

## 郭永怀传略

李家春 戴世强

(中国科学院力学研究所)

1968年12月5日,朔风阵阵,暮霭沉沉,一架从我国西部核试验基地飞来的民航机在北京机场着陆时失事。我国卓越的力学家、应用数学家郭永怀不幸罹难。

噩耗传到国务院,日理万机的周总理为之震惊,下令彻查这一事故。噩耗传到了郭永怀任职的中国科学院力学研究所、二机部第九研究院、传到了科技界、教育界……,不久又传到了他曾经工作和生活过的大洋彼岸。有多少人为失去了一位良师、益友而无限悲恸。

人们怀念郭永怀,是因为他是一位勤奋、正直、功勋卓著的科学家。他回国十二年,十二年如一日奋力工作。他博览群书,无休止地追求着新的知识,对近代力学和尖端技术发展动向了如指掌,他治学严谨,在学术问题上从不容许模棱两可,含糊其辞,他的著、译,都是字斟句酌,反复核对。他兼任《力学学报》主编,审稿严格,只服真理,从不看投稿人“来头”大小,也不分亲疏。他不说假话,不图虚名,即使十年浩劫时期也一如既往。他,作为一个正直的共产党员,一个真正的科学家,顶着逆流,采取各种措施,保护科研骨干,使力学所生存下来。

人们怀念郭永怀,还因为他是一位令人尊敬的教育家。回国不久,他就与周培源、钱学森等同志一起,规划了全国高等学校力学专业的设置;组织领导了全国三届力学研究班。接着,他兼任新成立的中国科学技术大学的化学物理系主任,为该系的创立操劳筹划。同时,还在该校的近代力学系开课,讲授边界层理论。他还亲自带研究生、培养助手,指导一批青年搞研究工作。他对青年一代总是寄予深情,一旦发现某一年轻人有新颖的想法,他立即予以鼓励,若发现概念模糊之处,他就穷追不舍,直到水落石出。许多在郭永怀身边工作的同志都深知,自己的点滴进步都与郭永怀同志的指导相关。所以研究报告上总要写上他的名字,但他一见到这样的字样都一笔抹掉,他说:“我回国就是为了给国家培养人材”。他甘心为年轻人当铺路石子,是名副其实的导师和园丁。

### 一

1929年盛夏的一天,从烟台到天津的客轮上,有一个穿土布衣服的青年在甲板上凭栏远眺。他刚满20岁,身材修长,举止稳重,浓眉下有一双深邃的眼睛,嘴角上露出坚毅的神情。他,就是青年时代的郭永怀。这时,客轮正在夜航,他望着黑黝黝的海面,陷入了沉思……。

他想起了故乡的亲人。他来自胶东半岛荣城县的一个海边小村——西滩郭家村。他家祖辈务农,父辈用长满老茧的双手置了一份薄产。他自幼就帮着家里拾柴火、放牛,赶“小海”。

他叔叔是个教私塾的秀才，看到郭永怀从小好学，就对他父亲说：“让胖怀子到我那里去吧！”他父亲粗通文墨，深深懂得没有文化的苦处，就让八岁的幼子背上书包。先进了私塾。后来，郭永怀以优异的成绩毕业于石岛镇的明德小学。14岁那年，郭永怀被录取为青岛大学附中公费生，成了村子里的第一个中学生。到了青岛，他看到了军阀混战的局面和民族灾难的深重；目睹洋人在中国国土上飞扬跋扈、为所欲为，更感到要发奋学习，为中华民族争气。老师们认定，他那锲而不舍、深思熟虑的劲头十分可贵，便鼓励他到高等学府深造。他回到家里一说，苍老的父亲叹了口气：“年景不好，家里负担不起你这个洋学生啊！”怀子说：“我去考奖学金，不要家里更多的钱。”他的三个哥哥也极力支持：“四弟你去吧，我们拼死拼活也要供你上学！”最后全家决定让郭永怀赴平津求学。这件事轰动了当时只有50多户人家的西滩郭家村。父老兄弟相继来送行，叮咛他：“怀子，你是农家的孩子，出门上洋学堂不易，可要为俺们争气呀！”

到了天津之后，在热心的山东老乡帮助下，打听到南开大学将招收为数不多的公费生。他以优异成绩考入了南开大学预科理工班。当时南开大学规模不大，只有300多学生。他在那里找到了三五个志同道合的“寒门子弟”，在一起组织了一个新颖的读书会——“微社”，他们平时互相切磋砥砺，星期日聚会，交流学习心得。微社的同伴后来多数成了学者名流，如数学家胡世华，经济学家陈振汉等。他们把郭永怀奉为忠厚长者，对他的人品学问叹服不已。郭永怀沉默寡言，谦恭好学，有毅力，有抱负，从不卖弄聪明，争出风头。他们的数学老师是著名的申又辰教授，对学生要求颇严，每次布置习题，份量重、难度大，有相当多的学生叫苦连天，经常互相抄袭、敷衍了事。唯独郭永怀，不管题目如何刁钻，总是不惜费时费力，冥思苦想，独立完成。就是这种劲头，为他日后的科学研究打下了牢固的数学基础。

