

# 工作记忆内容对表象的心理旋转任务的影响

杨祖越

西南大学心理学部, 重庆

收稿日期: 2026年3月5日; 录用日期: 2026年3月27日; 发布日期: 2026年4月14日

## 摘要

工作记忆与表象是人类认知系统中的两个重要组成部分, 二者在信息表征和加工过程中具有密切联系。近年来, 随着认知心理学和脑科学的发展, 越来越多的研究开始关注工作记忆与表象之间的关系, 尤其是在心理旋转等空间认知任务中的作用机制。本文在系统梳理相关研究的基础上, 首先介绍工作记忆的概念、结构及其容量有限性的相关理论; 其次综述表象的基本概念、主要理论及其经典研究范式——心理旋转任务; 在此基础上进一步讨论工作记忆与表象之间的关系, 并分析工作记忆信息对心理旋转任务加工过程可能产生的影响。总体来看, 已有研究表明工作记忆与表象在信息表征形式、加工方式以及神经基础上均存在密切联系, 但关于二者之间具体作用机制的研究仍相对不足。未来研究可通过改进实验范式, 结合脑机接口(BCI)、计算建模(Computational Modeling)及多变量模式分析(MVPA)等前沿方法, 进一步探讨工作记忆负荷、前置刺激等因素对表象加工过程的影响, 从而深化对工作记忆与表象关系的理解。

## 关键词

工作记忆, 表象, 心理旋转, 认知加工

# The Influence of Working Memory Content on Mental Rotation Performance in Mental Image Tasks

Zuyue Yang

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Received: March 5, 2026; accepted: March 27, 2026; published: April 14, 2026

## Abstract

Working memory and mental image are two crucial components of the human cognitive system, and

they are closely linked in the processes of information representation and processing. In recent years, with advancements in cognitive psychology and neuroscience, an increasing number of studies have begun to focus on the relationship between working memory and mental image, particularly their underlying mechanisms in spatial cognitive tasks such as mental rotation. Based on a systematic review of relevant research, this paper first introduces the concept of working memory, its structure, and theories regarding its limited capacity; second, it reviews the basic concepts, major theories, and classic research paradigm of mental image—the mental rotation task; building on this foundation, it further discusses the relationship between working memory and mental image and analyzes the potential influence of working memory information on the processing of mental rotation tasks. Overall, existing research indicates that working memory and mental image are closely linked in terms of information representation, processing mechanisms, and neural substrates; however, research on the specific mechanisms underlying their interaction remains relatively limited. Future research could explore the effects of factors such as working memory load and priming on the mental image processing by refining experimental paradigms and integrating cutting-edge methods such as brain-computer interfaces (BCI), computational modeling, and multivariate pattern analysis (MVPA), thereby deepening our understanding of the relationship between working memory and mental image.

## Keywords

Working Memory, Mental Image, Mental Rotation, Cognitive Processing

Copyright © 2026 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

在人类的认知活动中，个体需要不断地对外界信息进行编码、保持与加工，以完成推理、问题解决以及空间操作等复杂任务。工作记忆作为一种对信息进行暂时存储与加工的认知系统，在这一过程中发挥着核心作用。大量研究表明，工作记忆不仅承担着信息保持的功能，还通过中央执行系统对注意、知觉以及其他高级认知过程产生重要的调节作用。随着认知心理学的发展，研究者逐渐认识到，工作记忆在个体的认知活动中具有枢纽性的地位，是连接知觉、注意与长时记忆的重要中介系统。与此同时，表象作为人类对不在眼前事物进行心理表征的重要方式，一直是认知心理学研究的重要主题。表象不仅具有直观性和可操作性特点，还能够在缺乏外部刺激的情况下支持个体进行空间推理和心理操作。其中，心理旋转任务被认为是研究表象加工最经典的实验范式之一，通过考察个体在头脑中对图形进行旋转操作时的反应变化，研究者得以揭示表象加工的内部机制。近年来，随着神经影像技术和认知实验范式的发展，越来越多的研究开始关注工作记忆与表象之间的关系。已有证据表明，二者在信息表征形式和加工机制上存在显著的相似性，并且在神经基础上也存在部分重叠。例如，在视觉工作记忆和表象加工过程中，均可观察到初级视觉皮层和前额叶等脑区的共同激活。然而，尽管已有研究表明二者之间存在密切联系，但关于工作记忆如何具体影响表象加工过程，以及这种影响在心理旋转等任务中的作用机制，目前仍缺乏系统性的梳理与深入探讨。基于此，本文在梳理相关研究的基础上，首先介绍工作记忆的概念、结构及其容量限制，其次综述表象及其主要理论与心理旋转研究范式，最后重点探讨工作记忆与表象之间的关系，并结合心理旋转任务的研究成果分析二者之间可能的作用机制。通过对现有研究的系统总结，旨在为进一步探讨工作记忆与表象之间的交互关系提供理论基础，并为未来相关实验研究提供参考。

