

第二轮修改

修改说明

感谢审稿专家对本文提出的宝贵意见和建议，下面根据专家的建议逐一说明修改之处。

建议 1. 表 1 中测量方法的说法和顺序，与下文测量方法的具体阐述部分并不是一一对应的，造成一定的阅读困难，建议统一。

回应与修改 1. 根据专家的建议，修改稿依据表 1 中最后一列“测量方法”部分的顺序调整了具体阐述部分的叙述顺序。其中，“额-顶网络测量”和“功能区同步激活测量”因有共同的局限性，所以在具体叙述时放在了一起。调整后的叙述提纲如下：

3 混合情绪主观体验的测量

3.1 混合情绪量表

3.2 双变量量表法

3.3 按键法

3.4 图示法

4 混合情绪客观反应的测量

4.1 脑反应测量

4.1.1 额-顶网络测量

4.1.2 功能区同步激活测量法

4.2 生理唤醒测量

4.3 混合表情测量

建议 2. 文中存在机器学习或者计算建模相关词汇混用的情况，例如“4.1 混合表情测量”使用了“深度学习技术”，“4.3 生理唤醒测量”使用了“数学建模”，“5.2 提高混合情绪客观测量的特异性”使用了“机器学习”。各方法之间的关系没有阐述清楚，造成理解困难。

回应与修改 2. 为阐述更加清楚，避免理解上的困难，修改稿中统一了机器学习、深度学习、数学建模等词汇的表述，统一使用机器学习来描述。

(1) “5.2 提高混合情绪客观测量的特异性”部分的表述保持不变；

(2) “4.3 混合表情测量”部分将“深度学习技术”改为“机器学习技术”；

(3) “4.2 生理唤醒测量”将“数学建模”改为与机器学习概念相关性更高的“识别模型”具体修改如下：

修改前：“……生理唤醒的测量虽然找到了混合情绪区别于单纯情绪的自主神经系统反应指标，但当前研究还未能进行有效地数学建模，因此……”。

修改后：“……生理唤醒的测量虽然找到了混合情绪区别于单纯情绪的自主神经系统反

应指标，但还没有建立有效的识别模型，因此……”。

建议 3. “4.2.1 额-顶网络测量”中“这一结果表明额-顶网络的更大激活可用于识别混合情绪和单纯情绪在大脑表征上的差异，为混合情绪的神经网络测量提供了有价值的单一性指标（Kreibig & Gross, 2017）。”第一，激活强度有差异，不代表可以作为指标区分不同情绪，达到区分的标准需要基于机器学习的方法，这点已经在一审阐述过了。第二，即使可以区分单纯情绪和混合情绪，也不代表可以区分混合情绪与其他认知过程，如单纯的价值比较，因此“混合情绪的神经网络测量提供了有价值的单一性指标”这一说法过强。

回应与修改 3. 确实如审稿人所说，“混合情绪的神经网络测量提供了有价值的单一性指标”这一说法过强，修改稿中删除了这一表述。修改如下：

修改前：“……这一结果表明额-顶网络的更大激活可用于识别混合情绪和单纯情绪在大脑表征上的差异，为混合情绪的神经网络测量提供了有价值的单一性指标（Kreibig & Gross, 2017）。”

修改后：“……这一结果表明额-顶网络的更大激活可用于识别混合情绪和单纯情绪在大脑表征上的差异。”

建议 4. “4.2.2 功能区同步激活测量法”中“代表混合情绪加工的额-顶网络激活和其他相关脑区激活的分离程度，还需有更多的理论和实证研究提供支持和验证。同样地，可用于分别表征积极和消极情绪刺激的脑区，如左、右侧前额皮层，或伏隔核与杏仁核等，其特异性如何分离的问题。”这一段缺少主语，也缺乏对特异性的解释。从第3点看来，整篇文章对特异性和单一性的界定并不清晰，建议修改。

