维普资讯 http://www.cqvip.com

地下水三维等值线图绘制与调用的新方法

苏万益[1,2]，刘卫林[1]，屈吉鸿[1]

（1. 华北水利水电学院，郑州 450008；2. 济源职业技术学院，河南 济源 454650）

摘要：在进行地下水数值模拟计算时，需要将计算所得的各点水位以各种形式的图表表示出来，以反映地下水的动态变化。传统的地下水资源评价软件中，采用二维地下水等值线来表示地下水动态的变化，不能很形象的反映降落漏斗的形状。本文通过 MATLAB 与 Delphi 实现了地下水三维等值线的绘制与调用，并与相关的专业软件（HFEM）进行了耦合，结合实例进行验证，效果理想，易于操作。

关键词：地下水数值模拟；地下水等值线；MATLAB；Delphi；地下水资源评价

中图分类号：P641.2　　**文献标识码**：A

Abstract: After the calculation for the numerical simulation of groundwater, the obtained data of the groundwater level should be represented by figures and tables to show the dynamic fluctuation of groundwater. In the conventional software for the evaluation of groundwater resource, the groundwater rigime is often displayed by the 2D water table contour, which can't imaginably show the shape of the funnel resulting from the exploit. In this paper based on the MATLAB and Delphi, the drawing and the transferring of 3D groundwater contour are carried out, which is coupled with the related software (HFEM). Through the examination from examples the said approach is ideal and easy to use.

Key words: groundwater numerical simulation; water table contour; MATLAB; Delphi; evaluation of groundwater resource

地下水等值线图在地下水研究中是有很重要的地位，一方面，它能把一个区域的地下水流场以图形的方式很好地表现出来；另一方面，它也能很形象的反映地下水位变化情况，利用地下水位的变化就可以对研究区域的水文地质参数如渗透系数、导水系数及给水度等有个定性的了解。正是基于此，在进行地下水资源评价时，通常以地下水等值线来反映该地区的地下水变化情况。传统的地下水资源评价软件中，地下水数值模拟模块对数据的处理是形成地下水的二维等值线图，它不能很形象的反映降落漏斗的形状。之所以如此，一是由于三维绘图程序较难编制，另一方面在于数据不够多，这里所说的数据既包括观测点数据，也包括由地下水资源评价的专业软件生成的数据。对于一个大范围的水文地质研究区域，怎样利用这些有限的数据进行三维等水位线的绘制，更好的为实际服务？本文尝试在传统水资源评价软件基础上通过调用 MATLAB 的绘图函数实现了地下水等值线的三维制图，地下水水位的变化可更加直观形象的表示出来。

1　地下水三维等值线图的绘制

1.1　MATLAB 软件及相关函数

MATLAB 是 Mathwork 公司推出的一种高性能的数值计算和可视化软件，全名为 Matrix Laboratory，亦称矩阵实验室。它是以矩阵为基本编程单元的科学工程计算语言，在数值计算、信号处理、系统辩识、神经网络、优化设计以及图象语音处理等方面具有广泛的应用[1]。除了它强大的数值计算功能和几十个功能强大的工具箱的支持之外，它的出色的数据可视化和图像处理功能也深受广大用户的青睐。

在进行地下水三维等值线的绘制时，要用到许多 MATLAB 的绘图函数和命令，现将主要的函数及命令作一简要介绍[2]：

（1）meshgrid（x，y）　此函数是进行坐标网格划分的。

（2）griddata（x，y，z，x1，y1，method）　此函数用于对无规则散乱的数据进行插值的。

（3）mesh（x，y，z）　此函数是用于进行绘制三维网格图。

收稿日期：2003-07-28

作者简介：苏万益（1957－），男（汉族），陕西渭南人，教授.

维普资讯 http://www.cqvip.com

(4) surf (x, y, z)　此函数是用于绘制三维曲面图形。

(5) contour (x, y, z, n)　此函数用于绘制二维等高线。

(6) label (c, 'manual')　此函数用于对等高线 c 进行手工标注高度。

除此之外，还有一些很有用的函数如视角控制函数 (view)、透视函数 (hidden) 及颜色处理函数 (shading) 等，这些函数对于已完成的三维图形是一个很好的补充，能使图形更加形象。另外，还可利用 MATLAB 的动画功能，进行动画制作，这对于从不同角度表现一个图形来说，是相当不错的工具[3]。

