童庆禧：千眼星群点亮数字中国

“做学问，两个方面很重要：一个要认真，一个要把握大局，你所研究的东西必须是国家需要的。”

文 | 本刊访谈主笔 马力

2020 年被称为空天互联网元年，这一年，星链计划开始加速推进，它是钢铁侠埃隆·马斯克的 SpaceX 公司提出的一个太空互联网项目，计划在太空搭建由 4.2 万颗卫星组成的“星链”网络，为全球用户提供更方便快捷的互联网服务，摒弃传统的电信联网，让网络信号覆盖全球每一个角落。

要知道在 2016 年，人类史上发射的卫星总数也才 4025 颗，星链要发射的卫星数量是这个数字的 10 倍。卫星具有遥感、导航、通信等重要功能，是数字地球的重要支撑，这意味着探索太空将成为未来全球科技发展的重中之重。那么，中国将如何面对？

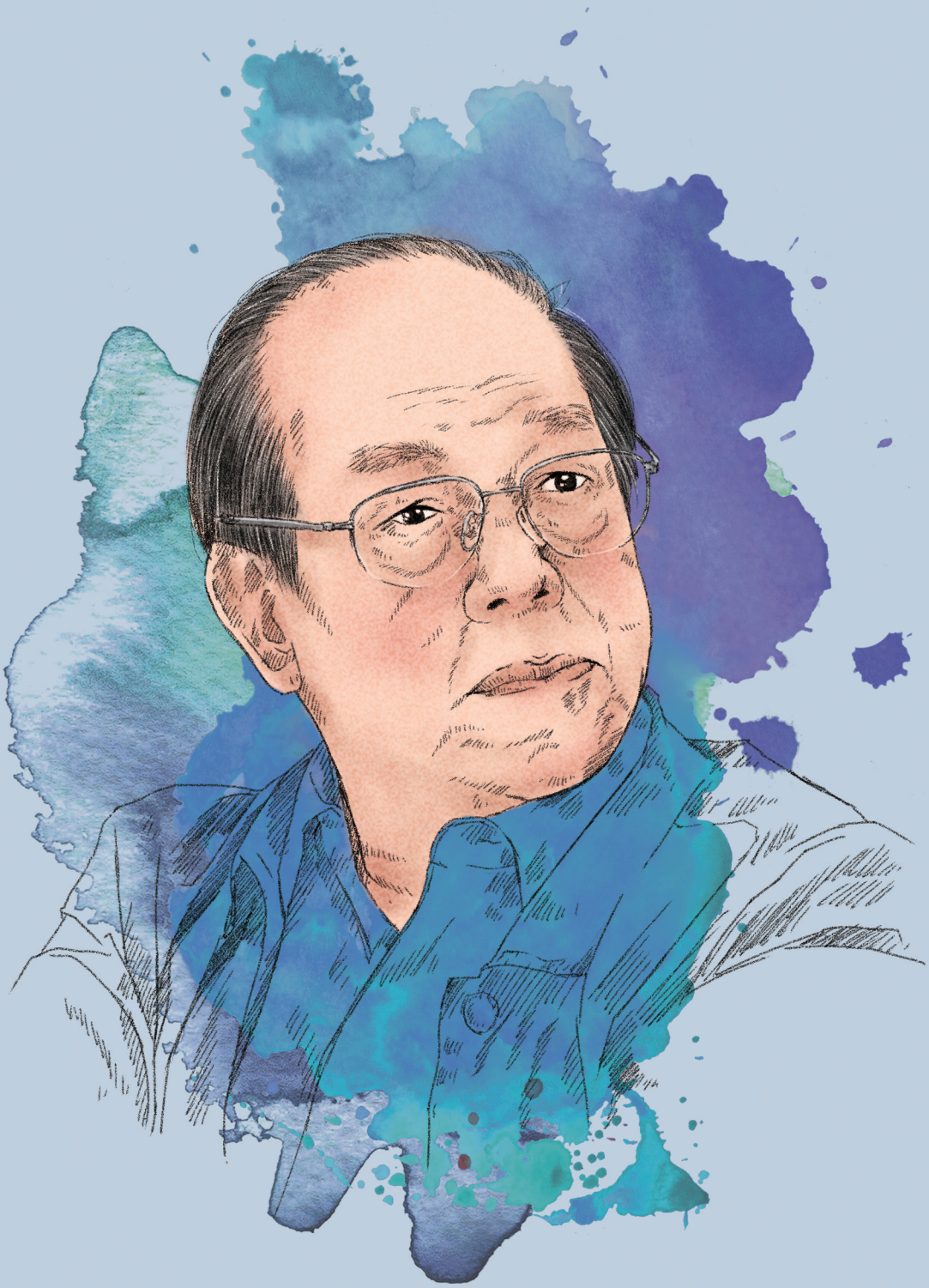
“5 个星座 790 个卫星集群组成千眼星群，300 颗 6G 基站微小卫星无处不在连接，高精定位，150 颗亚米光学微小卫星实现每天全球覆盖；150 颗雷达微小卫星实现每天毫米级变形探测和一小时应急监测；150 颗红外光学小卫星实现每天昼夜监测；40 颗高光谱小卫星实现地物的精准识别，这就构成了遥通导一体化星群。”中国科学院院士、国际欧亚科学院院士童庆禧，在近期举办的数字经济与科技产业高峰论坛上发布了“千眼星群计划”。

