

计算机基础教学的核心任务是计算思维能力的培养

——《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》解读

何钦铭 陆汉权 冯博琴

摘要: 大学计算机基础教学是高校通识教育的重要组成部分,在学生综合素质、创新能力培养等方面发挥着重要作用。如何正确认识和准确定位计算机基础教学,如何改革计算机基础教学内容以适应形势发展的需要,一直是计算机基础教学目前面临的重要挑战。《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》旗帜鲜明地把“计算思维能力的培养”作为计算机基础教学的核心任务。本文是从作者所理解的角度,来解读该声明,分析计算思维能力培养作为计算机基础教学核心任务的背景、理由和课程建设的初步思路。

关键词: 计算思维; 计算机基础教学; 九校联盟(C9)

2010年7月在西安交通大学举办的首届“九校联盟(C9)计算机基础课程研讨会”(以下简称C9会议)上,讨论的核心问题是如何在新形势下提高计算机基础教学的质量。C9会议讨论并形成了一系列共识,发表了《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》。声明的核心要点是:必须正确认识大学计算机基础教学的重要地位,需要把培养学生的“计算思维”能力作为计算机基础教学的核心任务,并由此建设更加完备的计算机基础课程体系和教学内容,进而为全国高校的计算机基础教学改革树立标杆。

当今社会已进入了信息化时代,善于运用计算机技术和手段进行学习、工作、解决专业问题已经是高级人才必备的素质。大学计算机基础教学不仅是大学通识教育的一个重要组成部分,更是培养大学生潜移默化地养成用计算思维方式解决专业问题、成为复合型创新人才的基础性教育。本文从作者所理解的角度解读C9会议所发表的战略声明,分析计算思维能力培养作为计算机基础教学核心任务的背景、理由和初步的思路。

一、计算机基础教学是大学教育的重要环节

计算机基础教学在我国高等教育中已有30多年的

发展历史,已经成为我国高等教育的必然组成部分,在学生综合素质、创新能力培养方面发挥着重要作用。

1. 计算机基础教学是培养大学生综合素质的重要环节

一般来说,大学生的综合素质是指其所具有的学习能力、适应能力、交往能力、表达能力、解决问题能力以及组织管理能力等,既涉及专业素质,也涉及非专业的人文素质等。对于大学的教育目标,联合国教科文组织国际21世纪教育委员会提出了大学要教学生“四会”,即学会认知(learn to know)、学会做事(learn to do)、学会做人(learn to be)、学会共处(learn to live together)。因此,大学教育最主要的目标还是学生综合素质与能力的培养。

计算机基础教学在实现大学教育目标方面起着非常重要的作用。表现在:计算机不仅为解决专业领域问题提供有效的方法和手段,而且提供了一种独特的处理问题的思维方式;计算机及互联网有了极其丰富的信息和知识资源,为终生学习提供了广阔的空间以及良好的学习工具;善于使用互联网和办公软件是培养良好的交流表达能力和团队合作能力的重要基础;在信息社会里,计算机使用者的道德规范与社会责任是培养良好道德情操和社会责任感的重要内容。

何钦铭,浙江大学信息学部副主任,计算机学院教授;陆汉权,浙江大学计算机学院计算机基础教学与继续教育中心主任,副教授;冯博琴,西安交通大学计算机教学实验中心主任、教授,教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会副主任委员,首届高等学校教学名师奖获得者。

因此,教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会提出了大学计算机基础教学四个方面的能力培养目标^[1]:

(1) 对计算机的认知能力。掌握计算机、网络及其他相关信息技术的基本知识和原理;理解计算机分析、解决问题的基本方法;具备在实际应用中综合应用这些知识的能力,具有判断和选择计算机工具与方法的能力。

(2) 应用计算机解决问题的能力。能有效地掌握并应用计算机工具、技术和方法,解决专业领域中的问题。

(3) 基于网络的学习能力。熟练掌握与运用计算机与网络技术,能够有效地对信息进行获取、分析、评价和吸收。

(4) 依托信息技术的共处能力。掌握与运用计算机与网络技术,能够有效地表达思想,彼此传播信息、沟通知识和经验;掌握基于信息技术的团队协作方式;充分认识互联网的参与性、广泛性和自律性,自觉遵循并接受信息社会道德规范的约束,并自觉承担相应的社会责任。

