

“谁掌握了稀土，谁就全天候掌握了战场。”作为工业“维生素”，稀土是隐形战机、超导、核工业等高精尖领域必备的原料，提炼和加工难度极大，珍贵稀少。我国之所以拥有全世界最成熟的稀土工业体系，主要源于徐光宪的贡献。

漫漫回国路，拳拳赤子心

1920年，徐光宪出生在绍兴，他的父亲是一名律师，但对数学和围棋却十分感兴趣。父亲从小就喜欢让徐光宪做一些类似“鸡兔同笼”的数学题，训练他的数学思维。父亲还会教徐光宪下棋，锻炼他的逻辑思维。父亲过世后，母亲对徐光宪的影响突显出来，她常教导徐光宪“家有良田千顷，不如一技在身”，要勤奋，要努力。徐光宪成为科学家，离不开父母对他的教导，父亲带领他进入数理化的领域，而母亲则使他懂得勤奋是通往成功的必要条件。

1940年徐光宪考入上海交通大学化学系，在这里他认识了同班同学高小霞，也就是以后与他同甘共苦共同奋斗的妻子。1949年9月，徐光宪用一年时间获得哥伦比亚大学理学硕士学位后，开始师从贝克曼教授攻读博士学位，研究方向是量子化学。在哥伦比亚大学学习期间，徐光宪接连当选美国Phi Lambda Upsilon荣誉化学协会会员和Sigma Xi荣誉科学会会员，拿到被称为“开启科学大门”的金钥匙。

徐光宪最初出国留学就存了学成报国之心，在美国留学期间徐光宪与妻子高小霞一直心系祖国。新中国成立的消息传到美国，在哥伦比亚大学就读博士的徐光宪带着妻子高小霞和学友一起，召开了庆祝中华人民共和国成立大会。他们背一大袋面包、香肠和饮料，到纽约中央公园举行聚会，没有旗帜的他们立下一块“胜利酒家”的牌子用来庆祝新中国的成立。朝鲜战争爆发后，徐光宪和妻子高小霞放弃了国外的优越条件，同时放弃的还有妻子高小霞马上就要获得的博士学位。

1951年初，美国提出法案，想要阻止中国留学生回国，但法案生效需要大概半年时间，徐光宪和高小霞决定趁此空当回国。当时回国的签证已经很难办理了，夫妻二人就以家中母亲身体抱恙，需回国探亲，一个月后还会返回美国为借口，获得了签证。他们回国所坐的邮轮，正是美国政府“禁止中国留美学生归国”法案正式生效前，驶往中国的倒数第三艘邮轮。

徐光宪：提取高纯度稀土达到99.99%

□ 王 妍

归国科学家



立身一清如水，为国一片丹心

1951年9月，徐光宪到北京大学后，继续从事量子化学研究，但是当时国内的实验条件与在国外学习期间相比，差别很大，想要在量子化学领域进行前沿研究，非常困难，于是，徐光宪就开始考虑转换到溶液络合物化学方向。这是徐光宪科研方向的第一次转向——从量子化学到络合物化学。1957年8月，北京大学撤销物理研究室，成立放射化学教研室（对外称“物质结构教研室”），钱三强到

北大调阅档案，建议任命徐光宪为放射化学教研室主任。徐光宪认为国家需要是第一位的，他服从组织分配，从配位化学转到放射化学专业方向。业界有这样的说法：“谁掌握了稀土，谁就全天候掌握了战场。”我国虽拥有世界上最大的稀土资源储备量，但直到20世纪70年代，还不具备提取高纯度稀土资源的能力，只能通过向国外出口廉价的稀土原料“换取”进口的高纯度稀土产品。为了走自力更生的道路，打破外国人在稀土领域的垄断，1972年，徐光宪所在的北京大学化学系接到了一个军工任务，即高纯度地分离稀土元素中性质最为相近的钆和铽。徐光宪说：“（钆和铽）这

两种元素比孪生兄弟还要像，分离难度极大。但中国作为世界最大的稀土所有国，长期只能出口稀土精矿和混合稀土等初级产品，我们心里不舒服。所以，再难也要上。”为了解决科研难题，徐光宪阅读了大量文献，每周工作80个小时，在美国宣告失败的维拉体系中获得启发，创造出全新的串级萃取理论，并打破世界纪录，将纯度提高到99.99%。他和同事还率先办起“全国串级萃取讲习班”，使新的理论和方法广泛用于实际生产，大大提高了中国稀土工业的竞争力。

1977年3月，钱三强又来到北京大学，他觉得国际形势发生改变需要

徐光宪再次发挥自己的长处，于是徐光宪回到了量子化学专业。重回量子化学专业的徐光宪，利用计算机自行编写程序，开发出了中国第一个量子化学从头计算程序，改进了量子化学计算方法，提出了原子价及其共价的新定义及量子化学定义，以及分子结构的判定规则，改进了休克尔分子轨道理论并提出正弦型同系线性规律，在稀土配合物的电子结构和化学键领域作出独特贡献。此外，他还在量子化学领域培养了研究人才，积极推动中国化学研究的国际交流与合作。

