

北斗、嫦娥和猎鹰、韦布等入选

“2022全球十大工程成就”发布

本报记者 高志民

中国工程院院刊《工程》(Engineering)日前在北京正式发布“2022全球十大工程成就”，北斗卫星导航系统、嫦娥探月工程、新冠病毒疫苗研发应用、猎鹰重型可回收火箭、港珠澳大桥、超大规模云服务平台、詹姆斯·韦布空间望远镜、复兴号标准动车组、太阳能光伏发电、新一代电动汽车等全球十大工程成就入选。

全球十大工程成就指近5年在全球范围内完成、具有全球影响力并产生显著经济和社会效益的工程创新重大成果，能够反映某个或多个领域当前工程科技最高水平。该评选活动由中国工程院院刊《工程》学科编委会和中国工程院全球工程前沿项目与中国工程联合担任评选委员会，遵循独立、客观、科学的原则，经过全球征集提名、专家遴选推荐、公众问卷调查，最终确定。

■ 这十大工程成就是：

北斗卫星导航系统：2020年7月31日，北斗三号全球卫星导航系统正式开通，这是继GPS、GLONASS之后第三个成熟的全球卫星导航系统。北斗卫星导航系统包括空间段、地面段和用户段三部分，可以面向全球提供定位导航授时、全球短报文通信和国际搜救服务，面向亚太地区提供星基增强、地基增强、精密单点定位和区域短报文通信服务，已成功应用于交通运输、海洋渔业、水文监测、地理测绘、电力调度、救灾减灾、气象预报、应急搜救等领域，产生显著

的经济和社会效益。

港珠澳大桥：2018年10月24日，连接中国香港、珠海和澳门的桥隧工程——港珠澳大桥正式开通运营。这座全长55千米的跨海大桥，历时9年建成，设计使用寿命120年，可抵御8级地震、16级台风、30万吨撞击以及珠江口300年一遇的洪潮。它由三座通航桥、一条海底隧道、四座人工岛及连接桥隧、深海水区非通航孔连续梁式桥和港珠澳三地陆路联络线组成，是目前全球已建成的跨度最大、长度最长、沉管隧道最长的超级桥梁。

新冠病毒疫苗研发应用：2020年以来，为应对新冠肺炎疫情全球暴发，各国科研人员紧急开展新冠病毒疫苗研发。研发采用灭活疫苗、核酸(mRNA或DNA)疫苗、重组蛋白疫苗、腺病毒载体疫苗及减毒流感病毒载体疫苗等多种技术路线同步推进，研发周期大大缩短到10-18个月，创造了人类疫苗研发的新纪录，首次实现了mRNA疫苗大规模应用。截至2021年12月31日，全球新冠疫苗接种已超过80亿剂次，在预防新冠病毒感染、发病，尤其是大幅度降低严重病例和死亡病例方面，发挥了显著作用。

嫦娥探月工程：2019年1月，嫦娥四号探测器在月球背面南极-艾特肯盆地成功着陆；2020年12月，嫦娥五号探测器从月球风暴洋北部年轻的克里普地体携带1.73千克月壤样品成功返回地球，标志着中国探月工程成功实现“绕”“落”“回”三步走任务目标。中国嫦娥探月工程实现了人类探测器首次在月球背面软着陆和巡视勘察，在月背留下了世界探月史上

的第一行足迹，获得了首幅月球正面和背面地质剖面图，开启了人类探索月球奥秘并开发利用月球的新篇章。

詹姆斯·韦布空间望远镜：2021年12月25日，美国宇航局、欧洲航天局和加拿大航天局联合研发的红外线观测用空间望远镜——詹姆斯·韦布空间望远镜发射升空。它由18片巨大六边形子镜构成，主镜口径6.5米，质量6.2吨，经数千名科学家与工程师花费20余年精心设计建成，是有史以来人类建造的功能最强大的空间望远镜，可有效接收到0.6-28.3微米的长光波段，主要用于调查作为大爆炸理论的残余红外线证据，观测今天可见宇宙的初期状态。

