

藏南拉轨岗日变质核杂岩带的 TM 影像特征

隋志龙, 李德威, 杨巍然, 刘德民

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 通过对拉轨岗日地区 TM 图像进行主成分变换、缨帽变换、比值运算等数字处理, 其成果图像进一步印证了拉轨岗日变质核杂岩带具有典型三层结构这一野外区调成果。通过对系列成果图像的分析对比, 总结了变质核、接触带和盖层的影像特征, 分析了拉轨岗日构造带各变质核杂岩之间的变化规律。

关键词: 遥感; TM 图像; 变质核杂岩; 影像特征; 拉轨岗日; 西藏。

中图分类号: P58

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)06-0680-05

作者简介: 隋志龙(1970—), 男, 博士研究生, 主要从事国土资源遥感与信息技术研究。

0 引言

研究区位于藏南喜马拉雅造山带中段, 处于雅鲁藏布江蛇绿岩带与特提斯喜马拉雅带之间, 主体为 6 000 m 以上的山地, 地形起伏较大, 隆升剥蚀强烈, 发育有现代冰川。迄今为止, 前人在该区仅进行过 1:100 万的区域地质调查, 一直是研究空白区。

拉轨岗日构造带近东西向展布, 构造典型, 变形强烈, 地层齐全, 岩浆岩发育, 盆山结构清楚, 构造演化复杂, 晚新生代构造隆升十分显著^[1]。

拉轨岗日变质核杂岩带是喜马拉雅造山带的重要组成部分, 探讨其发生、发展及演化将为青藏高原隆升机制及大陆动力学过程的研究提供重要启示。与此同时, 作为新发现的一个典型实例, 拉轨岗日变质核杂岩带也逐步成为变质核杂岩研究的热点。但是, 藏南定结地区地域辽阔, 气候及自然地理条件恶劣, 利用常规手段对拉轨岗日变质核杂岩带进行研究受到很大限制; 卫星遥感信息具有视域宽广、不受恶劣自然条件的影响、可全面而连续地反映地面景观及地质构造活动等特点, 有利于进行大范围内的宏观观察与分析对比, 这为运用遥感技术解决地质问题提供了有利的条件。

1 拉轨岗日变质核杂岩带的结构

拉轨岗日变质核杂岩带位于北喜马拉雅伸展剥离带中部的定日—萨迦—康马地区, 呈带状沿东西向展布、分段出露, 表现为一系列出露于三叠系等沉积地层内的, 以前震旦系拉轨岗日群片麻岩及淡色花岗岩为核的穹状隆起^[1,2]。拉轨岗日变质核杂岩带包括锁作、阿马、普弄抗日和康马^[3]等 4 个主要变质核杂岩以及夹在阿马和普弄抗日变质核杂岩之间的总布容变质核杂岩。

拉轨岗日变质核杂岩带各个变质核杂岩结构形式基本相似并不同程度地被后期 NNE 向左行平移断层切割, 出露中、上地壳剖面, 显示典型的三层结构型式^[1]:(1)代表中地壳的拉轨岗日岩群变质杂岩组成变质核, 有大量的淡色花岗岩侵入其中;(2)围绕变质核顺“层”分布的多层次拆离断层, 具有韧性转换特征;(3)具有弱变质和轻微变质的上古生界和中生界盖层。组成拉轨岗日变质核杂岩带的各个变质核杂岩在平面上基本呈圆穹状或长垣状, 变质核面积在 30~150 km² 之间。

(1)变质核。拉轨岗日变质核杂岩带的变质核主体由拉轨岗日群变质岩组成^[1], 它可以解体为 2 个部分:①上部为抗青大岩组, 主要岩石类型有云母石英片岩、十字石蓝晶石片岩、石榴云母片岩、石英岩和大理岩;②下部为拉轨岗日杂岩, 以片麻岩为主。抗青大岩组片岩—石英岩与拉轨岗日杂岩之间以正

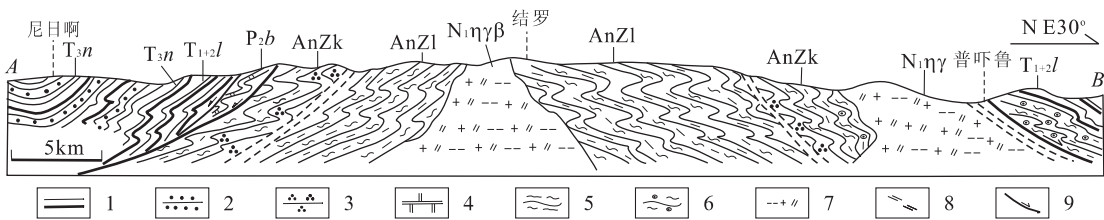


图 1 尼日啊—普吓鲁构造剖面^[1]

