心 理 学 报
第1期 ACTA PSYCHOLOGICA SINICA 1988年

生理心理研究中的脑生物电方法及其微机处理系统[1)]*

范 思 陆
中国科学院心理研究所，北京

摘 要

本文讨论了生理心理研究中脑生物电方法学上的有关问题，并在此基础上，设计编制了一个实用的脑生物电信号微机处理系统 PSBSB。它主要适用于生理心理或神经生理实验室的脑自发电位或诱发电位（尤其事件相关电位）的分析处理，也可以发展成常规的检查系统。它不仅纳入了该领域中的主要方法，而且，数据处理能力和数据吞吐能力都比较强，特别是，它在二次处理能力，功能的灵活性和可发展性，硬件的可扩充性，以及易普及性等方面，有更大的优越性，更能适应于生理心理实验研究中发展的需要。

人类和动物脑的自发和诱发电活动，包含着丰富的生理和心理信息。因此，从 Berger 1924 年第一次记录人脑电伊始，脑生物电方法就被引入了心理学领域。迄今，它仍是生理心理研究中常用的重要方法之一。刘世熠[1]曾于 1964 年从生理心理学角度对这一方法进行过总结，1977 年由 Rémond[2] 主编的《脑电信息学》一书总结了进入计算机时代以来这一领域的主要方法。而近年来，由于计算机与软件科学突飞猛进地发展，脑生物电分析在概念与方法上，又发生了许多深刻的变化，同时，与计算机处理形成了不可分割的紧密联系，并有可能面临一次新的发展时机。本文介绍作者设计编制的一个脑生物电信号微机处理系统（简称 PSBSB），同时从方法上，对该系统的设计基础，进行若干讨论。

一、方法学上的某些考虑

脑生物电的生理心理研究，已经积累了大量的资料，但科学家们对这种复杂多变生物曲线的估价，仍不尽一致。从脑生物电活动中提取信息的局限性究竟有多大？尽管从 Berger 算起，已有六十余年历史，但目前对这个问题做结论，似乎为时尚早，恐怕我们还远未到达这种局限性的边缘。至少，有两个问题是值得进一步讨论的：

1. 脑生物电信号是否可能包含特异性的心理信息？

---

1) 本文于 1987 年 5 月 9 日收到。
* 1. 本工作为国家自然科学基金（生）85—126 号课题的一部份，指导人为匡培梓。
2. 作者在软件编制过程中，得到航天医学工程研究所王宪举同志的帮助，特此志谢。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

脑生物电活动常常被看作心理过程伴生的一种非特异性的基础生理信息，而且，它在传递过程中产生了复杂的综合和严重的衰减与畸变。然而，这并非问题的全部。心理学问题属于高层次系统水平上的问题，它不可能是微观水平研究结果的简单结合，尤其对于许多瞬息变化的心理过程，其结构基础可能是不变的，而发生变化的仅是信息的传递与处理过程。正是脑生物电信号才有更大的可能性反映系统水平上的问题，并跟随瞬息变化的信息处理过程；同时，这也许是脑生物电活动复杂性的起源之一。至于电活动在传递过程中发生的综合与衰变，也会在某种程度上有规律可循。许多科学家因此受到鼓舞，而致力于从脑生物电信号推理认知活动的脑内信息加工过程的研究，甚至，早在 1979 年，York 和 Jenson[3] 就曾提取到与不同发音音节相应的特异性脑波。可见，如果从脑生物电信号中提取出某种特异性的心理信息，应不足为怪。因此，与其它同类系统不同，PSBSB 在设计上的特点是，首先考虑到这种潜在的发展需要。

2. 关于脑生物电活动的基本模型

大致可以认为，六十多年来，脑生物电分析经历了人工经验分析、模拟仪器分析和计算机分析三个阶段。计算机分析始于六十年代，而数字分析甚至可以追溯到三十年代早期，即人脑电刚发现不久之后。但不管是早期的数字分析或仪器分析，还是近代的计算机分析，在基本模型的确认上，却没有发生根本性的变化，不论自发电位或诱发电位分析，都以随机过程为其基本数学前提。过去的工作，无疑已证明，脑生物电活动确实具备某些随机过程的性质，但至今还不足以确认它的基本模型。这至少是当前方法学困难的一个重要根源。生理心理研究中脑生物电方法的进展或突破，将可能在很大程度上，依赖于更真实的脑生物电活动模型的辨识。PSBSB 对于探索和接纳可能出现的新模型，是开放的。

