

# 把“大科学”变成“大科普”

——实施人类基因组计划对科技和科普的启示

□ 中国科学院院士 中国科普作家协会副理事长 杨焕明



人类基因组计划始于美国科学家1984年的讨论和建议，也是1990年10月1日在美国首先启动的。2003年4月25日，美国、英国、德国、法国、日本和中国的政府首脑宣布这一计划落下帷幕。全球6个国家的16家机构在短短的13年间共同攻下了这个“生物的圣杯”，实属不易。而能让人类基因组计划与阿波罗登月计划、曼哈顿原子弹计划一起，被称为自然科学史上的“三大计划”，并家喻户晓，科学普及和传播的贡献不可或缺，需要大书特书。

说起来，人类基因组计划实施前，政府部门、科学界与社会各界，都有不少反对的意见。他们认为把30亿美元用来说人类的庞大无比的基因组序列，纯粹是拿纳税人的钱开玩笑！此外，这个计划的可行性也是个大问题，很多人认为到2005年完成这个计划是“吹牛”。

说实在的，在那时能否如期完成，谁也心里无底——当时可是连现代化的测序仪器的影子都还没有，有点像“要为不可为”的想象。还有一个障碍便是科学领域选择的问题：自然科学要研究的问题很多，为什么要上这样的计划？这笔钱花到别的地方也许更值得、更实际，更多的科学家还担心“大科学”会影响小科学，“大中心”会危及小实验室的生存。

说话的也很难听，如批评这个计划是“过于偏激、过于集中，目标过多、预算过大”，而得到的东西，只不过是“一张部件名单”而已。

而对于这个计划的具体项目，则更加刻薄，如“制图”是“在沙漠里建公路”，“测序”是“把苹果一个一个摆在地上，选择‘模式生物’是拼凑‘诺亚方舟’”。最后，认为基因组计划建立的新技术，是“不用现在的Saturn火箭”而要“追求奢侈、舒适的航天飞机”。那时，好多人联名写信表示反对，结果原来的预算被砍了不少。

为了使科学计划得到普通民众的认同和认可，解决人们的各种置疑和困惑，科研人员身体力行，使

出浑身解数，到处游说，到处讲演，最后，一个个原本束于高深领域的不善言谈的科学家，竟慢慢都变成了能说会道的科普宣传行家。

或许，“人类基因组计划”是美国历史上规模最大、参与人数最多、最为成功的“游说”。“人类基因组计划”被民众接受的过程，即是社会学家、伦理学家、科学家对民众的一场有关基因的科学普及和传播。

当时，阻力重重。对人类基因组计划最严苛的批评之一，是称人类基因组是个“社会泡沫”。他们说，金融泡沫破灭的时候留下的都是坏账，人类基因组“破灭”，则贻误万世，还断送了整个科学界的名声。十多年过去了，对人类基因组的非议已很少听到了。相反，在它

的引领下，一个又一个后续计划正在进行。

2013年，美国总统奥巴马在国情咨文中引用巴特尔(Battelle)

研究中心的《人类基因组计划的经济影响》报告里的数据称，在人类基因组计划中每投入1美元，就会给美国经济带来140美元的回报。在同一份报告里还这样写道：投入110亿美元的超导超级对撞机估计大概能用30年，投资15亿美元的哈勃太空望远镜预期能用15~20年，而人类基因组序列则不会磨损或过时。相反，人类基因组更像是化学元素周期表，永不损耗，永不过时，将一直是推进科学认知的基础。

也难怪牛津大学著名生物学家理查德·道金斯会说：“和巴赫的音乐一样，人类基因组计划的乐章，将永远地回荡在宇宙间。”

莎士比亚的十四行诗和阿波罗登月计划一样，人类基因组计划是那些能使我们感受到身为人类而自豪的人类精神的众多伟大成就之一。”

饮水思源。人类基因组计划的成功，不仅是几乎直接参与人员的科研成功，也是他们科普的成功。

在这一意义上，还要感谢当时来自政界、科学界、社会各界各阶层的质疑和反对，也正是为了应对这些质疑和反对，我们才把一个大科学变成了一场成功的科普秀。对照如今对于新科学与新技术的质疑，我们是不是也应该反思呢！

