

空间表征和字义冲突对信息加工速度的影响

——基于Stroop范式的研究

韩玉榕

西南大学, 重庆

收稿日期: 2022年2月27日; 录用日期: 2022年4月1日; 发布日期: 2022年4月7日

摘要

空间认知需要在生活中无处不在, 例如出门导航, 看懂一张地图, 识别路标方位, 给别人介绍某一景点的位置等, 然而有的时候容易认错方位导致找不到目的地。因此, 本文探讨了加工物理空间与空间字义之间引起的信息冲突, 并对此进行解释。本文沿用经典Stroop范式来探究当空间表征与字义冲突时, 信息加工速度如何改变。用E-prime将经典Stroop实验范式改为判断空间和判断字义的Stroop实验, 以32名本科生为被试, 对收集的数据进行双因素重复测量方差分析, 得到以下结论: 1) 判断空间位置的任务存在Stroop效应。2) 判断刺激字义的任务存在Stroop效应。3) 空间加工速度显著快于字义加工速度。

关键词

空间Stroop效应, 字义Stroop效应, 上下左右

The Effects of Spatial Representation and Semantic Conflict on Information Processing Speed

—Research Based on Stroop Paradigm

Yurong Han

Southwest University, Chongqing

Received: Feb. 27th, 2022; accepted: Apr. 1st, 2022; published: Apr. 7th, 2022

Abstract

Spatial cognition needs to be everywhere in our life, such as navigation, understanding a map, re-

cognizing the direction of road signs, and introducing the location of a scenic spot to others, etc. However, sometimes it is easy to mistake the direction and fail to find the destination. Therefore, this paper discusses and explains the information conflict caused by processing physical space and spatial meaning. This paper uses the classical Stroop paradigm to explore how information processing speed changes when spatial representation conflicts with word meaning. E-prime was used to change the classic Stroop experiment paradigm into the Stroop experiment of judging space and meaning. Thirty-two undergraduates were taken as subjects, and two-factor repeated measure ANOVA was conducted on the collected data, and the following conclusions were obtained: First, the task of judging the spatial position has a Stroop effect. Second, there is a Stroop effect in the task of judging the meaning of the stimulus. Third, the spatial processing speed is significantly faster than the language processing speed.

Keywords

Space Stroop Effect, Language Stroop Effect, Up and Down, Left and Right

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

人们无时无刻不在辨别方位，例如出门导航，看懂一张地图，识别路标方位，给别人介绍某一景点的位置，聚会的地点等，这就说明空间认知在生活中无处不在。而在很多时候，我们都遇到过地图上的空间方位标识与实际现实中的空间方位相冲突的情况，又或者是在给别人指路时，自己给别人指出的是以自己为参考系的方向，而与自己面对面的问路人也是以自己为参考系识别方向的情况下，则很容易产生误解，分不清到底指示的是哪一个方向。那么，这种物理空间与空间字义之间的冲突是否真实存在，它们能够引起多大的冲突便是本文所探讨的。

因此，本研究通过对经典 Stroop 范式材料的改变，选取 32 名大学生为被试，将同样的实验材料巧妙引用指导语，引导为判断刺激空间位置的任务和判断刺激字义的任务，分析在两种条件下的 Stroop 效应，还有字义和空间加工速度的差异。通过本研究，不仅可以扩宽 Stroop 范式的变相实验，对 Stroop 效应进行系统验证，还为以后生活中有关空间表征的应用提供参考。

2. 研究概述

2.1. Stroop 效应概述

1935 年，John Riddly Stroop 报告了一项有趣的实验，实验要求对所呈现的单词的颜色进行判断和识别，而在该实验中，给被试呈现的不同颜色的单词的词义也是颜色，也就是说，呈现的单词颜色可能与单词本身的含义相同，(如用黑色的墨水写的“黑”)，也有可能遇到书写单词的颜色与单词本身含义不一致的情况，(如用红色墨水写的“绿”)，这就导致任务中被试的认知过程受到干扰，当呈现的单词的含义与书写单词墨水颜色不一致时，被试的反应时就会显著大于二者一致时的反应时，这就是著名的 Stroop 效应(或颜色 Stroop 干扰效应) [1]。这在心理学界引发了激烈的反响，在接下来长达八十多年的时间里，Stroop 实验有了各种各样的变式并且涉及的领域不仅仅是最初的注意、认知、语言等基础学科，还涉及到了情绪、记忆、脑、神经科学等领域，更有甚者，在应用层面也引入了 Stroop 效应。

