

# 基于 ERDAS 的矿区植被覆盖度遥感信息提取研究

## ——以陕西省榆林市神府煤矿区为例

胡振琪, 陈 涛\*

(中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所, 北京 100083)

**摘 要** 准确、快速地获取植被覆盖信息是矿区生态恢复和建设的关键与重点。通过利用榆林市神府矿区 1986、1993、2000、2006 年四景同期 TM 影像数据,使用 ERDAS 软件首先提取植被指数(NDVI),根据像元二分法利用 ERDAS 的建模工具 Spatial Modeler 计算出矿区的植被覆盖度,利用非监督分类方法对矿区的植被覆盖度进行分类、赋色,最后得出矿区 1986 ~ 2006 年的植被覆盖度分类图,定量的说明了矿区 20 a 年间的植被覆盖变化情况。植被覆盖度整体提高,在局部矿区则有所降低。

**关键词** TM; ERDAS; NDVI; 植被覆盖度

中图分类号 S771.8      文献标识码 A      文章编号 1001-7461(2008)02-0164-04

ERDAS Aided Extraction of Vegetation Fraction from Remote Sensing Information  
in Coalmine Area Based—A Case Study of Shenfu Coalmine

HU Zhen-qi, CHEN Tao\*

(Institute of Land Reclamation and Eco-Restoration, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract** It is very important to obtain vegetation fraction information for ecology recovery and construction in coalmine area. Data from TM images from the years 1986, 1993, 2000 and 2006 around Shenfu coalmine area were used to extract normalized difference vegetation index (NDVI) by the software ERDAS firstly, then using spatial modeler of ERDAS compute vegetation fraction and classify through unsupervised classification. Finally, we get vegetation fraction mapping of coalmine within 1986 ~ 2006. It clearly indicate that the coalmine vegetation fraction increase in whole but decrease in some coalmine district.

**Key words** TM; normalized different vegetation index; ERDAS; NDVI; vegetation fraction

绿色植被是生态环境的最敏感和最主要的环境因子,它的变化直接或间接的影响到其他环境因子的变化。作为重要的生态参数,植被覆盖度(单位面积内植被的垂直投影面积所占百分比)是描述生态系统的重要基础数据<sup>[1]</sup>。矿区开采过程中,修建简易公路、砍伐树木、搭建工棚、堆放废石弃渣等,对地表植被破坏较大。而依靠传统的地面样方实测的方法来估算矿区的植被覆盖度须花费巨大的人力、财力,而精度又不高,因此探讨利用遥感数据提取区域植被覆盖度的方法已成为当前建立区域生态模型

的基础工作之一<sup>[2]</sup>。在利用遥感方法对植被生长状况进行监测研究方面,国内外已有大量的科学研究。Rouse 等<sup>[3]</sup>提出监测植被生长状态的归一化植被指数(NDVI),该指数常被用来进行区域和全球的植被状态研究。Duncan 等<sup>[4]</sup>曾研究了墨西哥荒漠地区灌木林覆盖率与 NDVI 的关系,得到了较好的关系模型;Larson 等<sup>[5]</sup>分别从 TM、MSS 和 SPOT 卫星图像数据估算植被指数,并建立了阿拉伯森林地区植被指数与覆盖率的关系模型;甘甫平等<sup>[6]</sup>根据植被在 685 nm 附近的最大吸收深度相对地划分

收稿日期 2007-07-11    修回日期 2007-10-29  
作者简介 胡振琪(1963-)男,安徽嘉山县人,教授,博士生导师,从事土地复垦与生态重建,测绘工程、土地科学、环境工程教学与研究。  
\* 通讯作者 陈涛(1969-)男,山东章丘市人,在读博士,主要研究方向摄影测量与遥感。