1.2 实现步骤

MATLAB 中进行地下水二维及三维等值线图绘制的基本步骤如图 1 所示，简要概括如下：

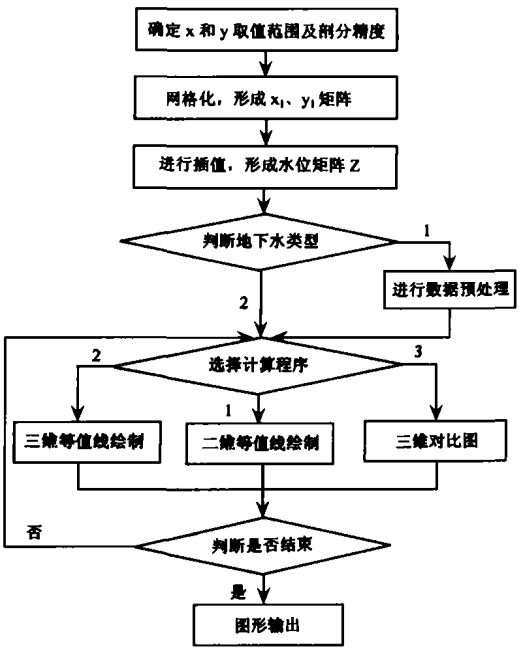

图 1　地下水数值模拟等值线绘制流程简图

第一步，确定 x，y 坐标轴的取值范围，选定取值间隔，然后用 meshgrid 函数对坐标进行网格划分，形成 x1，y1 矩阵；

第二步，用 griddata 函数对由 x1 和 y1 构成矩阵以及相应的各点水位值进行插值，得到水位矩阵 z；

第三步，对水位矩阵 z 进行数据预处理；

第四步，分别用二维和三维曲面绘制函数 surf 进行等水位线的绘制；

第五步，对三维等水位线进行其他操作。

2 Delphi 中调用 MATLAB 绘图函数

MATLAB 虽然具有可视化 GUI 设计工具 Guide，为用户化的程序界面设计提供方便，但用高级语言设计的用户程序具有更好的专业适宜性。Delphi 是一种面向对象的 Pascal 语言，它采用可视化的集成开发环境 (IDE)，兼有 VC++ 的强大功能和 VB 的易用性，其代码输入量小，开发效率高，而且有强大的数据库引擎，以及支持嵌入式汇编、动态库调用、ActiveX 组件等诸多功能。因此，可以利用 Delphi 作为前端开发工具进行应用程序开发的同时，将程序中的图形处理交由 MATLAB 来完成。目前，在 Delphi 中调用 MATLAB 的方法主要有以下 3 种[4]。

2.1 利用生成的动态链接库 (DLL) 进行调用

MATLAB 本身没有提供和 Delphi 之间的接口程序，但是可以利用 MATLAB 和 VC 之间的接口函数，通过编写合适的动态链接库来实现。这样就可以在 VC 下利用 MATLAB 引擎，使用 MATLAB 的功能，再通过动态链接库做成 Delphi 与 MATLAB 的接口函数。另一方面，也可以通过将 MATLAB 环境中的 M 文件编译成 C++ 源程序，通过 VC 生成动态链接库，然后在 Delphi 中调用它，实现数据的传输。

2.2 利用 Mediva 软件平台

Mediva 是 Mathtools 公司推出的一种 MATLAB 编译开发软件平台，是一个强大而完备的 M 文件解释执行和开发环境，它通过应用 MatCom 和实时编译技术而达到快捷的速度。Mediva 具有编译转换功能，能够将 Mediva 函数或编写的 MATLAB 程序转换为 C++ 形式的 DLL，然后在 Delphi 中调用动态库函数，这样就有可能实现对 MATLAB 各种工具箱函数的调用。

2.3 利用 ActiveX 技术

ActiveX 是由 Microsoft 制定的一种独立于编程语言的组件集成协议，它不受开发环境的限制。MATLAB 和 Delphi 都支持 ActiveX 技术，因此，可以利用 ActiveX 自动化服务器和自动化控制器技术，实现 MATLAB 和 Delphi 接口。

(1) 初始化并创建自动化对象。MATLAB 提供 1 个自动化对象，它的外部名称为 MatLab. Application。为了产生和获得 MATLAB 对象，在 Delphi 中用下列语句编程即可：

MatLab = CreateOleObject (MatLab. Application)

(2) 编辑和操纵自动化对象的属性和方法。它可编辑对象窗口的颜色和大小及成员数据值，使用其成员函数，输入参数而输出经服务器程序处理的信息。如获得 MATLAB 的对象后，将其窗口的最小化或最大化的程序语句如下所示：

