

“小曲线”解锁嫦娥落月

■本报记者 温才妃 通讯员 许文艳

回想2013年“嫦娥三号”首次成功软着陆的时候，陈熙萌全程盯着直播画面，缓缓吐出一口气：“这事终于成了。”2020年，“嫦娥五号”快要在月面上着陆时，我一直密切关注着动态，不知怎么就红了眼眶，情绪难以平静，持续了很久。”邵剑雄扶额停顿了一下说。

2020年12月1日，中国“嫦娥五号”探测器在月球成功软着陆，并于12月17日安全返航，成功完成了我国首次地外天体着陆并采样返回任务。这背后凝聚着一群兰大人的智慧。

兰州大学核科学与技术学院教授陈熙萌和邵剑雄科研团队与航天院所有关单位合作，承担了“嫦娥五号”软着陆关键装置——伽马关机敏感器近月面精确测高曲线以及月球着陆环境影响的研究工作，成果应用于“嫦娥五号”首次月面软着陆并返回任务。

当难题遇到勇气

在整个大工程中，他们虽然做的是“小事”，但在“月面软着陆”这件事上，却持续起到了关键的作用。

在“嫦娥五号”落月最后阶段，“精确”测定嫦娥着陆器距离月面高度，确保反推发动机在合适高度处关机，成为“嫦娥五号”把握时机、踩准“刹车”的关键一环，关系到整个任务的成败。在月球复杂环境和动态着陆下，能够在极低空“精确可靠”地测定高度很有难度。“嫦娥三号”任务之前，在月球上人们没这样干过，当时航天院所一直在寻找解决方案。

接到航天院所邀约电话的时候，陈熙萌正在外地开会。他明白这个课题很有挑战性，便赶回学校和邵剑雄商量。“敢不敢接？”他平静地问。“硬着头皮也要上！”邵剑雄回答。

在这之前，陈熙萌、邵剑雄团队进行了“大真空罐”的物理分析及设计，通过系统计算及周密论证，用详实的数据为最终建立起这个“大真空罐”奠定了坚实基础。“现在看来，这个装置是建对了，嫦娥任务、火星任务模拟试验，包括未来月球探测、深空探测模拟试验都可以在这个装置中进行。”邵剑雄说。

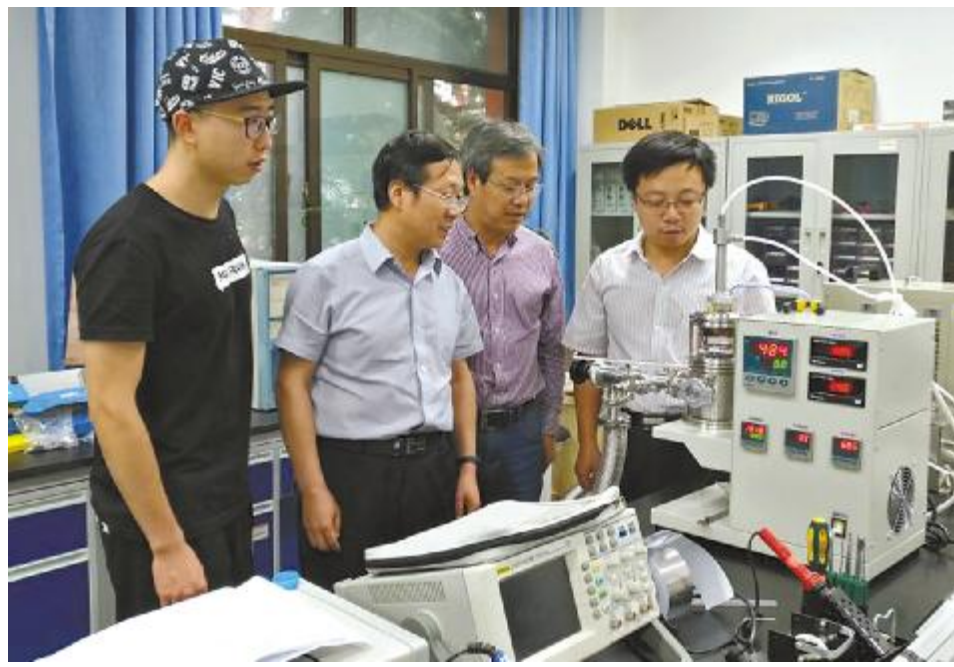
获知这一信息，在“嫦娥三号”任务时，航天院所有关单位就找到他们。十多年来，他们合作的成果被“嫦娥三号”“嫦娥四号”“嫦娥五号”连续应用。其中，五号装置对之前三号和四号装置进行了优化，提高了精度和可靠性，确保了此次任务的完成。

