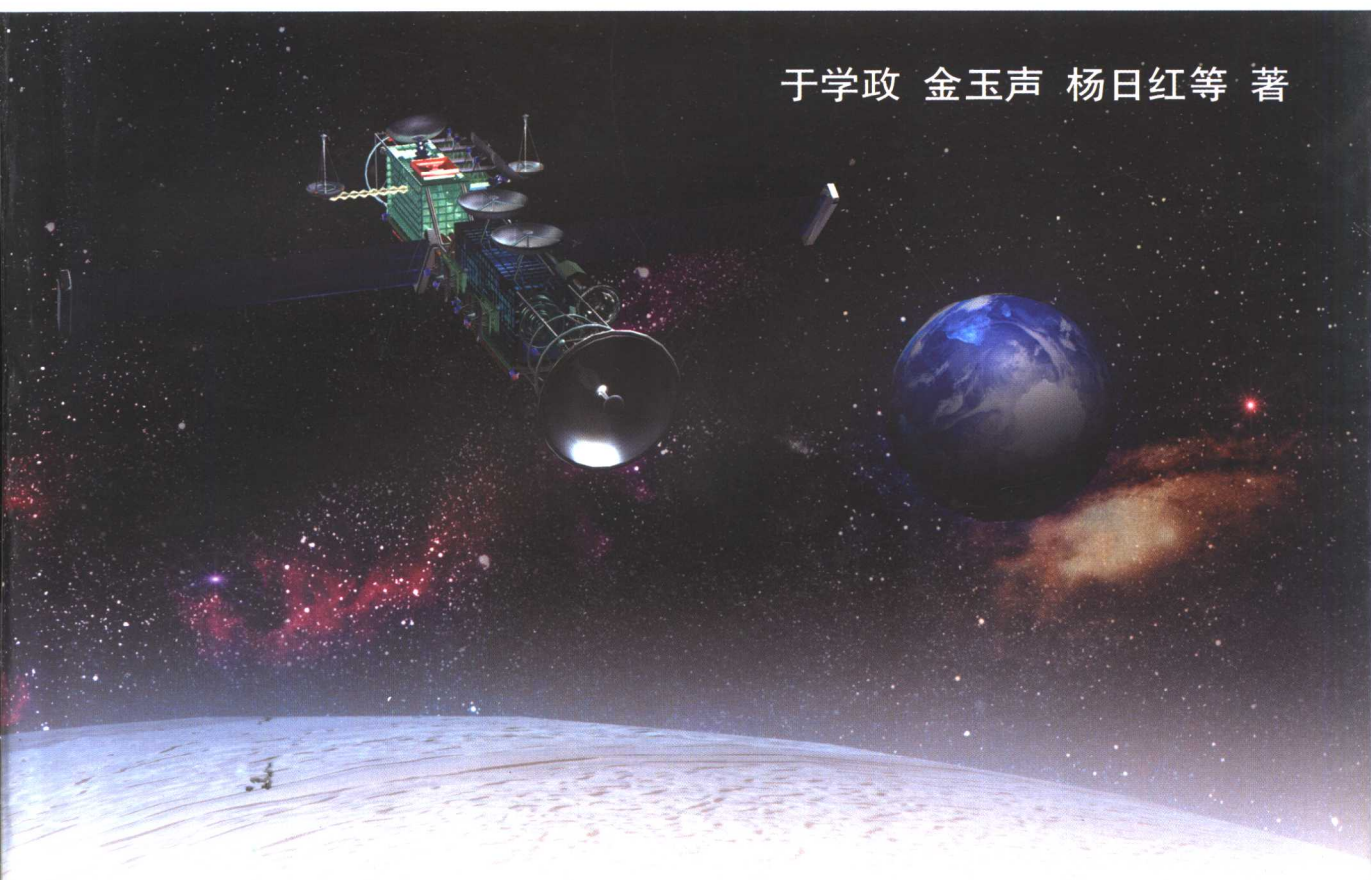


中国地质调查局
地质调查专报E0002号

藏东遥感地质与矿产资源

ZANG DONG YAO GAN DI ZHI YU KUANG CHAN ZI YUAN

于学政 金玉声 杨日红等 著



地质出版社

中国地质调查局
地质调查专报 E0002 号

藏东遥感地质与矿产资源

于学政 金玉声 杨日红 著
王晓红 张力军 贵卫平

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 摘 要

本书是“藏东三江地区重要成矿区带遥感解译编图与矿产资源预测”项目的成果。作者以1:50万TM图像遥感地质解译编图为基础,运用找矿新理论和计算机矿化信息提取技术,配以化探异常筛选等综合方法,对藏东三江地区重要成矿区带进行Cu(Mo)、Au、Pb、Zn、Ag等多金属矿床、矿化集中/密集带进行预测,目的是发现大一超大型矿产资源勘查基地或矿化地。矿产资源综合预测和成矿远景区带圈定基于构造-岩浆成矿/控矿/容矿背景研究,结合遥感找矿五要素解译调查,在全面提取“线带环色块”等遥感找矿内容的同时,总结藏东三江地区丰富的矿产资源所具有的遥感信息特征,发现新的矿化赋存场所。经遥感找矿五要素/构造-岩浆成矿背景/主要成矿条件,如喜马拉雅期二长花岗岩、石英二长岩、浅成-超浅成斑岩系列小岩株、甲丕拉组赋矿岩系、侏罗/白垩纪含铜砂岩、沿怒江板块缝合带发育的脆韧性剪切构造等组合分析,认为藏东三江地区Cu(Mo)、Au等矿产资源潜力巨大,共划分出七大成矿带,65个成矿预测区,找矿靶区5处。

