

一种基于确定区域填充点的等值线填色算法

罗伟锦,刘汉龙,高玉峰

(河海大学岩土工程研究所,江苏 南京 210098)

摘要 提出的等值线填色算法根据等值线的特点把等值线分成 4 类后,对所有等值线进行排序,再确定填充区域中的坐标点,最后利用等值线的走势来确定区域的填充色.该算法适用于任意封闭边界、任意网络类型生成的等值线的填色算法,并在有限元后处理过程中得到了很好的应用.

关键词 填色 等值线 可视化研究

中图分类号 TP391.72 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)05-0585-04

等值线是数据与图像的结合,它在气象、地质测绘等领域有着广泛的应用.利用等值线填色可直观地表示各种场的分布,便于成果整理.虽然 Ansys, Marc 等软件已经较好地解决了填色的问题,但在解决实际问题时不够灵活,不能很好地与其他所开发的软件进行连接,因而会影响分析速度.如岩土结构地震反应分析要求实时、快速地动态反映地震模拟下的数据结果, Ansys, Marc 等软件就很难胜任.等值线填色主要要解决的是非封闭等值线的填充问题.为此,吴自银等^[1]通过跟踪边界线,再把非封闭等值线端点插入边界线中并排序,最后建立非封闭等值线拓扑关系.文献[2]按区域左边界、上边界、右边界以及下边界的顺序追踪等值线,然后由等值线与边界线的关系对等值线进行分类、排序,最后确定区域填充点,按填色约定选择合适的颜色填充区域.

1 基本原理

算法分为以下几个步骤:边界线编号,等值线分类,各类等值线排序,区域填充点的确定与区域填色.各步骤中阐述了相应的算法思想,并用程序或范例进行说明.

1.1 边界线编号

由于等值线分类、非封闭等值线排序以及区域填充点的确定都与边界线有关,因而按边界线同一的绕法(顺时针和逆时针)对其所有的直线段进行编号.用类 CMyLine 存储直线段,用 CObList 对象存储边界线所有的直线段,并且这些直线段首尾相接.算法如下:

CobList m-BoundaryLineList ;//按同一绕法存储边界线的所有直线段

Class CmyLine

{

public :

CmyLine() ;

virtual ~ CmyLine() ;

Cpoint m-ptStart ;//直线的起点

Cpoint m-ptEnd ;//直线的终点

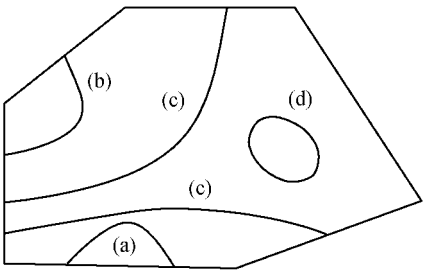
BOOL IsOnLine(Cpoint& pt,BOOL bOutside = FALSE) ;//点是否在直线上

};

1.2 等值线分类

由于同一等值线值组成的等值线段往往不止 2 段,必须把各等值线段进行归类.现按等值线值从小到大

的顺序遍历所有等值线,把等值线段分为封闭等值线与非封闭等值线,非封闭等值线的两端点必然落在边界线上,而封闭等值线是起点与终点为同一点,并且封闭区域包含于整个大区域中.根据非封闭等值线的特点,可把它分成两端点在同一边界线上、两端点在相邻两边界线上、两端点在相隔的两边界线上3类(见图 1),而且(a)内部不会出现(b),(b)内部不会出现(c),(d)内部不会出现(a),(b),(c),因而可先画(c)类等值线再填充,然后依次画(b)类等值线,(a)类等值线及(d)类等值线,即可完成对整个区域的填色.对于非封闭等值线,可先用函数 `CmyLine::IsOnLine()` 分别判断两端点在哪条边界线上,后用 `CWJUncloseContour::AdjustSequence()` 调整编号,使起始端点的编号不大于终点的编号(绕法一致),便于等值线排序.笔者用类 `CWJCloseContour` 存储非封闭等值线,用类 `CWJCloseContour` 存储非封闭等值线.算法如下:



(a) 两端点在同一边界线上的非封闭等值线 ;(b) 两端点在相邻边界线上的非封闭等值线 ;(c) 两端点在相隔边界线上的非封闭等值线 ;(d) 封闭等值线

图 1 等值线分类

Fig.1 Classification of contour lines

```
ClassCWJUncloseContour//非封闭等值线
{
public :
    CWJUncloseContour() ;
    CWJUncloseContour(int nNumPoints) ;
    ~ CWJUncloseContour() ;
public :
    int nNoHeight ;//等值线值编号
    CPoint * ptArray ;//等值线坐标值
    int nNoStart,nNoEnd ;//等值线起点与终点对应的边界线号
    int m-nNumPoints ;//坐标点数
public :
    double GetDistance() 得到两端点之间的距离
    //调整等值线的边界线号,使 nNoStart < = nNoEnd
    void AdjustSequence(int nMaxLineNo) ;
};

class CWJCloseContour//封闭等值线
public :
    CWJCloseContour() ;
    CWJCloseContour(int nNumPoints) ;
    ~ CWJCloseContour() ;
public :
    int nNoHeight ;//等值线编号值
    CPoint * ptArray ;//等值线坐标值
    int nXMin ;//坐标点横坐标的最小值
    int nNopoint ;//横坐标的最小值对应的点的编号
    int m-nNumPoints ;//坐标点数
};
```

1.3 等值线排序

封闭等值线按 `CWJCloseContour::nXMin` 从小到大顺序排列,由于任意两条封闭等值线之间都不会相交,因而可依次填色.

非封闭等值线可依次遍历所有边界线,按 `CWJUncloseContour::nNoStart` 从小到大排序,在 `nNoStart` 相同的

情况下,可按以下方法排序:对于两端点在同一边界线的非封闭等值线,根据两端点之间的距离从长到短进行排序,同时判别两等值线之间的包含关系,不妨设两等值线的起点、终点分别为 $ptStart1, ptEnd1, ptStart2$ 和 $ptEnd2$,可通过 $((ptStart1.x-ptStart2.x) * (ptEnd1.x-ptEnd2.x) < 0 \parallel (ptStart1.y-ptStart2.y) * (ptEnd1.y-ptEnd2.y) < 0)$ 来确定其包含关系,如图 2 所示,图中 1,2,3,...为排序序号.对于两端点在相邻边界线的非封闭等值线,按两端点之间的距离从长到短进行排序即可.对于两端点在相隔两边界线上的非封闭等值线,可根据第一条边界线的走向及非封闭等值线起点的大小来排序.

1.4 区域填充点的确定及填色约定

由于等值线是由一系列直线组成的,所以非封闭等值线可通过等值线起点所在边界线的起点、终点与等值线的第 1 段直线来确定区域填充点,如图 3 所示.而各封闭等值线的最小 x 值($nXMin$)已知,因而可以很方便地确定区域填充点.有了区域填充点就可用 `CDC::FloodFill(int x,int y,COLORREF crColor)` 函数给区域填色.现在的问题是该填什么颜色?

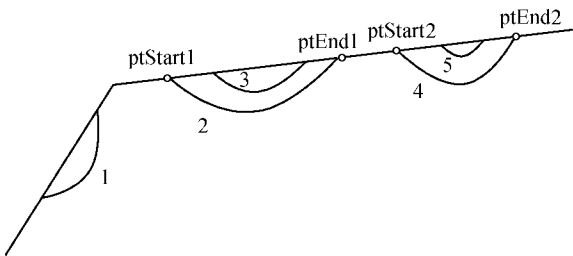


图 2 两端点在同一边界线的非封闭等值线排序
Fig.2 Unclosed contour sequence with two ends on the same boundary

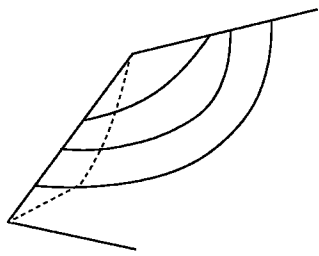


图 3 非封闭等值线区域填充点的确定
Fig.3 Determination of regional points to be filled for unclosed contour

区域要填的颜色,可以先定义一颜色数组,然后根据等值线的走势来确定颜色序号.非封闭等值线的填色约定如图 4、图 5 所示,其中 4,5,6 为等值线的编号,④,⑤,⑥,⑦ 为颜色编号.两端点在同一边界线的非封闭等值线及封闭等值线的填色约定与其类似.图 6 为本文算法的一个范例.

