

重力均衡异常与原生金刚石矿

龙 昭 陵

摘 要 金刚石幔源成因论认为金刚石在岩石圈底部、软流圈顶部生成,金伯利岩或钾镁煌斑岩仅为载体将其带出成矿,重力均衡异常既反映地壳深处构造活动,又反映其活动的近期性,为此,要特别注意沅水流域年轻的含金金刚石岩体的查找。

关键词 重力均衡异常;幔隆;破裂;金刚石

GRAVITY ISOSTATIC ANOMALIES AND PRIMARY DIAMOND DEPOSITS

Long Zhaoling

(Hunan Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Shaoyang 422002)

Abstract The mantle-derivation theorists of diamonds hold that diamonds are formed at the bottom of the lithosphere and the top of the rheosphere, and the kimberlites or lamproites only serve as carriers for bringing diamonds out to form deposits. The gravity isostatic anomalies reflect not only the tectonic activities at the depth of the earth crust but also the short-term character of these activities. Hence special importance should be attached to the prospecting for young diamond-bearing rock bodies in Yuanjiang river area.

Key words gravity isostatic anomaly; mantle uplift; fracturing; diamond

金刚石是最稀有最珍贵的宝石矿物之一。世界金刚石勘查的发展趋势是重视研究和寻找超大型(储量大于2 000万克拉)金刚石原生矿。中国对金刚石的需求有80%靠进口,实为极其紧缺的矿种。湖南省沅水流域有品质优良的金金刚石砂矿,若能发现金金刚石原生矿,特别是能找到一两个超大型矿床,既能满足国家经济建设发展的需要,又可以出口创汇,从而产生可观的经济效益。根据已有的地质、地球物理资料,文中证了明沅水流域在金刚石原生矿预测的时空域中都有较好的前提,特别是大胆提出要注重年轻的金金刚石岩体的查找。

1 当代金刚石成矿理论及找矿规律概述

金刚石幔源成因论认为,金刚石在岩石圈底部、软流圈顶部早已形成2~4 Ga,相对年轻得多的金伯利岩或钾镁煌斑岩仅是一种载体,将含金金刚石的地幔岩崩解物带出成矿。这样普查金刚石原生矿的指示矿物,除金刚石外,还有低钙高镁铝榴石(G10)、富镁高铬尖晶石和含钠的镁铝——铁铝榴石。

由于形成金刚石的温度(900~1400)、压力(5~6 GPa)、氧逸度等条件的制约,金刚石形成的位置很深(150~200 km),而金伯利岩载体的运移呈“底辟—裂隙”模式上涌,在构造活动带中间多有花岗岩浆房存在,则裂隙不能达到地表,这是该地段(如华南褶皱系)不能发现金刚石原生矿的原因之一。在地台区的刚性岩石圈充满高密度、高温、高压熔浆的裂隙一旦形成就必然会冲至地表,含金刚石的地幔岩崩解物就会被带至地表,形成原生金刚石矿床。

有人将金刚石成矿规律形象地用“老、厚、冷、干、脆”概括。“老”即古老稳定的地台及其周边;“厚”是曾经有150~200 km的岩石圈;“冷”是没有多次、大量的岩浆活动;“干”即为岩浆和围岩都是贫水的,这样熔浆上升高度最大;“脆”是岩石圈脆性强,利于自下而上的裂隙发生。

2 关于地壳均衡和重力均衡异常研究的简介

地壳均衡是基于流体静力平衡原理的一种假说,它认为地壳是由许多厚度不同较轻的岩块组成,这些岩块漂浮在密度较大的可塑性的岩浆上,并按照阿基米德原理处于平衡状态,即大陆和山区海平面以上质量的过剩和海洋区海平面以下质量的不足,要用密度较大的岩浆(大陆区拗陷较深,海洋区相对隆起)来补偿,亦即地面上大面积的质量增减必然在地下有所补偿。

以上理论是在地壳各部分完全达到了均衡补偿条件下所作出的估计。事实上,地壳各部分均衡补偿现象是极不平衡的,是什么力量干扰这条定律的实现呢?主要就是推动地壳运动的力量。地壳各部分都在不断地通过补偿争取达到平衡,而地壳运动又倾向于破坏均衡,地壳运动和均衡补偿构成了对立统一的自然现象之一。

