

计算学科课程思政

教学指南

(V 0.7.09)

计算机课程思政虚拟教研室

2023 年 4 月 24 日

顾问

陈国良（深圳大学）；李廉（合肥工业大学）

共同主席

董荣胜（桂林电子科技大学）；古天龙（暨南大学）；殷建平（东莞理工学院）

执行委员（按姓氏笔画排序）

王志强（深圳大学）；王浩（合肥工业大学）；邓明森（贵州财经大学）；刘刚（中国地质大学，武汉）；时阳（高等教育出版社）；吴黎兵（武汉大学）；范辉（山东工商学院）；郝兴伟（山东大学）；翁彧（中央民族大学）；黄晓涛（华中科技大学）；常亮（桂林电子科技大学）；韩飞（中国计算机学会）；魏振刚（中国海洋大学）

委员（按姓氏笔画排序）

于红（大连海洋大学）；王力（贵州工程应用技术学院）；王若宾（北方工业大学）；王春枝（湖北工业大学）；石元泉（怀化学院）；石云（六盘水师范学院）；冉娟（天津仁爱学院）；曲大鹏（辽宁大学）；刘仕筠（成都信息工程大学）；刘建华（桂林航天工业学院）；刘亮龙（桂林学院）；李兰（青岛理工大学）；李超（广州大学）；吴亚东（四川轻化工大学）；吴光伟（中南林业科技大学）；吴其林（巢湖学院）；沈岚岚（桂林信息科技学院）；张光华（河北科技大学）；赵冬梅（河北师范大学）；姜璞（昆明理工大学）；钱程东（飞腾信息技术有限公司）；高敬阳（北京化工大学）；彭德巍（武汉理工大学）；蒋丽平（昌吉学院）；谢夏（海南大学）

计算学科的课程思政，需要明确其知识层次的定位，总体的结构，面向学科的思维方式，课程思政包含的科技伦理、大国工匠精神和品行元素，中国学者的成果，中国学者的声音，中国计算机的发展史，重要的国产软硬件产品，以及课程（案例）的评估方法等。**课程思政要从学科的科学问题出发，追求有灵魂的卓越，要让思想的光芒照亮同学们前行的脚步。**

一、 计算学科课程思政的知识层次

根据《高等学校课程思政建设指导纲要》（高教〔2020〕3号，简称《指导纲要》）对理学、工学类专业课程思政建设的要求，即关注学生科学思维，科学伦理，工程伦理，大国工匠的培养。

学科知识层次大致可以分为顶层，中间层和底层（如图1所示）。顶层由大学的思政课程支撑，底层为具体的学科知识，也就是俗称的“顶天立地”。但我们常忽视了中间层次的内容，这些内容以往常隐藏在顶层和底层之中，没有被系统的采用马克思主义的世界观和方法论整理出来，根据《高等学校课程思政建设指导纲要》的要求，这个层次其实正是专业课程思政要关注的内容。对于计算学科的课程思政，其知识层次当然要定位在计算学科的世界观和方法论上，要起到承上启下的作用。

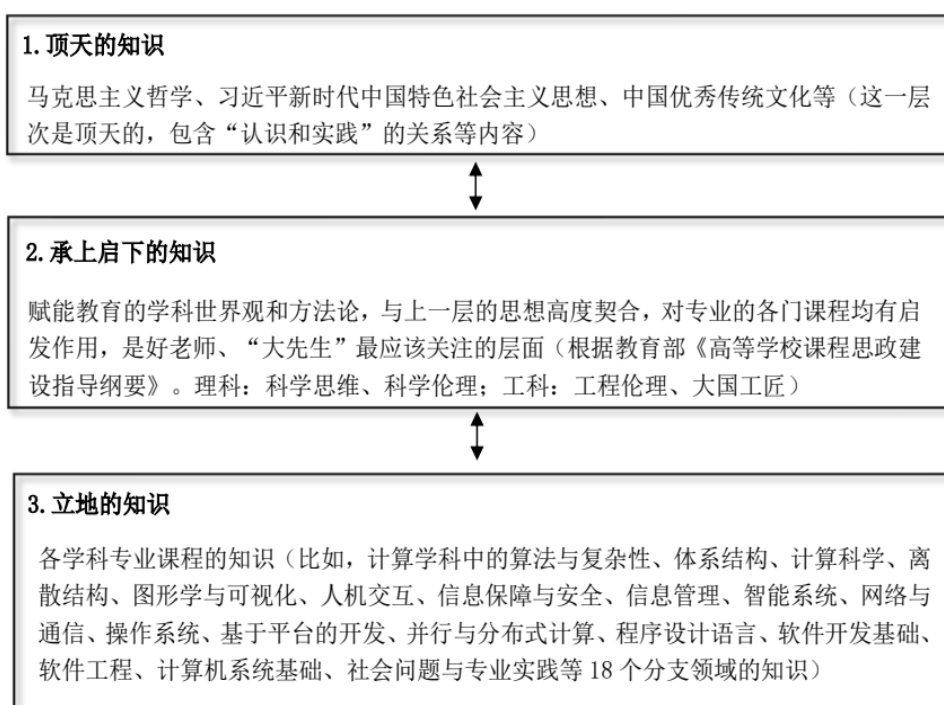


图 1 学科知识层次图

二、 计算学科课程思政的总体结构框架

1989年1月，ACM和IEEE-CS联合任务组在《ACM通讯》上发布的“计算作为一门学科”报告认为，计算机科学和计算机工程在本质上没有区别，学科中的抽象、理论和设计要解决的都是计算中的“能行性”和“有效性”问题。相对而言，计算机科学注重理论和抽象，计算机工程注重抽象和设计，计算机科学与技术居中。因此，不能简单地将计算学科归属于“理科”还是“工科”。本虚拟教研室认为，计算已远远超过了传统的计算学科范畴，处于跨学科的中心地位，计算目前的核心内容主要分布在我国学科分类中的理科和工科两个学科门类之中。因此，根据教育部《高等学校课程思政建设指导纲要》，**将科学思维和科技伦理的培养作为本虚拟教研室的根本，将符合马克思主义哲学的认知计算，即计算模型的构建、实现与理论支撑的世界观和方法论作为最大的课程思政元素。**

