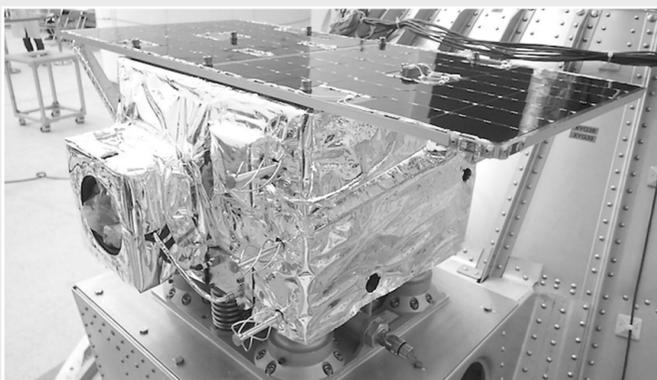


望远镜

# “用手机就能访问卫星”

## 软件定义升级卫星智能

■本报记者 沈春蕾



▲专家学者探讨开源、开放的航天生态环境。沈春蕾摄  
▲“天智一号”是全球首颗实际开展工程研制并发射的软件定义卫星。软件所供图

“假设未来30年将发射10万颗，这些卫星该怎么造、怎么算、怎么用？”

在日前召开的2019软件定义卫星高峰论坛上，中国科学院软件研究所(以下简称软件所)研究员、软件定义卫星技术联盟秘书长赵军锁抛砖引玉，并告诉《中国科学报》：“在未来，数以万计的智能卫星将被发射到太空，并涌现出大量的卫星App软件，用手机就能访问卫星、使用卫星。”

中国工程院院士、中国科学院上海技术物理所研究员龚惠兴指出：“软件定义卫星有望降低卫星的价格、重量和功耗，让更多的科研院所、民营企业、产业部门有机会参与卫星的研制、发射和使用。”

### 软件定义卫星由来

卫星不仅可以影响人们的日常生活，甚至还可以重塑未来的经济形态。目前的发展现状是，空间活动政府资助比例远远大于私人资本，绝大多数人仍是航天领域的围观者。“原因主要在于进入轨道的成本很高。”赵军锁说。

卫星工程包括卫星研制、地面站建造以及运载发射。传统卫星研制，首先要基于任务分析卫星轨道、功率、构型、质量、载荷等需求，然后对卫星展开设计，整个过程包含多个子系统，涉及多个学科领域，研制周期可达十年以上，研制成本以亿为单位计算。

此外，运载发射的费用很高，重量一千克的物体发射费用等价于一千克黄金。卫星运行时需要投入大量的专业人员进行遥测遥控。高昂的投入、专业性很强的前沿技术，让普通大众对航天望而却步。为此，软件所提出了软件定义卫星。

“软件定义卫星以计算为中心，以软件为手段，通过软件定义无线电、载荷、数据处理计算机、网

络等手段，将传统上由分系统实现的通信、载荷等功能以软件方式实现。”赵军锁解释道。

简单来说，软件定义卫星支持像智能手机一样进行软硬件研制，支持像共享单车一样的应用方式。“卫星制造商制造卫星硬件平台，卫星运营商发射并维护卫星运行，航天应用商店聚集了大量的航天应用App。普通用户不用考虑卫星的研制、发射、运行测控等问题，只是通过卫星运营商租用一定时间来达到自己的目的。”赵军锁指出，任务需要的App软件可以自行开发，也可以从航天应用商店中下载，上传到租用卫星上，卫星完成任务后将用户所需数据返回给用户。

关于软件定义卫星的应用，来自中科院软件研究所的科研人员列举了一些例子：天文爱好者可以短期全时段租用一颗卫星，在没有大气遮挡的太空获得更高质量、更多暗弱目标的星空图；农场主可以长期分时段租用一颗周期经过本地区农田上空卫星，定期重复获取本地区农田图像，从而避免某种农作物产量过剩；环境保护组织针对某一水域的水藻污染情况，可以短时租用多次重访该水域的卫星，制定合理的治理措施……

