

# 重复一个阈下刺激对其意识知觉水平的影响

马兴敏

天津师范大学, 天津

收稿日期: 2022年11月1日; 录用日期: 2022年12月7日; 发布日期: 2022年12月15日

## 摘要

越来越多的证据表明, 在没有意识的情况下, 信息也可以被存储并影响行为反应。从二分法到渐进观, 意识的产生及其与无意识的区别和联系仍需进一步的探究验证。研究意识知觉水平的变化过程有助于解答这一问题。多数理论观点认为阈下刺激的重复可以增加其意识知觉水平, 但已有研究结果存在争论。出现争议的原因可能与实验使用的刺激呈现时间、测量方法以及刺激材料有关。未来应当进一步探索这些因素的影响。

## 关键词

阈下刺激, 掩蔽, 重复效应, 意识知觉水平

# The Effect of Repeating a Subliminal Stimulus on Its Level of Conscious Perception

Xingmin Ma

Tianjin Normal University, Tianjin

Received: Nov. 1<sup>st</sup>, 2022; accepted: Dec. 7<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

There is growing evidence that in the absence of consciousness, information can also be stored and influence behavioral responses. From the dichotomy to the gradual view, the generation of consciousness and its difference and connection with the unconscious still need further exploration and verification. Studying the process of change in the level of consciousness can help answer this question. Most theories suggest that repetition of subliminal stimuli can increase the level of conscious perception, but research results have been debated. The reasons for the controversy may be related to the timing of the stimulus presented in the experiment, the measurement method, and the stimulus material. The impact of these factors should be further explored in the future.

## Keywords

### Subliminal Stimulation, Masking, Repetition Effects, Level of Consciousness Perception

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

无意识知觉与意识知觉的关系,两者之间如何转化,以及这些转化的脑机制是如何产生的,是一个长期争论的问题。二分法认为意识知觉是一个全或无的过程,一个人只能完全意识到或完全意识不到刺激的内容[1];近年提出的渐进观将意识知觉看作一个分级现象,即一个人对刺激的感知可能是不完整和不完美的[2]。两种观点的差异主要集中在是否能够通过某些加工特征对认知加工过程进行分类的问题上[3]。对意识知觉水平变化的探究常采用重复呈现刺激的方法。重复阈上刺激会增加自下而上的刺激强度,提高意识知觉的准确性和清晰度[4]。但重复效应在阈下刺激中的作用尚未得到广泛的研究。

### 1.1. 阈下条件的建立

阈下(subliminal)这个词用以描述发生在意识以外的心理活动[5]。当一个刺激被证明是不可见的,但仍然影响着思想、感觉、行动、学习或记忆时,阈下知觉被推断出来[6]。

掩蔽范式通过在实验中插入合适的掩蔽刺激,使被试对目标刺激不可见,从而成功创建阈下条件[7]:刺激强度较弱,被试无法有意识的知觉到它,但也具有一定强度,可以在行为反应层面检测到其影响。掩蔽能够系统地控制一个刺激意识通达的程度。因此,其能够提供一个较好的范式,用于研究意识和无意识加工的动态机制。随着神经的意识相关或是神经的无意识相关问题越来越受到关注,掩蔽研究的焦点转移到了对两个基本问题的研究:1)对于任意具体的视觉功能,意识信息以及无意识信息加工的程度;2)对意识和无意识视觉信息加工各自时间阶段特点的鉴别。Marcel已经提出了一种实现刺激强度和刺激不可见的不同方式[8]:重复掩蔽范式。将重复与掩蔽范式相结合,形成一个相对长的相同的掩蔽刺激流,可以探究意识知觉水平的动态变化,从而对无意识知觉与意识知觉之间的联系有更深入的了解。