根据科技部、国家发改委、教育部、中国科协2008年联合发布的《关于加强创新方法工作的若干意见》(国科发财〔2008〕197号)文件，已明确科学思维是创新的灵魂。文件写道，科学思维不仅是一切科学研究和技术发展的起点，而且始终贯穿于科学研究和技术发展的全过程，是创新的灵魂。

为便于操作，本虚拟教研室将计算学科专业课程思政中的科学思维，拆分为可评估、可衡量、可检验的抽象、理论和设计三个过程，在三个过程中融入中国元素(中国学者的理论成果，中国企业的产品，中国计算机的发展历史)，将科学伦理、工程伦理，大国工匠精神，以及CC2020中的11个品行元素置于计算学科的社会与职业分支领域的教学中，构建计算学科课程思政的总体结构框架(如图2所示)。

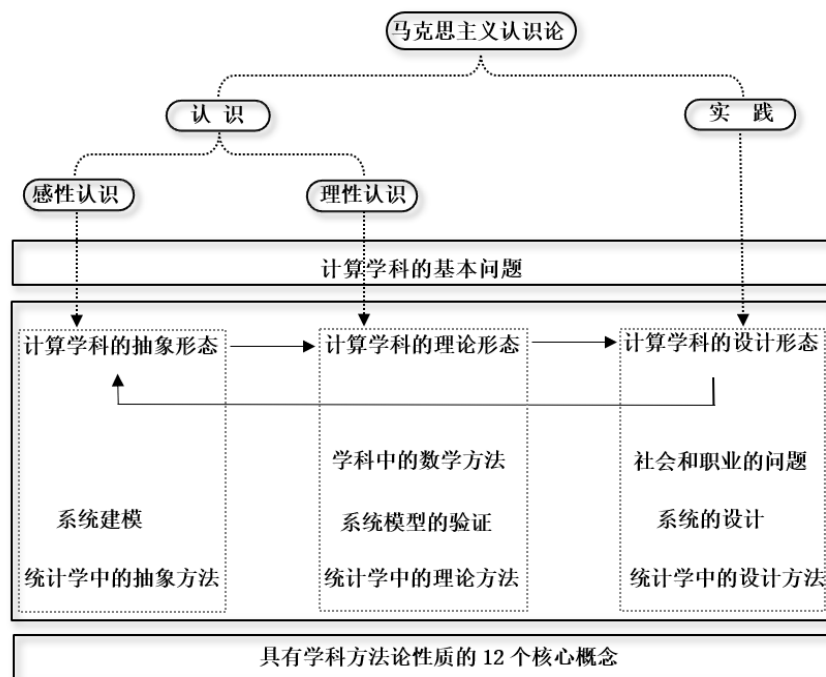


图2 计算学科课程思政的总体结构框架

从计算学科方法论的角度来看，计算学科课程思政的总体结构框架，与计算学科课程知识的总体结构框架，其实是一回事，学科的所有知识均蕴含在该结构框架之中。其中，学科中的抽象、理论和设计三个形态是最为基础的内容，它反映的是人们在计算领域的认识规律，即是从感性认识(抽象)到理性认识(理论)，再由理性认识(理论)回到实践(设计)的过程。该过程还蕴含着学科中的基本问题。由于人们对客观世界的认识过程就是一个不断提出问题和解决问题的过程，这种过程反映的正是抽象、理论和设计3个过程之间的相互作用，它与3个过程在本质上是一致的。因此，在计算学科课程思政结构框架的设计上，有必要将它与3个过程一起列入最重要的内容。

科学伦理、工程伦理、大国工匠，以及品行是计算学科“社会与职业的问题”领域的重要内容，属于学科设计形态的内容，这个分支领域对计算学科的发展起着越来越大的作用。为此，有必要将它从设计形态中抽取出来，作为一个重要的内容。同样的，学科中的数学方法、系统科学方法、统计学方法、学科中的核心概念，也揭示了计算学科各分支领域的内在联系，使计算学科各分支领域成为一个完整的体系，而不是一些互不相关的领域。因此，有必要将其列入总体框架之中，成为框架中的重要内容。

自此，一个将计算学科课程思政的总体结构与专业课程的总体结构合二为一的框架建立起来了。接下来，就是如何落地的问题了。

三、 科学思维(借助案例,可拆分到可评估、可衡量和可检验的“总体结构框架图”中的一个概念,或多个概念之中。优先介绍中国学者的成果和声音,所有案例均与品行元素绑定)

