

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：物体拓扑性质对背景线索效应的影响及其加工机制

作者：马捷 窦皓然 庄茜 尹冬雪 雷明 高超 张引 刘强 赵光

第一轮

审稿专家 1:

本文通过两个实验探索物体的欧式性质和拓扑性质对背景线索效应的影响，在实验 2 中发现当欧式性质重复而拓扑性质变化的情况下反应时变慢。本文具有重大的研究意义，数据可靠，其研究结果将进一步巩固和完善拓扑性质理论。然而，本文还有一些地方需要作者改进：

意见 1: 本文的两个实验还是略显单薄，且只在实验 2 中发现了拓扑性质和欧式性质之间存在差别，我认为要想得出可靠的结论，应该当多角度地设计实验来进一步验证。

答: 感谢审稿专家的宝贵意见。我们对此部分的进行了阐述和补充。现已对文章相应部分进行了修改，请见修改稿 P16 相应位置的红色字体部分。

本研究旨在通过在不同的条件中对刺激的不同属性性质进行相应的改变来探讨物体拓扑性质与欧式性质对背景线索效应的产生和保持上的差异。研究结果表明分心物的拓扑性质与目标之间的联结关系能被更早的习得，并能更快的产生稳定的背景线索效应；同时还发现在习得由拓扑性质、欧式性质和空间布局组成的背景信息后，对背景信息中对拓扑性质的改变相对于欧式性质的改变对反应时产生了更大的影响，说明拓扑性质与目标之间联结的稳定性对于背景线索效应的保持具有重要意义。

本研究通过行为研究证明了拓扑性质可以作为一种背景信息并能在被习得进而影响随后的行为反应，产生背景线索效应；研究还发现在背景线索效应中拓扑性质相对于欧式性质的优势。结果对完善拓扑性质理论体系意义重大。本研究通过实验发现拓扑性质与欧式性质在背景线索效应中的差异，并探讨了其中的加工机制，但目前的发现仅局限于行为上的差异，未能通过脑成像研究探究其内在的生理机制。而以往的脑成像研究已发现，前颞叶在拓扑不变性知觉中起着重要的作用。卓彦等人(2003)发现颞回激活程度与按照 Klevin Erlange 纲领所划分的几何形状的关系相符，具有拓扑差异的颞回激活程度最高，而只具有欧氏几何差异的颞回激活程度最低。此外，在有关“洞”和“无洞”之间差异的 ERP 研究发现，“无洞”相对于“洞”诱发出更大的 N1 成分，说明对“无洞”的知觉需要更多的注意资

源。并且还有研究发现拓扑性质和欧式性质在视觉诱发成分 P1 幅度上也表现出差异。基于前人的研究，我们课题组希望在将来的实验中通过 ERP 中 N1、P1 成分上的波幅差异和利用 fMRI 技术以颞回激活程度为指标对拓扑性质与欧式性质在背景线索效应中的差异进行进一步的验证、探索，为拓扑性质和欧式性质在背景线索效应中的差异提供生理机制上的证据，并充实和完善拓扑性质理论。

意见 2: 尽管实验 2 中发现了拓扑性质和欧式性质之间的差异，但其内在机制还值得深究，当拓扑性质变化时（欧式重复）是否是因为被试的警觉状态改变、或拓扑变化吸引了注意，从而导致了反应时的变慢？我认为，拓扑变化与反应时之间可能存在其他变量，如警觉、注意等，需要作者进一步探索；

答: 感谢审稿专家的宝贵意见。感谢审稿人提出的意见，我们对此部分的进行了阐述和补充。现已对文章相应部分进行了修改，请见修改稿 P5 倒数第 8 行至 P5 倒数第 4 行和 P15 相应位置的红色字体部分。

