身边的科学

低空经济时代 我们离“打飞的”生活还有多远

中青报·中青网见习记者 蒋继璇
记者 李雅娟

城市楼宇间，物流无人机精准投送货品，巡检无人机自动执勤，载人飞行器实现空中通勤——这些曾在科幻电影中出现的场景，正在逐步成为现实。

8月底，第六届位置服务科技论坛暨北斗与低空经济产业规模化会议在贵阳举行。作为2025中国国际大数据产业博览会的系列交流活动之一，来自科研院所、高校、企业及政府部门的专家，围绕北斗卫星导航系统（以下简称“北斗系统”）应用规模化、低空经济产业化等议题展开探讨。

低空经济是指以民用有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。此次论坛上，多名与会专家引用中国工程院院士陈志杰在2024年提出的一个观点：发展低空经济要解决“飞得起来、飞得安全、飞出效益”三大需求。

要实现这三大需求，功夫远在低空之外。

9月4日，上海，工程师在eVTOL工程模拟机上对飞行仪表进行设置。 视觉中国供图

天：北斗为“眼”，定位时空

低空的空域范围，通常指垂直高度1000米以下，根据实际需要，可延伸至3000米以内。而想让低空飞行器精准航行，要先将目光投向两万公里之上的苍穹，在那里，北斗卫星构成的导航系统正在成为低空飞行器的“时空指南针”。

“功能多、技术特、精度高”是中国工程院院士刘经南在会议上概括的北斗卫星导航系统三大优势。“功能多，因为它是全球唯一集通信、导航、遥感及搜救功能于一体的卫星导航系统；技术特，是指它融全球和区域星座为一体，融合星地间双向通信和星际通信。”刘经南指出，精度高，则是指其在纳秒级的时间同步精度内，就能反映出0.5米-5米范围内的位置信息。

这些意味着北斗系统在为航空器提供精准时空引导信息的同时，还能为空中交通服务提供定位监视信息，“解决低空空域‘看不见’‘叫不应’‘管不住’等问题。”刘经南说。

此外，北斗系统也是全球唯一可对求救者回送短报文通信的搜救卫星导航系统。他举例，在2019年某通航飞机失联救援案例中，北斗系统的短报文功能发挥了关键作用。

但发展低空经济能否用好这个“时空指南针”，在中国电科首席科学家、综合时空网络与装备技术全国重点实验室主任蔚保国看来，关键还在于“融”。

北斗系统带着导航定位的使命诞生，低空经济可作为其中一个应用场景，却是另一个完全不同的体系。“不能照搬通用航空和运输航空的理念和手段。”蔚保国解释，“低空经济需要一种全新的、全自动的空中交通管理模式，需要时空信息来赋能。”

赋能并不等同于简单的叠加。蔚保国举例，即使把一个北斗系统的终端应用加在无人机上，也只能解决个体的、局部的问题，“并不能把低空经济活动通过时空信息驱动起来”。他说，只有北斗系统和低空经济两大体系深度融合，才能成为协同发展的倍增器，而要做到这一点，就需要研究体系融合的路径和能力。

蔚保国提出自己的构想——从时空角度来说，需要构建低空时空网，建设能把北斗系统的综合时空体系和低空经济融合在一起的基础设施，“形成地上、地下、云上立体的时空服务。解决宏观的绝对问题、微观的相对问题以及时空态势的管理问题”。

而从北斗的角度来说，他认为目前应用系统虽然很多，但“并不构成统一的北斗应用服务体系”，一个完整的应用服务体系不仅应包含北斗系统本身，也应包括直接面向行业和市场的服务系统，并将其统筹起来。

地：地网作“脑”，打造数字基座

如果说北斗系统让低空飞行器拥有了“眼”和“嘴”，使其能感知自身的时空位置，并通过短报文报告状态，那么帮助它判断周围环境、思考规划航线的“智慧大脑”则来自地面。

“想象你每天走在路上，头顶飞着承载几十公斤货物的物流机，携带化学药品的无人机像小蜜蜂一样从你上方掠过，你害不害怕？”国际欧亚科学院院士、郑州大学学术副校长邓中亮向观众描绘了这样一个场景。

“低空经济的发展，站在用户的角度必须可信、安全。”他强调，要做到这一点，“光靠卫星定位是不够的，必须要和地面合作才行”。

物流运输、空中交通、农林作业、工业巡检、应急救援、低空文旅……低空经济应用场景的多元性毋庸置疑，但当飞行器需要穿行于云层、飞鸟、建筑、山体、密林之间时，它所面临的地理空间环境问题也极为复杂。

