

# 厚德如海

# 载物无限

——访清华大学教授、博士生导师吴德海



吴德海教授与博士研究生合影

## 吴德海教授简介：

吴德海，男，1934年5月4日出生于北京。1956年毕业于哈尔滨工业大学机械系本科毕业。同年，在清华大学机械系开始任教。

1956年～1965年任助教；

1965年～1979年任讲师；

1979年～1988年任副教授；

1988年起任教授；

1990年任博士生导师。

在铁碳合金领域从事教学与研究40余年。其中，大部分时间从事球墨铸铁的研究工作。近年来，开展碳纳米管的研究。

迄今，已经公开发表学术论文300余篇。其中被SCI收录100余篇，被他人引用1100多次。有一篇论文发表在著名期刊《Science》上。著有专著多部。

获国家发明专利8项，获省部级科技进步一、二等奖10项。其中，有一项获国家科技进步二等奖，并获联合国TIP(technological information promotion system)颁发的“发明创新科技之星”奖。

培养研究生，并已经取得硕士和博士学位者共30余人。其中，有2人分获“全国优秀博士学位论文”奖。

怀着由衷敬佩的心情，本刊记者一行于2006年3月30日专程前往北京，拜访我国铸造界知名学者、清华大学博士生导师吴德海教授。走进清华园汽车楼——清华大学机械工程系办公地，恰遇吴教授在楼下忙于工作，见我们来了，赶忙放下手头要办的事情，热情招呼我们上楼到他的办公室落座。

吴教授积极推动铸造行业发展，特别是多年以来鼎力支持铸造杂志社的工作——如精心为本刊审阅了大量稿件、热心帮助投稿者提高论文质量、全心协助我们把握文稿质量等，可谓有求必应、不遗余力。

吴教授1956年自哈尔滨工业大学本科毕业后来到了清华大学工作，至今已50年。他在黑色金属材料及成形技术领域从事教学和科研工作40余年，在铁-碳合金材料的研究、特别是对奥贝球墨铸铁材料和铸造成形技术的研究造诣精深，成果丰硕，颇具建树（详见吴德海教授简介）。吴教授眼光敏锐，20世纪90年代，他独辟蹊径，在贝氏体球墨铸铁研究领域取得了令人瞩目的成绩，获得了巨大的社会效益和经济效益之后，凭借着多年辛勤积淀的深厚学识底蕴，与时俱进、不断创新，最近10年来，高屋建瓴进行课题筛选，带领一批博士研究生瞄准国际科学技术前沿选题立项，将目光投入到纳米技术研究的前沿，并一直活跃在碳纳米管这一尖端新材料的研究领域中，不倦地指导博士生的探索工作。结果在清华大学首先开河——使他的博士生能够作为第一作者在世界科学技术顶尖刊物《Science》上发表论文，引起业界不小的轰动。

若要探究这成功的因由，自然是诸多优良因素的完美契合。其中，不能不提及吴教授作为该学术项目带头人——导师的作用。人们从吴教授身上突显谦逊及诚恳

的人格魅力，可深切领悟百年清华倡导和传承“厚德载物”理念的深邃内涵。从一定意义上说，是吴德海教授以他令人有口皆碑的高尚人格力量带出了一支特别能钻研的科研团队，竞相在自主创新的道路上顽强攀登，并取得了一个个可圈可点的业绩。

很多人认同一个观念——人格决定命运。正是吴教授的那种令人敬佩的谦逊品格成就了他的事业和如今的业绩。因为骨子里的谦虚，使他虚怀若谷，占有了广博的学识；因为融入血液中的真诚，使人特愿意与他合作共事。于是凝聚起了能去攻克世界级科研难题的力量，从而为这个学术团队潜心进行科学研究、并取得累累硕果奠定了深厚的人本基础。

“以人为鉴，可以为师”。时下，恰逢全国上下大力学习和领会胡锦涛同志提出新时期“荣辱观”的时候，应该说，吴教授恰好为我们树立了做人、特别是做知识分子的典范。人如其名——德海，在他的身上果真蕴含着大海一般博大深厚的做人美德。凡与吴教授有过交往的人无不深深感受到他“己之虽有，其状若无；己之虽实，其容若虚（唐·吴兢《贞观政要·征伐》充容徐氏上疏）”的至谦至诚之品格。“一滴水可映太阳的光辉”，吴教授谦诚待人、超凡脱俗的厚道品性，彰显着一代资深学者的高风亮节。在其身上绝无半点因为是专家、学者而目空一切或妄自尊大的影子。无论面对任何人，他都一样地谦诚对待。例如这次访谈，一走进他的办公室，本来有他的几个学生在身边，可吴教授——这位七十二岁高龄的老先生还是坚持要亲自给我们端来茶水！实教我等汗颜。

