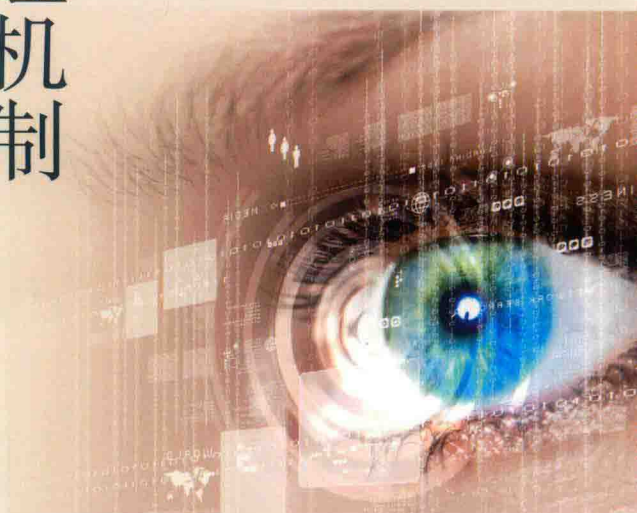


视知觉 整合的神经机制

李雅◎著

SHIZHIJUE
ZHENGHE DE SHENJING JIZHI



陕西师范大学出版社

陕西师范大学优秀学术著作出版基金资助出版
陕西师范大学一流学科建设经费资助出版

视知觉 整合的神经机制

李雅◎著



陕西师范大学出版总社

图书代号 ZZ18N1509

图书在版编目 (CIP) 数据

视知觉整合的神经机制 / 李雅著. — 西安 : 陕西师范大学出版总社有限公司, 2018.10

ISBN 978-7-5695-0276-3

I. ①视… II. ①李… III. ①视觉功能—神经系统—研究 IV. ①Q436

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 233135 号

视知觉整合的神经机制

李 雅 著

责任编辑 张海燕 曾学民

责任校对 曾学民 张海燕

装帧设计 鼎新设计

出版发行 陕西师范大学出版总社
(西安市长安南路199号 邮编 710062)

网 址 <http://www.snupg.com>

经 销 新华书店

印 刷 西安日报社印务中心

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 8.5

字 数 270千

版 次 2018年10月第1版

印 次 2018年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5695-0276-3

定 价 29.00元

读者购书、书店添货或发现印刷装订问题, 请与本社联系。

电 话: (029) 85307864 85303622 (传真)

前言

视知觉整合（Visual perceptual grouping）是指视觉系统将隐含在嘈杂背景中的离散元素组合成为连续知觉整体，并将其与其他客体及背景分离的过程。视知觉整合研究是视觉领域的热点问题，是视觉研究中级视觉（mid-level vision）领域的最主要的研究方向。视知觉整合研究历史源于20世纪初格式塔知觉组织（perceptual organization）研究，然而，当代知觉整合的研究方法和理论又不同于格式塔知觉组织研究及其理论。本书从心理物理、脑成像及计算模型等不同视角，总结了国内外知觉整合领域的最新研究成果和研究理论，分别从视知觉整合的概念、影响因素、研究历史及运用认知神经科学的研究手段对人类视知觉整合的神经机制等方面进行综合阐述。

视知觉整合是视觉系统的最基本和具有生存意义的加工过程。我们需要随时加工外界环境信息并与客体产生交互，然而，由于视觉系统的内在固有属性，外界信息在视觉系统的加工始于碎片式表征。但是，在大部分情况下，我们知觉到的总是连续完整的客体和背景信息，而不是一堆没有组织结构的局部信息的集合。这种高效的加工或者是因为知觉整合加工很简单，或者是因为视觉系统具有一套强有力的机制能高效完成整合。在计算科学家试图开发图形整合和分隔的算法时，人们才意识到视觉系统完成知觉整合的高效性，很好地支持了第二种观点。直到现在，最好的图形算法也不能媲美人类视觉系统。人工智能系统只有通过大数据集中训练和计算才能学会准确探测轮廓线，而且所训练出的模型也很难迁移到其他刺激训练集；研究还发现非典型视觉加工群体（如精神分裂症、自闭症）其大脑的视知觉整合能力较差，可能会继而影响其高级知觉能力。属于典型视觉加工的人类群体可快速灵活地探测到隐含在杂乱背景中的轮廓线，适应复杂多变的外界环境。然而，由于知觉整合加工的复杂性，其神经机制仍有待系统研究。视知觉整合的神经机制研究在理论和应用层面都具有重要的

