

航空物探空间数据显示平台设计

何辉,薛典军,王林飞,骆遥,田嵩

(中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘 要:为了解决多源数据显示及分析的问题,根据航空物探数据的空间特性,以 GIS 理论为基础,应用三层架构原理,利用 C#语言,研发了航空物探空间数据显示平台。该平台拥有数据管理、符号化展示等性能,为航空物探资料的解释提供了更直观的信息。

关键词:航空物探;多源数据;空间数据;显示平台

中图分类号: P631;P208;P285.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2012)04-0669-05

作为解决空间问题的工具, GIS 的应用已经越来越广泛,现有 GIS 控件研发专业的系统软件已经成为当前软件研制的主流。中国国土资源航空物探遥感中心(简称航遥中心)针对航空物探图件,研发了基于 MapGIS 的航空物探综合解释和成图软件^[1-4],其主要功能包括绘制剖面平面图、等值线平面图;该中心在 2002 年自行研制的空中探针系统^[1]中,还包括网格平面立体阴影图显示。对航空物探数据来说,将带有空间信息的数据进行图形展示能够极大地丰富资料解释及分析手段。以上两个软件研制在某种程度上极大提高了航空物探数据处理和综合解释水平,但是由于这两个系统对空间数据显示的平台不统一,不同平台显示数据之间缺乏直观的参照,尤其是等值线图与网格平面立体阴影分离显示,不利于数据分析及解释,增加了数据处理及解释项目组的难度。航遥中心在航空物探数据处理软件研制自主化程度基本能够满足航空物探数据处理解释的要求,但是在数据显示方面还存在明显不足,为了提高航空物探数据显示水平,完成数据处理与成图一体化,需进行航空物探空间数据显示平台的研制。

1 平台解决的关键技术问题

随着航空物探数据处理和解释软件呈现多样化的发展,数据处理过程中格式的兼容性越来越重要,同时数据坐标存储方式多种多样,尤其是不同坐标系之间转换及投影变换精度是数据处理和显示的重点。因此在平台建设过程中统一数据格式、不同坐标框架下空间数据统一显示及显示效率是检验整

个平台建设成败的最重要条件,为了达到设计要求,需对数据格式转换、空间数据坐标转换及数据区域可视化技术进行研究。

1.1 统一数据格式

由于 GIS 技术的迅速发展和广泛应用,出现了航空物探数据解释过程中数据格式的多样式问题,不同解释处理软件的数据格式存在很大的差异。常用的 GIS 软件为 MapGIS 软件,其矢量数据格式为(.wt,.wl,.wp 等),而常用的空间矢量数据大多数为 ESRI 的.shp 文件。近年来随着数据库技术与 GIS 技术的结合,更多的矢量数据为数据库格式存储。为了更好地为系统服务,平台将采用统一的数据管理方式,对空间数据进行访问,然后将其转换空间数据集进行管理。

1.2 统一坐标框架

航空物探空间数据显示平台是以航空物探作业成果为数据源,最终展示的结果除了解释信息外,还叠加基础地理和基础地质矢量信息。以往的项目成果图件都采用 BJ54 坐标 6°分带的投影方式,而基础数据多为地理坐标系,同时随着航空物探区域的不断扩大,陆地、海域的航空物探场源数据的表达,以及洲际和全球场源数据的表达都要求不同坐标系下的数据进行统一显示,系统将通过对坐标数据进行统一转换,使其在显示过程中纳入统一坐标框架下。

1.3 数据区域可视化

在进行航空物探测量中,其单一测区通常有几百条测线,绘制的平剖图分级填充数据更是惊人,记录最多可达几十万条。当进行局部化放大处理时

(如只显示 1/10 全图范围,为了节省数据显示时间,提高显示效率),应用空间拓扑关系只选择该区域内空间数据,同时对数据进行符号化显示,经过测试,其整体效率提高近 100 倍(10×10),其中一个 10 表示符号化过程中提高的效率。对网格数据也是如此,以 $2\,000 \times 2\,000$ 大小的网格数据为例,当其进行局部放大到 10 倍时,变成了 $2\,000 \times 20\,000$ 。如果进行局部放大,其处理对象大小转换为屏幕显示大小 $1\,400 \times 1\,050$ (T61 笔记本显示屏幕大小),显示速度提高了近 30 倍。