本书可供西部大开发的领导、管理人员以及从事遥感地质、矿产地质的科研、区调、教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

藏东遥感地质与矿产资源/于学政等著.-北京:地质出版社,2003.7

ISBN 7-116-03859-0

I. 藏… II. 于… III. ①地质勘探-遥感技术-研究-西藏②矿产资源-地质勘探-研究-西藏
IV. P617.275

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第054442号

责任编辑:陈军中 祁向雷

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zhs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京中科印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm^{1/16}

印 张:11.25 图版:24

字 数:273千字

印 数:1—800册

版 次:2003年7月北京第一版·第一次印刷

定 价:40.00元

ISBN 7-116-03859-0/P·2384

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

遥感矿产资源预测的哲学思考

(代序)

遥感矿产资源预测简称遥感找矿，是一门建立在现代高科技平台基础之上的技术，它既需要源于数学、物理学、化学、天文学以及地球科学等学科的基本支持，也可以直接借用、引用、甚至是占用它们的研究成就。遥感找矿技术在自然科学界遴选适用的技术和手段，充分借鉴成功的理论和结果，以遥感数据处理技术和遥感图像为介质，辅以适当的实地工作，达到发现矿藏之目的。

从现实情况看，遥感在发掘使用相关技术时，过分依赖单一技术和理论，如室内图像处理等，易过于片面；无分选运用综合技术，如多数据拟合技术等。只有根据任务目的的不同要求，合理有效地、重点突出地和优势互补地利用相关技术，才能达到预期目的。

遥感找矿技术是一种思维，是缘于地球科学和现代地质学找矿理论基础上的高度概括，是在现代物理学理论和实际指导下的理论升华。遥感找矿理论不是凭空想象，也不同于逻辑推理，它是在准三维空间平台上，经过理论→实践→再理论→再实践→最后指导找矿的反复过程。遥感找矿技术在克服传统地质找矿方法，从离散的“点线面”找矿信息搜索中徘徊的缺点之后，将“点线面”与“面线点”信息搜索方法相结合，并进行多轮反复印证，最后达到更科学地预测评价矿产资源的目的。

遥感找矿技术是集约型的技术集成，是克服传统找矿技术所存不足的法宝。在国家经济目前并不十分富裕的前提下，辽阔的国土，大范围的地质调查与找矿空白区域，为遥感找矿技术提供了理想空间。就当前而言，遥感找矿技术是加速国土资源勘查、国家家底查清和推动西部大开发进程的实用技术之一。

遥感找矿技术是以务实为实验基地的。遥感找矿技术有快速勘查和加速评价等优点。在过去几十年，特别是近几年中，随着遥感找矿技术的发展，遥感找矿成果显著，与之相关的高水平的报告和图件的提交，为进一步开展详查工作提供了指导。

目 录

遥感矿产资源预测的哲学思考 (代序)

第一章 绪论	(1)
第二章 地层	(8)
第一节 元古宇、前震旦系	(8)
第二节 震旦—寒武系	(11)
第三节 奥陶系	(11)
第四节 志留系	(12)
第五节 泥盆系	(12)
第六节 石炭—二叠系	(13)
第七节 石炭系	(13)
第八节 二叠系	(14)
第九节 三叠系	(15)
第十节 侏罗系	(18)
第十一节 白垩系	(20)
第十二节 古近系、新近系	(22)
第十三节 第四系	(24)
第三章 侵入岩	(25)
第一节 江达侵入岩带	(25)
第二节 昌都侵入岩带	(26)
第三节 丁青-吉塘侵入岩带	(28)
第四节 木嘎岗日侵入岩带	(29)
第五节 波密-八宿侵入岩带	(30)
第六节 雅鲁藏布江侵入岩带	(32)
第七节 康马-隆子侵入岩带	(33)
第四章 火山岩	(34)
第一节 火山岩时空分布基本格局	(34)
第二节 江达火山岩带	(36)
第三节 昌都火山岩带	(38)
第四节 丁青-吉塘火山岩带	(39)
第五节 木嘎岗日火山岩带	(40)
第六节 波密-八宿火山岩带	(41)
第七节 雅鲁藏布江火山岩带	(42)
第八节 北、高喜马拉雅火山岩带	(43)

