

青藏铁路沿线 矿产资源遥感调查

◎ 方洪宾 杨金中 张 微 等著

QINGZANG TIELU YANXIAN
KUANGCHAN ZIYUAN YAOGAN DIAOCHA

地 质 出 版 社

青藏铁路沿线矿产资源遥感调查

方洪宾 杨金中 张 微 张 伟 刘世英 尹显科 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是在“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目成果基础上编写而成的。该项目由中国地质调查局资源评价部管理,以遥感技术为主开展矿产资源调查。全书分四章,内容包括:区域遥感地质特征、区域成(控)矿地质条件遥感调查、遥感找矿预测、区域找矿方向与工作建议。在充分收集与研究青藏铁路沿线及邻区的区域地质调查、资源评价和科研成果资料的基础上,利用遥感技术开展矿产资源综合调查,初步查明了青藏铁路沿线及邻区区域成矿地质特征和成矿条件;以遥感异常信息为主,综合应用区域地质、物探、化探等资料,圈定了遥感找矿靶区、遥感找矿远景区,并对区域找矿方向进行了综合研究,为青藏高原矿产资源遥感调查和资源评价积累了成功经验和参考依据。

本书可供有关科研、教学人员和生产部门的专业人员参考,还可为区域地质、矿产调查工作部署提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

青藏铁路沿线矿产资源遥感调查 / 方洪宾等著.

—北京:地质出版社,2014.4

ISBN 978-7-116-08763-7

I. ①青… II. ①方… III. ①青藏高原—铁路沿线—矿产资源—地质遥感—遥感地面调查 IV. ①P617.27

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第065648号

责任编辑: 赵俊磊 蔡卫东

责任校对: 王 瑛

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); (010) 82324571 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm $1/16$

印 张: 19.75

字 数: 500千字

印 数: 1—600册

版 次: 2014年4月北京第1版

印 次: 2014年4月北京第1次印刷

定 价: 90.00元

书 号: ISBN 978-7-116-08763-7

(如对本书有意见或建议, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序 言

矿产资源是我国经济保持快速发展的重要物质基础，是全面建设小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦的重要保障。随着矿产资源勘查工作的不断深入，易于发现的矿床日趋减少，找矿的难度也越来越大，后备资源严重不足。青藏铁路沿线地区具有优越的成矿条件、丰富的矿产资源、多样的成矿作用、复杂的矿床类型，是我国寻找众多贵重、紧缺或稀有矿产资源极具潜力的地区。然而，受客观条件所限，其矿产资源调查工作十分薄弱，工作程度远远满足不了为国家提供战略资源保障的目的。

为加大青藏铁路沿线地区矿产资源勘查力度，中国地质调查局于2008年下达了“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目。旨在充分发挥遥感技术具有的大面积、高精度、低成本、客观快速、成果便于综合分析等优势，在青藏铁路沿线及周边地区，通过遥感地质解译和矿化蚀变异常信息提取，实现大型矿集区快速预选，圈定找矿有利地段和大型矿产基地战略成矿远景区。

《青藏铁路沿线矿产资源遥感调查》汇集了大量的基础性调查数据，系统地收集和梳理了青藏铁路沿线及邻区已有的地质、矿产等工作成果，完善了适合中西部地区的遥感异常提取技术方法，建立了集多光谱、雷达于一体的矿产资源遥感调查的技术方法体系。初步创建了高分辨率遥感解译技术流程，为后期我国开展西部重要成矿带高分辨率矿产资源遥感综合调查提供了技术支持。本次工作共筛选出具有找矿意义的遥感异常3389处，圈定遥感找矿靶区908处、遥感找矿远景区59处，新发现得嘎东等矿化线索13处，为后期的区域地质调查与矿产资源远景调查等工作部署提供了重要依据。

《青藏铁路沿线矿产资源遥感调查》作为青藏高原矿产资源调查的总结性专著，汇集了遥感调查研究取得的许多新资料、新认识，发展了许多新概念、新技术和新方法，代表了我国矿产资源遥感调查与综合研究的最新水平，将对矿产资源遥感调查的发展和应用研究产生重要影响。我深信该书的出版一定会受到政府管理部门、企事业单位的欢迎，并给从事矿产资源遥感调查与资源评价工作的研究、教学人员以新的启迪和收获。

