

中国地质科学院

地质力学研究所刊

第 6 号

地质出版社

中国地质科学院

地质力学研究所刊

第 6 号

地质出版社

内 容 提 要

本期是能源地质和第四纪地质专集,以此庆祝孙殿卿先生从事地质事业五十五周年。孙殿卿先生为本刊撰写了《从事地质事业五十五年感言》。其余是有关地热地质研究成果,构造体系与油气之关系,古构造对煤田的控制作用,构造体系及其活动与铀矿形成之关系,第四纪磁性地层和有关古温度的研究论文。这对从事有关研究的广大读者无疑是有益的。

中国地质科学院 地质力学研究所所刊 第 6 号

责任编辑:王治顺 朱永余 张书范

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 11 $\frac{1}{2}$ 字数: 263,000

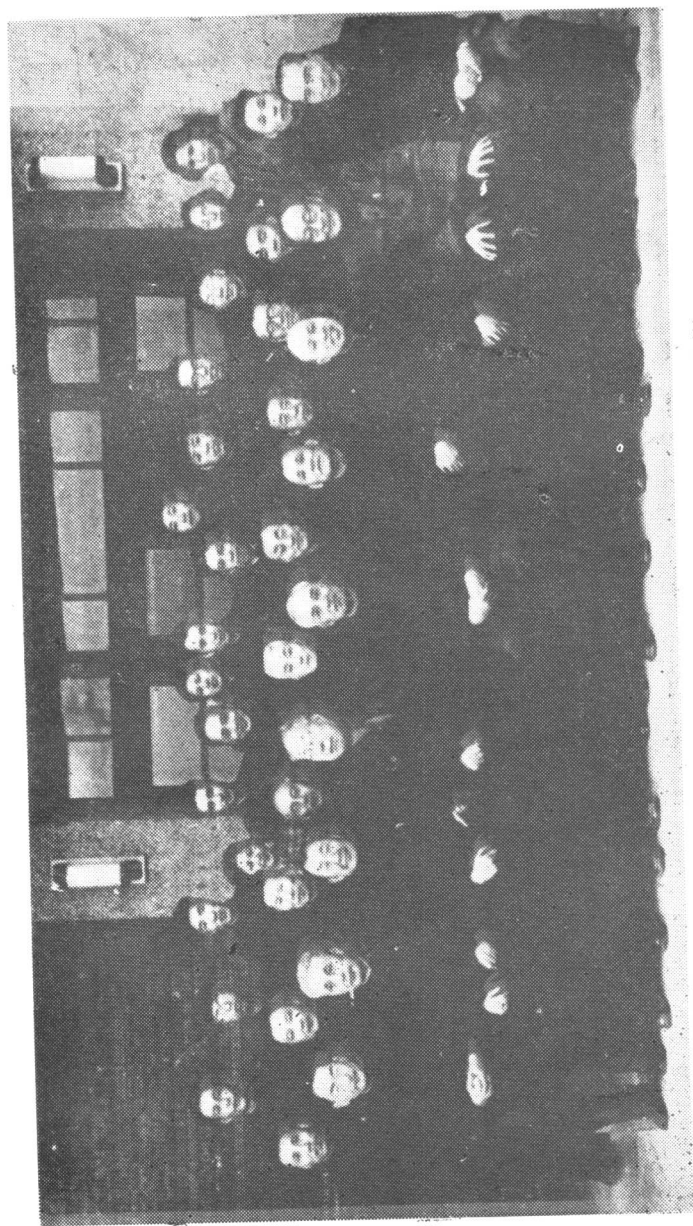
1985年7月北京第一版·1985年7月北京第一次印刷

印数: 1—3,225册 定价: 2.75 元

统一书号: 13038·新134

祝贺孙殿卿同志从事地质事业55周年

——孙殿卿同志部分活动照片



1960年秋，中国第四纪冰川研究工作中心联络组成立时合影。

(第二排左一为孙殿卿先生)



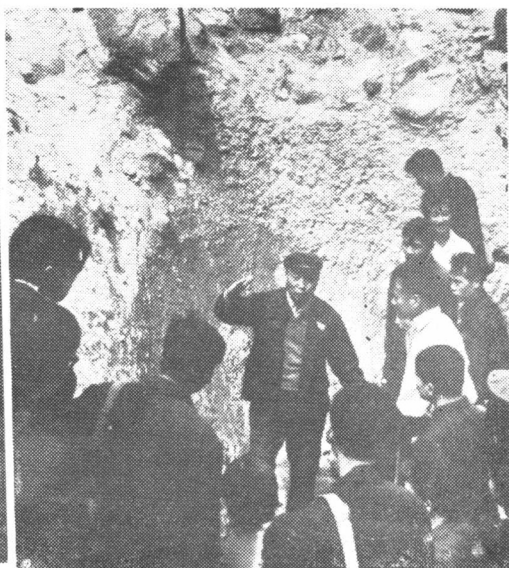
1939年秋，随李四光调查广西山字型弧顶构造，孙殿卿摄于黎塘镇龙山顶。



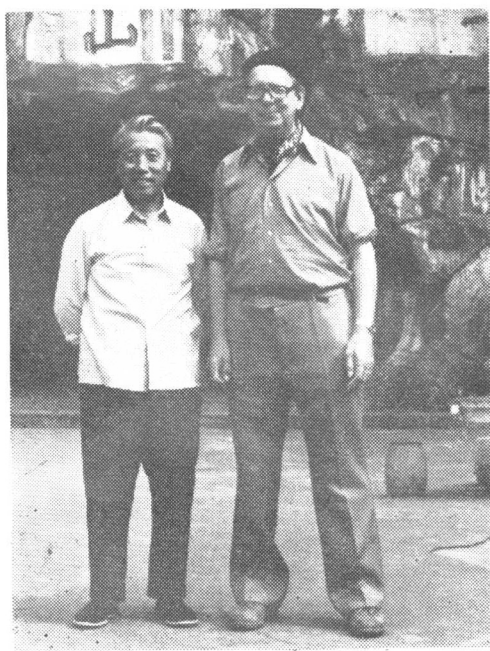
1959年，孙殿卿先生（右三）随李四光、纳利夫金、王曰伦、别夫纠科等，在北京西山观察第四纪冰溜面。