2.2. Stroop 效应发生机制理论

1991年, Macleod总结了相对加工速度理论(赛马理论)、平行分布式加工模型、自动化理论、Logan的平行加工模型、知觉编码理论这五种有关 Stroop 效应发生机制理论模型[2]。

在上述种模型之中, 相对加工速度理论出现的时间最早, 它认为人们对刺激的两个维度(字词和颜色)加工是平行的, 而加工速度不同。读词总快于颜色命名, 所以字词首先得到加工。当字词的颜色和颜色信息一致的时候, 就会促进对字词的颜色命名, 反之对字词的颜色命名则产生干扰。

而在自动加工理论中, 强调区分自动加工和控制加工两个概念, 自动加工不需要注意的参与, 控制加工则需要有意的控制。在我国许多教科书和报告中, 都将 Stroop 效应解释为词义的自动化加工。Stroop 本人发现阅读熟练的被试加工刺激(词)时, 即便被试有意识地忽略词义, 也不可避免地要对其加工, 这种加工的流畅性被认为是词义自动化加工的标志。Brown 认为词语的视觉识别在很大程度上是自动的。词义自动化加工理论认为, 当要求被试命名词语的颜色时, 由于读词是一种自动化的, 无需控制, 所以会干扰对词语的颜色命名[3]。尽管后来有学者对自动化加工提出补充, 但对 Stroop 效应解释的前提还是承认词义加工是自动化的。

知觉编码理论认为, 外界刺激作用于人以后, 通过知觉编码阶段将物理刺激转化为大脑可理解的代码, 信息到达大脑以后进行解码, 同时提取头脑中储存的有关记忆, 对刺激进行深层次的加工。而 Stroop 效应是发生在知觉编码阶段的, 而不是加工阶段。

平行加工模型是由 Logan 提出来的一种加工模型, 他并不认同将加工看成一个有先后顺序的系列过程, 主张将收集大量数据进行决策的过程应用于 Stroop 效应的理解上[4]。如果来自某一维度的证据和要求的维度一致, 就会降低阈限, 从而加快要求维度的加工时间, 反之则减慢要求维度的加工速度。

平行分布式加工模型(parallel distributed processing, PDP)又称为联结主义和神经网络模型, 它在综合了以上几种理论的基础上又对之进行深加工, 能合理的解释 Stroop 效应中的多种现象[5]。PDP 系统由很多相互连接的模块构成, 而每一个模块又可以细分为很多简单的相互联结的加工单元, 一个单元的输出可以被另一个加工单元接受然后该单元继续输出, 类似的模块就能相互搭建起桥梁, 形成通路, 每条通路都是一组相互联结的模块。当任务操作激活 PDP 系统的时候, 有一条通路就会被捷通, 通路的强度取决于通路中的联结通路的选择确定了信息加工的速度和准确性。

2.3. 空间知觉概述

空间知觉(space perception)是对物体距离、形状、大小、方位等空间特性的知觉[6]。具体来说, 空间知觉是指个体对自身在空间中所处的位置及对空间中物体间的方位关系的感知。方位关系包括上下、左右、前后、里外等, 还有形状、大小、方位等空间特性的知觉[7]。这些知觉不管是在维持有机体正常活动还是保证思维的正常活动中, 都有重要的意义和作用。

有关运动空间的 Stroop 任务中, 有 Lachmair 垂直 Stroop 范式。在该范式中, 呈现给被试的是一系列关联空间方位向上或向下信息的名词(如屋顶、草根)。在进行相关实验时, 要求被试分别用左右手控制键盘上的中心按键。实验开始时, 首先在屏幕中央呈现的是一个十字形, 然后是随机的四种不同颜色的目标词汇。在实验开始前, 被试已经被告知两种颜色向上反应关联, 另外两种颜色与向下反应关联。当被试看到屏幕中央出现向上关联的颜色时, 应该右手手指松开中间键 2, 然后按下键 1, 出现向下关联的颜色时, 被试的左手手指松开键 3, 按下键 4。得出了在语言使用者加工词汇时, 与该词汇相关联的空间信息能被自动激活的结论。虽然出现了运动空间 Stroop 的范式, 却没有对空间方位进行 Stroop 效应的研究。