回应与修改 4. 关于对特异性解释不清晰的问题，修改稿在“4.1 脑反应测量”第三段讨论混合情绪脑反应测量的主要局限时做了进一步的说明。具体修改如下：

修改前：“混合情绪脑反应测量的主要局限在于其作为测量指标的特异性需进一步加强。如在额-顶网络指标上，有研究结果表明大脑是以“情感工作区（affective workspace）”的方式灵活处理不同效价情绪信息的，该工作网络涵盖了与高级认知有关的多个皮层和皮层下区域（Man et al., 2017）。代表混合情绪加工的额-顶网络激活和其他相关脑区激活的分离程度，还需有更多的理论和实证研究提供支持和验证。同样地，可用于分别表征积极和消极情绪刺激的脑区，如左、右侧前额皮层，或伏隔核与杏仁核等，其特异性如何分离的问题。这些双变量的指标是否在表征内部结构不同的混合情绪时表现出不同的敏感性，呈现针对特定混合

刺激的特异性。”

修改后:“混合情绪脑反应测量的主要局限在于其作为测量指标的特异性需进一步加强,即提高相关指标对混合情绪的独特反应性。有研究表明大脑是以“情感工作区”的方式灵活处理不同效价情绪信息的(Man et al., 2017)。额-顶网络激活多大程度上只反映混合情绪加工,而非同时反映其他情绪过程;分别表征积极和消极情绪的脑区是否具有足够的特异性;这些问题都需更多的理论和实证研究提供支持和验证。”

第一轮修改

修改说明

感谢《心理科学》两位审稿专家对本文提出的宝贵意见和建议,下面根据每位专家的建议,逐一说明修改之处。

根据第一位审稿专家意见进行的修改:

本研究将混合情绪定义为积极和消极情绪的同时体验,对混合情绪的测量模型、方法和展望进行了综述。以往研究对混合情绪的关注相对较少,对其测量方法的整理和探究具有一定的科学和实践意义。但是,文章在概念清晰度、理论深度和方法学理解方面仍然存在诸多问题,总结如下:

建议 1. 混合情绪(Mixed emotions),其含义可能不只包括积极和消极的混合。如Charles et al. (2017)综述,不同研究中,混合情绪体验的操作性定义各不相同,但大多数使用三种定义之一:a)积极情绪和消极情绪的共同体验;b)同一效价的多种情绪同时发生;c)捕捉一个人日常情感体验所需的情感种类或因素的数量。这些定义中的每一个都与这些混合情绪体验的功能相关。但本文所述方法大部分针对积极和消极情绪的混合,如果多种积极或者多种消极情绪混合,如何针对性测量呢?从该角度来讲,本文定义的界定和综述不够全面。如果本文只针对积极和消极情绪混合的情况,建议沿用之前中文综述的说法,如“悲喜交加”(敖玲敏等, 2013)或者“辩证情绪”(刘书青等, 2013)。

Charles, S. T., Piazza, J. R., & Urban, E. J. (2017). Mixed Emotions Across Adulthood: When, Where, and Why?. *Current opinion in behavioral sciences*, 15, 58–61.

与此相关,本文所引用近五年文章比例相对较少,许多重要综述并未提及,如 Charles et al.

(2017)。

回应与修改 1. 非常感谢专家在概念界定上的建议，文章在混合情绪概念上确实是没有交代清楚。

(1) 文章关于混合情绪的界定主要基于以下两个方面的考虑：①在混合情绪的界定上存在广义和狭义两种观点。广义的混合情绪指的是两种及以上不同情绪共存的现象 (Charles et al., 2017)，包括效价相同情绪成分组成的同质性混合情绪，以及效价不同情绪成分组成的异质性混合情绪 (潘发达等, 2012)；而狭义的混合情绪则是指相反效价情绪共同体验的现象 (Larsen, 2017)，即广义概念中的异质性混合情绪。目前混合情绪领域的研究绝大多数是以狭义的混合情绪为对象的，这些研究将混合情绪直接界定为相反效价情绪的共同激活和共同体验 (Berrios et al., 2015b; Grossmann & Ellsworth, 2017; Larsen, 2017; Larsen & McGraw, 2014; Russell, 2017)。②在论文形成之初曾考虑采用“悲喜交加”或“辩证情绪”的表述，但“悲喜交加”可能会缩小混合情绪的范围，而“辩证情绪”与“mixed emotions”的中文翻译差异较大，而且刘书青老师和彭凯平教授后来也表示“辩证情绪”就是“混合情绪” (刘书青等, 2014)。基于上述考虑，文中采用了“混合情绪”的说法。

