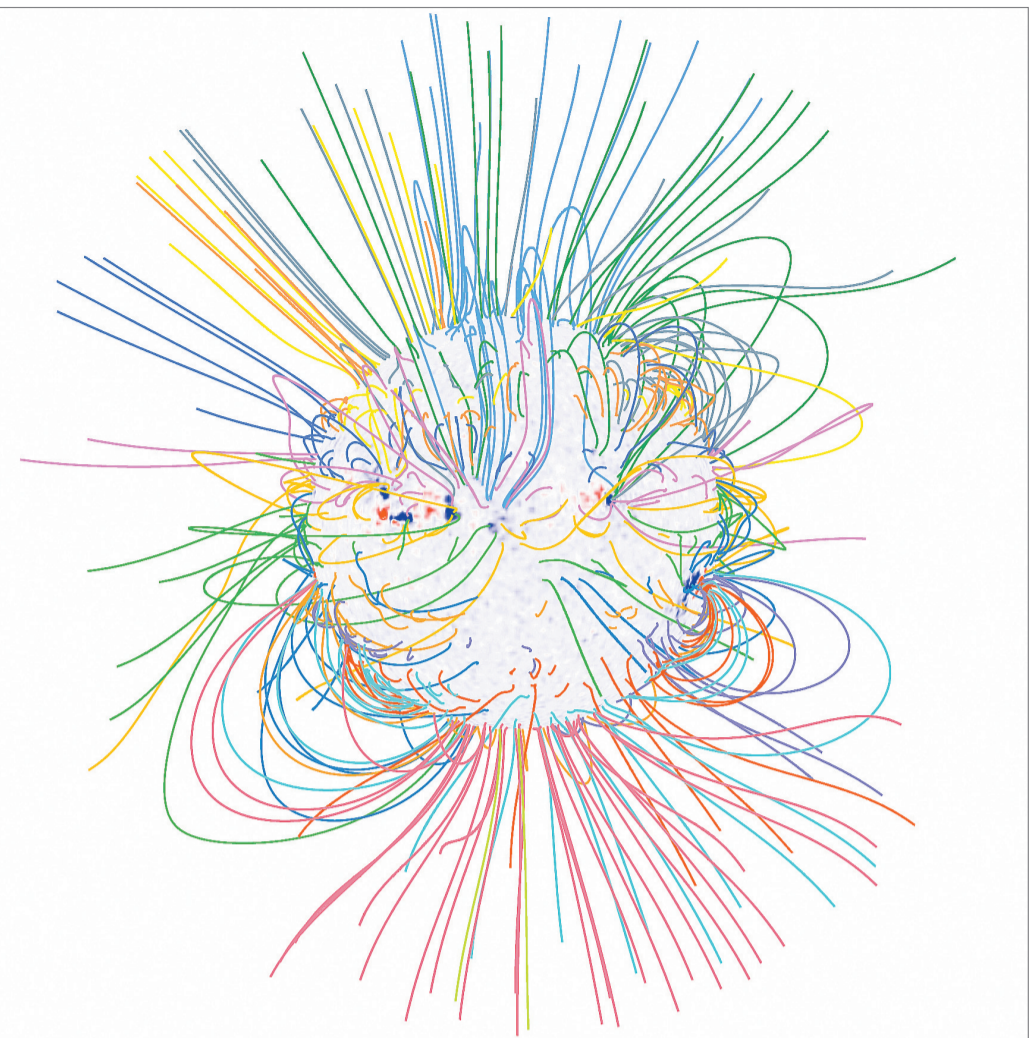


第一作者

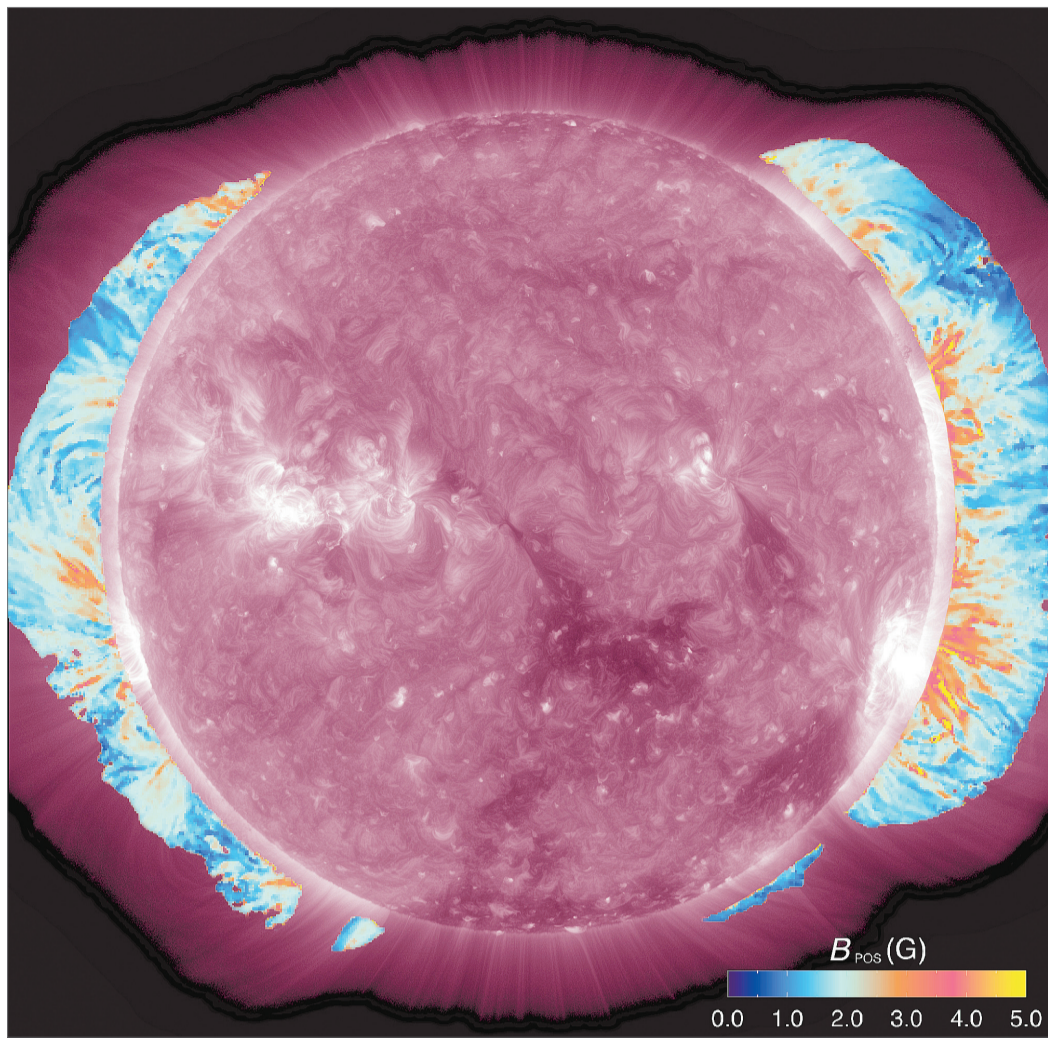
揭秘太阳

搬走

第十了



根据势场源表面模型计算得到的太阳三维磁场结构。不同颜色的线代表磁力线，中间为光球磁场在视线方向上的分量分布图(Yang, Tian, Tomczyk, et al. 2020, Sci China Tech Sci)。



CoMP测量的日冕磁场强度分布图叠加在SDO卫星拍摄的日冕图像上(Yang, Bethge, Tian, Tomczyk, et al. 2020, Science)。

中青报 中青网记者 叶雨婷

它给予我们光与热，为世间万物赋予生命的色彩，主宰着麾下的所有行星。它，就是太阳。

每个人都会认为自己很熟悉这个顶在头上的大光球。可是很少有人知道，太阳，这个太阳系的中心天体，占有太阳系总质量的99.86%，包括地球在内的所有行星都依赖于它而存在，是太阳系的主宰，并且控制着行星际空间和地球空间的洪荒变迁。

正因如此，天文学家们一直孜孜不倦地努力揭开太阳的奥秘。然而，这么多年过去了，人类对于太阳一些性质的了解依然有限。不久前，北京大学地球与空间科学学院教授、中国科学院太阳活动重点实验室主任田晖及其研究生杨子浩同学等人在日冕磁场测量方面取得重要进展。他们首次测量得到日冕磁场的全局性分布，也让人们对太阳的了解更进一步。

