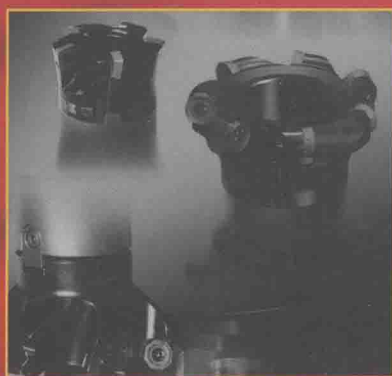




“十二五”国家重点图书出版规划项目
21世纪先进制造技术丛书

服务型制造执行系统 理论与关键技术

· 江平宇 张富强 付颖斌 等著 ·



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
21世纪先进制造技术丛书

服务型制造执行系统 理论与关键技术

江平宇 张富强 付颖斌 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书对服务型 MES 中存在的不同理论方法和关键技术进行论述。其中,第 1 章概述服务型 MES 的概念、产生背景、需求和研究意义,并对相关文献进行综述;第 2 章给出支撑服务型 MES 运行的信息架构、软硬件配置与整体执行逻辑;第 3 章对制造和服务在车间层面上的融合机理进行阐述;第 4 章描述在服务型制造车间采用 RFID 和二维码进行生产资源和物流标识与跟踪的方法,并重点强调 Auto-ID 计算方法及通信流程;第 5 章论述支撑服务型制造执行过程的若干关键使能技术;第 6 章介绍一种基于 Web 的服务型 MES——soMES 的研发方法和软件原型实现。

本书可供从事先进制造领域研发和工程应用的科技人员、高校院所的研究人员作为技术参考,也可作为机械工程、工业工程、自动化与信息工程等相关专业本科生和研究生的教学辅助资料。



服务型制造执行系统理论与关键技术/江平宇等著. —北京:科学出版社,2015
“十二五”国家重点图书出版规划项目;21 世纪先进制造技术丛书
ISBN 978-7-03-043817-8

I. ①服… II. ①江… III. ①制造业-工业企业管理-计算机管理系统 IV. ①F407.406

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 049852 号

责任编辑:陈 婕 耿建业 / 责任校对:桂伟利
责任印制:肖 兴 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张:24 1/4

字数:471 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《21 世纪先进制造技术丛书》编委会

主 编:熊有伦(华中科技大学)

编 委:(按姓氏笔画排序)

丁 汉(上海交通大学/华中科技大学)

王 煜(香港中文大学)

王田苗(北京航空航天大学)

王立鼎(大连理工大学)

王国彪(国家自然科学基金委员会)

王越超(中科院沈阳自动化所)

冯 刚(香港城市大学)

冯培恩(浙江大学)

任露泉(吉林大学)

刘洪海(朴次茅斯大学)

江平宇(西安交通大学)

孙立宁(哈尔滨工业大学)

李泽湘(香港科技大学)

李涤尘(西安交通大学)

李涵雄(香港城市大学/中南大学)

宋玉泉(吉林大学)

张玉茹(北京航空航天大学)

张宪民(华南理工大学)

周仲荣(西南交通大学)

赵淳生(南京航空航天大学)

查建中(北京交通大学)

柳百成(清华大学)

钟志华(湖南大学)

顾佩华(汕头大学)

徐滨士(解放军装甲兵工程学院)

黄 田(天津大学)

黄 真(燕山大学)

黄 强(北京理工大学)

管晓宏(西安交通大学)

雒建斌(清华大学)

谭 民(中科院自动化研究所)

谭建荣(浙江大学)

熊蔡华(华中科技大学)

翟婉明(西南交通大学)

