

杰出的科技创新大师王淦昌 ——为追念王淦昌院士逝世一周年而作 Wang Ganchang—An Outstanding Master of Scientific Innovation

朱亚宗

(国防科技大学, 教授 长沙 410073)

1998年12月10日, 中国科学界的巨星、世界物理学界的大师王淦昌去世了。但当时, 对王淦昌逝世的反应却出人意料地平静, 记得似乎仅见到王老的学生、秘书的几篇悼念文章。这对面临知识经济挑战、实施“科教兴国”战略与创建国家创新体系的中国来说, 实在太显冷清了。

王淦昌先生作为中国现代科学与世界物理学的一座丰碑似的人物, 其研究成果的科学意义、应用前景, 其道德人格的社会价值、感召力量, 其创新历程中所创立的方法论所展示的启迪与示范作用, 都值得人们去深入发掘与发扬光大。可以毫不夸张地说, 王淦昌先生思想和人格的未来影响与历史意义, 至今仍无法估量。在先生逝世一周年之际, 本文试从独特的视角作一探索, 以期揭示王淦昌先生作为科技创新大师的一生的光辉。

一、终生不倦的创新精神

1983年诺贝尔物理奖获得者钱德拉塞卡, 是一位文理兼通、才华横溢的美籍印度裔天体物理学家, 他发现科学家与艺术家在成果创造方式上的巨大差别: “在评论一位艺术家时, 我们常常把他的工作区分为早期、中期和晚期, 这种区分一般表示出作家成熟程度和认识深度的不同, 但在评论一位科学家时, 却往往不是这样。对科学家往往是根据他在思想领域或实践领域作出的一个或几个发现的重要意义来作出评价。一位科学家最‘重要’的发现往往是他的第一个发现; 相反, 一位艺术家最深刻的创造多半是他最后作出的。”^[1]钱德拉塞卡的结论有科学史与艺术史上无数的例证来支持。人类科学史上绝大多数重大成果均由科学家在中青年时代创造。在科学领域, 年轻人向来得天独厚, 但是, 也有极少数创新能力特别持久的科学家, 使这一似乎普遍适用的法则失效。

王淦昌先生充满辉煌创造的一生, 向人们表明, 他就是一个突破上述法则的创新奇才。他的重

要创新成果有: 1930年(23岁), 进行了分析大气放射性与北京天气关系的实验观测, 写出第一篇研究论文, 发表于清华大学《科学报告》第一卷; 1931年(24岁), 提出用云室重复玻特的 α 粒子轰击铍核的实验, 但两次请求均被导师迈特内拒绝, 而几个月后, 查德威克却以同一思路重复玻特实验发现中子, 因此而荣获诺贝尔物理奖, 中子的发现就这样与王淦昌擦肩而过; 1941年(34岁), 从贵州遵义浙江大学寄出论文《关于探测中微子的建议》, 1942年1月由美国《物理评论》发表, 美国实验物理学家J·S·阿伦就是按此论文的建议, 用实验间接寻找既无电荷又无质量的中微子, 获得肯定结果, 成为1942年世界物理学界的重大进展之一; 1945至1946年(38~39岁), 连续在世界顶尖科学刊物《自然》杂志上发表《核力与重力的关系》、《中子的放射性》、《中子与反质子》等3篇论文; 1946年至1948年(39~41岁), 又连续在美国权威刊物《物理评论》上发表《五维场记》、《建议探测中微子的几种新方法》和《论介子的衰变》等3篇论文; 1959年(52岁), 在苏联杜布纳联合原子核研究所任副所长, 发现反西格马负超子(Σ^-), 成为该研究所历史上最重大的发现, 轰动世界科学界, 1982年王淦昌因此项发现获得首届国家自然科学一等奖; 1961年到1967年(54~60岁), 成功参与并主导中国原子弹、氢弹的研制与试验, 中国遂成为世界上第五个核大国, 两弹爆炸仅隔2年零8个月, 成为从原子弹到氢弹发展速度最快的国家, 中国科学家的成就备受世界注目, 王淦昌被美国《纽约时报》推崇为中国的奥本海默; 1964年(57岁), 与苏联巴索夫几乎同时独立提出激光惯性约束核聚变设想, 为和平利用核能指出了最有前途的研究方向; 1986年(79岁), 与王大衍、陈芳允、杨嘉墀一起, 向中央领导人倡议跟踪世界高新技术, 后倡议被接纳, 由此导致著名的“863”计划的出台。

