勇闯经验盲区，托举大国逐日梦

——记中国科学院紫金山天文台“夸父一号”团队

创新团队

◎本报记者 金 凤

3月17日下午，设定好我国综合性太阳探测专用卫星“夸父一号”各载荷的观测模式、观测时间、探测器成像时的温度等几十个参数，“夸父一号”首席科学家助理、科学应用系统副总师黄宇轻点鼠标，生成当日的卫星观测计划。

这份计划在经过卫星载荷团队和中国科学院微小卫星创新研究院团队复核后，会传递到位于北京的中国科学院国家空间科学中心。在那里，这份计划将被生成为指令，成为“夸父一号”最新的工作日程。

这套为“夸父一号”定制工作日程的流程，从2022年10月9日“夸父一号”开启太阳探测之旅开始，一直持续至今。

黄宇参与研制的科学应用系统，是将“夸父一号”传回的太阳观测数据进行信息解码、“翻译”，使其成为可供科研人员使用的科学数据的卫星工程系统。现在，“夸父一号”每天回传约500GB（吉字节）的原始数据，这些数据几天就能够“塞满”一台家用电脑的硬盘。

鲜为人知的是，获得这些数据实属不易。为了让卫星能够在合适的时间、姿态和轨道位置精准地“凝视”太阳，中国科学院紫金山天文台团队历时11年，反复验证空间成像原理，编写成像算法、迭代数据应用软件。

2023年1月，在两院院士投票评选的2022年度中国十大科技进展新闻中，“‘夸父一号’发射成功并发布首批科学图像”入选。

瞄准第25个太阳活动周期

只有亲历过艰难，才能体会如今成果的来之不易。

“20世纪80年代初，我还在读研，当时国内缺少观测设备，我们只能借助国外的卫星观测数据写论文，过程非常曲折。”“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员甘为群回忆道，那时计算机在我国还没有普及，更没有电子邮件。他只能致信外国科学家，请他们分享观测数据并将打印好的相关资料邮寄到南京。

甘为群将这些跨越千山万水的资料视若珍宝，他拿着尺子，提取数据，摸索太阳演化的规律。

进入21世纪，我国空间科学研究迎来发展契机。2006年，中国科学院提出空间科学规划，甘为群负责空间天文和太阳物理领域。2011年，中国科学院空间科学先导专项立项实施。研制一颗属于中国人的综合性太阳探测卫星，渐渐成为可能。

“太阳活动周期为11年，第25个太阳活动周始于2020年下半年，将持续到2031年左右。在这一周期中，太阳活动达到高峰，预计将是在2024年到2025年。那时太阳爆发现象也最频繁，是最佳的研究时机。时不我待，我们不能错过这个观测时间窗口，否则又要等11年。”甘为群回忆道，在预研阶段，观测“一磁两暴”的科学目标便被提出。

“一磁两暴”是指太阳磁场和太阳上两类最剧烈的爆发现象——耀斑和日冕物质抛射。

甘为群说：“对于‘一磁两暴’，我国已有研究基础，一旦卫星投入使用，我国的太阳物理工作者就可以从卫星探测到的信息中，获取丰富的研究资料，这有助于我国太阳物理研究迈上一个新的台阶。”

联合产业界协同攻关

从理论研究跃迁到卫星研制，这支团队首先要踏过经验的“真空地带”。

“20世纪60年代以来，世界各国已经先后发射了数十颗太阳探测相关卫星。但在国内，我们完全没有研制太阳卫星的经验。”甘为群表示，项目从预研阶段开始，便组织全国相关力量进行可行性论证，梳理项目所需的关键核心技术。

在进入正式的研制阶段后，全国多个团队开始齐头并进、联袂攻关。

“夸父一号”卫星工程由中国科学院国家空间科学中心负责工程大总体和地面支撑系统的研制建设，由中国科学院微小卫星创新研究院、中国科学院国家天文台、中国科学院紫金山天文台和中国科学院长春光学精密机械与物理研究所分别负责卫星平台及三台有效载荷的研制工作，科学应用系统由中国科学院紫金山天文台负责研制，测控系统由中国西安卫星测控中心负责研制，运载火箭由中国航天科技集团有限公司第八研究院研制生产。

