

# 学习论视角下的教育工效学理论模型的发展与应用\*

阚 红 朱艳菲 汪亚珉

(首都师范大学心理系, 北京市“学习与认知”重点实验室, 北京 100048)

**摘 要** 教育工效学是工效学研究中长期被忽视的重要研究领域, 其发展以各教育工效学模型的提出为主线。本文从模型设计、模型应用和学习论视角出发, 分析了 Kao 模型, Smith 模型和六角轴模型的理论基础, 发现现有的这三个模型在设计上多从工效学角度出发, 与学习论的结合不够紧密。为了给信息化教学系统设计提供更有价值的理论模型和更可行的设计方法, 有必要从工效学原理与教学理论的深度衔接入手, 并基于学习论的视角给模型应用和完善提供一些可行的建议。

**关键词** 工效学; 教育工效学; 学习论; 教育信息化; 教育系统设计

**分类号** B849:G44

## 1 引言

教育环境建设已然成为人类最重要的社会实践工程之一, 作为直接服务于人的成长和发展的最庞大的社会系统工程, 在过去较长时间内没有得到工效学家的足够关注。教育工效学, 又称教育人类工效学, 是工效学的一门分支科学, 它主要运用工效学、心理学、教学论、人类学等有关学科知识研究教育系统中学习者与环境进行交互并适应环境的规律, 并以此为依据来优化教育系统设计, 为学习者提供舒适、高效和人性化的学习环境。Kao (1976)作为教育工效学概念的最早提出者, 不仅初步界定了教育工效学的基本内涵还建立了第一个教育工效学理论模型。自此, 这一学科开始追随系统论、控制论以及信息化教育的脚步不断前行。Kao 的理论模型主要参照系统设计的方法和理念, 将教育系统设定成以教育效能为目标同时包含五大子系统的系统模型。以 Kao 模型为参照的研究主要关注学习者与环境之间的交互适应, 这些研究在过去的 40 多年里为教学物

理环境的人性化设计做出了重大贡献。然而, 随着信息化教育的发展, 单纯教学环境的人性化设计已显不足, 教育系统的设计更加强调人一计算机/信息—环境的交互设计(Brunier, Le Chapellier, & Dejean, 2012; Ellaway, 2013)。于是 Smith 在时隔 30 年后提出了强调行为控制的 Smith 模型(Smith, 2007), 其后 Benedyk, Woodcock 和 Harder (2009)提出了基于个体化任务设计的六角轴模型。Smith 模型和六角轴模型在系统设计上均以学习者为中心, 强调学生在学习过程中与环境进行交互的重要性。Smith 模型主要以学习的行为控制论和社会平衡理论为指导, 因此也被称为社会控制论模型, 该模型将交互定义为系统中的反馈循环过程, 认为成功学习的条件是反馈循环的有效实现。六角轴模型以同心环模型为基础, 以系统设计论为指导, 将交互定义为学生在完成任务过程中与环境各设计因素进行信息交换的动态过程, 强调时间、学习者以及任务变化等多维设计理念。

工效学理论与方法在教育系统设计中的重要价值已被普遍认可(Legg & Jacobs, 2008)。首先, 工效学模型能够为系统设计提供科学完整的理论框架, 从而大大提高系统设计的效能与科学性, 避免设计者的主观影响。比如系统中的人体测量指标与设备、环境相匹配的原则, 人的需要与系统各要素之间的可交互原则等, 这都是教育系统

收稿日期: 2016-08-29

\* 北京市教委基金项目(KM201610028018 和 TJSH20161002801), 首师大教学研究项目(018165514000、018165571400 和 018175530600)及首都发展协同创新中心项目支持。

通讯作者: 汪亚珉, E-mail: wangym@cnu.edu.cn

设计所应遵循的基本原则。其次,工效学中针对工作场所的评估方法对教育系统的科学评估有重要借鉴作用,可以极大地改善当前评估方法上的不足。最后,基于工效学模型设计的教育系统在问题诊断上更为客观有效(Stone, 2008),有章可循,有据可测。总之,传统的教育专家的个人感受与感想在满足现代的多元化教育上越来越力不从心,利用工效学的理论与方法是教育环境建设的必然结果。基于人体测量数据,基于人——信息——环境交互适应的科学原则,基于结构化数据的客观评估法,基于适应人、宜人、激发人的问题检核法,教育工效学无疑会给教育系统的未来设计带来应有的检验与承诺。检验教育系统是否能够经得起多元文化与多样化需求的考验,承诺教育尊重人和激发人的基本定位。教育改革向来是最难的一项改革,原因就在于其多样性、复杂性和社会系统性,增加教育设计、评估与诊断的科学性无疑是实质性推动教育改革的关键。教育工效学正是从这一意义上为未来的教育发展提供重要支持。当然,教育工效学自身的长足发展是能够提供这种支持的前提与基础,就教育工效学当前的发展而言,如何进一步整合教育学和学习论的视角至关重要。

从设计、评估与诊断三大环节来看,现有三个模型在设计指导与评估上均呈递增趋势,但在问题诊断上尚有不足。三个模型对学习特殊性考虑都有不够全面,缺乏学习论的视角考虑,比如个性化交互,尽管工效学理论的发展已经从效能优先转向宜人优先,但学习中的个性化交互不仅仅是一味地宜人,还要识别人,引导人,因人施策,因时因地制宜。当工效学家在分析人一天中动机水平的变化规律时,当工效学家在分析所呈现信息是否对学生感官有足够的吸引力时,教育学家会说这些是好的,但学生学习的需要与动机不一定在这里。学习论是教育家对人的学习的科学认识(林崇德, 2002),不仅强调学习的规律,还强调人的自我成长的需要。教育工效学专家需要意识到,设计得再科学、便捷的教育系统,如不能满足和激发个体动机、个体价值、甚至是个体审美,那么它最终还是无法实现效能。学习论的精髓也是教育的核心理念,总结起来就是“因材施教,寓学于乐,自我成长”。因材施教强调的是个性化教育,这是二千年前伟大的教育家孔子的