从这些目标中可以看出,计算机基础教学不仅是大学通识教育的重要组成部分,更在大学生全面素质教育和能力培养中承担着重要的职责。

2. 计算机基础教学为学生创新能力的培养奠定基础

在科学研究手段方面,计算科学已经和理论科学、实验科学并列成为推进社会文明进步和科技发展的三大手段。不难发现,现在几乎所有领域的重大成就无不得益于计算科学的支持。事实上,当今任何一项被称为“高科技”的项目或专业、职业,无一不是与计算机紧密结合的。例如,在物理学、经济学等领域里,传统的手段是数学表达,而今天已经大量地使用计算机模拟。在许多情况下,使用计算机不但能够精确地表示且具有更广泛的表达。因此,计算机模拟的认识论范围要比解析数学模型的认识论范围宽泛得多。不可否认的是,即使数学家的研究也离不开计算机了,且计算机能力是综合“理论”与“实验”之间鸿沟的桥梁^[2]。计算科学已经成为和数理方法、实验方法、统计方法一起成为现代科学研究的重要方法。

在社会经济发展方面,推进信息化与工业化的融合,走新型工业化道路,已经成为推动产业创新、技术创新以及国家经济社会全面协调可持续发展的重要方式。而大量培养掌握计算机科学与技术基本理论与方法的复合型专业人才是加快工业化和信息化融合的关键。

高素质的创新人才是国家建设所不可缺少的。复合型的知识结构、良好的思维方式以及勇于探索的实践能力是创新人才的重要特征。大学计算机基础教学为学生创新能力的培养奠定了基础,不仅承载着优化大学生知识结构的使命,也是培养大学动手实践能力的重要课程

载体,更是训练大学生掌握计算机学科领域独特思维方式的的教学内容。

当然,计算机基础教学培养目标的实现不能仅仅依靠课堂知识的传授,而是需要依托计算机基础教学的课程体系以及与专业领域相结合的专业课程;需要以课程为基础、知识为载体,通过教学方法和手段的改革,鼓励自主学习、探究式学习、团队式合作,强化实践教学,在计算机基础教学的全程、全方位教育中逐步培养和实现上述能力目标。

二、计算机基础教学面临的挑战

进入 21 世纪后,计算机技术迅猛发展并应用于经济与社会发展的各个领域,信息产业成为全球最大的产业,社会对信息技术人才的需求,不仅在数量上有了更大的增长,而且在质量上也提出了更高的要求。高校各专业对学生的计算机应用能力的要求越来越高,并呈多样化特点^[1]。并且随着信息技术在中小学的普及,许多新进校的大学生已经具备一定的计算机操作技能,现有许多大学开设的计算机入门课程“大学计算机基础”的教学内容对许多新生来说已不在陌生,甚至早已掌握。

因此,计算机基础教学培养什么,计算机基础课程如何开设,“大学计算机基础”是否有必要开设等一系列问题,引起来广泛的讨论与争议。

如何正确认识和准确定位计算机基础教学,如何改革计算机基础教学内容以适应形势发展的需要,是计算机基础教学目前面临的重要挑战。

1. 对计算机基础教学认识的挑战

长期以来存在着把计算机作为工具,“计算机会用即可”,“计算机就是程序设计”,“计算机基础课程就是讲解软件工具使用”等片面观点。这些观点的流行对高校计算机基础教学造成了巨大的冲击:计算机基础教学学时在专业培养计划中被压缩,计算机基础教学资源得不到充分的配置,“大学计算机基础”课程成了可有可无的课程,学生学习计算机基础教学课程满足于掌握计算机的基本操作、基本软件的使用或基本程序设计语言等等。

的确,早期的大学计算机基础课程主要是围绕计算机使用而展开的。这是因为当时计算机尚未普及,没有进入家庭,更没有深入社会。计算机在高校也是属于实验室设备,因此早期的计算机课程是具有时代印记的。

自 20 世纪末开始,计算机以前所未有的速度快速普及,特别是从微机成为世界上最大的消费类电子产品以后,计算机不但深入了社会的方方面面,也进入了家庭,使得普通人和计算机的距离被拉近了。文档处理、上网

等也成了社会各界人士最基本、最日常的计算机应用。

计算科学已经成为重要的科技手段和方法，它的地位如同大学数学、大学物理一样重要。计算机基础教学不只是教授学生怎么使用计算机或进行程序设计，更承担着培养大学生综合素质与能力的重任。大学生学习计算机基础课程，不仅要了解计算机是什么，计算机能够做什么、如何做，而且还要知道这个学科领域解决问题的基本方法与特点，即学习这个学科领域解决问题的基本思维方法。计算机作为通识教育的重要内容，不只是简单地拓展学生在计算机方面的知识面，更需要展现计算机学科的思维方式。

