DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2018.04.019

成勤[1,2]　王清龙[1]　肖稳安[2]　刘云鹏[1]　徐海舟[3]　张科杰[4]

基于 GIS 的闪电参数查询系统设计与实现

摘要

基于.NET4.0 开发环境、MapX5.0 组件技术和 SQL Server 数据库开发与应用技术,利用 C#编程语言,设计了闪电参数可视化查询系统.该系统将闪电定位资料与地理信息相结合,实现了地理信息的查询和编辑、原始闪电数据的存储和管理、闪电参数的查询和分析、专题图绘制和输出等功能.以武汉"1+8"城市圈(武汉市、孝感市、天门市、潜江市、仙桃市、咸宁市、鄂州市、黄石市、黄冈市)为例,展示了闪电参数查询、专题图绘制、测量工具和闪电发生位置以及雷电流强度分布查询的应用结果.

关键词

地理信息系统(GIS);MapX 技术;闪电参数

中图分类号 P427.32+1;P283.7

文献标志码 A

收稿日期 2017-10-22

资助项目 湖北省气象局科技发展基金(2014Z01)

作者简介

成勤,女,硕士,主要研究方向为雷电监测预警及相关软件开发.chengqin3@163.com

1 宜昌市气象局,宜昌,443000

2 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

3 中海石油(中国)有限公司崖城作业公司,深圳,518000

4 湖北省防雷中心,武汉,430074

0 引言

地理信息系统(GIS)是一个图形化的数据库,能够实现空间数据和属性数据的存储以及它们之间的交互操作[1].GIS 软件的组件化是 GIS 软件发展的方向之一,即利用 ActiveX 控件方式进行 GIS 系统的二次开发.MapInfo 是一款功能强大的桌面地理信息系统软件,而 MapX 是 MapInfo 基于 ActiveX 技术的可编程控件,并集成了 MapInfo 几乎所有的功能.经过几十年的发展,其应用已深入到市政规划[2]、环境资源管理[3]、导航监测[4]等众多领域.MapX5.0 组件技术在雷电研究中也有应用,刘佼[5]利用 Chart 图表控件以及 MapX 地图控件实现了对全国雷灾分布特征、严重经济损失的雷灾、典型的人身伤亡事故等方面的雷灾图形化分析显示;贺爽[6]把安徽省闪电定位资料作为研究对象,借助以 ArcIMS 为基础的 WebGIS 平台,建立了安徽省雷电信息发布系统.将 GIS 技术引入闪电参数的计算与查询中,可以更直观地表示闪电发生的位置,利用网格法更准确地计算闪电频数、雷击大地密度(N_g)[7](以下称闪电密度)等参数,有助于提高雷电的监测预警水平,提高雷灾调查的效率,为风险评估提供参考.

1 系统设计

1.1 系统结构组成

图 1 为闪电参数查询系统结构.闪电参数查询系统包括以下几个部分:文件管理、数据管理、数据查询分析与制图以及地图编辑.

1.2 系统功能简介

本系统基于.NET4.0 平台、利用 MapX5.0 组件技术,将闪电定位资料与地理信息结合,不仅具有 GIS 软件的基本功能,同时还具有良好的可扩展性,使开发者能根据业务管理的变化添加其他应用.系统的主要功能如下:

1)图形的导入与导出.系统可以识别的地图格式为 TAB 格式和 GST 格式,用户可以根据自己的需要导入图层.系统导出的图形可以为 GST 格式、TIF 格式、GIF 格式、JPEG 格式、BMP 格式和 PNG 格式.

2)数据入库与管理.用户选择闪电定位资料所在的文件夹,将闪电定位资料入库后,可以实现对入库数据的查询、修改、增加或删除等操作.系统不仅可以对数据库中的闪电定位数据进行管理,而且可以利用 SQL 语句和视图控制工具管理、查询以及编辑 TAB、WOR 和