意义：第一，有助于我们深入了解知觉整合的神经环路；第二，由于非典型视觉加工群体（如精神分裂症群体，自闭症）轮廓整合能力存在缺陷，本研究结果可应用于这些群体感知能力的治疗；第三，知觉整合的研究有助于启发人工神经网络算法的改进，在人工智能领域具有广阔的应用空间。

尽管研究者对知觉整合进行了大量研究，取得了丰硕的成果，但是，由于知觉整合加工的复杂性，到目前为止，研究者对知觉整合加工机制的了解还很有限。本书在介绍当前视知觉整合在国内外的研究进展的基础上，进一步针对已有研究存在的问题及理论争议，结合心理物理学、功能磁共振（fMRI）和经颅磁刺激（TMS）技术，来考察人类知觉整合的神经机制，并提出了未来研究方向。本书包括七章：第一章首先扼要介绍视知觉整合的概念和研究历史，以及视知觉整合的测量方法，界定视知觉整合领域的研究范围、历史渊源，在此基础上详细介绍了知觉整合加工的测量手段；第二章主要概述现代知觉整合在理论上和范式上的新进展；第三章重点介绍当代视知觉整合研究的新取向，并重点基于神经机制研究取向，综述当代视知觉整合神经机制的新进展，并基于已有研究待解决的研究问题；第四章在当前研究基础上，分析总结先前研究中存在的问题及理论观点的不一致，从行为层面考察影响知觉整合加工的关键因素；第五章运用功能磁共振成像技术考察知觉整合的时空动态加工机制；第六章结合功能磁共振成像和经颅磁刺激技术，从因果层面考察知觉整合加工的皮层区域间环路循环加工机制；第七章将脑成像研究与当前知觉整合理论相结合，从多个层面系统探讨知觉整合的神经机制，并展望该领域未来的研究方向。

本书的出版受到了“陕西师范大学优秀学术著作出版基金”和“陕西师范大学一流学科建设经费”的支持。陕西师范大学心理学院王勇慧教授对书稿的整体思路和写作框架提出了宝贵的建议。在整个书稿完成的过程中，王勇慧教授给予笔者很大的支持和帮助，在此表示衷心感谢。本书部分章节来源于笔者的博士学位论文，再次对笔者的博士生导师北京大学心理与认知科学学院李晟研究员表示感谢。陕西师范大学心理学院博士研究生张保强，硕士研究生胡赛赛和邹萌在本书的文字校对方面做了大量工作，为他们的付出表示感谢！本书内容参阅了大量国内外研究文献，再次对相关领域研究者深表感谢。本书的出版得到陕西师范大学出版总社的大力支持，一并表示感谢！

最后，鉴于笔者能力有限，本书难免有疏漏和不足之处，敬请各位读者不吝批评指正。

李 雅

2018年7月于西安

目录

第一章 视知觉整合概述 / 001

第一节 视知觉整合与知觉组织 / 001

第二节 视知觉整合测量方法 / 004

第二章 当代知觉整合的研究进展 / 011

第一节 知觉整合定律的新进展 / 011

第二节 当代知觉整合范式的研究进展 / 013

第三章 视知觉整合的认知和神经机制研究 / 025

第一节 知觉整合研究新视角 / 025

第二节 轮廓线整合的神经机制 / 030

第三节 纹理整合的神经机制 / 035

第四节 知觉整合机制待解决的研究问题 / 040

第四章 视知觉整合与意识 / 049

第一节 知觉整合与意识、无意识加工 / 049

第二节 无意识状态下的知觉整合研究 / 051

目 录

第一，中国学者对国人了解知觉整合的神经环境；第二，由于本课题视觉加工程序（如视觉分析或程序，在特定）知觉整合能力存在缺陷，本研究结果可应用于这些缺陷或知觉障碍的治疗；第三，知觉整合的研究有助于启发人们神经网络其他功能或作为主要脑区域具有广泛应用空间。

尽管研究者对知觉整合进行了大量研究，取得了丰硕的成果，但是，由于知觉整合的复杂性，到目前为止，研究者对知觉整合加工机制的了解还很有限。本书在介绍国内外知觉整合在国内外研究进展的基础上，进一步针对已有研究存在的问题进行初步探讨，结合心理物理学、功能磁共振（fMRI）和脑电图技术（TMS）技术，探索人类知觉整合的神经机制，并提出了未来研究方向。本书包括七章，第一章首先简要介绍知觉整合的概念和研究历史，以及知觉整合的测量方法，并介绍知觉整合的神经加工模型，第二章介绍了知觉整合加工的心理手段，第三章介绍了知觉整合的神经机制，第四章介绍了知觉整合的神经机制，第五章介绍了知觉整合的神经机制，第六章介绍了知觉整合的神经机制，第七章介绍了知觉整合的神经机制。

