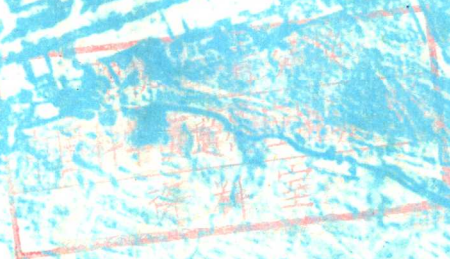


新疆哈密地区 航空遥感试验文集

81-7
1980年



中国科学院遥感应用研究所

一九八〇年·北京

4

前言

1977年我院和原国家地质总局联合在新疆哈密地区组织了航空遥感综合试验。这次试验的主要目的在于：检验我院新研制的几种航空遥感仪器的性能；探索利用航空遥感资料在区域地质调查方面应用的可能性。

我院参加这次试验的有：长春光机所、吉林物理所、上海技术物理所、感光化学所、贵阳地球化学所、地理所、综考会、大气所、新疆生土所、北京自动化所、遥感应用所（原地理所二部）等十多个单位。

参加这次试验的遥感仪器有：航空多光谱像机、红外扫描仪、微波辐射计、激光高度计、航空气象仪、野外光谱辐射计等。试验用的感光材料有化工部第一胶片厂生产的几种航空胶片以及感光所等研制的黑白红外片和彩色反转片等。

整个试验工作从1977年5月开始，到11月上旬结束。试验共分两个阶段进行。第一阶段以陕西汉中地区为基地，对部分仪器进行了装机和试飞。共飞行9个架次，25个小时。除试验仪器的工作性能外，还取得了略阳——勉县一带400平方公里地面的航空多光谱像片资料，并进行了初步分析，第二阶段对新疆鄯善县城以南200多公里的帕尔岗、阿齐山等地区进行各种仪器的试验飞行。这两阶段共飞行25个架次，约80个小时。通过试验取得了上述试验区的多种遥感资料，主要资料有：

帕尔岗地区1：5万多光谱航空摄影资料，以及阿齐山、尖山部分地区的资料。

帕尔岗地区1：5万的红外扫描资料，其中包括一天中五个不同时间（上午、中午、下午、上半夜、下半夜）的资料。

帕尔岗地区微波、激光测高资料；

帕尔岗地区1：3万黑白红外和彩色航空反转片的摄影资料；

通过对这些资料数据的分析，对几种传感器和感光材料的试验情况进行分析总结，撰写了关于航空遥感仪器以及多光谱航空遥感图象，红外图象，微波数据在地质调查等方面应用的分析报告，并对遥感图象处理方面等问题进行了探讨。为了总结这次试验成果，特将有关报告汇编成本文集。

新疆哈密地区航空遥感试验是我院初次遥感试验，通过试验表明，我院新研制的仪器设备已可初步适用于目前国内开展航空遥感的需要。从所取得的资料进行的分析结果可以看出，这些航空遥感资料在资源调查中有显著的优越性，但由于这次试验是初次试验，在仪器研制和试验技术方面还处在发展阶段，还很不完善，在资料处理和分析方面也缺乏经验，因此本文集的报告必定存在不少缺点和错误。欢迎给予批评指正。但就所取得的资料以及对这次试验的初步总结成果来看，可能对有关部门进一步开展遥感试验有一定的参考价值。

为编排方便起见，本文集各篇所附的照片集中放在后面，文章中仅保留文字说明。

中国科学院遥感应用研究所

1979.12.

目

录

- (一) 新疆哈密地区航空遥感试验
.....中国科学院遥感应用研究所 童庆禧执笔 (1)
- (二) HS—3A 行扫描器.....中国科学院上海技术物理研究所红外像机组 (20)
- (三) 零平衡微波辐射计的研制.....中国科学院吉林物理所 (25)
- (四) 激光测距在航空遥感中的应用.....中国科学院上海光机所 601 组 (39)
- (五) 野外用光谱辐射计.....中国科学院遥感应用研究所光谱仪研制小组 (46)
- (六) 物体8—14微米平均比幅射率的测量
.....中国科学院地理研究所 张仁华 (51)
.....中国科学院遥感应用研究所 田国良
- (七) 75—85航空黑白红外片研制报告
.....中国科学院感光化学研究所 徐永恩 吴桂兰 (59)
.....杨新民 苏振宽
- (八) 新疆哈密试验区航空多光谱影象分析报告
.....中国科学院遥感应用研究所 王长耀 (63)
- (九) 帕尔岗地区红外扫描影象初步分析.....中国科学院地理所 濮静娟 (71)
- (十) 新疆帕尔岗遥感实验区地质概况.....中国科学院贵阳地球化学所 (84)
- (十一) 新疆帕尔岗地区航空遥感试验结果的地质构造解译
.....中国科学院地球化学所 杨柏林 (98)
- (十二) 多光谱图象彩色合成技术的初步探讨
.....中国科学院遥感应用研究所 郑兰芬 (110)
- (十三) 关于光学彩色合成图象的方法讨论
.....中国科学院遥感应用研究所 范惠茹 (127)
- (十四) 航空彩色遥感信息的摄影处理
.....中国科学院遥感应用研究所 钱育华 (137)
- (十五) 多光谱片的摄影处理.....中国科学院遥感应用研究所 张圣凯 (151)
- (十六) 摄影测量在动态监测中的应用
.....中国科学院遥感应用研究所 廖彩智 (160)

新疆哈密地区航空遥感试验

童庆禧执笔*

(中国科学院遥感应用研究所)