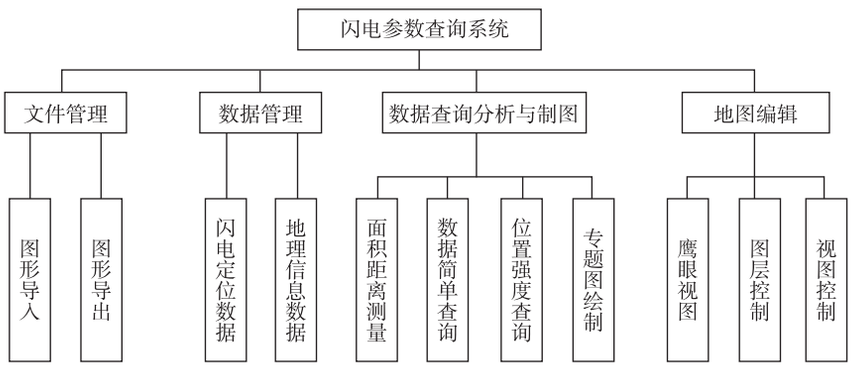


图 1 系统结构

Fig. 1 Diagram of system structure

GST 格式的地图.

3)图层控制.系统导入的每一张地图表示为一个图层,用户可以编辑各个图层中的点、线、面等图元,包括符号、颜色、线型等参数;选择标注的位置、内容及样式;选择图层是否可编辑、是否可见,还可以改变多个图层的叠加次序等,使其更人性化.

4)鹰眼窗口.其功能是快速定位或放大指定区域.所谓鹰眼,即一个缩略地图,上面有一个矩形框,矩形框区域为当前主视图显示的地图区域,拖动矩形框可以改变当前地图显示的位置,改变矩形框的大小,可以改变当前地图显示区域大小,用户可以根据需要选择要放大显示的地区.

5)视图控制.用户可以根据业务需求,在"Map控制工具"里选择视图控制工具.例如选择"漫游"、"放大"、"缩小"等工具改变显示范围;选择直线、折线、圆形等工具添加图元;利用点选、框选、圆形和多边形选择工具选择和删除图元;选择"图元标注"、"文本注释"、"符号标注"等工具添加标注.

6)面积与距离的测量.用户可以根据需要,查询两点之间的距离、计算多线段的总长度和多边形的面积.

7)闪电数据简单查询.对闪电数据进行简单查询时,用户可以针对雷击的时间、地点、闪电参数、行政区划等信息进行分类查询.查询的结果可以导入到 Access 数据库、Excel 表或 TXT 文件中.

8)闪电位置及雷电流强度查询.在风险评估业务中,需要查询评估点周围的闪电基本特征,例如闪电密度、闪电发生位置、雷电流累积概率等.在风险评估控件模块中,用户输入评估点的经纬度和所要查询的范围后,即可得到查询结果.结果以图形和文字两种形式输出保存.

9)专题图绘制.用户根据需要选择闪电的发生位置、区域闪电频数、闪电密度、闪电强度与陡度等信息,绘制范围值、等级符号、点密度、独立值、直方图和饼图等类型的专题地图.

2 系统功能设计与实现

2.1 地图编辑功能设计与实现

如果要改变当前视图或添加图元、注释、文本等信息,可以在视图控制 ComboBox 中选择所需要的工具.首先将 MapInfo MapX V5 组件添加到.NET 的工具箱中,将 MapInfo MapX V5 控件和 ComboBox 控件添加到窗体中,编写代码将 Map 控制工具添加到 ComboBox 中,主要代码如下:

```
private void Form1_Load(object sender,System.EventArgs e)
    {
        ArrayList ToolsList=new ArrayList();
        ToolsList.Add(MapXLib.ToolConstants.miPanTool);//添加漫游工具
        ……//部分代码省略,此处代码用于添加箭头选择工具、文本添加工具、标注工具等.
        ToolsList.Add(MapXLib.ToolConstants.miPolygonSelectTool);//添加多边形选择工具
        comboBox1.DataSource=ToolsList;
    }
```

2.2 面积与距离测量功能设计与实现

在日常业务中,往往需要测量两地的距离或某一区域的面积,可以选择距离测量或面积测量工具实现这一功能.当用户点击"距离测量"或"面积测量"按钮时,鼠标指针变成十字标记.测量距离和测量面积都用到了多线段工具,在程序中,通过变量 areaORdis 的不同赋值加以区分.若变量 areaORdis 值

为 0,则选用距离测量工具,若变量 areaORdis 值为 1,则选用面积测量工具.以实现测量面积功能为例,主要代码如下:

```
private void axMap2_PolyToolUsed(object sender,AxMapXLib.CMapXEvents_PolyToolUsedEvent e)
        {
          if (areaORdis==1)
            {
              case (int) MapXLib.ToolFlagConstants.miToolEnd:
                pts=(MapXLib.Points)e.points;
                MapXLib.FeatureFactory dd=axMap2.FeatureFactory;
                MapXLib.Style style=axMap2.DefaultStyle;
                label4.Text="所选区域面积为:"+dd.CreateRegion(pts,style).Area.ToString("#0.0000")+" km2";
            }
        }
```

