发明中国自己的电机冷却技术

——记中国工程院院士顾国彪

本报记者 刘 瑾

“我要做成一两件外国没有的，或者外国人做不到的事。”这是电机学专家、中国工程院院士顾国彪从清华大学毕业一年后，郑重立下的志愿。

生命不息，奋斗不止，58年来，他将一腔热血倾注到蒸发冷却事业中，最终让梦想照进现实。

他研发的常温无泵自循环蒸发冷却技术（简称蒸发冷却技术）世界领先，已成功应用于三峡电站的全球最大功率水轮发电机中。运行实践证明，其性能稳定、经济高效，大大延长了电机的使用寿命，是其它冷却方式无法比拟的。

如今，80岁的顾国彪仍带领团队奋斗在蒸发冷却技术的研发事业上，那份专注，一如当年那个刚刚走出校园的青年。

◀ 顾国彪（中）在青海李家峡电厂调研。（资料图片）

▼ 顾国彪在三峡地下电站700MW蒸发冷却水轮发电机定子前。(资料图片)

发明新型冷却发电机

2011年12月15日对顾国彪来说是个特殊的日子：三峡电站首台70万千瓦蒸发冷却水轮发电机成功运行。这是世界单机容量最大的蒸发冷却发电机组，采用了我国具有完全自主知识产权的“定子绕组自循环常温蒸发冷却技术”，并由我国自行设计生产。这一天，距离我国蒸发冷却团队的成立已经过去了53年。

将蒸发冷却技术应用在三峡工程中，是顾国彪最大的梦想。为此，1994年，他曾向三峡工程技术委员会委员提出使用蒸发冷却技术的建议。

对方半开玩笑地说，“你们的技术我了解过，才搞了一个50兆瓦的发电机，但我们这是700兆瓦的。如果你能在四五年内完成400到500兆瓦的电机，并且两年之内不出故障，我就一定用”。

顾国彪的斗志被激起。恰巧，青海李家峡水电站有个400兆瓦的发电机组要上马。由于此前蒸发冷却水轮发电机获得了良好声誉，顾国彪争取到了这个项目，成为“九五”国家科技攻关计划中的一项。

经过顾国彪及其团队的努力，1999年，李家峡水电站的蒸发冷却水轮发电机正式投入运行。顾国彪回忆李家峡电站启动电机时的紧张心情时说：“腿都发软了。”

50兆瓦及400兆瓦蒸发冷却水轮发电机的研制与运行，获得国家科技进步奖二等奖。2006年，三峡总公司将两台机组交给电工所蒸发冷却技术研发中心进行冷却系统优化。

目前，在三峡水电站安装的32台发电机组中，有2台采用了顾国彪等人研发的蒸发冷却技术。顾国彪介绍说，大型发电机运行时会产生大量热量，需要进行冷却。目前，国际上主要有空冷、水冷两种冷却方式，而蒸发冷却技术则是利用低沸点的液体通过相变换热来传递热量，实现对发电设备的冷却。这种经济高效的新型冷却技术，是我们提出并实现的原创技术。

在蒸发冷却技术工业应用前，我国大型水利工程电力设备领域采用的都是国外技术。无论从装备容量还是技术指标上，这2台70万千瓦蒸发冷却水轮发电机都达到了国际领先水平。“事实证明，我们的技术全面超越了他们。未来，我们的设备完全能在国际市场上和他们竞争。”顾国彪肯定地说。

“从1千瓦到70万千瓦，走完每一个台阶，我们都花了大约10年的时间。”顾国彪回忆说，项目组先后因故被解散了3次，但他一直没有放弃。第四次重组后，这个团队更有朝气、更努力，并取得了现在的成就。

顾国彪表示，“如果水轮发电机的功率提高到百万千瓦以上，水冷技术因高水压，安全性难以保证，而我们的蒸发冷却技术完全没有问题”。此外，作为一种通用冷却技术，蒸发冷却技术已在超级计算机、服务器上成功应用，还将在新能源配电、抽水蓄能等凡要解决发热、节能、安全可靠问题等方面有用武之地。

历经坎坷的创新路

目前，蒸发冷却技术一直居于世界领先地位，但当初做大型电机项目时，顾国彪不但要承受科研攻关的压力，还要面对来自各方面的质疑和指责：行业里的人不了解他在做什么。但他咬紧牙关坚持了下来，并通过多年努力换来了人们的认可。

回顾往昔，顾国彪的圆梦之旅充满坎坷曲折。对于这位热爱体育运动的老院士而言，他的创新之路堪称一场“人生马拉松”。

1936年，顾国彪出生在上海一个知识分子家庭，接受了良好的教育。1953年，他考入清华大学动力类电机系。回忆清华时光，他说，“最大的收获，是培养出了敢闯敢干的性格以及解决实际问题的能力”。

