

基于信息处理的复杂产品制造敏捷性研究： 以沈飞公司为案例^{①②}

曾德麟，欧阳桃花*，周宁，谭振亚，胡京波
(北京航空航天大学经济管理学院，北京 100191)

摘要：本研究从信息处理理论视角，探讨复杂产品制造企业如何运用信息技术提升复杂产品制造敏捷性的课题。信息技术能否推动制造敏捷性在理论界存在两种截然不同的研究结论。本研究认为企业通过识别复杂产品制造的信息处理需求，构建网络层级与网络中心度高低不同的信息处理网络结构，并引入相应的管控方式，从而实现信息技术促进复杂产品敏捷制造的目标。信息处理网络与管控方式的相互适配可发展企业信息处理能力，它包含信息分解、信息加速与信息共享三类能力。信息处理能力是信息技术能否推动企业制造敏捷性的核心因素。本研究从动态的视角打开信息技术与复杂产品制造敏捷性的过程“黑箱”，对发展信息处理理论与推动中国企业复杂产品的敏捷制造具有深远的指导意义。

关键词：信息处理能力；信息处理网络；管控方式；复杂产品；制造敏捷性

中图分类号：C931.6 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-9807(2017)06-0001-17

0 引言

进入21世纪，中国制造业的发展呈现出两种极端的现象。一方面，汽车、家电、手机、纺织服装等传统制造业居于世界制造大国的地位，能快速响应市场需求，但研发能力与创新相对不足，产品被锁定在价值链的低端。另一方面，以航空航天复杂产品为代表的高端装备制造业立足于自主研发，但制造敏捷性却亟待提升。为适应科技高速发展、全球经济一体化及客户需求的不断变化，制造敏捷性被视为制造业的核心能力之一^[1-4]。

航空制造隶属装备制造业，被公认为装备制造业的“皇冠”。而装备制造业是现代工业的基础和核心，承担着为国民经济各行业和国防建设提供技术装备的重任，其规模和发展水平是衡量一

个国家竞争力和现代化水平的主要指标。我国“十三五”规划也指出，全面实施制造强国战略，要重点突破航空发动机等核心技术，加快大型飞机的研制工作，并将航空装备制造列为高端装备创新发展工程之一。可见，提升航空装备制造的核心能力是振兴我国高端装备产业的重中之重，并已上升为国家战略。

航空制造的复杂产品与简单产品不同，其技术复杂，系统集成的零件、元器件和标准件多达数百万个，且制造和总装过程需要日益增多和精准的专业化分工与协作^[5]。它既具备一般复杂产品研发成本高、规模大、技术密集、用户定制、单件/小批生产、订单式制造的特点^[6]，还具有战略性、高垄断性、复杂性、政府决策性、高进出壁垒的特征。它能展现一国科学技术水平的高低，体现着人

① 收稿日期：2015-01-05；修订日期：2015-11-14。

基金项目：国家自然科学基金资助项目(71172176；71472012；71529001；71632003)；教育部人文社会科学规划基金资助项目(14YJA630045)；北京市哲学社会科学规划一般资助项目(15JGB119)。

通信作者：欧阳桃花(1965—)，女，江西景德镇人，博士生导师，教授。Email: taohuaouyang@hotmail.com

② 本文为“中国企业管理案例与质性研究论坛(2014)”最佳论文候选。

类文明的追求与梦想;也是中国经济发展的新引擎,对国民经济和社会生活有着巨大而深远的影响。

如何提高航空复杂产品制造的核心能力?近年来随着航空产品需求量的持续增长,航空制造能力呈现敏捷性趋势。以本研究对象沈阳飞机工业(集团)有限公司(以下简称为沈飞公司)为例,该公司主营业务涉及军机产品、民机产品和通航产品三大领域。通过信息化建设,沈飞公司不仅很好地解决科研与批产任务交叉、军机与民机型号冲突的挑战,并且在民机领域中还做到同时满足波音、空客与庞巴迪等多家外国企业,以及国产ARJ21支线飞机,C919干线飞机等不同型号零部件的生产需求。以“十五”期间的航空产品项目数量为基准,在人员与设备没有特殊变化的前提下,该企业由于发展信息技术,“十一五”期间项目数量同比增长52.6%，“十二五”同比增长91.8%。尤其是2012年航空产品项目数量创沈飞公司以往历年之最,比“十五”期间数年研制数量总和还要多^③。

但是,与此形成鲜明对照的是,管理学术界对航空复杂产品与敏捷性制造的研究重视不足。文献梳理表明以往的研究更注重识别与验证获得企业敏捷性的先决条件^[7-9],从信息技术的角度研究企业敏捷性^[10]。但现有文献研究仍存在以下两点不足:第一,多关注大规模定制产品的制造敏捷性^[11-13],缺乏对生产流程特殊、采用小批量/单件生产模式的复杂产品制造敏捷性的研究;第二,从信息技术视角研究企业敏捷性却没有完全打开两者之间的“黑箱”^[14],这导致已有的研究结论难以解释为什么有的企业使用信息技术能提升企业敏捷性,而有的企业又不能促进企业敏捷性。

区别于简单产品,复杂产品的属性决定企业必须发展信息处理能力。信息系统的导入与应用可能提高企业的信息处理能力,并不断地满足日益增长的需求^[15],也有助于沟通和快速有效的决策,从而实现企业敏捷性^[16-9]。因此,在研究信息技术如何促进复杂产品制造敏捷性的问题时,信息处理理论提供了一个新的合理的研究视角。

综上所述,本文以沈飞公司为案例研究对象,旨在从信息处理能力视角,揭示信息技术推动复杂产品制造敏捷性的内在机理与过程模型,打开信息技术与复杂产品制造敏捷性之间的“黑箱”。具体研究内容包括以下三方面:第一,结合复杂产品的制造流程,识别并分析不同的信息处理网络结构;第二,分析制造流程中相应的组织管控方式;第三,揭示通过信息处理网络与组织管控方式的匹配,组织发展出相应的信息处理能力促进复杂产品制造敏捷性。

1 文献研究与分析框架

1.1 复杂产品系统的内涵与特征

复杂产品系统(complex product systems)也称为复杂产品,首先提出复杂产品系统概念的Hobday^[17]认为,它是工程及信息密集、具有大量专用子系统和元件的客户定制的高成本、高技术型产品;也是以数个组件间的相互作用,且每个组件具有相对独立的知识和经济性特点的产品^[18]。有的学者认为是指研发成本高、规模大、技术含量高、单件或小批量生产的大型产品或系统^[19],主要包括航空航天系统、大型电信通讯系统、大型计算机、空间运行火箭、空间站、海上石油平台、船舶、高速列车等代表尖端科技水平,关系到国计民生的大型产品和产品系统^[20]。

复杂产品与简单产品相比(参照表1),具有复杂的系统性功能和界面^[21]。其制造不具备规模效应,一般以项目制的小批量生产,甚至单件生产为主^[6]。不能把成本高、技术要求低的大规模产品纳入复杂产品系统范畴,因为简单产品的零部件可标准化制造,实现大规模生产^[22-23]。复杂产品系统则属于典型的离散型加工装配制造,产品结构及制造工艺复杂,生产设备和工装夹具种类繁多,具有研发成本高、规模大、技术密集、用户定制、单件/小批生产、面向订单制造以及垄断程度高等特点。此外,复杂产品一般都在政府的高度管制下,受政策调控的影响很大^[6]。

^③ 数据来源于企业内部提供的资料。

表1 复杂产品与简单产品的生产特征比较

Table 1 Comparison of production characteristics between complex products and simple products

分类	复杂产品	简单产品
生产模式	面向订单的多品种/小批量/单件生产.	面向制造的大批量生产.
产品特征	零部件界面复杂,涉及客户定制的多多种零部件.	界面简单,标准零部件,存在大量替换件.
工艺编制	复杂的工艺路线规划,工艺编制工作量大.	典型的工艺路线规划,工艺编制的工作量小.
工装设计	设计大量工装夹具,管理挑战大.	工装设计任务很少,工装夹具通用性高.
装配工艺	装配工艺要求很高,需要复杂的装配物料清单.	要求简单,按一定规则自动生成装配物料清单.

