

未来哪些地区更容易遭到生物入侵

■本报记者 张文静

众所周知，地球上的生态系统是经过长期进化形成的，系统中的物种经过长期演变，才形成了现在相互依赖又互相制约的密切关系。一个外来物种的引入，有可能因无法适应新环境而消亡，也有可能因新的环境中没有与之抗衡的生物而演变为凶残的入侵者。这些入侵者也许不会长着一副尖嘴利牙的恐怖形象，但却可能对入侵地的生态系统、栖息环境、物种和人类健康带来严重威胁，甚至造成生态灾难。

当前，生物入侵已经严重威胁到北欧地区和北美地区的生态系统。未来，全球哪些地区将有可能成为生物入侵的高风险地区呢？近日，中国科学院动物研究所李义明研究组发表的一项研究成果，正是为了回答这个问题。

可怕生物入侵

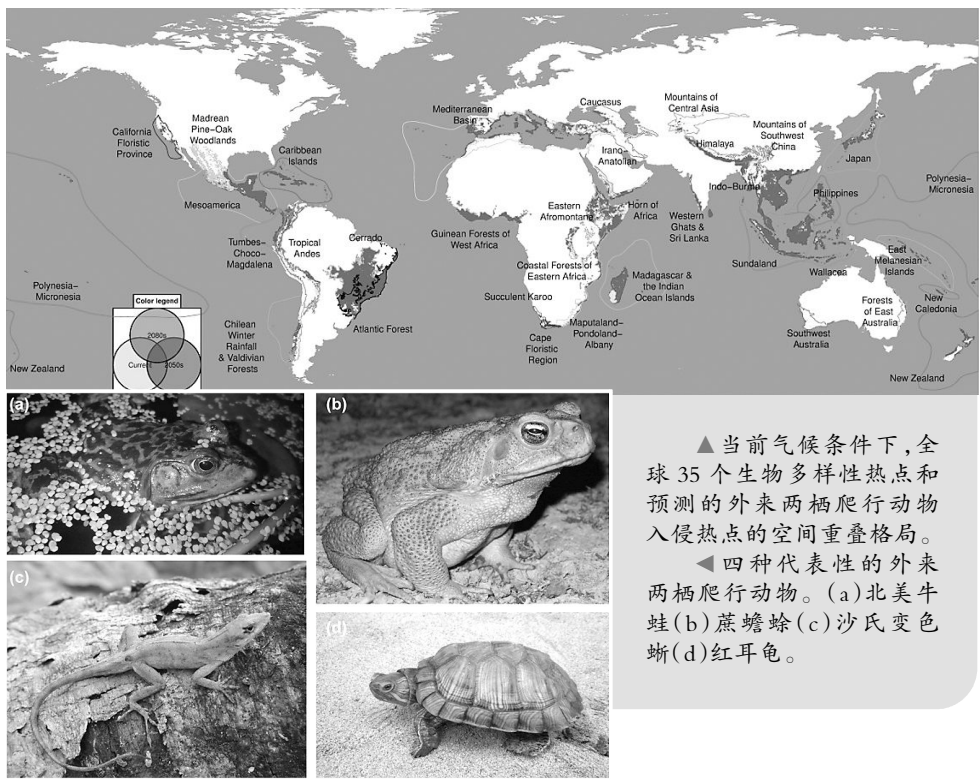
在此项研究中，李义明团队根据影响外来种分布的气候、人为活动、植被和水资源等因素，采用多个物种分布模型，预测了279类外来两栖爬行动物在全球的入侵热点。

为何会选择两栖爬行动物作为研究对象？对此，李义明告诉《中国科学报》记者，这是因为最近几十年到一百年间，在动物界，生物入侵非常快的两个纲就是两栖纲和爬行纲。而且，两栖爬行动物是陆生变温脊椎动物，在入侵区会导致严重的生态、进化以及社会经济危害。

在造成生物入侵的两栖爬行动物中，在全世界产生危害影响最广的可能就是我们在餐桌上非常熟悉的牛蛙。

牛蛙原产于北美，因为养殖条件粗放，加之早期人们完全没有对于引入动物的控制意识，在亚洲，牛蛙很早就逃逸到野外，成为野生物种并进而成为入侵生物。有记录的牛蛙入侵中国的时间是1959年，从香港地区入境，但更大规模的入侵是在20世纪八九十年代经济开放之后，华南各地“特种养殖”，大量陌生的动植物物种被作为发家致富的“金钥匙”而引入国内，牛蛙就是其中之一。

