



# 河过兰州

马步升

兰州城因为黄河穿城而过，而灵气沛然。从总括兰州概貌的全景图上看，城区的正中间总是被一条黄线隔开。

不过，兰州的全景图有着新旧之分，山河大势是没有多少改变的，变化的是颜色。说是旧图，也不算太旧，也就是几十年的光阴吧。旧图上的兰州，黄河依然是黄色的，是那种从图片上都感知到的黄泥滚滚的黄，南北二山当然也是黄色的。旧图上少许的绿色都集中在黄河岸边，断断续续的两条绿线夹河而行。

其实，对于兰州城在颜色上的变化，久居兰州的人也未必会即时即刻意识到。几年前，电视台直播一项兰州举办的体育赛事，赛道绕着南北滨河路转一圈，镜头囊括了兰州的主城区。我在家里观看电视直播。镜头中的兰州是真实的兰州吗？是的，确实是的。南北两条滨河马路是我工作生活的主要区域，那时候我还喜欢体育锻炼，每个黄昏都要在黄河边流连两个小时。

眼睛盯着电视屏幕，我不由得一惊一喜。惊的是，兰州如此巨大的变化，我却身在其中不自知；喜的是，我原来生活在一个巨大的水上公园中。接着，一个又一个电话打进来，都是外地朋友打来的，开口第一句话几乎都是：“你们兰州这么漂亮啊？”那一刻，我的自豪感油然而生，自豪地说：“那当然了！”

说真心话，此前，兰州不过就是我工作和生活的地方。我曾悉心研究过兰州的历史文化，出版过关于兰州的几部学术专著，但我认为那是工作需要，查阅资料时，心情客观而冷静。当我通过局外人的目光重新打量兰州时，我真的爱上了兰州。两山逶迤南北，一河横贯东西，三大高原于此触角相会。

新的兰州全景图，南北二山原来的土黄色、枯黄色都消失了，换上了绿色。实际上，南北二山的任何一条山谷中，也都换上了绿色。这么多年，我走遍了兰州南北二山的大多数山谷，每一座黄土山包，都铺上了一层绿色。兰州人为了这层绿色，真的是不遗余力。据老兰州人说，新中国成立后的几十年间，每到春季，人们都会行动起来，从黄河里挖出冰块，背上山，种草种树。我定居兰州时，已经是世纪之交，每到春季，都会上山种草种树。

兰州的颜色就是几代兰州人用汗水改变的。在城区，最让人心动的还是黄河风情线。河南河北各一条绿色长廊，夹河而走，各长四十公里，宽几十米到几百米不等。贯通兰州的两座滨河公园，成为兰州市民的全天候休闲娱乐场所。一年四季，人们徜徉在绿树花草中，耳听黄河涛声，目送河水滔滔东去。兰州城区，无论新老城区，都是夹河而建，每个方位距离河边都很近。两岸城区靠河一侧，密布着牛肉面馆、茶馆、咖啡馆、秦腔的曲调，西北“花儿”的旋律，不时从某个场所响起，随黄河水荡漾飘扬。

我居住在安宁区，这里高校云集，在这一区段，黄河河谷格外宽阔，南望南山，北望北山，南北二山，影影绰绰。南北滨河公园的宽度也都在百米以上，有些区段，宽度达数百米。这里还有一块利用黄河滩地开辟的湿地公园，公园里水网纵横，鸟类翔集，花草茂盛，树木掩映，栈桥相连，视野开阔。走完一圈，需要大半天时间。这里是年轻人的乐园，三三两两，大树下，凉亭间，学习，交流，游玩。这里也是老年人的福地，散步，锻炼，修身，养生，安度晚年。

早年的兰州是瓜果城，白兰瓜、安宁桃，闻名遐迩。安宁区向来以十里桃园著称，现在没有那么多了，留下的一片桃园，成为都市里的村庄。每到节假日，人们从各个方位云集于此。在每块桃园里，人们约上亲朋好友，坐在桃树下，品尝着盖碗茶，吃着农家饭，在鸟雀声声中，散去烦恼，积蓄精气神，品味生活的美好。