他们认为，这不仅仅是一个国家战略需求，还是将所学真正用上并为国家做贡献的难得机会。此外，航天是一个重要领域，打开这扇门后，有广阔的应用前景。

“嫦娥五号”的任务比“嫦娥四号”更加复杂，要完成着陆、采样、上升、返回任务，其中一个难题是在极端和复杂月面环境下，排除干扰、精确测高，确保“嫦娥五号”稳定工作。而月面软着陆环境复杂，在极低空处其他测距方式不适用或者精度不够。他们选择了伽马射线这种穿透力强的高能光子，通过系统性研究及试验验证，保证了精确测高。

根据伽马射线的康普顿散射效应，发射器发射伽马射线，接收器接收从月球环境中散射回的伽马光子，接收到的光子数目和高度存在着对应关系。然而，这个对应关系，即月面测高曲线是未知的，之前无人测算，更不用说精度问题了。陈熙萌、邵剑雄团队通过大量科学的理论分析、工程化计算，并结合系统性的试验验证，与航天院所同志们共同确定了这条测高曲线，以确保“嫦娥五号”这一更为复杂的体系软着陆成功。

“伽马射线的放射源只有小拇指盖大小，对应着一个圆锥形照射面。”邵剑雄比了比小拇指。在“嫦娥三号”任务中，团队发现



在空间核电源实验室，陈熙萌（左二）、邵剑雄（右一）正在指导研究工作。

接到航天院所邀约电话的时候，陈熙萌正在外地开会。他明白这个课题很有挑战性，便赶回学校和邵剑雄商量。“敢不敢接？”他平静地问。“硬着头皮也要上！”邵剑雄回答。

有着陆腿在放射源的照射范围之内，提出调整着陆腿角度的建议。这是“牵一发而动全身”的工程问题，必须经过充分严谨的工程计算验证。团队用精确详实的研究结果，证明了调整着陆腿角度的必要性。

走在前头的考虑

在“嫦娥三号”任务时，航天院所有关单位提出建立一个“大型月面软着陆环境模拟装置”。考虑到时间紧、任务重、责任重大，对是否建这个“大真空罐”是有争议的。

在这之前，陈熙萌、邵剑雄团队进行了“大真空罐”的物理分析及设计，通过系统计算及周密论证，用详实的数据为最终建立起这个“大真空罐”奠定了坚实基础。“现在看来，这个装置是建对了，嫦娥任务、火星任务模拟试验，包括未来月球探测、深空探测模拟试验都可以在这个装置中进行。”邵剑雄说。

获知这一信息，在“嫦娥三号”任务时，航天院所有关单位就找到他们。十多年来，他们合作的成果被“嫦娥三号”“嫦娥四号”“嫦娥五号”连续应用。其中，五号装置对之前三号和四号装置进行了优化，提高了精度和可靠性，确保了此次任务的完成。

还在扬州发起成立了专门的江豚保护组织——扬州江豚保护协会。

也就在白发苍苍的陈宜林在台上讲述江豚的习性，以及他们保护江豚的故事时，一个想法在冯凌燕内心萌芽了——为江豚，以及那些保护江豚的人们写一首歌。

“在当今社会，其实很多人都是逐利的。只要不触及法律和道德的底线，这当然无可厚非，但我更敬佩台上的这群为公益而忙碌的人。尤其看到他们被阳光晒得黝黑的皮肤，我越发能感受到他们坚守一线的不容易。在我眼中，他们越可爱，我就越想为他们歌唱。”冯凌燕说，“如果我的歌声能够使更多的人关注环境，投入到江豚保护中来，善莫大焉。”

为了写出“真情实感”

种子很容易种下，但长成果实却不是一件容易的事。从开始创作到词曲完成，冯凌燕和她的爱人——歌曲的词作者吴俊整整花费了两年的时光。“这首歌我一定要写出真情实感，所以从一开始我们就没有想用几天就把它写完。”

为了加深对江豚生存环境的体会，两人专程乘坐渡轮，在扬州与镇江间的长江江面上一趟趟往返。“当看到以万吨计算的货船在江面上航行时，我震惊了：这些‘庞然大物’产生的浪花、噪声，让江豚如何在长江上通过，又在哪里安置一个小家？”冯凌燕说，这样的情感都被她用一个个音符融进旋律之中。