这位微社的“长者”一心理头钻研学问，很少涉足于公园戏馆。可是突然有一天，他买了一架照相机玩起来了，微社的朋友们有点好奇，询问之下才真相大白，原来他是为了搞清透镜成像、胶卷感光的实际知识才购的。买照相机的款子是由当时化学系主任邱先生慷慨解囊、借款资助的，后来郭永怀节衣缩食，分期还清了这笔钱。郭永怀把照相机拆拆装装，终于掌握了有关的技术知识，为此他立志专修物理。

1931年，该转入本科了，他要走自己选定的道路。伙伴们告诫他，物理难学，而且国家贫穷落后，学了物理日后连“饭碗”都难找呀！但是他不为所动，下决心为探求科学真理而献身。南开大学当时没有物理系，他打听到电机系有一位物理学教授顾静薇，就投到她的门下，成了她唯一的物理专业的学生。顾先生独具慧眼，非常赏识这位好学不倦的学生。当时，在北京大学物理系有位著名的光学专家饶毓泰教授，曾在南开任教。顾先生认为，郭永怀应该到他那儿深造。1933年他得到了北京大学物理系的奖学金，从此，在名师指点下，学问更加突飞猛进。两年后，他成了饶先生的研究生，饶先生为有这样一个数学、物理上造诣颇深的学生和助手而感到高兴。

## 二

1935年，日寇进犯华北，国家沦亡、民族危难，激起了郭永怀的强烈责任感。与一些天真的书生们一样，他认定，国家之所以孱弱，是由于科学落后，只有靠先进科学才能救中国。他和同学们讨论救国之道，他说：“国民党腐败无能，将来我们要自己来办学校，办研究

所，用科学把热血青年武装起来！”

1938年，他随校迁往昆明西南联大。从北京到昆明途中，他亲眼见到日寇飞机狂轰滥炸，赤手空拳的中国人民惨遭屠戮、流离失所，这一切刺痛着他的心。他想，必须振兴中国的航空工业，自己必须改理学工！如果有机会，就出国学习航空工程。当时，与航空有关的力学正在蓬勃发展，于是，他的兴趣从光学转向力学。

当时，他借住在昆明的昆华中学高中部。一个小小的四合院里真可谓人才济济，其中有钱伟长、林家翘、段学复、汪德熙等人。1939年仲夏，传来英国当局用中英庚款招收中国留学生的消息，小院子里一时沸腾了，多数人跃跃欲试。饶毓泰教授极力推荐他的助教郭永怀应试。原先，考试委员会准备招收力学专业研究生一名，郭永怀与钱伟长、林家翘一同应试。结果，他们三位成绩优异，工力相敌，考试委员会破格把他们全部录取。四合院里半数以上的人榜上有名，平时沉静的郭永怀正好是当月的食堂管理员，为此给大家举办了告别宴会。

然而，好事多磨。正当这批莘莘学子云集香港，准备赴英之时，欧战爆发，海路不通，只得原路返回昆明。次年元月，英国政府同意这批留学生到英联邦成员国学习。出国留学学生一行22人，预定在上海搭船赴加拿大。不料，上船之后，拿到护照一看，上面竟有日本国的签证！敏感的学生们怒不可遏：“这不行，中日已经断交，我们不能接受这个签证！”他们向英国代办提出强烈抗议，英代办大为恼火，以取消留学资格相威胁。这时，有少数人准备妥协，但是素来木讷寡言的郭永怀却再也按捺不住心头怒火，他说：“宁可不出国，中国人也要有自己的骨气！”他的凛然正气感染了大家，这一行人毅然走下了即将启航的轮船，踏上码头，返回昆明。

几经交涉之后，同年9月，他们又接到了出国的通知。这次要取道香港。国民党教育部长朱家骅为了在留学生中发展势力，唆使人偷偷在每个留学生的种种文件表格中塞一张加入国民党的申请书，希冀“愿者上钩”。郭永怀以蔑视的目光看了一眼，把申请书撕成碎片，扔进了大海。