1958年从清华毕业后，顾国彪被分配到刚筹建起来的中科院电工研究所工作。当年正是各界热议三峡工程之时，电工所接到了为三峡工程研制新型冷却系统的任务。工作没几天，顾国彪就受命进入该课题组。课题组通过后续研究分析，用模型试验证明了常温下自循环蒸发冷却方案的可行性。

期间，相关蒸发冷却电机项目上马失败。当初因对此提出异议而被迫离开的顾国彪被重新安排到蒸发冷却研究组工作，开始建立发电机内两相流的模拟试验装置，进行设计理论研究及有关参数与数据的获取。1963年，他们与其他团队一起，成功研制了天津发电设备厂的650千瓦水轮发电机。经过半年的成功运行，证明了自循环蒸发冷却技术在水轮发电机上应用的可行性。

为全面研究分析自循环蒸发冷却技术，团队成员们改行搞起了热力学、两相流体力学以及电介质化学等研究。顾国彪事后总结道，蒸发冷却技术研究实际上是电工学、电机学和热力学等的交叉学科，只有交叉学科才能形成新的学科方向，成长出创新技术。

然而好景不长，课题组被迫解散。

顾国彪心有不甘，四处奔走寻找合作厂家及电站用户。直到上世纪80年代初，顾国彪团队与四川东方电机厂合作，研制了两台10兆瓦自循环蒸发冷却水轮发电机组，安装在云南大寨水电站。经云南方面的密切配合、改进完善，发电机组一直运行至今，成为自循环蒸发冷却技术的历史性转折点。

凭借大寨水电站安全运行的基础，顾国彪又争取到陕西安康的50兆瓦水轮发电机和上海电机厂上海输变电公司合作的50兆瓦汽轮发电机项目，实现了长期安全运行。每每谈到这些，顾国彪都笑着说，“每到关键时刻，就有人帮我，你看我的运气好吧”。

健康工作50年

接受《经济日报》记者采访当天，正好是顾国彪80岁生日。采访持续了近3个小时，他思维敏捷、谈吐清晰，一点不像上了年纪的人。

顾国彪常说，“身体是革命的本钱”。他有积极锻炼身体的习惯，这也得益于他的清华岁月，当时的清华非常重视学生的全面发展，曾提出“每天锻炼一小时，为祖国健康工作50年”的口号。

年轻时，他喜欢打篮球、跑步……雨雪风霜都不曾间断。他说，“太阳越大我们打球越来劲，一打就是两三个小时”。

体育锻炼伴随顾国彪的科研生活，给了他良好的体力、毅力和持久力。他也鼓励实验室的学生要坚持体育锻炼，注意手脑并用，强调动手能力。他认为，工程科学非常注重手脑并用，来解决实际问题。

顾国彪还记得，在陕西安康建设50兆瓦发电机时，他对每个环节都不敢疏忽，在工地上一干就是12个小时不停歇。吃饭没有地方坐，顾国彪和同事就靠在墙上吃。他说，“如果没有好的身体，根本不可能坚持高强度的工作”。

“重大电气装备的研制，一般需经历基础研究、原理样机、中试样机、扩大中试、工业样机经济分析、市场产品共六大步骤。从开始研究到推向市场，要用二三十年甚至更长时间。”顾国彪坦言，“由于项目组解散了三次，现在的团队是第四组，成员普遍比较年轻。我想用亲身经历启发年轻的工程科技工作者，应当如何做出创新性的工作”。他给研究生开讲座，寄希望于他们能够振兴电气工程学科和制造业。

顾国彪直言，当前的中国企业患上了“仿制病”，他忧虑于“何时走出山寨”的问题。通过科技创新走上强国富民之路，是青年科技人员应当承担的历史使命。他用蒸发冷却技术的创新为例，现身说法，指出青年科技人员培养创新精神需要丰富的知识、实际的训练和健全的身心，还要有精诚合作的优秀团队。

“志不坚者智不达”，顾国彪一直用这句话来激励自己。在他看来，要实现理想和抱负，就要有不懈的坚持，这和坚持体育锻炼是一样的道理。他还说，智者的成功，除了坚持，还要制定切实可行的计划，一步一步往前走。

行进中国 精彩故事

每个故事都是时代印记

兰新高铁线路工区工长马万里：

守护祁连山高隧安全

本报记者 李琛奇 通讯员 强 科

人物小传

马万里，28岁，兰州铁路局武威工务段山丹军马场高铁线路工区工长，负责兰新高铁军马场至浩门上下行约140公里线路(其中隧道7座)的日常维修和保养工作。他带领10多名职工，坚守在高寒缺氧的祁连山腹地，用责任和忠诚护卫着兰新高铁的安全畅通。

