

# 计算思维

唐培和 徐奕奕 编著

——  
计算学科导论



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

本书包含二维码应用



# 计算思维

唐培和 徐奕奕 编著

——  
计算学科导论

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

计算思维凝结了一大批数学家、逻辑学家、计算机科学家求解问题时所展现出来的、超人的智慧，回顾和品味这些智慧的思想和方法，既能拓展人们的思维空间，也能提高大家的创新能力，从而提升应用能力。本书以狭义计算思维为主线，适度拓展广义计算思维的知识，在强化计算思维方法论的前提下，尽量简化计算理论与技术方面的内容。

本书共分 8 章，分别介绍计算与计算思维、充满智慧与挑战的计算理论（技术）基础、计算思维之方法学、计算思维之算法基础、面向计算之问题求解思想与方法、计算思维之程序基础、基于计算之问题求解思想与方法、从“计算”到“文化”等。

本书特点：一是知识面比较广、内容非常丰富；二是尽量体现“实例化、生活化、故事化、图文并茂”的指导思想，以增强可读性；三是内容新颖。

本书可作为高等院校相关专业的入门教材，也可供相关技术人员参考学习。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算思维：计算学科导论 / 唐培和, 徐奕奕编著. —北京：电子工业出版社，2015.4

ISBN 978-7-121-25699-8

I. ① 计… II. ① 唐… ② 徐… III. ① 计算机科学—高等学校—教材 IV. ① TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 050889 号

策划编辑：章海涛

责任编辑：章海涛

印 刷：北京中新伟业印刷有限公司

装 订：北京中新伟业印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：23.25 字数：648 千字

版 次：2015 年 4 月第 1 版

印 次：2015 年 4 月第 1 次印刷

定 价：48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zits@phei.com.cn](mailto:zits@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线：(010) 88258888。

# 前 言

2010年11月，在济南的“大学计算机课程报告论坛”大会上，前教育部计算机基础教学指导委员会主任陈国良院士做了关于“计算思维”的专题报告，笔者有幸参加了本次会议，首次学习并了解到了“计算思维”及其相关知识。那时，一边听陈院士的报告，一边就在浮想联翩——满脑子的狭义计算思维。想到激动处，竟脱口狂言：“也许，我也能写本计算思维方面的书！”彼时同事一脸的疑惑和莫言。会议开完了，诸事缠身，什么也不记得了。

2011年暑假，到风景秀美的张家界参加一个计算机方面的会议，会上又听了一位专家做关于“计算思维”的报告，感觉自己真该做点什么的。会议结束后，在返回柳州的火车上，闲来无事，竟然规划起《计算思维导论》的大纲来——大致勾勒了每一章写点什么。

回到学校，一瞎忙乎，又忘记这回事儿了。

2012年春季，大概5月份，带了几个同事到武汉华中科技大学参加一个学术会议，再次聆听到了陈国良院士等几位专家关于“计算思维”的报告，深受启发。又让我产生了写本书的冲动！

俗话说“事不过三”，该痛下决心做点什么的。可当时正在撰写一本教学改革专著，须限期完成。2012年7月15日，专著总算“杀青”。7月16日，正式开始撰写“计算思维”方面的书稿了。

回想起来，那时的我，手忙脚乱，日夜兼程。一边著书，一边联系出版社，最后在广西师范大学出版社的大力支持下，在国内“率先”出版了将近60万字的《计算思维导论》。从“下笔”撰写到正式出版拿到书，前后竟然不到4个月，为的就是“率先”和参加广州会议（事后才知道，陈国良院士于同年同月出版了同名著作，不免汗颜）。

11月8日，笔者带着几十本书，屁颠屁颠地去广州“大学计算机课程报告论坛”上交流。此程虽然收获了业界不少人士好奇的眼光，但也招致了个别专家不屑的微词——大意是“你等凑什么热闹、赶啥子时髦啊！”泄气？No！

得意和任性的我，给陈国良院士寄了一本书。尽管此前从来没有和陈院士打交道（除了远远地聆听他两次报告），尽管陈院士也于同年同月出版了同名著作，但后来还是得到了陈院士的许多褒奖！不免由衷感叹，大家就是大家，不一样的胸怀！

《计算思维导论》第一次只印刷了1100册，我用课题费购买了1000册，全部用于分发和交流了。尽管很多人没有看到此书，但还是得到了不少肯定，直至今日，仍然有人在联系笔者，希望提供教学资源 and 课件，以便教材的采用。还好，努力没有白费。好消息一个接着一个来了！

