

# 8 印刻 SCIENTISTS



葛昌纯(1934年—)

葛昌纯,浙江平湖人,1952年毕业于唐山交大冶金工程系,1952~1985年在冶金部钢铁研究总院工作。1980~1983年获洪堡基金资助在德国从事材料研究。1986年至今在北京科技大学工作。长期在第一线从事核材料、粉末冶金与先进陶瓷研究,为我国“两弹一星”事业作出了重大贡献。他是国家一等发明奖“乙种分离膜的制造技术”第一发明人,是制造原子弹、氢弹关键材料——浓缩铀-235用复合分离膜的主要奠基人。他和赖和创建起我国第一个粉末冶金博士点,和钟学崇等创建起无机非金属材料博士点,发表论文450余篇,专利16项。他是我国粉末冶金奠基人之一、核反应堆材料和先进陶瓷开拓者之一。2001年当选为中国科学院院士,2004年当选为世界陶瓷科学院院士。2016年11月被中国金属学会授予“冶金科技终身成就奖”。

## 青少年苦难经历磨炼出 精忠报国的坚强意志

葛昌纯1934年出生在浙江平湖葛氏大宅中,其父葛嗣澎是近代江浙地区著名教育家与藏书家,曾兴办“稚川中学”,以新式教育惠及乡邻;增扩家族藏书楼“传朴堂”,广收书画及地方志,颇具特色,使其能比肩于“天一阁”,吴昌硕等名流曾专访此楼,研学书画。

本应在平湖长大,接受传统教育的葛昌纯的命运却因为日本的侵华战争而彻底改变。日军和汉奸劫掠,烧毁了葛宅、稚川中学和藏书楼。父亲也在此离乱中病故。1937年下半年,母亲携葛昌纯兄弟第三人避难沪上。在上海的生活极其艰辛,母亲靠做零工抚养他和兄弟。因居无定所,不停搬家,葛昌纯先后辗转了4所学校才完成了小学课程。1946年凭借优异成绩考入南洋模范中学,以初中毕业班上第一名的成绩,成功考入当时录取率为100:1的“省立上海中学”。在这两所中学的学习为他打下了坚实的国语、英语、数理化的基础。南模生动活泼的教育和省上中严格勤奋的教育及半军事化的集体生活培育了他的创造性的思维和坚韧的意志。

高中求学期间,葛昌纯感念母亲辛劳,为了尽早工作补贴家用,他萌生了提前高考的想法。高二刚结束,试着参加高考的他,竟一举成功,被唐山交通大学录取。在著名冶金学家邹元曦的鼓励下,怀揣着对母亲和兄弟辛苦养育的感念,对国难频仍的痛心,以及对这个百废待兴国家未来的憧憬,葛昌纯踏上了北上求学之路。当时才15岁的他,是全校年纪最小的学生。

唐山交大冶金系拥有一支由留学过欧美和国内优秀学者组成的教师队伍,葛昌纯决定到冶金系学习。在这里他受张文奇、章守华、徐祖耀等名师影响激发,提升了学术兴趣。三年后,第一个五年计划开始,葛昌纯提前毕业并被分配到冶金工业部钢铁工业综合试验所(今钢铁研究总院)冶金研究室工作。1953年3月至1954年10月,葛昌纯从刚组建的钢铁工业综合试验所出发到抚顺钢厂实习参加“钢坯快速加热试验”。其间他与工人同吃同住同劳动,取得了突出的研究成果。回京后创建了压力加工室。1959年他被调到新成立的粉末冶金室(四室)开展国防所需新材料的研究,同年被评为全院先进工作者。