入夜了，地处祁连山腹地、海拔3608米的兰新高铁大梁隧道内灯火通明，马万里带着他的14名伙伴，利用夜间不行车的维修“天窗”时间，对高铁线路进行精调精整。安博格绝对测量小车、零级相对测量小车、螺栓松紧小车齐刷刷上道，机器的轰鸣声响彻隧道。测量、松螺栓、起道、抽垫板，流水线作业，在夜幕笼罩的隧道内有序进行，一气呵成。

兰新高铁祁连山隧道群地处祁连山脉冷龙岭、岗什卡雪峰脚下，这里平均海拔3600米，年平均气温只有零下四五摄氏度，空气含氧量不足海平面的80%。有时一天就要经历四季，时而阳光直射，时而阴云密布，时而雨雪交加，时而大风呼啸。“我们这里一年只有两个季节，一个是冬季，一个是大约在冬季。”当地牧民跟记者开玩笑地说。

马万里所在的兰州铁路局武威工务段山丹军马场高铁线路工区，承担着兰新高铁上下行共140公里线路的养护维修任务，其中包括祁连山隧道群大梁、祁连山、小平羌、大平羌、金瑶玲、双墩子、元山7座隧道内线路的维修养护。海拔3608米的大梁隧道，是世界高铁隧道中海拔最高的，也是兰新高铁全线咽喉隧道，隧道群地质条件复杂，整修难度大、任务重、标准高。

“为了火车跑得快、跑得稳，我们已经习惯了与风雪、缺氧为伴，钢轨、枕木就是我们无言的朋友，我们不怕辛苦，高铁的安全运行比什么都重要。”每年冬季，特别是三九天，是一年中最难熬的时期，隧道外气温能到零下30多摄氏度。马万里说，他们在隧道内测量时，检测小车的电脑经常被冻死机，他们要把电脑和电池放在自己怀里捂热才能继续测量，光这样“捂电脑”的活，他们自己也不知道每天要进行多少次。怀里捂个“冰疙瘩”，许多职工手上起了冻疮，一冷一热患上了感冒，但从来没有一个人叫苦、退缩，甚至连一句抱怨的话都没有。

兰州铁路局武威工务段张掖西线路车间党总支书记李开林告诉记者，马万里和工友们工作和生活的地方，一年中最热的时候也只有十几摄氏度，他们不得不常年穿着棉衣、棉裤，戴着皮帽，冻伤手脚是常有的事儿。做饭必须用高压锅，要不然面条煮烂了也还是生的。关节炎、指甲下陷、脱发、皮肤粗糙，几乎是工区所有人的“特征”。

祁连山隧道群地质条件复杂，线路需要每天精调，马万里他们也就成了一群“夜猫子”，经常利用夜间线路封锁的“天窗”期干活。“2015年，马万里连续干了40个‘天窗’。他还不到30岁，头发已掉了不少，但线路病害一个也没有放过。”副工长龚贤斌说。

“坚守是一种品格，一种人生。往往是在越艰难的时候，人往往越难坚守，在我们放弃的那一瞬间，也许离成功就只差一步之遥。一旦选择了坚守，就千万不要轻易放弃。”马万里在日记中这样勉励自己。

马万里和他的工友们已经在这里坚守了近600天，他和工友们与冰山雪岭相望，与寒冷缺氧相伴，与艰苦寂寞相连，用顽强的意志和辛勤的汗水，确保了隧道的安全和兰新高铁的畅通无阻。

痴情讲台32年的“常先生”

本报记者 夏先清 通讯员 孔子俊

河南大学有一位很火的老师。她的课堂场场爆满，蹭课的学生挤得密不透风，提前一个小时还不一定能占到座位。

她没有写过论文，也没出过一本书，到退休还是讲师职称。她就是常萍，一生纵情于古诗词，痴情于讲台30多年。在河南大学，她是众人眼中的真老师，心中的常先生。

坚守本心

一条灰色宽大条绒裤，一双青色胶鞋，略显稀疏的长发，她就是简单朴素的常萍。

“我不在乎你的世界多么喧嚣，只想在我的课堂给你刹那的宁静。”在这样的使命感下，常萍带着学生领略知识的魅力，从文学到人生，从人生到天地，从天地到心灵……她的讲解时而千回百转，时而喷薄而出，让人沉浸其中。

这样的课堂，于学生而言是一种享受，于常萍而言是对学问的精雕细琢。

为讲好课，常萍会查阅所有相关的书籍和集注。要上课了，她会提前15分钟到达教室，放下东西，在教室外一个人冥想，铃声一响，准时踱步而入。课堂上，她旁征博引、纵古论今。那些繁复琐碎的文学知识，她都烂熟于心、信手拈来……

