

## 矿物组分快速定量提取模型及其应用

李 帅<sup>1</sup>, 蔺启忠<sup>2</sup>, 刘庆杰<sup>2</sup>, 王梦飞<sup>1</sup>, 王钦军<sup>2</sup>, 魏永明<sup>1</sup>

1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101

2. 中国科学院对地观测与数字地球中心, 北京 100101

**摘 要** 矿物成分快速鉴定是提高遥感矿产勘探、遥感矿物填图以及诸多地质研究等工作效率的关键。由于技术等方面的限制, 国内外针对矿物快速分析的模型和软件较少。20世纪90年代以来近红外光谱仪在技术上的突破和计算机的发展使得近红外光谱技术在矿物快速识别领域的应用变得可行, 先后出现了基于吸收位置的反演模型(模型一)和基于波形匹配的反演模型(模型二)。文章提出了特征光谱线性反演模型。经美国地质调查局矿物光谱库(USGS)端元混合实验数据验证, 该模型精度接近100%, 远优于模型一和二。对新疆包古图地区地表随机所采23个样本分析, 该模型平均精度为64.6%, 另外两模型分别为: 33.8%和8.1%, 优于模型一和二。虽精度尚低于传统镜下鉴定方法, 该模型具有高效、方便、工作量小、人为误差小等优点, 已初步应用于新疆包古图地区遥感矿产勘探工作, 有较好的推广前景。

**关键词** 矿物成分快速鉴定; 近红外光谱; 去包络线; 线性反演模型

**中图分类号:** O657.3; TP70 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)05-1315-05

### 引 言

地质相关工作、遥感矿产勘探等都离不开矿物成分鉴定。地学中比较成熟的鉴定方法有两种: (1) 把标本切割成薄片利用矿物的光性差别进行镜下鉴定。此方法较成熟、可靠性高, 在地质研究中应用最广泛。但工作周期长并且鉴定人要有丰富的镜下鉴定经验<sup>[1,2]</sup>。(2) 把标本粉碎, 利用X射线衍射仪获得标本衍射图谱进行分析。此方法效果很好, 但须在实验室内进行, 不能快速及时地进行矿物成分识别<sup>[3,4]</sup>。因此, 应用上述手段进行矿物鉴定会大大限制遥感找矿、遥感矿物填图以及需要大量矿物成分鉴定工作的地质研究(如: 地质钻井、野外地质填图等)的效率。

Hunt等发现不同矿物在短波红外谱段的吸收特征不同, 认为这种特征的差别来自于不同矿物内的分子振动<sup>[5]</sup>。Pontual等, Thompson等和Crowley等认为短波红外(1300~2500 nm)对含有某些分子和官能团的矿物非常敏感, 如: H<sub>2</sub>O, OH, NH<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>及含羟基阳离子, 使得矿物具有独特的吸收特征<sup>[6,8]</sup>。这些波谱的吸收峰特征(吸收峰位置、吸收强度和峰宽度)和包络线形状是矿物组分、矿物结晶程度和矿物丰度的函数。地物近红外光谱测量实验表明, 混合光谱基本是不同组分吸收特征的线性叠加<sup>[9]</sup>。上述研究

为近红外技术在矿物识别中的应用提供了依据, 但由于技术等方面的限制, 国内外针对矿物快速鉴定的模型和软件较少。20世纪90年代以来近红外光谱仪在技术上的突破和计算机的发展使得此项应用更加可行, 先后出现了基于吸收峰位置的反演模型(模型一)和基于波形匹配的反演模型(模型二)<sup>[10]</sup>。本文提出了特征光谱线性反演模型, 并通过编程实现。利用美国地质调查局矿物光谱库(USGS)端元混合实验得到的数据检验, 该模型精度接近100%, 远优于模型一和二。对新疆包古图地区地表随机所采23个样本数据分析, 以样本薄片镜下鉴定结果为标准, 该模型结果平均精度为64.6%, 另外两模型分别为: 33.8%和8.1%, 处理一个样品耗时约1s, 优于模型二(3s)和镜下鉴定方法(大于2h), 也省去了镜下鉴定需要的样品采集工作。因此, 本模型明显优于模型一和二, 虽精度尚低于传统镜下鉴定方法, 但具有高效、方便、工作量小、人为误差小等优点, 在许多领域具有很好的应用前景。此外, 本模型在新疆包古图地区遥感矿产勘探中得到了很好的应用。

