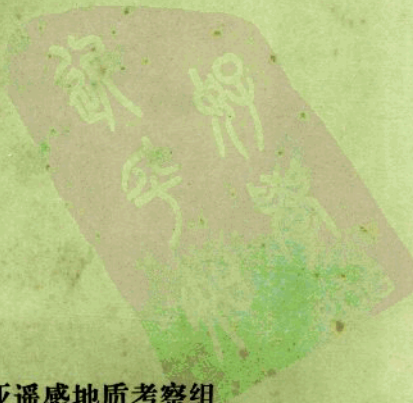



赴澳大利亚遥感地质考察报告

(内部发行)



国家地质总局赴澳大利亚遥感地质考察组

一九七九年三月于北京



前 言

国家地质总局赴澳遥感地质考察组由国家地质总局、冶金部、石油部所属11个单位14人组成，于1978年8月10日至9月20日在澳大利亚考察了42天，重点考察遥感技术的地质应用与处理解译技术。其中8月14日至9月1日以技术讲座为主，适当进行参观，9月2日至9月20日分组专题考察。在澳期间，24个从事遥感技术的单位派出技术人员为我们讲课或接待考察。此外，还有美国、加拿大、新西兰等国家的三家公司或科研单位派人讲课与座谈。

通过考察，增进了两国科技人员间的友谊，学到了一些遥感技术知识，吸取了一些有益的经验，较好地完成了预定的学习任务。

按照毛主席“洋为中用”的精神，我们编写了这份遥感地质技术考察报告，供工作参考。但由于遥感技术是一项新技术，时间短促，许多方面还来不及消化，报告中的内容难免有不够深入甚至错误之处，请同志们指正。

目 录

第一章 澳大利亚遥感技术工作概况	1
第二章 航天遥感	3
一、澳大利亚陆地卫星影象的应用概况	3
二、第一、二颗陆地卫星影象的局限性	6
三、航天遥感的发展前景	7
四、结语	9
第三章 航空遥感	11
一、热红外扫描	11
二、热惯量制图	17
三、侧视雷达	26
第四章 多光谱数字影象处理	31
一、MSS的计算机兼容磁带 (CCT)	32
二、多光谱数字影象处理方法	36
三、专用多光谱数字影象处理设备	44
四、澳大利亚的几个数字影象处理系统	46
附录：典型的影象处理系统	52
第五章 遥感图象的模拟处理	53
一、澳大利亚遥感图象的模拟处理工作简况	53
二、彩色合成、密度分割技术及设备	54
三、摄影处理设备调查	58
第六章 遥感地面波谱特性测试与研究	61
一、概述	61
二、遥感技术在识别地物时某些自然局限性的分析	61
三、遥感地面波谱特性的测试	65
四、实验场区与测量结果讨论	69
五、地面波谱特性研究与人机联作计算机自动分类	71
六、结语	74
第七章 遥感技术的地质应用	75
一、概述	75
二、遥感资料在区域地质填图中的应用	75
三、遥感资料在矿产普查中的应用	79
四、遥感技术的其它应用	85
五、澳大利亚遥感地质综合评述	86

第一章 澳大利亚遥感技术工作概况

澳大利亚地广人少，全大陆面积768万平方公里，仅有1400万人口，且大多集中在沿海城市。大陆内许多地区属干旱、半干旱区，人烟稀少，使自然资源的调查与管理工作中面临许多困难，而遥感技术的发展为它开辟了新的途径。近些年来，澳大利亚许多部门已广泛运用这一技术，并获得了有益的成果。

澳大利亚航空摄影工作历史悠久，从1940年起便已开展黑白航空摄影，目前全国已基本完成1:84000黑白航空摄影，部分地区进行了1:50000黑白航空摄影。从1967年起，在矿产远景地区或重点建设地区开展1:25000彩色航空摄影。近十年来，彩色航空摄影工作量有相当大的增长，仅其政府地质调查部门——矿产资源局每年完成8或9个1:100,000国际分幅的1:25000彩色航空摄影工作（面积约25000平方公里）。为进行专题研究，还开展更大比例尺的彩色、红外、彩色红外摄影。在林业方面，开展了小象幅（35mm）的低空摄影工作，其成本较低，但可有效地补充常规的航空摄影。从七十年代起，先后在硫化金属矿、煤田、火山活动区、水文地质研究等方面进行了航空热红外扫描工作，并研究了一种航空热惯量制图方法，在1978年4月马尼拉召开的国际环境遥感会议上第一次公开发表了一张热惯量图象。此外，还在终年云雾分布的巴布亚—新几内亚、印度尼西亚以及芒特艾萨金属矿远景地区开展航空侧视雷达方法的少量试验工作。目前全国有六家私人公司承包航空遥感飞行，并有一家专业化的承担航片与卫片洗印放大的航空摄影公司。

1972年美国发射陆地卫星以后，澳大利亚政府派出45名科学家参加美国宇航局这项科学试验工作。近年来，已在地质与矿产资源、农林与土壤资源、测绘制图、水文地质、人文特征以及海洋研究等方面较广泛地运用了陆地卫星象片。除目视解译与光学增强处理方法外，还较普遍开展了数字影象处理工作，采用了多种数字处理技术，以提高解译效果。目前，澳大利亚已运用数字影象处理系统直接处理其本国领域内陆地卫星多光谱扫描磁带，制印标准原片与经过增强处理的放大片、彩色合成片，供各部门使用，并已积极筹建卫星地面接收站，计划1979年末建成。美国宇航局还在堪培拉郊外建立一处保证卫星正常运转的卫星跟踪站。此外，在农林方面还开展了较系统的地面波谱特性测试工作。

