



南京师范大学  
NANJING NORMAL UNIVERSITY



# 计算思维：理解与实施

## ——以一项计算思维的评价研究为例

---

钟柏昌 教授 博导

邮箱: [zhongbc@163.com](mailto:zhongbc@163.com)



NNU · 南京师范大学  
NANJING NORMAL UNIVERSITY



# 从核心素养说起

- 爱因斯坦名言：教育无非是将一切已学过的东西都遗忘后所剩下来的东西。
- 从“双基”到“三基”到“四基”
- 达成共识的回答：为学生的未来发展奠基，强调基础教育的“基础性”

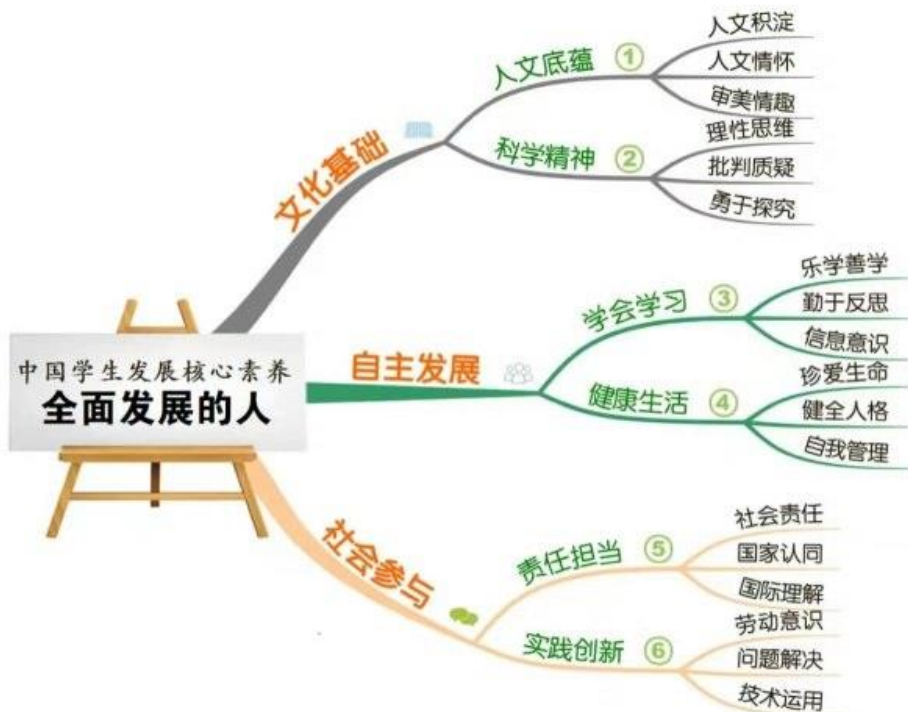


# 从核心素养说起

- OECD：构建了一个包括“使用工具互动”、“在异质群体中工作”和“自主行动”共三类九种核心素养指标条目。
- 欧盟：向各成员国推荐母语、外语、数学与科学技术素养、信息素养、学习能力、公民与社会素养、创业精神以及艺术素养等八大核心素养体系。
- 《中国学生发展核心素养》项目组：中国学生发展核心素养，即21世纪我国学生应具备的能够适应终身发展和社会发展需要的**必备品格和关键能力**：**文化基础、自主发展、社会参与**。
- 北师大中国教育创新研究院：文化理解与传承、审辩思维、创新、沟通、合作五大核心素养。



# 从核心素养说起



一级维度	二级维度
文化理解与传承素养 (Cultural Competency)	1.文化理解
	2.文化认同
	3.文化践行
审辨思维素养 (Critical Thinking)	1.质疑批判
	2.分析论证
	3.综合生成
	4.反思评估
创新素养 (Creativity)	1.创新人格
	2.创新思维
	3.创新实践
沟通素养 (Communication)	1.同理心
	2.倾听理解
	3.有效表达
合作素养 (Collaboration)	1.愿景认同
	2.责任分担
	3.协商共赢



# 从核心素养说起

## 核心素养的“三层结构”说：

- “双基层”，即基础知识和基本技能
- “问题解决层”，以解决问题过程中所获得的基本方法为核心
- “学科思维”，以学科思维、认识及内、解决问题学科特定的



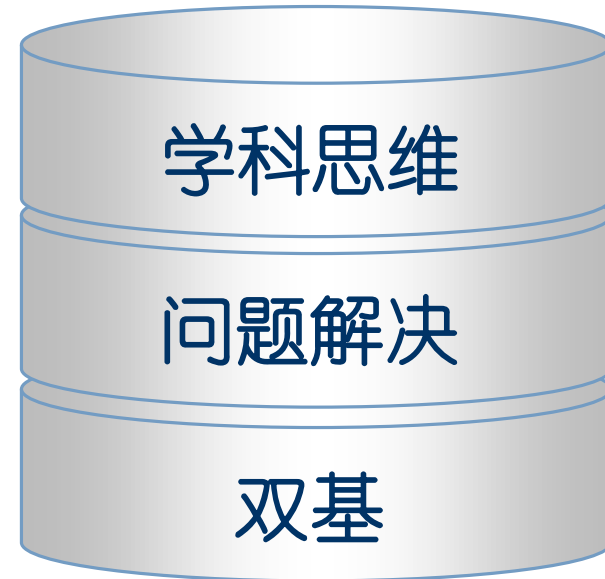
来源：李艺, 钟柏昌. 谈”核心素养”. 教育研究, 2015(9)



