

写在前面

XIEZAIQIANMIAN

6G被称为开启未来之门的钥匙,是新一轮科技革命和产业变革的战略制高点,将推动移动通信从传统连接到通感一体、通智一体深度演进。3月20日,省委理论学习中心组围绕第六代移动通信(6G)发展召开专题学习会,由东南大学首席教授、紫金山实验室主任兼首席科学家尤肖虎院士作专题辅导。

6G技术研发和产业化的现状与趋势如何?将对全球信息技术格局带来哪些变革?对百姓的日常生活有什么样的影响?辽宁在这一赛道处于什么位置、具备哪些优势、应当如何抢抓机遇?围绕这些话题,本报记者对话尤肖虎院士。

厚植创新生态 抢占6G先机

——对话中国科学院院士尤肖虎

本报记者 刘立纲 白昊

话题1 5G是“连接”,6G是“融合”

记者:尤院士,现在大家对5G已经非常熟悉了。很多人好奇,6G和5G到底有什么不一样?

尤肖虎:首先,6G传输速率的提升是大趋势。但从4G到5G的经验告诉我们,速率提升并不直接等于体验的革命。4G到5G,用户体验变化不大,是因为应用终端形态没变。

但在6G时代,这个形态将发生根本性改变。从普通消费者角度看,全息投影、AR眼镜,以及智能体与手机的深度融合等,这些真正需要大带宽、大流量的新终端,将带来截然不同的沉浸式体验。从工业应用看,未来的无人工厂可能有几十个高清摄像头实时反馈,靠视频流作精准操作,5G的带宽就成了瓶颈,6G正好能填补这个空白。

然而,速率提升只是6G的“表象”,它最深刻的核心变革,在于赋能各行各业的方式发生了根本性跃迁。

5G的核心是“连接”,而6G的愿景是“融合”,将通信与感知、人工智能融合,也就是我们所说的“通感一体”和“通智一体”。未来,智能体可以部署在手机和基站里,让网络设备具备感知环境、动态优化资源的能力。这样一来,网络本身就集成了通信、感知、控制、AI和无处不在的算力。

所以,如果说5G是修了一条信息高速公路,那么6G就是在这条路上不仅跑车(通信),而且集成了雷达(感知)、大脑(AI)和能源(算力)。6G的主旋律,就是全面拥抱AI时代,用综合智能去赋能每一个应用场景。

记者:也有人疑问,5G的传输速率已经够快了,为什么还要发展6G呢?

尤肖虎:其实这个问题,要看5G的“够用”是对谁而言。对普通人刷视频、看直播、玩手游来说,5G确实够快了。如果把目光投向未来几年,看看那些还没实现的应用场景,就会发现5G的能力边界已经摸到了天花板。

现在,我们的生活和工业场景中,就有许多5G不能满足需求的地方,比如远洋货轮、偏远山区、矿井深处,依靠5G的地面基站仍然覆盖不到。未来,我们的生产生活还会出现更多全新的应用场景,比如,低空经济需要网络能像雷达一样精准感知飞行器的位置,自动驾驶需要在毫秒级内作出智能决策,但5G网络在“感知”能力、带宽和时延方面都无法满足。所以,发展6G不是为了刷新网速纪录,而是因为未来社会的需求已经超出了5G的设计范围。我们需要一张能感知、能思考、无死角的网络,实现从“连接人”到“智联万物”,从“够用”到“无所不能”。

记者:6G技术将催生哪些新产业、新业态、新模式?

尤肖虎:能做的事情太多了。

和5G比起来,6G对经济社会的赋能将提升到一个非常高的水平,而且使用门槛又降得很低。它的每一个应用、每一个场景,都能催生一个非常大、非常有前景的产业,还能培育出不少国内领先甚至世界领先的企业,所以说,6G能够再一次改变中国、改变世界。

举几个简单的例子:比如用6G技术赋能苏超直播,通过立体三维呈现、随便切换视角,让大家不管在什么地方,都能有身临其境的感觉,这就是一个新产业。在行业赋能上,6G的超强连接能解决很多老大难问题,不光能长距离覆盖,还能实现“极深覆盖”,矿山企业将受益无穷。

还有一点,现在人工智能已经让技术门槛降低了,到了6G时代,这种趋势会更明显。普通人、小主体也能参与进来,一个人借助6G技术,就能调用各类资源,干成过去一个团队才能完成的事,未来,“单人公司”也会变得更加普遍。

话题2 2028年预商用,2030年普及

记者:国家“十五五”规划纲要提出,推动第六代移动通信等成为新的经济增长点。而“十四五”规划纲要的提法是:前瞻布局6G网络技术储备。表述的变化,意味着什么?