2013年7月，教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会制订并发布了极具战略指导意义的《计算思维教学改革白皮书》（征求意见稿），我们编著的《计算思维导论》一书有幸成为主要参考文献之一（总共5份参考文献），也属不易。

2013年10月，由教育部社科司组织评选“第三届中国大学出版社优秀教材”，《计算思维导论》荣获“第三届中国大学出版社优秀教材”一等奖。

2014年11月，经过层层评审，《计算思维导论》被评为第二批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

不知不觉两年半过去了。

两年半来，笔者一直在思考两个问题：一是“计算思维”到底是什么？二是“计算思维”教育到底该怎么做？

第一个问题——“计算思维”到底是什么？相信也是教育界同行一直犯迷糊的问题。仔细想想，其实不怪大家迷糊。即便是“计算思维”的倡导者周以真教授，也没有明确定义什么是计算思维（周教授在美国计算机权威期刊《Communications of the ACM》上介绍“Computational thinking”时，用的不是系动词“is”，而是“involves”），国内很多专家学者在撰文、报告时，也只是简单地引述周教授的文献，更有甚者，弄一大堆“云里雾里”的概念，让大家更加迷糊。另外，王飞跃先生首次翻译“Computational thinking”时把“thinking”翻译成“思维”，本无可厚非，可不少人一见“思维”二字就断章取义、望文生义了。

一时间，关于“计算思维”的各种不利看法和观点满天飞——有人说，脑科学还没有搞清楚思维的机理，谈什么计算思维？有人说，钱学森搞了那么久思维科学研究，也没有搞出什么名堂，研究什么计算思维？有人说，计算机专业一直在教计算思维，有什么新鲜的？有人说，“计算思维”不过是一个哗众取宠的噱头，兔子尾巴长不了；也有人说，教会学生使用 Windows、Word、PowerPoint、Excel 等工具，本身就是计算思维，因为著名学者 Edsger Wybe Dijkstra 说过：“我们所使用的工具影响着我们的思维方式和思维习惯，从而也将深刻地影响着我们的思维能力。”……

更多人在观望！

当然，也有不少人在努力地研究和探索。

笔者也陷入了深深的思索之中。俗话说，“解铃还需系铃人”。困惑之时，笔者细细研读周以真教授的文献，终有所获。尽管周教授没有明确定义计算思维，但却明确地界定了“什么是计算思维，什么不是计算思维”，她提出的以下 6 点很值得大家仔细斟酌：

- ① 计算思维是概念化思维，不是程序化思维。
- ② 计算思维是基础的技能，而不是机械的技能。
- ③ 计算思维是人的思维，不是计算机的思维。
- ④ 计算思维是思想，不是人造品。
- ⑤ 计算思维是数学和工程互补融合的思维，不是数学性的思维。
- ⑥ 计算思维面向所有的人，所有领域。

这 6 点太重要了，这才是计算思维的核心和本质。

周以真教授说到了问题的要害，让人由衷地敬佩！另外，周教授所指的“计算思维”是“Computational thinking”，而非“Computing thinking”，更不是“Computer thinking”，值得好好琢磨。

笔者仔细品味后，对什么是计算思维有了自己的认知——计算思维就是面向计算或基于计算的、隐藏在一般陈述性知识和技术背后的、科学家们求解问题时的思想和方法，借用一句话，就是“Computational Thinking is about idea, not technology”。计算思维属于科学方法论的范畴。

只有这样的认知，计算思维才是概念化思维而不是程序化思维；只有这样的认知，计算思维才是最基础的技能而不是机械的技能；只有这样的认知，才是人的思维而不是计算机的思维；只有这样的认知，计算思维才是思想而不是人造品；只有这样的认知，计算思维才是数学与工程互补融合的思维而不是数学性思维；也只有这样的认知，才有可能面向所有的人、所有的领域！

在《计算思维导论》中，笔者就旗帜鲜明地指出计算思维属于哲学方法论的范畴，并指出计算思维可以分为广义计算思维和狭义计算思维。回过头来看，这两个观点没有问题，但当时的认知还比较肤浅，多少有点瞎蒙的感觉。也正因为如此，笔者放下很多该做的事情，尽量抽出时间对《计

算思维导论》进行修订，期望以一种正确的认知观反映计算思维，而不至产生误导。这也就是本书全面改版的由来。

第二个问题——计算思维教育到底该怎么做？这也是广大同行所关心的。几年过去了，学者们通过立项研究等多种方式，出版了多本计算思维方面的著作和教材，一些学校也在努力“试点”，但计算思维教育似乎并没有真正“落地”。客观地说，计算思维到底该教些什么以及怎么教，还一直困扰着业界的大多数人。