18. 混合情绪的辩证认知评价

刘书青 彭凯平 莫笛 贾朋如

1 天津大学软件学院，天津，300072，liusq@tju.edu.cn

2 清华大学心理学系，北京，100084

摘要：混合情绪，也被称为辩证情绪，是指积极和消极情绪的共存，更准确地说，它是指个体对同一刺激同时体验到积极和消极情绪的一种心理状态。情绪

上图出自：刘书青,彭凯平,莫笛,贾朋如. (2014). 混合情绪的辩证认知评价. *第十七届全国心理学学术会议论文摘要集*, 504-506.

(2) 为进一步澄清混合情绪的概念，作者在参考专家建议的基础上对“1 引言”部分进行了修改，具体如下：

修改前：“混合情绪指积极和消极情绪的同时体验 (Larsen, 2017; Larsen & McGraw, 2014)，如，悲喜交加、苦乐参半、五味杂陈等。研究表明，混合情绪体验是个体情绪复杂性的重要成分 (Lindquist & Barrett, 2008; Grossmann et al., 2016)，对目标追求 (Mejía & Hooker, 2017)、幸福感 (Berrios et al., 2018a; Sanchez et al., 2017)、压力应对 (Braniecka et al., 2014) 和自我控制努力 (Berrios et al., 2018b) 等都具有重要的意义。混合情绪的测量同单纯情绪一样……”

修改后：“日常生活中混合的情绪体验普遍存在，如悲喜交加、苦乐参半、五味杂陈等。研究表明，混合情绪体验是个体情绪复杂性的重要成分(Lindquist & Barrett, 2008; Grossmann et al., 2016)，对目标追求(Mejía & Hooker, 2017)、幸福感(Berrios et al., 2018a; Sanchez et al., 2017)、压力应对(Braniecka et al., 2014)和自我控制努力(Berrios et al., 2018b)等都具有重要的意义。然而遗憾的是，情绪领域长久以来一直以基本情绪或单纯情绪为主要研究对象，较少涉及高层次的情绪结构，对混合情绪的研究也只是近二十年的事(Larsen, 2017)。究其原因，与混合情绪理论和方法研究方面推进缓慢不无关系。

从理论上讲，混合情绪是两种或两种以上情绪共存的现象，根据其构成成分的效价是否一致，可将混合情绪分为同质性混合情绪和异质性混合情绪(Charles et al., 2017; 潘发达等, 2012)。由于异质性混合情绪在功能上更特殊，更能反映情绪复杂性，学界的绝大多数研究均以此为研究对象，并将“混合情绪”直接界定为效价相反情绪同时激活或同时体验的心理状态(Berrios et al., 2015b; Grossmann & Ellsworth, 2017; Larsen, 2017; Russell, 2017)。混合情绪的测量同单纯情绪一样……”

(3) 根据专家建议，结合修改需要补充文献如下：

潘发达，王柳生，张庆. (2012). 儿童混合情绪的发展研究述评. *心理科学*, 35(3), 659–663.

Charles, S. T., Piazza, J. R., & Urban, E. J. (2017). Mixed Emotions Across Adulthood: When, Where, and Why?. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 15, 58–61.

Grossmann, I., & Ellsworth, P. C. (2017). What are mixed emotions and what conditions foster them? life-span experiences, culture and social awareness. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 15, 1–5.

Russell, J. A. (2017). Mixed emotions viewed from the psychological constructionist perspective. *Emotion Review*, 9(2), 175407391663965.