为了实现“一磁两暴”的科学目标，“夸父一号”带上了三个“帮手”（载荷）——全日面矢量磁像仪（FMG）、太阳硬X射线成像仪（HXI）和莱曼阿尔法太阳望远镜（LST）。

甘为群率领的中国科学院紫金山天文台团队除了负责卫星的科学总体工作，还具体负责HXI的研制工作。

除了传统的主任设计师岗位外，甘为群还为卫星工程团队另设了两个重要岗位：载荷科学家和载荷数据科学家。载荷科学家负责提出科学指标，并确保工程研制不偏离科学需求；而载荷数据科学家主要负责处理和利用卫星回传的数据。

即便前期准备充分，但起步的艰难还是超出了想象。

“HXI如何在太空实现成像，什么样的加工工艺适合制造它……这些我们心里不是很有底。”甘为群以加工举例，HXI光栅狭缝的最细处，其宽度不到20微米，这对加工工艺的精密度要求极高。

曾在“悟空”号暗物质粒子探测卫星工程研制中深入参与载荷综合测试工作的高级工程师张哲，被任命为HXI载荷的主任设计师。

张哲和团队用两年多的时间奔波于苏州、西安、上海、北京等地的工厂，与企业一起磨合、寻找出最佳的加工工艺，并对其进行测试验证，最终在2020年底将约2000片望向太阳的“小眼睛”——光栅加工并装配完成。而后，他们又窝在山东省烟台市一处荒僻的车间，起早贪黑地调试光源、搭建X射线束流测试平台。2021年10月，他们完成了国际首次太阳硬X射线成像仪的全尺寸束流定标试验。

为国际天文研究作出中国贡献

HXI对成像精度的要求很高，而卫星运输、发射时出现的震动和温度变化都可能影响HXI准直器的稳定性，进而导致探测出现偏差，影响成像质量。

为了解HXI准直器的工作状态，HXI团队的前期方案是在准直器后基板上安装一个“小相机”——形变镜，同时对准直器前基板的4个毛玻璃和太阳拍照。

太阳照到毛玻璃上，形成的光斑就可以在“相机”中成像。几个光斑的位置如有变化，就意味着前后基板发生了相对形变。而拍摄太阳，则可以知道太阳中心的位置，知道HXI指向哪里。

但初步的试验结果表明，要想达到HXI所要求的成像精度，就必须在现有基础上，继续减少震动或温度变化对该成像仪的影响。

“夸父一号”首席科学家助理、HXI载荷数据科学家苏杨和张哲带领的硬件研制团队经过详细考虑，提出了指向镜零位定标方案。

“去掉一个毛玻璃，增加一个特殊设计的‘相机’——太阳镜，单独对太阳拍照。通过对两个‘相机’的数据进行联合解算，可排除形变镜自身变化带来的干扰。”苏杨说，借助这个方案，HXI在获得真实形变数据的同时，还将太阳中心的定位精度提高了5倍，达到优于0.3角秒的成像精度要求。

