

既能钻透极端地层，也能秒开生命通道

深地勘探与救援迎来“多面手”钻机

K 热点透视 redian toushi

近日，在天津举行的中国国际矿业大会上，中国煤炭地质总局正式发布了T138柔性自适应双动力头车载钻机。这款由该局联合山河智能装备股份有限公司共同研发的新型装备，是我国首台采用双发动机、双动力源、双动力头、内外双循环及专业工程越野全驱底盘的智能化车载钻机。它既能在极端复杂地层中高效作业，也能在矿山救援中快速打通生命通道。它凭借独特的柔性自适应能力被誉为多面手“巨无霸”。

攻关深地勘探与救援设备

“没有装备的自主可控，就没有资源开发的主动权。也没有矿山生命救援的保障线。”中国煤炭地质总局地勘矿业部部长林中湘在接受采访时说。

我国煤层气资源储量位居全球第三，2000米以深的煤层气资源因地层复杂一度被视为勘探禁区。随着矿产资源开发向深部推进，岩性复杂、构造发育、应力变化、地温升高、地质结构不稳定等问题成为发展瓶颈。

“传统钻机在这些极端条件下往往无法有效作业，导致孔壁坍塌、卡钻埋钻事故频发，甚至钻孔报废。”山河智能研究院院长徐喜建说。

技术瓶颈在应急救援领域表现得更严峻。中国煤炭地质总局国家矿山应急救援大队特勤队救援专家肖明国介绍：“在事故救援过程中，我们不得不依赖进口车载钻机，设备与服务费用高达数千万元，且响应迟缓，暴露了我国在高端救援装备上的困境。”

面对这一严峻挑战，中国煤炭地质总局与山河智能展开深度协同，双方确



T138 柔性自适应双动力头车载钻机 ■ 陈曦摄

立了目标：研发具备国际一流水平的SWPDT系列深井套管车载钻机、SWPDC系列履带式钻机及大吨位模块式钻机，攻克“钻护一体同心跟管钻进”核心技术，实现从80~180吨及以上的全系列化型谱，彻底扭转高端钻探装备受制于人的局面。

钻进技术实现智能化

作为全球最大吨位车载式深井钻机之一，T138柔性自适应双动力头车载钻机在细分领域已跻身全球技术领先行列。它围绕“钻护一体”理念，形成了工艺、控制、平台三大创新。

在工艺创新方面，T138柔性自适应双动力头车载钻机可配备水、泥浆、空气、泡沫四种循环介质，可在正压正循环与气举反循环间快速切换。“这就像给钻机配备了一个全能工具箱。”山河智能工业技术研究院总经理林宏武解释道，“它

能根据地层特性智能选择最优工艺组合，实现从松软土层到坚硬岩层的全地层覆盖。”

设备可在内侧动力头单独钻进与双动力头同心跟管钻进等多种模式间无缝切换，极大提升了复杂地层中的排渣效率与孔壁稳定性，有效解决超复杂地层排渣和护壁难题，为深地勘查和救援提供了高效可靠的解决方案。

在控制创新方面，研发团队建立了双回转电液伺服系统动力学模型，并基于此开发智能闭环控制系统，实现真正意义上的智能跟管钻进。

徐喜建介绍说：“双动力头协同技术使套管能紧随钻头同步钻进，达到即时护壁、救生孔‘一次成型’的效果。这对矿山救援至关重要，意味着救生孔可以一次成型完成，不需要反复修孔。”

系统还结合岩石大数据库进行回转自适应控制，能基于岩石特性自适应调

节钻进参数，预设安全围栏，提前预判并避免卡钻、埋钻等事故，将解卡提升力增大至180吨，将安全保障方式从“依赖人工经验”提升至“智能主动保障”。

“绿色钻机”显著降低油耗

T138柔性自适应双动力头车载钻机还采用了绿色高效的多动力源集成系统，首创“柴油+市电”双动力及混动模式，并配合智能能量管理系统，实现多种动力源优化管理与互为备用。