在本研究中，我们对实验条件内刺激的变化进行了严格的控制，在拓扑重复条件和欧式重复条件中对均保持搜索界面 12 个刺激中的 6 个刺激为“有洞”图形，余下 6 个刺激为“无洞”图形，以此保证在每个 trial 中被试所接收到的拓扑性质刺激量是对等的，从而排除由于拓扑量的变化而产生的差异。因此可以推断欧式重复条件和拓扑重复条件之间反应时上的差异是由属性性质所形成的背景信息之间的差异所致，也就是拓扑性质相对于欧式性质在背景线索效应中的优势。因此，本研究结果与实验目的一致，证明了拓扑性质也可作为一种背景线索促进视觉搜索，同时发现了在背景线索效应中拓扑性质相对于欧式性质的优势。

以往大量研究表明人类在视觉搜索的过程中偶然习得了目标与背景信息之间的联结关系，并形成了关于背景信息的记忆表征，在随后遇到相同的背景信息时引导注意更快、更有效的指向目标位置；并且 Jiang 和 Chun (2001)通过实验证明背景线索效应是受选择性注意的调控。并且 Chun 和 Jiang (1999)首次发现背景线索效应除了由视觉场景中的空间布局关系产生外，还可利用物体属性之间的联结关系作为视觉场景中的背景信息，被视觉学习机制编码、存储，在随后相同的联结关系出现时促进对目标的搜索，产生背景线索效应。比如电脑、鼠标和键盘之间形成了稳定的联结关系，当在某个场景中知觉到电脑和鼠标的存在，可能会加快对键盘的加工。

警觉是指在警示信号的提示下对即将到来的刺激的一种持续性的准备状态，被试通过利用警觉线索的提示作用从而为即将到来的目标刺激做好有效的准备。通过以往的研究表明，有警觉信号提示时相对于无警觉信号提示时，被试的简单反应时明显较小。而在经典背景线索效应的研究中，“背景”定义为目标位置与分心刺激位置所形成的空间布局。实验包括重复场景和新异场景，要求被试在所呈现的多个分心刺激中搜索目标刺激。相对于实验本身而言，场景搜索的任务难度较高，要求被试需要集中注意仔细检查场景中的刺激。并且场景之间的相似程度很高，背景线索效应的研究表明被试并不能对重复场景和信息场景进行区分，并且对重复场景的学习过程是内隐的。一方面，在每一个 block 中同时包括重复场景和新异场景，其出现的顺序完全随机。即被试无法对下一个场景（trial）的目标及目标位置进行预测和产生任何有效的提示。在本研究中，重复场景同时包括拓扑重复、欧式重复和完全重复三种重复条件，其出现的顺序和新异场景混合并随机呈现。因此，被试无法通过场景的整体布局对接下来的场景（下一个 trial）进行预测和提示。另一方面，在整个实验中，四种场景的目标位置保持平衡，在四种场景中使用相互独立的目标位置且每个目标位置的重复次数和目标的形状是相同的。因此被试无法通过场景中目标出现的位置或形状对下一个场景（trial）中的目标位置或形状进行预测，可排除目标位置/形状出现的概率效应。综上，在本研究中，可排除实验结果由被试的警觉状态所导致。

已有研究表明，警觉状态会影响个体的知觉加工速度，警觉状态对于人们的认知控制过程也会产生巨大影响。目前，我们课题组正对认知控制过程对背景线索效应的影响开展研究。并且其他研究也表明高警觉状态时被试倾向于使用自上而下的加工策略，在低警觉状态时被试倾向于使用自下而上的加工策略。而背景线索效应是由于被试通过利用内隐记忆中的背景信息来促进当前的行为反应而产生的，是一种自上而下的加工策略。因此，在未来的研究中，我们考虑将警觉状态作为一个重要变量引入我们课题组现开展的有关认知控制过程对背景线索效应影响的研究中。

意见 3：本文的写作和实验设计需要进一步完善，例如：

（1）设计方面：实验 1 的设计中第一次出现“时间段”时没有交代清楚，影响读者理解；新异场景的属性是随机变化，必然会包含欧式和拓扑变化，因此新异场景作为对照组是不够严格的；刺激矩阵不会这么大；流程图的图注过于简单，没有说明圆圈的意义；

