

信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系研究

毕克新^{1,2}, 吕健²

(1.哈尔滨工程大学 经济管理学院,黑龙江 哈尔滨 150001;2.哈尔滨理工大学 管理学院,黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要:在具体分析信息化对制造业企业工艺创新影响的基础上,结合制造业企业工艺创新柔性化、智能化、集成化的发展趋势,提出了构建制造业企业工艺创新能力评价指标体系的设计原则,并按照目的性、系统性、探索性等原则构建了信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系,并对该指标体系进行了具体解释。

关键词:信息化;制造业企业;工艺创新能力;评价指标体系

中图分类号:F406.3

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)03-0124-04

1 信息化对制造业企业工艺创新的影响

当前对信息化的含义存在多种理解,较有代表性的一种是:在经济和社会生活中,通过普遍采用IT和电子信息装备,能更有效地开发和利用信息资源,使由于利用了信息资源而创造的劳动价值在国民生产总值中的比重逐步上升,直到占据主导地位的过程^[1]。这个过程涉及经济运作方式、管理体制、法律规章、思想观念等多方面广泛而深刻的变化,是一个长期复杂的过程。制造业信息化就是将信息技术、网络技术、现代管理技术和先进制造技术相结合,并应用到产品生命周期全过程和企业运行管理的各个环节,从而提高制造业企业市场竞争能力的过程。

目前,信息技术迅速渗透并成长为制造业经济中最具增值活力的成分。企业为了能在竞争中立于不败之地,都在紧抓信息技术这一重要资源,期望通过引入信息技术来提高工艺水平,获取竞争优势^[2]。信息化的实施和应用将会直接引起企业工艺创新模式的变化和业务流程的重组,对企业运营的各个环节产生深刻影响。

由于信息化的影响,工艺的范围已不再局限于传统意义的加工、装配、处理和检测,而是扩大到信息化带动下的计算机技术的广泛应用,并由此产生出一系列的新概念和新方法,如成组技术、数据库技术、应用于制造过程的优化方法等。工艺信息化与企业生产各环节的全面结合,大大缩短了生产工艺准备周期和生产周期中物料的流转、存储时间。计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)的一体化

趋势将使工艺设计与工艺生产更趋接近,互相渗透。在工艺创新过程中,运用信息技术可以实现技术开发、产品研制、生产准备集成化,同时推行计算机集成制造技术可以缩短开发周期,降低制造成本,满足顾客多样化的需求;运用CAD、CAM、计算机辅助测试和诊断、柔性技术和自动物料储运系统等可以改造传统制造业的加工、形成、装配和测试等全过程^[3]。这些都印证了工艺创新的方方面面都离不开信息化这个时代技术背景和条件。

由于信息化技术广泛渗透在工艺设计创新,生产工艺创新,工艺流程创新等工艺创新的各个环节,因此我们分别从这3个方面分析信息化对工艺创新的具体影响。

1.1 信息化条件下的工艺设计创新

工艺设计是生产制造过程技术准备工作的一项重要内容,是产品设计与车间实际生产之间的纽带,是经验性很强且随环境变化而变化的决策过程。传统的工艺设计方法已不能适应当前制造业企业向信息化及多品种小批量生产发展的要求,主要表现在:①传统的工艺设计是人工编制的,劳动强度大、效率低,是一项繁琐重复性的工作;②设计周期长,不适应市场多变的要求;③工艺设计是经验性很强的工作,它随产品技术要求、生产环境、资源条件、工人技术水平、企业及社会的技术经济要求而变化,工艺设计的质量依赖于工艺设计人员的水平;④工艺设计最优化、标准化程度较低,经验的继承比较困难。随着信息化的发展和多品种小批量的要求,传统的工艺设计方法已经远远不能满足制造业企业自动化和集成化的要求。

收稿日期:2009-03-07

基金项目:国家自然科学基金项目(70872024,70473019);国家软科学研究计划项目(2007GXS3D081)

作者简介:毕克新(1961-),男,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨工程大学经济管理学院教授,哈尔滨理工大学管理学院教授,博士生导师,研究方向为技术创新与管理;吕健(1981-),男,山东肥城人,哈尔滨理工大学管理学院硕士研究生,研究方向为技术创新与管理。