通过研发双发动机并联驱动和能量回收再利用系统，装备在保持大吨位作业能力的同时，管柱提升速度提升25%，能耗显著降低，是名副其实的“绿色钻机”。这种绿色混动技术，不仅符合全球节能趋势，也为矿业装备的可持续发展提供了中国方案。

如今，山河智能开发的SWPDT系列车载式钻机、SWPDC系列履带式钻机及模块化系列钻机已在全国多个领域投入使用，实现了设备的完全自主可控。

在能源资源勘探领域，该系列装备适用于煤层气、页岩气、石油天然气等能源开发，满足深部资源勘探需求。在陕西彬州、贵州盘州等煤层气开发现场，装备多次高效完成深度超1500米水平井作业；其中，在陕西彬州煤层气开发项目中，装备仅用19天就完成了1153米水平井钻探，比原计划提前11天，刷新了国产钻机施工纪录。目前该系列钻机累计完成钻井总进尺已突破十万余米。

“相比国外雪姆钻机平均油耗约40升/小时，我们的钻机平均油耗仅为20升/小时，单机单井节约油料成本近10万元，为客户单井节约成本达20万元以上。”林宏武介绍，“这让国产高端钻机从用不起、等不起变成了更划算、更高效。”

陈曦

金属屋面让建筑更安全更美观

苍穹之下，一朵巨大的“木棉花”含苞待放，这是我国民航首个拥有五条商用跑道运行的机场——广州白云国际机场三期扩建工程T3航站楼的独特外观。近日，广州白云T3航站楼正式启用，其极具科技感的金属屋面，以变幻的外观和强大的抗风性能成为行业关注的焦点。

近年来，随着我国建造技术迭代升级，金属屋面在现代建筑中被广泛应用。它不仅为建筑穿上华丽的“外衣”，更集成了多项先进技术，在结构安全、功能集成、绿色节能以及建造工艺方面表现突出。

屋面系统能抗17级台风

“木棉花”立于南海之滨，台风是其金属屋面最大的挑战。为了抵御17级台风的“撕扯”，中建二局安装工程有限公司（以下简称“中建二局安装公司”）工程团队把台风“搬进”室内，通过风洞抗风揭实验室优化屋面结构、精选合适材料。经过数月测试，不锈钢脱颖而出。它被作为屋面表层材料，构成我国首个彩色连续焊接不锈钢金属屋面。

屋面系统从上到下共有10层。底层檩条结构拟合出渐变坡度，然后逐层耦合各类材料，实现隔汽、保温、防水、隔音、防晒等功能。特别是顶层不锈钢板，厚度仅

0.5毫米，采用整板焊接工艺，做到“天衣无缝”，极大提升屋面的抗风与防水性能。

更令人瞩目的是，工程团队跨界引入航空工业技术，自主研发出国内首台航空级金属屋面智能检测机器人。该机器人搭载深度学习算法与多模态传感系统，可在8.4万平方米陡坡屋面上自主行走、跨越障碍，实现毫米级损伤识别。

在静态抗风实验中，整个屋面系统的抗风压能力达18.2千帕，可抵御17级台风。在此之前，采用铝镁锰合金制成的金属屋面，抗风能力只能达到12级台风。

除了抵抗急风骤雨，广州白云机场T3航站楼金属屋面对抗热胀冷缩的能力也值得一提。工程团队通过焊接连接与横向“褶皱”设计，科学释放热胀冷缩应力，确保了屋面系统在长期使用中的结构稳定与完整性。

数字技术精准塑形

屋面的价值不仅在于防护，更在于为建筑美学提供更多表达空间。不久前投用的浙江安吉“两山”未来科技城文化艺术中心，十二片巨型“竹叶”构成的屋顶，正是金属屋面美学表现力的极致展现。