胡如忠

2014年8月8日

前言

工作区青藏铁路沿线是指北起格尔木,南至拉萨,西抵萨迦,东到林芝的青藏铁路和雅鲁藏布江成矿带两侧各100km的广大区域。工作区南北跨8个纬度(约 $N29^{\circ}\sim 37^{\circ}$),东西越9个经度($E\ 87^{\circ}\sim 96^{\circ}$),总面积28万 km^2 ,涉及青海西部、西藏中部和南部。

青藏铁路沿线由于其所处的特殊地理位置,向来以丰富的矿产资源和巨大的矿产开发潜力闻名于世。有资料表明,这里为世界上矿产资源成矿背景与找矿潜力最好的地区之一,现已发现了120多种矿产资源,资源潜在价值非常巨大,其中,铬、铜、锌、钾盐、锂、镁、硼、石棉矿产在全国名列前茅;石油资源前景看好,许多优势矿种与外地资源形成互补,将弥补我国资源分布不平衡的缺陷。在矿产资源短缺的大背景下,青藏铁路沿线经济发展拥有其他地区无法比拟的优势,然而由于区内大部分地段山势陡峻、人烟稀少、交通十分不便,地质工作程度相对较低。

为加大青藏铁路沿线矿产资源勘查力度,2008年中国地质调查局矿产评价部组织启动了横跨东昆仑成矿带、巴颜喀拉成矿带、三江成矿带、雁石坪成矿带、唐古拉-查吾拉成矿带、班公错-怒江成矿带、念青唐古拉成矿带、冈底斯成矿带和雅鲁藏布江成矿带9个成矿带的“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目,由中国国土资源航空物探遥感中心组织实施,青海省地质调查院、四川省地质调查院、新疆维吾尔自治区地质调查院、有色金属矿产地质调查中心参加。

在青藏铁路沿线矿产资源遥感调查实施过程中,以ETM⁺多光谱卫星数据为主要数据源,结合Ikonos高分辨数据和雷达数据,利用其不同波段的光谱反射特性,运用几何校正、图像镶嵌、彩色合成、增强处理、图像变换、掩膜处理、数据融合等方法,建立遥感地质解译标志,并结合地质信息综合分析、遥感异常信息多层次筛选技术等方法,进行研究区遥感地质解译与遥感异常信息提取工作;通过野外地质调查与验证,建立和完善解译标志,并对遥感异常形成的原因进行分析和推断,圈定成矿有利地段和遥感找矿靶区;同时,结合已有地质矿产资料,对优选的遥感找矿靶区开展剥土、波谱分析、岩矿测试,以及高分辨率遥感解译与信息提取等工作,进而发现新的矿化蚀变带或矿床(点);在多元信息综合分析的基础上,开展了青藏铁路沿线矿产资源遥感调查和找矿预测,从而为该地区的矿产资源勘查和评价工作部署提供依据。

近年来,前人在青藏铁路沿线开展了大量地质矿产工作,包括1:100万区域地质调查工作已覆盖全区,1:20万区域地质调查仅个别地区为空白区,1:25万区域地质调查覆盖大部分地区;1:100万的航磁和区域重力调查覆盖全区;区域化探工作以1:50万、1:20万区域地球化探勘查为主,1:5万水系沉积物测量仅完成11个图幅。而遥感地质起步于20

世纪50年代后期,当时图像品种单一、质量较差,仅有1:6万左右的黑白航空照片。80年代以来,遥感地质工作有了较大发展,相继开展了多项遥感地质矿产解译、矿产资源遥感调查、生态地质环境遥感调查与监测;矿产调查工作始于新中国成立以后,发现了铜、铅、锌、钴、金、银、稀有、稀土,以及煤、非金属等众多矿种;揭示了青藏铁路沿线存在巨大的铜、富铁、多金属矿产资源潜力和找矿潜力。与此同时,通过《青海可可西里地区地质演化》、《青藏高原大地构造与形成演化》、《青藏高原主要矿产及分布规律》、《青藏高原构造体系》、《青藏高原三叠系》、《青藏高原新生代构造演化》、《青藏高原及邻区地质图》、《青海省区域地质志》、《青海地质矿产志》、《青海省岩石地层》、《西藏自治区区域地质志》、《西藏地质矿产志》、《西藏岩石地层》、《西藏铜金锑多金属矿产资源远景评价》、《雅鲁藏布江成矿区重大找矿疑难问题研究》等科研专著,积累了丰富的资料,取得了令人瞩目的成果。前人的工作,为本次工作的顺利开展,创造了良好条件。因而,本次工作也凝聚着前人辛劳的心血。