在“总体结构框架图”中，抽象、理论和设计是学科最为基础的概念，抽象源于实验科学，是对现实原形的理想化，学科中的抽象形态包含着具体的内容，它们是学科中所具有的科学概念、科学符号和思想模型。理论源于数学，是从抽象到抽象的升华，它们已经完全脱离现实事物，不受现实事物的限制，具有独立性、无矛盾性和完备性的特征。设计源于工程，并用于系统或设备的开发，以实现给定的任务。下面，给出计算学科“算法与复杂性”分支领域的抽象、理论和设计三个学科形态的基本内容，如表1所示。

表1 “算法与复杂性”领域抽象、理论和设计三个学科形态的基本内容

分支领域	算法与复杂性 (Algorithms and Complexity, AL)
学科形态	
抽象	算法分析、算法策略(如蛮干算法、贪婪算法、启发式算法、分治法等)、并行和分布式算法等

理论	可计算性理论、计算复杂性理论、P 和 NP 类问题、并行计算理论、密码学理论等
设计	对重要问题类算法的选择、实现和测试，对通用算法的实现和测试（如哈希法、图和树的实现与测试），对并行和分布式算法的实现和测试，对组合问题启发式算法的大量实验测试、密码协议等

在“总体结构框架图”中，计算学科的基本问题是一个单列的内容。辩证唯物主义认为，人们在实践的基础上，不断地提出问题和解决问题，也就使科学认知不断地发展。“科学认识从问题开始”与“认识来源于实践”并不矛盾，因为问题也是在实践的基础上提出来的，只是前者突出了问题是认识发展的重要环节，更深刻地表明了科学认知自始至终就是认识主体的能动的、创造性思维活动。这个思维活动的过程，反应的正是抽象、理论和设计三个过程之间的相互作用，它与三个过程在本质上是一致的。在计算领域，人们正是从抽象、理论和设计三个学科形态的工具和应用两个层面来讨论问题的求解。计算学科的根本问题是“能行性”问题，学科的每一个分支领域都有更为具体的基本问题。如计算学科“算法与复杂性”分支领域的基本问题为：对于给定的问题类，最好的算法是什么，要求的存储空间和计算时间有多少，空间和时间如何折中，访问数据的最好方法是什么，算法最好和最坏的情况是什么，算法的平均性能如何，算法的通用性如何等。

在“总体结构框架图”中，计算学科中具有方法论性质的核心概念也是一个单列的内容。该内容源自 CC1991 报告提出的具有学科普遍性、持久性的重要思想、原则和方法。报告认为，熟练掌握和应用这些核心概念是一个成熟的计算机科学家和工程师的标志之一。下面，列出该报告给出的 12 个具有学科方法论意义的核心概念，如表 2 所示。

表 2 具有学科方法论意义的 12 个核心概念

序号	概念	含义	例子
1	绑定 (Binding)	绑定指的是通过将一个对象（或事物）与其某种属性相联系，从而使抽象的概念具体化的过程	例，将一个程序的执行过程与一个处理器联系起来；一个变量与其类型或值联系起来。在“面向对象设计原则之里氏替换原则”案例中，设计模型与实现代码之间体现“绑定”，将抽象的类继承关系（类图）通过面向对象编程代码具体化
2	大问题的复杂性	大问题的复杂性是指随着问题规模	例，在软件工程中，随着问题规模的

	(Complexity of Large Problems)	的增长而使问题的复杂性呈非线性增加的效应。这种非线性增加的效应是区分和选择各种现有方法和技术的重要因。在研制一个大系统时，控制和降低系统的复杂性便成为区分和选择现有方法和技术的重要因素	增大，系统的复杂性也随之增大。每个新的信息项、功能或限制都可能影响整个系统的其他元素。因此，随着问题复杂性的增加，系统分析的任务将呈几何级数增长，如何控制和降低系统的复杂性就是大系统研制成败的关键，如《人月神话》中的案例
3	概念模型和形式模型 (Conceptual and Format Models)	概念模型和形式模型是对一个想法或问题进行形式化、特征化、可视化思维的方法。在计算领域，每一个具体的问题，都可以视为一个具体的客观世界，对它的元认识，就是建立其概念模型和形式模型，算法就是在这类计算模型上根据指令(规则)操作的过程	例，抽象数据类型、语义数据类型以及指定系统的图形语言，如数据流图和 E-R 图等都属于概念模型；而逻辑、开关理论和计算理论中的模型大都属于形式模型。概念模型和形式模型是将计算学科各分支统一起来的重要核心概念。在“面向对象设计原则之里氏替换原则”案例中，UML 类图属于概念模型，对里氏替换原则的抽象定义属于形式模型
4	一致性和完备性 (Consistency and Completeness)	一致性包括用于形式说明的一组公理的一致性、事实和理论的一致性，以及一种语言或接口设计的内部一致性。完备性包括给出的一组公理，使其能获得预期行为的充分性、软件和硬件系统功能的充分性，以及系统处于出错和非预期情况下保持正常行为的能力等。在计算机系统设计，正确性、健壮性和可靠性就是一致性和完备性的具体体现	例，“正确性”的语义涵盖了“精确性”或“准确性”。如果软件运行不正确，将会给用户造成不便甚至带来损失。因此，技术评审和测试的第一关都是检查工作成果的正确性。健壮性有两层含义：一是容错能力，二是恢复能力。可靠性是指在一定环境下，在给定的时间内，系统不发生故障的概率。可靠性通常应用于硬件领域，如电子设备、元器件等
5	效率(Efficiency)	效率是关于空间、时间、人力、财力等资源消耗的度量	例，在计算机软硬件的设计中，要充分考虑某种预期结果所达到的效率，以及一个给定的实现过程较之替代的实现过程的效率
6	演化(Evolution)	演化指的是系统的结构、状态、特征、行为和功能等随着时间的推移	例，在“面向对象设计原则之里氏替换原则”案例中，面向对象设计原则

