

CAI 软件实用开发技术

黄荣怀 樊磊 编著



电子工业出版社

第一章 计算机辅助教学

计算机辅助教育 (Computer Based Education, 缩写为 CBE) 是随着社会的信息化而产生的。从软件的角度看, 计算机辅助教育一般分为两个方面: 一个是 CAI (Computer Assisted Instruction, 计算机辅助教学), 指用计算机帮助或代替教师执行部分教学任务, 为学生传授知识和提供技能训练, 直接为学生服务。这些用于执行教学任务的计算机程序称为课程软件 (Courseware, 简称课件)、教学软件或 CAI 软件; 课件就是程序化的教材。

另一方面是 CMI (Computer Managed Instruction, 计算机管理教学), 一般指针对不同的目的设计开发的信息管理和处理程序, 用于管理和指导教学过程、帮助教师构造测验和评分、管理教学计划、教学资源等, 直接为教师和教育管理部门提供服务。如市场上常见的各类学科的试题库、校长办公系统等属此类软件。

虽然 CAI 和 CMI 具有一定的独立性, 但将它们联系起来使用能更好地发挥作用。例如, 可以根据 CMI 反映的情况及时更新和修订教学软件, 使软件和教师有效地解决学生可能遇到的问题和困难, 保证学生掌握全部学习内容。另外, 通过对学习者使用 CAI 软件情况的跟踪和分析, 又可为教师的管理和教学活动提供依据。CMI 的开发一般需涉及数据库管理系统的有关问题。本书不直接论述 CMI 的设计开发, 但书中的一部分内容, 如汉字处理、控制技术、界面设计和图像显示等也是 CMI 软件开发的基础。

在欧洲一些国家, 特别是讲英语的国家, 使用计算机辅助学习 (Computer Assisted Learning, 缩写为 CAL) 来强调学习应该以学习者为中心的观点。与 CAI 有关的术语还有 CAI (Computer Aided Training, 计算机辅助训练) 和 CBT (Computer Based Testing, 计算机辅助测验) 等。狭义地讲, CAI 和 CAL 都是指让学习者直接使用计算机进行学习的一种形式。一直有人批评使用 CAI 和 CAL 学习者是在被动地学习, 因此, 也有电子学习 (Electronic Learning) 的称法。广义地讲, CAI 也可以解释为“计算机在教育领域的应用” (Educational Computing, 或者 Computer uses in Education), 即与 CBE 有相近的含义。本书使用狭义的说法。

本章对计算机在教育中的应用, 特别是 CAI 的发展情况作简要的回顾, 探讨我国 CAI 的现状、存在的问题及今后发展前景等。

§ 1.1 计算机辅助教育概况

一、计算机辅助教育发展历史

将计算机应用于教育领域已有 30 多年的历史。早在 1958 年, 美国 IBM 公司的沃斯顿研究中心就设计制造了世界上第一个计算机辅助教学系统。该系统可以用来教学生学习二进制算术, 并根据要求产生相应的练习。该研究中心同时还研制了世界上第一种专用于编写课程程序的“写作语言”。60 年代末和 70 年代, 美国的许多著名大学和计

计算机公司相继开展了计算机辅助教育的研究和开发工作，这个时期的 CAI 系统受教学机和程序化教学的思想影响，其中有些系统的设计和采用的教学策略对以后的辅助教学系统影响很大，一些系统至今仍在广泛使用。比较著名的系统有：伊利诺斯大学的 PLATO 系统，德克萨斯大学、扬百翰大学和 MITRE 公司合作研制的 TICCIT 系统，斯坦福大学和 IBM 公司共同开发的 IBM 1500 系统等。以 1960 年问世的 PLATO 系统为例，到 1980 年已经发展成为拥有 1000 多个用户终端的典型的中央处理方式的计算机辅助教学系统。PLATO 系统确立了 CAI 系统的经典教学策略，这种教学策略基本思路及顺序是：提出问题，核对答案，提供确切的反馈信息；当学习者回答有误时，可连续数次重复问题。这种方式所用的教材比较简单，易于编辑；但是对学习者出现错误的地方没有详尽的解释和概念说明，因而交互性较差，难以进行较深入的学习。此外还有学习方式较单调，容易使人厌烦等不足。后来的 CAI 研究在很大程度上就是集中研究如何克服这种教学策略所存在的问题。

在这一时期，一些西方发达国家也开始了计算机辅助教学领域的研究。加拿大在 1968 年开始实施计算机辅助学习工程 (CAN) 开发计划；英国于 1972 年制定了国家计算机辅助学习开发计划 (NDPCAL)；日本的 CAI 研究开始于 1960 年，当时东京振兴协会开发了自己的 CAI 系统，大坂大学和香川大学附属中学合作开发了 KANECOM 系统，这些系统可以同时使用计算机和幻灯机，1968 年日本机器工业促进会将 CAI 系统研制作为促进和推广新机器计划中的一项任务。其它西方国家如法国、德国等也制定了 CAI 发展计划，计算机的教育应用有了相当的规模，并取得显著成果。在此形势下，国际信息处理联合会 (International Federation for Information Processing, 缩写为 IFIP) 于 1970 年召开 CAI 的国际会议，并在 1977 年会议上明确 CAI 为一门边缘交叉学科。此后，国际 CAI 学术活动日趋活跃，先后于 1987 年、1989 年、1991 年召开了国际计算机辅助学习 (CAL) 会议。此外，有关国际组织在 1992 年召开了“教育中的可视化”，“计算机图形学在教育中的应用”等专题国际研讨会，还出版了多种专门论文集。许多有影响的国际杂志刊登有关 CAI 的研究论文和评论文章；还出现了专业杂志，如 Computers in Education、Artificial Intelligence and Education、IEEE Transactions on Educations 等。

面对 CAI 的迅速发展，为了评价 CAI 的效果和作用，美国的一些公司和机构曾进行了使用计算机进行教学的对比试验。试验结果对实施计算机辅助教学基本是肯定的，但是同时强调了教师在计算机辅助教学过程中依然起着十分重要的作用；教师的态度直接影响学生应用 CAI 软件进行学习的积极性和使用效果。