历时四年的工作,在充分收集与研究青藏铁路沿线及邻区的区域地质调查、资源评价和科研成果资料的基础上,利用遥感技术开展了全区矿产资源遥感综合调查,制作完成了1:5万标准分幅遥感影像图、遥感异常图、遥感地质解译图各720幅,遥感找矿预测图133幅;筛选出有找矿意义的遥感异常3389处,圈定遥感找矿靶区908处,并对其中38处找矿靶区开展野外查证工作,新发现嘎东、雪水河沟等矿化线索13处;圈定找矿远景区59处,建议部署1:5万区域地质调查与矿产远景调查148幅;初步查明了青藏铁路沿线区域成矿地质特征和成矿条件;以遥感异常信息为主,综合应用区域地质、物探、化探等资料,圈定了遥感找矿靶区、遥感找矿远景区,并对区域找矿方向进行了综合研究;初步建立了集高分辨率光学遥感数据、雷达数据应用于一体的高精度遥感调查技术体系,为青藏高原矿产资源遥感调查和资源评价积累了成功经验和参考依据,并为区域地质调查与矿产远景调查等工作部署提供了借鉴。

本项目实施过程中,得到了中国地质调查局资源评价部、中国国土资源航空物探遥感中心、青海省地质调查院、四川省地质调查院、有色金属矿产地质调查中心、新疆维吾尔自治区地质调查院等单位的大力支持;王瑞江、李金发、薛迎喜、江云华、陈丛林、齐先茂、李光明、周平、郑有业、聂洪峰、郭大海、杨清华、王润生、于学政等领导和专家给予了无私的帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于工作区范围广、工作强度大、时间短,加之遥感技术自身局限,有部分内容和成果研究的深度和广度还不够,不少问题还有待于进一步探讨,书中不妥之处恳请读者批评指正。

作 者

2014年2月25日

目 录

序 言	I
前 言	III
第一章 区域遥感地质特征	1
第一节 概 况	1
第二节 东昆仑成矿带	2
一、地 层	2
二、构 造	7
三、岩浆岩	12
第三节 巴颜喀拉成矿带	13
一、地 层	13
二、构 造	14
三、岩浆岩	16
第四节 三江成矿带	17
一、地 层	17
二、构 造	21
三、岩浆岩	23
第五节 雁石坪成矿带	24
一、地 层	24
二、构 造	26
三、岩浆岩	28
第六节 唐古拉—查吾拉成矿带	29
一、地 层	29
二、构 造	31
三、岩浆岩	33

第七节 班公错—怒江成矿带	34
一、地 层	34
二、构 造	43
三、岩浆岩	47
第八节 念青唐古拉成矿带	50
一、地 层	50
二、构 造	53
三、岩浆岩	56
第九节 冈底斯成矿带	59
一、地 层	60
二、构 造	68
三、岩浆岩	72
第十节 雅鲁藏布江成矿带	74
一、地 层	74
二、构 造	81
三、岩浆岩	84
第二章 区域成（控）矿地质条件遥感调查	87
第一节 东昆仑成矿带	87
一、区域矿产概况	87
二、成矿条件分析	87
三、遥感蚀变异常特征	91
四、典型矿床遥感特征与模型建立	91
第二节 巴颜喀拉成矿带	94
一、区域矿产概况	94
二、成矿条件分析	94
三、遥感蚀变异常特征	96
四、典型矿床遥感特征与模型建立	96
第三节 三江成矿带	97
一、区域矿产概况	97
二、成矿条件分析	97

