

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

中国显微构造地质学的回顾

刘瑞珣

北京大学地质学系, 100871

内容提要 我国的显微构造与组构研究始于20世纪30年代。已故何作霖教授把“岩组学”由德语文献介绍到中国,王嘉荫教授实测了国内岩石的岩组图,研究了矿物形成与变化的构造作用因素,他们把这一领域的研究与构造地质分析结合起来,给构造地质分析引入了显微镜方法。不过在以后的30多年里,显微构造与组构分析只局限于少数学术单位和少数学者。从20世纪70年代中期开始,随着地质工作的发展和国际交往的带动,显微构造与组构在我国得到较快速的发展。许多高校地质系开设了相关课程,在矿业开发、工程地质、环境与灾害地质等方面也得到有成效的应用。

关键词 显微构造与组构 构造地质 显微镜

显微构造与组构属于构造地质学分支,源于将岩石学显微镜用于分析薄片中的构造与组构,进而作构造地质解释。现今的显微构造已远不限于岩石学显微镜,已经广泛采用X-射线、扫描电镜和透射电镜等工具。

我国显微构造与组构的早期发展归功于矿物岩石学家的卓越贡献。何作霖首先把费氏旋转台介绍到我国^①,后他还专门介绍了费氏台研究岩组学的方法和意义(何作霖,1936)。岩组学是奥地利科学家桑德尔(Sander, 1930)创立的一门学科。他认为岩石中的面状和线状组构具有对称性,这种对称性反映了形成组构时运动的对称性,可用岩组图进行描述。何作霖在他的文章中介绍了该书最基本的两种构造岩的组构,即S-构造式(S-tectonite)和B-构造式(B-tectonite)。S-构造式的岩组图显示点极密,解释为滑动力较强的晶体取向;B-构造式的岩组图显示环带,解释为滚动力较强的晶体取向。这样就把岩石中矿物的晶体取向与构造力的方式和性质联系起来,提供了用显微镜研究构造地质的机会。但是研究岩组学必须利用旋转台,在当年它是很昂贵的设备,必须从德国进口。到抗日时期全国只有6台,而且有一部分落入沦陷区。因此岩组学在中国的发展是艰难的。大学刚刚毕业不久的王嘉荫找到一种不用费氏台测一轴晶矿物光轴方位的方法,使得石英、方解石等最普遍的造岩矿物的岩组图得以只用普通偏光

显微镜完成。他利用矿物消光方向定出光轴倾向,再利用干涉色强弱估算倾角,对于一轴矿物是有效的。这是我国学者对岩组的创新贡献(王嘉荫,1940)。后来王嘉荫还发现在应力作用下矿物的光轴方位可以偏转;甚至一轴晶矿物可以变为二轴晶,层解石可以歪曲成马鞍形(王嘉荫,1944)。为了验证他的方法,他用普通偏光显微镜和用长焦距偏光显微镜加旋转台分别实测了2张一轴晶矿物岩组图,4张图比较两两相似,验证了他创立的不用旋转台测一轴晶矿物光轴方位的方法是有效的(王嘉荫,1943)。

早期的显微构造研究不光注重某些矿物局部范围的组构变化和矿物晶形变化,也注重对区域构造的解释。王嘉荫对北京西山硬绿泥石这种变质矿物作了调查,发现它呈NNE方向带状分布,与西山一带当时已知的NEE构造走向不一致。硬绿泥石被哈克尔(Harker, 1932)称为应力矿物,代表封闭压力条件下应力作用形成的矿物。王嘉荫首次将NNE向分布的硬绿泥石带视为构造带,而这条构造带恰是压扭性的,与李四光称新华夏系构造带吻合,由此证实新华夏系在老NEE向构造上迭加了NNE向构造(王嘉荫,1951)。把变质矿物带作为构造带标志的认识,十多年后由日本学者都城秋穗完善化,他的高压低温和低压高温“双变质带”理论为板块构造学说提供了依据,成为重大科研成果,得到广泛传播(都城秋穗,1965)。王嘉荫提出的北京西山的硬绿石

注:本文得到国家自然科学基金项目(编号49972080)资助。

① 何作霖. 费氏旋转台用法说明. 中央研究院地质研究所(非正式出版的小册子,年月不详,估计在1933年。费氏台旧称弗氏台)。

收稿日期:2001-04-30;改回日期:2001-11-06;责任编辑:周健。

作者简介:刘瑞珣,男,1938年生。1963年毕业于北京大学。现任北京大学地质学系教授,博士生导师,主要从事显微构造、环境与灾害地质、地质学史、地质教育等方面的研究和教学工作。通讯地址:100871,北京大学地质学系。