在 CAI 的发展初期，许多教学程序的质量不够好，加之受当时计算机系统功能和使用的限制，很多教师对计算机能否有效地应用于教学持怀疑甚至否定的态度。造成这种状况的主要原因有：

- (1) 计算机设备十分昂贵，功能有限，需要由专家对设备进行维护和保养；
- (2) 需专门的计算机专家编程序，这些专家没有或极少有教学经验；
- (3) 设计和编写 CAI 软件没有标准和指南；
- (4) 对于在教学中如何使用 CAI 软件缺乏理论基础和实际经验。

由于存在这些困难，当时的 CAI 软件难于理解和使用。除由大公司资助或自身条件较好的学校外，应用 CAI 的普通学校并不多。

70年代后期,微型计算机进入市场并开始迅速普及,计算机辅助教育开始进入高速发展阶段。这时,妨碍CAI发展的课题已基本得到解决。首先,硬件设备的费用大幅度降低,计算机系统的使用也更方便、可靠;其次,70年代软件工程有重大进展,软件开发走上标准化、规模化和工程化道路,软件质量有了根本保证;第三,很多有教学经验的教师投入CAI程序的开发,使CAI软件的教学优势得以发挥。许多原来运行在大中型计算机系统上的教育软件经改造移植到微型计算机上;一些教育学家、心理学家和实际教育工作者将自己的教学经验和思想通过计算机实现,开发出大批形式多样的教学软件,通过各种途径的广泛传播和交流,逐渐形成了教育软件产业及其市场。

我国计算机辅助教学工作起步较晚,但近年来发展较快,并已经取得令人瞩目的成就。80年代初期,以北京师范大学和上海师范大学(现华东师范大学)等高校牵头成立了“全国计算机辅助教育学会(CBE)”。80年代后期,北京、四川等省市也相继成立了计算机辅助教育学会等。一些高等院校开设了有关课程并先后成立了CAI研究所、CAI中心实验室等机构;国家教委、有关学会和许多高等学校多次开展了国内、国际学术和信息交流活动,了解国内外发展动态,进行CAI研究工作,为促进我国CAI事业的发展起到了积极的作用。当前,我国各级教育部门、软件开发单位、公司和众多关心CAI事业的人士都在积极从事CAI软件的开发。可以预见,计算机辅助教学在我国教育现代化过程中将起到十分积极的作用。这种形势下,认真总结国内外计算机辅助教学实践的成功经验和失败教训,对我国计算机辅助教育的健康发展是十分重要的。

二、计算机在教学中的作用

据统计,80年代初期美国中小学的个人计算机拥有量为100,000台,到80年代末期急剧增加到2,500,000台以上,而家庭拥有的个人计算机则超过23,000,000台;日本的家庭个人计算机拥有量在90年代初期超过了10,100,000台;我国的学校和家庭个人微机拥有量虽不高,但逐年增加,发展潜力极大。现在,许多中小学的学生在校期间都经常使用计算机,或者学习如何使用计算机,或者将计算机用作学习其它科目的工具。人们普遍认为,“计算机文化”是跨世纪人材所必须具备的基本素质。

计算机辅助教育是一种新教育思想、教育手段的体现,是一门综合计算机科学、教育学、心理学、工程技术以及相关课程专业知识的边缘交叉科学。与传统的教育方法相比,计算机可能并且正在成为更有效的学习媒体。利用计算机进行学习的过程中,计算机由一个或几个学生控制,通过与计算机的交互,学习任务变为更加个别化,这种环境使每个学生能够及时得到指导和反馈。许多教育专家认为,与计算机合作学习会使学生更有独创性,学习也更主动。

只有了解计算机在支持学生学习中所起的不同作用,才能设计出实用的教学软件。计算机在教育中的应用可以分成以下三类:

1. 计算机作为教师

传统的教育手段主要依靠有经验的教师将知识或技能传授给学生。用计算机可以部分代替教师教学生学习知识、掌握技能,巩固已经学过的知识等。

科学技术的发展已经使计算机，特别是微型计算机具备模拟教学行为的能力，可以代替教师的一部分作用；尽管计算机不能取代教师的全部作用，但在某些方面却能超越人类教师的能力。

要设计起到教师作用的软件，需要注意以下几方面的问题：

- 变强迫学习为自愿学习

当你编写出自己的第一个计算机程序时，一定会感到无比兴奋，觉得计算机编程是非常有趣的事，同时对计算机报刊上的关于编程技巧的文章也会产生兴趣。其中的乐趣就在于这种学习完全是自愿的。然而，被迫学习时，感到的痛苦可能会多于收获，因为此时动机不是自发的，学习变得单调乏味。尽管如此，有时强制性的学习是必不可少的。扮演教师角色的教学软件要精心设计，使用各种手段激发学生的学习兴趣，将强制学习变为自愿学习，让使用者感到利用软件学习是轻松愉快的。

- 必要的重复

我国有句成语：“熟能生巧”。许多知识和技能的掌握必须重复实践、练习，例如儿童学习拼音、写字和计数，必须反复练习；指导儿童进行学习的软件应发挥计算机的特点，让他们习惯这种重复。下面是一段实验性程序：

```
void LianXiAdd( void )
{
    int i, j, k, s;
    while ( k!= -1 ) { // 直到 k=-1 退出
        s=1+random(9); // 取 1 到 9 之间的随机数为和
        i=random(s); // 取 0 到 s-1 之间的随机数 i 作为加数
        j=s-i; // 把 j=s-i 作为另一个加数
        printf("%d + %d = ?", i, j); // 输出 i+j=?
        k=s-1;
        while(k!=s) { // 直到回答正确退出
            scanf("%d", &k); // 让用户输入一个数 k
            if(k== -1) break; // 若 k=-1, 结束本练习
            if(k==s) printf("Ok\n"); // 若 k=s, 结果正确, 显示 Ok
            else printf("Error!"); // 若回答错误, 显示 Error
        }
    }
}
```

该程序利用随机数反复生成计算两个 10 以内整数的加法题。实际的软件可以根据每个学生做题情况控制出题速度，最快达到每秒钟一道题；学生必须非常熟练才能完成全部练习题，这能让初学整数加法的小学生很有兴趣地练习一段时间；传统的练习方法很难达到这样的目的。