澳大利亚还没有建立全国统一的遥感机构。联邦与州政府一些工农业部门、科研部门、大学以及私人公司都分别开展遥感工作，由联邦政府科学部负责协调。据我们接触了解的，从事遥感工作的单位如下：

联邦政府、州政府工农业部门——矿产资源地质与地球物理局（简称矿产资源局，缩写为BMR）、各州地质调查所、国家测绘局（缩写NATMAP）、新南威尔士州林业委员会、新南威尔士州农业部、维多利亚州河流与水补给委员会等，主要承担遥感技术的应用。

科研部门——联邦科学和工业研究组织（简称科工研，缩写CSIRO），它为全澳科研中心。其下所属计算机研究分部、矿物物理分部、土地资源管理分部等，负责遥感图象处理解译工作，而矿物物理分部是承担地质矿产勘查中卫星数字图象处理工作的主要单位。

大学——澳大利亚国立大学、高等教育学院、新南威尔士大学、纽卡斯大学、墨尔本大学等。除纽卡斯大学主要承担航空热红外扫描以及航空热惯量制图的研究工作外，其他大学均与生产部门协作开展数字图象处理解译工作。

私人矿业公司——据了解，全澳有130家私人采矿与探矿公司，其中较大的有30家左右，人数由十几人到几百人不等。在澳考察期间，我们接触了七家公司，即技术与野外调查公司 (Technical And Field Surveys Pty. Ltd)、阿姆达克斯公司 (Amdex Mining Ltd)、布洛肯希尔公司 (缩写BHP)、埃索石油公司 (缩写ESSO)、罗克斯顿—亨廷公司 (R. F. Loxton, Hunting And Associates)、澳大利亚西勒克欣公司 (Australia Selection Pty Ltd)、阿莫科公司 (缩写为Amoco) 等。

此外，还有一家航空摄影公司 (Air Photography Pty, Ltd) 承担全澳航片与卫片的洗印、放大工作。

澳大利亚遥感技术大都是引自美国，虽然它不如美国先进，但已有多年工作经验，具有一定水平，某些方面仍可供我们借鉴。

第二章 航天遥感

一、澳大利亚陆地卫星影象的应用概况

美国宇航局1972年、1975年先后发射了第一、二颗地球资源技术卫星，简称ERTS，后改名为陆地卫星，即Landsat-1、2。第一颗陆地卫星由于发生故障，于1978年1月6日停止工作。1978年3月5日发射了第三颗陆地卫星，命名为Landsat-3。

澳大利亚是除美国以外最早购买陆地卫星影象的国家之一。近些年来，卫星影象已在地质与矿产资源、农林与土壤资源、测绘制图、水文地质与水资源、人文特征以及海洋研究等许多领域获得了广泛应用。如新南威尔士州农业部与联邦科学工业组织所属矿物物理分部利用卫星影象进行农作物分类，确定不同农作物的分布、长势及所占耕地面积，并开展了对小麦产量预报的研究。根据150个农场的试验资料，其分类精度达85%。联邦科学工业组织所属土地资源管理分部、新南威尔士州农业部已成功应用卫星影象划分不同土壤类型，同时还进行了林业生长条件的调查，识别出极好、好、不良、荒芜等四种类型。国家测绘局根据卫星影象绘制了南极地区1:500,000与1:250,000摄影地图，并进行一项编制1:1000,000土地利用制图的综合计划，包括土地覆盖、土地使用、土地占有三张基本图件，在大多数情况下，假彩色合成卫片可提供区分不同土地覆盖分布模式的资料。此外，还完成了南澳全州的1:500,000摄影地图，可用于进行生态调查。维多利亚州河流与水补给委员会综合应用卫片与航片记载大规模洪水的性质与分布范围，与地形图结合起来还可估算洪水流溢大小、容量与倾伏面积。澳大利亚国立大学与联邦科学工业组织所属土地资源管理分部都已试验应用卫星影象进行海水测深制图，其研究结果表明可测水深20米，误差达2米。纽卡斯大学刚根据卫星影象进行海岸填图，确定小岛、暗礁的位置与边界。此外，西澳环境保护部门正在应用卫星影象监视海水中沙滩的变化，其应用的广泛程度给我们深刻印象。

澳大利亚矿产资源局、私人矿产和石油勘查公司在地质调查、矿产与石油普查工作中也比较普遍地应用或试验应用卫星影象。据矿产资源局摄影地质室估计，在全澳购买的卫星影象片中约有60%以上为矿产和石油地质勘查部门所有。已有资料表明，陆地卫星影象，特别是采用数字图象处理技术后对解决下列地质任务可提供有价值的资料。

(一) 填绘和修正地质图

目前，卫星影象的应用仍是在地质填图中最为有效，主要用于构造解译，在有利条件下也可填绘岩石类型。近年来，卫星影象与航空象片的综合应用已扩大了矿产资源局与各州地质调查所的地质填图计划。澳大利亚全国1:250,000地质图已基本完成，但矿产资源局编制的北澳地区1:500,000卫星影象镶嵌图仍划分出了以往1:250,000地质调查中所未

发现的一些新的线性构造，而原有地质图中一些断续分布的线性构造也可相互联系起来。目前，全澳正在进行远景地区的1:100,000地质调查。联邦科学工业组织矿物物理分部曾试验应用经反差增强的彩色合成卫片进行解译，它不仅可修正1:250,000地质图，而且也可用于广泛分布的元古界、中生代与第三纪盆地中大多数地区的1:100,000地质调查。他们还试用交互彩色电视显示系统将卫片放大至1:77000比例尺，并将它与1:84000比例尺黑白航片综合解译，发现在某些地区它仍能提供有价值的补充资料。在区域地质调查中，卫片已作为航片的一种必要的辅助手段。

