

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：身份交换对多身份追踪表现的影响

作者：胡路明，吕创，张学民，魏柳青

第一轮

审稿专家一意见回复：

意见 1: 实验的关键操控方法表述不清楚。当目标与干扰子身份交换后，到底哪个是当前要追踪的目标，是继续追踪原目标位置和其新身份，还是追踪原目标身份和其新位置？文中并未对此进行说明。更重要的是在实验指导语中是如何向被试说的，如果同样未做确切说明，那么不同被试可能在做不同的任务，实验结果就无法说明问题。作者最好也逐一检视每个被试数据，确保被试对实验任务的理解相同。另外，在一个 trial 中是否身份最多只交换一次？

回应: 十分感谢审稿专家的认可和提出的宝贵意见！（1）本研究中研究的是身份交换为“当目标与干扰子身份交换后，继续追踪原目标位置和其新身份。”文中阐述上可能出现不清晰的地方，已根据审稿专家的意见增加详细描述，修改内容见 2.4 实验过程部分。实验时已在实验指导语中作出确切说明，并设有练习实验帮助被试理解当前任务，确保每一被试均能够准确理解当前任务，执行任务一致。为进一步准确回应这一问题，作者也根据审稿专家意见逐一检视每个被试的数据，确未发现异常。因此，被试对实验任务理解均正确，且执行同一任务。

H0:假设被试当前执行任务为追踪原目标身份和其新位置。（因身份不交换条件不存在这一问题，是以主要核查其他三种实验条件（非目标间身份交换，目标间身份交换，非目标与目标间身份交换）的数据结果）

	新位置正确率						原身份正确率					
	4 个目标			5 个目标			4 个目标			5 个目标		
	DDS	TTS	TDS	DDS	TTS	TDS	DDS	TTS	TDS	DDS	TTS	TDS
H0 为真	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H0 为假	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
数据结果	0.95	0.09	0.28	0.89	0.18	0.30	0.89	0.22	0.41	0.70	0.42	0.53
结果判断	T	F	F	T	F	F	T	F	F	T	F	T

根据检查结果可知，整体上，非目标间身份交换追踪正确率接近 1 方向，目标间身份交换和目标与非目标间身份交换条件追踪正确率都接近 0 方向。前者因为身份交换发生在非目标间，目标身份新旧身份事实上并未发生改变，理论上不影响正确率，更接近 1，结果也得以证实。后两者，目标的身份和位置发生了变化，倘若被试追踪原目标身份和其新位置，其正确率应该接近 1 方向，而实际结果表明数据更接近 0 方向。也即，有理由认为 H0 假设不成立。因此，从数据检视结果来看，被试确实追踪原目标位置和其新身份。

(2) 是的, 在一个 trial 中, 只在追踪阶段的一个时点处发生一次身份交换。这一问题同样根据审稿专家意见做了详细地修改, 修改内容请见正文第 6 页“2.4 实验过程”深红色字体部分。

意见 2: 概念梳理不够清楚, 核心假设和逻辑也显得模糊。整个文章中常把“系统”、“注意”、“资源”、“(并行)加工”等模糊地放在一起介绍, 没有明确界定它们的区别和联系。具体的说法也有些存在问题, 例如: “倘若位置加工系统和身份加工系统属于同一注意资源”, “系统”是如何从属于“注意资源”? 这样很模糊的概念很难引出明确的假设, 也很难做出确切的检验。

回应: 十分感谢审稿专家细致的宝贵意见! 根据审稿专家的意见和建议, 已对全文相关概念进行重新梳理和明确表述。另, 原文中“倘若位置加工系统和身份加工系统属于同一注意资源”, “系统”是如何从属于“注意资源”? 这一问题的意图表述是“倘若位置加工系统和身份加工系统共同占用同一注意资源”。此处, 也已根据审稿专家的建议, 重新修正表述。详细修改请见稿件正文“1.2 身份-位置绑定机制”最后一段(位于第 5 页第一段第四行处)。其余概念梳理修改则请详见前言部分其余深红色字体内容。

意见 3: 研究的创新性说明得不清楚。在 Lyu, C., Hu, S., Wei, L., Zhang, X., & Talhelm, T. (2015) (Brain Activation of Identity Switching in Multiple Identity Tracking Task. *Plos One*, 10(12)) 一文中采用相同范式探讨了类似的问题, 此研究相对于那篇研究的创新之处在哪里?

回应: Lyu 等(2015)的研究是本课题组当前系列研究中的一项核磁研究成果, 主要侧重于关注加工由不同身份交换所造成的注意激活脑区的差异, 并以此来探讨身份交换下的注意特点及其神经机制。这一研究是将身份交换作为一种现象来研究, 对身份-位置绑定机制的探讨并不充分和细致。然而, 本研究则着重聚焦于探讨身份-位置绑定受干扰后对多身份追踪表现的影响, 身份交换任务仅作为一种范式来使用。这是两份研究最主要的差异。本研究是对这一研究的进一步延续和深化。首先, 为避免行为反应过程对功能磁共振成像的影响, Lyu 等(2015)的研究采用部分报告法对实验过程反应进行控制, 但从行为实验的角度出发, 全部报告法对于认知机制的研究应更为精确。因此, 本研究着重对比考察了这两种方法下的行为反应过程。其次, 该研究中所探讨的实验条件范围不够全面, 未涉及到目标与非目标间身份交换条件。本研究全面考察了四种身份交换条件下的位置追踪和身份识别, 更细致和全面地探讨了身份-位置失绑定的情形。最后, 由于该研究是功能磁共振成像研究, 对实验处理条件进行了一定简化, 并在实验呈现方式上采用了区组设计, 在行为研究上并不具有代表性。综上, 本研究在 Lyu 等(2015)的研究基础上, 进一步对实验条件和实验控制进行改进, 更系统和精细化地考察了身份-位置绑定的认知机制, 并在不同报告方法下进行了重复考察。详细修改请见正文前言“1.2 身份-位置绑定机制”(即位于第 4 页第一段深红色字体部分)。

参考文献

Lyu, C., Hu, S., Wei, L., Zhang, X., & Talhelm, T. (2015). Brain activation of identity switching in multiple identity tracking task. *Plos One*, 10(12), e0145489.

意见 4: 结果的稳定性需考量。Lyu et al.(2015)采用相同范式的结果显示各种身份交换条件下的追踪正确率和反应时均无明显差别, 而此研究却显示有差别, 导致此不同结果的可能原因在哪里?

回应：十分感谢审稿专家认真细致的建议。(1) 首先，本研究并未将被试选择目标的反应时作为结果指标进行考察。这一指标的含义模糊，所指意义不明确，受较多因素的干扰。以往的多目标追踪研究中也较少将其作为结果指标分析。Lyu 等(2015)的研究也仅将其作为被试反应正常的参考指标，未对其进行深入探讨。(2) 其次，确如审稿专家所提，本研究与 Lyu 等(2015)采用范式相同。只是本研究的结果并非与其不同，而恰恰是具有一致性。作者根据审稿专家的建议，将两份研究的数据进行了对比，结果如表 1 和表 2 所示。因其研究未涉及目标与非目标间身份交换这一条件，因此仅对比了目标间身份交换(TTS)，非目标间身份交换(DDS)，身份不交换(NOS)三种条件。表 1 以 Lyu 等(2015)等的部分报告法数据与本研究实验 1 目标为 4 个时的身份识别结果进行对比，并将这一结果与文中相同的独立样本 t 检验结果再做比较。表 2 则以 Lyu 等(2015)的部分报告法结果与本研究实验 2 的部分报告法结果进行对比分析。

表 1 结果发现，本研究中实验 2(部分报告法)与实验 1(全部报告法，目标数=4)的身份识别正确率在三种条件(TTS, DDS, NOS)之间差异并不显著，此处用 Lyu 等(2015)的核磁行为数据与实验 1(全部报告法，目标数=4)对比分析再次验证了这一结果。表 2 结果发现，本研究实验 2 与 Lyu 等(2015)的核磁行为结果在三种条件(TTS, DDS, NOS)之间也并不具有显著性差异。这说明，本研究和 Lyu 等(2015)的研究结果在这三种条件上所得结果一致。

最后，之所以 Lyu 等(2015)的研究中各身份交换条件间不存在差异，其主要原因在于其研究未涉及目标与非目标间身份交换条件(TDS)。而本研究中更全面地考察了各种身份交换条件，也包括有目标与非目标间身份交换条件(TDS)。因此，本研究与 Lyu 等(2015)结果的不同主要是实验条件范围的差异。详细分析请见“3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响”部分（即正文第 13 页）。

表 1 Lyu 等(2015)与本研究(实验 1 目标数=4)的身份识别准确率对比分析结果

	TTS	DDS	NOS	N
Lyu 等(2015)	0.821 ±0.104	0.840 ±0.122	0.837 ±0.099	19
本研究(实验 1/目标数=4)	0.780 ±0.162	0.890 ±0.116	0.856 ±0.132	21
<i>df</i>	38	38	38	-
<i>t</i>	0.941	-1.328	-0.511	-
<i>p</i>	0.353	0.192	0.613	-
Cohen's <i>d</i>	0.149	0.21	0.081	-

表 2 Lyu 等(2015)与本研究(实验 2)的身份识别准确率对比分析结果

	TTS	DDS	NOS	N
Lyu 等(2015)	0.821 ±0.104	0.840 ±0.122	0.837 ±0.099	19
本研究(实验 2)	0.866 ±0.117	0.899 ±0.119	0.886 ±0.100	19
<i>df</i>	36	36	36	-
<i>t</i>	-1.253	-1.509	-1.518	-
<i>p</i>	0.218	0.14	0.137	-
Cohen's <i>d</i>	0.203	0.245	0.246	-

参考文献

Lyu, C., Hu, S., Wei, L., Zhang, X., & Talhelm, T. (2015). Brain activation of identity switching in multiple identity tracking task. *Plos One*, *10*(12), e0145489.

意见 5: 自变量水平的操作定义不清楚。作者的表述是“身份交换对身份-位置绑定干扰程度越大，位置追踪和身份识别正确率均越低”，那么如何定义哪种条件下身份交换对身份-位置绑定干扰程度大呢？何以认定目标与干扰子之间的身份交换就对身份-位置绑定干扰程度较大呢，因为这种条件下身份识别正确率低？这似乎是循环论证。

回应: 非常感谢审稿专家的建议。文中对于自变量的操作性定义未能阐述详尽，以增加相关表述。具体而言，不同身份交换条件对身份-位置绑定的干扰程度根据 MOMIT 的理论框架理论来进行推导的。首先，身份不交换条件下，所有运动对象的身份-位置绑定均不发生改变，即目标群的身份-位置绑定不受干扰，工作记忆负荷维持不变，可作为基线条件。其次，非目标间身份交换条件，仅非目标群的身份-位置绑定发生改变，目标群的身份-位置绑定维持不变。也即，目标群的身份-位置绑定也不受干扰，工作记忆负荷同样维持不变，预期结果与基线条件成绩一致。再次，目标间身份交换条件，目标群的身份-位置绑定发生改变。根据 MOMIT 理论，只需要在情景缓冲器中对身份-位置绑定进行解绑和再绑定。这增加了新的绑定单元，造成一定的工作记忆负荷。最后，目标与非目标间身份交换条件，目标群的身份-位置绑定同样发生改变，但本条件中目标群位置需与非目标群身份进行再绑定。根据 MOMIT 理论，新增加的绑定单元中的身份信息需再次经 LTM（长时记忆）再加工其身份信息，即需待 What 信息流加工完毕后再进行身份-位置重绑定。这既增加乐新的绑定单元，也增加了新的目标身份信息。相比于目标间身份交换条件，工作记忆负荷更大。简而言之，不同的实验条件逐一对应着同一理论模型在不同情形下的理论期望。本研究通过逐一检验这些实验条件下的多身份追踪表现，来验证以上理论期望。这并未根据多身份追踪表现成绩来定义身份-位置绑定的受干扰程度。详细补充请见正文前言“1.2 身份-位置绑定机制”（即位于第 4 页最后一段深红色字体部分），以及“2.2 实验设计”（即位于第 5 页）。

