

地质力学方法在区域地质矿产调查及矿床勘探中的应用

周启永

(贵州地勘局区调院 贵阳 550005)

提 要 就地质力学从实践中抽象出来的若干规律在区域地质矿产调查诸多方面的应用作了归纳,并通过若干典型实例,阐明了地质力学方法在区调中的应用具有广阔的前景。阐明了地质力学方法在矿床勘探中具有战术的指导作用。最后扼要阐述了地质力学发展前景。

关键词 地质力学 区域地质矿产调查 矿床勘探

中图分类号 P552

1 地质力学方法在区域地质矿产调查中的应用

构造地质学是由区域地质学脱胎出来的一门学问,其发展在很大程度上受到区域地质条件的限制是很自然的。人们用自己在某些地区所熟悉的构造现象,以及从那些现象抽象出来的“规律”,作为准则来衡量在另外的区域地质条件下出现的构造现象,也是很自然的^[1]。地质力学是构造地质学的一个分支学派,它主要从地壳的结构方面看问题,把地壳的组成——沉积岩层、岩浆岩和矿带或地块、岩体和矿体作为构造型式的组成部分,并从构造体系的发生、发展、复合、转变等不断发展的历史观点来看大地构造的发展过程,其研究内容必然涉及区域地质学的各方面。作者对地质力学从实践中抽象出来的若干“规律”在区调诸多方面的应用作了归纳,主要就“改造”与“建造”的关系、区域岩浆岩的地质力学研究、构造体系的若干规律在区域构造和区域矿产调查中的应用、区域地质发展历史和区域(或矿田)应力场分析等问题,通过若干典型实例,试图阐明地质力学方法在区域地质矿产调查中的应用具有广阔的前景。

1.1 改造与建造的关系

(1) 基底隐伏断裂对区域构造格架和地质体的控制作用。众所周知,基底隐伏深断裂具有长期继承性发育和多旋回活动特征,其构造演化必然控制区域沉积、岩浆和矿化富集作用以及上层构造应力作用。例如贵州望谟渡邑地区,位处右江再生地槽北缘,北邻扬子陆块西南部。1:5万区调表明,其构造基本特征是:以渡邑—昂武一线为界,划分为性质截然不同的两个构造分区,即打朗复杂褶皱区()和渡邑东西向线性褶皱区(),两区地体格局和构造格架很不协调(图1),据之我们拟定了昂武隐伏深断裂。据它有反时针扭动特征和长期演化历史而属

地矿部“八五”重大基础研究项目之一。

本文于 1996 年 3 月 13 日收到。

作者简介:周启永,男,1939 年生。1963 年毕业于贵州工学院地质系地质勘探专业,从事找矿勘探和区域地质调查。

华夏系构造性质,可能为前人所称“开远—平塘隐伏深断裂”东南边缘的重要组成部分。据此得出结论:基底隐伏深断裂往往是两个性质不同地块的界线,对其两侧地块的古地理形势,如较新沉积层等地体的展布格局、岩相和厚度变化常起着重要的控制作用。从这个观点出发,可根据属于某时代沉积层的展布特征和岩相变化来探索某些基底古构造形式的形象。