第三节 知觉整合的无意识加工 / 058

第四节 无意识状态下的轮廓整合加工 / 062

第五章 轮廓整合的视皮层区域间时空动态加工机制 / 068

第一节 轮廓整合的神经机制回顾 / 068

第二节 运用fMRI研究轮廓整合的大脑皮层时空动态机制 / 072

第六章 视皮层区域间的环路循环加工机制 / 093

第一节 轮廓整合的环路循环加工机制研究 / 093

第二节 环路循环加工机制的实证研究 / 095

第七章 当前研究总结和未来前景展望 / 114

第一节 自上而下信息与视知觉整合 / 114

第二节 视知觉整合的加工机制 / 116

第三节 未来研究展望 / 121

附录一 意识测量问卷 / 127

附录二 专业名词 / 129

第一章

视知觉整合概述

为了满足生存和生活的需要，人类需随时对外界环境中的客体信息进行高效地识别并与之产生交互。然而，由于视觉系统的固有组织属性，视觉系统必须提供一个强有力的机制快速地从海量的碎片式信息中准确识别出目标客体，这是视觉系统面临的一大挑战，也是当代视知觉研究的核心概念和重要研究问题。视知觉整合（visual perceptual grouping）是指视觉系统将场景中属于同一个客体或模式的离散元素组合并与其它客体或模式及背景区分的过程。视知觉整合通常被认为是低级感觉加工和高级知觉加工（如客体、场景或事件加工等）间的功能桥梁，是当代知觉组织诸多研究方向中关注最多也是最为重要的研究主题之一。

第一节 视知觉整合与知觉组织

一、概念及关系

当视网膜上的信息经由外侧膝状体（lateral geniculate nucleus）首次进入初级视觉皮层时，神经元群组会对落在其感受野（receptive field）内的局部信号进行表征，如客体的轮廓线、纹理，在大多数情况下，同一个客体的不同部分会由具有不同调谐属性的神经元来表征。这是由于初级视觉皮层单个神经元的感受野很小且仅编码特定特征，当客体的大小大于单个神经元的感受野范围时，同一个客体的不同部分会由不同神经元来表征。比如，同一个客体的轮廓线会以线段的方式在具有不同朝向调谐属性的神经元中表征。理论上这会严重破坏视觉信息的完整性，但事实上人们始终能知觉到排列有序的不同客体和背景信息，而不是一堆没有组织结构的局部信息的集合。在

这个过程当中,视觉系统所面临的第一个挑战是,人们如何将属于同一个客体的元素从嘈杂的背景中提取整合并与其他客体及背景信息区分开来^[1],即大脑如何完成知觉整合过程。

知觉整合对客体识别及其与环境的交互都很重要。视觉系统的内在结构属性使得外界信息始于碎片式表征,然而我们最终知觉到的是排布有序的外部世界。研究表明灵长类动物在刺激出现后150 ms内即可识别出自然场景中出现的客体^[2-3],这些来自行为反应时以及电生理记录的证据为知觉整合加工的高效性提供了实验证据并引发了两种不同的观点。第一种观点认为这种高效的加工是因为知觉整合加工的简单性,第二种观点则认为这是因为视觉系统具有一套强有力的机制能高效完成整合。在计算科学家试图开发图形整合和分隔的算法时,人们才意识到视觉系统完成知觉整合的高效性,很好地支持了第二种观点。直到现在,最好的图形算法也不能媲美人类视觉系统。

在知觉研究的早期,知觉整合和知觉组织有时候会被当作是同一个概念,但是,在现代视觉研究中,知觉整合是知觉组织研究的最重要而非全部研究主题,知觉组织的研究范围更广。知觉组织被定义为“将视网膜上所有视觉信息零片段重组为可觉察客体及其客体间相互关系的更大信息单元的过程”^[4]。外界物理世界的视觉刺激通过光信号涌向视网膜,反映为亮度和颜色的集合,但是大脑知觉到的是连续完整的客体和背景信息。视觉系统面临的最首要的知觉组织问题是判断视网膜上的哪些色块或者亮度块集合属于同一个或者同一群客体。在视知觉加工的过程中,视觉系统首先需要将输入的离散信号准确地组织为后续信息加工的整体单元,即知觉组织加工。知觉组织是后续客体识别、注意分配等高级加工的基础。因此,视知觉组织的认知和神经机制研究成为视觉科学研究的核心问题之一。

