

言语编码和视空编码在时间—空间联结中的作用*

毕翠华** 冯欣蕊

(四川师范大学教师教育与心理学院, 成都, 610068)

摘要 时间和空间存在反应编码联合效应, 该效应的编码是视觉空间性还是言语性还存在争议。实验1采用言语和空间反应, 它们与时距的关系分为一致和不一致。发现言语反应时, 短时距用“左边”反应快, 长时距用“右边”反应快; 空间反应时, 时距和空间的一致性效应消失。实验2用箭头朝向反应, 发现视觉编码和空间编码存在于相对应的反应形式中。研究表明时空关系的编码形式与任务要求有关, 但概念上的言语编码更具优势, 支持了极性对应理论。

关键词 STEARC 效应 言语编码 视觉编码 空间编码

1 前言

时间和空间存在着密切联系。研究者操作刺激的空间注意、空间位置, 发现被试低估左侧空间的时距, 高估右侧空间的时距 (Frassinetti, Magnani, & Oliveri, 2009; Vicario, Caltagirone, & Oliveri, 2007)。Vallesi, Binns 和 Shallice (2008) 对中央呈现 1 秒或 3 秒的“+”分别用左右手反应, 发现左手对较短时距反应快, 右手对较长时距反应快, 当采用单手的食指和中指反应时, 仍出现了时间和空间一致性效应。Ishihara, Keller, Rossetti 和 Prinz (2008) 将时间和空间方位的联结的现象称为空间—时间反应编码联合效应 (spatial—temporal association of response codes effect, STEARC)。时间在空间上的分布特征呈现出线性趋势, 大脑中好似存在一条心理时间线, 过去/短/早表征在时间线的左边, 而未来/长/晚表征在时间线的右边 (顾艳艳, 张志杰, 2012; Fabbri, Cancellieri, & Natale, 2012; Ishihara et al., 2008; Vallesi, McIntosh, & Stuss, 2011)。这表明时间具有空间表征的特点。采用不同的刺激材料, 例如具有时间顺序的图片 (Ding, Cheng, Fan, & Liu, 2015; Fuhrman & Boroditsky, 2010)、视频 (Santiago, Román, Ouellet, Rodríguez, & Pérez-Azor, 2010)、表示过去和未来的词语 (Ouellet, Santiago, Israeli, & Gabay, 2010)、抑或

历史演员的名字 (Weger & Pratt, 2008), 均发现左手对“过去/短时间/较早事件”反应快, 右手对“未来/长时间/较晚事件”反应快。

STEARC 效应与手动按键的空间位置有关, 在对时间性事件进行反应时, 会激活该事件在心理时间线上的空间位置, 过去、短、早的时间表征在心理时间线的左侧, 未来、长、晚的时间表征在心理时间线的右侧, 因此当反应的空间位置与刺激的时间表征一致时, 反应时降低, 反之, 反应时增加。为排除二分判断任务言语性编码 (长、短) 与左右按键的对应关系, Fabbri, Cellini, Martoni, Tonetti 和 Natale (2013) 采用时间复制任务, 仍发现 STEARC 效应与刺激的空间呈现位置无关, 更多受到左右键提供的空间信息的影响。

在 STEARC 效应的理论解释上, 一种观点是概念隐喻理论, 认为抽象的时间借助具体的空间概念来表征 (Winter, Marghetis, & Matlock, 2015)。身体经验在心理表征的形成中起重要作用, 语言和文化特点起着调节作用。其中强隐喻匹配观认为低水平系统的激活在表征抽象事物时是必须的, 与空间经验有关的感知运动系统负责加工时间信息, 因此导致时空一致性的出现, 视觉空间编码是 STEARC 效应的主要形式 (Boroditsky, 2000; Gallese & Lakoff, 2005)。而弱隐喻匹配观认为, 感知运动经验不是建

* 本研究获得教育部人文社会科学研究青年基金项目 (16XJC190001) 和四川省教育厅重点项目 (15SA0003) 的资助。

** 通讯作者: 毕翠华。E-mail: cuihuabi1215@163.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20180507

立时间表征的必要条件,时间和空间的关系存在高水平的概念连接中,时空关系的一致性不受反应形式的影响。Eikmeier, Hoppe 和 Ulrich (2015) 在听觉通道呈现过去或未来的言语刺激,被试运用言语或手动作出“前”或“后”的判断。结果两种反应产生的一致性效应类似,证明了弱隐喻匹配的观点。另一种观点是 Proctor 和 Cho (2006) 提出的极性对应理论。这一理论认为时间和空间维度都存在着成对的概念,这些概念都与极性相联系,“短、左、过去”这些概念与负极性相联系,而“长、右、未来”的概念与正极性相联系,STEARC 效应的产生主要来自于反应的言语空间概念“左、右”和时间概念之间的极性对应关系,概念上的言语编码是 STEARC 效应的主要形式,并且时间和空间是结构上的匹配而不是空间位置的匹配。

