

卡内基·梅隆大学 的计算机科学系

THE COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT OF CMU

李宗葛

近两年来,作者有机会在美国宾夕法尼亚州匹兹堡市卡内基——梅隆大学(以下简称CMU)的计算机科学系(以下简称CSD)进修学习和工作。对这个系的教学、科研情况有了一些了解。觉得有不少方面值得借鉴与学习。本文想结合个人的感受向读者介绍这方面的情况并探讨我们如何办好计算机科学系。

数字电子计算机自从1946年问世以来,发展非常迅速。由于计算机技术和计算机应用的发展不断提出新的要求和新的问题,促进了计算机科学的研究和发展。在60年代,计算机科学已经在美国形成一个独立的科学分支。现在,美国各大学已相当普遍地设有计算机科学系或类似系科。

卡内基——梅隆大学计算机系概况

CMU的CSD始建于1965年,是美国几个著名的计算机系之一,其特点是硬件和软件结合,同在一个系;理论与实践密切相联。早在50年代,著名的计算机科学家H. Simon教授等人就已在CMU从事计算机科学方面的研究工作,特别是人工智能的研究。1956年该校即已开始装备计算机。世界上许多国家的学者、美国各大学的计算机科学家和计算机公司的专家们经常来此访问、讲学或短期工作,学术交

流广泛而又频繁。

计算机科学在这个系中是分为四个方面(大类)进行教学和科学研究的:

1. 理论(数值方法,离散算法,语言与自动机理论逻辑,递归函数);
2. 程序系统(程序语言和编译器,操作系统,程序设计方法论);
3. 计算机系统(数字电路,计算机总体结构,性能分析,模型化);
4. 人工智能(搜索技术,知识表示,智能系统)。

理论方面目前主要从事超大规模集成电路算法研究和算法复杂性的研究。较著名的学者有T.H. Kung(孔祥重)。

计算机系统即相当于我们所说的硬件,研究各种新的机器结构。近年来重大的研究有C. mmp(多小型处理机系统,由16台PDP-11机器组成,已完成),Cm*(多微型处理机系统,由50台LSI-11组成,接近完成)以及Spice machine(新的单用户计算机,正在研究)等。较著名的学者有D.P. Siewiorek和R. F. Sproull。

程序系统即相当于我们所说的系统软件。他们在程序语言的研究上花了相当工夫。有名的Bliss语言和Ada语言都是他们研制的。在操

作系统方面近年来相继研究成了多处理机的操作系统Hydra(C. mmp)和Medusa(Cm*)等。较著名的学者有W.A. Wulf和A.N. Habermann。

人工智能是这个系的一个重要研究领域。研究工作有理论人工智能与实用人工智能之分。理论人工智能研究学习、记忆以至发现定律,研究一般问题解(包括机器博弈),自然语言理解等。实用人工智能研究语音识别和理解,图象理解以及特定功能的智能系统。1980年该校又以CSD为骨干设立了机器人研究所,计划利用人工智能已有成果研究发展各种机器人。这里是美国有名的人工智能研究中心之一,可以说已形成了一个学派,有其独特的研究风格。较著名的学者有M. A. Simon、A. Newell和D.R. Reddy。

该系每年招收十几名研究生。年年总有400多人慕名而来,竞争激烈。他们因此也总可以挑到比较合适的人选。

目前该系有约九十几名研究生,二十几名教员(教授、副教授、助理教授),二十几名研究人员(研究助理、研究科学家、高级研究科学家),二十几名秘书,十几名职员(系统操作员、系统程序员、研究程序员等)以及一个工程实验室(十几名工程师、技术员)。因此

李宗葛(Li Zongge) 卡内基——梅隆大学计算机科学系,中国(复旦大学)访问学者。

其教员（包括研究人员）、职员和学生的比例大约为1：1：2。

秘书负责协助教授和研究人员承担活动安排、电话、信件处理、文件打印、复印等事务工作，以减轻教学和研究人员的的事务工作，集中精力搞教学和研究。我想这一点是很值得借鉴的。

系统操作员负责机房值班，机器和设备的管理；系统程序员负责维护和发展机器的软件；研究程序员则要负责编写专用程序。多数系统操作员和程序员都是高中毕业后进机房工作的，他们可以边工作边修课，以取得学位。工程实验室负责制作系内设计的专用硬件，维护全部硬件。

