

# 脑电信号分析软件平台的开发<sup>1</sup>

刘彬, 徐鹏, 尧德中

电子科技大学生命科学与技术学院, 成都 610054

E-mail: [dyao@uestc.edu.cn](mailto:dyao@uestc.edu.cn)

**摘要:** 脑电 (electroencephalogram, EEG) 是在高级脑功能认知研究、临床疾病诊断中常用的一种技术。对多道脑电阵列信号的处理挖掘脑电信息, 是揭示大脑功能的关键。目前, 国际上有如: BESA、EMSE 等著名的脑电分析软件。本文主要介绍了一种本实验室自主开发的脑电分析软件。本软件除具有和其他类似软件的基本脑电处理功能外, 还结合了一部分如: 无穷远点参考技术 (REST)、点电荷 LORETA (Charge LORETA) 等本实验室的特色工作。

**关键词:** 脑电 正演 源定位 软件平台

## 1. 引言

脑电是由电极记录下来的大脑细胞群的自发性生物电活动, 是研究大脑功能重要技术之一。脑电是一种时空信号, 相应的, 对脑功能活动信息的分析技术也分为两类: 一类是根据脑电记录提供的时域信息, 对脑电演化的过程进行动力学分析; 另一类是根据脑电提供的空域信息, 进行脑电活动源的定位。在当前国际上有如: BESA、EMSE 等著名的脑电分析软件, 在国内相关的脑电处理软件还比较少, 我们在总结了近年来的脑电研究文献中提出的分析方法基础上, 结合本实验室在脑电方面的多年研究成果, 开发了一套脑电处理软件。本软件平台提供许多对脑电数据处理的方法, 主要有: 偶极子源模型<sup>[10]</sup>、点电荷源模型<sup>[1, 9]</sup>、LORETA<sup>[1, 11]</sup>、脑电的高分辨率成像<sup>[8]</sup>等技术。并能结合 fMRI 数据, 进行标准头模型或个人头模型参数分析、显示结果等。

## 2. 软件平台系统

本软件平台是以 Windows 操作系统, 在 C++ Builder 编程环境下开发的。主要由五个功能模块组成, 具体如图 1 所示。

在系统运行后, 可以输入已记录的脑电数据, 进行脑电信号的分析。也可在给定的头模型和脑电源信息条件下进行正演输出头表分布电位, 可以进行脑电的模拟仿真, 为算法的验证提供参考标准。

在输入脑电数据后, 可以根据实际需要提供多种预处理功能主要有: 坏道标识、伪迹识别、滤波、电极参考等处理。

<sup>1</sup>本课题得到国家自然科学基金 (No. 90208003) 资助

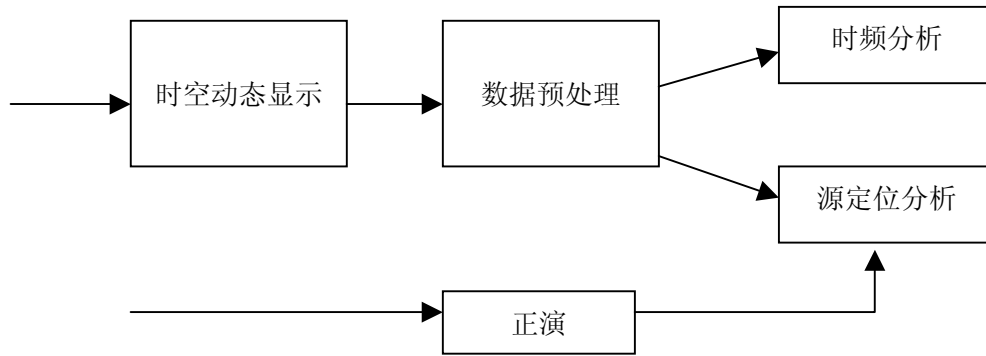


图1 系统框架

时频分析主要采用信号处理的方法,对脑电数据时频域的信息挖掘。主要有:基于FFT变换和小波变换(wavelet)等的时频分析、主成份分析(PCA)及独立成份分析(ICA)等。

脑电的正演是指在已知头模型和脑电源位置的情况下,计算出头表分布电位,通过比较正演结果和实际观测的头表电位,有助于推断实际记录脑电数据的源定位,是脑电反演的基础,并能为算法性能的分析提供参考<sup>[1]</sup>。根据头模型和脑电源的不同,本软件平台系统地完成了三层球模型和真实头模型上的正演<sup>[1, 6, 12]</sup>。球模型正演是利用球谐级数得到的是确定性的解析解,而真实头模型正演是基于边界元法(Boundary Elements Method, BEM)的数值解。对于边界元正演的头模型,可以是标准头模型,也可根据个人的MRI影像数据重建的个人真实头模型。在软件平台中,不仅包含偶极子源模型的正演,还提供了点电荷源模型的正演。

