

世界太空竞争日趋激烈，快速发射卫星成为急需解决的现实需求，而传统上获取有一定延迟大气等环境参数的方式，已经无法满足快速发射卫星的需求。如何才能让火箭的发展紧跟时代的变化呢？

# 人工智能让火箭学会随机应变

□ 王颖昕

## 前沿探索

传统的火箭，是数万名设计师和技术工人一步一脚印地研发出来的，火箭飞行中的每一个动作都由人工设计并且得到了验证。

当前，世界太空竞争日趋激烈，快速发射卫星成为急需解决的现实需求，而传统上获取有一定延迟大气等环境参数的方式，已经无法满足快速发射卫星的需求了。那么，如何才能让火箭的发展紧跟时代的变化，切实解决当前的需求，成为现今最值得研讨的话题。

于是，便有人这样猜想，能否让火箭用人工智能武装头脑，通过实时采集、现场学习、快速决策，在复杂多变的环境中学会随机应变呢？

事实上，当前人工智能的前沿是兴起于互联网的基于大数据的深度学习。而我国几十年的航天事业，特别是以载人航天、探月工程为代表的航天工程推动下，已经积累了海量的宝贵数据，同时也积淀了身



后的数据处理方法，在大设计工程思想的指引下形成基本完备的火箭通用设计框架，为向人工智能转型升级打下了坚实的基础，使环境自适应火箭成为可能。当前，人工智能的难点在于智能算法。近半个世纪的发展初步可分为逻辑推理、专家系统、机器学习等三代，但以人脑为终极目标的智能算法研究

仍然任重道远。在火箭上引入人工智能，硬件设施基本完备，传统上的运算能力限制通过拓宽通信链路

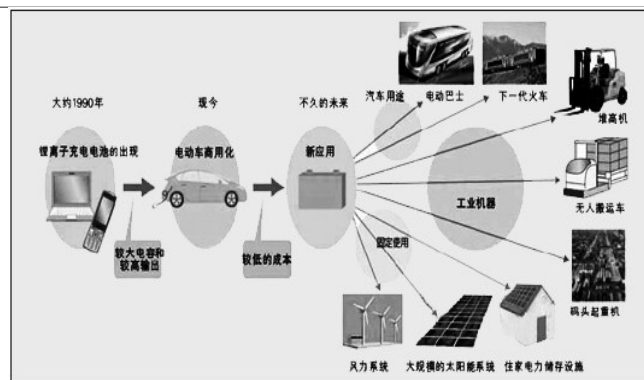
与云计算解决，任务目标、自身偏差、大气环境等不确定因素通过实时采集与深度学习逐步精化。

人工智能主要的作用是决策，通过制定更聪明的策略，激发火箭的优越性能。

人工智能与航天的深度结合既是人工智能的拓展，也是航天科技的升华；是强强联合，更是华丽转身。但人工智能的发展也不是一蹴而就的，轨迹优化与在线制导可以视为从自动化迈向人工智能的蹒跚起步，深度学习只是其中一个脚印，分类聚类形成概念，深度解析作出判断，类比联想实现推理，智能决策让稍纵即逝的战机在无数备选方案中凸显出来。这是未来火箭技术发展的必由之路。

如今，无论是基础、应用、技术还是市场，智能化火箭的环境较为乐观。让我们畅想一下吧，也许目标会变，环境会变，但只要决心不变，智能火箭终会腾空而起！

(作者单位：中国运载火箭技术研究院研发部)



# 能源存储与转化技术迎来突破

□ 张强

锂离子电池已经彻底改变了我们的生活，广泛应用于手机、笔记本电脑、电动汽车。本年度，诺贝尔化学奖授予来自美国的科学家约翰·古迪纳夫、斯坦利·惠廷厄姆和日本科学家吉野彰，以表彰他们在锂离子电池研发领域作出的贡献。

