

## 中国科大发现p53突变促进肿瘤免疫逃逸关键机制

**本报讯** 近日，中国科大生命科学与医学部免疫调节与免疫治疗重点实验室魏海明教授课题组发现，p53可以直接调控免疫细胞的分化与功能，在肿瘤免疫微环境中发挥重要作用。p53突变导致肿瘤干细胞分泌白介素34(IL-34)，IL-34代谢重编程肿瘤相关巨噬细胞，进而抑制CD8T细胞的抗肿瘤免疫。相关研究成果于9月24日在线发表于Immunology杂志。

该研究首先通过构建p53野生型和p53突变型的小鼠自发肝癌模型，结合转录组测序和单细胞测序技术，发现p53突变的肝癌会显著上调IL-34的表达，敲除IL34可

以明显抑制肝癌的进展并延长小鼠的生存时间。进一步探索发现，p53直接转录抑制IL34，p53突变会导致肿瘤干细胞分泌IL-34，促使肿瘤相关巨噬细胞(TAM)聚集在肿瘤干细胞的周围。另一方面，IL-34还会上调TAM中CD36的表达，增强TAM对于脂质的摄取并转变为脂肪酸氧化代谢模式，从而使得TAM获得促肿瘤的表现，进而抑制CD8T细胞的抗肿瘤免疫反应。最后该研究还尝试将阻断IL-34-CD36轴和PD-1抗体进行联合治疗p53突变的肿瘤，发现单独的PD-1抗体治疗对于p53突变肿瘤效果不明显，

而联合治疗则可以发挥强大的抗肿瘤效应。该研究表明，对TP53基因突变的癌症患者来说，阻断IL-34信号可能是一种有效的个性化免疫疗法。

本研究揭示了p53调控肿瘤免疫微环境的关键机制，并为p53突变的肝癌提供了精准免疫治疗的潜在靶点。

中国科大生命科学与医学部免疫调节与免疫治疗重点实验室魏海明教授为本文通讯作者，附属第一医院、生命科学与医学部博士后粘志刚和博士王宴莹超为本文第一作者。

(生命科学医学部)

## 地球和空间科学前沿研究中心揭牌仪式成功举行

**本报讯** 9月19日上午，地球和空间科学学院举行了地球和空间科学前沿研究中心揭牌仪式。校党委书记舒歌群、校长包信和、副校长王晓平等出席揭牌仪式。部分机关部门负责人、地空学院院长领导、各专业负责人、退休老教师代表、教师代表、学生代表参加仪式。校党委常委、地空学院执行院长汪毓明主持仪式。

包信和首先代表学校向地学前沿中心的揭牌表示热烈祝贺，并代表学校向地学前沿中心全体同仁表示衷心感谢。他指出，地学前沿中心的成立不仅是学校发展的重要里程碑，更是学校在地球科学和空间探索领域迈出的坚实一步。该中心是一个科研平台，更是一个集

成思想、交流经验的创新空间，期待能够汇聚全国乃至全球的优秀科研人才，激发出更多的科研灵感和创新成果。

汪毓明在介绍中回顾了大楼从建设初期到功能改造最终交付使用的过程。他代表全校师生对学校领导、学校各部门为这栋大楼的顺利建设完工给予的关心、支持和帮助表示衷心的感谢。

舒歌群、包信和、王晓平，王院士，汪毓明，以及院党委书记刘斌共同为中心揭牌。

揭牌仪式前，来宾们兴致勃勃地观看了地球与空间物理专业利用自主研发的软硬件一体化实时智能地震监测系统进行的肥东余震实时监测。(地球和空间科学学院)

## 世界首颗量子卫星在这里诞生

在浩瀚星空中，有一颗卫星独一无二，它在世界上首次实现卫星和地面之间的量子通信，初步构建了“天地一体化”量子保密通信体系。它就是由中国自主研发的量子科学实验卫星“墨子号”。

从2003年萌生量子卫星通信的想法，到2017年“墨子号”预定科学实验任务全部完成，中国科学家经过了14年的努力。从跟跑、并跑到领跑的漂亮“冲刺”背后，是他们追求原创、锲而不舍、协同攻关的故事。