上述成果中, 30岁后作出的有7项, 其水平之高, 任何人只要作出其中任意一项, 就足以在中国乃至世界科技发展历程中名垂青史。王淦昌先生漫

长的一生历经磨难，科学生涯跌宕起伏，但他一生中的创新精神却终生不懈，创造业绩高峰迭起，不仅在 20 世纪中国科技史上鲜有其匹，而且也是 20 世纪世界物理学史上光辉的篇章之一。

王淦昌先生的创新精神之所以能终身不减，创造的业绩之所以能高峰迭起，固然可以从个人与社会两方面找到很多原因，但最根本的原因却存在于王淦昌先生精神世界的深处，这就是献身科学与探索之外别无他求的精神境界。这种境界是高尚的，也是难能可贵的。它是价值观的表现，也是境界水平和能力的反映。名利之徒固不可及，平庸之辈亦不会有。献身科学的精神境界，必定是科学至上的价值观与推陈出新的创造力相结合的产物，王淦昌先生便是这种价值观与创造力持久结合的典范。

凡是与王淦昌先生有过深入接触的人，不管是同事、学生或家人，都无不为他迷恋科学、以探索为乐的精神所感动。他的学生汪容成为著名物理学家后回忆说：“四年级时，王先生又教我们近代物理，从发现 α 射线和发现电子开始，讲到发现放射性和 α 、 β 、 γ 射线，讲到玻尔模型和原子结构，发现中子和正电子，以及核力和原子核裂变现象，把我们引入 20 世纪一系列重大发现的奇幻世界。记忆犹新的是，王先生在讲解这些科学上的重大发现时，总是情不自禁地流露出孩子般的喜悦之情。”^[2]

与王先生晚年一起从事激光聚变研究的科学家王乃彦说，一次先生生病住院，仍要求听科研进展的汇报，他花了整整一个下午听汇报并提出自己的看法和建议，当护士前来干涉时，先生微笑着解释说：“今天下午我非常高兴，这对我的健康不但没坏处，而且大有好处，它比吃药的好处还大。”^[3]在场的人听了无不惊奇、无不感佩。

王淦昌先生办公室有一幅墨迹：“老骥伏枥，志在千里，烈士暮年，壮心不已。”用此名言激励自己不断进取的老年人不在少数，然而人各有志，内心深处的具体志向是名言字面上无法表达的。王淦昌先生内心深处的志向与追求早在青年时代就已确立，后来又在艰苦的磨炼中日益坚定。王先生的子女回忆，在抗日战争的艰苦岁月里，他不顾因营养缺乏而虚弱的身体，每天孜孜不倦地工作至深夜，经常过了 12 点还伏案在油灯下写作或计算。看着瘦弱多病的孩子，他还要将羊奶省下来让他们喝。有人曾劝王先生和别人一样去做点小生意，略微改善一下穷困的生活，但他毅然拒绝了。因为在他的生活中除了物理学研究与教学外，不能有任何分心。抗日战争期间，浙江大学内迁到遵义，当时蒋介石用“国家至上，军事第一”的口号来压制民主进步力量，而写在王淦昌先生领导的浙大物理实验室门口的对联却是：“科学至上，物理第一”。与蒋介石国家专制主义相抗衡的是献身科学的精神与良心。

