

攀登者的报告

——中国科学院重大科技成果选

中国科学院综合计划局 编



学苑出版社

攀登者的报告

——中国科学院重大科技成果选

中国科学院综合计划局 编



学苑出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

攀登者的报告——中国科学院重大科技成果选
中国科学院综合计划局编 - 北京: 学苑出版社,
1999.9
ISBN7-80060-683-X

I. 攀… II. 中… III. 中国科学院 - 科学技术 -
成果 - 汇编 IV. G322.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 29052 号

学苑出版社出版发行
北京市万寿路西街 11 号 100036
深圳美光彩色印刷厂制版印刷 新华书店经销
889 × 1194 开本 1/16 14.5 印张 380 千字
1999 年 9 月北京第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷
印数: 0001 - 3000 册 定价: 150.00 元

编辑委员会

主任: 陈宜瑜

副主任: 竺玄 顾文琪 李志刚

编委: (按姓氏笔画排列)

王贵海 王喜敏 卢盛魁

李志刚 竺玄 陈宜瑜

杨兴宪 金铎 秦大河

桂文庄 顾文琪

主编: 李志刚

副主编: 王喜敏 卢盛魁



序

1949年10月1日，
中华人民共和国宣告成
立。伴随着共和国的诞
生，中国科学院于1949
年11月1日在北京成
立，从此，科学技术成为
社会主义建设事业的一

个重要组成部分，中国科学院成为国家科学技术的最高学术机构。

半个世纪以来，中国科学院在党中央和国务院领导下，在各有关部门、兄弟研究院、所和各高等院校的大力支持与协助下，广大科技人员为我国科技事业的进步，为国家经济建设和国防建设的发展，为我国国际地位的提高，团结奋进，呕心沥血，艰苦奋斗，努力攀登科学高峰，不断开创、填补和发展各个领域的科技事业，取得了丰硕的科技成果。50年来，中国科学院获国家级的重大成果奖有794项，获院级成果奖有5175项。《攀登者的报告》选录了我院获国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科技进步奖中的一等奖和中国科学院特等奖的部分项目。这些成果，有的是瞄准世界科学高峰和发展前沿方面的基础研究成果；有的是具有显著社会效益和经济效益的发明成果；有的是密切结合经济建设、国防建设和社会发展需要，对促进科技进步、发展社会生产力起重大作用的高水平的应用研究成果。

党的十五大报告指出，从现在起到下个世纪前10年，是我国实现第二步战略目标和向第三步战略目标迈进的关键时期，要实施科教兴国战略和可持续发展战略，使经济建设真正转移到依靠科技进步

和提高劳动者素质的轨道上来。当代科技发展日新月异,科学技术已成为第一生产力,成为人类文明的基础和动力,深刻地改变着人们的生产方式、生活方式和思维方式,改变着人类社会的面貌。当代经济和社会发展越来越依赖于知识创新和知识创造性应用。在21世纪即将来临的时候,全世界正处在科技革命带来的巨变之中,面对跨世纪科学技术的飞跃发展和知识经济时代的挑战,中国科学院作为我国国家创新体系的重要组成部分,肩负着振兴我国科学和落实科教兴国的重任。我们应继承科学、民主、爱国、奉献的传统,弘扬唯实、求真、协力、创新的院风,继续努力攀登科学技术的高峰,承担起基础性、战略性、前瞻性的自然科学与高技术研究与发展的重任,为中国经济建设和社会可持续发展提供源源不断的科学技术支持,为人类文明进步作出新的创造性的贡献。将中国科学院建设成为具有国际先进水平的科学研究基地,培养和造就高科技人才的基地和促进我国高新技术事业发展的基地,建设成为国际水准的自然科学与高技术的综合研究与发展中心,为推进我国的现代化建设做出更大的贡献。

现在,为迎接新世纪的到来,中国科学院正努力谱写“知识创新工程”的新篇章。让我们团结在以江泽民为核心的党中央周围,发扬科学院的光荣传统,迎接知识经济时代的来临,为建设国家创新体系,实施“科教兴国”战略做出新的贡献,再创新的辉煌。

