

# 古地磁方法在安徽五河荣渡金矿 隐伏区构造研究中的应用

陈柏林 董法先

(中国地质科学院地质力学研究所)

**摘要** 本文概述了作者在安徽五河荣渡金矿隐伏区构造中运用古地磁方法确定岩层产状、进行构造解析的方法和步骤,对其结果及可行性进行了分析,并指出这一方法有简易、费用低等优点,具有广泛的应用前景。

**关键词** 荣渡金矿区 古地磁方法 隐伏构造分析

安徽五河荣渡金矿地处淮岸边,第四系覆盖层厚达70—80m,这对查清矿区基岩的构造型式、控矿构造的展布特征、以及找矿预测都造成很大的困难。

依据物化探和钻探资料,荣渡矿区岩层呈NNE向展布,倾向SE,并构成NNE向褶皱<sup>①</sup>。这与矿区所处的区域构造背景及外围露头区的构造不协调。事实上,矿区处于EW向蚌埠复背斜的东段,区域地层、褶皱构造均以近EW向或NEE向展布;外围大巩山地区的岩层和褶皱也表现为近EW向或NEE向展布。因此,物化探和钻探方法虽能解释隐伏矿区的地质构造问题,但由于物化探方法具有间接性和多解性等局限,普通钻探方法又有方向的不确定性等缺点,而定向钻探方法因其技术复杂、费用昂贵未能推广,所以隐伏地区构造研究中的定向问题迄今尚未解决。

荣渡金矿区已经钻取的岩心都是非定向的,为了对该隐伏区进行构造解析,首先需要确定该区隐伏岩层的产状。因此,必须对已经钻取的岩心进行定向,恢复其空间方位以便准确地确定地层的产状,以及各种构造要素的空间方位,探索控矿构造问题。鉴于此,作者尝试用古地磁方法对已经钻取的岩心进行定向并恢复岩层产状。

古地磁方法的基本原理是磁性矿物在成岩过程中能记录当时的地磁场,即在矿物中形成剩磁(也称矿物的原生剩磁)。将岩石重新加热到某一温度 $T$ 时,则能消除小于 $T$ 温度时形成的剩磁(这一过程称为热退磁)而保留大于 $T$ 温度时形成的剩磁。

岩石样品中的剩磁有原生剩磁和次生剩磁之分,原生剩磁系成岩时受当时地磁场作用而产生的剩磁,次生剩磁则是岩石形成之后直至现代漫长的地质历史中,受地磁场(包括热作用)影响而产生的磁化。

若岩石中有磁性颗粒,在这些岩石中热扰动会在磁畴排列或畴壁位置上造成不可逆变

<sup>①</sup> 安徽地矿局321地质队,安徽五河荣渡金矿1992年普查报告。

化,那么就会产生粘滞剩余磁化(VRM),只要有一弱磁场存在,就会有平行于磁场方向的磁化强度形成,这就是岩石的粘滞剩磁。

粘滞剩磁包括地质历史中的粘滞剩磁成分、现代(第四纪)地磁场剩磁成分和岩石样品自基岩取出后产生的剩磁成分等。一般来说,现代地磁场剩磁的形成是在地表或近地表条件下,岩石中某些较高温度下形成的磁性矿物变得不稳定,转变成在较低温度下稳定的磁性矿物(如铁的氧化物等),或者是在这种条件下新形成的磁性载体矿物。在这些矿物转变或形成过程中,受到现代地磁场的长期作用而产生并保留在岩石中的剩磁。

运用古地磁方法对岩心进行定向,就是测量并分解出岩石样品中由现代地磁场引起的剩磁分量,依据其方向与现代地磁场方向一致的原则,即可以恢复样品的空间方位,进而达到确定隐伏岩层产状和各种构造形迹的方位,以便开展隐伏构造解析。

下面详细介绍这一方法的具体步骤。

## 1 样品采集和制备

样品采集和制备是测试工作的基础,是测试结果可靠性的保证,必须严格按如下规程进行。

### 1.1 岩心样品采集

首先根据岩心钻探编录、岩心牌、岩心上的回次记录、块数记录和块序等原始记录标记,细心观察记录岩心的岩性、岩性条带的连续性、结构构造和形变特征等。根据块间断口的相互吻合情况,确定岩心柱的上下关系和每一岩心块的上下面。每块样品长一般 10cm,依据岩心的上下关系,在每块样品的柱面上标以箭头,箭头指示向上,同时详细记录样品的岩性、各种结构构造要素及其相互关系,并尽可能进行素描。