一九七七年中国科学院与地质部(原称国家地质总局)联合在新疆哈密地区进行了航空遥感试验**。目的主要在于:检验我院有关所研制的几种航空遥感仪器的性能,同时探索利用遥感技术进行区域地质调查、地质找矿,特别是在找富铁矿方面的应用效果。

一、试验概况

试验工作从一九七七年五月开始,到十一月上旬结束,共分两个阶段:

第一阶段在陕西城固机场对部分仪器进行装机和试飞。除试验仪器的工作性能而外,还取得了略阳——勉县一带约400平方公里的面积航空多光谱象片,进行了初步分析。

第二阶段以新疆鄯善机场为基地,对位于县城以南约二百余公里的帕尔岗、阿齐山等试验区进行各种仪器的试验飞行。这一阶段共飞行二十五个架次,共八十个小时。通过试验取得了上述试验区的遥感图象资料,其中以帕尔岗地区最完整。

这次试验的飞行项目、时间、内容等见于表1。

这次试验规模较大,试验内容包括各种新研制的仪器设备,新型的胶片,飞行实施,遥感资料的获取,地区实况考查和对资料的处理分析判读等。通过试验表明,我院新研制的仪器设备已可逐步适应航空遥感的需要,取得必要的资料数据。在对这些资料数据进行分析的基础上亦可看出,它们用于地质分析方面有显著的优越性,从多光谱和红外摄影图象上分析出的构造线比地区调查和该地区原有1:20万地质图上标明的多数十倍。多光谱摄影,特别是航空红外扫描资料在地质岩石类型的分析研究中也显示了突出的特点。微波辐射资料虽尚不能成象,但对已获得的曲线资料的分析,可以发现物体的亮度温度与其复合介电常数的关系,在一定程度上可以做为识别、分辨岩性的依据。当然,由于我们在仪器研制和试验技术方面还处于初期发展阶段,仪器和所用的材料(如胶片)的性能和可靠性均有待提高,对图象的质量产生了不同程度的影响。

* 参加本报告撰写的有:童庆禧、王长耀、朱振海、郑兰芬、濮静娟。

** 我院参加试验工作的单位有:长春光机所、长春物理所、上海技术物理所、上海光机所、贵阳地球化学所、地理所、大气所、新疆生土所、感光化学所、综考会等。

表 1 遥感飞行情况汇集表

日期 月 日	试验项目	遥感仪器	飞行区域	飞行高度 (米)	比例尺	飞行时间		作业 时间	说 明
						起飞 时分	降落 时分		
9 16	多 光 谱 摄 影	多光谱航	尖 山	6200	1 : 5 万	14 : 00	17 : 00	1 : 30	曝光量 试 验 胶片不足
18		空照相机	帕尔岗	"	"	8 : 52	11 : 58	1 : 16	
19		(四光谱段)	尖 山	"	"	9 : 05	13 : 40	3 : 07	
21		f = 100毫米	阿齐山	"	"	8 : 09	13 : 58	3 : 24	
22			帕尔岗	"	"	9 : 07	13 : 50	2 : 35	
25			阿齐山	"	"	9 : 55	14 : 50	3 : 38	
26			帕尔岗	"	"	10 : 47	15 : 19	2 : 37	
10 15	红 外 扫 描	红外扫描仪	帕尔岗	3600	1 : 5 万	9 : 05	12 : 32	1 : 58	试 飞
16		(8—14)	"	"	"	12 : 29	15 : 45	2 : 21	
18		微米波段	"	"	"	8 : 16	11 : 39	2 : 20	
18			"	"	"	15 : 25	19 : 02	2 : 32	致冷器 故 障 三波段 扫 描 有云返航
19			"	"	"	10 : 25	13 : 31	1 : 28	
20			"	"	"	9 : 12	12 : 38	2 : 31	
21			"	"	"	21 : 25	23 : 42	0 : 17	
22			"	"	"	21 : 22	0 : 32	1 : 25	
23			"	"	"	3 : 22	6 : 34	1 : 24	
24		微波辐射计	机场上空	500—2500					试 飞
26	微波、激光	激光测高仪	帕尔岗	3100		8 : 36	11 : 26	1 : 24	
26	微波	微波辐射计	"	"		15 : 56	18 : 26	1 : 15	
27	"	"	"	"		11 : 58	14 : 42	1 : 30	
28	激光	激光测高仪	"	"		9 : 54	12 : 42	1 : 22	
11 2	胶片试验	RMK 85/ 23, 感光	鄯 善	850				1 : 51	
		所8575红外	帕尔岗	3850	1 : 3 万	1 : 35	13 : 00	1 : 00	
5	"	胶片							
		彩色航空反	鄯善县	1750	1 : 1.5万			40	
8	"	转片							
		彩色航空反	帕尔岗	3850	1 : 3 万	10 : 42	15 : 53	1 : 51	
		转片, 柯达							
		2443彩色红							
		外反转片							

这次试验的飞机为伊尔——14型飞机。为覆盖一个完整的飞行区域,在试验中采用了两种飞行方式:一是顺序飞行,一是隔行飞行。前者按1. 2. 3. ……几条航带依次飞行(图1·1)在试验的前期主要采用这些常规飞行方式。由于多光谱照像机画幅小,飞行时往往两条相邻的航线距离很近。这样,飞机在从一条航线进入另一条航线时不得不在航线两端转很远的弯,才能拉平飞入第二条航线,费掉不少无效的时间。为了节约飞行时间,在试验的后期采用了隔行飞行法,即按1. 3. 5. 7. ……6. 4. 2航带飞行的方法(图1·2)。这样可大大节约转弯的飞行时间。

