

计算思维导向下 MOOC+SPOC

混合教学模式的计算机基础课程改革研究

耿煜 苑嗣强 著



中国商业出版社

计算思维导向下 MOOC+SPOC

混合教学模式的计算机基础课程改革研究

■ 耿 煜 苑嗣强 著



中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算思维导向下 MOOC+SPOC 混合教学模式的计算机基础
课程改革研究 / 耿煜, 苑嗣强著. — 北京: 中国商业出版社,
2018.7

ISBN 978-7-5208-0515-5

I. ①计… II. ①耿… ②苑… III. ①电子计算机—课程改革—
教学研究—高等学校 IV. ① TP3-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 170200 号

责任编辑: 唐伟荣

中国商业出版社出版发行

010-63180647 www.c-cbook.com

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店经销

定州启航印刷有限公司印刷

*

710 × 1000 毫米 1/16 15.75 印张 280 千字

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定价: 56.00 元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)



耿煜，1967 年出生，工学学士，副教授。主要研究方向：计算机技术及应用，计算机网络技术。主要从事《程序设计基础》《计算机基础》等课程的教学工作。共发表教研科研论文 7 篇，其中“基于 SCORM 标准的学习门户研究”被 EI 收录。曾指导学生获得校级优秀学士论文 1 篇，主持 2017 年湖北文理学院教研项目“机械类专业计算机基础类课程 MOOC+SPOC 混合教学模式探索与实践”。



苑嗣强，1975 年出生，菏泽学院鄄城分校讲师。1998 年毕业于山东师范大学计算机科学教育专业，在教学第一线从事计算机普及教育二十载。制作的《向量的数乘运算》获国家课件制作二等奖。菏泽市骨干教师，多次被市、县评为优秀党员和工会积极分子。



大规模开放在线课程，也称“慕课”，即 MOOC (Massive Open Online Course)。2012 年，美国一些名校率先在网络上提供免费的课程学习。Coursera、Udacity、edX 三个公司目前已经成为 MOOC 平台三大主要提供商，这为更多人提供了免费学习的平台，创造了一个全新的、公平的教育模式。2013 年 5 月，北京大学和清华大学加入 edX 平台，发布了自己的慕课，从此 MOOC 如雨后春笋般在国内各高校开展起来。MOOC 的特点是，任何人都能在 MOOC 平台上免费获取名校名师的优质教学资源，可不受时间、地点的限制进行学习。这种教学模式完课率较低，比较适合学习主动性强的人群。

小范围私有在线课程，即 SPOC (Small Private Online Course)。2013 年，美国加州大学伯克利分校 Armando Fox 教授提出 SPOC，近两年逐渐被国内各高校所认识。SPOC 的特点是，对满足准入条件的学习者提供开放课程，学生人数在数百人以内。这种教学模式的教学互动性和完课率都较高，主要以校内注册学生为主。

2015 年，中国高校计算机教育专家提出，“MOOC+SPOC+ 翻转课堂”是大学教育教学改革的方向，依托“MOOC+SPOC+ 翻转课堂”推动各高校计算机课程朝着计算思维教育课程目标改革，培养大学生的计算思维能力，培养具有创新思维能力的当代大学生，这也是大学计算机基础课的共同目标。MOOC 的出现是为了实现公平教育，SPOC 则是为了实现 MOOC 和学校的课上教学相融合。MOOC+SPOC 混合教学模式主要由课前准备、课上教学和课后练习三个阶段组成。

本书在 MOOC+SPOC 的基础上，研究大学计算机课程教学的改革，如教学大纲、教学计划、教学目的、课时分配与课时安排等，希望借助此次研究，能够丰富教学形式，充实教学内容，实现共建共享，促使学生掌握更多的知识，有效地提高学生的学习能力，同时也促进我国计算思维下 MOOC+SPOC 混合教学模式的发展。