这是一个基于微小卫星遥感、定位与通信一体化星群系统的重大计划，星座将服务于数字农业与大宗商品供应链监测与溯源、灾害预警与公共安全监测、数字中国空间信息时空大数据建设以及“一带一路”海外资产安全与监测保障等。它将会如何影响数字中国未来的前途？

带着这一问题，《英大金融》专访了童庆禧院士，听他讲述“千眼星群点亮数字中国”这一宏大的科技故事。

数字中国

1998 年，美国副总统戈尔第一次提出数字地球的概念，次年在北京召开了第一次数字地球的国际会议；2000 年，时任福建省省长习近平同志率先启动“数字福建”的建设，成为“数字中国”建设的一个实践起点；2007 年，“数字中国”香山科学会议召开，给出了“数字中国”的科学定义；2015 年，习近平总书记在第二届世界互联网大会上提出要推进数字中国的建设；2017 年，中共十九大报告再次强调数字中国的



童庆禧

湖北武汉人，1935 年 10 月生，遥感技术与应用专家，中国科学院院士，国际欧亚科学院院士。北京大学地球与空间科学学院遥感与地理信息系统研究所（空间信息科学与技术系）所长，研究员，博士生导师。1961 年毕业于苏联敖德萨水文气象学院。20 世纪 70 年代初期以来追踪国际科技发展的前沿，转而从事遥感技术和应用研究，成为我国遥感技术应用领域的最早开拓者之一。

插画 | 网中鱼

建设，把数字中国建设作为中国科技强国的一个重要举措，提出要建设科技强国、质量强国、航天强国、网络强国、交通强国、数字中国和智慧社会。“数字中国”已经成为建设中国特色社会主义的一个重要战略举措。

“我认为数字中国的指标包括三个最重要的内容：第一是电子政务，第二是数字经济，第三个是智慧城市。”童庆禧说，“数字经济是在数字中国里非常重要的内容，比如电商，数字支付；以数字为基础的生产活动，人工智能、数控产品、通信、导航、遥感的卫星系统等；还有计算机、芯片、机器人、各类遥感和传感器设备，这些都在数字经济的范畴。”

在童庆禧看来，建设智慧城市对中国意义重大。城市是人口最密集、交流最频繁、创造经济价值最高，但也是社会最为病态化、风险最大、危险程度最高的地方，这里要建立智慧体系谈何容易？城市也像人一样，人身上有10亿个感知细胞，帮助人类感知周围环境的所有变化，所以城市也应该有大量感知系统，比如温度计、风速计、湿度计、视频等等，这些都是城市大数据的主要来源。