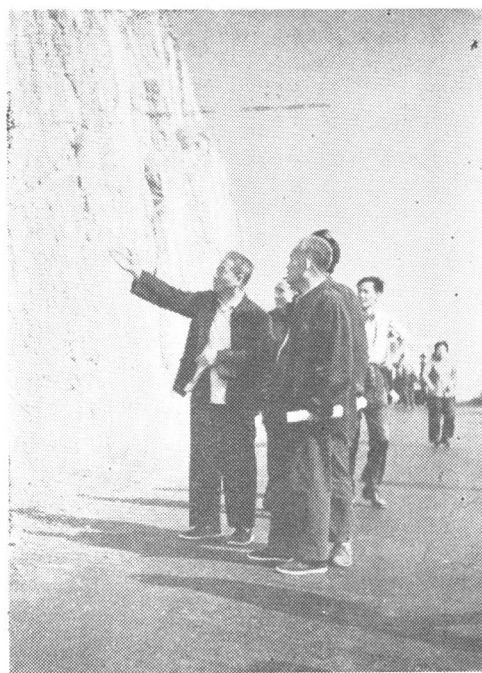
1961年秋，孙殿卿先生在波兰参加国际第六届第四纪地质会议。



1978年，孙殿卿先生在庐山讲解第四纪冰川现象。



1978年，孙殿卿先生同国际地科联主席杜伦佩教授在广西。



1981年秋，孙殿卿先生在河北藁县观察元古界剖面。

目 录

从事地质事业五十五年感言.....	孙殿卿 (1)
西藏羊八井热田地热地质.....	康文华 李德禄 白嘉启 (17)
珠江口盆地的构造体系归属.....	刘宗惠 (81)
初论风成城沥青矿地质构造特征.....	孙宝珊 李 明 龚 铭 (91)
论构造序次与热液活动.....	覃慕陶 刘师先 (103)
某地铀矿及其构造控制作用.....	李锦蓉 董法先 朱永余 (113)
山西中、晚石炭世古构造类型.....	张志存 (117)
榆社组磁性地层年代与界线.....	曹照垣 邢历生 于清河 (143)
中国东部和西南地区更新世云杉—冷杉植物群记录的温度.....	吴锡浩 (155)

研究简报

西藏南部热流测量.....	康文华 李德禄 白嘉启 魏红兵 (167)
---------------	-----------------------

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF GEOMECHANICS
CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.6

CONTENTS

Reflections on my past 55 years geological work.....	Sun Dianqing (1)
Geothermal geology of the Yangbajing geothermal field in Xizang (Tibet)	Kang Wenhua et al (17)
On belongingness of the tectonic system in the Zhujiangkou basin	Liu Zonghui (81)
A discussion on the tectonic character and formed mechanism of bituminous vein in Fengcheng	Sun Baoshan Li Ming Gong Ming (91)
On tectonic generation and hydrothermal activity	Qin Mutao Liu Shixian (103)
On uranium-ores and stuctural control in a certain area	Li Jinrong Dong Faxian Zhu Yongyu (113)
The Middle-late carboniferous paleostructure types in Shanxi	Zhang Zhicun (127)
The age and boundary of magnetic strata of the Yushe Formation	Cao Zhaoyuan Xing Lisheng Yu Qinhe (143)
A study of palaotemperatures recorded by the pleistocene <i>Picea- Abies</i> floras is east and southwest China.....	Wu Xihao (155)
Research Notes	
Heat flow measurement in South Xizang (Tibet)	Kang Wenhua Li Delu et al (167)

Geological publishing
House

Address: Xisi, Beijing, China

INSTITUTE OF GEOMECHANICS
CHINESE ACADEMY OF
GEOLOGICAL SCIENCES

Address: Fahuasi, Beijing, China.



从事地质事业五十五年感言

REFLECTIONS ON MY PAST 55 YEARS GEOLOGICAL WORK

孙殿卿

编者的话：孙殿卿研究员长期致力于李四光教授倡导的地质力学，以及第四纪冰川地质学的研究工作，是我国著名地质学家，是李四光教授的得力助手和优秀学生。

早年，他参与我国主要构造体系的鉴定工作；五十年代，他协助李四光教授在确定我国油区和寻找油田方面，起了重要作用。他曾亲自带队调查了柴达木盆地的储油条件，厘定了水鸭子墩反“S”型构造，并首先在冷湖发现了大油苗；后经勘探，在此区打出了工业油流。此后，孙先生对我国石油地质、煤田地质等方面的研究成果，在煤和油气的普查勘探中起到了较好的指导作用。四十至六十年代，他在我国东部地区先后发现了许多冰川流行的证据，论述了我国第四纪大冰期时的地质环境和气候变迁；七十年代与有关人员一道，提出了我国第四纪时期的五个冰期和一个寒冷期的划分意见，从冰川气候地层的观点对我国第四纪地层进行了划分。