瑞典皇家科学院10月9日宣布，将2019年诺贝尔化学奖授予来自美国的科学家约翰·古迪纳夫、斯坦利·惠廷厄姆和日本科学家吉野彰，以表彰他们在锂离子电池研发领域作出的贡献。

三位科学家领衔发展的便携式二次电池，开启了电子设备便携化进程，促进了清洁能源的发展，极大地改变了人们的生活方式。诺贝尔化学奖颁给锂电领域的三位科学家，是对每一位为锂电池从无到有、从实验室走向商业化作出贡献的锂电从业者的认可，也是对仍在从事锂电研究的科研人员的激励。

20世纪70年代，石油危机直接促成了锂电池研发的开端。美国石油巨头埃克森公司判断石油资源作为典型的不可再生资源，将不久之后面临枯竭，于是组建团队开发下一代替代石化燃料的能源技术。斯坦利·惠廷厄姆提出了一种全新的二硫化钛作为正极材料，可以在分子层面储存锂离子。当其金属锂负极匹配时，电池电压高达2伏特。然而，金属锂活性高，导致电池安全风险大。当时在英国牛津大学无机化学实验室担任主任的古迪纳夫推断，采用金属氧化物替代硫化物作为正极，可以实现更高电压，改善锂离子电池的性能。

1980年，古迪纳夫用钴酸锂作为正极，可将电池的电压提高到4伏特。钴酸锂的横空出世是锂离子电池领域的极大突破，至今仍是便携式电池的主力正极材料。受制于金属锂负极的不稳定性，当时锂离子电池的安全性仍是严重问题。

1985年，吉野彰采用石油焦替换金属锂作为负极，发明了首个可用于商业的锂离子电池。1991年日本索尼公司发布了首个商用锂离子电池。经过30多年的工业化发展，锂离子电池的能量密度、成本 and 安全性取得了长足进步，并深入到我们生活的方方面面。正如诺贝尔奖委员会表示，锂离子电池已经彻底改变了我们的生活，广泛应用于手机到笔记本电脑及当代的电动汽车。

时至今日，锂离子电池的发展也逐渐走向成熟，循环寿命、成本、安全性方向都有极大提升。基于此，便携设备、电动汽车和储能电站也蓬勃发展，清洁能源的利用更加高效，人们的生活和出行方式极大改变。中国的锂离子电池技术和市场也涌现出一大批具有国际竞争力的新能源企业，如CATL、比亚迪等，在便携式电池和动力电池领域具有更多的话语权。

受制于锂离子电池原理的限制，现有体系的锂离子电池能量密度从每年7%的增长速率已经下降到2%，并逐渐逼近其理论极限。与之相反，随着社会的进步，人们对便携、清洁的生活需求更加强烈。如何提出新原理、新体系、新方法实现能量密度更高、更安全、充电更快的储能过程？如何在电子、原子、分子、材料尺度理解储能过程中电极的演变规律？如果锂电池成为未来社会储能的主体，如何结合地球上有限的资源实现电池的全链条回收和再制造还是悬而未决的挑战。

在这样的形势下，涌现出锂硫电池、锂空气电池、钠离子电池、钾离子电池、铝离子电池、锌离子电池、固态电池等许多新体系电池。新材料的产生，也给这些新体系的发展带来了新机遇。

将纳米碳材料引入到金属锂负极中，能够产生亲锂特性调控金属锂的形核和沉积，提升金属锂负极的利用效率和安全性。复合固态电解质引入二次电池中，带来了锂离子的新输运机制，降低可燃物质的比例，提升了电池的安全性。采用钠、钾、铝、锌等离子并研发其能源化学新原理，有望提出具有独特性质的新型储能器件，有效满足未来社会对于储能设备的新需求。

(作者系清华大学化学工程系教授，从事能源材料，尤其是金属锂、锂硫电池和电催化的研究)