		而发生的更改。这里主要强调，了解系统更改的事实和意义及应采取的对策。在软件进行更改时，不仅要充分考虑更改对系统各层次造成的冲击，还要充分考虑到软件的有关抽象、技术和系统的适应性问题	的使用是为了使软件设计具有可扩展性、可复用性、可修改性和灵活性，是为了适应软件需求的变化，满足“开闭”原则，而里氏替换原则用来约束继承泛滥，是开闭原则的一种体现
7	抽象层次 (Levels of Abstraction)	抽象层次指的是根据不同层次的具体工具(如 C 语言、Python 语言)的语法规则，隐藏细节，对一个系统或实体进行抽象表述，降低或控制系统的复杂程度，最终使系统自动执行的思想与方法	例，在软件工程中，从规格说明到编码各个阶段(层次)的详细说明、计算机系统的分层思想(应用语言虚拟机，高级语言虚拟机，汇编语言虚拟机)、计算机网络的分层思想(网络协议的层次结构)等
8	按空间排序 (Ordering in Space)	按空间排序指的是各种定位方式，如物理上的定位，组织方式上的定位以及概念上的定位。按空间排序是计算技术中一个局部性和相邻性的概念	例，网络和存储中的定位，处理机进程、类型定义和有关操作的定位，软件的辖域、耦合、内聚等
9	按时间排序 (Ordering in Time)	按时间排序指的是事件的执行对时间的依赖性	例，在具有时态逻辑的系统中，要考虑与时间有关的时序问题；在分布式系统中，要考虑进程同步的时间问题；在依赖于时间的算法执行中，要考虑其基本的组成要素
10	重用 (Reuse)	重用指的是在新的环境下，系统中各类实体、技术、概念等可被再次使用的能力	例：软件库和硬件部件的重用等。在“面向对象设计原则之里氏替换原则”案例中，介绍了一种复用机制：继承，并认为继承是“可复用设计”的基础；满足里氏替换原则为了保证继承的正确性，利于实现复用和扩展
11	安全 (Security)	安全性指的是计算机软硬件系统对合法用户的响应及对非法请求的抗拒，以保护自己不受外部影响和攻击的能力。安全包括保密、消息验证、消息完整和不可否认性等内容	例，为防止数据的丢失、泄密而在数据库管理系统中提供的口令更换、操作员授权等功能。在安全系统中，能够证明发送者确实发送了消息，防止发送者抵赖(否定)等
12	折中和结论	折中指的是为满足系统的可实施性	例，在算法的研究中，要考虑空间和

(Tradeoff and Consequences)	而对系统设计中的技术、方案所做出的一种合理的取舍。结论是折中的结论，即选择一种方案代替另一种方案所产生的技术、经济、文化及其他方面的影响。折中是存在于计算学科领域各层次上的基本事实	时间的折中；对于矛盾的设计目标，要考虑诸如易用性和完备性、灵活性和简单性、低成本和高可靠性等方面的折中；在数据库设计中，有时为了提高某些查询或应用的性能而采用非规范化的设计折中
-----------------------------	--	--

有代表性的中国学者的成果和声音：有限元（冯康），几何定理的机器证明（吴文俊），计算思维：大学计算教育的振兴，科学与工程研究的创新（陈国良），计算思维教学改革宣言（李廉），协议思维是一种计算思维（徐志伟），数据思维也是一种计算思维（杜小勇），计算思维与计算学科方法论（董荣胜）。

四、 科技伦理（科学伦理、工程伦理，归属于“总体结构框图”中的“社会与职业的问题”，是可评估、可衡量和可检验的伦理规范）

科技伦理是教育部“指导纲要”对课程思政的基本要求，在具体的实践中，还应包含职业伦理的内容，本虚拟教研室希望用面向学科思维方式（如算法、协议）来介绍和分析这些内容，使其具有可操作性。

五、 中国计算机发展史和中国企业的案例进教材、进课堂（大国工匠精神，借助案例，可拆分到可评估、可衡量和可检验的“框架图”中的一个，或多个概念之中）

大国工匠精神：实事求是、脚踏实地、求真务实；精益求精、尽善尽美、持之以恒。例：飞腾公司案例，华为智能基座，龙芯中科案例、北大照排系统（王选），地大 GIS 系统（吴信才）等。

六、 CC2020 中的 11 个品行元素（品行元素归属于“框架图”中的“社会与职业的问题”，案例应与品行中的 1 个或多个元素绑定）

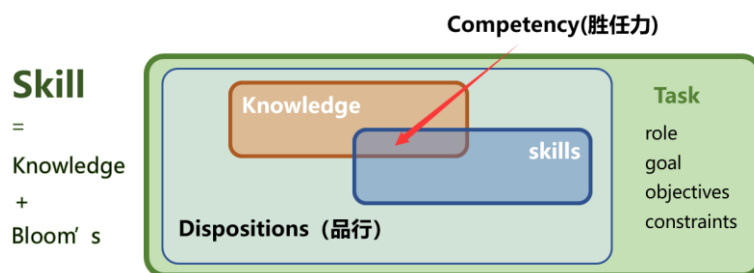


图 3 ACM 和 IEEE-CS 的 CC2020 胜任力模型

品行构成了 ACM/IEEE-CS 提交的 CC202 胜任力模型“know-why”的一个维度，这一维度界定了在一个任务的执行过程中，实施者应有的品格气质。品行还会促进胜任力模型中“know-what”向“know-how”的演变，是将知识（例如，具有学科方法论性质的核心概念）和技能（实施具有确定目标且有约束的任务能力）在具体应用环境中得到“更好”或“更正确”应用的重要因素。

