

# 三维图形的客体和空间工作记忆存储时程研究\*

吴文春<sup>1</sup>, 谢宇琮<sup>1</sup>, 陈俊<sup>2</sup>

(1. 韩山师范学院教育科学学院, 潮州 521041; 2. 华南师范大学心理学院, 广州 510631)

**摘要:**研究采用单探测变化检测范式,探讨了三维图形在视觉客体和空间工作记忆中的存储时程。实验一的三维图形由不同颜色、形状组成,实验二的图形由不同颜色、图案组成。两个实验的结果均发现:被试的正确率随刺激间隔时间的延长而显著下降;空间工作记忆任务的正确率显著高于客体工作记忆任务。研究结果表明,视觉刺激消失后,不论是客体信息还是空间信息,均随间隔时间的延长而逐渐衰退,且客体信息衰退的速度比空间信息快。总体来看,三维图形的客体和空间信息在视觉工作记忆满负荷条件下能保持大约3~5秒的时间。

**关键词:**客体工作记忆;空间工作记忆;存储时程;三维图形

**中图分类号:**B842.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5184(2020)04-0354-07

## 1 引言

记忆研究一直是心理学研究领域的重点,其中工作记忆(working memory, WM)是当前认知心理学和认知神经科学中最活跃的研究领域之一。工作记忆是指在执行认知任务过程中,用于对信息进行暂时加工和存储的容量有限的记忆系统,因而它在许多复杂的认知活动中(如语言理解、学习、推理等)起重要作用(Baddeley, 1992)。它最先是由Baddeley和Hitch(1974)在分析短时记忆时提出的一个概念,并提出了最早的工作记忆三成份模型。在系统研究的基础之上,Baddeley(2000)进一步认为,工作记忆应包括:中央执行系统、视觉空间模板、语音环和情景缓冲器四个成分。其中,中央执行系统是关键成分,它是一个注意资源有限、但能参与任何认知活动的控制系统。语音环和视觉空间模板从属于中央执行系统并为特定目的服务。语音环(又称言语工作记忆)用来处理以语音为基础的信息;视觉空间模板(又称视觉工作记忆)用来加工与存储视觉和空间信息。情景缓冲器是整合视觉空间和言语信息的一个容量有限、与长时记忆相连的成分。

Baddeley(2003)曾指出:言语工作记忆负责的存储信息比较单一,而视觉工作记忆可加工和存储不同类型特征的刺激。也正因为如此,视觉工作记忆的加工和存储成为近二十年来工作记忆领域的研究热点。目前许多研究者认为,视觉工作记忆分为

视觉客体工作记忆和视觉空间工作记忆两部分,这一观点得到诸多神经心理学和脑成像研究的支持(Jackson, Morgan, Shapiro, Mohr, & Linden, 2011; 罗良, 刘兆敏, 林崇德, 2007; Smith, Jonides, Koeppel, Awh, Schumacher, & Minoshima, 1995; 沃建中, 罗良, 林崇德, 吕勇, 2005)。视觉客体工作记忆主要加工与存储物体的颜色、形状、图案等视觉信息,而视觉空间工作记忆主要负责加工与存储物体的位置、运动、方向等空间信息(罗良, 林崇德, 陈桃, 2010)。所以,视觉工作记忆处理客体和空间信息时会出现功能性分离(刘飞, 2010)。

视觉工作记忆研究常采用变化检测范式(Phillips, 1974)。该范式分为识记、间隔和检测三个阶段(李鹏, 沈模卫, 郎学明, 陈硕, 2007),通常有单探测和整体探测两种方法(Wheeler & Treisman, 2002)。单探测法是指检测项目只呈现一个刺激,要求被试判断其是否与识记项目中的某一个刺激相同;而整体探测法是指检测项目的刺激数与识记项目的刺激数相同,但只有其中某一个刺激的特征或特征联结方式发生了变化。

当前,在视觉工作记忆的存储研究中,大多数是考察其存储方式和容量。而专门针对其存储时程(即保持时间)进行考察的研究较少。1974年,Phillips采用变化检测范式探究了视觉短时记忆的保持时间。实验材料为由白色和黑色小方块随机组成的

