

◆ 基础教学前沿

文章编号: 1672-5913(2024)01-0007-09

中图分类号: G642

编者按: 计算学科的导引性课程应当如何教? 这是学术界长期以来激烈争论的一个问题。为了思考这个问题, 根据录音整理的陈国良院士讲话《计算机课程思政虚拟教研室文化建设》发表于《计算机教育》杂志创刊20周年专刊(2023年第11期), 陈国良院士在文中引导大家回答这样的问题: “既然计算处于现代科学的中心, 那么, 与数理化相比, 什么样的计算教育能使我们产生更多新的认知、催生更多的科学发现与技术创新?”

围绕“陈国良院士之问”, 计算机课程思政虚拟教研室提出“计算学科的课程思政要从学科的基本问题出发, 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”的教学改革新思路, 并撰写了指导“全国高校计算机课程思政教学案例设计大赛”的《计算学科课程思政教学指南》草案, 有近60所高校和企业参与了两届“全国高校计算机课程思政教学案例设计大赛”, 提供了300多个教学案例, 出版了《计算课程思政教学案例汇编》数字教材。

本期刊出《计算学科课程思政教学指南》, 目的是让更多的教师领会计算学科导引性课程的重要意义及其教学技巧。我们期待这篇指南性的文章以及符合该指南的结构化优秀教学案例, 将为我们计算学科的教学改革带来一个新的思路, 使我们的计算学科能像数学和物理等基础学科一样, 成为信息时代的经典学科。

计算学科课程思政教学指南

董荣胜¹, 古天龙², 殷建平³

(1. 桂林电子科技大学 计算机与信息安全学院, 广西 桂林 541004;

2. 暨南大学 网络空间安全学院, 广东 广州 510632;

3. 东莞理工学院 网络空间安全学院, 广东 东莞 523000)

摘要: 科学思维、科技伦理、大国工匠、品行是理工科专业课程思政教学的核心内容, 是提升学生解决复杂工程问题, 造福国家和人民的有效途径。如何实施, 亟需一个纲领性的教学指南。教育部计算机课程思政虚拟教研室建设试点项目针对这一问题, 将认知计算学科的世界观和方法论作为最重要的课程思政元素, 给出计算学科课程思政的知识层次定位、总体的结构框架以及课程的评估方法, 为计算课程思政的教学指明方向。

关键词: 计算学科; 课程思政; 世界观; 方法论; 结构框架; 评估方法

0 引言

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

程思政应包含的科技伦理、大国工匠和品行元素, 中国学者的成果, 重要的国产软硬件产品, 课程(案例)的评估方法等。计算学科的课程思政, 要从学科的基本问题出发, 追求有灵魂的卓

作者简介: 董荣胜, 男, 教授, 教育部课程思政教学名师, 教育部计算机课程思政虚拟教研室建设试点项目带头人, ccsdong@guet.edu.cn; 古天龙, 男, 教授, 可信人工智能教育部工程研究中心主任, 兼任教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会副主任委员, gutianlong@jnu.edu.cn; 殷建平, 男, 教授, 万人计划国家级教学名师, 兼任教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会副主任委员, jpyin@dgut.edu.cn。

越，要让思想的光芒照亮学生前行的脚步。

1 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”。人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中，没有被系统地采用马克思主义的世界观和方法论整理出来，根据“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，其知识层次应定位在学科的世界观和方法论上，要起到承上启下的作用。

