# 基于 ObjectARX 2007 的地质断面自动填充方法

程耀东1,徐斐2,董明才3

(1. 兰州交通大学数理与软件工程学院,甘肃兰州 730050;2. 甘肃省地基基础有限责任公司, 甘肃兰州 730070;3. 中铁第一勘察设计院集团有限公司,陕西西安 710043)

摘要:公路铁路选线 CAD 软件中,断面的分层地质符号填充是必不可少的。在研究 AutoCAD 图形数据库的结构的 基础上,基于 AutoCAD 2007 绘图平台,运用 Visual C + +2005 编译环境,结合 ObjectARX 库函数,对图案填充对象 的创建原理、图案符号库的建立、填充区域边界数据的构造方法等方面进行了探讨,实现了线路纵断面的分层封闭 区域的自动生成和地质符号的自动填充,极大提高了设计效率。

关键词:计算机辅助设计;地质断面;图案填充;ObjectARX 开发工具

中图分类号: P631;TP311.52 文献标识码: A

在公路、铁路选线和桥梁设计中,线路和桥梁基 础的地质构造情况必须在纵断面设计图中表达清 楚,地质构造线的绘制和地质符号的填充工作量大 且复杂,如果用计算机图形学的区域扫描填充方法, 仅用 C 语言开发,只能进行少量的图案填充,并且 不能直接从绘图机出图,难以满足工程上的要求。 如果采用 AutoCAD 软件交互绘图,则需先用画线命 令绘制填充边界线,且要保证区域边界封闭,再用 hatch 命令进行图案填充,则绘图工作量大且效率 低。为此,在 AutoCAD 状态下完成线路纵断面设计 后,利用纵断面设计数据,实现自动的参数化图案填 充,提高填充效率十分必要。

运用 Visual C + + 2005 语言和 ObjectARX2007 开发工具,对 AutoCAD 的图形数据库的操作、填充 实体对象的创建方法和填充边界的数据构造进行了 探讨,实现了封闭区域边界数据的构造和图案符号 调用及自动填充方法,并对图案符号库进行了扩充。

1 图案填充的类型和封闭区域的构造

#### 1.1 图案填充的类型

在 AutoCAD 状态下,图案填充包括三种类型: 普通(normal)、外部(outer)和忽略(ignore),如图1。 由区域扫描填充算法知:普通类型的填充,考虑边界 的内环和外环;外部型的填充仅考虑最外部边界及 其内部相邻边界间的区域填充;忽略型的填充,只考 虑外边界,不考虑所有内环边界。针对不同类型,实







现方法也不同。

#### 1.2 填充区域封闭边界构造

在公路、铁路的纵断面设计图中,需要表达地质 分层情况,以此为依据进行路基、桥梁及涵洞等工程 建筑物的设计。

如图2,在地层地质断面图中,包括填充边界、 填充图案和标注,要在封闭边界中实现自动填充图 案,则必须先构造图案边界数据,再考虑对封闭边界 进行填充的方法。



图 2 局部分层封闭区域填充

从图 2 断面图中可知,封闭区域边界包括地面 线、地质分层线和两侧钻孔位置线。

在绘制线路地层断面图时,要根据纵断面的地 面线数据和地质钻孔数据,组织分层填充边界的数

收稿日期: 2009-11-26;修回日期:2010-01-26

基金项目:国家自然科学基金项目(40871208)和青藏铁路基金项目(308010)资助

据结构。方法如下。

1.2.1 地面线数据构造

地面线数据的获取是在已完成的线路平面设计的基础上,先沿线路平面图一定间距划分里程,并计 算和存储各点的(*x*,*y*)坐标,利用已处理好并存储 于工作路径下的数字地质模型(DEM),运用三角形 内插的方法获取线路中线上整数里程点的地面线数 据,将各点的里程和高程存入数据文件中。当内插 某里程点的高程时,先将 DEM 数据按一定范围(如 50 m×50 m)划块,再判断该点所属局部区域,在该 区域内进行三角形构网,判断点在哪个三角形内,最 后用三角形内插法求出点的高程值<sup>[1]</sup>。在 TIN(triangular irregular network)上进行内差点高程的计算, 主要采用线性内差、精确拟合内差及连续双次多项 式内差等,在此采用基于三角形的线性内插方法,计 算公式<sup>[2]</sup>为:

