

空间实验室测量相机像片地质判读初试

张庸

(长春地质学院)

徐庚庆

(中国科学院遥感应用研究所)

李才

(西藏地质矿产局)

1987年7月25日收稿

摘 要

本文是利用“空间实验室定标测量相机”(Metric Camera 缩写为 MC)拍摄的中国西藏日喀则地区的像片,进行室内目视判读的一次尝试。文中概略介绍了1983年11月28日—12月8日,美国航天飞机第9次飞行(STS9)装载的欧洲空间实验室的MC的基本工作参数;利用其像片编制的地质判读辅助图件(水系判读图、线性影像环形影像判读图)和典型岩性、构造的判读工作,并与陆地卫星MSS图像作了简单的比较。认为MC像片的地物影像清晰,反映基岩裸露区的地质信息丰富。在MC像片上易于区别大岩类(如花岗岩类、基性—超基性岩类、正常沉积岩及火山岩等),甚至可以发现某些地层标志层或走向上的差异;多数岩层产状可以辨认,褶皱可以定性判读;断裂判读效果很好,其规模、方向、组合都有不同程度的反映,同时,还可以判读出一些隐伏断裂。MC像片的判读效果优于MSS图像,可以满足中、小比例尺编图的要求,对中比例尺野外地质调查能起到很好的作用。

从人类进入太空,航天摄影术就成为人们研究地球和其它星球的一种手段。初期使用手提式相机进行随机摄影,进而使用固定的各种专用相机。但在资源遥感方面,自1973年“天空实验室”结束工作后,航天摄影就为非摄影成像方式所取代。产生这种情况的原因主要是:(1)陆地卫星多波段扫描仪为人们源源不断地提供了覆盖全球的多时相图像;(2)非摄影成像以传输方式发回资料,免去回收摄影胶片的一切装置和程序,设备利用率高,成本大大降低;(3)数据记录在计算机兼容磁带上,便于计算机进行图像处理和其它后续工序使用。

美国航天飞机1983年11月的第9次飞行和1984年10月的第13次飞行,尤其是第13次飞行,再次引起人们对航天摄影术的热情。很显然,这是由于航天飞机轻而易举地解决了资料回收和设备多次利用的问题。同时,由于摄影方法容易得到立体像对,成图有成熟的仪器和经验,校正方便,仪器性能和感光材料性能易于改善,影像地面分辨率高等优点,因此,航天摄影术有可能东山再起。

空间实验室(即 STS9/Spacelab-Metric Camera 飞行任务)的定标测量相机的摄影试验,具有新的特点和明显的效果。下面我们对其成像特点作简单介绍并将其图像在地质遥感室内判读的可行性作一些探讨。

一、成像系统及试验概况^[1]

这次试验使用的相机为定标测量相机(Metric Camera,编写为 MC)其原理与其它相机同,唯其畸变校正至1—2微米,可在摄影测量时加以改正,相机和胶片基本性能是:镜头焦距为305毫米,镜头孔径为 $f/5.6$,像幅尺寸为23厘米×23厘米,胶片有黑白和彩色

