

空气清新心思静,拟就新图拉晶晶

——纪念我们的父亲吴乾章先生

吴光恒 吴建永 吴进远

父亲离开我们已经十多年了,在此纪念他百年诞辰之际,谨从我们的记忆中讲述他的一些小故事.

1 青年时代

父亲原名“吴宗朱”,出生在海南岛一个乡村教师家庭.我们的祖父曾就读于当时的两广高等学校,在乡就塾,兼做一些乡间的文字营生,家境相当清苦.父亲在家乡读书时常要靠开一间小生药铺的外祖父接济.海南乡下虽然贫困,但民风却十分重视读书.父亲读初中是在离家 50 华里的海口市,回家后返校,要与一群贩鱼的挑夫黎明离村疾走,方能赶上第一节早课.父亲在海南读到初中毕业,而全海南竟然没有一所高中.1929 年,父亲 19 岁,与一群同乡学子结伴“进京”(南京)寻学.那时到大城市读书是很贵的,祖父担负不起,但为了儿子前程,也硬撑着跟到南京.由于“长安米贵”,父亲就想跳过高中,直接考进大学,以便早日毕业找个工作糊口.但因考大学要求高中毕业学历,而他只有初中的文凭,他只好借用一位不再参加高考,名叫“吴乾章”的族人的高中文凭报考了中央大学(那时文凭上没有照片).同时为了保险,也报考了当时南京最有名的高中——安徽中学.没想到两个学校同时考取,而同来的那么多乡亲,那年无人考上高中.中央大学放榜时,祖父看后竟然高兴得足软,走不动路,狠心掏钱叫了辆黄包车才回到家.父亲大学录取后到安徽中学要回自己的初中文凭,人家非常奇怪,当时很少有人考取如此名校而不上的.从此父亲改名吴乾章,而宗朱的本名却只有家乡人知道了.

这次高考成功,改变了他的一生.从此当研究生,助研,留洋,离开了贫穷的家乡.他的亲身经历把祖上留下的读书风气弘扬于乡里.如今村里吴氏祠堂的石碑上,还篆刻着他“英国曼彻斯特大学博士后”和“中国科学院物理研究所研究员”的两个头衔,村里九十岁以上的老人还记得他当年跨海求学的故事.他又把这一观念从小灌输给我们兄弟三人.我们听他讲“初

中考大学”的故事时正值那个“知识越多越反动”的时代.他指着我们自学用的课本说,“我考上大学的关键一题就是你们现在看的二项式公式分解”.他的观念深深地印在我们心里.由于十年动乱,我们兄弟都没有上过高中,却都通过自学上了大学,并在后来的几十年里坚持做学问,如今都在科研行当里谋生,从来没有想过去做其他职业.父亲在提起我们三兄弟职业的时候常常会得意地说“老鼠儿子会打洞啊”!1980 年,三弟考取了 CUSPEA 赴美留学,父亲说自己也像祖父当年一样,高兴得脚都软了.

2 抗战期间

1933 年,父亲大学毕业后考取了中央研究院物理研究所的第一批研究生.师承潘承皓先生,课题是参与建立全国的标准时间系统.当时的野外测绘经纬度需要标准时间来观测太阳、月亮或北极星的位置.在没有全国标准时间的时代,出野外要带四五个精密机械钟,出发前用存在于地下室中的精密摆钟校准,到了野外再取几个钟的平均值定时.潘承皓先生从国外引进了石英钟,比机械钟精确了好几个数量级.父亲在他的带领下把石英钟装起来,并用无线电播出标准时间信号,大大提高了当时勘探、找矿和地图绘制的精确度.父亲和他的导师都是喜欢动手的人,他们装一个部件,就绘图仿造一个部件,以期仿造出国产的石英钟.父亲因此练就了很强的动手能力.在后来的抗战迁徙途中,除了进行地磁测量的本专业的工作外,他还把这特长用到了地电找水以及帮助通讯部门修理发报机等方面.

