

一种基于 MapGIS 二次开发的钻孔柱状图 自动绘制方法

郑贵洲, 董文观, 张 良, 孟晓宇

(中国地质大学信息工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 钻孔柱状图是地质勘察工作中的一类基础图件, 手工绘制方法难以满足实际生产的需要。提出了一种基于 MapGIS 钻孔柱状图的绘制方法, 分析了钻孔柱状图模板结构, 并将图面要素分解为 MapGIS 点、线、面 3 种图元, 详细设计了钻孔柱状图绘制流程, 简要介绍了钻孔数据库与岩性图案系统库的创建方法, 通过 ADO 访问方式实现了应用程序和数据库的连接, 重点阐述了利用 MapGIS 的 API 函数实现柱状图表头、岩性柱图道、缓冲线绘制的关键技术。

关键词: MapGIS; 二次开发; 钻孔柱状图

中图分类号: P634.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-7849(2014)03-0196-06

钻孔柱状图是钻孔信息的一种非常有效的表现方式, 它将井筒中获得的信息随深度反映在图件上, 井筒中采集到的各种资料, 如岩心资料、录井资料、测井资料、分析化验资料等都是以柱状图形式提供给用户的。这些资料都包含地理信息, 是一定空间位置的地质特征的反映。通过柱状图反映地层随深度变化的情况, 了解地层岩性、物性变化趋势, 对井资料进行综合分析解释^[1-2]。钻孔柱状图是提取地质信息和确定后期工作方向的基础资料, 是岩土工程地质中最基础的图件, 也是最重要的图件之一^[3], 地质成果均离不开钻孔柱状图。

钻孔数据包含信息多、数据量大, 处理起来十分复杂。我国钻孔柱状图的绘制工作在 20 世纪 80 年代以前主要靠手工绘制完成, 自 20 世纪 80 年代以来, 人们对机助编绘钻孔柱状图技术进行了改进和完善, 逐渐注意到系统应用的数据管理、标准化和图件管理等高级应用方向^[4], 出现了一些钻孔柱状图绘制软件。花卫华等^[5]、陈玲侠等^[3]、魏莲等^[2]、陈文杰等^[6]、解华明等^[7]研究了基于 MapGIS 的不同类型钻孔柱状图的绘制, 但解决主要问题的侧重点不一样; 赵锋等^[8]研究了以 AutoCAD 为图形平台, 采用 ObjectARX 以及 OLEDB 数据库接口技术绘制钻孔柱状图, 可以很好地与 DXF 文件格式兼容; 毛爱芹等^[9]研究了基于 AO 的钻孔柱状图的绘制, 与 ArcGIS 环境兼容; 刘刚等^[10]、杨旭等^[11]则从定量的图件参数设计及通用组件设计入手研究钻孔柱状图的生成, 提高了量化绘制柱状图的通用性。

但是, 其中大部分软件由于其功能不完善、不易使用等问题而没被普及。因此, 对于地质工作者来说, 计算机辅助生成钻孔柱状图已成为迫切的需要。

1 钻孔柱状图模板及要素图元的分解

1.1 钻孔柱状图模板结构

钻孔柱状图实际上是一种具有与表格类似结构的规范图件, 由图头、图主体和图尾 3 部分构成。图头是对柱状图内容的概括与表述, 主要通过文字对图件内容进行描述, 图头包括图名、比例尺、勘探线编号、钻孔编号、开孔信息等。图主体是柱状图的核心, 最基本的组成单元是单元格(内部充填文本或者图形的矩形网格单元), 为了将不同内容、不同格式的数据以清楚的方式展现给用户, 图主体采用分栏形式显示信息, 用户将不同种类的数据放入不同的栏目中, 栏与栏之间互不相交。图主体由表头和栏目两部分组成, 并由网格线分隔。表头用来标示栏目名称及一些附加信息。栏目是钻孔柱状图主体, 包含文本栏、数字栏、岩性柱、刻度栏、曲线栏、备注栏等。图尾是用来给用户记录柱状图的一些相关附加信息的表格, 一般是柱状图的绘制单位、制图人等相关信息, 由于不同单位、不同专业的需要不同, 可以放在表头, 也可以放在表尾, 属于可选部分。