### 1.2 样品的加工制备

首先垂直岩心轴切制一个向上的平面<sup>①</sup>,然后在切好的平面上选择一组较为稳定和明显的构造要素的某个方向<sup>②</sup>(如倾向或走向)作为假定方向,并用箭头标出。对荣渡金矿区的岩心,以一组稳定的透入性片理倾向左侧的走向为假定方向,记以“N'”。在已“定向”岩心块平面上设计并制备好适合古地磁测量仪器规格的样品,一般为边长 2cm 的立方体或直径为 2.5cm、高为 2.2—2.5cm 的小圆柱,并标记好“N'”及样品号。至此,样品制备完毕。样品上记有箭头和样号的平面既代表了向上的平面,又有了假定的方向“N'”。

## 2 样品布局和样品数

根据古地磁方法的特点和待解决问题的需要,在样品布局和样品数的确定上应考虑代表性和统计性。一般地说,样品布局应均匀地分布于研究区内,对于从其它资料分析认为构造要素变化较大的部位,样品密度应适当加大一些。样品数有组数和个数之分,组数应视为研究区内需要确定的构造要素产状的点数;组数多少依据研究工作需要而定。样品个数含每组中的个数和总个数。每组中样品个数的确定主要考虑测试结果的统计性。

① 此处仅仅对铅直钻孔的岩心而言,斜孔岩心则更复杂。

② 目的在于使测试结果较有规律,若任意取向也可,只是测试结果的分析处理较麻烦。

在荣渡矿区设计 20 组样品,均匀分布于矿区 17 个钻孔之中(其中有 3 个钻孔各 2 组,便于对比分析)。每组样品的个数为 3—4 个,而热退磁只退 2—3 个,保留一个供内检或外检使用。

### 3 样品测试

由于现代地磁场产生的磁化一般在中、低温度下发生(新生代火山岩除外)。因此,热退磁和剩磁测量只需在中、低温度段进行即可,一般选择从室温至 300 C 或 350 C。同时为了更准确地分离现代地磁场的剩磁,热退磁的温度间距应适当小一些,以 30—40 C 为宜。

荣渡金矿区样品的测试工作是在地质科学院地质力学研究所古地磁实验室完成的,所用仪器为美国产 DSM-2 数字旋转磁力仪;热退磁温度选择 50 C、80 C、150 C、180 C、220 C、260 C、300 C。

需要注意的是,测试时热退磁前后,样品都应置于金属屏蔽筒内,以免瞬间磁化的影响。对于一部分剩磁强度较小的岩石样品,虽然测试时需等待较长的时间(3—4min),但都应使仪器自行读数,不作强制读数。

### 4 测试数据的统计和分析

古地磁数据统计处理有多种方法,考虑到本项研究的需要,即求出现代地磁场引起的剩磁,也就是说求出岩石样品在热退磁中一定温度段内消失的那一部分剩磁。理论上是一个简单的向量(矢量)减法。

如果一个现代地磁场剩磁分量叠加在岩石样品的原生剩磁之上,通过一系列温度的热退磁退掉这个现代地磁场的剩磁分量,那么,该一系列温度下所测得的岩石总剩磁投影点,应该在一条直线上或者在一条直线附近,即消除的那部分剩磁具有较一致的方向。这个方向就代表了岩石样品中的现代地磁场剩磁分量的方向(图 1)。然而实际情况却往往较复杂,样品在各个温度点的剩磁投影可出现 3 种类型。

(1)直线—似直线型。 这是最理想的类型,如图 1 中 6 个样品从室温至 300 C 的各个温度点的剩磁投影都在近于一条直线上。

(2)部分段似直线型。 这是常见的类型。投影图表现为某些温度区间内的剩磁投影点在近于一条直线上。如图 2 中的(1)在 80 C—180 C;(2)在 180 C—300 C;(3)在室温—220 C;(4)在 80 C—300 C 的温度区间内剩磁投影点的线性良好。在这种情况下,线性较好的温度段内所退掉的那部分剩磁可以代表现代地磁场剩磁。

