为了把月球“土特产”带到中国

■本报记者 秦志伟

2020年12月17日，中国地质大学（武汉）行星科学研究所（以下简称行星科学所）教授肖龙非常激动。就在这一天，嫦娥五号圆满完成中国首次地外天体采样返回任务。当天下午，他做客该校逸夫博物馆，为广大师生讲述嫦娥五号背后的故事。

2天后，他作为唯一一位来自高校的科学家代表，参加了嫦娥五号任务月球样品交接仪式。看到月球“土特产”顺利地来到地球，肖龙的脑海中浮现出为之奋斗的日日夜夜、点点滴滴。


肖龙在交接仪式现场。

这是我国首次地外天体采样，肖龙团队每走一步就像遇到一座山，但他们并没有被眼前的山吓倒。

10年模拟月壤超100吨

肖龙是嫦娥五号钻取子系统飞控专家组成员。他带领的行星地质团队主要参与嫦娥五号选址区研究、负责研制模拟月壤用于取样试验验证工作，同时还开展了利用模拟月壤进行样品研究的准备工作。

早日见到月球样品真容，是肖龙期盼已久的事。“我和全国相关领域科学家一样，期待早日获得实际样品开展研究，尽快把工程成果转化为科学成果。”他告诉《中国科学报》。

2011年，中国探月工程三期嫦娥五号正式立项。而早在2009年，肖龙团队就开始模拟月壤预研工作。那时，采样工具和方案主研单位迫切需要了解月壤的性质，并且需要使用类似实际月壤的物质作为对象，开展采样试验方案和采样工艺的验证。

“当我们接到这一任务需求时，心情非常激动。”肖龙说，他们以往都是在探测数据回来之后才有机会做些研究工作。“如果能够在前期为这一重大工程的实施贡献力量，那是再好不过的了。”

尽管当时是预研，嫦娥五号能否真正立项还未知，但肖龙团队没有犹豫，全身心投入这项工作。

需要的模拟月壤用量大，没有现成的经验可以参考，这是肖龙认为最具挑战性的环节。难在如何判断采样点的月壤性质，包括物质组成、粒度大小和分布、内聚力和内摩擦角等性质，其中物质成分是主要影响因素之一。

为此，肖龙团队通过对阿波罗样品的调研以及其他可能的月壤性质评估，再结合对着陆点的地质分析，做出模拟所有不同类型月壤的研制方案。

接下来就是模拟出月壤。没有现成可供参考的方法流程、经费短缺、没有试验和样品存放场地……因为这是我国首次地外天体采样，肖龙团队每走一步就像遇到一座山，但他们并没有被眼前的山吓倒，而是通过反复摸索试验攻克技术难题、校友帮助降低研发成本、腾出自家车库转存原料和样品等，最终取得了满意的成果。

团队成员、行星科学所讲师王江一直在和肖龙一起做这项工作，但当时他还是一名研究生。他向《中国科学报》回忆，自2009年到现在，肖龙家的车库一直是被用来放模拟月壤的。

鉴于不同的工况，肖龙团队研制出十多种类型的模拟月壤，包括不同成分、粒度、深度剖面及低重力环境下的模拟月壤。“这些不同类型的模拟月壤，是在7年左右的时间研制完成的。”王江说。

当嫦娥五号的发射时间由2017年推迟到2020年后，肖龙团队又利用3年左右的时间，配合主研单位完善钻进工艺方案等。10年来，肖龙团队累计提供的模拟月壤重量超100吨。

肖龙团队直接服务对象是钻取子系统负责单位。据他介绍，工程单位利用不同类型的模拟月壤开展试验，在试验中不断试错，进而制定各类故障的排除方案，把月面会遇到的情况都尽可能想到了，并不断提高模拟月壤的真实度，最大程度地保证采样成功。

完成1∶25万地质填图

嫦娥五号落在哪儿，也要经过前期周密的谋划。从2016年开始，肖龙团队承担中国地质调查局“嫦娥五号预选着陆区1∶25万地质图”任务。

“1∶25万的地质意义是，图面上表达的最小单位是1毫米，也就是说月球上大于250米的地质体都要反映到图面上。”肖龙介绍道，这个比例尺的填图方案是综合考虑了图幅范围内地质现象的复杂程度和填图的目的后确定的。

