

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

龙陵—瑞丽走滑体系中段自相似结构 与热液成矿定位

张永北

(中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074)

内容提要 龙陵—瑞丽走滑体系是滇西三江构造带中腾冲地块与掸邦地块交界线南段的大规模右旋平移走滑带。剖面上它是一个自相似的花状构造体系; 平面上则是一个由强应变带与弱应变域交织复合的自相似的网眼构造, 表现为大尺度的“网眼构造”套叠小尺度的“网眼构造”的复杂图像。热液蚀变主要集中在不同尺度的弱应变域的下列三个部位: ① 弱应变域消失部斜面朝向与走滑运动方向一致的一侧; ② 强烈错位部; ③ 角砾化透镜体中。走滑带的化探异常、金矿化、热液蚀变在剖面上受花状构造体系的几条主要断裂控制; 而平面上则是上述规律在宏观尺度的“网眼构造”中的定位。这种定位规律应当是走滑运动过程中差异变形所产生的岩石孔隙增压带—降压域配对所形成的压力差驱动下流体在低压域集中所致。

关键词 龙陵—瑞丽走滑体系 自相似结构 控矿构造 金矿定位 增压带—降压域配对 流体运移

绝大多数天然物体的几何形态是极其复杂的, 是破碎的几何形体, 并不是我们通常印象中的规则形体。美国数学家曼德勃罗(1975)^[1]用“分形(fractal)”的概念来高度概括。地壳岩石圈的断裂所组成的形体也是极其复杂的。在断裂系统控制下的矿体所组成的形体以及矿体本身的形体和矿体组成的矿田、成矿带, 直至成矿带组成的成矿省等所占据的空间同样也是复杂的。我们很难用“三角形”、“柱状”、“板状”等通常几何概念来真实地描绘它们。因此, 有必要引入“分形”的概念。

尽管“分形”极其复杂, 但是其内在的“自相似结构”是其基本属性。这种自相似给我们认识并描绘“分形”的内部结构带来了便利。有关地学的分形现象的研究, 前人已作了尝试^[2,3]。但是, 关于其自相似结构^[4]尤其是断裂体系控矿的自相似规律的研究还较为薄弱。对其相似性的研究, 有可能提供从局部推测全区, 从小区域预见大区域的理论依据, 从而对描绘岩石圈断裂以及对矿体在断裂体系中的定位与预测具有十分重要的意义。矿床定位是成矿预测研究还较为薄弱的课题。从自相似结构理论出发, 深入研究这一课题将有可能开辟地学研究新领域。

龙陵—瑞丽走滑体系是一条以龙陵—瑞丽走滑断裂为主干, 一系列旁侧次级走滑断裂交织复合成网络状的断裂系统(图1)。在遥感图像上, 表现为一条宽7km, 走向NE50°, 平行延伸的色彩异常带。其北东端始于滇西怒江西侧的龙陵县附近, 向南西延伸, 经潞西、瑞丽出国境, 直抵缅甸汤彭山脉。其中汤彭山脉产大型银金矿床。80年代以来, 核工业西南局云南区域地质调查队在境内走滑带上也发现了一批金矿(点)及化探异常带。这些矿(点)、化探异常都与走滑体系中的自相似结构密切相关。它们常常出现于自相似结构的特定部位。

