

警惕！AI电子垃圾正在激增

◎本报记者 都 芃

近年来，人工智能(AI)加速渗透到日常生活的方方面面。为人们生活带来便利的同时，AI可能造成的环境问题也不容忽视。中国科学院城市环境研究所研究员汪鹏等研究人员的一项研究测算显示，2020年至2030年，生成式AI带来的电子废弃物可能激增近1000倍。相关研究成果日前在线发表于《自然·计算科学》。

联合国机构今年发布的《2024年全球电子垃圾监测》报告显示，2022年全球电子垃圾的产生量相比2010年增长了82%，达到创纪录的6200万吨，相当于全球每人每年产生了7.8公斤电子垃圾。在电子垃圾急剧增长的背景下，如何解决AI电子废弃物问题正在成为一道“必答题”。

实现量化评估

生成式AI是典型的资源密集型产业，其技术发展、应用十分依赖于底层硬件规模的扩大。随着AI应用的日益普及，算力需求不断增加，相关算力中心硬件架构愈发复杂，其重量也不断增加。

英伟达创始人兼首席执行官黄仁勋曾说过，一台EFLOPS(每秒百亿亿次浮点运算)级的机器由60万个零件组成，重达1.36吨。

业内专家认为，算力中心的服务器机架中通常包含的多种高性能计算硬件，如GPU(图形处理器)、内存模块、存储设备等，寿命普遍在3年左右，当寿命结束后，将产生大量电子废弃物。

汪鹏长期从事基于AI的物质循环数智工程及风险管控研究。在他看来，虽然生成式AI未来的服务覆盖率目前尚难以准确预测，但无论哪种情形，对AI可能产生的电子垃圾问题都应未雨绸缪。

汪鹏介绍，为科学有效地量化评估生成式AI的算力硬件需求及其产生的电子垃圾数量，团队构建了名为“算力物质流”的新方法。这一方法将通用AI的应用服务与底层硬件进行解离分析，

拆分为“需求—算法—算力—硬件”四个层次。首先，要计算出生成式AI接收到的服务需求；接着，通过分析这些需求与不同算法之间的对应关系，确定生成式AI所需算力大小；最后，推导出所需的GPU硬件数量及其附属相关硬件的需求。

研究结果显示，在最激进的发展模式下，生成式AI在2023年至2030年产生的电子垃圾累积量或可达500万吨。预计产生的电子垃圾包含150万吨印刷电路板和50万吨服务器电池。它们可能含有铅和铬等有害物质，若处置不当将带来严重环境危害。即使在最保守的发展模式下，同一时间段产生的电子垃圾量也将达到120万吨。

“变废为宝”是难题

电子垃圾问题已成为当今世界一个紧迫的环境问题。

《2024年全球电子垃圾监测》报告显示，电子垃圾产生量增速远高于回收量增速。在2022年产生的6200万吨电子垃圾中，含有3100万吨金属、1700万吨塑料和1400万吨其他材料(矿物、玻璃、复合材料等)，其中仅有不到1/4的材料被妥善收集并回收利用。此外，针对关键原材料回收技术的专利申请数量尚未显著增加。

电子垃圾“变废为宝”，难在哪里？

首先是处理难度。《2024年全球电子垃圾监测》报告显示，2022年全球产生的电子垃圾中所含金属的经济价值估计为910亿美元。有价值的二次原材料是铜(190亿美元)、黄金(150亿美元)和铁(160亿美元)。然而，目前电子垃圾管理仅产生了价值280亿美元的二次原材料，其中大部分损失是由于焚烧、填埋或不合理处理造成的。

其次是成本问题。在回收电子垃圾过程中，需要投入大量的人力、物力和财力进行收集、运输、拆解和处理。同时，由于电子垃圾的来源分散，回收难度大，导致回收效率低下，进一步增加了成本。《2024年全球电子垃圾监测》报告显示，2022年，全球电子垃圾管理的经济效益为510亿美元，而成本为880亿美元，相当于整体



图为在第七届中国国际进口博览会上展出的“Recover E”的电动方程式赛车，它由100公斤电子垃圾制造而成。视觉中国供图

经济损失370亿美元。

确保可持续发展

面对已然十分严峻的电子垃圾挑战，如何避免AI产生的电子废弃物加剧这一问题？

汪鹏等人的研究对此提出了建议。“我们开展预防性或前瞻性研究遵循的基本原则是，了解得越早，行动得越早，获得的收益也越大。”汪鹏介绍，团队有针对性地提出了循环经济策略，旨在通过减少、再利用、修复和回收数据中心的过时设备来减少电子垃圾的产生。