维普资讯 http://www.cqvip.com

MatLab. MinimizeCommandWindow ()

MatLab. MaximizeCommandWindow ()

(3) 客户程序释放服务器程序的对象，在Delphi中用下列语句编程既可释放MATLAB对象：

MatLab. quit

(4) MatLab的自动化对象一个主要函数是Execute (Command)，凡是在MatLab的命令窗口可键入的执行命令都可用该函数调用。MatLab的自动化对象对数组的获取和设置用函数GetFullMatrix和PutFullMatrix来实现。

本文采用第三种方法在Delphi里调用MATLAB函数。以下是调用MATLAB的程序的一部分。

```
unit matlab;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs, ExtCtrls, StdCtrls, ComObj, Buttons, Clipbrd;
type
  TmatLabForm: = class (TForm)
    Surface: TButton
    Image1: Timage
    Button2: TButton
  procedure surfaceClick (Sender: TObject);
  procedure Button2Click (Sender: TObject);
  private {Private declarations}
  public {Public declarations}
  end;
  var
  MatLabForm: TmatLabForm;
  implementation
  {$R *.DFM}
  procedure  TMatLabForm. SurfaceClick (TObject)
   var
    MatLab: OleVariant; //定义OLE对象
    ReturnString: AnsiString; //定义返回字符串
   begin //产生和获得MATLAB对象
    MatLab: = CreateOleObject ('MatLab. Application');
    MatLab. MinimizeCommandWindow; //MATLAB窗口最小化
    ...
    ReturnString: = MatLab. Execute ('Print-dbitmap C: \Swdzx. bmp'); //在客户程序中获取和显示图象
    ReturnString: = MatLab. quit;
    Image1. enabled: = true;
    Image1. Picture. LoadFromFile ('C: \Swdzx. bmp');
    end;
```

3 应用实例

河南某市进行水源地地下水资源评价。在用地下水有限单元模拟 (HFEM) 软件对水源地进行二维地下水数值模拟计算后，在程序中调用MATLAB相关函数及命令，将二维模拟计算所得的有关数据进行处理[5]，绘制二维及三维等水位线。

3.1 地下水等值线的绘制

(1) 根据计算结果确定x、y的取值范围分别为{0, 85}和(0, 55)。所采用的x、y值为剖分时的相对坐标值，取值间隔的确定，理论上是间隔越小插值就越精确，但还必须考虑计算机的内存和

维普资讯 http://www.cqvip.com

硬盘的速度以及 MATLAB 的版本。本次取值间隔选取为 0.5，MATLAB 版本为 6.5。利用 meshgrid 函数进行网格化，形成 x1 和 y1 矩阵，维数为 111 × 171。

（2）二维模拟计算所得区域各点水位值及相应各点横纵坐标所形成矢量 x、y 和 z，利用 griddata 函数在 x1 和 y1 范围内进行插值，得到水位矩阵 z1，维数为 111 × 171。

（3）由于在用 griddata 进行插值时会形成一些 NaN（即不是数（Not-a-Number）），它主要是由于 0/0、Inf/Inf 等操作形成的不确定数，在 MATLAB 中均以 NaN 表示。因此必须对这些 NaN 数据进行处理，方法有多种，本文采用 1 个小程序对之进行处理得到相应矩阵 Z。