不可否认的现状是：计算思维似乎“狼烟四起”，业界多数人却又“一头雾水，莫衷一是”。以至各种理解与做法都有，大致分为四类。

一类是以“应用”做幌子，强调计算机基础教育应该强化应用能力培养，但一落到实处，还是技能培训。确切地说，强化应用能力什么时候都没有错，关键是应用能力是分层次的，设计一艘宇宙飞船去太空深处探究奥秘也是应用，学会用 Word 编排文件也是应用，层次不一样而已。

一类是以“浓缩”+“拼盘”的方式，讲解计算机软、硬件技术基础的各种内容，如计算机系统组成、操作系统、数据库、计算机网络、信息安全等，几乎涵盖了计算机专业的所有核心课程。这样一锅“夹生饭”，对于教师和学生来说，真不知道如何咀嚼和下咽。

一类是站在计算学科教育研究的高度，围绕“计算作为一门学科”讨论计算学科的形态（抽象、理论、设计）、计算学科的基本问题、计算学科的知识矩阵、计算科学哲学、计算学科方法论等，给人的感觉是“著作”色彩很浓，作为“教材”，似乎并没有怎么考虑教育的对象——刚入门的大一学生，他们能接受吗？

再一类就是近年来，受“计算思维”影响，试图寻求突破，在“狭义计算思维”的某些方面做了挖掘和整理，给人以新颖的感觉。客观地说，“计算机思维”或“程序思维”更浓，“计算思维”不足。

笔者对计算思维的本质有了基本的认知后，对计算思维教育也有了进一步的认识，归纳起来，有如下几方面的看法。

① 计算思维所蕴含的思想和方法，对拓展学生的“思维”空间、培养学生分析问题解决问题的能力非常有帮助，与高等教育强调创新与能力培养相吻合。分析围棋高手的培养，不难发现，他们需要大量的时间研读前人对弈过的棋谱，并从中悟出“道”和“术”，然后通过实战提升自己的实力。而“大学计算机基础”课程更像软件使用说明书或者操作指南，侧重于培养学生的技能。

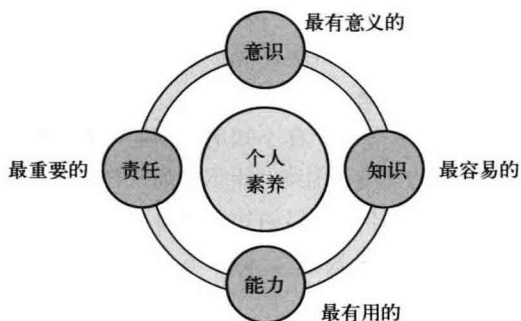
② 计算思维教育没有太多现成的素材，需要深入挖掘和整理隐藏在知识和技术背后的、科学家们遇到问题时寻找解决办法的思想和方法，这不是一件容易的事情。另一方面，计算学科虽然年轻，但能挖掘出来的“计算思维”内容却非常丰富、素材相当多，不太可能全部纳入教学内容，这就需要认真地筛选，最后确定一个最佳的集合，该集合应该涵盖学科的不同层面。

③ 计算思维属于思想和方法层面上的东西，具有一定的抽象性。计算思维要“源于生活，高于生活，给人们以美的熏陶与享受”，这与大学教育是相称的。大学教育本身就不应该那么功利，否则就与“职业培训”相当了。纵观大学的课程，像数学、物理、化学、哲学等基础课，无一不具有较强的抽象性。比较而言，原来的“大学计算机基础”课程灌输一大堆表象的、技术性的知识，培养所谓的操作技能，不管是内容还是难度都不怎么像一门大学的基础课，充其量与大学物理实验相当。另外，前者是程序性知识，宜于教；后者是陈述性知识，宜于学。教学相长，非常有益！

④ 计算思维教育是单纯地增加难度吗？No！很多教师都担心“难度”问题，担心学生接收不了，其实完全没有必要，因为：第一，计算思维属于思想和方法论范畴，尽管有一定的抽象性，但

远没有数学那么困难；第二，计算思维教育的难点不在于学生是否能接受，而是在于教师本身的能力，教师教学时既要深入浅出，还要有非常广的知识面，也就是说接受挑战的是教师，而不是学生；第三，计算思维有其自身的特殊性，充满“诱惑”，只要教学得当，肯定能充分地调动学生学习的积极性和兴趣，这样学习就有了基本的保障。第四，根据 **Bloom 理论** 正确处理好难度与复杂度的关系。

