仿真技术，制造业升级的密码

本报记者 宋婧

从Made in China（中国制造）到Innovation in China（中国智造），中国制造业正在加速转型升级，生产模式趋向数字化、智能化。近年来，高端工业软件，尤其是仿真软件的呼声越来越高。仿真与制造业的碰撞究竟会激起怎样的火花？“智能+”时代，制造业又将如何“携手”仿真技术打破困局，加速迈向高质量发展？

3月27日，中国仿真技术产业联盟在京成立。

仿真技术是制造业创新之源

仿真技术的最大功用就是把整个制造过程转移至虚拟环境中进行“重现”。

何为“仿真技术”？《墨子·公输》中记载，鲁班将云梯改制成凌空而立，用来攻城。墨子特意赶到楚国，通过模拟攻防劝说鲁班，这就是著名的“止楚攻宋”。这里提到的模拟攻防就和仿真的内涵非常相似。通过实验的形式建立仿真模型，对真实情况进行还原与测试，从而减少研发、测试、制造等环节的成本与难度，提供决策依据，这就是仿真。

“智能+”时代，新一代信息技术正在加速与制造业的深度融合。从现代制造企业的角度来看，产品生命周期逐步缩短，技术结构、应用场景却变得越来越复杂。为了满足提高效率、加速转型，他们不得不寻找新的出路。仿真技术为制造企业提供了能够覆盖产品论证、研发、试验、制造、维护、辅助决策及人员训练等各个阶段的全生命周期解决方案，成为制造业数字化转型升级的重要技术手段。

据专家介绍，仿真技术的最大功用就是把整个制造过程转移至虚拟环境中进行“重现”，让一切工作都可以在制定决策和确定成本前完成，极大程度地降低了制造企业的试错成本和安全风险，缩短了市场响应时间。比如，过去设计制造一台汽车，要经过反复的碰撞试验，在碰撞中毁掉数辆真车，研发时间动辄几年，而现在有了仿真技术，只要在软件中输入数据，各种碰撞结果就能迅速计算出来，安全又高效。再比如火箭、飞机、航母这些高端制造品的研发、制造与测试，动辄需要耗费巨资，根本无法在真实场景进行物理实验，仿真技术则为其提供了更优选择。

高端制造是工业化发展的高级阶段，是具有高技术含量和高附加值的产业。而仿真技术可以说是制造业的创新之“源”。通过建模实验，制造企业可以在虚拟仿真环境中反复探索最佳结构和配置方案，这个过程看得到，而且可以同步提供更多的结果参数，从而不断实现产品的改进、优化与升级，这也为制造技术的突破与创新注入了动力。

在高端制造领域应用场景广泛

逐渐取消试制样车是仿真技术给汽车制造领域带来的最大改变之一。

伴随着物联网、大数据、人工智能等新兴技术的发展与融合，仿真技术的应用场景也在不断地丰富和拓展。特别是大中型离散型制造企业，包括航空航天、国防、汽车、装备制造、电子高科技等行业企业，对仿真技术的应用范围持续拓展、深化。

航天云网总经理、中国仿真技术产业联盟常务副理事长柴旭东在接受《中国电子报》记者采访时指出，航天制造领域涉及机电液控等多学科专业仿真分析、半实物仿真分析、虚拟样机系统仿真和体系仿真等，是仿真技术应用极为广泛的一个领域。据他介绍，航天产品是典型的复杂产品，目前基于模型的设计生产一体化、基于虚拟样机的总体与分系统协同设计等已成为航天数字化研制的重要模式，对航天产品降低研制成本和周期，提高质量，确保飞行试验成功率等发挥了重要作用。

在轨道交通装备制造领域，仿真技术仿真分析基本贯穿在轨道车辆产品研发的方案设计、技术设计、施工设计、试制研证及确认等整个阶段，成为不可或缺的一环。中国中车科学家、国家高速动车组总成工程技术研究中心主任丁叁叁对《中国电子报》记者介绍道，以复兴号研发为例，研发团队最初设计了46种头型概念方案，构建了多个全工况高速列车空气动力学仿真模型，经过气动阻力、气动升力、侧向力及隧道效应等18类、上百次仿真计算，才确定7种备选头型，然后又结合风洞试验和动模型试验进行方案验证与多目标迭代优化，最终确定“飞龙”头型方案。线路实测表明，复兴号以时速350千米运行时，整车运行阻力64kN，与既有的和谐号系列相比，降低了12%，往返一趟京沪可节省5000度电。

