

文章编号: 1001—1749(2000)04—0356—05

常规直流电法二维人机联作反演软件系统 Windows 版的设计与实现

王华军, 罗延钟

(中国地质大学, 武汉 430074)

摘要: 作者在文中主要介绍了常规直流电法二维人机联作反演软件系统Windows 版主要功能模块的设计与实现及系统的安装与使用。系统建立在Windows 95 平台上, 实现了常规直流电法(对称四极电测深法、中间梯度法、单极梯度法等)的野外数据处理、成图和二维人机联作反演解释。系统的主要特点是以可视化的方式实现了在计算机屏幕上显示并修改地电断面和计算结果的功能, 界面友好、完全汉化、操作方便、易于使用。

关键词: 直流电法; 二维; 人机联作; 反演; 软件

中图分类号: TP311.52; TP316.7 **文献标识码:** A

WINDOWS VERSION SOFTWARE SYSTEM DESIGNING OF 2D MAN-MACHINE INTERACTIVE INVERSION FOR CONVENTIONAL DC ELECTRIC METHOD

WANG Hua-jun, LUO Yan-zhong

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper introduces the designing of 2D man-machine interactive inversion for conventional DC electric survey on the windows 98 platform. In this application software package some functions of utility modules have been covered, such as field data processing the result drawing and 2D man-machine interactive inversion for many conventional DC electric survey patterns (schlumberger sounding, gradient array mapping, and fixed point source sounding). This system is charactered by displaying and modifying the geo-electric cross section and the calculation result plotting synchronistically by means of the visual technique. The indicator and interface in chinese character makes users operating very simple.

Key words: DC electric method; 2D man-machine interactive; inversion; software system

0 引言

直流电法在地质勘探、水文工程勘察及环境检测中一直发挥着重要作用。“八·五”期间, 前地矿部专门立项研究并完成了“电法勘探工作站”, 该系统在DOS 环境下实现了各种装置的正演、野外数据处理、成图和反演解释^[3]。为推广该项研究成果, 1997 年, 中国地质勘查技术院委托地矿部物化探研究所将其移植到Windows 上, 推出了Windows 版的“电法工作站CES2.0”。它在DOS 版的基础上增加了磁性源瞬变电

基金项目: 国土资源部“九·五”期间重点科研项目(9505104)

收稿日期: 2000-06-08

磁法的内容。这两种版本的工作站均有以下局限性:

- * 一维反演与实际的二、三维情况不符;
- * 正反演计算都需要由用户手动剖分网格并形成模型参数文件;
- * 二维反演不能解决地形不平的问题^[5,6]。

这些不足影响了软件的使用与推广。“九·五”期间,前地矿部又专门立项:“实用电法二维反演方法及软件研究”。其中,常规直流电法二维人机联作反演软件系统Windows版(以下简称系统)是该项目中的部分研究成果,基本克服了以上局限,正演以2.5维点源场的有限单元模拟为基础,真正解决了有限元网格的自动剖分和地形不平问题。

该软件系统采用面向对象技术,在Windows 95平台上用Visual C++ 5.0语言编制而成。系统具有以下特点:

- * 便于扩充;
- * 只建立在Windows平台之上,而不依赖于其它应用软件;
- * 可同时处理若干条不同方法的剖面资料;
- * 能方便地在屏幕上对图形进行编辑、修改、缩小、放大等一系列操作;
- * 支持高质量的图件输出;
- * 用户界面友好。

1 各功能模块的设计与实现

从二维人机联作反演的程序流程图(见图1)可知,一个好的二维人机联作反演程序应满足以下要求:

- * 易于构组和修改地电断面;
- * 易于建立和修改用于有限单元法正演的二维网格;
- * 能用适当的图形显示野外实测的和正演模拟计算得到的电磁场分量或视参数资料;
- * 能实时计算和图形显示实测参数和正演计算参数的拟合情况。下面将围绕以上几个方面展开介绍。

1.1 二维地电断面模型的构组和修改

地电断面是地下电性参数的横断面,它可视为由许多构造线(如断层线)、地层分界面、地形线及相应的算域分割围成的多边形组成。初始地电断面的构组只能根据先验信息,由用户在屏幕上绘制,然后由计算机去计算得到。它由四部分组成(见图2)。