第九节 有关问题的讨论	(43)
第五章 变质作用及变质岩	(45)
第一节 江达变质带	(45)
第二节 昌都变质带	(46)
第三节 丁青-吉塘变质带	(47)
第四节 木嘎岗日变质带	(48)
第五节 班戈-八宿变质带	(49)
第六节 波密变质带	(49)
第七节 雅鲁藏布江变质带	(51)
第八节 康马-隆子变质带	(51)
第九节 北、高喜马拉雅变质带	(53)
第六章 藏东区域地质构造	(54)
第一节 金沙江缝合带	(56)
第二节 昌都板块	(58)
第三节 澜沧江结合带	(59)
第四节 怒江缝合带	(60)
第五节 波密-八宿板块	(61)
第六节 雅鲁藏布江缝合带	(62)
第七节 喜马拉雅滑脱板块	(63)
第八节 西瓦里克 A 型俯冲带	(64)
第九节 藏东高原整体隆升构造	(64)
第七章 地质发展史	(67)
第八章 区域矿产特征	(76)
第一节 铜、钼矿产	(76)
第二节 金矿产	(93)
第三节 铅锌银矿产	(101)
第四节 其他金属矿产	(111)
第九章 成矿背景、成矿规律及成矿带划分	(113)
第一节 区域构造-岩石-成矿背景分析	(113)
第二节 区域地球化学背景	(119)
第三节 成矿规律	(121)
第四节 成矿区带划分	(125)
第十章 遥感找矿五要素及矿产资源成矿预测 (铜金铅锌银)	(130)
第一节 线要素	(130)
第二节 带要素	(133)
第三节 环要素	(134)
第四节 色要素	(136)
第五节 块要素	(138)
第六节 遥感找矿五要素不同组合型式揭示的成矿信息	(141)

第七节 铜金铅锌银矿产资源遥感成矿预测 (145)

第八节 遥感找矿靶区 (165)

第九节 邻区重要成矿远景区 (166)

第十一章 结论 (169)

参考文献 (172)

第一章 绪 论

藏东三江地区在地理位置上指青藏高原东南隅,位于金沙江、澜沧江、怒江和雅鲁藏布江 4 条大江流域及其分割的横断山脉地区。在行政区划上,北部为青海省玉树地区,东以金沙江为界与四川省甘孜地区相邻,东南与云南省迪庆地区相接,南部与缅甸、印度毗邻,西界大致在雅鲁藏布江大拐弯一线,主体位于西藏自治区境内,研究区面积约 25 万 km^2 。

自新生代以来,伴随青藏高原强烈隆升,藏东三江地区地形地貌发生了强烈变动,形成特征的江岭相间且强烈切割的高山深峡地貌景观。其山系山脊海拔高度一般在 4500 ~ 5500 m,江谷在 2400 ~ 3200 m,相对高差可达 2300 m 左右。研究区自然气候条件极其恶劣,交通条件十分不便,地质勘查工作难度极大。

在构造地质上,藏东三江地区属特提斯-喜马拉雅构造域的东段,位于冈瓦纳古陆与欧亚古陆强烈碰撞/挤压地带,也是特提斯造山带与环太平洋造山带两大巨型造山带汇合处。受到印度洋板块北东部犄角状突兀构造作用影响,研究区整体上在三江陆内俯冲构造系作用制约下,地质构造复杂多样,岩浆作用频繁发育,成矿条件十分有利,是我国重要的铜、金、多金属等矿床的成矿远景区域。

一、研究的基础

1. 依托项目情况

本书的项目依托是中国地质调查局于 2000 ~ 2002 年开展的“藏东三江地区重要成矿区带遥感解译编图与矿产资源预测”项目(编号:20002010004056),由中国国土资源航空物探遥感中心承担。研究区范围为东经 $94^{\circ}30'$ ~ $99^{\circ}00'$,北纬 $28^{\circ}30'$ ~ $32^{\circ}00'$ (图 1-1)。调查方法采用卫星遥感解译编图与找矿方法。任务目标定为:初步查明研究区的区域成矿地质背景;预研究区内主要矿种 Cu、Au 多金属矿产成矿区带和具有良好远景的靶区;评估藏东三江地区矿产资源的潜力。项目经费为 50 万元。承担该项目的具体工作人员及分工如下。

项目负责人:于学政 博士 教授级高级工程师 解译编图与找矿
王晓红 硕士 高级工程师 计算机制图与矿产解译

项目参加人员:金玉声 学士 高级工程师 基础地质研究与编图
贲卫平 大学 工程师 编图与资料管理
杨日红 硕士 计算机制图与编图找矿
张力军 学士 高级工程师 基础地质研究
阎同生 博士 副教授(特邀) 基础地质研究