就这样，郭永怀开始了不平凡的留学生涯。

### 三

1940年9月，郭永怀同钱伟长、林家翘一道，远涉重洋，来到加拿大多伦多大学求学。该校应用数学系的教授、力学家辛格（J.L.Syngé）以审慎的态度接见了他们。他看了他们的成绩单，在一起交换了学术见解以后，发现他们学识渊博、基础扎实，而且在国内就已做了第一流的工作，因此对他们大为赏识，决定把三人都留在身边，亲自指导。半年之后，他们都取得了出色的成果。辛格教授赞叹说：“想不到中国有这样出色的人才，他们是我一生中很少遇到的优秀青年学者！”他们的成绩和声誉也使周围的人对中国人刮目相看。郭永怀在加拿大完成了《可压缩粘性流体在直管中的流动》这篇具有独特见解的论文，获得了硕士学位。接着，他向辛格教授表示要研究一个更难的题目：“可压缩粘性流体跨声速流动的不连续问题”。辛格回答说，可以做，但是很不容易呀！由于导师对此也不甚熟悉，郭永怀决心求教于当代航空大师—冯·卡门（Von Karman）。

1941年5月，郭永怀来到美国加州理工学院所在地——帕萨迪那。那里有一大批世

界上最优秀的流体力学和空气动力学专家云集在卡门身边，有装备最为先进的古根汉姆航空试验室（GALCIT），对于立志投身于航空工业的郭永怀来说，实在是一个难得的良好环境。他向卡门陈述了自己想攻跨声速难题的想法，卡门听了十分高兴。原来，卡门和他的同事们也在探索这个棘手的难题呢！

20世纪40年代初期，国外航空工业蓬勃发展，已具有相当高的水平，其标志之一就是飞行速度不断提高，每小时可以达到700公里。可是，当人们尝试进行跨声速飞行时，也就是说，飞行速度接近于声音在空气中的传播速度（约每小时1200公里）时，却遇到了极大的困难。飞机一达到这种速度，驾驶员便感觉到一系列蹊跷的现象：飞机受到的阻力剧增，支撑飞行的升力骤降，舵面失灵，头重尾轻，甚至机翼、机身发生强烈震动。各种难题扑面而来，阻挡了航空工业发展的道路，人们称它为“声障”。多少勇敢的飞行员试图逾越这一障碍，可是，结果都是机毁人亡，以失败告终。难道“声障”果真是不可逾越的吗？这是摆在当时的力学家和航空工程师面前的一个严重课题。

人们进行了大量的试验观测，发现飞行器在作跨声速飞行时，会出现激波——周围气体性质发生跃变的不连续面。原来，这时在飞机表面的局部区域，相对流动的空气速度已经超过了声速，在这种超声速区域中，微小的扰动在传播时会在某些地方积聚起来，使流动空气的压力、密度、温度、速度等在极短的距离内发生跃变。在数学上就可以把它当作不连续面（激波）来处理；而形成激波时，飞机受到的作用力就会发生突然变化。人们揣测：这可能就是“声障”的根源，于是，研究跨声速流动中不连续解的课题就归纳出来了。这个课题不仅有理论意义，而且对跨声速飞机的设计有实用价值。如果真能实现从超声速流动到亚声速流动的连续过渡，就可以在不增加发动机推力的情况下提高飞行速度了。

可是，要在理论上解决这个课题决不是轻而易举的事情。这时，支配流体运动规律的数学方程不再是线性的了，而是一种兼有椭圆形、双曲线方程特性的混合性方程。非线性、混合性、不连续这些难点交织在一起，根本没有现成的方法可以遵循。郭永怀完全可以避开这个难题，但是，“明知山有虎，偏向虎山行”，他偏偏选择了这条荆棘丛生的崎岖小道。当时，加州理工学院的航空系正处在全盛时期，即使在那些出类拔萃的人物中，也很少有人有胆略敢沾这个难题的边。卡门非常钦佩这个中国青年的无畏精神，并尽力为他创造良好的条件，使他能集中精力，攻克难关。卡门逢人便讲：“郭正在做一个最难的课题，你们不要用零碎事情去打扰他。”

从此，郭永怀开始了最艰苦的研究工作。他除了与同伴、学友钱学森、钱伟长、林家翘等人进行学术讨论外，总是独自冥思苦想或进行繁冗的计算，每天在午夜之后才上床。他几乎停止了一切娱乐活动，有人说他在帕萨迪那五年间只看过半场电影，这也许是他辛勤工作的一种写照。他的大量计算主要靠电动计算器来完成，要计算的级数、项数极多，计算时常出毛病，需要有极大的耐心才能进行下去。面对着接踵而来的困难、反复出现的失败，他毫不气馁。有人好心地规劝他，改个题目算了，何必这样苦自己呢！他回答说，要是大家遇到困难都绕道走，科学怎么会发展呢！“有志者，事竟成”，1945年，他终于以坚强的毅力，用了整整四年的漫长岁月，完成了有关跨声速流动不连续解的出色论文，获得了博士学位。钱学森同志对此作了恰如其分的评价：“郭做博士论文找了一个谁也不想沾边的题目，他孜孜不倦地干，得到的结果出人意料。”