孙殿卿先生作为中国科学院地学部学部委员，在长期担任我所副所长、所长等职务期间，在组织和指导全国地质力学科研工作、大力宣传和普及地质力学、培养壮大研究队伍、扩展地质力学研究领域，使它能广泛应用于地质找矿、水文地质、工程地质、地震地质以及地热地质等方面，取得了丰硕的成果，推动了地质力学研究工作的深入和发展。

值此孙殿卿先生从事地质事业五十五周年暨七十五诞辰之际，本刊编辑了能源地质及第四纪地质专集和孙殿卿先生的近八十篇著作目录，以志祝贺。

(一)

时光流水，转瞬即逝，吾从事地质事业已五十五年矣。其间，旧社会学习和工作二十载，新中国工作三十五年，两者工作目的和生活理想，截然不同。新中国把我带进一个崭新的社会里生活和工作，这是我生命中一次巨大变动。旧社会地质工作是冷门，当权者不予重视，社会上也少有关心；新社会把地质工作看成是社会主义建设的尖兵，党和政府十分关怀。1952年地质部成立以后，陈云同志在一次大会上作报告，要求地质工作大发展、大转变，以适应社会主义建设需要。

1952年9月成立了地质部，我被派到计划司，参加地质矿产勘探计划工作，时值第一个五年计划即将开始，为适应国家建设需要，必须速迅而有效地开展地质勘探工作。特别是围绕着几个重要钢铁和有色金属基地以及若干重大工程建设基地的地质工作，更是要求

紧迫,使我深感新中国地质工作前途的光明和地质工作者的责任重大。

1955年5月部党组调我随李四光部长研究地质力学,同年派我和几位同志去柴达木盆地进行石油地质工作。从此以后,我又回到李四光的研究室,作为他的助手之一,在他的直接指导下,进行地质研究。回想三十年代初期,在北京大学地质系读书时,李先生就是我的老师。以后我又到他领导的地质研究所工作,直到他1971年逝世。受他的教诲和指导,前后将近四十年。五十年来,我在地质力学和第四纪冰川遗迹的研究中,作了一些研究工作。近三十年来,还先后参与了院、所和地质力学专业委员会、第四纪冰川及第四纪地质专业委员会等行政、业务领导工作,有良师指导和良好的工作环境,我却成绩平平,愧无贡献。七十五年的生活经验,使我认识到这样一个道理:一个人求得真才实学,为社会做出贡献,他不仅要有明确的生活目的和理想,有为真理献身的精神,还必须孜孜不倦地刻苦学习,勇于实践,正是“书山有路勤为径,学海无涯苦作舟”。现仅就个人肤浅的经验和认识,作一简述,或可供同道者参考。

(二)

地质力学,在二十年代初期开始萌芽之时,正是大陆漂移学说已提出多年而开展激烈争论之际。关于大陆运动起源问题,1926年李四光发表了《地球表面形象变迁的主因》一文。他根据地壳上大规模的表面形象所反映的大陆运动方向,是来源于地球自转速度的变化,提出了“大陆车阀”自动控制地球自转速度变化的假说。可见地质力学初旨,主要是研究地壳运动问题,而反映地壳运动的一种最直接的现象,是由地壳运动而产生的构造变形。所以,要了解地壳运动程式,就必须对各种构造形迹的各自本质、形成的过程和它们彼此之间可能存在的联系有所认识;鉴别各种构造形迹的性质,对于构造形迹组合规律的认识,是从力学的观点开始的。到二十年代末期,已开始形成地质力学的某些基本概念。这在李四光1929年发表的《东亚一些典型构造型式及其对大陆运动问题的意义》一文中有所论述。在三十和四十年代期间,应用构造型式、构造体系和构造联合等概念,进行了大量的地质构造现象的观测和分析工作,提出了若干具体的山字型、多字型、歹字型及东西构造带等。1939年在英国出版了李四光著的《中国地质学》,1945年他完成了《地质力学的基础与方法》一书。

在这一段期间(主要是三十年代晚期至四十年代末),李四光的上述观点,对我有着重要的启迪和教益。因此,根据我所了解的地质力学的一些概念作为指导,先后在广西、赣东、赣南、闽西、豫鄂皖交界地带以及黔东南和浙东沿海等地,进行了地质构造现象的观察和研究。当时给我印象最深的是山字型构造,因为我曾参加了广西山字型全区的填图工作,还参加了若干山字型,特别是赣南山字型和淮阳山字型脊柱的预测以及模拟实验工作。根据山字型构造应力场的特征,它的各个组成部分在空间分布成一定的比例,有一定规律。当然,其他类型的构造体系也是如此。因此,如果我们能肯定一个山字型的某些或某一部分,就可以预测在某些地区可以找到它的其余部分。据此认识,于四十年代初期,我随李四光在江西南部信丰东南,大桥以南,(龙南—寻乌一线以北)见到一个弧顶向南凸出的弧形构造带,它的东翼构造带向东北伸展,经过周田,可达瑞金、长汀一带;它的西翼构造带经崇义向西北伸展。当时推断如果是一个山字型构造,在弧顶中点向弧形凹部之北,