三、遥感蚀变异常特征	100
四、典型矿床遥感特征与模型建立	100
第四节 雁石坪成矿带	102
一、区域矿产概况	102
二、成矿条件分析	102
三、遥感蚀变异常特征	103
四、典型矿床遥感特征与模型建立	104
第五节 唐古拉—查吾拉成矿带	105
一、区域矿产概况	105
二、成矿条件分析	105
三、遥感蚀变异常特征	106
四、典型矿床遥感特征与模型建立	107
第六节 班公错—怒江成矿带	108
一、区域矿产概况	108
二、成矿条件分析	108
三、遥感蚀变异常特征	115
四、典型矿床遥感特征与模型建立	116
第七节 念青唐古拉成矿带	128
一、区域矿产概况	128
二、成矿条件分析	128
三、遥感蚀变异常特征	129
四、典型矿床遥感特征与模型建立	130
第八节 冈底斯成矿带	132
一、区域矿产概况	132
二、成矿条件分析	132
三、遥感蚀变异常特征	136
四、典型矿床遥感特征与模型建立	137
第九节 雅鲁藏布江成矿带	148
一、区域矿产概况	148
二、成矿条件分析	148
三、遥感蚀变异常特征	153

四、典型矿床遥感特征与模型建立	153
第三章 遥感找矿预测	154
第一节 遥感找矿预测原则	154
一、遥感找矿远景区的预测原则	154
二、遥感找矿靶区的预测原则	154
第二节 遥感找矿远景区	155
一、东昆仑成矿带	156
二、巴颜喀拉山成矿带	162
三、三江成矿带	163
四、雁石坪成矿带	168
五、唐古拉成矿带	172
六、班公错—怒江成矿带	175
七、念青成矿带	195
八、冈底斯成矿带	206
九、雅江成矿带	220
第三节 遥感找矿靶区各论	222
一、东昆仑成矿带	222
二、巴颜喀拉成矿带	225
三、三江成矿带	226
四、雁石坪成矿带	230
五、唐古拉—查吾拉成矿带	231
六、班公错—怒江成矿带	232
七、念青唐古拉成矿带	241
八、冈底斯成矿带	243
九、雅鲁藏布江成矿带	245
第四节 遥感找矿靶区高分遥感调查	254
一、泽朗西南靶区	254
二、山南牧场—扒堆靶区	261
三、那林拉卡靶区	269

第四章 区域找矿方向与工作建议	274
第一节 东昆仑成矿带	275
一、优先开展矿产远景调查地区	275
二、建议开展矿产远景调查地区	275
第二节 巴颜喀拉成矿带	275
一、建议开展矿产远景调查地区	275
二、矿产地预查—普查工作部署	275
第三节 三江成矿带	276
一、优先开展矿产远景调查地区	276
二、建议开展矿产远景调查地区	276
第四节 雁石坪成矿带	276
一、优先开展矿产远景调查地区	276
二、建议开展矿产远景调查地区	276
三、矿产地预查—普查工作部署	276
第五节 唐古拉—查吾拉成矿带	277
一、优先开展矿产远景调查地区	277
二、建议开展矿产远景调查地区	277
三、矿产地预查—普查工作部署	277
第六节 班公错—怒江成矿带	278
一、优先开展矿产远景调查地区	278
二、建议开展矿产远景调查地区	278
三、矿产地预查—普查工作部署	278
第七节 念青唐古拉成矿带	278
一、优先开展矿产远景调查地区	278
二、建议开展矿产远景调查地区	279
三、矿产地预查—普查工作部署	279
第八节 冈底斯成矿带	280
一、优先开展矿产远景调查地区	280
二、建议开展矿产远景调查地区	280

三、矿产地预查—普查工作部署 280

第九节 雅鲁藏布江成矿带 281

一、优先开展矿产远景调查地区 281

二、建议开展矿产远景调查地区 281

三、矿产地预查—普查工作部署 281

参考文献 282

图 版 287



第一章 区域遥感地质特征

第一节 概 况

青藏铁路沿线跨越多个区域性构造带，各构造单元在岩浆活动、沉积建造、变质变形和控矿作用等方面各具不同的特点，从而控制了区内不同时期、不同类型矿产的形成和空间展布。根据研究区地层岩性、岩浆岩、构造变形特征、成矿特征及其遥感影像特征的差异，结合潘桂棠等人最新的板块构造划分成果以及陈毓川院士1999年《中国成矿体系与区域成矿评价》、《青海省第三轮找矿远景区划研究及找矿靶区预测》、《西藏矿产资源潜力评价》等研究成果，将青藏铁路沿线成矿带自北向南依次划分为东昆仑成矿带、巴颜喀拉成矿带、三江成矿带、雁石坪成矿带、唐古拉—查吾拉成矿带、班公错—怒江成矿带、念青唐古拉成矿带、冈底斯成矿带和雅鲁藏布江成矿带9个成矿带（图1-1）。