 $z_P = ax_P + by_P + c_\circ$ 

上式为一个线性平面,式中的系数由包含 *P* 点 的三角形三个顶点(*x*<sub>1</sub>,*y*<sub>1</sub>,*z*<sub>1</sub>),(*x*<sub>2</sub>,*y*<sub>2</sub>,*z*<sub>2</sub>),(*x*<sub>3</sub>,*y*<sub>3</sub>, *z*<sub>3</sub>)唯一确定,计算公式为:

(a)	$\int x_1$	$y_1$	1)	$\left(z_{1}\right)$
b   =	<i>x</i> <sub>2</sub>	$y_2$	1	z <sub>2</sub> 0
$\binom{c}{c}$	$\begin{pmatrix} x_3 \end{pmatrix}$	$y_3$	1)	$\left(z_{3}\right)$

绘制地面线的数据为地面线各顶点的里程和高程,并将这些数据存入数据文件中,每个顶点占一行,里程和高程用空格分开。

1.2.2 地质分层数据构造

由地质钻孔资料可获取地质分层数据,每个地 质层为多边形区域,只有外环边界而无内环。初始 地质资料文件中存储各钻孔处的里程、地面高程、各 地质层厚度及地质符号代码,数据格式为:

```
钻孔里程1,地面高程1
地质层厚1,地质特征代码1
地质层厚2,地质特征代码2
……
地质层厚n,地质特征代码n
钻孔里程2,地面高程2
地质层厚1,地质特征代码1
地质层厚2,地质特征代码2
```

其中,里程和地面高程确定地质钻孔在线路纵断面 图中的位置;地质层厚决定填充区域在该位置的高 度,特征代码为填充符号的类型,从地面线开始由上 而下将各层的边界数据组织成一个封闭区域,每个 区域的各顶点按逆时针或顺时针排序。

注意,在读取数据构成封闭区域时,相邻两个封

闭区域之间有一个公共边界,要重复利用该公共边 界数据,构成同一方向的外环边界数据,由此方法形 成填充边界数据文件,然后调用填充接口函数,实现 每层地质层分界线的绘制和地质符号填充。

## 2 图案自动填充方法

在形成填充数据和已知填充图案的情况下,运用 Visual C + +和 ObjectARX 开发封闭区域图案填充功能时,应首先创建 AcDbHatch 对象并设置相关参数,再根据边界填充数据构造填充区域的内环和外环(如多边形和圆等),然后从图案符号库(ACAD. PAT)中调用要填充的图案符号并设置填充比例,最后将图案填充实体添加到图形数据库中,实现图案填充。

2.1 带边界线的图案填充

在工程设计图中,一个填充区只填充一种图案, 但有时一个填充区域中还包含另外一个填充区域。 若填充时,有外环和内环并要求画出内外边界,实现 方法和步骤如下。

2.1.1 创建填充对象

在 AutoCAD 的图形数据库中,填充边界及相关 参数是由填充对象构建的,创建填充实体对象:Ac-DbHatch \* pHatch = new AcDbHatch()。

2.1.2 设置图案填充参数

(1)填充区域的法向矢量的定义和设置方法:

AcGeVector3d normal(0.0, 0.0, 1.0);

pHatch - > setNormal( normal);

//将填充平面设置在 WCS 坐标系的 xy 平面上 pHatch - > setElevation(0.0);

(2)填充图案的比例控制图案的疏密程度,设 置方法:

pHatch - > setPatternScale( scale);

(3)根据填充图案的不同,可设置对应的填充 类型,如"ANSI31":

pHatch - > setPattern ( AcDbHatch:: kPre-Defined, "ANSI31");

