

附件：

中小学人工智能技术与工程素养框架

中央电化教育馆 编

2021 年 11 月 26 日

中央电化教育馆《中小学人工智能技术与工程素养框架》编委会

主 任：杨 非

副主任：黄旭光

成 员：郭绍青 杨鸿武 郭威彤 张维昭 冯吉兵

刘国飞 宋 佳 鲁小勇 宿 庆

审 稿：顾建军 李维明 武法提 左明章 林君芬

目录

一、背景.....	1
二、“素养框架”领域构成.....	2
（一）“素养框架”领域构成概述.....	2
（二）设计“人工智能与人类”领域的主要考虑.....	3
（三）设计“人工智能与社会”领域的主要考虑.....	4
（四）设计“人工智能技术”领域的主要考虑.....	4
（五）设计“人工智能系统设计与开发”领域的主要考虑.....	5
三、“素养框架”主要内容.....	5
（一）培养目标.....	5
（二）概念定义.....	6
（三）“素养框架”内容.....	7
（四）“素养框架”对学校各学段培养的具体要求.....	14
四、“素养框架”应用建议.....	43
（一）为制定中小学人工智能课程标准提供参考.....	43
（二）为编写中小学人工智能教材提供建议.....	44
（三）为开展中小學生人工智能素养评价提供支持.....	45
参考文献.....	48

一、背景

人工智能始于 20 世纪 50 年代。随着大数据的积聚、理论算法的革新、计算能力的提升，人工智能在很多应用领域取得了突破性进展，正深刻改变着人们的学习、生活和生产方式，为社会发展注入了新的动力，同时也为教育尤其是基础教育变革带来了重大机遇与挑战。

为应对人工智能带来的影响，世界多国政府高度重视人工智能发展，纷纷进行统筹布局和顶层设计，以期在未来的国际竞争中占据优势地位。美国、英国、欧盟、日本等世界主要国家和地区相继发布了一系列人工智能相关发展战略与行动计划。2017 年我国国务院印发《新一代人工智能发展规划》，提出了面向 2030 年我国新一代人工智能发展的指导思想、战略目标、重点任务和保障措施，部署构筑我国人工智能发展的先发优势，加快建设创新型国家和世界科技强国。相关国际组织也越来越多地关注人工智能的发展。联合国发布的《关于机器人伦理的研究报告》、联合国教科文组织与世界科学知识与技术伦理委员会联合发布的《关于机器人伦理的初步草案报告》都探讨了人工智能及机器人技术的发展带来的各种问题，并提出了全新的思考方式与解决路径。

人才是人工智能发展的基础和根本。人工智能的快速发展，迫切需要在各级各类教育中加强人工智能人才培养。我国高度重视人工智能人才培养工作。习近平总书记在致国际人工智能与教育大会的贺信中指出：“把握全球人工智能发展态势，找准突破口和主攻方向，培养大批具有创新能力和合作精神的人工智能高端人才，是教育的重要使命”。国务院《新一代人工智能发展规划》提出：“实施全民人工智能教育项目，在中小学阶段设置人工智能相关课程，逐步推广编程教育”。教育部《教育信息化 2.0 行动计划》要求“充实适应信息时代、智能时代发展需要的人工智能和编程课程内容”。《普通高中信息技术课程标准(2017 年版)》正式纳入了人工智能、物联网、开源硬件、算法等相关内容。2019 年以来，教育部把“中小学人工智能教育”相关工作列入历年《教育信息化和网络安全工作要点》重点推进。

人工智能已经成为引领未来的战略性技术，现在的中小学生正处于智能社会的风口浪尖。一方面，国家鼓励高校在原有基础上拓宽人工智能专业教育内容，推进人工智能与数学、计算机科学、物理学、生物学、心理学、社会学、法学等学科专业教育的交叉融合，培养“人工智能+X”复合型人才。中学生在进入大学阶段后，各个学科知识的学习都将或多或少涉及人工智能相关知识。另一方面，

人工智能已经渗透到交通、教育、医疗、家居等社会各个领域，未来人们在日常生活、工作学习、外出旅游、娱乐社交等社会活动中，将随时处于人工智能应用与产品的环境中。面临智能社会的巨大挑战，中小学生必须为适应智能社会的学习、生活与工作环境做好准备。

国务院《新一代人工智能发展规划》发布以来，我国中小学人工智能教育开始进入快速发展轨道。但由于缺乏统一的学生能力素养框架、课程标准等，在中小学阶段开设人工智能课程仍然存在较多问题。比如：《高中信息技术课程标准》虽然纳入了人工智能相关内容，但只是作为选择性必修课程，且仅涉及“人工智能基础”、“简单人工智能应用模块开发”和“人工智能技术的发展与应用”三部分内容，缺乏从人工智能本质特性角度来系统培养学生人工智能学科核心素养的顶层设计。再如：据初步统计，2018年以来市面上陆续推出了上千种人工智能教材，已有上千所中小学开设人工智能课程，但因为没有统一的素养框架和课程标准为指导，这些教材绝大部分并不适合培养学生的人工智能学科核心素养，也没有形成完整的面向中小学的人工智能课程体系。因此，制定人工智能学科核心素养框架，推动人工智能教育从知识教育到素养教育的转变，已经成为现阶段在中小学领域推进人工智能教育的迫切需求。针对以上问题和需求，我们研究制定了《中小学人工智能技术与素养框架》（以下简称“素养框架”），旨在明确中小学人工智能学科核心素养的基本内容与要求，为在中小学阶段普及人工智能教育提供课程标准制定、教材编写和课程开设的参考和依据。

二、“素养框架”领域构成

（一）“素养框架”领域构成概述

人工智能技术是提高人类社会生产力的驱动力之一，而工程是生产力的直接转化，是改变人类生活、行业生产最直接的表现。人工智能对人和社产生最直接影响的载体是智能产品。将人工智能技术转化为智能产品服务于人类和社会，需要研究者们利用人工智能技术规划、研究、设计和制造满足人类和社会需求的产品形态，并管理与控制生产出的产品服务于人类和社会，这是一个复杂的系统工程。培养学生具备改造世界的工程思维，是促进当今社会向智慧社会转型的重要举措之一。人工智能技术转化为产品的过程是自然科学和社会科学的交叉应用，尤其涉及到人的思想、行为、能力等方面的内容，其中渗透了伦理、道德、责任等相关问题，需要培

养学生从工程的角度学习、认识和使用人工智能，并主动思考人工智能与人类、与社会的关系。为此，我们开发的“素养框架”，设计了人工智能与人类、人工智能与社会、人工智能技术、人工智能系统设计与开发 4 个领域内容，如图 1 所示。



图 1 “素养框架”的领域内容

在“素养框架”中设计上述 4 大领域内容的进一步考虑如下：

（二）设计“人工智能与人类”领域的主要考虑

人类的需求推动人工智能的发展，人工智能在发展过程中很大可能会补足人类的智能。但是，人工智能在带来一系列便利的同时，也可能给人类的未来发展带来极大的挑战和威胁。人工智能技术区别于其他技术的关键之处在于，未来人工智能技术可能实现对人类思维方式的模仿，拥有思考能力的人工智能将直接威胁人类的主体地位，让人类这个物种遭遇到有史以来最大的挑战。同时，人类

创造了复杂的社会结构，人类个体之间的社会交际创立了广泛的传统、习俗、制度、价值观以及法律，这些共同构成了人类社会的基础。未来的社会交际不仅仅局限于人类个体之间，更有可能出现在人类和人工智能之间。沙特阿拉伯已经授予汉森公司打造的“索菲亚”机器人公民身份，特别是“索菲亚”扬言要“毁灭人类”，这已经引发了人们的担忧。机器人拥有公民身份之后，是否和人类享有同样的权利，是否应该承担同样的义务，人们对此各执己见。如何合理看待人机关系，如何正确处理人机关系，值得我们深刻思考。因此，在“素养框架”中将“人工智能与人类”这一领域内容单独划分，以强调人工智能与人类之间复杂、深刻的关系，并进一步明确人工智能与人类之间可能产生的伦理道德问题是很有必要的。

（三）设计“人工智能与社会”领域的主要考虑

目前人工智能正在通过技术改变社会生产力，有可能进而改变生产关系，甚至改变社会结构和社会组成，从而完成对经济和社会的改变。我们结合唯物史观基本原理，通过研究人工智能对生产力、生产关系和上层建筑的正负面影响，发现人工智能正在作为特殊的因素以渗透性的方式影响生产力、生产关系和上层建筑等，刺激社会基本矛盾运动，将调适乃至颠覆和重塑人类社会发展的观念、架构与演进轨迹。如何处理人工智能与社会的关系，值得人们深刻思考。从本质上看，人工智能是人类智慧发展的一种新的技术表现形式，与社会发展相互关联、相互依存、相互促进，一旦偏离人类社会全面发展的轨道，人工智能就会迷失方向，耗竭内生动力。同时，若人类社会忽视人工智能，人类社会文明进步的节奏将会滞缓，甚至可能发生方向性的偏离。因此，在“素养框架”中设计“人工智能与社会”这一领域内容，强调人工智能对人类社会可能产生的深远影响是很有必要的。

（四）设计“人工智能技术”领域的主要考虑

人工智能是计算机科学与其他学科交叉的新型学科，也是一门极富挑战性的学科。人工智能技术的实现涉及到其他多个学科，例如心理学、哲学、语言学、运筹学、工程学等。人工智能时代背景下的学习者们需要知道人工智能技术可以用于解决身边、社会、国家甚至世界的相关问题，并通过学习人工智能技术的原理和过程方法，思考如何去利用这些人工智能技术解决具体的问题，如何选择和利用人工智能工具解决问题，如何使用合适的人工智能产品便利人们的生活，从而真正达到服务人类和社会的目的。因此，在“素

养框架”中设计“人工智能技术”这一领域内容，对促进学习者适应未来智能社会乃至加快建设创新型国家和世界科技强国都很有意义。

（五）设计“人工智能系统设计与开发”领域的主要考虑

进入 21 世纪以来，技术的不断进步，特别是人工智能技术的发展，大大减轻了人类学习低阶知识与技能的负荷，使得相关问题的解决变得越来越智能、越来越便捷。当前世界各国教育竞争对创新人才素质的要求，也更多地反映在完成复杂任务、解决问题的高阶思维能力方面。在“素养框架”中设计“人工智能系统设计与开发”这一领域内容，旨在从系统工程的角度，引导学生设计、开发和测试人工智能应用系统，以实现问题解决的最优化，这对于提升学生解决复杂问题的能力以及创新思维等高阶思维能力是很有帮助的。

三、“素养框架”主要内容

“素养框架”的目标不是为了在专门的人工智能课程中培养人工智能领域的专家，而是帮助学生掌握适应智能社会所需的必备品格和关键能力。这些品格和能力涵盖多个学科和课程领域，使学生能够更好地在智能社会生存与发展。一方面，人工智能本身就是一门跨领域的交叉学科，涵盖了技术、工程、数学、编程等多个领域的知识，人工智能技术与工程素养的培养也需要多个学科的有机联系。从这个角度来说，“素养框架”同样适用于 STEAM、创客、信息技术与通用技术等其他课程领域，以培养学生通用素养与各类相关学科素养。另一方面，“素养框架”既培养学生具备在智能社会生存与发展的基本伦理道德与社会规范，又培养学生系统设计、推理决策与管理评估等高阶思维能力，这些能力能够适当迁移应用到语文、数学、政治及其他相关学科，从而促进学生的全面发展。

（一）培养目标

在人工智能技术与工程素养的所有领域中，学生应该能够应用特定的思维和推理方式在实践中解决问题。具体从“理解人工智能技术原理、制定解决人工智能问题的方案并实现目标、沟通与协作”三个实践原则衡量学生的人工智能技术与工程素养。

理解人工智能技术原理。使学生通过主题知识的学习，掌握人工智能技术的基本原理，在人工智能产品或方案的设计和应用中内化人工智能技术的原理，并将人工智能技术迁移到其他领域以解决实际问题。

制定问题的解决方案并实现目标。使学生能够系统地使用人工智能技术知识、工具和技能来制定方案以解决实际问题和实现特定目标。既要使学生学会如何利用人工智能技术制定问题解决方案，也要培养学生根据具体问题、场景选取合适的人工智能技术的能力，尤其要注重计算思维和系统思维的培养。在制定和实施问题解决方案的过程中，使学生能够辩证看待人工智能技术带来的影响，形成科学合理的伦理道德规范。

沟通与协作。使学生能够很好地利用现代技术，在各种形式和场合中有效使用口语、书面语和非语言交流，清晰表达思想和想法，承担协作工作的责任，尊重团队成员的劳动，展示出与团队有效合作的能力。

