

你离绿色到底有多远?: 基于事件相关电位技术的绿色会展消费主体识别

张来凌竹

(海南热带海洋学院旅游学院, 海南 三亚 572022)

摘要: 随着全球气候变化和环境问题的日益突出,低碳绿色发展已成为全球的迫切需求。关注于绿色会展活动,以 2022 年北京冬季奥林匹克运动会作为实验背景。通过事件相关电位(ERP)技术分析 52 名参与者的脑电波数据,并结合贝叶斯学习理论,对参与者在不同信息背景下(无背景信息、观看宣传图片、观看环保视频)的决策变化进行研究,以揭示绿色行为决策的“意向-决策”不一致的绿色消费主体的神经认知机制。这一研究方法不仅有助于识别具有低碳环保意识的消费主体,同时也提供了理解普通观众在绿色会展活动中决策机制的新视角。

关键词: 绿色会展消费主体; 事件相关电位(ERP)技术; 贝叶斯学习理论

中图分类号: C939 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)19-0226-10

在全球气候变化和环境问题日益成为全球关注的焦点之时,低碳绿色发展已成为国际社会的共同目标和战略选择。中国在 2020 年宣布了具有里程碑意义的“双碳”目标,承诺在 2030 年前达到碳排放峰值,并力争在 2060 年前实现碳中和,这一承诺不仅体现了中国在全球生态文明建设中的责任感,也展示了其领导力。旅游业作为全球最大的产业之一,为社会经济贡献了显著的收益和就业机会,但同时也带来了资源消耗、污染排放和生态破坏等负面环境影响。在此背景下,会展行业的绿色转型显得尤为关键,它不仅对旅游业的可持续发展起着推动作用,也对全球绿色经济的发展具有示范效应。

会展行业包括展览、会议、奖励旅游等多种形式,是一种集合经济、文化、科技、教育等多功能于一体的综合性产业。会展行业在促进旅游业的转型升级、提升附加值、增强国际竞争力方面发挥着不可或缺的作用。然而,会展活动的绿色发展面临着资源消耗和废弃物处理的挑战,这些问题对环境的负面影响不容忽视。近年来,展览和会展行业对可持续发展的实践越来越重视,绿色活动逐渐成为学术界和业界关注的焦点^[1]。

绿色会展作为推动可持续发展的创新平台,不仅传播了环保理念,也激发了参与者对绿色决策行为的认知和行为关注。体育赛事作为会展行业的一种特殊而重要的形式,其绿色化发展对于实现行业的可持续性至关重要。体育赛事通过体育运动的竞技形式,旨在取得成绩或奖励,为举办地带来显著的社会、经济和文化效益。然而,体育赛事的绿色化转型面临着资源消耗和环境影响的挑战。尽管现有文献在绿色体育赛事的理论研究和实践应用方面取得了一定进展,但对于普通观众的认知、态度和行为的研究仍显不足,且研究方法相对传统和单一,未能充分考虑普通观众在绿色体育赛事中的重要作用^[2]。

本文以贝叶斯学习理论为基础,通过结合贝叶斯学习理论和脑电波数据分析,深入探讨绿色会展消费主体的神经认知机制。通过分析低碳型普通观众在处理绿色决策行为时的脑电波活动,揭示其在参与绿色体育赛事时的行为决策规律,为绿色会展的可持续推动提供新的认知和行为视角,从而为实现生态的可持续发展贡献力量。

1 文献综述

1.1 绿色会展消费主体

在全球资源紧张、金融波动、气候变化和环境污染等多重挑战的背景下,可持续发展战略已成为各行各业的选择。会展业作为推动经济增长的关键服务行业,其可持续性转型受到了国际学术界和实践领域的广泛关注。会展产业不仅因其对

收稿日期: 2024-04-21

作者简介: 张来凌竹(1988—),女,吉林白城人,硕士研究生,研究方向为休闲旅游、会展。

经济和社会的显著贡献而受到全球重视,而且其活动对环境的长期影响也引起了广泛关注。各国积极承办各类会展活动,使得会展产业的发展水平成为衡量城市经济进步和国际化程度的重要指标^[3]。美国环境保护署(USEPA)于1996年发布的“环境友好型会展指南”(Environmentally Aware Meetings and Events)是会展业绿色转型的早期里程碑^[4]。英国标准化协会(BSI)于2007年推出的2007可持续会展项目管理体系规范(BS8901)为会展项目的可持续性管理提供了全面的规范框架,适用于包括2012年奥运会、音乐节在内的大型活动,进一步促进了会展业的绿色发展。

学术界对绿色会展的定义普遍认为它是一种综合性的会展模式,充分考虑了社会、经济和环境3大可持续发展要素,旨在满足所有会展利益相关方的需求,通过平衡和整合各方面的需求和目标,实现会展业的可持续发展^[5]。现有文献主要集中在绿色会展的概念界定^[5]、绿色会展消费主体的理论框架构建,包括相关模型和评价体系的研究,如绿色会展评价指标体系的构建^[6]。此外,还有对绿色会展案例的分析,探讨其成功经验和存在的挑战^[3]。关于绿色会展消费主体的研究还包括相关政策和法规^[7]、“双碳”背景下绿色会展的发展趋势研究,以及数字化技术、可持续营销在会展中的应用等^[8-9]。

会展活动的主体包括会展中心、会展组织者、会展参与者、会展所在地、相关媒体等。尽管有关会展参与者的研究相对较少,但已有研究多集中于普通观众观展的满意度,如观展的期望、感知质量和感知价值,以及观众参展的动机及其影响因素。这些研究通过分析观众数据,旨在完善会展服务,提高展商满意度,增强主办方的品牌形象和影响力^[10-13]。总体而言,国际上对绿色会展的理解及其相关实践主要集中于环境视角、经济和社会效应,以及普通观众的参与度和动机等视角。然而,关于绿色会展中消费主体的识别研究相对较少。本文旨在从新的视角出发,结合新的研究方法,对绿色会展中消费主体进行深入研究,以期对绿色会展的发展贡献新的理论和实践见解。