工作难度又来了。1∶25万地质图的填图规范没有，更缺少现成的资料。

虽然肖龙团队曾对嫦娥三号着陆区进行过地质单元划分，也完成过数量众多的地球地质填图，但这与填制一幅高标准的月球地质图不可同日而语。

为了解决这些问题，肖龙团队只能从已有的小比例尺月球地质图及相关的填图规范出发。首先建立填图的标准，包括明确月球地质图的填图单元、使用哪些图例、如何挑选地质单元颜色等，还要保证我国的地质图符合国际标准。

功夫不负有心人。在与中国地质调查局共同努力下，肖龙团队圆满完成了这一重大任务，弥补了预选着陆区没有大比例尺月球地质图的空白，为后续地质研究提供了基础资料。

但对着陆区的选择，并不那么容易。10年前，我国还没有选定着陆采样区，只确定在月球正面的月海区域。后来，经过科学家与工程单位的多次联合论证，最终把采样区定在风暴洋北部的吕姆克山地区，面积约5.5万平方公里。

“这一选项，主要基于工程可以安全实施和较好的科学产出两大因素。”团队成员、行星科学所博士生钱煜奇表示，这里远离美国阿波罗和苏联的无人采样点，出露的岩石也有差异。但这个区域非常大，涵盖了多个地貌和岩性单元，包括一个巨大的火山穹隆（吕姆克山）、西边的古老火山岩区及东部的年轻火山岩区。其中，还有很多次级的地貌单元。

“我们把预选着陆区有较大科研价值的目标都做了研究，类比了各自的科学价值，也为模拟月壤研制提供依据。”团队成员、行星科学所副教授赵健楠说。

实际钻取深度不到2米

作为钻取子系统飞控专家组成员，肖龙用“刻骨铭心”“终身难忘”来形容他见证月面采样的整个过程。

坐在飞控室，肖龙最期待的就是嫦娥五号着陆后能第一时间看到监控相机传回的采样点图像，这样便可大致判断采样难度。“考虑到技术成熟度的不同、钻取的不确定性大，我最担心的事情就是钻机下方出现大石块。”对于肖龙来说，这种等待既兴奋，也是一种煎熬。

奇怪的是，着陆后，肖龙所在的子飞控室并没有收到监控相机的画面。“当时的焦虑真是难以言表。”肖龙说，“但很快，从主飞控室传来一张纸条，上面写了着陆点的具体位置以及预估的月壤性质信息，询问我月壤的可钻取性时，心里才稍微踏实了一点。”

随后，肖龙才正式看到监控相机的画面。“我当时还是很紧张的。”肖龙告诉《中国科学报》，因为他所见的画面比阿波罗采样点的情况要复杂，月壤粒度明显要粗，表面以下的土壤中遇到大颗粒的概率更高，“相当于直接面临挑战工况了”。

钻机开始工作后，从表面钻到接近1米深时，还相对顺利。后来遇到大石块时，意外发生了——钻机启动保护性停钻。尽管地面指挥中心采取了一系列措施，但依然没有能够继续钻下去。为了保护已取到的样品及后续的表面挖取样品工作，最后的实际钻进深度不到2米便宣告收工。

“当时我虽心有不甘，但完全理解和支持这一决定，也更加理解采样工程的难度和风险。”肖龙表示，与钻取相比，月球表面取样进展顺利，使得最终采回的样品达到1731克。

不过，这距离对月球样品开展研究还有段时日。肖龙介绍道，2020年12月19日举行样品交接仪式时，样品是被密封在样品容器中，打开需要在十分严格的环境中进行，否则样品容易被污染。据悉，国家航天局已在国家天文台建立了月球样品存储中心。

可能改写对月球演化历史的认识

采样地点的选择也是有讲究的。最终选择的地点是东部的年轻玄武岩区，“也是我们所期待的”。团队成员、行星科学所副教授黄俊说。

肖龙向《中国科学报》进一步解释道，因为这里的土壤是更为年轻的玄武岩风化形成的。该地火山喷发的年龄可能在距今15亿年左右，而美国和苏联采集的火山岩样品都是早于31亿年形成的。

更为关键的是，这一年龄差别有重要的科学意义。

过去的50年里，人类对月球科学的认知多与样品的研究有关，包括地月系统的形成、月球的起源、月球核幔壳圈层结构的形成机制、月壳的组成、火山活动历史、小天体撞击历史和潜在矿产资源等。而样品来源主要是阿波罗样品和月球陨石样品。

