辽西肖家营子地区金矿遥感信息提取及成矿预测❶

张佩民[1],黄林日[2],鲍巨才[3],王俊清[3]
(1.有色金属工业总公司地质资料馆,燕郊 065201;2.吉林有色地质勘查院,长春 130012;3.辽宁有色沈阳地质勘查院,沈阳 110121)

摘要:对TM图像作比值及主成分分析,选择能突出金矿蚀变的高特征向量值所在的主分量进行彩色合成,通过空间滤波及非监督分类处理,图像上显示出似晕圈状的彩色异常区。经野外验证,部分彩色异常区与化探异常分布范围相叠合,新发现的3处金矿点金品位分别达到2.74×10^{-6}、9.61×10^{-6}和9.6×10^{-6}。结合图像上的彩色异常信息和取样分析结果,在进行成矿条件分析后,提出了三处金(银铜)遥感综合成矿预测区。

关键词:主成分分析;遥感信息;金矿;肖家营子地区
中图分类号:TP 751;TP 753 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-070X(2000)03-0031-07

0 引言

在辽西肖家营子地区太古界建平群小塔子沟组(Ar_x)深变质岩系中,金矿床(点)和矿化点分布集中,且金品位较高。区内24处金矿床(点)和矿化点的近矿围岩均发育有程度不同的热液蚀变,其中含氢氧根矿物的蚀变主要有绢云母化、高岭土化等;含碳酸根矿物的蚀变主要有碳酸盐化;含铁矿物的蚀变主要有褐铁矿化等。近两年,我们在该区利用1987年1月30日接收的121/31景TM数据,主要采用波段比值与主成分分析图像处理技术,对建平群小塔子沟组内的3个子区进行金矿化蚀变信息提取,获得了多处彩色蚀变晕圈,晕圈内有已知金矿床(点)分布。结合区域成矿条件的综合分析和分散流异常等资料,有目标地进行了实地检查验证,新发现了3处金矿点,圈定了3处金(银铜)遥感综合成矿预测区,获得了较好的找矿效果。

1 区域地质概况

研究区主要出露建平群小塔子沟组(Ar_x)、大营子组(Ar_d)中深变质岩系。燕山台褶带的基底由太古界建平群及混合花岗岩构成。中元古代以来接受海相沉积,形成了大面积的陆源碎屑沉积建造及碳酸盐建造。该区断裂构造特别是深断裂构造相当发育,且具有多期次活动的特点。区内断裂构造主要发育有东西向、北东向、北西向、南北向及北东东向等5组,其中

❶ 本文为"九五"有色遥感技术应用研究重点项目
收稿日期:2000-04-19;**修订日期**:2000-08-31

以北东向、北北东向和北西向 3 组断裂最为发育，且对区内的矿产起到重要的控制作用。区内岩浆活动强烈，不同期次、不同规模、不同类型的侵入岩发育。

区内 24 个金矿床(点)和矿化点集中分布在太古界建平群深变质岩系中。按其成因类型，有变质－热液型、岩浆－热液型和构造蚀变岩型等，但其金元素的活化迁移，均与区域变质作用有关。据辽宁有色地质勘查局 109 队资料(1989)，建平群小塔子沟组含金丰度较高(表 1)，反映了建平群小塔子沟组为区内金矿成矿的初始矿源层。

表 1 辽西建平群小塔子沟组主要岩性金、银含量表

岩石名称	Au($\times10^{-6}$)	Ag$\times10^{-6}$)	样品数
角闪斜长片麻岩	0.289	4.090	8
黑云斜长片麻岩	0.03	0.685	2
斜长角闪岩	0.097	1.887	40

2 TM 图像的增强处理及效果

TM 图像增强处理，主要是增强金矿控矿因素，包括控矿岩性、控矿构造及控矿岩体的信息。我们选择了对东岱王山—高家杖子王洛地—深井和中三家—肖家营子 3 个子区进行 TM 图像的增强处理。3 个子区是区内主要的成矿区段，已知中三家中型金矿床、碾子沟金矿点、山咀金矿点、东岱王山金矿、杨树沟金矿点和高家杖子金矿点等均分布在 3 个子区内。