(3)徘徊型。 这类投影图表现为一系列温度下样品的剩磁投影点呈不规则的原地徘徊分布,无明显的方向性(图 3)。

现代地磁场剩磁的求法:

对于上述(1)、(2)类型,现代地磁场剩磁分量可以采用向量(矢量)减法求得,此为 Kir 法;对于(3)类型,现代地磁场剩磁分量可以采用向量和平均求得,此法称为 Fish 法。这样就得到了每一块样品中的现代地磁场剩磁分量的大小和方向,我们这里需要的是方向。

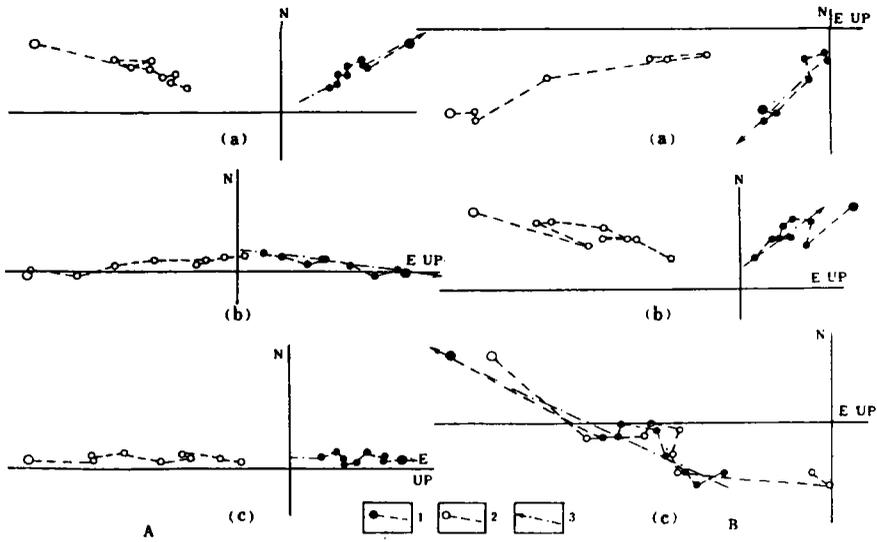


图1 直线型(A)和近似直线型(B)剩磁投影图

Fig. 1 Projection of remanent magnetizations of straight-line type(A) and similar straight-line type(B)

1. 水平分量投影,较大圆点为天然剩磁,依次为 50℃、80℃…300℃各温度的剩磁投影(下同);2. 垂直分量投影;3. 现代地磁场剩磁分量方向 样品号:A:(a)WHb-29;(b)WHb-37;(c)WHb-57;B:(a)WHb-20;(b)WHb-32;(c)WHb-35

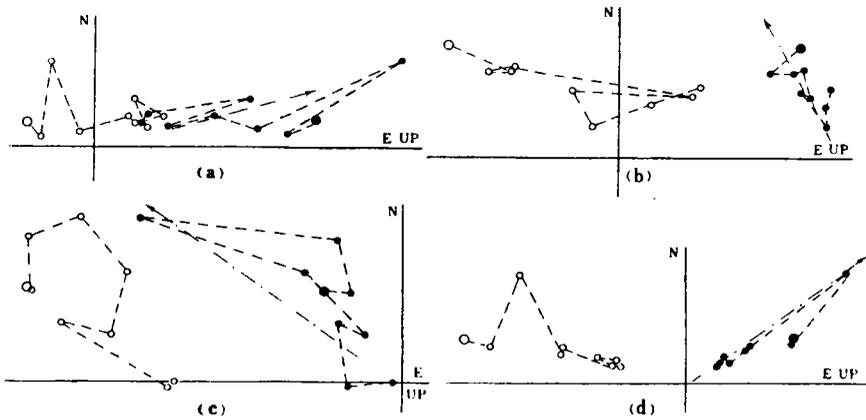


图2 部分温度段直线型剩磁投影图(图中符号见图1)

Fig. 2 Projection of remanent magnetizations of straight-line type in given temperatures