1.2 企业敏捷性与信息技术的关系

在如今竞争环境日趋激烈,客户需求不断变化的情境下,如何获得敏捷性被认为是企业生存与发展的重要能力^[24].敏捷性概念起源于美国学者 Nagel^[25]等人提出的“制造敏捷性(manufacturing agility)”.Gunasekaran^[26]将制造敏捷性定义为“在迅速变化且难以预测的环境中,客户驱动企业或组织采取快速有效的行动,从而赢得生存发展的能力.”Narasimhan^[27]等人认为敏捷性的核心是企业如何通过内部流程的改进,能经济、快速、有效地满足多样化的客户需求,响应市场与客户的能力^[10].

信息技术对企业的重要性受到越来越多的关注^[28-29].然而多数的学者假设信息技术与企业敏捷性之间的关系是自动生成的.Sambamurthy^[9]等强调信息技术是企业获得敏捷性的基础,企业通过应用信息技术,构建了电子沟通渠道,提供全面、准确、及时的信息,从而达到企业敏捷性.Cao et al^[30]研究了信息技术与虚拟组织对制造企业敏捷性的影响.有些学者通过构建实证模型,研究何种因素影响企业敏捷性,比如企业对信息技术基础设施的投资对业务敏捷性的影响^[8];以及环境动态性、IT管理能力、信息技术能力与企业敏捷性之间的关系^[31];企业敏捷性在IT能力与组织绩效之间的中介作用^[7]等.也有的学者质疑这一假设,认为信息技术也许会阻碍企业的敏捷性^[32].企业在信息技术上投资得越多,越有可能阻碍,甚至完全破坏企业的敏捷性^[4];由于相对固定的硬件设施与缺乏灵活性的信息系统,僵化的信息技术架构和隔绝的信息孤岛常常成为企业敏捷性的桎梏^[33].因此,上述截然相反的结论,不仅挑战了信息技术是企业敏捷性基础的观点,也使信息技术与企业敏捷性之间的关系变得扑朔迷离.

1.3 信息处理能力

企业信息处理理论强调企业必须拥有高质量

的信息处理能力以应对经营的不确定性,提高企业的决策能力^[34].所谓的信息处理能力(information processing capability)是指组织收集、分解、合成与传播信息,以处理不确定性,实现组织目标的能力^[35].不确定性主要来源于三个方面:环境的动态性,任务的相互影响及任务的复杂度^[36].高度的不确定性给企业快速、正确的决策带来挑战^[37],而复杂产品制造面临的信息、环境不确定性比简单产品高,需要企业不断识别不同的信息需求,提高信息处理能力.Mithas^[38]认为合理的信息处理机制,能够提供及时准确的相关信息,从而降低不确定性.例如使用信息技术来提高沟通速度,减少不确定性,提高信息处理能力^[39].也有的学者从管控方式探讨提高信息处理能力,指出无论是正式的还是非正式的管控方式,都有助于组织成员在面对不确定性时,做出相对一致的判断^[40].这两种方法能使企业面对动态的环境与复杂的任务做出有效的快速反应^[37].

(1) 信息处理网络的构建

信息处理网络指基于网络的动态信息处理结构,该结构作为不同于正式组织层级的协同机制而运行^[41].一个组织内外所有信息或知识的活动需要由某种信息处理网络来承担^[42].信息处理网络能否有效的收集、分解、合成与传播信息对企业的生存与发展至关重要^[43].企业需要构建并完善信息处理网络,促进信息流通的通畅^[41].随着信息技术的发展,信息处理网络得到了许多学者与实践者的关注^[10, 44, 45].尤其关注信息处理网络的结构^[14, 44, 41],其中包括网络层级(level of hierarchy)与网络中心度(the degree of centralization)两方面^[41, 46].网络层级是指为了获得信息所要通过的层级数量,而网络中心度则指围绕着核心焦点的网络与组织的范围大小^[47].网络层级与中心度都较高的信息处理网络适用于常规且合作程度较低的业务,而网络层级与中心度都较低的信息处

理网络能有效地处理柔性和适应性较高的业务^[46]。

(2) 组织管控方式的实施

信息处理能力既包括 IT 基础设施等有形资源,也包括基于 IT 的组织协调等无形资源^[48],提升信息处理能力,组织需要采取合适的管控机制^[40]。

组织管控(Organizational control)是指为了使个人行为与组织目标一致,组织所采取的管理方式^[49-50]。它使得个人的能力、目标与绩效符合组织的期待^[50]。组织管控通过影响个人的信息处理行为促进快速的信息流通^[52]。在个人与团队之间构建某种关系,影响组织内的信息共享及知识传播^[53]。通常管理者不是只采用一种管控方式,而是采取多种管控方式的组合并将其视为一个整体^[54]。

组织管控分四类方式:目标管控(outcome control)、行为管控(behavior control)、文化管控(clan control)和自我管控(self control)^[55],其中目标管控与行为管控属于组织的正式管控,文化管控与自我管控属于组织的非正式管控^[55]。文化管控是指基于组织成员拥有共同的标准与价值的管控。组织的奖惩取决于个人行为是否符合这些标准与价值^[56]。自我管控是指组织通过某种机制引导成员自己制定目标,并且在执行的过程中自我监督,自我激励及自我惩罚^[57]。文化管控与自我管控是使用价值、标准及理念等规范员工的行为,赋予员工更多灵活性去适应组织氛围,调整工作行为^[52]。而目标管控是指组织的奖励只关注实

现目标的结果,而不太关注过程^[57]。行为管控是指组织事先约定何种行为是恰当的,并且根据是否采取这种行为而奖惩^[58]。正是由于恰当的行为与期待的结果是事先约定的,所以目标管控与行为管控的组合适合于处理不需要灵活性与问题比较明确的工作^[52]。

1.4 理论分析框架

综上所述,信息技术与企业敏捷性存在密切的关系,也是学术界关注的重点^[1]。虽然已有的研究为本文打下了坚实的理论基础,但对信息技术如何促进产品制造敏捷性的研究至今存在不足^[14]。由于缺乏过程研究,导致 IT 技术能否促进企业敏捷性,学界仍有争论。大多敏捷性文献的研究对象局限于简单产品,复杂产品的制造特殊性决定企业要发展更高的信息处理能力。虽然过去的文献研究指出企业信息处理能力在生产过程中的重要作用,能降低不同环境或任务特征带来的不确定性^[37]与任务的复杂度等^[36],但把信息处理能力笼统地视为一个整体,缺乏对信息处理能力的深入研究^[37]。信息处理能力既包括信息基础设施等有形资源,也包括基于信息的组织协调、文化等无形资源^[48]。

由此,本文推导出企业发展信息处理能力是信息技术能否实现制造敏捷性的关键因素。如何发展信息处理能力?企业要识别复杂产品的信息需求,构建合理的信息处理网络结构,并采取有效的管控机制,这对实现制造敏捷性至关重要。

本文推导出如下分析框架,如图 1:

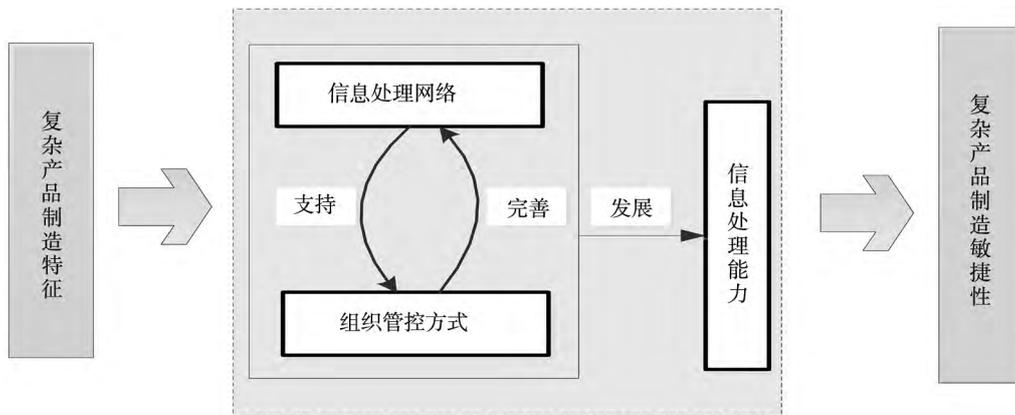


图 1 本文分析框架

Fig. 1 Case analysis framework

2 研究设计

2.1 研究方法

针对现有文献的不足与研究目标, 本文采用探索性案例研究方法. 第一, 本文旨在研究信息技术是“怎么样”促进复杂产品制造敏捷性, 构建基于中国情境下的信息技术促进复杂产品制造敏捷性的过程模型, 案例研究方法与上述的研究目标是相匹配的. 第二, 学术界对中国企业信息系统与复杂产品制造的研究不足. 该领域的研究者发现和解释新技术与新方法时, 往往落后于实践者, 而探索性的案例研究, 适用于全新的或现有研究不充分的领域^[59].

