

为中国半导体奠基的「大王先生」

本报记者 计红梅



王守武(1919—2014)

那个春天，距离2018年美国政府对中兴通讯实施制裁还有28年，距离今年10月苹果开启3纳米制程处理器时代还有33年。

那是1990年，北京中关村，一位71岁的老人表情凝重，在给政协第七届常委会第三次会议所做的提案中一笔一画写下了自己的忧虑。“要想发展我国的微电子工业，光靠引进是不行的。”

“想从西方国家引进先进的微电子技术和装备纯属幻想。”

“我们必须自力更生，以自力更生为主来加速发展我国的微电子工业。”

……
这位极具前瞻性的老人就是我国半导体电子和光电子科技事业的奠基人之一、中国科学院院士王守武。

他不仅有深谋远虑的头脑，更有灵巧异常的双手。他为我国设计了一台单晶炉，研制出了第一根锗单晶、第一根硅单晶，研制成功第一只碳化镓半导体激光器……

在他的背后，则是苏州东山莫麓王氏家族“诗书传家久”的熏陶和积淀。包括王守武及其弟弟王守觉这对“兄弟院士”在内，这个家族留下了“一门六院士”的美誉。



①1979年，王守武(左一)与研究人员在超净线工作。
②1949年，王守武、葛修怀夫妇在美国普渡大学。
③2009年12月，葛修怀90岁生日时夫妇合影。受访者供图



4 “选择的学术方向都是对的”

余金中特别佩服王守武的是，“在学术上，‘大王先生’选择的学术方向都是对的”。一个典型的例子是，在半导体热电效应和电子学方向之间，他选择了电子学方向。

1956年底，中国科学院派出赴苏考察团。参加半导体方面考察的王守武等人。当时，苏联比较重视热电效应，认为其是半导体研究的主要方向。而王守武等人则认为，半导体电子学才是当时最有应用前景的领域，是我国最应该着力发展的方向。“鉴于当时的国际环境，作出这种和苏联科学家不同的判断，是要顶着一定压力的。”余金中说。

后来的发展表明，半导体电子学迅速发展，成为信息技术革命的基础。20世纪60年代后，随着半导体激光器和光纤技术的出现，半导体光信息技术得到广泛应用。而半导体热电技术虽一直有所进展，影响却远不及前两个方向。

1960年，世界第一台激光器诞生。1962年，美国和苏联相继研制成功半导体激光器。王守武得知这一消息后，看准这是一个重大的研究方向，很快组织半导体所开展这一课题的探索。自1963年起，他先后领导并参与了我国第一只

半导体激光器的研制、实现半导体激光器件的连续激光、半导体负阻激光器及激光应用的研究工作。
后来，半导体激光器逐渐成为最实用、最重要的一类激光器。与其他激光器相比，半导体激光器具有体积小、效率高、寿命长等优点，可广泛应用于激光通信、光存储及雷达等方面。而王守武领导开展的半导体激光器的早期研究工作，为我国在这个技术领域的进步奠定了基础。

“当时，发达国家的技术资料传到国内的时候，往往都是半年以后了。但在技术前沿方面，‘大王先生’去跟得很紧，一直敢为人先。”余金中说。

直到20世纪60年代中期，半导体所在半导体材料、电子和光电子器件方面，仍处于国内领先地位。

1977年8月，分管科教工作的邓小平邀请30位老中青科教工作者在人民大会堂举行座谈会。王守武作为中国科学院的代表参加了会议，并发言汇报了我国半导体工业发展的情况。“全国共有600多家半导体生产工厂，其一年生产的集成电路总量，只等于日本一家2000人的工厂月产量的十分之一。这种分散而低效率的生产方式应该尽快改变。”

为此，他提出两点建议：“一是抓要害，解决提高大规模集成电路成品率的问题。二是集中力量，把几百家工厂的人力物力集中使用到两三家重点厂去，使重点厂的设备条件能够赶上国际水平。”