脑电的源定位分析是脑电空域分析的核心。众所周知,脑电源定位的解不是唯一的,因此在求解过程需要源的约束条件。目前所用的约束条件,主要包括神经生理学和神经解剖两个方面。在本软件中提供了两种源模型:(1)偶极子(Dipole)模型;(2)点电荷(Charge)模型。主要的源定位(成像)方法有:(1)Low Resolution Electromagnetic Brain Tomography (LORETA);(2)Focal Underdetermined System Solver (FOCUSS);(3)Equivalent Dipole Layer (EDL);(4)Equivalent Charge Layer (ECL);(5)Source Potential Mapping (SPM)等<sup>[1]</sup>。

### 3.系统中具有的一些特色功能和结果

#### 3.1 无穷远点电极参考技术(REST)<sup>[1, 6]</sup>

在脑电信号的时域分析中,参考电极是一个争论很多的历史问题。平均参考是近年来用的较多的参考。在本软件平台中,提供平均电位参考,经过这一转化后的电位优势在于,对记录中参考点的实际电位的依赖性被消除了,但是,在某一给定的电极的电位将依赖于其他所有电极的电位。如果仅研究某一时刻头表电位的分布,平均参考的作用仅仅是改变了零电位水平,但在需要考查随时间和空间变化的脑电源时,平均参考的时变缺点就体现出来。因此,软件平台还提供了一种无穷远点参考技术(REST)的软件方法,它能近似地将以头表上地平均电位参考的记录转换为以空间上的无限远点为参考电极的记录。该转换的物理依据是,转换前后的电位都是由脑内的实际神经活动源或它们的等效源所产生的,因此在转换前后的电位可以通过共同的物理源联系起来。图2给出了128道150ms的模拟数据波形。可

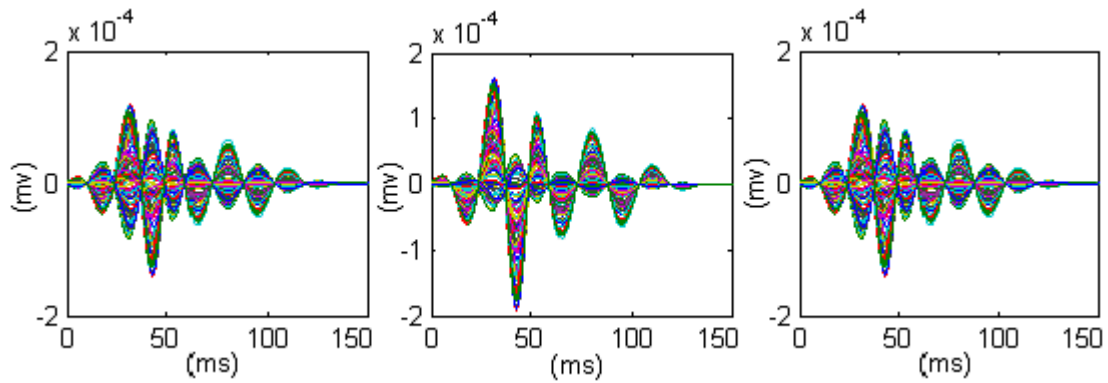


图2 左图是原始数据，中间图是 REST 处理结果，右图是平均参考处理结果  
以看出无穷远点参考的理想电位和平均参考的实际电位之间的明显差别。

### 3.2 基于点电荷源模型的LORETA<sup>[1, 4, 11]</sup>

偶极子源模型的 LORETA 是脑电源定位中的一种较广泛使用的技术。近年来，我们还提出了一种点电荷的源模型，在结合 LORETA 方法上，能得到更好的结果。我们对两种方法做了如下的仿真实验: (1) 在 (37.0, -31.0, -8.3) 位置上放置一个强度为 2.8 的点电荷，产生一头条分布电位，然后采用 Dipole LORETA 和 Charge LORETA 来进行源成像，结果显示在图 3 中。(2) 在 (-23.0, -51.0, 51.7) 位置上放置一个径向单位偶极子，产生一头条分布电位，用两种源模型的 LORETA 源成像，结果如图 4 所示。可以看出，对两种的源模型，点电荷源模型的结果比偶极子源模型的结果更加清楚，分布更加集中。此外，由于偶极子是矢量，具有三个矩阵分量，而点电荷是标量，只要一维参数，因此，通常情况下，点电荷源模型的传递矩阵维数只有偶极子源模型的 1/3，因此点电荷源模型的计算效率更高。