### 1 模型原理

近红外混合光谱基本是不同组分吸收特征线性叠加的结果, 其中非线性因素不十分明显且机理尚不完全明确<sup>[9]</sup>。模

收稿日期: 2009-06-16, 修订日期: 2009-09-18

基金项目: 国家(863计划)项目(2009AA12Z147)和国家(305)项目(07H04400KX)资助

作者简介: 李 帅, 1984年生, 中国科学院遥感应用研究所硕士生 e-mail: lishuai107@mails.gucas.ac.cn

型中忽略非线性因素影响,认为各组分光谱的叠加是纯线性的。若不考虑自然界中个别同谱异物现象,则混合光谱通过线性反演可得到端元光谱,即组分。

地物光谱的吸收峰特征(吸收峰位置、吸收强度和峰宽度)和包络线形状是矿物组份、矿物结晶程度和矿物丰度的函数。本文把吸收峰近似为三角形由 3 个顶点控制,通过这 3 个点来反映出其特征。吸收峰 3 控制点是模型建立线性关系的立足点。为了扩大吸收峰特征,对全部数据进行包络线去除归一化到 0~1 之间(定义为幅度),此举也方便分析来自不同仪器的光谱<sup>[11, 12]</sup>。定义去除包络线后的光谱为特征光谱。把此矿物组分快速定量提取模型命名为特征光谱线性反演模型。

本模型利用正演的思想解决反演问题。选择已知的纯矿物光谱库为端元库。由已知端元特征光谱拟合出与混合特征光谱最为接近或者完全一致的曲线,认为此时的端元组合为目标地物的组分。

模型分为 3 个部分:建立线性方程组、拟合特征光谱曲线和确定组分及含量。

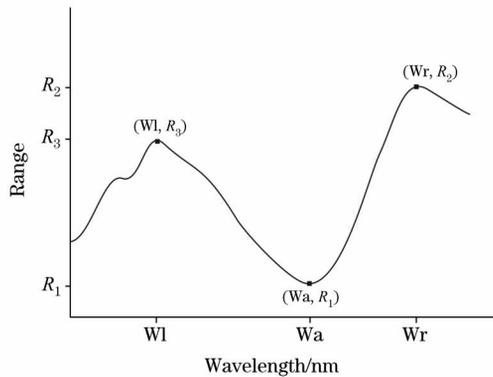


Fig 1 Three control points of an absorption band

### 1.1 建立线性方程组

设一条混合光谱有  $n$  个组分,端元特征光谱用  $a_i$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$  表示。用  $x_i$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$  表示相应的含量。基于一个吸收峰(图 1,左肩坐标为  $(Wl, R_3)$ ,吸收峰值点坐标为  $(Wa, R_1)$ ,右肩坐标为  $(Wr, R_2)$ )可建立三个方程

$$\begin{cases} a_{1Wl}x_1 + a_{2Wl}x_2 + \dots + a_{nWl}x_n = R_3 \\ a_{1Wa}x_1 + a_{2Wa}x_2 + \dots + a_{nWa}x_n = R_1 \\ a_{1Wr}x_1 + a_{2Wr}x_2 + \dots + a_{nWr}x_n = R_2 \end{cases}$$

$a_{iWj}$  表示第  $i$  个端元特征光谱在波长等于  $Wj$  时的幅度 ( $0 < a_{iWj} < 1$ );  $R_1$ ,  $R_2$  和  $R_3$  分别表示混合特征光谱在吸收峰值点、吸收峰右肩、吸收峰左肩时的幅度 ( $0 < R_1 < 1$ ,  $0 < R_2 < 1$ ,  $0 < R_3 < 1$ )。

如果一条特征光谱有  $m$  个吸收峰,则可建立  $3m$  个方程,最多可以得到  $3m$  个稳定的解。每个吸收峰的 3 个控制点坐标可由特征光谱一阶求导后极值点性质获得。模型中假设每条混合光谱初始有  $3m$  个组分 ( $n=3m$ )。  $a_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) 从包络线消除后的端元库中选取。如果库中端元个数  $L > 3m$ ,需对全部端元进行组合。组合情况过多会影响到计算速度,在组合前可根据下列性质剔除端元库中不合理的端

元。

特征光谱吸收峰在左肩或右肩的幅度可能为 1

$$a_{1Wj}x_1 + a_{2Wj}x_2 + \dots + a_{nWj}x_n = R_{Wj} = 1$$

因  $0 < a_{iWj} < 1$ , 所以

$$a_{1Wj}x_1 + a_{2Wj}x_2 + \dots + a_{iWj}x_i + \dots + a_{nWj}x_n = R_{Wj} = 1$$

