

服务型制造模式的能力知识体系架构

金青,丁兆国,张忠

(常州工学院 经济与管理学院,江苏 常州 213022)

摘要:为了解决服务型制造企业服务制造能力资源整合和业务流程协同问题,提出服务型制造模式以能力知识为中心的业务处理信息模型;提出基于本体的能力知识体系架构,包括服务请求构造、服务领域划分、服务业务构造、服务能力构造、服务实例构造等,为服务的供需双方提供了服务业务和能力的分类、形式化描述方式,为进一步实现服务的自动发现、匹配建立了良好的知识库基础。

关键词:服务型制造能力;能力知识体系;本体

DOI:10.6049/kjbydc.2013030408

中图分类号:F272.4

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2013)22-0057-08

0 引言

服务型制造作为一种全新的制造方式,在制造业与服务业相互融合的背景下产生,通过网络化协作,实现由制造向服务的拓展和由服务向制造的渗透,最终为顾客提供产品服务系统,企业在为顾客创造最大价值的同时获取自身利益^[1]。服务型制造强调实现分散化制造资源的整合和各自核心竞争力的高度协同^[2],从而达到高效创新的目的。因此,如何实现这一目标成为制造服务化的关键。

基于网络系统平台,将制造资源和制造能力以知识的形式聚集、发布,并自由流通,实现按需使用和动态协同,无疑是一种很好的解决方案。不仅能够为用户提供如设计模型、仿真模型及结果,高端设备、应用程序和软件及各类经验知识等原始资源,还能够通过智能匹配、动态组合和优化等信息处理技术,实现对制造能力智能、灵活地组合与分解,使其充分利用现有资源形成不同功能、不同类型和不同力度的服务,满足不同用户的个性化需求。因而,制造能力知识系统构建就成为服务型制造服务平台中最核心的内容。

关于网络平台及知识的智能发现、匹配、动态组合和优化等信息处理技术,国内学者已进行了大量研究,但对于服务型制造能力构建的研究还较少。本文从利于企业建立、发布和应用服务制造能力的角度,提出一种构建方法,以实现制造企业的外向服务化转变,实现资源与能力的整合和协同。

1 研究现状

有关知识和能力对于服务型制造的重要性,孙岩林^[3]认为:服务型制造是基于知识和能力的企业成长模式;企业制造模式的演化过程是企业积累知识资源,促进制造及服务能力匹配增长的过程。国内学者关于相关内容的研究,如表1所示。可以看出:

(1)关于服务型制造知识体系构建方面的研究较少,且不够深入。为此《2011年度江苏省高校哲学社会科学重大项目与重点项目选题指南》将知识管理列为重点研究项目^[18]。

(2)关于制造及服务能力,研究热点主要集中在两方面:一是基于企业绩效贡献度提炼出的核心能力、竞争能力及创新能力研究;二是支持云制造的制造能力尤其是加工能力研究,其中关于云实现技术的研究居多。对服务型制造服务能力的研究还很少,对服务型制造模式整个能力体系的研究更少。

2 概念模型

服务型制造模式要求企业能够根据制造服务请求快速建立协同业务流程,实现分散化制造资源的整合和各自核心竞争力的高度协同,以敏捷、柔性、高效、低成本的生产方式提供新的应用解决方案。为此,企业可以将内部制造资源与服务模式封装成为服务模型,建立服务模型库。当发生新的服务请求时,通过查询

收稿日期:2013-05-06

基金项目:江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目(2011SJD630020)

作者简介:金青(1967—),女,江苏常州人,常州工学院经济与管理学院副教授,研究方向为服务型制造、生产系统工程。

发现模型库中匹配的服务,组合、生成新的业务流程即服务模型实例;再根据业务需求选择合作伙伴或者设计新服务单元、制造单元作为系统构件,组合成协同服

务执行系统 SES(Service Execution System),通过 SES 的运行来执行和完成服务,从而有效降低自身服务开发和操作成本,如图 1 所示。