- 避免单调

单调的练习使学习又变成了强迫学习，不会产生好的效果。计算机可以把枯燥的重复变成充满乐趣、富有启发性的游戏；通过游戏使学生的注意力集中于找出隐蔽信息、获得高分及快速反应上而，在学生没有意识到的情况下，大量有意设计的练习作为游戏继续的条

件提出。程序设计得好，最单调的任务也会变得有趣。

2. 计算机作为学生

作为学生的计算机提供了一种场景，随着交互的进行不断创建新的内容。学生遇到的不再是狭窄的、只有单一正确答案的世界，而是随不同模式出现时所表示的一系列选择，这些选择又取决于提供给（或教给）计算机的信息。

学生可以使用软件工具或编写程序“教”计算机执行某些特殊的任务；如使用文字处理程序书写自己的论文，编程序解数学方程等。从使用现成的商品软件开始，逐步学习一种或几种计算机语言（最常用于教学目的的计算机语言有 BASIC, Pascal 和 LOGO），再到自己编写程序解决问题。通过求解复杂问题，学生的创造性可以得到充分的发挥，这对提高学习兴趣、培养分析问题和解决问题的能力都有很大作用。

在一些模拟游戏中学习者必须建立模型或全面思考决策以对付程序提出的挑战。为此，需把各种技能综合起来，如回忆、研究、预测和按优先级排序等；同时，还必须预先考虑到障碍，如天气和地形的变化，最合理地利用钱、供给和其它可用的资源，在权衡了这些因素并做出计划后选择最佳的途径；游戏者的每一次动作又会影响游戏执行的方向，随着游戏的进展，计划将不断地修改完善。

3. 计算机作为工具

计算机为学习者提供一种教学设备和工具。例如，文字处理软件为学生学习写作提供了崭新、方便的工具；可以利用绘图软件作图，利用音乐软件进行音乐创作，使用形形色色的“电子百科全书”可以迅速检索到所需的信息等。计算机作为工具将使学校的教学课程、内容和方法上发生很大的变化。尽可能让学生使用计算机来完成各种学习任务，对于开发智力、培养解决问题的能力是非常有益的。计算机作为工具既可协助学生完成特定的任务，也可为学生进行创造性活动提供机会。

教学软件可以起到教师、学生和工具中的一种、两种，甚至同时起到三种作用。

总之，计算机在教育中的应用是多方面的。随着计算机应用的逐渐深入和推广，人们对传统教育方式的认识将会改变，学校的课程设置和教学方法也会发生很大的变化。

§ 1.2 CAI 的特点和模式

一、CAI 的特点

CAI 是一种全新的教学方法，使用时必须了解它的特点和限制，这样才能充分发挥其长处，避免和克服其不足。使用 CAI 软件进行教学活动的目的是“辅助”而不是代替教师的教学工作；将教师在黑板上的授课照搬到计算机屏幕上不会有好效果，使用质量低劣的软件不但不能达到教学目的，而且会降低学生的学习兴趣。

各种 CAI 软件的功能和特点不尽相同。一般来讲，结合了各种教学模式的综合型 CAI 软件优点较突出。与一般的教学方法相比，CAI 的特点主要有以下几个方面。

- 交互性强

交互性是 CAI 最基本的特征；其它电教手段，如电视广播和录像等都不具备交互性。通过与学生频繁的交互，计算机可以监测学生的学习情况，学生从计算机的反馈中可立即得知结果，并获得适当的帮助和鼓励。交互活动使学生与计算机之间、学生与教师之间及学生与学生之间得以进行广泛交流，形成开放的、积极的交流教学环境。

- 个别化教学

个别化教学是指可根据学生的个人特点因材施教。学生根据自己对学习的掌握情况、学习兴趣自行控制进度和进展步调；CAI 软件应根据学生的当前水平，为其提供难度适宜的学习材料。

- 学习效率高

CAI 软件提供的丰富教学方式(如动态模拟演示,交互练习和学生参与等)有利于启发学生的思维、提高逻辑判断能力，因此能提高教学质量，缩短学时。

- 科学性强

CAI 软件可以避免人类教师因条件限制带来的教学水平差别，克服了某些学科的规律难以再现或讲述的困难，增强了学习环境的科学性。

一个优秀的 CAI 软件应能体现出以上的教学特点。事实上，CAI 软件成功与否取决于能否激发学生的学习兴趣和理解掌握学习的内容。要充分发挥计算机的能力，在 CAI 软件中提供引人入胜的图形、生动有趣的卡通动画、悦耳动听的声音、富有竞争性的游戏以及易于使用的交互方式等，以提高学生的学习兴趣。但是，仅有这些是不够的，CAI 软件的中心任务是要达到一定的教学目标；软件的教学内容应具有连贯性和一致性，对学生的错误作出及时和适当的反应；另外，软件要具有合适的难易程度，使学生既能从中获益，又容易接近。如果课程内容单调，设计课件时应使其有适当的情节，以提高学习者的兴趣。

CAI 也存在一些问题。对于在教学过程中是否使用和如何使用 CAI 一直是有争议的。例如，现有的多数 CAI 软件是将教科书的内容略加修改制成的；软件的一个画面（或称为帧）可视为教科书中的一页，通过键盘操作依次输出各个画面；学习者先阅读某个画面的说明，并回答预先设置的问题，根据对问题回答的正确与否决定下一幅画面的内容；对学习者为何回答错误这样的问题，计算机就无能为力了。因此，反对者戏称这样的 CAI 程序为电子翻页器（Electronic page turner）。

二、CAI 的基本模式

CAI 的种类很多，其分类也可以有多种方法。按软件适用机型可分为大、中型机的 CAI 系统、小型机和微型机的 CAI 系统等；根据系统的体系结构方式，可以分成中央处理型、局域网络型和单机型。图 1.1 解释了中央处理方式的 CAI 系统。