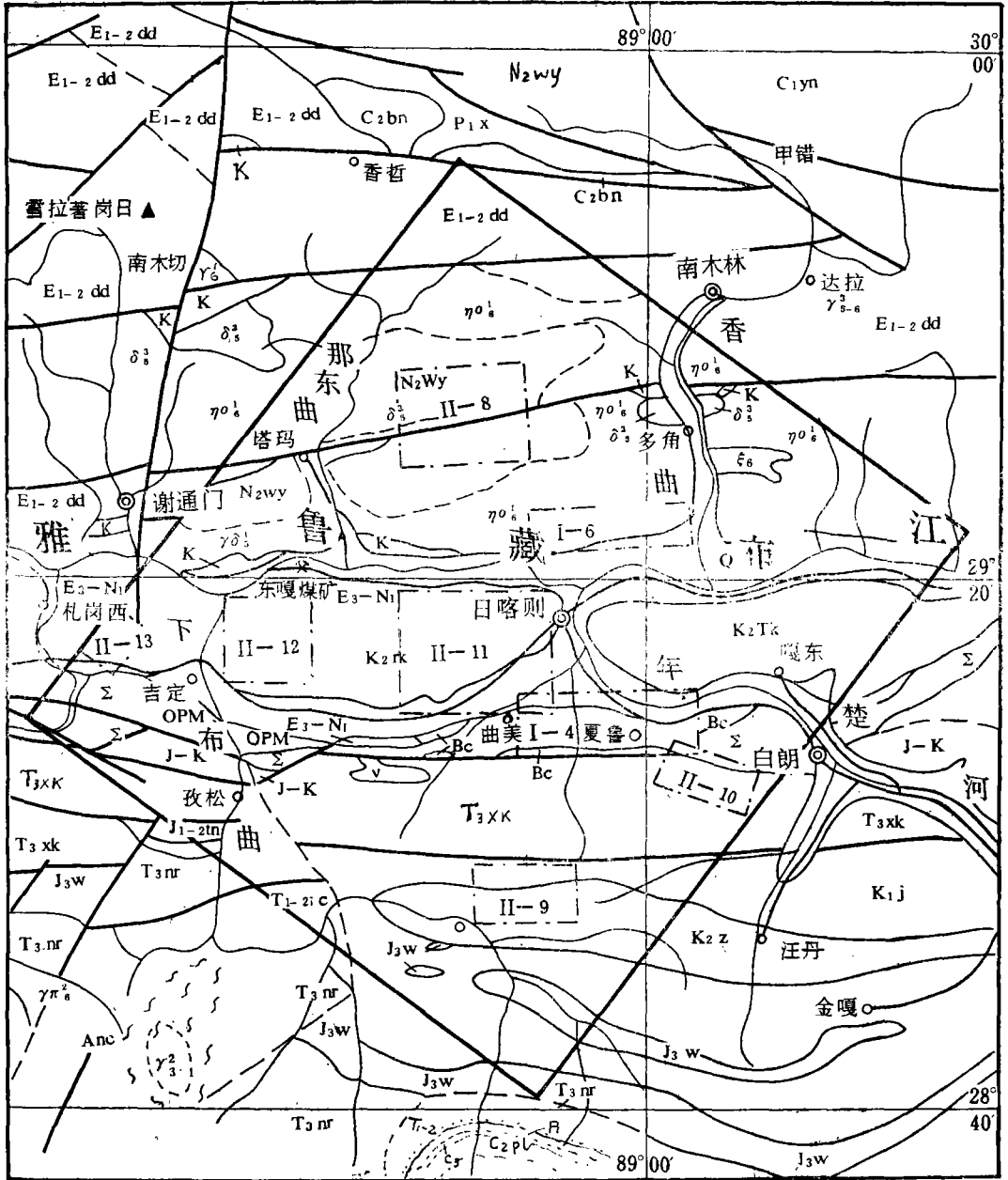


图 1 西藏日喀则附近MC像片位置示意图

Fig. 1 The test site in Tibet plateau, China

注：(1)底图为西藏地质矿产局编制的 1:100 万地质图，(2)实线框为 MC 像片位置；锁线框为典型岩性像片位置，框内罗马数字为本文的图版号，阿拉伯数字为图号。

红外两种，胶片分辨率黑白的为 50—125 线对/毫米，彩色的为 32—63 线对/毫米。

整个飞行 11 天(1983 年 11 月 28 日至 12 月 8 日)。覆盖了大峪分试验区，尤其是欧、

美、非洲部分,完成计划面积的 80% 以上。这次飞行的高度为 250 公里,航空像片的基高比为 0.3—0.4,航向重叠 60—80%,单幅地面范围 190×190 公里²,底片比例尺为 1:82 万。共获取像片 1000 张,其中黑白片 450 张,彩色红外片 550 张(包括我国西部地区的 55 张)。

我们这次应用的是中国科学院遥感应用研究所引进的日喀则附近的 MC 像片,地理范围如图 1 所示。判读中使用的是 1:20 万黑白像片(图 2 见封二)和 1:20 万彩色红外像片。

二、辅助图件的编制

遥感图像地质判读最基础、最经济的是目视判读方法。在判读过程中编制辅助性图件是不可缺少的过渡性工作。考虑到这个地区的特点和地质判读的需要,编制了水系图和主要线性影像环形影像判读图,下面谈谈中间性图件的判读效果。

1. 水系图的编制

水系密度、均匀度、方向性、对称性及水系类型等是地质判读的重要标志之一,水系图则能较好地、直观地反映出水系的特点。根据日喀则附近 MC 照片编制的水系图如图 3。

在 1:20 万 MC 黑白及彩色红外像片上,2,3 级水系从小到大反映清晰。在阳坡能反映 1 级水系;阴坡,尤其高陡阴坡反映则差,有时个别 2 级水系也不清楚。这样,在分析水系密度、均匀性、水系类型时都须加以注意。