（二）概念定义

本“素养框架”对“人工智能”、“工程”、“技术与工程素养”以及“人工智能技术与工程素养”选取了如下定义：

人工智能：研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。人工智能研究的问题包括推理、知识、计划、学习、自然语言处理、感知以及移动和操纵对象的能力。人工智能的出现不仅涉及自然科学，作为一个庞大的科学研究领域，还涉及哲学、伦理学等一些社会科学的领域。在人工智能的发展过程中，除了在技术层面不断推陈出新，还应当注意人工智能的局限性、潜在风险、道德规范和未来可能出现的机器意识、知觉和思维以及超智能等问题。

工程：通过系统方法实现对科学和数学的某种应用。通过这一应用，使自然界的物质和能源的特性能够通过各种结构、机器、产品、系统和过程，以最短的时间和最少的人力、物力形成高效、可靠且对人类有用的东西，以帮助人类实现特定的目标。

技术与工程素养：使用、理解、评估技术以及理解开发解决方案和实现目标所需的技术原理和策略的能力；科学地认识和理解技术与自然界之间关系的能力；在尊重自然规律的基础上改造世界、实现与自然界和谐共处、解决社会发展过程中遇到的难题的能力；了解和利用技术与工程学科基础工具的能力。

人工智能技术与工程素养：是智能时代个体生存与发展应具备的一种综合素养。从人工智能与人类、人工智能与社会、人工智能技术以及人工智能系统设计与开发四个维度出发，描述学生应具备理解人工智能技术原理、制定问题的解决方案、在交流与协作中实现目标的能力。

（三）“素养框架”内容

“素养框架”的实施对象是学习人工智能课程的中小学生，即未来社会的储备人才。但“素养框架”的受众不仅限于学习人工智能课程的中小学生，也包括人工智能课程的教育工作者和从事人工智能教育研究的研究人员。“素养框架”可以作为一个综合能力的评估框架，也可以作为人工智能课程的辅助框架（不是课程标准）。也就是说，它规定了学生在人工智能方面应该知道什么和能够做什么，也为教师在开展人工智能课程教学中应当教什么、如何教和教到什么程度提供目标参考。但该“素养框架”并不限定教师应当教授的内容、教授的时间和空间以及教授的方式等。

“素养框架”针对人工智能与人类、人工智能与社会、人工智能技术、人工智能系统设计与开发4个领域内容，提出了12个一级指标，以及对应的31个二级指标。“素养框架”结构如图2所示，框架指标的内涵描述如表1所示。

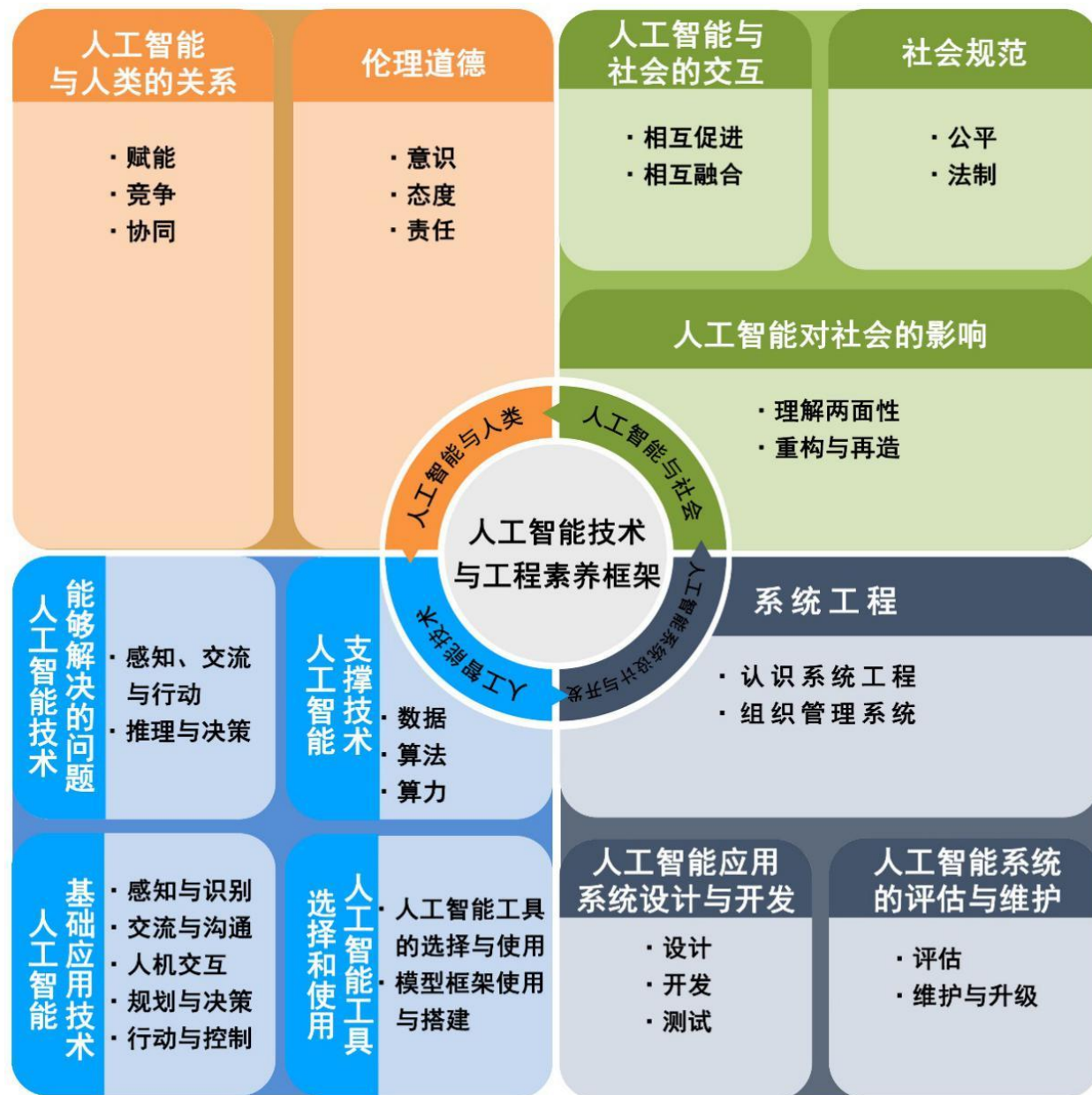


图2 “素养框架”图

表1 “素养框架”内涵描述

领域	一级指标	内 涵	二级指标	内 涵
人工智能与人类	人工智能与人类的关系	具备了人工智能的智能机器不但能够模仿人类的身体能力，也能够模仿人类的认知能力，与人类产生诸如辅助、协作、竞争等复杂关系。	赋能	1.人工智能是对人类行为能力和思维的模拟、延伸和扩展，使人类在人工智能技术的帮助下延展其各方面的能力； 2.人工智能已经越来越多地参与到人类生活的方方面面，帮助我们完成一些任务，例如各种智能产品的使用。
			竞争	1.当前人工智能处于感知智能阶段，已经使人工智能产品与人类产生了竞争关系，如部分工作岗位的竞争； 2.未来人工智能将发展到认知智能阶段，人工智能有可能拥有人类的智慧，与人类在认知、决策方面产生竞争关系。
			协同	1.人工智能会逐渐进入所有工作领域，一些综合、复杂的工作则需要专业人士和智能机器共同开展； 2.需要具备人机协同思维：强调个体充分认识自身和智能机器的长处与不足，做好人机之间的任务分工，从而实现优势互补； 3.人工智能的发展需要以人为本，以增进人类共同福祉为目标，最终实现与人类的和谐共存。
	伦理道德	围绕人工智能与人之间的关键伦理道德问题，探究人应该具有的伦理意识与态度，以及应当承担的责任，确保人工智能是服务于人类，是为人类的发展做出贡献的技术。	意识	1.虽然人工智能具有明显的优势，但人工智能并不是完美的； 2.人工智能可以促进人类的发展，人工智能的发展同样受到人类活动的影响； 3.人工智能可能带来数据泄露、单一或错误消息、就业压力、不公平、人与机器身份和权力边界模糊等风险。
			态度	1.辩证地看待人工智能带来的正面的和负面的影响，并正确看待人机关系； 2.能够勇于面对人工智能带来的风险，积极探索人工智能的实际应用，对人工智能的发展持积极态度； 3.对人工智能与人类关系的发展持乐观的态度，未来有利用人工智能，支持自己工作的想法。
			责任	1.能够在日常学习、工作和生活中合理、规范地使用人工智能技术或产品； 2.关注人工智能伦理道德问题，正确处理人机关系； 3.开发和应用人工智能产品时要遵守规则规范，承担一定的责任。

领域	一级指标	内 涵	二级指标	内 涵
人工智能与社会	人工智能与社会的交互	人类社会的发展推动了人工智能的变革，而人工智能的发展必然促进人类社会的发展与进步。智能时代的人类社会，将在人工智能的支撑下，成为一个更复杂的系统。人工智能技术的不断变革，最终将造就新的智能社会，人工智能将推动人类真实社会与智能虚拟社会相互融合。	相互促进	1.人类社会的发展推动了人工智能的变革。人工智能发展的曲折、螺旋式前进的过程，既源于过去社会发展过程中相关领域知识的积累，也源于当前社会发展过程中新元素的介入。这些新元素正在聚合发力，促使人工智能由学术牵引式发展迅速转变为需求牵引式发展； 2.人工智能将有效提升人类社会发展与进步。人工智能响应了社会生产力发展要求，是推动人类社会向智慧社会转型的必要核心技术。
			相互融合	1.人工智能已经渗透到人类社会生活的各个方面，智能时代的人类社会，将在人工智能的支撑下，成为一个更复杂的系统； 2.多种多样的人工智能产品将造就新的智能社会。人工智能将推动人类真实社会与智能社会相互融合，从而达成人类真实社会与智能虚拟社会的无缝衔接，实现智慧社会。
	人工智能对社会的影响	人工智能作为技术层面的革命，对社会既有积极的影响，也有消极的影响。人工智能正在对人类社会的各个行业进行重构，如医疗、交通、教育、物流、安防和制造等行业。未来它又将与社会经济变革、教育变革、思想文化变革等同步，掀起一轮新的产业革命。	理解两面性	1.人工智能作为一项技术，在推动人类社会进步同时，也可能对人类社会产生负面的影响； 2.在发展和使用人工智能的过程中，辩证地看待人工智能对社会产生的正面和负面的影响之间的关系，力争避免或减少其对社会造成负面的、破坏性的影响。
			重构与再造	1.人工智能正在重构医疗、交通、教育、物流、安防和制造等人类社会各个传统行业的生产运行方式； 2.人工智能正在再造新的产业，如智能机器人、无人驾驶、智慧城市等。
	社会规范	人工智能发展过程中会面临公平与法制问题，探究人工智能技术和应用带来的公平性问题，以及可能产生的法律挑战，确保人工智能技术的创造应服务于全体人类社会，保证人工智能健康、合法地发展。	公平	1.人工智能技术的创造应服务于全体人类社会，需要构建合理的机制，使全社会受益于人工智能技术的发展，避免数字鸿沟的出现； 2.大数据和算法是目前人工智能技术的核心，必须消除隐藏在数据集深处带有偏见观点的数据，同时保证算法透明与公正。
			法制	1.评估人工智能可能带来的法律风险，明确人工智能的发展需要遵守相关的法律规范； 2.人工智能技术的运用与发展，会带来新的法律问题，为了保证人工智能的健康发展，需制定完善有关人工智能应用的法律法规。

领域	一级指标	内 涵	二级指标	内 涵
人 工 智 能 技 术	人工智能能够解决的问题	人工智能技术通过模拟人的智能解决问题，人工智能技术能够解决的问题包括感知、交流与行动、推理与决策等问题，不同的问题需要不同的人工智能技术解决。	感 知、交 流 与 行 动	1.人工智能技术通过模拟人的视觉、听觉等感官感知外界信息，通过识别和理解自然语言与人交流，通过模拟人的行为使机器具备行动能力和操控能力； 2.人工智能技术可以解决人类社会中部分感知、交流与行动的问题，但是具有局限性。
			推 理 与 决 策	1.人工智能技术可以让智能机器模拟人脑产生思维能力，能够利用所掌握的知识做出合理的推理，并能做出规划与决策； 2.人工智能技术模拟的推理与决策能力可以更好地解决各领域的多种问题，但是具有一定的局限性。
	人工智能支撑技术	人工智能技术需要数据作为基石，利用算法实现，并需要一定的算力支持。数据为算法和模型提供基础，算法是人工智能技术的核心，海量的数据和高效的算力是支撑目前机器学习算法实现的基础。	数 据	1.数据是人工智能技术实现的重要基础，人工智能技术从数据中提取有用信息，归纳出知识和规律，为人类提供服务。不同的人工智能技术需要使用不同的数据； 2.数据可以通过不同方式获取，并需要对数据进行处理。数据的质量和数量会对算法的性能产生影响。
			算 法	1.人工智能技术需要算法来实现，不同的人工智能技术需要不同的算法； 2.人工智能技术发展迅速，不断涌现出大量的新算法，机器学习是目前实现人工智能技术的主流算法。
			算 力	1.算力为人工智能技术提供了计算能力的支撑，提升了人工智能产品运算性能； 2.部分人工智能技术的实现对接算力具有较高要求。
	人工智能基础应用技术	人工智能基础应用技术从感知、交流、思考、决策、行动等方面模拟、延伸和扩展了人的智能，为人工智能的行业应用奠定了基础；人工智能基础应用技术的实现方法涉及多个学科、与多种技术交叉，其发展受各相关学科发展的影响，反过来也影响相关学科的发展。	感 知 与 识 别	1.人工智能感知与识别技术模拟和扩展了人的感知与识别的能力，不同的应用领域需要不同的感知与识别能力，通过不同的人工智能技术来实现； 2.人工智能感知与识别技术的实现方法涉及计算生理学、计算心理学、计算机科学等多个学科。
			交 流 与 沟 通	1.自然语言是人类交流与沟通的主要工具，机器通过自然语言处理技术实现理解人类的语言和用自然语言与人类进行交流与沟通； 2.自然语言处理技术可以用于不同领域的自然语言和文字处理，通过不同的方法和技术来实现，其实现方法涉及语言学、认知科学、逻辑学和计算机科学等多个学科。