带虽然不具有板块构造意义,但是用变质矿物带表示构造带的思想却早于都城秋穗。我国早期的显微构造研究不仅用于解释矿物的应力变形,光性特征改变,而且也用于解释区域构造带的形成。这些在当时是国际领先的。

从第一个五年计划开始(1953),我国地质工作转入以找矿勘探为中心的地质大发展阶段。在这个阶段地质研究得到生产任务的带动,矿产地质迅速发展起来。处于探索阶段的技术和方法一时不能在生产中见效而难以得到应用。处于起步阶段的显微构造与组构分析是费时费力的方法,又具有多解性。在当时“与时间赛跑”的年代在生产中得不到施展的机会,研究工作只限于何作霖、王嘉荫、池际尚、李四光等少数学者所在的研究所或院校,而且不处于重要地位。应该指出的是,李四光本人并不专攻显微构造,但他却重视和倡导这一研究,何作霖、王嘉荫的学术发展都得到李四光的关怀。从我国第一个五年计划到改革开放之前,学术界处于相对封闭状态,显微构造的研究范围受局限,研究水平大致处于综合归纳阶段。这一时期的学术著作主要有:王嘉荫,应力矿物问题(1964);何作霖等,山西五台石英云母片岩中石英脉小褶皱的岩组分析(1965a);何作霖等,在封闭压力下实验变形白云岩的显微构造及其解释(1965b);王嘉荫、玄孝千,密云北石城新华夏系断裂带的初步研究(1973);王嘉荫,破裂带中几个问题(1974);王嘉荫,怀来歪头山断裂带岩矿构造特征和问题(1976)等;此外,苏树春,张绍宗合译的“旋转台鉴定译文集”(1963)是那个时代介绍西方组构学术动态少数文献之一,对了解国际动态也有重要意义。遗憾的是,我国起带动作用显微构造学术大师何作霖(1967),李四光(1971),王嘉荫(1976)在文革时期先后离世,是我国显微构造与组构学的重大损失。

改革开放初期,学术界百废待兴。在显微构造领域,以往积累了很多问题要解决,国内的水平需要与国际接轨,所以这一阶段首先整理出版了已故学者们的遗著,有:王嘉荫等,岩组分析论文集(1977);王嘉荫,显微镜下结构面的鉴定(1977);王嘉荫,应力矿物概论(1978);何作霖译,岩组学(1981)等。在此期间较有影响的译书有:周金诚等译,变质构造岩的构造分析(1978);何永年等译,组构和显微构造(1980)。何绍勋著:构造地质中赤平极射投影(1979)和孙岩(1976),孙岩与周成奋(1977),孙岩(1978a,1978b,1979)等人关于压性结构面和扭性断裂的文章及姜光熹在X-射线岩组学的贡献都反映

了我国当时显微构造与组构研究的水平。这一时期从科研院所,高等学校到地质队,都有很多人在探讨显微构造与组构,期望能解决许多地质构造的疑难,迫切要求规范方法,澄清概念,提高水平。由一批中青年学者发起,得到中国地质学会构造地质专业委员会的支持,于1981年11月在北京大学召开了全国显微构造与组构学术讨论会暨显微构造与组构专业组成立会,有74人参加这次会议,提交论文66篇,选举钱祥麟为专业组主任。专业组的成立对全国显微构造与组构研究有巨大的推动作用。大量的介绍国外动态的文章和著作问世(肖庆辉,1982,1984;许志琴,1984;林传勇等,1985;郑亚东(关于糜棱岩的韧性变形概念有重要意义),1982),澄清了一些概念,开始广泛使用X-射线和电子显微镜方法,结合区域构造研究发展了显微构造与组构。显微构造与组构专业组成立后又召开了四次学术研讨会。第二到第五届学术研讨会的地点和时间分别是:桂林冶金地质学院(1984),北京怀柔(与构造地质专业委员会合,1987),浙江大学(1989),北京大学(1991)。参会的代表逐渐年轻化,研讨的问题逐渐广泛而且深入,逐步与国际水平接轨。在这一阶段显微构造与组构所关注的有代表性的领域有(因篇幅所限各领域只列代表性的作者,文献太多恕不详列):① 韧性剪切带和韧性变形问题(何永年、林传勇、史兰斌、嵇少丞、钟增球、游振东、何绍勋等、胡玲、王国灿、王涛等、韦必则、吴树仁等、宋鸿林、侯泉林及其他作者);② 构造岩、糜棱岩问题(何永年、王玉芳、刘景波等、刘曼丽、董火根、安琳吉、甘盛飞、郭敬辉、吴香尧、翟明国、孙岩、韩克从、王小凤、徐树桐、刘俊来、钟增球、郭宝罗、夏宗国等);③ 古应力计、岩石流变性和地幔岩问题(何永年、林传勇、史兰斌、金振民、金淑燕、王小凤、刘俊来、马宝林、孙雄等、索书田、徐学纯、刘德良、杨新岳等、杨巍然等);④ 在假玄武玻璃研究方面也有很大进展(杨主恩、张进江与郑亚东、王玉芳、翟淳、张桂林等)。