人类基因组计划也许可以作为一个正向的参照，为如何更好地推动中国科学和科普的长足发展以启示。



实现星际旅行既是人类探索未知的梦想，也源于对遥远未来地球家园可能毁灭的隐忧。电影《星际穿越》体现了人们对星际旅行的憧憬，满足了观众对星际旅行的视觉观感，电影里对星际旅行的影视化描写也在一定程度进行了一次太空知识的科学普及。比如，有学者认为片中给出了有史以来最为真实的黑洞模拟，而创作这个模拟的人本身就是物理学家。因此，也有评论者将其称为“最科学的科幻电影”。

但是，《星际穿越》毕竟是影视作品，里面的违反科学的“槽点”还是很多的。比如，天文学家认为生物体如果进入黑洞的“视界”，就会被灼热的伽马辐射杀死，也会被引力撕开。离黑洞非常近的时候，人和其他物体一样，引力把一切接近它的物体变成“意大利面条”——被撕扯成细长的一条物质。

还有，电影中星际旅行者到达其中一颗距离黑洞很近的行星，以至于由于强大引力的存在，星球上出现了强烈的时间扭曲，一小时等于地球上7年。但是，天体物理学家认为在距离黑洞的这个位置，黑洞的潮汐力应该足以摧毁这颗行星。此外，在距离黑洞这个距离的星球上，宇航员等来的绝不会是电影中的滔天巨浪，这颗行星应该已经被黑洞的潮汐力锁定，星球一面永远面向黑洞，这意味着会有巨大的海水鼓包出现在正对黑洞的方向，不会横向移动，更不该有浪。

从星际旅行的角度，目前人类的身体只登陆过月球，连地月系都还没有飞出。因此，人类的恒星际旅行、星系际旅行，目前还只停留在憧憬阶段。

除了憧憬人类“飞出去”，人类也一直在期待、找寻外星智慧的到访。从各类怀疑是外星人“座驾”光临地球的UFO报道，轰动一时的“麦田怪圈”，到天文学家搜寻外星人信号、对太阳系外类地行星的观测等严肃的天文学研究，都代表了从公众到科学界对太空来访者的好奇与期待。许多的影视作品也试图描述了人类想象中的外星人到访地球的情景。然而，如果有一天外星智慧光临地球，真的会来“人”吗？来的会是有机生命体吗？

对于有机生命来说，宇宙的环境残酷到无法想象。影视作品为了“让”人类实现星际旅行的梦想，只能设想了许多能恰好满足人类生命生存的太空情境，以至于电影中出现了一个个大“BUG”，引发了观众的一个个“槽点”。

宇宙之大、星际距离之遥远，太空旅程以及太空探索所需时间，远非人类或其他有机生命体的寿命可以承受。恒星际间距离动辄光年计，目前人类所能想到的，诸如：提高飞行器速度的努力，宇航员旅途中身体的休眠以延长生命时间，发现可能存在“虫洞”以找到缩短星际间距离的“捷径”，甚至希望找到可以折叠时空的方法……所有的这些努力，与跨越恒星际间遥远的距离耗时相比，与探索浩瀚的太空所需要的时间相比，都显得远远不够，人类几十年的寿命太过短暂。

对于生命体来说，太空环境之严酷，也远非有机生命体所能承受。为了显示不同行星环境生物体的不同，影视作品创造了各种各样的“外星人”体貌。但是，不管有着怎样的体型外貌，有机生命若想战胜太空中的各种极强烈的致命射线，极端的高低温环境，躲避各种可能的天体撞击，承受各种天体的巨大引力，还要满足漫漫旅途中生命体所需的氧气、水、食物等各种生命保障，困难重重，几无可能。

然而，人工智能的最高级形态——“机器智慧”克服这些难题则容易得多。如果有一天，外星人来访地球，你不一定见得到“人”，很可能是具有高级智慧的机器。同样，未来地球派往太阳系外的恒星际使者也很有可能是具备高级智慧的机器人。即将飞出太阳系的旅行者一号和旅行者二号其实都是地球派往其他星系的太空使者，只是它们还缺乏“智慧”，飞行速度也还嫌太慢。