黄河西来东去，横贯兰州全城，昼夜不息。现今的黄河水，一年四季，大多数时间里，水色也由原来的黄泥色变成土白色，泥沙含量已经很小了。南北二山，以及南北滨河公园，仿佛四条绿色长龙，两条在外围的高处，两条在内圈的低处，将兰州城紧紧围拢。

有黄河的调温，兰州冬无严寒，夏无酷暑，加之居住环境逐步改善，现在，只要在兰州生活过一段时间的人，都会真切感到，这是一座气候宜人的宜居之城。

# 北斗，争当天上最亮的“星”

龚盛辉

在分歧。

各系统专家大多是各科技领域的名家，其中不少是“两院”院士。而郭树人当年只有三十多岁，是年轻后辈，他带着团队大会解惑、小会释疑、个别沟通。一次不行，两次；两次不行，三次；三次不行，四次……不厌其烦、反反复复从各个角度用客观的数据回答各种疑问，终于使大家基本接受了“混合星座”方案。

郭树人说：“大家都是为北斗好。每个人看问题的角度不同，我的任务就是把大家的意见统一起来。”

“GEO+IGSO+MEO”混合星座是中国首创，被外国学者称为“中国星座”。

事实证明，“GEO+IGSO+MEO”混合星座非常适合北斗卫星导航系统特点，为北斗导航确保“中国特色”、跻身世界一流奠定了坚实基础。

## 二

星座模式好不容易确定下来，寻找北斗卫星向地面发射信号的频率又遭遇“寒冬”。

太空茫茫，无边无际，但它并不是一片任人类信马由缰、肆意驰骋的无边草原，而是一条条“狭路”。比如卫星导航频率，可供人类使用的无线电频谱非常有限，而且其中绝大部分已被航天强国抢占。

北斗二号2004年立项时，只有一段频率可用于导航卫星通信。中国北斗、欧盟伽利略同时申报了该段频率使用权。按照国际电信联盟规则，谁先把卫星发射升空并在地面收到卫星信号，谁就能优先使用该频率。国际电信联盟同时规定，自申报之日起，必须在七年内使用频率，逾期视为自动放弃。

这时，欧盟伽利略卫星导航已经进入卫星发射阶段，而北斗的申报时间已经过去四年。这意味着三年内中国必须把北斗卫星发射升空，并抢在欧盟伽利略之前在地面收到卫星发回的信号，北斗卫星导航建设才能赢得主动权。否则，北斗卫星导航建设将处处受制于人，甚至面临夭折的风险。

能否打赢这场频率争夺战，关键在于能否尽快研制出北斗卫星。而这时，进口关键技术设备星载铷钟谈判又宣告失败。

铷钟作为导航卫星的频率基准，决定着导航卫星定位、测距、授时的精度，是整个导航卫星的“心脏”。

北斗“两总”紧急布局国产星载铷钟研制，组建研制团队，对星载铷钟这个卫星导航领域的技术制高点发起了顽强的攻势。

在铷钟研制过程中，中国空间技术研究院时频基准类首席专家贺玉玲和她的团队功不可没。

曾有铷钟研究领域的前辈说过：“铷钟的研制是一项耗费生命的事业。”这不仅指它的难度，还指研制它需要花费的时间。就拿铷钟稳定指标的测试来说，要得到一次测量值，需要连续监测十六天，这期间任何异常都会影响测试指标。贺玉玲每天上班第一件事及下班最后一件事，一定是去实验室看测试数据，认真检查各个遥测数据、检查各个仪器设备的运行情况，维护钟房的稳定运行。星载铷钟的精度相对于地面产品提升了约三个量级，这就决定了必须充分考虑各个部组件的细微差异，通过整机的精细调整使产品性能最优。整机每调试一个参数，都需要放到真空罐里测试较长时间才能看到结果。铷钟研制队伍里的人常说：“我把这个调完再走，这样明天就能看到数据了。”但等到调完、测好、再多观察一会儿，走出楼门时早已夜深。