浩雨祥

1999年6月15日

目 录

1	典型域上的多元复变函数论
4	关于示性类和示数类的研究
8	工程控制论
10	人工全合成牛胰岛素研究
15	哥德巴赫猜想研究
17	青藏高原隆起及其对自然环境与人类活动影响的综合研究
21	东亚大气环流
25	酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成
27	蛋白质功能基团的化学修饰与其生物活性间的定量关系
30	《中国高等植物图鉴》及《中国高等植物科属检索表》
32	五次对称性及镍钛准晶相的发现与研究
35	中国层控矿床地球化学研究
38	液氮温区氧化物超导体的发现及研究
44	基于时序逻辑的软件工程系统的意义、作用与应用
49	中国蕨类植物科属系统排列和历史来源
51	哈密尔顿系统的辛几何算法
55	坩埚下降法工业生产锶酸铋大单晶的研究
57	新型非线性光学晶体三硼酸锂
60	顺丁橡胶工业生产新技术
63	PBR-2型铷激光器原子频率标准
67	中国综合农业区划(1979-1980)
71	黑曲糖化酶酶活的提高及其在工业上的应用
74	冶金矿山潜孔钻具新材料、新工艺和新技术研究
80	低纯度钕稀土铁硼永磁材料研制与开发
83	太阳磁场望远镜
85	长波授时台系统的建立
87	LX-PC联想式汉字微型机系统
91	丙纶级聚丙烯树脂的研制、工业化生产和应用

95	北京正负电子对撞机成就
100	包兰线沙坡头地段铁路治沙防护体系的建立
104	激光 12 号实验装置的研制和运行
110	海湾扇贝引种、育苗、养殖研究及其应用
114	机载三频段微波辐射计及其应用
117	北京 35MeV 质子直线加速器
121	联想 EISA 486/50 微机及测试系统
125	1.56 米天体测量望远镜
128	兰州重离子研究装置
132	KJ8920 石油地质勘探油田开发大型数据处理系统
135	黄土高原综合治理定位试验研究
140	智能型英汉机器翻译系统及其发展
145	中国科学技术大学国家同步辐射实验室
149	曙光 1000 大规模并行计算机系统
152	2.16 米光学天文望远镜
155	无缆水下机器人的研究开发与应用
158	新型非线性光学晶体低温相偏硼酸钡
161	我国金矿成矿模式找矿方向及找矿选矿技术方法研究
165	澄江生物群和寒武纪大爆发
170	新型肥料—长效碳酸氢铵的研制与应用
175	合成气经由二甲醚制取低碳烯烃新工艺
179	《中华人民共和国国家经济地图集》编制研究
183	北京自由电子激光装置
187	曙光一号共享存储多处理机系统
192	高空机载遥感实用系统
196	从 CO+H ₂ 合成发动机燃料
198	黄淮海平原中低产地区综合治理和综合发展的研究
202	高性能中空纤维氢氧膜分离器
205	附录: 中国科学院 1956—1998 年获国家自然科学奖、 技术发明奖和科技进步奖项目



典型域上的多元复变数函数论

撰稿：数学研究所 陆启铿

已故数学大师华罗庚院士，是中国科学院数学研究所的始创人。他的知识渊博，研究领域有多元复变数函数、数论、代数及应用数学几个领域。在每个领域都培养了一批优秀的学生，其中有好几个已成为中国科学院院士。他研究的典型域上的多元复变数函数论，于1956年获第一届国家自然科学一等奖。

华罗庚院士1958年在科学出版社出版了《多复变数论中典型域上的调和分析》一书。此书的初稿完成于1954年，是申请一等奖的依据，此书一出版即引起国际上的高度重视，首先是苏联科学院Steklov数学研究所于同年便来函要求将此书翻译为俄文出版，但由于苏联人同时精通中文及数学的不多，请华老先译为英文再由他们译为俄文出版。我曾协助华老作翻译及校正工作，华老在序言中对此曾提及。英文版是1963年从俄文版再翻译成英文，由美国数学会出版的。英文版出版之后，此书受到全世界数学界的普遍关注，成为这方面研究的必然要引用的书籍，得到国际上的高度评价。丘成桐教授(菲尔士奖，瑞典科学院卡拉夫奖，美国国家科学奖获得者)认为华老这方面的研究成果领先世界十年。

华老对多元复变函数的研究始于40年代抗战期间在昆明西南联合大学。当时条件非常艰苦，住在人畜共食的牛棚楼上，白天日寇飞机经常来轰炸。他在空袭时仍在防空洞中看资料。他想把数论中经常要用的单复变数自守函数理论推广到多元复变函数，其目的我认为是要解决数论的一些问题。有一次日机的炸弹命中他躲的防空洞，防空洞被炸塌，把他和正在看的书埋在土中，听说是没学复院士把他和他的书从泥土中挖出来的。这本书是德文的单复变数自守函数的书，华老这种临危不惧，专心研究的精神，实



华罗庚院士工作照

为后世科学研究者学习的楷模。

与此同时，在大洋彼岸有一位因不满法西斯希特勒排犹而离开德国的大数论家及天体力学家西格尔，也在美国普林斯顿想把单复变数的自守函数推广到多复变数。由于单复变数的自守函数论主要理论是在单位圆内讨论，他们不约而同的考虑与单位圆最相近的多复变数的可以用矩阵表示的有界对称域上的自守函数论，因为只有用矩阵表示才便于构造自守函数的级数表达及其基本域。此外，单复变函数的自守函数论与单位圆的非欧几何密切相关，所以他们也就不约而同的从研究典型域的几何开始。典型域是华老统称可以用矩阵表示的有界对称域。西格尔发表的第一篇文章是1943年在《美国年刊》的叫