2. 研究区地质矿产工作程度

藏东三江地区 1:20 万化探和 1:20 万区调已完成 19 个图幅,重要成矿带完成了部分

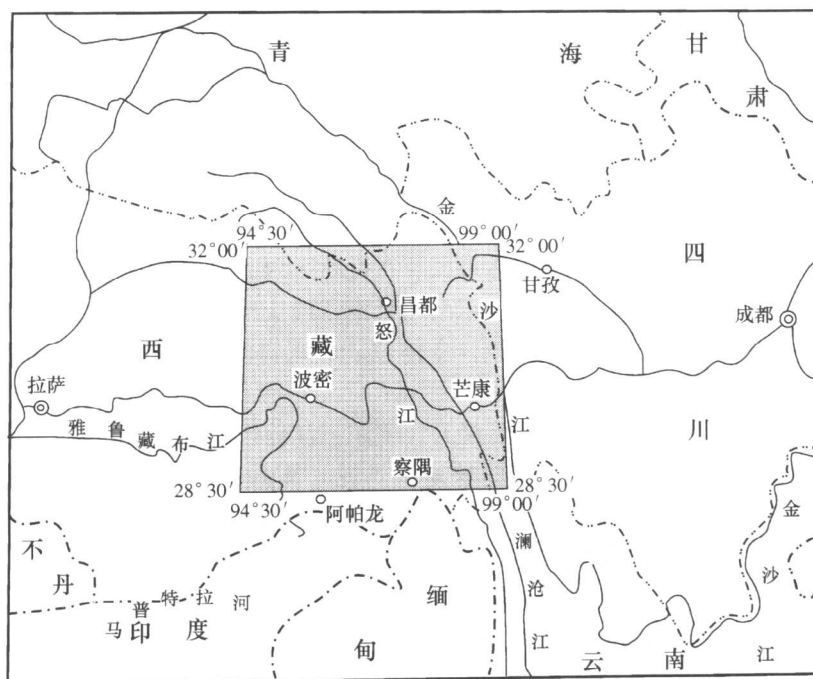


图 1-1 研究区交通位置简图

Fig. 1-1 The traffic location plot of region of research

1:5万区调和1:5万化探工作。目前已发现矿产70余种，矿床80余处，矿点290多处，矿化点340多处。在地学科学研究方面，相继完成了《西藏自治区区域地质志》、《三江地质志》、《矿产志》的编写，发表了大量的有关板块构造、成矿理论、成矿规律等专著与论文。编辑完成了1996~2020年“西藏自治区国土资源规划”暨“矿产资源勘查与开发”等专题规划性文本。

3. 遥感工作基础

(1) 搜集遥感数据：本次工作收集TM图像14景，其中包括ETM数据4景。详见表1-1。

(2) 遥感图像制作：完成图像制作工作量如下。

①项目中期使用图像，TM543 (RGB)、TM741 (RGB) 等多种彩色合成品种，1:25万/1:50万比例尺以及各种不规范比例尺图像多套。②项目提交图像，1:50万TM543 (RGB) 影像镶嵌图一套。

(3) 专业图件编制：完成1:50万遥感地质解译图、1:50万遥感矿产资源综合预测图各一套。以1:50万藏东三江地区遥感地质解译图和矿产资源综合预测图为主题，编制遥感综合找矿系列图件16套，附加编制北部邻区邓柯地区1:50万地质矿产图一幅。

(4) 野外调查：共完成野外乘车观察地质路线和概略考察地质路线总长度约8000 km；详细地质观察、矿床/矿点/遥感解译找矿异常点检查53个；采集鉴定岩石标本100余个；化验样品20个；分析Au、Ag、As、Hg、W、Mo、Cu、Pb、Zn、Co等10种有用矿化元素

表 1-1 TM (ETM+) 轨道号及获取时间表

Tab.1-1 The orbital number and acquisition date of TM or ETM+

轨道号	获取时间	传感器	质量情况
132/40	1995.5.10	TM	好
132/41	1990.11.12	TM	好
133/38	2000.7.17	TM	好
133/39	2000.7.17	TM	好
133/40	1994.10.28	TM	好
134/38	2000.5.13	ETM+	好
134/39	2000.5.13	ETM+	雪 > 50%
134/39	2000.5.12	TM	雪 > 20%
134/40	1994.10.28	TM	雪 > 35%
135/38	1999.9.23	TM	好
135/39	2000.5.12	TM	雪 > 20%
135/39	2000.5.13	ETM+	雪 > 50%
135/40	1998.12.17	TM	好
135/41	1998.12.17	TM	好
136/38	1994.12.29	TM	好
136/41	1999.12.19	ETM+	好

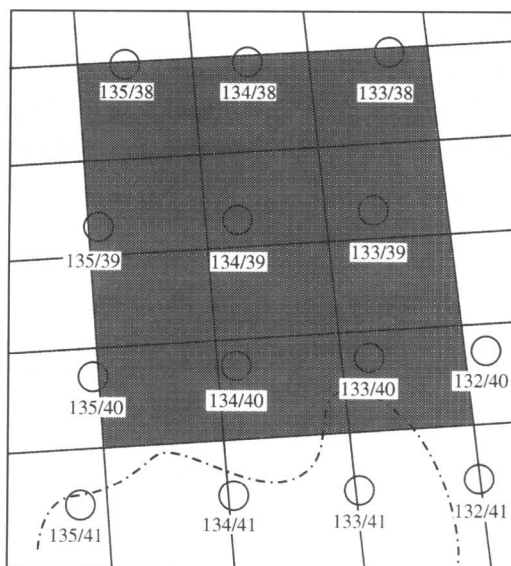


图 1-2 所需卫星影像示意图

Fig.1-2 Sketch map of satellite image for the region

105 个数据。

二、研究思路、技术路线与工作方法

1. 1:50 万藏东三江地区 TM 影像镶嵌图

(1) 数字镶嵌。数字镶嵌是指应用计算机,将相邻且互有重叠的两幅或数幅数字图像拼接在一起,生成一个在几何形态上和色调分布上协调一致,统一为一个整体的新图像文件的处理过程。本次制作镶嵌图主要是为工作区重要成矿区带的遥感解译编图提供基础图件。