星系主宰

科学家们为什么一定要了解太阳？这是因为，毫不夸张地说，太阳是我们太阳系的主宰。

太阳不仅是地球上生命存在的关键，也在塑造我们周围的空间环境方面发挥了重要作用，更是掌控着整个太阳系的“天气”。而对于太阳来说，磁场具有极其重要的意义。

田晖介绍说：太阳磁场一直延伸到冥王星之外的日球层边界，太阳仍以每秒数百公里的速度往外发射带电粒子流，形成所谓的太阳风。太阳上的局部区域时不时也会发生太阳爆发，当这些太阳风暴猛烈袭击地球时，会产生美丽的极光，但同时也干扰通信和导航系统，影响卫星及星载仪器的正常运行，甚至威胁宇航员的生命安全。

虽然太阳离我们很远，但地球作为太阳系中的一颗行星，时常会在太阳面前“战战兢兢”。例如，1989年的一场太阳风暴，就曾严重影响多颗卫星及星载仪器的正常运行，并造成加拿大魁北克省电力系统崩溃，北美地区数百万人受到影响。类

比地面上的天气，太阳风暴及其对日地空间环境的扰动被称为空间天气。

研究太阳，可以让我们对空间天气有更深入的理解。目前，人们对于太阳风暴依然难以准确地预测，这对人类社会众多高技术系统的正常运行带来了很大影响。如果我们能够对太阳各层大气的磁场及其演化有深入了解，就可以较好地预测太阳风暴的发生及其对地球的影响。田晖告诉中青报 中青网记者。

而对于太阳本身来说，磁场是它最基本的属性之一。首先，太阳黑子的11年周期本质上是太阳大尺度磁场的周期性转化；其次，太阳系中最剧烈的爆发现象——太阳耀斑和日冕物质抛射通常是由太阳磁场的演化所驱动的；最后，与磁场相关的物理过程导致了太阳外层大气——日冕的百万度高温，并因此产生充满行星际空间的超声速太阳风。

因此，测量太阳磁场一直都是太阳物理学家最重要的使命之一。自17世纪伽利略用望远镜观测和研究太阳算起，太阳物理的科学研究已经持续了数百年。然而受限于观测技术的水平，到20世纪初期，人类才开始利用原子物理领域的塞曼效应来测量太阳磁场。直到最近二三十年，人类才实现对太阳表面（光球层）磁场的高分辨率常规测量。

揭秘日冕

然而迄今为止，我们对太阳磁场的成熟测量仅仅局限在光球层。田晖表示，光球之上的太阳大气，尤其是最外层的日冕，其中的磁场仍难以测量。100多年来，人们对于日冕磁场的研究进展非常缓慢，难以找到有效方法进行常规测量。因此，测量日冕磁场成了一个切切实实的世纪难题。田晖说。

田晖解释说，这是因为，日冕磁场比光球磁场要弱得多，日冕谱线因塞曼效应而分裂所产生的子线之间波长差很小；另外，日冕的高温导致日冕谱线的轮廓变得很宽，使本来就不明显的谱线分裂更加难以被测量出来。

由于太阳大气各层次中的磁场实际上是一个整体，磁场将各层大气耦合在一起，这导致太阳上最重要的物理过程大多跟磁场的三维结构及其演化有关，因此，日冕磁场测量的困难极大地制约了太阳物理学的发展。

鉴于日冕磁场测量的困难，太阳物理学家通常只能在一些假设下，通过模型来重构出日冕磁场位形，用以研究太阳大气动力学和太阳爆发等物理过程。但是，这些模型假设对于日冕中的有些区域不一定成立，而且不同模型重构得到的磁场结构经常不一样。因此，人们急需对日冕磁场进行直接的测量。

近年来，一种被称为“磁震学”的方法被一些学者认为可以用于诊断日冕磁场。其基本原理是根据一些日冕结构中偶尔发生的震荡或波动现象的观测，结合磁流体波动理论，来诊断日冕中的磁场。

