

天道酬勤，格物致知

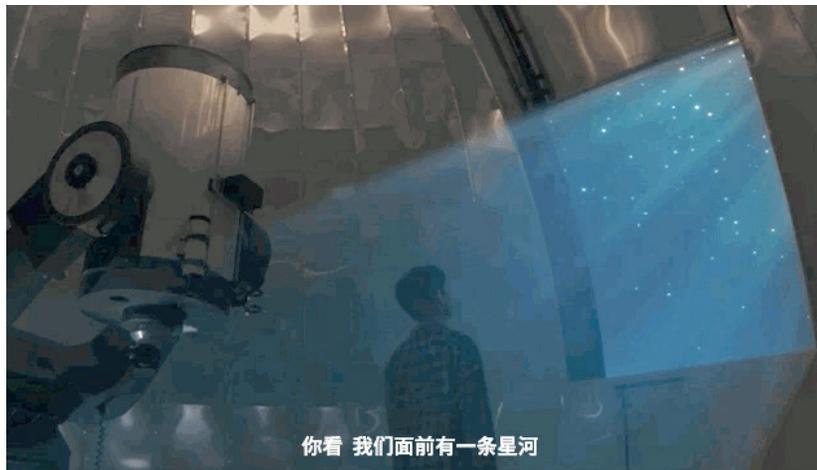
——追光少年带着“天格计划”二号卫星载荷来了

► 李闰涛

2017年9月22日，清华大学天体物理中心和天仪研究院宣布联合启动“天格计划”，预计在2018年至2023年内发射24颗微小卫星，专门用于探测短伽马射线暴。后者被认为是引力波在伽马射线波段的电磁对应体，有助于理解极端条件下的天体物理过程。

2020年6月7日，清华大学2020年招生宣传片《追光少年》发布。其中的动人故事改编自清华大学“天格计划”的真实事件：一群21岁的少年，自主研发卫星载荷，并发射到了太空。在发射前一个月的时候，他们遇到了重重困难，却拼尽全力、绝不言弃。

2020年7月7日，“天格计划”学术推进计划二期立项论证暨天格二号星技术评审会在线上召开，来自中科院高能所、国家天文台、中国计量院等研究机构的多位专家提出一个个问题，团队成员就卫星载荷的技术细节、研发过程及疫情期间克服困难进行的实验等进行了细致的回答，得到与会评审专家的一致认可。



清华大学招生宣传片《追光少年》

疫情下的天格团队

2018年10月，“天格计划”学生兴趣团队的首个实验卫星载荷从我国酒泉卫星发射中心上天入轨。在宇宙中遨游的一年多里，学生团队完成了一步步测试实验，从载荷测试、姿态验证到科学观测，也在实践中检验了自己的设计，为后续卫星载荷的研制与改进积累了

宝贵的经验。

清华大学2020年招生宣传片《追光少年》，讲述的也正是“天格计划”学生团队第一代成员们的故事。他们勇于挑战的精神和团队协作的研制，为“天格计划”学生团队打下了良好的基础。

按照“天格计划”的科学规划，“天格计划”第二颗卫星载荷本应

于今年年初交付发射升空。为此，团队的第二代成员们早早便开始了准备工作。但所有人都未曾想到：这个寒假竟如此漫长——新冠肺炎疫情的爆发阻碍了同学们返校的脚步，二号卫星载荷的发射时间也一时无法确定，天格团队的成员们也散作了满天星，分散在全国各地无法返校。

即便如此，他们还是迅速调整，将团队组织了起来。一方面，团队组会、招新、培训、专家学术报告线上开展不停歇；另一方面，将二号卫星载荷交付前剩余的各项技术工作化整为零，从探测器模拟、标定，到操作系统固件、数据处理软件开发，几位骨干同学分工协作，将必备设备寄到家里，遇到问题随时网络会议，尽一切努力在疫情期间让“天格计划”继续推进，决不在等待中让时间溜走。

疫情期间，天格团队的同学们按原计划完成了任务固件的操作系统移植和第二轮系统定标实验，进一步优化了卫星载荷的指令序列和各项指标，在技术评审会上，专家老师们也对团队同学们在疫情期间的工作予以了高度评价。

“二号星的故事不比一号星少”