2.1 主成分分析(PCA)方法及增强效果

在东岱王山—高家杖子子区，采用 TM1～TM7 七个波段主成分分析的第一分量 PC1(红)与 TM2(绿)及 TM1、TM3、TM4、TM5 四个波段主成分分析的第三分量(PC3，蓝)进行合成。在合成后的图像上，蓟县系铁岭组白云质灰岩和含锰灰岩及洪水庄组的页岩夹砂岩等岩性组合呈现深粉红色色调，建平群小塔子沟组片麻岩呈淡粉—粉红色色调，燕山期二长花岗岩及正长岩呈现粉红—深红色混杂色调；第四系主要呈深蓝色色调，同时线性构造也得到了明显的增强，如章京营子—河西村北北东向断裂显示出明显的线性直沟、河流的定向转弯及山鞍部等影像标志。该断裂在 1:20 万重力异常图上也有较清晰的显示，为北北东向延伸的重力梯度变化带。

2.2 主成分分析与波段比值组合增强处理

在东岱王山—高家杖子子区，采用 TM1～TM7 主成分分析的 PC2(红)与 TM1、TM3、TM4、TM5 主成分分析的 PC3(绿)和 TM4/TM3(蓝)进行合成。在彩色合成图像上，东岱王山北西的下白垩统义县组(K_1y)安山岩、火山角砾岩和页岩等岩性组合显示出蓝灰色调异常信息。且这种异常信息的长轴方向呈北西向展布，形态呈扁椭圆形，大小在 0.35×0.7 km^2。恰与银分散流异常的长轴方向相吻合。

在中三家—肖家营子子区，采用 TM1、TM3、TM4、TM5 主成分分析的 PC4(红)、TM5/7(绿)和 TM1～TM7 主成分分析的 PC1(蓝)进行彩色合成，在合成图像上，北北东向的朱碌科—中三家断裂及其两侧的地层岩性差异显示得非常清楚。该断裂在中三家—公营子一段，图像上由一条平直的北北东向直线型浅蓝白与暗红色色调界面构成，如刀削一般平直。断裂两侧的色调、影纹结构、水系类型、植被发育程度及综合景观等方面差异十分明显。

3　金矿蚀变信息提取的方法选择及效果

金矿蚀变信息提取主要选取突出含氢氧根和碳酸根矿物的 TM5/7、TM5、TM7 等因子，并作主成分分析。在主成分分析后生成的主分量(PC)中，选择突出蚀变信息(TM5/TM7)的最高特征向量值所在的主分量(PC4)通过滤波及非监督分类处理，压抑掉与蚀变无关的信息，从而形成了只有蚀变晕圈的彩色图像。蚀变晕圈从中心向外，颜色由蓝黑色—青色—黄色—深粉色，色彩非常醒目。再把蚀变晕圈的彩色图像与 TM7 的黑白图像叠和在一起，生成最终的金矿蚀变信息提取图像。

在中三家—肖家营子子区和东岱王山—高家杖子子区，采用这种方法均获得了较好的金矿蚀变晕圈图像。在蚀变晕圈内有已知金矿点分布多处，部分蚀变晕圈又落在 Ag、Pb 分散流异常的叠合部位。说明这种蚀变晕圈系由金矿的矿化蚀变岩及其构造破碎带中含粘土矿物较高的构造岩引起。

4　金矿遥感综合成矿预测

肖家营子地区遥感综合成矿预测是在对区内 1:5 万 TM1、TM4、TM7 合成图像地质解译的基础上，结合子区增强处理图像和蚀变信息提取图像上的金矿控矿因素及金矿化信息显示，配合 Au、Ag、Pb 等分散流化探异常资料，在有目标性地进行实地检查验证和取样分析的基础上，提出的遥感综合成矿预测区。

