

亲历

武义给古建筑做“数字体检”
毫米级精度 建三维档案

■ 本报记者 沈立 徐贤飞
共享联盟·武义 陈芮

前不久,武义县在第四次全国文物普查中,创新引入无人机贴近摄影测量和三维激光扫描技术,将整体误差控制在1.5毫米以内。

这些毫米级数字模型,让文物保护工作者告别皮尺攀爬,为每处文物的变形与病害留下精准记录,文物保护、修复也可以用数据说话了。近日,当我们跟着浙江风土工程设计有限公司数字化负责人姚嘉辉一起走进现场,发现这场“毫米级较量”,远不止使用仪器那么简单。

给明代石祠拍“X光片”

岭下汤石祠藏在武义大田乡的村庄北侧。这座始建于宋、重建于明的石祠建筑,是国内规模较大的明代石祠之一。午后阳光把石柱晒得温热。姚嘉辉从车上搬下手提箱,一台银黑色的三维激光扫描仪安静地躺在里面。

“想让它干活,先得教它怎么‘站’。”他递给我们一张建筑平面图,上面用红笔画了几个圈。布点,是精准的基础。布点、扫描、配准,这三个角缺一不可。

扫描仪和人眼一样,看得见的地方才能测到。一座三开间五进深的石殿,7米高的石柱,梁架交错。要在脑子里把空间拆成单元,每个单元找一个最佳观测位。

“简单布9个点够用。想要精度更高,就要多加几个。”我们蹲下来帮他撑开伸缩三脚架。别看姚嘉辉现在布点快,他刚入行那会儿也没少走弯路。“一开始布点总是选不到最佳位置,角度差一点点,柱子后面的梁架就被挡住了。最夸张的一次,一个厅堂我来来回回换了6次才搞定。”他边说边调整三脚架的高度,“点布得不好,后面的配准就得花大把时间‘缝缝补补’,有时候差个一两毫米,数据就得重采。”

仪器架稳后,平板电脑上跳出操控界面。我们按下启动键,扫描仪进行360度转动的同时,仪器中间的镜片也开始高速旋转起来,发出嗡嗡声。我们忍不住凑上前想看看里面的构造。

“别看了。”姚嘉辉一把拦住我们,“里面是激光,肉眼看不出,但千万别对着眼睛照。”

我们赶紧缩回来。他继续盯着屏幕



姚嘉辉指导记者(右)用无人机环绕飞行采集数据。

共享联盟·武义 陈芮 摄

介绍:“一秒钟发射几十万甚至上百万个激光脉冲。每个点都有精确的三维坐标。打到柱子上反射回来,距离误差不会超过1毫米。”

我们凑近看屏幕,那些原本肉眼看不出来的石柱倾斜、斗拱微小位移,正在变成密密麻麻的彩色点位,像一张X光片,把建筑的“骨骼”和“关节”照得清清楚楚。

原理其实不复杂:激光测距。但难在布站和耐心。后期通过AI配准把所有站点拼接成完整模型,重叠率只需要20%以上,配准精度就能控制在两毫米以内。

“只有这个精度,才能做科学研究。”姚嘉辉说,“毫米级和厘米级,差的可不只是数字。古建筑修复,如果拿厘米级数据去做,真实性就大打折扣。”

操控无人机搜集位置数据

离开岭下汤石祠,驱车半小时后,我们来到武义履坦镇,省级文保单位——履坦徐氏民居所在地。



工作人员在测量相关数据。

受访者供图

这座建筑始建于清雍正年间,现存三组院落,建筑面积超过3000平方米,历经近300年风雨,面临着木构件腐朽和结构变形的风险。该修缮项目在2017年立项,2024年通过验收,此次团队要做一次“回头看”——监测评估修缮

效果。

姚嘉辉从车里取出一架大疆测绘行业级无人机,把它放在院外的空地上,朝我们招了招手:“来,你们试试。”此前我们有无人机使用经验,于是自信地接过遥控器操作。

它和我们平时飞着玩的小飞机不一样,用的是RTK高精度定位(一种实时差分技术,能把误差控制在厘米级),对操控精细度的要求极高。“轻轻推,就像外科手术里拿手术刀操作,做毫米级的推动。”姚嘉辉站在我们身后指导,“中心点对准建筑正中央,画圆环绕飞行,采集数据。”

