

1:5万区调新方法参考材料之六

国外区测—普查的 遥感地质工作例案

地质科技选编（一一三）

地矿部情报所方法室

一九八八年五月

编者话

本文集摘(译)编了西方部分国家和苏联一些大比例尺遥感地质填图的应用例案,与1/5万区测新方法参考材料之三、七,即《大比例尺综合地质填图中遥感地质方法的应用》、《苏联大比例尺地质填图中的遥感地质工作》两材料相配套,旨在介绍国外有关大比例尺地质填图中遥感技术应用的部分情况。大比例尺地质填图的目的和做法因国、因地而异,涉及的问题较多,这里收编的例案只是其中较有代表性的工作,可供区测、地质普查实际工作者及有关技术管理人员参考。本文集未收入的其它部分典型例案,将以其它报导形式介绍给读者。

目 录

遥感技术在地质填图中的应用——前寒武岩区的研究案例.....	(1)
航空象片及陆地卫星图象在印度马哈拉施特拉邦钱德拉布尔地区地质填图中的应用.....	(7)
安大略省森林覆盖冰碛地区的中比例尺地质填图中主题填图仪的增强图象的解译方法.....	(11)
利用陆地卫星数据填绘植被覆盖地区的超铁镁质岩类.....	(13)
机载可见光-近红外扫描仪在罗斯芒特斑岩铜矿区进行热液蚀变填图.....	(18)
陆地卫星数字数据的集群分析和判别分析在内华达戈尔德菲尔德地区蚀变带填图中的应用.....	(21)
利用遥感数据开展森林覆盖地区的岩性填图.....	(24)
机载主题填图仪在弗吉尼亚山脉-卡姆斯托克矿区进行粘土蚀变填图.....	(27)
在新墨西哥州西南部应用主题填图仪数据填绘热液蚀变区.....	(31)
隐伏岩体的圈定和地质-地球物理研究中航天象片的应用.....	(36)
运用航天象片填制东顿巴斯构造图.....	(40)
航空航天资料——地质资料解释的基础(以巴列伊矿区为例).....	(44)
东锡霍特山脉火山带火山构造大比例尺填图和火山活动过程再造中应用遥感方法的经验.....	(48)
利用陆地卫星图象在安大略北部地区进行断裂填图.....	(53)
航磁数据图象处理并与陆地卫星图象复合改进构造解译.....	(56)
顿巴斯地区的航空摄影地质填图.....	(63)
综合遥感技术在经济地质填图中的应用: 马尼托巴省弗林弗伦——斯诺莱克地区层控矿床的例案研究.....	(65)
通过机载红外图象圈定砂砾沉积矿床: 安大略省南部的案例研究.....	(69)
贝辰加矿带中确定矿田位置的裂隙研究和化探工作方法.....	(73)
在辛格布姆前寒武纪矿化带地质填图及靶区选择中陆地卫星磁带的数字处理及图象增强的应用.....	(77)
运用图象分析技术复合地表化探、陆地卫星成象, 寻找砂卡岩型钨矿.....	(83)
地貌地层单元在遥感地质填图中的应用.....	(89)
多时相图象在英国西南部农业区地质填图和找矿中的应用研究.....	(94)
多源数据处理用于区域地质分析.....	(97)
航天飞机成象雷达计算机增强图象的地质填图潜力.....	(101)
苏联1:5万区域地质调查中遥感地质资料的归档示例.....	(103)

遥感技术在地质填图中的应用

——前寒武岩区的研究案例

1. 绪言

这项工作是检测MSS数据在地质填图中的应用。由于MSS数据可以反映不同波段上的反射率,且具有更多的变量,所以MSS数据要比常规航空照片的信息量多。这次调查是在三个平台上采集数据,即地面测量、机载MSS和星载MSS。调查是在印度南部、当地称为吉德勒杜尔加片岩带的前寒武区内开展的。

这项工作的具体目的就是:

- a. 查明不同岩石类型的特征反射率;
- b. 了解在给定地区内没有岩性类型资料,是否能完成岩性填图;
- c. 了解数据解译中土壤和植被覆盖的干扰程度,特别是在识别岩性接触带时;
- d. 了解地质解译中MSS相对于常规航天摄影的优点;
- e. 在卫星图象解译中这项研究成果可以被采用的程度;
- f. 了解岩性和构造填图中卫星MSS成象不同波段的相对重要性;
- g. 了解通过进行标准图象增强技术提取更多信息的可行性。

2. 研究的区域

印度卡纳塔克邦吉德勒杜尔加片岩带位于北纬 13° 至 $14^{\circ}45'$ 东经 76° 至 77° 之间。在片岩带选择了大约 400km^2 的试验区收集航空MSS数据。以1:50000的比例尺采集了5个波段的MSS数据,即是MSS1: $0.5-0.6\mu\text{m}$; MSS2: $0.6-0.7$; MSS3: $0.7-0.8$; MSS4: $0.8-1.1\mu\text{m}$; MSS5: $8.0-12.0\mu\text{m}$ 。在实验区及其周边地区大约 800km^2 的范围内以1:16667 ($6\text{cm}=1\text{km}$)比例尺进行了详细的野外填图。通过卫星图象以及随后对整个片岩带及其周边大约 20000km^2 范围进行了广泛的研究。

3. 方法

对航空MSS数据逐幅(正片)进行检查,并与地质图上的相对应地区对比。为了便于对比,这种野外图件的比例尺缩小到1:50000。根据阶式光楔提供的灰阶确定不同岩性类型的反射率。按照1表示最暗16表示最浅的方法进行灰阶赋值,研究灰阶的频率分布并选择频率出现最高的值作为岩性类型的特征反射值。把这些值绘在图上(图3)。

片岩带的岩性和构造解译使用的放大陆地卫星图象(比例尺为1:250000)。利用MSS的所有波段数据并通过不同色调和根据下列资料区分、确定了不同岩性单元:(a)检验区收集的资料,(b)各处的野外检查资料,(c)该区的其它报告、图件资料。

为了从MSS数据中提取较多的信息,已经试用了两种图象增强技术。第一种,用彩色加色器通过不同彩色组合合成出彩色合成图象。第二种是一种光学图象增强技术,它与波段

• 本文及其后各文的插图有所删略,图号与原文相同——编注。

比值方法有点相似,不能同时产生扩展效果。

4. 本区地质简况

吉德勒杜尔加片岩带是由贾瓦纳哈利岩组、吉德勒杜尔加岩组和G.R.岩组组成的。尽管目前已经对此有一定修正,为了方便起见,在这篇文章中仍然维持这三种岩组分类。贾瓦纳哈利岩组的岩性为角闪片岩和石英岩。吉德勒杜尔加岩组的岩性为绿泥片岩、暗色岩、含赤铁石英岩和砾岩。最年轻的G.R.岩组由粘土层、千枚岩、含碧玉赤铁石英岩、含铁砂岩以及砾岩组成。除大型的花岗岩侵位外还见到一些岩墙侵入体。