⑤ 计算思维教育应培养学生良好的应用意识。笔者认为“与其培养应用能力，不如培养应用意识”，这不仅可能，也非常有意义。借助于科学家们求解问题时智慧的思想和方法，当他具备了相关知识时，碰到应用领域的实际问题时就会意识到该如何去解决。事实上，低层次的应用能力（如 Word、PowerPoint 等操作技能）中学生都掌握得很好，而高层次的应用则需要良好的应用意识。仔细研究下图的个人素养构成对于教学改革应该有很大帮助。



⑥ 计算思维到底该面向计算机专业还是非计算机专业的学生？有没有必要按学科分类进行教学内容设计？其实，作为大学一年级学生的入门性质的基础课，作为教学对象的学生在基础方面有差异吗？如果还要按学科分类教学，那么，如何解释周以真教授所指出的“计算思维面向所有的人、所有的领域”？

⑦ 计算思维教育宜采用 MOOC、翻转课堂的教学方式，而不是找本什么教材“照本宣科”。课程的考核方式也应该摒弃原有的“等级考试”模式，而是以“能力”评价为主。配套实验方面可提出技能方面的要求，并适当安排几个设计项目，提升学习者的兴趣和成就感。

.....

笔者在前言里面谈这么些观点和看法，说的不对欢迎“争鸣”，说的不错希望给个“赞”。既然教学改革研究也属于“研究”的范畴，学术上“百花齐放，百家争鸣”也是应该的。都是为了教育，没必要太“腼腆”和“客套”！

基于以上认知与思考，本书对 2012 年出版的《计算思维导论》进行了“继承”和“发展”。

几乎重写了第 1 章，以体现“计算需求—计算工具—计算技术—计算科学（学科）—计算思维”之脉络；改写、扩展了第 2 章，以更好地体现计算学科基础理论与技术方面所蕴含的、卓越的“计算思维”；删掉了原来的第 3 章，尽管逻辑基础对计算思维来说很重要；补充了原来的第 4 章，增加了“并行与串行”，使之更完整，作为本书的第 3 章；修订了原来的第 5 章，增加了部分内容，作为本书的第 4 章；增加了全新的第 5 章，以充分展现计算机科学家们在解决典型问题时所表现出来的、超人的“智慧”；原书的第 7 章略作修订；新增了第 8 章，简要介绍了从“计算”到“文化”的变迁，为将来开设真正意义的“计算文化”过渡。每章都提供了一个阅读材料，便于学习者了解、掌握一些常识性的知识和技术。

教材建设是一件只“吃力”却不怎么“讨好”的事情。说“吃力”是因为撰写本书，工作量非常大，几乎耗尽了半年来所有的业余时间，直至大年三十上午都在瞎忙乎，年初二又在“加班”了。说“不讨好”是因为“众口难调”，难免引来“口诛笔伐”，乃至“架在火上烤”。好在为了教育，乐意投入人力、物力和财力（计划砸二三十万做 MOOC），没什么功利目的，也就坦然了。

实践是检验真理的惟一标准，让时间来证明一切！

需要特别说明的是，本书不适合照本宣科，教学需要“二次开发”，教师若能“融会贯通、深入浅出”，必将“善莫大焉”！鉴于此，笔者谢绝索要课件者。不过，乐于分享 MOOC，欢迎接洽。

本书全面反映了广西科技大学在计算思维教育改革与研究方面的成果。第 1 章和第 8 章由徐奕奕副教授撰写，其余章节由唐培和教授撰写。每章的诗词由徐奕奕同志题写、修订。全书的统筹、安排、协调、统稿、审核等由唐培和同志负责。广西科技大学负责计算机专业“计算机导论”教学、负责非计算机专业计算机基础教育的老师们在教学实践方面做了大量的工作。

本书的出版得到了广西壮族自治区教育厅特色专业及课程一体化项目建设经费（GXTSZY217）、广西高等教育教学改革重点项目研究经费（2014JGZ133）、广西科技大学“计算思维”教学团队专项经费的资助。

特别感谢电子工业出版社的章海涛同志，他为了本书的出版做了大量的工作，提供了很多方便。

特别需要指出的是，John MacCormick 所著的《Nine Algorithms That Changed the Future》（《改变未来的九大算法》，管策译）、吴军先生所著的《数学之美》以及李忠先生所著的《穿越计算机的迷雾》对笔者的影响较大，笔者也从中引用了不少内容和素材，特此感谢。

