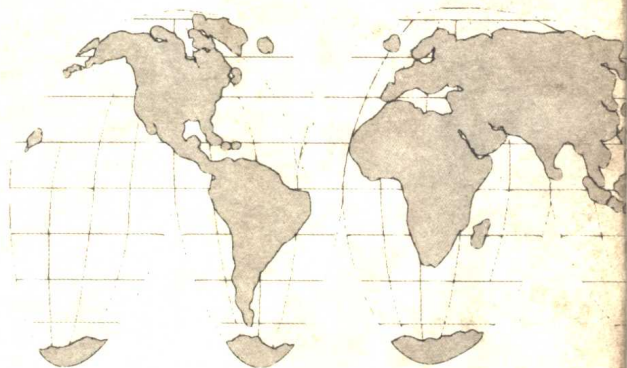


中国中青年院士文集



吴国雄

院士文集



北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

吴国雄院士文集/吴国雄著. —北京:北京出版社,
1999. 12

(中国中青年院士文集)

ISBN 7-200-03789-3

I. 吴… II. 吴… III. ①吴国雄-文集②高层
大气物理学-文集 IV. P351-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 45956 号

中国中青年院士文集

吴国雄院士文集

WUGUOXIONG YUANSHI WENJI

*

北京出版社出版
(北京北三环中路6号)
邮 政 编 码:100011
北京出版社总发行
新华书店经销
北京朝阳北苑印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 9印张 219 000字
2000年1月第1版 2000年1月第1次印刷

ISBN 7-200-03789-3/N·11

定价:31.00元

出版说明

1. “中国中青年院士文集”丛书原计划收录1997年前中国科学院及中国工程院院士中当选院士时年龄不超过55岁的中青年院士的文集，但因中国工程院院士中符合条件人数甚少，未能选入，故此批收录者全为中国科学院院士。

2. 文集中所选部分论文是由院士们与其他人的合作作品，其合作者均在论文的角注中出现。未予说明者为院士独立完成的作品。

3. 所收文章均为院士自选的在不同时期有代表性的作品，为保持其作品发表时的原色，其中的表述方式、格式、计量单位等均未做改动。

4. 在文集集中的每篇外文文章前均补加上了“中文摘要”，以方便一般读者阅读。

序 1

周光召

“中国中青年院士文集”丛书经北京出版社精心策划、编辑和作者们遴选、撰文，终于成功出版，可喜可贺！

丛书收录了中国科学院 8 位中青年院士的精选论著。每册为一位院士专辑。丛书不仅汇编了各位院士有代表性的学术文章，还根据编、作者对科学文化及其发展需求的共识，特别在“自述”部分展示了作者的科学思想、科研方法论、学术历程、科学文化感悟和对科学精神的追崇。我想，编、作者所期望的丛书的当代社会价值和历史意义就在这里吧！

欣阅几位院士朋友的专集，倍感亲切、舒畅，仿佛新绽的科学文化奇葩。

纵览科学技术的发展，20 世纪已是远胜从前，21 世纪更是展望不尽。世纪之交，世界风云变幻日甚。人类文明，愈来愈以科学文化为其主要。史实明证，科学文化是人类由必然王国走向自由王国的加速器。国家和民族的兴盛衰亡，实质上系于科学文化的昌明——科学的物质文明和科学的精神文明高度良性发展。这已成为救国救民、强国富民的真理！因此，科学文化工作者任重道

远。首要者，教育科学化的民众，树立科学精神，崇尚科学知识，繁荣科学文化，造就科学精英，发展科学技术，利用科学成果，创造科学化的新世界。再者，在科学技术和生产力尚不发达的地区，在科学文化知识教育不足的人群中，在人类种种文化的竞争生存中，驱除蒙昧，破除迷信，反对伪科学，仍然是科学战士的重任。今天很高兴地看到丛书的编、作者们为此开创性地迈出了有力的第一步，我不禁击节叹赏——既为作者学识，又为编者创意，更为他们的成功合作和对社会、时代的无价奉献！