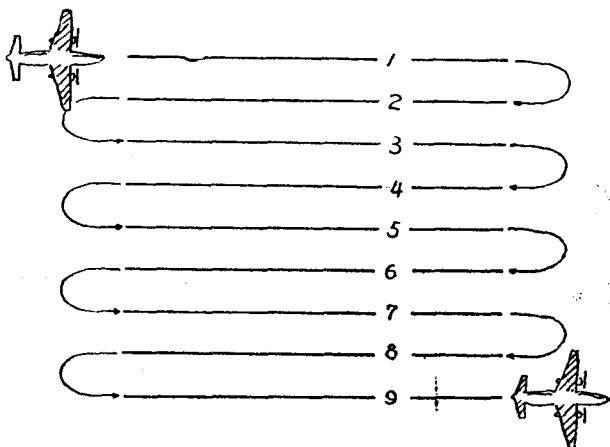


图1·1 顺序飞行示意图

这里,我们特别提一下关于红外扫描仪的夜间飞行问题。红外扫描仪是靠飞机上的光学机械装置,它通过感受地面

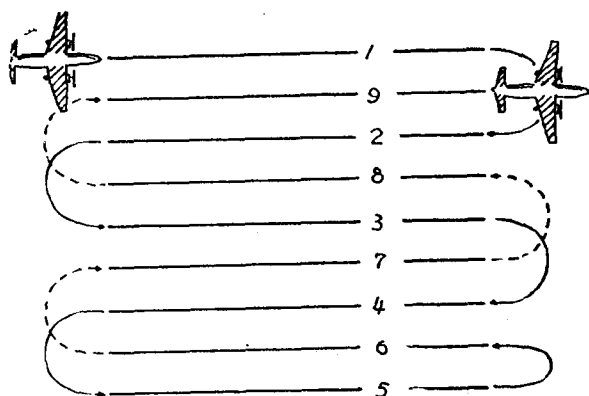


图1·2 隔行飞行示意图

物体的温度,即热辐射而获得图象。它具有无论在白天或夜间均能工作的优点,从而受到人们的重视。在我国红外扫描仪的试验工作已进行过多次,但是一次试验取得一个区域(由十条左右航带组成)的完整扫描图象,特别是夜间,还是第一次。这次试验用的飞机由于没有先进的导航设备,为了按15%的重迭率获得全区域的完全覆盖就只能靠领航员目测导航。在黑夜飞行,这种目视导航当然无法进行,这就要求

采用一种简便的方法,保证飞机顺利飞行,取得全区域的资料。在十月二十二日夜间的两次飞行中,我们采取了地面篝火引导,飞了九条航线,顺利地完成了任务,取得了大范围(≈400平方公里)的夜间红外图象。夜间飞行引导和航线示意图见图1·3。

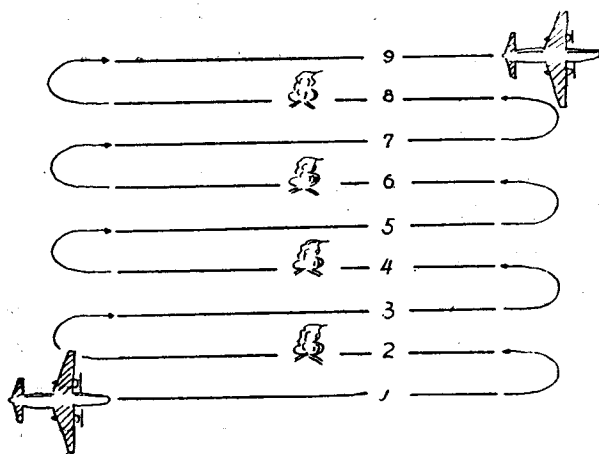


图 1 · 3 地面篝火引导下航行示意图

二、遥 感 仪 器

在新疆遥感试验中所用的遥感仪器有：多光谱航空照相机，红外扫描仪，微波辐射计，激光测高仪，试验了国内研制和国外的一些新型胶片。为了测量各种物体的辐射特性，采用了改装的光谱辐射计，在室内图象处理中用了新研制的彩色合成仪。现将几个主要仪器概述如下：

1、多光谱航空照相机

多光谱照相机是利用滤光片和胶片的组合，在几个光谱段同时摄影，从而获得同一地物在不同光谱段的若干象片。这种摄影技术配合实验室的彩色合成处理，对鉴别地物目标有很好的效果。六十年代初期以来，美苏都相继研制成航空用的多光谱照相机。一九六九年和一九七三年美、苏先后将多光谱照相机用于“阿波罗”和“联盟”号宇宙飞船，进行航天遥感试验。这次试验用的这台多光谱照相机有四个光谱段，即：兰（0.4—0.5微米），绿（0.5—0.6微米），红（0.6—0.7微米）和红外（>0.7微米），分别由四个镜头和四个暗盒，四组输片机构组成。采用同一的圆盘旋转快门控制曝光。因此，四个相机的曝光时间是统一的，而控制曝光量的方法则通过改变四个镜头的光圈来实现。

相机的整机由以下几个部分组成：

1. 照相机本体：包括四个摄影机组，一个圆盘快门，镜头，滤光片，暗盒。座架等部分组成。

2. 电气控制柜：包括全部控制电路，输片调节，曝光量选择（光圈、快门调节）电路，电源等。

3. 监影器：用以对地面取景，操作相机的工作，飞机偏流角的修正、速高比和摄影间隔调节等。监影器通过连接电缆，操纵照相机的动作。

为了实现曝光量控制，每一个光谱段都附有一台相同光谱段的光谱光度计，用以实

时测量地面的光谱亮度，然后通过伺服系统自动调节各光谱段的光圈。照相机的主要技术参数如下：

镜头焦距： $f = 100 \text{ mm}$
 孔径 $1 : 4.5$
 光圈范围 4.5—16
 快门速度 $1/50, 1/100, 1/200$
 胶片宽度 70毫米（两边有齿孔）
 画幅尺寸 58×58 毫米
 分辨率 中心：45—50线/毫米，
 边缘：35线/毫米，