本文将以龙陵—瑞丽走滑带为例, 着力描述走滑体系的自相似结构以及热液矿化在该体

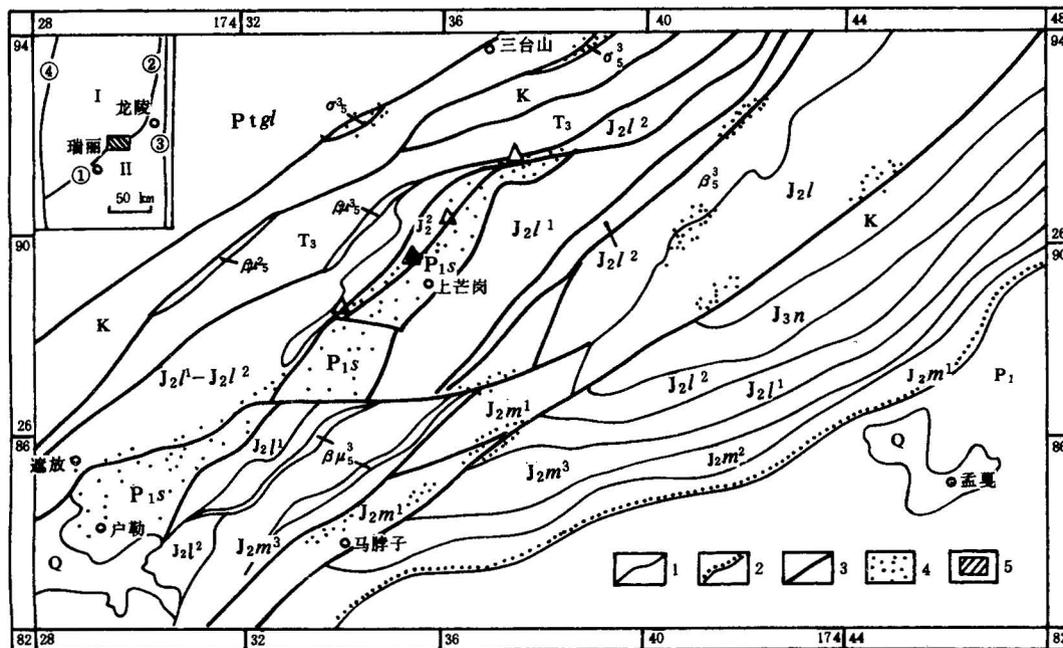


图 1 研究区地质简图(据核工业西南局云南区域地质调查队(1991)修改)

Fig. 1 Geological sketch map of studied area

(Modified after the Nuclear Geological Surveying Team of Yunnan, 1991)

Q—第四纪冲积物;K—白垩系黄灰色杂砂岩和含砾砂岩;J_{3n}—上侏罗统弄坎组含砾长石砂岩和生物屑灰岩;J_{2l}²—中侏罗统柳湾组上段黄灰色—绿灰色粉砂岩和粉砂质泥岩;J_{2l}¹—中侏罗统柳湾组下段泥质灰岩和生物碎屑灰岩;J_{2m}³—中侏罗统孟夏组上段紫红色凝灰质粉砂岩和凝灰质泥岩;J_{2m}²—中侏罗统孟夏组中段白云质灰岩;J_{2m}¹—中侏罗统孟夏组下段钙质粉砂质泥岩;T₃—上三叠统灰色砂岩、粉砂岩、页岩和硅质岩, 夹方辉橄榄玄武岩;P_{1s}—下二叠统砂子坡组白云岩和白云质灰岩;Ptgl—元古宇高黎贡山群混合岩、变粒岩和片岩;β₂³—晚燕山期玄武玢岩;β₂²—晚燕山期辉长岩脉和辉绿岩脉;σ₃³—晚燕山期超基性岩;1—地质界线;2—角度不整合面;3—断裂;4—热液蚀变位置;5—研究区范围;▲—金矿床;△—金矿点;I—腾冲地块;II—掸邦地块;①—龙陵—瑞丽走滑断裂;②—高黎贡山逆冲断层;③—怒江断裂;④—密支那—曼德勒断裂

Q—Quaternary alluvial sediments;K—Cretaceous yellow-grey wacke and pebbly sandstone;J_{3n}—Upper Jurassic Nongkan Formation, yellow-grey pebbly felspathic sandstone and bioclastic limestone;J_{2l}²—upper member of Middle Jurassic Liuwán Formation, yellow-green-grey siltstone and silty mudstone;J_{2l}¹—lower member of Middle Jurassic Liuwán Formation, argillaceous limestone and bioclastic limestone;J_{2m}³—Upper member of Middle Jurassic Mengga Formation, purple tuffaceous siltstone and tuffaceous mudstone;J_{2m}²—middle member of Middle Jurassic Mengga Formation, dolomitic limestone;J_{2m}¹—lower member of Middle Jurassic Mengga Formation, calcareous silty mudstone;T₃—Upper Triassic, grey sandstone, siltstone, shale, silicalite, with augite peridotitic basalt;P_{1s}—Lower Permian, Sazhipo Formation, dolostone and dolomitic limestone;Ptgl—Proterozoic, Gaoligongshan Group, migmatite, granulite and schist β₂³—late Yangshanian basaltic porphyrite;β₂²—late Yangshanian diabase and gabbro dykes;σ₃³—late Yangshanian ultrabasic rock; 1—geological boundary; 2—unconformity boundary; 3—fault; 4—hydrothermal alteration area; 5—location of study area; ▲—gold deposit; △—gold occurrence; I—Tengchong block; II—Shan State block; ①—Longling—Ruili strike-slip fault; ②—Gaoligongshan overthrust fault; ③—Lujiang fault; ④—Myitkyina—Mandalay fault