品行是一种习惯性倾向，即社会情感倾向、偏好和态度（例如，可信度）。品行控制着一个人是否倾向于使用他/她的技能，以及如何使用他/她的技能。品行涉及到应用知识的价值观和动机，可以用更具体的“倾向、敏感”，以及与教学案例绑定在一起进行可操作性解释，品行是国际工程教育专业认证评估的重要内容，CC2020 给出的 11 个品行元素如表 3 所示，表中的例子取自本虚拟教研室教师提交的教学案例。

表 3 CC2020 给出的 11 个品行元素

序号	品行元素	内涵	例子
1	适应 (Adaptable)	敏捷，适应变化 (Flexible; agile, adjust in response to change)	例：在“难度、复杂性与能力”案例中，同学们应习惯（倾向）采用 Bloom 分类法对课程教学案例的学习效果进行评价，以便尽快地适应大学的学习。在“VComputer 虚拟机”案例的学习中，学生应“适应”（习惯，倾向）采用分层抽象的概念，降低计算学科基本问题讨论的复杂性，以及对不这样做导致的复杂性有足够的敏感。
2	协作 (Collaborative)	团队精神，愿意与他人合作 (Team player, willing to work with others)	例：“星座覆盖可计算理论与技术”来自于专业课的学习，问题综合了高阶性、创新性和挑战度的要求。案例采用科研小组合作（强调协作）、问题引导、项目驱动等方式，进行研究型、探究式学习，建构并完善学生的知识结构，激发学生自主学习的热情和创新思维，唤醒学生的主

			人翁意识和责任感，增强学生做专业研究的信心和动力，为国家培养更具创新意识和潜能的人才。在“项目管理中的干系人”案例中，除了积极与客人沟通之外，案例中的老板娘还应该引导大家具备协作精神，促进客人和项目实施方案相互理解，提升厨师的工作积极性，同时提升各方的满意度。
3	创意 (Inventive)	探索性，超越简单的解决方案 (Exploratory, Look beyond simple solutions)	例：在“图数据分析洞察关联关系”案例中，要求学生换道思考，既然基于财务指标的指标体系存在已知的问题，那么能否在大数据背景下利用公开的非财务数据建立非财务数据指标体系？并根据可能的情况提出前瞻性解决方案。在“算力服务的测试基准测试”案例的学习中，让学生看到，虽然有通用的测试基准，但是算力的实际需求是多样化的，如人工智能算力需求、数据密集型计算的算力需求、计算流体力学的算力需求实际上侧重点都不一样，因此在面对具体问题时仍然需要不断适应场景的变化提出新的基准，敢于创造新的基准。
4	严谨 (Meticulous)	注重细节；一丝不苟、准确 (Attentive to detail, thoroughness, accurate)	例：在“数据处理中的不确定性问题”案例中，通过不确定性问题的分析，让同学们了解数据处理和信息技术应用过程中需要关注模糊现象、随机现象、多义现象、不精确现象等情形带来的潜在影响，要树立严谨的科学思想，避免采取忽略、先入为主等惯性的思维进行问题处理。 在“量子计算中的几种基本逻辑门”案例中，要求学生利用已掌握的数学、物理工具，对几种基本量子逻辑门的性质给出严谨的数学推导及证明。
5	激情 (Passionate)	坚定的信念，遵守承诺，令人信服 (Conviction, strong commitment, compelling)	例：“数据处理中的不确定性问题”案例介绍了不确定性问题的广泛存在，物理学、统计学、经济学、计量学、计算机科学、心理学、哲学等等，具有重要的基础意义和实际应用价值。对于有关现象和处理方法的掌握，能够激发同学们探索科学原理、深化应用潜力的欲望和动力。在“项目管理中的剪裁”案例中，由于时间非常紧迫，项目经理为此向公司申请了5名经验丰富而且充满干劲的人员分别担任5个小组的组长，以保障项目顺利进行，体现了项目研制过程中的“激情”品行元素。

