

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：反馈评估的局部背景依赖效应：ERP 研究

作者：朱树青 翟昱 贾世伟

---

### 第一轮

#### 审稿人 1 意见：

论文以 ERP 为研究手段，通过对 20 名大学生被试的研究，改进前人研究设计，重复前人的结果发现 FRN 是背景依赖的，并且额外发现这种依赖是在局部水平也存在的。论文整体思路尚可、研究方法得当、结论有效，但仍有如下一些问题：

#### 意见 1：

被试量的选取。虽然作者在自检报告中提及了自己的样本量是根据 G\*power 计算出来的，但是效应量并非自己根据前人研究计算得出的，而是选择了最大效应量。但自己研究是否能得到最大效应量其实尚不可知，那这种情况下就应该增加样本量才对。同时，本文可以看做是对标了 Kujawa et al., 2013 的研究，这篇研究中，作者采用了 23 名被试（最终有效数据 22 名），那么以此推断作者的样本量还是稍显不足。小样本得出的结论就很容易受到质疑。

#### 回应：

感谢您的意见。

（1）诚如您所言，我们计算的时候参照了前人研究，选择了最大的效应量。而实际的效应量没法提前知道。因此，我们应该适当加大被试量。同时，参照 Kujawa et al., (2013) 的研究，被试量应该多于 22 个。

我们根据您的建议，补收了 5 名被试（4 女 1 男）。最终有效被试数为 25 名。相关样本量信息已在 2.1 被试 进行修改，如下：

“……本研究中，25 名被试（17 名女性，平均年龄 21.96 岁）参与时间估计任务。……”

我们也添加了脚注 2，说明样本量的计算依据：

“结合前人研究，使用 G\*Power 3.1 推算样本量。其中，最大效应值设置为  $f = 0.4$  (Bellebaum, Polezzi, & Daum, 2010; Gu, Lei, Broster, Wu, Jiang, & Luo, 2011; Meadows, Gable,

Lohse, & Miller, 2016),  $\alpha = 0.05$ , 重复测量间相关系数为  $r = 0.5$ 。最终推算出样本量为 19。结合本研究对标研究 (Kujawa, Smith, Luhmann, & Hajcak, 2013) 的有效样本量为 22 人, 本研究最终将被试量定为 25。”

(2) 自检报告中的第 6 条, 被试量的计算。其中效应量的选择是根据 Bellebaum, Polezzi, & Daum (2010); Gu, Lei, Broster, Wu, Jiang, & Luo (2011); Meadows, Gable, Lohse, & Miller (2016) 等三篇文献。我们很抱歉, 文献引用的位置不够准确, 可能造成了您的误解。我们已经在自检报告中进行更正, 请参见自检报告第 6 点。

Bellebaum, C., Polezzi, D., & Daum, I. (2010). It is less than you expected: the feedback-related negativity reflects violations of reward magnitude expectations. *Neuropsychologia*, 48, 3343–3350.

Gu, R., Lei, Z., Broster, L., Wu, T., Jiang, Y., & Luo, Y. (2011). Beyond valence and magnitude: a flexible evaluative coding system in the brain. *Neuropsychologia*, 49, 3891–3897.

Meadows, C. C., Gable, P. A., Lohse, K. R., & Miller, M. W. (2016). The effects of reward magnitude on reward processing: An averaged and single trial event-related potential study. *Biological Psychology*, 154–160.

Kujawa, A., Smith, E., Luhmann, C., & Hajcak, G. (2013). The feedback negativity reflects favorable compared to nonfavorable outcomes based on global, not local, alternatives. *Psychophysiology*, 50(2), 134.

#### 意见 2:

题目简练, 但缺乏对论文 ERP 研究的陈述, 建议作者考虑修改。关键词建议作者再凝练一下, 一般 5 个关键词为宜。

#### 回应:

感谢您的建议。

我们已经将题目修改为“*反馈评估的局部背景依赖效应: ERP 研究*”, 添加了对 ERP 研究的陈述。并将相应的英文题目改为“*The local context dependence in feedback evaluation: An ERP study*”。

针对关键词, 我们已经将“*背景依赖效应*”替换为更具体的“*整体背景依赖效应, 局部背景依赖效应*”。并将相应的英文关键词“*context dependence*”替换为“*global context dependence, local context dependence*”。

#### 意见 3:

摘要和全文中, 得钱失钱的描述感觉有点口语化, 建议考虑采用输赢或者获益/损失的词进行替换。另外, 请在摘要中增补被试量的信息。

回应：

感谢您的建议。

我们已经用“获益/损失”替换了“得钱/失钱”，包括正文和正文图 5 和附录图 8 的图注。被试量信息也已经添加在摘要中。

意见 4：

前言部分的逻辑还需要再顺一顺。

A)其中有一个明显的现象是堆积论据，比如倒数第三段直接一个研究作为一段。

回应：

感谢您的意见。

我们已经对相关研究的叙述进行简化和提炼观点。如下：

“……向玲等人 (2008) 发现 FRN 反映的是以赌注为基点的相对价值，且比投注稍大或稍小的反馈无显著差异，故研究者提出参照是以赌注为基点的区间而非一个点。……”

“……Osinsky 等人 (2014) 发现未选择选项结果是人们评估所选选项结果的重要背景因素。人们在评估所选选项结果时，以未选选项结果为参照，确定所选选项结果的相对价值，相对坏的结果引发了更负的 FRN。……”

“……Angus 等人 (2017) 同样采用添加线索和试次间变化的任务，却发现无论获益背景或损失背景下，该背景下相对坏比相对好的反馈引发更负的 FRN。……”

因为 Holroyd 等人 (2004) 和 Kujawa 等人 (2013) 的研究对叙述背景依赖较为重要，所以我们保留了前言中对两篇研究实验过程的详细叙述。

B)在对反馈效应的论述中，我建议先论述现象、然后是行为证据，然后才是论述 FRN 的脑证据。目前的逻辑是先论述 FRN 是什么，而不是先论述现象结论。

回应：

感谢您的建议。

根据您的建议，我们在 1 前言 第二段对反馈评估的定义、相关行为结果进行了简要阐述，最后过渡到 FRN 的相关研究中。具体如下：

“……反馈评估，或称为结果评价，是行为监控过程的一部分，主要通过比较预期与实际结果，来判断这一结果的好坏、得失等。反馈评估有助于人们优化自己的行为方式和策略，以便更快适应环境 (Holroyd & Coles, 2002)。反馈评估在行为上通常表现为简单选择