# 从核心素养说起

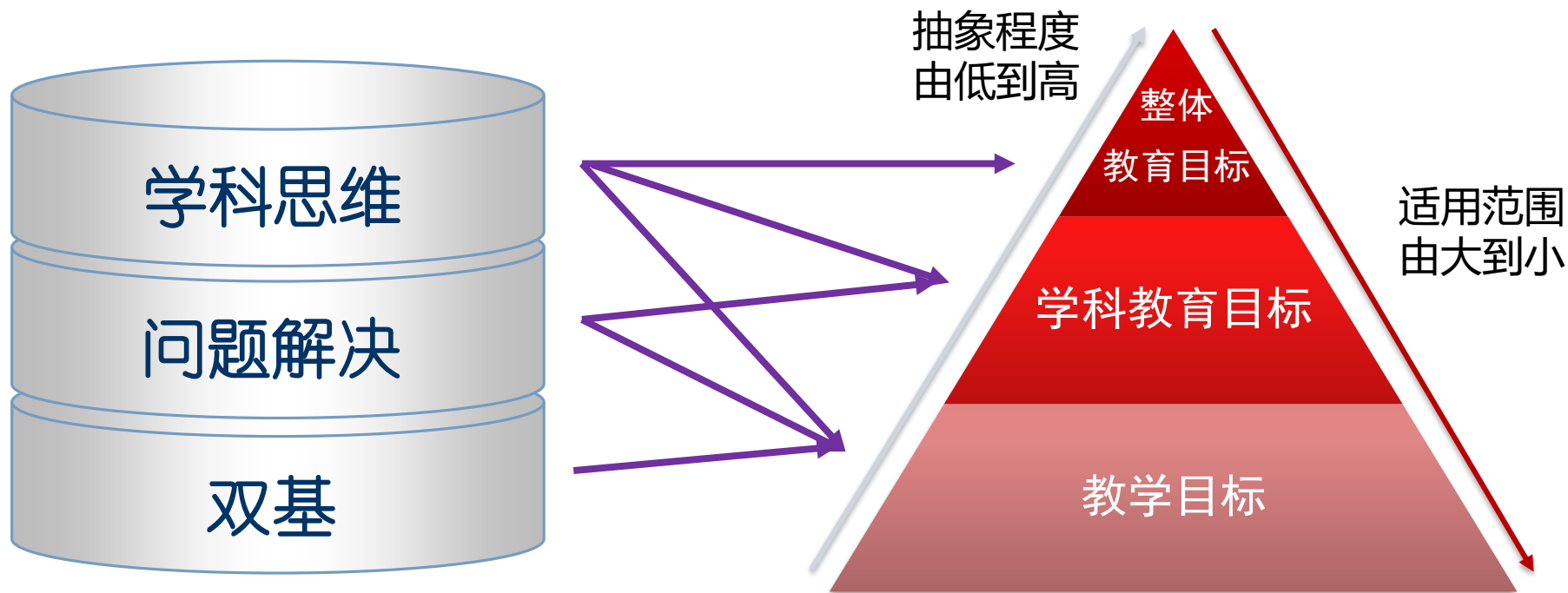
## 从横向分类到纵向分层：

- ● 顶层：学科思维层  
（内在的，人的角度）
- ● 中间：问题解决层  
（由外到内的转换）
- ● 底层：“双基”层  
（外在的，学科层面）



# 从核心素养说起

核心素养还是把握教育目标分类的一种新方式!



来源：钟柏昌,李艺.核心素养如何落地：从横向分类到水平分层的转向.  
华东师范大学学报,2018(1)

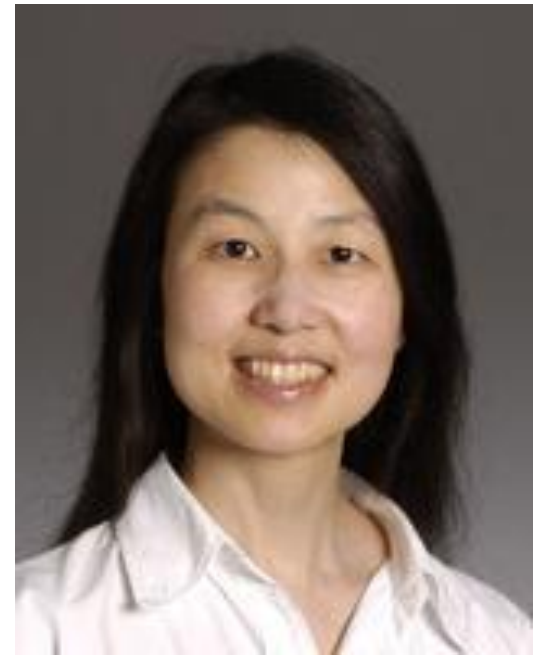


# 计算思维的提出

□ 周以真 (Jeannette M. Wing)