通过水系图,可以明显分出区内各种水系类型:树枝状水系、平行树枝状水系、羽状树枝状水系、栉状水系、平行状水系、角状水系、格状水系、蠕虫状水系、环状水系、扇状水系和辫状水系等,并能看出密度、方向、均匀性和规模上的差异。

不同水系类型反映了岩性及构造上的差异。如那东曲源头附近平行树枝状水系,反映正常沉积的砂页岩;那东曲以东的蠕虫状水系,标志了中酸性火山岩、火山碎屑岩,其中环状水系又为研究火山机构提供了重要信息;日喀则附近密集羽状树枝状水系,说明这里的沉积岩形成后又受过强烈挤压;水系反映的断裂也是相当清楚。这些将在岩性、构造判读中进一步说明。图象中水系反映是否清晰,对地质判读效果有着直接影响,但也不是岩性、构造判读的唯一标志。

研究小水系对地质判读是非常重要的,就判读细小水系而言,MC 照片明显优于 MSS 图像。图 4 为 MSS 7 图像(见封二),大河水流影像在 MSS 7 图像上很突出。

2. 线性影像、环形影像的判读

用 MC 像片判读线性、环形影像,由于影像清晰,分辨率高,许多微细线性影纹、色调、形态、方向及延伸都看得很清楚,使得线性、环形影像容易辨认。例如,雅鲁藏布江北岸花岗岩中近东西向细短线纹,具有成组定向特征。香曲东部环形影像从水系、色调都有反映。类似的影像在 MSS 图像中则不能很好判读出来。MC 像片线性、环形影像的判读



图 3 日喀则附近 MC 像片水系判读图

Fig. 3 The interpretation figures of MC photographs for drainage system

图见图 5。

通过以上两种辅助判读图的编制,可以认为其效果是好的。

三、区内主要岩性的判读

本区处于雅鲁藏布江中上游,是雅鲁藏布江缝合带最复杂地段,其岩性也比较复杂。这里仅就 MC 像片对主要岩类的目视判读效果进行一些探讨。

1. 侵入岩类

(1) 花岗岩类,主要是花岗岩、花岗闪长岩(po_2^1)分布在雅鲁藏布江以北(见图 1),在 MC 黑白片上色调呈灰白—浅灰,在彩色红外片上为明亮的黄褐色,香曲以东色调逐渐变深;不均匀平行树枝状水系、栉状水系、角状水系及少量环状水系,密度中等,山体较宽大。主要特征是色调浅,块状影纹,表面较光滑。综合分析,岩性沿江一带自西向东为花岗岩、花岗闪长岩,由香曲附近向东逐渐向偏中性过渡,它们之间在影像上未见明显界线(图 2 和图 6 见封二)。

(2) 基性—超基性岩带(Σ , OPM, BC),分布在白朗—吉定一线(见图 1)。在 MC 黑白片上呈暗灰色—浅黑色调,在彩色红外片上为暗绿色,山顶有时呈暗黄褐色。这种暗色调或色彩是其它岩类所不具备的;水系成平行树枝状、角状树枝状、少量角状、树枝状和放射状,水系密度较大;团块状影纹;地形为串珠状、断续带状低山、低丘(图 2 和图 7, 见封二)。这一岩带在 MSS 图象上的宏观反映也很突出,但其内部特征就难以辨认了。

从图像上看,本区基性—超基性岩体呈不等宽带状,岩体自嘎东向西由宽变窄,宽处约 10 余公里,曲美西 10 余公里处最窄,仅 3 公里左右。向西又变宽。宽窄变化与断裂活动有一定关系。无论宽处、窄处,边界都很清楚。根据图像可以修编其地质界线。从图像上看,岩体可视为一个宽大的岩墙,其中有些地方由于侵蚀作用而形成图形低山或低丘。

2. 中酸性火山岩、火山碎屑岩类(N_2WY)

分布在雅鲁藏布江以北、香曲至那东曲中游间和附近高地上(见图 1)。在 MC 黑白片为浅灰—灰色色调,在彩色红外片上呈青褐色—褐色;水系以蠕虫状为特征,并有角状水系、环状水系;具脑纹状影纹;表面光滑细腻(图 8, 见封三)。覆盖在前述花岗岩类之上,在中比例尺 MC 像片上,二者界线大部分清晰可见。