反应任务中的错误后减慢 (Wang, et al., 2015), 或时间估计任务中, 错误后时间估计调整量的增大 (向玲, 王宝玺, 张庆林, & 袁宏, 2012)。反馈评估在脑机制上通常以反馈相关负波 (feedback-related negativity, FRN) 作为神经生理指标, 考察反馈评估的神经机制 (Walsh & Anderson, 2012; Sambrook & Goslin, 2015)。……”

C)第一段最后的论述把所有正负反馈诱发的脑电成分称作 FRN 的描述是不准确的。你可以说统一称作另一个名字, 但是不能叫做 FRN, 而且在论文分析中也只分析了 negativity, 说明作者还是只分析了负成分, 而没有分析正成分。

回应:

感谢您的意见和建议。

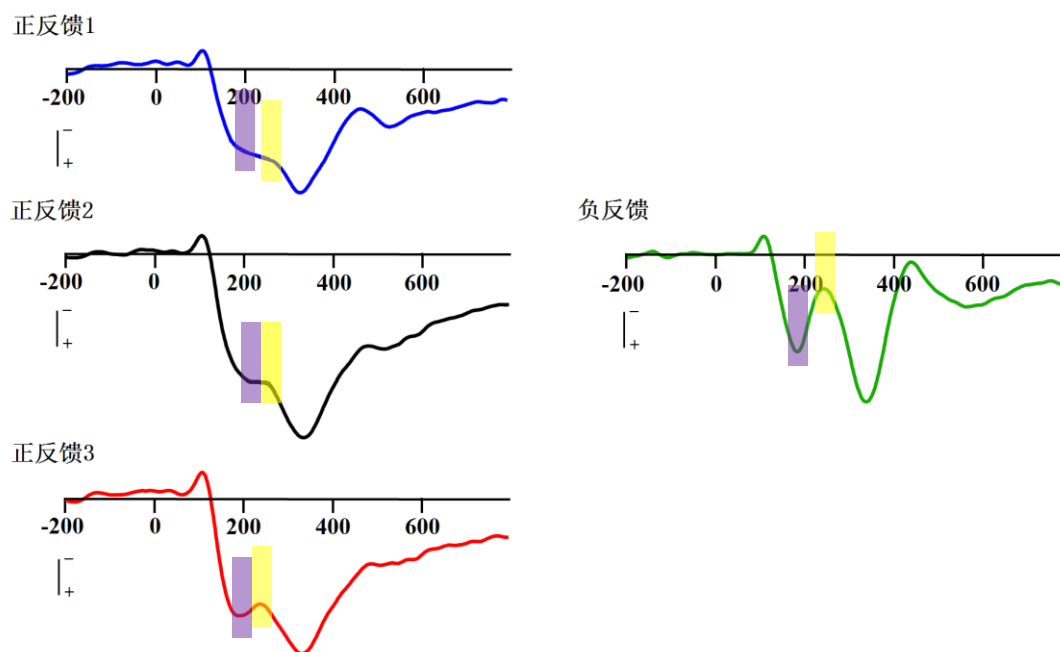


图 1 正反馈所引发的三类可能的 ERP 成分形态示意图, 以及负反馈诱发的 FRN 示意图。

紫色标记的为 P2, 黄色标记的为 FRN。

如图 1 所示, 无论正、负反馈, 都会引发一个固定的 ERP 成分组合——P2、某 ERP 成分、P300。P2 和 P3 之间的 ERP 成分通常是一个负向偏转的成分。就成分走向来说, 一般正反馈所引发的 ERP 成分也是负向偏转的, 但是这一负成分可能没有负反馈所引发的负成分那么明显 (Miltner, Braun, & Coles, 1997; Gehring & Willoughby, 2002)。Holroyd & Coles (2002) 提出强化学习理论, 认为相较于正反馈, FRN 对负反馈更敏感, 即负反馈会比正反

馈引发显著一个更负的 FRN。本研究中，正、负反馈诱发的负成分均称为 FRN。这种命名不是我们提出的，我们参照前人研究用的这个命名（Yeung & Sanfey, 2004; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2006; Walsh & Anderson, 2012; Sambrook & Goslin, 2015）。

“最近有研究者认为，正负反馈诱发的脑电波的差异来自于正反馈诱发的奖赏正波（reward positivity, RewP; Proudfit, 2015），而不是负反馈诱发的负脑电成分。”这句话可能造成了误解。以上观点是由 Holroyd, Pakzad-Vaezi, & Krigolson (2008) 首次提出，他们认为无论正反馈或负反馈均会使前扣带回引发一个负成分（可能是 N2），只是正反馈同时还引发了一个正成分，因此抵消了负成分，导致实际观测到的正反馈引发的负成分要显著小于负反馈引发的负成分。其实，**奖赏正波在直观上是测量不到的**。前人尝试用主成分分析方法（PCA）或差异波等方法求得奖赏正波的波幅值。这是另一个研究问题，本研究并没有关注这个问题。

采用峰峰值（FRN-P2）算法测量 FRN，也是借鉴了前人的研究，目的是排除 FRN 与 P2 的重叠。正反馈诱发的负成分主要包含三种形态，如图 1 所示。如果采用峰峰值算法得到 FRN 的波幅值，则正反馈 1 的 FRN 波幅值会大于 0  $\mu\text{V}$ ，正反馈 2 的 FRN 波幅值可能会等于 0  $\mu\text{V}$ ，正反馈 3 的 FRN 波幅值会小于 0  $\mu\text{V}$ 。本研究中，绝大多数是取值的结果是正反馈 3 情况。只有 13 个取值为正反馈 1 情况（其中获益-正有 4 个，损失-正有 9 个），7 个取值为正反馈 2 情况（其中获益-正有 2 个，损失-正有 5 个）。另外有 3 个负反馈诱发的 FRN 为 0  $\mu\text{V}$ （损失-负）。这 23 个取值占有所有取值的 7.67%。

由于事实上，正反馈在 250ms 左右诱发的成分也是负偏向的成分，所以在 FRN-P2 等于 0  $\mu\text{V}$  或者大于 0  $\mu\text{V}$  的时候，则 FRN 波幅值记为 0  $\mu\text{V}$ 。这一做法也是参照前人研究（Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2003; 向玲, 王宝玺, 张庆林, 2012）。

Holroyd, C. B., Pakzad-Vaezi, K. L., & Krigolson, O. E. (2008). The feedback correct-related positivity: Sensitivity of the event-related brain potential to unexpected positive feedback. *Psychophysiology*, 45(5), 688-697.