领域	一级指标	内 涵	二级指标	内 涵
人工智能技术	人工智能基础应用技术	人工智能基础应用技术从感知、交流、思考、决策、行动等方面模拟、延伸和扩展了人的智能，为人工智能的行业应用奠定了基础；人工智能基础应用技术的实现方法涉及多个学科、与多种技术交叉，其发展受各相关学科发展的影响，反过来也影响相关学科的发展。	人机交互	1.人机交互技术能够实现人与机器的信息交换，可以用多种方式实现人机交互技术； 2.不同的人机交互方式要用不同的方法和技术来实现，人们致力于利用人工智能技术实现自然、高效的人机交互方式； 3.人机交互技术的实现方法涉及认知心理学、人机工程学、计算机科学等学科。
			规划与决策	1.规划与决策技术模拟人进行理性规划与决策的思维过程，规划与决策技术可应用于许多领域，如政治、经济、军事、教育等，不同的人工智能技术可以解决不同的规划与决策问题； 2.规划与决策技术的实现方法涉及数学、管理学、运筹学、计算机科学等学科。
			行动与控制	1.机器人模拟了人行动和操控对象的能力，智能机器人利用人工智能技术实现自主行动和有目的地操纵对象； 2.机器人的行动与控制需要多种方法和技术来实现，其子问题包括机器感知、机器规划和机器控制； 3.机器人的行动与控制技术的实现方法涉及机械、自动化、计算机和人工智能等多个学科。
	选择和使用人工智能工具	当前已经积累了大量实现人工智能技术的工具和模型框架，可以根据需求选择适当人工智能工具或模型框架解决实际问题，也可以自行搭建模型。在实现人工智能产品的时候需要分析和权衡不同的人工智能工具或模型框架，并选择最优的人工智能工具或模型框架。	人工智能工具的选择与使用	1.随着人工智能技术的发展，目前已经出现了大量人工智能工具，这些人工智能工具可以用于人工智能产品的开发； 2.完整的人工智能应用需要多种人工智能技术和工具协同工作来实现。
			模型框架使用与搭建	当前已经搭建了许多人工智能模型框架（如 TensorFlow, Torch, Caffe 等），这些模型框架可以方便程序员开发人工智能工具和产品，也可以自行搭建更符合需求的模型。

领域	一级指标	内 涵	二级指标	内 涵
人工智能系统设计与开发	系统工程	从工程视角,对系统及系统各个组成要素进行分析、预测、评价,达到对问题的最优解决。	认识系统工程	1.人工智能应用系统的开发是一项系统工程,它是一项或多项组成要素的组合,以实现一个或者多个特定的目的; 2.开发人工智能应用系统需要对各个组成要素进行科学分析、优化设计,使其相互协调、相互配合,解决总体优化问题。
			组织管理系统	1.需要从解决问题的目的出发,对人工智能应用系统的各个组成要素及其相互关系进行组织管理; 2.通过对已有资源的调配、优化,实现人工智能应用系统对问题解决的最优化。
	人工智能应用系统设计与开发	运用系统工程的思想和方法,通过设计、开发、测试等环节,实现能够最大限度满足需求的人工智能系统。	设计	1.在设计人工智能系统时,为实现特定目的,针对具体问题,遵循科学、创新、实用、经济、人机、伦理、可持续、通用及安全等设计原则,设计人工智能应用系统解决方案; 2.在设计用以最大限度满足需求的人工智能应用系统时,需要根据设计的流程和方法,将现有知识有效组合,把握系统各组成要素间的相互作用。
			开发	1.根据人工智能应用系统的设计方案,选择合适的软硬件,最大限度地解决问题; 2.选用合适的算法,对软件和硬件进行改造,从而达到协调控制,实现问题的具体解决。
			测试	1.人工智能应用系统运行中会出现问题,要达到问题的最优解决、满足设计目的,需要对人工智能应用系统进行各类测试; 2.为最大限度找出人工智能应用系统在实际运行中可能出现的错误和问题,需要对其设计、开发中的各个环节进行不断的测试、修改和完善。
	人工智能应用系统的评估及维护	根据系统设计的定位和目标,对其运行结果进行评估;针对系统运行过程中出现的问题和可能遇到的新问题,进行持续维护和升级。	评估	1.对已开发的人工智能应用系统进行分析,评估其是否达成设计目的,从而得出运行结果报告; 2.针对运行结果,收集与已有人工智能应用系统相关的各项指标,得出综合评估结论。
			维护与升级	1.为提供稳定和更优质的人工智能应用系统,需要对其运行情况进行不断的监控,及时解决出现的问题; 2.对运行过程中出现的新问题,选择相应的软硬件、算法予以解决,实现解决方案的更新; 3.组合新的软件、硬件,改进算法,最大限度地满足新的需求和体验。

（四）“素养框架”对学校各学段培养的具体要求

1.人工智能与人类

人工智能并不是人的智能，但能模拟人类，像人类那样思考。人工智能技术在发展过程中可能会补足人类的智慧，促进人类的快速进步，当然也可能会超过人类的智能，成为超越人类的存在。在这样的复杂变化过程中，人类应树立科学合理的伦理观，正确看待和处理人机关系，坚持人类在人机关系中占据主导地位的原则。人工智能技术的发展应当受到人类的制约，促进人工智能与人类的良好发展，实现未来人工智能与人类的和谐共生。

（1）人工智能与人类的关系

早期人工智能主要是对人类行为能力的模拟，智能机器仅仅代替人类做一些简单工作。时至今日，人工智能的概念已经被大大扩展，人们希望通过对人工智能的研究，将它用于模拟和扩展人的智能，辅助甚至代替人们实现更多功能。随着科学技术的不断发展，未来的人工智能甚至可能超越人类，与人类产生诸如辅助、协作、竞争等复杂关系。对此，针对“人工智能与人类的关系”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 2 所述。

表 2 小学、初中、高中学段“人工智能与人类的关系”素养要求

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能与人类的关系	赋 能	应该知道： H.K.1:生活中的智能产品能够像人类一样能听会说、能看会认、能理解会思考。	应该知道： H.K.1:人工智能可以模拟人类智能,还可以延伸人类智能。例如,手术机器人可以更精准、灵活地为医生的决策和操作提供充分支持。	应该知道： H.K.1:目前还处于弱人工智能阶段,在未来的超人工智能阶段,人工智能可以扩展人类智能,使人类突破生物载体的限制。
		H.K.2:人工智能是模拟人类行为能力和思维能力的一种技术。	H.K.2:人工智能可以模拟人的行为能力和认知能力,尤其在模拟人类情绪感知能力、情绪表达能力、情绪理解能力和情绪调节能力上会有一些突破,从而提高人类的生活品质。例如,可以感知人类情感的机器人“Pepper”。	H.K.2:在未来,人工智能应用与人类实现越来越广泛深入的数字化连接扩展,从而使人类的能力更强大。
		能够做到： H.A.1:体验某一人工智能产品,说出该产品模拟了人的哪些能力。	能够做到： H.A.1:举例说明人工智能在延伸人类智能方面的具体应用。	能够做到： H.A.1:分析人工智能将会在哪些方面扩展人类智能。
	H.A.2:列举生活中常用的人工智能产品,分析这些智能产品都模拟了人类的哪些能力。	H.A.2:总结延伸人类智能方面的应用给人类带来的好处。	H.A.2:阐述当人工智能在扩展人类智能上有所突破时,它将赋能人类的表现。	
	竞 争	应该知道： H.K.3:人工智能使机器开始看懂和听懂,做出判断,采取一些简单行动,替代人类做简单、重复性的工作,从而对人类的就业产生了影响。	应该知道： H.K.3:人工智能不仅在行为方面代替人类做一些简单、重复的工作,而且能够像人类一样有智慧、会思考,与人类在认知、决策方面产生竞争关系。	应该知道： H.K.3:人工智能能够代替人类去做一些体力劳动甚至脑力工作,它可以做得更加公平、优秀,工作效率会更高。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能与人类的关系	竞争		H.K.4: 虽然人工智能会取代人类部分工作机会,但同时也会创造出新的工作岗位。	H.K.4: 在未来,智能机器人可能与人类享有同等的权利和义务,作为智能人与人类产生竞争关系。
		能够做到: H.A.3: 列举人工智能代替人类工作的具体场景。	能够做到: H.A.3: 思考人工智能一旦拥有人类智能,将应用在哪些领域,并分析它与人类产生的竞争关系。	能够做到: H.A.3: 结合特定的人工智能应用领域,辩证分析人工智能和人类之间的竞争关系。
		H.A.4: 描述目前人工智能能够代替的工作有何特点。	H.A.4: 讨论人工智能在应用过程中将会产生哪些新的工作岗位。	H.A.4: 分析一旦智能人享有人类的权利和义务,将会与人类产生哪些竞争关系。
	协同	应该知道: H.K.4: 人工智能会逐渐进入所有就业领域,简单、重复、危险的工作将会被智能机器取代。而一些综合、复杂的工作则需要专业人士和智能机器共同开展。	应该知道: H.K.5: 在人机协同中,人类和智能机器承担不同的任务。	应该知道: H.K.5: 在人机协同中,除了人类介入的时机和方法外,智能机器为人类提供的决策依据是否可靠也很重要。
			H.K.6: 在人机协同中,人类应发挥主导作用。	H.K.6: 在人机协同中,人类不仅需要主导分配任务,更应该调节人机协同过程,使人与智能机器和谐共存。
		能够做到: H.A.5: 列举生活中人机协同的具体案例。	能够做到: H.A.5: 分析人机协同特定案例中,人类和智能机器各自的优势与不足。	能够做到: H.A.5: 分析人工智能在人机协同中的应用效果,总结其带来隐私、安全等方面的潜在风险。
		H.A.6: 讨论人机协同具体案例中,人和智能机器各自承担哪些任务。	H.A.6: 针对特定的人机协同案例,对人机之间的任务进行分工,以达到优势互补。	H.A.6: 说明如何以服务人类为宗旨来设计和开发人工智能,最终实现人机和谐共存。

注:H (Human) 表示“人工智能与人类”领域; K (Knowledge) 表示“知道的知识”; A (Activity) 表示“做到的活动”。

（2）伦理道德

人工智能技术的进步，使机器正从被动工具向能动者转变。在未来强人工智能和超人工智能阶段，机器可以像人一样具有感知、认知、规划、决策、执行等能力，机器在某些方面可以超越人类甚至替代人类，这在伦理道德方面提出重大挑战。人类在开发和应用人工智能技术或产品时，需要明确人类应该具有的伦理意识与态度，以及应当承担的责任，确保人工智能的发展能够以人为本、服务于人类、为人类谋福祉，最终实现人类与机器和谐共生的美好愿景。对此，针对“伦理道德”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表3所述。