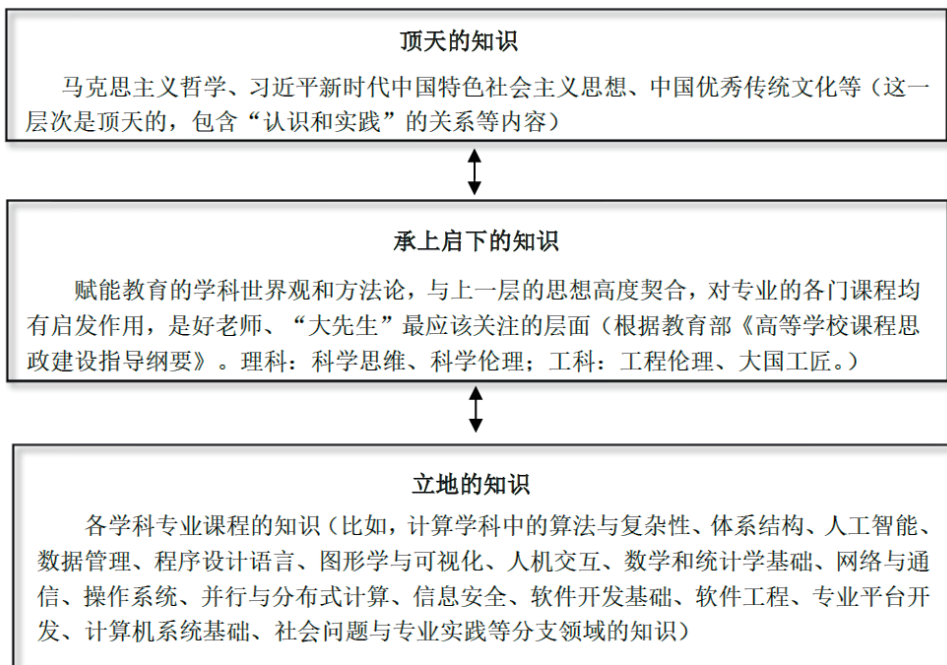


图1 学科知识层次

2 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领域中的“能行性”和“有效性”问题。相对而言，计算机科学侧重理论和抽象，计算机工程侧重抽象和设计，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”或者是“工科”。计算现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

个学科门类中。因此，根据教育部“指导纲要”，可以将科学思维和科技伦理的培养作为计算学科课程思政的主要任务，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，可以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3个过程,在3个过程中融入中国元素,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,以下简称“总体结构框架”)。

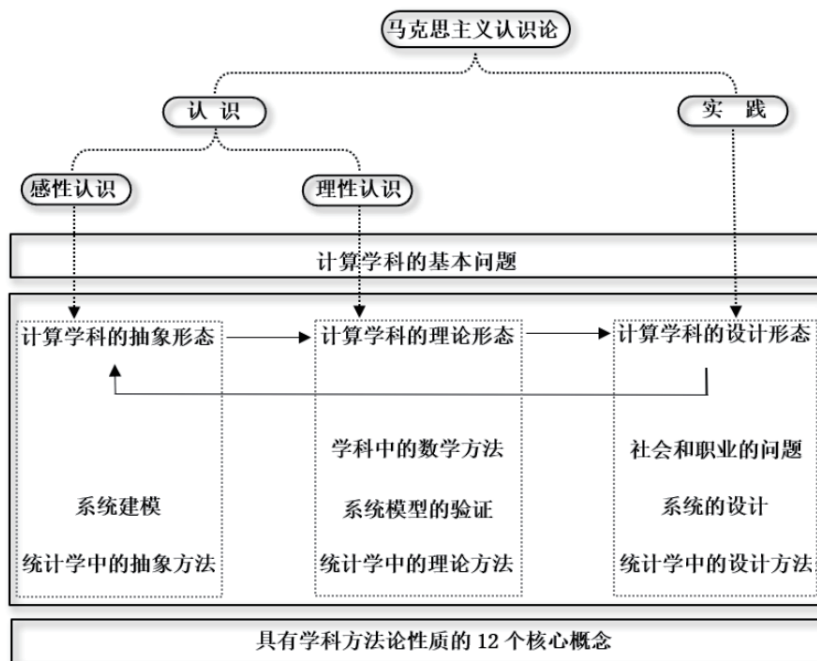


图2 计算学科课程思政的总体结构框架

从计算学科方法论的角度来看^[1-2],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中。其中,学科中的抽象、理论和设计3个形态是最基础的内容,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“社会和职业的问题”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,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,使得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。接下来,就是如何落地的问题。

3 科学思维

在总体结构框架中,抽象、理论和设计是学科最基础的概念,抽象源于实验科学,是对现实原型的理想化,学科中的抽象形态包含具体的内容,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。计算学科“算法与复杂性 (Algorithms and Complexity, AL)”分支领域

的抽象、理论和设计 3 个学科形态的基本内容见表 1。

表 1 “算法与复杂性”领域抽象、理论和设计 3 个学科形态的基本内容

学科形态	分支领域
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, 只是前者突出问题是认识发展的重要环节, 更深刻地表明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。在计算领域, 人们正是从抽象、理论和设计 3 个学科形态的工具和应用两个层面讨论问题的求解。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。报告给出的 12 个具有计算学科方法论意义的核心概念见表 2。

表 2 具有计算学科方法论意义的 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	将一个程序的执行过程与一个处理机联系起来; 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 (Complexity of Large Problems)	大问题的复杂性是指随着问题规模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的重要因素。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的重要因素	在软件工程中, 随着问题规模的增大, 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“银弹”和“焦油坑”例子
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	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、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

续表 2

序号	概念	含义	例子
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。在计算机系统中,正确性、健壮性和可靠性就是一致性和完备性的具体体现	“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、财力等资源消耗的程度	在计算机软硬件的设计中,要充分考虑到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、功能等随着时间的推移而发生的更改。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	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	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	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	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	软件库、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	安全性 (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	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 (Tradeoff and Consequences)	折中指的是为满足系统的可实施性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	在算法的研究中,要考虑空间和时间的折中;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