1.2 柱状图要素图元分解

钻孔柱状图包含文字、数字、曲线、直线、图案、颜色和符号等几种基本要素, 在 MapGIS 中则对应

收稿日期: 2013-05-28 编辑: 杨 勇

作者简介: 郑贵洲(1963—), 男, 教授, 主要从事地理计算与空间分析、三维地理信息系统及地学模拟、空间信息应用工程研究。E-mail: zhenggz@cug.edu.cn

为点、线、区 3 种基本图元,如图 1 所示。①点图元包括文字、数字、符号等。文字是柱状图中所有单行显示的注释,通过文字可对地层层位、岩性以及钻井取心等情况进行描述,文字的表现形式主要有字号、字体、对齐方式等;岩性是对地层岩石特征的描述。数字主要指阿拉伯数字,如地层厚度数据;符号指一些特殊的点状地物,如地层的表示符号、地下水位和表示取样类型的点状符号、化石符号等。符号用 MapGIS 子图来表达。②线图元包括直线、曲线。直线包括网格线、柱状分隔线、刻度线等;曲线是地层综合物理性质的反映,如测井曲线、声波曲线等,曲线的表现形式有线性、线宽与颜色。③面图元的表现形式包括图案和颜色。图案用来描述不同地层岩性变化、岩性特征,其图形表现有岩性样式、缩进比例等;颜色用来表达不同的地质体,例如,用来表达不同时代的地层,色彩中不同色相反映不同时代地层,色彩中色调深浅反映同一时代不同阶段。

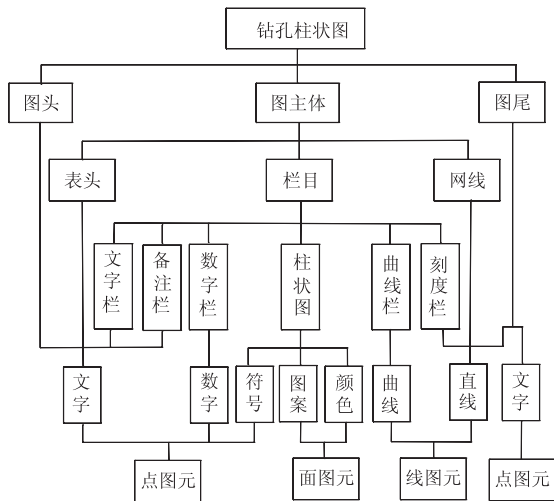


图1 钻孔柱状图要素图元分解

Fig.1 Decomposition of borehole histogram map elements

2 基于 MapGIS 钻孔柱状图绘制流程

利用 MapGIS 二次开发实现钻孔柱状图自动绘制涉及到 3 个重要的环节:①根据地质矿产相关行业标准利用 MapGIS 制作岩性花纹符号并构建岩性花纹图案系统库;②创建钻孔数据库,并从关系型数据库中获取所选钻孔的属性和空间信息;③将获取的钻孔信息通过 MapGIS 二次开发的绘图算法按柱状图的模板结构以 MapGIS 点、线、面图元可视化的方式展示,主要流程如图 2 所示。

