

# 基于先进制造技术的学习和技能获取过程： 一个整合的概念性框架

杨东涛<sup>1</sup>,黄忠东<sup>1,2</sup>,

(1.南京大学 商学院,江苏 南京 210093;2.徐州工程学院 管理学院,江苏 徐州 221008)

**摘 要:**在简要回顾各种相关理论,分析它们之间的关系基础上,对上述理论观点进行整合,形成一个概念性框架。这一框架将有助于管理者更好地理解先进制造技术的学习和技能获取过程,从而有效地管理先进制造技术。

**关键词:**先进制造技术;技能获取;概念性框架

**中图分类号:**G302

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2008)11-0019-04

## 0 引言

随着科学技术的不断发展,先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology,简称AMT)不断地吸取其它学科的知识(如计算机、微电子、自动化等),AMT变得越来越集成化和复杂化。这对运用AMT的基层员工的认知水平和决策能力提出了更高的要求,要求企业管理人员对AMT技能获取中的认知规律进行深入了解,对员工技能获取的认知规律与特定任务之间的关系进行研究。这不仅对正确选拔员工、设计培训内容、缩短培训时间有着重要的指导意义,而且对工作设计、知识管理、团队构建、产品开发、绩效提升等都有着一定的应用价值。

基于此,本研究尝试开发一个AMT技能获取的认知模型,为分析AMT技能获取过程提供一个理论框架。首先,回顾与技能获取相关的各种理论,分析这些理论之间的相互关系。其次,在上述分析的基础上,将各种理论观点进行整合,建构一个混合的理论分析模型。最后,就模型提出一些应用价值与研究展望。

## 1 理论评述

国外一些学者分别从不同的侧面对技能获取过程进行了研究,形成了一些理论。其中,较有影响的有:①学习层级理论;②思维适应性控制理论;③双重加工理论;④能力分类学说;⑤知识结构学说;⑥认知资源理论。现就上述理论分别作简要评述。

### 1.1 学习层级理论

Gagne的学习层级理论把学习分成信号学习、刺激反应学习、连锁、语言连锁、多重辨别、概念学习、规则学习、问题解决8种。8种学习形式组成了一个由低级的学习形式中产生更高一级的学习形式的层级,通过低一级学习所获得的能力为逐次获得更高一级的能力奠定基础或创设前提。在此基础上,Gagne进一步提出了智慧技能和认知策略的概念。智慧技能是指人们应用符号办事的能力,它包括辨别、概念、规则和问题解决4种高层级的学习。智慧技能是个体学会使用符号与环境发生作用,处理外部世界的的能力;认知策略则是一种特殊的智慧技能,是对内组织的技能,是调节、监控概念和规则的使用,处理内部世界的的能力<sup>[1]</sup>。

AMT是计算机技术、制造技术、信息技术等多种技术不断集成的结果,具有复杂性,需要人们运用智慧技能和认知策略来完成。

学习层级理论揭示了技术学习过程是一个从底层级向高层级连续提升的过程。但是,它并没有揭示学习提升的内在机制。

### 1.2 思维适应性控制理论

Anderson的思维适应性控制理论指出,来自于外部环境的所有知识首先进入工作记忆,其中一些知识则被永久性存放在陈述性记忆中,在问题解决过程中,逐渐转化成程序性记忆。具体过程包括3个阶段:①陈述性阶段:将工作记忆中的信息以陈述性知识的形式存放在长时记忆中;②知识编码阶段:经由不断地面对问题与解决问题,陈述性知识在实际运用后,会转变成暂时性的程序性知识,包

收稿日期:2008-08-29

基金项目:国家自然科学基金项目(70740005);江苏省高校哲学社会科学基金项目(06SJD630016);江苏省博士后科研计划项目(0701046C)

作者简介:杨东涛(1957~),女,江苏盐城人,南京大学商学院教授、博士生导师,研究方向为营运管理和人力资源管理;黄忠东(1967~),男,江苏徐州人,南京大学博士后,徐州工程学院管理学院副教授,研究方向为营运管理和人力资源管理。