本书在编写过程中还参阅了不少文献，即便在书后的参考文献中也未必都记得不一一列举，不周之处，还望谅解，并在此一并感谢！

一家之言，水平有限，时间仓促，错漏难免，欢迎批评、指正和交流。

联系方式：tangpeihe@163.com 或 xyyaxyy@163.com。

唐培和

2015 年 2 月 22 日

于广西柳州



# 致 读 者

思维本身让人沉醉。

计算思维除了给计算机技术带来变革，还让人们在探索它的过程中体验到和谐、对称、完备、简洁等美学属性。

科学的美不逊于艺术的美。

计算思维可分为广义计算思维和狭义计算思维。

广义计算思维，在吸收计算学科丰硕成果的基础上，更侧重于哲学的角度，从辩证法、认识论、逻辑学的角度去理解，在更广泛的领域去应用，从而在体系、内容和研究方法等方面更具实践性、科学性和时代性。

狭义计算思维，则从计算学科的方法论出发，讨论借助于计算机这一特定的工具如何求解客观世界的实际问题。这里面涉及特定的思想、方法、理论与技术。

作为大学生的入门教材，如果过分追求广义计算思维，将会变成一本有点空泛的关于哲学方法论的书籍；如果完全倾向狭义的计算思维，又将是一本计算学科方法论的书籍。因此，作者以为“计算思维导论”应该以狭义计算思维为主，广义计算思维为辅。这就是折中的结果，毕竟学习计算思维的首要目的是利用计算及计算机技术，更好地解决将来所面临的各种实际问题。

纵观现在的计算机基础教育，不断遭人质疑，除了介绍计算机技术的基本概念、基本知识外，剩下的差不多就是某公司产品说明书了，与大学教育有点不太相称（笔者也主编过2本《大学计算机基础》教材，在此无意贬低他人）。

有言曰：起点决定终点，思路决定出路。因此，“计算思维导论”旨在给学生学习计算机基础知识时站在更高的起点，拥有更开阔的视野。

这样，“计算思维导论”是不是很难理解、很难教、很难学呢？应该不是。“计算思维导论”更多的是从思想、方法的角度出发展开问题的讨论，涉及的理论与技术尽量以浅显易懂的方式讲解。课程中不妨穿插生活中的故事、案例或哲理，应该是大学生能够接受的。至少可以这么说，“计算思维导论”课程在理论深度上比“高等数学”、“大学物理”等课程要浅显得多。

正是由于“计算思维导论”的定位与“大学计算机基础”完全不一样，不能奢望学习“计算思维导论”能够起到立竿见影的实用效果。更具体，学习“计算思维导论”后，不能奢望学生立即通过现今流行的计算机等级考试。正所谓“授人以鱼不如授人以渔”，“授人以鱼”立即可以食用，但吃了上顿未必有下顿，而“授人以渔”虽然无法立即填饱肚子，但从长远来说早晚无忧。

尽管计算思维已成为近年来教育界研讨的热点，但仍处于讨论、探索阶段。

第一，“计算思维导论”的定位或者要达到的目标是什么？我们始终认为，该课程应该注重培养学生的思想、方法、意识、兴趣和能力，而不是灌输一大堆概念与知识。这里提到的思想和方法是指求解实际问题的思想和方法；至于意识和能力，我们认为两者都重要。有了良好的意识和兴趣，培养专业能力就不是什么大问题了。

第二，算法是计算机的灵魂，当然也是狭义计算思维的灵魂。在“计算思维导论”课程中，算法的学习重在思想和方法，而不是表示和实现。至于算法的实现，应该是“程序设计语言”、“程序

设计方法”之类课程的任务。在没有教授 C 语言等高级程序设计语言之前，在“计算思维导论”课程中讲算法，会不会有困难？其实这种担心是多余的，因为：一是在“计算思维导论”课程中讲算法，讲的是解决问题的思想和方法，不是程序设计；二是算法比程序更简洁，针对同一问题时，算法比程序更容易阅读；三是掌握了算法设计与描述后，再学习具体的高级程序设计语言更容易。

第三，“计算思维”教育及其推广是毋庸置疑的，那么推动“计算思维”教育的最大障碍究竟是什么？我们最值得关注的是教师，而不是学生或相关领导。教师的思想不统一、业务水平不提升，“计算思维”教育及其推广是值得怀疑的。

