

# 飞越卡门线

## 中国航天科技集团有限公司研究员李东解密火箭制造

■ 本报记者 杨千莹

卡门线,一道位于海拔100千米处,天空与太空之间的无形边界。

距离人类跨过这条线,已近七十年。

从1957年苏联发射第一颗人造卫星,到今天各国开展载人登月、火星探测和空间站建设,人类已经进行了大约7000次航天发射。然而,中国航天科技集团有限公司研究员李东给出的一个数据却让人意外:截至2025年年底,全球航天活动送入轨道的总重量不过3万多吨,大约等于一列火车的载重量。

进入太空,仍然是人类最艰难、最昂贵的挑战之一。

6月22日,在中国科协“科学家精神百场讲坛”专题宣讲活动走进西湖大学的报告会上,人们把目光投向浩瀚宇宙,李东也为我们讲述起那些留在地面的故事。

### 冲出地球,一场追求完美的挑战

从伊卡洛斯逃离到敦煌飞天,从巴别塔重建到星际旅行,飞向天空、触碰宇宙,始终是刻在人类文明深处的渴望。

然而冲出地球,远比想象中更加困难。

“把这个话筒立在手指尖上,难不难?”讲台上,李东打了个形象的比方,“只立稳了不行,还要推着它高速向上飞,等能做到后,再把话筒换成一根细长的面条呢?”

李东说,这就是火箭制造的核心难题之一。火箭并不像电影里一样,是一根坚不可摧的钢铁柱子,相反,为了减轻重量,它必须做得足够轻薄。“火箭和我们生活中的易拉罐很接近,装满饮料的时候硬邦邦的,喝完一踩就扁,而火箭的厚径比(厚度和直径之比)大约只有易拉罐的一半。”

为了飞得更高、更远,火箭必须足够轻薄。可与此同时,它又要承受数千吨推力、剧烈振动和数千摄氏度高温。

同时,火箭依靠发动机喷射产生的反作用力推动飞行,必须把全部推进剂(燃烧剂和氧化剂)一起带上天。为了获得更高速,它需要携带更多推进剂,而推进剂越多,自身重量又越大。轻与重、快与稳、力量与精度,所有矛盾都被压缩在同一个系统里。这样的极限挑战,几乎贯穿航天工程的每个环节。

要冲出地球进入轨道,火箭必须达到7.9公里每秒的第一宇宙速度,这相当于时速1000公里的飞机的28倍。“设计时速450公里的高铁,跑到449公里还能正常运行,但火箭有一点误差,结果都可能完全失败。”李东说。

为抵消重力与引力等带来的损耗,研究者们制造了“升级版”的多级串联式火箭,我国的长征三号A、美国的土星5号(Saturn V)等都是典型代表。在飞行过程中,多级串联式火箭可以在



6月11日15时30分,我国在文昌航天发射场使用长征五号运载火箭,成功将通信技术试验卫星二十五号发射升空,卫星顺利进入预定轨道,发射任务取得圆满成功。

新华社发

每级工作结束后抛掉不需要的质量,以获得良好的加速性能,逐步达到预定速度。

此外,极高的能量密度、严酷的力热环境、复杂的控制对象、强实时要求,以及设计余量小且难以把控等,都构成了火箭制造的难点。作为一个庞大复杂的系统工程,火箭制造囊括十几万个组件器件、几十上百公里的线缆,涉及多学科和多技术的高度综合。从按下点火按钮到火箭离开发射台,短短几秒,就有数百个自动动作协同完成,成千上万个环节必须按照预定程序精准运行。

“火箭升空以后,人类能发出的唯一指令就是自毁,”李东说,如果火箭偏离轨道、威胁人口密集区安全,地面可以将其摧毁。除此之外,所有问题都必须依靠火箭自主解决。这造就了对可靠性的极致追求,因为绝对的精确,才能定成败于毫厘之间。

