

科技大讲堂

今年全国两会上,政府工作报告提出“加快发展卫星互联网”,并将其纳入新型基础设施建设。

很多人一听“卫星”,就觉得是遥不可及的航天工程;一说“互联网”,第一时间会想

到宽带上网、Wi-Fi。那么,“卫星互联网”是天上的网,还是给卫星用的网?普通人用得

上吗?本期科技大讲堂,由国防科技大学太空科学学院研究员杨磊为您讲述——

卫星互联网:数字中国的“太空底座”

■杨磊

形成空、天、地、海全覆盖的大网

很多人都曾有过这样的经历:坐飞机旅行,只能依靠缓存的视频度过好几个小时断网的时光;去深山徒步,拍到美丽的风景想发微信朋友圈却看着“无服务”3个字干瞪眼。在通信技术如此发达的今天,我们偶尔还是会与外界“断开连接”。

我们现在使用的手机、宽带,依靠的是光纤、路由器及5G基站等地面网络设备。但基站覆盖有限,在偏远山区、远海大洋、沙漠戈壁、高空空域等地方信号不佳。而卫星互联网,正是解决这个问题

的钥匙。卫星互联网把通信基站搬到太空,用卫星组成覆盖全球的网络,让用户在地球上任何地方都能上网、通信。

卫星互联网听起来很宏大,其实结构清晰,主要由太空段、地面段、用户段3个部分组成。

太空段是卫星互联网的核心部分,主要是分布于太空的卫星星座。这些卫星使用的基本是低轨卫星,信号延迟更低、网速更快。一颗卫星可以覆盖几百公里的区域,成百上千颗卫星分布在特定轨道上一起工作,就组成了卫星星座。它们彼此之间可以通信,也可以将信号从太空接力传到地面。

地面段由关口站与运营系统构成。卫星在天上发出信号,地面必须有设备接收。关口站像是太空和地面的“信号转接站”,把卫星信号转成人们能用的网络,或是把地面数据打包调制后发往太空。运营系统则负责监控卫星位置、信号质量,智能调度通信资源,管理用户以及维护和保障卫星互联网的安全。简单来说,地面段是连接太空和地面互联网的重要部分,它让天上的卫星不是孤岛,而是世界网络的一部分。

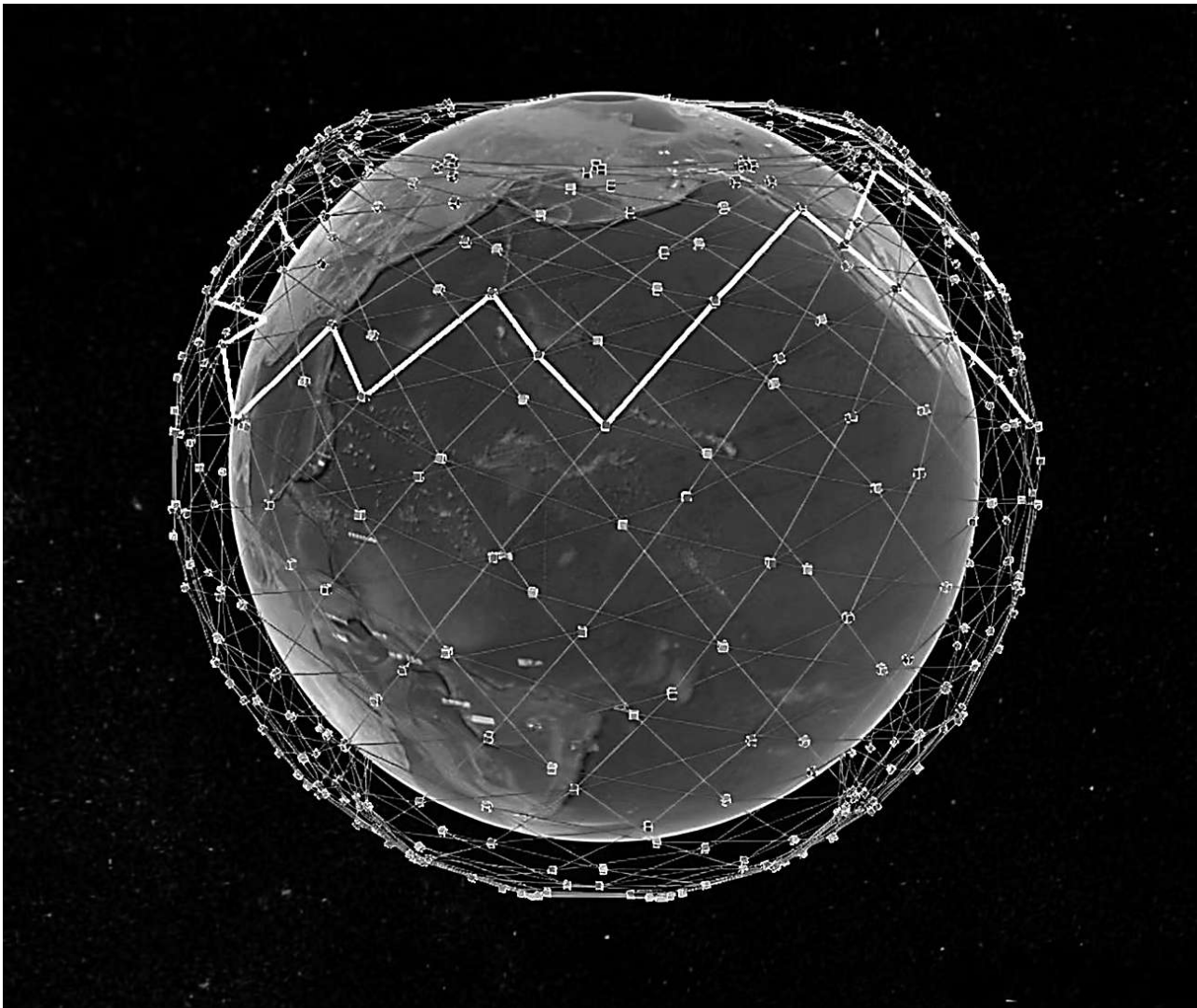
用户段即终端设备,包括支持卫星通信的手机、车载、船载、机载终端、物联网传感器等。未来,人们不需要额外携带大型设备,一部普通手机即可直连卫星,这就是卫星互联网的最终目标。