当且仅当  $a_{iWj} = 1$  时等式成立。

不等式左端  $a_{1Wj}x_1 + a_{2Wj}x_2 + \dots + a_{iWj}x_i + \dots + a_{nWj}x_n = R_{Wj} = 1$ , 不等式右端  $x_i = 1$ 。所以左端等于右端,则  $a_{iWj}$  必须等于 1。

当特征光谱在某点幅度为 1 时,各端元在该点幅度必须为 1。考虑到噪声的影响,可允许各端元在该点幅度偏离 1 较小的量。以此作为依据剔除端元库中不符合此条件的端元,剩余的为混合光谱所有可能组份,再进行组合。

### 1.2 拟合特征光谱曲线

建立的线性方程为  $AX = B$ 。利用最小二乘法解方程<sup>[13]</sup>,考虑到光谱曲线信噪比,对解方程过程可进行控制,在最小二乘不等式两端加小量解来限定方程组解

令  $A(X + \delta) = B + \epsilon$  解之,得  $X = (A^T A + \delta \delta^T)^{-1} A^T B + \delta \delta^T (A^T A + \delta \delta^T)^{-1} \epsilon$ 。令  $X = X + \delta$ , 可利用 Matlab 左除求解:  $X = A \setminus B$ <sup>[15]</sup>。各端元含量应大于 0 小于等于 1,即  $0 < x_i < 1$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。但解方程得到的是  $X$ , 则需  $-1 - \delta < x_i < 1 + \delta$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ , 即方程组的解在区间  $[-1 - \delta, 1 + \delta]$  内具有实际意义,称之为置信区间  $Z$ ,对于不在此范围内的应进行剔除,可设置递归,每次去除  $A$  中一个含量偏离  $Z$  最大的端元后重新解方程,直到方程组所有解均在该范围内。 $A$  中剩余的端元为混合光谱可能成分,相应的  $X$  为其含量。

解得的端元按相应的含量进行线性叠加得到拟合曲线。由 1.1 节知,最终可能得到多条拟合曲线。

### 1.3 确定组份及含量

因所有数据均经过包络线消除归一化到 0~1,两条曲线相近程度可不考虑幅度只考虑形状。光谱角是两条光谱形状相似程度的度量。90° 为差别最大,0° 表示两条曲线形状完全相同。可计算拟合曲线与混合特征光谱之间的光谱角。

$$A = \arccos \left( \frac{\sum_{i=0}^n T_i C_i}{\sqrt{\sum_{i=0}^n T_i^2} \sqrt{\sum_{i=0}^n C_i^2}} \right)$$