别看现在它们经常成为人们的盘中餐，但牛蛙可不是“省油的灯”。它们个体大，最大的可以长到2公斤，是很多小型脊椎动物的捕食者和竞争者。李义明在调查研究中发现，在舟山群岛，牛蛙入侵的水库池塘中，当地的



▲当前气候条件下，全球35个生物多样性热点和预测的外来两栖爬行动物入侵热点的空间重叠格局。
▲四种代表性的外来两栖爬行动物。(a)北美牛蛙 (b)蔗蟾 (c)沙氏变色蜥 (d)红耳龟。

黑斑蛙、泽蛙、蟾蜍都消失了。同时，牛蛙繁殖快，一窝卵有上万只。牛蛙比本地蛙更聪明，跳跃能力强，极难捕捉。当地蛙在水下只能潜2分钟，牛蛙则可在水下潜8分钟。更大的危害是，牛蛙携带有致病性的壶菌，其入侵扩散会导致当地两栖类种群的下降。

“蔗蟾蜍的危害则更加严重，现在已经在澳大利亚引起了灾难性的后果。”李义明介绍说，“蔗蟾蜍带有毒素，因为澳大利亚本来是没有蔗蟾蜍物种的，所以当地的动物捕食者没有进化出识别蔗蟾蜍的机制，这导致当地捕食了蔗蟾蜍的大小各种物种的死亡，鳄鱼吃了蔗蟾蜍后都会被毒死。”李义明说。

除了北美牛蛙和蔗蟾蜍，李义明介绍，在外来两栖爬行动物中还有两种代表性物种。“一是沙氏变色蜥，它与当地的蜥蜴相比具有较弱的竞争能力，能够捕食当地物种。另一个就是红耳龟，它能与当地龟类竞争，并与部分物种杂交，降低当地龟类的多样性。”

正因为近年来两栖爬行动物生物入侵的

速度快、范围广、影响大，因此相关的科学记录数据也比较全面，可以大大提高预测研究的准确度。

生物多样性热点区域风险更高

李义明研究组建立的模型预测显示，在当前的气候条件下，外来两栖爬行动物的潜在入侵风险主要集中在西部非洲、南亚、东南亚、大洋洲岛屿、加勒比地区、南美洲的南部、地中海地区和马达加斯加东部。在未来2050年和2080年气候变化的条件下，潜在入侵风险大多仍聚集在同样的地理区域内，部分最合适的区域会扩展到南美洲北部、非洲中部以及欧洲的一些高纬度地区。

“这些入侵热点，都是那些环境条件适合大量外来物种生存的地区，所以这些地区天然受到更高生物入侵风险的威胁。”李义明说。

更为严重的是，这些外来两栖爬行动物

入侵风险较高的地区，恰恰聚集在全球的生物多样性热点区域。

“在全球，生物多样性热点区域包含了35个地理区域，这些地区有着极其丰富的物种资源，同时也面临着主要栖息地丧失的困境。生物多样性热点区域只占地球面积的15.9%，却拥有着22939种陆生脊椎动物物种，占全球的77%，拥有着152000个植物物种，占全球的50%。对这些地区的保护尤为重要。”李义明等研究人员在近期发表于《生态与环境科学前沿》的相关论文中写道。

“在当前和未来气候情景下，生物多样性热点区域内单位面积上的潜在外来种数目是其他区域的1.4倍。接近40%的潜在入侵热点将会落在生物多样性热点内，生物多样性热点区域比其他地区承受着更高的生物入侵风险。”李义明说。

早期监测和快速反应措施亟待实施

通过揭示生物入侵风险的全球格局，李义明研究组的该项研究为在全球尺度上制定早期监测和快速反应措施，以阻止外来两栖爬行动物对生物多样性的入侵危害，提供了指导信息。

“随着贸易的日益全球化，外来物种入侵对生物多样性以及生态系统功能的威胁正在持续增加。”李义明说，“了解外来物种在全球的入侵热点，即多个外来种适宜的生存环境，以及这些人入侵热点与全球生物多样性热点的重叠程度，对采取优先保护措施以减轻外来物种对生物多样性的危害至关重要。”

对于研究结果发现的面临着更高生物入侵风险的地区，李义明认为，亟待采取生物安全性保护措施。

“尤其是，我们的研究模型还预测出，由于潜在入侵热点高度重叠，本土栖息地丧失严重等因素，位于南太平洋的新喀里多尼亚、西非的几内亚森林、西南太平洋的美拉尼西亚群岛、加勒比群岛、菲律宾群岛、巴西的塞拉多地区更是生物入侵的高风险地区。这些区域应当成为采取有效的生物安全性措施的优先地区。但这些地区目前所拥有的可供发展生物安全性措施的政策资源却比较少。希望这些地区能提高对生物入侵风险的认识，前瞻性地发展生物安全性措施，避免或者将生物入侵对全球生物多样性造成的危害降低到最小。”李义明说。

