

# 基于GIS的地质图图切剖面计算机辅助编绘

方世明<sup>1</sup> 吴冲龙<sup>1</sup> 刘刚<sup>1</sup> 汪新庆<sup>1</sup> 赵温霞<sup>2</sup>

(1.中国地质大学资源学院信息所,湖北 武汉 430074;

2.中国地质大学地球科学学院,湖北 武汉 430074)

**提要:**图切剖面是区域地质图的重要组成部分,用于反映地下的地层和构造特征。传统的图切剖面是靠手工制作的,不但效率低下,而且不易保存和更新,作者研究开发了一种基于GIS的地质图图切剖面计算机辅助编绘系统。其编绘过程主要包括以下几个步骤(1)矢量化地质图的准备(2)图切剖面的自动绘制(3)人机交互修编与输出。本文以武汉市喻家山地质图的图切剖面编绘为例,证明该系统具有高效率、高质量的特征,可以满足现有各种比例尺的地质图图切剖面的制作要求。

**关键词:**地理信息系统;区域地质图;图切剖面;计算机辅助编绘

**中图分类号:** P628+.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2002)04-0440-05

图切剖面是区域地质图的重要组成部分,它与区域地质平面图相配合,可以清晰地反映出图区内地层、岩体、构造的空间分布特征,对于认识各种地质体和矿床赋存的地质条件和时空分布规律,指导矿产资源和工程地质勘探,都具有重要的意义。人们常常需要在任意地点、任意方向上切制剖面图,而且随着地质理论的不断发展和地质资料的不断积累,人们对地质现象的理解日益深入和详细,也要求快速更新地质图和图切剖面图。传统的手工制作图切剖面的方式,显然难以满足这种要求。计算机辅助设计的方式,是提高各种地质图件编绘自动化水平的出路<sup>[1-2]</sup>,本文拟在前人工作<sup>[3-4]</sup>的基础上,探索基于GIS的地质图图切剖面计算机辅助编绘技术与方法。

## 1 系统分析

地质剖面图是按一定的比例尺,表示地质体在垂向剖面上的结构、构造及其相互关系的图件<sup>[5]</sup>,图切剖面图是其中重要的一种。以往,由于手工编绘困难,不可能快速地制作出任意方向和任意内容的剖面图,只能制作一些约定的、具有代表性方向和确定

性内容的剖面图,来为地质工作者提供共同的审视角度和评价标准。例如,按剖面图走向与岩层或区域构造走向的关系,将图切剖面图分为地质横剖面图和地质纵剖面图,按其表示的内容,将图切剖面图分为地层剖面图、第四纪地质剖面图和构造剖面图等。一般地说,每一幅区域地质图通常附有1~2条与区域构造方向垂直,或穿过地层较为齐全的横向图切地质剖面图。这些剖面图的绘制方法和程序一般包括以下几个步骤<sup>[5]</sup>:

(1)读图:分析图区地形特征、构造特征、地层分布、层序及产状变化情况,为选择剖面线方向和位置作准备;

(2)选择剖面线:在读图分析的基础上,选定地层出露最全的部位作为剖面切制位置<sup>[6]</sup>,剖面线应尽量垂直区内区域构造和地层走向;

(3)绘地形剖面线:将地质图的剖面线与地形等高线相交各点一一投影到相应标高的位置,按实际地形用曲线连接相邻点即得到地形剖面;

(4)绘岩层分界线和侵入体界线及断层线或构造线:将地质图上的地质界线与剖面线相交各点一一投影到地形剖面曲线上,绘出各岩层分层界线和断层线;