献身科学的精神境界是与追求金钱、权力和虚荣的心理格格不入的，也是与贪生怕死、明哲保身的观念不能共处的。1960 年，王淦昌先生把从杜布纳联合原子核研究所工资收入中省下的 14 万卢布（旧币）全部捐献给了国家；1969 年，在西北高原海拔 3 300 米的地下核试验现场，年逾花甲的王淦昌先生背着氧气袋坚持工作；1982 年，他辞去核工业部副部长和原子能研究所所长职务，同时还辞去了核物理学会理事长的职务，但是却仍然领导一个科研小组，继续从事激光核聚变的研究工作。他的想法是：“别人可担任的工作何必自己一直担任下去呢？”^[4]辞去“大官”作“小官”，做第一线科研工作的带头人，这在有数千年官本位传统的中国社会，是何等难能可贵啊！到了晚年，不少人劝他坐下来著书立传，他仍不为所动，而是遵循自己一贯的科学探索精神回答说：“写点自传，总结过去的工作固然有益，但我更关心的是科学上的新进展，科学上的新追求才是我的兴趣。”^[5]此后，王淦昌先生对科学的追求从未停止过，直至临终前数日病情严重恶化时，仍关心着世界激光聚变的新进展与中国激光聚变的点火试验。对科学事业“鞠躬尽瘁，死而后已”，王淦昌先生堪副此名。

二、理实兼长的创新能力

在中国与世界科技史上，从事理性思辨的学人传统与进行实际操作工匠传统曾经长期分离，独自发展。只有墨子、阿基米德、沈括、伽利略、牛顿、卢瑟福、费米等极少数科学巨匠才能集学者、工匠于一身，作出令人惊叹的理论与实验的双重贡献。近 300 年来，由于近现代科学技术的不断深入发展，使科学与技术的关系密不可分，理论研究与实验研究相得益彰。然而随着科学理论的数学化与实验技术的专门化，加之科学理论与实验技术的交流与促进，科学研究愈来愈多地依靠不同特长的科技专家的相互协作，如理论物理学家李政道、杨振宁与实验物理学家吴健雄之间的合作，即是著名的一例。与此同时，集理论探索与实验技术于一身的科学大师殊为罕见，美籍意大利物理学家费米，也许是 20 世纪物理学界最杰出的此类大师中的佼佼者。在理论上，费米提出了半整数自旋粒子的费米统计法，计算多电子原子基态的费米原子模型，创立场量子化的正则规则，建立 β 衰变的定量理论；在实验上，费米发现慢中子使铀核裂变时发射出 2~3 个新的中子，从而证明了链式核裂变的可能性，建造了世界上第一个核反应堆。

20 世纪，中国物理学界人才辈出，跻身世界水平顶端的中国物理学家代不乏人，但在理论与实验两方面同时获得世界一流佳绩的全能型中国物理

学家,除王淦昌先生外,似别无他人。

1. 实验创新的才干

王淦昌先生早在求学时代,即已受过众多世界名师的直接熏陶与严格训练,后来又经过长期科研实践的锤炼,终于培养出在尽量简单的实验设备上表达复杂物理过程并对之深刻洞察的非凡实验才能。1931年,居里夫人的研究生施士元到柏林化学研究所看望大学时代的老同学王淦昌,见他正在用自制的盖革计数管测定镭的放射谱。抗战期间,浙江大学理学院搬到偏僻的贵州湄潭,实验设备十分匮乏,王淦昌先生总能因陋就简、驾轻就熟地制造出科研与教学所需的实验设备。当地没有自来水可提供高真空系统用的循环水流,他便将水桶放在高高的木凳上,产生落差,提供水流,使实验取得满意的结果^[6];指导学生做磷光体机械效应实验,没有激励光源,王先生使用太阳光代替,并亲自冒着烈日在棉被掩捂下进行实验^[7];为了研制显示粒子径迹的云室,王淦昌先生“带着玻璃师与金工师进行仿造……为了切割云室用的玻璃圆筒,他教了我们各种方法,包括用沙盘机械切割法、酒精棉线烧割法、绕铜线电割法等等,并进行了反复试验。为了制造显示射线的荧光屏,王老师课后还带着我们制造纯粹和活化的硫化锌。”^[8]