4.1　东岱王山—杨树沟预测区

预测区跨建平县青松岭乡和朱碌科乡，西起新房子，向东经东岱王山至高家杖子，南至杨树沟，面积约 60 km^2(图 1)，该预测区具有以下特点：

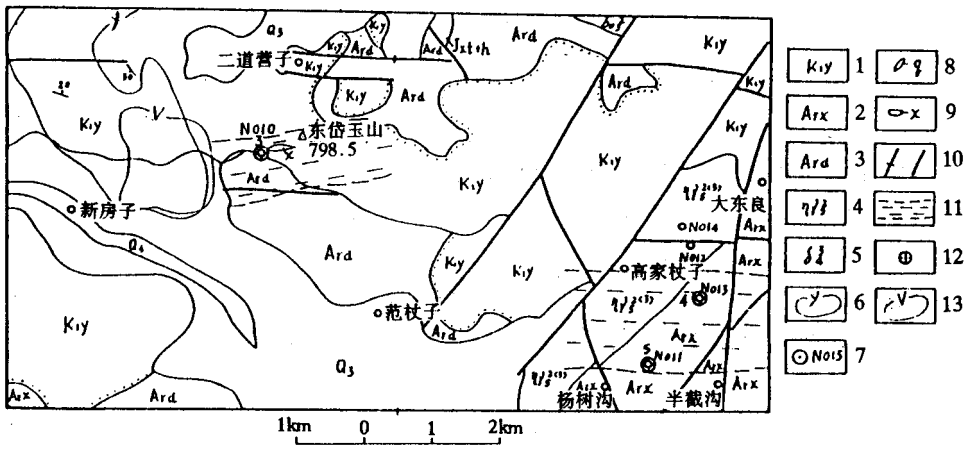

图 1　岱王山—高家杖子—带解译地质矿产图

1—下白垩统义县组；2—建平群小塔子沟组；3—建平群大营子组；4—燕山早期二长花岗岩；5—海西期闪长岩；6—Y 分散流异常；7—观测点及编号；8—石英脉；9—煌斑岩脉；10—断裂带及断裂；11—韧性剪切(变形)带；12—金矿点；13—V 分散流异常

(1)地质构造复杂,成矿条件有利。预测区位于朱碌科—中三家断裂的北东端,北部有西南关—北阳坡近东西向断裂的东延部分与之斜截,构成"入"字型斜截区。次级断裂构造有北北西向和近南北向两组,构成了预测区内复杂的断裂构造格局。区内出露地层主要是建平群大营子组(Ard)混合质黑云斜长片麻岩、条带状黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩和大理岩。北部和东部出露有下白垩统义县组火山岩。东南部高家杖子一带出露有燕山早期第三阶段二长花岗岩($\eta\gamma_5^{2(3)}$),东北部出露有华力西期闪长岩(δ_4^3)。中酸性侵入体的分布严格受朱碌科—中三家断裂的控制,呈北北东走向。

(2)矿化蚀变发育,石英脉含金较高。区内已知有东岱王山金矿点、杨树沟金矿点和高家杖子金矿点。其中,东岱王山金矿点是此次工作新发现的金矿点之一。在 No10 观测点实地观察发现,该矿点地表褐铁矿化、黄铁矿化石英脉、石英细脉、石英网脉非常发育,多呈褐红色、褐灰色,有的淋滤成蜂窝状,宽度由几十 cm 至十几 cm 不等。1998 年,在 No10 观测点南东 160°距离 200 m 的缓坡上,发现石英细脉褐铁矿化强烈,出露宽度十几 cm 至几十 cm,大体走向近东西,延长几 m 至十几 m,取样分析金品位达 0.38×10^{-6}。1999 年对岱王山金矿点又进行了复查,在褐铁矿化石英脉中取 Lx004 样品,分析金品位为 0.10×10^{-6},Lx005 样品金品位为 1.08×10^{-6},在蜂窝状褐铁矿化石英脉中取 Lx007 样品,分析金品位达 2.74×10^{-6}。可见,在 No10 观测点附近的大营子组混合质黑云斜长片麻岩中金矿化蚀变发育,石英脉中含金普遍,并达到边界品位。

高家杖子和杨树沟金矿点与东岱王山金矿点成矿条件基本一致,其含矿地层为小塔子沟组黑云斜长片麻岩。北部出露有燕山早期第三阶段的二长花岗岩($\eta\gamma_5^{2(3)}$)侵入体。实地调查,在高家杖子—杨树沟一带,地表石英脉发育,高岭土化、碳酸盐化及褐铁矿化普遍。在杨树沟金矿点地表高岭土化、褐铁矿化石英脉中取样(Y11－3)分析,金品位达 3.09×10^{-6}。

(3)有多处蚀变晕圈彩色异常区显示。在 TM2(红)、TM3(绿)和 PCA(TM5/TM7、TM4/TM3)的 PC2(蓝)合成图像上,显示出多处金的蚀变晕圈彩色异常区,部分蚀变晕圈内有已知金矿点分布,部分蚀变晕圈落在 Ag 0.1×10^{-6}和 Pb 80×10^{-6}的分散流异常的叠合部位。