\* 基金项目:广东省哲学社会科学“十二五”规划项目(GD14XXL03),2017年度广东省本科高校高等教育改革项目(粤教高函[2018]1号)。

通讯作者:吴文春, E-mail: wenchun98@126.com。

有不同复杂水平的方格矩阵图。结果发现,当 ISI (样本刺激和检测刺激之间的时间间隔) 为 20ms 时,被试对各水平方格图的记忆正确率几乎达到 100%;当 ISI 为 1s 时,各水平方格图的记忆成绩均急速下降,且随方格图的复杂程度增加,下降幅度越大;当 ISI 增加为 3~9s 时,各水平方格图的记忆正确率仍有明显下降,且图形越复杂,正确率越低,只不过与 4×4 方格图相比,6×6 和 8×8 方格图的正确率下降的幅度更小,趋势更加平缓。基于此,Phillips 认为,在无干扰的条件下,视觉短时记忆可保持至少 600ms,只不过在之后的几秒钟内,视觉信息会明显衰退,其保持效率主要与刺激的复杂程度有关(李鹏等,2007)。Vogel, Woodman 和 Luck(2001)采用单探测变化检测范式对单特征客体(颜色框)的保持时间进行了研究,结果发现,ISI 为 900ms 和 4900ms 时,被试的记忆成绩差异不显著。这表明,在一定时间内,单特征客体的信息表征在视觉工作记忆中能稳定保持几秒钟时间,不会很快衰退。随后,Weisenick(2004)对多特征客体的保持时间进行研究,实验结果发现:被试的记忆成绩在 1~8s 仅有平缓下降,且当 ISI 为 8s、记忆集合为 4 个客体时,检测正确率依然保持在 70% 以上。这与 Vogel 等(2001)研究结论一致,但与 Phillips 的实验结果不尽相同。尽管他们都认为视觉刺激信息可保持几秒钟的时间,但 Phillips 的实验结果发现在 1~9s 的间隔时间内被试的记忆成绩会明显下降且各水平间差异显著,而 Vogel 等人 and Weisenick 的研究结果显示在设定的较长间隔时间内记忆成绩没有明显的下降。Pinal, Zurrón 和 Díaz(2014)在考察保持时间对工作记忆信息提取的影响时也得出与 Vogel 等人相一致的结果,在样本刺激消失后 2500ms 和 5000ms 两个时间点上,被试对多米洛牌(domino tiles)的再认正确率无差异,且均保持在 90% 以上。

那么,被试在工作记忆中的视觉表征是逐渐衰退(decay)还是突然消失(sudden death)呢? Zhang 和 Luck(2009)采用回忆(recall-based)范式,选取单颜色框和形状图形(descriptor)为视觉记忆材料对这一问题进行考察,结果发现,被试的记忆精度在 1~10s 内总体无明显下降,其回忆失败的概率在 1~4s 内很小,但在 4~10s 的间隔期间却明显增加。他们认为,视觉工作记忆的信息表征可以保持几秒钟的时间,但之后很可能突然消失。这一结果与 Phillips 的研究一致,只是其采用的研究范式和因变量

有所不同。

上述研究基本考察的是客体工作记忆的信息保持情况。Van der Ham, Van Wezel, Oleksiak 和 Postma(2007)从空间记忆的视角考察了前后两个刺激(dot)相对于坐标的空间关系的保持时程,结果发现,空间坐标(coordinate)的信息表征易受时间间隔的影响,随着时间的推移,记忆衰退得非常快,而空间分类的记忆衰减较小,在间隔时间为 5s 时其正确率仍保持在 90% 以上。进一步的研究不仅再次证实了这一现象,而且还发现大脑右半球在空间坐标加工方面具有明显的优势,但在空间分类上并没有明显的侧化效应(van der Ham, van Strien, Oleksiak, van Wezel, & Postma, 2010)。