由于这些震荡现象通常只是偶尔发生在日冕中很小的区域内，并且震荡经过几个周期后就衰减消亡了，因此只能诊断日冕中较小区域的磁场，无法用于对大尺度范围内磁场的常规测量。田晖说。田晖教授和他的团队，利用高山天文台CoMP日冕仪的观测，将“磁震学”方法推广应用到日冕中普遍存在的磁流体波动上，从而首次测量得到日冕磁场的全局性分布，为日冕磁场测量这一世纪难题的解决提供了一个新的有效途径。两篇相关论文近日分别发表在Science杂志（《科学》）和Sci China Tech Sci杂志（《中国科学：技术科学》）上。

恒星探测

除了地球，人类还能生活在什么地方？也许有人

认为这只是科幻片里才会讨论的问题，但事实上，如今科学家们正在寻找除地球以外的宜居星球。

要想找到像地球一样的宜居星球，这颗行星需要处于距离恒星远近合适的区域。在这一区域内，恒星传递给行星的热量适中，行星不会太热或太冷，可能存在液态水。此外，恒星的电磁辐射和爆发活动对系外行星的宜居性也有重要影响，这一新兴的领域被称为“空间天气宜居性”研究。

由于人类对其他恒星—行星系统的了解极少，因此当前空间天气宜居性的相关研究大多是基于我们对太阳和日地系统中空间天气的认识而发展起来的。太阳物理学家正积极推动这一新兴前沿研究领域的进展。田晖表示，太阳的“脾气”相对较好，它状态稳定，爆发活动也没有那么频繁；但是很多其他的恒星却没有太阳这么好的脾气，频繁和剧烈的爆发足以影响环绕它们运行的系外行星上生命的存在。

未来，一方面我们需要参考对太阳的探测手段，大力推动对恒星的探测；另一方面，日冕加热、太阳爆发和太阳活动周等重大问题依然困扰着我们，我们需要与世界各国一道，继续推动对太阳的探测，尤其是空间卫星探测。田晖表示，我国在太阳低层大气（包括光球和色球）的观测方面实力较强，但在太阳高层大气（包括日冕和过渡区）的观测方面远远落后于美国、日本、欧洲等。目前，我国的日冕光学观测设备仅有中日共建的丽江日冕仪。近年来，中国太阳物理界积极推动射电日冕仪、白光和紫外日冕仪、极紫外成像仪和光谱仪、日食望远镜等日冕核心观测设备的研制，期望提升我国对太阳高层大气观测的能力。

空间太阳探测一直是世界强国空间探测的重点，从1995年至今，美、欧、日等一共发射了近10颗太阳探测卫星，平均不到3年发射一颗。

我国首颗太阳探测卫星“先进天基太阳天文台（ASO-S）”也将于2022年前后发射，它将同时对太阳爆发及驱动爆发的太阳磁场进行观测。中国的太阳物理学家也在持续推动后续的太阳和恒星探测卫星计划，以缩小我国与发达国家在空间探测方面的巨大差距。田晖说。



年轻时意气风发的陈定昌
中国航天科工二院供图

中青报 中青网记者 邱晨辉
通讯员 苗珊珊 张铁柱

9月7日，曾研制出我国首部激光雷达的导弹专家陈定昌院士走了。

陈定昌是我国武器系统总体、防空反导及制导雷达技术专家，我国精确制导领域的主要奠基人和开拓者。有人说，他总是站在时代前沿，具有超前思维，用一生推动着我国空天防御体系建设。

回顾几十年的航天生涯，陈定昌曾自谦，自己并不是思维超前，而是在考虑问题时喜欢从全局出

追忆我国精确制导领域的开拓者陈定昌院士

搞科学就是要创新

发，从国家整体利益考虑，我一生的最大追求，就是在实现中国梦上多做些工作。

从少年时代起，遭受国破家亡之痛的陈定昌就立志报国，决心长大后一定要投身国防，为国家研制精良武器，让中国人不再受欺负。

1955年夏季，陈定昌即将完成高中学业。老师欣赏他的写作之长，建议他报考中文专业，将来可以从事写作，当作家、当记者。

可真到了眼前，陈定昌犹豫了。联想到自己的祖国贫穷、落后，曾经被外夷欺辱、掠夺，科技强国便成为他的夙愿。于是，他放弃文学梦想，毅然选择理工科。

从清华大学无线电电子学系毕业后，陈定昌被分配到国防部五院二分院工作。从此他与航天结缘，开始了他的逐梦航天的传奇导弹人生。

20世纪60年代初，激光技术开始出现。钱学森提出：激光能不能做一个信号源，像无线电一样，也能做各种各样的探测和制导应用？这个“激光之问”最终交到了陈定昌手上。

经过数月资料研究与调研，陈定昌写出了两份报告，肯定了激光确实是一个方向。钱学森听完报告后，当场决定，在航天里面，要把激光与无线电放在同等位置来发展。于是，先期调研任务变成了预研项目。

