

A Practical Guide to
Brain-Computer Interfacing
with BCI2000

BCI2000 与脑机接口

(美)Gerwin Schalk 著
(德)Jürgen Mellinger 译
胡三清

著
译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

BCI2000与脑机接口

A Practical Guide to Brain-Computer
Interfacing with BCI2000

(美) Gerwin Schalk

(德) Jürgen Mellinger

著

胡三清 译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

著作权合同登记 图字:军-2010-107号

图书在版编目(CIP)数据

BCI2000 与脑机接口/(美)施克,(德)梅兰著;胡三清译. —北京:国防工业出版社,2011.6

书名原文:A Practical Guide to Brain-Computer Interfacing with BCI2000

ISBN 978-7-118-07233-4

I. ①B... II. ①施... ②梅... ③胡... III. ①脑科学-人-机系统-研究 IV. ①R338.2②R318.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 046350 号

Translation from the English language edition:

“A Practical Guide to Brain-Computer Interfacing with BCI2000” by G. Schalk & J. Mellinger(edition: 1; year of publication: 2010); ISBN

978-1-84996-091-5

Copyright ©2010 Springer-Verlag London, United Kingdom

as a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

本书简体中文版由 Springer-Verlag 授权国防工业出版社出版发行。版权所有,侵权必究。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 插页 2 印张 15¼ 字数 262 千字

2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764



译者序

Foreword

脑机接口 (Brain Computer Interface, BCI) 是通过计算机或其他电子设备在人脑与外界环境之间建立一条不依赖于外周神经和肌肉组织的全新对外信息交流和控制通路, 为丧失部分或全部肌肉控制功能的病患提供与外界沟通的新途径。近年来, 全世界范围内的 BCI 研究进入了热潮, 目前正在进行这方面研究的课题组已经超过 100 个。每个研究小组的具体研究内容和方法各不相同, 从研究的脑电信号类型, 到采集方法、实验设计以及信号处理方法等各个层面上也都有各自的特点, 从而所设计的 BCI 系统也大不相同, 缺乏通用性和扩展性, 使得各个系统难以比较。

BCI2000 是专为 BCI 研究而设计和开发的一个免费通用软件平台, 在纽约州卫生署 Wadsworth 研究中心领导下从 2000 年开始正式研发。BCI2000 提供了一系列灵活的机制来支持各类 BCI 研究领域的应用, 使研究人员可以利用这个软件平台使用不同采集设备、设计算法及实验设计范式, 快速建立实时 BCI 系统, 并提供了强大的数据离线分析工具。目前, BCI2000 软件系统已经被全世界大约 500 个实验室所采用, 成为事实上的 BCI 标准软件平台。

本书是一本系统、详尽的 BCI2000 用户手册, 内容涉及 BCI 技术概述、BCI2000 软件平台详细实用指南、经典 BCI 应用实例, 还提供了供开发人员使用的详细的二次开发文档。本书作者 Gerwin Schalk 博士及

Jürgen Mellinger 博士是 BCI2000 系统的主要设计者和开发者,是无可争议的 BCI2000 权威专家。该书深入浅出、图文并茂、叙述清楚、通俗易懂,是一本难得的 BCI 研究入门书籍。

由于本书中的各种应用涉及面比较广,且限于译者的水平和不可避免的主观片面性,翻译不当或表述不清之处在所难免,恳请广大读者及专家不吝指教,提出修改意见,我们将不胜感激。

本书的翻译得到了戴国骏、张建海、孔万增、杨坤、李荀和张彦斌等 6 位博士的大力协助。研究生郭凯、赵欣欣及本科生池剑锋、郭馨薇也帮助参与了文稿的整理工作。另外,本书的翻译是在浙江省“计算机应用技术”浙江省学科建设项目经费支持下进行的。



序

Preface

什么是 BCI2000?

