

## 亲历

记者在杭州体验月表模拟试验场建设——  
我在“月面”走一回

■ 本报记者 金春华

月球表面是什么样子的？走上去有啥感觉？

不久前，神舟二十三号载人飞行任务新闻发布会同步介绍了我国无人探月、载人登月等工程的最新动态。嫦娥七号任务各项工作正按计划有序推进，计划于下半年择机发射。这些进一步激发了大家对月球的好奇。

恰巧，由杭州昕月智能技术有限公司(简称“昕月智能”)等单位筹建的月表模拟试验场近日铺设施工，我体验了这个造“月球”的过程。

## 5种“月壤”，和“嫦娥”带回的几无差别

杭州市西湖区留下街道西溪路698号，华泰创业园。从外观看，这里和普通的企业园区没什么两样，谁能想到，要给探月工程造机器人的昕月智能就坐落在这里。

2025年初，浙江大学的微型探索机器人技术方案，成功入选中国探月工程四期国际合作项目。今年初，为了加强产研合作，项目负责人，浙江大学航空航天学院研究员、博士生导师孙书剑牵头创办了昕月智能，并担任法定代表人。孙书剑告诉我，公司一楼是核心试验区，各功能区正在紧锣密鼓建设中，而铺设月表模拟试验场是关键一环——未来要送上月球的机器人，都得先在这里“学好本事”。而这，也是浙江第一个全要素月表模拟试验场。

见我来了兴致，项目现场负责人卜老师进一步解释：试验场建设全看任务需求，施工差异极大。简单的，像加拿大航天局的“火星小院”、德国普法芬霍芬的月球和火星试验场，设在研究所附近，铺上合适的砂石，挖些“陨石坑”，就可以开始训练月球车、火星车；我国的月球车沙漠试验场，专家们是跑了约2万公里，才在新疆库姆塔格沙漠与罗布泊交界的阿克奇谷地找到这个“中国最像月球的地方”；更复杂的，如德国航空航天中心与欧空局联手打造的LUNA月球模拟



“月球车”在模拟场地测试。

试验场，专用于航天员和机器人的高仿真月球活动训练，配备了模拟月球重力的“重力卸载系统”……

“你看，这些袋子里装的就是模拟月壤，总共8.4吨。学界通常把月球表面粒径小于1厘米的细颗粒称为月壤。我们请技术人员运进月壤池，铺好就行。”卜老师指着门厅里堆放着的一些白色大袋子说。

就在这时，旁边一位技术人员开始用铲子从袋子里往外舀“月壤”。我好奇地伸手抓了一把，深灰色的“月壤”摸起来比海边的细沙还要细腻。“这是火山岩磨出来的。”技术人员主动介绍，语气里带着自豪。

“配方是我们的合作单位同济大学研制的，原料来自东北。”卜老师补充道，这次用的模拟月壤按颗粒大小分成5种，它们的孔隙比、密度、内聚力等物理力学性质，和嫦娥五号、六号带回来的真实月壤几乎没有差别。

## “月球车”爬山，像只灵活的蜘蛛

穿过门厅来到模拟月壤区，仿

佛一脚踏进了月球基地。整个空间长32米、宽8米，四壁喷成黑色，天花板上的平行灯带犹如银河将场地照亮。中央是3个连在一起的长方形月壤池，每个都用黑色围栏圈着，最靠近我们的一个已经填好，远看像个巨型沙盘。

“每个池子长7米、宽5米，两边的池子各用一种材料，中间池子混合了四种材料，来模拟不同的月表环境。”说话的是同济大学测绘与地理信息学院研二学生朱艺杰，他的导师是同济大学长聘副教授、博士生导师王超，主要从事行星土壤性质遥感探测与应用研究。

“这是做什么的？”我指着他手上拿着的抹灰刀问。“搅拌材料。”朱艺杰解释，材料混合时，需要搅拌均匀。这次工期紧，搅拌设备暂未送到，只能先让技术人员在卸料时粗拌，他在现场“精加工”。