Fig. 1 Tectonic cross section from Niria to Puxialu

1. 板岩; 2. 变质砂岩; 3. 石英岩; 4. 大理岩; 5. 片麻岩; 6. 石榴片岩; 7. 花岗岩; 8. 韧性剪切带; 9. 拆离断层

断式韧性剪切带接触。拉轨岗日变质核杂岩带各个变质核近中心部位出现近等轴状分布的花岗岩体,此外在普弄抗日变质核杂岩的北侧和西侧有沿着基底拆离断层侵位的长条形似板状花岗岩体。花岗岩以二云母花岗岩为主,部分为电气石黑云母花岗岩。

(2)滑脱层。强烈变形和变质的基底岩系与盖层之间为大型滑脱断层(图 1),由基底拆离断层及其相关的正断式韧性剪切带和糜棱岩组成一个滑脱带。拉轨岗日变质核杂岩滑脱带具有如下主要特征^[1]:①基底拆离断层及其相关的韧性剪切带在平面上围绕变质核呈圆弧形分布。②在变质核杂岩不同部位,基底拆离断层上、下两盘直接接触的地层明显不同,反映伸展拆离程度变化明显。③拆离断层造成地层拉伸流变和强烈减薄,局部地段出现地层构造缺失和岩层构造减薄。④沿基底拆离断层常有花岗岩体侵位。⑤发育不同类型的断层岩,并出现断层岩分带现象,从上到下为断层泥、碎裂岩、碎裂糜棱岩和糜棱岩。

(3)盖层。拉轨岗日变质核杂岩的盖层系统由石炭系、二叠系、三叠系和侏罗系浅变质或未变质的岩石组成,围绕变质核由老至新呈环形分布。受基底拆离断层伸展拆离量的影响,在局部地段盖层下部地层出现尖灭和缺失现象。围绕变质核盖层出现变质分带现象,从变质核向外大致可分为红柱石带、绿泥石带,侏罗系大部分地区基本上没有明显的变质,变质作用明显地受变质核内岩浆侵入及其相关的热活动的控制。盖层中发育次级拆离断层和脆性正断层。

2 定结幅 TM 影像数字处理及变质核杂岩结构信息的提取

2.1 拉轨岗日地区 TM 图像的特点

本次研究所应用的遥感数据主要是 Landsat—

6 的 TM 图像。拉轨岗日变质核杂岩的出露地区共涉及 4 帧 TM 图像——139—40(1999 年 9 月 12 日)、140—40(1999 年 9 月 20 日)、139—41(2000 年 11 月 8 日)和 140—41(1999 年 10 月 28 日),研究区的大部分位于 140—40 帧的东南部和 139—40 帧的西南部,其余分别位于 140—41 帧的东北部以及 139—41 帧的西北部。

拉轨岗日地区的 TM 影像由于该地区独特的自然地理、气候等条件,表现出一些鲜明的特点,具体情况如下:(1)拉轨岗日地区光照充足,无云雾遮挡,影像清晰度很高,这为运用遥感影像进行地质研究提供了有利条件。(2)拉轨岗日地区属高寒地带,地表基本没有或少有植被覆盖,这使得我们能够更好的运用遥感图像来直接地探测岩石组成及构造展布等地质信息。(3)拉轨岗日地区所包含的区域基本上都是高山地形,地形阴影对遥感影像的判读有很大的干扰,因此,在对影像进行地质信息提取之前必须完成阴影消除等图像处理工作。

2.2 拉轨岗日地区 TM 图像的数字处理

在拉轨岗日地区 TM 图像的数字处理过程中,笔者主要是运用了主成分变换、缨帽变换、IHS 变换、傅立叶变换以及反差增强、比值增强、彩色合成增强以及空间增强等各种图像增强处理手段对 TM 图像进行增强,其中,对于提取变质核杂岩的三层结构信息来说,主成分变换、缨帽变换以及比值增强效果最为显著^[4]。

(1)主成分分析。将拉轨岗日地区 TM 图像的 7 个波段与除 6 波段之外的其他 6 个波段分别做 K—L 变换,获得了该地区的 2 种主组分图像。经比较发现,对于提取拉轨岗日变质核杂岩带的光谱及空间结构信息来说,前者的贡献明显大于后者,其中,第 3 主组分图像(PC3)效果最好。从拉轨岗日地区 TM 图像主成分变换的结果来看,主成分变换对于提取拉轨岗日变质核杂岩带的影像特征信息来说有着举