表 1 国内服务型制造模式能力知识研究现状

研究角度	主要代表性观点	作者
宏观角度	服务型制造是基于知识和能力的企业成长模式;企业制造模式的演化过程是企业积累知识资源和制造及服务能力匹配增长的过程。 提出了高科技企业通过知识管理获取竞争优势的对策	孙岩林 ^[3] 潘喜润 ^[4]
	指出将知识管理引入服务型制造创新过程,使知识管理与跨组织业务流程相互融合,才能优化创新流程效率;提出了企业在开展服务型制造过程中主要依赖对技术知识、制造过程知识和顾客知识这 3 类知识的创造和利用;创建了知识管理视角下服务型制造创新机制	赵益维等 ^[5]
	根据企业知识与企业创新能力关系构建了一种由企业创新战略决策能力、R&D 能力、营销能力组成的企业创新能力知识支撑体系	陈玉川等 ^[6]
微观角度	提出了基于动态能力的企业协同知识创新系统体系结构模型,由基础设施层、系统技术支撑层、系统功能层、用户/协同知识创新层和战略目标层 5 个层次组成	李朝明等 ^[7]
	提出了以整个企业的系统功能、部门功能和部门职责为视角,对整个科技型企业各业务领域知识进行描述	彭润华等 ^[8]
	建立了知识管理绩效评价指标体系和数学模型,并确定出评价指标权重	孙华敏 ^[9]
从对企业绩效贡献的角度	提出企业核心能力在本质上是一个动态的知识系统,基于知识的企业核心能力具有“硬性”和“软性”两种特征,表现为核心市场能力、核心技术能力和核心管理能力 3 个层次	郭岚等 ^[10]
	按照对企业绩效的贡献度提炼出业务模式发展不同阶段的典型制造能力。点式阶段的企业典型制造能力为质量管理能力与柔性生产能力组合;链式阶段为创新能力、质量管理能力及成本控制能力组合;网式阶段为服务能力与柔性生产能力组合	程巧莲 ^[11]
	提出了一种云制造的体系结构,讨论了实施云制造所需攻克的制造资源服务等关键技术	杨志伟等 ^[12]
制造及服务能力	以武器装备体系能力为背景,提出一种基于 XML 的装备体系能力知识管理系统。以 XML 文件形式组织知识文档,取代传统的关系型数据库文件作为系统后台;从能力知识文档中抽取知识,将其规范到结构化的 XML 文档,利用 Native-XML 数据库,实现对能力需求知识的抽取及其管理	李伯虎等 ^[13]
	将云制造模式下的制造能力描述为:在某一具体活动过程中产生,体现了一种对制造资源配置和整合的能力,反映了制造企业或制造实体完成某一任务及预期目标的水平,包含了制造全生命周期过程中的各类能力,如设计能力、仿真能力和生产加工能力等	罗永亮等 ^[14]
	提出了二层—三元组模块化制造加工服务描述建模方法,构建了由核心本体与可扩展本体组成的制造加工服务描述语义网	刘焯等 ^[15]
	提出了一种基于语义的跨组织协同业务流程构建框架。以制造服务为业务活动功能的实现载体,通过对服务能力进行语义描述,以服务能力为中介,实现业务逻辑和实现技术之间的松耦合,形成一种随需应变的业务构建模式	王明微等 ^[16]
	提出基于过程模型、能力模型、约束模型和通信模型的面向制造 workflow 模型,适用于网络化制造环境	宋燕等 ^[17]

3 业务处理信息模型

面向服务的体系架构(SOA, Service Oriented Architecture),将企业应用作为实现某一特殊功能的服务集合,通过“描述——发布——发现——绑定——交互”构建企业服务的思想,很好地满足了目前以“变”为主题的企业应用环境^[19]。以服务为基本单元,更加贴近企业的业务活动,使业务梳理和建模的复杂性降低,使企业 IT 系统提供的服务更容易扩展、组合和变更^[20]。目前,SOA 相关技术已发展成熟,为发挥服务型制造整合、增值、创新等特点提供了坚实的基础框架^[16]。因此,采用 SOA 架构描述服务型制造模式的信息模型比较适宜,如图 2 所示。

首先,由作为服务提供者的服务型制造企业构建和发布服务业务本体库、相关事物本体库、规则本体库、客户个人信息本体库及服务实例库。其中,服务业

务本体(简称服务本体,也称操作本体)用于描述企业能提供的服务业务;事物本体用于描述服务型制造领域相关事物和无关的一般性事物,主要是服务能力本体;规则本体用于描述服务业务规则和事物约束;客户个人信息本体用于描述客户基本信息、个人兴趣喜好等;服务本体实例则是结合了客户信息、偏好的服务业务的实际应用。由此可见,这 5 个本体库即企业服务业务、服务所需能力及规则的知识化形式,构成了服务型制造的知识中心。

当客户提出服务请求时,对客户进行注册,即选择合适的建模技术,对客户本体进行形式化描述;对其服务请求的业务模型进行形式化描述;通过合适的服务发现匹配技术,从服务本体库或直接从服务本体实例库中发现符合客户个人信息和兴趣偏好、与服务请求相匹配的推荐服务集合;采用服务组合、优化技术,形成一个可执行的服务组合方案 SPM_i;生成服务活动 workflow,最终由制造执行系统(MES, Manufacturing Exe-

