

★纪念建院四十周年★

中国科学院数学、天文学
和力学四十年

王 元 王绶琯 郑哲敏*

(数学学部)

我国古代的数学、天文学和力学,都有着辉煌的成就。但是,新中国建国以前,我国现代数学研究事业仅是初告形成,现代天文学研究事业仅有断断续续的局部的开展,现代力学仅有应用而谈不上研究。新中国建立以后的 40 年来,我院数学、天文学和力学的研究人才和研究机构有了快速增加,布局日趋合理,研究手段逐步趋于现代化,研究领域迅速扩大,研究成果不断涌现。数学研究工作的有些成果达到世界先进水平或处于国际领先地位;天文学观测研究有了巨大的发展,有些领域取得了不亚于国际同行的宝贵成果;力学研究工作为我国国防和国民经济建设作出了重要贡献,并在一些重要力学问题研究和实验设备研制方面取得了国际水平的成果。

我院 40 年来数学、天文学和力学研究事业的发展概况、主要成就和初浅体会,将分别简述如下。

数 学 研 究

中国科学院的数学研究工作,发端于 1950 年。是年,我院集中了以华罗庚为首的一批优秀数学家,着手筹建数学研究机构,开展近代数学研究。1952 年建立了数学研究所,1958 年中国科学技术大学设立了数学系,1976 年组建了成都数理科学研究室,1977 年组建了计算中心,1979 年组建了系统科学研究所、应用数学研究所和武汉数学物理研究所。1956 年以后,在我国 12 年科技发展远景规划指导下,我院的数学研究有了较大的发展;1958 至 1960 年的“大跃进”时期,数学基础理论的研究受到极大冲击;1961 至 1965 年,在出成果出人才的方针指引下,数学研究出现了稳定发展的局面;“文化大革命”期间,数学研究被迫中断;1972 年以后,数学研究工作重新开展起来并迅速走上健康发展的道路。40 年来,我院的数学研究在曲折的道路上,经过几代人的艰苦奋斗,获得了巨大的成绩。

数学研究主要靠人的思维。人才济济,特别是拔尖人才的不断涌现,是我院数学领域最突出的特点。解放前,我国数学研究人员总人数不足百名,而今天,仅我院北京地区几个单位的数学研究人员,就达 500 名之多。现在我院已形成了一支研究门类齐全并拥有学科带头人和

* 王元系学部委员

王绶琯系学部委员,北京天文台名誉台长

郑哲敏系学部委员,力学研究所所长

参加本文工作的还有(以姓氏笔划为序):张秀琴 罗声雄 唐廷友

科研骨干的实力相当强的队伍。他们之中有几十人领导着我国数学各主要分支学科的研究工作,堪称我国一流的数学家,并在国际数学界占有一席之地。

多年来,这支队伍孜孜求索,刻苦钻研,成果丰硕。仅我院北京地区 3 个数学研究所的不完全统计,40 年来完成的学术论文就达 3000 余篇,相当于我国解放前数学论文总数的 4 倍。这些论文的内容涉及数学的大部分领域,有些成果达到世界先进水平或处于国际领先地位,其中荣获国家自然科学奖一等奖 3 项,二等奖 3 项,三等奖 4 项,为推动我国科学事业的发展做出了贡献,也为世界数学文库增添了东方人的光辉一页。

几十年来,数学工作者始终关心国家建设,把数学理论与方法应用于经济和国防部门,获得了几百项经济效益较高的应用成果。

在中国科学院的数学发展过程中,孕育、开创和推动了计算机科学研究,为计算机科学输送了大量人才,提供了许多数学理论与方法。这是我院数学工作者为我国科学技术现代化作出的不可低估的贡献。

以下,我们从纯粹数学、应用数学和计算机科学三个方面,叙述我院数学研究的成就。

纯粹数学: 纯粹数学是我院数学研究的核心,也是发展应用数学和计算机科学的基础。40 年来,我院在数理逻辑、数论、代数、微分几何、拓扑学、函数论、泛函分析、微分方程、概率论等学科领域取得的成就,在我国数学界是首屈一指的。尤其在数论、拓扑学、函数论研究中获得的许多成果,令世人瞩目。

数论是我院最早开拓的近代数学研究领域之一。50 年代,华罗庚组织领导了“数论导引与哥德巴赫猜想”讨论班,培养了一批优秀数学家。1956 年,王元证明了 $(3, 4)$,即每一个充分大的偶数都是一个不超过 3 个素数的乘积与一个不超过 4 个素数的乘积之和。这是我国有关哥德巴赫猜想的第一个成果。不久,他又证明了 $(2, 3)$,山东大学潘承洞证明了 $(1, 4)$ 。1965 年,苏联与西方的几位著名数学家证明了 $(1, 3)$ 。1966 年,陈景润对筛法作了重要改进,证明了 $(1, 2)$,国际上称 $(1, 2)$ 为“陈氏定理”,至今 20 多年,世人还没有把陈的结果再向前推进一步。

数论在近似分析中的应用,是华罗庚、王元开拓的新研究领域。他们提出了用分圆域的独立单位系构造单位立方体上一致分布伪随机数的方法。由此得到的计算多重积分的近似方法有很高的精确度。国际上称之为“华—王方法”。

吴文俊对拓扑学中的示性类与示嵌类的研究,取得了突出成就。他证明了流形上 Stiefel-Whitney 示性类的公式,现以“吴公式”著称。继而对庞特里亚金示性类开展了一系列研究,得到了相当完备的结果。在拓扑空间的实现这一基本问题上,吴文俊发展了一套示嵌类理论,包容了 30 年代以来国外诸家的有关理论。他的学生李邦河在微分流形的浸入理论研究中,纠正了前人的一些错误,发展了多种方法。

在 60 年代熊庆来指导下开展的工作基础上,1971 年以来,杨乐、张广厚在整函数与亚纯函数值分布理论研究方面取得了突破。他们最先发展和建立了方值与波莱尔方向间的联系;阐明了亚纯函数波莱尔方向的分布规律;解决了关于全纯函数在角域内性质的利特伍德猜想,建立了渐近值、亏值与尤利亚方向的联系。他们的工作,使得单复变函数这一经典学科获得了新的活力。

