



郭可信：将中国电子显微镜学推向世界

□ 鲁 远



归国科学家

郭可信（1923.8.23—2006.12.13），出生于北京，祖籍福建福州，著名的物理冶金和晶体学家，中国科学院院士。1941年考入浙江大学化工系，1947年留学瑞典，先后就读于瑞典皇家理工学院、瑞典乌普萨拉大学，后在荷兰代尔夫特皇家理工学院从事合金钢中碳化物及金属间化合物研究。1956年回国，历任中国科学院金属研究所金属物理室主任、中国科学院金属研究所副所长、中国科学院沈阳分院院长、中国科学院北京电子显微镜开放实验室主任、中国科学院物理研究所研究员。1980年，当选为中国科学院学部委员（院士），同年被授予瑞典皇家工程科学院外籍院士。

报效祖国，占领准晶研究制高点

回国后，郭可信瞄准科技前沿，创立实验室，并不遗余力培养科研人才。在20世纪50年代，利用电子衍射衬度成像研究晶体缺陷成为国际晶体学和电子显微镜学研究的前沿，他立即着手在金属研究所创立电子显微镜实验室，并提出要赶上世界先进水平的目标。为了让更多人了解这一新兴研究方向，他翻译大量外国文献并写下几十本数十万字的学习笔记，无偿分享给同事及学生，这些笔记又被广泛传抄，在学习书籍匮乏的那个年代，他的这批笔记为新中国早期电子显微镜及晶体学人才培养作出了重要贡献。他的学生曹涵清曾对此评价：“用现在的眼光来看，做这种事太傻，正是郭老教给我们的为人之道，正所谓‘要做学问，先做人’。”

20世纪70年代末，国际上衍射衬度的电子显微镜学已经成熟，原子分辨率的相位衬度电子显微镜学正在兴起。他借着改革开放的春天，在国内率先引入高分辨JEM200CX电子显微镜，带领刚刚学成归国的科研骨干及20多名研究生夜以继日地开展了固体材料的原子像研究，创造了国内24小时不停机运转的先例，短短数年就发表了多篇高质量论文，仅在1986年第十一届国际电镜大会上就提交了9篇论文，与亚洲电镜“巨无霸”日本比肩，成功跻身于国际电镜学先进行

列。到1994年，郭可信带领金属研究所固体原子像开放实验室和北京电子显微镜开放实验室已在国内外学术刊物发表论文350余篇，进一步稳固了中国电镜学的国际领先地位。这两个实验室也成为我国电子显微镜、晶体学及物理冶金学的重要研究基地、人才培养基地。

郭可信发现高分辨电子显微镜在研究晶体结构方面的优势，立即带领科研团队开展研究，发现了一大批准晶及多种准晶相关相，取得了一系列重大突破性成果。1982年，他领导的晶体精细结构的电子衍射与电子显微像研究获国家自然科学基金三等奖；在四面体密堆相新相等畴结构研究中发现了6个新相及多种畴结构，打破了这一领域停滞20余年的局面，获中国科学院科技进步一等奖；1985年又领导发现五重旋转对称和Ti-V-Ni二十面体准晶，在国际学术界产生重要影响并获得高度评价，被称之为“中国相”，于1987年获国家自然科学基金一等奖；1988年，发现八重旋转对称准晶及十二次对称准晶并获国家自然科学基金三等奖；同期发现的稳定Al-Cu-Co十重旋转对称准晶及一维准晶，获中国科学院自然科学二等奖。

郭可信在准晶方面的研究成果，可以说代表了在中国在这一领域的最高成就。20世纪80年代，以色列科学家谢赫特曼科研团队与郭可信带领的中国科研团队几乎同时期发现了具有准晶体结构的合金，两个团队的工作是完全独立的，因而都被国际公认为是准晶的发现者。2011年，谢赫特曼因发现准晶获得诺贝尔化学奖。遗憾的