“以前，科学家普遍认为月球的火山活动早在31亿年前就停止了，或者说月球的生命周期就结束了。”肖龙表示，而我国取回的样品，很可能会改写人类对月球演化历史的认知。

但如何在保证样品不受污染的前提下，使用最小量的样品获得更多的数据和成果，是当务之急。据悉，国家国防科技工业局探月与航天工程中心主导制定了月球样品使用的相关规定，近期将对外发布。

作为嫦娥三号和四号探测数据研究核心团队的组长和副组长，肖龙感慨道，“如果仅仅依靠国外的探测数据，我们是不可能取得这些成果的。国家花费如此多的人力和财力去月球采样，就是要在月球和行星科学领域向世界贡献中国智慧和中国力量，这是科学家报效祖国和人民的光荣时刻。”

嗜盐古菌的追寻者

■本报记者 温才妃 通讯员 吴奕

每天绕着校园西区跑步，闲暇时间去健身、爬山、骑自行车……这些都是江苏大学食品与生物工程学院教授崔恒林的必备动作。坚持运动，一方面是出于自律，另一方面是工作需要。

“嗜盐古菌通常生活在不毛之地。高盐、极寒、强光，非常极端的环境下它都能坚强地存活。”崔恒林和嗜盐古菌打交道20多年了，哪里有嗜盐古菌，他就赶往哪里。

寂寞坚守

崔恒林的实验室摆放着各种“瓶瓶罐罐”，里面装着的液体颜色深浅不一，有深粉、浅粉、水粉，有正红、深红、淡橙……“这些都是嗜盐古菌，到我的实验室里看到的全是盐。”

嗜盐古菌生活在高盐环境中，这些样品都是他从全国各地的盐湖、盐矿、盐田、盐碱地收集而来。2018年7月，他去西藏多地采集高海拔盐湖样品；2020年7月，他又花了一个月时间前往青海大部和海拔4200米以上的玛多县盐湖采样。

古菌是进化世系中不同于细菌和真核生物的一类原核微生物，而嗜盐古菌是需要高盐维持生长的一类古菌。在高盐、极寒、强光等极端环境下，嗜盐古菌的存在印证了生命进化的奇迹，因此常被作为生命起源与进化研究的重要模式生物。

“古菌物种已经出现了几十亿年，可以算是活化石级别的存在。”崔恒林长期致力于嗜盐古菌资源与应用研究，分离保藏了近万株来自我国不同盐环境的嗜盐古菌，已发现并描述了嗜盐古菌纲14个属级和68个种级分类单元，因此当选为国际原核微生物系统分类学委员会嗜盐古菌分类学分委员会委员，也是发现嗜盐古菌物种数最多的一位中国学者。

这注定是一个小众且孤独的研究领域。描述分类一种嗜盐古菌，顺利的话大概需要三年的时间，一如嗜盐古菌本身的特性，个体小、形态结构多样、生长缓慢。在我国，仅有不到10所高校和科研院所、不足百名科研人员从事嗜盐古菌研究。

崔恒林却认为，这样的坚守很有必要，也非常有意义，“充分挖掘微生物资源固然重要，然而先决条件是要把它培养出来。找到它、看到它、研究它，把新物种资源真正保藏下来”。

科考惊魂

崔恒林有着严重的高原反应。为了采样，他前往西藏、青海多地，白天赶路、采集样品和现场测试，晚上还要处理样品。

随着近海环境中古菌的突破性发现，崔恒林团队也在我国近海沉积物中发现了嗜盐古菌，现在正试图寻找深海环境中嗜盐古菌的存在。

2020年10月底，历时50天的西太平洋航行结束，崔恒林完成了中国大洋61航次科考任务，顺利返回。他采集了深海结壳区的沉积物样品，计划通过富集与分离，探索深海沉积物中的嗜盐古菌。这也是他第二次参加中国大洋科考项目，此前他还于2016年参加了中国大洋40航次科考。

此次航行实行的是50天不停靠航行，需要坚强的体质和意志，要扛得住风浪，也扛得住寂寞。尽管平时已经有良好的身体基础，崔恒林还是提前三个月就开始了体能准备。

作为科考队员，崔恒林参与到甲板作业，后半程则是大夜班作业，样品采集后还要第一时间进行富集培养处理。四五米的风浪是“家常便饭”，摇晃得很厉害的时候，崔恒林有自己的“抗摇绝招”，“吃不下，还是尽量吃；晃得厉害的时候，就去健身”。在完成科考任务的间隙，他还每天坚持修改学生论文。

