

### 创新故事

◎本报记者 代小佩

随着最后一层纱布揭开，阳光映在张顺(化名)的眼帘。

在经历失明的焦灼和痛苦后，这位20岁的小伙子终于重见光明。令人惊喜的变化，源于不久前他的左眼植入了一枚领扣型人工角膜。

为张顺做手术的是中华医学会眼科学分会角膜病学组组长、山东省眼科医院院长史伟云。他告诉科技日报记者：“我国约有400万名角膜盲患者，其中约20%是像张顺这样的终末期角膜盲患者。他们复明的唯一手段是移植人工角膜。”

实现人工角膜国产化，是广大眼科医务工作者的共同愿望。因为长期以来，全球仅美国和俄罗斯有人工角膜上市。在2015年的一次学术会议上，史伟云与中山大学博士翟嘉浩深入交流后下定决心：研制人工角膜，让我国终末期角膜盲患者重见光明！

#### “笨”办法造出理想材料

“当时，美国波士顿I型人工角膜(以下简称‘波士顿I型’)已广泛使用，但出国治疗费用高达10万美元，让普通家庭望而却步。”史伟云对记者说，“人工角膜国产化迫在眉睫。”

2016年，翟嘉浩牵头成立广东佳悦美视生物科技有限公司，史伟云担任首席科学家，参照波士顿I型开始国产化攻关。该角膜包括镜柱、后板、卡圈三部分，组装后像一枚“领扣”，因此又称领扣型人工角膜。

其中，镜柱是核心部件，它状如透明小蘑菇。“蘑菇盖”和“蘑菇柄”直径只有几毫米。制造镜柱的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)材料须满足多个条件：高折射率、可过滤紫外线、符合ISO 10933-1生物相容性标准。“硬度还要适宜。太硬，切削时易碎；太软，又容易出现划痕。”史伟云介绍。

在国内寻找这种材料如大海捞针。研发团队机械加工师翟舒平带领团队四处寻找PMMA材料做试验。“找到的材料虽满足加工条件，但不符合医用标准，有很多肉眼看不见的杂质，且棒材密度低。”

他们又尝试通过各种途径采购美国生产的PMMA材料，但都因技术封锁吃了闭门羹。

翟嘉浩决定，自主生产PMMA材料。但很快就犯了难：用什么设备生产？

没有经验可循，只能用“笨办法”——对多合PMMA材料生产设备一一进行评估。经过无数次测试，终于筛选出注塑成型设备。

“其实，注塑原理并不复杂。先把粒状原料加入注射机，加热熔化。接着，螺杆推动液态原料进入模具型腔，最后硬化塑形。但注塑过程要求很高——不能析出过多单体杂质，不能带重金属。”设备负责人梁成新说，“要生产出合格产品，关键是设备各项参数的设定。”

“那会儿是最冷的时节，我们在郊区空旷的厂房内冻得瑟瑟发抖，一边做试验一边调参数，经常忙到凌晨两三点，熬通宵是常事。”翟嘉浩回忆道。

试验失败，再试验，再失败……研发团队花了大半年才摸索出合适参数，最终用了两年时间生产出理想的PMMA材料。

#### 他山之石助力技术攻关

镜柱的“蘑菇盖”类似光学镜头，光透过镜柱精准聚焦在黄斑区，患者的眼睛才能看清物体。

切削、翻面、抛光，是加工“蘑菇盖”的常规流程。但这种

## 在追赶中反超

### 国产领扣型人工角膜研发纪实

方式会带来较大偏心误差，导致光难以精准聚焦，影响患者术后视力。

“解决这个问题没有思路，我们就去找行业内专家咨询。结合专家建议和生产中遇到的情况，不断修改图纸，前后70多次。”翟舒平告诉记者。

反复推敲打磨后，研发团队摸索出六轴数控车床整体切削工艺，通过20多把刀同时作业，实现一次切削成型，省去了翻面和抛光两道工序。

最终，镜柱光学偏心值被控制在0.01毫米以内，远优于波士顿I型0.03毫米的平均值。

控制“蘑菇盖”边缘厚度是另一个难题。“边缘太厚，植入眼睛会导致眼险上下滑动不顺畅，不利于角膜上皮细胞爬升，移植后可能出现前房漏水甚至造成异物聚集。”史伟云介绍，“波士顿I型镜柱边缘最薄处为0.04毫米，我们决定把这个数字控制在0.03毫米内。这对减少术后眼内炎发生率至关重要。”