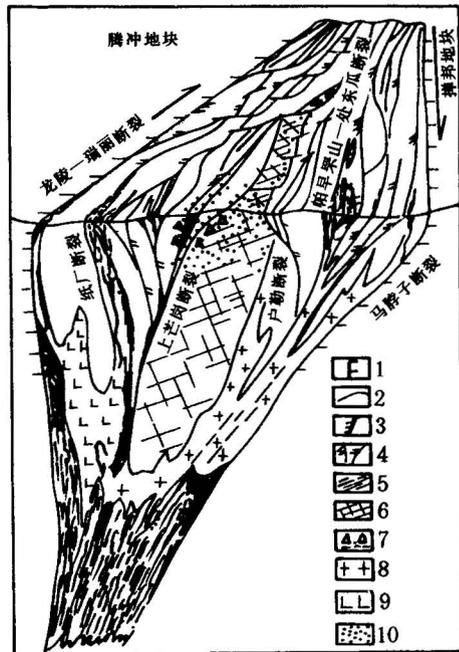


图2 走滑体系的自相似花状构造系统

Fig. 2 Self-similar flower structure system of the strike-slip system

1—地体边界；2—地质界线；3—走滑断裂；4—斜冲断层；5—韧性变形带（剪切带）；6—脆性变形域；7—碎裂岩带；8—晚燕山期中酸性岩体；9—晚燕山期基性—超基性岩体；10—热液蚀变区

1—boundary of block; 2—geological boundary; 3—strike-slip fault; 4—oblique thrust fault; 5—ductile strain belt (shear belt); 6—brittle fracture region; 7—shatter zone; 8—late Yanshanian intermediate-acidic intrusives; 9—late Yanshanian basic-ultrabasic rocks; 10—hydrothermal alteration area

系中定位的规律,并初步解释了热液矿床定位的机制。关于自相似结构的形成机制、热液矿化定位动力、原理和机制尚有待进一步深入研究。

1 走滑体系的构造背景与其表层地壳结构

如图1所示,以龙陵—瑞丽断裂为界,北西为以元古宇高黎贡山群中—高级变质岩为主体的腾冲地块;南东则为以寒武系浅变质岩系为褶皱基底,以中生界为主要盖层的掸邦地块。两地块是在中生代中后期拼合的^[5,6]。之后,两者之东西两界分别为怒江断裂和密支那—曼德勒俯冲带所限。由于印度板块自南向北运动,位于其东侧的本区东西两界断层在侧向挤压作用下,发生大规模的右旋平移走滑运动^[7]。相应地,两地块也发生了大规模的相对右旋平错运动。腾冲地块从SW向NE50°方向平推,其前沿在两地块分界北段,高黎贡山一带推覆于掸邦地块之上。而南段则发生大规模的右旋平移走滑运动形成规模巨大的龙陵—瑞丽走滑带^①。沿断裂有数个超基性岩体冷侵位,并伴有基性岩浆侵位喷发活动。

走滑带的主体在掸邦地块一侧。其表层地壳的岩石既有白云岩、白云质灰岩、杂砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、泥质灰岩,也有变质岩、侵入岩、玄武岩,还有一些同构造沉积的含砾砂岩^①(图1)。因此,该地壳表层在走滑运动期间是由能干性相差极大的岩石组成的。