教 学

至今为止，CSD不收本科的B.S.（学士）和M.S.（硕士）学生，只设PH.D.（博士）教程。但它仍有一套大学生课程，供各系大学生选修（数学、物理、统计、电机、机械、建筑等系），但不作为计算机科学本科的课程（他们系不招本科大学生）。其课程如下表。

表 1 CSD大学生课程总表

课程编号	课 程 名 称
15-104	计算导言（FORTRAN）
15-111	计算导言（PASCAL）
15-118	计算导言（LISP）
15-150	离散数学导言
15-200	高级程序设计方法
15-211	程序设计的基本结构
15-251	计算机组织和实时处理导言
15-301	组合分析
15-311	软件工程方法
15-312	程序设计语言比较
15-330	计算机模拟和模型化技术
15-360	计算机辅助设计导言
15-380	人工智能导言
15-411	编译器设计
15-412	操作系统
15-462	计算机图示学

这些课程内容还是比较全面的。如果把它们大致作一个分类，基本上可以分为五大类（除了前述的四个方面外再加上一个计算机的重要应用类）：

- 第一类 数学理论 15-150, 15-301;
- 第二类 程序设计（软件） 15-104, 15-111, 15-118, 15-200, 15-211, 15-311, 15-312, 15-411, 15-412;
- 第三类 计算机系统（硬件） 15-251;
- 第四类 人工智能 15-380;
- 第五类 重要应用 15-330, 15-360, 15-462。

从这个分类可见其大学生课程中软件课程所占比例相当大（约为一半，因前三门课相当于一门课），而其他三个方面（数学、硬件、人工智能）均有，但比重很小。可以概括为软件为主，应用其次，兼顾其他。而且几乎每门课程中都有一定数量的程序设计课题作为课外作业，因此学生在程序设计的方法与技巧方面训练较多，所学的计算机语言也较多，为以后参加科学研究打下了良好的基础。我们可以从中得到一些启发。

CSD的研究生（Ph. D.）课程如表 2 所示。

表 2 CSD研究生课程总表

课程编号	课 程 名 称
15-700	计算机科学入门
15-710	程序设计语言
15-711	系统程序设计
15-741	计算机设计导言
15-742	计算机结构和性能估价
15-754	计算的数学模型
15-755	逻辑、算术和程序验证
15-756	数值算法
15-757	离散算法
15-780	人工智能 I
15-781	人工智能 II

这个课程表明显地分为四个方面。每门课并不单独考试，而是按四个方面有四门资格考试。资格考

试每年举行两次。有四门课程大纲，其中有重点要求和参考书章节目录。量是相当大的。通过了四门资格考试就算达到了取得学位的课程要求。表 2 内的课程则是为了帮助学生通过资格考试而设立的。你可以听这些课，也可以自修，只要通过资格考试即行。一次通不过可以再考第二次。

据我的观察，这个系的课堂教学并非一种系统的教学过程，常常显得凌乱而无系统性。特别是研究生课程，有时往往只是一种提纲而已。这同这个学校的性质有关。私立学校经费不足，要靠科学研究项目去募集相当的经费，所以轻教学重科研的倾向表现很突出。当然它也还是有特点的：一是有非常丰富的参考文献目录，任学生自己阅读和研究，作业也须学生独立思考才能完成，即鼓励学生自己独立研究各种材料和问题。例如人工智能课程（15-780 和 15-781）共分十三个章节，只有大纲，没有讲义和教科书，由八个教员分别讲授，各人介绍自己熟悉的领域，每一章节多则讲三次，少则讲一次，介绍一下主要的概念、方法和结果，给一些例子，起一个领路的作用，然而每章都有大量的阅读材料，你必须搞通这些材料，才能顺利通过资格考试；二是不只把已解决的问题作为知识传授给学生，而且把存在的问题也提出来，让学生去了解发展的现状，启发他们从事有关的研究。我想在这方面我们的做法应是弃其短而扬其长。例如由于缺乏参考资料、计算机不够普遍，还不能这样上课，还需编写基本的教材。上机实习也只能逐步改善。但是训练学生独立进行研究的的精神则是应加以注意的。