这套丛书反映了当代一些科学领域的前沿成果和一些科学新知、新识、新思想。这些科学文化新成果，有的经由院士朋友们深入浅出的精彩阐释，变得不再那么抽象、费解，而是鲜明、生动，贴近现实世界，可资学习、欣赏。所以说，其科学文化价值和可读性都很好。坦率地说，我们的社会和时代，需要一些这样的知与识较全面的科学文化佳作，来发展科学文明。

兼取众长，以为己善。相信读者朋友们会从作者对科学的论说中，体验科学工作的真理性，感悟科学真谛，全面认识科学文化并汲取其精粹。

编者约请为之作序。兹鉴于本丛书的学术水平和科学文化品质实为上佳，可谓中国科学院新一代科学家的代表作，是故欣然从约。

1999年国庆节于北京

序 2

姚海清

我国建国已 50 周年了,随着共和国的成长,新中国的科学技术事业也走过了光辉的历程。中国科技界为国家的经济建设、国防建设和科学技术的发展,作出了重要贡献。“陆相生油”理论及应用、“两弹一星”、人工合成牛胰岛素、稀土顺丁橡胶、哥德巴赫猜想、高温超导材料和杂交水稻等等,便是突出的例子。

老一辈科学家为中国科学技术的进步建立了丰功伟绩,在取得这些伟大成就的同时,又造就了一代又一代科技精英,其中杰出的代表便是中国科学院院士。中国科学院院士是国家设立的科学技术方面的最高学术称号,自 1956 年中国科学院学部成立以来,共有 859 位优秀科学家当选为院士。广大院士在各自的工作岗位上,无论是主持科研项目,还是培育科技人才,无论是奋力攻关开发,还是积极参政议政,他们不仅以突出的科技成就为国家作出了贡献,同时也以自己优良的道德学风成为全社会的表率,赢得了整个社会的尊敬与赞扬。改革开放 20 年来,一大批德才兼备的中青年科技人员脱颖而出,他们中的特别优秀者当选为中国科学院院士。他们的成就已为学术界

2462/17 01

和社会所承认,院士群体中不断增添着新鲜血液和活力,这标志着我国科技队伍兴旺发达,后继有人。北京出版社的同志们邀请了其中8位撰写自己的成长过程,并收录了他们的主要论文。我们希望并且相信,他们的经验会对那些立志献身中国科技事业发展的青年有所启迪和教益,并且会吸引更多的有为青年投身于推进中国科技发展的宏伟事业中来。

人类即将进入新的千年,中国将向下世纪中叶达到中等发达国家水平的第三步发展战略目标迈进。邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的科学论断已经成为中国发展的一个重要指导思想,本届政府已把“科教兴国”作为最重要的任务,并采取了一系列强有力的措施和步骤。经党中央批准,由中国科学院率先进行的建设国家创新体系的试点工作正在按计划稳步推进。江泽民同志指出,要迎接科学技术突飞猛进和知识经济迅速兴起的挑战,最重要的是坚持创新。创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。在21世纪,中国将要在建立自己的创新体系的基础上,努力实现科学和教育的腾飞,使中国的现代化建设沿着依靠科学技术的进步和劳动者素质的提高的轨道不断前进。中国科技界,包括正在成长的青年科技工作者,应当为实现这一宏伟目标而作出坚持不懈的努力。

值此“中国中青年院士文集”出版之际,写下以上一些话,是为序。

1999年9月1日



吴国雄，1943年3月20日生，广东潮阳人，汉族。大气动力学和气候动力学家、中国科学院大气物理研究所研究员。1966年毕业于南京气象学院，1983年获英国伦敦大学理学博士学位。他是我国乃至世界上少有的既具有很高的数理和动力学造诣，又具有丰富的实际天气经验的学者之一。他将普遍的理论发展成便于应用的形式，成功地解释了实际观测到的天气现象，揭示了天气系统的形成机理，指导了实际业务预报。1997年10月当选为中国科学院院士。

