

卫星测控,对大多数人来说是个陌生领域。当火箭把卫星送入预定轨道,卫星能否正常运转并按计划完成使命,完全依赖于地面观测系统对其实施长时间的跟踪、测量、计算、预报和控制,这一系列工作即为卫星测控。

通俗地说,卫星测控就像是“放风筝”,离开地面观测系统的监控,卫星就像是断了线的“风筝”。这是一项极其复杂的系统工程,在某种程度上代表着

一个国家的航天科技水平。

航天作为当今世界最具挑战性和广泛带动性的高技术领域之一,体现着国家综合实力和地位。因此,总有殷殷志士甘为国家的航天事业鞠躬尽瘁,也总有拳拳赤子愿为航天发展负重前行。

有一位杰出的航天科技工作者便是如此:他建立的“三轴稳定卫星姿态控制动力对其轨道的摄动力模型”,解决了卫星近地点异常变化难题,填补了国内

空白;他主持开发的人造卫星精密轨道确定系统,突破了多项技术难点,把我国人造卫星精密定轨技术推向世界前列;他总结自己的理论研究和实践成果写成的《人造卫星精密轨道确定》,成为世界航天测控史上不多见的一部学术专著。

他,就是中国科学院院士、我国人造卫星轨道动力学和卫星测控专家李济生。2019年7月28日,和卫星打了一辈

子交道的李济生,因病在北京逝世,享年77岁。他把生命融入了魂牵梦绕的浩瀚星空。

一路向前,不能忘却化身为星的人。今天,就让我们一起回忆李济生院士与祖国航天测控50年的不解之缘,感受他为中国航天事业而焦虑、而奋斗、而潸然泪下、而欢呼雀跃的征程往事,以此向李济生院士作最后的送别!

——编者

坚定的信念:“把中国的精密定轨技术搞上去”

50年前,同样是盛夏时节,李济生大学毕业主动申请来到中国第一座卫星测控站,从事卫星轨道计算工作。

当时,我国的第一颗人造地球卫星即将发射,全中国没有一位卫星轨道计算专家,国外对我严格技术封锁。没有任何资料,李济生和同事们自己编程序、搞方案;没有实践经验,他们就边工作、边积累,借助一台手摇计算机,一个多月后拿出了一次性通过的轨道设计方案。

1970年4月24日,我国自行研制的第一颗人造地球卫星“东方红一号”发射成功。庆功会上,大家举杯相庆,李济生却眉头紧锁——卫星虽然上天了,而卫星轨道的计算十分粗糙。

中国从1967年开始建设自己的航天测控网,1970年正式投入使用。彼时,美国的航天测控技术水平已超前我国二十年。

李济生为此深感焦虑:如果不能精确地计算出卫星在太空运行的轨道,就不可能满足后续卫星发射测控任务和卫星应用对定轨精度的要求。

“我国航天测控技术起步晚、差距大,但我们有能力奋起赶上!”立志要在航天测控领域有所作为的李济生并不气馁,一个强烈的愿望在他心里萌生:一定要尽快拟制出中国航天的精密轨道计算方案。

从此,他一面投入到新型号卫星测控任务紧张的工作中,一面不断积累精密定轨知识,为日后开发精密定轨方案作技术储备。同时,为了使定轨精度有个明确的数值概念,他对定轨精度分析方法进行了不懈探索和研究。

一年攻关,李济生分析、推算了大量数据资料,终于算出我国第一颗人造卫星的定轨误差。从那时起,我国对近地卫星轨道精度误差有了初步的数值概念。

随着李济生卓有成效的研究,我国定轨精度逐步提高,但与国外的相比,还有不小差距。于是,他将求学的目光投向了更远的地方。

1978年9月,李济生参加国内首批出国留学人员考试并被录取。一时间,国外几所大学纷纷来函,有的请他去搞探空火箭数据处理,有的邀他进行天文教学,他都一一谢绝了。李济生心中的目标执著而明确:“研修精密定轨理论,把中国的精密定轨技术搞上去。”