郭永怀在跨声速领域里的学术成就博得了世界公认。值得指出的是：他和钱学森一起提

出了上临界马赫数的概念<sup>1)</sup>。原先,人们只注意下临界马赫数,即对某一给定的外形,在均匀的可压缩理想气体来流中,使物体附近的最大流速达到局部声速的来流马赫数。他们指出,超过下临界马赫数后,物体附近出现超声速流场,但连续解仍然存在;来流马赫数再增加,数学解会突然不可能,即没有连续解,这就是上临界马赫数,一种真正有实际意义的马赫数。这是一项重大发现。至于在实际流动中,低于上临界马赫数时也会出现激波的原因,这也是一个众说纷纭、莫衷一是的问题。有人认为这是由流体的粘滞性引起的,有人认为这是因为不存在邻域解,而郭永怀则从完全不同的角度进行解释:这是因为在一定条件下,跨声速流动不稳定,微小扰动会发展扩大。这一思想对于当前研究无激波机翼依然有着一定的意义。

由于科学家和工程师的共同努力,人类终于在1948年突破了“声障”,跨声速飞行获得了成功。如今,新的科学成就已使我们可以乘坐宽敞舒适的超声速客机在十几个小时内横越大洋、周游世界,这不能不归功于先驱者的努力,而郭永怀正是这样的先驱者之一。

1946年,由于郭永怀在空气动力学研究方面作出了突出的成就,在康奈尔大学主持航空研究生院的西亚斯(W·R·Sears)教授决定,聘请郭永怀前去任教。9月间,他来到美国东部风景秀丽的依萨卡。在这里,他度过了10个春秋,以他的主要精力向着粘性流体力学这一重要领域进军了。

19世纪末,在德国哥廷根学派的应用数学家克莱因(F·Klein)倡导下,力学家们开始凭着正确的物理模型和灵巧的数学方法相结合,解决了很多力学难题,郭永怀在他老师卡门的影响下,继承优良的科学传统,以科学和工程融合的态度从事研究工作。由于他擅长于数学分析,能高屋建瓴、洞察复杂的数学方程的本质,准确无误地估计各物理量的数值关系,驾轻就熟地获得简洁、优美、适用的数学结果。他在解跨声速问题时,就是运用了他在函数论方面的高深造诣。当时,康奈尔大学航空研究生院主要由西亚斯、郭永怀、康脱洛维支(Kantrowitz)三人主持教学和研究工作。他们的学术风格和专长各有千秋,但凡是数学上的疑难问题,往往都要找郭永怀去解决。

1949年,他对跨声速气体动力学提出了一个新课题:既然超出上临界马赫数后<sup>1)</sup>不可能有连续解,在流场的超声速区就要出现激波,而激波的位置和形状是受边界层<sup>2)</sup>影响的,因此,必须研究激波与边界层的相互作用。这个问题更加困难,连数学方法上都得另辟途径。于是,他开始施展数学上的才智,运用并发展了一种数学方法——奇异摄动法。

所谓摄动法,指的是用问题中出现的小量(小参数)进行级数展开的数学方法,但是用起来常发生奇异性困难:所得到的解有时在某些区域失败。原因在于,实际问题中常出现不同的空间、时间尺度,必须对各个区域、各个变量分别处理;上世纪末,庞加勒(Poincaré)用对问题中的参数也作级数展开的方法解决了部分困难;本世纪初,卡门的老师普朗特(Prandtl)在研究粘性流体时提出了一种办法——边界层理论,把粘性起重要作用的边界层和粘性可以忽略的层外区域分头处理,再对接求解,摄动法又向前迈进了一步。此后四、五十年,这种奇异摄动法一直停滞不前了。1949年,英国的赖希特尔(Lighthill)发展了庞加勒的思想,把自变量坐标也进行展开,提出了变形坐标法,解决了一大类问题,郭永怀在考虑自己的难题时,敏感地抓了这一新生事物,并且巧妙地把它与普朗特的边界层理论结合起来,大胆地应用于粘性流动问题,经过极其复杂的运算,初步解决了存在多年的平

1) 马赫数——流速与声速的比值。

2) 边界层——流体流过物体时,物体表面附近的薄层,其中粘性产生重要作用。

板边界层前缘解的奇异性问题，于1953年发表了《在中等雷诺数下绕平板的不可压缩粘性流动》这篇论文，提出了准确描述前缘流场的新方法。而后，他再接再厉，用这一方法解决了有关的激波-边界层相互作用问题，于1958年发表了这一成果。目前，这两篇文献已经成为奇异扰动理论的经典著作。1956年，钱学森为了纪念对这一有普遍意义的数学方法作出贡献的开创者，把它命名为PLK方法，即庞加勒-赖特希尔-郭永怀方法。