### 1.2. 阈下知觉的测量

阈下知觉指当呈现的刺激没有被被试有意识地知觉到,但却影响到随后的刺激的加工的现象[9]。因此,阈下知觉是一种无意识知觉。对刺激的意识知觉水平进行测量评估,即确定被试的知觉阈限,主要包括主观的(基于被试的报告)和客观的(基于感知表现)两种测量方法。

主观测量基于被试对他们的意识知觉体验的自我报告。其假设是如果被试报告说“看到”刺激,刺激就被有意识的知觉,如果被试报告说没有看到刺激,被试对刺激就没有意识。常使用知觉意识量表(Perception Awareness Scale, PAS)来测量主观意识知觉水平[10],被试被问及体验有多清晰。客观测量基于被试对不同刺激状态的迫选决策(知觉辨别水平)。将被试的分辨能力作为意识的知觉指标,认为所有正确的觉察反应都是由知觉到的信息引导来决定的。典型任务为迫选辨别任务(forced-choice identification task, ID),要求被试在一系列刺激备选项中做出迫选决策[11]。在客观知觉阈限测量中,研究人员采用所谓的是/否迫选程序作为知觉阈限的测量标准,即信号检测论中的敏感度指标,当该指标为零时,就被当作该刺激处于阈下知觉的客观指标。

尽管使用这两种测量方法的研究都证实了无意识加工的存在，但主观阈值与客观阈值并不相同，前者探测水平高于后者。为探究二者差异，Stein 等人使用功能磁共振成像(fMRI)在一项研究中直接对这两种方法进行了比较[12]。结果 1 发现，虽然客观和主观上不可见的刺激在视觉皮层都有表征，但无意识信息加工的程度受到测量方法的影响。主观不可见或客观不可见的刺激会导致人脑对无意识信息加工的不同估计。测量方法会影响到实验结果，这启示对所得结果进行的解释应该谨慎。为了使结果更加全面且有说服力，同时测量客观和主观意识的折中方法是可取的[13]。

### 1.3. 阈下刺激的存储

有证据表明，阈下刺激可能会维持一段时间，并在一段延迟时间后被用于解决行为任务。与记忆编码相关的神经特征也在没有意识觉知的情况下被描述。其他研究直接将神经数据与行为结果联系起来，进一步支持阈下信息的记忆编码。虽然无意识信息会在较短时间内被存储这样的概念越来越被广泛接受，但这种记忆的分类、功能和目的却一直存在争议。尽管最近进行了一系列研究，但人们对阈下和内隐记忆仍然知之甚少。Pang 和 Elntib 的实验发现，重复一个被强烈掩蔽的刺激可以引起清晰的感知[14]。这表明被强烈掩蔽的感官数据以有助于感知相似的后续感官信息的方式存储，当证实性证据积累时变得可访问。

## 2. 当代意识模型的预测

### 2.1. 循环加工理论

循环加工理论(Recurrent Processing Theory, RPT)的发展主要是为了解释一些关于从无视觉意识过渡到有视觉意识的实证观察[15]。在人类和猴子身上的许多研究表明，无论前馈扫描到达大脑的哪个区域，它本身都不会产生(可报告的)意识体验。对于意识体验有必要的是，视觉区域的神经元参与所谓的循环处理。在循环加工理论中，Lamme 提出循环加工处理对于意识来说既是必要的也是充分的[16]。根据 Lamme 和 Roelfsema 的研究[17]，在没有掩蔽的情况下，刺激引发的神经激活会在大脑中向前传播，直到到达更高级的区域，然后通过反复交互的方式将反馈发送到较低的区域。根据 Lamme 的模型，当一个掩蔽在一个短暂的刺激之后立即出现时，再进入过程——也就是意识——就会被打断，因为刺激驱动的下层区域的激活被掩蔽的激活所取代，从而导致连续反馈的缺失。因此，如果一个单一的被掩蔽的刺激出现，再进入加工就会受损，意识访问也会受损。然而，当这个掩蔽刺激后(即刺激激活完全消失之前)迅速跟随另一个掩蔽刺激，循环加工不再被阻断，因为第一个刺激激活的较高区域可以发送反馈至第二个刺激激活的较低区域。重复加工应该通过重复相同的掩蔽启动来加强，这可能会导致意识的增加。因此，Lamme 的 RPT 预测，随着阈下刺激重复次数的增加，意识知觉水平会逐步增加。Cleeremans 的表征质量(Quality of Representation, QoR)解释也做出同样的预测[18]。

