



“人造太阳”何时“亮”起来？

□ 李建刚



李建刚，中国工程院院士，中国“人造太阳”项目学术带头人之一，参与并负责我国大科学装置——核聚变实验装置的技术发展。他倡议和推进我国参加国际热核聚变实验堆计划，并带领团队深入开展相关科学技术研发，将我国“东方超环”发展成为国际高性能长脉冲等离子体研究领域最重要的实验平台。李建刚曾两次获得国家科学技术进步一等奖。

2021年5月28日凌晨，在安徽合肥诞生了一项新的世界纪录：全球首个全超导托卡马克“东方超环EAST”，实现了可重复的1.2亿摄氏度101秒等离子体运行和1.6亿摄氏度20秒等离子体运行，标志着我国在运用核聚变原理探索让人类拥有永续理想清洁能源道路上，又向前推进了一步。

能源是发展的动力，是人类共同面临的挑战。当今世界可利用能源稀缺，工业社会对化石能源的争夺无比激烈。许多国家的科学家行动起来，希望创造可靠、安全、廉价的永续能源，“人造太阳”因此成为科学攻坚的大课题，以期用核聚变原理，凭借地球无限无尽的原料进行发电，创造出终极能源。

从爱因斯坦到“人造太阳”

科学家把基础研究分为探索自然规律的基础研究和有应用目标导向的基础研究两大类，后者是由应用任务牵引，主要关注的是国家重大战略需求和社会经济发展面临的重大挑战。能源被认为是新一轮科技革命的重要方面，而我国要在2060年前实现碳中和的目标，更增加了创造和使用清洁能源的紧迫性。“人造太阳”大科学装置的设立，就是从国家急需需要和长远需求出发，试图解决能源紧缺的重大问题。

人造太阳用专业术语叫磁约束核聚变。爱因斯坦的一个公式是能量等于MC²，就是把任何一个很小的质量，乘上光速的平方以后，可以得到巨大的能量，这就是核能运用的原理。现在世界上一共有400多个核电站，都是用这种原理，把一个大的原子核，裂开以后形成能源。裂变就是原子弹的原理，聚变就是氢弹的原理，氢弹的威力要比原子弹更加巨大。用氢的同位素，一个氘，一个氚，把它们两个加到上亿摄氏度以后，就会发生聚合，产生中子和氦。人造太阳就是运用氢弹的原理。

产生聚变非常困难，一定要把它点到3.5亿摄氏度，才能满足聚变发生的条件。采用的办法之一是磁悬浮，可以把气体加热到上亿摄氏度，用磁场把它悬浮起来，这个时候不接触到任何材料，就能够实现核聚变。这个方法叫托卡马克。

“人造太阳”安全可靠，因为聚变

从先天性来讲，具备固有安全性。它永远是安全的，也不会爆炸，因为它本身的功率密度非常之低，随时可以停下来，不会对环境、对公众形成危害，我们的实验室就在合肥市中心。

我国“人造太阳”的逆袭

当今世界，可控核聚变研究如火如荼之时，中国“人造太阳”的建设没有掉队。1965年，在四川乐山郊区，建起了当时中国最大的核聚变研究基地——西南物理研究所，一批批科学工作者筚路蓝缕、开荒拓土，让中国磁约束聚变从无到有、从弱到强。

做能源大约分三个阶段：第一个叫科学可行性，就是科学上这个原理是对的；第二个在工程上是可行的；第三个就是经济上是便宜的。苏联科学家阿齐莫维奇发明了托卡马克，全世界都开始遵循这一研究模式。在过去的50年中间，全世界大约建了一百个托卡马克，每一个托卡马克都作出了巨大的贡献。托卡马克是苏联人发明的，要想学，最好的一个办法是跟苏联人去学。在上世纪80年代末，苏联的维利霍夫院士有一个托卡马克T7，愿意赠送给其他国家，然后他们

自己做更好的。当时霍裕平院士听说这件事，觉得非常之好，因为这是能够快速掌握这个技术的一个最好办法。所以我们就要了，当然也不是白要，是用其他东西去换。站在别人的肩膀上面，我们做出了很多的改进。当年的苏联人能够做到大约两秒钟、三秒钟1000万度，我们后来可以做到六十秒钟1000万度，这个成果也获得了当年的中国十大科技进展之一。