## 延伸阅读

# 信任的力量

■燕青芝

我应该是葛先生所有博士研究生中入学时年龄最大的一位,跟随先生时我36岁。年龄虽然“老成”,但学识却相当稚嫩,完全没有找到科研的大门。第一次和先生通电话,得知我是学化学出身时,先生便直入主题:“在研究的燃烧合成制备Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>粉体中需要一种高效安全的稀释剂,你来解决这个问题”“在BaTiO<sub>3</sub>陶瓷粉体的制备中存在团聚问题,你确定一下哪种化学分散剂能抑制团聚”“光催化材料……”我听得云山雾罩、惊恐万状,噤着回答:“我没有搞过科研,可能解决不了这些问题”。他只问了一个问题:“你勤奋吗?”我有点自信地回答:“就勤奋这一个优点,不怕吃苦。”先生不容分辩:“谁也不是天生就会搞科研,你要学习,学习了就会做。过完春节就来报到。”先生不嫌弃我的无知,还委我以重任。我受宠若惊,怀着被信任的激动,背上行囊,提前入学。

刚入学就赶上各种国家自然科学基金项目申报工作。先生给我一套英文资料,说:“根据我们研究室的基础,结合你的专业背景,写一份项目申报书。这是相关文献。”刚辞掉工作的我因为脱离科研太久,面对这些英文和陌生的方向不知所措。我惊恐道:“我从来没有申请过国家项目,恐怕写不好,会误事的。”先生的口吻依然不容争辩:“就是没

## 土生土长的浓缩铀复合分离膜的主要奠基人

不论是制造原子弹、氢弹、核潜艇还是核反应堆都需要用铀-235,但铀-235在天然铀中的含量只有0.7%,要使铀-235浓缩,必须采用当时唯一已工业化的气体扩散法,而此法的技术核心,就是分离膜。制造分离膜是一项技术难度极大、涉及多学科的尖端技术。所谓复合分离膜是一种分布着数量极多且极小的纳米级微孔,比纸还薄的双层片状金属薄膜。它能够对<sup>238</sup>UF<sub>6</sub>与<sup>235</sup>UF<sub>6</sub>混合气体进行分离,从而将天然铀矿中所含铀-235的浓度由0.7%提纯到制造原子弹、氢弹需要的90%以上。

当时只有美、英、苏三国掌握了这一技术,被列为重大国防机密,严禁扩散。苏联甚至称分离膜为“社会主义阵营安全的中心”。1960年赫鲁晓夫撕毁中苏协议断绝了对我国分离膜的供应,我国核工业面临天折的危险。中央于1960年4月分别向中国科学院和冶金部下达了研制分离膜的紧急任务,由中国科学院冶金研究所负责研制用于粗料段的甲种分离膜,由冶金部钢铁研究总院负责研制用于精料段的乙种复合分离膜。钢铁研究总院院长陆达亲自领导由室主任蒋伯范、副主任赵施格、赵维穆和专题负责人葛昌纯及副负责人王恩珂组成的四室核心组负责完成这项艰巨而重大的任务。

## 临危受命后第一件事 就是调查研究

作为专题负责人的葛昌纯在一无资料、二无经验、三无设备的艰难情况下,抓的第一件事就是调查研究。三个核大国有关分离膜的技术资料是绝密的,他只能查到1958年在日内瓦召开的国际和平利用原子能会议论文集和法、德、日的个别专利。葛昌纯说:“同志们以为我原先就掌握多种语言,戏称我是‘八国联军’,其实我的德语、法语、日语都是在研制乙种分离膜过程中逼出来的,通过自学和背记字典才掌握的。”难怪他把麻将牌大小的外文字典塞在口袋里,以备在排队等车或见缝插针时拿出来背记,就是这种刻苦勤奋的精神,使他能短期内掌握了多国语言的阅读能力,为设计实验方案、建立仪器装备、开展实验和指导工

## “老科学家学术成长资料采集工程”系列报道 195

### 葛昌纯:

# 咬定青山不放松 千磨万击还坚劲

■曹钰 周瑞娟

作创造了条件。

## 实践—理论—再实践使他 从必然王国进入到自由王国

专题开始头一年半年他领导专题组做了无数次实验,性能参数总是上不去。他认识到没有理论创新,就无法突破难关。为此,他几乎跑遍了北京的主要书店、图书馆和情报所。一大早就带干粮出发,龙门书店一开门,他就进去,坐在爬高找书用的梯子上,一坐就是一整天。一次偶然机会,他读到了Carman撰写的《气体通过多孔介质的流动》一书的英文影印版。他欣喜若狂地买回家,一遍又一遍地钻研,彻底搞清了多孔膜的物理原理。