姚嘉辉站在旁边盯着屏幕,说起自己刚入行时的一次教训。“刚接触无人机那会儿,一门心思想把古建筑拍全、拍细,光盯着取景框里的木雕和斗拱,没注意边上有一根电线。结果螺旋桨‘啪’地缠上了,整架机器从七八米高的地方摔下来,零件碎了一地,损失高达五六万元。”我们听得心里一紧。“打那以后,每一趟飞之前,我都先让无人机绕着建筑转一圈,把周边环境摸清楚了再干活。”他说,“古建筑边上经常有电线、树枝、屋檐挑出的尖角,地面上看着没事,无人机一升起来视角就不一样了。有些坑,摔过一次才知道。”

无人机在天井里低飞时信号受影响,定位会飘,我们用指尖极其缓慢地微调摇杆,由于紧张,我们屏住呼吸,结果憋得更紧张了。“呼吸节奏要稳。”他提醒说,“蚊子咬了也不能有大动作。”

无人机绕一圈拍下两三万张照片,每张都要保证足够的重叠率,之后再AI软件处理,在每张照片上找“同名点”——同一个角落出现在不同照片里的位置,再结合地理定位和姿态,拼出完整的实景三维模型。

声波无损探测木头内状况

天上飞的活儿干完了,地上还有一个让我们好奇的“神器”。“这是应力波检测仪,你猜它原本干什么用的?”他卖了个关子,“原本是给行道树做体检,测树干内部有没有空洞。后来我们发现这东西特别适合古建筑木构件的内部腐朽问题。”

他把10个声波传感器,依次固定在木梁表面,每根探头对应屏幕上一道波形。我们问他到底怎么“听”出一根梁的内部腐朽情况。他说:声波在健康的木头里传得快,波形规整;遇到空洞等情况,会延迟、衰减。所有数据最后合成一张彩色色谱图,红色代表严重腐朽,绿色代表完好。

“过去师傅靠敲击听声音,或者用

内窥镜插进去去看一小块,主观性强,可视范围有限。”姚嘉辉指了指屏幕上的一块红色区域,“你看这根梁,外观完完整整,里面已经空了三分之一。肉眼根本看不到。”

“现在我们利用声波无损探测,无需钻孔、不破坏构件,就能把内部的真实状况‘听’出来。”姚嘉辉说,“把破坏性降到最低,对文物本身也是一种保护。”但他紧接着强调,应力波只是“定性”。要精准判断这梁还能不能用,得和三维激光的“扫描定量”融合。先用声波找到腐朽范围,再用毫米级外部模型重建残损截面的真实形状,最后做承载力验算。

“这个项目中,我们给这根梁做了试验,结论是:完全安全,不用换。”姚嘉辉说,这就是数字化带来的“敢于不干预”。放在以前,专家一看内部空了多半,大概率会建议加固甚至更换。但现在,基于精确数据,团队做出了“监测性保存”的决策。

现场测绘只是收集数据的第一步。真正让这些数据“活”起来的,是回到电脑前。

姚嘉辉打开笔记本电脑。屏幕上,履坦徐氏民居的完整三维模型徐徐旋转。我们凑近了看,每一个斗拱,每一根梁架都清清楚楚。

“所有扫描站点拼接成一个可拆解、可切片、可测量的数字建筑。”他用鼠标点中一根梁,模型自动把它单独拎出来,我们甚至能切出它的横截面,量出精确尺寸。他调出修缮前后的对比画面,左右两个模型并排。哪根梁换过,哪个雕刻补过、加固措施藏在什么位置,一目了然。

我们问他,这个模型存下来有什么用?他笑了笑:“这叫数字生命体。”

我们打开一个已经做好的模型链接,鼠标划动,这座300年的老建筑在我们指尖翻转、放大、缩小。每一根梁、每一块砖,都像被存进了“云病历”。不仅如此,武义把“四普”的毫米级精细测量和“数字体检”的理念绑在一起,当地20处不可移动文物都建起高精度的三维数据档案。



