

国外计算机科学教育及对我们的启示

苏运霖 (暨南大学计算机系, 广州)

1. 前言

1989年11月, 我应以杨振宁教授为主席的“同中国教育交流委员会”的邀请, 到美国纽约州立大学石溪分校进行学术访问。在访问期间, 除从事科学研究外, 我也有意识地了解美国计算机科学教育的情况, 听取有关专家对于计算机科学的意见。我还到过纽约哥伦比亚大学、纽约市立大学、费城的坦普尔大学、宾夕法尼亚大学、西雅图的华盛顿大学等进行学术报告或学术交流, 去年8月到9月, 我还应邀到了挪威、瑞典、丹麦、瑞士、奥地利、西德、东德、卢森堡、比利时讲学, 借此机会, 我也了解了许多这些国家的计算机科学教育的情况和做法。我感到, 这些所见所闻, 对我们是一次很好的教育和启示。

2. 历史的回顾

在人类历史上, 几乎没有任何别的科学技术能象计算机这样, 在不到60年间, 经历着如此飞速的变化; 计算机作为现代科学技术的重大成果, 从只为数人所掌握, 发展成为拥有最广泛用户的工具、手段以及娱乐器械。对于计算机科学教育, 从一开始它就引起人们普遍的重视。IEEE作为国际电子和电气工程界的学术组织, 把计算机科学教育作为自己关注的问题之一。ACM作为单纯的计算机界的学术团体, 更把计算机科学教育问题视为自己不可推御的责任。迄今, ACM已经发表了三个具有重要价值的关于计算机科学教育的文件, 这就是课程表68, 课程表78和课程表88。这三个文件, 勾画了国外的计算机科学家, 尤其是美国的计算机科学家, 在各个时期对当时的计算机科学教育的认识, 这对各个历史时期的计算机科学教育的发展, 都起到了重要的指导作用。

回顾整个计算机科学教育的发展过程, 似乎可以这样说, 它经历了四个阶段:

1) 计算机科学教育的初创阶段(1968年以前直到课程表68发表) 当时人们对于“计算机科学”这个词都还未普遍接受, 不承认有什么计算机科学, 只有

数学, 物理学和电子学。在这个时期, 计算机科学家不得不在探索计算机科学教育如何搞的同时, 去考虑如何为自己的合法存在而斗争。这期间, 计算机科学系的数量, 即使在美国, 也还不多。多数的计算机科学, 或属于电子工程, 或属于数学等。关于计算机科学的课程, 形成了一些框架。但是由于学科本身还不成熟, 各干各的, 因此不仅在课程的内容上, 就连课程名称本身, 也百花齐放, 十分不同。有关课程的内容, 多数都未形成完整的体系, 内容显得较为浅显, 枝离破碎, 如数据结构这门课, 大家都认为很有必要, 但却没有一本很好的教材, 把这些内容有机地系统地组织在一起。

2) 计算机科学教育奠定基础的阶段(从1968年课程表68发表之后到1978年课程表78的发表) 在这个时期里, 计算机科学已得到了广泛的承认, 计算机科学技术, 以其惊人的成就和在应用中的非凡威力使世人惊叹不已。这时, 中规模乃至大规模的集成电路已经取代了晶体管电路和小规模集成电路, 使计算机更新换代到第三代, 相应地, 作为计算机灵魂的软件也发展到一个新阶段, 其标志是构成计算机系统大脑中枢的操作系统, 形成了它的第三代。在这个阶段, 人们以课程表68为基础, 不但在许多课程的设置上取得了共识, 形成了计算机科学的主干课程, 而且在课程内容的组织上, 取得了重大的突破。首先, 在程序设计语言方面, 出现了由瑞士著名计算机科学家Wirth发明的适合于教学需要的Pascal语言; 在算法的设计与分析方面, D. E. Knuth以他的“计算机程序设计技巧”一书为此奠定了基础和风格及标准。他还使数据结构成为一个自成体系内容完整的课程; 在编译方面, Gries的的编译程序结构成为普遍欢迎的教材; 在数据库方面, Date的数据库原理也成为经典性的教材, 等等。关于计算机科学的培养目标, 课程设置, 教学方法与培养方法, 等等, 人们也都有了更为明确的认识。

