

发展 AI 面临“算法碳足迹”困局

■ 张晶杰

今年全国两会的政府工作报告指出,协同推进降碳减污扩绿增长,加快经济社会发展全面绿色转型,要求开展碳排放统计核算,建立产品碳足迹管理体系、碳标识认证制度。同时,强调持续推进“人工智能+”行动,支持 AI 大模型广泛应用。

激活数字经济创新活力,尤其是发展人工智能(AI)产业,对算力和能源有着很大需求。如何将深化数据资源开发利用、促进和规范数据跨境流动、优化全国算力资源布局、发展人工智能与实现资源高效利用、绿色低碳发展统一起来?笔者就此话题专访了中国国际经济技术合作促进会副理事长邵春堡。

尽管技术进步提高了效率,但为了实现更强大的 AI 能力,对于算力和能源的需求也在不断增长。

人工智能发展依赖大数据、大算力和复杂算法的协同作用,会給能源资源带来哪些挑战?

邵春堡:在数字化向智能化升级的过程中,人工智能的作用越来越重要。理论上,随着数据处理效率的提升,可以降低人工智能单次计算的算力和能源消耗。但现实中,由于模型复杂度、数据规模的指数级增长,以及追求更通用的人工智能目标,使得整体算力和能耗需求仍可能持续上升。

想让 AI 大模型的性能更强,离不开 3 个关键因素:海量数据、强大的计算能力和复杂的算法。“规模决定性能”“大力出奇迹”成为主流思路。OpenAI 首席执行官山姆·奥特曼曾提出一项雄心勃勃的计划,希望筹集 7 万亿美元建造人工智能“芯片工厂”。特朗普提出的 5000 亿美元“星际之门”计划,也遵循了同样的逻辑——通过大规模投入算力和能源来推动 AI 发展。这就导致算力和能源的需求大幅增长。

一项研究报告称,训练一个大型 AI 模型的碳排放量相当于 5 辆汽车整个生命周期的排放量;使用 1750 亿个参数训练 GPT-3 消耗了 1287 兆瓦时的电力,并导致产生了 502 吨二氧化碳当量,相当于驾驶 112 辆汽油动力汽车一年。GPT-3 每日运行产生的碳足迹有 50 磅,相当于一年的排放 8.4 吨二氧化碳。

这揭示了一个核心问题:尽管技术进步提高了效率,但为了实现更强大的 AI 能力,对于算力和能源的需求也在不断增长。效率提升可能刺激更广泛的应用场景和更复杂的需求,最终导致资源消耗总量增加。例如,AI 芯片能效比 10 年前提升了千倍,但超算中心的能耗却因算力需求暴增而持续攀升。

据预测,我国到 2030 年智算中心年用电可能达到 0.6 万亿千瓦时至 1.3 万亿千瓦时,占全社会用电的 5%至 10%。如何在推动 AI 发展的同时,平衡能源消



耗与可持续发展,将成为未来我们必须面对的重大挑战。

在数字化、智能化的过程中,我们要促进 AI 与可持续发展的良性互动,架设数字文明与生态文明之间的坚实桥梁,构建资源循环的共生生态。

推动人工智能实现资源高效利用与绿色低碳发展,您有哪些建议?

邵春堡:在数字化、智能化的过程中,我们要促进 AI 与可持续发展的良性互动,架设数字文明与生态文明之间的坚实桥梁,构建资源循环的共生生态;开发更节能的 AI 系统,创新更多的 AI 应用,推动可持续发展;加强场景建模和数据收集,支持相关政策制定和可持续 AI 的发展,让 AI 技术进步真正服务于人类永续发展。

在此进程中,需要建立三项核心机制。

一是建立数据资源产权制度,制定数据采集、共享与交易的规则。明确数据的所有权、使用权和经营权,规范数据资源产生和运行的全流程规则,确保各参与方在法律框架内操作。通过建立透明的数据管理流程,保护个人隐私及企业数据权益,同时促进数据要素市场的健康发展。

二是制定算法能效准入标准,将碳排放纳入 AI 研发的硬性约束。从制度上明确要求新研发的算法满足特定的能量效率最低标准。这将会有效地减少因 AI 运算能力提升带来的环境负担,还能激励科研人员开发更加绿色高效的算法解决方案,推动信息技术产业向低碳方向转型。

三是建立跨学科创新平台,形成材料科学、信息技术与环境工程的深度融合机制。打破传统学科的界限,通过构建开放的合作网络,汇集多方智慧和技术资源,催生更多相关创新成果,促进 AI 技术与资源环境保护相契合,为应对全球性挑战提供强有力的技术支持。

开展碳排放统计核算,建立产品碳足迹管理体系,要将“算法碳足迹”也纳入其中,测算 AI 模型在训练、运行(推理)以及硬件维护等全生命周期中所产生的碳排放。通过这些量化指标,评估 AI 项目的环境成本,从而推动企业选择更高效的算法,减少计算量。

如何突破人工智能发展面临的资源环境瓶颈?