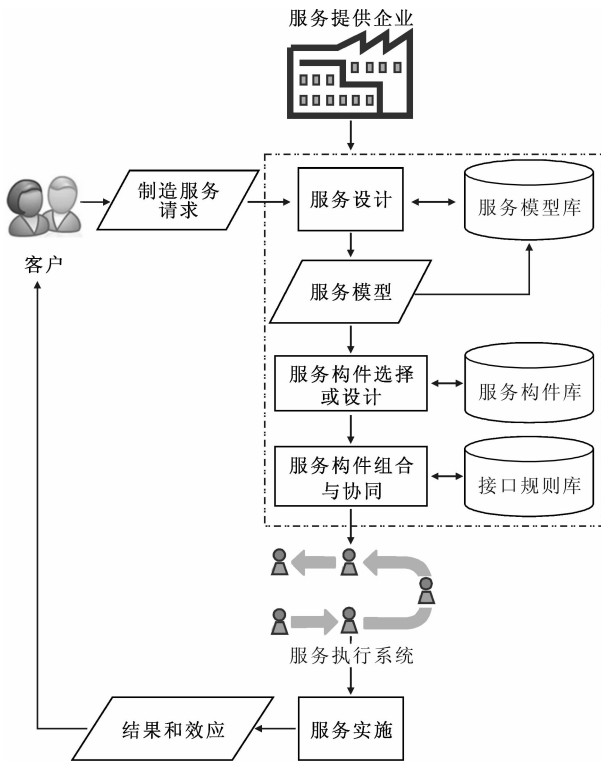


图 1 服务型制造模式概念模型

ction System)或服务执行系统 SES 执行并完成服务,向客户提供需要的结果和效用。

综上所述,本体库是支撑整个服务型制造模式业务处理的基础,它反映了企业在服务型制造网络中所能提供、用于协作的业务能力和资源,是服务型制造企业进行知识系统建设的核心。

4 服务型制造模式能力知识体系构造

能力知识的表示(Knowledge Representation)方式有多种,OWL(Web Ontology Language)既有足够的知识表达能力,又能保证较高的推理效率,是一种非常适合的语义 Web 领域知识表示方式^[21]。本文的服务型制造能力知识体系是基于本体构造的。

4.1 服务业务本体、服务能力本体、规则本体和服务实例之间的关联

如图 3 所示,事物本体由服务型制造领域事物本体和领域无关事物本体组成;领域事物本体中最重要的服务能力本体由资源本体和其它领域派生而成;客户个人信息本体由表示客户兴趣偏好的规则和领域无关本体派生而成;服务本体 S 是由服务活动 SA 和引用的服务能力 SC 派生而成;服务请求用服务业务流程模型 SPM₀ 表示,由一系列按照客户需求而描述的服务活动 SA 派生而成;服务业务实例 SPM_i 是匹配了服务能力 SC 的 SPM₀ 应用实例。

