

□ 张 伟

摘 要：微世界作为一种学习环境与心智工具，国内教育行业对它研究很少。本文从微世界思想起源、微世界结构、微世界与一般C A I软件的差别及微世界与建构主义的关系这几个方面进行分析，指出微世界在培养学习者的高级思考能力、知识迁移方面有其独特的功能。

关键词：微世界 M i c r o w o r l d 建构主义 心智工具

中图分类号：G 4 2 0

一、微世界思想溯源

谈到微世界(M i c r o w o r l d)，不能不提起美国麻省理工学院的S. P a p e r t教授，微世界学习环境的思想就是他首次提出的。P a p e r t于1928年3月1日生于南非，其父从事南非昆虫的研究，P a p e r t童年时代的大部分时间与他的父母、父亲的白人助手以及几位黑人工人呆在一起，在这种“透明的小世界”中，P a p e r t对机械学产生了浓厚的兴趣，从小就喜欢摆弄齿轮箱。后来，P a p e r t对数学、实用激进主义及哲学都进行了深入的研究。1959年，教育史上一位著名人物J e a n P i a g e t邀请P a p e r t到瑞士日内瓦的“P i a g e t发展认识论实验室”工作。与P i a g e t的合作是P a p e r t人生中的一个转折点，P i a g e t使P a p e r t认识到研究儿童能做什么比研究他们不能做什么更重要。1964年，P a p e r t离开日内瓦来到麻省理工学院(M I T)人工智能研究中心工作，主要研究思维的本质、儿童如何学习数学以及如何使用机器学习数学等等。在M I T期间的研究工作，使他进一步坚信P i a g e t曾经做出的论断：儿童是其自身认知结构的建造者。同时，他也对P i a g e t的自相矛盾的话“儿童学习能力是惊人的，然而在学校里教学生却是一件很困难的事”有更深刻的理解。他认真考虑自己成为数学家的原因：由于从小喜欢摆弄齿轮箱，在摆弄中发现数量关系的奇妙，在学习函数概念时就十分容易，在学习中也一直保持着这种理论联系实际的方法。由此P a p e r t认为如果儿童学习时能把学习与自己的体验相结合，则能学得又好又快。即学生学习数学时如果有一种相当于齿轮的东西可供摆弄，则任何人都能学好数学，而计算机正能提供这样的东西。基于这种认识，P a p e r t在一些计算机科学家的帮助下开发出了L o g o语言。

借助于L o g o提供的学习环境，学习者可自由探索数学概念之间的联系，利用即时反馈从错误中学习以及体验与掌握假设一检验技巧。实践证明L o g o虽然最初是作为一种计算机语言的面目出现，但是它起到的作用远远超过了一般意义上的计算机语言。它不仅能促进学习者解决问题能力的提高，同时它还能促进社会交往能力、正确地自我评价以及培养学习的积极态度。因此，在L o g o推出不久就出现了许多种基于L o g o的计算机学习环境，微世界(M i c r o w o r l d)一词就是P a p e r t首先使用来描述L o g o及类似于L o g o的学习环境的。以前微世界大多是用来学习数学的，现在的微世界却应用于各种各样的领域，如数学、经济学、计算机等等。至此，微世界的含义也逐渐明确：学习者可在其中自由探索以提出问题、发现问题、检验假设及修正结论的基于计算机的学习环境。它能够激发学习者成为知识的探索者及建构者，并培养对问题与现象的探索、发现、产生、定义、与解决的能力，具有高度学习者控制和互动性，容易学习与操作。(注：在本文中微世界与微世界学习环境没有任何区别)

二、微世界的结构及与一般C A I软件的区别

微世界学习环境的思想提出后不久，在数学教育、物理教育中应用很广，近几年来，在经济学、英语、化学、写作课教学中也都引入了微世界学习环境的概念，给人的感觉是无论什么样的C A I软件都可以套上。要想进一步地探讨微世界的教育应用，首先要搞清楚如下几个问题：什么样的C A I软件才能称为微世界？微世界与一般C A I软件的本质区别是什么？学生在微世界中是如何活动的？

为了解决以上几个问题，首先要明确如下三个与微世界有关的概念：界面(I n t e r f a c e)、平台(p l a t f o r m)及高级结构体(s u p e r s t r u c t u r e)。对于“界面”无需做过多的解释，它与通常意义上的“计算机软件界面”的“界面”含义完全相同，指的是软件的“面容”；“平台”在微世界中相当于微世界中为用户提供的“舞台”，用户与微世界的交互都是通过“平台”进行的；高级结构体“在微世界中用来描述微世界中的物体(o b j e c t s)及如何使用它们”⁵。为了更好地理解以上三个概念我们研究一下在参考文献¹中提出的复数微世界及M S W L o g o。