D)第二段，“后来的研究发现”仿佛没有对应的前人研究发现的说法。这个后来的研究是指相对于哪个研究后来呢？

回应：

感谢您的提醒。

这里的“后来的研究”是指“人脑是如何判断好坏的呢？在不同实验背景下，人脑对同一事件的价值评估是否相同呢？”这些问题提出之后，研究者们针对这一问题所进行的研究。

十分抱歉这一表述使人困扰，我们已经做出修改，希望这次更易于理解，修改如下：

“……针对这些问题，研究者们进行了相关研究，结果……”

E)建议将论文中 trial 的英文直接使用替换为试次的中文。

回应：

感谢您的建议。

我们已将文中所有“trial”换成“试次”，如下：

“……局部依赖是指以单个试次的所有可能结果为参照的背景依赖模式……”

“……如果是整体背景依赖，也就是说每个试次的线索不起作用……”

F)虽然对标的是 Kujawa et al., 2013，但是本文在前言部分对这个研究的介绍很少，建议增加介绍。

回应：

感谢您的建议。

我们添加了对 Kujawa et al. (2013) 研究的详细描述，希望可以清楚地阐述了这篇研究。具体如下：

“……Kujawa 等人 (2013) 采用添加线索的简单赌博任务，线索为试次间变化 (trial by trial) 呈现。其中，半绿半白色圆环线索表示被试处于获益试次，50%可能获益 (绿色上箭头)，50%可能不获益 (“0”)；半红半白色圆环线索表示被试处于损失试次，50%可能损失 (红色下箭头)，50%可能不损失 (“0”)。结果发现，获益背景下，零获益比获益反馈引发更负的FRN；损失背景下，零损失与损失反馈所引发的FRN 无显著差异。跨线索比较发现，零获益、零损失和损失反馈无显著差异，零损失和损失反馈显著负于获益反馈。这一结果表明线索并未起作用，人在进行结果评估时以整个组块所有可能结果为参照，而非以现有线索背景下的本试次可能的结果为参照。因此该结果也支持背景依赖为整体水平，而不是局部水平。……”

**意见 5:**

方法部分。

A)“所有被试均为右利手 (Oldfield, 1971)”这里不规范,目前的写法是说 Oldfield 在 1971 年就说预言了这个研究被试均为右利手。但实际上应该是你们用了 Oldfield 的方法检验出来了本研究的都是右利手。

**回应:**

感谢您的意见。

非常抱歉,此处文献引用不规范,我们已经在 2.1 被试 中进行修改,如下:

“……采用 Oldfield (1971) 的方法确定所有被试均为右利手, ……”

B)被试的时间估计本来就存在个体差异,有的准确,有的不准确,这个结果会影响本研究的结论么?如果会,应该需要控制该因素。

**回应:**

感谢您的意见和建议。

本研究为被试内设计,时间估计能力的个体差异不会影响条件之间的效应。但是,被试时间估计的个体差异会影响到正负反馈的比例,而反馈比率会影响 FRN 成分。因此,时间估计任务中,通常采用滑动时间窗口,控制所有被试的正负反馈比率都为 50%左右 (Mars, De Bruijn, Hulstijn, Miltner, & Coles, 2004; Miltner et al., 1997)。本研究中,通过滑动窗口设置,被试的估计准确率基本在 50%左右,个体间仅存在较小差异 (详见表 1)。

表 1 各被试正确率及不同条件下的试次数

被试	获益-正	获益-负	损失-正	损失-负	获益情境正	损失情境正	总正确率
					确率	确率	
1	76	84	93	67	0.48	0.58	0.53
2	82	78	73	87	0.51	0.46	0.48
3	85	75	81	79	0.53	0.51	0.52
4	82	78	83	77	0.51	0.52	0.52
5	97	63	83	77	0.61	0.52	0.56
6	82	78	68	92	0.51	0.43	0.47
7	80	81	77	76	0.50	0.48	0.49
8	83	77	78	82	0.52	0.49	0.50
9	76	84	80	80	0.48	0.50	0.49
10	74	86	85	75	0.46	0.53	0.50
11	64	96	78	82	0.40	0.49	0.44
12	90	70	77	83	0.56	0.48	0.52
13	77	83	82	78	0.48	0.51	0.50
14	88	72	85	75	0.55	0.53	0.54
15	79	81	82	78	0.49	0.51	0.50
16	83	77	79	81	0.52	0.49	0.51
17	71	89	76	84	0.44	0.48	0.46
18	76	84	89	71	0.48	0.56	0.52
19	84	76	70	90	0.53	0.44	0.48
20	73	87	78	82	0.46	0.49	0.47
21	80	80	76	83	0.50	0.48	0.49
22	76	84	87	73	0.48	0.54	0.51
23	80	80	79	81	0.50	0.49	0.50
24	76	84	83	77	0.48	0.52	0.50
25	82	78	72	88	0.51	0.45	0.48



Mars, R. B., De Bruijn, E. R. A., Hulstijn, W., Miltner, W. H. R., & Coles, M. G. H. (2004). What if I told you: 'you were wrong'? Brain potentials and behavioral adjustments elicited by feedback in a time-estimation task. M. Ullsperger, M. Falkenstein (Eds.), *Errors, Conflicts, and the Brain. Current Opinions on Performance Monitoring*, MPI of Cognitive Neuroscience, Leipzig, 129-134.

Miltner, W. H., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: evidence for a "generic" neural system for error detection. *Journal of cognitive neuroscience*, 9(6), 788-798.

C)本研究所使用的+与一般心理学研究中使用的注视点是相同的,这里会不会本来就引起了+和-的效应? 因为被试如果参与过心理学研究,一般会把+看成休息,而-则会看做任务,这样就固有差异了,会不会对本研究造成影响?