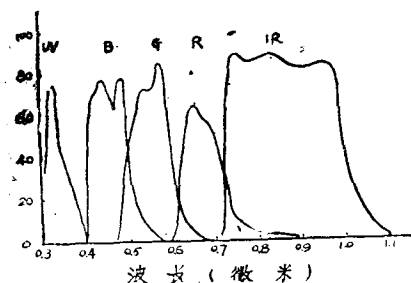


图1·4 多光谱摄影滤光片的透过率
 (UV—紫外, B—兰,
 G—绿, R—红, IR—红外)

四个光谱段所用的滤光片的透过率可见于图1·4。

为了获得较好的摄影效果，在兰、绿、红三个光谱段选用全色感光胶片，根据预先的试验，调整好自动曝光调节的基准光圈；红外光谱段可选用的胶片为保定厂产的6875型黑白红外胶片，由于红外胶片过期时间较长，图象灰雾度大，且红外效果有所消退，部分地影响了图象质量。

2、红外扫描仪

红外扫描仪是通过扫描光学系统接收从地面来的红外辐射，并通过聚焦系统，将辐射能聚集在密封于致冷器真空室内的探测器上。探测器将红外辐射转换成电信号，经电子系统放大处理后去调制辉光灯，灯的亮度与探测器接收到的红外辐射成比例。在经过与扫描光学系统同步的成象扫描系统之后，将影象记录在普通黑白胶片上。

这次试验用的红外扫描仪为上海技术物理所研制的HS—3A型定标红外扫描仪。它主要由光学扫描系统，温度校准板，红外探测器，致冷机，电子系统和胶片记录器等部分组成。HS—3A型定标红外扫描仪的主要特点是，在扫描视场的两边增加了两块黑体温度校准板：一块为高温板，一块为低温板。根据高、低温板的温度差异在图象两侧的定标线上造成的密度差，可以用内插和外推的方法得出地面不同物体的辐射等效温度。除胶片记录之外，试验中还用模拟磁带进行记录。

HS—3A型红外扫描仪的基本参数：

系统通光面积：	71.1厘米 ²
焦距	230毫米
等效相对孔径	2.42
扫描视场	58°
瞬时视场	3、6、10毫弧度
扫描速度	100转/秒
致冷剂	液氮和液氖
致冷温度	77° K
探测器件	锗掺汞 (Ge: Hg)
工作波段	2—14微米 (用磁带记录时，8—14微米分成三个波段，8—9, 10—11, 13—14微米同时记录)。

3、微波辐射计

各种物体在一定温度下不但能发射红外辐射，同时在微波区也辐射一定的能量。微波辐射计用天线接收由地面发出的微波辐射，经过信号处理和记录，得到被测物体的特征信息，达到识别物体的目的。微波辐射计接收到的信号称为物体的亮度温度，它是物体的真实温度与该物体微波辐射能力的乘积。一个物体的辐射能力与物体表面的粗糙度，介电常数物质结构以及温度等有关。表征微波辐射计的性能主要有两个指标：一是温度灵敏度，即能分辨的最小温度差，提高温度灵敏度的方法通常是采用平衡法，即测量时将一精确的参考温度与由于接收信号所导致的天线温度相比较。一是空间分辨率，它取决于天线波束的宽度，而波束的宽度和天线的口径成反比，与辐射波长成正比。因此，天线越大，分辨率就越高。

试验中使用的微波辐射计为长春物理所研制的负反馈零平衡式微波辐射计，它由以下几个部分组成：接收天线，主机（电子测量部分），X—Y记录仪及电源等。其基本技术指标如下：

工作波段：	3 厘米
带宽	30兆赫
天线尺寸：	800毫米（直径）
天线波束：	$2^{\circ} 50'$
增益：	$>32\text{db}$
灵敏度：	$\sim 1^{\circ}\text{K}$
可测亮度温度范围：	$100^{\circ}\text{K}—290^{\circ}\text{K}$
记录形式：	X—Y记录仪
电源：	直流27伏20瓦，115伏交流100瓦（记录器用）。
地面几何分辨率：	50米（飞行高度为1000米时）。

4、激光测高仪

激光测高仪是用一台激光发射器，从飞机上向地面发射一束激光脉冲，这一激光脉冲信号经地面反射回后，经接收器接收。根据发射脉冲与回波脉冲之间的时间间隔，通过电子系统运算处理就可推算出飞机对地面的相对高度。

这次试验的激光测高仪为中国科学院上海光机所在激光测距仪的基础上改装提高的一个样机。它可连续不断从飞机上测量飞行高度。如果我们已知飞行高度，或在飞机保持飞行高度不变的情况下，就能够测出地面的地形剖面。

飞机上的高度测量仪表一般为气压高度表和无线电测高仪。前者具有较大的惰性，只能得到平均高程，精度也不高，微波测高仪由于波束较宽，测出来的也是一个散射面的平均高度。激光测高仪具有强度大，光束小等优点，因此，测高精度要比前两者为高。它的缺点是受天气条件影响大，不能穿透云雾，所以只能在较好的能见度条件下使用。

