

# 应用地理信息系统处理地质信息的探讨 ——以在河北省晚古生代岩相古地理研究中的应用为例

窦建伟

邵龙义 张鹏飞

武清海 孟逢源

(核工业北京地质研究院) (中国矿业大学北京研究生部) (河北煤田物测地质队)

[内容提要] 本文介绍了GIS的基本概念原理,分析了应用GIS处理地质信息的可行性和优越性,并以在河北晚古生代岩相古地理研究中的应用为实例,介绍了应用GIS处理分析地质信息的一般方法。最后分析了GIS处理地质信息方面还存在的一些问题,笔者认为,随着GIS技术及其基础学科的不断发展,GIS在处理地质信息方面将显示出更大的潜力。

关键词 地理信息系统 地质信息处理 河北 晚古生代

## 1 引言

地质学的发展已有上百年的历史,地质工作者在研究过程中积累了浩如烟海的各种地质资料,传统的手工式信息管理方式显然已难以胜任地质信息的处理工作。如何充分利用这些宝贵的地质资料、提高处理效率已成为广大地质工作者一个不可回避的问题。随着计算机技术的发展及其与地质科学的不断结合,国内外出现了各种地学应用软件,主要包括地质数据计算、地质图件的计算机成图、地质过程的计算机模拟、地质专家系统等等方面,大大地方便了地质信息的处理与分析。

近年来,GIS技术在城乡规划、自然资源管理、土地管理、环境保护和灾害预报等方面得到了成功的应用,地质工作者们也开始注意到,GIS同样适合于与地理空间位置密不可分的地质信息的综合处理分析<sup>[1-5]</sup>。本文分析了GIS处理地质资料的可能性和优越性,并简要举例介绍了应用GIS处理地质信息的一般方法。

## 2 GIS简介及其处理地质信息的可能性、优越性

地理信息系统简称GIS(Geographical Information System),是60年代开始迅速发展起来的地理学研究新技术,是近二三十年来计算机制图(CAM)、数据库管理系统(DBMS)、计算机辅助设计(CAD)、遥感(RSS)等多学科交叉发展的产物。它综合了以上各基础组成学科的特长,以地理空间数据库为基础,采用地理模型分析方法,适时地提供多种空间的和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务。GIS具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力,可对空间地理数据进行管理(保存、排序、查询),并可进行空间分析,多要素综合分析和动态预测,以综合产生高层次的地理信息<sup>[6,7]</sup>。

① 本文1997年6月17日收修改稿。

GIS也可以用来处理地质信息,并有其独特的优越性,这是由地质信息的特点和GIS在处理空间信息方面的特长所决定的。

1. 任何地质信息都是以研究区的地理资料为基础的,即地质信息都和地理坐标有联系。岩相古地理资料更是如此。把纷繁复杂的各种地质信息与其地理位置建立起联系,这样也就把许多方面独立的地质特征联系在一起了,如可把研究区剖面的柱状或露头剖面照片(扫描成图象文件)、各钻孔取样点的砂砾岩含量、颗粒粗细岩比、生物化石种类、碳氧稳定同位素值等各种地质信息存入与其位置相联系的空间数据库中,方便信息的分析处理与查询。而且,以文件形式存储在计算机中的地质信息也便于长期的保存管理和交流。

2. GIS还能对存储的信息进行综合的统计计算、建模分析,如计算区域的面积,插值与形成等值线,绘制剖面图,建立空间分析模型,时间序列分析等等,并将结果以表格和图象的形式根据不同的需要以不同的形式显示出来,并可输出所需的地质图件。对空间信息的综合分析处理功能也是GIS与计算机辅助制图(CAM)或某种专门地质图件计算机自动成图系统的重要区别所在。

3. 众多的GIS系统都具有读取各种数据库文件(如MapInfo就可直接读取常用的dBASE、FoxBase、ASCII、Louts 1-2-3、Excel等格式的数据文件)和图形图象文件的功能,如研究区的地理位置底图可采用遥感获得的图象或原来录入CAD系统中的岩相古地理图。1988年,UNESCO-IGCP和国际地科联(IUGS)成立了IGCP269项目组来建立全球沉积岩数据库(SEDBA)<sup>[8]</sup>,来实现对全球沉积岩数据的统一存储、管理、检索和利用,促进信息的国际交流和全球地层对比的研究。国内地矿部门也建立了全国地层数据库<sup>[9]</sup>。这些数据库中录入的数据也都可读入到现有的GIS系统中,加以利用,这样就很容易地把以前在计算机中存储的地质信息转换到GIS系统中,并不需要重新录入。