是郭可信因病逝世无缘此殊荣，但中国的准晶研究却因他而走在了世界前沿。

组建学术梯队，培养中国电镜人才

“一花独放不是春，百花齐放春满园。”郭可信还积极组建学术梯队。改革开放后，他极力推荐、帮助金属研究所10余名科技人员到英国、瑞典、美国、日本等国际一流实验室进修学习，这批人才回国后成为我国电镜学领域的中坚力量。他培养学生非常严格，对学生不严谨、不认真的态度会毫不留情地批评，甚至将学生“辛苦”得到的实验数据和图片撕掉。他说：“我对学生还是很严格的，高标准要求，绝不含糊。古人云‘取法乎上，得乎其中’。只有高标准要求才能激励青年人进取。”除了严管还有厚爱。比如，在学生张泽出国访学的两年时间里，郭可信给他写了近百封信，给予全方位的关怀与支持。他的另一名学生回忆道：“出乎我意料的是，郭先生不仅仔细地帮我修改文章，还帮我整理照片，往照片上转印图例字符。他满头白发，摘掉眼镜，神情专注、认真仔细的样子使我永生难以忘怀。他的关心使我受到莫大鼓舞，觉得有一股暖流一直暖到我心里去了。当郭先生把改好的文章还给我时我发现，他把自己的名字划去了。”

正是如此，郭可信带出了一支学术精、学风好的科研队伍。他的学生有叶恒强、张泽、万立骏等中国科学院院士，还有一大批大学和研究所的教授、研究员，他们获得的国家和国际重大科技奖项不胜枚举，为我国金属材料物理研究以及电子显微学研究占据世界前列作出了重要贡献。

年逾古稀之时，郭可信对自己的一生作了评价，他说：“回顾我这一生，在学术上只做了两件事。青年时单枪匹马地冲杀在合金钢结构的第一线，到了60岁又重整旗鼓领着批青年人占领了准晶研究的制高点。”与40年前在国外单枪匹马奋斗不同，“40年后的今天，我卷土重来终于又把中国的准晶研究推向世界前列。这次人多势众，又是在自己祖国的土地上建立这个赶超世界科学水平的前哨阵地，得到的慰藉和自豪也远非昔日可比”，并将自己的成功归功于中华文化的力量。他说道：“中华民族有5000年的悠久历史，是世界上唯一连绵不断、又古又新的文化，这是值得我们每个中国人骄傲的。就是这股力量激励我前进，要在有生之年，把中国的电子显微镜搞上去，在世界上占有一席之地。”

2006年12月13日，郭可信因病逝世，享年83岁。虽然他已离我们远去，但是他身上集中展现出来的科学家精神却像水晶般熠熠生辉、永留世间、启迪后人。

郭可信是我国电子显微镜学会的创办人之一，在电子显微学、晶体学等领域有着突出成就。他将我国电子显微镜学推向世界，带领团队登上了准晶研究的高峰，为我国准晶实验研究水平进入世界前列作出了巨大贡献，是我国杰出的晶体学家。

东北沦陷，于战乱中辗转求学

郭可信1923年出生于北京，父亲是一位铁道土木工程师。1926年，郭可信父亲到黑龙江修建铁路，全家随迁至哈尔滨。5年后，九一八事变爆发，日本帝国主义开始全面侵华。1932年2月，在日军飞机、坦克、装甲车的猛烈炮火进攻下，哈尔滨沦陷，时年9岁的郭可信初次体会丧失家园的伤痛。

1936年，郭可信跟随父亲来到天津，在天津南开中学读初二。1937年七七事变后，日军攻入天津，南开中学被迫西迁重庆。为了能继续读书，他辗转2个多月，历经种种艰辛后来到了重庆，但是磨难却并没有结束。晚年，他回忆道：“在南开四年，‘跑警报’的经历不能不提。1939年春末，大雾消散，日机顺江而上夜袭重庆，重庆上空染成了红色。‘跑警报’成了家常便饭，警报一响，卷起油桶盖就走，到了地头就睡。有时一夜跑两次，习以为常，白天照样上课。”有一次“接连不断的炸弹爆破声，天崩地裂，泥土树枝铺天盖地飞来”，日军的这次空袭给16岁的郭可信背上留下了一个永久的疤痕。

热血报国，在炮火中毅然从军

1941年夏天，在尖锐警报声的伴随下，郭可信在防空洞里完成了高考，考上了当时设在贵州遵义的浙江大学。山河破碎，哪里又能放得下一张平静的书桌。遵义读书条件非常艰苦，“浙江大学因为找不到一个地方可以容纳一千多名师生，只好分在遵义、湄潭和永兴场三处。那时的遵义都没有电灯，更不用说当时连公路都不通的湄潭和永兴场了”。