植被污染程度。本文针对煤矿开发环境对植被的影响,从遥感影像上计算出植被覆盖度因子来动态监测矿区植被损害情况,分析了 20 a 矿山环境下植被相对生长状况。

## 2 研究区概况

陕西省榆林市煤资源分布广泛,含煤面积占该市国土面积的 54%,煤炭资源蕴藏量十分丰富,是我国主要产煤区之一,拥有我国乃至世界著名的侏罗纪优质煤田以及陕西稀缺的石炭~二叠纪和三叠纪主焦煤和配焦煤煤田。神府矿区位于神木县和府谷县内,研究区内煤炭资源丰富,地质条件简单,埋藏深度较浅,煤层厚度适中,瓦斯很少,顶板条件优越,基本无水害威胁,地面多为风积沙区和黄土丘陵,地面建筑较少。但该区环境相对较为脆弱,年降雨量远小于蒸发量,地面植被较少。由于埋深较浅,开采造成的地表裂缝与井下工作面沟通,从而造成对地表水系的破坏,煤炭大规模开采造成的环境影响明显。环境的恶化使单纯依靠资源开发带来的短时经济发展大打折扣。

长期的煤矿开采对矿区土地及生态环境造成严重的破坏,煤矿建设之初及运输煤炭时的平整道路,煤矿开采过程中由于煤矸石压占土地、采空造成的地面塌陷、裂缝等都会造成矿区原生植被及山体景观和区域环境的破坏,使得水土流失加剧,沙漠化进一步恶化,并引发山体滑坡、泥石流等地质灾害,对当地人民的生 产、生活及社会安定造成影响。要对煤矿区的生态环境进行改善,仅靠自然恢复需要很漫长的时间或很难实现,必须采取人工干预的方法对其进行重建。因此,为了修复因煤炭开采破坏的生态环境,首先就必须摸清生态环境损害的状况,即调查了解榆林市神府矿区生态损害现状,然后在 对生态损害的程度、危害性和环境风险进行评价的基础上,制定榆林市神府矿区的生态恢复与重建的规划并对典型区域进行修复技术的方案设计和试验示范,进而逐步实现全部矿区的生态恢复与重建。

## 3 计算归一化植被指数

根据植被的反射光谱特征,通常用植被红光、近红外波段的反射率和其他因子及其组合所获得的植被指数来提取植被信息,这些波段常包含 90% 以上有关植被的信息。归一化植被指数( $NDVI$ )是广泛使用的一种植被指数,最初由 Rouse 等人提出: $NDVI = NIR - R / NIR + R$

公式中, $NIR$  为近红外通道反射率, $R$  为红色

通道反射率。归一化植被指数在利用遥感图像进行植被研究以及植物物候研究中得到了广泛应用,它是植物生长状态以及植被空间分布密度的最佳指示因子,与植被分布密度呈线性相关。当植被覆盖度较低时, $NDVI$  对覆盖度增减反应灵敏,当覆盖度较大时, $NDVI$  趋于饱和<sup>[7]</sup>。

应用 ERDAS 提取  $NDVI$  比较方便,关键是一些参数的选择。在 ERDAS 图标面板工具栏,单击 Interpreter 图标|Spectral Enhancement|Indices 命令,打开 Indices 对话框,设置以下参数:确定输入文件、定义输出文件(略),文件坐标类型选择为 Map,处理范围选择为默认状态(整个图像范围),传感器类型选择为 Landsat TM,选择计算指数函数为  $NDVI$ ,输出数据类型为 Float Single,不可选择 Unsigned 8 bit,最后单击 OK,执行指数计算。注意最后的输出结果是灰度图像,较亮的部分表明其植被长势较好,覆盖度较高。

## 4 通过建模工具计算植被覆盖度

以上计算的只是归一化的植被指数  $NDVI$ ,并不是植被覆盖度,要计算研究区的植被覆盖度,必需把  $NDVI$  转化为植被覆盖度,这里采用像元二分模型法计算植被覆盖度。

### 4.1 像元二分模型原理

假设一个像元的信息可以分为土壤与植被两部分。通过遥感传感器所观测到的信息( $S$ ),就可以表达为由绿色植被成分所贡献的信息( $S_v$ ),与由土壤成分所贡献的信息( $S_s$ )这两部分组成。将  $S$  线性分解为  $S_s$  与  $S_v$  两部分:

$$S = S_v + S_s \tag{1}$$

对于一个由土壤与植被两部分组成的混合像元,像元中有植被覆盖的面积比例即为该像元的植被覆盖度( $fc$ ),而土壤覆盖的面积比例为  $1 - fc$ 。设全由植被所覆盖的纯像元,所得的遥感信息为  $S_{veg}$ 。混合像元的植被成分所贡献的信息  $S_v$  可以表示为  $S_{veg}$  与  $fc$  的乘积:

$$S_v = fc \cdot S_{veg} \tag{2}$$

同理,设全由土壤所覆盖的纯像元,所得的遥感信息为  $S_{soil}$ 。混合像元的土壤成分所贡献的信息  $S_s$  可以表示为  $S_{soil}$  与  $1 - fc$  的乘积:

$$S_s = (1 - fc) \cdot S_{soil} \tag{3}$$

将公式(2)与(3)代入公式(1),可得:

$$S = fc \cdot S_{veg} + (1 - fc) S_{soil} \tag{4}$$

公式(4)可以理解为将  $S$  的线性分解为  $S_{veg}$  与  $S_{soil}$  两部分,这两部分的权重分别为它们在像元中

所占的面积比例,即 $fc$ 与 $1 - fc$ 。对于超过 2 种组成成分以上的像元,公式(4)需要被修正。这种分析假定一个像元只包含植被或土地 2 种成分。

对公式(4)进行变换,可得以下计算植被覆盖度的公式:

$$fc = (S - S_{soil}) / (S_{veg} - S_{soil}) \quad (5)$$

其中 $S_{soil}$ 与 $S_{veg}$ 都是参数,因而可以根据公式(5)来利用遥感信息来估算植被覆盖度。像元二分模型的一大优点就是削弱了大气、土壤背景与植被类型等的影响。遥感信息普遍都受到这些因素的影响,如何消除这些影响一直是研究者们急于解决的问题。像元二分模型是通过引入参数 $S_{soil}$ 与 $S_{veg}$ 来削弱这些影响的。 $S_{soil}$ 包含了土壤的信息,包括土壤类型、颜色、亮度、湿度等因素对于遥感信息的贡献,而 $S_{veg}$ 包含了植被的信息,包括植被类型、植被结构等有关植被的因素对于遥感信息的贡献,两者又同时受到大气的影 响,均包含了一定的大气对于遥感信息的贡献。

像元二分模型实际上是基于 $S_{soil}$ 与 $S_{veg}$ 这 2 个调节因子所做的线性拉伸,即将大气、土壤背景与植被类型等对遥感信息的影响降至最低,只留下植被覆盖度的信息<sup>[8-9]</sup>。

#### 4.2 利用 NDVI 估算植被覆盖度

将归一化植被指数 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ 代入公式(5)可以被近似为:

$$NDVI = fc \cdot NDVI_{veg} + (1 - fc) \cdot NDVI_{soil} \quad (6)$$

即图像中每个像元的 $NDVI$ 值可以看成是有植被覆盖部分的 $NDVI$ 与无植被覆盖部分的 $NDVI$ 的加权平均,其中有植被覆盖部分的 $NDVI$ 的权重即为此像元的植被覆盖度,而无植被覆盖部分的 $NDVI$ 的权重即为 $1 - fc$ 。

其中, $NDVI_{soil}$ 为裸土或无植被覆盖区域的 $NDVI$ 值,即无植被像元值;而 $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 $NDVI$ 值,即纯植被像元的 $NDVI$ 值。由上面的公式(6)变换可得下面的利用 $NDVI$ 计算植被覆盖度的公式:

$$fc = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (7)$$

这样应用公式(7)得出的 $fc$ 就是植被覆盖度,这可以通过 ERDAS 的空间建模工具来实现。在 ERDAS 图标面板工具条,单击 Modeler 图标,打开 Spatial Modeler 对话框,单击 Model Maker 按钮,打开 Model Maker 窗口与工具面板。在 Model Maker 窗口选择输入的 $NDVI$ 图像,然后选择函数计算方法 $(NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$ ,确定输

出图像,最后执行 Process | | Run 命令,输出植被覆盖度图像。

## 5 应用非监督分类处理植被覆盖图

通过以上方式输出的植被覆盖度图像仍是灰度图像,为了便于分析、比较,需要将灰度图像分类及赋色,这里采用 ERDAS 的非监督分类方法。

### 5.1 进行非监督分类

在 ERDAS 图标面板工具条中单击 Classifier 图标,打开 Classifier 对话框,单击 Unsupervised Classification 按钮,打开 Unsupervised Classification 对话框,确定输入、输出文件等,确定初始聚类方法为 Initialize from Statistics(按照图像统计值产生自由聚类),确定初始分类数为 10,定义最大循环次数为 24,设置循环收敛阈值 0.95,单击 OK 执行非监督分类。

