

DOI:10.13228/j.boyuan.issn0449-749x.20200191

人工智能推动冶金工业变革

刘 玠

(上海大学材料科学与工程学院, 上海 200444)

摘 要: 人工智能问世以来, 获得了科学家和公众的广泛关注。随着计算机、数据和算法的更新升级, 人工智能不断发展, 在各行各业得到了广泛的应用。根据冶金工业的特点和主要生产流程, 在冶金工业信息化基础架构的基础上, 通过人工智能可以实现冶金工业的精准管理与控制。改造方面包括建设冶金人工智能生态环境, 改造和完善工业互联网, 数据的收集、筛选、积累、分析及数据云的建设, 冶金工业数字化仪表的创新与应用, 冶金工业人工智能建模及算法研究, 无人车间和机器人的使用等。指出了人工智能在冶金工业改造中存在的问题。提出了实现冶金工业改造最根本的是要创造人工智能的生态环境, 注重人工智能基础理论的研究和专业人才的培养, 实现跨界合作、产学研相结合, 在基础理论和科学知识下更有效地选取和积累数据, 推进应用领域的开发, 推动冶金工业的变革。

关键词: 人工智能; 大数据; 算法; 冶金工业; 精准管理; 精准控制

文献标志码: A **文章编号:** 0449-749X(2020)06-0001-07

Artificial intelligence drives changes in metallurgical industry

LIU Jie

(School of Materials Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Artificial intelligence has been widely concerned by scientists and the public since it came into being. With the updating and upgrading of computers, data and algorithms, artificial intelligence was continuously developed and widely applied in all walks of life. According to the characteristics and main production processes of the metallurgical industry, the precise management and control of the metallurgical industry can be realized by artificial intelligence on the basis of the information infrastructure of the metallurgical industry. The renovation aspects include building a metallurgical artificial intelligence ecological environment; transforming and improving the industrial Internet; data collection, screening, accumulation, analysis and data cloud construction; innovation and application of digital instrument in metallurgical industry; artificial intelligence modeling and algorithm research in metallurgical industry; the use of unmanned workshops and robots and so on. The problems of artificial intelligence in the transformation of metallurgical industry are pointed out. It is proposed that the most fundamental to realize the transformation of metallurgical industry is to create an ecological environment of artificial intelligence; pay attention to the basic theory of artificial intelligence research and professional talent training; realize cross-border cooperation and the combination of industry, education and research; select and accumulate data more effectively with basic theory and scientific knowledge; promote the development of application field and the reform of metallurgical industry.

Key words: artificial intelligence; big data; algorithm; metallurgical industry; precise management; precise control

1 人工智能的发展与应用

1.1 人工智能的由来

图灵对于人工智能的发展有诸多贡献。1950 年, 图灵发表了一篇名为《计算机器和智能》的论文, 提问“机器会思考吗?”并提出一种用于判定机器是否具有智能的试验方法——图灵测试。提出如果一台机器能够与人类展开对话(通过电传设备)而不能被辨别出其机器身份, 那么称这台机器具有智能。

1956 年 8 月 31 日, 由约翰·麦卡锡等召集志同道合的人共同讨论“人工智能”, “人工智能”的概念就此诞生。会议持续了 1 个月, 基本上以大范围的集思广益为主, 催生了后来人所共知的人工智能革命。

1956—2016 年, 人工智能走过了 60 年发展历程, 在公众中引发了 3 次热潮。1962 年, IBM 的阿瑟·萨缪尔的西洋跳棋程序战胜一位盲人跳棋高手; 1997 年, IBM 的深蓝战胜国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫; 2016 年, Google 的 AlphaGo 以 4 : 1 战

胜围棋世界冠军李世石。而 4 : 1 这一盘棋其实是李世石的昏棋,反而赢了,这也说明了人工智能的弱点。围棋是高智商的游戏,人工智能打败了世界冠军,可见其智商之高。但是面对人类的昏棋、愚蠢之棋,人工智能显得更笨。