教育智慧,也是实现教育有效性,或者从教育工效学上说是实现教育效能的前提。寓学于乐则强调人类的最佳学习动机是发现乐趣,这从工效学上来说是人与信息的匹配,是情境化、个性化的学习任务设计,这是教育的核心所在。最后的自我成长则强调人的自我发展,从工效学上来说这是人与社会环境的最佳匹配,也是人本主义教育理念的最终体现。基于这一学习论的基本视角以及未来信息化教育的发展趋势,下文对教育工效学已有的三个模型予以介绍和评价。

## 2 Kao 模型——系统论模型

### 2.1 首个教育工效学模型的提出

Kao (1976)认为传统教育系统设计缺乏从系统角度的考量,从而导致教育系统效能难以提高。作为工效学家,Kao认为教育系统在本质上也是一种工作系统,一个较为特殊的工作系统,如果将教与学的过程视作一个工作系统,那么所有的工效学理论和方法以及研究成果都能够在教育系统的设计、评估和实际运作中使用。因此,在当时盛行的 Singleton (1967)的系统论启发下,Kao (1976)提出并建立了教育工效学的第一个理论模型(见图1)。与系统设计理念一致,Kao首先将教育系统划分为五大子系统,然后分析优化各子系统之间联系,从而实现教育效能的提高。显然,工效学作为专门研究系统性能、系统控制、人因素、设备、设施设计以及工作环境设计等系统要素的专门学科(Wickens, 1992),自然也适用于教学系

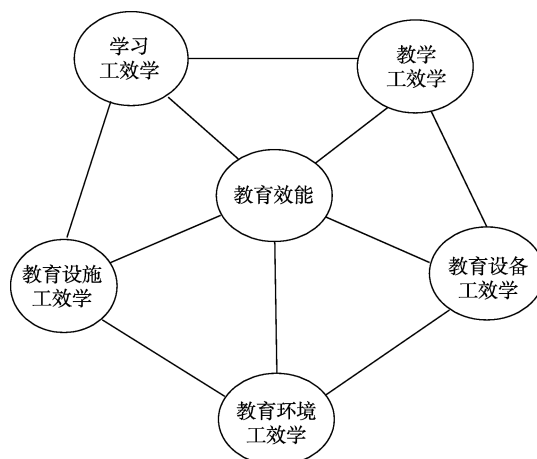


图1 Kao 模型

资料来源: Kao, 1976

统。正如研究者们所提出的,涉及到与工作设计、工作改进和工作绩效相关的人的因素都属于工效学的研究范畴(Salvendy, 2006)。因此,从工效学自身发展的角度看,Kao 提出并建立的教育工效学既是工效学的特殊研究领域又是一个一般性的研究领域。

## 2.2 系统论模型及其在教育上的意义

在 Kao 模型中,教育系统被概念化为一个功能系统,系统目标为教育效能。参照工作系统设计的方法和理念(Fraser, 1978),Kao 将教育环境中影响效能实现的人-机-环三方面因素抽取出来,建立学习工效学、教学工效学、教育设备工效学、教育环境工效学、教育设施工效学这 5 个子系统。作为各个运作部分,这 5 个子系统围绕着系统中心的教育效能而存在。教育效能的实现既受各系统效能的影响,也与各系统间的协同密不可分。按照工效学的一般原则,系统设计者可以将各子系统运行方向调整到促使系统效能最大化的方向,从而提升整个教育系统的运作效率。在 Kao 模型的框架下,后续的研究者开展了卓有成效的教育

工效学方面的研究,尽管研究范围还不够广阔,但其对教育实践的贡献显而易见。为能清楚简洁地了解相关研究,我们对应 Kao 模型框架列表展示,参见表 1。

## 2.3 Kao 模型在教育上的意义

从工效学领域看,Kao 模型的提出标志着教育工效学这一新的分支学科的诞生。而从教育的角度看,Kao 模型却是第一个有关教育系统的定量分析模型,这在教育发展史上有着里程碑式的意义。长期以来,教育系统被看作是一个定性系统,甚至是属于教育家们打造的专有的艺术品,很少有人用科学的量化模型来分析教育系统。将工效学的原则方法与教育系统设计相结合后,至少可以预见这样几个关键性的变化:教学环境与教学设施设计的科学标准(是否符合人体测量学标准),教学程序的科学标准(有效教学因素分析)。然而,Kao 模型作为第一个教育工效学模型其局限性也显而易见,将教育系统简单地看作是一般工作系统明显忽视了教育的特殊性。工作效率和工作产出不是教育的首要目标,那些看似客

表 1 Kao 模型研究分类

子系统	工效学原则	研究内容	具体研究
学习工效学	和学生学习以及教师授课相关的一切环境设计因素,都应该达到最优匹配。	能够促进有效教学的一切因素,包括学习基本学习技能、教学课程分析、有效考试形式、学习行为和学习效率、学习测量等。	这部分内容是传统教育研究的重心,多针对教学展开,主要关注如何促进教师教学效率,对学生学习关注较少。和信息化教育条件下以自学为主体的多种学习方式混合的学习情况不相符。
教学工效学		书本和打印材料设计、教学机器、自学设备、教室设备、多媒体和电视教学、视-听呈现方式、课程准备。	
教育设施工效学	学习场所、教室、办公室以及相应的配套设备、设施、教学用具等在设计上要符合人的身体和心理需要,比如人体数据和结构指标、感官、注意力、情感等。	教室、图书馆、实验室、办公室的空间布局、颜色、面积、大小等物理因素的研究;学习场所功能区划;设施设备空间布局;桌椅、教育家具以及学习工具的设计研究。。	桌椅设计 (Castellucci, Arezes, & Molenbroek, 2015; Osquei-Zadeh, Ghamari, Abedi, & Shiri, 2012) 教室面积(Py Szeto, 2014) 教室颜色(Burkitt & Sheppard, 2014)
教育设备工效学	设备、设施的操作要便捷、高效,操作界面和使用者之间的交互要具备友好性,信息传递方式要符合人的信息加工方式。	针对学校中所有用到的设备进行工效学研究,但是其中未涉及到计算机教学的研究。	已经不适用于现代普世计算环境和智能化学习环境。
教育环境工效学	建筑的要符合安全标准,环境中各种参数设置尽量保障人体的舒适感,建筑设计的人性化、可及性(学生和建筑交互时的友好性、流畅性、舒适感)。	评估现有的学校中建筑的质量以及内部建筑结构是否符合国家安全标准;研究学习环境中各种参数指标对学习效率和学生行为的影响。	建筑质量(Harik & Fattouh, 2010; O'Sullivan, 2006) 可及性(Acioly, Oliveira, & Oliveira, 2012; Jayaratne, 2012) 光(Yan, Lee, Guan, & Liu, 2012) 室内环境参数(Lee, 2014)