1984年,李济生终于选取对口专业,跨进大洋彼岸一所名校的大门。在那里,世界各国的航天测控资料一应俱全,李济生在知识的海洋里奋力搏击:快学、多学、拼命学。

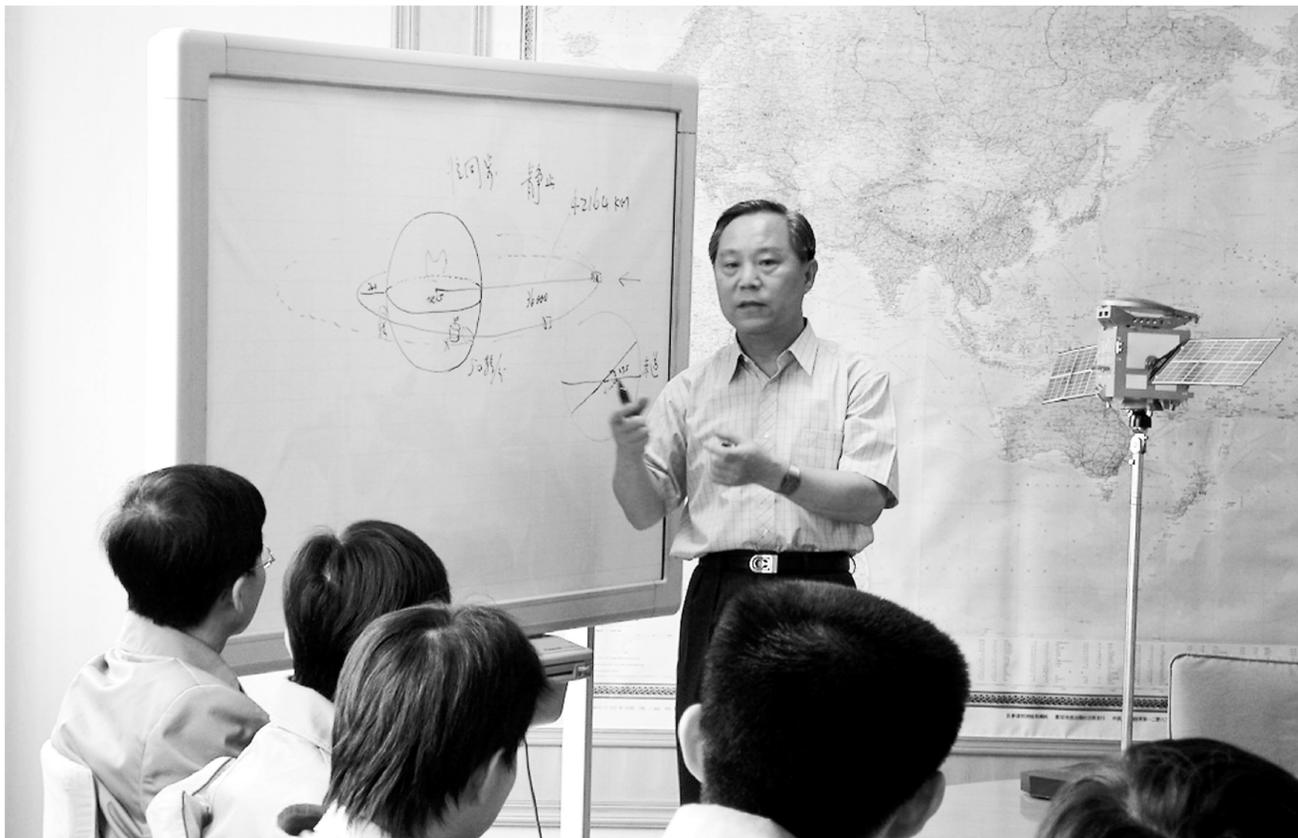
在进修的两年里,李济生没有节假日,无暇顾及旖旎的异国风光,甚至连写封家书也顾不上。难得上街,去一次就买回足够吃十天半月的食品,把能挤出的分分秒秒都泡在了图书馆和资料室里。

1986年,李济生婉拒导师的挽留,毅然回到祖国的怀抱。他忘不了临回国前一位老华侨的话:“国内每升空一枚火箭,我们这些海外游子的腰就又挺直了一截。”

太空之上镌刻“中国精度”

——追记中国科学院院士李济生

■本报记者 邹维荣 韩卓业



铿锵的脚步:“外国人能做到的,我们也能做到”