收稿日期:2001-10-10;改回日期:2002-06-30

基金项目:国土资源部“1:5万计算机辅助填图系统”和“中国地质大学数字地大工程”项目资助。

作者简介:方世明,男,1977年生,博士生,主要从事于地理信息系统的应用和开发工作。

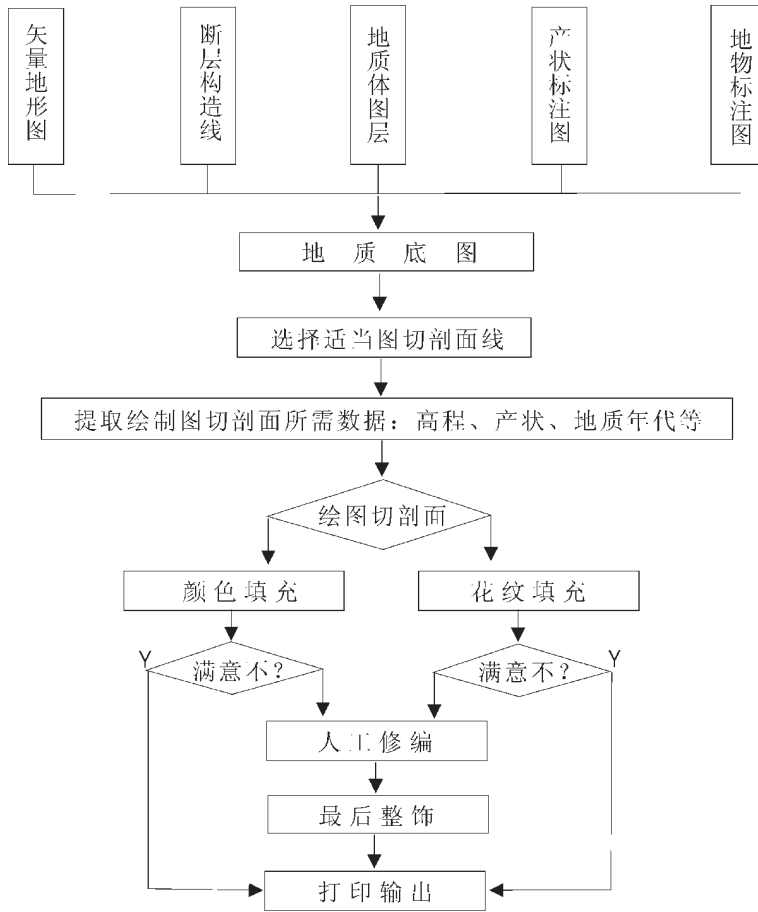


图 1 地质图图切割面的计算机辅助编绘工作流程图

Fig. 1 Flow diagram of computer-aided production of the cutting section of a geological map

(5) 完成地质剖面图：在界线之间绘上岩性花纹、标注地层时代等，并绘上图例。

(6) 绘比例尺，书写图例说明、图名、图签等；

(7) 整饰图件：按地质剖面图的标准或规范进行图面整饰，正式成图后送交描图员清绘，然后交付印刷出版。

根据基础地质研究者和矿产地质、工程地质勘探者的需求，地质图切割面图的计算机辅助编绘应当达到这样的效果：在地质底图上任意选定一条剖面线位置后，就能立即在屏幕上显示该位置的地质剖面图，接着利用系统提供的人机交互工具，经过少量的修改就能够满足编图者的要求，然后利用各种外围设备输出高质量的光电介质或纸介质图件。

## 2 系统设计

从目前情况看，地理信息系统(Geographical

Information System——GIS)是实现地质图切割面图的计算机辅助编绘的最佳技术支撑。GIS是一种融计算机图形技术与数据库技术为一体、用于存贮和处理空间信息的现代高新技术，它能将地质体地理位置与相关地质属性有机结合起来，按照各种实际需要准确真实、图文并茂地把它们输出给用户，同时借助其独有的空间分析功能和图示化表达能力，帮助地质工作者进行各种地质辅助决策分析，是一种可以超越传统方法解决地质问题的先进手段<sup>[17]</sup>。

根据性能价格比最优的原则，采用桌面化GIS办公软件ArcView3.2作为本次图切割面实现的开发平台，具体开发语言主要为面向对象的ArcView3.2二次开发语言 Avenue。结合图切割面生成的方法和程序特点，总体工作流程如图1所示：

用计算机辅助设计和实现图切割面大致经过下面几个主要步骤：

(1) 矢量化地质底图的准备。由于GIS软件进行空间分析都是在矢量底图基础上进行的,因此首先要把地质图切割剖面所涉及到的的一些基本图层(如地形、地质体、断层线、地物标志等)全部借助于GIS软件数字化成矢量文件存储到计算机里面去。

(2) 数据的整理。为了提高图切割剖面生成的质量和效率,在实现图切割剖面之前最好应把有关图切割剖面所经过区域的地层地质体、断层等地质属性数据(产状、地质年代等)整理齐全。否则由于数据的不完整性,最后所绘制的剖面图需要人工修编的代价就会很高。

