

追念钱临照先生

——《钱临照文集》读后感*

冯 端

(南京大学物理系 南京 210093)

摘 要 文章叙述了钱临照教授的科学生涯,展示了他对物理学所作的主要贡献和对现代中国科学和教育事业的发展所起的重要作用.文中也包含了作者的一些个人回忆.

关键词 钱临照,严济慈, E. N. da C. Andrade, 科学生涯, 晶体范性, 位错理论

IN MEMORY OF QIAN LINZHAO

——THOUGHTS AFTER READING HIS COLLECTED PAPERS

FENG Duan

(Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract An overview is given of the scientific career of Qian Linzhao to demonstrate his main contributions to physics and his important role in the development of science and education in modern China. Some personal reminiscences are also included.

Key words Qian Lin-zhao (Ling-Chao Tsien), Yan Jici (Ny Tsi-Ze), E. N. da C. Andrade, scientific career, crystal plasticity, dislocation theory

钱临照先生离开我们已三年多了.在他生前,由于我们研究的领域相同,常有机会以弟子辈的身份追随其左右,亲自领受其言教身教,获益良多.如今《钱临照文集》业已问世了^[1],其中汇集了他的全部论文及其他论著.这样,一集在手,就使广大读者得以全面了解他对科学所作的贡献以及他对我国科技和教育事业所起的巨大推动作用.不仅如此,文集还展示了我国一位前辈科学家的高尚风范:在艰苦岁月中不懈地追求科学的顽强斗志;为后来者得以腾飞而甘为人梯的宽阔胸襟和献身精神,极富有教育意义.下面谈谈阅读文集后的一些个人感触和体会,还补充一些亲身了解的情况,以寄托我对钱老的哀思和悼念之情.

在钱先生的科学生涯中有一件值得注意的事,就是他在科研上的启蒙阶段是在国内完成的,换言之,他属于我国最早一辈土生土长科学家的行列.在大学毕业两年后,他就进入北平研究院物理研究所

担任助理研究员,在严济慈先生领导下进行科学研究.在1931—1934年间,他参加了两个课题的研究:其一为压力对照相底片感光性质的影响;其二为实心与空心水晶圆柱的压电效应.总共在国际著名刊物上发表论文十余篇,堪称在我国本土上进行物理学研究的第一批成果.特别是后一项工作,从观测实验现象开始,发展成为系统性的研究,还从晶体物理向应用方面延伸,涉及振荡电路的稳频这一技术问题;又向基础理论深入,再用 Voigt 的唯象理论来阐明除表面电荷外还存在体电荷.通过这一系列的研究,钱先生已经具备了独立进行科研工作的素养和能力.很可惜,当时中国尚无授予学位的制度,否则他可以当之无愧地成为由我国导师在本土上培养出来的第一位物理学博士.

1934年,钱先生考取中英庚款公费留英,给予

* 2002-10-08 收到

他在科学工作上更上一层楼的机会。他进入了伦敦大学的大学学院(University College)的Carey Foster实验室进修,导师是E. N. da C. Andrade教授,皇家学会会员(F. R. S.),他的研究领域为金属晶体的范性形变和流体的粘滞性。在英国三年(1934—1937)之内,钱先生进行了三项课题:其一是国内带来的空心水晶圆柱压电效应的理论分析;其二是水注层流中速度分布的测定。这两项工作完成后,导师要他自择课题,他就选定第三项课题,即体心立方金属晶体滑移几何学的研究。这成为留英期间他的主要研究课题。涉及的材料有低熔点的钠与钾和高熔点的钨。研究工作从制备单晶体开始,然后进行拉伸试验,再用X射线衍射方法测定其滑移面和滑移方向。科学界关于面心立方晶体的滑移系统早有定论,而关于体心立方晶体的情形,却尚有疑问。以钱先生为主的(后来有另一位中国留学生周如松先生也参与了)这项工作,澄清了这一疑难问题,是他自认为一生中对科学作出的最重要贡献。