2.2 研究样本

本文为什么选择沈飞公司为研究样本, 是因为该案例的最佳实践体现了样本选取的如下三个原则:

(1) 案例对象的选择兼顾了重要性与代表性的原则^[60]. 装备制造业属于发展国民经济的重要行业. 沈飞公司作为从事装备制造业“皇冠”的航空企业, 是行业内的优秀代表. 经营业务包括军机产品、民机产品和通航产品三大领域. 民机领域的产品涉及波音、空客与庞巴迪系列型号飞机等国外先进飞机的结构部件, 以及国产 ARJ21 支线飞机^④, C919 干线飞机的结构部件和全机电缆等. 同时, 沈飞公司信息系统推动航空零件制造能力的成功经验, 曾作为典范在中航工业集团内部推广. 虽然中国航空制造企业属于后发企业, 与世界先进的航空制造企业尚存在较大的差距, 但不妨碍本研究选择沈飞公司为案例研究对象, 研究中国航空企业的制造能力.

(2) 研究样本的选取遵循理论抽样原则^[61]. 所选案例出于理论的需要如拓展新兴的理论, 或者填补已有理论的空白, 而非统计抽样原因. 信息技术与复杂产品敏捷性属于 21 世纪的重要课题.

过去的文献侧重识别简单产品的制造能力与信息处理需求, 而复杂产品的研制难度高、不确定性因素多、需要处理更复杂的信息. 如何识别复杂产品的信息需求, 提高信息处理能力与企业敏捷性, 比选择简单产品为案例研究对象, 更具有利于发现或发展信息处理能力与复杂产品的新理论.

(3) 兼顾理论目标与企业最佳实践的一致性原则. 沈飞公司认为其制造敏捷性很大程度上得益于它的信息系统研发. 2012 年, 沈飞公司自全面实施信息系统后, 零件生产周期大幅度压缩, 项目配套率提升了 34.1%, 按期完成率提高了 8.2%, 航空产品全员劳动生产率提高了 19.5%^⑤. 沈飞公司如何识别复杂产品的信息需求, 发展信息处理能力, 这与构建信息技术推动复杂产品制造敏捷性的过程模型这一研究目标存在一致性.

同时, 本团队还专门就沈飞公司的零件制造流程进行深入调研. 它包括计划、生产与考核三个阶段, 涉及公司层、生产主管部门、职能部门及生产厂四个单位, 具体情况如下:

(1) 计划阶段. 作为一家具有军工背景的现代化飞机制造企业, 沈飞公司在编制计划时: 首先要应对科研与批产任务交叉、军机与民机型号冲突的挑战. 为了使得多项目并行生产过程中的各项目、各阶段开工、完工时间更加精确、逻辑关系更加清晰, 沈飞公司的零件生产计划编制, 按照“自上而下层层深入, 自下而上综合平衡”的原则, 既要满足经营计划, 又需要参考总装装配站位计划, 力求做到精细化编制.

(2) 生产阶段. 航空产品制造经过工艺、生产、毛坯、零件加工、预装、总装和检测等流程, 需要采用大量的先进技术与设备, 同时涉及公司多个部门. 组织间协调环节的增加与工作界面的扩大, 导致该阶段信息处理的需求也随之增加. 为了避免在生产过程中, 出现零件生产完成率大大高

④ ARJ21 翔凤客机, 是中国商用飞机有限责任公司研制的双发动机支线客机. ARJ21 是英文名称 Advanced Regional Jet for the 21st Century 的缩写(ARJ 全称为 Advanced Regional Jet), 意为 21 世纪新一代支线喷气式客机.

⑤ 数据来源于企业内部提供的资料.

于配套率的情况^⑥,使装配生产线陷入停工的危险状态.各个部门需要围绕项目开工率、项目完成率、项目配套率进行零件生产的组织与调度,快速有效解决生产过程中存在问题.

(3) 考核阶段.航空复杂产品技术复杂,系统集成的零件、元器件和标准件多达数百万项,这为零件生产任务的准确及时考核带来巨大挑战.为了激励生产单位按计划完成配套生产任务,引导相关职能部门主动做好服务,不断改进管理效率,准时交付优质产品.沈飞公司需要及时地将各个部门的生产完成信息公布出来,并依据关键的指标进行准确考核.

2.3 数据收集与分析策略

本研究遵循“明确研究问题→理论回顾→案例研究草案设计→数据收集→数据分析”的案例研究流程^[62].通过理论与数据循环分析,反复对焦,发现理论创新点^[63].

(1) 基于关键数据提炼研究问题.本研究问题源于航空企业的实践.近十多年来,在人员与设备保持正常变化的前提下,中航工业为什么能持

续提升航空产品的全员劳动生产率、缩短生产周期?推广信息技术被公认为重要因素.但是,中航工业内部为什么有的企业通过信息技术能取得制造敏捷性,而有的企业不能或者绩效不明显?与其说信息技术能提升复杂产品制造的敏捷性,还不如说企业如何发展信息处理能力来促进企业敏捷性.

(2) 重点回顾信息处理理论和敏捷性理论.研究团队调研沈飞过程中,聚焦信息处理能力与沈飞敏捷制造.本文假设该企业的敏捷制造与其信息处理能力的发展存在密切关联,深入研读相关国内外文献,推导出本文的理论分析框架.

(3) 案例数据收集.数据正式收集始于2013年1月,采用正式调研访谈与非正式调研相结合的多种数据收集方法,以形成证据三角链,使研究结论就更准确与更有解释力.第一,研究团队于2013年5月对沈飞公司进行了实地的调研,访谈了包括零件生产部,信息技术部,民机管理部等5个部门在内的19位中高层管理者与技术负责

^⑥ 例如全机零件1000项,完成了990项,只剩下10项零件未完成,完成率高达99%.表面上看进展情况十分乐观,但在极端情况下,假设这10项零件装配在10个装配工作包上,即影响了10个装配工作包的开工,此时的配套率为0,这将使装配生产线陷入全面停工的危险状态中.