如上所述,王淦昌先生突出的实验创新能力,首先表现为能在各种不同的条件下亲手创制尽可能简单的实验设备,和相应的高超的实验技巧。但是正如钱临照先生所指出的:“他不只是如人所称,是一位实验技巧好的实验物理学家”;他在实验方面更令人称道的是“对物理现象的本质具有深刻的洞察力。”^[9]对物理现象本质的深刻把握,常常帮助王淦昌先生运用相对简陋的实验设备,做出世界一流水准的实验结果。原苏联库尔恰托夫研究所粒子束聚变实验室主任斯米尔诺夫教授访问了王淦昌领导的激光核聚变实验室后,深有感慨地说:“论设备和条件我们比你们好,但你们的实验安排得很巧、物理思想好,才能得到这么好的结果。”^[10]王淦昌对实验现象中反映物理本质的数量特征有惊人的敏感性与洞察力,他曾对学生说:“物理学者对他所研究的课题和科目,都应当熟练掌握一些重要数值和数量级,正如木工师傅应能熟练掌握一些常用木工家具和屋架的标准尺寸一样。”^[11]正因为对实验现象的本质与数量有深刻把握,王先生就能常常事先对实验的观测结果心中有数,甚至能预先预测,并画出与实验结果维妙维肖的图像。1959年在杜布纳联合原子核研究所寻找反超子的实验开始时,王淦昌先生即根据各种超子的特性,提出了在鉴别扫描气泡室照片时,需要盯住不放的图像的视觉标准是:“(1)要在气泡室有良好照明的区域内看到该粒子的产生和衰变;(2)衰变产物与该粒子在

视觉内应是‘同平面’的,且衰变产物径迹有足够的长度,以便进行动量和游离度的分析;(3)要观察到衰变重产物的核作用(湮没)星。因为反超子衰变的重产物,一定是反质子或反中子,湮没星是鉴别其存在确切无疑的标准。”^[12]结果是,1959年秋天从4万多张照片中发现出来的反西格马负超子,其实际图像与王淦昌的预期图像惊人地一致。王淦昌理论预言在先,实验小组观测捕捉在后,反西格马负超子的发现过程,是说明“观察渗透理论”这一科学哲学规律最精彩的实例之一。

2. 理论探索的功力

王淦昌先生是一位有深刻理论洞察力的物理学家,但作为物理学杰出的理论探索者,他的理论定位与探索风格不同于爱因斯坦式的理论物理学家。爱因斯坦是纯粹的理论物理学家,感兴趣于物理学最基础的理论问题,擅长于用最形式化的数学工具表达深邃抽象的物理规律,而王淦昌的理论研究工作则定位于纯粹理论物理学与实验物理学之间,运用物理学的基础原理来探索实验测量的基本途径与方法。所用的数学工具虽然较为简便,但其物理意义却更为明确。这类理论研究工作的重要性在于:它是由书斋物理学通向实验物理学的桥梁,是纯粹理论到实验技术的中介,物理学领域缺少了这个桥梁与中介,就会造成学者传统与工匠传统的严重脱节,就会使纯粹理论缺乏实验证实,而实验工作又会失去理论引导。

王淦昌先生一生最出色的理论成果,是1941年自偏僻的黔北山区寄给美国《物理评论》的一篇论文,全文出人意料地短,仅有600来字。文章开头指出,测量不带电的中微子要依据能量与动量守恒原理,即,“众所周知,中微子的存在不能由它自己的电离效应探测而得。表面看来,获取它存在证据的唯一希望是测量放射性原子的反冲能量或动量。”^[13]论文接着便提出测量中微子的具体建议:通过铍元素的K电子俘获过程,测量反冲核的单值能量而间接探测中微子的存在。王淦昌先生从能量与动量守恒原理出发,接受中微子不带电荷没有质量的假设,巧妙地构思出自己独特的间接探测方法,即用K电子俘获法取代克瑞恩和海尔帕恩的反冲实验法,从而为探测神秘莫测的中微子开辟出一条根本性的技术途径。1942年该论文发表后,实验物理学家即遵循王淦昌先生的技术途径做了一系列探测实验,历经10年,到1952年终于获得成功。