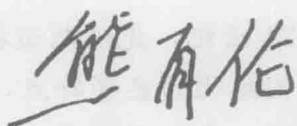
《21 世纪先进制造技术丛书》序

21 世纪，先进制造技术呈现出精微化、数字化、信息化、智能化和网络化的显著特点，同时也代表了技术科学综合交叉融合的发展趋势。高技术领域如光电子、纳电子、机器视觉、控制理论、生物医学、航空航天等学科的发展，为先进制造技术提供了更多更好的新理论、新方法和新技术，出现了微纳制造、生物制造和电子制造等先进制造新领域。随着制造学科与信息科学、生命科学、材料科学、管理科学、纳米科技的交叉融合，产生了仿生机械学、纳米摩擦学、制造信息学、制造管理学等新兴交叉科学。21 世纪地球资源和环境面临空前的严峻挑战，要求制造技术比以往任何时候都更重视环境保护、节能减排、循环制造和可持续发展，激发了产品的安全性和绿色度、产品的可拆卸性和再利用、机电装备的再制造等基础研究的开展。

《21 世纪先进制造技术丛书》旨在展示先进制造领域的最新研究成果，促进多学科多领域的交叉融合，推动国际间的学术交流与合作，提升制造学科的学术水平。我们相信，有广大先进制造领域的专家、学者的积极参与和大力支持，以及编委们的共同努力，本丛书将为发展制造科学，推广先进制造技术，增强企业创新能力做出应有的贡献。

先进机器人和先进制造技术一样是多学科交叉融合的产物，在制造业中的应用范围很广，从喷漆、焊接到装配、抛光和修理，成为重要的先进制造装备。机器人操作是将机器人本体及其作业任务整合为一体的学科，已成为智能机器人和智能制造研究的焦点之一，并在机械装配、多指抓取、协调操作和工件夹持等方面取得显著进展，因此，本系列丛书也包含先进机器人的有关著作。

最后，我们衷心地感谢所有关心本丛书并为丛书出版尽力的专家们，感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助，感谢广大读者对丛书的厚爱。



华中科技大学

2008年4月

前 言

制造与服务的融合不仅是当前与未来制造领域实现价值增值的新增长点,也是学术研究的重要切入点之一。在德国工业 4.0 中,与将所有制造实体进行互联的物联网同等重要的就是服务网络。而车间级制造系统是跨企业生产的基础环节,对其配置与运行过程进行控制和管理的软件系统——制造执行系统(manufacturing execution systems, MES)则起着核心作用。因此,把服务理念引入 MES 中,形成服务型 MES 来实现对车间级制造系统的控制与管理是在此层面上实现制造与服务融合的基石,对服务型 MES 的研究具有重要的学术意义和工程应用价值。

据此,依托国家自然科学基金项目“认知与服务计算驱动的新一代服务型制造执行系统运行理论研究”(51275396)、“复杂网络分析理论驱动的服务型制造执行系统配置建模方法研究”(50875204)、“工业产品服务系统的运作与服务增值机理研究”(71071125),国家 863 计划项目“基于过程集成的服务型制造执行系统新方法研究”(2007AA04Z108),国家 973 计划项目“难加工航空零件的数字化制造基础研究”课题 5“难加工异形零件复合加工过程的误差波动监测与工艺能力评估”(2011CB706805)的研究成果,本书针对在车间级制造与服务融合过程中的学术研究和工程应用难点,分别从生产车间提供和接受制造服务这两个角度出发,重点总结了课题组在制造执行过程中的服务承包与外包关系、体系结构、实时数据采集、若干关键使能技术等方面的最新研究进展。