在运用摩尔圆进行应变测量方面,我国学者近年有很大贡献。由奥地利学者摩尔(Otto Mohr, 1882)建立的摩尔圆对岩石中的应力分析、应变分析和有限应变分析大有帮助。但它只适用共轴应变(纯剪切),不适用于非共轴应变(简单剪切)。而大量的剪切带都是非共轴应变,或是含有非共轴与共轴的混合应变,又称一般剪切应变,为解决一般剪切应变的定量测量,有人提出了极摩尔圆方法(De Paor, 1981,1983)。这个方法要求找到变形前与剪切带垂

直的线状标志,和它变形后的方位和长度,而且不考虑体积损失。这个条件的限定太苛刻,实用比较困难。张进江和郑亚东拓宽了极摩尔圆的应用领域,由他们提出的改进方法只要求变形前可测任意方向的两条线状标志及其变形后长度和方位,假设没有体积变化,就可以利用极摩尔圆进行应变分析(Zhang et al., 1997)。此后,李海等又将体积变化的条件考虑进去,促使摩尔圆方法进一步扩大适用范围(Li et al., 2000)。张进江和李海都首先在显微构造分析中使用了各自的新方法,从而对显微构造的定量化具有推动作用。

显微构造人才的培养只在理科类地质专业内设课进行。王嘉荫(1975)在地质力学专业对本科生讲授过相关课程。改革开放后北京大学将显微构造与组构首先列入本科生课程,随后中国地质大学等校也列入。专业目录统一调整后,这些院校又都将其列入研究生课程。其他院校也全程或阶段性讲授过类似课,至 20 世纪末在大学里接受过显微构造与组构知识的学生估计在千人以上。此外,80 年代中国地质科学院还在全国各地专门办班,或在各种学术会上专题讲授显微构造(许志琴主讲),为显微构造的普及和提高起极大的推动作用。同时还出版多部适用的教材,有:许志琴,地壳变形与显微构造(1984);吴香尧,岩组学导论(1986);何永年等,构造岩石学基础(1988);刘瑞珣,显微构造地质学(1988);钟增球等,构造岩与显微构造(1991);胡玲,显微构造(1998)等。这些书籍都有深入浅出特色,对学生和专业人员都有参考价值。目前,全国有七个构造地质专业博士点,显微构造方向的博士生通常在构造地质博士点内培养。

在中国地质学会构造地质专业委员会领导和关怀下,显微构造与组构专业组经过酝酿于 2000 年 4 月在北京大学召开学术会暨换届会。新一届委员中年轻人人居多,且多具有博士学位,他们不仅学历层次高,而且有与国际交流的经历,标志着我国显微构造与组构研究在新世纪的新气象。

探索显微构造与组构的发展,必须结合构造地质学的发展。目前,一些构造地质学家误以为显微构造与组构只是看看薄片范围内的构造,对野外大构造的解释起不了多大的作用,因此忽略显微构造与组构的作用。显微构造虽然所观察的范围很小,但却在细节上获得深入的信息。与目前已广泛利用的包体测温测定、超高压矿物(金刚石,柯石英)的发现一样,都是以小范围的发现引出重要的地质意义的。另