### 5.2 分类方案调整

以上是严格按照象元的光谱特征进行的统计分类,因而所分的 10 类表示的植被覆盖度为 0% ~ 10%、10% ~ 20% ... 90% ~ 100%,根据需要面把其合并为 5 类,这个功能可以在 ERDAS 的图像解释工具中实现:在 ERDAS 图标面板工具条,单击 Interpreter 图标 | GIS Analysis | Recode 命令,打开 Recode 对话框。选择输入、输出文件,单击 Setup Recode 按钮,把以上所分的 10 类进行两两合并,分成 5 类,所代表 0% ~ 20%、20% ~ 40%、40% ~ 60%、60% ~ 80%、80% ~ 100% 的植被覆盖度类型,然后根据需 要把这 5 类赋予不同颜色(图 1 ~ 图 4)。

## 6 结果分析

利用上述方法对四期 TM 遥感数据计算了煤矿区植被覆盖度,进而分析了矿区植被覆盖演变规律。

从整个 1986 ~ 2006 年的 TM 数据分析,可以明显看出 1986 ~ 1993 年这个时间段,矿区的植被破坏比较严重,1986 年的沙漠化面积较大,也比较严重;而在 1993 年时,植被覆盖率明显比 1986 年还低,说明在这个时间段,对植被的破坏很严重,过去植被覆盖较好的地区,在 1993 年也变得较差。而从 1993 ~ 2000 年的遥感图像分析,植被覆盖率明显提高,沙漠化程度有所减轻,各地的植被覆盖率都得以提高,整个生态环境向良性方向发展,特别是 2006 年数据更加表明了这一点,植被覆盖率在 2000 年基础上又有提高,沙漠化程度也有好转,但也应看到,在矿区局部地区植被覆盖逐渐降低,说明煤矿开采还是造成了植被的破坏,导致植被覆盖降低,因此,矿