表3 小学、初中、高中学段“伦理道德”素养要求

学段 指标		小 学	初 中	高 中
伦 理 道 德	意 识	应该知道： H.K.5: 人工智能存在许多优势，为人类带来许多便利，但同样存在一定的不足。	应该知道： H.K.7: 人工智能可以促进人类发展，但也带来了一定的问题。	应该知道： H.K.7: 人工智能可以促进人类发展，人工智能的发展同样受到人类活动的影响。
		H.K.6: 在使用人工智能产品的时候可能会泄露人们的个人信息，存在一定风险。	H.K.8: 人工智能可能带来数据泄露、单一或错误消息等问题。	H.K.8: 人工智能可能带来数据泄露、单一或错误消息、就业压力、不公平、人与机器身份和权力边界模糊等风险。
		能够做到： H.A.7: 讨论某一人工智能产品的优点。	能够做到： H.A.7: 阐述特定人工智能产品的优势和不足。	能够做到： H.A.7: 总结某一人工智能技术对人类发展的促进作用，并分析人类活动如何影响该技术的发展。
		H.A.8: 举例说明给定的人工智能产品在实际应用过程中可能存在的风险。	H.A.8: 分析使用特定的人工智能产品可能带来的风险，并从个人角度提出防范措施。	H.A.8: 分析所开发的人工智能产品的优势、不足以及可能带来的风险。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
伦理道德	态度	应该知道: H.K.7: 人工智能带来的影响既有正面的, 也有负面的。	应该知道: H.K.9: 人工智能带来的影响有两面性, 当前的人工智能应用在人类日常活动中有明显优势。	应该知道: H.K.9: 人工智能可能带来一定的风险, 人类能发挥主导作用调控人工智能发展。
		H.K.8: 未来人工智能的发展是值得期待的。	H.K.10: 人工智能虽然带来一定的风险, 但未来人工智能的发展是值得期待的。	H.K.10: 人工智能与人类之间具有较为复杂的关系, 但未来人机关系的发展是乐观的, 从事人工智能相关工作是有价值的。
		能够做到: H.A.9: 描绘未来人工智能发展的美好愿景。	能够做到: H.A.9: 辩证理解特定的人工智能技术或产品带来正面和负面的影响, 讨论积极应对负面影响的方法。	能够做到: H.A.9: 辩证分析特定的人工智能技术应用与人类的关系, 描述未来人工智能与人类和谐共生的美好愿景。
	责任		H.A.10: 举例说明某一人工智能技术在实际应用中存在的风险, 表达面对风险的想法。	H.A.10: 制定利用人工智能技术支持未来职业发展的规划。
		应该知道: H.K.9: 使用具体的人工智能产品应遵守的规则规范。	应该知道: H.K.11: 使用人工智能技术或产品可以便利人类的生活, 未来的智能机器也应当服从人类给予它的命令, 不得伤害人类个体。	应该知道: H.K.11: 在人工智能的开发和应用时对其做必要的规制, 在规制的基础上尽可能的保证人工智能产品或系统的发展。
		H.K.10: 开发和应用人工智能产品是为了提高人类日常活动的效率, 机器应当以服务于人类的需求而存在的。	H.K.12: 人工智能技术或产品的开发应遵守规则规范, 使用人工智能技术和产品时应承担相应的责任。	H.K.12: 在开发和使用各种人工智能技术和产品时要承担相应的责任。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
伦理道德	责 任	能够做到： H.A.10: 表达如何正确使用特定的人工智能产品。	能够做到： H.A.11: 讨论特定的人工智能产品如果不服从人类命令时可能带来的问题与风险。	能够做到： H.A.11: 总结某人工智能技术带来的安全与伦理问题，提出人类进行规制的方法。
		H.A.11: 针对某个人工智能特定应用，讨论不正确使用人工智能产品可能带来的问题。	H.A.12: 结合特定的人工智能产品，分析设计与应用该产品时需要遵循的规范和承担的责任。	H.A.12: 针对某一人工智能系统中潜在的伦理道德问题，综合分析人工智能系统的开发和使用中的责任主体及其在开发和使用中应承担的责任。

注：H（Human）表示“人工智能与人类”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

2.人工智能与社会

自 1956 年人工智能概念第一次被提出以来，经过 60 多年的发展，人工智能所处的信息环境和数据基础已经发生深刻改变，人工智能已由学术牵引式发展迅速转变为需求牵引式发展。以人工智能技术为代表的第四次科技革命正在改变人类社会的各个方面，如生活环境、学习环境、工作环境等，它的发展将促使新型社会状态的生成与嬗变。在此过程中，要健全人工智能发展相关的法律条款，以保证人机协同、跨界融合、共创分享智能时代的健康与高效。

（1）人工智能与社会的交互

机器与人类有着不可分割的关系，机器由人所造、为人所用。人与机器的交流互动自然也成为人工智能不可回避的问题。人类社会的发展推动了人工智能的变革，而人工智能的发展必然促进人类社会的发展与进步。智能时代的人类社会，将在人工智能的支撑下，成为一个更复杂的系统。人工智能技术的不断变革，最终将造就新的智能社会，并将推动人类真实社会与智能虚拟社会相互融合。对此，针对“人工智能与社会的交互”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 4 所示。

表 4 小学、初中、高中学段“人工智能与社会的交互”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
人工智能与社会的交互 相互促进	应该知道: S.K.1:人工智能是社会不断进步和发展的产物。	应该知道: S.K.1:人工智能的进步既来源于过去社会发展相关领域知识的积累,也源于当前社会发展新元素的推动与促进。	应该知道: S.K.1:人工智能产品和系统的开发受到不同社会发展水平和人类需求的影响,同时社会需求又会被人工智能的渗入所推动。
	S.K.2:人工智能产品已经进入社会的各个领域,并促进了社会的发展,例如人脸识别、智能机器人。	S.K.2:人工智能不断进步,有效提升了人类社会生产效率,将有效推动智慧社会的构建。	S.K.2:人工智能技术的引进和使用对社会所带来的变化可以从渐进到迅速,从细微到明显。人工智能将是构建智能社会甚至智慧社会的牵引力。
	能够做到: S.A.1:描述特定人类社会需求是如何影响人工智能产品的应用。	能够做到: S.A.1:通过阐述特定人工智能产品的原理,说明哪些相关领域知识或社会发展新元素促进了这些人工智能产品的应用。	能够做到: S.A.1:通过分析特定人工智能产品或工具的原理,思考特定人类社会需求是如何影响人工智能产品的应用,指出这些人工智能产品或工具的发展方向。
	S.A.2:列举特定社会领域人工智能产品,并描述这些人工智能产品的功能。	S.A.2:通过阐述特定人工智能产品的功能,说明这些人工智能产品如何促进相关领域社会发展与进步。	S.A.2:通过分析特定社会领域人工智能产品或工具功能、原理以及优缺点等,优化特定人工智能产品或工具的应用方式,使其产生更大的社会效益。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能与社会的交互	相互融合	应该知道: S.K.3: 人类社会中已经存在多种类型的人工智能产品。	应该知道: S.K.3: 多种多样的人工智能产品组合将造就新的智能社会。	应该知道: S.K.3: 人工智能将推动人类真实社会与智能社会相互融合,从而达成人类真实社会与智能社会无缝衔接。
		S.K.4: 人工智能产品已经在很多方面改变人类社会的关系。	S.K.4: 人工智能产品和工具形成智能社会将改变人类社会的现有关系,人类社会的需求也将推动智能社会的进一步发展。	S.K.4: 智能社会与人类的社会融合是必要且逐步推进的,其融合过程需要时间、社会、技术等多方推动,最终目的是实现智慧社会。
		能够做到: S.A.3: 举例说出有可能改变人类社会关系的人工智能产品。	能够做到: S.A.3: 判断某种特定人工智能产品或工具是否是构成智能社会的要素及所扮演的角色。	能够做到: S.A.3: 描述某种特定人工智能产品如何影响或推动了智能社会的形成。
		S.A.4: 针对特定人工智能产品,列举这些人工智能产品与人类社会发生或形成的新关系。	S.A.4: 总结说明该智能产品或工具使用前后,其影响领域下的新型社会关系与原有社会关系的区别。	S.A.4: 推测智能社会与人类社会的融合需要哪方面支持,该方面又是如何影响或推动了智慧社会的形成。

注:S (Society) 表示“人工智能与社会”领域; K (Knowledge) 表示“知道的知识”; A (Activity) 表示“做到的活动”。

(2) 人工智能对社会的影响

人工智能是一次技术层面的革命。人工智能作为技术层面的革命,对社会有积极的影响,也有消极的影响。人工智能对社会的影响主要体现在智能机器人、智能金融、智能医疗、智能安防、智能驾驶、智能搜索、智能教育、智能制造系统等国民经济的各个行业、各个领域。未来它又将与社会经济变革、教育变革、思想文化变革等同步,掀起一轮新的产业革命。对此,针对“人工智能与社会的影响”这一指标,本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定,具体如表 5 所示。

表 5 小学、初中、高中学段“人工智能与社会的影响”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
人工智能对社会的影响	应该知道: S.K.5:人工智能应用有可能会对社会带来正面和负面的影响。	应该知道: S.K.5:尽管人工智能的前景广阔,可改善生活环境、生产环境、学习环境等社会环境,但也有可能对社会运作造成一定的困扰,甚至破坏社会环境。	应该知道: S.K.5:人工智能技术具有两面性,并且随着社会的发展而变化。人工智能的发展会不断克服其自身缺点,最终在与社会的相互影响下,达到动态平衡。
	S.K.6:人们设计和开发人工智能产品的目的是对社会产生积极影响。	S.K.6:人工智能产品或工具对社会环境的影响是复杂的,不能单纯认为是正向或负向的,需要辩证地理解。	S.K.6:在人工智能产品和工具的开发、维护和应用等生命周期内,要综合考虑对社会的影响,尽可能扩大其积极影响,避免消极影响。
	能够做到: S.A.5:列举特定人工智能产品对社会产生了哪些影响。	能够做到: S.A.5:阐述特定人工智能产品或工具对社会产生影响的原因。	能够做到: S.A.5:分析并预测特定人工智能产品或工具对人类社会影响的发展趋势。
	S.A.6:针对特定人工智能产品,列举可采取什么措施来减少其可能带来的负面影响。	S.A.6:针对特定人工智能产品或工具,讨论其可能产生的社会影响因素之间的制约关系。	S.A.6:针对特定人工智能产品或工具应用现状,设计一个创新的、可持续的人工智能产品或工具应用方案,以尽可能减少其对社会的负面影响。
重构与再造	应该知道: S.K.7:人工智能已应用于人类社会的诸多领域,使人类社会发生了巨大变化。	应该知道: S.K.7:人工智能会对现有的社会传统产业进行改造,提高了社会生产效率。	应该知道: S.K.7:人工智能正在重构医疗、交通、教育、物流、安防和制造等人类社会各个传统行业的生产运行方式。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能与社会的 影响	重构与再造		S.K.8: 人工智能正在再造新的产业，如智能机器人、无人驾驶、智慧城市等。	S.K.8: 随着人工智能技术的不断进步与发展，人工智能再造的新兴产业，如智能机器人、无人驾驶、智慧城市的生产运行方式也在不断变化。
		能够做到： S.A.7: 列举特定社会领域应用了人工智能产品后发生了什么变化。	能够做到： S.A.7: 阐述特定社会领域的人工智能应用，并说明其可能对该领域造成哪些改变。	能够做到： S.A.7: 分析现有特定社会领域中人工智能产品应用的发展动力、方式、发展趋势以及人工智能在改变社会资源配置和结构变化等方面的作用。
			S.A.8: 列举特定新兴产业领域的人工智能产品或工具。	S.A.8: 分析特定新兴产业领域中的人工智能产品或工具的发展动力、发展方式、发展趋势。

注：S（Society）表示“人工智能与社会”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

（3）社会规范

当前人工智能的发展还处于初级阶段，技术依然面临着智能发展不确定、算法黑箱、数据不安全等风险。目前人工智能本质上是一种建立在大数据基础上的自我学习、判断和决策的算法。大数据是人工智能系统进行决策推理的基础，为了保证决策推理的公平、公正，必须确保大数据资源及其决策算法的透明公正。同时，我们也应该意识到，人工智能工具极有可能被不法分子利用，进行违法犯罪活动；或者由于设计上的缺陷或者硬件缺陷、故障等原因，致使人工智能工具实施了危害行为。因此，面对复杂的环境，既要顺应人工智能的发展大势，把技术进步与社会公平、法治相结合，重视人工智能对社会公平、法治的推动作用，又要防范人工智能可能会给社会公平、法治带来的新风险与新挑战。对此，针对“社会规范”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 6 所示。

表 6 小学、初中、高中学段“社会规范”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
社会规范	公平	应该知道: S.K.8: 当使用人工智能产品时,涉及社会公平问题。	应该知道: S.K.9: 人工智能发展过程中的不公平性,将造就新的“数字鸿沟”,从而阻碍社会的进步与发展。
		S.K.9: 设计开发人工智能产品时应该公平地面向全体人类。	S.K.10: 对大数据和算法的治理既要考虑到大规模数据的收集与利用,又要考虑个人隐私的保护、数据价值的分配、数据安全等。
		能够做到: S.A.8: 列举特定人工智能产品的功能,指出这些人工智能产品在适用条件或范围上的局限性。	能够做到: S.A.9: 分析导致特定人工智能产品和工具不公平使用的原因,说明如何有效消除“数字鸿沟”。
	法制	S.A.9: 针对特定需求人群,列举这些人群可用的人工智能产品。	S.A.10: 领会数据的重要性,针对特定人工智能技术和产品,说明如何避免隐藏在数据集中的不公平。
		应该知道: S.K.10: 使用人工智能产品可能会对他人和社会造成危害。	应该知道: S.K.11: 人工智能技术的发展促进了社会生活各个方面的繁荣发展,但是对现有法治体系构成了挑战。
		应该知道: S.K.11: 人工智能技术的运用不当,会带来严重后果,甚至会触犯法律。	

