

## 淡泊明志, 宁静致远: 纪念“布鞋院士”李小文

李小文院士未及七十, 突然离世, 令其亲者悲, 慕者痛。他崇尚简朴、酷爱自由、提携后进、平易近人的作风, 产生了很大的社会影响, 赢得了大众的好评。一名离世的科技工作者, 被众多的仰慕者心悦诚服地追捧悼念, 他的“粉丝们”喊出世间再无“扫地僧”。此情此景令人感动!

李小文院士的生平事迹已经广为流传, 本人与李小文院士相识共事20余载, 今特撰此文, 通过几个侧面介绍他的为人处事风格, 同时重点对他的主要科学成就之一——遥感几何光学模型及影响做一概述, 希望对读者有所启示, 以此聊表纪念。

### 1 李小文院士为人

小文院士生活简单低调。他衣着朴素, 已经是成名的“布鞋院士”。他的饮食更是简陋。在家, 一杯二锅头, 一碟花生米就可以打发一顿。在外参加宴请, 他也常常自带二锅头, 吃点小菜, 既不吃米饭也不吃大鱼大肉。他喜欢便宜的“小二”, 不喜欢名贵酒品的理由是相信“小二”不会掺假。他以酒为食的生活习惯, 从我们认识时就有, 算来已有超过20年的历史。他有时会半开玩笑半认真地讲述喝酒的两个好处: 一是带着几分醉意容易做出好学问; 二是爱喝酒的人, 人品不坏, 可交。我常想, 如果他的网友看到他这一杯小酒一碟小菜饮食风格, 或许会成就他“道骨仙风”的另一个美名。更让人想不到的是, 他对自己“抠门”, 对朋友却大方。他的吸烟朋友会记得, 他自己吸由夫人买的几元钱一包的薄荷烟, 怀里却总揣着名烟给朋友敬上。他这个习惯, 当了院士后也从未改变。

小文院士热心服务社会, 乐于助人。20世纪90年代, 小文博士既是中国科学院遥感应用研究所的研究员, 又是波士顿大学遥感中心的研究教授。那时, 他在国内和国外各工作半年。这有利于他既能在世界遥感学术前沿机构及时了解科学动向, 又能直接参与国内的科学研究, 帮助国内的年轻学者迅速成长。当时各种海外华人学者协会纷纷在美国即将毕业的研究生或刚开始工作的年轻人发起、创立。1994年他已经功成名就, 却积极参与中国海外华人地理信息系统专家协会和海外遥感学者协会。在国外, 他爱看《华夏文摘》, 关心中国发展。同时, 通过协会的网络为年轻学者排忧解难, 加油打气。他于2007年在科学网(<http://www.sciencenet.cn/>)开设微博, 近8年来发表了1800余篇深受网友喜爱的短文, 这也就不难想象他常年坚持在网络上结交朋友, 以乐观诙谐的文笔感化他人。成为院士以后, 有些在社会上被专业人士认为是持有“异端邪说”的



李小文院士(1947~2015年)

人, 如果找到他, 他也会将人请到办公室, 倾听讲述, 自掏腰包为他们提供支持。连一个素昧平生的人, 他都愿意资助, 对单位同事生活的关心也就可想而知了。

小文院士聪颖过人, 学识渊博。曾见采访小文院士的文章, 介绍他自己成绩平平, 所以得出结论认为他是中等生逆袭。其实不然, 小文院士只是不愿意把时间花到课本上, 学习那些“死知识”, 他更愿意自由探索。他不愿意做命题作文, 喜欢天马行空, 自由自在。在我看来, 他若决定考好课堂成绩, 那是一定能做到的。不然, 他不会在1979年从一个工人, 准备了短短几个月就考上了我国改革开放后第一批留美研究生了。这在当时实在是凤毛麟角。小文院士对中国历史名篇熟捻于心, 他能随时考问左右同事《红楼梦》中的某段诗句。他用韩愈“草色遥看近却无”和苏东坡的“横看成岭侧成峰, 远近高低各不同”诗句解读多角度和多尺度遥感, 生动贴切, 恰到好处。

### 2 “Li-Strahler”几何光学模型及科学影响

遥感科学的基本问题之一是对地表景物和电磁波相互作用机制的理解。太阳光作为一种电磁波, 与地物的相互作用是光学界最早研究的对象之一。不同地物对入射其上的光有不同程度的透射、散射(又叫方向性反射)和吸收作用。诺贝尔物理学奖获得者S. Chandrasekhar在1943~1950年研究了光在连续介质中的辐射传输过程, 于1960年以*Radiative Transfer*为名发表了他的系统研究成果<sup>[1]</sup>。该书的理论对大气和水体等连续介质的辐射传输过程的理解和模拟起了奠基性作用。但是, 辐射传输的理论如何解释地表不同尺度的景物, 如垄行农作物和森林等不连续离散