他不仅这样想，还身体力行这样做。半导体所建所时，所内除设5个研究室外，还有一个附属工厂——109厂(中国科学院微电子研究所前身)。1980年，刚过完春节，王守武被派到109厂兼任厂长职务，开展4千字(KB)大规模集成电路的推广工作，从事提高成品率、低成本的集成电路大生产实验。

此前，1958年，美国仙童半导体公司宣布制成单片集成电路。“文革”结束后，在王守武领导下，我国已完成了4KB和16KB动态随机存储器等大规模集成电路的研制。

集成电路的结构非常复杂，元器件越小，工艺技术控制的精度越高，构成器件的线宽越小，因此集成电路的制造面临一系列问题。尤其是大规模集成电路的制造需要数十道工序，每道工序都有它的合格率，这使得大规模集成电路的成品率随集成度的增加呈指数级下降。王守武从国际集成电路产业的发展趋势及我国集成电路产业的现状分析认为，我国集成电路产业，只有把手工作坊的生产方式转变为现代工业化的生产方式才有出路。

1 “什么难，就去学什么”

王守武很快提出了满足“既要又要”的设计方案，成功解决了问题。

1951年，西藏和平解放后，解决当地生活燃料问题成为当务之急。王守武受命设计西藏地区生活用太阳灶。考虑到加工制造一个大面积抛物面反射镜的困难，王守武改用多个窄条反射面组成的反射系统，用调整每个小反射面倾斜角度的方法，使照射到每个小反射面上的阳光反射汇聚到太阳灶的中心。用这一巧思设计出来的新型高原太阳灶能在15分钟内把一壶水烧开。

中国科学院半导体研究所研究员余金中是王守武1965年招收的研究生，也是我国第一位半导体激光器专业方向的研究生。在他的心目中，王守武是“干实事的”，是“别人说一百句，他只回三句话”的人。余金中对导师的另一个深刻感受是“有学问，而且什么难，就去学什么”。

这一点，从他不断转换专业方向上可见一斑。

1936年，王守武进入同济大

2 “一门六院士”

学工学院，学的是电工机械专业。1945年，他赴美国普渡大学攻读工程力学。获得硕士学位后，导师斯特姆鼓励他继续深造，并帮助他申请到普渡研究基金的资助，但该项目要求一定要用量子力学解决问题。

从工程力学转到量子力学，有一些物理课必须补上。为了节省时间，王守武先自学，再找机会到物理系去插班旁听，最后申请到射上的阳光反射汇聚到太阳灶的中心。用这一巧思设计出来的新型高原太阳灶能在15分钟内把一壶水烧开。

王守武只用几个月的时间就完成了别人需要几年才能完成的课业！
从机械转物理学，又从量子力学转固体物理，乃至半导体，在参与了“老科学家学术成长资料采集工程”王守武院士课题的首都师范大学教授李艳平看来，王守武聪明、好学、喜欢钻研，需要学什么他就能学得特别好。这与他从小被熏陶出的科技报国志向相关，但也离不开家族传承的天赋。

王守武的父亲王季同是王守武的启蒙者。他们对于子女言传身教，使他们树立远大志向，接受中西方文化的滋养，走到世界科学技术前沿。

王守武的父亲王季同是王守武的二子，他对子女也影响颇深，6个子女个个是人中翘楚。

长女王淑贞是我国妇产科学奠基人之一，与林巧稚齐名，有“南王北林”之誉。长子王守觉和周培源、吴大猷是中国最早的3位理论物理博士，被吴大猷称赞“绝顶聪明”。抗战开始后，他曾参与创办

飞机发动机厂。次女王明贞是中国最早的女物理学家之一，也是清华大学第一位女教授。次子王守融是我国精密机械与仪器仪表学科开拓者之一。最小的孩子王守觉和王守武一母同胞，是著名半导体电子学家，与王守武曾是同事。为了和王守武区分，同事和学生亲切地称王守武为“大王先生”，称王守觉为“小王先生”。

王季同的哥哥王季烈的四子王守泰曾对王家子女成才做过这样的分析：“王守觉搞物理、搞机械有两个原因，一个是爱国，一个是家庭影响。最根本的是受我祖母王谢长达的影响。”“受家庭的影响，我们大都搞科技。”