由于知觉组织的复杂性,当代视觉科学对知觉组织的研究主题划分得很细而且研究主题众多。知觉组织的研究主题包括知觉整合、前背景组织 (figure-ground organization)、边界归属 (border ownership)、表面分隔 (surface segmentation)、视觉完型和填充 (completion and filling-in)、嵌套图形 (embedded figure)、部分与整体关系的表征、图形刺激上下文带来的视错觉现象以及面孔的整体加工等等。其中研究者关注最广的是知觉整合和前背景组织的加工机制,前者关注影响大脑整合离散元素的因素,后者关注大脑如何根据客体形状及其在三维层次结构中的相对位置,对组合后的元素进行解释。

鉴于当代知觉组织研究主题的广泛性和复杂性,本书聚焦在具体的视知觉整合问题上,即在视网膜上的所有零片段中,视觉系统如何仅选择将某些特定片段(而非

其他片段)进行组合进而形成更强的整体,并将其与其他信息区分开的加工过程。当代知觉整合研究源于格式塔知觉组织研究理论却又有所不同,为更好理解知觉整合研究的历史渊源,下一节将先回顾格式塔心理学有关知觉组织的起源和发展。

二、研究历史

在1923年,韦德海默(Wertheimer)在他开创性的论文中首次提出了知觉组织和知觉整合问题^[5],试图阐述清楚知觉组织最根本的定律。在其提出的所有定律中,最具有普世性的核心定律是所谓的极简律,即大脑具有看见最简单形状的倾向。除此以外,他关注更多的是更为具体的定律,这些经典定律描述了简单图片中离散元素的组合规律,即哪些刺激属性会影响人们对离散元素的整合知觉。根据一系列研究,Wertheimer提出了临近律、相似律、共同命运、良好连续律、闭合律和对称律等经典的知觉组织原则(详见第二节)。在20世纪上半叶,格式塔心理学得到了迅速地发展,知觉组织的研究受到了重视。

然而,随着格式塔心理学影响的消退,视觉研究较少关注知觉组织的问题。格式塔心理学在学术领域的影响大幅减少,这一方面和其自身研究科学问题被质疑有关,另一方面和行为主义的盛行以及单细胞电生理技术的革命性发展有关。在其自身学科方面,格式塔心理学被批判最严重的是其研究方法和理论建设。在研究方法上,知觉组织研究大多使用很简单的刺激或者复合刺激,并通过现象描述方法进行论证(方法详见第二节),相比于当时盛行的心理物理学和行为主义对实验的精确设计和操控,格式塔心理学的现象描述方法不够严谨;在理论建设方面,知觉组织研究的思路是寻求每一个影响知觉组织加工的刺激因素并总结知觉组织定律。到20世纪五六十年代,视觉科学有了革命性的发展,尤其是单细胞电生理记录技术和计算模型的发展。Hubel和Wiesel等人发现初级视皮层的神经元对基本的视觉特征(如特定方向的边缘)具有选择性反应^[6-7];此外,Campbell等人使用线性系统方法对视觉加工过程进行建模并取得了很大进展^[8]。这些研究者认为通过计算算法和神经机制进行建模的方式可以对思维的认知操作进行因果解释,而格式塔心理学的知觉组织研究并不能为这些研究进行进一步的阐明,也不能被这些研究理论所解释,这些都持续加重了研究者对格式塔知觉组织研究地忽视。

在电生理研究得到了诸多研究成果后,研究者才发现视知觉现象远不是线性计算模型和单细胞记录结果所能解释的。直到20世纪末和21世纪初期,知觉组织研究问题再一次被得到重视,知觉整合和前背景组织这两大知觉组织核心问题的研究,重新回到了认知和神经科学研究的中心^[9]。但是,该研究和经典格式塔理论研究并不完全相同,相比于20世纪中期的格式塔研究,当代视觉科学对知觉整合和前背景组织的研究

已取得了很大进展。在研究测量方法上,当代知觉组织研究发展了新的客观和主观知觉组织测量方法和新的实验刺激,通过对刺激的精细设计(如点对矩阵和Gabor刺激)和对参数的系统操控来研究知觉组织加工机制。现代计算机技术的发展也使得刺激呈现方式得以丰富,尤其是动态刺激得以呈现,也因此发展出了新的知觉整合原则(如同步律和泛化共同命运律)和前背景组织原则。