区内的主要构造是一个向斜,它的轴迹在图的东部和中部为南北向,到了北部便转为NNW向(图5)。向斜轴部重褶皱形成了一个背斜交错褶皱,其走向近于SSE向,其核部为吉德勒杜尔加花岗岩。由该花岗岩体处向南通过弧形含铁石英岩山脊还可追索到交错褶皱轴,再向南褶皱轴就尖灭了。

这一地区受过多次构造活动并伴生有多金属矿化。沿断裂带已见有硫化物矿化,在吉德勒杜尔加东南面6公里处的因加德哈尔已在开铜矿。

该区的岩性系列从基性熔岩开始,而这些熔岩经过变质作用已成为现在的角闪片岩建造。这是贾瓦纳哈利岩组最底部可清晰识别的岩石单元。绿泥片岩是变质沉积岩,位于角闪片岩之上。角闪片岩和绿泥片岩之间的接触界线很截然,它们在变质作用上的差异也表明了二者之间有一层位间断。吉德勒杜尔加岩组的绿泥片岩具有灰岩夹层,该夹层位于砾岩层之下。暗色岩是晚期的,并且清楚地位于角闪岩和绿泥片岩之上,看来应是沿线性断裂侵位的。这一阶段之后就发生了显著的褶皱和变质作用。大型向斜褶皱就是在这期间发育的,与此同时及其后还有岩墙侵入。此后才沉积G.R.岩组的粘土层和含铁石英岩。G.R.岩组从砾岩层开始,紧接着为粘土和含铁燧石层。G.R.岩组沉积之后接着发生了区域构造活动和交错褶皱作用。吉德勒杜尔加花岗岩在大型交错褶皱的核部侵位,可能与此褶皱幕是同期的。

5. 检验区机载MSS数据与野外数据的相互关系

检验区内有七种主要岩性类型,分别为绿泥片岩、暗色岩、花岗岩、角闪片岩、粘土岩、条带状含铁石英岩或燧石岩以及砾岩。

以下是MSS图象在野外填图中所得到的结果:

a. 在地质填图中,MSS波段1、2和3的图象是有用的。这些波段的影象色调边界一般与岩性类型的边界是对应的。在波段4和5图象中,色调明显受到岩石反射率之外的其它因素的控制。

b. 即使在不同波段的图象上,大多数岩性类型的灰阶范围一般在4和10之间(图3)。这种灰阶变化范围对有效地确定岩性类型的作用是有限的。然而在实际工作中,岩石类型的反射率常常被表征为一定的均一灰阶值即影纹结构。

c. 只有在极少数的情况下才直接测量岩石类型的反射率。这种情况常常出现在岩石坚硬,不存在土壤和植被覆盖并且是山脊的岩区。多数情况下基岩时常是部分或全部被土壤和植被覆盖。此时测得的反射率就与岩石、土壤和植被所占面积的比例有关。如果岩石类型被沉积土壤所覆盖,那么测定反射率的就与岩性毫不相干。

d. 另一个困难是在低洼地区确定岩石类型。这些地区通常被开垦,并且甲地与乙地的水份含量变化明显。在这种情况下,色调的变化要比任何岩性变化引起的色调变化大得多。土壤盖层和水份的存在,常给边界划分造成困难。这一缺陷可以通过选择一个合适的季节收集

MSS数据来弥补。

e. 在确定某一特征时, 反射率的反差是个重要的因素。如果对一个地区内存在某一单元早已了解, 那么在图象上常常可以确定它;

f. 不同岩性类型在不同波段上的反射率变化由图表表示(图3, 注: 图中的“龙”字应为“灰”字)。反射率变化范围很大, 图表中所示的值为出现频率的最高值。反射率在一个象幅里变化是有限的, 然而不同象幅的变化范围就很宽, 这可能是由于记录数据不准确或者是由图象的复制工艺差造成的。波段4和5的反射率差异特别厉害。在所有波段中角闪片岩与绿泥片岩相比具有均一的较浅的色调。粘土无论与绿泥片岩还是与角闪片岩相比都具有较高的反射率。在波段1和2中, 可以从绿泥片岩或者角闪片岩中划分出暗色岩。花岗岩质土壤一般由于土地利用以及土壤中水分的变化显示为多种色调。尽管绿泥片岩可能具有类似的特征而增加了一定的识别难度, 但以上事实仍可以用于识别花岗岩。在波段3中所研究的含铁石英岩和其它岩石类型相比具有最暗的色调。砾岩色调一般较浅。

g. 常规航空象片的地质解译很大程度上是依据地形景观模式。航空象片的主要优点是可立体观测。在一般地质填图中它们要比航空MSS数据有用。在岩性类型生成相似的地形景观但却各具不同反射率的地区, MSS数据可以为航空象片提供补充信息。

6. 陆地卫星图象的研究成果

人们曾试用航空MSS数据和地面实况资料在陆地卫星图象上确定岩性类型, 并力争在整个片岩带及其周边大约 20000km^2 的范围内进行地质填图。然而发现了这两种图象的反射率类型很难比较。这主要是由于这两种成象技术的比例尺和成象的条件不同。在航空MSS图象上的一个单元可能是由一个单一岩性单元组成的, 而在卫星图象上的一个单元却可能是由几种类型的岩石组成的。所以决定, 在研究陆地卫星图象没有航空MSS结果作对比时岩性的判定只根据色调变化和走向线。

6.1 片岩带的地质

在陆地卫星图象上根据色调不同区分出了不同岩类单元(图4)。陆地卫星MSS4波段在岩类填图中特别有用, 其次为MSS5波段(对于确定水系模式也有用), 有可能确定出角闪片岩、绿泥片岩、暗色岩、含铁石英岩、花岗岩或片麻岩。这些岩性单元显然包含着其它岩类的夹层。例如在试验区只有大型的岩石类型才能被识别出, 这些单元的边界可以很截然地标出。在片岩带的边缘地带到处可见角闪片岩; 绿泥片岩构成了该片岩带的主要地段并且发现它一直延伸到片岩带的南段; 暗色岩以囊状体和透镜体形式出现, 一般顺着其它岩石类型的走向产出; 只有大型的含铁石英岩山脊才能被识别, 但它们的边界不分明; 花岗岩和片麻岩具有特殊的浅色调, 很容易被识别出来, 花岗岩的色调取决于它是山地还是平原, 以及是否被土壤和植被所覆盖。

这次所编制的地质图与1915年迈索尔出版的地质图有明显的相似性。片岩带和花岗岩岩石的整个分布情况是相似的; 绿泥片岩和暗色岩的划分也很准确; 还有一些特征, 像小型含铁石英岩山脊、砾岩等在陆地卫星图象上不能被识别出来; 图象上花岗岩和片麻岩之间的差别不明显。