参考文献¹中介绍的微世界是笔者见到的国内唯一冠上“微世界”之名的C A I软件。在国内，学生在小学、初中接触的都是实数，第一次接触与实数完全不同的复数，对复数的理解上有很大的难度，复数微世界提出的本意就是通过直观的反馈显示界面，让学习者自由探索复数的加减、复数的乘除、复数的表示的含义。复数微世界给笔者留下最深刻印象之处是其定义的命令集(12个命令)，这也是它与L o g o最相似的地方：

表1：复数微世界命令集（高级结构体）

命令	屏幕输出结果
Z=a+bi	复数几何表示
Z(r,θ)	复数几何表示
r(θ)	逆时针旋转θ角
r l(θ)	顺时针旋转θ角
T(a,b)	在x、y方向平移a、b个单位
Tl(a,b)	在x、y方向平移-a、-b个单位
S(k)	将复数的模放大K倍
S1(k)	将复数的模缩小K倍
Z1+z2	两个复数的和
Z1-z2	两个复数的差
Z1*z2	两个复数的积
Z1/z2	两个复数的商

此软件的界面将屏幕分成如下几个窗口：用来显示命令结果的主窗口、复数端点坐标窗口、命令输入窗口及历史命令显示窗口。在这个微世界中，“界面”指的就是软件界面；“平台”指的是命令输入窗口；“高级结构体”指的就是这些命令集。

我们再来研究一下M S W L o g o。首先看看M S W L o g o的运行界面(如下图)：其界面主要由显示窗口与命令输入窗口组成。M S W L o g o虽然图形式L o g o，仍然保留了第一个L o g o版本的特色：命令集

用户在命令输入窗口中，输入简单的Logo命令或者复合命令，在显示窗口中立即显示命令结果。即它提供的即时反馈作图环境使学习者更容易理解抽象复杂的几何概念。例如学生初学几何时，对点、线这样的抽象几何概念往往难以理解，而在MSWLogo中的点则比较具体，它有位置与方向两个参数，学生理解起来要容易的多；在MSWLogo中，线是Turtles爬出来的，学生能看到，也容易理解线的概念。学生使用命令集驱动Turtles画出各种各样的图形，这样就能将数学中的规律与现实中的点线关系联系在一起，激励学生者学习动机。当遇到疑难问题时，学生还可以使用“Turtles扮演”方式在屏幕上“走一走”。另外，虽然在MSWLogo中，只提供有限可数的若干个简单命令，但是学习者通过将简单命令进行组合应用，能画出非常复杂的图形；同时通过MSWLogo能很好地掌握图形之间的关系以及简单图形的运动可生成复杂的图形：点按照不同的规律运动，其轨迹将会是圆、抛物线、椭圆；圆锥被不同的平面所截其截面具有不同的形状如圆、椭圆、抛物线等，因此比较容易理解几何中的新知识。这个微世界与前面介绍的复数微世界其结构相似，“界面”、“平台”与“高级结构体”都

很明显，在此不再详述。

表2 MSWLOGO命令集（部分命令，高级结构体）

命令	例子	屏幕显示结果
forward	FD 10	向前移10个单位
back	BK 10	向后移10个单位
right	RT 90	顺时针旋转90度
left	LT 90	逆时针旋转90度
penup	PU	Turtle移动时不留痕迹
pendown	PD	保留移动痕迹
home	HOME	回到屏幕的中心位置
hideturtle	HT	在屏幕上隐藏Turtle
showturtle	ST	在屏幕上显示Turtle

根据以上两个微世界的例子，很容易发现这两个微世界与一般CAI软件的本质区别：都有一套命令集（高级结构体）。我们是否可以说具有高级结构体的CAI软件就是微世界呢？或者说微世界一定要有高级结构体呢？这个问题一定要搞清楚，因为对这个问题的认识直接决定着微世界的应用效果、微世界与一般CAI软件的本质区别及微世界的开发。对此，笔者坚持认为微世界一定要有高级结构体，有没有高级结构这是区别微世界与一般CAI软件的本质所在。为什么这样说呢？我们首先看看“高级结构体”的作用：在微世界中高级结构“用来描述微世界中的物体（objects）及如何使用它们”。由此我们看出学习通过微世界学习时，高级结构体充当的是用户探索微世界的“工具及其操作方法”，从这个意义上来说，微世界的用户具有使用者及设计者的双重角色，这直接导致微世界与当今比较流行的建构主义之间建立了紧密的联系。建构主义认为有效的学习环境并不意味着教师采用好的教学方法，而意味着能为学习者提供建构知识结构的机会，因此高级结构体是微世界一个必不可少的组成部分。