关于吴教授高尚人格方面的事例不胜枚举，以上说到的仅是点滴。囿于访谈的主题，谨此打住。本次专访，

主要还是就有关技术方面的一些话题，请教了吴教授。

**记者：**黑色金属铸造无论在比例和重要性上对工业、特别是装备制造业的发展都有举足轻重的意义，请您就黑色金属铸造生产、特别是铸铁件生产的现状和发展趋势谈谈看法。

**吴教授：**根据有关权威资料的统计报道，2004年，全世界的铸件产量约7974万吨。其中，黑色金属铸件产量为6685.8万吨，占铸件总产量的83.8%。这个数据足以说明黑色金属铸造在铸造生产中的份量。由于铸造是工业、特别是装备制造业的基础，显然，黑色金属铸造扮演着“基础的基础”之角色。

还是以2004年的统计数据为例，这一年，我国（仅涉及中国大陆的情况，以下同）的铸件总产量为2186.8万吨，占世界铸件总产量的28.1%。其中，球墨铸铁件的生产形势令人鼓舞，其产量达到560.3万吨，在世界上也坐第一把交椅。美国在2004年的铸件产量为1231.4万吨，占世界铸件总产量的15.4%。可以看出，中国和美国的铸件产量总和差不多占据了全世界铸件产量的半壁江山，即43.5%。

2004年，在我国铸铁件产量中，灰铸铁件产量为1126.7万吨；球墨铸铁件产量560.3万吨；可锻铸铁件产量为57.1万吨。铸钢件产量为272.8万吨。铝合金铸件产量为169.9万吨。由此可以看出，铸钢件产量与球墨铸铁件产量之比为48.6%；球墨铸铁件产量与灰铸铁件产量之比为49%；铝合金铸件产量与灰铸铁件产量之比为15%。同样的比较在美国则分别是25.7%、94.3%、46.1%。显然可以发现，我国的灰铸铁件和铸钢件的相对产量较多，而铝合金铸件产量偏少。

用数据进行比较，通常较能说明问题。以下将2004年与1995年的中国和美国在铸件生产结构上的情况列表如下。

年 份	1995	1995	2004	2004
国 别	中国	美国	中国	美国
灰铸铁/万t	130.3	625.1	1126.7	426.5
球墨铸铁/万t	134.1	402.7	560.3	401.4
可锻铸铁/万t	42.2	24.9	57.1	16.3
铸钢/万t	157.8	147.0	272.8	103.8
铝合金/万t	53.0	165.2	169.9	196.4
铸钢/球铁	0.118	0.365	0.486	0.257
球铁/灰铸铁	0.184	0.644	0.49	0.943
铝合金/灰铸铁	0.07	0.264	0.15	0.461

由这个表可以看出，我国最近10年来在铸件生产结构上有了明显进步。即铸钢、可锻铸铁与灰铸铁的比例下降；而球墨铸铁、铝合金与灰铸铁的比例明显上升。这就

表明，最近10年，铸造合金的技术进步形势令人鼓舞。当然，我国与美国相比，尚有不小的差距，主要表现在：①灰铸铁铸件产量过大；②可锻铸铁件、铸钢件产量过多；③铝合金（包括镁合金）铸件所占比重偏小；④中国还须积极发展球墨铸铁生产；⑤从铸件产量来看，过去10年中，中国提高了95.7%，而美国下降了16%；⑥从1995年过后的10年，美国的灰铸铁铸件产量大幅度下降，中国却在大量攀升，美国的灰铸铁件产量与球墨铸铁铸件相当，美国铝合金铸件与灰铸铁铸件之比是中国的3倍，可锻铸铁铸件是中国的28.5%，铸钢件是中国的37.7%，灰铸铁铸件是中国的37.3%。这些数据所承载的内涵，内行人一看便知，恕不赘述。