6	主动 (Proactive)	主动意识、自发性、独立性 (With initiative, self-starter, independent)	例：在“项目管理中的干系人”案例中，对干系人绩效域进行管理。也就是说：积极主动地让干系人参与进来，促使项目成功并且提高干系人满意度。在“项目管理中的剪裁”案例中，由于项目对客户信息的保护要求比较高，为此项目经理主动要求增加独立检查这一环节，体现了“主动”品行元素。
7	专业性 (Professional)	专业素养、谨慎、伦理、敏锐 (Professionalism, discretion, ethical, astute)	例：在“人工智能推荐系统中的大数据杀熟”案例中，要求学生能从专业的角度回应“大数据杀熟”对社会造成的冲击和危害，支持各类组织和个人监督平台企业的歧视性定价行为，促进平台规范、诚信经营，推动互联网平台的良性发展。在“RSA 公开密钥系统”和“学生选课”案例的学习后，学生应习惯（倾向）采用“形式模型和概念模型”这样专业的术语对实际问题通过模型的构建进行案例的讨论和分析。
8	目标驱动 (Purpose-driven)	目的驱动、实现目标、商业敏锐度 (Goal driven, achieve goals, business acumen)	例：在“大数据计算中的计算思维——PAC 算法”案例中，作者阐述了在大数据集中寻找其中的最大元素，不能简单采用常规的搜索算法，因为这样会消耗过多的计算资源。如何在消耗资源较少的前提下，找到事实上可以接受的结果，就是这个算法的驱动的目标。在“基于邻域粗糙集属性约简算法的信息基因筛选”案例中，作者将案例与目标驱动绑定在一起，从问题的定义抽象出其形式模型，然后运用相关理论找出解题的关键。
9	责任 (Responsible)	判断力，谨慎，适当的行动 (Use judgment, discretion, act appropriately)	例：在“人工智能推荐系统中的大数据杀熟”案例中，强调在设计人工智能的推荐系统时，要求专业人员应该有基本的责任道德意识，能够对算法歧视造成的直接或间接后果有足够的认识。在进行大数据实践的过程中，要求学生应具有专业人员的伦理责任，伦理意识和行为规范，保有责任心，最大程度的避免隐性偏差问题的发生。在“项目管理中的剪裁”案例中，项目团队规定，架构决策一定要经过架构组，但开发组可以自行决定内部函数调用关系，下放一部分责任，有效调动开发组的责任心，同时提高开发效率。
10	响应 (Responsive)	尊重；迅速而积极地做出反应	例：在“项目管理中的剪裁”案例中，公司高层下了死命令，要求项目必须在3个月之内上线，此时，项目经理必

		(Respectful; react quickly and positively)	须迅速响应，积极与高层沟通，给出解决方案。在“项目管理中的干系人”案例中，老板娘非常尊重客户，对于客户提出的“加肉、加香干”等要求，及时响应，并传递到后厨。
11	自我激励 (Self-directed)	自我导向，意志坚强，独立性 (Self-motivated, determination, independent)	例：在“项目管理中的干系人”案例中，作为信用卡项目的项目管理者，需要不断强化自身的管理能力，面对项目中遇到的各种困难各种变化，干系人提出的各种要求，敢于担当，锐意进取，守正创新，体现“自我激励”品行元素。“X86-64 过程调用中的数据转移”案例引入了阿丽亚娜火箭的爆炸事故，阐明函数调用中数据传递发生错误可能会导致的严重后果，激发学生作为未来信息系统设计、开发、维护人员的使命意识与大国工匠精神，培养学生奋发图强的激情。

注：CC2020 报告项目组由 ACM 和 IEEE-CS 联合来自全球 20 个国家的 50 位专家组成。其中，有 5 位中国学者：2021 年 CCF 杰出教育奖获得者北大教授张铭、国防科大教授陈娟、成都信息工程大学教授吴锡、上海成趣公司杨晓春和字节跳动公司田野。中国的敏捷教育方案（Agile Education for Sustainable Competencies）被该报告采用。

七、 评估计算学科课程思政的方法——Bloom 分类法

计算学科课程思政的高质量建设，要超越传统专业课程的价值，要比传统课程更能提升学生解决特定问题的胜任力（图 3 所示）。评估其质量，**从教师原来的无意识到有意识，是课程质量的一次飞跃**，本虚拟教研室采用 CC2020 推荐的 Bloom 分类法，根据课程教学案例权重矩阵(表 4)，计算课程的总价值与含金量。在具体的实施过程中，还要考虑案例的概念复杂度、语言复杂度，以及问题求解的难度，用控制系数（比如，0.5, 1.0, 1.5）得到案例的最终实际权重。

例子：编写打印“Hello, World”程序，该例子是程序性知识，需要调用函数，故被划分到 Bloom 分类法认知过程维度的“应用”层次，权重为 16。显然，这是一个概念复杂度、语言复杂度和问题求解困难程度最低的一个案件，我们可以分别乘以 0.5。最后，该案例的实际权重为 2。本指南规定，最终案例权重为 2 及以下的案例是没有含金量的。

表 4 基于 Bloom 分类法的课程教学案例权重矩阵

认知过程维度 知识维度	1. 记忆	2. 理解	3. 应用	4. 分析	5. 评估	6. 创造
1. 事实性知识	$W_{11}=1$	$W_{12}=2$	$W_{13}=4$	$W_{14}=8$	$W_{15}=16$	$W_{16}=32$
2. 概念性知识	$W_{21}=2$	$W_{22}=4$	$W_{23}=8$	$W_{24}=16$	$W_{25}=32$	$W_{26}=64$
3. 程序性知识	$W_{31}=4$	$W_{32}=8$	$W_{33}=16$	$W_{34}=32$	$W_{35}=64$	$W_{36}=128$
4. 元认知知识	$W_{41}=8$	$W_{42}=16$	$W_{43}=32$	$W_{44}=64$	$W_{45}=128$	$W_{46}=256$

Bloom 分类法 (Bloom' s Taxonomy) 是美国教育家和心理学家本杰明·布卢姆 (Benjamin S. Bloom, 1913—1999) 等人 1956 年创立的一种教育目标的分类体系, 这种体系降低了课程评估的复杂程度, 为课程的开发提供了基本的依据。

Bloom 将人类思维的复杂程度划分为 6 个水平, 从简单到最复杂, 依次为知识、理解、应用、分析、综合和评估。虽然有 6 个不同的水平, 但其难度等级区分并不那么严格, 个体在不断的学习过程中很容易从一种水平发展到另一种水平。