2 走滑体系的差异变形与自相似结构

大规模的走滑运动过程中,走滑带内地壳发生了强烈的变形。几个超基性岩体均已强烈劈理化,蛇纹

石化,被剪切拉长成长条状(长:宽>30:1),它们很可能是从地壳深处在走滑运动过程中被卷上来的。

从横剖面看,走滑体系是一个自相似的花状构造系统(图2)。表现为深部主干断裂向上分支成若干从中心向外,倾角渐缓的右旋斜冲断层。每一次级断层又向上分支成若干更小的斜冲断层。这就是表层地壳断裂向中下地壳收敛的结构,这一点为白登海等的MT探测^[8,9]所证实。

从平面上看,走滑带内,力学性质差异很大的岩石发生了强烈的差异变形作用。能干性相对弱的或非能干岩石,如地表条件下的泥岩、泥质粉砂岩、泥质灰岩等含泥质较高的岩石,以及

① 张永北. 滇西龙陵—瑞丽金成矿带上芒岗成矿区控矿构造及遥感找矿模型初探. 硕士论文, 1992. 6, 5~10.

同构造沉积的当时未固结或半固结的白垩纪地层,呈塑性变形。地层强烈劈理化,形成与主走滑断裂近于平行或低角度相交(NW45°~50°)的压扭性剪切带或强应变带。而能干性相对强的岩石,如地表条件下的白云岩、白云质灰岩、灰岩,则呈脆性变形或形成弱应变域。通常被剪切拉断而形成规模巨大的同方向排列的石香肠或角砾岩化透镜体。这些石香肠或透镜体长可达数千米,宽可达1~2km。内部发育密集的近EW向张剪节理和裂隙。

强应变带往往与次一级走滑断层一致,与石香肠状、透镜状弱应变域交织复合,构成宏观尺度上借助遥感图像才能看清的与“糜棱状构造”十分相似的网眼构造复杂图像(图3)。

这种复杂图像,在走滑体系内具有自相似性^[4]。在宏观尺度上巨大的石香肠或透镜体之间的走滑应变带内,能干性不同的岩石也发生差异变形。仍然是能干性相对强的岩石形成露头尺度上的近东西向张剪节理和裂隙发育的石香肠和透镜体;能干性相对弱的或非能干性的岩石则形成压扭性强剪切变形带。构成露头上就能看清的“网眼构造”。而在该尺度的图像内,强应变带内也有完全相似但在手标本上就能看清的“网眼构造”。更进一步地手标本上的强变形带,可以形成薄片下才能看清的完全相似的构造(图3)。因此,整个走滑体系在平面上是一个大“网眼构造”套小“网眼构造”的套叠式的复杂系统。

3 走滑体系中热液蚀变空间分布的自相似性

龙陵—瑞丽走滑体系是一个地热异常带,有一系列线状分布的温泉与之对应。据白登海等的MT资料,证明其中地温梯度明显增高^[8]。因此,热液蚀变现象十分普遍,其空间分布规律如下:

从横剖面上看,热液蚀变通常分布在花状构造中最主要的几条断裂带上,次级断裂中蚀变不明显。但蚀变最强的位置是花状构造中央部位最大几条断裂带间能干性强的岩石组成的巨大石香肠中(图1)。