复兴号标准动车组：2017年6月，由中国铁路总公司牵头研发的复兴号中国标准动车组在京沪线双向首发；2019年1月，复兴号动车组实现全球首次时速350公里自动驾驶。复兴号标准动车组已形成不同速度级、不同编组、动力集中或者动力分散的各种车型，可以满足环境复杂多样、长距离、长时间、连续高速行驶等出行需求。截至2021年底，复兴号动车组累计配备1191组，安全运行13.58亿公里，运送旅客13.7亿人次。

猎鹰重型可回收火箭：2018年2月7日，美国太空探索公司“猎鹰重型”运载火箭发射升空，两个助推器首次在着陆区成功实现回收。猎鹰重型火箭通高69.2米，重量1420.8吨，近地轨道运载能力63.8吨、地球同步轨道运载能力26.7吨、火星轨道运载能力16.8吨，发射初级阶段总推力提供的总推力逾2268吨，是全球现役推力最大的运载火箭。该火箭采用芯级并联结构设计，火箭第一级

可回收再利用，可以为人类进入太空提供更具经济更高效的运载工具。

超大规模云服务平台：近年来，基于新一代信息技术构建的超大规模云服务平台，将企业级的计算、存储、网络等技术资源，转变为普惠性基础服务，在政府、工业、能源、医疗、金融、交通、教育等国计民生场景得以大规模应用。2021年，以IaaS、PaaS和SaaS为代表的全球云计算市场规模达到近3000亿美元，亚马逊、微软、阿里、谷歌、华为等成为全球主要云服务提供商。超大规模云服务平台为社会经济发展和产业创新提供了先进的ICT基础，极大促进了全球数字经济的高速发展。

太阳能光伏发电：近年来，太阳能光伏发电取得了前所未有的快速发展。截至2021年底，全球累计光伏发电装机容量已经达到942GW，中国、欧盟和美国位列前三位。硅太阳能电池、薄膜太阳能电池、聚光太阳能电池等均有突破，实验室能源转换率已达24.7%，企业能源转换率已达17%。作为人类利用太阳能最普遍和最前景的技术路径，太阳能光伏发电有望引领未来全球能源绿色革命。

新一代电动汽车：在全球气候变化和能源供应日趋严峻的背景下，以特斯拉、比亚迪等为代表的新一代电动汽车，实现了信息技术与汽车制造的融合创新，让汽车升级为软件定义的移动智能平台，具备环境感知、智能决策、协同控制等功能。2021年，全球电动汽车销量达到650万辆。新一代电动汽车掀起了传统汽车制造的颠覆性变革，引领汽车迈向电气化、电子化、网络化、智能化、绿色化发展的新征程。

权威声音
quanweishengyin

“可控核聚变能源”

开启人类无限能源之梦

段旭如

2022年12月13日，美国能源部宣布，由美国政府资助的劳伦斯利弗莫尔国家实验室国家点火装置(NIF)于12月5日实现了聚变输出能量大于激光输入能量，即聚变增益超过1的可控核聚变反应。这是人类历史上首次实验获得超过外部驱动能量的聚变能量输出。

可控核聚变能源具有资源丰富、环境友好、固有安全等优点，是目前认识到的可最终解决全球能源和环境问题，推动人类社会可持续发展的重要途径之一。实现可控核聚变主要包括惯性约束和磁约束两条技术路线。NIF本次实验取得的进展是可控核聚变科学技术发展的一个重要里程碑，提升了人们对激光惯性约束聚变研究的信心。

在本次实验中，NIF研究团队使用激光打靶，即激光惯性约束聚变的方式，采用192道强激光束，输入的激光能量为2.05兆焦耳。强激光束被注入黑腔后将产生X射线，这些X射线被聚变燃料照在内置氘氚燃料靶丸之上，靶丸表面物质向外喷发反向压缩燃料，形成上亿度高温和极高压力的核聚变条件，获得了3.15兆焦耳的聚变能量输出。