把边缘做薄面临两大问题：一是加工材料材质较硬易破碎，二是加工温度过高易发生熔蚀。

研发团队再次陷入茫然，他们四处寻找方案。在苏州一家人工晶体生产企业考察时，翟舒平看到车床上安装的冷却系统，顿觉眼前一亮：办法有了！

受此启发，研发团队给数控车床加装了在线实时冷却系统。该系统在切削PMMA材料的关键时间点，可通过智能控制实时对特定位置进行瞬间冷却。“这样一来，在加快车床进刀与切削速度时，不用再担心切削过程中产生高温导致材料熔蚀。”翟舒平说。

与此同时，技术人员将车床车刀进给量调整为纳米级别，并换上了更精细、更锋利的钻石车刀。

改进设备和工艺后，研发团队一举攻克难关——镜柱边缘最薄达到0.02毫米！

#### 另辟蹊径破除工艺瓶颈

后板像一枚纽扣，直径约为8.5毫米，上有16个直径为1.17毫米的小孔。

“后板主要用来固定载体角膜，需要具备一定曲率才能与载体角膜贴合。”史伟云介绍。

制造后板的材料是金属钛。传统加工方式是先在车床上加工出一块平面的钛圆片，再通过冲床加工把钛圆片冲压成有一定曲率的曲面。

但冲压会产生金属内应力。“好比一拳打在沙袋上，撞出了一个坑，手拿开后，它会弹回去。内应力类似于这种回弹效应。”史伟云说，“后板的内应力会对载体角膜造成压迫，导致载体角膜溶解坏死，还会增大房水渗漏及眼内感染风险。”

如何有效解决内应力难题？经过反复测试、分析，研发团队摸索出走心加工一体成曲率的方式。“我们通过精密设备直接加工出呈曲面的后板，而不是靠冲压，这就使后板不再产生内应力，能与载体角膜完美贴合。”翟舒平解释。

对研发团队而言，创新永远在路上。更多关键技术不断被“解锁”：后板颜色采用与中国虹膜相近的棕色，卡圈经喷砂及氧化处理消除了反光……

“最初只是想赶上美国，让患者用得上、用得起中国人自己的人工角膜。”翟嘉浩感慨道，“没想到翻过一座座技术大山后，多项技术指标实现了反超！”

经过5年多努力，材料、厚度、内应力等难题相继被攻克。2021年，国产领扣型人工角膜终于研制成功。几年来，这款产品已进入20多家医院，帮助近百位患者重见光明。

回首研发历程，翟嘉浩表示：“核心技术是定海神针、不二法器。只要坚定创新自信，把核心技术掌握在自己手中，我们也可以从跟跑者变成并行者、领跑者，在新起点上实现更大跨越！”

## 天舟七号货运飞船发射任务圆满完成

科技日报海南文昌1月17日电

(记者何亮 付毅飞)1月17日22时27分，搭载天舟七号货运飞船的长征七号遥八运载火箭在我国文昌航天发射场点火发射，约10分钟后，天舟七号货运飞船与火箭成功分离并进入预定轨道，之后飞船太阳能帆板顺利展开，发射取得圆满成功。2024年载人航天工程发射任务的序幕由此拉开。

本次任务中，天舟七号货运飞船携带的航天员系统、空间站系统、应用任务领域、货运飞船系统和工程总体货物多达260余件，运输物资总重约5.6吨，具有装载货物种类多、大型货物多的特点。其中，试验载荷定制货包等大型货物，每件货物重量在