物体在不同视场下的方向性反射问题,并没有因Chandra-sekhar专著出版而宣告解决。

20世纪70年代随着农业遥感的深入开展,人们提出了针对垄行作物的作物-土壤-阴影三组分的几何光学模型<sup>[2,3]</sup>。随着20世纪80年代遥感应用的重点从农业和地质找矿向森林应用的转变,人们需要森林三维结构的反射模型。李小文和他的导师Alan Strahler,根据这一需求在世界上首次开发了针对在景物中离散分布的针叶树的三维结构,建立在用简单圆锥体代表树冠的方向性反射模型,他们将其称之为几何光学模型(Geometric-Optical Model, GO)。

1985年,李小文和Alan Strahler<sup>[4]</sup>在美国*IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*(简称TGRS)发表了第一篇论文,提出不连续森林分布(可以代表离散物体分布)几何光学模型。该模型考虑树木个体被简化为圆锥体之后,一个陆地卫星影像80 m × 80 m像元视场下,在太阳高度角固定、传感器视角垂直向下、地形平坦条件下、树木冠层用等尺度不透明、树木高度按对数正态分布、树木平面按泊松分布,但不考虑大气影响时的反射模拟。对于森林景物的设计由树冠圆锥体应光面、圆锥体背光面、太阳直接照射的土壤和受树冠遮挡的土壤表面4部分景物组成。而模拟目标,即像元视场内总反射能量,是按照景物组分的平均光谱按观察到的面积加权求得。该文不但推导了对景物构成进行反射模拟的理论公式,还给出对模型进行反演提取景物信息的方法。这就是著名的Li-Strahler森林景物四分量模式。1986年,他们在TGRS上发表了第二篇论文<sup>[5]</sup>,在原有基础上将不透明锥体改成半透明体,将传感器视角从垂直向下扩展到任一角度。这两篇论文系统总结了地表景物几何特征对景物反射特性的决定性作用。首次提出景物反射特性很大程度上由景物几何特征决定,把握了景物几何特征,就能比较准确地模拟景物的方向性发射特性。两篇文章发表后被ISI Web of Knowledge 核心合集刊物论文引用404次(2015年1月18日检索)。

由于森林、稀树草原、灌丛中的冠层有不同的几何形状,李小文和Alan Strahler又进一步合作完成了对不同天然植被不连续结构下间隙概率分布的推导<sup>[6]</sup>。他们在圆锥体基础上增加了球形和椭球形几何形态。1992年,他们联合发表了比较不同树冠形态和树冠阴影交互作用对不连续植被冠层方向反射影响的论文<sup>[7]</sup>。该文系统推导了在给定太阳高度时,离散的植被冠层随观测角变化所呈现的反射率变化,并成功模拟出当观测方向和太阳入射方向吻合时的反射热点效应(reflectance hotspot)。这是用仪器无法完全观测到的现象。该文发表后被ISI Web of Knowledge 核心合集刊物论文引用346次(2015年1月18日检索)。此后,李小文和Alan Strahler又通过与他人合作进一步将几何光学模型与经典的辐射传输模型结合,发展出不连续植物冠

层的反照率和方向反射混合模型<sup>[8]</sup>。

对于几何光学模型的影响与科学贡献,最近将该模型运用到植被初级生产力估算的清华大学地球系统科学研究中心辛秦川博士做了如下总结:“经典的辐射传输模型,假设植被冠层的叶子是随机分布的,太阳光透过冠层的规律可用‘比尔-朗伯定律’这一普适定律来描述,然而实际植被尤其是针叶林等自然植被,植被冠层的叶子并不满足随机分布,而是聚集分布于树冠里,而每棵树的树冠都有各自的形状。李小文院士利用椭球和圆锥等形状对树冠形状进行刻画,太阳的散射和直射光透过树冠间的空隙满足几何定律,而透过树冠内的空隙满足‘比尔-朗伯定律’,通过对冠层形状和太阳光透过概率之间的卷积解决了不连续冠层反射的推导,从而完善了经典辐射传输理论。”