2.1 钻孔数据库创建与连接

钻孔数据库设计的目的是为绘制钻孔柱状图提供数据基础。钻孔数据库用 SQL Server 创建,以

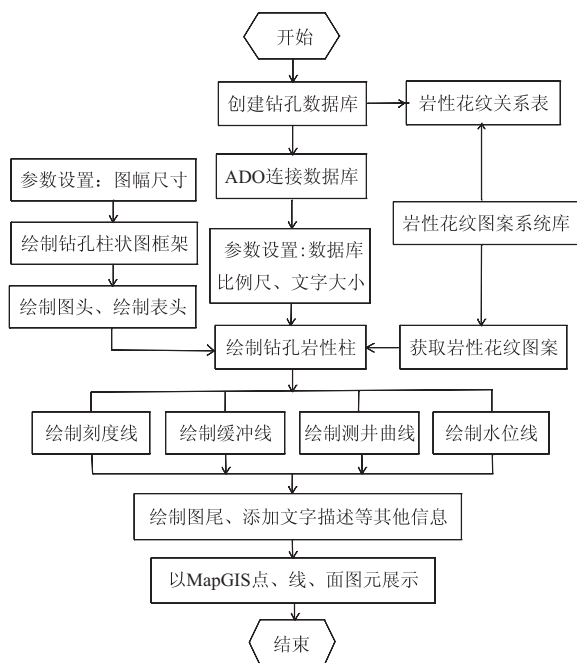


图2 钻孔柱状图绘制流程

Fig.2 Flow chart of borehole histogram drawing

11 个表进行存储,这里重点介绍与柱状图生成相关的几个表。ChartTable 表存储了系统表头的各个框架信息,主要包括各个矩形框架的长宽尺寸信息、内部文字信息、所描述的列相关内容信息等,用来提取表头信息从而完成表头的绘制。矩形框的 SectionWide 为 0 的一类框为父类矩形框(类似于树结构的父节点),可以通过子矩形框(类似于树结构的子节点)的 SectionWide 来计算,如表 1 所示。ZK_SLAYER 表格存储了每个钻孔的地层情况和每个地层的岩性情况。ZK_FLUTING 表存储着钻孔的样品情况。ZK_CURVEP 表存储了钻孔的测井曲线情况。Pithology_Patno 表存储了各种已设定的岩性和其对应的岩性花纹号信息,如砂岩的花纹号为 9,页岩的花纹号为 10,粉砂岩的花纹号为 11,角砾岩的花纹号为 12,砾岩的花纹号为 13,灰岩的花纹号为 14。

连接 SQL Server 数据库是通过 ADO 访问方式实现,利用 ADO 访问技术读取标准的钻孔关系数据库表中的数据,首先初始化 COM,在 CZKApp 类中使用 _ConnectionPtr 型变量 Connection 对象连接数据库。在建立好连接的基础上,利用 Recordset 对象取得结果记录集进行查询、处理。在 CZKView 类中每次调用完 _RecordsetPtr 型变量 m_pRecordset 对象都需要通过重载 CZKApp 类 ExitInstance() 函数及时释放,而且在 CZKView 类析构函数中也需要释放 _ConnectionPtr 型变量 m_pConnection 对象。

表 1 钻孔柱状图表头信息

Table 1 Table head information of borehole histogram

表“ChartTable”中的数据，位置是“ZK”中、“(local)”上							
ZK CODE	SectionID	FatherID	SectionStyle	SectionName	SectionHeight	SectionWide	
ZK0002	1	-1	<NULL>	<NULL>	95	0	
ZK0002	2	1	0	回次情况	95	0	
ZK0002	3	1	0	层号	95	20	
ZK0002	4	1	0	分层情况	95	0	
ZK0002	7	1	1	柱状图	95	55	
ZK0002	6	1	0	地质描述	95	120	
ZK0002	5	1	0	标志面与轴心夹角	95	20	
ZK0002	8	1	0	岩矿石标本	95	20	
ZK0002	9	1	0	采样情况	95	0	
ZK0002	10	1	0	测井曲线	95	0	
ZK0002	11	1	0	奇异水纹	95	60	
ZK0002	12	1	0	备注	95	20	