常萍的课堂从不点名却场场爆满，不少学生宁肯站着听课。拥挤在她课堂上的，除了莘莘学子，还常有不是学生模样的人。有位40多岁的女士，每周五下午都请假从50多公里外赶来听她的课，至今已坚持3年。

每次下课，学生们都掌声雷动。常萍总是来不及擦去汗水，便赶紧向学生们鞠躬致意。然而掌声经久不息，她只好再次鞠躬微笑，重复几次，掌声才慢慢停歇。

这样的场景，在过去的30年来屡屡上演，直到2015年6月19日。“锦瑟无端五十弦，一弦一柱思华年”，这天，常萍以《锦瑟》作结，走完了她30余年的执教生涯。

育栋梁者，她简单地只为学生，无愧老师称谓；做学问者，她纯粹地热爱文学，当得先生二字。

止于至善

许多人说，常萍为河南大学开辟了一方净土。“‘大学之道，在明明德，在亲民，在止于至善’，建校百余年来，河南大学一直在追求最本真的大学之道，努力达到完美境界。”河南大学党委书记关爱说。

受此影响，常萍对文学、对课堂总是力求尽善尽美。每次上课，她都全情投入，下课时常常全身湿透；课堂上她几乎不看教案，但每次上课前，她总要把教案详细地整理一遍；她从来不用多媒体，那些龙飞凤舞的板书是她对教学的极致追求。

32年来，只要在教室中，只要在文学里，常萍就散发着强大的气场，保持着旺盛的生命力。她与河南大学，不是谁成就了谁，而是在走向至善的道路上成就了彼此。

常先生教学生们学会“诗意地生活”，坚守最初的本心，她自己也在用行动守护着内心的真实。学生们说，常先生的每堂课整理出来都是一篇很好的论文，但她没有那样做。执教32年来，她没发表过一篇论文。但她的课却不断地追求完美，让学生们为之叹服。网上流传着数十个版本的“常萍语录”，有人把她的讲课实录结集，希望为她出一本书，却被她婉言拒绝。

余热生辉

2015年，受学校委托，河南大学副校长刘志军听了常先生的课，“课堂教学验证了我在网上看到的评价，丰满了我对常萍老师的认知”。之后近一年的了解，让他对常老师有了更深刻的认识。

今年1月7日，河南大学破格返聘常萍为副教授，刘志军为她颁发副教授聘书，请她继续为本科生授课。消息一出，立刻刷爆朋友圈，获得10万+的阅读量，河南大学和常萍老师获得一片赞誉。

在聘任仪式现场，刘志军说，这个聘书不仅是发给她个人的，更是发给以常萍老师为代表的、长期耕耘在教学第一线、全身心投入教学、又得到同学高度认可的老师们的。

于常萍而言，她希望这只是一个聘书，而不是压力，也希望不辜负聘书背后的涵义。她希望大家能把它放下，“因为我仍然只是一个喜欢在空旷的天地间静悄悄行走的过客”。

“我在台上，只要你们轻轻一颔首，有一个微笑，足矣。”就是这样的一份执着坚守，让常萍痴情讲台30余年。“处于逆境一定要去寻求解决的方法，世界上所有问题只有在你全部理解了才会消失。”常萍老师的话，为无数孤独奋斗的青春带来一份抚慰。

喧嚣过后，她依旧是那个视名利于无物，在简单的世界中行走，无欲亦无求的常先生；依旧是那个站在三尺讲台，把最真的学问带到学生心里的常老师。

坚守瑶山的乡村女医生

8月18日，蒙超英前往群众家看病。

蒙超英的丈夫蓝云生前是广西大化瑶族自治县板升乡弄丛村一名村医，离世前的4年多里，身患癌症，带病行医。2011年5月，43岁的蓝云去世，蒙超英背起药箱，沿着丈夫的足迹，继续为民行医。

瑶山地处偏僻，条件艰苦，蒙超英默默坚守5年。1个村医，2600名群众，蒙超英深感责任重大。这几年因操劳等原因，蒙超英身体患病，但她仍坚持给群众提供医疗服务。12岁的儿子蓝胤睿说：“爸爸是医生，妈妈也是医生，长大了我也要当医生。”

新华社记者 李 鑫摄

更多中国故事系列报道请扫二维码

本版编辑 闫 静 郎 冰
邮 箱 jjrbzggs@163.com

社址：北京市西城区白纸坊东街2号 读者服务窗：dzzs@ced.com.cn 010-58393509 查号台：58392088 邮编：100054 传真：58392840 定价：每月24.75元 每份：1.00元 广告许可证：京西工商广字第8166号 广告部：58392178 发行部：58393115 昨日(北京)开印时间：2:35 印完时间：4:00 本报印刷厂印刷