在多复变函数论领域,华罗庚创造了典型域上调和分析的系统理论,并和陆启铿共同发展

了这一理论,他们揭示了这一理论与微分几何、微分方程、群表示论、群上调和分析的深刻联系,并发现了被称为“华算子”的现象。陆启铿关于有界可递域的西瓦兹引理被国际函数论学家所公认。1978年,他和他的学生得到了目前最广形式的西瓦兹引理。钟家庆把复分析与微分几何、李代数、群表示论结合起来,作了深刻研究,得到了一系列杰出的结果。

华罗庚开创的西群傅利叶分析,在60年代由于龚升的工作而被大大丰富了。龚升研究了西群傅利叶级数的阿贝尔求和、采查罗求和、费叶求和,取得了一系列重要结果。

在华罗庚开拓的代数典型群研究领域,万哲先确定了非交换主理想环上线性群的自同构。继而,他和他的学生将有限域上典型群用于构造区组设计,给出了有限域上各类典型群的计数定理。近年来,我院代数学家解决了阿贝尔P群的分类及其他一些多年未获解的代数问题。

泛函分析学者,对线性泛函与非线性泛函作了深入研究,得到了许多重要结果。他们还肯定地回答了实 C^* —代数中条件 $\|x^*x\| = \|x\|^2$ 是否可减弱为 $\|x^*x\| = \|x^*\| \|x\|$ 的问题。

以上列举的是我院纯粹数学研究部分成果,由于笔者的局限性,实难全面反映上述领域的丰富多样的成果。鉴于某些纯粹数学学科和应用数学、计算机科学的直接关联,也为了叙述方便,我们将它们分别写进本文以下各部分。

应用数学:为适应我国社会主义建设的需要,华罗庚、关肇直、秦元勳等老一辈数学家,身体力行,用很大的精力投入应用数学研究与数学方法的普及工作。在他们的带领下,我院数学工作者开拓与发展了有应用背景的数学理论与方法的研究,对我国经济与国防建设作出了实际贡献。

1956年制订的我国12年科技发展远景规划,把微分方程、概率统计列为重点发展学科。这两个学科具有广泛的应用性。在这里先叙述一下这两大学科的理论与应用成果。

50年代以来,吴新谋在国内积极倡导微分方程研究,为高等院校培养了成百名科研教学骨干。分布在我院各研究所的微分方程专家,对各种类型的微分方程的定性问题,做了深入的研究工作。在应用性很强的非线性双曲型方程的间断解理论研究方面,取得了丰硕成果。近年来,丁夏畦引进 Ba 空间,成功地应用于具强非线性增长的变分问题及抛物型方程的研究,获得了重要结果。王光寅拓展了关于偏微分方程初值问题唯一性中的离散现象的结果,并成功地研究了存在性中的离散现象。他和他的学生,把偏微分方程研究与微分几何结合起来,在国内开拓了新的现代研究领域,并积极参与国际竞争。

我院常微分方程学者,对平面二次系统作出了具有四个极限环的例子,从而否定了彼得罗夫斯基 $N(2) = 3$ 的猜想,推动了希尔伯特第十六问题的研究。

30多年来,我院的概率论与数理统计的理论研究取得了丰硕成果。早年,王寿仁关于格子点上随机场的回归系数估计的渐近性的研究;张里干关于柯尔莫哥洛夫统计量精确分布与渐近展开的研究;成平对容许估计及其它有关估计的渐近有效性的研究,都是重要的工作。70年代以来,在时间序列分析、滤波理论、鞅与随机积分理论方面,概率统计学者做出了一系列较好的成果。与此同时,他们应用概率统计方法,协助有关经济与国防部门解决了许多实际问题,并获得了很高的经济效益。例如,他们参与了许多标准的制订工作,其中“服装型号系列标准”、“测试方法的精密度标准”获得了可观的经济效益。他们大力推广实验设计方法,使之在

全国得到广泛普及。

从 50 年代开始,我院逐步形成了一支很强的运筹学研究队伍,对全国运筹学的发展起了关键性的推动作用。我院一些数学家,对运筹学许多方面的应用理论,用严格的数学方法进行了深入研究,做出了一批高水平的工作。这在国际运筹学界具有独到之处。赵民义、吴方等完成的“最优化理论及其应用”和“最优化的理论与算法”是一批很好的理论成果,并具有广泛的实用价值,最小树形图算法的“朱-刘-Edmonds 方法”系我院运筹学者所首创。

与此同时,他们把工作重点放在我国现代化建设中出现的实际运筹学问题上。60年代,成功地将数学规划应用于大庆油田的开发方案的制订及其他一些项目。近年来,他们参与全国原油及其产品的合理分配方案的制订,将计算机模拟应用于市内交通管理、港口换装系统、露天矿装运系统和采掘过程等,都取得了明显的经济效益。特别值得提出的是,他们把经济数学的理论与方法引入国民经济计划综合平衡及黄淮海地区的开发工作中,取得了令人瞩目的成果。华罗庚开创的统筹学与优选学在国内获得广泛普及,在大范围内取得了很好的经济效益。刘源张创导的全面质量管理方法,被全国工矿企业普遍采用。

在钱学森的倡议下,1962 年我院与国防科委合作,开展了现代控制理论研究。关肇直、宋健领导一批青年数学工作者,应用现代控制理论,对航天、航空、航海中的控制、导航、制导和数据处理等问题,在数字仿真验证基础上提出了可行方案。对分布参数系统、线性系统、非线性系统、随机系统的控制问题,应用深刻的数学工具,做了系统的研究,发表了 300 余篇论文,出版专著 7 本,为我国控制理论的发展奠定了坚实的基础。

计算机科学: 这里叙述的不是计算机科学本身,而是阐明我院数学工作对这门重要学科的深刻影响。

50 年代中期,我院一些具有远见卓识的数学家,为我国开创了计算机的研制与应用研究,筹建了国内第一个计算技术研究所。胡世华、冯康、许孔时等几十名数学工作者先后进入这个研究所。1973 年,数学研究所又有几十名研究人员参与筹建中国科学院计算中心。同时,数学研究所自身还保留了数值分析研究室和计算机科学研究室。80 年代成立软件研究所时,又有一些数学工作者转入该研究所。仅以我院北京地区为例,计算机科学及其相关领域工作的数学工作者人数,远远超出了从事数学本身研究的人数。他们对我院计算机科学的发展,在学术上起了至关重要的作用。他们的数学修养深刻地影响着我院计算机科学的发展。