全书共 6 章,分别对服务型 MES 中存在的不同理论方法和关键技术进行了论述。其中,第 1 章概述服务型 MES 的概念、产生背景、需求和研究意义,并对相关文献进行综述;第 2 章在需求描述与功能分析的基础上给出支撑服务型 MES 运行的信息架构、软硬件配置与整体执行逻辑;第 3 章在分析制造执行过程服务特点的基础上,围绕加工任务的外协与承包、车间原材料/在制品/成品/备件存储、车间高端数控加工装备服务和面向车间多加工任务的刀具服务等形态,对制造和服务在车间层面上的融合机理进行阐述;第 4 章主要从制造数据采集的角度出发,描述在服务型制造车间采用 RFID 和二维码对生产资源和物流进行标识与跟踪的方法,并重点强调 Auto-ID 计算方法及通信流程;第 5 章论述支撑服务型制造执行过程的若干关键使能技术,即面向加工装备的 e-服务节点模型、生产排程与运行调度、生产过程质量控制与追踪、生产维护、生产物流规划、库存与在制品跟踪技术;第 6 章介绍一种基于 Web 的服务型 MES——soMES 的研发方法和软件原型实

现,以验证上述概念、信息架构与关键使能技术的可行性。

全书的章节规划、终稿统稿工作由江平宇教授完成,初稿统稿工作由张富强博士、曹伟博士完成,具体章节内容的撰写由江平宇教授、张富强博士、付颖斌博士、曹伟博士、朱琦琦博士等共同完成。

借此机会感谢国家自然科学基金项目、国家 973 计划项目和 863 计划项目给予课题组在服务驱动的 MES 技术研究方向的资助;感谢课题组已毕业的研究生刘道玉博士、李勇硕士、朱浩武硕士、罗磊硕士、赵勇硕士、林秀菊硕士、罗勇硕士、张挺硕士、周晓婧硕士等在西安交通大学机械工程学院 CAD/CAM 研究所读研期间为完成上述科研项目以及本书涉及的研究成果所做出的学术贡献。

由于作者水平有限,书中不妥之处敬请读者批评指正。

江平宇

2014 年 11 月

于西安交通大学曲江校区

目 录

《21 世纪先进制造技术丛书》序

前言

第 1 章 概论	1
1.1 服务型制造执行系统概念的产生	1
1.1.1 产生背景	1
1.1.2 需求分析	2
1.1.3 概念的提出与定义	3
1.1.4 服务型制造执行系统的特点	4
1.2 国内外研究现状及发展动态分析	5
1.2.1 服务型制造理念探索	6
1.2.2 制造执行系统的研究与发展	7
1.2.3 生产性外包和众包服务驱动的制造模式	8
1.2.4 工业产品服务系统与制造系统融合	10
1.2.5 基于车间物联网和 RFID 的物体标识与实时制造数据采集	11
1.2.6 面向 MES 的信息计算技术及其在 MES 关键功能中的应用	12
1.2.7 服务型制造执行系统的生产运行模型与案例	14
1.3 服务型制造执行系统的研究意义	14
1.4 本书内容安排	15
第 2 章 服务型制造执行系统及其体系结构	17
2.1 服务型制造执行过程的需求与功能	17
2.1.1 服务型制造执行过程的需求描述	17
2.1.2 服务型制造执行过程的功能分析	18
2.2 服务型制造执行系统的基础信息支撑架构	20
2.3 服务型制造执行系统的软硬件配置设计	21
2.4 服务型制造执行系统的体系结构	22
2.5 服务型制造执行系统的执行逻辑	23
2.6 本章小结	24
第 3 章 制造执行系统的服务承包与外包关系	25
3.1 现代制造承包与外包服务需求	25
3.2 车间加工任务的外协	26