计算机辅助工艺过程设计(CAPP)的出现克服了传统工艺设计的缺点,它是以产品数据为核心、工艺设计与管理一体化的制造业企业工艺业务信息化平台,是将企业产品设计数据转换为产品制造数据的一种技术。它可以借助计算机技术,完成从产品设计到原材料加工及产品生产所需的一系列加工作^[4]。CAPP对工艺设计创新具有重要意义,其主要表现如下:①可以将工艺设计人员从大量繁琐、重复的手工劳动中解放出来,使他们能集中精力从事新产品开发、工艺装备的改进及新工艺的研究等创新性工作;②可以大大地缩短工艺设计周期,提高工艺设计质量,提升产品在市场上的竞争能力;③有利于发挥有经验的工艺设计人员的经验,提高企业工艺的继承性,特别是在当前制造业企业有经验的工艺设计人员日益短缺的情况下,更具有特殊意义;④可以提高企业工艺设计的标准化,并有利于工艺设计的最优化工作;⑤适应当前日趋自动化的现代制造业的需要,为实现计算机集成制造系统建立必要的集成技术基础,为企业管理信息系统提供技术基础数据源。

同时,CAPP的出现也对制造业企业提出了新的要求。首先,产品零件的数据信息应能充分利用,并建立相应的零件信息数据库;其次,工艺人员的工艺经验、工艺知识要得到充分的利用和共享;第三,制造资源、工艺参数等能以适当的形式建立制造资源及工艺参数库;第四,能够充分利用标准工艺生成新的工艺文件^[5]。

1.2 信息化条件下的生产工艺创新

在我国以信息化改造传统制造业过程中,生产工艺信息化是制造业信息化改造的核心。

首先,这种改造就生产手段而言,是要达到机器的智能化、自动化,从而实现机器辅助、延长或部分取代人的信息功能。其次,就改造生产手段的技术方式而言,是将物质生产过程视为获取、存贮、处理、传输、控制信息的流动过程,从而在人机、机机以及机器与劳动对象之间,以数字化作为共同的桥梁,建立起自动化系统,人作为控制中心,游离于直接劳动过程之外。最后,生产手段的根本性变化,促使适应这种高效、快速生产过程的新的组织形式应运而生,这种组织形式必须适应信息流动,而不只是物体的置放、位移,实现人员的层层分工、工序工位的有效安排等工艺管理要素的重新组合^[6]。生产管理部门主要关注的对象变成信息、知识和人才,而不是传统的原料、设备和普通劳动力。

因此,信息技术在生产工艺创新中的应用主要表现在3个方面:一是通过计算机的辅助技术实现工业生产的自动化;二是通过机电一体化技术实现机器及产品的智能化;三是计算机集成控制系统将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术等有机结合,将工艺设计和制造过程中相关的人员、设备、经营管理和技术等要素有机结合起来,实现生产制造系统中的各种活动、信息的有机集成并优化运行。

1.3 信息化条件下的工艺流程创新

信息化的应用使得工艺流程再造成为可能。信息化的发展要求制造业企业打破传统的基于劳动分工理论建立起

来的工艺流程,建立面向客户需求的新工艺流程,同时在这个过程中必然会引起组织职能的重新分工和组织结构的变革^[7]。制造业企业的生产过程包括物流、能量流和信息流,其中信息流是最活跃的,物流和能量流都是在信息流的指挥下运动的。因此信息化在工艺流程创新中的作用是使企业运作的各种信息有序化,以加快信息的处理和传递速度,形成连续的信息流,进而改造传统的工艺流程和工作方法,减少环节,提高效率,降低成本^[8]。

具体来讲,数据库、网络、通信技术可以突破劳动分工的束缚,信息化技术使得一个人可以在不降低效率的基础上完成以往多个人才能完成的工作,信息共享和信息快速流动大大消除了各工艺环节间的壁垒和时延。人们开始倾向于将信息技术视为与组织管理同等重要的工艺流程创新协同因素。信息技术的应用,从根本上改变了组织收集、处理、利用信息的方式,从而导致组织形式的巨大变革,推动了工艺流程再造乃至组织结构的重构^[9]。一方面计算机系统将取代中层监督和控制部门的大量职能,加强决策层与执行层的直接沟通,使中层管理的作用大为降低,从而减少了管理层次,削减了机构规模;另一方面,各种“工作小组”将成为生产的基本活动单位,生产方式从控制型转为参与型,实现了充分授权。这种组织形式通过水平、对等的信息传递来协调各生产部门、各生产小组之间的活动,实现了动态管理,使信息沟通畅通、及时,降低监督协调成本。