郭永怀在应用数学上的成就使他又一次驰名世界。英国的赖特希尔教授、日本的谷一郎教授相继邀请他前去讲学，遗憾的是，这一愿望始终未能实现。

#### 四

郭永怀是抱着振兴中国的宏图大愿出洋留学的，因此，在栖身国外时，他日夜怀念着水深火热中的祖国，时深关切着国内正在发生的巨变。

平时，他专心致志地从事研究工作，很少参加社交活动。校园里有一个“中国同学会”，主要组织中国留学生的游乐活动，他从不问津。但是，新中国成立前夕，校内出现了进步组织——中国科学工作者协会美国分会，他却欣然参加，有会必到。他还经常把朋友们邀请到家里，热烈地讨论祖国的命运和未来。从与国内朋友的通信中、从报刊的字里行间，他欣喜地获悉到令人振奋的消息：新中国诞生了，中国人民从此站起来了。他爱人李佩同志回国探亲后又给他带来了祖国经历沧桑巨变的佳音。作为身经祖国内忧外患的爱国知识分子，他敏感地体验到：中国共产党给中国人民带来了希望。他俩恨不能立即插翅飞回祖国，投身于国内火热的斗争和建设事业。可是，当时中美关系正蒙着一层阴影，郭永怀的愿望一时难以实现。

1953年应密友钱学森之约，郭永怀利用聘间休假回到了帕萨迪那，他俩一谈起祖国，就产生了强烈的共鸣。那时，钱学森因美国政府不准许他回归祖国，限制他的人身自由而怒火满腔，向多年的知己倾诉衷情。其实，郭永怀的心情也同样如此，但是他克制地规劝好友说：“不能性急，也许要到1960年美国大选后，形势才能转化，我们才能回国。”他们握着手相约，只要一有机会，就立即回国。

1955年，在日内瓦的外交桌上，周恩来总理代表站起来的中国人民进行斗争，并赢得了胜利。形势转化得比他们预期的快，钱学森同志归国了。郭永怀更加归心似箭，刻不容缓地准备离开美国。同郭永怀长期相处的西亚斯教授和同学们依依不舍地挽留他，热心地规劝他。但是都动摇不了他的决心。正象他在芝加哥离别他的挚友谈镐生教授时讲过的那样：“祖国需要发展科学、需要建设者啊！”这句话道出了许多科学家的共同心声。

1956年11月，郭永怀终于实现了多年的梦想，毅然放弃了在美国已经获得的荣誉、地位和优裕的工作、生活条件，重新踏上了离别16年的故土。

从广州到北京的旅途上，他凝神注视着祖国的新山河，到处洋溢着蓬勃的生机。当见到钱学森等老相识时，郭永怀按捺不住心头的喜悦，欢乐的情绪溢于言表：“想不到建国七年就发生了这么大的变化！是我们干一番事业的时候了。”党的“向科学进军”的号召给了他巨大的力量，他立即投入了制定12年科学技术发展规划的战斗。

1956年冬的一天，怀仁堂灯火辉煌，这里聚集着我国科技界的精粹，郭永怀也参加了这次盛会。当周总理来到他们中间时，人们蜂拥而上，围住了周总理，一片笑语喧哗。向来不惯

于在这种场合下争先的郭永怀站在人群后面，细心聆听着周总理的话语。听到总理所描绘的祖国现代化的宏图和对他们的希望时，他觉得浑身充满了力量。接着，钱学森向总理介绍了郭永怀，总理亲切地询问了他的情况，让他先到各处看看，了解了解情况，激动的郭永怀不知说什么才好，只是迸出了一句：“我想到的是尽快投入工作、工作……。”

不久，领导上决定让他和钱学森同志一道领导刚成立的力学研究所。青年时代立志办研究所的宿愿终于实现了，他激动得夜不成寐，深感肩上责任的重大。从此，他把整个身心都扑到了事业上。

## 五

1957年，郭永怀经过精心准备，在力学所作了现代空气动力学研究的报告，运用他丰富的学识提出了国内空气动力学（特别是高超声速空气动力学）的发展方向，发表了许多精湛的见解。1958年春，他和力学所所长钱学森、党委书记杨刚毅制订了为“上天、入地、下海”服务的发展方向，提出要弥补原有空白，大力进行空间技术、高速空气动力学、爆炸力学和高速水动力学研究，对力学所日后的发展产生了重大影响。在郭永怀同志的心目中，这些任务不可能一朝一夕地完成，必须付出长期艰苦的努力；他一旦认定了目标，便脚踏实地的开始付诸实施。