此外，很多脑生物电信号的处理工作，或是在公共计算中心进行，或是使用专用机。前者，不可能完全满足专门用户的需要，方法及软硬件均不易配套，往往只能进行若干单一的处理；后者，则有设备昂贵之弊，且受专用功能的限制。因此，很多方法不能被更多的实验室所充分利用和探索。某些实验室即使拥有较先进的设备，但其软件系统不易随实验要求变化而更动，往往也会束缚研究人员的手脚。对于生理心理学的实验研究，使用固定模式的处理方式，很难获得更有价值的结果。因此，发展一种易于普及，尤其易于为研究人员所灵活应用和修改探索的系统，已成为脑生物电方法发展中的迫切需求。

二、分析方法发展的某些趋势

目前，脑生物电信号分析，在时间域与频率域内，已有很多比较成熟的方法[2]。成功地应用这些方法的关键，主要在于生理心理实验设计思想的发展，以及二者的结合。

就方法本身的发展而言，大致有以下趋势：(1) 发展已成熟的方法，使其更适于应用。如 Rijchen[5] 的做法，使处理结果更适于人工判读。在这方面，还发展了多种专用计算机系统。(2) 向空间域分析发展，这是提取更多脑信息的必由之路。如颅表面场分布图 (Topography)，它包括电压、频率、潜伏期等特征量以及各种统计量的分布。此外，还有多导分析[7]、电活动深部起源分析等。(3) 二次处理或二次信息加工的重要性愈来愈突出，这是因为，人工判读或简单地统计处理，常常使一次处理所获得的信息，部分地甚

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

至大部分被丢失。(4) 发展新的理论，建立新的脑生物电活动模型。这是一个困难而吸引人的发展方向。例如，已有人尝试应用混沌 (chaos) 理论来建立这种模型。

PSBSB的设计，尽可能地考虑了上述发展趋势，并易于接纳新的方法。

三、一个可发展的实用微机处理系统

近年，随着计算机与软件科学的发展，为上述设计考虑提供了技术条件。PSBSB 以容易普及的 IBM-PC/XT 或其兼容机为主机，所需硬件均为标准选件 (图 1)，软件编制

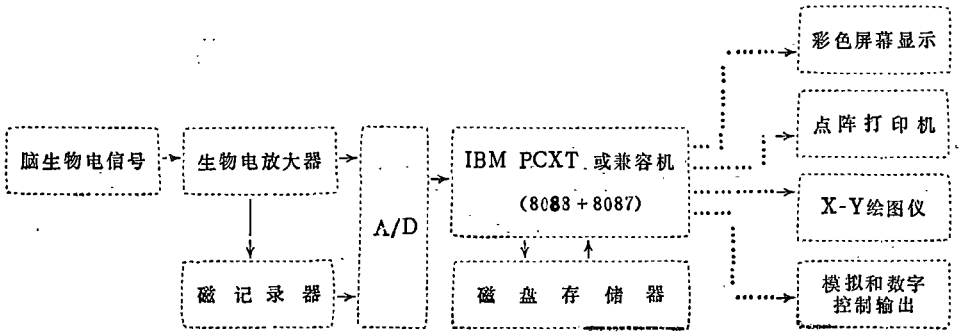

图 1 PSBSB 硬件结构框图

采用 FORTRAN 语言和编译 BASIC 语言。该系统在处理能力上，可完成脑生物电信号处理领域迄今已有的各种主要方法；在数据吞吐能力上，可充分利用全部物理内存储器；在处理速度上，也是可接受的 (表 1)。尤其是该系统还可方便地进一步扩充硬件，同时，软件扩充不受限制，调整每个软件的工作参数也非常方便灵活。