012 2465



目 录

自述	1
科研论著	11
全型垂直涡度倾向方程和倾斜涡度发展	13
大气热力强迫和动力强迫的调配及平均经圈环流的仿真 模拟	32
大气平衡态的动力特征 I: 多平衡态的共面和非共面性质	48
大气平衡态的动力特征 II: 大气的振荡机制和稳定平衡态 的吸引机制	65
大气中动能的双向转化和单向转化	80
平均经圈环流在大气角动量和感热收支中的作用	94
青藏高原的热力和机械强迫作用以及亚洲季风的爆发 I. 爆发地点	110
青藏高原的热力和机械强迫作用以及亚洲季风的爆发 II. 爆发时间	131
青藏高原感热气泵和亚洲夏季风	146
A GCM Simulation of the Relationship between Tropical-Storm Formation and ENSO	163
热带和热带外海表温度异常与低空环流特征比较	213
降水对热带海表温度异常的邻域响应 I. 数值模拟	231



赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和

ENSO 事件 I. 资料分析 250

论著目录 265



自 述

皓月高悬在碧空，清风频送着花香，远处有海啸轰鸣，耳边是百虫奏鸣。院子中摆着一张擦得发白的小木桌，一盏煤油灯置于桌子中央。一家人像平日一样围着小木桌：母亲和嫂嫂穿梭织网，我和四哥、姐姐则做作业，读课文。童年的情景尤如昨天发生一般。最愉快的时刻常常是做完作业后，哥哥会奉上一盅工夫茶送到母亲跟前：“妈妈，继续昨天的故事吧！”日复一日，母亲给我们断断续续讲了三国、水浒、封神、说岳……年复一年，仁、义、礼、智、信，精忠报国，扶弱济贫等在我的脑海中潜移默化。呼风唤雨，腾云驾雾，宇宙深邃的奥妙——母亲讲的故事像种子般撒进了我幼小的心灵。冬去春来，雨雪雷电，旱涝灾害……千变万化的大自然深深地吸引着我，使我从小就爱上了这变化莫测的气象世界。儿时家境十分艰难，兄弟姐妹7人我排行最小。因子女多，我放学回家，常要帮家里织渔网谋生。哥哥姐姐们聪明勤奋品学兼优，但为了减轻家中负担，都先后提前离家参加工作。一个难得的机会使我得以升读高中。那是读初二时的寒假，我一口气自学完初三数学，完成了所有的初中数学作业。老师对我母亲说，这小孩要让他升学，有困难他可以帮忙。全家人对我殷切期望，勒着腰带送我上了高中。

我所在的广东省潮阳高级中学是地区先进的高级中学，多年来向许多大学院校输送了各种人才，唯独没有人考气象，大气科学因而被认为是可望不可及的学科。1961年高中毕业前全县举行统考，由于数、理、化及外语分数均获第一，学校鼓励我报考气象。



我一口气报了三个气象的志愿。那一年正是国家困难时期，国民经济实行“调整、巩固、充实、提高”，中国科学技术大学取消气象专业，我被录取到南京气象学院，开始了五年的大学生涯。