### 提升卫星智能化水平

可以预见，软件定义卫星不仅革新了我国航天产业模式，同时也为普通大众的航天梦提供技术支持，让卫星应用由曲高和寡发展到进入走进每个人的日常生活。

赵军锁指出，软件定义卫星的未来是智能卫星。而智能卫星的发展取决于三个方面：一是星载计算能力，二是有效载荷性能，三是软件和算法。

随着软件容错技术的提高、硬件加固工艺的改进，越来越多的工业级高性能器件被用于卫星平台，

这将大幅度提高星载计算能力，为发挥有效载荷的效能、支持更多的在轨信息处理任务创造必要的条件。

通俗地讲，发射升空的软件定义卫星，就是一台运行在太空里的智能计算机，待程序员编写好实现特定功能的应用程序，由卫星来执行程序，并向用户提供特定的服务。

智能卫星的特点就是有丰富的应用软件，尤其是智能软件。随着开放卫星系统架构的建立和平台化软件解决方案的完善，势必出现大量的第三方应用程序。

对此，中国科学院院士、中科院软件所研究员林惠民表示，尽管软件定义一切的时代正在到来，但新问题随时都可能出现，软件也需要随时更新和修改。计算机虽然是智能机器，但不等于人的全部智能，新的算法还需要人定义并实现。

随着软件和算法的发展，未来的卫星在智能感知、智能控制、智能组网、智能服务方面将日益增强，原来需要在地面完成的数据处理工作将逐步迁移到星上执行，信息处理的时效性将大大提高；原来需要人的回路管理和控制工作将由卫星自主完成，地面测控的压力将大幅降低。

清华大学计算机系教授孙增圻认为，提升卫星智能化水平需要提升卫星智能运行和应用能力，其中卫星智能运行包括自主导航、自主热控、自主管理、自主故障诊断、自主系统重构等，软件定义卫星可以在这几方面发挥作用。

### 发布“天智协议栈”

随着信息技术的迅猛发展，未来信息服务行业对多维综合信息资源的需求日益提高，各领域的战略信息服务将在空、天、地多维空间展开。

两院院士李德仁曾在2018软

件定义卫星高峰论坛上提出，无所不在的空天地传感器将产生前所未有的时空大数据，需要建立天地一体化信息网络，这将推动软件定义卫星的跨越发展。

为解决天地一体化组网面临的动态互联、智慧接入、精准传输等核心难题，历经10多年的攻关，软件所天基综合信息系统国家级重点实验室近日发布了面向天地一体化组网的“天智协议栈”。

软件所研究员刘立祥告诉记者：“天智协议栈”提供了天地一体化的整体解决方案，可有效支持星座、编队、空天地一体等不同的组网模式，动态可变的组网规模和多样化的业务流程，填补了国内空白。

据悉，“天智协议栈”由5层组成，包括应用层、传输层、网络层、链路层和物理层。基础协议模块28个、核心协议模块37个，为了更好地服务于天基复杂应用环境，协议栈嵌入了天基环境、故障、安全等关键模型15个。

刘立祥介绍：“天智协议栈”通过不同的功能组合与调用，不仅可支持短报文、文本、指令、语音、图像、视频等常规业务类型，还具有数据分级、安全可靠、实时分发、频谱认知等不同传输模式可供选择。

“我们还开发了一套面向天地一体化组网应用的天智网络测试床。”刘立祥说，“天智网络测试床可以灵活配置各类卫星系统，实现其体系和载荷建模，提供针对各类卫星子网的评估指标体系和计算模型，支持卫星、终端、链路等实体视景模型展现，协议模块还可按需定制、加载和卸载。”

刘立祥认为，“天智协议栈”的发布，一方面可以使国内卫星网络协议领域掀起新的研究热潮，另一方面可以凝聚更多人才，加速推进天基组网协议的发展完善，为软件定义卫星的发展提供技术支持。

## 视界

# 人类登月五十年 嫦娥奔向新时代

■张承民

今年是人类登上月球五十周年。1969年7月20日，美国宇航员阿姆斯特朗踏上了月球，宣告人类首次成功登月，并留下标志性的名言，“个人的一小步，人类的一大步”。

自从人类首次踏上月球，至今半个世纪的时光流逝，五十年不断的反思与质疑，老生常谈的得失与纠结。阿波罗登月计划给美国和世界到底带来了什么？其意义何在？中国的嫦娥探月工程可以从中获取哪些经验和裨益？

### 阿波罗载人登月的回顾

1969年7月16日，美国宇航局的超重型运载火箭“土星5号”将“阿波罗11号”飞船推向太空，执行首次载人登月的任务，三位宇航员尼尔·阿姆斯特朗、迈克尔·柯林斯与巴兹·奥尔德林，第一次踏上光荣与梦想的征程。

7月20日，阿姆斯特朗第一个踏上了月球。宇航员在月球表面进行了两个半小时的各种科学实验，包括钻探月表、月面行走、拍摄照片，并采集了22千克月球岩石标本。

阿波罗计划始于1961年，由于受到苏联宇航员加加林在1961年4月12日首次飞翔太空的激励，美国总统约翰·肯尼迪决心在太空竞赛中击败苏联，他立即建议美国宇航局实施月球探测计划，代号阿波罗工程。这个计划从1961年到1972年共历时11年，堪称世界历史上具有划时代意义的一项成就，继阿波罗11号登月后，美国又有5次成功地将12名宇航员送上了月球并顺利返航。