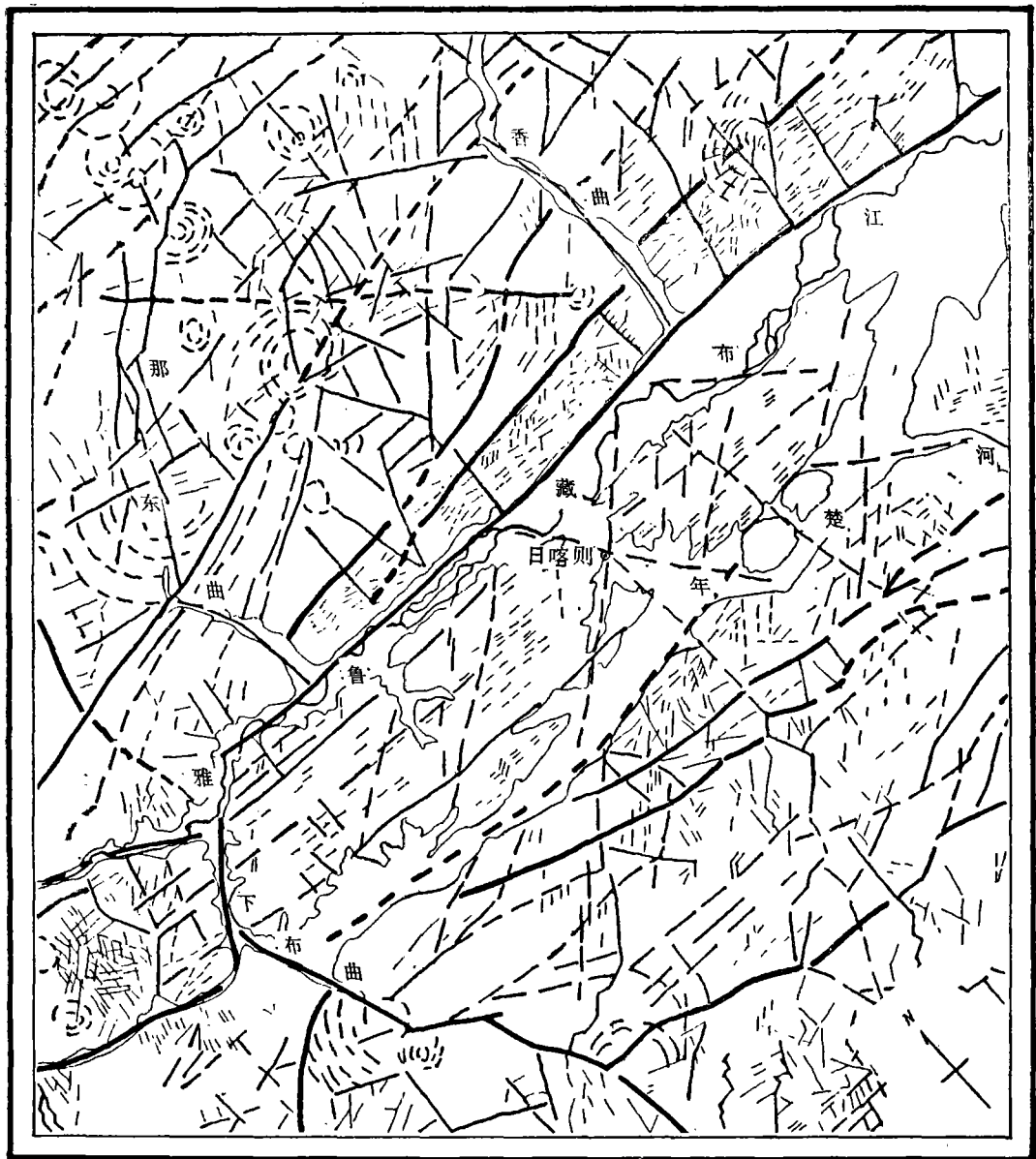
3. 沉积岩类及轻度沉积变质岩

(1) 砂页岩

主要分布在照片南部(K_{1j} 与 K_{2z} 各部分),北部只零星出露(C_{1yn})。在 MC 黑白照片上呈浅灰—暗灰条带状,在彩色红外片上,北部为黄褐色,南部为黄绿色、褐色;条纹条带影纹清楚;地形呈不连续定向山脊、山体低小,常呈定向丘状排列,其走向揭示岩层走向,山脊较圆缓;水系平行岩层走向和垂直走向者发育,故呈角状水系、平行树枝状水系。北部岩性应是砂页岩,南部则以砂岩、粉砂岩为主,夹有页岩、灰岩。

