

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：反应-效应相容性范式下手指数字表征方式与身体经验对数字认知加工的影响

作者：宋晓蕾 傅旭娜 张俊婷 游旭群

第一轮

审稿专家一意见：

本研究采用反应-效应相容性研究范式，在三个系列实验中通过分别设置不同的数字表征方式探讨了不同条件下的 R-E 相容性效应，以及手指数字表征方式对数字认知的影响。研究方法得当，统计方法准确，结果可靠，得出了有一定价值的结论。文章中存在以下几个问题需要修改完善：

1. 研究的核心问题在于考察手指数字表征及其方式对数字认知的影响，这一点在文章现在标题中并未有体现，建议对标题进行修改使之更明确。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。针对此条建议，已将文章标题改为“反应-效应相容性范式下手指数字表征方式对数字认知加工的影响”。突出不同手指数字表征方式对数学认知的影响，明确文章的核心问题。并用蓝色或红色字体进行标注。

2. 本研究采用了 Badets 等（2010）相似的反应-效应相容性研究范式，并在其先前研究基础上进行了完善，建议在引言中增加对 Badets 等（2010）研究及其范式的必要阐述，以让读者更清楚地了解该范式的核心内容以及当前研究是如何更好地完善了之前的研究结果，或对现有引言中相应部分表述进行一定调整，使之更清晰。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。本研究是基于 Badets 等（2010）的研究，并对其范式进行修改。Badets 等（2010）的范式：实验刺激为两类简单的加法算式，一类为结果是单手表示的（如：1+2），一类为结果需两手表示（如：3+4），要求被试口头计算加法算式，被试的口头报告会触发正确答案（实验 1）或错误答案（实验 2）以手指或木棒的形式呈现。已在前言部分补充了对其研究的介绍，并明确其中存在的问题，对其进行了补充和修改，开展了本研究。并用蓝色或红色字体进行标注。

3. 文中存在一些引用方式及语言表述上的小问题需要调整，如：

（1）P2 第一段：“Domahs 等(2010)认为德国人的手指数字表征方式是 5 进制(sub-base-five)，即用手指来表征数字是以每只手的 5 根手指为一个单位，逢 5 进 1；并且这种 5 进制的手指数字表征方式会对阿拉伯数字的大小加工产生影响(Domahs, et al., 2010)。”本句中既有直接引用，又有间接引用。如果上述表述均为因子 Domahs 等（2010），则不需要在句末处再重复引用，建议取消句尾的括号引用。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。已按建议取消了句尾的括号引用。

（2）P2 第二段：“该范式为对未来刺激的预期所引起的对当前反应的促进或干扰效应(Kunde, 2001, 2003; Hubbard, Gazzaley, Morsella, 2011; Pfister & Kunde, 2013, 2014)。”此句话语义有些不通顺，其目前主干为“该范式为.....效应”，建议修改。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。针对此句已进行修改。反应-效应相容性效应是指对未来刺激的预期所引起的对当前反应的促进或干扰效应。具体操作是，刺激所引发的反应反复地与某一给定的结果相连接（效应），一段时间后，相比与被试期望不一致的结果（不相容性）与被试期望一致的结果（相容性）会促进对刺激的反应。首先说明反应-效应相容性，然后对其研究范式进行介绍。该内容已补充文中，并用蓝色或红色字体进行标注。

同样，本段结尾处：“结果表明效应预期仅发生在被试有明确的基于效应的意图时，而在基于刺激的行为控制方式中没有。”后半句的意义也有不清晰。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。此处已更改为：“结果表明 R-E 相容性效应仅发生在被试有明确的基于效应的预期时，而在基于刺激的行为控制方式中并没有出现。”

(3) P3 第一段：“该选择过程包含两个阶段(孙月, 陈巍, 丁峻, 2011): 首先, 习得动作及其随后的感知效果之间的联结, 即动作-效果联结 (Action-effect bindings); 然后, 反向运用这一联结, 通过对动作效果的预期, 自动激活相应的动作。”这句话引用的孙月等 (2011), 是否引用位置应在句子末尾? 请核查。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。该处引用孙月等 (2011) 的研究, 已将句中的引用移至句末。并用蓝色或红色字体进行标注。

同样, 实验 2 的结果与讨论部分第二段: “人类与动物共同拥有两种离散量表表征系统(牛玉柏, 时冉冉, 曹贤才, 2016), 即小数的精确表征系统和大数的近似表征系统, 其分界点为 4。”引用是否也应在句子末尾?