沈立



徐贤飞

■ 潮声 | 执笔 陈晓

梅子熟时栀子香。

六月初,泰顺县彭溪镇西关村,穆寨栀子花种植基地里,漫山遍野的白花开得正盛。花瓣层层叠叠压满枝头,像一场初夏的雪,落在浙南山坡上。风一吹,满山溢香。

西关村党支部副书记谢阿时站在花海里,看着眼前这片景象,语气里带着感慨:“30年前,栀子花根本没人买。栀子果最便宜时一公斤才0.7元。”

如今不一样了。果子价格翻了十几倍,花也能卖钱了,农户一季能多挣好几千元。

这朵小小的栀子花,被列为浙江生态美妆“七仙女”原料之一,从山间地头走向车间生产线。去年,泰顺县栀子产业年产值增至2.5亿元,年接待游客增长至10.3万人次。

近日,我走进泰顺,追踪这朵小白花的故事。

保险兜底,栀子花海越来越大

地处浙闽两省交界的西关村是泰顺种植黄栀子最集中的村子,也是穆寨栀子花种植基地所在地。

时值栀子花采摘季,70多岁的村民谢逢恩正忙着上山。我们沿着石阶往上走,脚下是一条被当地人称为“小长城”的路——灰色垅口沿着山脊延伸,把整片花海框成一幅画。

“有了这条路,上山采摘更方便。”谢逢恩说,黄栀子摘花不影响结果,花能卖钱、果可入药,还能做天然色素。村里几乎家家如此:6月摘花,10月收果,其余时间种茶叶、收稻谷。

可就是这样一朵“宝藏花”,很长一段时间里没给他们带来多少财富,后来又频繁遭遇“价格过山车”。谢阿时告诉我,花价最低每公斤才两元多,最高能到60元。到了果子采收期,高的时候每公斤卖24元到26元,低的时候才3元到6元,连成本都收不回。“不少村民眼看着连年亏损,索性砍掉栀树改种白茶。”回忆当年,谢阿时唏嘘不已。

转机出现在2019年。那年,温州市出台了温栀子鲜果目标价格保险试点政策。次年,彭溪镇携手太平洋产险温州分公司,落地了温栀子价格指数保险。

“政府补大头,自己掏小头。”谢逢恩给我算了一笔账:保费农户自付30%,

剩余70%由县财政补贴,村里统一组织投保。保险以温州市农业农村局每年发布的官方价格为基准底线,相当于一个“兜底价”。只要市场价低于官方公布价,就会自动触发理赔。

去年,谢逢恩就赶上了一回。栀子果上市后价格跌到一公斤3元,远低于往年。幸亏村里统一投保——2025年栀子鲜果的“兜底价”是一公斤6.4元,保险公司按差额赔付,谢逢恩拿到2700多元。

太平洋产险泰顺支公司副总经理曾友安告诉我一组数据:截至2025年,仅彭溪镇就为4200亩黄栀子提供风险保障,覆盖1660户种植农户,总保费63万元,累计赔付115.5万元,赔付率高达183%。

“保险公司赔得多,说明农户亏得少。”曾友安说,“我们就是给农户一个兜底,让产业能持续良性运作。”

保险落地这几年,变化看得见。西关村的栀子种植面积从几百亩扩到近3000亩,全镇达到8000亩左右。那些曾经种在田坎上的“零碎花”,连成了一片一望无际的花海。栀子果正常年份能卖到每公斤6到10元,行情好时能突破10元,一亩地综合收入五六千元。

进入车间,600朵花变成一块皂

果子能卖钱,花也能卖钱,但真正让栀子身价倍增的,是另一条路。

泰顺把一朵小白花做成大产业
栀子花开 香溢四方

漫山遍野的栀子花。

泰顺县市场监管局供图



康鸿栀子花DIY工坊,孩子们体验冷凝胶皂手工制作。

泰顺县市场监管局供图

从穆寨种植基地出来,驱车七八分钟,就到了康鸿生物科技集团有限公司。走进观光工厂,沿着透明廊道往里走,冷凝胶生产线、发酵车间、DIY工坊依次排开。透过玻璃,能看到栀子花从原料到成品的每一步。

“一块冷凝胶,要用大约600朵栀子花。”公司的一位工作人员停在冷凝胶生产区介绍,“从投料到成品,19道工序,最长要经过159天的低温凝胶发酵。”