外,十余年来我国显微构造在相关的学科领域已经利用并获得突出成效。例如对工程地基稳定性评价方面,已在三峡工程、核电站基地选址、大型机场跑道地基加固、大型铝厂地下活断层鉴定、裂缝型油气藏、古建筑地质病害防治、山地与硐体旅游景点安全评价等,都进行过显微构造的鉴定工作,并获得令人鼓舞的成果。构造地质学微观领域的研究与宏观领域一样,在 21 世纪一定会得到突飞猛进的发展。

参 考 文 献

- 卡雷拉斯 J 等著. 1980. 组构和显微构造. 何永年, 林传勇, 史兰斌译. 北京: 科学出版社.
- 都城秋穗. 1979. 变成岩与变成带. 周云生译. 北京: 地质出版社.
- 费尔班 X B 著. 1981. 岩组学. 何作霖译. 北京: 地质出版社.
- 弗里德曼 M 等著. 1963. 旋转台鉴定译文集. 苏树春, 张绍宗译. 北京: 科学出版社.
- 何绍勋. 1979. 构造地质中的赤平极射投影. 北京: 地质出版社.
- 何永年, 林传勇, 史兰斌. 1988. 构造岩石学基础. 北京: 地质出版社.
- 何作霖. 1936. 弗氏旋台研究矿物及岩石之方法. 地质论评, 1(2): 121~156.
- 何作霖, 郭金第, 等. 1965a. 山西五台石英云母片岩中石英脉小褶皱的岩组分析. 地质学报, 45: 197~208.
- 何作霖, 郭金第, 何永年. 1965b. 在封闭压力下实验变形白云岩的显微构造及其解释. 地质科学, (3): 265~274.
- 胡玲. 1998. 显微构造. 北京: 地质出版社.
- 刘瑞珣. 1988. 显微构造地质学. 北京: 北京大学出版社.
- Nicolas A, Poirier J P 著. 1985. 变质岩的晶质塑性和固态流变. 林传勇, 史兰斌译. 北京: 地质出版社.
- 孙岩. 1976. 赣南西部地区破裂压性面构造岩带之划分. 地质力学论丛, 第 3 号: 44~51, 北京: 科学出版社.
- 孙岩, 周成奋. 1977. 江西南部挤压片理的初步研究. 地质力学论丛, 第 4 号: 45~53, 北京: 科学出版社.
- 孙岩. 1978a. 破裂压性面的分带现象. 地质力学文集, 第 2 集: 48~54, 北京: 地质出版社.
- 孙岩. 1978b. 破裂压性面力学性质的转化. 地质科学, (3): 265~274.
- 孙岩. 1979. 苏南地区若干扭性断裂的显微构造特征. 地质力学文集, 第 3 集: 13~24, 北京: 地质出版社.
- 特纳 F J, 韦斯 L E 著. 1978. 变质构造岩的构造分析. 周金诚, 张绍宗, 宋鸿林校译. 北京: 地质出版社.
- 王嘉荫. 1940. 一轴晶矿物光轴方位之测定与岩组学. 地质论评, 5(1~2): 61~64.
- 王嘉荫. 1943. 岩组分析实例. 地质论评, 8(1~6): 107~114.
- 王嘉荫. 1944. 江西虔南大吉山之层解石. 地质论评, 9(3~4): 151~158.
- 王嘉荫. 1951. 北京西山的硬绿泥石带. 中国地质学会志, 31(1~4): 23~30.
- 王嘉荫. 1964. 应力矿物问题. 地质力学论丛, 2: 265~274.
- 王嘉荫, 玄孝千. 1973. 密云北石城新华夏系断裂带的初步研究. 地质科技, 3: 20~23.
- 王嘉荫. 1974. 破碎带中几个问题. 地质科学, (2): 146~160.
- 王嘉荫. 1976. 怀来至头山断裂带岩矿构造特征和问题. 地质力学论丛, 第 3 号: 52~64, 北京: 科学出版社.
- 王嘉荫, 池际尚, 张保民, 等. 1977. 岩组分析论文集. 地质力学论丛, 第 4 号: 33~44, 北京: 科学出版社.
- 王嘉荫. 1978. 应力矿物概论. 北京: 地质出版社.