3.2.1	工序级加工任务形式化描述	26
3.2.2	零件级加工任务形式化描述	29
3.3	车间加工任务的承包	36
3.3.1	加工任务的承包概述	36
3.3.2	车间生产能力和成本评估	36
3.4	面向车间原材料/在制品/成品/备件存储的 PW-PSS 服务	39
3.4.1	PW-PSS 概述	39
3.4.2	支持库存外包的 PW-PSS 模型	40
3.4.3	PW-PSS 仓储服务控制流程	40
3.4.4	面向 PW-PSS 的仓储服务控制策略	42
3.4.5	基于改进自适应遗传算法的仓储货位分配	46
3.5	面向车间高端数控加工装备的 MT-PSS 服务	58
3.5.1	MT-PSS 服务内涵	58
3.5.2	MT-PSS 加工能力服务	59
3.5.3	MT-PSS 加工服务流建模与分析	75
3.5.4	MT-PSS 加工能力优化	85
3.5.5	MT-PSS 与 soMES 的接口设计	91
3.6	面向车间多加工任务的刀具 CT-PSS 服务	93
3.6.1	车间刀具管理方式	93
3.6.2	刀具任务分解与刀具服务流建模	97
3.6.3	刀具选配及切削优化	108
3.7	本章小结	128
第 4 章	服务型制造执行过程的实时数据采集	130
4.1	服务型制造过程的 RFID/条码标识	130
4.1.1	车间生产资源分类	130
4.1.2	各类生产资源标识方法	130
4.1.3	各类生产资源的编码设计	133
4.1.4	面向物流跟踪的 RFID 阅读器布局	135
4.2	服务型制造执行过程的测量与传感配置	146
4.2.1	面向多工序加工质量的传感检测特点	146
4.2.2	多工序加工过程的关键传感检测要素识别	147
4.2.3	检测仪器配置空间建模	150
4.2.4	基于本体的检测仪器配置	150
4.2.5	基于模糊层次分析法的检测仪器评价优化	159
4.3	服务型制造过程的测量/传感(含 RFID)网络分析	167

4.3.1	面向多工序加工过程的数据采集实现方案	167
4.3.2	传感检测要素的耦合机理	167
4.3.3	传感检测网络的建模与分析	170
4.3.4	案例验证	173
4.4	服务型制造过程的数据实时采集及其 Auto-ID 计算	181
4.4.1	系统数据库的建立	181
4.4.2	RFID 中间件功能的实现	185
4.4.3	RFID 数据采集与 Auto-ID 计算	188
4.4.4	移动计算与数据同步	196
4.5	本章小结	199
第 5 章 服务型制造执行过程的关键使能技术		201
5.1	面向加工装备的 e-服务节点模型	201
5.1.1	制造资源获取和特点	201
5.1.2	制造资源 e-服务节点的定义	202
5.1.3	制造资源 e-服务节点的形式化描述	204
5.1.4	制造资源 e-服务化节点的交互接口	207
5.1.5	制造资源 e-服务化节点的配置与评价	210
5.2	生产排程与运行调度	219
5.2.1	零件批次优化模型建立与优化	219
5.2.2	混流生产排程动静态模型建立及优化	228
5.2.3	扰动事件触发的动态排程规划与决策	239
5.2.4	排程算法的优化实例	240
5.3	生产过程质量控制与追踪	251
5.3.1	工序质量控制点的 e-QC 节点模型	251
5.3.2	e-QC 工序节点质量控制工具集成与质量信息计算	255
5.3.3	e-QC 工序节点质量信息关联分析	270
5.3.4	e-QC 工序节点协调优化控制	272
5.3.5	实例分析	274
5.4	服务型制造执行过程的生产维护	278
5.4.1	单设备维护模式及决策技术	278
5.4.2	多设备维护决策建模与优化	293
5.4.3	台帐管理业务流程及数据结构	304
5.5	服务型制造执行过程的物流	307
5.5.1	车间工序物流概述	307
5.5.2	车间工序物流布局建模	308