建议 2. 本文认为单变量、双变量和多变量模型的分类，主要区别在于变量或特征的个数，这一理解较为肤浅。如果仅按这一理解，那双变量大可以作为多变量的一个子集。然而，并非如此简单，例如作者所引用的文章 Larsen, 2017 所述，不同模型的区别应该在于对混合情绪产生机制假设的差异，而非测量指标的多少。但是现在本文看来只是描述了指标的多少，低层机制甚少提及。也因为这个原因，表 1 中所对应的主观体验和客观体验指标也显得相对粗糙而难以理解，并没有体现不同模型机制方面的差异。建议从理论层面进行深化和针对性探讨。

回应与修改 2. 审稿专家关于基于理论机制探讨测量模型和测量问题的建议给了作者

极大的启发，非常感谢。根据专家的建议，作者对文章做了以下调整和修改：

（1）在“2 混合情绪测量的理论基础和模型”中补充了一部分内容“2.1 理论基础”，专门讨论混合情绪测量的理论基础问题，理论涉及情绪理论中的组件过程模型（Component Process Model），混合情绪理论中的评估空间模型（Evaluative Space Model, ESM）和效价层次模型（Levels of Valence Model, LVM）。由于内容较多，不便在此处呈现，详见“2.1 理论基础”。

（2）对“表 1 混合情绪的测量方法”进行了调整

修改前：

表 1 混合情绪的测量方法

	主观体验	客观反应
单变量模型	特质混合情绪量表（Barford & Smillie, 2016） 状态混合情绪量表（Berrios et al., 2015a）	额-顶网络测量（Henderson & Norris, 2013）
双变量模型	最小值法（Kaplan, 1972） 按键法（Larsen et al., 2004） 图示法-类比情绪问卷（Carrera & Ocejja, 2007） 图示法-评估空间网格（Larsen et al., 2009）	混合表情测量（Kreibig et al., 2015） 功能区同步激活测量（Grabenhorst et al., 2007）
多变量模型		生理唤醒测量（Kreibig et al., 2013）

修改后：

表 1 混合情绪的测量方法

测量对象	测量层面	测量模型	测量方法
主观体验	总体情绪体验	单变量	特质混合情绪量表（Barford & Smillie, 2016） 状态混合情绪量表（Berrios et al., 2015a）
		双变量	双变量量表法（Kaplan, 1972） 按键法（Larsen et al., 2004）
	情绪体验成分与效价		图示法-类比情绪问卷（Carrera & Ocejja, 2007） 图示法-评估空间网格（Larsen et al., 2009）
客观反应	脑反应	单变量	额-顶网络测量（Henderson & Norris, 2013）
		双变量	功能区同步激活测量（Grabenhorst et al., 2007）
	自主神经反应	多变量	生理唤醒测量（Kreibig et al., 2013）
	运动反应	双变量	混合表情测量（Kreibig et al., 2015）

（3）结合修改需要补充文献如下：

叶浩生,苏佳佳,苏得权. (2021). 身体的意义：生成论视域下的情绪理论. 心理学报,

53(12),1393-1404.

Heavey, C. L., Lefforge, N. L., Lapping-Carr, L., & Hurlburt, R. T. (2017). Mixed emotions:

Toward a phenomenology of blended and multiple feelings. *Emotion Review*, 9 (2), 105-110.

Scherer, K. R. (2000). Emotions as episodes of subsystems synchronization driven by nonlinear appraisal processes. In M. D. Lewis & I. Granic (Eds.), *Emotion, development, and self-organization: Dynamic systems approaches to emotional development* (pp. 70–99). Cambridge: Cambridge University Press.

Shuman, V. , Sander, D. , & Scherer, K. R. . (2013). Levels of valence. *Frontiers in Psychology*, 4, 261.