那时，激光雷达在国际上刚刚起步，事关重大，钱学森亲自主持这项工作。七机部、中国科学院等3家单位联合攻关，20多岁的陈定昌被任命为

项目组长。

为了项目早日能够实验，陈定昌一天跑五六家单位，好像有使不完的劲儿。这也让他深深感到：科学就是要创新，要不畏艰难，才能有所作为。

在当时条件下，尽管研制工作困难重重，激光雷达项目仍然取得了可喜成绩。该项目建成了世界上第一部激光雷达样机，发展了我国第一部全反射式激光雷达。

1996年，陈定昌担任首席科学家后，提出新的目标。

在他看来，创新集中在关键技术、途径、方法的创新上。要瞄准未来十年二十年，必须站在时代的前沿。这种指导思想直接维持了技术的优势，推动了相关专业发展，也让他所从事的空天防御事业步入快速发展车道。

熟悉陈定昌的人，对他的印象集中在几点上。

其一是紧跟跟踪国内外新知识、新技术发展，捕捉新信息速度之快，对趋势之敏感，令人敬佩；其二是擅长对信息进行真伪和优劣的鉴别，对事物判断准确，善于抓住重点；其三是擅长超前思维，物理概念强，善于作顶层策划。这些特长在工作中被他发挥得淋漓尽致。

20年前走得不对，20年后就没有结果。这是陈定昌的名言。1984年，陈定昌出任二院二部主任，他全面规划和未雨绸缪的意识更强了。在二院研制第二代防空导弹的同时，以陈定昌

为代表的一些专家，极具前瞻性地提出第三代防空导弹的设想。该设想得到了包括任新民、梁思礼、陈怀瑾等人的大力支持。第三代系统的成功，会使我国成为世界上继美国、俄罗斯后第三个具有自主研发同一水平能力的国家，标志着我国导弹研制、试验能力跨入了世界先进行列。

但是陈定昌不满足于于此。在第三代研制的同时，他又将眼光瞄向了第四代。在中国航天科工集团刚刚成立的几年里，担任集团公司科技委副主任的陈定昌和专家们一起，带领相关人员，完成了多项发展战略规划制定等重大任务，为我国精确制导技术发展出谋划策，推动和促进精确制导技术大跨度发展。

原航天工业部部长李绪鄂，曾送给陈定昌一个绰号“陈铁嘴”。

其实，陈定昌并非非争强好胜之人。和他接触过的人都了解，他待人谦和，温文尔雅，说话慢条斯理，只有讲到自己热爱的专业或者论证技术方案，他才有板有眼、滔滔不绝，直到说服对方。

这些年来，从陈定昌任组长的第一原副总装备部精确制导专家组，一共走出6名院士。陈定昌与该组其他专家，成为我国精确制导技术领域当之无愧的开拓者。

有人不解：陈定昌为什么能能做到眼光超前，思维超前？答案是，这些都源于他站的层次高，做到了置个人荣辱于度外。科学家要有胆识，而无畏源于无私。

中青报 中青网记者 张茜

电影《十二生肖》里盗取文物的高科技被用在了文物保护上。

成龙扮演的大盗利用高科技盗取国宝兽首，戴上一双神奇的手套，就能扫描兽首的三维数据，数据传输给一台3D打印机，不一会儿，一个真假难辨的仿真兽首随即诞生。莫要说这是科幻，这可是真正的科学。如今，这套原理被应用在了著名世界文化遗产云冈石窟的保护上。

云冈石窟位于山西省大同市城西约16公里的武周山南麓，距今已有1500年历史，是佛教艺术东传中国后第一次由一个民族用一个朝代雕凿而成的具有皇家风范的佛教艺术宝库，被视为公元5世纪中西文化融合的历史丰碑。但遗憾的是，价值非凡的云冈石窟风化速度惊人，恐有一天会风化殆尽。当前受限于文物保护等因素，越来越多的洞窟已经不再向公众开放。