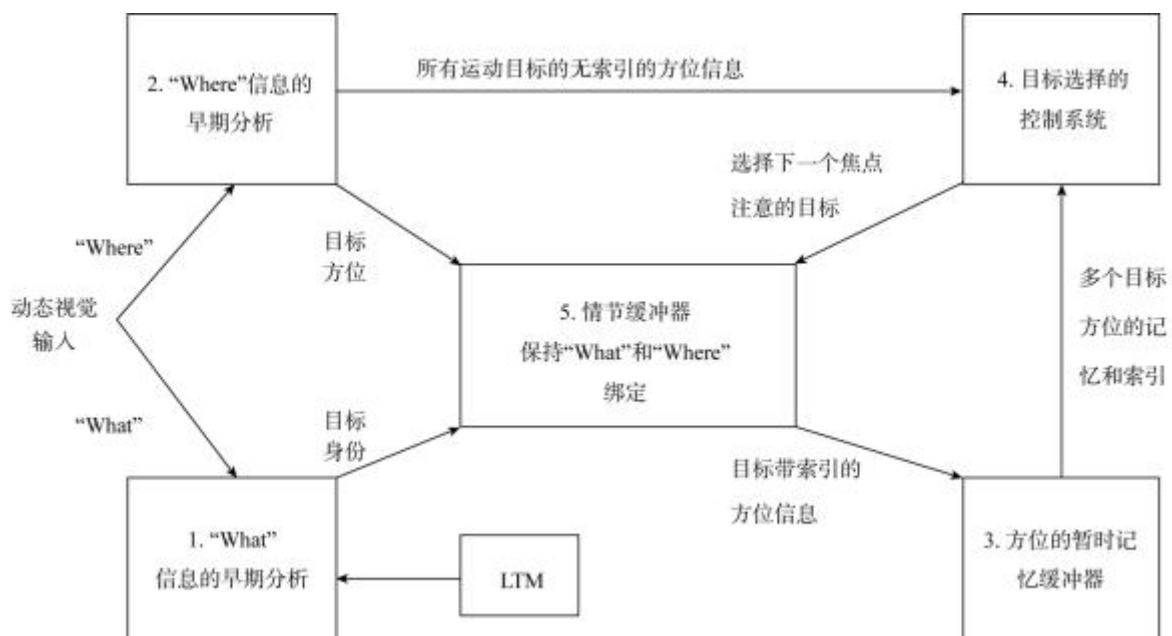


图 1 MOMIT 模型的总体结构(Oksama & Hyönä 2008)

参考文献

Oksama, L., & Hyönä J. (2008). Dynamic binding of identity and location information: A serial model of multiple identity tracking. *Cognitive Psychology*, 56(4), 237-283.

意见 6: 结果的解释不很清楚。为什么目标与目标间的身份交换时身份追踪正确率相对较高，而目标与干扰子间身份交换时身份追踪正确率最低？若考虑到当两个目标交换身份时，观察者需要重新进行 2 个身份-位置绑定；而当目标与干扰子交换身份时（假定是继续追踪原目标位置和其新身份，见上述的问题 1），只需要重新进行 1 个身份-位置绑定，似乎应是目标与干扰子身份交换更容易一些。而此研究的结果恰好相反，如何解释？

回应: 十分感谢审稿专家的建议与分析。本条意见修改可结合上一条意见回复内容来进行理解。本研究中，身份交换的形式分为三种类型，前两者与 Lyu 等(2015)的研究一致：a.目标间身份交换(TTS)，所有目标的身份重新在所有目标间分配，任一目标分配后身份均与分配前身份不同，非目标上的身份则维持不变，如 4 个目标数字为 1234，身份交换后重新分配的身份组合有 24 种，类似 2341,3142；b.非目标间身份交换(DDS)，所有非目标的身份重新在所有非目标间分配，任一非目标分配后身份均与分配前身份不同，目标上的身份则维持不变，如 4 个非目标数字为 5678，身份交换后重新分配的身份组合类似 7586,3142；c.目标与非目标间身份交换(TDS)，所有目标的身份重新在非目标间分配，同时所有非目标的身份重新在目标间分配，如 4 个目标数字为 1234，4 个非目标数字为 5678，身份交换后重新分配的身份组合类似目标为 7586，非目标为 3142。

因此，理论上来看，目标间身份交换(TTS)需要重新绑定 4 个身份-位置信息，非目标间身份交换(DDS)不需要重新进行身份-位置绑定，目标与非目标间身份交换(TDS)也需要重新绑定 4 个身份-位置信息。但，目标与非目标间身份交换(TDS)重新绑定的身份-位置信息与目标间身份交换(TTS)重新绑定的身份-位置信息不同。前者重新绑定的身份信息来自非目标群，记忆负荷增加，而后者重新绑定的身份信息仍来自目标群，不增加额外记忆负荷。详细补充和修改请见正文前言“1.2 身份-位置绑定机制”(即位于正文第 4 页第一段深红色字体部分)，以及正文“5.3 身份-位置绑定的受干扰程度对多身份追踪表现的抑制作用”(即位于正文第 19 页)。

参考文献

Lyu, C., Hu, S., Wei, L., Zhang, X., & Talhelm, T. (2015). Brain activation of identity switching in multiple identity tracking task. *Plos One*, 10(12), e0145489.

意见 7: 是否语音复述对此结果产生了重要影响？追踪的目标都是数字，被试很可能在追踪过程中不断进行语音复述。目标与干扰子身份交换条件下身份追踪正确率最低是否就是因为此条件下出现了 1 个新的数字身份？这时，因为与此前语音复述的数字不同，观察者或者错误报告了最初复述的数字，或者重新进行新的语音复述，复述还不稳固，导致数字报告错误。

回应: 十分感谢审稿专家的提议。以往多身份追踪研究中均未对这一因素加以控制，但语音复述却是一个重要因素，对这一问题的讨论具有较大意义。但针对该问题现有研究无法进行有效说明，因此追加新的实验来探讨这一因素的影响。实验 3 从听觉通道控制了语音复述，结果表明，语音复述并未对身份交换下的多身份追踪表现产生干扰作用。实验 3 结果与实验 1 结果相一致。详细讨论和补充请见“4 实验 3 控制语音复述的多身份追踪任务”(即位于正文第 14-17 页深红色字体部分)，以及“5.5 语音复述在多身份追踪中的作用”(即位于正文第 20 页最后一段)。

.....

审稿专家二的意见回复:

意见 1: 文章采用的身份特征为数字，但在实验中并没有控制被试的语音复述问题。被试在追踪时极可能采用口头复述的方式不断重复目标（如，假设目标编号为 1,3,4,7，被试在追踪时不断复述 1,3,4,7），而这对结果具有很大的影响。（尤其考虑到 TD 组的交换，相比其他交换条件，这一交换要求被试复述时改变了整体的目标集合，如从 1,3,4,7 变为 1,3,4,8，而其他交换都不改变这一集合，仍然为 1,3,4,7），而结果上也恰恰是 TD 组有较大差异，因此，很难解释清楚结果是否收到语音复述的影响。可以考虑采用无法命名的复杂客体或者在被试追踪时要其口头不断复述注视点出现的字母等来排除这一干扰。

回应: 非常感谢审稿专家的认可和所提建议。本研究已根据您的建议，重新设计了新的实验，通过听觉通道呈现字母音频，并要求被试对其进行即时的口头发音语音跟读来控制被试的语音复述，排除其对实验效应的干扰。实验 3（控制语音复述实验）结果与实验 1 结果相一致，说明语音复述并未对身份交换下的多身份追踪表现产生干扰作用。详细讨论和补充请见“4 实验 3 控制语音复述的多身份追踪任务”（即位于正文第 14-17 页深红色字体部分），以及“5.5 语音复述在多身份追踪中的作用”（即位于正文第 20 页最后一段）

意见 2: 在数据统计上，作者采用的是正确率的方式，而正确率很容易受到报告方式等的影响，应采用转换后的追踪个数来统计，尤其涉及到实验 1 和实验 2 全部和部分报告法比较（两者在被试无法确定靠猜测回答的情况下正确的概率不同，因此无法直接比较。见 Hulleman, J. (2005). The mathematics of multiple object tracking: From proportions correct to number of objects tracked. *Vision research*, 45(17), 2298-2309.）。此外，猜测概率（随机水平），正确率的计算对于不同的交换条件（DDS, TDS, TTS）也存在不同影响，且在位置追踪和身份追踪上的影响也不同。比如，在实验 1 中，在位置追踪中，NOS、TTS、DDS 的交换是否发生追踪错误不影响其正确率，而 TDS 的交换影响了一个目标的判断，对其他三个无影响；相反，在身份追踪时，TTS 发生了 2 个目标变换，而 TDS 只发生了一个目标变换。因此，在同样被试产生追踪错误的情况下，在位置追踪条件下，TTS 对结果无影响，TDS 只影响 1 个（即将一个目标选成了一个非目标，其余三个目标选择正确），而在身份追踪下，TTS 反而影响了 2 个（导致两个目标身份的错误，只有 50% 正确率），TDS 只影响了 1 个目标（即同样的发生“位置——身份”绑定追踪错误，被试在报告位置时，在 TTS 条件下比 TDS 反应错的少，而在身份追踪时反应错的更多）。同样，位置追踪和身份追踪的随机水平也不同，也无法直接比较。建议作者通过公式转换，换算成追踪个数后再进行数据分析。

回应: 非常感谢审稿专家的建议。不同的追踪个数以及不同的报告方法间，猜测概率确实有所不同。因此，接受审稿专家的建议，并将全文中的正确率指标根据相关的转换公式 (Scholl, Pylyshyn, & Feldman, 2001; Horowitz, Klieger, Fencsik, Yang, & Alvarez et al., 2007; Oksama & Hyönä 2008)（位于正文第 7 页）进行修正后重新分析。新补充的语音控制实验则直接采用容量指标直接进行分析。修改幅度较大，详细修改请见正文第 7-14 页。

$$k = \frac{aP - t^2}{a + P - 2t} \quad (1)$$

$$k = \frac{a + Pt - 1 - \sqrt{(1 - a - Pt)^2 - 4(aPt - t)}}{2} \quad (2)$$

参考文献

Horowitz, T. S., Klieger, S. B., Fencsik, D. E., Yang, K. K., Alvarez, G. A., & Wolfe, J. M. (2007). Tracking unique objects. *Perception & psychophysics*, 69(2), 172

Hulleman, J. (2005). The mathematics of multiple object tracking: from proportions correct to number of objects tracked. *Vision Research*, 45(17), 2298-309.

Oksama, L., & Hyönä J. (2008). Dynamic binding of identity and location information: A serial model of multiple identity tracking. *Cognitive Psychology*, 56(4), 237-283.

Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Feldman, J. (2001). What is a visual object? Evidence from target merging in multiple object tracking. *Cognition*, 80(1-2), 159-177

小建议:

意见 3: 实验操作里, 发生交换的是全部还是仅仅选择其中一组 (比如 TD 就是一个目标和一个干扰子发生交换)? 本人推测是一组, 但作者需要说明。

回应: 感谢审稿专家的建议。本研究中发生身份交换的是全部, 而非单独一组。身份交换的形式主要分为三种类型: a. 目标间身份交换(TTS), 所有目标的身份重新在所有目标间分配, 任一目标分配后身份均与分配前身份不同, 非目标上的身份则维持不变, 如 4 个目标数字为 1234, 身份交换后重新分配的身份组合有 24 种, 类似 2341,3142; b. 非目标间身份交换(DDS), 所有非目标的身份重新在所有非目标间分配, 任一非目标分配后身份均与分配前身份不同, 目标上的身份则维持不变, 如 4 个非目标数字为 5678, 身份交换后重新分配的身份组合类似 7586,3142; c. 目标与非目标间身份交换(TDS), 所有目标的身份重新在非目标间分配, 同时所有非目标的身份重新在目标间分配, 如 4 个目标数字为 1234, 4 个非目标数字为 5678, 身份交换后重新分配的身份组合类似目标为 7586, 非目标为 3142。详细补充请见正文“2.2 实验设计”(即位于正文第 5 页)。

意见 4: 全部报告法的正确率如何计算? 针对每次 trial, 是被试完全追踪正确记为 1, 有错误记为 0, 还是根据正确的个数决定, 比如 4 个里面对了 3 个记为 75%, 需要详细说明。这也影响到上面提到的主要问题 2 中的转换和计算。

回应: 非常感谢审稿专家的建议。全部报告法的正确率是根据正确的个数来决定, 这与前人研究一致。正文中已将正确率指标全部修改为容量指标。该指标也同样是采用对多少算多少的方法, 而非全或无的方法计算。详细补充请见正文“2.4 实验过程”(即位于正文第 7 页)。

意见 5: 为什么实验 1 采用追踪时间 6 s, 实验 2 用 8 s?