除了直接的知觉报告外,当代知觉组织研究还发展出了新的间接测量方法,并从实验心理学中借鉴了标准的测量范式(如线索范式、启动范式和匹配范式等),在测量指标上,借鉴了心理物理学的阈值和无偏差反应行为指标等。在大部分的情况下,这些实验使得研究者可以对知觉整合和前背景组织等影响因素的强度进行量化,甚至还发展出了新的知觉整合定律,如基于接近原则整合的纯距离律;也能使用恰当的实验方法对不同组织进行清晰地区分,如时空耦合与似动权衡的区分。在一些研究领域,研究者在获得可靠实验结果后会发展和测试新的计算模型,比如对刺激水平的强几何描述或者是对自然图片统计的仔细分析,进而使用统计决策理论的框架对反应频次进行统计规律分析。还有一些研究使用统一的刺激和范式,从神经机制的角度解释心理物理学所测得的结果,如错觉轮廓和前背景分隔范式。

当代知觉整合和前背景组织研究使用视觉科学领域中精巧可靠的研究方法,这些方法使得研究者可以分离出整合过程中的不同认知加工阶段。在一些研究领域,知觉组织加工也与其他视觉加工过程有了衔接,中级视觉被认为是初级刺激属性加工(如对比度、频率、朝向和运动方向等)和高级的对刺激含义的解释加工之间的中继站。在视觉计算领域,知觉整合原则被用于图像分析算法的优化,研究发现的图形规律也被用于优化从二维图像到三维图像的复原算法。Biederman将他对视觉计算领域图形分析算法的理解融入他所提出的人类客体识别理论中^[10]。由此,格式塔知觉组织研究被整合到认知科学的主流研究中。



第二节 视知觉整合测量方法

随着知觉整合研究的发展,视知觉整合的行为测量方法也在逐步精准化,本节将讨论视知觉整合研究中最常见的方法。需要特别说明的是,这些测量方法并不特异于知觉整合,也适合于知觉组织的其他研究主题,是知觉组织普适性的行为测量方法。本节介绍的三种行为测量方法可以单独使用,也可以在同一个实验中结合使用,甚至与其他脑活动测量手段结合使用,用于探究特定知觉整合问题的加工机制。

一、现象证明法

现象证明法是最早的知觉整合测量方法，具体来说，研究者给被试呈现设计好的一群元素组成的简单图片，被试通过内省主观法报告其关于图片的第一印象，即哪些元素看起来组合成了整体。在1923年，韦德海默开始采用现象证明法论证了格式塔的基本组织原则，随后其他格式塔心理学家也开始使用该方法，这是因为该方法简单明了，通过现象本身即可证明组织规律，是传统知觉整合研究非常重要的测量方法。现象证明法通过读者自身的观察即可自证。如图1-2-1所示，其中图1-2-1A显示的是一群水平均匀排布的元素集合，这种排布方式下，观察者知觉到的是八个圆点，两两间并没被看成是整体；而其余图片则根据元素排布方式的不同，元素被知觉为不同的组合图形。对于图1-2-1B来说，观察者会报告看到4组圆点，这是由于研究者操控了元素间的距离，当某些元素间的排布距离相对其他元素较小时，距离较近的元素会被知觉为整体，即格式塔的临近律。图1-2-1C至图1-2-1F证明了相似律，即元素在某些特征上的相似性会引发整合，比如颜色（图1-2-1C）、形状（图1-2-1D）、大小（图1-2-1E）或者朝向的相似（图1-2-1F）会让相邻元素被知觉为整体。当元素间的相似性体现在是否朝同一个方向运动时，被称之为共同命运律，如图1-2-1G所示。对于曲线来说，不同的排布方式也会导致不同的知觉效果，对称律（如图1-2-1H）和平行律（如图1-2-1I）会导致人们对曲线知觉组合的不同。对于图1-2-1J中的4个曲线线段，人们知觉到的是a/c、b/d线段组合在一起的2条曲线，这是因为良好连续性会促进曲线线段间的组合；而当研究者把左右两侧的曲线连接在一起，人们会知觉到左右两个闭合的蝴蝶结似的图形，这就是闭合原则对知觉整合的影响。总的来说，研究者通过操控元素的排布方式来具体化特定知觉组织原则，然后通过观察者的主观报告是否符合所操控的组织原则的知觉结果来验证特定的知觉组织原则。