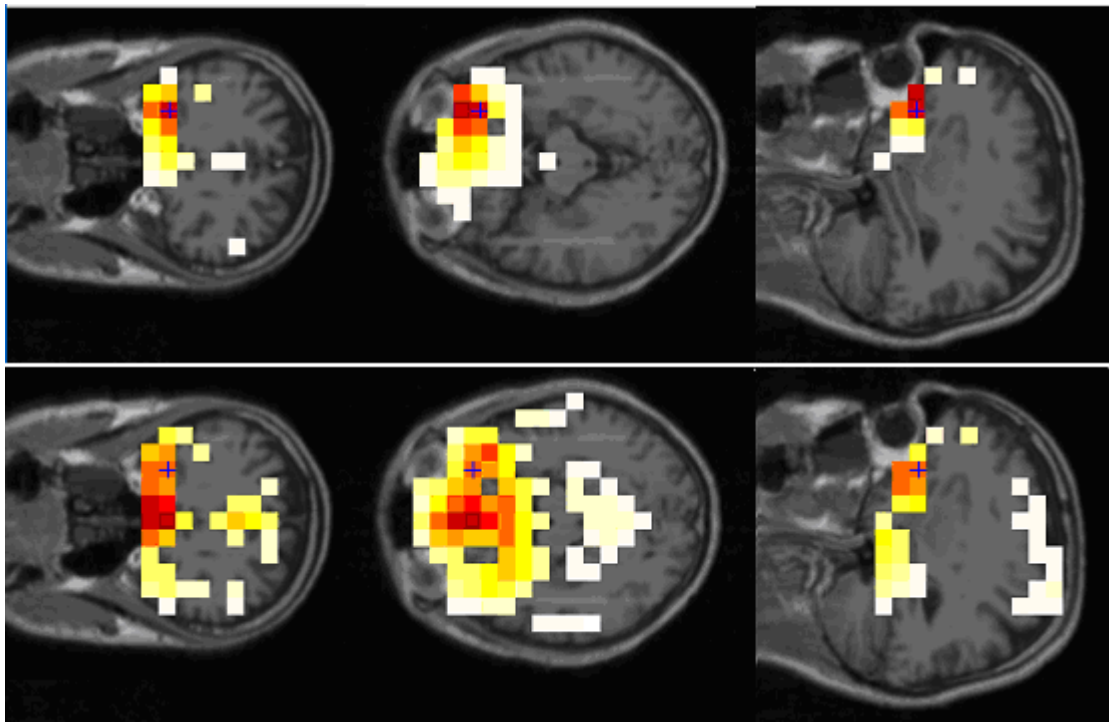


图 3 上图是 Charge LORETA 对点电荷源产生的头表电位的成像结果  
下图是 Dipole LORETA 对点电荷源产生的头表电位的成像结果

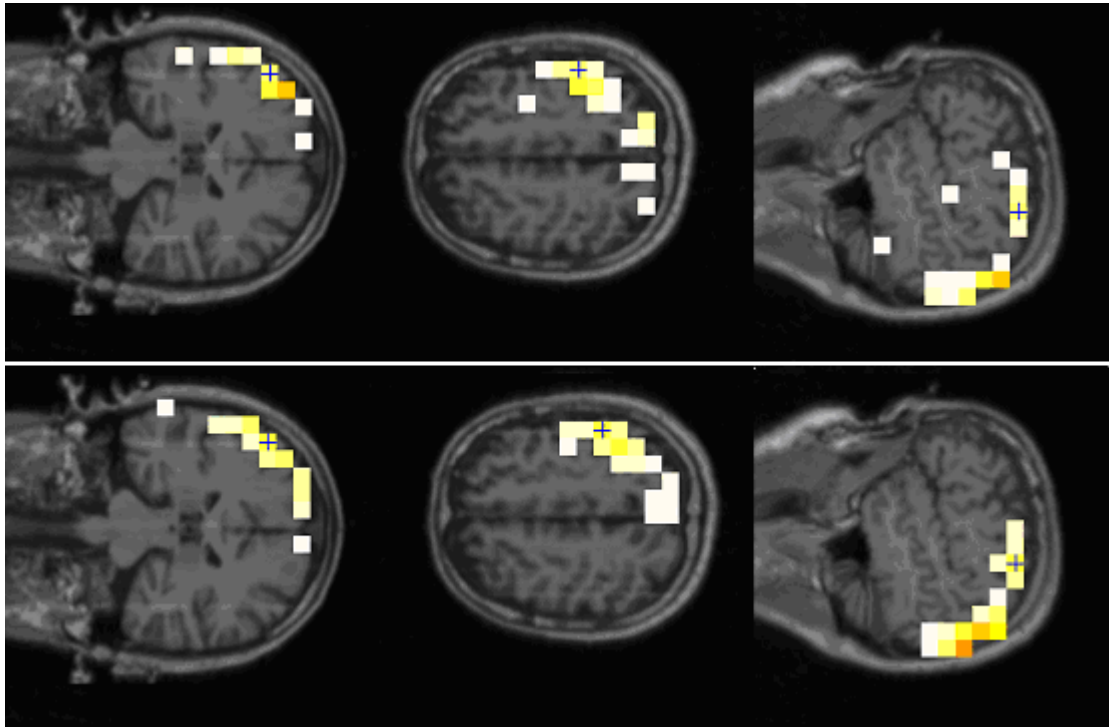


图 4 上图是 Charge LORETA 对偶极子源产生的头表电位的成像结果

下图是 Dipole LORETA 对偶极子源产生的头表电位的成像结果

## 4. 展望

脑电是对大脑信息处理过程中所发生的电生理活动的一个直观而无损的反映，包含了大量的生理与疾病信息。对生命科学，特别是对神经生理与神经心理的研究有重大意义的。脑电信号处理软件为脑电的研究提供了多种方法，方便科研工作者对脑电的研究，也有助于临床诊断。随着脑电处理方法的不断进步，脑电信号处理软件也应不断改善，融合最新的处理方法。

## 参考文献

- [1] 尧德中. 脑功能探测的电学理论与方法. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] Frank Zanow, Thomas R. Knosche. ASA-Advanced Source Analysis of Continuous and Event-Related EEG/MEG Signals. *Brain Topography*, 2004,16:287~290.
- [3] Karsten Hoehstetter, Harald Bornfleth, Dieter Weckesser, Nicol Ille, Patrick Berg, Michael Scherg. BESA Source Coherence: A New Method to Study Cortical Oscillatory Coupling. *Brain Topography*, 2004,16:233~238.
- [4] Dezhong Yao, Bin He. The Laplacian Weighted Minimum Norm Estimate of Three Dimensional Equivalent Charge Distribution in the Brain. *IEEE in Medicine and Biology Society*, 1998, 20(4):2108~2111.
- [5] Yiran Zhai, Dezhong Yao. A Radial-Basis Function Based Surface Laplacian Estimate for a Realistic Head Model. *Brain Topography*, 2004,17:55~62.
- [6] 周映春. 三层球模型正演与高分辨皮层成像技术研究. 电子科技大学硕士论文, 2000.
- [7] 尧德中. 等效源法脑电三维成像技术研究. *生物医学工程学杂志*, 1995, 12(4):332~341.
- [8] Yao D. High-resolution EEG mappings: a spherical harmonic spectra theory and simulation results. *Clinical*