但是值得指出的是，高级结构体的表现形式可以各种各样，如对于应用于数学教育的微世界来说其表现形式多为命令集，对于应用于物理教育的微世界来说其高级结构体多表现为参数的改变，甚至有的高级结构体并没有明确地表示出来，它隐含在与其承载的某种领域知识自身的规则之中，但不管如何，如下的特性应该是微世界所具备的：

- ◆ 学习目标与范围、学习程序可由学习者自己设定，高度学习者控制，没有固定的操作“路径”必须要遵循；
- ◆ 学习模式是情境式、经验式、自我调节与规范式的“做中学”的方式。
- ◆ 问题可由学习者产生与定义并加以解决，假设可由学习者提出并可以在微世界中加以验证；
- ◆ 学习者与微世界有高度互动性，容易学习与操作，甚至不需要学习就可操作；
- ◆ 提供观察与操作的工具（如显示窗口、命令输入窗口或参显示窗口等）以便有利于微世界中进行探索和试验；
- ◆ 提供由浅入深和由简到繁的主动学习历程；

由此我们可看出微世界软件与一般CAI软件的区别所在：电脑微世界着重在激发学习者思考与创造力的心智模式的建立，而一般CAI则强调知识的呈现和学习内容的传递。

三、微世界教育应用分析

最近一段时间在国内教育信息技术领域研究性学习及整合性学习是研究的热点为，也是应用的热点，其学习理论基础就是目前在教育技术领域谈得最多的建构主义，它强调所谓学习就是学习者在一定的环境下建构知识自身体系的过程。在遵循基于建构主义学习理论的学习过程中常常会经历包括观察现象、发现问题、寻找资料、提出假设、设计实验、执行实验、验证结果、讨论结果等系统化活动，而学习者在微世界中的活动基本也是如此。

国外利用微世界学习环境来学习已经做出不少有启发性的探索，在国内却鲜有利用微世界学习环境来学习的先例，从国外教育技术行业实践证明利用电脑微世界来探索、发现、和建构知识的过程中，可以激发学习者高层与批判思考并促进学后保留与知识迁移。从微世界学习环境的本意来看，微世界只是提供某一个学科知识领域的微小但完整的“世界”，也就是微世界只是一种环境，是一种载体，学习者需要掌握的知识与技能就隐藏在微世界中。学习者第一次接触微世界时，所看到及所能使用的只是微世界所提供的一些工具与操作工具的方法，需要掌握的知识需要学习者借助于微世界提供的工具去挖掘，知识之间的联系需要学习者借助于微世界提供的工具去探索，即学习者把微世界当作认知工具来获取和建构知识，并组织成个人自己的知识体系，最后再将之有系统地呈现出来，因此微世界有极强的教育实用价值，具体主要体现如下几个方面：

一 微世界学习环境完美体现建构主义学习思想

建构主义学习环境是将计算机支持的教学过程理解为建构主义学习环境 (Wilson, 1996), 这体现了建构主义倾向的对于知识与教学的理解。客观主义将知识理解为客观存在的产物与状态, 因此将教学理解为教学内容传递的过程; 而建构主义将知识理解为学习者在个体经验的基础上, 通过与环境的交互建构知识与意义的过程。如前所述, 微世界思想的本意就是给学习者提供一个可供自由探索、完全自主控制的学习环境, 学习者在微世界学习环境中能进行主要自我组织的学习, 即自行确定学习内容、学习目标, 自我组织的学习思想与建构主义思想是一致的, 即认为学习的过程应该以学习者为中心, 学习是个体在原有经验的基础上建构新意义的过程, 学习者对自己的学习负有主要的责任, 激发学习者成为知识的探索者、发现者、与建构者。

(二) 能激发学习者的高层次思考能力

所谓高层次思考能力指批判性思考、创造性思考、综合性思考等等方面的能力, 一般来说, 高层次思考行为具有如下特性:

- ◆ 面临要解决的问题, 一般情况下一开始都不会有一个明确的解决方法, 往往有几个不可确定结果的可选方案被选择;
- ◆ 需要持续不断的努力思考;
- ◆ 自我规范、自我控制;
- ◆ 经常遇到相冲突的信息, 因此需要经常做出判断。

