

“林氏公式”的创始人走了

■本报通讯员 李莉 记者 温才妃

把时间的指针拨向1982年，一篇中国学者发表在国际权威杂志《国际多相流》上的论文，一经刊发便得到英、美、日等国工程方面学者的普遍关切，文中以详实、充分的试验数据论证了“两相孔板流量计算式”。

与国际上以往的经验性计算式相比，该计算式突破了压力和组分范围的限制，能通用于各种压力、组分和多种两相流体，扩大了两相孔板理论及其工程应用范围。此式被评为同类中的最佳式，被收入国内外多种著作。这个计算式的创建者是我国著名的热能工程学家、西安交通大学教授林宗虎，所以，该式又被称为“林氏公式”。

后来，他创立了国际上第一个脉动流动时的沸腾传热计算式，可用于光管和多种强化传热管，开拓了传热研究新方向；在多相流测试方面，他在“林氏公式”基础上，首先解决了用一个元件同时测定两相流量和组分两个参数的国际难题并获得专利和应用。1995年，他当选中国工程院院士。

2019年12月21日，林宗虎因病医治无效在西安逝世，享年87岁，这位始终在能源工程理论领域探索前行的长者，永远地离开了我们，但他一生科技强国、奋斗不息的精神将永远留存。

立志“科技强国”自创“林氏公式”

1933年5月13日，林宗虎出生在浙江湖州市南浔镇。1937年，为了躲避日本侵略者，年幼的林宗虎被母亲带着迁往上海租界居住。林宗虎的父亲是一名财会人员，曾和罗庚为邻。父亲总是以华罗庚勤奋学习最终成才的故事激励子女，在这样的教导下，林家的子女大都学理工和农医。

林宗虎小学就读于上海华山路正志小学，这所私立小学从三年级就开设英文和文言文、诗词等课程，这大大激发了林宗虎的学习热情。中学时，林宗虎就读于上海著名的天主教学校圣芳济中学，这个学校在新中国成立前，除公民和国语两门课外，全部采用外文原版，并由外国神职人员等用英语讲授。这让林宗虎有机会读了不少国外原著作品，为他的英语水平打下很好的基础。但教会学校的办学宗旨在于培养一批能为外国人服务的买办式人员，少年林宗虎目睹列强欺凌、日本侵略的种种事实，深刻感受到身为贫穷落后民族的苦痛和屈辱，他坚定树立成为一名科学家、“科技强国”的信念。

1951年，林宗虎考入交通大学机械工程系，大三时被分到锅炉专业。当时是解放初期，百废待兴，中国尚没有生产、设计直流锅炉的能力。为了让自己多学东西，他在做研究生毕业课题时主动增加难度，打算设计一个液态渣渣拉姆金式高压锅炉。没有现成的资料可用，他挤出生活费购买苏联学者的著作，硬是自己中学时学过的俄文底子“啃”下了诸大部头书籍，研读了大量俄文学术期刊上的论文。

1957年，在莫斯科动力学院教授魏佳耶夫和交通大学教授陈学俊的指导下，林宗虎完成了锅炉专业研究生学业。1958年，他带着一批学生，与上海锅炉厂技术人员合作，设计出中国第一台电站用的高压直流锅炉。

1974年，林宗虎成功解决了上海某电厂本生型直流锅炉严重的流量脉动问题，后来又参与指导了中国大蒸发量直流锅炉关键设备汽水混合物分配装置的研究。

1974年，上海锅炉厂要设计制造30万千瓦机组的临近压力直流水流锅炉。次年，林宗虎参加了这个锅炉核心部件“汽水混合物分配器”的结构试验研究工作。工作中需要测量分配器各分管中的气液两相流量和含气率，当时测量方法有多种，但计算式均适用于一种压力范围。