1.2 贝叶斯学习理论

在面对不确定性信息的情境中,消费者通过贝叶斯学习不断更新其先验信念,并形成后验信念,以适应新的信息。在消费者支付意愿形成的过程中,贝叶斯学习的认知机制可分为两个关键子过

程:贝叶斯更新(Bayesian updating)和预测惊喜(predictive surprise)^[14]。Kopp等^[15]研究表明,P300波幅的变化与先验概率和似然性的认知处理有关,为理解贝叶斯学习在决策中的作用提供了新的神经科学证据。

贝叶斯更新阶段反映了在给定当前观测信息下,消费者对隐藏状态(如产品质量)的信念如何变化,并引发相应的情绪反应。这一阶段涉及从无信息状态下的先验参与意愿估计到考虑当前观测值后的后验参与意愿估计的转变。预测惊喜阶段则描述了基于当前观测信息的参与意愿估计对未来观测信息估计的调整,即先前的参与意愿估计与新观测信息(如广告信息)后的新后验参与意愿估计之间的差异。这两个阶段的认知过程均基于贝叶斯学习理论,信念分布和预测分布均依赖于此理论框架^[16]。

在理想化的假设中,人类被视为完美信息处理者,贝叶斯更新和预测惊喜被视为理性推理过程的一部分。然而,现实中人类的知识、时间和信息处理能力是有限的^[17]。绿色会展作为一种动态更新的不确定性领域,要求消费者不断利用外部信息来更新对会展活动的判断。不可预测的变化和观察之间的相互作用构成了贝叶斯学习模型中的不确定性^[18-19]。在消费市场中,消费者面对有限的产品知识,必须通过学习来降低不确定性。Erdem和Keane^[20]的研究以及其他后续研究^[21-23],通过贝叶斯框架模拟了消费者在不同市场中的学习过程,展示了消费者如何在不确定性中有效结合行动指令和感知线索,对不确定世界的属性进行连续估计。

基于上述理论,本文将绿色会展消费主体参与绿色会展活动的决策过程划分为3个阶段:初始参与意愿阶段、贝叶斯更新阶段和预测惊喜阶段。通过测量参与意愿,旨在捕捉贝叶斯学习在绿色会展消费决策中的作用,为理解消费者如何在不确定性中作出参与意愿决策提供新的见解。

1.3 事件相关电位技术

在环保决策的研究领域,传统的问卷调查方法虽然能够测量参与者的主观态度和意愿,但这些测量往往缺乏精确性,并且可能无法全面反映实际的环保行为。鉴于人们的实际环保行为可能与问卷所表达的意愿存在差异,依赖单一的问卷调查可能无法充分揭示环保决策的真实过程。因此,采用事件相关电位(event-related potentials, ERP)技术,通过分析脑电数据,旨在获取参与者在进行环保决策

时的客观神经生物学指标^[24]。

大脑作为人类神经系统的核心,负责接收和处理内外信息,控制着人体的多种功能。心灵作为人类独特的精神现象,涵盖了意识、思维、情感和记忆等心理过程。在自然状态下,大脑活动产生的脑电信号,即自发电位(electroencephalogram, EEG),为事件相关电位(ERP)的研究提供了基础。自1875年 Richard Caton 首次在动物大脑表面记录到电活动,到 Hans Berger 在20世纪初对人类 EEG 的记录,再到 EEG 在心理活动研究中的应用,ERP 技术已经发展成为认知神经科学研究的重要工具^[25-26]。

神经营销学作为一门新兴学科,结合了消费者行为和神经科学的知识,利用功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)和 EEG 等神经成像技术,直接观察消费者对广告或产品的大脑活动,提供了超越传统方法的真实和有效信息^[27]。在绿色决策领域,由于伦理动机与实际选择之间的不稳定性,传统的研究方法难以准确捕捉个体的环境认知与实际亲环境行为之间的不一致性^[28-29]。神经营销科学通过 ERP 技术记录个体在处理绿色决策时的脑电波变化,为理解这一复杂过程提供了新的视角。

ERP 技术作为一种揭示大脑信息处理细微变化的强大工具,能够反映个体在面对营销刺激时的认知过程,如判断、监控、预测和评估^[30]。ERP 成分分为内源性和外源性两种,内源性成分与认知过程紧密相关,而外源性成分则与刺激的物理属性相关^[31]。通过分析内源性 ERP 成分,如 N2 和 P3,可以深入了解参与者在接收和处理环保信息时的认知评估和记忆编码过程。外源性 ERP 成分,如 P1、N1 和 P2,帮助我们评估参与者对绿色会展视觉元素的初步感知反应。此外,特殊 ERP 成分如 MMN 揭示了消费者对绿色产品信息与预期之间的差异反应。在旅游管理研究中,ERP 技术的应用有助于识别绿色体育赛事的低碳型普通观众,深入理解观众如何处理相关信息,以及这些信息如何影响他们的行为和决策。这些研究为设计更具吸引力和有效性的绿色会展策略提供了科学依据,促进了可持续发展和环保意识的提升。

本文通过 ERP 技术,旨在探索消费者在面对绿色会展活动时,神经认知和行为表现之间的差异。通过结合 ERP 和行为数据,揭示消费者在绿色决策过程中意向与行为的不一致性,从神经科学的角度理解绿色行为决策的复杂性。

2 研究方法

2.1 被试

研究的实验参与者共 60 名,包括 32 名男性和 28 名女性大学生。参与者的年龄范围为 24~30 岁,均具备良好的身体健康状况,无心血管疾病和神经系统疾病的病史。所有参与者的视力或矫正视力均处于正常水平,且均为右利手。在实验前,所有参与者均自愿签署了知情同意书,表明他们对实验内容和程序有充分的了解并同意参与。

为确保实验数据的质量和准确性,主试对参与者提出了一系列实验前的准备要求。参与者被指导在实验前一日保证充足的休息,避免接触可能引起生理刺激的物品,如香烟和咖啡等。此外,参与者被要求在实验前洗头,避免使用护发素,以保持头皮的清洁和干燥,从而减少实验过程中的外部干扰。