李艳平不仅参与撰写了王守武的传记，还采访过王守觉。她的切身感受是，两兄弟都非常自信。“对王家的孩子来说，跳级、考上著名大学，甚至出国留学，都是普普通通的事情。而父辈和哥哥、姐姐们的经历与成就，也为王守武他们勇于跻身学术前沿、做出独辟蹊径的成就增添了信心和勇气。”

3 “无出其右的实验物理学家”

经常有人问王守武：“你后悔从美国回国吗？”他的回答总是“不后悔”。

王守武的女婿在美国从事信息技术工作的黄文告诉《中国科学报》：“我父亲一向认为，是祖国给了他发挥聪明才智、建功立业的舞台。他在美国也会成为优秀的科学家，但回国后才有可能成为祖国的一位学科奠基人。”

1947年底，贝尔实验室发明了晶体管，这意味着半导体登上了国际舞台，信息技术革命由此开启。1956年，我国制定《1956—1967年科学技术发展远景规划》，半导体科学发展被列为四大紧急措施之一。在专门成立的半导体科学技术发展规划制定小组中，王守武担任副组长。

1956年，应用物理研究所成立，王守武担任主任。是年，王守武37岁，等待他的是一片全新的领域。

1959年5月，物理研究所依照中国科学院的指示，开启把半导体研究所扩建为研究所的准备工作。1960年9月，中国科学院半导体研究所(以下简称半导体所)在北京正式成立，王守武任业务副所长。从此，在半导体所的院子里，人们总能看到他骑着自行车来来往往的身影。

而在应用物理研究所半导体研究室成立到半导体所成立这短短几年里，在王守武的组织领导下，半导体研究室取得了一系列开创性成果，成就了多个“第一”——研制成功我国第一根锗单晶、研制成功我国第一根硅单晶并实现我国硅单晶的实用化、研制成功我国第一只锗合金扩散高频晶体管、参与研制成功我国第一台大中型晶体管计算机……

其间，王守武亲自参与了这些研究工作，并破解了很多技术难题，如“跳硅”问题。

硅材料是制备晶体管和集成电路芯片最重要的材料。1957年，王守武亲手设计了我第一台拉制半导体材料单晶炉，并于11月领导拉制成功我国首根锗单晶。后来成为中国科学院院士的林兰英，在当时提出研制硅单晶，并决定用拉锗单晶的炉子拉制硅单晶。硅的熔点为1420摄氏度，对设备的要求相对较高，但只有这么一台单晶炉可以用。因为没有经验和急于求成，出现过几次“跳

硅”和籽晶熔化现象。
硅经过加热熔化后，经常发生气体从石英坩埚底部冒出，从而把熔硅也一起带出的现象，被称为“跳硅”。了解到这一情况后，王守武细心观察，发现熔硅所处位置的温度过高，与石英坩埚化学反应剧烈，从而产生大量气态反应物，在炉内的真空状态下溢出，引起熔硅飞溅。他随即提出具体改进意见，建议改进加热器设计。

加热器改进后，再进行实验时，王守武一动不动站在炉前，看到硅慢慢地熔化了。这一次，熔硅安安静静地旋转的石英坩埚中不再“跳”了。

“王院士动手能力特别强。”多位采访对象都这么告诉《中国科学报》。余金中说，半导体所很多设备是王守武亲自画图加工的。“他事必躬亲，像这样从设备到战略都能‘一把抓’的院士是很少有的。”

王守武的动手能力和他父亲不无关系。王守武曾给女儿王义格讲过一个自己小时候的故事。家里刚装上电灯时，王守武和二哥都很感兴趣。一次，他们发现灯泡中的丝烧断后，把丝搭上，开灯后会很亮，但旋即就烧断了。把两根灯丝连在一起会怎样呢？两人说干就干，立马把一个坏灯泡的玻璃敲掉，将两根灯丝捏在一起。但开灯后不仅这个灯泡没亮，其他灯也不亮了。就在这时，王守武的父亲回来了，听了二人讲述后，不但没有责怪他们，反而告诉他们这是因为保险丝烧断了。“这是我们头一次知道有保险丝。”王守武回忆说。