气液两相流体的管内流动除锅炉蒸发管外，在石油、化工、冶金、制冷等工程中是经常遇到的。在核电站蒸发器、各种沸腾管各式气液混合器、热交换设备、化学反应设备以及地热利用站等都存在管内两相流体需要测定其流量和含气率的问题。因此，如果能建立一个适用于各种压力和含气率的两相流体通用孔板流量计算式，将对这种测量方法起到积极的推广作用，在学术上也是对两相流体力学的一项贡献。林宗虎下决心要以此作为科研项目，建立一个两相流体通用孔板流量计算式。

完成分配器的研究工作后，林宗虎的研究才刚刚开始。他一头扎进了图书馆，查找1962年以来，国内各大图书馆收藏的国内外全部两相流孔板计算式及有关数据与论文，然后结合自己的高压试验数据，经过3年多时间，建立起国际上第一个能通用于各种压力的两相孔板流量计算公式。最终，以《用标准锐边孔板测量气液两相流动的干度和流量》为题的文章发表在《西安交通大学学报》1979年第4期上。

这是林宗虎应用气液两相流理论、

科研是创新，其价值就在于在原有认识基础上的开拓和创新。因而科研就是要研究别人未做过的事情，要探索出前人未知的自然规律。



林宗虎

中国共产党党员、中国工程院院士、西安交通大学教授，我国著名的热能工程专家。

相似原理，全球近30位学者的试验数据以及他们自己测定的测量数据建立起来的孔板流量计算式，有着厚实的理论基础和试验基础。

1982年，该计算式经林宗虎补充试验验证在国际权威杂志《国际多相流》上发表后，英、美、日等8国各种工程方面的学者来函赞许并索要资料。现在，该论文已收入国内外8种著作，在国际上被推荐为最佳公式，称为“林氏公式”，并被广泛应用。

结合国家需要 成果领先同行

1980年，林宗虎以讲师身份访问美国迈阿密大学做访问学者。两年的时间里，他如饥似渴地学，几乎每天都工作到晚上12点后才休息，撰写并发表了8篇高质量论文，被美国同学戏称为“论文机器”。

正是在那个时期，林宗虎研究成功了脉动流动沸腾传热式。这一领域研究难度大，林宗虎对此进行了系统研究，仅该项试验的录像就拍了72卷，试验的数据摞起来有半米高。

1982年，林宗虎放弃了美国诸多优越条件，毅然回到祖国，继续在西安交通大学从事科研与教学工作。迈阿密大学还曾专门致信林宗虎：您在美国期间，处处表现出是一位热爱祖国的学者，有很强的业务能力。

在长期的科研生涯中，林宗虎形成了自己独特的科研观。他说：“科研是创新，其价值就在于在原有认识基础上的开拓和创新。因而科研就是要研究别人未做过的事情，要探索出前人未知的自然规律。”

林宗虎的科研成果主要分为三方面，即气液两相流体力学、沸腾传热学和多相流测量学。

卡门涡街振动的通用判别式和数值计算方法。用近10年的研究成果出版了国内外第一本研究气液两相流旋涡脱落特性的专著。

在沸腾传热方面，他创立了国际上第一个脉动流动时的沸腾传热计算式，该式可用于光管和多种强化传热管，开拓了传热研究的一个应用广阔的新方向。此外，他在冷沸腾传热、稳定流动沸腾传热等领域均有研究成果。

在多相流测量方面，林宗虎在“林氏公式”的基础上首先解决了用一个元件同时测量两相流量和组分两个参数的国际难题并获得专利和应用。他和博士生一起开创了一种全新的气液两相流流量测量方法，即分流相式方法，被国际学者评为是一种创新的方法，得到了发明专利并在油田注汽热采系统中得到广泛应用。

“万物是在发展变化的，只有创新才能适应事物发展，促进人类进步，无论从事科技、艺术或其他事业，取得成绩者毫无例外都要具有创新精神。我们要依靠创新驱动开发新技术、新产品，从而引领发展。任何事业，不创新、不进取都没有发展前途，要被淘汰。”林宗虎说。

