

## 解密流态化 情系颗粒学

——访中国科学院过程工程研究所郭慕孙院士

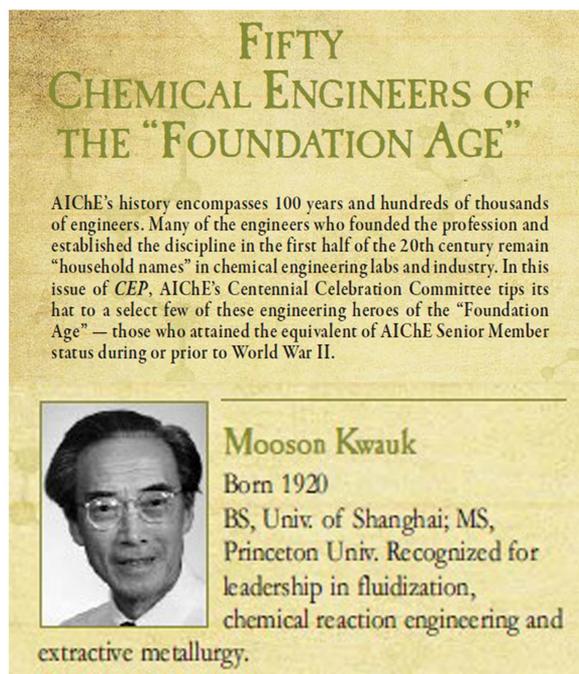


图1 2008年9月,美国化学工程师学会(AICHE)公布了化学工程学界百年来开创时代的50位杰出化工工程师名单,郭慕孙教授是唯一获此殊荣的中国科学家。详见 [www.aiche.org/about/centennial/engineers.aspx](http://www.aiche.org/about/centennial/engineers.aspx)

2008年10月21日,《科学时报》上刊登了一则消息:欣逢百年大庆的美国化学工程师学会,遴选出了化学工程学界百年来开创时代的50位杰出化工工程师(Fifty Chemical Engineers of the "Foundation Age"),中国科学院过程工程研究所的郭慕孙教授是唯一获此殊荣的中国科学家。众所周知,美国化学工程师学会是国际著名化学工程学术团体,成立于1908年,为庆祝学会建立100周年,该学会成立百年庆典委员会,经公开、严格筛选,发布了50位杰出化工科学家名单。当笔者在郭慕孙教授家中完成了采访之后,才意识到“杰出”两字尚不能完全概括英文 Engineering heroes of the "Foundation Age"所要传达的信息。

## 世代书香 结缘化工

1920年5月9日郭慕孙出生于湖北汉阳的一个书香门第,父亲郭承恩毕业于英国歇菲尔德大学,曾在汉冶萍钢铁厂负责钢铁生产,之后曾任沪杭铁路工程师、担任沪杭—京沪铁路管理等职。

郭慕孙8岁入塾读书,对四书、五经兴趣索然。读不懂,念不通,用他的话说,读书简直就是一种苦行,学习成绩自然不佳。但他很喜欢动手,譬如制做各种各样的风筝。在上海圣约翰青年会中学上初二的时候,他最要好的同班同学转学到雷士德中学,重读初一,郭慕孙也想试试,但直接参加了高一班的考试。这是一所由英国人创办的教学质量很高的中学,完全用英语教学。郭慕孙的英文水平不够,未能考上,这对他的打击很大。于是,郭慕孙的父亲为他补课,用英文名著教他英文阅读和写作,用英文教科书教他平面几何,第二年郭慕孙便以优异的成绩考入了雷士德中学,但是不久由于抗日战争雷士德中学停办,于是郭慕孙转考上海圣约翰大学附属高中,只用三个学期就学完了高中全部课程。

