

文章编号: 1672-5913(2012)23-0017-05

中图分类号 G642

## “引导式自学”教学模式探索

钱柱中, 吴小兵, 程 龚, 陶先平, 陈道蓄

(南京大学 计算机科学与技术系, 江苏 南京 210023)

**摘 要:**针对创新型人才培养中如何加强学生自学能力的问题, 分析在“计算机问题求解”课程建设过程中教师引导下的学生自学方法, 提出深度引导与自我探索相结合的“引导式自学”教学模式, 介绍以自学、授课、讨论和监督为一体的教学方式, 并对“计算机问题求解”课程中的实际案例进行系统分析。

**关键词:**深度引导; 自学; 问题求解; 创新型人才

创新型人才富有开拓性和创造力, 能对社会发展做出创造性贡献, 大学教育也逐步从知识型、技能型人才教育模式向创造型、发明型人才培养模式转变。计算机产业作为快速发展的高科技产业, 要求从业人员具备开拓创新的能力, 推动产业的快速前进。

美国作为目前计算机学术与产业的引领者, 为适应产业的高速发展, 在计算机教育方面引入了新的创新型人才培养模式与教育思想<sup>[1]</sup>。麻省理工学院(MIT)实施了教学与科研一体化的工科教学模式, 以项目为主线, 培养学生的创新意识和对知识的应用能力; 加州大学伯克利分校为有较好基础的学生开设了自主学习课程; 伊利诺伊大学香槟分校(UIUC)在必修要求中增加了一年的高级项目, 强调团队合作与实践学习<sup>[2]</sup>。这些教学方式的转变体现了计算机专业培养目标的转变, 要求学生不仅要有扎实的知识与专业水平, 也需要具备强大的自主学习与探索的能力。

国内高等教育界也开展了许多教学改革研究。近年来流行的研究性教学<sup>[3]</sup>以问题为导向, 倡导多元化课程训练, 突出了教师引导与学生

自学相结合的教学模式, 还在部分课程进行了尝试性变革。针对计算机学科拔尖创新人才培养的方针, 国内各著名高校均进行了有益尝试, 并提出不同的培养策略。北京大学信息科学技术学院近期开设了计算机学科核心课程系列实验班, 采用大班授课、小班讨论的模式, 注重学生实践能力与科研能力的培养, 并开始进行拔尖人才创新能力培养的尝试<sup>[4]</sup>; 上海交通大学的ACM班采用全新的教学计划, 在学生实践能力培养方面成绩显著; 南京大学计算机科学与技术专业基于“强化问题求解能力的计算机专业教学实践”教学改革研究成果, 于2009年开始针对拔尖计划实验班开设了“计算机问题求解”课程。不同于一般意义上一门课程的变革, 南京大学的“计算机问题求解”课程跨度为四个学期, 涵盖算法平台类五门核心课程内容, 是国内外首次为培养计算机类创新型拔尖人才进行的一次系统化课程体系变革。在课程建设过程中, 形成并完善了“引导式自学”教学模式, 真正将培养学生自我学习与探索能力作为课程目标之一, 并通过四个学期的系统化训练深入培养这方面的能力。

第一作者简介: 钱柱中, 男, 副教授, 研究方向为虚拟化技术、计算机网络。

## 1 “引导式自学”模式

在“计算机问题求解”课程建设过程中,我们形成了完整的“引导式自学”教学模式,强调教师的深度引导与学生的自我探索。教学内容以问题为导向进行重组,划分为若干自学阶段,每个阶段的内容组织为一个论题,通过自学、授课、讨论和监督一体化的教学过程,引导学生有效自学相关知识。这种方式既保证学生能够系统、扎实地掌握基础理论知识,又增强学生获取知识的能力和探求未知的兴趣,并由此自学更多的知识。图1说明了“引导式自学”螺旋上升逐步深入掌握知识的过程。