征得同意后，我撸起袖子当起了“小工”。戴好口罩、套上鞋套、抄起抹灰刀，开拌！

技术人员运来的材料，不同颗粒层次确实还比较分明，呈深灰、浅灰、卡其等不同颜色。我学着朱艺杰的样，把抹灰刀深深插进“月壤”里翻搅。不同颜色的“月壤”像水彩一样流淌、融合。

“现在这样还不是月球上真实的样子吧？”我指着搅拌后的“月壤”问。“对，这只是最基础的铺设，铺好后会先推平，等测试时还要改造，比如堆个小山坡、挖条沟，或者放一些石块进去。”朱艺杰说。真实的月球表面覆盖着厚厚的月壤，崎岖不平，“路况”复杂。月球机器人必须经过充分训练，才能克服重重“路障”，确保前进、后退、转弯、爬坡“样样在行”。

过了一会，孙书剑拿来一辆“月球

车”让我们试试——这是他们用于教学、测试项目用的“等效验证车”，有3对6个轮子，车顶上是一大片太阳能板。我们一般会根据月表地形图来模拟，这样的训练更有针对性。今天你也可以给它出些难题。”他说。

按照工作人员的指导，我在差不多铺好的月壤池内，堆出“环形山”“月谷”等不同地形，以为能难住“月球车”。车子启动了，走得虽慢但很稳，留下两条长长的车辙。爬“山”时它稍微缓了一下，但一用力就跨过去了，像一只灵活的蜘蛛，一路上都没被难倒。

“进一步测试时，我们还会写入自主目标识别、路径规划、故障处置等代码，让它的行动更加灵活。但挑战难度会更大，比如会放更大块头的石头进去。”孙书剑说。

## “月壤”挺黏人，身上沾满细灰

搅拌“月壤”时需要来回走动，我又顺便体验了一把“月球行走”。

3个月壤池的“脚感”有一定差别：细月壤池像海边平缓的



模拟月壤区的月壤池。

记者随省农科院专家团队摘梅“考种”——  
直击浙江杨梅年度“高考”

■ 本报记者 来逸晨

江南入梅后，闷热的空气里裹挟着雨天的潮湿，也裹挟着一年中最浓烈的杨梅香气。

这颗小小浆果，在浙江已有7000多种种植史。全中国约400个杨梅品种中，被誉为“四大良种”的东魁、荸荠种、丁岙杨梅、晚稻杨梅，全部源自浙江。

在浙江，有一场年年进行的杨梅“高考”——对种质资源、主流品种和杂交新品系进行“考种”，即专业品鉴，以备后续品种改良。这份坚持，是浙江杨梅永葆纯天然鲜甜风味的秘诀。

今年杨梅采收旺季，我跟随浙江省农科院杨梅研究室的专家团队一道，开启“考种”之旅。

## 备考，采摘之后迅速集结

早上9时，我们坐车进山，前往金华兰溪马涧镇下杜村的杨梅杂交圃。沿途座座山丘上，单轨小火车来回穿梭，农户肩挑手扛，正忙着抓住降雨间隙将最新采收的鲜果运送下山。当日鲜采杨梅已开始集结装车。

“这是周围大户组织采摘的商品果，一般梅农都是天没亮就起床上山，凌晨便开始抓紧采摘。”省农科院园艺所副所长张淑文解释，“那会儿气温最低，果子在‘睡梦’中被摘掉，呼吸作用较弱，直接进入冷库预冷，能最大限度延长保鲜期。”

不过，这次我们不是要采商品果，而是为明天的“考种”召集“选手”。

到达山坳里的杂交圃，张淑文领着我们走入杨梅林。“树顶光照好，风味更足，下面和上面的果子味道都不一样。”她边说边利落地攀上了一棵编号“2612”的杂交后代树。

我跟着往上爬，脚下一滑差点摔跤。她一把将我拉住：“要小心，野外工作，摔跤是常态。”