5.5.3	车间工序物流路径规划建模	316
5.5.4	车间工序物流路径规划仿真	319
5.6	服务型制造执行过程的库存与在制品跟踪	323
5.6.1	事件驱动的物流跟踪图式模型	323
5.6.2	在制品状态监控模型	325
5.6.3	车间生产库存物流建模	328
5.6.4	实时数据跟踪可视化看板	334
5.7	本章小结	341
第6章	服务型制造执行系统 soMES 的研发	343
6.1	服务型制造执行系统 soMES 的系统设计	343
6.2	服务型制造执行系统 soMES 的运行流程	343
6.3	服务型制造执行系统 soMES 的模块开发	345
6.3.1	车间工序物流布局可视化工具 e-LAYOUT	346
6.3.2	车间工序排程与动态调度工具 e-SCHEDULE	348
6.3.3	车间工序与设备数据采集与处理工具 e-DATA	349
6.3.4	车间过程质量控制工具 e-SPC	350
6.3.5	车间制造实时信息可视化跟踪工具 e-TRACK	351
6.3.6	车间设备维护工具 e-MAINTENANCE	352
6.4	服务型制造执行系统 soMES 的运行案例	353
6.4.1	系统运行案例描述	353
6.4.2	案例运行过程及界面	358
6.5	本章小结	366
参考文献		367

第 1 章 概 论

1.1 服务型制造执行系统概念的产生

1.1.1 产生背景

制造业是国民经济的重要组成部分。国家统计局发布的《第二次全国经济普查主要数据公报》显示,我国制造业直接创造了国内生产总值的 36%,且占全部工业产值的 86.8%,贡献了出口总额的 93%,为国家财政提供了 1/3 以上的收入^[1]。2010 年中国占世界制造业产出的 19.8%,国内外销售总额已超过日本和美国,成为名副其实的制造大国。但从总体来看,我国制造业尚未完全摆脱粗放型、外延式发展的倾向,现代制造服务业发展缓慢,绝大多数制造企业的服务收入占比低于 10%。一项调查表明,当前我国制造与服务融合的企业仅占整个制造企业的 3% 左右,与发达国家有较大差距(美国 58%,芬兰 51%,荷兰 40%,德国 30%,法国 20%)。着力发展现代制造服务业、促进生产性服务和制造业的交互融合已成为由制造大国向制造强国转变的重要手段之一。

国家“十二五”规划已将“加快发展生产性服务业”独立成章地写入纲要中,“深化专业化分工,加快服务产品和服务模式创新,促进生产性服务业与先进制造业融合,推动生产性服务业加速发展”已成为国家未来重要的发展战略方向^[2]。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》也指出发展信息产业和现代服务业是推进新型工业化的关键,并将现代服务业信息支撑技术、大型应用软件、传感器网络及智能信息处理列为优先发展对象^[3]。国家和政府逐步调整“重制造、轻服务”的产业政策,把服务业的发展定位提高到与发展先进制造业同等重要的战略高度,强调服务业与制造业的有机融合、协调发展。

众所周知,制造业是一个国家的工业基础,是创造社会财富的直接源泉;而制造企业是一个国家实体经济的体现,是国家发展的基石。依托制造企业这样实体经济的生产性服务业恰是激发实体经济活力和价值增值的催化剂,也是制造与服务融合理念的核心所在。在制造企业中,制造活动的全球化、组织结构的哑铃化是促进生产性外包服务(含承包与发包两种形态)的源泉。而制造核心企业的零部件制造活动依附于跨企业的制造车间,且其对应的生产性外包服务机制是伴随着优化制造资源配置、参与相关制造活动的多方共同获益等理念而发展起来的一种车间级制造服务运行模式。通过车间级制造与多服务机制的融合来揭示出发包方与承包方间的复杂交互作用规律,并进一步通过信息服务手段处理制造车间运行的

实时过程状态与工况、工件质量等信息,并在整个制造服务关系网络上进行共享是实现这种新模式的关键环节。因此,在车间级体现上述服务与制造融合运行模式的制造实体就是服务型制造车间(service-oriented manufacturing shop floors),支撑该服务型制造车间运行的工程软件包则称为服务型制造执行系统(service-oriented manufacturing execution systems, soMES)。

