整提供数据来源。现场信息的反馈信息是周转控制、作业进度可视化和制造信息可视化的重要信息来源,所以信息反馈功能是监控系统必不可少的功能模块。

② 实时的加工状态跟踪。

加工跟踪功能能够很大程度上解决车间现场混乱的状态。当车间人员能够很清楚地知道每个零件的加工地点、负责人员、来源以及加工结束后的去向后,不必跑到生产现场去逐一查看,也不必耗费精力去记忆那些关键件的状态,为车间人员提供了很大的便利,从根本上来讲就是实现了制造信息的可视化,加强了周转控制。

③ 多角色的业务过程协同。

车间有很多不同角色的人员,他们关注的重点各不相同,因此必须按照不同需求为其提供服务,不但要保证业务功能的齐全,也要避免其业务过程相互干扰,这就是业务协调过程要解决的问题。所有的业务过程都

是基于对加工现场的监视而展开的,最重要的目的是实现良好的周转控制。

(4) 任务批次的快速调整机制。

顾名思义,多品种、变批量生产任务在任务品种及其批量方面具有多变的特点,因此必须对任务批次进行动态的计划管理,这包括2个方面的含义:一是对任务的追加、急件插入、撤销、变更、分批等管理;二是在任务发生变化与调整时,能够快速地与调度、工艺等相关业务人员协同,以形成快速响应制造的运行效果。

2 技术方案

制造执行过程监控以业务实现为主线,以交互协同的关联关系处理为手段,目标是实现整个车间制造执行过程的全过程、全方位和全员参与,达到车间制造执行有序、协调、可控和高效的运行效果。因此,本课题提出以制造执行过程看板为核心的业务协同机制,通过“工艺准备—技术准备—生产计划、调度和过程执行—周转入库”过程主线驱动,支持工艺、进度、质量和成本等业务的交互管理,实现车间领导、业务负责人、工艺、调度、操作人员、检验人员、库存人员和协作车间人员的全面参与。系统技术方案如图1所示。

基于业务系统的制造执行过程监控具有业务驱动、过程承载和信息集中的递进、协作特点。以制造执行过程监控看板作为信息中心,各个业务过程所产生的数据都以此作为周转中心,实现了各个业务功能的独立性,以便于形成统一的数据源。

3 关键技术

基于业务协同的制造执行过程监控技术的难点在于制造执行业务协同机制和生产周转过程控制。

3.1 车间业务协同过程模型快速定制策略

制造执行具有复杂的业务协同关系,并且为了形成一个具有可应用推

广的系统,必须研究车间业务协同过程快速定制策略,形成灵活的定制机制,以适应车间业务分工、交互关系、人员角色的变更控制^[6]。车间业务协同过程快速定制方法示意如图2所示。

对于车间业务协同过程模型而言,主要体现为功能、操作和数据等方面。功能是面向用户的可见界面,而操作体现了用户的动作,2者的核心都体现为对数据

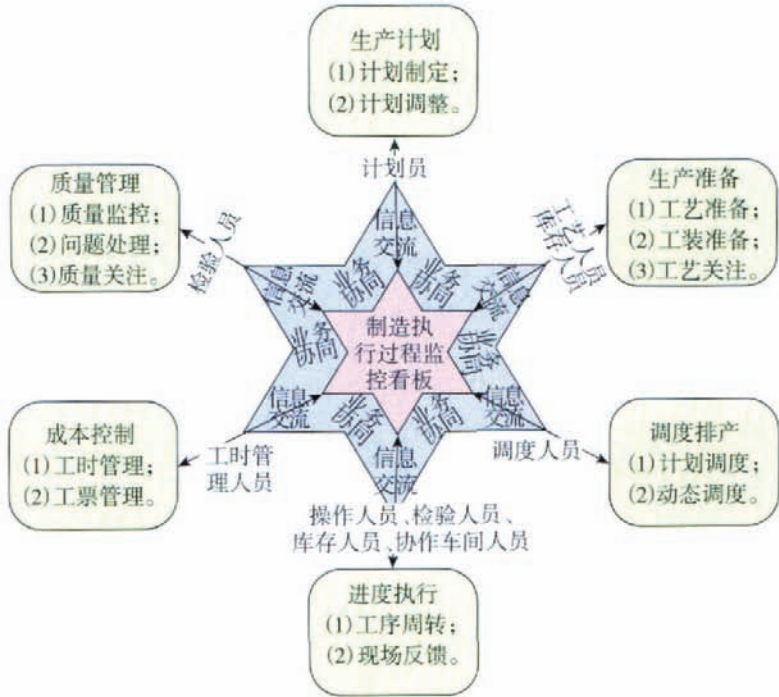


图1 基于业务协同的制造执行过程监控技术方案

Fig.1 Proposal of monitoring technology of manufacturing execution process based on business collaboration