数理逻辑是计算机科学的理论基础。为适应计算机发展的需要,1960 年,胡世华等一批数学逻辑专家发表了递归算法论,建立的字上递归函数是世界上最早的工作。1984 年,对于 α -递归论,他们证明了对于一切小于 ω 的 α , $[0, 0']^\omega \cong [0, 0']^\alpha$ 。我院数理逻辑学者们对计算机的设计与更新,提供了许多数学思想和数学方式,为计算机科学的发展作了积极的贡献。

计算数学是数学与计算机科学之间的一个关键环节。我院计算数学的发展,大大促进了计算机的广泛应用,并影响着计算机的设计与软件的研制。

60 年代初期,冯康指导下的研究组,独立平行于西方,创造了有限元方法,在国际上最早奠定了它的数学基础。有限元方法被普遍应用于工程和科学领域,被国际上公认为是当代计算数学和计算力学的一项突出进展。近年来,冯康、林群等进一步发展了有限元方法,提出了有限元外推的理论与方法;对非光滑不协调有限元中的合理性检验标准作了系统的分析与断

定;并首创了有限元方法的程序自动生成系统。

朱幼兰等研究分离奇点的双曲型差方程得到了出色的结果。同时,他们对非线性双曲型方程初值问题差分方法及绕流问题,提出了一套系统化高精度的计算方法;对矩阵束的广义本征值问题的扰动定理论有系统的研究,得到一系列扰动定理。冯康首创的哈密尔顿方程的辛几何算法及其有关理论,引起国际上的重视。

1976年以来,吴文俊从事机械化数学的研究,把数学与计算机更直接地联系在一起。他提出了国内外公认的“吴文俊方法”。他利用计算机证明平面几何定理,并发现新定理,进而将他所建立的与以往分解法完全不同的方法,施之于微分几何定理的证明,获得了成功。

以上只是不完全地反映了我院数学工作者的贡献,也从一个侧面反映了他们孜孜求索、默默奉献的精神。正是由于他们的可贵奉献,与我国整个数学界特别是高等院校的数学研究工作汇合起来,已跻身于世界数学之林。新中国建立40年来的情况表明,我院的数学工作同我国整个的数学工作一样,已不再是从外国移植的残缺枝叶,而是具有独立发展基础的欣欣向荣的事业。诚然,同发达国家的数学水平相比,我们还存在着明显的差距。但是,我院和我国的数学工作者,定会在以往40年工作的良好基础上,继续发扬艰苦奋斗、刻苦钻研的精神,加速缩小与国际水平之间的差距、更好地为国家四化建设服务,以全新的面貌跨入21世纪。中国数学研究事业发展的前景是无限广阔的。

天 文 学 研 究

我国天文学有着悠久而辉煌的历史,但是到了近代陷入衰微。1912年在原清政府的钦天监外署设立了中央观象台,从事历书编算。1924年接管了德国在青岛建立的气象天测所。1928年,当时的中央研究院成立了天文研究所,于1934年建立了我国第一座具有现代意义的天文台——紫金山天文台。1937年天文研究所由于抗日战争将人员和部分仪器迁昆明,直到战争胜利后返回南京,赖张钰哲、陈遵妫等人勉力撑持到中华人民共和国成立。

中华人民共和国建立以后,天文研究所更名为中国科学院紫金山天文台,由张钰哲、孙克定、李珩、陈遵妫主持,聚集各地的天文工作者,利用幸存的设备,修残补缺,从头创业。1950年,我国政府接管了法国天主教耶稣会设在上海徐家汇和佘山的观象台,将其天文部分划属紫金山天文台,同年原天文研究所设在昆明的凤凰山天文台亦归属紫金山天文台。称昆明工作站。1962年,徐家汇、佘山两观象台合并组建为中国科学院上海天文台。1958年在程茂兰、肖光甲主持下开始了中国科学院北京天文台的建设。1966年于西安附近兴建中国科学院陕西天文台,1972年将昆明工作站扩建为中国科学院云南天文台。1958年开始,建设中国科学院南京天文仪器厂,后来在广州、乌鲁木齐和长春组建了人造卫星观测站。此外中国科学院自然科学史研究所于1957年设立天文学史组,测量与地球物理研究所于1962年设立武昌时辰站,高能物理研究所于1977年设立高能天体物理组,分别从事天文学有关分支的研究。1977年中国科学技术大学建立了天体物理研究室。至此,中国科学院天文研究方面共拥有5个天文台,1个大学研究中心,1个仪器厂,4个观测站,以及若干有关研究组。目前共有千余天文科技人员,其中具有高级专业职称者200余人。

以下,从天体测量及天体力学,“太阳服务”及太阳物理,恒星、星系及河外天体物理,天文

仪器和天文学史 5 个方面,介绍我院天文学研究 40 年来的进展和成就。

天体测量及天体力学的服务任务及研究进展: 中华人民共和国建立之初,经过接管、调整阶段,到 1953、1954 年,各天文台站已相继修复原有的仪器设备,陆续开展了工作,包括恒星、小行星、太阳的观测研究、历书编算、佘山观象台资料的利用等。

50 年代中期,我国天文事业进入充实、发展的时期。这一时期开端的标志是两项具有战略意义的工作:一是把当时为国民经济和国防建设所急需的授时和编历确定为这一时期的主攻目标;二是根据制订 12 年全国科技发展规划的部署,于 1956 年订出了天文学的 12 年远景规划。

当时对于历书工作的要求是摆脱对外国的依赖,独立地及时编算出供科研、测绘、航海、航空等方面使用的年历。这项任务于 60 年代初期完成,并持续有所发展,如近年编算的“公元前 1000 年至公元 3000 年日月食典”等,都具有较高的使用价值。