片岩带分布区的主要水系为韦德瓦西河、高韦里河、希姆沙河和海马瓦西河。水系网密集在片麻岩区, 而在片岩带内则较少。本区三个大的储水地区为瓦尼维拉萨湖、博兰卡尼维

水库和马科纳哈利湖。一些主要河流的流向受区域线性体控制。片岩带内大型褶皱周围的水系类型是构造控制的。水系向北的流向明显受到德瓦里恩走向控制。在图5中,位置10的西南地区具有一种特殊水系类型。这个水系呈明显的放射状,不可能与任何一种岩性特征或构造走向有关,它可能表示了一种基底隆起。

6.2 片岩带构造

陆地卫星图象用于构造填图要比MSS5作岩性填图有用。MSS6特别有用,很容易识别出走向线、建造接触线以及线性体。但是对这些走向的解释常常是比较模棱两可,还需要野外检测的论证。线性体在该区的不同构造部位可能具有不同的意义。

区内的主要构造是一轴向近于NNW向的向斜(图5)。还有两个大型背斜,一个在西区(位置4),另一个在吉德勒杜尔加花岗岩所在区的西北部(位置1)。在东区还可以追索

到一个背斜(位置2)和一个向斜(位置8)。这两个褶皱被断层切割,褶皱的东翼边界可能由于半岛片麻岩侵位过程的花岗岩化的影响而使其不太清楚。另外还有两个总方向一致的背斜褶皱(位置3和位置5),它们的核部由花岗岩和片麻岩组成。还有一些与这些大型褶皱相对应的较小的褶皱。几乎见不到小断层。

对构造活动可以初步建立起顺序:在图幅的南段(位置12)存在着非常重要的构造关系,那里的吉德勒杜尔加走向线清晰地截断了较早期的走向线。位置1处的背斜褶皱向SSE方向倾伏,并且明显晚于主向斜构造而形成一交错褶皱。交错褶皱的特征可以通过岩层的走向以及这个地区向斜褶皱轴的走向划分出来。

位置4处的背斜具有同吉德勒杜尔加交错褶皱

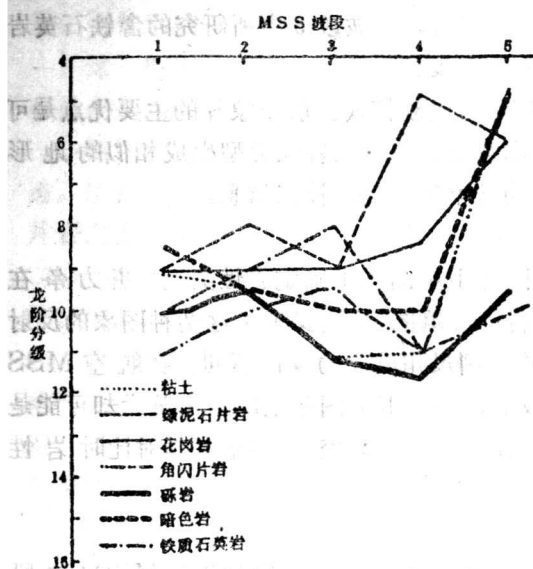


图3 图中表示了不同岩性的反射波谱

一样的倾伏方向,但它的确切性质在陆地卫星图象上表现不清楚,即使经过详细的野外调查该构造的性质也无从证实,因为缺少露头。位置9的多德哥尼背斜具有NNW的倾伏方向,而且两翼突然终止,东翼破坏严重;在这一地区还出现一些等斜褶皱。图幅东段在位置2和8处的褶皱也具有向北倾伏方向,并看来受到强烈的构造破坏。它们可能是早期的一次构造活动的遗迹。位置3和位置5处的背斜以及与它们相关的褶皱显然是与主向斜同期的。图幅南部的一些褶皱显示了复杂的构造。

区内的线性体有两组主要方向。一组平行于片岩带走向,另一组与这个方向近于垂直。线性体都是晚期的产物,可见到它切割片岩带的不同组分。它们是在褶皱运动和主要变质作用以后才发育的,甚至比区域内较年轻的花岗岩还要晚些。在东部,平行于克洛斯彼特花岗岩体有一主要线性体(可能与花岗岩体有关)。很多线性体都是深源断裂构造。这样的断裂一般是软弱带,常常控制当地的河流通。北部的线性体与位置12处的南部线性体相比,密度较大。这表明位置12处周围地区内的变形是深源性质的,该处的物质没有发生什么断裂活动而是塑性形变。另一方面,其余地区的变形则是浅源的,断裂活动起的作用较主要。