I

第五章	基于 SPOC 模式的计算机基础课程研究	108
第一节	SPOC 教学模式分析	108
第二节	SPOC 教学模式的构建	114
第六章	计算思维导向 MOOC+SPOC 混合教学模式计算机基础课程应用	165
第一节	MOOC+SPOC 在翻转课堂的教学应用	165
第二节	MOOC+SPOC 在 .NET 语言课程的应用	190
第七章	计算思维导向 MOOC+SPOC 混合教学模式计算机基础课程改革的展望	220
第一节	我国计算机基础课程中存在的问题	220
第二节	我国计算机基础课程存在问题的解决办法	224
第三节	MOOC+SPOC 混合教学模式实现的必要性	232
第四节	MOOC+SPOC 混合教学模式计算机基础课程改革	235
参考文献		243

第一章 计算思维导向研究

早在 2006 年, 计算思维这一概念就得到国内国际计算机学界、教育学界的广泛关注, 也得到众多专家、学者的研究和探索, 在国内外引起了强烈的反响。我国高等教育学府等一些机构召开了多次专题会议, 探讨如何在教育中实施对计算思维的培养。本章结合文献和当前计算思维的情况, 以时间为线索, 根据计算思维的形成特点, 提出了萌芽时期、奠基时期、混沌时期和确立时期的阶段划分方法, 对计算思维的形成和发展过程进行全面的分析, 给出了演化进程的一个全景视图, 综述了计算思维国内外发展概况及其当前的教学地位和培养方法论等。

第一节 计算思维概述

一、计算思维的概念

计算思维的理论研究与应用研究密切相关, 共同构成了对计算思维的完整研究。理论研究的成果可以转化为应用研究中的理论背景, 应用研究的成果也可以转化为理论研究中的研究对象和材料。计算思维的概念性定义植根于计算科学学科领域, 同时与思维科学、哲学交叉, 从计算科学出发形成对计算思维的理解和认识, 适用于指导对计算思维本身进行的理论研究。计算思维操作性定义适用于对计算思维能力的培养及计算思维的应用研究, 计算思维的应用和培养是以实际问题为前提的, 在实际理解和解决问题的过程中体会、发展和养成计算思维能力。因此, 计算思维的概念性定义和操作性定义彼此支撑和互补, 共同构成计算思维的完整定义, 指导了计算思维在计算科学学科领域及跨学科领域中的研究、发展和实践。

(一) 计算思维的定义

1. 狭义计算思维和广义计算思维

随着信息技术的发展, 人类从农业社会、工业社会步入了信息社会, 这不仅

意味着经济、文化的发展,同时人类思维形式也发生了巨大的变化。除“计算思维”概念外,人们还提出了“网络思维”“互联网思维”“移动互联网思维”“数据思维”“大数据思维”等新的思维形式概念。如果将概念性定义和操作性定义组成的计算思维称为狭义计算思维,而由信息技术带来的更广泛的、新的思维形式则被称为广义计算思维或信息思维。在当今社会,人们除了要具备计算机基础知识和基本操作能力以外,还应该以这些知识与能力为载体,在广义和狭义的计算思维能力上得到发展。

2. 计算思维的两种表现形式

计算思维作为抽象的思维能力,不能被直接观察到,计算思维能力融合在解决问题的过程中,其具体的表现形式有两种。

第一种,运用或模拟计算机科学与技术(信息科学与技术)的基本概念、设计原理,模仿计算机专家(科学家、工程师)处理问题的思维方式,将实际问题转化(抽象)为计算机能够处理的形式(模型)进行问题求解的思维活动。

第二种,运用或模拟计算机科学与技术(信息科学与技术)的基本概念、设计原理,模仿计算机(系统、网络)的运行模式或工作方式,进行问题求解、创新创意的思维活动。

计算思维的概念性定义主要源于计算科学这样的专业领域,从计算科学出发,与思维或哲学学科交叉形成思维科学的新内容。

(二) 计算思维的内涵

按照周以真的观点,计算思维是指运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学广度的一系列思维活动。计算思维建立在计算过程的能力和限制之上,由人或机器执行。计算思维的本质是抽象和自动化。