空中加油在第二次世界大战后的多次局部战争，如英国与阿根廷的马岛之战、北约空袭南联盟、海湾战争、伊拉克战争等行动中都起到了重要作用。

# 战机如何进行空中加油

□ 肖刚



空中加油指在飞行中由一架飞机——加油机，给另一架或多架飞机——受油机，加注燃油的过程。

空中加油可以增大受油机航程，延长续航时间，提高战斗机的使用效能和生存能力。空中加油技术改变了指挥员根据战斗机的载油量、航程来确定其执行任务种类与任务载荷的传统观念，在武器装备不变的情况下使得空中打击力量成倍增加，因此又被称为“空中力量的倍增器”。

目前发展比较成熟并被广泛采用的空中加油系统主要有两种，一种是软管式空中加油系统，另一种是飞桁式空中加油系统。

采用软管式空中加油系统的加油机，拖一条20~30米长的软管，软管末端有一个漏斗式浮锚。受油机的机首或机翼前缘装有一根固定的或可伸缩的受油管。当受油管伸进浮锚后，浮锚上的机构会自动锁紧受油管口，加油机就可以通过输油软管向受油机泵油。软管的放出和回收由加油机的绞盘操纵。

飞桁式空中加油系统，又称硬式加油系统或伸缩桁杆式加油系统。采用这种空中加油系统的加油机的尾部装有由两截可伸缩刚性伸缩管所组成的加油桁杆与操作人员控制舱。加油桁杆平时是收起的，进行空中加油作业时再将其伸出。桁杆中间有V形操作面，可以控制桁杆的移动。在控制舱内的操作人员在机上操作桁杆，插入受油机背上的受油口后，可以高达6000升/分的速度加油。

硬式加油比软管式加油的速度快得多，也不容易受气流影响，缺点是每次只能为一架飞机加油，且需

要专门的操作人员。

【经少年儿童出版社授权，选自《十万个为什么·武器与国防》(第六版)】



# 一次神奇的旅行

——航天国乐探访嫦娥四号中继星侧记

□ 科普时报记者 侯静



可能你无法想象，航天国乐音乐作品穿越往返约92万公里路程，探访了嫦娥四号中继星。

这次探访嫦娥四号中继星活动，选取了为“一带一路”倡议起点而创作的《2013阿斯塔纳》等12首乐曲，送去对嫦娥四号的美好祝福，也带回了地球的美好祝愿。

2019年8月20日8时30分，北京地面测控站的技术人员为这些太空音乐行者铺就上行通路。随着指令的下达，上行注入数据开始（上行信息通过地面深空站传送到航天器，下行指航天器上的信息通过深空测控网回地面），航天国乐音乐作品音频信号，穿越38万公里的太空旅行，从月球近旁飞越，抵达月球背面冯·卡门撞击坑内中央峰泰山上空约8万公里的“鹊桥”中继卫星。

10时55分，短暂问候之后，太空音乐行者结束近3

个小时旅程，踏上返程之路，下传的音乐作品音频信号返回北京航天飞行控制中心。

本次搭载航天国乐音乐作品往返总行程约92万公里。航天国乐成为第一个飞掠月球到达地月拉格朗日L2点的音乐品牌。

航天国乐始创于2006年，以中华上古飞天传说和我国和平探索太空的伟大实践为创作素材，用民族乐曲为航天事业喝彩，用中西合璧民族室内乐演绎中华飞天传奇，是一个具有鲜明航天元素的音乐品牌。航天国乐作品既有依据上古飞天故事创作的《后羿射日》《嫦娥飞天》，也有《春江花月夜》《高山流水》等耳熟能详的经典改编作品，更有为航天事业量“星”定做的《探月序曲》《奔月》《虎年虹湾图》《银河泛舟》《太极舞空》《天上黄河》《3763小行星》《太空桑巴》等原创作品。目前已累计创作、改编了56部作品，曾在首届世界月球会议、第64届国际宇航大会、上海世博会太空家园馆主题日、国家大剧院秋季演出季等重要会议和活动中演出，并发行“中华飞天梦好声音”专辑，被誉为“中华飞天音乐名片”。