有几项研究证实视空编码和言语编码都参与数字—空间反应编码联合效应 (SNARC) (Georges, Schiltz, & Hoffmann, 2015; Gevers et al., 2010; Imbo, De Brauwer, Fias, & Gevers, 2012)。Gevers 等 (2010) 首次比较两种编码机制的作用,言语一致性条件下,词语概念 (“左” “右”) 和空间位置一致,言语不一致条件下,词语概念和空间位置相反,被试用 “左” “右” 的词语对数字大小进行反应,发现同时存在言语编码和视空两种编码方式,且言语编码是主要的方式。Georges 等 (2015) 在言语指导语条件下,要求被试忽略数字的空间位置,用词语进行反应;空间指导语条件下,被试忽略词语概念,用左手或右手进行反应。结果表明言语编码在言语指导语中起作用;空间指导语条件下,两种编码共同存在,但空间编码的作用大于言语编码,这表明编码方式与任务要求有关。数字加工存在非语义通路和语义通路,因此两种编码方式都可能作用于 SNARC 效应。而时间的编码有言语编码和视空编码,有研究分别操作了两种反应模式,证实言语反应和手动反应均导致 STEARC 效应 (Eikmeier, Hoppe, & Ulrich, 2015), 但并未有研究比较言语编码和视空编码在 STEARC 效应中的具体作用。

本研究借鉴 Georges 等 (2015) 的研究范式, 但将指导语的被试内因素改成被试间因素。在实验 1 中要求两组被试分别采用言语、空间反应。假设如果时距和反应位置具有一致性,那么不管词语的空间位置,左侧对短时距反应快,右侧对长时距反应快,空间编码是主要的编码方式,支持强的概念隐喻理

论。如果时距和言语位置具有一致性,那么言语编码存在,短时距用“左边”的言语标签反应快,长时距用“右边”的言语标签反应快,此时人们倾向对词语进行语义加工和归类,言语编码是主要方式,结果支持极性对应理论。另一方面,为排除二分任务中被试倾向采用言语进行归类,在实验 2 中将“左边”“右边”改为向左或向右的箭头 (“← →”), 假设当消除反应中的言语倾向时,被试的言语编码优势消失,STEARC 效应中还存在视觉编码。

2 实验 1

2.1 方法

2.1.1 被试

45 名大学生自愿参加实验,年龄在 18~22 岁之间。21 名被试采用言语标签反应,参照 Gevers 等 (2010) 的标准,剔除错误率大于 40% 的 3 名被试,剩余有效被试 19 名 (12 名女生, 7 名男生, 年龄为 $20.15 \pm .76$ 岁)。24 名被试采用左右键反应,剔除 1 名被试,有效被试 23 名 (14 名女生, 9 名男生, 年龄为 $20.45 \pm .80$ 岁)。被试的视力或矫正视力正常,无色盲或色弱,实验前无类似经验,实验中无被试中途退出,实验后给予适量报酬。

2.1.2 仪器和材料

计算机的屏幕大小为 17 英寸显示器,屏幕分辨率为 1024×768 ,刷新率为 85Hz。被试距离电脑屏幕约 50 cm。呈现时间的刺激为一个白色正方形,大小为 150×120 像素,标准时间为 1000 ms,为避免熟悉效应,比较时间比标准时间短和长的时距各包括 3 个: 400ms、600ms、800ms (短时距); 1200ms、1400ms、1600ms (长时距)。

2.1.3 实验设计与程序

采用任务类型 (言语反应、空间反应)、词语一致性 (一致、不一致) 和空间一致性 (一致、不一致) 的三因素混合设计,其中任务类型为被试间因素,一组被试要求按屏幕两侧出现的“左边”“右边”或者“右边”“左边”词语对应的键,忽略手的空间位置;另一组被试要求用左右手做按键反应,忽略言语标签的位置。其余为被试内因素。词语一致性是指词语和时距长短一致,比较时距短时,被试按“左边”,比较时距长时,被试按“右边”;左边和右边的词语位于屏幕左侧 1/4 和 3/4 处,左右之间的水平距离为 6° 。词语不一致是指词语和时距长短不一致,即时距短时,被试按“右边”,

时距长时，被试按“左边”。词语出现在屏幕左侧和右侧的概率充分平衡。空间一致性是指按键的空间位置和时距长短一致，比较时距短时，被试按左键“S”，比较时距长时，被试按右键“K”；空间不一致时，时距短时，被试按右键“K”，时距长时，被试按左键“S”，见图1。