综合以上研究,我们可以得出一个比较一致的结论:视觉表征信息可以在工作记忆中保持 5s 左右的时间。但被试对视觉表征信息的记忆成绩是否会随着间隔时间的延长而显著下降,已有研究结果并不一致;有研究发现记忆成绩随间隔时间的延长而显著下降(Phillips, 1974),也有研究得出相反的结果(Pinal et al., 2014; Vogel et al., 2001; Weisenick, 2004),还有些研究在不同的因变量指标上得出互不相同的结果(Van der Ham et al., 2007; Zhang & Luck, 2009)。此外,已有研究基本上是对二维平面图形的保持时程进行探讨,而生活中我们感知到的更多是三维立体事物。Marr 认为,我们要对三维物体进行识别,视觉系统先由网膜影像抽取出边界,继而将相似的边界组群,进入具有平面但仍未达立体的表征,最后才建立起三维空间的物体表征(引自陈焯之,2006);这表明,三维图形的表征和处理过程要比二维图形更复杂,时间相对更长。

那么,三维图形的工作记忆信息保持时程如何? 客体与空间工作记忆的保持时程是否存在差异? 目前未有研究进行探讨。基于此,本研究拟采用经典的单探测变化检测范式,以由两类特征组成且加工难度不同的三维图形作为记忆材料,通过两个实验来探查三维图形在客体和空间工作记忆中的存储时程。如此,既可在一定程度上解决已有研究的争议,同时采用三维图形作为记忆材料又能提高实验的外部效度。本研究假设:(1)被试的记忆成绩随刺激间隔时间的增加而降低。(2)空间信息在视觉工作记忆的保持时间比客体信息长。

## 2 实验一

### 2.1 目的

采用由颜色、形状两种基本特征组成的三维图

形为实验材料,探讨其视觉客体与空间工作记忆的存储时程。

## 2.2 被试

本科生 42 名(其中男生 12 名,女生 30 名),年龄范围为 19~23 岁( $M = 21.26$  岁,  $SD = 1.27$ ),视力或矫正视力正常,色觉正常,之前未做过类似实验,完成实验后获得小礼品。

## 2.3 实验仪器与材料

实验程序应用心理实验专用编程软件 E -

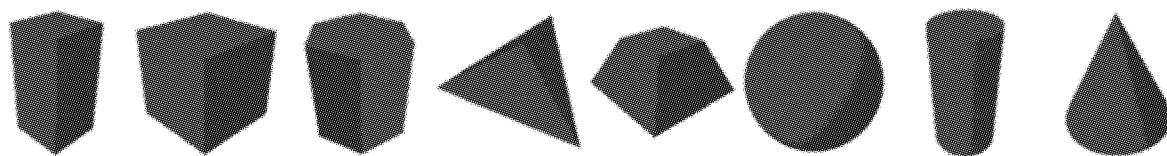


图 1 8 种形状

## 2.4 实验设计

实验为  $2 \times 2 \times 3$  三因素混合设计。其中,自变量一为视觉工作记忆任务类型,属于被试间自变量,有 2 个水平:客体工作记忆任务和空间工作记忆任务;自变量二为识记项目到检测项目之间的间隔时间(刺激间隔时间),属于被试内自变量,有 3 个水平:1s、3s、5s;自变量三为识记项目数,亦属于被试内自变量,有 2 个水平:3 个和 4 个项目数。因变量为被试判断检测项目的正确率。

视觉客体 and 空间工作记忆任务中应用相同的实验材料,但它们的实验指导语不同。在识记项目中,采用随机化法安排刺激图形的出现顺序,由 3 或 4 个颜色和形状互不相同的图形组成,它们随机呈现在屏幕中央 3(高)×4(宽)矩阵的 12 个隐形方格中。检测项目为屏幕上呈现的一个图形。在客体工作记忆任务中,检测项目的位置均在屏幕中心呈现,其图形变化方式有 3 种:颜色变化、形状变化和特征交换变化,即图形的颜色或形状或颜色-形状的结合方式可能发生改变,变与不变的概率各占 50%(即各 6 次试验)。在颜色变化条件下,检测项目图形的颜色是与识记项目中不同的另一种颜色,其形

prime1.1 编写。电脑屏幕背景为白色,刺激呈现在 17 寸液晶普屏显示器上,分辨率为  $1024 \times 768$ ,刷新率为 60Hz。被试的视线基本与屏幕处于同一水平线上,距离大约为 60 厘米。实验在单被试实验室进行。实验材料为不同颜色、形状的规则图形。其中,7 种颜色为:红色、蓝色、黄色、绿色、紫色、青色、棕色。8 种形状如图 1 所示。每个刺激图形是由任意一种颜色和一种形状组成。