回应: 非常感谢审稿专家细心地指正。6s 和 8s 均非固定时间, 而是属于时间范围。以往研究(Scholl, Pylyshyn, & Feldman, 2001; Oksama & Hyönä 2008)也均采用一个幅度较大的速度区间随机停止。本研究为防止天花板效应, 稳定实验结果的效应, 适当延长了追踪时间。但从结果而言, 这一因素似乎并起到预期作用。

参考文献

Oksama, L., & Hyönä J. (2008). Dynamic binding of identity and location information: A serial model of multiple identity tracking. *Cognitive Psychology*, 56(4), 237-283.

Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Feldman, J. (2001). What is a visual object? Evidence from target merging in multiple object tracking. *Cognition*, 80(1-2), 159-177.

意见 6: 作者表示实验 2“不同的提问方式是指在最后反应阶段变化探测刺激的位置和身份信息, 要求观察者在追踪过程中对非目标群也保持一定注意。”但实验任务要求被试在只有目标位置和身份均正确时按“1”, 否则按“2”, 被试只需要对目标进行位置追踪和身份维持和更新 (如果发生交换) 就可以回答这一问题, 如何表明需要对非目标保持一定注意?

回应：非常感谢审稿专家的建议。此处表述欠妥，已经根据审稿专家意见做出修改，予以删除。详细修改请见正文 11 页第三段深红色字体部分。

意见 7：实验 2 采用信号检测论分别分析了位置追踪和身份识别。但实验 2 的测试方式，要求被试在“只有位置和身份都正确的时候按 1，否则按 2”，那么被试仍可能在追踪位置正确（知道其是目标还是干扰子），但身份追踪失败时做出错误的回答（也就是说，被试可能完成了位置追踪，但在绩效统计中仍被标记为错误），那么数据是如何区分处理的？

回应：非常感谢审稿专家的建议。本研究在根据四种不同提问方式将追踪正确率分解成位置识别正确率和身份识别正确率。如被试 1 的正确率在四种提问方式（身份位置全错，身份位置全对，仅位置对，仅身份对）下的正确率分别为 0.7895, 0.75, 0.85, 0.9444。基于正确率可得四者对应的错误率。之后，将四种条件中含位置对的正确率加和平均求得位置击中率，如 $(0.75+0.85)/2 = 0.8$ 。漏报率为 $1-0.8 = 0.2$ 。而将四种条件中含位置错的正确率加和平均可求得正斥率，如 $(0.79+0.94)/2 = 0.87$ 。虚报率为 $1-0.87 = 0.13$ 。最后，藉此击中率和虚报率计算相关的信号检测指标 d' 和 β 。

	I 错 L 错	I 对 L 对	I 错 L 对	I 对 L 错
正确率	0.79	0.75	0.85	0.94
错误率	0.21	0.25	0.15	0.06
	击中	漏报	虚报	正斥
位置	0.80	0.20	0.13	0.87
身份	0.85	0.15	0.18	0.82

意见 8：作者在综合讨论中表示：“位置追踪正确率始终要显著高于身份识别正确率。也即，视觉系统对位置信息的利用要优于身份信息。”但其实，MIT 中身份识别其实指的是对“位置-身份”绑定的识别，单独身份（或者说表面特征，看如何定义身份）信息的识别未必会难于位置追踪。

回应：非常感谢审稿专家提出的意见。本研究是在多身份追踪的框架下来考察位置和身份追踪表现，因此身份识别实质上是“位置-身份”绑定的识别。在以往多目标追踪研究中，身份识别也主要是指“位置-身份”的识别(Horowitz, Klieger, Fencsik, Yang, & Alvarez et al., 2007; Oksama & Hyönä 2008; Cohen, Pinto, Howe, & Horowitz, 2011; Nummenmaa, Oksama, Gleeran, & Hyönä 2016; Oksama & Hyönä 2016)。而审稿专家提出的单独身份单独身份信息的识别未必会难于位置追踪这一观点本研究尚无法证明。实际上，在多身份追踪中身份信息是无法完全独立于位置信息来进行加工的，身份信息都“黏着”在空间位置上。因此，在多身份追踪中身份信息的识别并未被单独考虑。本文根据审稿专家的意见，也对正文中相关表述做出了补充和修改。详细修改请见正文“2.5.2 身份交换对身份识别正确率容量的影响”（即位于正文第 8 页倒数第二段）。

参考文献

- Cohen, M. A., Pinto, Y., Howe, P. D. L., & Horowitz, T. S. (2011). The what-where trade-off in multiple-identity tracking. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(5), 1422-1434
- Horowitz, T. S., Klieger, S. B., Fencsik, D. E., Yang, K. K., Alvarez, G. A., & Wolfe, J. M. (2007). Tracking unique objects. *Perception & psychophysics*, 69(2), 172

- Nummenmaa, L., Oksama, L., Glerean, E., & Hyönä J. (2016). Cortical Circuit for Binding Object Identity and Location During Multiple-Object Tracking. *Cerebral Cortex*
- Oksama, L., & Hyönä J. (2008). Dynamic binding of identity and location information: A serial model of multiple identity tracking. *Cognitive Psychology*, 56(4), 237-283
- Oksama, L., & Hyönä J. (2016). Position tracking and identity tracking are separate systems: Evidence from eye movements. *Cognition*, 146, 393-409

意见 9: 图表中正确率纵轴为%，而数值为 0.7-1.0，存在错误，应为 70-100，或者取消%。
回应: 十分感谢审稿专家细致地审校，作者接受审稿专家的指正，已对图表进行修改。

意见 10: 4 种水平的两两比较（6 对）运用 LSD 法并未解决推断的可靠性降低、犯 I 型错误的概率变大的问题。

回应: 非常感谢审稿专家的建议。实质上，LSD 虽具有一定局限性，但该方法并不保守，能够充分利用样本信息，具有较高的灵敏性，同时可以避免增加累积的 II 类错误。另一方面，本研究中的各组条件之间相互依赖性低，比较相互独立，并不会降低实际显著性，可以接受不校正的多重比较所犯的 I 类错误(Rothman, 1990)。其次，当前传统的虚无假设显著性检验(Null Hypothesis Significance Test, NHST)的 p 值概念已不足够充分作为反映推断统计显著性有效的指标(焦璨 & 张敏强, 2014; 胡传鹏, 王非, 过继成思, 宋梦迪, & 隋洁 et al., 2016; 温忠麟, 范息涛, 叶宝娟, & 陈宇帅, 2016)。再次，本实验室认为采用 p 值和效应量 (effect size, ES)相结合的方式作为衡量结果有效性的指标会更为有效，参考 Cumming 的著作(Cumming, 2012)。最后，本研究在各类检验下均提供了相应的显著性检验 p 值和对应的效应量指标，如 partial eta squared (η_p^2) 和 Cohen's d 值。综上所述，当前方法和结果指标也已能够较好的衡量出推断统计的结果差异。

参考文献

- 胡传鹏, 王非, 过继成思, 宋梦迪, 隋洁, & 彭凯平. (2016). 心理学研究中的可重复性问题:从危机到契机. *心理科学进展*(09), 1504-1518
- 焦璨, & 张敏强. (2014). 迷失的边界:心理学虚无假设检验方法探究. *中国社会科学*(02), 148-163
- 温忠麟, 范息涛, 叶宝娟, & 陈宇帅. (2016). 从效应量应有的性质看中介效应量的合理性. *心理学报*(04), 435-443
- Cumming, G. (2012). *Understanding the new statistics: Effect sizes, confidence intervals, and meta-analysis*. Routledge
- Rothman, K. J. (1990). No adjustments are needed for multiple comparisons. *Epidemiology*, 1(1), 43

回复总结: 非常感谢审稿专家在这一轮修改中提出的具体中肯且十分具有建设性的修改意见和建议，使本研究的成果能够得到很好地修改和完善，对此再次对审稿专家的付出致以诚挚的感谢。

第二轮

审稿专家一意见回复:

意见 1: 为什么整体报告法导致 TTS 和 TDS 的正确率比部分报告法低？作者解释得好像不是很清楚。作者认为“部分报告法能够测量出更高容量的多身份追踪表现，采用全部报告法

的研究可能低估了多身份追踪任务表现。”那为什么低估了 TTS 和 TDS 条件，而没低估 NOS 和 DDS 条件？

回应：十分感谢审稿专家的建议！已根据审稿专家建议在实验 2 处增加对此推测的详尽解释。正文中推测部分报告法能够在目标身份交换时(如 TTS 和 TDS)报告出更大的身份容量，而当目标身份未发生交换(如 NOS 和 DDS)时，这一效应可能不明显。

为验证这一推测，首先从数据上加以检验，先将本组实验所得数据(部分报告法数据)与实验 1 中追踪 4 个目标时所得身份识别容量的数据(全部报告法数据)中的 NOS 和 DDS，以及 TTS 和 TDS 数据分别进行加和取均值，分成目标身份不交换组(部分报告法：3.60±0.31；全部报告法：3.46±0.56)和目标身份交换组(部分报告法：3.23±0.47；全部报告法：2.85±0.81)，并在两类方法间进行独立样本 t 检验。结果表明，在目标身份不交换组(NOS 和 DDS)部分报告法和全部报告法间差异不显著($t(36) = 0.93$, $p = 0.358$, Cohen's $d = 0.16$)，而在目标身份交换组(TTS 和 TDS)部分报告法和全部报告法间差异边缘显著($t(32.86) = 1.82$, $p = 0.078$, Cohen's $d = 0.3$)。也即，目标身份不交换组受报告方法差异的影响并不明显，而目标身份交换组则受报告方法差异的影响，相对于全部报告法，部分报告法能够报告出的身份识别容量更大。

其次，对此可能的解释是，一方面，全部报告法不能排除任务难度，注意偏向，工作记忆负荷，反应时间差等因素的干扰，导致追踪表现受到较大抑制。另一方面，虽然以往研究表明，部分报告法下的测量容量一般都要低于或等于全部报告法(Horowitz et al., 2007; Oksama & Hyönä 2008; Botterill et al., 2011)，但这些部分报告法身份和位置信息仍不可被同步探测，同时也需要较大的工作记忆参与。而本实验仅需判断是否为目标，工作记忆负荷相对较小，可同步测量身份和位置信息。具体而言，当目标身份发生交换时，任务负荷增大，部分报告法能够在保证任务要求的前提下尽可能高地探测个体的追踪容量，而目标身份未发生交换时，这一增益消失，可能是因为任务负荷较小。因此，部分报告法在一定程度上能探测出更高的工作记忆容量，但这一效应可能主要体现在身份交换情形下。更进一步地具体修改和解释请详见正文第 15-16 页青色字体修改内容（3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响）。

参考文献

- Botterill, K., Allen, R., & McGeorge, P. (2011). Multiple-object tracking: the binding of spatial location and featural identity. *Experimental Psychology*, 58(3), 196-200
- Horowitz, T. S., Klieger, S. B., Fencsik, D. E., Yang, K. K., Alvarez, G. A., & Wolfe, J. M. (2007). Tracking unique objects. *Perception & psychophysics*, 69(2), 172
- Oksama, L., & Hyönä J. (2008). Dynamic binding of identity and location information: A serial model of multiple identity tracking. *Cognitive Psychology*, 56(4), 237-283.