1944年，日军攻入贵州，国民党军队溃不成军，于是国民党当局号召青年学生参军抗日。此时，正读大四的郭可信在浙江大学自治会劳军过程中亲眼看到“营养不良、骨瘦如柴、毫无生气的被抓来的壮丁”，深感“怪不得一千日本骑兵就能长驱直入几百里，出入如无人之地”。在“国家兴亡，匹夫有责”的感召下，临近毕业的他为了保家卫国毅然中断学业，报名参军。1945年1月他被编入国民党陆军第202师604团，后被安排到译员训练班学习英文，之后又被分配到步兵训练中心，但还没来得及上战场杀

敌日本就投降了。1945年8月，郭可信结束了他短暂的军旅生涯，拿着光荣退役的文件，又重新回到浙大。1946年，他参加了第二届公费留学考试，成为当届被录取的唯一一位化工系学生。

历经战争苦难的郭可信，亲身体会了侵华日军给中国人民带来的巨大痛苦与屈辱，这也激发了他深沉而持久的爱国热情和报效祖国的决心。他曾写道：“我们这一代就是在国破家亡的危机中，敌机的轰炸中成长起来的，国家概念比较强，民族意识比较深。毕业六十年了，无论是在海外求学，还是在国内工作，一直都盼望着富国强兵，再也不受人欺凌。”这炽热的家国情怀直接决定着他人今后的人生抉择。

赴欧留学，开启曲折的科研之路

1947年，郭可信公费赴瑞典皇家理工学院留学，师从金相学权威赫尔特格林教授，开始了金属学的研究。他学习非常刻苦，随着对X射线晶体结构研究的深入，他发现导师关于合金元素对奥氏体影响的研究中某些观点存在自相矛盾，并向导师当面提出了质疑。然而，他的导师性格强势，态度保守且专横，无法接受学生的反驳和挑战。面对导师的这种态度，郭可信深感失望，坚信“执着地追求真理，这是一个科学工作者首先要有的精神”“学术问题应该泾渭分明，不能含糊，合则留，不合

则去”，他毅然决然地放弃了3年多的研究成果和学位，离开了瑞典皇家理工学院。

1951年，郭可信进入瑞典乌普萨拉大学无机化学系从事用X射线衍射方法研究合金结构的工作。在这里，他的学习与工作非常顺利，发现了一种新的MoC结构，并于1952年在《Nature》杂志发表了与导师合作的论文。为了提高在单晶体X射线衍射方面的研究，他于1955年11月来到荷兰代尔夫特皇家理工学院学习，到1956年，他已经在国外知名学术刊物上发表了20多篇论文，甚至当时具有广泛影响力的德文《合金钢手册》也多次引用他的研究成果，这些奠定了他在合金钢中碳化物研究的国际领先地位，此时他才34岁。

身在异国远离故土的他虽然是成功的，但也是孤独的，他多么渴望将自己的才华与智慧毫无保留地奉献给祖国。他说：“我们这一代人饱受日本军国主义侵略之苦，看到农民不得不吃观音土度日，为了活命不得不卖儿卖女，这种惨不忍睹的景象一直深深地印在我的脑海中。强国富民是我们这一代有良知的知识分子梦寐以求的，我就是抱着科学救国的愿望到欧洲的。”漂泊异乡的他一直在等待，等待一个报效祖国的机会。1956年3月，当他在报纸上看到周总理发出“向科学进军”的动员令时，心潮澎湃、激动不已，立即紧锣密鼓地着手准备回国。4月底，他就乘机经苏联回到了阔别9年的祖国，他立誓要把平生所学献给祖国和人民。

载火箭能够确保卫星等航天器准确、安全地进入预定轨道。随着可回收式火箭技术的不断发展，商业航天发射成本得到了显著降低，为更多商业项目的实施提供了可能。其次，卫星通信与导航技术是商业航天的重要组成部分。全球卫星导航系统为各类商业活动提供了精准的定位服务，而卫星互联网则通过构建覆盖全球的通信网络，为偏远地区提供了互联网接入服务，推动了商业航天在通信领域的广泛应用。此外，航天器设计与制造技术也是商业航天不可或缺的一环。轻量化、模块化、智能化的设计理念以及先进的制造工艺和材料的应用，使得商业航天器具备了更高的性能、更低的成本以及更强的可靠性，为商业航天项目的成功实施提供了有力保障。同时，空间探测与利用技术为商业航天开辟了更广阔的应用前景。通过对深空、行星等未知领域的探测，商业航天企业能够发现新的资源和能源，为未来的太空探索和开发提供有力支持。最后，人工智能与大数据技术在商业航天中发挥着越来越重要的作用。通过利用人工智能技术优化卫星轨道设计、提高运载火箭发射成功率，以及利用大数据技术处理和分析卫星遥感数据，商业航天企业能够为客户提供更加精准、高效的服务，推动商业航天产业的快速发展。这些科技的不断发展与创新，将为商业航天领域的未来发展注入强大的动力。