有了小比例尺的重力均衡异常图,就可以根据各地均衡异常的大小来判断该处地壳深处是否达到了均衡状态。当地壳处于完全均衡状态时,均衡异常应接近于零;反之,地壳处于不均衡状态,地面将出现较大的或正或负的重力均衡异常值。正异常表示补偿过剩,即幔隆区;负异常表示补偿不足,即为幔凹区。不均衡状态势必导致均衡运动的产生,因此,研究重力均衡异常有助于了解地壳深处构造活动的特点。由于均衡运动是在高密度、粘滞性极大的岩浆中进行,则运动极其缓慢且需要一个较长的地质时期,为此现代重力均衡异常又反映了近期地壳深处的构造活动状态。

总之,研究重力均衡异常不仅在地域上可指示地壳深处构造活动,而且在时间域中反映了活动的近期性。

3 湖南省均衡重力异常的特点

由湖南省10'×15'平均均衡异常图(图1)可知,全省最醒目的重力均衡异常位于沅水流域两侧。在其西北侧有2个均衡异常高的圈闭,最高处 $\geq 35 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,为上地幔隆起的部位,而流域的东南侧有几个均衡异常低,湘中一带小于 $-35 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,均为幔凹区。

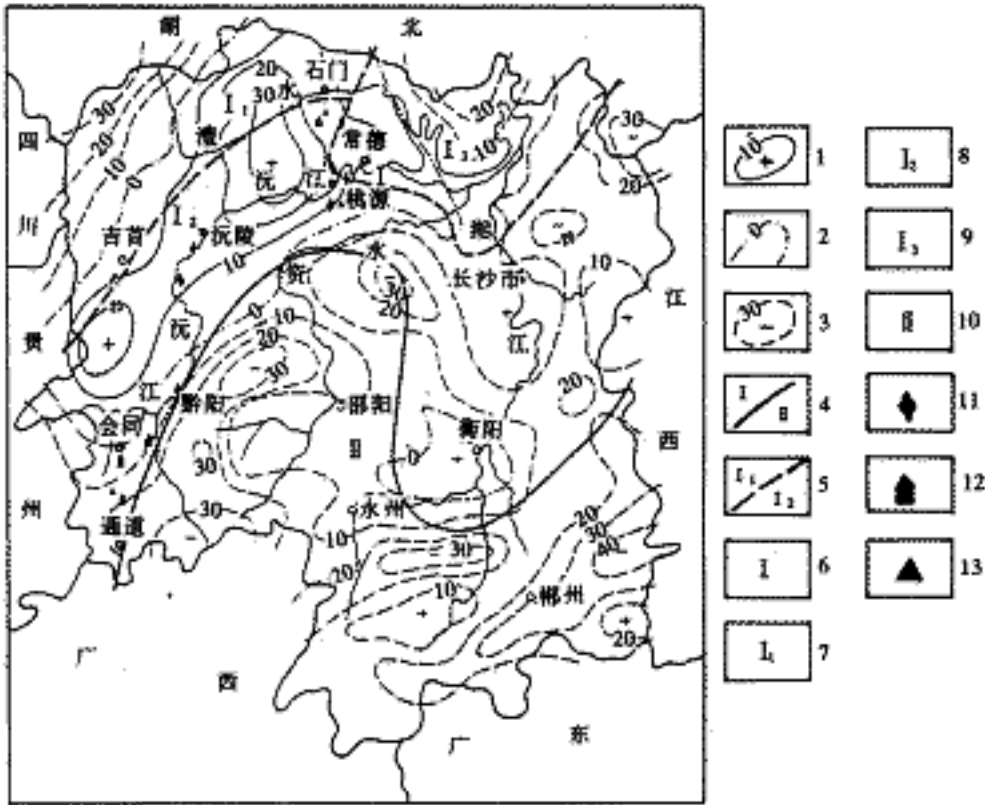


图1 湖南省均衡重力异常及金刚石指示矿物分布示意

1—正均衡异常及异常高；2—均衡异常零值线；3—负均衡异常及异常低；4—一级大地构造单元分界线；5—二级单元分界线；6—扬子准地台；7—上扬子台褶带；8—江南台隆；9—江汉断拗；10—华南褶皱系；11—金刚石；12—镁铝榴石；13—铬尖晶石