在上世纪90年代末，我们向国家提出来，要做这个“东方超环”。“东方超环”就是在世界上第一次把零下269摄氏度和上亿摄氏度的东西放在一起，看看能持续多长时间。当时提出的目标就是一定是一个大装置，这个装置可以承受1亿摄氏度，不再是三五秒钟，一定持续时间足够长，长到1000秒。在之前全世界都没做过，这还是比较难的。这个实验的材料，要求得比航天飞机还要更苛刻。我们的工业界在上世纪90年代也没有大规模地生产超导，全世界也没做过，所以也没地方去学。但是我们义无反顾地就是要做“人造太阳”，这就必须先做全超导，只有做了全超导，才有可能从科学可行性迈向工程可行性。我们从2000年9月份正式开工，到2006年9月26日第一次放电成功。大约两年前我们就做到了几个世界纪

录：其中一个是在100秒的时间之内，我们可以做到5000万摄氏度到6000万摄氏度。5000万摄氏度、6000万摄氏度就是太阳心部温度的两倍，太阳心部温度是2500万摄氏度左右。这个参数估计国外的任何一个国家在几年之内很难重复，但是这也不是我们最终的目标，我们最终的目标就是要发电。现在还做不到，我们今年就想能够尝试更高一点。相信在未来，很快就能看到1亿摄氏度1000秒在这个装置上实现。

“人造太阳”是世界极度关注的大科学问题。早在1985年，美国和苏联就提出了“人造太阳”——国际热核聚变实验堆计划，简称ITER计划。当时，我国被挤在计划门外，直到2006年才得以正式签约加入。ITER计划是探索利用磁约束方式来实现核聚变能源的计划，是当今世界规模最大、影响最深远的国际大科学工程之一。计划从2007年开始，历时35年，总投资约180亿欧元，计划2050年前后完成聚变原型电站的建设和运行，开始商业化应用。我国正式签约加入ITER计划后，作为平等成员方之一承担了ITER计划建设阶段9.09%和运行、退役阶段10%的经费，享有ITER计划100%的技术成果使用权。我们在这里边是做得相当不错的，最核心的东西

我们基本上都能拿到，大约就是要用9%的贡献拿到100%的知识产权。在近10年，ITER计划也是向国际招标的，最复杂的一个线圈400多吨，这个欧洲人做不出来，当年跟我们竞争的是俄罗斯人和日本人，最后经过3个月的竞争，我们中国胜出。ITER总干事说，我们是“the most valuable partner”。就是说，中国在这七方中间是最可靠的合作伙伴。我们的现金贡献从来都是按时给的，另外，我们都是100%按照日程完成任务。其他国家不行的时候，我们站出来帮他们做，不光是欧盟，就是日本人、俄罗斯人他们做不出来东西，到中国来，我们也帮忙很快完成。因为我们是认真的，中国政府这一点，其他国家都是佩服的。我们的目的就是希望最终在自己的国土上建成能发电的聚变电站。



学习时报与央视中国经济大讲堂合办



更多精彩内容扫码看视频

人造器官：从幻想到现实

□ 霍佳鑫

对于人类而言，肢体的损坏，过去的解决方案可能犹如小说《彼得潘》中的海盗船长在断臂上装一个铁钩，现在则用假肢来替代。对于人体的器官来说，虽然也是用“替代”的理念，但是在实际操作中却需要面临移植排斥和器官来源两个重大挑战，一个是来自身体内部，一个则来自社会伦理约束，两个挑战组合成一个大问题，并且受制于人类对人体器官功能的了解尚不充分，换言之，各种神经线路与器官功能之间的关系知识并没有完全掌握，因而对于器官的更换仍处于探索性的起步阶段。不过为了挽救生命，延长寿命，科学家们还是突破了移植排斥和器官来源两大障碍，开始人造器官，如耳蜗、子宫、心脏等，其范围仍在不断拓展。曾经出现在科幻小说中的场景，已经开始逐渐变为现实。

人造器官，顾名思义，是通过研究和模拟人体器官的结构和功能，用人工材料和电子技术制成部分或全部替代人体自然器官功能的机械装置和电子装置。纵观人造器官的历史，在上世纪40年代随着血液透析仪的发明，人造器官的大门被悄然打开，此后几十年，心、肝、肺等重要但是结构相对简单的器官出现了人造替代品。不过受限于技术、生物学与医学等学科知识储备的不足，这些人造器官的性能并不能和自然器官相媲美，对于病人而言，只能是维持生命一种不得已的替代性选择而已。

随着想法变成现实的脚步加快，医学也就由此进入制造时代，如今科学家们在生物材料技术的加持下，特别是3D打印技术的逐步成熟，新的思路也随之出现，既然没有办法实现全部人造，是否可对其进行生物改造？当前细胞生物学和材料科学的进步已经可以为科研人员提供建造与自然组织相似的人工组织。对于基因的