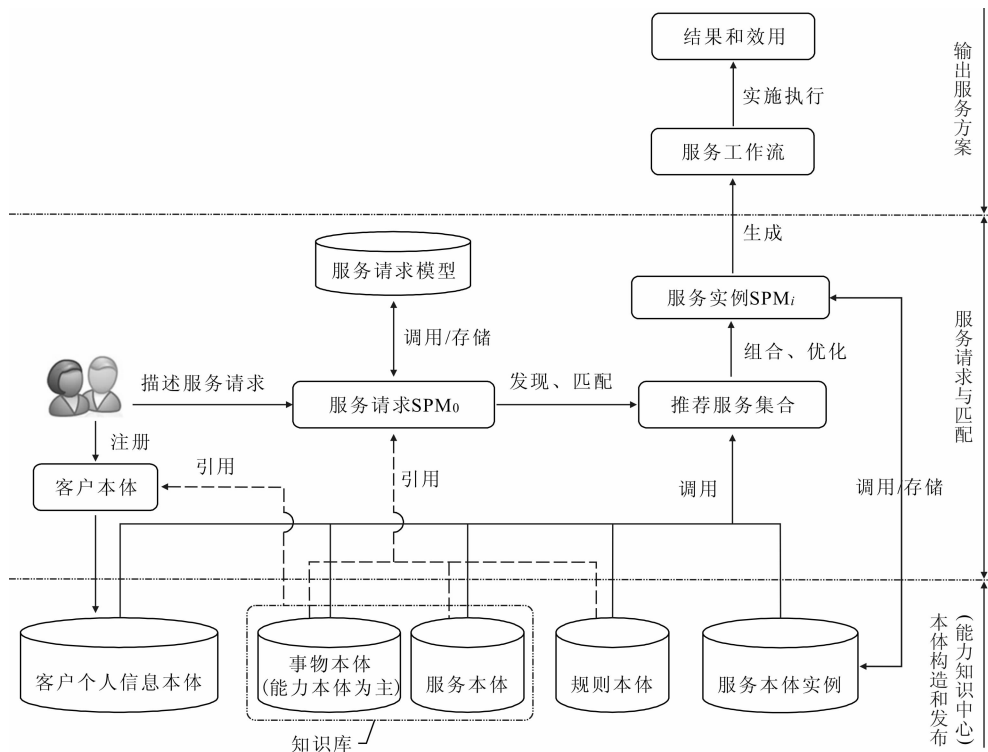


图 2 服务型制造模式业务处理信息模型

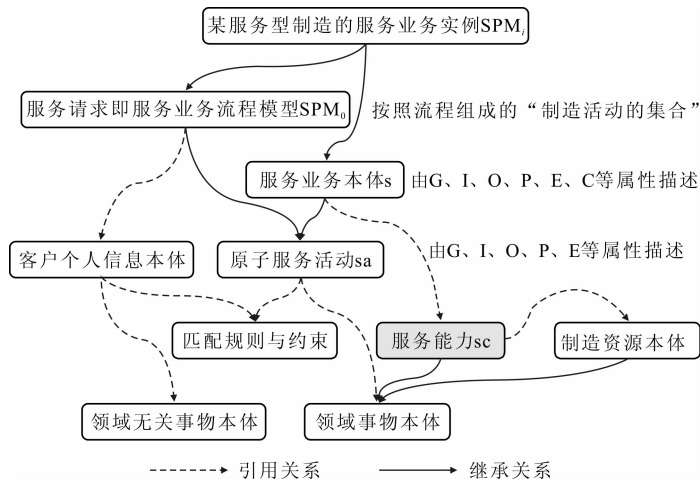


图3 服务实例、业务模型以及服务本体、能力本体、规则本体之间的关联

4.2 服务业务模式构造

服务请求 SPM(Service Process Model)是对客户服务需求的形式化描述,是一组按照流程组合的“制造活动的集合”,也称为业务模型。由一系列业务活动以及它们之间的协同关系组成,可以描述成 $SPM=(SA, F)$,其中 SA(Service Action)表示一组业务活动 sa_1, sa_2, \dots, sa_n 的集合, F 表示业务活动间协同关系的集合。

服务业务模型构造如图4所示。服务活动 sa 是构成服务业务模型 SPM 的“原子”构件。服务活动之间关系用连接线和节点描述,连接线表示先后次序关系,始节点表示起始关系,终节点表示结束关系,分、并节点表示时间运算关系。

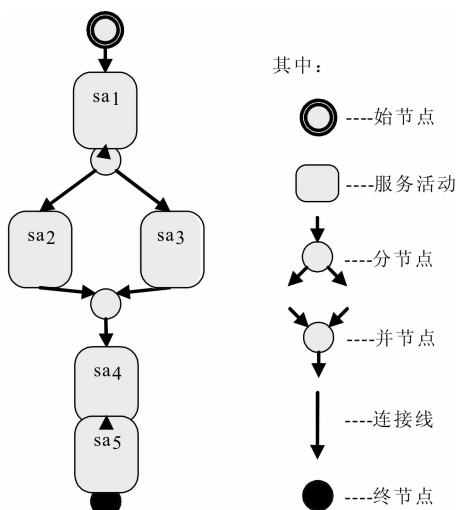


图4 服务业务模型构造

4.3 服务业务本体构造

4.3.1 服务业务领域和子领域

服务型制造的服务业务,可分为营销性服务、设计性服务、制造性服务、服务性服务4大领域,每个领域细分为若干子领域,如图5所示。

(1)营销性服务业务。由需求管理 CRM→策划营销活动→组织→实施等子领域的一系列有序活动组成。

(2)设计性服务业务,即产品服务系统的设计。是产品和服务的一体化设计。为了便于操作,也可将服务设计归入服务性服务业务中,因此,设计性服务业务专指产品设计服务业务。产品设计服务由需求分析→方案设计→参数设计→零件设计→试制→使用→评价等子领域的一系列有序活动组成。

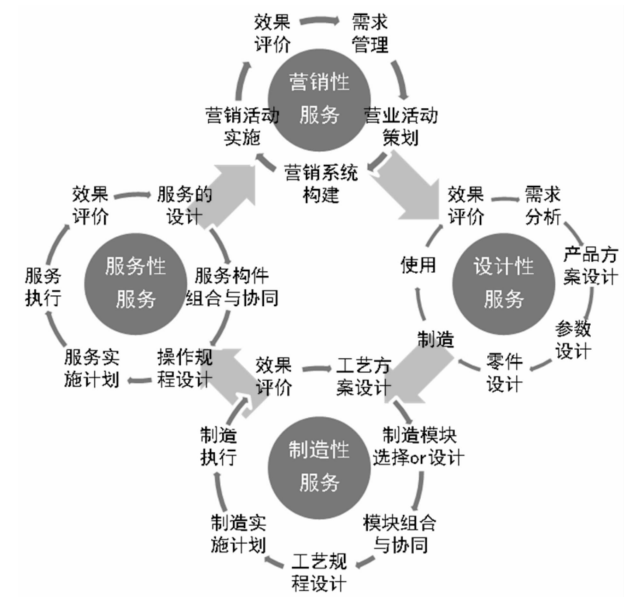


图5 服务业务的领域和子领域

(3)制造性服务业务。由产品工艺方案设计→设计或选择制造模块→制造执行系统 MES 组建(模块组合与协同方式策划)→产品工艺规程、质量标准等设计→工艺装备设计与制造→产品制造的实施(含 MES 运行计划→MES 运行执行)→绩效评价与改善等子领域的一系列有序活动组成。

(4)服务性服务业务。由服务系统设计→服务系统 SES 组建(含服务模块的选择或设计→模块间连接与协同方式的策划)→服务作业规程和质量标准设计→服务实施(含 SES 运行计划→运行执行)→效果评价与改善等子领域的一系列有序活动组成。其中,服务

系统设计业务具体包括服务需求分析与定位→服务行为设计→服务能力设计等子领域活动,应与产品设计业务相互整合与协同。

4.3.2 服务业务 S 本体构造及举例

服务业务是为达成某一目标而开展,通过使用服务制造能力而完成的活动。

服务活动可以描述成 $SA = (Name, Goal, Input, Output, Pre-condition, Effect)$,如图 6 所示。其中,Goal 是该项服务活动的目标或功能描述,Input 是服务活动的输入;Pre-condition 是该项服务业务的前提;Output