(二) 划分金属矿远景区

和其它许多国家一样，矿产资源局及一些私人公司也都在努力将卫星影像用于矿产勘查工作，并参加了美国地质调查所1976年发起组织的一项国际科技合作项目——“遥感与矿产勘查”（列为第143项）。到目前为止，其主要应用还是探测控制成矿的区域与局部的断裂系统。这是由于：断裂带、断层往往是矿液上升的通道，地壳软弱带便是这些断裂和断层的交叉地带，它也就是有利于成矿的地段。通常成群出现的某些金属矿区往往分布在长达几百公里的断裂构造上，单个矿区则常赋存在断裂系统的交叉地带或其附近。而在卫星影像上断层、断裂带等构造现象较易识别。因此，根据卫星影像上的线性构造与已知矿床、矿化点间的空间分布关系，可划出具有类似条件的成矿一构造带，并作为布置进一步工作的远景区。技术与野外调查公司在南澳福林顿锡矿、多金属矿区的外围进行了这类目的的卫片解译工作，解译面积为10000平方公里，以经过计算机增强处理的5波段卫片为主，也参考4、6、7波段卫片编绘出线性要素分布图与各组线性要素间交叉点等密度图，然后将已知矿床、矿化点的位置投绘在上述交叉点等密度图上，通过分析对比，从中预测出可能的成矿有利地段。现已将解译成果提交另一家私人公司进行野外勘查工作。虽然该私人公司未向技术与野外调查公司提供实际验证资料，但根据他们的要求仍继续向外围进行类似的地质解译工作。此外，阿姆达克斯公司在著名的布洛肯希尔铅锌矿与芒特艾萨铅锌矿区外围布置地质与物化探普查工作前，选区时也曾用卫片分析控制成矿的断裂系统。他们认为，这种卫片解译工作对矿产勘查工作是有作用的，特别是在澳大利亚许多地质研究程度差的地区预期其效果是令人乐观的。但是，从考察中看来，目前还是处于开始阶段，带有一定的试验性质。在澳期间还没有见到应用卫星影像找矿的成功实例。

应用卫星影像研究与成矿有关的热液蚀变带是另一途径，国外如巴基斯坦、美国、伊朗等一些金属矿上已有成功的试验成果。如巴基斯坦西部查盖班岩铜矿地区，运用数字图象处理方法对陆地卫星上的多光谱图象进行自动识别与分类，根据已知斑岩铜矿的辐射特征选出了23处值得普查的选景区，对19处进行了野外检查工作，其中5处是有成矿希望的。已见到含5—10%黄铁矿的热液蚀变岩石露头，而最有远景的矿化范围达0.8平方公里，其中某些未经淋滤的露头含铜0.3%。美国戈尔得费德（Goldfield）金矿，在彩色、彩色红外外象片及未经增强处理的单波段卫片上均难以识别其热液蚀变带，而运用计算机处理技术将四张单波段卫片处理成三张波段比值影像即4/5、5/6、6/7，使它消除了由于地形起伏所引起的亮度变化，然后，用彩色合成技术再重迭合成一张比值彩色合成影像（4/5比值影像通过蓝光；5/6比值影像通过黄光；6/7比值影像通过品红光），结果发现含褐铁矿的热液蚀变带在上述影像上呈现绿色，而具有热液蚀变的火山岩则反映棕色至红棕色，

突出了岩石间细微的光谱辐射差异。在伊朗萨尔切斯马 (Sarchesma) 斑岩铜矿上也曾试用此法, 其热液蚀变带也呈现绿色。澳大利亚这方面的工作不多, 仅联邦科学工业组织所属土地资源管理分部在巴布亚—新几内亚曾应用经过计算机增强处理的卫片企图普查斑岩铜矿, 但未成功, 因未见资料, 详情不了解。

此外, 在矿产资源局及BHP公司还曾见到勒布鲁盆地 (位于哈默斯利盆地以南) 中出露的元古代含铁建造与古河床中的冲积型铁矿, 北澳大面积分布的铝土矿在 1:250,000 卫星影象上可以辨认出来, 但其特定条件是: 规模大, 矿层出露, 有明显色调等。

从考察中看来, 为提高卫星影象的地质应用效果, 澳大利亚的地质勘查部门有以下几点值得我们注意:

1. 广泛应用了数字图象处理技术, 为解译人员提供有利于解译的优质图象

在澳大利亚卫星影象的地质应用并不是一帆风顺的。1972—1973年陆地卫星-1发射初期, 对卫星影象解决地质问题的能力最初热情很高, 随之而来又逐渐失去兴趣。这主要是由于早期由美国购入的卫星影象质量差与澳大利亚某些特有的地质自然环境特征降低了卫片的解译效果。据澳方介绍, 美国出售的卫片一般是第五代拷贝产品, 特别是早期产品质量低, 反差小, 信息损耗, 加上澳大利亚某些特有的地质自然环境特征更增加了解译难度。如大陆内地干旱区卫片亮度普遍增高; 同一幅卫片内亮度值出现极端; 由于长期风化历史造成的淋滤作用与风化产物 (如铝红土、红土、灰质砾岩等), 使某些不同的岩石类型却具有相似特征, 在卫片上难以区分; 灌木火灾痕迹与牧场人工因素也使卫片的影象特征复杂化等。近三年来, 联邦科工研矿物物理分部着重研究了数字图象处理技术在地质解译中的应用。采用交互式计算机图象处理系统直接处理数字卫星磁带, 不仅进行了图象校正, 消除由于扫描、记录与回放所引起的数据错误、噪声与几何畸变, 而且还针对其本国不同的地质自然环境进行了图象增强, 突出有用信息, 改善目视解译效果。此外, 还试验应用了计算机自动识别分类技术 (详见第四章)。目前, 他们已完成全澳1/3象幅 (150幅) 的卫星磁带处理工作, 提供了经计算机增强处理的卫片, 并计划在今后两年内完成全澳卫星磁带处理。据介绍, 处理卫星磁带获得卫片较直接购买卫星胶片具有明显优越性, 对提高解译效果关系甚大。美国 EROS 数据处理中心出售的卫片一般是第五代拷贝, 损耗信息, 分辨率降低, 而直接处理卫星磁带可获得第一代原片; 卫片仅有15个灰阶, 其动态范围大, 非线性变化, 使图象中一些细微亮度变化难以辨认, 而卫星磁带上则记录为64或128个清晰的灰阶, 划分更为详细, 卫片只能作定性解译, 卫星磁带可采用数学方法进行图象增强与图象分析, 通过交互式计算机处理系统显示处理结果, 从而可选择最佳图象进行解译。同时, 可重复多次处理, 原始信息保持不变。