(a)WHb-38;(b)WHb-44;(c)WHb-50;(d)WHb-56

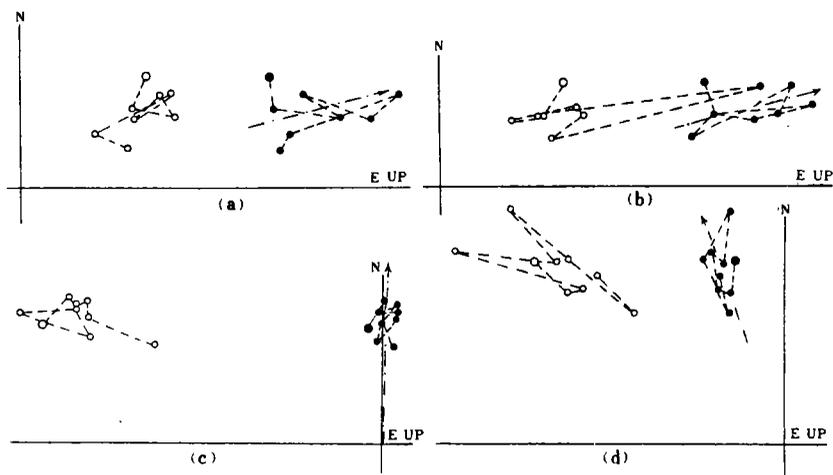


图3 徘徊型剩磁投影图(图中符号见图1)

Fig. 3 Projection of remanent magnetizations of irregular type

(a)WHb-14; (b)WHb-15; (c)WHb-45; (d)WHb-60

## 5 构造要素产状的恢复

根据已求得的每一块样品的现代地磁场剩磁分量的方向,按现代地磁场剩磁分量方向代表现代地磁场方向的原则,可以确定每块样品空间方位,从而恢复各种构造要素的产状,再以组为单位统计平均,就能求得每组样品所代表的该点构造要素的产状。

需要指出的是,样品制备时用箭头表示的假定方向(即“N'”),在测试剩磁和数据处理中均以此为参考坐标 $0^\circ$ ,所有剩磁方向均是相对于该参考坐标的方位。在求得现代地磁场剩磁分量方向以后,可将其恢复至现代地磁场方向,这样样品中各种构造要素的产状都可获得,至此,这个假定方向的使命即告结束。

依据上述原理,作者对荣渡矿区20组样品共40个单样的剩磁测量结果进行微机处理,求得各单样的现代地磁场剩磁分量方向,在恢复其空间方位之后,即求得各单样岩石中的片理产状,再作组样平均求得17个钻孔中20个部位的片理产状(图4)。结果证实了岩石片理比较稳定的事实。20组片理平均产状为走向 $45^\circ$ ,倾向 $135^\circ$ ,倾角 $55^\circ$ ,并依此平均产状及岩心中的岩性层与片理之间的关系恢复荣渡矿区24个钻孔共61个观察点的基岩岩性层产状(图5)。

在获得基岩岩层产状的基础上,结合钻孔岩性段的划分和每个钻孔内各个岩性段的分布特征,确定矿区基岩早期的基底变质变形构造为近EW向的紧闭-同斜褶皱构造,同时厘定出一组产状稳定的NE向透入性片理构造和呈NNE向展布的多个小型超基性岩体。很显然,运用古地磁方法对岩心进行定向,并结合物化探,钻探资料厘定的矿区构造型式,与仅仅以物化探和钻探资料厘定的矿区构造型式有明显的差异(表1)。前者与区域构造背景及外围露头区的构造型式更为协调。鉴于对矿区构造型式的认识不同,决定了对控制金矿化因素和找矿预测也有明显的差异,按物化探和钻探预测的找矿方向,在1991年沿着高磁异常

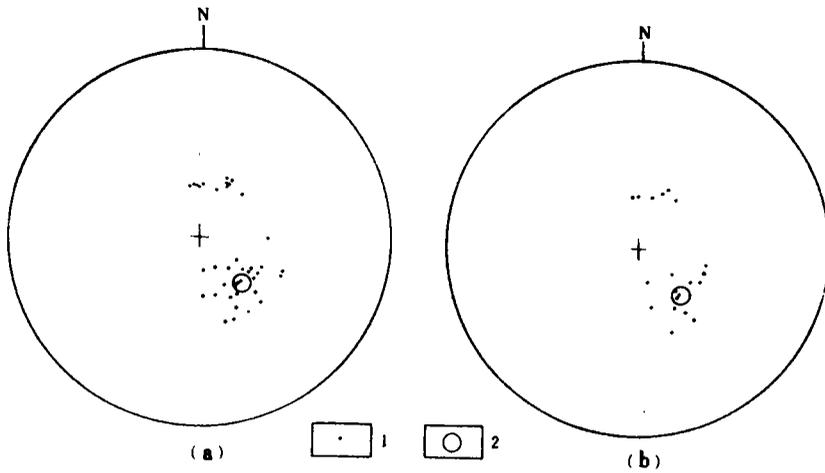


图 4 古地磁方法确定的荣渡矿区基岩片理产状极图

Fig. 4 Pole diagram of attitudes of bedrock schistosity determined by paleomagnetism