括程序化与组合两个历程:程序化就是将一般领域规则转换成特定领域规则;组合就是把几个生产式合成一个更大的生产式规则;③程序化阶段:学习者通过类化、辨别等机制不断调整、强化已获得的暂时性程序化知识,使之更加程序化。类化是指个体将所习得的知识和技能运用在类似情景中;辨别则是在类似的事物中发现区别之处<sup>[2]</sup>。

思维适应性控制理论提供了基于规则的问题解决领域的技能获取机制,但这一理论并没有进一步揭示问题解决所需要的知识结构。

### 1.3 双重加工理论

双重加工理论将认知加工分为两种不同的类型:自动加工和控制加工<sup>[3]</sup>。自动加工不受认知资源的限制,不需要注意的参与,是自动进行加工的。控制加工受到认知资源的限制,需要注意的参与。经过大量练习,控制性加工可以转化为自动化加工。

按照Shiffrin & Dumais的研究,一个新的学习任务总是一个控制加工过程,用到更多的资源,经过大量的练习之后,自动化加工将会产生。但是,产生自动化加工的一个重要的前提就是任务的完成必须是一个连续的过程,这就意味着不连续的任务很难形成自动化加工<sup>[4]</sup>。基于问题解决的AMT过程一般是不连续的加工过程,需要人们进行控制加工。与自动加工相比,控制加工则更多地受到个体间差异的影响。

### 1.4 能力分类学说

能力是影响个体绩效的一个相对稳定的属性。能力和技能是不同的,能力是指在完成各种任务时都需要的一般性能力,而技能则是指完成某一特定任务的熟练程度。一般来讲,完成一个特定的任务需要一些特定的能力和技能<sup>[5]</sup>。在这一领域中,最有影响的工作可能是Fleishman对工作分析的研究,他专门分析工作对员工能力的要求,将工作中可能涉及的能力分成52种,这些能力涵盖了认知的、感觉的、精神的和身体等方面的能力<sup>[6]</sup>。

不同的工作任务需要不同的能力,同一任务的不同阶段也需要不同的能力。能力分类学说解释了员工个体技能获取差异的原因。

### 1.5 知识结构学说

一些研究表明,专家与新手的不同,不仅在于他们的知识储量不同,而且在于他们组织知识的方式不同。Chase & Simon研究发现,与象棋新手相比,象棋高手能够通过模式或组块的方式更有效地再现或组织棋局<sup>[7]</sup>。Adelson发现编程专家具有更加抽象的知识结构,以代码“组块”方式进行编程;而编程新手具有具体的、零散的知识结构,以“句法”方式进行编程<sup>[8]</sup>。Koubek & Salvendy在前人研究的基础上,提出3种知识结构模式,第一种知识结构是新手水平的,称为表面特征的知识结构,具有具体的、外在的领域特征;第二种知识结构是专家水平的,称为特定任务的知识结构,具有更高的认知任务绩效,但是,这一结构中的概念信息并没有以原理的方式组织起来;第三种知

识结构是大师水平的,称为抽象的、层级的知识结构,该知识结构将不断增多的抽象概念或原理以不同层级的方式组织起来<sup>[9]</sup>。

知识结构可以通过培训方式获得<sup>[10]</sup>。在AMT运用过程中,如果通过详细设计培训项目,为完成特定任务的知识结构可以被建立。

### 1.6 认知资源理论

单一资源理论认为,人的认知资源都处在同一资源库中。人们对任务投入的认知资源越多,绩效就会越高。但是,人的认知资源在总量上是有限的,当人面临不止一个任务时,人就要把心理资源进行分配,每个任务所占用的心理资源就会相对减少,完成任务的效率也就相对降低<sup>[11]</sup>。Norman and Bobrow在单一资源理论的基础上提出了资源限制和材料限制的理论,所谓“材料限制”是指其作业受到任务的低劣质量限制,因而即使分配到较多的资源也不能改善其作业绩效,而“资源限制”是指其作业受到所分配资源的限制,一旦得到较多的资源,绩效就会提高<sup>[12]</sup>。在此基础上,Wickens提出了多重资源理论,多重资源理论认为,人的认知资源处在多个资源库中。运用同一资源库中资源的两个任务同时执行时注意力会产生干扰,而运用不同资源库中资源的两个任务同时执行时不会发生干扰<sup>[13]</sup>。