(4)预测区西北部具有银铅分散流异常。在预测区西北部新房子村北的义县组火山岩地层中,有一处 Ag 分散流异常和 Pb 分散流异常。根据金、银伴生关系密切,两处异常又处于叠加形态,因此,该区有寻找原生金银矿的可能性。

4.2 石门子沟—碾子沟金银铜成矿预测区

如图 2 所示,该区面积为 62.5 km^2,具有以下特点:

(1)良好的岩体及构造条件。预测区内出露地层主要是小塔子沟组片麻岩类,西部有少量下白垩统义县组火山岩分布。区内中酸性侵入体出露广泛,北部有华力西晚期石英闪长岩岩体(δO_4^3)。在该岩体的西侧出露有燕山早期石门子沟二长花岗岩岩体($\eta\gamma_5^{2(2)}$)以及正长斑岩小岩株($\zeta\gamma_5^{2(2)}$),南东侧出露有燕辽期石英二长岩(ξO_2^2)。

该区位于杜家营—王洛地北东向断裂构造的北端,除发育有北西向和近南北向的断裂构造外,还出露有大量的褐铁矿化及黄铁矿化石英脉以及硅化破碎带。通过 TM 图像线性构造解译,在石门子沟—深井发现一条宽 0.5 km,长 15 km 的韧性剪切(变形)带。实地调查,韧性剪切(变形)带走向为北东东 80°,带内分布有哈通沟金矿点和魏家沟金矿点。

(2)已知金矿点及 Au、Ag、Cu 分散流异常多处。预测区内出露有前五龙台金矿点、哈通沟

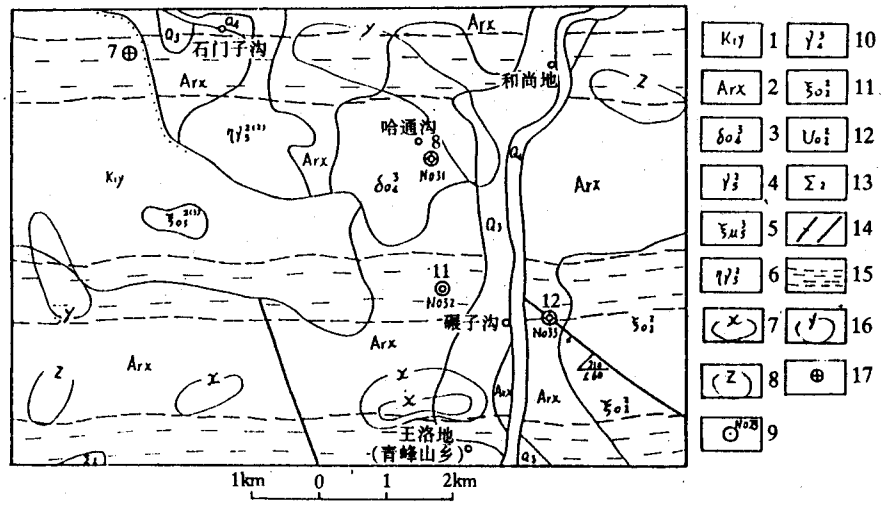

图2　石门子沟—碾子沟一带解译地质矿产图

1—下白垩统义县组；2—建平群小塔子沟组；3—海西期石英闪长岩；4—燕山早期花岗岩；5—燕山晚期英安斑岩；6—燕山早期二长花岗岩；7—X分散流异常；8—Z分散流异常；9—观测点及编号；10—海西期花岗岩；11—燕辽期石英二长岩；12—燕辽期辉长苏长岩；13—角闪岩橄榄岩等；14—断裂带及断裂；15—韧性剪切(变形)带；16—Y分散流异常；17—金矿点

金矿点、新城地金矿点和碾子沟金矿点。其中碾子沟金矿点是本次工作新发现的构造蚀变岩型金矿点，取样分析，金品位达 9.6×10^{-6}。此外，在预测区西北部的哈通沟石英闪长岩岩体内及边部具有Ag的分散流异常；和尚地一带具有Cu的分散流异常。南部还有Cu和Au分散流异常和Ag分散流异常，说明该预测区具有良好的金、银、铜找矿前景。