工作区涉及 H~46~B(丁青县)、H~46~D(林芝县)、H~47~A(昌都县)、H~47~C(芒康县)4 幅 1:50 万地形图,制作影像镶嵌图需用 14 景 TM(ETM+)数据(图 1-2)。

从收集到的 14 景图像数据特点分析得知,其时相差别较大(1994~2000 年),获取的季节也不一致,全区整幅镶嵌难度很大。镶嵌图的制作流程如图 1-3 所示。

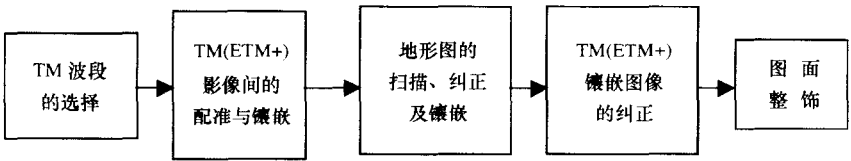


图 1-3 镶嵌图的制作流程图

Fig.1-3 Flow diagram of execution mosaic figure

最佳波段的选择:TM 卫星数据有 7 个波段,主要的技术参数及一般应用特点如表 1-2 所示。ETM+ 有 8 个波段,1~7 波段范围与 TM 一致,本次未使用 ETM+ 全色波段数据。

根据 TM 各波段的应用特点和地物波谱特征分析,我们选用 TM 5、4、3(RGB)组合方案。因为第 5 波段为大部分造岩矿物波谱响应曲线高峰段;第 4 波段为近红外波段,为植被的高反射区,对植物的种类和长势都有较好的反映,某些情况下,与矿床分布特征有一定关系;第 3 波段红光波段,为可见光 3 个波段中波长最长的波段,因而抗大气干扰的能力相对于 1、2 波段强,参与合成时效果较好。

表 1-2 TM 数据的主要技术参数及应用特点表

Tab.1-2 Mostly technical parameter and application characteristic of TM data

	波段范围/ μm	分辨率	TM 图像一般应用特点
TM1	0.45~0.52	30 m	蓝绿光,对水有较大的穿透性
TM2	0.52~0.60	30 m	绿光,对应于植被反射峰
TM3	0.63~0.69	30 m	红光,对应于植被叶绿素吸收谷
TM4	0.76~0.90	30 m	反射近红外光,大部分植被高反射区,地形信息十分丰富
TM5	1.55~1.75	30 m	反射近红外光,为大部分造岩矿物波谱响应曲线高峰段
TM6	10.4~12.5	60 m	热红外波段光,指示地物温度高低
TM7	2.08~2.35	30 m	反射近红外光,可识别更多岩性,尤其是含粘土矿物的蚀变岩

(2) 图像配准与镶嵌。镶嵌图像涉及两项关键技术：一是相邻图像的几何配准，另一是相邻图像之间的色调和反差调整。

本次采用先镶嵌后纠正的方法，即先将 14 景图像彼此镶嵌后再对地形图作校正。

由于 TM 图像像元分辨率为 30 m，14 景图像镶嵌时数据量过大，目前计算机硬件设备和图像处理软件均无法操作，且对 1:50 万影像图来说没有必要，因而首先对每景 5、4、3 (RGB) 合成数据 2/2 抽样，使数据量减少 3/4。

同一轨道镶嵌较简单，首先根据 TM 头文件所给的方位角，利用 ENVI 软件旋转数据，进行指北处理。旋转后像元的灰度值用 3 次卷积法得出。经此处理后，同一轨道的图像用 PHOTOSHOP 软件即可进行无缝镶嵌，镶嵌前对各景图像的色彩予以适当的调整，期望得到良好的视觉效果。调整原则是层次丰富、色调均匀、反差适中。由于时相差别过大，各景图像植被发育程度不同，色调不完全一致，不可过分强调视觉效果而导致调色过度，造成光谱信息损失及光谱扭曲，并可能形成一些假信息。

经过上述步骤，处理形成 132 至 135 轨道的影像镶嵌图。下一步将做不同轨道图像之间的配准。134 轨道位于工作区中间，以该轨道影像为基准，将 133 与 135 轨道影像与其配准。配准方法为利用 ENVI 软件，在相邻影像重叠区选择同名点，进行影像对影像的校正。以此类推，将 132 轨道与 133 轨道进行配准。136 轨道两景图像由于不相邻，直接与 135 轨道影像配准，所选各轨道控制点配准及误差情况如表 1-3 所示。

表 1-3 各轨道控制点情况表
Tab.1-3 The table of reference point of every orbit

轨道号	控制点数	误差/%
132	32	3.37
133	19	1.9689
135	14	1.6461
136 ~ 38	15	0.7525
136 ~ 41	14	1.2554