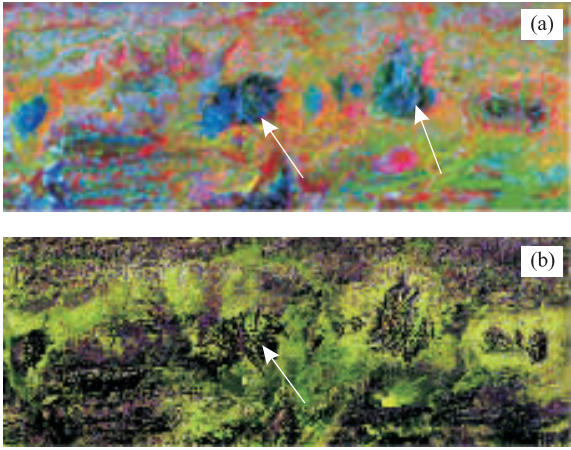


图 2 假彩色合成图像

Fig. 2 Pseudo color composite image

a. 用主成分变换的第 3,4,5 主组分所做的假彩色合成图像;b. 用缨帽变换的第 5,3,2 主分量所做的假彩色合成图像

足轻重的作用:在用 PC3、PC4、PC5 所做的假彩色合成图像(图 2a)上,变质核杂岩的空间结构信息,特别是接触带形态及展布特征得以突出的显示. 变质核杂岩带特别是其中的阿马变质核杂岩和普弄抗日变质核杂岩的周缘,都断续分布着一圈由影像特征与周围地区相比极为特殊的地质体所组成的环带(箭头所示). 结合野外实地考察并与 1:25 万地质图相对照证实:这条有着特殊影像特征的环带所对应的地区正是变质核杂岩周缘部分拆离断层所出露的地段,见有糜棱岩、碎裂岩等断层岩. 从上述事实中可以推断:这种有着特殊影像特征的环带即为变质核杂岩的变质核与沉积盖层之间的接触带(拆离带). 上述环带无论是在阿马变质核杂岩还是在普弄抗日变质核杂岩均为南面宽且连续、北面窄而断续,最宽处约 3 km,最窄处约几百 m,从空间上完好的圈闭了变质核杂岩的变质核. 从图 2a 上可以看出:上述环带的颜色(暗红色)介于变质核(蓝色)和盖层(粉红色或黄绿色)之间,为深红色. 除此之外,这种接触带在组成拉轨岗日变质核杂岩带的各个变质核杂岩上的发育程度是不一样的:发育最完全的就是阿马变质核杂岩和普弄抗日变质核杂岩;锁作变质核杂岩的这种环带窄且不明显;康马变质核杂岩的这种环带尚未定型,仍处在混沌状态. 另外,拉轨岗日变质核杂岩带各变质核杂岩的变质核颜色自西向东存在着渐变规律,这意味着它们的物质成分有所不同,发育程度、变形变质或剥蚀出露的深度存在着差异.

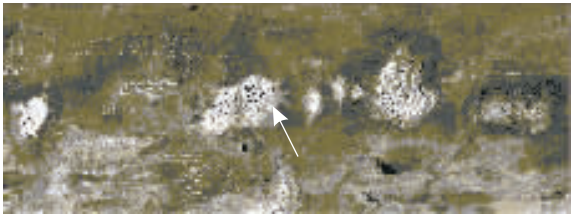


图 3 TM7/TM6 基本比值图像

Fig. 3 Basic ratio image of TM7/TM6

(2) 缨帽变换. 缨帽变换原本是用于对农作物和植被的研究,将它引入到对岩石影像特征的研究是在做一种新的尝试. 实际上,缨帽变换在对拉轨岗日地区 TM 图像的处理中是有效果的. 在对拉轨岗日变质核杂岩带影像特征的研究过程中发现:用缨帽变换的第 5,3,2 主分量图像做假彩色合成所得到的结果图像(图 2b)对于提取拉轨岗日变质核杂岩带的光谱及空间结构信息有着较为明显的效果. 该图像能够将变质核杂岩的变质核与沉积盖层清晰地区分开来,它所获得的盖层的晕圈状影像特征比其他任何方法都要明显. 除此之外,缨帽变换还突出了图像上的几个大型褶皱(白色箭头所示).