### 2.2. 全脑工作空间理论

Dehaene 和 Naccache 的全脑工作空间理论(Global Workspace Theory, GWT)预测了同样的效果[19]，但通过不同的神经解释。GWT 认为大脑中有两个主要的加工空间，每个空间都有不同的连接模式[20]：1) 一种处理网络，由一组并行的、分布式的、功能特化的处理器或模块化的子系统组成。2) 一个全脑工作空间，由一组分布的皮层神经元组成，这组神经元能够通过长程兴奋性轴突接收来自其他皮层区域的水平投射，并将其发送回相应的神经元。在 GWT 中，意识被描述为“要么是全部，要么无”：一个刺激只有在：1) 它接收到自上而下的注意放大；2) 它足够强大，可以激活顶叶-额叶网络时，才能引发意识表征。在此基础上，我们可以预测，当有掩蔽刺激出现，且刺激间间隔小于几百毫秒时，第一个刺激

引起的弱激活不会在第二个刺激出现时完全消失，因此后续的激活会累积。当整个激活变得足够强烈，足以激活顶叶-额叶网络时，就会产生有意识的知觉。因此，GWT 预测在发生足够数量的重复后，无意识加工与意识加工之间将发生更非线性、更急剧的过渡。

### 2.3. 高阶思维理论

意识的高阶思维理论(Higher-Order Thought Theory, HOT)假设感觉信息本身是一种“一级”表征，不足以引发意识经验。需要一个“二级”再表征或“更高阶思维”来把一级表征提升到意识，与使用主观测量来评估意识十分吻合。HOT 的一个重要预测是，一阶表征的强度或质量可以完全与它对意识的可用程度分离。这种分离正是在盲视或变化盲等情况下观察到的，在这些情况下，高质量的刺激尽管强大，却无法形成意识知觉的内容。HOT 通过唤起相关高阶思维的缺失来解释这种现象：刺激会因此诱发适当的一阶表征，但这些表征仍然是无意识的，因为它们没有伴随相关的高阶表征。因此，HOT 预测了随着阈下刺激重复次数的增加，意识知觉水平可能保持不变。

## 3. 阈下刺激的重复效应研究

### 3.1. 重复未引起意识知觉水平的变化

早期的掩蔽刺激实验并没有发现通过重复使意识知觉水平增加。Marcel 以及 Wentura 和 Frings 发现，重复呈现被掩蔽刺激可以在不增加意识知觉的情况下改善启动，这表明使用这种方法可以随着时间的推移保留无意识加工[21]。然而，这两项研究都存在方法上的局限性，其结论不具有说服力。Marcel 使用的具体方法的几个方面表明，他的发现可能来自对启动词的部分意识，而不是来自无意识证据的积累。实际上，Marcel 使用了一个非常长的启动间隔(IPI, 1000 ms)，并在最终启动和目标之间插入了一个警告信号(一个音调)，这两个信号也相隔 1000 ms。在这个过程中，被试很可能在警告声音出现之前保留他们的注意力，因此很少或没有注意到连续的掩蔽启动词。重要的是，在 Marcel 的研究中，启动意识是通过主观测量来评估的，而客观测量目前在文献中更为普遍[6]。因此，Marcel 观察到的启动效应可能是由于低估了启动可见性，至少是基于客观的意识阈值。