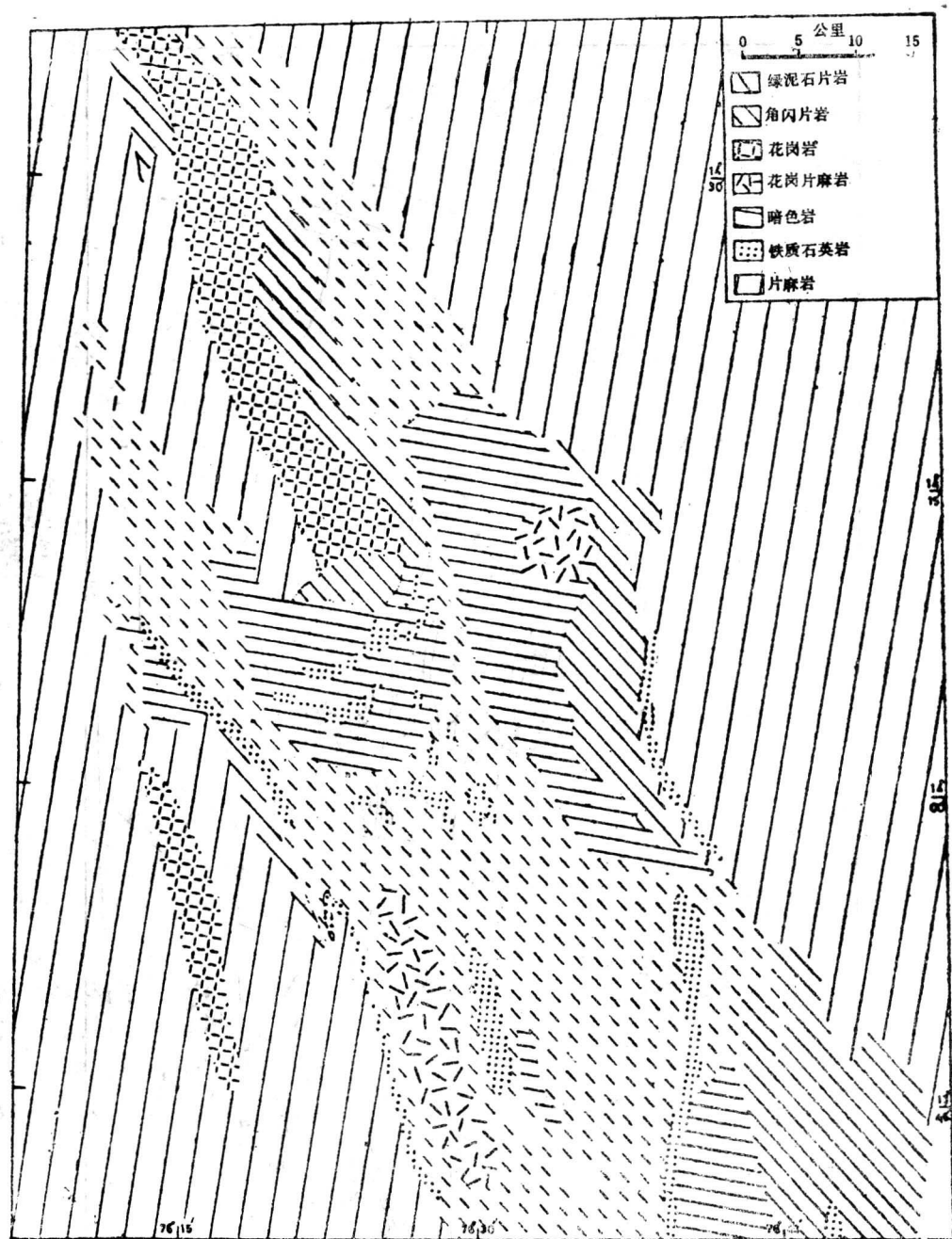


图4 根据图象增强研究得到的吉德勒杜尔加片岩带中心部分的地质图

虽然NNW向线性体是矿化期后形成的，但它们仍然受到褶皱类型的控制，并且对矿化可能具有间接的意义。近东西向断裂具有释放型断裂，从成矿角度上讲是不重要的。由于它们能从西部的高降雨地区向东部的低降雨地区迁移水，所以它们在水文研究中具有重要性。

从北到南走向线明鲜地显示出一种弓形模式，说明有一条向东推的大型逆断层。这一点也可解释在位置2南面的片岩带东部受破坏的接触线。

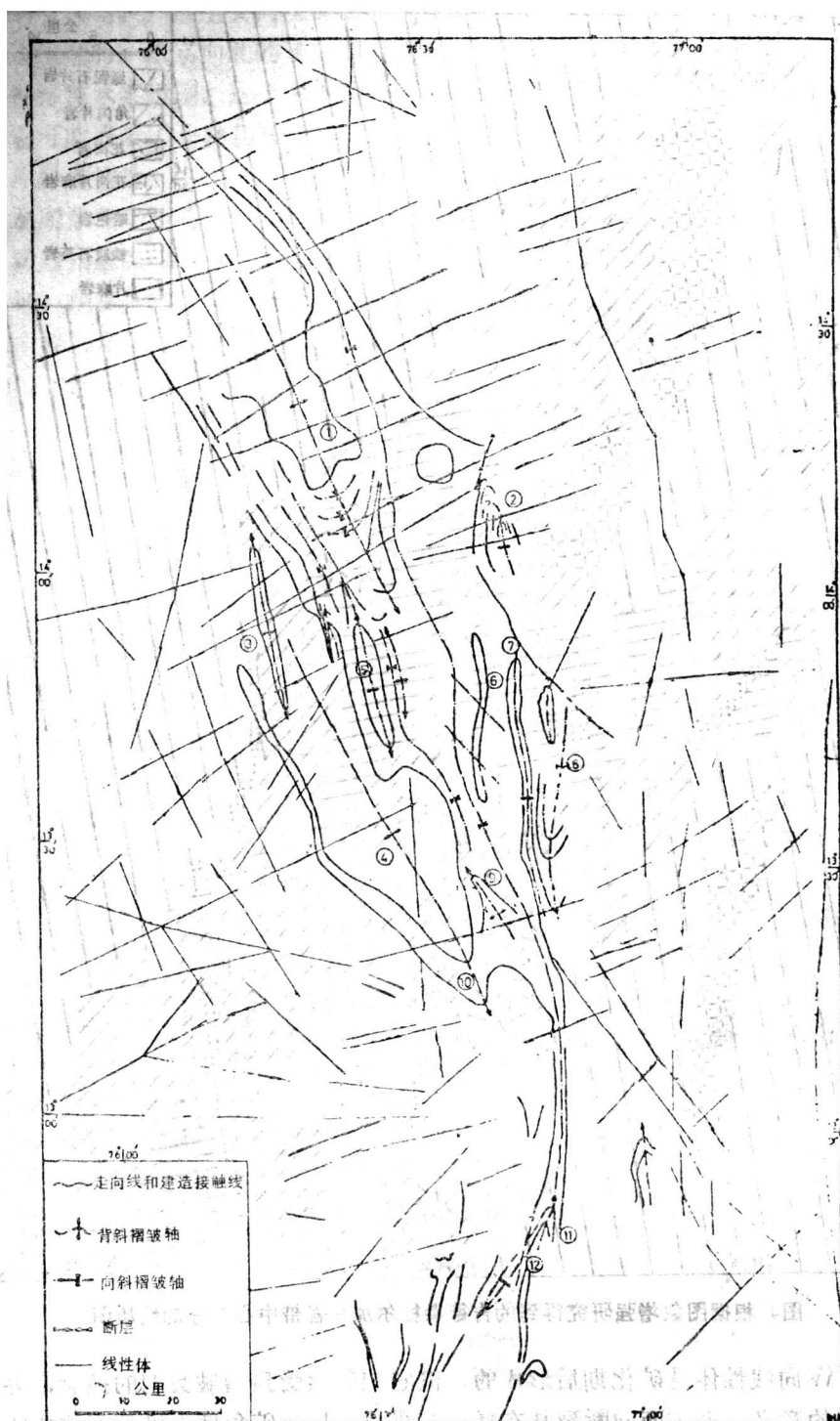


图5 根据图象的增强研究得到的吉德勒杜尔加片岩带构造图

已经了解到在本区出现有以铜的硫化物为主的多金属硫化物矿化。此外，还了解到本区存在受地层控制的、与燧石岩和石英岩伴生的锰和铁矿。无论是航空MSS数据还是陆地卫星

图象都不可能直接用于确定矿床的矿化区。然而，由于区内所有已知矿床都是受构造控制或者是受地层控制，MSS的研究对圈定矿床可起间接的作用。

7. 增强图象的结果

通过利用标准图象增强技术可以从MSS数据中提取较多的信息。有些方法是有用的，像线性扩展、高斯扩展以及波段比值，所有这些方法都需计算机处理。这项研究试图应用两种技术，在第一种彩色合成方法中要利用不同的波段，通过利用加色观测器，试验不同的波段组合，从而获得最佳的结果。在彩色合成中岩性变化和构造细部要比各单波段的图象揭示得更清晰。第二种试用的方法是光学方法，它有点与波段比值技术类似。这种方法就是将一个波段的透明正片叠加上另一个波段的透明负片而获得比值效果，但没有扩展效果。研究所用波段的选择取决于反射波谱的斜率。这一技术机载MSS数据和陆地卫星MSS数据都用上了。这一工作的最大特点就是将各岩性类型之间的接触带明显增强了。例如，一些铁质石英岩山脊与周围岩石的接触带表现得更为明显；绿泥片岩和角闪片岩之间的接触带也是如此。走向线也很鲜明。