一次回收科考装备时，装备上的固定绳意外地绕进了科考船引擎的螺旋桨上。这种情况极为少见，迫不得已船员们关闭了引擎，通过水下摄像辅助进行人工切割作业，用了三天时间才将固定绳割断，顺利自救。这时，科考船已经在大海上漂浮了三天三夜，漂出了100多海里。

“想想都很惊险，又有些后怕。”可是有机会出海科考，他还是想去。

崔恒林的家乡在海边，海边出生的人对海洋有一种天生的亲切和向往。从近海到深海，崔恒林一直都认定那里有着嗜盐古菌的存在，只是人们还没有发现而已，“它就像一个宝藏，静静地等待着寻宝人去挖掘”。


科考途中的崔恒林（左一）

应用之梦

嗜盐古菌呈现出不同的红色，是因为含有类胡萝卜素。它的抗氧化能力很强，可以用于制作生产食品添加剂、日用品等；

嗜盐古菌生存的极端环境，可以模拟早期地球的环境，探究外太空环境中生命存在的可能性；

……

说起嗜盐古菌，崔恒林就像说起自己的孩子，眉飞色舞。这份对事业的热情与执着，也吸引着越来越多的人聚集到他的团队。

早在中国科学院微生物研究所读博时，侯靖就听说师兄崔恒林被称为微生物所“可培养研究领域的第四代传人”。有一次，师姐告诉她，刚从事嗜盐古菌研究时对很多实验细节不清楚，向不同课题组的崔恒林请教，他不仅耐心地讲解教授技术，还经常陪同做实验到凌晨一两点。

在入职江苏大学的第一天，侯靖一大早在学院大厅见到崔恒林时，他手里拎着两大袋从超市采购的海带，“这是给学生做试验用的”。把侯靖带到实验室后，崔恒林又在超净台前亲自动手做起了试验。那两个瞬间，侯靖被彻底感动了。

“想一想，如果学生是你的孩子，你会怎么去教？”崔恒林常对团队教师说。日本东京大学博士毕业的朱琳在助理教学期，听了崔恒林整整一个学期的《微生物学》课程。“50学时的课，每节课都让我有收获。”朱琳说，崔恒林会在每节课前修改课件，根据学生背景修改上课内容，增加最新的案例和科研进展。

正因为高度的专注和深厚的热爱，崔恒林培养的研究生都非常优秀，均在领域内的国际权威期刊上发表了学术论文，多人获得校长奖学金、国家奖学金。研三学生殷雪曚表示，“老师就像亲切的家人，不同的学习阶段给予不同的指导，深入我们每个学习细节。”

“原本我也是个急性子的人，就是因为和嗜盐古菌打了交道，慢慢把性子磨平了。”崔恒林说，嗜盐古菌是一种“特别慢性子”的物种，像从大洋科考带回来的深海沉积物中古菌的富集培养就要两个多月的时间，而进一步研究可能需要两到三年甚至更长的时间。

崔恒林还有个梦想。

在实验室内，崔恒林团队把嗜盐古菌应用于改善传统鱼露发酵，获得了风味、营养和安全性俱佳的新型鱼露。通过研究发现，嗜盐古菌产生的蛋白酶和亚硝酸盐还原酶，可使发酵海产品口味异常鲜美，“特别是和传统腌制发酵食品相比，亚硝酸盐含量可以降低60%，食用起来更加安全可靠”。

他们正在通过基因工程技术发酵制备可用于食品加工的新型酶制剂，期望尽快实现工业化生产。“发现嗜盐古菌资源，并且把它应用好，也是对这种古老生命形式的一种尊重和敬畏。”崔恒林说。

师者

赵勃：让课堂“有灵魂”

■本报记者 陈彬 通讯员 毕莹莹

“无论做什么，一定要做好充分准备，因为命运钟情于有准备的人。”近日，南京邮电大学学生眼里的“宝藏老师”赵勃，获得了第五届全国高校青年教师教学竞赛工科组一等奖第一名，这也是参赛以来江苏省取得的最好成绩。

赵勃把65天的比赛准备过程，打造成自己的“长定时”磨炼之旅，用20个教学节段、20个PPT、近500兆的动图、140页教学设计、6万字的讲稿、无数次的实战演练，助推自己登上了最高领奖台。