## 2. 工作记忆

### 2.1. 工作记忆的定义

工作记忆(Working Memory, WM)是对信息进行暂时存储和加工的,容量有限的记忆系统。它是对当前工作状态的记忆,同时还要对这些信息进行进一步的加工。Miller等人首次提到了工作记忆这个概念,Baddeley等人随后对这一概念进行了补充,并在1974年提出了一个包含三个认知成分的工作记忆模型,这三个成分分别为中央执行系统、视觉空间模板和语音环路(潘毅,2010a)。在2000年,这一模型又得到了进一步的发展(袁婉秋,2011)。现在,Baddeley所提出的工作记忆的基本架构包括4个部分:中央执行系统(Central Executive)、视觉空间模板(Visuo-Spatial Sketchpad)、语音环路(Phonological Loop)和情景缓冲器(Episodic Buffer)(王益文,林崇德,2006)。其中,中央执行系统是一个注意资源有限的控制系统,是工作记忆中最重要成分,主要有四种功能,分别为转换、刷新、协调和抑制功能(尹霖,2022):刷新功能是指人们在接受新的信息的同时,中央执行系统对此加以分析并进行反馈后对工作记忆内容进行更新和调整。转换功能是指当相同认知资源被良性任务同时竞争时,中央执行系统通过对内源性的注意进行控制,从而控制不同任务之间的转换。协调功能是指人们在接受不同信息或不同任务时,中央执行系统将有限的工作记忆资源合理分配的功能。抑制功能是指个体运用认知资源有意地对占主导地位的、自动化的优势反应做出抑制,是一个主动的压制过程。视觉空间模板用来处理与视觉和空间有关的信息,干扰范式为它的存在提供了证据。语音环路用以处理以语音为基础的信息,包括语音储存和发音复述两个过程。情景缓冲器则是一个整合视觉、空间和语音信息的容量有限的成分,并直接与长时记忆相连(Baddeley,1992,2003)。Baddeley认为,工作记忆模型中的这四个成分既相互独立又相互联系,并提出了两个重要的假设:如果两个任务同时使用某一个成分,那么这两个任务的成绩都比单独完成它们时要差;如果两个任务同时使用不同的成分,那么这两个任务的成绩与分别完成这两个任务时一样好(Baddeley,1992)。

### 2.2. 工作记忆的分类

本工作记忆作为记忆的一种类型,可以像记忆一样从信息来源的角度进行分类,如视觉工作记忆、听觉工作记忆等,目前心理学界研究较多的是视觉工作记忆。而根据处理信息的来源的差异,视觉工作记忆又可以分为来源于知觉的工作记忆和来源于长时记忆的工作记忆,前者又被称之为短时工作记忆,主要负责保持和操作当前知觉到的信息;后者又被称之为长时工作记忆,主要负责加工从长时记忆中提取到的信息。此外,根据处理信息的类型不同,视觉工作记忆还可以分为视觉客体工作记忆和视觉空间工作记忆,前者主要处理物体的颜色、大小、形状等特征,而后者主要处理空间相对位置和旋转等特征(李筱梅,2019)。