计算思维中的抽象完全超越物理的时空观,并完全用符号表示,与数学和物理科学相比,计算思维中的抽象显得更为丰富,也更为复杂。在计算思维中,抽象就是要求能够对问题进行抽象表示、形式化表达(这些是计算机的本质),设计问题求解过程达到精确、可行,并通过程序(软件)作为方法和手段对求解过程予以“精确”实现,抽象的最终结果是能够机械地自动执行。

(三) 计算思维的要素

计算思维补充并结合了数学思维和工程思维,在研究中提出,体现计算思维的重点是抽象的过程,而计算抽象包括(不限于)算法、数法结构、状态机、语言、逻辑和语义、启发式、控制结构、通信、结构等。教育部提出的计算思维表

达体系包括计算、抽象、自动化、设计、通信、协作、记忆和评估 8 个核心概念。国际教育技术协会（ISTE）和美国计算机科学教师协会（CSTA）的研究中提出的思维要素包括数据收集、数据分析、数据展示、问题分解、抽象、算法与程序、自动化、仿真、并行等，CSTA 的报告中还提出了模拟和建模的概念。

以上各方从不同的角度进行分析、归纳，有利于计算思维要素的后续研究。提炼计算思维要素进一步展现了计算思维的内涵，其意义如下：第一，计算思维要素相较内涵更易理解，能够使人将其与自己的生活、学习经验有效连接起来；第二，计算思维要素的提出，是计算思维的理论研究向应用研究转化的桥梁，使计算思维的显性教学培养成为可能。

二、计算思维的操作性的

计算思维的操作性的定义源于应用研究，主要讨论计算思维在跨学科领域中的具体表现、如何应用以及如何培养等问题。与概念性定义的学科专业特点不同，操作性定义注重的是如何将理论研究的成果进行实践推广、跨学科迁移，以产生实际的作用，使之更容易被大众理解、接受和掌握。当前，国内广大师生对计算思维研究最为关注的方面不是计算思维的系统理论，而是如何将计算思维培养落地，并在各个领域如何产生作用。通过总结分析各家之言，计算思维的操作性的定义主要包括以下几个方面。

（一）计算思维是问题解决的过程

“计算思维是问题解决的过程”这一认识是对计算思维被人所掌握之后，在行动或思维过程中表现出来的形式化的描述，这一过程不仅能够体现在编程中，还能体现在更广泛的情境中。计算思维是制定一个问题及其解决方案，并使之能够通过计算机（人或机器）有效地执行的思考过程。ISTE 和 CSTA 通过分析 700 多名计算科学教育工作者、研究人员和计算机领域实践者的调研结果，于 2011 年联合发布了计算思维的操作性的定义，认为计算思维作为问题解决的过程，该过程包括（不限于）以下步骤：

（1）界定问题，该问题能运用计算机及其他工具帮助解决。

（2）要符合逻辑地组织和分析数据。

（3）通过抽象（如模型、仿真等方式）再现数据。

（4）通过算法思想（一系列有序的步骤）形成自动化解决方案。

（5）识别、分析和实施可能的解决方案，从而找到能有效结合过程和资源的最优方案。

(6) 将该问题的求解过程进行推广并移植到广泛的问题中。

由此可见,作为问题解决的过程,计算思维先于任何计算技术早已被人们所掌握。在信息时代,计算思维能力的展示遵循最基本的问题解决过程,而这一过程需要能被人类的新工具(即计算机)所理解并能有效执行。因此,计算思维决定了人类能否更加有效地利用计算机拓展能力,是信息时代重要的思维形式之一。

(二) 计算思维要素的具体体现

计算思维作为问题解决的过程,不仅需要利用数据和大量计算科学的概念,还需要调度和整合各种有效思维要素。思维要素作为理论研究和应用研究的桥梁,提炼于理论研究,服务于应用研究,抽象的计算思维概念只有分解成具体的思维要素,才能有效地指导应用研究与实践。

(三) 计算思维体现出的素质

素质是指人与生俱来的以及通过后天培养、塑造、锻炼而获得的身体和人格上的性质特点,是对人的品质、态度、习惯等方面的综合概括。具备计算思维的人在面对问题的时候,除了使用计算思维能力加以解决之外,在解决的过程中还表现出一定的素质。例如:

- (1) 处理复杂情况的自信。
- (2) 处理难题的毅力。
- (3) 对模糊/不确定的容忍。
- (4) 处理开放性问题的能力。
- (5) 与其他人一起努力达成共同目标的能力。

具备计算思维能力,能够改变或者使学习者养成某些特定的素质,从而在另一层面影响学习者在实际生活中的表现。这些素质实际上描绘了一个高度发达的信息社会中合格公民的形象,使普通人对计算思维有了更加深入和形象的理解。

以上三个方面共同构成了计算思维的操作性定义。操作性定义明确了计算思维这个抽象概念在实际活动中现实而具体的体现(包括能力和品质),使这一概念可观测、可评价,从而直接为教育培养过程提供有效的参考。

三、计算思维的方法

计算思维是在吸取了问题解决所采用的一般数学思维方法、现实世界中巨大复杂系统的设计与评估的一般工程思维方法,以及复杂性、智能、心理、人类行为的理解等一般科学思维方法的基础上所形成的,可归纳为如下七类方法。

(1) 计算思维是通过约简、嵌入、转化和仿真等方法,把一个看起来困难的

问题重新阐释成一个我们知道问题怎样解决的思维方法。

(2) 计算思维是一种递归思维,是一种并行处理,可以把代码译成数据,又能把数据译成代码,是一种多维分析推广的类型检查方法。

(3) 计算思维是一种采用抽象和分解来控制庞杂的任务或进行巨大复杂系统设计的方法,是基于关注点分离的方法。

(4) 计算思维是一种选择合适的方式去陈述一个问题,或对一个问题的相关方面建模,使其易于处理的思维方法。

(5) 计算思维是按照预防、保护及通过冗余、容错、纠错的方式,并从最坏情况进行系统恢复的一种思维方法。

(6) 计算思维是利用启发式推理寻求解答,也即在不确定情况下的规划、学习和调度的思维方法。

(7) 计算思维是利用海量数据来加快计算,在时间和空间之间、在处理能力和存储容量之间进行调节的思维方法。

周以真以计算思维是什么和不是什么的描述形式对计算思维的特征进行了总结。计算思维是概念化的,是根本性的,是人的思维,是思想,是数学与工程思维的互补和融合,是面向所有人的,而不是程序化,不是刻板的技术,不是计算机思维,不是人造物,不局限于计算学科。

四、计算思维能力的培养

(一) 社会的发展要求培养计算思维能力

随着信息化的全面深入,计算机在生活中的应用已经无所不在并无可替代,而计算思维的提出和发展能帮助人们正视人类社会这一深刻的变化,并引导人们通过借助计算机的力量来进一步提高解决问题的能力。在当今社会,计算思维成为人们认识 and 解决问题的重要能力之一。一个人若不具备计算思维的能力,将在就业竞争中处于劣势;一个国家若不使广大受教育者形成计算思维能力,在激烈竞争的国际环境中将处于落后地位。计算思维不仅是计算机专业人员应该具备的能力,也是所有受教育者应该具备的能力,它蕴含着一整套解决一般问题的方法与技术。为此,需要大力推动计算思维观念的普及,在教育中提倡并注重计算思维的培养,促进对学生计算思维能力的培养,使学生具备较好的计算思维能力,提高在未来国际环境中的竞争力。

(二) 大学要重视运用计算思维解决问题的能力

当前,大学开设的计算机基础课的教学目标是让学生具备基本的计算机应用

技能。因此,大学计算机基础教育的本质仍然是计算机应用的教育,为此需要在目前基础上强调计算思维的培养,通过计算机基础教育与计算思维相融合,在进行计算机应用教育的同时,培养学生的计算思维意识,帮助学生获取更有效的应用计算机的思维方式。其目的是通过提升学生的计算思维能力,使他们更好地解决日常问题,更好地解决本专业问题。