即由大桥向北,经过于都、兴国东固以达吉水、吉安一带,应有相当于山字型构造脊柱的南北向构造带出现。之后,我们即去大桥以北和于都以南地区,找到了预期的构造现象,并在于都以西贡水北岸的红层中见到南北的挤压冲断带。大约在四十年代中期,马振图、谷德振在兴国东固、吉水等地亦见到了挤压强烈的南北向构造带。这个山字型构造,在解放以后,经江西有关地质队的详细地质填图工作,得到了进一步的落实,名为赣南山字型构造。

又如,淮阳山字型构造,是我国建立较早的山字型构造之一。它发育在我国长江中下游地区,个体规模较大,最初命名为淮阴淮阳山字型构造,弧顶在黄梅、广济和九江之间地带。东翼沿长江呈东北走向伸展,至南京、镇江间,渐转为东西走向,呈现向北凸出的反射弧,茅山山脉为其脊柱。它的西翼由弧顶沿江伸展至武汉后大致沿汉水和大洪山向西北展布,及至保康一带形成向北凸出的反射弧,近乎南北走向的黄陵背斜为反射弧的脊柱。淮阳山字型脊柱最初曾认为在安徽烈山一带,可能因受其他干扰,走向转为北北东。根据山字型一般构造应力场的特征和它各个组成部分的组合特点和分布规律,推断淮阳山字型脊柱的主干,应位于由黄梅往北,穿过大别山直至安徽阜阳一带,即东经 $115^{\circ}50'$ 一线的一定范围内,应有南北向构造带出现。根据这样的想法,笔者和徐煜坚于1946年首先步入大别山金寨进行野外实地观察。在金寨附近观察两日,当地全属闪长岩类和花岗闪长岩侵入体,当时未见到南北向构造,仅在金寨稍东,由侵入体构成的莲花山呈南北走向延展可达五、六公里。于是我们由金寨一直向北观察,直到豫皖交界,固始与霍丘之间的四十里长山,始见到显著的南北走向的冲断带。其南端为东西向构造带切割,北端则为第四系所盖覆。就长山构造带本身来看,总长不足二十公里,出露最宽处不过数公里,长山最高处,超出平地不过五、六十米。如此宏伟的淮阳山字型构造,其脊柱亦必然具有相当的长、宽规模,成一定的比例。现时的形象,与弧顶、两翼及反射弧的规模相比,很不相称。因而推断脊柱之绝大部分已沉伏于第四系之下。解放以后,地球物理勘测和铁矿钻探,一部分已得到了证实。在五十年代中期,吴磊伯、宁崇质、宋世渊等在豫鄂皖大别山区,大致是四十里长山南延部位,约位于东经 $115^{\circ}30'$ — 116° ,北纬 32° — 31° ,在老的变质岩系中及侏罗纪岩层和侵入岩体中,观察到大量的走向南北的冲断层和挤压带^[2]。这些冲断层和挤压带复合在不同方向的老的构造上,进一步证实了淮阳山字型脊柱构造,按其应当发生的部位而出现了。到此时期,对于山字型构造,在我的思想认识上也进一步得到了落实。

近三十年来,在党的关怀和领导下,在有关学科的支援和广大地质工作者的辛勤劳动下,地质力学研究工作,得到了空前的发展。这期间先后出版了相当数量的研究报告、论文、专著和各地质院校编制的一系列地质力学教材。论文、专著中,包括李四光撰写的《地质力学概论》(1984年由陈庆宣译成英文并补充了材料在国外出版)、《旋卷和一般扭动构造及地质构造体系复合问题》(一、二辑)、《天文、地质、古生物》、《论地震》以及《地质力学论丛》、《地质力学文集》、《地质力学所刊》和1982年出版的《地质力学与地壳运动》等。同时还编制了一系列的图件及说明书,如1:400万中华人民共和国构造体系图及说明书——中国主要构造体系、1:400万中国构造体系与地震图及简要说明书,特别是近几年完成的两项图件:1. 全国各省、区地矿局主编的1:50万—100万构造体系图、主要矿产分布图和地震震中分布图及各自的说明书;2. 由地质力学所主编,各省、市、自治区地

矿局及有关单位参加编制的1:250万中华人民共和国及其毗邻海域构造体系图及简要说明书。这些图件的编制,对于地质矿产、工程与水文地质、地震地质、现代地壳运动以及地质力学基础理论的研究,提供了重要的基础资料。

经过这一段实际工作,进一步检验了地质力学的观点和若干概念,开拓了地质力学的研究远景,指出了若干重要课题的研究途径。实践表明,从力学的观点来研究地质构造现象的本质,是一条值得重视和可靠的途径;构造型式和构造体系等概念是经得起实践考验,是站得住脚的。

近三十年来,在地质力学的基础研究方面取得了若干进展:

1. 鉴定了一批新的构造体系,如经向构造体系、河西构造体系、古河西构造体系(或西域构造体系)、华夏式构造体系,大、中、小型扭动和旋扭构造体系(包括莲花状构造、S和反S型构造、环状构造、涡轮状构造和棋盘格式构造等等)。在古构造体系方面,在燕辽及邻区、祁连山地区、山西地区等,进行的研究,均取得了初步成果。

2. 对各种扭动型式的构造体系,包括山字型、多字型、人字型和一些旋卷构造等,结合模拟实验,初步进行了构造应力场分析,现已开始“三维”的构造应力场的研究。对全球构造体系的模拟实验和构造应力场分析,以及在地应力等作用下岩石力学性质方面的研究也在开始试探。