通过理论推导和实验他认识到复合分离膜比单层分离膜复杂得多,底材不仅起支撑作用,而且对性能参数有着重要影响。当时正值困难时期,在又饿又困的情况下,他经过数不清的昼夜奋战,终于推导出关于双层分离膜特性参数与结构参数之间的关系式,以及两层参数之间的搭配关系式,为复合分离膜的研制奠定了理论基础。葛昌纯说:“这样的熬夜很值!因为弄清了双层分离膜的理论问题,推导出了复合膜的数学模型,我就可以通过调整膜的结构参数和两层参数搭配关系来指导工艺,从盲目性过渡到科学性,从必然王国进入了自由王国。”

## 创造了独特的高压静电上粉技术 解决了均匀微量布料的难题

如何将细粉均匀定量地涂覆在底材上是复合分离膜制备中的关键问题。起初用吸滤法上粉,在干燥过程中引起开裂的问题无法解决。葛昌纯具有丰富的联想力,他想到工厂中带粉尘的废气是通过高压静电技术将粉尘与气体分离的,能否将这一工艺运用在上粉上呢?由于金属细粉在电场中的自然,一次次实验都失败了。用喷枪布粉,不均匀的问题无法解决。于是他和孙焕仁、杨勋烈、曹勇家等通过建立高压静电装置、设计电晕针分布、设计并制造流态化床,选择载带气体及气流参数等方法成功解决了在高压电场中超细磁性合金自燃和均匀微量布料的难题。当葛奕臻元帅专程来钢铁院考察时,陆达院长专门向聂帅介绍说:“这是葛昌纯工程师发明的”。聂帅热烈地握着他们漆黑的双手表示祝贺,并详细询问了上粉的原理。

## 突破电化学处理禁区 解决氟化过程中渗透性严重下降难题

横亘在专题组面前的最后一个难关是防腐蚀处理。核心组领导派葛昌纯到电化学组去兼任组长,和副组长李基发、徐温崇领导全组攻关,李文采副院长还将自己的有电化学基础的研究生吴幼林调来协助工作。葛昌纯首先用几个晚上学习掌握了两厚本电化手册的主要内容,然后和吴幼林一起反复实验。按一般电化理论,在恒电位区处理一段时间就能生成致密的膜,但总过不了腐蚀关,一般认为过钝化区是禁区,在该区处理会大量冒泡形成疏松多孔、不耐腐蚀的厚膜。但葛昌纯大胆设想能否经过禁区处理后再回到恒电位区,使疏松厚膜修复上致密薄膜,形成又厚又致密的能耐腐蚀的膜呢?实验证明他的大胆设想是正确的。腐蚀关的突破标志着复合分离膜研制成功。

在“四人帮”破坏最严重的1967年,分离膜的研究和生产也没有停止。临研院党委从全院组织了600多人集中到四室进行乙种分离膜的生产大

会战,葛昌纯担任生产总指挥,提前完成了全部生产任务。参加乙种分离膜研制人员的平均年龄只有20多岁,技术骨干都是中华人民共和国成立前后国家培养出来的,显示了这支青年队伍在党的领导下无坚不摧的勇气和能力。国务院国防工业办公室和中共中央国防工业政治部先后于1963年和1967年发来贺信指出:“实践证明乙种分离膜性能良好,能够满足生产使用需要。这就为我国自力更生地发展原子能事业作出了重要贡献。”这一任务的完成是你们所取得的巨大成果,是对我国国防工业建设作出的重要贡献。”