PSBSB 的现有功能包括：

1. 一次处理

表 1 几种计算机运行速度的比较

机型	CPU	语言	运行时间 (秒)		
			线性运算	非线性运算	FFT
IBM PC/XT	8088+8087	MS FORTRAN77 V3.31	9.14	50.86	2.10(3.45*)
IBM PC/AT	80286				0.52*
	80286+80287				1.75*
ALTOS 68000	M68000	FORTRAN77	21.84	283.08	
DUAL	M68000	FORTRAN77	15.00	226.00	
PDP 11/23		FORTRAN IV V2.0B	30.59	226.55	
	(FP)				3.50*
PDP 11/24	(FP)	FORTRAN77	6.48	23.00	
VAX 11/730		FORTRAN77	4.62	23.22	
VAX 11/780		FORTRAN77	1.34	4.37	0.20*
7T17s	(专用机)	SIGNAL BASIC		240.20	
PATHFINDER Ⅱ	(专用机)	FORTRAN	19.90	165.40	

注 1.线性运算：乘法和除法各 50,000 次；2.非线性运算：求正弦以及除法和加法各 50,000 次；3.FFT：512点的 FFT，有 * 者引自美国STI公司 (SIGNAL TECHNOLOGY INC.) 的测试结果；4.FP表示浮点运算器。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 相关和谱分析　能并行处理 16 导脑电信号，每导可处理 2048 个点，尤其适用于脑自发电位（EEG）的处理。可选用两种窗函数，窗长度也可任选。可得功率谱、振幅谱、对数谱、标准谱和平均谱。

(2) 参数估计　采用自回归模型。所得少量系数实际是信息高度压缩后的数字特征信息，非常适于二次处理，同时，也可进行谱估计。

(3) 信号迭加平均　用于诱发电位（EPs），特别是各种事件相关电位（ERPS）的分析处理（图 2）。迭加次数不受限制，如刺激间隔不是很短，刺激种类和导联数也不受限制。能以多种方式（包括自动方式）识别排除眨眼或其它伪迹。迭加处理可与实验同步进行，也可于实验后进行。此外，能接受处理从不同型号A/D 设备采集来的数据。

(4) 带通数字滤波　既可用于信号滤波分析，也用于信号的预处理。

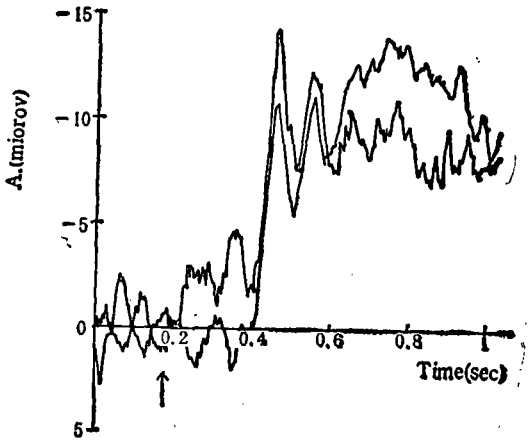

图2　当认知汉语成语语句中的正常字和畸义字时，P_z 导联的事件相关电位

2. 原始信号和谱的特征提取

用零交叉、统计矩等方法，提取信号的波形特征，并能测量频率、潜伏期、振幅、积分等数字特征，既可用于自发电位分析，也可用于诱发电位分析。

3. 二次处理

(1) 颅表面场分布图（Topography）这是一种对多导脑生物电信号提取空间分布信息的方法，并有指数插值和多项式插值两种算法供选择。分辨率为 16 个水平，可彩色显示和灰度打印图形（图 3），机内能同时存放 24 幅图，便于随意比较分析。也可输出图