BCI2000 是一个通用的软件平台,应用于脑机接口(BCI)研究。它也可用于多种数据采集、刺激呈现及大脑监控应用。自 2000 年以来,在德国 Tübingen 大学医学心理学和行为神经生物学研究所的大力支持下,随着美国纽约奥尔巴尼的纽约州卫生署 Wadsworth 中心领导的一个 BCI 研发项目的实施,BCI2000 得到了发展。此外,在世界各地的许多实验室,最主要的是在乔治亚州亚特兰大市的乔治亚州立大学脑科学实验室和意大利罗马的 Santa Lucia 基金会,也在项目开发中发挥重要作用。

任务

BCI2000 项目的任务是促进基于信号实时采集、处理、生物信号反馈的所有相关应用领域的研究和开发。

期望

我们期望,BCI2000 能成为一个广泛用于不同研发领域的软件工具。

历史

在 20 世纪 90 年代后期, Wadsworth 中心的 BCI 创始人 Jonathan Wolpaw 博士认识到需要一个软件平台, 该平台可以帮助落实任何 BCI 设计。这个想法得到 Niels Birbaumer 博士的支持, 他是来自德国 Tübingen 大学的另一个 BCI 创始人。他们共同的兴趣促成了一个为期数天的会议, 该会议于 1999 年在 Tübingen 举行。来自 Wadsworth 中心的 Gerwin Schalk 和 Dennis McFarland, 以及来自 Tübingen 大学的 Thilo Hinterberger 参加了这次会议。这次会议的结果是制定了第一套通用系统规格。这些系统规格从开始就关注于技术的灵活性和实用性, 自那以后, 它们并没有改变。

接下来的一年半, 第一代 BCI2000 系统的开发, 由 Wadsworth 中心的 Gerwin Schalk 和 Dennis McFarland 完成了, 随后, 2001 年 7 月, 基于 BCI2000 的第一次实验获得了成功。当时实验所产生的数据文件仍然可以用今天 BCI2000 提供的工具来解释。就像所有其他的 BCI2000 数据文件一样, 这些早期的数据集包含实验参数的完整记录及重要事件的时序, 如刺激呈现的时间定位。因此, 可以完整地再现多年前实验的所有重要细节。

在 2002 年间, Jürgen Mellinger 在 Tübingen 大学参加了 BCI2000 的项目, 并立刻着手改进初始系统的实现。这个项目在纽约 Rensselaerville 举行的第二届国际 BCI 会议上首次得以展开, 这次展示导致了 BCI2000 系统的扩展, 以支持基于文献 [7] 中方法 P300 的拼写模型, 并且 BCI2000 系统首次被其他研究组织 (如南佛罗里达大学的 Emanuel Donchin 博士, 位于 LaJolla 的 Swartz 计算神经科学中心的 Scott Makeig 博士, 乔治亚州大脑实验室 (BrainLab) 的 Melody Moore - Jackson 博士) 采纳。2004 年, 当时是威斯康星大学麦迪逊分校的一个研究生, 随后作为博士后在 Wadsworth 中心工作的 Adan Wilson, 开始使用 BCI2000 并参与了该项目的开发。

从一开始, BCI2000 平台的设计和开发受制于两种截然不同的需求, 需要加以适当的协调。一方面希望建立一个鲁棒通用的 BCI 系统 (长期的目标); 另一方面有必要支持在奥尔巴尼和 Tübingen 所做的不同 BCI 实验 (短期的目标)。在 2005 年, 不断改进的 BCI2000 平台及在系统发布的初步成功, 取得美国国立卫生研究院 (NIH) 资助, 为获得进一步发展和维持奠定了基础 (BCI2000 开发获得了 NIH 生物

工程研究合作伙伴(BRP)的赞助,拨款给了 Jonathan Wolpaw 博士)。2006 年,NIH 的国家生物医学影像和生物工程研究所(NIBIB)设立专项用于最初 4 年的系统开发。这项资助使得项目团队专注于整个 BCI 研究团体的需求,而不是个别研究项目的需求。其成果凝聚在 2008 年初发行的 BCI2000 V2.0 中。该版本为项目成立以来的最新版本。在 V2.0 中,我们巩固并拓展了现有的 BCI2000 平台、联合开发及维护过程,并建立了一套稳定高质量的核心组件,供用户和软件工程师使用的全面更新的文档,以及测试和发行管理程序。自从发行 2.0 版本以来,BCI2000 平台的采用进一步加快。甚至许多科学家和工程师们现在利用 BCI2000 来实现其他目的,而不是研究 BCI。