清华大学工程物理系的郑煦韬是现任“天格计划”兴趣团队队长。他从大三时作为第一代成员加入“天格计划”学生团队硬件组，到大四时从温家星手中接过队长的重担，开始准备二号卫星载荷的研制。郑煦韬在疫情期间，负责载荷的完整硬件研制和固件开发等任务。“二号星经历的故事真不比一号星少”，在完成卫星载荷组装调试的那一天，他发布了这样一条朋友圈感慨。

从第一代载荷到第二代载荷，

郑煦韬的团队角色从硬件组骨干成员转变为统筹协调的负责人，这对他提出了更高的要求，促使他学着进一步思考天格计划的未来规划。无论是科学实验的延续还是团队组织的发展，“天格计划”都需要不断地吸纳和培养新鲜力量，让低年级同学不断参与到天格项目之中，在实践中检验知识、在科创中提升能力，也在天格平台中发掘自己的科研理想和志趣。

疫情爆发之初，郑煦韬与“天格计划”导师、工程物理系曾鸣老师讨论商议，决定在寒假和新学期初，以卫星载荷任务固件的升级作为主要工作，重点是将固件升级为基于实时操作系统的任务构架，从而进一步优化载荷的固件规范性和关键技术指标。

在疫情的头两个月里，通过线上合作，郑煦韬带领大四年级的张斌斌等团队成员，高质量地完成了这一目标。除此之外，张斌斌还尝试了在Lockstep双核处理器上移植实时操作系统、编写空间单粒子效应测量实验固件，对下一代技术方案进行了摸索。

时间进入四月，在疫情局势逐渐好转、允许校外同学临时返校之后，郑煦韬也第一时间回到学校实验室，取出卫星载荷零件及关键设备，为卫星交付前的各项实验做准备。在五月，经过导师们的反复协调，卫星载荷第二轮标定实验终于

重新开始了，在京的团队 members 们获得了前往中国计量科学研究院在昌平的实验装置上开展标定实验的许可。在同一段时间里，有几个研究单位的大科学项目在努力追赶因疫情影响的进度，都是加班加点实验。

为了充分利用机时、尽快完成实验，郑煦韬在天文系博士后仓基荣的带领下，连续几天都是晚上十一点进入实验室、利用通宵到天亮的时间进行实验，而负责定标数据分析、大四年级的高怀众同学等，则在千里之外一起通宵、线上实时处理数据和随时讨论。那半个月，数个不眠的夜晚，他们高效地做完了全部实验，获得了所需的实验数据。

就是在这样一步一步、紧张而有序的工作之下，“天格计划”二号卫星载荷原本被疫情耽搁的各项研制工作逐一顺利地完成了。相较于正在太空中遨游的天格一号卫星载荷，二号星载荷在综合性能上提升了一个台阶，电子学设计和固件程序都针对一号星在轨运行中出现的问题做了改进和优化。

一号星载荷进行伽马光子探测的电子学死时间是大约50个微秒，而在二号星载荷的定标测试过程中，队员们发现死时间的主要开销是微控制器程序的数据读取和传输时序，因此通过逐条指令地反复优化关键代码段，成功将死时间减少到了10个微秒以下。



天格计划二期立项论证暨天格二号星技术评审会

从硬件到软件、从探测器到数据传输，多处改进遍布卫星载荷内外，这离不开天格计划学生团队成员无论日夜、不分寒暑的辛勤钻研，也离不开天格团队第一代、第二代乃至即将开始承担主要科研任务的第三代成员们对同一个科学理想的执着坚守。也正是这样共同钻研和志趣传承，一点点凝聚着天格计划学生团队独特的科学精神与团队信念。

