我一直主张做“高级科普”

——访中国科学院院士、古生物学家舒德干

□ 科普时报记者 侯 静

科普达人

最近，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》，科技部、中央宣传部、中国科协关于印发《“十四五”国家科学技术普及发展规划》的通知，在社会各界产生了巨大的反响。坚持把科学普及放在与科技创新同等重要的位置，要“为实现高水平科技自立自强、建设世界科技强国奠定坚实基础”，科普工作被提升到了前所未有的地位。

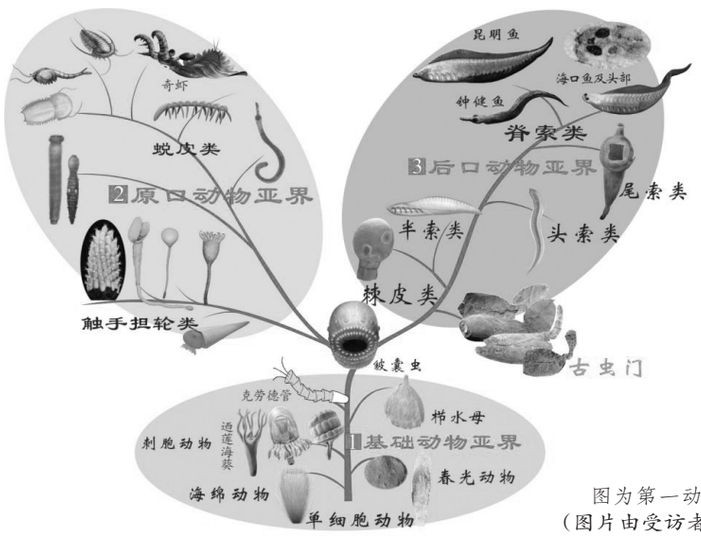
一些奋斗在科研一线的科学家在探索“科研与科普比翼齐飞”方面，作出了有意义的探索，取得了良好的成效。中国科学院院士、著名古生物学家、西北大学教授舒德干就是其中一个典型代表，科普时报记者对他进行了专访。

记者：古生物学是怎样的一门科学？在这一领域，中国学者有哪些贡献？向公众进行古生物学科普有何意义？

舒德干：确切地说，我研究的领域是“进化古生物学”，属于进化生物学的一个实证分支学科，它与传统古生物学在研究内容和方向上存在明显区别。

我做科普起初也是“被逼出来的”。上世纪末期，我在澄江动物群研究中取得了一些成绩，在英国《自然》杂志上连续发表4篇论文，尤其是1999年发现的“天下第一鱼”，被学界公认为人类在脊椎动物大家庭里的“鼻祖”，在国际上引起强烈反响。于是，许多研究单位和大众媒体“逮住我不放”，邀请我用“接地气”的方式进行科普介绍。日本有一个叫“生命之海”的博物馆聘请我任荣誉馆长，要求每年按时去日本作科普报告，13年间每年更换一个主题。为此，我不得不从繁重的科研任务中挤出一些时间做科普，不仅演讲早期生命演化的真实而生动的故事，而且努力深入浅出地介绍我提出的“三幕式寒武纪大爆发假说”。这对于我来说义不容辞，因为它是“进化论十大猜想”中唯一由中国学者提出的科学猜想或假说。此后，我的科普工作便逐步由被动转为主动和自觉。

在这个过程中，我也理解了科研和科普“双翼齐飞”的重要性。这正是我做科普的意义所在：既传播了进化古生物学的诸多重要新发现，更与大众分享了中国学者的科学思想，这是一件既利于社会发展和科学进步，又令大众愉悦的美事。