对于授时工作的要求,是独立订完世界时标准和发播世界时时号,其精度需满足测绘以及其他实用任务的要求。为此,于 1955 年重点装备了上海徐家汇观象台。1957 年,中国世界时时号精度满足了当时测绘等方面的需要。此后,上海和南京的天文测时部分组成了“综合世界时”服务。1958 年建立了天津纬度站,配合测时工作,监测地极移动;60 年代初期北京天文台和武昌时辰站,70 年代陕西天文台和云南天文台,也先后开展了天文测时工作。这样就形成了以上海为中心的中国综合世界时服务网。网上各台站的良好配合和长期努力,使中国综合世界时从 1963 年开始,不但随时满足了国防和国民经济的需要,而且在“经典方法”测时的各项国际合作中,均处于领先。在 1980 年至 1984 年国际地球自转联测中,我国综合网发挥了这方面的优势,获得 1987 年院科技进步一等奖。

我国的测时研究系统,同时也是以地球自转和地极移动的研究为核心的“天文地球动力学”的研究力量。20 多年来,这支队伍先是研制了精度居当代同类设备之首的光电等高仪等“经典”观测手段,并不断提高经典技术和综合处理能力;继而努力追赶国际上蓬勃发展的“新技术”(这些新技术使天文地球动力学、测时、测地等测量精度得到了飞跃性的提高),其中人造卫星激光测距系统的研制及观测研究获院 1988 年科技进步一等奖,甚长基线干涉仪 1988 年投入使用以来,已成功地进行了多次国际联合作业。

“时间服务”方面,以陕西天文台为代表发展起来的原子时及其综合、服务系统,80 年代初期加入这个行列。该台“长波授时”系统获 1987 年院科技进步特等奖及 1988 年国家科技进步一等奖。

中国科学院的人造卫星观测网以紫金山天文台为中心,组织长春、广州、乌鲁木齐、云南、北京等地的人造卫星观测部分,系统地进行中国以及国外人造卫星的测轨、定轨和预报,同时开展人造卫星动力学的研究;这个网历年承担了多项有关的国防任务和测地任务,其中“卫星动力测地”项目获 1987 年国家科技进步一等奖。

我院由“时间服务”带动起来的天体测量队伍,在“基础天文”和天体测量理论和方法上也开展了有成效的研究,近年来获院科技成果或科技进步一等奖的计有“中国光电等高仪系统的等高星表”,“低纬度子午环绝对测高原理及其检验”、“地球自转参数归算的新研究”等项目。

照相天体测量在新中国建立初期就开始利用佘山双筒望远镜及其历年积累的资料开展工作。最近在上海安装的 1.56 米天体测量望远镜启用后将使这一方面的地面实测提高到高水

平,恒星自行、三角视差等测量及研究将会有进一步的进展。

中国科学院的天体力学队伍除了在历算和人造卫星动力学研究方面的贡献外,还致力于天体力学的基本理论研究,以及小行星、彗星的搜索和定轨。后者的研究成果于1989年获国家自然科学二等奖。

“太阳服务”及太阳物理研究:中国的太阳活动预报一直结合着太阳物理研究的全局进行。目前,为监测日面活动而置于北京、南京、昆明和乌鲁木齐的10余台光学和射电设备,构成了中国的太阳活动监测网。这个服务网历年来完满、及时地完成了各项太阳活动预报任务,多次受到奖励和表扬。1969年起逐月出版《太阳地球物理资料》(1981起增出《太阳活动月报》),供国内外交流和使用。

60年代至今,南京天文仪器厂和有关天文台,先后研制成功多种太阳观测设备,其中太阳精细结构望远镜、太阳磁场望远镜等都具有自己的特色。由北京天文台和南京天文仪器厂等合作研制的太阳磁场望远镜获1989年国家科技进步一等奖。

观测手段发展的动力主要是来自实测研究的需求,我国太阳物理研究主要集中于太阳活动现象。在太阳活动的第20周及21周峰年期间,我国组织了两次联合观测,均取得足以跻身于国际先进水平的成果。“第21周太阳活动峰年联测”于1986年被授予国家科技进步一等奖。对于在80年代末来临的第22周峰年,各天文台站组织了大规模的联测。除常规的光学和射电设备外,太阳磁场望远镜、精细结构望远镜、各波段微波高时间分辨率设备(“波长10cm太阳射电高时间分辨率设备的研制”曾获1983年我院科技成果一等奖,现已推广到各个不同波段)等具有独到性能的仪器均已投入工作。磁场望远镜一年来的观测已得到很多收获。

1949年以后曾多次组织日食观测。其中,1968年9月23日,1980年2月16日分别在新疆和云南的两次多学科观测,都取得了成功。1983年6月11日在巴布亚新几内亚的日全食观测中获得高质量的色球和日冕无缝谱,并拍摄了有缝谱,在3600至6000埃中证认出的谱线达7000条之多。“日食光谱仪”被授予1983年院科技成果一等奖。

结合这些实测,以及近10余年在太阳物理理论课题上的开拓,我院太阳物理工作者在黑子结构、耀斑机制、太阳射电爆发形态和机制、太阳脉冲X射线和伽玛射线暴等研究领域均有所建树。

恒星、星系、及河外天体物理:作为当代天文学主流的天体物理学,国际上平均每年投资不下10余亿美元。我国从1956年制订天文学12年远景规划开始,筹划以有限的资金开创基业。当时考虑,第一步开始聚集和培训人才,逐步配备必需的“中型”望远镜,并在全国范围勘察天文观测条件好的台址。此后的20年中,虽然经历了艰难和挫折,但还是打下了初步基础。到今天,中国科学院的天文队伍中约有200名中、青年科技人员利用国内和国际上的研究条件,开展恒星物理、星象和宇宙学、射电天文、高能天体物理以及行星物理等领域的研究。在学科的不同前沿上有所开拓。其中如星系旋臂密度波机制、类星体吸收线的解释、宇宙大尺度结构、宇宙模型、密近双星的测量和机制、恒星风、脉冲星的物理机制、宇宙 γ 射线机制、致密天体及吸积盘、天体现象的切仑柯夫效应理论、天体中非定常对流统计理论、分子云的观测和机制、行星环探测、哈雷彗星联测以及射电天文方法和数据处理、高空气球硬X射线探测和红外探测等方面的工作,均足以代表所获得(虽然大小不一)的建树。

