

## 为航天器安上明亮的“眼睛” ——中国建材总院研制耐辐照石英玻璃纪实

2022年11月底，伴随着神舟十五号升空，耐辐照石英玻璃又一次踏上了太空之旅。

乍眼一看，耐辐照石英玻璃和普通光学玻璃并没有什么分别。但在宇宙射线照射下，普通光学玻璃会变黑，而耐辐照石英玻璃依旧透明纯净，能为航天器透过重要的光信号。

“航天器靠光信号的变化来调整运行姿态，耐辐照石英玻璃就像航天器的眼睛，确保航天器在茫茫宇宙中不会迷失方向。”中国建筑材料科学研究总院有限公司(以下简称中国建材总院)北京分公司副总经理、总工程师向在奎日前告诉记者。

面向国家深空探测需求，老中青三代科技工作者攻坚克难三十载，研制耐辐照石英玻璃，使其“从无到有”“从有到强”，助力中国航天器遨游宇宙、迈向深空。

### 解决“不可能解决”的矛盾

1987年，航天领域相关单位找到中国建材总院，提出需要一款经宇宙射线辐照不变黑并能过滤紫外线的特殊石英玻璃。时任中国建材总院国家石英玻璃质量监督中心主任的顾真安，接下了这块难啃的“硬骨头”。

“当时，耐辐照石英玻璃需要解决的是一个‘不可能解决’的矛盾。”讲起这段往事，向在奎解释说，“石英玻璃需要掺杂特定元素以加强玻璃的性能，达到过滤紫外线的目的；而耐辐照又需要玻璃具有极高的纯度，尽量不要有杂质。”

曾任顾真安副手的陈文彩如今已85岁高龄了。她回忆，当时，大家也不相信能解决这个矛盾。“但顾真安觉得，外国人能做出来，我们

就一定做得出来。”

接到任务后，顾真安和陈文彩一头钻进实验室研究所需元素性能，下“笨功夫”不断实验。

“玻璃配方是第一步，也是技术难点。顾真安照着元素周期表，将所有相关元素在石英玻璃中的应用与变化都分析研究了一遍，最终找出了能滤紫外线、调节玻璃纯度的关键元素及配比。”陈文彩说。

当时，顾真安的实验室光线不好，桌椅板凳都很破旧，休息的床也是由门板拼成的。他整天待在实验室里，反复研究元素的跃迁光谱、能级与吸收。记录实验数据、画着实验图表的笔记本，叠成了厚厚的一摞。

功夫不负有心人。1993年，顾真安团队终于研制出耐辐照石英玻璃。1996年，耐辐照石英玻璃获得国家科技进步二等奖。1997年，顾真安当选中国工程院院士，也是中国石英玻璃领域首位院士。

### 让玻璃“站着”变大变长

1998年，航天相关单位再次找到中国建材总院，提出了新的材料需求——遥感卫星的窗口材料需要300毫米口径的高纯耐辐照石英玻璃。

此前的产品难以满足这一需求，研制新的耐辐照石英玻璃势在必行。

这又是一个前所未有的挑战。高纯耐辐照石英玻璃的基础是高纯石英玻璃，当时，我国普遍采用“卧式”合成沉积工艺制备高纯石英玻璃，口径只能做到200毫米左右，且无法满足高光性能要求。

科研人员大胆设想：改变工艺方式，把“卧式”变为“立式”，让玻璃“站着”变大变长！

在行业对立式工艺持怀疑态度的情况下，顾真安与时任中国建材总院石英所(现为石英院)所长王玉芬，在上海棱光实业股份有限公司(以下简称上海棱光公司)争取到了一块“盲地”，带领向在奎等一批技术人员搭建起我国第一座立式沉积炉。

向在奎回忆：“在上海棱光公司，我们只有一间实验室，没有原料自动供应系统。四氯化硅这种刺鼻味道很强烈的原料，都是我们一桶一桶提到实验室的。实验线启动后就‘不能停’，我们实行‘三班倒’，休息就在实验室外的楼道。”

新的工艺路径，意味着多个步骤需要“从头再来”。自上而下的气流如何保持稳定流动？怎样避免玻璃产生杂质和气泡？面对问题，研发团队不停地换法子试，直到一个技术难点被攻克。

2001年，立式化学气相沉积工艺走到了“考验工艺稳定性”的阶段。这一年国庆节，王玉芬、向在奎等6人驻守在实验室。四氯化硅反应完后的二氧化硅颗粒，像烟雾一样，自上往下喷到高纯靶材上，透亮的高纯石英玻璃一层一层往上长。

