

科学家

卓越的贡献 高度的评价 ——吴文俊及其科学成就

高小山^{*} 石 赫

(系统科学研究所 北京 100080)

关键词 吴文俊, 科学成就



吴文俊, 数学家。中国科学院数学与系统科学研究院研究员, 系统科学研究所名誉所长, 中国科学院院士, 第三世界科学院院士; 曾任中国数学会理事长(1984—1987), 中国科学院数学学部主任(1992—1994), 全国政协委员、常委(1979—1998)。1919 年出生于上海。1940 年上海交通大学毕业后任中学教员, 直至抗战胜利。1946 年被陈省身先生吸收到中央研究院数学所, 从事拓扑学研究。1947 年赴法留学, 师从著名数

学家埃里斯曼与嘉当, 继续从事拓扑学研究, 1949 年获法国国家博士学位。1951 年回国, 在北京大学任教授。1952 年任中国科学院数学所研究员。1980 年任中国科学院系统所研究员。

吴文俊对数学的主要领域——拓扑学做出了奠基性的贡献。70 年代后期开创了崭新的数学机械化领域。此外, 在中国数学史、代数几何学、对策论等领域也有独创性成果。这些成果不仅对数学研究影响深远, 还在许多高科技领域得到应用。他的卓越贡献, 得到科技界的高度评价。1956 年, 获得首届国家自然科学奖一等奖; 1993 年获陈嘉庚数理科学奖; 1994 年获首届求是科技基金会杰出科学家奖。

下面主要介绍吴文俊在拓扑学与数学机械化方面的卓越贡献。

1 在拓扑学方面的贡献

拓扑学主要研究几何形体的连续性, 是许多数学分支的重要基础, 是现代数学的两个支柱之一。法国数学家狄多奈(Dieudonne)说: 拓扑学是现代数学的女王。吴文俊在该领域取得了一系

^{*} 系统科学研究所副所长, 研究员
收稿日期: 2000 年 11 月 24 日

列重大成果,其中最著名的是“吴示性类”与“吴示嵌类”的引入以及“吴公式”的建立。

示性类是刻画流形与纤维丛的基本不变量。40年代末示性类研究处在起步阶段,瑞士的斯蒂费(Stiefel)、美国的怀特奈(Whitney)、苏联的庞特里亚金(Pontrjagin)和陈省身等著名数学家先后从不同角度引入示性类的概念,大都是描述性的。吴文俊将示性类概念从繁化简,从难变易,形成了系统的理论。数学家们从不同途径引入的示性类在他的笔下定名,分别称为斯怀示性类、庞示性类和陈示性类。吴文俊分析了这些示性类之间的关系,着重指出陈示性类可以导出其它示性类,反之则不然。他在示性类研究中引入了新的方法和手段。在微分情形,吴文俊引出了一类示性类,被称为吴示性类。它不单是描述性的抽象概念,而且是可具体计算的。吴文俊给出了斯怀示性类可由吴示性类表示的明确公式,被称为吴(第一)公式。他证明了示性类之间的关系式,被称为吴(第二)公式。这些公式给出各种示性类之间的关系与计算方法,从而导致一系列重要应用,使示性类理论成为拓扑学中完美的一章。

拓扑的嵌入理论,是研究复杂几何体在欧氏空间的实现问题。在吴文俊的工作之前,嵌入理论只有零散的结果。吴文俊提出了吴示嵌类等一系列拓扑不变量,研究了嵌入理论的核心问题,并由此发展了嵌入的统一理论。后来他将关于示嵌类的成果用于电路布线问题,给出线性图平面嵌入的新判定准则,与以往的判定准则在性质上完全不同,是可计算的。

在拓扑学研究中,吴文俊起到了承前启后的作用,极大地推进了拓扑学的发展,引发了大量的后续研究。许多著名数学家从他的工作中受到启示或直接以他的成果为起始点之一,获得了一系列重大成果。吴文俊的工作曾被五位菲尔兹奖(Fields,数学界最高奖)得主引用,其中三位还在他们的获奖工作中使用了吴文俊的工作。

沃尔夫(Wolf)奖是数学中的另一大奖。法国数学家、沃尔夫奖获得者嘉当(H. Cartan)在文章中谈到他证明的“嘉当公式”时认为:这一公式冠

以“嘉当公式”的称谓欠妥,并指出,这一公式是由吴文俊首先提出的。德国数学家、沃尔夫奖获得者希咨普鲁赫(F. Hirzebruch)把吴文俊发现的关于四维流形庞示性类的公式写入专著中,这一公式直接影响了 signature 定理和高维黎曼-罗赫定理的证明。

吴文俊的工作已经成为拓扑学的经典结果。半个世纪以来,一直发挥着重要作用,在拓扑学与许多数学领域中被广泛引用,成为许多教科书中的定理。一个有趣的现象是许多文章以“吴公式”为题或使用吴公式,但已不再引用吴文俊的原文。说明这些结果已广为人知,成为拓扑学的基础性和经典性的内容。