人们常说上大学就学两样东西：一是打基础，二是学方法。对我来说还不仅如此。1959年初开始的“困难时期”促使国家领导下决心建立一所专门的气象学院。1960年招收的第一届学生是在南京大学气象系寄读的。1961年秋当我从广东来到南京浦口，挑着行李，按录取通知的指引去寻找那憧憬的“依山傍水，风景秀丽”的圣地时，见到的却是满地泥泞、杂乱无章的工地。唯一的一幢小楼既是师生员工宿舍，又是全院办公地点。没有自来水，洗脸刷牙要到附近的池塘去。那时天旱，池塘半干，舀起一口盅水尽是小虫，许多人都病了。上课地点在没有完工的“服务楼”，门、窗都没有安装，下雨时雨水能淋湿半个教室。遍野黄土地，旱天“洋(扬)灰路”，雨天“水泥道”，南方来的人三九寒天还穿着单裤……大自然给我们这些“欲与天公试比高”的气象学子来个下马威！在那物质匮乏的年代，求知的愿望、为人民服务的决心转化成无穷的精神力量。女同学把节约的粮票送给男同学，男子汉到几里路外的盘城集湖面砸冰块，拉回来解决吃用水困难。大家利用课余时间拉煤渣铺路，平地植树，种菜自给。周末学英雄，谈理想，讲情操……高昂的气概克服了一个个困难，温暖的兄弟情谊战胜了天寒地冻。建院的年代整个气象学院成了一座锻炼的熔炉！直到两年后，教学楼盖起来了，最后一口井终于打出水来了，大家才有了初步的生活和教学环境。记得自来水就要通进宿舍楼那一天，同学们聚集在洗脸间，打开所有的水龙头，等啊等啊……突然间，黄黄的泥水夹着铁锈哗哗啦啦地从一个个水龙头喷射出来，大家狂呼着“水来了！”“水来了！”欢呼雀跃。只有经历过寒冬的人才真正懂得太阳的温暖！建院初期那艰苦的环境锤炼了“梅花喜欢漫天雪”、“敢与天公试比高”的新气象学者，造就了他们克服困难的毅



力,提高了他们的情绪智商(EQ),使其成长为今天大气科研界的教授或高层次组织领导人才。因此说五年的大学生活不仅学了基础知识和学习方法,更重要地磨炼了我克服困难的意志和毅力。

毕业那一年,我报考了中国科学院大气物理研究所的研究生。突然“文化大革命”爆发,一纸电报传来:“研究生考试是修正主义制度,予以取消。速返校参加文化大革命”。我的梦想破灭。接下来是漫长的毕业分配。在那“知识无用论”泛滥的年代,好些地方拒收大学生,更多的地方是让学生到“生产指挥部”报到,我们都面临改行的选择。我和未婚妻、同班同学刘还珠商量后,向领导递上了决心书,要求去环境艰苦的甘肃省。因为那里是直接到气象台报到,可免遭改行的劫难。领导担心我的身体,怕吃不消西北的严寒,我没有动摇自己的决心,毅然来到位于河西走廊的张掖气象台,开始了十年漫长的西北经历。

整个张掖地区只有我们两名大学毕业的气象员。领导说大学生应当搞最基础的工作,分配我们当观测员,我们愉快地接受,从最基本的观云测天开始。后来由于工作需要,才改当填图员,预报员。那里自学条件很差,更难受的是在那极“左”的年代,从早上六点起床集体“早请示”开始,到晚上十点“晚汇报”结束,整天都是政治学习、阶级斗争和大批判。为了执行我们事先商定好的五年自学计划,还珠为我订了三份英文刊物:《北京周报》、《Meteorological Magazine》(《气象杂志》)和《Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society》(英国皇家气象学会季刊)。后两份是业务刊物,只能在“晚汇报”后回宿舍看。《北京周报》是政治刊物,就在政治学习时看。好心的同事提醒我,政治学习看英文太危险了,我让他们看着版面上的众多领袖像,讲了一些《人民日报》没有登的内容,大家高兴了,就让我看后为他们介绍。就这样,把英语学习坚持下来了。领导号召大家向“九大”献礼。我提出献两份礼,一份是设计能自行发电的自动风向风速观测仪,一份是把一本国际先进的、



汤卜逊著的《数值天气预报》从英文翻为中文。领导很支持，特许免去我晚上的政治学习去搞“献礼”。我如期地交出了“礼品”，风向风速仪的图纸寄到了省气象局，书稿被南京气象学院院长章基嘉先生拿去编写教材。更为重要的是我们赢得了时间，学到了新知识。在张掖的五年，我不仅完成了数学、物理、外语的自学计划，还涉足到数值预报的新领域，为日后的学习和科研打下了基础。