为了让“慢性子”的星载铷钟研制跑出快节奏、高效率，他们只能“以百米冲刺的速度跑完一个马拉松”。连续九个月，团队全体成员平均加班八百多个小时，没

有休息一天。他们提前一年拿出星载铷钟正样产品。

这是中国航天史上的第一个高性能星载铷钟！

核心技术突破后，北斗卫星研制顺风顺水，很快研制完成。

2007年4月14日4时11分，随着指挥员一声“点火”命令，托举北斗二号首星的“长三甲”运载火箭，在惊天动地的轰鸣声中，孔雀开屏般绽放出美丽的尾焰，扶摇直上，飞向苍穹，渐渐融入黎明前漆黑的夜色……

4月17日20时，十多台地面接收机相继收到太空传过来的卫星信号，而且非常清晰！

这一刻，离“七年期限”截止时间只有四小时！

中国北斗成功占据最后一段卫星导航频率使用主动权，标志着中国北斗卫星导航建设终于突出重围，完全摆脱了受制于人的被动局面。在此后五年多时间里，北斗人先后将十六颗北斗导航卫星送上蓝天。

2012年12月27日，中国向世界宣告：北斗二号正式向亚太地区开通运行服务！

## 三

北斗二号胜利开通后，北斗人立刻向北斗三号进军。有人为中国北斗的前途担心：覆盖国土的北斗一号和覆盖亚太地区的北斗二号，对于中国来说不成问题，但覆盖全球的北斗三号就有些麻烦了。

北斗卫星导航从覆盖亚太到覆盖全球这一步，的确太难走了！

作为全球卫星导航系统，不仅需要太空布设数十颗卫星，同时要在地球上各个地区建设众多的地面站点。如GPS，就在全球各地建了众多地面站。但中国难以在全球布设站点，建不成“地网”。这是北斗卫星导航由区域向全球拓展面临的首要亦是最大障碍。

不能在世界各地建设地面站点，北斗全球系统就不建了吗？

北斗人通过艰苦探索，开创性设计出无须在亚太以外地区建设地面站点的星间链路方案。星间链路是航天器与航天器、航天器与地面站之间具有数据传输和测距功能的无线链路。即在星星之间、星地之间，织成一个“天罗地网”。

信息天路串并联，从此天堑变通途。星间链路，是典型的中国特色、北斗绝技！

但星间链路工程实现难度非常大：不仅测量距离、信息传输量增加了一个数量级，而且卫星以每秒七八公里的速度运行，要相互对准精度本来就很大，相隔几万公里之间的卫星之间要实现厘米级距离测量，更是难上加难。

为此，国内多个优势单位集成攻关，其中就有某研究院空间仪器工程团队。

接到任务安排后，空间仪器工程团队的郭熙业风尘仆仆地前往成都中电集团某研究所，开始投身星间链路攻坚战。

攻关难度超常，而完成任务还不能超时。郭熙业给自己定下了一个雷打不动的规矩：每周工作七天，每天十六个小时；攻关遇到问题，不解决不下班；工作时间手机关机。而实际情况是，几乎每天都会遇到难题，几乎每月要熬十个通宵。

郭熙业的项目攻关完成一个阶段后，上级前来检查。看了他们的星间链路模拟演示后，孙家栋总设计师说：“你们要继续加强攻关，把一个个未知难题搞清楚，并进行充分验证，确保在工程建设中好用、管用。”

孙家栋总设计师对他们前期工作的充分肯定和鼓励，让这个三十出头的小伙子感到万分激动，也更加信心十足。

星间链路设备比测开始了。参加比测的几家单位，都拿出自己精心生产调试的设备进行对抗式演示。让郭熙业没想到的是，第一场比测，他们竟然输了！

怎么会这样？郭熙业连续一周几乎不眠不休，仔细梳理系统设计方案，检测每个设备的技术状态，终于找到问题的症结所在。至于如何解决问题，他面临两种选择：一是在原方案上打补丁，堵住漏洞，提升设备性能；二是推翻原有方案，另起炉灶，设计新的算法。前者实现容易，但性能提升空间有限；后者前景广阔，但推倒重来需要耗时半年，而距离下一场比测只有一个月时间！