“看着玻璃坩一点点往上长，我们都不舍得停掉实验线。一直到实在做不下去了，才关掉它。”向在奎说。

2001年11月，喜讯传来——320毫米口径、重23公斤，第一个立式化学气相沉积工艺制备的高纯石英玻璃坩研制成功！

### 步入自动化智能化快车道

2012年，中国建材总院衢州高性能石英玻璃研发与产业化基地正式投产运营。青年一代科研人员在这里不断耕耘，耐辐照石英玻璃生产步入自动化、智能化的快车道。

此前，耐辐照石英玻璃的生产线离不开人工操作。例如，打坩环节需要人工调控空气、氧气和四氯化硅的剂量。如今，生产线依靠气和料的自动控制系统、智能反馈系统，实现了自动精确的剂量控制。

“通过自动化生产线打造的耐辐照石英玻璃，口径更大，材质更加均匀。”中国建材总院石英院新材料研究所所长邵竹锋说。

不仅如此，耐辐照石英玻璃的性能也得到了大幅跃升。邵竹锋介绍：“新一代耐辐照石英玻璃弥补了材料的微观缺陷，硅氧网络较以前更完整，强化了耐辐照性能。同时，具有强大的激光损伤阈值，拓展了深空应用场景。”

近年来，耐辐照石英玻璃一次次飞向太空，为我国遥感卫星、载人航天、探月探火等重大工程立下汗马功劳。它就像透明纯净的眼睛，见证着我国从航天大国迈向航天强国的铿锵步伐。

党的二十大报告指出，构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎。

展望未来，向在奎满怀信心地说：“在新一代青年科技人才的努力下，耐辐照石英玻璃将拓展特殊性能，利用绿色制造、节能环保的手段提质增效，为我国深空探测事业贡献新的力量！”

## 紧跟未来战场趋势 提升无人机作战效能

近年来，无人机因航路规划灵活、行动企图隐蔽、作战样式高效等优势备受各国青睐，成为未来可能改变战争规则的新型作战力量。2022年珠海航展中，以无侦-8、攻击-11和“翼龙”“云影”系列品牌为代表的国产空中无人打击体系集体亮相，标志着我国无人机技术已走在世界前沿。

从各国军事实践上看，虽然无人机已初步融入各军种作战体系，但在设计理念、战场运用等方面仍存在短板。在未来，必须加强无人机领域的前瞻性研究、战略性布局 and 实战性检验。

### 着眼战训一致，加快无人理论技术突破

无人机代表了未来的空中军事行动新样式，必须紧盯作战对手，瞄准未来战场，在无人作战理论与技术创新的有机统一中，适应军事发展趋势和任务发展需求。科研人员既要加快科技攻关，发展战略性、前沿性、颠覆性技术，重点提升无人作战隐身、长程续航、通信中继等战场拓展功能；也要增强无人机在未来战争中的功能作用，做到一机多用，以节约作战平台资源。同时，在智能化的未来战场，无人体系作战的自主化趋势不可逆转，因此既要对人机协同配合、人工智能算法、编制体制调整等方面进行大胆预测、科学论证，又要防范安全风险，在不影响战斗力发挥的基础上，确保自主程序安全可靠。

### 坚持创新驱动，展开无人作战前沿研究

无人机实战能力的提升既取决于“建”，更取决于“用”。各级要针对现代战争多型多能，编组作战的特点，组织无人攻防演练，将侦察、打击、电子对抗等多型无人机编组编组，让它们搭载不同任务载荷，统一行动，形成全频谱探测、多源情报融合、多维定向打击能力；针对现代战争蜂群作战特点，在特定区域密集投放无人机蜂群，运用自杀式、鱼雷式、饱和式等战术样式，对敌指挥通信中枢、防御阵地等高价值目标开展集群作战；针对现代战争联合作战特点，推进无人作战融入联合作战指挥链、保障链，拓展无人机在战场上可担负的任务，不断提升作战效率。

### 瞄准融合发展，打通作战能力生成瓶颈

无人机涉及控制算法、通信网络、人工智能、网电攻防等尖端科技领域，只有通过体系融合建设，才能实现效益倍增。

各级要发挥军地融合优势，在训练中引入VR仿真、5G网络、激光定位等辅助技术，在考核中模拟城市街区、丛林河道等复杂地形，加大无人机专业人才培养力度；要着眼于信息融合短板，组织创客团队展开训练革新，深挖现有装备作战潜力，针对部队特定任务场景，发挥无人机在灾情勘察、宣传喊话、定点狙杀等方面的作用，真正实现无人机与其他作战平台的互通互融；着眼于情报传递效率，推动无人机与指挥信息系统融合发展，实现指挥控制信息和情报信息不间断交互传输，不断提升无人机飞行控制、识别判读和辅助决策能力，真正将情报处理能力转变成战斗力。

