

余国琮是新中国成立后第一批回国参与国家建设的海外科学家之一，像其他归国科学家一样，他毅然放弃国外优越的工作和生活条件，回归祖国投身科学发展事业。“争一口气”是贯穿余国琮一生的信念，可以说，“争一口气”生动地诠释了余国琮艰苦奋斗、科技报国的百年人生。

在战火中立科学救国大志

余国琮在中学时亲历日本侵略广州城，目睹了战火中家园被摧毁、同胞被屠戮的惨状。在西南联大化工系上大学时，日本军机的轰炸频繁猛烈，不得已时他常要和老师同学们一起“跑警报”。这些沉痛的经历使余国琮深刻体会到“落后就要挨打”的道理，但国耻家难并未让他气馁认输，相反，为自己和民族争口气的信念却由此成为他在逆境中奋斗的强大动力。

1943年底，余国琮顺利考入密歇根大学化工系攻读硕士学位，在当时的化工领域，密歇根大学和麻省理工学院是美国最好的两所高校。然而1945年初，当他来到密歇根大学时，校方竟要求他补修一些本科生课程，“可能是美国人觉得中国大学教育的质量不行吧，……我当时就想争口气，通过自己的努力改变美国人的偏见。”最终余国琮不仅以优异成绩修完所有课程，而且只用一年时间就拿到了硕士学位的所有学分。毕业后他跟随当时化工热力学领域知名教授库尔在匹兹堡大学做助教。库尔教授十分欣赏这位科研能力出众的年轻人，进而邀请他做自己的博士生。博士期间余国琮主攻精馏和热力学两个研究方向，并在实力雄厚的梅隆工业研究所从事化工科研实践工作，一年后他获得博士学位并成为在匹兹堡大学化工系任教的第三位中国人。

执教3年间，余国琮不仅业绩斐然，提出了著名的“余一库”方程，同时还担任由中国共产党组建的“留美中国科学工作者协会”的首届理事。他坦言正是通过协会才了解到祖国对于留学生归国建设的渴望，这非常契合自己科学救国的志向。虽然当时匹兹堡大学许诺为他升职加薪，导师也动情挽留，但余国琮的想法很简单——“祖国的建设更需要我”。最终在协会的帮助下，避开了美国当局设置的重重阻碍，1950年余国琮以返港探亲的名义“请假”回归祖国。

余国琮：要把“争一口气”的精神传承下去

□ 欧阳文川



归国科学家

余国琮，祖籍广东台山，1922年11月18日出生于广州，化学工程师，我国精馏分离学科创始人，中国科学院院士，中国民主促进会成员。1943年余国琮毕业于西南联合大学，获工学学士学位；1946年毕业于密歇根大学获科学硕士学位；1947年在匹兹堡大学获哲学博士学位后留校任教；1950年回国在唐山工学院化工系工作，1952年任天津大学化工系教授；1965年成功研制出重水分离技术，保障了我国原子能事业平稳发展；1990年，筹建我国首个化工领域重点实验室——“化学工程联合国家重点实验室”，并担任“精馏技术国家过程研究中心”首届技术委员会主任。余国琮先后获得全国科学大会奖、国家科技进步奖、两次国家级教学成果一等奖。2022年4月6日余国琮在天津逝世，享年100岁。

在技术封锁中铸大国重器

20世纪50年代我国炼油工业处于起步阶段，而精馏技术不仅是包括炼油在内的几乎所有大型化工过程的通用技术，更是生产核工业所需重水的关键技术，然而这关乎国家经济和安全命脉的核心技术却不掌握在中国人自己手中。余国琮清楚地知道精馏技术对于我国化工产业和国防工业的极端重要性，来到天津大学两年后他就建立了我国第一套大型塔板实验装置，1956年他主持的精馏项目被纳入国家《1956—1967年科学技术发展远景规划》。20世纪50年代末随着中苏关系交恶，我国重水面临断供危机，这关系到原子能事业的存续和国家安全。1959年周恩来总理来到天津大学

重点视察重水分离实验室，握着余国琮的手，他语重心长地说：现在有人想卡我们的脖子，为了祖国的荣誉，我们一定要生产出自己的重水，要争一口气！在技术人员、经费、资料和经验都严重不足的情况下，余国琮和他的团队夜以继日地工作。谈及这段往事，他用“拼命”二字来描述。1965年，重水分离技术最终研制成功，由此为“两弹一星”的发射成功奠定了坚实基础，余国琮提出的“两塔法”也成为一直沿用至今的自主重水生产技术。至20世纪70年代，我国不仅做到了重水自给，还成为重要的重水输出国。