1975年,我国航天事业取得大丰收。这一年,我国成功发射了3颗近地卫星。

人们沉浸在成功的喜悦之中,李济生和同事们却意外发现,卫星近地点高度逐日升高。从理论上分析,卫星在运行过程中受大气阻力影响,近地点高度应该越来越低。

这是一个谜。有关专家怀疑是轨道计算误差太大,提议改由其他单位计算。种种怀疑和议论,对搞轨道计算的李济生来说,无疑是一种莫大的压力。

李济生决心依靠自己的力量解开这个谜。他一头扎进谜团里,连续几日彻夜不眠,反复查阅有关资料,反复和同事们研究探讨。

几个月后谜团解开。卫星轨道出现反常,是控制卫星姿态的喷气管产生的姿控力所致。由于作用力很小,人们在

设计时忽略了。然而就是这轻微的作用力,使卫星轨道近地点高度逐日升高。

李济生再接再厉,对此领域作深入研究,又研制出卫星姿态控制对卫星轨道摄动的动力学模型,填补了我国同类动力学模型的空白,使卫星定轨精度提高了一倍。

此后,他又主持开发了“微分轨道改进和摄动星历表计算”卫星轨道确定方案。这一方案首次用解析法导出了大气阻力短周期摄动的计算公式,使我国人造卫星定轨精度大幅提高。

1981年底,我国首颗地球同步通信卫星发射准备工作进入冲刺阶段。地球同步通信卫星的测控技术,是世界航天测控领域的难题,只有少数几个国家掌握。

要完成这些复杂的测控过程,地面测控系统要向卫星发送数千条指令,其实时性、准确性和连续性要求之高,都是历次发射任务所没有的。

在发达国家,通信卫星的测控,是用全球站的测控网完成的,而我国卫星地面测控网只限于本土的测控站,可控弧段极其有限,测控过程必须高度自动化。但卫星测控中心仅有性能落后的

320计算机,运行速度每秒28万次,内存和速度远远不够。

我国有关部门多次与外商洽谈高性能计算机的进口事宜,均被对方拒绝。西方大国的技术封锁,激起了李济生和同事们为国争光、开拓创新的豪情:“外国人能做到的,我们也能做到;外国人做不到的,我们也要做到!”

采访的国外某专家,看着这台老机器连连摇头:“用这样落后的计算机完成地球同步通信卫星的测控,是不可能的。”在和这位专家进行地球同步卫星测控技术交流中,当谈及一些具体技术问题,对方总是说:“对不起,我没带笔记本,没法回答你。”

李济生心头受到重重一击!在随后的一年时间里,李济生以惊人的毅力,攻克了道道难关,成功地编制出通信卫星测控软件调度程序,圆满解决了计算机容量小、速度低的难题,终于使我国第一颗地球同步通信卫星成功定点于距地球3.6万公里

的赤道上空。之后,李济生作为中方代表参加一个国际学术会议,与那位专家不期而遇。当

那位专家听说中国人正是用那台被他当年宣布为“不可能”的计算机,完成了地球同步轨道卫星的测控时,惊讶地瞪大了眼睛,连声说:“奇迹,奇迹!”然后,又向李济生询问我国地球同步卫星的技术细节。

李济生的表情一如往常那样平静。他感到,两年前那句曾经刺痛他心灵的话,日日夜夜艰苦拼搏中时时堵在他胸口的那句话,现在可以“还”给对方了。他微笑着说:“对不起,我也没带笔记本,没法回答你!”

高尚的品格:“我愿用肩膀为年轻人搭起攀登云梯”

十多项高等级科研成果创造者、首届航天基金奖获得者、中科院院士、党的十五大和十六大代表……当这一个个成功的光环簇拥着李济生时,他并没有陶醉,而是时刻不忘居安思危。

那句被历史反复验证了的至理名言

深刻在他的心底:科学家最大的悲哀是后继无人、事业断线。

1992年,在我国某型返回式卫星发射前夕,李济生接到一项特殊任务:研制一套新方案,以验证年轻博士黄福铭制订的该型号卫星轨道控制方案的可行性。李济生苦战数月,拿出了新方案。经过论证,这两种方案殊途同归,都是可行的。

这是我国发射的一种新型返回式卫星,用谁的方案谁将获得科技进步奖,谁就将在这个新型卫星领域里永远留下自己的名字。李济生是测控中心的技术权威,是国内有名的科学家,按理说采用他的方案理所当然。但在李济生的坚持下,测控中心采用了黄福铭的方案。

李济生说:“要多给年轻人创造机会。因为,科技发展是一场接力赛,要靠一代代人的努力。作为一名老科技工作者,我觉得个人名利事小,把这个接力棒交好,尽快提高我们国家的科技水平才是大事。”

个人的名利是小事,人才培养是大事。李济生把培养年轻科技人员当做自己的重要职责,手把手地教,希望更多的人超越自己,体现出一位科学家对祖国航天测控事业强烈的使命意识和无私的奉献精神。

李济生的严谨细致在单位里是出了名的。翻开他几十年所记的工作笔记,尽管有的已经泛黄褪色,但字迹工整,标点符号都一清二楚;设计的各种技术方案,不仅构思新颖,而且格式整齐美观。他这种严谨的科研作风时时影响和感染着身边的青年科技人员。

一次,卫星发射测控任务完成后,当时负责技术方案设计的科技人员杨宁十分疲劳,正准备回去休息。李济生却把他叫住:“你把这次任务的技术报告找来,咱们再琢磨琢磨。”

杨宁为此感到疑惑:任务都结束了,庆功酒也喝了,还要技术报告琢磨啥?报告送上来后,李济生把他拉回计算机房。两人对报告内容一行行检查,对涉及的数据一个个验算,从晚上一口气干到凌晨3点多钟,终于在纷繁的数据中查出两个小瑕疵。