2.4. 语义加工过程

语义加工主要关注大脑如何对信息进行加工以及储存语义信息两个方面来研究。对信息进行加工, 得出语言所蕴含的意义, 它的目标就是整合语境、听话者的图式还有说话者的语音语调面部表情, 来进行综合的信息处理, 最终达到对语义理解的目的。储存语义信息, 其目的就是把理解过的语言信息输入长时记忆系统中, 长期保存[8]。

语义加工出现在 Stroop 效应的变式方面, 就多种多样了。除了最初的颜色 Stroop 采用了字为实验材料以外, 之后的大量研究者也袭用了文字材料, 比如双语情绪 Stroop 效应里同时采用了汉语和英语的积极情绪词和消极情绪词[9]。成语是中国五千年文化的体现, 而颜色成语对 Stroop 效应具有稀释的作用[9]。而采用空间方位词的研究中, 仅仅讨论了不同方位辨别方式的男女差异, 并没有进行 Stroop 效应的探索。

3. 实验研究方法

3.1. 实验被试

从某大学随机选取 32 名大一到大四的被试, 其中男生 17 人, 女生 15 人, 年龄 18 岁~22 岁, 平均年龄为 20.21 岁。所有的被试要求裸眼或者矫正视力正常, 同时均为右利手, 非心理学教育学专业学生而且之前没有做过相关及类似实验。

3.2. 实验仪器

一台 Lenovo 笔记本电脑, 安装 Window7 操作系统, 其显示器大小为 14 英寸, 分辨为 1366 * 768, 刷新率 75/秒。所有实验过程均在笔记本电脑上呈现, 屏幕背景为白色, 被试所有反应均采用键盘反应的方式。刺激呈现的时间, 程序的进行和反应时的记录均由笔记本自行依照事先设定好的程序完成记录。实验环境要求采光自然好且安静, 被试坐在距离屏幕约 50cm 左右的地方。实验的最终数据采用 SPSS22.0 进行统计分析。

3.3. 实验材料

本实验材料分为两种, 空间位置和字义一致的 A 组, 空间位置和字义不一致的 B 组。

A 组: 位于上方的“上”字, 下方的“下”字, 左边的“左”字, 右边的“右”字, 4 个刺激。

B 组: 位于上方的“下”字, 下方的“上”字, 左方的“右”字, 右方的“左”字, 位于上方的“右”字, 上方的“左”字, 左边的“下”字, 左边的“上”字, 下方的“左”字, 下方的“右”字, 右边的“上”字, 右边的“下”字, 8 个刺激。

将所有刺激材料用 Photoshop 制作为 340 * 340 的 BPM 图片, 目标文字分别位于图片的正上方、正下方, 左边和右边, 字体为宋体 72 点, 字体颜色为黑色, RGB 值为(0, 0, 0), 背景颜色为白色, RGB 值为(255, 255, 255), 各类材料共 12 个。

3.4. 实验任务与设计

实验一共有两个任务, 一个任务是让被试忽略空间信息的条件下, 对呈现的字义所代表的意义做出又快又准的按键反应。另一个任务是让被试忽略字义信息的前提下, 对所呈现的刺激对应的空间位置做出又快又准的按键反应。本实验采用两因素被试内实验设计, 即 2 任务类型(判断字义、判断空间) × 2 刺激呈现空间和字义关系(一致、不一致)。

3.5. 实验程序

实验指导语: “这是一个测反应时的实验。实验中屏幕会呈现一系列汉字。你需要判断汉字在什么

位置, 如果汉字在上面请按数字键盘的 5 键, 在下面请按 2 键, 在左边请按 1 键, 右边请按 3 键, 而不要管那个字的内容是什么, 反应需要又快又准。在你明白了实验步骤后, 可以先进行练习, 然后点击任意键开始练习。”判断字义任务的实验程序与判断空间任务的试验程序类似, 不过将“你需要判断汉字在什么位置”的指导语换为“你需要判断汉字是什么意思”剩下的保持一致。在第一个任务做完以后强制被试休息, 再继续做下一个任务。

在正式实验开始前被试先进行 8 个实验练习, 之后进入正式实验。练习实验和正式实验一样, 先在屏幕中心呈现注视点“+”800 ms, 将被试注意力集中在屏幕中间, 接着目标刺激在屏幕上呈现, 直至被试做出反应后消失, 再次出现 800 ms 的“+”使被试注意力回到屏幕中央, 然后呈现下一个刺激。在练习实验中, 被试反应错误或反应时间过长均给予警告, 在正式实验中不会给予警告。