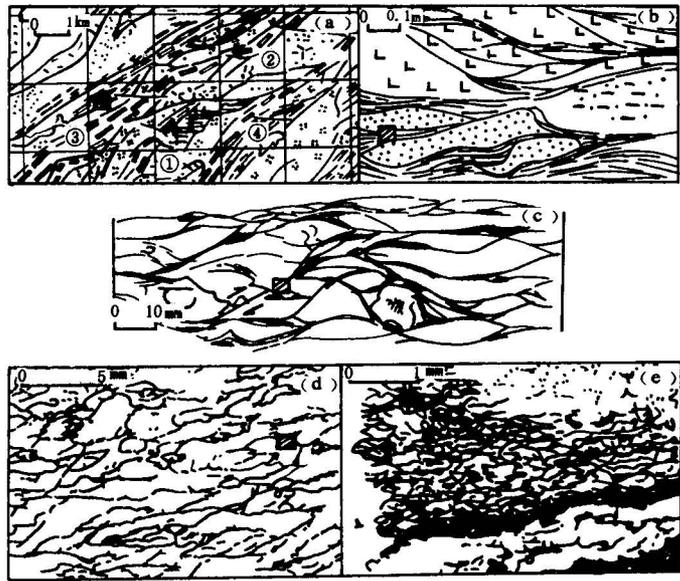


图3 走滑体系中不同尺度的网眼构造图

Fig. 3 Various scale network—mesh structures in the strike-slip system

(a)—遥感解译图:脆性或弱变形岩石;①—网格型影纹,②—花斑型影纹;强应变、劈理化带;③—一条带型影纹,④—均匀型影纹;(b)—露头素描;(c)—手标本素描;(d)、(e)—薄片素描
(a)—network—mesh structure interpretation from remote sensing image; the grain image of lattice ① and piebald ② structures in brittle fracture or weak strain areas. The grain image of ribbon ③ and homogeneous ④ show intensive strain or enclavement belt. (b)—sketch from field exposure. (c)—sketch from hand specimen. (d) and (e)—sketch under microscope