1936 年,父亲在中央研究院物理所研究生毕业,留下任助理研究员,研究地磁学.1937 年,抗日战争爆发,研究所从南京西迁至广西、贵州和重庆等地.西迁路上,父亲跟随陈宗器、陈志强、周寿铭等先生一起,冒着天上日军飞机的狂轰滥炸,躲避着地面日寇的追兵和地方土匪的追袭,忍受着饥寒病痛的折磨,保护和运送科研仪器和图书资料.在这样艰难

的条件下,仍然坚持一路进行地磁测量和普查.1941年,父亲参加了陈宗器先生率领的赴福建崇安研究日蚀与地磁场关系的观测工作.父亲时常给我们讲述抗日战争时期躲避日寇侵略,转移科研仪器的那些往事.



1937 年在南京紫金山地磁台工作期间

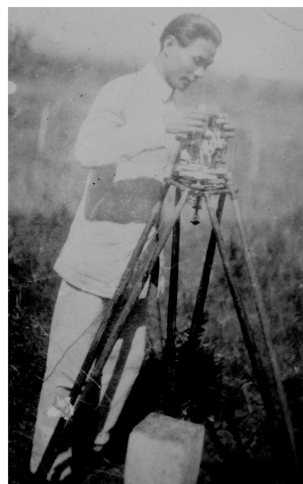
1937 年沪淞抗战前后,父亲因肺结核在地磁台驻地养病.国家蒙难,身患重病,心情十分压抑.唯一令人振作的就是紫金山附近中国军队的高炮射击来侵日机的声音.不久,接到通知,地磁台转移,他跟随所里的同事,拖着沉重的病体,冒着各种危险上路.路上九死一生,因此迁徙也被称作“逃难”.他们全力保护着地磁台站的仪器和资料,从南京出发,经芜湖、南昌、长沙、桂林、柳州至丹洲,后又从桂林经贵阳到重庆北碚.前后历时几年,换乘火车、河船、汽车等各种交通工具,有时还要艰苦地步行,行程上万里,历尽了各种艰难险阻,最后终于完成了转移和保护国家财产的任务.

父亲说,逃难中的艰险是我们现在无法想象的.乘坐的火车时开时停,车厢自然是挤得水泄不通,常常连车厢顶上都坐满了人.有时通过的山洞洞顶太矮,很多车顶上的人就被洞顶撞死挫伤,惨不忍睹.相比之下,没有饭吃、睡不好觉已经不是什么了不起的困难了.铁路两边是拖儿带女,携老扶幼的难民队伍,常常几天望不见行列的尽头.遇到敌机轰炸,常常是硝烟过后死伤无数,一片狼籍.父亲和同事们天天眼里看着路旁凄惨的难民,横七竖八的尸体和血泊中的伤员,神经已经近于麻木.但是,每个人心里都牢记下了侵略者罪行的一笔笔血债.

逃难中每一个人都是时刻命悬一线!由于交通工具奇缺,卡车内要装载仪器和资料,并把有限的地方让给年老体弱的同事乘坐,因此年轻的父亲就常

常坐在车顶上.听父亲说,一天行进在险要的山路上,看到途中一辆客车翻覆在山沟里,旁边躺着几具死尸.当地人讲,由于没有任何保护,死的都是坐在车顶上的人.父亲说那段期间每天坐在车顶上,前面的崎岖山路好像永远也走不到头.我问父亲:你不害怕吗?父亲说,国家危亡在即,大家心情无比沉重,每天想的就是尽自己绵薄的能力,多少为国家做些事,反倒把个人安危放到一边了.

逃难的后半期,父亲的肺结核病也许是由于那种生死置之度外的悲壮心理作用,反而在营养不良、缺医少药的恶劣环境下不治自愈了.但是,身体的抵抗力十分衰弱.在四川境内,一次饮食疏忽,父亲得了痢疾,泻肚泻到便血.这个在现在算不上什么的疾病,当时几乎夺去父亲的生命.可是,逃难途径的穷乡僻壤,哪里有医生和药品呢?父亲只好硬挺着,坚持不掉队.后来采用“饥饿疗法”,几天不吃饭,只吃炒成碳样的米,终于止住了腹泻,又过了很长时间才恢复了体力.父亲说:治不好是死,而掉队让日寇追上也是死,不如坚持跟上大家,治好病就等于战胜了日寇.父亲说,虽然日寇占领我大面积国土,但大家一直心存一个坚定的信念:抗战一定会胜利!因此,在逃难一路上始终坚持地磁测量和普查.大家说,胜利后国家还要建设,现在就开始做准备!父亲和同事一起,克服了许多令人难以想象的困难,在广西和四川多地地进行地磁测量工作,并撰写了详细的研究报告.在重庆北碚的测量工作中,得识李四光先生并参加了他的工作,此为建国后父亲兼任地质部地质力学研究所研究员的渊源.



