

郑永春：深空探测是为人类文明保留火种

□长江日报记者李煦



郑永春

一个月前，中国科协公布了“2024 重大科学问题、工程技术难题和产业技术问题”，其中有一个难题是“冰巨星及其卫星就位探测飞行器技术研究”。

每个字我都认识，但是合在一起，我确实不懂这是什么意思，更别说里面蕴含的意义、价值。

于是我请教了郑永春，他是中国科学院国家天文台研究员，中国科协月球与深空探测领域全国首席科学传播专家，长期从事探月与深空探测等重大科技工作，他还制作过中国第一份模拟月壤。

用过地球仪、三球仪、天球仪的请举手

“你们原来是教什么课的？数学老师请举手。好的，放下。地理老师请举手。好的，放下。物理老师请举手……”

“你们上课时用过地球仪的请举手。好的，放下。用过三球仪的请举手。好的，放下。用过天球仪的请举手……”

这个夏天，郑永春跑了很多地方，他是义务教育阶段课程标准修订组的成员和小学科学教材的副主编，要给各地中小学的科学课老师做培训。作为培训开场白的一部分，他经常问这两个问题。两个问题问下来，他就能对当地的科学课程师资力量、教具配备投入情况有一个基本的估计。

郑永春举起右手大拇指，对着课堂上的学员们说：“来，给老师点个赞！”大家纷纷点赞。郑永春说：“月球和地球都是逆时针自转，也就是右手另外4根手指的方向！你们回去教孩子们的时候，可以用这个小窍门。”不少学员露出了感兴趣的表情。

在3个小时的培训中，郑永春多次随机抽查学员。他允许学员查资料，然后把资料合上，用自己的语言来表述刚学到的知识。他反复强调：“这是费曼学习法。”希望这几个字给学员们留下印象，也许他们回去后能用得上。另一方面，他又多次提醒学员：“科学课的目的不是知识，而是传授一种思考方法；科学教育的重点不是‘是什么’，而是‘为什么’。”

课后他和记者交流，承认“科学课是很难教的”，原因之一是“懂科学的不一定懂教育，懂教育的不一定懂科学”。但是郑永春乐于做科普，他甚至还写了一首《太阳系之歌》，描述了太阳系里的各种星星。

“我们让孩子学习绘画与音乐，不是为了让他们成为画家或音乐家，而是能够在生活中感受到快乐与美。科学教育不是以培养科学家为目的，而是以提升青少年科学素养为目标，这是一个社会变得更美好过程中不可或缺的因素。科学素养对于大众最大的价值，就是它能够赋予人理性思维。用事实和数据说话，对整个社会运行效率的提升是非常重要的。其次，理性思维也让人更全面、客观地评估身边的事，减少诈骗案件的发生，使人趋向平和，避免极端。”

他告诉记者，有调查数据表明，从小对天文感兴趣的青少年，长大后成为科学家和工程师的比例最高，并将终身关注科学。只有了解宇宙的博大，才能体会自身的渺小，对人类社会充满忧患意识，永远怀有谦卑之心。只有了解宇宙、地球、生命和人类的历史，才能体会到人生的短暂，让我们更加专注于有意义的事情，在有限的生命中影响他人，奉献社会。“从这个意义上说，科学教育甚至具有了某种德育功能。”

中国首份模拟月壤取材于长白山

郑永春原本学的是环境保护专业。2000年，他考入中国科学院地球化学研究所攻读硕士研究生。开学不久，欧阳自远院士请新生吃饭，向他们描述了一个遥远的领域——月球研究。那时，月球研究实在冷门，毕业后去哪里就业呢？但郑永春却被点燃了热情。“我突然觉得这个事靠谱，我太想做这件事了。”于是他转向行星科学，从事行星地质和环境的研究，并参与了嫦娥探月工程、深空探测等重大科研项目的研究，并制作成功中国首份模拟月壤。

月壤是小天体和陨石撞击月球表面的岩石后粉碎形成的，直径大于1厘米的颗粒被当作岩石样品研究，称为月岩；直径小于1厘米的颗粒，称为月壤；月壤中直径更小的颗粒，会被当作月尘研究。跟地球土壤由岩石风化、风沙和泥沙搬运，使得土壤颗粒相互摩擦变圆的方式不同。月壤颗粒棱角凸出，呈多边形，颗粒之间的摩擦力很大。所以，月球表面的土壤一旦压实成形，比较容易保持原来的形状，这是月壤和地球土壤的差别。