1.2 人工智能的爆发

1.2.1 AlphaGo 引爆公众关注人工智能

2016 年 3 月,通过学习人类 16 万盘棋进行训练,并通过自我对弈 3 000 万盘棋进行强化练习,AlphaGo 以 4 : 1 击败李世石。韩国棋院授予 AlphaGo 有史以来第一位名誉职业九段。2016 年 12 月 29 日至 2017 年 1 月 4 日,再度强化的 AlphaGo 以“Master”为帐号名称,在未公开其真实身份的情况下,借非正式的网络快棋对战进行测试,挑战中、韩、日的一流高手,获得 60 战全胜战绩。2017 年 5 月 23—27 日,在中国乌镇围棋峰会上,最新的强化版 AlphaGo 和世界第一棋手柯洁进行三番棋对弈,获得 3 : 0 全胜的战绩。此次 AlphaGo 利用谷歌 TPU 运行,加上快速进化的机器学习法,运算资源消耗仅为李世石版本的 1/10。中国围棋协会授予 AlphaGo 职业围棋九段称号。2017 年 10 月 19 日,AlphaGo 的团队在《自然》杂志上发表文章介绍 AlphaGo Zero,这是一个没有用到人类数据的版本,比以前任何击败人类的版本都要强大。通过跟自己对战,AlphaGo Zero 经过 3 天的学习,以 100 : 0 的成绩超越了 AlphaGo Lee 的实力,21 天后达到了 AlphaGo Master 的水平,并在 40 天内超过了所有之前的版本。这被称为“规则”型自我学习的智能系统。

1.2.2 人工智能爆发的原因

人工智能的三要素包括计算机、数据和算法。人工智能的爆发首先依赖于计算机能力的提升。1946 年宾夕法尼亚大学诞生了世界上第一台通用计算机 ENIAC,其运算速度是每秒 5 000 次加减运算;20 世纪 70 年代中国引进的武钢一米七热连轧过程控制系统采用的 TOSBAC-7000/25 计算机,其定点运算速度约为 27 万次/s;Google 的搜寻引擎系统 Google server farm 总处理能力为 126~316 TFLOPS(每秒 126~316 万亿次浮点运算),相当于武钢计算机 10 亿倍的计算能力。从 2008 年开始,阿里云开发了强大的飞天系统,这套系统目前有 100 万个 CPU 的核,有 60 万块硬盘(相当于 1 EB 的存储能力)。截止到 2017 年 11 月 14 日,世界上运算速度最快的超级计算机是中国国家并行计算机

工程技术研究中心研制的超级计算机——神威·太湖之光。2016 年 6 月 20 日以每秒 9.3 亿亿次浮点运算的测试结果夺冠。太湖之光有 40 960 枚神威处理器(260 核心 CPU),最大消耗功率 15 371.00 kW,占地面积 605 m²,内部存储器 1.31 PB,理论性能为每秒 12.5 亿亿次浮点运算,实际性能为每秒 9.3 亿亿次浮点运算,造价 18 亿元人民币。2018 年 11 月 12 日,新一期全球超级计算机 500 强榜单在美国达拉斯发布,美国超级计算机“顶点”以每秒 20 亿亿次浮点运算蝉联冠军。中国超级计算机上榜总数仍居第一,数量比上期进一步增加,占全部上榜超级计算机总量的 45% 以上。中国超级计算机“神威·太湖之光”和“天河二号”分别位列第二名、第四名。计算机能力的提升包括计算分析能力和存储记忆能力两个方面,计算机的能力每 30 年提高 100 万倍。

在数据的发展方面,各种数字传感器把比如光、力、速度、距离、图像、成分等各种模拟量转换成计算机能够识别的数字量。互联网的出现加快了数据的收集,通讯和网络带宽的大幅增长加快了信息交换;整理、转换、分析数据的能力大幅增长提高了信息处理能力;计算机存储量的大幅增长提高了信息存储能力。大数据的发展使得每年信息存储量已经超过 1 000 万 TB。