郭熙业毫不犹豫地选择了后者，用一个月干完了原本需要半年才能完成的任务。

第二场比测，郭熙业的设备研制团队反败为胜，而且设备性能指标大幅跃升。

但郭熙业没有松劲，他带领团队继续加班加点，完善改进设备，在第三场比测中，他们以绝对优势稳占鳌头。

比测工作后，又开展了大量的体制优化设计、星地试验验证工作，才最终突破了关键技术，实现了有关技术性能的一系列跨越：主要技术指标提升了数十倍；温度控制性能比原计划提高一倍；测距精度相当于能看到两千公里外的一根头发丝！

# 逐梦

## 十年奋进路

2020年6月23日9时43分，西昌卫星发射中心发射场“轰”的一声巨响，一枚“长三甲”运载火箭冉冉升起，将北斗卫星导航系统第五十五颗卫星，也是北斗三号最后一颗全球组网卫星送上太空。至此，北斗三号全球卫星导航系统星座部署全面完成，比原计划提前半年。

完美收官，星耀全球。北斗卫星导航系统终于迈入全球时代！

为了这一天，北斗人奋斗了二十六年。为了这一天，国家组织千军万马，北斗人克服千难万险，历经千辛万苦。现在，北斗终于开始走进千家万户、造福千秋万代。听到这个消息，北斗人所有的艰辛与付出，都化作了欣慰：“这辈子能参与北斗卫星导航系统建设，是人生的幸运与幸福！”

2015年3月30日晚，一枚“长三丙”运载火箭划破西昌卫星发射中心沉寂的夜色，带着美丽的尾焰直刺星光闪烁的夜空，将肩负北斗全球卫星导航系统重大核心技术试验任务的第十七颗北斗卫星送入预定轨道。

“太阳能帆板顺利打开”的消息传来，发射指挥大厅里一片欢腾，记者们开始现场采访。一名记者走到时任北斗卫星导航系统总设计师助理、工程总体室主任的郭树人面前。

“北斗二号启动已经满十年了，这十年，您最大的欣慰是什么？”记者问道。

郭树人答道：“通过不计其数的计算、论证设计出的方案，终于得到肯定，取得统一意见。”