从计算思维的概念性定义和操作性定义的属性可知,计算思维在大学阶段应该正确处理计算机基础教育面向应用与计算思维的关系。对于所有接受计算机基础教育的学习者,应以计算机应用为目标,通过计算思维能力的培养更好地服务于其专业领域的研究;对于以研究计算思维为目标的学习者(计算机专业、哲学类专业研究人员),需要更深入地进行计算思维相关理论和实践的研究。

第二节 计算思维的形成

计算思维不是今天才有的,它早就存在于中国的古代数学之中。下面对计算思维的形成和发展过程进行全面的分析。

一、计算思维的萌芽时期

计算是人类文明最古老而又最现代的成就之一。从远古的手指计数、结绳计数,到中国古代的算筹计算、算盘计算,再到近代西方的耐普尔骨牌计算及巴斯卡计算器等机械计算,直至现代的电子计算机计算,计算方法及计算工具的无限发展与巨大作用,使计算创新在人类科技史上占有非常重要的地位。众所周知,高科技医疗器械“CT”是射线技术与计算技术相结合的创新,其理论的首创者和器械的首创者共同获得了1979年诺贝尔生理学或医学奖。其他与计算有关的诺贝尔奖获得者还有威尔逊因重正化群方法获1982年物理学奖,克鲁格因生物分子结构理论获1982年化学奖,豪普曼因X光晶体结构分析方法获1998年化学奖,科恩与波普尔因计算量子化学方法获1998年化学奖。中国数学家冯康的有限元方法、吴文俊的“吴方法”,也均是与计算有关的重大科学创新。尽管取得了如此巨大的成绩,但此时的计算并没有上升到思维科学的高度,而没有思维科学指导的计算具有一定的盲目性,且缺乏系统性和指导性。思维方式是人类认识论研究的重要内容,已有无数的哲学家、思想家和科学家对人类思维方式进行过各具特色的研究,并提出过不少深刻的见解。在思维的纵向历史性方面,恩格斯曾有精辟的论述:“每一时代的理论

思维,包括我们时代的理论思维,都是一种历史的产物,在不同的时代具有非常不同的形式,并因而具有非常不同的内容。因此,关于思维的科学,和其他任何科学一样,是一种历史的科学,关于人的思维的历史发展的科学。”在思维方式横向分类方面,也有不少普遍认可的成果,如抽象逻辑思维与形象思维、辩证思维与机械思维、创造性思维与非创造性思维、社会群体思维与个体思维、艺术思维与科学思维、原始思维与现代思维、灵感思维与顿悟思维等。但是,此时的思维方式仅是认识论的一个分支,没有提升到学科的高度,缺少完整的学科体系。

20世纪80年代,钱学森在总结前人理论的基础上,将思维科学列为11大科学技术门类之一,与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、行为科学、军事科学、地理科学、建筑科学、文学艺术并列在一起。经过20余年的实践证明,在钱学森思维科学的倡导和影响下,各种学科思维逐步开始形成和发展,如数学思维、物理思维等,这一理论体系的建立和发展也为计算思维的萌芽和形成奠定了基础。因此,这一时期被称为计算思维的萌芽时期。

二、计算思维的奠基时期

自从钱学森提出思维科学以来,各种学科在思维科学的指导下逐渐发展起来,计算学科也不例外。1992年,相关文献给出了计算思维的定义:“就是思维过程或功能的计算模拟方法论,其研究目的是为了提供适当的方法,使人们借助现代和将来的计算机,逐步达到人工智能的较高目标。”2002年,有文献提出并构建了计算机科学与技术方法论。有文献通过对计算思维和计算机方法论的研究得出,计算思维与计算机方法论虽有各自的研究内容与特色,但它们的互补性很强,可以相互促进。计算机方法论可以对计算思维研究方面取得的成果进行再研究和吸收,最终丰富计算机方法论的内容,反过来,计算思维能力的培养也可以通过计算机方法论的学习得到更大的提高,两者之间的关系与现代数学思维和数学方法论之间的关系非常相似。另外,在2005年的文献中,作者这样描述计算思维能力:“它是形式化描述和抽象思维能力以及逻辑思维方法,它在形式语言与自动机课程中得到集中体现。”