(4)填充的样式有:kNormal(普通型)、kOuter (外部型)和 kIgnore(忽略)。不同的样式对于带内 环的填充区域,填充效果不同(见图1)。设置方法:

pHatch - > setHatchStyle ( AcDbHatch:: kNormal);

(5)边界与所填充的图案的关联与否,决定填 充完成后,边界变化时图案是否联动。参数为 Adesk::kTrue(关联),Adesk::kFalse(不关联),设置 方法: pHatch - > setAssociative(Adesk::kTrue)  $_{\circ}$ 

2.1.3 建立填充区域外边界

外边界可以是多边形或圆形,若外边界是由直 线段构成的多边形区域,则可用 AcDbLine 派生类构 建<sup>[3]</sup>,将边界实体添加到数据库,并返回 lineId,再 把 lineId 添加到 AcDbObjectIdArray 类对象 dbObjIds 中,方法:

for (int i = 0; i < n; i + +) {

lineId = createLine(vertexPts[i], vertexPts[i], vertexPts[(i = n-1)?0:i+1]);

dbObjIds.append(lineId); }

2.1.4 添加外环边界实体

将外环边界实体(此处为多边形)添加到图案 填充实体中:

pHatch –  $\,>$  appendLoop ( AcDbHatch : : kExternal , dbObjIds )  $_{\circ}$ 

2.1.5 添加内环

内环可为圆或多边形。在此创建一个圆并把它 添加到图形数据库中:

pHatch –  $\,>$  appendLoop ( AcDbHatch : : kDefault , dbObjIds )  $_{\circ}$ 

2.1.6 合成剖面线

pHatch - > evaluateHatch( )  $_{\circ}$ 

2.1.7 获取原始边界实体的 ID

从 AcDbObjectIdArray 类的对象 dbObjIds 中获 取所有关联原始边界实体的 ID,为了后续图案填充 时使用:

dbObjIds. setLogicalLength(0);

pHatch  $- > getAssocObjIds(dbObjIds)_{\circ}$ 

2.1.8 添加 pHatch

从当前数据库中获取块表,将图案填充实体作 为块表记录传送到图形数据库中,然后关闭 pHatch 指针。将 pHatch 添加到块表记录中的方法为:

pBlockTableRecord – > appendAcDbEntity(hatch-Id, pHatch) $_{\circ}$ 

2.1.9 附加 ID 到所有边界实体

把图案填充对象的 ID 附加到所有边界实体上: AcDbEntity \* pEnt;

Acad::ErrorStatus es;

es = acdbOpenAcDbEntity(pEnt, dbObjIds
[i], AcDb::kForWrite);

pEnt - > addPersistentReactor( hatchId) ;

用上述方法函数定义为:void Hatch1(AcGePoint3d vertexPts[n],AcGePoint3d cenPt(xc,yc,0.0),double r,double scale, char partter[100]);其中,vertexPts[n]为多边形坐标数组, cenPt(xc, yc, 0.0)和 r 分别为圆心坐标和半径, scale 为图案缩放比例, partter[100]为图案类型名称。若填充时,只有外环 并要求画出外边界,则只要去掉内环的添加过程即 可,函数定义为:void Hatch2(AcGePoint3d vertexPts [n], double scale, char partter[100])。

## 2.2 不画边界线的图案填充

工程图中有时已画出图案填充区域的内环和外 环,填充时不需内环和外环边界实体,但要自动填充 封闭区域,就要先获取填充边界数据,再将该数据添 加到填充实体对象中,并进行相关的设置后,才能实 现填充。方法如下:

(1)在当前图形数据库中,创建填充实体对象:AcDbHatch \* pHatch = new AcDbHatch();

(2)设置图案填充平面位置、填充图案的缩放 比例和名称、是否关联等参数;

(3)构造外环:由多边形的顶点坐标构造填充 区域的边界,而不向图形数据库中添加边界实体:

//添加图案填充外环数据

pHatch - > appendLoop(AcDbHatch::kExternal, vertexPts, vertexBulges);