除了以上两类课程之外，CMU CSD 每年还办有各种讨论班（seminar）每周一次、两周一次或每月一次不等。由教员、学生或校外专家、研究人员报告当前项目进展情况和大家感兴趣的问题。另外每学期还有几次专门邀请知名的计算机科学家来系里作“贵宾讲座”。

听众从中可以了解到计算机科学各个方面的研究现状、发展趋势和存在问题,从而扩大知识领域。表内列出CSD 1979—1980年度的各种讨论班。从中可见其学术交流之频繁。讨论班这种形式近年来在我国各学校已经开展起来,对于培养研究生和提高师资水平有相当的促进作用,应该坚持和发展这种教学形式。

CMU CSD 1979—1980 年度讨论班:

程序系统语义讨论班
图象理解讨论班
软件度量讨论班
人工智能/人的因素专题讨论班
数据抽象讨论班
档案存储器讨论班
程序系统讨论班
机器人讨论班
SPICE(单用户集成科学计算环境)讨论班
“理解”讨论班(与心理学系合办)
非标准逻辑讨论班
人工智能讨论班
理论讨论班
机器学习讨论班
并行机器讨论班
产生系统专题讨论班
计算机系统讨论班
分布式传感网路讨论班
超大规模集成电路讨论班
教学讨论班
可靠性讨论班

教学和研究设备

该系的计算机设备在美国大学中是相当先进的。他们有4台DEC公司的PDP-10型通用分时计算机(分别配用TOPS-10和TOPS-20操作系统),4台DEC公司的VAX-11/780分时计算机(采用UNIX操作系统),16台XEROX公司的Alto型单用户计算机。有一个高速的本地计算机网络连接上述大部分机器,并与全美计算机网 ARPA 网络相连。有一台相当快速的激光印刷机(每秒一页)。其它专用设备包括图象输入、输出、显示系统,语音输入显示系统等。

最大的一台计算机是DEC的KL-10(PDP-10的一种)计算机,

又名CMUA。主存100万字(36位),每秒执行100多万条指令,在线磁盘容量大于 5×10^9 字节。

他们的设备还在不断添置中。仅我在CMU的一年多时间内他们添置的就有一台PDP-10,二台VAX-11/780,16台Alto和一台激光印刷机等。

这些硬设备部分是用研究经费买来的,部分是由大公司捐赠的。因为CMU CSD在计算机科学的各个方面研究工作都开展得较好,有些大公司希望在技术上得到支持。该系在为大公司培训人员、制作特殊软件方面相当积极,因而得益也不少。举一个例子:16台Alto机器是XEROX公司赠送的,因为他们为XEROX公司培训了许多人员,并在一些项目上合作。CSD一个教授研究成功了一个具有智能的程序系统,能为计算机用户设计机房配置。DEC公司得到了这个程序,而CSD则得到了两台VAX-11/780作为报答。

他们的主要系统软件(TOPS操作系统和UNIX操作系统)是从公司得到的。他们的机器上有各种语言的编译器,据我不完全所知即有:ADA、ALGOL-60、ALGOL-68、BASIC、BLISS、C、FORTRAN、LISP、PASCAL、SAIL等不下十种。这样就有一定的灵活性,做不同的研究可用不同的语言。他们有MAIL系统,用户可在计算机上互相通信、发通知,极其方便,又便于存放和检索。他们有SCRIBE系统,只要输入全部文件的文本和必要的命令,该系统就可负责文件的编排、字型的挑选、空格、标题、图注的安排等等,直到产生一个满意的文件输出。对加工文件极为有利(几乎所有秘书都会使用SCRIBE,因为加工文件是她们的主要任务之一)。可以说在研制通用和专用软件方面他们是下了相当功夫的。有了较好的软硬件设备使更多的人更方便地利用计算机进行研究,成果也就更多了。这在某种程度上是一个正反馈过程。

下面谈谈设备的管理和使用。

大部分机器放置在一个大机房中,平时一直处于运转中(除了机器软件或硬件故障,例行维护和设备扩展),有一个操作员值班,负责装卸磁盘、磁带等业务。用户们在自己办公室内或终端室内使用终端。该系全部办公室内(包括秘书办公室)均装有终端,另外还有一个集中的终端室。教授们家中亦有终端。这样在家中依然可以工作,系里的机器供本系研究生和教员作研究用,不收费。外系的部分研究项目也使用这些机器,但须建帐号,记帐收费。至于大学生用机则使用CMU计算机中心的机器,不用CSD的机器。由于大部分机器是分时系统,可以容纳几十个人同时工作(当然人多以后机器应答速度相对慢下来,但仍能应答终端的要求)。