**记者：**对于国内、外有关铸铁材料及工艺方面的研究，您有什么评价，我国在此方面应当注意些什么？

**吴教授：**近年来，国内出版了几本可代表当前我国铸铁领域水平的论文集：①《第十届全国耐磨材料大会论文集》（《铸造》2003年增刊，2003年10月，北京）；②《第三届全国等温淬火球铁（ADI）技术研讨会论文集》（2002年11月18日至22日，大连）；③《第七届全国铸铁及熔炼学术会议论文集》（2004年10月28日至31日，郑州）；④《2005年全国蠕墨铸铁技术及应用研讨会论文专辑》（2005年10月，山东淄博）。这些资料可以反映当前国内铸铁领域的生产和研究水平，也从一个方面反映了国际铸铁领域相关技术发展的态势。能够看出，我国在等温淬火球墨铸铁（ADI）、耐磨及抗磨铸铁、蠕墨铸铁、以及汽车铸铁件等领域的技术水平与国际先进水平的差距正在缩短，其中，有的业已达到了国际先进水平。

中国，作为铸件生产的大国，开展那些前瞻性的、具有开创性的研究是十分必要的。但这还不够，从物理冶金的角度来看，研究与开发新型铸造合金及其相应的新技术、新工艺，尚有待于做进一步的努力。

**记者：**请就铸铁在耐磨材料领域的地位，特别是您所研究的新型贝氏体球墨铸铁磨球的意义谈谈您的看法。

**吴教授：**关于奥贝球墨铸铁的扩大应用，国外在等温淬火球墨铸铁（ADI）方面的发展很快。中国也是最早研究成功ADI的国家之一，但是在应用方面显然是落后了。在大连召开的“第三届全国等温淬火球铁（ADI）技术研讨会”及所整理发表的论文集，十分有助于ADI在我国的发展。可以预见，2006年9月将在江苏召开的“第四届全国ADI会议”，必将展示ADI在我国的最新发展动态。

关于我们研究的贝氏体球墨铸铁磨球，曾历时8年时间、前后有3名硕士研究生和1名博士生参与了该项研究工作。这项研究成果业已获得国家发明专利，并纳入国家有关“铸造磨球”方面的技术标准。所取得的研究成果多次获部级的“科技进步奖”表彰，这是对我们的鞭策。贝氏体球墨铸铁磨球的特点是，球耗很低（吨物料球耗为——水泥100 g、铁矿石300 g、铜矿石500 g、金矿石800 g）、不碎球，适合应用于湿磨或干磨的各种场合。目前的年产量可达数万吨。随着国家要求降低生

产能耗、减轻环境污染的呼声日渐加强和环保执法力度的不断加大,这种磨球的应用前景会十分看好。

**记者:**您所领导的研究小组在碳纳米材料研究方面取得引人瞩目的进展,可否介绍有关情况。

**吴教授:**近年来,我们跟踪国际科学发展最新潮流,积极从事了碳纳米管技术的研究,并取得了显著进展。碳纳米管研究是当前国际科学的前沿领域之一。碳纳米管是由碳原子层卷曲而成的“管”,管直径在几纳米到几十个纳米,管的壁厚不足1个纳米,如同铁丝网卷成的圆柱状空心管。该管极其微小——5万只这样的管排在一起才有人的一根头发丝粗。碳纳米管的强度比钢高100倍,而密度仅是钢的1/6。因而被称作“超级纤维”。具有难于估量的广泛应用前景。

碳纳米管业已引起了全世界科学家的强烈兴趣。中国科学家是在该项研究的起步阶段参与角逐的。近年来已经有多篇研究文章在国际一流刊物上亮相。2002年5月出版的美国《Science》杂志上发表了我的研究生为第一作者、宣布我们在实验室制备出了当时世界上最长的单壁碳纳米管(20 cm)。我们的收获在于,及时地在第一时间参与到了国际碳纳米管的研究中。

当前,碳纳米管仅在某些场合有少量的应用,到真正的生产应用尚有一定距离,但是,在可见的未来,碳纳米管在节能、环保、电子、发光以及新型结构材料等领域必将出现突破性的应用进展。届时,碳纳米管将对人类文明和社会进步发挥巨大的作用。