4.3　三座庙—下马厂金预测区

如图3所示，该区面积为86 km^2，具有以下特点：

(1)地层构造条件有利。预测区内出露地层主要为建平群小塔子沟组黑云斜长片麻岩，只在老西店西侧出露少量的下白垩统义县组火山岩。区内断裂构造发育，并严格控制了不同时期的基性—酸性侵入岩的分布及已知金矿(化)点的产出。区内主干断裂有两条，一是石金大坝—双庙北北东向断裂，另一条是王福店—兴隆沟北东向断裂，两条断裂为区域上凌源—北票岩石圈断裂的次级断裂。此外，在预测区南部还出露一条北西向断裂，并控制了印支期花岗岩($\gamma_5^{2(2)}$)和二长花岗岩的北西向分布以及燕辽期辉长苏长岩($V_{o_2}^2$)的北西走向。

六家子东燕山早期第二阶段的二长花岗岩岩体出露于王福店—兴隆沟北东向断裂的边部，兴隆沟华力西期第二阶段闪长岩岩体($\delta_4^{3(1)}$)受该断裂的控制，其长轴方向也呈北东走向。

(2)金矿点产出多，品位高，与东部邻区的中三家金矿床成矿条件相同。预测区内已知金矿(化)点7处(表2)，金品位大多在 $2.2\times10^{-6}\sim6.9\times10^{-6}$ 之间，最高品位(小杖子金矿点)达 26.6×10^{-6}，均在边界品位以上。

建平县中三家含金石英脉型金矿床产于小塔子沟组石榴角闪斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩及混合岩中，矿区西北部有燕山期花岗岩侵位，并有细粒闪长岩及煌斑岩岩脉出露。矿区位于朱碌科—中三家断裂的西侧，成矿前断裂主要有三组：北西组、北东组和近东西组，其中北西组走向310°～350°，南西倾，倾角45°，是主要控矿构造，含金石英脉呈扁豆体断续赋存于断裂中。该矿床的显著特点是含金品位高，大多在 $0.33\times10^{-6}\sim7.3\times10^{-6}$，较高的可达19.

34×10^{-6}，最高可达 68.26×10^{-6}。

表 2 三座庙—下马厂金预测区已知金矿(化)点统计表

矿(化)点名称	成因类型	品位($\times10^{-6}$)	资料来源
卧龙岗金矿化点	含金石英脉	2.2－2.4	辽宁有色地勘局矿产地质研究所，实地调查
六家子金铜矿化点	岩浆—热液	0.51－2.68，高：4.32	辽宁有色地勘局矿产地质研究所
兴隆沟金矿化点	岩浆—热液	最高 11.8	辽宁有色地勘局矿产地质研究所
小杖子金矿点	岩浆—热液	26.6	1:20 万建平幅矿产图说明书
烧锅杖子金矿化点	岩浆—热液		辽宁有色地勘局矿产地质研究所
山咀金矿点	含金石英脉	Au：9.61，Pb：15.2%	实地调查
黑山头金矿点	含金石英脉	0.3－1.0，最高 6.9	辽宁有色地勘局矿产地质研究所