在数据收集和分析阶段,对脑电数据进行了严格的质量控制。通过排除因眨眼过度、脑电仪器与头皮接触不良或参与者不专注等因素导致的无效数据,最终确认了 52 名有效参与者的脑电数据。有效样本中包括 25 名女性和 27 名男性,年龄分布在 24~30 岁。作为对参与者的感谢和补偿,每位完成实验的被试在实验结束后均获得了相应的报酬。通过这一严谨的实验设计和参与者筛选过程,确保所得数据的可靠性和实验结果的科学有效性。

2.2 实验程序

采用同步行为实验和脑电实验的方法,探究消费者在形成决策意愿过程中的认知动态。根据贝叶斯理论,决策过程可分为两个关键阶段:贝叶斯更新和预测惊喜。贝叶斯更新涉及根据新信息调整先前信念,而预测惊喜则描述了消费者在面对超出预期的信息时的认知反应。这两个阶段相互作用,共同塑造消费者的决策行为^[32]。

行为实验根据贝叶斯理论分为 3 个阶段,具体如下。

第 1 阶段:初始参与阶段。在无任何外部刺激的情况下,收集参与者的初始参与意愿。此阶段参与者在缺乏具体信息的背景下,基于个人直观感受和对冬奥会的基本了解进行初步评估。

第 2 阶段:贝叶斯更新阶段。参与者观看与绿色环保相关的宣传图片后,再次评估参与冬奥会的概率。此阶段参与者可能开始从更抽象的角度考虑问题,反映了贝叶斯更新阶段处理。宣传图片的观看可能促使参与者将绿色低碳特性与个人价值

观和态度相结合。

第3阶段:预测惊喜阶段。在新一轮信息更新后,参与者观看一段环保视频,并再次观看宣传图片。此阶段参与者在已有认知基础上,通过视频的实际情境影响最终决策。这可能导致预测惊喜阶段的处理,即更抽象和长远的考虑。视频和图片的结合可能促使参与者思考绿色行为的长期社会和环境影响。

实验的目的是获取在无广告信息影响下的基线参与意愿数值,并在后续阶段通过问卷测量参与者的参与意愿变化。所有参与者在相同实验条件下完成相同的问卷,以减少其他因素的影响。本研究采用组内设计,确保每个参与者面对相同的选项和一致的展示顺序。脑电信号在图片首次出现时和视频叠加后再次出现图片时进行记录。参与者在实验过程中回答纸质问卷,共计 3 个问题(表 1),旨在研究普通观众在接受相同宣传信息后的决策行为差异。因变量为参与意愿。参与者通过选择 A(最低参与意愿)至 D(最高参与意愿)来表达他们对参与冬奥会的意愿。通过比较不同阶段的选择,探索贝叶斯学习对决策模式的影响。

2.3 数据记录和分析

实验环节在配备先进设备的密闭实验室中进行,以确保环境控制和最小化外部干扰。参与者在实验中安坐在舒适的椅子上,面对电脑屏幕,并使用屏风以减少外部视觉干扰。为防止电磁干扰,参与者在实验期间禁止携带任何电子设备。实验材料通过专业的脑电仪软件在电脑屏幕上展示,确保了刺激呈现的精确性。参与者与屏幕保持约 50 cm 的理想距离,以保证最佳视觉体验。实验采用组间

设计,以增强数据的一致性和可比性。

在实验开始前 2 min,启动脑电数据记录,以捕捉参与者的基础脑电活动。为确保数据质量,实验结束后,对于存在显著伪迹的脑电数据进行剔除,相关参与者不再重复实验。在实验启动前,主试与参与者进行交流,以帮助他们放松并熟悉实验流程,同时指导他们在实验中减少可能影响数据质量的非目标行为,如频繁眨眼和身体移动。

脑电信号采集严格遵循国际 10-20 系统标准, 使用 19 个 EEG 通道(包括 Fp1、Fp2、F3、F4、F7、F8、C3、C4、T7、T8、P3、P4、P7、P8、O1、O2、Fz、Cz、Pz)进行信号采集(图 1)。采用 Eyeso EEGM3 头戴式无线脑电仪, 确保了信号采集的灵活性和准确性。参考电极置于左右耳垂处, 采样率设定为 256 Hz, 使用 50 Hz 的陷波滤波器以消除电源线干扰, 所有电极与头皮的接触电阻均保持在 5 k Ω 以下, 以确保信号的稳定性和准确性。

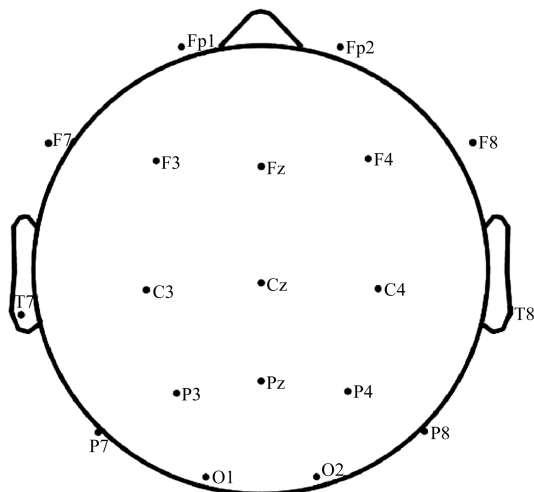


图 1 脑电极分布

表 1 问卷题项

阶段	内容	题项	说明
初始参与阶段	收集初始参与意愿数据	您是否曾经参与过类似的绿色会展活动?	了解受访者是否有过类似活动的经历
		假设冬奥会即将举办,请您根据现在掌握的信息,说出您愿意参与冬奥会的概率是多少? A. 0%~25% B. 26%~50% C. 51%~75% D. 76%~100%	评估受访者在没有额外信息下的参与意愿
贝叶斯更新阶段	被试获取先验信息	请您观看以下关于“绿色低碳”主题冬奥会的宣传图片。观看完毕后,请您再次评估您愿意参与这场冬奥会的概率是多少? A. 0%~25% B. 26%~50% C. 51%~75% D. 76%~100%	在获取了绿色低碳主题信息后,评估受访者的参与意愿变化
预测惊喜阶段	第一轮的被试进入第二轮脑电实验(信息更新)	接下来请您观看一段关于环保低碳的视频。观看完毕后,现在请您根据环保低碳的视频信息和冬奥会“绿色低碳”的宣传图片,再次评估您选择参与冬奥会的概率是多少? A. 0%~25% B. 26%~50% C. 51%~75% D. 76%~100%	在获取了视频信息后,评估受访者的最终参与意愿