尤肖虎:这个表述的变化,其实和我们移动通信“十年一代”的发展规律是密切相关的。

为什么是十年?因为每一代移动通信都是一个庞大的系统工程,需要全球的学者、工业界、政府形成共识,这个过程本身就很长。所以“十四五”期间,我们的主要任务是“前瞻布局”,为6G做基础性的技术储备,推动全球在6G愿景、关键技术和演进路线上形成共识。

从2025年开始,6G在全球已经进入实质性的研究阶段,到2028年会形成第一个6G的技术标准,那时候6G就进入预商用阶段了,到2030年,就能实现大规模的商用。

你看,从“十四五”到“十五五”,6G正好在“技术储备”阶段走到了“即将商用落地”的阶段。所以《政府工作报告》的表述从“前瞻布局”调整为“培育新的经济增长点”和6G发展的节拍高度吻合。

这里还要强调一点,6G不是一夜之间冒出来的,它是一个平滑演进的过程。现在的5G,每18个月会更新一个版本,通过不断地添加新功能、删减旧内容,一步步演进到6G的第一个版本。所以从“技术储备”到“经济增长点”,既是国家战略的提前布局,也是技术发展一定阶段的必然结果。

版本。所以从“技术储备”到“经济增长点”,既是国家战略的提前布局,也是技术发展一定阶段的必然结果。记者:这么说来,6G即将走进我们的生活。从技术试验到全民普及,6G还需要突破哪些难点?

尤肖虎:从现在的技术试验到2030年全民普及,还有一系列关键技术需要突破。主要难在3个方面:

一是“极致连接”。这个方向技术路径相对清晰,但需要投入大量资源,不论是带宽提升到更高频,还是把连接能力、速率、可靠性、时延等指标提升上去,都需要通过一系列突破性技术才能实现。

二是“要素融合”,特别是6G和AI的融合。这个方向不确定性比较大,因为AI本身在快速发展,AI和6G怎么结合、能结合到什么程度,很难预测。比如我们要实现分米级的感知精度,让网络具备自动化和智能化能力,把智能体部署到手机和基站里,每一步都面临很多考验。

三是“空天地一体化”。这个方向面临的不仅是技术问题,还涉及地缘政治等因素。从技术上说,比如用手机直连卫星,卫星上的天线孔径要足够大才能接收手机微弱的发射信号,这里面有很多关键技术需要攻克。

所以,我们还需要进行非常艰苦的探索,才能确保2030年真正实现6G的大规模商用。

6G攻关方向

- 极致连接**
通信能力较5G提升10至100倍
- 要素融合**
通感智算控网络功能深度耦合
- 天地一体**
地面—卫星—低空网络全覆盖

6G应用

6G	典型用例
沉浸式通信	沉浸式XR通信、远程富媒体传感、全息通信等
大规模通信	智慧城市、交通、物流、健康管理等
超高可靠与极低时延	工业互联、机器人等
泛在连接	IoT通信、移动宽带、卫星通信等
AI与通信融合	自动驾驶、多终端与多机器人协同、数字孪生等
传感与通信融合	环境信息感知、环境重建、感知融合等



对话嘉宾:尤肖虎

DUIHUAJIABIN

中国科学院院士,全国五一劳动奖章获得者。现任东南大学首席教授、移动通信全国重点实验室主任、紫金山实验室主任。1999年起,先后担任国家863计划3G、4G及5G专家组组长、宽带通信与新型网络国家重点研发计划专家组组长兼6G专项总体专家组负责人、移动通信网络国家重大科技专项副总师等。

话题3 通信赛道,中国走在了世界前列

记者:从全国来看,目前6G研发是什么样的格局?