1.1.1 绘制底图

将根据实测数据绘制的,可直接参与构组断面图(动态底图)或为构组断面图提供信息(静态底图)的图件称为底图。

1.1.2 编辑地电断面

编辑地电断面就是用户根据各种先验信息,在底图的基础上,手动绘制地电断面中边界曲线(如算域矩形,构造线和地层分界面)的过程。

1.1.3 造区处理

编辑好的地电断面,是各种曲线的集合。造区处理是指计算由这些曲线相互分割围成的多边形区域^[4]的过程。

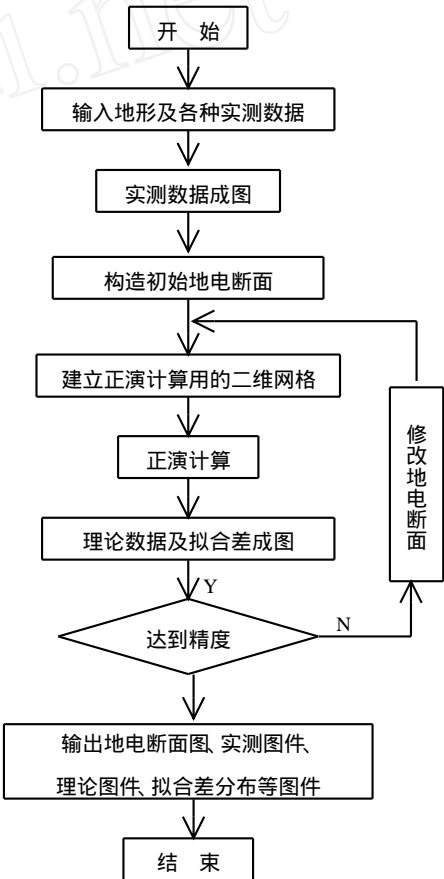


图1 二维人机联作反演程序流程图

Fig 1 Flow diagram for 2D-man-machine interactive inversion program

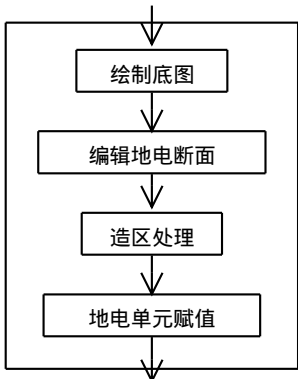


图2 地电断面图构组程序流程

Fig 2 Flow process diagram for building earth electric cross-section program

1.1.4 地电单元赋值

对这些多边形区域赋与特定地球物理含义的过程。之后, 称具有特定地球物理含义多边形区域为地电单元。

通常初始断面不可能很好地拟合实际断面, 需根据实测与理论计算结果的拟合情况对其进行修改。这要求在现有地电单元的信息基本保证不变的情况下, 能对其中的某一部分作局部的改变, 以便更好地拟合地电断面。这些改变包括某些地电单元中电性参数数值上的改变、地电单元的边界大小的改变或增加新的地电单元(通过将一个已知的地电单元分裂为两个新的地电单元来实现)。

1.2 二维有限单元法网格的建立和修改

本软件系统所涉及的正演程序采用 2.5 维点源场的有限单元法, 均采用 R i p 矩形网格的三角形单元剖分^[2](见图 3)。网格的创建是通过对话框输入控制参数进行的。通常创建的初始网格大都不满足网格剖分的要求, 此时可通过对话框再次输入这些参数(重新设置网格参数)或直接用鼠标拖动网格的控制点来调整各网格单元大小(调整网格大小), 以使网格更好地拟合地电断面。而后将地电断面图中各地电单元的电性参数逐一传递到与之重叠的三角形单元中, 完成网格单元赋值。接下来就可进行正演计算。