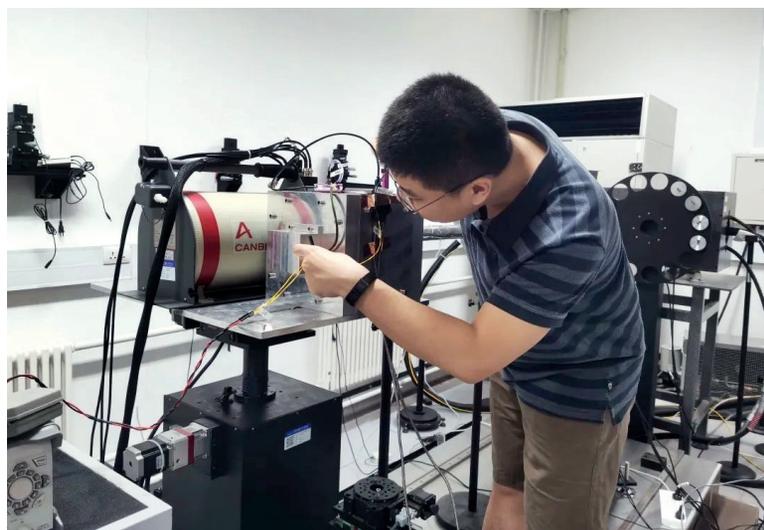
从技术小白到团队骨干

工程物理系大二年级的徐大成同学承担了“天格计划”中模拟数据的分析工作。自2019年加入天格计划以来，徐大成逐步从一名技术小白成长为天格计划的第三代团队骨干，深度参与了二号星载荷的研制。

徐大成组织了一个小组进行天格计划科学数据 Pipeline 的研发，在疫情期间结合线上工作和组会研讨，顺利地完成了任务。此外，他也在新学期里获得了学校学术推进计划的支持，提出了结合物理模拟和科学数据算法研究的“虚拟天格”项目。

在回顾加入“天格计划”之初的感受时，徐大成对老队员在招新之初开展的一系列专题分享和“天格计划”特色鲜明的志趣导向都有十分深切的感受。对他而言，“天格计划”为他提供了一个独特的平台，能够在他热爱的编程领域做出很多新的、开创性的尝试。

2019年秋季学期，在“天格计划”



郑朝韬在中国计量科学研究院进行天格二号星载荷标定实验



天格二号星载荷强光测试

导师天文系博士后仓基荣和南京大学张彬彬老师的联合指导下，进入大二的徐大成完成了“天格计划”卫星载荷科学数据 Pipeline 的研发，完成了载荷的观测事例、定标参数、轨道信息、姿态信息等的综合分析和处理，实现了规范科学数据的生成和在线服务，从数据接口上能够与美国费米卫星等的观测结果进行关联分析。

新学期开始，徐大成还接过郑煦韬的接力棒，成为“天格计划”学生兴趣团队的第三代核心骨干，更多地承担起团队的组织工作。“天格计划”已然成长为跨学科、跨学校的学生科创团队。徐大成深知自己的责任，也对未来的工作充满信心，“我会更加重视低年级同学的培养，让天格团队行稳致远”。

“真刀真枪”的学生科研活动

回顾过去的两年天格学生团队的自我管理和运行，担任团队第二代理事长、工程物理系六字班的卢迪安付出了很多努力。从一代成员淡出后青黄不接到今天跨院系、跨学科、五十多位同学的团队，塑造团队精神与鼓励设立科研项目一直是卢迪安作为团队理事长工作的重中之重。

“天格计划”是“真刀真枪”的学生科研活动，对于专业知识的综合运用有着较高的要求，很容易

让对天体物理和粒子探测怀有兴趣的低年级同学心里打鼓；而在疫情期间，线上的活动给团队日常组织增加了许多不确定性。

2020 年的春季学期初招新以来，卢迪安带领团队老成员组织了八次线上组会和培训专题，其中穿插基础知识分享和现阶段工作介绍以及国家天文台张臣老师“爱因斯坦探针卫星”这样的专家报告，努力让新成员能够逐步理解背景知识并尽快跟上团队主题活动，更好地参与到天格团队一线的科研活动中。

卢迪安有些惊喜地发现，经过磨合适应，线上组会的形式灵活、时间也很方便，很好地促进了新老队员的交流，效果很好，卢迪安计划在疫情结束后也线上、线下相结合来进行更多的团队活动。

有意思的是，卢迪安最初更多是作为活动组织者加入天格学生团队的，但随着组织技术讨论和学习活动越来越多，卢迪安自己也收获很大，逐渐对天格载荷的粒子探测器原理和物理模拟产生了兴趣，并在天格导师、工物系田阳老师的指导下，以此方向作为大四的毕业设计选题，在疫情的特殊情况下很好地完成了初步的载荷空间环境模拟。