阿波罗登月花费255亿美元，这在上世纪60年代可谓巨大支出。1969年的黄金价格是每盎司35美元，而2019年达到1400美元，提高近40倍，所以阿波罗登月的现在可比价格是一万亿美元，这绝对是天文数字！如此天价的阿波罗登月是否值得，那就打个算盘来估算一下。1969年美国GDP总值是1万亿美元，而2019年超过20万亿美元，提高近20倍。

经济学家认为，阿波罗工程通过长期的杠杆效应，拉动美国经济增长，使之投入产出比例高达1:20。历史学家认为，阿波罗登月好比诺曼底登陆，最后美国在冷战中发动“星球大战计划”并击败苏联。所以，阿波罗计划被看成是美国高科技战争的全民总动员，这一点也不为过。

### 阿波罗计划推动高科技发展

阿波罗计划曾经动员近30万科技人员参加，约200多个大学、80多个研究所和2万多个工业部门介入，创造并

带动了上世纪70年代后美国的近3000项高科技产业，为加快美国工业的现代化进程和更新换代、确立美国在世界上的领导地位，奠定了雄厚的基础。

一个阿波罗的超级工程涉及4万多个基础工业部件，这些产品的优化、升级、可靠性增强夯实了美国的生产力。通过阿波罗计划的运作过程，美国完善了国家高科技管理、运行以及顶层设计能力，强化了其操作实施的执行力。

阿波罗计划还激发了美国青少年一代学习科学的热情，大量科普作品应运而生，见于影视、文学、科技馆、博物馆和图书馆，这直接提升了美国的民众科技素质，营造了一个高科技立国的文化氛围。

进而技术革新派生出新的高科技核心产品，诸如全球定位导航系统GPS、超级计算机和国际网络、卫星发射、高性能的火箭发动机和航天航空器件，这推动了相关产业链终端的进步，诸如材料工业、电子工程、微电子技术、信息通信、大数据云计算、化学工业等等。无线电台是“阿波罗”飞船的联络通信和信号传输设备，当时世界上最先进的天文射电望远镜也参加了阿波罗登月任务，诸如美国阿雷西博305米口径射电望远镜、澳大利亚64米口径帕克斯望远镜等等。

基于阿波罗计划而形成的这些发明和创新增加了新的就业岗位，强化了美国文化自信心，在美国梦的吸引下，全球大批人才投奔美国，这又进一步提升了美国的人口素质。可以说，直到今天，美国还在继续享用着阿波罗登月工程的“红利”。

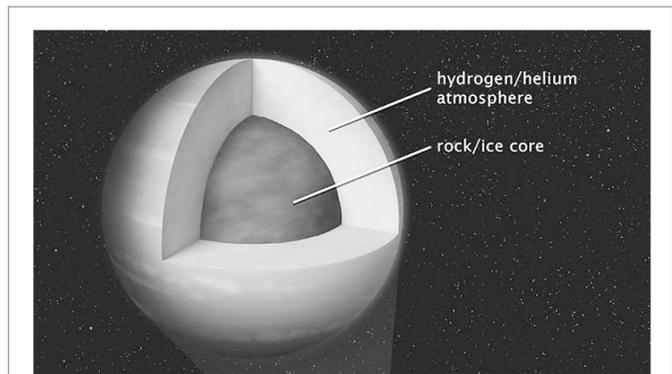
### 中国“嫦娥”将创造新的里程碑

1972年，时任美国总统尼克松访问中国时，送给毛泽东主席的见面国礼就是阿波罗登月带回的一克月球岩石碎片，其中0.5克交由我国嫦娥探月工程首席科学家欧阳自远院士进行研究，这也激励他构想中国的首个月球探测计划“嫦娥工程”。

2004年嫦娥探月工程开始启动，以“绕”“落”“回”三步走的战略方案实施。首先发射环绕月球的卫星，接着发射月球探测器进行实地探测，最后送机器人上月球实地采样并返回地球，整个计划大概需要二十年的时间完成。

正如欧阳自远总结，在嫦娥工程取得的成就基础上，人类将开启重返月球的新征程，并孕育出月球科学的新突破，最终形成人类开发利用月球的能力。嫦娥探月工程的全部三个阶段成功在望。可以预期，若干年后中国航天员将踏上月球，留下中国人的脚印。

(作者系中国科学院国家天文台研究员)