换言之,这是一场追求完美的艰难挑战。

### 太空竞赛,一代代航天人的殚精竭虑

下一场关于太空的竞争,已经开始。

在李东看来,过去几十年,世界航天发展的核心目标是“进入太空”。经过半个多世纪,这个目标已经基本实现。如今,更重要的问题变成了“如何低成本进入太空”。

过去,一枚火箭发射完成后便成为废弃物。为了下一次发射,需要重新制造新的火箭,成本居高不下。而如今,火箭开始像飞机一样返回地面、再次起飞。可重复使用火箭的研发,已成为我国新一代运载火箭的重要发展方向。

这种变化,正在重塑整个航天产



“长征三号”火箭在出厂前作最后的总体测试(摄于1986年)。

新华社发



李东在西湖大学作报告。

受访者供图

业。随着发射费用降低,原本难以实现的商业模式开始出现。低轨卫星互联网、商业遥感、空间数据服务等产业迅速发展,催生出新的太空经济形态。

在李东看来,这种变化与历史上铁路、轮船和飞机的出现具有相似意义——农业时代,人类依靠人力和畜力运输;工业时代,铁路和轮船连接全球;

航空时代,便捷的洲际旅行成为现实。而航天时代,运输目的地第一次从地球表面延伸到了太空。

去年以来,我国可重复使用火箭研制如火如荼。2025年,朱雀三号与长征十二号甲两枚国产可重复使用火箭首飞成功入轨,一子级回收实现重要突破。2026年以来,长征十二号乙已于6月1日首飞成功,多家企业密集开展首飞及回收试验。

当前人类空间活动主要集中在地球轨道附近,深空探测活动仍处于初级发展阶段。

“人类发展航天的目的,首先是进入空间。”李东说,进入空间的能力,代表一个国家的航天实力。而握住这把钥匙的背后,是一代又一代航天人的殚精竭虑。

“如临深渊,如履薄冰。”李东用这八个字形容成为运载火箭研究员的体验。

讲座上,李东展示了一张与导师、长征三号乙运载火箭总设计师龙乐豪的合照。照片里,满头白发的龙乐豪让他回忆起长征三号乙运载火箭发射失利的那一天。

“西藏的冬天很冷,龙老师在山坡上站了一晚,天亮时,一夜之间头发全白。”所有实验员都惊呆了,沉默压得人喘不过气。李东想,那一定是自己人生无法企及的高度。

志气、勇气与底气。像龙乐豪与李东这样一代又一代的航天人,背着无法想象的沉重负担,把中国火箭送入太空。

“火箭的英文名是launch vehicle。”李东说,它和汽车、飞机一样,也是一种交通工具,只不过运载对象特殊。

汽车在尘土里开拓新路,飞机在晴空中越过重峦,而火箭,载着人类千百年来探索欲与好奇心,冲向无限与未知,那些无法穷尽的可能性。

链接

### 认识“长征”家族

火箭的运载能力有多强,航天的舞台就有多大。一系列中国大空探索的大动作,都是在长征系列运载火箭运送下完成的。长征一号、长征二号、长征五号等,形成了具有中国特色的长征系列运载火箭家族。

#### ● 第一代运载火箭

第一代运载火箭包括我国第一个运载火箭长征一号,以及长征二号的部分型号。长征一号运载火箭是一种三级火箭,主要用于发射近地轨道小型有效载荷。1970年4月24日,长征一号成功将东方红一号卫星送入预定轨道。长征二号运载火箭是一种二级火箭,是中国航天运载器的基础型号。1975年11月26日,长征二号完成了中国第一颗返回式卫星发射任务。目前,长征一、二号均已退役。