卫星互联网不是要取代5G、6G,而是补齐地面网络覆盖不到的地方,最终形成一张空、天、地、海全覆盖的大网。

今年1月13日,我国成功发射卫星互联网低轨18组卫星;3月13日,我国成功发射卫星互联网低轨20组卫星;4月9日,我国成功发射卫星互联网低轨21组卫星……一次次发射背后,一张覆盖全球的“卫星互联网”正加速铺开。

与国计民生息息相关的“国之重器”

很多人会问:城市里的5G网络已经很快了,偏远地区网络需求没有那么大,为什么还要搞卫星互联网?答案很



现实,因为地面网络做不到的事,卫星互联网能做到。

——实现真正的“全民上网”。

我国国土面积大、地形复杂,山区、荒漠、高原、海岛等人口少、环境差,建5G基站性价比低。如果只靠地面基站,一些地区可能永远通不了网。一颗卫星能覆盖几百公里,不用修路、架塔、通电,就能让偏远地区的人们做电商、看视频、上网课、联系亲友。所以,卫星互联网是实现数字公平、缩小城乡差距的关键工程。

——织就灾害中的“救命网”。

地震、洪水、台风、泥石流发生时,最先瘫痪的常常是地面通信。基站倒了、光纤断了、停电了,救援队伍就会失去“千里眼”和“顺风耳”。如果把基站放到太空,只要有卫星信号,救援人员就能快速定位受灾位置、传回现场画面、指挥救援,打开通往灾区的“生命路”。

——支撑大国产业的“引擎”。

不只是人需要上网、渔船、科考船、海上平台、远海作业必须靠卫星联网;农田、草场、林场的传感器,需要通过卫星实时回传数据;偏远地区的高压电塔、油气管道,得靠卫星24小时监控;飞机、高铁、自动驾驶汽车,更要全程联网、精准定位……可以说,凡是地面网络到不了、又必须联网的地方,都需要卫星互联网支持。

——创造更加节能的“绿色通信方案”。

地面基站24小时开机,大量时间处于空载状态,十分耗电。据统计,全国基站年用电量超过1000亿度。卫星互联网可以和地面基站协同作业达到节能效果,有人使用且流量大时,地面基站工作;没人用且负载低时,基站休眠,由卫星弥补盲区。这种方式每年可节电超15亿度,减碳近300万吨,是名副其实的“绿色通信方案”。

“三步走”建设卫星互联网

那么,这个覆盖全球的卫星网络,应该如何建设呢?简单来说,分为三步:

第一步是造卫星。未来的卫星,将从“定制工艺品”变成“工业品”,实现流水线生产。我国正在建设国家级卫星互联网星座,未来将有成千上万颗卫星在轨服务。第二步是送上去。卫星造好后,由运载火箭送入轨道。中国长征系列火箭、商业航天火箭都具备高密度发射能力,一次可以发射多颗卫星并快速组网。第三步是连起来。卫星上天后,要实现“星间链路、星地链路、天地协同”三个连接,即将卫星与卫星“连起来”,卫星和地面关口站“连起来”,卫星网络与5G/6G“连起来”。人们可能不知道连的是卫星还是基站,但网络一直都在。