1941 年在福建崇安测量日全食对地磁俯角的影响

1940 年以后,抗日战争进入相持期,长期的战争使国家接近了崩溃的边缘.但是,父亲和同事们作为中国科学家仍然没有忘记自己的职责.当他们得

知 1941 年 12 月发生的日全食的全食阴影将覆盖我国东南地区时,积极筹划了在日全食时观测地磁变化的研究课题.可是,1941 年太平洋战争爆发后,我国东南沿海局势变得更为险恶.父亲和陈志强、陈宗器等人仍冒着生命危险,穿越日军占领区从广西跋涉到福建崇安,不失时机地进行了日全食观测和地磁测量,并认真分析和总结了观测结果,发表了我国当时唯一的观测和测量记录.父亲和其他老一辈的科学家,在如此劣势的环境下仍然能够努力完成研究工作,完成了科研战线上不用枪炮的抗战,不愧为典型的中国的知识分子,爱国精神值得我们永远学习.

3 留学时代

1945 年抗战胜利后,父亲跟随物理所从重庆返回南京.1949 年至 1951 年,留学英国,在曼彻斯特大学理工学院物理系攻读 X 射线晶体学.据父亲说,刚开始想去美国,那正是原子能、高能物理领导潮流的时代.可是美国的接收函却迟迟不到.父亲怀疑是在使馆面试时言论比较激进,“亲共”的缘故,于是就去了英国.没想到办好去英国手续后美国的接收函也来了.原来加州大学与国家实验室的加速器承担国防有关的项目,对访问学者要做背景调查,耽误了几个月的时间.

留学生活是很清苦的,正在土崩瓦解的国民党政府已经顾不上他们这些“公费”留学生了.父亲的生活费经常捉襟见肘,甚至要靠我母亲(那时父母还没有结婚)从国内接济.父亲说,母亲那时常常在来往的信件中夹带几张一美元的钞票给他.他给我们讲的留学的故事不很多,有两个关于不同文化习惯的故事流传至今.一个是坐公共汽车,总听售票员对他讲“Outside!”以为不让他上车.等了许多辆车后才知道,原来在英国两层公车上管顶层叫 outside,售票员一般多让年轻人上顶层.还有一个故事是坐火车去伦敦,返回买票时想说明自己要返回曼彻斯特,说了一句“return to Manchester”,结果花了双倍的价钱.原来“return”是来回票的意思.

祖国大陆解放后,渴望投身于祖国建设的父亲,义无反顾地放弃了正在攻读的博士学位,1951 年动身回国.那时从英国回来要坐几个月的海船,父亲买了船的底舱,条件很差.每日里与中国水手聊天,写毛笔字,排遣寂寞,但想到就要回到解放了的祖国,精神上很乐观.可能是过于兴奋,聊天中一个不三不

四的人听了父亲的言论突然说,“我看你是共产党”,并威胁说“船停泊任何一个英联邦港口,我都可以让警察逮捕你”.父亲当时确实有些紧张,直到那人在新加坡下了船,才放下心来.也许父亲和那人都没有想到,1958 年父亲真的就成为了一名共产党员.

4 回国以后

1951 年,父亲回国后回到物理研究所.次年随所迁到北京,历任中国科学院物理研究所的助理研究员、副研究员、研究员,晶体学研究室副主任、所学术委员会委员等职,并在原子能研究院和李四光先生兼任所长的地质部地质力学研究所兼职.



1960 年接待保加利亚外宾(左一为父亲吴乾章)

父亲从事科学研究有两个特点,一个是随身带个小本子,无论是在家还是在单位,或者是在颐和园的湖边休憩,对科研问题忽然来了灵感,就掏出本子记下来.另一个是家里墙上到处都是写满实验结果的“大字报”.父亲平时不断修改和增添大字报的内容,并经常对着大字报揣摩.我们曾经亲眼看到这些大字报给父亲科研工作带来的成果.