1966年国庆节,作为对社会主义建设作出重要贡献的科技工作者,葛昌纯被国务院邀请登上天安门城楼观礼,见到了毛主席、周总理等党和国家领导人。张爱萍将军为在原子能事业上作出贡献的三位科技工作者——彭恒武、王承书和葛昌纯摄下了图②这张珍贵的照片。

1985年“乙种分离膜的制造技术”项目获国家发明奖一等奖,葛昌纯是第一发明人,对此项发明的九项发明权中的六项作出了重要贡献,为后续研制成功的丁种、戊种和己种分离膜奠定了理论和技术基础。他将一生中宝贵的青春年华献给了“两弹一星”的崇高事业。

## 为核反应堆关键材料研究 奠定基础

上世纪90年代中期起,葛昌纯继续当年分离膜会战时期奠定的核材料研发兴趣,开始把精力投在受控核聚变堆服役条件最严酷的面向等离子体材料的研究上。可控核聚变堆发电被普遍认为是一劳永逸解决人类能源问题的主要途径,但其实现却极其困难,特别是必须要研发出面向等离子体材料,即直接面向聚变反应,能够耐受等离子体辐照的第一壁和偏滤器,这是极具挑战性的任务。早在我国加入国际热核聚变反应堆计划(ITER)前的1996年,葛昌纯向国家有关部门提交了顶层设计项目《耐高温等离子体冲刷的功能梯度材料研究》建议书。第二年4月,他的申报材料获批国家“863”计划项目。经过三年研究,葛昌纯团队开发出六种第一壁候选材料,其中五种在国际上尚未见报道。此项成果获2008年中国材料研究学会科学技术奖二等奖。

在中国加入ITER后,葛昌纯领导团队深入开展钨基第一壁和偏滤器材料(PFM)的制备研究;在“973”项目“超临界水裂变堆的应用基础研究”立项后,他的团队负责聚变堆关键材料研究,取得一系列创新成果。2011年在第15届国际核聚变反应堆材料大会(ICFRM-15)上,葛昌纯组织中国代表团成功获得ICFRM-16的主办权。这是我国首次申办成功核聚变堆材料领域最高级别会议,表明国际同行对我国核聚变材料研究的肯定,也奠定了葛昌纯及其核材料研究团队在国内外核聚变材料领域的重要学术地位。

## 为我国粉末冶金和先进陶瓷事业 开拓创新

葛昌纯在粉末冶金领域作出了以下开创性的贡献:建立起我国第一个纳米材料实验室并研

制成功一系列纳米粉末和纳米材料。他对我国还原铁粉生产进行了全面技术改造,研制和生产成功质量达到国际先进水平的二次还原铁粉,为武钢建立我国第一个还原铁粉基地奠定了基础。在国内首先研制成功全密度、无偏析、使用寿命为熔炼高速钢3~7倍的粉冶高速钢FT15、粉末锻造FP18插齿刀和喷射成形FP9V模具与轧辊,建立起我国第一个粉末高速钢中试基地;分别与北京特钢、雅安机器厂合作建立起我国第一台顶应力钢丝缠绕热等静压机和第一台双2000(2000°C,2000atm)热等静压机;和韩凤麟合著出版我国第一本论述各种制粉技术的专著《钢铁粉末生产》;用碳基法从镍冰铜提取镍代替电解法节电94%。1980年,他作为洪堡基金会研究员应马普所粉末冶金实验室主任G. Petzov邀请从事重合金和铁铜合金液相烧结机理的研究,连续发表了三篇论文,经常被国际著名学者引用。