莫干山地信实验室执行主任、国家基础地理信息中心研究员张继贤带来了可能的解决方案。在他看来，基础设施建设是发展低空经济的首要前提，而数字化基础设施则是其中的灵魂。时空信息就是低空经济的数字化基础设施，能为低空经济的安全高效运行提供关键的支撑。

“但现有的时空信息技术与服务模式供给效率低，智能化水平也不足。”张继贤指出，在此背景下，亟待向智能化技术和服务模式转型，来提供高质量时空信息，支撑高层次、高水平的时空赋能。

地理空间智能就是一种解决方案。

简单来说，地理空间智能是以地理空间信息为对象，以人工智能方法为驱动，并通过模拟来解决复杂地理空间问题的一种智能手段。

张继贤认为，地理空间智能可以为低空经济提供以下几个赋能场景：一是精准刻画物理空间，提供技术保障；二是通过构建三维导航地图、构建机空导航系统等，为低空飞行提供导航支撑；三是利用大模型进行低空航路的智能规划；四是实现空域资源的优化配置和航路网的飞行智能管控。

理想状态下，以地理空间智能体系为核心的时空信息基础设施能在未来赋能城市的治理运营、行业的监测监管、社会公众服务三大领域。

但有“智慧大脑”还不够，还得有能够联通一切的“神经网络”，才能让低空飞行器高速、可靠地传输所有信息和指令，确保“眼睛”看到的数据能传给“大脑”，“大脑”的决策能下发给机器。这个“神经网络”就是地面通信网络。

在地面通信网络建设方面，刘经南提出了“北斗+5G-A”低空管理技术。“5G是随机性的网络，5G-A则是一种确定性的网络，信息传输可测、可控、可感知，所以更安全，相当于5.5G。”

“5G-A的保障能力更强，加上北斗的信号，可以实现从3000米以下的低空到300米、200米、100米这样的无人机空域全方位的监控。”刘经南说，此外，还可以用被动式的雷达进行监控，采用较强的电视信号“打”在无人机上，收到反射波对其进行定位。

“低空作业环境复杂，需要推动北斗与4G、5G、大数据、人工智能等技术融合，为低空飞行器提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务，提高低空飞行的稳定性和安全性。”刘经南说。

机：潜力巨大，挑战犹存

虽然被统称为“低空飞行器”，但实际上面对不同的应用场景，低空经济中涵盖的主要飞行器种类很多。

中国科学院院士朱位秋在会议中介绍，低空飞行器的分类，包括无人驾驶的航空器，微型、中型、小型的无人飞行器，其重量、最大飞行的高度以及距离都有规定，跟传统的通用航空器并不一样。此外，不同于燃油驱动的通用航空器，未来低空航空器中，电动垂直起降飞行器（eVTOL）将成为主要工具。

朱位秋表示，相较于传统通用航空器，这种飞行器具备很多优点：一是垂直起降，不需要机场；二是低噪声，“普通的直升机噪声达到82分贝，电动垂直起降飞行器为65分贝”；三是更环保，污染更少；四是更容易维护；五是成本更低；六是高效便捷，“和汽车、轮船相比出行时间更短，和民航飞机相比需要准备的时间更短，所以更灵活”。

那么，我们距离乘坐这种飞行器“打飞的”还有多远？

浙江大学航空航天学院教授、浙江省无人机技术重点实验室主任郑耀表示，从技术角度来说“让飞行器飞起来没有问题，但假如今天下大雨、刮七八级大风呢？如果飞机之间发生碰撞了呢？”他打了个比方，“骑自行车、开汽车都有可能摔跤、碰撞，如果是飞机遇到这些事故要怎么办？”

“因此从技术的角度，不能不把飞行性能做到最好。”郑耀说，在此过程中，涉及的问题与挑战十分艰巨复杂，不仅要研究设计优化方案，还要解决能源问题、载重续航问题、自主飞行控制问题、安全性可靠性和场景应用等问题。仅在燃料方面，就要考虑电动还是混动，搭配柴油还是煤油等多种方案。“从飞行器本身来说，我们还有很多活要干。”

朱位秋也提到，对于低空飞行器的研发应用，还存在不少挑战。首先就是噪声污染，一架低空飞行器的噪声或许尚能接受，但当多架飞行器高频率飞行时，对居民生活干扰可能更为直接。