2. 对计算机基础教学内容和方法改革的挑战

和数理科学不同的是，计算机源于人类的创造，计算机不具有自然属性。因此，其教学内容从基本的数制到复杂的数据抽象表达，从逻辑结构到系统组成，从芯片到网络，知识构成极为庞大。

不可否认的是，由于计算机技术发展很快，计算机基础课程教学内容的更新，包括教材的编写往往滞后。许多高校的课程教学在一定程度上还是围绕“旧知识”进行教学组织，这也是计算机基础教学备受质疑的问题之一。因此，要夯实计算机基础教学课程在大学教学中的基础地位，最重要的是要有科学的知识体系、相对稳定的知识结构，这是基础课程的基本要素。

计算机基础教学既然作为基础，必然需要有相对稳定、体现计算机学科核心思想和方法的内容，同时也需要反映新技术的发展状况。没有核心、稳定的教学内容，有限的课时无法应对不断更新的技术，教师也将疲于跟踪和更新教学内容。死抱陈旧的知识，使教学内容脱离实际，专业应用的培养目标也很难实现。因此，计算机基础教学的核心内容是什么，是今后基础教学改革需要重点关注的方面。

由于计算机基础课程知识构成庞大，像程序设计这类内容包含着学生陌生的思维方式，这种特点就导致教学过程不自觉地步入难教、难学的圈子。不恰当的教学过程不但使得学生对计算机产生距离，也使得其不能够正确认识计算机，更谈不上更好地运用计算机解决专业问题。因此，计算机基础课程教学方法的改革同样面临着重大挑战。

三、计算机基础教学的核心任务是计算思维能力的培养

计算机技术的发展日新月异，计算机基础课程的教学内容涉及面广，知识更新快。虽然广大计算机基础课

程的教师近年来从未间断教学内容的更新，但如何在有限的教学时间内完成内容宽广的大学计算机基础教学目标，仍然是近年来困扰广大从事大学计算机基础教学的教师们的核心问题。因而，合理地定位大学计算机基础教学的稳定、核心的教学内容，形成大学计算机基础教学科学的知识体系、稳定的知识结构，让计算机基础教学成为名副其实的大学基础课程，是大学计算机基础教学改革的重要方向。C9会议认为，“计算思维”能力的培养正是大学计算机基础教学的核心任务。

1. 什么是计算思维

美国卡内基·梅隆大学周以真（Jeannette M. Wing）教授认为^[3]，计算思维（Computational Thinking）是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类的行为；计算思维的本质是抽象（Abstraction）和自动化（Automation）。如同所有人都具备是非判断、文字读写和进行算术运算一样，计算思维也是一种本质的、所有人都必须具备的思维能力。有学者认为，计算思维被归纳、提出，可能是近十年来计算科学和计算机学科中最具有基础性的、长期性的重要的学术思想。

事实上，计算思维的核心是基于计算模型（环境）和约束的问题求解。计算机学科是研究计算模型、计算系统的设计以及如何有效地利用计算系统进行信息处理、实现工程应用的学科，涉及基本模型的研究、软件硬件系统的设计以及面向应用的技术研究与工程方法研究。虽然计算机学科研究涉及面广，但其共同特征还是基于特定计算环境的问题求解。比如，计算机科学基础理论研究实际上是基于抽象级环境（如图灵机）的问题求解，计算机硬件体系的设计与研究则是一种指令级的问题求解，程序设计是基于语言级的问题求解活动，系统软件设计与应用软件设计则是种系统级的问题求解。因此，可以认为，计算思维的本质特征是基于不同层次计算环境的问题求解。而不同层次计算环境的问题求解行为，也反映了计算机学科的三种不同形态：科学、技术与工程。

如果说计算思维的本质特征是基于计算模型（环境）和约束的问题求解，那么计算思维就必然要涉及怎么构建计算环境以及如何进行问题求解，更进一步地怎么验证问题求解方法的有效性性与正确性。因此，计算思维的核心方法就是“构造”，不仅构造计算环境，而且构造基于计算环境的问题求解过程，以及构造对问题求解过程的验证方法。我们不妨称这三类构造为：对象构造、过程改造、验证构造。

IEEE-CS 与 ACM 计算教程联合工作组推出的《CC2001 教程》^[4]，提出了计算机学科核心的 12 个重复出现的基本概念。这些基本概念实际上反映了计算机学科最

核心的方法与原则。我们认为,这12个概念其实就是针对对象构造、过程构造和验证构造的不同的方法与原则。

对象构造:概念和形式化模型、演化、抽象层次;