区植被修复应该是矿区复合生态系统修复过程中必不可少的一部分。

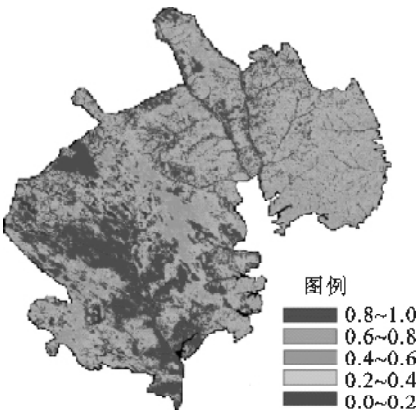


图 1 1986 年矿区植被覆盖度  
Fig. 1 Vegetation fraction of coalmine in 1986

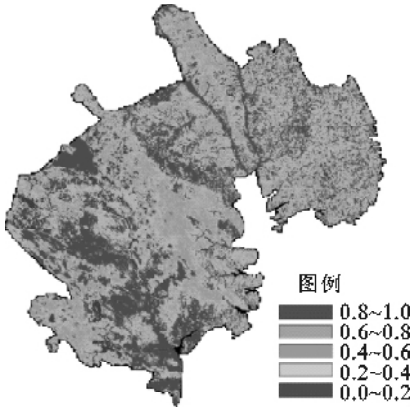


图 2 1993 年矿区植被覆盖度  
Fig. 2 Vegetation fraction of coalmine in 1993

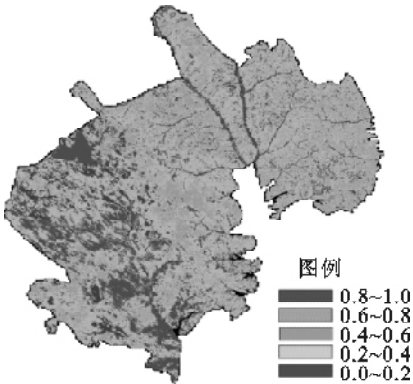


图 3 2000 年矿区植被覆盖度  
Fig. 3 Vegetation fraction of coalmine in 2000

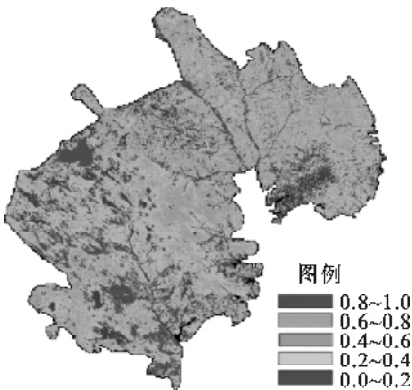


图 4 2006 年矿区植被覆盖度  
Fig. 4 Vegetation fraction of coalmine in 2006

表 1 神府矿区 1986 ~ 2006 年植被覆盖度变化  
Table 1 Vegetation fraction of Shenfu coalmine during 1986 ~ 2006

年 份	面积/km <sup>2</sup>				
	0% ~ 20%	20% ~ 40%	40% ~ 60%	60% ~ 80%	80% ~ 100%
1886	1 515. 89	1 704. 54	1 168. 15	491. 11	382. 11
1993	1 421. 73	1 915. 95	1 197. 84	335. 84	390. 44
2000	691. 332	1 781. 00	1 438. 47	803. 51	547. 49
2006	455. 421	1 281. 05	1 673. 31	1 012. 53	839. 49

7 结论

监测和评价矿山开发对植被覆盖的影响 ,可以使用实地调查的方法 ,但通常只限于局部地区 ,很难获得大范围内的植被分布情况。遥感数据具有宏观、快速和同步等优点 ,可直观地反映区域上的植被生长状况 ,因此其在植被生长监测上的应用 ,既可满足大范围监测的需要 ,也可以动态跟踪植被覆盖度的发生、发展<sup>[ 10-12 ]</sup>。

本文针对矿山开发环境对植被的影响 ,从遥感

影像上计算出植被覆盖度 ,分析了 20 a 矿山环境下植被覆盖度的变化情况。以 *NDVI* 值为参数 ,运用基于像元二分模型设计的植被覆盖度遥感估算方法 ,技术路线简单、可操作性强 ,无需估算叶面积指数等需要复杂推导的参数就可以适用不同种植被类型 ,也适用于不同分辨率的遥感数据 ,实践表明本方法完全能满足模型对植被覆盖度定量化的要求。

( 下转第 183 页 )

## 4 造林工程施工信息 ER 模型的应用

应用造林工程施工信息 ER 模型 ,设计开发了日元贷款陕西植树造林项目信息管理系统 ,并在项目管理中得到应用。

系统采用自顶向下扩展、层次化的功能模块结构 ,顶层由数据库管理、应用模型和系统输出 3 个模块组成 ,除了每个模块能独立运行外 ,各模块又紧密地联系在一起 ,每个模块由上至下又可分解成小的相对简单的模块 ,实现输入、处理、输出 3 大功能。“ 陕西日元贷款造林项目信息管理系统 ”以电子地图为底图 ,可以随意显示或不显示各种图像 ,如地形图、项目区位置图、作业区分布图、造林规划设计图、实际完成造林小班分布图等 ,你可以观看作业区在全省、全县或全乡镇的整体分布情况 ,并可以对这些图像进行叠加比较。例如 ,将“ 造林规划设计图 ”与实际完成造林小班分布图进行叠加比较 ,快速准确地掌握造林规划的完成情况 ,并能够以专题图和统计表的形式显示工程建设的总体进展情况和发展趋势 ,作到心中有数 ,运筹帷幄<sup>[6]</sup>。

“ 陕西日元贷款造林项目信息管理系统 ”以造林工程施工信息 ER 模型为数据库结构设计和实现的基础 ,使得系统各项功能的实现科学合理 ,充分显示出造林工程施工信息 ER 模型在林业生态工程信息管理系统开发中的实用价值。