2016 年,在“人工智能”这一概念问世 60 年之际,人工智能技术及相关产业迎来了新一轮发展热潮,很大一部分原因是“深度学习”^[1]。大计算能力和大数据,正是深度学习所需要的一对翅膀。深度学习的兴起是建立在以深度学习泰斗加拿大多伦多大学的科学家杰弗里·辛顿为代表的一批大师级人物约 30 年积累的基础之上,其 2006 年前后发表的一系列关键论文加速了深度学习的实用化进程。2006 年杰弗里·辛顿及其合作者用一篇名为《一种深度置信网络的快速学习算法》的论文宣告了深度学习时代的到来。

1.3 人工智能是什么

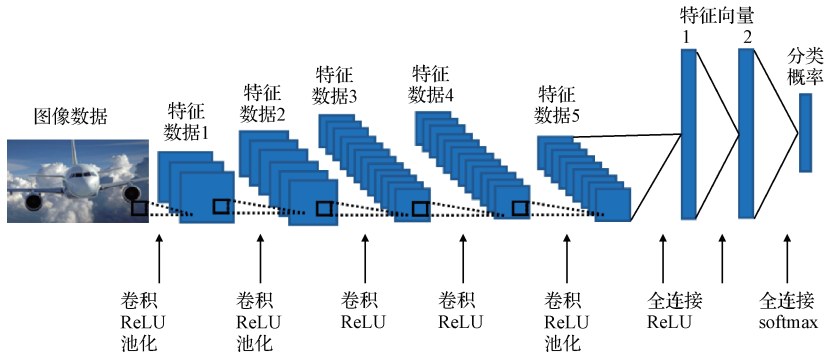
人工智能即让计算机从大量经验数据中获取知识,从而认识复杂环境下客观世界的能力。而深度学习是使计算机具有人工智能的方法,是用大量简单的概念组成多层次的体系来挖掘复杂数据获取知识的方法。客观世界物体之间存在广泛的联系和相互影响。如果能够把这种联系和影响用数据表示,就有可能用人工智能挖掘出这些联系影响的本质特征。2011 年诺贝尔奖获得者汤姆·萨金特认为,人

工智能的本质就是用统计学分析自然界数字的方法。如果把自然界各种矛盾用数字来表示,就成了数字之间的关系。人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和拓展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

1.3.1 深度神经网络

深度神经网络与传统模式分类系统总的目标和步骤是一样的,只是采用的方法不同。在原始数据→特征提取→分类器分类的过程中,深度神经网络

在特征提取和分类器分类阶段采用了数据多层网络筛选^[2]。人工智能与人类做类比,人类需要经过在学校的学习来吸收知识;为了检验学习效果,要参加考试;学到知识掌握技能后,就会在工作中解决实际问题。人工智能系统也类似,它的学习过程被称为训练;考试过程被称为测试;解决实际问题的过程被称为应用。深度神经网络的结构如图 1 所示^[2],包括卷积层、全连接层、归一化指数层、非线性激活层和池化层。



ReLU—线性整流函数； softmax—归一化指数。

图 1 Alex Net 神经网络结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Alex Net neural network structure

卷积层是用卷积运算对原始图像数据或者上一层的特征进行变换的层,是深度神经网络在处理图像时十分常用的一种层。当一个深度神经网络以卷积层为主体时,称之为卷积神经网络^[2-3]。在每个卷积层和全连接层后面都连接一个非线性激活层。卷积运算和全连接层中的运算都是关于自变量的一次函数,即所谓的线性函数。如果在每次线性运算后再进行一次非线性运算,每次变换的效果就得以保留。非线性激活层基本形式是选定某种非线性函数,再对输入特征图或特征向量的每一个元素应用这种非线性函数得到输出。常用的非线性函数有逻辑函数、双曲正切函数、线性整流函数。在计算卷积时,会用卷积核滑过图像或特征图的每一个像素。如果图像或特征图的分辨率很大,则卷积层的计算量就会很大。为解决此问题,通常在几个卷积层之后插入池化层,以降低特征图的分辨率^[2]。