战争期间,为抵制法国人在上海的垄断,郭慕孙的父亲在上海创办了中国工业炼气公司,制造氧气和电石。郭慕孙的父亲认为化工在中国大有前途,因此建议郭慕孙修学化工专业。1939年郭慕孙考入上海沪江大学化学系,1945年赴美国普林斯顿大学研究生院,师从 Richard Wilhelm 教授从事化工研究。Wilhelm 教授很欣赏郭慕孙勤奋踏实的品质和科学天分,领导郭慕孙共同开创了流态化的研究领域。流态化是指利用流动流体的作用,将固体颗粒群悬浮起来,从而使固体颗粒群具有某些流体表现特征,利用这种流体与固体间的接触方式实现生产过程与操作。对流态化现象的深入了解,就能够合理进行颗粒状材料的物理加工和化学反应。1946年10月郭慕孙获得硕士学位,他的毕业论文《固体颗粒的流态化》发表于美国《化工进展》,首次提出了“散式”和

“聚式”流态化的新概念,文中发表的试验数据和计算方法至今依然在流态化领域中被广泛引用,成为经典之作。

郭慕孙毕业后在美国碳氢研究公司任工程师,从事煤的气化等研究。但是他始终在寻找机会回国,但由于战乱,一直无法在国内找到工作,于是他在美国化工期刊上刊登了自己希望到中国工作的启事,引起了美国可口可乐公司的注意。1948年1月,倾力开拓国际市场的可口可乐公司,聘任郭慕孙前往香港和上海工作。然而他回到国内开始工作不久,由于当时局势极为紧张,公司取消了上海办事处,郭慕孙被改派往印度,在新德里建造了印度第一家可口可乐工厂。后来由于得了肝炎,他被招返美国总部,后任纽约总部可口可乐公司试验室负责人。他的《差压法测定汽水中二氧化碳》论文,于1951年获得美国汽水行业协会的契斯特曼(Chesterman)奖。1952年5月他又回到美国碳氢研究公司,继续进行煤的气化、气体炼铁和低压空气分离等研究。

在美期间,计算机尚未普及,郭慕孙提出了“三组分非理想溶液精馏”的图解设计方法,并为计算多组分分离,提出了参数数目的计算方法,该方法被美国的《化工手册》和教科书广泛采用。同时他还获得了“低温气体吸收”、“含碳固体物料气化工艺”以及“含碳固体的气化”三项专利。

郭慕孙在美国已经拥有了优越的工作条件,以及舒适的生活环境,但他和他的家人满怀对祖国的挚爱之情,冲破重重险阻,终于在1956年8月回到了祖国。郭先生说:“我回国的目的是希望将这些研究和专利继续做下去,并且要在自己的国家产生经济效益。”

## 一代宗师 一生追求

郭慕孙教授回到北京后,参加了中国科学院化工冶金研究所(中国科学院过程工程研究所的前身)的筹建工作,从此把全部心血倾注到了在我国开拓和发展流态化这一全新的领域。

回国后,郭慕孙教授首先尝试用流态化方法在大冶含铜铁矿中将铜提炼出来。大冶铁矿的含铜量极低,不到1%,如果提炼1吨的铜,要处理100吨以上的矿石。传统方法效率低,且能耗极大,于是郭慕孙教授提出了“稀相换热”的办法:用燃烧废气将稀散下落的矿石加热,然后进行硫酸化反应,将矿石中的铜转化为硫酸铜,继以用水浸取,将铜提出。这

一方法可大大节约输送废气的能量。

在建国初期,科研工作和日常生活条件十分艰苦。郭慕孙教授在一、二十米高的流态化中间实验设备上,经常爬上爬下检测、观察;没有计算机,他就用计算尺耐心计算、设计工艺数据;他经常与五、六位同事合住在一个房间,睡的是木板床;在下放甘肃金川工厂时,他得戴着防毒面具,冒着氯气中毒的危险进行提镍的实验。

回国短短的两年时间里,郭慕孙教授逐步建立了使用流态化技术从低品位矿中提炼有价值产品的研究体系,并且创建了我国第一个流态化研究室。他的一些论著还带动了其他流态化方面的工业研究,使流态化技术逐步被我国工业界所重视。从事流态化研究的机构也先后发展起来,科技人员也从冶冶所仅有的十儿人发展壮大到分布全国数以百计的队伍。

“文化大革命”中,郭慕孙教授被以莫须有的罪名隔离审查了一年半。他白天参加劳动改造,晚上就躲在屋里,整理自己积累的数据,在脑海中酝酿对气固系统开展传递效率更高的“无气泡气固接触”研究。