在工业实践方面,我国现有众多的为大型核心制造企业配套的专业化机械加工服务企业,所承接的外协加工任务从批量零件制造到特殊工序加工应有尽有,且涵盖的行业广泛。同时,国内飞机制造企业承接来自空客和波音公司的飞机结构件外包加工,诸如富士康这样的“代工”巨头从白牌机到 iPhone 代工、大众汽车制造工厂的刀具工业产品服务系统(industrial product service system, iPSS)等都是上述模式的实践者,且呈现出大量的专业化服务型制造车间的雏形,这些都表明生产外包正在经历从非核心业务向核心业务转化、从低端加工向高端制造转移。

1.1.2 需求分析

上述服务型制造执行系统理念的提出依赖于服务与制造融合的大背景,是伴随着相关学科与工程实践的发展轨迹而逐步形成的,且在某种程度上体现了工程实践推动学术研究的特质,并至少涉及以下两方面的需求:

(1) 制造产业发展与升级的需要。产品全生命周期涉及从调研、设计、制造、包装、运输、分销、回收和维修、最终再循环或作为废物处理等环节组成的过程链。其中,制造环节是依据产品设计的功能与性能、质量与成本等方面的综合要求来形成产品实体及其原始成本的核心所在。实践表明,控制与降低制造环节成本的一条有效途径就是体现制造活动全球化、企业组织结构哑铃化的专业化生产性外包/众包服务机制。体现在零部件制造活动中就是越来越多的专业化服务型制造车间的涌现。专业化生产性外包/众包服务的优势在于能快速响应产品设计的实物化要求,确保在均衡产品制造质量与效率前提下实现发包方与承包方的利益多赢,并能缩短产品投放市场的时间。因此,制造产业发展与升级需要专业化生产性外包/众包服务的支持,尤其是面向核心业务和高端制造的专业化生产性外包/众包服务企业的涌现是产业升级的必由之路,这也为依托在生产性外包/众包服务的交互作用规律作用下的服务型制造执行系统的深化应用夯实了基础,同时为在服务型制造车间内部引入支撑制造服务高端化的工业产品服务系统技术提供了依据。

(2) 产业集群发展的需要。专业化生产性外包/众包服务机制的规模化发展是必然趋势,体现的是现代制造服务业集聚化发展的必然结果。其中,按地域与专业的规模化分工是优化产业链、形成专业化生产性外包/众包服务产业集群的关键要素。这种从产业集群出发的聚集效应极大地降低了服务交易成本,优化了制造企业的发展环境,并带动了周边区域制造业的发展。例如,上海作为服务业高度发

达的中心城市,其生产性服务业越发展,周边区域制造业越能受益。在地理位置上最接近上海这个现代服务中心的苏南地区和浙江北部制造业的迅猛发展势头就是一个典型的例证。在珠三角地区,在地理位置上越接近香港、深圳的地区如东莞等城市的制造业发展势头越猛。这种产业聚集效应要求与制造活动相关的信息能在整个产业服务链上达到共享,这也就对服务型制造执行系统的制造信息处理方式提出了新的要求。因此,在整个产业服务链上实现信息服务与共享则凸显了其重要性。

1.1.3 概念的提出与定义

作为制造与服务融合理念的核心所在,制造车间主要通过内外两方面实现其自身生产活动的价值增值。对内,可将低成本/低附加值/能力不足的生产活动(如零件加工、粗加工工序、特种加工工序等)和稀有/高端/精密加工装备及库存等以制造服务的方式外包给第三方专业服务提供商,这种第三方服务提供商既可依托工业产品服务系统实施服务外包,也可提供通常意义上的生产性服务;对外,则作为服务的接收方承包其他企业发包的生产加工任务。如图 1.1 所示,制造车间的输入为承接各类单件/中小批量/大批量的零件级/工序级加工任务,稀有/高端/精密加工装备的产品服务,贵重/精密刀具/夹具等工装附件的产品服务,面向原材料/半成品/成品/备件库存的仓储、物流等服务;输出为零件级/工序级加工任务二次外包、复杂/重点工序任务的外包、满足交货期/数量/质量要求的零件产成品和各类工业废料;约束为制造车间的加工能力/产能;支撑为各种硬件(各种加工机床、刀具、夹具和运输小车等)、软件(制造执行系统 MES、分布式控制系统 DCS、可