在观测手段方面,自50年代后期到70年代,先后在光学观测条件较佳的地区兴建了北京

和云南两个天文台。在北京台兴隆站安置的 60/90 厘米施密特望远镜和几台小型反射望远镜,以及在云南台安置的配有 CCD 探测器的 1 米反射望远镜,在开展实测研究,培训科研队伍上起了奠基性的作用。由南京天文仪器厂承担建造的 2.16 米反射望远镜现正在兴隆站安装,这是我国配设的第一具“中型”光学实测设备。此外,安装在兴隆站的 1.26 米红外望远镜已投入观测,上海天文台的 1.56 米天体测量望远镜再加适当配备,也可以部分时间用于天体物理观测。

近几年,射电天文的几项中型设备也已陆续研制成功:北京天文台的米波综合孔径射电望远镜(获 1985 年国家科技进步二等奖)已进入常规工作;上海天文台的甚长基线干涉仪单元将以 1 米时间开展天体物理观测(已有了一例);“中国甚长基线干涉仪网”的第二期工程已开始建设;紫金山天文台在青海德令哈毫米波天文站安装的 13.7 米毫米波射电望远镜,(13 毫米波的),1989 年内将可开始试观测。

这些中型设备(光学的和射电的)的陆续启用,将为中国的实测天体物理打开新的局面。

空间天文方面,高能物理研究所的高空气球技术继几年来成功观测之后,将向 10 万立方米级气球发展。硬 X 射线探测器技术也在进展中。近来还酝酿了人造卫星天文探测的各种方案。

天文仪器:在上述各门学科的进展中,都交融着天文仪器的进展。我国于 60 年代设立南京天文仪器厂,面向学科发展,研究和制造各类天文设备。20 年来的成绩已散见前面的叙述中。光学、射电、空间天文设备的探测器系统和数据采集处理系统,大部分属高档电子学和数字技术,在实施开放政策以来,有了较快进展。前述各项设备的运转情况说明了我国各天文台、所、厂的技术队伍具备有相当的实力。

天文学史:我国古代天文学留下了许多珍贵的记录。中华人民共和国建立之前,我国现代天文学的启蒙者多对中国天文学史有所研究。新中国建立以来,这种努力在自然科学史研究所和各个天文研究单位中得到继承和加强。50 年代后期以来,通过我国(兼及一些其他国家)古天文资料的整理和分析,使现代观测所得的一些天文现象的研究时段得以大幅度“向后”延伸。这种“古史今用”的方法受到广泛重视,其中如利用古新星记录证认超新星遗迹并判定其年龄,曾引起很大反响;利用古代太阳黑子和极光资料研究太阳活动周期的“稳定性”,也得到有意义的结果。70 年代中期,我院负责组织中国天文学史整理研究小组和中国天象资料组,组织全国百余个单位的 300 余人,查阅史籍 15 万余卷,编辑出版了《中国古代天象记录总集》,《中国天文史料汇编》等十数种专著,并发表研究文章数百篇。

40 年来,我院的天文学发展经历了三个阶段:从中华人民共和国成立到 50 年代中期是草创阶段。当时的指导思想是“任务带学科”。为此首先满足“时间服务”和“历书编算”的急务,而由此带动了天体测量学和天体力学的建设。

1956 年天文学学科远景规划的制定,标志着第二阶段的开始。这一时期延至 60 年代中期,基调是“全面发展,赶超世界”。这使得天体物理学的建设(包括南、北光学天文台的兴建),射电天文学以及空间天文学的设立,得以逐一实施。这期间强调开展的“太阳预报服务”和“人造卫星定轨服务”,加上不断得到加强的“时间服务”突出地显示出我国天文工作浓重的实用性色彩,并由此形成了今天我国天文工作中天体测量、太阳物理和其他部分的天体物理三足鼎立的格局。

“文化大革命”之后,开展了现阶段的重整和开放。70年代末,成批业务骨干初次走出国门,进行为期半年到两年的学术访问。多年的自我禁闭一举突破。我们的天文队伍调整了自己的工作观念和工作方法,开始置身于国际合作和竞争的前沿。

我国“文化大革命”期间,正是国际上天文学突飞猛进的时期,我国和国际先进水平的差距被拉得很大。为此必须分析差距、寻求对策,以图在缺少投资优势的情况下进入国际竞争。概括一下这段时间的指导思想和作法有:

(1) 从天文学发展的总体看,大型的设备投资举足轻重。但从局部看,导致重要创新的技术试验和重大发现的科学概念都可以通过比较简易的设备条件来实现。

(2) 把注意力放到足以推动天文学进展的发现与创新上,必须把人才和队伍摆到第一位,设备建设应从属于队伍建设。而为了队伍建设,应当加快步伐,使“适度”的(一般属“中型”的)设备发展走到前面。所谓“适度”的设备是指在经济能力许可的条件下,足以实现有新意的科学构思和技术构思,足以开展双边或多边的国际合作,足以容纳一代青年开始科研实践。

(3) 把人才和队伍建设放到第一位,必须重视社会主义应有的优越性,贯彻“全国一盘棋”,使我们比较分散而又起步很晚的队伍能够配合得当,发挥“合力”。中国科学院先后在数学学部成立天文学科组和天文委员会,从科学管理的角度来促成这种“合力”,收到一定的效果。如前面说到的“太阳活动峰年联测”的组织,以及近年来实施的在全院天文口统筹资金的积攒,每5年左右支持一项经过严格论证在评比中取得优胜的“拳头”项目(中国甚长基线干涉仪项目就是这个作法的第一次尝试),均属此例。

(4) 把人才和队伍建设放到第一位,还必须注意选择有条件、有生命力的研究领域,逐一培植学术“核心”,藉以形成凝聚力,吸引人才(当前特别是要吸引优秀青年学者和权威客座人员)。

这些努力可以看作是当前天文研究工作中一种改革,其结果已反映在前面几部分的介绍中。不难预料,在改革开放的总方针指导下,我院天文学观测研究与国际先进水平之间的差距定会逐步缩小,不断作出更加令人鼓舞的成就。