式中:  $A$  为光谱角度;  $T_i$  为混合特征光谱数据;  $C_i$  为拟合光谱数据;  $n$  为采样个数。

与混合特征光谱光谱角最小的拟合曲线形状与之最为接近,其对应的那一组端元,我们认为是该地物的物质组份,相应的  $X$  为其百分含量。

## 2 模型评价与应用

基于上述原理建模,端元库以 USGS 库为例,研究波段

范围选为短波红外谱段(1 300 ~ 2 500 nm), 采样间隔 2 nm。利用 MFC, Matlab 和 C++ builder 混合编程实现。

为了对比显示本模型的精度, 利用模型一和二作为参考: 模型一是基于端元库中端元与混合光谱吸收特征峰个数和位置相近程度进行矿物定性分析(无含量计算)。模型二是

基于波形匹配进行矿物成分反演。

2.1 USGS 矿物库端元混合数据评价

从 USGS 矿物库中随机选取 5 条光谱, 分别进行一种端元数据、2 种、3 种、4 种和 5 种端元随机含量混合数据鉴定, 结果如表 1。

Table 1 Identification results of data created in library by the three models

光谱	实际组分		特征光谱线性反演模型结果			模型一结果			模型二结果	
1	100 %	阳起石	100 %	阳起石			锂蓝闪石 透辉石	8 %	滑石	
							钠透闪石 阳起石	92 %	浅闪石	
2	100 %	冰长石	100 %	冰长石						
3	100 %	斜长石	100 %	斜长石			斜长石 高岭石 微斜长石	57 %	白云母	
							夕线石 正长石 纤蛇纹石	43 %	锂云母	
							珍珠石 霞石			
4	100 %	角闪石	100 %	角闪石			透闪石 阳起石	12 %	透闪石	
								65 %	浅闪石	
								23 %	海泡石	
5	100 %	辉石	100 %	辉石			角闪石	14 %	蒙脱石	
								68 %	白云母	
								18 %	透绿泥石	
6	80.4 %	阳起石	59.9 %	阳起石	18.5 %	黄铁矿	阳起石 钠透闪石	8 %	滑石	
	19.6 %	冰长石	21.6 %	冰长石			透辉石 锂蓝闪石	92 %	浅闪石	
7	44.9 %	斜长石	34.1 %	斜长石	28.9 %	磁铁矿	高岭石 夕线石	12 %	角闪石	
	30.6 %	阳起石	23.9 %	冰长石	4.3 %	其他	珍珠石	57 %	浅闪石	
	24.5 %	冰长石	8.8 %	阳起石				31 %	滑石	
8	41.8 %	阳起石	12.5 %	阳起石	31.4 %	黄铁矿	高岭石 锂蓝闪石	29 %	角闪石	
	26.7 %	斜长石	8.0 %	斜长石	18.5 %	橄榄石	锂辉石 钠透闪石	62 %	浅闪石	
	21.3 %	角闪石	8.3 %	角闪石	7.3 %	其他	透辉石	9 %	滑石	
	10.2 %	冰长石	4 %	冰长石						
9	26.2 %	角闪石	4.6 %	角闪石	12.6 %	磷灰石	高岭石 锂辉石 锂蓝闪石	12 %	角闪石	
	22.5 %	斜长石	19.1 %	斜长石	10.1 %	霞石	透辉石 夕线石 钠透闪石	64 %	浅闪石	
	21.1 %	辉石	14.8 %	辉石	4.8 %	硬石膏	阳起石 珍珠石	24 %	滑石	
	17.5 %	冰长石	11.6 %	冰长石	15.8 %	其他				
	12.7 %	阳起石	6.6 %	阳起石						

特征光谱线性反演模型对端元数据鉴定完全正确(光谱 1~5), 对混合数据的鉴定结果虽不如端元数据精度高, 但能够正确地识别出所有成分, 含量对应关系也较好(光谱 6~9)。模型一仅对阳起石和斜长石能部分地定性推测; 模型二仅能部分识别出角闪石。

Table 2 Identification results of characteristic spectrum linear inversion model after changing library

光谱	实际组分		特征光谱线性反演模型结果		
1	80.4 %	阳起石	64.9 %	阳起石	1.8 % 角闪石
	19.6 %	冰长石	33.3 %	冰长石	
2	44.9 %	斜长石	24.5 %	冰长石	48.6 % 斜长石 34.6 % 冰长石
	30.6 %	阳起石		阳起石	2.4 % 角闪石
3	41.8 %	阳起石	26.7 %	斜长石	26.2 % 阳起石 23.3 % 斜长石
	21.3 %	角闪石	10.2 %	冰长石	23.7 % 角闪石 26.8 % 冰长石
4	26.2 %	角闪石	22.5 %	斜长石	24.6 % 角闪石 26.7 % 斜长石
	17.5 %	冰长石	12.7 %	阳起石	37.2 % 冰长石 10.4 % 阳起石
	21.1 %	辉石		辉石	1.1 % 辉石

特征光谱线性反演模型分析混合数据时引入一些本不含有的物质。是端元库中端元过多, 反演中多解引起的。如以这 5 条光谱为端元库, 则反演结果精度可接近 100% (如表 2)。端元库的规模会影响反演结果。限定混合光谱组分的大致范围和缩小端元库可提高结果精度。

实验室合成数据证明特征光谱线性反演模型精度远高于模型一和二。在实际工作中的效果可由下面数据验证。

2.2 野外岩石样品鉴定

新疆包古图地区 号岩体为典型斑岩型铜矿, 该地区的研究具有较高的经济价值。目前已打下了数十口钻井, 需要大量的矿物成分鉴定工作。先以该地区地表随机所采 23 个样品数据对模型进行检验(数据采集仪器为: ASD Field Spec 3 便携式光谱仪)。以样品切片镜下鉴定结果为标准(不考虑其鉴定误差), 按如下方式检验各模型精度:

编号 2319 的岩石样本镜下鉴定结果为: 40%正长石 + 35%斜长石 + 10%石英 + 5%角闪石 + 5%(黑云母 + 辉石 + 楣石 + 绿泥石) + 5%(黄铜矿 + 褐铁矿 + 金红石 + 磁黄铁矿), 共 12 种矿物成分。