如何正确打开「科学」

■本报记者 李芸

10月16日，北京大学哲学系教授吴国盛携新书《什么是科学》，在北京单向空间书店与北京大学新闻与传播学院副教授阿忆展开对话，就科学的起源、中国人对科学的误解以及博物学意义上的科学传统等问题进行了探讨。

与阿忆一样，不少人对于本科毕业于北大空间物理专业，转而攻读科学哲学、西方哲学的吴国盛，为什么会科学产生与其他人不一样的情感有疑惑。吴国盛说自己在北大念本科时就有一些“不安分”，开始对现代科学有一些反思，所以转而学习哲学。而实际上，对于什么是科学，身在其中的科学家虽然对某一学科领域有深入的研究，但对整体科学会有不识庐山真面目的情况。哲学工作者是做“反思”工作的，有思考科学的不同视角。

座谈会上，吴国盛谈到了他的一些思考，在他看来，科学并不是一种普遍存在的智力成就，而是一种罕见的文化现象。科学的源头是希腊人对自由人性的追求，科学是非功利的、内在的、确定性的知识。而中国文化以仁爱精神作为人性的最高追求，从一开始就与科学精神错过了。因此中国古代没有科学，没有科学不是偶然的错误，而是宿命。

后来现代科学作为舶来品进入了中国。现代科学的主导动机是对力量的追求、对自然的控制和征服。承载着“救国”“兴国”使命的现代科学，实际上也解决了中国人落后挨打、贫穷挨饿的急难。但到了今天我们还在用实用主义来对待科学和科学家，我们对真理的追求、对未知的好奇、以求知为乐趣的自由心态没有被充分激活。这让今天的科学事业依然是基础科学薄弱、原始创新乏力。

另一方面，因为科学的强大效用，国人便把科学等同于好的、正确的，而忽视其缺陷，对现代科学负面影响不反思。“一说科学当然是好的，难道还会有人去反科学？西方社会并不是这样。你看好莱坞电影中很少是讴歌科学的，科学家多是疯子、狂人；他们的教会很有势力，不会让科学一支独大；还有议会制度，会盯着科学家钱干什么去了。我们却是基本不设防，打个比方，科学对于中国文化来讲就是一个外来物种，外来物种一旦没有天敌，就会疯狂地增殖。”

现代科学在大规模征服自然、改造自然中引发了环境危机、生态危机、伦理问题等等，西方人意识到了并迅速动员自己的文化传统化解危机，中国还没有意识到其紧迫性。吴国盛认为，就科学而言，中国传统的长处不在数理科学，在技术、在博物学。吴国盛说：“博物学在跟自然打交道的方式上，不是数理科学似的控制它、征服它、利用它、算计它。而是羡慕它、欣赏它，与它相安无事地待着。”博物学也是科学的传统之一，如果能清醒地意识到这一点，并挖掘中国古代博物学、中国传统文化的现代意义，对纠偏现代科学有重要作用。

塑料航天面窗：像保护“眼睛”一样保护着航天员

■申长雨

10月17日早晨7点30分，搭载神舟十一号载人飞船的长征二号F运载火箭，在酒泉卫星发射中心点火发射，约575秒后，神舟十一号载人飞船与火箭成功分离，进入预定轨道，顺利将景海鹏、陈冬两名航天员送入太空，飞行乘组状态良好，发射取得圆满成功。

两天后，载人飞船承载两名航天员与天宫二号顺利对接，并开始开展多项空间科学实验与空间应用，特别是空间站运行轨道的交会对接技术。航天员进入天宫二号空间实验室后将进行中期驻留试验，考核组合体对航天员生活、工作和健康的保障能力，以及航天员执行飞行任务的能力，这将为我国载人航天工程战略的第三步空间站建设迈出扎实的一步。

为了探索宇宙奥秘，航天员必须穿着选用特殊材料、特殊工艺、特殊技术加工的航天服进行太空飞行，甚至出舱活动。在航天服上，头盔上的航天面窗是重要的部件之一，它不仅直接影响着航天员对外太空的观察，同时也时刻关系着航天员的生命安全！

制造航天面窗条件极其苛刻

2008年9月27日，航天员翟志刚身着我国自行研制的“飞天”宇航服在太空中留下了中国宇航员的身影，这也让中国成为第三个掌握太空出舱技术的国家。当翟志刚透过头盔上的航天面窗看到太空，向太空伸出双臂，作为航天面窗的研制者，我们感到了无上的骄傲和自豪！