(3) 剖面图的绘制。这是最为关键的一步,如果系统模型不够正确的话,最后绘出来的剖面图就会与实际情况大相径庭。例如,在绘制地层界线和断层构造线时,一定要首先考虑倾角的校正问题,然后根据视倾角的大小将地层线和断层线投影到剖面上。

(4) 剖面图的最后修饰与输出。图例花纹标准化和图件内容精确化,是地质图件计算机辅助编绘系统功能设计的重要目标之一<sup>[2]</sup>,加上地质现象本来就十分复杂,由程序控制自动生成的图切割剖面与实

际情况总是有或多或少的差别,需要通过人工干预的方式进行修编。

### 3 系统实现

基于GIS的地质图图切割剖面辅助编绘系统,借鉴地质矿产点源信息系统的地矿勘查图件计算机辅助设计原理与方法<sup>[2,4]</sup>,以及其他有关的研究成果<sup>[7-9]</sup>,采用了ArcView面向对象的二次开发语言Avenue。到目前为止,主要解决了以下几个具有代表性的问题和难点:

(1) 由于ArcView的数据结构不具有拓扑关系,因此在通过图切割剖面线与地质体的相交关系来获取一些与地层有关的属性时必须解决这一问题。例如图2中的图切割剖面线AB与Q、P、D、S4套地层相交,如果不进行处理,直接利用Avenue中线与区的相交命令来获取地质年代信息,将会得到如下结果: {P P, S S, D D, Q Q},这样一来,和图切割剖面线与地质体相交的先后关系就不一致,而且每套地层的信息都出现了两次,这就是由于在ArcView中数据结构不具有拓扑关系所造成的。作者在经过大量的研究

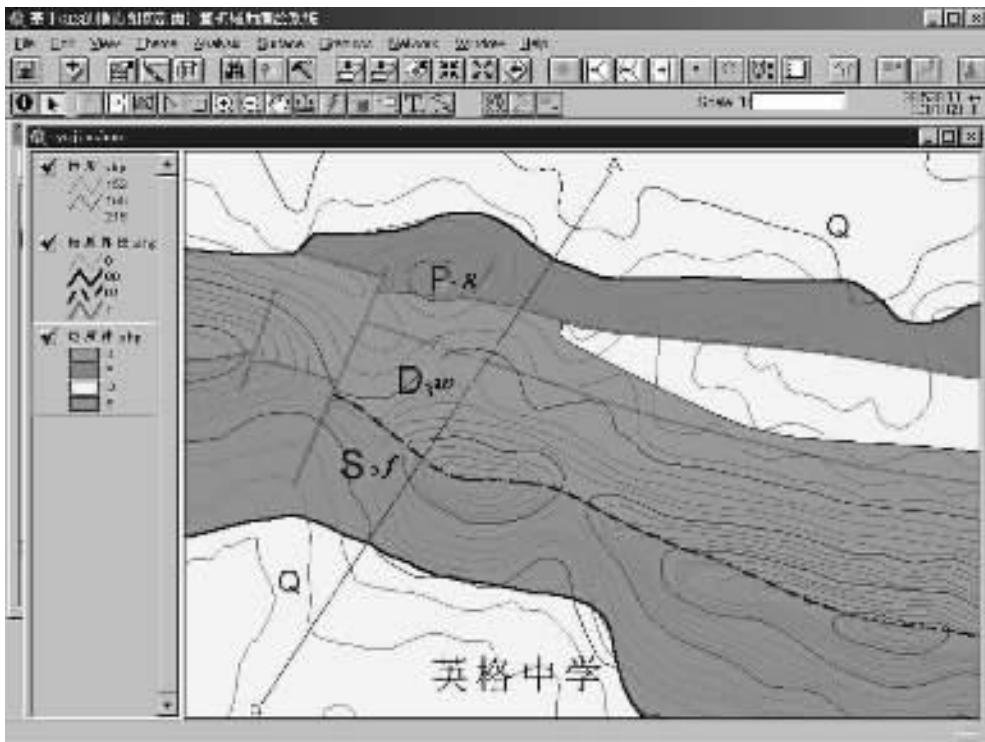


图2 武汉市喻家山矢量化地质底图

Fig. 2 Vectorized geological base map of Yujiashan, Wuhan City  
Q—第四系 S<sub>2</sub>f—志留系坟头组 D<sub>3</sub>w—泥盆系五通组 P<sub>1</sub>g—下二叠系孤峰组 ;A-B—剖面位置