在两个任务中, 实验材料的顺序为 ABBA 设计, 即先随机呈现空间字义不一致的 B 组材料 6 个, 再呈现空间字义一致的 A 组材料 12 个(4 个刺激 * 3 次), 最后呈现空间字义不一致的 B 组材料 6 个。被试被随机分为两组, 一组先做判断字义的任务, 再做判断空间的任務; 另一组则相反。实验程序如图 1 所示。

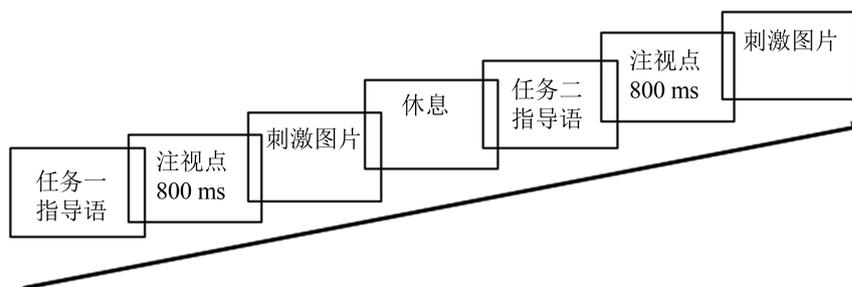


Figure 1. Schematic diagram of experimental program (Task 1 and Task 2 are spatial or semantic judgment tasks)

图 1. 实验程序示意图(任务一和任务二为判断空间任务或判断字义任务)

3.6. 数据处理

用 SPSS22.0 管理数据, 计算每个被试在每种实验条件下正确反应的平均反应时, 作为他们的操作成绩, 并做进一步的统计分析。本实验一共收集了 32 个被试的 768 个反应, 其中错误反应 48 个(占总数 6.25%), 平均数三个方差以外的异常值 28 个(占总数 3.65%)。剔除错误反应值和异常值, 剩余有效数据 692 个(占总数 90.10%)。

4. 结果与分析

对该 32 名被试的平均反应时进行 2 任务类型(判断字义、判断空间) × 2 刺激呈现空间和字义关系(一致、不一致)的基本数据进行描述统计, 见表 1。

Table 1. Responses of subjects under different tasks

表 1. 被试在不同任务下的反应时

组别	反应时/ms	
	M	SD
空间任务	一致	518.13
	不一致	581.44
字义任务	一致	664.90
	不一致	832.51

4.1. 反应时的重复测量方差分析

对该 32 名被试的平均反应时进行 2 任务类型(判断字义、判断空间) × 2 刺激呈现空间和字义关系(一致、不一致)的基本数据用 SPSS22.0 进行两因素重复测量方差分析, 结果见表 2。

Table 2. Test of intersubjective effect during reaction

表 2. 反应时的主体间效应的检验

源	III类平方和	自由度	均方	F	显著性	偏Eta平方
校正的模型	1,779,934.533	3	593,311.511	66.298	0.000	0.616
截距	53,954,551.926	1	53,954,551.926	6028.999	0.000	0.980
加工方式	1,266,305.915	1	1,266,305.915	141.500	0.000	0.533
是否一致	426,600.698	1	426,600.698	47.669	0.000	0.278
加工方式 * 是否一致	87,027.920	1	87,027.920	9.725	0.002	0.073
错误	1,109,697.398	124	8949.173			
总计	56,844,183.857	128				
校正后的总变异	2,889,631.931	127				

根据统计结果, 本研究中交互项具有统计学意义, $F(1, 124) = 9.725, P = 0.02$, 偏 $\eta^2 = 0.073$, 任务类型和空间字义是否一致在对反应时的影响上存在交互作用(见图 2)。