意见 2：在 3.5.1 实验 2 结果解释可能欠妥：“此外，部分报告法要求观察者同时注意目标和非目标，需要占用部分注意资源用以监控全局，……”如审稿专家二在第一版审稿意见中所说，“被试只需要对目标进行位置追踪和身份维持和更新（如果发生交换）就可以回答这一问题”，并不需要注意非目标。

回应：十分感谢审稿专家的建议！经过对两位审稿专家的建议的详细分析和考虑，已经在正文处对此叙述予以剔除和重新修正。更进一步地具体修改和解释请详见正文第 15-16 页青色字体修改内容（3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响）。

意见 3: 在 3.5.3 实验 2 小结部分写道“实验 2 采用部分报告法再次支持了实验 1 所得结果，多身份追踪表现随身份-位置绑定受干扰程度增加而下降，身份-位置绑定受干扰程度越大，则多身份追踪表现越低。”然而实际上实验 2 中 TTS 与 NOS、TDS 条件下绩效无差异，这一结果并不是很支持假设，也与实验 1 不尽一致。

回应: 十分感谢审稿专家的建议！在本轮数据分析中进一步剔除了两名试次次数不合格（程序显示部分条件次数低于 10 次）被试后，并根据 Horowitz 的校正公式重新校正后，重新分析了四种身份交换条件之间的追踪容量差异。结果表明，DDS 和 NOS 容量最高，且相互间容量差异不显著，TTS 容量其次，容量显著低于 DDS，TDS 条件下的身份追踪容量最小，并且显著低于其余三者（除与 TTS 呈边缘显著）。这意味着，NOS 和 DDS 对多身份追踪表现并无明显影响，TDS 对多身份追踪正确率容量表现的抑制干扰最大，TTS 对多身份追踪表现的影响位于 DDS 和 TDS 之间，即身份-位置绑定损害对多身份追踪表现的抑制作用仍起关键作用，并且受抑制程度随干扰程度的增大而增大。这基本与实验预期及实验 1 所得结果相一致趋势大致相符。而此前结果分析显示的 TTS 与 NOS、TDS 条件三者无显著差异可能原因在于两名不合格被试次数过少导致的实验误差增大。具体修改和解释请详见正文第 13-17 页青色字体修改内容（3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响）。

意见 4: 在实验 3 的结果分析部分，作者的表述是“本实验与实验 1 相一致，均表明不同程度的身份交换对多身份追踪的位置追踪容量和身份识别容量均具有重要影响，并且受目标与非目标间身份交换的干扰程度最大，目标间身份交换其次，非目标间身份交换与身份不交换最小。”在结论部分也说“这一效应不受语音复述因素的影响。”然而实际上对比图 2 和图 5，可以看出实验 3 和实验 1 的结果还是存在一些不一致。尤其是在目标为 4 个时，实验 3 中 4 种交换条件的差异已经很小，并不支持作者所说的干扰程度从大到小的依次变化，而有可能一些效应是语音复述或语音任务引起的。

回应: 十分感谢审稿专家的建议！正文文字表述上有所不当，文中结论出认为“这一效应不受语音复述因素的影响”的实际意图在于说明不同身份交换形式对多身份追踪表现的影响可能并不能全部由语音复述这一因素来解释。实验 3 中结果显示，即使控制语音复述之后，不同不同身份交换形式对多身份追踪表现的抑制作用也是存在的，且随干扰程度的增大，追踪容量逐渐减小，并且这一整体趋势，在位置追踪和身份识别上均与实验 1 所得结果具有一致性。这说明，身份-位置绑定受干扰程度对多身份追踪任务表现的影响是稳定和有效的。但另一方面，确如审稿专家所言，目前研究并不能说明语音复述任务在其中未起到任何作用，也即无法完全排除语音复述的干扰效应。实际上，根据实验 1 和实验 3 两部分实验数据结果显示，语音复述或语音任务确实在一定程度上干扰了身份交换的多身份追踪任务。因此，文中对此新增了一小节（第 20-21 页：4.5.4 语音复述对身份交换的多身份追踪表现的影响）用以专门论述语音复述当前研究中所起到的作用。具体修改和解释请详见正文第 20-21 页青色字体修改内容（4.5.4 语音复述对身份交换的多身份追踪表现的影响）。

小建议：

意见 5: 标题不能很清楚地反映出研究内容，建议修改，例如，身份交换对多身份追踪表现的影响。

回应: 十分感谢审稿专家的建议！正文标题已修改为：身份交换对多身份追踪表现的影响。修改内容请见正文第 1 页标题部分，及正文第 28 页英文摘要标题部分。

意见 6: 关键词写的是“身份-位置捆绑”，而文中大多用的是身份-位置“绑定”，建议修改关键词。

回应：十分感谢审稿专家细心的建议！关键词已修改为身份-位置“绑定”。修改内容请见正文第 1 页关键词部分。

意见 7：参考文献格式再全部检查，因为文献管理软件输出的结果往往也有各种问题。例如：(Oksama & Hyönä 2004; Horowitz, Klieger, Fencsik, Yang, & Alvarez et al., 2007; Oksama & Hyönä 2008)。

回应：十分感谢审稿专家的建议！作者已重新仔细核查了所有参考文献格式。

意见 8：图 1 中的身份交换那一帧标记的时间为 0ms，这样的表示方法让人不容易理解。

回应：十分感谢审稿专家细心的建议！作者本意是指发生交换时立即交换，实际时长应为一次屏幕刷新周期，即 $1000\text{ms}/65\text{Hz} \approx 15\text{ms}$ 。正文图片已作修改。修改内容请见正文第 6 页图 1，以及正文第 13 页图 3。

意见 9：图中小数点后有效数字保留不统一，有的 2 位有的 3 位。而且对于追踪容量这样的因变量，保留 1 位，最多 2 位也就够了。报告例如追踪 4.248 个位置，并无实际的意义。

回应：十分感谢审稿专家的建议！已根据专家建议，将正文及图表有效数字统一保留至小数点后两位(p 值除外，保留至小数点后三位)。具体可见正文青色字体的数字部分。

意见 10：未说明图中的误差棒的含义。

回应：十分感谢审稿专家的建议！图中误差棒均指标准误。已在正文图表处予以说明。具体修改请详见正文第 9 页图 2，第 14 页图 4，第 18 页图 5。

意见 11：在 2.5.1 的实验 1 结果部分“身份交换和追踪目标数量的交互作用也显著， $F(3, 60) = 3.285, p = 0.027, \eta^2 = 0.141$ ”，随后的分析并未说清该交互作用说明了什么。在 4.5.1 对实验 3 的结果分析中也存在同样问题。

回应：十分感谢审稿专家的建议！已根据审稿专家建议在正文处增加详细阐述。此外，在正文中，对交互作用的更进一步阐述均为随后的简单效应分析部分。具体修改请详见正文实验 1 部分的第 8 页（2.5.1 身份交换对位置追踪容量的影响），第 9-10 页（2.5.2.2 身份交换对身份识别容量的影响），和实验 3 部分的第 18 页（4.5.1 控制语音复述后身份交换对位置追踪容量的影响），第 19 页（4.5.2 控制语音复述后身份交换对身份识别容量的影响）。

意见 12：实验 2 中的表述“部分报告法可以最小化言语化表达和记忆要求”让人不易理解，言语化表达指的是什么？

回应：十分感谢审稿专家的建议！已在正文中予以删除和修改，并在全文规范学术的术语使用。具体修改请详见正文第 15-16 页（章节：3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响）。

意见 13：文中的 4 种交换条件在首次英文简写说明之后，建议后续就直接用英文简写 NOS, DDS, TTS, TDS 来指代，比长串的中文表达可能更容易让人理解。

回应：十分感谢审稿专家的建议！已在全文中全部进行替代。具体修改请详见正文第 8-26 页青色字体修订的相关内容。

意见 14：“情节缓冲器”应为“情景缓冲器”？

回应：十分感谢审稿专家细心的建议！已在全文中全部进行修正。具体修改请详见正文第 4，

22, 23, 24 页青色字体修改部分。

.....

审稿专家二意见回复:

意见 1: 作者基本回答了有关问题。但在追踪概率到追踪个数的转换公式上还存在问题。作者采用了 1. Horowitz, et al. (2007)实验里的公式来进行换算。但存在一定问题。公式 1 是 Horowitz 实验 1 里的是 standard condition 下的转换, 该条件对应的应该是作者实验中的全部报告法下的位置追踪, 但身份追踪转换公式并不应该是这样, 尤其是身份追踪各种转换条件下的猜测概率都不一样。比如, 目标目标间转换, 原有目标是 1234, 转换后仍是 1234, 被试在猜测一个不确定的选择出来的客体的身份时, 基本会选择 1234 中的一个。而目标干扰子间转换, 则可能选择 8 个中的一个, 因此, 这两者猜测概率就很不同, 不能统一换算。按照公式 1, 会低估了 TTS 的猜测概率, 导致计算所得的追踪身份个数偏高, 同样 DDS 也会偏高。当然, 由于 4 种条件是随机呈现的, 被试可能无法得知每次 trial 是 DDS、TTS 还是 TDS, 这样就不会出现在 TTS 和 DDS 下的只猜测原集合。但仍然十分可能会出现该情况。一个有效的验证方法是分析被试在 TTS 和 DDS 下的回答倾向, 是否绝大部分给出的目标的身份仍为初始状态集。如果是, 那么可能无法简单套用公式 1, 而要对具体条件具体分析。同样, 公式 2 是 Horowitz 实验 1 里的 specific condition, 因为 horowitz 的实验设计里并未做转换 (或者说, 是每次选择了新的位置, 然后客体运动到位置上, 而原位置也有客体, 并非严格意义上的身份转换, 而是客体位置不断运动, 只不过每次运动片段都到达原有客体的位置上, 是一种较特殊的运动轨迹), 该条件对应的相较而言应该是作者实验中的部分报告法下的身份追踪的 NOS 条件, 其他身份追踪条件同样存在上述问题。比如, 假如被试在 DDS 条件下仍知觉是原目标集合, 那么其正确率 $p = k/t + (1-k/t)(1/(t-k))$, 而非公式 2 的 $k/t + (1-k/t)(1/(a-k))$ 。

回应: 十分感谢审稿专家的建议! 考虑到不同身份交换条件下, 身份交换后的身份组合概率不同。作者先对全部报告法下各类身份交换条件下观察者向原目标集身份猜测的概率倾向进行分析, 见表 2。结果显示, 在追踪 4 个目标时, TTS, DDS, NOS 三种条件下, 观察者均倾向于猜测原目标集身份, 平均正确率达 94%。其中, DDS 和 NOS 猜测原目标集身份在于其目标身份未发生交换, 而 TTS 猜测原目标集身份在于其身份交换发生于目标集内, 但其交换后身份识别正确率达 86%。说明观测者能够正确识别交换后身份, 更倾向于猜测交换后目标集身份。相反, 在 TDS 条件下, 观察者猜测原目标集身份的正确率为 18%, 而观察者正确识别交换后目标身份的正确率为 76%。这表明, 观察者同样更倾向于识别交换后目标集身份。当追踪 5 个目标时, 与此相同。简言之, 观察者在上述 8 种随机条件下猜测概率大致相等, DDS 和 NOS 倾向于猜测初始目标集身份, TTS 和 TDS 倾向于猜测交换后目标集身份, 可能并未在很大程度上低估或高估某一类身份交换条件。即, Horowitz 等的公式 1 (全部报告法) 同样适合于身份交换的换算。其次, 进一步检验部分报告法下观察者向原目标集身份猜测的概率倾向, 见表 3。结果与全部报告法相一致, 即 DDS 和 NOS 倾向于猜测初始目标集身份, TTS 和 TDS 倾向于猜测交换后目标集身份。因此, 实验 2 中的换算公式 (选自 Horowitz 实验 1 里的 specific condition) 是能够被接受的, 采用其正确率 $p = k/t + (1-k/t)(1/(t-k))$ 转换也能够说明本研究的结果。

表 2 8 种条件下猜测原目标集身份的正确概率(全部报告法)

条件	<i>M</i>	<i>SD</i>
TTS_4	0.94	0.04
DDS_4	0.95	0.04
TDS_4	0.18	0.22
NOS_4	0.95	0.03
TTS_5	0.82	0.07
DDS_5	0.88	0.07
TDS_5	0.34	0.19
NOS_5	0.89	0.05

表 3 4 种条件下猜测原目标集身份的正确概率(部分报告法)

条件	<i>M</i>	<i>SD</i>
TTS	0.89	0.10
DDS	0.90	0.12
TDS	0.87	0.12
NOS	0.20	0.13

意见 2: 另外，公式 2 中的 p 为被试回答的正确率，是概率。而并非作者所述的正确识别的目标个数。

回应: 十分感谢审稿专家的指正！已根据审稿专家建议在正文中对此进行修改。具体修改内容请见正文第 13-16 页（3.5 结果分析）。

参考文献

Hulleman, J. (2005). The mathematics of multiple object tracking: From proportions correct to number of objects tracked. *Vision research*, 45(17), 2298-2309.)