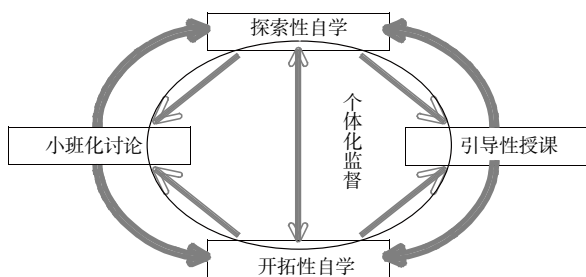


图1 引导式自学过程图

首先,学生根据阶段目标和阅读材料进行探索性自学,在基本掌握相关知识的情况下参加引导性授课,而对自己感兴趣的内容可自行查找资料进行开拓性自学。然后,在课堂授课过程中,教师引导学生对自学知识点进行梳理与提升,结合基础性作业再次深入探索相关知识点的内涵,逐步形成完整的知识体系。此外,教师在一定程度引导学生拓展思路,让学生结合拓展性作业和自己兴趣自学更多知识。再一次完成探索性自学并进行了一定的开拓性自学之后,小班化讨论进一步探讨难点理论和发散性问题,由学生提出自己的见解。通过这样的讨论,学生往往会发现对某些知识点理解的不足,并再次进行探索性自学。同时,也会引出对某些问题的兴趣而进一步拓展自学内容。个体化监督则贯穿于整个学习过程中,对学生自学过程强有力的监督与干预起到督促与推动的作用,这有利于教师根据学生知识

掌握情况及时调整引导策略。

### 1)探索性自学。

培养学生的自学能力,并不是简单地将部分原来课堂上的授课内容改由学生自己阅读课本上的相应内容,完全“放羊式”的自学模式可能适得其反。学校需要为学生自学制定一个详细计划,每个自学任务应给定一个相对有限的探索空间,使学生通过一定程度的努力就能够由自学获取预期的知识,既不能因为难度过大而打击学生的积极性,也要在一定程度上锻炼学生探求未知的能力。

### 2)引导性授课。

引导性授课的目的不仅是传授知识,更重要的是将学生引入问题、引发思考,促使其进一步深入理解自学的知识,并达到一定的深度。此外,引导性授课需要讲解关键性原理,帮助学生理解一些难点问题,进而使学生能牢固掌握基础知识。

由于授课的课时较一般课程大大减少,客观上不可能覆盖所有知识点,因此课堂上采用“深度优先”的授课策略,也使学生能充分意识到自学的重要性,明白仅仅依靠课堂是无法获得全部知识的。此外,课堂引导的“深度”也成为指导学生自学的指挥棒,避免自学“过偏”或“过浅”。

### 3)开拓性自学。

学生通过对难点问题的深入理解,自行查阅资料,拓展更多知识。在探索性自学阶段,某些仅达到了解程度的知识点,经过再一次有针对性的探索,掌握得更为牢固;对于一些有启发意义的知识点和课堂上未涉及的知识点,学生应根据课堂授课的引导,达到深入思考的目标;而计算机作为工程技术类专业,需要对某些核心知识点进行编程训练。

### 4)小班化讨论。

小班讨论的一个重要组成部分是对理论问题的研讨,可以根据需要分为确定性和开放性问题两类。对于一些重要知识点和容易引起误解的问题,以主题形式组织为若干确定性问题,并

由 1~2 位同学就其对该问题的理解进行讨论,考查学生在自学中掌握该知识点的情况。为进一步开拓学生的思路,小班讨论根据自学内容引申成一个开放性问题,由 3~4 位同学就该问题提出自己的看法,并带动所有同学参与研讨。

#### 5) 个体化监督。

全面有效的考查监督体系是学生自学质量的重要保证,尤其是初学者尚未完全找到适合自己的自学方式时,需要通过强有力的考核机制来督促和引导学生达到合理的自学深度,而仅仅通过常规的书面作业和期末考试是无法达到这个目标的。一方面,课后作业的内容与形式需要进一步拓展,老师应提前区分必须完成的基础部分与选择完成的提高部分,从而在确保基础知识的前提下保证学生有一定的自主性;另一方面,小班讨论也是全方位考查学生自学能力和知识掌握情况的有效途径,讨论过程中教师需要深入了解学生情况,从而因材施教。

## 2 “计算机问题求解”课程的“引导式自学”体系

“计算机问题求解”课程将“计算机系统概论”、“程序设计”、“离散数学”、“数据结构”和“算法设计与分析”等 5 门课程在内容上进行重组,建设为跨越 4 个学期的算法平台类专业基础课程。课程的具体培养目标是:培养学生在计算机领域追求效率更高算法的创新意识;掌握扎实的基础知识,具备分析问题和探索性学习的能力;熟练使用 C++ 语言开发程序的技能。本节将详细介绍“计算机问题求解”的教学体系,并以“密码算法”论题为实例说明整个教学过程。

### 2.1 基于“论域”的探索性自学

“计算机问题求解”课程内容涵盖 5 门基础课程,但该课程不是简单的组合,而是根据问题的驱动和知识点之间的关联性重组为 4 个论域。每个论域包含 25 个左右的论题,在一个学期内