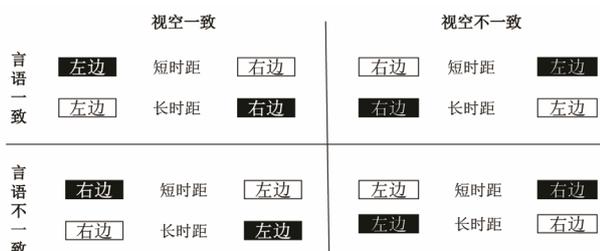


图1 不同任务要求条件下的刺激组合。黑色反应表示正确的反应

具体流程为：首先呈现 750ms 的注视点“+”，然后在屏幕两侧同时出现 1000 ms 的词语“左边 右边”或者“右边 左边”，随后呈现 1000ms 的白色正方形（标准时距），间隔 500ms 的黑色空屏后，出现比较时距（400ms、600ms、800ms、1200ms、1400ms、1600ms），刺激消失后，屏幕中央出现“左边？右边”或者“右边？左边”，或者相反的词语，被试需在 3000ms 内作出反应，间隔 1100ms 后，进入下一个试次。言语反应条件下，如果比较时距更短，就按词语“左边”对应的键，如果更长，就按词语“右边”对应的键，左边、右边词语在屏幕左右的位置在被试内充分平衡，短时距按“左边”、长时距按“右边”和短时距按“右边”，长时距按“左边”的反应顺序在被试间平衡。空间反应条件下，如果比较时距更短，就按 S 键，如果更长，就按 K 键，左右按键的顺序在被试内充分平衡。短时距按左键，长时距按右键和短时距按右键、长时距按左键的按键顺序在被试间平衡。

每个任务之前有一定次数的练习，当正确率达到 80% 以上，被试方可进行正式实验。实验中每个时距出现 32 次，16 次一致条件和 16 次不一致条件，共 192 个试次，分为 4 个组块，组块之间有 1~2 分钟的休息时间。

2.2 数据处理

采取两种方法考察 STEARC 效应的编码特点：

(1) 重复测量方差分析：任务类型为被试间变量、词语一致性和空间一致性为被试内变量。(2) 回归分析：每种指导语条件下分别计算言语 STEARC 效应和空间 STEARC 效应。言语 STEARC 效应是以

时距为横坐标，“右边”减去“左边”的平均反应时之差为纵坐标；空间 STEARC 效应是以时距为横坐标，以右侧减去左侧的平均反应时之差为纵坐标，分别建立回归方程，以回归系数作为衡量的指标。显著的负值表明言语或空间编码的存在。并且，比较两种任务要求下，词语一致和不一致条件下空间 STEARC 的回归系数。词语一致和不一致条件下，即不管词语的位置，被试都是短时距左侧反应更快，长时距右侧反应更快，空间 STEARC 的回归系数均为负，表明空间编码的存在。但是当词语一致时系数为负，词语不一致时为正或者相反，则表明言语编码的存在，因为词语不一致条件下，被试对短时距右侧反应快，长时距左侧反应快是由于词语左边和右边在屏幕的右侧和左侧导致的。

2.3 结果与分析

2.3.1 方差分析

对任务类型（言语反应、空间反应）、词语一致性（一致、不一致）和空间一致性（一致、不一致）进行三因素重复测量方差分析。用 Mauchly 法检验协方差阵的球形性质，结果发现 $p < .05$ ，不满足球形假设，采用 Greenhouse-Geisser 校正后自由度为 1。结果表明，任务类型的主效应显著， $F(1, 40) = 58.92, p < .001, \eta_p^2 = .60$ ，言语反应的反应时显著长于空间反应 (1033.82 ± 39.444 vs. 624.68 ± 35.85)；词语一致性的主效应显著， $F(1, 40) = 10.10, p < .01, \eta_p^2 = .21$ ，一致条件下的反应时显著短于不一致条件 (800.44 ± 26.12 vs. 858.06 ± 30.03)；空间一致性的主效应显著， $F(1, 40) = 4.03, p = .05, \eta_p^2 = .10$ ；任务类型和词语一致性的交互作用显著， $F(1, 40) = 15.53, p < .001, \eta_p^2 = .28$ ；空间和词语一致性的交互作用显著， $F(1, 40) = 5.11, p < .05, \eta_p^2 = .12$ 。

对任务类型和词语一致性的交互作用进行简单效应分析，发现言语反应条件下，词语一致性的反应时显著短于不一致条件 (969.29 ± 38.67 vs. 1098.34 ± 44.45)， $F(1, 40) = 23.14, p < .001, \eta_p^2 = .37$ ，空间反应时，两者的差异不显著。对空间和词语一致性的交互作用进行简单效应分析，发现空间一致性条件下，词语一致性的反应时短于不一致条件 (774.17 ± 25.82 vs. 852.20 ± 30.09)， $F(1, 40) = 17.76, p < .001, \eta_p^2 = .31$ ，而在空间不一致条件下，两者的差异不显著， $F(1, 40) = 2.89, p > .05$ 。词语一致时，空间一致的反应时显著小于不一致条件