在英国期间,钱先生除了埋首实验室认真工作,出科研成果之外,还充分利用海外学术交流频繁的良好时机,参加国际会议,博览期刊,从而开拓学术视野,掌握科学发展的脉搏。20世纪的30年代正好是固体物理学的形成时期,与19世纪延伸下来的物性学不同,固体物理更加着重从微观尺度(原子或电子)上来看问题。如何将自己的研究工作纳入固体物理学发展的主流,就成为当时青年学者中的有识之士十分关注的问题。钱先生研究的晶体范性学正好处在旧学科更迭的过渡阶段。它正面临一个具有挑战性的难题,为什么金属晶体的实际屈服强度只有根据完整晶体估计出来的理论强度的千分之一左右,而且是对试样的具体情况十分敏感(在科学上称之为具有结构敏感性)。在断裂强度上也存在类似的问题,但已为Griffith提出的微裂纹理论初步解决了。关键在于微裂纹容易设想,也较易得到实验的证实。但是要构想出易滑移的缺陷组态就要困难得多,而要证实它更是难上加难。从1923年起,就有科学家开始设想这类易滑移的缺陷组态,直到1934年(正好是钱先生到达英国那一年),有三位不同国籍的科学家,Orowan E, Polanyi M与Taylor G I几乎不约而同地在三篇不同的论文中提出一种特定的易滑移缺陷组态,被称为位错。Taylor的论文还进一步将它和数学家Volterra在连续媒质力学中设想的位错联系起来,可以计算位错引起的应力场和位错间的弹性相互作用,从而提出了金属加工硬化的位错理

论。Taylor是声名卓著的流体力学家,也关注晶体的范性,在这篇原创性的论文中,为位错理论勾画出了一个清晰的轮廓,理所当然地受到学术界的重视。钱先生到英国后不久,恰好有一次纯粹与应用物理的大型国际学术会议在伦敦的剑桥召开,会上有许多大师作学术报告或参加讨论,给予了钱先生一次学习处于活态(in vivo)的物理学的良好机缘。这次会议在固体物理方面有两个主题,其一是晶体的实际结构与理想结构差异何在,另一是晶体的范性与加工硬化,都是钱先生十分关心的问题。关于前一个主题,当时科学家有两种不同的观点:一种观点认为实际晶体中的嵌镶(mosaic)结构属热力学平衡态,因而是无法避免的,这是Zwicky与Goetz等人的主张;另一种观点则认为实际晶体无非是缺陷较多的晶体,和晶体所经历的过程(如生长与形变等)有关,没有本质上的差异。这次会上这两种观点展开了激烈交锋,但实验证据作出了判决:小心制备的岩盐晶体用X射线衍射技术来探测,接近于理想晶体;如另加研磨,就接近于具有嵌镶结构的晶体。这样一来,Zwicky等人的观点被彻底否定。但对于第二个主题,就没有获得明确的结论。对于位错理论,当时诞生不久,既有不认可的,钱先生的导师Andrade等属之,也有赞同的,如Orowan与Gough J H等。后者是Taylor的学生,年少气盛,在会上为Taylor的位错理论作了强有力辩护,给钱先生以深刻的印象。时隔三十余年,钱先生还一再向我提起此事。虽然Andrade并不赞成位错理论,而钱先生则属于较年青的一代,在微观方面有更强烈的追求,就不受老师见解的拘束,密切关注并认真研习位错理论。回国之后在昆明期间,虽则将他主要精力放在与抗战有关的应用性工作(应用光学和压电晶片),但仍然抽空在1939年中国物理学会组织的学术报告会上专门介绍了Taylor的位错理论,这是位错理论首次传入中国。1940年Peierls发表了位错晶格模型,由于论文简短,只给出结果而无推导过程,钱先生还专为此事请教过理论物理学家张宗燧先生,表明钱老一直关注于这一学科领域。1946年秋,钱先生在南京参与中央研究院的工作,曾在中央大学物理系兼教光学课,当时我虽在校任助教,却乏一面之缘。一直到1948年秋,中国物理学会南京分会在九华山中央研究院物理研究所开会,使我有幸认识钱先生。当时他还兴致勃勃地带我们去参观所内仅有的两台主要实验设备:感应电炉和X射线衍射仪。这使人感悟到要进行固体物理的研究,样品的制备和其表征都是