人类要实现可控核聚变，在科学和工程技术上面临巨大挑战。

严格意义上的聚变点火要求，是仅靠聚变本身产生的阿尔法粒子自加热来抵消聚变堆内的辐射损失和热传导损失功率，维持聚变堆运行而不需投入任何外部加热。点火条件的一个核心指标是聚变“三乘积”，即等离子体的离子温度、密度与能量约束时间三者的乘积。要达到点火条件，聚变“三乘积”至少应达到51021m-3keVs。当然，要作为未来能源使用，聚变堆还需要解决聚变等离子体长时间稳定运行、氘燃料自持、耐高温抗辐照聚变堆材料、能量提取等问题。

美国NIF装置取得的突破令人鼓舞，势必会在全球掀起新一轮研究热潮。我国可控核聚变研究几乎与国际同时起步。

而磁约束核聚变研究始于20世

纪50年代，其通过磁场约束处于极高温度下的聚变燃料，将足够多的燃料在极端高温条件下约束足够长时间，由此实现核聚变反应，产生聚变能。半个世纪以来，国际上探索了箍缩、磁镜、仿星器、球马克、托卡马克等众多磁约束核聚变路线，当前以托卡马克路线技术最为成熟，美国、欧盟已于20世纪90年代实现可控氘氘聚变功率输出，欧洲联合环(JET)装置于2021年实现59兆焦耳聚变能量输出，为国际热核聚变实验堆(ITER)计划的实施奠定坚实基础。ITER计划是全球规模最大、影响最深远的国际合作项目之一，其目的就是通过国际合作共同努力，建造一座核聚变反应堆，以验证人类利用磁约束可控核聚变的科学和工程技术可行性。目前ITER已进入工程装配阶段，意味着国际首个电站规模的聚变堆即将成为现实。

我国的磁约束核聚变研究与国际基本同步，近年来，我国托卡马克实验取得多项进展，如中国环流器二号(AHL-2A)装置归一化比压突破3，东方超环(EAST)实现了千秒量级长脉冲运行等。特别是2020年建成的新一代“人造太阳”HL-2M是我国目前规模最大、参数最高的磁约束核聚变研究大科学装置平台。2022年，HL-2M装置创造了国内等离子体运行新纪录，等离子体电流达到115百万安培，意味着该装置未来可以在超过1兆安培的等离子体电流下常规运行，开展前沿科学研究，对我国深度参与ITER实验及自主设计运行聚变堆具有重要意义。

进入21世纪以来，可控核聚变研究接连取得重要突破，随着科技不断进步，核聚变能源有望在本世纪中叶造福人类。核聚变能一旦实现商用，地球上的能源将取之不尽用之不竭，因能源消耗带来的环境问题及能源短缺带来的社会问题有望得到根本解决，人们的生活和科技水平也将因此而得到极大提高。

[作者系全国政协委员、中核集团核聚变堆技术领域首席专家、国际热核聚变实验堆(ITER)计划科技咨询委员会副主席]

风向标
fengxiangbiao

白鹤滩水电站全部机组投产发电

本报讯(记者 王嵩娟)12月20日，在建规模世界第一、装机规模全球第二大水电站——金沙江白鹤滩水电站最后一台机组顺利发电72小时试运行，正式投产发电。至此，白鹤滩水电站16台百万千瓦水轮发电机组全部投产发电，标志着我国在长江之上全面建成世界最大清洁能源走廊。

白鹤滩水电站是实施“西电东送”的国家重大工程，是当今世界在建规模最大、技术难度最高的水电工程。工程开发任务以为发电为主，兼顾防洪、航运，并促进地方经济社会发展。其全球单机容量最大功率百万千瓦水轮发电机组，实现了我国高端装备制造的重大突破。

白鹤滩水电站位于四川省凉山州宁南县和云南省昭通市巧家县境内，是三峡集团在金沙江下游投资建设的四座梯级电站中的第二个梯级。水库正常蓄水位825米，控制流域面积43.03万平方公里，占金沙江以上流域面积的91%。电站主体工程于2017年7月全面开工建设，2021年6月28日首批机组投产发电。截至12月20日，白鹤滩水电站累计发电量超过530亿千瓦时，主要输送江苏、浙江等区域，助力长三角地区一体化高质量发展。