观地, 诸如考试分数与学业成绩等指标并不能真正体现人在教育中的成长。换言之, 在教育中, 人(学习者)的自我成长和自我实现才是关键。此外, Kao 模型提及的交互概念大多局限于各相邻子系统之间的交互, 并未突出学习者或教师与环境、设备、设施间的直接交互, 这与学习者中心的教育理念相背离(Crompton, 2013)。最后, 受当时的社会发展水平限制, Kao 模型的研究内容大多针对于教学, 停留在教师讲授学生接受的教学模式当中, 这与现代信息化教育环境中的人与信息交互方式有着很大的不同(Henricksen, Induldka, & Rakotonirainy, 2002)。总的来说, Kao 模型并没有将教育系统和一般工作系统真正区分开来, 模型设计中更多体现的是系统论和工效学原则和方法, 较少考虑教育自身的特殊性, 尤其是学习者的主体性地位考虑(郑旭东, 张振亭, 2003)。单纯地强调教学效能很容易导致教学机构或教学场所设计上的功利化, 结果自然是助长应试教育而不是素质教育。

### 3 Smith 模型——社会控制论模型

#### 3.1 Smith 模型提出的理论背景

随着时代的发展, 多个关于人-机交互的理论模型被相继提出来, 其中行为控制论、宏观工效学、社会技术系统、平衡理论共同促进了 Smith 模型(见图 2)的诞生。行为控制论作为 Smith 模型提出的主要理论依据(Smith & Smith, 1987), 认为系统参与者对行为的自我控制能力以及系统中各因素的交互设计是系统的关键设计因素。学习的行为控制理论进一步提出, 学习属于一种行为机制, 它具有两种属性, 一是受学习者自身调节(self-regulation)能力限制, 二是具有情景特异性(context specific) (Smith & Smith, 1996)。因此, 在设计学习环境时, 需要重点考虑两个方面的内容, 首先, 设计出的学习环境应该让学生的自我调节能力得到发挥, 这就需要给予学生依据环境中获得的反馈信息对系统设计因素进行调控的权利(Dabbagh & Kitsantas, 2004; Kravcik & Klamma,

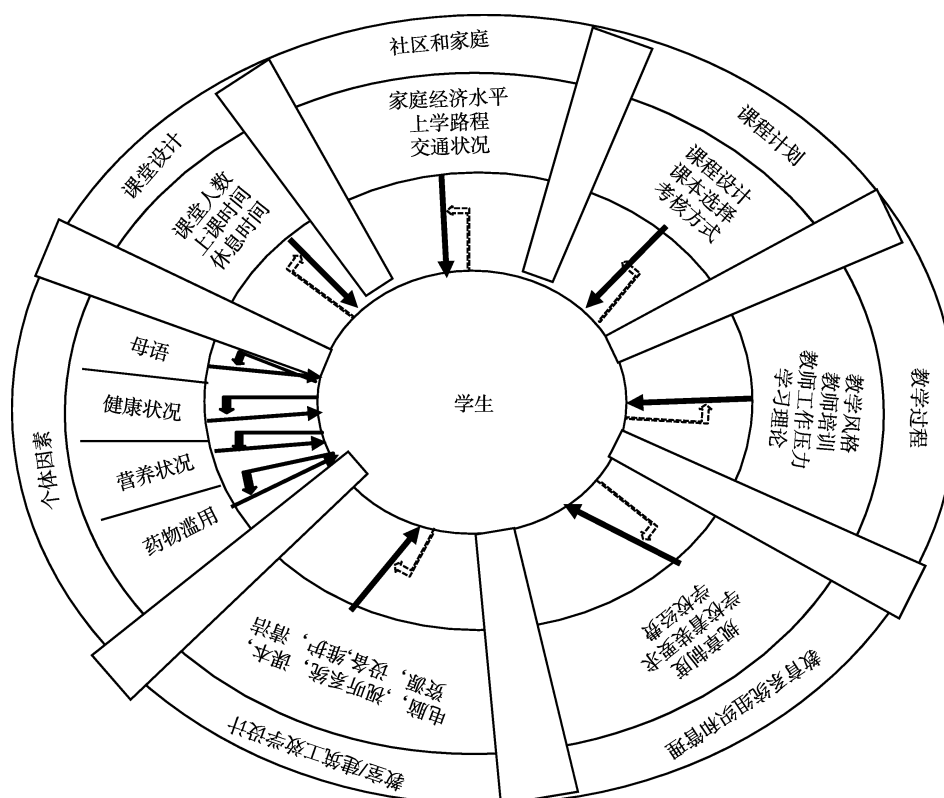


图2 Smith 模型

资料来源: Smith, 2007

2012)。其次,需要针对特定的学习行为来设计相应的学习环境、学习任务。在 Smith 模型中,系统中心被替换为了学习者,重点关注人在系统环境中的交互行为(Smith, 2007)。

### 3.2 Smith 模型的基本原理与实践价值

在 Smith 模型中,学生或老师处于中心,并在交互层与学习影响因素直接发生交互。模型中的影响因素包含 7 类,分别为课程任务计划、教学过程、教育系统组织和管理、教室和建筑的工效学设计、课堂设计、个体因素、社区和家庭,它们的设计特征会直接影响交互的性质,而交互的性质则决定了教师教学和学生学习的品质。这种交互过程在模型中使用箭头来表示,向内的箭头代表学生从各类设计因素接受到的感觉反馈,向外的箭头表示学生根据感觉反馈对外部设计因素进行的调控,每一对箭头都表示着学生与环境中设计因素的一种交互途径。在理想的教育系统中,学生能对自身的感觉得息反馈进行有效地调控,即所有的交互过程能够良好地完成。但实际上学生和教师在教育系统中的地位是十分被动的,除了对部分个人因素有控制能力外,对其他类因素缺乏实际的控制能力。此外,Smith 模型还以学习影响因素的七类划分为框架,给出了在各影响因素中工效学需要解决的关键问题,具体见表 2。