此外，仿真技术在汽车制造领域的发展前景也被普遍看好。上汽大众汽车有限公司产品研发执行总监吴庆文表示，用仿真技术逼近物理试验的结果，逐渐取消试制样车是仿真技术给汽车制造领域带来的最大改变之一。“我们已经在几个车型项目上做到完全取消试制样车。”

他还向《中国电子报》记者分享了一个亲身经历的故事：“以前我们在黑河做除霜实验，冬天零下25度的温度，把花费6个月制造的样车放室外冻一个晚上，再往玻璃上喷水雾冻1个小时，然后让驾驶员启动车辆，不踩油门，把暖风开到最大。我们围着车观察玻璃上的除霜过程，过程中一旦发现问题还得从头再来一遍。现在通过仿真手段模拟这个过程，不必造样车，不必等到冬季，还可以在短时间内验证几十种不同的方案，不仅费用节约77%，而且发现问题马上就可以改，基本只要一天就能改好。”

事实上，伴随制造业的转型升级，仿真技术也在发生日新月异的变化。柴旭东指出，特别是随着工业互联网的深入推进和与仿真技术的深度结合，基于工业互联网的云仿真应用，虚拟样机/数字孪生应用、自主工业仿真软件、仿真产教融合以及仿真产业将是重点发展方向。而这些新方向也将为仿真技术带来更多的细分应用场景。

仿真技术应用普及还须提升

仿真技术依然存在行业竞争水平一般、市场开发面窄、技术创新缺乏等诸多问题。

中国仿真学会副理事长、清华大学自动化系教授范文慧在3月27日召开的“2021中国仿真技术产业高峰论坛”上分享了一组数据：“2014年全球仿真产业市场约每年1500亿美元，2012年中国仿真产业市场规模至少每年约900亿元。”

从国内仿真产业市场规模来看：民用市场中，国外公司市场优势明显，占国内仿真市场大约70%；国内公司规模小、数量多，多以代理和系统集成为主，自主知识产权含量不高。在国防军工、航空航天以及其他尖端核心技术等军用领域，国外公司受限很大；拥有国防军工资质的、具有一定自主创新能力的国内厂商具有相当优势。此外，在国内仿真市场，仿真产品用户本身也是潜在竞争者，传统军工企业更倾向于“自给自足”仿真产品和服务。

在范文慧看来，尽管仿真技术近年来在国内发展迅速，但依然存在行业竞争水平一般、市场开发面窄、技术创新缺乏、产品服务市场开拓差等诸多问题。相较于欧美国家，我国的仿真市场起步晚、规模小，研发水平相对滞后，市场发育度也比较低。

从国内制造业发展情况来看，我国制造业已经搭建起完整的制造业体系和制造业基础设施，在全球产业链中具有重要地位。但行业关键系统软件自主能力不足，核心技术与创新能力不够，整体发展水平参差不齐。尤其作为智能制造的重要基础和核心支撑，工业软件却仍处于“管理软件强，工程软件弱；低端软件多，高端软件少”的阶段。仿真技术在制造业的应用普及度与深度还远远不够。

同时，柴旭东还指出，国内制造企业，尤其是中小型企业，数字化战略与路径不够清晰，懂专业和掌握仿真技术的复合型人才缺乏，以及各类仿真工业软件应用普及不够是当前仿真技术与制造业深度融合面临的主要难点和挑战。

仿真技术迎来巨大发展机遇

仿真产业技术壁垒高、发展周期长、市场空间大，仅靠某一家企业或机构远远不够。

《中国电子报》记者在天眼查上搜索发现，截至3月29日，国内做仿真软件业务的公司大约有7000多家。根据成立时长来看，近两年成立的仿真软件相关公司多达4500多家，约占总数的65%。此外，我国还有一批深耕仿真技术的科研院所与高校，比如中国工程院、中科院、清华大学、北京航空航天大学等。可见，仿真技术在中国市场播下的种子已经萌芽。

当下，我国制造业正处于迈向智能化、数字化的关键阶段，数字孪生、数物融合、人工智能、物联网等新兴概念的落地，背后都离不开建模与仿真的支持。伴随新一代信息技术的爆发，仿真也迎来了巨大的发展机遇。越来越多的企业和机构意识到，仿真产业技术壁垒高、发展周期长、市场空间大，仅靠某一家企业或机构的力量远远不够，因此，抱团协作、共赢未来才是最佳选择。