在正式实验的序幕中,参与者首先被引导进入一个设定的情境,即2022年北京冬季奥运会。通过这种情境假设,模拟一个真实的决策环境,让参与者能够在一个具有现实意义的背景下进行选择。在情境设定之后,参与者将接触到详尽的实验指导语和一系列实验练习,确保他们对即将进行的实验流程有充分的理解和准备。这一预实验阶段不仅有助于提高实验的操作性,也确保了参与者能够准确地执行实验任务。

进入正式实验阶段,脑电实验与行为实验同步进行,采用组内设计,这意味着所有参与者都将经历相同的实验流程,观看相同的图片和视频(图2),回答一致的问卷。这种设计有助于控制变量,确保实验结果的可靠性和有效性。实验的背景设定为2022年北京冬奥会,这是一个具有广泛关注度和影响力的国际事件,为研究提供了一个理想的测试平台。

在没有任何背景信息的情况下,参与者首先回答问卷中的第1题,表达他们对参与北京冬奥会的初步意愿。随后,刺激软件展示一幅结合绿色环保主题的冬奥会宣传广告图片,参与者在观看图片后回答第2题,再次评估他们对冬奥会的参与意愿。这一阶段旨在探索新信息如何影响参与者的初始

决策。最后,刺激软件播放一段环保视频,紧接着再次展示之前看过的绿色环保宣传广告图片,参与者在在此基础上回答第3题,重新评估他们对北京冬奥会的参与意愿。这一阶段旨在研究额外信息和情境变化如何进一步影响参与者的决策过程。

在实验设计中(图3),为了确保参与者能够清晰地识别实验的开始并维持注意力集中,每个实验组块的起始都伴随着屏幕中央出现一个红色注视点“+”。这个视觉提示的呈现时间设定为1 000 ms,旨在为参与者提供一个稳定的视觉参照点,同时作为每一组块实验开始的信号。

实验中的图片刺激设计为一个包含50个试次的序列,每个试次中的图片呈现时间为200 ms。这样的时间安排旨在允许参与者有足够的时间处理视觉信息,同时避免过度延长单一试次的时间,这可能会导致注意力下降或其他疲劳效应。整个实验流程的设计旨在确保参与者在受控的环境中进行决策,同时通过精确的时间控制来捕捉他们对刺激的反应。

2.4 结果

2.4.1 行为数据

在收集并整理行为数据后,采用SPSS 23 软件



(a) 图片



(b) 视频

图2 实验刺激

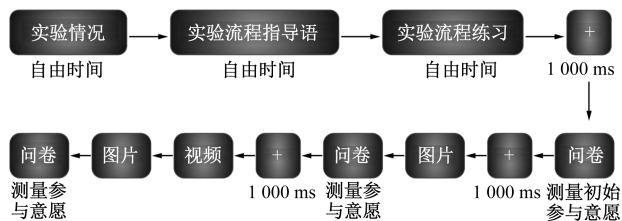


图3 实验流程

进行了一系列统计分析。共纳入 52 名有效参与者,将问卷中的 A、B、C、D 4 个选项分别赋予了 1、2、3、4 的分值。通过单因素方差分析(ANOVA),发现 3 个阶段(初始参与阶段、贝叶斯更新阶段、预测惊喜阶段)的参与度存在显著性差异, $P=0.001$ 。这一结果表明,随着实验进程的推进,参与者的参与意愿发生了显著变化。

进一步的事后多重比较分析揭示了各阶段间的具体差异:初始参与阶段与贝叶斯更新阶段($P=0.401$)、初始参与阶段与预测惊喜阶段($P=0.000$)、贝叶斯更新阶段与预测惊喜阶段($P=0.004$)之间的参与度存在显著性差异。特别是预测惊喜阶段的参与意愿显著高于其他两个阶段。基于这一发现,将选择 D 选项(即 4 分)的参与者划分为绿色组,其余参与者为非绿色组。最终,52 名参与者中有 28 人被归入绿色组,24 人归入非绿色组。

为了进一步探究两组参与者在不同决策阶段的差异性,对反应时进行了 2(绿色组/非绿色组)×3(决策阶段:初始参与阶段/贝叶斯更新阶段/预测惊喜阶段)的重复测量方差分析(ANOVA)。独立样本 t 检验结果显示,不同分组样本在所有 3 个决策阶段均表现出显著性差异($P<0.05$),表明绿色组与非绿色组在初始参与阶段、贝叶斯更新阶段、预测惊喜阶段的参与意愿存在显著性差异。

具体到每个阶段(表 2),发现在初始参与阶段,绿色组的参与意愿(平均值 3.21)显著高于非绿色组(平均值 1.92), $t=-8.403$, $P=0.000$;在贝叶斯更新阶段,绿色组的参与意愿(平均值 3.29)同样显著高于非绿色组(平均值 2.17), $t=-6.200$, $P=0.000$;在预测惊喜阶段,绿色组的参与意愿(平均值 4.00)显著高于非绿色组(平均值 2.50), $t=-11.1445$, $P=0.000$ 。这些结果表明,随着实验信息的逐步呈现,绿色组参与者的参与意愿显著提升,而非绿色组则表现出较低的参与意愿。