图为第一动物树
（图片由受访者提供）

记者：通过网络做科普，这种新形式有何特点？制作科普视频时，您在话题选择、讲授形式等方面，有哪些特别的设计？

舒德干：通过网络做科普，可以大范围地接触大众，快速地传播科学新认知和新思想。为了能够深入浅出，我尽量在PPT中精心制作各种直观的图片，使深刻的理论浅显易懂。

我的视频报告形式多样，有几分钟的短视频，也有几十分钟的中视频，还有通过大学和研究所平台发布的长视频。观众可以各取所需。

同时，我在中视频和长视频中设置与观众的互动环节，进行平等交流。有一次我给小学生作报告，在后面的互动环节中，我问一位9岁的小朋友“你能够听懂多少？”她回答：“我听懂了80%。”

在话题选择上，我既注重介绍有趣的古老生命跌宕起伏的演化故事，更注意引导青少年关注学术思想创新。只有创新，科学才能进步，民族才有希望。所以，我会介绍达尔文、牛顿、孟德尔等伟大科学家如何实现科学思想创新的生动故事。

在科普事业中，我一直主张做“高级科普”，也就是富有思想创新的科普。

记者：视频课程的很多观众是年轻人，您希望年轻观众在看完您的科普视频后能收获什么？

舒德干：通过科普视频，我对年轻观众有两点期盼。一方面想让他们在听故事的过程中获取一些进化古生物学的有趣知识，更重要的是启发青年人不光是轻松愉悦地“看热闹”，还要学会“看懂科学的门道”，培养他们动脑子的好习惯。最好通过思考，青年人自己能够在实践中创造新知识、创造新思想。

所以，我另一方面的期盼是，年轻观众能够培养出“理性质疑”精神。我国传统文化非常优秀，但也存在一些消极因素，包括“大人说话小孩听”“老师传授知识，学生被动接受”“分数为王”等传统现象，这实际上成为了我国科技创新的无形障碍。所以，在科普过程中我特别鼓励青年听众能够学术平等，勇敢质疑，理性质疑。

记者：您认为在科学普及的过程中，作为院士、专家应该承担怎样的责任？

舒德干：不管是专家还是院士，都应该自觉地为科学研究和科普工作蓬勃开展营造良好氛围，尤其要为各种优秀科普作品的问世鸣锣开道。我曾组织翻译达尔文的经典名著《物种起源》，并应北京大学出版社之邀为其撰写导读；也曾经为一些有分量的科学著作写序，同时更乐意为国内外各种优秀的科普著作撰写推荐序或者推荐语，如英国著名科普作家大卫·爱登堡的《生命的进化》（中文版）、瑞典传奇科学家的科普书籍《尼安德特人》（中文版）、中国科学院南京地质古生物研究所冯伟民的《进化史诗16讲》和地质出版社王章俊的《进化的旅程》等。它们都产生了良好的社会效益。

院士专家们的责任还应该包括，在学术上与年轻人平等对话，推动百家争鸣，自由探索，服从真理；年长者尤其要注意向青年人的创新精神学习。同时，也应该直面科研和科普中的各种诚信问题，敢于坚持原则，不怕得罪人。

我和团队的青年人一直严格要求自己，希望能够坚持科学精神，坚守科研诚信原则，勇于坚持真理，敢于担当，敢于同违反科研诚信的行为说“不”。

比如最近热议的“云南虫是否原始脊椎动物”事件，在国内掀起了轩然大波。尽管该文章发表在美国的《科学》上，但它在科学逻辑、证据和结论上都存在显而易见的问题，并已经在科学界和公众中造成了明显误导。所以，我们必须认真地“理论理论”，搞个明明白白。

云南虫不具备脊椎动物大家庭成员必备的脊索、肌节、脊椎骨、肛后尾和头脑眼等基础器官，它在进化道路上与“第一鱼”昆明鱼目早早地就分道扬镳，成为“两股道上的车”，并步入了死胡同。

我们之所以如此较真，是因为这个问题相当重要，它既是一个科学的真伪问题，同时还涉及一个人人关心的人文哲学命题：究竟谁才是人类真正的远古祖先？谁为祖先们创造了众多基础器官？科学研究和科学传播上都不能稀里糊涂；我们人类不应该随意接受一个强加给自己的“四不像”祖先！