对于上地幔软流层的隆拗特点，在阿尔泰—台湾地球物理测深长剖面上也得到证实，软流层顶界面与上部岩石圈有明显的电阻率差。由大地电磁测深资料发现，低阻高导的界面起伏很大，对应均衡异常高（幔隆）的界面深度在海拔-110 km左右，而负均衡处凹陷界面已深达-240 km。如此大的落差，反映了扬子板块与华南板块缝合的特征及作用的结果。

综上所述，金刚石在岩石圈底部、软流圈顶部生成，金伯利岩或钾镁煌斑岩仅为载体将其带出，而重力均衡异常既反映了地壳深处(软流层)构造活动，又反映了其活动的近期性。研究重力均衡异常将在地域和时间域中对金刚石原生矿的成矿预测有指导意义。

4 湘西原生金刚石矿成矿预测分析

几十年来金刚石原生矿地质勘查工作发现了丰富的找矿信息。如上地幔隆起区及其周边发现不同时代的暗色岩体；沅水河流谷地有4个金刚石砂矿区和大量金刚石及指示矿物出露的异常地，这些都是预测原生矿产地的重要依据。传统观念片面强调了金刚石形成的古老性，忽视了金刚石年龄远远大于其载体年龄的一面，工作区偏重于老地层(Pt)分布区，这可能是长期以来未取得突破的障碍之一。

根据重力均衡异常的研究，在预测的地域上要注意3个部位，一是上地幔隆起破裂地段；二是隆起与凹陷的接合(拐点)部位；三是2个隆起中间相联接的狭窄地段。因为三者都是构造薄弱地带，一方面软流层运动可产生含金刚石地幔岩的崩解物，另一方面它为深部熔浆提供了上涌通道。由原生金刚石矿预测标志图(图2)可见，金刚石及指示矿物异常区也多集中在这3个地段。

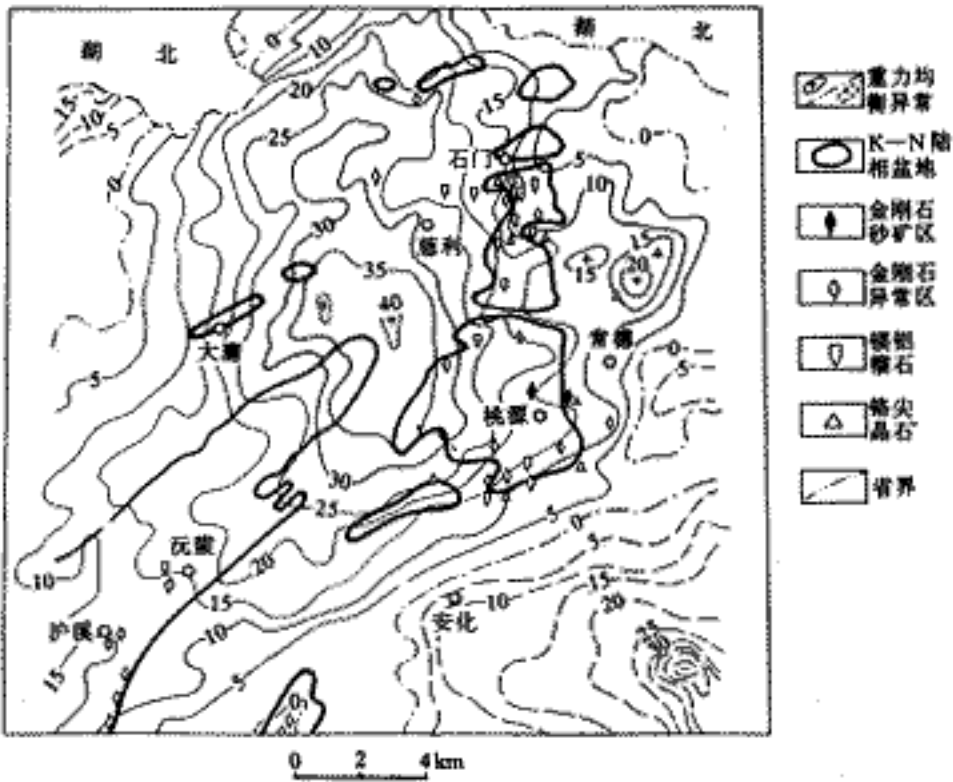


图2 原生金刚石矿预测标志
1—重力均衡异常；2—K—N陆相盆地；3—金刚石砂矿区；4—金刚石异常区；5—镁铝榴石；6—铬尖晶石

为重点突破，首先研究隆起破裂地段。由重力均衡异常图可见，在石门—常德之间，等值线明显向东凸出，可能由于上地幔隆起在这里有破裂口，深部熔浆向东涌所致，其过程必然伴随着地幔岩崩解及垂直上涌的可能，为此这里是突破原生金刚石矿的重点区。