王淦昌先生另一个重要的理论贡献是,1964年与苏联巴索夫几乎同时独立提出激光惯性约束核聚变设想,为人类和平利用核聚变能量开辟了一条有希望的技术途径。这一伟大设想,虽然与他在23年前提出的探测中微子建议所涉及的技术问题迥然不同,但其构思之神奇、途径之实际,却与探测中

微子的建议有异曲同工之妙。

王淦昌先生定位于实验原理与技术途径的理论创新工作是出色的,在这方面,中国20世纪的物理学家鲜有出其右者;然而,其理论创新能力仍不敌其卓越的实验创新能力。王淦昌先生的实验创新能力,在20世纪世界物理学界堪称一流,相比之下,不能不说他的理论创新能力稍逊一筹,以至在科学创新上留下不小的遗憾。对待自己这一方面的弱点,王淦昌先生所表现出的质朴纯真、开朗坦荡的胸怀,令人十分敬佩。他曾向身边工作的科技人员坦诚相言:1931年自己所以未能说服导师迈特内用云室重复玻特的实验,而与中子的发现失之交臂,主要怨自己数学计算能力不够,英国卢瑟福的研究生查德威克数学比我好,通过对一个重粒子径迹的动量与能量的仔细计算,证明这个重粒子径迹必定来源于一个质量和质子相近的中性粒子的碰撞,然后查德威克重复我曾建议导师做的实验,发现了中子。^[14]可以设想如果王淦昌先生不仅有费米那样的物理直觉,而且有费米一般的数学根底,他在五六十年代的基本粒子探索工作中,就会不限于仅仅提出一些理论猜测与新概念,而会有更高的建树。我们后人作这样的评论似乎有些苛刻,好像要他既夺长跑冠军又得跳高金牌;但笔者在这里提出这一看法,决无苛求王淦昌先生之意,而是希望中国能尽早出现爱因斯坦、费米式的超一流物理学家,从而在21世纪成为真正的物理学强国与科学强国。

三、灵活求实的创新战略

王国维曾用集句形容治学的三重境界:“昨夜西风凋碧树,独上高楼,望尽天涯路”;“为伊消得人憔悴,衣带渐宽终不悔”;“众里寻他千百度,蓦然回首,那人却在灯火阑珊处。”用现代语言来说,就是治学要经历3个步骤:战略选择、埋头苦干、获取成果。对于科学创新来说,由于其高度的风险性,对成果的有无与大小只能抱“谋事在人,成事在天”的豁达态度。至于埋头苦干,则是科学创新的前提,对于真正的科学家而言,也是乐在其中不觉其苦的事情。因而一般来说,科学创新成败的关键在很大程度上取决于创新战略选择的正确与否。

综观人类科学史,引导杰出科学家走上成功之路的科学创新战略主要有两种:一是以不变应万变的超越战略,二是一切从实际出发的灵活战略。前者的典范有开普勒、爱因斯坦、陈景润等人,这类科学家有超凡脱俗的精神气质,沉醉于探索大自然的深层奥秘,而全然不顾其科学成果是否会有实用价值,也不在意外界的评价。开普勒全神贯注于发现行星运动的数学法则,处于几乎被饿死的恶劣境遇时亦不放弃,终因发现开普勒三大定律而赢得“天

空立法者”的美誉。爱因斯坦从中学开始即任凭兴趣指引,除探索之外,别无他求,以至第一次高考名落孙山,大学期间备遭老师冷落,大学毕业即失业在家……这一切均不能动摇他彻底改造物理学基础理论的战略选择,终于一举独创相对论,成为人类历史上屈指可数的科学巨人。