人物档案

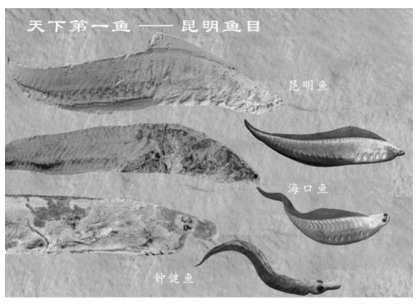
破解达尔文留下的两个世纪难题

舒德干的科研工作一直在试图破解达尔文留下的两个世纪难题：一个难题是达尔文在《物种起源》中留下的对“寒武纪生命大爆发”事件的困惑。对此，舒德干利用团队在澄江动物群研究中取得的系列性科学发现，以及其他早期化石宝库中的化石大数据，提出“三幕式寒武纪大爆发假说”。该假说认为，寒武纪大爆发是渐变与突变的交替，量变与质变的统一，这次宏伟的生命创新大爆发分三幕依次诞生了动物界的三个亚界，从而创造了地球上的“第一动物树”，为后来的“动物星球”诞生奠定了基础。

另一个难题是达尔文在《人类的由来》中留下的，缺失人类远祖创造基础器官的化石证据。舒德干团队在5亿多年前的珍稀软躯体化石库中发现了可能的“第一口”“第一鳃裂”和“第一头脑”“第一脊椎”的化石证据。其中，在国际学术界影响较大的成果之一是发现了地球上最古老最原始的脊椎动物昆明鱼目。

昆明鱼目包括三个属种：昆明鱼，海口鱼和钟健鱼，它们的发现也依次分为三个阶段。1998年12月下旬，舒德干结束在昆明海口的野外化石采集工作，去拜访云南省地质研究所的同行老朋友罗惠麟先生和胡世学。他们拿出珍藏了一年半而未能鉴定的几枚澄江动物群化石标本，舒德干对其中一枚标本在显微镜下观察了片刻，便确定这是脊椎动物。

大约一周后，即1999年元旦期间，舒德干与博士生张兴亮在西北大学标本库中发现了第二枚澄江动物群中的脊椎动物。同年11月，这两枚珍贵化石在《自然》以“长文”形式面世，前者被命名为海口鱼，后者保存更为完整，被命名为昆明鱼。



“天下第一鱼”昆明鱼目的化石及复原图

接下来3年，舒德干团队又采获了500多枚保存更佳的标本，于2003年再次在《自然》著文研究了海口鱼的头部和脊椎骨的细节新知。此外，同年舒德干还在《科学通报》上报道了新属种“钟健鱼”，并建立了“昆明鱼目”。

机遇总是留给有准备的人。昆明鱼目的发现和研究过程显示，其中有“偶然”，有“机遇”，但也应该是“必然”。1994–1996年期间，舒德干研究并在《自然》发表了脊椎动物的早期“远亲近邻”似半索动物云南虫和似头索动物华夏鳗，此时在他的脑子里已经开始形成了早期脊椎动物应该拥有的模样。所以，1998年底当海口鱼标本刚进入舒德干的眼帘，便宛如久违了的朋友见面，一见如故，欣喜若狂，“偶然便成了必然”。

光渗作用成就千古绝句

□ 王 恒

刘长卿是盛唐向中唐过渡时期的一位杰出诗人。他的代表作《逢雪宿芙蓉山主人》，描绘的是一幅风雪夜归图：“日暮苍山远，天寒白屋贫。柴门闻犬吠，风雪夜归人。”“日暮苍山远”勾勒傍晚时分山川的景象，它不仅美，而且很真实。为什么日暮的时候苍山会显得远一些呢？原来，这里面还有一些科学道理。