在大家充分肯定广大从业教师对大学计算机基础教学做出了巨大贡献的前提下，必须看到存在的问题：一是从事计算机基础教学的师资队伍非常庞大和复杂，学什么专业的老师都有（没听说过学什么专业的老师都可以给大学生讲授“大学外语”，而讲授“大学计算机基础”却非常普遍），年龄跨度很大，职称结构、学历结构等不太合理，统一思想都非常困难，更不用说别的了；二是学校之间也有较大的层次差异，师资队伍的专业水平差异很大（在一些条件艰苦的学校，刚毕业不久的非计算机专业的本科生都上讲台讲授“大学计算机基础”了），师资培养的力度及其成长环境各不相同；三是人类本身的惰性，从事了多年计算机基础教学后，教学内容、教案、考试方式等都已经比较成熟了，谁又愿意改变呢？靠自觉吗？

可以想象，推广计算思维教育的难度将很大！跨出第一步将很困难！尽管如此，也要充满信心，勇敢地去面对，相信不久的将来，大家都能接受计算思维的洗礼！

.....

传统意义下，国内的教材都在追求“严谨、科学、完全、美”等目标，欠缺的恰恰是对初学者来说非常重要的“诙谐、有趣、直观、明了”等可读性好且吸引人的特点。从教学的角度来说，教材不一定非要写得“很严肃”，来点“笑容”未尝不可，甚至更好，毕竟不是学术专著。课前、课后学生要花很多时间阅读教材的，如果把教材写得很枯燥、无趣，难免拒学生于“千里之外”。所以，我们编写的教材内容丰富，涉及面甚广，但力求以生活化、实例化和故事化的方式做到浅显易懂（以至同事甚至笑称“口水话”太多了）。

课堂教学应该在教材的基础上做“二次开发”。如果仅仅是在理解教材的基础上“照本宣科”，注定不会有什么好的教学效果。若能结合 CAI 软件、实例演示、程序实现与体验等，一些看起来深奥的知识也就变得容易了。

“导论”教材应侧重于“导”，而非“论”。教学时应把握一个中心思想——计算思维是一种方法论，从方法论的层面上培养学生求解问题的意识。这样，课程就会变得生动、有趣，学生也就容易接受了。至于具体的理论与技术并不是不重要，而是当读者有兴趣的时候，自然会去学习和钻研。

多年的教学实践表明，兴趣是第一位的，很多知识也都是靠自学获得的！有人说，计算思维在心智上的帮助比它的实际应用更有价值。

周以真教授对计算思维是什么、不是什么做了明确的阐述，如下所示。

计算思维是什么	计算思维不是什么
是概念化	不是程序化
是根本的	不是刻板的技能
是人的思维	不是计算机的思维
是思想	不是人造物
是数学与工程思维的互补与融合	不是空穴来风
面向所有的人、所有的领域	不局限于计算学科

本书作者认为，周教授的阐述为“计算思维导论”的教学指明了方向。一个讲授计算思维的教师应该认真体会和理解其含义。计算思维的教学可以是令人生厌的，也可以是最引人入胜的。与其他课程传授知识为主不同，如何让学生对计算思维发生兴趣，引导学生像计算机专家一样思考，才是最重要。

计算机基础教育的改革牵涉面非常广，影响着一代又一代的大学生，也涉及一大批从业的高校教师，每前进一步所产生的影响都非同寻常。由于影响面如此广泛，使得每一步教学改革都必须做认真、细致、深入地调查研究和理性分析。面对计算思维，“仁则见仁，智者见智”，针对本书，还望站在鼓励的角度，多提宝贵意见和建议，共同为计算机教育教学改革贡献大家的智慧和力量。

教学改革不是一朝一夕的事情，需要付出艰辛的努力，且不能“立竿见影”地看到效果。成功了好说，失败了误人子弟、“罪莫大焉”！本书是大学计算机基础教学的改革与探索，期待着能引渠开河，抛砖引玉。敬请同行们批评指正。欢迎全国同行交流经验与体会。