曾任美国卡内基-梅隆大学 (CMU) 计算机科学系主任，现任美国国家基金会 (NSF) 计算机和信息科学与工程部 (CISE) 主任。

2006年首创“计算思维”概念。





# 明确研究背景

- 2006年，卡内基·梅隆大学周以真界定计算思维；
- 美国“国家研究委员会”（NRC）于2009年和2010年各组织了一场关于计算思维的专题研讨会；
- 2011年，国际教育技术协会（ISTE）和计算机科学教师协会（CSTA）联合制定了一个面向中小学教育的计算思维课程框架；
- 2012年3月，英国教育部宣布终止原有ICT 国家课程标准，并于2013年9月公布了全新的**以计算思维为核心的计算课程学习计划**；
- 2014年2月，美国College Board发布了最新版的计算机科学原理课程框架，该课程面向高中学生，以计算思维实践和若干核心概念为主体。



# 明确研究背景

- 国内计算机科学领域对计算思维极为关注，认为高校计算机教育也需要培养大学生的计算思维，有多位院士参与（李国杰、陈国良等）。
- 基础教育界也在反思信息技术教育的核心价值，对计算思维持开放态度。
- 高中新课程标准修订版中，以核心素养为总纲，将计算思维列为核心内容之一。



# 确定研究目标

- “评价问题是决定计算思维能够在中小学课程中成功实施的关键”（Grover & Pea, 2013）
- “计算思维的研究群体必须提出一个准确的计算思维的定义，以便决定哪些是学习者应该学习的，这也方便人们如何去评价学习者学习计算思维的水平（学到了什么，能做什么，态度和能力如何）”（Janet Kolodner, 2010）
- **研究目标：**找到一种便于指导评价工作的计算思维定义，选择一种适用于计算思维的评价思想和方法！



# 文献分析之计算思维的定义

- “问题解决说”，周以真等人
- “信息表达说”，Mitch Resnick等人
- “三维目标说”，Karen Brennan等人



# 文献分析之计算思维的定义

## “问题解决说”

- 运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计，以及人类行为理解的涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动（周以真，2006）
- 计算思维是形式化表达问题和解决方案，使之成为能够被信息处理代理有效执行的思维过程（周以真，2011）
- 认为计算思维的核心是将大的问题分解成很多小的问题直到小的问题能够自动化的能力（Robert Tinker, 2011）
- 计算思维就是解决问题的一种过程（ISTE & CSTA, 2011）



# 文献分析之计算思维的定义

## “信息表达说”

- 计算的力量体现在它允许人们通过各种媒体表达和展现自己，因此，计算思维意味着能够创建、建立和创造展示物，因此需要频繁使用计算媒体（Mitch Resnick, 2010）
- 计算思维是使用计算相关的符号系统阐述显性知识和具体化默会知识，并将这些知识表示为具体的计算成果（实际产品或仿真）（Dor Abrahamson, 2010）



# 文献分析之计算思维的定义

## “三维目标说”

- Karen Brennan和Mitchel Resnick从Scratch交互式媒体设计活动的特征出发，建立了计算思维的三维框架，试图整合上述两种观点。
- 维度1是计算概念，包括顺序、循环、事件、并行、条件、运算符、数据；
- 维度2是计算实践，包括递增与迭代、测试与调试、抽象与模块化；
- 维度3是计算观念，表达了计算思维的社会属性，包括表达（通过创建交互性媒体表达观点和创意）、连接（交流）、质疑（理解技术）。