图2-1是计算机处理前后卫星影象质量对比的一个例子。显然, 经计算机增强处理后的卫星影象质量有明显改善。

2. 将卫星影象放大至适宜的比例尺

联邦与科学工业组织所属矿物物理分部增强处理的卫片大多放大为1:250,000比例尺, 有黑白卫片与彩色合成卫片两种产品, 有的地区还试验放大为1:100,000或1:77000比例尺。矿产资源局和一些私人公司在解译中也多应用1:250,000比例尺的卫片, 显然, 其解译效果较1:1,000,000卫片要好。正如澳大利亚有的地质人员所说, 只用1:1,000,000卫片已不能满足解决某些地质解译任务的要求。

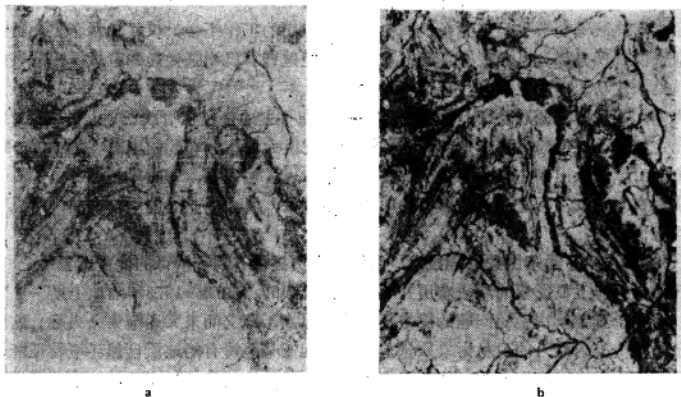


图 2-1

a—1972年美国国家宇航局第五代拷贝的一部分，比例尺为1:500,000；

b—联邦科研矿物物理分部由同一象幅的卫星数字磁带直接增强处理后的产品，比例尺亦为1:500,000。

3. 重视卫片与航空摄影、物探、化探资料的综合解译

这一点给我们印象很深。澳大利亚许多地质解译人员很强调这种综合解译的重要性。他们认为无论是地质填图或是圈定勘查靶区，其效果很大程度取决于地质、物探与化探等多种手段的综合解译与应用。BHP公司、技术与野外调查公司以及联邦科学与工业组织矿物物理分部等都为我们介绍了这类实例。如BHP公司在勒布鲁盆地根据1:250,000航磁等值线图发现一层磁性层，经野外检查后证实为元古代含铁建造所引起，以后发现在1:250,000卫片上也有显示，呈现暗色调。虽然，卫星影像对发现此含铁建造未起直接作用，但它说明综合解译方法是有前景的。联邦科学工业组织矿物物理分部发展一种处理技术使不同来源的资料便于综合解译，增加直观感。他们将航磁等值线图转换成黑白航磁影像，采用计算机图象处理系统将航磁数字磁带重新取样，并进行几何校正，使其与同一地区的卫星影像空间配准，然后经胶片记录仪显示成黑白航磁影像。磁力高呈现浅色调，磁力低则呈现暗色调。他们还利用重力、磁场数据作为垂直高程，按视差水平移动原卫星影像象元点，重新构成一幅新的影像，从而这张经过上述处理的影像与原始影像便构成了假象对，在立体镜下可显现立体效果。采用上述处理技术可以使卫片与磁场、重力场特征进行更密切的对比分析，较之将等值线图复合在卫星影像上更为直观。在某些植被或浮土覆盖区，综合解译航磁资料可以有利于追索线性构造的延伸与圈定磁性火成岩。

二、第一、二颗陆地卫星影像的局限性

如前所述，陆地卫星影像在地质工作的某些阶段是可以提供有价值的资料的。但澳大利亚许多地质工作者也都指出它不是万能的。矿产资源局辛普森先生(C. J. Simpson)引用了一段非常中肯的评论：“遥感不是万灵药方，而是一种辅助工具，补充现有的方法，

在具体使用中，常能减少投资费用”。他们认为，应正确评价，充分发挥其作用。

陆地卫星作为一项远距离探测的新技术，它有独特的优点，速度快，成象迅速（一天内绕地球14圈，每圈103.3分钟）；拍摄面积大，视域广阔（一张象幅面积 185×185 公里，即34225平方公里，相当1:16000航片5000张，1:60000航片300张）；重复成象，可研究动态变化（每颗卫星每隔18天通过同一地区，第二、三颗陆地卫星现正在运转，按轨道设计每隔九天重复成象一次）。但也有其本身的局限性，根据美国近100家石油、天然气、矿产与工程地质公司发起组成的地质卫星委员会1976年3月所提供的报告，第一、二颗陆地卫星的局限性主要有如下几点：