### 2.3. 工作记忆容量的有限性

工作记忆的一个重要特征是有限性,即工作记忆能存储的内容的总量是有限的。近年来研究者对视觉工作记忆的存储单元和存储容量进行了大量研究,并提出了很多模型,这些模型也都得到了后续很多研究结果的支持,其中最主要的是插槽模型和灵活资源模型(华巧云,2019)。插槽模型(Slot-Based Model)也叫容量有限模型、离散槽道模型(Discrete-Slot Models),该理论认为,当每个客体占据一个槽道,客体信息会得到完全加工,每个客体都能得到高精度的表征,客体数目不影响视觉工作记忆的表征精度;当客体数目超过4个时,竞争才会发生。灵活资源模型(Flexible Resource Model)认为,视觉工作记忆资源是有限的,保存在视觉工作记忆中的客体可以共享这些资源,并且资源是以灵活的方式进行分配的,当客体数目较少时,每个客体可以分配到较多的资源,因此会得到高精度表征,存储的客体数目越多,每个客体得到的资源越少,进而表征精度降低。另外还有研究者提出了平均-插槽模型和集群概率模型。前

者认为当客体数目不超过槽道数目且数目较少时,一个客体可以占用多个槽道获得更多的资源进而表征精度会较高,表征精度会随客体数目的增多而降低;当客体数目超过槽道数目时,超出的客体的视觉特征不会被存储。后者认为项目不是被完全独立的表征的,它们的表征会受到高水平线索的影响,例如它的知觉组织,空间模型等(华巧云, 2019)。

## 2.4. 工作记忆与其他认知过程的关系

记忆系统作为个体认知过程的一个重要子系统,在个体的认知过程中具有重要的地位和作用,是个体对信息进行编码、储存和提取的重要场所,储存在记忆系统中的信息会对个体的其他认知过程产生重要的影响。而工作记忆则是记忆系统的一个重要组成部分,是对信息进行暂时存储和加工的、容量有限的记忆系统。它的一个重要特征是,当外界环境中的知觉刺激被编码为记忆表征并得到有效巩固后,即使该刺激已经从外界环境中彻底消失了,但其记忆表征仍然能够积极保持在工作记忆中,直到个体完成任务不再需要该刺激表征为止。工作记忆中储存的是当前个体正在加工的信息,是处于个体意识中心位置的信息。已有许多研究证实,储存在工作记忆中的信息会对个体当前的其他认知过程,如注意和知觉产生自上而下的调节与控制作用(李筱梅, 李海峰, 2018; 刘树辉, 2020; 罗梓文, 2020; 潘毅, 2010b; 潘毅等, 2007, 2010; 潘毅, 张琳, 2019; Thomas, 2014)。

## 3. 表象

### 3.1. 表象的概述

表象是事物不在眼前时头脑中出现的关于事物的形象。认知心理学认为,表象是个体对不在眼前的事物的一种表征,这种表征具有鲜明的形象性。表象具有直观性、概括性、和可操作性的特点。根据不同的标准,可以将表象划分为不同的类型(郜峰, 2022):根据表象生成的感觉通道不同,可以将表象分为视觉表象、听觉表象、触觉表象、嗅觉表象等;根据表象的创造程度不同,可以将表象分为记忆表象和想象表象;根据表象的概括程度不同,可以将表象分为一般表象和特殊表象;根据表象的主观努力程度,可以将表象分为自愿表象和非自愿表象;此外,在临床心理学中,临床心理学家还将表象分为正性表象、中性表象和负性表象。对表象的研究由来已久,从古至今有许多学者对表象从多个方面进行了探讨,在心理学诞生之初,表象也被作为一个重点的研究内容(刘鸣, 2004)。虽然一度由于行为主义的盛行导致了心理学界对表象研究的忽视,但自认知心理学兴起以来,对表象的研究迅速得到了复苏。现代以来,有很多心理学家从不同的角度对表象进行了研究,主要的研究方向包括两大类:其一是继续保持定量评定的研究方向和将之作为心理治疗的工具;其二是将表象吸纳到认知模型当中,着眼于信息的表征。在这些认知模型中,信息的内部表征被当作是中心课题(任国防, 2008)。20世纪60年代以来,表象表征的格式问题受到广泛的关注,以Pylyshyn为代表的一部分学者认为表象是一种抽象形式的命题表征(Propositional Representations);而以Kosslyn为代表的另一部分学者则认为表象是一种类似知觉的图画式信息表征(Depictive Representations),两者之间的分歧被称为“表象之争(Imagery Debate)”(林钰婷等, 2018)。随着科学技术的不断进步,PET、fMRI等脑成像技术的发展为探讨表象实质提供了客观指标,也为解决“表象之争”提供了新的思路和方法,给表象的图画式表征提供了确凿的实验证据,在很大程度上终结了“表象之争”。目前,表象的实质与功能,而非表征方式,已经成为了研究的重点。