邵春堡:在资源能源约束日益加剧的背景下,破解人工智能发展与资源环境之间的矛盾,要从两方面入手。

一是推动数据资源的优化配置。就是利用大数据、人工智能、物联网等技术,提高能源、工业、城市管理等领域的管理水平,优化资源配置,最终实现资源消耗的减量化和利用效率的提升。

二是寻找算法效能的提升路径。人工智能的暴发式增长带来了算力需求的指数级攀升,提升算法效能已成为平衡 AI 技术进步与资源可持续性的关键支点。

具体来说,如何推动数据资源优化配置?

邵春堡:数据资源对物质能源具有替代效应。数据作为新型生产要素,具有可复制、可共享、可再生的特性。例如在智能制造领域,通过数字孪生技术对生产流程进行全生命周期模拟,可减少实体材料和人工试验消耗。如某耐火材料厂把各环节整合到数字孪生体系,极大地提高了生产效率,事故率降低 25%,品质率也提高了 10%。这种“以虚代实”的模式,能够直接减少物质资源的开采与能源的浪费。

同时,通过物联网、大数据、人工智能等数字化技术对资源的流动和使用进行实时监控、分析和优化,从而形成一种高效的资源循环利用模式。以动力电池回收为例,截至 2023 年我国动力电池规范化回收率不足 25%,通过嵌入传感器

与区块链账本,可实时监控电池健康状况并精准匹配回收需求,使部分电池回收价值提升 3 倍。欧洲“电池 2030+:欧洲电池研究路线图”计划通过智能传感器与区块链技术结合,实现 75%的电池回收率和接近 100%的关键原材料回收率的目标。这种“数据+物质”的协同循环,让资源流动从线性消耗转向闭环再生。

此外,还可以利用平台经济实现资源效率革命。通过数字化平台对资源进行共享和优化配置,打破传统资源独占性使用的局限,大幅提高资源利用效率,减少浪费,减轻环境影响。比如出租车原先的空驶率高达 40%,使用滴滴等共享软件后,空驶率一般不会超过 10%。据统计,一辆出租车目前平均每天行驶里程大约 400 公里,全国 150 万辆出租车一年碳排放为 4860 万吨。如果能将空驶率下降 10%至 15%,即每年最多可减少碳排放 729 万吨,这相当于三个中等城市一年的碳排放量总和。

提升算法效能要从哪些方面寻求新的突破?

邵春堡:一要推动算法架构的轻量化革命。优化算法向算力要效率,要重视模型压缩技术。通过知识“蒸馏”、参数“剪枝”、减少计算量等方法,可将模型体积缩小。据报道,DeepSeek 可将每次查询所需要的计算能力降低 90%。这些改变堪称效率革命,引领着 AI 模型发展的新范式。

二要提升训练范式的效率。其关键在于减少数据传输和计算的能耗。一种有效的方法是避免将大量数据集上传,只交换模型参数的更新。此外,只处理那些对模型性能影响最大的重要参数,从而降低计算量。这种方法不仅能减少对大量数据标注的依赖,还能大幅降低训练过程中的能源消耗。

三要推动算法与硬件的协同优化。例如清华大学研发了全球首款全系统集成的亿阻器存算一体芯片。在完成相同任务时,这款芯片的能耗仅为传统先进工艺芯片(ASIC)的 3%,但能效却提升了约 75 倍。这一突破将极大地推动人工智能、自动驾驶和可穿戴设备等领域的发展。此外,Lightmatter 公司推出的 Envis 芯片用光信号代替传统的电子传输,运行速度比当时最先进的电子芯片快 10 倍,而能耗仅为后者的 15%。这些创新技术不仅大幅提升了计算效率,还显著降低了能耗,为未来科技发展开辟了新的方向。

四要发展绿色 AI 评价体系。今年全国两会政府工作报告提出要开展碳排放统计核算,建立产品碳足迹管理体系。我们也要将“算法碳足迹”纳入其中,测算 AI 模型在训练、运行(推理)以及硬件维护等全生命周期中所产生的碳排放。通过这些量化指标,评估 AI 项目的环境成本,从而推动企业选择更高效的算法,减少计算量。目前,欧盟已将绿色 AI 纳入《人工智能法案》的合规标准,要求企业从源头设计高效、低能耗的算法。这种政策倒逼机制,将促使企业在开发 AI 技术时更加注重生态环境保护和可持续发展。