另外，成矿预测的依据还很多：(1)本区位于扬子准地台一侧；(2)曾有150 km厚的岩石圈；(3)本区除少量基性岩、煌斑岩出露外，没有大规模的多次岩浆活动；(4)基性岩与围岩一般无明显接触变质作用，说明二者都贫水；(5)本区处于江汉断拗与江南台隆、台褶带的结合部位，燕山活动的强烈断拗说明岩性之脆；(6)常德—桃源的金刚石砂矿，其产出金刚石的数量占整个沅水流域的95%，而且从金刚石的特征分析，都说明砂矿区两侧应有侧向和近源补给的可能；(7)砂矿区以外，金刚石与指示矿物的异常信息很丰富。砂矿区北侧石门上五通盛产镁铝榴石，其中还有与原生矿相关的贫钙高铬镁铝榴石(G10)，两侧都有进入格尼判别圈的富镁高铬铬尖晶石，进一步说明预测区应有含金刚石的岩体存在；(8)南侧已发现煌斑岩群多处，其中还有与金伯利岩相关的岩体或钾镁煌斑岩。如此丰富的地质、地球物理信息，在这里突破

金刚石原生矿的查找应该大有希望。

既然利用重力均衡异常进行预测，在金刚石原生矿成矿期的预测上，强调要注重年轻的含金刚石岩体的查找，也就是说不能放弃在白垩系、第三系等中新世代地层、构造分布区的普查勘探工作。特别是那些燕山活动期所形成的陆相盆地(断陷盆地、地堑式或半地堑式盆地)边缘附近，应是未来工作重点地段。预测标志图上标出的“K—N陆相盆地”位置，在其周围就分布有水系金刚石及指示矿物异常。其中2个浓集异常区，分布在砂矿区南北两侧，北部异常区恰处在隆起破裂口附近；南部异常区却处在隆、凹结合部位或破裂作用所引起的“撕裂口”地段。为此，这2个区应为首选地段。

在加拿大西北部新发现的大型金伯利岩型金刚石原生矿是20世纪90年代世界金刚石勘查史上的重大突破。该区发现的51个金伯利岩管，形成时代为第三纪。文中强调查找年轻的含金刚石岩体在国外是有先例可循的。

5 发挥高精度磁测勘查原生矿的作用

金刚石原生矿的围岩一般无磁性，而载体为深成岩浆多有磁性，一般 $\kappa = (500 \sim 1000) \times 10^{-6} \times 4 \pi \text{ SI}$ ， $M_r = (500 \sim 1300) \times 10^{-3} \text{ A/m}$ 。利用成熟、高效、低成本的磁法勘探先行发现岩体应有良好的地球物理前提。

前述南部异常区，曾在其一个地段开展过高精度磁测工作，现简介如下。

5.1 工区磁参数特征

工区中，出露的岩石有冷家溪群和板溪群板岩、上白垩统砂岩、煌斑岩及橄辉玢岩。其磁参数特征见表1。

表1 物探工作区岩石磁性参数

岩 性	块 数	$\kappa / (10^{-6} \times 4 \pi \text{ SI})$		$M_r / (10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1})$	
		平均值	变化范围	平均值	变化范围
煌斑岩	42	518	0 ~ 1 913	499	0 ~ 1 478
橄辉玢岩	39	987	0 ~ 2 454	1 292	0 ~ 4 032
板岩	30	0		0	
K ₂ 砂岩	经验	0		0	