“辛几何”的文章。华老发表的文章是1944年在同一期刊上叫“矩阵变数的自守函数论”的文章。据华老的回忆，他和西格尔的投稿差不多是同时，但华老的稿件由于二战时期从昆明到美国邮件要历经几个月才寄到，而西格尔本人当时就在美国，所以先收到后者的稿，并建议华老参照西格尔的文章作些修改。西格尔接着用矩阵为变数构造模函数（自守函数的一种），之后就把注意力转向天体力学，不过他研究天体力学的方法是源出于他“辛几何”的文章。现在国际上最热门的几何研究方向之一，就是辛几何；此外，已故冯康院士1997年获国家自然科学一等奖的辛算法，据他生前和撰稿人的交谈中获知，他的工作与西格尔天体力学及华罗庚发表在《美国数学会集刊》上的文章“在群作用下圆的分类”有密切关系。战后西格尔回德，受到德国科学界的高度尊敬。他逝世后举行了一个非常隆重的纪念会。他在60年代曾写过三卷“函数论”讲义，其中参考文献内引用华老及其学生的文章有十几篇之多。

华老战后去美国，继续研究多复变函数。1946年在美国《数学年刊》上发表的文章“多复变函数的自守函数”成为一经典著作，为研究自守函数的名家所必引用。多复变数自守函数理论，至今已发展成为数学最重要的研究方向之一。解决费马大定理的作者威尔士，就曾在Langland讨论班中获益匪浅，而Langland就是目前多复变数自守函数的权威人士。他在普林斯顿高等研究所主持的讨论班，一直是围绕着多复变数的自守形式，即自守函数的推广。此外，华老在上述文章中引进一微分度量，现在称做华罗庚度量。

华罗庚1950年初毅然回国，当时才40岁，正值盛年。在新中国成立后的最初十年，也是他精力最充沛的十年，主要从事的研究仍然是多复变函数。他的主要工作就是他专著中的多复变数典型域上的调和分析。

最早的调和分析即富氏分析。富氏分析是研究单位圆上适合方程

$$\frac{d^2u}{d\theta^2} = -\lambda u$$

的一组完备正交归一函数系。熟知方程的解有 $\cos n\theta$ 与 $\sin n\theta$ $n=1, 2, \dots$ 。

这就是一组最简单明了的完备正交系。 $\cos n\theta$ 与 $\sin n\theta$ 称为特征函数， $\lambda = n^2$ 称为特征值。自富氏分析问世以来，它在工程与物理领域皆有广泛的应用。数学家也对此有十分深刻的研究，自然会考虑把富氏分析推广为多个变数，或者把微分方程推广为算子的情形。在实际应用上也有此需要。例如量子力学要考虑算子的特征值与特征向量。但在华罗庚以前，富氏分析的推广多是平行推广。如考虑多个单位圆周的拓扑积情形，或者抽象的，证明某些空间的完备正交归一系的存在。这样对实际的应用是远远不够。如上所述，华罗庚院士早就认识到单变数的自守函数的推广是典型域上的自守函数，他同样认为单位圆上的调和分析的推广为典型域上的调和分析。他用群表示论具体构造了典型域上的绝对值平方可积全纯函数的一组完备正交归一函数系。群表示论与正交系的关系并非始创自华罗庚，但能够具体的找出非显然的例子的所有不可约表示与计算其正交化所需种种常数，应是始于华老在50年代初期的工作。这使得60年代调和分析在国际上开始热门起来。调和分析权威，普林斯顿大学教授斯坦，在一次学术会议上曾当着华老和他的学生面说，“我是华的名誉学生”。他是使华罗庚成为美国科学院外籍院士的推荐人之一。

华罗庚要把一表示化为适合的所需条件的不可约表示时，应用了两个奇妙的代数恒等式。这两个代数恒等式的成立，虽然可以用逐步跟着他的证明知道其成立。然而华老到底是怎样想出这两个恒等式来的，我只能惊叹他是天才。但华老从不认为自己是天才，这只好归因于他有很好的数学直觉。此外，正交归一化所需的常数要用到很多矩阵积分的计算，他以惊人的技巧把许多复杂的矩阵积分计算出来。这些矩阵积分计算的技巧，后来被一些理论物理学家所应用，写了不少论文。