黄昏时的太阳看起来比中午时大些，是因为我们看白色图形比看同样大小的黑色图形要大些。这在物理学上叫光渗作用。黄昏时，四周天空是暗沉沉的，因而太阳相对显得明亮，而在中午时，四周天空都很明亮，相对之下，太阳与背衬的亮度差没有那样悬殊，这也是使我们看起来太阳在黄昏时比中午时大些。

文艺复兴时期，意大利学者达·芬奇在他的著作中曾对光渗现象做过描述：“隔着太阳窥看树枝，常觉得它变细了甚至于辨别不出。按理，城堡上的炮眼和垛子是一样宽的，然而我看起来前者特别宽一些。”

这样的现象还有很多，比如在天气晴朗的夜晚观看新月时，可以隐约见到月牙里的黑影——俗称“月魂”。人们常觉得月牙部分边缘的半径要比黑影半径大些，丹麦天文学家第谷认为这两个半径的比例是6:5。高悬在空中的输电线，在电线的纵横交叉点上，不是显得更粗而是更细，甚至像要折断一样。与此相反，如果电线后面有深色背景如瓦房顶，就看到电线和瓦楞的交叉点变得很粗，甚至现出锯齿形。

此外，不同波长的光同时通过眼睛的晶状体时，聚集点并不完全在视网膜的一个平面上，因此在视网膜上的影像的清晰度就有一定差别。长波长的暖色影像似乎焦距不准确，因此在视网膜上所形成的影像模糊不清，似乎具有一种扩散性；短波长的冷色影像就比较清晰，似乎具有某种收缩性。所以，我们平时在凝视红色的时候，时间长了会产生眩晕现象，景物形象模糊不清似有扩张运动的感觉。

据说法兰西国旗一开始是由面积完全相等的红、白、蓝三色制成的，但是旗帜升到空中后在感觉是三色的面积并不相等，于是召集了有关色彩专家进行专门研究，最后把三色的比例调整到红35%、白33%、蓝37%的比例时，才感觉到面积相等。

色彩的膨胀、收缩不仅与波长有关，而且还与明亮程度有关。光亮的物体在视网膜上所成影像的轮廓外似乎有一圈光圈围绕着，使物体在视网膜上的影像轮廓扩大了，看起来就觉得比实物大一些。如通电发亮的电灯钨丝比通电前的钨丝似乎要粗得多，这也是光渗现象造成的。

这样的例子在日常生活中也会发现，在黑色纸上的白色圆点看上去要比白色纸上的黑色圆点大，因为相对亮度不同给肉眼造成了错觉。歌德对类似的现象做过研究，他认为：“两个圆点同样面积大小，在白色背景上的黑圆点比黑色背景上的白圆点要小1／5。”这也是亮色在视觉上膨胀性的表现。由于这种视觉错觉，使得一些身体比较胖的人喜欢穿黑色或深色衣服，以达到视觉“减肥”的效果。很多人都发现，宽度相同的黑白条印花条纹布，感觉上白条子总比黑条子宽；同样大小的黑白方格子布，白格子要比黑格子略大一些。这也是人眼错觉造成的。超市中，小商品、小包装若要使它显眼一些，宜采用鲜艳的浅色。如果要它显得高贵精致，宜采用沉着的深色或黑色。为了扩大建筑或交通工具的室内空间感，色彩设计宜采用乳白、浅米黄、象牙白等淡雅明快的色调，可以从感官上增加室内的宽敞度和明亮度。

点光源发出光的强度，随着距离的增加会越来越弱。于是在一般情况下，很多人都会有这样的感觉，光亮的物体显得近些，灰暗或阴影中的物体显得远些。生活中，光源一般是从上往下照射的，所以表面较亮的部分容易被看成凸出来，表面较暗的部分容易被看成凹进去。由此，黄昏时太阳离地平线越来越近，它的明亮程度也越来越小，周围的景物（苍山）也越来越暗，人们感到它越来越远了。同时日落时，太阳看起来比中午时大些，这是光渗作用而引起的视觉现象。太阳看起来变大了，太阳旁边的景物在观察者的眼中就相对变小了。