(刘良宏译、杨廷槐校)

航空象片及陆地卫星图象在印度马哈拉施特拉邦钱德拉布尔地区地质填图中的应用

概 况

利用航片在马哈拉施特拉邦钱德拉布尔部分地区进行了应用研究。中心坐标为北纬20度、东经80度的陆地卫星图象覆盖了整个钱德拉布尔地区34000平方公里的面积。图象中心有一水系自韦恩根格河由北向南流，与沃尔塔河汇合后形成布兰希达河；本根加河在图象的中西部地区与沃尔塔河汇合。

该地区岩层种类较多，其中有最老的前寒武岩层、萨戈利群、古德伯与温迪亚、罔瓦纳、德干暗色岩以及近全新世至全新世沉积物。页岩、砂岩和灰岩属罔瓦纳和温迪亚时期的产物，片麻岩和片岩属于塔尔瓦尔中期或更老的时代。

据印度地质调查所未发表的报告，这些岩类的层位关系如下：

粒玄岩岩墙	} 元古界
花岗岩类	
石英岩类	
不整合	
花岗岩-片麻岩及片岩	太古界

在该地区进行的摄影地质研究的比例尺为1:42000。根据象片上的影象特征识别出岩性单元，而后进行野外检查确定具体岩类。此外还圈出了诸如断层等构造细节。

用下列标准确定构造控制的线性特征：（1）湖泊或河流的直线界段；（2）植被排列；（3）不同水系模式和色调的两地块间的界线；（4）岩层变化，如边界线；（5）两个不同

标高之间的陡崖线；(6) 能标志标高突变的线；(7) 形成垂复模式的水系方向突变；(8) 地面上不影响地形的线条；(9) 河流走向的反复变化。

航片解译与岩类的野外确认

根据航片解译，分出了四种主要岩石单元并在野外检查时得到证实。

单元 I (A)：由深灰和浅灰色调构成的结构粗糙的低洼平坦地区。该单元土地利用程度很高，水系模式以树枝状为主，所有主要河流几乎都是南北向的直线形，明显受地下断裂系统控制。侵蚀程度已达到蚀原作用程度。

单元 I (B)：整个地区植被密布，各种地质特征不明显，后经地面检查发现 I (A 和 B) 由花岗片麻岩与片岩夹层组成。颜色为粉色至灰色不等。

单元 II：南北向的坚硬线性山脊、中灰色调、结构粗糙。

单元 III：地形起伏大，暗色调，结构粗糙，其抗侵蚀性比单元 I 强但比单元 II 弱。岩类以块状为主，为灰色至紫色块状花岗岩。

单元 IV：是一条北西-南东向山脊，占据了单元 II (南北向山脊) 的西段。地形表征不明显，除表现为暗色调外，其它摄影地质要素无法提取，这是植被盖层太厚所致。那些粒玄岩岩墙呈暗灰色至绿灰色，结构为中至细粒。经单目镜观察，发现单元 II 和 III 之间的接触面受到扰动。最后作出的摄影地质图 (如图 1 所示) 表现出三个主要岩系以及年代较新的岩墙。

陆地卫星图象解译

对第七波段的透明正片进行了放大研究 (用一台投影仪)。发现第七波段正片放大后 (比例尺从 1:100 万放大到 1:25 万) 比其它三个波段的正片更清晰，从放大后的图象上看到：

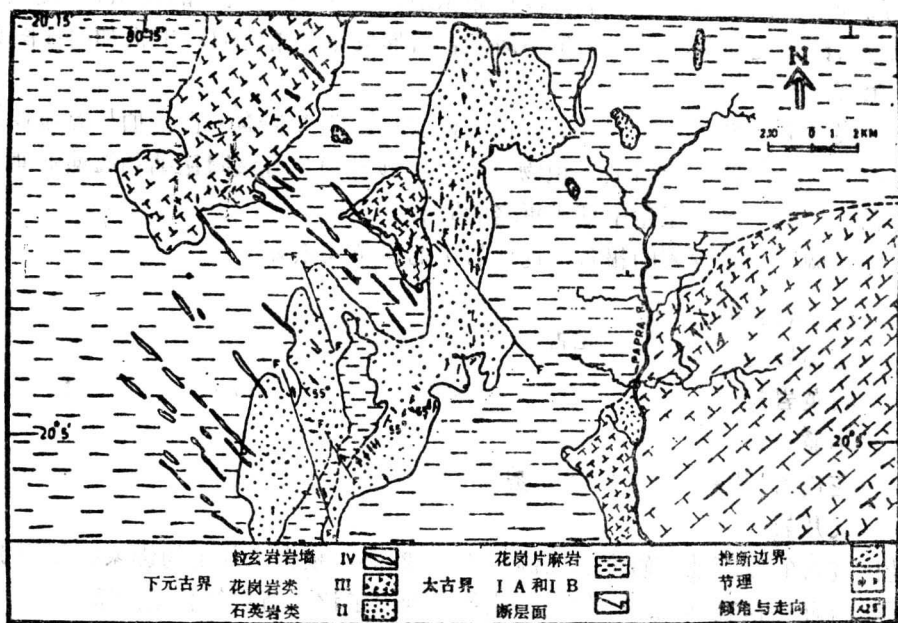


图1 钱德拉布尔区加楚罗里德西地区的摄影地质图

- a、水系线性体（特别是浅色调特征）清楚很多；
- b、可见到很多水体及其在南北向和北北西-南南东向上的排列，可能表明有隐伏的基底断层；
- c、韦恩根格河的古河道能清楚地标出来；
- d、在图象的最北部可见有水系支流流向突然转弯（几乎达 90° ）。在本根加河和沃尔塔河交汇处也见有类似现象。该现象在图2中被标为一级NW-SE至NNW-SSE的线性体；
- e、第二组线性体也为NNW-SSE走向，构成了一条大线性体带；
- f、韦恩根格河两边延伸5公里的泛洪区；
- g、耕地表现出典型的镶嵌模式，并与河流流向平行；
- h、从色调上可分为五级：G1，浅灰色调区域，表征一些典型构造和诸多水体。G2，细粒结构的深灰色调，在该区域内未见有明显的构造特征。G3，构成褶皱特征的粗粒结构的浅灰色调区。G4，灰白色调区域，在该区内也没找到很多数据。G5，图象东部的粗粒结构的很浅色调区。