由此可见，由于围岩无磁性，而(超)基性岩有较强的磁性，如此明显的差异说明应用地面高精度磁测寻找金刚石原生矿的载体是有地球物理前提的。

5.2 ΔT磁异常特征

本区出露的地层主要为冷家溪群和板溪群浅变质板岩，另外还有上白垩统红层砂岩分布；本区第四系分布广泛，致使岩体多呈隐伏、半隐伏体产出。

工区岩浆活动不很强烈，仅见规模较小的17条基性岩侵入(图3)。由图可知，岩体主要分布在冷家溪群板岩与上白垩统砂岩分界带附近，一般成群成带分布。种类有云斜煌斑岩、闪斜煌斑岩，普查后新发现4个橄辉玢岩。

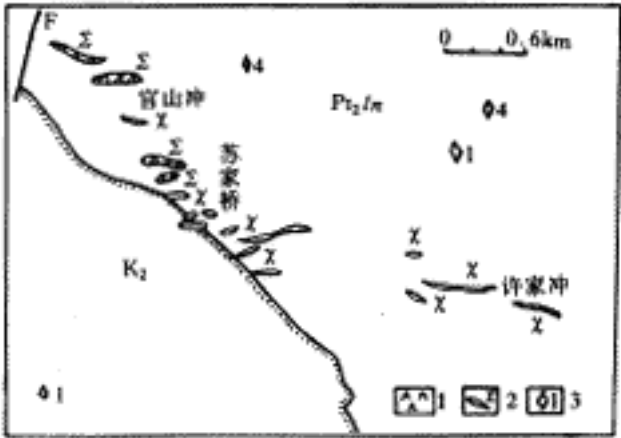


图3 苏家桥地区基性岩脉分布
1—橄辉玢岩；2—煌斑岩；3—金刚石出土点及数量(颗)

本区共圈出 ΔT 磁异常30余个(图4)，除少量孤立异常外，大多集中在2条几乎平行且靠得近的异常带上。异常带呈北西向展布，局部异常成群成带分布；其中单个异常大多呈近东西向展布，可能岩体受羽状构造体系控制，即深部岩熔物质沿北西向断裂侵入，定位于近东西向的次一级构造或其交汇部位。

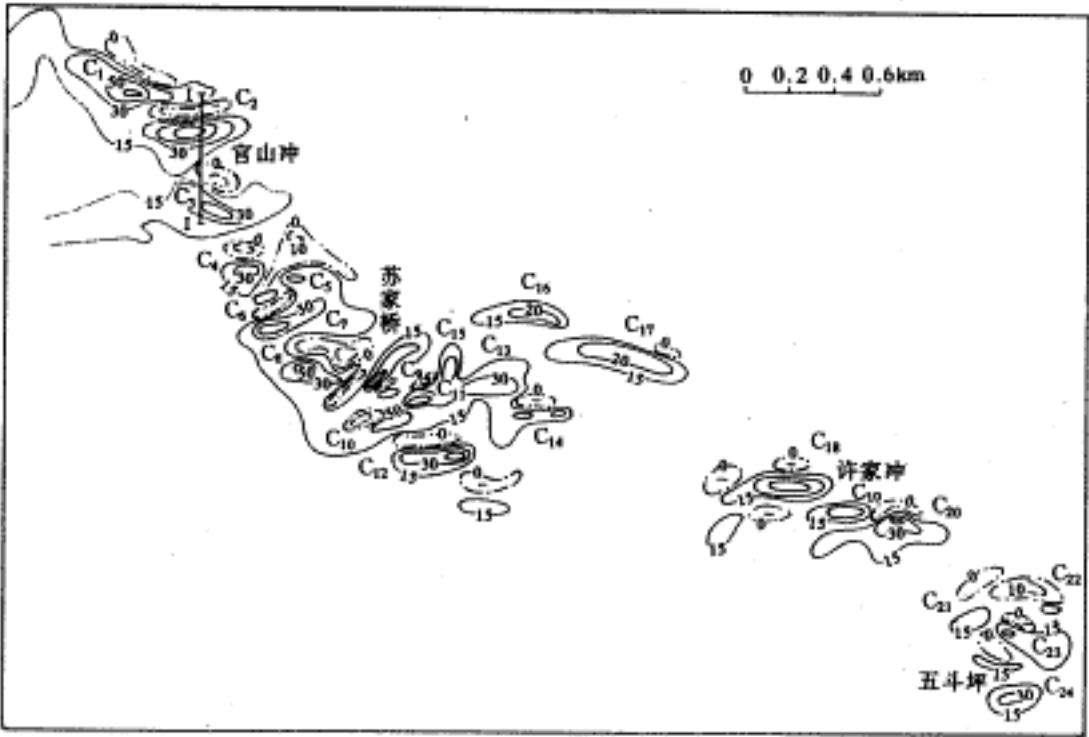
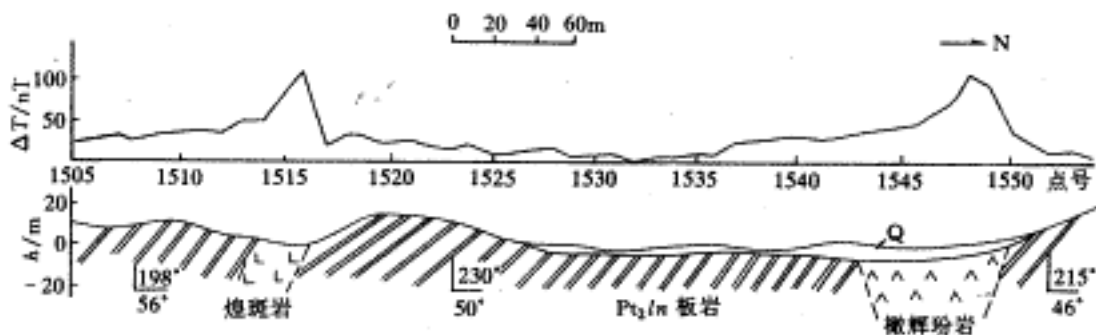