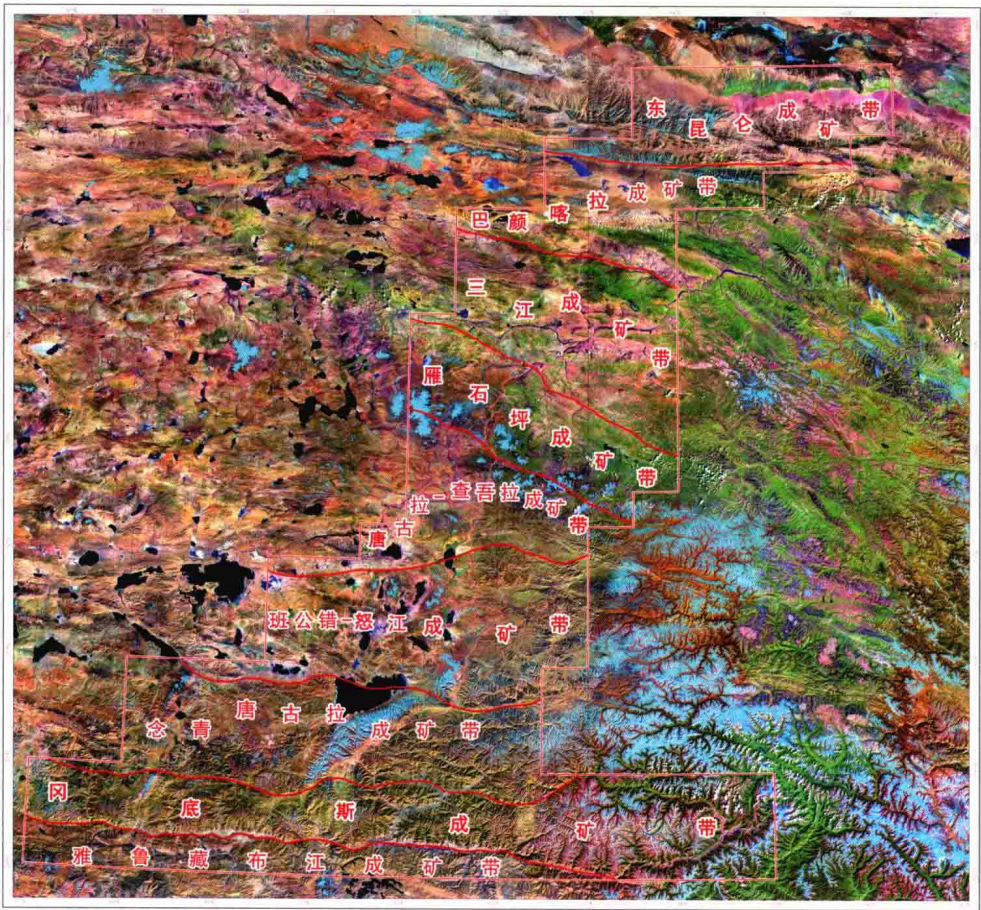


图1-1 工作区成矿带分布图

第二节 东昆仑成矿带

东昆仑成矿带是青藏高原北部十分重要的成矿带之一，总体介于昆北断裂与昆南断裂之间，呈近东西向延展，带内由一系列造山带和微陆块镶嵌而成，具有复杂的地质演化历史，并蕴藏着丰富的矿产资源。

一、地 层

东昆仑地区地层从古元古界到第四系均有出露（表1-1），其中，元古宇为青藏铁路沿线北段相对最古老的基底单元，其特征是具有相对古老而固结程度较高的基底岩系，经历了较深层次的变质变形，地质年代跨度较大，构造、岩石类型复杂；地层走向多呈近东西向、北西西向，与区域构造线方向基本一致。现将与成矿关系较为密切的主要地层单元的遥感地质特征简述如下。