利用 PHOTOSHOP 软件，即可将配准后的 5 个轨道的图像镶嵌在一起，镶嵌前需对各轨道图像略做色调调整。

(3) 地形图的扫描、纠正与镶嵌。镶嵌后的图像要用相同比例尺的地形图进行纠正，对影像赋以投影坐标。

首先将地形图扫描进入计算机，扫描分辨率为 300 dpi，每个像元约 42.4 m，满足对 TM 图像纠正的精度要求。扫描后的地形图会有一定程度的变形，利用 ENVI3.2 对其进行纠正。纠正控制点取经纬网上的理论值，并顾及 4 个图廓点的理论坐标值作为对图幅的控制。工作区经度跨度为 94.5°至 99°，跨高斯-克里格投影 16、17 两带，需做跨带处理。由于 17 带占工作区的绝大部分，将 16 带转成 17 带。每幅地形图均选 49 个控制点，它们 RMS 误差为：昌都幅 2.4399、芒康幅 2.8159、林芝幅 3.5167、丁青幅 2.7471。

纠正后的地形图均有地理编码。利用 ENVI 的 Mosaic 功能将 4 幅地形图进行镶嵌，镶嵌后左边两幅地形图有偏斜，这是因为跨带处理的结果。

(4) 镶嵌图像的精校正。镶嵌后的 TM 图像与地形图进行点对点的精校正, 控制点的选择要求分布均匀, 突出永久地物点。本次共选择 60 对控制点, RMS 误差为 5.9808 像元, 相当于地面 358.848 m, 图面 0.718 mm 误差, 在藏东三江高差较大的地区, 符合精度要求。

(5) 图面整饰。完成纠正后, 进行图面的整饰。首先根据经纬度范围裁切图像, 其次利用 ENVI 软件标注经纬格网, 在 PHOTOSHOP 中注记必要的图名、地名、大的水系名、行政界线、比例尺等, 至此完成了 1:50 万影像图的制作工作 (彩图 1)。

2. 1:50 万遥感解译与编图

(1) 解译和编图原则。参考《1:25 万遥感地质调查技术规定》, 结合本书的目的任务与研究区实际情况, 雅鲁藏布江大拐弯西南部地区 (即麦克马洪线控制范围) 与金沙江北东地区 (四川省遥感中心工作区) 不作为重点, 仅对与成矿相关的地层和岩浆岩侵入体进行重点解译。岩石地层单位划分到组, 断裂构造标绘精度不小于 1000 m。本书遥感解译编图精度参考 1:50 万比例尺编图精度, 但不以编图为最终目的, 不单纯拘泥于 1:50 万图面质量, 以发现新的矿产地、矿化密集区带或大型—超大型矿床线索为目的。

沉积岩地层, 按岩石地层单位或影像岩石单位解译。针对这一地区地层单位名称的混乱现象突出的特点, 以现代地层学和沉积学理论为指导, 以岩石地层单位划分为基础, 开展生物地层、年代地层划分对比。首先选择合适的地层单位名称, 视情况进行层序地层单位、事件地层单位、化学地层单位和磁性地层单位等多重地层单位的划分与对比, 确定各地层单位的主要岩性特征、基本层序构成、厚度、接触关系性质、叠覆特征及空间变化特点以及地球化学特征, 以便很好地确定相应沉积地层单位。对赋存沉积矿产的岩石地层单位, 除初步查明有关矿种的产状、规模以外, 还注意收集有关沉积成矿作用的岩相古地理和构造等资料, 为研究有关矿产的形成和分布规律提供基础依据。

酸性侵入岩岩石, 按岩体或影像岩石单位解译。根据岩浆岩填图新规范, 没有划分单元、超单元。对不同地区、不同时代、不同岩性划分为 M 型、I 型、S 型、A 型花岗岩组合, 就其成因、形成环境及所处的构造环境进行探讨, 特别是针对与成矿密切相关的斑岩类做重点解译。

火山岩岩石及火山机构, 按岩石地层单位、岩相带或影像岩石单位解译。研究区内火山岩分布比较广泛, 参照沉积岩岩石地层工作方法, 根据沉积或喷发叠覆或横向变化关系、喷发旋律、喷发韵律、岩浆演化特点综合考虑。另外对火山岩岩石类型、矿物成分、结构构造 (原生和次生构造)、矿化蚀变特征、岩石化学和地球化学特征进行相应研究。

基性—超基性岩类, 根据其主要沿缝合带分布的特点, 按蛇绿岩岩石组合或影像岩石单位解译。

变质岩岩石地层, 参考沉积岩岩石地层工作方法, 按构造-地 (岩) 层、构造-岩石单位或影像岩石单位解译。

地质构造, 按构造形迹 (如褶皱、断裂、剪切带, 推覆体、走滑或伸展构造等) 性质及相对时空关系解译。

第四纪沉积物, 按不同成因类型进行解译, 例如分布河流附近的洪冲积物、湖泊周围的湖积物与残坡积物等。

该区遥感解译图是在收集区内已完成的 19 幅 1:20 万区域地质调查资料的基础上, 利

用常规 1:50 万编图方法并结合遥感地质解译成果完成的。

(2) 遥感解译方法。解译在计算机和相纸介质双重工作平台上进行，具体内容如下。

首先，建立解译标志。标志从粗到细，随着解译的深化，逐步补充、充实、完善，贯穿解译的全过程。地质体、地质现象在遥感影像上反映的直接面貌为直接解译标志；而借助地形地貌、水系、植被等间接因素判译/识别的地质内容为间接解译标志。