和实验之后,总结出了一套比较适用的算法(由于篇幅关系,具体的算法会在另外的文章中进行阐述和介绍)。用这种算法最终获取的地质年代信息为: {Q, P, D, S, Q}, 这一结果与实际情况相符合。实践证明这种算法正确可行。

(2) 在 ArcView 中,图切剖面线与等高线的交点,并不具有从图上所看到的那种一目了然的先后顺序,所以在绘制地形线时必须采取适当的措施来解决这个问题。作者采取如下办法:首先用直线类的 PointIntersection 命令来提取图切剖面线与所有等高线的交点(带有高程值),然后再用 PolyLine 类的 PointPosition 命令得到所有交点在图切剖面线上的位置,并根据交点在剖面线上的位置按从小到大的顺序进行排序,最后根据排序后的一系列交点画出地形线。

(3) 从地质图上提取的地层和断层的倾角是真倾角,而图切剖面方向与地层倾向往往不一致,倾角在剖面上呈现为视倾角,要根据图切剖面方向和地层倾向或断层倾向之间的夹角( $w$ )和倾角( $a$ ),来换算每一地层和断层在剖面图上的视倾角( $b$ )。每一地层和断层在剖面图上的视倾角( $b$ )的具体计算公式是:  $\tan(b) = \tan(a) * \cos(w)$ 。求出全部视倾角( $b$ )的

值之后,便可根据视倾角的大小,将地层线和断层线投影到剖面上。

(4) 在绘制地层线和断层构造线时,要注意地质界线是向剖面线的 A 端倾斜还是向 B 端倾斜,否则计算机最后绘出的地质界线可能与实际情况相反。在具体编程实现过程中,要把这一问题的描述模型化,以便计算机能快速准确地绘出各种倾向的地质界线。例如,图 2 中的图切剖面线 AB (A 点为剖面线的起点)方位为  $a$ ,如果地层体(或断层)的倾向大小在  $(a-90)$  度和  $(a+90)$  度之间,则在投影到图切剖面上时就向 B 端倾斜,否则地层线(或断层)在投影时就向 A 端倾斜。

总之,由于诸多因素的影响,还有许多问题有待于进一步研究和探讨,如背、向斜中岩性花纹的自动填充以及褶皱转折端的处理等等。到目前为止,这些问题的处理只能依赖于系统所提供的人机交互编辑工具来完成。

#### 4 实验结果

利用作者所开发的图切剖面系统,在将武汉喻家山 1:5 万地质图矢量化之后,选择任意一个合适的剖面位置(图 2 上的直线 AB),仅用几十秒钟就自动

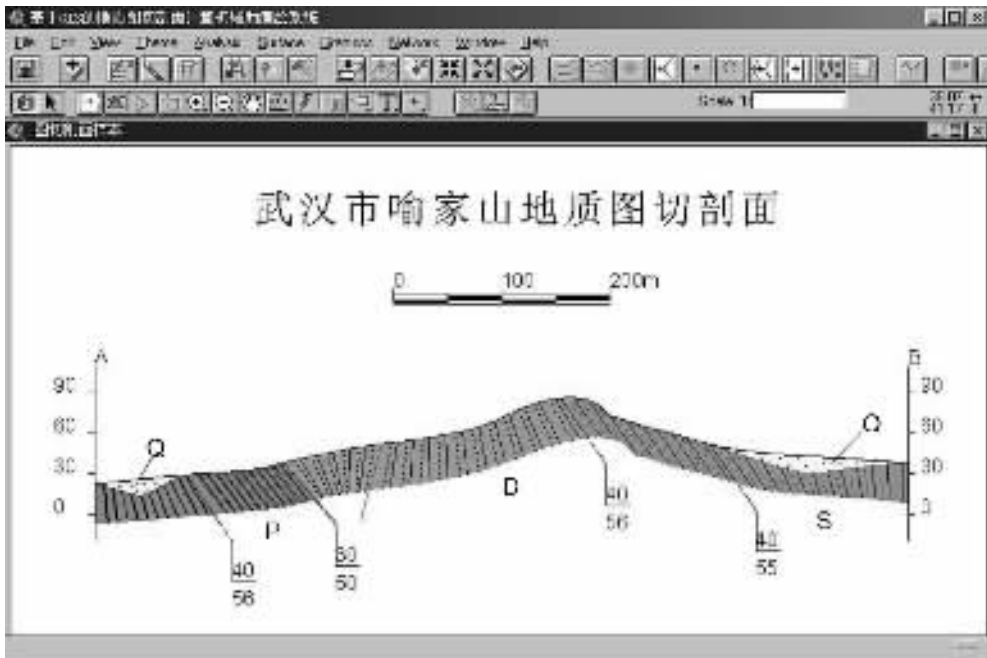


图3 基于喻家山地质图计算机辅助编绘出的图切剖面

Fig. 3 Cutting section of the geological map of Yujiashan produced with the aid of the computer