Bloom 认为此分类系统不只是一套测验的工具, 也是撰写学习目标的通用语言, 它可以促进各领域达到沟通的效果, 并能促进课程中教育目标、教学活动与评估的一致性。历经多年的使用, 该分类法又得到改进 (1994), 再经过 7 年的讨论, 最终在 2001 年出版了被大多数学者接受的修订版的分类法, 相应的难度与复杂度分类水平图如图 4 所示。

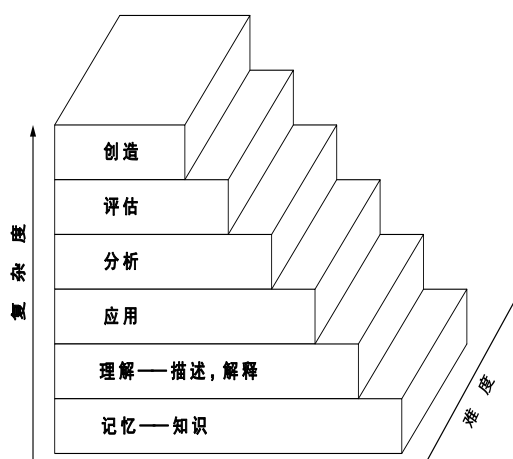


图 4 难度与复杂度分类水平图

需要特别指出的是, 图 4 的 6 个水平层次不是累积层次, 即前一个层次不是后一个层次的基础, 这一结论**动摇**了只有扎实的记忆、理解和应用等基础才能进行较高层次思维的论断, 使人们可以在较短的时间内尽快进入到分析, 评

估和创造等较高层次的思维阶段。至于，记不住的知识可以查，不会的知识可以有针对性的在面向学科求解问题的思维过程中补。

Bloom 的研究带给人们一个非常重要启示，那就是，完全可以依据 Bloom 分类法将教育目标、教学活动与教学评估统一起来，以“课程改革”为核心进行大学专业的综合改革。课程改革的一个有效方法是：对课程中的基础概念进行合理的设置，删除 Bloom 分类法中底层大约四分之一或更多需要记忆的知识内容，将结余下来的时间，对学生进行更高层次的思维训练，创造出更有价值的成果。

八、 本虚拟教研室案例集的可视化（知识图谱）

本虚拟教研室要破解计算课程思政“表面化”“硬融入”问题，要构建具有中国特色，兼容世界文明成果，以计算为中心的知识库（案例、试题集），并以知识图谱的形式存储和呈现出来，以便于查询及未来的数据挖掘。

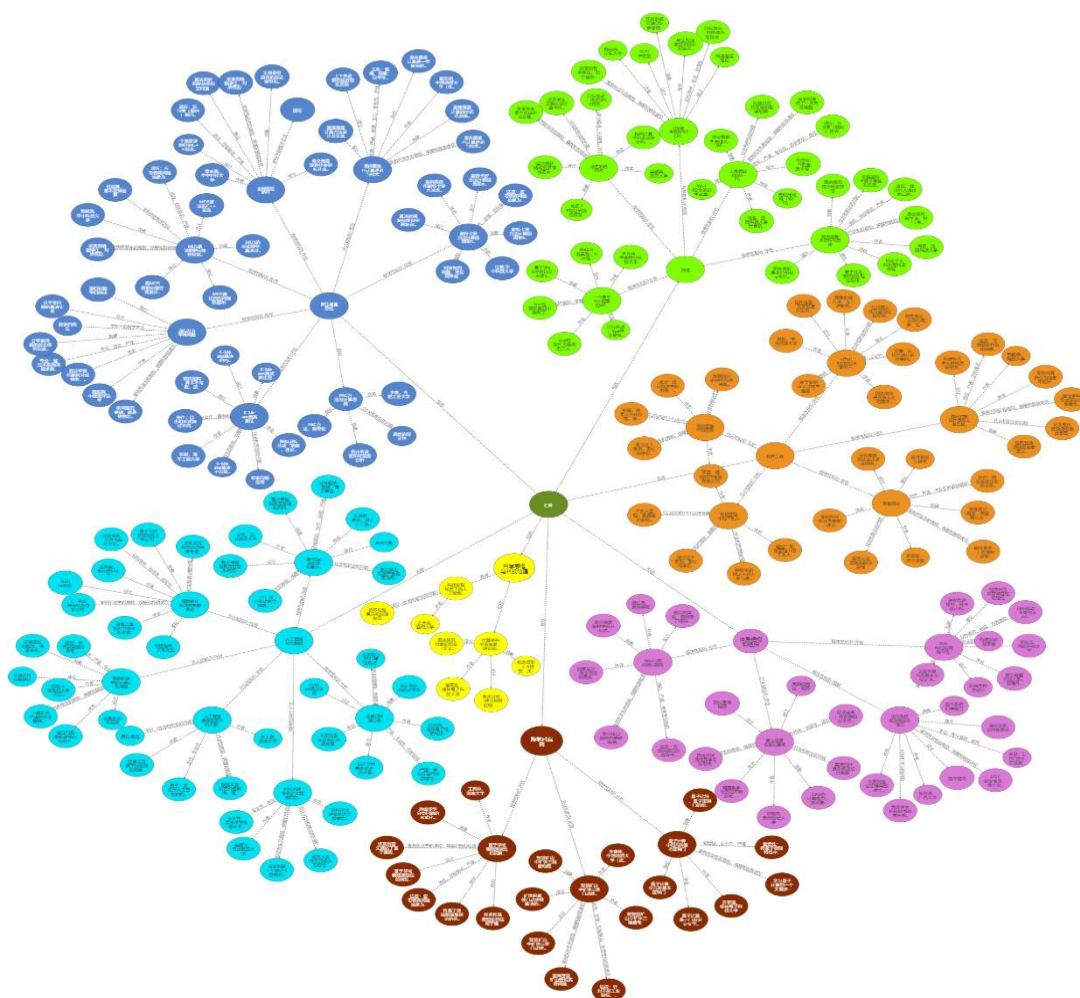


图 5 计算课程思政教学案例汇编 32 个案例的知识图谱(高教出版社，2023)