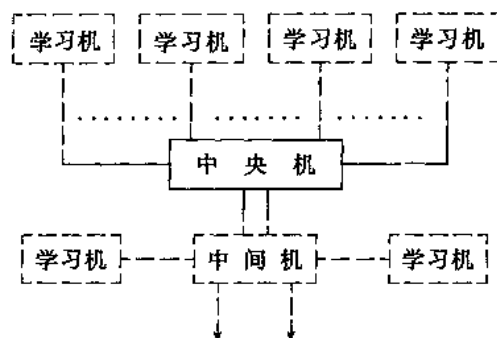


图 1.1 中央处理方式

按中央处理方式建造的系统核心是一台大型计算机（主机，或高性能工作站甚至微机），通过专用线路或电话线与学习者的终端机相联结，学习者使用终端来分享主计算机的资源。在60年代，由于计算机系统价格昂贵，为了提高使用效率而采用了这种方式；结果是中央处理机 CPU 的负荷过重，对学习者的响应速度慢。PLATO 系统克服这个不足的方法是设置中继站，这样虽然改善了通讯，却又使系统本身变得更加昂贵。正是由于价格原因，出现了以廉价的个人计算机为核心的单机方式的教学系统，见图 1.2。

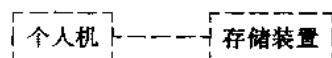


图 1.2 单机方式

近年来，基于局域网 (LAN) 的教学系统发展很快。它用 LAN 来联结学习机，既有单机方式的个别化学习的特点，又有便于统一管理教材等方面的长处；此外，与中央处理方式相比成本要低得多，可望在教育部门得到普及。图 1.3 是基于 LAN 的 CAI 系统的体系示意图。

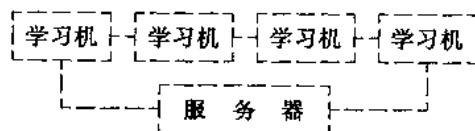


图 1.3 基于 LAN 的教学系统

根据程序结构来分类，CAI 可分为结构型、生成型和智能型等；根据教学模式来分类，则可分为操练与练习、个别指导、模拟、问题求解、游戏及对话型等类型；具体使用何种分类方法，应视实际应用的需要而定。

本书从计算机软件技术的观点考察 CAI 的设计开发的过程，采用的是根据教学模式分类的方法。CAI 的教学模式也称教学策略，反映了利用计算机进行教学活动的交互方式。在实际的 CAI 课件中，可能包含有一种或多种模式。从教学模式的观点看，CAI 软件可以分为以下几类：

- 操练与练习 (Drill and Practice)

这是 CAI 最基本、最常用的模式之一，其所涉及的计算机软件技术相对较简单，效果也比较明显，因此得到了广泛的应用。操练与练习型 CAI 的基本表现方式为：问题依次出现在屏幕上，并由学习者输入答案，CAI 软件可以立即判断其正确与否，并据此再提出

下一个问题。目前国内所见的 CAI 软件大多数均属这类。操练和练习的区别在于：操练的目的是建立记忆和联想，例如记忆英语单词的拼写，有关一个国家的首都、地理位置、人口情况等方面的联想等；练习则是为了某项技能而进行的熟悉过程，例如小数的加减运算，利用物理公式的计算等。采用操练与练习模式的 CAI 软件是根据教学目标的某种规律或技能，多次重复“提问—反应—反馈”的过程，使学生对这种规律或技能建立起联想、牢记并熟悉的教学方式，其基本结构如图 1.4。

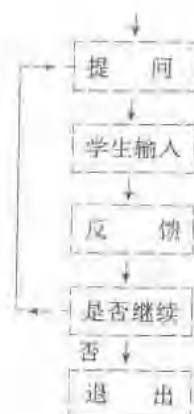


图 1.4 操练与练习型 CAI 的基本结构

操练与练习针对某种规律或知识的内容，通过重复提问及对学生回答的判断和反馈迫使学生熟记和掌握，这种模式的结构较单一且固定，因此程序实现较容易。但是，过多的重复练习和一成不变的模式会使学生感到枯燥，大大降低使用效果。因此，操练和练习的模式往往和其它类型的课件，特别是指导型课件结合使用，以检测学生对课程的掌握程度，为调节学生的学习进度和学习内容提供依据；另外，设计时应注意变化出题策略、顺序和反馈方式等，尽量避免重复和单一化，如可将某些练习以游戏的形式或挑战的方式出现；在学生回答正确时呈现有趣的画面和声响并加以适当鼓励，回答错误时则显示遗憾或幽默的画面和声响，并加以必要的提示直至提供正确的答案。

本书所附磁盘中有一个作者开发的 CAI 软件“小数加减法”，这是一个以指导型为主，结合有一定数量的操练和练习的综合型课件。图 1.5 显示了在学生练习过程中回答正确及回答错误时的画面。



图 1.5 对学生回答的反馈。

• 指导 (Tutoring)

指导是根据程序教学的原则，将特定的教学目标分解成一些相对较小的课程单元，每个单元完成总教学目标的一部分。这样，在全部课程单元结束后，就能达到课件的总教学目标了。根据需要，每个课程单元还可能再分解成教学目标更小的教学子单元等。指导型课件的总体结构如图 1.6。

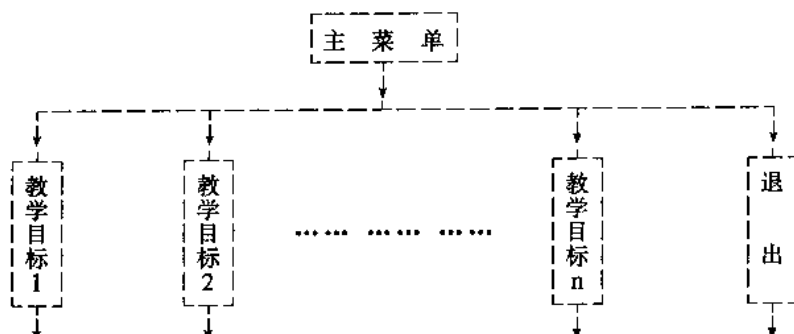


图 1.6 指导型课件的结构

每个课程单元的结构通常为循环过程。引论的目的是向学生介绍本单元的教学目标和要求、引入本单元的教学主题等。引论部分也可能和课文呈现部分结合在一起，使内容更紧凑、连贯。