真实的月壤极为珍贵。“阿波罗”登月和苏联无人采样技术采回来的月壤，其数据、成分都已公布。科学家据此调研中国各地区的岩石、矿物和土壤，发现在吉林省长白山地区有一种火山渣，成分跟“阿波罗14号”登月点采来的一种月壤成分相近。以这种火山渣作为初始物质，经过加工，然后再经过广泛的测试对比，研制成了中国首个模拟月壤国家标准样品。

模拟月壤不只是看起来像就可以了，而是要真的跟月壤颗粒的形状、大小、成分等相似。中国研制的模拟月壤，粉尘非常细，颗粒直径只有几十微米，有些甚至是PM_{2.5}，即颗粒直径为2.5微米，同时棱角很尖锐。当然，这种模拟仍然是有限的，因为它毕竟是在地球上形成的。

模拟月壤的用处很大，比如测试月球车和宇航服。如果月壤进入月球车的轮子内部或机械设备的连接处，或者覆盖在太阳能电池板上，就会干扰月球车和月球探测器的相关工作；如果进入航天员的呼吸系统，就会对航天员的身体健康和心理感受造成损害。所以，研制模拟月壤的目的是为了深刻了解月壤，进而了解月球探测面临的问题，以及未来在月球上生存需要解决的资源利用问题。

在一次国际学术交流会上，郑永春看到了真实的月壤。当时，它被密封在一个小罐子里。郑永春拿出一根磁铁，当他移动磁铁时，有一团月壤跟着磁铁一起移动。郑永春判断，月壤中含有单质的纳米铁，产生了很强的磁性。

在郑永春从事科普的过程中，碰到过许多提问，其中最有趣的问题是“月壤闻起来是什么味道”。这个问题，即便是真正登陆月球的航天员也不一定知道答案。因为月球上是真空，不可能打开头盔去闻。而带回地球的月壤也要完全隔绝地球的大气环境，一旦打开暴露露在空气中，它就不是原来的月壤了。

但是，郑永春推测，真正闻月壤应该是会比较刺鼻。因为月壤中有单质的金属铁等还原性物质，在月球的真空环境中可以稳定存在；可是一旦接触呼吸道中的氧气，它立马就会被氧化，可能会让人感觉像吸入了胡椒粉。



读+：“冰巨星及其卫星就位探测飞行器技术研究”被列为十大工程技术难题之一，为什么要去探测冰巨星及其卫星？为什么这是个难题？

郑永春：这个难题是中国宇航学会向科协推荐的。中国宇航学会认为，海王星是太阳系中距离太阳最远的行星，是典型的冰巨星，也是研究太阳系和系外行星的重要蓝本。通过一次任务实现海王星环绕、大气进入以及海卫一探测，有望获得太阳系与行星起源、生命起源的重要线索，具有重要科学价值。这一研究可以牵引极远距离飞行器智能自主、高效能源与推进、测控通信等关键技术的发展。

冰巨星就是海王星和天王星。我们的太阳系包含三个主要区域。第一个区域为内太阳系，包括水星、金星、地球和火星这4颗类地行星，均为岩石质天体。第二个区域为外太阳系，包括木星、土星、天王星和海王星这4颗类木行星，均为气液态巨行星。第三个区域为海王星轨道之外的天体（简称海外天体），包括柯伊伯带和奥尔特云两片天体密集区。

我们对太阳系的认识还远远不够。在我上学的时候，“太阳系九大行星”给人的印象十分深刻。2006年，国际天文联合会经过投票表决，剥夺了冥王星行星地位，把它降级为矮行星，新

读+：我们看到，在2023年的“十大工程技术难题”中也有一题与深空探测有关，“如何实现核动力载人火星探测的快速往返？”您对火星也有相当的研究，能否为我们解说这一题的含义？在中国深空探测计划中，这些难题占据着什么样的位置？

郑永春：在《2021中国的航天》白皮书里，关于未来5年“深空探测”的内容是这样表述的：“未来五年，中国将继续实施月球探测工程，发射嫦娥六号探测器，完成月球极区采样返回，发射嫦娥七号探测器，完成月球极区高精度着陆和阴影坑飞跃探测，完成嫦娥八号任务关键技术攻关，与相关国家、国际组织和国际合作伙伴共同开展国际月球科研站建设。继续实施行星探测工程，发射小行星探测器、