3) 计算机科学教育走向更加成熟的阶段 (从

1978年的课程表78到1988年课程表88)在这个时期里,计算机已经发展到新的一代——第四代,计算机的各项性能指标都达到了更高的水平,作为这一阶段的主要标志是计算机与通讯的结合。由此而来的是计算机的应用领域更加广泛,办公室自动化是这一阶段的重要成就。这些发展,必然推动计算机科学教育的发展,向计算机科学教育提出更高的要求。在这个阶段的计算机教育已形成了如下一些特点。①百花齐放。由于计算机的应用已渗入到社会生活的各个领域,便决定了社会对计算机人才需求的广泛性,因此计算机科学教育也就体现出五彩缤纷的特色,每个学校培养的途径、目标都可能不同。即使在一个学校内,也可能有不同方向和课程设置。②层次繁多。社会上对计算机人才的要求有不同的层次,因而计算机科学教育的层次也不同。总体上说,由博士后为最高层次,其次是博士、硕士、学士,以及大专毕业(如从社区学院毕业的),往下还可以有继续教育,成人教育以及各种培训班培养出来的技术员。③更加强调理论与实践的统一。无论在哪个层次上,教育机关都强调这一点,为的是使所培养的学生,一走出校门,就能上手,如果说要描述西方国家教育的特点,我认为第一大特点就是基于实用主义而形成的对学生的明确要求——上手快。另一方面,他们也十分注意让学生有发展的后劲。④推陈出新。由于计算机科学技术的迅速发展,国外在计算机教育中推陈出新的势头是持续不断的,然而在这十年中却表现得尤为突出和明显。举一些例子来说,当我1983年访问新西兰时,计算机性能评价和调节的课程,还被认为是一门重要的有用的课程。然而,这次我来到美国,人们对于这门课的意义已经持怀疑态度了。因为今天计算机系统已经相对地便宜,没有必要再去考虑性能评价的问题。现在人们关心的是分布式系统的结构问题和性能问题。又比如说,编译程序这门课,以往讲授时,都必须详细介绍语法分析的三种流行方法:状态矩阵法、递归推导法以及算子优先法,但是今天的编译方法,就不再采用这种继承的传授方法,而是突出目前最为流行的先进技术。又比如操作系统,今天在美国,最受肯定的操作系统教科书是Tanen Baum的那本书,他一开始就讲操作系统的一般原理,然后去剖析Unix的源程序。但Unix太大,他搞了一个可运行的minix,是Unix的缩本。这样,就使学生在学了这门课之后,真正地掌

握操作系统的原理及它真实的实现办法。计算机视觉,计算机图画和计算机通讯,等等,也是计算机科学教育推陈出新的产物。

4)计算机教育的新阶段(从1988年到现在)这是探索改革,顺应潮流,谋求新的发展时期,特别是进入90年代以来,计算机科学教育面临了新的挑战。有的来自于内部,有的则来自于外部。下边,我们打算分析现在的计算机教育所面临的挑战。

3. 现实的挑战

在这里,我想列举几点:

1)计算机科学技术的发展向计算机教育提出的挑战

今天计算机的软硬件都有了突飞猛进的发展,进入90年代以来,计算机硬件的水平,由于大规模集成电路的发展而相应地有了令人震惊的发展。过去计算机的速度达到千万次就觉得很了不起了,该算是大型机了。可是今天小型机,就可以达到这个水平,甚至达到上亿次。目前,据我所知,计算机达到的最高速度已是数十亿次,美国正在研制的最高速的计算机是每秒几百亿次。计算机的内存也一样,过去计算机内存达到几百K就了不起了,但现在都是几兆,我所知道的计算机系统,内存已达到500兆。计算机科学技术的发展,不仅表现在这些指标上,而且在其设计思想乃至结构上有了变化和发展。我们过去知道的计算机有一套统一指令系统,但是现在为了满足某种系统的需要,出现了RISC技术,也就是压缩的指令系统的思想。另一个更为普遍的技术叫做SPARC,即the same processor architecture,也就是阵列处理器结构。更为突出的是,谈了几十年的非冯·诺依曼结构,到了今天,已经真正有了突破,如数据流计算机,Transputer等等。我还想提一下计算机图画中很受青睐的Silcom计算机,它用32位来分辨颜色,所能分辨的颜色高达4293967296之多。它还可以把二维图形变成成为三维图形,人们戴上眼镜,就象看立体电影那样。所有这些硬件的发展,都意味着,再去用传统的教材来教学生是不能适应这些技术发展需要的,必须在我们的课程设置中,反映这些最新最高的技术成果。