回应:

感谢您的意见。

(1)本研究线索形式取自 Pfabigan 等人 (2015) 的线索形式,该研究注视点采用的“+”(如图 2), 注视点与线索虽有相同,但仍存在区别(线索包含圆圈,而注视点没有)。该研究结果与前人一致,说明被试可以有效区分。

本研究中实验前考虑过这一问题,因此注视点采用星号,而未采用“+”。FRN 的局部背景依赖效应这一结果也说明了被试可以通过线索有效区分获益背景和损失背景。

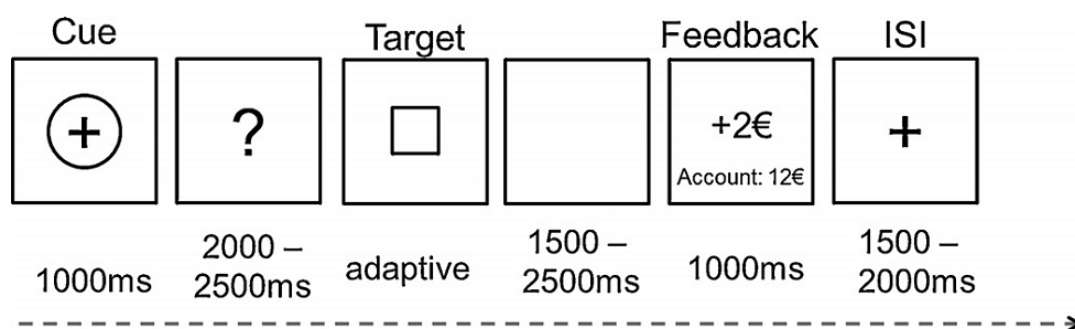


图 2 Pfabigan 等人 (2015) 的任务流程图

(2) 前人曾采用“+”、“-”作为线索和结果反馈。如 Yu, & Zhou (2006) 和 Yu, Luo, Ye, & Zhou (2007) 采用“+”、“-”作为线索; Holroyd, Larsen, & Cohen (2004)、Oliveira, McDonald, & Goodman (2007) 和 Osinsky, Walter, & Hewig (2014) 采用“+”、“-”作为采用结果反馈。以上研究的结果中表明线索和结果反馈是起作用的。

(3) 进行练习实验前,主试会通过指导语反复强调线索-结果关联,并遮盖指导语要求被试回忆,确保其能够确实记住和区分这一关联。然后,进行练习实验时,被试有关这

一关联记忆会通过练习进一步巩固。最后，进行正式实验前，主试会再次确认被试是否能够记住和区分这一关联。

- Holroyd, C. B., Larsen, J. T., & Cohen, J. D. (2004). Context dependence of the event-related brain potential associated with reward and punishment. *Psychophysiology*, *41*(2), 245–253.
- Oliveira, F. T., McDonald, J. J., & Goodman, D. (2007). Performance monitoring in the anterior cingulate is not all error related: expectancy deviation and the representation of action-outcome associations. *Journal of cognitive neuroscience*, *19*(12), 1994-2004.
- Osinsky, R., Walter, H., & Hewig, J. (2014). What is and what could have been: An ERP study on counterfactual comparisons. *Psychophysiology*, *51*(8), 773–781.
- Pfabigan, D. M., Seidel, E. M., Paul, K., Grahl, A., Sailer, U., Lanzenberger, R., ... & Lamm, C. (2015). Context-sensitivity of the feedback-related negativity for zero-value feedback outcomes. *Biological psychology*, *104*, 184-192.
- Yu, R., Luo, Y., Ye, Z., & Zhou, X. (2007). Does the FRN in brain potentials reflect motivational/affective consequence of outcome evaluation. *Progress in Natural Science*, *17*(13), 136-143.
- Yu, R., & Zhou, X. (2006). Brain potentials associated with outcome expectation and outcome evaluation. *Neuroreport*, *17*(15), 1649-1653.

D)图 1 中长箭头上方的左边和中间都有一些黑色的点，请注意遮盖或删除。空屏二字后面也有一个黑点，请删除。

回应：

感谢您的提醒。

非常抱歉这一细节问题，我们把黑点进行了遮盖，详见正文图 1。

E)反应动态调整问题，作者提及滑动时间窗是为了匹配正确错误的百分比，那么作者为什么要匹配正确率为 50%呢？50%的正确率其实会给被试带来极大的挫败感。如果是为了反馈其实我感觉还不如前人的给假反馈的方式来匹配正负反馈次数呢。其次，这个设置被试是否提前知悉？如果没有的话被试应该会比较迷惑，这估计也会影响脑电的成分。

回应：

感谢您的意见。

(1) 滑动时间窗口是 FRN 相关研究中常采用的设置之一，时间估计任务 (time estimation task; Mars, et al., 2004; Miltner et al., 1997) 和金钱奖励延迟任务 (monetary incentive delay task; Pfabigan et al., 2015) 中均有采用。

之所以采用滑动时间窗口来保证正确率为 50% 左右,是因为这样使得被试很难形成固定的内在标准,而更多依靠外部反馈来判断时间估计是否准确(Mars, et al., 2004; Miltner et al., 1997),从而确保反馈相关负波(feedback-related negativity, FRN)的产生,避免错误相关负波(error-related negativity, ERN)的产生。反馈相关负波是由外部反馈引发的,而错误相关负波则是由内部标准判断出的反应错误引发的。

(2) 练习实验时,主试会告知被试“判断对错的标准不是标准 1 秒钟,而是以 1 秒钟为中点的一个时间范围”;练习实验完成之后,主试会告知被试“一般人的正确率大概为 45%~55%左右,很少有人可以达到 60%以上或 40%以下的正确率”,同时强调这一反馈是真实的(事实上,反馈确实是根据被试的真实表现给予的),让被试尽量根据反馈调节行为策略,从而最大化获益,最小化损失。但是不会告知被试滑动时间窗口这一设置,也不会告知被试判断对错的标准是会变化的。

Mars, R. B., De Bruijn, E. R. A., Hulstijn, W., Miltner, W. H. R., & Coles, M. G. H. (2004). What if I told you: 'you were wrong'? Brain potentials and behavioral adjustments elicited by feedback in a time-estimation task. M. Ullsperger, M. Falkenstein (Eds.), *Errors, Conflicts, and the Brain. Current Opinions on Performance Monitoring*, MPI of Cognitive Neuroscience, Leipzig, 129-134.

Miltner, W. H., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: evidence for a "generic" neural system for error detection. *Journal of cognitive neuroscience*, 9(6), 788-798.

Pfabigan, D. M., Seidel, E. M., Paul, K., Grahl, A., Sailer, U., Lanzenberger, R., ... & Lamm, C. (2015). Context-sensitivity of the feedback-related negativity for zero-value feedback outcomes. *Biological psychology*, 104, 184-192.