2.3 鹰眼功能设计与实现

将 2 个 MapInfo MapX V5 控件添加到窗体中,一个作为主视图,另一个作为鹰眼视图.关于鹰眼的实现方式,最常见的是用一个 MapControl 控件显示地图全图,并在上面画一个红色矩形框,表示主视图的显示范围,并实现鹰眼窗口和主窗口互动,主要由以下几个步骤实现:

1) 检查主窗口中是否有图层.若有图层,则在鹰眼窗口中添加该图层并设置其显示比例和位置,同时根据主窗口中的显示内容绘制红色方框;若无图层,鹰眼窗口不改变.

2)检查主窗口中的视图是否有改变.若有改变,则根据要求改变鹰眼窗口中红色方框的位置和大小;若无改变,则鹰眼窗口保持不变.

3)当鹰眼窗口中的红色方框被拖动,主窗口中的视图相应地发生改变.改变窗口视图时用到 OBJECT.ConvertCoord (ScreenX,ScreenY,MapX,MapY,Dir)这一方法,将地图坐标转换为屏幕显示坐标,或将屏幕坐标转换为地图坐标.具体代码省略.

2.4 闪电定位资料入库功能设计与实现

常见的原始闪电定位资料是.TXT 格式的文本文件,文件名为当天的日期,文件中记录闪电发生的时间、纬度、经度、强度、陡度、定位方式、误差等信息.闪电定位系统每天产生一个文件,随着时间的增加,闪电定位文件数量越来越多,闪电数据的查询也越来越耗时.由于每天的闪电定位数据放置在不同的文件中,查询某一地区一段时间内的闪电参数(例如雷电流平均强度、陡度、闪电密度等信息)十分繁琐.

不同的闪电定位系统产生的闪电定位数据的字段数和格式可能有所差别,但是一些基本的参数都会有,例如闪电发生的时间、经纬度、雷电流强度与陡度.由数据的使用性质可知,分析闪电特征时主要用到上述参数.因此,选取以下参数导入 Microsoft SQL Server 2008 数据库中:闪电发生的时间(year,month,day)、经纬度(lon,lat)、雷电流强度与陡度(qiangdu,doudu),其数据属性如表 1 所示.

表 1 闪电参数数据属性

Table 1 Data attributes of lightning parameters

列名	数据类型	允许 Null 值
year	int	□
month	int	□
day	int	□
lon	float	□
lat	float	□
qiangdu	float	□
doudu	float	□

每年的闪电定位资料存在一个文件夹下,文件夹名为数据的年份.用户在操作界面点击“浏览”按钮,选择闪电定位资料所在的文件夹,所选数据的路径和所选数据的年份在界面中自动显示.用户在确认信息后,点击“确定”按钮,该年的数据将被导入到 Microsoft SQL Server 2008 数据库中.

2.5 闪电数据简单查询功能设计与实现

用户可以针对雷击的时间、地点、闪电参数、行政区划等信息进行分类查询,查询的结果可以导入到 Access 数据库、Excel 表或 TXT 文件中.闪电数据简单查询模块界面如图 2 所示.

用户输入查询条件和查询参数时,用到了 DateTimePicker 控件.若要以输入的地图为边界查询数据,则用到了 MapXLib.Rectangle CMapXLayer.Bounds.程序执行查询功能时用到的 SQL 语句为:

```
sqlText=@"select "+content+@" from[lightning].[dbo].["+years.ToString()+"]"
        +@" where[lightning].[dbo].["+years.ToString()
        +@"].year*10000+[lightning].[dbo].["+years.ToString()
```

```
            +@" ].month * 100+[ lightning].[ dbo].[ " +years.
ToString( )
            +@" ].day>=" +yearstart
            +unionText
            +@"  select " +content+@ "from[ lightning].[ dbo].
[ " +yeare.ToString( ) +" ]"
            +@"  where[ lightning].[ dbo].[ " +yeare.ToString
( )
            +@" ].year * 10000+[ lightning].[ dbo].[ " +yeare.
ToString( )
            +@" ].month * 100+[ lightning].[ dbo].[ " +yeare.
ToString( )
            +@" ].day <=" +yearend
            +@"  and lat between " +ymin.ToString( )
            +@"  and " +ymax.ToString( )
            +@"  and lon between " +xmin.ToString( )
            +@"  and " +xmax.ToString( );
```