### 3.3 学习论视角下的 Smith 模型分析

从学习论的角度来看,Smith 模型既体现了行为学习与社会学习的基本原理,同时也融合了人本主义与认知主义的部分理念。行为操作产生的反馈进而强化下一步的行为是行为主义学习论的精髓所在,Smith 模型在一些具体环境设计上强调对学习者的行为产生反馈,这种设计理念符合行为主义学习论的基本原理。另外,模型将家庭、社区及社会环境对学生学习及成长的影响纳入教育系统设计,这与社会学习以及个体发展的生态学理论的核心理念(Bronfenbrenner, 1979)相一致。因此,就具体的教育环境而言,强调环境的可控制设计在本质上是一种行为的塑造过程,系统中给出的可选项就是强化物。Smith 模型在这个意义可算是一套完整的行为学习模型。然而,考虑到模型中学习者可以根据个人喜好对多方面环境因素进行自主选择,或许我们还可以把 Smith 模型理解为一个体现人本主义学习论精神的,代表自主学习的教育工效学模型。Smith (2007)指出个体对学习行为的自我调节能力受到两方面因素的影响:一是学习环境中反馈的及时性和全面性,二是学习者在环境设计中的参与程度。这与自主学习论强调的学生作为学习行为的发出者,有调节、控制和管理自身行为的能力的观点相一致

表 2 Smith 模型中工学原理和方法的应用研究方向

学习影响因素	重点研究问题
课程任务设计	1. 确定促进学生认知能力发展的关键任务设计因素(Duca, 2012; Pribeanu, 2014)。 2. 明确 K12 阶段的学生在哪些认知能力和学习行为上表现出情景特异性(Smith, 2014)。
教学过程	1. 设计系统时需要遵循两个社会交互设计原则:一是鼓励学生对学习环境和学习过程进行更多的自我控制;二是和各种教育技术的结合。进一步的工效学研究需要提供充分体现这两点设计原则的科学方案。 2. 找出中真正影响学习表现的关键课程设计因素。 3. 探究在教学和学习过程中,人的因素(教师、助教等)是否是关键的学习影响因素。 4. 确定环境中教师表现起到关键设计因素。
教育材料设计	对信息化教育环境中出现的新型学习材料和技术进行整体的工效学研究。
教室环境设计	研究不同年龄、性别、文化和个性特征的学生,确定在不同类型的教室中影响学生学习表现的关键因素(Determan, Akers, Williams, Hohmann, & Martin-Dunlop, 2015; Nogaj, 2013)。
教育技术	已有研究表明信息教育技术系统中的延迟反馈是影响学生学习表现的关键因素(Erhel & Jamet, 2013; Smith, Racine, & Bhuanantanondh, 2001),这是未来教育工效学研究的重点内容。
教育系统	和教育系统管理者和工作人员合作,为现有教育系统提供更科学完整的评估方案。
社区和家庭	学生居住的社区、学校所处区域和家庭经济水平对学生的学习表现和社会心理状态有着重要影响(Slattey & Meyers, 2014),社区工效学的主要目标是应用工效学设计原理和方法优化区域经济设计特色,最终改善社区的社会经济条件(Smith, 2012)。

(Hadwin & Oshige, 2011; Zimmerman, 2015)。在未来的信息化教育中, 学习正逐步演变为基于信息技术的混合学习, 其中自主学习的比重更为突出(Harris, Connolly, & Feeney, 2009)。如此看来, 社会控制模型是一个很可取的自主学习的教育工效学模型。

社会控制模型到底是体现行为控制论还是社会认知论, 似乎与影响学习的七类因素的设计密切相关。如果这些因素的可控制性低, 或者说学习者能够按自己喜好来改变的自由度低, 那么这时的自主控制本质上就变成环境控制, 由设计者操纵的可改变选项来决定, 就成为典型的行为论模型。反之, 如果设计者能够赋予环境因素最大限度的可控制权, 将自主性归还给学生, 那么 Smith 模型体现的就是自主学习论。然而正如 Smith 等提出的那样, 社会控制论模型虽然强调要对诸多影响学习的因素进行可控制化设计, 但是现实情况是模型所列的影响因素中几乎很少能够实现可控制化设计。不仅如此, 现实中的那些影响因素对于不同年龄阶段的学习者来说, 其可控制性也是不一样的, 甚至是在不同的任务当中也可能不一样。这些因素导致 Smith 模型在体现学习论的核心理念时有了很大局限性。例如, 社区家庭与课程计划因素可能对于小学低年级的学生来说就是无法控制的因素, 而对于大学生来说就相对较可控。

此外, Smith 模型在考虑个性化教育设计时较多考虑外在环境因素的可选择性, 较少考虑这些环境的智能化设计。模型所提及的学生个体因素主要包括身体健康、药物滥用等, 较少涉及学生的认知风格, 价值追求, 动机与需要等。虽然从可控制化设计的角度也能够实现部分的个性化学习环境的设计, 但这种实现往往并不全面, 尤其是在认知风格的区分上很难做到。一个基本的事实是, 学习者, 尤其是年龄小或者不善长学习的个体, 他们几乎很难准确知道自己真正适合什么样的学习环境或方式。因此, 如何让教育系统自身具有一定的智慧功能是进一步设计的一个重点。例如, 从学习者的个体差异上来看, Smith 模型虽然强调个性化的交互设计, 但这种设计不能仅仅停留在界面设计和交互方式上, 还要落实到对学习者认知加工方式上的识别上。场独立型与场依存型学习者在认知加工上就有很大区别(Tinajero,

Castelo, Guisande, & Páramo, 2011), 在学习上前者更喜欢自己探索解决问题, 而后者更喜欢与同伴一起来解决问题。整体型与部分型, 深思型与表层型, 视觉型与听觉型等类型在认知方式上同样都有着较大的差异。智能化设计无疑是学习论视角下未来教育工效学模型设计的关键所在, 基于智能化设计的教育系统才能真正实现个性化学习, 最终让学习者达到最佳的学习状态与学习效果(DeTure, 2004)。