4. GIS的数据处理分析模块还具有图形拼接(Merging)、地图比例尺变换(Scale Change)、布尔分析(Boolean Analysis)等功能,可方便地将不同地区的地质数据或图件汇总拼接,进行大区域对比分析。

5. 发展中的三维GIS还可以更方便地把地质信息以三维的形式真实地显现出来,而探索中的“时态GIS”将时间作为“第四维”引入,更适合于地质信息的处理与分析。

### 3 应用GIS处理地质信息的一般方法

应用GIS处理地质信息的一般步骤包括:地质资料的收集及存储,资料的加工处理、综合分析,信息查询与检索,输出成图,系统的二次开发与定制(图1)。

#### 3.1 地质资料的收集及存储

ARC/INFO、MAPINFO等GIS软件都可直接读取数据库文件。所以,可将收集的信息存储在数据库文件中,多媒体数据库不但可存放数字、文本信息,也可存储图象及声音。而这些数据都通过其地理坐标建立其相互间的联系。

地质信息资料不外乎三种形式:数值型、描述型、图象型。在所收集的地质信息中有些是本身就是数值,如所测试的元素含量,钻孔地层厚度等,都可直接输入数据库。但还有些是非定量的,如地层的岩性、颜色、岩石层理类型等,为了使计算机能方便识别处理定性、描述性的信息,我们可首先将描述性的地质信息转化为数值信息。而构造形迹等空间实体,则可用数字化仪或扫描仪输入计算机,这样就方便了计算机的存储、运算和检索。而图象型的资料

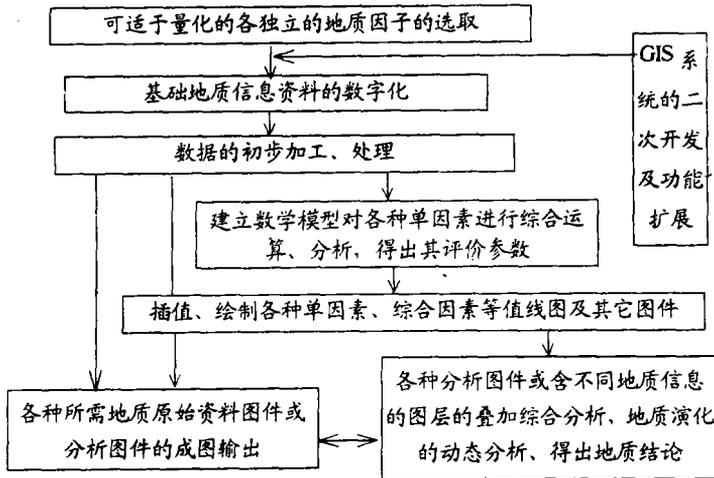


图1 应用GIS处理分析地质信息的一般工作流程

Fig. 1 Flow chart of GIS's application in processing geological information

如地震剖面、露头剖面沉积特征的照片、勘探区的钻孔剖面等可用扫描仪转换为图象文件的形式保存。

### 3.2 资料的加工处理、综合分析、成图输出

利用所输入的数字化了的地质资料,就可以进行各种综合运算分析。根据不同的目的选定不同的单因素参数或综合参数作为评价指标,可插值作出参数在研究区范围内的变化趋势、分布规律,如可作出各种单因素的岩相古地理图。有的GIS系统(如中国地质大学的MAP/GIS)可根据不同节点的高程值绘制剖面图,可产生任意方向剖面线的纵断面图、任意截面的横断面图。第一评价参数形成的图件可放在不同的图层(Layer)中。也可将不同的图层按地理坐标叠加(如在IDRISI系统中可使用“Overlay”命令)<sup>[10]</sup>,便于作进一步的分析。以上的这些图件都可根据需要以不同的方式输出至屏幕、打印机或绘图仪。

### 3.3 资料的查询与检索分析

GIS的另一个可在地质信息处理中得到很好应用的功能即是数据查询检索功能。收集的各种地质信息以各种形式存储在数据库文件中,就可随时方便地利用数据库系统强大的查询检索功能查询所需的地质信息,并可以表格或图形的方式显示。