早在2008年9月，航天国乐音乐作品就从全球范围内征集的15万个作品中脱颖而出，成功被神舟七号飞船搭载，并获得“探索宇宙 祝福神七”全球征集祝福活动最佳制作作品奖。

本次搭载活动由国防科工局探月与航天工程中心、国防科工局老干部活动中心、北京航天飞行控制中心、航天科技集团五院航天东方红有限公司等单位组织实施。

随着科学技术的不断发展，科学家们已提出了多种探测系外行星的方法，并成功地利用这些方法找到了系外行星。

# 话说系外行星探索

□ 李小平 李欢 孙海峰

如何能找到系外行星

目前比较主流的方法有凌日法、视向速度法、直接成像法。

凌日法。这是迄今为止使用最广泛、也是搜寻到系外行星数目最多的方法。它的基本原理是通过观察恒星亮度的细微变化来判断有无行星存在。当行星从宿主恒星前经过时，因为恒星表面被遮挡，而导致探测到的光度下降。著名的开普勒等空间望远镜就是采用的这种方法。据说，如果开普勒空间望远镜指向地球的话，它的灵敏度足以捕捉到夜晚一户人家熄灯。

视向速度法。如果恒星周围存在一颗行星，恒星和行星围绕它们共同的质心运动。由多普勒效应可以知道，当恒星远离我们时，恒星光谱的波长会变长，产生红移；当恒星靠近我们时，恒星的光谱的波长会变短，产生蓝移。利用恒星光谱的这种周期性变化可以推测出恒星周围是否存在行星。诺贝尔奖获得者米歇尔·马约尔和迪迪埃·奎洛兹就是基于这种方法发现了飞马座51b。

直接成像法。前面介绍的两种方法均为间接探测的方法，当然也可以通过直接

对系外行星成像来探测它是否存在，例如，哈勃空间望远镜曾利用直接对系外行星成像发现了北落师门b的痕迹，即将发射的詹姆斯·韦伯空间望远镜也采用了这种方法。国内正在筹备中的“觅音”计划也将采用直接成像法来搜寻系外行星。

不过，与JWST的技术路线不同，“觅音”计划将采用分布式望远镜阵列空间编队的构型，在中红外波段进行合成孔径干涉成像，实现空间高分辨率成像和光谱观测。值得一提的是，“觅音”计划空间望远镜的分辨能力将比JWST还要高一个数量级，可以更好地帮助天文学家发现更多的系外行星，并引领和推动国内系外行星科学领域的发展。

除了以上这三种主流方法外，还有引力透镜法、脉冲星法、天体测量法等。

国际上有哪些系外行星搜寻计划

自从意识到系外行星的存在，并在1992年第一颗系外行星被证实之后，科学家们便制定了许多著名的系外行星搜寻计划，并利用多个大型地面望远镜和空间望远镜进行系外行星的探测，例如，美国夏威夷的Keck望远镜、日本建在夏威夷的Subaru望远镜、欧洲南方天文台位于智利

的VLT望远镜，以及以美国为主的Gemini双子望远镜等大型地面望远镜。它们对系外行星搜寻与研究都作出了重要贡献。

由于大气层的湍流与散射限制了地面望远镜的观测能力，为了摆脱地面条件的限制，科学家们专门设计了空间望远镜，以获得更加清晰的观测图像与更宽波段的光谱信息。美国国家航空航天局2009年发射的开普勒空间望远镜，在它整个生命周期内共发现了2345颗已被证实的系外行星，为系外行星科学作出了里程碑式的贡献。另外，美国国家航空航天局发射的Hubble空间望远镜、Spitzer空间望远镜，以及2018年发射的TESS空间望远镜等都在系外行星的搜寻与研究方面取得了许多重要成果。未来也期待着30米光学地面望远镜、JWST，以及我国的“觅音”计划空间望远镜将不断推进和拓展系外行星科学这一研究领域。