小问题:

意见 3: 作者在实验 1 实验设计条件里写到 (p. 5): “在目标间身份交换(Targets to Targets Switch, TTS)条件，所有目标的身份重新在所有目标间分配，任一目标分配后身份均与分配前身份不同，非目标上的身份则维持不变，如 4 个目标数字为 1234，身份交换后重新分配的身份组合有 24 种，类似 2341,3142。

变换后身份组合有 24 组还是 23 组？如果是 24 组，那么有 1/24 的概率和原有身份相同，没有变换。按照实验过程中的论述，实验程序里是应该避免了这种情况的，那么应该是 23 种。非目标间身份交换条件同样有这一问题。需要在实验设计部分明确。

回应: 十分感谢审稿专家细致的指正！程序中是避免了上述情况的。各类条件交换情形示例及其组合数如下表 4 所示。同时，已在正文实验设计处进行了详细阐述。具体修改内容请见正文第 5-6 页（2.2 实验设计处）。

表 4 各类条件交换情形示例及其组合数表

条件	原目标集身份 (例)	原非目标集身份 (例)	交换后目标集身份 (例)	交换后非目标集身份 (例)	组合数
TTS_4	1234	6789	2341	6789	9
DDS_4	1234	6789	1234	7869	9
TDS_4	1234	6789	6789	1234	24
NOS_4	1234	6789	1234	6789	1
TTS_5	01234	56789	12340	56789	44
DDS_5	01234	56789	01234	97865	44
TDS_5	01234	56789	56789	01234	120
NOS_5	01234	56789	01234	56789	1

意见 4: 另外, 基于现有分析, 实验 1 和实验 3 无论在位置追踪还是身份追踪条件下, 追踪目标数目的主效应是否显著都不一致, 可能反应了语音复述在其中作用, 需要一定的论述。

回应: 十分感谢审稿专家的建议! 实验 1 和实验 3 在位置追踪和身份追踪条件下, 追踪目标数目的主效应有所差异, 如表 5 所示。对此差异, 已根据审稿专家建议, 在正文第 20-21 页 (4.5.4 语音复述对身份交换的多身份追踪表现的影响) 增加了更进一步地详细阐述与分析。

表 5 实验 1 和实验 3 各类效应显著性检验结果表

条件	效应	实验 1: 假设检验	实验 3: 假设检验
位置追踪容量	身份交换	显著	显著
	追踪目标数	显著	不显著
	交互作用	显著	显著
身份识别容量	身份交换	显著	显著
	追踪目标数	不显著	显著
	交互作用	不显著	不显著

回复总结: 本轮修改已按照两位审稿专家的建议仔细修正和补充。十分感谢两位审稿专家在这一轮修改中提出的修改意见和建议使得本研究的成果更进一步地得到修改和完善。对此, 再次对审稿专家的付出和工作致以诚挚的谢意。

第三轮

审稿专家一意见

意见 1: 为什么实验 1 中 TDS 条件下计算出来的身份追踪的容量看起来还略大于位置追踪容量? 按照 MIT 中身份追踪的计算方法定义, 必须是位置点击正确且身份报告正确才记为身份追踪正确, 因而身份追踪容量必然小于 (或最多等于) 位置追踪容量。该研究中是否计算有误或校正有误?

回应: 十分感谢审稿专家的建议。身份容量是必然小于或等于位置追踪容量的。针对于该问题, 作者对实验 1 的数据进行了一轮仔细检验, 发现这一原因在于存在校正偏差。实验 1 中计算身份准确率仅基于身份正确对应于位置这一条件。事实上, 如审稿专家所述, 身份准确率还需要基于位置正确的前提。因此, 实验 1 中的数据还需要进一步与位置正确与否的情

况相匹配。是以，作者重新设计程序和招募被试对该实验进行了验证，并采用正确的校正方法进行了重新分析。新实验对身份追踪容量进行了正确校正，实验结果仍验证了实验假设。具体修改请详见正文第 7-9 页“2.5 结果分析”部分红色修改内容，以及第 8 页图 2。

意见 2: 作者对方差分析交互作用显著的增补了简单效应检验，这是需要的，但对于交互作用不显著的也增加了简单效应检验，这是多余的，建议去掉。

回应: 十分感谢审稿专家的建议。已根据审稿专家建议，对正文中交互作用不显著的简单效应分析内容进行删减。具体修改请详见正文第 16 页的“4.5.2 控制语音复述后身份交换对身份识别容量的影响”部分红色修改内容。

意见 3: 图 5 的左右两侧坐标轴刻度最好设成一样，以便读者理解。

回应: 十分感谢审稿专家的建议。已将图 5 的左右坐标轴刻度设置为相等尺度。同时也将图 2 一并调整。具体修改请详见正文第 8 和 16 页图 2 和图 5 修改内容。

意见 4: 文中一次引用多篇参考文献时，好像是按文献的时间顺序进行了排列，建议根据 APA 格式按字母顺序排列。

回应: 十分感谢审稿专家的建议。已经根据 APA 格式按字母顺序排列好所列参考文献。具体修改请详见正文参考文献红色修改内容。

.....

审稿专家二意见

意见 1: 实验 2 的操作存在问题。作者设置了不同提问方式，即可能选择目标，也可能选择非目标，然后上面的身份信息也可能正确或者错误。按照 MOMIT 理论，视觉系统维持对目标的位置的追踪，并通过不断的身份-位置绑定来实现对身份信息的更新。而作者的测试操作为“其中一个圆显示出图形及数字身份，要求参与者判断其是否为目标，即位置和身份均正确且相对应。”那么，被试很可能可以仅仅根据位置信息是否正确就做出判断（当测试位置为非目标时），此外，全部报告法下作者对于被试报告的目标集的分析也已经表明，被试能够区分 4 种条件下目标转换的规律（尤其是在 TTs, DDs 和 NOS 下），那么当测试的目标身份不属于原集合时，被试就能判断出其不是目标。在上述两种条件下，被试都不需要能够正确的维持住位置-身份绑定。而在 TDs 条件下，由于存在一定的混淆（被试判断为新集合的概率 76%），因此，这一条件下的难度最大（一定程度上无法利用上述两种规则，）所以其正确率显著降低，正如作者实验结果所示。此外，作者设置了 4 种提问方式，可以看成是作者设置的检测条件（身份位置全错，身份位置全对，仅位置对，仅身份对）。其中，仅身份-位置全对和仅位置对还比较明确，“仅身份对”存在位置为其他目标或者干扰子位置 2 种，这两种下正确率差异很大。而身份位置全错条件下，又可能出现一个在该位置上确实为该身份的干扰子，同样存在干扰。正确的实验设计应当要被试回答两个问题，就如实验 1 那样，首先回答该客体是否为目标（位置追踪）。其次，应当选择一个目标，要求其判断上面的身份是否正确（被试的任务就是维持对目标的追踪，并不断更新其身份-位置绑定，因此，在验证身份追踪是否正确时，选择一个非目标并没有太大意义）。作者可以在分析数据时，给出 4 种不同提问下被试在各种条件下*（TTS, TDs, NOS, DDS）的正确率，能够看出一定的问题。但也存在仅身份对这样无法区分的情况。作者也可以考察是否检测项为非目标（身份或位置不对）的正确率大大高于目标项（即回答为否的正确率显著高于回答为是的正确率）。正如作者论述的，追踪（位置追踪）和辨别（身份追踪）是两个加工系统，分别用于加工位

置(what)和身份(what)信息，并且位置加工系统更具优先性。且实验 1 的结果已经表明，位置追踪绩效在绝大部分条件下较高，因此，未分离的测试方法很可能混淆这一结果，即使回答正确（在回答为不是目标），也无法判断被试是否真正的维持了对身份-位置绑定的追踪。这也很可能是审稿专家 1 提出的为何整体报告法下 TTS 和 TDs 的正确率比部分报告法低的原因。

回应：十分感谢审稿专家的建议。根据审稿专家提出的几点建议，为更好地验证实验结果，作者重新设计了实验。第一次，作者根据审稿专家的建议，让被试在前后两帧中回答两个问题，先判断客体是否为追踪目标之一（位置追踪），再选择一个目标，让被试判断该目标上的身份是否正确（身份追踪【位置身份全对，位置对但身份错】）。在实验过程中，被试的位置追踪平均正确率均达 90% 以上，并且四种条件相互间并不显著差异，但因被试在判断身份正确与否时，需要刷新一帧画面，加上判断位置后重新制定探测位置，被试工作记忆受到严重损害，位置正确率在猜测概率 50% 以下，即各条件基本上以猜测为主。相比于全部报告法，这一探测方式不具有连续性，回忆效果不佳。因此，作者去除位置判断这一问题，保留了身份判断，并以此重新进行实验。新实验中位置均保持正确，仅身份出现对错，相当于原实验中的身份位置全对方式和位置对但身份错方式，明确且具体了探测方式。同时，为了保证错误身份的均衡性，错误身份中一半为目标集内其他目标身份，一半为非目标集内身份。被试将主要通过利用身份信息来判断身份-位置绑定的情况，避免其直接通过位置信息来判断对错，混淆了实验结果。新实验的结果与原实验 2 基本一致，验证了实验假设。具体修改请详见正文第 12 页的“3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响”修改内容。

此外，对不同探测方式下身份识别成绩的分析结果显示，NOS，DDS，TTS 三种条件中，两种探测方式并无显著成绩差异 ($ps > .13$)，仅 TDS 条件下，位置对但身份错下的身份判断正确率高于身份位置全对方式($p = .01$)。考虑到位置对但身份错方式存在两种情况（其他目标身份，或非目标身份），因此进一步对比分析发现，这两种情况下的成绩差异并不显著($p = .38$)，身份位置全对方式的身份正确率与位置但身份错（呈现其他目标身份）下的成绩差异也不显著($p = .20$)，但与位置但身份错（呈现非目标身份）下的成绩差异显著($p < .001$)。这说明，TDS 条件中，在位置信息确定的情况下，身份信息错误的情况相比于身份信息正确时的判断更准确，但只有身份不属于目标集能够探测能更准确，身份属于目标集时两者并无差异。但这一现象的原因，不是在于非目标身份上变高了（横向对比其他条件的该方式，并无显著变化， $ps > .09$ ），而是在于身份位置全对条件变差了（横向对比其他条件的该方式，成绩显著降低， $ps < .01$ ）。TDS 导致身份-位置绑定更不稳定，所以被试判断失误会更高，这与本研究所作假设相一致。因此，改进的两种探测方式的设置是能够用于帮助解决当前研究问题的。

表 1 四种条件在不同探测方式下的身份识别正确率

条件	探测方式	M	SE
NOS	LrIfr	0.90	0.02
	LrIw_T	0.86	0.03
	LrIw_D	0.96	0.03
DDS	LrIfr	0.91	0.03
	LrIw_T	0.84	0.04
	LrIw_D	0.91	0.05
TTS	LrIfr	0.83	0.04
	LrIw_T	0.86	0.03
	LrIw_D	0.92	0.03
TDS	LrIfr	0.69	0.06
	LrIw_T	0.80	0.05
	LrIw_D	0.87	0.06

注：LrIfr，位置身份全对方式；LrIw_T，位置对但身份错（其他目标身份）；LrIw_D，位置对但身份错（非目标身份）

综上，本轮作者根据审稿专家建议对实验 2 操作进行了大幅改进，明确了探测方式，避免了被试利用位置信息直接判断身份信息对错的情形。同时平衡了其他目标身份和非目标身份两种身份错误的影响。实验结果显示，NOS，DDS，TTS 三种条件下，两种探测方式之间成绩并无显著差异。但 TDS 条件下两者差异显著，但这一现象是因为 TDS 条件在身份位置全对方式下的身份识别正确率显著下降，其根源可能在于 TDS 导致身份-位置绑定更不稳定，被试无法维持身份位置绑定。