教学指导是 CAI 中发展较早和较成熟的教学模式之一，也是能较好体现计算机个别化教学特点的方法。通常，每个单元进行一个最基本的教学活动，如讲解一个概念、说明一个规律或列举一个实例等，按照一定的顺序排列这些教学单元。例如，在“小数加减法”中，我们这样排列教学单元的次序：先用具体生动的例子介绍有关概念和运算法则，再通过举例和练习强化记忆这些概念和法则。学生可根据练习了解自己对教学内容的理解程度，从而选择适合自己需要的学习路径。指导型课件

具有丰富的课文解说、举例、规则的演示和现场提问，非常适用于讲解和图示化一些难以解释的规则、公式、抽象概念等教学活动。指导型课件还经常和其它形式的结构（如操练与练习、模拟等）一起构成内容全面、形式多样的综合型课件，以发挥更有效的作用。目前，国外流行的优秀教学软件中，以指导型为主的课件占有相当大的比例。我国自己开发的指导型课件在数量和质量上与国外相比有较大的差距，远不能满足学校、家长辅导和学生自学使用的需要。因此，在一段时期内，指导型软件将是教育类软件开发的一个重点。

开发指导型课件需要有足够的教学经验，以便设计好各种可能的学习路径和教学策略，同时，在课文呈现、举例、对学生回答的反馈等诸多方面需大量使用汉字特殊显示、图形图像、动画和同步音响技术等；因此，开发一个好的指导型课件要付出艰辛的劳动，而要让软件能够具有一定的“智能”，难度就更大。

指导型课件因设计不当时容易流入“电子翻页器”模式，而功能单一的指导型课件重复使用效果很差。使用时应充分考虑这些因素，最好由有经验的教师指导，辅以其它教学手段。

• 教学模拟

模拟（Simulation）是利用计算机模仿自然、社会的规律和现象进行教学活动的一种 CAI 模式。计算机模拟的教学应用十分广泛，它既可以用模拟现象代替影片、电视等进行教学演示，也可以通过模拟产生一些模仿现实状况，学生在符合一定规律、反映某种事实的环境中进行尝试和探索，并自己“发现”这些规律和事实。模拟教学程序特别适用于

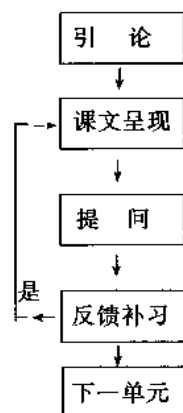


图 1.7、课程单元的结构

常规教学方法难以实现或控制的微观过程、环境变化复杂的动态过程及实验、抽象概念或过程的可视化等方面。

在教学中使用计算机模拟技术是近十几年来发展起来的新方法，特别是 80 年代后期，随着计算机图形学及可视化技术的进展，教学模拟受到极大的重视。人们普遍认为，可视化技术在教学中的应用十分广泛，从分子结构的模拟、大脑结构和功能的模拟到天体、气象、流体力学直至社会和人的行为科学的模拟等等。我们认为，应用可视化技术的 CAI 软件是今后发展的一个重要方向，目前国内市场上还难以见到实用的系统或软件，这应当引起国内教育软件开发部门的足够重视。

对某种现象或规律进行计算机模拟，首先要建立其数学模型，并设计出在计算机上实现该模型的算法。教学模拟程序一般应能够和学生进行交互，以便让学生修改模型的参数，动态地演示该模型在不同参数下的状态。不能进行交互的教学模拟软件称为教学演示。模拟程序中对现实状况的模仿是根据一定的参数通过课件的目标所形象地表示出的规律和状况（称为“场景”），不同的参数组对应不同的“场景”。教学模拟软件的反馈方式之一就是变化场景（或改变参数），通过这种方式吸引学生的注意力，激发学习兴趣，并促使他们积极思考、分析、探索，提高解决问题的能力。

图 1.8 是教学模拟软件的基本结构。

模拟型软件在一些学科中不仅能起到教学作用，还是进行研究的必不可少的辅助工具。近年来非线性科学的发展极其迅速，混沌和分形是其研究的焦点；在这些学科中，计算机模拟是建立直觉和启发理论最有用的工具之一。本书所附磁盘中含有一个交互式分形模拟程序，在第九章将详细介绍这个程序。

• 游戏 (Game)

游戏型 CAI 软件与普通的计算机游戏或电子游戏不同，它不是单纯的游戏，而是通过游戏的形式来达到具体明确的教学目标。教学游戏产生一种带有竞争性的学习环境，集科学性、趣味性和教育性于一体，能大大激发学生的学习兴趣，起到“寓教于乐”的作用。

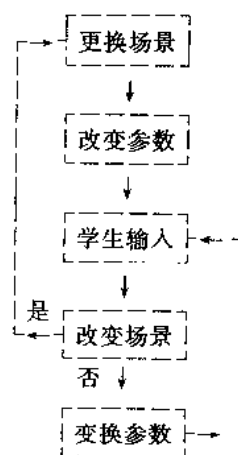


图 1.8 模拟型软件的基本结构

多数游戏型 CAI 软件是为了锻炼学生的管理和决策能力而设计的。例如，在我国微机用户中十分流行的台湾智冠科技有限公司出品的游戏软件“三国演义”、“三国外传”、台湾大字资讯有限公司出品的游戏软件“春秋争霸战”、美国 MAXIS 公司出品的 SimCity 等是这类软件的代表。游戏者通过扮演历史中的统治者或者市长角色与计算机控制的模拟统治者就国家政治、军事、经济及人事进行管理和决策上的较量。有些教学目的更明显的游戏是结合练习和操练的模式设计的，这可以在一定程度上弥补练习和操练 CAI 软件的单调。例如，我们开发的“正宗二十四点”就是按这种模式设计的游戏型 CAI 软件，它根据我国民间广为流传的同名扑克牌游戏改编，用于训练学生的整数四则混合运算能力。实践证明，在练习和操练、模拟等教学模式中引入游戏成分，对学生有吸引力，效果更好。但是，游戏 CAI 软件，尤其是大型模拟类游戏软件的设计难度较大，通常需要系统策划人员、教育心理学家、美术工作者、计算机软件开发人员等多方面人员的通力