是活动的直接输出;Effect 是活动产生的影响、效应,或者活动的附加输出。

服务活动 SA 由服务能力 SC(Service Capacity)完成,当一项服务活动 SA 绑定了服务能力 SC 后就成为一项完整的服务业务 S。因此,服务业务可描述为 $S = (SA, SC, R)$ 。其中,服务能力是服务业务的事物本体,包含了服务活动执行所需的 4M1E 要素;R 表示服务活动与服务能力之间的“绑定”规则。

简言之,服务业务及其能力“包”的描述方式即 GI-OPEC,如表 2 所示。

表 2 两个制造性服务业务实例

服务名称 Name	功能描述 Goal	输入 Input	Pre-condition	输出 Output	效应 Effect	服务能力 Capacity
产品制造模块设计服务	制定产品制造单元方案	制造模块类型、规格、特征;	必须是某种类型、某种规格、具有某种特征的制造模块	设计说明书	①客户及产品注册 ②模拟	如图 7
数控加工轴键槽服务	齿轮轴键槽加工	键槽类型、规格、材料和形状特征	必须是某种类型、规格、材料和形状的轴键槽	达到要求的键槽	①生成 NC 程序	如图 7

4.4 服务能力本体及领域构造

4.4.1 服务能力本体构造及举例

建立服务型制造能力知识体系时,应该以支持服务型制造模式运行为主要目标,关注协作所需要的信息,便于对所提供服务的查询、使用等;对于服务能力的描述不需要过多地考虑模块内部结构和完成的具体中间细节,只需描述出主要特征,相当于一个“黑盒”。

因此,服务能力本体可描述为 $SC = (Product, Task, Condition, Method, Resource, Supplier)$ 。其中,

(1)对象 Product 描述可服务对象的主要特征。Product=(类型,规格,外部特征,内在特征)。以“加工能力”为例,如可加工的零件类型、规格尺寸、几何特征、材料类型等;以“生产模块设计能力”为例,如可设计的模块类型(流水线)、规格(多产品)、轮换特征(混流)、连续特征(间断流水)等。

(2)任务 Task 描述服务能力的功能和指标。Task=(功能描述,功能指标)。功能描述是对一项服务能力的概要描述,通常包括这项功能的效率、质量、精度、利润成本等绩效指标。以“加工能力”为例,功能描述为加工轴键槽,功能指标为生产率、加工精度等;以“生产模块设计能力”为例,功能描述为设计装配流水线,功能指标为设计周期、设计质量等。

(3)条件 Condition 描述完成任务所需要的环境条件和紧前业务完成状态,环境条件如温度、湿度、空气,以及光线照明、色彩、噪声与振动等。

(4)方法 Method 描述实现服务任务 Task 的方法和过程的主要特征,Method=(操作方法,过程特征)。以“加工能力”为例,加工方法有车、铣、刨、磨及精度等,加工过程的主要特征有加工运动特征(如切削、进给等)、加工而成的几何形状改变(如平面、圆柱面、齿面等)、加工而成的性能改变(如热加工等普通处理、特殊处理)等;以“流水线设计能力”为例,设计方法有阶

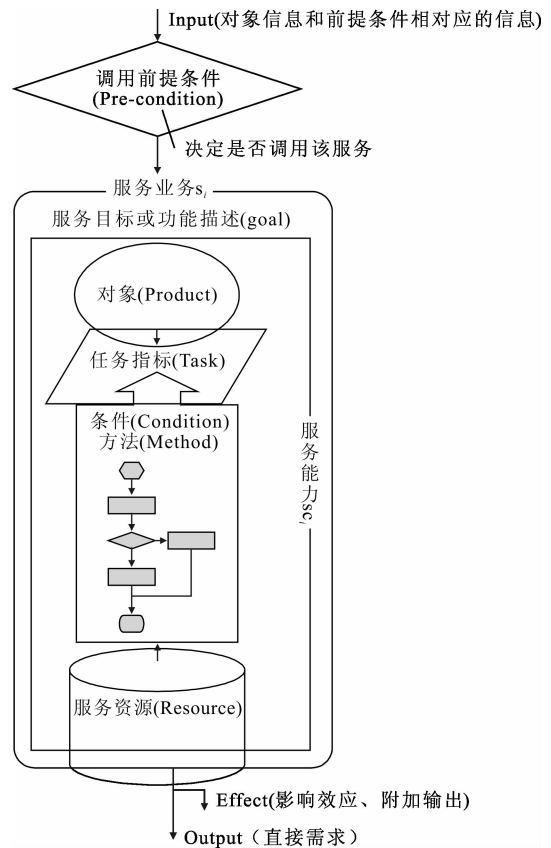


图 6 服务业务构造

位法、分支法,设计过程的主要特征有设计动作特征(建模求解、资源配置)、形式设计(工作地模型)、运作机理设计(布局及连接协同方式模型)。

(5)资源 Resource 是支持某项制造服务能力的使能器,Resource=(工作站,设备或人,工具)。注意它与能力提供者的区别,一个能力至少要使用到一项资源。