白色的“竹叶”形屋顶由2.8万平方米的金属屋面构成。建造过程中，精准定位最长达151米、最大悬挑37米的叶片，

是中建二局安装公司工程团队首先要攻克的难题。

工程人员广泛应用建筑信息模型(BIM)与3D扫描逆向建模技术，在虚拟空间中构建了与实体建筑完全一致的数据孪生模型。通过1:1原位实体放样，提前预演并解决了所有潜在的结构碰撞与安装冲突，将施工误差降至最低，确保异形屋面与主体结构的完美契合。

在多雨的江南，复杂曲面造型对防水排水提出严峻挑战。对此，工程团队双管齐下：一方面，通过优化天沟布局，增设挡水墙等措施，构建了高效的组织排水系统；另一方面，创新采用了双层柔性防水卷材系统，避免了传统固定方式对防水层的穿孔破坏，显著提升了防水体系的完整性与耐久性。

“这套防水系统如同为建筑穿上‘防水防风衣’，不仅能够有效阻挡雨水侵袭，还能抵御强风撕扯，让金属屋面在风雨中完好无损。”巨型“竹叶”金属屋面项目负责人、高级工程师唐泽兵说。

模块化高效施工

全国各地，文体场馆等大型公共建筑越来越多，金属屋面施工难题也日益凸显，以“模块化施工+数字化管理”为核心

的智能建造体系应运而生。

遥望伶仃洋畔，总建筑面积约18.6万平方米的大湾区文化体育中心综合体育场如扇面一样徐徐打开，其“波光粼粼”的复杂环状屋面，外环坡度高达65度，呈现具有韵律感的叠瓦形态。

面对如此高难度的施工条件，中建二局安装公司工程团队开创性地采用“防水层以下全构造模块化施工”技术。他们利用BIM与全站仪现场扫描数据，将总面积约7.8万平方米的屋面精准划分为878个独立模块，每个模块均在地面拼装焊接，最大模块重达7.4吨。

“这种搭积木式的施工方法，将大量高空、高风险的现场作业转化为地面或低空的标准化工序，使复杂造型屋面的安装效率提升了30%，同时将材料损耗率严格控制在2%左右。”大湾区文化体育中心综合体育场金属屋面项目负责人、总工程师赵俊伟告诉笔者，模块化施工方法不仅极大地降低了安全风险，还有效避免了屋面系统与其他专业施工的交叉干扰，保证整体工程的顺利推进。

从抗风防水到造型创新，从智能检测到模块化施工，金属屋面技术的系统性创新，推动中国建筑围护系统走向更安全、更美观、更高效、更绿色的未来。

何亮

捕获高空风能，“会飞的电站”来了

笔者从中国能建集团获悉，我国首个高空风能国家重点研发计划核心装备——世界最大的5000平方米高空风力发电项目日前在内蒙古阿拉善左旗试验场成功开伞。其完成全部预定试验内容后成功实现空中收伞，这标志着我国高空风力发电技术在工程化应用方面迈出坚实一步。

高空风力发电的原理是什么？具有哪些优势？适合应用在哪些场景？中国能建集团相关专家对此进行了深入解读。

捕风结构全球最大

“高空风力发电，是利用自主系留升空的空中组件捕获300米以上高空风能，从而实现风能—电能转换的新能源技术。”中国能建集团所属中国电力工程顾问集团有限公司副总经理张力介绍，为捕获高空风能，国内外主要有两种技术路线：空基高空风力发电与陆基高空风力发电，两者的核心区别在于发电机的位置。

此次中国能建集团开展试验的高空风力发电系统，属于伞梯式陆基高空风

力发电，包含“空中捕能—缆绳传能—地面发电”三级能量传递路径，就像放飞在高空的巨型“风筝”。

“空中伞梯系统由氦气球提供初始升力，并采用做功伞捕获风能，平衡伞维持系统稳定，通过缆绳将机械能传递至地面。”张力解释说，其中，缆绳采用超高分子聚乙烯材料，可承受百吨级拉力。