1. 样品投影; 2. 统计平均; (a) 40 个单样投影; (b) 20 组组样投影

带(主要由超基性岩体引起的)施工的多个钻孔, 均未见理想的金矿化, 仅见超基岩性而已<sup>①</sup>。

## 6 结语

运用古地磁方法确定隐伏岩层产状是首次尝试, 在探索过程中, 遇到一些具体问题, 现作如下分析并望与同行共同商榷。

### 6.1 岩性对现代地磁场剩磁分量的影响

古地磁方法用于确定隐伏区岩层产状时, 必须注意岩性对层理或片理产状的影响, 特别要注意岩石中的含铁暗色矿物对该岩石的现代地磁场剩磁分量的影响。如荣渡矿区, 在总共 20 组样品中, 有 11 组为长英质片麻岩, 恢复其片理产状都很集中, 即走向 NE, 倾向 SE。但有 4 组为含黑云母斜长片麻岩, 其中的 3 组岩石片理为倾向 SE, 另外 1 组则倾向 NNE, 余下的 5 组为含角闪黑云斜长片麻岩或

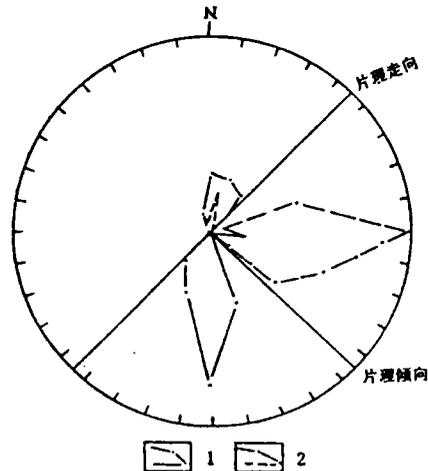


图 5 荣渡矿区基岩岩层产状玫瑰图(61 个)

Fig. 5 Rose diagram of bedrock attitudes

1. 岩层倾向; 2. 岩层走向

<sup>①</sup> 由于经费问题, 本区钻探工作 1992 年暂时下马。本文的找矿预测认识未能及时开展工程验证。1995 年初获悉本区已列入部跨世纪地质找矿区, 进一步的地质工作会给出一个符合实际的结论。

黑云母片岩(黑云母含量 $>20\%$ ,并含有少量黄铁矿和磁铁矿等),其中片理产状均倾向NNE。

为了解释这一现象,笔者对这几组含暗色矿物量较高的样品的现代地磁场剩磁分量方向与岩石中暗色矿物条带的关系进行分析。结果发现,这些样品现代地磁场剩磁分量方向与岩石中暗色矿物条带之间,存在小于 $15^\circ$ 的夹角,有的现代地磁场剩磁分量方向甚至在条带之内。如ZK1230钻孔内相距0.5m处的2组黑云斜长片麻岩,恢复其片理倾向相差 $30^\circ$ ;实际上在这0.5m内的岩心是完全连接的,片理方向不变,只是黑云母矿物条带发生了扭曲并且倾向相反(走向扭曲 $30^\circ$ );另外2个钻孔(ZK1226,ZK1222)分别取1组斜长片麻岩和1组含暗色矿物量高的岩石,其结果是前者与大多数斜长片麻岩样的结果吻合,而后的现代地磁场剩磁分量与岩石暗色矿物条带夹角甚小。显然,暗色矿物条带决定了现代地磁场剩磁分量的方向,影响了测试结果。