综上所述,行为数据分析结果揭示了参与者在面对绿色会展活动时,其参与意愿随着新信息的获

表 2 3 个阶段不同组别被试绿色奥会参与意愿差异性

阶段	平均值±标准差		t	P
	普通组($n=24$)	绿色组($n=28$)		
初始参与阶段	1.92±0.28	3.21±0.88	-8.403	0.000
贝叶斯更新阶段	2.17±0.70	3.29±0.60	-6.200	0.000
预测惊喜阶段	2.50±0.66	4.00±0.00	-11.145	0.000

取和情境的变化而发生显著变化,特别是在预测惊喜阶段,参与者的参与意愿达到最高点。这一发现为理解消费者在绿色会展决策过程中的认知和情感动态提供了新的视角。

2.4.2 脑电数据

对绿色组和非绿色组的脑电数据进行分析,以便更准确地测量和理解脑电成分。选取 FP1 与 FP2、F3 与 F4、C3 与 C4、P3 与 P4 等成对电极进行平均处理,随后利用 ERPLAB 软件绘制出波形图。波形图的分析(图 4)揭示了在 FP1 与 FP2(平均电极后命名为 Frontal1)、F3 与 F4(平均电极后命名为 Frontal)电极成对平均后,绿色组与非绿色组之间存在一定的波幅差异。

N400 成分通常在大脑的颞中区出现,尤其是在中央和后部区域,与语言处理和语义理解紧密相关。这一成分反映了大脑在处理语义不一致或预期外信息时的认知努力,通常在刺激呈现后约 400 ms 显现^[33]。P300 成分在脑电成分研究中受到学者们广泛关注。研究表明,P300 是一种在刺激呈现后 250~500 ms 出现的慢正向波幅,峰值大约在 300 ms 时出现^[34]。它的幅度通常与刺激的罕见性和显著性相关,反映了个体在检测到目标刺激时的注意力分配和信息处理。P300 幅值受到任务中注意资源的分配^[35]、个体参与程度^[36]、内心决策动机程度等因素的影响。在本文中,P300 成分的观察有助于了解普通观众对绿色会展信息的认知和注意程度。

绿色组从贝叶斯更新阶段到预测惊喜阶段,在 400 ms 左右有一个较为明显的负波,表现了更显著的 N400 成分,说明绿色组在这一时间上对环保相关宣传图片,结合环保相关视频信息后,大脑整合了新的信息,经历了更多的认知重新评估,视频中信息在语义表达上更为复杂,或者这和绿色组被试之前的预期存在较大差异,从而引发了更深层次的语义加工。

非绿色组从贝叶斯更新阶段到预测惊喜阶段,在 400 ms 左右也出现了一个较为明显的负波,表现出了 N400 成分,但是相对于绿色组,该波幅较小,表明非绿色组在处理信息的认知过程弱于绿色组。

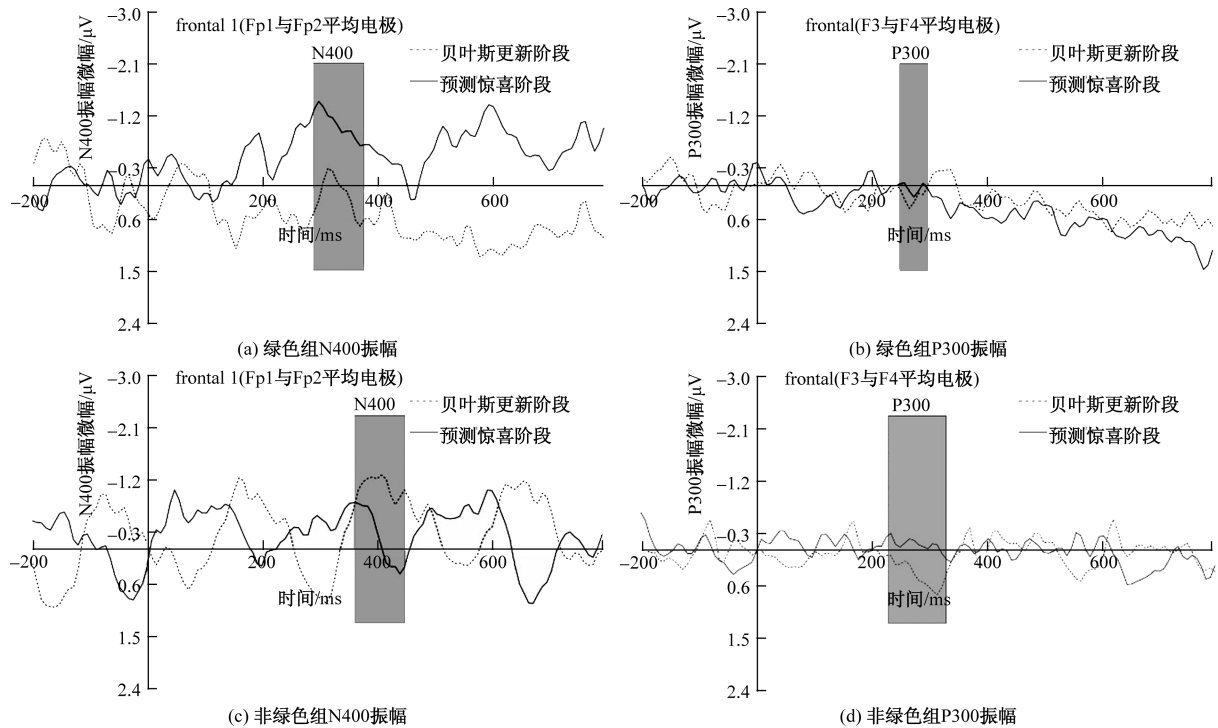


图4 绿色组和非绿色组脑电波幅

绿色组从贝叶斯更新阶段到预测惊喜阶段,在300 ms左右的时间窗上,出现了较为明显的P300成分,该成分波幅在贝叶斯更新阶段高于预测惊喜阶段,这说明绿色组被试在最初看到的宣传图片时,表现出了更强烈的注意和认知参与,这个阶段可能是绿色组被试对广告宣传图片内容的新颖性或相关性有更直接的反应。