# 文献分析之计算思维的定义

- 如何看待三种观点？选择何种观点作为本研究的基础？
- “问题解决说”，过程思维
- “信息表达说”，可视化思维
- “三维目标说”，两者综合





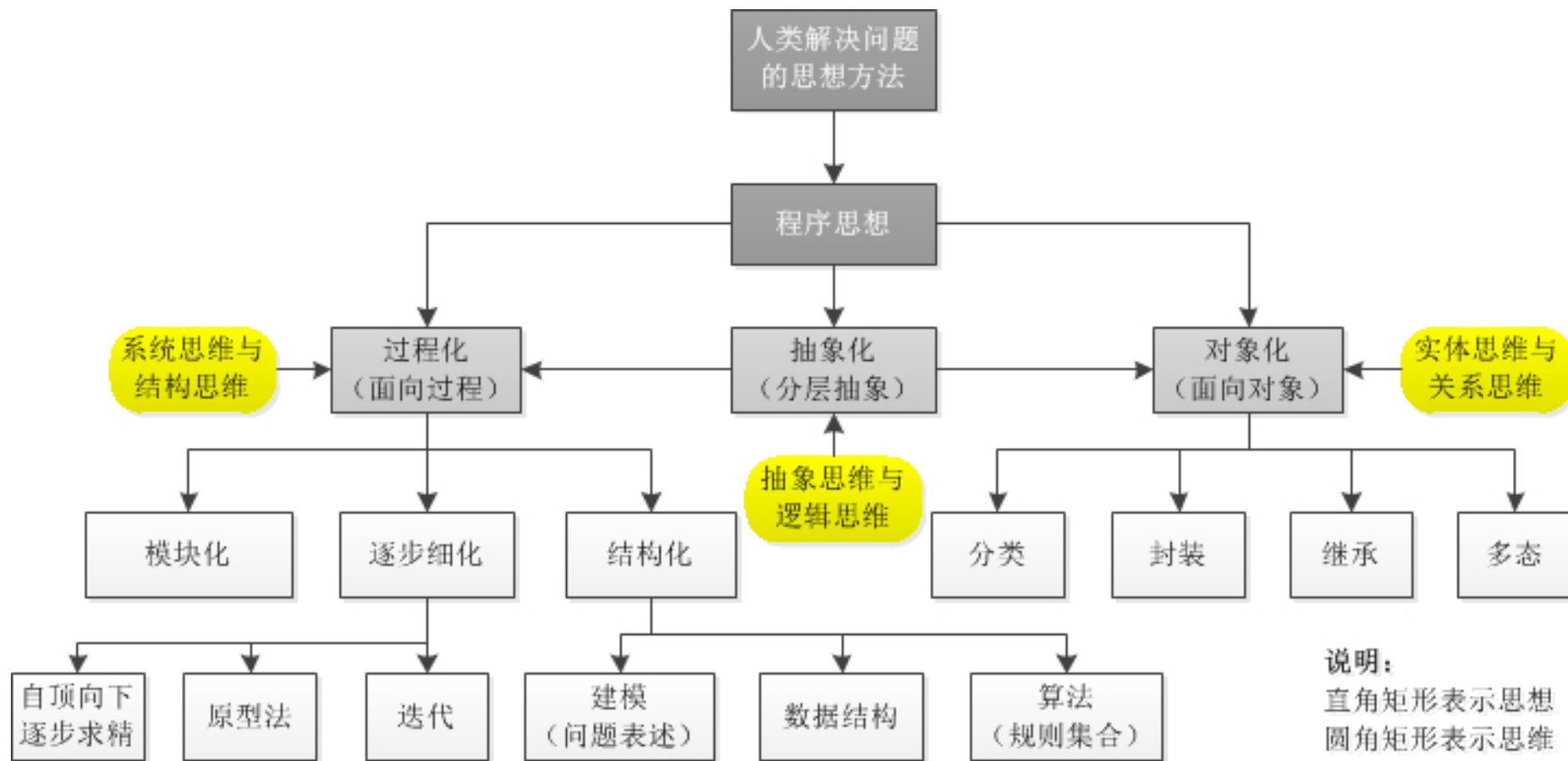
# 定义选择与修正

- 计算概念：对象、指令、运算符、数据、顺序、条件、循环、事件、并行；
- 计算实践：设计与规划、抽象与建模、迭代与优化、模块化与复用、测试与调试；
- 计算观念：创意与表达、交流与协作、理解与质疑。



# 另一种针对程序设计的计算思维分类

□ 钟柏昌, 2014



# 计算思维的横向分类

- **对象化思维和过程思维**，分别指向世界的空间和时间维度；
- **抽象思维和可视化思维**，分别指向世界的内在层面和外层面；
- **工程思维和自动化思维**，分别指向改造世界的必然性和自由性。

钟柏昌, 李艺. 详论计算思维. 江汉学刊, 2016 (2)



# 用关键词描述的信息技术课程核心素养

	主题1	主题2	主题3	主题4	主题5	主题6
<b>学科思维</b>	对象与管理：对象、关系、结构、环境	设计与制作：载体、创意、结构、形象	合作与协作：共建、共享、共赢	系统与工程：抽象、建模、复用、迭代、折中	规则与安全：规则、标准、协议、安全	伦理与道德：伦理、道德、价值、法规
<b>问题解决</b>	文件管理、小型数据管理、大型数据管理、大数据与数据挖掘、信息鉴别	科学计算可视化、数据可视化、信息可视化、知识可视化、信息艺术化	表达与欣赏、交流与协调、质疑与反思	需求分析、算法设计、模块化、批处理、仿真、统筹、测试与调试、系统理解	信息活动的组织与调控、系统安全维护	理解技术发展的趋势与价值、理解技术事件背后的伦理、道德与法制
<b>双基</b>	属性与关系、抽象与层级存储与查找、抽样与调查、统计与分析、数据库操作	对象、层、路径、时间轴与帧、构图、色彩、比例、图例	交流、交往与合作的工具、方法和模式	对象、指令、运算符、数据、事件、并行、程序结构，传感、物理结构	基于规则的自主行为、信息保护、数据传输、网络搭建	知识产权、网络礼仪、网络谣言、恶搞