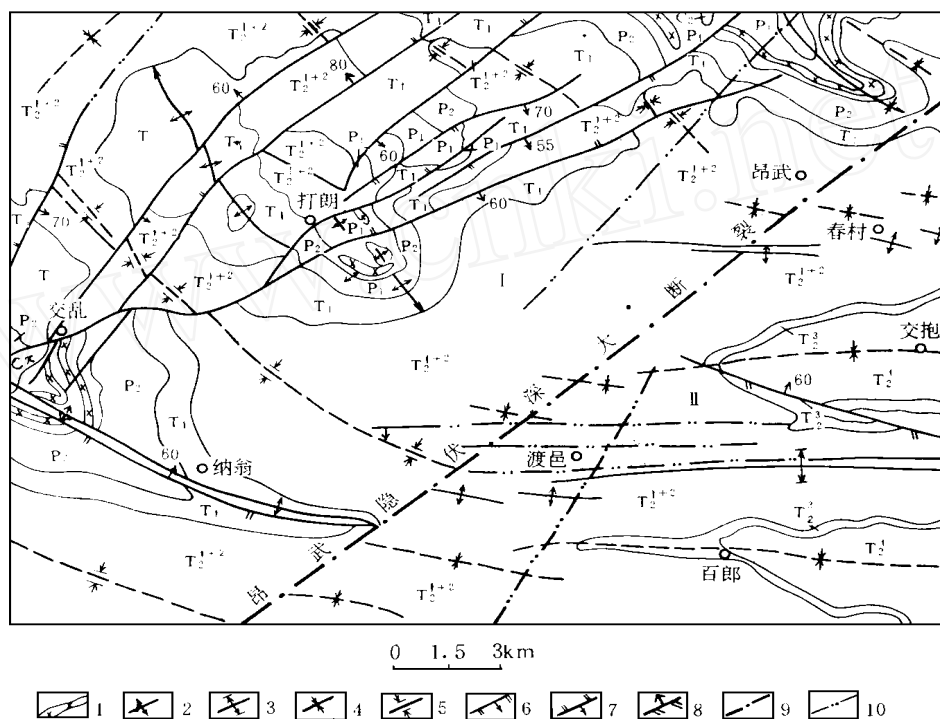


图1 渡邑地区区域构造图

Fig. 1 Regional structure of the Duiyu area

- 1—辉绿岩;2—背斜;3—复式背斜;4—向斜;5—复式向斜;6—张性断层;
7—扭性断层;8—压性断层;9—隐伏深大断裂;10—航片解译断裂;
—打朗复杂褶皱区; —渡邑东西向线性褶皱区; T_2^4 —中三叠统许满组四段;
 T_2^3 —中三叠统许满组三段; T_2^{1+2} —中三叠统许满组一、二段; T_1 —下三叠统乐康组;
 P_2 —上二叠统领袖组; P_1 —下二叠统四大寨组; C_x —上石炭统小浪风关组

(2)从沉积历史演化的角度,可以用不同时期的沉积岩相和厚度变化来阐述构造体系的生成、发展过程。例如,广西山字型对沉积盆地的控制作用,突出地表现在山字型分布区域内各时代沉积岩相等厚线的变化和各构造层的构造形迹方面^[2]。

必须指出,有人认为地质力学不讲沉积建造、地史演变,这是一种误解。其实,地质力学的产生正是从李四光教授对世界有关陆块某些古生物分布和各时代古地理演变的研究开始的。不待言,区域地质构造的研究内容,必须包括“建造”与“改造”,亦即“形成”与“形变”两个方面,单就沉积建造方面的研究来解决区域构造的全部问题是片面的。

(3)在一定区域范围内,如果弄清了基底古构造体系的性质或基本构造格架,就有可能对该区上覆沉积建造的岩相和厚度变化作出推断,进而对其中沉积矿产作出预测。四川盆地的构造控制和改造问题就是一个典型的例子。四川盆地位处中国新华夏系第三沉降带南端,过去有人认为川东北地区是“在构造隆起背景上的一个(局部)小凹陷”,所以成盐条件差;或因后期构造复杂保存条件不利,故缺乏成钾找钾远景。后经研究认为,川东北地区构造上是一个“古凹今隆”。据此,有人对川东北地区成钾找钾远景作了战略预测,并取得良好效果^[3]。

1.2 区域岩浆岩的地质力学研究

把岩浆岩岩体、岩群和岩带作为构造体系的一个重要组成部分来研究,是李四光教授的一贯主张,他的精辟论述为岩浆岩发育地区构造体系的研究指明了方向,特别是对含矿隐伏岩体和隐伏矿床的预测具有重要意义。

岩浆岩体在产生构造形变之后,已不独是作为充填物这种组成(建造)含义上的岩体,而是有着变形(改造)意义的“构造形体”了。岩体作为“构造形体”不仅是局部区域的个别现象,甚至在整个中国,主要的岩浆岩带无不是有关构造体系生成、发展的产物。章金海^[4]根据岩浆活动时期、物质组分及其与构造体系的成生关系,将中国岩浆岩划分为116条岩带或岩群,它们分别受各类构造体系控制,并明显揭示了中国岩浆活动的迁移规律:即自海西期—印支期—燕山期—喜山期,有从北向南迁移的趋势,并受纬向构造体系控制;中国东部有由西向东迁移的趋势,主要受华夏系、新华夏系控制;西部有由东北向西南迁移的趋势,主要受西域系及反“S”型构造控制;而受经向构造控制的滇西和川滇岩带则具有多期活动的特色。上述表明,岩浆活动的时空迁移趋势,总是随着构造体系发展的时空关系而迁移的。