1969年中苏边界冲突后，气象部门受军队“双重领导”，数九寒冬尚未过去，我和气象台另外7位同事，包括两名“专政对象”和几名“出身”不好者，被派送到祁连山下去开垦六十多亩荒地。在凛冽北风下拉着铁犁，抡着钉镐，硬是把半冻的荒地翻了个，种上了春小麦，后来又购了黄牛、毛驴。白天干庄稼活，晚上8个人挤在小土炕上。人家听广播、打扑克，我则偎着马灯，除读专业书外，还潜心攻读南京中医学院的《药理学》、《病理学》。当我看到农民看不起病，就利用自学的粗浅中医知识，给病人义务扎针、号脉、开处方，颇受欢迎。后来离开农村回气象台后，还有人到气象台找我免费看病。西北农村的艰苦生活使我永生难忘。据说王震将军在考察西北后，看到祁连山区许多农家除了土坯房外，全家财产不足5元，有的还是一家人穿一条裤子，他感叹地说：“想不到解放后农民政治上翻了身，经济上还没有翻身。”“四人帮”祸国殃民，民不聊生，实在罄竹难书！

张掖的五年也是我探索人生旅途、集精力于气象的重要起点。在那动荡的岁月，又在无人指引的环境中，我的爱好很多，苦苦探索。调来的一位新台长丁兆林不久成了我的棋友。有一天，丁台长以前辈的身份认真地对我说：你这个人非常聪明，但又学医，又学无线电，又搞气象，长久下去会糟蹋才智，变成万金油。他劝我必须废弃次要，集攻专长。这次谈话使我拨开了迷雾，终止学医，终止学无线电，从此一心一意专心于气象专业直至今日。一个人的成功往往有许多转折和机遇，往往需要许多人扶持和指点，正是



丁台长的指点使我在迷惘中坚定了前进的方向。

正当我们在张掖气象台的业务不断长进的时候,兰州中心气象台却因为“清理阶级队伍”,缺乏天气预报人员而苦恼。1973年夏天我和刘还珠被调往兰州,到兰州西北中心气象台进行短期天气预报工作。在那里我们接触了经验丰富的老预报员和研究人員,使用的天气图也从东亚地区扩展到了全球,从地面和500百帕增加到各个层次。我们把从前积累的知识应用到三维空间,视野顿然开阔。不久北京大学与中央气象局联合举办数值预报进修班,幸运之神又降到我头上。由于我翻译过数值预报的书,被大家一致推选到北大学习。从1966年南京气象学院毕业到1974年进北大校门整整8年的时间里,我既具备了实践经验,又深知学习机会之难得。我们这批老大学生如饥似渴地学习。图书馆的教师说:自从“文化大革命”开始以来,图书馆里一直冷冷清清,你们一来图书馆又恢复了生气。我更是贪婪地吮吸着书本里的营养。第二年我带着高原组在中央气象局杜行远先生指导下进行五个月的毕业实习。我们利用多时刻时间积分的思路和求高阶时间导数方法,一口气设计了正压和三层斜压等三个短期预报模式,并实现了预报试验。杜行远先生对我们的工作深为赞誉。也正因这一阶段的接触,杜行远先生后来把我推荐给叶笃正先生,成为叶先生的研究生。从北大毕业回到兰州不久,我被任命为西北中心台预报工程师,组建了中期天气预报组和数值天气预报组。

1966年大学毕业时上研究生的理想虽然破灭了,但我坚信机会会再来。1977年秋《人民日报》登出中国科学院恢复研究生招生的消息,第二天我就报了名。1978年,经过初试、复试、面试后我成为中国科学院大气物理研究所叶笃正先生的研究生,实现了12年前未遂的理想。接着我又被挑选参加并通过出国研究生考试。该年秋天,我离开了奋斗10年的大西北,踏上了新的征程。“十年磨一剑”,我坚信机遇是给予有准备的人,我终于又一次得到