读+：说到底，人类为什么要去深空？

郑永春：从旅行者2号拍摄的照片上看，地球只是太阳系中一粒悬浮在阳光中的微尘。这个人类唯一的家园十分脆弱。

2013年一颗小行星撞击在俄罗斯的车里雅宾斯克，导致了1500人受伤，7200栋房屋受损，而这只是一次非常小规模的小行星撞击事件——在进入大气层之前这颗小行星的直径仅有18米，撞击后最大的一块陨石碎片也只有1颗瑜珈球那么大。如果换作一个1千米直径的小行星呢？它的威力相当于

探测更远深空的跳板

广寒宫，那是我们遥想的月亮上的宫殿，嫦娥虽然美丽，但只能孤独地居住于此，远离众神，更远离人间。我们今天也会用“都是月亮惹的祸”这样的语言，来为人类的情感错误找理由。而在科幻电影《黑衣人3》中，月亮是人类建造的最高级别的监狱。

宇宙中离我们最近的天体——月亮，在人类文化的坐标系里，成了人类文明外延的边界。

而在人类航天活动中，月球作为人类离开地球大气层后第一个到达的天体，已经成为探测更远深空的跳板，成为人类前往火星和其他深空目的地的中转站和试验田。

深空有多深？中国空间站“天宫”距离地球表面大约400公里，这个高度能够使空间站保持在地球大气层的外部、近地轨道上。月

科里夫妇比翼齐飞 专栏

球离地球则要远得多，平均距离384400公里，这个距离也被称为1个天文单位(AU)。这个距离就是地球周边空间和深空的分界线。

我们知道月球上的重力很低，大气阻力几乎为零，月球上还有可以作为能量来源的氦-3。这些条件，使得月球上发射深空航天器相对于地球发射要容易得多。

而且，就算不在月球上发射，只是把月球基地当作进入深空之前的补给点，也会对深空探索有很大的好处。

而所谓试验田，是因为我们人类移民到其他星球这件事上还需要下大力探索。而月球，就是最好的实验场所。

如果说20世纪的登月是为了秀肌肉，今天人类的登月，已经有了明确的科研价值。

王永芳

李政道与中国高能物理的一次“大转向” 读书

要了解太阳系，必须研究冰巨星

的说法是“太阳系八大行星”。这是科学史上非常经典的一幕。

1781年，英国天文学家赫歇尔发现了天王星，这是人类用望远镜发现的第一颗行星。1846年，法国的勒威耶和英国的亚当斯分别通过计算发现了海王星。这是数学家计算出来的“笔尖上的行星”。自海王星发现后，很多人都在期待第九大行星的出现，对公众而言，发现太阳系中的新行星，意味着太阳系的边界又向外扩充了一圈，具有开疆拓土的意义。这时，狂热的天文爱好者、美国富豪洛厄尔出资建设了一座天文台，购买了当时最好的望远镜，还招聘天文学家来帮他做研究。洛厄尔去世后，他招聘的天文观测助理汤博在1930年2月18日发现了新的行星。很快天文学界就将它纳为行星家族的新成员，并向全世界征集名称。最终以地府之神冥王普鲁托的名字命名，在中国它被称为“冥王星”。

冥王星是美国天文学家发现的，是世界科学中心在欧洲转移到美国的重要标志。美国人为之自豪，称它为“美国行星”。

但是，究竟什么样的天体是行星，200多年来一直没有明确定义。2000年，在美国重建的海登天文馆，抛弃了九大行星的传统布展方式，以全新的方

式，将天体按照自身性质的相似程度进行展示。冥王星因而无法与其他八大行星放在一起展示。此举经媒体放大，在公众中引起激烈争论。

2006年，在捷克首都布拉格召开的国际天文联合会大会经过投票，修订了行星的定义，其中关键的一条是，行星能够清空所在轨道上的其他天体。根据新的定义，冥王星被从行星行列除名，重新归类为矮行星。至此，冥王星地位之争终于落下帷幕。

冥王星为什么被降级？上世纪90年代初，美国天文学家在海王星外的轨道上发现了许多同冥王星大小相似的天体。2005年，人们在柯伊伯带发现了新的天体——阋神星，它的直径比冥王星还大。那怎么给阋神星定位？让它成为第十大行星吗？如此一来，太阳系中的行星数量就会越来越多，而地球人普遍不希望太阳系有太多的行星。所以，将冥王星从九大行星中除名，似乎是最好的解决办法。而且，在冥王星运行的轨道上，还有大量柯伊伯带的小天体，因此冥王星不能清空自己的轨道。这与其他八个行星兄弟就有所不同，这是冥王星被降级的根本原因。