与卢迪安一样，即将从“天格计划”中“毕业”的几位六字班同学也延续自己在天格团队研究的方

向进行了毕业设计选题，在疫情之中完成了一份高质量的研究工作，为自己的本科生活画上了一个圆满的句号。

张斌斌选择针对 Lockstep 双核 ARM 架构开展研究，摸索下一代天格载荷更加可靠的电子学核心方案，他在疫情期间完成了实时操作系统在新平台的移植，同时针对一号星载荷开发了在轨单粒子效应实验固件，并上传至天格一号星运行观测，有望为后续载荷的空间环境评估提供参考；高怀众选择针对天格二号星载荷的标定开展工作，他从零开始学习 Python、ROOT 等数据处理工具，在几位导师和师兄的指导下参与了角响应、探测效率、温度系数、偏压增益关系等多个环节的标定，一次次熬夜实验、一次次为了精度重新实验，一点点体会了科学载荷所需要的严格标定。

克服困难，迎接挑战，天格团队的老队员们在参与天格的辛苦中也收获了许多，他们更多体验的科学精神和“真刀真枪”的技术能力，正是“天格计划”最希望带给学生们的。

追光少年，未来可期

2020，对“天格计划”的所有成员而言，注定是独特的一年。线上会议的热烈讨论、组装正样时的小心翼翼、通宵完成实验后返校途中的熹微晨光，都是天格成员们难



天格团队线上活动（国家天文台张臣研究员介绍“爱因斯坦探针 EP 卫星”）

以忘怀的奋斗回忆。天格学生团队第二代成员们团结努力、不为疫情所困，顺利地按预定计划推进着自己的学习和研究。天格二号星载荷完成评审及联调测试，即将进入总装阶段，在2020年的夏天承载着这一代队员们的期待和梦想飞往太空。

同样，在2020年，已经从天格团队“毕业”的成员们，很多已经走上了自己投身科学研究的新征程，向着科研报国的理想更进一步：

“天格计划”第一代队长、“追光少年”主人公原型温家星现在作为清华大学与中国工程物理研究院的联合培养博士生，已经在激光聚变中心的大科学装置上开展博士课题研究。

第一代团队科学组长龙翔云成为了天文系博士研究生，在天格导师、天文系冯骅老师指导下，已经在另一个立方卫星空间探测项目

“极光计划”中成为了科学观测和数据分析的主力，“极光计划”最近观测结果成为了《自然·天文》杂志的封面，被评论为“重新开启了由于技术困难停滞了40多年的天文软X射线偏振探测窗口”，龙翔云也是论文作者中排名最靠前的学生。

天格团队第二代理事长卢迪安就读于能源实验班，本科毕业后即将前往中科院等离子体物理研究所就读研究生，希望在核聚变大科学装置上继续追寻自己的未来能源梦想。

第二代队长郑煦韬也将以大科学工程中的粒子探测器电子学为自己的研究方向和奋斗目标。

“学生主体、立足培养、学科交叉、探索前沿”，“天格计划”坚持着自己的初心一步步前行。它是团队每一位同学的不懈努力的共同成果，也离不开项目背后学校大

力支持和导师们的悉心投入。

作为清华大学大学生学术推进计划的重大专项，天格团队得到了校团委和科研院的持续支持和工物系、天文系科教融合的资源投入，更有众多辛勤奉献的导师们深度指导、带领同学们追寻不同领域的科研志趣。

在谈及天格团队之时，几位同学都笑道“好玩”，而曾鸣、冯骅等导师们也对每个同学的兴趣和特点如数家珍。“天格团队很好地克服了疫情的阻碍，在老队员的指导下，新一代的骨干正在成长起来、发挥着越来越核心的作用。天格是育人项目，也是真刀真枪的科学项目，二号星载荷发射后，相信学生团队也会有很好的科学产出”，在畅想天格的未来时，几位导师充满期待和信心。

“天道酬勤，格物致知”，天格团队始终践行着这一理念，在疫情的重重阻碍面前，团队成员始终充满信心，用过硬的技术和团队协作战胜面前的一切困难，让每一位“追光少年”，都能在漫漫征途中找到属于自己的一点星光，努力成长、争取为祖国的科学事业发展做出自己的贡献。

（本文转载自公众号“清华招生”，本刊有编辑。）