- 吴香尧. 1986. 岩组学导论. 重庆: 重庆人民出版社.
- 肖庆辉. 1982. 当前国外显微构造研究中值得重视的几个问题. 国外地质, 9: 8~19.
- 肖庆辉. 1984. 糜棱岩的显微构造和成因(评述). 构造地质论丛, 5: 203~216, 北京: 地质出版社.
- 许志琴. 1984. 地壳变形与显微构造. 北京: 地质出版社.
- 郑亚东, 常志忠. 1985. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京: 地质出版社.
- 钟增球, 郭宝罗. 1991. 构造岩与显微构造. 武汉: 中国地质大学出版社.

References

- De Paor D G. 1981. Strain analysis using deformed line distributions. *Tectonophysics*, 73: T9~T14.
- De Paor D G. 1983. Orthographic analysis of geologic structure I Deformation theory. *J. Struct., Geol.*, 10: 323~333.
- Harker A. 1932. *Metamorphism*. London.
- Ho Tso-Lin. 1936. Method with Fedorov Stage to study minerals and rocks. *Geological Review*, 1(2): 121~156 (in Chinese with English abstract).
- Ho Tso-Lin, Kwo Chin-ti. 1965a. Petrofabric analysis of a small vien quartz fold in quartz-mica schist in Wutai Shan. *Acta Geologica Sinica*, 45: 197~208 (in Chinese with English abstract).
- Ho Tso-Lin, Kwo Chin-ti, Ho Yung-nian. 1965b. Microscopic structure of the deformed marble under the confining pressure. *Scientia Geologica Sinica*, (3): 265~274 (in Chinese with English abstract).
- Li H, Guo Z, Liu R, Liu S, Zhang Z. 2000. Polar Mohr diagram method and its application in calculating the shear displacements of general shear zones with volume loss. *Science in China (series D)*, 43(2): 151~157.
- Miyashiro A. 1973. *Metamorphism and Metamorphic Belts*. London, Nagoya.
- Sander B. 1930. *Gefugekunde der Gesteine*. Berlin.
- Sun Yan. 1978. On the transformation of mechanical nature of compressive fracture plane. *Scientia Geologica Sinica*, (3): 265~274 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chiayin. 1940. Orientation measurement of uniaxial minerals and on petrofabrics. *Geological Review*, 5(1~2): 61~65 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chiayin. 1943. Examples of petrofabric analysis. *Geological Review*, 8(1~6): 107~114 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chiayin. 1944. On slate spar in Dajishan mountain, South Jiangxi. *Geological Review*, 9(3~4): 151~158 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chiayin. 1951. On the chloritoid belt in western hills of Peking. *Geol. Soc. Bull. China*, (1~4): 23~30 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chiayin, Xuan Xiaoqian. 1973. A primary study on Neocathaysian tectonic belt of Beishicheng, Northeast Beijing. *Geological Science and Technology*, 3: 20~23 (in Chinese).
- Wang Chiayin. 1974. On fracture zones. *Scientia Geologica Sinica*, (2): 146~160 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J, Zheng Y. 1997. Polar Mohr constructions for strain analysis in general shear zone. *J. Struct. Geol.*, 19(5): 745~748.

A Review of Microstructural Geology in China

LIU Ruixun

Department of Geology, Peking University, Beijing, 100871

Abstract

The microstructural and petrofabric analyses in China were originated in the 1930s. Prof. He introduced the petrofabric analysis from German literature to China; Prof. Wang measured and completed petrofabric diagrams of domestic rocks during the 1930s. Wang studied the tectonic interpretations of deformed rocks under the microscope in 1940. They combined the petrofabrics with tectonic dynamics, introduced application of microscopes to structural analysis for the first time in China. However, in the 30 years after that, the microstructural and petrofabric analyses were limited to a few academic institutions and a few scholars. Since the late 1970s, microstructural and petrofabric analyses have developed rapidly in China along with the development of geological work and international academic exchanges. Some related courses have been offered in many geological colleges and universities. Microstructural geology has been widely applied to mining, engineering, environmental and disaster geological work in China.

Key words: microstructure and petrofabrics; structural geology; microscope

中国地质学会被授予“中国科学技术协会先进学会”称号

2001年, 中国地质学会在学术交流、科学普及、科技期刊出版、继续教育与人才举荐、国际交流及港澳台交流与合作、网络建设和组织建设诸方面, 特别是为筹备庆祝中国地质学会成立80周年, 做了大量工作, 受到中国科学技术协会和国土资源部等的表扬和广大地质科技工作者的赞誉。2002年1月, 中国科学技术协会授予中国地质学会为“第3届中国科学技术协会先进学会”的光荣称号。