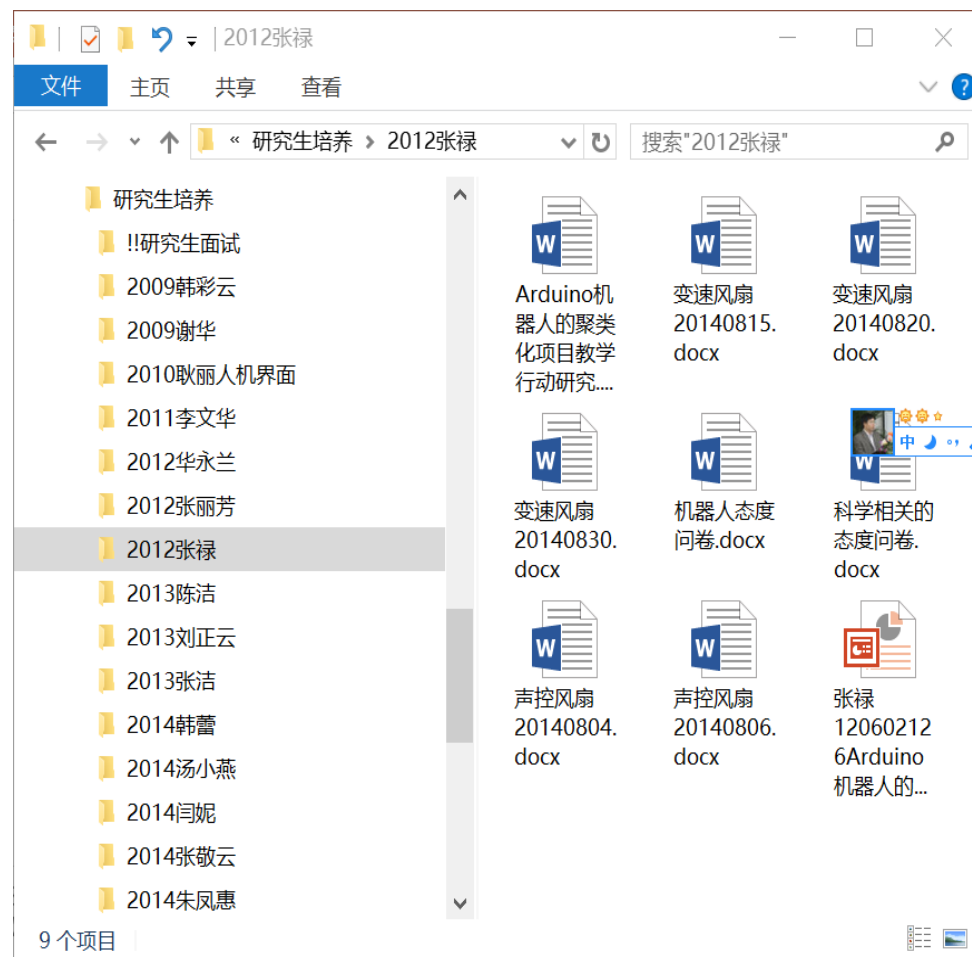
李艺,钟柏昌.信息技术课程核心素养体系设计研究.  
电化教育研究,2016(4)



# 学科思维之对象与管理

- 具备对象视野和管理思维，能够将信息社会中的现象置于**对象、关系、结构、环境**之中加以观察和管理，不仅能够将信息世界中的存在物作为对象化的存在，而且懂得如何去驾驭和管理对象世界，懂得**以关系和动态的视野去观察对象的存在方式**。
- 例如：文件和文件夹的操作

**对象—关系/结构—环境**  
文件—文件夹—操作系统



# “层”的

理解图层

(量角器比喻: 透明特性)

理解图层

(独立加工/分类管理/可重用)

师: 什么是图层? 我们这里借量角器来说明一下, 请同桌 2 人拿出量角器, 左边的同学在量角器上画圆圈, 右边的同学在量角器上画微笑, 两人合作拼出笑脸图, 如下图所示:

## 案例 11: 《邮戳的制作》节选

师: 什么是图层? 我们这里借量角器来说明一下, 请同桌 2 人拿出量角器, 左边的同学在量角器上画圆圈, 右边的同学在量角器上画微笑, 两人合作拼出笑脸图, 如下图所示:



理解图层

(对象-关系/结构-环境)

图片元素-图层-图层面板

师: 你们拼好了没有?

生: 图层之间互不干涉,

师: 改变下量角器的叠放顺序后发

生: 笑脸放到下面后就看不到了, 说明上一个图层的图像会遮住下一个图层的图像。

师: 现在你是如何理解图层的?

生: 我们这里的量角器就像图层, 图层按照一定的叠放顺序就组成完成的图像。

师生一起小结如何理解图层的概念。

师: 我们借“微笑”理解了图层的意义, 希望大家有问题微笑面对。



# 程序设计之于计算思维培养的重要性

- 程序设计是培养学生计算思维的重要载体
- 可视化程序设计有利于培养学生的创意思维
- 适用于中小学生的编程语言：Logo, **Scratch**, **Alice**, **App Inventor**, VB, C, Python等



# 六类编程语言

	Logo	Scratch	Alice	AI	VB	Python
可商业化	×	×	×	√	√	√
开源软件	×	√	×	√	×	√
3D编程	×	×	√	×	×	×
移动终端	×	×	×	√	×	支持
趣味性	一般	很强	很强	很强	一般	一般
易用性	较好	很好	很好	较好	较好	较难
积木式编程	×	√	√	√	×	×
完全对象化	×	×	√	×	×	√





# 程序设计在高中新课标中的地位

- 必修1：数据与计算
- 必修2：信息系统与社会
- 选修1：数据与数据结构
- 选修2：网络基础
- 选修3：数据管理与分析
- 选修4：移动应用设计
- 选修5：三维设计与创意
- 选修6：开源硬件项目设计
- 选修7：算法初步
- 选修8：智能系统初步



# 文献分析之计算思维的评价

- 评价学生计算思维水平的一个重要挑战在于纸笔测试无法有效评价学生解决问题的能力，所以，越来越多的研究者倾向于采用“以证据中心”的评价任务设计模式（evidence-centered design, ECD）