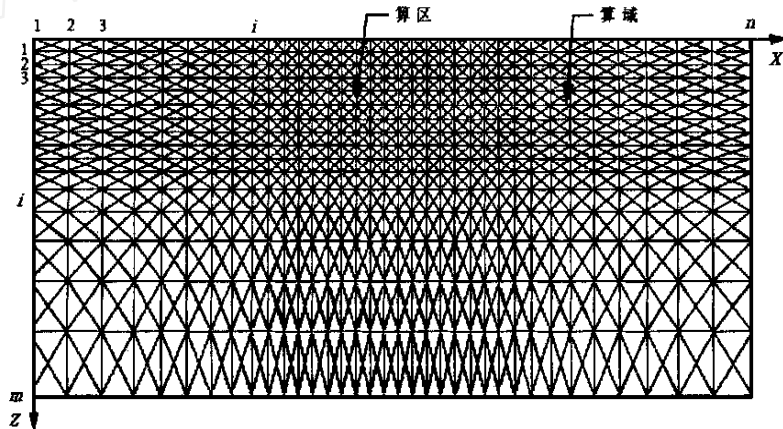


图 3 二维有限单元法网格剖分示意图

Fig 3 2D FEM Grid subdivision abridged general view

1.3 实测参数、正演计算结果及其拟合情况的图示

注意到实测参数和正演计算结果的数据格式在形式上是完全相同的, 只是数据的来源不一样, 前者来自野外观测, 而后者由正演程序计算得出。对于两者的拟合情况, 有两种办法显示, 一是同时将实测参数与正演计算结果在同一坐标下绘制出来; 另一是将两者的差值用图形来表示。可见, 在图形绘制方面, 这三者都是相同的, 可将其放在一起讨论。

图形设计所要求达到的目标有二: 一是能方便地在屏幕上对图形进行编辑、修改、缩小、放大等一系列操作; 二是能按给定的比例尺做到有高质量的图件输出。图形功能模块的主要构成由图形对象类及其派生类(见图 4)组成。图形类不仅完成图形的存贮、显示、打印及其相关的图形数据处理功能, 还定义一些可执行的操作, 如创建、复制、删除、移动、更改属性等。将各种方法中所遇到的图件(剖面图、平面剖面图、等值线图)统称为实用图件。一个实用图件可视为在一个坐标系下的若干简单图元的集合, 反过来, 任何一个实用图件也只有在定义了坐标系后才有实际意义。可见坐标系可作为一个公共模块。我们专门设计的坐标系, 定义了坐标轴的绘制和从实际数据点到图上的逻辑点之间的映射关系。它功能强大, 灵活多变, X 轴与 Y 轴的方向及采用算术坐标还是对数坐标, 均可以由用户通过坐标系属性对话框来控制, 以适用于各种图件。

实用图件中, 剖面图和平面剖面图的绘制在坐标映射(见表 1)确定后较容易实现。微机上等值线图的绘制一般有矩形法和三角网法^[1]。作者在本软件中采用三角网法, 并对传统的三角网自动连接算法进行了改进, 使其计算速度更快, 效果较好。

2 系统安装与使用

安装前, 计算机上需安装好 Windows 95 或更高版本。安装时, 启动# 1 安装盘(共两张)中的 Setup. exe 程序即可依提示完成安装。

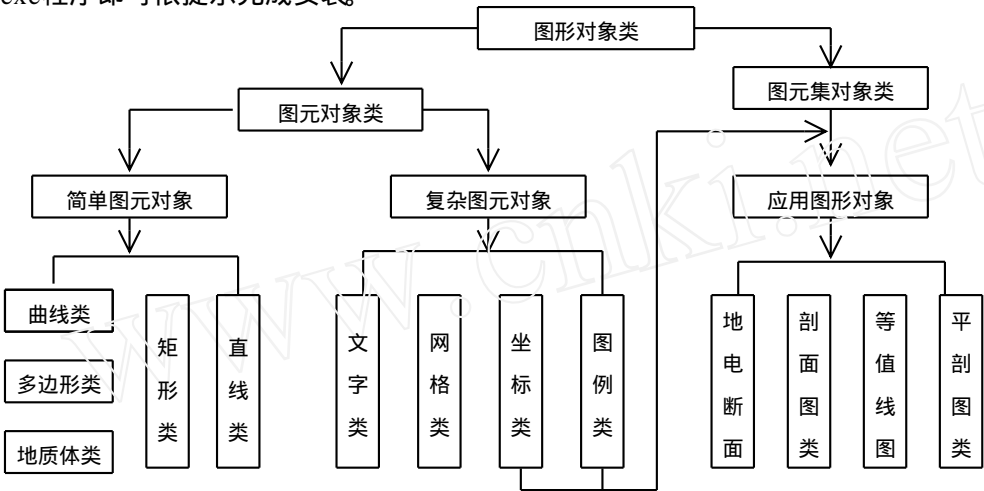


图4 图形绘制功能模块内部组织结构图

“—”表示派生关系

Fig 4 Inner structure for functional modular of drawing graph, “—” shows deriving relation