未来的路怎么走？值得关注的是，国内一批从事仿真技术、智能制造、工业软件研发相关行业的企业、机构及高等院校已经成立了中国仿真技术产业联盟，致力于把仿真产业上下游产业链成员汇聚在一起，为产业合作交流、协作机制建立提供了平台。日前，该联盟在京召开“2021中国仿真技术产业高峰论坛”。来自各行各业的专家围绕仿真技术未来发展路线进行了深入探讨。

“标准是引领企业应用数字化仿真加速转型升级的关键抓手。”国家工业信息安全发展研究中心交流合作处副处长李君在论坛上谈道。我国制造业对数字化仿真的分类、分级、缺乏统一规范，不利于其深入应用和进一步发展。因此，她认为应该大力推动面向制造业的数字化仿真系列标准的研制及立项，通过标准引导产、学、研各界正确认识各类制造业数字化仿真，逐渐提升仿真水平。

不仅是标准，范文慧建议应该通过制定产业发展政策、鼓励国际交流合作、完善人才培养和奖励机制等多种措施来推动仿真与制造业的深度融合，把握“需求牵引系统、系统带动技术、技术促进系统、系统服务应用”的仿真产业发展规律，逐步形成能够满足社会经济发展需求的世界先进、自主安全、军民融合的仿真产业能力。

“一场科技革命与产业变革已在全球快速展开。”中国工程院院士李伯虎表示：“新时代、新形势、新需求下，特别需要加快实现自主的数字化、网络化、云化、智能化技术、产业、应用的一体化发展。要加快新建模仿真技术、新信息通信技术、新人工智能技术与应用领域技术的深度融合，引领中国智能制造加速发展。”

三大运营商2020年财报出炉

5G网络建设平稳向好

本报记者 齐旭

日前，中国移动公布了2020年年度业绩报告，至此，中国移动、中国电信、中国联通2020年年报悉数出炉。过去一年，三大运营商总营收达14655亿元，净利润1412亿元，均实现正增长。

2020年是“十三五”收官之年，面对新冠肺炎疫情的冲击和错综复杂的国际形势，三大运营商努力克服各种困难挑战，运营数据和5G网络建设平稳向好，提振了产业信心。

5G建设投入持续加大

在2020年新基建的背景下，三大运营商5G网络建设资本投入持续加大，总开支达1757亿元，较2019年增长8.3%。三大运营商为全国所有地级市、部分县城及重点区域提供5G服务，建成全球技术领先、规模最大的5G SA商用网络。

从三大运营商给出的年报数据来看，2020年，中国移动资本支出1806亿元，其中5G相关投资1025亿元。全年新建约34万个5G基站，累计开通39万个5G基站；中国电信2020全年资本支出848亿元，其中392亿元用于5G；中国联通2020年资本开支676亿元，5G相关的资本开支340亿元。

3G、4G时代，我国共建起了6张网。5G时代，中国移动和中国广电、中国电信和中国联通通过两两共建共享的方式，在5G建设周期建设2张精品网。中国联通与中国电信共建共享一年多以来，已建成全球首张规模最大的5G共建共享网络，实现5G网络在所有地级以上城市、重点县市以及重要建筑室内的连续覆盖，最高峰值速率达到2.7Gbps。

日前，工信部印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》，计划用三年时间，基本建成全面覆盖城市地区和有条件乡镇的“双千兆”网络基础设施，实现固定和移动网络普遍具备“千兆到户”能力。千兆光网和5G用户加快发展，用户体验持续提升。

在三年行动计划和“适度超前”的网络建设大方针下，运营商5G资本开支持续增加。2021年，三大运营商5G资本开支预计可达1847亿元，相比于2020年将略有提升。运营商利用700MHz的频谱资源优势，可大幅降低网络建设成本，2021年5G网络覆盖范围将扩大到所有县城和部分乡村。

中国联通董事长王晓初表示，2020年—2022年，资本开支基本会维持在700亿元左右，其中5G的投资占到350亿元左右，持续3年后，5G的投资将开始进入下降阶段。

C端市场格局趋稳 B端业务价值凸显

三大运营商年报数据显示，移动用户数方面，中国移动持续领先。截至2020年12月底，中国移动的移动用户数达9.42亿户，中国电信达3.51亿户，中国联通3.06亿户。中国移动的移动用户数占比高达59%，中国电信和中国联通分别占比为22%和19%。其中，中国移动的5G套餐用户达1.65亿户，占据53%的市场份额。中国电信和中国联通的5G套餐用户数分别为0.87亿和0.71亿。