近日,湖南省耒水流域郴州—耒阳跨市断面铊浓度异常,引发广泛社会关注。经湖南省及郴州、衡阳市协同发力、科学应对,有序有力开展处置工作,污染原因已经查明,污染源得到有效管控,沿线供水安全未受影响。

从监测溯源结果来看,基本确认引起耒水铊浓度异常的原因为郴州市苏仙区的某水泥生产企业在拆除旧生产线时,窑炉内含铊灰尘被雨水冲刷后,经雨水排放口流入外环境造成。处置因固废管理不善引发的水污染(异常)事件,可以从此次事件至少得到三点启示。

对固废管理要坚持法治思维。我国作为制造业和人口大国,工业固体废物、生活、建筑垃圾和危险废物产生量巨大。加之新兴领域如动力电池、快递包装等固废产生量与日俱增。对于数量庞大的固体废物,我国固体废物污染环境防治法明确规定了固废全生命周期管理的原则和责任,分领域的行政法规、规章、标准已经比较详细地规定了相应的管理措施。根据规定,排污单位必须依法、科学、严格地加强固废管理,不能推卸责任;监管部门要依法加强指导监督,必须履职尽责。排污单位切不可有固废“一存了之、一堆了之”的简单思维。试想,如果郴州苏仙区的某水泥生产企业在拆除旧生产线时,对窑炉内含铊灰尘的来源、特性有足够了解,并依法采取相应管控措施,就会避免被雨水冲刷后流入外环境造成次生环境灾害。坚守法治思维,把固体废物管好、利用好,真正实现减量化、资源化、无害化,就从源头上堵住了固体废物进入外环境并造成水体、空气、土壤污染的漏洞。

污染防治必须坚持系统思维。生态环境是一个联系紧密又复杂多变的巨系统,污染防治是一项系统工程,污染因素的互相转化“变幻莫测”,问题表现在水上,根源往往在岸上。因此,单向、局部的防治难以收到多赢、综合效益。就拿耒水流域铊浓度异常来说,并非生产企业工业废水直接排放,而是固废在雨水冲刷后通过雨水排放口进入水体所致。这提醒我们防治水污染不能只盯着水,也不能只盯住生产废水排污口,还要看好生活污水、雨水排放口;治气也不能局限于大气污染物排放,还要把握产生废气的关键节点和变化机理。在水、气、土污染防治方面,一定要坚持系统思维,随时跟踪捕捉污染因子变化、累积信息,牢牢掌握治污主动权。

环境应急要注意细节,从最坏处保持警惕,从最细处着手,宁信其有不信其无,哪怕是一点含铊灰尘也要能发现,能预见到小隐患可能造成的大事故,能及时解决排查到的问题。在环境应急预案的编制中,要把一般性规定与排污单位的生产、环保实际无缝嵌入,使预案在使用时能够运用自如、真正管用。耒水铊污染事件并非由固废影响水质是个例,好在处置得力,未造成重大损害,但对生态环境的影响和付出的经济代价不容小觑。从“小友生”造成水质超标的大事件中汲取教训,启迪我们更加精细、务实地做好生态保护和污染防治工作、守牢生态环境安全底线。

环境治理不能忽视小细节

石常献

我国非化石能源发电装机首次达二十亿千瓦

科学导报讯 中国电力企业联合会发布的最新数据显示,截至今年 2 月底,中国非化石能源发电装机规模达到 20 亿千瓦,首次迈上 20 亿千瓦台阶,同比增长 23.3%。“十四五”以来,全国非化石能源发电装机规模实现翻番,累计增长了 103.1%。

数据显示,2 月底,全国非化石能源发电装机占全国总发电装机比重达到 58.8%,比上年同期提高 4.2 个百分点。“十四五”以来,非化石能源发电装机占全国总发电装机比重累计提高了 14 个百分点。

截至 2 月底,以风电和太阳能发电为代表的新能源装机达到 14.6 亿千瓦,同比增长 32.5%,占全国总发电装机比重达到 42.8%,比上年同期提高 5.8 个百分点,“十四五”以来累计提高 18.5 个百分点,电能“绿色”属性显著提升。

在“双碳”目标引领下,电力行业加快建立多元互补绿色供应体系,电源结构向多元化、绿色化转变。中国电力企业联合会数据显示,自 2021 年 6 月底中国非化石能源发电装机首次突破 10 亿千瓦以来,2023 年,非化石能源发电装机连续突破 13 亿、14 亿、15 亿千瓦,到今年 2 月底规模达到 20 亿千瓦,3 年间实现翻番,表明能源电力行业积极落实“双碳”目标,持续优化调整电源结构,加快推进绿色低碳转型取得显著成效。