在图象上很容易识别航片上的石英山脊模式，它呈浅灰色，走向几乎呈N-S至NNE-SSW向。在最东端地区，可见有与构造有关的褶皱特征，此外，湖泊的排列及色调的错位也都说明了断层的存在（见图2）。

探讨

由于该地区植被很厚，故掩盖了很多摄影地质分析所需要的细节，例如，北西-南东走向的粒玄岩岩墙只表现为很模糊的北西-南东走向的线性山脊，只有通过地面验证才能确定其性质及构造特征。在研究图象时，能在相应的图象位置识别从航片上和地面检查中找出的模式。将已知数据和模式向未知区扩展有助于发现很多地质细节，特别是石英岩类。因此航片解译并配合充分的野外工作为图象解译提供了地面真象数据。岩性分析一般仅局限于区别岩性单元，不可能具体识别岩类。尽管图象解译有局限性，但它仍有很多地方优于常规方法：

- 1、反射率比较相似的不同岩性单元虽然难于识别，但根据影纹差异和突出的地貌表征仍可进一步区别；
- 2、确定岩性界线的精度以及识别较小单元的能力受到图象比例尺小、分辨率低的限制。但小比例尺图象则又大大方便了大面积的区域踏勘调查，也有利于对主要岩性构造区与地貌特征之间的区域关系进行研究；
- 3、在线性体（图2）和未知区的类似模式上，叠加现有的矿床资料，有助于矿产勘查；
- 4、尽管陆地卫星的多波段成像性质还不能精确地判别岩石组分，但它却便于对不同岩性单元的识别。

结 论

- 1、对7波段图象使用胶片扫描仪能提供浅灰色调特征和水系模式，但只能划分出G1至G5等五个色调级别。
- 2、对4、5、7波段图象的研究，提供了有利于圈定不同岩性单元的大量信息。除岩性识别外，还揭示了很多有关线性体和构造特征的数据（图3）。
- 3、沿韦恩根格河推断出的线性体表明该河受构造控制。
- 4、根据上述研究识别出六个主要构造。

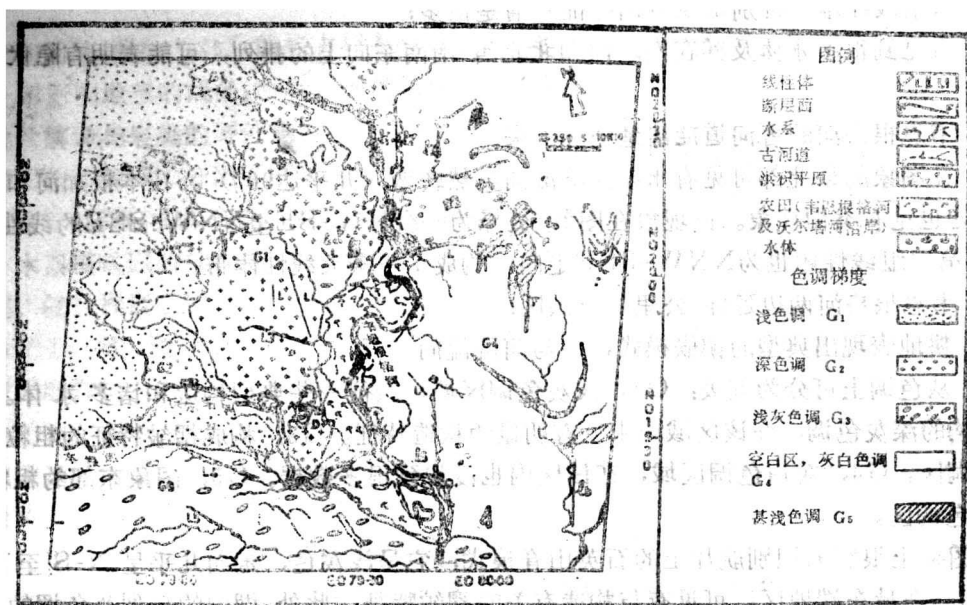


图2 用胶片扫描仪作出的陆地卫星七波段图象的解译图。

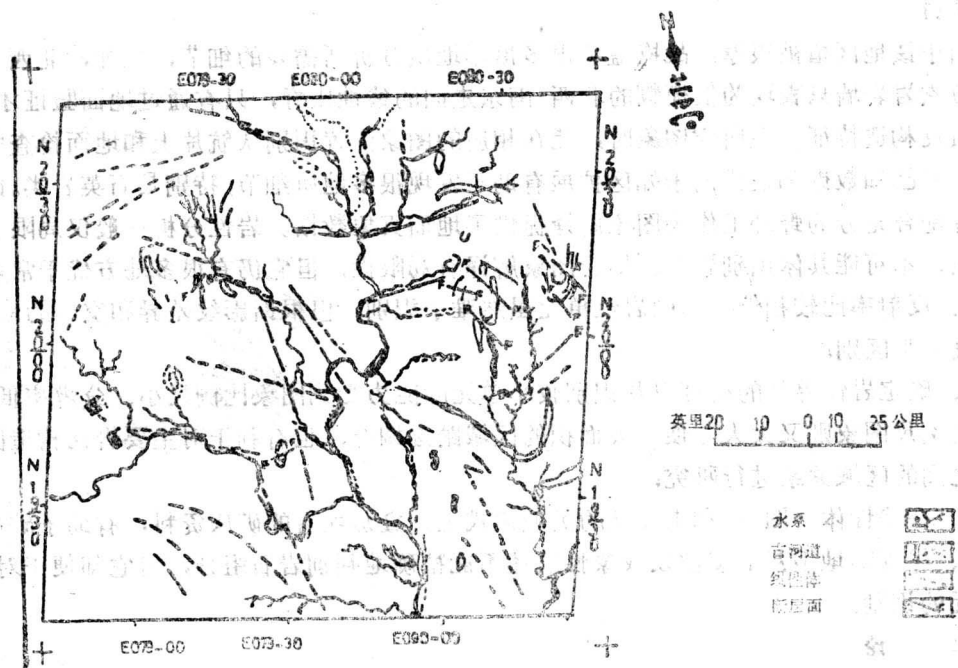


图3 用小型加色观察器作出的陆地卫星图象的水系线性体及构造的解译图

- ① 经航片解译及后来的地面检查确定出该图象东北部的元古界石英岩构成的线状山脊。
- ② 图象的最东部褶皱层中有明显的断错迹象。
- ③ 根据色调错位现象圈定出一条北东-南西走向的断层，并经地面检查验证。
- ④ 根据航片确认了一个双倾伏向斜构造（见图2ABCD处。）