汪鹏分析，就单个产品而言，如果能以更少的硬件资源消耗实现更高性能，其产生的电子垃圾相对数量会减少，但由于设计的复杂性等原因，其处置处理难度也会相应增加。而且，考虑到性能提升会带来消费总量快速提升、产生“反弹效应”，电子垃圾的数量和处理难度仍会随着硬件性能提升而同步增加。因此，电子废弃物末端处置回收是循环经济中不可忽视的一环。这些废弃物中含有丰富的高价值金属资源，但也含有很

多有害物质。厂商需要确保所有材料得到妥善处理，避免引发二次污染问题。

汪鹏认为，除了在硬件上做文章外，还应在算法开发阶段适当降低模型的算力需求。“相关措施越靠近源头，效果越显著。在算法层次进行优化，不仅可以减少能耗和成本，还能带来巨大的整体效益。”汪鹏说。

我国高度重视废弃电器电子产品回收处理，近年来在废弃电器电子产品法规体系、全链条管理和企业环境监管方面开展了大量工作。在生态环境部前不久召开的例行新闻发布会上，生态环境部固体废物与化学品司司长郭伊均介绍，截至今年9月底，全国95家正规处理企业共回收处理废电器近7600万台(套)，产出约37万吨废塑料、52万吨废铜铁铝及其合金等，均进入下游企业再生利用。各类拆解处理产生的危险废物与其他环境风险物质均得到规范利用处置，全国废电器规范回收利用态势持续回升向好。

汪鹏建议，针对AI电子垃圾问题，相关部门应出台相关政策，企业应尽快采取行动，确保AI发展更加负责任、可持续。

“妈祖”系列海洋数值预报模式代码向全球开源

科技日报讯(记者侯秀英)11月28日，记者从自然资源部获悉，自然资源部国家海洋环境预报中心自主研发的“妈祖”系列海流和海浪数值预报模式源代码正式向全球开源，为海洋预报业务发展、海洋科学研究等贡献中国智慧和方案。

数值预报模式是海洋预报业务和海洋科学研究的核心工具。国家海洋环境预报中心历经数年集中攻关，先后完成“妈祖”系列自主海流和海浪数值预报模式阶段性开发工作。“妈祖·海流”和“妈祖·海浪”海洋数值预报模式分别于2021年、2023年投入业务化运行。

业务化运行以来，国家海洋环境预报中心积极开展模式的推广部署，中心还积极向国际相关机构推广，今年分别向印尼气象与地

球物理局和相关大学、孟加拉国气象局和达卡大学进行模式的技术移植和培训。这是我国完全自主可控的海洋数值预报模式首次向国外推广应用，有效提升相关国家海洋防灾减灾能力。

据介绍，“妈祖”模式代码开源后，将极大促进我国海洋科学软件开源体系建设，加速拓展模式在海洋防灾减灾、海洋资源开发利用、海洋科学研究和海洋生态保护等领域的应用，加快模式开发与更新进度，形成滚动研发机制。模式开源发布后，用户可登录中国海洋预报网下载源代码使用。

国家海洋环境预报中心还将举办“妈祖”系列数值预报模式的技术培训会，为模式落地应用提供专业技术指导，为海洋预报科研人员搭建高水平学术交流平台。

精准肝脏外科决策智能体发布

科技日报讯(实习记者于紫月)11月27日，记者从清华大学附属北京清华长庚医院获悉，该院院长、中国工程院院士董家鸿团队近日在京发布全国首个精准肝脏外科决策多模态智能体。

肝癌是全球发病率和死亡率最高的恶性肿瘤之一。据统计，我国每年肝癌新发病例和死亡病例占全球近50%。外科手术是治疗肝癌的主要方式之一。然而，肝脏生理功能多样、解剖结构复杂，其病变个体化程度高，传统诊疗模式高度依赖主刀医生经验和水平，难以应对患者日益增长的个性化精准诊疗需求。

十几年来，董家鸿团队推行肝脏手术的3M原则，即最大化病灶清除、最优化器官保护、最小化创伤侵袭原则，以确保手术实现安全、高效、微创的多重目标。如今，这一范式在大模型时代得到进一步升级。