总结起来, 以“因材施教, 寓学于乐, 自我成长”的学习论理念来衡量社会控制模型, 因材施教较难体现, 自我成长其次, 寓学于乐再其次。就未来的信息化教育而言, 让教育系统具有一定的智能识别能力将是未来教育工效学模型应该着力考虑的一项关键性原则。

## 4 六角轴模型——信息交互模型

### 4.1 六角轴模型的现实背景

随着信息化教育的快速发展, 教育工效学研究得到了进一步细分。Woodcock (2007)就区分了教育工效学的两个分支: 教学工效学, 学习和教育环境设计。前者似乎更多是 Kao 模型中所关注的内容, 而后者则是未来教育设计上的新的要求。学生进入学校后, 除了要学习知识和技能外, 还需要学习社会交往, 积累各种社会生活经验, 并且, 学习的主体变得多元化, 呈现出“终身学习”和“碎片化学习”的趋势。在这种新的教育系统中, 学习可以由任何人通过教育机构、在职培训、远程教育等方式在任何地点完成, 此时, 学习与教育环境的设计要求更高, 难度也更大, 并且已经成为教育中的突出问题(Simoncini, 2012)。为此, Benedyk 等人(2009)在前人的基础上进一步提出教育工效学的六角轴模型, 以尝试解决信息化教育时代的学习环境设计问题。六角轴模型沿用了 Kao 模型的系统设计理论(见图 3 中 a), 将学习定义为一种“工作”, 内容是知识和技能的转化和扩展, 发生地点在“工作站”, 也就是任务真正发生的学习场所。在每项任务的完成过程中, 每个个体需要和其他参与学习者、学习对象(教科书、课程、技术、设备)进行动态的信息交换。这种信息交换过程便是学习中的交互, 它可以在教室、实验室、演讲厅等正式学习场合发生, 也可以在图书馆、家庭、咖啡馆等非正式学习场合发生, 表



现出很强的任务依赖性与情境依赖性。为此六角轴模型突出了二项设计理念：一是以同心环模型为基础构建层次和结构分明的模型框架以体现学习的情境性；二是同时考虑任务、时间以及学习者三个变化维度，以体现学习任务的个体化。

#### 4.2 六角轴模型的基本原理与现实应用

在建立模型时, Benedyk 等人提出了一种两阶段分析方法: 第一步, 使用传统工效学方法, 研究学生在特定学习环境下受环境因素影响情况, 建立起影响学习的三区域六大影响因素; 第二步, 将上一步研究展开, 探究学习过程中学习者、时间和任务等维度的变化所带来的影响, 拓展出模型的三个变化维度, 如图 4 所示。在六角轴模型中, 学生被设为系统的中心, 并在工作站以及各层级上与设计因素进行动态交互。这些设计因素分为个体、情境与组织三个区域, 每个区域中再细分六大因素。通过层级、区域与因素类型的划分以及个体、时间与任务三个变化维度的设置, 模型构建了一个动态的学习环境模型。

通常, 一个教育系统中会出现多种学习任务和多个学习者并存的情况, 不同任务以及学习者间的差异也会导致环境设计的需求发生变化。Kao 模型和 Smith 模型在设计上未能兼顾到这一点, 六角轴模型则将三个可变维度引入到设计中以满足多元化学习环境与服务任务设计的需求。通过结构化而非纯粹的因素化设计, 六角轴模型为实

践应用提供了方便。模型的使用者可以根据区域与因素的简洁结构快速查找当前学习情景中的关键影响因素, 或是查找系统中存在的问题属于哪个区域, 这在实际指导和改善相关的教育教学设计上有着独特的价值(Karnita, Woodcock, Bell, & Super, 2017)。此外, 模型的使用者还可以参照个体、时间与任务三个变化维度来解决教育中的多样性要求。比如以任务为中心的设计方法(task-centred approach)指出, 当任务维度确定后, 学习影响因素才最终被确定下来, 这样的设计逻辑就比纯粹的影响因素模型更为灵活(Vassileva, 1998)。类似地, 个性化设计也可以通过个体维度的设计, 综合考虑学习者特征、背景、学习风格和习惯后, 再进一步考虑具体影响学习的交互因素, 同样体现了其灵活性的一面。

六角轴模型的提出源于教育系统设计的实践需求, 因此模型提出后很快得到了一些实践应用上的支持。Woodcock 等人(2009)在一项针对自闭症儿童的教育系统设计项目中, 利用六角轴模型设计出了一间能够对这些特殊儿童起到一定教育和治疗作用的光谱教室(模型设计参见图 3 中 b)。在项目执行过程中, 以六角轴模型及其设计思路为理论指导, 研究者实施并完成了包括数据收集、因素抽取、模型建立、教室设计、教室实际使用以及评估等多项工作, 协调了包括校长、教师、助教、自闭症儿童、自闭症儿童父母以及同