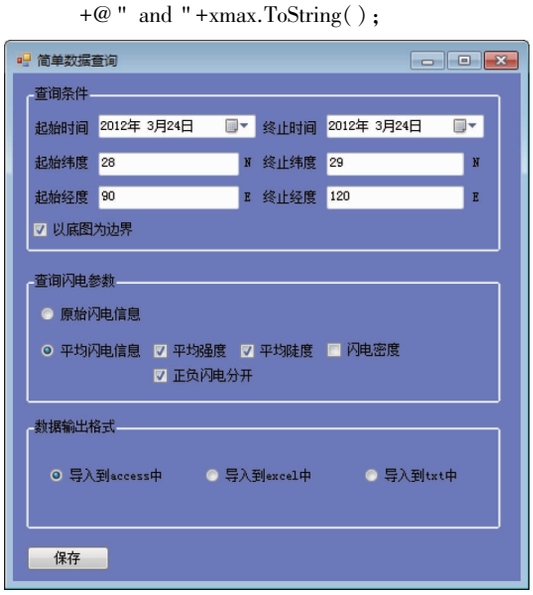


图 2　简单数据查询模块界面

Fig. 2　Interface of simple data inquiring function

在保存查询结果时,用 SaveFileDialog 控件选择文件保存的位置,用 StreamReader 和 StreamWriter 读取和在新文件中写入查询结果.查询的结果可以导入到 Access 数据库、Excel 表或 TXT 文件中.

如果查询结果数据量大,并且需要进一步分析,可以将其保存在 Access 数据库中.Access 数据库具有界面友好、易学易用、开发简单、接口灵活等优点,是典型的新一代桌面数据库管理系统.如果查询结果数据量较小,或者直接用于画图、分析,可将其保存在 Excel 中.Excel 具有一定的运算与分析能力,在 Excel 中使用 SQL 语句,可以灵活地对数据进行整理、计算、汇总、查询、分析等处理.如不对查询结果做任何分析,仅用于数据备份,可以使用 TXT 文件格式输出查询结果.TXT 格式的文件体积小、存储简单方便,在电脑和很多移动设备上可以通用,不仅可以用在传统的 PC 机上,也可以在手机、PSP、MP3、MP4、iPad 等设备上阅读.

2.6　绘制闪电参数专题图功能设计与实现

GIS 的一个显著特征就是能将数据库中的信息进行直观的可视化分析.专题地图就是用于分析和表现数据的一种强有力的方式.用户可以通过使用专题地图的方式将数据图形化,使数据以更直观的形式在地图上体现出来.绘制闪电参数专题图,用户需要选择绘图的区域、绘图的数据、专题图的类型、闪电参数、网格尺寸和图例的颜色.利用程序绘制专题图主要分为以下几个步骤:

1)选择专题图数据.用户在专题图数据选择界面上选择绘图数据,用 SQL 语句从数据库中选择符合条件的数据,再创建 Recordset 对象用于容纳这一记录集.

2)将数据绑定到图层.在 MapX 中,数据显示为 Dataset 对象.使用 Datasets.Add 方法,可以指定数据集并将其加入 Datasets 集合,从而将外部数据源中的数据绑定到 MapX 的地图上.Datasets.Add 方法的语法结构如下:

Datasets.Add(Type, SourceData, [Name], [Geofield], [SecondaryGeofield], [BindLayer], [Fields], [Dynamic]).

3)建立网格图层,统计闪电信息.本系统中可查询的闪电参数主要包括:闪电频数、闪电密度、雷电流强度、雷电流陡度.为了实现对一个区域闪电参数的精细化查询分析,本系统将该区域在地图上划分成若干正方形的网格(网格尺寸由用户输入),分别统计各个网格内的闪电信息.以计算闪电密度为例,说明网格法的优越性.闪电密度是用来表示某地闪电发生频率的重要参数,定义为每年每平方千米大地遭受的雷击次数.通常采用 GB/T 21714.2 中提供的经验公式 $N_g = 0.1T_d$ 来计算,其中 T_d 表示年平均雷暴日,一个城市对应一个 N_g.由于闪电密度受地形、土壤、气候、地表建筑物等因素影响,在一个城市内呈现不同的分布规律,因此用经验公式计算闪电密度具有一定的局限性[8-9].采用网格法统计各网格内雷击次数(闪电频数),闪电密度即为年均闪电频数除以所在网格的面积.比较可知,这样计算所得结果更精确也更符合 GB/T 21714.2 对闪电密度的

定义.