“遥感是认识地球大数据的一个重要数据源。人的感知80%以上是通过视觉，因此视觉是我们看一个城市、看一个社会的最重要指标，这也是遥感的作用。站得高才能看得远，欲穷千里目，更上一层楼。卫星遥感、航空遥感就是人类视觉的延伸。遥感数据具备了大数据的一切特征：宏观性、多源性、真实性、实时性、海量性，但除此之外，特别是卫星遥感，还具备一个重要特点：没有地域限制，没有国家限制。”童院士进一步说。

卫星采集的遥感影像，服务于智慧城市。通过数据挖掘，提取城市信息，如水体、道路、植被、建筑物、屋顶的不同建筑材料等信息，最终得到综合信息产品。在城市水质、水系、

布局、发展、减灾、交通、区域结构等方面，起着重要作用。通过遥感，还可以监测城市扩张、耕地占用。此外，经过遥感数据挖掘，可以提取水域中的蓝藻信息，提取地下矿藏、断裂带、矿物分布等，助力矿产勘探。

遥感卫星对于数字中国如此重要，这也是童庆禧院士为之奋斗一生的动力所在。

遥感人生

童庆禧是我国遥感技术与应用领域的开拓者之一。已将多颗卫星送上太空的珠海欧比特航宇科技董事长颜军代表行业对童院士如此评价：童院士是多光谱及高光谱遥感的领路人、把科研根植于中华大地发展的大专家；是敢于承担国家或世界学术重任的科学家；是倾心培育提携年轻人的良师益友和教育家。

时间拨回到1955年，那时新中国百废待兴，向苏联老大哥学习成为加快国家建设的重要路径。这一年，广西要选拔一批高中毕业生参加留苏预备人员全国统考。经过多轮严格筛选，桂林中学高14班毕业生童庆禧有幸成为其中一员。在国内进行了一年培训后，他顺利进入苏联敖德萨水文气象学院就读。

在苏联学习期间，童庆禧比较偏重于气候和气象学。气候形成有三方面最主要的因素：太阳辐射、地面状况和大气环流，他偏重于地面状况和太阳辐射，所以走上遥感，特别是高光谱研究是自然而然的事情。

1962年春天，童庆禧被调到北京中科院地理研究所从事气候学研究工作。他凭着自己的热情，发现了属于自己的“世外桃源”——国防科委和国家科委的情报所。当时国家财力有限，很多研究材料只有这里才拥有馆藏。在这个知识的海洋里，他研究了许多国外进口的微缩胶片，在这里往往一猫就是一整天，了解国外的发展动向，他也深深认识到了发展遥感技术的必要性。

童庆禧院士在由国际欧亚科学院、深圳市湾区数字经济与科技研究院主办的2020大湾区数字经济与科技产业高峰论坛上发布“千眼星群计划”。

测绘是门古老的学科，在中国源远流长。自夏禹治水“左准绳，右规矩，载四时，以开九州，通九道”，中国测绘便已初具规模。从先秦到民国，历代统治、战事运筹、疆域划分、水利建设、交通运输等大计筹划，都靠测绘资料了解国情和认识世界。但由于历史原因，我国的测绘科学渐渐落伍于世界测绘科技发展水平。

“遥感”这个词是1962年在国际环境遥感研讨会上提出的。在此之后，人类开发出了许多通过不同电磁波频段感知世界的手段，包括可见光、红外、微波、激光等。在五十多年的发展中，遥感技术发展出很多门类。其中以出现在20世纪80年代的高光谱遥感和雷达遥感的影响最为显著。

“举个例子来说，在20世纪90年代中期，城镇化发展，许多农民进城就业。这就造成了耕地撂荒的问题。使用高光谱遥感，我们可以了解两方面问题的细节，一是农民有没有按照时节种地，二是地里种的究竟是粮食作物、经济作物还是撂荒后长的杂草。高光谱遥感在农业中的应用，可以在技术上保证我国的耕地面积得到监控。”