作者

# 目 录

<b>第 1 章 计算与计算思维</b> .....	2
1.1 计算需求与计算技术的演变 .....	3
1.1.1 远古时代的原始计算方法 .....	3
1.1.2 机械式计算技术 .....	6
1.1.3 机电式计算技术 .....	7
1.1.4 电子计算技术 .....	8
1.1.5 并行与分布式计算 .....	10
1.1.6 云计算与海计算 .....	11
1.1.7 未来的计算 .....	12
1.2 科学研究的三大方法——理论、实验和计算 .....	13
1.3 计算（机）科学与计算学科 .....	14
1.4 计算思维 .....	16
1.4.1 什么是计算思维 .....	16
1.4.2 狭义计算思维与广义计算思维 .....	18
1.4.3 计算思维之应用 .....	20
阅读材料：计算机发展史大事记 .....	23
<b>第 2 章 充满智慧与挑战的计算理论（技术）基础</b> .....	31
2.1 独辟蹊径的数据表示方法 .....	31
2.1.1 数据的表示——弃“十”选“二”的神来之笔 .....	31
2.1.2 有限的字长与大小不一的数据 .....	38
2.1.3 符号的表示——编码 .....	40
2.1.4 鸿沟与代价 .....	41
2.2 从逻辑学到逻辑电路——思维可计算吗 .....	45
2.2.1 生活中的“逻辑问题” .....	45
2.2.2 逻辑与思维 .....	46
2.2.3 数理逻辑 .....	50
2.2.4 逻辑推理与人工智能 .....	53
2.2.5 逻辑门电路 .....	54
2.3 “九九归一”的加法运算 .....	56
2.3.1 加法运算及其加法器的设计 .....	56
2.3.2 补码运算——把减法当加法做 .....	59
2.4 计算的本质——图灵机及其计算能力 .....	60

2.4.1	图灵机模型	60
2.4.2	图灵机的工作原理	62
2.4.3	图灵机的计算能力	63
2.5	计算机的构造——冯·诺依曼机及其工作原理	69
2.5.1	冯·诺依曼型计算机的组成和工作原理	69
2.5.2	思想与技术的演化	72
2.5.3	冯·诺依曼型计算机的特点及其局限性	74
2.6	计算技术的开拓与发展	75
2.7	什么都能计算吗——难题及其可计算性	79
2.7.1	难题何其多	79
2.7.2	可计算性与计算复杂性	82
2.7.3	难题大挑战及其科学意义	84
	阅读材料：计算机系统（PC）的硬件组成	87
<b>第3章</b>	<b>计算思维之方法学</b>	<b>94</b>
3.1	问题求解过程	94
3.1.1	人类解决客观世界问题的思维过程	94
3.1.2	借助于计算机的问题求解过程	96
3.1.3	两种问题求解过程的对比	99
3.2	数学模型——问题的抽象表示	99
3.3	数据存储结构	102
3.3.1	顺序存储结构	103
3.3.2	链式存储结构	104
3.3.3	索引存储结构	105
3.3.4	散列存储结构	106
3.4	客观世界到计算机世界的映射方法	107
3.4.1	面向过程的结构化设计方法学	107
3.4.2	面向对象程序设计方法学	110
3.5	时间与空间及其相互转换	116
3.6	抽象	118
3.6.1	什么是抽象	118
3.6.2	计算学科中的抽象	121
3.6.3	抽象的层次性	122
3.6.4	程序中的抽象	125
3.6.5	抽象与模型	126
3.6.6	抽象与计算机语言	127
3.7	串行与并行	130
3.8	局部化与信息隐藏	132

3.9	精确、近似与模糊 .....	134
3.10	折中与中庸之道 .....	135
	阅读材料：计算机软件及其软件系统 .....	137
<b>第4章</b>	<b>计算思维之算法基础</b> .....	<b>143</b>
4.1	算法 .....	143
4.1.1	什么是算法 .....	143
4.1.2	算法的性质 .....	146
4.1.3	算法的种类 .....	147
4.1.4	算法的表示（描述） .....	148
4.1.5	算法与程序 .....	153
4.1.6	算法的比较与分析 .....	154
4.2	算法设计的基本思想与方法 .....	157
4.2.1	穷举法（也称为枚举法，Enumeration） .....	157
4.2.2	递推法（Recurrence） .....	159
4.2.3	递归法 .....	161
4.2.4	回溯法（Backtracking）* .....	165
4.2.5	分治法（Divide and Conquer） .....	171
4.2.6	仿生法——蚁群算法（Ant colony optimization, ACO）* .....	174
4.2.7	并行算法* .....	177
4.2.8	算法设计与计算思维 .....	178
4.3	常用的经典算法 .....	179
4.3.1	累加和、连乘积与最大（小）值 .....	179
4.3.2	查找 .....	180
4.3.3	排序 .....	183
4.3.4	逻辑分析与推理 .....	193
	阅读材料：Matlab 问题表示与计算 .....	197
<b>第5章</b>	<b>面向计算之问题求解思想与方法</b> .....	<b>203</b>
5.1	大海捞针的搜索引擎 .....	203
5.1.1	网页的自动下载与存储 .....	204
5.1.2	网页索引与匹配 .....	205
5.1.3	网页排序方法 .....	208
5.2	瞒天过海的密码技术 .....	214
5.2.1	有趣的对称加密技术 .....	215
5.2.2	难解的非对称加密技术 .....	218
5.2.3	数字签名及其应用 .....	222
5.3	令人期待的人工智能 .....	224
5.3.1	人工智能时代正在快步走来 .....	224