人。每一次访谈时间从 2 到 4 个小时不等，并全程录音，整理出近 10 万字访谈记录。由于调研单位为国有军工企业，为避免录音给受访者带来的不安，在每次访谈中访谈人都会声明匿名并签署保密条款。第二，沈飞公司与北京航空航天大学联合培养工程硕士生，这些学生在沈飞就职多年，直接参与了信息系统平台的建设及公司零件生产管理。研究团队的作者通过对沈飞工程硕士生的论文指导，全面了解沈飞实践活动的精髓，有效的补充了案例数据。第三，通过互联网、公开发表的论文、书籍等二手资料收集与本案例相关的信息。

(4) 数据分析与编码过程。本研究依据多重数据来源和多个受访者两种方式进行数据的三角验证，筛选出可信的数据进行分析^[62]。并采用 Strauss 和 Corbin^[64]提出的方法，对所收集的数据资料进行编码。具体包括以下三个步骤：

首先是开放式编码。这一阶段要反复阅读相

关的资料，保持开放的心态，准确的把握被访谈对象要表达的意思，尽量避免将文献或研究者头脑中的框架强加给访谈数据。编码时，主要使用被访谈者自己的词汇来表示每个句子的含义。该阶段主要形成一阶概念^[64]，这通常是被访谈对象反复提及的词汇。

其次是主轴式编码。该阶段主要是通过研究者对已有文献的把握，并反复比对访谈数据，总结出较为抽象的二阶概念^[64]。该阶段是新概念涌现的关键时期。例如本研究就涌现出“信息处理网络”、“组织管控方式”与“制造敏捷性”的二阶概念。

最后是选择式编码。该阶段需要检查所有的编码数据，用更精准的概念对所有二阶概念进行提炼与整合，形成汇总性的概念^[64]。本文涉及的一阶概念、二阶概念及汇总性概念如图 2 所示。

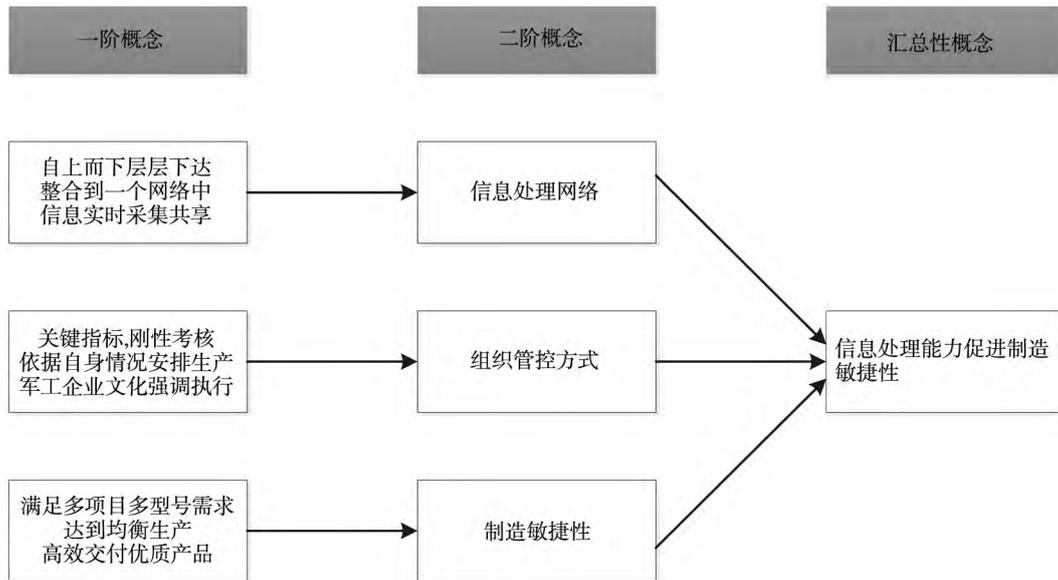


图 2 概念层次图

Fig. 2 Hierarchical diagram of concepts

3 案例分析

沈飞公司为什么能识别零部件计划、生产、考核的不同信息需求，运用信息技术推动了制造敏捷性，具体分析如下。

3.1 信息处理需求影响信息处理网络结构

信息活动主要通过信息处理网络来实现^[42],而信息处理网络的结构决定了组织交流及信息处理的模式^[41].信息处理网络的结构差别分别体现在网络的层级与网络中心度两方面^[41,46].沈飞公司识别复杂产品制造的信息处理需求,导入ERP、MES等信息系统,构建了不同的信息处理网络结构.

(1) 计划阶段的信息需求与网络结构.计划阶段,公司层面对航空复杂产品多项目、多型号需求与零件生产配套的挑战,首先依据全年的生产订单需求,通过资源计划系统,科学的层层分解公司年度经营计划、项目计划及装配站位计划,制定三个月的滚动计划并下达到各生产主管部门与业务职能部门.其次,生产主管部门与职能部门通过生产信息系统,细化分解公司层的计划,制定周作业计划.最后,各生产厂根据信息平台制定更为精细的日作业计划.可见,信息处理都要围绕公司层的全年生产计划进行,所以网络中心度较高.同时,具体的生产计划信息需要层层下达到生产主管部门、业务职能部分与生产厂,说明信息网络的层级高.所以,计划阶段的信息处理网络呈现出树叉状,体现了网络中心度与网络层级均较高的特征.

(2) 生产阶段的信息需求与网络结构.沈飞公司在生产阶段,面对航空复杂产品生产加工技术难度大、流程复杂、跨部门协同的挑战,为了保障生产流程的正常运转,公司层、生产主管部门、职能部门及生产厂四个层级必须频繁地沟通协调.李部长曾说“我在办公室能看到十八个生产单位的配齐情况,没配齐的都集中在哪个站位,没配齐的零件是开工了还是没有开工,没开工的原因是什么?是缺料、缺工装还是缺设备?”

该阶段大家都围绕着生产问题转,因为问题可能出现在任何一个部门与生产环节中,所以该阶段的信息传播并不围绕一个明确的中心,这会使得链接主体的数量、强度以及集中情况^[65]都会减弱,所以信息处理网络结构的网络中心度较低.同时,网状传播结构也意味着所有的相关部门能够同时获得同质的信息,所以网络层级较低.

(3) 考核阶段的信息需求与网络结构.沈飞

公司面对航空复杂产品零件数量种类繁多,如何科学制定标准工时及准确考核生产任务面临极大的挑战. 沈飞公司在该阶段围绕着生产任务的完成情况构建了信息处理网络,强调信息共享. 公司层、生产主管部门、职能部门及生产厂四个层级通过信息系统,及时地了解各生产厂当月的零件完成情况. 考核的信息采集以生产部门提供的数据为中心,网络中心度是明确的,相关部门都围绕着

该网络中心度提供的信息,制定考核制度. 因此,比起生产阶段,考核阶段的网络中心度较高. 同时,各个部门能同时获得同质的信息,则意味着网络层级较低^[46].

综上所述,该公司计划、生产、考核不同阶段的信息处理需求,构建了不同的信息处理网络结构,其差异主要体现在网络中心度与网络层级中(请参考图 3 与表 2).

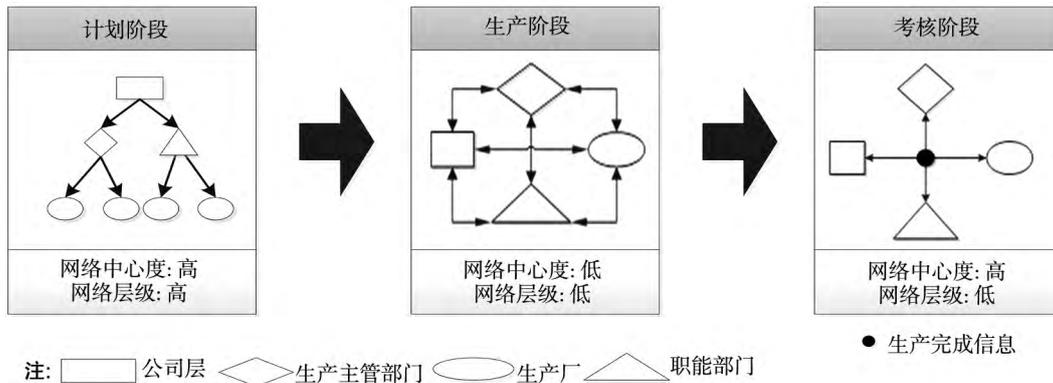


图 3 沈飞信息处理网络结构的变化

Fig. 3 The evolution of information processing network at SF

表 2 沈飞信息处理网络的构建和数据支持

Table 2 The construction of information processing network and data identified in relevant phases at SF

阶段	信息处理网络结构	数据支持
计划	网络中心度: 高 网络层级: 高	“全年的生产计划信息都集中在公司层面,大家都围绕着该计划行动. 信息系统会把全年计划按照配套要求分解成季度、月份与日计划,自上而下层层下达给各相关部门.”
生产	网络中心度: 低 网络层级: 低	“开工的时候,大家都在一个网络里,围绕着可能出现的任何生产问题转. 一旦有问题,各个部门都能够实时看到,就可以相互协调,快速有效的解决生产问题.”
考核	网络中心度: 高 网络层级: 低	“生产完成信息由生产部统一采集,各个相关部门的考核都要以它为中心…所有信息会同时发送给各部门,通过公平及时的共享完成信息,避免了部门之间的互相猜忌与抱怨.”