(774.17 ± 25.82 vs. 826.71 ± 29.81), $F(1, 40)=7.27$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .16$, 词语不一致时, 空间一致性对反应无影响 ($F < 1$, $p > .05$)。结果表明, 言语反应下的词语一致性的反应时显著快于不一致条件, 表明言语编码起着重要作用, 而空间反应条件下, 空间一致和不一致的差别不显著, 表明词语的呈现干扰了时间和空间的联结, 使得 STEARC 效应变得不显著。

2.3.2 回归分析

言语反应时, 词语 STEARC 回归系数为显著的负值, $t(18) = -4.20$, $p < .05$, 而空间 STEARC 的回归系数不显著, $t(18) = -1.63$, $p > .05$ 。空间反应时, 无论是词语 STEARC 还是空间 STEARC, 回归系数

均不显著, $p > .05$ (见图 2 和图 3)。

为了深入地探讨两种编码在两种指导语条件下的作用, 分别比较两种反应条件下, 词语一致和不一致时, 空间 STEARC 效应。结果发现, 言语反应时, 词语一致时, 空间 STEARC 的回归系数为负 -0.85 , $t(18) = -3.23$, $p < .05$; 词语不一致时, 空间 STEARC 的回归系数为正, 但未达到显著性水平, $t(18) = .60$, $p > .05$ 。这与假设基本相符, 说明言语编码参与言语反应的 STEARC 效应。空间反应时, 词语一致和不一致条件下, 空间 STEARC 回归系数均为负, 但未达到显著性水平, $p > .05$, 表明词语的出现使得 STEARC 效应消失。

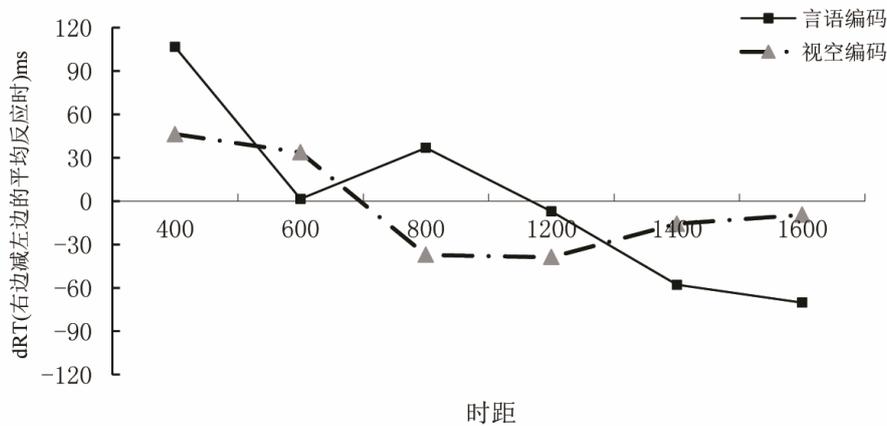


图 2 言语反应时, 时距与“右边”减去“左边”的反应时之差的回归曲线

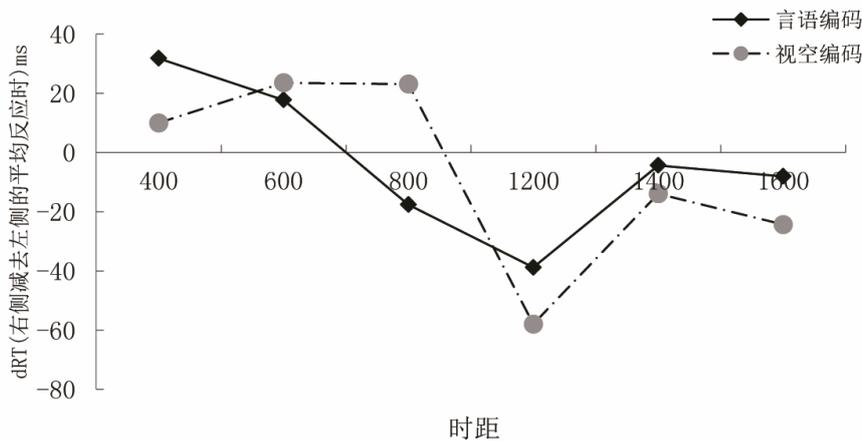


图 3 空间反应时, 时距与右侧减去左侧的反应时之差的回归曲线

实验 1 的结果表明, 言语反应时, 言语编码为主要形式; 空间反应时, 空间编码的效应不显著, 这说明在言语编码在 STEARC 效应中起着主要作用。但实验中无论采用言语还是空间反应, 屏幕中“左边或右边”词语持续存在, 时间信息“长短”与言语性空间概念“左右”可能存在极性对应。为排除时间和空间信息在言语编码上的倾向性联结,