建议 3. 由于对理论的综述较为浅显，未来展望也未深入机制层面。建议作者从混合情绪产生的认知机制出发，进行测量方法和指标的建议和展望。

回应与修改 3. （1）根据专家建议，作者放弃了“5 未来研究展望”中“5.1 主客观测量指标的同步使用”的内容，将其修改为“5.1 完善混合情绪测量的理论基础”，具体论述如下：

“情绪测量方法的改进依赖于情绪理论的发展（Reisenzein, 2019）。混合情绪现有理论虽为混合情绪的产生及表现做出了基础的解释（Cacioppo et al., 1999; Shuman et al., 2013），但依然较为粗略，更没有构建完整的混合情绪产生的心理和神经机制模型。这使得混合情绪测量在操作性概念的界定，测量对象的内容与层面，以及测量指标的确定等方面缺乏足够的理论基础。有效的混合情绪测量模型和兼具敏感性与特异性的测量方法均有赖于完善的混合情绪理论（Larsen, 2017）。未来研究应致力于混合情绪系统加工机制的理论与实证研究，构建相对完善的混合情绪加工模型，为测量方法和技术的进步提供理论基础。”

（2）结合修改需要补充文献如下：

Reisenzein, R. (2019). Cognition and emotion: A plea for theory. *Cognition and Emotion*, 33(1), 109–118.

建议 4. 文中 3.2 所述最小值法应该是基于混合情绪量表的一种指标计算方法，而不是测量方法，建议作者把指标计算方法和测量方法加以区分。

回应与修改 4. 为区分测量方法和计算方法，文章对 3.2 部分进行了修改，详情如下：

（1）将表述计算方法的标题“3.2 最小值法”改为描述测量方法的标题“3.2 双变量量表法”。

（2）在具体论述中区分了测量和计算的部分。

修改前：“最小值法是目前混合情绪研究中运用较多的一种方法。这种方法使用时首先

选择可靠工具，如积极消极情绪量表（PANAS），测量混合情绪中的积极情绪成分(PA)和消极情绪成分(NA)，然后使用最小值函数 $\text{Min}(\text{PA}, \text{NA})$ 计算混合情绪体验的强度

（Ersner-Hershfield et al., 2008; Schimmack, 2001; Xia et al., 2015）。该方法由 Kaplan (1972) 提出，最初用来评估对某一事物的态度或体验的混合程度。与混合情绪量表提供的混合情绪分数相比，最小值指标由积极和消极情绪值共同决定……”

修改后：“这种方法使用时主要通过选择可靠的双变量情绪测量工具，如积极消极情绪量表（PANAS），测量混合情绪中的积极（PA）和消极情绪成分(NA)，并配合最小值函数 $\text{Min}(\text{PA}, \text{NA})$ 的情绪计算方法获得混合情绪体验的强度指标（Kaplan, 1972; Ersner-Hershfield et al., 2008; Schimmack, 2001; Xia et al., 2015）。与混合情绪量表提供的混合情绪分数相比，使用双变量量表测量和最小值函数获得的指标由积极和消极情绪值共同决定……”

建议 5. 神经反应指标问题：1）神经反应也是生理指标的一种，因此生理唤醒和神经反应的区分不是特别恰当；2）一个混合情绪（如悲喜交加）的有效测量手段需要具有普遍性和特异性两个特征。普遍性是指在不同情境中均能识别同一种混合情绪；特异性是指该指标只能用于识别特定的混合情绪，但不能同时反映其他认知或情绪加工过程。明显，本文所列的神经指标达不到特异性标准。例如，虽然以往研究表明，混合情绪加工涉及额-顶网络的激活，但额-顶网络的激活并不能反推一定发生了混合情绪，如文中所述，还有可能反映了价值比较等其他认知过程，因此，额-顶网络激活并不能作为一种有效的测量手段。所列其他神经（甚至生理）指标大多存在这一问题。目前，有效的神经测量手段一般采用基于机器学习的多变量模式分析手段（MVPA; Woo et al., 2017），但该手段在混合情绪研究方面目前可能没有有效应用。

其实特异性问题是情绪生理测量的普遍问题，建议作者在文中明确指出该领域所存在的问题，对方法学进行更深度的理解和论述。

Woo, C. W., Chang, L. J., Lindquist, M. A., & Wager, T. D. (2017). Building better biomarkers: brain models in translational neuroimaging. *Nature neuroscience*, 20(3), 365-377.