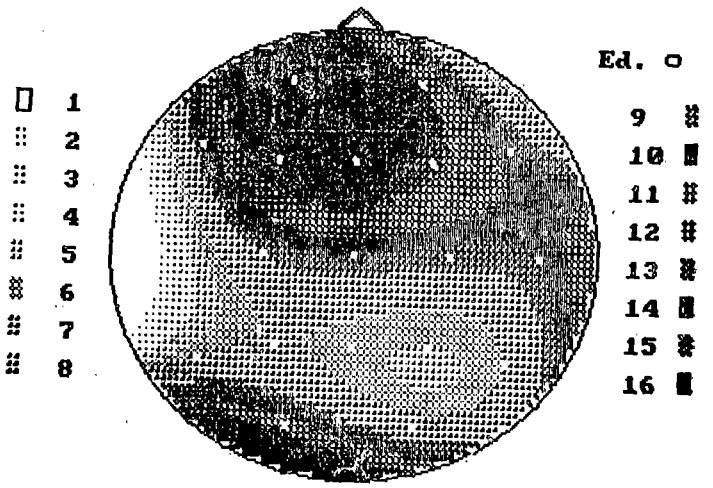

图 3　静脉注射硫喷妥钠36秒钟后，14.75—15.50 赫兹人脑电θ活动平均振幅谱值的颅表面分布图（原始数据取自 Ashida et al.[6]）

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

形特征的数字结果，可对多幅图进行迭加平均或逐点统计计算。多项式插值算法所得到的曲面系数，可用作该图形的空间参数估计，能对其进行再次处理。

(2) 谱的逐点 t 检验　这是专门为谱曲线的 t 检验设计的，也可用作一般的 t 统计检验。

(3) 主成分分析　用于数据压缩或者用于分析数字结果的物理含意。

(4) 聚类分析　既可用于样本的分类，也可用于信息的分类。

(5)逐步判别分析　该软件多在向应用阶段过渡时使用，用于样本的分类。同时，也能用于数据压缩或数字结果物理含意的分析.

4. 输入输出功能

(1) 数据采集　本系统采用 DT2801 型 A/D 板，共 16 导，最高采样频率为 13.7 KC，可进行 D/A 和 DIO，能用于实验控制。如采用其它型号 A/D 设备，可通过下述数据文件编辑软件与本系统接口。

(2) 数据文件编辑　本系统采用二进制数据存取方式，速度快，节省磁盘空间。该软件可对数据文件进行各种修改、增补、编辑及变换，以适应处理的不同需要。该项功能还可用作与其它系统或软件包交换数据的软接口。