“文革”后期,郭慕孙教授恢复了工作,提出了完整的、勾勒已久的“磁场流态化”研究设想。他认为磁性颗粒在磁场中会形成磁团,其沉降速度随磁场强度而增加,因此磁场是强化流态化操作的有利措施之一。之后,他与研究生和同事们开展了系统研究工作,获得了重要成果。比如在液固磁场流态化中,他提出了磁场流态化相图,在一种生化反应器的三相流态化研究中,成功地应用磁场破坏气泡形成,明显地提高了设备的效率。此外,他还研究了磁场流态化中的传质过程,以及磁场作用下的移动床等。这些研究成果引起国内外学者的瞩目,为化工、冶金、生化等过程开拓了新的发展前景。

1978年,郭慕孙教授参加了中国科学院组织的科学规划。当时他对化工提出四个科研方向:传递过程、化学反应工程、生物化工和颗粒学。颗粒学延伸和扩大了流态化研究的范畴,是更为广阔的新兴领域。比如,尺度小于微米的颗粒比表面积大,具有独特的材料性能,形成了纳米材料的新领域,这类材料很难进行流化。另外,一些非生产型的颗粒研究领域也逐步成长,例如大气中的微颗粒、医疗中的气溶胶施药等。在更宏观的尺度上有堤防工程、泥石流和堰塞体等。这些不同尺度、不同应用范围的颗粒研究概括起来形成了“颗粒学”。颗粒学是一门交叉学

科,集成了大量基础学科知识和相关技术成果,弄清这些颗粒材料的基本行为对于化工、冶金、能源以及轻工业,环境保护,国防和健康服务等相关领域是非常重要的。

郭慕孙教授总结分析说:“现在我们的学问单独的很少,在某一学科困难的问题,在另一学科也许是常识,所以科研人员要关注与自己相关学科的最新动态。”

目前郭慕孙教授已经退休了,但他还一直热切关心着三个方面的研究。首先是在当前江河普遍被污染的前提下,有关江河湖泊液固两相流的工艺、设备以及污染颗粒分离。第二方面,我国是产煤大国,如何将煤快速裂解,多产焦油并扩大焦油的利用,将焦炭作为无烟燃料输送到城市发电,减轻城市污染,在21世纪化石燃料日益枯竭和污染加重的今天,这是迫在眉睫的问题。第三方面是关于太阳能的利用。这三方面的研究大部分都涉及到颗粒学的研究。

由于郭慕孙教授对流态化学科和流体颗粒系统技术的突出贡献,他多次得到国际同行的赞誉与首肯:1989年5月在加拿大召开的第六届国际流态化会议上,荣获“国际流态化成就奖”;1999年又荣获“美国化工学会流态化专业奖”。

郭慕孙教授的辛勤研究换来了累累硕果,他研究的“化工冶金中的散式流态化”,分析了许多工程技术问题,并在生产实践和科研中得到广泛应用,该成果于1982年获中国科学院自然科学一等奖和国家自然科学二等奖;他建立的“无气泡气固接触”理论已形成一个完整的理论及技术体系,是他30多年工作的结晶,这一理论于1989年获中国科学院自然科学一等奖,1990年国家自然科学二等奖;他所研究的“飘浮和振荡流态化”及“磁场流态化”,也为化工、冶金、生化等过程工程开拓了新的应用和发展前景。他指导开展的多尺度方法研究,已从一个简单的概念发展为具有一定普遍性的模拟理论,在工业界得到广泛应用,并在此基础上推动了超级计算软、硬件的发展。

1980年郭慕孙教授被选为中国科学院院士,1997年当选瑞士工程科学院外籍院士。

## 采铜于山 业精于勤

郭慕孙先生认为一个研究者应发挥以下几个作用:了解别人不知道的知识(道);发明别人未掌握的方法(术);制造还未有的产品(业)。郭先生深谙“业精

于勤荒于嬉”的道理,几十年来他常常工作到深夜,即便在出差旅途中仍孜孜不倦,及时撰写笔记。

他十分重视对科学文献的积累。他经常到中科院图书馆查阅资料,在没有复印机、计算机之前,郭先生靠手抄写资料。他的笔记本、卡片记录完整,字迹工整,条理清晰。郭先生说“直到现在,我家里还保存着几十年来我在图书馆记录下来的数千张资料卡片,我把它们分门别类保存在抽屉中,大致分为流动、工艺、反应器等几类”。