1934年，当王季同带全家从上海搬到苏州老家时，他把家中安装电路系统的工作交给了15岁的王守武和9岁的王守觉。在这位电气工程学家的指导下，从设计、布线到装机都是两个小“电工”完成的。

勤于动手实践，这一习惯贯穿了王守武一生，成为他生活和科研中的显著特点之一，也在半导体技术和应用的研究工作中发挥出明显优势。
上世纪80年代，在计算机还很贵的时候，王守武就自己买零件攒了一台计算机，而且玩得很“溜”。当时，很多年轻人还要向60多岁的他请教计算机使用技巧。

正因如此，“大王先生”不仅在半导体理论上有扎实的基础，而且还成了无出其右的实验物理学家”。余金中说。

5 “回中关村啊”

2014年7月30日，王守武在美国逝世，享年95岁。同年12月，王守武的儿子王义向遵照王守武的遗愿，作为家人代表，与中国科学院大学基金会签约，捐赠150万元人民币和60万美元，设立王守武奖励基金，专门奖励中国科学院微电子研究所和半导体所优秀的研究生。

2020年，王守武家人继续捐赠，设立王守武科技发展基金，总金额600万元，主要用于支持中国科学院大学集成电路学院科教融合事业发展。

这些基金中，有王守武夫妇的毕生积蓄300万元，还有其子女家庭所得的投入。王守武的女婿告诉《中国科学报》，父亲王守武生前几乎把毕生的精力都投入到了祖国的半导体事业中，晚年仍时刻关注国内外的进展，特别是人才教育和培养。“这是我们最后唯一可以为国家作贡献的机会，也衷心希望父亲开创的事业能够兴旺发达。”

和王守武夫妇一样，在他的女儿、女婿等人看来，与精神的富足相比，物质并非那么重要。“坐公交、坐飞机经济舱，没什么不可以的。”

王守武一生与人为善，淡泊名利。在余金中的印象中，操着一口带点苏州口音普通话的“大王先生”，总是笑眯眯地和气待人。在面对科研成果的归属时，也总是不争不抢，更不会为了建立学术人脉而为自己的学生谋求什么。

“包括我在内，‘大王先生’只招收了8位研究生。他的原则就是‘少而精’‘宁缺毋滥’。”余金中说。这些学生后来都在半导体领域从事研究工作，也都事业有成。

王守武有一个幸福、温馨的家庭。夫人葛修怀与他是普渡大学的同学。在60多年的婚姻生活中，他们始终志趣相投，在工作上认真负责，对物质非常淡泊。

余金中回忆，1992年，他在硅谷工作过一段时间。当时，王守武的女儿、儿子都在美国留学、工作，因此王守武夫妇也恰好在美国停留。当时，他们住的地方离余金中工

作的地方还有一段距离。但和余金中打电话时，这两位70多岁的老人家主动表示要前来看他。来的时候，导师和师母还特意带了一个多层保温饭盒，里面不仅有米饭，还有肉有菜，是一顿丰盛的午餐。“这辈子我吃过各种美食，也吃过高规格的宴席，但这顿饭让我始终难忘。”余金中说。

葛修怀退休后，她每次探亲留住儿女家的时间都要更长一些，王守武则心挂国内，还希望发挥余热，经常一人返回北京。只要回到北京，他就每天到所里上班，一天去半导体所，一天去微电子所。

随着他年事渐高，王守武的儿女们不放心他独自一人留在北京，劝说他去美国和他们一起生活。王守武答应了。2007年，王守武88岁时，最后一次从中国飞往美国。“当时，海关人员对我爸爸说，您是我见过的年龄最大的乘客。”他的女婿回忆。

最后的时光里，王守武身体不太好，经常出入医院。有一次，女婿接他出院，对他讲：“我们回家吧。”王守武喃喃自语：“回哪儿？回中关村啊。”

1979年，王守武在调试探针台。

1979年，王守武在调试探针台。