⑤ 在上面提到的构造(③)的最西边还有一个构造,由于该部分图象质量及分辨率不好,所以无法推断其地质细节。

⑥ 在NNE-SSW走向的石英岩脊(①)的南部,还圈出了一个区域褶皱特征。

陆地卫星图象可被用来进行地质填图,这是一种评价区域构造、线性体和断层的好手段,它可以在无需确定岩性的条件下圈出不同的岩石单元。在地质填图中,陆地卫星图象只能是航片的辅助资料而不能代替它。(王锡田摘译)

安大略省森林覆盖冰碛区中比例尺地质填图中

主题填图仪的增强图象的解译方法

在安大略省植被覆盖较密的前寒武地盾冰碛区的详细地质填图中,已常规使用了大比例尺(1:15万)全色黑白象片。用这种象片规划野外工作、作野外记录;识别岩性边界、圈定露头 and 线性特征;填绘地表物质,包括冰碛区和有机物分布地区。这是安大略地调所自1978—1983年所开展的地质与工程地形填图项目,是加拿大地质填图中广泛使用航空象片的一个实例。该填图项目已编制了安大略省北部地区43.3万 km^2 的1:10万比例尺的图件。

在区域地质填图项目的最初阶段,通常采用目视方法解译经过增强处理的陆地卫星图象。在1:100万、1:25万和1:10万小比例尺的星载图象上可以识别出线性体和冰碛层的分布趋势。填绘湿地,圈出各种大型冰川和冰川地形的各类地表沉积物。加拿大联邦和省级机构所出版的地质图件的比例尺大多数为1:5万,因此,陆地卫星主题填图仪较高分辨率的波谱及空间信息看来使得星载数据成为这类填图计划的宝贵手段。

这里介绍一下在安大略省森林覆盖冰碛区进行1:5万比例尺地质及工程填图中TM增强图象的作用,特别在圈定露头、识别冰碛区的断裂体系、识别岩性接触带以及圈出工程地形单元方面的作用。

地质概况

研究区是安大略省西北部前寒武地盾植被茂密覆盖的典型冰碛区,大约在西奥克斯鲁可奥城南20公里处,面积400平方公里,包括了埃柯、皮克利尔和麦克阿利三个城镇。森林主要由混杂的针叶和落叶树种组成。近来的森林砍伐使东南部地区只有一些稀疏低矮的再生树丛。

该区在威斯康星冰期被来自东北方向的陆相带所超覆。大型的冰川湖、沼、沼泽低地,带有擦痕的前寒武基岩、冰碛物、冰川湖积物和冰水沉积物是地表地质的主要特点。总的来说,冰川沉积物薄而不连续,不整合地覆于前寒武基岩之上,地形高差变化在110—130以内。1980年罗德填绘了该区的工程地质图和地面地质图,比例尺为1:10万。该地区经过修改的1:5万比例尺的工程地形图,是综合了现有图件野外资料以及对1:3万彩色红外航片和TM增强处理图象进行解译编制出来的。

研究区的基岩地质图分别在1980年和1978年填绘。基岩由早寒武纪的铁镁质和长英质变质火山岩、变质沉积岩和花岗岩类组成,这些岩类被构成了瓦比贡断层系的一些北东-南西向断层所切割。区内有Au、Cu、Cu-Zn-Pb-Ag、Mo等多种金属矿床存在,正在对很多

矿化区及其矿化类型进行调查。近年来,通过一些大型勘查计划查明,金矿化与石英充填的张性断裂有关,这类断裂基本产在北东走向的纳长奥长花岗岩岩墙内;贱金属矿床呈浸染状至薄层块状硫化物黄铁矿带,局部出现黄铜矿及闪锌矿富集;薄层长英质和铁镁质变质火山岩层内的剪切接触带中也见有硫化物富集现象。

方法

对桑迪比奇湖地区的十月份主题填图仪图象作了各种增强处理。为了评价TM增强图象的空间及波谱信息量,也同时增强对比该地区的陆地卫星多波段图象,TM和陆地卫星数据都经过波段比值、主组分增强以及彩色合成处理,最后得出的彩色影象图比例尺为1:5万,以便于同野外数据,辅助象片以及图件资料等进行对比。

1984年10月获取了研究区1:3万比例尺的彩色红外象片。利用象片资料和工程地形地质图验证增强图象的解译结果。同时还进行了有限的野外踏勘,为TM数据的解译提供实况资料。

讨论与结果

这次对几张TM和MSS增强图象的解译主要集中于确认这些数据提供下列信息的能力如何:

1. 在中等密度至大密度植被覆盖区圈定露头;
2. 根据地植物信息识别岩性接触带或岩性单元;
3. 验证已知断裂体系;提供断裂模式信息;
4. 圈定工程地形单元。

以上诸方面的信息构成了前寒武地盾森林覆盖冰碛区地质普查填图的基础。下面将讨论各种图象增强技术提供上述各种地质数据的能力。

露头填图: 由于陆地卫星多波段扫描数据的空间及波谱分辨率较低,因而在森林覆盖冰碛区圈定前寒武岩层露头方面的作用有限。但是,在一些冰碛物较薄而不连续的地区,可利用增强后的陆地卫星多波段扫描数据识别大的露头。在这次试验中,有些露头($\leq 30\text{m} \times 30\text{m}$)能在TM4、5、7彩色合成片上识别出来。对陆地地区进行简单的线性反差扩展处理生成的图象,其反差有所改进,因而能识别较小的露头($\geq 20\text{m} \times 20\text{m}$)。利用监督分类技术很难填绘露头,因为它是根据已知露头进行数字编码(DN)的,而且露头的DN值与土路及石子路的DN值很相似。因此目视解译方法圈定露头是较为精确的。

岩性填图: 由于冰碛覆盖区的植被类型及树冠构成很复杂,因此用于确定地表及基岩岩性的地植物对应关系的分析方法仍将继续吸引着研究人员。主组分彩色合成图象(TM1、5、7)和反差扩展处理的彩色合成图象(TM4、5、7)的初步解译结果表明,植被的构成及密度受冰碛物的构成和厚度以及下伏基岩组分的影响。在植被影象上可见到变质沉积岩与变质火山岩、粗粒与细粒物质以及有机地物体上的特征植被之间的色调和结构的明显差异,这些都是植被模式与岩性对应关系的证据。除有机地物体外,已证明了增强后的陆地卫星多波段扫描图象对判别岩性单元无用。

构造填图: 现在很多冰碛层和非冰碛层环境的区域线性体填图中已常规使用了陆地卫星多波段扫描增强处理图象。在这次研究中,瓦比古思断层的北东-南西向的趋势在陆地卫星多波段的扫描增强图象上显而易见,然而该断层系上的那些未在多波段扫描图象上显示的部分,