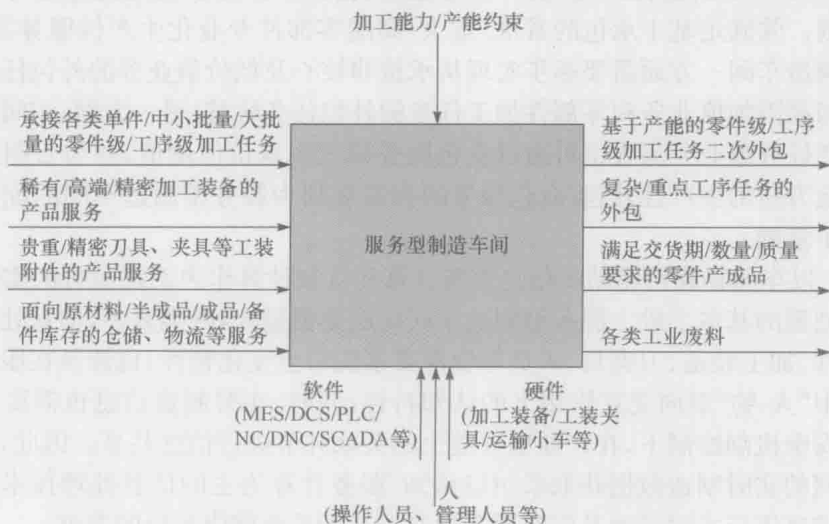


图 1.1 服务型制造车间的活动模型图

编程控制器 PLC 和数控软件 NC/DNC 等)及人员(操作人员、管理人员)。其中,DCS 为 distributed control system 的简写;PLC 为 programmable logic controller 的简写;NC/DNC 为 distributed/numerical control 的简写;SCADA 为 supervisory control and data acquisition 的简写。

基于上述服务活动的描述,本书以服务型制造执行过程和资源利用为研究对象,介绍依托面向服务型制造执行系统的理论方法与关键技术的学术研究,从车间层面上揭示制造与服务的融合机理,并介绍相应的服务型制造执行系统软件包。本书中服务型制造执行系统可定义为一种专业化生产性外包服务模式和多 iPSS 协同工作模式联合驱动的,构建在车间级相关制造硬件资源配置或服务型制造车间基础上的,并依托诸如信息服务计算、Auto-ID 计算、智能和认知计算等在内的信息处理技术来建模及解算面向复杂混流式制造任务的车间级生产排程与调度、生产过程控制、生产库存、生产维护和生产协同等方面问题的工程软件包。其中,生产性外包服务/多 iPSS 协同工作模式既涉及承包外部的制造任务,也涵盖发包内部的制造硬件资源、加工工序、车间业务流程等;而制造任务则涉及基于多批量类型/多品种/多交货形式的复杂混流生产方式的零件加工任务。依据多向多维的服务机制,可实现服务驱动的车间级制造过程和资源利用的价值共创、质量保证与增值增效。

1.1.4 服务型制造执行系统的特点

据上述定义可知,运行于服务型制造车间中、且面向动态零件制造任务的服务型制造执行系统 soMES 具有以下显著特点:

(1) 以车间相关的全方位生产性外包/众包服务作为系统配置与运行的基本指导原则。除满足基于承包的常规/重大/高端零部件专业化生产性服务需求外,服务型制造车间一方面需要逐步实现从承接非核心及低价值业务的外包任务向承接核心与高附加值业务和零部件加工任务的外包任务转移;另一方面,车间内部的核心生产任务或业务流程也可通过众包服务模式实现价值增值,并与云制造模式互联。全方位的生产性外包/众包服务的决策规划为服务型制造车间的配置和运行提供了基础。