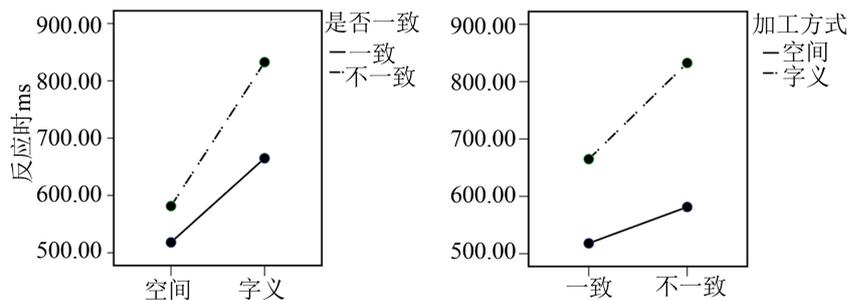


Figure 2. Interaction diagram of task type and spatial word consistency in response time
图 2. 任务类型与空间字义是否一致在反应时上的交互作用图

4.2. 反应时的简单效应结果分析

4.2.1. 任务类型的简单效应

在不同的空间字义是否一致情况下, 不同任务类型对反应时的影响不同。见表 3。

Table 3. Simple main effect test for task types

表 3. 任务类型的简单效应检验

是否一致		平方和	自由度	均方	F	显著性	偏Eta平方
一致	对比	344,697.085	1	344,697.085	38.517	0.001	0.237
	错误	1,109,697.398	124	8949.173			
不一致	对比	1,008,636.750	1	1,008,636.750	112.707	0.001	0.476
	错误	1,109,697.398	124	8949.173			

在空间字义一致水平下, $F(1, 124) = 38.517$, $P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.237$ 提示在空间字义一致水平下不同任务类型对反应时的简单效应不同, 差异具有统计学意义。判断空间任务的反应时为 518.13 ± 98.02 , 判断字义任务的反应时为 664.90 ± 82.88 , 判断空间任务的反应时显著快于判断字义任务的反应时, 快了 147.78 ms。

在空间字义不一致水平下, $F(1, 124) = 112.707$, $P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.476$ 提示在空间字义不一致水平下不同任务类型对反应时的简单效应不同, 差异具有统计学意义。判断空间任务的反应时为 581.44 ± 94.94 , 判断字义任务的反应时为 832.51 ± 101.52 判断空间任务的反应时显著快于判断字义任务的反应时, 快了 251.08 ms。

4.2.2. 空间字义是否一致的简单效应

在不同的任务类型情况下, 空间字义是否一致对反应时的影响不同。见表 4。

Table 4. A simple main-effect test for consistency of the spatial word

表 4. 空间字义是否一致的简单效应检验

是否一致		平方和	自由度	均方	F	显著性	偏Eta平方
空间	对比	64,132.781	1	64,132.781	7.166	0.008	0.055
	错误	1,109,697.398	124	8949.173			
字义	对比	449,495.838	1	449,495.838	50.228	0.001	0.288
	错误	1,109,697.398	124	8949.173			

在判断空间任务的条件下, $F(1, 124) = 7.166$, $P = 0.008 < 0.01$, 偏 $\eta^2 = 0.055$ 提示在判断空间任务的条件下空间字义是否一致对反应时的简单效应不同, 差异具有统计学意义。空间字义一致水平的反应时为 518.13 ± 98.02 , 空间字义不一致水平的反应时为 581.44 ± 94.94 , 空间字义一致水平的反应时显著快于空间字义不一致水平的反应时, 快了 63.31 ms, 空间 Stroop 效应显著。

在判断字义的任务条件下, $F(1, 124) = 50.228$, $P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.288$ 提示在判断字义任务的条件下空间字义是否一致对反应时的简单效应不同, 差异具有统计学意义。空间字义一致水平的反应时为 664.90 ± 82.88 , 空间字义不一致水平的反应时为 832.51 ± 101.52 , 空间字义一致水平的反应时显著快于空间字义不一致水平的反应时, 快了 167.61 ms, 字义 Stroop 效应显著。

5. 结果与分析

5.1. 判断呈现刺激的空间位置的 Stroop 效应分析

在判断空间的任务中发现, 被试在空间字义一致水平的反应时显著快于空间字义不一致水平的反应时, 快了 63.31 ms, 说明与空间不一致的字义刺激干扰了对空间知觉的加工, 出现了空间 Stroop 效应, 这与前人的研究一致, 在雷文斌等人的研究中也发现, 对于前后左右的方位判断, 其反应时之间是存在显著差异的[10]。