至关重要的。这也可以说钱先生为我上了很有启发性的一堂课。随后他即带领了他的助手进行金属单晶体的研制,并自行设计和制造了一台高灵敏度的微拉伸机。这样,在风雨如晦的岁月里,他终于又回到他一直关注的学科领域——晶体缺陷与金属的范性形变。

在解放之后,原来北平研究院的物理研究所和中央研究院的物理研究所都并入新成立的中国科学院,在北京成立了近代物理研究所和应用物理研究所。钱先生在应用物理研究所即后来的物理研究所任研究员,领导金属物理研究室的工作。总的说来,研究设备焕然一新,工作人员大为增加,为钱先生一展其科学上的抱负提供了良好的机遇。

第二次世界大战之后,位错理论在西方国家(特别是英国)呈现出一片兴旺发达的景象。好几位固体物理学大师,如 Mott, Shockley, Frank 等投身其中,再加上一些专攻位错理论的学者如 Nabarro, Cottrell, Read, Seeger 等的奋力工作,使理论多方面得到发展,还找到一些实验证据。并开过多次专题国际会议,对众多概念加以推敲和澄清,从而使理论体系大体上确立了。Cottrell 的《位错与晶体的范性流变》(1952)和 Read 的《晶体中的位错》(1953)这两部专著的相继问世,标志着这一学科分支已趋于成熟。1953年,金属物理学家柯俊先生从英国回来,钱先生访之于前门饭店,就讨论了海外位错研究的一些情况,以及在中国如何开展这方面研究的问题,并商定采用“位错”作为 dislocation 的中译名。

但是天有不测风云。20世纪40年代后期到50年代中,苏联学术界大张旗鼓地进行了对所谓自然科学中资产阶级唯心主义思潮的批判。在生物学界臭名昭著的批判遗传学中基因学说就是一个最突出的例子。而在固体物理领域内,则将批判的矛头指向了位错理论。在这里科学上的不同见解被歪曲为两条政治路线的斗争,抓辫子、戴帽子,无限地上纲上线。当时中国奉行“一边倒”的方针,凡是遭受苏联“老大哥”批判的,一律打入冷宫,无人敢问津。苏联对位错理论批判的高潮出现在1954年,《物理科学进展》杂志刊登了两位女科学家 Classen - Nekludova 与 Kontorova 联合署名的文章^[2]。这两位科学家都是和位错理论略有瓜葛牵连的,她们站出来批判颇有反戈一击的味道。事后看来,最富有反讽意味的莫过于批判时机的选择。当时,一方是以陈词烂调大肆口诛笔伐,而另一方则埋首实验室潜心探索观测物质结构的特定层次,谋求新的突破。两三年过去了,较