在谈到矩阵积分时,不能不说到他所引进的矩阵极坐标。最初他是为了计算矩阵积分而引进的,但后来发现体积元素的矩阵极坐标的表达式与李代数根系的计算有密切的关系,使得后人对一些根系的计算大为容易。此外,矩阵极坐标对于对称空间的几何研究也十分有用。

华罗庚的典型域上的调和分析开始仅是考虑适合方程

$$\frac{\partial u}{\partial z_j} = 0 \quad j=1, \dots, n$$

的平方可积的完备正交归一函数,接着考虑更复杂的方程的调和分析。很自然是方程

$$\Delta u = -\lambda u,$$

其中 Δ 是Laplace-Beltrami算子。这首先要弄清楚 $\lambda=0$ 的情形。此时 u 称为调和函数。通常的算子 Δ (即在欧氏空间的)是

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \dots + \frac{\partial^2 u}{\partial x_n^2}.$$

已知调和函数的Dirichlet问题是给定一域的边界值,存在唯一的解,但典型域的情况大不一样, Δ 是一变系数的微分算子,后被称为华算子。除了球体的情形外,只给定典型域边界的一部分(叫特征流形或Silov边界)便有唯一的解;任意给与整个边界值,解便不一定存在,这是椭圆微分方程理论的一个重大发现。对于球体的情形,华老也有重要的发现,就是

$$\Delta u = 0$$

在球内是椭圆型,在球外是双曲型,在球面上是抛物型,这对混合型微分方程的研究,起了很大的推进作用,引起了后人的进一步研究。华老的调和函数论不仅适用于典型域,而且适用于非紧的黎曼对称空间。这个理论是系统的、完整的,其成果总结在1959年《中国科学》国庆十周年特刊“典型域的调和函数论”(与陆启铿合作)长

篇文章中,但基本的思想在他获奖的书中已经提出来了。此后,国内外不少人继续作推广工作,华老多元复变函数的研究方法,有浓厚的中国特色,在国外他和他的学生被称为华罗庚学派。

对于紧致的流形, $\Delta u=0$ 只有常数解。研究 $\Delta u = -\lambda u$ 的解,首先要知道特征值 λ 可能是什么,这也是调和分析的问题,是60年代以后国际上最热门问题之一。他的学生和学生的学生也有人在此做过很好的工作,无怪乎丘成桐教授说华老的工作领先国际十年。

华老用典型域的矩阵方法考虑数学物理问题是鲜为人知的,但我有幸知道他60年代初期在中山大学讲学的一份讲义,就是用矩阵的方法处理狭义相对论。此讲义目前已无法找到。狭义相对论的未来光锥就是第四类典型域的特征流形。第四类典型域 $n=4$ 时 Bergman 核函数在华老获奖的书中知道可以写为

$$\frac{1}{\text{deg} Z}$$

的若干次方的形式。习知Bergmann核函数是次调和函数,它的若干次方也是次调和函数。他的学生的学生周向宇解决“扩充未来光锥管域”猜想的证明中,重要的一步就是要构造一个在未来扩充光锥管状域的次调和函数。上述的函数就是。这一看如果不是华派的弟子是难以想到的。由于解决这一猜想,俄国科学院Steklov研究所授予周向宇俄国国家科学博士,这是有史以来中国人从俄国获得的第三个科学博士学位。

在上面提到的讲义中,华老还曾把Dirac算子用矩阵的方法处理,准备对Dirac算子的热核进行研究。我们知道,从70年代到今天,从指标定理到Seiberg-Witten方程,无一不是与Dirac算子的研究有关,对数学与理论物理产生巨大的影响。华老的思想是超前的。



关于示性类和示嵌类的研究

撰稿：系统科学研究所 胡作玄



吴文俊院士在作学术报告

吴文俊关于示性类和示嵌类的工作属于代数拓扑学和微分拓扑学。代数拓扑学虽然迄今只有100年的历史，却是当代数学的核心，它的概念与方法已经以这样或那样的方式渗透到数学中几乎所有重要领域，而且最近20多年来也渗透到物理学领域，包括杨振宁-米尔斯规范场理论以及弦和超弦理论。

拓扑学的最主要问题，就是它的基本对象——流形和复合形的刻划、不变量和分类以及具体实现问题。吴文俊的示性类研究属于前一范畴，而示嵌类研究则属于后一范畴。由此看来，他的研究工作实际上是拓扑学的核心问题的重大突破。

一 示性类

经典的示性类来源于纤维丛概念的引进，大数学家庞加莱在上世纪末引进一些最基本的

拓扑不变量，到本世纪30年代末一直没有更大突破，一直到30年代中期，由于纤维丛、上同调、微分流形和纤维丛概念的引入，使拓扑学产生了飞跃，从而形成50年代、60年代拓扑学带动数学大发展的局面，吴文俊就是在这个国际前沿开始他一系列创造性工作的。