力 学 研 究

我院第一个力学研究机构是1953年在数学研究所内建立的力学研究室。1954年起,一批留美学者回国,投身于祖国建设。1955年,钱学森回国,以此为契机,建立了我院至今唯一的综合性力学研究所,由钱学森任所长,钱伟长兼任副所长。1958年,郭永怀回国,后来成为长期主持力学研究所工作的副所长。1962年在中南力学研究所的基础上,在武汉建立了中国科学院武汉岩体土力学研究所,陈宗基相继任副所长、第一任所长。另外我院原哈尔滨土木建筑研究所于1962年改称工程力学研究所,由刘恢先继续任所长。该研究所于1985年正式划归国家地震局建制。1960年,我院在兰州地质研究所内建立渗流力学研究室,1978年它从地质研究所独立出来,1987年由兰州迁至河北省廊坊并改为由中国科学院和石油部双重领导的渗流力学研究所。

50年代,钱学森、郭永怀等一批力学工作者,回国前工作在科研教学第一线。他们的优异科研成果处于世界前列,而且熟知国际学科发展状况和趋势。因此,由他们负责或参加筹建的力

学研究所从一开始就有一个立足于当时国际水平的起点,而且在一些方面有着自己的特点。根据近代力学的发展和我国的实际,钱学森所长当时即提出:(1)力学研究要以我国经济和国防建设的需要为背景,既要解决问题,又要提高理论;(2)力学研究需要一个综合队伍,为此就要强调集体精神;(3)力学研究应当以适当的计划为指导。钱学森等的做法和思想,深刻地影响了我国力学的发展。应当说,这也是中国科学院对促进我国力学研究健康发展的一个重要贡献。

做为新开辟的一个独立学科,自然一开始就面临打基础的工作。于是力学研究所与清华大学从 1957 年开始合办了 3 届力学研究班。培养具有研究生水平的学员 290 余人。一些新开拓领域,也有选择地举办了向各方面开放的讨论班。

1958 年在创建的中国科技大学内设立了近代力学系和化学物理系。

初建时期,各机构的一个共同问题是建立实验室和创造研究条件。经过任务调整,我院的力学研究工作在 60 年代初稳定了下来,力学研究所的服务对象基本上确定为航天,工程力学研究所的主要方向则是地震工程。经过几年努力,基本或重大的设备建立起来了,人员成长起来了。并开始出现一些有较高水平的系统成果。诸如力学研究所有关高速飞行气动力和气动热的实验与理论研究、关于激波管技术的研究、爆炸成形理论与实验的研究;工程力学研究所关于抗震结构动力学与地震力的理论与实验研究;武汉岩土力学研究所关于矿山边坡稳定性与岩体力学的理论与实践研究等等。我院这些研究机构所建立的许多重大装备,不仅在本单位发挥了很大的作用,而且被国内其他单位建设时学习采用,从而发挥了更广泛的影响。例如力学研究所激波管为基础所发展的激波风洞(以及后来的炮风洞)技术,是一种经济有效的短时风洞,后来为航天部门所采用,至今仍然是高速气动力与气动热研究的主力风洞。与此同时,理论研究也开始进一步深入,例如物理力学和磁流体力学的研究分别在钱学森和郭永怀具体指导下开展起来了。理论研究、实验研究和技术系统的各类人员的合理结合开始形成。

1978 年科学大会,以及不久后实行的一系列改革开放政策,给力学界带来了生机。我院各力学研究部门随着改革开放的逐步深入。进入了一个不断探索新方向、新体制的阶段。1977 年制订院内力学学科规划,是我院各力学研究机构的一次重要活动。它提供了一个机会,总结过去的经验教训,找出国内外差距和规划未来,以适应新时期发展的要求。我院各有关单位也在随后进行的制订全国力学规划的活动起到了带动的作用。规划过程中我们的突出问题是:虽然我们在某些方面达到很高的水平,解决了许多重要的实际问题,然而我们考虑的问题大都已不是世界的前沿,有的已显得过时(当今世界力学已向多方面渗透,并在与许多别的学科交叉中出现了新的分支学科)。追溯其原因,不少人认为,这与过去相当长一个时期,闭关自守,过分强调或片面理解“任务带学科”有关。力学研究的核心毕竟是基础性问题。任务固然重要,学科与任务是相辅相成的,它们之间不是从属的关系。

根据规划精神,我院力学开始突破老的领域,或者在老领域中提出了新的方向与目标。这种不断的调整目前仍在继续进行中。迄今为止,所开辟的新领域包括:物理化学流体力学、物理化学和微观渗流、多相流、地球流体力学、生物力学、材料的变形、损伤与海洋工程力学(含海洋土力学)、非线性波、非线性连续介质力学、岩土的本构关系、非线性动力系统、混沌与湍流等。我们还适时地把力学方面的力量有效地组织起来,有预见性地解决国民经济和国防建设中的重大问题。力学研究所提出了在一个时期内以围绕能源、新材料和新工艺、环境与灾害以及国防建设为重点的发展战略;渗流力学研究所,以解决三次采油为主要目标;武汉岩土力学

研究所则更加侧重与实际工程的结合。另外,我们对暂时无应用前景的课题或领域也正在进行布署。

1985年以来,根据科研体制改革的要求,我院力学研究单位一方面通过加强与产业部门和高技术研究规划的联系,进一步加强了与生产和国防建设的联系;另一方面以更加精干的力量加强基础研究。这几年来在上述两个方面都取得不少重要的进展。例如,我院力学研究所和武汉岩土力学研究所联合海洋研究所、南海海洋研究所、金属研究所、金属腐蚀与防护研究所、福建物质结构研究所(二部)和地震局工程力学研究所与中国科学院海洋工程科学技术研究中心的名义与海洋石油公司合作,取得了有关海区和石油区块的海洋气象、工程地质调查与评价,海水、海泥与污损生物方面的大量数据、图表等成果,并为工程部门提供了关于海洋平台、海底管线建设所需的海洋土力学,风浪、潮对结构的载荷,海洋工程结构静动力分析、寿命估算,海洋工程用钢的腐蚀,腐蚀疲劳与防护等方面的研究成果,其中不少受到海洋石油公司的高度评价,并产生了很高的经济和社会效益。可以说,在海洋工程方面,我院确实发挥了多学科的综合优势。与此相类似,我院力学研究所、化工冶金研究所与天津化工厂合作,在完成年产300吨高档钛白生产的基础上,已进入年产3000吨的生产线调试,不久即可投入生产。又如1985年以来,力学研究所与连云港指挥部等单位合作,发明了一类用爆炸处理海底软基的技术。这种技术简便可行,可缩短施工周期与降低成本,而且通过分析和模拟试验与小型现场试验有充分的理论依据。到目前为止,已为有关工程节约投资逾1000万元,最近交通部已决定用这种技术代替传统办法,修筑一个造价超过1亿元的长堤。力学研究所还围绕煤粉和水煤浆的燃烧,发明了几种高效的预燃室。武汉岩土力学研究所在抽放瓦斯、防止井下瓦斯等研究方面,取得很好的效果。