量的结果大白于天下。实验终于取得突破性的结果,以无可置疑的确证支持了横遭批判的理论,从而使这场大批判偃旗息鼓,烟消云散。是谁唯心?是谁唯物?岂不令人哑然失笑吗!基因是如此,位错又何尝不是如此呢?凑巧的是两项关键性的突破都是在英国剑桥大学卡文迪什(Cavendish)实验室完成的,时间相隔三年。1956年, Hirsch P B 等用电子显微镜薄膜透射方法,对铝和不锈钢中的位错运动和相互作用进行了直接观测,明确地看到位错沿滑移面的滑移和位错线展宽为扩展位错等现象,并拍摄为电影。同年, Menter J W 用当时分辨率最高(0.6—0.8nm)的电镜分辨出钛铂花青的晶格,看到位错的图像和 Taylor 原始论文描绘的一模一样。按理说,问题算是彻底解决了。但在时间上还有一段滞后效应。苏联的位错批判文章的中译本是在1956年的《物理译丛》刊出的。苏联学者 Umansky 等编著的《金属学的物理基础》(俄文版1955年)是在1958年才出了中译本^[3]。书中对位错理论只作了简短的批判性介绍,强调它有许多缺点,因而多次遭受尖锐的批判。还说它最主要的缺点在于理论基础的证据带有间接性,而对位错的形成解释模糊不清。在这种学术风气笼罩之下,对于钱先生的研究工作产生了不利的影响。在50年代中,钱先生对铝单晶的滑移开展一系列的研究,其中利用电镜观察滑移带的精细结构是我国国内学者首次将电镜技术用于研究固体物理和科学方面的问题,在运用实验技术上有所创新,曾为国外学者所称道。但在理论解释上,这些工作回避了位错理论,迟至1956—1957的论文,还是采用苏联学者 Stepanov 的滑移胚芽的观点。这足以充分说明钱先生当时的尴尬处境和无奈心态。在这段时期内,钱先生还翻译了 Schmid 与 Boas 的经典著作《晶体范性学》一书,里面没有涉及位错的内容,不会引起非议。一直到了1959年对待位错理论的态度上开始有所松动。钱先生于这段时期在中国科学院物理研究所内组织了有关位错的学术报告。又在他的倡导之下,于1960年在长春召开了“晶体缺陷与金属强度”的全国性学术报告会,并在会上由钱先生主讲了“晶体中位错理论的基础”,从而带动了我国对于位错理论的学习。但也就是在1960年,中国科学院物理研究所进行了机构调整,将原来的金属物理研究室归并到沈阳中国科学院金属研究所。虽然钱先生本人仍然留在中国科学院物理研究所,但助手星散了,使他有孤掌难鸣之叹!这是钱先生科学生涯中遭受的一次严重打击。但钱先生并没有灰心丧气。

此时中国科学技术大学业已建立并调钱先生去任教. 从此以后, 钱先生就将他的主要精力灌注到中国科学技术大学的建设和发展上面去了. 从而开启了他后半生事业的序幕. 正所谓“失之东隅, 收之桑榆”, 体现了得失之间的辩证关系.

由于我们对于位错理论有共同的兴趣, 在 1960 年前后, 钱先生和我交往就比较多. 正因为钱先生有长期在国内进行科研工作的经历, 对其中的甜酸苦辣有切身的体会, 因而对于能做出些许工作的后辈, 总是推诚相助, 鼓励备至, 褒奖有加. 我们研究组在 1960—1966 年间所进行的“体心立方难熔金属中位错的研究”, 就经常得到钱先生的指教与鼓励. 钱先生当时担任《物理学报》副主编, 我们的文稿都经过钱先生的细心审阅后才发表的. 钱先生的这种奖掖后辈的高风亮节令人难以忘怀. 这使我想起唐代诗人杨敬之与项斯间的故事. 这两位诗人的知名度不算高, 但作为前辈诗人提携后辈诗人的佳话却传颂至今! 无名之辈的项斯以诗卷谒杨敬之, 得到杨的赏识, 杨就写了一首诗, 其中有两句“平生不解藏人善, 到处逢人说项斯”, 可以移作为钱先生热心提携后辈这一高尚风范的绝妙写照. 与我同有此感的人当为数不少.

钱先生早岁曾就读于国学大师钱穆先生, 古文根底极好, 后来他的导师 Andrade 教授对科学史很有兴趣, 并有所著述. 所以钱先生对科学史情有所钟也是渊源有自的. 在抗战期间住在昆明时, 他曾细读《墨子》一书, 从中整理发掘出一些有关光学的力学的创见, 是对中国科学史的一项贡献, 受到李约瑟的重视. 后来钱先生在推动我国科学史的研究和教学方面发挥了很大的作用. 他还倡导用较长的历史观点来看一些当今的科学问题. 我在 1979 年曾亲聆他的题为《晶体缺陷的历史回顾》的报告, 很受启发. 1983 年我有幸应钱先生邀请在中国科学技术大学讲授《晶体缺陷理论》课程, 在正课讲完后, 钱先生要我在次日再做一次报告, 面向范围更广的听众. 虽然事前毫无准备, 但义不容辞. 我就想依循钱先生的榜样, 从较长的历史观点来察看凝聚态物理学如何从固体物理中发展出来的问题. 晚上临时抱佛脚, 阅读借来的一篇 Anderson P W 关于对称破缺的讲稿 (即他后来出版的《凝聚态物理学的基本概念》一书的第二章), 然后就整理出几条基本思路, 作报告时我又临场发挥, 边思索边讲, 类似于英语所说的 thinking aloud (高声思考). 由于中国科学技术大学师生的默契和配合, 这次题为《凝聚态物理学的回顾