1. 古元古界金水口群（ Pt_1J ）

集中分布在构造复杂、断裂发育、岩浆活动频繁的大格勒沟、五龙沟、向阳沟中游向东延伸至西托拉黑沟一带，为一套中深区域变质岩系，主要岩性有各种类型混合岩、片麻岩以及变粒岩、片岩、石英岩、大理岩、透辉石岩、斜长角闪岩等。该套地层中岩石经多次构造作用和强烈改造，地层已肢解离散，四周多被侵入岩体包围，与相邻地层狼牙山组、小庙组等呈断层接触。

遥感影像特征表现为灰白色、灰红色色调，色调较均匀，条纹清晰，斑块状纹形，中高山地势，V形谷发育，山脊浑圆，树枝状、羽状水系较发育（图1-2）。

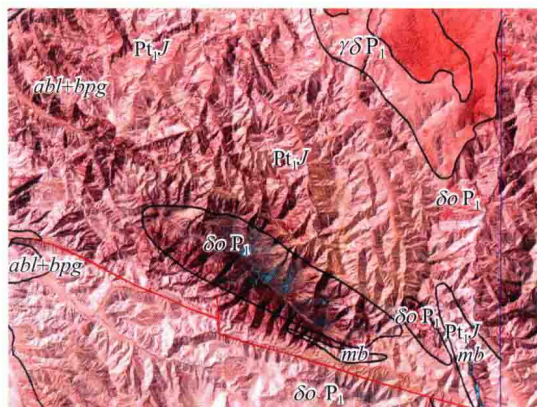


图1-2 金水口群ETM⁺影像特征

2. 狼牙山组（ $Jx1$ ）

仅在格尔木市南道班沟、托拉沟上游、乌龙河上游、白日其利沟中游、下石头坑德等地呈断块零星出露，岩性为浅灰—灰白色结晶灰岩、白云岩、变砂岩夹凝灰质千枚岩、板岩、安山岩，与下伏金水口群呈断层接触。

遥感影像上色调较杂，呈灰白色、灰蓝色、灰黑色、紫红色、棕褐色调等，条带状纹形清晰，中高山地势，山脊尖棱，山谷深切，岩层层理较清晰，平行羽状、稀疏树枝状水系发育。

3. 万保沟群（ $Pt_{2-3}W$ ）

广泛分布在东昆仑山南坡万保沟、纳赤台一带，由一套浅变质碎屑岩、火山岩和浅变质碳酸盐岩组成。严格受断裂控制，区域上形成大小不一的构造块体。上覆奥陶系、泥盆系、三叠系等多呈断层接触。该套地层为东昆仑地区的一个重要含矿层位，其中发现了众多的铜、铁、金等矿（化）点呈带状分布。

其中，上部碳酸盐岩组（ $Pt_{2-3}W_2$ ）岩性主要为一套浅灰色白云岩、条带状硅质白云岩

表1-1 东昆仑-唐古拉成矿带青藏铁路沿线岩石地层单位序

地层分区及岩石地层单位		秦祁昆地层区		巴颜喀拉-羌北地层区			
地质年代	名称	柴达木南缘分区	东昆仑南坡分区	阿尼玛卿山分区	巴颜喀拉山分区	巴金乌兰-玉树分区	乌鲁-杂多分区
新生代	第四纪				羌塘组		
	上新世	油砂山组			曲果组		
	中新世				查保马组		
	渐新世				五道梁组		
	始新世				雅西错组		
	古新世				沱沱河组		
中生代	白垩世	晚白垩世			桑恰山组		
		早白垩世	大牙沟组		洛力卡组		
					错居日组		
	侏罗纪	晚侏罗世				雁石坪群	雪山组
		中侏罗世					索瓦组
		早侏罗世	羊曲组				夏里组
古生代	三叠纪	晚三叠世	鄂拉山组	八宝山组	顶部砂岩夹板岩组	结扎群	波里拉组
		中三叠世		希里可特组	上部板岩组		巴贡组
		早三叠世		阔仓坚沟组	中部砂岩组		甲不拉组
				洪水川组	下部砂岩、板岩组		
	二叠纪	晚二叠世		格曲组			拉卜查日组
		中二叠世					那翁组
晚古生代		早二叠世		布青山群	马尔争组		九十道班组
				树维门科组			诺日巴杂日保组
	石炭纪	晚石炭世	缔傲苏组			西金乌兰群	扎日根组
		早石炭世	大干沟组	哈拉郭勒组			杂多群
							碳酸盐岩组
							碎屑岩组
早古生代	泥盆纪	晚泥盆世	牦牛山组				
		中泥盆世					
		早泥盆世					
	志留纪	晚志留世					
		中志留世	赛什腾组				
		早志留世					
新元古代	奥陶纪	晚奥陶世		哈拉巴依沟组			
		中奥陶世	纳赤台群	石灰厂组			
		早奥陶世		水泥厂组			
	寒武纪	晚寒武世					
		中寒武世					
		早寒武世	沙松乌拉组				
中元古代	震旦纪						
	南华纪						
	青白口纪						
古元古代	蓟县纪	狼牙山组					
	长城纪	小庙组					
		金水口群					
古元古代							
			苦海群				