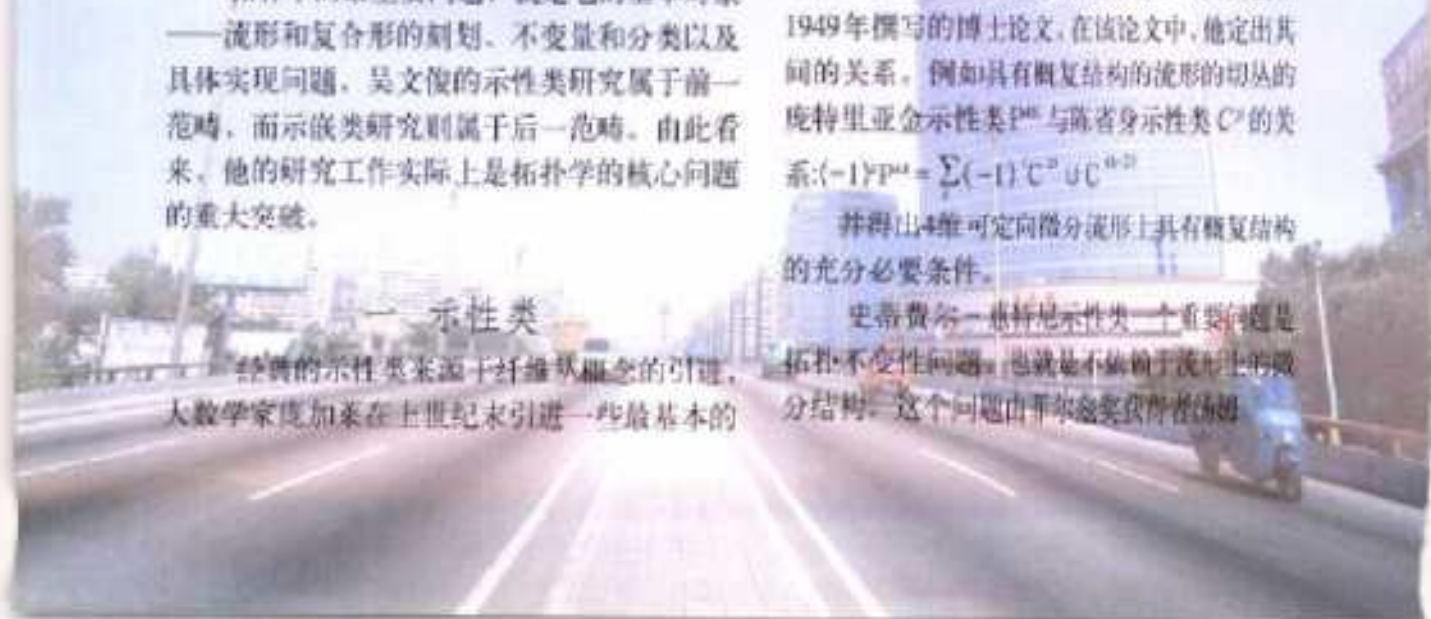
经典的示性类是由瑞士数学家史蒂费尔(E. Stiefel)、美国数学家惠特尼(H. Whitney)苏联数学家庞特里亚金(L. Pontryagin)和陈省身从不同途径引进的。其中惠特尼和陈省身都因此以及其他工作荣获当代数学最高奖——沃尔夫奖。他们引进的示性类分别称为史蒂费尔-惠特尼示性类、庞特里亚金示性类和陈省身示性类。

吴文俊开始工作时，这些概念还在萌芽阶段。吴文俊的工作为示性类理论做了奠基性的工作。甚至这些示性类的名称也来自吴文俊在1949年撰写的博士论文，在该论文中，他定出其间的关系。例如具有复结构的流形的切丛的庞特里亚金示性类 P^{2k} 与陈省身示性类 C^k 的关系：

$$(-1)^k P^{2k} = \sum_{i=0}^k (-1)^i C^i \cup C^{k-i}$$

并得出4维可定向微分流形上具有复结构的充分必要条件。

史蒂费尔-惠特尼示性类一个重要问题是拓扑不变性问题，也就是不依赖于流形上的微分结构。这个问题由菲尔兹奖获得者汤姆





(R.Thom)和吴文俊独立在1950年解决,而吴文俊则更进一步,把它用上同调运算明显地表示出来。

设 M 为紧微分流形, 则可通过上同调运算 Sq 定义上同调类 V , 使得对所有上同调类 X , 有

$$V \cup X = Sq X.$$

V 也称为吴文俊类。这样, 史蒂费尔-惠特尼示性类 W 就可以漂亮地表示为

$$W = Sq V$$

这个公式常称为吴文俊公式, 它不仅具体表示出示性类, 而且一举证明该示性类的拓扑不变性同伦不变性。

作为工具, 吴文俊对于格拉斯曼流形定义了一系列上同调运算, 例如

$$S_0^r W^n = \sum_{i=0}^r \binom{n}{i} W^{n-i} W^i$$

其中 $\binom{n}{i}$ 为模 2 二项系数。由此得出, 球丛的史蒂费尔-惠特尼示性类由维数为 2^k 的示性类完全决定。1956年道尔德(Dold)在吴文俊工作的基础上证明: 吴文俊公式是示性类之间的唯一关系式, 即吴公式是完备的。从而完满地为史蒂费尔-惠特尼示性类理论画上了句号。