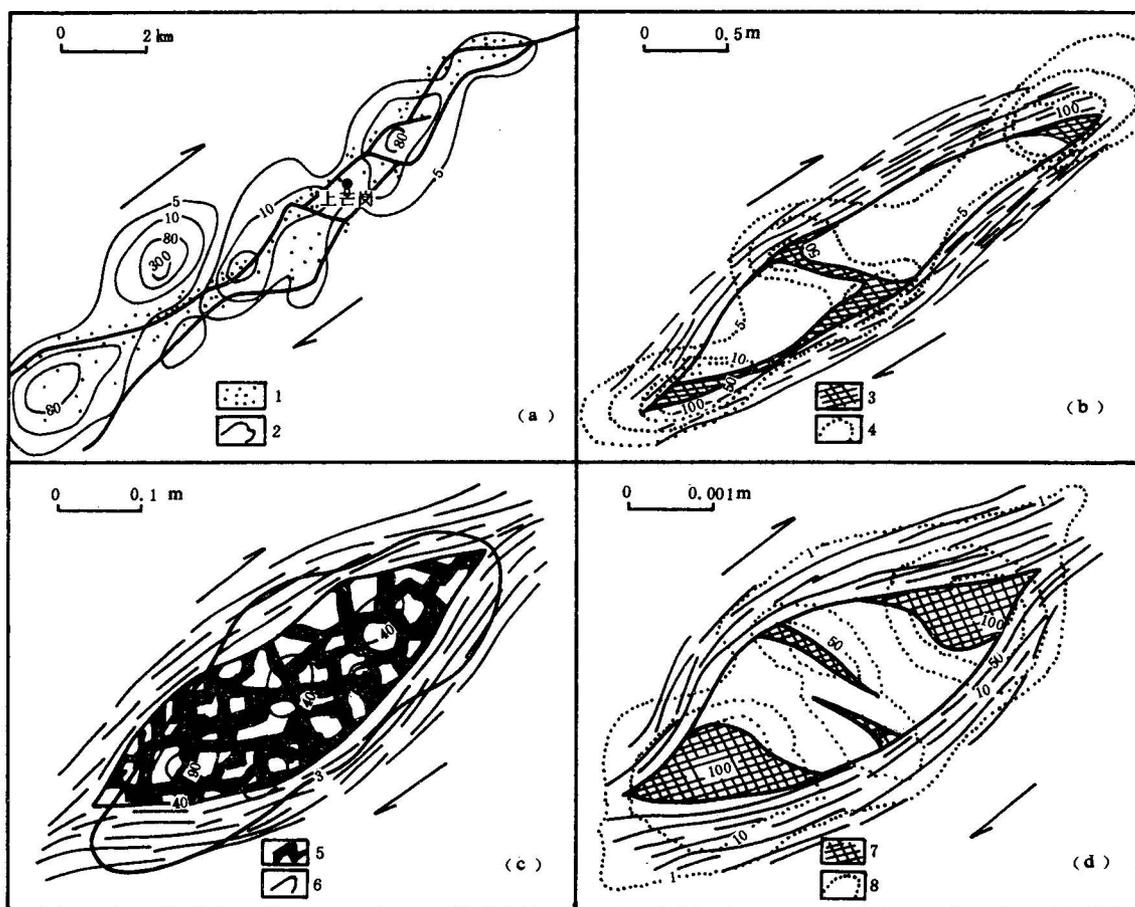


图 4 走滑体系中不同尺度的矿物增生热液蚀变部位

Fig. 4 Various mineral accretion area and hydrothermal alteration location

(a)—大型透镜体: 1—蚀变区; 2—S+As 综合化探异常等值线($\times 10^{-6}$); (b)—构造透镜体: 3—热液蚀变位置; 4—As 异常等值线($\times 10^{-6}$); (c)—角砾化透镜体: 5—热液蚀变区; 6—As 异常等值线($\times 10^{-6}$); (d)—薄片: 7—压力影和眼球构造矿物增生区; 8—Sb 异常等值线($\times 10^{-6}$)。

(a)—A large lenticular structure; 1—hydrothermal alteration location; 2—S+As generalized geochemical anomaly contour ($\times 10^{-6}$); (b)—lenticular structure on an outcrop; 3—hydrothermal alteration location; 4—As-anomaly contour ($\times 10^{-6}$); (c)—brecciated lenticular body on a hand specimen; 5—hydrothermal alteration location; 6—As-anomaly contour ($\times 10^{-6}$); (d)—augen structure under microscope; 7—pressure shadow and mineral accretion of augen structure; 8—Sb-anomaly contour ($\times 10^{-6}$)

在平面上看, 蚀变带分布具有明显的相似性。它们在“网眼构造”复杂图像特定部位出现。主要有3种部位(图4): ①透镜体两端消失部位斜面朝向与走滑运动方向一致的一侧, ②角砾化透镜体, ③石香肠透镜体中强烈错位处。这3个有利于热液蚀变的部位, 在任何一级“网眼构造”中都是一致的。

这种蚀变带空间分布自相似性现象暗含着的物理机制在于“网眼构造”高低压配对规律和固体流体差异运动规律。网眼构造中, 压扭性强应变带是孔隙体积压缩带, 在变形过程中孔隙

是增压的。而弱应变域由于岩石抗拒变形能力强,可保持体积不变,而张剪节理、裂隙的密集发育和角砾岩化则是体积膨胀的过程。透镜体、石香肠消失部斜面朝向与走滑运动方向一致的一侧是体系中固态物质虚脱地区,因此,也是孔隙膨胀区,形成低压域。因此,弱应变域是孔隙恒压或降压的过程。孔隙降压部位在石香肠和透镜体错移位置尤为明显。它与角砾化相比是将拉张应变集中在错断部位的。因此,走滑运动过程中形成任何一级“网眼构造”的过程,也就是形成孔隙增压与减压配对的过程。

流体和固体是两种流动性完全不同的物质。在高低压配对过程中,如果孔隙连通,则在压力差驱动下,流体先于固体逃离高压区,同时又先于固体充填于低压区。随流体集中,消除压力差,又阻止固体进入低压区。因此,热液在低压区集中。热液蚀变总在这3种部位特别发育。这种流体运移律反映的是流体在走滑体系形成过程中集中的总趋势。而流体所携带的有用元素是否也在这些空间沉淀、富集、成矿,则还需从流体中元素迁移状态、浓度、这些空间的温压条件和地球化学环境等所组成的制约成矿作用的复杂系统深入探讨。然而,上述规律的确制约了本区热液成矿的优选位置,从而也决定了成矿有利空间的定位。

4 化探异常与金矿化定位

根据上述规律,化探异常、矿化应是热液作用在宏观尺度“网眼构造”中的空间定位。这在龙陵—瑞丽走滑体系中表现得堪称尽善尽美。

图5展示了宏观“网眼构造”与金矿化、蚀变带、化探异常的空间关系。走滑体系中,蚀变最强烈的部位是本区花状构造的主要断裂带间能干性最强的岩石变形形成的巨大石香肠或角砾化透镜体等弱应变域中。这可能是该区能干性最强岩石组成的弱应变域面积最大,张剪裂隙最发育,以及与走滑体系的孔隙压力增—降差最大所致。在这些巨大石香肠内部金矿化主要出现