F)“若未发现负向偏转,则 FRN 波幅值记为 0  $\mu\text{V}$ ”这里请报告有多少比例的刺激有这种现象?如果如作者前言所提及,不管正负偏转都作为 FRN 的话,那么这里的方法就有问题了。非负向偏转的试次数量在条件之间是否具有差异?

回应:

感谢您的意见。

请您参考前言部分的**意见 4 (C)** 的回应。

(1) “若未发现负向偏转,则 FRN 波幅值记为 0  $\mu\text{V}$ ”这一现象总体比例为 7.67%,我们已将相关信息添加在 2.3 *EEG 的记录和分析*倒数第二段,如下:

“……根据这一规则,共有 23 个数据记为 0  $\mu\text{V}$ , 占 7.67%。……”

(2) 这里的“负向偏转”可能使您误解了，非常抱歉。这里的“负向偏转”指的是 FRN 峰峰值为负数，并非指正反馈诱发的原始波是一个正向偏转的 ERP 成分，我们已在 2.3 EEG 的记录和分析 进行修改。

就原始波来说，一般正反馈所引发的 ERP 成分也是负向偏转的，但是这一负成分可能没有负反馈所引发的负成分那么明显，主要包含三种形态，如图 1 所示（参见意见 4 (C) 的回应）。如果采用本研究的峰峰值算法（FRN-P2）得到 FRN 的波幅值，则正反馈 1 的 FRN 波幅值会大于 0  $\mu\text{V}$ ，正反馈 2 的 FRN 波幅值可能会等于 0  $\mu\text{V}$ ，正反馈 3 的 FRN 波幅值会小于 0  $\mu\text{V}$ 。由于事实上，正反馈诱发的 250ms 左右的成分为负走向，“若峰峰值未发现负向偏转，则 FRN 波幅值记为 0  $\mu\text{V}$ ”，这一规则常应用于正反馈 1 情况的 FRN 波幅值。我们参照了前人的研究，采用这个规则。

(3) 本研究中，绝大多数是取值的结果是正反馈 3 情况（见图 1）。只有 13 个取值为正反馈 1 情况（其中获益-正条件有 4 个，损失-正条件有 9 个），7 个取值为正反馈 2 情况（其中获益-正条件有 2 个，损失-正条件有 5 个）。

G)行为数据分析的第二段属于无关描述。因为这段话可以用在任何用了方差分析和报告了效应量的论文中，要写明这个跟咱们的论文有什么直接的关系。建议在用了这些的地方写一下就可以了，不用概述。

**回应：**

感谢您的建议。

相关部分已经修改，如下：

*“……本研究使用 SPSS 17.0 进行数据分析。如有需要，采用 Greenhouse-Geisser 对数据进行校正……”*

**意见 6：**

结果部分。

A)图 2 请注意图例中的点线和图中的点线模式不同，请修正。

**回应：**

感谢您的提醒。

十分抱歉我们的这个细节错误，现已将点线全部统一为方点点线，详见正文图 5 和附录中图 8。

B)能否在图中大致标记出所用的时间窗口？虽然每个被试的窗口不同，但是至少有一个平均的窗口存在。增加示例有助于读者理解论文结果

回应：

感谢您的建议。

我们已在正文图 5 和附录图 8 的波幅图中，用黄色色块标记出 FRN 的平均时间窗口（200~300 ms），希望这一修改可以有助于理解论文结果。

C)建议作者将结果表格做成柱状图放在脑电波形图的旁边，并标明哪些效应是显著的，更有利于读者理解结果。

回应：

感谢您的建议。

我们已将结果表格做成柱状图（正文图 2、正文图 4 和附录图 7），使用\*表示效应的显著性（\*： $p < .05$ ；\*\*： $p < .01$ ；\*\*\*： $p < .001$ ），希望这次修改更易于结果的理解。

D)表 3 标题多了 1 个的。

回应：

感谢您的提醒。

我们已经将正文表 3 标题中多余的“的”删除。

E)我认为后面前 20 试次的分析可以放到补充材料里面，毕竟这个不是本研究的核心结果。可以节省篇幅，节省读者时间。

回应：

感谢您的建议。

我们已经将前 20 试次的分析结果移至附录 1，并在 3.2 ERP 结果中进行了说明。如下：

“……前20 试次脑电数据的分析结果（详见附录1）与所有试次的分析结果完全一致，反馈出现后波幅变化模式也基本一致，说明试次数并未对不同条件下的FRN 波幅产生显著影响，排除了试次数的影响。……”

意见 7:

讨论部分。“被试对事件的的好坏评估”多了一个的。讨论部分太泛，请注意结合你的研究结果，尤其是与对标论文进行深入讨论，目前的讨论无论从字数上还是从深度上都不够。讨论还应该指出本研究的不足之处。

回应:

感谢您的意见和建议。

(1) 我们已将多余的“的”去除。

(2) 我们修改了对本研究结果的阐述，并在其后添加了 Kujawa et al. (2013) 结果的叙述，通过两者比较引发之后的讨论。

(3) 我们已在 4 讨论 最后一段添加了不足之处，如下：

“……本研究在数据挖掘方面还存在不足，还需采用更加深入的分析方法，如主成分分析和时频分析等，从另一个角度对 FRN 的背景依赖效应进行检验。另外，针对时间估计任务中行为与脑电活动的关系，可以采用脑电信号的单试次分析，以更好地探究反馈评估中行为适应的脑机制。”

意见 8:

英文摘要。英文摘要翻译痕迹还很重，请作者仔细修改。比如“The former research”一般来讲应该为 previous researches,“in a trial-by-trial wise”一般没有这种表达。

回应:

感谢您的意见和建议。

我们已对英文摘要进行重新修改，并将一些不恰当的词进行替换，

“former research” 替换为 “previous researches” ；

“in a trial-by-trial wise” 替换为 “presented trial by trial” 。

为了区分开 “negative” 和 “negativity” ，我们将 “relative negative” 改为了 “relative unfavorable” ，相应的 “relative positive” 改为了 “relative favorable” 。

.....  
审稿人 2 意见:

该研究采用时间估计任务，通过操纵赢输反馈背景，考察了反馈评估的背景依赖效应，实验结果主要发现，在得失背景中，相对负反馈比相对正反馈诱发更大的负 FRN。部分支

持了局部背景依赖效应。该研究有趣而又科学，实验设计严谨，对于人们认识反馈评估的机制有一定贡献。同时，也存在一些问题：

#### 意见 1:

摘要部分：“结果发现，得钱和失钱背景下，负反馈均比正反馈诱发显著更负 FRN，说明该背景依赖可以延伸到局部水平”，这句话并不能得出该结论，只能说明背景依赖独立性。请重新概括实验结果。