在工业上，高光谱遥感同样发挥着重要的作用。不同的物品具有不同的光谱特性，使用高光谱遥感可以判断出使用了什么材料，避免偷换材料造成的无形损失。说到这里，童院士半开玩笑地说：“你们看过去的老电影里，军队可以在自己的身上和物资上盖上一层草作为掩饰。但如今在高光谱遥感的帮助下，所有的掩饰都无所遁形。”

1972年，美国发射第一颗地球资源卫星，那是一颗货真价实以地球特别是以陆地为观测对象的遥感卫星。这使得中国开始考虑部署遥感卫星或资源卫星的研究。

初期工作是中科院各个相关研究所对遥

感卫星进行了调研，童庆禧在这时被选入了调研组。由于他早期对遥感领域的关注和学习，1975 年在中科院领导与国防科委钱学森副主任研究部署资源卫星发展相关工作时，童庆禧作为中科院资源卫星调研组的代表直接向钱学森汇报。

这次高层会议最重要的结果是：研制和发射资源卫星的首要条件就是要狠抓遥感技术的发展。特别是钱学森同志关于要将遥感技术发展摆在像 1956 年国家 12 年科技发展规划中 4 项紧急措施同样重要的地位来抓的思想，奠定了中国遥感此后持续发展的地位。在中科院的主持下，1976 年在上海召开了我国第一次遥感规划会，童庆禧得以与王大珩、陈述彭等老一辈科学家们成为会议的代表。1978 年他又作为空间遥感技术领域的专家参加了由国家科委主任方毅同志主持、为第一次科学大会做准备的全国科技规划会，正是在这个会上，由童庆禧参与主持制定的关于遥感发展规划正式被列入国家的规划。

就在这一年，第一个美国政府科技代表团访华。这时童庆禧又参与了由国防科委主持的、由当时七机部和中科院参与的与美国时任宇航局长带领的航空航天组的合作谈判。这次谈判奠定了中国通信卫星技术引进和遥感卫星地面站建设的基础。

之后，童庆禧主持和承担了多项国家重大科技项目："六五"攻关项目、"八五"攻关项目、"九五"攻关项目，并于 1997 年当选为中国科学院院士。

2005 年，童庆禧获得了亚洲遥感协会颁发的终身成就金质奖章。他参与并推动了我国微小卫星的研究开发工作，在我国政府宏观管理和微小卫星研发中发挥重要作用。

中国每年都要发射十几颗卫星，其中约一半是遥感卫星，这些卫星为我国的测绘及地理国情监测发挥了重要作用。现今，童庆禧力推"千眼"新型卫星星座，实现全天候全球尺度每天覆盖的对地观测能力、全球每天地表形变变化监测能力、全球高分辨率光谱填图能力。