20世纪50年代，人类进入了空间技术时代，一些先进国家正在积极开展巨型导弹与火箭、人造卫星的研制工作。这时，飞行器的速度已经接近或达到摆脱地球重力所必须的第一宇宙速度。于是，高超声速空气动力学自然地成了力学研究的前沿阵地。高超声速流，即来流马赫数大于5的气体流动，是钱学森早年首先提出的一个新概念。为了使人们更加注意飞行器周围空气经过强烈压缩后的高温环境中的物理、化学现象，郭永怀把分子振动、离解和化学反应对流场有重大影响的流动称为高超声速流，并认为必须着重研究这种流动。日后的发展证实了这种认识的正确性。

认准了这一方向之后，郭永怀便毫不迟疑地从理论研究和实验研究两方面组织队伍，开展工作。他刚到力学所不久，就指导一位助手计算钝头体周围高速气流的流场，研究激波衰减规律，并获得了初步结果。当时有人要做尖头体高速飞行流场研究，郭永怀认为，这是不切实际的，因为在高超声速下，“尖头”早已烧熔了。以后他就将北京地区的力学研究队伍组织起来，成立了一个高超声速讨论班，每周一度的例会，他总是风雨无阻，亲临指导，与大家一起讨论学术动向、工作进展以及某些不成熟的见解。在讨论班上，大家畅所欲言，只服从科学真理，从而使每个成员对当时数以千计的文献中的新进展了如指掌，得益非浅。在他的指导下，他的研究生进行了高超声速场的理论分析。由于郭永怀提出了改用物体表面上的物理量进行量级分析的正确主张，因此改进了当时已被普遍采用的激波层方法，获得了更加符合实际的压力公式。这个讨论班还开展了二次激波、熵层理论、有攻角绕流等重要课题的研究，对我国高速飞行器的设计有重要的指导意义。由于郭永怀出色的组织才能和指导工作的能力，这个讨论班达到了当时的世界先进水平。

在高超声速领域里，由于飞行器周围空气的强烈压缩和摩擦，造成了几千摄氏度的高温环境，普通材料制成的飞行器必定会烧融成一堆废物，因此，“热障”就象当年的“声障”一样，成为力学工作者和工程师们必须逾越的障碍。郭永怀很早就认识到，必须在飞行器表

面涂上耐热材料（防烧蚀材料），并且坚定地认为，与理论研究同时，必须大力开展防烧蚀材料的实验研究。而在国际上技术保密的条件下，国内必须因陋就简地开展工作。60年代初期，力学所进行了上百次大型试验。在以后动乱的岁月里，力学所和有关部门的同志们按照郭永怀同志的想法，继续进行实验和理论研究，在极其困难的条件下摸索出行之有效的防热途径。最近，我国洲际导弹的试制成功和人造卫星的返地，标志着我国科学工作者在克服“热障”方面迈出了可喜的一步，而这方面就凝聚着郭永怀同志的一份心血。

事实证明，探索高超声速课题离不开实验研究，虽然郭永怀主要从事分析计算，但对实验研究也十分重视，并有独到的见解。他认为，科学研究有两种手段，即计算分析和实验研究，通过实验来发现新现象，总结新规律，这也是一种理论研究，决不能把实验单纯地看做试验或验证。这种想法在力学界产生了重大影响。为了在一穷二白的状况下开展实验研究，他花费了巨大的精力。他认为，搞实验要符合中国的国情，决不能贪大求洋。他说：“就象高能物理研究那样，我们不能搞昂贵的大型高能加速器，但可以用小型设备来观测宇宙线；我们搞气动研究的，不能一上来就搞大型风洞，而搞激波管、激波风洞却是力所能及的捷径。”他十年如一日，大力抓这两项实验设备的建设和测试工作。激波管和激波风洞靠着分隔高压室与低压室的薄膜突然破裂产生强激波，从而可以模拟高温环境和高超声速流场，尽管可观测的时间较为短暂，却能借此把握住高速气流流场的主要特征，观测到气体在高温下发生的种种现象。这类设备规模小，投资少，收效快。当郭永怀回国时，各先进国家也刚开始筹建这类设备，他很快向大家介绍了有关资料，让年轻人白手起家，迅速动手。他几乎每周都要到实验室去，与大家一起克服困难、分析实验数据，往往一呆就是几个小时。有一次，实验室急需一台示波器，他就亲自打报告向科学院申请，很快解决了问题。在风云变幻的日子里，“下马风”多次威胁着承担这两个项目的研究组，而郭永怀坚定地相信：这两个项目的研究方向是对头的，不能随便下马、否则就会前功尽弃！在最困难的时候，激波管研究以“研究生论文题目”为由得以继续进行。激波风洞方面也留下少数人“留守”。至今，这两个组已发展成一个研究室，十多年来，为基础研究和国防任务提供了大量可靠的数据，而且为建设我国气动实验基地的同类型大型实验设备探索出了途径；更为重要的是，培养了一批既懂技术，又会理论分析的人材。

