

⑨ 248-51

# 开放式电阻抗 CT 的软件系统

TH 772.2

李贤良 周守昌

(重庆大学电气工程学院, 重庆, 400044; 第一作者 28 岁, 男, 博士生)

**摘要** 介绍在 Windows 环境下开发的开放式电阻抗 CT 软件系统的各个组成部分及其功能, 给出了对系统功能进行扩充的方法。

**关键词** 断层摄影术 / 电阻抗 CT; 应用软件系统 开放式  
中国图书资料分类法分类号 TH772.2

## 0 引言

电阻抗 CT (Electrical Impedance Computed Tomography) 通过测量人体表面的转移阻抗来重建人体的电阻率分布断层图, 它的众多优点引起了各国研究人员的浓厚兴趣。

电阻抗 CT 系统可分为硬件和软件两大部分。硬件的功能是在软件有关部分的控制下完成数据采集任务, 软件部分的功能包括: 1) 控制硬件、采集和存储数据; 2) 利用测得的数据进行重建计算; 3) 显示重建计算的结果, 进行图象处理, 电阻抗 CT 仍然是一项发展中的技术, 各种新方法、新思路在不断地被提出, 为了获得最大限度的灵活性起见, 软件系统应具有开放性<sup>[1]</sup>。

本文是国家自然科学基金资助项目“人体电阻抗 CT 雏形的研究”的部分成果。在本课题的前期研究工作中, 硬件系统的雏形已初步形成, 能在有关软件控制下自动完成数据采集任务<sup>[2]</sup>, 进行重建计算和图象显示的程序也分别编制完成, 已能作模拟实验和人体实验<sup>[3,4]</sup>。但这些程序都是在 DOS 操作系统下用 C 语言完成的, 在系统的开放性、使用方便性和图象显示质量上不太令人满意, 鉴于此, 本软件系统的任务是为现在和以后的研究工作提供灵活、开放和强有力的工作平台, 本软件系统的开发和使用也会给以后开发临床用软件系统打下良好的基础。开放式电阻抗 CT 软件系统的开发成功使得人体电阻抗 CT 雏形的软硬件的各个部分有机地结合起来, 一个完整的一体化的人体电阻抗 CT 雏形系统已经形成, 研究工作已初步告一段落。

## 1 系统构成及功能

本系统的开放性是由它的模块化决定的。面向对象的程序设计是通过为数据和代码建立分块的内存区域来提供对程序进行模块化的一种良好的程序设计方法, 借助于抽象、封

• 收文日期 1997-07-10

国家自然科学基金资助项目(39470218)

装、继承和多态性等概念,面向对象的程序设计使用可重用和模块化的组件来构成新的软件项目,而 C++ 是唯一被广泛使用的面向对象的语言,C++ 语言可以通过类库来进行扩展,类库是一个可以在应用中使用的相互关联的 C++ 类的集合,类是对一组性质相同的对象的程序描述,它由概括了一组对象共同性质的数据和函数组成,在程序运行时类被用作样板建立对象,应用框架则是一种定义了程序的结构类库的超集。Windows 操作环境下的 Visual C++ 应用软件开发工具提供功能强大的基本类库应用框架,其核心是以 C++ 的形式封装大部分 Windows API,并提供有效的 C++ 成员函数接口,它产生的应用软件使用标准化的结构,支持高度模块化的程序设计。本开放式电阻抗 CT 软件系统就是以此为基础开发的。

利用 Visual C++ 提供的应用框架的“文档-视”结构,本软件系统把测量所得数据和重建计算结果作为文档类的数据成员,把进行数据采集和重建计算的模块作为文档类的成员函数,把显示和图象处理模块作为视类的成员函数,主框架类和应用类则负责管理多文档接口(MDI),本软件系统的主要模块如图 1 所示。

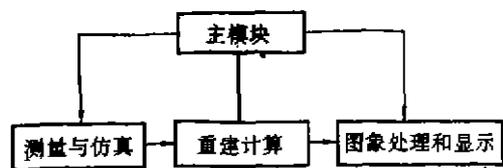


图 1 软件系统的主要模块

主模块主要负责管理测量和仿真、重建计算、图象处理和显示三个子模块。另外,主

模块还执行各种文件管理功能,完成对象的序列化工作,响应用户对系统的交互使用,用对应的消息处理函数响应各种 Windows 消息,维持整个系统的运行。

测量和仿真模块负责完成数据采集工作。由于电阻抗 CT 的研究工作还在继续,实验测量和仿真所得数据都是需要的,为此,测量和仿真模块又分为两个子模块。测量数据子模块控制电子开关,按一定的规则注入电流和测量边界电压,完成 A/D 转换并存储数据。仿真数据子模块按照与实际测量相同的规则注入电流,利用有限元法计算出边界电压并按照与实际测量相同的规则存储。如此,则数据采集工作都被封装于此模块,对外界来说,此测量和仿真模块的两个子模块具有相同的使用界面,其调用方法都是相同的。

重建计算模块负责利用测量和仿真模块采集的数据完成重建计算。在这里,分别给出了利用场域分割法和改进的迭代等位线法进行重建计算的模块,可供操作者选用。重建计算的算法是整个电阻抗 CT 技术中的难点和重点,各种算法各有优劣,新算法也在不断地被提出。由于本软件系统具有良好的可扩展性,各种算法可被编制成不同的子模块来改善重建计算的精度和速度,这些子模块作为文档类的成员函数可方便地被调用。