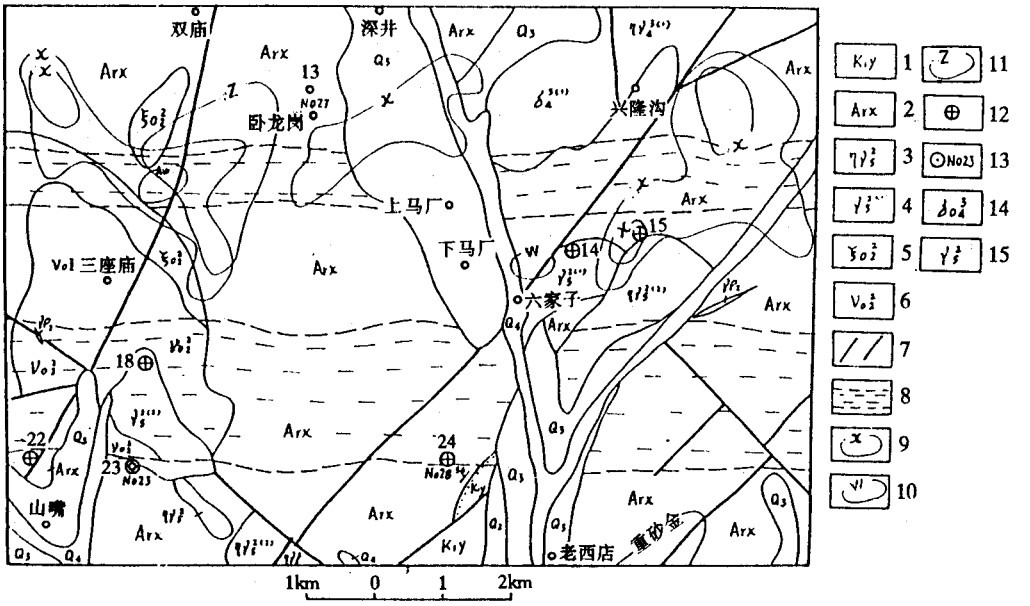

图 3 三座庙—下马厂一带解译地质矿产图

1—下白垩统义县组；2—建平群小塔子沟组；3—燕山早期二长花岗岩；4—燕山早期花岗岩；5—燕辽期石英二长岩；6—燕辽期辉长苏长岩；7—断裂带及断裂；8—韧性剪切(变形)带；9—X 分散流异常；10—W 分散流异常；11—Z 分散流异常；12—金矿化点；13—观测点及编号；14—海西期石英闪长岩；15—燕山晚期花岗岩；

(3)金、铜和锌等分散流异常多处。预测区内有金分散流异常三处，铜分散流异常一处，锌分散流一处(图 3)。在预测区南部 2～5 km 的袁家沟—上扎塞营子一带，还有一处金重砂异常。因此，认为该预测区金矿成矿条件非常有利，具有良好的金、铜、锌找矿前景。

参考文献

[1] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[S]. 北京：地质出版社，1989.

[2] 郭华东等. 新疆北部地质矿产遥感[M]. 北京：科学出版社，1995.

[3] 《中国矿床》编委会. 中国矿床(中册)[M]. 北京：地质出版社，1994.

GOLDMINE INFORMATION ABSTRACTING AND PREDICTING OF XIAOJIAYINGZI AREA OF LIAONING PROVINCE OF CHINA

ZHANG Pei-min[1], HUANG Lin-ri[2], BAO Ju-cai[3], WANG Jun-qing[3]
(1. *Non－ferrous Metal Industry Corporation, Yanjiao* 065201, *China*; 2. *Non－ferrous Geology Survey Institute of Jilin Province, Changchun* 130012, *China*; 3. *Non－ferrous Geology Survey Institute of Liaoning Province, Shenyang* 110121, *China*)

Abstract: The methods of TM bands ratio and principle component analysis were used to select the characteristic vector that can stress gold alteration mineral information. Based on the characteristic vector, the color composite images were produced. The space filtering and non－supervised classification methods were further used to process the image. There were halo－shaped color abnormal areas in the image. After field verification, some color abnormal areas tally with the geochemical abnormal distribution. In three new－discovered gold ore occurrence, the tenor of gold is 2.74×10^{-6}, 9.61×10^{-6} and 9.6×10^{-6}. According to the color abnormal information in image and the sample analysis result, after analysis of metallogenetic conditions, three gold (silver, copper) mineralization prognostic area were given.

Key words: Principle component analysis; Remote sensing information; Gold deposit; Xiaojiayingzi area

第一作者简介：张佩民，男，高级工程师，主要从事遥感技术方法应用研究工作，已发表论文10篇。

(上接第24页)

IMAGING SPECTROMETER REMOTE SENSING METHODOLOGICAL TECHNOLOGY AND IT'S APPLICATION BASED ON SPECTROSCOPY

ZHANG Zong-gui, WANG Run-sheng
(*Aero－Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Ministry of Land and Resources, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: In 1980s early, remote sensing technique of imaging spectrometer began to be developed as a new remote sensing technique. Recently, this technique has developed very fast, and has become one of the three development trends of remote sensing technique (imaging spectrometer, microwave and 3S system). Because of these features of its high spectral resolution, hyperbands, and space image and spectra in one, developing the imaging spectrometer is not only able to more offectively and directly recognize the surface material of earth, but also it can more deeply research the component of making up material and it's structure. In this paper, the imaging spectrometer remote sensing technological development, the theoretical foundation, method and application are summarized.

Key words: Imaging spectrometer; Theoretical basis; Method and application

第一作者简介：张宗贵(1964－)，男，高级工程师，现从事遥感的基础研究和方法技术研究工作。在国内外刊物上公开发表论文十余篇，其中核心刊物3篇，SCI检索1篇。