协作。

设计游戏型 CAI 软件应注意以下几点:

- (1) 游戏规则既要密切结合教学目标,又要能引起学生的兴趣;
- (2) 制定不同的游戏级别,逐渐增大难度,避免同水平重复;
- (3) 应给学生和计算机提供平等的取胜机会。

• 咨询和对话 (Inquiring and Dialog)

将指导型课件的思想稍加修改,即可构成咨询或对话型的课件。指导型是计算机将它存有的信息有计划地教授给学生,而咨询对话型的处理方法则要求学生通过对话主动地从计算机那里得到所需的内容和信息。

咨询对话型课件具有指导型课件的大多数优点,而且很大程度上克服了后者的复用性较差的不足,因此具有更大实用价值。如果技术条件和程序资源允许,将指导方式转换成咨询对话方式效果会好些。咨询对话方式的 CAI 软件设计困难较大,主要原因在于这种课件的教学和知识结构较复杂,属智能型 CAI 软件,而智能 CAI 本身并不成熟,难以提供较完善的表示知识和教学的方法。另一方面,支持咨询对话方式 CAI 软件的开发技术已经相对成熟。

咨询和对话为学生提供一个信息环境以及获得信息的一系列规则。例如在化学课上,可以要求学生通过实验,识别一种未知的化学元素或物质;对学医的学生说明假想病人的症状,要求学生通过例行诊断,询问病人并提出处理意见。随着多媒体技术日益成熟,各类电子图书,如百科全书、专业指导手册、专业数据库、儿童百科全书、家庭全书和医学大全等在国外十分流行;这类软件一般信息容量极大,具有咨询对话型的结构,结合先进的多媒体数据管理和控制技术,特别是超文本和超媒体技术以及 CD-ROM 光盘海量存储的极大优点,代表了咨询对话型教学软件新的发展方向。

• 问题求解 (Problem Solving)

在学校训练中,特别是那些与数学、自然科学有密切关系的专业,问题求解能力的培养是重要的教育目标。有时不仅要求答案正确,还要说明得到答案的过程,因此要将求解和计算步骤记录下来。对于简单问题的求解,这个目标相对容易达到,学生可以用手工方法将问题表示出来,即可以写出求解问题的公式或用其它符号表示,并用笔和纸计算出答案。在复杂的情况下,不可能写下解题详细过程,这时可以将计算机作为解题的工具。学生对问题进行分析,求出问题的表达式,设计并实现(或利用现有的)计算机程序,最后得到正确的结果。问题求解往往涉及到学习和掌握一门程序设计语言(如 LOGO, Pascal 或者 BASIC 语言等)。

在数学训练不足的情况下,可以使用模型或现成计算机程序等来辅助问题求解。例如,商业学校利用交互式财政规划软件掌握与财政规划有关的内容以及成本与售价间差额单的使用等。有些程序允许学生根据预算、产品、销售以及其它因素来建立商业模型,然后操纵这个商业模型,进一步提高他们商业规划的能力。实际上这是一个模拟问题。

§ 1.3 智能指导系统

随着 CAI 应用的日益广泛, 传统 CAI 系统的一些缺陷也日渐突出, 比如, 按通常结构开发的 CAI 软件在使用时一般要遵循预先设定的或由算法生成的路径进行; 对于学生回答问题时会犯的错误预先有一定估计, 而后的教学则是根据这种估计进行的。当遇到未预期的回答或错误时, 通常只能简单地告诉学生“输入错误, 请重新输入”或者“对不起, 您回答的不正确, 请再仔细地考虑一下”等诸如此类的答案。总的来说, 传统的 CAI 存在的主要缺点有: 学习是被动的, 无法回答深层次的问题; 回答有错时, 不能确定原因等。人们希望完备的 CAI 系统具有一定的智能。具体地它讲应该能实现友好和自然的人机对话、检测和判断学生犯错误的原因并给与适当的指导和纠正, 对未预期的提问和错误能给出合理的反馈, 能不断积累教学经验并能针对具体情况及时调整系统的教学策略等。

人工智能和认知科学的发展为开发智能型 CAI 系统提供了可能性和理论基础。具有以上所述的全部或部分能力的 CAI 系统就称为智能指导系统 (Intelligent Tutoring System, 简记为 ITS), 智能指导系统也常称作智能型 CAI 或 ICAI (Intelligent Computer Assisted Instruction)。当然, 由于人工智能自身尚不完善, 认知科学还不能提供人类思维模式和学习过程模型的完全理解, 目前的智能指导系统难以满足人们的要求。

从七十年代起一些智能指导系统就开始试验运行, 其中受到人们关注的有电子实验室教师 SOPHIE, 代数符号运算系统 MACSYMA, 游戏教学系统 WEST 以及诊断学生算术运算错误的 DEBUGGY 等; 其中尤以符号运算系统的实用性最强。除上述 MACSYMA 系统外, 还有十分流行的 Maple, Mathematica 和 Reduce 系统等。80 年代后出现了一批专家系统构造工具, 如 EMYCIN, EXPERT, OPS5 和 HEARSAY 等, 使专家系统和 ITS 的设计更容易为非计算机专业的教育工作者所掌握, ITS 开始实用化。本书不涉及 ITS 的设计和实现问题, 只介绍 ITS 的功能及其常用结构。

一、ITS 的功能

ITS 应具有传统 CAI 所没有的功能, 这些包括:

- 实现友好自然的人机对话

所谓友好自然的对话是指系统能够通过人类的“自然”语言来进行人机对话。例如, 如果系统向学生提出“日本的首都在哪里?”, 学生的回答可能因人而异, 对回答“是东京”, “我认为是东京”和简单的“东京”等, 系统都应该予以肯定; 对于较模糊的回答, 如“我只知道东京是日本最大的城市之一”等, 系统应给予进一步的提示, 引导学生想到正确的答案。