100千克以上，将用于空间站在轨运营、空间在轨科学试验以及航天员生活保障。

据航天科技集团五院研制人员李智勇介绍，天舟七号货运飞船还为航天员乘组运送了2400千克的生活物资，包括龙年春节“年货”、新鲜果蔬大礼包等。包装设计进行了优化，使得物资储存时间更长、更保鲜。此外，天舟七号还搭载了多个科学载荷，对后续空间探测具有重要意义。

空间应用系统在天舟七号任务中为在轨实验提供实验载荷、实验单元及样品、实验耗材、备品备件等上行物资，支持持续滚动开展空间实验。本次任务上行16个标准货包，1套细胞上行生保支持装置、1套4摄氏度上行微流控

芯片，上行产品共计61件，总重约473千克。

据空间应用系统天舟七号任务总体主任设计师刘伟介绍，本次任务应用物资上行后，将被转运至空间站实验设施内，用于开展空间生命科学、空间材料科学、微重力流体物理学、燃烧科学等共计33项科学实验。承研单位涉及10个研究所、8所大学。其中2项细胞类生物实验项目需在发射场临射安装，其他均为货包形式装载上行。

据了解，本次任务是我国载人航天工程进入空间站应用与发展阶段后的第4次发射任务，是工程立项实施以来的第31次发射任务，也是长征系列运载火箭的第507次飞行。

## 习近平致电祝贺齐塞克迪当选连任刚果(金)总统

新华社北京1月17日电 1月17日，国家主席习近平向费利克斯·齐塞克迪致贺电，祝贺他当选连任刚果民主共和国总统。

习近平指出，刚果(金)是中国的传统友好国家和全面战略合作伙伴。近年来，两国关系快速发展，务实合作成果丰硕，传统友好不断深化。我愿

同齐塞克迪总统一道，深化彼此政治互信，丰富两国全面战略合作伙伴关系内涵，推动中刚合作实现新的更大发展。

## 国家主席习近平任免驻外大使

新华社北京1月17日电 中华人民共和国国家主席习近平根据全国人民代表大会常务委员会的决定任免下列驻外大使：

- 免去周剑的中华人民共和国驻卡塔尔国特命全权大使职务；任命曹小林为中华人民共和国驻卡塔尔国特命全权大使。
- 免去郭玮(女)的中华人民共和国驻塞舌尔共和国特命全权大使职务；任命林楠(女)为中华人民共和国

驻塞舌尔共和国特命全权大使。

三、免去齐致(女)的中华人民共和国驻赤道几内亚共和国特命全权大使职务；

任命王文刚为中华人民共和国驻赤道几内亚共和国特命全权大使。

四、免去周鼎的中华人民共和国驻阿尔巴尼亚共和国特命全权大使职务；

任命庞春雪(女)为中华人民共和国驻阿尔巴尼亚共和国特命全权大使。

五、免去李明的中华人民共和国驻

所罗门群岛特命全权大使职务；

任命蔡蔚鸣为中华人民共和国驻所罗门群岛特命全权大使。

六、免去巢小良的中华人民共和国驻萨摩亚独立国特命全权大使职务；

任命费明星为中华人民共和国驻萨摩亚独立国特命全权大使。

七、免去黄亚中的中华人民共和国驻多民族玻利维亚国特命全权大使职务；

任命王亮为中华人民共和国驻多民族玻利维亚国特命全权大使。

## 张克辉同志遗体在京火化

习近平赵乐际王沪宁蔡奇丁薛祥李希韩正等到八宝山革命公墓送别

张克辉同志病重期间和逝世后，习近平李强赵乐际王沪宁蔡奇丁薛祥李希韩正胡锦涛等同志，前往医院看望或通过多种形式对张克辉同志逝世表示沉痛哀悼并向其亲属表示深切慰问



1月17日，张克辉同志遗体在北京八宝山革命公墓火化。习近平、赵乐际、王沪宁、蔡奇、丁薛祥、李希、韩正等前往八宝山送别。这是习近平与张克辉亲属握手，表示深切慰问。

新华社记者 谢环驰摄

新华社北京1月17日电 著名的社会活动家，台湾民主自治同盟的杰出领导人，中国人民政治协商会议第九届、十届全国委员会副主席，台湾民主自治同盟第六届、七届中央委员会主席和第七届中央委员会名誉主席，中华全国台湾同胞联谊会第四届、五届会长，中国共产党的优秀党员张克辉同志的遗体，17日在北京八宝山革命公墓火化。