系统安装后, 会自动在程序菜单中建立一个“二维人机联作反演”菜单项, 用鼠标单击即可启动。此时, 用户可见到系统封面, 接下来会弹出一个新建对话框, 它提示用户选择他所需的工作方法。若用户任选其中一种方法, 则可直接进入该方法的集成环境, 随之可进行野外数据录入、人机联作反演和绘制各种成果图件。否则可进入系统主界面。

表 1 实用图件绘制参数表
Tab 1 Parameters of utility graph drawing

实用图件	工作方法	图 名	绘 图 参 数						备 注	
			X 轴		Y 轴		Z 轴			
			参 数	性 质	参 数	性 质	参 数	性 质		
剖 面 图	中 间	ρ_s 剖面图	测 点	算 术	视电阻率 ρ_s	对数	—	—	曲线类型图中, 有两种坐标系。分别为主坐标系和次坐标系。	
	梯度法	η 剖面图			视极化率 η	算 术				
	充 电 法	电位曲线图			电位 U					术
		电位梯度曲线图			电位梯度 U					
平面剖面图	直 流 电测深	ρ_s 曲线类型图	X 坐 标	术	极 距 $AB/2$	对 数	视电阻率 ρ_s	对数	表中平面剖面图所对应的 X 轴为主坐标系中的 X 轴, Y 轴和 Z 轴分别为次坐标轴。	
		η 曲线类型图			极 距 AO		视极化率 η	算术		
	单 极 梯度法	ρ_s 曲线类型图					视电阻率 ρ_s	对数		
		η 曲线类型图					视极化率 η	算术		
等值线图	直 流 电测深	ρ_s 拟断面图			极 距 $AB/2$	数	视电阻率 ρ_s	对数		
		η 拟断面图					视极化率 η	算术		
	单 极 梯度法	ρ_s 拟断面图			极 距 AO		视电阻率 ρ_s	对数		
		η 拟断面图					视极化率 η	算术		
		ρ_s 相对强度图	网格化后各网格节点上的坐标 (x, y)				ρ_s 相对强度			
		η 相对强度图					η 相对强度			

野外数据录入功能是指将实测数据按规定的数据格式输入计算机。人机联作反演功能可依次按反演流程逐步实现野外实测数据的反演,图5为系统的“反演”菜单。绘制各种成果图件的功能主要是根据需要绘出各种实用图件。



图5 二维人机联作反演中的“反演”菜单

Fig 5 Inversion menu of 2D man-machine interactive inversion program

3 结语

本系统经河北物探队试用,并对河北某地新发现的大型铅锌矿的部分野外实测资料(中间梯度法与单极梯度法)作了处理和人机联作反演,与钻孔资料进行了对比,效果较好。另外,系统还经过专家严格测试,认为已达到实用水平,值得推广使用。当然,人机联作反演要求解释者有较高的水平和较丰富的经验,方便性不及自动反演,但它可融入较多的先验信息,反演结果更接近实际情况。

参考文献:

- [1] 胡友元,黄杏元. 计算机地图制图[M]. 北京:测绘出版社,1987.
- [2] 罗延钟,张桂青. 电子计算机在电法勘探中的应用[M]. 武汉:武汉地质学院出版社,1987.
- [3] 王华军,孟永良,罗延钟. 电阻率法和激电法微机软件系统[J]. 物探化探计算技术,1997,19(3): 279.
- [4] 王华军,昌彦君,罗延钟. 自动造区的“导弹”算法[J]. 计算机工程与设计,2000,21(4): 43.
- [5] 杨进,傅良魁. 二维地电构造中点源场的迭代有限元法[J]. 物探化探计算技术,1993,15(1): 26.
- [6] 杨进,傅良魁. 点源二维地电模型反演方法的研究[J]. 物探与化探,1993,17(1): 52.

作者简介: 王华军(1972—),男,四川夹江人,1994年毕业于中国地质大学(武汉)物探系,1997年于该校获应用地球物理专业硕士学位,现为该校在读博士生,研究方向为电法勘探及计算机应用,已发表论文四篇。