(2) 粉砂岩、硅质页岩

(主要是 K_{2z})。在 MC 黑白照片上为暗灰—深灰色色调,在彩色红外片上为暗褐色,东



图例 大中型线性影像 中小型线性影像 小微线性影像 环形影像

图 5 日喀则附近 MC 像片主要线性和环形影像判读图

Fig. 5 The interpretation of lineaments and circular features maps of MC photographs of Rikaze, Tibet plateau

部有暗绿色及褐色条带；条纹条带影纹清晰程度不均衡，由较清晰到不甚清晰；有羽状树枝状水系、角状水系、平行树枝状水系等；表面较光滑，山脊较尖。从影像特征上看，应是一些暗色细碎屑岩—硅质岩，但它们之间不易细分(图 9，见封三)。

表 1 日喀则群三部位影像特征比较表

Fig. 1 Image features comparing table of Rikeze group's three positions

特征 部位	项目	黑白片 色调	彩色红外 片色彩	水 系		影纹结构	地形地貌	典型影像
				类型	密度			
东部		暗灰	暗黄褐色	羽状树枝状 角状树枝状	密集	条纹条带极清楚	东西走向向细碎低矮山 地、山脊尖棱状	图 11, 见封三
中部		灰— 浅灰	黄褐— 浅黄褐色	羽状树枝状 角状树枝状	密集— 中等	条纹条带清楚	东西走向为主, 较细碎 山地、山脊稍宽、地势较 高	图 12, 见封三
西部		灰白— 浅灰	浅黄褐色	格状 环状	极密	条纹条带不甚清楚 细小、复杂网格状 结构	走向多方向 极细碎低丘地形	图 13, 见封三

相当于修康群北部地层(图 1), 分布在白朗至曲美的超基性岩带以南, 宽 4—8 公里, 一般约 5 公里。在 MC 黑白片上为灰—暗灰色调, 夹有不显著条带, 在彩色红外片上为黄褐色—暗黄褐色, 间或有淡黄褐色条带; 条纹条带影纹在曲美南尚清晰, 向东逐渐模糊, 至白朗附近又较清楚: 水系以角状树枝状水系为主, 中等密度(图 10, 见封三)。从影像上看原岩为一套碎屑岩, 经受了后期变质作用, 变质程度低且不均衡。无怪乎有人认为这套被称为“修康群”或“朗杰学组”^[2]的地层是泥砂质混杂体^[3]。

(4) 日喀则群(K_{2rk})

分布在雅鲁藏布江以南, 嘎东—吉定以北(图 1), 其影像特征沿走向分为三种: 日喀则东西两侧; 下布曲两侧; 札西岗东(以下分别称为东部、中部、西部)。三者有共性: 具条带状影纹, 而且能互相连接(图 2, 见封二)。但它们又有明显差别(表 1)。

日喀则群走向上在短距离内变化情况, 在以往的资料中没有见到。我们认为东西向的这种变化在影像上是清楚的。两段极密集细小复杂断裂群是岩石变脆的表现, 及多次受不同方向之力作用的结果; 现状水系与某种局部作用, 即受到某中心状的力(或热)的影响; 条带状构造模糊显示发生过某种使岩石均一化的过程。进一步推论, 这种过程可能与某期岩浆活动有关。如果是这样, 那么, 该区构成是研究地质构造发展和寻找某些矿产的有利地段。整个日喀则群, 尖棱状定向山脊、细碎地形, 应是受了强烈挤压和极轻度的变质作用。这与以往某些研究成果是吻合的^[4]。

由以上分析可知, 利用 MC 像片区别大的岩类并不困难, 且能发现同一套地层沿走向上的变化(如日喀则群)。当然相近似的岩性内部做进一步划分(如南部一套暗色地层)要难些, 如果能配合一定量的野外地质调查效果将明显提高。

四、构造判读

本区构造复杂, 通过 MC 像片, 可以清楚看出主要构造线方向是东西向, 同时还有北东、北西和南北向构造。不仅可以判读出较大断裂, 还可以看出褶皱、较小的断层甚至一些节理, 环形构造也比较明显(图 14)。