#### ● 第二代运载火箭

研制于20世纪80年代至21世纪初,包括长征二号C、长征二号D、长征二号E、长征二号F等改进型,以及长征三号与长征四号的A、B、C在内的11种型号。其中长征二号F是我国的载人航天火箭。长征三号于1984年研制成功,增加了第三级低温高能液氢液氧发动机。为了适应通信卫星容量和重量不断增大和变化的要求,此后我国相继研制出长征三号甲、长征三号乙、长征三号丙三种运载火箭。“长三甲”系列不仅拓展了我国火箭使用范围,也成功打入国际市场。长征四号系列主要担负地球同步轨道卫星的备份火箭、发射太阳同步轨道的对地观测应用卫星等任务。

#### ● 第三代运载火箭

第三代运载火箭中,最具代表性的当数长征五号。在中国航天界,它有一个家喻户晓的昵称——“胖五”。

“胖五”身高约57米,腰围5米,与常规火箭3.35米的腰围相比,它的腰更粗,看起来也更胖。“胖五”能一次性将重达22吨的航天器送入近地轨道,比如我国的天和空间站核心舱,重达20吨,是天官的3倍左右;还能把重达8吨的月球探测器送到地球-月球转移轨道,是嫦娥四号重量的两倍多;将14吨级的航天器送到地球同步转移轨道。它增强了我国进入空间的能力,使我国运载火箭的运载能力提高了两倍多。

“胖五”采用无毒无污染推进剂,在长征火箭家族,它像一个“分水岭”。它之前的火箭大都是常温推进剂,而它之后的火箭大都是低温燃料,使用绿色环保的推进剂。

#### ● 第四代运载火箭

第四代运载火箭的研制正如火如荼。6月1日,长征十二号乙遥一运载火箭在东风商业航天创新试验区发射升空,将搭载的千帆极轨08组卫星顺利送入预定轨道,飞行试验任务取得圆满成功。长征十二号乙运载火箭是中国航天科技集团商业火箭有限公司抓总研制的新一代单芯级四米级可重复使用运载火箭,主要面向我国大规模互联网星座组网等商业发射需求。

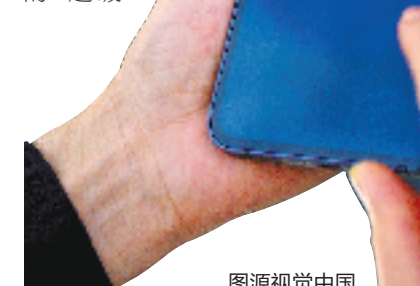
(本报记者 杨千莹 整理)

■ 本报记者 杨千莹

夜晚,打开ChatGPT,发送一句“帮我整理一份XX领域行业调研报告,并做成PPT”。合上电脑,它在后台继续工作,一觉醒来,一份周密精美的PPT已经呈现在你眼前。

这样的场景,或许很快会成为现实。

6月初,OpenAI公司宣布将在未来几周内推动ChatGPT与智能体Codex深度整合,形成统一入口的“超级



图源视觉中国

应用”。与擅长对话的大语言模型不同,Codex的主要功能是“执行”,如写邮件、管理日程、制作报告等。

消息发布后,引发业内广泛讨论:有人期待AI成为功能更完善的助手,也有人担忧合并带来的算力消耗和成本上涨。当ChatGPT的对话属性被稀释,“超级应用”将走向何方?

### 从“更会聊天”到“更会干活”

过去几年间,大语言模型的突出优势体现在知识问答、内容生成和语言交互上。而今,AI开始具备执行复杂任务的能力。

在西湖大学人工智能系助理教授、通用人工智能(AGI)实验室负责人张弛看来,对话只是AI发展的初期形态,智能体以及此次的“超级应用”将成为发展的下一阶段。“其实一开始很多人使用大语言模型就是为

了‘做事’,而智能体的优势就在于此。”

“智能体已经成为主流。”乌镇数字文明研究院副院长、澄迈数字经济研究院院长司新颖分析,在AI竞争的深水区,比拼的不再是对话流畅度,而是完整任务闭环的执行能力。此前,社交媒体平台X(原Twitter)与xAI合并,使得xAI的Grok模型可以直接利用X的实时信息流进行训练和迭代,数据与AI完成闭环协同,ChatGPT与Codex合并的逻辑也是如此。