现象证明法的好处在于观察者通过观察图片就能很好地自证研究者所提出的知觉整合定律。然而，该方法也存在致命的缺点：首先，现象描述法是定性研究测量手段，该方法只能用于具有强知觉组织原则的测量；其次，该研究方法并不能获得行为数据结果，当部分被试不能报告出特定效应时，这些被试会被剔除，因此，研究者并不知道知觉效应的范围有多广；最后，不同知觉整合效应间也不能进行大小的比较，因此该方法不能测试研究者提出的知觉组织理论。另一个存在问题是，对现象结果的描述依赖于主观报告而不是客观测量，这个问题会带来两个后果：第一，研究者不能根据主观报告来衡量被试的主观体验是正确的还是错误的；第二，该方法的结果会受到观察者主观偏差和报告测量的影响。鉴于这些存在的问题，虽然现象描述法是基本知觉组织现象最重要的测量方法，但是并不适合作为进一步深入研究的测量手段。

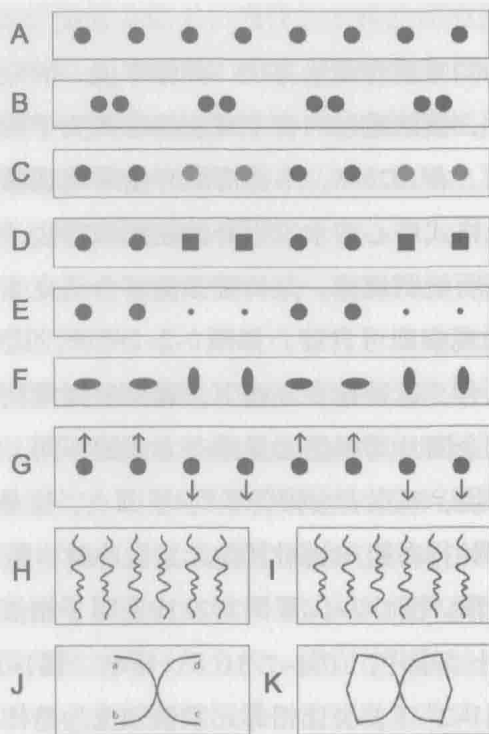


图1-2-1 经典格式塔图形元素组织原则^[4]

二、定量主观报告

定量主观报告法通过系统操控刺激的某些物理属性，分别测量每种物理属性条件下被试报告特定整合的比例，从而定量测量该刺激整合强度。该方法可以计算被试报告特定知觉后果的比例，实现对结果的量化，弥补了现象描述法不能定量测试的劣势。定量主观报告法中最好的一个研究是Kubovy, Holcombe和Wagemans等人使用点阵栅格刺激定量研究临近律^[11-12]。研究者通过操控点对间的空间物理属性生成一系列点阵栅格，从而定量地探究影响整合的关键因素。具体来说，实验刺激由点阵构成的栅格（如图1-2-2所示）组成，研究者操控点阵的两个基本特征：距离最近点对（矢量a和b）的长度及矢量间的夹角。在实验过程中，研究者给被试短暂呈现刺激，要求被试选择刺激的整体朝向。研究者发现，所有整体栅格的朝向都存在相似的规律，即在多个可能朝向点对组合中，具有最近相对距离的点对会被整合为整体，而且相对距离是影响整合的唯一因素，也就是所谓的净距离律。研究者还发现，尽管所有栅格空间可以根据它们的对称属性被分成六类，但是点对相对距离是影响基于临近律整合的唯一因素，栅格的全局属性并不影响栅格内点对的整合。

尽管定量主观报告法弥补了现象描述法不能量化的缺点，然而，该方法所测得的结果仍会受到主观偏差的影响。这是因为定量主观报告法仍然基于被试的内省报告，

观察者的整合知觉是主观体验，主观体验是没有客观答案的。整合知觉在本质上与对大小和距离的主观知觉是不同的，后者可以根据被试的行为报告和刺激的真实大小或距离进行客观比较从而计算出正确率。而离散刺激本身并不能提供关于整合刺激的客观测量标准，因此定量主观报告法不可能测量出真实的客观行为结果。

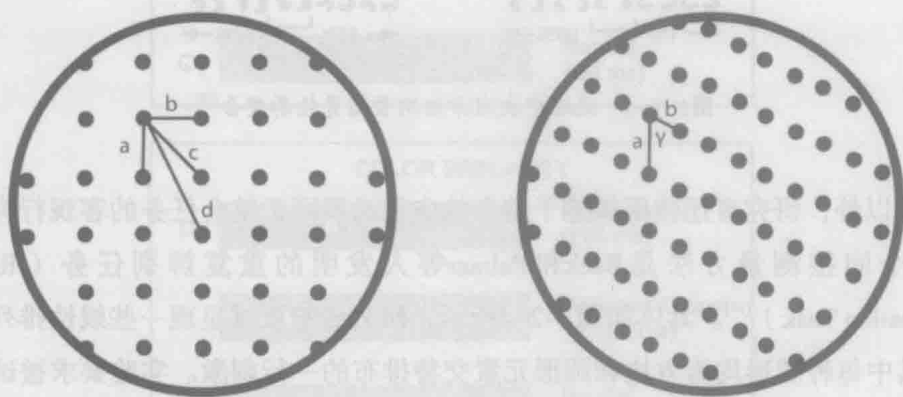


图1-2-2 运用点阵栅格刺激定量研究临近律^[11]