3. 在若干地区对不同地质时期,形成的各种构造体系和它们有关的火成岩活动、地层沉积、变质作用与变质岩带的成生联系,进行了初步的研究,也取得了初步的成果。这项工作的深入,不仅为研究矿产的形成和分布规律,提供了重要依据,也将为研究区域地质的发展、构造体系的演变与大陆运动和海洋运动的关系,以及探讨地壳运动的动力来源问题,提供重要根据。这类工作过去只是分散而片段的进行,收效甚微,还需地质各部门和有关学科、单位组织起来,在统一的思想认识指导下,进行大量系统的协作和分工,宏观和微观密切结合,方能较快的取得新的更重要的成果。

4. 现代地壳运动规律的研究和现今地应力活动的观测,已经作了一定的工作。这对国家重大工程建设基地的选址、地震预报和环境地质的研究都具有重要意义。很多事实表明,现代构造运动是有一定规律可循的,大都与燕山运动以来,特别与新生代以来构造运动形成的构造体系是相伴随的。在中国西部与河西系、歹字型构造及近东西向构造有着重要关系;在东部与新华夏系、南北向构造及东西向构造有着密切联系。对若干地区遭受现今地壳运动作用而不显示形变的岩层、岩体,进行了地应力活动的实测,取得了一定成果。实测结果,各地地应力活动的大小和方向很不一致。大者每平方厘米数百公斤,小者不到一公斤,但活动的方式主要是水平运动。在实测工作中,逐步建立起来较完善的一套地应力测量方法和基础理论。研制了比较精确的地应力测量系统,提出了地应力测量数据处理方法和电算程序。

5. 关于地壳运动问题的研究。五十年代中期以前,地质力学曾多次提出的论点是,地球自转速度不均衡而产生的水平力是形成各种构造体系和发动地壳运动的一个主要原因。根据近三十年来,在亚洲和其它各个大陆上的大规模构造现象,特别是对中国大陆构造体系的研究,进一步支持了这个论点。

地壳表层大规模的构造现象主要是:走向东西的构造带、走向南北的构造带、走向东

北—西南和西北—东南的构造带、走向东北—西南和西北—东南的交叉大断裂、山字型构造体系以及歹字型或反S型构造等等。这些构造现象反映大陆地壳上部有两个活动方向，一是部分地区向赤道方向挤压，二是部分地区向西但有时向东挤压。这两种挤压方向和方式之所以发生，看来只能从地球自转速率的变更，才可以得到全面的解释。可以想象，当地球自转速度加快时，如果地球的扁度变化不大，就需要它的表层向赤道方向和向西或向东的推挤或滑动；当地球自转速度变慢时，南北和东西两个方向的水平挤压力量就会松懈下来，重力则乘机活动，某些与以前挤压带平行的大规模垂直断裂或可能由此发生。

近三十年来，地质力学在实际应用方面也是相当广泛的，现举数例如下：

1. 在石油地质方面，李四光根据地质力学理论，在三十年代就预测和推断过新华夏系沉降带中的含油远景。在五十年代前半期，他首先提出在松辽、华北进行石油普查，继之又指向江汉平原和广东西北部湾，以后又提出渤海、黄海、东海和南海等地区。经过实际验证，取得良好效果。在石油普查勘探中，他提出了油区和油田两个概念。油区是有生油和储油良好条件的广大地区，在一个油区内不是到处都能找到油储；油田是广大油区中，具有储油和聚油条件良好的构造部位，在一个油田范围内，基本上到处都能找到油藏。对于巨型新华夏构造体系来说，油区的分布是受新华夏系的一级构造的控制；油田则受着这个一级构造运动导生的二级或者更低级的构造的制约。地质力学方法要求在石油普查勘探工作中，需要把已取得的各种地质资料所显示的各种构造型式和形成第一级构造的运动方式以及局部地质条件密切地联系起来，系统地进行构造体系分析，对每一构造储油、聚油的可能性予以评价，作为布钻的先行步骤。我们过去的石油勘探工作，由于种种原因，没有把普查勘探所得的认识与详细勘探和开发勘探所取得的认识密切联系起来，结合我国实际地质条件，加以分析概括，进一步上升到理性认识，以指导下一步工作。

2. 在煤田地质方面，地质力学首先着眼于成煤时期，煤系沉积和聚煤带的分布，如与海水进退有关，海岸线方位如何，它们都受什么样构造体系的控制；煤系沉积的同时，有那些构造体系活动，影响岩相、岩层和煤层的变化；煤系沉积之后，煤系和煤层的分布和变化又是受那些构造体系的制约。地质力学的理论和方法，煤炭部门用的较多，他们进行了全国各省区的煤田预测工作，还应用中小型构造体系对若干矿田和矿区作了煤层分布的具体预测，都取得了一定成果。煤炭工业出版社1980年出版的上、下两册《中国煤田地质学》，就是广大煤田地质工作者，运用地质力学观点和方法，对全国的煤田地质研究和预测取得的一项重要成果。

3. 在各种金属矿产地质方面，做了大量的矿区和矿田构造工作，对隐伏矿床预测均收到较好的成效。例如新疆萨尔托海地区的铬矿、赣南木梓园等地区的钨矿、豫西卢氏灵宝地区的多金属矿、山东和辽宁的金刚石矿、辽、吉、胶东金矿、大别山北麓铜铅矿、云南安宁、河南安阳—林县地区铁矿以及粤北等地铀矿、贵州汞矿等。在有关省地矿局和研究单位合作下，在预测隐伏矿床和扩大找矿远景方面均得到了良好效益，并逐步形成了地质力学预测隐伏矿床的理论和方法，当然尚需进一步充实和完善。