此外,某些中酸性岩浆岩往往产于两种(以上)构造体系或构造带的复合部位,若就个别构造体系的构造形迹而言,它通常具有压性或压扭性性质,而控制岩体的具体构造部位却显示张性特征,这就是构造体系的复合改造作用控制成岩的一种特殊现象。这时岩体的展布特征和形成年代,主要与复合构造中后期形成的构造体系有关。认识这点,具有重要找矿意义。

1.3 构造体系的对称性和形态组合规律

地质力学的一项重要工作,就是从已经确定的构造体系中去发现某些相似的构造类型,并鉴定它们的构造型式。每一类型的构造型式都具有特定的形态。如果某一构造体系的主要部分已经查明,并可推断它属于某一构造型式,那么,就可以按照那种构造型式的组成规律,如构造体系的对称性规律、形态组合规律、构造成分的定向性和定型性规律等,预测在相应地区必然有某些构造形迹的存在。这无疑对区域地质调查,特别是对区域构造研究起重要指导作用。普安旋卷构造体系的拟定即是一个典型实例。笔者等在1978—1980年的区调工作中,发现原称普安联合构造体系的组成成分与普安山字型的相应成分之间并非联合关系,而是复合关系。这样我们就有理由认为,原称普安联合构造型式的4支弧形褶皱带应是一个自成体系的独立构造型式的重要组成部分。随着资料的积累,并基于构造体系的对称性规律,结果在该构造形式的东南部发现了拟议中的另外两支弧形背斜或褶皱带,从而建立了图象完美的普安旋卷构造体系(图2)^[5~6]。后来陆续发现十余个金矿床点。