在软件方面,一个大的发展步骤是,各个公司都往主流的系统软件靠拢,形成一个工业标准,从而实现系统高度的可搬家性。当前Unix系统成为公认的一个工业标准,可以预期,在整个90年代,

这一局面仍将保持。另外就是X Window系统,它也正在被当作一个标准。在这种形势下,过去那种标新立异的潮流,正在被谋求在一定程度上的统一所代替,所以这种势头也向计算机科学教育提出了要求。

2) 计算机科学技术本身面临的挑战

尽管计算机科学本身,特别是硬件技术获得了飞速发展,但这并没有根本改变计算机科学技术本身面临的挑战。尽管硬件已经达到了每秒几十亿次或上百亿次的速度,然而许多问题,如真正较为准确的数值天气预报,原子能反应的过程的控制等等,所要求的是每秒数百亿次的速度,目前人们仍无达到这样高速的途径,所以人们现在考虑的是,计算机在现有结构下,是否已经达到或接近了它的速度极限。

更多的也更使人忧虑的是软件的问题。如人工智能,知识库,数据库,分布式系统等等,都存在着许多眼下不可逾越的障碍。组合爆炸是人们经常碰到的一个拦路虎,人们能够去解决一些理想化或简化了的问题,但一旦要去解决实际问题,所需考虑的各种复杂情况的组合却成了NP完全问题,即不可能在多项式时间内来解决。这就是我们所说的组合爆炸。比如我们考虑数据库或知识库,我们自然希望它同时具备两方面的优点:一方面,它具有最完备的信息,无所不包,从而足以满足各种问题的需要;另一方面,又需具备良好的响应特性,即检索起来方便,快捷,随要随有。可是,这两者却是互相冲突的,信息量越多,一般而言检索时间就越长;如果要求检索时间较短,则决不能使数据库或知识库过于庞大,两者难以得兼。因此,如果我们要教会学生的是实实在在地解决实际问题的本领,而不是仅仅去解决那些玩具式的问题,那我们就很自然地要问,下一步该怎么办?

3) 各个学校面临的问题

就美国而言,各类大学约达二千余所,其中属于较为正规的大学数目也达一千余所。一千余所中,二百余所又属于具备授予硕士以上学位的学校,而属于领先地位的学校,也就是美国各个机构加以排名次的学校,又仅有五十余所。每年,美国的教育委员会或信息机构,或一些私人咨询机构,都要根据各系发表的论文数,获得的基金数额,学校的设备和师资水平,等等,对各大学进行排名次。尽管每年这些名次顺序可能不尽相同,但总的来说,进入到四十或五十名的学校大体上不会有什么变化。

我这里列举1986年按照研究生教育对于计算机科学系的排列的名次(见附录)。

在这个名次中,可以看到,头四名学校,分数相距很近。由于他们所具备的“超级大国”的实力,因此他们可以说处于绝对稳定的地位。他们不但在计算机科学系中处于领先地位,在别的系中也处于领先地位,所以美国政府保他们,而工业界也始终看好他们,所以他们不存在什么大问题。但是,在这下边的一些学校,情况就有所不同了。一些学校,原来以从事理论研究为主,不大重视实际问题,并且自认为自己比搞实际的那些学校高出一等,可是,现在情况迫使他们不得不改变原来的套路。现在,从事纯理论的研究课题,在美国国家自然科学基金会很难再拿钱;即使还能拿到,数量也极为有限,反而是那些可能从未列入前列名次的学校,却由于搞同当前的技术有关的问题,而受到工业界的青睐,扶持以重金,而使他们在美国大学中的地位骤然上升。不但如此,纯粹搞理论研究的学校,所培养的学生也不大受欢迎,工业界认为他们的学生动手能力不强,这就迫使他们不得不重新考虑,教育如何办。

4) 人才市场提出的问题

长时间以来,计算机科学技术人才是人才市场上的热门货,各方面对于计算机人才的需求极为强烈,真可以说十分抢手,这种情况,曾经持续了很长时间。但是,今天情况却不相同了,计算机人才济济,头一次成为饱和,不但不再抢手,而且积压了,以去年美国计算机博士学位获得者来说,共有600人从计算机科学或工程获得博士学位,但是仅有200多人可以获得适合于他们地位的工作。在4万多学士和硕士中,也仅有2万多人找到工作。所以,计算机科学系必须考虑如何面对这一种情况。显然,再保持以往的发展规模,是难以继续了,但是,也必须同时考虑如何去适应人才市场对计算机人才的具体需求,使得计算机人才在需求萧条的情况下,能找出一条生路。