非绿色组从贝叶斯更新阶段到预测惊喜阶段,同样在300 ms左右的时间窗上,出现了较为明显的P300成分且该成分波幅在贝叶斯更新阶段高于预测惊喜阶段,表明广告宣传图片结合环保视频后,引起了较多的注意力集中和信息的加工处理。

基于此,在最初被试接触到绿色环保相关宣传图片时(贝叶斯更新阶段),绿色组比非绿色组的认知投入更高。这表明绿色组被试更加注意和处理信息,引发了更深的语义加工。而在后续阶段结合环保相关视频再次观看环保相关宣传图片(预测惊喜阶段),被试可能由于信息的重复性或情境复杂性的增加而表现出相对较弱的P300反应,表明两组可能在第二次处理相同信息时投入程度相似的认知资源。

为了进一步揭示绿色组和非绿色组在神经活动上的差异,绘制了脑地形图(图5),结果显示两组在两种实验条件下的脑电活动存在一定的差异。实验条件包括贝叶斯更新阶段和预测惊喜阶段。

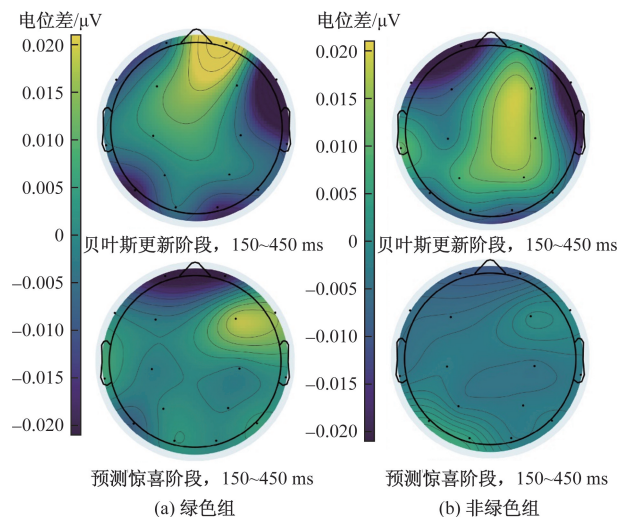


图5 绿色组和非绿色组脑地形图

在贝叶斯更新阶段,绿色组的脑地形图显示前额叶区域电极点FP2附近的亮度增加,指示该区域的脑电活动增强。前额叶与高级认知功能如注意力、决策和情绪调节等密切相关。这一活动增强可能反映了绿色组参与者在处理绿色会展信息时的高度认知投入。

进入预测惊喜阶段,绿色组的脑地形图显示活动增强区域从前额叶转移到中央脑区域电极点F4、C4附近,亮度显著增强。中央脑区的这一变化可能涉及更复杂的信息处理过程,如认知评估和记忆整

合,这可能是由于视频和图片结合所要求的更高级别的认知任务。

相比之下,非绿色组在贝叶斯更新阶段的脑地形图显示,中央脑区域电极点 F4、C4、P4 附近的亮度增强,这些区域通常与注意力调节、感知处理和记忆编码相关。这表明非绿色组的参与者在尝试理解和记忆图片内容时可能投入了较多的注意和认知资源。

在预测惊喜阶段,非绿色组的脑地形图仅在脑区域电极点 P7 附近显示出轻微的后动变化。这一轻微变化可能意味着视频刺激并未引起与图片刺激相同程度的注意力或记忆编码活动,这可能表明非绿色组的参与者对视频刺激的处理相对较少或处理方式不同。这种差异可能与视频内容的复杂性或参与者的兴趣和动机水平有关。

采用 SPSS 23 软件中的多元方差分析(MANOVA)一般线性模型,对绿色组和非绿色组在两个实验阶段(贝叶斯更新阶段和预测惊喜阶段)的脑电数据进行深入分析。比较平均电极 FP1 和 FP2、F3 和 F4 的振幅数据导出结果。分析结果显示,在贝叶斯更新阶段(首次观看绿色环保主题的冬奥会宣传广告图片),绿色组和非绿色组的 FP1 和 FP2 平均电极振幅数据进行对比, $P=0.048$ ($P<0.05$),有显著差异。绿色组和非绿色组的 F3 和 F4 平均电极振幅数据进行对比, $P=0.770$,未发现显著差异。在预测惊喜阶段(观看环保视频后再次展示相同的绿色环保主题的冬奥会宣传广告图片),绿色组和非绿色组的 Fp1 和 Fp2 平均电极振幅数据进行对比, $P=0.493$,绿色组和非绿色组的 F3 和 F4 平均电极振幅数据进行对比, $P=0.412$,未发现显著差异。

尽管行为数据表明参与者在不同阶段的参与意愿存在显著变化,尤其是在预测惊喜阶段,但在 ERP 数据的平均电极振幅数据分析中,只有在贝叶斯更新阶段观察到与行为数据相对应的显著差异,而在预测惊喜阶段并未观察到与行为数据相应的显著差异。贝叶斯更新阶段中,Fp1 和 Fp2 电极处绿色组和非绿色组的脑电振幅显示显著差异,这表明在首次接触绿色环保信息时,绿色组的前额叶区域反应更为活跃,可能与更高的注意力和环保信息的深层处理有关。然而,在预测惊喜阶段,两组之间的差异并不显著,说明反复接触相同信息时,参与者的神经反应趋于一致。这一现象可能与所谓的“道德许可”效应有关,即个体在表达了一种道德

上积极的立场后,可能会在后续行为中作出与之前态度不一致的选择,这种现象在社会心理学中已被广泛讨论^[6]。参与者在行为选择上可能受到社会期望的影响,倾向于表达出较为积极的环保态度,然而,在无意识的 ERP 测量中,这种社会期望的影响可能不如在主观报告中那么显著。