庞特里亚金示性类则远为复杂, 由于它是整系数示性类, 而且后来知道它也不是拓扑不变的。吴文俊在 50 年代得出当时最佳的结果:

1. 定向闭微分流形上 P^3 在模 3 约化后是拓扑不变的, 特别是定向 M^4 的庞特里亚金示性类必为 3 的倍数。

2. 定向闭微分流形上 P^4 在模 4 约化后是拓扑不变的。

由于 P^4 一般非拓扑不变量, 40 年来, 这方面没有进展, 直到 1995 年才由两位印度数学家取得突破, 在这期间, 在吴文俊工作的基础上, 汤姆、米尔诺(J.Milnor)、诺维科夫(S.Novikov)等人证明一些基本结果, 他们都是菲尔兹奖获得者, 他们得出:

1. 有理庞特里亚金示性类的组合不变性
 2. 有理庞特里亚金示性类的拓扑不变性
 3. 整数庞特里亚金示性类非拓扑不变
- 示性类理论不仅本身是漂亮完整的理论,

而且在拓扑学及其它领域的发展起着关键的作用, 其中最重要的有:

1. 汤姆的配边理论及其各种推广, 这是流形及其上结构的一个粗分类理论, 有着各种应用, 包括下面 2、3 两项。

2. 米尔诺关于球面上存在非平凡的微分结构, 这导致微分拓扑学的新突破。

3. 希采布鲁赫(F.Hirzebruch)证明一般代数簇的黎曼-洛赫定理, 由此直接导出本世纪最重要成就之一: 阿提雅(M.F.Atiyah)-辛格(G.Singer)指标定理, 希采布鲁赫是沃尔夫奖获得者, 战后德国数学界的领袖人物, 他本人对示性类也有重大贡献, 阿提雅则是菲尔兹奖获得者, 公认为世界数学界的领袖人物之一。在他们的著作中都多次提到吴文俊的名字, 并引用吴文俊的著作。

4. 美国数学家博特(R.Bott)和米尔诺等关于霍普夫(H.Hopf)不变量的工作, 特别是由此得出关于代数学的一个基本定理: 有限维可除代数的维数只可能是 1, 2, 4, 8。

5. 嵌入问题, 见下节。

由于吴文俊等数学家奠定了示性类理论的基础, 并以其为出发点, 衍生出各种新的示性类, 它们在各个方面起着重要的作用, 从 50 年代到今天, 这个领域仍然在蓬勃发展。

二. 示嵌类

几何学与拓扑学中最基本的问题之一是实现或嵌入问题。初等几何学中的对象如曲线、曲面, 都是放置在欧氏空间中, 往往通过坐标和方程来定义, 但是拓扑学的对象, 拓扑空间、复合形或多面体, 特别是流形都是抽象地或内蕴地定义的, 这样就自然产生一个问题: 是否可以把它们放置在欧氏空间中使我们产生一个具体的形象(成为其中的子流形或子复形), 或者更具体地把它们的方程写出来, 这就是实现或嵌入问题。

最一般的情况是, 如果存在从拓扑空间 V 到拓扑空间 W 内的内胚 F , 则称 F 为 V 到 W 内的



拓扑嵌入。如果 F 只是连续映射,且 F 在 V 的每点 P 的邻域 U ,使得 F 在 U 上是同胚,则称 F 为拓扑浸入。如果存在满足这个条件的 F ,则称 V 可嵌入或可浸入在 W 之中。在研究嵌入问题时,我们常把 W 取做欧氏空间 R^n 。

由于嵌入或浸入讨论的是映射,因此除拓扑空间和拓扑映射之外,也可考虑复合形和分段线性映射微分流表和微分映射乃至解析流形和解析映射以及黎曼流形和等距映射。这样区别得出各种不同情况下的嵌入和浸入。

在吴文俊工作之前,各种情形有一些独立的结果:

1. n 维复合形可嵌入在 R^{2n+1} 中,这个结果很早就知道,1934年荷兰数学家范-坎本(E.R.Van Kampen)和弗洛里斯(A.J.Flores)证明存在 n 维复合形不能嵌入在 R^{2n} 之中。这样, $2n+1$ 就是最佳的维数。范-坎本还给出 n 维复合形嵌入在 R^{2n} 中的充分且必要条件,但是他的这一证明是错的。

2. 对于微分流形,惠特尼证明了经典的结果:

① n 维微分流形都可以嵌入在 R^{2n} 中

② n 维微分流形都可以浸入 R^{2n+1} 中

③ 如果 M^k 浸入在 R^{m+k} 中,则 M^k 的法丛的史蒂费尔-惠特尼示性类 $\bar{w}_i(M^k)$ 满足 $\bar{w}_i(M^k)=0, (i > k)$

④ 如果 M^k 嵌入在 R^{m+k} 中,则

$$\bar{w}_i(M^k)=0, (i > k)$$

3. 汤姆对于紧局部连通的拓扑空间在 R^n 中,给出必要条件。

吴文俊从1953年起,把以上表面上既互不相关,方法上又迥异的理论融合成一个理论。现在的主要问题是存在嵌入或浸入的条件,而这个条件就是所谓示嵌类为零。

吴文俊通过史密斯(P.A.Smith)的周期变换理论定义示嵌类:考虑一个空间的 p 重约化积 $\bar{X} = X \times \Delta$,其中 Δ 为对角积, τ 为其上的循环置换,对应于 X 关于 τ 的商空间 X_p ,可定义一组上同调类 $\bar{w}_i(X) \in H(X, Z$ 或 $Z_2)$,系数取 Z 或 Z_2 视 i 为偶或奇而定。对于这个示嵌类,他得出

一般的定理:

定理1. X 可嵌入到 R^N 中,则

$$\bar{w}_i(X)=0, i > N(p-1)$$

这一定理包括上述所有定理为其特例。他还指出,对于任何 $m > n, m < 2n$ 都存在 n 维复形,可嵌入在 R^m 中但不能嵌入在 R^n 中。

对于 n 维复合形,他进而定义示嵌类,示嵌类,给出一系列充分必要条件:

定理2. 当 $n=2$ 时, n 维复合形 K^n 可在 R^{2n} 中嵌入的充分且必要条件为

$$\bar{w}_i(K^n)=0$$

由此可知,在下列情形, K^n 可嵌入于 R^{2n} :

$$1. H_1(K^n, Z)=0$$

$$2. H_2(K^n)=0$$

3. K^n 的任意 $(n-1)$ 维单形至多是两个 n 维单形的面,特别当 K^n 是 n 维组合流形或伪流形。

定理3. 当 $n=3$ 时, K^n 可浸入于 R^{2n} 中的充分且必要条件为示嵌类

$$\bar{w}_i(K^n)=0$$

定理4. 当 $n>1$ 时,两个 K^n 到 R^{2n+1} 中的嵌入 f, g 同痕的充分必要条件是:

$$\bar{w}_i(K^n)=0$$

对于微分情形,他证明 $n>1$,所有 n 维微分流形在 R^{2n+1} 中的微分嵌入均同痕,从而可知高维纽结不存在,这显示 $n=1$ 与 $n>1$ 有着根本的不同。

吴文俊关于示嵌类的工作的重要意义还在于他运用独创的方法来研究非同伦性的拓扑问题,由于大多数拓扑学的问题都可以转化为同伦的问题,大多数拓扑不变量也是同伦不变量,这就使研究像嵌入问题这类非同伦的拓扑问题具有极大的难度。正是因为他早在1953年就找到系统构造非同伦拓扑不变量的方法,使他在实现问题上有所突破。

到50年代中期,吴文俊的示嵌类工作一直在国际上居于领先地位。1958年他去法国留学,影响了像海富尔(Haefliger)等数学家,他们对于嵌入理论有了进一步发展。美国数学家、菲尔兹奖获得者斯梅尔(S.Smale)早期工作也受到定



文俊工作的影响。

吴文俊关于示族类的工作总结在《可定向在欧氏空间中的实现》专著中。本书最早在1957年出油印本，1964年由科学出版社出版英文本，中文本则在文革结束时才问世。

60年代末、70年代初期，吴文俊为他的嵌入理论找到了实际应用。集成电路布线问题实际上就是一个线性图的平面嵌入问题。吴文俊运用示族类理论把这个问题归结为模2方程的计算问题，通过示族类理论不仅可以得出集成电路是否可以有布在平面上的判断，而且可以指导如何更好的布线。他的方法具有完全可计算，可上计算机，效率远超过同类算法等优点，1976年美国数学会访问团访华时，著名应用数学家，沃尔夫奖获得者凯勒(J.Keller)当即指出，“这是真正的应用数学”。