认知资源理论描述了认知资源与绩效的关系,但它并没有提供二者之间的作用机制。

## 2 概念性框架

### 2.1 概念性框架概述

虽然上述理论都不能完整解释AMT的学习和技能获取过程,但他们分别从不同的视角提出了自己的观点。Gagne的学习层级理论提供了层级学习的观点;Wickens的多重资源理论和Fleishman & Quaintance的能力分类学说可以被看成提升学习层级的内部约束条件,也就是技能获取过程中的约束条件;Schneider & Shiffrin的双重加工理论阐述了两种加工模式转变的动态过程,任务自动化后,认知资源仍能介入其中,从而向更高形式的学习层级转换;当学习层级提升时,员工的知识结构也会得到提升。因此,Koubek & Salvendy的3种水平的知识与不同的学习层级之间应具有对应关系;最后,Anderson的知识编码理论能够很好地解释基于规则学习的内在机制。

从以上分析可知,上述理论分别从不同角度解释了技能获取过程,但又都不能完整地解释这一过程,同时,这些理论又相互联系,互为补充。基于此,本文将上述理论进行整合,构建一个技能获取过程的概念性框架(见图1)。希望该框架能够为AMT运用者技能获取过程提供一个更加全面的视野。

### 2.2 框架各组成部分关系

作为一个整合性的概念模型,技能获取过程应是能力需求、知识结构、认知资源、自动化等各组成部分动态作用的结果。模型各组成部分之间的相互作用、相互联系是模

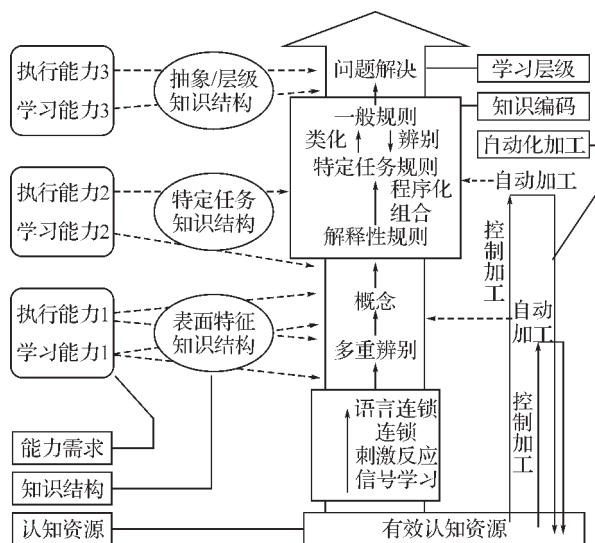


图1 技能获取过程的概念框架

型成立的关键。现就模型各组成部分之间的关系论述如下:

(1)学习层级、认知资源与自动化。由于AMT的复杂性,企业经常需要将更高水平的决策制定、问题解决和作业规划等任务分配给基层员工。一些学者指出,与传统制造企业相比,当前制造企业对人力资源需求的最大变化就是对基层员工认知技能需求的不断增加<sup>[14]</sup>。

为了学习和掌握一种新技能,一定数量的认知资源是需要的,而随着学习增长、学习层级的提升,将需要更多的认知资源。另一方面,反复执行一个连续的任务逐渐形成自动化而释放一些认知资源。当员工在学习一个新技能时,他可能花费他的绝大部分资源来掌握它,由于缺少资源,在同一时间内,他不可能提升到更高的层级。当他在这一层次逐渐熟悉该技能时,他的部分认知资源将会因为自动化过程而被释放出来,员工将会有足够的认知资源进入下一层次的学习,这一过程将继续,直到再次受到能力或认知资源的限制。这样,通过投入认知资源(控制加工)、自动化(释放认知资源)的不断反复,最后达到学习的最高层次(见图1)。

(2)知识结构、学习层级与能力分类。Koubek & Salvendy认为,3种水平的知识与学习过程中不同的学习层级之间有着相对应的关系。当学习层级提升后,完成任务需要更多的认知资源,更深的知识和推理活动包含在基于规则的任务中,最初的表面特征的知识结构越来越不适合完成此类任务,员工需要开发出一种更加抽象、更高水平的知识结构,以处理更为复杂的领域知识,如此,特定任务的知识结构逐渐形成。如果学习过程继续,特定任务的知识结构将难以适应最高层级的学习,这是因为,问题解决的任务需要更深、更广的领域知识,一种抽象/层级的知识结构被开发(见图1)。