中国科学院院士、中国科学技术大学(以下简称中国科大)教授潘建伟介绍，不久的将来，星空中还将出现“量子星座”，形成覆盖全球、全天候服务的量子通信网络。科学家甚至可能将量子实验搬上月球，在地球和月球之间建立起超长的量子纠缠分发，更加深入地探索量子力学基本原理。

### 1 “一个疯狂的设想”

1996年，从中国科大硕士毕业的潘建伟，前往奥地利攻读博士学位。导师蔡林格见到他的第一个问题是：“你的梦想是什么？”潘建伟脱口而出：“我将来想在中国建一个像这里一样的量子通信世界一流的量子光学实验室。”

1997年在蔡林格的实验室，潘建伟与同事首次在国际上实现了量子远程传态，也称量子隐形传态。这一成果被认为是量子信息实验研究的开山之作，直观地向人们展示了量子力学的神奇。

2001年，在完成多个量子信息领域奠基性实验工作之后，31岁的潘建伟决定回国，在中国科大组建量子物理与量子信息实验室，独立开展量子信息研究。

虽然是从零开始，但实验室在组建之初就得到中国科学院、中国科大、国家自然科学基金委员会等机构的大力支持，所以发展非常快。仅2003年一年，潘建伟研究组就作为第一单位在国际高水平期刊《物理评论快报》发表7篇论文。

但潘建伟想做的事不只是发论文，他还要把论文中的蓝图变成现实。彼时，他有了“一个疯狂的设想”——利用卫星实现远距离量子纠缠分发。

通信安全是国家信息安全和人类社会生活的基本需求。千百年来，人们对通信安全的追求从未停止。量子通信作为目前唯一已知的信息论可证的安全传输方式，可以大幅提高信息安全水平，也是量子信息领域最接近实用化的一个方向。

潘建伟介绍，之所以需要发射卫星来建立天地间量子通信网络，是因为地面光子信号的传输主要以光纤为信道，而光纤传输过程中信号损失相当严重。实验表明，光纤传输的量子通信信号在200公里以外就几乎被吸收殆尽。如果想实现远距离量子通信传输，就必须建

立多个需要人为保障安全的可信中继站，这无疑增加了信息被窃取的概率。

而外太空几乎是真空，光信号损耗非常小，利用量子卫星作为中转站，可以将多个城市的城域量子通信网络连接起来，极大地延长量子通信距离。

在本世纪初，该方向已成为国际学术界激烈角逐的焦点。谁能拔得头筹，就意味着谁能占据量子通信的制高点。

“过去，我们在科研领域常常扮演追随者和模仿者的角色，研究方向的选定、科研项目的设立都要看看国际上有没有人做过。量子信息是一个全新学科，我们必须学会和习惯做开拓者。”潘建伟说。

### 2 年轻的“先遣部队”

要实现星地间量子纠缠分发，第一步就是要验证实验发出的光子能否穿透等效厚度为10公里的大气层。

2003年，当时还是博士生的彭承志被潘建伟委以重任。仅一年后，他就与同事在安徽合肥大蜀山完成了中国空间量子通信领域的“开山之作”——全球首次13公里自由空间量子纠缠分发和量子通信实验，证实了量子纠缠在穿透大气层后依然能够保留。

这次实验结果给了潘建伟很大的信心。2006年，他郑重地向中国科学院提出那个“疯狂设想”，并得到了院党组和主管部门的支持。

2007年，中国科学院超常规地启动了两个知识创新工程重大项目“远距离量子通信实验研究”和“空间尺度量子实验关键技术与验证”。此后，在这两大项目的支持下，潘建伟团队对自由空间量子实验关键技术进行了大量研究。

从2007年4月开始，他们在北京八达岭长城附近和河北省张家口市怀来县古城遗址之间搭建起通信平台，用两年时间完成了16公里的自由空间量子隐形传态实验。这是当时世界上距离最远的量子隐形传态实验。

2009年，正在读博士的印娟与同事一起在海拔3200米以上的青海湖搭建帐篷、做实验。这次，他们要模拟量子信号在星地间传输的超高分损耗，实验点就在青海湖中的小岛“海心山”上。