（4）所得的矩阵 x1、y1 和 Z，利用 surf 函数就可进行三维等水位线的制图，并对形成的图进行加工使图形更加直观（图 2）。

（5）所得的矩阵 x1、y1 和 Z，利用 contour 函数就可得到二维等水位线图（图 3）。

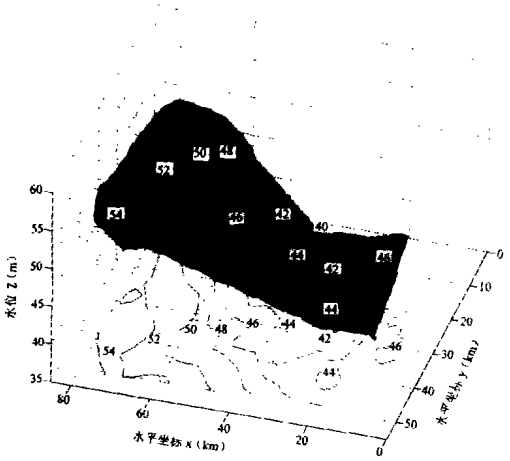

图 2　时段末浅层地下水三维等值线

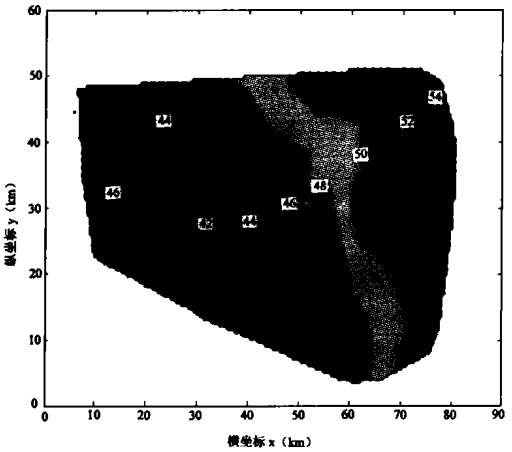

图 3　时段末浅层地下水二维等值线

上述过程通过在用 Delphi 编制的专业软件中调用 MATLAB 实现，效果显著。

3.2　地下水数值模拟数据的其它处理

（1）进行模拟计算后，可把任意剖分节点在不同时刻的水位用图表的形式表现出来，形成任意节点水位历时曲线，如图 4 所示。

（2）在进行完水均衡计算后，将各频率年的地下水资源补给量以及消耗量分别以饼图的形式表现出来，形成地下水资源补给饼图和消耗饼图，如图 5 所示。

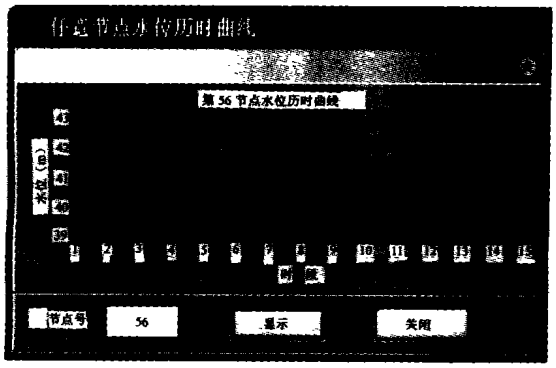

图 4　第 56 节点水位历时曲线

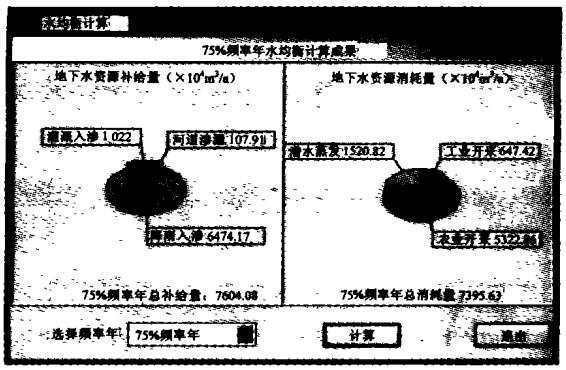

图 5　75% 频率年水均衡计算成果

3.3　MATLAB 绘制地下水等值线优点

（1）可以对不同时段的地下水位图形通过在 1 个图幅内的同一个坐标系中进行比较分析。通过调用 MATLAB 函数，可对不同时段的等水位线图比较。这样的好处是，通过对比可以让人更形象更直观了解这个区域地下水动态变化情况。图 6、图 7 所示为承压水初始时段、末时段状态下水位的三维对比图。为了更加形象地反映不同时段的等水位线图，图中用黑色实体代表初时段等水位图，用网格图代表末时段状态等水位图。另一方面，利用三维立体图，再结合侧视图，可以很形象的反映一个区域的降落漏斗的形状，以及水位变化幅度。