三、客观行为任务

为了弥补主观任务不可避免的缺点，研究者开始探索敏感客观的行为指标，从而间接地测量知觉整合加工。在各种客观行为任务中，研究者创造性地寻找与主观知觉整合效应相关的客观测量指标，从而在被试完成客观知觉任务的过程中，通过测量知觉整合对该客观指标的影响，间接地完成对主观知觉的测量。根据实验的不同需要，研究者使用的客观任务也有多种方法。其中，中央列方法是与主观报告很接近的一种客观行为方法。Palmer和Nelson等人使用该方法测量了错觉轮廓整合^[13]，具体来说，研究者让被试报告中央列刺激看起来是与左侧还是右侧图成整体。在实验中，研究者设置了两种实验情况，一种情况下需要根据图形整体判断，另一种根据元素进行判断。研究者发现，被试报告中央列属于左边还是右边会受到图形元素是否能被整合的影响。如图1-2-3所示，左图展示的是诱发元素可被知觉为强错觉图形整体的实验条件；而右图展示的是诱发元素被打散不能被整合为错觉整体的实验条件。结果发现，左图所展示的条件下，被试将中央列知觉为右边图形的概率高于左边图形，而右图所展示的条件下，被试知觉为左边和右边图形的概率相当。实验结果表明被试报告中央列属于左边还是右边的概率会受到图形元素是否能被整合的影响。在该实验中，实验结果的差异可以归结于图形元素是否能被很强的组合为整体。虽然该任务仍然是与整合相关，但是实验并不是测量被试自发的知觉整合结果，因此，其测量的结果与定量主观整合所测量的结果是有所不同的。

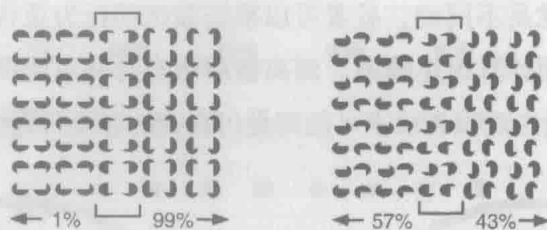


图1-2-3 通过中央列方法测量错觉轮廓整合^[13]

除此以外，研究者还使用敏感于整合效应但又不同于整合任务的客观行为任务。其中一个间接测量方法是Beck和Palmer等人发明的重复辨别任务（Repetition Discrimination Task）^[14]。具体如图1-2-4所示，研究者给被试呈现一些线性排列的离散元素，其中每种图形均为方块和圆形元素交替排布的一行刺激。实验要求被试又快又准确地判断刺激中唯一重复出现元素对是由方块还是圆形组成的。研究者在实验中设置不同的实验条件，通过测试三种不同整合条件下被试完成辨别任务的反应时差异，实现对知觉整合的客观测量。比如，在对临近律进行研究的实验中（图1-2-4），研究者通过操控元素间的相对距离，使得图A中重复元素为组内条件，图B中重复的方形元素被分在两组间，为组间条件，而图C中两两间距离相同为中性条件。实验发现，当重复元素是整合组内时，反应时显著短于组间条件。当元素通过颜色相似性进行组合时，结果模式与临近律相同。通过重复辨别任务发现的条件间差异间接地证明了知觉整合的临近律和颜色相似率。此外，Li等人采用改进的Posner范式^[15]（实验流程详见本书第四章），通过测量整合刺激作为任务无关空间线索时是否会产生注意吸引效应，探究任务无关情况下基于良好连续性的知觉整合是否会发生，也是对主观整合效应的间接测量。研究者发现在任务无关，甚至被试没有意识到刺激存在的情况下，符合良好连续的刺激也能产生注意吸引效应，说明符合良好连续整合的离散元素可以在无意识状态下进行相对自动的整合。