拓扑学的实现理论由于本身的重要性，一直受到数学家重视，但集中于比较特殊的具体问题。而一般理论则是吴文俊的示族类理论，它

仍然是最一般的，并居于中心地位。

由于政治形势的原因，吴文俊在50年代末大致已脱离示性类和示族类的研究，但是，他的理论一直受到国际上的重视，成为名副其实的现代经典理论。

值得注意的是，吴文俊是中国大陆最有国际声誉的数学家之一，他的名字不仅被多次用来命名定理、公式等等，而且收入专著、教科书，乃至工具书中，例如岩波《数学辞典》和苏联—美国的《数学百科全书》。他的工作是大陆数学家引用量最高的一位，估计有上千次，而且时至今日他的老文章也仍在被引用。笔者查阅1998年度的国际著名数学杂志《数学进展》，6月一期的一篇论文，引用了34篇论文，其中最早的一篇就是吴文俊1950年发表的示性类的论文，而且这些引用往往不是局部修修补补的自我引用，引用者大都是国际上最著名的大数学家，特别是拓扑学家。





工程控制论

撰稿：力学研究所 薛明伦
自动化研究所 戴汝为

相对论、量子力学以及控制论被认为是 20 世纪的三项伟大科学成就。1948 年美国科学家维纳发表专著提出了控制论 (Cybernetics)。由于副标题是“关于在动物和机器中控制和通讯的科学”，而受到当时苏联哲学界和部分科学界的严厉批判。1954 年钱学森在美国出版了工程控制论一书，仅涉及控制与导航方面的工作，成为推动控制论科学思想的代表人物之一。由于工程控制论的问世仅涉及工程中的控制问题，以



钱学森院士在作报告

及钱学森于 1955 年返回祖国，当时前苏联哲学界和部分科学界从对控制论的批判态度而转变为赞扬。

工程控制论的目的是研究控制论这门学科中能够直接用于工程上设计被控系统或被操纵系统的那些部分。它把一般概括性的理论和实际工程经验很好的结合起来，对工程技术各个系统的自动控制和自动调节理论作了一个全面的探讨。它一方面奠定了工程控制论这门技术科学的理论基础，另一方面指出了这门学科今后的发展方向。工程控制论使人类可能有更广阔的眼界用更系统的方法观察有关的问题，因而往往可以得到解决旧问题的更有效的新方法。工程控制论还可以揭示新的以前没有看到的前景。工程控制论在学术上达到当时国际领先水平，为我国这门学科的发展奠定了基础。在

自动化、无线电电子学、航天技术及系统工程等专业领域都得到广泛应用。这本书所阐明的基本理论和观点至今仍是这门学科的理论基础，至今仍为世界各国的科学技术工作者所引用和参考。

钱学森是著名的力学家，他亲身参与了美国应用力学的发展，经历了流体力学作为一门技术科学，怎样从水利工程师、气象工程师、空气动力工程师以及其他领域工程师们的工程技术实践中加以总结提高，从而分离出来的过程。由于有了流体力学提供的理论与方法，上述领域的工程师们才能在他们日常的工程技术实践中分享流体力学研究成果。至少可以说，如果没有流体力学提供的理论与方法，对超声速流动的了解与利用肯定会大大延迟。站在这样的科学思想和方法论高度，钱学森在 40 年代末、50



年代初对二次世界大战后迅速发展的控制与制导工程技术实践进行全面观察时，具有比旁人更敏锐的眼光去发现、提炼出指导控制与制导系统设计的普遍性概念、原理、理论和方法，从而创建了作为一门技术科学的《工程控制论》，就是十分自然的事了。

1956年钱学森的专著《工程控制论(Engineering Cybernetics)》获国家自然科学一等奖，当时钱学森任中科院力学研究所所长。第一版《工程控制论》是用英文发表的，1954年由麦格劳-希尔(McGraw-Hill)图书公司在美国出版。此后，俄译本于1956年，德译本于1957年，中文译本于1958年相继出版。书中所阐明的基本理论和观点，一方面奠定了工程控制论这门技术科学的

基础，另一方面指出了进一步研究的方向，对自动化科学技术理论的进展起了重要作用，原书的中、英、德、俄等各种文版不断为世界各国科学技术工作者所引证和参考。已故自动控制专家高为炳院士，曾于90年代中期撰文，认为工程控制论是自动控制领域中引用率最高的著作。宋健和其他几位中青年控制理论科学家根据钱学森的委托而完成的《工程控制论(修订版)》，1980年出版。工程控制论从深度到广度上推动了国际上，尤其是国内电子计算机技术革命、核能技术革命、航天技术革命和光子技术革命的发展，从而为“两弹一星”的研制成功和发展以及一大批高新技术的发展奠定了基础。