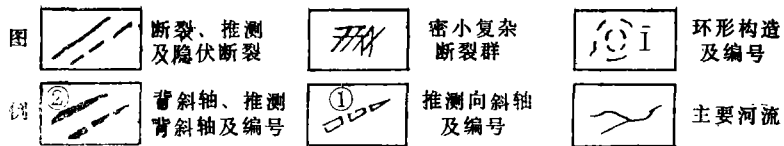
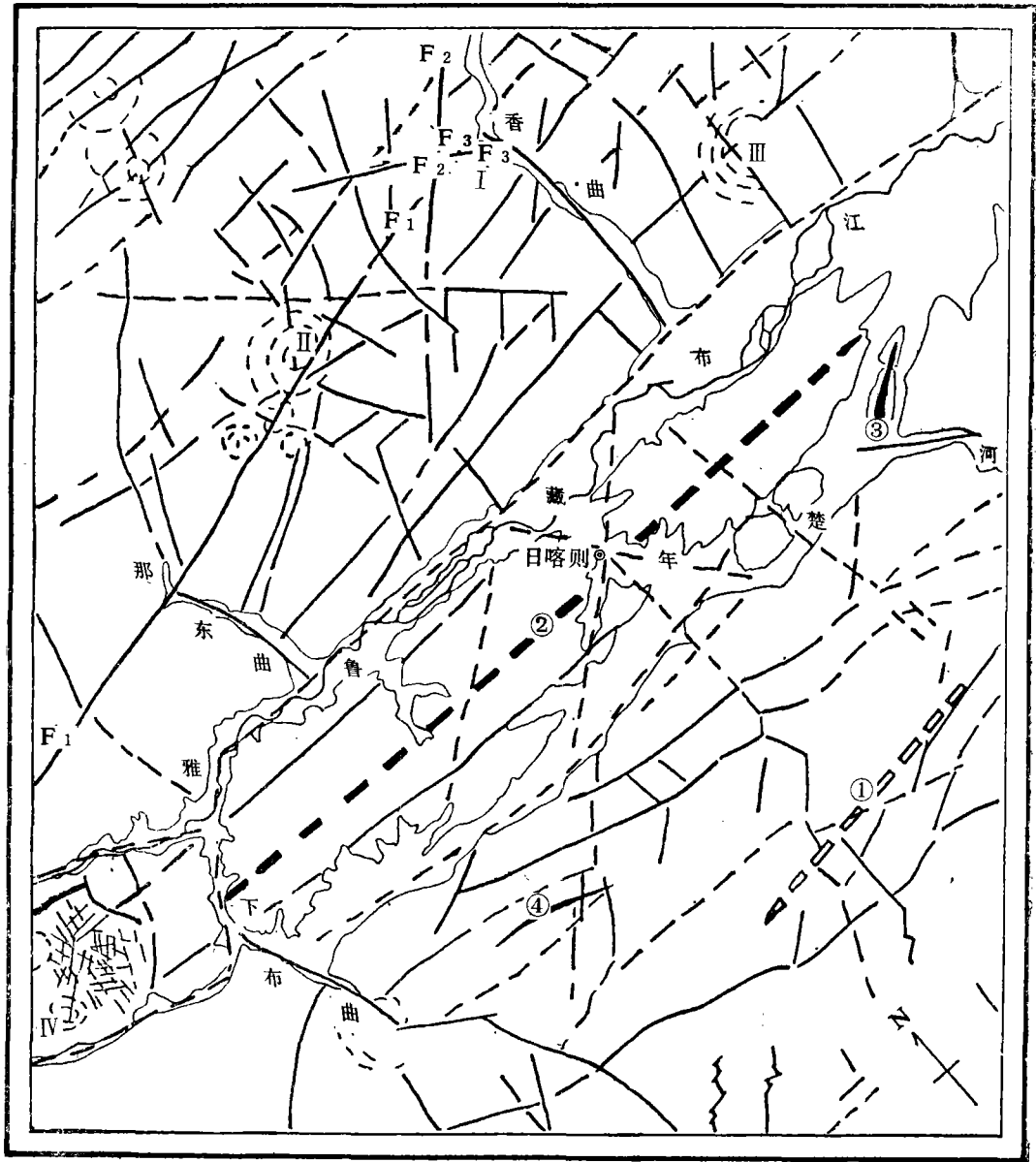


图 14 日喀则附近 MC 像片构造判读略图

Fig. 14 The interpretation of structures of MC photographs of Rikaze, Tibet plateau