这次试验用的激光测高仪的主要性能指标如下：

测高范围：	200米—8000米
测量精度：	读数精度 ± 1 米

绝对精度:	± 3 米
工作波长:	1.06微米红外激光(钇铝石榴石激光器)
脉冲时间:	10毫秒
测量频率:	2—5 次/秒(连续)亦可手动测量
光束发散角:	1毫弧度(即在1000米远处激光束所形成的光斑直径为1米)
激光脉冲功率:	6—10兆瓦
电源	24~27伏 直流平均20安,脉冲40安或115伏400周,交流平均5安,脉冲10安。

三、试验条件及处理技术

我们进行遥感试验的新疆鄯善地区属干旱区,秋季更是晴朗少云,太阳辐射十分强烈。从九月十六日进行第一个飞行架次开始到十一月八日共飞行二十二个架次。这还不包括由于飞机返回基地定检和由于在机上更换和安装仪器、故障排除等原因所占去的时间。由此可见该地区晴天日数之多,是非常适宜于遥感飞行的。特别是该地区大气中水汽含量小,对红外扫描试验更为有利。

遥感图象的处理是图象分析的必要步骤。在这次综合试验资料的分析中,我们采用了以下几方面的处理,以提高图象的应用价值和达到图象增强的目的。

1、象质改善处理:

在这次试验中由于事先准备工作的问題,特别对胶片的试验和新研制的仪器考验不够充分,有相当部分的图象或由于胶片的原因,或由于仪器的问题,或由于空中曝光条件掌握不准确等原因造成图象质量不高。其中主要表现为:胶片涂布不匀,整个画面曝光不匀。特别是由于多光谱象机快门闭合不严的故障,在图象中部产生亮圈,形成中间曝光偏多而边缘偏少的问题。即使在采用RMK航空摄影机进行黑白红外摄影时,也由于镜头的渐晕现象而出现画面中间曝光偏多的现象。这种图象的不均匀性,严重影响了对图象的分析。为了减少或清除这种影响,我们采用了电子印象机多次复制的方法,利用印相机阴极射线管(CRT)的自动补偿作用以改善图象质量,图1·5为经象质改善和未经改善前的有故障的原始图象的比较。

图1·5 经象质改善处理(1)和未经处理(2)的航空摄影图象的比较

2、遥感图象的镶嵌处理:

图象的镶嵌和影象图的制作是图象判读分析的必要步骤。我们选作为重点试验区的帕尔岗确喀山高度为1557米,也就是说,只在这个地段相对高差最大,约有250米。其余地区相对高差仅约数十米。因此,作为判读需要,采用了非控制和非纠正镶嵌的方法,充分利用每条航线摄影象片的重迭(即60%的航向重迭和30%的旁向重迭)进行自然镶嵌,完成了全区域四百多平方公里面积的镶嵌影象图,并以此影象图作为基础,进行判读分析,转绘各种判读要素。

红外扫描图象具有较大的几何误差。引起红外扫描图象几何误差的主要原因有两

个：一是飞机的俯仰，偏航和滚动所造成的，由于这种原因，图象产生扭曲的，造成一定的几何畸变。这种图象用光学方法是无法复原和纠正的，只有当扫描仪采用磁带记录的情况下，根据飞机的姿态参数记录才有可能得到纠正。二是由于航线上风速不等造成航速变化所产生的图象几何形变，顺风或侧顺风飞行时，飞机的相对地速加快，扫描同一距离的时间缩短，而当逆风或侧逆风飞行时，飞机的相对地速减慢，从而扫描同一距离的时间拉长。在扫描仪以恒定拉片速度进行记录时，前者所记录的胶片短，相当于将图象压缩了，而后者则记录的胶片长，相当于将图象拉长了。这种用胶片记录的扫描图象，可采用光学缩放的办法适当加以纠正，但不能根本改变这一状况，只能起到某种改善作用。因此，试验区不同时间的红外扫描镶嵌图是没有严格的几何精度的，它只能提供地面判读要素大体定位之用。

3、多光谱图象的彩色合成处理：

彩色合成是多光谱图象处理的最重要和最常用的方法。通过图象的彩色合成处理，具有明显的增强效果，大大提高人们的判读分析效率。根据生理实验证明，人眼对彩色图象信息的分辨能力要比黑白图象大一百倍以上。因此，彩色图象有利于增强胶片上微小的密度差异。

在彩色合成图象的处理过程中，为了获得满意的颜色，特别是相邻图象合成彩色的一致性，我们采用了色度控制的处理方法。这种方法的基础是根据彩色合成仪投影光源的能量分布（在已知色温度情况下，用普朗克定律计算），采用亮度测量的方法，测量和计算投影屏幕上各种地物的 CIE 色度关系，从而达到控制图象彩色显现的目的。

四、试验区概况

帕尔岗遥感试验区位于新疆维吾尔自治区鄯善县南部，地理座标为东经 $90^{\circ}21'$ — $90^{\circ}36'$ ，北纬 $41^{\circ}25'$ — $41^{\circ}35'$ ，面积约400平方公里，相当于一个1/50000图幅范围。

本区南面较高，为觉罗塔格山系的南支帕尔岗塔格山。主峰帕尔岗确格高程为1557米，属于中山。向北逐渐平缓，主要为干燥剥蚀低山丘陵和堆积平原。这里和新疆大部分戈壁地区一样，具有典型的大陆性气候。夏季炎热，气温最高可达 48°C 以上，冬季寒冷，最低温在 -20°C 以下。气温变化大，日较差高达 15°C 左右。该地区日照强烈，降水极少，年降水量仅约30毫米，并主要集中于7—8月份。蒸发率远大于降水量，因此，气候极为干燥，地表无常年流水，地下水较深，水泉均为咸水。初夏及冬季常有5—6级西北风，有时风速可达17米/秒。植被极为稀少，在西北—东南走向的一些开阔干谷中，生长着一些耐旱的骆驼刺等稀疏灌木丛。