4. 对我们的启示

根据上述情况,我们可以获得哪些启示呢?我个人认为,有如下几点:

1) **立足于国情、地情。**我们的计算机教育,必须立足于我们的国情,立足于我们所在地的地情,正如美国的计算机教育,是立足于美国的国情,地情来进行的一样。我们见到的欧洲各国的计算机教育,也是根据他们的自己的国情,地情来发展的,

所以我们的计算机教育，也必须立足于这一点。

2) **立足于校情。**在美国，每个学校都是根据自己学校的实际情况来制定自己的教学计划，培养目标的。他们当然都尊重ACM教育委员会所提出的关于课程表和培养目标的建议，但是他们决不是照抄照搬，而是根据自己学校的条件不同，师资的研究方向或特色不同，形成不同的专业方向。如果不立足于本校的校情，就不可能扬长避短，发挥出自己的优势，而赢得自己的地位。这一点在我国也是同样重要。在学生的整个素质较低的学校，如果硬要去培养从事理论研究的人才，则既不实际，也无论如何不能同那些学生素质较高的学校进行抗衡。如果我们要培养学生的动手能力，鼓励他们加强实际的锻炼，则有可能使他们各得其所，发挥出别人所替代不了的作用。

3) **不断推陈出新，更新知识，顺应需求。**这一点可以说是我们中国计算机教育的一个薄弱环节。有些方面，由于我们国家的财力的限制，我们很难真正做到推陈出新，比如在国内的学校中，如果计算机已经过时了，他们就会更新换代。这一点，在我国就很难做到。这里既有我国财力的原因，也还有领导上思想认识的原因，他们以为你有了计算机了，就万事大吉了，而根本没想到计算机存在过时，要进行换代的问题。我们所指的更新换代，也还有我们教师本身的工作，同国外教师相比，我们有好当的方面，也有不好当的方面。我们中国教师，必须向学生进行过细的讲解，稍微讲得快，稍微进行较概括性粗线条的教学，马上就可能会引起学生的批评。不仅如此，中国教师要时时刻刻充当学生的保姆，因此负担很重，这些是我们中国教师难当的方面。外国教师，一般不必对学生进行这种填鸭式的细致入微的教学，更不必去管学生的学习态度，批改学生的作业等等。但另一方面，外国教师不可能一劳永逸地采用一贯制的教材，他们必须不断地充实新的知识，使这门课的教育反映当前最新的科研成果和前沿知识。我们却往往采取数年一贯制

的教材，所以在备课方面，或许在备第一遍时要费些劲，但在教第二三遍之后，就可能驾轻就熟，不费气力了，在这方面，我们确实应该向我们的外国同行好好学习。

4) **进一步强调理论同实际的统一，使人才较快上手。**正如前边谈校情时谈到的那样，我们必须承认，我们这些学校在国内的地位，都仅仅处于二三流的地位，认识了这一点，就可以确定我们对人才培养的方向，如果我们培养出来的学生，理论不深有一点，实际有料动手强，上手即可进角色，那就必然会受到社会各界的欢迎。

5) **利用沿海特区的优势，迅速掌握变化的信息。**我们虽然不可能如在北京的学校那样很快就看到最新的期刊和图书，但我们沿海和特区由于处于改革开放的前沿，却仍然在掌握信息方面有某些优势，这样一些信息，往往会使我们处于主动的地位，很快地去顺应形势，随机应变。所以我们在考虑计算机教育中，也必须发挥我们这个优势。

6) **进一步加强英语教学。**计算机科学教育同英语的教育，从一开始就是并蒂莲、这是由计算机科学教育的特点决定的。我个人认为，语言只适合于在年青时来学，年纪大了，就很难有好的效果。但学习专业则不同，一旦基础打好了，日后自己自学起来困难不会大。所以我认为，宁可牺牲些业务学习，也要把学生的英语水平提上去。我们在这些年中这样做，得到学生的普遍欢迎。港澳学生回到港澳工作或国外深造，普遍地肯定了我们这一做法。