(4)构造内环:此处构造一个圆作为内边界,但 不向数据库添加该实体,

//添加图案填充内环数据

pHatch - > appendLoop ( AcDbHatch::kDefault, edgePtrs, edgeTypes);

(5)合成剖面线:pHatch - > evaluateHatch();

(6)将 hatch 实体添加到数据库中的块表记录中,关闭 pHatch 指针<sup>[4]</sup>。

用上述方法函数定义为 void Hatch3 (AcGe-Point2dArray vertexPts, AcGePoint2d cenPt(xc, yc), double r, double scale, char partter [100]);其中参数含义同上。若填充时,只有外环且要求不画外边界,则只要去掉外环的添加过程即可,函数定义为 void Hatch4 (AcGePoint2dArray vertexPts, double scale, char partter [100])。

## 2.3 图案符号的建立

在 AutoCAD 中,提供了标准图案文件 ACAD. PAT,其中已包含了 60 多种图案符号。但在工程设 计图中,不同的材质采用不同的图案符号表示,当标 准图案不能满足要求时,可以用图案的定义格式建 立新的图案,扩充标准图案文件,满足所需的填充要 求。

值得指出的是,工程地质符号种类繁多,开发地 质符号时,应先规划图案的构成,再考虑倾斜角度、 原点、位移、间距和划长等参数<sup>[5]</sup>,这些参数必须精确,否则,不能生成所设计图案。注意,这种方法用 若干组平行线构造图案,对更复杂的图案要通过编 程来实现。

## 3 线路断面图案符号的填充应用

在工程设计图中,剖面和断面图有时只有外环, 而有时外环和内环都有,这时根据具体情况,输入边 界数据,确定填充符号、比例等参数,即可对某封闭 区自动进行图案填充。

图案填充时,要求填充区域必须封闭,主要有以 下几方面的应用:①公路铁路的纵断面地质分层填 充;②土木和机械等设计图中的剖面图和断面图填 充;③地形图中的封闭区域植被符号填充等。填充 边界数据的获取方法,根据设计图的不同有所变化, 笔者主要考虑铁路线路纵断面的地面线和地层分界 线数据的形成方法。

#### 3.1 线路平面设计数据

线路纵断面的地面线数据,是依据线路中心线 的位置而定的,所以应先进行线路的平面设计。线 路平面图是一个线路设计的综合图,其中不仅体现 了线路的走向、里程和曲线参数等<sup>[6]</sup>,还反映出沿 线的各种工程物和设施,所以在图中要标注各个专

1210

1200

1190

1180 1170 Qp<sup>al3</sup>

第四系更新统砂质黄土

Qp<sup>al7</sup> 第四系更新统卵石土

N1 新近系中新统泥岩



线路平面图是根据综合因素设计的,利用该研究成果线路平面设计功能,先进行线路平面设计,然 后运用删除、修改、添加等编辑修改功能调整线路设 计方案,使设计人员迅速地将自己的设计思想在计 算机中实现,实时获取和存储平面设计数据,为平面 图的自动绘制和纵断面设计提供数据。

#### 3.2 自动绘制线路纵断面图

在绘制线路地层断面图时,要根据纵断面的地 面线数据和地质钻孔数据组织分层填充边界的数据 结构。在此仅以外边界填充为例,填充方法和步骤 如下:

(1)根据平面设计数据和 DEM 数据获取线路 中线地面线数据。

(2)按规定数据格式生成地质钻孔分层数据文件,读取并处理该数据,按逆时针或顺时针形成分层 封闭区域,并存储各区域边界数据及对应填充图案 代号。

(3)调用填充接口函数,利用边界数据实现地 层分界线的绘制和图案填充。运用作者开发的接口 函数 Hatch2 (char data\_file\_name[100],double scale, char partter[100])和 createLine(AcGePoint3d startPt, AcGePoint3d endPt),可绘制如图3线路纵断面。