云冈石窟研究院院长张焯的心中一直有一个梦，就是希望找到1:1高保真复制云冈石窟的办法，复制品能够像积木一样简单组装和拆解，方便到国内外去展示，让世界一起见证灿烂多姿的中华文化传统。事实上，早在15年前的2005年，北京建筑大学有关专家就开始了云冈石窟的数字化保护工作，首次成功利用三维激光扫描技术，生成了完整的云冈石窟外立面点云及正射影像图，为云冈石窟建立了精确的数字化档案。

云冈石窟已经实现了数字“永生”。可是张焯院长要搬着石匠走梦想具体怎么实现呢？北京建筑大学专家介绍，2015年云冈石窟研究院提出了要用足尺高保真石匠复制品进行多地巡展的需求，这个重任落在了以北京建筑大学副校长李爱群教授为首的研究团队身上。如今，身高达18米的第18窟等比例复制佛像就坐落在北京建筑大学的校园里。是的，他们真的把云冈石窟“搬走”了。

怎么做到的？说起来，和《十二生肖》里复制兽首的办法，也像，也不像。复制云冈石窟，是一个交叉学科协同创新的项目，涉及建筑历史、建筑艺术、测绘、材料、结构、现代制造、监测监控等多学科领域。正如电影所表现的那样，要想复制文物，第一步就是用三维激光扫描技术获取文物数据。但不同于用一副手套就能扫描到位，北京北建大科技有限公司总经理吴志群介绍，测绘可是个大工程。以测绘第18窟佛像的数据为例，为了达到无死角的扫描效果，他们不仅搭起了脚手架，还动用了无人机，单是激光扫描就用了两个多月的时间。

得到数据之后就要靠3D打印技术将大佛的各个部位还原出来。为了确保艺术的完整性，关键部位必须和原佛像保持一致，因此科技工作者们进行了分解打印。每小块平均大概40厘米左右，一共2790块。北京建筑大学工程实践创新中心实训教学教研室主任任凤芳说：每一块都是一层一层打印的，但不像电影里演得那么快，每一块儿的打印时间需要20个小时以上。共计50台机器同时开动，打了一个半月左右。将近3000个小块组装成120余块模型，最后再拼装到一起。

其间，科技工作者还需要在许多细节之处下功夫。土木学院李飞老师在团队里负责佛像外皮材料研究，为了让佛像的复制品能够经受室外环境的考验，他经过多次试验研发出一种新型复合材料，这种材料比传统材料更加绿色环保，并且可以进行仿石效果处理，有效提升了复制品的逼真度和抗风化能力。就像烧制瓷器一样，画好精美的胎，还要有一层釉来保护。李飞说。

土木学院祝磊老师负责佛像骨架的绘制和搭建。按照打印件的轮廓订制的骨架，实现了可反复拆卸，同时考虑到了抗震防风等技术问题，使其能抗里氏9级地震。据介绍，今年上半年北京刮起了10级大风，大佛纹丝未动。

团队核心成员侯妙乐教授说，其中所用的都是现存技术，创新点主要在于如何把各种技术结合起来，解决大批量、高保真复制文物的问题。整个云冈石窟有45座主要洞窟，佛教造像5.1万余尊，此次第18窟佛像的复制就是“让文物活起来、走出去”的一种有益探索。吴志群认为，数字永生为文物保护提供了无限可能，包括但不限于文物修复、复制、考古研究等，还可以通过多人VR交互系统进行虚拟现实的体验。

据了解，依山开凿、东西绵延约1公里的云冈石窟不但是研究中国古代社会政治、经济、文化、艺术，以及宗教信仰等方面的重要形象资料，也是追溯古代中西方文化交流和人民友好往来的实物例证。第18窟更是云冈石窟规模最大、工艺最复杂、艺术价值极高的一窟。在团队成员看来，将科技用于文物保护“搬走”云冈石窟的重要意义之一，就是让更多人目睹它的风采，向世界宣传、推广云冈文化。李爱群教授说：云冈石窟数字化保护的初衷是文化传承，在向世界展示五千年灿烂中华文明的同时，充分展现了中华民族的文化自信。



坐落在北京建筑大学校园中的云冈石窟第18窟1:1复制佛像。 陈欣欣/摄