“日暮苍山远”正是这种感觉的真实写照。

文字里的科学

藏在海底深渊中的“微生物宝库”

□ 肖 湘

南极、北极、青藏高原、马里亚纳海沟并称为地球四极。四极环境条件极端、人迹罕至，其中尤以地球深极——马里亚纳海沟最为隐秘，它代表了一类探索度最低的生态环境——海斗深渊。

海斗深渊一般指深度超过6000米的，具有极端高压、低温、高盐、低溶解氧、黑暗、陡峭闭合地形的深海沟。海斗深渊分布在大洋板块向大陆板块俯冲的地带上，是地球上最深的海洋区域，尽管深渊面积仅占全球海底总面积的1%–2%，但是在深度分布上却代表了45%的最深海洋区域。

深渊主要位于海沟中，目前世界上已知的主要海沟有37条，绝大多数位于太平洋，已知最深的深渊是位于西北太平洋马里亚纳海沟的“挑战者深渊”，其深度超过了10900米。

“可上九天揽月，可下五洋捉鳖”是人类长久以来的梦想，站在现代的技术角度去分析，下海的难度的确不亚于上天，深渊探索的进程彰显了一个国家科学与技术水平的最前沿。

看似荒芜的深渊环境却并非生命禁区，而是存在着多种生命形式。2012年，我国的深潜器“蛟龙”号在马里亚纳海沟潜下了7062米的中国载人潜水记录，由此也拉开我国深渊探索的大幕。我们的科研团队曾多次挺进海斗深渊，在8919米深的雅浦海沟底部，发现并捕获了海参、海星、海葵、海绵等宏生物；在马里亚纳海沟西坑底部，利用诱捕的方法，捕获了两种不同类型的钩虾，采集了海参等样本。这些宏生物的出现，意味着在深渊环境中必然存在丰富的微生物类群，以支撑宏生物在此繁衍生息。

我国的科研团队从马里亚纳海沟海水、沉积物以及宏生物样本体内分离出了细菌、古菌等微生物，并从样品中首次分离获得了耐压真菌，验证了耐压真菌在深渊碳代谢等方面的环境适应性演化。

此外，通过分析来自马里亚纳、雅浦、克马德克等三个海沟样本的19个宏基因组，我国成功构建了目前为止最大的海沟病毒基因组数据库，包含12710个非冗余的病毒基因组，其中99%以上显著区别于已知数据库中的病毒基因组，80%以上无法归到已知分类的病毒种属，证明了海沟病毒有极大地多样性和新颖性。

任何生态系统的运作都离不开物质和能量的流动，深渊系统中的微生物在这方面很可能起到了至关重要的作用。

陆地和海洋表层生态系统依靠光能驱动。植物以及蓝细菌能够吸收光能，利用光合作用固定二氧化碳，产生有机物，进而为其他生物提供能量和有机碳源。但深海缺乏光照，无法进行光合固碳，海洋上层通过光合作用产生的有机物只有不足1%达到1200米及更深的水域，因此深海生态系统中能量和碳源的供给很大程度上有赖于化能自养微生物。

化能自养微生物利用岩石、沉积物、水体中的硫化物、铁、锰等无机物以及从地壳释放出的甲烷这类一碳化合物，通过化学反应合成有机碳，在自身获得能量得以生存的同时，也为深海环境中的其他生命提供了食物。目前我们对深渊的微生物自养过程了解尚不多，不过我们可以参考一类研究较多的，相对较浅的典型深海环境——冷泉。