答：非常感谢审稿专家的宝贵意见。根据审稿专家的意见，我们已对论文进行了完善。

实验 1 的设计部分在第一次出现“时间段”这一实验因素时，我们在这个问题的描述上很不到位，特别容易让读者疑惑，因此我们对其进行了详细的阐释，以避免影响读者的进一步阅读和理解。请见修改稿 P5 第 14 至 18 行以及 P5 倒数第 4 行至 P6 相应位置的红色字体部分。关于实验设计部分描述的将新异场景作为对照组确实不够严谨，在本研究中应将新异场景和完全重复场景同时作为对照组，将拓扑重复场景和欧式重复场景同时与这两组对照组进行比较，因新异场景中刺激的拓扑性质和欧式性质均在 block 间变化即场景中无任何重复信息，与其相比可知拓扑重复时和欧式重复时所带来的行为便利量；而完全重复场景相比可知在拓扑重复场景和欧式重复场景中分别缺失欧式性质和拓扑性质提供的便利对反应时数据的影响。

刺激矩阵的视角计算确实存在问题，并认真检查了全文，修正了类似问题，请见修改稿 P4 倒数第 7 行和 P5 第 3 行相应位置的红色字体部分。感谢审稿人的专业而细致的工作。

流程图的图注因过于简单，未能起到对流程图的注解说明作用。现已对图注进行了修改，请见修改稿 P4 流程图图注部分的红色字体部分。

(2) 写作方面：从实验 1 到实验 2 之间没有衔接，阅读时不能理解两个实验的关联；且实验 2 的研究目的最好在开头有概述，便于读者理解。

感谢审稿专家的宝贵意见。实验 1 与实验 2 之间增加衔接确实有此必要，因此虚心接受采纳了专家的意见在实验 2 前加入衔接部分，并对实验 2 的目的进行了概述。请见修改稿 P8 相应位置的红色字体部分。

.....

审稿专家 2:

在信息搜索中，具有拓扑属性的刺激具有一定的优势，更容易获得辨认。但是，当这种具有拓扑属性的刺激作为背景时，对目标刺激的搜索是否仍具有促进作用？该研究通过两项实验，对此问题进行了探讨。结果发现，拓扑性质与目标刺激的连接关系有助于对目标刺激的探测，即存在背景线索效应，且其效应大于欧式性质的背景。该研究深化了人们对背景线索效应的了解。研究目标和逻辑清晰，所获结果有一定的理论意义。

意见：对拓扑性质的背景线索效应与基于格式塔原则的背景线索效应进行分析和比较。

答：非常感谢审稿专家提出的建议。根据审稿专家的意见，我们已对论文进行了完善。

人类在进行视觉搜索时除了利用先前经验中的背景信息来引导注意更快的指向目标位置外，还能利用格式塔心理学中所提出的知觉组织原则（如邻近性原则、相似性原则）对刺激进行知觉组织，从而减少完成搜索所需加工的结构单元数，由此促进搜索行为。

Feldmann-Wüstefeld 和 Schubö(2014)通过利用刺激的同质性（相似性）原则发现刺激的同质性程度越高，获得的背景线索效应越大。但与空间相关的知觉组织原则（如邻近性、对称性）对背景线索效应的影响尚未有研究探讨。请见修改稿 P5、P16 相应位置的绿色字体部分。

第二轮

审稿专家 1:

该论文选题十分有意义，实验数据分析得当，研究结论可靠，修改稿较初稿在理论探讨方面也有很大提升。虽然我很认同拓扑性质理论，并认为该论文研究结果值得发表，但由于《心理学报》作为心理学专业的国内顶级刊物，该论文与《心理学报》已发表的论文相比，仍有以下不足：

意见 1:

首先，该论文研究只有两个实验，研究工作量略显单薄，尤其是只有实验二较有说服力。因此，与《心理学报》已发表论文相比，该论文的研究工作量显得不够丰富；

答：非常感谢审稿专家的意见。本研究确实存在研究量单薄的问题，通过两个实验虽发现了拓扑性质相对于欧式性质在背景线索效应中具有一定的优势，但并未能对拓扑性质在背景线索效应中机制进行深入探讨。因此我们增加了实验 3a 和实验 3b，在被试习得场景中拓扑规律以及空间布局信息后，分别对目标和分心物的拓扑性质进行操纵，对拓扑性质在背景线索效应中的内在机制进行了深入探讨。具体而言，实验 3a 中保持空间布局 and 分心物拓扑性质不变，并对目标拓扑性质进行操纵将实验分为目标拓扑性变化与目标拓扑性质不变两种场景条件，通过两种场景条件间的比较考察在背景线索效应中刺激拓扑性质发生变化能否产生注意捕获影响注意引导加工。实验 3b 则在保持重复场景的空间布局关系不变而对刺激的拓扑性质进行操纵，分别设置拓扑重复场景，拓扑变化场景，新异场景，将拓扑规律和空间布局信息进行分离，考察拓扑规律与空间布局之间是否存在绑定关系。

实验 3a 的结果显示被试在目标拓扑性质变化与目标拓扑重复两种场景条件间的行为反应上并无显著差异，表明刺激拓扑性质的变化未能产生注意捕获促进目标响应，因此排除了背景线索效应中刺激拓扑性质的改变产生注意捕获的可能；实验 3b 的结果显示拓扑重复场景的正确率显著高于拓扑变化场景和新异场景的正确率，并且拓扑变化场景的正确率与新异场景正确率之间无显著性差异，表明空间布局与拓扑属性之间存在稳定的绑定关系，当这种绑定关系被破坏被试则无法有效的引导注意指向目标。通过增设实验 3 的两个子实验，进一步阐明了拓扑性质在背景线索效应中的内在机制，丰富了研究成果。请见修改稿蓝色部分。

意见 2:

其次，实验 2 发现，当测试阶段与练习阶段相比发生了拓扑性质变化而保持欧式性质不变的情况下，视觉搜索反应时变慢。尽管我很赞同这一行为现象是由于拓扑性质变化导致的，但我认为搜索变慢这一行为现象应当有更深层的内在机制。比如，这一行为现象是由于拓扑性质变化导致了“新物体”产生，干扰子捕获了注意，从而目标搜索变慢？还是由于拓扑性质变化使得视觉系统重新进行场景的视觉信息加工，产生了 **filtering cost**，从而目标搜索变慢？或者是拓扑性质变化改变了被试的警觉状态、注意分布、或心理期待？总之，仅仅报告拓扑性质变化使得视觉搜索变慢这一行为现象还是不够深入的，应当探讨其内在机制，这需要作者设计新的实验来深入研究。

答：非常感谢审稿专家提出的宝贵意见。诚如审稿专家所言，对于实验 2 中拓扑规律变化导致反应时显著上升这一现象的探讨并不应仅归结于拓扑性质变化这一表层原因，而应对其更深层的内在机制进行探讨。我们认为导致该现象存在两种可能。其一，注意捕获假设。根据拓扑知觉理论 [Chen \(2005\)](#)，刺激拓扑性质的改变会被视觉系统理解为新的知觉物体的产生，而“新物体”的出现会对注意产生捕获，因此当场景中分心物的拓扑性质发生改变可能导致分心物位置上“新物体”产生捕获注意干扰注意引导过程导致反应时上升；其二，属性特征与空间布局绑定假设。已有研究发现背景线索效应中物体属性信息与空间布局之间存在绑定关系 ([Huang, 2006](#))。由此可知，物体拓扑性质与空间布局之间也可能存在绑定关系，当被试习得空间布局和拓扑性质之间的绑定关系后，对拓扑规律信息进行变化导致空间布局与拓扑规律信息之间的绑定关系被破坏产生“背景困惑”，被试需要花费更多的注意引导加工或反应选择加工导致反应时上升。