“未来无人机送货，空中出租车等低空项目大规模推广时，城市的噪声污染难以避免。”他说，要解决这个问题，不仅要从技术方面入手，还涉及未来的航线和航行时段规划。

此外，在可靠性方面，控制系统、结构与材料、动力系统是否稳定可靠，都直接关乎飞行器的安全。“潜在解决方案是优化飞行器的设计，建立完善的维护保养体系并加强自动驾驶技术的研发。”朱位秋说，而对于低空交通运输系统的安全问题、航迹规划问题等则更需要依赖未来智能化算法的发展。

中国民用航空局发布的数据显示，到2025年，中国低空经济的市场规模预计将达1.5万亿元，到2035年有望达到3.5万亿元。“潜力巨大。”朱位秋说，“但是能不能实现需要看我们的努力，包括技术创新、政策环境、应用拓展等方面。”

9月4日，上海，工程师在eVTOL工程模拟机上对飞行仪表进行设置。 视觉中国供图

科学咖啡馆

9月8日，河北秦皇岛，山海关古城鼓楼的“红月亮”。 视觉中国供图

谁给月亮披上了一层红色『滤镜』

中青报·中青网记者
张 茜

很多人对9月7日午夜和8日凌晨的月全食充满兴趣。某社交平台“月全食”相关话题浏览量超过了7300万。尽管月全食颜色最深的“食甚”阶段发生在凌晨两点多，但“朋友圈月全食摄影大赛”还是安放了每个熬夜看月亮的心灵，刷屏的“红月亮”给一个寻常的周一带来了不寻常的惊喜。

“红月亮”，在特定的地区大约每2到3年才出现一次。9月7日、8日的月全食壮美奇观吸睛无数。谁给月亮披上了一层红色“滤镜”？北京天文馆首席科普专家寇文道破“天机”——

当地球、太阳、月亮三个天体运行到严格排成一条直线时，地球挡住了太阳射向月亮的阳光，月亮完全钻进地球的影子里。月亮本应遁入彻底的黑暗，但奇妙的一幕发生了——部分太阳光通过地球浓厚大气层的折射、散射，投射到了月亮上。

寇文解释，太阳由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光组成，每种光的波长不同，而地球与月亮之间的平均距离为38万多公里，这个距离恰好使得红光这个波长的光能够更多地折射、散射到月亮上。而月全食的“红妆”也并非一成不变。根据寇文的观测经验，有时候月全食的颜色可能会呈现橙色，有时候可能偏向古铜色，甚至咖啡色。

这抹变幻的“红月亮”，被世界各地的人们称为“血月”。它的出现往往被认为是“凶兆”——一传血月出现是战争与噩运的先兆；或传月亮变红是天神发怒；再传月赤如血预示动荡灾乱。也正因“血月”听上去容易让人产生误解，有学者认为并不应该对这个称呼大加宣扬。

谈及将天文现象与人间祸福绑定的思维范式，寇文认为，它反映出人类在面对异常、未知事物时产生的本能恐惧，在全球多元文化中均有体现。但科学与历史一再证明，用天象推演人间祸福，往往缺乏科学依据。

现代天文学正在改写这一认知框架。科学家已能精准预测月食、日食、流星等各种天象，普通人甚至能通过各种天象软件提前预知天象的效果图。过去面对异常天象的恐惧，如今消散在了人人热衷的“朋友圈月全食摄影大赛”中。

数智风向标

古籍“活”了

——科技让传统文化与年轻人热情相拥

8月29日，数博会浙江展区，8名观众围坐一圈参与MR数字美育系列体验。

扫描《山海经：中国神兽图鉴》可呈现神兽图。
本组图片由中青报·中青网记者李瑞璇拍摄

8月30日，数博会展厅，多名孩童在MR互动屏幕前玩耍。

“博物汉字”展区，观众正在阅读打卡。

中青报·中青网记者 李瑞璇
实习生 石静怡

步入展厅，一个名为“我们的经典”的沉浸式神话研学一体化活动空间，被学生们围得水泄不通：AR（增强现实）技术让《山海经》中的神兽从书页“跃”出；VR（虚拟现实）设备带观众“穿越”《山海经》中的奇山异水；巨大棋盘旁，孩子化身“古籍探险家”合作闯关，更有MR（混合现实）互动，让孩子“变身”孙悟空对决“妖怪”。

这不是科幻场景，而是8月29日在河南郑州举行的第十五届中国国际数字出版博览会（以下简称“数博会”）上，传统文化借数字科技“活”起来的真实写照。

数博会上，600多家中外企业在3.3万平方米的展区，集中展示了数字出版领域的新成果、新技术、新趋势。本届数博会共吸引10万余人次进场参观，其中专业观众达到1.5万人次，单日观展高峰超过3万人次。本届数博会的一大特色便是人工智能企业与传统出版社“联手”，让更多书籍“活起来”。