也有理论认为，随着人工智能和医学、生物学等学科的发展，未来很可能生物智能和机器智能互联互通，以达到更高级的人工智能形态，出现“人机一体”的新人类。由于“人机一体”融合了人的思维优势和人工智能强大的存储、计算处理能力，加之金属结构肢体，大大减少了人体组织，使得其“寿命”大大延长，抗严苛环境能力大大增强，智力水平也前所未有的增强。假如出现这样的“新人类”，探索宇宙的步伐自然可以迈得更远。然而，这种“新人类”还能称之为“人”吗，是否就可以胜任恒星际旅行呢？

不仅仅是探索宇宙、进行星际旅行的需要，遥远的未来，地球如果遇到毁灭性灾难，以人类的肉体之躯，星际移民真的可行吗？探索宇宙深空，延续人类智慧、地球文明的使命最终是否会由人工智能进化而成的“机器智慧”来完成？如果那一天到来，今天人们争论的人工智能跨越人机界限的“奇点”就是真的出现了！届时，人与机器是敌是友？

(作者系科普时报社副总编辑)

## 人类能胜任恒星际旅行吗

□ 陈和利

## 从了解到参与 从参与到推动

那一时期，科研人员经常奔赴各地作讲座报告，甚至还常常利用各种社交媒体，各档电视节目，一再阐述人类基因组计划的重要性和平远科学意义。最终，上至政府高官，下至平民百姓，都参与了进来，都从无知到了解，从了解到参与，从参与到推动，最后一起讨论并进行最后的决策。不得不说，为说服政府与民众，科学家们是做了大量的工作。

很多政府要员与官员也被说服了，责无旁贷地做起了义务宣传员。政府帮忙印了许多小册子，告诉纳税人国家为什么要花这么多钱做这个计划，这钱花的有多值。

美国政府是不能有自己的报纸、电台和电视台的，因此只好印了很多浅显的小册子，如《人类基因组计划多

大》、《了解我们的基因》等，说明“人类基因组计划”的必要性，为什么要花这么多钱，这钱花得值不值，讲得通俗易懂、活灵活现，如比喻人的基因组就像地球那么大，一个染色体就像一个国家那么大，一个基因就像我们所住的楼那么大，搞清楚30亿对核苷酸，就好像搞清楚整个地球上的30亿人各姓什么（假设天下只有4个姓氏），还有“制图”就像在高速公路上设上路标……等等。

可以说，经过各界人士的共同努力和积极宣传，人类基因组计划的反响程度是巨大的，在美国和英国几乎家喻户晓，甚至还写进了中小学的教科书和考试试卷之中。一个纽约的出租车司机都会形象地告诉你：“不就是一个美元测一个碱基吗！”

## 激光清除特高压线路异物



9月6日，工作人员正在特高压线路上使用激光烧熔高压线上的塑料薄膜异物。当日，浙江湖州首次运用激光远程异物清除仪消除1000千伏特高压线路隐患，成功清除导线异物。激光远程异物清除仪采用激光器作为基础，利用激光的热效应除去异物，操作便捷，对电网设备无损伤。

新华社记者 徐昱 摄

## 信息快递

### 第二批国家级星创天地备案审核专家咨询会召开

科技部农村司、农村中心日前在京组织召开第二批国家级星创天地备案审核专家咨询会。会议指出，要支持鼓励在贫困县和国家农业科技园区建设一批星创天地，创新驱动精准扶贫精准脱贫，深入推进农业供给侧结构性改革。各位专家要以《第二批国家级星创天地备案审核指标》为依据，筛选出第二批符合条件的国家级星创天地。

### 中科院老科学家科普演讲团成立20周年

中国科学院老科学家科普演讲团科普著作出版暨成立20周年交流座谈会，日前在京召开。科普演讲团于1997年组建，团员包括中国科学院、相关部委、院校的退休研究员和专家。科普演讲团演讲内容包含40余种学科、行业。1997年至2016年，科普演讲团共实施科普演讲25000余场，累计听众700多万人次。

### 中科院工程院院士遵义工作中心成立

中国科学院、中国工程院院士遵义工作中心成立大会，日前在遵义召开。遵义工作中心将结合遵义迫切需要研究解决和取得突破的重大课题，结合院士专家团队的研究专长，把可合作、可研发、可转化的产业化项目作为优先研究方向，通过一对一对接合作初步达成一批合作课题和项目。