董家鸿团队研发的智能体就像一位手术“管家”，可为医生“可视化、

可量化、可控化”切除肝脏肿瘤提供重要辅助。该智能体引入医疗垂类大语言模型、时序影像计算视觉等前沿语言技术，可根据靶病灶、定位安全边缘距离、肝脏储备功能、剩余肝脏体积、体能状态与心肺功能等量化评分标准为不同术式打分，智能推荐兼顾3M原则的最佳手术方案。它还能提供选中术式的仿真模拟和三维量化分析，供医生借鉴参考。

“该智能体开创性地将前沿人工智能技术与肝胆疾病诊疗路径深度融合，实现3M多目标平衡下的全流程决策。这意味着肝癌诊疗经验科学、理论科学、计算科学及数据科学后，正式跨入人工智能赋能的‘第五诊疗范式’时代。”北京清华长庚医院肝胆胰外科副主任冯晓彬说。

大宗商品跨境交易直通平台在25国上线

科技日报讯(记者王迎霞)11月25日，全球首个数智化大宗商品跨境交易直通平台V3.0在25个共建“一带一路”国家正式上线。

该平台由宁夏回族自治区商务厅、中国国际贸易促进委员会宁夏回族自治区委员会等单位主导，宁夏秦联能源集团有限公司投资研发，于2022年7月上线。本次上线的V3.0面向全球拓展数智化大宗商品线上交易及拍卖模式，为数字经济赋能跨境业务提供创新发展案例。

大宗商品跨境交易直通平台副总指挥秦秀芳介绍，平台自建成以来，在诸多领域进行了探索与创

新，开辟出一条可在线处理大宗商品数据与交易业务的途径。这次在蒙古国、俄罗斯、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦等25国上线后，将推动宁夏在共建“一带一路”倡议中发挥更大作用。

据悉，V3.0推出在线签约、监管支付、磅单管理、车辆管理、国际招投标管理、多语言切换、国际商务等24套系统功能，涵盖国际国内运输、清关、仓储、检测化险服务，业务可链接25个国家、24个口岸及港口，助力百余种商品实现互联互通。“我们将切实为人驻企业提供更高效、便捷、安全的跨境大宗商品交易服务。”秦秀芳表示。

湖北鄂州：数智技术护航电网安全运行

◎本报记者 吴纯新
通讯员 张琦

“已找到目标电杆，现在开始自主巡检。”11月24日，在湖北省鄂州市梁子湖区涂家垅镇南阳村，一台无人机围绕一根电杆进行巡检，并回传语音播报。巡检完成后，它自动飞向更远处，巡检另一根电杆。

这台“聪明”的无人机，装配了基于人工智能的自适应巡检技术。它可以智能识别电杆、自动避开障碍物、自主拍摄巡检照片，并将照片上传至后台。

近年来，针对农网供电线路长、巡检点多等特点，国网鄂州供电公司建立了输电、变电、配电一体化无人机网络巡检体系，利用无人机机巢和自适应巡检技术提升农网巡检效率。

在数智化技术加持下，城区智能有序充电系统也变得更“聪明可靠”。

鄂州市洋澜湖一号小区是一个老旧小区，变压器承载能力不足，有时会导致新能源车充电功率

降低。为解决这个问题，国网鄂州供电公司在该小区应用智能有序充电系统，无需使用增容变压器便可动态调整各充电桩充电功率。在不影响小区居民正常用电情况下，该系统已实现最大化满足车主充电需求。

2023年，国网湖北省电力有限公司以鄂州市为试点，推进数字化配电网建设，打造结构坚强、运行灵活、智能高效的数字化配电网样板，并针对城区、农村和园区差异化部署应用场景。在城区，当地已建成结构坚强、容量充足、运行灵活的中压配电网网架；在农村，当地已建立光储充客户“刚性可控、柔性可调”的差异化响应调节机制；在园区和社区，当地已打造杜山园区构网型储能、桐山社区直流微电网两个主要示范场景。

“我们还建成了自愈型配电网，配电网如果出现故障，会自动识别故障类型，快速隔离故障区域，并恢复非故障区域供电。”国网鄂州供电公司运检部专责李豪说，鄂州城区供电线路目前均已具备自愈能力，供电恢复处置过程不超过1分钟。

图计算再获两项世界第一

“天河”超算何以“顶天立地”

◎本报记者 张强 通讯员 吴文亮

国际上评价超级计算机图计算性能的最权威榜单——国际Graph500排名日前发布，国防科技大学计算机学院研制的“天河”新一代超级计算机系统夺得Graph500大数据图计算能效(Green-Graph500 Big Data)及小数据图计算能效(GreenGraph500 Small Data)两个榜单世界第一。这也是“天河”超算在该领域第五次夺冠。