尤肖虎:从全国来看,南京是较早大规模投入6G研发的城市。

东南大学早在2017年就把6G列为十大科学问题之首,当时全世界还没开始6G的研发。2018年紫金山实验室成立,把6G作为三大方向之一,到2020年前后已经组建了一支近300人的研发团队,这个规模在当时国际国内都是比较大的。紫金山实验室还牵头承担了科技部的首个6G专项总体项目,联合20多家单位对6G的愿景、路线图、技术框架、实验平台、关键技术作了顶层设计。

随着6G技术的推进,各地也越来越重视。像北京、深圳在6G研发方面投入很大,上海、成都、西安也都有很好的基础。应该说,前期的研发积累为6G未来产业的培育打下了很好的基础。

记者:您曾用“填坑、堆土、垒山”来形容中国通信技术的追赶过程,那么,目前我国处于什么阶段?“山”垒到了多高,还有哪些“坑”需要填?

尤肖虎:从全世界来看,中国在通信这个赛道,特别是传统的通信赛道,已经走在了最前列,这一点是公认的。而且,无论是产业的发展,运营商、制造商的全球竞争力,还是我们的学科建设,都证明了这一点。在通信学科中,全球排名前10的学校里,中国占了5到6个,东南大学更是排在第一。这说明我们在基础研究、人才培养、产业发展、应用生态这些方面,都已经走在最前列了。

但这并不意味着我们在6G时代就一定全面领先的。刚才说的传统通信赛道,只是未来6G发展的一部分。我们要实现和人工

智能的深度融合、双向赋能,全面拥抱AI时代,这条路还很长,不确定性非常多。另外在空天地一体、卫星互联网这些方向上,我们目前并不占优势。

所以尽管我们垒起了一些高峰,但还有更高的山峰等着我们去攀登。从具体短板来看,我们在一些关键元器件、基础软件,甚至包括集成电路的制造设计等方面,仍然存在明显的差距。所以,我们还需要付出更大的努力。

记者:您刚才提到紫金山实验室,能介绍一下吗?

尤肖虎:紫金山实验室由江苏省、南京市共同发起建设,是瞄准国家重大战略需求组建的重大科技创新平台与新型研发机构,已被纳入国家战略科技力量序列。

当前,我国高校在自由探索、基础研究和人才培养上优势显著,众多企业在技术产业化应用,特别是“1到10”的成果转化与规模化推广方面已跻身世界前列。但与此同时,大量“0”到“1”的原始创新,乃至“1”到“0”的研究,仍亟待突破。

所谓“1”到“0”,本质是以国家重大需求为牵引的定向基础研究。“1”代表战略目标清晰明确,“0”则意味着实现目标所需的基本原理、技术路径、数理基础等方面均不清晰,必须从零开始系统性突破,才能真正把战略愿景变为现实。放眼全球,发达国家的一批国家实验室,在引领世界科技革命中发挥了不可替代的作用,而我们仍存在一定差距。

正是带着这样的思考与使命,我们组建紫金山实验室,探索一条围绕国家重大战略需求开展原创性、引领性科技攻关的新路径,聚力做好“1”到“0”的关键突破,打造国之重器。

实验室采用全新体制机制运行,聚焦破解网络通信与安全领域的国家重大战略需求、行业关键科技问题和产业核心瓶颈,重点布局未来网络、普适通信、内生安全三大主攻方向,专注开展国内外少有布局,但对国家长远发展至关重要的前沿研究。

目前,实验室已汇聚起一支来自五湖四海、约1100人的高水平研发队伍,形成了具备战略攻坚能力的创新群体。历经8年多努力,实验室牵头承担了多项国家重大科研任务,在服务产业高质量发展、保障国家关键需求等方面取得了一系列重要进展。

记者:为什么叫“紫金山”?

尤肖虎:紫金山是南京市的重要地理与文化地标,主峰是南京市的最高点。江苏整体科技发展水平较高,需要打造更多引领发展的科技“高峰”,以其命名,既有着鲜明的“1到10”的成果转化与规模化推广方面的寓意与愿景。

记者:6G之后,7G、8G将是什么样的?