另一类选择灵活反应战略的科学家,具有注重实际、贴近现实、强调效果的精神气质,善于掌握科学创新的创造性与可行性之间的恰当平衡,是更倾向于“从实到实”的务实科学家。这类人在整个人类科学家队伍中占大多数,是技术创新、军事变革、社会进步的直接推动力。但他们并不简单等同于研究实际课题的科学家的集合,他们之中的有些人甚至有能力从事最抽象最深奥的基础理论探索工作。到底是从事实际性的研究工作还是从事基础性的研究工作,主要要视具体的社会环境与研究条件而定,他们采取的是灵活求实的创新战略,王淦昌即是这一类科学家的杰出代表。

王淦昌先生的一生跨越满清、民国与中华人民共和国3个时代,科研地点从穷乡僻壤的黔北山区到作为世界科学中心的柏林、莫斯科,师从的物理学家从中国的叶企孙、吴有训到德国的迈特内,科研环境从象牙塔式的学院到西北高原的核试验现场,社会的价值取向由“知识越多越反动”到“科学技术是第一生产力”,科研题目从自由选择到国家安排……不管人生境遇如何变化,王淦昌先生总能随遇而安、脚踏实地、扬长避短,找到社会需要与个人兴趣的最佳结合点,找到充分利用客观条件与个人特长的创新路线,创造出举世瞩目的累累硕果。

30年代末,王淦昌先生供职的浙江大学内迁贵州山区,科研设备十分简陋,科技信息非常闭塞。其时正值壮年、才华横溢的一代中国科学家的处境大多与王淦昌雷同。然而几十年后再来回顾,在抗日战争的艰苦岁月里坚守科学庙堂的中国科学家中,最令世界刮目相看的科学成就却出自王淦昌之手。王淦昌获得殊荣决非偶然,在个人因素中固然与他深邃的物理思想及出色的实验才能有关,但关键还在于他那因时因地制宜的高明的创新战略。当时的黔北山区显然缺乏必要水平的科学实验室,在实验创新方面决无与欧美科学家竞争的客观物质条件,但反映当时世界物理学研究进展的美国物理杂志的微缩胶卷,却也能时断时续地获得。面对这样的科研环境,王淦昌将科学创新的主攻方向定在理论探索方面,这无疑是高明的创新战略决策。从1940年浙江大学迁至贵州到1946年返回杭州的6年时间里,王淦昌除结合教学开展的一些实验工作外,将主要精力投向高能物理领域的理论探索,写出了以《关于探测中微子的建议》为代表的16篇高

质量论文, 其中在享有最高学术声望的英国《自然》杂志 (Nature) 上发表了 3 篇(《核力与重力的关系》、《中子的放射性》、《中子与反质子》), 在著名的美国《物理评论》(Phys. Rev) 上也发表了 3 篇(《关于探测中微子的建议》、《核力与重力的关系》和《五维场论》, 其中第二篇先发表于 Phys. Rev, 后又发表于 Nature)。此后他在浙江大学返迁杭州后及出访美国期间的 3 年多时间的科学研究, 仍是抗战时期理论探索工作的继续。王淦昌先生这一时期的理论研究, 在国际物理学界引起重大反响, 1948 年美国科学促进会汇编百年来科学大事记, 中国科学家名列其内者仅王淦昌、彭桓武 2 人。^[15]

50 年代末作出的反西格马负超子的重大发现, 是体现王淦昌先生灵活求实创新战略的又一精彩实例。当时苏联杜布纳联合原子核研究所拥有先进的高能加速器, 王淦昌的科研条件与抗战时期的贵州山区不可同日而语, 但是要想利用先进设备在实验方面进行创新, 仍然面临欧美科学家的激烈竞争。这时, 又是王淦昌先生的两个高屋建瓴而又脚踏实地的创新战略决策, 为发现反西格马负超子奠定了胜利的基础。一是选择恰当的核反应技术路线来寻找未发现的新奇粒子。1957 年夏天, 王淦昌先生准确地选择了高能 π^- 介子引起核反应的技术路线。王先生当时的助手、现为中科院院士的丁大钊指出: “这条技术路线……有其确切意义的一面, 即在原始反应系统中没有反重子, 如果发现反超子, 那么这个反粒子就是‘真正’被产生出来的, 并且为研究其他新奇粒子及基本粒子产生的系统性质, 提供了更广泛的机会。”^[16]二是抓紧建造高能加速器的配套设备——丙烷气泡室。当时杜布纳的质子同步加速器的能量为 10GeV, 处于世界领先地位, 但西