### 国家自然科学基金委将启动一批重大研究计划

国家自然科学基金委员会在2017年共安排39个重大项目，计划资助直接费用69540万元。这些重大项目瞄准国家的实际需求，比如，研究高铁运行过程中动力学难题的“高速轨道交通系统动力学性能演化及控制”，或是与人体健康密切相关的“帕金森综合症的神经分析化学基础研究”。

## 理想城市

### 城市规划师要学点地学基础知识

近年来发生的各种自然灾害，给城乡居住点、居住区、开发区、旅游区及其交通和公共设施造成严重灾难，给人们生命财产带来巨大损失，痛定思痛，除自然因素和其他人为因素外，作为城市规划师应该总结什么教训，承担什么责任？

下面所列举的是大家都知道的例子。

同一震级的地震，不同地区，有的损失大，有的损失小，这是为什么？事后分析是不同区域地质条件不同，这与当初城市或居民点选址有直接关系。

同样的降雨强度，类似区域不同城镇、居民点的损失也完全不一样，如多湖之地武汉，因填湖求得更多建设用地，造成的灾难不期见之于报道，而江浙皖某些控制相对较好的多湖区域城镇洪灾灾害远小于武汉，这与人们对河湖的地学功能认识不同有直接关系。

还有古人对北京城的选址是正确的，自然环境和资源条件（如土地资源、水资源等）完全能满足在当时社会经济水平下的发展，而今天现代北京社会经

济发展规模和现代人的生活方式完全与古代不同，远远超出了自然环境和资源的承载能力，必然承受大自然的报复，产生大城市病，严重威胁到人们的生存，这些至今还没有被人们真正认识。

再有，城镇化过程中，不仅要研究人的需求，更要研究我国960万平方千米国土的自然环境和资源条件，对决策者来说，稍有偏差或失误，都会造成大自然的报复，后果将难以弥补。出了问题推到自然灾害，而无法问责。

由此深感人们对大自然演化规律缺少了解、尊重、敬畏；对地质学、地理学、气象学等的无知。现在是觉醒的时候了，规划师应该学点与地学相关的基础知识。

地学又称地球科学。人类赖以生存的地球处于不断的变化发展中。地球表层有四大圈空间：大气圈、水圈、生物圈、岩石圈。四大圈有规律地运动、变化着。作为自然的人就生活在四大圈空间之中，受其规律的约束。

现代的地球科学包含：地质学、地理学、气象学、生物学、

生态学等，还派生出海洋科学、环境科学、资源（土地、矿物等）科学等等。这些学科之间相互关联，构成了完整的地球科学即地学。研究这些科学可以大大提升人类与大自然和睦相处的自觉性。

目前，城市规划师大部分城市建设科学类专业毕业的背景，进入社会从事规划设计或规划管理工作，接触到的是大量社会经济文化问题，特别是以人为本的理念的推动，常常以改造自然满足人的需求，必然会挤压自然空间，索取自然资源，因而产生与大自然的对立，城市就是为了人们生存而人为造成的与大自然对立的产物。在这一过程中，人们往往忽视自然界自身的发展规律，由于规划师所学知识的局限性，缺乏对地球科学规律的认识，其编制的规划并按照这样的规划进行建设，难免不接受惩罚。

规划师如何学习地学知识？笔者是1963年同济大学城市建设专业毕业生，从事规划建设工作已经50多年，最近在参与地质公园规划工作中与地学专家



（包括地质学、地理学、生物学等）合作，从现场和实际工作中向他们学习了许多地学知识，才发现了城市规划师的专业知识缺陷，深感城市规划师学习地学知识的迫切性。因此很想在有生之年，与地学专家共同努力，以城市规划师为对象，做些普及地学的事，希望更多的地学专家和城市规划师共同来做这件事。

□ 李同德

本文作者系北京清华同衡规划设计研究院遗产保护与城乡发展研究中心顾问总工，高级工程师。主要著作有《地质公园规划概论》《地质公园规划探索与研究》《旅游地学大辞典》（部分条目）等。近年来主持完成及合作完成了包括20多项国家和世界地质公园规划。

北京清华同衡规划设计研究院供稿