天文学是一门不断更新古老学科。这一刻下的天文定义，很可能在下一秒由于新的发现而被推翻。科学

核动力火箭能让我们飞得更远

完成近地小行星采样和主带彗星探测，完成火星采样返回、木星系探测等关键技术攻关。论证太阳系际探测等实施方案。”

可见，我国深空探测包括探月和火星探测等等。在火星探测方面，2021年，我国天问一号任务胜利完成，实现了“6个首次”：首次实现地火转移轨道探测器发射，首次实现行星际飞行，首次实现地外行星软着陆，首次实现地外行星表面巡视探测，首次实现4亿公里距离的测控通信，首次获取第一手的火星科学数据。通过一次任务完成火星环绕、着陆和巡视三大目标，充分展现了中国航天人的智慧，标志着我国在行星探测领域跨入世界先进行列。

“祝融号”火星车成功登陆火星，中国成为全球第二个成功实现航天器

登陆火星的国家。这是非常了不起的。全球范围内，包括欧洲、日本以及俄罗斯也都想登陆火星。

火箭是航天的基石，也是人类航天领域最大的制约因素。火箭有多大的能力，人类就能去哪里。如果火箭能力不够，我们就无法去往其他地方。目前，我们主要使用固体和液体的化学燃料进行燃烧。因为燃料重，所以燃烧效率有限，导致我们能够去的地方有限。

从长远角度分析，我们确实希望攻克核动力火箭。40多年来，核能发电机已经在25次太空探测中使用，其中包括6次阿波罗载人登月，2次探测木星和土星的飞行，2次探测火星的飞行。飞越冥王星的“新视野”号使用了核能发电机，内装10.9千克二氧化钚，其中的钚-238衰变时会释放出热量，通过温差发电提供稳定的电力，所有的探测设备都将依赖这台核能发电机供电，其产生的电力相当于一对100瓦灯泡。在“新视野”号发射前夕，曾有人进行抗议。但科学家们解释，“新视野”号探测器的燃料箱非常坚固，核能发电机所用的燃料被封装在特制的球形耐火陶瓷中，这种陶瓷有抗分解能力，不易与其他物质发生化学反应，而且外面的密封层完全能经受住坠地撞击或空中爆炸的冲击，发生意外灾难的概率很小，即使发生意外，核燃料外泄的可能性微乎其微。但是核动力火箭需要注意避免核污染。

这可能相对遥远，未来技术需要前瞻性，需要着眼于10年后的产品来研发，直至逐渐成熟。

几百颗原子弹同时爆炸，会带来大规模的自然灾难。

这种撞击在太阳系中屡见不鲜：月球上直径大于1千米的撞击坑就有3.3万个，地球上虽然相对少得多，但也已经发现了176个撞击坑。

这176个撞击坑中，最出名的一个位于墨西哥湾尤卡坦半岛。那次撞击发生于6500万年前，就是它引发了大规模灰尘进入平流层，整个地球被灰尘覆盖，继而降温、冰冻，曾经独霸地球的恐龙，就这样灭亡了。

除了小行星撞击，超级火山爆发、超级地震、超级海啸、地球磁场倒转、超

238衰变时会释放出热量，通过温差发电提供稳定的电力，所有的探测设备都将依赖这台核能发电机供电，其产生的电力相当于一对100瓦灯泡。在“新视野”号发射前夕，曾有人进行抗议。但科学家们解释，“新视野”号探测器的燃料箱非常坚固，核能发电机所用的燃料被封装在特制的球形耐火陶瓷中，这种陶瓷有抗分解能力，不易与其他物质发生化学反应，而且外面的密封层完全能经受住坠地撞击或空中爆炸的冲击，发生意外灾难的概率很小，即使发生意外，核燃料外泄的可能性微乎其微。但是核动力火箭需要注意避免核污染。

这可能相对遥远，未来技术需要前瞻性，需要着眼于10年后的产品来研发，直至逐渐成熟。

浪的下一站就是火星。”

也许火星只是一个开端，一个人类散居太阳系各处的起点。卡尔·萨根曾说：“在过了一段短暂的定居生活后，我们又恢复古代的游牧生活方式。我们遥远的后代们，安全地布列在太阳系或更远的许多世界上……”“他们将抬头凝视，在他们的天空中竭力寻找那个蓝色的光点。”

他们会感到惊奇，这个贮藏我们全部潜力的地方，曾经是何等容易受伤害。我们的婴儿时代是多么危险，我们的出生是多么卑微。我们要跨越多少条河流，才能找到我们要走的道路。