加拿大皇家科学院院士、南京大学国际地球系统科学研究所陈镜明教授,基于李小文的几何光学模型发展了4尺度北方针叶林辐射传输模型。他认为李小文院士在遥感界最有影响的成果之一是“Li-Strahler”几何光学模型。他在1985年发表了这一模型的框架和初步结果,立即受到遥感界同行广泛重视。随后他和他的学生进一步发展了这一模型,增加了模型的精度和实用性并扩大了影响。这一模型提供了定量描述地表反射率随观测角和太阳入射角变化的一个重要途径,为用卫星和飞机遥感观测提取植被结构和生物化学参数提供了一个重要的理论基础。利用模型所开发的遥感影像的四分量(树冠阳面和阴面及光照和遮荫背景)的分析方法不仅是几何光学模型的奠基石,也被其他植被光传输模型广泛采用。因此“Li-Strahler”几何光学模型被誉为20世纪定量遥感的一个重要里程碑。

李小文在波士顿大学时的师弟、北京师范大学地理与遥感学院梁顺林教授指出:“小文院士创造性地将稀疏植被的几何形状和分布与太阳入射角和传感器观测角度建立联系,发展了广为引用的‘Li-Strahler’几何光学模型。这是几种主要的遥感物理模型之一,具有重要的理论与实际意义。在随后的研究中,又进一步考虑了植物冠丛阴影的相互影响和辐射传输,使模型适用于通常的地表植被,具有更高的适用价值。他的工作对后来的遥感反演奠定了坚实的基础,具有划时代的历史意义。”

李小文的学生及合作者之一,纽约市立大学猎人学院倪文革教授,认为“Li-Strahler”几何光学模型和Li等人后来完成的几何光学与辐射传输混合模型(Geometric Optical and Radiative Transfer, GORT)在冠层辐射传输领域取得了突破。GO/GORT不但能描述被动光学遥感中森林结构在森林林地尺度的方向性反射特征及反射热点,同时被用来刻画主动遥感中雷达后向散射和激光雷达全波形回射,以更好地理解雷达和激光雷达信号与三维植被结构的相互作用。GO/GORT的影响已经大大超越遥感领域。这类模型已经被用于模拟冠层光合作用和陆地碳循环模拟。同时,被

用于动态全球植被模式-全球陆地生物圈模式(TBM)与美国宇航局的全球气候循环模式耦合起来理解生态系统对气候和自然及人类干扰的响应. 此外, GO/GORT也被用于评估植被结构对水文过程的影响及水资源管理. 因此, 几何光学模型对整个环境科学领域产生了影响.

### 3 对后辈的启示

李小文院士围绕地表不连续植被覆盖的反射特性一个方向, 持续钻研20载. 他独辟蹊径, 由简入繁, 虽然常常数年才发表一篇论文, 但是不断取得新的进展, 终于建立

起几何光学模型的理论体系, 这是国际遥感界令人羡慕的成就. 他的每篇论文都是精品, 堪称经典. 这种从事科学研究的精神值得今天的研究者们学习.

“淡泊明志, 宁静致远”恰恰是李小文院士作为一个学者的精神写照. 他不追求物质生活, 能够在今天物欲横流的大潮中, 坚持自己的生活, 是许多知识分子共同追求的理想. 家庭的鼎力支持, 使他更能全身心地投身科学, 做个读书人. 他将一生许多时光用于无拘无束地学习和研究, 拥有了一个知识分子所向往的“特权”. 他是一个幸运的知识分子. 他创造了一个中国自由知识分子的传奇!

### 推荐阅读文献

- 1 Chandrasekhar S. Radiative Transfer. New York: Dover Publications, Inc, 1960
- 2 Richardson A J, Wiegand C L, Gausman H W, et al. Plant, soil, and shadow reflectance components of row crops. *Photogramm Eng*, 1975, 41: 1401-1407
- 3 Jackson R D, Reginato R J, Pinter P J, et al. Plant canopy information extraction from composite scene reflectances of row crops. *Appl Optics*, 1979, 18: 3775-3782
- 4 Li X W, Strahler A. Geometric-optical modeling of conifer forest canopy. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing*, 1985, 23: 705-721
- 5 Li X W, Strahler A. Geometric-optical bidirectional reflectance modeling of a conifer forest canopy. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing*, 1986, 24: 906-919
- 6 Li X W, Strahler A. Modeling the gap probability of a discontinuous vegetation canopy. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing*, 1988, 26: 161-170
- 7 Li X W, Strahler A. Geometric-optical bidirectional reflectance modeling of the discrete crown vegetation canopy—effect of crown shape and mutual shadowing. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing*, 1992, 30: 276-292
- 8 Li X W, Strahler A, Woodcock C. A hybrid geometric optical-radiative transfer approach for modeling albedo and directional reflectance of discontinuous canopies. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing*, 1995, 33: 466-480

宫鹏

(全球变化研究协同创新中心, 北京 100875)