## 4 结束语

工程地质符号的填充在线路横断面、纵断面和 地基基础工程图中被广泛应用,运用 Visual C++ 对 ObjectARX 工具进行二次开发,在 AutoCAD 状态 下实现设计图中图案填充自动化,给许多专业剖面 图和断面图的绘制提供了很大的方便。利用开发的 填充和实体创建接口函数,实现了铁路、公路选线设 计中线路纵断面的地质分层图的自动生成,该软件 在一些设计部门的试用中,发挥了良好的经济效益。

54.85

53.28

ĸ6

#### 参考文献:

- [1] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉出版社,2001.
- [2] 汤国安,刘学军,闾国年.数字高程模型及地学分析原理和方法[M].北京:科学出版社,2005.
- [3] 程耀东.图形数据库应用技术研究[J].工程图学学报,2006, 27(1).
- [4] 老大中,赵占强. AutoCAD 2000 ARX 二次开发实例精粹(ObjectARX)[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [5] 程耀东,张丽萍,韩进,等. 计算机绘图教程与二次开发方法[M].兰州:甘肃科技出版社,2009.
- [6] 陈影,程耀东,闫浩文.基于 VC + +、ObjectARX 的边角网平差 系统的设计[J].物探与化探,2007,31 (1).

## THE AUTOMATIC FILLING METHODS FOR STRATIGRAPHIC SECTION BASED ON ObjectARX 2007

CHENG Yao-dong<sup>1</sup>, XU Fei<sup>2</sup>, Dong Ming-cai<sup>3</sup>

(1. School of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730050, China; 2. Gansu Base and Foundation Co. Ltd., Lanzhou 730070, China; 3. China Railway No. 1 Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: In the CAD software for highway and railway route selection design, it is absolutely necessary that the lamination pattern be filled in the route stratigraphic section. On the basis of studying the structure of AutoCAD drawing database, and on the drawing platform of AutoCAD 2007, the authors made a tentative discussion on the generation of filling boundaries, development of hatch pattern library and invoking of pattern, using Visual C + +2005 compiling environment combined with library functions of ObjectARX. With these methods, we can accomplish automatic generation of closed field boundary and calling-filling of the hatch pattern. Key words:computer aided design; stratigraphic section; filling pattern; ObjectARX development kit

作者简介:程耀东(1963-),男,教授,1996年毕业于西南交通大学土木工程专业,研究方向:土木工程 CAD 和三维可视化,公 开发表学术论文 20 余篇。

#### 上接 671 页

- [13] Zhang J, Wang C Y, Shi Y, et al. 3D crustal structure of Central Taiwan from gravity inversion with parallel genetic algorithm [J]. Geophysics, 2004, 69:917.
- [14] 侯重初,刘奎俊.重磁异常场及其高阶导数的正演公式与程序 [M].北京:地质出版社,1990:33.

## FINITE ELEMENT FORWARD SIMULATION OF THE TWO-DIMENSIONAL GRAVITY GRADIENT TENSOR

ZHU Zi-qiang<sup>1</sup>, ZENG Si-hong<sup>1</sup>, LU Guang-yin<sup>1</sup>, YAN Wen-jie<sup>2</sup>

(1. School of Info-physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. East China Mineral Exploration & Development Bureau for Nonferrous Resources, Nanjing 210007, China)

**Abstract**: Gravity gradient tensor was introduced in this study, and the finite element method was applied to the two-dimensional gravity gradient tensor forward. In order to prove the correctness of the finite element method, the authors comparatively studied the forward result and analytical solution of a two-dimensional body whose cross section is the combination of two rectangles. It can be seen that the forward result is well consistent with the FEM numerical solution. Through forwarding the two-dimensional body which has irregular cross section and homogeneous density in each element, the authors have concluded that the complex two-dimensional body can be forwarded by mesh generation to approximate irregular borders and by assigning different densities to different elements. **Key words**: complex two-dimensional body; gravity gradient tensor; finite element method; forward simulation

作者简介:朱自强(1964-),男,教授,博导,主要研究方向为重磁正反演。