在理论研究方面,渗流力学研究所的物理化学渗流与微观渗流成果是很有创造性的,特别是微观渗流模拟试验,非常直观,非常有启发性。力学研究所在非线性水波,旋涡与分离流方面也做出有价值的成果,研究还表明单筒的斯多克斯流动中可以出现拉格郎日混沌现象。壳体稳定性的研究和表面裂纹的断裂力学分析都获得了1988年国家自然科学三等奖。在金属材料的热塑不稳定性方面,力学研究所与金属研究所合作,观测到了新的现象。力学研究所与固体物理研究所合作,应用分子动力学的物质方法和实验方法,对晶体的弛豫结构、界面、微观断裂进行了深入的研究,并且得出了有价值的新认识。

下面,从流体力学、固体力学、爆炸力学、岩土力学、物理力学和地震工程力学6个方面分述1985年以前的主要研究成果。

流体力学:包括高速空气动力学、物理化学流体力学、渗流力学、磁流体力学、水动力学、地球物理流体力学、天体物理流体力学和流体力学中的应用数学方法。

高速空气动力学。从50年代开始,即以“上天”为背景,开展了30余年高速空气动力学的研究。为中国航天飞行器的研制陆续提供了弹头及弹体的气动力、气动热、烧蚀防热,再入目标特性及通讯中断等方面的关键数据和一些基本计算方法。同时也促进了学科的发展。

在实验研究方面的突出特色为,以小的投资发展风洞设备,以较多的力量研究实验技术与方法,使中国赶上了时代的要求。主要实验手段有1.2米的激波风洞,1米高超声速脉冲风洞、电弧加热器、低密度高超声速电弧风洞、1兆瓦高速高熔低密度等离子体风洞、直径800毫米的高温激波管、马赫数由1.6到4的超音速风洞等。在测量技术方面突出的特点有二:首先

是重视瞬态力学量的测量,结合脉冲式高运行参数(高速、高温、高压、高应变)的实验装置使这一类技术得到很大发展;其次是重视新技术在测量中的应用,如激光测速,激光全息与散斑等。

物理化学流体力学。50年代后期,建立了小型液体火箭发动机试车台,先后对硝酸-苯胺、液氢液氧、固体燃料小型发动机进行了研究。提出了燃料室设计准则和冷却夹套的设计计算方法,对小型固体火箭还进行了初样发射试验,取得了基本可行的结果。并于60年代将上述结果全部移交给了有关工业部门。

60年代后期,开展了高速飞行器再入大气层物理现象的研究,为工业部门提供了飞行器再入时的光电等物理特性的理论计算与模拟实验结果。70年代以来,针对再入时的通讯中断,实验并分析了飞行器等离子体鞘套及尾迹中的非平衡流场,给出了实用的计算方法、数值与实验结果。同时,利用超声速膨胀气流的非平衡过程所产生的粒子数反转,产生大功率连续激光的这一手段,力学研究所开展了气动激光的研究,用其研究结果编写了《气动激光技术》及《激光物理》等专著。

渗流力学。主要有以下4个方面的成果:(1)多相渗流:1962年完成了《非均质地层中油水二相渗流计算方法》,并已用于大庆油田;1965年完成了《小层动态分析方法》,已被玉门油田采用;1963年开发的一种制造人工地层的一次成型技术,系国内首创,已被长期应用。(2)物理化学渗流:对碱水驱油渗流进行了数值模拟;计算分析了化学驱油的有效性;提出了在表面活性剂驱油中,预测工作剂浓度及其损耗的数值方法。(3)微观渗流:成功地制造了网络型和夹层型微观模型技术及模型再生技术,并对各种驱油的复杂多相体系的物理化学渗流过程进行了一系列研究;提出了关于残余油在注入碱水以后的起动、运移及油墙形成、发展与消失的机理及提高原油采收率的一整套理论,对三次采油技术理论与生产都有重要意义。(4)生物渗流:创制了一种用国产原料的脏器内微细管道系统标本;论证了人及动物体的某些微细管道确属多孔介质;论证了不少种生物渗流都遵循非线性渗流率,初步建立起了一些生物渗流模型,并开始与临床医学相结合来探讨心血管病的发病机制。

磁流体力学。其理论研究主要集中在磁约束等离子体的平衡与稳定方面。提出的在受控聚变稳定性研究中采用有限时间稳定理论,比国外 σ -稳定性概念早数年。在环形等离子体平衡计算中,发展了非正交坐标通用程序和用变分方法处理旋转等离子体的绝热压缩问题。在磁流体波动方面,研究了激波的进化性问题和非均匀有损耗等离子体对电磁波传播及天线导纳的影响。

磁流体力学的工程研究成果有:磁流体发电的研究;电磁流槽和电磁搅拌器的研制及工业应用;年产3000吨金红石型钛白粉的等离子体热源的研制及应用;等离子体法制取铋粉及氧化锆;冶炼难熔金属钢铁、铌铁等。

水动力学。50年代对混流或水轮机浆叶和水翼船等进行了实验、分析和计算。70年代后期低速水动力学的研究主要为:海洋工程典型结构物绕流;以分离与旋涡为特征的高雷诺数钝体流动及旋涡流动;在射流应用技术方面研制了全射流喷头和空化喷嘴,已用于喷灌和清洗除锈。

地球物理流体力学。主要进行了两方面的工作:(1)地幔方面,对洋脊上涌建立了力学和热结构模式并给出了数值结果;对海洋大陆岩石圈给出了变粘度地幔上涌流动结构分析解。(2)海洋动力学方面,研究了中国近海海底地形对洋流路径的影响。