爆炸力学，这个近年来迅速发展的新学科也引起了郭永怀的极大关注。50年代末期，他就亲自过问，并组织了一支研究队伍。为了使大家深刻理解爆炸力学在我国社会主义建设中的重要地位。他打开了中国地图，给从事这项工作的年轻同志解释说：“你们看，我们国家的高原和丘陵地带占着多大的比例！要建设就必须用炸药。如果我们能使炸药的爆炸效力提高百分之几，就能为国家节省多少人力、物力啊！”他指出，搞科学研究，不能搞成“无源之水，无本之木”，心里要装着祖国和人民的需要，翻开他的记事本，可以看到，爆炸力学的各项任务课题始终占着重要地位。他时刻挂怀着长江三峡水电站、成昆铁路以及大型国防工程的建设。在搞任务的过程中，他经常语重心长地对大家说：“我们不能单纯地完成一项项具体任务，还要从中找出规律性的东西，这样才能有所发展，有所前进。”他给大家选定了泽尔道维奇著的《爆炸物理学》作为主要参考书，亲自指导年轻人把它读懂、读通。在他的关怀下，在当时还很年轻的室主任郑哲敏的率领下，爆炸力学研究室迅速地成长起来了。多年来，进行了成百上千次实验和现场施工，完成了爆炸成型、定向爆破、穿甲破甲等方面的许多重要任务，为社会主义建设做出了积极的贡献，并因此多次获奖。现在，他们已经有了



较先进的实验设备，正遵照郭永怀同志的遗愿，向更宏伟的目标前进！

郭永怀不仅考虑着现在，而且在思索着未来的生产和技术的需要。组织电磁流体力学研究就是一例。电磁流体力学是40年代以来出现的一门新兴学科，主要研究导电流体在磁场中的运动规律，原来是天体物理学和气体放电方面的研究领域。50年代以来，由于能源危机迫在眉睫，也由于高速流动中的电离现象的出现，这一学科引起了更多方面的关注。郭永怀抓住这一苗头，在力学所亲自筹划组织了电磁流体力学研究组（后来发展成一个研究室）。他以科学家的远见卓识，为这个组选定了三个重要的研究课题：磁流体和等离子体稳定性，磁流体直接发电和同位素的电磁分离。他预见到，若干年之后，现有的能源（石油和煤等）将要枯竭，最终将为核能所取代。当时崭露头角的受控热核反应（即通过轻核聚变释放大能量）将起重大作用，而其中出现的高温电离气体（等离子体）在受磁场约束时的稳定性势必成为关键问题。通过在磁场中流动的导电流体来直接发电，由于不需要用转动部件，所以可使发电效率大为提高。当时已有人用高温导电的燃气介质进行小型试验，郭永怀则提出了把原子能技术同直接发电结合起来的崭新思想。他所提出的利用电磁离心方法分离同位素的设想，当时在国际上也是先进的，只有少数专利中有过类似的想法。如果这一想法付诸实现，就可以用一种小型设备代替庞大的气体扩散工厂，将为原子能技术提供强有力的后盾。由此可见，这些长远性的课题，对于经济建设和国防建设有何等重大的意义！为了实现这些设想，郭永怀象辛勤的园丁栽培着电磁流体组这棵幼苗。当时，年轻同志没有接触过这种牵涉很广的知识领域的课题，基础差，经验少，郭永怀就提出，要坚持边干边学，理论联系实际，加强基础训练，广泛充实提高。他发扬了从他的老师卡门那继承来的哥廷根学派的学风，广泛发扬学术民主，组织每周一次的学术讨论会，大家在一起读几本基础书籍，针对研究课题进行方案论证。他经常为一些具体问题与大家热烈争论。为了教育这个组的同志们热爱基础理论研究，他多次谈到，一旦生产上需要，基础研究就会变成巨大的生产力，并用半导体、火箭喷气技术的发展史来说明这个观点，进而坚定了年轻人攻坚的决心。他还指出：“研究方向有时也会看错，错了就纠正嘛，而探索成功就能解决不少问题。”事实证明郭永怀的这些看法是正确的。在他的鼓励和支持下，这个室的同志们作出了一批成果，写出了一些专著和论文，有关等离子体稳定性的一些工作还受到了国内外有关方面的重视。这支研究队伍成了我国电磁流体和等离子体研究的中坚力量之一。在最近成立的等离子体物理学会中，这个室有三位同志被推选为理事；从这个室调出的一位同志担任了受控热核反应研究所的领导人，并在这个方面作出了成绩。

正如钱学森同志所指出的：“郭永怀同志归国后奋力工作，是中国科学院力学研究所的主要学术领导人；但这还不是他的全部工作，1957年初，有关方面问我谁是承担核武器爆炸力学最合适的人，我毫不迟疑地推荐郭永怀同志。郭永怀同志对发展我国核武器是有很大贡献的。”事实确实如此。不久，他担任了二机部第九研究院副院长。