上世纪80年代，在多相流测量学领域，要同时测量两相流量及组分，必须用两个测量元件。由于每个测量元件前后均需一段长的直管，其长度是该管直径的数十倍乃至百倍，这不仅使管子里流动阻力增大，增加能源损失，也给整个仪器的安装、维修带来极大的不便。林宗虎想用两个测量元件来实现测量，这是个国际难题，攻破这个难题可不容易。

从1983年开始，林宗虎潜心研究，终于在1985年解决了用一个测量元件同时测定两相流量和组分的国际难题，并且该方法可用于各种压力。这个成果于1986年获国家专利并得到应用。在国际上，直到1994年，国外专家才发表相同方法的低压试验论文，也就是说，林宗虎的研究成果至少领先国际水平8年。

气液两相流的流量测定通常有两种测量方法，一种是均相测量法，误差较大，可达6%以上；另一种是分相测量法，所需气液分离器价格昂贵，此外管路复杂。林宗虎等经5年研究后，首创了一种

全新的分流分相测量法，这种方法只需一个微型分离器即可显著提高测量精度，其误差可低于3%。按此法制成的仪表在价格上比进口仪表低数倍，而在测量误差上远比其他仪表高。

相关论文在2002年第四届国际多相流测量大会上发表时，国际评委评价称它是一种创新的巧妙测量方法。该方法已获得发明专利并在多个注汽热采油田得到应用，经济效益显著。某油田每年注汽费用达8亿元，应用此仪表对每口井注汽量进行按需监测注汽后，每年可节省注汽费1.6亿元。

笔耕不辍育人 自树人典范

林宗虎常说，时间对每个人都是公平的，只有勤奋不懈的人才能收获丰硕的果实。及时将科研成果写成论文发表和勤于著作已是他常年养成的习惯。

林宗虎的第一篇科技论文发表于1962年。到2013年末的50多年当中，他和他的研究团队发表了约220篇科技论文，平均每年发表4至5篇。当论文积累到一定数量时，就出一本专著。

1978年，林宗虎出版了第一本专著，1987年至2015年，出版著作22部，差不多平均每年完成字数为35万字的著作一部，论著总字数超过900万字。其中包括锅炉著作7本、传热著作4本、测量著作5本、两相流体力学著作6本。

这些著作中，《气液两相流旋涡脱落特性及工程应用》所载全是他的科研成果，也是国际上首本专著，书中除了论述林宗虎团队研究得出的理论和试验成果外，还论述了两相旋涡脱落特性的工程应用。其中，专门论述了利用此特性的两相流流量计的计算原理和制作办法，并在2000年由林宗虎的博士生导师李永光获得了这种流量计的国家专利。

《气液两相流和沸腾传热》《强化传热及其工程应用》《气液两相流测量》这三本著作的出版合同是在1982年，林宗虎回国后与三个出版社签订的。1984年，林宗虎一面用英语为研究生讲授气液两相流和沸腾传热、强化传热及其工程应用两门新课，一面在遭遇父亲去世、妻子骨折卧床休养一年等家庭变故的情况下，在繁重的教学科研任务和忙碌的家事间隙，如期完成著作并在1987至1988年出版。

这三本书汇集了苏联、欧美和他自己的研究成果，具有国际创新意义。特别是《强化传热及其工程应用》，由于当时国内外尚无一本全面论述强化传热的专著，因而具有首创意义。

《管路内气液两相流特性及其工程应用》一书中，90%内容为他具有国际先进水平的科研成果。已在美国出版的两部专著，更是他与国际著名专家联袂合作的结晶，具有国际先进水平。

“1982年回国的時候，我曾计划这辈子要出版10本科技著作，实际上已经正式出版了23本，超额计划13本。”林宗虎说。

在人才培养上，林宗虎充分发挥学生的聪明才干，尽量让他们独立研究。遇到问题，他就和学生一起讨论，启发学生的思路。他指导学生写论文并和他们一起发表科学著作，使学生在学术舞台上快速成长。