除此之外，商业航天的发展，还得益于政策的支持和市场需求。近年来，多国政府纷纷出台政策，鼓励民营企业参与航天活动，打破了以往由政府垄断的局面。同时，随着全球通信、导航、遥感等需求的增长，商业卫星市场迎来了爆发式增长。数据显示，2023年我国共实施了67次航天发射，其中有26次商业发射，发射成功率达96%；共研制发射120颗商业卫星，占全年研制发射卫星数量的54%。此外，太空旅游、太空互联网等新兴市场的崛起，也为商业航天的发展提供了强大动力。

商业航天的主要应用领域

一是商业火箭。商业火箭的研制、生产与发射，是商业航天的开端，也是目前最为重要的一个领域，极大地降低了航天发射的成本，提高了航天发射的效率。近年来以美国SpaceX公司为代表的商业火箭，将商业航天带入了公众的视野。商业火箭是商业航天的基础，其技术的创新与突破，带来了整个人类航天技术的重大进步与变革。二是卫星发射与运营。卫星发射是商业航天的另一个重要组成部分。私营企业将自主研发或合作研发的卫星，通过商业火箭将卫星以较低的发射成本送入太空，为全球提供通信、导航、遥感等服务。与此同时，卫星运营也成为一个新的商业

模式，包括卫星数据销售、在轨服务、卫星寿命延长等。三是太空旅游。太空旅游是未来商业航天中最具吸引力的领域之一。通过乘坐载人飞船或亚轨道飞行器，游客可以体验太空飞行带来的刺激与震撼。目前，我国已有多家公司竞相推出了太空旅游项目，预计未来几年内将迎来首批“太空游客”。四是太空资源开采。太空资源开采是商业航天中最具潜力的领域之一。太空中的资源包括稀有金属、水冰、太阳能等，对于地球上的可持续发展具有重要意义。通过商业航天开发太空资源，不仅可以满足市场需求，还可以推动太空经济的发展。五是在轨服务。在轨服务是商业航天中的新兴领域，主要包括卫星维修、燃料加注、在轨组装等。这些服务可以延长卫星的使用寿命，提高卫星的性能，为客户节省大量成本。随着在轨服务技术的不断成熟，预计未来将形成一个庞大的在轨服务市场。

商业航天的影响、挑战和未来

商业航天的发展对于全球经济、科技、安全等方面都将产生深远影响。首先，推动全球太空产业的快速发展，创造大量的就业机会和经济效益，加快航天技术成果向经济社会的转移转化，培育发展太空旅游、太空生物制药、空间碎片清除、空间试验等太空经济新业

态。其次，促进科技创新和航天人才培养，加快火箭、卫星等领域技术的研发和突破，特别是颠覆性技术和科技创新的集中涌现，为人类探索太空提供源源不断的动力。最后，提升国家包括军事、科技在内的综合实力和国际地位，对于维护国家安全和利益具有重要意义。此外，商业航天还会带动发射平台等配套设施的建设，增强我国空间发射的能力。

当然，商业航天的发展也面临着诸多挑战。一方面，航天活动的风险性极高，一旦发生事故将造成巨大损失。因此，加强安全管理是重中之重，确保航天活动的安全可控。另一方面，商业航天需要巨额的投资和长期的技术研发周期，这对于许多企业来说是一个巨大的挑战。此外，国际空间法的滞后和监管空白也为商业航天的发展带来了一定的法律风险。

尽管商业航天面临着诸多挑战，但其发展前景依然广阔。随着科技的不断进步和市场的不断扩大，商业航天将迎来更加广阔的发展空间。未来，我们可以期待商业航天在太空探索、资源开发、太空旅游等领域取得更多突破性成果。同时，政府、企业和科研机构也需要加强合作与交流，共同推动商业航天的健康可持续发展。总之，商业航天作为新兴的航天活动形式，正日益成为推动全球太空产业发展的重要力量，为人类探索太空开启了新的篇章。

发展商业航天前景无限

□ 徐大军