状与识记项目中的某一种形状相同;在形状变化条件下,检测项目图形的形状是与识记项目中不同的另一种形状,其颜色与识记项目中的某一种颜色相同;在特征交换条件下,检测项目的图形是由识记项目中分属在两个不同客体上的一种颜色和一种形状组成(吴文春,孙悦亮,徐学,2017;吴文春,徐学,郑允佳,2018)。在空间工作记忆任务中,检测图形的颜色、形状均不发生任何改变,只有其空间位置发生变化,可能与记忆项目中的位置相同,也可能与记忆项目中位置不相同,变与不变的概率各占 50%。

在本实验中,将 42 名被试随机分成两个等组,每组 21 名,一组被试进行客体工作记忆任务,另一组被试则进行空间工作记忆任务。这两种任务均有 6 种处理条件,且每种处理条件进行 36 个正式试次(trial)。因此,两种工作记忆任务各有 216 个正式试次,其出现顺序完全随机。为了消除疲劳效应,每完成 60 个试次,被试可休息 2 分钟左右。被试完成整个实验的时间大概需要 35 分钟。

## 2.5 实验程序

实验中的试验流程如图 2 所示。

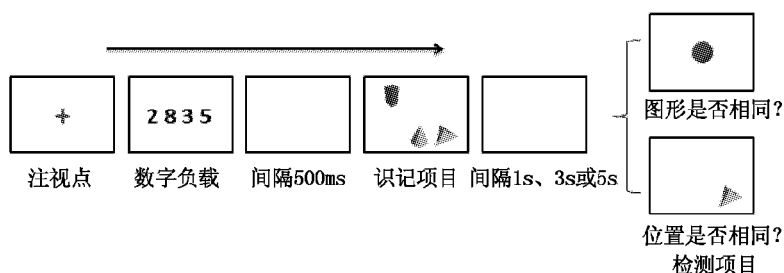


图 2 试验流程图

在单个试次中,红色注视点“+”出现在屏幕中央并持续 500ms,接着 4 个随机数字在屏幕中间出现 1000ms,并要求被试用正常语速按从左到右的顺序将其进行连续出声复述,直到出现检测项目才停止。空屏间隔后,识记项目呈现(500ms),并要求被试在客体工作记忆任务中努力记住每个图形的颜色和形状,而在空间工作记忆任务中需要记住它们的空间位置。接着间隔 1s、3s 或 5s 后,出现一个检测项目,要求被试尽量准确地判断,并按键反应。在客体工作记忆任务中,被试需要判断检测图形的颜色、形状或颜色-形状的结合方式是否发生改变;在空间工作记忆任务中,被试需要判断检测图形的位置是否发生改变。如未发生改变,按“F”键,反之则按“J”键。

2.6 结果与分析

数据处理的软件采用 SPSS20.0。表 1 显示的是各种处理条件下被试的平均正确率以及标准差。

表 1 各处理条件下被试的平均正确率和标准差 ( $M \pm SD$ )

任务类型	识记项目数(个)	刺激间隔时间(ms)		
		1000	3000	5000
客体任务	3	0.81 ± 0.10	0.74 ± 0.09	0.70 ± 0.09
	4	0.70 ± 0.06	0.65 ± 0.06	0.60 ± 0.08
空间任务	3	0.91 ± 0.07	0.81 ± 0.11	0.79 ± 0.12
	4	0.82 ± 0.09	0.80 ± 0.10	0.71 ± 0.12