尤肖虎:移动通信的演进,就像一场没有终点的接力赛。每一代都有属于它的时代使命,6G之后当然还会有7G、8G,但具体是什么样的样子,目前业界还没有共识。

尽管有一些学者、一些公司曾经提出过未来的图景,但这些都还在构想阶段,还没有形成共识。我们当年在研究6G愿景的时候,曾经梳理过20多个未来可能的潜在方向。现在6G从中选了三个,分别是通感一体、通智一体和天地一体。剩下的20几个方向,它们就像一颗颗种子埋在地下,等待着属于它们的时代。如果需要定义7G,我们随时可以把它们拿出来,绘制成新一代通信网络的愿景图。

话题4 借“基”而上 辽宁大有可为

记者:近来,辽宁省委理论学习中心组专题学习很有“新意”,包括“原子级制造”“量子科技”“科技创新与产业创新深度融合”“半导体”,这次又请您讲6G技术。对此,您怎么看?

尤肖虎:从省委理论学习中心组的安排中,能强烈感受到辽宁布局培育未来产业的决心和紧迫感,这既是对领导干部的加油充电,也是积极拥抱时代、紧跟时代的奋进号角,更彰显出辽宁服务国家战略全局的使命担当。

未来产业是正处于孕育发展中的产业形态。如果说新兴产业是当前可见的市场规模,那么未来产业则代表着更具想象空间的增长潜力,是现代化产业体系的关键组成,事关国家发展的前途,也决定着一个地区的“远”实力。辽宁是工业大省,坐拥一批实力很强的大院大所,产业基础扎实、创新条件优越,在未来产业多条赛道上具备广阔发展空间,大有可为也一定会大有作为。

记者:您多次来辽宁,对辽宁印象如何?与辽宁有合作吗?

尤肖虎:辽宁人特别友好、特别热情,每一次到访都让人倍感亲切。

辽宁拥有一批实力雄厚的高校,在电子信息领域优势尤为突出,会聚了一批优秀学者,培养出了大量高素质专业人才。我们也与多所高校保持着长期合作与交流。比如东北大学,就与柴天佑院士团队合作十分密切。

记者:辽宁如何抓住、用好6G风口?

尤肖虎:核心还是要营造好创新生态,打造好发展环境。首先要引导和鼓励更多年轻人主动投身6G相关领域,让大家带着热情拥抱这个全新的技术时代,敢于探索、大胆尝试。

所以对辽宁来说,更重要的就是把全社会的创新活力充分激发出来,从氛围到机制,都支持大家敢创新、愿创新、能创新。当更多人愿意投身其中,辽宁才能真正借势6G,抢占未来发展的先机。

话题5 做攀登科技高峰的“孤勇者”

记者:曾有人用“孤勇者”来形容您和您的团队,在您看来,何谓“孤”,又为谁“勇”?

尤肖虎:在我看来,所谓的“孤”,并不是孤单、孤独,而是沉下心来守住一份定力。现在社会发展快、技术迭代也快,很容易让人跟着潮流走,慢慢就偏离了初心。

真正做科研,一定要先立下一个值得为之奋斗一生的目标,然后一步一个脚印往前走。不能什么热“蹦”到什么,东一榔头西一棒槌,最后什么都没做深、做透。这份不被外界干扰、专注目标的清醒与坚持,就是“孤”。而“勇”,就是为了心中的目标,脚踏实地、艰苦付出,甚至一代接一代地接力奋斗。我们团队几十年来就是这么走过来的:认准方向,扎实做好每一步,不急不躁、不贪虚名,慢慢就会形成自己的优势,最终实现领跑。

所以,“孤勇者”的内核,就是守得住初心、耐得住寂寞、扛得住浮躁,为了值得奋斗的事业,一往无前。

记者:您的团队有很多年轻人,您如何看待青年人才在科技创新中的作用,又怎样看待“耐心”与“长期”这两个词?

尤肖虎:年轻人是科技创新的生力军,这一点怎么强调都不为过。我带团队做的第一件事,就是引导年轻人把个人发展与国家需求同频共振,站在更高的层次去思考未来,选定目标,确立一条正确的赛道。

我希望每个年轻人都能在正确的赛道上,打上属于自己的“标记”,换言之,要确实作出贡献。这不仅仅是要求他们发表一篇论文、拿一个项目、升个职称,而是要真正得到社会的承认,甚至能促进社会的发展。

任何时候,最大的稀缺品不是聪明,而是定力。大学是育人的,我们要培养年轻人树立正确的价值观和社会责任感,让他们发自内心地认同:我做事是要有利于社会的,是对国家有益的,是对人类有益的。把每一步走扎实,同时始终记得自己为什么出发——这不容易,但这是年轻人成长最扎实的路。