作为一首为动物保护而写的歌，只有感情而没有科学当然是不行的。为了保证歌曲内容的科学性，在创作前期，夫妻二人一

出色完成“嫦娥三号”任务后，陈熙萌、邵剑雄团队接到航天院所另一个具有战略意义的合作邀请——共同研发深空探测用的空间核电源系统，解决我国空间核动力能源供给终极问题。经过航天型号任务总指挥、总师等鉴定，团队研发产品的核心指标在国内领先，下一步将稳步推进工程化。

在参与探月工程和空间核电源项目中，压力和紧张是不可避免的。谈到解压方式，邵剑雄说：“陈老师喜欢打羽毛球、挥臂运动有诸多好处，也喜欢和我一起聊天；我喜欢一个人静静地待着，就像乌龟，每天爬一点点。”

关于科研工作，邵剑雄透露了他的“法宝”。“心态平和、放松地去工作，不计较一城一池之得失。因为喜欢，我可以尽情投入，享受生活和工作、挑战与失败，敢想敢做，乐在其中。”

打磨“小将军”

陈熙萌、邵剑雄的团队共有10多位教授、副教授、讲师、工程师，以及40余名研究生组成，是集物理分析、仿真建模、产品设计、系统研制、试验验证等科研和工程于一

体化的团队。

“理工结合更能开拓学生的思路，让学生理解‘原理’和‘产品’之间的巨大差异。把活儿做在实处，在实处把活儿做细。”邵剑雄说。

“陈老师和我对核心工程负责，项目团队分工协作，讲究系统作战、团队协作能力，不能单打独斗。”邵剑雄说，要整体推动一个工程团队的前进，讲究进度、质量、系统性的任务分解，一级抓一级，非扁平化管理。“我们对测高装置和探测器进行综合优化设计，还要把整个进度、团队安排好、对接好、推进好。时间极紧张，‘嫦娥三号’做了三四年，因为技术越来越成熟，后续所用时间才更短。”

兰州大学粒子物理与原子核物理硕士研究生杨智随指着实验室桌上的笔记本电脑说：“邵老师平时就在这儿办公。有好几次他和我一起熬夜赶报告到凌晨四五点，白天又继续陪学生一起做实验。”

邵剑雄为了赶一个实验，曾四五天连轴转，赶去北京和航天院所的相关负责人参加项目推进会。他在台下睡着了，大家知道他累没叫醒他。“会议结束了我还没醒，被叫醒时都不知道身在何处。觉得很丢脸，至今都过意不去。”邵剑雄回忆道。

从“嫦娥三号”到“嫦娥五号”，项目组每两周进行一次工程推进会，汇报的报告数千页，每份报告动辄几百页。项目分系统总师曾评价，“陈熙萌、邵剑雄团队是与团队合作多年我们最满意的团队”。

实际上，这个项目也是“新工科”建设在核学这个点上的一个经典案例。陈熙萌、邵剑雄的学生中，韩承志从“嫦娥三号”任务时就跟着项目组做部分仿真分析工作，如今已到航天院所工作；杨爱香、刘文彪和邱玺玉等为项目组编制了国产化的仿真软件系统和平台，“团队后续的仿真工作都是在这个平台上进行的”。

“要在艰苦实战中磨练学生解决问题的能力，让他们在实验中迅速找准问题，还要有快速沟通合作能力、抗压能力，进入工作岗位才能很快上手。”邵剑雄说，“我不盯着学生在实验室做什么，有没有看论文、做实验。他们应该在真实环境中历练，在干扰环境中培养自我管理的能力。我们要培养的是自主自立的强大‘战士’，每一名学生干部都是能独立带团队的‘小将军’。”

杨智随刚来时很内向，邵剑雄就让他带10人完成样机搭建调试等任务。现在，杨智随已经蜕变成有领导力、放得开的人。

传承的品质还不止这些。在邵剑雄的印象中，自己的导师陈熙萌是一个遇事特别冷静的人，“在我的学习生活中，不论遇到什么问题、不论成与败，陈老师都慢条斯理、耐心细致地引导我”。

邵剑雄认为，自己冷静就是对大学生最大的鼓励。无独有偶，杨智随也是这么描述他的。“邵老师很耐心、细致，让人觉得亲近。他总说希望我们像冲锋陷阵的战士，不要怕失败，勇敢去尝试、冷静去思考。”

（陈浩、王瑛对本文亦有贡献）



吴一明（中）与她所支教山村的孩子。

“国家培养一名大学老师不容易，即使退休了，我也可以继续发光发热，为社会做点事。”在贵州省黎平县水口镇平善村义务支教多年，69岁的江苏大学退休教师吴一明说，是这一方水土滋养了她，让她的晚年生活自得又宁静，这就是最好的安排。