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。和上面所做修改一样, 已将句中的引用移至句末。并用蓝色或红色字体进行标注。

(4) P3 第一段：“Theeuwes 等(2015)采用 Liefvooghe 等(2012、2013)研究的一种变体直接考察了基于指令的 R-E 相容性现象。”此句中的“变体”是否该为“变式”?

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。此处“变式”表达确比“变体”更为确切, 已在文章进行修改, 并用蓝色或红色字体进行标注。

(5) 实验 1 的 2.1.3 实验程序中,“被试的语音反应触发效应的呈现(800ms).....”该句话的表述有些不清晰。是否是被试进行语音反应的同时即呈现效应?

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。实验的程序是先呈现刺激, 然后被试进行口头报告, 口头报告同时会触发后续效应的出现。因英文文献多用 trigger, 所以就直译为触发。可能造成了理解上的困扰。所以已按照建议改为被试进行语音反应后随即呈现效应(800ms), 即木棒表征的数字。并用蓝色或红色字体进行标注。

4. 实验 2 中的实验材料选取依据是什么? 是否引自 Badets 等 (2010)? 建议在合适位置补充文字说明。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。实验 1 和 2 的实验材料引自 Badets 等 (2010), 已在图 1 和图 2 的图题处进行了补充。并用蓝色或红色字体进行标注。

5. 图 5 与表 1 呈现的是同样的数据, 建议选择最合适的表达方式。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。参照以往类似的文章写作模式，已将图 5 删除，图 5 所反映的内容可通过表 1 和文中具体的统计描述获得。

审稿专家二意见：

通过审稿，我们发现该研究采用反应-效应相容范式，考察了数字表征方式和身体经验对个体数字认知加工的影响。研究选题较为新颖，具有较高的学术价值，通过三个实验验证了数字表征中的反应-相容效应，并比较了材料表征与手指表征在数字认知加工中的差异。但为了更好地提高文章的质量和科学性，还需作者理清和修改以下几个问题：

1. 研究创新点不突出，需进一步提炼

作者将组间设计改为组内设计，验证数字表征中（木棒、手指）反应-相容效应的存在，并比较客体材料与身体手指在数字表征中的优势，这些研究发现虽然一定层面上推进了前言的研究，但在理论贡献上并未总结和提炼。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。针对此条意见已对前言及讨论部分的内容做了调整，其中重新以本研究想要关注的两个问题将讨论部分按问题框架来整合，以突出本研究的创新之处。对于理论的推进，本研究主要是从实证研究的角度，对以往提出的观念运动理论及具身数量提供支持的证据。具体修改内容见文中前言及讨论部分红色字体标注。

2. 引言部分的逻辑性需加强，提炼出关键性问题

引言部分虽然综述了相关文献，但段与段之间的逻辑性不强，更像是文献的罗列。缺乏对前人研究的分析和概况，需根据前人研究的重大发现以及存在的问题，经总结后提炼出研究问题，不然难于突出研究的重点和创新之处。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。文章首先表明手指数字表征对儿童和成人数字认知的重要性，但其属于知觉表征还是语义表征还不清楚。反应-效应相容性效应既存在于知觉表征也存在与语义表征中。所以可通过研究数概念层面上的 R-E 相容性，明确手指数字表征对数字认知的影响存在于什么层面。已按意见将前沿部分内容做了调整，使得逻辑更加清晰，问题更加明确。