与展望》的报告得到意料之外的热烈响应, 也谬承钱先生赞许, 认为值得发表, 并嘱中国科学技术大学研究生根据录音整理出初稿. 此稿经修改后在次年的《物理》上发表^[4], 反响良好. 从此开始了我对于凝聚态物理学所作的一系列论著, 成为我在近二十年来的主要工作. 回想起来, 这也要感谢钱先生对我本人的启发和信任, 鼓励和鞭策.

钱先生经历了战乱动荡的岁月, 多次面临严峻的挑战. 许多事迹, 今天看来, 已带有一些传奇色彩, 值得向当今的读者介绍, 这里举几个例子.

1931 年“九·一八”事变爆发, 他从关外 (原在东北大学任助教) 回到北平, 暂住他的老师严济慈先生家里. 严老当时主持北平研究院物理研究所的工作, 他当然很乐意跟严老做研究, 但当时严老已有四个助手, 名额已满, 使他难以启齿, 只好另外托人谋事, 在上海工部局所属的电话局里找到了技师的职位, 月薪 160 元, 待遇相当丰厚. 他就在电话中向严老辞行, 严老告诉他别忙走, 问他是否愿意担任半时助研的职位, 月薪 40 元. 钱先生当机立断, 就留了下来. 用他自己的话来说, 不要说 40 块钱, 4 块钱都乐意. 这一抉择是他科学生涯中关键性的一步. 此前一年他已结婚成家, 要靠薪金养家糊口. 这显示了他追求科学的强烈愿望与坚定决心.

1939 年春, 他在伦敦大学, 他的导师 Andrade 教授明确告诉钱先生, 只要将已完成的三项研究工作汇总起来就可以作为博士论文, 申请答辩. 博士学位, 这是许多人出国留学的目标, 当时已唾手可得, 但是钱先生如何表态呢? 他由于目睹了实验室中一位印度同学, 遭受歧视不让他做博士论文答辩, 他意识到当时我国也处于半殖民地的状态, 和印度半斤八两, 此事伤害了他的自尊心, 也激发了他的正义感. 他就暗下决心, 不拿殖民者的学位. 当然原由不好公开向导师明说, 只有婉辞谢绝, 表示不愿答辩. 导师却大惑不解, 也有些于心不安. 后来伦敦大学专门授于钱先生 Carey Foster 奖, 似有作为补偿之意. 钱先生所显示的铮铮铁骨, 令人感佩.

1937 年“七·七”事变爆发, 当时钱先生在德国柏林继续进修. 适严老访问巴黎, 就来电叫他赶快回国. 钱先生二话不说, 就尽快赶回烽火连天的祖国. 随即又奉严老之命只身潜返已沦陷的北平, 要将北平研究院物理研究所的大量仪器设备赶紧装箱, 再设法悉数运出. 做这些事都要掩敌人耳目, 最终还要在侵华日军的眼皮下, 将几十大木箱的仪器书刊, 运出沦陷区, 再转运到大后方的昆明. 这对于一位文弱

的青年书生,其难度可想而知.但他不负重托,出色地完成了这一艰巨的任务,充分体现了他的爱国热忱和过人胆识.

当然钱先生还有许多其他的感人事迹,大家可以从文集中读到,这里就不一一细述了.

(附记:本文写作时曾参阅胡升平君撰写的《钱临照先生生平及其学术贡献》一文的打印稿.)