1.3.2 人工智能大学科分类

从大学科分类上看,人工智能包括计算机视觉(模式识别、图像处理),自然语言理解与交流(语音识别、合成);认知与推理(包含各种物理和社会常识),如病理分析疾病诊断;机器人学(机械、控制、设计、运动规划、任务规划),如手术机器人;博弈与伦

理(多代理人的交互、对抗与合作、机器人与社会融合);机器学习(各种统计的建模、分析工具和计算方法),如新药物研发等。

1.4 人工智能的应用

在人工智能技术迅猛发展的背景下,人工智能在机器识别、机器人、自动驾驶、语音识别、机器翻译等领域具有广泛的应用。

1.4.1 机器视觉——人脸识别

广义上的机器视觉既包括人脸识别,也包括图像、视频中的各种物体识别、场景识别、地点识别乃至语义理解。人脸识别是目前应用最广泛的一种机器视觉技术,是人工智能大家庭中的重要分支。近年来,随着深度学习技术的发展,人工智能程序对人脸识别的准确率已经超过了人类的平均水平。

1.4.2 机器人

机器人是人工智能的一个重要技术领域。工业机器人已经在制造业中大规模使用。如今,在电子商务巨头和零售巨头的库房和仓储中心,成千上万的机器人正被用于商品摆放、整理,快速出库、入库等操作。各式各样的家用机器人也已经进入寻常百姓家。

1.4.3 自动驾驶

自动驾驶是最能激发普通人关注的人工智能应

用领域之一。科幻电影中,由计算机算法自动驾驶的汽车、飞机、宇宙飞船是最重要的未来元素。2017 年 11 月 15 日,科技部召开新一代人工智能发展规划暨重大科技项目启动会,公布了首批国家人工智能开放创新平台名单,其中自动驾驶方面依托百度公司建设自动驾驶国家新一代人工智能开放创新平台。

1.4.4 语音识别

语音是人类沟通和获取信息最自然便捷的手段和方式,也是文化的基础和民族的象征。智能语音及语言交互技术,可以应用到社会生活的各个方面,产业化前景广阔。特别在军事、教育、国际交流等重要领域,都有广泛应用和重大推广意义。2017 年科大讯飞运用深度全序列卷积神经网络语音识别框架、多语言建模、全球音素集等 AI 技术应用于讯飞输入法,语音输入速度达 400 字/min,通用语音识别率达 98%,可以支持 22 种方言语音输入,具备个性化识别。

1.4.5 机器翻译

打破语言壁垒,用机器翻译帮助世界各地的人进行跨越民族、语种进行交流,是人类自古以来就一直追寻的伟大梦想。现在,虽然还存在诸多问题,但

是基于人工智能技术的机器翻译工具已经走入人们的工作和生活之中,正在帮助世界各地的人们交流和沟通。2016 年 11 月,谷歌发表论文,宣布已突破了跨语言翻译的难题,可以在两种没有直接对应的语料样本的语言之间完成机器翻译。

2 人工智能改造冶金工业

冶金工业兼有连续和离散生产特性,具有能源和资源消耗大、高温运作、单体设备大的特点,存在物理和化学、社会和企业以及人、机、料、法、环的矛盾与统一。冶金工业信息化基础架构如图 2 所示。在冶金工业信息化基础架构的基础上,通过人工智能可以实现精准管理与控制。改造方面包括:(1)建设冶金人工智能生态环境,采用统一标准、统一评价、统一语言、统一架构重构原有信息系统;(2)改造和完善工业互联网,形成万物互联的格局,实现管控一体化、操作无人化、服务网络化;(3)数据的收集、筛选、积累、分析及数据云的建设;(4)冶金工业数字化仪表的创新与应用;(5)冶金工业人工智能建模及算法研究;(6)无人车间和机器人的使用;(7)组织不同专业之间的协作,形成跨界合作,产学研相结合,专业人才的培养;(8)基础理论的研究。