表1 荣渡矿区构造型式不同认识对比表

Table 1 Different understanding of structural pattern of the Rongdu gold deposit

	本 文	物化探,钻探厘定的构造型式 <sup>①</sup>
地层(岩性段)展布特征	走向近EW或NEE,倾向S为主,倾角陡立	走向NNE,倾向SEE或NWW,倾角中等
基底变质变形构造	近EW向紧闭—同斜褶皱	NNE向中等褶皱(矿区西北部地层倾向NWW)
片理	产状稳定,平均走向 $45^\circ$ ,倾向 $135^\circ$ ,平均倾角 $55^\circ$	未厘定片理构造
超基性岩体	单独划出多个小型超基性岩体,呈NNE向分布	仅作为NNE向地层的一部分
金矿化与地层构造的关系	金矿化与地层展布无关,主要受近SN向韧脆性断裂构造控制	金矿化与地层展布有关,特别是与具有高磁异常的超基性岩有关
找矿方向和预测	沿近SN向韧脆性断裂构造带	沿NNE向高磁异常带

但是,暗色矿物条带的变形应该是第四纪以前的,测得的剩磁分量方向实际上并不代表现代地磁场剩磁分量方向,而是暗色矿物条带变形前的剩磁或原生剩磁的反映。可能是因为含铁量高的暗色矿物原生剩磁的强度大大超过其现代地磁场剩磁强度而使后者不明显所致。为了解决这个问题,我们采用大部分斜长片麻岩样品的测试结果来对其加以校正。

这里需要强调指出的是,对所测样品岩性特征,形变特征及其相互关系等要仔细观察记录,找出它们之间的关系,特别是与现代地磁场剩磁分量之间的关系,乃是解决这一问题的关键。

## 6.2 测量结果的可信度

测量结果的可信度取决于样品的采集、制备、退磁前后的屏蔽、测试及测试结果的处理等各个环节。只要严格按一定的规程进行,便可减少人为影响,提高可信度。

从统计角度看,荣渡矿区20组样品中有14组的测试结果较集中,占 $70\%$ ;如果只考虑斜长片麻岩和含黑云母斜长片麻岩15组样品,则有14组测量结果较集中,占 $93\%$ 。说明可

<sup>①</sup> 据安徽312地质队1992年荣渡金矿普查报告。

信度较高。

从各组内单样的偏差来看,大部分样品偏差均在 15°以内(占 80%)(表 2),最大一组偏差为 35°。因为同组内的样品是由同一块岩心切制的,测试结果应该完全一致。但实际上由于切制样品时的微小偏差,仪器自身的允许误差以及各岩样内的微结构上的差异都将导致组内各样品间出现偏差。荣渡矿区大部分样品组内偏差较小(<15°)。可见,测试结果的可信度较高。笔者根据古地磁方法测试结果对矿区构造的分析,与该区所处的区域构造背景和外围露头区地质构造相当协调。

表 2 组内单样偏差统计表

Table 2 Statistical figures of deviation in sample groups

偏差范围	0°—5°	6°—10°	11°—15°	16°—20°	21°—25°	26°—30°	31°—35°
样品组数	5	6	5	2	1	0	1
累计百分率	25%	55%	80%	90%	95%	95%	100%

本项研究工作及本文的编写得到马醒华教授、邢历生研究员和张景鑫同志的悉心指导和大力支持。样品测试由任晓娟、赵越同志完成,图件由胡青云同志清绘。在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- 1 袁学诚等,古地磁学原理及其应用。北京:地质出版社,1991。
- 2 D. W. 柯林森著,阚济生译,岩石磁学与古地磁学方法。北京:地震出版社,1989。

## APPLICATION OF PALEOMAGNETISM TO THE ANALYSIS OF BURIED STRUCTURES OF THE RONGDU GOLD DEPOSIT ,ANHUI

Chen Bailin Dong Faxian  
(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

**Abstract** In this paper ,the authors try to analyze the buried structures after determining the attitude of the sedimentary rocks and of the schistosity by measuring the remanent magnetization in core samples from the Rongdu gold deposit ,Wuhe ,Anhui. The results agree with the tectonic framework of the region.

**Key words** Rongdu gold deposit ,paleomagnetism,analysis of buried structures

### 第一作者简介

陈柏林,男,副研究员。1962年生,1986年毕业于中国地质科学院研究生部,硕士。从事矿田构造、区域构造和显微构造等研究工作。通讯地址:北京市海淀区中央民族学院南路 11 号地质力学研究所。邮政编码:100081。