## 5 结论

林业生态工程建设项目完成初设报告 ,并列入

国家投资年度计划后 ,就进入了项目施工阶段。及时、准确地收集、处理和应用项目施工信息 ,加强施工管理 ,使项目严格按照设计进行施工 ,是保证林业生态工程建设质量的重要措施。造林工程施工信息管理系统是林业生态工程管理的重要组成部分。以林业空间信息框架为空间基础的造林工程施工信息 ,是具备空间参考属性的属性信息和各种统计信息。数据量大 ,具有明显的时间和空间特征。属性、空间和时间是造林工程施工信息数据必须具备的 3 要素。造林地基本信息、造林地作业设计信息、造林地施工信息、造林地检查验收信息和造林工程质量信息是造林工程施工信息数据库的主要实体。ER 模型能够简单、清晰地表示造林工程施工信息数据库实体与实体之间的关系 ,为数据库概念结构设计提供了有效方法。

参考文献 :

[ 1 ] 朱金兆. 林业生态工程技术体系[ J ]. 中国农业科技导报 , 2002 2( 1 ) :12-17.  
[ 2 ] GROVE M. Social forestry and GIS[ J ]. Journal of Forestry ,1992 ( 12 ) 21-25.  
[ 3 ] 王迪海 赵忠. 林业生态工程项目施工信息的管理[ J ]. 西南林学院学报 2005( 4 ) 33-37.  
[ 4 ] 王治国 ,张云龙. 林业生态工程学[ M ]. 北京 :中国林业出版社 2000 :442-493.  
[ 5 ] 武红敢. 刍议林业空间数据库的建设[ J ]. 林业科技管理 , 2003( 3 ) 22-27.  
[ 6 ] 张战勇 ,王迪海 ,李树琴. GIS 在林业生态工程项目信息管理中的应用[ J ]. 陕西林业科技 2004( 4 ) 20-26.

( 上接 第 167 页 )

参考文献 :

[ 1 ] 盛业华 ,郭达志 ,张书毕 ,等. 工矿区环境动态监测与分析研究[ M ]. 北京 :地质出版社 2001.  
[ 2 ] 白中科 ,赵景逵 ,李晋川 ,等. 大型露天煤矿生态系统受损研究——以平朔露天煤矿为例[ J ]. 生态学报 ,1999 ,19( 6 ) 870-875.  
[ 3 ] ROUSE J W ,HAAS R H ,SCHELL J A ,et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS[ M ]//Third ERTS Symposium ,NASA :Washington DC ,1973 309-317.  
[ 4 ] DUNCAN J ,STOW D ,FRANKLIN J. et al. Assessing the relationship between spectral vegetation indices and shrub cover in the Jornada Basin[ J ]. New Mexico. International Journal Remote Sensing ,1993 ,14( 18 ) 3 395-3 416.  
[ 5 ] LARSSON H. Linear regressions for canopy cover estimation in Acacia woodlands using Landsat-TM ,MSS and SPOT HRV XS data [ J ]. International Journal Remote Sensing ,1993 ,14( 11 ) 2 129-2 136.

[ 6 ] 甘甫平 ,刘圣伟 ,周强. 德兴铜矿矿山污染高光谱遥感直接识别研究[ J ]. 地球科学 2004 29( 1 ) :119-126.  
[ 7 ] HOLBEN B N ,KAUFMAN Y J , KENDALL J D. NOAA-11 AVHRR visible and near-IR in-flight calibration[ J ]. International Journal of Remote Sensing ,1990 ,11( 8 ) 1 511-1 519.  
[ 8 ] 李苗苗 ,吴炳方 ,颜长珍 ,等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[ J ]. 资源科学 2004 26( 4 ) :153-159.  
[ 9 ] 牛宝茹 ,刘俊蓉 ,王政伟. 干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研究[ J ]. 武汉大学学报 :信息科学版 ,2005 30( 1 ) :27-30.  
[ 10 ] 赵春玲 ,李志刚 ,吕海军 ,等. 中德合作宁夏贺兰山封山育林育草项目区植被覆盖度监测[ J ]. 宁夏农林科技 ,2000( 6 ) 6-14.  
[ 11 ] 沙晋明. 福州市植被生态环境遥感定量研究[ J ]. 测绘学报 , 2005 ,19( 1 ) 93.  
[ 12 ] 章文波 ,符素华 ,刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[ J ]. 北京师范大学学报 :自然科学版 2001 37( 3 ) :402-408.