我稳住身体，小心翼翼地摘下几颗高处的果实放进收集篮，也往嘴里塞了几颗——酸甜滋味顿时溢满口腔，树顶结的果子的确滋味浓。

就这样，我们一边采集、一边测量和记录树体长势。我所在的只是其中一支采梅小分队。当日，省农科院杨梅团队



张淑文(右三)带着记者(右二)进行杨梅“考种”。

通讯员 姚鑫 摄

兵分多路，前往台州、杭州、温州、金华等地的杨梅主产区收集“考种”杨梅。

采摘只是第一步。当天下午，各支队伍的样品陆续集结到位于台州仙居的浙江省杨梅种质资源圃，我们也带上19种新鲜采摘的杂交新品系一路驱车至此。

走进温度控制在20℃上下的“预冷室”，省农科院园艺所杨梅研究室主任孙鹏已在此等候，面前是一排排待整理的鲜果。

采回来的果实要立刻处理，先用风扇吹干表面水分，这个过程持续了两个小时。在此期间，我们在孙鹏的组织下，整理不同产区带回的果实。

“不是挑最大最漂亮的，相反，我们要剔除特别大的，以及特别小的和有损伤的。”孙鹏带着我选出每个品种中个头中等、能代表该品种普遍状态的果实，分类装好——这样才能真实反映每个品种的固有性状。

不知不觉，两个小时转瞬即逝。当所有杨梅被吹干了、整好了，我们将一篮篮“整装待发”的“考生”放入温度4℃到5℃的冷库进一步冷藏。第二天，它们就要上阵应考了。



省农科院杨梅团队正在整理“考种”杨梅。

通讯员 姚鑫 摄

## 开考，5个“学霸”直接晋级

第二天，当我来到考种现场，各品种鲜果已从冷库取出。“考场”就设置在省杨梅种质资源圃的一个玻璃温室中。资源圃已连续完成137个杨梅品种(系)的引进、嫁接，一众杨梅种质资源在此“活体保存”。

树苗边、空地上，架起品鉴的长桌。

乌黑的、紫的、鲜红的、粉红的、乳黄的、乳白的……满桌的色彩出乎意料地丰富；早佳、早炭、深红种、水晶种、柳叶梅、木叶龙睛、荸荠种、东魁、猕猴桃、桐子梅……63种杨梅分别装在果盘里，一字排开。

张淑文递给我一张“感官评价表”——此刻起，我就是这场“杨梅高考”的“阅卷人”之一。

接下来，我将与来自管理部门、科研

院所的代表和种植大户、杨梅爱好者等组成的40人评审团，从“果形端正、色泽鲜艳、果肉细嫩、果汁丰富、酸甜可口、风味浓郁、品质极优”这七个维度展开品鉴，并为各个品种打分。

长桌旁，孙鹏正在进行最后一轮“考生检阅”，核对每份样品和标签。她告诉我，这里包含了19份昨日从兰溪收集的杂交新品系；13份团队日常为农户提供技术服务时发现的田间好品种，以及仙居西部横溪镇、东部下各镇的古杨梅种质资源。它们或香气特别、或果型完美、或滋味浓郁、或回味无穷，因此被纳入“考种”。余下的31份，则是全省各主产区的地方优势品种。

品鉴开始。我拿起一颗“早佳”放入口中，只觉果肉紧实，酸甜均衡。“这个品种早熟性好。”张淑文在一旁解说。那岂不是能让种植户享受到早市红利？想到此，我打下了一个高分。

咬一口紫得发乌的“木叶龙睛”，一股清凉似薄荷的香气在口中散开。“这个品种卖鲜果也许不起眼，泡酒却是块好料子！”一位种植大户对它评价颇高，打了高分。

再尝一颗昨日我们亲手采下的编号“2612”杂交品系，它是2012年播种的，果型大且坚挺，口感细腻，商品果率高。张淑文评价，目前看，它的肉质适合长途运输。

授粉、结果、取核、播种……杂交育种就像“开盲盒”，子代好不好吃、性状稳不稳定，要等到小小的种子长成大树并结果，这一般需要十余年。张淑文指着一排排标签对我说，像“2612”这样尚未命名、只用数字编号的杂交品系，还得继续参加几年“杨梅高考”，通过层层遴选淘汰，才能炼成优质新品种。