在这一时期,尽管出现了“计算思维”,但并没有引起国内外计算机学者的广泛关注。直到2006年,周以真将其详细分析并阐明原理以“计算思维”命名发表在ACM的期刊上,才使这一概念得到了各国专家、学者乃至包括微软公司在内的一些跨国机构的极大关注。与前面的成果相比较,周以真提出的更加清晰化和系统化,并具有可操作性,为国内外计算思维发展起到了奠基和参考的作用。因此,这一时期被称为计算思维的奠基时期。

三、计算思维的混沌时期

2006年以后,国内外计算机教育界、社会学界以及哲学界的广大学者围绕周以真的“计算思维”进行了积极的探讨和争论,他们依据自己的知识背景,从不同的视角提出了一些新的观点。2008年1月,周以真针对计算领域提出了什么是可计算的,什么是智能,什么是信息,我们如何简单地建立复杂系统等多个深层次问题,并进行了详细的叙述。她认为计算机科学是计算的学问,并就此提出了计算思维的六个特征:“概念化,不是程序化;根本的,不是刻板的技术;是人的,不是计算机的思维方式;是数学和工程思维的互补与融合;是思想,不是人造物;面向所有人、所有地方。”同年,她在《计算思维和关于思维的计算》一文中指出:计算思维将影响每一个奋斗领域的每一个人,这一设想为人们特别是青少年提供了一个新的教育挑战。关于思维的计算,我们需要结合科学、科技和社会的发展与进步,重新思考最基本的科学问题。

桂林电子科技大学计算机学院的董荣胜对计算思维进行了探讨,指出抽象和自动化都反映的是计算最根本的问题,即什么能被有效地自动执行。与此同时,国防科技大学人文学院的教授朱亚宗站在人文历史的基础之上,把计算思维归类为三大科学思维(实验思维、理论思维、计算思维)之一。

目前,计算思维究竟是一种什么思维?它具有什么样的作用?对社会有何影响?不同的学者对这些问题的认识分歧较大,从而形成了一个混沌的局面。因此,这一时期被称为计算思维的混沌时期。

四、计算思维的确立时期

中国高等学校计算机基础课教学指导委员会在安徽合肥的计算思维讨论会议中要求将“计算思维”融入计算机基础课程中去传授,以此培养高素质的研究型人才。2010年7月,在陕西西安的“C9”会议上要求正确认识大学计算机基础教学的重要地位,把培养学习者“计算思维”能力作为计算机基础教学的核心任务,发表《九校联盟计算机基础教学发展战略联合声明》,建设了更加完备的计算机基础课程体系和教学内容,为全国高校的计算机基础教学改革树立了榜样。2010年9月,组委会决定将合肥会议与西安会议的研究材料上报教育部,以“计算思维:确保学习者创新能力”为主题申请立项,对计算思维在学科教学中的作用进行全面研究。2010年11月,在济南会议中,深入研讨以计算思维为核心的计算机基础课程教学改革,并结合前期在太原召开的计算思维研讨会的结论,形成“以计算思维能力培

养为核心推进大学通识教育改革的研究与实践”的项目，上报到教育部，申请国家立项研究。

第三节 计算思维的演变

现代计算学科大家族中有许多分支，如并行计算、网格计算、高性能计算、情感计算、虚拟计算、移动计算、云计算、移动云计算等，但追根寻源，提起“计算”，还是得从最古老的中国“古算”谈起。现代计算思维最集中体现和最典型特征之一就是“完备的计算系统必须是软硬件结合的系统”，计算机如此，手机也如此。