图片来源:L. HUSTAK/《科学》

# 天文学家探测外行星大气

本报讯 Gliese 3470b 和太阳系的质量介于地球和海王星之间，它围绕距离地球约100光年的一颗质量相当于太阳一半的恒星运行。现在，天文学家对其大气层进行了详细观察，这是研究人员首次对这样的行星进行观测。

天文学家使用美国宇航局(NASA)的哈勃和斯皮策太空望远镜测量了 Gliese 3470b 环绕恒星运行时吸收和反射恒星光线的频率。NASA 近日宣布，这颗行星的大气层相对较薄，主要由氢和氦组成。这类类似于太阳的大气层，除了像氧和碳这样的重元素。分析显示，这颗行星也有一个巨大的岩石内核。

Gliese 3470b 似乎是在距离其恒

星很近的地方形成的，直到今天它还在那里。这也许可以解释为什么这颗行星能够发展出不同寻常的大气。一种假设是，它能够从围绕其恒星的原始气体盘中捕获气体。当这种情况发生时，行星就会变成被称为“炙热木星”的巨大气体世界。但研究人员推测，Gliese 3470b 相对较小，可能是因为这颗行星“膨胀”之前，气体盘就已经消散了。

NASA 的新詹姆斯·韦伯太空望远镜(将于2021年发射的哈勃望远镜的继任者)将继续深入探测其大气层。届时，天文学家将解开 Gliese 3470b 的另一个谜团：到底是叫它“超级地球”，还是“亚海王星”。(冯丽妃)

相关论文信息：  
<http://doi.org/10.1126/science.aay6159>

## 纵览

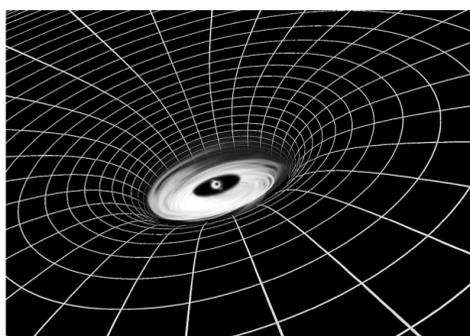
# 恒星突然坍缩造就早期巨型黑洞

加拿大西部大学(Western University)的天体物理学家已经找到了黑洞形成的直接证据，这些黑洞不需要从恒星残骸中产生，而是另有其它途径。这一发现可能帮助科学家们理解在宇宙历史的早期阶段存在的极其巨大的黑洞是如何形成的。

来自西部大学物理和天文系的 Shantanu Basu 和 Arpan Das 对观测到的超大质量黑洞的质量和光度的分布首次作出了科学解释。这一成果近日发表在《天体物理学》上。

科学家们建立了一个模型，该模型基于一个非常简单的理论假设：超大质量的黑洞在极短时间内以极快速度形成，然后突然停止。这一理论认为，当一颗非常大的恒星的内部突然坍缩时，黑洞就会出现。这个理论与目前人们普遍认为的黑洞形成机制——黑洞是由大质量恒星的残骸形成——有明显不同。

“这是一个间接的观测证据，表明



黑洞概念图  
图片来源:NASA

黑洞起源于直接的塌缩，而不是由恒星的残骸演变而成。”Basu 说。他是西部大学天文学教授，是国际公认的恒星形成和原行星盘演化早期阶段方面的专家。

Basu 和 Das 通过计算有限时间内

形成的超大质量黑洞的质量函数，从而建立了新的数学模型。质量增长可以通过辐射和引力平衡设定的埃丁顿极限来调节，甚至可以通过一个适度的因素来涵盖它。

“超大质量黑洞只有很短的时间

快速生长，然后在某些时候，由于其它黑洞和恒星产生的辐射，它们的生长戛然而止。”Basu 解释说，“这是恒星内部直接塌缩的情况。”

在过去的十年中，许多质量比太阳大十亿倍的超大质量黑洞在高“红移”时被发现，这意味着它们在大爆炸后的8亿年内就存在于我们的宇宙中。这些年轻且非常大的黑洞的存在，质疑了我们一直以来对黑洞形成和生长原理的认识。在直接塌缩的情况下，其所允许的初始质量比标准恒星残骸的质量要大得多，并且可以在很长的时间段内很好地解释观测结果。这一新的理论模型证明这种由恒星直接塌缩形成的黑洞确实是在早期宇宙中产生的。

Basu 认为，这些新的观点可以在未来的观测中进行进一步验证，从而更清晰地描述宇宙早期那些极大质量黑洞的形成历史。(吕小羽编译)

相关论文信息：  
<http://doi.org/10.3847/2041-8213/ab2646>