创业之初,国内没有现成的工艺可参考。企业联合8所高校,引进马来西亚的科研人员,上百次实验,耗时两年才把设备研发出来。

公司董事长曾秋原本在银行上班,发

现国内天然植物护肤领域有空白,而家乡漫山遍野的栀子花就是现成原料。2016年,她辞职回到家乡办厂,在泰顺县市场监管局的指导帮助下,拿到了化妆品生产许可证。如今,这座栀子花深加工观光工厂,已备案40多款栀子系列护肤品,涵盖冷凝胶、纯露、精华、面霜全品类。

在位于一楼的DIY工坊,我见到了讲解员廖荣翠。她2020年入职,之前在家带孩子、种栀子。现在8时上班,16时30分下班,工资加上农产品收入,顾家赚钱两不误。“以前栀子花除了泡茶,没啥用处,大多都烂在地里。”她笑着递给我一块刚定型的手工皂,皂体上还留着淡淡的栀香,“现在家门口的厂子定

点收购,销路不用愁。”

工作人员告诉我,像廖荣翠这样的本地员工,公司有80多个。公司实行“农户种植+公司收购”模式,2025年带动浙闽边界3000多户农户增收,户均年增收1万元以上。

“以前家乡企业少,年轻人只能外出打工,现在可以边工作边照顾家庭了。”在DIY工坊,我和行政专员谢海清聊了起来。她2023年入职,此前一直在温州市区务工,如今在公司负责人事工作和研学接待。谢海清边整理物料边告诉我,公司正把研学纳入常规项目,为游客设计了参观工厂、冷凝胶手工DIY、基地识花等体验课程。“让游客从‘看热闹’到‘懂门道’,我们想带大家真正走进栀子的世界。”她说。

这种“观光工厂+手工实践+农业观光”的一体化模式,成了“康鸿”的招牌。旺季时,谢海清一个月要接待近20批研学团。她指了指窗外介绍:“前几天还有不少孩子来研学,他们先在车间认识栀子花如何变成护肤品,然后到DIY工坊亲手做一块冷凝胶皂,最后走进花田闻一闻花香,切身感受一朵小花蜕变的奇妙历程,一套完整的研学活动也要好几个小时呢。”

增加服务,把更多游客留下来

离开研学场地,不远便是穆寨栀子

花种植基地,连片小白花缀满整个山头。

我沿着“小长城”往山上走,脚下是灰色的垅口,两侧是铺满山坡的栀子花。2000多亩白色花浪一层推着一层,风一吹,整个人都被香气裹住了。

“2016年,大伙凑了300多万元,启动花海景观建设。”谢阿时跟在我身后说。那年第一届栀子花旅游文化节,开幕当天涌进来3万多游客,车从村口一直停到镇上。“我们自己都吓了一跳。”

2020年,西关村和福建福鼎市贯岭镇联手,升级为“浙闽边栀子花嘉年华”,两个月就给村集体创收180多万元。如今每年带动周边乡镇接待游客突破十万人次。

热闹是真热闹,但短板也很明显。我逛了一圈,发现一个问题:没地方住,也没地方能好好吃顿饭。

我问谢阿时,他苦笑:“民宿只有5个集装箱式房间,旺季根本不够住。园区里也没有固定餐饮店,游客来了赏赏花、拍拍照,买两瓶栀子花茶就走了。”

为什么不想办法留住人?我追问。西关村常住人口只有800多人,大部分是五六十岁的老人。花季高峰期日均近3000人次涌进来,村里能调动的服务力量十分有限。没有专业运营团队,餐饮住宿全靠留守老人临时张罗。同样的困境,我在百丈镇的栀子花基地也听到了。负责人吴文伟的基地紧挨着飞云湖,风景比西关村还好,但他一直没敢碰旅游。“投资太大,搞民宿、建餐饮,动辄几百万元,风险太大。”

如今的泰顺栀子花,已经从单纯的“卖水果”发展到“卖风景”,但从“卖风景”到更深一步的“卖体验”,让游客留下来住一晚享受美好体验,是一道更难的考题。

谢阿时这段时间忙着做规划:露营地要建起来,农家灶灶要营业,民宿也要再扩展。“把一日观光变成过夜深度游,游客住下来,才能把栀子花茶、农家菜这些好东西真正带起来。”

他还盘算着建一个栀子科普馆,把赏花、采摘、DIY、美食串成一条线。让更多村民因为栀子花把日子越过越好。



陈晓