### 聚焦强敌对手，探索无人机应对反制措施

未来战场上，无人机作战将深刻影响各军兵种作战行动，反无人机作战的重要作用愈发凸显。各级要树立“防、打、抗、扰”于一体的攻防理念，构筑多域防空作战体系，着眼应对潜在作战风险，掌握强敌对手无人机建设运用情况；着眼于软杀伤，借助电磁干扰、网络攻防力量，展开远程侦察探测、电子干扰和导航诱骗，迫使目标无人机无法正常飞行甚至坠毁；着眼于硬摧毁，在提高对“低慢小”目标识别能力的基础上，采取多种方式进行毁伤，有效回击敌方作战力量。

## 我科学家发现 1.2亿年前长着 恐龙头骨的鸟类新属种

记者3日从中国科学院古脊椎动物与古人类研究所获悉，该所研究人员在1.2亿年前的早白垩统生物群，发现了鸟类新属种——朱氏克拉通鸮。这一发现增加了基于鸟类物种和形态的多样性。相关研究成果在线发表于《自然·生态与进化》杂志。

“我们将新发现的鸟类命名为朱氏克拉通鸮。鸮，意指凶猛的鸟，取自屈原的《离骚》——鸮鸟之不群兮，自前世而固然；属名克拉通，取自国家自然科学基金基础科学中心项目‘克拉通破坏与陆地生物演化’。科学基金给了朱日祥院士，他的团队在华北克拉通破坏的机理问题方面开展了大量重要研究。”论文共同第一作者兼通讯作者、中科院古脊椎所研究员王敏说。

中生代，恐龙的一支演化成鸟类，飞向了蓝天。由反鸟类与今鸟型构成的鸟胸类是这一演化阶段的主要类群，它已经演化出大量与现存鸟类相似的形态特征。然而，其与最原始的鸟类——始祖鸟在形态上却存在着巨大差异。

“基于鸟类的演化位置处于始祖鸟和鸟胸类之间，它可以为填补两者之间的演化鸿沟提供重要信息。但由于发现的化石数量较少，目前对基于鸟类早期演化的认识还很有限。”王敏介绍。

研究结果显示，克拉通鸮与兽脚类恐龙在头骨形态上相差无几。它保留了原始主龙类双颞孔的结构，即上、下颞孔独立于眼眶且相互分离，翼骨具有膨大的方骨支，犁骨粗大。

这些原始的特征都说明克拉通鸮并未演化出现生多数鸟类具有的头骨可动性，即上颌独立于颅脑和下颌发生运动。与之相对，克拉通鸮的头后骨骼已经具有大量鸟类的进步特征，例如骨化的胸骨、加长的前肢、缩短的尾骨、对握的脚爪等，说明了头骨和身体的模块化演化，头骨特别是颞区和眼眶在演化上比较保守。

与此同时，克拉通鸮最为特殊的是具有异常长的肩胛骨和第一趾骨。研究人员发现，肩胛骨在兽脚类恐龙中比在鸟类中更易发生长度的改变，其在克拉通鸮中的独立加长有可能是适应飞行的一种尝试；而第一趾骨的异常增长有可能与克拉通鸮类似猛禽一样的生态习性有关。

王敏表示，这项研究表明克拉通鸮的头骨不同部位之间、头骨与身体之间在演化上是不同步的，也就是镶嵌演化。而克拉通鸮的肩胛骨和第一趾骨的特殊形态，也体现了在个体发育、自然选择和生态功能机会的动态作用下，一些看似演化相对保守的骨骼“摆脱了限制”而发生演化变化的现象。



## “teamLab 无相艺术空间” 在北京开幕

近日，国内最大的沉浸式数字艺术空间——“teamLab 无相艺术空间”在北京开幕。

上图：观众在参观艺术作品《无相的太阳与黑暗的球体》  
右图：观众在参观艺术作品《漂浮于落花世界》

本版来源：科技日报



## 一片丹心在轮轨 ——忆沈志云院士的高速铁路情缘

在一本写于30年前、全篇近百页的科研笔记里，详细梳理了各国高速铁路的技术特点、发展情况、各项配套设施和系统，以及各种国际性会议的讨论内容等。这本笔记的作者就是我国高速铁路领域的先驱科学家之一，中国科学院、中国工程院院士沈志云。

沈志云的一生与铁路密不可分，无论是求学还是工作，是教学还是科研，始终没有离开过轮轨，可谓“一片丹心在轮轨”。

1981年，时任西南交通大学副教授的沈志云在英国参加第七届国际车辆系统动力学学术大会(IAVSD)期间，到英国德比铁路研究所观看了时速160公里的城际快铁自动驾驶列车的试运行，并试乘了磁浮试验车。心情澎湃之