1.4 构造体系的等距性规律

构造等距性分布既存在于相同类型的构造体系之间,也反映在同一构造体系内力学性质相同的各个构造形迹或形体之间。而反映在含矿岩体及其所控制的矿产分布方面,则受各级

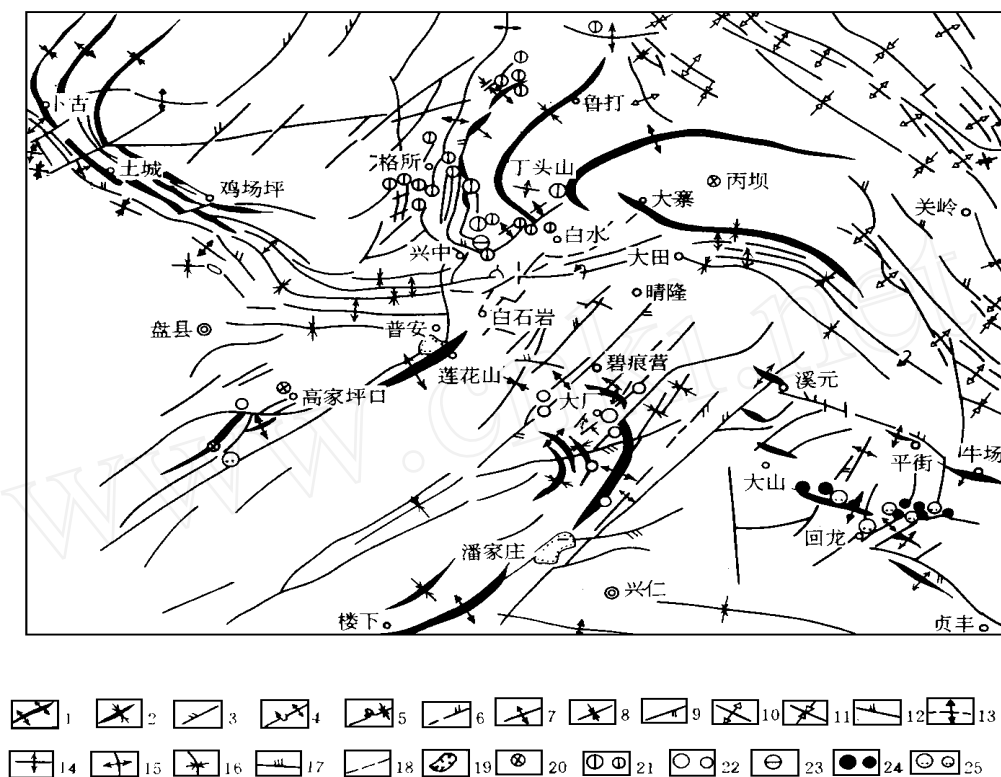


图2 贵州普安旋卷构造体系略图

Fig. 2 Sketch map showing the vortex structure system in Pu'an, Guizhou

旋扭构造体系:1—背斜轴;2—向斜轴;3—压扭性断裂。山字型构造:4—背斜;5—向斜;6—压扭性断裂。

新华夏系:7—背斜;8—向斜;9—压扭性断裂。北西向构造带:10—背斜;11—向斜;12—压扭性断层。

纬向构造带:13—背斜;14—向斜。其他构造形迹:15—背斜轴;16—向斜轴;17—压扭性断裂;

18—性质不明及推测断裂;19—晚白垩纪及早第三纪盆地;20—铜矿点;21—铅锌矿床(点);

22—锑—金矿床(点);23—热液菱铁矿床;24—金矿床(点);25—汞矿床(点)

构造体系控制也往往出现等距性分布。用这一规律对含矿岩体及其有关矿床预测已成为区域地质矿产调查,特别是区域隐伏岩体和隐伏矿床预测的一条重要准则。豫西某地,处于秦岭东西向构造带北缘与太行山北北东向隆起带的交接复合部位。该区有几条北北东向构造—岩浆岩带,其中的小岩体和矿田的分布明显地受新华夏系复合改造东西向构造带所控制。据谭忠福等^[7]研究,改造的主要特点是使东西向构造带的压性断裂发生“张性改变”。前人根据东西向区域构造线的展布方向来追索成矿小岩体,多年实践毫无进展。后对构造体系的复合改造特点研究发现,成矿小岩体虽产于成矿前的近东西向压性断裂带中,但这部分断裂已被新华夏系改造而转化成为张性断裂。根据岩体以5~6 km间隔等距分布的特点,预测了夜长坪等几个地段,经钻探验证为一大型多金属矿床(图3)。

1.5 构造体系控矿规律

(1) 构造体系的分级控矿规律。众所周知,在构造等级和它的序次恰好相当の場合,那就

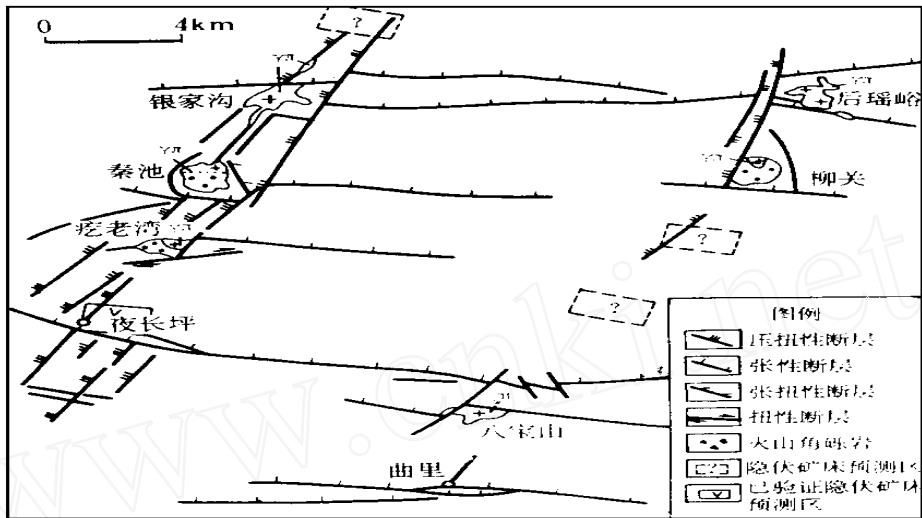


图3 豫西某地区构造与成矿小岩体预测关系略图^[7]

Fig. 3 Relationship between structure and a small mineralized rock body in a certain area, western Henan