据介绍，白鹤滩水电站工程规模巨大，地质条件复杂，综合技术难度位居世界第一。中国三峡集团携手国内水电建设和装备制造企业，坚持创新驱动，攻克了一系列世界级技术难题，创造了百万千瓦水轮发电机组单机容量、300米级高拱坝抗震设防指标、地下洞室群规模

等六项世界第一，推动我国水电全产业链、价值链和供应链水平显著提升，为实现中国式现代化提供科技支撑。

在白鹤滩水电站工程建设过程中，三峡集团积极践行“两山”理念，坚持工程建设、生态保护和环境修复同步规划、同步建设、同步运行。创新环境管理模式，实施黑水河栖息地生态修复、集运鱼系统、分层取水设施、植物园等生态环境保护工程，全力筑牢长江上游重要生态屏障，为大型水电站开发建设施工期生态环境保护与管理提供了白鹤滩样本。

三峡集团在长江干流建设运营的6座巨型梯级水电站(乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡、葛洲坝)共安装110台水轮发电机组，总装机容量达7169.5万千瓦，形成世界最大清洁能源走廊。这条走廊跨越1800公里，形成总库容919亿立方米的梯级水库群和战略性淡水资源库，其中防洪库容376亿立方米，占2022年长江流域纳入联合调度范围水库总防洪库容的53%以上，对保障长江流域防洪、发电、航运、水资源利用和生态安全具有十分重要的意义。

随着世界最大清洁能源走廊全面建成，6座巨型电站联合调度、协同运行，年均发电量达3000亿千瓦时，可有效缓解华中、华东地区及川、滇、粤等省份的用电紧张局面，为“西电东送”和电网安全稳定运行发挥重要支撑作用。每年可节约标煤约9045万吨，减少排放二氧化碳约24840万吨，对改善我国能源结构，助推实现碳达峰碳中和目标发挥积极作用。



工信部：

全国已有一百一十个城市达到千兆城市建设标准

本报讯(记者 王硕)工业和信息化部近日通报2022年千兆城市建设情况。截至2022年10月底，全国共有110个城市达到千兆城市建设标准，完成总结评估工作，约占所有地级市的1/3。从区域分布看，东部地区建成41个，中部地区29个，西部地区40个。

2021年3月，工信部印发了《“双千兆”网络协同发展行动计划(2021-2023年)》，明确用三年时间，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。按照当时情况预计，到2021年底，全国建成20个以上“千兆城市”；到2023年底，全国有超过100个城市达到标准。如今，这一进程已大大加速。

截至2022年10月底，我国千兆城市已实现城市家庭千兆光纤网络全覆盖；平均500Mbps及以上用户占比达到32.6%，平均5G用户占比达到38.9%。且千兆城市属公办医院(三级以上)、重点高校、文化旅游重点区域等重点场所5G网络通达率均超过80%。千兆城市还大力推进5G、千兆光网等新技术在信息消费、垂直行业、社会民生、数字政府等领域的融合应用。

为优化网络建设环境，工信部表示，各地已涌现出许多典型做法。

例如，浙江温州、山东德州、内蒙古呼和浩特等建立公共资源开放联系人制度，免费开放政府机关、国有企业所属路灯杆、道路指示牌等社会挂高资源；河南南阳协调解决基站站址，推动公路、机场、火车站、大型场馆、景区等公共场所向5G基站建设无条件免费开放。

部分千兆城市还在“双千兆”网络建设、运行维护等方面提供资金补贴。如福建厦门、广东深圳等地对新升级500Mbps以上的家庭宽带用户、新升级光纤到房间(FTR)用户给予每户100元左右资助；山东青岛、江西鹰潭、甘肃酒泉等安排专项资金，支持10G-PON端口、千兆光猫、5G基站等建设升级。

调控大豆异黄酮积累的神秘因子被发现

本报讯(记者 高志民)中国农业科学院作物科学研究所大豆育种技术创新与新品种选育创新团队日前研究发现，一个双功能锌指蛋白类转录因子GmZFP7，其可正向调控大豆异黄酮积累，为大豆异黄酮分子育种提供理论依据。