实验 2 将反应键对应的左右词语改为视觉箭头, 以此探讨时间和空间联结的编码方式。

3 实验 2

3.1 方法

3.1.1 被试

45 名大学生参加实验, 年龄在 18~22 岁之间。

22名被试采用箭头标签反应,剔除正确率低于60%的3名被试,剩余有效被试19名(11名女生,8名男生,平均年龄为 $20.17 \pm .65$)。23名被试采用左右键反应,剔除2名被试,有效被试21名(14名女生,7名男生,平均年龄为 $20.23 \pm .84$)。被试的视力或矫正视力正常,无色盲或色弱,实验后给予适量报酬。

3.1.2 材料和程序

将“左边”“右边”的词语改为“ \leftarrow ”“ \rightarrow ”的箭头,言语任务改为视觉判断任务,要求被试采用相应的箭头朝向作反应,一致条件下,比较时间短就按“ \leftarrow ”,时距长就按“ \rightarrow ”,不一致条件下相反。其他同实验1。

3.2 结果与分析

3.2.1 方差分析

对任务类型(视觉反应、空间反应)、箭头一致性(一致、不一致)和空间一致性(一致、不一致)进行三因素重复测量方差分析,结果表明,任务类型的主效应显著, $F(1, 38) = 57.58, p < .001, \eta_p^2 = .60$,视觉反应的反应时显著长于空间反应(1001.46 ± 37.91 vs. 604.32 ± 36.06);空间的主效应近似显著, $F(1, 38) = 4.05, p = .05, \eta_p^2 = .10$,一致条件下的反应时更短(789.97 ± 25.72 vs. 815.92 ± 28.12);任务类型、箭头一致性和空间一致性的三重交互作用显著, $F(1, 38) = 5.07, p < .05, \eta_p^2 = .12$ 。

简单效应分析表明,在视觉反应条件下,空间一致时,箭头一致性的反应时显著短于不一致条件(943.98 ± 36.63 vs. 1053.49 ± 47.95), $F(1, 38) = 6.92, p < .05, \eta_p^2 = .15$;箭头一致时,空间一致性的反应时显著短于不一致条件(943.98 ± 36.63 vs. 1015.37 ± 440.51), $F(1, 38) = 6.53, p < .05, \eta_p^2 = .15$,箭头不一致条件下,空间不一致性的

反应时近似显著短于一致条件(1053.48 ± 47.95 vs. 992.99 ± 48.70), $F(1, 38) = 3.35, p = .07, \eta_p^2 = .09$,说明当时距和箭头朝向不一致时,空间一致条件具有反应时更长的趋势,空间编码的作用降低。

3.2.2 回归分析

视觉反应条件下箭头 STEARC 为显著的正值, $t(18) = 4.48, p < .05$,出现相反的时空联结效应(这与实验1相反,在讨论中分析原因)。而空间 STEARC 的回归系数不显著, $t(18) = -.69, p > .05$ 。空间反应条件下,空间 STEARC 的回归系数显著, $t(20) = -3.14, p < .05$,但视觉编码的回归系数不显著, $t(20) = .62, p > .05$ (见图4和图5)。这表明不同的编码方式依赖于不同的任务要求。

进一步比较两种反应条件下,箭头一致和不一致时,空间 STERC 效应的系数。结果发现,视觉反应条件下,箭头一致时,空间 STERC 的回归系数为负 $-.82, t(18) = -2.83, p < .05$,箭头不一致时,空间 STERC 的回归系数为正 $.84, t(18) = 3.05, p < .05$ 。表明视觉编码的存在。空间反应条件下,箭头一致条件下,回归系数为 $-.60, t(20) = -1.51, p > .05$,箭头不一致条件下,回归系数为 $-.85, t(20) = -3.19, p < .05$,表明存在空间编码。

实验2表明,用箭头反应时,时距与箭头刺激而不是空间位置一致时,反应更快,存在视觉编码;空间反应时,时距与空间位置而不是箭头朝向一致时,反应更快,存在空间编码。实验1中的言语编码的优势消失,表明时空联结的编码方式与任务类型有关。