Wentura 和 Frings 连续多次呈现了被掩蔽启动刺激[21]。在一系列的研究中，他们报告说发现启动效应增强，但意识水平未发生变化。Wentura 和 Frings 比较了标准启动条件(即单一启动条件)和重复掩蔽启动条件，发现两种情况下的意识水平相同，但只有在重复启动条件下才存在显著启动效应。然而，严格意义上来说，这两种条件不具有可比性，这就解释而言是有问题的。在重复掩蔽启动条件下，每个启动刺激和掩蔽刺激均持续 14 ms (IPI = 掩蔽持续时间)，快速连续交替呈现 10 次。而在标准掩蔽启动条件下，首先单一启动刺激持续 28 ms，接着掩蔽刺激 14 ms，最后呈现空白屏幕 243 ms。在重复条件下，目标与最后一次启动刺激间隔 14 ms，而在标准条件下，目标在单一启动刺激呈现后 257 ms 出现。因此，单一启动引发的激活可能在目标出现时已经大幅衰减[22]，启动刺激本身可能出现在分配给目标的注意时间窗口之外[23]。且使用的刺激材料为词汇，其结论有一定局限性。

### 3.2. 重复增加了意识知觉水平

Atas 和 Vermeiren 通过操纵一个被强烈掩蔽的数字的重复次数来检验重复对意识知觉的影响[24]。实验包含启动任务和可见性任务，对  $d'$  值和平均 PAS 得分结果进行分析表明，意识知觉有了显著的增加：这两项测试都显示，意识随着启动重复次数的增加而增强，从一次启动呈现的随机表现水平开始，到多到 20 次时逐渐增强，在这种情况下，被试表现出了很强的辨别能力。因此，一个被掩蔽刺激的多次呈现使有意识的访问成为可能，而一个单一被掩蔽刺激的呈现则不能。

Pang 和 Elntib 探究了被强烈掩蔽的视觉刺激的重复对感知的影响, 并进一步检验了相关的时间效应 [14]。结果表明重复一个被强烈掩蔽的刺激可以引起清晰的感知。这一发现表明, 被强烈掩蔽的感官数据以有助于感知相似的后续感官信息的方式存储, 当证实性证据积累时变得可访问。但不同于 Atas 和 Vermeiren 的发现, 实验结果表明 10 次重复和 5 次重复结果基本一致, 并未出现线性增加。导致这一差异的原因可能是实验中刺激呈现方式的不同。Atas 和 Vermeiren 将刺激呈现在最后: 只呈现一次的情况下, 只有最后的事件包含一个阿拉伯数字, 而之前的 19 个事件都是空白屏幕。类似地, 当重复 3 或 8 次时, 只有最后的 3 或 8 个事件包含一个阿拉伯数字, 17 或 12 个更早的事件包含一个空白屏幕。最后, 在重复 20 次的条件下, 每个事件都包含一个阿拉伯数字。Pang 和 Elntib 重复次数为 1、5 和 10 次, 但当目标重复 5 次时, 在两个目标间插入空白屏幕用于减少重复次数, 而当目标呈现一次时, 只有最初的事件包含目标刺激。刺激呈现位置的差异会造成刺激呈现时间间隔和刺激呈现与反应间隔时间的不同, 这可能会造成结果的不同, 未来的研究有必要进行进一步探索。

#### 4. 研究展望

回顾相关理论和已有研究可以看出, 尽管取得了一定进展, 但重复阈下刺激对意识知觉的影响仍存在争议, 未来可以围绕争议产生的原因和机理, 从以下几方面入手, 进行深入研究。

通过掩蔽范式构建阈下条件需要格外注意时间特性。不同的呈现时间会形成不同的掩蔽效果, Pang 和 Elntib 通过改变目标刺激重复的时间间隔(从 7 s~8337 ms)来进一步探讨重复效应的时特性。结果发现: 重复显著影响短时间间隔的知觉水平, 并随着时间间隔的增加而减弱。这种下降与阈上短时记忆的时间衰退相一致。但该研究改变的时间间隔为被掩蔽刺激呈现的时间, 不同的时间间隔实际上本身就会造成不同的掩蔽效果, 且并没有对单次的掩蔽效果进行检验, 是否成功创建了阈下条件仍需质疑。