系统按照用户输入的分辨率在底图上绘制网格,并计算各个网格内的闪电参数信息.首先新建一个网格图层,用于存储网格位置信息和各网格内统计的闪电参数信息,再找出底图的边界点,以点(axmap.Layers[1].Bounds.Xmin,axmap.Layers[1].Bounds.Ymin)为起点画网格,并判断每个网格是否在底图范围内,直至点(axmap.Layers[1].Bounds.Xmax,axmap.Layers[1].Bounds.Ymax)处结束.绘制网格主要用到了 FeatureFactory.CreateRegion 方法.最后统计网格图层中各图元内的闪电参数信息,包括闪电频数、闪电密度、雷电流强度与陡度,并将统计信息保存到图层中.

4)画专题图.MapX 中使用 Themes 集合与 Theme 对象来实现对专题图的支持,用户根据需要选择要制作的专题图的类型和闪电参数.执行查询时,主要用到 DrawTheme 这一函数,通过设定 themeType 的值来改变画专题图的参数.

5)选择图例颜色.设置图例的颜色的过程中,调用了 ColorDialog 类,它表示一个通用对话框,该对话框不仅可以显示可用的颜色,还允许用户自定义颜色.用户可以使用默认的图例,也可以自行设置图例颜色.

6)输出专题图.在完成了对专题图的编辑后,即可输出专题图.专题图数据可保存为图层集合(*.gst),也可直接保存为图片.图层集合保存了绘制专题图所需的闪电参数信息和地图信息,保存图层集合用到的函数为 ObjMap.SaveMapAsGeoset(strName,strFileSpec).专题图还可以直接保存为 JPEG、BMP、PNG 等格式的图片,以保存 BMP 格式的图片为例,用到的函数主要是 axMap2.ExportMap (strName,ExportFormatConstants.miFormatBMP).

2.7 雷电流强度分析功能设计与实现

分别统计雷电流强度的绝对值在[0~10),[10~20),[20~30),…,[100~500)以及 500 kA 以上的闪电,并计算其在总闪电频数中所占的比例.风险评估控件窗体右侧的 Chart 用于显示分析结果,点击 Chart 控件内的图片,即可保存该图片.在默认的情况下,查询所得闪电信息(即详细闪电记录)被保存在 D 盘下,文件名为“详细闪电信息”,文件为 TXT 格式.建立新查询时,上一次的记录将被覆盖.

3 应用实例

3.1 闪电参数专题图绘制

以查询武汉“1+8”城市圈(武汉市、孝感市、天门市、潜江市、仙桃市、咸宁市、鄂州市、黄石市、黄冈市)闪电频数为例,网格尺寸设为 5 km×5 km,图例设为默认值,时间范围选择 2009 年 1—7 月,查询结果如图 3 所示.

图 3 以不同颜色表示各个网格内的闪电频数,例如点 *B* 处显示绿色,它的闪电频数在 282 与 329 次之间,详细结果可在 D 盘目录下查看.图 3 右下角为鹰眼视图,其红色方框内的区域即为左边主视图