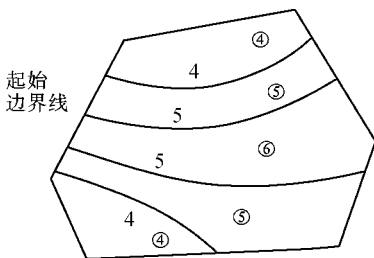
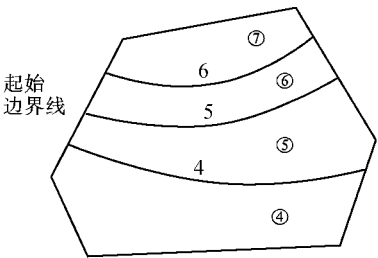


图 4 两端点在相隔两边界线的非封闭等值线的填色约定
Fig.4 Color filling assumption for unclosed contours with two ends on two separate boundaries

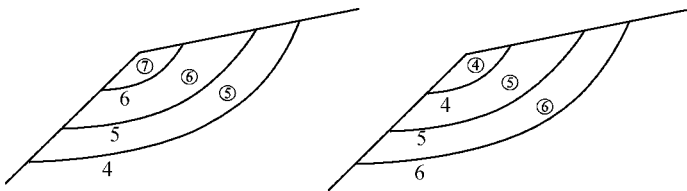


图 5 两端点在相邻两边界线的非封闭等值线的填色约定
Fig.5 Color filling assumption for unclosed contours with two ends on two adjoining boundaries

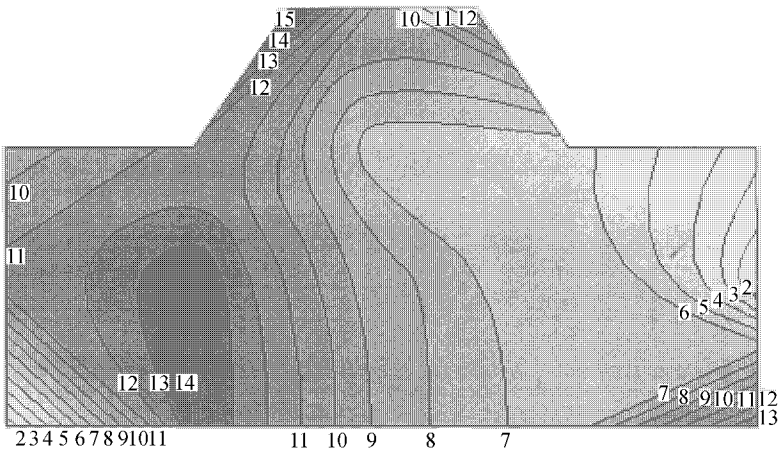


图 6 堤防应力等值线填色范例

Fig.6 Example of colored dike stress contour

2 结 论

本文提出的算法是对所有等值线进行排序,然后确定填充区域中的坐标点,最后利用等值线的走势来确定区域的填充色的,因而结构清晰,只要稍作修改,就可用各种图案来填充等值线之间的区域.该算法适用于任意封闭边界、任何类型的等值线的填色,并在岩土结构地震反应分析中得到了很好的应用,随着模拟地震波的输入,它能实时地把数据结果反映出来.同时,该算法还可应用于气象、地质测绘等领域.

参考文献：

[1] 吴自银,高金耀.一种基于格网的快速等值线充填算法[J].测绘学报,1999,28(4):350—354.
[2] 孙桂茹,马亮,路登平,等.等值线生成与图形填充算法[J].天津大学学报(自然科学版),2000,33(6):816—818.

An algorithm of color filling between contours
by determination of regional points to be filled

LUO Wei-jin, LIU Han-long, GAO Yu-feng

(Geotechnical Research Institute of Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract In the algorithm, the contours are classified into four kinds based on their characteristics. By sorting of all the contours, the points to be filled in each region are determined, and then colors to be filled in these regions are determined according to the trend of the contours. The color filling algorithm is suitable for the contours generated by arbitrary grids with random closed boundaries, and is successfully applied to data processing by FEM.

Key words color filling; contour; research on visualization