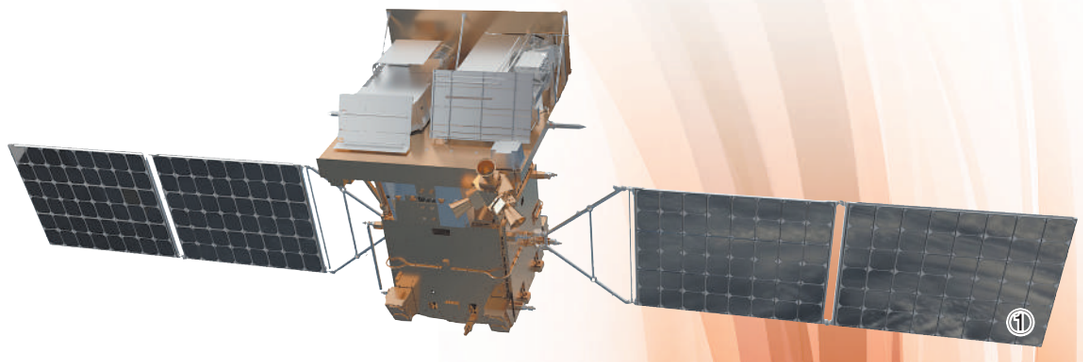
除了HXI，中国科学院紫金山天文台团队还肩负着研制科学应用系统的重任。

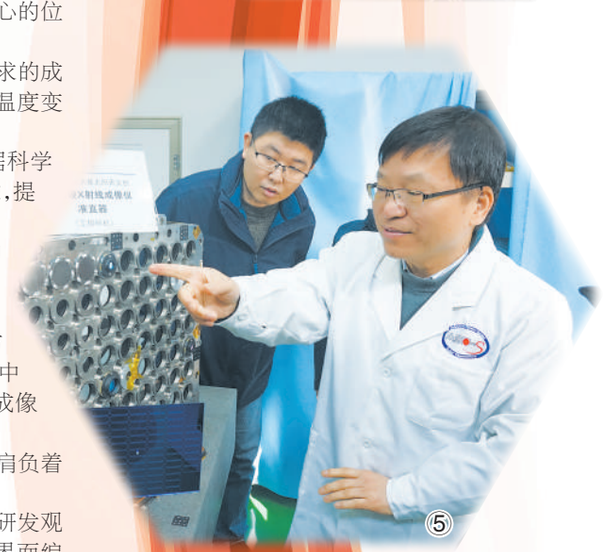
苏杨和张哲带领团队研发HXI，黄宇则忙着研发观测计划制定软件。最初，他从书籍、文献里学习界面编程，代码写了一年多，但后来他发现观测模式复杂，需要植入更多的功能，于是推倒重来，又写了一年多才日臻成形。

“以前我们对卫星的研制并不了解，通过11年的摸索，我们积累了从研制卫星载荷到科学应用的经验，以后再遇到空间探测的工程项目，就游刃有余了。”黄宇说。

同心协力、众志成城。2022年10月9日，“夸父一号”发射成功，成功进入预定轨道。

看着团队里越来越多的年轻面孔，甘为群感叹道：“我们当年搞研究，没有探测器、一手数据，也难以积累探测器的研发经验，只能就着现成的数据写论文。但现在不同了，科研人员年轻时就能参与卫星的设计和观测仪器制造工作，知道天文数据是如何产生、收集的，这为他们产出更多原创性成果提供了可能。希望我们能取得更多的创新性成果，为国际天文研究作出中国贡献。”





①“夸父一号”示意图。
中国科学院紫金山天文台供图
②“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员甘为群（左二）和团队成员一起分析卫星回传图像。 本报记者 金凤摄
③中国科学院紫金山天文台“夸父一号”团队在卫星发射场拍摄合影。
中国科学院紫金山天文台供图
④中国科学院紫金山天文台“夸父一号”团队部分核心成员。
中国科学院紫金山天文台供图
⑤“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员甘为群（右）和团队成员讨论设备技术原理。 本报记者 金凤摄

> 我们当年搞研究，没有探测器、一手数据，也难以积累探测器的研发经验，只能就着现成的数据写论文。但现在不同了，科研人员年轻时就能参与卫星的设计和观测仪器制造工作，知道天文数据是如何产生、收集的，这为他们产出更多原创性成果提供了可能。希望我们能取得更多的创新性成果，为国际天文研究作出中国贡献。

甘为群

“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员

奋进者

刘建军：36年持续攻关 只为“迭代”小麦种子

◎本报记者 王延斌 通讯员 刘 佳

“这个育种材料来自小黑麦，它是经过不断改良才长成这样的。”3月17日，科技日报记者见到山东省农业科学院作物研究所研究员刘建军时，他正在加代温室里查看育种材料。

在办公室的书柜里，摆放着刘建军上月领回的2021年度“何梁何利基金科学与技术进步奖”获奖证书。作为全国人大代表，他刚参加完全国两会。从北京回来后，他便钻进了实验室，继续研究自己的“宝贝”。

刘建军眼前的“宝贝”——一株株长势正旺的小麦植株，外形与普通小麦无异。它们是从身高1.2—1.3米、成熟晚的小黑麦“进化”而来的，具备高产、优质、多抗等优点。

为推动这一“进化”，刘建军倾注了26年的心血。

“种子，上关乎国家粮食安全，下涉及百姓一日三餐，不能有半点马虎。我们农业科研人员将实验室搬到田间地头，就是为了做好这一粒种子。”他告诉记者。

打破国产小麦“魔咒”