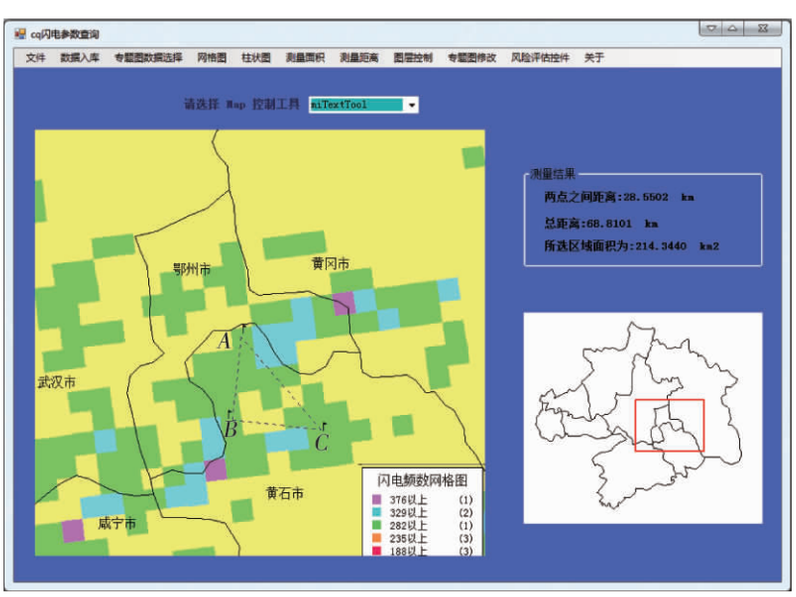


图 3 武汉“1+8”城市圈 2009 年 1—7 月闪电频数分布情况

Fig. 3 Lightning frequency distribution of Wuhan city circle from January to July in 2009

的显示范围.

3.2 面积与距离测量工具

使用距离测量工具测量图 3 中 A、B、C 3 点之间的距离,从图 3 测量结果可知 C、A 之间的距离为 28.550 2 km,3 段的总长度为 68.810 1 km.使用面积测量工具测量△ABC 的面积,结果为 214.344 0 km^2.

3.3 闪电发生位置和雷电流强度分布查询

在进行雷电风险评估时,需要了解评估点周围闪电活动情况,这对重要建筑物(尤其是易燃易爆场所)选址和确定建筑物的防雷措施也十分重要.输入评估点的纬度、经度和查询的时空范围,即可查询评估点周围的雷电发生位置和雷电流强度分布情况.假设评估点纬度为 30°N,经度为 114°E,查询该评估点周围 30 km 内,2009 年 5—7 月的闪电信息.结果如图 4 所示.

图 4 中红色标记表示评估点的位置,黑色标志"+"表示闪电发生的位置.由图 4 可知,评估点周围 30 km 范围内闪电发生位置分布不均,其东部闪电发生频繁,西部闪电发生较少,这可能与地形和城市规划有关.从右侧的雷电流强度分布图可以看出,评估点周围雷电流强度主要集中在 20~60 kA.系统自动将查询所得的闪电记录保存到指定位置,数据属性详见表 1.

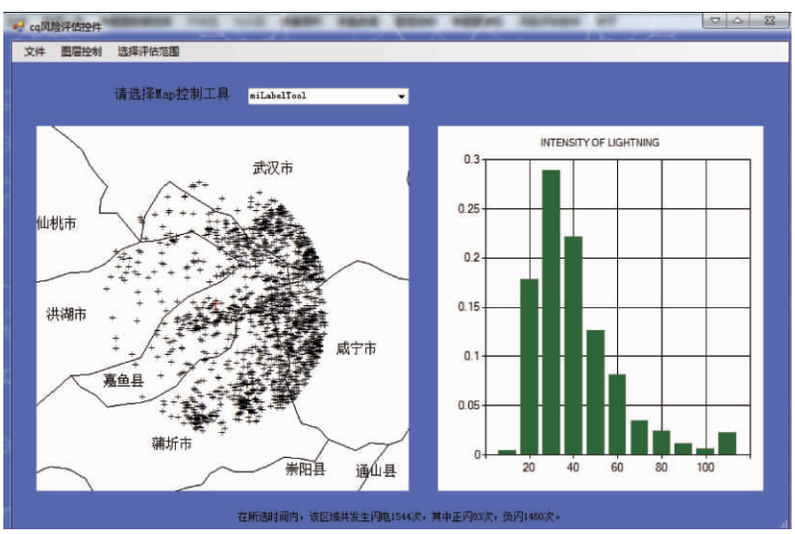


图 4 评估点周围 30 km 内闪电活动情况

Fig. 4 Lightning characteristics within 30 km around assessment point

4 结束语

地理信息系统由于其强大的信息管理、分析功能,已经被广泛地用于多个领域.本系统将地理信息系统二次开发组件 MapX 与.NET4.0 相结合,利用 C#编程语言实现对闪电定位数据的综合管理、分析、制图和输出的功能.本系统将查询区域在地图上划分成若干正方形的网格,分别统计各个网格内的闪电信息,克服了利用经验公式 $N_g = 0.1T_d$ 计算闪电密度的局限性,实现了对一个区域闪电参数的精细化查询分析.将该系统应用到业务中,有助于提高雷电的监测预警水平,提高雷灾调查的效率,为风险评估提供参考.在雷击风险评估与防雷设计业务中,常需计算接闪器的保护范围,用传统的计算画图的方法,既费时又容易出错.为了解决该问题,本系统将对 AutoCAD 和 Google Earth 二次开发,增加一个计算保护范围的模块,以期提高防雷设计和雷击风险评估的工作效率.