**记者:**您对于培养高层次科研及生产技术人员方面有何体会和建言?

**吴教授:**学校是培养人才的场所,教师的主要责任是教书育人。理工科高等院校的根本功能是培养高层次的科研及生产技术人员。我认为,高素质人才的培养,首先在于创造必不可少的适宜人才成长的环境。我的学生朱宏伟以第一作者的身份在《Science》杂志上发表了题为《合成长的单壁碳纳米管束》的学术论文,实现了清华大学博士研究生作为第一作者在《Science》上发表文章“零”的突破。其成功就是与适宜的人才成长环境有关。

首先,高素质人才的成功离不开导师的引路,否则还用什“导”师。作为导师,应当具备足够的经验,能够给予学生的知识,有些东西书本上是根本没有的。大凡学生提出一个想法,导师都要想办法来实现或给予他们有价值的指导,并能在研究的关键阶段及时给予正确的指引和恰当的把握。如有一次,当我的学生朱宏伟研究出的一个试验结果与预想的不一致、正不知应当如何对待这一结果时,导师便认定这一个非常值得重视的研究结果,指导朱宏伟做进一步验证,最终取得了成功。学生后来深有感触地说,如果不是导师的强调和鼓励,他很有可能将这一结果丢弃,势必与成功失之交臂。

做个比喻,导师好比一个探矿人,要善于发现金矿,然后让学生来开采。如果这个金矿一点儿含金量都没有,说明找金矿的人不合格。但是在这个金矿的

矿区里边,探矿人也不可能每一次都有把握,开采一次就一定会有黄金来,所以考虑怎么开采,也非常重要。

与国际上该领域前沿的研究群体及个人建立起密切联系,及时掌握该领域国际研究前沿的动态,将学生引导到最前沿的研究领域,是作为导师的不可缺少的又一个作用。要搞碳纳米管研究,导师必须注意与国际纳米技术前沿研究领域的紧密联系和合作,并将学生推到研究的最前方,让他们接受一般人难以接受的挑战,在不断失败的过程中,使学生感悟全身心投入的重要和涉足未知领域的特殊乐趣。

我们培养的研究生里面,入围全国优秀研究生的、或被评为学校一级优秀论文的研究生有好几个。成功的原因之一,就是给研究生一个宽松的环境,让他们自由地去发挥,形成这样一种良好的气氛。另外,在课题的使用经费方面要尽可能地投入。有些领域,如碳纳米管技术,我们已经干10年了,为什么还能不断深入下去呢,主要是我们深信,我们所做的一切,能够与国际接轨。我们的研究论文,能有相当数量被国际权威杂志收录。有了利于人才出成果的环境,就能使科研工作自动运行,就会产生一定期望的效果。

导师尊重学生是我们当老师的为师信条。我大学毕业至今已经50年了,现代科学技术高速发展,年轻人对新事物接受得比我们要快。所以一定要尊重学生,与学生平等讨论问题。在这样的环境下,若导师选出3个方案。学生就可能另外再想出第4个方案。探讨国际前沿课题这种路,其实谁也没有走过,导师和学生处于一个共同状态,都是在探索。因此,导师和学生应当是平等的。实践表明,导师越尊重学生,学生也越尊重导师,结果研究思路就越开阔。

严谨作风是成功的命根子,对于做学问,不要急功近利,务必要把基础打牢。严谨使我们的确尝到了甜头。导师对学生要求严谨,做学问要严谨,导师先要严谨,对事业要严谨,对承诺的事情都要严谨去做,这是凡事能成功的基石。

成功离不开兴趣、积累和投入。若有兴趣探究成功人士成长的经历,就会惊喜发现,他们都有着全身心的投入、坚实的积累和对所研究领域痴迷的特征。所不同的是,他们有的是在青少年时代就对所研究的领域产生了兴趣,有的则是在进入这个领域之后才一步步加深了感情。进入我们这个研究领域,关键是要有想法,英文写作能力要强,一定要耐得住寂寞。其实,搞科研并不一定需要很多的灵感,很多时候是工作上的一种积累。“量变到质变”,工作量到了,也就“水到渠成”了。

我认为,在培养博士生方面,有两方面是很重要的。首先要让研究生从内心感到试验工作的重要,让工作变成一种自觉、自发、感兴趣的一项活动,这样才能把事情做好。另外,当学生有所发现以后,要给予重视。让学生投入,老师更得投入。搞研究最重要的一点就是肯努力,再努力。这是我带研究生的一点体会。

(文/ 田世江, 图/ 吴德海提供)