例如张裂隙和剪切带却可在反差增强的TM合成片上清晰见到。由于沿剪切带和张性断裂捕集水分所形成的不同风化作用，生成了较厚的土壤层，从而使植被局部增多变密。无论是从充填水分的洼地还是从植被模式的局部变化所识别出来的小型线状特征，它们的位置、方向以及几何形态均具有地质意义。在本案例中，某些剪切接触带上产有硫化物富集，而金矿则产于石英充填的张断裂中。

工程地质-地体单元填图：TM反差扩展合成图象直接或间接地提供了下列信息：露头的位置、大小与密度；细粒和粗粒土壤区上植被的发育差异；水份吸收状况与冰碛层厚度；近地表变火山岩和变沉积岩区植被密度及构成的差异；断裂系中各类断层的位置；水系密度及其模式；地形的识别，如：终碛、冰湖平原、有机地体以及近地表基岩等。这些特征都是安大略省北部工程地质-地体图内的基本要素。

结束语

在上述研究的基础上，可以看出TM较高的空间及波谱分辨率反映了陆地卫星增强图象在森林覆盖冰碛区的地质填图以及工程地形研究工作中的作用已明显提高。

(王锡田摘译、杨廷槐校)

利用陆地卫星数据

填绘植被覆盖地区的超铁镁质岩类

超镁铁质岩地区的土壤几乎不能生长植被，人们就利用这一现象来填绘这种岩类。最近人们发现，陆地卫星多波段扫描仪数据经过数字处理之后，能发现植被的微弱差异。因此，为了检验这种技术能否填绘植被覆盖程度较高地区的超铁镁质岩类，我们在加利福尼亚北部侏罗系或称早约瑟芬橄榄岩区，利用陆地卫星数据制作了一幅摄影地质图。尽管美国地调所正在该地区进行大量的填图工作，但在制作这张摄影地质图时并没有参考地质图的资料。图1A所示的是该地区一张很简化的地质图。在这次试验中，对图象上显而易见的线性特征没有进行研究。

研究区在加利福尼亚克雷森特城附近，部分地区植被覆盖很厉害，年降雨量为178cm。所用的陆地卫星图象是用标准的数字图象处理技术做出的四种图象：(1)单波段增强处理的黑白图象；(2)4、5、7波段彩色红外图象（分别赋兰、绿和红色）；(3)彩色编码的5/6比值图象；(4)彩色比值合成图象（4/5、4/6和6/7比值分别赋以红、兰、绿色）。

用上述四种图象作出了该地区1:25万比例尺摄影地质图(图1B、C、D)，图象解译过程中假设：(1)该地区有大面积的超镁铁质岩类存在；(2)超铁镁质岩区的植被异常少。所以在解译过程中要识别出那些由于超铁镁质岩类存在所引起的一些图象异常情况，而不是利用某些波谱特性直接识别超铁镁质岩。一旦经过同现有地质图对比证明能够在这些图象上对超铁镁质岩进行填图，就要对超铁镁质岩区进行更详细的检查和详细分类。

彩色红外图象、彩色编码的5/6比值图象以及彩色比值合成图象都被用来对超铁镁质岩类进行判别和作进一步分类，这些图象对解译工作都有一定的作用。经过增强的单波段黑白图象也能显示出一些信息，但未被广泛使用的原因是彩色红外合成图象不但已包含有那些信息，而且还具不同通道的信息。所用的图象如图1所示，图象上的影象特征归纳如表1所示。

表1 各填图单元的形象特征

(这些特征不是点特征而是面积2km²以上的面形特征)

	彩色红外	彩色编码5/6比值	彩色比值合成
围岩	红色、角状地形	兰色和青蓝为主、黄色为次	红色
超铁镁质岩单元A	兰和淡粉色，园形地形	绿色和黄色	深绿
" " B	兰色、园形地形	主要为黄色	浅绿至青兰
" " C	红和淡色与围岩	绿色及少量黄色	深绿色及少量红色
" " D	深浅不一的红色	深浅不一的黄色小区	深绿色明显的小区
焚烧区	黑色	黄色为主	白色和暗红色

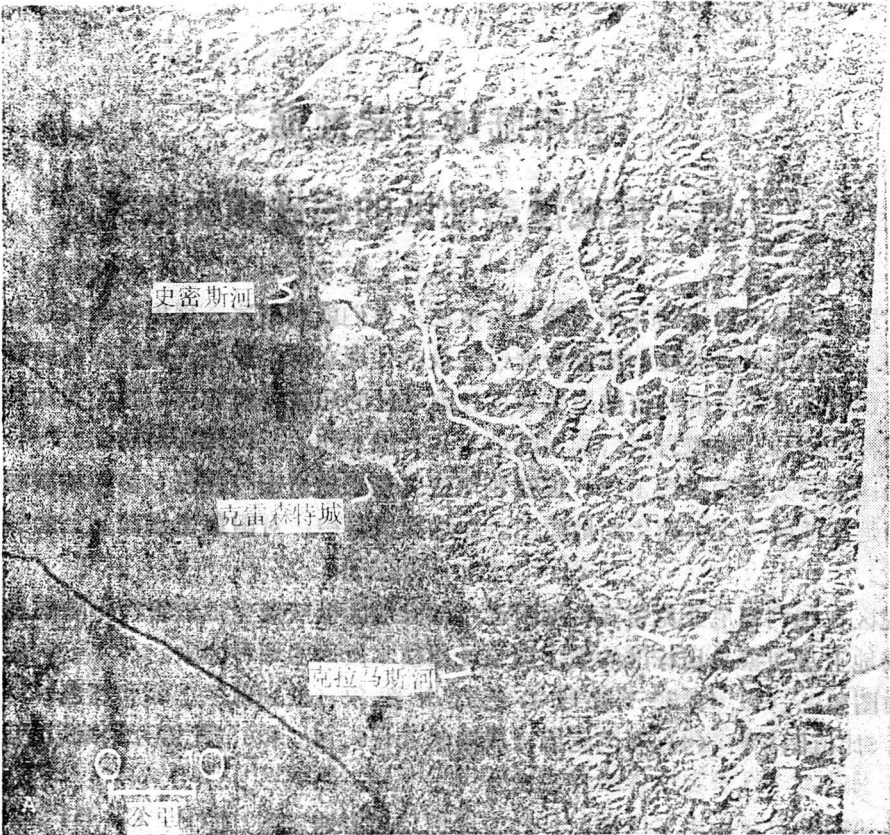


图1 A至D数字化增强处理图象

A、陆地卫星7波段的图象，上面覆有一张简化地质图，这张图是根据地质图和摄影地质图制作出来的，P=超铁镁质岩类、JKd=侏罗-白垩系多丹组，qp=石英斑岩，gd=花岗闪长岩，hd=角闪闪长岩