试验区的构造体系属于南天山海西冒地槽褶皱带和塔里木地台的北缘。这里为两组大的近东西向构造线所控制。北面大断裂以北为北天山海西冒地槽褶皱带，南面大断裂以南为南天山海西冒地槽，中间为中天山结晶岩带。沿北缘断裂和南缘断裂的两侧，分布着南疆两条铁矿成矿带。在帕尔岗地区，地表岩石出露较好，有一已知的约一亿吨储量的铁矿，以赤铁矿和磁铁矿为主，品位约在30%左右。

地层出露主要为元古界、泥盆系和石炭系。这几种地层大体为东西走向，从南到北

由老到新。铁矿主要产于泥盆系。例如，这里最大的“S”型出露铁矿产生于下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组。在南天山中泥盆统的碳酸盐沉积中，存在着菱铁矿床。在试验区的西北部，铁矿体则产生于闪长岩体中泥盆统大理岩的接触带上。此外，在帕尔岗塔格山西面则发现闪长玢岩次生火山岩体同元古界南辛格塔格组大理岩的接触带上有相当富的铁矿零星出露，有的品位高达68%。

该区域的主要岩石类型有大理岩、白云岩、砂岩等。侵入岩系比较发达，特别是花岗岩、闪长岩和闪长玢岩分布较广，亦有少量的辉绿岩、角闪岩和石英岩脉。这里除沉积变质型的赤—磁铁矿外，在灰岩地层中亦有少量菱铁矿露头。在侵入岩发育的地区，特别是在花岗岩与灰岩的接触带上，往往出现接触交代型的矽卡岩型铁矿。

五、遥感图象的综合分析

根据遥感试验所取得的综合遥感资料，我们对帕尔岗地区的区域特征进行了综合分析。

在黑白、黑白红外、多光谱摄影和红外扫描等遥感图象的基础上，完成了全试验区各种图象的区域镶嵌图，图1·6为不同时间红外扫描图象的镶嵌。

图1·6 一天中不同时间红外扫描图象的镶嵌

- (1) 上午 (9.10'—11.30')
- (2) 中午 (12.26'—15.33')
- (3) 下午 (15.30'—19.00')
- (4) 上半夜 (21.25'—24.00')
- (5) 下半夜 (4.15'—5.28')

这次遥感试验，是以地质为主要对象的。将遥感技术引入地质调查中，改变了传统的普查方式。它首先从取得大面积的遥感图象入手，给人们以概貌性的认识，通观全局，直接从大区域的影象中，了解地质体的分布和构造特性，发现有代表性和有意义的地段，开展地面工作。从而可起到由此及彼，由表及里的作用，节省人力物力，加快调查速度。例如，在这次对航空遥感资料综合分析和原1/20万区域地质图的基础上，只用了3—4人，4—5个月的工作时间，就对帕尔岗地区400多平方公里面积编制了1/10万的区域地质解译图。与老地质图相比，在一些重要方面特别是构造系统的确定方面有较大的改进。

不同的遥感资料在应用上有不同的特点，对此将有专题报告，这里仅将一些综合分析结果概述如下：

1、构造系统的确定：

在该地区原地质图上，只画出了两条北东向的和一条近东西向的构造线。通过遥感图象的分析，发现该地区的断裂带远不只三条而重新画出了五十余条。它们交叉纵横，组成北东向和北西向两组构造体系。正是这两组构造体系，在不同程度上起着划分次一级构造单元的作用。

通过遥感图象的分析,可以看出,在试验区的北部,非常明显地存在着两条较大的断裂。它们在东北部几乎是平行的,切穿了花岗岩和闪长岩体。在试验区的西部,这两条大断裂复合于○处,形成一条断裂,以北东向横穿整个区域,东西延伸达二十多公里。这与卫星象片上所反映的断裂是一致的。在原地质图上只画出了其中的一小部分,而且无论从延长程度或构造形态上都不够准确。特别是南面的一条,由于被一定厚度的第四纪沉积物所覆盖,不易被地面调查所发现。相反,在遥感图象上,特别是在多光谱彩色合成和红外图象上,这条断裂带显示得十分清楚。在彩色合成图象中的线性构造为大断裂的一部分。经彩色合成增强之后,断裂带显示得尤为突出。

根据上述遥感图象,不仅可鉴别这一断裂带的存在,而且可分析出它的活动,以及对断裂带的西侧造成的影响。断裂带的存在阻碍了该地区自北向南水系的畅通,使得北面的河流到此又开向西侧分散。在断层以南,水系又重新收敛,集中南流。水系集中的地方,地表水分条件较好,尽管在十分干旱的戈壁滩,表层含水仍比其它地方高。这一现象在热红外扫描图象上表现的更为明显。中午,该地段在象片上呈黑色色调,表明其温度较低。夜间,这里密集如网的水系显出其温度要比周围地区高,表现为亮色调。这说明,在戈壁滩降雨之后,这里是雨水的汇集处,有较好的水分条件,从而增大了该地段的热惯性,使其温度变化变的平缓,日间最高温度降低,而夜间最低温度较高。

除了这一条明显的断裂标志而外,最北部的那条切开花岗岩和闪长岩体的断裂带,在红外影象中也有明显的显示,夜间可通过水系的分布和第四系沉积物的扫描色调变化来判断它的存在和确定它的位置。