有效的知觉状态的测量是探究阈下信息加工的重要前提, 因此, 对阈下知觉进行可靠且准确的测量是研究阈下加工无法回避的问题。应该相信内省的主观测量还是更依赖客观测量至今仍存在争议。Stein 使用功能磁共振成像(fMRI)来测量掩蔽面孔或房屋引发的大脑活动[12], 这些面孔或房屋是可见的、主观不可见的或客观不可见的, 以此直接比较客观和主观意识测量方法。结果发现主观与客观不可见刺激的神经表征存在显著差异, 这意味着将“无意识加工”视为单一机制或概念的模型无法很好的适应全部的实证数据。主观不可见或客观不可见的刺激可能会导致人脑对无意识信息加工的不同估计。因此, 在对阈下知觉进行测量时, 不应仅使用一种方法, 其结果具有片面性, 结合不同的方法有利于进行深入探究, 但采用多个方法时应考虑它们相互之间没有干扰, 而非方法越多越好。

已有研究在方法论上的关键差异可能解释了为什么重复启动对意识知觉水平的不同效应。最重要的区别是, Wentura 使用了更大的一组更复杂的刺激(如单词)来检验语义启动[21], 而 Atas 和 Vermeiren 只用 4 个启动数字作为目标来检验视觉运动启动[24], Pang 和 Elntib 的实验所采用的也是简单的字母刺激 [14]。刺激设定的大小和刺激的复杂性可能会影响有意识访问, 也可能因此影响有意识知觉所必需的刺激重复次数。然而, 重复简单的掩蔽刺激增加意识的可用性, 而重复复杂的掩蔽刺激则不会这似乎不太可能。由现有的独立于刺激的复杂性的主要理论预测, 随着掩蔽呈现次数的增加, 意识也随之增加。未来也有必要对此进行探究。

探究意识形成是认知神经科学的一项重要工作。由于有意识和无意识的信息加工经常同时发生, 一个本质问题是, 它们是否基于根本不同的机制。从意识知觉与无意识知觉的比较研究中认识意识知觉的实质, 描述意识知觉的特性, 是研究意识形成的一个重要途径。重复阈下刺激的研究有助于探究意识知觉水平的动态变化, 尽管取得了一定进展, 但仍存在诸多争议, 未来研究有必要在已有的基础上进行补充和创新, 对争议产生的原因进行分析解释, 深入探究意识知觉形成机制。意识水平的增加究竟源于哪