1976年他开始了氮化硅基陶瓷的研究,在国内首次采用压力烧结工艺研究成功以尖晶石作为烧结剂的Sialon陶瓷,并批量用于做热加工模拟实验机的垫块,获冶金部科技进步奖二等奖。1982年他应柏林工大非金属材料研究所Hans Hausner教授邀请,投身氮化硅基陶瓷研究。Hausner教授要他解决通常用氧化物助烧剂导致氮化硅在高温时的强度显著下降这样一个世界性的难题。两个月夜以继日的实验尝试了多种非氧化物助烧剂,却一无所获,但他没有放弃,却越战越勇。他转换了思路,从基础理论着手,在研究了各种氮化物多元相图后,提出将氮化铝和氮化锆结合起来作氮化硅的复合助烧剂,通过一系列实验,终于获得成功。鉴于葛昌纯的出色成绩,Werner Schatt教授力邀葛昌纯赴德累斯顿工大申请博士学位。1983年3月,葛昌纯顺利完成论文答辩,获得材料技术工学博士学位,成为自1960年中苏关系破裂后第一位获得民主德国博士学位的中国学者。1986年他作为引进人才调入北大工作。葛昌纯在德国研究工作的基础上成功开发出以复合氮化物作Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>助烧剂的ST-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>型陶瓷刀片。许多次实验证明ST-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>型刀片比硬质合金的切削效率提高3~30倍;对于切削高C<sub>1</sub>铸铁,可以取消退火淬火工序,实现以车代磨,并可切削除不锈钢外的各类合金钢。刀片得到了广泛应用,到20世纪80年代末,已建成三条生产线,为企业创造了显著的经济效益和社会效益。该成果被国家科委评为1999年国家级新产品,1999年获教育部科技进步奖二等奖。

以严格要求著称的Sialon陶瓷发明人杰克教授在1994年6月访问后写下了如下评价:“葛教授做出了极好的研究工作……每个项目都做得很成功。”

葛昌纯院士说:“我们国家正在迅猛发展,为了实现强国梦,我还有很多事情要做。”他带着“一定要自主创新”的信念,至今仍坚守在科研工作第一线,每天都准时出现在实验室,手把手地指导研究生,关键的实验他一定要亲自参与指导,经常加班到深夜。无论是粉末冶金、先进陶瓷或是核材料、空间太阳能发电等新能源材料研究,都贯穿着他材料报国的热忱信念。

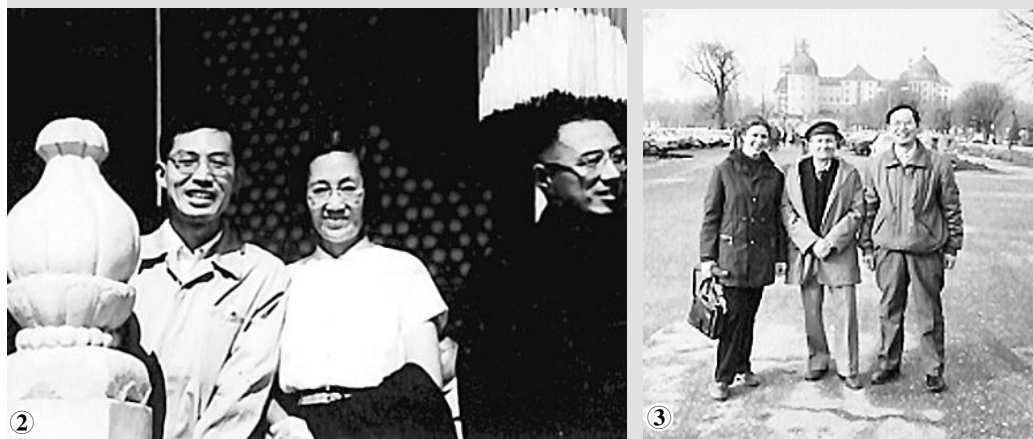
(作者系北京科技大学科技史与文化遗产研究院研究生)



① 1962年,钢铁研究院粉末冶金研究室部分人员合影(一排左起第三位是葛昌纯,二排左起第四位是其夫人夏元洛)。

② 1966年,葛昌纯被邀请至天安门城楼观礼(左起依次为葛昌纯、王承书、彭恒武)。

③ 1982年,葛昌纯与博士生导师Werner Schatt教授及其夫人。



本版组稿负责人:张佳静