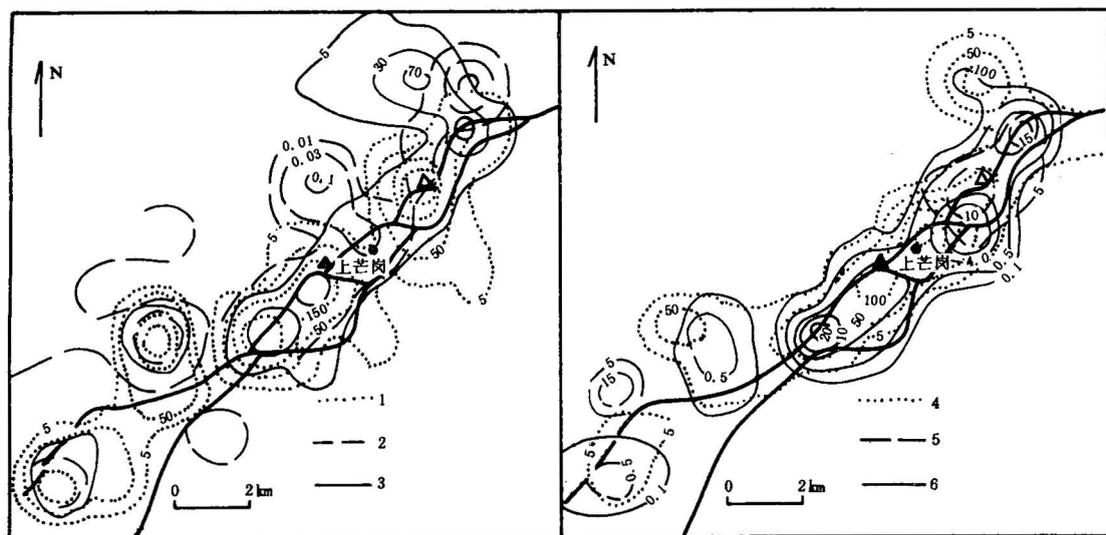


图5 大型石香肠与化探异常空间关系

Fig. 5 Spatial relationship between macroscopic boudinage and geochemical anomaly

1~6—化探异常等值线(Geochemical anomaly contour): 1—Au($\times 10^{-9}$), 2—Ag($\times 10^{-6}$), 3—Cu($\times 10^{-6}$),
4—Hg($\times 10^{-9}$), 5—As($\times 10^{-6}$), 6—Sb($\times 10^{-6}$); Δ —金矿点(gold occurrence)

在强烈错位部位和石香肠消失部斜面朝向与走滑运动方向一致的一侧。这些部位化探异常显示最强,金矿化最明显。其中上芒岗矿区,现已探明 Au 储量4 t 以上。金矿化、化探异常、热液蚀变带的上述定位规律在整个走滑体系的其他地区也是普遍现象。

5 结论

龙陵—瑞丽走滑体系是中生代中后期,由于印度板块向北运动过程中,在腾冲地块与掸邦地块交界的南段发生的大规模走滑带。从剖面上看是一个花状构造系统,热液蚀变在其中几条主要断裂间能干性最强岩石组成的石香肠中定位;从平面上看,是一个大“网眼构造”套叠小“网眼构造”的自相似的复杂图像。热液蚀变在任何尺度的该构造中有如下3个有利部位:①透镜体、石香肠消失部位斜面朝向与走滑运动方向一致的一侧,②弱应变域严重错位处,③角砾化透镜体。走滑体系中热液蚀变、金矿化及化探异常等的分布^[10]就是上述规律在宏观尺度“网眼构造”中的定位。