冷泉是一种典型的深海环境，海底沉积界面之下的以水、碳氢化合物、硫化氢、细粒沉积物为主要成分的流体，以喷涌或渗漏方式从海底溢出，即为冷泉。我国科研人员验证了厌氧甲烷氧化古菌（ANME）在高压下将甲烷厌氧氧化为无机碳的同时也能产生有机碳，为深海冷泉系统提供了碳源。厌氧甲烷氧化古菌介导的甲烷厌氧氧化过程每年消耗约4亿吨甲烷，屏蔽了海底约90%的甲烷释放，不仅深刻影响了深海的碳循环，也对全球气候变化有着不可忽视的作用。

近年来，深渊科学俨然已成为一门独立学科，是人类认识地球过程、了解全球气候变化、摸索生命多重极端环境生存边界的重要窗口。深渊微生物因其在揭示生命极限、元素及物质循环、海洋微生物演化等方面的独特贡献，也成为了深渊科学的热点之一。

深海环境被认为与早期地球有一定的相似性，是研究生命多样性、极端环境适应性和生命起源与演化的绝佳实验场。科研人员前期通过研究典型深海嗜热微生物菌株，提出了“多因子环境适应存在共同机制”的假说。此外，还发现了一个有趣的现象，该超嗜热菌株突变速率和有效种群大小的显著负相关，即有效种群越小，突变速率越高，由此说明基因的遗传漂变，也就是随机性的演化机制导致了深海嗜热极端微生物演变，这与常规环境中普遍遵循的自然选择的演化机制大相径庭。而深渊微生物又将为我们带来哪些颠覆性的发现，如何帮助科学家们去摘取生命科学王冠上的明珠——破解生命起源之谜，值得所有人拭目以待。

研究深渊微生物不仅能带来科学上的巨大突破，也能带来无法估量的现实应用价值。科学家们已经发现了部分具有临床应用前景的深渊微生物，譬如，一种深渊链霉菌产生的系列化合物具有较好的抗菌活性，是万古霉素的8倍。该系列化合物含有四氢吡喃环，因此还可作为化工或医药领域复杂化合物合成的前体或原料。长期的适应演化使得深渊微生物具备耐受高压和极端环境的特质，解析和挖掘相关的活性酶，为工业酶的开发和利用提供了宝贵的素材库。

（作者系上海交通大学教授）

信息快递

我国将利用大型望远镜开展更多国际合作

□ 科普时报记者 代小佩

“进入21世纪以来，自然科学研究逐步进入全球化时代。未来天文学领域的重大发现，有赖于庞大的望远镜设备与国际协同合作。”日前，中国科学院院士、中国科学院国家天文台研究员武向平在2022未来科学大奖周科学峰会“大设备–大科学”专场活动上如是说。

中国科学院上海天文台研究员葛健介绍，利用詹姆斯·韦布望远镜，人类发现了早期宇宙的星系和化学成分、银河系中分子云块内部的恒星、恒星和行星的形成盘、热星吹走尘埃后留下的空洞等现象。此外，天文学家还可利用红外光谱仪研究行星的大气成分等。未来，詹姆斯·韦布望远镜可以与中国在研的地球2.0科学卫星联合研究宜居的类地行星及其大气成分，并探测其中的生命迹象。

中国科学院上海天文台研究员郑倩提到，衡量射电望远镜有四个指标：灵敏度、分辨率、视场大小和巡天速度。借助射电干涉综合孔径技术和数字相控技术，多国参与正在建造的SKA（平方公里阵列射电望远镜）能在上述四个指标方面有优越表现。SKA阵列分为三大部分：低频阵列、中频阵列和碟状天线。预计在2029年底完成SKA阵列10%的建设。

郑倩介绍，SKA阵列一期完成后有两个重要科学目标：研究宇宙中第一批发光天体的产生和形成过程，脉冲星探测。据悉，中国的SKA工作组目前确立的研究方向与国际SKA优先科学目标高度契合。

中国科学院国家天文台FAST首席科学家李菂介绍，FAST目前已取得一系列成就：发现超过160颗脉冲星，发现了人类已知的第一个持续活跃的重复快速射电暴，首次测到了中性氢窄线自吸收塞曼效应等。