信息化的应用带来工艺流程的重组和优化,可以使工艺人员在产品设计阶段即参与工艺设计和工装设计,并从结构工艺性方面及时对设计方案提出意见和建议,将工艺生产的工时、材料等数据及时传递给计划采购部门,进行生产准备。同时关键零件的试制可在整机设计完成之前进行。近年来,应用计算机技术及现代测试技术形成的加工工艺模拟及优化设计技术风靡全球。如机械制造业的材料热加工,就可以应用模拟工艺创新。首先虚拟现实材料热加工的工艺过程,预测工艺结果,并通过不同的参数比较以优化工艺设计,确保大件制造一次成功,避免多次的实物试验,使得工艺创新成本减少。

通过分析信息化对制造业企业工艺创新的影响,即信息化在工艺创新中的具体应用,我们可以用CAPP应用率和工艺设计周期缩短率两个指标来考察信息化对工艺设计创新的影响;用生产过程计算机自动控制应用率指标来考察信息化对生产工艺创新的影响;用生产计划响应时间缩短率和工艺创新仿真技术应用率两个指标来考察信息化对工艺流程创新的影响。这些指标都可以作为信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系的一部分。

2 信息化条件下制造业企业工艺创新发展趋势

快速发展的信息技术必将会把制造业企业工艺创新推向一个崭新的发展阶段。研究信息化条件下制造业企业工艺创新的发展趋势,可以为制定信息化条件下制造业企业工

艺创新能力评价指标提供参考。工艺创新发展趋势主要有以下几方面:

2.1 柔性化工艺创新

生产柔性化是市场对制造业企业的新要求。随着人们生活水平的提高,人们追求时尚和个性的愿望增强,市场订单的要求必然多变,这对制造企业的柔性化生产提出了要求,柔性的制造系统才能适应动态的市场需求。随着信息技术的发展,制造业企业可以充分依靠信息网络提高自己的工艺设计生产水平,统一的用户终端、交叉的平台能力、广为接受采用的标准为企业打开了无纸设计的大门。供应商和消费者可以将自身的需求通过直接联系而进行集成。图形设计师和生产部门的工程师及管理专家也可以利用这种交互式媒体来收集和交换信息。同时信息技术的使用也促进了工业的轻型化和效益的提高,使以需定产、按消费者特殊要求设计的生产变得简单可行。

只有运用了先进技术的工艺创新才能满足未来产品柔性化生产的需求。企业直接面向用户不断更新个性化的需求,完全按照订单生产,可重新编程、重新组合、快捷化地加工,以实现快速生产新产品及各种变形产品,从而使生产高性能产品达到与大批量生产同样的效益,而信息技术是实现这一目标的根本保证。

2.2 智能化工艺创新

微电子、计算机、自动化技术与工艺设备相结合,形成了从单机到系统,从刚性到柔性,从简单到复杂等不同档次的自动化成形加工技术,使工艺过程控制方式发生了质的变化。未来的工艺趋向于实现自动化、智能化,具体表现在三方面:①应用集成电路、可编程序控制器等新型控制元件、装置实现工艺设备的单机、生产线或系统的自动化控制;②应用新型传感、无损检测及计算机、微电子技术,实时测试并监控工艺过程;③将CAD/CAPP/CAM、机器人、自动化搬运仓储、管理信息系统等自动化单元技术综合用于工艺设计、工艺加工及物流过程,形成档次不同的智能化系统^[10]。

2.3 集成化工艺创新

传统的建立在简单劳动分工和单一管理技术基础上的功能部门管理方式阻碍了快速工艺创新。集成化工艺创新通过创造性的思维和优势互补的竞争合作机制,运用生产要素的优化组合,增进了设计、工艺、制造等基本活动之间的交流协作^[11]。以技术、组织、人有效集成的现代集成制造系统在工艺创新过程中将会发挥越来越大的作用,通过集成优化,最终达到产品上市快、高质量、低消耗、服务好的目标。

3 评价指标体系的设计原则

在建立评价指标体系时,不仅要考虑信息化条件下工艺创新的自身特点,还应遵循一定的设计原则:

(1)目的性原则。在信息化宏观背景下,系统地对我国信息化条件下制造业企业工艺创新能力进行测度与评价,可

以为我国各级政府、行业或企业掌握信息化环境对工艺创新活动的影响,科学地制定促进制造业企业信息化的相应政策提供依据。

(2)系统性原则。构造信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系是一项复杂的系统工程,必须真实地反映信息化条件下工艺创新能力的基本特征。各指标间应相互独立,又相互联系,共同构成一个有机整体。指标体系应从宏观到微观逐步深入,形成一个完善的指标系统。

(3)探索性原则。信息化条件下的工艺创新能力评价指标体系是目前有关学者正在探索研究的课题,目前对工艺创新能力评价的研究很少。本文所建立的信息化条件下工艺创新能力评价指标体系,是在已有的技术创新评价研究和对企业信息化建设评价研究的基础上,综合现代制造业企业工艺创新能力的特点深入探索而构建的。

(4)重点突出原则。信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标设计因素非常复杂,可供选择的指标也有很多。根据评价的层次和深度的要求不同,指标体系的设计可以有多种选择。因此必须从宏观入手,尽量抓住能反映出工艺创新能力和信息化特征的主导因素来设计指标,使指标重点突出,具有较强的综合性、包容性,以保证所设计的指标简明实用。

(5)可操作性原则。信息化条件下工艺创新能力评价指标体系设计要简明扼要、含义明确、科学合理,既要考虑其比较、分析和综合评价的功能性,还要考虑能够提供制造业企业工艺创新数据资料的可能性,对设计的指标能够进行有效测度或统计^[12]。

4 信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系的构建

目前国内外对工艺创新能力评价的研究很少,特别是对信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价的研究更是比较少见。在分析了信息化对制造业企业工艺创新的具体影响和信息化条件下制造业企业工艺创新发展趋势的基础上,本文将传统指标体系与体现信息化因素的指标体系有机地结合在一起,构建出信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系。该指标体系主要包括4项一级指标:①工艺创新投入能力;②工艺创新产出能力;③工艺创新信息化建设能力;④工艺创新信息化应用能力。其中前两项指标是按照传统意义上投入产出的评价模式建立的,而后两项指标则侧重于对制造业企业工艺创新信息化能力的考察,具体见表1。

(1)a11 工艺创新投入能力。工艺创新投入能力是从投入产出角度出发对制造业企业工艺创新能力的考察,是整个工艺创新过程的开始,包括人力及物力的投入。其中对人力投入的考察包括两个指标:a111 工艺创新人员比重和 a112 工艺创新教育培训经费比重。对工艺创新物力投入指标包括 a113 工艺创新 R&D 投入比重和 a114 技术引进与技术改造费用比重。这几项指标大都具有比较普遍性的特征,这就为指标的选择提供了便利,使得制造业企业工艺创新能力评

价指标的设置具有可操作性。

表1 信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系

层面	一级指标	二级指标
信息化条件下制造业企业工艺创新能力	a ₁ 工艺创新投入能力	a ₁₁₁ 工艺创新人员比重
		a ₁₁₂ 工艺创新教育培训经费比重
		a ₁₁₃ 工艺创新 R&D 投入比重
		a ₁₁₄ 技术引进与技术改造费用比重
	a ₁₂ 工艺创新产出能力	a ₁₂₁ 工资成本减少率
		a ₁₂₂ 原材料消耗减少率
		a ₁₂₃ 废品降低率
		a ₁₂₄ 劳动生产率提高率
	a ₂₁ 工艺创新信息化建设能力	a ₂₁₁ 工艺创新信息化经费投入比重
		a ₂₁₂ 工艺创新信息技术人员比重
		a ₂₁₃ 工艺创新信息化软件系统比重
		a ₂₁₄ 工艺创新信息化制造设备比重
a ₂₂ 工艺创新信息化应用能力	a ₂₂₁ CAPP 应用率	
	a ₂₂₂ 工艺设计周期缩短率	
	a ₂₂₃ 生产过程计算机自动控制应用率	
	a ₂₂₄ 生产计划响应时间缩短率	
		a ₂₂₅ 工艺创新仿真技术应用率