2 平台设计

随着国家高技术研究发展计划(863 计划)子课题——新一代航空物探综合处理解释系统研发和集成设立,旨在形成一套高度集成的航空物探数据处理与解释的综合软件,作为其图形显示的目标:研发航空物探图件数据显示平台,同时能够达到数据制图的要求。结合系统建设要求和平台需求调研分析,提出了航空物探空间数据显示平台的建设具体目标:以航空物探数据为数据源,实现航迹图、平剖面、等值线平面图、网格平面立体阴影图等基础图件的显示。基于系统建设目标,以数据库数据和网格数据为数据源,结合 GIS 技术的理论和方法为基础,按照其显示特性,将其空间信息转化为 GIS 的点、线、面,如将飞行航迹转换为线,基准点号转换为点,把剖面与航迹线封闭转换为面,并将其相关属性转换为二维属性表,通过位置信息进行关联。在参照常用 GIS 软件的基础上,依照系统建设的原则,对平台进行了整体架构设计,选择了开发语言,同时对其主要接口进行了定义,使其实现后将具有可维护性、易升级、可扩展等特点。

2.1 架构设计

整个平台架构按照三层架构设计(图 1),包括数据层、处理层和显示层。数据层是整个系统基础层,体现在 MapGIS 数据、ArcGIS 数据和网格数据的

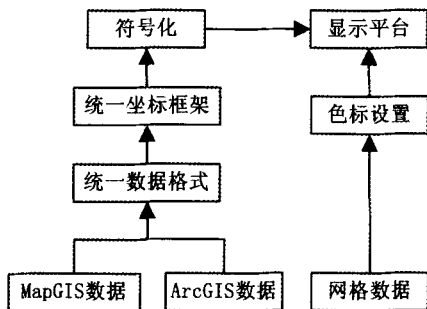


图 1 航空物探空间数据显示平台架构

访问,并包括对 MapGIS 数据和 ArcGIS 数据的创建,为整个系统提供数据源保障。处理层是整个系统的核心,一方面对访问的数据源进行统一数据格式和统一坐标框架。另一方面应用不同的符号对空间数据进行展示,其中包括对网格数据的色标设置。显示层基于图形控件(PictureBox)为用户提供一个内容丰富、具有可交互性的可视化窗口,以图形和文本的方式显示空间及属性信息。

2.2 开发语言

C#作为一种面向对象的开发语言,已经大范围地用于高层商业应用和底层系统的开发,可以方便地调用底层平台的所有功能。对接口和接口继承的内在支持,使得 C#可以开发复杂的框架并且随着时间不断发展更新。C#支持调用任何纯 API,为多种语言联合开发提供了可能。C#组件可以方便地转化为 XML 网络服务,从而使任何平台的应用程序都可以通过 Internet 调用它,为将来系统转向网络服务提供基础。结合以上特点,平台开发选择 Visual Studio 2008 C#作为开发语言。

2.3 接口定义

通过对整个需求进行分析,结合 GIS 理论,参照 ArcEngine 的 AllEngineOMDs^[4]的接口模型,在平台架构设计中,提出以图形为基础,其中图形主要通过点坐标对进行展现,通过文件访问接口对数据库数据和网格数据进行访问,应用空间数据管理对数据进行矢量化,并实现图形与属性管理关联,结合矢量数据符号化对空间数据进行图形绘制,最后通过控件进行图形展现。在对整个架构归纳、划分的基础上形成了图形管理、数据访问、空间数据管理、符号化管理、数据可视化和图形展示 6 大类命名空间。

Geometry 用来对图形进行管理,是整个平台架构的基础。通过 Coordinate 管理单一坐标数据,其具有 x 、 y 、 z 三个属性, x 和 y 分别对应点的空间位置, z 用来对应其他相关属性,如等值线中的点的密度值,以 IGeometry 作为所有图形的基础接口,空间位置对应的点(Point)、线(LineString)、面(Polygon)等图形通过继承 IGeometry 接口。图形中最重要的属性为其范围(Envelope),用来表示图形最大和最小角点坐标。在空间数据表达过程中,其 x 和 y 常配有相应的坐标框架,为了解决不同坐标框架下数据统一显示,在该命名空间中设计以 ICoordinateSystem 基础,包括 IGeographicCoordinateSystem(地理坐标系)和 IProjectedCoordinateSystem(投影坐标系)的坐标框架,通过 MapProjection 对不同投影方式进行整合,实现不同坐标框架下数据之间的转换和管理。