#### 回应:

感谢您的意见和建议。

(1) Holroyd, Larsen, & Cohen (2004) 首次探究 FRN 的产生是否依赖于背景信息。**背景依赖**是指如果人在不同实验背景，对某个反馈刺激的价值评估是根据其在具体背景的相对价值（与同处于该实验背景下的其他反馈相比较得出）来判断，则其评估受到背景影响。而**背景独立**是指人在不同实验背景，对某个反馈刺激的价值判断相同，则其评估不受背景影响。目前相关研究结果基本一致，**FRN 是背景依赖的，而非背景独立的**（Holroyd, et al., 2004; Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger, & Cohen, 2004; Kujawa, et al., 2013; Osinsky, Walter, & Hewig, 2014）。

(2) Kujawa 等人 (2013) 提出了背景依赖包含两种水平，**整体水平**（global）和**局部水平**（local）。研究这个问题，实验设置的前提是获益/损失线索（背景）试次间变化，而不是组块间变化。当获益/损失背景为试次间变化，而被试在进行结果评估时提取了背景信息，依据所在试次的背景进行评估，就说明结果评估的背景依赖效应存在于局部水平。如果被试不能提取每个试次的背景，而是以整个实验的所有可能的结果为背景，进行结果评估，就说明结果评估背景依赖效应存在于整体水平。

本研究中，获益/损失线索试次间变化，发现结果评估提取了某个试次的背景信息，在获益/损失背景中，都是相对负反馈比相对正反馈诱发更负的 FRN。这一结果证明背景依赖是局部水平的。

(3) 非常抱歉在摘要中我们没有阐明假设前提（线索为试次间变化）等信息，可能导致误解。我们在摘要中重新概括了结果部分，希望易于理解。如下：

“……结果发现，背景试次间变化时，在获益背景下，0¥(负反馈) 比+4¥(正反馈) 引发更负的 FRN (feedback-related negativity)；在损失背景下，-4¥(负反馈) 比 0¥(正反馈) 引

发更负的FRN。说明反馈评估以某线索背景中可能的结果为参考对象，FRN的背景依赖可以延伸到局部水平。……”

Angus, D. J., Latham, A. J., Harmon-Jones, E., Deliano, M., Balleine, B., and Braddon-Mitchell, D. (2017). Electrocortical components of anticipation and consumption in a monetary incentive delay task. *Psychophysiology*, 54(11), 1686-1705.

Holroyd, C. B., Larsen, J. T., & Cohen, J. D. (2004). Context dependence of the event-related brain potential associated with reward and punishment. *Psychophysiology*, 41(2), 245-253.

Kujawa, A., Smith, E., Luhmann, C., & Hajcak, G. (2013). The feedback negativity reflects favorable compared to unfavorable outcomes based on global, not local, alternatives. *Psychophysiology*, 50(2), 134.

Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Holroyd, C. B., Schurger, A., & Cohen, J. D. (2004). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral cortex*, 14(7), 741-747.

Osinsky, R., Mussel, P., & Hewig, J. (2012). Feedback-related potentials are sensitive to sequential order of decision outcomes in a gambling task. *Psychophysiology*, 49, 1579–1589

## 意见 2:

文献综述部分，请系统论述背景独立性、背景依赖性等研究进展，包括它们为什么不能解决反馈评估到底是背景独立还是依赖的。以及针对这些缺陷，本研究如何克服上述缺陷进而解决这个问题的（也即本研究的重大价值）。

## 回应:

感谢您建议。

结合意见 1 的回应中所提到的，目前相关研究发现 **FRN 是背景依赖的，而非背景独立的** (Holroyd, et al., 2004; Nieuwenhuis, et al., 2004; Kujawa, et al., 2013; Osinsky, et al., 2014)，这个问题目前结论基本一致。本研究主要探究当人在进行反馈评估时，**背景依赖**效应是只能在**整体**水平上发挥作用，还是可以延伸到**局部**水平。

我们在引言中做了相应调整，主要阐述了有关背景依赖的相关研究，尤其是 Holroyd, et al., (2004)（首次提出 FRN 是背景依赖还是背景独立的）和 Kujawa, et al., (2013)（提出背景依赖可以分为整体和局部两种水平）的研究。目前研究中，有的研究说明背景依赖不能



延伸到局部水平 (Kujawa, et al., 2013), 而有的研究结论相反 (Angus et al., 2017)。前言中我们对这个争议做了详细分析。

针对背景依赖到底是局部水平还是整体水平这个研究问题, 1 前言部分的最后两段介绍了本研究的实验设计以及结果预期。

### 意见 3:

为什么只选取 Fz, FCz 和 Cz 电极进行分析, 请阐明原因和引用文献:

### 回应:

感谢您的意见。

(1) 前人研究发现 FRN 主要分布于前额-中部头皮 (fronto-central scalp, Walsh & Anderson, 2012), 主要定位于前扣带回 (Gehring, & Willoughby, 2002; Holroyd & Coles, 2002; Miltner et al., 1997)。Fz、FCz 和 Cz 三个电极点处于前中部区域。

(2) 前人研究较多选取 Fz、FCz 和 Cz 三个点。如 Holroyd 等人 (2004) 选取 FCz 点; 向玲, 王宝玺, 张庆林, & 袁宏 (2008) 发现 Fz 点的 FRN 波幅最大, 并选取 Fz 点 FRN 波幅进行分析; Kujawa 等人 (2013) 选取 Fz 和 FCz 点; Osinsky 等人 (2014) 年选取 Fz 和 Cz 点。

综上, 所以本研究只选取了 Fz、FCz 和 Cz 三个电极点进行分析。

Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295, 2279–2282.

Walsh, M. M., & Anderson, J. R. (2012). Learning from experience: event-related potential correlates of reward processing, neural adaptation, and behavioral choice. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(8), 1870-1884.

Xiang, L., Wang, B. X., Zhang, Q. L., & Yuan, H. (2008). The effect of reference point of the feedback-related ERPs. *Advances in Psychological Science*, 40(12), 1240-1249.

(向玲, 王宝玺, 张庆林, & 袁宏. (2008). 反馈相关 ERP 成分的参照点效应. *心理学报*, 40(12), 1240-1249.)