余国琮并未将重水分离技术的成功研制视为壮举或者奇迹，在他看来，中国人迷信和崇拜美国技术的原因在于缺乏了解。曾在代表先进水平

的梅隆工业研究所进行科研工作的他认为，“美国在化工方面并没有什么特别高明的地方，如果我们下点功夫，也不见得会赶不上他们。”20世纪80年代初，大庆油田斥巨资从美国引进的用于乙烯生产的原油稳定装置由于没有考虑到油品差异而导致投产后轻烃回收率一直达不到要求，美国公司派高管和专家团队调试了两个月都无法解决问题，只能赔款走人。当收到支援请求时，余国琮没有知难而退。按照他的改造方案对装置系统的运行参数进行调试后，轻轻回收率甚至超过了原有设计的指标，而且设备性能和能耗也都得到了改善。这是我国第一次应用自主技术成功改造进口成套装置，它标志我国化工分离技术在当时已达到世界领先水平。此后，余国琮及其团队运用新技术接连对我国当

时引进的重要精馏塔装置进行改造升级，并建立了我国最早的精馏塔新技术设备制造企业，实现了新技术的产业化运作，不仅带动了相关行业精馏分离技术的进步，还在某些重要领域打破了国外技术的垄断，我国石化工业的发展也由此实现了突破。毫无疑问，这一系列成就再次印证了余国琮的观点：只要努力，中国人有能力为自己争一口气。

在功成名就时赓续创新

虽然已经在技术革新方面作出了巨大贡献，但余国琮从未停止科学理论的创新。在不断的精馏塔改造工程中，他发现现有理论上并不能满足所有数据需求，而“工业技术的革命性突破必须在基础理论和方法上取

得突破才能实现”。晚年的余国琮打破原有理论框架，结合现代物质传递、扩散理论，创造性地引入计算流体力学的基本方法，针对精馏以及其他化工过程，开辟了全新的研究领域——化工计算传质学理论。2014年阐述这套理论的英文版书籍《计算传质导论及其在化学工程中的运用》发行以后便在国际学界引发较大关注，该书出版6年后，在出版商的邀请下已经98岁高龄的余国琮仍在病房中校订该著作的第三版。

余国琮对创新的孜孜追求还体现在教育方面。他曾说：“我们中国人并不笨，我们能自主创新。我不仅要自己去争一口气，更要把‘争一口气’的精神传承下去，让更多年轻人继续为中国‘争一口气’！”的确，“争一口气”最终需要中国人自己矢志创新。实际上，在攻克重水分离技术时，面对技术人员匮乏的问题，余国琮就以成立专门专业、制定专门课程和编写专门教材，抽调学生有针对性地培养来作为应对措施。在成功生产重水的第2年，他已经培养了共4届40余名毕业生，这些学生也成为了新中国第一批重水生产技术专家。此外，从20世纪90年代开始余国琮先后主持3次全国大规模教学改革项目，他结合自身经历并充分了解国内企业的实际技术需求，由此构造了全新的创新人才培养体系与课程体系，编写、开发了一批高质量教材与网络课程，形成了符合国家和时代需要的先进化工专业教学理念，例如提出用一些人文社会学科的内容丰富教学内容，取消一些专业课考试而改为读书报告等，这些思想很大程度上都与当下所提倡的“新工科”建设要求相一致。

在余国琮看来，大学的根本使命就是培养创新性人才，从而服务于国家需要，而作为一名大学老师，以之为目标做好本职工作就是再正常不过的事了。坚持凌晨4点起床备课，85岁站立讲台3小时给本科生上课，90岁培养博士生，98岁仍伏案修订书稿。如果说在面对民族偏见和技术封锁时，余国琮所展现的是铮铮铁骨，那么作为一名大学教师，他展现的则是谦卑温和。的确，“争一口气”不仅需要敢于斗争的坚韧品格，更需要求真务实的创新精神。