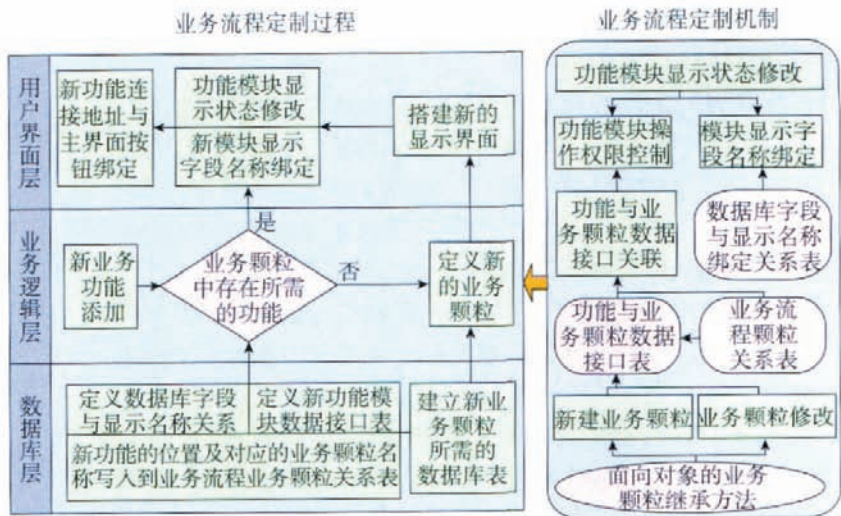


图2 车间业务协同过程快速定制方法

Fig.2 Quickly customized method of business collaboration process

组织、权限的控制。因此提出 2 个方面、3 个层次的建模机制。

2 个方面是指有无该业务功能和业务流程改变的问题。对于业务功能的控制,可以通过对功能颗粒的细分实现;但由于车间业务模型具有多变的特点,车间业务模型中存在无法找到对应业务功能模块的情况,必须提供灵活的机制实现快速响应定制。在实际中寄希望于完全的软件柔性是不可取的,因此采取规范接口,采用面向对象的方法扩展或者修改功能,以保证系统平台能够在不同车间业务模式下进行迁移。

3 个层次是指用户界面层、业务逻辑层以及数据库层。用户界面层是直接暴露给用户的层面,需要根据业务模型进行比较大的调整,用户使用起来方便快捷,使用户确实感觉到这个系统是为其专门定制的,通过定制不同用户角色能够打开的页面即可实现;而业务逻辑层则采取基于面向对象的方法,对业务颗粒进行修改或者

重新组合;对于数据库层,建立数据字段名称与显示名称映射关系表,为了防止特殊情况的出现,向每一个表中添加 3~5 个冗余字段。

因此采用“业务-逻辑-数据”分离的控制策略,以面向对象所具有的继承、扩展等方法为基础,通过在数据库层维护业务流程业务颗粒关系表、数据库字段与显示名称关系表、业务流程数据接口表,以及采取冗余字段的方法,实现了业务流程模型的快速定制。

3.2 全面的制造执行周转过程控制技术

军工产品生产具有典型的随批次控制的特点,生产组织也以批次为核心进行物料准备、工艺准备和加工跟踪,强调批次的齐套、加工质量的批次一致性等。而车间在生产过程中具有全局统筹安排的特点,大量的型号产品混流生产,各个批次的批量、交货期都有不同的要求。为了实现精细化生产,必须对批次任务执行情况进行跟踪。解决车间零件周转的问题,需要做到对每个零件执行进度的监控,避免管理人员跑到现场去亲自察看,并且对该零件的来源和最后加工的去向都能有明确的了解。

批次任务的加工跟踪主要包括批次执行进度、零件执行进度、工序执行情况,以及零件在不同场地、人员之间的周转等方面的内容。传统的生产车间由调度人员在车间现场控制的情况下进行生产进度信息的统计,缺乏有效的工具进行全局的批次任务执行情况的跟踪管理。

制造执行的对象是任务、零件,因此进度和周转就成为了执行监控的主线,不同角色人员按照既定的方式参与到其中,实现全面的业务协同。就生产对象而言,其主要具有前期的生产计划与准备、执行中的进度与周转、结束后的入库对阶段,图 3 以进度执行监控为核心,对制造执行过程中的一些关键环节的交互关系进行了说明。