### 意见 4:

结果部分, 请添加对应的脑地形图, 以便于知道 FRN 对应空间信息。

回应: 感谢您的建议。

我们已将地形图添加至正文图 6。因为线索的主效应并不显著，为了呈现重要结果，我们将获益-正反馈和损失-正反馈合并为正反馈，获益-负反馈和损失-负反馈合并为负反馈，正文图 6 中地形图为负反馈减正反馈所得的差异波的地形图。

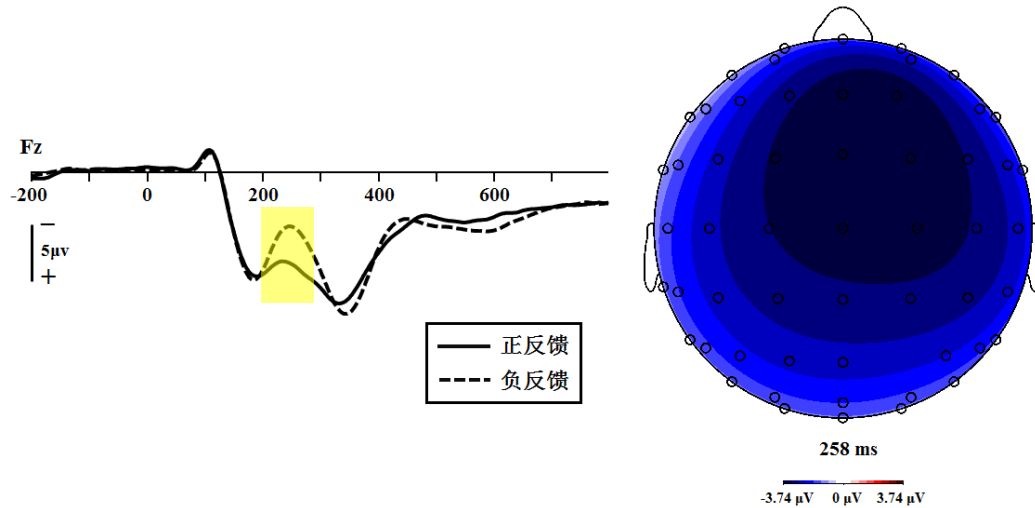


图 3 (正文图 6) 正、负反馈所引发 FRN 波幅图 (Fz 点) 及其差异波的地形图

#### 意见 5:

结果部分，请报告 P300 效应的分析结果，一方面进一步支持 cue 的奖赏效应和排除实验结果是否由于预期效应导致。

#### 回应:

感谢您的建议。

(1) 本研究的主要研究目的是探究反馈结果加工过程中，FRN 的背景依赖效应。获益线索或损失线索主要用来构建某一试次上的获益背景或损失情境，为该试次上的结果反馈评估提供背景信息。因此，并没有分析线索诱发的脑电活动。

(2) 就结果效价与所处背景效价（线索的效价）是否一致而言，获益背景中，+4 与获益背景均为正，可看为非意外反馈，0 与获益背景效价不一致，可看为意外反馈；同理，损失背景中，-4 与获益背景均为负，可看为非意外反馈，0 与获益背景效价不一致，可看为意外反馈。根据反应-结果的预期模型 (prediction of response-outcome model, Alexander, & Brown, 2011)，意外反馈要比非意外反馈引发更负的 FRN，无关效价如何。但本研究结果发现，损失背景下，相较于非意外反馈，意外反馈并未引发更负的 FRN，因此我们认为可以排除结果效价与所处背景效价是否一致这一**预期因素**对效价的影响。

Alexander, W. H., & Brown, J. W. (2011). Medial prefrontal cortex as an actionoutcome predictor. *Nature Neuroscience, 14*, 1338–1344.

意见 6:

统计结果部分， $p > 0.05$  的表述，请添加具体的 P 值，以方便读者理解部分边缘效应。

回应:

感谢您的建议。

我们已经将  $p > .05$  均替换成具体的  $p$  值， $p = .000$  使用  $p < .001$  替换，请查看 3 结果。

意见 7:

请作者提供局部背景依赖效应的示意图，请参考 Holroyd et al., 2004 Figure1。以及该研究是否能回答 partial dependence 效应。

回应:

感谢您的建议。

(1) 我们已经提供了了示意图，请参见前言部分图 1（正文）。

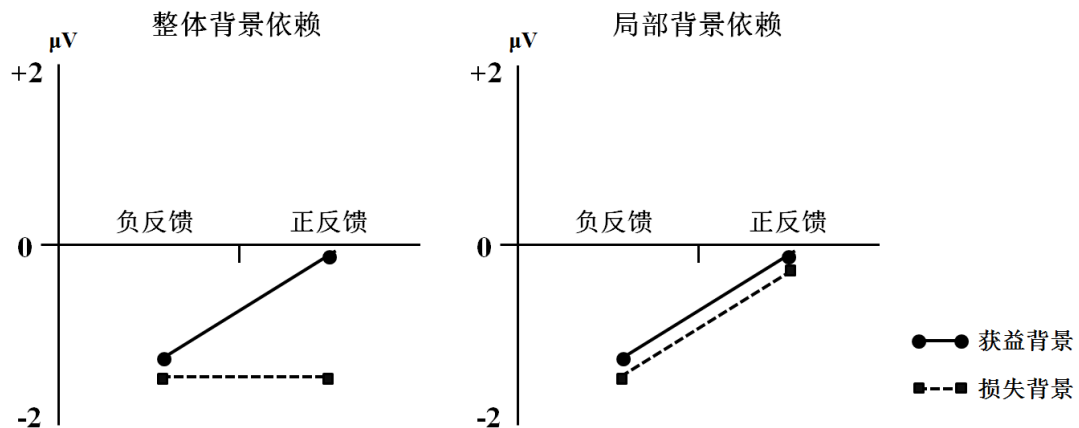


图 4 (正文图 1) 背景依赖情况示意图。如果结果评估采取整体依赖模式，结果如左图所示，被试以所有可能的结果为参照，相对坏的结果比相对好的结果引发更负的 FRN，不受所在试次线索背景的影响。如果结果评估采取局部依赖模式，结果如右图所示，被试以本试次背景下可能的结果为参照，相对坏的结果比相对好的结果引发更负的 FRN。