3.2 生产流程不同阶段的管控方式组合

为提高信息处理网络的效果,沈飞公司制定相应的管控机制. 管控方式由目标管控、行为管控、文化管控和自我管控组成,其中目标管控与行为管控被认为是组织正式管控,文化管控与自我管控属于组织非正式管控^[55]. 管控方式的实施是为促使各部门的行为、目标与绩效符合组织要求^[51]. 沈飞的管控方式经历了正式管控为主——正式管控基础上增加非正式管控——正式管控与非正式管控的融合的动态变化过程,如表 3 所示.

(1) 计划阶段正式管控为主. 沈飞公司在计划阶段, 采取目标与行为相结合的正式管控方式. 制定计划时, 公司层事前和各个相关部门充分沟通, 层层分解落实到个人, 成为公司考核员工完成任务的重要指标. 这体现了目标管控的特征^[57]. 与此同时, 为使得生产过程中的各项目、各零部件的开工、完工时间更加精确, 每个工人加工零件的

种类、时间、工序、流程等事先输入信息系统内. 这体现了行为管控的特征^[57]. 谈及正式管控, 零件生产部的李部长曾说“用了MES系统, 排产不再是难题. 计划制定越来越来精确合理, 也逐渐趋于刚性. 计划由信息系统生成, 谁都看得见, 谁也改不了.”

表3 沈飞公司的管控方式组合和数据支持

Table 3 The combination of organizational control and data identified in relevant phases at SF

阶段	管控方式组合		数据支持
计划	正式管控为主	目标管控	“我们在充分沟通的基础上, 对沈飞年度生产计划做到层层地、精确分解, 每个部门甚至每个人都明确各自的生产任务.”
		行为管控	“每个工人零件加工的种类、时间、工序、流程等都已经都在信息系统里安排好, 必须通过条码MES系统认证才能开工.”
生产	正式管控基础上增加非正式管控	自我管控	“生产主管部门只负责组织调度及风险监控, 各个生产厂可依据自身计划与实际情况, 争取优质按期, 甚至提前完成任务.”
		文化管控	“在生产阶段, 各个部门都围绕着共同的生产理念及目标, 明确各自的责任, 快速有效的解决生产线上的问题.”
考核	强调正式管控与非正式管控融合	目标管控	“通过信息系统可共享各个部门的任务完成情况, 按照四个关键的生产指标, 实现刚性考核各部门生产绩效.”
		自我管控	“相关激励政策的内容, 旨在引导各相关部门自觉执行公司期待的行为, 按计划提前或准时完成配套的生产任务.”

(2) 生产阶段在正式管控基础上, 增加非正式管控. 在生产阶段, 每个月的生产任务是经过充分沟通与精确分解的, 各相关部门清楚各自的目标与责任. 主管部门依据计划阶段制定的目标, 牵头负责组织调度及风险监控, 各个生产厂可依据自身的实际情况, 灵活安排, 优质按期完成任务. 因此, 沈飞公司的生产阶段, 在正式管控的基础上增加了自我管控与文化管控的非正式管控, 提高管控效果.

提到自我管控, 零件生产部孙副部长曾强调: “我们零件主管部门从管理角度尽量排除不完成生产任务的外部因素, 剩下的就是生产单位自己的事儿了.”

文化管控指各个部门之间培育共同的目标与价值^[56]. 航空产品的零件能否按时优质配套地制造, 对飞机制造企业来说至关重要. 快速有效的解决生产线上的问题, 不仅体现在信息系统的风险的实时监控与信息及时传递, 更需要每个部门认同沈飞的生产理念“持续改善管理效率, 准时交付优质产品”.

对于生产问题, 民机管理部焦副总颇有感慨

地说“按时优质的完成型号交付不仅影响企业生存,更涉及国家利益与社会效益.作为一家有60多年历史的大型航空企业,我们拥有很强的执行力,也许这是我们的文化之一吧.”

(3) 考核阶段强调正式与非正式管控的融合.沈飞公司在该阶段主要强调目标管控与自我管控的融合.从2013年起,沈飞按照计划工时完成率、按期完成率、项目(站位)配套率、临时计划完成率四个关键目标,实现对各生产厂的刚性考核,体现目标管控特征.此外,沈飞推进自我管控方法,通过制定明确的激励政策引导各个生产厂自我设定目标,积极行动,按时保质完成生产任务.基于上述的四个指标,沈飞公司把任务完成情况设定为按期完成,调整完成和没完成三档.奖励总额为完成工时数乘以标准工时,考虑配套情况和质量问题.如果单月的配套率只有90%,奖励金额则乘以90%.该阶段管控方式旨在从劳动量、配套情况、进度情况三方面推动均衡生产.

3.3 信息处理能力促进复杂产品制造敏捷性

已有文献指出,组织需要发展信息处理能力来应对由于环境的动态与业务的复杂造成的不确定性^[35-36],信息处理能力既包括IT基础设施等有形资源,也包括基于IT的组织协调等无形资源^[48].结合复杂产品制造流程的不同信息处理需求,沈飞通过有形资源——信息处理网络与无形资源——管控方式组合的适配,发展了诸如信息分解能力、信息加速能力与信息共享能力,从而实现复杂产品的制造敏捷性(如图4).

(1) 计划阶段强调信息分解能力.作为中国大型现代化飞机制造企业,沈飞公司首先同时处理军机、民机与通航产品的多业务挑战,同时每个业务又包含着不同项目与型号的多项目信息分解.其次,由于航空复杂产品属于小批量甚至单件生产的模式,容易出现零件生产完成率大大高于配套率的情况.因此,该阶段信息处理能力主要体现在精确分解全年生产计划,提高生产配套率.

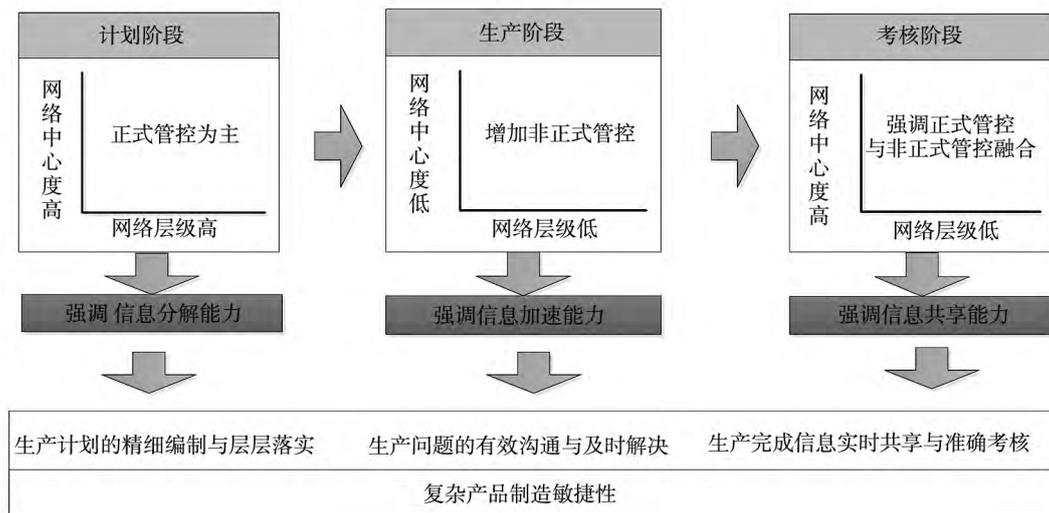


图 4 沈飞信息处理能力促进复杂产品制造敏捷性

Fig. 4 Information processing capability promotes manufacturing agility of complex product at SF

正式管控方式有利于实现信息分解能力.沈飞在计划阶段,信息网络结构呈现网络中心度与网络层级高的特征,该网络结构支持组织采用正式且明确的信息沟通方式.所以,沈飞采用目标管控与行为管控的正式管控组合,约束相关部门;反过来,组织的正式管控也影响信息处理行为,完善信息处理网络,促进生产计划的精确分解.信息

处理网络结构与正式管控方式的互动,提高了沈飞的信息分解能力.正如生产部崔助理所述“借助系统,目前的排产工作可以安排到加工零件的时间、类型、数量等,航空产品排产强调配套,所以在信息系统的后期开发中我们加强了这个功能.”