全面的制造执行周转过

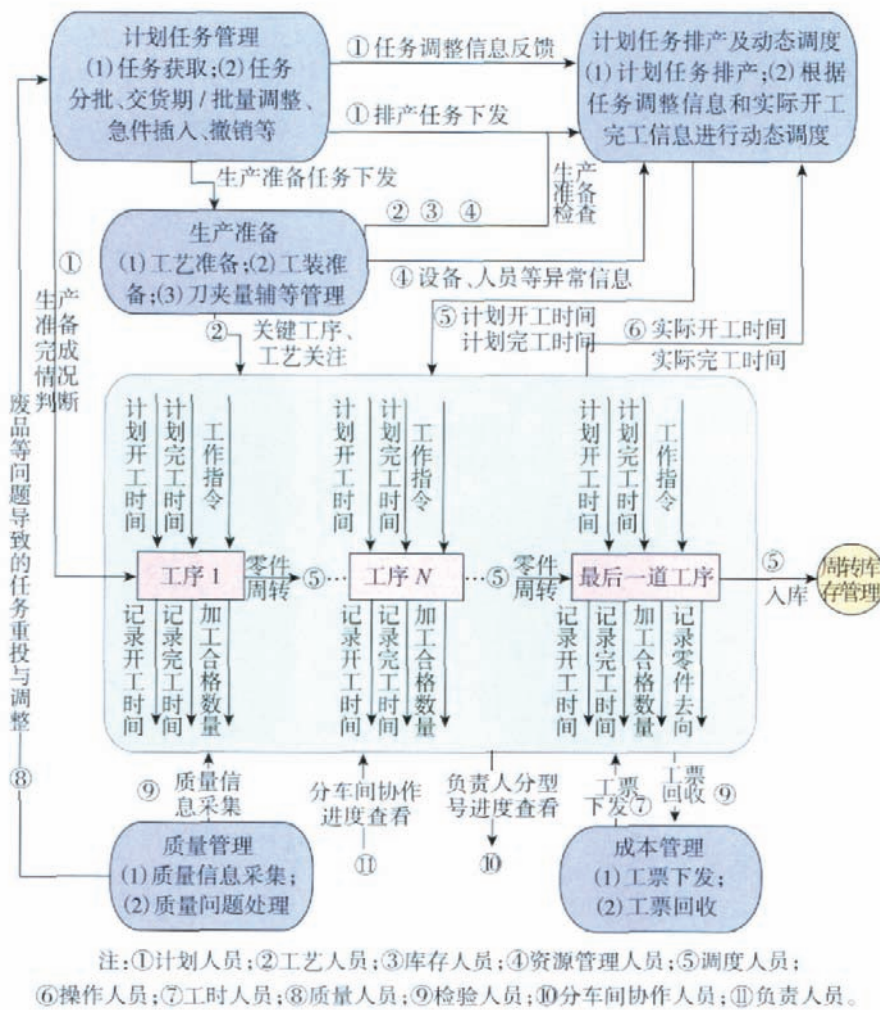


图 3 制造执行过程周转控制关键环节

Fig. 3 Revolving process control technology of manufacturing execution process

程监控以进度执行为核心,实现了从计划、准备、调度、执行到入库的全过程管理,形成了车间全员参与的执行效果。需要指出的是,本课题所指的制造执行周转过程,不仅仅是零件按照工艺路线进行顺序流转,而且是涵盖了计划、生产准备、执行、成本和质量的全方位业务协调,不仅包括自上而下的信息传递,而且包括自下而上的信息反馈,从而形成了一种动态、协调的有序运行模式。本课题所提出的制造执行周转过程控制具有如下特点:

① 计划任务的动态管理。

批次任务在车间里有着很强的动态性。例如零件的工艺路线,当同一零件在不同的批次下加工时,其加工工艺可能不同,这与生产规模或者工艺的改进都有关系。军工产品的精密性导致加工具有较高的难度,工艺质量要求较高,存在一定程度的加工废品现象,需要进行重新投产以保证合格品数量。其次,军工企业里由于研发的需要或者其他紧急情况的发生,经常有突发任务追加加入,因此,同一时间内可能会有大量的批次任务在车间里进行加工。再者,由于特殊情况的发生,可能会出现已安排好的加工任务要提前交货或部分提前交货,这也给生产任务管理带来了复杂性。