郭先生对科学文献不是简单收集,更重要的是消化、吸收,然后孕育自己的东西。他说:“最主要的是在读书的基础上,提出新问题,拿出新见解。在人人都看得到的书中,看出别人没有看出的东西,发前人之未发。”他还说:“学和思不能偏废,认真读书和勤于思考是治学不可分的两个方面。读书要进得去,又出得来。我在美国学习的普林斯顿大学不是一个理工大学,而是文理学校,其工程系的特色是科研和教学并重,要求学生开发自己的思路,以创新为目标。”在谈到创新人才时,他认为:“能够创新的人不一定是超人或天才。可是至少他对所做的工作要有兴趣;再好一点,他能虔诚地追求工作的目标,追求完美的效果,且有锲而不舍的精神。”知之者不如好之者,好之者不如乐知者。爱好、兴趣是一切学习的最好动力,“乐”则让兴趣又上升到最高阶段,乐此不疲,成了一种享受。郭先生终身热衷读书和学习,勤于思考、探索,追求永无止境的创新。

郭先生时刻不忘对年青科研人员的教育与培训。作为《化学工程》中英文期刊的编委,他至今已辛勤编审了40多年的稿件。他还与清华大学汪家鼎院士等共同编写了《化工手册》,自2000年起又编写了《流态化手册》。2003年郭先生创刊了中国颗粒学刊物《颗粒学》,作为主编,他倾注了大量心血,亲自审稿、改稿。他对每一篇文稿认真的审读,从头到尾看几遍,然后再修改补充,不少文稿上留下了他修改的密密麻麻的字迹。郭先生经常说:“不能拿二等品交给国家和人民”。由于他的辛勤劳动,该刊创刊4年就被SCI收录。他精深的英文水平,也为我国同行所惊叹!

近几年来,郭先生发现不少研究生英文撰写能力较差,严重影响了他们走向国际。于是,年近90岁的郭先生配合中科院过程所教育办,不顾年老体迈,不辞辛苦,为博士生举办科技英语写作讲习班,目前正举办第八期。郭先生采用一对一,以学员的论文为教材,每期学员10人,共10次课,每次3小时。参加

了讲习班的研究生们都感到获益匪浅,他们不仅学到了英文写作技巧,更重要的是感悟到了老一辈科学家真诚、踏实做人,严谨、认真做学问的优秀品质。

## 多才多艺 闲情逸趣

郭先生不仅是一位杰出的科学家,而且也是一位多才多艺的艺术家。

在他家里,有一个吊柜,现在看上去仍然“时尚”别致,居然是他在上个世纪50年代设计制作的(见图2)。



图2 郭先生在美国家中自己做的家具



图3 郭先生的作品之一:心心和諧

笔者在郭先生家中看到悬挂在天花板上的许多“工艺品”,在空中曼舞盘旋的铝片更是千姿百态(见

图3)。这些都是郭先生将废旧的自行车辐条、塑料板、金属丝,用自己的一双巧手加工而成。郭先生把自己的这些作品称之为“几何动艺”(见图4)。“几何动艺”看来简单,制作起来却很不容易。每一件作品的几何形状都是郭先生经过反复构思,再进行受力分析、加工和调试,才能完成。郭先生说,几何动艺的魅力在于设计者可以定量地掌握他所构想的形状和运动。2008年科学出版社出版了郭慕孙教授用中英双语写的《几何动艺》一书,那里面有许多密密麻麻的方程式,人们乍一看还误认为那是一部数学或物理化学方面的专著呢。



图4 2004年中国科学院文献情报中心展出郭慕孙教授制作的“几何动艺”