在科研工作中，常常会有不同的意见和看法。郭树人作为工程总体室主任，主要任务之一就是通过积极协调，统一大家的意见。

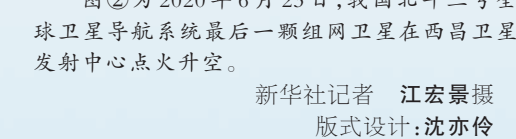
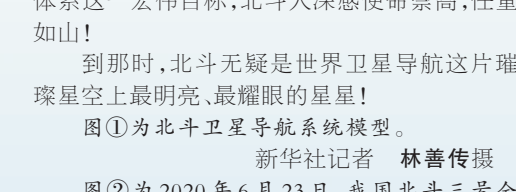
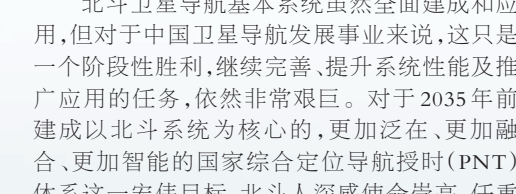
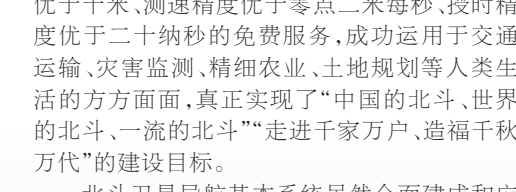
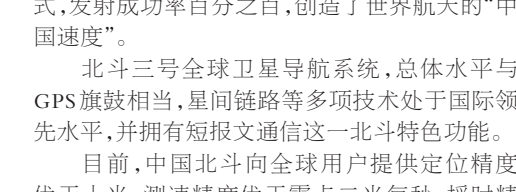
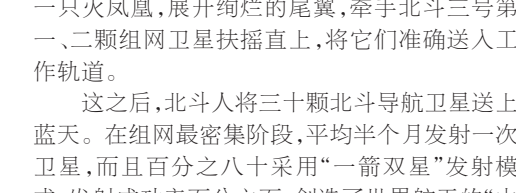
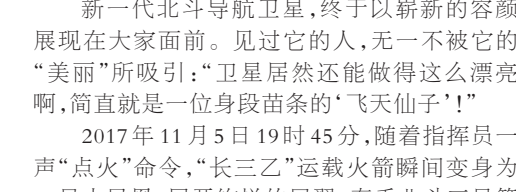
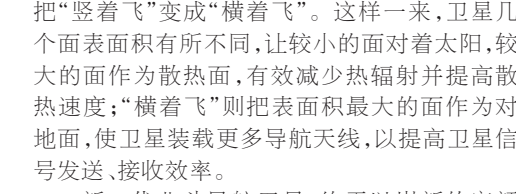
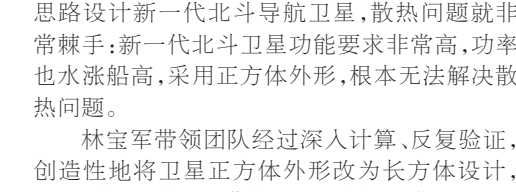
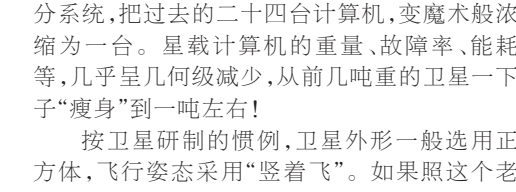
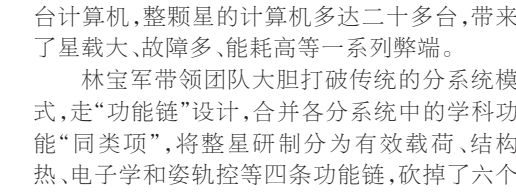
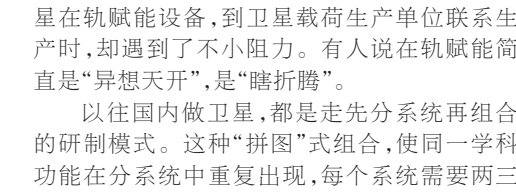
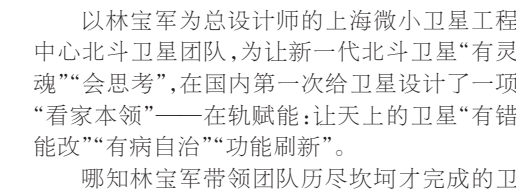
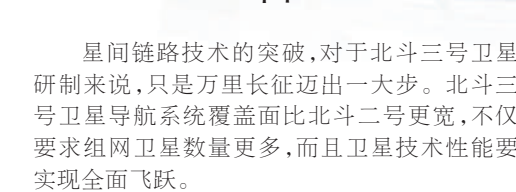
建设北斗卫星导航系统，需要在太空布设数十颗北斗卫星。首先需要解决的问题，就是这些卫星采用什么样的星座结构。

GPS导航卫星全部采用距离地球两万千米左右的地球轨道卫星(MEO)。但北斗卫星星座设计团队带头人许其凤带领团队对其覆盖性、性价比、管理模式进行细致分析、深入测算后，发现它根本不适合北斗二号区域卫星导航系统。团队根据北斗导航“三步走”战略特点，通过缜密推演、细致计算，在国际上首次将距离地球三万六千公里的地球静止轨道卫星(GEO)、倾斜地球同步轨道卫星(IGSO)运用于卫星导航，设计了世界上第一个“GEO+IGSO+MEO”混合星座。

郭树人带领总体团队，通过计算、论证，认为混合星座对亚太地区覆盖率高，投入性价比高，建设速度快，技术风险小，而且见效快、易管理，完全符合区域系统特点，并能够给未来的全球系统建设准备广阔空间。

但这一创举与用户部门、研制部门的意见大相径庭，遭到不少反对。

为了统一内部意见，北斗卫星导航工程领导小组和总设计师系统(以下简称北斗“两总”)把各系统专家召集到航天城协作楼，进行集中讨论。大会小会不下百次，郭树人也先后一百多次上台解答各种疑问，大家依然存



新华社记者 林善传摄

图②为2020年6月23日，我国北斗三号全球卫星导航系统最后一颗组网卫星在西昌卫星发射中心点火升空。

新华社记者 江宏景摄

版式设计：沈亦伶