回应与修改 5. 非常感谢审稿专家在客观反应指标的分类和特异性问题方面的建议，指明了作者在测量指标认识上的不足。根据专家的建议，作者在以下几个方面进行了修改。

（1）在分类上，作者使用**脑反应**和**自主神经反应**的分类来表述混合情绪在生理反应方面的表现，这一分类体现在“**表 1 混合情绪的测量方法**”中。

（2）在“**4 混合情绪客观反应的测量**”的论述中补充了客观测量指标在特异性方面的

不足。具体如下：

在“4.1 混合表情测量”中：“……通过表情来测量和识别情绪常受到测量效度方面的质疑，现代情感计算科学使用深度学习技术，通过对图像数据的特征提取与表情分类增加情绪测量的准确率和稳健性，但这些技术在复杂表情的识别效果上还有待继续提高（叶继华等, 2020）。”

在“4.2 脑反应测量”中：“混合情绪脑反应测量的主要局限在于其作为测量指标的特异性需进一步加强。如在额-顶网络指标上，有研究结果表明大脑是以“情感工作区（affective workspace）”的方式灵活处理不同效价情绪信息的，该工作网络涵盖了与高级认知有关的多个皮层和皮层下区域（Man et al., 2017）。代表混合情绪加工的额-顶网络激活和其他相关脑区激活的分离程度，还需有更多的理论和实证研究提供支持和验证。同样地，可用于分别表征积极和消极情绪刺激的脑区，如左、右侧前额皮层，或伏隔核与杏仁核等，其特异性如何分离的问题。这些双变量的指标是否在表征内部结构不同的混合情绪时表现出不同的敏感性，呈现针对特定混合刺激的特异性。”

在“4.3 生理唤醒测量”中：“……生理唤醒的测量虽然找到了混合情绪区别于单纯情绪的自主神经系统反应指标，但当前研究还未能进行有效地数学建模，因此，在通过特异性生理指标识别混合情绪上，依然是困难的。”

（3）放弃了“5 未来研究展望”中“5.2 探索潜在的客观测量途径和指标”的内容，将其修改为“5.2 提高混合情绪客观测量的特异性”，具体论述如下：

“特异性问题是情绪客观测量的普遍问题，这一问题在混合情绪的客观测量方面表现尤为突出。情绪计算科学和转化神经科学方面的努力为解决这一问题提供了一定的思路。该领域通过尝试建立生理信号和主观体验与行为之间的联系，以达到识别、解释、处理和模拟人类情感目的。在方法上主要通过包括迁移学习、主动学习和深度学习等机器学习算法，借助大数据，实现情感识别模型的设计、训练和测试，这些方法在处理脑成像、脑电、心电、皮肤电等数据上有强大优势（Woo et al., 2017; 权学良等, 2021）。未来混合情绪的客观测量可以尝试使用机器学习的方法，通过建立混合情绪识别模型解决其在特异性方面的问题。特别是在使用脑电指标反映混合情绪的尝试方面，机器学习和情绪建模可能是一个不错的选择。现有研究已经表明这些方法在识别和计算积极或消极情绪方面的良好作用（Apicella et al., 2021），研究者需要做的就是在此基础上进一步深入和拓展。”

（4）结合修改需要补充文献如下：

权学良,曾志刚,蒋建华,张亚倩,吕宝粮,伍冬睿. (2021).基于生理信号的情感计算研究综

述. *自动化学报*, 47(8), 1769-1784.

叶继华,祝锦泰,江爱文,李汉曦,左家莉. (2020).人脸表情识别综述. *数据采集与处理*, 35(1),21-34.