(3) 比值运算. 比值运算是遥感图像处理中常用的方法,它通过 2 个波段对应像元的灰度值之比或几个波段组合的对应像元灰度值之比来获得结果图像. 在拉轨岗日地区 TM 图像的比值处理过程中,笔者对基本比值、和差组合比值、交叉组合比值以及标准化比值等比值处理方法均进行了试验. 从试验结果中发现,基本比值的 TM7/TM6(图 3)对于提取拉轨岗日变质核杂岩带的空间结构及光谱信息来说,效果最好. TM7/TM6 有效地区分了拉轨岗日变质核杂岩带各变质核杂岩由内至外的层圈结构——花岗岩和拉轨岗日群变质杂岩、抗青大岩组→拆离断层→由石炭系、二叠系、三叠系等地层所组成的盖层.

3 拉轨岗日变质核杂岩 TM 影像上的三层结构特征分析

3.1 拉轨岗日变质核杂岩带的影像特征总结

(1) 变质核. ①光谱特征:拉轨岗日变质核杂岩带的变质核总体呈现较浅的色调,在 TM6 上表现出“冷色调”. 色彩不均匀,粗斑状、姜块状、鸡爪状等影纹图案;不具层理;有较高的边界清晰度. 出露区鲜有土壤和植被发育. ②空间结构特征:拉轨岗日变

质核杂岩带各变质核杂岩的变质核在图像上呈椭圆、圆穹和纺锤等环形构造,形成穹状、椭圆状及纺锤状的剥蚀残山,粗疏型钳状沟头树枝状水系以及环状、放射状水系。

(2)接触带。整个拉轨岗日变质核杂岩带只有阿马和普弄抗日变质核杂岩有明显的接触带,现以它们的PC3、PC4、PC5合成的假彩色图像(图3)为例加以说明:①光谱特征:a.该环带表现为极为特殊的暗红色,与变质核的蓝绿色及盖层等其他地物区别明显。b.细的纹线构造,局部为垅坎状突起的正地形及槽沟等负地形;和谐的皱纹状、密集蠕虫状影纹。c.该环带上发育的水系基本受变质核内发育的水系控制,是核内水系向外的延伸。该环带与环绕变质核的少岗群及比茸组、康马组板岩、片岩、大理岩、石英岩、千枚岩等变质岩及其内外环绕的拆离断层相对应。这些变质岩均为受内外围限的拆离断层作用的动力变质岩,其内外的拆离断层迹象明显。②空间结构特征:这种环带均为南面宽且连续、北面窄而断续,最宽处约3 km,最窄处约几百 m,从空间上完好的圈闭了变质核杂岩的变质核。

(3)盖层。拉轨岗日变质核杂岩带的盖层均为三叠系、侏罗系的砂岩等沉积地层,具有明显的层理和岩层三角面、波状起伏地形、典型的树枝状水系、颜色多变、构成色调、色彩不同的纹带、蠕虫状影纹图案。与其他沉积地层不同,变质核杂岩盖层具有明显的暗色调的晕圈状影像特征,这主要与其中夹杂的千枚岩、板岩等变质岩有关,是由岩浆上拱的热接触变质作用所造成的。

3.2 拉轨岗日变质核杂岩带影像特征的综合地质分析

从拉轨岗日变质核杂岩带的光谱特征及空间结构特征上看,组成拉轨岗日变质核杂岩带的4个主要变质核杂岩彼此间的发育程度是有差异的;自西向东,各个变质核杂岩的发育程度由高至低呈明显的渐变趋势。这里所指的发育程度差异包含着2种可能的情况:一是各个变质核杂岩自身在形成过程中所表现出的结构型式、完善程度等方面的差异;二是由于地形等因素的影响,各个变质核中变质杂岩因出露位置距地表深浅的不同,接受了不同程度的风化剥蚀所形成的差异。

其中,最西边的锁作变质核杂岩发育程度较高,出露地表的变质核杂岩已经因长期的风化剥蚀作用而改变了其原有的面貌;水系杂乱无章,表明该地区

为水渍物沉积区;变质核杂岩的西侧为大面积的洪积及残、坡积;整个变质核杂岩出露区在遥感影像上的颜色较为均匀,与周围地物的颜色有明显的不同,变化截然,在各种处理方案的成果图像中,该变质核杂岩周围的分带现象不明显。