自然语言理解是人工智能的一个重要的研究方向, 一些专门领域中的自然人机对话已经成为现实。例如, 有些专用系统可以理解某个特定的人发出的指令, 并形成良好的对话状况。有了这样的自然对话, 面向教育的计算机专家系统能够更深入地了解学生的理解状态, 学习环境更自然, 学生不仅能够学到知识和规律, 还能学会如何表达自己的认识和要求, 这对以后的学习也是十分重要的。

- 能检测和判断学生出现错误的原因

ITS 一般设有学生模块, 用来检测或推断学生犯错误的原因。这项工作实际上包括两部分, 首先是检查学生所犯的误差是否为偶然性的 (如按错了一个键或者是拼写中出现错误等); 其次是分析产生误差的原因。

寻找和建立学生模型是 ITS 研究中的一个重要课题, 一般采取归纳推理的方法, 抽取学生的行为特征形成学生模型。有些学生模型是通过各种特定的规律, 向学生呈现各种问题, 以确定学生的行为符合那种模型。有的学生模型则使用探试方法逐步限定搜索学生模型的范围。显然, 这样确定的学生模型是个别化的, 不可能适合所有的学生。

比较有代表性的学生模型有以下 3 种类型:

a. 重叠模型 (Overlay model)

这种模型的出发点是将学生的行为与专家的行为进行比较后作出决策。

b. 故障模型 (Bug model)

通过以专家知识的偏差来表示学习者的知识。故障模型将学生的错误不仅看成是知识不足的结果, 而且认为概念错误也是出现错误的原因。

c. 差异模型 (Differential model)

这是故障模型的一种改进模型。

这些模型都有不足之处, 只在特定的范围内才能有较好的效果。很明显, 建立一个完整的学生模型需要对人类在学习过程的思维方式有较好的理解, 这正是建立学生模型的困难所在。由此可见, ITS 与认知心理学有十分密切的关系。

• 给出合理的反馈

对于系统未曾预期的学生的问题或回答, ITS 应能产生合理的回答或反馈, 包括理解学生的反应, 评价学生的猜测是否合理, 然后产生对学生的反馈。

一般课件对于未曾预期的学生反应的反馈是让学生重试。另一种方法是通过增加预期学生反应的数量, 把所有可能性全部考虑进去, 用以取消未预期的反应。这种方法有很大的缺点, 它不但增加了课件的容量和处理时间, 更重要的是它根本不可能考虑到所有的未预期反应。ITS 所使用的一种常见方法是用推理规则和探试方法, 利用知识库通过推理来产生各种有理由的反馈。

• 积累教学经验

智能指导系统不仅能够进行普通的教学指导活动, 还能在与学生的交互式教学活动中不断地积累经验, 使系统逐步得到修正和完善, 达到更理想的教学效果。这种自我修正和完善的自学习功能也是人工智能的一个重要方面。在 ITS 中, 通常有独立的教学评价系统, 用于判断教学原则和教学策略中哪些是主要和符合规律的, 哪些是次要或不符合教学需要的, 以便进一步修改教学策略的编排顺序, 删除和补充某些原则。通过多次的教学过程, ITS 就可以反复进行自我评价、自我修正, 从而达到自我完善。

并非所有的 ITS 都具有上述特点, 但这些特点是 ITS 区别于一般计算机辅助教育系统的主要特征。目前, ITS 在学生模型的建立和诊断、教学专用知识库和教学专家的实现等方面仍很不完善, 因此真正实用的系统还不多见。

近年来, ITS 发展出现了一些新的动向, 例如, 多媒体技术 (特别是超文本超媒体技术)、虚拟现实技术 (Virtual Reality) 和可视化技术等尖端科技在某种程度上弥补了智能指导系统在人机自然接口、知识表达等方面的不足, 同时, 它们也为 ITS 系统的开发提供

了新的技术和手段。

二、ITS 的结构

ITS 通常可按其功能分为专家模块、学生模块、教师模块和人机接口模块等几个主要模块，其常见结构如图 1.9 所示。

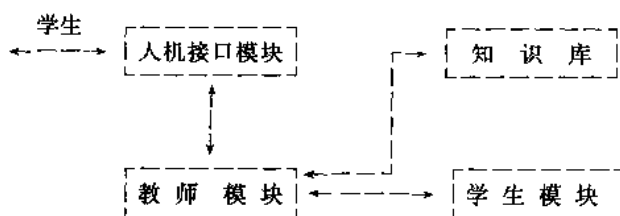


图 1.9 ITS 的基本结构

人机接口模块（或自然语言理解模块）在系统中起着界面的作用，它接受用户（学生）的问题或需求，经过分析后传送给教师模块。人机接口颇受重视，人工智能的许多最新进展，如手写体汉字识别和语音人工合成等，都可应用于人机接口模块的设计。

教师模块也称为教学模块或辅导模块，它的主要职能是挑选推理原则，在问题描述、状态、计划、事实知识库中寻找合适的教学内容，并在必要时调动学生模型机来分析学生的行为模块，找到学生出错的本质原因，实现合理的、有针对性的教学。由不同的教学策略可以构造不同的教学环境，通常所说的教师模型就是指教师模块中的教学策略。

学生模块是 ITS 所特有的用于教学过程的模块，它的主要功能是刻画学生对所学知识的理解状况，为教师模块制定教学决策提供信息。学生模块制约着教学过程的发展，学生模块最能体现 ITS 系统的风格，也是设计 ITS 系统的主要难点之一。

知识库（或者称为专家知识模块）是该教学领域中各种规律、事实、推理规则、教学计划、问题描述、状态等知识的有机组织，人们根据该学科的专家和教育专家的经验把这些知识按需要组织成一个整体，以使教学策略模块很快地找到合适的教学内容。模型机是为了归纳出学生行为（主要是所产生的持续型错误）的根本原因而设置的一个模块，可以是学生模块的一个组成部分。ITS 中的知识库与通常人工智能意义下的知识库是有所区别的，因为它除了包含有学科的教材知识，还应有教授这些知识的学习路径、测定学生学习状况的问题和评价标准等教学知识。