“扫描AR一体书，点击就可以听到模拟叫声和讲解。”中州古籍出版社副社长管嵩松拿起《山海经：中国神兽图鉴》介绍。她认为，传统文化不缺魅力，缺的是与年轻人的连接方式，出版社将传统文化“活化”，目的是让孩子们回归阅读，了解中国故事。

来自英国苏帕杜科技公司的首席商业和运营官莎拉·阿巴斯诺特在体验过活动后感慨道：“我真心希望全世界的孩子都能看到我刚才看到的这些，体验这种奇妙的感觉。”她说，通过VR技术，书里的神鸟帝江仿佛飞了出来；书中的战士们从书页上“走”下来。她想把这些儿童图书带回英国，让西方出版界人士也了解到亚洲近年来在儿童图书出版领域的发展情况。

8月29日恰逢七夕节，在数博会浙江展区，8名观众围坐一圈，每个人都戴着虚拟现实设备，用手在空中“触摸”，在虚实交互体验中向“织女”学习育蚕缫丝。

混合现实体验的形式吸引了不少小朋友，河南省新乡市封丘县东关小学学生刘洋旭结束体验后仍用手比画着，意犹未尽地说：“感觉缫丝那一关特别难，稍不注意就飞了（挑战失败）。”在他看来，虚实交互体验能够将书本中平面化的知识立体化，带来“身临其境”的感觉。

这是浙江大学出版社与中国历代绘画大系典藏馆跨媒体艺术工作室合作带来的国家级重大文化工程“中国历代绘画大系”数字拓展新作，即“丹青纪岁时——中国古画里的传统节日”MR数字美育系列体验，首发七夕节体验主要将收录于《宋画全集》的《乞巧图》和收录于《元画全集》的《摹楼璹蚕织图》，在虚拟世界数字“活”化，并创造性地结合牛郎织女的传说和古代七夕乞巧的节俗，引入故事化的沉浸交互叙事方式，将育蚕缫丝等非遗知识融入体验之中。

“我们希望以更加生动直观、能触及当代人心的方式，将古画进行数字化创作。”中国历代绘画大系典藏馆跨媒体艺术工作室负责人楼晓说，这也是传统出版与数字科技、数字美育的生动结合，由出版社提供出版成果，工作室进行内容研发、数字转化、应用落地等操作，而在转化过程中浙江大学老师也会为他们提供专业学术指导。

汉字IP“博物汉字”拥有300万粉丝，将甲骨文与AI技术的结合“玩出了花”。走入“博物汉字”展区可以看到，屏幕上各种拟人形态的甲骨文，蹦跳着演绎《西游记》《水浒传》等名著，书架上摆放着以甲骨文为“主角”的漫画和周边产品，吸引了不少年轻人的注意。

“博物汉字”IP运营负责人黄丽洁观察到，许多人听到甲骨文的第一反应是“高深莫测”“陌生”。为了让甲骨文“出圈”，她想了很多办法，尝试用“表情包”等有意思的形式吸引观众注意，建立起他们了解甲骨文的“媒介桥梁”。

在运营账号的过程中，黄丽洁发现，关注账号的大部分是小朋友和大学生，汉语言文学专业的学生认为这种学习甲骨文的方式生动有趣，老师也会将他们制作的甲骨文动画作为上课教材。

“制胜法宝是接地气。”谈到做好账号的心得，黄丽洁表示自己也是“站在前人的肩膀上做科普”，会尽量选择一些甲骨文中简单易懂的文字。

数博会开幕当天，中国出版协会全民阅读工作委员会主任聂震宁前来观展，他告诉中青报·中青网记者，21世纪之初，电商与传统出版业属于上下游关系，由于传统出版业没有及早介入电商，其营销受到冲击。在聂震宁看来，数字出版业与传统出版业不应该走“两条道”，可以更好地结合。他观察到，现在许多传统出版社都在寻求与数字出版企业合作，推出融合AI技术的出版作品。

在数博会主论坛现场，著名作家、河南省文联主席刘震云表示，推动人类社会发展的诸多因素里，科技的力量永远无法被忽视。作为一名作家，刘震云深切感受到数字阅读与出版带来的改变。过去，作者与读者的交流依赖信件，周期漫长；如今，数字平台上的即时留言让交流“像水流一样迅速”。

刘震云的作品被翻译成30多种文字，不同民族的读者会对同一人物、情节提出迥异的看法。“这些不同的看法对于这本书已经没有用了，但是对于你下一本书还是有启示、有好处的。”刘震云说。