参考文献

References

[1] Michael N Demers.地理信息系统基本原理[M].北京:电子工业出版社,2001:57-81
Michael N Demers. Fundamentals of geographical information system[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry,2001:57-81

[2] 武雪玲.GIS 社区综合信息管理系统的设计与实现[J].测绘科学,2011,36(1):193-194,200
WU Xueling. Design and implementation of community comprehensive information management system based on GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2011, 36(1):193-194,200

[3] 郭仁华,吕胜国.基于 MapInfo 的水文信息分析处理系

统的开发和应用[J].中国水利,2008 (12):45-47
GUO Renhua,LÜ Shengguo.Development of hydrological data processing system based on MapInfo and its application[J].China Water Resources,2008(12):45-47
[4] 王德春,张孝芳.基于 MapX 的 GPS 和 GIS 位置信息实时标注系统[J].青岛大学学报(自然科学版),2005,18(1):87-89
WANG Dechun,ZHANG Xiaofang.Marking information of GPS and GIS position by real-time based on MapX[J].Journal of Qingdao University(Natural Science Edition),2005,18(1):87-89
[5] 刘佼.雷电灾害查询分析系统的设计与应用研究[D].南京:南京信息工程大学大气物理学院,2011
LIU Jiao.The design of lightning disaster inquiry and analysis system and applied research[D].Nanjing:School of Atmospheric Physics,Nanjing University of Information Science & Technology,2011
[6] 贺爽.雷电方向性分布与 WebGIS 平台展示[D].合肥:合肥工业大学,2009
HE Shuang.Directional distribution of lightning and WebGIS displaying platform[D].Hefei:Hefei University of Technology,2009
[7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中华人民共和国标准化管理委员会.GB/T 21714.2—2008 雷电防护第 2 部分:风险管理[S].北京:中国标准出版社,2008
General Administration of Quality Supervision,Inspection and Quarantine of the PRC, Standardization Administration of the PRC.GB/T 21714.2-2008 Protection against lightning, part 2: risk management [S]. Beijing:China Standard Press,2008
[8] 樊荣,肖稳安,李霞,等.基于 GB/T 21714.2 的雷击风险评估软件设计及参数探讨[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2009,1(4):343-349
FAN Rong, XIAO Wenan, LI Xia, et al. Design of lightning disaster risk assessment software and discussion of its parameters based on GB/T 21714.2[J].Journal of Nanjing University of Information Science and Technology (Natural Science Edition),2009,1(4):343-349
[9] 任艳,李家启,覃彬全.雷击大地密度和等效截收面积计算方法[J].气象科技,2010,38(6):752-757
REN Yan,LI Jiaqi,QIN Binquan.Method for calculating equivalent area and ground flash density [J]. Meteorological Science and Technology, 2010, 38(6): 752-757

Design and implementation of lightning parameters inquiry system based on GIS

CHENG Qin[1,2] WANG Qinglong[1] XIAO Wenan[2] LIU Yunpeng[1] XU Haizhou[3] ZHANG Kejie[4]

1 Yichang Weather Bureau of Jiangxi Province,Yichang 443000

2 School of Atmospheric Physics,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044

3 CNOOC China Limited Yacheng Operating Company,Shenzhen 518000

4 Lightning Protection Center of Hubei Province,Wuhan 430074

Abstract A lightning parameter inquiry system is designed and implemented using MapX5.0, Microsoft SQL Server 2008 and C# programming language under .NET4.0 development environment.Combined lightning data with geographic information,this system can realize functions of query and editing of geographic information,storage and management of original lightning data,query and analysis of lightning parameters,and drawing and output of thematic maps.For instance,this paper takes the Wuhan city circle,which includes 9 cities of Wuhan,Xiaogan,Tianmen, Qianjiang,Xiantao,Xianning,Ezhou,Huangshi and Huanggang,to implement this GIS based inquiry system,and shows the results of lightning parameter inquiry,thematic map drawing,position of lightning occurrence and observation station,and distribution of lightning current intensity.

Key words geographic information system (GIS);MapX;lightning parameters