2.2 岩性图案库构建与关联

MapGIS 系统库已经提供了上百种花纹图案，但不够系统、全面。用户必须根据《区域地质图图例（1：50000）》GB958-99 中岩石花纹图案的相关标准规范统一设计常见的地层岩性类型，建立一套完整的岩石花纹图案库。但各省局，甚至各个矿区都有与国家不同的规则，不是一成不变的，都需要进行修改、扩充，对于遇到新的特殊地层，库中找不到需要对应的岩性花纹，则可根据地方行业规范，自行设计岩性花纹，然后将编辑好的岩性花纹按顺序存储到图案库，对原有图案库进行补充和修改，构建统一序号的岩石花纹图案系统库。因图案填充是以库中的花纹序号来选择需要的图案，为了实现地层岩性花纹的自动填充，在关系数据库中必须增加岩性花纹关系表，建立钻孔地层岩性编号与 MapGIS 填充图案库序号之间的一一对应关系，如表 2 所示，当用户要改变柱状图中地层岩性花纹符号时，仅需修改岩性编号与图案库序号之间的对应关系。建立这种实体与符号之间的联系方法，用户可以很方便地从花纹图案系统库中选择某一岩性编码的花纹对钻孔各个岩层的岩性柱进行填充，也可以在需要的情况下随时改变岩石的显示符号，而且多层岩石可以选择同一符号输出，不必重复设计相同的符号。为了使操作更加简便，系统采用钻孔数据库中对应的岩性花纹编号与 MapGIS 图案库中岩石花纹图案序号一致的原则，或相差一个固定值，用户通过程序加、减一个固定值修改数据库中岩性编号，使其与 MapGIS 填充花纹库中所对应的花纹代号相一致。

表 2 岩性花纹关系

Table 2 Relation of lithological pattern

序号	字段名称	字段别名
1	LITH_NAME	岩性名称
2	PAT_NO	花纹编号
主键：LITH_NAME		

2.3 钻孔柱状图绘制与展示

在应用程序中设置有关重要的绘图参数，包括图幅尺寸、比例尺、图面文字大小等。通过 ADO 连接数据库后，根据输入的勘探线上的钻孔编号从数据库中检索得到所需的钻孔最原始的各项信息，主要有基本工程信息、分层信息、标本采样信息、测井信息等，并对数据进行正确性检查。根据与深度无关的不变数据建立钻孔柱状图基本框架，绘制图头、表头，这是相对不变的部分。根据与深度有关的可变数据计算的比例尺绘制钻孔岩性柱，岩性柱图道是整个自动成图的关键，基本方法是采用分段绘制矩形，从钻孔数据库中取得的地层岩性，查找花纹图案系统库中对应的花纹图案对矩形框进行填充。完成柱状图基本框架和岩性柱图道绘制后，开始绘制缓冲线、刻度线、测井曲线、水位线等与深度有关的可变数据，最后绘制图尾、添加文字描述等相对不变的其他信息。生成的钻孔柱状图以 MapGIS 点、线、面图元形式展示，并保存为 MapGIS 点、线、面文件。

3 钻孔柱状图自动成图关键技术

3.1 钻孔柱状图表头绘制

柱状图表头的绘制是整个系统设计的重要部分。从钻孔数据库的 ChartTable 表中可以看出，表头相当于由 30 个矩形格子组成。ChartTable 表中的每一行存储着该矩形格子的父矩形格子序号、矩形格子的高宽信息、矩形格子内部文字内容、矩形格子内部文字排列方向、内部文字的高宽大小间距信息、矩形格子对应列数据的所属表格来源。矩形格子如同树结构一样，分为父矩形格子和子矩形格子两类，允许有嵌套，即子矩形格子也可以作为新的父矩形格子。每个矩形格子的高宽是可以直接读取出来的，但是父矩形格子的宽必须由自己的所有子矩形格子的宽相加所决定。在矩形格子的数据结构

中,类 CZKRect 的数据成员变量与数据库表格 ChartTable 中的列内容呈一一对应关系。用来定义矩形格子左上角横坐标、左上角纵坐标、矩形格子宽、矩形格子高、父矩形格子序号、子结点数目、文字排列(0/横,1/纵)、字体高度、字体宽度、字体间隔等内容。此外还包括内部隐含的矩形格子的层次信息。

从数据库中读取矩形格子层次信息,主要是各个矩形格子的父矩形格子号以及矩形格子内部文字信息。根据矩形层次信息构造格子树结构,推断出各个矩形格子的所有父矩形格子序列号,存储在数组 zkTree[100][10]中。数组 zkTree[100][10]的每一行存储某一个格子的父格子序列号,例如格子 13 的父格子存储在数组 zkTree[13][i](i 为 0 到 9 的数字)。序列后面是前面的父矩形格子。例如格子 18 得到的结果为 18—>4—>1—>-1;格子 30 得到的结果为 30—>23—>9—>1—>-1。