以科技报国为初心一生未变，余国琮将他的一生全部奉献给了新中国的化工事业和教育事业。

中国桥为什么能创造众多世界第一

□ 秦顺全

秦顺全，中国工程院院士，中铁大桥勘测设计院集团有限公司董事长，桥梁工程专家。他长期致力于大型桥梁的设计、施工技术研究与管理工作，先后参与建设了武汉天兴洲公铁两用长江大桥、京沪高速铁路南京大胜关长江大桥、港珠澳大桥、常泰长江大桥等多座著名大型桥梁。秦顺全不断进行科技创新，实现了大跨度桥梁和跨海大桥的诸多技术突破；拥有多项国际领先、具有自主知识产权的核心技术，多次荣获国家科技进步奖。



的奇迹每天都在中国发生，要了解这一奇迹背后的故事，让我们一起走近中国桥梁。

四种最基本的桥型

桥梁是一种跨越障碍的承重结构，它是由若干构件组成的。对于构件来讲，它的受力形态只有三种：受拉、受压和受弯。从总体上来讲，桥梁构件的受拉能力是最强的，受压能力次之，受弯能力是最弱的。整个构件的三种受力形态就会组合成四种最基本的桥型：悬索桥、斜拉桥、拱桥和梁桥。所谓悬索桥，就是通过悬挂于索塔、锚固于两岸的一根主索，作为主要的承载结构的一种桥梁。主索是受拉的，它的承载能力最高，在所有桥型里悬索桥的跨越能力是最大的。斜拉桥就是用高强度的拉索，将主梁斜向拉于主塔之上的一种桥梁。斜拉桥中，拉索是受拉的，所以它的承载力比较强，但是主梁主要是受压的，这种拉和压的组合，就决定了斜拉桥的跨越能力，是小于悬索桥的，但是强于拱桥或梁桥。所以大家会发现，现代大多数的大跨度桥梁都是采用悬索桥和斜拉桥。

拱桥就是通过一种弧形的结构，将竖向的荷载转化为拱轴线的一种受压。由于拱轴线是受压的，它存在侧向稳定问题，所以材料强度不能够充分发挥，它的跨越能力小于斜拉桥，

更小于悬索桥。我们古代劳动人民建成了很多石拱桥，包括河北的赵州桥、苏州的宝带桥、北京的卢沟桥和颐和园的玉带桥。

梁桥以树干和石板作为承重结构，是最古老的桥型。它是以构件的受弯作为主要的特征，由于构件的受弯能力是最弱的，它的跨越能力是最小的。但是梁桥构造非常简单，施工也很方便，当我们对跨越能力要求不高的时候一定会选择梁桥，因为它最经济。世界上绝大多数的桥梁都是梁式结构，中国现在有实物证据的最早的成规模的梁桥要算陕西的咸阳沙河桥。

从跨越能力来讲，4种桥型从大到小的顺序，应该是悬索桥、斜拉桥、拱桥和梁桥。跨度越大也就意味着技术难度越大，我们经常用桥梁的跨度来大致衡量建造一座桥梁的技术水平。到现在为止，这4种桥梁的世界纪录是多少呢？悬索桥2023米，在土耳其；斜拉桥1176米，在中国江苏；拱桥600米，在中国广西；梁桥300米，在中国重庆。

中国对世界桥梁的贡献

中国桥梁的建设历程是不平凡的，大致分为“建成学会”“自主探索”“学习追赶”“提高奋进”和“创新引领”5个阶段。

进入21世纪，以超大跨度斜拉桥、悬索桥、拱桥和大规模跨海工程

建设为代表，中国桥梁的建设规模、跨径和技术难度不断跨越世界巅峰，攻克了一批关键核心技术。不仅促进了新型材料和装备的研发，也让中国桥梁工程技术进入世界先进现代桥梁技术的阵营。

中国桥梁的第一个贡献是三塔方案。以往在长江上建造大桥跨径并不是很大，但现在我们现在需要建更大跨度的桥梁？目的是为了在更高水平上兼顾两岸交通的需求和航运安全这对矛盾。从沟通两岸的交通来讲，长三角、珠三角地区经济繁荣，过江交通需求量是巨大的。桥梁工程师一直在提高桥梁的跨越能力，但桥梁跨度越大，技术难度越高，造价也就越贵，有没有更好的选择？实际上可以用多个连续的主跨，来覆盖通航水域，从而减少单孔桥梁的跨度，节约投资。比如我们在泰州长江大桥和鹦鹉洲长江大桥设计的时候，就充分利用了它们位处长江的W形的河床断面，在水中水深较浅的区域设置一座桥塔，用两个大跨，跨越整个长江的通航水域。既可以很好地满足通航的需求，又减少了桥梁的跨度。相比常规的一跨过江方案，利用三塔方案，桥梁的跨度减少一半，主缆的截面、用量也减小一半，相应的锚碇体量也大约减少了一半，工程造价显著降低。