当我们在写这本书时,BCI2000 的 V3.0 版本也即将发行。除了 Borland/Code-Gear 的编译器,该系统还增加了对 VisualStudio 和 MinGW 的系统支持(尤其是在多核处理器的机子上),并进一步对 BCI2000 组件做模块化处理。

目前影响

BCI2000 已经对 BCI 及相关研究产生了重大影响。到 2009 年 12 月,BCI2000 已被世界上近 500 个实验室采用。最初描述 BCI2000 系统的文章^[19]已经被引用 200 多次,并且最近被 IEEE Transactions on Biomedical Engineering 评为 2004 最佳论文。此外,通过对文献的搜集整理,发现利用 BCI2000 所做的研究成果已在超过 120 个同行评审的出版物中发表。这些成果包括了一些迄今最令人印象深刻的 BCI 示范和应用,如第一个使用脑磁图(MEG)信号^[15]或脑电图(ECoG)信号^[8,11,12,23]的在线脑机接口;第一个使用 ECoG 信号^[22]的多维 BCI;BCI 技术首次应用于慢性中风^[3,24]病人的功能康复;利用 BCI 技术的控制辅助技术^[6];第一个使用高分辨率 EEG 技术^[5]的实时 BCI;在有^[14]或没有^[25,26]选择能力的情况下,展示了可支持多维光标的移动的非侵入式的 BCI 系统;利用非侵入性的 BCI^[2]来控制人形机器人;第一次展示患肌萎缩侧索硬化症(ALS)的人员可操作一个能感觉运动节律的 BCI 系统^[10]。BCI2000 还支持现有严重伤残人士唯一长期在家使用的 BCI 技术。在 Wadsworth 中心,Jonathan Wolpaw 和 Theresa Vaughan 的这些研究案例,放置在了严重伤残人士的家中。在过去的几年,这些人已经使用 BCI 来进行文字处理、电子邮件、环境控制及与亲朋好友的日常交流。

很多研究已经将 BCI2000 用于 BCI 相关的研究领域中,包括第一次基于 ECoG

信号的大范围运动皮层功能定位研究^[13,17];使用 ECoG 的脑皮层功能实时定位^[16,21];BCI 信号处理方法的优化^[4,18,27];以 BCI 为目的对稳态视觉诱发电位(SS-VEP)的评价^[1];演示了用 ECoG 信号分析二维手部和手指的运动。BCI2000 为数据和实验示例的简单交换提供了方便,一些研究可以在广泛分布于各地的实验室中合作展开。据我们所知,还没有大规模的 BCI 合作研究不采用 BCI2000。

此外,BCI2000 还曾经在包括 NBC、CBS 和 CNN 国家电视台上展示过,并在期刊文章、媒体报告和个人博客中被引用数百次;还被数十名硕士或博士在学位论文中引用或使用,并在简历上作为重要资历列出;甚至在招聘信息上当作一项有价值的经验。BCI2000 平台的广泛和不断成功是其实用性的有力证据。

总之,BCI2000 正在促进和推动 BCI 研究和开发,从孤立的实验室到临床有关的 BCI 系统,及帮助严重残疾人员的各种应用。BCI2000 正在迅速成为,或者已经成为 BCI 研究的标准软件平台。

发布

BCI2000 软件可免费用于教育或研究,可以在 <http://www.bci2000.org> 网站下载。这个网站包含详细的项目相关信息,包括一个 wiki 和公告板链接,其上的其他文件。此外,BCI2000 项目已组织了若干关于平台理论和应用的讲习班:纽约 Albany,2005 年 6 月;中国北京,2007 年 7 月;意大利罗马,2007 年 12 月;荷兰 Utrecht,2008 年 7 月;纽约 Bolton Landing,2009 年 10 月;中国北京,2009 年 12 月。

BCI2000 优势

集数据采集、信号处理和反馈于一体的实时软件的实现是非常复杂和困难的。BCI2000 作为一个应用平台,其中主要技术上的困难已经得到解决。因此,它可以使一个科学家或工程师把更多的时间花在研究上,而技术的验证和故障排除方面尽量少花时间。此外,BCI2000 还提供了其他一些重要优势:

- 一个完善的解决方案,BCI2000 被证明可以支持不同的数据采集硬件、信号处理程序和实验范式。
- 方便研究项目的开展,虽然有很多诸如 Matlab 或 LabView 的软件平台,可用于原型实验范式,但这些原型没有共同的数据格式、软件接口及文档的协议,而

这些对于大型研究计划的开展至关重要。与此相反,BCI2000 从设计一开始经过多年发展,一直支持包含许多不同研究项目的大型研究计划。

- 方便于促进多站点的部署,BCI2000 平台不依赖于任何的第三方软件组件。因此,BCI2000 的部署对多个站点、多台计算机是非常经济的。

- 跨平台/编译器兼容性,BCI2000 目前需在微软 Windows 系统上运行,并且需要由 Borland 公司的 C + + Builder 进行编译。BCI2000 V3.0 支持 VisualStudio 和 MinGW。

- 开放式许可,BCI2000 可免费用于学术和研究,没有任何限制。



感谢

Acknowledgments

核心小组

项目负责人

Gerwin Schalk 博士

首席软件工程师

Jürgen Mellinger 硕士

质量控制与测试

Adam Wilson 博士

其他贡献者和鸣谢

感谢 Dennis McFarland 博士在初始系统的规范设计和开发中所起的关键作用, Wolpaw 和 Birbaumer 博士在项目早期所提供的支持和重要建议, Theresa Vaughan 和 Jonathan Wolpaw 博士对整个项目的持续支持;感谢卫生研究所和 Wadsworth 中心同事的支持和建议,尤其是 Bob Gallo 和 Erin Davis、Melody Moore – Jackson 博士在指导参与 BCI2000 开发的学生方面的帮助;Wilson 博士在编辑上的出色表现,使本书质量得到了显著改善。我们也同样非常感谢 Peter Brunner 在 BCI2000 有关方面持续出色的技术支持。最后,我们要感谢 Brendan Allison、Febo Cincotti 和 Jeremy Hill 博士所作的不懈努力,它促进了该软件的传播。此外,还有一些人以不同的方式对项目做出了重要贡献。按字母顺序依次为:

Erik Aarnoutse、Brendan Allison、Maria Laura Blefari、Sam Briskin、Simona Bualari、Bob Cardillo、Nathaniel Elkins、Joshua Fialkoff、Emanuele Fiorilla、Dario Gaetano、Christoph Guger of g. tec、Sebastian Halder、Jeremy Hill、Thilo Hinterberger、Jenny Hiver、Sam Inverso、Vaishali Kamat、Dean Krusienski、Marco Mattiocco、Griffin “The Geek” Milsap、Yvan Pearson – Lecours、Robert Oostenveld、Cristhian Potes、Christian Puzicha、Thomas Schreiner、Chintan Shah、Mark Span、Chris Veigl、Janki Vora、Richard Wang、Shi Dong Zheng。

赞助商

BCI2000 目前得到由 NIH(NIBIB) 拨给 Gerwin Schalk R01 的款项支持。以前是由 NIH(NIBIB/NINDS) 拨给 Jonathan Wolpaw 生物工程研究合作(BRP) 基金的支持。

美国纽约 Albany
德国 Tübingen

Gerwin Schalk
Jürgen Mellinger

参考文献

- [1] Allison B Z, McFarland D J, Schalk G, et al. Towards an independent brain – computer interface using steady state visual evoked potentials. Clin. Neurophysiol, 2008, 119(2): 399 – 408.
- [2] Bell C J, Shenoy P, Chalodhorn R, et al. Control of a humanoid robot by a noninvasive brain – computer interface in humans. J. Neural Eng. ,2008, 5(2): 214 – 220.
- [3] Buch E, Weber C, Cohen L G, et al. Think to move: a neuromagnetic brain – computer interface (BCI) system for chronic stroke. Stroke, 2008, 39(3): 910 – 917.
- [4] Cabrera A F, Dremstrup K. Auditory and spatial navigation imagery in brain – computer interface using optimized wavelets. J. Neurosci. Methods, 2008, 174(1): 135 – 146.
- [5] Cincotti F, Mattia D, Aloise F, et al. High – resolution EEG techniques for brain – computer interface applications. J. Neurosci. Methods, 2008, 167(1): 31 – 42.
- [6] Cincotti F, Mattia D, Aloise F, et al. Non – invasive brain – computer interface system: towards its application as assistive technology. Brain Res. Bull. ,2008, 75(6): 796 – 803.
- [7] Farwell L A, Donchin E. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event – related brain potentials. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. ,1988, 70(6): 510 – 523.
- [8] Felton E A, Wilson J A, Williams J C, et al. Electro corticographically controlled brain – computer interfaces