三因素混合设计的方差分析结果显示,刺激间隔时间的主效应非常显著,  $F(2, 39) = 47.57, p < 0.001, \eta^2 = 0.54$ ,说明不同的刺激间隔时间在正确率上存在差异。进一步的多重比较发现,任何两个水平之间差异均非常显著 ( $ps < 0.001$ ),且各种处理条件下的检测正确率均随刺激间隔时间的增加而显著下降。识记项目数和任务类型的主效应均非常显

著,分别为  $F(1, 40) = 84.39, p < 0.001, \eta^2 = 0.68$ ;  $F(1, 40) = 24.15, p < 0.001, \eta^2 = 0.38$ 。识记项目数与任务类型的交互作用显著,  $F(1, 40) = 5.51, p < 0.05, \eta^2 = 0.12$ 。其它交互作用不显著。

以识记项目的数量为参照,以任务类型当作自变量,进行进一步的简单效应分析。结果发现,在项目数为 3 个和 4 个时,工作记忆任务类型的简单效应均显著,分别为  $F(1, 40) = 12.98, p = 0.001, \eta^2 = 0.25$ ;  $F(1, 40) = 30.65, p < 0.001, \eta^2 = 0.43$ 。两两比较后发现,在项目数为 3 个条件下,空间工作记忆任务的正确率显著高于客体工作记忆任务 ( $p = 0.001$ );在项目数为 4 个条件下,空间工作记忆任务的正确率也显著高于客体工作记忆任务 ( $p < 0.001$ )。

3 实验二

3.1 目的

探讨由基本特征和细节特征组成的三维图形的视觉客体与空间工作记忆的存储时程。

3.2 被试

36 位韩山师范学院在校本科生(男生 10 名,女生 26 名),年龄分布在 19~26 岁 ( $M = 20.69$  岁,  $SD = 1.41$ ),视力或矫正视力正常,色觉正常,之前未做过类似实验,完成实验后获得小礼品。

3.3 实验仪器与材料

实验环境、仪器、运行条件同实验一,但屏幕背景改为灰色。实验材料是由不同侧面颜色和顶部图案(细节特征)组成的正六棱柱。其中,8 种图案如图 3 所示。7 种颜色同实验一。每个刺激图形由任意一种颜色和一种图案组成。

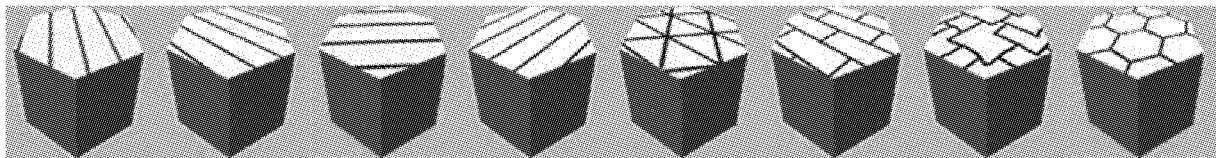


图 3 实验二中选用的 8 种图案

3.4 实验设计

实验设计、识记项目和检测项目的呈现方式均与本研究的实验一相同。在客体工作记忆任务中,检测图形有三种变化方式:颜色变化、图案变化和特征交换变化,变与不变的概率各占 50%。在空间工作记忆任务中,检测图形的空间位置发生变化,变与不变的概率各自为 50%。

在本实验中,将 36 名被试随机分成两个等组,每组 18 名,一组被试进行客体工作记忆任务,另一组被试则完成空间工作记忆任务。本实验的实验处理数、试验次数、试次的呈现方式以及消除疲劳效应的方法均同实验一。被试完成整个实验约需 35 分钟。

### 3.5 实验程序

实验的试验流程同实验一。由于刺激材料的特征组成较实验一复杂,因此识记项目呈现时间为 800ms。在客体记忆任务中,要求被试努力记住每个六棱柱的侧面颜色和顶部图案;在空间记忆任务中,被试则要记住其空间位置。呈现检测项目后,被试需要尽量准确做出判断。在客体工作记忆任务中,要求被试判断检测项目中六棱柱的颜色、图案或颜色-图案的结合方式是否发生改变;在空间工作记忆任务中,要求被试判断检测项目中六棱柱的位置是否发生改变。如未发生改变按“F”键,反之按“J”键。