7) **培养自身的尖子。**这点对于我们也很重要，只有在我们有了自己的尖子之后，才能使我们的学生学有榜样，赶有目标，才能使他们认识到，他们所在的学校是有能力来培养好他们的。有了这样的尖子，也才能赢得社会对我们这个学校的承认，得到自己在社会上的地位，所以无论是对于学校本身，还是对于学生的培养教育，尖子都是十分重要的，我们在培养尖子的本身，也为我们探索成功的道路提供了经验和途径。

附录 美国计算机科学研究教育中居领先地位的头四十个学校名次

学校	名次	计分	加州大学，洛杉矶分校	6	4.87
麻省理工学院	1	4.93	伊利诺斯(乌巴那)	7	4.83
斯坦福大学	2	4.92	耶鲁大学	8	4.80
卡内基-梅隆大学	3	4.91	华盛顿大学(西雅图)	9	4.78
加利福尼亚大学伯克利分校	4	4.90	德克萨斯大学(奥斯汀)	10	4.77
康尼尔大学	5	4.88	威斯康辛大学(麦迪生)	11	4.71

操作系统教学应跟上时代发展

刘日升 (中船总武汉七〇九所)

摘 要

我国的操作系统教学体系基本上来源于七十年代前期Madnick和Donovan的体系。十几年来,由于操作系统及其应用环境的发展,这种教学体系已暴露出一些问题。本文从历史的角度分析了操作系统教材和操作系统本身发展的关系,以及我国高等学校操作系统教学中的问题,认为由于微机的普及和UNIX操作系统的产生,原有的操作系统教学体系不仅有必要修改和扩充,而且也出现了这种可能性。本文重点论述了操作系统教学中有关操作系统用户接口和实例教学问题,并提出了几点建议。

一、引言

操作系统在计算机系统中占有十分重要的地位,一方面是因为它与计算机的硬件和其它软件关系十分密切,另一方面它也是用户与计算机的接口。因此,学好操作系统这门课程对于计算机系统其他课程的学习及以后的工作都有重要意义。

我国大学的操作系统教学开始于七十年代中期。十余年来编写了不少教材,培养了不少学生,但与许多其它教材相比,操作系统教材显得不够成熟。近几年来情况虽有所改善,但总的来说学生感到难学,教师感到难教,而且学到的知识往往不能很好地适应以后的实际工作。

笔者长期在科研部门从事软件工作,接触过一

些大学计算机专业毕业生,也从事过大学的操作系统教学,并先后两次(1983年和1990年)参与编写了两本操作系统的大学教材。笔者打算根据自己的体会谈谈对这一课程教学的想法,不当之处请计算机界同行,特别是高校教师,给予指正。

二、操作系统教材的发展与现状

随着计算机的发展,操作系统作为一门学科在七十年代初期已趋成熟,已建立了它的基本概念和原理。CACM杂志的主编,著名操作系统权威P.J. Denning认为,操作系统成熟于1971年。事实上,到这时为止,一些重要的,有代表性的操作系统已经问世,例如IBM OS/360(1966),TSS/360(1967),MULTICS(1968),THE(1968),RC-4000(1970)

马里兰大学(大学城)	12	4.70	赖斯大学	27	4.25
普林斯顿大学	13	4.68	杜克大学	28	4.20
加州州立大学	14	4.67	西北大学	29	4.19
犹他大学	15	4.63	纽约州立大学(巴法罗)	30	4.18
纽约州立大学石溪分校	16	4.61	西拉库斯大学	31	4.17
布朗大学	17	4.58	阿里佐那大学	32	4.15
纽约市立大学	18	4.55	加州大学圣地亚哥分校	33	4.14
北卡罗里那大学(加皮尔山)	19	4.50	拉特格斯大学(新布兰斯维克)	34	4.12
宾夕法尼亚大学	20	4.46	哥伦比亚大学	35	4.11
罗彻斯特大学	21	4.43	加州大学伊尔文分校	36	4.10
明尼苏达大学	22	4.40	印第安那大学(布鲁明顿分校)	37	4.09
麻省大学(安赫斯特校)	23	4.38	宾州州立大学(大学城)	38	4.08
乔州理工学院	24	4.36	加州大学(圣他巴巴拉)	39	4.07
加州理工学院	25	4.34	匹兹堡大学(匹兹堡分校)	40	4.06
俄亥俄州立大学(哥伦布斯)	26	4.20			