行为数据反映了参与者的自我报告和意愿,可能更多地受到内心态度和外界期望的共同作用,而 ERP 数据则揭示了更直接和原始的脑活动模式,可能展现了参与者在无意识水平上对环保刺激的真实反应。本研究强调,行为数据和 ERP 数据提供了不同层面上的洞见:行为数据可能更多地受到参与者自我感知和社会期望的影响,而 ERP 数据则可能揭示出不受意识控制的脑反应,为我们理解消费者在绿色会展决策过程中的认知和情感机制提供了宝贵的信息。

3 结论

结合行为实验和脑电实验的方法,对参与者的数据进行了细致的分析。通过实验,参与者被分为绿色组和非绿色组,在行为数据上显示出显著差异,绿色组的参与意愿在平均值上显著高于非绿色组。然而,ERP 数据的分析结果在贝叶斯更新阶段与行为数据一致,在预测惊喜阶段与行为数据不一致,揭示了参与者在绿色体育赛事参与意愿背后的复杂心理活动。绿色组在贝叶斯阶段行为数据中表现出较强的环保行为认同,ERP 数据也显示出相应的高度关注和深入处理有关。绿色组在预测惊喜阶段行为数据表现出较强的环保认同,但在 ERP 数据并未显示出相应的显著性,这可能意味着在实际行为参与中,重复接触同一信息时,参与者的脑电活动趋于一致,反映出随时间增长对环保信息的习惯性反应,也可能意味着普通观众可能受到成本、个人习惯、社会因素等多种因素的影响。有学者研究深入探讨了消费者在道德考虑下的购买决策意愿,发现消费者的行为并不总是与其对道德产品的积极态度相一致,即存在意向-行为不一致现象^[37]。Moisander^[38]的研究则揭示了绿色消费背后的动机复杂性,指出环境信息的复杂性可能导致消费者感到负担,这些因素均可能影响绿色决策。

本文以贝叶斯学习理论为理论框架,结合神经营销学,通过 ERP 技术揭示了消费者在面对环保选择时的即时神经反应。这一研究提供了一种新的视角,从神经层面理解消费者的决策过程,有助于

识别哪些环保信息能有效触发消费者的正面反应,并影响其决策。ERP技术的应用还能够捕捉到消费者在表达环保意向与实际采取环保行为之间的神经活动差异,为解释意向-行为不一致现象提供了新的线索。将脑电数据整合到消费者行为决策模型中,丰富了模型的解释力,使其不仅包含心理和社会因素,还涵盖了神经生理因素,更全面地反映了消费者决策的复杂性。研究表明,仅依赖普通观众自我报告可能无法完全捕捉其真实的环保行为倾向,而神经科学方法的整合为理解决策过程中的复杂性提供了更全面的视角,推动了消费者行为决策理论的发展。

本文的研究成果对于制定切实可行的环保政策和宣传策略具有重要的指导意义。通过深入剖析消费者的内在心理动机和决策过程,政策制定者和市场营销人员可以设计出更为精确和有效的干预措施。特别是通过融入情感元素的环保宣传活动,能够更深刻地触动消费者的情感,激发他们对环保行为的积极参与。此外,提供明确、易于操作的环保行为指导,有助于消费者克服在实施环保行为过程中可能遇到的知识匮乏或行动障碍,从而有效地缩小环保意愿与实际行为之间的差异。

本文强调了在环保宣传和策略制定中考虑消费者的贝叶斯学习信息处理过程的重要性。贝叶斯学习理论提供了一个理解消费者如何根据新信息更新其信念和预期的框架。在环保宣传中应用这一理论,可以帮助设计更有效的信息传递策略,从而促进消费者对环保行为的认知和接受。

通过考虑消费者的贝叶斯更新过程,宣传者可以更好地预测和引导消费者的反应。例如,提供与消费者现有信念一致的信息可以增强其环保意识,而提供与预期相悖的信息可能会引起认知失调,从而激发更深层次的信息处理和可能的行为改变。

此外,通过理解消费者的预测惊喜反应,宣传者可以设计出更具吸引力的宣传材料,这些材料不仅传达环保信息,还能够激发消费者对环保活动的兴趣和参与。这种对消费者认知过程的深入理解,有助于创建更具说服力的环保宣传,从而更有效地促进环保行为的采纳。

总之,将贝叶斯学习理论应用于环保宣传策略的设计,有助于提高宣传的有效性,促进消费者从认知到行为的转变,这对于推动环境保护和可持续发展具有重要的实践意义。

未来研究可适当增加样本量,并进行更深入的

分析,如时频分析等。此外,未来研究可以进一步探讨不同类型的环保信息如何通过神经机制影响消费者决策,或者研究如何通过干预措施提高消费者环保行为的一致性。

参考文献

- [1] ALONSO-VAZQUEZ M, PACKER J, FAIRLEY S, et al. The role of place attachment and festival attachment in influencing attendees' environmentally responsible behaviours at music festivals[J]. *Tourism Recreation Research*, 2019, 44(1): 91-102.
- [2] WONG I K A, WAN Y K P, HUANG G Q I, et al. Green event directed pro-environmental behavior: an application of goal systems theory[J]. *Journal of Sustainable Tourism*, 2020(1): 1-22.
- [3] 蔡礼彬, 司玲. 会展可持续发展评价指标之构建: 以广交会为例[J]. *广州大学学报(社会科学版)*, 2016, 15(1): 73-81.
- [4] EPA. It's Being green: a guide to planning and conducting environmentally aware meetings and events [R]. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1996.
- [5] 孙根聚, 张洁琳, 王丹. 绿色会展评价指标体系构建研究[J]. *内江师范学院学报*, 2021, 36(4): 66-73.
- [6] 王中可, 张洁, 郭雷. 绿色展会的认知路径及支付意愿研究: 基于参展商视角[J]. *旅游学刊*, 2019, 34(3): 71-85.
- [7] 俞华. 新常态下我国展览业趋势、特点及发展对策[J]. *宏观经济管理*, 2017(2): 75-82.
- [8] 严慧聪. 丝路绿色会展云端对话模拟交替传译实践报告[D]. 海口: 海南大学, 2022.
- [9] 侯晓. 基于共生理论的会展综合体设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [10] 卞显红. 会展旅游参与者决策过程及其影响因素研究[J]. *旅游学刊*, 2002(4): 59-62.
- [11] 张萌, 狄乾斌. 中国会展业发展效率时空特征及竞争力研究: 基于三阶段 DEA 模型的实证分析[J]. *资源开发与市场*, 2024, 40(4): 546-558.
- [12] 周杰, 何会文. 会展专业观众的服务认知结构研究: 兼论参展动因对服务认知的影响[J]. *旅游学刊*, 2011, 26(10): 75-81.
- [13] CHEN S C. Residents' perceptions of the impact of major annual tourism events in Macao: cluster analysis[J]. *Journal of Convention & Event Tourism*, 2011, 12(2): 106-128.
- [14] KOPP B, SEER C, LANGE F, et al. P300 amplitude variations, prior probabilities, and likelihoods: a Bayesian ERP study[J]. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 2016, 16(5): 1-18.
- [15] KOPP B, SEER C, LANGE F, et al. P300 amplitude variations, prior probabilities, and likelihoods: a Bayesian ERP study[J]. *Cognitive, Affective & Behavioral*