至于该地区南部最大的断裂——南辛格尔断裂,在原图上的画法和通过遥感图象分析的画法也有原则的差异。这条位于帕尔岗塔格山的北坡,东西延伸八十多公里的大断裂从遥感图象上看,并不象原图那样成为一条完整的向北突出的弧形。在断裂带的西部,从图象上可明显看出它的迹象,但是并不仅有一条,而是由一组方向大致相同的断裂组成。在该区的东部,如果按原图的画法就显得牵强附会了,这里很难连出一条完整的构造线。因此在这里是否存在着南辛格尔断裂的东支,还颇值得推敲。

2、岩石类型的区分

识别和区分各种地质体的岩石类型并标明其区域分布是地质遥感的最基本任务之一。通过对遥感图象的判读来分析岩石的类型,一是根据形态和结构特征,二是通过岩石在图象上的色调特征来加以鉴别。对遥感技术而言,色调的分析更为重要,它不但可按单光谱图象来进行分析,更重要的是通过几个光谱段的图象组合起来进行彩色合成处理,获得彩色增强效果。多光谱摄影图象的不同光谱段的色调变化反映了不同岩石类型在不同光谱段的反射辐射特性。对这种辐射特性的分析就成为遥感地质学的基本判读标志。目前,由于我们所采用的遥感手段还远不完善,分析判读方法也有待于提高,特别是根据不同地质体的光谱辐射特性进行自动分类处理的技术尚待发展,在国外也在试验阶段。此外,对各种岩石类型的光谱辐射特性的基础研究工作也尚未开展。因此,应用遥感图象进行岩石类型的分析,目前受到很大的局限性,还停留在目视和手工判读阶段。从初步分析来看,岩石类型的区分是可能和有前途的。

新疆帕尔岗地区几乎完全没有植被覆盖,岩石出露较好,因此,一些主要岩石类型比较容易区分和识别。通过多光谱图象的色调和形态分析,在这里可区别大理岩(灰岩)、砂岩、花岗岩、闪长岩和闪长玢岩等主要岩石类型。

大理岩类的一个共同特点是灰色色调。根据它们的色调差异又可将其分为灰白色大理岩和白色大理岩。前者稍暗而后者呈现白色。灰白色大理岩质地致密,具有块状结构,抗风化能力很强,因而在试验区的南部形成该地区的最高山——帕尔岗确喀山。与此相比,白色大理岩抗风能力则要低得多,其间往往夹杂着砂岩层。由于砂岩抗风化能力强,所以在白色大理岩和砂岩的夹层地区就形成了低——高——低的地形特征。

试验区分布最广的砂岩也可以根据色调变化和结构、形态特征区分为绢云母石英砂岩、砂岩和凝灰质砂岩三个亚类,其色调由浅变深。例如,以色调最深的凝灰质砂岩的反射密度为1,则绢云母砂岩和砂岩相应为0.6和0.8。以这三种岩类的反射率而论,则以绢云母砂岩的最高。其主要原因是泥质成份较高,在地形上也较平坦。凝灰质砂岩由于凝灰质含量高,反射率也低。

闪长玢岩具有灰绿颜色,因而在绿色光谱段反射较强。这种岩类在多光谱摄影的四个光谱段中,以绿色和红色波段反映最为清楚,呈现团状结构。闪长玢岩主要分布在试验区的西南部,在原来该地区的1:20万地质图上,这种岩类只画了很小一块。但是,通过对遥感图象的分析和实地验证,发现它的面积比原来画出来的要大的多,从而修改了闪长玢岩的界线。

如前所述,帕尔岗地区气候非常干旱,日照时间长,太阳辐射强烈,温度的日较差也很大。在这种条件下,岩石强烈风化。特别是在强烈的太阳辐射作用下,一般岩石表面不仅存在着一个风化表层,而且覆盖着一层称为“戈壁漆”的灰黑色薄层。它们的存在在很大程度上掩盖了不同岩石的光谱反射差异,使得它们之间颜色差异减小,都呈现出灰暗的色调。这就为采用以可见光和近红外波段为主的多光谱摄影来分析和鉴别岩石类型制造了困难,即使在多光谱彩色合成图象上,各种岩石的色彩也比较单调,差异也不甚明显。

在红外扫描图象上,密度和色调的变化代表了各种地物辐射能量的大小,也就是辐射温度的高低。在相同的环境条件下,不同的物体具有不同的温度。其温度的高低,首先取决于物体对辐射的吸收能力。辐射吸收能力强的物体吸收较多的太阳辐射,获得较大的增温。相反,物体的温度愈高,所发射的辐射也就愈强。除此而外,岩石的热物理特性对岩石的温度状况也有很大的影响。

前面已经提到,这次使用的红外扫描仪具有2—14微米的宽光谱通道,在这个光谱通道中存在着三个重要的水汽对红外辐射的吸收带,即中心波长在2.68微米,3.2微米和6.3微米的强吸收带。因此,尽管在2—8微米范围内除地物自身发射的红外辐射以外在白天还有部分反射红外。与8—14微米的热辐射相比,2—8微米的反射红外辐射还是比较小的,特别是夜间更是如此。因此,我们仍然可以采用将红外图象上各种物体的密度与由仪器定标黑体温度所产生的密度相比较的方法计算出各种物体的等效温度,这种温度只是一种辐射等效温度,即在各种物体都与绝对黑体具有相同的比辐射率的情况下的辐射温度。表2为对帕尔岗地区主要地物计算的辐射温度。

但是，不同的物体并不是绝对黑体，它们的辐射压力与绝对黑体有很大的差异。根据国外资料，一些岩石在 8—14 微米红外波段的比辐射率 ϵ 如表 3 所示。

表 2、一些岩石在 8—14 微米红外波段的比辐射率 (ϵ)