② 基于动态调度的同步生产。

通过接收计划任务,再通过调度进行作业计划排产,确定每一个零件工序的计划开始时间和计划结束时间,并且接收实际开始时间和实际结束时间,通过动态调度实现作业计划安排的调整;另外,在设备故障、动态任务等方面发生异常情况时,同样通过动态调度实现作业计划的协调,从而实现作业计划与现场执行的同步,保证了作业计划对生产现场能够始终保持指导的有效性。鉴于动态调度属于另外的复杂技术领域,本文不再赘述,但需要强调的是,基于过程监控平台的反馈信息是实现动态、同步调度的基础。

③ 制造执行周转过程的协调控制。

采用逐步跟踪的方法,在每个零件任务以及工序都有一个唯一的标识的基础上,对零件生产过程中加工工序间的每一步流动以及操作都有记录,保证有相关人员和操作时间的

数据存档,包括报开工、报完工、零件的流转信息。在进行工序派发的时候,根据该工序作业的计划安排设备,确定操作接收人员,该接收者通过多角色的作业监控平台获知自己要加工的零件及其工序。操作人员在加工完该零件的该道工序之后,通过作业监控系统进行报完工,由调度人员根据零件的工艺路线、作业计划安排的设备将其转到下一个要加工的地方,由下一道工序的操作人员进行任务的接收和报完工。调度人员和操作人员交互完成上述过程,直至该零件加工结束,最终由调度人员通过系统察看零件原始属性里面的流出地点信息,将零件按计划转移到该处,实现多车间之间的协调。

④ 全面的制造执行过程协调。

计划任务能否下发形成可执行任务,需要对生产准备情况进行检查。任务执行过程中涉及到工时、检验等人员的参与,实现对工票、完工质量的反馈调整。同时在流转控制机制以及加工执行信息完整记录的基础上,车间负责人、批次负责人、型号负责人、调度人员根据自身的权限,可以从批次、零件、工序的角度进行全面的加工跟踪,获取批次任务和零件的执行进度、工序执行情况,并对不同零件和工序状态进行颜色的区分。

3.3 制造执行过程监控的统一信息建模

业务是车间运行的目标主线,过程是业务实现的支撑载体,信息是过程交互的具体体现。在多品种、变批量的车间制造执行环境下,必须进行有效的信息建模,

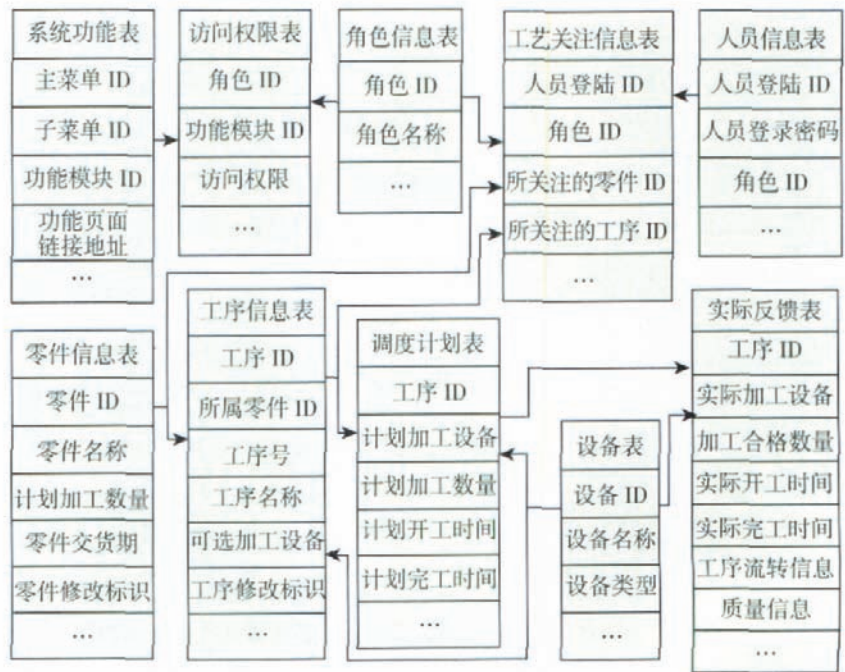


图4 制造执行过程监控系统信息模型

Fig.4 Model of manufacturing execution process monitoring system

才能够实现信息的协调与交互。信息建模的目标体现在 2 个方面:一是信息的统一描述;二是信息的可视化展示。

图 4 为制造执行监控系统信息模型中所涉及的主要数据。通过系统功能表与角色表的关联实现系统的个性化定制;通过登陆人员信息表与角色表的关联实现系统访问权限的颗粒化管理;零件信息表和工艺信息表存储零件的基本信息;通过人员关注表中的信息及其相关的表中的信息可以为不同人员以要求的方式组织不同的信息,并加以展示;调度计划表中存储工序级的作业计划;实际反馈表中则存储工序和零件的实际作业情况,当实际执行情况与调度作业计划中的情况发生冲突时,根据实际执行情况对作业计划进行相应的调整。