3. 实验部分的问题

首先，如三个实验中“相容和不相容试次”具体是如何操作的，需要写清楚。其次，每个实验条件下 8 个材料，重复 10 次，且均是 10 以内的加法运算，实验任务非常简单，较难排出练习效应或天花板效应；第三，实验的正确率只有实验 1 报告了，实验 2 和 3 均未报告；第四，实验 1 中“主试在记录被试正确率时也可能出错，故不对正确率作进一步分析”让人费解，正确率的记录是主试手动记录的吗？程序不能自动记录吗？如果存在主试的记录错误，这可能存在数据的客观性问题，需要作者进一步理清。第五，图 5 的格式不规范，右侧还存在表格，建议删除。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。首先，三个实验中所写的相容和不相容试次具体指的是效应和正确答案之间的一致和不一致关系。相容试次（例如：刺激是 1+2，口头报告 3，随即呈现效应是三根木棒），不相容试次（例如：刺激是 1+2，口头报告 3，随即呈现效应是五根木棒）。相关内容已在实验 2.1.3 实验程序部分做了补充。其次，第 3-5 内容涉及到研究的

难度和正确率问题，研究主要考察十以内的数字效应激活对反应的自动化影响，所以在难度要求上很低。刺激及其试次的设置主要参照 Badets 等（2010）的研究。在展望部分也提到后续研究可关注两位数的加法，可能与个位数的效应影响会有不同。另外，三个实验被试反应正确率均在 99% 以上，方差分析结果均不显著，且关于反应-效应相容性的口头报告研究中多对正确率没有记录和分析，所以文中没过多描述。最后，图 5 与表 1 呈现的是同样的数据，参照以往类似的文章写作模式，已将图 5 删除，图 5 所反映的内容可通过表 1 和文中具体的统计描述获得。

4. 讨论部分不够深入

讨论部分在呈现本研究的结果之后，还需要与前人相关研究进行比较与分析，并说明本研究如何突破前人研究的局限，以及取得了哪些重要的研究成果，在实证和理论层面作出了哪些重要贡献，并呼应引言部分的问题提出。还需要作者进一步提炼和总结，突出文章的创新性和理论贡献。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。结合第一个问题的回答，已对讨论部分进行必要的调整和补充说明。重新以本研究想要关注的两个问题将讨论部分按问题框架来整合，即 5.1 R-E 相容性对数字认知加工的影响；5.2 手指数字表征在 R-E 相容性匹配中的优势。在呈现本研究的结果之后，与前人相关研究进行比较与分析，并说明本研究如何突破前人研究的局限，以及取得的研究结果，并呼应引言部分的问题提出。具体修改内容见讨论部分红色字体标注。

建议修后发表。

编辑意见：修后再审，无需寄打印稿。为方便审稿人，请分别针对审稿人的意见逐条给出修改说明，把审稿意见粘贴在文稿前面。正文中的修改文字最好用不同颜色标定。不要删除以前的审稿意见和修改说明（如果有）及自我检查报告；请删除作者信息，包括文档属性。无需将修改说明单独作为一个文件上传。

第二轮

首先非常感谢审稿专家在百忙之中为本文提出以下富有建设性的意见和建议。作者针对这些意见和建议进行了认真地修改和说明。

1. 本文的系列实验分别考察了不同数字表征下的反应-效应相容性，不止是手指数字表征，文章标题应更准确地概括研究核心内容。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。文章通过三个实验考察三种不同数字表征方式对数字加工的影响，已对标题进行修改。

2. 引言中第 2 页第二段及第 3 页第一段有关“反应-效应相容性”与“观念运动理论”的阐述与前后段落之间的逻辑性不够强。为何采用 R-E 相容性范式来探讨数字表征？或者说，对不同数字表征下的反应-效应相容性的探讨有何理论意义？均可在引言中有相应阐明，以突出当前研究的立意。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。数量表征可分为非符号的数量表征和符号的数量表征（Bonny & Lourenco, 2013）。Imbo 等(2011)认为，在儿童尚未习得符号的数量表征方式时，

会采用手指数策略来解决简单算术问题 (Imbo, Vandierendonck & Fias, 2011)。手指数字表征是在基于自身感知与运动经验的基础上使用手指来表征数量,幼儿在进行数字运算时常使用手指计数,而这种数字表征结果会影响幼儿的数字运算过程。有研究表明与手指表征相关的脑区是成人完成计算任务的生理基础(Andres, Michaux, & Pesenti, 2012),成人在简单运算时,虽不再直接使用双手进行运算,也会受到手指数字表征的影响(Klein, et al., 2011),且如果出现运算结果的预期与反应一致还是会促进其反应(Badets, Pesenti, & Olivier, 2010)。而反应-效应相容性(Response-Effect Compatibility, R-E)是指对未来反应结果的预期所引起的对当前反应的促进或干扰效应,是一种研究结果预期对反应产生影响的较好范式。本研究采用该范式研究个体对不同数字表征的预期对数学认知加工的影响,澄清数字表征的影响机制是基于知觉层面还是概念层面,并进一步探讨身体经验在数字表征中的作用,进而提出数字认知加工中的具身化特征即具身数量的观点。已对前言部分进行必要的补充、删除和调整,尽可能使逻辑清晰。