客观行为任务的指标相比于现象测量有明显的优势，不受主观偏差的影响，而且可以通过条件间反应时或者正确率的差异对整合结果进行精准测量。然而，客观行为法也存在缺点。其中最主要的缺点是，客观任务只能间接测量主观知觉效应。比如，在重复辨别任务中，被试只需要完成形状辨别任务而不需要外显地报告他们是否能知觉到研究者所操控的整合效果。研究者不能排除实验结果可能仅仅来自于临近性和颜色相似性可以独立影响了颜色辨别任务本身，而不是知觉整合后的效应带来的实验效

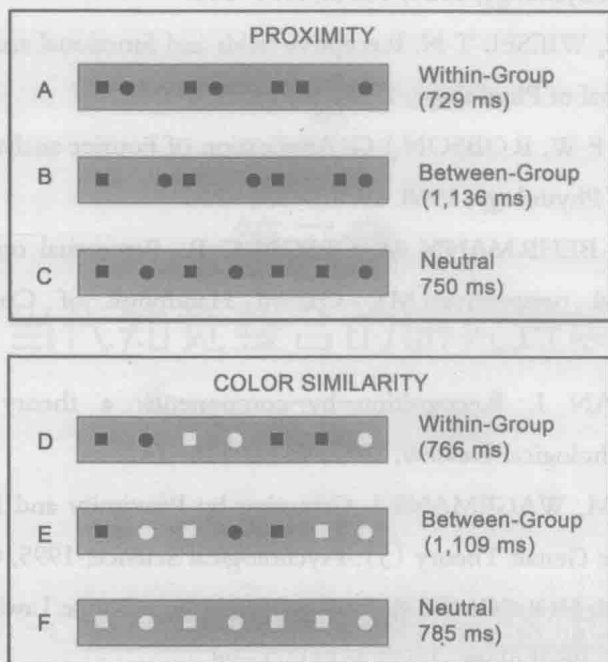


图1-2-4 通过重复辨别任务测量临近律和颜色相似律^[4]

应，也就是说，实验结果可能测量的不是整合本身。对于这一缺点，研究者可以通过结合本节所提出的三种测量方法进行弥补。也就是说，如果发现某一因素既影响主观测量也影响客观测量结果，那么实验结果最有可能会是因为整合效应带来的效应。

参考文献：

- [1] GILBERT C D, Li W. Top-down influences on visual processing[J]. Nature Reviews Neuroscience, 2013, 14(5):350-363.
- [2] HORPE S, FIZE D, Marlot C. Speed of processing in the human visual system[J]. Nature, 1996, 381(6582):520-522.
- [3] KIRCHNER H, THORPE S J. Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: visual processing speed revisited [J]. Vision Research, 2006, 46(11):1762-1776.
- [4] PALMER S E. Vision science: Photons to phenomenology[M]. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press, 1999.
- [5] Wertheimer M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt, II. [Investigations in Gestalt Theory: II. Laws of organization in perceptual forms][J]. Psychologische Forschung, 1923(4):301-350.
- [6] HUBEL D H, Wiesel T N. Receptive fields of single neurons in the cat's striate

cortex [J]. Journal of Physiology, 1959, 148 (3):574-591.

[7]HUBEL D H, WIESEL T N. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex[J]. Journal of Physiology, 1968, 195 (1):215-243.

[8]CAMPBELL F W, ROBSON J G. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings[J]. Journal of Physiology, 1968, 197 (3):551-566.

[9]KIMCHI R, BEHRMANN M, OLSON C R. Perceptual organization in vision: behavioral and neural perspectives[M]. Oxford Handbook of Cognitive Psychology, 2003:203-212.

[10]BIEDERMAN I. Recognition-by-components: a theory of human image understanding[J]. Psychological Review, 1987, 94 (2):115-147.

[11]KUBOVY M, WAGEMANS J. Grouping by Proximity and Multistability in Dot Lattices: A Quantitative Gestalt Theory [J]. Psychological Science, 1995, 6 (4):225-234.

[12]KUBOVY M, HOLCOMBE A O, WAGEMANS J. On the Lawfulness of Grouping by Proximity[J]. Cognitive Psychology, 1998, 35 (1):71-98.

[13]PALMER S E, NELSON R. Late influences on perceptual grouping: illusory figures[J]. Perception & Psychophysics, 2000, 62 (7):1321-1331.

[14]BECK D M, PALMER S E. Top-down influences on perceptual grouping[J]. Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, 2002, 28 (5):1071.

[15]LI Y, LI S. Contour integration, attentional cuing, and conscious awareness: An investigation on the processing of collinear and orthogonal contours[J]. Journal of Vision, 2015, 15 (16): 1-16.