(6)提供者 Supplier 是能力的提供者,亦即服务的执行者,Supplier=(企业或单位,所属行业,主要产品)。

下面分别以数控中心的加工能力和产品装配流水

线设计能力为例,说明服务能力本体的构造方式,如图7所示。

4.4.2 服务能力本体领域和子领域

服务能力本体领域由不同类型子领域本体组成。不同本体之间具有一定可通性,通过某种关系联系起

来,本体之间的关系主要有继承关系和引用关系两种。应尽量减少各类本体之间的联系,保证同类本体的描述内容尽量相同、不同类本体的描述内容不同,以更充分地表达同类本体中具有的共同性质,又使得各类本体间相互独立,便于维护。

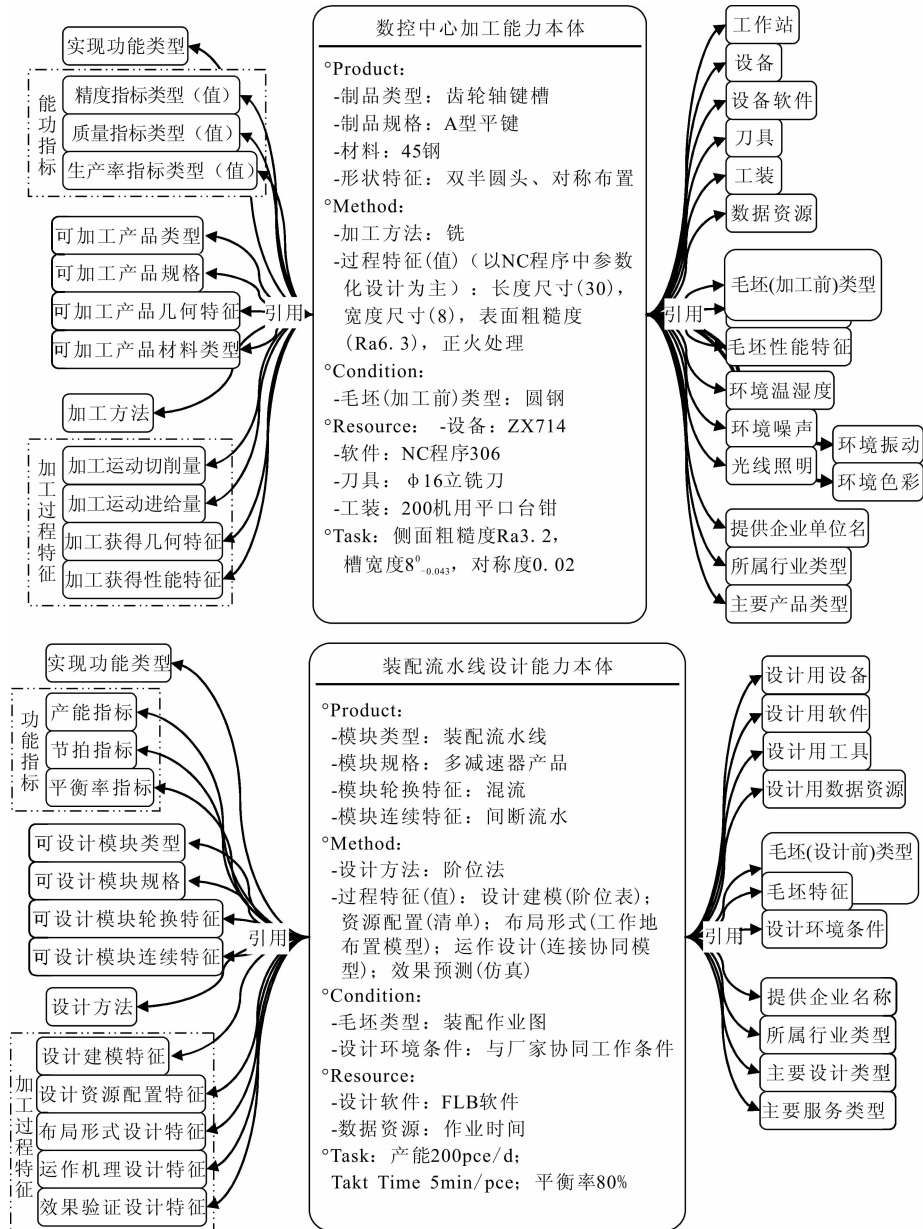


图7 制造性服务能力本体构造举例

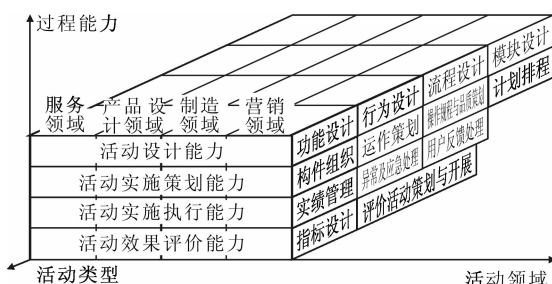


图8 服务型制造模式服务活动领域、类型和能力

服务能力领域本体按照服务业务类型划分为营销性服务能力、设计性服务能力、制造性服务能力和服务性服务能力4类子领域,各类子领域进一步划分出下一级子领域;按照活动过程划分为活动的设计能力、活动实施的组织计划能力、执行能力和评价能力3类子领域,如图8所示。