基于以上假设，我们在实验3中增加两个实验对实验2中破坏拓扑规律导致反应时上升的机制进行探讨。在学习阶段使被试习得场景中的空间布局关系以及拓扑规律信息，在测试阶段对场景中目标和分心物的拓扑属性分别进行操作。实验3考察物体拓扑性质的变化引起反应时上升是由“新物体”产生引起注意捕获亦或是由场景中拓扑信息与空间布局之间的绑定关系破坏产生“背景困惑”。

实验3a中目标拓扑性质的变化与否并不能对行为反应产生影响，排除了背景信息习得后场景中物体拓扑性质的变化产生了注意捕获干扰注意引导过程的假设；实验3b中当场景中拓扑规律和空间布局重复时能获得背景线索效应；而当拓扑规律变化后与场景空间布局不匹配时无法获得背景线索效应，表明拓扑性质与空间布局之间存在绑定关系，当绑定关系破坏后，刺激的拓扑规律与空间布局之间无法匹配时，被试则无法有效的引导注意指向目标位置。请见修改稿蓝色部分。

意见3:

再次，该论文的排版格式不够严谨，例如p14和p15两段红色字体修改部分完全重复，让我费解，图3左侧正文错乱，图4、图5的图和图注之间还有正文，导致图和图注分离，希望作者予以重视。

答：非常感谢审稿专家提出的宝贵意见。现已对文章相应位置进行修改，并对文章的排版进行了检查，避免类似错误的出现。排版问题也有可能受word版本不一致和受保护性视图阅览的影响，审稿专家可通过word编辑模式PDF版进行审阅。

第三轮

审稿专家1:

参考文献格式还需修改，期刊名称有的是全称、有的是简写，希望作者在今后科研过程中注意细节。

答：非常感谢审稿专家提出的宝贵意见。现已对参考文献的格式进行了修改，将期刊名称统一使用全称。

第四轮

编委专家意见:

(1) 中文摘要的最后“(4)为注意引导理论提供一定的证据支持”不能属于结果发现，仅能算基于研究结果的讨论。建议写成“上述结果为注意引导理论提供一定的证据支持”类

似的表述。(2) 英文摘要“ However, topological property, another important objects' identity referring to visual perception, has never been neglected”表达错误, 应当把后半句的 never 删除。

答: 非常感谢编委专家提出的宝贵意见。诚如编委专家所言, 文章相应位置的语言表达确有不妥, 修改稿已经对编委专家提到的相应的文字表述进行了修改, 以使措辞更加严谨。再次感谢编委专家的指导意见。

第五轮

主编意见:

意见 1:

在摘要部分中的结果发现中有 (1) (2) (3) (4) 的发现, 请作者仔细阅读, 是否没必要加 (3) 和 (4) 的序号, 或者至少 (3) 和 (4) 可以合并。

答: 非常感谢主编提出的宝贵意见。我们已对原文摘要部分中的结果进行了修改, 并用红色字体对修改部分进行了标注。

意见 2:

文中的平均反应时去掉后面的小数点, 精确到整数。

答: 感谢主编的细心审阅。我们已删除原文中平均反应时后面的小数点, 只保留到整数。

意见 3:

给每个实验概括一个合理又恰当的题目。

答: 感谢主编提出的宝贵建议。我们已为每个实验概括了一个合适的题目。

意见 4:

目前的稿件中存在诚如审稿专家指出的那样: 部分图和图注之间有正文, 导致图和图注分离, 可能是作者用 WPS 等文字处理软件, 建议作者做最后认真的核查, 不要出现低级错误。

答: 感谢主编的细心指正。我们仔细对该问题出现的原因进行了查找, 发现可能是由于使用 word 版本不一致所致, 现已使用较低版本的 word 对文章重新进行编辑, 并使用其他版本的 word 进行了测试, 应不会再发生上述问题, 主编也可通过 PDF 进行稿件审阅。