4 科技伦理、大国工匠和品行元素

科学伦理、工程伦理统称为科技伦理,这个内容归属于总体结构框架中的“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”对理工科专业课程思政的基本要求,在具体的实践中,还应包含计算职业伦理方面的内容,这些内容宜用面向学

科的思维方式(如算法、协议)来介绍和分析,使其具有可操作性。

大国工匠精神可拆分到可评估、可衡量和可检验的总体结构框架中的一个或多个概念中。一般来说,大国工匠精神包括实事求是、脚踏实地、求真务实;精益求精、尽善尽美、持之以恒,这个内容与CC2020倡导的品行元素有交集。

品行构成ACM/IEEE-CS提交的CC2020胜

任力模型“know-why”的一个维度（如图3所示）^[3-4]，这一维度界定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（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。

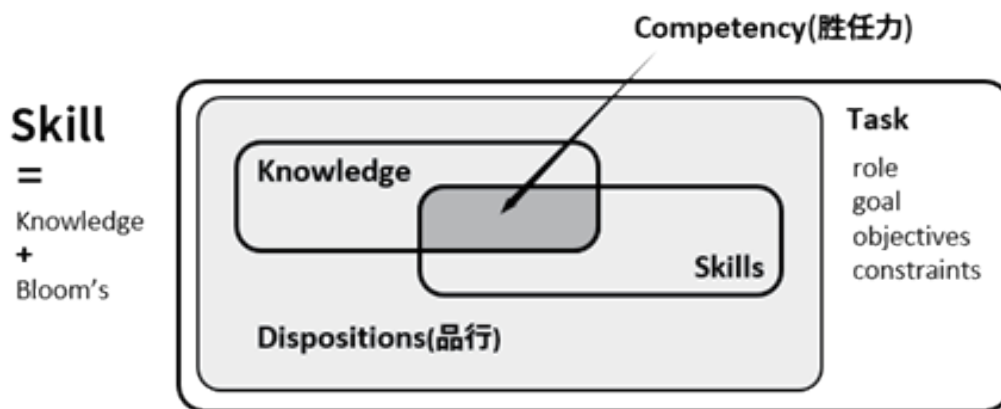


图3 ACM和IEEE-CS的CC2020胜任力模型

品行是一种习惯性倾向，即社会情感倾向、偏好和态度（如可信度）。品行控制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。CC2020给出的11个品行元素见表3，表中的例子取自首届《全国高校计算机课程思政教学设计大赛》参赛的教学案例。

表3 CC2020给出的11个品行元素

序号	品行元素	内涵	例子
1	主动性 (Proactive)	有主动性/自我启发：表现出独立性。独立评估和开始活动的胜任力，无需被告知该做什么。愿意带头，不等别人开始活动或等待指示	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“主动性”品行元素
2	自我指导 (Self-Directed)	自我激励/自我指导：表明决心继续努力完成任务，不需要其他人的指导就可以将任务继续朝着其期望的目标完成	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和各种变化，干系人提出的各种要求，敢于担当，锐意进取，守正创新，体现“自我指导”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
3	激情 (Passionate)	充满激情/信念：坚定地致力完成并热衷于实现任务或目标。为了任务、项目、团队或实现目标的方式的成功与利益提供有力的理由	“数据处理中的不确定性问题”案例介绍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，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，能够激发学生探索科学原理、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
4	目标导向 (Purpose-driven)	有目的地参与/有目的地导向：有意识地采取行动并致力于实现组织和项目目标。反映出对决策、工作或服务产品所服务的组织目标的态度。例如，业务敏锐度	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

续表 3

序号	品行元素	内涵	例子
5	专业 (Professional)	具有专业精神 / 职业道德。反映出的受过训练的和熟练的人员有关的素质：诚实行事、正直、承诺、决心和奉献精神，以及完成任务所需要的品质	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
6	责任感 (Responsible)	凭借判断力 / 谨慎 / 责任 / 正直反思条件和担忧，然后根据情况采取适当的行动。利用专业知识、经验、理解和常识进行负责的评估并采取行动。例如，责任心、专业的敏锐度	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，要求专业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，最大限度地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
7	适应性 (Adaptable)	适应性强 / 灵活 / 敏捷：能够或愿意调整方法以响应不断变化的条件或需求	在“难度、复杂性与能力”案例中，学生应习惯（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足够敏感
8	协作性 (Collaborative)	合作 / 团队合作伙伴 / 影响：愿意与他人合作；从事其他人员和组织的适当参与对任务有帮助。力争在达成共同目标时要尊重和多产	“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，促进客人与项目实施方相互理解，提升厨师的工作积极性，同时提升各方的满意度
9	反应灵敏 (Responsive)	响应 / 尊重：反应迅速而积极。尊重沟通的时间安排和实现工作目标所需的行动	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 个月内上线，此时，项目经理必须迅速响应，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
10	严谨性 (Meticulous)	注重细节，通过关注相关细节实现任务的彻底性和准确性	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，让学生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
11	创造性 (Inventive)	探索性 / 创新性：超越原有的解决方案；检查替代的想法和解决方案；寻找、生产和整合并进行适当的选择	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？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侧重点实际上都不一样，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