完成。论题是课程学习的最小模块,围绕一个中心内容展开,学习周期为一周。每个论题具有独立性,但论题之间又有一定相关性,最终形成了一个有机的课程体系,克服了原来课程之间知识点的割裂与简单重复,以算法平台在更为宏观的层面构成了完整的知识体系。下面我们以公钥密码系统为例说明“论域”中的论题。

公钥密码系统是当前应用极为广泛的密文传输体系,在不同的课程中会被反复提及:“计算机系统概论”中介绍其应用;“离散数学”的抽象代数部分介绍其基本原理与核心数论理论;“算法设计与分析”中介绍公钥密码系统基本原理以及一个典型实现 RSA 算法的设计;在高阶算法中进一步探讨其中的核心算法。“计算机问题求解”课程将这些所有内容设计为一个论题“密码算法”,给出了表 1 所示的自学计划。

表 1 “密码算法”论题自学要求

项目	内容
学习目的	掌握公钥密码系统的基本原理、理解其中核心的数论算法
阅读材料	《抽象代数》 <sup>[5]</sup> 第 7 章、《算法导论》 <sup>[6]</sup> 31.7 和 31.9 节
引导要点	数论算法的核心作用

通过这些材料的阅读,学生能从头至尾了解整个公钥密码体系,不会由于课程的关系,无法衔接这些理论与实现,或重复学习公钥密码系统的基本原理。尤其是消除了原抽象代数课程中,学生由于无法理解这些数论理论的作用而感到学习的迷惘与枯燥。

### 2.2 问题驱动的引导性授课

“计算机问题求解”的授课每周 2 课时,其目的在于对学生进行有针对性的引导。围绕每一个论题,一次课程被划分为若干具有一定联系的问题,包括提出问题、找出相关基础性原理和解决问题。根据以上例子,在学生进行探索性自学之后,引导性授课提出了如下问题:

1) 公钥系统如何实现加密信息传递? 任何人都知道给特定接收者的信息如何加密,但只有

接收者才能解密？

2) 公钥系统如何实现发信人的身份认证？保证真实的签名可以发给任何人，别人无法仿签？

3) 公钥系统如何实现上述功能？

4) 为什么 RSA 能正确地加密 / 解密？

5) 如何计算大数的幂？

6) 计算代价如何？

通过分析和回答上述问题，可以引导学生深入理解 RSA 公钥系统的基本原理以及其中的关键性数论算法。

## 2.3 面向任务的开拓性自学

授课结束后，教师会给出 3 种类型的任务，由学生通过第二阶段的自学来完成。这三种任务包括巩固性作业、拓展性作业和编程任务，分别对应巩固知识、启发思考和开拓实践。巩固性作业为必须完成的作业，而探索性作业和部分编程任务是选做内容，后两类作业需要自学较多拓展知识，对于有兴趣、有能力的学生是一个有益的拔高与锻炼。“密码算法”论题的任务如表 2 所示。

表 2 “密码算法”论题作业任务

项目	内容
巩固性作业	(1) 《抽象代数》第 7 章练习 7-10； (2) 《算法导论》31.7-1
拓展性作业	(1) 《抽象代数》第 7 章练习 12； (2) 《算法导论》37.1-3
编程任务	实现 Miller-Rabin 算法；如果有兴趣，尝试了解与实现 ASK 算法

巩固性作业 (1) 中的 7-9 题是常规的 RSA 加密和解密运算的训练，第 10 题则设计了较短的 RSA，尝试进行破解；(2) 根据条件计算私钥并对指定消息进行加密，主要为熟悉 RSA 算法过程。拓展性作业 (1) 给出了一个现象，需要判定是否可能影响 RSA 的安全性；(2) 以破解 RSA 为背景，尝试采用随机算法来提高其破解准确度。编程任务要求实现的 Miller-Rabin 算法则是 RSA 体系中核心的素数判定算法。

## 2.4 拓展性小班化讨论

“计算机问题求解”的小班讨论课人数在 15 人以下，主要包括教师的课程要点综述、学生提问的讨论、教师组织问题讨论和部分习题的讨论，核心在于拓展学生的思路，提高学生的表达，兼具考查学生自学效果的功能。“密码算法”论题的小班讨论中针对 RSA 的实现原理进行了深入的讨论，提出了如下问题：

1) RSA 的基本工作原理？

2) 素性判定在 RSA 体系中的作用？

3) Miller-Rabin 算法的基本原理？工作效率？有没有其他有效的素性判定算法？

讨论过程中，有多名学生演示了其实现的 Miller-Rabin 算法，并探讨了该算法的正确性和效率。此外，也有学生提出了另一个实现素性判定的 SSSA 算法，并引申为下一次小班讨论的一个任务，即 Miller-Rabin 算法与 SSSA 算法的比较。这是一个开放性的讨论问题，学生需要通过探索性的自学进一步了解两个算法，设计实验来分析比较两个算法，最后要制作课件并进行口头报告。