(1) 现有传感器(RBV与MSS)的地面分辨率只适合于概查性填图工作，它能发现的最小地物单元仅为 79×79 米，小于此范围的地物只有当其亮度值与其周围有显著差异时才有可能辨认出来，如公路、铁路等。因此，它并不能反映详细的地质特征。

(2) 卫星影象中可构成立体象对的地区很有限，而且其立体观察效果差，这是由于相邻卫片间的纵向重叠率仅达10%，而旁向重叠率从纬度 0° 至 60° 间为14%—57%，仅在两极地区可达85%。这不能满足航片的立体象对要求，即旁向重叠率为30—35%，纵向重叠率为60%。因而，影响它在地质研究与测绘制图中的效果。

(3) 缺乏更适于地质与矿产研究的工作波段，这主要是指1.6、2.2微米反射红外波段与热红外波段。现有陆地卫星与多光谱扫描仪与反束光导摄像机的工作波段只局限于0.5—1.1微米，而根据美国在野外与实验室对0.4—2.5微米波段范围内所进行的岩矿反射光谱测试资料表明，某些蚀变岩石在2.2微米波段具有明显的反射率极小值。这是由于它含有某些氢氧化物如粘土矿物、明矾石、叶腊石所引起，而未蚀变的火山岩、侵入岩则缺乏上述光谱特征。同时，还发现反射率比值(1.6/2.2微米)对于蚀变与未蚀变岩石具有良好的分辨力。由于1.6微米与2.2微米是处于人的视力与红外胶片感光范围以外的波段区，因此，采用这一波段区有可能在已详细勘查的地区仍能发现常规勘查方法未辨认出来的蚀变带。据地质卫星委员会报告的估计，它对寻找铀矿、铜矿、铅锌矿、镍矿、金矿、银矿等矿产具有重要意义。至于热红外波段可用于探测地热、火山活动、研究土壤湿度变化以及划分某些岩石类型已是众所周知的。

(4) 现有传感器没有穿透云层的能力，使世界上若干重要地区由于终年云雾覆盖而未能获得清晰的卫星影象。

三、航天遥感的发展前景

随着空间技术的发展，航天遥感的应用必将产生深远的影响。从美国宇航局今后五年内发射新的探测地球的卫星计划，我们可以乐观地预见这一发展前景。

美国宇航局从1978年起已发射或计划发射的卫星有，陆地卫星—3(1978年3月15日发射)、热容量测图卫星(1978年9月发射)、航天飞机(计划1979年开始发射)、陆地卫星—D(计划1981年9—12月发射)、立体测图卫星(发射任务尚未确定)、海洋卫星—A(1978年5月17日发射)、磁场卫星(计划1979年发射)以及跟踪与数据中继卫星系统(计划1980年1月进行试验)。

这些新的卫星与第一、二颗陆地卫星的主要区别如下，

1. 增加工作波段

陆地卫星—3上的多光谱扫描仪增加了热红外波段10.4—12.6微米，其温度分辨率为1.5℃。

陆地卫星—D上计划安装一台七个波段的专题制图仪，除了与陆地卫星—3上多光谱扫描仪大致相同的可见光—近红外波段与热红外波段外，还增加了1.55—1.75微米与2.08—2.35微米两个近红外波段。如前所述，这两个波段（以1.6微米与2.2微米为中心）将有利于识别某些岩石类型及热液蚀变带，特别是对于填绘与褐铁矿无关的热液蚀变带更具有重要意义。陆地卫星—D的发射将对此专题制图仪在自然资源调查中的有效性作出评价。

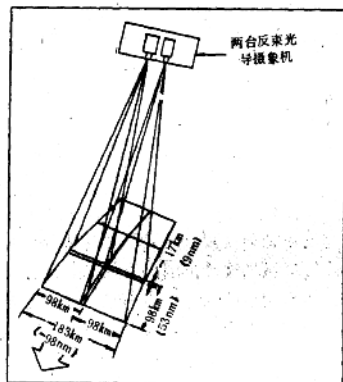


图 2-2.

2. 提高分辨率

陆地卫星—3上装有两台反束光导摄像机，同时拍摄两个并列的全色象片（波段为0.505—0.750微米），每一象幅大小大致为98×98公里，从而使其地面分辨率提高到40×40米（图2-2）。

陆地卫星—D上的专题制图仪的地面分辨率除热红外波段为120×120米外，其它波段均提高到30×30米，而且它能区分并记录256级辐射强度（灰阶），现有陆地卫星上的传感器则只能记录64级，提高了辐射分辨率。此外，它还将提供更高的彩色灵敏度，更高的红外通道容量以及更高的几何校正与辐射校正能力。

航天飞机是目前美国宇航局最主要的计划之一，它是一种类似飞机的运载工具，可载3—7人，在空间持续飞行7—30天。美国宇航局估计用这种航天飞机执行30至50次任务，其中预期在1980年发射的航天飞机将携带一台高分辨率的立体摄影系统，其焦距为12吋，采用9×18吋的胶片，分辨率分别为10米（黑白）、20米（彩色）、30米（红外彩色），其拍摄范围将在限定的地理区划内，即北纬30°至南纬30°。其分辨率已足够满足新的地形测量与制图方面的应用要求。

3. 安装新的传感器

1978年5月发射的海洋卫星—A是一颗全天候的海洋昼夜监视卫星。它携带了几种微波传感器，即试验性合成孔径雷达（ $\lambda=25\text{cm}$ ）、短脉冲雷达高度计（测海面高度）、雷达散射计（测风速与风向）、扫描式多频率微波辐射计（测海面温度）、可见光/红外辐射计。它可以穿透云层获得陆地上的雷达图象，同时，即使在不利的天气条件下也能探测到侵犯200海里以内的船只，对船只预报暴风雨，指示捕鱼区，并可提供有关海水温度、风速、风向等资料，用以改进天气预报等。