其次，采用目视解译法。采用面上着眼，点上入手，点线并重，线面紧密结合的解译方法。

直译法：利用解译标志，从图像中直接提取沉积地层、岩体、地质构造以及其他地质要素和地质现象。该方法对圈定裸岩区地质体、地质构造、地质现象等效果明显。

追索法：利用解译标志和地质体、地质构造在图像上显示的痕迹或延展方向上出现的蛛丝马迹，进行跟踪追索圈定地质界线。

类比法：采用两种方式。一是视不同地段相同或相似影像为相同地质体，本着从已知到未知的原则，圈定地质体和地质现象；二是通过不同地学资料相互对比，结合影像中的隐含显示，圈定地质体和地质界线。类比法适用于隐伏地质体和覆盖区地质体的解译。

逻辑推测法：一个地区往往处于相同地质环境和统一的地应力场中，地质作用和形变是有规律性出现的。解译时依据地质规律性，借助图像上的微弱显示，勾画地质体或地质界线。适用半裸露和覆盖地区的解译。

考虑到野外地质调查之工作需要，项目通过在 1:50 万卫星影像图上的初步解译，在计算机上人机交互解译，以及对复杂地质环境和地质内容的数字图像处理，突出地质研究和找矿目标信息的强度，达到了遥感找矿 5 要素研究的目的。目视解译和人机交互解译中，重点解译内容的地质描述，是藏东三江地区遥感综合找矿暨矿产资源预测的基础依据。

1:50 万遥感解译成图采用了 GIS 技术协助转绘和 MAPGIS 方法成图（彩图 2）。

第二章 地 层

藏东地区地层从前震旦系至第四系均有出露。前震旦系宁多群、吉塘群、嘉玉桥群、念青唐古拉群、拉轨岗日群、聂拉木群等构成该区的褶皱基底（彩图 2）。

震旦、寒武纪—志留纪地层中的海相沉积出露零星，在北、高喜马拉雅和昌都地区为基性及中性火山岩。

晚古生代地层，以海相为主。有三种环境的沉积：①相对稳定型沉积，局部夹中酸性火山岩；②扩张环境的巨厚堆积与基性熔岩共存；③石炭—二叠纪时期由于冈瓦纳大陆冰川的影响在低喜马拉雅地区形成冰碛岩和冷水动、植物群。

中生代地层，出露面积大，分布广泛，岩石类型复杂，以海相沉积为主，少量陆相或海陆交互相。在金沙江流域的江达地层区，怒江流域的木嘎岗日地层区，雅鲁藏布江地层区还分布有厚度巨大的复理石沉积。

蛇绿岩及裂谷火山岩系（在解决大陆板块构造问题中有着举足轻重的作用）在该区也有分布。如江达地层区有泥盆纪、石炭纪—早二叠世及晚三叠世裂谷型基性火山熔岩；丁青—吉塘地层区有下石炭世—晚二叠世裂谷型基性熔岩，延伸到云南及青海省南部，见有蛇绿岩残片；木嘎岗日地层区有晚三叠世—侏罗纪时期蛇绿岩和裂谷型火山岩；雅鲁藏布江地层区存有以早白垩世为主要时期的蛇绿岩残片。

该区同时代地层在不同地区岩性组合、沉积环境有其明显的差异性；同一时代同一地区地层单位相变显著，厚度变化亦较大。

近 40 年来，西藏地质局、中国科学院地质研究所、中国地质科学院、成都地质矿产研究所及各大院校科研院所等都做了大量的地质工作。自 1986 年以来，藏东三江地区陆续开展了由多省承担的 1:20 万区域地质矿产调查工作，提供了很多重要资料。总之，本区地层工作研究较细，但地层单位命名极不统一。本书主要依据《全国地层多重划分对比研究——西藏自治区岩石地层》一书，经过综合分析、综合整理、综合研究，统一确定藏东地区的岩石地层单位（表 2-1）。

第一节 元古宇、前震旦系

宁多群 ($Pt_2 \sim_3 N$)：分布于江达和察雅—昌都地层区，为一套中深变质地层，岩性主要为黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩、黑云母石英片岩、二云母石英片岩、变粒岩、大理岩夹斜长角闪岩及混合岩。原岩为一套泥砂质岩、中基性火山碎屑岩及碳酸盐岩。中、下部同位素年龄值为 1820 ~ 1780 Ma (U-Pb 法)、1594 Ma (Sm-Nd 法)，总厚度大于 3310.22 m。