天体物理流体力学。提出了日冕瞬变的“活塞”模型,发展了“无力场”理论,开展了太阳大气磁场动力学演化的数值模拟,对脉冲星磁层、星系大尺度结构、类星体、射电星体的射流问题建立了力学模型,进行了分析计算,出版了《宇宙磁流体力学》一书。

流体力学中的应用数学方法。进行了奇异摄动理论、渐近方法、变分原理等研究,并将其应用于流体稳定性与非线性水波等领域。主要成果有分层介质中的瞬变波;渠道中的孤立波传播、分裂及对水坝的作用;界面孤立波正、斜相互作用;低速运动物体与部分浸润的三维振荡物体产生的水波与辐射短表面波等。

固体力学:在弹塑性基础理论方面获得国家自然科学奖的成果有:《关于弹性圆薄板大挠度问题》、《塑性大应变的轴对称平面应力问题在金属硬化区的解法和一般性的结果》、《横观各向同性弹性力学的空间问题》和《弹性稳定理论和圆柱曲板测压稳定分析》等。

应用固体力学方面。在系统研究的基础上编写了《加层板壳的弯曲、稳定与振动》、《加筋圆柱曲板与圆柱壳》等专著。在振动控制方面重点进行了阻尼、干摩擦减振研究,有效地解决了大量工程机械、锅炉、高架铁塔、卫星天线等的减振问题。在疲劳断裂方面,除“含裂纹板壳的断裂分析”外,还先后对大型汽轮机转子、化工压力容器、桥梁、飞机、海洋平台提出了断裂疲劳的安全性评价。

材料的力学性能方面。在自制的高速轻气炮和霍布金森压缩与扭转装置上,进行了金属、岩石、高分子复合材料的本构关系和断裂准则的实验研究,得出一批实用结果;提出了“热剪剪切带”的模型和数学描述,已为国际上承认。对复合型脆性断裂准则进行了改进,首创三点弯曲偏裂纹和四点剪切复合型试样;提出了平面应力的带状颈缩区弹塑性断裂模型。

在计算方面,针对一类板壳非线性弯曲和稳定提出了修正迭代法,还研究了边界积分方程在回转体弹塑性分析中的应用等。

在测量方面,取得突出成就的是散斑干涉计量方法的研究及应用。

爆炸力学:在工程爆破方面,对定向抛掷爆破进行了基础性研究,提出了一些半经验的工程设计方法和土岩爆破的气体渗流模型。在爆破拆除方面提出了建筑物塌落失稳与解体的判据,完成了石景山旧电厂、华侨大厦等拆除任务 60 余项。完成了石砭峪等多项大型爆破筑坝任务和成昆铁路的爆破开山和开隧道任务。近年来又将爆破技术用于处理海淤软基,在建港等工程中得到推广应用。

爆炸成形的系统研究方面,提出了几何相似律与能量准则,分析了毛料贴模所经历的多次打击和惯性辗压过程,为爆炸成形模具设计提供了依据。研究成功了无模具自由成形、惯性模具、惯性压边等新工艺方法,推动了爆炸成形工艺在中国的建立与发展,编写了《爆炸加工》一书。

此外,还对爆炸合成金刚石,爆炸焊接,爆炸硬化,爆炸调整残余应力进行了有成效的研究与工业应用。

流体弹塑性理论的研究方面,1964 年提出了统一的流体弹塑性模型。先后在核爆、穿破甲、爆炸复合等方面成功地处理了高速加载和变形下的流动与变形问题。对地下核爆炸影响区及冲波击衰减规律及其状态方程的关系进行了系统的研究与计算;研究了金属聚能射流的稳定性与射流对固体靶板的侵彻,提出了穿破甲的模型律,对我国核防护及常规武器的发展作出了重大贡献。

爆炸应力波方面,主要对包括一维弹塑性波,平面击波,非线性复合应力波进行了较系统的研究。

主要实验设备有爆炸洞及其配套的同步x光照相机及高速摄影机等。

岩土力学: 武汉岩土力学研究所自建所以来,以大冶边坡稳定性研究为开端,先后对 20 多个省市的大型露天矿边坡、坝基坝肩、核电站选址及废料储存、高层建筑地基及海洋工程等 200 多项工程进行了研究,取得了成果。

结合防护工程和土岩爆破工程,开展了岩土动力学性质和动态本构关系的研究。

在对土的变形和强度特性研究的基础上,力学研究所和武汉岩土力学研究所与上海市水文大队合作,成功地解决了上海地面沉降的问题。

随着近海石油的开发,几个单位合作完成了南海北部湾涠 11-1 海区的工程地质的调查与评价。

物理力学: 在高温气体方面。计算了高温气体的热力学平衡与输运性质、离子化气体性质及离化过程,辐射性质与光谱等。

在固体材料性质的微观理论方面,给出了多种材料在高压下的状态方程的计算方法。用膺势理论对固体的弹性与理论强度进行了由原子角出发的理论计算。建立了凝聚态炸药爆震的微观理论计算方法。

在近临界物态物性参数的研究方面,提出了临界区附近物性参数的计算方法。

地震工程力学: 工程力学研究所围绕地震工程开展了多方位研究,为国民经济建设解决了许多实际问题。如地震经验的深入总结和《海城地震震害》、《唐山大地震震害》等专著的出版;地震裂度物理标准的研究和《中国地震烈度表(1980)的制订》;工程结构地震反应的非线性分析;随机地震反应理论的研究;多维、多点地震输入下的结构反应及悬吊结构地震力理论的研究;近场地震波理论的研究和透射边界法的提出;砖结构抗震性能的研究;现有建筑物的震害预测;强震观测及数据处理;有关设备的研制等。

回顾我院力学近 40 年来的历史,虽然道路是不平坦的,然而我们确实为发展我国的力学学科和促进国民经济和国防建设做出了贡献,其中不少是重大和关键性的,我们的科研与教学部门在国内外享有较高的声誉。

但是我们也深知,困难仍然不少:队伍逐渐老化,年轻人接不上班;为了进一步加强与生产的联系,加强基础研究,也还有不少主观与客观上的困难要克服;经费不足,几乎无法更新设备等。

可以相信,在改革开放的总政策指导下,我院这支经过各种艰难曲折考验的队伍,一定会继续发挥克服困难的精神,不断做出更大成绩的。