§ 1.4 多媒体 CAI

媒体（Media）是指传递信息的载体，多种信息的传递要用到多种载体，或称为多媒体（Multimedia）。多媒体技术的涵义极其广泛，很难给出精确的定义。普遍接受的含义是：用计算机综合处理文本、图形图像、动画、音频和视频等多种媒体信息，使这些信息建立逻辑连接，集成为系统并具有交互性。

80年代中后期开始,多媒体技术成为人们关注的热点之一。人们普遍认为,多媒体技术与通信技术、电视技术的结合将给人类社会带来一场深刻的信息革命。教育是媒体的主要应用领域之一,国际上畅销的CD-ROM Title,几乎都是直接或间接面向教育的。严格地讲,多媒体CAI并不是CAI的一个独立部分,它只是运行在多媒体计算机上的CAI。可以预见,多媒体化的CAI是未来发展的主流。

一、多媒体PC(MPC)

MPC就是具有多媒体功能的PC。1990年11月Microsoft公司召集了多媒体开发者会议,制订了MPC标准1.0版,并且成立了多媒体微机市场协会。各微机制造商若要使用MPC这个标志,就要符合该协会规定的标准。下面是这个标准(最低要求,括号后的为推荐使用的标准)的概要:

(1) 硬件平台

80386SX 处理器 (最好 80386DX 以上)

2M RAM(最好 4M)

30MB 硬盘 (最好 130M, 越大越好)

VGA 显示 (最好 SVGA)

CD-ROM 驱动器

激光唱盘 (CD) 数字音响输出能力

传输速率不低于 150KB/秒, 占用 CPU 的开销小于 40%

平均寻址时间不超过 1 秒

声音卡

数字化录音 (A/D 转换), 8 位精度, 采样频率最低为 11.025KHz,
话筒电平

放音 (D/A 转换), 8 位精度, 采样频率最低为 11.025KHz,
放音与录音的时间误差小于 2%

内置音乐合成器

内置调音台

占用 CPU 开销小于 20%

MIDI(乐器数字接口) I/O 口

鼠标器、键盘、操作杆等及串、并口

(2) 软件平台

MS-DOS 3.1 以上, MSCDEX 2.20 以上 (CD-ROM 光盘驱动程序)

Microsoft Windows 3.0 with Multimedia extensions 或 Microsoft Windows 3.1

上述标准在制定完成后,有的已显得落后,很多公司的新产品已经超过了这个指标。例如,声音卡的采样精度已经提高到 16 位。另外, MPC 标准中没有给出关于全运动视频图像的有关指标,这些有待于版本更新时解决。1993 年 5 月,多媒体微机市场协会又公布了 MPC 标准 2.0 版。符合这个标准的 PC 将带有 MPC2 的标志。下面是 MPC 标准 2.0 版与 1.0 版的主要区别:

处理器 486SX 以上

内存 4M 以上的 RAM

硬盘 160M 以上

显示器 640X480 分辨率时颜色数达 65536 种

CD-ROM 光盘驱动器 连续传输率为每秒 300KB 平均寻址时间为 400 毫秒

支持 CD-ROM XA 格式 支持 Multisession 和 Kodak 的 PhotoCD 标准

声音卡 采样精度提高到 16 位

MPC 一般由 PC、CD-ROM 驱动器和声音卡三个基本部分组成。除可购买完整的 MPC 系统外, 已经有 386 以上微机并带有 VGA 显示的用户, 可购买多媒体升级套件, 使普通 PC 升级为 MPC。升级套件的种类很多, 一般包括声音卡、CD-ROM 驱动器以及相应的软件。其中至少要有 Microsoft Windows3.1 和各种硬件的驱动程序。为了实现视频信号的采集、存储、处理和输出等功能, 还要购买各种类型的专用卡。

对于 CAI 开发单位来讲, MPC 的重要性在于, 所开发的软件要符合这些标准。除非绝对必要, 一般不应该在专用硬件上进行开发, 因为这样会严重限制软件的发行范围。

二、多媒体技术在教育中的应用

多媒体技术涉及范围相当广泛, 主要有音频技术(音频采样、压缩、合成及处理, 语音识别等)、视频技术(视频数字化及处理)、图像技术(图像处理, 图像/图形动态生成)、数据压缩技术(语音及图像的压缩, 动态视频压缩)、通信技术(语音、视频、图像的传输)及标准化。

尽管目前多媒体技术的应用尚处于初级阶段, 由于它利用声音、图像、视频等媒体, 使计算机与人之间的对话更加形象直观, 因此其应用遍及社会生活的各个领域, 比如家庭(家用游戏机、智能可控电视电话)、教育(教学模拟和演示、视听教材)、电子出版(多媒体百科全书、电子图书杂志)、文献资料的管理、各种信息管理系统、通讯(可视电话、电视会议), 乃至商业、娱乐、旅游、艺术等。

多媒体系统因其形象性和交互性, 使接受教育和培训的人更能集中注意力和提高效率。据美国的一次调查, 用交互电视教学比普通教学法成功率提高 38%, 而培训时间减少 31%。利用可视化技术可使原本抽象、枯燥的数据用三维动态图形表示出来, 从而大大提高了教学和科学研究中的直观性。在学校、办公室、家庭或公共场所等, 本来需要查手册或打电话了解的信息, 利用多媒体 PC 只要按几个键, 就能得到以声音、图像、文字方式给出的信息。

电子出版业是多媒体对教育有深远影响的另一个方面。由于 CD-ROM 存储容量大(每张 CD-ROM 盘片容量达 680M), 又能以声音、图像、文字方式放送出来, 对出版商具有巨大的吸引力。美国“国家地理”杂志社已经把哺乳动物百科全书复制在 CD-ROM 上; 世界著名的麦克米伦出版公司出版了多媒体 CD-ROM 版的“儿童百科全书”; 世界上最大的百科全书出版商以 CD-ROM 的形式出版了 20 卷的“美国学术百科全书”; 美国 Broderbond 公司出品的一套多媒体儿童读物(Living Books), 既能作为普通的动画图书观赏, 又可以作为交互式的学习工具使用, 在世界教育软件市场上十分畅销; 由微软公司(MicroSoft)出品的 CD-ROM 多媒体百科全书 Encarta (1994 年版) 收录了近