中国桥梁第二个贡献是三索面新结构，三索面新结构是为了适应多功能桥梁的建设而提出来的一种结构。所谓多功能桥梁就是一桥搭载多种交

通功能，将高速铁路、城际铁路、地铁、轻轨、高速公路、市政道路等多种交通荷载进行合建，用一座桥解决多种交通功能的需求，从而减少桥梁的绝对数量。把多种交通功能集中在一座桥上面，意味着桥梁承受的荷载更重、桥梁也更宽，由此首创了三索面的斜拉桥结构，就是把横向的、两索面的斜拉桥的两个支点变成横向的三个支点，从而改变横向的受力。对于三索面斜拉桥来讲，就是要研究空间结构的多种荷载的加载方式和施工的实践方法。三索面斜拉桥结构提出来以后，首先应用在天兴洲长江大桥的建设上，后来大范围地推广，为我国经济社会的发展和世界桥梁技术的进步都作出了贡献。

第三个贡献是转体施工，所谓转体施工，就是利用岸边的场地和两岸的山势，在方便的地方拼装，而不是一定要它在最终的位置上来拼装。1999年在建设广州丫髻沙大桥的时候，这个桥的跨度是360米。为了实现拱桥的拼装，先把两个半拱在江的两岸分别拼装成型，然后第一次竖转达到桥梁高程的位置，第二次通过平转达到桥梁的中线位置，整个转体的重量到了13600吨。

中国对世界大跨度拱桥的第四个贡献主要体现在整体的预制架设。新中国成立初期，中国桥梁架设的能力大概只有80吨，到目前为止我国高铁整孔预制的箱梁跨度已经到了40米左右，重量也超过了1000吨，所以搬、提、运、架这个装备是最关键的。中国高铁建设初期，曾经进口过少量的国外设备，后来就完全立足于自主研发，研发了多种巨无霸，包括450吨的提梁机、900吨的运梁车、900吨的架桥机，这些设备保证了中国高铁自主的高质量建设。

第五个贡献是跨海桥建设。我国的海岸线有3.2万公里，江河的入海口

和沿海的岛屿众多，实际上中国到21世纪才开始规划、设计、建设真正的跨海桥。要建设跨海桥，有3个方面的技术挑战：第一个挑战就是这个桥非常长；第二个挑战就是气象复杂，风浪大而且比较频繁，一年的有效作业时间，大概只有180天左右；第三个挑战就是海洋有腐蚀环境，桥梁的耐久性问题更加突出。常规的在内陆的江河湖泊上建桥的现场施工作业的方式，实际上都是不合适的，桥梁必须整体地预制、整孔地架设。在上海东海大桥建设中，这个桥全长是32公里，梁重是2100吨，当时就是以海上沈家湾这么一个岛为基地，进行梁体的预制。最后用专用的运梁架起重船“小天鹅号”，进行整体的运输和架设。

未来无限可期

今天，中国桥梁无论是跨越能力、建桥技术、建桥材料、建设装备，各个方面都已经达到了世界一流的水准，在跨海桥、高速铁路桥梁、跨越繁忙水域大跨度桥梁建设方面，为世界桥梁技术的发展作出了中国贡献。

我国桥梁建设逐步从“中国制造”走向“中国创造”。在国际桥梁建设市场上，中国造的桥梁已经接近了全球市场的一半左右份额。

1956年，毛泽东畅游长江，在水上近距离视察了正在建设中的大桥，回到东湖宾馆以后就写下了“一桥飞架南北，天堑变通途”的著名诗句。今天长江上已经建成的桥梁超过了160座，根据国家发展和改革委员会印发的《长江干线过江通道布局规划（2020—2035年）》，2035年我们需要建成240座左右的过江通道。未来依托“一带一路”倡议、交通强国等国家战略，我们要建更多的绿色桥、高效桥和智慧桥。



学习时报与央视中国经济大讲堂合办



更多精彩内容扫码看视频