4 讨论

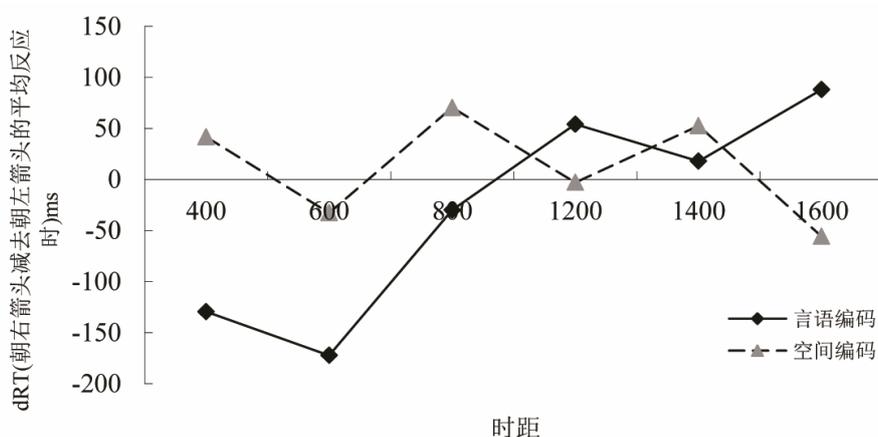


图4 言语反应时,时距与“ ”减去“ ”的反应时之差的回归曲线

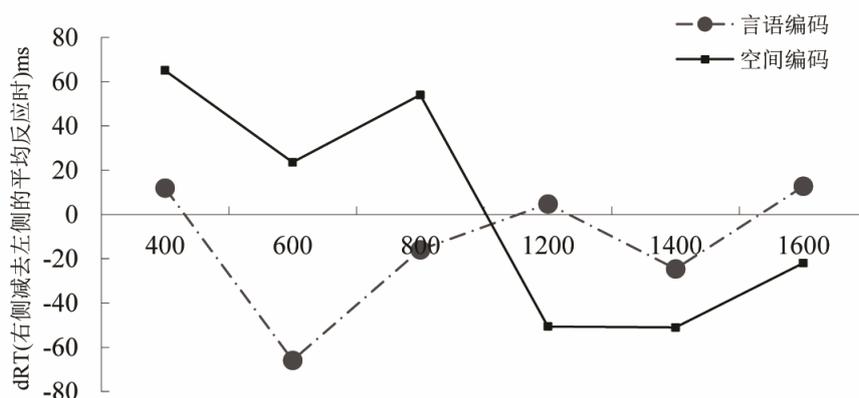


图5 空间反应时, 时距与右侧减去左侧的反应时之差的回归曲线

以2秒内的时距为刺激,发现无论是言语反应、视觉反应还是空间反应都表现出 STEARC 效应,这表明不管是言语刺激还是时距刺激,都与空间存在紧密的联结。

实验1的结果与预期假设基本相符。言语反应时,词语 STEARC 效应显著为负值,言语编码为主要形式;空间反应时,空间 STEARC 效应均为负值,表明空间编码的参与,未达到显著水平,原因可能是言语刺激的存在干扰了时间和空间的自动联结,因此空间反应中,言语编码和空间编码都存在。这说明不同的编码方式依赖于具体的任务要求,但言语编码是主要的方式,这与 SNARC 效应类似 (Georges et al., 2015; Gevers et al., 2010; Imbo et al., 2012)。根据极性对应理论,“短,左边”与负极性相联系,“长,右边”与正极性相联系。言语反应中,当时间概念与词语的概念一致时,不管词语呈现的空间位置如何,反应时都会降低。但空间反应中,当时间概念与空间的左侧和右侧一致时,虽然表现出左侧短时距右侧长时距反应快的趋势,但未达到显著性水平,这与空间反应中 SNARC 效应仍显著的结果不同。这说明,在二分任务中,被试对看不见摸不着的抽象信息时间更倾向采用言语编码。依据内在编码假说 (Kong & You, 2012),时间词语或时距首先被分类为过去/短,或者未来/长,然后过去短/或未来/长激活空间编码(左或右),因此空间反应中被试难以抵制“左边”“右边”词语的干扰,使得 STEARC 效应变得不显著。

但在实验2的视觉反应中,言语编码的优势消失。用箭头反应,视觉编码和空间编码出现冲突时,箭头不一致条件下,空间不一致性的反应时更短,表明时距与箭头刺激而不是空间位置一致时,反应

更快,支持了视觉编码。空间反应时,箭头不一致条件下,空间一致性的反应更快,表明时距与空间位置而不是箭头朝向一致,支持了空间编码。这说明视觉编码和空间编码的出现依赖于任务要求,不存在何种编码占优势。依据强隐喻匹配观,与空间经验有关的感知运动系统负责加工时间信息,时空一致性是由于感知系统与空间位置的匹配,箭头反应时,视觉上的箭头朝向直接与短和长的时距对应,空间反应时,手的左右位置与时距对应,两种条件下均出现 STEARC 效应,证明了视觉和空间编码的作用。