特征光谱线性反演模型反演结果为: 40%石英 + 23%正长石 + 5%斜长石 + 14%辉石 + 10%(磁黄铁矿 + 金红石 + 褐铁矿) + 3%(榍石 + 绿泥石) + 5%其他, 虽有 9 种矿物与镜下结果一致, 但各组分含量不能完全对应, 可能由于测光谱位置与薄片切割位置不同(岩石中各组分并非均匀分布), 还可能因为混合光谱的产生有非线性因素作用。

模型一结果显示此混合光谱中可能含有如下组分: 钙柱

石、丝发光沸石、条纹长石、重晶石、硅孔雀石、碳酸钡矿, 只有一种矿物与镜下结果一致。

模型二反演结果为: 5%碳酸钠钙石 + 95%葡萄石, 与镜下鉴定结果完全不同。模型二为国内某近红外光谱仪配套软件, 其功能主要是识别蚀变矿物。可能建模过程中不考虑一般造岩矿物含量, 所以精度偏低。

23 个样品全部分析结果如表 3 所示。

Table 3 Identification results of field data by the three models

样品编号	镜下结果 / 个	线性模型结果 * / 个	正确率 / %	模型一结果 / 个	正确率 / %	模型二结果 / 个	正确率 / %
BW-1	10	6	60.00	3	30.00	1	10.00
B-1-11	10	8	80.00	5	50.00	1	10.00
B-1-14	9	5	55.56	3	33.33	1	11.11
B-2-7	10	6	60.00	3	30.00	2	20.00
B-2-12	12	8	66.67	6	50.00	1	8.33
B-2-42	9	5	55.56	4	44.44	0	0.00
B-5-5	8	6	75.00	3	37.50	1	12.50
B-5-17	10	8	80.00	7	70.00	0	0.00
A	9	6	66.67	4	44.44	1	11.11
3	10	6	60.00	3	30.00	1	10.00
4	11	6	54.55	3	27.27	1	9.09
5	10	5	50.00	4	40.00	2	20.00
9	12	6	50.00	4	33.33	1	8.33
2319	11	8	72.73	1	9.09	0	0.00
2330	9	7	77.78	2	22.22	1	11.11
2354	8	5	62.50	4	50.00	1	12.50
2355	10	6	60.00	3	30.00	0	0.00
2356	9	6	66.67	5	55.56	1	11.11
2358	8	5	62.50	0	0.00	0	0.00
2360	9	5	55.56	4	44.44	2	22.22
2361	11	6	54.55	4	36.36	0	0.00
2367	4	4	100.00	0	0.00	0	0.00
7	10	6	60.00	1	10.00	0	0.00
平均精度 / %			64.6		33.8		8.1

\*Linear model is the short form of characteristic spectrum linear inversion model

特征光谱线性反演模型平均精度(64.6%)远高于模型一(33.8%)和二(8.1%), 处理全部数据耗时小于 1 min(每个样品约 1 s), 模型一与之相近, 模型二需时约 3 min。镜下鉴定 23 个样本需时约 40 h(不包括切割薄片时间), 且镜下鉴定方法需要采集地物标本, 会大大增加野外的工作量。

两步评价精度的差别表明, 测量混合光谱时需把外部影响减到最小(减小非线性因素), 并且端元库的光谱与混合光谱的获取最好来自于相同的光谱仪。

特征光谱线性反演模型可替代模型一和二, 较传统鉴定方法优于高效率、方便、工作量小、人为误差小等。本模型可以应用于大量矿物成分鉴定(如: 钻井岩芯矿物鉴定等)。

### 3 结 论

(1) 特征光谱反演模型能够替代模型一和二。虽精度尚

低于传统镜下鉴定, 但本模型效率高、使用方便、工作量小、人为误差小, 其可靠性已在新疆包古图地区遥感矿产勘探工作中得到了证实, 具有推广前景。

(2) 模型反演结果与端元库有关。当把端元库由矿物光谱库换为化学物质光谱库时, 本模型也可用于分析食品、药物等中的化学成分。此外, 模型研究波段可由 1 300 ~ 2 500 nm 的短波红外波段推广到中红外等其他波段。本模型可对更多领域和更多种类的光谱分析提供参考。