吴文俊通过自己独创性的工作而享有盛名,而且在强手如林的世界性数学研究中心的法国,以他的学术思想影响了一大批人,充分显示了吴文俊的研究成果的深刻性和奠基性。在吴文俊的工作出现之前,孤立的同调和同伦计算有极大的困难,简直无法实现。正是他的工作将 Steenrod 运算和示性类巧妙地结合,使整个局面柳暗花明,并使代数拓扑学和数学其它分支更加紧密结合,导致许多新研究领域应运而生,如 Hopf 代数理论(从而引向量子群及场论中的新兴研究),流形拓扑学和广义上同调,以及代数拓扑学中一系列新发展。

1989年,法国数学家狄多奈出版了巨著《代数拓扑学家和微分拓扑学史,1900—1960》,其中引述吴文俊的工作达17次之多,对他的贡献作了相当客观的介绍。例如,书中指出,吴文俊把示性类由极为繁复的形式简化为现代的漂亮形式。数学大师陈省身先生称赞吴文俊“对纤维丛示性类的研究做出了划时代的贡献。”

由于在拓扑学方面的杰出贡献,吴文俊于1956年获首届国家自然科学奖一等奖。1957年,38岁的吴文俊当选为中国科学院学部委员。1958年,世界数学家大会邀请他做示嵌类方面的报告。

2 在数学机械化方面的贡献

70年代,吴文俊开始花大力气研读中国数学

史。吴文俊是一位具有战略眼光的数学家。他经常思索数学应该怎样发展,并终于在中国古代数学发展的历程中获得启发,找到答案。

中国古代数学曾高度发展,直到 14 世纪,在许多领域都处于国际领先地位,是名符其实的数学强国。但是西方数学史家不了解也不承认中国数学的光辉成就,将其排斥于数学主流之外。吴文俊的研究起到了正本清源的作用。他指出,中国传统数学注意解方程,在代数学、几何学、极限概念等方面既有丰硕的成果,又有系统的理论。中国传统数学强调构造性和算法化,注意解决科学实验和生产实践中提出的各类问题,往往把所得到的结论以各种原理的形式予以表述。吴文俊把中国传统数学的思想概括为机械化思想,指出它是贯穿于中国古代数学的精髓。吴列举大量事实说明,中国传统数学的机械化思想为近代数学的建立和发展做出了不可磨灭的贡献。1986 年吴文俊第二次被邀请到国际数学家大会介绍这一发现。

70 年代,吴文俊曾在计算机工厂劳动,亲身体会到计算机的巨大威力,敏锐地觉察到计算机的极大发展潜力。他认为,计算机作为新的工具必将大范围地介入到数学研究中来,使数学家的聪明才智得到尽情发挥。由此得出结论,中国传统数学的机械化思想与现代计算机科学是相通的。计算机的飞速发展必将使中国传统数学的机械化思想得以发扬光大,机械化数学的发展必将为中国数学的发展做出巨大贡献。已故程民德院士认为:吴文俊倡导数学机械化,是从数学科学发展的战略高度提出的一种构想。数学机械化的实现,将对中国数学的振兴乃至复兴做出巨大贡献。

吴文俊身体力行,在数学机械化的征途上奋勇攀登。在机器证明方面,他提出的用计算机证明几何定理的方法(国际上称为吴方法),遵循中国传统数学中几何代数化的思想,与通常基于逻辑的方法根本不同,首次实现了高效的几何定理自动证明,显现了无比的优越性。他的工作被称为自动推理领域的先驱性工作,并于 1997 年获得

“Herbrand 自动推理杰出成就奖”。在授奖辞中对他的工作给了这样的介绍与评价:

“几何定理自动证明首先由赫伯特格兰特(Herbert Gerlenter)于 50 年代开始研究。虽然得到一些有意义的结果,但在吴方法出现之前的 20 年里,这一领域进展甚微。在不多的自动推理领域中,这种被动局面是由一个人完全扭转的。吴文俊很明显是这样一个人。”吴文俊的工作“不仅限于几何,他还给出了由开普勒定律推导牛顿定律,化学平衡问题与机器人问题的自动证明。他将几何定理证明从一个不太成功的领域变为最成功的领域之一。”

在非线性方程组求解的方向上,他建立的吴消元法是求解代数方程组最完整的方法之一,是数学机械化研究的核心。80 年代末,他将这一方法推广到偏微分代数方程组。他还给出了多元多项式组的零点结构定理,这是构造性代数几何的重要标志。

吴文俊特别重视数学机械化方法的应用,明确提出“数学机械化方法的成功应用,是数学机械化研究的生命线。”他不断开拓新的应用领域,如控制论、曲面拼接问题、机构设计、化学平衡问题、平面天体运行的中心构形等,还建立了解决全局优化问题的新方法。他的开拓性成果,导致了大量的后续性工作。吴消元法还被用于若干高科技领域,得到一系列国际领先的成果,包括曲面造型、机器人结构的位置分析、智能计算机辅助设计(CAD)、信息传输中的图像压缩等。

数学机械化研究是由中国数学家开创的研究领域,并引起国外数学家的高度重视。吴方法传到国外后,一些著名学府和研究结构,如 Oxford, INRIA, Cornell 等,纷纷举办研讨会介绍和学习吴方法。国际自动推理杂志 JAR 与美国数学会的“现代数学”,破例全文转载吴文俊的两篇论文。美国人工智能协会前主席 W. Bledsoe 等人主动写信给我国主管科技的领导人,称赞“吴关于平面几何定理自动证明的工作是一流的。他独自使中国在该领域进入国际领先地位”。