李济生恳切地说:“科研无小事,没有严谨的科研作风,是搞不好技术工作的。这两个小瑕疵虽无碍大局,但证明我们前期工作还是有些匆忙,并非完美无缺……”

杨宁对这番话刻骨铭心。在李济生的影响下,他养成了一丝不苟的工作习惯。“搞天体力学比较枯燥,整天就是计算,但这里面也有乐趣。想想看,人造卫星在天上是看不见的,我就给你这个观测数据,算出它的轨道,然后预报它什么时间在什么地方,到时候一看它确实在那个地方,这不也是种乐趣吗?”李济生沉迷于轨道,沉迷于探索浩瀚宇宙中的无穷奥秘。正因为如此,他牺牲了许多业余爱好。有人说他既不打球,也不下棋,偶尔和妻子打羽毛球,是他唯一的娱乐活动。

1997年底,李济生当选为中科院院士。在一个庆贺会上,他道出了自己的心声:“我是踩着众人的肩膀一步步上来的。我国航天测控事业要赢得新世纪,就要培养一大批年轻人,我愿用自己的肩膀为年轻人搭起攀登的云梯!”

上图为资料照片。李济生院士在为技术人员讲授卫星测控技术。

★ 新看点

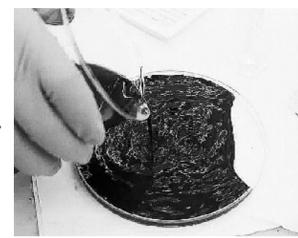
“真是难以置信!”

若是220年前发明出第一块“电池”的亚历山德罗·伏特能看到这款厚度不到1毫米、大小比不过一张A4纸、电容量却足足有26800毫安的“纸电池”,应该也会发出这样的感慨吧!

这款由瑞典林雪平大学研制的“纸电池”(powerpaper),虽然身材小巧、体型纤薄,其容量却是普通手机电池的8至10倍,能够毫不费力地为使用者提供长效稳定的电量输出。该电池经2000次以上放电测试,并没出现明显损耗,使用寿命是锂电池的2倍。

由于这款“纸电池”的制作材料是一种由纳米纤维合成的特殊物质,所以其质地非常柔软,手感与普通纸张类似。而且,在高压水柱的作用下,工程师可将这种“纸”的纤维缩小至20纳米厚度,仅为人类头发直径的1/5000。它还具备极佳的延展性和稳定性,可在多次折叠后依然保持良好的放电状态。

其实在2006年,由华人科学家张霞昌领导的科研团队就已设计出了世界上第一款“超薄型纸质电池”。他们



“纸电池”新鲜出炉

■李磊 张盼

采取电子元件印刷技术,在半片状基材上印刷不同功能的浆料,用以构成电池的正负极,并通过相关化学反应进行放电。理论上,张霞昌团队设计的“纸电池”能提供一个长期、稳定的功率输出环境,并能像超级电容器一样快速放出高能电量,进而弥补传统电池的多个短板。

“传统电池是将数个单独的组件立体组合起来的,而‘纸电池’是通过印刷技术将所有部件印刷在单一的结构内,让其功效更高。”张霞昌表示,在理想状态下,单个“纸电池”的电压为1.5伏,可通过串联的方式组成更高电压的电池,且可按具体要求调整电池的形状、大小、厚度以

及电池正负极的位置,以供各类电器使用。

由于当时一些技术手段尚未成熟,部分技术瓶颈一时难以攻克,导致该电池放电时间不长、功率不大,尚不能广泛应用于数码相机、手机、手表等中大电子类产品当中,只是计划应用于功耗较小的“射频识别”领域。

制的最新“纸电池”,从稳定性和实用性上都有了质的飞跃。此外,这种通过导电聚合物涂层封装出来的“纸电池”不仅能防水,还能反复充电上百次,每次充电也只需数秒钟即可。

那么,集众多优点于一身的“纸电池”到底能给我们带来哪些变化呢?

比如,备受大家关注的手机,由于其内部锂电池的特殊物理属性,机身过厚、待机时间过短一直是众多设计团队无法攻克的技术难题。而这一切将因“纸电池”柔软可裁剪的特质、纤薄如纸的体型、超大的电容量、稳定的输出功率,随之迎刃而解。

除此之外,各国高度重视的军事领域也必将张开双臂纳入其怀抱。也许在不远的将来,战场上各类搭载了“纸电池”的便携电台、基站、作战指挥系统会更加小巧轻便;由“纸电池”驱动的战车将会摆脱笨重的传统能源而变得更加迅捷轻便;医疗救护分队也不必考虑电源问题,在一省“纸电池”的帮助下能完成一台手术;天上的无人机、海里的无人艇也会因为“纸电池”拥有持久续航能力而拓展侦察范围……

左图为“纸电池”制作流程。