4. 地质力学在工程地质、水文地质、地震地质、地热地质方面的应用也在不断的扩大。在工程地质方面，首先用于佛子岭水库和汉口长江大桥等工程。有的重要矿山基地发生严重问题，以致不能生产，如金川镍矿的主矿区，由于地应力活动强大，矿硐变形破坏

剧烈,十余年期间内,国家耗资巨大,仍不能出矿。后来与有关单位协作,采用地质力学的方法,进行原岩地应力测量,认识了当地地应力活动的情况,提出了解决矿洞变形的途径和有关建议,并经矿上采用,从而于1982年已经进入正常生产。有关工程、水文和地震方面的研究成果,部分已载入《地质力学及其在水文地质工程地质方面的应用》、《岩体工程地质力学基础》以及《地震地质》、《论地震》和有关的研究报告和专著中。

我参加地质力学工作几十年,在不同时期有着不同感受。最近几年我曾接到过来信和来访交谈,有人认为:“地质力学已不适时,现在‘板块’盛行,不搞板块就要落后。地质力学有些受压,写了文章也不易发表,等等”。我曾表示:“我们一定要学人之长,知己之短,实事求是,踏实工作来提高认识和判断。地质力学能否站得住脚,是否可用?要靠实践去检验。要相信党的领导是公正和有远见的。更要听广大有关群众的意见,特别是具有实践经验的地质工作者的意见。最主要的是要看地质力学对认识自然规律,对国家‘四化’建设能否起实际作用”。地质力学发展到现在,经过一个漫长过程,它是从地质实践中建立起来的,也经受一定的实践检验,在李四光专心致志地研究和领导下,它为中国人民乃至在世界地质科学领域中,已做出一定的贡献。历史的真实是改变不了的。

(三)

中国第四纪冰川地质研究始于廿年代初期。第一篇文献是李四光1922年在英国地质杂志上发表的《华北晚近冰川作用的遗迹》^[3]。同年稍晚一些时间,F.K.Ward在英国地理学杂志发表了《中国西藏冰川》^[6]。在此以前外国知名地质、地理学家来中国考查访问者颇不乏其人,著述也多,但未见有第四纪冰川之记载。名家言论影响深远,逐渐形成了中国东部无第四纪冰川之概念。因之,李四光文章发表后,并未引起地学界的重视,却招致了权威人士的惊讶和抨击。至1933和1934年,李四光又将长江中下游各地所见的冰川遗迹公诸于世^[4],仍然遭到强烈的反对^[5],反对最烈者是巴尔博教授等。与此同时,李四光在庐山地区进行了详细观察,举凡各种冰蚀地形、冰碛物、冰碛地貌和冰水扇,应有尽有,反映了冰川的一系列活动迹象相当明显,且于1937年完成了《冰期之庐山》的专著。但是,由于日帝侵华战争影响,1947年才得正式出版。在1936年李四光在安徽黄山考察冰川时,在半山亭之下,U谷的东侧谷壁上发现冰川磨刮之悬崖和冰溜巨痕,并在黄山其它地点见到纹泥和冰碛等物,至此,冰川流行之说已不容置疑,但若干反对者依然如故,就其所持之理由和事实却无以自辩。著名的地理学家H.V.费斯曼,对中国冰川素抱怀疑态度,曾两次亲莅黄山观察,见到上述证据后,一反旧观,发表专著,承认中国第四纪冰川之存在^[7,8,9]。

三十年代末至四十年代,在李四光领导下,我参加了这项研究工作。在贵州、四川、湘西、鄂西和广西等地均找到了第四纪冰川遗迹。以广西所见,争论强烈;但在桂林之南,六塘一带(约位北纬25°,东经110°30′,海拔高度不超过200米),所见之冰舌形迹甚为清晰。这个冰舌的冰体来源于驾桥岭东坡,由清平乡等冰窖流入浪村盘谷,复由盘谷注入六塘谷地,形成了六塘冰舌。最令人醒目者是冰舌东西两侧的两道侧碛,悉由红色泥砾岗埠组成,断续相连,形成两带。岗埠高者,超出平地约三十米,两带侧碛间距最宽处约三公里,最窄处一公里许。更值得注意者是两道侧碛之间的鼓丘。在六塘镇南李家村附近,居冰舌底碛部位有两个鼓丘,长约二百米,宽达百米,高出平地约十七米。构成它们的物质

成份,与两道侧碛所见者完全相同,由暗红色粘泥与大小不等、半具棱角、时具光面的砾石,形成杂乱无序的泥砾堆积。砾石大者可达四、五十厘米,小者数厘米,带冰溜条痕者时有所见,多属中、下泥盆纪砂岩,来自二十公里以外的驾桥岭高山。六塘冰舌大致呈南北走向伸展,由山麓浪村盘谷向北伸至东田村附近尚有泥砾可寻,已是终碛部位。至东田村北,江口村以南的一片低丘,由卵石构成,属终碛前缘冰水排泄之物。

关于广西冰川的争论,反对者认为纬度如此偏南,海拔又如是之低,很难形成冰川,但事实如此,若非冰川作用,从泥石流、洪积等作用,是无法解释成因的。1983年7月英国地貌、冰川学家斯威汀(Sweeting)博士来桂林岩溶所讲学时,曾对桂林附近及尧山山麓地貌及堆积物进行观察,认为这些泥砾等堆积物,若在欧洲不外三种解释,即冰川与寒冷气候下的霜冻和滑动作用。斯威汀将采集的标本和桂林地质图带回英国复经牛津大学地理教授布尔(Prof. peter Bull)鉴定分析后,认为这是寒冷气候下的堆积物,可能属冰缘堆积。由于堆积物中无任何水蚀和风蚀作用,他倾向于认为可能是搬运不远的冰川堆积,而堆积物岩性过于一致,表明它们是在寒冷气候下短距离搬运的堆积物,现已采集标本进行进一步鉴定工作。