（2）可以轻松方便地绘制更直观形象的二维等水位线图。通过调用 MATLAB 的 contour 命令可以按制图人的意愿进行绘制等水位线，另一个主要特点

维普资讯 http://www.cqvip.com

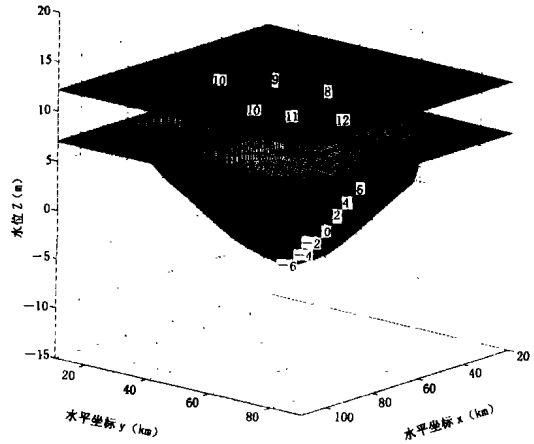

图 6　承压水初时段、末时段水位三维立体比较

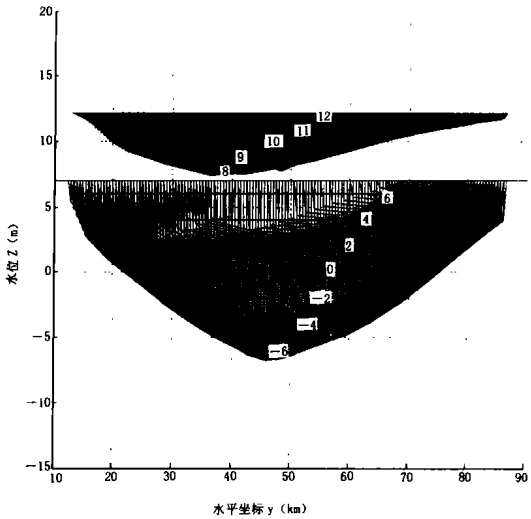

图 7　承压水初时段、末时段水位三维侧视比较

是，它不仅能绘制出一般地下水二维模拟所输出的等水位线图，也可以根据水位的不同用不同色彩分级表示水位区间，这样绘制的图形就更直观形象了。

（3）可以对视图进行多角度全方位地动态观看。这一点对于报告演示很有用处，又因它的色彩效应，可以让人很直观形象地了解区域地下水变化情况。在进行动态观测时，先是利用 MATLAB 的动画函数 moviein 及 getframe 函数编制一小程序，然后在 Delphi 中进行调用，这样就可进行限定角度的观看演示。这种方法灵活性较强，比较实用，且易于编程。

4　结语

在传统地下水资源评价软件中，通过调用 MATLAB 一些函数对地下水数值模拟的数据进行处理是可行的，也易于操作。与其它传统软件数据处理不同的是，它不仅能绘制二维的等水位线，还能进行三维的等水位线绘制，具有更直观，更形象的特点。由于它是通过有限的数据进行插值得到的图形，因此在某些地方还有不尽如人意的地方。笔者认为，最有效的办法是利用三维有限元进行模拟，这样得到的数据才更可靠，更接近于实际。当然，还有一种方法就是利用 GIS 强大的空间数据能力来表现其三维的真正特性，这些都是以后进行地下水研究的发展趋势。

参　考　文　献

[1]　许波，刘征．MatLab 工程数学应用［M］．北京：清华大学出版社，2000.
[2]　苏晓生．掌握 MATLAB 6.0 及其工程应用［M］．北京：科学出版社，2002.
[3]　李人厚，张安平等译校．精通 MATLAB 综合辅导与指南［M］．西安：西安交通大学出版社，1998.
[4]　韩守红，唐力伟等．Delphi 与 MatLab 的实现方法研究［J］．微计算机信息，2001，17（10）：45～46.
[5]　徐建新等．区域水资源规划及灌区节水增产灌溉专家系统研制［C］．郑州：华北水利水电学院，2000.

（上接第 55 页）

就难以用程序表达。（3）只适合于处理完整、准确的数据。由于知识规则并没有抽象出来，无法对知识规则进行扩充和更新，大大地限制了它的适用范围，所以适用性比较差。通过将原本需写入应用程序的管理和处理策略抽象出来并用规则加以实现，利用规则系统实现知识独立（Knowledgeindependence）和知识分离的思想还没有在这些系统中体现出来。

6　结束语

管线行业的知识与规则是相当复杂的，归纳、提取管线行业的知识与规则，利用知识规则系统实现知识独立（Knowledgeindependence）和知识分离，将知识规则系统与地下管网信息系统监理相结合，是十分值得研究并具有实际意义的工作，希望能有更多的专家学者进行研究和参与。

参　考　文　献

[1]　宋振晖，邓超．信息系统工程监理知识体系［M］．北京：电子工业出版社，2004.
[2]　葛乃康．信息系统工程建设监理［M］．北京：电子工业出版社，2002.
[3]　于付国．测量监理在工程建设监理中的任务及应用［J］．中国煤田地质，2001，(6)：109～111.
[4]　尹朝庆等．人工智能与专家系统［M］．北京：中国水利水电出版社，2002.
[5]　区福邦．城市地下管线普查技术的研究与应用［M］．南京：东南大学出版社，1998.