(3) 屏幕曲线绘图　可方便地以单色或彩色同时在屏幕上显示三条原始或结果曲线，图形可以任意地伸缩移动，并能用游标测量坐标值，且将其打印出来。

(4) 绘图仪绘制曲线　该软件适用于 NSA671-20 型数字绘图仪。可选择多种方式与颜色来绘制曲线，并可绘制阵列谱曲线（图 4）。

此外，对于一般的统计处理，选用通用统计软件包来完成。加上其它一些通用的软件，也都可纳入 PSBSB 系统，以方便应用。

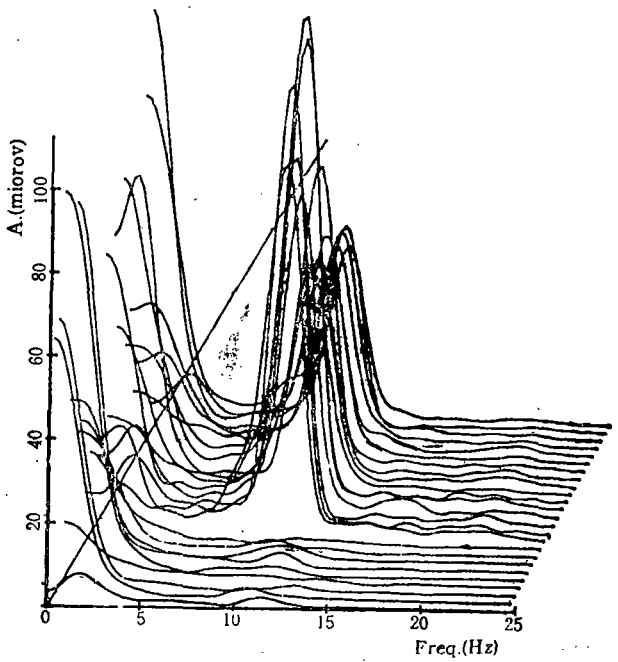

图 4 安静状态下，睁眼与闭眼时脑自发电位平均振幅谱的阵列图

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

PSBSB 尽可能充分地利用通用机性能的特长，而专用于脑自发和诱发电信号的分析处理，其特点是：

1. 通过人一机对话输入工作参数。同菜单方式相比，参数范围较宽，在处理上给予了极大的灵活性。偶有个别需要，还可方便地修改源程序起始部的少数常数，便能完全适应；

2. 人一机对话采用自然语言形式，用户不必专门理解记忆用法或特殊符号，也能灵活应用本系统；

3. 整个系统充分利用 DOS 操作系统的功能，通过批处理方式进行组织管理，用主菜单给予提示。不仅使用方便，而且容易加入新的软件，扩展新的系统功能；

4. 充分使用 IBM-PC 机的 640KB 的内存容量，驻留内存的用户数据量可多达 10 万以上；

5. 各软件均有自动重复运行的功能。对于大批量的数据处理，可使用 DOS 的重定向传输功能，令机器长时间连续自动工作，而不需人的照管；

6. 本系统主要适用于生理心理或神经生理实验室的实验研究。如果按照某种特定方式进行常规简化，并采用完全的菜单方式，也可方便地应用于心理学或医学的常规检查。

四、小　结

本文介绍了作者设计编制的实用脑生物电信号微机处理系统 PSBSB 及其在方法学上的设计考虑。它适用于各种 EEG、EPs 和 ERPs 的分析处理。与同类系统比较，它不仅纳入了现有的主要方法，而且，更多地考虑了生理心理或神经生理实验中脑生物电方法学的现状与发展前景，着眼于提取更多的潜在脑电信息，力求有更强的功能和更大的灵活性。与专用计算机比较，除一次处理的功能相似，一次处理的速度不及专用机外，其数据吞吐的能力，二次处理的功能以及灵活发展的性能都优于专用机。在某些方面，其能力接近或超过某些初级小型机。特别是，PSBSB 在硬件上的可扩充性，在功能上的灵活性和可发展性，以及它的易普及性，给脑生物电工作者和生理心理工作者摆脱方法与技术条件的束缚，进行自由度更大的探索，带来了更多的机会。无疑，这对该领域中方法学的进展是有意义的。

参　考　文　献

[1] 刘世熠，心理科学通讯，2，9—18，1964.
[2] Rémond A.(Ed.), EEG Informatics, 1977.
[3] Schwaz M. D.(Ed), Using the Computer in Clinical Practice (Psychotherapy and Mental Health Application), 469—470, 1984.
[4] Jones G. et al., Psychophysiology, 18, 331—340, 1981.
[5] Rijcken W. J., J. of Medical Engineering and Technology, 5, 119—128, 1981.
[6] Ashida H. et al., Computers and Biomedical Research, 17, 267—276, 1984.
[7] Franaszczuk P. J. et al., Biological Cybernetics, 51, 239—247, 1985.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

ANALYTIC METHODS OF THE BIOELECTRICAL ACTIVITIES OF THE BRAIN AND ITS MICROCOMPUTER PROCESSING SYSTEM IN PHYSIOPSYCHOLOGICAL INVESTIGATION

Fan Si-lu
Institute of Psychology, Academia Sinica

Abstract

This paper discusses some important methodological problems in the physiopsychological investigation of the bioelectrical activities of the brain. A practical microcomputer processing system of the bioelectrical signals of the brain (PSBSB) was established and used to analyse EEG and EPs (including ERPs) in aphysiopsychological or neurophysiological laboratory. It can also be turned into a routine detecting system. It not only includes most of the current methods used in this field but also has powerful processing ability and a great capacity for handling data.Its processing speed meets all ordinary requirements. In some aspects, its functions are close to or even surpass those of some ordinary minicomputers and special purpose computers, especially in secondary processing ability, functional flexibility, expansibility of software and hardware, and popularization. it is more suitable for physiopsychological investigation.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net