不同的学习层级需要不同的能力。Koubek等学者将技能获取过程中所需要的能力分成学习能力和执行能力两种类型,学习能力是低层级向高层级转换过程中所需要

的,而执行能力则是在已获得的学习层级上完成技能所需要的<sup>[15]</sup>。不同的学习层级都需要这两类能力,但是不同层级所需要的具体能力并不一样,如“归纳推理”能力在问题解决层级上要比较低层级上更加重要(见图1)。

(3)知识编码与学习层级。作为早期的研究,Gagne的学习层级理论描述了不同的学习层级,但并没有提供学习层级提升的内部机制。由于缺少内部学习机制,很难将概念模型转化为可操作的层面。由于本研究主要集中在较高的学习层级上,Anderson的知识编码理论能够较好地解释这一层级上的学习机制。按照Gagne的观点,“概念”是陈述性知识的一种形式,它等于知识编码理论中的解释性规则。而Gagne的规则层次主要解释的是程序性知识,与知识编码理论中的特定任务规则和一般规则相匹配。因此,知识编码理论可以解释Gagne的学习层级理论中从概念层级到规则层级转换的内部机制(见图1)。而从规则层级上升到高级规则(问题解决)层级也必然产生于上述3种规则(解释性规则、特定任务规则和一般规则)中的任何一种。

### 3 应用与展望

AMT是传统制造技术不断吸收现代科学技术特别是微电子、计算机与信息技术成果而形成的现代制造技术。它包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数据控制(CNC)设备、柔性制造系统(FMS)、智能机器人(IR)、企业资源计划(ERP)、计算机集成制造(CIM)等。一般认为,AMT的实施能够降低生产成本、提高产品质量、增加生产柔性 and 缩短生产周期。但在我国一些企业中AMT的实施并不理想,实施效果与预计目标有着较大差距。一些学者开始将注意力转向AMT与公司战略、组织结构、人力资源管理实践等的匹配上<sup>[16]</sup>。但是,很少学者从个体员工的视角,探索AMT技能获取过程中的认知规律及其对AMT实施效果的影响。基于此,本文在分析相关研究基础上,构建了技能获取模型,希望能够依据该模型对AMT技能获取过程进行分析和预测。本文认为该模型能够为员工AMT技能获取提供以下几方面的借鉴和启示。

(1)AMT技能获取需要丰富的陈述性知识。根据Gagne的学习理论,学习过程是一个由低层级学习向高层级学习的过程,前一层级的知识是后一层级学习的前提。这就要求,在选拔AMT培训和操作人员时,应首先选择那些受到良好专业训练、具有专业背景的员工,这些员工具有丰富的陈述性知识,已经掌握了解决问题所需要的有关原理和概念,为陈述性知识向程序性知识转变奠定了基础。否则,就很难实现AMT技能的深度获取。

(2)AMT技能获取需要大量的认知资源。AMT的学习和技能获取是属于较高学习层级(主要集中在规则和问题解决两个层级上),操作者面对的是知识丰富领域中的问题,这种问题的解决需要使用大量的认知资源。它不是一种简单的自动化过程,而是一种控制性加工过程,在多数情况下是一种不连续的问题解决过程,需要员工以认知学

习为主,不断地开动脑筋,积极参与思维,改变认知图式,提高顿悟水平,触发灵感火花。

(3)AMT技能获取是一种隐性知识获取过程。在AMT技能获取过程中,新手与专家的区别在于:新手注意力停留在显性知识(设备使用说明书、使用培训、基本原理等)的学习和操作上;而专家则将更多的注意力集中在内部认知系统上。因此,企业在AMT管理上,应将注意力从员工基本操作的培训转向员工内部认知系统开发上。

(4)AMT技能获取需要与之相适应的知识结构和特定能力。员工个体间差异对AMT绩效有着重要的影响,这突出表现在知识结构和能力差异上。而员工个体的知识结构和完成特定任务的能力可以通过培训得到改善。在制造环境中,通过科学设计培训计划可以获得更加合理的知识结构和特定能力,从而更好地促进AMT技能获取。