FileSystem 实现对航空物探数据的访问。航空物探空间数据类型主要包括航空物探数据库数据和网格数据,其中航空物探数据库其以基准点为基础,用字段对参数进行分类,以测线数据为单一记录进行管理。网格数据类型包括 Surfer、航空物探网格(agb 格式)、ESRI 网格等多种形成及存储方式,其数据架构由行、列、行间距、列间距、起始角点坐标和 z 数组组成。在该命名空间中,对数据库操作包括数据库打开和关闭、测线获取、基准点获取等。网格数据操作包括网格数据打开和关闭、网格数据获取及网格数据计算。

GeoDatabase 用来对空间数据进行管理。以 Field 为作为数据存储基本单元,通过 Field 集合形成单一要素(Feature),Feature 具有一个重要的属性为 IGeometry,从而实现了图形与属性的关联,所有 Feature 进行统一管理形成要素类(IFeatureClass),IFeatureClass 通过要素集合(FeatureCursor)对其进行管理。应用该命名空间统一了空间数据格式,支持多种格式的数据访问,并把转换为 IFeatureClass,同时把相关参数转换为要素类属性数据。

Display 用来实现对空间数据的符号化显示,其通过 IMarkerSymbol、ILineSymbol、IFillSymbol 三个接口实现三种符号的管理。应用其符号化丰富的特性展示出空间数据的信息,同时还定义了 ColorRamp 色标用来可视化网格数据,结合不同的值区间对应不同的颜色,对网格值进行分类显示。Display 完成了从空间数据到图形的转换,同时支持以不同的图形样式的对不同的要素进行分类显示。

Carto 是整个架构的核心。通过 ILayer 接口对数据进行分层管理,其中矢量数据和网格数据分别用 FeatureLayer 和 GridLayer 进行管理,相关元素用 IElement 管理,其中相关元素包括图例、标题等。其 Map 接口是整个显示数据管理的支柱,通过 LayerCollection 和 GraphicsContainer 分别对所有数据和元素进行集中管理。Carto 一方面对数据进行统一管理,另一面也是可视化的关键。

Control 主要用来装载空间数据显示图形,最终显示控件为 MapControl。MapControl 继承 PictureBox,承载从 Carto 中 Map 返回的 Image 进行展现。作为与用户直接交流的窗口,也是用户操作的主体,同时还承载在对用户操作事件的响应,包括图形放大、移动等操作过程。

按照其功能及类型,把整个平台接口设计为 6 大类,无论从接口之间的耦合性还是从关键技术考虑,接口设计合理,整个架构能满足航空物探空间显

示要求。

3 航空物探数据的空间表示

航空地球物理勘探(航空物探)以飞行器作为载体,通过仪器在空中探测和测量地球物理场。由于飞机本身具有较快的飞行速度,航空物探测量仪器的采样率通常是 2 次/s 或 10 次/s,加之每一飞行架次测量时间长(最长可达 8 h 以上),所以每一架次获得的各种地球物理场数据和 GPS 等辅助测量数据的数据量都非常大,区域性航空物探资料的数据量通常是以 GB 为单位衡量的。航空物探解释人员需要采用直观的图形化方法来查看航空物探资料,并将航空物探资料的转换处理结果以图形化方式表达处理,最终解释推断结果也要采用图形化的手段进行表述。这就要求对航空物探数据进行空间表示,历史上相当长的一段时间内航空物探数据都采用手工勾绘图件的方式进行表示。随着计算机技术和 GIS 技术的发展,手工勾绘图件的做法早已为计算机所取代,现在计算机仅用几分钟就可以编绘出过去几天才能完成的图件。航空物探测量是飞机按照预先布置的测线进行飞行测量的,这就决定了测线上测量数据间的间距往往很密集,通常可达几米,而测线间的间距往往相对稀疏,有时间距可达 10 km。航空物探这种测量特点就决定了基于飞行剖面成图表达这种数据的空间表现形式的重要,同时和其他地球物理方法一样,以栅格化数据的成图方式也很重要,特别是对于区域性航空物探编图(如全国航空磁测数据编图)。根据上述航空物探的特定,航空物探数据成图通常有航迹图、基准点号图、剖面平面图(简称平剖图)、等值线平面图,这是“航空磁测技术规范”、“航空伽马能谱测量规范”^[6-7]中明确规定的,此外彩色立体阴影图也为数据处理和解释人员所青睐。