五十年代以前,中国第四纪冰川遗迹的研究,由于李四光在庐山地区详细工作的成果,在黄山地区发现了冰川流行的确据,分析各地冰川遗迹后,明确提出中国第四纪气候也曾发生过多次冷暖的变动,论证中国第四纪时期可以划分为四个冰期和三个间冰期,由老而新名为:鄱阳、大姑、庐山和大理四个冰期。1938年在英国自然杂志上曾发表了《冰期之庐山》的节要。李四光这些研究成果不但肯定了中国第四纪冰期和间冰期之存在,也为以后中国第四纪地质研究揭开新的一章,奠定了良好的基础。

近三十年来,在中国各地,尤其东部,发现了很多的第四纪冰川遗迹,积累了大量的有关资料,使中国第四纪冰川地质研究取得了空前进展。为了有系统、有计划地开展这方面的研究,在李四光倡导下,于1960年成立了“中国第四纪冰川研究中心联络组”,直接由国家科学技术委员会领导,组织力量在各个大区系统地进行第四纪冰川遗迹的调查研究。1964年科学出版社出版的《中国第四纪冰川遗迹研究文集》,就是这个组织的一项研究成果。1963年由“中国第四纪冰川研究中心联络组”刊印的《冰蚀地形和冰川遗迹图片集》就是“中心联络组”为开展研究提供的一项参考材料,只是在1966年以后由于众所周知的原因,这个学术组织的工作中断了。随着这项研究的深入和普及,不断提出新的问题和新的争论,必须加强科学思维,采取十分严谨的态度和科学方法,借鉴和应用邻近学科的成果,对各种第四纪冰川遗迹进行详细鉴定和综合分析。李四光曾及时提出,鉴定第四纪冰川遗迹,说明冰川的存在,至少有三项必不可少的证据,和一项应有但不一定处处可以得到的证据:(1)大片冰层在山区停积和它向低处移动道路的遗迹;(2)冰碛,即冰川下面的堆积和它侧面及前面遗留的堆积物;(3)冰水沉积和其它冰缘堆积物与冰缘现象;(4)在寒冷气候中生存的动、植物遗体或遗迹。我们必须将取得的各项冰川流行的证据联系起来进行综合分析,才能透过孤立的地质和地貌现象的多解性,以揭露它们的成因本质。对于较古老的冰川遗迹来说,除被埋藏保护者外,一般大都遭受严重破坏,残存者甚少,某些在时空关系上密切相联的、具有确据意义的少量冰川残迹,应予以特别重视。并以相应的地层中找到的古生物化石等古气候标志,论证古冰期气候的存在和冰川发

育的可能性。把“泥砾”不加分析地当做冰川堆积,或笼统地说成是洪积、泥石流等等,都是不够严谨的。当然,泥砾堆积物不都是冰川作用的,不同营力形成的泥砾,其特点和同其有关联的现象大不一样;泥砾混杂堆积可能是冰碛,也可能是其它营力的产物。回忆1963年我们多人同王日伦等实地观察华北特大洪水的堆积现象,见到太行山东坡多处曾发生泥石流,砾大小不一,多具棱角,成分单一,亦属泥土混杂之物。多系沿一定的坡度流动,移徙之距离,未见有远达数里以外者,远非中国西部高山有寒冻作用的泥石流所可比拟。至于洪水堆积物,靠山麓近处具有一定坡度地带,见有洪水搬运的砾石,距山麓约十里以外的平地则多为泥沙之物且具层理,无泥砾可寻。

从多年实际工作经验来看,有关学科的相互协作和渗透,是第四纪冰川地质研究不断深入和发展的重要因素。古人类和旧石器考古的研究,与第四纪冰川地质工作有较好的配合。哺乳动物化石及其动物群的生态环境的研究成果,可与第四纪冰期的划分相互印证。第四纪植物化石,特别是大量孢粉分析工作,已系统地反映出第四纪气候冷暖变动的过程。第四纪海相有孔虫和介形虫等微体古生物化石的研究,与冰期海退和间冰期海进是相适应的。古地磁、同位素和其它测定第四纪年代方法的应用,大大促进和提高了冰期时代的划分和对比的研究水平。扫描电镜等技术在鉴定冰川遗迹微观方面的应用,很有助于对冰川遗迹的识别并提高其准确性。对古土壤和风化壳的性质及特征的研究,为鉴定间冰期的存在增添了重要依据。第四纪冰缘现象的研究,补充了根据冰川遗迹探讨冰期的某些不足,并为认识不同气候条件下冰川与冰缘的关系,提出了一条新的途径。现代冰川的发育条件和冰川类型等方面的研究成果,对研究、探索已消失的第四纪冰川的活动过程有着重要作用。新生代后期构造运动的研究成果,不仅证明中国第四纪以来地貌、水系的发展有巨大变化,而且也可了解中国各地第四纪冰川发育的条件也随构造运动的时空变化而不断的变化。气象气候学和大气物理学有关大气环流等方面的研究,也为认识中国第四纪气候的特征提供理论依据。综上所述,我们要想解决第四纪冰川地质中诸如气候的演变、冰期的划分和对比以及冰期之所以发生等等问题,则有待于地质、地理、古生物、古人类、气象、大气物理方面的研究者共同协作,才能取得全面的成果。