根据自动加工理论[3], 对空间信息的加工属于需要意识参与的控制加工, 因为指导语要求被试对刺激的空间信息作出反应, 而要求被试忽视的字义则需要被试忽视, 但是即使要求被试对其不进行加工, 字义信息还是受到了无意识的自动加工, 这体现在空间字义不一致时出现的反应时延长的现象上, 而且由于空间与字义的冲突, 被试也更容易受到字义的影响而导致反应时的上升。也就是说, 在空间加工任务中, 也存在 Stroop 效应。

5.2. 判断呈现刺激的语义的 Stroop 效应分析

在判断字义的任务中表明, 被试在空间字义一致水平的反应时显著快于空间字义不一致水平的反应时, 快了 167.61 ms, 这与判断空间任务的结果相似, 也就是说, 与字义不一致的空间刺激干扰了对字义知觉的加工, 出现了字义 Stroop 效应, 与前人的研究一致, 杨静等人研究发现, 当刺激的字义信息与空间信息发生冲突时, 将会引发 N270, 表示被试处于信息冲突的状态下[11]。

在自动加工论的视角看来, 虽然已经明确要求被试对刺激进行字义知觉的有意识的控制加工, 但是与字义无关的空间信息会影响到正在执行的任务, 及空间知觉和字义知觉同时进入了大脑的信息处理器中, 这说明, 在判断空间的任務中, 即使被试主观上不去注意与任务无关的空间信息, 但是这些信息却仍然受到了自动加工, 这就导致了当空间字义不一致时反应时的上升。

5.3. 字义加工与空间加工速度的分析

根据方差分析的结果, 无论刺激的空间和字义是否一致, 空间的加工速度总是快于字义的加工速度。当空间字义一致时, 判断空间任务的任务类型的反应时显著快于判断字义任务的任务类型的反应时, 快了 147.78 ms, 而当空间字义不一致的情况下, 反应时差异更显著, 此时判断空间任务的任务类型的反应时显著快于判断字义任务的任务类型的反应时, 快了 251.08 ms, 与前人研究结论一致[11]。

依据相对加工速度理论, 被试对刺激的两个维度(字义和空间)加工是平行的, 只是加工速度不同, 这也解释了为什么在两种任务下都出现了 Stroop 效应。而在两种任务中, 空间知觉总是快于字义知觉, 所以空间信息首先得到加工。当字词的空间和字义信息一致时, 就会促进对字词的字义加工, 反之就会产生干扰。

6. 结果与分析

- 第一, 判断空间位置的任务存在 Stroop 效应。
- 第二, 判断刺激字义的任务存在 Stroop 效应。
- 第三, 空间加工速度显著快于字义加工速度。

参考文献

- [1] Lupiáez, J., Weaver, B., Tipper, S., et al. (2001) The Effects of Practice on Cueing in Detection and Discrimination Tasks. *Psicologica*, **22**, 1-23.
- [2] Macleod, C.M. (1991) Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review. *Psychological Bulletin*, **109**, 163-203. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- [3] Brown, T.L., Gore, C.L. and Carr, T.H. (2002) Visual Attention and Word Recognition in Stroop Color Naming: Is Word Recognition Automatic. *Journal of Experimental Psychology: General*, **131**, 220-240. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.131.2.220>
- [4] Logan, G.D. (1980) Attention and Automaticity in Stroop and Priming Tasks: Theory and Data. *Cognitive Psychology*, **12**, 523-533. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90019-5)
- [5] 刘海宁, 李现文. 非熟练维-汉-英多语者的 Stroop 效应[J]. 承德医学院学报, 2011, 28(3): 344-345. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-6879.2011.03.070>
- [6] 钱红. 空间能力性别差异研究进展[J]. 宁波大学学报(教育科学版), 2002(6): 13-17.
- [7] 许燕, 张厚粲. 小学生空间能力及其发展倾向的性别差异研究[J]. 心理科学, 2000(2): 160-164.
- [8] 薛玉萍. 维汉空间范畴表达对比研究[D]. [博士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2013.
- [9] 王慧莉, 郝晓争, 陈宏俊. 基于垂直 Stroop 范式的空间二语词汇加工研究[J]. 外国语文, 2017(5): 83-89.
- [10] 雷文斌, 刘峰. 语言线索下视觉空间知觉任务的性别差异[J]. 心理学探新, 2014(6): 511-516.
- [11] 杨静, 王玉平, 王维平. 空间位置冲突信息诱发的事件相关电位[J]. 中国临床康复, 2002(5): 671-672.