(3) 光谱混合的非线性因素会降低反演精度。端元库光谱与混合光谱来自不同仪器所带来的系统误差同样影响了模型的精度。混合光谱机理研究和光谱仪技术的突破将有利于进一步提高本模型精度。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] WANG De-zi, XIE Lei(王德滋, 谢磊). Optical Mineralogy(The Third Edition)(光性矿物学·第3版). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2008.
- [ 2 ] HUANG Ding-hua(黄定华). General Geology(普通地质学). Beijing: Higher Education Press(北京: 高等教育出版社), 2004.
- [ 3 ] JIN Yong, SUN Xiao-song, XUE Qi(晋勇, 孙小松, 薛屹). X-Ray Diffraction Analysis Technology(X射线衍射分析技术). Beijing: National Defense Industry Press(北京: 国防工业出版社), 2008.
- [ 4 ] LIAO Li-bing, LI Guo-wu, CAI Yuan-feng, et al(廖立兵, 李国武, 蔡元峰, 等). Physics(物理), 2007, 36(6): 460.
- [ 5 ] Hunt G R, Ashley R P. Economic Geology, 1979, 74: 1613.
- [ 6 ] Pontual S, Merry N, Gamson P. G-Mex Vol. 1: Spectral Interpretation Field Manual: AusSpec International Pty Ltd, 1997.
- [ 7 ] Thompson A J B, Hauff P L, Robitaille A. Journal of SEG Newsletter, 1999, 39: 16.
- [ 8 ] Crowley J K, Williams D E, Hammarstrom J M, et al. Geochemistry, 2003, 3: 219.
- [ 9 ] TONG Qing-xi, ZHANG Bing, ZHENG Lan-fen(童庆喜, 张兵, 郑兰芬). Hyperspectral Remote Sensing(高光谱遥感). Beijing: Higher Education Press(北京: 高等教育出版社), 2006. 246.
- [ 10 ] XIU Lian-cun, ZHENG Zhi-zhong, YU Zheng-kui, et al(修连存, 郑志忠, 俞正奎, 等). Acta Geologica Sinica(地质学报), 2007, 81(11): 1584.
- [ 11 ] BAI Ji-wei, ZHAO Yong-chao, ZHANG Bing, et al(白继伟, 赵永超, 张兵, 等). Computer Engineering and Applications(计算机工程与应用), 2003, 39(13): 88.
- [ 12 ] LIU Huan-jun, ZHANG Bai, ZHANG Yuan-zhi, et al(刘焕军, 张柏, 张渊智, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2008, 28(3): 624.
- [ 13 ] FANG Bao-rong, ZHOU Ji-dong, LI Yi-min(方保镕, 周继东, 李医民). The Theory of Matrix(矩阵论). Beijing: Tsinghua University Press(北京: 清华大学出版社), 2006. 273.

## A Rapid Quantificational Identification Model of Minerals and Its Applications

LI Shuai<sup>1</sup>, LIN Qi-zhong<sup>2</sup>, LIU Qing-jie<sup>2</sup>, WANG Meng-fei<sup>1</sup>, WANG Qin-jun<sup>2</sup>, WEI Yong-ming<sup>1</sup>

1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. Center for Earth Observation and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

**Abstract** Rapid identification of minerals is the key point for enhancing the efficiency of mineral exploration by remote sensing, mineral mapping by remote sensing and many geological investigations. Because of the limitation of technology and other aspects, the amount of models and software concerning rapid identification of minerals is very small. Since 1990s the development in spectrometers and computers has made it possible to apply near infrared spectrum technology to identify minerals. Two models have emerged. Model is based on analyzing the position of absorption bands, while Model is founded on waveform matching. In the present paper, characteristic spectrum linear inversion modeling was built. Validated by the data gained from end-members of USGS mineral spectrum library by mixing randomly, this model with the accuracy being approximately 100% is much better than Model and . Used to analyze the 23 samples selected in Baogutu area in Xinjiang, the model we built with the accuracy of 64.6% is superior to Model (the accuracy is 33.8%) and Model (the accuracy is 8.1%). Though the accuracy of our model is not as high as that of identification by microscope at present, using our model is much more effective and convenient, and there also will be less artificial error and smaller workload. The good performance of our model in the mineral exploration work by remote sensing in Baogutu area in Xinjiang shows wide popularizing prospects.

**Keywords** Rapid identification of minerals; Near infrared spectrum; Continuum remove; Linear inversion model

(Received Jun. 16, 2009; accepted Sep. 18, 2009)