地面发电系统则通过双机组协同的战略设备，将缆绳直线运动转为旋转动力，配合万向滑轮架适应风向变化，实现机械能发电，并使单机功率达到兆瓦级。

值得一提的是，此次试验中用于捕获风能的高空风力发电做功伞是全球最大的高空风能捕获结构。项目团队通过气动优化提升了做功伞捕风效率，通过伞型设计拓展了开伞尺寸极限。

突破传统风电瓶颈

“在全球能源转型浪潮的推动下，风电装机规模保持着持续高速增长的态势。然而，传统陆上风电与海上风电正面临两大愈发突出的瓶颈。”张力谈道。

他分析，近地风资源的开发空间受

到限制，可获取的高质量风场日益稀缺；更为关键的是，风力具有较强的间歇性与较大的波动性，这对电网的稳定性带来挑战。这些发展瓶颈不仅限制了风能潜力的充分释放，而且难以满足新型电力系统对于高度稳定性和强大调峰能力的核心需求。

在张力看来，突破传统风电瓶颈的战略机遇，潜藏于近地空间之上——即距离地面300~10000米的高空。

“科学研究表明，这一区域蕴藏着极为丰富且未充分利用的风能资源，其理论储量可达全球电力总消费需求的100倍以上。”张力介绍，相比于近地风能，高空风能具备显著优势：能量密度成倍提升、风向风速显著稳定、全球性广泛分布。这些特性为应对新型电力系统稳定性和调峰需求提供了潜在的解决方案。

拓宽风能利用场景

2024年初，中国能建集团投资建设的我国首个高空风能发电工程化试验项目——安徽绩溪高空风能发电新技术示范项目成功发电。该项目采用伞梯式陆基

基高空风力发电技术路线，总装机容量达兆瓦级，能够利用300~3000米高空风能进行发电，是我国高空风能发电技术的首次工程化实践。

“在诸多高空风能解决方案里，伞梯式陆基技术路线呈现出显著的商业化潜力与应用灵活性。”张力介绍，伞梯式陆基高空风力发电技术具备功率输出大、配置灵活、高度模块化设计等特点，可支持车载式、分布式、集中式等多种灵活的部署方案。

张力举例说，伞梯式陆基高空风力发电技术可部署在内蒙古、青海等风资源富集区，与风光基地协同构建三维立体能源矩阵；可面向离网供电孤岛，为远海哨所、高原科考站等提供全天候清洁能源；可应用于城市应急支援，作为车载系统随时响应自然灾害、电网故障等突发需求。此外，还能够与火电、光伏等发电场景形成有效互补，增强多能源系统的整体韧性。

“伞梯式陆基高空风力发电技术将拓宽风能资源全方位利用新场景。”张力表示。

刘园园

K 创新亲谈 chuangxin zatan

随着智能时代的来临，人类与人工智能(AI)技术的结合日益紧密，人机协作正成为常态。面对这一趋势，不少人陷入思考：当机器能够完成越来越多的工作，甚至检索、分析等智力任务也能交由智能体处理时，人类独特的价值何在？其实答案并不复杂：唯有持续地创造创新，才能让我们始终站在技术发展的前沿，牢牢把握住自己的命运和未来。

随着“AI+”成为引领新一轮科技革命和产业变革的通用技术与战略举措，在与千行百业深度融合中，“AI+医疗”“AI+教育”“AI+交通”等领域普惠价值正加速释放，公共服务与社会治理得到优化，并一步步重构产业生态与价值创造逻辑。这不仅为经济高质量发展注入核心动能，也为提升创造价值带来了前所未有的历史性机遇。

事实上，以AI为代表的第四次技术革命与以往有着本质区别。它不仅能够替代传统体力劳动，更通过机器学习不断提升自身智能水平、突破智能边界。凭借远超人类的数据处理能力，AI可以在海量信息中寻找规律、建立模型、优化方案，并且在大数据驱动中不断优化和提升性能，这使得许多原本需要中高级知识和技能的岗位也面临着转型的压力。