大致可以说:第一级构造控制整个成矿区或整个狭长的大成矿带,第二级构造控制着其中各别矿区或矿田,第三级构造控制着矿床,第四级构造控制着矿体及矿柱。第一级构造控制的规律是属于战略性的,第二、三、四级构造控制的规律是属于战术性的。换句话说,构造体系分级控矿规律不仅在战术上可指导探矿工程的设计与施工(详后),而且在战略上对区域矿产调查有重要决策作用。据刘迅等^[8]研究,江西省武山铜矿田构造体系分级控矿规律十分明显:矿田位于长江中下游铁铜矿带大冶—九江成矿亚带东南段的丰山洞—城门山成岩成矿带中,北西向长江基底断裂和淮阳山字型西翼与北东向瑞昌帚状构造的复合,对丰山洞—城门山成岩成矿带具有第一级构造控制作用;瑞昌帚状构造的主要旋回面之一的宋家湾—武山复向斜与北西向构造带复合控制武山铜矿田的形成和分布,具有第二级构造控制作用;而矿田内矿床和矿体则受到第三级、四级构造的控制,如矿田北矿带块状硫化物矿床的控矿构造型式为复向斜的低级序构造“层滑系断裂”,南矿带砂卡岩矿床的控矿构造型式属瑞昌旋卷构造派生的旋扭构造系统。

(2)构造体系的序次控矿规律。在一定区域范围内,不同规模和不同序次的构造体系或构造形迹之间,具有一定的成生联系和挨次的控制关系。此外,找矿实践表明,某些低序次构造往往是成矿的良好场所。因此,在成矿区域内,将成矿构造体系结构面的序幕划清,并查明这些不同序次的构造成分依次对矿化分布的控制作用,是区域矿产调查的关键问题。

贵州省南部渡邑地区1:5万区域矿产调查表明,该区金、铜矿化主要受华夏系、新华夏系不同序次的构造形迹控制:区域北东向乐康—罗悃构造岩浆岩带和交乱多字型构造控制了区内金、铜矿化带呈北东向展布(图1),前者系华力西期形成的一序次张性构造—岩浆岩带;

后者系印支期二序次压扭性构造带,由交弄、打郎、马鞍山3个北西向背斜高点串联组成并呈北东向多字型构造,显示了第一、二序次构造的控制作用;多字型构造的主要旋回面北西向背斜控制矿(化)点的分布,显示了第三序次构造的控矿作用;矿(化)体受北西向背斜的更低序次的燕山期断裂构造控制,显示了第四序次构造的控矿作用。

(3)构造体系复合控矿规律。据刘迅等^[9]研究,构造体系的复合控矿作用可概括为两种形式。一是,一个构造体系的成分利用或改造另一个构造体系的成分控制成矿;二是两个以上的构造体系的成分共同控制成矿。前一种情况常反映两种不同应力作用方式的结构面叠加复合而有利成矿,只是局部的作用。后一种复合控矿形式大都具有区域性的控制作用,有时控制着区域成矿带(区)或矿田的展布,以及矿床或矿体的分布,因而具有重要经济意义。其控矿形式在中国有如下几种情况:新华夏系与纬向构造带复合部位,往往控制中国东部乃至西南地区区域性金属矿产地的分布。它不仅决定成矿带(区)或矿田的位置,而且断裂交接复合地带每为矿化富集场所。如赣南某地稀土矿床产于南岭东西向构造带和新华夏系复合部位,稀土富集区受东西向和北北东向断裂的复合部位控制,大体沿东西向或北北东向断裂带呈串珠状分布;经向构造带与其他构造体系复合部位,如川滇南北向构造与青藏歹字型构造复合部位,构成了中国重要的一个金属成矿带;其他类型构造体系复合部位,如纬向构造带内出现山字型构造地段,新华夏系与山字型构造复合地段,北西向构造与纬向构造带复合地段等,不仅是中国重要成矿区域,而且在外国,特别是北美某些地区也普遍存在这类形式的复合控矿现象;多种构造体系或其构造成分的交接复合部位,常有较大矿床出现,或矿床成串、成列井然有序排列,形成区域性的分布图案,对于区域矿产成矿预测具有重要指导意义。