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工 智能 与 社会 规范	法制	S.K.11: 使用人工智能产品需要遵守相关的法律规定。	S.K.12: 人工智能产品的运用和发展会带来新的法律问题。	S.K.12: 需要制定完善的法律准则和法治体系，来保证人工智能技术的健康发展。
		能够做到: S.A.10: 举例说明不当使用人工智能产品可能造成的社会危害的类型。	能够做到: S.A.11: 列举不当使用人工智能产品或工具的案例，归纳总结出这些案例涉及的法律问题。	能够做到: S.A.11: 分析特定不当使用人工智能产品或工具的案例，指出这些人工智能产品或工具对现有法治体系构成哪些挑战。
		S.A.11: 举例说明如何更安全地使用特定人工智能产品。	S.A.12: 通过分析人工智能产品或工具可能带来的社会影响，解释为什么人工智能技术的使用需要完善的法治体系来支撑。	S.A.12: 通过一个人工智能系统的实例，说明如何制定相应的法律措施来避免对人工智能技术不当使用所产生的危害。解释为什么人工智能技术的使用需要完善的法治体系支撑。

注:S (Society) 表示“人工智能与社会”领域; K (Knowledge) 表示“知道的知识”; A (Activity) 表示“做到的活动”。

3.人工智能技术

人工智能技术通过对人的行为和思维方式的模拟使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作，从而帮助人类解决许多问题。不同时代、不同应用领域需要不同的人工智能技术来模拟不同的人类智能。人工智能技术通过算法来实现，深度学习算法是本轮人工智能发展的核心力量。深度学习算法需要大量的数据和强大的算力作为支撑。目前深度学习已经在图像识别、语音识别与合成、自然语言处理等多个领域取得突破，一些基础应用技术逐渐成熟，并形成了相应的产品和服务。大量的人工智能模型、框架、服务和平台方便人们利用现有的人工智能工具或产品来解决问题。

(1) 人工智能技术能够解决的问题

人工智能技术的目标是能够让计算机和机器模拟人的智能从而解决各种问题。人工智能技术能够解决的问题包括感知、交流与行动、推理与决策等问题，不同的人人工智能问题需要用不同的人人工智能技术解决。人工智能技术正在深入到人类社会中，助力人类解决工作、生活、学习等多种问题，但是当前的人工智能技术在解决许多问题时还具有局限性。人工智能系统可以独立地或和其他系统合作来解决各种复杂问题。对此，针对“人工智能技术能够解决的问题”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 7 所示。

表 7 小学、初中、高中学段“人工智能技术能够解决的问题”素养要求

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人 工 智 能 技 术 能 够 解 决 的 问 题	感 知 、 交 流 与 行 动	应该知道： T.K.1: 人工智能产品通过模拟人的思维和行为，获得感知、交流与行动的能力，来帮助人解决问题。	应该知道： T.K.1: 人工智能技术能够对环境信息进行感知，实现与人和外界环境进行交流并采取行动，可以帮助人解决许多问题，不同的问题需要用不同的人人工智能方法解决。	应该知道： T.K.1: 人工智能系统通过智能感知、自然语言交互以及自主控制等方式，使机器具备感知、交流与行动的能力，满足人们的需求。
		T.K.2: 开发和使用人工智能产品目的是为了更好解决生活、工作、学习中的感知、交流与行动等问题。	T.K.2: 人工智能技术可以解决人类社会中感知、交流与行动的问题，但是具有局限性，在很多方面不能替代人类。	T.K.2: 人工智能系统可以独立或与其他系统合作来解决多种感知、交流与行动的问题，然而人工智能解决感知、交流与行动问题具有局限性。
		能够做到： T.A.1: 针对某个人工智能产品，阐述该产品如何做到像人一样具有感知、交流与行动的能力。	能够做到： T.A.1: 针对某个具体的人工智能应用，分析该应用具有哪些感知、交流与行动的能力。	能够做到： T.A.1: 设计某个具体的包含感知、交流与行动的人工智能解决方案，并分析该方案的优点与局限性。
		T.A.2: 使用人工智能产品来解决一个简单的感知、交流与行动的问题。	T.A.2: 针对某个具体的人工智能问题，设计具有感知、交流与行动能力的解决方案。	T.A.2: 针对某个人工智能系统，评估解决感知、交流与行动问题的过程，并对该系统给出改进建议。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人 工 智 能 技 术 能 够 解 决 的 问 题	推 理 与 决 策	应该知道： T.K.3: 人工智能技术使机器模拟人脑的思维能力，机器就具有知识推理能力，能对事件做出正确的判断。	应该知道： T.K.3: 人类的思考方式体现在能够运用知识进行推理，而计算机通过知识表示和推理算法来模拟人的思维能力。	应该知道： T.K.3: 人工智能技术利用过程性知识和推理性知识，通过逻辑推理来解决复杂的决策问题。
		T.K.4: 人工智能利用推理与决策技术可以更好地解决生活、工作、学习中的多种问题。	T.K.4: 人工智能技术通过推理机制可以做出决策，很多问题的决策转化为推理问题。解决不同的问题使用不同的推理与决策方法。	T.K.4: 人工智能系统可以高效地处理信息，做出合理的决策，完成各种复杂的操作。利用人工智能技术解决推理与决策问题，还具有一定的局限性。
		能够做到： T.A.3: 针对某个具体的人工智能产品，识别该产品是否具有推理与决策的能力。	能够做到： T.A.3: 针对某个相对复杂的推理与决策问题，设计利用人工智能方法解决该问题的方案。	能够做到： T.A.3: 针对某个具体人工智能问题，设计具有推理与决策能力的解决方案，分析该方案在解决问题时的优点和局限性。
		T.A.4: 使用人工智能产品解决某个推理与决策的问题。	T.A.4: 针对某个具体的人工智能应用，阐述其推理与决策的原理和工作流程，分析该流程的优点和局限性。	T.A.4: 针对某个具体的人工智能系统，评估其解决推理与决策问题的过程，并对该系统给出改进建议。

注：T（Technology）表示“人工智能技术”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

（2）人工智能支撑技术

人工智能技术需要数据作为重要基础，通过算法和一定的算力支撑来实现。人工智能技术通过多种方式获取数据资源，提供给人工智能算法使用。随着人工智能技术的发展，大量的新算法被提出，机器学习是目前实现人工智能技术的主流算法。不同的人工智能问题需要用不同的算法来解决，不同的算法性能不同。随着人工智能问题的求解越来越复杂，一些人工智能算法需要计算机提供更强大的算力支撑。对此，针对“人工智能支撑技术”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 8 所示。

表 8 小学、初中、高中学段“人工智能支撑技术”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
人工智能 支撑技术	应该知道: T.K.5: 人工智能技术通过不同途径获取数据。不同的人人工智能技术需要使用不同的数据。	应该知道: T.K.5: 机器将通过各种方式输入进来的文字、照片、视频等都作为数据,数据是人工智能技术实现的重要基础。	应该知道: T.K.5: 数据是人工智能发挥作用的重要因素,通过不同途径获取的数据是不同的,获取的数据不一定满足需求,需要对原始数据进行相关处理。
	T.K.6: 人工智能产品采集数据并不是目的,挖掘数据中 useful 信息,为人类生产生活提供服务才是数据应用的目的。	T.K.6: 数据是信息的载体,人工智能技术能够从数据中发现蕴含的信息,进而获得知识与规律。	T.K.6: 数据为算法和模型提供基础,数据的数量和质量都会影响算法性能与效果。
	能够做到: T.A.5: 使用某个人工智能产品采集数据,并观察采集到的数据。	能够做到: T.A.5: 针对某个具体的人工智能应用,阐述该应用通过哪些方式获取数据。	能够做到: T.A.5: 针对某个具体人工智能系统,分析采集数据的数量和质量对人工智能系统性能和效果的影响。
	T.A.6: 通过观察人工智能产品采集到的数据,阐述可以获得哪些信息和发现哪些规律。	T.A.6: 针对某个具体人工智能应用,阐述数据处理与分析的原理和工作流程,利用程序模块进行数据处理与分析。	T.A.6: 通过编程实现人工智能系统中数据采集和处理过程,观察不同数量和质量的数据对人工智能系统性能的影响。
	应该知道: T.K.7: 计算机是通过算法来实现人工智能技术的,实现人工智能技术的算法有很多种。	应该知道: T.K.7: 算法是人工智能技术的核心,不同的人人工智能技术需要不同算法实现。	应该知道: T.K.7: 人工智能技术通过算法来实现,同一个人工智能问题可以用不同的算法来解决,但是性能不同。
	T.K.8: 不同的人人工智能问题采用不同的算法来解决,每个算法有各自的优点和局限性。	T.K.8: 人工智能技术用算法分析数据并提取特征,训练模型,然后求解问题。目前人工智能技术主要通过机器学习算法实现,机器学习算法需要大量数据和算力,进行规则的输出。	T.K.8: 对于解决特定的问题,某些算法比其他算法表现出更优的性能;目前的算法并不完美,有待继续研究。随着技术发展,有很多新算法被提出来。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能 支撑技术	算 法	能够做到: T.A.7:针对某个简单的人工智能问题,通过流程图表示出该问题的解决步骤。	能够做到: T.A.7:针对某个具体的人工智能技术,阐述该技术所用的算法原理,并给出该算法的流程图。	能够做到: T.A.7:针对某个具体人工智能问题,能够用不同的算法来解决该问题,并对比分析不同算法的优点与局限性,分析算法性能优劣的原因。
		T.A.8:针对某个具体的人工智能产品的功能,用程序模块实现该产品功能的算法。	T.A.8:针对某个具体的人工智能问题,选择合适的算法来解决该问题,进而利用程序模块编程实现该算法。	T.A.8:针对某个人工智能系统,评估所涉及的各类算法的优点和局限性,提出改进建议。探讨优化算法性能的可行方案。
	算 力	应该知道: T.K.9:计算机使用 CPU、GPU 等硬件来实现人工智能产品的功能,不同的硬件具有不同的计算能力,算力会影响人工智能产品的性能。	应该知道: T.K.9:人工智能产品的运行需要算力的支撑,随着人工智能技术解决问题的复杂性的增长,需要计算机提供更强大的计算能力。	应该知道: T.K.9:不同的人工智能产品对算力的要求不同。一些人工智能技术需要短时间、低功耗地完成复杂计算,需要强大的并行计算和分布式计算能力作为支撑。
			T.K.10:计算能力除了利用高性能的 CPU,还需要 GPU、TPU 等专用芯片。人工智能技术中部分算法在专用芯片上会获得更优的性能。	T.K.10:人工智能技术中的部分算法的实现需要使用专用芯片,例如: GPU、TPU、FPGA、ASIC 和类脑芯片等芯片,不同的专用芯片对算法性能的影响不同。
		能够做到: T.A.9:针对某个具体的人工智能产品,观察在不同硬件平台上运行的性能差异。	能够做到: T.A.9:针对某个特定的人工智能应用,观察并分析在专用芯片平台上和非专用芯片平台上运行的差异。	能够做到: T.A.9:设计某个具体的人工智能应用问题的解决方案,根据需求选择合适的算力硬件配置。
		T.A.10:针对某个具体的人工智能产品,观察该产品具有哪些算力芯片和硬件配置。	T.A.10:分析市面上算力芯片在人工智能领域的应用,评估各类算力芯片的优点和局限性。	T.A.10:针对某个人工智能应用,对不同算力配置从资源、性能等方面进行权衡,并根据需求给出最优方案。

注:T (Technology) 表示“人工智能技术”领域; K (Knowledge) 表示“知道的知识”; A (Activity) 表示“做到的活动”。

(3) 人工智能基础应用技术

随着深度学习算法工程化实现效率的提升和成本的逐渐降低,一些人工智能基础应用技术逐渐成熟,并形成了相应的产品或服务。当前人工智能行业应用的实现主要是基于计算机视觉、智能语音、自然语言处理、推理与决策、行动与控制等人工智能基础应用技术,实现对人的行为与思维方式的模拟。了解人工智能基础应用技术的原理、实现过程及其局限性,有助于合理地利用人工智能技术解决现实问题。对此,针对“人工智能基础应用技术”这一指标,本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定,具体如表9所示。