自在寻梦

2007年从江苏大学教务处退休后，吴一明把生活安排得满满当当。她先后返聘到江苏大学关心下一代委员会、江苏大学滨江学院工作，工作之余喜欢旅游、唱歌、打球。

一次赴藏旅游的经历改变了她的选择。2014年5月，吴一明独自一人完成了28天的西藏阿里行。攀登海拔5670米的卓玛拉山口时，吴一明高原反应严重，是13岁小向导巴桑吉达帮助背行李，不停地鼓励她无论如何也要坚持走回塔尔钦。

这次旅途让吴一明感到无比震撼。交谈中，吴一明得知巴桑吉达没上过学，连自己的名字都不会写。她暗暗下决心要帮助巴桑吉达这样的孩子，让他们学习文化。

支教！这个念头在吴一明的心头萌芽。此后，她就把自己的出行定义为“三合一”，“一边旅游一边休闲，更重要的是踩点，寻找合适的支教地点”。

2014年7月，吴一明来到了贵州凯里。事先她通过网络联系到了三棵树渔寨小学，带去了学校急需的30套水写布、30个魔方和2块上海牌男表。吴一明匆匆待了三天就上路了：“支助这所学校的人很多，我要去那些更需要帮助的地方”。

吴一明偶然来到黎平县堂安村。在该村村支书热情挽留下，2014年9月8日，吴一明便在堂安村幼儿园开始了支教生活。2015年，她又来到了平善村幼儿园任教。

“遇见仿佛就是一种神奇的安排，也是一切的开始。”吴一明说。

坚持陪伴

一名教大学《工程图学》的老师能教好幼儿园娃娃吗？吴一明回忆起在堂安村幼儿园支教初始的时光，依然能感到当时的手足无措。

“一走进教室，40个孩子就把我团团围住，跑来跑去、大呼小叫，年龄小的开始哭闹……半小时不到，我的头都要炸了。”支教第一天，吴一明就打起了退堂鼓。

然而，上世纪70年代大学生吃苦耐劳、勤奋好学的特质在她身上显现无遗。她自学了幼教课程，学起了弹琴、剪纸、美术、游戏……慢慢摸索出了一套带娃的方法。她把孩子按照年龄大小搭配，分成兴趣小组。每个小组实行组长负责制，由乖巧、懂事的大孩子担任组长。她先对组长进行培训，负责玩具收集、书本分发等事宜，让组长当自己的小助手。慢慢地，孩子们上课迟到的现象减少了，也知道了要排队讲秩序、遵守课堂纪律。

“孩子们经常给我惊喜。早晨我一踏进教室，他们已经自发地站好，边鞠躬边齐声叫‘老师好’。”吴一明说。

每年寒暑假，吴一明就会返回江苏。教过的孩子最大的已经升入小学六年级，吴一明还经常惦记着他们。2020年上半年因为疫情影响，孩子们都留在家中上网课。远在苏州的吴一明生怕孩子们在家中放松学习，立刻在网上购买了练习册邮寄给他们。

与爱同行

2014年至今，吴一明一直在少数民族侗寨、苗寨幼儿园志愿支教。

七年间，她经历过很多，泥石坍塌、停电停水、缺粮无菜、同事调离；亲眼见证了贵州黎平这个国家级贫困县脱贫摘帽。她也越来越依恋平善村这个小山村。她甚至说，自己闭着眼睛都能在平善爬山。

是什么让她坚持？吴一明纠正说，这不是坚持而是一种向往。

在这里，她一直感受到与爱同行。临行前，江苏大学关工委负责同志告诉她：“我们支持你山区支教，有什么困难，我们都会帮助你。”江苏大学离退休老同志、在校教职工、校友捐资助物，社会爱心人士捐赠图书、儿童课桌椅、校服、运动鞋等，不少爱心人士还携带学习用品专程来到山村看望这些孩子……吴一明说，“我不是一个人在支教，还有着无数的同行者。”

在这里，她也感受着这片大山的滋养。海拔800米的平善村，村民们种地灌水、挑肥育秧、割草喂牛，80%多的劳动力都外出打工，妇女顶了大半个天。说来奇怪，吴一明在平善就好像回到了自己的大学时代，学什么、写什么，都能学得进、记得住，“感觉很安静”。

实际上，吴一明也有着多重的压力。母亲年迈、孙女上学需要照顾、老同学呼唤她返回……2017年初，因父亲离世，吴一明伤心不已，患上急性肺炎住院半个多月。出院没两天，她就坚持赶往平善，因为在“平善我最容易恢复，小朋友的笑容于我而言是最好的治愈”。