而当学习者在微世界学习环境中进行学习时, 经常涉及到问题解决及批判性思考。例如在 Logo 环境中编程行为就能提高学习者的问题解决能力, 成为一个有能力的问题解决者, 因为编程行为一般情况下经历如下几个步骤:

- (1) 了解需要解决的问题
- (2) 构思问题算法 (写出程序流程图, 体现创造性思考)
- (3) 把程序流程图变成代码 (编程, 体现创造性思考)
- (4) 评价程序运行情况, 如有必要则作进一步的修改 (体现批判性思考与综合性思考)。

如上四个步骤和我们日常问题解决步骤完全相同, 因此微世界能激发学习者的高层次思考能力, 即使在没有命令集的微世界学习环境下也是如此。因为如前所述, 无论什么样的微世界学习环境, 本质上来讲是一个微小但完整的模拟某个真实情况的微环境, 学习者在微世界中像在真实的世界一样做自己想做的事情, 检验自己的假设与预测结果, 即本质上是利用微世界解决问题。

(三) 能造成学习者的知识迁移

所谓知识迁移是一种情境中学到的知识与技能可在另外一种情境下有效地使用, 有两种迁移方法 (Salomon & Perkins 1987): 低级迁移 (Low Road transfer) 与高级迁移 (High road transfer)。低级迁移是指在某种情境下获得的知识与技能在另外多种情况下被有限性扩展使用, 最后达到行为自动化; 而高级迁移是指在某种情境下获得的知识与技能被学习者在更高的抽象层次上表达, 并且有意识地努力把这种抽象技巧应用于新的情况。

根据认知心理学, 知识迁移并不是一件很困难的事情。如果情境相似性极高, 学习者倾向于低级迁移; 相反如果情境相似性极低, 则或者不发生任何学习迁移或者实行高级迁移。对于在微世界学习环境中的学习者来说, 很容易产生知识迁移的行为, 这是因为微世界本来就是真实世界某种情况的模拟, 在微世界学习环境中学到的知识与技能在被模拟的真实情境中相对比较容易使用。

此外微世界在培养学习者观察现象、发现问题、寻找资料、提出假设、设计实验、执行实验、验证结果、与讨论结果等系统化程序的能力、促进合作学习、培养沟通磋商与讨论的能力及透过问题解决过程整合学习者的知识、技能、与情意态度方面都有明显的作用。

四、结束语

微世界的教育实用价值很高, 国外对微世界教育性应用研究很热, 相比较而言, 国内专门针对微世界学习环境的研究不多, 当然更谈不上深入 (在 80 年代在国内曾掀起一段 Logo 热, 但很快就销声匿迹了)。这篇文章是笔者对微世界教育应用研究成果的一个总结, 谈不上成熟也算不上深入, 如果本文能引起教育工作者对微世界学习环境的关注并进而进行研究, 这篇文章的目的也算达到了。因为与一般的 CAI 软件相比, 微世界确实具有很明显的优越性, 对国内提倡的“学会认知、学会做事、学会合作、学会生存”的学生培养目标的实现具有积极的作用。

(作者单位: 枣庄学院计算机科学系 山东枣庄 277100)

参考文献

- 1 朱学增, 刘润广. 复数运算显微世界的实现夏朝晖 J, 计算机应用 1994 年 06 期.
- 2 孙沛. 人工智能在教学中应用的探讨 J 内蒙古师范大学学报 自然科学汉文版 2003 年 01 期.
- 3 Celia Hoyles, Richard Noss Ross Adamson. Rethinking the Microworld Idea N.
- 4 The Probability Explorer A Research-Based Microworld to Enhance Children's Intuitive Understanding of Chance and Data. Focusing on Learning Problems in Mathematics M 22 (3-4) pp. 165-178.
- 5 A. Georges, L. Romme. Microworlds for Management Education and Learning N, <http://www.business.ltsn.ac.uk/events/BEST%202002/Papers/Romme.PDF>.
- 6 Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline M, Kluwer Academic Publisher Dordrecht, 1993, pp. 189-199
- 7 Biddlecomb, B. D. 1994. Theory-based development of computer microworlds J. Journal of Research in Childhood Education, 8 2, 87-98.
- 8 Papert, S. 1980. Mindstorms Children, computers and powerful ideas M. New York Basic Books.
- 9 Setffe, L. P. & Wiegell, H. G. 1994. Cognitive play and mathematical learning in computer microworlds J. Journal of Research in Childhood Education 8 2 117-131.
- 10 祝智庭. 网络教育应用教程 M, 北京师范大学出版社, 2001.