### 3.4 对GIS软件的二次开发与定制

现有的许多优秀的GIS软件都提供了用于对系统进行二次开发的工具,以满足各种不同的用户开发各自所需的功能模块。如MapInfo中就提供了MapBasic(一种类似于BASIC的提供了供用户开发自己的基于MapInfo系统的应用模块),进行GIS系统的二次开发与定制,用于满足不同用户特殊的需要。

## 4 应用实例

近年来,我们在河北晚古生代岩相古地理和层序地层学研究中积累了大量的地质资料,工作中尝试利用GIS对这些资料进行处理分析,取得了较好的效果。

### 4.1 研究区地质概况

河北石炭、二叠系含煤建造属于巨大的华北晚古生代拗陷型盆地的一部分,发育海陆过

渡相及陆相地层。晚石炭世初期,整体沉降,在经历了长期风化夷平的奥陶系顶面上接受了来自北东方向的海侵,开始了陆表海的演化历史。在晚石炭世晚期海侵范围继续向南部扩大,到末期,海水转为由南东方向侵入,太原组发育若干个煤—灰岩—砂泥岩的旋回,为碳酸盐潮下—潟湖—潮坪相的多次次一级的海退旋回演化序列。二叠纪海侵范围变小,海水大面积向南退缩,逐渐发展为三角洲平原环境到陆相河流、湖泊环境<sup>①</sup>。

#### 4.2 地质资料的GIS综合处理分析

首先,对岩性进行了数字编码(如表1),把收集的钻孔柱状及实测露头剖面地层柱状的厚度和岩性按表1中所定义的岩性编码输入到钻孔岩性柱状数据库中。这作为最基础的资料库,供在以后的分析中随时调用(如表2)。

表1 岩性数值化对照表  
Table 1 The codes of different rocks

岩性	煤	砾岩	粗砂岩	含砾粗砂岩	中砂岩	细砂岩	粉砂岩	泥岩	石灰岩	...
数值化代码	1	2	3	32	4	5	6	7	8	...

表2 每一钻孔的分层厚度及岩性存储在数据库文件中(邢台129孔中的一段)  
Table 2 Thickness and lithologic data of individual boreholes are saved in a D8F File

	分层厚度	层号标注	岩性代码
数据库字段名	fchd	fczb	yxdm
钻孔原始数据	2.36	2煤	1
	1.36		71
	3.43		4
	6.31		6
	0.34	一座	8
	...	...	...

为了分析研究区的沉积环境及其演化,我们选取了地层总厚、砾岩厚度、砂岩厚度、砂砾岩总厚、砂砾岩含量、岩石粗细岩比、泥岩厚、灰岩厚、煤厚等参数作为评价指标<sup>[11]</sup>。调用每个钻孔的钻孔岩性数据库统计计算,并将各参数统计结果存入另外一个数据库文件,数据库结构如表3。每条记录也是和各自的地理坐标相联系的。根据上述统计结果,就可对不同层段和层序、准层序作出了各地质参数的等值线或多因素复合分析图。用以分析某因素的变化规律或各层序内古地理的动态演化。

表3 研究区地层地质参数统计结果在数据库中存储  
Table 3 Statistic results of the stratigraphic and geological parameters for the study area saved as another D8F file

参数	井号	纬度	经度	砂砾岩厚	砂砾岩含量	粉砂岩	粗细岩比	煤厚	...
数据库字段名	bore	lati	long	sdcb	sdcb (%)	silt	c/f	coal	...
统计结果	810	25765	42725	27.45	20.87	66.10	0.26	7.24	...
	837	23240	39725	26.50	19.45	70.80	0.24	9.42	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...

① 武清海等,河北省(含北京市、天津市)煤炭资源预测与评价(第三次煤田预测),河北煤田地质局课题报告,1994

峰峰羊渠河-羊东井田层序Ⅲ岩比等值线图(图2)上可看出砂体形态呈南北向伸展,指示了当时河流的方向为南北向,以岩比 $>0.5$ 的区域划为河道, $<0.5$ 的地区为河间地区。说明峰峰羊渠河-羊东井田当时(石盒子期)的古地理概貌为东西面是两条古河道,中间为河道间地区。

将不同的信息层按地理位置叠加,得出复合因素综合图,用于地质信息的综合分析,图3为邢台邢东井田煤层厚度与石灰岩厚度等值线图的叠加,用以研究煤层厚度和石灰岩厚度的关系。从图上可看出,在石灰岩厚度较厚和较薄的部位,煤层都较薄,厚煤层往往发育于石灰岩厚度中等的部位。