磁场卫星计划1979年发射，将携带碱蒸气标量磁力仪（观测精度达±3伽偶）与三轴磁饱和式磁力仪（观测精度达±6伽偶），可用于校正地球磁场图，绘制地壳磁异常并制作地磁场模型。

热容量测图卫星是美国宇航局应用勘查卫星之一。它携带一台两个波段的热容量测图辐射计，其波段为0.5—1.1微米与10.5—12.5微米。其分辨率仅为500米，但将在一天中最热与最冷时刻通过同一局部地区以获得地面热容量数据，可用于测定不同岩石类型的热容量、土壤湿度及监视热流等。

4. 获得立体覆盖图象

立体测图卫星将采用两个望远镜和传感器，提供高分辨率的数字形式的三维立体图象。虽然其分辨率还不足以测绘地形，但可用于识别岩石类型，构造解译，地貌分析及一般的地质填图。

5. 采用新的传输信息的卫星系统

美国宇航局计划于1980年7月发射试验性的跟踪与中继卫星系统（简称TDRSS），与地球同步，一颗卫星位于大西洋上空，另一颗位于太平洋上空，飞行高度33000公里。它将对22个卫星（除与地球同步或高椭圆轨道的卫星以外）进行跟踪并提供数据通讯通道。发射这种通讯卫星系统后，上述几种卫星将不再携带磁带记录仪，而所收录的信息将通过跟踪与中继卫星系统传输到设在墨西哥白沙地面站，从而由于取消了经常失灵的磁带记录仪而改善全世界的拍摄面积，并缩短提供卫星影像给用户的时间。

从上述卫星发射计划来看，航天遥感是有发展前景的，预计它在石油和矿产勘查、地质调查以及水文地质调查工作中的作用将会进一步扩大。因此，目前世界上许多国家都将发展遥感技术作为一项重要任务。据1978年4月的资料，全世界已建成或正在建设的卫星地面接收站已达17个，其中已建成并已工作的9个，即美国三个（阿拉斯加州的费尔班克斯、加利福尼亚州的戈德斯通、马里兰州的格林贝尔特）；加拿大4个（阿尔伯特王子、萨斯卡吞、纽芬兰、肖柯韦）；巴西1个（丘拉巴）；意大利一个（福齐诺）。接近完成的1个，伊朗沙达斯特。已达成协议尚未建成的7个，即阿根廷——马奇凯达、澳大利亚——艾利斯斯普林斯、印度——海得拉巴、日本——东京、瑞典——基律纳、扎伊尔——金沙萨、智利——山泰哥。此外，美国地质调查所地球资源观察系统数据处理中心（简称EDC）1977年对外出售卫星资料的金额达300万美元，这还不包括它本身直接购买的费用，在300万美元的金额中33%是与外国政府成交的。由此可见，各国对发展遥感技术的重视程度。

澳大利亚政府1977年8月便已决定建立卫星地面接收站与处理系统，现正积极筹建。接收站设在中澳的艾利斯斯普林斯地区，预计1979年末建成并投入工作。据澳卫星接收站站长介绍，在目前卫星飞行高度为900km左右的情况下，如接收天线仰角为3°，它可收录全澳大利亚、巴布亚—新几内亚、部分印度尼西亚地区的卫星影像数据。即使将来某些卫星飞行高度降低到700km左右，仍可收录全澳大利亚的卫星影像数据（计420幅），预计其投资费用约420万澳元。

四、结 语

最后还应指出，由于电磁波本身缺乏穿透植被与土壤覆盖层的能力，它并不能直接透视覆盖层下的地质现象。隐伏矿床、地质构造或地下水等只有当它在地表呈现某些间接标志时才有可能识别出来，如控制成矿的断裂构造，含矿地层或蚀变岩石引起的彩色异常，水系、地形地貌变化，以及地下水渗透引起的土壤湿度变化等等。因此，遥感影像解译效

果一般在干旱半干旱、植被稀少、基岩出露较好地区更显著一些。但值得注意的是，一些深层构造轮廓在卫片上也有反映，我们应认真研究其解译标志，而不应作出透视的结论。

如何恰如其分地估价遥感图象的应用效果？美国南加利福尼亚大学沙宾教授曾作了十分中肯的评价。他指出：遥感是一种区域预查方法，其作用在于为布置昂贵的详细工作指出远景区，直接根据遥感资料挖掘矿井或布置普查钻都是不可能的，在区域预查后还应进行地质填图、物探与化探工作，只有根据后者资料才能指出适于布置钻探的地段，任何油田、矿产的发现都是综合方法的结果，不能企图用一种单一方法去可靠地找矿。而实际上，遥感地质已起了良好的效果。据澳方提供的一份资料——1978年6月哈佛大学 Eric Telchotz 先生所写的“卫星数据的处理”——中估计，卫星影象已帮助圈定了价值10亿美元的油藏和几百万美元的矿产。空间技术与计算机图象处理技术的发展还将使遥感地质的应用具有很好的发展前景。无疑它仍是一门值得重视的新技术。