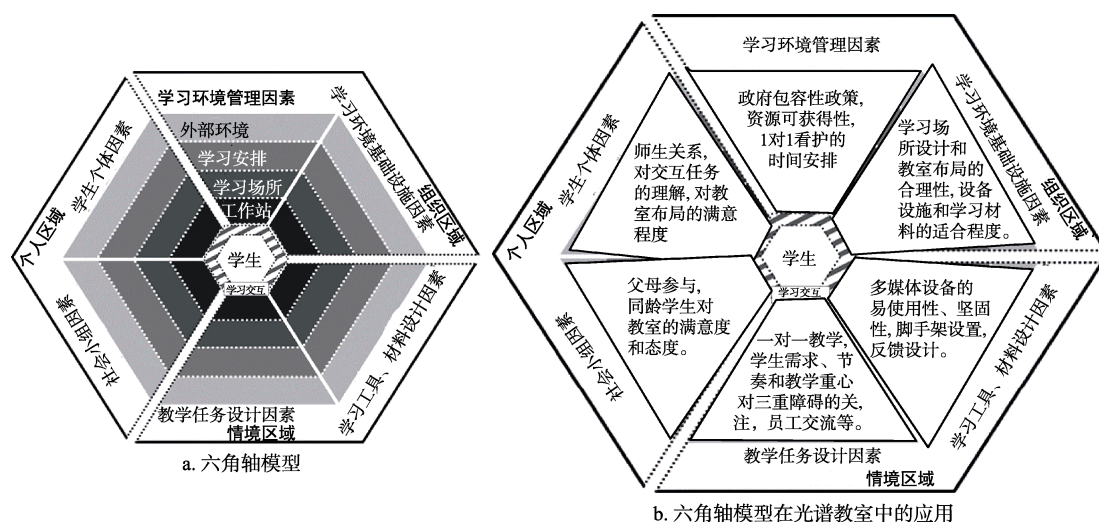


图3 六角轴模型及其应用模型

资料来源: Benedyk et al., 2009; Woodcock, Woolner, & Benedyk, 2009

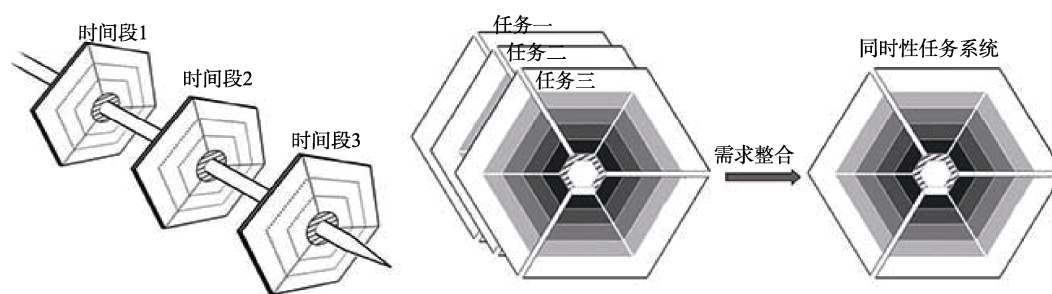


图4 时间轴模型和同时性任务系统模型

资料来源: Benedyk et al., 2009

龄正常学生等多名成员的工作,起到了预期的指导和评估价值。

#### 4.3 学习论视角下的六角轴模型分析

审视六角轴模型,很容易发现其建构主义的学习论特征。模型划分出的个体、时间与任务等变化维度,在本质上属于个体认知建构的维度,而基于这些变化维度的环境设计就是在打造认知建构中的情境。因此,六角轴模型可以算是一个比较典型的建构主义工效学模型。在设计中,六角轴模型更加注重同教育学、社会学以及心理学理论的结合,它将师生关系、学习共同体以及学生心理状态等因素都加入到系统设计中,更加强调教育系统的动态性、协同性设计,这与教育/学习共同体建构的教育学思路相一致。特别值得一提的是六角轴模型中任务设计维度与自主学习之间的关系,设计出多样化、趣味性、目标导向的作业任务,被认为是实现自主学习的关键所在(赵丹, 2013)。这一任务通常涉及多项目标,包含重大主题或意义,需要学习者在长时间的持续学习过程中投入多种认知和元认知活动,并与环境中的诸因素进行交互(De Corte, Verschaffel, & Masiu, 2015)。因此,六角轴模型通过任务维度的设计来实现对特定学习者的动机激发和维持是其在学习论视角下的亮点。这一学习动机涉及到目标定向、自我评价、自我效能感、自我价值实现、积极归因、社会比较等(Schunk & Zimmerman, 2008)多样成分,是学习论中关注的核心问题。

与社会控制论模型相比,六角轴模型被归结为体现认知建构主义的工效学模型。然而,正如行为主义与认知主义学派在学习观点上的长期针锋相对一样,社会控制论与六角轴模型之间也存在一定的是非关系。行为主义强调实效性,可操

作强,在训练一些基本知识技能方面确实优于认知建构主义,这种优势直接反映在考试成绩上,这也是中国当前绝大多数明星中学仍然将题海战术作为主要教学模式的原因。Smith模型体现出来的无论是环境控制还是自我控制,针对学习者的学习表现的提升都具有显而易见的效果。相反,六角轴模型在涉及到时间、个体差异、任务差异等诸多变化维度后,相应环境的设计却变得不可控,或者说这样的环境设计几乎是不可能的,这也是六角轴模型在应用上的最大局限性。

总体上,六角轴模型较好地体现“因材施教,寓学于乐与自我成长”的教育理念,并且在模型整体应用性上相比于前两个模型有了实质性的进展。但对于教育专家而言,想要参照六角轴模型打造出满足多元化需求的教育系统却依然十分困难,或者说在现实操作层面上仍然存在很多阻碍,智能化设计将是解决这一难点的理想手段。所谓智能化设计就是让系统具备识别学习者心理和人格特征的功能,这种功能的实现是自主学习和因材施教达成的基本前提。至于寓学于乐,这一直是教育系统设计中最为艰巨的任务。六角轴模型通过个体化、任务化设计来实现对多种动机的激发具有一定的价值和意义,但要真正实现寓学于乐,还需要结合其他教育设计理念。当前游戏化教学的设计是实现寓学于乐的一个伟大设想,一些研究者已经开始结合游戏的多元动机理论对学习任务进行游戏化设计,这种设计的理论核心就是激发学习者的学习动机(马颖峰, 罗晓, 白羽, 2015; Vos & Denessen, 2011)。当然,游戏化设计并不仅仅是要把教学内容设计成游戏,而是把教学还原到生活当中去,把教学与艺术高度地结合起来。所以游戏化设计是未来教育工效学模型应



该考虑的另外一个重要原则。

## 5 基于学习论视角的教育工效学模型设计建议

第一,智能化设计。理论模型的价值体现在指导实践中,而实践指导价值的高低则取决于模型的有效性。无论是社会控制模型还是六角轴模型都考虑到了个性化学习,但真正实现个性化学习并不是靠堆砌几种不同类型的学习材料或方式,而是要能够智能化地判断出学习者的特征(Klašnja-Milićević, Vesin, Ivanović, & Budimac, 2011),比如学习风格与学习策略,学习者的思维方式等偏好,然后由系统来生成相应的学习材料或方式。那么,智能化交互设计作为未来教育系统设计的关键点(Naser, Ahmed, Al-Masri, & Sultan, 2011),如何在模型上予以充分体现呢?当前的大数据研究可以作为智能系统模型建立的一种重要依据,基于学习者的大数据研究结果而设计出的教育工效学模型就是有效性设计的最佳体现(Ke & Lu, 2014)。