图象处理和显示模块负责对重建计算结果加以处理并向显示器和打印机输出图象。图象处理有平滑和增强等多种手段来改善图象质量,各种手段可被编制成视类的成员函数来对系统的功能加以扩充。由于以 Visual C++ 基本类库应用框架为基础开发,在设备环境类的支持下,同一个模块既适用于显示器又适用于打印机,可以很方便地实现所见即所得。考虑到 Windows 支持多任务,本系统对图象显示使用了与设备无关的技术。

对系统功能进行扩充的方法如下:首先,利用集成于 Visual C++ 开发平台中的工具 App Studio 对操作界面(菜单栏和工具条)进行修改,在菜单栏和工具条中增加相应于所要

扩充功能的项目,为本软件的操作使用者提供使用新功能的接口,然后,利用 Visual C++ 开发平台中的工具 Class Wizard 给出相应于这些项目的类的成员函数的函数原型、函数体和消息映射中的入口,最后,在这些成员函数中编制用于实现所要扩充的功能的代码。

由 Visual C++ 基本类库应用框架产生的应用软件有标准的使用界面,这使得使用者很容易使用。图 2 是本系统的使用界面,本系统使用的多文档接口(MDI)可以使用多个子窗口来显示重建计算过程中每一步的结果和不同图象处理手段处理后的图象,具有很好的人机交互性。

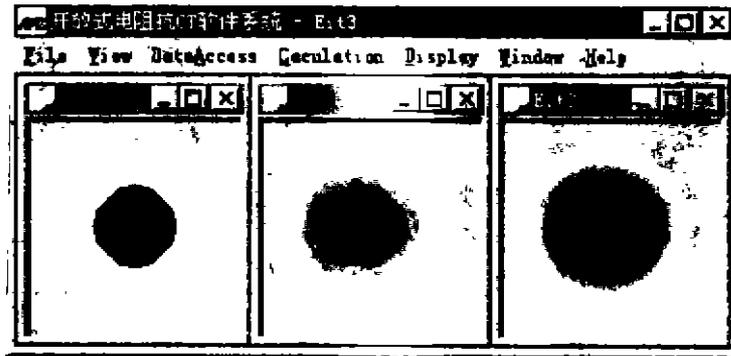


图 2 开放式电阻抗 CT 软件系统的使用界面

## 2 重建算法和图象处理

在我们所用的重建算法中,不论是场域分割法还是改进的迭代等位线法,其共同的地方都是先构造出重建矩阵,不同的地方是解此重建矩阵的方法不同<sup>[5]</sup>,场域分割法是用规划算法对此重建矩阵进行求解的,改进的迭代等位线法虽然在理论上不严格,但具有方法简便,计算速度快的优点。由于重建矩阵是一个高度稀疏和严重病态的矩阵,以上两种算法重建出的结果都不能令人满意,仍需要作出改进,比如可以采取求重建矩阵广义逆和外推插值等方法来提高重建精度,这些都依赖于将来的研究工作。

图象处理对改善图象质量有重要作用。在由以前的图象显示程序所显示的重建图象中,整个场域是由三角形象元所构成的,三角形象元不符合人的视觉习惯,“锯齿”状的边缘使得图象效果较差,本系统的图象处理模块利用图象平滑处理技术可以消除这种现象<sup>[3]</sup>,改善了视觉效果,为了说明问题,以仿真的数据进行重建计算,图 2 左边子窗口是场域设定情况,中间子窗口是未经图象处理的重建计算结果,右边子窗口是经过图象处理的结果。

图象处理的算法如下:

$$g(x, y) = \sum_{i=1}^n g_i (c_i / \sum_{i=1}^n c_i)$$

式中,  $g(x, y)$  是坐标为  $(x, y)$  的点的灰度值,  $n$  是与此点所在三角形单元有相同顶点的三角形单元的总数,  $g_i$  是与此点所在三角形单元有相同顶点的三角形单元重心处的灰度值,  $c_i$  是此点与此点所在三角形单元有相同顶点的三角形单元重心的距离的倒数。

在作完上述处理后,用邻域平均法再对图象进行处理就可得到消除了“锯齿”状边缘的图象。

### 3 总 结

开放式电阻抗CT软件系统的主要优点在于它的集成化和开放性,它把数据采集、重建计算、图象处理和显示三大模块集成于一体,既方便了使用者,又很容易通过编写不同的子模块来扩展系统的功能。它的成功开发为以后的研究工作打下了良好的基础,下一步研究工作的重点在于探索更好的重建计算方法,以期较大地改善图象质量和提高重建计算速度。

#### 参 考 文 献

- 1 Petegem W V, Geeraerts B, Dehaene W et al. An open system for E. I. T reconstruction algorithms. In: Proceedings of the 14th Annual Conference of the IEEE Society of Engineering in Medicine and Biology. Piscataway, IEEE Service Center, 1992. 1 698~1 699
- 2 甘振锦. 电阻抗CT锥形的研究:[学位论文]. 重庆:重庆大学电气工程系,1994
- 3 李贤良. 人体电阻抗CT锥形的研究:[学位论文]. 重庆:重庆大学电气工程系,1996
- 4 姚德贵. 人体电阻抗CT锥形的研究:[学位论文]. 重庆:重庆大学电气工程系,1997
- 5 贺兴柏. 电阻抗成像技术的理论研究:[学位论文]. 重庆:重庆大学电气工程系,1991

## The Open Software System for Electrical Impedance Computed Tomography

*Li Xianliang      Zhou Shouchang*

(College of Electrical Engineering, Chongqing University)

**ABSTRACT** The components of open software system for Electrical Impedance Computed Tomography and their functions under Windows environment are introduced, and the ways to extend system's functions are given.

**KEYWORDS** tomography / electrical impedance computed tomography; applied software