 整合接触  断层接触  不整合接触  平行不整合接触  接触关系不明  地层缺失

夹石灰岩、千枚岩、变砂岩及板岩等，影像上色调为灰白色、灰褐色、青紫色、灰棕色色调等，局部色调差异较大，斑块状纹形，高山地貌，山脊较浑圆，断层三角面发育；扇状、

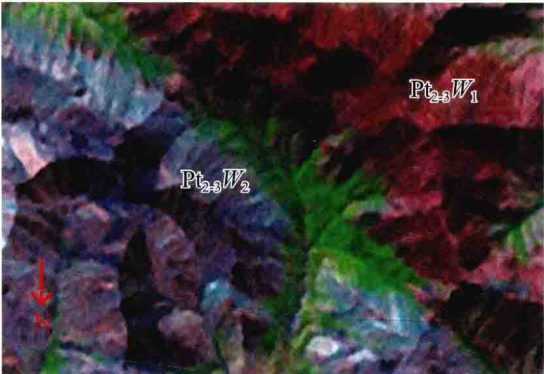


图1-3 巴能梗沙耶一带万保

树枝状水系，次级冲沟呈肋状；放射状影纹发育。下部变火山岩、碎屑岩岩组（ $Pt_{2.3}W_1$ ）岩性主要为灰绿色、暗绿色基性变玄武岩夹少量凝灰岩、层凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质千枚岩、千枚岩及薄层石灰岩。

影像上色调较均匀，呈红褐色、灰褐色夹灰白色调，岩层层理、三角面明显，中高山地貌，山脊清晰尖棱弯曲，山坡风化剥蚀强烈，表面较粗糙，斑点状、条纹状纹影，水系发育，一级支流稀疏树枝状水系为主，次级水系多为羽状（图1-3）。

4. 奥陶系纳赤台群（ON）

主要集中分布在东昆仑南坡纳赤台、石灰厂一带，为东昆仑地区主要含矿层之一，发现了多处铜、钴、金等矿产，著名的驼路沟钴（金）矿床即赋存于其中。

自下而上依次可划分为水泥厂组、石灰厂组、哈拉巴依沟组，各岩组以色调变化和纹理密集程度不同而明显可辨，它们均被北西西向为主的线性构造零切切割，一些边界参差不齐，反映了其构造之特征。

（1）纳赤台群水泥厂组（Osn）

岩性较为单一，为一套碳酸盐岩地层，主要由灰岩、硅质灰岩夹板岩及大理岩构成。影像上呈灰白色，局部略见紫色色调，中高山地，受构造影响，岩石切割破碎，水系不发育，不规则块状、格状纹理发育。

（2）纳赤台群石灰厂组（Osh）

出露岩性下部为千枚岩、石英片岩、片理化流纹岩、流纹质千枚岩及火山碎屑岩等，上部为厚层状灰岩。影像特征较明显，呈棕黄色、砖红色、蓝紫色等，条纹状、格状纹形，山脊尖棱曲折，阴坡一侧呈平行锯齿状断层三角面，阳坡光滑平整，羽状、树枝状水系发育。

（3）纳赤台群哈拉巴依沟组（Ohl）

为纳赤台群地层中出露最为广泛的一套岩组，广泛分布于纳赤台地区菜园子沟—南沟—驼路沟一线及三道湾—石灰厂一带。岩性主要为灰绿色钙质千枚岩、绢云千枚岩、绿泥石化变砂岩、钙、泥质板岩夹绢云石英片岩、复成分砾岩、含砾变砂岩等，成层性好，岩层延伸稳定，与相邻地层呈断块镶嵌，石灰厂附近局部被八宝山组、沱沱河组不整合覆盖。其影像特征多表现为土灰色、浅褐色、蓝色夹灰紫色色调，条带状、条块状纹形明显，岩层层理清晰，影纹较光滑，其中近东西向、北西西向线性构造密集发育，树枝状水系，地貌特征多表现为中山地貌，山脊被切割错断，短而深的沟谷发育，与周边地层易于区分（图1-4）。