Q—第四系 P—二叠系 D—泥盆系 S—志留系



显示出如图3所示的图切剖面图,可见其制作效率是相当高的。当屏幕上显示出图切剖面后,人们还可以再利用该系统所提供的图形人机交互编辑工具,对某些复杂的内容进行修改,并进一步整饰版面,以便达到直接出版的要求。

## 5 问题探讨与结论

本文所取得的成果是初步的,仅适用构造发育相对简单的部位的图切剖面绘制。这在一般情况下是有实用价值的,因为通常的图切剖面都是选择在地层发育完整、构造相对简单的部位来制作。然而,在一张地质图上,断层交互切割、褶皱来回翻转的复杂情况比比皆是,要让计算机自动编绘任意位置和方向的图切剖面不是很容易的。传统的手工图切剖面图都是由地质专家或有相当丰富经验的地质工作者来完成的,图上的许多内容是依据他们对该地区地质特征的深刻认识来推测的。为此,进一步的研究开发可以考虑建立功能强劲的图形编辑系统,方便人机交互修改;或者也可以考虑采用专家系统或人工神经网络技术,开发一个相应的专家系统。

此外,由于受地质构造运动的影响,地层界面变形强烈,到处充满不对称性和不协调性,岩性花纹填充也是一个难点。按照传统计算机图形学上的花纹填充算法(如种子填充算法和扫描填充算法),不经

过任何处理就直接将花纹填充到地质体中去是不行的,需要研究开发一种新的、适用于复杂地质体的填充算法,以便使填充的效果与实际情况更加一致。

由于这项工作本身的巨大复杂性,加上国内、外这方面的软件研究与开发较少,笔者在做这项工作时遇到了许多难题,所实现的功能难免有许多不足之处。但从上面所做的大量工作可知,采用计算机进行地质图图切剖面辅助设计和修编是完全可行的,值得进一步做工作。

### 参考文献:

- [1] 吴冲龙,汪新庆,刘刚,等. 地质矿产点源信息系统设计原理及应用[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996.119~159.
- [2] 吴冲龙. 地质矿产点源信息系统的开发与应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1998,23(2):193~198.
- [3] 吴冲龙. 计算机技术与地矿工作信息化[J]. 地学前缘,1998,5(2):343~355.
- [4] 刘刚,袁艳斌,吴冲龙. 参数化设计方法在地矿图件计算机辅助编绘中的应用[J]. 地质科技情报,1999,18(1):93~96.
- [5] 朱志澄,宋鸿林. 构造地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990.301~303.
- [6] 杨逢清,胡昌铭,张克信. 沉积地层工作指南[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990.91~99.
- [7] 王勇毅. GIS与地质图制作[J]. 地质与勘探,2000(1):44~47.
- [8] 黄健全,罗明高,胡雪涛. 实用计算机地质制图[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [9] 孙家广. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,1999.178~190.

## Computer-aided production of the cutting section of a geological map based on GIS

FANG Shi-ming<sup>1</sup>, WU Chong-long<sup>1</sup>, LIU Gang<sup>1</sup>, WANG Xin-qing<sup>1</sup>, ZHAO Wen-xia<sup>2</sup>

(1. Information Institute Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

**Abstract:** As an important component part of a regional geological map, the cutting section can reflect the characteristics of subsurface strata and structure. but previously the cutting section of a geological map was produced by hand, so the production efficiency was low and the section not easy to keep and update. The main steps of the production are as follows: (1) preparation of a vectorized geological map (2) automatic production of a cutting section by the computer, and (3) interactive modifying and output of the cutting section. Take for example the geological map of the Yujiashan area, Wuhan City, this paper proves that this system has high efficiency and good quality and so can meet the requirements for producing the cutting sections of geological maps of various scales.

**Key words:** geographic information system (GIS); regional geological map; cutting section; computer-aided production