信息分解能力使得沈飞能够将多项目多型号生产计划做到精确编制与层层落实,生产计划的制定时间也大为缩短,这被视为实现敏捷制造的重要条件^[66].正如李部长说“使用这套系统编制生产计划,各个项目的开工、完工时间更加精确,逻辑更清晰,还大量减少了制定计划的时间与劳动量,这是敏捷生产的前提.”

(2) 生产阶段强调信息加速能力.复杂产品的制造技术难度大,如何提高信息加速能力,促进航空复杂产品优质按时交付是沈飞公司生产阶段的重要目标.

计划阶段构建的网络层级与网络中心度都较高的信息网络结构,不适于生产信息的快速流通.沈飞需要网络层级与网络中心度都尽量低的结构快速处理复杂的信息需求.信息技术部的王主任曾说“生产线上出现的问题,要马上能在看板上显示,有关单位通过系统能够快速反应,大家都在同一个平台上工作,互相快速沟通信息,力保生产线按节拍运转…….”

自我管控与文化管控组合的非正式管控方式有利于公司信息的快速传播,发展信息加速能力.信息加速能力既有助于对生产风险的实时监控,还有利于各个部门的信息通畅与提高解决问题的速度.对于信息加速能力的发展,零件生产部李部长曾自豪地表示“信息技术使我们能够对生产风险进行实时监控,并通过MES系统,电子看板系统等手段对相关部门下达组织调度指令,解决了最大的管理沟通与效率问题…….现在一个小时能解决过去开一整天会议也难以厘清问题.”

信息加速能力使得沈飞能对生产中遇到的问题进行有效沟通与及时解决,而这也被视为敏捷性的重要体现^[4].正如崔助理曾举例“关键设备看板系统的建立后,2012年各月故障停机小于5台次,比2011年同期减少约5台次,评价停机故障率为8.1%,降幅达7.2%……快速及时的解决

生产问题是沈飞生产敏捷性的最好体现。”

(3) 考核阶段强调信息分享能力。航空复杂产品技术复杂,系统集成的零件、元器件和标准件多达数百万项,这给零件生产标准工时的确定、生产任务的准确考核带来了巨大的挑战。谈及这方面的问题,零件生产部李部长回忆到“考核员工的绩效,意味着要对每一个零件制定出标准工时,而制定定额的人很难了解几万个零件的工时,以前任务完成情况搁在纸面上,管的人听别人汇报,无法考核;就算是去现场看,也不认识那么多零件……”

沈飞公司通过信息共享促进考核公平。该阶段的信息处理网络结构和计划阶段、生产阶段不一样,它的网络中心度(围绕生产任务完成信息)与网络层级(相关部门均等分享信息)呈现出一高一低的形态。沈飞采用了正式管控与非正式管控组合的方式,相关部门实时共享生产信息,员工按照公司目标,保质保量保进度的完成工作,实现复杂产品制造的敏捷性。孙副部长感慨到“根据生产部门的考核要求,沈飞连接了十八个生产厂的MES系统,生产完成情况能够在平台上共享,一目了然,如何奖罚,大家都清楚。既实现了生产绩效刚性考核,又能够鼓励大家保质保量保进度的完成任务。”

信息共享能力同样是实现敏捷性的关键能力^[4],因为它使得生产完成信息能够实时共享并被准确考核,这既缩短了考核时间,又避免了员工之间的推诿扯皮,这些都是敏捷性的重要体现。李部长感慨到“有这套系统后,跟之前相比,考核数据完整性提高95%,统计,记录工作量减少80%以上,库存降低12%,而工人绩效提高20%,这无疑对促进有着数百万个零部件的飞机制造实现敏捷性至关重要。”

4 讨论

企业敏捷性因其独特性与重要性引起了国内外学术界的广泛研究。但以往的文献对信息技术是否促进企业敏捷性,出现了截然相反两种结论^[65-66],缺乏对复杂产品制造敏捷性的过程研究。研究对象的单一(主要关注可大规模制造的

简单产品)与研究过程的忽视,导致制造敏捷性理论研究徘徊不前,也不利于指导中国装备制造业的发展.本文以航空复杂产品如何实现制造敏捷性,构建出信息技术促进复杂产品制造敏捷性的过程模型(图5),发展了制造敏捷性理论研究.

4.1 主要结论

第一,基于动态的视角,识别出复杂产品制造中信息处理能力的重要性,发现信息处理能力包括信息分解、信息加速、信息共享三类能力.为了解决计划阶段的多业务、多项目并行,零部件生产配套要求高的制造难题,企业需要提高信息分解能力;为了应对生产阶段的制造工艺复杂,多部门协调的挑战,企业需要培养信息加速能力;为了应对庞大的数据整理与复杂任务考核的挑战,企业需要发展信息共享能力.

第二,发现了信息技术能否促进企业敏捷性,取决于企业能否发展信息处理能力.信息技术能否促进企业敏捷性在理论研究中存在二种截然相反的看法^[67-68].在企业实践活动中,中航工业内部存在导入信息技术却没有显著提高制造敏捷性的事实.而沈飞为什么导入信息技术能提高企业

敏捷性?通过研究发现,企业始终重视培育信息处理能力,既包括信息技术基础设施、网络构建等硬件投入,也包括生产理念、文化建设等软实力的培育.此外,本研究还发现信息处理网络与管控方式是发展信息处理能力的两个关键因素.换句话说,动态的信息处理网络与管控方式体现了沈飞的信息处理能力,也是信息技术推动制造敏捷性的关键因素.

第三,探讨了提高信息处理能力的条件与关键路径.本研究发现,管控方式与信息处理网络的相互适配有利于提高信息处理能力.当网络中心度与网络层级较高时,企业适宜采用正式管控;当二者都较低时,企业会增加非正式管控;当网络中心度与网络层级一高一低时,企业适合采取正式管控与非正式管控相融合的方式.企业选择高低不同的网络中心度与网络层级,与其产品制造的复杂度,制造流程中对信息的处理需求密切相关.不同的管控方式能促进或者阻碍信息处理网络发挥作用.因此,管控方式与信息处理网络的相互适配是提高信息处理能力的关键.

4.2 理论价值

上述三个主要结论的理论贡献分别体现在以下三个方面:

第一,以往的文献主要采用静态的视角,指出企业信息处理能力在生产过程中的重要作用,把信息处理能力笼统的当成一个整体,并通过引入客户管理能力、流程管理能力与绩效管理能力等其它组织能力为中介变量,研究其与企业绩效之间的关系^[38],缺乏对信息处理能力的深入研究^[37].本文在已有研究的基础上进行扩展,识别出复杂产品生产流程的计划、生产与考核三个阶段,企业需要分别培养信息分解、信息加速、信息共享三类能力.本文为研究信息处理能力提供了动态的研究视角,结合不确定性较高的复杂产品制造,发现依据信息处理的对象不同,企业需要不同的信息处理能力.

第二,以往的文献主要聚焦于企业信息处理能力是否满足了信息处理的需求^[15],但是并没有回答如何发展企业信息处理能力^[14].复杂产品比简单产品的信息处理需求更为复杂,沈飞公司首先识别复杂产品生产流程的不同阶段的信息处理需求,构建不同的信息处理网络结构(网络层级与网络中心度的高低),并结合正式(目标管控、行为管控)或非正式(自我管控、文化管控)的管控方式,发展了信息分解、信息加速与信息共享的三种信息处理能力.这扩展了 Wang et al.^[37]提出的企业需要通过合理的IT基础设施投资以及足够的组织协调活动来实现IT处理解决方案这一结论.