本模型只是一个理论模型,有待于进一步验证。在今后的研究中,需要针对模型中的学习层级、资源需求、能力需求、知识结构、知识编码、自动化加工六大模块及其关系进行论证,提出假设、设计量表、验证模型,同时使模型更具操作性,以便在企业层面上推广应用。

#### 4 结语

员工个体对AMT的学习和技能获取,是企业对AMT进行知识管理的关键,是企业进行知识获取、知识转移、知识分享、知识使用、知识创新的立足点,是AMT成功实施的基础,对企业绩效有着重要影响。但由于员工个体的AMT技能获取过程是一种内部认知过程,是一种隐性知识的获取过程,不能为组织带来直接的经济效益,长期以来,没有受到研究人员和管理人员的重视。

本文在分析相关理论的基础上,提出了AMT实施过程中技能获取概念模型,这一模型将有助于管理者更加系统地认识AMT获取规律,把握AMT获取过程中的各种内在活动,从而更加科学地指导AMT管理,提高AMT实施效果。

#### 参考文献:

- [1] GAGNE R.M. The Conditions of Learning and Theory of Instruction[M].New York: Holt, Rinehart & Winston, 1985.
- [2] ANDERSON J.R.. Problem Solving and Learning. American Psychologist, 1993, 48, 35-44.
- [3] SCHNERDER W., & Shiffrin R.M. Controlled and Automatic Human Information Processing I: Detection, search, and attention. Psychological Review, 1997, 84: 1-66.
- [4] SHIFFRIN R.M., & Dumais S.T. The Development of Automatism. In J.R. Anderson (Ed.), Cognitive Skills and Their Acquisition (pp.111-140). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1981.
- [5] FLEISHMAN E.A., & Quaintance M.K. Taxonomy of Human Performance. Orlando, FL: Academic, 1984.
- [6] FLEISHMAN E.A. Toward a Taxonomy of Human Performance. American Psychologist, 1975, 30: 1127-1149.
- [7] CHASE W.G., & Simon H.A. Perception in chess. Cognitive Psychology, 1973(4): 55-81.
- [8] ADELSON B. When Novices Surpass Experts: The Difficulty of a Task May Increase with Expertise. Journal of Experimental Psychology, 1984, 10: 483-495.
- [9] KOUBEK R.J., & Salvendy G.. Cognitive Performance of Super-expert on Computer Program Modification Tasks. Ergonomics, 1991, 34: 1095-1112.
- [10] KOUBEK R.J., Salvendy G., & Noland S. The use of Protocol Analysis for Determining Ability Requirements for Personnel Selection on a Computer-based Task. Ergonomics, 1994, 37: 1787-1800.
- [11] KAHNEMAN D. Attention and Effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1973.
- [12] NORMAN D., & Bobrow D. On Data-limited and Resource-limited Processing. Journal of Cognitive Psychology, 1975 (7): 44-60.
- [13] WICKENS C.D. Processing Resources and Attention. In D.L. Damos (Ed.), Multiple-task Performance (pp.3-34). London: Taylor & Francis, 1991.
- [14] KIDD P.T. Interdisciplinary Design of Skill-based Computer-aided Technologies: Interfacing in Depth. International Journal of Human Factors in Manufacturing, 1992(2): 209-228.
- [15] Koubek R.J., Salvendy G., Tang E., & Brannon N.G. Development of a Conceptual Model for Predicting Skills Needed in the Operation of new Technologies. International Journal of Cognitive Ergonomics, 1999(3): 333-350.
- [16] SMALL M.H & Yasin M.M. Advanced Manufacturing Technology: Implementation Policy and Performance. Journal of Operations Management, 1997, 15: 349-370.

(责任编辑:赵贤瑛)

## The Processes of Learning and Skill Acquisition in Advanced Manufacturing Technology: An Integrated Conceptual Framework

**Abstract:** The objective of this research is to develop a model of human learning and skill acquisition in advanced manufacturing technologies (AMT). First, a variety of theories are reviewed and the relations between these theories are explored. Based on these theories, a hybrid model is presented that integrates a number of diverse theories into a unified conceptual framework. The framework will help managers better understanding the processes of learning and skills acquisition in AMT, thus improving the management of AMT.

**Key Words:** advanced manufacturing technology; skill acquisition; conceptual framework