(2)a₁₂ 工艺创新产出能力。工艺创新产出能力是制造业企业工艺创新能力的效益产出指标,反映工艺创新能力的产出效益。包括 a₁₂₁ 工资成本减少率、a₁₂₂ 原材料消耗减少率、a₁₂₃ 废品降低率、a₁₂₄ 劳动生产率提高率和 a₁₂₅ 工艺创新技术输出收入比重。这些指标是根据制造业企业工艺创新要达到的经济目标或可能给企业带来的直接经济效益而建立的。a₁₂₆ 工艺创新对减少环境污染的影响程度则是侧重考察工艺创新的社会效益产出能力。

(3)a₂₁ 工艺创新信息化建设能力。信息化建设是以计算机、网络技术等为手段,制造业企业要实现工艺创新的信息化,必须先进行信息化支撑系统建设。工艺创新信息化建设能力指标主要是用来衡量制造业企业对信息化的投入规模、软硬件建设以及数据库建设情况。分别通过 a₂₁₁ 工艺创新信息化经费投入比重、a₂₁₂ 工艺创新信息技术人员比重、a₂₁₃ 工艺创新信息化软件系统比重、a₂₁₄ 工艺创新信息化制造设备比重和 a₂₁₅ 工艺信息数据库标准化程度等指标来体现。

(4)a₂₂ 工艺创新信息化应用能力。评价工艺创新信息化应用能力要考察信息化对工艺创新影响的几个方面,即用 a₂₂₁ CAPP 应用率和 a₂₂₂ 工艺设计周期缩短率来考察工艺设计创新中的信息化应用能力,用 a₂₂₃ 生产过程计算机自动控制应用率来考察生产工艺创新中的信息化应用能力,用 a₂₂₄ 生产计划响应时间缩短率和 a₂₂₅ 工艺创新仿真技术应用率来考察工艺流程创新中的信息化应用能力。

5 结束语

本文在分析了信息化对制造业企业工艺创新的具体影响和信息化条件下制造业企业工艺创新发展趋势的基础上,将传统指标体系与体现信息化因素的指标体系有机地结合在一起,构建出信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系。其中工艺创新信息化建设能力和工艺创新信息化应用能力指标突出体现了信息化条件下制造业企业工艺创新能力的新特征,为系统、准确、合理地测度信息化条件下的制造业企业工艺创新能力提供了依据。研究表明,信息化条件下,制造业企业工艺创新在注重运用投入产出等传统指标的同时,更应该注重提高信息化技术在工艺创新中的应用水平。随着信息化进程的加快,制造业企业工艺创新必须适应新的变化,加大对信息化的投入,通过信息技术在工艺创新中的广泛应用,推动和改造庞大的制造业,这是实现我国制造业产业优化升级和提升创新能力的有效途径。

参考文献:

- [1] 杜栋,周娟.企业信息化的评价指标体系与评价方法研究[J].科技管理研究,2005(1):60-61.
- [2] 金世伟,李一军,李剑锋.信息化条件下组织绩效的评价范式[J].自然辩证法研究,2005(5):25-27.
- [3] 王子龙.中国装备制造业系统演化与评价研究[M].北京:科学出版社,2007:18-27.
- [4] 杨筱莉.利用 CAPP 制造企业工艺业务信息化平台[J].科技信息,2007:307.
- [5] 赵岩.网络环境下的工艺信息标准化描述模型[J].计算机集成制造系统,2008,14(6):1106-1112.
- [6] 李时椿.信息化推进我国制造业的新型工业化[J].科技管理研究,2007(4):46.
- [7] 彭康,吕本富,胡新爱.企业信息化水平测评的思考[J].科学学研究,2003,21:226-229.
- [8] BOLLINGER J G, et al. Visionary manufacturing challenges for 2020 [M]. National Academy Press, 1999: 26-28.
- [9] 王印红,谭章禄.信息技术时代企业信息化阶段模型研究[J].管理现代化,2007(3):32-34.
- [10] ADRIEN P, JOSEPH S, DONALD H.A soft-systems methodology approach for product and process innovation [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2002, 57(3):379-392.
- [11] TANG H.K. An integrative model of innovation in organizations [J]. Technovation, 1998, 18(5):297-309.
- [12] 张勇刚.企业信息化测度理论与方法研究[J].科研管理,2006,27(1):107-113.

(责任编辑:陈晓峰)