# 文献分析之计算思维的评价

- 1. Schwarz等人试图搜寻学生在建模实践中的表现作为评价的证据。Schwarz及其同事尝试了不同的方法来收集这些证据，例如，他们使用了基于前后测的学生书面建模表现，建模实践中的反思性访谈，课堂观察或基于录像带的课堂观察。



# 文献分析之计算思维的评价

- 2. 在Webb的计算思维评价方案里面，以“青蛙过河”游戏为基本情境，一共设计了五个难度不一的纠错任务，要求学生自己发现每个任务中的错误并予以修正。研究表明，此类基于真实情境的故障排除任务可以有效评价学生基于程序设计的问题解决能力。



# 文献分析之计算思维的评价

- 3. Fields等人设计了预置有错误程序的电子纺织品（e-textiles，一种基于LilyPad Arduino软硬结合的人工制品），要求高中学生解决其中存在的错误，以此评价学生的工程思维和程序设计能力。



# 文献分析之计算思维的评价

- 4. Linda Werner等人以初中学生为研究对象，使用Alice完善仙女故事情节（半成品程序）评价学生的计算思维。研究者在一个故事情境中共设计了三个难度不同的封闭性任务；其中，任务1用来评价学生对对象、指令、数据（参数）和顺序执行等概念的理解，任务2为纠错任务，主要涉及条件语句和事件处理程序，任务3进一步评价学生对事件处理程序及多参数的设置能力。



# 文献分析之计算思维的评价

## 5. Brennan和Resnick的两种方法：

- **基于项目作品的访谈法**，由学生选择2个具有代表性的作品，研究者通过一对一访谈了解其创作过程、意图和动机、作品运行情况、涉及的操作技能、制作过程遇到的问题和解决方法、作品反思。缺点是非常耗时，且具有较大主观性，不利于大规模实施；
- **情境设计/故事情节设计**，研究者共设计了3组故事情节设计任务（均为半成品程序），每组任务的主体不同，但涉及的计算思维大体一致；每组任务均包含2个子任务：修正一个指定的程序错误，增加一个指定的功能。



# 文献总结——研究基础

- 一是大部分研究者认为纠错任务（故障排除任务）是考察学生计算思维能力的有效方式；
- 二是基于半成品基础上的情境任务不仅能够真实评价学生的计算思维，而且易于操作和大规模实施；
- 三是要全面评价学生的计算思维，仅仅依据结果性的作品评价还远远不够，需要透过事后的调查、访谈等方式加以揭示。





# 文献反思——创新之处

- 其一，尚缺少能够较全面评价计算思维三个维度的可行性方案；
- 其二，纠错任务被认为可以有效评价计算思维，但缺少比较性数据的支持；
- 其三，除了操作难度和涉及的计算思维略有不同外，本质上属于同质任务，缺乏设计线索；
- 其四，事后的访谈或调查能够较为完整的反映学生的计算思维水平，但是经济性不足，且主观性过强。



# 建立概念框架——三维框架

- **任务的方向性**（正向/反向）：从反向任务（纠错任务）出发，联想到了对应的正向任务；
- **任务的开放性**（封闭/半开放/开放）：既有任务均较为封闭：任务目标明确，完成任务的方法也非常清楚。两个维度交叉可形成三种任务：
  - （1）封闭任务（目标明确、方法单一的任务）
  - （2）半开放任务（目标明确、方法多样的任务）
  - （3）开放任务（目标开放、方法多样的任务，也称创意任务，基于半成品）。
- **任务的过程性**（有/无自述报告）：任务完成后填写的反思报告；解决任务之前填写的创意设计稿。



# 建立概念框架——六种任务

- 封闭的正向任务（目标明确、方法单一的待完成任务）
- 半开放的正向任务（目标明确、方法多样的待完成任务）
- 封闭的反向任务（目标明确、方法单一的纠错任务）
- 半开放的反向任务（目标明确、方法多样的纠错任务）
- 开放任务（创意任务，必须填写创意设计稿）
- 开放任务（创意任务，无需填写创意设计稿）



# 廓清研究问题

- (1) 每个任务是否均具有可接受的难度和区分度？
- (2) 从方向性维度看，学生在正向任务和反向任务的得分是否存在显著差异？
- (3) 从开放性维度看，学生在不同封闭任务、半开放任务、开放任务中的得分是否存在显著差异？
- (4) 从过程性维度看，反思报告是否能够揭示学生在完成任务过程中的思维表现？创意设计书又是否能够提升学生创意作品的质量？
- (5) 这些任务在评价效力上是否可能存在性别差异而引起评价不公？



# 设计研究方案

- 实验内容：以可视化、积木式3D编程软件Alice2.4([alice.org](http://alice.org))为载体开发了校本课程《编程讲故事》，采用讲故事教学模式开展教学
- 实验地点：常熟市碧溪中心小学；
- 实验对象：六年级学生，四个班级，144人；

班级	总人数	有效人数*	男生	女生
六（2）班	43	39	22	17
六（3）班	43	37	20	17
六（4）班	42	35	19	16
六（5）班	41	33	19	14
合计	169	144	80	64



# 准备研究材料

- 六类测试任务
- 配套测试材料
- 测试后的作品评价与编码方案

[材料文档](#)