### 3.2. 表象的相关理论

表象的基本理论有双重编码理论(Dual-Coding Theory)、概念-命题理论(Conceptual-Propositional Theory)和功能等价理论(Functional-Equivalency Theory)(祁乐瑛, 2009)。双重编码理论由Allan Pavio提出,

他认为人脑中存在语言符号系统和表象系统这两套信息编码和储存系统。其中，表象系统负责对具体的事物进行编码、储存、提取和转换，其表征过程类似于知觉；而语言符号系统用言语符号、抽象命题等形式对信息进行加工，Pavio 认为语言符号系统既可以直接处理语言信息的输入和输出，也可以充当非言语信息的符号功能。概念-命题理论是由安德森和鲍尔提出的，他们认为，有关物体及物体间关系的视觉和言语编码是以抽象命题形式来表征的(祁乐瑛, 2009)。功能等价理论的主要代表人物有 Shepard 和 Kosslyn, 这个理论的依据主要来自于 Shepard 的心理旋转实验和 Kosslyn 的一系列有关表象的经典研究, 包括对距离效应和大小效应的研究。该理论认为: 表象与知觉类似, 人们可以对表象进行操作, 这种操作类似于对具体的事物的操作。此外, Kosslyn 还提出了表象的两个关键因素: 深层表征和表层表征。前者指储存在长时记忆中的信息, 用来生成表层表征; 后者指存在于短时记忆中的类似图画的表现。同时, 深层表征又可以分为本义表征和命题表征, 前者提供关于某一客体的形象信息, 而后者则是用来解释客体的。Kosslyn 认为, 表象的生成过程包括图示过程、发现过程、放置过程和表象过程这四个过程。

### 3.1. 表象的心理旋转

从表象研究的历史过程来看, 研究方法的客观性和有效性的问题一直是困扰着研究者们的一个非常棘手的问题(刘鸣, 2004)。迄今为止, 言语报告法都是表象研究领域中的一个重要方法。不可否认的是, 这一方法在心理学发展的早期的确起到了重要的作用, 它适合于那些自我观察能力强且善于口头言语表达的被试, 但这一方法的最大问题便是它的可靠性: 由于是依靠被试进行主观报告的方法, 因此它的结果就很容易受到被试的某些主观因素的影响, 结果的客观有效性容易受到损害。虽然一直以来, 都有心理学家尝试对这一方法进行修补和完善(刘鸣, 2004), 但在今天的表象研究中, 已经少有研究者采用这一方法对表象进行研究。现代以来, 随着认知心理学和计算机技术的蓬勃发展, 心理学家们提出了越来越多的表象进行研究的新方法, 包括 Cooper 和 Shepard 等人提出的表象的心理旋转范式、Kosslyn 等人提出的“心理扫描”任务以及 Pavio 等人对表象编码方式进行的一系列研究。其中, 尤以 Cooper 和 Shepard 等人提出的表象的心理旋转任务最为经典。在这里, 心理旋转(Mental Rotation)指的是空间能力的一种, 是个体在头脑中围绕一个轴或多个轴对二维物体或三维物体进行旋转的能力(康丹, 文鑫, 2020)。Shepard 等人经过实验分析判断, 心理旋转其实是对人的大脑中早先存在的图形的表象进行旋转操作, 也就是说心理旋转和表象表征系统息息相关, 所谓的心理旋转完全可以理解为对表象进行的一种旋转操作, 心理旋转即表象的心理旋转。心理旋转不仅是人类空间认知的一种基本操作, 我们可以借此去预测个体的空间能力, 同时它也是对表象进行研究的一项重要工具(祁乐瑛, 2009)。采用心理旋转范式进行研究的实验主要以非言语记忆或非言语心理过程为考察对象, 多用三维、二维图形以及立体展开图、文字或实物表象(如手的表象)等作为实验材料, 并且通常以一对镜像材料的异同判断为基本课题形式。刺激呈现条件有同时、继时和单独等多种方式。从实验结果来看, 要获得了两个推论: 第一, 表象旋转变化的过程与相应客体的物理过程具有同构关系或者说具有构造的同源性; 第二, 表象与知觉机能等价(刘鸣, 2004)。在 Shepard 等人所做的经典的心理旋转任务中, 主试首先向被试呈现具有不同旋转角度( $0^{\circ}$ ~ $360^{\circ}$ )的正常或镜像字符(如正常大写字母 R 和镜像大写字母 R), 然后要求被试判断该字母为正常字母还是镜像字母, 并记录下被试的反应时。实验发现, 无论字母方向如何, 被试的反应时首先随着旋转角度的增加而增加, 并在  $180^{\circ}$  时达到最大。在达到  $180^{\circ}$  后, 被试的反应时随着字母旋转角度的增加而减少, 表明被试在完成表象的心理旋转任务时具有认知上的灵活性。Shepard 认为, 当旋转角度小于  $180^{\circ}$  时, 被试会对字母进行逆时针的旋转, 而当旋转角度大于  $180^{\circ}$  时, 被试则会对字母进行顺时针的旋转(祁乐瑛, 2009)。在他们所做的一系列实验中, Shepard 等人发现, 被试的平均反应时与方位差之间存在线性关系。例如, Shepard 以三维立体图形为刺激材料发现, 方位差每增加  $53^{\circ}$ , 被试的反应时就会增加 1 秒(Shepard & Metzler, 1971)。