1.6 构造体系成群发生的规律

任何一个构造型式或构造体系的出现,决不是孤立的,必然有与它不可分离的伴侣。在边界条件相同或相似的较大区域内,有时还可以找到与其具有成生联系的另一个构造体系。滇黔桂毗邻地区旋扭构造带的发现,在区域地质矿产调查中具有重要的理论意义和实际意义。滇黔桂旋扭构造带由桂西北旋扭构造群、黔西南旋扭构造群和滇东南旋扭构造群组成。十余年来,在该区陆续发现微细粒型金矿床、点若干处,已成为中国一个著名产金区。

从地质力学观点分析,滇黔桂毗邻地区处于广西山字型、黔西山字型和云南山字型的前弧西翼与青藏滇歹字型东支扭动构造带间的挟持地带。由于扭动作用而产生一系列旋扭构造群,并联合组成一更高级别的旋扭构造体系或构造带,揭示了该区顺时针旋扭运动的区域应力场背景。正如王盛祥据塔波泥尔(Tapponnier)和莫尔纳(Molnar)通过喜马拉雅山地震震源机制和现代断裂力学分析资料发现的那样,滇黔桂“三角区”恰好位于塔、莫二氏标绘的区域顺时针旋扭构造应力场强烈活动区,两者完全一致。

1.7 构造动力成岩成矿理论

在一定区域范围内,应力作用的方式可以通过构造形迹的组合形态显示出来,如果是在一个成矿区域或矿田内,也可由含矿岩体、矿床或矿体的展布形态反映出来。十余年来,人们逐渐认识到构造动力在成岩成矿中控制作用的重要性,进而深入研究构造变形的本质——应力与应变、构造应力与矿液运动、构造应力场与物质场之间的关系,杨开庆^[10]等提出了构造动力成岩成矿理论。无疑,这一研究对区域地质和区域矿产调查将会产生深远的影响。

河北某铁矿区旋扭构造对矿液运移控制作用的研究^[11]为构造动力成岩成矿理论提供了

一个有趣的例子。该矿田位处太行山东坡中段,有一系列矿床产于燕山晚期中酸性侵入杂岩体与中奥陶统碳酸盐岩接触带,为一个向中心收敛、向外撒开呈反时针旋扭运动的涡轮式旋卷构造体系所控制。由一系列流线所组成的构造形迹分析表明,岩浆的流动是一个顺时针向心、向上的“旋流”运动,形成螺旋形岩柱体。而矿液运移亦按顺时针螺旋式向上、向心运动,与岩浆运动形式完全一致,说明它们同是该区区域构造运动机制的不同物质的表现形式。

2 地质力学方法在矿床勘探中的应用

地质力学方法不仅在战略上可应用于区域地质矿产调查,而且在战术上对矿床勘探也具有重要的指导作用。

(1) 断裂力学性质控制矿体产出特征

大量勘探资料表明,内生金属矿体(或矿脉)通常产于一定力学性质的断裂带内。不同力学性质的断裂带特征各异,故产出矿体的形态、厚度、延长、延深以及矿化富集程度等也明显不同。因此,弄清控矿断裂构造的力学性质对矿床勘探工程布置具有重要指导作用。

(2) 构造变形强度控制矿化强度

内生金属矿体或矿脉常产于地质构造复杂地段,富集程度与构造变形强度有呈正相关关系的趋势。这一构造控矿现象已成为大多数矿床地质学家的共识。该现象的实质是构造应力场驱动成矿元素迁移、富集成矿,涉及到构造动力成矿理论^[10]和构造地球化学^[12]等问题。

贵州省三都—丹寨汞矿带的构造变形强度与矿化富集程度关系的研究为之提供了一个典型实例。杨国桢等^[13]依据该区宏观和微观的应变和有限应变,得出相应的构造变形强度,进而推算相应的构造应力场强度并进行统计分析、回归分析和逻辑信息处理,以确定矿床的改造程度,这对矿床和矿体地质特征研究以及探矿工程布置都具有重要指导作用。