而且,对 Zwosta, Ruge 和 Wolfensteller (2013)研究的引用似乎与本文问题的提出并没有很紧密的关系。

回应:感谢审稿专家的宝贵意见。此篇文献的引用主要是其采用了反应-效应相容性范式的变式,更进一步地支持观念运动理论。而此前几篇采用反应-效应相容性范式也已支持了观念运动理论。而本研究选用变式为反应-效应相容性范式,所以遵循专家意见,已将改篇引用删除,见文中蓝色字体。

另外,已有研究发现,R-E 相容性效应在知觉、语义层面上均存在,那么当前研究是如何在先前研究基础上,更进一步加深了对该效应及其背后理论的理解?应进一步阐明。

回应:感谢审稿专家的宝贵意见。首先,以往采用 R-E 相容性范式研究数字表征对简单数学运算的影响时,没有严格的将知觉层面和语义层面区分开,所以其结论有待商榷。本文最大创新之处,即选择中国人常用手指数字表征范式,其特点是在 5 以上大数的表示上属于严格的语义层面,而此时 R-E 相容性的存在即就说明数字表征对简单数学运算的影响可以存在于纯粹的语义层面。其次,以往研究并没有太多关注身体经验在数字表征中的作用,本研究通过三个实验层层递进地说明手指相比较其它计数工具的优势效应,并提出了具身数量的观点,为具身认知理论在数字认知加工的作用提供了进一步的实证证据。此内容在前言和讨论部分的 5.2 有详细说明。

3. 引言中第 3 页第二段中对 Badets 等 (2010) 研究存在的问题进行了分析,作者指出:“而且 Kunde(2001)关于视觉刺激的 R-E 相容性的研究中只发现了区组水平的 R-E 相容性,探索被试内水平上的 R-E 相容性更有价值。”建议阐明原因。另外,建议进一步加强该段落与前段落之间的逻辑。

回应:感谢审稿专家的宝贵意见。此处表述确实不太清晰和准确,笔者此处引用 Kunde(2001)的研究结论,主要是想说明其研究设计不够严谨,在其研究中,实验刺激为两类简单的加法算式,一类为结果是单手表示的(如:1+2),一类为结果需双手表示(如:3+4),要求被试口头作答,被试反应会触发后的正确答案(实验 1,相容条件)或错误答案(实验 2,不相容条件)以手指或木棒的形式呈现。在此条件下手指-数字表征的优势效应虽然存在,但其所采用的手指-数字表征体系本身存在两方面的问题:一方面是包含了数量大小与手指多少的相容性问题,即表征较大数字所需的需要双手手指/较多木棒较多,而表征较小数字所需手指单手手指/较少木棒也较少。这种表征方式本身包含了感知层面上近似的“多少”的数

量感知，而不仅仅是精确的数字语义内涵。因此，这种手指的多少与数字大小之间的相容性所导致的感知层面的维度重合并不能严谨地论证手指数字表征与具体数字之间的语义联结。另一方面，其研究所采用的这种刺激-反应-效应(S-R-E)序列，不仅包含了反应与效应的相容性，也存在刺激与效应的相容性，如刺激“2+5”，效应是“2 根手指与 5 根手指”或“2 根木棒与 5 根木棒”的组合，这种刺激与效应之间的相容性也可能影响到实验结果。中国人的手指数字表征方式，仅一只手就可以表征 10 以内的所有数字，尤其对于较大数字（以 4 位分界点）而言避免了数字大小与表征方式的手指多少的对应关系，在一定程度上可以排除“手指多少与数字大小”之间的感知层面关联所造成的影响，而且单手表示也可排除刺激和效应之间的相容性问题。已经按专家意见删除并更改文中不正确的表述，具体见文中红体字表述。