制造信息的可视化展示的目标是为将各种连续的业务过程进行离散化处理,将其最终落实为各个环节的信息关联,而对于车间业务而言,面向执行的周转过程无疑是其中的核心。因此,对于制造信息的可视化,本课题采取以零件的生产周转过程为主线展开,通过对各个工序的开工、周转、完工等内容的管理,实现质量、工时等业务的协同。同时对于信息的可视化,从零件和工序 2 个角度进行区分,如对于零件而言,体现在正在执行、执行完毕尚未入库、执行完毕已经入库;对于工序而言,体现为尚未执行、正在执行、执行完毕等。同时提供生产准备情况的检查以及工艺人员关注的工序。通过提供多层次的查询,为型号负责人、协作车间以及库存人员提供相关信息的定制性查询参考。

4 系统开发与实现

通过关键技术的突破,以 Windows XP 系统为平台, Visual Studio 2005 中的 ASP.NET 平台为开发工具,设计并实现了制造执行过程监控系统的开发,从计划、准备、调度、执行和入库的全过程管理,包括工艺、进度、质量、成本等业务的全方位控制,以及涵盖车间领导、计划人员、工艺人员、调度人员、操作人员、库存人员和协作车间人员等全员参与,以制造执行周转控制为核心,通过建立统一的信息模型,实现了制造信息的可视化,形成有序、协调、可控和高效的车间运行效果。

首先是对基础数据的灵活管理,包括任务分批指令、分批前的计划任务、分批后的计划任务、面向研制任务的工艺更改响应以及急件任务插入等。

基于业务协同的制造执行过程监控以周转过程为核心,提供了面向多角色人员协同参与的可视化信息界面。实现了全过程、全方位以及全员参与的运行效果,

为车间制造执行提供了良好的支撑平台。

5 结束语

制造执行过程监控是实现基于业务协同的基础,是达到车间有序、协调、可控和高效运行的核心保证技术。本课题以计划、准备、调度、执行和入库的全过程分析为基础,通过对工艺、进度、质量和成本等业务的全方位管理,实现了车间领导、工艺、调度、工人和检验等的全员参与。通过业务过程模型的快速定制、制造执行周转过程的控制以及统一的信息建模,建立了基于业务协同的制造执行过程监控平台,通过制造信息的可视化,实现了业务、过程和信息协调管理,支持了多业务角色的协同,为车间制造执行的信息化管理提供了具有推广应用价值的系统平台。

参 考 文 献

- [1] 吴伟仁. 军工制造业信息化. 北京:原子能出版社, 2007.
- [2] 孙志峻. 智能制造系统车间生产优化调度 [D]. 南京:南京航空航天大学, 2002.
- [3] 吴康. 面向多品种变批量生产的制造执行过程监控技术研究 [D]. 北京:北京理工大学, 2007.
- [4] 饶运清, 李培根, 李淑霞, 等. 制造执行系统的现状与发展趋势. 机械科学与技术, 2002, 21 (6): 11-16.
- [5] 陈杰, 孙宇, 张世琪, 等. 面向过程的制造执行系统的研究. 高技术通讯, 1999, 9 (12): 37-40.
- [6] 刘晓冰, 蒙秋男, 黄学文, 等. 基于软构件的柔性制造执行系统平台的研究. 计算机集成制造系统, 2003, 13 (2): 101-106. (责编 依然)

(上接第 73 页)

散性小,断裂位置位于焊缝处。

② 焊接接头均断裂于焊缝处,其微观断裂特征均为韧窝断裂。

③ 激光快速成形 Ti6Al2ZrMoV 合金氩弧焊焊接的焊缝热影响区均不发生晶粒长大现象,其显微组织保持原始材料典型的细小网篮状 β 转变组织;而热轧 Ti6Al2ZrMoV 合金板材焊缝热影响区的 β 晶粒发生了明显长大现象,晶粒尺寸及内部显微组织对焊接的热作用很敏感。

参 考 文 献

- [1] 杨健, 黄卫东, 陈静, 等. 激光快速成形金属零件的残余应力. 应用激光, 2004, 24 (1): 5-8.
- [2] 肖强伟, 余欢, 徐志峰. 选择性激光烧结技术的发展概况及展望. 国外金属加工, 2005, 26 (2): 8-12. (责编 小颖)