### 3.6 结果与分析

数据处理方法同本研究实验一,结果如表 2 所示。

方差分析结果显示,刺激间隔时间的主效应非常显著,  $F(2, 33) = 39.43, p < 0.001, \eta^2 = 0.54$ ; 进行多重比较结果表明,任何两个水平之间差异均非常显著 ( $ps < 0.001$ ),且各种处理条件下的检测正确率均随刺激间隔时间的增加而显著下降。识记项目数主效应显著,  $F(1, 34) = 28.24, p < 0.001, \eta^2 = 0.45$ ;任务类型主效应显著,  $F(1, 34) = 32.98, p < 0.001, \eta^2 = 0.50$ 。刺激间隔时间与任务类型的交互作用显著,  $F(2, 33) = 5.16, p < 0.01, \eta^2 = 0.13$ ;其它交互作用均不显著。

表 2 各处理条件下被试的平均正确率和标准差 ( $M \pm SD$ )

任务类型	识记项目数(个)	刺激间隔时间(ms)		
		1000	3000	5000
客体任务	3	0.72 $\pm$ 0.06	0.71 $\pm$ 0.08	0.66 $\pm$ 0.08
	4	0.65 $\pm$ 0.08	0.61 $\pm$ 0.08	0.58 $\pm$ 0.10
空间任务	3	0.89 $\pm$ 0.10	0.81 $\pm$ 0.11	0.76 $\pm$ 0.13
	4	0.84 $\pm$ 0.09	0.79 $\pm$ 0.11	0.73 $\pm$ 0.13

进一步以刺激间隔时间为参照,以任务类型为自变量,进行简单效应的分析,结果发现,在两种工作记忆任务条件下,刺激间隔时间的简单效应均显著,分别为  $F(2, 33) = 6.55, p < 0.01, \eta^2 = 0.28$ ;  $F(2, 33) = 28.10, p < 0.001, \eta^2 = 0.63$ 。两两比较后发现,在客体工作记忆条件下,刺激间隔时间为 1s 和 3s 的正确率均显著高于 5s ( $p < 0.01$ ),但 1s 和 3s 两者的正确率差异不显著;在空间工作记忆条件下,刺激间隔时间为 1s 的正确率均显著高于 3s 和 5s ( $ps < 0.001$ ),3s 的正确率显著高于 5s ( $p = 0.001$ )。

## 4 总讨论

本研究采用单探测变化检测范式,通过两个实

验探讨了由两种异质特征组成的三维图形在视觉客体和空间工作记忆中的存储时程。实验一探讨了由颜色、形状两基本特征组成的三维图形的存储时程;实验二则探讨由基本特征(侧面颜色)和细节特征(顶部图案)组成的正六棱柱的存储时程。

两实验的结果均发现,各处理条件下被试的正确率均随刺激间隔时间的增加而显著下降。这一结果验证了本研究的第一个假设,同时也表明,视觉刺激消失后,不论是客体信息还是空间信息的记忆表征,均随间隔时间的延长而逐渐衰退,时间越长,信息衰退越大。采用颜色回忆任务进行实验的结果也表明,在视觉工作记忆中,较长的刺激间隔时间降低了被试正确回忆的概率(Shipstead & Engle, 2013; Souza & Oberauer, 2015)。从本研究两个实验的记忆成绩来看,被试能将三维特征图形的客体和空间信息在大脑保存一定的时间。具体而言,当视觉客体工作记忆在满负荷条件下(即存储约 3 个客体;吴文春, 2013; 吴文春, 孙悦亮, 2013),被试能在大脑中保持三维图形的两种基本特征(含特征间的绑定)信息约 5 秒,保持三维图形的一个基本特征和细节特征约 3 秒;同时也证实,组成客体的特征类型对视觉工作记忆的信息存储时程产生影响。而视觉空间工作记忆在满负荷条件下(即存储 4 个空间位置;吴文春, 2013; 吴文春等, 2018),被试对两种三维图形的空间信息能保持约 5 秒的时间。