草曲群 ($Pt_3 C$)：分布于察雅—昌都地层区，为一套中、浅变质的岩石地层。其岩性组合为：上部为绢云绿泥片岩、白云石英片岩；中下部变质砾岩、石英片岩、千枚岩、石英

表 2-1 西藏自治区藏东地区岩石地层单位序列表

Tab.2-1 Correlation of stratigraphic division of Eastern Tibet

地 层 系	地层大区		藏 滇 大 区										华南大区			
	地层区	西 瓦 里 克	喜 马 拉 雅				冈底斯-腾冲		羌南-保山		羌北-昌都-思茅					
	地层分区		低喜马 拉雅区	高喜马 拉雅区	康马- 雅鲁藏 布江	拉萨- 察隅	班戈- 八宿	木嘎 岗日	丁青- 吉塘	察雅- 昌都	江达					
系	统															
第四系		松散砂砾														
新近系	上新统	西瓦里														
	中新统	克群 N-QX							康托组 N _{1k}		喷纳湖 组 N _s	拉屋拉组 N _l				
古近系	渐新统															
	始新统								牛堡组 E _{1-2n}	牛堡组 E _{1-2n}			贡觉组 E _{1-2g}			
	古新统															
白垩系	上统						日喀 则群 K _{1-2R}		竟柱山组 K _{2j}	阿布山 组 K _{2a}			晚香堆群 K _{2X}			
	下统						罗布莎 蛇绿岩 群	桑日群 K _{1S}	郎山组 K _{1l} 多尼组 K _{1d}		早香堆群 K _{1X}	早香堆群 K _{1X}				
侏罗系	上统							多底沟组 J _{3d}	拉贡塘 组 J _{3l}	木嘎岗 日群 JM	晚雁石 坪群 J _{3Y}	晚察雅群 J _{3C}	肯做杂 组 J _{3k}			
	中统							却桑温泉 组 J _{2q}	桑卡拉佣 组 J _{2s}		中雁石 坪群 J _{2Y}	中察雅群 J _{2C}	东大桥 组 J _{2d}			
	下统								马里组 J _{2m}			早察雅群 J _{2C}	查郎嘎 组 J _{1c}			
三叠系	上统						涅如组 T _{3n}				丁青蛇 绿岩群 T _{3-1D}		巴贡组 T _{3bg}			
											波里拉组 T _{3b}					
											甲丕拉组 T _{3j}					
											洞卡组 T _{3dk}					
	中统												公也弄 组 T _{3g}			
														东独组 T _{3d}		
二叠系	上统							查曲浦组 T _{1-2C}					瓦拉寺 组 T _{2W}			
	下统												普水桥 组 T _{1p}			
石炭系	上统							蒙拉组 P _{2m}				沙龙组 P _{2s}	夏牙村组 P _{2x}	妥坝组 P _{2t}		
	下统							洛巴堆组 P _{1l}				东坝组 P _{1d}	交嘎组 P _{1j}	莽错组 P _{1m}		
石炭系	上统							来姑组 C _{2l}				C ₂		里查组 C _{2lc}		
	下统							诺错组 C _{1nc}				卡贡群 C _{1K}	马查 拉群 C _{1M}	鹭曲组 C _{2aq}		

续表

[illegible]

岩、长石石英岩夹变质橄榄玄武岩。橄榄玄武岩同位素年龄值为 876 ~ 999 Ma (U-Pb 法), 与青白口纪相当, 与宁多群未见接触, 厚度大于 3521.03 m。

吉塘群 (AnZJt): 分布于丁青-吉塘地层区内。上部为云母钠长片岩、变砂岩、石英岩、板岩、黑云母石英片岩、绿泥钠长片岩、变玄武岩; 下部为黑云母二长片麻岩、黑云斜长片麻岩、石英片岩、白云母片岩、夹变粒岩、角闪片岩、混合岩等。上部岩石同位素年龄值 757.1 Ma (Rb-Sr 法), 下部角闪片岩年龄值 1800~2300 Ma (Sm-Nd 法), 其时代属前震旦纪。总厚度大于 1670 m。

吉塘群为一套略带紫色的粉红色影像组合, 岩系层纹不发育, 晚期花岗岩类侵入体较发育, 常引起范围较广的以角岩化、青磐岩化为代表的蚀变晕环 (彩图 3)。

嘉玉桥群 (AnZJ): 分布于木嘎岗日地层区和班戈-八宿地层区。上部岩性主要为云母质钠长片岩、板岩、千枚岩、大理岩; 下部岩性以大理岩为主, 夹石墨白云母片岩、片麻岩、变粒岩、石榴二长片麻岩, 未见底。钠长片岩测得同位素年龄值 (1230 ± 59) Ma (Sm-Nd 法)。总厚度大于 6001 m。

该群阳坡主要为一套粉红—浅红色和青灰色阴阳相间影像色块，在地貌上占据极高的位置，水系穿越部位，山势陡峭，高差明显，其图纹结构由个体（山体）较大的图斑构成，构造变形纹理发育，与周围花岗岩类岩（ γ_3^3 ）界线明显。

念青唐古拉群 (AnZnq): 分布于拉萨-察隅地层区, 岩性为黑云二长片麻岩、黑云斜