从数据库中读取矩形初始高宽信息,各个矩形格子的高及子矩形格子的宽是直接读取的。父格子的宽取决于子矩形格子的宽,主要算法思想是根据矩形格子树结构采用倒序的循环累加的方式,将父矩形格子对应的所有子格子的宽相加之和作为父矩形格子的宽。读取出来的父矩形格子的初始宽为 0。

根据某一矩形格子的子格子数目进行判断,如果为 1(无子格子)则直接绘制此矩形格子;如果大于 1,则绘制完父格子后,还需要绘制其所有的子格子。MapGIS 中绘制矩形格子的方法主要是调用打开线工作区函数 OnOpenLinarea(),先确定矩形格子 4 个顶点坐标,按照顺时针方向确定 4 条边,同时将 4 条边加入到线工作区中,并通过 API 函数显示到当前界面上。

3.2 岩性柱状图图道绘制

岩性柱状图图道的绘制是钻孔柱状图绘制的关键部分。岩性柱状图图道可以看作是由一系列宽度一定而高度各异的相邻矩形岩性段区域从下而上叠置而成。岩性柱状图图道的绘制算法采用岩性段分段绘制思想,即通过逐一绘制岩性段实现对岩性柱状图图道的绘制。现以任一岩性地层为例来说明对应岩性段的自动绘制过程。算法开始首先绘制岩性花纹外围的矩形,它是由 4 个顶点依次连接形成封闭矩形,其水平宽度根据规范约束确定,垂直高度则根据岩层的厚度按比例确定,具体计算公式为:厚度=(本层底板深度—上层底板深度)×比例尺。柱状图图道中的每一个矩形可以用 MapGIS 提供的画线方法绘制,绘制完矩形后分别将各矩形转换为区对象,然后调用岩性花纹库中相应的花纹图案对其进行填充,直至完成所有地层的绘制。具体算法是读

取数据库中岩性层的信息后,调用 MapGIS 加点、加线、加区函数 _AppendPnt、_AppendLin、_AppendReg,根据矩形区域每个角点与地层厚度和岩性柱状宽度的关系,确定出每一个角点的坐标值,从左上角开始,沿顺时针方向依次将每个矩形角点加入点集,利用 MapGIS 线工作区对象的添加线方法绘制矩形区域,让最后一个角点坐标与第一个角点坐标重合使矩形区域封闭,以便造区。确定了岩性柱的每一分层区域,用区工作区对象的添加区方法,将矩形线框转化成区,然后调用每一分层岩性对应的图案系统库中的图案花纹进行区图案填充。对于互层岩性花纹的填充,采用不同图案交互的方式填充,如 3 种花纹(1、2、3)交互,可以从上往下采用 1、2、3、1、2、3…形式填充,重复的次数还需要根据该层地层的厚度而定。单层图案厚度累加可能不完全正好与总厚度一致,按正常厚度填充最后一层图案,会产生一定误差,甚至超出整个矩形框的底界。考虑到这一情况,算法中最后一层图案的厚度以填充至地层矩形框的底界为准。当遇到地层层厚度比较小,正常比例无法表达时,需要对厚度进行一定比例的放大。

3.3 缓冲线绘制

在岩性柱状图图道中,从老到新,地层的厚薄不一,岩性描述内容不一,在进行岩性描述栏绘制时,有的层位内容少,空余空间多,有的层位内容多,空间大小不够。当地层很薄、岩性描述内容很多时,如果按照正常的地层层位界线水平延伸,在用较小比例尺显示的情况下,对应的用来描述岩性特征的高度就不够容纳下全部岩性描述文字,甚至会溢出,与上下层位描述文字重叠,因此需要将岩性柱状图图道中较薄地层的上下层位界线靠右或靠左侧的一端由水平直线段向上向下折成与水平线呈一定夹角的折线,即缓冲线,如图 3 所示,夹角的大小取决于本层要描述的文字的多少及相邻上下层位要描述的文字的多少,若本层位要描述的文字比上下层位越多,则夹角越大。缓冲线的绘制是岩性描述栏绘制的难