意见 2：发现一个之前未考虑到的情况。实验 1 里位置追踪的考察也存在一定问题。作者在文中探讨了身份-位置绑定对位置追踪及身份追踪的影响。实验 1 里分别考察了位置追踪和身份追踪，并说明了各种变换方式不同的影响。但是，位置追踪绩效的下降（尤其是 5 个目标时）是身份-位置绑定变换本身的影响，还是要求完成身份追踪任务带来的影响无法区分（由于被试需要同时完成位置追踪任务和身份追踪任务）。尤其的，按照前人研究的结果，即使要求追踪 5 个目标的位置，且在其表面特征（身份）发生了变化，追踪仍应该保持在较高水准。因此，作者实验结果里的位置追踪绩效的降低更可能是由于身份追踪任务的引入而带来的。如果保持实验条件不变，但任务变为仅仅要求被试完成位置追踪任务（即只需用鼠标选出哪几个为目标），很可能仍保持较高绩效。

回应：非常感谢审稿专家提出的建议。首先，文章中作者并没有将位置追踪和身份追踪相互分离来作为两部分内容考虑，只是记录了两个指标数据。位置追踪是身份追踪的必然前提，考察身份追踪容量必须建立在位置追踪的前提上，这也是为什么考察身份交换对身份-位置绑定影响的原因。此外，本研究中的位置追踪绩效不完全等同于的 MOT 研究中的位置追踪绩效，此处的位置追踪绩效的确是受身份加工的影响，但这也正是 MIT 任务区别于 MOT 任务的差异所在。假若保持当前实验条件不变，仅要求被试完成位置追踪任务，被试确实很可能仍保持较高绩效。但在这一情况下，被试可能忽略身份信息，主要依赖位置信息，类似于 Pylyshyn (2004) 之前的研究，这也就偏离当前研究的关注点了。最后，横向上看，身份追踪任务的影响是整体性的，对四种考察条件的影响是相同的。纵向上来看，不同负荷下的身份追踪任务的影响会有所不同，但在数据处理过程中已根据校正公式对此进行校正。

参考文献

Pylyshyn, Z. (2004). Some puzzling findings in multiple object tracking: I. Tracking without keeping track of object identities. *Visual Cognition*, 11(7), 801-822. doi: 10.1080/13506280344000518

意见 3.1: 作者对于概率转换公式的解释不是十分清晰。作者表示,“在追踪 4 个目标时, TTS, DDS, NOS 三种条件下, 观察者均倾向于猜测原目标集身份, 平均正确率达 94%。其中, DDS 和 NOS 猜测原目标集身份在于其目标身份未发生交换, 而 TTS 猜测原目标集身份在于其身份交换发生于目标集内, 但其交换后身份识别正确率达 86%。”。这里正确率是什么意思, 是否为概率? 即倾向于猜测为原目标集的概率。

回应: 十分感谢审稿专家的建议。作者在此处未能表述得当, 该数值并不是概率, 而是被试在反应阶段实际填写的原目标集身份的比率, 如目标集身份为 1234, 非目标集身份为 5678, 被试填写 3126, 其 (312) 占原目标集身份 (1234) 的比率为 75%。这一比率不要求与位置对应, 仅试图反映被试在各种条件下填写身份时是否更倾向于向原目标集靠拢。结果显示, 如追踪 4 个目标时, 在 NOS 和 DDS 条件, 所有被试填写原目标集身份的平均比率为 95%, 在 TTS 条件下填写原目标集身份的平均比率为 94%, 而在 TDS 条件下, 被试填写原目标集身份的平均比率仅为 18%, 即填写变化后的目标集身份平均比率为 82%。这也就意味着, 无论目标集身份发生改变与否, 被试均更倾向于从目标当前身份集中选择。

意见 3.2: 而作者表示“相反, 在 TDS 条件下, 观察者猜测原目标集身份的正确率为 18%, 而观察者正确识别交换后目标身份的正确率为 76%” 如果理解为猜测为正确率, 那么在目标非目标转换了条件下, 猜测为原目标又何来正确率, 如果为概率, 那么剩余 6%哪去了?

回应: 如上所述, 作者在此处意图说明的正确率并非是 MOT 常用的正确率这一指标, 也并非概率意义。此处的 18%是指, 在 TDS 条件下, 目标集身份与非目标集身份发生交换, 此时被试填写交换前的原目标集身份的平均比率为 18%。如, 目标集身份为 1234, 非目标集身份为 5678, 目标与非目标交换后, 目标集身份为 5678, 非目标集身份为 1234, 被试填写 8671, 其 (1) 占原目标集身份 (1234) 的比率为 25%。因此, 此处所说的正确率, 是指被试在反应阶段实际填写的身份占原目标集身份的比率, 这一比率不考虑身份是否与位置对应, 仅说明被试是否更倾向于从当前目标身份集中选择身份。

意见 3.3: 另外, 作者没有正确理解本人之前审稿已建立对于概率的论述。本人已经强调, 对于位置追踪和身份追踪的猜测概率不同, 因此, 转换公式也是不同的。公式 1 适合全部报告法下的位置追踪绩效。而对于身份追踪, 可能存在问题。比如, 正如作者论述的, 即使按照作者理解为概率, 即在 TTs, DDS 和 NOS 下, 被试均倾向于猜测为原目标, 而在 TDs 下, 被试倾向于猜测为新目标 (实际上才 76%, 还有 24% 概率猜测为原目标)。那么, 对于概率到容量公式的转换也存在问题。被试在猜测时, 并不是从所有客体集里选择答案的, 而是从原目标集 (TTS, DDS 和 NOS 条件下) 或新目标集 (TDS), 因此, 备选数目是 4 (5), 而不是全部的客体。由于被试的任务是先用鼠标选出所有目标, 然后在依次给予身份。那么在位置追踪绩效很高时 (正如作者实验中 nos, dds, tts 条件下, 尤其是 4 个目标时), 那么, 被试在给予身份判断时, 又倾向于采用原目标集, 那么, 对于不确定而猜测的时候, 猜测集是 4, 而不是 8, 因此, 采用公式 1 并设置 $a=8$ 是存在问题的。

回应: 根据审稿专家的建议, 本轮修改中作者针对研究中涉及到的概率校正问题在课题组内进行了充分地探讨和研究, 并专门邀请了数位数学系专业人员进行论证和推算。

作者尝试总结了上述审稿专家所认为的容量转换公式意见, 主要有两点, 并依次回应。

其一，实验 2 部分报告法利用 Horowitz 了实验 1 里的 specific condition 的公式 $p = k/t + (1-k/t)(1/(a-k))$ ，考虑到实验 2 是在 4 个目标中判断对错，可猜测选项非 a(8)，而是 t(4)，其公式应该为 $p = k/t + (1-k/t)(1/(t-k))$ 。在本轮新实验 2 中已采用这一公式进行重新校正。具体修改结果请详见正文第 12 页“3.5.1 身份交换对多身份追踪任务表现的影响”红色字体修改部分。

其二，全部报告法中，身份容量的转换公式应不同于位置容量的转换公式，也主要是在于身份容量的猜测集为 4，而非 8。然而，若将全部报告法的校正公式中的 a 需替换成 t 反解求身份追踪容量，简化后该公式为 $k = t$ ，身份容量为目标数，为一常量。显然这与实际不符合。这也即意味着采用这一思维对身份识别容量进行校正可能并不合适。其次，从已有条件假设，若身份容量的猜测集选项为 4，身份识别正确又是基于位置追踪正确的前提，如此可得身份容量的校正应包含两部分的概率校正。根据贝叶斯公式推导， $P(I|L) = P(L|I)P(I)/P(L)$ 。其中， $P(L)$ 为纯位置追踪的猜测概率期望值， $P(I)$ 为纯身份追踪的猜测概率期望值， $P(L|I)$ 为在身份追踪正确时，位置追踪正确的猜测概率期望值， $P(I|L)$ 为在位置追踪正确时，身份追踪正确的猜测概率期望值，也即是当前实验中所求的猜测概率。根据 Scholl et al.(2001)的研究推导，标准范式下的 $P(L)=1/2$ 。因身份信息在标记时全部呈现给被试，理想情况下，被试将完全从目标身份集中进行猜测，即 $P(I)=1$ 。而在身份信息正确的情况下，被试将随机对应一个目标位置，也即 $P(L|I) = 1/t$ (t 为目标数)。因此， $P(I|L) = P(L|I)P(I)/P(L) = (1/t)*1/(1/2) = 2/t$ 。代入 Scholl et al.(2001)中的公式， $p = k/t + (1-k/t)*(2/t)$ ，反解出 $k = t*(tp-2)/(t-2)$ 。采用 $P = tp$ ，即 $k = t*(P-2)/(t-2)$ 。此外，确实如审稿专家所述，概率校正问题是一个非常值得探讨的问题。但以当前实验而言，一方面，所有实验试次被随机混合出现，被试不可能事前知道本轮身份交换条件。更进一步而言，每一被试的每一条件的每一试次的追踪成绩均有所差异，比如被试在追 4 个目标时，可能追到 1, 2, 3, 4 个中的任何一个数量，其猜测概率也相应有所差异，但这些差异也都随机出现在实验条件中，猜测的概率也会被随机化。另一方面，我们还可粗略计算出一些理想状态下的猜测概率，例如在位置全对，身份全记住的情况下，被试 4 个目标身份中仅能对应上 3 个位置，其猜测全对的概率应为 1。仅对应上 2 个位置时，全对的概率应为 $(1/2)*1 = 1/2$ 。仅对应上 1 个位置时，全对的概率应为 $(1/3)*(1/2)*1 = 1/6$ 。1 个位置都没有对应时，全对的概率应为 $(1/4)*(1/3)*(1/2)*1 = 1/24$ 。相反，在仅身份全记住的理想情况下，被试在 8 个运动物体中追 4 个目标，仅追踪对了 3 个位置时，其猜测全对的概率（位置概率*身份概率）应为 $1/5*1 = 1/5$ 。追踪对 2 个位置时，其猜测全对的概率应该为 $(1/6)*(1/5)*(1/2)*1 = 1/60$ 。追踪对 1 个位置时，其猜测全对的概率应该为 $(1/7)*(1/6)*(1/5)*(1/3)*(1/2)*1 = 1/1260$ 。追踪对 0 个位置时，其猜测全对的概率应该为 $(1/8)*(1/7)*(1/6)*(1/5)*(1/4)*(1/3)*(1/2)*1 = 1/40320$ 。即当需要猜测的越多时，其猜测正确的概率也将越低，甚至低到可忽略。因此，假若被试试图通过猜测来完成当前实验，是一个很难的任务，那各个条件之间应该是不会有差异产生的。因此，基于当前任务而言，不管是位置追踪还是身份识别，猜测都只能产生极小的影响，条件间的差异主要来自于实验处理效应。最后，验证当前结果的有效性还可以参考以准确率作为因变量指标时分析的数据处理结果。作者以准确率作为因变量进行重复测量方差分析，交互作用结果（见表 2）与文章中校正后结果相一致。位置追踪和身份识别准确率，不论是追踪 4 个还是 5 个目标时，在 NOS 和 DDS 间均无显著差异 ($ps > 0.24$)，而其余所有条件之间均两两差异显著 ($ps < 0.03$)。且位置追踪准确率在所有条件下也同样显著高于身份识别准确率 ($ps < 0.001$)。这意味着，不同身份交换的形式确实起作用了，并且位置信息相比于身份信息更重要。也即，当前实验结果是稳定可靠地。

最后，身份容量校正公式，在此前的研究中都鲜有涉及和关注。因此，对于审稿专家提出的这一十分具有价值的研究问题，作者预备在今后的研究中更进一步地全面地探讨位置与身份容量校正问题。具体修改结果请详见正文第 8 页“2.5.2 身份交换对身份识别容量的影响”和第 16 页“4.5.2 控制语音复述后身份交换对身份识别容量的影响”红色字体修改部分。

表 2 实验 1 位置追踪和身份识别准确率事后成对比较结果表(LSD 校正)

成对比较	位置追踪				身份识别			
	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
4 个目标								
NOS vs DDS	27	0.26	0.796	0.05	27	1.21	0.238	0.23
NOS vs TTS	27	4.05	0.001	0.77	27	3.64	0.001	0.69
NOS vs TDS	27	7.46	0.001	1.41	27	6.89	0.001	1.3
DDS vs TTS	27	3.79	0.001	0.72	27	2.76	0.01	0.52
DDS vs TDS	27	7.21	0.001	1.36	27	6.12	0.001	1.16
TTS vs TDS	27	6.62	0.001	1.25	27	5.93	0.001	1.12
5 个目标								
NOS vs DDS	27	-0.54	0.592	0.1	27	0.47	0.645	0.09
NOS vs TTS	27	4.35	0.001	0.82	27	2.81	0.009	0.53
NOS vs TDS	27	7.07	0.001	1.34	27	6.63	0.001	1.25
DDS vs TTS	27	4.21	0.001	0.8	27	2.45	0.021	0.46
DDS vs TDS	27	6.99	0.001	1.32	27	7.07	0.001	1.34
TTS vs TDS	27	6.11	0.001	1.15	27	6.33	0.001	1.2

注：NOS，表示身份不交换；DDS，表示非目标间身份交换；TTS，表示目标间身份交换；TDS，表示非目标与目标间身份交换。

参考文献

Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Feldman, J. (2001). What is a visual object? evidence from target merging in multiple object tracking. *Cognition*, 80(1-2), 159-177.