也就是说, Shepard 等人通过实验测试发现, 被试的反应时随着表象旋转角度的变化而变化, 且这种变化是由一系列渐进、连续性的数量关系所表现出来的, 所以它在一定程度上反映出表象操作变化的渐进性与连续性特点。而相应客体的物理过程也具有同样类似的渐进、连续性的时间数量关系, 那么据此便可以推论两者之间存在着一种同构关系(Isomorphism)或者说表象表征的机能联系与外部客体的结构联系是相似的(刘鸣, 2004)。这一经典的实验结论被认为是对表象独立地位的有力支撑(任国防, 2008), 也得到了后续许多心理学家的反复验证。针对这一范式, 许多学者开展了进一步的研究。随着研究的深入, 研究者们发现, 在这一任务所得出的某些结论似乎存在着有待进一步商榷的地方, 或者说, 在对这一实验进行重复验证的过程中, 我们可能会得到与其并不一致的结论。有研究者采用经典的心理旋转任务发现了其中存在的异常现象: 虽然图像、旋转角度的主效应以及二者的交互作用均显著, 即被试在大部分旋转角度下( $0^\circ/30^\circ/60^\circ/90^\circ/120^\circ/150^\circ$ )辨别正向字母反应时均显著低于辨别镜像字母反应时, 但当旋转角度达到  $180^\circ$  时, 这一情况却出现了逆转, 被试辨别正像字母所需的反应时反而大于辨别镜像字母所需的反应时。此外, 对于原始的心理旋转任务, 也有许多研究者对此做了新的修改, 以期对表象的本质进行更深异一步的挖掘。事实上, 依然是 Shepard 等人率先进行了新的探索, 他们在经典的心理旋转任务前添加了一个前置刺激, 虽然他们却并没有发现前置刺激积极或消极作用, 但是他们的研究却开启了一个崭新的方向(王才康, 1991)。同样是采用带有前置刺激的表象的心理旋转任务, Parsons 等人(1995)发现, 如果在进行心理旋转的任务之前向被试提供一个前置刺激, 并且这一前置刺激能够为被试提供有关方向和之后刺激具体情况的前提下, 它就会影响被试之后的心理旋转过程。同时, Korait 和 Norman 以及 Roberston 等人也发现了前置刺激的作用(Koriat & Norman, 1988; Robertson et al., 1987), 并对此提出了不同的解释。Korait 和 Norman 在 1984 年提出了后向校正加工假说(Koriat & Norman, 1989), 它实际上是对 Shepard 等人提出的表象旋转假说的一种补充和修正。根据加入前置刺激的实验研究结果, 他们认为, 心理旋转并不是将刺激的表象旋转至直立状态或长时记忆中已有的表征, 而是将其旋转至与短时记忆中储存的前置刺激的表象一致, 即人们进行心里旋转的过程实际上是一种表象匹配的过程, 这种匹配不是直立方向的匹配, 而是与前置刺激角度一致的匹配, 因为这种匹配的路径更短, 所消耗的认知资源更少。而 Roberston 等人则提出了参考框架加工假说(Robertson et al., 1987), 认为在被试内部存在一种主观参考框架(Subject Reference Frame), 或者叫做内部参考框架(Inter Reference Frame), 它是人们头脑中存在着的一种内化了的的空间表征系统, 与解析几何中的笛卡尔坐标系统相似, 互相垂直的正交轴与上下, 左右及眼、头和身体的矢状面相吻合(祁乐瑛, 2009)。这一假说的核心是: 心理旋转的过程是内部参考框架改变的过程, 是由直立框架旋转至当前刺激表象所具有的角度过程, 这与 Shepard 等人提出的表象旋转假说正好相反。这两个假说均是从带有前置刺激的心理旋转任务出发并提出的, 二者的区别, 也是争论的焦点, 在于前置刺激给之后的心理旋转任务所带来的, 究竟是在短时记忆中储存的前置刺激的表象模板还是参考框架。Roberston 进一步提出了概率混合模型(Robertson et al., 1987), 认为在心理旋转过程中表象旋转和框架旋转并存, 认为在一般情况下, 被试旋转的是表象, 除非具有特别强烈的参考信息存在时, 被试才会运用框架旋转。此后, 为了验证心理旋转过程中所发生的究竟是表象旋转还是框架旋转, 亦或是二者都有, 众多学者开展了一系列验证研究。同样是 Korait 和 Norman, 他们认为在心理旋转中还存在着框架竞争: 当两个刺激以同样序列出现时, 第二个刺激的解释既要用第一个刺激的内在参考框架, 又要与标准的直立参考框架发生关系, 根据最短路径决定使用其中的一个参考框架(祁乐瑛, 梁宁建, 2008)。这其实与他们之前所提出的后向校正加工假说的基本逻辑是一致的。在这里, 框架假说得到了新的发展, 除了内部参考框架以外, 研究者们还提出了外部参考框架, 它主要是通过探测刺激之前出现的前置刺激观察而得以建立的。此外, Korait 和 Norman 还提出, 在被试心理旋转的过程中, 若只是将字母旋转到直立状态, 且两个字母只有旋转角度的不同, 那么被试就会出现“倒退调整”, 将第二个刺激的表象退回到第