总体而言,本研究结果与 Phillips(1974)、Zhang 和 Luck(2009)的研究基本一致。同时也在较大程度上支持 Bankó 和 Vidnyánszky(2010)的研究结论;他们通过 ERP 技术并采用视觉面部情绪信息为刺激材料,探讨了保持时间间隔对视觉短时记忆编码的影响,结果表明被试可以有效地在视觉短时记忆中存储面部情绪信息大约 6 秒。不过,本研究结果与 Pinal 等(Pinal, Zurrón, & Díaz, 2014; Vogel, Woodman, & Luck, 2001)的研究结果并不一致,他们的实验结果一致表明,被试对检测项目的再认成绩在 3-5 秒左右的间隔时间内均无明显下降。笔者认为其差异主要来自两方面的原因:(1)实验材料不同。本研究采用双特征三维图形为刺激材料;而后的实验材料均为二维图形,Vogel 等(2001)采用简单的单颜色框,Pinal 等(2014)的刺激为由 2-5 个黑色圆点组成的多米洛牌,与本研究中的三维图形相比,其包含的表面特性信息更少,识记难度更低。(2)检测范式不同。本研究采用单项目检测范式,

被试必须记住各识记项目的特征信息,而后者采用整体检测范式,被试可以凭在识记阶段形成的整体知觉表征进行判断,其信息衰退更慢。

两实验的结果还均发现,空间工作记忆任务的正确率均显著高于客体工作记忆任务,验证了本研究的第二个假设。这表明,视觉刺激消失后,随着时间间隔的延长,客体信息衰退的速度比空间信息快。这一结果支持了吴文春(2013)的研究结论,他认为空间工作记忆将视觉信息以整合方式进行存储,且具有整体加工优势,即在空间工作记忆任务中,被试只需对每个图形作为一个整体进行加工和储存;而客体工作记忆任务下,被试需要对图形的两种维度特征做细致加工存储。另外,笔者认为由于实验二的刺激材料具有顶部图案这一复杂的细节特征,增加了客体工作记忆过程中知觉加工阶段的难度。所以在相同的刺激呈现时间内,客体工作记忆任务的难度较大,其记忆效果也较差。因此,在视觉工作记忆中,被试在空间任务下的记忆成绩会高于客体任务。

## 5 结论

综上所述,本研究结果表明:视觉刺激消失后,不论是客体信息还是空间信息的记忆保持,均随间隔时间的延长而逐渐衰退,时间越长,信息衰退越大,且客体信息衰退的速度比空间信息快。总体来看,三维图形的客体 and 空间信息在视觉工作记忆满负荷条件下分别能各自保持大约3秒、5秒的时间。