Apicella, A., Arpaia, P., Mastrati, G., & Moccaldi, N. (2021).EEG-based detection of emotional valence towards a reproducible measurement of emotions. *Scientific Reports*, 11, 21615

Woo, C. W., Chang, L. J., Lindquist, M. A., & Wager, T. D. (2017). Building better biomarkers: brain models in translational neuroimaging. *Nature neuroscience*, 20(3), 365-377.

建议 6. 写作方面,因为混合情绪比较复杂,其测量手段可能存在不同的层级或维度,例如总体情绪体验、情绪的唤醒度和效价、混合情绪中积极和消极情绪的比例等,但本文描述中并未加以明确区分,导致读者阅读和理解存在困难。建议进一步梳理,并通过图、表形式进行更加形象化的展示。

回应与修改 6. 为区分和理清各种测量方法在不同层级和维度上的归属,文章在“**表 1 混合情绪的测量方法**”中使用“**测量层面**”对此作了**梳理和说明**。主观体验包括总体情绪体验和情绪体验成分与效价两个层面,客观反应包括脑反应、自主神经反应和运动反应(外部表现)三个层面。

根据第二位审稿专家意见进行的修改:

该论文主要综述了混合情绪的测量方法,并探讨了对未来研究的展望。总体来说,该论文语言表述清晰,文章整理逻辑性强,不足之处在于混合情绪的机制研究仍然不明晰,混合情绪测量的信效度不明确。

建议 1. 建议作者不聚焦于混合情绪的测量,而应该立足于现状,加大篇幅综述混合情绪的机制研究。

回应与修改 1. 本建议与第一位审稿专家的建议 2 基本相同,如前所说这一建议给了作者极大的启发,非常感谢。根据专家的建议,作者对文章做了以下调整和修改:

(1) 在“**2 混合情绪测量的理论基础和模型**”中补充了一部分内容“**2.1 理论基础**”,专门讨论混合情绪测量的理论基础问题,理论涉及情绪理论中的组件过程模型(Component Process Model),混合情绪理论中的评估空间模型(Evaluative Space Model, ESM)和效价层次模型(Levels of Valence Model, LVM)。由于内容较多,不便在此处呈现,详见“**2.1 理论基础**”。

(2) 基于当前混合情绪机制研究方面不够完善的现状,作者在“**5 未来研究展望**”部

分也增加了相应的内容。放弃了原有“5.1 主客观测量指标的同步使用”的内容，将其修改为“5.1 完善混合情绪测量的理论基础”，具体论述如下：

“情绪测量方法的改进依赖于情绪理论的发展（Reisenzein, 2019）。混合情绪现有理论虽为混合情绪的产生及表现做出了基础的解释（Cacioppo et al., 1999; Shuman et al., 2013），但依然较为粗略，更没有构建完整的混合情绪产生的心理和神经机制模型。这使得混合情绪测量在操作性概念的界定，测量对象的内容与层面，以及测量指标的确定等方面缺乏足够的理论基础。有效的混合情绪测量模型和兼具敏感性与特异性的测量方法均有赖于完善的混合情绪理论（Larsen, 2017）。未来研究应致力于混合情绪系统加工机制的理论与实证研究，构建相对完善的混合情绪加工模型，为测量方法和技术的进步提供理论基础。”

（3）结合修改需要补充文献：

详见对第一位审稿专家所提建议 2 和建议 3 的回应和修改。

建议 2. 首先，对于混合情绪测量，作者应该详细讨论各种测量方法的优缺点，尤其需要关注测量结果的信效度问题，以及生理和神经反应测量的特异性问题、生态效度问题和实用性问题。

回应与修改 2. 感谢审稿专家的建议，文章在对测量方法优缺点的分析上确实存在不足，尤其是在客观反应的测量方面。根据专家的建议，作者强调和增加了以下内容：

（1）在“3.1 混合情绪量表”中：“……混合情绪量表以简单便捷的方式，为测量混合情绪的主观体验提供了最直接有效的手段和工具。”