一个刺激的表象上去,使用第一个刺激的表象,产生了对第一个刺激的重新加工(Koriat & Norman, 1984),即前置刺激会对被试的心理旋转任务产生影响。但是,前置刺激对心理旋转任务影响的具体表现及背后的机制目前仍然没有得出确定的结论。

#### 4. 工作记忆与表象的关系

表象表征过程是个体基本认知过程的一种。目前已有研究证明,工作记忆与表象之间存在着非常紧密的联系:一方面,工作记忆与表象都会使用图片作为信息表征的一种方式,因此二者都会受到无关视觉刺激的干扰;另一方面,表象与工作记忆在加工方式上也存在着相似的地方,神经生理学证据也表明,二者在对信息进行加工时均能激活包括初级视觉皮层和前额叶在内的广大脑区(李筱梅, 2019; 李筱梅, 李海峰, 2018)。

但是,目前对于工作记忆与表象之间关系的研究总体来说并不多见,并且大部分研究的重点也是去验证工作记忆与表象之间是否存在某种联系。尽管这些种类的研究对于新领域的开创必不可少,但在在工作记忆与表象之间的关系已经得到充分验证的情况下,现有的相关研究就显得有些不足:虽然我们知道了工作记忆与表象之间存在着某种联系,但是对于二者之间的联系的具体表现形式和作用机制,我们仍然知之甚少。事实上,表象本来就是工作记忆中一个不可或缺的成分:根据 Baddely 提出的工作记忆的四结构模型来看,情景缓冲器作为暂时存储视觉空间和语音信息、并直接与长时记忆相连的一个部分,它的正常运转本就离不开表象的参与。因为在工作记忆处理信息的过程中,某些信息,尤其是视觉空间信息不可能始终保持在能够让被试知觉的状态之下,想要对这些信息进行暂时的存储和加工,自然离不开表象的参与。尽管还很少有研究者直接从工作记忆与其他认知过程关系的角度去直接考察工作记忆对表象的影响,但间接的研究其实在学者们研究心理旋转任务时已经有很多。