深入了解，可以对免疫系统进行编辑处理，在这种制造变得司空见惯之前，还有“桥接”技术可以作为中间价态。例如，从动物身上培育或者利用动物器官进行部分替代人体器官，就是搭载的电池能量密度不够大，所以这颗心脏提供能量的电池和背包一样大。目前大约有81人进行了临床移植，一年后存活率达到70%。虽然问题重重，但是这颗人造心脏至少为更多病人带来了希望。在新冠肺炎疫情依然肆虐的当下，人工肺（ECMO）的重要性再次得到证明。人工肺对感染新冠肺炎的患者来说赢得了更多对抗病毒的时间，并有效提高了存活率。这已成为衡量一个国家医疗水平的重要参数。

人造器官的出现不仅可以解决病人等待器官的时间问题，还解决了更为棘手的器官非法交易的法律问题与伦理困境，同时，也有助于促进医学实践的发展。在医学教学上通过将器官数据扫描到计算机生成数据模型后，利用3D打印制成的医学解剖器

官模型和自然器官乃至颜色都可以做到以假乱真，甚至真实到可以流血，对于医学生实践练习颇有助益。

伴随着老龄化社会的加速到来，人造器官已经成为治疗器官衰竭不可或缺的工具，许多人造器官已取得了令人难以置信的进步。但是对于人造器官发展的关键瓶颈不是移植排斥，而是相容性。

中国科学院在2017年已经提出“人类器官重建与制造”的先导项目，筹建了中国科学院干细胞与再生创新研究院，尝试通过“人造器官”解决人类和高等哺乳动物难以治愈的复杂疾病和延长寿命等问题。我国有些高校的生命科学院也开始对人造器官进行相关研究，我国人造器官的研究在理念方面并不逊于发达国家，但是在制造方面与发达国家尚有较大的差距。这主要是由于材料技术以及制造精度所带来的质量不可靠问题。所以我国不仅需要有人造器官的基础研究与应用研究领域继续加大投入，而且在制造方面更需要进行有针对性的关键技术突破。

无论是研究还是制造，明确区分器官的关键功能十分重要，多数器官都是多功能的，它们精准地执行人体所赋予它们的物理、化学和生物功能。目前人造器官的物理功能可以部分或完全替代自然器官，但是在多数情况下，其化学和生物功能的实现与表达还不理想，可见人造器官技术未来还有很大的提升空间，随着老龄化社会对器官需求的旺盛，人造器官的时代正在加速到来，那时病人不仅可以延长生命，还可以更舒适地生活。



科技创新要善于算『大账』

□ 顾洁颖

眼光、国际竞争力的跨国企业。但也要看到，有的企业只看眼前经济利益，不重视在基础研究上的投入，缩手缩脚，一味奉行“拿来主义”；还有的企业只投入易研发、见效快的技术开发，而对那些投入大、见效慢的从不问津。客观上讲，部分成熟的企业或初创企业在科技创新的投入上，的确面临着诸多的矛盾和困难，纠结近期的投入与产出，但也有算眼前账、算小账的思维方式在作祟。由于手里没有自己的核心技术，致使生产规模和经营状况始终在低层次上原地打圈。对此，须臾不可小觑。

当今世界，科学技术日益渗透到经济社会发展和人类进步的各个领域，成为生产力中最活跃的因素，其中科技研发能力已经越来越成为综合国力竞争的决定性因素。对于企业来讲，科技创新特别是核心技术的研发，从当前的经济效益的实际考虑是必要的，但一定要着眼于长远、着眼于全局，不要过多地被眼前的“投入”与“产出”的小账所困住，而是要善于算“大账”。只有切实提高科技创新能力，真正把关键核心技术紧紧掌握在自己的手里，才能为企业提高竞争力提供基础。正是从这个意义上讲，要把科技创新作为一个系统工程，放到增强综合国力的大盘里去思考，置于科技与政治、经济、社会、文化等领域密切互动中加以谋划。

善于观大势、乘大势。企业规模有大小、实力有强弱，在科技创新的路径上是有差异性的，但站位的要求上是一致的，就是要准确把握世界科技发展新趋势，自觉把工作实践与“两个大局”联系起来，因势而谋、应势而动、顺势而为。当前，一方面要看到全球科技创新格局出现重大调整，创新力量的对比已经悄然发生变化，开始从发达国家向发展中国家扩散；另一方面也要看到作为全球研发投入最集中的领域，信息网络、生物科技、清洁能源、新材料与先进制造等正孕育一批具有重大产业变革前景的颠覆性技术。只有善于从整体上把握方向、找准方位，才会在行动上精准发力、乘势而上，牢牢掌握工作主动权，既为一域争光，又为全局



评论