以制造性服务能力为例,构造其子领域本体模型,如图9所示。

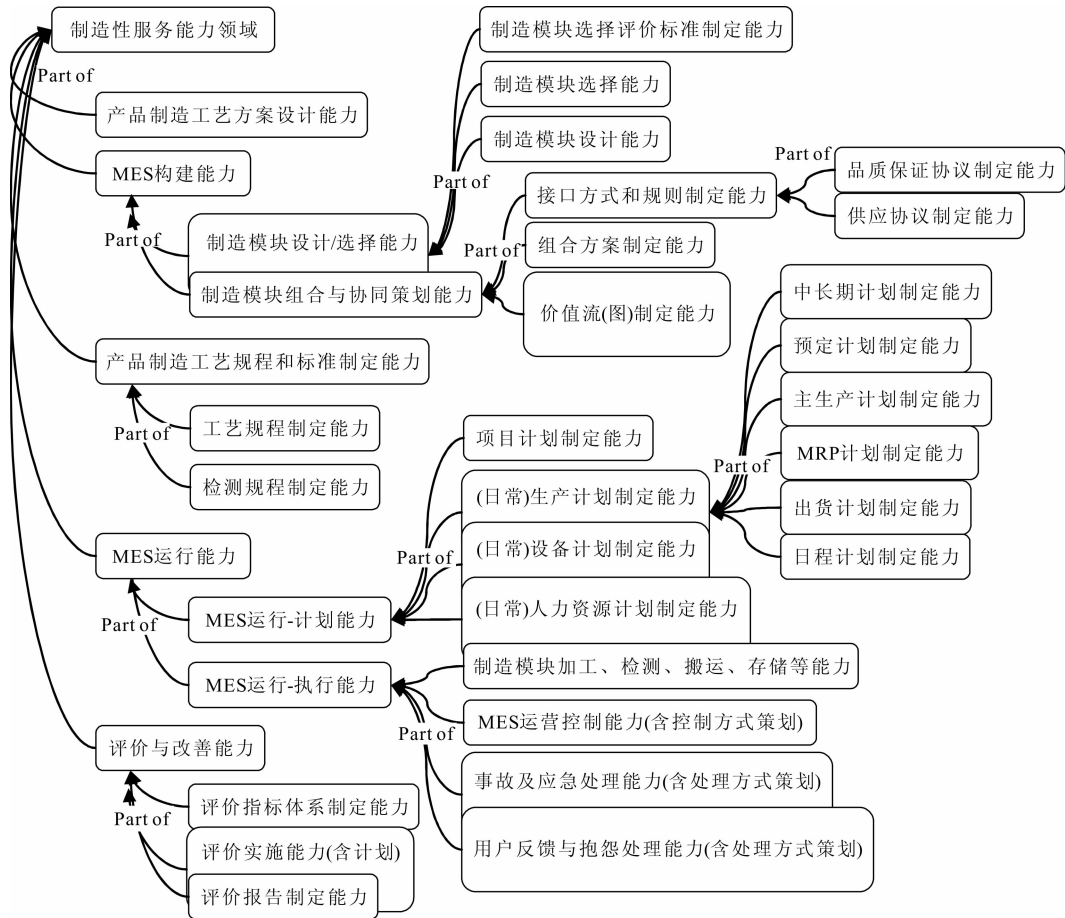


图 9 制造性服务能力子领域本体模型

4.5 服务请求与服务能力匹配

通过服务发现、匹配与动态组合技术,满足用户个性化需求。运用 OWL 等知识表示标记语言将用户的服务请求和个性化信息(如图 12 所示)转化为逻辑描述^[22],通过服务发现与匹配技术,获得推荐服务结果集合,从中选择一个最优服务,将其连接起来形成一个可执行的服务组合方案,该方案是执行整个业务活动序列绩效指标(时间、费用)的最优组合,以此作为满足个性化服务请求的服务实例。这一过程中,需要运用到服务发现的算法、智能优化技术等,这些不作为本文的研究内容。

5 服务型制造能力知识构造实例

服务型制造服务业务的提供者和使用者的都是普通用户,不可能使用专业工具如 Protégé 软件来描述其服务,而用文字描述的服务又呈现多样性和动态性,表述内容往往不够规范,不利于服务的发现和匹配。因此,规范服务业务的描述方式是实现服务型制造服务业务知识化、网络化的关键环节。

规范服务业务描述可以通过规范服务业务的描述格式和内容表达来实现,即采用统一服务描述模板供普通用户进行人机交互;然后使用基于 OWL 的服务描述生成器^[15]将其转换为 OWL 格式的描述文件(.owl),便

于计算机理解服务描述语义;再通过 OWL-API 将其映射为 OWL 本体模型(知识库),进而通过服务匹配器实现服务发现与匹配,最终得到符合客户属性和偏好的实例化服务业务流程。

本文没有将服务生成器、OWL-API 和服务匹配器作为研究对象,只规划了服务描述模板的实现方式。

(1)服务业务模型的描述模板。由于服务业务模型由一系列相互关联、有序的服务活动组成,故其描述模板可采用活动流程图形式表示。以产品制造单元设计服务业务模型为例描述模板样式,如图 10 所示。