表9 小学、初中、高中学段“人工智能基础应用技术”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
人工 智能 基 础 应 用 技 术	应该知道: T.K.10: 人工智能感知与识别技术可以模拟人对外界环境的感知与识别能力。	应该知道: T.K.11: 有许多人工智能技术可以实现机器的感知和识别能力,不同的人工智能技术能够实现不同的感知与识别能力。	应该知道: T.K.11: 人工智能感知与识别技术的实现涉及计算生理学、计算心理学、计算机科学等多个学科,与多种技术交叉,有多种实现方法。
	T.K.11: 现阶段的人工智能在感知与识别能力方面还有局限性。	T.K.12: 由于技术限制,现阶段的人工智能技术对人类感知与识别能力的模拟还有局限性。	T.K.12: 人工智能感知与识别技术的发展依赖于相关学科的发展,其发展的局限性源于各相关学科发展的局限性。人工智能感知与识别技术的发展也会促进相关学科的发展。
	能够做到: T.A.11: 针对某个具体的人工智能产品,识别其模拟了哪些感知或识别的能力。	能够做到: T.A.11: 针对具体的人工智能感知与识别技术,阐述其工作原理、实现的主要方法及过程,并利用程序模块设计和实现该技术。	能够做到: T.A.11: 考虑某种具体的感知与识别的场景,设计方案解决其中的感知与识别的问题,对用到的人工智能感知与识别技术进行评估,探讨改进技术的可能性。
	T.A.12: 编程实现机器的某种感知和识别能力。	T.A.12: 针对某一具体应用,利用人工智能感知与识别技术设计方案,模拟人感知与识别的能力。	T.A.12: 设计一个能够感知和识别的人工智能系统,考虑该系统对人的感知和识别能力的模拟方法,编程实现该系统并对实现的系统进行评估,提出改进建议。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能基础应用技术	交流 与 沟通	应该知道: T.K.12:自然语言是指人类使用的语言,如汉语、英语等。自然语言处理技术能够实现人与计算机之间利用自然语言进行交流与沟通。	应该知道: T.K.13:自然语言是人类交流和思维的主要工具,是人类智慧的结晶。自然语言处理技术能够让机器理解自然语言的内容,不同的自然语言应用领域需要不同的自然语言处理技术来实现。	应该知道: T.K.13:通过语言能实现人与人之间,机器与机器之间,甚至人与机器之间的信息传递,自然语言处理技术的实现方法涉及语言学、认知科学、逻辑学和计算机科学等多个学科,与多种技术交叉,有多种实现方法。
		T.K.13:现阶段的自然语言处理技术在实现人与机器交流与沟通的应用中还有局限性。	T.K.14:由于技术的限制,自然语言处理技术在实现人与机器交流与沟通的能力上还具有局限性。	T.K.14:自然语言处理技术的发展依赖于相关学科的发展,其局限性源自各相关学科发展的局限性。自然语言处理技术的发展也会促进相关学科的发展。
		能够做到: T.A.13:针对一个具体的人工智能产品,识别其中用到的自然语言处理技术。	能够做到: T.A.13:针对具体的自然语言处理技术,阐述其工作原理、实现的主要方法及过程,并利用程序模块实现该技术。	能够做到: T.A.13:利用自然语言处理技术解决某种具体的交流与沟通的问题,对其中用到的自然语言处理技术进行评估,探讨改进技术的可能性。
	人 机 交 互	T.A.14:编程实现简单自然语言处理技术的应用。	T.A.14:针对某个具体应用,利用自然语言处理技术设计人与计算机之间使用自然语言交流与沟通的方案。	T.A.14:设计一个能够与人交流与沟通的人工智能系统,考虑系统利用自然语言处理技术与人交流与沟通的实现方法。编程实现该系统并对实现的系统进行评估,提出改进的建议。
		应该知道: T.K.14:人机交互技术实现了人和计算机之间的信息交换,可以用多种方式实现人机交互,但是现阶段的人机交互方式还具有局限性。	应该知道: T.K.15:人机交互技术可以实现人与计算机之间的交互,完成确定任务中的人与计算机之间的信息交换过程。	应该知道: T.K.15:人机交互技术可以实现人与计算机之间传递、交换信息的过程,它实现信息的内部形式与人可以接受形式之间的转换。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能基础应用技术	人 机 交 互	T.K.15: 智能交互方式可以使人机交互像人与人交互一样自然、方便。	T.K.16: 不同的人机交互方式要用不同的方法和技术来实现,由于技术的限制,现阶段的人机交互技术还有局限性。	T.K.16: 人机交互技术的实现方法与多种技术交叉,涉及认知心理学、人机工程学、计算机科学等学科,有多种实现方法。
			T.K.17: 智能交互方式利用人工智能技术实现更加自然、高效的人机交互。	T.K.17: 人机交互技术的发展依赖于相关学科的发展,现阶段该技术的局限性源自于各相关学科发展的局限性。人机交互技术的发展也会促进相关学科的发展。
		能够做到: T.A.15: 感受不同的人机交互过程,阐述各种人机交互方式之间的差别。	能够做到: T.A.15: 针对具体的人机交互技术,阐述其实现的主要方法和过程,并利用程序模块实现该技术。	能够做到: T.A.15: 考虑某种具体的人机交互问题,设计方案并解决该交互问题,对其中所用的人机交互技术进行评估,探讨改进技术的可能性。
		T.A.16: 编程实现简单的语音或体感交互的应用。	T.A.16: 针对某种人机交互应用场景,设计人机交互方案,能够实现自然、方便、高效的人机交互。	T.A.16: 设计具有多种人机交互方式的人工智能系统,编程实现该系统并对实现的系统进行评估,提出改进的建议。
	规 划 与 决 策	应该知道 T.K.16: 一些人工智能产品可以模拟人通过思考进行规划与决策的过程。	应该知道: T.K.18: 人工智能应用中的规划与决策的能力是通过规划与决策技术实现的,不同的应用领域需要不同的规划与决策技术。	应该知道: T.K.18: 规划与决策技术需要与其他多种技术相互协作来解决具体的问题。规划与决策技术的实现方法涉及数学、管理学、运筹学、计算机科学等学科,与多种技术交叉,有多种实现方法。
		T.K.17: 现阶段的人工智能技术在规划与决策能力上还有局限性。	T.K.19: 由于技术的限制,现阶段的人工智能技术在实现规划与决策能力上还有局限性。	T.K.19: 规划与决策技术的发展依赖于各相关学科的发展,其局限性源自各相关学科发展的局限性。规划与决策技术的发展也会促进相关学科的发展。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能 基础应用 技术	规 划 与 决 策	能够做到： T.A.17: 针对一个具体的人工智能产品，识别该人工智能产品是否模拟了人的规划和决策的能力。	能够做到： T.A.17: 针对具体的规划与决策技术，阐述其原理及实现的主要方法和过程，并利用程序模块实现该技术。	能够做到： T.A.17: 设计某种具体的规划与决策问题的解决方案，对其中用到的规划与决策技术进行评估，探讨改进技术的可能性。
			T.A.18: 针对某一具体问题，利用规划与决策技术设计解决方案，模拟人进行规划与决策的能力。	T.A.18: 针对某种实际应用，设计一个能进行规划与决策的人工智能系统，编程实现该系统并对实现的系统进行评估，提出改进的建议。
	行 动 与 控 制	应该知道： T.K.18: 机器人模拟了人的行动和控制能力，其形态多样，被应用于不同领域，机器人的行动和控制是通过编写的程序来实现的。	应该知道： T.K.20: 许多机器人的行动与控制能力不是智能的，人工智能技术允许机器人执行更复杂的动作，如感知、规划和解决问题、自主行动等。	应该知道： T.K.20: 智能机器人能够实现自主行动和有目的地操控对象，这些能力需要通过感知系统、规划系统和控制系统实现，这些系统之间相互作用，协同工作。
		T.K.19: 现阶段机器人的行动和控制能力还具有局限性。	T.K.21: 不同的行动与控制能力需要不同的方法和技术实现。由于技术的限制，机器人在对人的行动与控制的模拟方面还具有局限性。	T.K.21: 机器人的行动与控制技术与多种技术交叉，涉及机械、自动化、计算机和人工智能等多个学科，有多种实现方法，该技术的发展依赖相关学科的发展，其局限性源于相关学科发展的局限性。行动与控制技术的发展也会促进相关学科的发展。
		能够做到： T.A.18: 识别生活中不同种类的机器人。	能够做到： T.A.19: 辨别生活中的智能机器人，针对某一智能机器人，识别其中的智能行为。	能够做到： T.A.19: 针对某种具体应用，设计利用智能机器人解决问题的方案，分析其中用到的行动与控制技术，对这些技术进行评估，讨论改进技术的可能性。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工 智能 基础 应用 技术	行 动 与 控 制	T.A.19: 编写程序实现让机器人说话和行动。	T.A.20: 针对某一具体应用，搭建机器人，并编程实现机器人的智能行为。	T.A.20: 设计一个能自主行动和操纵对象的机器人系统，考虑该机器人对人的行为和思想的模拟方法，编程实现该机器人系统并对实现的系统进行评估，提出改进方案。
			T.A.21: 设计一个方案，实现机器人的某种行动与控制能力。	

注:T (Technology) 表示“人工智能技术”领域；K (Knowledge) 表示“知道的知识”；A (Activity) 表示“做到的活动”。

(4) 选择和使用人工智能工具

随着人工智能技术的发展，基于人工智能技术开发了大量的模型、框架和服务等人工智能工具，方便不同学科背景 and 不同需求的用户设计、开发和定制人工智能产品。近年来，深度学习方法成为设计和实现人工智能工具的主要方法，深度学习框架也成为目前主流的人工智能工具。百度、腾讯、科大讯飞、谷歌等公司均推出提供各种人工智能工具的人工智能平台，人们可以利用已有的人工智能工具实现人工智能应用，也可以自行搭建更符合应用需求的模型和框架。对此，针对“选择和使用人工智能工具”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 10 所示。

表 10 小学、初中、高中学段“选择和使用人工智能工具”素养要求

学段 指标		小 学	初 中	高 中
选择 和 使用 人 工 智 能 工 具	人 工 智 能 工 具 的 应 用	应该知道: T.K.20:人工智能产品的开发可以采用现成的人工智能工具,这些工具有不同的用途。	应该知道: T.K.22:人工智能技术的发展积累了大量的人工智能工具,现有的一些人工智能平台提供人工智能工具。	应该知道: T.K.22:当前已经出现了大量的人工智能工具,这些工具在功能、性能、使用方式上各不相同,了解不同的人工智能工具的特性有助于针对具体任务选择最佳的工具。
		T.K.21:不同的人工智能工具适合不同的应用,如一些工具用于语音识别和图像识别,一些人工智能工具则适合于文字处理。	T.K.23:不同的人工智能工具能完成不同的工作,同一个人工智能工具也可能用于不同的人工智能产品的开发。	T.K.23:不同的人工智能工具采用不同的技术和方法,深度学习框架是当前重要的人工智能工具,对人工智能的发展产生了深远影响。
			T.K.24:在一个具体的人工智能应用中,综合了多种人工智能技术和工具,每种技术和工具起到不同的作用。	T.K.24:一个完整的人工智能应用需要采用多种人工智能工具,这些工具相互关联,协同工作,实现应用的各个功能。
		能够做到: T.A.20:针对具体的人工智能产品,指出可以使用什么人工智能工具来实现。	能够做到: T.A.22:使用给定人工智能工具来完成某种人工智能任务,包括收集、分析和呈现语音信息、图像信息、文本信息,实现语音识别、人脸识别等任务。	能够做到: T.A.21:选择已有的人工智能工具完成一个特定应用,解释该应用的使用领域及对相应人工智能工具的选择理由,编程改善其性能。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
选择 和 使用 人工 智能 工具	人工智 能工 具的 应用	T.A.21: 使用现成的人工智能工具实现一个人工智能产品（如智能对话机器人，送餐机器人等）。	T.A.23: 针对一个具体的人工智能任务，选择合适的人工智能工具来完成该任务。	T.A.22: 分析一些人工智能工具中使用的人工智能技术和方法，选择使用多种人工智能工具来完成某种较复杂的任务场景。对特定的工具，能够通过修改程序代码来改善其性能。
	模型框 架使用 及搭建	应该知道： T.K.22: 现有的人工智能技术可以通过模型框架来实现。	应该知道： T.K.25: 近年来，深度学习成为了设计和实现人工智能工具的主要方法，深度学习模型是当前的主流模型。	应该知道： T.K.25: 当今有一些主流的人工智能模型框架，如 TensorFlow，Caffe，PyTorch 等，这些模型框架可以用于人工智能产品的开发。
				T.K.26: 可以直接使用现成的模型框架实现人工智能应用，也可以自行搭建模型。
			能够做到： T.A.24: 根据具体的应用，利用给定的平台训练深度学习模型。	能够做到： T.A.23: 利用某种模型框架（如 TensorFlow）中提供的模型开发或改进人工智能应用。
				T.A.24: 选择框架搭建简单的人工智能模型。