第三章 航空遥感

澳大利亚的航空遥感工作，仍以航空摄影为主。联邦及各州政府均有专门的航测机构，一些公司和政府有关部门也开展这项工作。所用仪器主要是 RC-10 和部分 RC-9-241 × 241 毫米相幅的航空照相机，也有采用 Hasselbad 照相机与 35 毫米的小框幅照相机，用于测绘，取得了一定的经验和效果。航空彩色摄影的应用相当普遍，据认为，其成本虽较高，但其信息量多，便于识别目标，从工作效率与质量上得到了补偿。彩色红外摄影则应用较少，一般认为不易识别岩石的露头 and 边界，只有在热带植物的红外反射率很高的特定条件下，方可反映密林下的岩石露头。

对于红外扫描和侧视雷达等航空遥感新技术，在传感器的改进，技术方法的探讨和地质效果的试验研究方面，都取得了不少的进展和经验。下面着重介绍这方面的情况。

一、热红外扫描

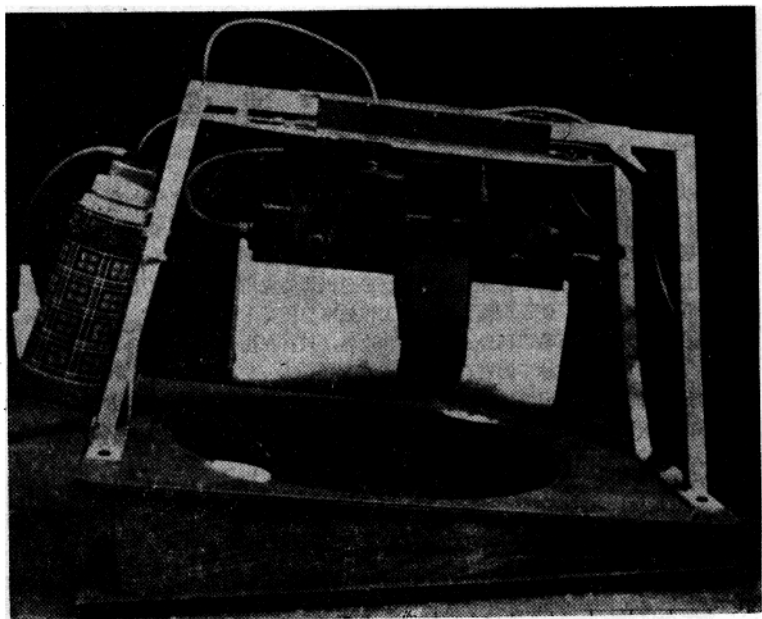
虽然可见光照像是航空遥感的一个重要手段，在配合地质调查中能发挥很大的作用，但由于受黑夜、阴天、薄云的限制，不能随时都能工作。太阳角和大气的干扰，也影响其地质效果，尤其在干旱区、半干旱区，可见光照像的对比度较差，但热红外扫描可弥补这些不足。

澳大利亚开展热红外扫描工作已有七年，主要是作试验性的研究，并配合水文地质调查，地热与火山活动区的测量，监视污染，并在矿区外围进行地质填图作找矿效果试验。一般都在几百平方公里的范围内作大比例尺的热红外扫描，每条测线长度不超过百余公里，线距 1—2 公里不等。私人公司的热红外扫描工作，侧重于生产性质，多配合地质填图。仪器为美国 Daedalus 公司的双道热扫描器和 RS-25 系统，工作波段为 8—14 微米及 3.5—5.5 微米。在昆士兰、巴布亚—新几内亚、印尼、南非地区都做过工作。

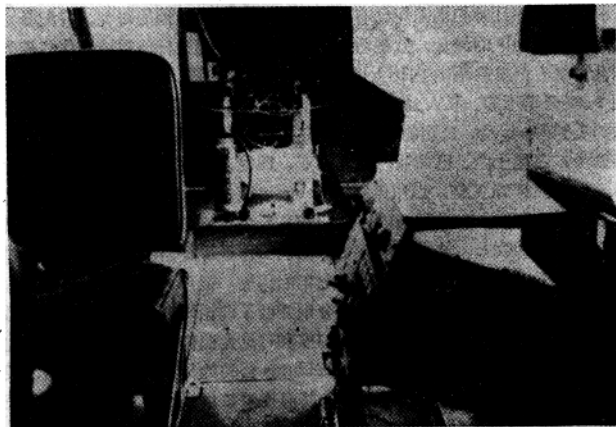
在大学里的热红外工作，以纽卡斯 (Newcastle) 大学为主，其目的有二：一是进行热红外技术的系统研究，二是配合政府部门和私人公司进行热红外地质调查，既可验证研究成果，也可以增加收入，补充科研经费。他们工作很讲经济效益，机构相当精干。纽卡斯大学的热扫描工作是全澳著名的，已有七年的历史，但总共才七个人，在工程物理系主任依鲁也特 (Ellyett) 教授的领导下，分别开展了理论研究方法（包括热惯量制图）和仪器的改进以及数据处理的工作。热红外扫描和可见光照像的空中操作，通常也只有一个人（最多时为二人）。所用的仪器是美国 Daedalus 公司的早期热红外扫描器，灵敏度及各种功能均较差，但他们均作了较大的改进，将温度灵敏度提高近三倍，增加了正切扫描、模拟磁带记录和侧滚补偿装置（图 3—1）。仪器的工作指标为：

扫描镜，45° 双面镜

扫描率，3600 转/分



A. 红外扫描器在照像口上的安装



B. 红外扫描器及磁带机在飞机上的安装

图 3-1

工作波段：8—14 μ m (峰值波长9.2—11.7 μ m)