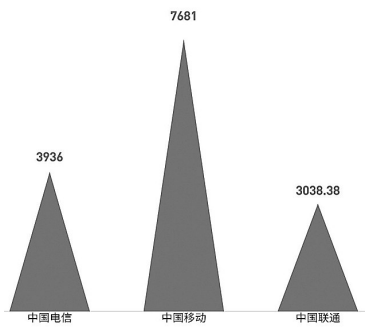
固网宽带方面，从2018年开始，中国移动的固网用户数超过中国电信，2020年中国移动的固网宽带业务占据46%的市场份额，是国内规模最大的固网运营商，中国电信和中国联通分别占35%和19%。

业内人士指出，中国移动固网业务收入有望维持增长态势。运营商通过持续加大光纤投资、优化宽带品质、完善农村普遍服务覆盖等措施，形成了固网收入持续增长的完整体系。随着固移融合业务的拓展，在发展5G连接的同时，中国移动将进一步增强固网用户黏度。

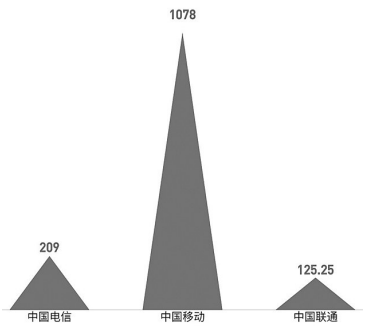
随着C端移动业务收入增长趋缓，尚未诞生消费级爆款5G应用。为了逐步摆脱增量不增收的处境，运营商高度重视B端行业市场，业务布局也逐步凸显出价值。

过去一年，中国移动的政企客户数达到1384万家，净增356万家。专线收入达240亿元，同比增长19.3%；DICT收入达到435亿元，同比增长66.5%，对通信服务收入的增量贡献达到2.6个百分点。其中，移动云收入达到92亿元，同比激增353.8%。

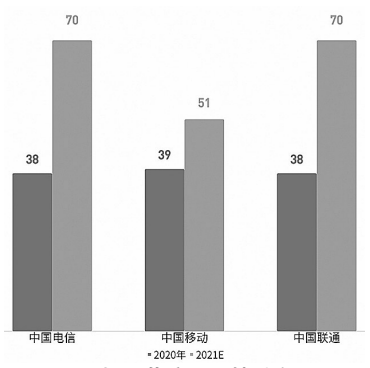
2020年，中国电信产业数字化收入达到840亿元，同比增长9.7%；全网云业务收入138亿元，同比增长58.4%。中国联通的产业互联网业务收入同比大增30.0%，达到427亿元，其中ICT业务收入134亿元，同比增长33.4%，IDC及云计算业务收入达到234亿元，同比增长26.1%；物联网业务及大数据业务收入分别达到42亿元和17亿元，同比分别增长39%和39.8%。



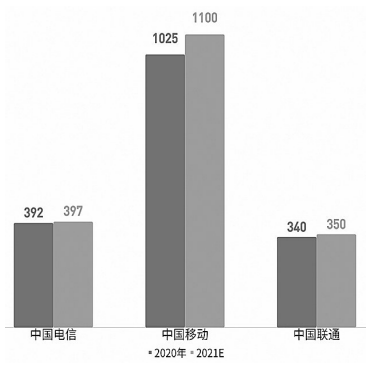
2020年三大运营商营业收入
单位：亿元



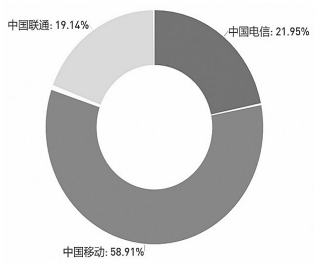
2020年三大运营商净利润
单位：亿元



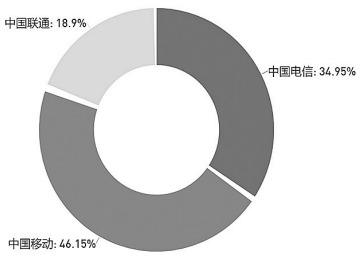
三大运营商5G基站数
单位：万个



三大运营商5G资本开支情况
单位：亿元



2020年
移动用户市场格局分布



2020年
固网宽带用户市场格局分布