粗细岩比等值线图可大致反应古河道位置,对层序Ⅲ分段作岩比等值线图(图4),并分别存储在不同的图层中,可看出河道在层序Ⅲ演化过程中的动态迁移过程。在该井田内,下石盒子期,井田两侧发育两条河道,且不太发育。上石盒子组1、2段地层中粗粒沉积物发育较广,两条河道逐渐合并为一条。到上石盒子期晚期,河道向西北方向迁移,井田内为河道间位置。河流相在上石盒子组底部最为发育。

为了使GIS系统能利用输入的勘探区中各钻孔的数据打印出柱状图,我们应用C语言开发了柱状图打印模块和海平面变化模拟模块(Fischer Plot)。图5为我们用此模块打印出的根据对层序Ⅰ模拟出的海平面变化曲线。同样也可以通过建立数据文件接口的方法与现有的一些优秀地质软件有机地结合起来,这样就对现有的GIS软件进行了功能扩充,使之更适合于处理地质信息。

## 5 存在的一些问题及应用展望

近年来,计算机软硬件技术的飞速发展,直接推动了GIS的迅速发展,如由于GIS处理的信息量大,原来许多优秀的GIS软件只有工作站版本,现在也出现了许多微机应用版本;同时计算机图形学、计算机辅助制图系统(CAD)、自动地图编制系统(AMS)、统计地图系统(SMS)、遥感系统(RSS)等相关基础学科的发展也促进了GIS的发展。国外已有了许多优秀的商品化GIS应用软件(据统计在美国仅1991年就已超过了200多种),其中总体功能较强的有ARC/INFO、MAPINFO、INTERGRAPH、IDRISI、GENMAP等。国内也有了自己独

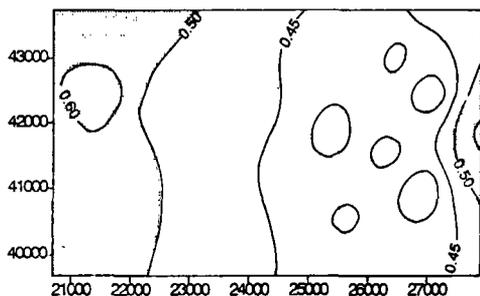


图2 峰峰羊渠河-羊东井田层序Ⅲ岩比等值线图  
Fig. 2 Isogram showing the coarse/fine rock ratios for Sequence III in the Yangquhe-Yangdong well field, Fengfeng, Hebei

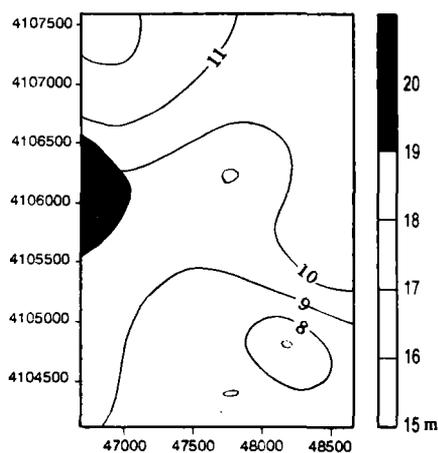


图3 邢台邢东井田层序Ⅰ石灰岩与煤层厚度关系图  
煤层厚度变化由图例充填显示,石灰岩厚度用等值线表示,单位,m

Fig. 3 Isogram showing limestone versus coal seam thickness (in m) in Sequence I in the Xingdong well field, Xingtai, Hebei. The coal seam thickness is indicated by solid column, and limestone thickness by isoline.

立开发的系统,如北京大学遥感所的CITYSTAR,武汉测绘大学的GEOSTAR,中国地质大学的MAP/GIS等,但其中真正为地质工作者专门用于处理分析地质资料的GIS系统还不多。所以,现有的用于地理信息管理、环境保护、城乡规划、土地管理、军事的GIS软件还不能完全满足地质工作者的需要。

其次,当地质资料数据点较少或分布不均匀,资料过于简单或地质资料定性成份较多而不宜数值化时,其空间分析能力将会受到很大的限制。

再者,由于地质上对地层或构造的认识是立体的,三维的GIS更适合于地质信息的分析,如任意方向的地质断面图的绘制等。而二维的GIS则只能反映平面的信息,不能很好地反映地质信息在三维空间上的变化。