廖睿灵

果树花前主要病虫害发生趋势预报

随着气温回升,山西省各果区果树相继进入萌芽期和花期,果树病虫开始滋生蔓延,根据全省果树病虫越冬基数和当前病虫调查结果,结合省气候中心气候趋势预测及历年果树病虫发生情况综合分析,预计我省果树花前病虫整体中等发生,部分果园苹果树腐烂病、山楂叶螨偏重发生。

一、发生趋势

苹果树腐烂病中等至偏重发生,发生面积 800 平方千米;果树干腐病中等发生,发生面积 400 平方千米;果树白粉病偏轻发生,发生面积 533.33 平方千米;果树叶螨中等发生,发生面积 533.33 平方千米;金纹细蛾中等发生,发生面积 400 平方千米次;苹小卷叶蛾偏轻发生,发生面积 266.67 平方千米次;果树蚧壳虫偏轻发生,发生面积 200 平方千米次。桃树上桃蚜、梨小食心虫、桑白蚧整体中等,局部偏重发生;流胶病、根腐病整体偏轻,局部中等发生;苹毛丽金龟在中南部部分果园整体中等,局部偏重发生。

二、防治建议

农业防治:在开花前,及时清理果园落叶、落果、病虫枝和杂物,消灭越冬病虫。
化学防治:在苹果花蕾露红初期,选用石硫合剂喷雾,防治果树叶螨、蚧壳虫、毒蛾、白粉病、霉心病、早期落叶病等多种病虫害。也可选用代森锰锌、腈菌唑等药剂预防褐斑病、白粉病等病害,选用吡蚜酮、氯虫苯甲酰胺、乙唑螨腈、乙螨·三唑锡等药剂防治叶螨、金纹细蛾等害虫。腐烂病的防治,可在早春刮治病斑,然后在病斑处涂刷甲基硫菌灵、氟硅唑、辛菌胺醋酸盐等药剂进行防治。 山西省植物保护植物检疫中心

这条生产线造出制氢系统“绿色心脏”

涂胶机器人快速挥舞着机械臂,发出“嘶嘶”的声音,将瞬干漆均匀涂抹在极板流道槽——这是在位于山西太原的潞安化机机械(集团)有限公司(以下简称潞安化机)新能源装备分公司车间正在发生的一幕,这是生产碱性水电解槽过程中的场景。

目前,潞安化机新能源装备分公司厂房面积 5000 平方米,拥有山西省内首条年产 100 台(套)电解槽的智能化、自动化生产线。

2024 年 12 月 21 日,山西首台碱性水电解槽“晋华槽”在潞安化机下线,时隔 3 个月,生产线运行状态如何?笔者走进潞安化机新能源装备分公司车间进行实地探访。

创新设计实现低能耗制氢

作为一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源,氢能对于构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要意义。目前,我国制氢方法多样,包括电解水制氢、水煤气法制氢、焦炉煤气冷冻制氢等。其中,电解水制氢因技术相对成熟且应用广泛而备受关注。尽管成本较高,但其产出的氢气纯度

也相对较高。

潞安化机新能源装备分公司车间负责人王成林说,电解槽是电解水制氢系统的“心脏”,其能耗直接影响制氢成本。2022 年,潞安化机与清华大学、碳能科技(北京)有限公司携手合作,共同研制低能耗强动电解槽。

潞安化机总工程师仙运昌介绍,在联合研发过程中,科研团队通过对电流密度、新型电极和“热—电—流”场的研究,充分发挥企业制造安装技术优势,研制了高电密碱性水电解制氢装备——“晋华槽”。

“‘晋华槽’的产氢量可达每小时 1000 标准立方米,可广泛应用于煤化工、石油炼化加氢、氢冶金、电厂掺氢燃烧等多个领域。”仙运昌介绍,“晋华槽”在工作状态下的额定电流密度可达每平方米 5000 安培,生产一标准立方米氢气的直流电耗仅为 4.3 千瓦时,具有电解效率高、综合能耗低、波动范围大等显著优势。它可有效消纳陆上风电、海上风电以及光伏新能源发出的绿色电力,并将其转化为绿氢产品。

63 台设备支撑智能化生产

在潞安化机新能源装备分公司车间里,全自动化作业生产线正在平稳运行。在生



生产车间 ■ 资料图

产线电子看板上,设备作业率、日计划进度、设备运行状态一览无余。

“我们融合了自动控制、声光电检测、AI 算法、大数据、云平台等技术,实现 100%自动化生产、100%质量自判定、100%产品数字化、100%信息共享。”王成林说,这条生产线包含 25 种 63 台专业化设备,智能范儿十足。以液压升降组装平台为例,机组配有高清监控系统,具备扫码以及多媒体记录功能,可采集、绑定、保存电解槽零部件数据,对电解槽组装过程、组装细节等信息进行追溯。