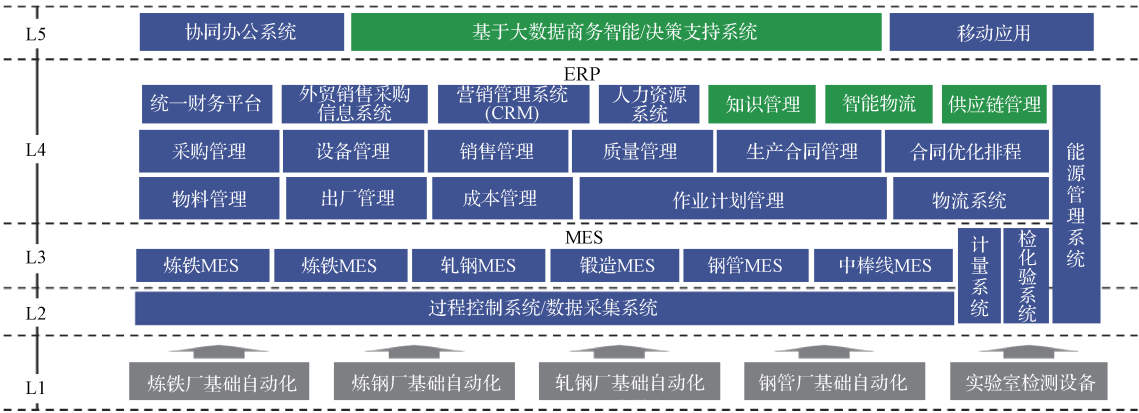


图 2 冶金信息化基础架构
Fig. 2 Metallurgical information infrastructure

2.1 总控支持：远程管控一体化

某企业 1 580 智能车间基于多源数据融合的可视化虚拟工厂,利用各种信息资源,整合管理信息与过程信息,实现集中监控,互联互通,建立分厂级智能运营和辅助决策平台;构建虚拟现实系统,实现虚拟与实际系统的映射,探索热轧虚拟制造,以实现可视化智能管控。

探索在已有异构网络基础上进行数据采集的解

决方案及框架;建立大规模数据采集、处理、系统间数据共享标准。为车间级生产技术管理、产品质量管理、能源管理、设备维护等提供实时生产过程信息和管理信息的可视化服务以及辅助决策支持,提高车间管理及运营的效率。构建热轧虚拟现实系统,实现虚拟仿真与现实系统的互动,探索热轧虚拟仿真制造,实现热轧带钢全工艺过程的设定计算,对新产品新规格可反复计算,通过全计划模

型计算可获得诸如辊型、能源消耗、成本和轧制时间的预估。

2.2 高度自动化和操作无人化

例如无人值守全自动行车系统(UACS),利用激光成像、无线通讯、电子(机械)防摇、精确定位、防撞等技术,实现行车全自动无人作业,同时建立库位管理系统,实现仓库的自动化管理,实现物流信息化,降低劳动强度,提高劳动效率,降低人员安全风险,并提高仓库空间利用率。可应用于热轧(炼钢)板坯库、热轧钢卷库、冷轧钢卷库、物流仓库等。

2.3 冶金工业数据收集及筛选

从保证数据时空一致性,以及全制造周期过程中多源数据的时间关联的基础数据处理,通过数据高效存储、数据准确度评判、数据格式归一、多元数据关联、数据异点剔除、数据缺项补值、数据减量解析、分析算法准备、分析工具配置、相关逻辑矩阵等,实现业务数据处理,结合机理和数据相关性,获得函数的逻辑表达。将控制、测量微数据、运营数据、客户数据、市场数据等数据流通过大数据中心的抽取、整理、校核,应用到控制与优化策略、预警、预测等,形成从数据到决策闭环应用。建立统一的企业大数据平台,实现所有数据的部署和管理。配置数据分析工具,使得专业人员更多关注应用问题的解释而非数据处理技能。有效接入存量数据资产。在架构设计上保证与现有业务系统的协调与可持续发展。