# 数据统计分析

- 1. 六类任务的难度与区分度
- 2. 学生在不同任务中的表现情况
- 3. 男生和女生在不同任务上的表现情况
- 4. 过程性评价的学习诊断功能



# 1.六类任务的难度与区分度

配对任务		平均分	标准差	难度	区分度
Pair 1: 封闭任务	任务1	3.92	1.794	0.78	0.74
	任务3	4.08	1.784	0.82	0.67
Pair 2: 半开放任务	任务2	2.69	2.005	0.54	0.99
	任务4	2.72	1.967	0.54	0.96
Pair 3: 开放任务	任务5	14.86	2.844	0.74	0.34
	任务6	14.00	3.138	0.70	0.34





## 2. 学生在不同任务中的表现情况

配对任务		人数	平均数	标准差	t值	p
Pair 1: 封闭任务	任务1	144	3.92	1.794	-1.104	0.272
	任务3	144	4.08	1.784		
Pair 2: 半开放任务	任务2	144	2.69	2.005	-0.224	0.823
	任务4	144	2.72	1.967		
Pair 3: 开放任务	任务5	74	14.86	2.844	-1.730	0.086
	任务6	70	14.00	3.138		



## 2. 学生在不同任务中的表现情况

维度	类别	人数	平均数	标准差	t值	p
思想性	任务5	74	3.74	0.621	-1.692	0.093
	任务6	70	3.56	0.694		
创造性	任务5	74	2.53	0.687	-1.234	0.219
	任务6	70	2.39	0.687		
艺术性	任务5	74	3.18	0.783	-0.039	0.969
	任务6	70	3.17	0.510		
技术性	任务5	74	5.42	1.588	-2.088*	0.039
	任务6	70	4.89	1.470		



## 2. 学生在不同任务中的表现情况

组间比较	人数	平均数	标准差	t值	p
任务1	144	3.92	1.794	7.087**	0.000
任务4	144	2.72	1.967		
任务1	144	3.92	1.794	2.378*	0.019
任务5&6	144	3.61	0.758		
任务4	144	2.72	1.967	-6.597**	0.000
任务5&6	144	3.61	0.758		

封闭任务 > 开放任务 > 半开放任务



### 3.男生和女生在不同任务上的表现情况

类别	性别	人数	平均数	标准差	t值	p
任务1	男	80	4.00	1.779	0.570	0.570
	女	64	3.83	1.822		
任务2	男	80	2.86	2.030	1.172	0.243
	女	64	2.47	1.968		
任务3	男	80	4.19	1.707	0.782	0.435
	女	64	3.95	1.881		
任务4	男	80	2.88	1.964	1.090	0.278
	女	64	2.52	1.968		
任务5	男	41	14.37	3.520	-1.539	0.128
	女	33	15.48	2.502		
任务6	男	39	14.41	2.953	1.362	0.178
	女	31	13.48	2.657		