航天服一般由压力舱、头盔、手套和靴子组成，分舱内服和舱外服两类。头盔面窗组件是宇航员在外太空活动时观察外界窗口，可以说是宇航员的“眼睛”，它不仅给宇航员提供一个清晰、良好的视野，也是航天员生命保障最关键的部件之一。

当然，航天面窗不同于我们平时骑摩托车时戴的头盔上的面窗，因为，太空中有太苛刻的温度条件，还有数不清的不可预料的危险，这些都对航天面窗的材料和设计提出了异常苛刻的要求。

首先，航天面窗要承受太空极端的温度环境。由于太空中没有空气传热和散热，航天面窗受阳光直射的一面，可产生高达100℃以上的高温。而背阴的另一面，温度则可低至零下100℃以下。所以，航天面窗首要的就是要能够承受极端的热胀冷缩作用。

其次，航天面窗必须是零缺陷。由于太空中是零大气压，任何缺陷都会使航天员暴露在太空中，并将面临失压、缺氧、低温和辐射损伤4大危险。如果人直接暴露于太空，缺氧将会把人迅速窒息而死。同时，没有了大气压，人也会因内脏、器官的胀裂而立刻丧命。并且，在太空零下269℃的超低温环境，人也会立刻冻死。



►申长雨工作照
▼我国自行研制的飞天航天服

项目团队介绍

国家“973”计划“高聚物成型模拟及模具设计制造中的关键问题研究”项目是由申长雨院士作为首席科学家，联合国内11家单位共同承担，以国家战略领域和国家支柱产业高聚物制品成型和模具设计制造为背景，致力于解决高聚物结构制品的“成型”“成型”“服役性”和“工艺控制及模具优化”等关键问题，为我国由制造大国向制造强国转变提供理论和技术支撑。

实验表明，如果宇航服快速减压，那么宇航员将在15秒后死亡——这正是身体用气体内所有氧气的过程。

再其次，航天面窗要能阻隔太空辐射。因为没有了地球磁场和大气层的保护，宇航员会受到外太空更强烈的辐射伤害。

最后，太空中还存在着数不清的空间碎片。由于航天员在飞船或者空间站外活动时，随时都可能遇到来自太空具有足够高动能的空间碎片冲击，因此，航天面窗在遇到这些碎片的时候，必须能够抵御具有这些毫无防备的高动能空间碎片的冲击。

制造航天面窗是个不简单技术活

既然制造航天面窗的条件这么苛刻，那么，透明的航天面窗又是什么材料做成的呢？其实我们对它并不陌生，它是一种工程塑

料，一种与我们戴的眼镜、汽车车灯罩一样的树脂——聚碳酸酯或聚碳酸酯的共聚混合物。

聚碳酸酯是一种线性碳酸酯，分子中碳酸基团与另一些基团交替排列，属于分子链中含有碳酸酯基的高分子聚合物。聚碳酸酯是无色透明的玻璃态的无定形聚合物，但是它的强度和光学性能是无与伦比的。

然而，由于聚碳酸酯的分子量、分子链刚硬、黏度大、流动性差，因此要用它来造成型性能差，制品内应力大，环境应力影响大，易变形和开裂，这些都给头盔上航天面窗的成型加工带来较大的难度。

“明知山有虎，偏向虎山行。”虽然聚碳酸酯的脾气如此不好，但我们还是得将航天面窗成型。多种实验研究后，我们决定采用一种最通用的工程塑料成型方式——注塑成型。

在成型过程中，非牛顿的塑料熔体在压力的驱动下通过流道、浇口向较低温度的模具型腔充

填。这个过程中，熔体一方面由于模具传热而快速冷却，另一方面因高速剪切产生热量。同时，伴随着熔体收缩、体积收缩、取向和可能的结晶等复杂的物理变化，甚至伴有高分子和由小分子到大分子的化学变化。

有了这个过程，工程塑料制品具备了优良的物理、力学性质和特定工作环境下的卓越服役性能。而这个性能则来源于材料的组成与不同层次的结构，包括微纳米结构，不同层次的结构形成和演化又依赖于模具设计制造和工艺条件。可以说，成型过程不仅使材料获得一定的形状、尺寸，而且也赋予了材料最终的结构与性能。

围绕这个课题，从2007年始，郑州大学国家橡塑模具工程研究中心科研团队，开始了宇航服头盔航天面窗的研发工作。

在无任何经验借鉴情况下，我们团队结合面窗的使用环境和功能，最后采用光学级聚碳酸酯作为树脂，结合数值模拟技术，设计加工精密模具，采用注塑成型方法，研制出宇航服头盔面窗制品，并通过对外层进行纳米金属涂层阻隔太空的紫外线。