大豆不仅含有丰富的蛋白质和油脂，同时还富含异黄酮等生物活性成分。有研究表明，大豆异黄酮对骨质疏松和心血管等疾病有预防作用。大豆异黄酮为典型的数量性状，受多基因控制，其调控网络十分复杂。研究大豆异黄酮调控机理，对改良大豆品种异黄酮营养品质，提升我国大豆产业综合竞争力有重要意义。

研究发现了一个锌指蛋白类转录因子基因GmZFP7，实验表

明，过表达该基因可使发状根中的异黄酮比对照提高1.15-3.79倍，而沉默该基因可使异黄酮含量比对照降低73%。分析发现，该基因可以促进异黄酮合成过程中关键酶GmIFS2基因表达，同时抑制黄烷酮合成途径中的GmF3H1基因表达的双功能。为了进一步验证该基因功能，研究人员获得了基因编辑敲除和过表达转化植株，在敲除该基因的植株叶片和种子中，该基因的表达水平和异黄酮含量显著降低，同时GmF3H1的表达量提高；而过表达的植株结果反之。代谢组分析表明，在基因敲除种子中可检测到57种酚类代谢产物，其中24种与对照存在差异，特别是在异黄酮合成途径中的上游产物含量显著升高，而黄烷醇合成途径中的槲皮素和烟酰胺含量却显著降低。该研

究还基于1557份大豆种质的单倍型分析，鉴定出两个异黄酮含量较高的优异单倍型。该研究为大豆异黄酮的分子育种提供了新思路 and 优

信息速递
xinxisudi

“十三五”国家重大科技基础设施项目 国家大型地震工程模拟研究设施完成交付

本报讯(记者 李宇馨)位于天津大学北洋园校区，总建筑面积7.6万平方米的国家大型地震工程模拟研究设施项目日前完成交付，进入实验装置安装阶段。

作为“十三五”国家重大科技基础设施项目，设施分为实验中心和仿真中心。实验中心有大型振动台和水下振动台，大型振动台有着世界最大的三向六自由度振动台，水下振动台兼具陆地、海洋两种工况的环境模拟能力。设施建成后对于保障土木、水利、海洋、交通等重大工程的安全具有重要意义。

据了解，大型振动台是地震模拟设施的核心部分，其核心区混凝土厚度达17.5米，因振动台的特殊性，对建设中的混凝土质量提出极为苛刻的要求。面对超厚混凝土的裂缝难题，中建八局项目团队自主研发大体积混凝土收缩变形试验检测技术，先后进行实验室配合设计、数值模拟分析、试验柱数据监控等工作。在混凝土浇筑阶段，创新采用叠合楼板式分层浇筑法，以此减少单次浇筑厚度和浇筑量，降低超厚设备基础开裂风险。施工时系统控制混凝土各阶段温度参数，强化保温养护措施，通过外掺金钢砂实现了高耐久性，最终成功解决了超厚大体积混凝土裂缝控制难题。

据介绍，作为抗震试验研究装置，大型振动台共连接着42组、总重600吨的重型构件，有510根高精度拉杆，设计要求每根拉杆的平面与标高误差需控制在2毫米内。

我国首座深水科考码头正式启用

本报讯(记者 高志民)记者从自然资源部了解到，“海洋地质二号”多功能新型科考船18日抵靠中国地质调查局广州海洋地质调查局科考码头——广州南沙区龙穴岛科考码头，正式列入中国地质调查局广州海洋地质调查局，同时也标志着我国首座深水科考码头正式启用。

“海洋地质二号”由中交四航局江门航通船业有限公司实施改造工程，中船708所负责改造设计，中国船舶社实业公司承担监理工作，2022年5月完成综合航行试验。“海洋地质二号”总长85米，型宽22米，型深8米，排水量7224吨，航速12.5节，可载员150人，自持力35天，续航力12000海里，DP-2动力定位系统，配备了150吨主动深井补偿海吊、A型架、万米光纤缆车和地质绞车、海上水文环境测量等调查设备。

“海洋地质二号”原为水下支持维护船，经过改造升级后，已成为一艘具