B站课堂用世界名曲开场

当巴赫的《C大调前奏曲（BWV846）》响起，赵勃在哔哩哔哩（B站）的第一节课开课了。BWV846是48首《十二平均律曲》的第一首，赵勃用它呼应第一节课的开始。

2020年上半年疫情期间，赵勃自创“双机三屏”在B站平台上进行课程直播，把外接显示器当“黑板”来用，线上写板书。每节课他都借用世界名曲开场，形式充满了“灵魂”。为了配合每节课不同的音乐，赵勃还会选一张电影或乐队海报作为封面图，作为一节课的“开课仪式”。课间休息时则放一首舒缓的钢琴曲，封面多半是一只小猫慵懒地趴在琴键上。

为了让学生更好地理解理论知识，赵勃在讲课时会穿插歇后语、名人名言、热门词汇、春晚台词等生活中的例子。在讲PLC（可编程逻辑控制器）的输入和输出时，他把输入端口比作“写轮眼”，程序执行比作“学霸”，输出端口则比作“哪吒”，丰富的人文色彩、生动的比喻，让枯燥的理工科知识生动易懂。

“我真心地感谢各位同学的配合和支持，希望世界像这台电机一样好好地运转下去。”在课程完结篇，赵勃和学生们说再见，随着电机的转动，视频里响起了*Hey Jude*的音乐。这首伦敦奥运会开幕式压轴歌曲，寓意着线上课程告一段落。

课堂上的“十八般武器”

弹得了吉他、吹得了口琴、画得了素描、说得了评书的赵勃，课堂上还有更加丰富的内容，精心设计的电子教案、板书和PPT是他的“法宝”。

“不是教教材，而是用教材教。”在吃透教材的前提下，赵勃每次备课都下足了功夫，认真梳理优化教学内容。赵勃设计了一段大约8分钟的评书《包公案》，用以说明过程复杂的“海明码编码与教验纠正过程”，活泼的形式让学生记忆深刻。

虽然有PPT，但赵勃依旧青睐于板书，“我对黑板是情有独钟的”。赵勃说，他要把这一爱好尽可能地融入每一节课。

一块黑板哪块地方该写什么、什么时间写什么内容，都是要提前规划好的。赵勃会用不同颜色的粉笔做好知识的分类和提示。“一个字、一个字写下板书的过程，就是学生们领会知识的过程。”

赵勃不会事先概括一节课的标题，而是讲到某个知识点，水到渠成地写出标题，目的就是留给学生足够多的空间，由点到面思考。上课前，赵勃还会在旁边的教室提前演练板书。授课的第一个学期，他便收获了学生的最高评分。

65天的“长定时”磨炼

得知将要代表江苏省参加国赛时，赵勃开启了长达65天的“长定时”磨炼之旅。

“黑板上的高考倒计时”“电子设计大赛限时4天3夜”，这些都是生活中的“长定时”。在准备“长定时”教学节段时，赵勃从国家大事的倒计时出发，培养学生的爱国主义情怀；通过多次延长定时时间，培养学生永不止步、极限探索的科学精神。

20个教学节段、20个PPT、近500兆的动图、140页教学设计、6万字的讲稿，赵勃对它们逐一完善，成百上千次地校对。在准备教学设计时，因为频繁的打字导致手指抽筋、不灵活，赵勃为了保持进度，想到了语音录入。动图是怎样做成的呢？赵勃解释道：“先用PPT做出动画效果，再通过录屏软件录下来，一个GIF动图就做成了。”

赵勃还为每一节段内容设计了专属板书，根据不同的授课内容设计不同的风格，运用插图、流程图、示意图等多种形式，将书本上一行行的铅字转换成条理清晰、图文并茂的“艺术范”板书。就这样，大赛渐渐临近了，绝大多数教学节段他已倒背如流。

“梦想总是要有的。全新征程已经开启，当打之年，无怨无悔！”正是这样一个不断追梦的青年，在五六年前与南邮结缘，如今凭借这样的成果，绽放在当打之年。


赵勃

社址：北京市海淀区中关村南一条乙3号 邮政编码：100190 新闻热线：010－62580699 广告发行：010－62580666 62580707 传真：010－62580899 广告经营许可证：京海工商广登字20170236号 零售价：1.20元 年价：238元 工人日报社印刷厂印刷