3.1 基于测线数据图件

基于测线数据的图件主要包括航迹图和剖面平面图。在航空物探作业过程中,依据飞机飞行的轨迹,应用其获取的坐标点进行数据成图,形成航迹图,应用测区范围,剔除测区外的坐标点,并按照飞行顺序连成测线。同时在航空物探数据处理中,通常将航空物探测量获得的地球物理场数据包括航空磁测、航空电磁测量、航空伽马能谱测量和航空重力测量等以及飞行高度(绝对飞行高度和相对飞行高度)按照剖面比例尺将其换算成距离,然后在测线的基础上,依据测线方向角,转换为绘图坐标 x 和 y 进行成图显示形成平剖图。作为航空物探数据处

理、解释结果的重要表现形式,平剖面图对数据的区域变化趋势及局部细节均有很好的反映;同时在野外数据预处理过程,作为质量控制的一项内容,以高度为参数绘制平剖面能够直观展现测线的飞行高度,依据航迹图可以直观表现在实际飞行与设计测线的偏航大小,对监控航空物探飞行质量具有重要意义。

航空物探空间数据显示平台依据航迹图和剖面图特点,结合点坐标 (x, y, z) 的属性(图 2a),直接以坐标点集合组合而成航迹图,其点坐标对应为点的 x 和 y 属性。通过把测线作为剖面线的基值,并对其转换点坐标的 z 值进行图形化显示(图 2b),极大地增强了对数据数值所对应信息的分析。再进一步对 z 进行划分,然后对相邻剖面线闭合形成闭合区,

(a) 航迹



(b) 图形化



(c) 填充颜色

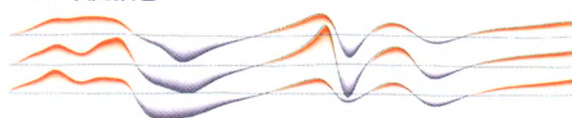


图 2 测线数据图件

一般用渐变的暖色调进行正值填充,用渐变的冷色调进行负值填充(图 2c),这就明显地增强了数据层次感,更加直观展示数据细节。

3.2 接口定义

以网格数据为数据源进行可视化,一般对其进行等值线图的绘制,然后依据其等值线与网格边界封闭形成等值线区域进行填充显示,在进行显示过程中对于数据梯度较大区域,通常形成密集的线团,不利于与其他资料进行叠加分析,航遥中心在 Map-GIS 基础上研制的成图软件对等值线进行了抽稀,减少了区域覆盖,同时对其进行区域填充,形成等值线区文件^[4]。由于人为对量值进行了强度分级,各种等值线方法对量值的表现程度较低,导致大量的信息被淹没,致使客观上存在的由局部特征构成区域特征,尤其是那些线性特征被掩盖。

航空物探空间数据显示平台以位场数据进行网格化成果为数据源,一方面支持等值线数据的绘制及显示,另一面结合 Horn 阴影制图方法原理^[8],将其平面上的分布看成地形起伏变化,用无穷远处的光源进行照射(通过设置照射高度和角度),由于入射光与其表面夹角的变化,而呈现出不同的照明度,应用不同的灰度值进行展现,得到网格数据平面立体阴影图,并与等值线图进行叠加显示如图 3,就可以清晰地表现出可能存在的线性特征。