上世纪 60 年代,水晶在我国成为军用物资,战斗机、坦克和步兵电台中都需要用水晶制成的谐振器.天然水晶资源有限,质量也不够好,产生了人工水晶的需求.国内军工单位生长水晶单晶时遇到一大问题叫做“后期裂隙”.即在水晶生长到一定尺寸时就会裂开.当时父亲的工作之一就是研究高质量大块水晶的生长方法.当时采用的是水热法,即在像大炮炮管的钢管(高压釜)中把石英溶解在溶液中,在近千个大气压下加热到摄氏二百度左右.在温度和压力缓慢下降的过程中慢慢地在籽晶上生长单

晶,一个周期长达几个星期到几个月.这段时间高压釜内的生长情况是看不见的,水晶开裂与否不得而知.晶体若不破裂,每一炉就能得到很多高质量的大块水晶,但一旦断裂,许多晶体就报废了,只能当作原料重新再长.军工厂有几十台、上百台高压釜,一个周期下来如果许多晶体破裂报废,很是恼人.那时有军工单位的同志到家里来与父亲谈这事.

生长水晶有很多参数,如温度、压力、每天降温的速度、釜顶釜底的温度梯度和碱水的浓度等等.在此之前,也有人把某个参数改变一下,但结果时好时坏,理不出个头绪.在这一筹莫展的情况下,父亲把实验资料都收集起来,写成大字报贴在墙上.他常说“大字报”能提醒人经常看看想想,不一定什么时候好点子就冒出来.他说数字是一维的,可图是二维的.把数字画图上,规律更直观,便于思考.一天他把温度和温度梯度这两个参数作为纵轴和横轴画了一个图,其中样品开裂的条件用叉叉代表,不裂的用圈圈,标在图上.画着画着赫然发现叉叉都集中在一堆,圈圈则散在一旁,中间有明显的分界.接着父亲又联系了军工厂的同志,把实际生产中大批的数据也填在图中.这时圈和叉的分界更加明显了,明显地表示出,好条件并非人们根据日常生活经验想象的那样“恰到好处”地集中在一起,而是分散的.他把这一结果告诉军工厂的同志,一试果然成功.水晶生长后期裂隙的问题就这样得到彻底解决.

父亲还给我们讲过一个超声波的故事.20 世纪 60 年代初,正是超声波运动热火朝天的时候.据说它能缩短炼钢的时间,又能提高煤的产热量,提高发电效率等等.在一次讨论会上,父亲指出超声震动是在化学反应中使燃料颗粒和分子一张一弛地接触反应位点,提高了结合的机率.由于父亲平日注意分析周围的生活现象,因此将上公交车作为例子,说大家挤住车门谁也上不去,有秩序反而上车速度快.又举例说橡皮揣子一推一拉就能把阻塞的下水道疏通.由于讲得深入浅出,连在场的工人师傅也听明白了,从此父亲获得了一个“超声理论家”的虚名,为此又引出了一段“超声放射性”的故事.

原来当时某单位几位敢想敢干的年青人,把铀矿石拿来“超一超”,想借此提高铀 235 的分离效率.结果发现“超”过的铀矿石的放射性竟提高了很多.再用本无放射性的水晶来试验,结果“超”过之后都变成了有放射性!于是他们提出了“超声能够打破原子核”的说法.这一“成果”当然受到了国家领导层的高度重视,而且竟被朝鲜民主主义共和国的同志探听到了风声,派

来一个副首相领队的科学代表团前来中国“取经”.

后来某位国家领导人亲自点名,由一位权威的大科学家领头,带上父亲这个物理所的“超声专家”到现场去确认这个“成果”.他们来到这个科研单位,让几位实验员表演给他们看.年轻人拿出一块铀矿石,在盖革计数器(一种测量放射性强度的仪器)下先测出放射性强度(“噼噼啪啪”的声音).然后打开超声波发生器,把铀矿石“超”了一遍.之后再测量,果然听见噼啪声增强不少,表明“超”后放射性增强了许多.几位年轻人又拿来一片水晶照样“超”了几分钟,再拿去测,噼啪声(放射性)也同样明显增强.从表面看,实验现象是真实的.