第三, Ahuja & Carley^[46]的理论研究只发现网络中心度和网络层级的高低与业务复杂度的大小有紧密关系,同时 Choudhury et al.^[54]与 Kirsch et al.^[56]的研究也仅指出存在不同管控方式的组合,没有说明应在什么条件下采用何种管控方式的组合.本研究发现产品制造的信息处理需求影响了信息处理网络结构的形成(网络中心度与网络层级的高低);为提高信息处理网络结构的效果,企业需要采用相应的管控方式(正式管控与非正式管控),从而提升信息处理能力.本研究的发现也能解释那些导入信息技术却没有促进制造敏捷性的原因,这些企业虽然发展信息技术的基础设施与网络构建,但没有采取相适配的管理机

制,从而导致信息处理能力不足,影响企业制造的敏捷性.

4.3 管理启示

本研究的管理启示主要体现在以下三点:

第一,企业应根据产品生产特征,识别出不同生产流程中相应的信息处理需求.企业管理者要识别产品复杂性,各个部门生产流程中的互相依赖度,制造流程对信息交互的实时性要求等信息.

第二,提高企业信息处理能力.企业运用信息技术,构建不同的IT信息处理网络,并结合相应的管控方式.一般来说,不同的IT信息处理网络结构需要相应的管控方式,而管控方式的实施又推动与完善IT信息处理网络结构.网络层级高的信息处理网络结构支持刚性的管控方式,而网络层级低的信息处理网络结构则支持柔性的管控方式.

第三,关注信息处理需求与信息处理能力的匹配.这种匹配旨在保证整个生产流程中相关信息准确及时的交互,从而有助于企业快速有效的进行决策,实现企业敏捷性.

5 结束语

尽管文献已经发现IT技术与企业敏捷性存在密切的关系^[9],但是对IT技术如何促进企业制造敏捷性的过程研究仍然缺乏^[14],针对复杂产品制造敏捷性的研究尤为不足.为了补足这一文献缺口,本文通过案例分析发现企业在生产的不同阶段,可通过构建网络层级与网络中心度高低不同的信息处理网络结构,并引入相应的管控方式,发展出信息分解,信息加速与信息共享三类能力,从而实现信息技术促进复杂产品敏捷制造的目标.

本文采用的案例研究方法,虽然在归纳性或外部效度方面往往遭受质疑^[69],但本文的研究发现不仅来源于案例所提供的第一手资料,还结合信息处理等相关理论,运用从案例到理论的“分析性归纳”的原理^[70],使推导的模型更具有普遍性.本文属于探索性研究,目的在于识别关键要素以及探讨要素之间的依存关系,未来可考虑使用

量化分析的方法进行统计验证,使得模型更加完善。本研究团队将继续关注沈飞公司是如何基于 IT 系统的平台,实现多项目需求下的产品创新等研究问题。

参考文献:

- [1] Wang Z, Pan S L, Ouyang T H, et al. Achieving IT-enabled enterprise agility in china: An evolving IT organizational identity perspective [J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2014, 61(1): 182 – 195.
- [2] Tseng Y H, Lin C T. Enhancing enterprise agility by deploying agile drivers, capabilities and providers [J]. *Information Sciences*, 2011, 181(17): 3693 – 3708.
- [3] Sull D. How to thrive in turbulent markets [J]. *Harvard Business Review*, 2009, 87(2): 78 – 88.
- [4] Overby E, Bharadwaj A, Sambamurthy V. Enterprise agility and the enabling role of information technology [J]. *European Journal of Information Systems*, 2006, 15(2): 120 – 131.
- [5] 耿汝光. 大型复杂航空项目管理 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2012.
Geng Ruguang. *Project Management of Large-Scale Complex Aviation* [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2012. (in Chinese)
- [6] Hobday M. Product complexity, innovation and industrial organization [J]. *Research Policy*, 1998, 26(6): 689 – 710.
- [7] Wu J, Li R. Modeling the relationship between IT capability, uncertainty and organizational performance: An Empirical Study [C]. *Advanced Management of Information for Globalized Enterprises*. 2008: 1 – 5. IEEE Symposium on Tianjin, China.
- [8] Raschke R L. An empirical analysis of business process agility: Examining the Relationship of IT on Business Process Agility and the Effects of Business Process Agility on Process Outcomes [D]. Phoenix: Arizona State University, 2007.
- [9] Sambamurthy V, Bharadwaj A, Grover V. Shaping agility through digital options: Reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms [J]. *MIS Quarterly*, 2003, 27(2): 237 – 263.
- [10] Goh J C L, Pan S L, Zuo M. Developing the agile IS development practices in large-scale IT projects: The trust-mediated organizational controls and IT project team capabilities perspectives [J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2013, 14(12): 722 – 756.
- [11] Huang P Y, Ouyang T H, Pan S L, et al. The role of IT in achieving operational agility: A case study of Haier, China [J]. *International Journal of Information Management*, 2012, 32(3): 294 – 298.
- [12] Yang S L, Li T F. Agility evaluation of mass customization product manufacturing [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2002, 129(1): 640 – 644.
- [13] Jacobs M, Droge C, Vickery S K, et al. Product and process modularity's effects on manufacturing agility and firm growth performance [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2011, 28(1): 123 – 137.
- [14] Huang P Y, Pan S L, Ouyang T H. Developing information processing capability for operational agility: Implications from a Chinese manufacturer [J]. *European Journal of Information Systems*, 2014, 23(4): 462 – 480.
- [15] Mani D, Barua A, Whinston A. An empirical analysis of the impact of information capabilities design on business process outsourcing performance [J]. *MIS Quarterly*, 2010, 34(1): 39 – 62.
- [16] Glenn M, Stahl G. Organizational agility: How business can survive and thrive in turbulent times [J]. *The Economist*, 2009: 1 – 25.
- [17] Hobday M. Complex system vs mass production industries: A new innovation research agenda [C]. Paper prepared for CENTRIM/SPRU/OU Project on Complex Product Systems, EPSRC Technology Management Initiative, 1996, 6: 37 – 56
- [18] Ethiraj S K. Allocation of inventive effort in complex product systems [J]. *Strategic Management Journal*, 2007, 28(6): 563 – 584.
- [19] Hansen K. L, Rush H. Hotspots in complex product systems: Emerging issues in innovation management [J]. *Technovation*, 1998, 18(8): 555 – 561.
- [20] 苏敬勤, 刘 静. 复杂产品系统制造企业的动态能力演化: 一个纵向案例研究 [J]. *科研管理*, 2013, 34(8): 58

-67.

Su Jingqin , Liu Jing. Dynamic capabilities evolution of the manufacturers of complex products and systems: A longitudinal case study [J]. *Science Research Management* , 2013 , 34(8) : 58 - 67. (in Chinese)

[21] Davies A , Brady T. Policies for a complex product system [J]. *Futures* , 1998 , 30(4) : 293 - 304.

[22] Prencipe A. Technological capabilities and product evolutionary dynamics: A case study from the aero engine industry [J]. *Research Policy* , 1997 , 25(8) : 1261 - 1276.

[23] Miller R , Hobday M , Lerouxdemers T , et al. Innovation in complex systems industries: The case of flight simulation [J]. *Industrial Corporate Change* , 1995 , 4(2) : 363 - 400.

[24] Dove R. Response Ability: The Language , Structure , and Culture of the Agile Enterprise [M]. New York: John Wiley & Sons , 2002.

[25] Nagel R N , Dove R. 21st century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View [M]. Darby: Diane Publishing , 1991.

[26] Gunasekaran A. Agile manufacturing: A framework for research and development [J]. *International Journal of Production Economics* , 1999 , 62(1) : 87 - 105.

[27] Narasimhan R , Swink M , Kim S W. Disentangling leanness and agility: An empirical investigation [J]. *Journal of Operations Management* , 2006 , 24(5) : 440 - 457.

[28] 王念新 , 仲伟俊 , 梅姝娥. 信息技术战略价值及实现机制的实证研究 [J]. *管理科学学报* , 2011 , 14(7) : 55 - 70.

Wang Nianxin , Zhong Weijun , Mei Shu'e. Strategic value of information technology: An empirical study [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2011 , 14(7) : 55 - 70. (in Chinese)

[29] 杨 青 , 黄丽华 , 何 崑. 企业规划与信息系统规划战略一致性实证研究 [J]. *管理科学学报* , 2003 , 6(4) : 43 - 54.