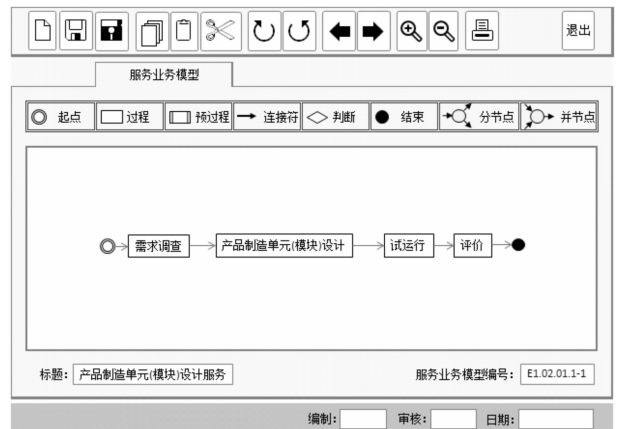


图 10 服务业务模型建模(描述模板样式)



图 11 服务活动构建

(2)服务活动的描述模板。图 10 中每一项服务活动的详细描述,采用图 11 所示的描述模板样式,描述出活动的 GIOPE 要求和需要的服务能力。

(3)服务能力描述模板。服务能力事先由服务提供者描述并发布,亦被描述成服务的 GIOPE 和具备的服务能力,如图 12 所示。



图 12 服务能力构建

6 结语

服务型制造是制造业向服务业拓展和渗透的一种全新制造方式,是制造业服务化的一次战略转型。它强调通过分散化制造资源的整合和各自核心竞争力的高度协同来实现价值创新。服务制造能力知识库的建立为实现网络环境下寻找、发现相匹配的业务能力、实现业务流程协作提供条件和基础。本文提出的服务型制造业务处理信息模型及能力知识中心构造,为服务型制造业务实现“请求→提供”提供了信息处理模式;提出的服务业务领域、服务业务和服务能力的构造方式以及描述模板等,规划了服务制造能力知识系统构架,为服务供需双方提供了服务业务和能力的系统化

分类、形式化定义和描述方式,也为实现服务的发布、自动发现、匹配建立了良好的基础架构。

参考文献:

- [1] 林文进,江志斌,李娜. 服务型制造理论研究综述[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(6):1-6.
- [2] 孙岩林,李刚,江志斌,等. 21 世纪的先进制造模式——服务型制造[J]. 中国机械工程, 2007, 18(19):2307-2312.
- [3] 孙岩林. 服务型制造理论与实践[M]. 北京:清华大学出版社, 2009.
- [4] 潘喜润. 基于知识管理的高科技企业竞争优势构建研究[J]. 北方经济, 2008(21):77-79.
- [5] 赵益维,陈菊红,姚树俊. 知识管理视角下的服务型制造创新机制研究[J]. 中国科技论坛, 2010(10):34-39.
- [6] 陈玉川,赵喜仓. 企业创新能力知识支撑体系的构建[J]. 科技管理研究, 2008(05):239-241.
- [7] 李朝明,黄利萍,杜宝苍. 基于动态能力的协同知识创新体系结构模型[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版, 2011(3):492-496.
- [8] 彭润华,阳震青. 科技创新型企业知识管理研究[J]. 企业经济, 2009(3):42-44.
- [9] 孙华敏. 企业知识管理绩效评价研究[D]. 北京:北京交通大学, 2010.
- [10] 郭岚,任改玲. 解析企业核心能力知识内涵与层次结构[J]. 商业时代, 2005(23):31-32.
- [11] 程巧莲. 从供应链到价值网的企业制造能力演化研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2010.
- [12] 杨志伟,杨克巍,毛杰,等. 基于 XML 的装备体系能力知识管理系统[J]. 计算机工程, 2012(3):34-36.
- [13] 李伯虎,张霖,王时龙,等. 云制造——面向服务的网络化制造新模式[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(1):1-7.
- [14] 罗永亮,张霖,陶飞,等. 云制造模式下制造能力建模关键技术[J]. 计算机集成制造系统, 2012(7):1357-1367.
- [15] 刘焯,史明华. 基于 OWL-DL 的制造加工服务描述建模方法[J]. 计算机集成制造系统, 2011(4):767-775.
- [16] 王明微,张树生,周竞涛. 面向服务型制造的协同业务流程构建框架[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(11):2537-2543.
- [17] 宋燕,闫崇京. 基于制造能力的工作流模型研究[J]. 机械设计与制造, 2010(2):146-148.
- [18] 省教育厅关于做好 2011 年度高校哲学社会科学研究重大项目与项目申报工作的通知[EB/OL]. [2011-3-11]. http://www.ec.js.edu.cn/art/2011/3/11/art_4267_30554.html.
- [19] 张明宝,夏安邦. 基于面向服务体系架构的敏捷虚拟企业信息系统框架[J]. 计算机集成制造系统, 2004(8):985-990.
- [20] 简斌,闫光荣,朱心雄. 基于 SOA 的中小制造企业业务流程的集成[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007(1):125-129.
- [21] 宋峻峰,张维明,姚莉,等. OWL DL 的形式化基础研究[J]. 小型微型计算机系统, 2005(2):297-301.

(责任编辑:张益坚)