注:T (Technology) 表示“人工智能技术”领域；K (Knowledge) 表示“知道的知识”；A (Activity) 表示“做到的活动”。

4.人工智能系统设计与开发

人工智能系统解决问题是一个系统分析的过程，需要理解和运用系统工程的思想和方法，对各个组成要素进行分析、预测、评价，以实现问题的最优解决。在人工智能应用系统的设计与开发中，需要运用系统工程的思想和方法，通过设计、开发、测试等环节，实现能够最大限度满足需求的人工智能系统。人工智能应用系统设计、开发后，需要根据设计的定位和目标，对运行结果不断评估，并针对出现的问题和可能遇到的新问题，进行持续性的维护和升级。

（1）系统工程

人工智能是一项系统工程，它是一项或多项组成要素的组合，以实现一个或者多个特定的目的。人工智能系统需要对各个组成要素进行科学分析、优化设计，使其相互协调、相互配合，解决总体优化问题。在组织管理系统中，需要从解决问题的目的出发，对人工智能系统的各个组成要素及其相互关系进行组织管理；并通过对已有资源的调配、优化，实现人工智能系统对问题解决的最优化。对此，针对“系统工程”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 11 所示。

表 11 小学、初中、高中学段“系统工程”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
系统工程	认识 系统工程	应该知道： E.K.1: 生活中的人工智能产品是多要素共同配合实现功能的。	应该知道： E.K.1: 从系统工程的角度来说，人工智能系统是不同要素组合来实现目的的。
		E.K.2: 人工智能系统各组成要素之间是相互协调、相互配合的关系。	E.K.2: 人工智能系统通过各要素的相互协调、相互配合实现对问题的最优解。
	能够做到： E.A.1: 描述生活中人工智能产品是如何共同配合完成相应功能的。	能够做到： E.A.1: 从系统工程的角度，描述人工智能系统的各组成要素及相互协调、相互配合关系。	能够做到： E.A.1: 对某一特定人工智能系统进行分析，描述为实现对问题的最优解决目的，系统的组成要素和要素间是如何协调、配合的。
	组织 管理系统	应该知道： E.K.2: 生活中的人工智能系统是通过资源的合理调配实现问题解决的。	应该知道： E.K.3: 人工智能系统需要对有限的资源进行组织管理。
		E.K.3: 在人工智能系统的设计中，能够使用到的资源是有限的。	E.K.4: 为实现人工智能系统对问题的最优解，需要对有限的资源进行合理的调配。
		E.K.4: 为实现人工智能系统对问题的最优解，需要对有限的资源进行合理的调配。	E.K.4: 人工智能系统通过不同的过程对有限的资源进行调配和优化。
	能够做到： E.A.2: 描述生活中的某一特定人工智能产品都对哪些资源进行了合理调配以实现问题的解决。	能够做到： E.A.2: 针对某个特定的人工智能系统，描述该系统是如何对有限资源进行合理调配的。	能够做到： E.A.2: 针对某个特定的人工智能系统，分析其对哪些资源进行了组织管理与调配优化，并描述调配和优化的过程。

注：E（Engineering）表示“人工智能系统设计与开发”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

（2）人工智能应用系统设计与开发

人工智能应用系统的设计与开发包括设计、开发、测试三个环节。在设计人工智能系统时，为实现特定目的，需要针对具体问题，遵循科学、创新、实用、经济、人机、伦理、可持续、通用及安全等设计原则，设计人工智能系统解决方案。在设计以最大限度满足

需求的人工智能系统时，需要根据设计的流程和方法，将现有知识有效组合，把握系统各组成要素间的相互作用。在开发人工智能系统阶段，需要根据设计方案，选择合适的软硬件，最大限度地解决问题；并选用合适的算法，对软件和硬件进行改造，从而达到协调控制，实现问题的具体解决。在人工智能系统设计开发结束后的测试环节，为最大限度找出人工智能系统在实际运行中可能出现的错误和问题，需要对设计、开发中的各个环节进行不断测试以修改和完善系统。对此，针对“人工智能应用系统设计与开发”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 12 所示。

表 12 小学、初中、高中学段“人工智能应用系统设计与开发”素养要求

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能应用系统设计与开发	设计	应该知道： E.K.3: 开发一个人工智能产品前，需要根据解决问题的目标进行设计。	应该知道： E.K.5: 开发人工智能系统需要从问题的实际需求出发，以解决问题为目的，进行方案设计。	应该知道： E.K.5: 人工智能系统的目的是解决现实的问题，需根据一定的原则与流程进行方案设计。
		E.K.4: 设计人工智能产品的时候需要在需求分析的基础上完成方案设计。	E.K.6: 需要根据一定的原则和流程完成设计方案。	E.K.6: 在设计方案的过程中，需要采用系统工程的方法完成方案的设计，并对比分析不同方案的优缺点。
	开发	能够做到： E.A.3: 根据某个特定人工智能产品的应用，能够提供简单的设计方案。	能够做到： E.A.3: 针对特定的人工智能系统，依据设计的原则和流程，给出该系统的设计方案。	能够做到： E.A.3: 依据系统的设计原则和流程，给出一个人工智能系统的详细设计方案，能够最大限度满足系统的需求，并分析该设计方案的优缺点。
		应该知道 E.K.5: 人工智能产品是在软、硬件及算法的共同控制下实现的。	应该知道： E.K.7: 开发人工智能系统时，需要借助编程语言，选择合适的算法编程实现功能。	应该知道： E.K.7: 开发人工智能系统时，需从多个角度借助合适的计算机算法实现软硬件的配合。
		E.K.6: 开发一个特定的人工智能产品需要使用相应的程序模块编程实现，并在计算机或硬件平台上运行。	E.K.8: 程序的运行需要合适的软、硬件的支撑。	E.K.8: 需要从不同角度分析编程语言、软硬件环境、算法对开发的人工智能系统性能的影响。

学段 指标		小 学	初 中	高 中
人工智能应用系统设计 与开发	开 发	能够做到： E.A.4: 利用实验平台开发某个特定人工智能产品。	能够做到： E.A.4: 选择合适的软、硬件和算法，开发一个特定的人工智能系统。	能够做到： E.A.4: 针对同一问题的不同解决方案，选择合适的软、硬件和算法，实现利用人工智能解决该问题的系统，并对比分析不同软硬件和算法对系统性能的影响。
		应该知道： E.K.7: 人工智能产品解决问题时可能会出现不足或错误，需要对开发的人工智能产品进行测试以发现存在的问题。	应该知道： E.K.9: 测试是人工智能系统开发中必不可少的环节，需要通过测试发现问题并予以解决。	应该知道： E.K.9: 人工智能系统的测试是细致、复杂的过程，是系统投入使用前最重要的环节之一。
	测 试		E.K.10: 测试人工智能系统时需要制定测试方案，并对可能出现的问题要有改进的计划。	E.K.10: 对人工智能系统的测试需要提出不同的测试方案，测试方案的选择会影响测试结果的准确性。
		能够做到： E.A.5: 针对某个特定的人工智能产品，测试该产品是否有不足或错误，并提出解决方法。	能够做到： E.A.5: 对开发的特定人工智能系统设计测试方案并进行测试，对出现的问题进行改进。	能够做到： E.A.5: 对开发的人工智能系统制定测试方案并进行测试，对出现的问题进行改进。分析不同测试方案对问题改进的影响，选择最优的测试方案。

注：E（Engineering）表示“人工智能系统设计与开发”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

（3）人工智能系统的评估及维护

为促进已开发的人工智能系统的实际应用并分析和评价应用效果，需要收集人工智能系统相关的各项指标，得出综合评估结论。为提供稳定和更优质的人工智能系统，还需要对其运行情况进行不断监控，并及时解决出现的问题。同时，对人工智能系统运行过程中出现的新问题，需要选择相应的软硬件和算法予以解决，实现解决方案的更新。为最大限度地满足新的需求和体验，需要组合新的

软件、硬件，并改进算法。对此，针对“人工智能系统的评估及维护”这一指标，本框架分别从理论与实践两个方面对小学、初中、高中三个学段应掌握的内容做了详细的界定，具体如表 13 所示。

表 13 小学、初中、高中学段“人工智能系统的评估及维护”素养要求

学段 指标	小 学	初 中	高 中
人工智能系统的评估及维护	应该知道： E.K.8: 人工智能产品性能的好坏需要在实际应用的过程中评估。	应该知道： E.K.11: 人工智能系统需要在实际运行的过程中对其性能进行评估。	应该知道： E.K.11: 人工智能系统投入实际应用后，需要对系统的运行效果进行评估，为系统的升级迭代提供依据。
	能够做到： E.A.6: 对特定人工智能产品，描述该产品性能上的优劣。	能够做到： E.A.6: 对开发的特定人工智能系统，从不同角度进行评估，并对比评估结果。	能够做到： E.A.6: 对某个人工智能系统根据不同指标，用不同方法设计评估方案，对比评估方案优劣。
	应该知道： E.K.9: 人工智能产品会存在缺陷，需要监测产品运行状态，并对产品进行维护。必要时，需要对产品进行升级。	应该知道： E.K.13: 人工智能系统存在缺陷，在应用的过程中需要及时维护，并且有相应的解决方案。当人工智能系统不能满足需要的时候，需要对其进行升级。	应该知道： E.K.13: 人工智能系统在运行时需要进行监控以发现系统存在的缺陷，对出现的缺陷需要制定解决方案，以维护系统的正常运行。必要时，可以对系统进行升级以提升系统的性能。
	能够做到： E.A.7: 对开发的人工智能产品，说出一些维护该的方法。	能够做到： E.A.7: 对特定的人工智能系统，设计方案进行维护，提出出现问题的解决方案，思考系统升级的必要性。	能够做到： E.A.7: 对某个人工智能系统，设计维护方案，对系统出现问题进行分析，并制定问题的解决方案或系统的升级方案。

注：E（Engineering）表示“人工智能系统设计与开发”领域；K（Knowledge）表示“知道的知识”；A（Activity）表示“做到的活动”。

四、“素养框架”应用建议

（一）为制定中小学人工智能课程标准提供参考

课程标准是教材编写、教学、评估、考试命题的依据。中小学人工智能课程标准的制定，需要根据本学段学生人工智能技术与工程素养的主要内容与表现形式，结合人工智能学科的特点，提出本学段人工智能技术与工程素养的具体目标。需要结合人工智能学科特色和本学段学生人工智能技术与工程素养要求，安排人工智能学科知识，并根据素养目标和人工智能内容特点提出有针对性的教学建议，以促进学生人工智能技术与工程素养的形成。

为了在课程标准中全面渗透知识与技能、过程与方法以及情感态度与价值观这三个层次的目标，发展学生的能力与素养，可以从“理解人工智能技术原理、制定问题的解决方案并实现目标、沟通与协作”三个维度，并从“素养框架”的四个领域阐述具体目标。例如，在“理解人工智能技术原理”维度，可以描述人工智能与人类的关系，说明人工智能技术对社会环境的改变，对比不同人工智能技术的特点，分析人工智能系统的需求；在“制定问题的解决方案并实现目标”维度，可以开发符合人类观念和准则的人工智能技术方案，判断解决方案对社会的影响，选择和使用适当的人工智能技术来实现目标，解决系统应用过程中产生的问题；在“沟通与协作”维度，可以表达人工智能技术模仿人类智能的解决方案，撰写人工智能对社会环境造成影响的演示文稿，交流人工智能技术的实现过程，撰写系统解决方案。

课程标准可以在“素养框架”二级指标下制定学习目标，选择课程内容，提供活动建议。教师可以从课程标准中选用课程内容和活动建议，也可以结合学校情况开展更切合实际的教学活动。教师应该将“素养框架”作为教学设计与实施的准则，整体把握课程标准的设计思路，了解课程标准在人工智能技术与工程素养培养上的要求，正确定位每节课的教学目标与课程目标。教师应从学生的认知发展规律出发，通过体验、理解、应用、创新、反思五个环节设计课堂教学活动，为学生提供丰富的学习机会，包括探究的机会，综合运用知识解决真实情境问题的机会，展示分享的机会，讨论辩论的机会等。

（二）为编写中小学人工智能教材提供建议

教材是课程标准的具体化，直接影响课程标准的落实。人工智能教材作为教师教学和学生学习的重要凭借，联结着课程标准和日常的课堂教学，在人工智能技术与工程素养的落实方面有着举足轻重的地位。人工智能教材的编写与开发应以课程标准为依据，全面落实课程标准所提出的课程理念和课程目标，使教材起到支持教师开展教学、促进学生学习的作用。