参考文献

- [1]中华人民共和国教育部.高等学校课程思政建设指导纲要(教高〔2020〕3号),.2020.5.28
- [2]科学技术部;国家发展改革委;教育部;中国科协.关于加强创新方法工作的若干意见(国科发财〔2008〕197号),2008.04.23
- [3]教育部社会科学研究与思想政治工作司组编.自然辩证法概论.高等教育出版社,2004"
- [4]教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会.计算思维教学改革宣言[J].中国大学教学,2013(07):7-10,17.
- [5]九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明[J].中国大学教学,2010(09):4+9.
- [6]中国计算机科学与技术学科教程 2002 研究组.中国计算机科学与技术学科教程.2002.北京:清华大学出版社,2002
- [7]杨祥,王强,高建.课程思政是方法不是“加法”——金课、一流课程及课程教材的认识和实践[J].中国高等教育,2020(08):4-5.
- [8]陈国良.计算思维:大学计算教育的振兴,科学与工程研究的创新.CNCC2011 特邀报告,深圳,2011.11
- [9]陈国良,李廉,董荣胜.走向计算思维 2.0[J].中国大学教学,2020(04):24-30.
- [10]陈国良,张龙,董荣胜,王志强.大学计算机素质教育:计算文化.计算科学和计算思维[J].中国大学教学,2015(06):9-12.
- [11]陈国良,董荣胜.计算思维与大学计算机基础教育[J].中国大学教学,2011(01):7-11+32.
- [12]陈国良,董荣胜.计算思维的表述体系[J].中国大学教学,2013(12):22-26.
- [13]李廉.计算思维——概念与挑战[J].中国大学教学,2012(01):7-12.
- [14]李廉.方法论视野下的计算思维[J].中国大学教学,2016(07):16-21+31.
- [15]董荣胜.《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》呼唤教育的转型[J].中国大学教学,2010(10):14-15.
- [16]董荣胜,古天龙.计算机科学与技术方法论.北京:人民邮电出版社,2001.
- [17]古天龙.人工智能伦理.北京:高等教育出版社,2022.
- [18]董荣胜.计算机科学导论(第3版).北京:高等教育出版社,2015
- [19]董荣胜.计算思维的结构.北京:人民邮电出版社,2017
- [20]张铭,陈娟,韩飞等.ACM/IEEE 计算课程体系规范 CC2020 对中国计算机专业设置的影响.[J]中国计算机学会通讯,2020,16(12).
- [21] President's Information Technology Advisory Committee. Computational Science: Ensuring America's Competitiveness. June 2005.
- [22]Jeannette M W. Computational Thinking[J]. Communications of the ACM. 2006, 49(3): 33-35.
- [23]美国 NSF CDI 计划: <https://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10506/nsf10506.htm>
- [24]<https://congress.gov/114/plaws/publ95/PLAW-114publ95.pdf>: Every Student Succeeds Act
- [25]<https://www.nsf.gov/>
- [26]美国 NSF CPATH 计划: http://www.nsf.gov/cise/funding/cpath_faq.jsp#1
- [27]National Research Council.Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking[M].National Academies Press, 2010.
- [28]<https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf>: Computing Curricula 2020 (CC2020): Paradigms for Global Computing Education,2020.12.31
- [29] Council of Chief State School Officers. Knowledge, Skills, and Dispositions: The Innovation Lab Network State Framework for College, Career, and Citizenship Readiness, and Implications for State Policy. 2013.2
- [30] Denning P J, et al. Computing as a discipline[J]. Communications of the ACM. 1989,32(1)
- [31] Denning P J, Great principles of computing[J]. Communications of the ACM. 2003,46 (11)

- [32] Denning P J, Freeman P A. Computing's Paradigm [J]. Communications of the ACM, 2009, 52(12)
- [33] Denning P J, Tedre M. Computational Thinking. The MIT Press, 2019.
- [34]Yasar O 著, 李波, 何钦铭译. 计算思维的新视角[J]. 中国计算机学会通讯, 2018, 14(10): 80-86.
- [35] Bloom, B.S. (Ed.). Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R.. Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain. (New York, David McKay Co. Inc.). 1956
- [36] Anderson, L.W. et al., A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition, (White Plains, NY Longman). 2001
- [37] Sanders K , Ahmadzadeh M , Clear T , et al. The Canterbury QuestionBank: building a repository of multiple-choice CS1 and CS2 questions[C]// Iitcse Working Group Reports Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education-working Group Reports. ACM, 2013.
- [38]Clear A, Parrish A, Impagliazzo J, et al. Computing Curricula 2020 (CC2020): Paradigms for Future Computing Curricula[R]. Technical Report. Association for Computing Machinery/IEEE Computer Society, New York, NY, USA. <http://www.cc2020.net>, 2020.
- [39]计算机课程思政虚拟教研室.计算课程思政教学案例汇编(数字出版物).高等教育出版社,2023