过程构造:绑定、按空间排序、按时间排序、重用、折中和结论;

验证构造:大问题的复杂性、一致性和完备性、效率、安全性。

因此,计算思维也反映了计算机学科最本质的特征和最核心的方法。

计算思维也是一种不同于数学思维、工程思维、逻辑思维思维方式,具有其独有的特征。数学思维注重对象以及对象之间的关系;逻辑思维注重关系以及推演;工程思维注重工程的过程以及方法;而计算思维则注重计算的状态(环境、约束)及其状态的演化过程。

2. 计算思维能力培养是计算机基础教学的核心任务

从计算机基础教学能力培养目标看。在教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会提出的计算机基础教学4个方面的能力目标中^[1],涉及计算机学科专业能力的是:对计算机的认知能力和应用计算机的问题求解能力。这两方面的能力恰好反映了计算思维的两个核心要素:计算环境和问题求解。

从计算机基础教学的内容看。其知识体系涉及4个知识领域^[1]:系统平台与计算环境、算法基础与程序设计、数据管理与信息处理、系统开发与行业应用。“系统平台与计算环境”知识是计算思维所依赖的计算环境基础;“算法基础与程序设计”涉及语言级的问题求解;“数据管理与信息处理”知识涉及与专业应用相关的信息处理技术,是系统级问题求解的基础,也往往成为语言级问题求解的目标;而“系统开发与行业应用”知识则直接涉及面向应用的系统级问题求解技术与方法。

从通识教育应有的特征看。复旦大学校长杨玉良认为^[5],通识教育应该有以下特征:第一,通识教育要同时传递科学精神和人文精神;第二,通识教育要展现不同文化、不同学科的思维方式;第三,通识教育要充分展现学术的魅力。

因此,计算思维能力不仅是计算机基础教学培养的核心能力,而且还涉及计算机基础教学的核心知识内容。计算机基础教学不仅要培养学生对计算环境的认识,更重要的应该培养学生掌握在计算环境下的问题求解方法,这是今后学生应用计算机技术解决专业问题的重要基础。另外,计算思维能力的培养还展现了计算机学科独特的思维方式,为将来创新性地解决专业问题奠定基础。

以计算思维能力培养作为计算机基础教学的核心任务,不仅紧紧围绕现有计算机基础教学的根本任务和核

心知识内容,而且反映了计算机学科的本质,也体现了通识教育应有的特征。显然,这样的教学定位,不仅摆脱了以“操作技能”培养学生计算机能力造成的“危机”,也更好地诠释了课程建设的目标,更好地体现了计算机基础课程的基础特征。

四、围绕计算思维进行课程建设的基本思路

C9会议把计算思维能力的培养作为计算机基础教学的核心任务,并不意味着需要将现有的计算机基础教学课程体系和教学内容“推倒重来”;而需要以现有的计算机基础教学培养目标和内容为基础,从计算思维能力培养的要求角度,重新组织和梳理教学内容乃至课程体系,突出体现思维能力的培养。同时,计算机基础教学应该有别于计算机专业教学,不可能也没必要涉及计算思维的方方面面,应该面向各专业计算机应用需求,培养学生基本的计算思维能力。

下面,我们针对现有的计算机基础核心课程,探讨以计算思维能力培养为核心的课程改革初步思路。

1. 大学计算机基础

目前,该课程是绝大多数高校计算机基础教学的入门课程,也是备受争议的一门课程。

近年来,许多高校对大学计算机基础课程内容进行了力度的改革,突破了过去那种以操作为主的教学模式,取而代之的是更多地教授计算机系统知识,包括系统组成和结构、软件和网络等基础知识,突出课程的基础性。由于高中阶段信息技术课程的逐步普及,许多大学新生已经具备了一定的计算机操作能力,因此本课程相关的操作性内容可以被简化或者纳入自学内容。

一直为人诟病的大量的计算机名词、设计细节往往使大学计算机基础的教学过程变得琐碎、教学难度加大,因此可以梳理和删减,突出核心的基础内容。例如磁盘数据只需要知道存储原理和工作过程,了解格式化,而不拘泥于磁道、扇区、柱面等。另外,也可以考虑将有关抽象表达与自动执行的计算机思维的概念予以体现,通过一些典型的、易于理解的实例来解释计算机是如何进行算法设计,以及算法与数学方法的异同,有助于学生加深对计算思维的理解。