（2）在“3.2 双变量量表法”中：“……与混合情绪量表提供的混合情绪分数相比，使用双变量量表测量和最小值函数获得的指标由积极和消极情绪值共同决定，在实际应用中更具灵活性……双变量测量法具有良好的信度和效度，在当前的混合情绪研究中被广为采用（Berrios et al., 2015b）。 ”

（3）在“3.3 按键法”中：“……混合情绪量表和双变量测量法虽然应用广泛，但它只能反映混合情绪体验的强度，难以描述情绪的动态变化。为此，Larsen 等人(2004)首次提出使用按键法来即时动态地测量情绪，反映被试的混合情绪体验如何随时间的变化而变化。……”

（4）在“4.1 混合表情测量”中：“……通过表情来测量和识别情绪常受到测量效度方面的质疑，现代情感计算科学使用深度学习技术，通过对图像数据的特征提取与表情分类增加情绪测量的准确率和稳健性，但这些技术在复杂表情的识别效果上还有待继续提高（叶继华等, 2020）。 ”

(5) 在“4.2 脑反应测量”中：“混合情绪脑反应测量的主要局限在于其作为测量指标的特异性需进一步加强。如在额-顶网络指标上，有研究结果表明大脑是以“情感工作区（affective workspace）”的方式灵活处理不同效价情绪信息的，该工作网络涵盖了与高级认知有关的多个皮层和皮层下区域（Man et al., 2017）。代表混合情绪加工的额-顶网络激活和其他相关脑区激活的分离程度，还需有更多的理论和实证研究提供支持和验证。同样地，可用于分别表征积极和消极情绪刺激的脑区，如左、右侧前额皮层，或伏隔核与杏仁核等，其特异性如何分离的问题。这些双变量的指标是否在表征内部结构不同的混合情绪时表现出不同的敏感性，呈现针对特定混合刺激的特异性。”

(6) 在“4.3 生理唤醒测量”中：“……生理唤醒的测量虽然找到了混合情绪区别于单纯情绪的自主神经系统反应指标，但当前研究还未能进行有效地数学建模，因此，在通过特异性生理指标识别混合情绪上，依然是困难的。”

建议 3. 其次，脑电中有大量研究探讨情绪的测量问题，建议作者补充相关研究综述。

回应与修改 3. 目前文献中确实有大量讨论使用脑电指标评估情绪的研究，但这些研究并未对混合情绪的测量进行专门的讨论，因此在综述部分没有列出相关的条目。但鉴于到脑电技术和机器学习方法在情绪识别领域的良好应用，它们极可能为混合情绪的客观测量提供有效的方法和指标，作者在未来展望中的“5.2 提高混合情绪客观测量的特异性”部分对此进行了特别说明：

“……未来混合情绪的客观测量可以尝试使用机器学习的方法，通过建立混合情绪识别模型解决其在特异性方面的问题。特别是在使用脑电指标反映混合情绪的尝试方面，机器学习和情绪建模可能是一个不错的选择。现有研究已经表明这些方法在识别和计算积极或消极情绪方面的良好作用（Apicella et al., 2021），研究者需要做的就是在此基础上进一步深入和拓展。”

建议 4. 最后，建议作者补充客观评估混合情绪的计算方法，比如说机器学习等。

回应与修改 4. 感谢专家关于增加机器学习方面内容的建议，虽然目前文献还没有运用机器学习方法计算混合情绪的针对性研究，但机器学习在单纯情绪计算方面的应用，为混合情绪客观测量方法的进一步研究提供了重要的思路和可操作的方法。因此，作者在“4 混合情绪客观反应的测量”部分和“5 未来研究展望”部分的论述中都对其应用情况和可能性进行了阐述。详情已在建议2回应和修改中的第（4）、（5）、（6）条，以及建议3的回应与修改中呈现。

注：上述增加和修改的部分在正文中均以蓝色字体标出。

注：除上述修改内容外，中英文摘要和参考文献也做了相应的修改（详见正文中以蓝色字体标出的部分）。