(2) 根据 Holroyd 等人 (2004) 的定义, partial dependence 指一种既包含背景依赖, 又包含背景独立的结合体。若结果评估遵循 partial dependence, 那么 win 背景下的大量级获益 (win 背景下的最好结果) 会比 loss 背景下的零损失 (lose 背景下的最好结果) 主观价值更高 (背景独立效应); loss 背景下的零损失 (lose 背景下的最好结果) 会比 win 背景下的零获益 (win 背景下的最坏结果) 主观价值更好 (背景依赖效应)。

(参考: Figure 1c illustrates a third possibility involving a combination of context dependence and context independence (“partial dependence”). Note that in this case, the system values a large gain in the win condition more than receiving nothing in the lose condition (context independence), and values receiving nothing in the lose condition more than receiving nothing in the win condition (context dependence))

本研究结果发现在获益背景下, 零反馈 (负反馈) 比获益反馈 (正反馈) 引发更负的 FRN (feedback-related negativity); 在损失背景下, 损失反馈 (负反馈) 比零反馈 (正反馈) 引发更负的 FRN, 说明反馈评估以某线索背景中可能结果为参考对象, FRN 的背景依赖可以延伸到局部水平, 因此本研究结果支持背景依赖效应, 并不能回答 partial dependence 效应。

#### 意见 8:

请重新控制估计时间绝对量, 看实验结果是否是由于该时间导致 FRN 不同条件的差异。

#### 回应:

感谢您的建议。

对于时间估计的绝对量, 如果计算被试实际估计时间, 那么求平均数的时候, 时间估计过长和过短的试次平均之后, 会掩盖实际的错误程度。因此我们计算了时间估计的偏离度, 用“实际估计时间减去 1 秒”绝对值作为指标。被试的估计偏离 1 秒越多, 表现越差。

以被试时间估计偏离度为因变量, 进行 2 (线索: 获益、损失) × 2 (效价: 正、负) 的重复测量方差分析, 发现无论获益背景或损失背景, 负反馈 ( $M = 225.70$  ms,  $SD = 57.36$  ms) 时的偏离度要显著大于正反馈 ( $M = 66.07$  ms,  $SD = 21.79$  ms),  $F(1,24) = 67.07, p < .001, \eta_p^2 = .74$ 。获益 ( $M = 143.93$  ms,  $SD = 86.19$  ms) 与损失 ( $M = 167.84$  ms,  $SD = 96.59$  ms) 线索无显著差异,  $F(1,24) = 1.62, p = .215$ 。线索 × 效价交互作用不显著,  $F(1,24) = 1.56, p = .224$ 。结果说明, 正、负反馈是合理的, 是根据实际表现给予反馈; 不同线索间偏离度没有差异, 估计时间绝对量这个可能的影响因素已经得到控制。

#### 意见 9:

前 20 试次的 FRN 结果基本上保持一致，请简略报告不一致部分，无需重新报告一遍；并且该结果并没有支持作者的假说，请作者对该结果进行讨论。

#### 回应:

感谢您的建议。

初稿中，共 20 名被试参与本实验，所有试次的结果与前 20 试次的结果基本一致，不一致部分在于所有试次的结果显示损失背景下，负反馈比正反馈引发了更负的 FRN；但是前 20 试次的结果显示损失背景下，正、负反馈引发的 FRN 无显著差异。

根据审稿人 1 的意见 1，我们增加了样本量（增加了 5 名被试，目前共 25 名有效被试）。增加样本量之后，所有试次和前 20 试次的结果完全一致，详见正文 3.2 ERP 结果 和附录 1：前 20 试次的 FRN 结果。而初稿中的不一致可能是由被试量不足导致的。

我们已经根据您的建议将前 20 试次的 FRN 结果放到附录 1，在正文中仅总结了前 20 试次的主要 FRN 统计结果。

#### 意见 10:

引言部分 page2-3，作者阐述了 Kujawa 的研究发现，“结果发现…失钱反馈和零反馈均被评为不利结果，比得钱反馈诱发显著更负的 FRN,……该结果也支持背景依赖为整体水平….”，该表述有问题，请作者按照文章的结果表述。

#### 回应:

感谢您的意见和建议。

我们已经根据 Kujawa 等人 (2013) 的研究结果进行更为具体的结果表述，如下：

“……结果发现，获益背景下，零获益比获益反馈引发更负的 FRN；损失背景下，零损失与损失反馈所引发的 FRN 无显著差异。跨线索比较发现，零获益、零损失和损失反馈无显著差异，零损失和损失反馈显著负于获益反馈。……”

#### 意见 11:

引言部分，Win 或是 Loss 大小写请保持一致。

#### 回应:

感谢您的建议。

十分抱歉，写作时没有统一大小写。我们已经将引言中开头字母未大写的“win”、“lose”和“even”全部修改为“Win”、“Lose”和“Even”。

意见 12:

流程图中，第二个空屏设置的意义是什么？请阐明。

回应:

感谢您的提醒。

第二个空屏位于被试反应和反馈呈现之间，呈现时间为随机 400~600 ms。这是 jitter 设置，主要是为了防止被试形成预期，而预期效应是个混淆因素。

---

## 第二轮

审稿人 1 意见:

作者已经对原稿做了较好的修改，建议发表。

审稿人 2 意见:

感谢作者认真详细的回复。建议发表。

编委意见:

我看了，觉得没有问题，可以发表了。

回应:

感谢编委专家和两位审稿专家宝贵的意见和建议！我们在一审修改版本的基础上，做出一定修改，修改内容用绿色标出（一审修改内容用红色标出），希望文章更加完善。

主要修改内容:

- 1 添加重要术语的英文翻译，如 *feedback evaluation*、*performance monitoring* 等。
- 2 对原来未解释清楚的进行补充，如在引言中添加奖赏正波的获取方式，希望更好地回答审稿人 1 的意见 4C。

“……奖赏正波通常是 *FRN* 差异波（即负反馈引发的脑电成分减去正反馈引发的脑电成分）或采用主成分分析技术得到的……”

- 3 补充文献，如 Ullsperger, Danielmeier & Jocham, 2014。

4 用更准确的表述代替不准确或易产生歧义的表述，如讨论中的“负”被替换为“相对更坏的”、“正”被替换为“相对更好的”。

5 参考文献中，用期刊全称替换期刊简称，如：

“*J. Neurosci.*”被替换为“*Journal of Neuroscience*”，“*Neurosci.Behav. Rev.*”被替换为“*Neuroscience & Biobehavioral Reviews*”。

6 对错别字进行修改，如讨论中“研究这”修改为“研究者们”。