(2) 以车间物联网驱动的信息计算和认知计算作为系统运行的实时数据与信息处理的基本手段。服务型制造车间底层数据量大,种类繁多,信息处理不仅涉及工件、加工装备、刀夹具、人员等资源要素的时空变化特性,也涉及在服务型制造车间中“人-物”双向交互作用下的认知特性;同时,实时制造信息也需要在规定的信息安全机制控制下,在产业服务链上的关联环节进行信息共享。因此,基于车间物联网的实时制造数据获取采用以认知/服务计算为主的信息处理技术来对各类制造信息进行实时处理是保障服务型制造执行系统健康运行的关键。

(3) 以体现单件/中小批量/大批量等各种批量类型、多品种和多交货形式,且

面向不同制造技术与规范要求的制造任务(tasks-on-demands)条件下的复杂混流生产方式作为系统规划、调度与控制的基本对象。服务型制造车间的订单所涉及的制造任务本身具有动态不确定性,且所承接的来自不同制造企业的零部件生产任务会有不同的技术规范与要求,这导致服务型制造执行系统所承接的制造任务是多批量类型、多品种、多技术规范要求的复杂混流生产方式;同时,订单的交货形式也会涉及特急、急件和常规等多种时间形态,这也增加了生产排程与调度、生产过程控制、在制品库存以及生产维护等的不确定性与复杂性。

(4) 以加工工序、装备、车间局部业务流程的外包或租赁等作为系统降低生产成本与实现服务增值的基本方法。在服务型制造车间中,生产活动的组织方式具有很大的柔性。为从基于服务的多赢模式获取更大的利润增值空间,一方面,可将非核心/技术含量低的加工工序或局部业务流程外包给第三方独立制造服务商完成,以降低投入成本;另一方面,可将服务型制造车间购买的高端/特种/稀有重大制造装备资源以租赁或工业产品服务的方式为第三方提供加工服务来获取更多收益。

(5) 以高端/特种/稀有装备驱动的多 iPSS 作为系统核心加工服务功能提升和服务增值的新途径。工业产品服务系统 iPSS 是指制造服务提供商通过将无形的生产服务能力与有形的工业产品(如加工装备、刀具等)结合起来为企业用户所提供的长期或短期生产合作服务。站在服务型制造车间运行者的角度看,车间内部接受来自不同的高端/特种/稀有装备服务商以及刀具、夹具等服务商构成的多 iPSS 服务机制,以购买加工服务能力的方式替代购买装备,能在最大限度节约固定资产投资的前提下有效地提升该服务型制造车间的核心制造能力和核心业务水准,实现生产性服务的增值,这也是当前服务型制造车间从非核心业务承包服务走向高端化和核心业务承包服务的新途径。

(6) 以公共外库方式所提供的原材料/半成品/成品库存作为系统在制品库存服务功能提升和服务增值的新机制。在传统制造车间中,原材料/半成品/成品的库存控制与管理依赖于车间自身,耗费大量的人力、物力和财力。将工业产品服务系统 iPSS 的理念引入到在制品库存中就形成了公共外库服务方式,它可用来实现围绕以区域聚集(如工业园区)为特点的跨企业多服务型车间的低成本在制品物流服务,并从产业服务链的高度实现零部件在制品的统一控制与管理,具有效率高和成本低等优点。因此,在服务型制造车间中引入公共外库服务方式可提升车间在制品库存的功能,实现制造物流的服务增值。

1.2 国内外研究现状及发展动态分析

服务型制造执行系统 soMES 作为一种应用于服务型制造车间的工程软件包有别于传统的 MES,其基于生产性外包/众包服务和多 iPSS 协同工作机制的组合,且重点强调制造与服务的融合;同时,由于契合多 iPSS 融合、“人-物”双向自