一、中国古算与古代计算思维

早在公元前 3 000 年，中国人便发明了利用算筹作为计算工具的筹算。算筹在计算时摆成纵式和横式两种形式，按照纵横相间的原则表示自然数，可进行加、减、乘、除、开方及其他的代数计算。为方便负数计算，算筹演进为红黑两种，红筹表示正数，黑筹表示负数。根据文献记载，算筹除竹筹外，还有木筹、铁筹、玉筹和牙筹。算筹作为世界上最古老的计算工具，在春秋战国时期已广泛使用，对中国古代社会的发展起到了重要作用。中国古代数学家祖冲之借助算筹计算出了圆周率的值，圆周率介于 3.141 592 6 和 3.141 592 7 之间，这一结果比西方早 1 000 年，其精度是当时世界上最高的。中国古代的天文学家也运用算筹，计算总结出了精密的天文历法。伴随算筹问世的还有十进制计数制，它也是中国古代在计算理论方面的重要发明之一。中国古代十进制算筹计数法在世界数学史上是一个伟大的创造。马克思在《数学手稿》一书中称十进位计数法为“最妙的发明之一”。

春秋时代（公元前 770 年至公元前 476 年）出现了竹筹计数，后来演变为人类历史上早期的计算工具——中国唐末的算盘。广为流传的是明代程大位所编著的《算法统宗》，它是一部专门介绍珠算应用的书籍。程大位在书中首次提出了开平方和开立方的珠算法。珠算法的广泛使用体现了我国古代计算思维的典型特征——计算“算法化”。算盘结合了十进制计数法和一整套计算口诀。珠算被称之为我国“第五大发明”，至今仍在加减运算和教育启智领域发挥着电子计算机无法替代的作用。

数学机械化的思想也来源于中国古算。1974 年，我国著名数学家吴文俊对中国古代算法做了正本清源的分析，特别是中国古算的程序化思想，给他留下了深

刻的印象。他认为：“就内容实质来说，所谓东方数学的中国古代数学，具有两大特色，一是它的构造性，二是它的机械化。”我国传统数学在从问题出发、以解决问题为主旨的发展过程中，建立了以构造性与机械化为其特色的算法体系，这与西方以欧几里得《几何原本》为代表的公理化演绎体系正好遥遥相对。算筹、算盘等古算具为中国传统数学算法机械化的形成和发展提供了物质基础。

中国传统数学强调实用性，以解决实际问题为最终目标。这种数学实用思想与中国传统数学机械化和数值化的计算思维有直接联系。算筹、算盘等计算工具和数学机械化算法口诀的广泛使用和不断发展，直接导致了数值化思想的形成。中国古人习惯于将问题数值化，将一些复杂的应用问题或理论问题转化成可以计算的问题，再通过具体的数值计算来加以解决。相对筹算而言，珠算将我国古代算法机械化特征表现得尤为明显。珠算更依赖算法口诀，它利用汉语单字发音的特点，将多种计算程序概括成若干字一句的口诀，演算时随呼口诀（可随拨结果），这类似现代电子计算机利用预先编好的程序来进行运算的过程。吴文俊将算筹、算盘称为“没有存储设备的简易计算机”。中国古代的计算思维不仅使中国古代数学取得了具有世界历史意义的光辉成就，还提供了一种用计算方法来解决问题的思想和能力。

二、图灵机和图灵理论

英国数学家图灵，因为提出了“图灵机”和“图灵测试”等计算学科的重要概念，被誉为“计算机科学的奠基人”“人工智能之父”。为纪念图灵对计算机科学的巨大贡献，美国计算机协会在 1966 年设立了具有“计算机界诺贝尔奖”之称的图灵奖，以表彰在计算机科学领域中作出突出贡献的人。

1936 年，图灵发表了论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》，提出了著名的理论计算机的抽象模型“图灵机”。图灵机在理论上能够模拟现代数字计算机的一切运算，可视为现代数字计算机的数学模型。图灵机由三部分组成：一条双向都可无限延长的被分为一个个小方格的磁带、一个有限状态控制器和一个在带子上可以左右移动的读写磁头。磁带起着存储器的作用，每一个小格子上可以书写一个给定字母表上的符号，也可为空白。控制器具有有限个内在状态（包括初始状态和终止状态），并通过内存里的操作程序，来驱动磁带左右移动和控制读写磁头的操作。读写磁头读出控制器正在访问的小格子上的符号，然后根据所处的状态和读取到的符号进行三种行动之一，或者左移一格，或者右移一格，或者印一个符号（也可以印空白，把原有符号抹掉）。如果将磁带方格子上的符号视为数