欧正在日内瓦建造 30GeV 的质子同步加速器, 杜布纳联合所必须抓住加速器能量上暂时占据的几年优势, 取得突破性进展。然而杜布纳联合所还缺乏与加速器配套的各种探测器, 如果等待氢气泡室的建造, 就势必丧失仅有的几年加速器能量优势。在此形势下, 王淦昌先生果断决策, 抓紧时间先建造比较简单的丙烷气泡室, 作为配套的高能粒子探测器, 争分夺秒地与西方科学家展开竞赛。由于这一正确的技术路线引导, 加上提前建造简单适用的丙烷气泡室争取了宝贵的时间, 王淦昌研究小组终于在 1959 年秋作出了震惊世界科学界的重大发现——反西格马负超子。

王淦昌先生作出了无愧于时代、无愧于祖国的重大科学创造。作为一代科学创新大师, 他那终生不倦的创新精神、理实兼长的创新能力与灵活求实的创新战略, 必将与他辉煌的科学成就一起, 永远镌刻在人类科学史的丰碑上, 也必将成为启迪中国乃至世界科技工作者攀登科学新高的宝贵的精神财富。

参考文献与注释

- [1] [美] S·钱德拉塞卡·莎士比亚、牛顿和贝多芬, 第 4 页, 湖南科技出版社, 1996
- [2]、[3]、[4]、[5]、[6]、[7]、[8]、[9]、[11]、[12]、[15]、[16] 胡济民等编. 王淦昌和他的科学贡献, 第 192、101、3、176、29、72、62、127、29、81、272~274、80 页, 科学出版社, 1987
- [10] 王乃彦. 缅怀敬爱的王淦昌老师. 中国科学报, 1998 12 31
- [13] 戴念祖主编. 20 世纪上半叶中国物理学论文集粹, 第 541 页, 湖南教育出版社, 1993
- [14] 由在九院与王淦昌先生共过事的涂恒华教授亲口向笔者转述

(责任编辑 蔡德诚)

科技动态

碳纳米管“自来水笔”

据英《新科学家》1999 年 6 月 26 日报道: 美国密执安大学州立大学和多伦多大学的研究人员设计出一种纳米“自来水笔”。1 纳米只有 1 米的 10 亿分之一, 你想这种“自来水笔”写出的“字”会有多么小。研究人员说, 他们用一种称为“原子打气筒”的东西可以把一个个原子喷射(书写)到表面上。这样, 小型打印机不久可能变得更加小巧玲珑得多。

如果设计和制造成功, 这种能书写原子的“笔”就可以在显微芯片制造中用来取代细线平板印刷术, 使书写的精细度在现在的微米级极限下进一步发展, 即可使晶体管、接触点及连接线一类的器件更小, 并用它一个原子接一个原子地构建各种显微机械。

过去, 缺乏操作原子和分子大小的零件的得力工具, 操作原子的最好方法只是用一台扫描隧道显微镜在表面

周围移动单个原子, 但这种方法缓慢而艰难。现在, 用新设计的纳米级“自来水笔”, 就能以每 15 微秒一个原子的速度把原子书写在表面上。

这种“原子打气筒”是由碳纳米管组成的, 管中的原子由两束激光控制, 一束激光的频率是另一束的 2 倍, 2 束激光之间产生干扰, 激光束冲击碳纳米管壁, 因光电作用从管壁上产生电子, 在两束激光的干扰下电子向前移动。

在电子流动时, 电子对管中的原子施加一个推力, 通过控制激光的相对相位和激光束的功率, 操作人员可以控制电子的速度和流动方法, 随时可以从碳纳米管“自来水笔”的笔尖喷射出一个个原子达到正确位置。

制造这种原子笔是一种非常精密的工作, 纳米管中

(下转第 54 页)