现在真三维的GIS发展还不成熟,还有许多问题未得到很好的解决,目前用于处理空间信息的数据结构主要有两种:文件结构和数据库结构。文件结构基本上是在机助制图研究的基础上逐渐发展起来的,没有考虑大量属性数据的存储和处理问题;数据库结构大多都采用关系型数据库系统,而目前的关系型数据库系统并不支持三维的空间信息的管理,而且在进

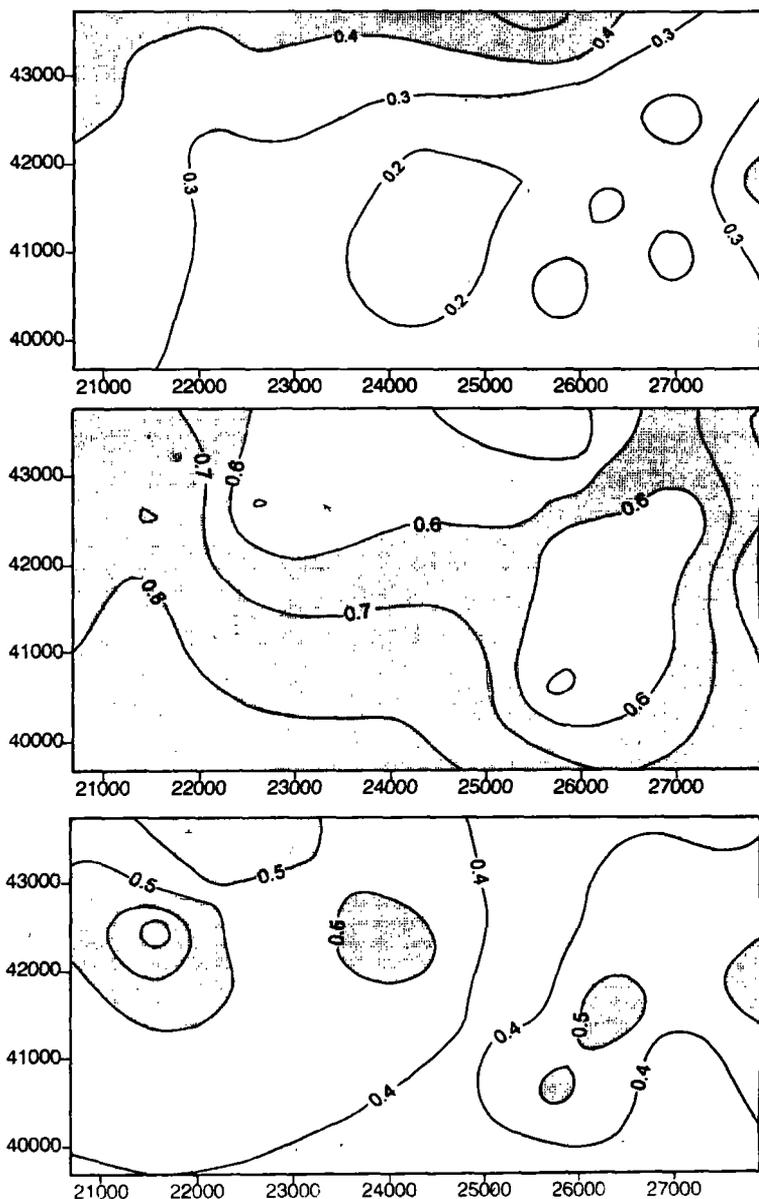


图4 峰峰羊渠河-羊东井田层序Ⅰ河道变迁河流动态演化图  
自下而上分别为下石盒子组,上石盒子组1、2段,上石盒子组3、4段  
岩比等值线图,存储在不同的图层中

Fig. 4 Dynamic evolution of the palaeochannels in Sequence I in the Yangquhe-Yangdong well field, Fengfeng, Hebei. From bottom to top; Lower Shihezi Formation, first and second members of the Upper Shihezi Formation, third and fourth members of the Upper Shihezi Formation

行大量数据查询时速度较慢。

另外,现在的二维、三维GIS还不能处理地质历史上与时间有关的信息,如地壳变动、古地理变迁。现在GIS研究人员已开始了所谓“时态GIS”的探索<sup>[12,13]</sup>。所谓“时态GIS”是相对于静态GIS而言的,现有的GIS只是对当前数据状态进行“快照”似的描述,而无法描述随时间的流逝状态的改变。目前对时态GIS的研究还处于探索阶段,数据结构的选择、时空数据的组织还没有有效的方法和手段。