(3) 小型构造型式的控矿作用

众所周知,低级序的小型构造型式是控制矿床和矿体的主要构造因素。运用这一构造控矿规律,可以指导控矿工程的设计与施工。1971年广西第九地质队三分队对水落矿床 号矿体进行勘探,起初,据 0 线地表及浅部探矿工程资料,初步查明矿体产于下石炭统泥灰岩及粘土岩中,并与岩层一致向西倾斜,矿体厚度较大,几乎占据了下石炭统整个层位。据此误认为该矿床为层状矿床,在地表 号矿体西侧设计了一批较深钻孔。施工结果,大部落空,勘探工作十分被动。后用地质力学方法分析,发现控制 号矿体的构造在平面上呈一向北收敛、向南撒开并向南西略微突出的帚状构造。据帚状构造的旋扭特征,进而推断控矿构造的旋回面在深部可能向东弯转,故在地表 号矿体东侧重新设计了一批较深钻孔。施钻结果证明上述推断是正确的,从而提高了钻孔见矿率,加速了 号矿体的勘探进程^[14]。

地质力学是地质科学的一门边缘学科,在实践中找到了自己的任务,明确了研究内容,也有一套独特的、严密的工作方法,并在若干方面揭示了发展前景。它不仅可以广泛应用于区域地质矿产调查的各个方面,而且在煤田地质、油田地质、矿床勘探、水文地质、工程地质以及地震地质等方面也占有重要地位。它是构造地质学与动力地质学之间的桥梁,是解决地壳运动问题不可缺少的手段。随着有限单元法等数学手段和电子计算机的应用,以及某些地质问题数学模型的建立,地质力学已开始步入量化阶段,其发展有着广阔的前景。

成文过程中一直得到地矿部地质力学研究所孙殿卿、刘迅、曹照垣研究员的指导,贵州地

矿局魏家庸、韩宝智高级工程师和贵州工学院傅琨教授提出了宝贵意见,谨此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 李四光.地质力学概论.北京:科学出版社,1973.
- 2 梁觉.广西壮族自治区构造体系的划分及其特征.见:中国分省构造体系研究文集,第二集.北京:地质出版社,1985.
- 3 蔡本俊.印支、燕山运动对四川三叠纪(钾)盐盆地的控制和改造.见:中国地质科学院地质力学研究所所刊,第5号.北京:地质出版社,1985.
- 4 章金海.中国岩浆岩带的划分及其特征.见:中国地质科学院地质力学研究所所刊,第4号.北京:地质出版社,1983.
- 5 周启永.普安旋卷构造体系及其控矿规律的初步分析.贵州区域地质科学情报,1981,(2).
- 6 周启永.普安旋卷构造体系及其控矿规律研究.贵州地质,1991,(2):131~141.
- 7 谭忠福.构造体系的复合改造作用及其对隐伏矿床的预测意义.见:国际交流地质学术论文集.北京:地质出版社,1980.
- 8 刘迅等.江西武山铜矿田控矿构造型式及地球化学特征.见:中国地质科学院地质力学研究所所刊,第11号.北京:地质出版社,1988.
- 9 刘迅,孙宝珊.关于构造体系控矿规律的若干问题.见:地质科学研究院地质力学研究所地质力学论丛,第6号.北京:科学出版社,1982,77~97.
- 10 杨开庆、董法先等.海南石碌矿区铁、金、铜、钴构造动力成矿作用的研究.见:中国地质科学院地质力学研究所所刊,第11号.北京:地质出版社,1988.
- 11 华北地质科学研究所一室.从河北某铁矿田探讨旋卷构造运动对矿液运移的控制.见:地质力学文集,第二集.北京:地质出版社,1978.
- 12 吴学益.构造地球化学.贵阳:贵州人民出版社,1995.
- 13 杨国桢,毛健全.构造变形强度及其在汞矿田构造研究中的意义.见:地质力学文集,第七集.北京:地质出版社,1988.
- 14 周启永.一个小型帚状构造的意义.见:地质科学研究院地质力学研究所地质力学论丛,第3号.北京:科学出版社,1976,124~132.

APPLICATIONS OF THE GEOMECHANICAL METHOD IN REGIONAL GEOLOGICAL AND MINERAL RESOURCES SURVEYS AND MINERAL EXPLORATION

Zhou Qiyong

(Institute of Regional Surveys, Guizhou Bureau of Geology and Mineral
Exploration, Guiyang, Guizhou)

Abstract This paper summarizes the applications of several regularities abstracted by the geomechanical method from the practice in many aspects of regional geological and mineral investigations. Through a few typical case histories, the author expounds that the geomechanical method has guiding significance and vast prospects for regional geological and mineral surveys and mineral exploration.

Key words :geomechanics, regional geological and mineral surveys, mineral exploration