种潜在机制，仅从行为结果可能无法得出确切的结论，未来可以通过借助脑成像技术等手段进行深入探索。

## 参考文献

- [1] Sekar, K., Findley, W.M., Poeppel, D. and Llinás, R.R. (2013) Cortical Response Tracking the Conscious Experience of Threshold Duration Visual Stimuli Indicates Visual Perception Is All or None. *PNAS*, **110**, 5642-5647. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302229110>
- [2] Elliott, J., Baird, B. and Giesbrecht, B. (2016) Consciousness Isn't All-or-None: Evidence for Partial Awareness during the Attentional Blink. *Consciousness and Cognition*, **40**, 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.12.003>
- [3] 陈圣栋, 陈永强, 高伟, 罗利, 杨洁敏, 袁加锦. 认知加工的自动化现象: 从二分法到渐进观[J]. 心理科学进展, 2019, 27(9): 1556-1563.
- [4] Pollen, D.A. (2004) Brain Stimulation and Conscious Experience. *Consciousness and Cognition*, **13**, 626-645. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.06.002>
- [5] 王沛, 霍鹏飞, 王灵慧. 阈下知觉的加工水平及其发生条件——基于视觉掩蔽启动范式的视角[J]. 心理学报, 2012, 44(9): 1138-1148.
- [6] Kouider, S. and Dehaene, S. (2007) Levels of Processing during Non-Conscious Perception: A Critical Review of Visual Masking. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, **362**, 857-875. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2093>
- [7] 陈斌, 高闯, 王建中. 视觉掩蔽研究现状及展望[J]. 心理科学进展, 2009, 17(6): 1146-1155.
- [8] Marcel, A.J. (1983) Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition. *Cognitive Psychology*, **15**, 197-237. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(83\)90009-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(83)90009-9)
- [9] 周仁来. 阈下知觉研究中觉知状态测量方法的发展与启示[J]. 心理科学进展, 2004, 12(3): 321-329.
- [10] Ramsøy, T.Z. and Overgaard, M. (2004) Introspection and Subliminal Perception. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, **3**, 1-23. <https://doi.org/10.1023/B:PHEN.0000041900.30172.e8>
- [11] Doradzinska, L., Wojcik, M.J., Paz, M., Nowicka, M.M., Nowicka, A. and Bola, M. (2020) Unconscious Perception of One's Own Name Modulates Amplitude of the P3B ERP Component. *Neuropsychologia*, **147**, Article ID: 107564. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107564>
- [12] Stein, T., IKaiser, D., IFahrenfort, J.J. and van Gaal, S. (2021) The Human Visual System Differentially Represents Subjectively and Objectively Invisible Stimuli. *PLOS Biology*, **19**, e3001241. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001241>
- [13] Pasquali, A., Timmermans, B. and Cleeremans, A. (2010) Know Thyself: Metacognitive Networks and Measures of Consciousness. *Cognition*, **117**, 182-190. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.08.010>
- [14] Pang, D, K, F. and Elntib, S. (2021) Strongly Masked Content Retained in Memory Made Accessible through Repetition. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 10284. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89512-w>
- [15] Lamme, V.A. (2006) Towards a True Neural Stance on Consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, **10**, 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.001>
- [16] Lamme, V.A. (2010) How Neuroscience Will Change Our View on Consciousness. *Cognitive Neuroscience*, **1**, 204-220. <https://doi.org/10.1080/17588921003731586>
- [17] Lamme, V.A. and Roelfsema, P.R. (2000) The Distinct Modes of Vision Offered by Feed forward and Recurrent Processing. *Trends in Neurosciences*, **23**, 571-579. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01657-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01657-X)
- [18] Cleeremans, A. (2011) The Radical Plasticity Thesis: How the Brain Learns to Be Conscious. *Frontiers in Psychology*, **2**, Article No. 86. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00086>
- [19] Dehaene, S. and Naccache, L. (2001) Towards a Cognitive Neuroscience of Consciousness: Basic Evidence and a Workspace Framework. *Cognition*, **79**, 1-37. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00123-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00123-2)
- [20] Dehaene, S., Changeux, J.P. and Naccache, L. (2011) The Global Neuronal Workspace Model of Conscious Access: From Neuronal Architectures to Clinical Applications. *Research and Perspectives in Neurosciences*, **18**, 55-84. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18015-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18015-6_4)
- [21] Wentura, D. and Frings, C. (2005) Repeated Masked Category Primes Interfere with Related Exemplars: New Evidence for Negative Semantic Priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **31**, 108-120. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.1.108>
- [22] Greenwald, A.G., Draine, S.C. and Abrams, R.L. (1996) Three Cognitive Markers of Unconscious Semantic Activation.

- Science*, **273**, 1699-1702. <https://doi.org/10.1126/science.273.5282.1699>
- [23] Naccache, L., Blandin, E. and Dehaene, S. (2002) Unconscious Masked Priming Depends on Temporal Attention. *Psychological Science*, **13**, 416-424. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00474>
- [24] Atas, A., Vermeiren, A. and Cleeremans, A. (2013) Repeating a Strongly Masked Stimulus Increases Priming and Awareness. *Consciousness and Cognition*, **22**, 1422-1430. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.09.011>