“千里之行始于足下”，郭永怀认为，必须首先组织起精悍的研制队伍，让大家充分掌握必须的基础科学知识。他和大家一起制订了近期、远期规划，对于爆轰学、飞行力学、流体力学和环境科学等方面的问题进行了细致入微的指导。为了继承前人的科学遗产，他亲自给大家讲授爆轰学，这是一门涉及流体力学、固体力学、高温物理学和化学的边缘学科，只有郭永怀这样知识渊博的专家才能讲得如此深入浅出、引人入胜。听讲的有老专家，也有年轻同志，他们都觉得得益非浅。郭永怀不仅为大家安排了各种研究课题，而且自己动手作

了大量计算工作，解决了核武器研制中的许多重大疑难问题。由于他和同志们的共同努力，我国核武器的水平在短时期内迅速接近于世界先进水平，1964年10月14日，当我国上空冉冉升起第一朵蘑菇云时，他正在现场附近，他那激动的心情是可以想见的。此后，他除了参与核武器的研制工作之外，还对火箭发动机、超低空导弹、反导弹武器的研制和第一颗人造卫星的设计作出了重要贡献。

为了发展我国的尖端武器，他不辞辛劳地奔波在祖国的大西北、大西南。他参与规划的大型实验基地一个个诞生了，他培养的人材一个个走向了第一线，而他自己却一天天消瘦下来，但是他仍风尘仆仆地多次来到实验现场，同普通工作人员一样风餐露宿，艰苦奋斗。在广袤无边的沙漠里，在漫天风沙中，出现了他修长的身影；战士们看他衣衫单薄，就给他披上了棉军大衣……。就是在这样的现场观测中，他获得了第一手资料，进行着艰苦细致的分析工作。他最后一次参加核试验时，正是他的爱人遭到林彪、“四人帮”的迫害，以莫须有的罪名被隔离审查期间。郭永怀对他们的行径愤懑已极，但是为了顾全大局，他依然于1968年10月中旬离京进场筹划核试验，谁知这次离京竟成了他与人们的永诀！郭永怀同志为我国的尖端武器事业鞠躬尽瘁，最后献出了宝贵的生命。这年年底，我国大西北发出的热核武器的爆炸声，成了悼念他的最雄壮的哀乐！

×                      ×                      ×

当时任中国科学院秘书长的郁文同志在纪念郭永怀殉国十周年的大会上说：“郭永怀同志一生做到了‘老实’两字，他是个老老实实的科学家，老老实实的共产党员。他从来讲真话，不讲假话，从来不会趋炎附势。一个人能够做到先公后私已经很不容易，公而忘私更是难能可贵，而郭永怀同志则是真正做到了大公无私”。这是对郭永怀同志一生恰如其份的评价。

由于胰岛素分子量小，氨基酸序列已很清楚，科学家根据这个顺序，推测到含胰岛素基因的DNA分子的碱基序列。八十年代初科学家终于合成了胰岛素基因，将该基因插入E. Coli质粒，从此人类可以利用改造过的E. Coli细胞合成胰岛素了，猪胰岛素与人胰岛素相差一个氨基酸，长期使用它，就会在人体中产生抗体。利用最新的遗传工程技术得到胰岛素和人的一样，就不会有这种现象产生，虽然现在两种方法生产的胰岛素，成本相当，但以后遗传工程产品的成本很快会降下来的。

到目前为止，胰岛素的作用比较清楚了，对糖代谢的作用是：促进肝糖元和肌糖元的生成，抑制肝糖的分解，促进葡萄糖在器官和组织中的氧化，它还具有促进葡萄糖合成脂肪糖的作用。这些作用，都使血糖的去路增大，故当胰岛机能增高时，出现低血糖，不足时，则致血糖过高。对脂肪代谢的影响是，除可促进葡萄糖合成脂肪酸外，还抑制脂肪的分解。胰岛机能不足，这种抑制作用消失。当糖利用发生障碍时，脂肪成为主要能量来源。于是脂肪分解的增加，其中间产物将因氧化不完全而在体内大量蓄积，血中和尿中酮体都见增高，对蛋白质代谢的作用是，促进组织中蛋白质的合成，抑制肝糖元的异生作用因此糖尿病患者，蛋白质分解增加，表现为氮的负平衡，肌肉瘦弱无力，身体日见消瘦。

对胰岛素作用的机制，目前还未得出全面性结论，对蛋白质和脂肪代谢的作用机制，还研究得很少。对胰岛素分子结构和功能的研究还没有结果。这些问题还有待科学家今后继续研究。

（卫华）