第二,游戏化设计。学习是一件很艰苦的劳动,Smith模型与六角轴模型都在试图帮助学习者来战胜这份苦差,但这种战胜仅仅靠环境或行为控制不行,靠纯粹的多样化设计也不行。寓学于乐,天生就是要把学习与玩乐结合起来,尽管这在过去甚至当前看来可行性都不高。但游戏化设计与智能化设计相结合无疑是未来教育系统设计的关键所在,是真正意义上实现“因材施教”与“寓学于乐”这两大教育追求的关键所在(West, 2015),也因此是学习论视角下的教育工效学模型应该遵循的基本原则。

第三,学习者中心设计。在学习者为中心的教育系统设计中,学习动机的激发成为了关键问题(Collins, 2009; Pintrich, 1999)。当前,很多教育研究者将游戏化教学作为激发学生学习动机的重点研究方向,游戏程序俨然成为了智能化教学系统设计的模板(Liu & Chu, 2010)。这种设计有其合理性和必要性,但单纯的游戏型教育系统在设计全面性和应用性上欠佳(Girard, Ecalle, & Magnan, 2013)。从本质上看,游戏设计和教育系统设计的最大区别在于系统中心问题,游戏中的角色或者化身不能完全代表个性化的学习个体。而真正意义上的智能化教育系统的中心必定是学习者本人,

是寻求自我成长的个体。未来的教育系统必然是以人的多样性需求为基础的智能系统,在这个系统中,学习者作为中心,其它设计都是为了服务于学生者的更好成长而存在的。

## 参考文献

- 林崇德. (2002). *教育与发展*. 北京: 北京师范大学出版社.
- 马颖峰, 罗晓, 白羽. (2015). 基于多元动机框架理论的教育游戏设计. *远程教育杂志*, (6), 99–105.
- 赵丹. (2013). 以学生自主学习为中心的任务驱动教学模式探讨. *教育与职业*, (12), 98–99.
- 郑旭东, 张振亭. (2003). 信息技术教育与学生主体性的实现. *电化教育研究*, (6), 13–15, 19.
- Acioly, A. S., Oliveira, M. D., & Freitas, V. H. (2012). Analysis of accessibility for buildings of a graduation school—an experiment in ergonomics training curriculum. *Work*, 41, 4124–4129.
- Benedyk, R., Woodcock, A., & Harder, A. (2009). The hexagon-spindle model for educational ergonomics. *Work*, 32, 237–248.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Brunier, E., Le Chapellier, M., & Dejean, P. H. (2012). Cross-disciplinary problem-solving workshop: A pedagogical approach to anticipate ergonomist engineering design collaboration. *Work*, 41, 3669–3675.
- Burkitt, E., & Sheppard, L. (2014). Children's colour use to portray themselves and others with happy, sad and mixed emotion. *Educational Psychology*, 34, 231–251.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M. (2015). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. *Applied Ergonomics*, 46, 201–211.
- Collins, N. (2009). Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications by dale schunk; barry zimmerman. *Journal of Higher Education*, 80, 476–479.
- Crompton, H. (2013). A historical overview of m-learning: Toward learner-centered education. In Z. L. Berge & L. Y (Eds.), *Mulenburg, handbook of mobile learning*. New York, London: Routledge.
- Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2004). Supporting self-regulation in student-centered web-based learning environments. *International Journal on E-Learning*, 3, 40–47.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Masui, C. (2005). The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving.

- European Journal of Psychology of Education*, 43, 365–384.
- Determan, J., Akers, M. A., Williams, I., Hohmann, C., & Martin-Dunlop, C. (2015, May). *Learning space design for the ethnically diverse undergraduate classroom*. Paper presented at the meeting of the American Institute of Architects (AIA) annual convention, Atlanta.
- DeTure, M. (2004). Cognitive style and self-efficacy: Predicting student success in online distance education. *American Journal of Distance Education*, 18, 21–38.
- Duca, G. (2012). Usability requirements for buildings: A case study on primary schools. *Work*, 41, 1441–1448.
- Ellaway, R. (2013). Turning a “human factors” lens on medical education. *Medical Teacher*, 35, 1057–1059.
- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education*, 67, 156–167.
- Fraser, T. M. (1978). Job satisfaction and work humanisation: An expanding role for ergonomics. *Ergonomics*, 21, 11–19.
- Girard, C., Ecalte, J., & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: How effective are they? a meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29, 207–219.
- Hadwin, A., & Oshige, M. (2011). Self-regulation, coregulation, and socially shared regulation: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory. *Teachers College Record*, 113, 240–264.
- Harik, R., & Fattouh, J. (2010). Human engineering assessment of a classroom’s environment: Application on LAU engineering classrooms. *Computer-Aided Design and Applications*, 7, 649–661.
- Harris, P., Connolly, J., & Feeney, L. (2009). Blended learning: Overview and recommendations for successful implementation. *Industrial and Commercial Training*, 41, 155–163.
- Henricksen, K., Indulska, J., & Rakotonirainy, A. (2002). Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems. In F. Mattern & M. Naghshineh (Eds.), *Pervasive computing*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Jayarathne, K. (2012). Ergonomic considerations in school environments-the need for widening the scope. *Work*, 41 Suppl 1, 5543–5546.
- Kao, H. S. R. (1976). On educational ergonomics. *Ergonomics*, 19, 667–681.
- Karnita, R., Woodcock, A., Bell, S., & Super, K. (2017). Approachability as a Prerequisite of Student Reflection. In J. I. Kantola, T. Barath, S. Nazir, & T. Andre (Eds.), *Advances in human factors, business management, training and education*. Cham: Springer.
- Ke, M., & Lu, M. X. (2014). Innovative thinking in collegiate pedagogy in the big data era—Analysis of the teaching platform required in China. *Chinese Studies*, 3, 136–138.
- Klašnja-Miličević, A., Vesin, B., Ivanović, M., & Budimac, Z. (2011). E-learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. *Computers & Education*, 56, 885–899.
- Kravicik, M., & Klamma, R. (2012). Supporting self-regulation by personal learning environments. In *Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (Vol. 13, pp. 710–711). Rome: IEEE.
- Lee, Y. S. (2014). Collaborative activities and library indoor environmental quality affecting performance, health, and well-being of different library user groups in higher education. *Facilities*, 32, 88–103.
- Legg, S., & Jacobs, K. (2008). Ergonomics for schools. *Work*, 31, 489–493.
- Liu, T. Y., & Chu, Y. L. (2010). Using ubiquitous games in an english listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, 55, 630–643.
- Naser, S. A., Ahmed, A., Al-Masri, N., & Sultan, Y. A. (2011). Human computer interaction design of the lp-its: Linear programming intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2, 60–70.
- Nogaj, L. A. (2013). Using active learning in a studio classroom to teach molecular biology. *Journal of College Science Teaching*, 42, 50–55.
- O’Sullivan, S. (2006). *A study of the relationship between building conditions and student academic achievement in Pennsylvania’s high school* (Unpublished doctoral dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Osquei-Zadeh, R., Ghamari, J., Abedi, M., & Shiri, H. (2012). Ergonomic and anthropometric consideration for library furniture in an Iranian public university. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 3, 19–26.
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31, 459–470.
- Pribeanu, C. (2014). Improving the ergonomic quality of AR-based e-learning systems: A task-based design approach. *Problems of Management in the 21st Century*, 9, 150–157.
- Py Szeto, G., Tsui, M. M., Sze, W. W., Chan, I. S., Chung, C.