“吴老师和我们的村民打成一片，大家都把她当作自家入。”水口镇中心小学校长裴朝阳说，平善村的孩子都把吴一明叫作“老师奶奶”。

这样的山区支教还要多久？吴一明说，只要平善村的孩子需要，自己也能走得开，她就会一直做下去。

「老师奶奶」的幸福支教生活

■本报通讯员 吴奕

写一首歌，为江豚而唱

■本报记者 陈彬

作为土生土长的湖南人，冯凌燕从小在长江边上长大。小时候，她经常听爷爷、奶奶说江面上有“江猪拱船”。长大后冯凌燕才知道，所谓的“江猪”其实就是江豚。

那时，冯凌燕对于这种水中生灵的印象还是模糊的。直到多年后，在一则公益广告上，她看到了一只由于长江环境污染而找不到妈妈的小江豚哭着说：“我爱长江，我想妈妈。”

在此后的十几年间，这个明晰的印象一直在她的脑海中，陪她走过学生生涯……最终，她成为扬州大学音乐学院的一名老师。

四年前，冯凌燕决定为江豚写一首歌。

为“可爱”的人歌唱

促使冯凌燕作出这个决定的，是2017年在扬州大学举行的一场“大美扬州——长江善水论坛”。在这次论坛上，长期关注江豚保护的志愿者和科研人员，用一页页内容详实的PPT，介绍了多年来他们采集到的关于江豚的科考数据。

这些内容让台下的冯凌燕震惊不已。“我第一次知道，原来在白暨豚‘功能性灭绝’后，江豚已经成了长江中唯一的哺乳动物，而它们的数量也只剩下1000多头。如此稀有的江豚，还要遭受环境污染、长江航运等一系列威胁。”在接受《中国科学报》采访时，冯凌燕说，除了为江豚的生存而感到担忧外，令她触目惊心的还有为江豚保护而日夜操劳的人。

比如，有位叫陈宜林的老人，2010年从教师岗位上退休后，偶然了解到江豚数量正在急剧下降，他便开始用实际行动默默守护江豚。这位依靠退休生活的古稀老人，不但把几乎全部的退休工资都用来保护江豚，



冯凌燕在长江江豚保护（扬州）基地宣传江豚科普知识。

次前往长江江豚保护基地（扬州）江豚科普展示馆、陈宜林工作室，近距离观看江豚模型、江豚衍生作品和科考时拍摄的影像资料。而每当写完一版歌词，他们都会找扬州当地专门研究江豚保护的专家，请他们在科学性上把关。

此外，作为老师，每一次歌曲成型，冯凌燕还会邀请学生一同欣赏，并向他们征求意见。“学生们常常会被歌曲感动落泪，对我而言，这也是在履行一名教师的育人责任。”她说，在这一过程中，一些学生的意见也被她采纳。“比如，有学生对我说，歌曲中的一些旋律太过柔美，不能突出江豚目前生存处境的艰难，后来我便将那部分旋律做了修改。”

就这样，在经过至少几十遍的反复修改后，国内第一首为江豚和江豚保护者创作的歌曲《初见你的微笑》，从一个构想变成了一曲优美的旋律。

“下次有活动，一定带我参加”

回想起整个歌曲的创作过程，冯凌燕说自己收获了太多的感动。“那段时间里，我们得到了很多人无私的帮助。他们为我

们讲解知识、提供素材，帮我们一遍遍地剪辑音视频，甚至义务为我们所有的内容译成英文……”

好在，每一个人的付出都没有白费。“在创作歌曲之初，我们并没想到会有如此多的人参与其中。而当歌曲在网络平台发布后，我们更没想到会收到那么多好评。”冯凌燕说，歌曲发布后，很多听众在后台留言，甚至直接打来电话，向他们表达自己的感动。“有些人不但自己听了多遍，还给家中的亲友听。他们说，家里的宝宝看到江豚都掉下了眼泪。下次如果有保护江豚的公益活动，一定要带他们参与。这些话语都让我们备受鼓舞。”

2020年10月24日，正值世界淡水豚日。我国第二届“江豚保护宣传日”活动在南京举行。作为大会上午议程的最后环节，冯凌燕为所有的江豚保护者们演唱了这首歌。当歌声响起，当江豚可爱的身影以及保护者们面容出现在大屏幕上，几乎所有与会者都举起了手机。而当会议结束，她无论走到哪里，似乎都能听到周围响起她已经熟悉万分的旋律。那一刻，她知道这首歌已经被她写进了江豚保护者的心中……