找到系外行星有什么意义

系外行星探索可以回答“地球之外是否存在智慧生命？”这一困扰人类已久的问题。尽管以目前人类掌握的技术水平，从地球飞到离我们最近的系外行星，即便是最快的飞船也要飞行数十万年。因此，



许多科学家对于移居系外行星持悲观态度。米歇尔·马约尔所说的“人类将永远不会迁移到太阳系以外的行星”，因为到达那里需要太长的时间。不过，笔者相信通过人类的不断努力，科技的不断进步，在未来的某一天我们终会找到宇宙中那颗有着特殊意义的系外行星，它可能是另一种文明的存在，也可能是适合我们人类生存的第二个家园，正如“觅音”计划的初心和使命：在浩瀚宇宙中寻找人类的知音。

最后，笔者以很欣赏的一句话作为结尾。苏联火箭之父和现代宇航学奠基人康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基曾说过，当太阳走向灭亡的时候，以人类的智慧，会从一个太阳系迁移到另一个太阳系，生命没有止境，进程永无间断。（下）

(作者单位：西安电子科技大学空间科学与技术学院)

# 谱写「创新报国」华彩乐章

(上接第一版)

中华人民共和国成立之初，百废待兴、百业待举。竺可桢、吴有训等一批饱经战火洗礼的爱国科学家毅然选择留在新中国；赵忠尧、钱学森、郭永怀等一批优秀科学家纷纷放弃海外优厚的生活条件，克服重重阻挠回到祖国。在当时十分艰苦的条件下，他们以高度的爱国热忱投身于新中国的科技事业，积极参与新组建的中国科学院的建设，研制“两弹一星”，制定“十二年科技规划”等，使新中国许多空白领域得到填补，新兴学科得到发展。中国科学院70年的奋斗历程，始终依靠的就是这种文化和精神，我们必须珍视和弘扬。

“创新报国”对新时期我国科学文化建设具有重要意义。科学文化本质上是一套行为准则、社会规范和价值体系，包含科学知识、科学方法、科学思想、科学精神等方面。一方面，“创新报国”已经内化为我国科学文化的一部分。“服务国家、造福人民”不但是广大科技工作者的历史使命和社会责任，也是科技工作的出发点和落脚点。另一方面，科技工作者在具体的创新活动中，不断深化和丰富了科学文化的内涵。他们所取得的面向世界科技前沿、面向国家重大需求、面向国民经济主战场的新成果，帮助我们进一步坚定了民族自信和文化自信，为科学文化建设提供了强有力的科技支撑。

五年前，出于提高全民族科学文化素养的共同责任，中国科学院、中国作家协会、中国科学技术协会前瞻性地部署了“创新报国70年”大型报告文学丛书项目，目的是聚焦“创新报国”的主题，回顾我国70年重大创新成就，展现杰出科技工作者群体风貌，倡导科学精神、奉献精神和创新精神，弘扬爱国主义、集体主义和理想主义。

五年时光，倏忽而逝。这期间，作家舟车劳顿、深入基层采风，审读专家理首伏案、逐字逐句精心审读，中国科学院研究所同志翻检档案、提供支撑保障，中国作家协会、中国科学技术协会、中国科学院机关和团队的小伙伴们鼎力支持、居间协调，浙江教育出版社的同志仔细审稿、严控质量。几许不眠夜，甘苦守初心。而今，“创新报国70年”大型报告文学丛书首批作品即将付梓与读者见面，相信这批融合了科学与文化、倾注了心血与智慧的作品，这面向历史致敬、向时代献礼的报告文学，能让我们重温激情燃烧、砥砺奋进的70年岁月，进一步坚定执着前行、无惧奋斗的信念，去努力实现建成世界科技强国的梦想。

(作者系中国科学院院长、党组书记，中国科学院学部主席团执行主席。本文为“创新报国70年”大型报告文学丛书总序言，标题为编者所加)

详细报道见本报5版文章《创新报国70年 讲述中国科学故事》