表 2 帕尔岗地区主要地质体在不同时间的辐射温度

(1977 年 10 月 16 日—23 日)

等 效 岩 性	时 间 (时、分)		10 : 20	14 : 26	17 : 40	22 : 58	4 : 57
	温 度	℃					
灰色白云岩大理岩 Pt _n	7.8	24.6	20.8	8.7	3.9		
灰 色 灰 岩 D _{2a} ^b	7.5	25.6	22.6	8.6	3.8		
灰绿色绢云母粉砂岩 D _{1a} ^{a-4}	7.7	24.8	20.0	8.3	2.7		
灰绿色绢云母含砾砂岩绢云母板岩 D _{1a} ^{a-2}	7.8	25.8	29.4	8.3	2.1		
紫红色绢云母石英粉砂岩 D _{1a} ^{a-1}	7.7	24.4	19.2	8.4	2.2		
砂板岩粉砂岩 D _{1a} ^a	7.4	24.9	21.2	8.1	2.6		
灰黑色硬质石英砂岩 D _{1a} ^c	8.9	25.2	17.3	5.5	0.8		
黑褐色赤铁矿磁铁矿矿体 D _{1a} ^{a-3}	7.5	24.7	20.8	8.3	2.4		
第四系沉积 (大理岩碎屑组成) Q ₄	7.7	25.4	21.3	8.3	2.9		
肉红色钾质花岗岩 γ ₄ ^{2-3D}	8.0	25.9	16.8	5.3	0.1		
淡红色——淡灰色花岗岩 γ ₄ ^{2-3C}	7.2	26.0	12.2	9.2	-0.4		
闪 长 岩 δ ₄ ^{2-1A}	7.9	25.7	17.7	6.3	1.5		
闪 长 粉 岩 δ _{μ4} ¹	7.6	25.8	21.2	8.3	2.1		
干 水 系	7.5	23.5	12.1	8.2	0.6		
干 盐 湖	7.2	23.3	13.9	4.6	0.2		
平均等效温度 T _m	7.7	25.0	18.6	7.5	1.8		

表 3

一些岩石在 8—14 微米红外波段的比辐射率 (ϵ)

岩 类	温 度	-20℃	0℃	20℃	40℃
石 英		0.694	0.682	0.627	0.664
花 岗 岩		0.787	0.783	0.780	0.777
长 石		0.826	0.822	0.819	0.817
黑 耀 石		0.832	0.830	0.828	0.826
玄 武 岩		0.904	0.905	0.906	0.907
大 理 岩		0.941	0.942	0.942	0.943

尽管戈壁地区各种物体表面色调差异较小,对于太阳短波辐射的吸收差异也较小,由此而产生的增温效果的差异当然也小。但是由表 3 看出,不同岩石类型在热红外辐射区存在着很大的比辐射率差异,这也就是说,不同岩石类型对红外辐射的吸收和辐射有显著的差异,从而也就导致不同岩类辐射温度之间的差异。图13为帕尔岗地区十三种主要岩石类型在一天不同时间内辐射温度的变化特点。为了有效的显示其变化特点,我们计算了不同时间各种岩类的个体辐射温度(T)与平均辐射温度(T_m)的比值。不同时间的平均辐射温度(T_m)是根据帕尔岗地区的主要地物辐射温度平均而得(表 2)。从图 13中我们可以看出,大理岩、白云岩、灰岩等以碳酸盐为主要成分的岩类,在一天不同时间中的辐射温度比率多大于 1。这也就是说,在一天不同时间内它们的辐射温度要高于平均值。甚至于主要由大理岩碎屑组成的第四系沉积物(Q_4),这一特点都表现得十分突出。

相反,以硅酸盐为主要成分的岩类,如石英岩、花岗岩等,则表现出小于 1 的比率。即在一天中的不同时间,这些岩类的辐射温度几乎都低于平均辐射温度。各种岩石类型所表现出来的这些显著的差异和特点,就构成了利用红外遥感图象区分岩石类型的主要判读标志。

如前所述,造成这种特征标志的主要原因是各种岩石类型的辐射特征的差异。根据大理岩、石英岩和花岗岩的比辐射率,我们可以计算它们的辐射等效温度。如果这三种岩类发射出相等的红外辐射,也就是说,它们具有相同的等效温度(例如 $300^\circ K$)的话,那么石英岩和花岗岩的实际温度则要比大理岩相应高出约 30° 和 15° 。或者说,当这几种岩类具有相同的实际温度时,大理岩所发出的红外辐射要比石英岩和花岗岩强的多,它所表现出的等效温度要比石英岩高出约 30° 而比花岗岩高出约 15° 。由此看出,不同物体的辐射特性是进行红外辐射图象分析的重要因素。正是这个原因,说明了为什么在不同时间里,灰岩和大理岩在图象上的色调要比其它地物亮。特别是在夜间,它们之间的色调差异更为明显,灰岩显示出明亮的色调,甚至出现光晕现象,这正是这种岩类强烈发射辐射的结果。这种效应可一直延续到上午太阳出来以后仍然十分明显。(图1·6)

碳酸盐和硅酸盐矿物是组成岩石的重要成分,特别是硅酸盐的含量是岩石分类的依

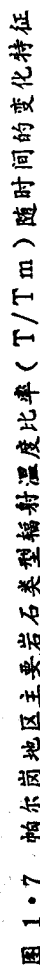


图 1.7 帕尔岗地区主要岩石类型辐射温度比率(T/T_m)随时间的变化特征