然而，由于设备稳定性差、技术不成熟等因素，这次实验一直没能取得预期效果。第二年，印娟等人满怀信心再上青海湖，从6月盛夏坚持到11月飘雪时节，最终在国际上首次实现百公里级量子隐形传态和量子纠缠分发，充分验证了在高损耗的星地链路中实现量子通信的可能性。

“在小岛上，青海湖管理局的工作人员每个月开船给大家送一次生活补给，比如土豆、鸡蛋这些好保存的食材，以及饮用水，最重要的是备有发电所需的柴油。因

为没有条件洗澡，大家裹军大衣、蓬头垢面是常态。”印娟说，这是一段艰苦又难忘时光。

紧接着，他们模拟了卫星—地面之间的量子通信。他们想了很多办法，如把设备安装在吊车、卡车上，或者还利用热气球升空，甚至还利用飞机进行了角速度模拟实验。经过一系列模拟实验，他们验证了高精度捕获跟踪技术、高灵敏度量分辨探测技术、星载量子光源技术等。

“上述实验都在2011年左右结束，系列实验成果在‘墨子号’立项论证过程中起到至关重要的作用，关键技术最终用在了‘墨子号’上。”潘建伟说。

潘建伟说：“我们对年轻人的态度就是，只要能干、愿意干，就放手让他们去干，让他们在摸爬滚打的实践中得到成长。”

### 3 联合团队协同攻关

2011年1月25日，潘建伟团队迎来一个关键转折点——中国科学院启动战略性先导科技专项“空间科学”、“量子科学实验卫星”等4颗科学卫星入选。

2011年12月，量子科学实验卫星立项综合论证报告通过专家评审。中国科学院在北京召开会议，审议了工程总体方案及六大系统总体方案的可行性，明确了工程研制建设的主要问题、工程的总体计划安排。

量子科学实验卫星的科学目标，一是进行星地高速量子密钥分发实验，在此基础上进行广域量子密钥网络实验；二是在空间尺度进行量子纠缠分发和量子隐形传态实验，开展空间尺度量子力学完备性检验的实验研究。

潘建伟介绍：“第一条是基本目标，完成验证目标。而第二条是拓展目标和探索目标。”

就这样，早期的“疯狂设想”一步步变成了一个具体方案、一沓沓图纸，以及一个个时间节点。

中国科学院上海技术物理研究所研究员、“墨子号”工程常务副总设计师兼卫星系统总指挥王建宇也在这时与潘建伟团队结下了不解之缘。做工程出身的他，最初被潘建伟的想法“吓了一跳”。

“我们的工作是把潘建伟的想法搬到天上，把天空和大地——几千万平方公里变成一个大大实验室。”王建宇说，当时他们列了六七件最难的事。

中国科学院微小卫星创新研究院研究员、量子卫星系统总师朱振平说，这是一项前所未有的、挑战技术极限的尖端空间任务。

量子卫星成功的关键是确保卫星上发出两束非常狭窄的微弱光束，准确地照射到两相距千里外的地面望远镜上。与一般卫星不同，量子卫星平台需要克服转台和转镜姿态运动模式不同的光学载荷

运动干扰、姿控飞轮微振动干扰、高速飞行卫星的位置速度误差、空间环境干扰等因素引起的光束方向抖动，只依靠载荷无法使光束准确、稳定地照射到地面望远镜上。

“我们采用卫星平台—载荷—一体化协同分级控制技术，利用卫星平台姿控系统消除大气、温度等对量子光束范围大、变化慢的干扰，使量子光束保持粗略对准地面望远镜，再利用卫星平台结构削弱变化较快的微振动干扰。最后利用载荷的粗跟踪、精跟踪两级控制，使光束在小范围内精准地照射到地面望远镜，最终攻克了这项技术难题。”朱振平解释说。

在卫星具体研制阶段，科学家与工程师团队在具体细节落实上，没少对坐在会议桌前“拍桌子”。

“后来我们达成了一个共识——采用‘首席科学家+工程总指挥+工程总师’的决策组织模式解决问题。遇到分歧，大家一起拍板。”潘建伟说，“首席科学家+两总”的模式，在类似科研任务中一直延续了下来。