设备方面我的体会和建议是:

1. 我们的计算机工业应该提供一定数量的相当容量(几百K字)和一定速度(几十万次)的分时计算机系统、终端设备和磁盘设备。分时计算机虽然不需要非常之多,但在高等学校和有些计算中心或研究中心还是需要的。单道程序的计算机是不能适应现代化教学和科研的要求的,然而,终端设备和磁盘设备的研制和大批生产则应引起很大关注,否则计算机技术和科学的发展是会受很大限制的。

2. 在我国实现四化的过程中,国家会逐步增加教育经费,应分轻重缓急在若干重点大学设置较先进的计算机系统。但是在相当长时间内,计算机系统仍将是价格昂贵的设备,光靠教育经费是不行的。我认为应当发挥高等学校的优势;在计算机科学理论方面及软件方面较有特长。高等学校计算机系的研究工作应当面向国民经济有关部门,帮助它们解决计算机应用方面的重大问题,帮助它们培训人员,从而不仅发展本学科、而且在经费和设备方面得到支持而逐步设置起自己的计算机系统。CMU CSD的例子就可以借鉴。当然,这需要统一认识和适当的经济政策。

科学研究

正如前面所说 CMU CSD 的研究工作是开展得相当成功的。在美国这种国家，研究工作做得好，政府部门、军事部门和各大公司就愿意提供经费，促进研究。因为研究成果总是直接间接有利于工业、商业和军事的。CMU CSD 能得到相当多的研究经费（每年约几百万美元）。在这篇短文中不可能详细列举他们的研究内容，只举几个例子介绍一下他们研究工作的特点（值得我们吸取的）。

1. 在科学研究课题的选择上既注意其先进性更注意其实用性。

CMU CSD 选择研究课题有相当的远见性，努力做一些前沿工作。70 年代，他们研究多处理机结构和系统，先后研制了 C. mmp 和 Cm^{*}，花了十年时间，得到了一些重要的结果和结论。80 年代，他们把注意力集中到超大规模集成电路（VLSI）的发展上。并且估计到由此将引起的计算机的结构变化，正努力研制所谓 SPICE 机器。SPICE 的英文原名为 Scientific Personal Integrated Computing Environment 可译为“单用户集成科学计算环境”。他们认为随着 VLSI 的发展，人们将可以从分时系统回到单用户机器。但是在高一级的程度上，每个用户将拥有今天中等分时机器的能力：每秒 10⁶ 宏指令，主存 10⁶ 字节，二级存贮器 10⁸ 字节；虚存寻址空间 2³¹—2³² 字节，高精度彩色显示……。这些单用户机器连成一个网络，再共享许多公共软件资源和某些硬设备如印刷机和大屏幕显示设备等。他们已经开始同几家计算机公司共同研制这种机器。他们主要负责软件，而计算机公司则负责提供硬件。预计 1983 年将有第一台样机。他们希望其研究成果将导致在 80 年代中后期和 90 年代这种机器在市场上大量出现。1980 年成立的机器人研究所是又一个例子，说明他们很注意把研究工作同工业和商业的实际需要充分结合起来。机器人特别是智能机器人的研制要求来自几家大公

司（如西屋公司，海湾石油公司等），经费也主要来自这几家公司。CMU 则愿意把 CSD 在人工智能方面的研究成果设法转化为机器人的技术并研究新的可能性。另外如 VLSI 的研究也是如此，他们不仅研究 VLSI 的算法，而且同一些半导体公司一起研制新的 VLSI 计算机。有的教授甚至到公司去搞研究。

在我国条件下，这个问题似乎也是值得注意的。有些同志已经认识到这个问题，也就是如何实现科学技术是生产力的问题。如果学校同计算机公司有密切的关系，对双方的发展都将是较为有利的。

2. 在科学研究人力的组织上既有广泛的群众性又有很大的灵活性。

群众性是指 CMU CSD 教员学生几乎人人做研究。教员除了上课就是搞研究。学生（研究生）一入学就要求他们参加一项研究工作。三年级开始做论文研究。多数学生前后要化五、六年时间才能取得博士学位。这就保证了科学研究的高产率。试想五十个教员和研究人員加上近一百个学生，即使每人两年才完成一篇研究论文，全系一年就平均有七、八十篇研究论文（当然研究成果并不只是论文，更重要的体现在研制出来的计算机程序和机器上）。何况有的教员和学生都是一身兼几个项目，成果就更多了。