教材编写过程中，需要准确把握学生在不同学段能达到的表现水平，充分考虑和照顾到学生个体的差异，对“素养框架”进一步分解和细化；需要在“素养框架”下谨慎、仔细地审视和筛选应当让学生掌握的必备人工智能知识与技能，以及应当培育的学生情感、态度、价值观；需要从发展学生人工智能技术与工程素养的角度，对知识与技能进行重组，分解和细化不同学段、不同年级、不同单元的课程目标和内容，设计出更加真实、贴近学生生活的情境性活动，从而发展学生的人工智能技术与工程素养。

教材内容的选择，应该按照课程目标的要求，体现对学生人工智能技术与工程素养的培养，体现人工智能与人类、人工智能与社会、人工智能技术、人工智能系统设计与开发的统一。教材内容应以精选人工智能核心技术为主题，引导学生通过体验活动学习人工智能技术。所选择的主题应对应课程标准中的主要概念，并且是中小學生可以通过体验和探究进行学习的内容，同时要紧密联系中小学生的生活经验，让学生能在实际生活中认识人工智能的应用。

教材的内容应具有一定的弹性，既能保证学生有创新拓展的空间，又便于教师在教学中灵活处理。可以通过设置基于项目式的学习任务，来引导学生在自主探究、动手操作和解决问题的过程中将“知识”与“技术”有效融合，主动理解知识、掌握技能、发展能力。

教材内容要充分反映人工智能技术的发展和对人类及社会的影响，体现科学性与前瞻性。要始终渗透人工智能技术与工程素养的培养，并有意识地设计反映人工智能伦理的相关活动，引导学生正确认识人工智能技术的发展，合理使用人工智能产品，并逐步养成负责、健康、安全的人工智能技术使用习惯。

教材内容的编排应遵循一定的逻辑，使学生形成对所学内容的清晰认识。具体的编排方式可以多种多样，比如以人工智能核心技术的学习为主线，以探究能力的进阶培养为主线，或以综合能力的提升为主线等。

教材内容的呈现方式，应当考虑学生的心理特点，体现趣味性、生动性和活动性。要以学生观察世界的角度和自主学习活动的方式来表述，而不是以成人的角度和传授知识的方式来表述。一般不以结论加原理解释的方式呈现课程内容，而要尽可能通过设计相应的学习活动引导学生通过体验、探究得出结论，给学生的自主学习留有充分的空间。

（三）为开展中小学生人工智能素养评价提供支持

质量标准是学生人工智能技术与工程素养在学业上的具体体现。学生人工智能技术与工程素养可以为衡量学生全面发展状况提供评判依据，通过将人工智能技术与工程素养与质量标准相结合，可以更加有效地指导教育教学实践；结合内容标准后还可以用来指导教育评价，监测学生人工智能技术与工程素养达到的程度，并最终促进学生人工智能技术与工程素养的形成和发展。

评价的内容包括基础知识、学习能力和探究能力，以及问题解决、团队合作、情感价值观等多种能力。通过评价的合理实施，确保授课质量，激发学生学习、应用人工智能技术的兴趣，促进学生人工智能技术素养的发展。

在人工智能教学过程中，应通过灵活多样的评价方式激励和引导学生学习。教师应注意观察学生个体和整个小组的操作及活动过程，分析典型的人工智能作品。不仅要考察学生利用人工智能技术解决问题的能力，还要考察小组成员协作完成的情况。要引导学生利用评价结果反思和改进自己的作品，发挥评价与学习的相互促进作用。

评价应面向全体学生，尊重学生的水平差异和个体差异，不仅要体现学生们是否都达到某一共同标准，还要体现学生们在不同起点上的提高。要用多样化的评价方式让学生甚至家长主动参与到评价中，增强学生自主评价的积极性。

评价应注重过程性评价与总结性评价相结合，理论性评价与实践性评价相结合，组内评价与组间评价相结合。过程性评价主要包括对学生在课堂上的表现情况、学习活动的完成情况等进行评价。总结性评价是对学生学习整册课程的整体情况进行评价。理论性评价主要通过学生在课堂中的回答问题情况来评价学生对基本知识的掌握程度。实践性评价主要通过对学生作品的完成情况来进行评价。组内评价要体现学生在小组活动中的参与程度和合作程度。组间评价要体现作品的创新型和交流表达的能力。

在评价学生的人工智能技术与工程素养时，需要设计一定数量的评价任务，提供完成任务所需的必要知识，明确所使用工具的功能特点，并确定需要从哪些方面评价学生对任务的反应。评价任务的设计应从学科和活动任务的基本要求出发，评价情境的创设要科

学合理。要有利于引导学生人工智能技术与工程素养的提高，注重评价的信度和效度。各种形式的测评相互补充，才能较为全面地评估学生的人工智能技术与工程素养。

评价的实施可以从“理解人工智能技术原理、制定问题的解决方案并实现目标、沟通与协作”三个维度进行。

为了评价学生对人工智能技术原理的理解程度，可以要求学生执行各种评价任务。例如：描述、分析和解释人工智能技术对人类和社会带来的潜在影响；分析和讨论人工智能技术涉及的伦理和道德问题；比较人工智能技术的成本和收益；解释不同人工智能技术之间的关系等。

为了评价学生制定问题的解决方案并实现目标的能力，可以要求学生基于对人工智能技术原理的理解，运用人工智能知识来解决新的问题，并在分析人工智能技术潜在的正面和负面影响的基础上提出解决方案。解决问题的做法可以通过分析人工智能技术的使用，收集关于其影响的数据和信息，分析数据、解释结果和评估备选方案等一系列任务来体现。

为了评价学生的沟通与协作能力，需要让学生利用人工智能技术解决问题，并通过沟通与协作对问题做出回答。例如，为了解决人工智能技术与社会中的问题，可以让学生使用各种方式来表达和交流关于人工智能技术的优点和缺点的想法和观点。可以安排学生们团队协作，收集整理关于人工智能技术对社会环境潜在影响的资料；可以要求学生展示互动、协作和团队工作的能力；也可以要求学生使用各种方法来分享合作成果。

评价内容可以包含如下几种：

新知学习：考察学生对本标准所涉及的课程内容的掌握情况。可以通过学生在课堂中、活动小组中的参与程度、回答问题的情况、合作互助的情况来评价。

自主探究：考查学生解决问题的方式和能力。包括（1）自信心：有强烈参与活动的意识，不回避困难；探究性：（2）积极探究、独立思考，寻求解决问题的思路；（3）反思：具有反思自己操作过程意识，并通过反思优化自己的认知结构。

合作交流：考查学生进行人工智能课程学习和探究所必须具备的基本态度。包括（1）交流：对老师提出的问题踊跃发言，作为小组成员仔细地倾听他人观点；（2）协作：作为小组成员尊重他人并公平分配学习任务，小组学习、讨论气氛热烈，操作有序、和谐；（3）分享：创设多维、多视角的动态思维和批判方式，体验、分享创造成功的喜悦。

学习效果：考查学生对知识掌握和动手实践能力的综合应用。包括（1）达成度：利用已经学习的基本知识，结合“探究实验”、学习单、教具操作指南，正确认识和分析项目问题，并发挥创意、有逻辑地给出解决问题的思路，最终合作完成项目；（2）情感：在参与学习活动过程中，培养好奇心、求知欲，通过成功体验锻炼意志、增强自信心。

参考文献

- [1] 中国电子学会. 新一代人工智能发展白皮书(2017 版)[R]. 北京. 2017.
- [2] 中国电子技术标准化研究院. 人工智能标准化白皮书(2018 版)[R]. 北京. 2018.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部发布《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020 年)》[EB/OL]. (2017-12-14). https://www.miit.gov.cn/jgsj/kjs/gzdt/art/2020/art_27b114ada49f4886b88dcb80ae23de31.html.
- [4] 中国教育信息化. 2016 年中国互联网学习白皮书[R]. 北京. 2016.
- [5] 中国教育科学研究院. 中国 STEM 教育白皮书[R]. 北京. 2017.
- [6] 亿欧智库. 2019 全球人工智能教育行业研究报告[R]. 北京. 2019.
- [7] 北京师范大学智慧学习研究院. 2016 智慧学习环境白皮书[R]. 北京. 2017.
- [8] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知[EB/OL]. (2018-04-10). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html.
- [9] 郑勤华, 覃梦媛, 李爽. 人机协同时代智能素养的理论模型研究[J]. 复旦教育论坛, 2021, 19(01): 52-59.
- [10] 黄欣荣. 人工智能与人类未来[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2018, 39(04): 101-108+2.
- [11] 吴铮. 生态转换与人机共生: 人类与人工智能存在的关系研究[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(11): 108-111.
- [12] 杨冉, 周文华. 人工智能与人类的关系——主人、奴隶抑或同伴[A]//云南省自然辩证法研究会、云南大学哲学系; 中国自然辩证法研究会、云南省自然辩证法研究会. 云南省第 4-5 届科学技术哲学与科学技术史研究生论坛优秀论文集[C]. 云南省自然辩证法研究会、云南大学哲学系; 中国自然辩证法研究会、云南省自然辩证法研究会: 云南省科学技术协会, 2016: 5.
- [13] 朱永海, 刘慧, 李云文, et al. 智能教育时代下人机协同智能层级结构及教师职业形态新图景[J]. 电化教育研究, 2019, 40(01): 104-112+120.
- [14] 汪明. 基于核心素养的学生智能素养构建及其培育[J]. 当代教育科学, 2018(02): 83-85.

-
- [15] 周邵锦, 王帆. K-12 人工智能教育的逻辑思考: 学生智慧生成之路——兼论 K-12 人工智能教材[J]. 现代教育技术, 2019, 29(04): 12-18.
- [16] 胡小勇, 徐欢云. 面向 K-12 教师的智能教育素养框架构建[J]. 开放教育研究, 2021, 27(04): 59-70.
- [17] 刘斌. 人工智能时代教师的智能教育素养探究[J]. 现代教育技术, 2020, 30(11): 12-18.
- [18] 艾伦. 做智能化社会的合格公民——探讨智能化时代人工智能教育的核心素养[J]. 中国现代教育装备, 2018(08): 1-14.
- [19] 侯贺中, 王永固. 人工智能时代中小学生智能素养框架构建及其培养机制探讨[J]. 数字教育, 2020, 6(06): 50-55.
- [20] 杜静, 黄荣怀, 李政璇, et al. 智能教育时代下人工智能伦理的内涵与建构原则[J]. 电化教育研究, 2019, 40(07): 21-29.
- [21] Huang X. Aims for cultivating students' key competencies based on artificial intelligence education in China[J]. Education and Information Technologies, 2021: 1-21.
- [22] Eguchi A, Okada H, Muto Y. Contextualizing AI Education for K-12 Students to Enhance Their Learning of AI Literacy Through Culturally Responsive Approaches[J]. KI-Künstliche Intelligenz, 2021, 35(2): 153-161.
- [23] Long D, Magerko B. What is AI literacy? Competencies and design considerations[C]// Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2020: 1-16.
- [24] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院发布《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》[EB/OL]. (2017-7-20).
http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.
- [25] 中华人民共和国中央人民政府. 五部门关于印发《国家新一代人工智能标准体系建设指南》的通知[EB/OL]. (2020 年).
http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-08/09/content_5533454.htm.
- [26] 中国电子技术标准化研究会. 人工智能标准化白皮书(2021 版)[R]. 北京. 2021.
- [27] 中国信通院. 《人工智能发展白皮书——技术架构篇》[EB/OL]. (2018.9).
http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201809/t20180906_184679.htm

- [28] Stuart J.Russell, Peter Norvig 著, 殷建平, 祝恩, et al 译. 人工智能——一种现代的方法 (第三版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [29] Touretzky D, Gardner-McCune C, Martin F, et al. Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI?[C]// Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2019, 33(01): 9795-9799.
- [30] 徐福荫. 人工智能初步[M]. 广州: 广东教育出版社, 2019.
- [31] 汤晓鸥, 陈玉琨. 人工智能基础 (高中版) [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2018.
- [32] 肖汉光, 王勇. 人工智能概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.9.
- [33] 李德毅. 人工智能导论[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2018.8.
- [34] 王东, 利节, 徐莎. 人工智能[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.10.
- [35] 石纯一, 黄昌宁. 人工智能原理[M]. 北京: 清华大学出版社有限公司, 1993.
- [36] 夏定纯, 徐涛. 人工智能技术与方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2004.
- [37] 贺倩. 人工智能技术发展研究[J]. 现代电信科技, 2016, 46(2): 18-21+27.
- [38] 刘珊, 黄升民. 人工智能: 营销传播“数算力”时代的到来[J]. 现代传播 (中国传媒大学学报), 2019, 41(01): 7-15.
- [39] 施羽暇. 人工智能芯片技术体系研究综述[J]. 电信科学, 2019, 35(04): 114-119.
- [40] 闫志明, 唐夏夏, 秦旋, et al. 教育人工智能(EAI)的内涵、关键技术与应用趋势——美国《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研发战略规划》报告解析[J]. 远程教育杂志, 2017, 35(01): 26-35.