“科学团队确保工程实施始终瞄准科学目标，配合工程团队厘清相关科学原理。工程团队突破关键技术，精心完成卫星设计、制造和验证，确保卫星性能优异、工作可靠、质量过硬。”朱振平说。

最终，经过5年艰苦攻关，量子科学实验卫星终于被成功研制出来。

### 4 梦想照进现实

激动人心的时刻到了。2016年8月16日，世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”在酒泉卫星发射中心发射升空，中国率先将量子科学实验卫星的梦想变成了现实。

这颗卫星被命名为“墨子号”，其背后大有深意。历史记载，墨子早在2000多年前就进行了光学实验，发现光线沿直线传播，绘制了凹面反射镜聚焦、小孔成像等光路图，还测试计算了水的折射率。“就像国外有伽利略卫星、开普勒望远镜一样，以中国古代伟大科学先贤的名字来命名全球首颗量子卫星，可以增强我们的文化自信和科研自信。”潘建伟说。

经过4个月的在轨测试，2017年1月18日，“墨子号”正式交付中国科学院开展科学实验。

2017年6月16日，“墨子号”迎来升空后第一个重大成果，在国际上首次完成千公里级星地双向量子纠缠分发实验，并在此基础上完成了空间尺度下严格满足“爱因斯坦定域性条件”的量子力学非定域性检验。

2017年8月10日，“墨子号”再次完成两项重大突破，在国际上首次成功实现从卫星到地面的千公里级量子密钥分发和地面到卫星的千公里量子隐形传态。

“墨子号”提前并圆满实现全部三大既定科学目标，为我国继续引领世界量子通信技术发展和空间

尺度量子物理基本问题检验前沿研究奠定了坚实的科学与技术基础。

2017年9月29日，中国科学院与奥地利科学院两个量子科学研究团队利用“墨子号”，开展了北京—维也纳距离长达7600公里的洲际量子密钥分发，打通了天地一体化量子保密通信链路，向实现覆盖全球的量子保密通信网络迈出了坚实的一步。

### 5 “群星”璀璨闪耀星空

这颗备受世界瞩目的“墨子号”卫星自发射升空起，就获得了诸多荣誉。

国家主席习近平在2017年新年贺词中，特别提到“墨子号”飞向太空等科技重大进展；2017年10月，党的十九次全国代表大会提到“墨子号”升空；在2021年中国共产党成立100周年之际，中央党史和文献研究院编写的《中国共产党一百年大事记》，“墨子号”升空被列入其中。

“墨子号”成功发射和完成科学实验任务还分别入选了两院院士评选的2016年和2017年“中国十大科技进展新闻”。因“墨子号”升空而取得重大进展的“广域量子通信”项目研究团队，获得2019年度中国科学院杰出科技成就奖。

“墨子号”项目的实施还在国际上引发了一波“量子”潮。

2017年，美国宇航局发布关于未来空间量子物理发展的白皮书，以期在新一轮空间量子科学发展中重新实现“美国领先”。同期，欧洲航天局也发布了空间量子技术白皮书。

2021年6月，《科学》发表社论称，中国的“墨子号”给美国政府敲响了警钟，最终使得美国在2018年通过《国家量子行动法案》。

到目前为止，“墨子号”还在辛勤地工作。科学家利用它进行了一系列拓展实验，相关成果不断刷新量子通信距离的世界纪录，使中国牢牢占据空间量子科学研究领域的引领地位。

面向未来，量子还可以走得更远。

潘建伟介绍，在不久的将来，天上会有中高轨量子卫星和实用化的低轨微纳卫星组成的“量子星座”，能够更高效覆盖全球并链接移动目标。“量子星座”和地面上的光子量子网络连接在一起，就可以构建实用的全球化广域量子保密通信网络。

“量子星座”诞生后，量子科技将迎来更多可能，时间单位“秒”的重新定义、量子引力乃至引力波探测等方面的研究也将随之展开。在可预见的未来，地月量子纠缠分发不再是纯粹的梦想。

脚踏实地，仰望星空。潘建伟说：“我们对未来充满希望。”

(原载于《中国科学报》2024年8月19日 记者 王敏)