2.4 学习支持：知识挖掘与知识图谱

知识图谱旨在描述真实世界中存在的各种实体或概念及其关系,一般用三元组表示。知识图谱也可被看作是一张巨大的图,节点表示实体或概念,边则由属性或关系构成,如图 3 所示。通过原有知识与获取知识的知识融合,再通过实践进行知识验证以获得知识图谱。通过结构化数据,解决计算机难以理解的非结构化数据的问题,实现语意理解;通过数据融合,解决多元异构数据难以融合的问题,实现数据关联探索;通过自由扩展数据模式解决数据模式动态变迁困难的问题,实现业务动态扩展;通过行业智能问答让使用专业程度过高的数据实现智能检索与问答。

2.5 数据时代：人-机-料-资金-信息的一体化

信息流一体化,即在工业化发展的数据时代,有效建立数据系统,使得人-机-料-资金-信息在系统中得以一体化综合管控。将基于基础数据的智能嵌入已有的研发、采购、制造、销售、服务等管理流程各环节,形成敏捷的决策链条,提高制造管理效率。将智

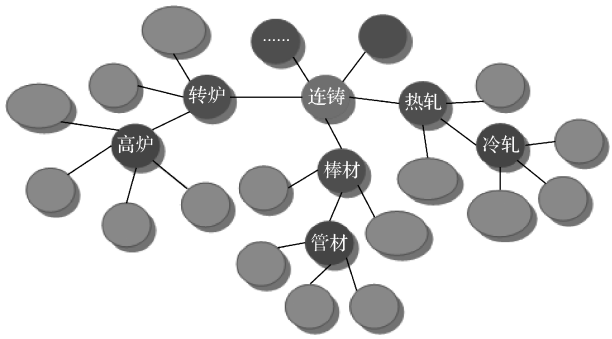


图 3 关系的构建

Fig. 3 Construction of relationship

能工业机器人嵌入已有制造流程工序间,形成柔性的生产系统,降低劳动成本。

2.6 经营支持：冶金智能制造决策支持系统

决策支持系统如图 4 所示。设计完善公司高管所关注的生产经营相关重要指标体系,并用管理驾驶舱系统予以集中展现,通过对 KPI 指标进行分析,可以帮助公司高级管理人员直观、准确地衡量企业业绩和效益。管理驾驶舱主要展示信息分类包括生产经营总览、财务、营销、采购、制造、设备、能环等业务领域系列 KPI 等。

2.7 冶金智能化建模方式

冶金工业智能化的 3 个系统(建模方式),即当前在冶金过程中,对于生产过程管理、原材料采购、产品研发及检测、成本分析、控制和管理方面的主要应用系统类别分为专家系统、模糊系统和神经网络系统^[4]。

专家系统是一个具有大量专门知识与经验的计算机系统,能够模拟人类专家的决策过程,以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题。如高炉专家系统。