图4 苏家桥地区 ΔT 磁异常

局部异常大多为负异常配对产出，也即梯度变化明显；规模较大的长600~700 m，宽200多米，小的长100余米，宽几十米；强度大的高达174 nT，弱的仅20~30 nT；负异常多分布于主体正异常北侧，分布范围较小，强度也弱，一般在0~20 nT。

部分异常经浅井或槽探揭露验证，大多能见到基性岩体，其中最有意义的是新发现4个橄辉玢岩，它是与金伯利岩相关的岩石之一。

为了深入研究磁异常与岩体的对应关系，工区还布置了精测剖面(图5)。该剖面穿过了 C_3 (与异常长轴斜交)、 C_2 (正交)2个异常，虽然2异常曲线形态均为南缓北陡，反映了地下磁性体向南倾伏。但南部 C_3 异常狭窄尖锐，异常宽度不足百米，则反映其下磁性体规模较小，经验证为煌斑岩脉。北部 C_2 异常是一个范围大得多，磁场强度相当且梯度变化宽缓的规则磁异常，显然这是一个延深大得多的磁性体。据规模和延深状况，推断岩体呈管(筒)状。经浅井揭露，发现为橄辉玢岩，对找金刚石原生矿有较大指导意义。

图5 剖面 ΔT 磁异常地质综合图

5.3 确定有效磁异常的原则

据有关资料报导及我们的经验，确定有效磁异常的原则：一是出现成群成带的 ΔT 磁异常，以此来判断岩体(群)的存在；二是局部异常往往是正负配对出现，主体异常多为圆形或椭圆形，其直径达数百米以上；三是异常在处在不同岩性(或断层)接触构造带上；四是通过分析精测剖面磁异常还有可能对岩体产状作出判断，从而更有助于深入认识金刚石载体。

加拿大验证磁异常发现金伯利岩的成功率高达80%，充分说明磁法是行之有效的。利用磁法勘探快速发现岩体，再用重砂法判断岩体的属性才是科学找矿方法的组合。

6 结束语

在湖南植被发育、红土风化层厚、人工改造地貌剧烈(如梯田广布)的环境中，采用传统单一的地质重砂法，寻找岩体(群)难度大，而配合地面高精度磁测，必将起到事半功倍的效能。

作者简介 龙昭陵，男，1943年11月生，湖南邵阳人。1968年毕业于北京地质学院物探系，现任湖南省地球物理地球化学勘查院副总工程师，发表论文数篇。

作者单位：龙昭陵 （湖南省地球物理勘查技术院，邵阳 422002）

参 考 文 献

[1] 张培元.加拿大金刚石勘查的重大突破及几点启示.中国地质，1996,(1):27

1998年2月23日收稿，同年8月5日收修改稿。