在当日的品鉴中，综合各项得分，最终3个杂交品系和2个田间优株，一共5种杨梅脱颖而出。它们直接“晋级”，正式成为张淑文团队下一步扩繁培育的对象和育种创新的亲本材料。近五年，张淑文团队累计“考”出了21个优良品种(系)。

沙滩，如果不用力踩，下陷不多，脚印较浅；粗月壤池的颗粒如碎米粒大小，走上去如同踩在干燥沙丘上，下陷相对明显，但脚印会很快被周围颗粒填上；中间的月壤池，脚感介于两者之间。

“我们踩的这些脚印，和人类留在月球上的几乎一样。不过地球和月球重力不同，实际走起来的感觉差别还是很大的。”朱艺杰说。

我低头细看细月壤池中的脚印，虽然塑料鞋套模糊了鞋底纹理，但凹陷的轮廓清晰可见，和奥尔德林那个著名的月球脚印确实“神似”——它们在干燥细碎的月壤里，像一个个布满细密褶皱的长坑。

这3个加起来100多平方米的月壤池，铺设时间约两天。随后还会在四周安装模拟太阳光源，还原月球极区的光照条件。真空、高低温等极端环境，则在公司其他区域单独模拟。

“我们是分系统测试再总装。”卜老师介绍。他看我体验得差不多了，准备带我参观其他区域。

这时我才发现，手上、采访本和笔上都沾满了细灰，连鞋子里也钻进去不少。

“这些‘月壤’很容易粘在身上，在月面极端干燥条件下更容易附着到机器人身上。为什么我们必须构建尽可能模拟真实地貌环境的试验场？这也是原因之一。”卜老师说。

我看到，月壤池一侧，同在一楼的万级超净间和测控大厅已初具规模。楼上的研发区，工程师们还在忙碌着。

“我们可以在这里遥控机器人，让它在模拟月壤区活动。”卜老师特意介绍了测控大厅。它看上去像一个迷你版的发射指挥中心，墙上有一块大屏幕，中央是多排操作工位。他又补充了一句：“训练时，我们还会模拟地月之间的信号延迟。”

“我们这里会成为一个商业航天研发、测试中心和科普中心。”孙书剑介绍，此外，他们还有进一步的打算，“模拟月壤区在合适的时候会向学校等单位开放，用于开展教学活动。”



金春华



## 加考，进山探秘基因宝库

品鉴结束，张淑文带我走访了仙居古杨梅林。这里，不少老树都是本次考种资历最老的“选手”。

“考种”，不只局限于所见所尝，随着前沿育种科技的不断发展，张淑文团队正将“考种”的深度拓展到微观世界的基因序列。

“眼前，是一座基因宝库。”望着漫山遍野的古杨梅，张淑文打开话匣：杨梅是雌雄异株的植物，古杨梅树由鸟兽传播的种子实生而来，每一棵的基因都独一无二；而现代栽培品种是通过嫁接手段无性繁殖的雌株，基因一致，果实整齐度高。

多年来，张淑文团队足迹遍布浙江、江苏、湖南、云南、福建等杨梅产区。她发现，一些果农的杨梅林品种老化，反映在鲜果口感上，就是杨梅味儿变淡了。她带队年复一年细致、深入地“考种”，持续开展新品种选育与更新，正是为了让浙江杨梅在种源上确保高品质。

“我们正推动分子育种技术在杨梅领域的应用。”张淑文透露，今年这场“考种”还有个特别的“加考”环节——为古杨梅“考生”制作分子层面的“身份证”。

她带我穿梭林间，找到挂着郑桥古杨梅1号、2号、3号、4号、5号标牌的杨梅古树，采摘装袋。

“我们这些年陆续挖掘、明确了12个功能基因，开发了果实颜色、硬度、香气、甜度等10个功能标记。”她说，接下来这些杨梅会被带到实验室，上仪器检测是否含有这些标记。未来，她还将带队构建杨梅AI育种模型。



来逸晨