## 参考文献

- 陈焯之.(主编).(2006). 认知心理学. 广州:广东高等教育出版社.
- 李鹏,沈模卫,郎学明,陈硕.(2007). 客体的视觉工作记忆研究进展. 应用心理学, 13(1), 3-10.
- 刘飞.(2010). 不同特征图形在客体工作记忆中的存储机制(硕士论文). 河南大学.
- 罗良,林崇德,陈桃.(2010). 注意次级任务对客体与空间工作记忆信息保持的选择性干扰. 心理发展与教育, 6, 561-568.
- 罗良,刘兆敏,林崇德.(2007). 人类视空间工作记忆分离的证据与机制. 心理科学进展, 15(3), 394-400.
- 沃建中,罗良,林崇德,吕勇.(2005). 客体与空间工作记忆的分离:来自皮层慢电位的证据. 心理学报, 37(6), 729-738.
- 吴文春.(2013). 二维特征图形的客体 and 空间工作记忆存储研究. 心理发展与教育, 12(3), 247-254.
- 吴文春,孙悦亮.(2013). 图形规则性对客体 and 空间工作记忆存储的影响. 心理与行为研究, 11(2), 205-210.
- 吴文春,孙悦亮,徐学.(2017). 三维图形的客体 and 空间工作记忆存储机制. 心理发展与教育, 33(2), 145-152.
- 吴文春,徐学,郑允佳.(2018). 三维图形的视空间工作记忆容量研究. 心理学探新, 38(3), 215-220.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839.
- Bankó, É. M., & Vidnyánszky, Z. (2010). Retention interval affects visual short-term memory encoding. *Journal of Neurophysiology*, 103(3), 1425-1430.
- Diego, P., Montserrat, Z., & Fernando, D. A. (2014). Effects of load and maintenance duration on the time course of information encoding and retrieval in working memory: From perceptual analysis to post-categorization processes. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-15.
- Jackson, M. C., Morgan, H. M., Shapiro, K. L., Mohr, H., & Linden, D. E. J. (2011). Strategic resource allocation in the human brain supports cognitive coordination of object and spatial working memory. *Human Brain Mapping*, 32(8), 1330-1348.
- Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16(2), 283-290.
- Ricker, T. J., & Cowan, N. (2010). Loss of visual working memory within seconds: The combined use of refreshable and non-refreshable features. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(6), 1355-1368.
- Ricker, T. J., & Cowan, N. (2014). Differences between presentation methods in working memory procedures: A matter of working memory consolidation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(2), 417-428.
- Ruisoto, P., Juanes, J. A., Contador, I., Mayoral, P., & Prats-Galino, A. (2012). Experimental evidence for improved neuroimaging interpretation using three-dimensional graphic models. *Anatomical Sciences Education*, 5(3), 132-137.
- Smith, E. E., Jonides, J., Koeppe, R. A., Awh, E., Schumacher, E. H., & Minoshima, S. (1995). Spatial versus object working memory: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7(3), 337-356.
- Shipstead, Z., & Engle, R. W. (2013). Interference within the

- focus of attention: Working memory tasks reflect more than temporary maintenance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 277 – 289.
- Souza, A. S. , & Oberauer, K. (2015). Time – based forgetting in visual working memory reflects temporal distinctiveness, not decay. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(1), 156 – 162.
- van der Ham, I. J. M. , van Strien, J. W. , Oleksiak, A. , van Wezel, R. J. A. , & Postma, A. (2010). Temporal characteristics of working memory for spatial relations: An ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, 77, 83 – 94.
- Van der Ham, I. J. M. , Van Wezel, R. J. A. , Oleksiak, A. , & Postma, A. (2007). The time course of hemispheric differences in categorical and coordinate spatial processing. *Neuropsychologia*, 45, 2492 – 2498.
- Vogel, E. K. , Woodman, G. F. , & Luck, S. J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 92 – 114.
- Wesenick, M. B. (2004). *Limitations of human visual working memory* ( PhD thesis ). Ludwig – Maximilians – Universität München.
- Wheeler, M. E. , & Treisman, A. (2002). Binding in short – term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(1), 48 – 64.
- Woodman, G. F. , Vogel, E. K. , & Luck, S. J. (2012). Flexibility in visual working memory: Accurate change detection in the face of irrelevant variations in position. *Visual Cognition*, 20(1), 1 – 28.
- Zhang, W. , & Luck, S. J. (2009). Sudden death and gradual decay in visual working memory. *Psychological Science*, 20(4), 423 – 428.

## The Maintaining Time Course of 3 – D Graphs in Object and Spatial Visual Working Memory

Wu Wenchun<sup>1</sup>, Xie Yuqiong<sup>1</sup>, Chen Jun<sup>2</sup>

(1. School of Education Science, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041;

2. School of Psychology, South China Normal University, Guangzhou 510631)

**Abstract:** Using single change – detection paradigm, the research investigated the storing time of visual object and spatial working memory for the three dimensional graphs. The materials in experiment 1 consisted of different colors and shapes, and those in experiment 2 consisted of different colors and patterns. The results of two experiments both showed: The accuracy of subjects declined significantly with the extension of inter – stimuli interval; the accuracy of spatial working memory task was significantly higher than that of object working memory task. The results indicated that, both the object information and spatial information decayed gradually with the extension of interval time when visual stimulus disappeared, and the speed of the object information recession faster than spatial information. Overall, under the condition that visual working memory was at full capacity, the object and spatial information of three dimensional graphs can maintain about 3 – 5 seconds.

**Key words:** object working memory; spatial working memory; the storing time; three dimensional graphs