余，他感觉找到了中国铁路的发展方向——“中国一定要有高速铁路”。

这次海外之行让沈志云大受启发，回国后他立即对中国高速铁路究竟该如何发展进行了深入思考，并提出四条极具超前战略眼光的发展建议：加强应用研究、开展试验研究、凝聚研究力量、积极开展国际交流合作。

次年，为了心中的“高铁梦”，已是天命之年的沈志云乘着改革开放的春风再次走出国门，来到美国麻省理工学院进修。其间，他如饥似渴地汲取前沿知识，以常人难以想象的毅力刻苦钻研，成功解决了国际学术界高度关注的轮轨蠕滑力计算的简化问题，完成了日后被誉为“沈氏理论”的“非线性轮轨蠕滑力模型”，而这

是这一模型的应用让我国高铁拥有了国际领先的“稳”——运动稳定性和运行平稳性。

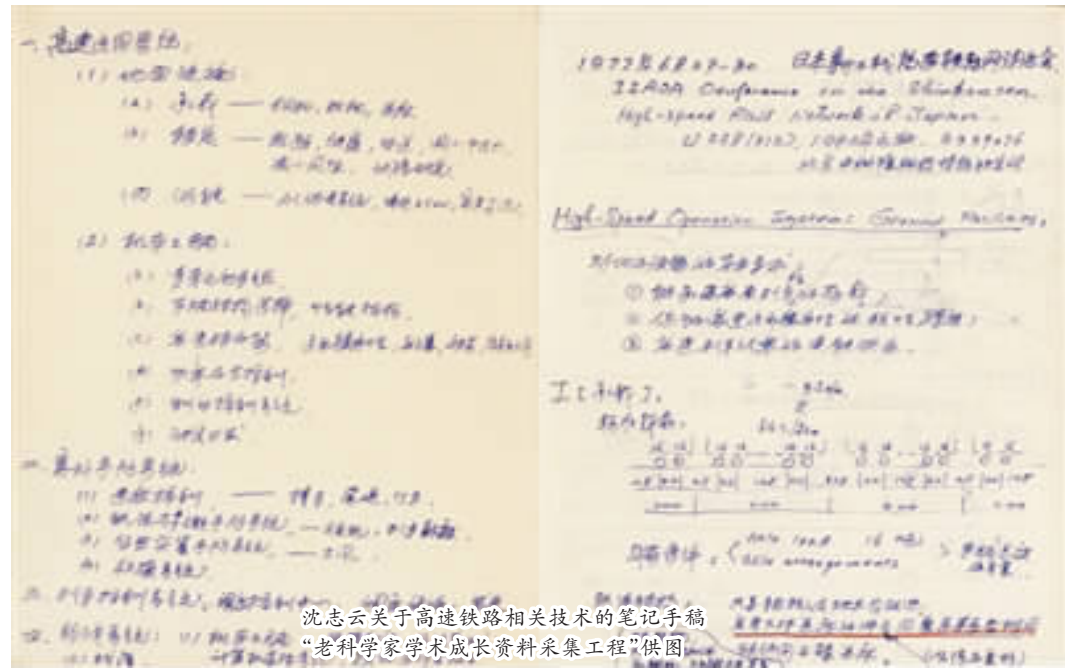
1988年，国家计划委员会(现国家发展和改革委员会)启动第二批国家重点实验室建设申报。在这次申报中，沈志云结合此前多年海外考察的经验和认识，提出了一个符合国情且极具操作性的意见——“鉴于经费所限，无法支持整车试验台的搭建，但是我们可以借鉴德国经验，搞一个滚动振动试验台，首先从部分领域技术着手突破”。

此后的评估会上，沈志云大放异彩，尤其是当他提到该项目基本思路是“重点建设一个达到或领先世界先进水平的试验台”“不搞力量分散”时，获得不少评委的赞许。就这样，牵引动力国家重点实验室项目成功入围，并于次年10月正式获批，成为铁道部门建设的第一个国家重点实验室。

实验室获批后，面对捉襟见肘的经费问题，沈志云又开始四处奔走，住地下室吃路边摊是家常便饭。最终在他和铁道部有关同志的努力下，实验室在原有经费之外，又争取到大量额外的支持，建设方案也随之从最初设计的一根轴的试验台变成了整车试验台。

“这么大的一个设备，如果搞成功了，非常有用；如果搞失败了，那就是一堆废铁，是很大的浪费。”在实验室搭建初期，沈志云等人也都以置之死地而后生的心态，废寝忘食的投入到实验室的建设中，未敢有丝毫懈怠。其间，沈志云还针对国外同类实验室的缺陷，对设计方案进行了改进，极大地提高了试验的便利程度。

1995年11月，牵引动力国家



沈志云关于高速铁路相关技术的笔记手稿

“老科学家学术成长资料采集工程”供图