如果转换一个角度去看待一系列前置刺激对表象影响的研究,我们不难发现,前置刺激事实上就是作为被试储存在工作记忆中的一种信息并借此对被试的后续任务成绩产生了进一步的影响。这是因为,在前置刺激对心理旋转任务影响的研究中,主试往往便是通过先呈现具有某种特征的刺激,然后再让被试完成对另一个刺激的心理旋转任务(祁乐瑛, 梁宁建, 2008; 任国防, 2008; 王才康, 1991)。根据这一实验逻辑,只有被试在完成的过程中,对所呈现的前置刺激具有一定程度的记忆,并且在接下来的任务中有意无意地去运用它,实验者才能够推断,所呈现的前置刺激对被试的心理旋转任务产生了影响。但是,在这些任务中,由于实验者想要研究的并不是工作记忆与表象之间的关系,因此,他们的实验范式也就很难保证被试在每一次完成的过程中都对前置刺激进行了有意的运用。事实上,采用类似范式进行的研究大多发现,前置刺激对心理旋转任务的影响大多只发生在有限的时间范围和刺激变化幅度内,当前置刺激与反应刺激之间的间隔时间,即 ISI 较长(>400 ms)时,或当前置刺激与反应刺激之间差异(如旋转角度)较大时,前置刺激对被试心理旋转任务的影响便近乎消失(任国防, 2008; 王才康, 1991; Parsons, 1995)。这说明,当被试认为前置刺激对他们完成心理旋转任务的帮助不大时,他们便会选择性地忽略已经在工作记忆中存储的前置刺激的有关信息,这也符合认知资源有限性的观点,体现了被试的认知灵活性。因此,虽然透过前置刺激心理旋转任务影响的有关研究,我们能够大致看到工作记忆对心理旋转任务的影响,但通过这些研究得到的结论并不完全。

事实上,对于工作记忆与表象之间的关系进行直接考察的研究范式已经存在:在表象的研究中,心理旋转任务是经典的、能够对表象进行独立研究的范式。心理旋转任务常用的实验范式有三种:(1)同时给被试呈现标准刺激和目标刺激,要求被试判断二者是同一图形还是互为镜像;(2)按顺序先后给被试呈现标准刺激和目标刺激,要求被试判断后者是前者本身还是前者的镜像;(3)按顺序先后给被试呈现标准刺激、箭头提示和目标刺激,其中箭头提示的作用是告诉被试目标的旋转方向和角度,要求被试判断出

现的目标刺激是标准刺激本身还是其镜像(Cohen & Kubovy, 1993)。在后两种范式中, 被试需要对所呈现的标准刺激进行暂时的储存和提取, 即需要用到他们的工作记忆。其中, 第二种刺激对被试工作记忆造成的负荷更大, 能够让我们更全面地了解工作记忆与表象之间关系(于庆宝等, 2008)。未来研究可进一步结合先进的认知神经科学方法, 以深入探讨工作记忆内容对表象心理旋转的影响。例如, 脑机接口(BCI)技术可以实时记录和干预个体在心理旋转任务中的工作记忆活动, 从而揭示信息保持与表象操作之间的动态联系; 计算建模(Computational Modeling)可用于构建工作记忆与表象交互的认知模型, 模拟不同负荷和前置刺激条件下的心理旋转表现; 多变量模式分析(MVPA)则可通过功能磁共振成像(fMRI)数据, 分析不同脑区在工作记忆加工和表象旋转过程中的模式活动差异, 从而明确神经表征层面的交互机制。结合这些方法的实验设计建议包括: 操纵工作记忆负荷与前置刺激类型, 记录行为与神经数据, 并通过模型预测心理旋转反应模式, 从而系统验证工作记忆对表象加工的作用机制, 并探索个体差异和任务特异性效应。