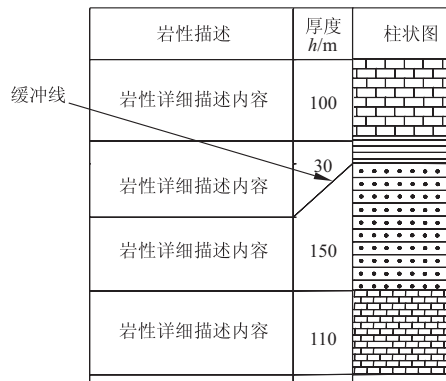


图 3 柱状图缓冲线

Fig. 3 Buffer line of borehole histogram

可以在 MapGIS 系统软件中进行修改编辑,还可以转换为其他的数据格式,具有较强的通用性和兼容性,方便用户的操作和使用。该模块已在河南省固体矿产数据系统中得到了有效的应用。但该程序也存在许多不足,虽然使用起来方便、简单,但独立性差,难以脱离 MapGIS 的平台,灵活性不够,栏目和样式的自动定制功能不强,因此,想要使之成为一个集钻孔数据管理、绘制、成图于一体的系统,还有待于进一步的改进与完善。

参考文献:

- [1] 包世泰,余应刚,夏斌,等. GIS 技术在工程地质制图中的应用[J]. 工程勘察,2005(2):1-3.
- [2] 魏莲,卞州盟,卢建杰,等. 基于 MAPGIS 的柱状图系统设计与实现[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2006,31(5):743-746.
- [3] 陈玲侠,邱勇. 基于 MapGIS 的工程地质柱状图自动生成方法研究[J]. 咸阳师范学院学报,2008,23(6):63-65.
- [4] 方志江,曲政. 通用柱状图绘图软件系统的研究[J]. 中国矿业大学学报,1999,28(1):82-85.
- [5] 花卫华,邓伟萍. 一种通用钻孔柱状图的自动生成技术[J]. 工程图学学报,2006(4):14-18.
- [6] 陈文杰,应轶. 第四系钻孔柱状图成图系统的设计与实现[J]. 地矿测绘,2007,23(4):14-16.
- [7] 解华明,陈守余. 基于 MapGIS 的钻孔柱状图绘制软件的编制[J]. 物探化探计算技术,2004,26(1):85-90.
- [8] 赵锋,崔希民,王蕊香,等. 基于 ObjectARX 与 OLEDB 的钻孔柱状图自动绘制[J]. 河北建筑科技学院学报,2002,19(4):61-64.
- [9] 毛爱芹,邓彩群,周荣福. 基于 AO 的钻孔柱状图的绘制[J]. 测绘科学,2008,33(1):205-207.
- [10] 刘刚,田宜平,吴冲龙. 可分幅式柱状图的参数化计算机辅助设计[J]. 计算机工程与设计,2005,26(9):2277-2279.
- [11] 杨旭,黄家柱,杨梅. 基于 COM 技术的钻孔卡片和钻孔柱状图的自动生成[J]. 计算机工程,2003,29(18):77-79.

An Automatic Drawing Method of Borehole Histogram Based on MapGIS Secondary Development

Zheng Guizhou, Dong Wenguan, Zhong Liang, Meng Xiaoyu

(Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Borehole histograms are a basic tool in geological exploration works. Diagrams drawn by hand can't meet the requirement of current works. This paper puts forward a method of drawing borehole histograms based on MapGIS. It analyses borehole histogram template structure and divides map elements into MapGIS points, lines, and areas. It designs the drawing flowchart of borehole histogram in detail and simply introduces the methods of creating borehole database and lithological pattern libraries. By ADO database access patterns, the applications and databases are linked up. This paper mainly describes the key technique of drawing chart header, lithological histogram road and buffer line by using MapGIS API.

Key words: MapGIS; secondary exploitation; borehole histogram