国产小麦做不出优质面包——这句“魔咒”曾困扰着一代代中国农业科学家。20世纪80年代，国内的小麦连年丰收，但生产面包粉的优质小麦却需要进口。

刘建军回忆道，选育能够替代进口的面包强筋小麦，成为当时山东省农业科学院作物研究所品质育种课题组的首要目标。

可达成这一目标并不易，当时课题组处在“三无”状态中——无经验、无材料、无经费。

1986年，刚刚大学毕业的刘建军，“初生牛犊不怕虎”，毅然跟随课题组长、如今已成为中国工程院院士的赵振东踏上了一条前途未卜的育种之路。

他们首先从引进国外育种材料开始，用优质材料和中国高产主栽品种进行杂交，到F2代的时候种出了几万棵单株，可最后还是选不出一个理想品种。

此路不通，他们只得换个思路。

他们从上千份材料里苦苦寻觅，再经过筛选、杂交，前后进行了上千个组合，可结果仍然不尽如人意……5年过去了，他们似乎还在原点徘徊。

苦心人，天不负。

奋战几千个日夜后，他们奇迹般地发现了一个优质亲本临汾5064，将这个亲本与丰产性较好的鲁麦13进行杂交，其后代继承了双亲的优点：既优质又高产，再经过一代一代的播种、筛选——小麦新品种济南17诞生了。

“济南17向人们证明，用国产小麦也是可以做出好面包的。”刘建军说。这一天，距离他们起步已整整过去了15年。

育出全国第一大小麦品种

连续16年，山东省滕州市农民龙振存只钟情于一个小麦品种——济麦22。这些年，无论洪涝、酷暑，还是病害、寒冬，这个品种从来没让他失望过。

龙振存的选择是对的，因为济麦22相关成果不仅拿下了国家科技进步奖二等奖，还创造过全国冬小麦高产纪录。

在育种之初，为了让济麦22没有明显的“短板”，既优质又高产，刘建军和同事使出了浑身解数。

他们努力创制足够优秀的父母亲本，然后进行“婚配”（杂交）；在田间年复一年地选择表现特别突出的后代，这些后代还得被“发配”到寒、热不同地区，分别在水浇地和旱地中“历练”。

从1994年杂交组合到2006年审定，历经12年持续打磨，济麦22惊艳亮相。

2021年，济麦22因其突出的广适性实现秋播1631万亩，再次成为全国第一大小麦品种，累计种植面积3.3亿亩。

记者了解到，刘建军作为主力研制出四大小麦品种——济南17、济麦19、济麦20以及济麦22，相关成果都获得了国家科技进步奖，但他并不满足。

6年前，刘建军团队与中国农业科学院作物科学研究所何中虎团队合作，育成了我国黄淮冬麦区第一个利用分子标记辅助选择方法育成的小麦品种——济麦23。

因为具有87%的血缘关系，济麦23被称为济麦22的“升级版”。前者较后者显著增产，从2020年到2022年连续3年，济麦23在山东省招远市和龙口市亩产超过820公斤。

带队创造出“微量沉降法”

育种要求全生育期选择，小麦从种到收的8个月时间，需要精心呵护。这也意味着在夏天的烈日下，他们要顶着40多摄氏度的高温做耐热鉴定；在冬天零下十几摄氏度的严寒中，他们要一次次做抗寒鉴定。

成功没有诀窍，就是苦干、硬干、巧干。

刘建军记得，曾经他们把所有的微量方法研究个遍，2000多元的设备买不起，就自己动手做了个简易的设备代替。

最终，经过上千次试验，他们终于捣鼓出“微量沉降法”：只用一株麦穗、0.32克面粉就能测定出沉降值，让早代（F2-F3）个体单株品质鉴定成为可能，缩短育种年限2—3年。这在当时全国甚至全世界小麦育种领域都可以说是一个创举。

作为团队带头人，刘建军是年轻人的榜样，肩负“传帮带”的重任。“学无止境，我们既要学习老一辈育种科学家艰苦奋斗、无私奉献的精神，也要学习年轻人无惧未知、敢于创新的精神。”他说。

如今，刘建军仍奋战在科研一线，他的育种梦还在继续。

“我最大的理想就是，在退休前研制出几个好品种、大品种，为国家粮食安全再出把力。”刘建军说。

刘建军在查看小麦育种材料。 刘佳摄