- using motor and sensory imagery in patients with temporary subdural electrode implants. Report of four cases. *J. Neurosurg*, 2007, 106(3): 495 – 500.
- [9] Kubánek J, Miller K J, Ojemann J G, et al. Decoding flexion of individual fingers using electrocorticographic signals in humans. *J. Neural Eng.*, 2009, 6(6): 66,001.
 - [10] Kübler A, Nijboer F, Mellinger J, et al. Patients with ALS can use sensorimotor rhythms to operate a brain – computer interface. *Neurol.*, 2005, 64(10): 1775 – 1777.
 - [11] Leuthardt E, Schalk G, JR J W, et al. A brain – computer interface using electrocorticographic signals in humans. *J. Neural Eng.*, 2004, 1(2): 63 – 71.
 - [12] Leuthardt E, Miller K, Schalk G, et al. Electrocorticography – based brain computer interface – the Seattle experience. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 2006, 14: 194 – 198.
 - [13] Leuthardt E, Miller K, Anderson N, et al. Electrocorticographic frequency alteration mapping: a clinical technique for mapping the motor cortex. *Neurosurg*, 2007, 60: 260 – 270, discussion 270 – 271.
 - [14] McFarland D J, Krusienski D J, Sarnacki W A, et al. Emulation of computer mouse control with a noninvasive brain – computer interface. *J. Neural Eng.*, 2008, 5(2): 101 – 110.
 - [15] Mellinger J, Schalk G, Braun C, et al. An MEG – based brain – computer interface (BCI). *NeuroImage*, 2007, 36(3): 581 – 593.
 - [16] Miller K J, Dennijs M, Shenoy P, et al. Real – time functional brain mapping using electrocorticography. *NeuroImage*, 2007, 37(2): 504 – 507.
 - [17] Miller K, Leuthardt E, Schalk G, et al. Spectral changes in cortical surface potentials during motor movement. *J. Neurosci.*, 2007, 27: 2424 – 2432.
 - [18] Royer A S, He B. Goal selection versus process control in a brain – computer interface based on sensorimotor rhythms. *J. Neural Eng.*, 2009, 6(1): 16005.
 - [19] Schalk G, McFarland D, Hinterberger T, et al. BCI2000: a general – purpose brain – computer interface (BCI) system. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 2004, 51: 1034 – 1043.
 - [20] Schalk G, Kubánek J, Miller K J, et al. Decoding two – dimensional movement trajectories using electrocorticographic signals in humans. *J. Neural Eng.*, 2007, 4(3): 264 – 275.
 - [21] Schalk G, Leuthardt E C, Brunner P, et al. Real – time detection of event – related brain activity. *NeuroImage*, 2008, 43(2): 245 – 249.
 - [22] Schalk G, Miller K J, Anderson N R, et al. Two – dimensional movement control using electrocorticographic signals in humans. *J. Neural Eng.*, 2008, 5(1): 75 – 84.
 - [23] Wilson J, Felton E, Garell P, et al. ECoG factors underlying multimodal control of a brain – computer interface. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 2006, 14: 246 – 250.
 - [24] Wisneski K J, Anderson N, Schalk G, et al. Unique cortical physiology associated with ipsilateral hand movements and neuroprosthetic implications. *Stroke*, 2008, 39(12): 3351 – 3359.
 - [25] Wolpaw J R, McFarland D J. Multichannel EEG – based brain – computer communication. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*, 1994, 90(6): 444 – 449.
 - [26] Wolpaw J R, McFarland D J. Control of a two – dimensional movement signal by a noninvasive brain – computer interface in humans. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2004, 101(51): 17849 – 17854.
 - [27] Yamawaki N, Wilke C, Liu Z, et al. An enhanced time – frequency – spatial approach for motor imagery classification. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 2006, 14(2): 250 – 254.