## 参考文献

- 郜峰(2022). *不同延迟记忆条件和情绪效价对表象生成的影响*. 硕士学位论文, 南昌: 江西师范大学.
- 华巧云(2019). *相似性、邻近性和工作记忆负载对视觉工作记忆表征的影响*. 硕士学位论文, 济南: 山东师范大学.
- 康丹, 文鑫(2020). 心理旋转训练对 5-6 岁儿童空间能力和数学能力的影响. *心理发展与教育*, 36(1), 19-27.
- 李筱梅, 李海峰(2018). 从表征和认知过程上看表象与知觉、记忆的关系. *心理科学*, 41(3), 520-525.
- 李筱梅(2019). *视觉表象与视觉工作记忆的关系受信息来源而不受类型的影响*. 硕士学位论文, 福州: 福建师范大学.
- 林钰婷, 张得龙, 刘鸣(2018). 视觉表象生成系统及其影响因素. *心理科学进展*, 26(4), 636-644.
- 刘鸣(2004). 表象研究方法论. *心理科学*, 2004, 27(2), 258-260.
- 刘树辉(2020). *奖罚对基于工作记忆表征的注意引导效应的影响*. 硕士学位论文, 广州: 广州大学.
- 罗梓文(2020). *表征精确性和相似性对基于工作记忆的注意引导效应的影响*. 硕士学位论文, 广州: 广州大学.
- 潘毅, 许百华, 胡信奎(2007). 视觉工作记忆在视觉搜索中的作用. *心理科学进展*, 15(5), 754-760.
- 潘毅, 许百华, 金红军, 刘伟(2010). 视觉工作记忆对注意选择的自动导向作用. *心理科学*, 33(1), 31-35.
- 潘毅, 张琳(2019). 工作记忆内容驱动完全无关刺激捕获注意. *心理发展与教育*, 35(5), 522-529.
- 潘毅(2010a). *基于工作记忆内容的视觉注意捕获及其自动性研究*. 博士学位论文, 杭州: 浙江大学.
- 潘毅(2010b). 言语记忆对视觉选择的影响: 基于维度的自动注意引导. *心理学报*, 42(12), 1118-1127.
- 祁乐瑛, 梁宁建(2008). 心理旋转中的外部参考框架的眼动研究. *心理科学*, 31(4), 809-813.
- 祁乐瑛(2009). *表象表征: 心理旋转的实证探索*. 博士学位论文, 上海: 华东师范大学.
- 任国防(2008). *视觉表象表征的研究*. 博士学位论文, 重庆: 西南大学.
- 王才康(1991). 主观参考框架在心理旋转中的作用. *心理学报*, (4), 395-403.
- 王益文, 林崇德(2006). 工作记忆的认知模型与神经机制. *心理科学*, (2), 412-414.
- 尹霖(2022). *工作记忆在大学生概率推理中的作用及其机制——基于“三重加工心智”模型*. 博士学位论文, 长沙: 湖南师范大学.
- 于庆宝, 鹿麒麟, 李健, 隋丹妮, 邱香, 王艳, 等(2008). 工作记忆的负荷影响心理旋转任务中的性别差异. *现代生物医学进展*, (9), 1717-1720.
- 袁婉秋(2011). 工作记忆模型的新进展及其研究展望. *西南大学学报(社会科学版)*, 37(S1), 86-87.
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Cohen, D., & Kubovy, M. (1993). Mental Rotation, Mental Representation, and Flat Slopes. *Cognitive Psychology*, 25, 351-382. <https://doi.org/10.1006/cogp.1993.1009>
- Koriat, A., & Norman, J. (1984). What Is Rotated in Mental Rotation? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory,*

- and Cognition, 10, 421-434. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.10.3.421>
- Koriat, A., & Norman, J. (1988). Frames and Images: Sequential Effects in Mental Rotation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 93-111. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.14.1.93>
- Koriat, A., & Norman, J. (1989). Establishing Global and Local Correspondence between Successive Stimuli: The Holistic Nature of Backward Alignment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 480-494. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.15.3.480>
- Parsons, L. M. (1995). Inability to Reason about an Object's Orientation Using an Axis and Angle of Rotation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1259-1277. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.21.6.1259>
- Robertson, L. C., Palmer, S. E., & Gomez, L. M. (1987). Reference Frames in Mental Rotation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 368-379. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.13.3.368>
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, 171, 701-703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>
- Thomas, N. (2014). The Multidimensional Spectrum of Imagination: Images, Dreams, Hallucinations, and Active, Imaginative Perception. *Humanities*, 3, 132-184. <https://doi.org/10.3390/h3020132>