对于科学研究徐光宪认为：“能够坚持同一个方向，那成就就能够大一点，老是变换方向，学业上的成

就还是会受影响。不过那时候国家需要我转变方向，我还是服从国家需要。”

“稀土紧紧连着我和我的祖国”

徐光宪轰动世界的事业巅峰，与“稀土工业”密不可分。为扭转我国稀土工业的落后状况，1972年，徐光宪转向稀土分离方法的理论和实验研究。近40年中，他带领科研团队潜心钻研、不畏挫折，最终创立了具有普适性的“串级萃取理论”，并引导稀土分离技术的全面革新，将我国稀土萃取分离工艺提高至国际先进水平，实现了从稀土“资源大国”到“生产大国”的飞跃。“串级萃取理论”的广泛应用提升了我国在国际稀土分离科技和产业竞争中的地位，从而改变了世界稀土产业和市场格局。这被国际稀土界惊呼为“中国冲击”。徐光宪荣获2008年度国家最高科学技术奖，成为中国化学、化工界首位获此殊荣的科学家。

徐光宪一生情系稀土研究。除了稀土分离基础研究领域与稀土配位化学，以及稀土生物化学、稀土功能材料外，他对稀土研究的其他领域也相当关注并倾心扶持。他密切关注与稀土资源相关的环境保护与资源可持续利用问题。为此，徐光宪亲赴内蒙古白云鄂博和四川攀枝花冕宁矿区考察，并两次向中央提交有关白云鄂博稀土和钍资源可持续高效清洁利用方面的书面建议。2005年9月29日，徐光宪和师昌绪等15名院士联名发出了“关于保护白云鄂博矿钍和稀土资源，避免黄河和包头受放射性污染的紧急呼吁”，提出白云鄂博主矿和东矿稀土和钍钽资源利用严重不足，并且未被利用的钍对包头地区和黄河造成放射性污染等问题。建议国家应该限制白云鄂博主矿和东矿的开采量，用尾矿坝提供稀土需要，进一步提高选矿收率，收购钍作为战略能源储备等建议。国家对徐光宪等人的建议十分重视，国家发改委、国土资源部、国家环保总局等部门组成调查组，对白云鄂博矿综合利用进行调研，国土资源部还下令限制稀土产量，挽回了一部分廉价出口稀土的损失。

因祖国需要，他毅然回到祖国；因祖国需要，他四改研究方向；因祖国需要，他两次上书国家。穷其一生，徐光宪从未忘记矢志报国的初心，为国家的稀土事业贡献了毕生的心血。

钱学森如何做科普

□ 汪长明
李红侠

2023年7月20日，习近平总书记寄语“科学与中国”院士专家代表，希望他们继续发扬科学报国的光荣传统，带动更多科技工作者支持和参与科普事业。人所共知，钱学森是享誉海内外的杰出科学家和中国航天事业奠基人。实际上，他还是一位热忱的科普工作者，为推动科学普及做了大量工作。尤其是他担任中国科协第三届主席期间，不仅将科普作为重要研究课题，还身体力行参加科普工作，为拉近大众与科学的距离提出了一系列具有普遍意义的真知灼见。

科普工作的目标：“使科技人才幼苗不断涌现”

钱学森认为，当今世界的经济竞争、科技竞争，归根结底在于人才竞争，而人才的竞争需要后继有人。因此，人才队伍建设是科普工作成败的关键。他经常通过书信等形式与科技工作者分享科普经验并交流存在的问题。针对科普人才队伍建设，他提出，人才培养应从青少年抓起，科普工作一项重要职能是服务国家人才队伍建设。

改革开放之初，人才培养依然是制约中国经济社会发展的“瓶颈问题”，“早出人才，快出人才”成为国家当时的迫切需求。1978年，中国科协等单位联合组织北京市青少年科技参观团参加科学家见面会。钱学森因工作原因未能到场，但他通过书信为参观团全体成员介绍当今现代科学技术重大成就。他认为，用现代科学技术最新成就启发青少年的头脑，使青少年的成长过程和现代生产、现代科学技术的迅速发展进程结合非常有意义。

1988年，钱学森作为时任中国科协主席，在中国科协成立三十周年

大会上作了《为科技兴国而奋力工作》的报告。他在报告中提出，面临世纪之交，一个席卷全球的改革浪潮正在震荡着世界，各国都在对本国的政治、经济、军事、外交进行改革和调整，一种新的世界格局正在形成。“其中一个最为深刻的重要原因，是科学技术的迅猛发展所引起的社会生产力的巨大飞跃。”钱学森认为，面向未来的战略优势不能只着眼于军事，而是包括军事、政治、经济、科技、教育在内的“综合国力”的竞争；科技和教育将在其中成为影响发展的关键因素，而一个国家的科学技术能否取得良好的发展，其根本在于劳动者的素质和全民族科学文化水平的提高。为此，钱学森提出，“应当更加重视科学技术的普及工作，把它提到关系着国家现代化建设的战略地位来对待。”他将科普工作提高到国家现代化目标能否实现的高度，认为不但要“扫除文盲”，而且要“扫除科盲”，因为科普工作是社会主义精神文明建设的一项基本工作。为此，钱学森提出，面向21世纪的人才培养，必须从青少年抓起；中国科协要支持和协同教育部门大力开展青少年科技活动，使科技人才幼苗不断涌现；同时，要充分发挥科协和学习会在促进人才成长和参与社会教育中的作用，促进各学科富有创造才能的人才脱颖而出。