探测器：HgCdTe液氮致冷。充满杜瓦瓶后每次工作20分钟(条件较好时达2小时)。

温度灵敏度：0.3 $^{\circ}$ C

瞬时视场：1.5毫弧度

视场：120 $^{\circ}$

记录方式：70毫米胶片与1/4"调频磁带同时记录。磁带的中心频率为54KHz，带宽 \pm 15KHz，胶片速度连续可调，CRT显示。

侧滚补偿：用垂直陀螺及球形罗盘实时校正。

热基准源：有两个黑体源。校准温度为5 $^{\circ}$ —20 $^{\circ}$ C，可调。

电源：DC28伏，250瓦。

配合对热红外扫描资料进行处理的是一台PDP 11 E 10小型计算机(其内存为16k)、一台磁盘(RKO 5)、一台磁带机(Kennedy model, 2800)，一台电传打字机、一台彩色

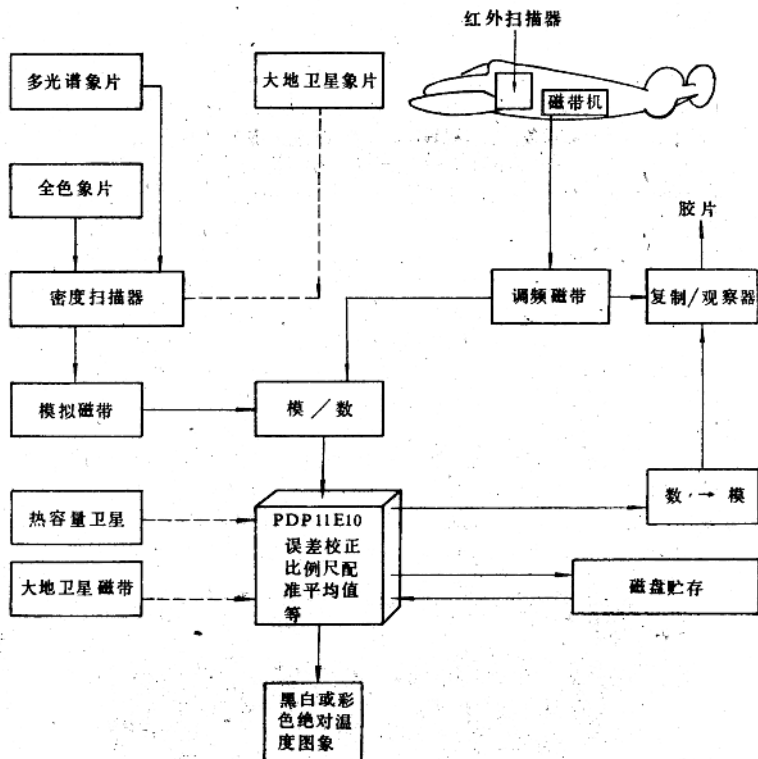


图 3—2 在纽卡斯大学处理热红外与全色照相资料的流程图

图象显示装置(最大显示为108象元/线 \times 93线)以及图象存储器等。采用RT-11操作系统,专门程序用FontanIV与Assemble语言编写。其处理功能主要有:热红外扫描图象显示与放大,任一剖面的温度显示;热梯度配准以及热惯量转换等。此外,纽卡斯大学还自行组装一套模拟回放成象系统,具有回放成象、几何校正与反差扩大处理等功能。图3-2为纽卡斯大学处理热红外数据与全色象片的流程图。

目前国内研制的热红外扫描器也可达到上述指标(有些还优于这些指标),问题在于配套不及其完整,尤其缺少相应的磁带机、电算机及数据处理的外围设备,因而未能充分发挥扫描器本身的能力。纽卡斯大学的磁带机及数据处理设备等都是自构部件或单机组装,如其彩色监视器就是用一台彩色电视机改成的。全套空中与地面数据处理设备(包括计算机),总共才花120,000美元,比成套进口便宜得多。这种利用现成的设备和组件按自己的需要加以组合和改装的办法,不但大大缩短了研究周期,而且经济实用可靠,可以节省人力物力,充分利用现有的技术成果,很值得借鉴。

热红外扫描所使用的飞机是租用航空公司的,为双发小型飞机,约有8个座位(图3-3)。机型为D18、D13比奇海岸飞机及空中指挥员680F(AERO COMMANDER 680F)。机上有前后两个照相舱,分别安装热红外扫描器及35毫米的OLYMPUS OM-1航速照相机(图3-4)。通常的飞行高度为5000—15000英尺,巡航速度为90—100英里/小时。机上没有自动导航设备,靠目视领航,一般都是选在黎明前及正午时间飞行1.5—2小时。

他们重视正确选定热红外扫描的飞行条件,一般都要在黎明前、正午和傍晚各飞行一次,用不同时间的影象进行对比,了解热动态的特征。下雨常使热异常模糊,大大降低了热成象的效果。因此,在雨后不立刻工作,至少要过3—4天,待地面干燥后才可。风、大气搅动、气温的变化也会影响红外的效果。要十分注意观测工区内的气象条件,必要时需建立微气象站配合工作。这些方面,我们以前未有足够重视,甚至经常忽略。

在热红外扫描时,他们有时也配合热辐射测量,取得飞行线上的温度曲线。所用仪器是美国BARNEN ENGINEERING COMPANY的PRT-5精密热辐射计,其视角角为 2° ,工作波段为 $8-14\mu\text{m}$,温度灵敏度为 0.25°C ,内有校正黑体源,用以测量目标的绝对温度,配合热红外扫描影象的解译。

近年来,澳大利亚的热红外扫描工作已取得一定的成果。在水文地质调查中,主要是确定水库的渗漏地段和地下水的注入点,了解水库下游地下水位的抬高和盐碱化面积的分布,其效果较显著。在巴布亚—新几内亚火山活动区进行热红外扫描的结果,已知火山活动区均发现热异常。它还用于划分土壤温度与土壤类型,对土壤温度的微小变化很敏感。



图 3-3 D18 双发动机比奇飞机