意见 4: 语音控制实验的结果，这一版本和上一版本里，为何身份追踪的绩效数据不同。作者需要作出明确解释。尤其是根据上一版本，TTS 和 TDs 的差异十分不显著（当然，这一版本中也不显著）。而这一不显著恰恰最能说明问题。根据 MOMIT，在 NOs 和 DDs 条件下，其实并不太影响到目标位置-身份的绑定，语音复述的作用并没有十分强烈。而在 TDs 和 TTS 条件下，身份-位置绑定发生了变化，需要重新绑定，但 2 者绑定的结构十分不同。在实验 1 中，由于 TDs 需要转换到新集合，而使得语音复述的利用较差，绩效也最差，而在本实验中，由于两者都无法利用，因此两者条件下绩效一致。正如审稿专家 1 问题 4 中论述的那样。而作者的回答并没有解释清楚。因此，虽然总体上交换方式的主效应显著，但最核心的 TDs 和 TTs 却无法回答。

回应: 感谢审稿专家的建议。第一，前两版中出现身份绩效数据不同的原因在于计算身份容量的时候没有基于位置正确的前提。第一版计算时，将身份对应位置时即判断为对，但即使身份对应了位置，但该位置可能是错误的。因此需要将这一情况也考虑在内。发现该问题后，作者在之后的第二版对此进行了校正。如，目标身份为 1234，非目标身份为 5678。被试位置选择为 1245，身份填写为 1245。第一版计算身份正确率为 100%，目标身份与位置一一

对应。但考虑到位置正确的前提，45 虽然身份与位置对应，但 45 的位置是错误的，因此第二版校正后的正确率应为 50%。这即是前两版中数据差异的原因。

第二，对于总体上交换方式的主效应显著，但 TTS 和 TDS 身份追踪容量差异不显著这一现象的存在的原因如下。首先，审稿专家提及的这一问题事实上是身份识别容量中简单效应分析下呈现的结果。在控制语音复述后，身份交换容量的交互作用其实并未显著，因此分析不同追踪负荷下的四种身份交换条件的差异结果仅作为参考。当仅对身份交换条件这一因素进行事后比较发现，除 DDS 和 NOS 对比差异边缘显著外($p = 0.055$)，其余条件两两间对比均显著($ps < 0.01$)。即 NOS 身份识别容量最大，DDS 其次，TTS 再次，TDS 容量最低。这一趋势基本上是稳定的。其次，TTS 和 TDS 身份容量差异不显著的原因还可能与校正公式有关。本轮修改中，根据审稿专家的建议调整了身份追踪的校正公式，采用这一新校正公式分析后，虽然身份识别容量的交互作用仍不显著，但简单效应分析发现，在追踪 4 个目标时，TTS 和 TDS 的身份识别容量差异显著， $t(21) = 2.21, p = 0.038, \text{Cohen's } d = 0.47$ ，且在追踪 5 个目标时，TTS 和 TDS 的身份识别容量差异也处于边缘显著， $t(21) = 1.93, p = 0.067, \text{Cohen's } d = 0.41$ 。最后，为了准确衡量这一结果，作者还采用追踪准确率作为因变量再次进行验证分析，其结果与本轮校正后身份识别容量数据相一致。追踪数量的主效应显著， $F(1, 21) = 194.07, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.9$ ，身份交换条件的主效应显著， $F(1.5, 31.59) = 20.92, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.5$ (Greenhouse-Geisser 校正)，但两者的交互作用不显著， $F(3, 63) = 1.09, p < 0.359, \eta_p^2 = 0.05$ 。对身份交换条件进行事后比较分析发现，四组条件两两之间的对比均显著($ps < 0.02$)。即总体上也是 NOS 身份识别容量最高，DDS 居次，TTS 再次，TDS 容量最低。而且简单效应分析上，TDS 也同样显著或边缘显著低于 TTS(四个目标： $t(21) = -2.06, p = 0.052, \text{Cohen's } d = 0.44$ ；五个目标： $t(21) = -2.95, p = 0.008, \text{Cohen's } d = 0.63$)。在不进行不同负荷间的容量对比时，使用正确率作为指标来分析不同身份交换条件间的身份识别容量差异，可以避免校正公式的影响，其结果可辅证当前校正结果。因此，整体而言，控制语音复述后，TDS 身份识别容量仍低于 TTS。

意见 5：小问题：作者对于 4 种条件的组合的描述在这一版中进行了大幅修改。比如对于 TTs 交换，组合种类从 24 变成了 9，5 个目标下变为 44 种，其他条件下也是有如此转变。再加上作者表示实验 2 数据在编程时最初由错误。因此，有理由相信作者在实验条件设计上的程序也可能存在问题。因此，要求作者提供实验 1,2 的实验程序源代码，对该程序进行检验。

回应 5.1：十分感谢审稿专家的建议。上一轮作者对组合数的描述进行大幅度修改不在于程序错误，而在于此前未能阐述全面。作者之前所述的 24 种交换组合种类仅是描述 4 个目标时的 TDS 条件。而未阐述到其他各条件的情况。因每种条件的交换形式或交换数量存在差异，所以其组合数也会有所不同，这是正常的。

例如，NOS_4 和 NOS_5 两种情况，其身份不发生交换，所以其身份组合为 1 种。

而 TTS_4 条件，假设目标为 1234，非目标为 5678，其全部 24 种(A_4^n)身份交换组合具体如下表所示，但因条件上要求身份必须发生交换，即自身身份不能在自身位置上，因此合格的身份交换组合为 9 种（未划删除横线处）。

1234	1243	1324	1342	1423	1432
2134	2143	2314	2341	2413	2431
3124	3142	3214	3241	3412	3421
4123	4132	4213	4231	4312	4321

DDS_4 条件的组合情况同 TTS_4 条件，同样为 9 种。

TDS_4 条件下，目标集转变后的身份全部来自非目标集，不会出现自身身份在自身位置上的情况，即包含全部 24 种身份交换组合数。

5678	5687	5768	5786	5867	5876
6578	6587	6758	6785	6857	6875
7568	7586	7658	7685	7856	7865
8567	8576	8657	8675	8756	8765

在五个目标时考虑到数量增加的情况，依次类推即可。

回应 5.2: 本研究新设计的实验 1 和实验 2 的完整程序已经附上，建议运行环境 MATLAB 2012b，并安装 Psychtoolbox (<http://psychtoolbox.org/>) 工具箱。如有任何问题，请随时联系作者，作者将协助解决本研究程序的运行问题。如审稿专家仅对程序中的身份交换处理步骤存疑，可不进行上述操作。仅需运行以下代码（即 SwitchCoreCode.m 文件），该部分代码为本实验中身份交换的源代码块，复制至脚本编辑器后，并保存后，按 F9 可在 MATLAB 中直接测试和检验，无需安装 Psychtoolbox 工具箱。也可直接将 SwitchCoreCode.m 脚本文件拖至命令窗（Command Window）中运行，将在该文件所在目录下生成 Excel 文件。

```
*****clear; clc;
```

```
%initialization
```

```
para.nRepeat = 20; % 每一条件的 trial 数
```

```
para.cond = Shuffle(repmat([1:8]', para.nRepeat, 1)); %生成随机条件矩阵：1-8 分别表示  
1, TTS_4; 2, DDS_4; 3, TDS_4; 4, NOS_4; 5, TTS_5; 6, DDS_5; 7, TDS_5; 8, NOS_5.
```

```
para.nStim(para.cond <= 4) = 8; % 前四种条件，运动圆盘数为 8 个
```

```
para.nStim(para.cond > 4) = 10; % 后四种条件，运动圆盘数为 10 个
```

```
para.nStim_max = 10; % 最大圆盘数
```

```
%switch identities
```

```
% T-T(condition=1,5)/D-D(condition=2,6)/T-D(condition=3,7)/no(condition=4,8)
```

```
for iTrial = 1:length(para.cond) % 顺序循环 20(trial)*8(condition)=160(trial)
```

```
    picIndex = Shuffle(0:9); % 随机生成数字身份 0-9, 前一半作为 target, 后一半作为非 target
```

```
    picIndex = picIndex(1:para.nStim(iTrial)); % 根据条件选定 8 个或 10 个数字身份矩阵
```

```
    picIndex2 = picIndex; % 另存当前数字矩阵
```

```
    midIndex = para.nStim(iTrial)/2; % 计算当前条件下的目标数量，或者说一半数量的圆盘数
```

```
    % 进行身份交换，生成交换后身份矩阵
```

```
    if para.cond(iTrial) == 1 || para.cond(iTrial) == 5 % T-T 判断是否为 TTS 交换条件
```

```
        tmp = picIndex(1:midIndex);
```

```
    % 取当前数字身份矩阵的前一半数字身份，即目标部分数字身份
```

```
        tmp2 = tmp; % 另存当前数字身份矩阵的前一半数字身份
```

```

        while any(tmp2==tmp)
% 判断交换后，数字身份是否交换正确，即自身数字不再位于自身位置
            tmp2=Shuffle(tmp);
% 随机排列当前数字身份矩阵中前一半的数字身份，即随机交换目标部分数字身份
            end % 如交换后，所有数字不再处于其交换前位置，则退出循环
            picIndex2(1:midIndex)=tmp2;
% 将新生成的数字身份(目标数字身份)替换原有的目标数字身份

            elseif para.cond(iTrial)==2 || para.cond(iTrial)==6 %D-D 判断是否为 DDS 交换条件
                tmp=picIndex(midIndex+1:end);
% 取当前数字身份矩阵的后一半数字身份，即非目标部分数字身份
                tmp2=tmp; % 另存当前数字身份矩阵的后一半数字身份
                while any(tmp2==tmp)
% 判断交换后，数字身份是否交换正确，即自身数字不再位于自身位置
                    tmp2=Shuffle(tmp);
% 随机排列当前数字身份矩阵中后一半的数字身份，即随机交换非目标部分数字身份
                    end % 如交换后，所有数字不再处于其交换前位置，则退出循环
                    picIndex2(midIndex+1:end)=tmp2;
% 将新生成的数字身份(非目标数字身份)替换原有的非目标数字身份

                elseif para.cond(iTrial)==3 || para.cond(iTrial)==7 %T-D 判断是否为 TDS 交换条件
                    tmp1=picIndex(1:midIndex);
% 取当前数字身份矩阵的前一半数字身份，即目标部分数字身份
                    tmp2=picIndex(midIndex+1:end);
% 取当前数字身份矩阵的后一半数字身份，即非目标部分数字身份
                    picIndex2=[Shuffle(tmp2),Shuffle(tmp1)];
% 对调数字身份位置后分别随机交换目标和非目标数字身份，并将随机后两部分的数字身份进行组合

                else %NO 判断是否为 NOS 交换条件
                    picIndex2=picIndex; % 如为不交换，则当前数字身份矩阵保持不变
                end

            % 数据存储：因条件不同，可能出现圆盘数不同，导致矩阵长度不一，无法保存数据，
            因此对结果矩阵进行额外处理
            if para.nStim(iTrial)<para.nStim_max % 当运动圆盘数为 8 个时的数据保存格式
                picIndex_start(iTrial,:)=[picIndex,-1,-1]; %交换前身份矩阵：当运动圆盘数为 8 个
                时，增加两个负数补齐矩阵缺省部分，保证矩阵长度统一
                picIndex_end(iTrial,:)=[picIndex2,-1,-1]; %交换后身份矩阵：当运动圆盘数为 8 个
                时，增加两个负数补齐矩阵缺省部分，保证矩阵长度统一
            else % 当运动圆盘数为 10 个时的数据保存格式，原样保持即可
                picIndex_start(iTrial,:)=[picIndex]; %交换前身份矩阵：当运动圆盘数为 10 个时，无
                需增加两个负数补齐矩阵缺省部分
                picIndex_end(iTrial,:)=[picIndex2]; %交换后身份矩阵：当运动圆盘数为 10 个时，无