1980 年与陆学善和其他同事在一起(左三为父亲吴乾章)

父亲回到家里,百思不得其解:从物理基本知识来说,超声波的能量和打破原子核所需的能量差好多个数量级,可现场的实验结果又是亲眼所见.父亲并没有因为一次实验而轻下结论,也没有急急忙忙地去给上级写报告,而是再次前去该单位重复实验.父亲和那些年轻人“超”遍了手头能找到的所有东西,包括纸张、布匹、玻璃和金属,结果还是依旧.但细心的父亲发现,凡是表面粗糙的,效果就好,表面光滑的(比如玻璃)效果就差.父亲突然像明白了什么,马上叫他们在水晶片上涂了一层凡士林油膏,再拿去“超”.结果计数器的声音,用父亲的话说,“好似青菜下进滚油锅”,计数器的指针打到标度之外,放射性强之又强.父亲再用汽油洗掉凡士林,结果“放射性”就回到了“超”之前的水平.这时父亲胸有成竹地道出了“超声放射性”的秘密.原来当时的超声波发生器是土制的“簧片哨”,也就是用压缩空气强力吹过一个哨子样的装置,发出人耳听不见的超声震动.当矿石放在哨子下“超”时,不仅受到了超声震动,同时也被强烈的气流吹着.该单位成天和放射性矿石打交道,地面上的灰尘中有许多放射性微粒,往矿石上一吹,就在其表面沾上许多放射性微粒,当然

表现出放射性的增强,也能让原来没有放射性的物质染上放射性.之后我们问他为什么可以看破如此不容质疑的实验结果?他说如果当时急着为这个“成果”去向上级写报告,就不会得到反复实验发现气流秘密的机会了.



1990 年与同事接待吴健雄袁家骧夫妇来访(左三为父亲吴乾章)

5 晚年时光

自 1980 年开始,父亲以七十高龄提出难长晶体的单晶生长研究方向,并亲自参加实验室研究工作.所谓“难长晶体”是指那些不具有同成分融化性质的物相,凝固行为多为包晶反应类型.采用熔融法生长这些单晶要求原料成分相当远地偏离单晶实际成分,以避免包晶反应.这就带来了另外一个问题,就是“组分过冷”.组分过冷引起熔体的过冷度大大超过单晶生长需要的过冷度,而使物相的凝固失控,生长出来的是多晶.克服包晶反应和克服组分过冷对生长条件的要求是完全相反的.正是这一矛盾,使单晶生长变得十分困难.父亲在大量收集前人研究结果的基础上,进一步提出,组分过冷是一个普遍存在的现象,即使同成分融化的物相,由于杂质的存在,

生长界面的组分过冷现象也难以避免,造成各种缺陷的形成.因此,他借用一个国外同行的话强调组分过冷的重要性:要把组分过冷这几个字(constitutional supercooling)刻在单晶生长实验室的门上.

于是,父亲这段期间的大字报都是一些包晶反应的相图.他用“头上打伞”形象地比喻这类相关系.相图旁还写着他在一次学术报告上请大家重视相图的呼吁:“相图,相图,晶体生长的作战图”和另一位



1990 年父亲与母亲张乐惠在单晶生长实验室

同行的感慨:“图到用时方恨少,晶非自拉不知难”.父亲在家时经常面对着这些相图沉思,有时有了心得,也会给我们兄弟讲几句.1994 年,吴光恒从美国回国,到物理所磁学室研究磁性材料.第二年,他解决了一个本领域的难题,把稀土磁致伸缩材料 Tb-DyFe 的[111]取向单晶生长成功了.完成这项工作的一些关键方法,如克服包晶反应和组分过冷的方法,就是得益于父亲的真传.父亲退休后仍然关注着单晶生长和相图,经常接待着到家来咨询的同行们.如他诗中所写的那样:“纤躯陋室正相宜,不谋私利心自怡,悠然修修墙上画,顺手理理床下书……”,享受着淡泊而充实的晚年生活.