在2026年世界移动通信大会上,多家厂商联合开展手机直连卫星外场测试。他们发现,从城区5G进入山区卫星覆盖时,部分终端会出现通话卡顿、视频掉线等现象;信号速率在峡谷遮挡、阴雨天气下会有明显下降;不同厂商终端与卫星系统对接时,还会出现协议不兼容、频段互扰等问题。

这些真实场景暴露出,卫星互联网要想真正走进大众生活,还需克服很多困难:一是协议不统一,卫星和地面基站标准不一样,可采用国际通用标准,让卫星网络和5G、6G兼容;二是切换不流畅,从卫星切换到基站,容易卡顿、掉线,可通过智能切换算法降低时延;三是频谱干扰,卫星和地面信号可能会互相干扰,导致网速变慢,可使用AI动态分配频段,自动避开干扰;四是山区遮挡、海岛多雨、荒漠高温等都会影响信号,可把地面设备装在高处,同时使用耐高温、抗雨水、防沙尘的设备,确保网络稳定。

作为数字中国的“太空底座”,卫星互联网关乎通信公平、应急救援、产业升级、太空主权、国防安全,也关乎每个人的生活质量。未来,无论繁华都市,还是偏远山区,都能被一张稳定、高速、绿色的网络连接,这就是卫星互联网朴素、宏伟的愿景。

(本报特约记者方姝阳整理)

上图:通过低轨卫星星座实现全球广域覆盖效果图。杨磊制图

趣问·求知

戈壁荒漠之上,一枚弹道导弹呼啸升空,精准命中千里之外的预设目标。翱翔天际的导弹,为何能精准把控航向、稳稳命中目标?答案就藏在弹道飞行的过程中。

导弹飞天,离不开三股核心力量的默契配合。

推力是导弹飞天的“核心动力”,直接决定其射程与飞行速度。导弹之所以能挣脱地球引力、直冲云霄,就在于发动机提供的强大推力——发动机通过喷射燃气产生反作用力,形成向前的驱动力,推动导弹从静止状态不断加速、顺利升空。

重力是导弹飞行的“天然导航”。对导弹而言,重力并非飞行阻碍,而是不可或缺的导航支撑。导弹升空后,在推力衰减阶段,会在重力牵引下逐渐下坠,自然形成抛物线,这一轨迹正是导弹精准命中目标的基础。若没有重力引导,导弹升空后便会失去方向,如同断线风筝般无漂漂泊,无法完成打击任务。

空气阻力是导弹飞行的“塑形师”。导弹在高空飞行过程中,会受到空气的持续阻碍。导弹飞行速度越快,受到的阻力就越大。这种阻力不仅会减慢导弹飞行速度,还可能导致轨迹偏离,影响打击精度。为降低空气阻力的影响,工程师们将导弹的外壳设计成像飞机、子弹一样的流线型,让导弹飞得更稳、更远。

让导弹“不跑偏”,核心在于平衡三种力。导弹飞行过程中,科研人员通过精准调控推力大小、调整弹体姿态,平衡重力与空气阻力的作用,就能实现对飞行轨迹的精准控制。导弹弹体上的舵面,如同自行车的车把,是调整飞行姿态的关键部件。通过舵面的轻微偏转,就可以纠正轨迹偏差,确保导弹始终沿预设路线飞行。

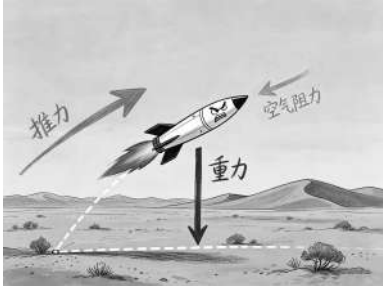
不同射程的弹道导弹,力学法则的运用各有侧重。近程弹道导弹强调快速突击,需在短时间内释放最大动力,快速突破阻力、抵达目标,因此其推力设计更注重瞬间爆发力;中远程弹道导弹需要重力与推力的精准平衡,既要保证足够推力突破射程限制,又要借助重力引导飞行轨迹,确保飞行平稳、打击精准,因此其推力调控更为精细,可根据不同飞行阶段的需求灵活调整,实现超远射程的精准打击。