1. 褶皱构造的判读

需要提及的是由于本区断裂发育,褶皱构造大部分已被肢解,完整者甚少。主要判读

标志是两翼岩层产状相对及褶皱倾伏端岩层的转折。

区内向斜(编号①)比较开阔,两翼岩层倾角转缓,走向近东西,由日喀则群构成的背斜(编号②)。两翼岩层产状颇陡,因此不及其它两个背斜(编号③,④)容易辨认。曲美南的小背斜(编号④)形似拉长的水滴,其核部表面光滑,色调浅,从影像上不好排除其它成因。

2. 断裂构造的判读

对于断裂,尤其较大规模的断裂,影像十分清楚。雅鲁藏布江以北火山岩区,不仅有明显切割火山岩的断裂,还有一些是隐伏断裂,它们对火山岩沉积及其构造都有影响。超基性岩带以南的几条断裂,不像以往地质图上那样平直。

在以往的 1:100 万地质图上(见图 1),区内仅画出四、五条东西向断裂,其它方向只有沿下布曲河谷一条推测断裂。根据 MC 像片判读,东西向较大规模的断裂就有十余条,除此之外还有北东向、北西向、南北向断裂及少量北北东向、北北西向断裂(见图 14)。日喀则附近北东向和北西向断裂构成大型“X”断裂,通过日喀则的南北向断裂在南段表现出追踪张断的特点,雅鲁藏布江南北两岸都有近东西向相互平行、密集、细短的小断裂,这些断裂与近东西向大断裂都反映了强烈的南北向挤压作用。这是遥感图像判读结果为沿雅鲁藏布江受南北挤压的论点^[9]提供的一个佐证。

日喀则群西部岩性与东部、中部的差别已在前面做过介绍,其重要的特点是结构上的标志,是通过该地多组密集细小的断裂构成的断裂群。这说明了它与日喀则群东部、中部在沉积后经历了不同的地质构造过程。

对于断裂活动的顺序,有的地方提供了不可多得的信息。例如北部有三条断裂(分别编为 F_1 , F_2 , F_3),以 F_1 规模最大, F_2 次之, F_3 最小。图像中 F_2 两侧的 F_1 是明显的,在 F_2 东侧没有见到 F_1 直接延伸的迹象。而 F_2 又被 F_3 截断并发生右向错移。这说明了它们的先后关系。

3. 环形构造的判读

从 MC 和陆地卫星 MSS 图像上都可以看出,雅鲁藏布江以北,由香曲及那东曲分两层围成的大半个环形构造,是区内最大的一个(编号①,图 14)。它与花岗岩—花岗闪长岩侵入、火山活动及断裂活动有关。从火山岩中的几个环形影像(即⊙及周围小的环形构造)看来,其中应有古火山口。香曲东环形影像(编号⊙)由水系及色调环构成,其成因值得探讨。日喀则群西部两个小型环形构造(编号⊙)则不能与岩浆活动有关。

MSS 图像中除①号⊙号环形构造能准确判读外,其它都无明显反映。

上述这些环形构造在地质构造及成矿上的意义是值得注意的。

五、结 束 语

通过对 MC 像片室内目视判读,可以得出下面几点结论:

(1) MC 像片地物影像相当清晰;基岩裸露区反映的地质信息是丰富的。

(2) 从 MC 像片上容易区分大岩类, 甚至可以找出标志层或发现走向上的差异。

(3) 多数岩层产状可以辨认, 褶皱构造可以定性判读。断裂判读效果甚好, 其规模、方向、组合等可有不同程度反映。多个环形构造的发现, 可为地质工作提供重要信息。

(4) 在 MC 像片上高陡地形阴坡影像不清, 可判读程度低。波段数不及 MSS, 但 MC 图像质量优于 MSS 图像。室内判读可以满足小比例尺编图需要, 对中比例尺野外地质调查也能起到很好的作用。

参 考 文 献

- [1] Konecny G., Investigation of metric camera data quality, ISPRS Archives, Vol. 25, part 12 comm 1, pp.64—69, 1984.
- [2] 喜马拉雅地质文集编辑委员会, 喜马拉雅地质 II, 中法合作喜马拉雅地质考察 1981 年成果之一, 地质出版社, 1984 年。
- [3] 徐宪等, 青藏高原区域地层简表, 地质出版社, 1982 年。
- [4] 中国科学院青藏高原综合考察队, 西藏岩浆活动和变质作用, 科学出版社, 1981 年。
- [5] 万子益, 青藏高原地质特征, 青藏高原地质论文集(1), 地质出版社, 1982 年。