- C., & Lee, F. W. (2014). Issues about home computer workstations and primary school children in Hong Kong: A pilot study. *Work*, 48, 485–493.
- Salvendy, G. (2006). *Handbook of human factors and ergonomics* (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (2008). *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Simoncini, G. (2012). Trends in global higher education. *Konteksty Wychowania i Edukacji*.
- Singleton, W. T. (1967). The systems prototype and his design problems. *Ergonomics*, 10, 120–124.
- Slattery, T. L., & Meyers, S. A. (2014). Contextual predictors of adolescent antisocial behavior: The developmental influence of family, peer, and neighborhood factors. *Child and Adolescent Social Work Journal*, 31, 39–59.
- Smith, K. U., & Smith, M. F. (Eds.). (1966). *Cybernetic principles of learning and educational design*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Smith, T. J., (2007). The ergonomics of learning: Educational design and learning performance. *Ergonomics*, 50, 1530–1546.
- Smith, T. J., (2012). Integrating community ergonomics with educational ergonomics-designing community systems to support classroom learning. *Work*, 41, 3676–3684.
- Smith, T. J., (2014). Variability in human performance—the roles of context specificity and closed-loop control. In *Proceedings of the 58th annual meeting human factors and ergonomics society annual meeting* (pp. 979–983). Los Angeles: SAGE Publications.
- Smith, T. J., Racine, S., & Bhuanantanondh, P. (2001). Human factors/ergonomics issues with online and distance education. Paper presented at the meeting of Home on the Web: The Challenges and Opportunities of Online Learning Communities, Minneapolis.
- Smith, T. J., & Smith, K. U. (1987). Feedback-control mechanisms of human behavior. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors* (chapter 2.9, pp. 251–293). New York: Wiley.
- Stone, N. J. (2008). Human factors and education: Evolution and contributions. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50, 534–539.
- Tinajero, C., Castelo, A., Guisande, A., & Páramo, F. (2011). Adaptive teaching and field dependence-independence: Instructional implications. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 43, 497–510.
- Vassileva, J., (1998). *A task-centered approach for user modeling in a hypermedia office documentation system*. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & V. Vassileva (Eds.), *Adaptive hypertext and hypermedia*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Vos, N., Meijden, H. V. D., & Denessen, E. (2011). Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computers & Education*, 56, 127–137.
- West, D. M. (2015). *Big data for education: Data mining, data analytics, and web dashboards. governance studies at brookings* (pp. 11). Brookings Institution.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. New York, NY: HarperCollins Publishers.
- Woodcock, A. (2007). Ergonomics, education and children: A personal view. *Ergonomics*, 50, 1547–1560.
- Woodcock, A., Woolner, A., & Benedyk, R. (2009). Applying the hexagon-spindle model to the design of school environments for children with autistic spectrum disorders. *Work*, 32, 249–259.
- Yan, Y. H., Lee, T. G., Guan, Y., & Liu, X. D. (2012). Evaluation index study of students' physiological rhythm effects under fluorescent lamp and led. *Advanced Materials Research*, 433–440, 4757–4764.
- Zimmerman, B. J. (2015). Self-regulated learning: Theories, measures, and outcomes. In J. D. Wright (Ed.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (2nd ed., pp. 541–546). Holland: Elsevier.

## Towards development and implementation of theoretical models for educational ergonomics: A learning theory perspective

KAN Hong; ZHU Yanfei; WANG Yamin

*(Beijing Key Laboratory of Learning and Cognition and Department of Psychology,  
Capital Normal University, Beijing 100048, China)*

**Abstract:** Educational ergonomics, which had long been neglected by ergonomic researchers, is now a burgeoning subfield of ergonomics. The development of educational ergonomics is generally marked with the proposal of new theoretical models. Recently, two theoretical models were proposed by Smith (2007) and Benedyk (2009), respectively, since Kao published the first model of educational ergonomics 40 years ago. These models have proven to be useful in providing theoretical frame for educational design. The value of these models however has not been widely realized by educators, which leads to the gap between theoretical models of educational ergonomics and learning theories. The gap undermines the implementation of these models in educational design. In order to provide a more valuable and practicable theoretical model for the design of educational system, a theoretical cohesion between the ergonomic theories and learning theories is necessary. In current study, an effort was made to establish the link between the ergonomics and learning theories. From a learning theory perspective, we further propose three feasible suggestions for the modification of the educational ergonomics models.

**Key words:** Ergonomics; educational ergonomics; educational informatization; educational system design; learning theory