哀乐声中缓步来到张克辉同志的遗体前肃立默哀，向张克辉同志的遗体三鞠躬，并与张克辉同志亲属一一握手，表示慰问。

党和国家有关领导同志前往送别或以各种方式表示哀悼。中央和国家机关有关部门负责同志，张克辉同志生前友好和家乡代表也前往送别。

## 3小时交会对接模式成功解锁

◎陈长青 薛英民 本报记者 何亮 付毅飞

1月18日1时46分，天舟七号货运飞船在与长征七号火箭分离约3小时后，成功对接于空间站天和核心舱后向端口，取得了我国2024年载人航天工程交会对接任务的开门红。

3小时交会对接是我国在轨验证的新的交会对接模式，是飞船制导导航与控制(GNC)系统(以下简称“GNC系统”)能力的进一步释放。在该系统的驾驭下，此次交会对接任务过程顺利结果圆满。

#### GNC系统是飞船遨游太空的保障

由中国航天科技集团五院502所研制的GNC系统，是飞船的核心分系统，也是驾驶飞船遨游太空的“舵手”。

该系统负责从飞船与火箭分离，到飞船与空间站交会对接，再到飞船从空间站撤离和受控再入大气层的全过程。此外，飞船独自飞行过程中的姿态与轨道控制、帆板控制等动作也都由它负责。

GNC系统研制人员告诉科技日报记者，如果飞船和空间站的自动交会对接

出现异常情况，在该系统的保障下，空间站上的航天员还可对货运飞船进行遥操作，来实现飞船和空间站的手控交会对接。

#### 3小时方案有望成为新的交会对接基本模式

记者了解到，我国在交会对接方面先后在轨验证和实施了4种方案，即2天方案、6.5小时方案、2小时方案和3小时方案。

“虽然2天方案难以应对紧急情况或者满足更短时间的某些任务需求，但在起步阶段，我们需要这种更为谨慎可靠的方案。”GNC系统研制人员介绍，而2小时方案虽然是目前最快的交会对接，但该方案对各方面保障条件要求较高。

“此次天舟七号货运飞船采取的3小时交会对接方案，是技术人员面向下一阶段交会对接任务探索出的最优选择。”GNC系统研制人员说，3小时方案集成了2小时方案中“快”的因子和6.5小时方案中的“可靠”因子，成功将“快速”提升为“速速”，也因此成为更具竞争力的优选方案。

“如果一切顺利，经过专家团队的评估，3小时交会对接方案将有望替代6.5小时方案，成为新的基本模式。”

GNC系统研制人员说。

#### 远距离导引段时间双双缩减

与6.5小时方案相比，3小时方案是如何实现时间缩减一半以上的呢？

GNC系统研制人员告诉记者，技术的逐步成熟使技术人员可以在更短时间内完成飞船和空间站相对位置的调整。比如，通过调整飞船的飞行轨迹，天舟七号货运飞船与空间站的远距离导引段缩短了一个圈次，时长相应缩减了1.5小时。

在近距离导引段，飞行流程也得到减少或压缩，特别是减少了“走走停停”，时间被缩短了约2个小时。同时，也正因为飞船飞行轨迹的调整，使3小时方案较2小时方案抵御或克服不利条件的能力更强。

“另外，从工程实际来说，3小时方案也有其特别的意义。”GNC系统研制人员解释说，相较于6.5小时，3小时方案飞行时间短，可以减少航天员的飞行压力，减少对电池燃料等的需要，提升了任务整体应对故障的能力；相较于2小时，3小时方案飞行时间稍长，节奏稍缓，减轻了飞控团队的压力等。

(科技日报海南文昌1月18日电)