他性格随和，为人平和，一辈子与夫人相濡以沫、恩爱如初。他尊重学生，所带的博士、硕士都喜欢和他交谈，不仅谈专业，也谈生活和为人处世的准则，师生之间相处融洽。多年来，由林宗虎培养并获得学位的研究生近50名，博士后1名。

1995年，林宗虎当选为中国工程力学与运载工程学部院士，那年他已经62岁。被评为院士后，林宗虎和研究团队共获得国内外专利12项，出版科技著作12本，培养研究生38位、博士后1位，有一篇博士学位论文被评为“全国100篇优秀博士学位论文”。

在优秀的众多科研项目中，有两项属于国际首创，其中一项就是经过10年系统研究、首次得出的发生两相流时的两相斯托拉赫森数的通用计算式，以及对各种柱体发生两相流时的系统研究；另一项是首创的气液两相流测量中的分流分相测量方法，此法在国际上其他方法相比，在经济和精度上都占优势。

2015年，林宗虎已经80多岁高龄，应邀撰写自传时，他平均每天完成3000字的工作量，一直坚持了5个月完成书稿。林宗虎用50余年的艰辛探索，实现了自己当一名科学家的心愿。他在多相流体力学、传热学和多相流测量学等方面做出了多项创造性成果，解决了多项国际难题。他在2016年接受媒体采访时说：“现今，我个人成为科学家的小梦想已经初步实现了，但是振兴中华的大梦想尚未完成，我还要和大家一起，为实现中国梦而贡献自己的力量！不能满足已有成绩，而应不断进取，不断攀登事业新高峰。”



梁哲

对于坐飞机出行的旅客来说，航班延误是一个谁都不愿意遇到的“头疼事”，但当你不幸遇到这种情况的时候，你是否想过，有些人会比你还要“头疼”？

他们便是航空公司的运营者们。

关于航班延误导致航空公司的损失，曾经有航空公司算过一笔账，结果显示，如果将各种费用计算在内，一架飞机每延误一分钟，成本就要增加1000多元，如果遇到大面积延误，航空公司的损失可想而知。

当这种情况真的出现时，尽快恢复航班正常运行，也就成为能够治愈航空公司“头疼病”的最佳药方。航班恢复涉及要素非常多，包括旅客、飞机、机组人员等方面，做到同时协调是非常困难的，但滞留的旅客与当事的航空公司往往又希望在尽可能短的时间内恢复行程。国内目前能够开出“药方”的大夫并不多，同济大学经济与管理学院教授梁哲便是其中的一位“名医”。

一款“定制版”的软件

如果说得“学术”一些，梁哲的研究领域主要集中在大规模组合优化于物流及交通方面，特别是航空运营管理方面的应用。接受《中国科学报》采访时，梁哲换了一种更通俗的说法。

“我们研究的就是怎样能在不影响下一班航班的前提下，让飞机尽量多飞，尽量飞得准时。”他说。

这句话说来简单，但做起来却并不容易。

据梁哲介绍，目前我国绝大多数航空管理软件都来自国外。“欧美企业卖给我们的价格非常贵。”他说，前几年，国内某航空公司向某国外航空软件提供商购买一套运行控制系统，价格达到了两亿元人民币。即便价格如此高昂，对方还因为双方的权责划分问题，觉得“干不下来”。

“基本上，我国航空公司购买国外产品，最少也是以千万为单位的。”梁哲说。

除价格昂贵外，国外航空运营管理软件还会出现“水土不服”问题。“我们的航空运营与国外有很多不同之处，比如规章制度或空域管制情况等。这就像我们买一个办公软件，却不能实行定制化。这使得国内航空公司很‘痛苦’，想用却不顺手，不用又没有别的产品。”他说。

为国内航空公司研发一套“定制版”的航空管理软件，这是梁哲多年来一直努力的目标。经过多年探索，他的努力也取得了应有的回报，凭借可以显著降低航空延误、提升航空安全的特点，其研究成果已经得到厦航、东航及国航等航空企业的认可并落地实施，一举打破欧美垄断，解决了我国航空运营领域的“卡脖子”问题。