图计算是什么?“天河”超算图计算领跑世界背后有哪些创新?图计算的应用场景又有哪些?带着这些问题，科技日报记者采访了“天河”新一代超级

计算机图计算优化系统的主要完成人、国防科技大学计算机学院副研究员甘新标。

“图”是一种用来表示事物之间关系的数据结构。作为分析事物间关联的重要工具，图计算将数据按照图的方式建模，能获得以往用扁平化视角很难得到的结果。目前，图计算已广泛应用于社会治理、国防安全等众多领域，是学术界和工业界关注的前沿和热点。

“一‘图’胜千言。图计算技术不仅可以帮助科学家解决大科学、大工程、大数据等前沿问题，也有助于提升产业创新能力。”甘新标说。

为攻克图计算核心技术，“天河”团

队在软硬协同优化、图计算模型等方面深入钻研，解决了面向国产处理器的深度图优化、软硬协同图分布、拓扑感知图通信、超级图压缩等多项难题。目前，“天河”超算图计算已成功部署于国家超级计算天津中心和长沙中心的国产主机系统。

甘新标说，“天河”超算不仅能支持高精度计算，在数据密集型应用方面也具有一定优势，对我国人工智能和大数据处理能力发展具有重要支撑和推动作用。

“天河”超算既能“顶天”，也能“立地”。

“人们的衣食住行都有图计算的影子。”甘新标举例说，当人们使用健康管理应用时，系统可以通过图计算分析用

户的运动数据、饮食习惯和睡眠质量，提出有针对性的健康建议，帮助用户更好管理自身健康；当人们在网络平台购买图书时，系统可以通过图计算分析购买历史、浏览记录、兴趣爱好，推荐用户感兴趣的相关书籍或产品；当人们在支付平台进行交易时，系统可以通过图计算分析交易记录和行为特征，评估交易风险；当人们使用导航地图时，系统会根据交通流量和拥堵情况，为用户推荐最快的路线。

甘新标介绍，“天河”超算图计算目前已广泛应用于无人机路径规划、微尺度城市风场仿真、社交媒体分析等领域，未来将为科技创新、社会发展提供更多技术服务。

虚实融合自动驾驶实车挑战赛举行

科技日报讯(记者王禹涵)11月19日—20日，2024虚实融合自动驾驶实车挑战赛在长安大学举行。从全国77所高校300余支参赛队中选拔出的17所高校20支队伍参加本次比赛，来自武汉理工大学、华南理工大学、中山大学等高校的10支队伍胜出。

据悉，作为本次赛事核心的虚实融合自动驾驶实车比赛系统，由长安大学联合同济大学、国家智能网联汽车创新中心共同研发。挑战赛依托长安大学车联网与智能汽车试验场举行，围绕礼让行人、高速公路切入变道等400多个不同难度等级的多样化虚实融合测试场景展开。挑战赛通过“真实标准化的测试车辆”等模块，测试参赛队伍自动驾驶规控算法的场景适应性和控制稳定性。

西安建筑科技大学校长、长安大学教授赵祥祺介绍，挑战赛采取虚实融合的方式，通过测试自动驾驶车辆的感知

能力、规划能力和决策控制能力，来验证自动驾驶车辆的安全性。我国自动驾驶技术已从最初的单车智能“跟跑”进入到与国际同步“共跑”阶段。在建设车路云一体化技术体系方面，已具有局部领先优势。

中国汽车工程学会副秘书长赵立金介绍，挑战赛引入道路通行效率影响和人体工学舒适性评价指标，革新了评价体系，搭建起线上算法走向实车应用的测试平台，实现了测试效率与测试环境真实性的高效融合。挑战赛在赛题设置、评价体系和队伍选拔等方面取得重要突破，为后续实现“仿真测试+场地测试”的自动驾驶测试技术方案奠定基础。

据悉，挑战赛由国家自然科学基金委员会工程与材料科学部、中国汽车工程学会指导支持，由长安大学联合同济大学、中国汽车工程学会和国家智能网联汽车创新中心共同主办。这是我国首次开展虚实融合自动驾驶

实车挑战赛，将为国家自然科学基金应用基础研究项目的成果评估提供全新模式，并有力推动我国自动驾驶技



长安大学车联网与智能汽车试验场上，选手正在比赛。本报记者 王禹涵摄

术“测试评估—技术迭代”的循环进化，为高等级自动驾驶算法的落地应用提供强有力保障。