5.3.2	人工智能方法论	226
5.3.3	人工智能应用	230
5.3.4	展望未来, 人工智能会颠覆一切	231
5.4	不可思议的自纠错技术	231
5.4.1	面临的问题与挑战	232
5.4.2	重复传输	233
5.4.3	冗余编码	234
5.4.4	校验	236
5.4.5	错误定位	238
5.4.6	推广应用	240
5.5	柳暗花明的自然语言处理	242
5.5.1	美好愿景	242
5.5.2	原始的“逐词替换”	242
5.5.3	基于“规则”的方法	244
5.5.4	从“规则”到“统计”	247
5.5.5	基于统计的机器翻译	248
5.6	削尖脑袋的数据压缩技术	250
5.6.1	无损压缩及其方法	250
5.6.2	有损压缩之“thinking”	263
5.6.3	展望未来	264
	阅读材料: 计算机网络	264
<b>第 6 章</b>	<b>计算思维之程序基础</b>	<b>268</b>
6.1	数据的类型与本质	268
6.1.1	我们熟悉的数与数据	268
6.1.2	计算机世界中的数据	270
6.1.3	数据的类型与本质	271
6.2	变量的特定含义	273
6.2.1	“先定义, 后使用”	274
6.2.2	变量得有自己“好听”的名字	274
6.2.3	变量是有类型的	275
6.2.4	变量的作用域	275
6.2.5	变量的生命周期	276
6.3	有穷与无穷	277
6.3.1	数据的有穷性	278
6.3.2	程序的有穷性	279
6.4	程序的基本控制结构	279
6.4.1	顺序结构	279

6.4.2	条件选择结构	280
6.4.3	循环结构	281
6.5	问题求解的本质过程	281
6.6	效率与可读性	282
6.7	程序的构造特性	284
6.8	上下文无关文法	285
6.9	二义性	286
6.10	严谨性	286
	阅读材料: 计算机语言概述	287
<b>第 7 章</b>	<b>基于计算之问题求解思想和方法</b>	<b>292</b>
7.1	重复迭代, 寻根问底——方程求根	292
7.1.1	二分法 (Bisection Method)	292
7.1.2	简单迭代法	294
7.1.3	牛顿法	296
7.1.4	其他求根方法	298
7.2	有限划分, 无限逼近——定积分的计算	299
7.2.1	问题求解的基本思路与方法	300
7.2.2	求解算法	303
7.3	千年求精, 万年求真——求解圆周率 $\pi$	304
7.3.1	关于圆周率的计算	304
7.3.2	圆周率的计算史	304
7.3.3	圆周率的计算方法	307
7.3.4	圆周率的计算永无止境	309
7.3.5	研究圆周率的意义	310
7.4	大事化小, 小事化了——有限元计算	311
7.4.1	有限元方法的诞生	312
7.4.2	什么是有限元方法	312
7.4.3	有限元方法的基本思想	313
7.4.4	有限元法求解问题的步骤	313
7.4.5	有限元方法的应用	314
7.4.6	有限元方法中的计算思维	314
7.5	万事俱备, 不欠东风——数值天气预报	317
7.5.1	天气预报的发展	318
7.5.2	现代数值天气预报原理	320
7.5.3	天气预报对计算技术永无止境的需求	323
7.6	赌城之名, 绝妙之法——蒙特·卡罗法	324
7.6.1	蒙特·卡罗方法导引	325



7.6.2	蒙特·卡罗方法的基本思想与过程	326
7.6.3	蒙特·卡罗方法的应用与分析	326
7.7	精确制导，百步穿杨——巡航导弹制导系统	328
7.7.1	制导方法分类	329
7.7.2	“战斧”式巡航导弹	331
7.8	红楼遗梦，作者存疑——《红楼梦》作者是谁	333
	阅读材料：Python 语言	333
<b>第 8 章</b>	<b>从“计算”到“文化”</b>	<b>341</b>
8.1	文化与计算文化	341
8.2	计算文化的本质特征	342
8.3	计算文化与传统文化	344
	阅读材料：一路走来的“云计算”	346
<b>附录 A</b>	<b>ASCII 码字符集</b>	<b>350</b>
<b>附录 B</b>	<b>几种常用进位制数值对照表</b>	<b>351</b>
	<b>参考文献</b>	<b>352</b>