了机会。

1979年秋到英国,经过短期英语培训班,从1980年开始,我进入伦敦大学帝国理工学院物理系,从师格林(Green)博士,开始气候动力学的研究,主攻“大尺度地形和热源对大气环流的影响”课题。通过研究证明了角动量、位涡及能量守恒在这种影响过程中的重要性。70年代初,德国的爱德曼(Edelmann)教授曾用正压模式进行数值试验,发现初始时刻的西风气流遇到山脉阻挡后会逐渐转变为东风气流,这与实际生活相去甚远,就像水流流经石头时怎么也不会倒流回去一样。但是,不管爱德曼如何改变山脉形态始终无法改变这一荒谬的结果,而原因又不得而知,从而成了一个爱德曼谜,谓之:“正压地形波不稳定”现象。我的论文证明这其实是角动量平衡的约束在正压模型中被歪曲所致,解开了爱德曼谜。在此基础上,我的论文还证明存在一个理论临界地形高度。当地形低于此高度时,其作用以爬坡效应为主;当地形高于此高度时,其作用以绕流效应为主。我的论文还阐述了地形和热源外强迫作用及涡度输送的内强迫作用,以及它们之间的非线性效应在大气环流平均态形成中的重要作用。我的论文在美国《大气科学杂志》发表后,被狄金森(Dickinson)院士评价为是杰出的、指导性的工作。

1983年7月我获得了伦敦大学物理学哲学博士学位。那时正值欧洲中期天气预报中心(ECMWF)致力于研究地形效应,我被邀请到该中心进行数值预报试验研究。ECMWF是在1976年开始筹建的,1979年投入研究,1980年其中期预报准确率就超过各国,跃居世界第一位至今。其成功的经验在于按照“气象之父”Rossby的教导,把科学家高度组织起来,从而集中了大家的智慧,取得了高速度发展。我在这世界第一流的中心工作一年多,接触了世界第一流的科学家,学习了第一流的管理经验,为我后来从事国家重点实验室管理工作提供了帮助。



80年代美国在全世界广招人才,英国的博士毕业生能轻易进入美国市场,部分中国留学生也已经渡洋西去,但相当一部分人还是主动回国为人民建功立业。记得在我们将取得博士学位的那一个圣诞节,十多名留英的学生团聚在伦敦我的住所,使馆的领导也参加了我们的联欢,我们憧憬着祖国科学的春天,尽管深知回国后待遇很低,工作条件很差,我们还是相互鼓励,学成后回国为祖国的科学发展作出贡献。1984年我告别了生活五年多的英国,与还珠一起回到祖国,全家定居北京。还珠在国家气象中心工作,我则回到大气所。1985年起我被聘为研究员,从事天气气候动力学研究,从此有了相对稳定的研究环境。然而生活和工作条件的确比在英国下降了许多,我和还珠每月都是86元工资,全家5人挤在集体宿舍中,在集体食堂用餐。白天协助所长进行开放实验室(1985年建立)工作,晚上才是自己的研究时间。1987年我得了心脏病,但是每当想起“四人帮”猖狂的70年代,在西北严寒的冬天,衣不遮体的孩子们卷缩在土墙下晒太阳的情景,想起在天府之国满头白发的老太太携着小孙女,拿着公社介绍信要饭而又羞于张口的凄凉景象,我自不敢苟生,希望用自己所学为实现国强民富作出点滴贡献。我和同事们默默无闻地奋斗着。

1989年,我应聘到美国普林斯顿大学任高级研究教授(senior research professor)。我工作的地球流体力学实验室(GFDL)有许多国际大气科学界的权威,如“温室气体效应之父”Manabe、“中期数值天气预报之父”Miyakoda、台风专家 Kurihara、动力气象专家 Held、资料专家 Oort、海洋模拟专家 Bryan 等等。有机会与他们一起切磋和生活,得益匪浅。GFDL是一个研究中心,其组织形式与业务中心 ECMWF 又不相同。开放、流动、联合和竞争是其发展的根本保障,这也正是我国国家重点实验室建设的形式。我和还珠在这样的环境中工作,不仅在业务和科研成果上收益很大,而且还学到了现代科研管理的先进方法。