模糊系统是一种将输入、输出和状态变量定义在模糊集上的系统,可以模仿人的综合推断来处理常规数学方法难以解决的模糊信息处理问题。如层流冷却控制系统。

神经网络系统是一种由大量处理单元互联组成的非线性、自适应信息处理系统,具有自学习功能、联想存储功能和高速寻找优化解答能力。如轧制力预报模型及自学习系统等。

2.8 人工智能在冶金工业的算法研究

深度学习是使用包含复杂结构或由多重非线性变换构成的多个处理层对数据进行高层抽象的算法。如图 5 所示,用数据优化计算机程序的模型参

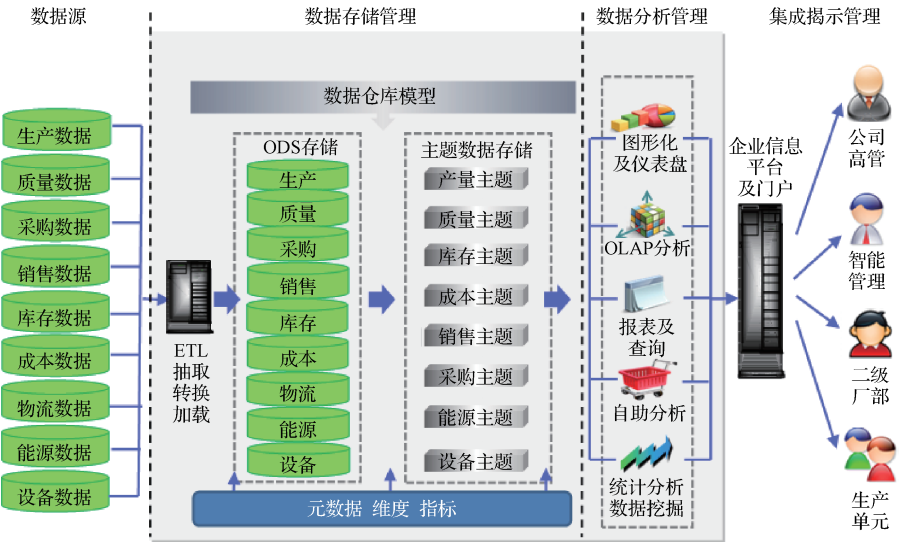


图 4 决策支持系统

Fig. 4 Decision support system

数,并通过数据分析自动改进的计算机算法。机器学习的基本定理是模型的出错率与模型的复杂程度和

样本的大小之比正相关。也就是说,模型复杂要使用大样本,样本小就要简化模型,以降低模型的出错率。

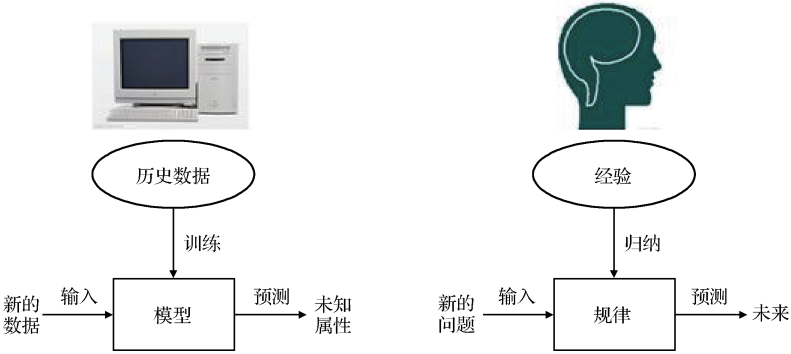


图 5 机器学习示意图

Fig. 5 Schematic diagram of machine learning

3 存在的问题

用人工智能改造冶金工业的核心问题是人才培养。当前,关键岗位人才缺失严重,对海外高层次人才和国外智力的引进工作力度不够;还没有形成良好的创新人才培养模式。此外,基础理论研究滞后,自主研发能力薄弱,技术体系不够完整。制造业整体自主研发设计能力薄弱,缺少原始创新。在软件方面,重硬件、轻软件的现象突出,各类复杂产品设计和企业管理的智能化高端软件产品缺失。计算机辅助设计等关键技术与发达国家差距较大。在关键技术和专利方面,关键技术及核心基础部件仍依赖进口,许多重要装备和制造过程尚未掌握系统设计与核心制造技术,在相关核心专利技术领域也缺乏

积累。在数据处理理论方面,面对冶金工业数据处理的方法研究与软件开发亟待提升。数据采集手段与现场仪表的核心技术亟待突破。在安全方面,工控系统信息安全问题突出,主要涉及功能安全、数据安全(企业信息保护和个人隐私保护)等。

4 思考

(1)人工智能是一种颠覆性的技术,对人类社会的发展、技术进步会形成巨大的挑战,这已经得到证实。必须面对挑战,抓住机遇,深入研究,拓展应用。

(2)同时应该看到人工智能目前还在“弱智阶段”,还不可能产生自主情绪和自主行为,不可能挑战人类自身,不要夸大它的作用。

(3)人工智能的基础是计算机系统能力、数据采

集规模和算法的有效运用。因此,创造人工智能的生态环境是最根本的。

(4)数据的筛选是一门艺术,离不开对产生数据机理进行更深入的研究,在基础理论和科学知识下才能更有效地选取数据。离不开不同专业、不同部门的跨界合作。

(5)要静下心来,抓住人工智能的基础研究、生态环境的建设、数据的积累,同时推进应用领域的开发。

参考文献:

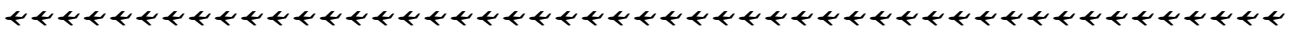
[1] 李开复,王咏刚. 人工智能[M]. 北京:文化发展出版社,

2017. (LI Kai-fu,WANG Yong-gang. Artificial Intelligence [M]. Beijing:Cultural Development Press,2017.)