```



```

需增加两个负数补齐矩阵缺省部分
    end
end % 所有身份交换条件的数字身份矩阵生成完成

% 保存当前数据结果
rawData = sortrows([para.cond picIndex_start picIndex_end]);
% 按照交换条件，交换前目标与非目标身份，交换后目标与非目标身份横向逐一排列
title = {'conditons','T1','sT2','sT3','sT4','sT5','sD1','sD2','sD3','sD4','sD5',...
        'eT1','eT2','eT3','eT4','eT5','eD1','eD2','eD3','eD4','eD5'};
% 生成上述数据的标题
xlswrite('rawData.xlsx',title,1,'A1');
% 输出数据标题，并保存当前数据标题到 excel 文件,需安装 excel 2013 及以上版本
xlswrite('rawData.xlsx',rawData,1,'A2');
% 输出当前数据，并保存当前数据结果到 excel 文件,需安装 excel 2013 及以上版本

OK = '^_^ All done! ^_^';
fprintf('%s\n',OK)
*****

```

意见 6: 另外，作者对于实验 2 数据的剔除也让人存在疑虑，因为这 2 个被试的剔除显著改变了实验结果，因此，也要求作者提供为修改过的这 2 个被试的原始数据。

回应: 十分感谢审稿专家的建议。上一轮作者剔除了实验 2 中两名被试的实验数据，是因为此两名被试的 trial 数太少，每一条件的 trial 更少，不适合用于分析。此前，作者采用程序批处理时有所忽略。但在此轮中，为更好地回复审稿专家建议和验证实验结果的准确性，作者重新编写了实验程序和采集了新的实验数据。新实验数据与此前研究相一致，再次支持了此前的研究假设。但作者仍提供了此前实验 2 的数据，以作检验。具体修改请详见正文第 12-13 页红色字体修改内容（3.5 结果分析）。

回复总结: 本轮修改已按照两位审稿专家的建议仔细修正和补充，并就可能存在的不妥之处均尽量予以完善。在此，十分感谢两位审稿专家在这一轮修改中提出的修改意见和建议使得本研究的成果更进一步地得到修改和完善。对此，再次对审稿专家的付出和工作致以诚挚的谢意。

第四轮

审稿专家一意见:

意见 1: 实验 2 的条件设置存在一些瑕疵，且在新一版中依然存在。如审稿专家 2 所提，当探测刺激为干扰子身份的时候（身份错但位置对条件 LrIw_D），被试可以仅根据身份记忆做出判断，而不需要身份-位置绑定。另外两种探测方式下（身份位置全对 LrIr，位置对但为另一个目标身份 LrIw_T），被试在身份记忆正确的基础上，还需要根据绑定做出判断。在作者回复审稿专家 2 的表 1 中可以看出此趋势，LrIw_D 方式的正确率普遍高于 LrIr 和 LrIw_T，说明被试确实可能借助身份记忆而非身份-位置绑定做出了判断。而身份记忆在 TDS 条件下容易受到损害，因为被试可能将交换前的目标身份还记忆为当前的目标身份，因此该种条件下正确率低。这个设置的瑕疵使得实验结果对作者结论的支持力度减弱。不过，身份记忆

和身份-位置绑定其实都是多身份追踪中的重要问题，而目前对身份记忆的研究似乎尤其的少。所以，作者如果能就此实验结果基础这两个问题进行讨论，并有合理统一的解释，相应结论做适当调整，是对此领域研究有推动作用的。

回应：非常感谢审稿专家所提建议。审稿专家在上述问题上的考虑是很正确地，被试在一定程度上也会依据身份记忆来做出相应判断，这可以看作是一种反应策略，是不可避免地，不过这也正是 MIT 范式本身所要探讨的内容。首先，从当前数据来看，虽然 LrIw_D 探测方式的正确率普遍高于 LrIr 和 LrIw_T 方式，但这三种探测方式在每一种身份交换条件上都进行了试次数量的平衡，LrIw_D: LrIw_T: LrIr = 1: 1: 2（每一条件总计 20 试次）。即在整体上，匹配次数和不匹配次数相同。不匹配试次中，非目标位置上和其他目标位置上出现不匹配的次數也相同。此外，上述三种探测方式在四种身份交换条件下都是同等出现的，即每一交换条件都包含了三种探测方式。因此，尽管 LrIw_D 方式可能受益于身份记忆，但当前研究中已尽可能对其影响进行了严格控制，研究结果的效应是可以接受地。最后，对于 TDS 条件下追踪成绩的下降，是否可能在一定程度上被试混淆了当前身份和交换前身份这一问题仍有待进一步探究。毕竟，凡是对目标身份的考察，则必将不可避免地涉及身份记忆的参与。但实质上，如果被试混淆了当前身份和初始身份，也只是从侧面再次说明身份-位置绑定关系的存在。根据可能的身份混淆情况可将当前研究中的混淆情况概括为两类，一类是在多身份追踪过程中发生混淆，并且影响到了位置追踪，身份记忆和位置追踪同时受损，另一类是在多身份追踪中发生混淆，但未影响到位置追踪，仅在反应阶段发生身份记忆混淆。前者中，被试混淆了交换前后的身份记忆，并且仍根据错误的身份记忆检索到错误的空间方位信息，造成身份和位置成绩的同时下降。这一情况表明在身份交换后，被试未能成功解除身份-位置绑定和重新更新保存在视觉工作记忆中的身份信息。后者中，混淆的身份记忆未干扰空间方位信息，仅在反应阶段出现记忆错误。这一情况表明，身份交换后，身份-位置绑定虽被有效解除，但视觉工作记忆中的身份记忆未能得到有效更新。此外，Drew, Horowitz 和 Vogel (2013)的研究表明，增加分心物的数量会增大目标与非目标之间混淆的可能，而增大客体运动速度则会增大目标丢失的可能。对于身份交换中的身份记忆混淆情况也具有相似之处，身份交换会导致身份记忆的负荷的增加，类似于增加了身份记忆的分心物，导致了身份-位置重绑定发生错误。而当运动速度过快时，或者视觉注意资源不足时，身份-位置绑定不能被及时解绑，情节缓冲器中将继续保持未解绑的错误的身份-位置绑定信息，即发生目标丢失。因此，两种身份记忆混淆情况虽都显示出身份记忆的错误，但涉及的内部机制是不同的，对于位置追踪的影响也是不同的。当前数据并不有效支持后者假设，实际数据中位置和身份成绩同时受到损害，更倾向于前一类混淆情况。但综合来看，两类身份记忆混淆可能都在一定程度上影响了当前结果，不过其本质上却仍属于身份-位置绑定的问题，仅仅是更加深入地探讨了身份交换情形下身份-位置绑定关系的内部机制，而单独地将当前结论归因于身份记忆混淆是不可靠和不合理的。因此，综上所述，作者一方面，在本研究中将基于审稿专家的建议，对正文内容进行相应调整，用以详细阐述身份记忆和身份-位置绑定的关系问题，另一方面，也希望藉此讨论来为进一步探讨身份记忆在多身份追踪中的作用做出些许拓展。详细修改请见正文第 17 页“5.3 身份-位置绑定的受干扰程度对多身份追踪表现的抑制作用”绛红色字体修改部分。

参考文献

Drew, T., Horowitz, T. S., & Vogel, E. K. (2013). Swapping or dropping? electrophysiological measures of difficulty during multiple object tracking. *Cognition*, 126(2), 213.

意见 2: 实验 1 的 TDS 条件下位置追踪的容量计算结果只有不到 2 个, 与以往研究一般认为的追踪 4-5 个位置相距甚远, 可能的原因是什么?

回应: 十分感谢审稿专家所提意见。关于上述问题的解释如下所述。首先, 研究目标和考察内容的不同将导致结果的差异。以往研究得出的追踪容量为 4-5 个的结论是基于经典 MOT (多目标追踪) 范式所得出的位置容量, 而本研究的范式更倾向为 MIT (多身份追踪) 范式, 两者性质上有所差异。实验 1 的 TDS 条件下位置追踪的容量虽只有不到 2 个, 但在 MIT 范式中被试还同时绑定了相对应的身份信息。这将影响到位置追踪容量。第二, 任务难度增大将导致追踪成绩的下降。此前研究大多表明, MIT 是系列加工, 需要工作记忆和视觉注意的参与, 用以绑定身份和位置信息。具体到本研究, TDS 条件是考察目标身份与非目标身份之间交换对多目标追踪表现的影响, 这是经典 MOT 范式所未涉及的, 该任务本身即具有较大的难度。身份交换发生后, 身份-位置绑定的解除和重绑过程耗费了大量的注意资源, 造成了位置追踪容量的下降, 这也正是本研究所要探讨的内容。最后, 从当前研究结果还可知, 在追踪 4 个目标时, NOS 条件 (基线条件) 下的位置追踪容量为 3.31 个, 相当于 82.75% 的准确率水平。这与此前经典研究中得出的 4-5 个位置容量的结论相符合。

意见 3: 实验 2 计算出来的容量大于实验 1, 作者认为这显示了部分报告法探测出来的容量大于全部报告法, 但是否可能是受到了计算校正过程的影响? 实验 1 校正了猜测, 而实验 2 没校正, 所以数值大?

回应: 十分感谢审稿专家所提意见。正文中, 作者针对全部报告法和部分报告法两者在猜测概率上的差异, 已分别对实验 1 (位置追踪: 校正公式 1) 和实验 2 (校正公式 3) 的数据进行了猜测校正, 两者的结果对比也是采用该校正后的数据进行分析的。因此, 可以排除校正计算对结论的干扰。相关内容可详见正文第 6-7 页“2.4 实验过程”部分。具体修改可见第 10 页“3.4 实验过程”红色字体修改部分。

意见 4: 图 4 上的数值表示的是什么? 数值的大小与坐标轴不对应。

回应: 感谢审稿专家细心的指正。图 4 的数值是指追踪容量, 坐标轴和图表都是正确的, 只是标注数值的时候出现了错误, 现已使用正确的数值重新标记。具体修改请详见正文第 11 页图 4。

意见 5: 实验 3 中加了语音次任务, 但整体的绩效看起来反而比单任务的实验 1 高了很多, 可能的原因是什么?

回应: 非常感谢审稿专家所提意见。此前, 作者在进行实验 3 的多身份追踪与语音双任务时, 被试报告任务难度过大, 特别是在追踪 5 个目标时, 追踪表现十分差。为了避免结果出现地板效应, 作者调整了实验的速度参数以控制实验难度, 稳定实验效应。即实验 3 中的速度要低于实验 1, 可能是这一因素导致了此种现象。相关内容可详见正文第 12 页“4.2 实验设计”部分。

.....

审稿专家二意见:

意见 1: 作者基本回答了审稿专家的意见。重新设计的实验有效的说明了想要验证的问题, 同意发表。

回应: 十分感谢审稿专家对本研究的认可, 更感谢您在审稿期间付出与投入的时间和精力。

回复总结：本轮修改均已按照审稿专家们的意见和建议仔细修正和补充，并就可能存在的不妥之处尽量予以完善。在此，再次感谢审稿专家们在这一轮修改中提出的修改意见和建议，对审稿专家的付出和工作致以诚挚的谢意。

第五轮

主编终审

意见 1：摘要部分请重新凝练，包括作者给出的诸多结论尽量整合，用简洁、高度概括的语言写作。

回应：十分感谢主编专家的建议。作者已对当前摘要和结论部分进行了重新凝练和整合。具体修改请详见正文第 1 页“摘要”红色字体部分。

意见 2：关键词一般为 3-5 个，请根据你文中关键词的重要程度尽量那关键词保留在 5 个以内。

回应：非常感谢主编专家的建议。作者已经按照重要程度将关键词进行重排，并将关键词控制在了五个以内。此外，对英文部分也一并进行了修改。具体修改请详见正文第 1 页“关键词”部分，以及第 21 页英文“Key words”红色字体部分。