科普工作的方法：“三言两语讲清问题”

关于科普工作的方法，钱学森于1996年6月17日在家中会见科普作家汪志。在这次见面会上，钱学森指出：科学技术很重要，既然重要，就需要“大家都懂”，而让“大家都懂，都重视，就需要科普”。即便身为大科学家、做科普的行家里手，钱学森依然认为，“做好科普工作并不

那么简单，科技人员要把一个专业化的问题向外行人讲清楚并不容易”。他多次提出，科技人员要“用形象的语言来表达你要说的科技问题”，“用形象、通俗易懂的语言表达好专业知识”，也就是具备“三言两语讲清问题”的能力。

钱学森深深地感到，作为一个专业的科技人员，如果不能向非本专业、不在行的人说清楚一个科学技术问题，那么他受到的学习教育是不完全的，专业知识亦没有学好。鉴于此，他曾给西北工业大学提过一个特殊的建议，即学位论文加一个“副篇”，也就是“学位论文内容的科普”（致西北工业大学自然辩证法教研室傅正阳），通过简短的“副篇”对一个不在行的人讲清楚论文内容。钱学森在此所言的“副篇”实际上属于“学术科普”工作，这得益于他留美期间深受导师冯·卡门“学术科普”高超能力的启发。虽然此法在高校并未广泛施行，但“三言两语讲清问题”的训练，不失为建设科普人才队伍的重要方式。

在此基础上，钱学森对科普工作者提出更高要求：“讲话、报告或文章，必须能够吸引人，吸引不了人，那你就别干了。”事实上，做好科普工作并不简单，干巴巴地讲科普极易造成观众昏昏欲睡或提前离席。而把一个专业化的问题向外行人讲清楚，必须深入浅出，不仅要求科技人员用形象的语言来表达科技问题，还需要将科普和文学、艺术有机结合，从而使科普工作达到更好的效果。正因此，2001年，钱学森在家中再次与科普作家汪志畅谈科普工作。在长达一个多小时的谈话中，他结合亲身经历阐述科普工作的重要意义，并着重指出，科普工作的“要害”是让人喜欢看、听得懂。当然，作为一位长期工作在国防科研一线的老科技工作者，钱学森虽然身体力行从事科普工



1978年8月，钱学森来到全国青少年航空夏令营营地，身体力行做科普。

作，但他的科普对象主要是青年科技人员、知识分子和学术同行。他曾在致《力学学报》编辑部原主任、中国科普作家协会原副理事长杨寿根的信中坦言：“我同青少年接触少，对他们不了解，不是我的工作对象。”

科普工作的要求：“必须实事求是”

凡是皆有原则，科普也不例外。“搞科学必须实事求是”，这是钱学森一生坚守的原则。虽然钱学森一直提倡科学与艺术结合，但实际上他指的是逻辑思维（科学）和形象思维（艺术）两种思维方式的结合，也就是科学与艺术的相互启迪。对于科普工作，他认为，科普普及同样要坚持实事求是的原则，科普工作者对于科学内容进行“艺术加工”时，尤其应当注意实事求是。1978年3月25日，钱学森同几位出版社编辑就科普读物亲切交谈，谈及当时社会流行的油画《亲切的关怀——毛主席接见科学

家李四光、钱学森”中几点不实之处时，他指出，反映真实人物活动的艺术创作，要尊重起码的事实。不久，上海科学教育电影制片厂筹划拍摄航天科普电影《空间科学》（后改名《向宇宙进军》）。翌年2月，钱学森在上海延安饭店接见影片摄制组，针对片名、提纲等发表意见，并提出“科教片一定要讲科学”的原则。不过，众所周知，影片有艺术创作，观众感兴趣。为此，他提倡“搞电影的同志，要多跟科学技术人员交朋友”，达到科学与艺术相结合的效果。

不难发现，与其他科普工作者不同的是，钱学森从事科普工作，既具有鲜明的身份依托，他是杰出科学家，是中国科技战线和科普战线德高望重的领导人；又坚持科学的方法论支撑，他一贯提倡科普工作要坚持实事求是这一马克思主义的根本观点，并注重马克思主义哲学世界观的传播；还基于深沉的情怀驱动，说他是人民科学家，从他长期热忱投身中国科普事业，为中国科技事业长远发展殚精竭虑，亦可窥见一斑。