近三十年来,冰川地质的研究取得以下进展:

1. 冰期划分和冰期系列年代问题。

六十年代以前,我国最老冰期是鄱阳冰期。它的层位位于一套湖相和河湖相地层之上,如北方之泥河湾组、三门组、川西之昔格达组,云南之元谋组。六十年代以来,先后在昔格达组、元谋组和泥河湾组之下均找到了冰碛层。前者名为安宁冰期或龙川冰期,后者称为红崖冰期。复在青藏高原河湖相羌塘地层上部,见有明显的冰缘冻融褶皱,曾名为狮子山冰缘期;在华北泥河湾层虎头梁雀儿沟剖面 and 红崖剖面上部,均见到冻融褶皱现象,含苔原类型的植物花粉,其下有以云杉为主的孢粉段,因为尚未找到与之相当的冰碛层,故暂称为东城冰缘期。这样,在鄱阳冰期之前,还有一次早冰期和一次寒冷期。若干事实表明,在中国大陆,这个早冰期和寒冷期有一定的普遍性。

根据中国东部保存完整的冰斗U谷等冰川地形和冰碛物(如黔东南雷公山、湘西苏宝顶、浙江百山祖和天目山、吉林长白山等)、寒冷气候下的哺乳动物群(如北京披毛犀动物群、河南小南海动物群、山西峙峪动物群、哈尔滨顾乡屯动物群以及徐州附近的猛犸

象, 上海的披毛犀等)、植物化石和孢粉组合(如渭南北庄村云杉球果、哈尔滨荒山云杉树干、以云杉为主的孢粉组合分布平原各地, 以冷杉为主的孢粉组合发现于天目山海拔400米附近等)和地层的 ^{14}C 年龄数据等(上述显示寒冷气候的地层, 从距今约三万年前开始沉积, 结束于一万年前), 它们足以说明大理冰期——中国的晚冰期的存在。它的寒冷气候影响到东部山麓地区和沿海平原。

自三十年代李四光确定的鄱阳、大姑、庐山和大理四次冰期以来, 越来越多的事实说明它是符合客观实际的。在七十年代初他又提出在鄱阳之前, 可能还有老的冰期存在。经过近年的研究, 这个早冰期可以元谋组以下的龙川冰期和泥河湾组以下的红崖冰期作为代表。此外, 在鄱阳冰期和龙川或红崖冰期之间, 尚有一寒冷期, 即在第四纪早期湖相和河湖相地层上部冰缘现象所反映的寒冷期, 曾名为东城或狮子山冰缘期。由此而言, 第四纪大冰期中, 中国大陆可划分五次冰期和一次寒冷期, 期间为五次温暖期所分隔。在每一冰期或间冰期(温暖期)中, 有的还可以分次一级的亚冷期(冷期)和亚间冰期(暖期)。在大理冰期结束以后, 为冰后期的开始。冰后期也有气候冷暖波动, 现正在深入研究中。

根据近年来同位素和古地磁年龄数据, 冰碛物的地层层位, 结合古生物和古石器等方面研究, 对我国冰期系列年代, 试作如下划分:

(1) 早冰期, 龙川或红崖冰期, 开始于距今大约340万年, 结束于270万年左右。高斯正极性世与吉尔伯特负极性世的界限, 出现于这次冰期中。

(2) 东城或狮子山寒冷期或冰缘期, 开始于约240万年, 结束于150万年前后。松山负极性世中的奥都维正极性事件(167—187万年)发生于这个时期内。

(3) 鄱阳冰期开始于距今约120万年前, 结束于90万年左右, 松山负极性世中的贾拉米洛事件(90—97万年)在这次冰期中发生。

(4) 大姑冰期开始于距今约80万年前后, 结束于约60万年左右。布容正极性世和松山负极性世的界限(73万年), 在这次冰期中出现。

(5) 庐山冰期起始于约距今40万年左右, 结束于20万年前后。布容正极性世中的瑟瑟C负极性事件可能出现于这次冰期内。

(6) 大理冰期开始于距今约7万年左右, 结束于一万年前, 拉尚事件(3—6万年)发生在这个冰期时间内。

2. 关于第四纪海进与第四纪地层划分的界限问题。从六十年代以来, 对第四纪海相层的研究取得不少重要成果。在冰期系列的各次间冰期或温暖期, 都有海进现象发生。从不同层位的海相或滨海相地层来看, 可以有八次海进。每一次沉积海相层都可作为地层划分和对比的标志。最晚的一次海进形成的海相层是在冰后期发生的, 在沿海平原地区普遍存在, 曾名为天津海进。在大理冰期中显示两个暖阶段, 相应地发生两次海进, 曾名为献县海进(距今22900或24400年)和沧州海进(大于32000年)。白洋淀海进可能代表庐山一大理间冰期; 海兴海进和黄骅海进的层位, 分别位于鄱阳—大姑和大姑—庐山间冰期的时期。大致位于泥河组上部, 发生于东城冰缘期之后的海相层或可能以渤海海进为代表, 代表东城冰缘期和鄱阳冰期之间的一次海进。第四纪最早的海相地层是在东城冰缘期和红崖冰期之间的海进形成的。这次海进已达陕西渭河, 山西运城等盆地。并在北京顺义孔深430余米处发现抱球虫等浮游类有孔虫, 故称这次海进为北京海进。层位大致与之相当的