时空联结的编码方式不仅与任务要求有关,还可能存在个体或性别差异,有的被试或者女性被试通过语义编码加工信息。实验2在箭头反应时,比较男性和女性的平均反应时,发现女性的反应时长于男性(1026.72 vs. 932.38),但男女人数有限,未进行统计性检验。作者认为,当有些被试看到箭头时,首先对箭头朝向进行左或右的定义,然后再将语义上的左右和时距长短进行连接,这样箭头条件下时距短时,被试没有足够的时间完成箭头刺激的言语编码和时距的判断,因此反应时更长,当时距增加时,被试能快速判断箭头朝向和时距,因此反应时更短,所以在实验2的箭头反应中 STEARC 效应为正,可能是由编码策略导致的。在 SNARC 效应中,研究者也发现个体因素的影响,如性别 (Bull, Cleland, & Mitchell, 2013)、数学能力 (Hoffmann, Mussolin, Martin, & Schiltz, 2014)、年龄和抑制力 (Hoffmann, Pigat, & Schiltz, 2014) 等。在 STEARC 效应中,刘馨元和张志杰 (2016) 发现不同时间关注点人群分别在时间和空间维度上存在差异,关注过去组对左侧空间反应更快,关注未来组在未来词启动下的反应时

更短，但未发现相反的时间 - 空间表征形式。本研究采用箭头反应时，发现了相反的 STEARC 效应，表明时间和空间的联结受到其他因素的调节。

总之，本研究发现时空连接的编码方式上依赖于反应形式，当反应刺激能够用言语进行归类时，被试倾向言语编码，但当反应刺激为难以言语命名的视觉刺激时，言语编码仍存在一定的自发性，使得视觉反应和空间反应中的 STEARC 效应降低或消失。这表明言语编码、空间编码、视觉编码的存在依赖于具体的任务要求，但言语编码具有优势性，支持了极性对应理论。本研究揭示了时空关系的编码方式，时间加工不仅可以激活空间编码，这种激活与语言的加工有关，空间 - 时间联合编码效应可能是以词语编码为中介产生的，研究进一步深化了时间加工的认知机制。受到实验任务、个体、文化等多种因素的影响，今后研究中，考察并比较语言和视觉空间因素在个体不同发展时期的作用，将有助于深入揭示 STEARC 效应的本质。

参考文献

- 顾艳艳, 张志杰. (2012). 汉语背景下横纵轴上的心理时间线. *心理学报*, 44(8), 1015-1024.
- 刘馨元, 张志杰. (2016). 不同时间关注点下的空间 - 时间联合编码效应. *心理科学*, 39(2), 279-284.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75, 1-28.
- Bull, R., Cleland, A. A., & Mitchell, T. (2013). Sex differences in the spatial representation of number. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(1), 181-192.
- Ding, X. F., Cheng, X. R., Fan, Z., & Liu, H. S. (2015). Is elapsing time really recoded into spatial linear representation in working memory? *Experimental Psychology*, 62(1), 11-19.
- Eikmeier, V., Hoppe, D., & Ulrich, R. (2015). Response mode does not modulate the space-time congruency effect: Evidence for a space-time mapping at a conceptual level. *Acta Psychologica*, 156, 162-167.
- Fabbri, M., Cancellieri, J., & Natale, V. (2012). The A Theory Of Magnitude (ATOM) model in temporal perception and reproduction tasks. *Acta Psychologica*, 139(1), 111-123.
- Fabbri, M., Cellini, N., Martoni, M., Tonetti, L., & Natale, V. (2013). Perceptual and motor congruency effects in time-space association. *Attention Perception Psychophysics*, 75(8), 1840-1851.
- Frassinetti, F., Magnani, B., & Oliveri, M. (2009). Prismatic lenses shift time perception. *Psychological Science*, 20(8), 949-954.
- Fuhrman, O., & Boroditsky, L. (2010). Cross-cultural differences in mental representations of time: Evidence from an implicit nonlinguistic task. *Cognitive Science*, 34(8), 1430-1451.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 455-479.
- Georges, C., Schiltz, C., & Hoffmann, D. (2015). Task instructions determine the visuospatial and verbal-spatial nature of number-space associations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(9), 1895-1909.
- Gevers, W., Santens, S., Dhooge, E., Chen, Q., van den Bossche, L., Fias, W., & Verguts, T. (2010). Verbal-spatial and visuospatial coding of number-space interactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(1), 180-190.
- Hoffmann, D., Mussolin, C., Martin, R., & Schiltz, C. (2014). The impact of mathematical proficiency on the number-space association. *PLoS ONE*, 9(1), e85048.
- Hoffmann, D., Pigat, D., & Schiltz, C. (2014). The impact of inhibition capacities and age on number-space associations. *Cognitive Processing*, 15(3), 329-342.
- Imbo, I., De Brauwer, J., Fias, W., & Gevers, W. (2012). The development of the SNARC effect: Evidence for early verbal coding. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(4), 671-680.
- Ishihara, M., Keller, P. E., Rossetti, Y., & Prinz, W. (2008). Horizontal spatial representations of time: Evidence for the STEARC effect. *Cortex*, 44(4), 454-461.
- Kong, F., & You, X. Q. (2012). Space-time compatibility effects in the auditory modality. *Experimental Psychology*, 59(2), 82-87.
- Ouellet, M., Santiago, J., Israeli, Z., & Gabay, S. (2010). Is the future the right time? *Experimental Psychology*, 57(4), 308-314.
- Proctor, R. W., & Cho, Y. S. (2006). Polarity correspondence: A general principle for performance of speeded binary classification tasks. *Psychological Bulletin*, 132(3), 416-442.
- Santiago, J., Román, A., Ouellet, M., Rodríguez, N., & Pérez-Azor, P. (2010). In hindsight, life flows from left to right. *Psychological Research*, 74, 59-70.
- Vallesi, A., Binns, M. A., & Shallice, T. (2008). An effect of spatial-temporal association of response codes: Understanding the cognitive representations of time. *Cognition*, 107(2), 501-527.
- Vallesi, A., McIntosh, A. R., & Stuss, D. T. (2011). How time modulates spatial responses. *Cortex*, 47(2), 148-156.
- Vicario, C. M., Caltagirone, C., & Oliveri, M. (2007). Optokinetic stimulation affects temporal estimation in healthy humans. *Brain and Cognition*, 64(1), 68-73.
- Weger, U. W., & Pratt, J. (2008). Time flies like an arrow: Space-time compatibility effects suggest the use of a mental timeline. *Psychonomic Bulletin and Review*, 15(2), 426-430.
- Winter, B., Marghetis, T., & Matlock, T. (2015). Of magnitudes and metaphors: Explaining cognitive interactions between space, time, and number. *Cortex*, 64, 209-224.