## 4. 过程性评价的学习诊断功能

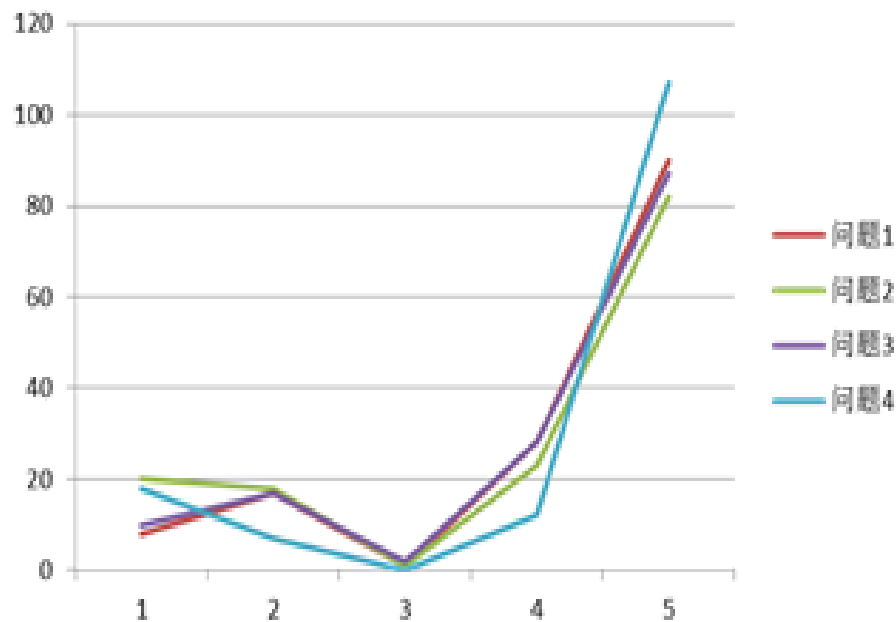


图4 任务1问题状况分布

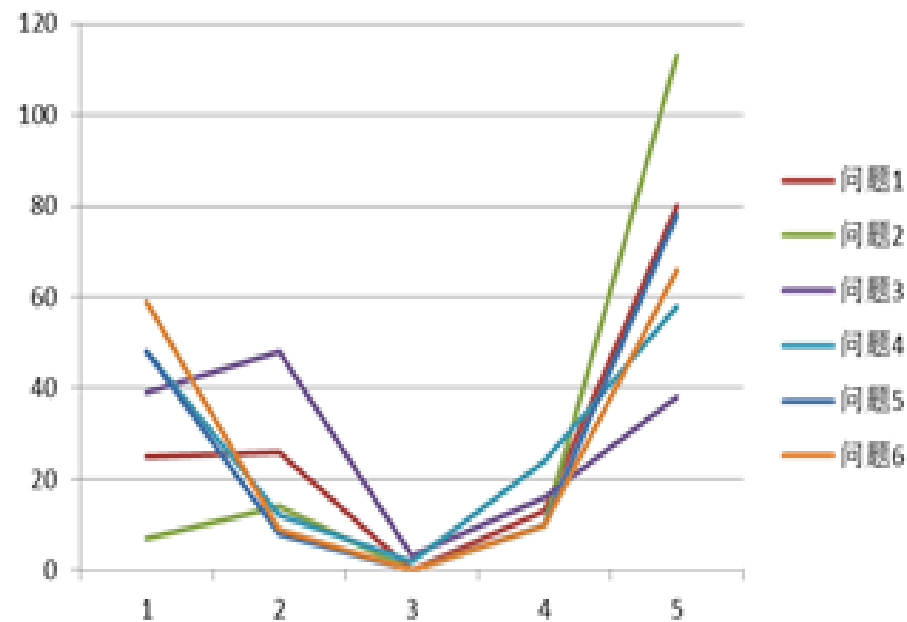


图5 任务2问题状况分布



# 形成研究结论

- 正向任务和反向任务的难度和区分度基本相同，半开放任务的难度最大、区分度最好，封闭任务的难度最小，而开放任务的区分度最差。
- 学生在三组配对任务中的能力表现没有显著差异，与对等的正向任务相比，研究者习惯采用的纠错任务并无特别的优势；而创意设计稿作为任务支架能够在技术应用层面为学生提供有效支持；学生在三组任务间的得分存在显著差异，封闭任务的得分要显著高于开放任务，而开放任务的得分要显著高于半开放任务。
- 六类任务在评价效力上均不存在性别差异。
- 任务反思报告和创意设计稿等过程性评价手段具有较好的学习诊断功能，能够帮助教师发现学生完成任务过程中存在的困难，特别是有关计算思维实践维度的障碍。



# 形成研究结论

	计算概念	计算实践	计算观念
封闭的正向任务	适用	测试与调试	不适用
半开放的正向任务	适用	模块化与复用、测试与调试	不适用
封闭的反向任务	适用	测试与调试	不适用
半开放的反向任务	适用	模块化与复用、测试与调试	不适用
开放任务 (有创意设计稿)	不适用，因评价标准不统一	可覆盖计算实践维度的所有思维	理论上可以，但本研究未尝试学生合作完成任务，故仅涉及创意与表达
开放任务 (无创意设计稿)	不适用，因评价标准不统一	可覆盖除设计与规划外的所有计算实践	理论上可以，但本研究未尝试学生合作完成任务，故仅涉及创意与表达



# 总结

- 计算思维是信息技术课程的核心
- 有梯度的任务是有效教学的核心
- 问题解决能力是教学评价的核心
- 教学研究是教师专业发展的核心
  - 从教学问题出发
  - 了解别人的研究
  - 从借鉴到微创新
  - 做好方案设计并准备好配套的材料
  - 寻求研究水平较高的专家指导





# 相关研究

- [配对编程的配对策略](#)研究（性别、同伴关系、成绩）
- [配对编程的交换时机](#)研究（固定时间、子任务、课时、半自由）



# 重要相关参考文献

- Baichang Zhong, Qiyun Wang, Jie Chen, Yi Li. An Exploration of Three-Dimensional Integrated Assessment for Computational Thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 2016, Volume 53(4)
- 李艺, 钟柏昌. 论“核心素养” [J]. *教育研究*, 2015(9)
- 钟柏昌, 李艺. 核心素养如何落地: 从横向分类到水平分层的转向. *华东师范大学学报 (教育科学版)*, 2018(1)
- 李艺, 钟柏昌. 信息技术课程核心素养体系设计研究. *电化教育研究*, 2016(4)
- 李艺, 钟柏昌. 重构信息技术课程——从经验选择走向思想投射 [J]. *电化教育研究*, 2015(10)
- 钟柏昌, 李艺. 计算思维的概念演进与信息技术课程的价值追求. *课程·教材·教法*, 2015(7)
- 钟柏昌, 李艺. 计算思维的科学涵义与社会价值解析. *江汉学术*, 2016(2)



# 两个广告

## 一、活动名称：

安徽省教育改革开放四十周年成就展  
暨第六届全国中小学机器人教育大会

## 二、时间和地点：

时间：2018年7月下旬

地点：合肥滨湖国际会展中心

## 三、主办单位：

中国教育技术协会

安徽省教育厅

合肥市人民政府

## 四、会议内容

1. 中小学机器人教育论坛
2. 中小学机器人课程教师基本功展评
3. 中小學生创客作品展
4. 中小学机器人教育产品展
5. 中小学机器人教育论文（含创客教育论文）评比
6. 中小学机器人教学案例（含创客教育案例）评比
7. 格斗机器人表演赛
8. 开源硬件项目创新设计大赛（创客马拉松）

<http://www.caet.org.cn/d10>



# Q & A