“合并后执行能力越来越强的这类‘超级应用’,会像当初的大语言模型一样,逐渐走进千家万户。”张弛告诉记者,如今自己几乎每天都在使用智能体辅助完成工作。很多过去需要数小时甚至数天完成的工作,现在只需几句话就能落地。

然而,用户的算力成本也将激增。“智能体在完成一个任务时,要反复调用模型、规划、执行、验证,对算力的消耗是聊天的10到100倍。”司新颖认为,超级应用会迎来爆发式增长,但想让绝大多数非专业用户创造出更好的应用,仍需其他因素加持。

这次ChatGPT与智能体Codex

深度整合,让“对话”功能成了“执行”功能的“四肢”。在张弛看来,这是语言大模型发展过程中的一个必然趋势。

张弛认为,这一方面是因为用户的需求发生转变。过去,人们使用ChatGPT更多是为了获取信息。如今,用户越来越关注生产问题,越来越多人开始借助AI制作PPT、开发网站、处理表格、撰写报告甚至管理项目。

另一方面因素则来自AI产品本身。在实际体验中,对话与执行的边界正在变得越来越模糊。用户提出“帮我做一份PPT”的需求,既可能调用大模型生成内容,也可能触发智能体自动完成资料搜集、排版设计等一系列工作。

“人口越来越多,反而让人搞不清楚每个接口能做什么。”张弛认为,这也是OpenAI推动整合的重要原因之一。统一之后,应用将由原来的多入口变为单一接口,用户在操作上更加便捷直接。如果只是简单提问,应用会调用单一搜索和总结功能;如果是复杂任务,则会自动切换到智能体工作流,省去用户选择的时间。

### 大语言模型ChatGPT与智能体Codex 官宣合并

## “超级应用”,值得期待吗

### 人的任务,是学会更好地提出需求

当智能体承担了执行层面的琐碎,人类的角色正在发生微妙重构。

文科出身的邓黎,在年初用智能体OpenClaw开起了一人公司。在借助智能体创业之前,行政管理专业毕业的邓黎在教培行业待了5年,主要工作是设计课程,与代码没有半点关系。而现在,她用OpenClaw搭建起自己的工作流,并在短期内实现了营收。

“工作流,其实就是把我以前重复性的工作步骤总结一下,让AI来替我完成。”邓黎告诉记者,她首先将自己从前课程的逐字稿、课件和录音全部喂给OpenClaw,试图训练出一个“教师分身”,来回答学员的问题。同时,她利用OpenClaw实时搜集网络热点,并在每天早上为她生成一份总结日报,提供具备发展潜力十个课题方向。之后,她再从中筛选真正契合市场痛点的课题进行落地。

人的任务,从“更好地编写代码”转向了“更好地提出需求”。

过去,人们认为学习编程必须理解代码逻辑;而如今,越来越多智能体产品甚至不再向用户展示代码界面。“我以前怎么和实习生对话,就怎么和OpenClaw对话,其实并不涉及代码的具体解释。”邓黎说。

“动手”便宜了,“动脑”反而更值钱了。”司新颖说。

面对这一趋势,我们还需要培养什么样的能力?张弛给出的答案十分明确:学会使用AI。“工具在发展,但你不能沦为工具。”在他看来,未来竞争的关键不再是机械重复的执行能力,而是驾驭工具、发现问题和提出需求的能力。“AI的迅速发展,会让一部分人因为掌握AI而效率大幅提升,另一部分人则因为不会使用AI而被替代。”

从ChatGPT到Codex再到“超级应用”,从对话大模型到执行智能体再到智能助手,AI正在完成一次重要转型。聊天仍然存在,但它不再是终点。

智能体的发展,让更加本源的需求出现——当想法落地的门槛越来越低,真正的问题就将转移到创意本身。

或许,AI的发展,带来的是一个人类更集中于创造的时代。