参 考 文 献

- 1 詹姆斯·格莱克著.混沌开创新科学.张淑誉译.上海文艺出版社.1990.87~128.
- 2 金章东,卢新卫,张传林.江西德兴斑岩铜矿田断裂分形研究.地质论评,1998,44(1):57~62.
- 3 索书田.地壳内部剪切带阵列的分形几何学.见:分形理论及其应用.合肥:中国科学技术大学出版社,1993.341~344.
- 4 曾令森,李海兵,许志琴.辽南地壳韧性剪切变形中的分形及自组织.地球学报.1996,17(3):269~275.
- 5 罗君烈.滇西特提斯造山带的演化及基本特征.云南地质.1990,9(4):247~290.
- 6 金鹤生.对喜马拉雅—滇—缅—泰—马地区石炭纪冰川性质探讨.云南地质.1989,8(3~4):213~221.
- 7 徐成彦,王豪.构造分析、遥感、物化探等方面综合研究腾冲—梁河锡矿成矿区的控矿构造及隐伏矿床预测.云南地质.1991,10(4):394~416.
- 8 Bai Denghai, Zhao Guoze, Liao Zhijie. A further confirmation of the magmatic heat source beneath Tenchong thermal field, Yunnan, China. in: Abstracts of 30th International Geological Congress. Beijing: Publishing House of Geology. 1996. Vol. 1 of 3, 381.
- 9 白登海,赵国泽,廖志杰,王绪本.从MT探测结果推论腾冲热海热田的岩浆热源.科学通报.1994,39(4):344~346.
- 10 张永北,李光强,胡广耀.三维向量筛及其在遥感地质找矿中的应用.地质论评.1998,44(6):636~642.

Self-similar Texture of the Mid-Longling—Ruili Strike-Slip System and the Location of Hydrothermal Deposits

Zhang Yongbei

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074)

Abstract

The Longling—Ruili strike-slip system is a large right-lateral strike-slip belt, which is the southern part of the boundary between the Tengchong block and the Shan State block in the Sanjiang (Nujiang River—Lancang River—Jinsha River) tectonic belt in western Yunnan. It is a flower structure system, which has a self-similar texture on the vertical section. On the horizontal section, it is a self-similar mesh structure intricately composed of intensive strain belts and weak strain regions, showing a complex pattern of large-scale mesh structures overlapped by smaller ones. Hydrothermal alteration is mainly concentrated in the following three parts of the

weak strain areas of various scales; ① the place where the weak strain region disappears and the surface orientation in this part corresponds to the strike-slip motion on the same side; ② near the fault formed from a tensile-shear strain, which results in strong dislocation; and ③ the brecciated belt or brecciated weak strain area. Geochemical anomalies, gold mineralization and hydrothermal alteration in the strike-slip belt are controlled by the major faults in the flower structure system on the vertical section. However, on the horizontal section, they are located in the large-scale mesh structures as described above. This location law is driven by the concentration of fluids in low-pressure regions caused by pressure differences resulting from matching of pressure-rising belts and pressure-dropping regions, which is a result of differential deformation during the strike-slip motion.

Key words: Longling—Ruili strike-slip system; self-similar texture; ore-control structure; location of gold deposit; matching of pressure-rising belt and pressure-dropping region; fluid migration

作者简介

张永北,男,1967年生。分别于1986年和1992年在中国地质大学(武汉)构造地质学专业和遥感地质学专业获学士和硕士学位,现为岩石学专业博士研究生。目前主要从事遥感技术快速勘查国土资源的理论和方法研究。通讯地址:430074,武昌喻家山中国地质大学(武汉)地球科学学院;电话:(027)87482947(办),(027)87482949(办);E-mail:dxcl@cug.edu.cn;传真:027-87801761。

《地质学报》英文版再次被“SCI”收录

美国科学信息研究所(简称 ISI)1998年12月致信中国地质学会,《地质学报》(英文版)自1998年72卷第1期起为“Science Citation Index—Expanded”收录,并且与中国地质学会签订了有关合同。

美国科学信息研究所,与中国科学技术信息研究所类似,是一个科学技术信息收录、检索单位,《科学引文索引》(即“SCI”)是其5种产品之一。据《科技时报》1999年1月5日报道,1997~1998年度,该所共收录49种中国科技期刊作为统计源刊物,其中,与地质学有关的期刊有《地质学报》(英文版)、《科学通报》和《中国科学》(D辑)。《地质学报》曾于1980~1994年被“SCI”收录。

中国地质学会期刊处