[2] 汤晓鸥,陈玉坤. 人工智能基础(高中版)[M]. 上海:华东师范大学出版社,2018. (TANG Xiao-ou,CHEN Yu-kun. Fundamentals of Artificial Intelligence[M]. Shanghai:East China Normal University Press,2018.)

[3] 伊恩·古德费洛,约书亚·本吉奥,亚伦·库维尔. 深度学习[M]. 北京:人民邮电出版社,2017. (Ian Goodfellow,Yoshua Bengio,Aaron Courville. Deep Learning[M]. Beijing:Post and Telecom Press,2017.)

[4] 蔡自兴,刘丽珏,蔡竞峰,等. 人工智能及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2016. (CAI Zi-xing,LIU Li-jue,CAI Jing-feng,et al. Artificial Intelligence:Principals and Applications [M]. Beijing:Tsinghua University Press,2016.)



《钢铁》杂志征稿启事

《钢铁》杂志创刊于 1954 年,由中国科学技术协会主管,中国金属学会、钢铁研究总院和北京钢研柏苑出版有限责任公司主办,是中国冶金界历史较长的综合性科技期刊,也是反映钢铁工业科技成就的主要刊物之一。《钢铁》设有由 69 名国内知名学者、企业家等组成的编委会,编委会顾问徐匡迪、殷瑞钰、张寿荣、翁宇庆和编委会主任委员干勇、编委会委员王国栋、黄庆学、谢建新、毛新平等 9 位均为中国工程院院士。《钢铁》办刊宗旨是面向生产、结合实际;坚持为中国钢铁工业生产建设服务,报道钢铁工业的科技成就、生产工艺的技术进步、品种质量的改善提高、新技术新产品的开发应用、企业经营管理经验和专业理论应用研究等,以提高钢铁行业科技工作者和管理人员的科技水平,促进钢铁工业的发展。

2001 年 10 月《钢铁》入选由国家新闻出版总署创建的中国《期刊方阵》;名列双百第 74 名。2009 年以前为 EI 收录期刊,自 1992 年开始,《钢铁》连续 7 次入编北大图书馆核心期刊(中文核心期刊);为中信所“中国科技核心期刊”;被国际著名检索机构 Scopus 收录。

《钢铁》主要栏目有:综合论述、原料与炼铁、炼钢、压力加工、钢铁材料、环保与能源、装备技术、技术交流等。《钢铁》现为月刊;大 16 开;页码为 88 页;期刊为自办发行。

1 征稿对象

从事钢铁冶金生产、管理、设计、科研、教学和钢材使用部门的科技人员、专家学者和管理人员等。

2 征稿范围

钢铁冶金领域具有创新性、高水平、有重要意义的原始性研究学术论文以及反映学科最新发展状况的文献综述和技术类文章。《钢铁》在继续报道和推广钢铁工业关键共性技术的基础上,特向作者征集涉及钢铁工业关键技术的原创文章和综合论述文章。

特别欢迎作者针对钢铁企业资源优化配置和节能减排、资源综合利用等方面撰写技术文章。

3 投稿和联系方式

请登录“钢铁期刊网”网站(<http://www.chinamet.cn>)。点击“钢铁”的图标或刊名导航条,进入期刊的首页了解详情。

联系人:尚海霞,党玉华,何 祺;

邮 箱:gangtiebianjibu@126.com;

电 话:010-62182345;

传 真:010-62185134;

通讯地址:北京市海淀区学院南路 76 号;

邮 编:100081。