## 6 结束语

以上只是我们在应用中的一点体会,GIS在处理分析与地理空间位置相关的地质信息方面比计算机辅助制图(CAD)有更广泛的应用前景,并将随着GIS技术及其相关学科的发展而显示出更大的潜力。为推动GIS在地学中的应用,当前应尽快研制出适合地质专业应用的真三维GIS系统。

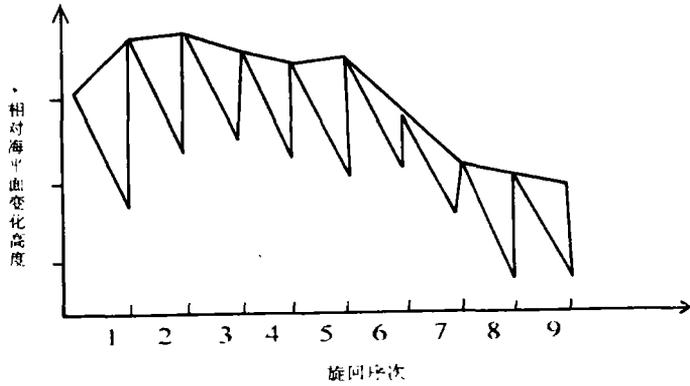


图5 应用Fischer Plot 模块模拟得到的层序 I 相对海平面变化曲线  
Fig. 5 Relative sea-level curves for Sequence I in the study area based on the Fischer plot

## 参 考 文 献

- 1 Graeme, F. B. & Pergamin. Geographic information systems for geoscientists, modelling with GIS. *Computer Methods in the Geosciences*, 1994, (13), 1-398
- 2 Laxton, J. L. & Becken, K. The design and implementation of a spatial database for the production of geological maps. *Computers & Geosciences*, 1996, 22(7), 723-733
- 3 Schetselar, E. M. Computerized Field-data capture and GIS analysis for generation of cross section in 3-D perspective views. *Computers & Geosciences*, 1995, 21(5), 687-701
- 4 马建文、阎积惠. 地理信息系统及资源信息综合. 北京: 地质出版社, 1994
- 5 李青元. 基于三维GIS的数字化地质报告. 煤田地质研究文集. 北京: 煤炭工业出版社, 1996
- 6 王学军、贾冰媛. 地理信息系统. 北京: 中国环境科学出版社, 1993
- 7 郭伦、任付虎等. 地理信息系统教程. 北京: 北京大学出版社, 1994
- 8 南君亚. 全球沉积岩数据库 (SEDBA) 的现状与展望. *岩相古地理*, 1995, 15(2), 59-65
- 9 李超岭、邱丽华等. 全国地层数据库. *岩相古地理*, 1995, 15(2), 11-14
- 10 Eastman, J. R. IDRISI-A Grid-based geographic analysis system. Worcester. Clark University, 1990
- 11 张鹏飞、彭苏萍、邵龙义等. 含煤岩系沉积环境分析. 北京: 煤炭工业出版社, 1993
- 12 张祖勋、黄明智. 时态GIS的概念、功能和应用. *测绘通报*, 1995(2)
- 13 张祖勋、黄明智. 时态GIS的数据结构的研讨. *测绘通报*, 1996(1)

# THE APPLICATION OF GIS IN PROCESSING GEOLOGICAL INFORMATION

Dou Jianwei

*Beijing Geological Research Institute, Ministry of Nuclear Industry*

Shao Longyi Zhang Pengfei

*Beijing Graduate School, China University of Mining Science and Technology*

Wu Qinghai Meng Fengyuan

*Hebei Bureau of Coal Geology*

## ABSTRACT

In this paper, the conceptual principles of GIS (geographical information system) are introduced, and the feasibility and advantage of GIS in processing geological information are discussed. Then the general procedure of the GIS analysis is presented with the example of the Late Palaeozoic sedimentary facies and palaeogeographic study of Hebei Province. At last, some problems concerning the GIS application are approached. The authors contend that GIS will be of great potential in processing geological information with the uninterrupted development of GIS technology and relevant subjects in the near future.

**Key words:** geological information system (GIS), geological information processing, Hebei, Late Palaeozoic