而最东边的康马变质核杂岩^[3]的发育程度较低,在经各种处理的成果图像中,典型变质核杂岩所具有三层结构型式还不十分明显(变质核的边界尚不清晰)。水系由3条粗疏型钳状沟头树枝状水系呈平行状排列,表明该变质核杂岩出露地区的水系局部受岩性控制;而从整体上,水系又主要受该地区的构造控制,发育平行状水系。该水系类型主要发育在褶皱构造的翼部及掀斜构造的倾斜面上,表明该地区从总体上看是一个褶皱构造,这也正是侵入岩深部隆升初期在地表的表现。康马变质核杂岩的核部变质杂岩颜色很不均匀,且与周围地物的颜色呈渐变过渡关系。

阿马和普弄抗日变质核杂岩的发育程度则介于锁作和康马变质核杂岩之间,都处于成熟期;其中,前者的发育程度又要高于后者。从主成分分析及其他一些处理方法的成果图像中可以看出,变质核杂岩的层次结构清晰可见:中间为由变质杂岩组成的变质核→由糜棱岩、碎裂岩等断层岩所组成的拆离带→外围沉积盖层。

阿马变质核杂岩可分为东西2个部分,它们在光谱和空间结构特征上有一定的差异:阿马变质核杂岩的西部颜色较浅且均匀,发育丰字型水系,水系明显地受断裂控制;经受了较为强烈的风化剥蚀。阿马变质核杂岩的东部则颜色较深且不均匀,水系主要以放射状、环状为主,局部边缘发育有一定规模的洪积及残、坡积。在一些成果图像尤其是主成分分析图像(图2a)上,阿马变质核杂岩变质核的东半部与其边缘有明显的分带现象。

普弄抗日变质核杂岩颜色较阿马变质核杂岩深,且颜色很不均匀,主要发育环状和放射状水系,在其周围几乎没有什么洪积及残、坡积。在一些成果图像尤其是主成分分析图像(图2a)上,普弄抗日变质核杂岩的边缘有明显的分带现象。

4 结语

通过主成分变换、缨帽变换、比值运算等多种数字图像处理方法,获得了一系列能够较好反映拉轨

岗日变质核杂岩带空间结构及光谱特征的成果图像. 在这些成果图像上,拉轨岗日变质核杂岩带包括变质核、接触带和盖层在内的典型三层结构得以突出显示并被有效地区分开来;尤其重要的是,在由 PC3、PC4、PC5 合成的假彩色图像上,包括拆离断层在内的过渡带得以突出显示. 通过对系列成果图像的分析对比,总结了变质核、接触带和盖层的影像特征并推断了拉轨岗日变质核杂岩带各个组成变质核杂岩之间存在的变化趋势.

参考文献:

[1] 李德威,刘德民,廖群安,等. 藏南萨迦拉轨岗日变质核杂岩的厘定及其成因[J]. 地质通报,2003, 22(5): 7—11.
LI D W, LIU D M, LIAO Q A, et al. Definition and significance of the Lhagoi Kangri metamorphic core complexes in Sa'gya, southern Tibet [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(5): 7—11.

[2] 李德威. 喜马拉雅造山带的构造不对称演化[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1992, 17(5): 539—545.
LI D W. On tectonic asymmetrical evolution of the Himalayan orogenic belt [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1992, 17(5): 539—545.
[3] Chen Z L, Liu Y P, Hodges K V, et al. The Kangmar dome: A metamorphic core complex in southern Xizang (Tibet) [J]. Science, 1990, 250: 1552—1556.
[4] 隋志龙,杨巍然,张利华. 西藏定结幅区调工作中的断裂构造遥感研究方法探讨[J]. 大地构造与成矿学,2002, 26(4): 452—458.
SUI Z L, YANG W R, ZHANG L H. Discussing of fault research method using remote sensing technology in Xizang Dingjie regional geological survey [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2002, 26(4): 452—458.

Characteristic from TM Image of Laguigangri Metamorphic Core Complex Zone in Southern Tibet

SUI Zhi-long, LI De-wei, YANG Wei-ran, LIU De-min

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

Abstract: The digital processing of the TM image of Laguigangri area, such as K-L transform, K-T transform, and ratio operation has confirmed in the result images, the typical three-layer configuration of Laguigangri metamorphic core complex zone. Moreover, the analysis and contrast of a series of result images have enabled the authors to have summarized the image characteristics of the core, the contact belt and the cover of Laguigangri metamorphic core complex zone. At last, they have put forward the changing law among the Laguigangri metamorphic core complex zone.

Key words: remote sensing; TM image; metamorphic core complex; image characteristics; Laguigangri; Tibet.