目前，航天面窗已成功应用到神舟七号飞船宇航员出舱服、神舟九号宇航员舱内服上。我们的研制团队作为全国20个获奖集体之一，也荣获“中国载人航天工程突出贡献”奖励。

直面压力继续服务好航天事业

2008年，神舟七号发射成功后，国人一直都感到无比的骄傲。然而，美国NASA却在2010年专门提出了一个关于中国航天服的报告。这个报告特别指出，中国的舱外活动只持续了18分钟，并没有经历长期的考验。而这，成为了我们新一代航天面窗的研制工作的起点。

2012年，郑州大学联合中国科学技术大学、上海交通大学、四川大学、华南理工大学、华中科技大学、西北工业大学、中国科学院数学与系统科学研究院、大连理工大学、中南大学、机械科学研究总院等，承担了国家“973”计划项目“高聚物成型模拟及模具设计制造中的关键问题研究”。

项目以新一代航天面窗研制为背景，围绕复杂多场作用下高聚物材料不同层次形态结构的演变规律、成型过程中高聚物复杂流体的跨尺度计算理论、成型后高聚物制品性能和服役行为的跨尺度分析、成型工艺控制和模具设计等多目标优化理论和方法等关键科学问题开展研究。

这个项目首先要解决航天面窗的寿命和老化问题，以及如何从材料—成型工艺—产品后处理改变大分子结构等各种手段来实现老化性能提高。其次解决材料—成型工艺—模具设计—光学性能之间的关系，阐明影响透明塑料件光学性能的因素以及成型引起的分子取向

与光学行为(所引起的光畸变)等，最后是解决极端环境下产品的强度分析等问题。

经过4年的研究，项目组取得了一系列成果，并成功应用到我国新一代航天面窗的研制中。

为了提高航天面窗的抗老化性能，项目组研究了聚碳酸酯热稳定性，提出随机断链/末端断链反应动力学模型来描述降解动力学过程。同时利用高能伽马射线辐照制备出不同拓扑结构的长链支化聚碳酸酯，随着长链支化结构的引入，以及长链支化过程中形成的化学键和分子缠结作用有效改善了聚碳酸酯的耐环境应力开裂性能。

针对聚碳酸酯的紫外线辐射老化问题，我们建立了聚碳酸酯/纳米二氧化钛复合材料，采用金红石型纳米二氧化钛可以吸收和散射紫外线，同时为了降低金红石对聚碳酸酯的催化降解作用，最大限度提高高聚物材料的耐老化性能，选用二氧化钛对纳米二氧化钛进行包覆，有效提高了聚碳酸酯的耐老化性能并屏蔽紫外线。

为了控制和调控航天面窗的光学性能，项目组通过对聚碳酸酯制品的2D-SAXS信号分析，将制品中分子链的取向程度与光学畸变内在关联，得到了注射条件与制品光学畸变的内在关联，揭示了注射速率、熔体流动方向以及样品内部层次与制品光学畸变之间的关系。

同时，项目组利用注塑成型模拟理论得到成型过程的温度场、压力场的动态分布以及制品应力场的分布，利用介质折射率与分子极化强度之间关系的洛伦兹-洛伦兹光学理论，建立起制品密度场和折射率场之间的关系，再利用电磁理论中的菲涅尔公式，计算得到反射光强度和折射光强度，最后计算得到制品的透光度。这些工作为优化成型工艺，调控产品内部结构，进而控制产品光学性能奠定了理论基础。

为了实现航天面窗的成型—结构一体化分析，项目组建立了三维的统一的气—液两相模型和运动界面追踪的水平集方法，利用光滑粒子流体动力学方法，在拉格朗日框架下模拟了航天面窗充模过程的三维流动行为。并通过聚碳酸酯材料不同应变速率和温度下的单轴拉伸和压缩试验，建立了聚碳酸酯的拉伸—压缩统一本构模型。本构模型有效的描述聚碳酸酯的应变速率相关效应、温度相关效应、软化、硬化、拉伸压缩性能不对称等复杂力学性能特征，为合理预测航天面窗的服役行为奠定了重要基础。

随着我国载人航天工程战略的第三步空间站建设的临近，我们希望利用工程塑料制造的新一代航天面窗不仅给航天员提供了观察太空世界的眼睛，更要像保护眼睛一样保护着我们的航天员的生命。

(作者系中国科学院院士，国家知识产权局局长)