5. 志留系赛什腾组（Ss）

集中分布于东昆仑南坡窑洞山地区，呈北西—北西西向条带状展布，与上覆洪水川组呈不整合接触，局部有加里东期、燕山期花岗岩体侵入。岩性为变砂岩、板岩、砾岩、千

枚岩夹中一酸性火山岩。遥感影像上呈红褐色、土黄色、灰红色、深灰褐色色调，表面光滑细腻，条块状纹理较密集清晰，高山地貌，山体浑圆，长条状山脊线清晰连续，延伸远，两侧山坡近于对称且平滑，山脊延伸方向近南北向，与岩层走向近垂直，U形冰槽谷发育；树枝状水系，次级冲沟呈羽状、平行束状。



图1-4 奥陶系哈拉巴依沟组

6. 上泥盆统牦牛山组 (D_3m)

集中分布在昆中断裂以北格尔木河东、西两侧黑刺沟一道沟一带、托拉黑河上游、低山头、锯齿山等处，受北西向、近东西向断裂控制明显。岩性下部为灰紫—紫红色砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、粉砂岩；上部为灰紫—紫红色安山岩、玄武安山角砾岩、安山凝灰岩。影像特征为灰褐色、灰白色、深褐色色调，条纹状纹形，平行树枝状水系，高山地貌，深切割地形，山脊线清晰但不尖棱，V形沟谷居多。

7. 上二叠统马尔争组 (P_2m)

集中分布在东昆南结合带中，主要沿东大滩—黑刺沟—西藏大沟一线以及红石山地区、洪水河北岸等地分布，受线性构造所限，总体呈北西西—近东西向带状展布。其构成较为复杂，总体为一套滨浅海相的碎屑岩和含生物的碳酸盐岩建造以及少量火山岩建造，为东昆仑南结合带阿尼玛卿地区主要含矿层之一，区域上已有马尔争铜（金）矿点及布青山铜矿点赋存于该层中。

依据岩性组合和在遥感影像上较明显的特征差异，将其可分为三个岩段：火山岩段 (P_2m^a)、碎屑岩段 (P_2m^b) 及碳酸盐岩段 (P_2m^c)，分述如下。

(1) 马尔争组火山岩段 (P_2m^a)

北西西向呈断块状与马尔争组碎屑岩段相伴产出。出露岩性为安山岩夹玄武岩及玄武安山质火山凝灰岩。影像上色调较深，多表现为均匀鲜艳的深红色、棕红色调，高山地貌，山体较浑圆，末级树枝状水系发育，花斑状、绒团状影纹。

(2) 马尔争组碎屑岩段 (P_2m^b)

为马尔争组中出露相对最为广泛的一套岩段，在阿尼玛卿构造缝合带上由西向东呈条带状断续出露，与周围地层多断层接触，局部曲果组、沱沱河组不整合覆于其上。主要为一套变细碎屑岩系，岩性为板岩、千枚岩、片岩、变砂岩夹大理岩及凝灰岩。影像特征较为独特，灰紫色、浅黄棕色色调，山脊明显，较为尖棱，条带状或条块状纹形，局部略显层理，表面较粗糙，发育紧密的平行羽状—树枝状水系，次一级支沟紧密而平行，与一级支沟为近直角交会，切割较深，以特征纹理差异可与其他地质体相区分（图1-5）。

(3) 马尔争组碳酸盐岩段 (P_2m^c)

与马尔争组碎屑岩段相伴产出。岩性为生物碎屑灰岩、结晶灰岩。遥感影像上色调较特殊，呈灰白色、青灰色色调，缓山坡，因出露较局限，影纹表现不甚明显。

8. 下一中三叠统洪水川组 ($T_{1-2}h$)

集中分布于哈拉郭勒、昆仑河、驼路沟、万保沟及埃坑德勒斯特等地。岩性下部为一