AN ATTEMPT AT VISUAL INTERPRETATION FOR METRIC CAMERA OF STS-9/SPACELAB

Zhang Yong

(Changchun College of Geology)

Xu Gongqing

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Li Cai

(Bureau of Geology and Mineral Resources of Tibet)

This article deals with an attempt at indoor visual interpretation of the metric camera images of Rikaze area, Tibet plateau. It briefly introduces the basic parameters of the metric camera in European spacelab carried by the spacecraft during its ninth flight (STS-9/Spacelab) from Nov. 28th, 1983. The supplementary maps were mapped using MC images of geological visual interpretation (such as drainage system, lineament and circular features). The interpreted results of typical lithological characters and structure were compared with Landsat MSS data. The conclusions are: (1) with MC images, the objects on ground are clear, (2) the bare area of bedrocks supplies abundant geological information, (3) the different rock unit can be easily distinguished (such as granite, basicultrabasic rocks, normal sedimentary rocks and volcanic rocks etc.), and (4) some stratigraphic key horizons, the differentiation of strikes can be recognized, (5) most information of occurrence can be identified and the fold structure can be interpreted qualitatively. The results of the interpretation are very good, the dimensions, directions, combinations of the fault are reflected, and some blind faults can also be interpreted. The effects of interpretation of MC images excels that of the MSS images and can meet the needs of mapping standards at middle scale.



图 8 中酸性火山岩、火山碎屑岩类的 MC 图像

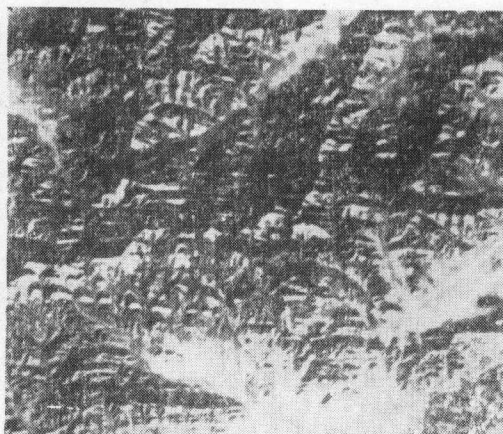


图 11 日喀则群东部 MC 图像



图 9 暗色粉砂岩、硅质页岩及砂岩 MC 图像

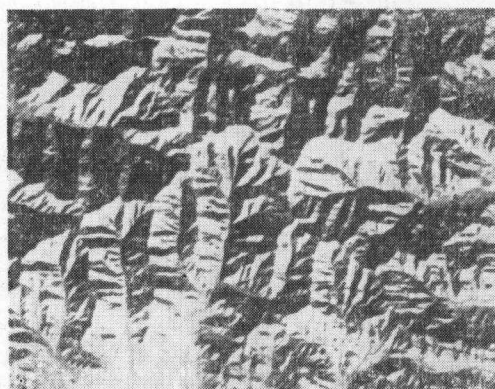


图 12 日喀则群中部 MC 图像



图 10 砂质板岩、泥质板岩 MC 图像



图 13 日喀则群西部 MC 图像

张庸等：空间实验室测量相机像片地质判读初试

Zhang Yong et al.: An Attempt at Visual Interpretation for Metric Camera of STS-9/Spacelab



图 2 西藏日喀则附近空间实验室 MC 图像 图 4 西藏日喀则附近陆地卫星 MSS7 图像



图 6 显示花岗岩类的 MC 局部图像

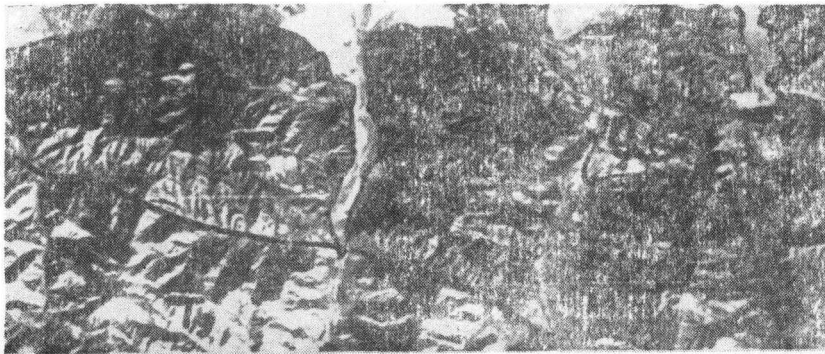


图 7 显示基性-超基性岩类的 MC 局部图像