Yang Qing , Huang Lihua , He Kun. Empirical study on strategic alignment of business planning and information systems planning [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2003 , 6(4) : 43 - 54. (in Chinese)

[30] Cao Q , Dowlatshahi S. The impact of alignment between virtual enterprise and information technology on business performance in an agile manufacturing environment [J]. *Journal of Operations Management* , 2005 , 23(5) : 531 - 550.

[31] Tallon P P. Inside the adaptive enterprise: An information technology capabilities perspective on business process agility [J]. *Information Technology and Management* , 2008 , 9(1) : 21 - 36.

[32] Lu Y , Ramamurthy K R. Understanding the link between information technology capability and organizational agility: An empirical examination [J]. *MIS Quarterly* , 2011 , 35(4) : 931 - 954.

[33] Galliers R D. Strategizing for agility: Confronting information systems inflexibility in dynamic environments [M]. Burlington: Butterworth-Heinemann , Elsevier Inc. , 2007

[34] Galbraith J R. Designing complex organizations [M]. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co. , Inc. , 1973.

[35] Tushman M L , Nadler D A. Information processing as an integrating concept in organizational design [J]. *Academy of Management Review* , 1978 , 3(3) : 613 - 624.

[36] Gattiker T F. Enterprise resource planning (ERP) systems and the manufacturing-marketing interface: An information-processing theory view [J]. *International Journal of Production Research* , 2007 , 45(13) : 2895 - 2917.

[37] Wang E T G , Tai J C F , Grover V. Examining the relational benefits of improved interfirm information processing capability in buyer-supplier dyads [J]. *MIS Quarterly* , 2013 , 37(1) : 149 - 173.

[38] Mithas S , Ramasubbu N , Sambamurthy V. How information management capability influences firm performance [J]. *MIS Quarterly* , 2011 , 35(1) : 237 - 256.

[39] Premkumar G , Ramamurthy K , Saunders C S. Information processing view of organizations: An exploratory examination of fit in the context of inter organizational relationships [J]. *Journal of Management Information Systems* , 2003 , 22(1) : 257 - 294.

[40] Kohli R , Kettinger W J. Informing the clan: Controlling physicians' costs and outcomes [J]. *MIS Quarterly* , 2004 , 28(3) : 363 - 394.

[41] Kwon D , Oh W , Jeon S. Broken ties: The impact of organizational restructuring on the stability of information-processing

- networks [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2007, 24(1): 201–231.
- [42] Owen-Smith J, Powell W W. Knowledge networks as channels and conduits: The effects of spillovers in the Boston biotechnology community [J]. *Organization Science*, 2004, 15(1): 5–21.
- [43] Kodama M. How two Japanese high-tech companies achieved rapid innovation via strategic community networks [J]. *Strategy & Leadership*, 2005, 33(6): 39–47.
- [44] Pan S L, Pan G, Leidner D E. Crisis response information networks [J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2012, 13(1): 31–56.
- [45] Fulk J, DeSanctis G. *Shaping Organization Form: Communication, Connection, and Community* [M]. Thousand Oaks: Sage Publications 1999.
- [46] Ahuja M K, Carley K M. Network structure in virtual organizations [J]. *Journal of Computer Mediated Communication*, 1998, 3(4): 741–757.
- [47] Hummon N P, Fararo T J. Actors and networks as objects [J]. *Social Networks*, 1995, 17(1): 1–26.
- [48] Bharadwaj A S. A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation [J]. *MIS Quarterly*, 2000, 24(1): 169–196.
- [49] Eisenhardt K M. Control: Organizational and economic approaches [J]. *Management Science*, 1985, 31(2): 134–149.
- [50] Ouchi W G. Markets, bureaucracies, and clans [J]. *Administrative Science Quarterly*, 1980, 25(1): 129–141.
- [51] Cardinal L B, Sitkin S B, Long C P. Balancing and rebalancing in the creation and evolution of organizational control [J]. *Organization Science*, 2004, 15(4): 411–431.
- [52] Leifer R, Mills P K. An information processing approach for deciding upon control strategies and reducing control loss in emerging organizations [J]. *Journal of Management*, 1996, 22(1): 113–137.
- [53] Turner K L, Makhija M V. The role of organizational controls in managing knowledge [J]. *Academy of Management Review*, 2006, 31(1): 197–217.
- [54] Choudhury V, Sabherwal R. Portfolios of control in outsourced software development projects [J]. *Information Systems Research*, 2003, 14(3): 291–314.
- [55] Kirsch L S. Portfolios of control modes and IS project management [J]. *Information Systems Research*, 1997, 8(3): 215–239.
- [56] Kirsch L J, Ko D G, Haney M H. Investigating the antecedents of team-based clan control: Adding social capital as a predictor [J]. *Organization Science*, 2010, 21(2): 469–489.
- [57] Kirsch L J, Sambamurthy V, Ko D G, et al. Controlling information systems development projects: The view from the client [J]. *Management Science*, 2002, 48(4): 484–498.
- [58] Rustagi S, King W R, Kirsch L J. Predictors of formal control usage in IT outsourcing partnerships [J]. *Information Systems Research*, 2008, 19(2): 126–143.
- [59] Eisenhardt K M. Building theories from case study research [J]. *Academy of Management Review*, 1989, 14(4): 532–550.
- [60] Patton M Q. *How to Use Qualitative Methods in Evaluation* [M]. Thousand Oaks: Sage Publications, 1987.
- [61] Glaser B G, Strauss A L. *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research* [M]. Piscataway: Transaction Publishers, 2009.
- [62] Yin R K. *Case Study Research: Design and Methods* [M]. Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.
- [63] Pan S L, Tan B. Demystifying case research: A structured-pragmatic-situational (SPS) approach to conducting case studies [J]. *Information and Organization*, 2011, 21(3): 161–176.
- [64] Strauss A, Corbin J. *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* [M]. Thousand Oaks: Sage Publications, 1998.
- [65] Bonacich P. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification [J]. *Journal of Mathematical Sociology*, 1972, 2(1): 113–120.
- [66] Uzsoy R, Lee C Y, Martin-Vega L A. A review of production planning and scheduling models in the semiconductor industry part I: system characteristics, performance evaluation and production planning [J]. *IIE Transactions*, 1992, 24(4): 47–

60.

- [67] Mithas S, Tafti A, Bardhan I, et al. Information technology and firm profitability: Mechanisms and empirical evidence [J]. *MIS Quarterly*, 2012, 36(1): 205–224.
- [68] Dedrick J, Gurbaxani V, Kraemer K L. Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence [J]. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2003, 35(1): 1–28.
- [69] Eisenhardt K M, Sull D N. Strategy as simple rules [J]. *Harvard Business Review*, 2001, 79(1): 106–119.
- [70] Eisenhardt K M, Graebner M E. Theory building from cases: Opportunities and challenges [J]. *Academy of Management Journal*, 2007, 50(1): 25–32.

Manufacturing agility of complex products from the perspective of information processing: The case of SF Company

ZENG De-lin, OUYANG Tao-hua*, ZHOU Ning, TAN Zhen-ya, HU Jing-bo

School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China

Abstract: This paper discusses how an enterprise can enhance the manufacturing agility of complex products through the application of information technology. There are completely contradictory findings in the existing literature regarding whether information technology can promote the manufacturing agility of complex products. It is found that by identifying the information processing requirements of complex product manufacturing, building the information processing network structure of different levels of hierarchy and the degree of centralization, and introducing the corresponding organizational control way, the company is capable of using information technology to promote the manufacturing agility of complex products. The study finds that the information processing capability is formed by mutual adapting of the information processing network and organizational control way. The information processing capability includes information decomposition, information acceleration and information sharing. This study opens the “black box” between the information technology and the manufacturing agility of complex products from a dynamic perspective. It has profound guiding significance to develop information processing theory and promote manufacturing agility of complex products in Chinese companies.

Key words: information processing capability; information processing network; organizational control; complex product system; manufacturing agility