灵活性体现在教师和学生都有参加和退出某个项目的自由，没有一个项目是用行政命令的方式来组织人力的。学生有选择导师和项目的自由。新生入学时有一门课程叫“计算机科学入门”。大部分时间由各教授介绍自己的研究工作，提出要几个学生参加该项目。然后新生们根据自己的兴趣和教授的课题进行选择。三年级开始做论文时如果觉得导师和项目不合适还可以提出更换。

CMU CSD 有一位高级研究科学家，专门从事机器博弈的研究。这个项目在 CMU 是很少人问津的。但是只要你愿意搞，系里仍是支持的，并不干预。这位科学家搞的一个十五字游戏（Backgammon）程

序 1979 年打败了全美冠军，从而为 CMU CSD 赢得了荣誉。他的方法当然也为人工智能这一建筑增添了新的砖瓦。

可见灵活性保证了研究人员以较高的积极性参与他所感兴趣的课题，并对自己的研究工作负直接的责任。另外也保证了计算机科学的各个方面都能得到发展。因为各人的兴趣是不可能一致的，人为地加以限制并不利于科学的发展。

当然他们能做到这一点是与他们有一个良好的研究环境（强有力的计算机系统资源）分不开的。人人坐下来就可以用终端，而确有许多人把大部分时间化在使用计算机进行研究上，因此成果较多。相比之下，复旦大学计算机科学系有一百多个教师，可是经常使用计算机进行研究的实在太少。我们尚未建立适当的研究环境，这正是我们需要努力改变的。一旦有了这个环境，并且实行这种做法，人人能研究自己感兴趣的课题，我们的研究工作的质和量都会大大地改观。

几点看法

以上我已对 CMU CSD 三个方面的情况作了简要介绍。根据我国条件，如何办好计算机科学系，我个人认为要做以下一些工作：

1. 逐步建设起一套符合我国计算机科学技术发展需要的而又切合各学校具体特色和可能的课题（各学校可以有所不同），包括学士、硕士和博士课程。应该面较广而以软件为主。与美国相比，我们还需要开设一批课程如软件工程、计算机语言比较、人工智能、算法分析、计算机性能分析和估价、计算机图示学、计算机辅助设计等等。这是艰巨而又光荣的任务。何况我国现有的一批计算机科学的教学研究人員很少是科班出身，他们还有自身补足和提高的任务。

2. 逐步建立适合于教学和科学研究需要的计算机系统（配备必要的、方便的输入输出设备），建立较丰富的软件资源。在这些系统上

• 下接 80 页 •

作为协助校方拟定或推行政策的机构。此外，学校自己也设立由教授们担任的各种委员会，来共同处理校务。总之，教授们的力量很大，学校的许多政策和规定其实都是先由教授们决定，然后由校长报给董事会通过执行的。

斯大还设有 Ombudsman 一职，教授、学生、员工如受到不平待遇，可以向他申诉。他本人无权审判案件，但有义务向学校有关单位提出报告，并找寻适当途径来解决不合理现象。

(三)

随着斯大学术地位的升高，申请到这里来念书和进行研究的人越来越多，被录取的机会也就相对减少。像美国其他大学一样，最难申请的三个专业是医、商、法。大学部负责入学审核的单位叫大学生入学办公室 (Office of Undergraduate Admissions)。审核文件包括高中全部成绩单，三封老师推荐书和 SAT (Scholastic Aptitude Test) 的成绩。SAT 是一项全国性的考试，分英文和数学两部分。有些大学不需要看 SAT 成绩，但斯大对这项成绩很注意。大学教育一般来说是四年，四年毕业可以取得学士学位 (bachelor's degree)。

研究生的申请，除商、法、医三学院自己单独处理外，其他各院系全由研究院的研究生入学办公室 (Graduate Admissions Office) 统筹办理。所需文件为大学成绩单 (如已在他处念过研究院，则也须