- Neuroscience, 2016, 16(4): 911-928.
- [16] 宋红娟. 奈特不确定性下的行为价格研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2019.
- [17] DELORME A, MAKEIG S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis[J]. *Journal of Neuroscience Methods*, 2004, 134(1): 9-21.
- [18] ERNST M O, BÜLTHOFF H H. Merging the senses into a robust percept[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2004, 8(4): 162-169.
- [19] KERSTEN D, MAMASSIAN P, YUILLE A. Object perception as Bayesian inference[J]. *Annual Review of Psychology*, 2004, 55(1): 271-304.
- [20] ERDEM T, KEANE M P. Decision-making under uncertainty: capturing dynamic brand choice processes in turbulent consumer goods markets[J]. *Marketing Science*, 1996, 15(1): 1-20.
- [21] ACKERBERG D A. Advertising, learning, and consumer choice in experience good markets[J]. *International Economic Review*, 2003, 44(3): 1007-1040.
- [22] CRAWFORD G S, SHUM M. Uncertainty and learning in pharmaceutical demand[J]. *Econometrica*, 2005, 73(4): 1137-1173.
- [23] CHINTAGUNTA P K, JIANG R, JIN G Z. Information, learning, and drug diffusion: the case of Cox-2 inhibitors[J]. *QME*, 2009, 7(4): 399-443.
- [24] 施卓敏, 张珊. 神经营销 ERP 研究综述与展望[J]. *管理世界*, 2022, 38(4): 226-240.
- [25] 魏景汉. 事件相关电位原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [26] GU L, ZHANG Z. Exploring potential electrophysiological biomarkers in mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of event-related potential studies[J]. *Journal of Alzheimer's Disease*, 2017, 58(4): 1283-1292.
- [27] MORIN C. Neuromarketing: the new science of consumer behavior, editorial[J]. *Society*, 2011, 48(2): 131-135.
- [28] LEE E J, KWON G, SHIN H J, et al. The spell of green: can frontal EEG activations identify green consumers? [J]. *Journal of Business Ethics*, 2014, 122(3): 511-521.
- [29] HINES J M, HUNCERFORD H R, TOMERA A N. Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: a meta-analysis[J]. *The Journal of Environmental Education*, 1987(2): 1-8.
- [30] 张雪峰. 基于脑电 ERP 的营销刺激对消费者影响的脑认知研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2018.
- [31] POSNER M I. Orienting of attention[J]. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1980, 32(1): 3-25.
- [32] IRIBE-BURGOS F A, CORTES P M, GARCÍA-HERNÁNDEZ J P, et al. Effect of reward and punishment on no-risk decision-making in young men: an EEG study[J]. *Brain Research*, 2022, 1779: 147788.
- [33] 赵仑. ERPs 实验教程(修订版)[M]. 南京: 东南大学出版社, 2010.
- [34] 伊鹏, 田兴辉, 刘广斗, 等. 基于脑电信息的图感知响应规律及其量化分析方法[J]. *图学学报*, 2024, 45(3): 624-630.
- [35] 齐悦廷, 韩海燕, 韩晓宇, 等. 界面设计影响蒙汉用户视觉注意的脑电研究[J]. *包装工程*, 2024, 45(6): 290-298.
- [36] ZHANG H, ZHANG M, LU J, et al. Interpersonal relationships modulate outcome evaluation in a social comparison context: the pain and pleasure of intimacy[J]. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 2020, 20(4): 115-128.
- [37] 孙锐, 朱秋华, 王伟, 等. 言行不一? 态度元认知角度在线用户“隐私悖论”研究: ERPs 证据[J]. *南开管理评论*, 2023, 26(6): 235-248.
- [38] MOISANDER J. Motivational complexity of green consumerism[J]. *International Journal of Consumer Studies*, 2007, 31(4): 404-409.

How Far Are You from Being Green?: Identifying Green Consumer Entities at Events Using Event-related Potential Technology

ZHANG Lailingzhu

(School of Tourism, Hainan Tropical Ocean University, Sanya 572022, Hainan, China)

Abstract: With the increasingly severe global climate change and environmental issues, low-carbon green development has become an urgent global necessity. It is focused on green event activities, the 2022 Beijing Winter Olympics is used as the experimental backdrop. Event-related potential(ERP) technology is employed to analyze brainwave data from 35 participants, combined with Bayesian learning theory, to study changes in participants' decision-making under different informational backgrounds(no background information, viewing promotional images, watching environmental videos), aiming to reveal the neural cognitive mechanisms behind the “intention-decision” inconsistency in green behavior decisions. This methodology not only aids in identifying consumers with a low-carbon environmental awareness but also offers a new perspective on understanding the decision-making mechanisms of the general audience in green event activities. The results are significant for promoting sustainable development of green events and deepening the understanding of environmental behaviors, potentially providing a scientific basis for green marketing strategies and environmental policy formulation.

Keywords: green event consumer entities; event-related potentials(ERP) technology; Bayesian learning theory