Neurophysiology, 2000,111:81~92.

[9] 尧德中. 等效源法脑电三维成像技术研究. 生物医学工程杂志, 1995 12(4): 332~341

[10] Sidman R, Ford M, Ramsey G and Schlichting C. Age-related features of the resting and P300 auditory evoked responses using the dipole localization method and cortical imaging techniques. 1990, J Neuroscience Methods, 33: 23~32.

[11] Pascual-Marqui, R.D., Michel, C.M. and Lehmann, D. Low-resolution electromagnetic tomography – a new method for localizing electrical activity in the brain. International journal of Psychophysiology, 1994, 18(1): 49~65.

[12] 尧德中, 孟繁盛, 胡晓. 脑电正问题德解析法与有限体元法. 国外医学生物医学工程分册, 1997, 20(3):149~154.

## **The development of a software for EEG analysis**

Liu Bin, Xu Peng, Yao Dezhong

School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China,  
ChengDu, PRC, 610054

### **Abstract**

EEG is commonly used in the research of brain function and clinical disease diagnosis. It plays a key role in exposing brain function that processing multi-channels EEG. In present, There are many famous EEG processing softwares in international, for instance BESA, EMSE etc. In this article, we mainly present a new EEG software programmed by our lab team. It integrates some technic researched by our lab such as REST and Charge LORETA, expert basic functions with in other softwares.

**Keywords:** EEG Forward problem Source localization Software platform