附上研究院成绩单)，三封教授推荐信和 GRE (Graduate Record Examination) 的成绩。GRE 也是一项全国性考试，也分英文和数学两部分。研究院将各项文件收集齐全后，即转交有关学系审核；各系根据系中需要和实际情况决定人选后再转报研究院，研究院然后正式通知录取者。本校毕业的大学生当然可以申请念本校的研究院，但通常学校喜欢鼓励本校毕业生向别处申请，这样可以使学生有较多的机会接触外界和多认识其他学校的教授。

研究生中有只念硕士学位 (master's degree) 的，也有在念完硕士学位后继续念博士学位 (Ph. D.) 的。博士学位是研究院最高学位。研究生中还有不念学位的一种，叫 Nonmatriculated 学生。这种学生念完一年后就须离校，如果想变成正式念学位的研究生，就必须根据一定程序办正式申请手续。

目前，在斯大求学的国外学生共有 1,700 人左右，其中绝大多数 (90% 以上) 是研究生。外国学生申请入学，除上面所说各项文件外，还得交 TOEFL 的成绩 (注 3)。

(四)

斯大是一所私立大学，经费主要来自学费、私人或基金会捐款，政府补助等等，因此学费相当高昂。1980—81 年度的学费为 6,285 美元，加上生活费和其他杂用，一个人一年总花费接近一万美元。一般来说，念博士学位的研究生大部分都由学

校供给奖学金，除免学费之外，还有生活补助费。大学生虽然也有拿奖学金的，但名额有限，这也许是因为在斯大就读的外国学生中，绝大多数是研究生的原因吧。

注：

(1) 1885 年，前加利福尼亚州州长美国参议员斯坦福夫妇的十六岁独子去世，二人伤心之余，决心将毕生所积巨富和财产尽数捐出，成立一所大学，以为纪念，这就是斯坦福大学的由来。

(2) 7 个学院及所属各系：

1. 文理学院——艺术、亚洲语文 (中、日文)、古典、比较文学、戏剧、英文、法文和意大利文、德文、音乐、哲学、宗教、斯拉夫语文、西班牙语和葡萄牙文、语言学、非洲研究、人类学、新闻、经济、东亚研究、食品研究所、历史、国际关系、拉丁美洲研究、政治、社会、心理、物理、应用物理、化学、生物、数学、计算机、统计。

2. 地球科学学院——应用地球科学、地质、地球物理、石油工程

3. 教育学院

4. 工学院——航空及宇宙航行学、化工、土木、工程经济系统、工业工程与工程管理、材料工程、机械、运筹学

5. 医学院——麻醉、生化、心脏外科、皮肤、家庭社区与预防医学、遗传、妇科、微生物、内科、神经生物学、神经、病理、小儿科、药理学、生理、精神病学、放射学、外科

6. 法学院

7. 商学院

除此之外，还有许多以研究或实验为主的单位，著名的有胡佛研究所和斯坦福直线加速器中心 (SLAC) 等

要知道详细情况，可向学校索取“简介” (Catalog)

(3) 请参考本期 什么是 TOEFL

□

• 上接 43 页 •

至少应有 FORTRAN, PASCAL, LISP 三种语言可供使用。

这些资源的建立除了靠买一部分外，计算机科学系的师生应该为之出力，特别是软件的建立和发展更应以自己为主 (当然有条件的学校可以互相合作以尽量减少不必要的重复)。

这些设备是计算机科学系开展教学和科研必不可少的物质条件。建立和维护这些设备是要耗费相当

人力和时间的，应当鼓励人们从事这些工作。对作出较大贡献者应给予各种形式的鼓励。

3. 在这个物质基础的舞台上，充分发挥机器的效率，调动教师和学生从事科学研究的积极性。在研究课题的选择上不要用行政手段解决问题。应当鼓励合作、软硬结合、科学研究同国民经济部门相结合。这样将会使计算机科学的各个方面都得到发展。应当鼓励研究生积极参加研究工作。

4. 计算机设备的扩大更新不仅依靠国家的预算拨款，更主要的应该同国民经济部门密切地结合，研究解决各种应用课题，从而求得设备上的更新和发展。

CMU CSD 从建系到现在共 16 年，不但已经培养出一批人材，而且做出了不少工作，得到了很大发展。我相信只要团结一致，方法对头，我们在 15—20 年内也能对我国的计算机科学事业做出一些贡献。我们应该努力而为之。

□