## 2.5 全方位个体化监督

参与“计算机问题求解”课程学习的学生被编制为 10~15 人的小班，由一名教师负责组织小班讨论，批改学生书面作业，检查编程作业完成情况，全面跟踪学生当前的自学进展。为有效检查编程作业，课程网页上提供了在线判定 (On-line Judge)，可自动判断学生提交的程序作业，并能统计学生完成情况，掌握其实践能力。

老师批改“密码算法”论域的巩固性作业，监督学生对公钥密码系统基本原理和 RSA 体系的掌握情况。通过探索性作业的反馈，可以了解学生对内容掌握的深度与钻研程度。从统计结果看，大部分同学都对两个探索性问题进行了尝试，关于随机算法的拓展问题相对比较粗浅，这里会留

下一个伏笔,在后面论域有更系统化的学习。而编程作业方面虽然 Miller-Rabin 算法较为复杂,但由于算法已经给定,因此从实现角度难度并不大,大部分同学都能完成,部分感兴趣的同学甚至基于该算法自行设计实现了 RSA 系统。

### 3 结语

“计算机问题求解”课程体系是南京大学计算机系针对基础班学生进行的试点改革课程,而

引导性自学则是该课程体系采用的全新教学模式,旨在学生掌握扎实基础的同时具备较强的自我探索学习的能力,为创新型人才培养打下基础。课程体系采用了自学、授课、讨论与监督为一体的授课体系,贯彻深入引导、自我探索的教学理念,取得了良好的效果。目前,该教学体系已经形成完整的授课计划,并逐步向全体计算机专业学生推广。

参考文献:

- [1] Kingston J H, Crawford K. Problem-based learning for foundation computer science courses[J]. Computer Science Education, 2000, 10(2): 109-128.
- [2] 芒刺. 与时代同行的麻省理工学院[J]. 教育与职业, 2007(16): 96-99.
- [3] 何晓玲. 对研究性学习的思考[J]. 中国商界, 2010(3): 127-128.
- [4] 袁晓松. 研究性教学在北大[J]. 阴山学刊, 2008(03): 99-104.
- [5] Thomas J. Abstract algebra: theory and applications [M]. Richmond: Virginia Commonwealth University Mathematics, 1997.
- [6] Thomas H. Introduction to algorithms [M]. 3rd ed. Cambridge: The MIT press, 2009.

(编辑:孙怡铭)

---

(上接第16页)

对集合进行了两次遍历,从而降低了效率,是典型的只求“有解”而不求“有好解”的例子,可将这个问题在下次课上安排专门的时间讨论。

在课余,对于学有余力的学生(主要体现为作业质量高的),可进一步强化对其意识养成的监督。例如,激励这些学生尝试改变对链表的使用方式,使得统计集合元素个数这一操作能在常数时间内完成,从而引出附加表头的概念,有助于增强学生的创造力。同时,对于一些在基本编程方面还存在困难的学生(往往是中学阶段没有接触过程序设计的),例如在操作双向链表时大量忽略指针维护的学生,要不厌其烦地密切跟踪

其编程技能训练,帮助其尽快在程序设计方面完成入门。

### 5 结语

上述监督内容和方法的设计体现了科学性和系统性,有利于针对教学目标的实际达成情况,对后续教学活动作出相应的调整。

值得注意的是,随着课程的不断推进,一些原先不够明显的新特征将逐步显现,课程的教学目标也可能作出调整,这都要求对课程教学过程监督的内容作出相应的改变,并带动监督方法的关联变化。发现和应对这些潜在的变化将是我们下一步的主要工作。

参考文献:

- [1] 杜祥培. 试论教学质量监控的主要环节及其标准[J]. 中国大学教学, 2005(2): 47-48.
- [2] 刘高永, 祖国建, 刘跃华. 课程教学质量监控的研究与实践[J]. 全国商情, 2009(21): 93-98.
- [3] 陈长飞. “主动学习”教学模式的实践与思考[J]. 教育探索, 2012(1): 45-47.
- [4] Schwartz P, Mennin S, Webb G. Problem based-learning: case studies, experience and practice[M]. Oxon: Routledge, 2001.
- [5] Barrows H S. A taxonomy of problem-based learning methods[J]. Medical Education, 1986(20): 481-486.
- [6] 卢莹, 林荫. 问题式教学模式研究[J]. 计算机教育, 2011(14): 98-101.

(编辑:彭远红)