The Role of Verbal Coding and Verbal-Spatial Coding on Time-Space Association

Bi Cuihua, Feng Xinrui

(School of Teacher Education and Psychology, Sichuan Normal University, Chengdu, 610068)

Abstract Evidence for Spatial-Temporal Associations of Response Codes (STEARC) effect reports faster reaction times to short/long durations with the left/right hand, respectively. The cognitive origin of the STEARC effect is under debate: the visuospatial account and the verbal account. According to visuospatial coding, time is mentally represented along a continuous left-to-right-oriented representational line with short/long durations located on the left/right side of the mental time line, respectively. With respect to verbal coding, time-space interactions would result from an association between the verbal categorical concepts “short” and “left” as well as “long” and “right”.

In Experiment 1, we not only instructed participants to respond to a certain verbal label irrespective of its physical side (verbal instruction condition), but also required them to respond to either the left or right physical response side regardless of the displayed verbal labels (spatial instruction condition). To dissociate the confound of both coding mechanisms (e.g., faster left-sided responses for short duration could result from an association either between the verbal concepts “short” and “left”, or between short duration and the left side of physical space), we randomly changed the position of the verbal labels “Left” and “Right” to appear on the left or right physical response sides. We created verbal congruency, referring to the congruency between the magnitude of the presented duration and the verbal label of the participant’s response. The physical congruency referred to the congruency between the magnitude of the presented duration and the physical side of the participant’s response. Participants were instructed to respond to the verbal labels regardless of their physical side of appearance (e.g., click on the verbal labels “Left”/“Right” for small/large numbers, respectively) or respond on the left/right physical response side for short/long durations, respectively, regardless of the displayed verbal labels. The result revealed the predominance of verbal coding under verbal task instructions. However, this pattern changed under spatial instruction condition, in which visuospatial STEARC effect disappeared. In order to further explore the role of response mode, in Experiment 2, we changed the verbal response into arrow direction (named as visual coding condition). The outcome demonstrates that spatial STEARC effect occurred in spatial instruction condition, whereas visual STEARC effect occurred in visual instruction condition. The result demonstrated that the spatial code associated with time was context-dependent.

In conclusion, the predominance of verbal coding occurs under verbal task instructions. However, in the spatial instruction condition, both verbal and spatial coding mechanisms could be activated to cause the spatial STEARC effect to disappear. In visual instruction condition, STEARC effect is activated the same as in spatial response mode. Hence, these findings clearly indicate that the cognitive origin of time-space associations is context-dependent. All in all, present data leads to the conclusion that verbal account has an advantage, supporting the polarity correspondence view. This study will contribute to explore the essential relationship between time and space, as well as their relationship with language development.

Key words STEARC effect, verbal coding, visual coding, spatial coding