从郭先生日常的闲情逸趣中,感受到生活处处皆艺术,科学与艺术的相辅相成,严谨与简洁之美是科学与艺术共同的最高境界。

## 举案齐眉 相濡以沫

在郭先生六十多年的科学探索和无数的风雨坎坷中,他夫人桂慧君始终相随相伴,在事业上给予他理解、支持和鼓励,在生活上更是尽心尽力、悉心照顾。

他们相识于沪江大学。1940年,21岁的桂慧君组织同学在沪江大学自发成立了一所“义务学校”,每周给社会上没有钱上学的贫穷人家的孩子讲课。桂慧君是这所义务学校的校长,之后郭慕孙也加入了这项活动,并成为副校长。共同的理想和追求,点燃了彼此相互爱慕的心。但囿于时代局限,当时谁也没有勇气向对方表白爱情。1942年,由于战乱,桂慧君去了重庆,之后回到上海与她的好朋友谢希德一起工作。而郭慕孙则远渡重洋,去了美国。从此两人天各一方,失去了联系。

1947年桂慧君和谢希德获得奖学金赴美攻读研究生的资格,一起赴美国读书。谢希德被史密斯学院物理系录取,而桂慧君被美国波士顿大学社会工作系录取。郭慕孙经常去波士顿看望桂慧君,两颗仰慕已久的心终于又走到了一起。1950年,他们终于在美国喜结良缘。尽管,他们从相识到结婚经历了10年,而且聚少离多,但他们的情感经过时间的过滤、沉淀,反而不断凝聚、升华。



图5 1956年,郭慕孙夫妇带着两个孩子在回国途中



图6 2007年,郭慕孙夫妇在女儿家

1956年,他们终于可以回国了,心系着新中国的科技复兴,他们计划将有用的技术资料的缩微胶卷带回国。担心随行的行李会被检查,桂慧君做出了一个勇敢的决定,将缩微胶卷藏在巧克力里,她拿在手中,上了船,有惊无险地将资料带回了祖国。

“文革”时,郭先生被下放关到“牛棚”隔离审查和劳动改造,桂慧君又一次挺身而出,做出了惊人的举

动。她将只有2岁的小儿子送到托儿所之后,找到“造反派”的头头,说因为丈夫身体有病,她愿意来“牛棚”。在她的再三恳求下,郭先生被允许在家隔离审查,而桂慧君则在“牛棚”劳动改造了10个月。

桂慧君回国后一直在图书馆工作。1986年退休后,她致力于一项新的事业,帮助开展民间弱智儿童的社会福利志愿者工作。她以北京市社会学学会会员名义率先帮助一位老教师,创建北京早期的一家弱智儿童学校:宣武区培智中心学校。作为发起人,当时没有活动场所,她就让志愿者来自己家工作,并为大家准备午餐;没有办学校的经费,她经常得到家人、国内外好朋友和团体的友情资助;为了方便志愿者开展活动,她甚至想方设法、不远万里,将1986—1987年郭先生在美国作访问学者时购买的一辆汽车托运回北京,作为志愿者活动用车。

经过20多年的不懈努力,如今桂慧君和她的志愿者们终于欣喜地看到,第一批智障孩子们已经健康长大,并已经在学校接受烹调、计算机等工种的培训,有的已经获得了劳动保障部颁发的《职业资格证书》,使他们今后立足社会,自食其力。

为了帮助更多的智力和心理障碍儿童,桂慧君和志愿者们于2000年成立了北京市社会学学会弱智和自闭症儿童教育与康复研究分会,本着以科研服务、资源分享的目标,为家长和教师提供一个综合服务的基地。郭慕孙先生对桂慧君的工作一向给予支持和帮助。然而,笔者在互联网上搜索宣武区培智中心学校信息时,搜索到他们接收和培养智障孩子的报道,却没有找到一篇专门介绍桂慧君个人与宣武区培智中心学校关系的文章。桂慧君的无私奉献和人间大爱感人至深。

从郭先生家里采访出来,一种充实、博大而淡泊的生命感受溢满心头。具有远见卓识、精进不辍的郭先生与善良真诚、胸襟开阔的夫人相扶相守60余载,为我们展现了一幅超凡脱俗的精彩画卷:平静而渊深,纯湛至性又蕴涵着许多深刻与温馨。衷心祝愿两位老人健康长寿。

本刊编辑:王进萍