然而，无论技术如何进步，AI始终是人类智慧的延伸。就像历史上的各种工具一样，它拓展了我们的能力边界，但并未改变其作为工具的本质。真正关键的突破，发生在人与机器协同工作的过程中——通过人与机器人、计算机网络或其他智能系统之间的协同工作和互动，将机器的智能与人类的创造力、决策能力相结合，能够迸发出前所未有的创新能力。

在此背景下，“人机协作”将成为放大创造价值的核心范式。这种协作不是简单替代，而是构建新的共生关系，重新定义人才的能力图谱，让创造性活动的价值被前所未有的凸显出来。这一方面是由于层出不穷且功能日益强大的AI工具正在迅速掌握一般常识性知识空间；另一方面，AI本身的发展也对人类知识创造提出了迫切需求。机器学习就像海绵一样，亟需人类“填充”更多新的、更高层次的知识。有研究指出，训练大型语言模型所用的文本数据量正迅速逼近互联网可用文本总量，预计到2028年，训练数据集规模将等同于整个互联网的文本量。这意味着，用不了几年，AI就可能耗尽现有全部可用于训练的数据。对AI的依赖与期待，也在“倒逼”人类加快知识创造。

从逻辑上看，这是一个相互促进的循环：人类的创造活动推动技术进步，而技术进步又反过来为人类创造提供更强大的工具，解放自身的创造力。技术与创造正是在这条正反馈的轨道上持续运行。

对于个体而言，在AI时代，新技术突破了地域、身体等限制，为每个人挖掘和发挥潜能创造了前所未有的条件——即使是偏远地区的居民或残疾人等弱势群体，也获得了展现才艺、创造价值的机会。人们不再需要亲力亲为地操作每个步骤，工作的重心转向了更本质的层面，而提出新问题、构建新框架、连接不同领域创造新事物的战略思维，以及熟练使用智能工具的“数字素养”，正成为更重要的能力。

但也不必为此感到焦虑，这种能力结构的转型并非一蹴而就。社会需求和岗位变化总体上是渐进式的，许多传统职业也并未消失，而是在人机协作中焕发出新的生机。例如医生可以将更多精力投入到综合判断和医患沟通上，设计师可以更专注于创意构思和美学把控，教师则可以更着力于启发思考和培养品格。这种渐进式的转变，让每个人都可以从现有的岗位出发，逐步培养新时代需要的能力。

AI的崛起并不意味着人类的退场。当技术将人类从重复性劳作中解放，专注于创造更大价值，这或许才是技术发展的终极意义——不是替代人类，而是成就人类。在人机协作中，人类社会可以迎来一场更加精彩的进化和升华。

技术突破资本热捧 “人造太阳”加速迈向商业化

(上接A1版)“我国已成功实现第二代高温超导带材的规模化量产，形成了完整的自主知识产权核心技术体系，当前最迫切要解决的是第二代高温超导带材的批量化制备技术及材料性能与一致性的提升。”中色创新研究院科技部有关负责人告诉笔者。

据了解，目前中色创新研究院2000多平方试验场地和核心自主研发设备已投入使用，第二代高温超导带材制备试验线已建成，正在进行自主可控技术路线产品的研发，目标是2030年实现产业化。

中色创新研究院科技部有关负责人预计，“十五五”期间，高温超导材料将从科研验证和小批量试用，迈向工程化、规模化应用新阶段。得益于可控核聚变产业的资本开支加速，全球用于可控核聚变技术验证装置的高温超导材料市场规模将经历指数级增长，有望从2024年的约3亿元人民币，增长至2030年的近50亿元人民币，并在2035年前成为一个数百亿甚至千亿级的核心赛道。

资本加速涌入

“嗅”到聚变能巨大潜力的各方资本，正跑步进场。

FIA报告显示，截至今年7月，全球商业聚变行业已吸引97亿美元投资，较2021年同期增长414%，投资者信心日益增长。