总之,该课程可以以分析基本的计算环境(如硬件系统、软件系统、网络、计算的社会影响)的构成和基本原理为主,同时介绍抽象级问题求解的基本方法,如图灵机、基于抽象指令的简单程序设计、算法概念等,使学生在对计算系统及环境有所了解的同时,初步体会计算机问题求解的基本方式。

2. 程序设计基础

尽管我们知道计算科学不等于程序设计，但不可否认的是，学习程序设计方法是理解计算机的最好途径。

对大多数非计算机专业的学生而言，学习程序设计的目的是学习计算机分析和解决问题的基本过程和思路，而不是成为程序员。显然，程序设计课程的内容也最能够体现语言级的问题求解方法，是计算思维能力培养的重要内容。

程序设计课程教学过程中，很容易陷入语言表达形式的误区，尤其是许多考试内容偏重语言而不是编程，这和课程的教学目的是相悖的。在将计算思维的培养作为教学核心任务的教学过程中，一定要走出这个误区。该课程的教学应该突出体现使用编程解决特定问题的方式，即程序设计方法，而不是语言本身。另外，在这门课程的教学实施中要特别注重实践，要使学生通过实践切实感受和领悟计算机问题求解的基本方法和思维模式。

3. 数据库技术及应用、多媒体技术及应用

数据库技术及应用、多媒体技术及应用等课程是计算机基础教学“数据管理与信息处理”知识领域的核心课程，也是与各专业应用结合比较紧密的应用技术基础课程。这些课程的教学，一方面要突出相应领域问题求解的核心思路和基本技术与方法（如：数据库的数据组织与查询，多媒体的信息编码、处理与传输），另一方面需要通过小规模的应用系统设计与实现，使学生领悟应用系统级的问题求解方式。

4. 微机原理与接口技术、计算机网络技术及应用

这两门课程是计算机基础教学“系统平台与计算环境”知识领域的深入课程。“微机原理与接口技术”针对的计算环境是微型计算机系统，既涉及指令级的问题求解又涉及系统级（硬件系统）的问题求解。“计算机网络

技术及应用”针对的计算环境是网络，涉及系统级（网络应用系统）的问题求解。这两门课程的教学，一是要把握相应计算环境（微机系统、网络）的构成和运行机理，二是通过讲授相应环境上的应用开发方法，使学生初步领悟计算机系统级的问题求解方法。

总之，从培养学生计算思维能力的角度看，计算机基础教学不仅培养学生对计算环境的认识，更重要的是培养面向典型计算环境的问题求解方法。包括：初步了解抽象级的问题求解方法，掌握语言级的问题求解技术，并根据专业的应用特征了解或掌握应用系统级或计算机系统级的问题求解方法。

将计算思维能力培养作为计算机基础教学的核心任务，是一个较为长期的过程，也是需要我们不断探索、努力实践的过程。我们期待经过几年的努力，九校联盟（C9）能够在以计算思维能力培养为核心任务的计算机基础教学课程体系、教学内容、实践体系、教材等方面有长足的进展，为全国高校计算机基础教学的建设、改革探路，为培养拔尖创新人才作出应有的贡献。

参考文献：

- [1] 教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会. 高等学校计算机基础教学发展战略研究报告暨计算机基础课程教学基本要求[M]. 北京：高等教育出版社，2009.
- [2] John Ziman. Real Science-What it is and What it means[M]. 上海：上海科技教育出版社，2008：178.
- [3] Jeannette M. Wing. Computational Thinking[J]. Communications of ACM, 2006, 49(3): 33-35.
- [4] 中国计算机科学与技术学科教程 2002 研究组. 中国计算机科学与技术学科教程[M]. 北京：清华大学出版社，2002.
- [5] 杨玉良. 实施通识教育，培养未来社会中坚[Z]. 教育部直属高校工作咨询委员会第二十次全体会议大会交流发言材料，2010.

[责任编辑：余大品]

（上接第4页）

（1）加快组建相关的协作机构，组织在计算机科研工作和各专业应用领域中有成就的教师参加此项工作研讨，同时发动从事哲学和教育学等领域研究工作的教师积极参与，形成计算机基础教学改革和课程建设的合力，加速推进相关的研究。

（2）积极争取国家相关部门和学术团体的大力支持，尽快专门立项，组织国内外调研，开展试点工作，及时总结经验，建立起与九校联盟（C9）人才培养目标相适应的计算机基础教学体系。

九校联盟（C9）将力争在几年时间内，在以计算思维能力培养为核心的计算机基础教学课程改革方面取得突破，进而辐射国内更多的研究型、教学研究型大学，为培养拔尖创新人才作出应有的贡献。

2010年7月20日

[责任编辑：余大品]