参 考 文 献

[1] 钱临照. 钱临照文集. 合肥:安徽教育出版社, 2001[Qian L

Z. Collected Papers of Qian Linzhao. Hefei :Anhui Education Press ,2001(in Chinese)]

[2] Classen-Neklyudova M V , Kontorova T A. Uspishi. (in Russian), 1954 ,52 :143[中译本见 物理译丛, 1956 ,3 :646]

[3] Umansky Y C , Finkelstein B N , Blantcher M E *et al.* *Physichesky Osnover Metallovedeniya*(in Russian). Moscow :Metalurgizdat , 1955[中译本见 中国科学院金属研究所译. 金属学物理基础. 北京:科学出版社, 1958]

[4] 冯端. 物理, 1984 ,13 :193[Feng D. Wuli(Physics), 1984 ,13 :193(in Chinese)]

· 物理新闻与动态 ·

西欧原子核研究中心产生上万个冷却的反氢原子

西欧原子核研究中心(CERN)的 ATHENA 合作组于 2002 年 9 月间宣布,在低能下可控产生了数目很大的反氢原子,即正电子与反质子组成的束缚态. Nature 杂志提前在网上发表了此项结果.

该中心主任 Maiani L 评论道:“ATHENA 组观察到的反氢可控产生是一个伟大的技术与科学事件,其所以这样说,更在于它以未曾预期到的众多数量产生出反氢原子来.”

反氢原子的首次观察应当追溯到 1995 年,当时西欧中心的 PS210 实验组记录了 9 个反氢原子;次年,美国费米实验室的 E862 实验组也记录到了 7 个反氢原子.但是,这两个实验组的反氢原子都是在飞行过程中产生的,也就是说,它们都具有接近光的速度.从它们的生成到为探测器所记录的间隔时间太短,因而无法对它们的任何性质进行精细测量.

为了克服上述两个实验组每天仅能产生几个接近光速的反氢原子的限制,ATHENA 组采用了如下方法:首先,通过反质子减速器将高能反质子的速度减至光速的十分之一,然后,将它们捕集在一个由电磁场形成的“笼子”里,又进一步将它们的速度减到光速的几百万分之一(相当于 15K 的温度).ATHENA 装置俘获并慢化(冷却)来自反质子减速器的反质子,每束大约 10000 个.接下来的步骤是将这个数量的反质子和大约 7500 万个冷却的正电子混合起来.后者来自放射性同位素衰变,并被俘获到第二个陷阱中,最后传送到第三个陷阱——“混合”陷阱中.冷却的反氢原子就在这里生成.

环绕在“混合”陷阱外面的是反氢原子湮没探测器.当一个反质子和一个正电子束缚在一起形成

一个中性的反氢原子时,这个反氢原子就会从形成陷阱的电磁场中逃逸出来.在此过程中,反氢原子撞击到产生电磁场的金属电极上,反质子和正电子就分别与金属的质子和电子发生湮没反应.探测器通过一个反质子和一个正电子在同一位置上的同时探测,提供了反氢原子的确定证据.ATHENA 的实验表明,在反质子和正电子混合的过程中,平均每秒产生若干个反氢原子.这个实验总共生成了大约 5 万个反氢原子.

需要指出,首先用冷却的正电子来冷却反质子的是反质子减速器上的另一个实验组 ATRAP 在 2001 年实现的,这个实验组也成功地将反氢原子的两个组成部分禁闭在同一个陷阱结构中;而反质子和正电子的同时捕集则是由西欧中心低能反质子环上的实验组 TRAP - ATRAP 组首先实现的.

西欧中心的这些突破性成果是捕集、积累以及冷却反氢原子道路上的里程碑.冷却的反氢原子将成为在广泛科学领域内从事精细研究的新型工具.最为基础性的一项研究是比较氢原子和反氢原子与电磁场和引力场的相互作用.物质与反物质之间的任何差异,哪怕很小,都会对我们认识自然界及宇宙的基本性质产生深远影响.

当然,对 ATHENA 的结果也有持较审慎的态度的.参加 ATRAP 实验组的哈佛大学教授 Gabrielse G 告诫说:“磁陷阱难以捉摸的性能会很容易愚弄我们.但是,如果 ATHENA 的结果是正确的话,这将是一个重大的里程碑,虽然这只是开始一步.”“离开得到反氢原子(例如用激光束激发产生)的光谱还有很长的路要走.”

(巨擘提供 新闻来源 ScienceNOW , Nature 及 CERN 相关网页)