导弹飞行背后的“力学密码”,本质是对推力矢量控制、重力场适配、空气动力学优化等基础力学原理的工程

藏在弹道里的「力学密码」

■蔡威

化转化与实战化应用。科研人员通过对力学参数的精准建模、仿真推演与实测校准,将抽象的力学理论转化为可量化、可控制的导弹技术指标,推动基础科学向国防硬实力高效转化。



导弹在三种力的作用下飞行。延振宇绘

雷达探测如何利用大气波导

■周群 透心一

科普笔记

在广袤的海洋上,地球曲率像一道巨大的帷幕,严格限制着战舰的视野。但在某些特殊的时间,这道帷幕会被大自然掀起一角——雷达屏幕突然显示异常,本该空无一物的远方,却清晰出现敌方舰艇或导弹的身影。这并非设备故障,而是海洋大气开的一个奇妙“玩笑”。

在特定天气下,尤其在冷热海水交汇的区域,海面上空的空气会像千层蛋糕一样,形成特殊的结构:温暖的干空气像一床厚被子,稳稳盖在潮湿的冷空气之上。这个交界面,在气象学中被称为逆温层。它和下方的海面一起在大气低空制造了一条无形的“管道”。这条“管道”对特定频率的雷达波具有奇异的“束缚”能力,能让它们在里面反复反射、向前传播,几乎不向高空散失。这条“管道”就是大气波导。它并非实体,而是大气折射率剧烈变化形成的一种特殊状态,是大自然铺设的一条隐秘的“电磁波高速公路”。

那雷达又是如何“蹭”上这条免费的“高速公路”的呢?关键在于“买对票”和“走对门”。众所周知,在标准大气环境下,雷达波会近乎沿直线传播,最终因地

球曲率而被地平线阻挡。当雷达波束以恰当的低角度射入大气波导时,波束会被捕获,在波导顶部与海面之间不断折射,持续向前行进,能量衰减极慢。这意味着,原本被地球曲率遮挡的超低空目标,其反射的回波信号,也能通过这条“管道”被雷达接收到。于是,雷达屏幕上便奇迹般地出现了数百公里外的影像,实现了“超视距”探测。这就像在一个弯曲的隧道两端,原本无法对望,但若隧道内壁覆盖了镜子,光线便能经过多次反射,从一端传到另一端。

当然,将这一特殊现象应用于军事,

超高温热泵储能技术

■宣传杨王运通

数月前,国家电投发布全球首套超高温热泵储能技术“储诺”,成功攻克诸多关键技术瓶颈。这一突破标志着我国在规模化长时储能领域取得重要进展,为构建新型电力系统提供了关键的技术支撑。

作为能源转型的“必选项”,长时储能技术直接关系到新型电力系统的安全稳定运行。“储诺”技术,业内称为“卡诺电池”,通过耦合热泵循环与热机循环,创新性地实现了电能与热能之间的高效双向转换。储能阶段,通过消耗低谷电能或新能源弃电,将低温环境热量“搬运”至高温环境储存。发电阶段,释放储存的热

能驱动热机做功发电,形成完整的能量循环闭环。这种方式的储热温度可达560摄氏度以上,低温适应能力强,低至零下60摄氏度,能在极端环境下稳定运行;储能密度高,储能容量远超常规压缩空气储能;规模化电—电转化效率超65%,在不同负荷工况下效率稳定。

“储诺”填补了超高温热泵储能产业化的空白。其部署灵活且不受地形限制,集装箱式设计可快速在平原、山地、产业园落地,为偏远地区能源供应提供新的解决方案。



新成果速递

液态空气储能技术

■黄家文张理辉

数月前,位于青海格尔木的60MW/600MWh液态空气储能示范项目正式投入运行。这座被誉为“超级空气充电宝”的能源设施,凭借60兆瓦装机容量、600兆瓦时储能规模和10小时连续放电能力,创下全球液态空气储能项目规模新纪录,为大规模长时储能和实现“双碳”目标提供了“中国方案”。

作为一种物理储能技术,液态空气储能的工作原理是:电网低谷时段,多余电能驱动压缩机运转,净化后的空

气被压缩成高压高温气体,经冷却后送入冷箱液化,最终储存在常压低温储罐中,压缩过程中产生的热能则被回收存储在高压球罐内。用电高峰期,液态空气在蓄冷介质和回收热能的双重加热下,形成高压高温气体驱动膨胀机发电,实现“谷电峰用”的完美闭环。该项目单次储能可连续放电10小时,输送60万度清洁电能,全年输电量达1.8亿度,可满足3万户家庭一年的用电需求。

与其他长时物理储能相比,液态空气储能技术选址灵活,在戈壁、高原等恶劣环境下都可以稳定运行。