缩略词

Acronyms

ALS	肌萎缩侧索硬化症	fMRI	功能磁共振成像
AR	自回归的	fNIR	功能近红外线
BCI	脑机接口	ICA	独立成分分析
CAR	常见平均参考	IIR	无限冲击响应
CSP	共同空间模型	LDA	线性判别分析
CPU	中央处理器	MEG	脑磁图
ECoG	皮层脑电图	MEM	最大熵方法
EEG	脑电图	PET	正电子发射计算机断层显像
EMG	肌动电流图	SCP	皮层慢电位
EOG	眼电图	SSVEP	稳态视觉诱发电位
ERP	诱发反应	SWLDA	逐步线性判别分析
FES	功能性刺激	SVM	支持向量机
FFT	快速傅里叶变换	TMS	磁刺激



目录

Foreword

第 1 章 脑机接口	1
1.1 简介	1
1.2 脑机接口 (BCIS)	2
1.3 概述	3
参考文献	3
第 2 章 脑传感器和信号	7
2.1 相关传感器	7
2.2 大脑信号与特征	8
2.2.1 用大脑信号交流	8
2.2.2 Mu/Beta 振荡 和 Gamma 活动	9
2.2.3 P300 诱发电位	11
2.3 脑电图记录 (EEG)	12
2.3.1 介绍	12
2.3.2 电极的命名和定位	13
2.3.3 BCI 重要的大脑区域和界线	14
2.3.4 使用电极帽	15
2.3.5 去除伪迹和噪声源	15
2.4 BCI 信号处理	18

2.4.1	介绍	18
2.4.2	空间滤波	19
2.4.3	特征提取:感觉运动节律	23
2.4.4	转化算法	24
	参考文献	25
第 3 章	BCI2000 介绍	32
3.1	目的意义	32
3.2	BCI2000 平台设计	33
3.2.1	一个公共模式	33
3.2.2	源模块与文件格式	35
3.2.3	信号处理模块	35
3.2.4	用户应用模块	36
3.2.5	操作员模块	36
3.2.6	系统变量	37
3.3	BCI2000 优点	37
3.4	系统需求和实时处理	38
3.5	BCI2000 实现及其影响	38
	参考文献	40
第 4 章	BCI2000 导读	41
4.1	启动 BCI2000	41
4.1.1	批处理文件	41
4.1.2	BCI2000 Launcher	42
4.2	帮助	42
4.3	配置 BCI2000	43
4.3.1	设置模块选项	43
4.3.2	参数文件	44
4.3.3	参数帮助	44
4.4	重要参数	44
4.5	应用这些参数	45

4.6	开始一个运行	45
4.6.1	数据存储	46
4.7	离线数据获取	47
4.7.1	查看大脑信号和事件标记	47
4.7.2	使用 BCI2000FileInfo 查看参数	48
4.7.3	与外部软件交互	48
4.8	其他应用模块综述	48
4.8.1	刺激呈现	48
4.8.2	P300 拼写器(P300 Speller)	49
4.9	继续学习	50
第 5 章	使用教程	51
5.1	通用系统配置	51
5.2	基于感觉运动节律的虚拟光标移动	53
5.2.1	获得感觉运动节律参数	53
5.2.2	初始感觉运动节律实验	54
5.2.3	初始感觉运动节律实验分析	54
5.2.4	配置在线反馈	58
5.2.5	感觉运动节律反馈实验	60
5.3	P300 BCI 教程	62
5.3.1	一般系统配置	62
5.3.2	校正实验中获取 P300 参数	62
5.3.3	用“离线分析”分析校正实验	65
5.3.4	执行 P300 拼写实验	69
	参考文献	70
第 6 章	高级用法	71
6.1	Matlab MEX 界面	71
6.1.1	介绍	71
6.1.2	使用 BCI2000 MEX 文件	71
6.1.3	建立 BCI2000 MEX 文件	72