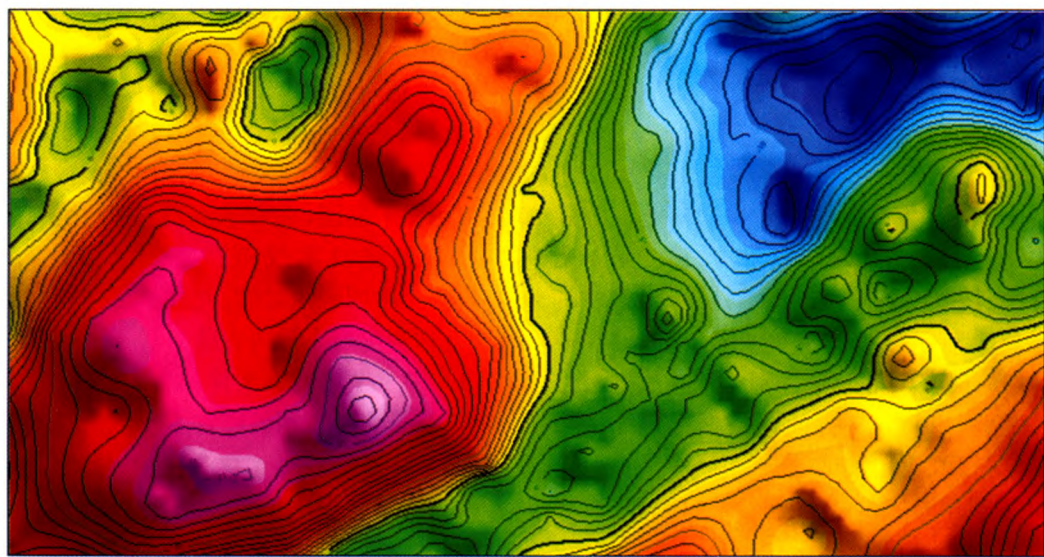


图 3 平面阴影与等值线平面

4 结论

笔者在充分调研需求的基础上,根据航空物探数据空间显示特点及其用途分析了航空物探图件要求,结合整个系统建设的目标及要求,提出了应用开

发语言的基础函数研制航空物探空间数据平台的目标及思路。航空物探空间数据显示平台是以 GIS 原理为基础,应用航空物探数据处理解释过程中数据可视化方法为支撑,其原理与方法都比较成熟。在进行其设计过程中,对其中的技术难点进行攻关,在

航空物探数据成果展示方面将会把其功能与效率发挥得淋漓尽致。在航空物探数据基础上,应用数据矢量化、空间数据管理、符号化展示,以及成果输出等功能为航空物探综合解释提供一体化的可视化服务,平台的建设将为航空物探数据展示提供一种新的选择,为形成独立的、一体化及完全具有自主知识产权的航空物探综合解释软件提供软件基础。

参考文献:

- [1] 刘浩军,薛典军,郭志宏,等.航空物探软件系统研制[J].物探与化探,2003,27(2):146-149.
- [2] 王林飞,熊盛青,何辉,等.非地震地球物理软件发展现状与趋势[J].物探与化探,2011,35(6):837-844.
- [3] 熊盛青.我国航空重磁勘探技术现状与发展趋势[J].地球物理学进展,2009,24(1):113-1417.
- [4] 于长春,郭志宏,眭素文.航空物探领域的GIS开发与应用[J].物探化探计算技术,2003,25(1):39-44.
- [5] ESRI ArcEngine 帮助文档 AllOMDs.pdf[R].
- [6] DZ/T 0142-2010 航空磁测技术规范[S].
- [7] EJ/T 1032-1996 航空伽马能谱测量规范[S].
- [8] Horn B. Hill shading and the reflectance map[J]. Geo-processing, 1981,69(1):16-47.

THE DESIGN OF AEROGEOPHYSICAL SPATIAL DISPLAY PLATFORM

HE Hui, XUE Dian-jun, WANG Lin-fei, LUO Yao, TIAN Song

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve the problem of multi-source data display and analysis, the authors studied and developed the airborne geophysical spatial data display platform according to the spatial characteristics of the airborne geophysical data, on the basis of the GIS theory and by applying three-tier architecture, as well as C# language. The platform has the performance of data management and symbol display. This design provides more intuitive information for the interpretation of airborne geophysical data.

Key words: aero-geophysical survey; multi-source data; spatial data; display platform

作者简介: 何辉(1979-),男,任职于中国国土资源航空物探遥感中心,主要从事软件开发工作。