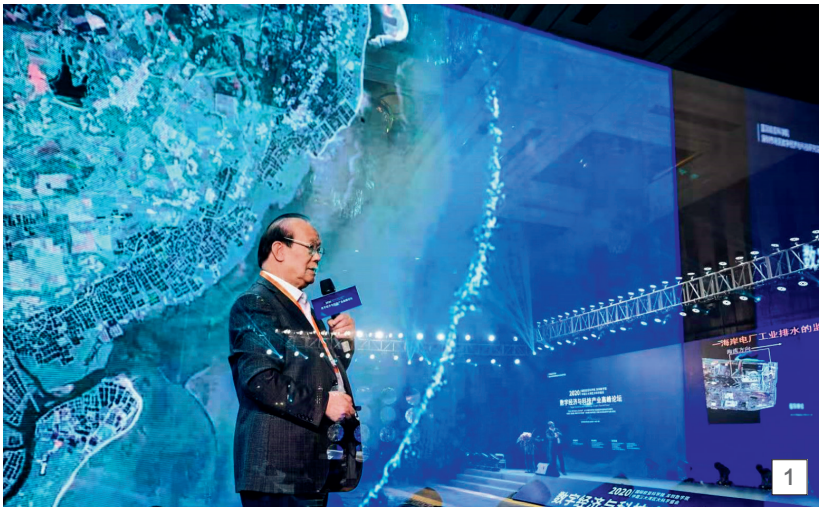
千眼星群

童庆禧院士力推的"千眼"新型卫星星座就是"千眼星群计划"，它是科学史上的又一次探索。1903 年，美国莱特兄弟发明了飞机，航空摄影测量专业相继而生；1957 年，加加林上天，人类实现了站在地球之外看地球的愿景，于是卫星遥感产生了；如今，童庆禧希望通过千眼星群基于遥感数据的位置服务、实时高精度导航服务等，提供全球 70 亿人的互联网 + 空天信息服务。

"千眼星群能做什么？比如广州要建一条横跨珠江的 3.5 千米隧道，涉及道路改造和拆迁。如果采用传统方法在普通地图上规划，涉及建筑物拆迁所需的费用估算下来要近 7 亿元人民币。但以高分辨率遥感空间信息作为基础，通过对空间信息的分析，合理地修改了原来的方案。只此一项就将改、扩建费用降至 3 亿多元！"

北京有很多违章建筑，这些违章建筑到底有多少，分布在什么地方，有多大面积，靠人工考察很难弄清。北京市政府采用遥感卫星进行监测，再通过与北京市批准的规划建筑信息叠加分析，就可以准确识别哪些是规划内的，哪些是违章的建筑。空间信息成为执法的依据。

童院士坚定地认为：千眼星群可以点亮数字中国。数字中国是一种宏观的战略思想。它是应对国家面临的人口、资源、环境等问题的挑战，满足国家和地区经济社会发展以及国家安全对空间信息需求的重要信息基础设施；是一项空间信息基础工程。它构成了在全国或区域空间坐标体系框架下，对来自卫星、飞机、地面等的多源、多类、异构数据的集成与整合。



数字中国也是一个空间信息服务系统。它向人们展示了地球空间信息的无限魅力，同时更重要的是使政府的管理者明察秋毫，避免和减少决策中的失误。它是从信息科学技术的角度落实科学发展观的重要举措，是一个空间信息产业化的推进器。它将有力地提升我国空间信息产业化水平，提高我国空间信息技术企业的创新能力和在国际上的竞争力，也相应提高国产数据和软件在国家信息化进程中的保障率。

“不仅是数字中国，数字全球更是未来的趋势。空间信息和IT、人工智能的结合，可以产生新的应用价值，未来数字经济需要空天地一体化的时空服务。世界上的巨头纷纷布局：谷歌建立GEE云平台；亚马逊构建AWS地面站的云平台，而且计划发射3236颗卫星；SpaceX有482颗卫星在天上，实现无处不在的互联网连接；MAXAR公司将DG和MAD合并成立全球最大的遥感卫星公司，建立面向企业与政府的卫星信息云平台；AIRBUS空客防务也在建立一站式卫星的系统的计划。”童庆禧一直紧密地关注着全球空天地一体化的发展动向。

在童庆禧看来，科学技术从来没有像今天这样深刻影响着国家前途命运，从来没有像今天这样深刻影响着人民幸福安康。我国经济社会发展比过去任何时候都更加需要科学技术解决方案，更加需要增强创新这个第一动力。科学技术将驱动数字中国成为高质量发展的样本。

采访即将结束，童庆禧院士对笔者说：“未来的千眼星群一定是开放式的网络体系，多星集群、天地互联、多网融合成为一个系统，真正实现几个系统可以贯穿在一起，星地联合产生信息，通过枢纽实现智能，按需服务实现时空融合，最终搭建天空地一体化平台。做学问，两个方面很重要：一个要认真，一个要把握大局，你所研究的东西必须是国家需要的。”一语既出，院士务实、严谨的作风令人敬佩。

1 童庆禧生动地讲述“地球之眼”，遥感卫星对于我国数字经济发展有着举足轻重的作用。

2 在遥导通一体化卫星集群发展论坛上，童庆禧与王晋年教授、邬伦教授等科学家讨论数字中国。