一场“凭本事”的比赛

梁哲与航空管理问题的结缘始于2001年，那时，他刚刚考入新加坡国立大学，攻读硕士学位，导师给了他两个可供选择的研究方向——供应链和航空管理。几经权衡，他选择了后者。

“当时，新加坡正在大力发展本国航空业。做出这样的选择，我的理由也很简单。我觉得在未来，我们的国家肯定也会发展自己的航空业，我的研究是国家需要的。”

就这样，梁哲一头扎进了航空管理的研究领域中，从硕士到博士，再到回国从事相关工作，矢志不渝。然而遗憾的是，他的研究一直没有得到业界的重视。这种情况一直持续到2017年。此时，他已经在航空运营管理领域深耕多年，一场比赛彻底改变了梁哲的处境。

2017年，为了寻求航空管理问题的解决方案，厦航联合阿里云，在全球范围内组织了一场智慧航空AI大赛。当时还籍籍无名

的梁哲带领团队参赛，并从全球1644支队伍中脱颖而出，赢得最后的冠军。

“那场比赛的题目并不复杂——一场台风过境，几百班航班受到影响，怎样进行合理规划，才能最快恢复航班的正常秩序。我们只需要给出最终结果就行。”梁哲说，这是一道只靠结果说话的“实打实”的题目，正是凭借自己的“真本领”，梁哲得到航空公司的认可。

赛后，为了使自己的方案落地，梁哲团队与厦航开展了持续合作。不久后，他关于解决大面积航班延误的相关算法在厦航正式启用。2018年10月，由梁哲领导的“同济大学—厦门航空算法联合实验室”正式揭牌成立，并成为了我国首个聚焦民航领域的算法实验室。至此，梁哲在自己的研究领域，成功开拓出了属于自己的一片新天地。

一项“接地气”的研究

如今，已经闯出名堂的梁哲团队，和国内大部分航空公司都开展了相关合作。回想起几年前，他也曾经历过一段“报国无门”的窘境。

原来，在2017年之前，梁哲也曾试图与一些企业进行合作，但他伸出的橄榄枝并没有人愿意接，“人家不信任你”。梁哲说自己很理解这些企业。“有些公司也曾找过大学老师做相关运营管理项目，然而很多校园研究有很好的理论，但遇到复杂的实际问题就会抓瞎，企业有自己的运营压力，不相信很正常。”

能让企业放下戒备之心的，依然只有自己的算法结果。

就在今年，两个台风先后袭击了上海、厦门、泉州等地，厦航凭借梁哲团队研发的系统，仅用15分钟便规划出了台风后600余班航班的在四天中的所有起降次序，这一工作如果采用人工计算，至少需要6~8个小时。

“由于耗时较长，人工计算只能算出一版，但通过系统计算，则不但可以调整不同参数反复计算，还可以得出计算结果与最优解之间的差距，大大方便了最终决策。”梁哲说，这样的结果让他“很有成就感”。

“我工作的最大意义，就在于这些研究是接地气的，针对的是航空公司和机场提出的实际问题，研究成果直接应用于航空公司。”梁哲说。

作为高校教师，梁哲也将这种“接地气”的研究带到了课堂上。授课时，他的很多案例就来自于自己与航空公司的项目合作。这一做法的直接结果便是让学生明白，自己的所学真的可以帮到企业，这也大大提升了他们的学习动力。

这两年，梁哲指导的学生频频参加各类与企业应用直接相关的科技竞赛，并屡获殊荣，毕业生更是早早被各大航空公司招人麾下，这让他多了一份成就感。“作为教师，我能够让让学生明白自己所学知识的价值，对我而言，这是更高一层的肯定。”梁哲说。

梁哲：为航空运营开出「中国药方」

■本报记者 陈彬