5 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（如图 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，本指南建议采用 CC2020 推荐的 Bloom 分类法^[4-5]，根据课程教学案例权重矩阵（见表 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（如 0.5,1.0,1.5）得到案例的最终实际权重。

例如，编写打印“Hello,World”程序，该例

表 4 基于 Bloom 分类法的课程教学案例权重矩阵

知识维度	认知过程维度					
	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	$W_{41}=8$	$W_{42}=16$	$W_{43}=32$	$W_{44}=64$	$W_{45}=128$	$W_{46}=256$

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。

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) 等人于 1956 年创立的一种教育目标分类体系，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，但是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 认为此分类系统不仅是一套测验的工具，还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，该分类法于 1994 年又得到改进，再经过 7 年，最终在 2001 年出版了被大多数学者接受的修订版分类法，相应的难度与复杂度分类水平如图 4 所示。

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、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分析、评估、创造等较高层次的思维阶段。至于记不住的知识可以

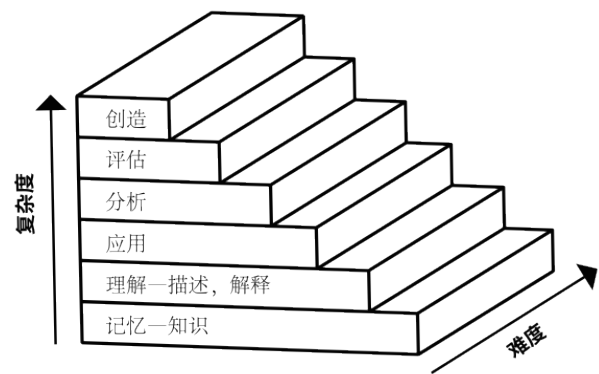


图 4 难度与复杂度分类水平

查，不会的知识可以有针对性地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的启示，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 1/4 或更多需要记忆的知识内容，利用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”。

致 谢

本“指南”在撰写的过程中得到深圳大学陈国良院士、王志强教授，合肥工业大学李廉教授、王浩教授，贵州财经大学邓明森教授，中国地质大学（武汉）刘刚教授，高等教育出版社时阳副编审，武汉大学吴黎兵教授，山东工商学院范辉教授，山东大学郝兴伟教授，中央民族大学翁彧教授，华中科技大学黄晓涛教授，桂林电子

科技大学常亮教授，中国计算机学会韩飞副编 程思政虚拟教研室全体同仁的大力支持和帮助，
审，中国海洋大学魏振刚等教授，以及计算机课 在此表示衷心感谢。

参考文献：

- [1] 董荣胜, 古天龙. 计算机科学与技术方法论[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [2] 董荣胜. 计算机科学导论[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [3] 张铭, 陈娟, 韩飞. 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): 32-38.
- [4] Clear A, Parrish A, Impagliazzo J, et al. Computing curricula 2020(CC2020) paradigms for global computing education[M]. New York: ACM, 2020.
- [5] Anderson L W, Krathwohl D R, Airsian P W, et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives[M]. London: Longman Publishing Group, 2001.

(编辑: 宋文婷)

征稿启事

本刊现向广大读者征集关于提高计算机核心专业课程教学效果的文章，具体要求如下。

一、论文议题

如何提高计算机专业核心课程（如程序设计基础、计算机组成原理、计算机系统结构、数据结构、操作系统、计算机网络、数据库等）教学效果。

二、论文要求

1. 文章必须是未公开发表过的原创作品，字数 5000 字左右，题目自拟。
2. 文体不限，可以是理论文章，也可以是优秀的教学案例。
3. 文章应包括题目、摘要（200 字左右）、关键词、正文、参考文献、基金项目 and 作者简介（第一作者的姓名、性别、职称、研究方向、详细通信地址、电话及 E-mail）。
4. 来稿请统一用 Word 格式，并在文件名处写明“核心专业课程”。
5. 论文参考格式可上《计算机教育》杂志社的网站下载：www.jsjyy.com。

三、投稿方式

投稿地址：www.jsjyy.com。

电话咨询：(010) 83470487 83470489 83470503

四、论文评审与发表

1. 《计算机教育》杂志社及外审专家组对论文进行评审。
2. 通过的论文将刊登在《计算机教育》杂志相关栏目中。
3. 评审及发表流程与网站投稿论文相同。