

基于视听特点认知的生物学教学设计思考

张洁, 欧阳婉玲, 贺竹梅^(✉)

中山大学生命科学大学院, 广州, 510275

摘要: 视觉和听觉是两种对于外界信息获取非常重要的感觉, 二者在学习中起着重要却又不尽相同的作用。文章从视听的生理基础及视听教学的最新研究成果出发, 总结了视觉与听觉的基本特点及其相互作用, 从听觉教学向多媒体教学转换的特征变化等, 进而对如何在现代多媒体教学中合理利用视觉与听觉的特点作出适宜的生物学教学设计进行了思考, 并提出了一些建议。

关键词: 视觉, 听觉, 教学设计

The Instructional Design in Biology Teaching Based on Cognitive Audio-Visual Characteristics

ZHANG Jie, OUYANG Wan-ling, HE Zhu-mei^(✉)

School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

为了对自然界事物有一个连贯而强健的认知, 我们的大脑会对外界刺激所产生的各类感觉信息, 如视觉、听觉、触觉、味觉和嗅觉信息等进行有效的综合^[1]。人类正是以各种感官对事物的感知及各类感觉的集合为基础完成学习过程的。实验心理学家赤瑞特拉(Treicher)的研究发现, 人类通过阅读、听觉或视觉单一途径所获取的信息分别只有10%、20%和30%, 而通过听觉和视觉双重通道可获取50%的信息, 更重要的是, 通过与他人讨论、个人实践、教学交流则可分别掌握70%、80%、90%的信息^[2]。由此可见, 视觉和听觉同时作用对信息获取效果的影响, 以及人际交流和教学在获取知识中的重要作用是值得教育工作者认真思考的。同时, 我们也必须注意

到视觉与听觉在学习中所起的作用不尽相同, 它们在时间和空间上发生各种相互作用, 从而影响人们对信息的获取^[3-6]。在现有的教学模式中, 系统地考虑视听作用对教学影响的研究还非常不足。生命科学教学中有丰富的图像、音频、视频资料及实践资源可以利用, 因此, 如何在现代教学中正确认识视觉和听觉的特点与作用, 并以此为基础正确运用现代多媒体教学手段和生物学教学设计, 使学生在既定课时内更为轻松愉快地获取更多知识, 值得我们积极探究。

1 视觉和听觉的生理基础

视觉系统是人类重要的感觉通路, 发育历程较长, 从出生后至青少年时期都处于发育状态^[7]。视觉由光作用于视觉器官, 使其感受细胞兴奋, 并将信息经由视神经投射到中枢视觉系统加工产生; 光感受是高耗能过程, 需要水解cGMP提供能量, cGMP将直接作用于离子通道调节视觉产生^[8]。由此推断, 当人长期处

收稿日期: 2015-05-20; 修回日期: 2015-08-05

基金项目: 广东省高等学校教学质量与教学改革工程项目“广东省遗传学教学团队”和国家自然科学基金委“人才培养基金”(项目批准号: J1310025) 资助

通讯作者: 贺竹梅, E-mail: lsshezm@mail.sysu.edu.cn

于高强度用眼状态时，势必影响视觉系统的正常功能；而当身体处于疲倦或虚弱状态时，机体也会倾向于选择关闭视觉系统以节省能量。

听觉的形成与视觉形成存在明显差异。外界声波经外耳道传向鼓膜，通过鼓膜、听小骨及内耳对耳蜗内的毛细胞产生刺激，产生的神经冲动沿着听神经传到大脑皮层的听觉中枢，形成听觉^[9]。在此过程中，外毛细胞产生电致运动主动应对振动刺激，电致运动由 Prestin 细胞膜蛋白驱动，该蛋白的运动并不依赖于钙离子和 ATP，也不需要跨膜电流，只需跨膜电压即可^[8]，Prestin 蛋白的存在赋予了听觉低耗能的优势。由此不难推测，听觉的产生在耗能上比视觉少得多。实际上，当机体停止提供 ATP 后听觉还可以维持一段时间^[8]，加上听觉是人类发育较早且最晚消失的感觉^[10]，因此听觉在能耗节省上的优势是明显的。然而，听觉较容易受到日常环境如噪音、药物、不良生活习惯（如长时间佩戴耳机）等的影响甚至损害，当电致运动受损或丧失时，耳蜗的灵敏度和频率选择性等功能就会下降^[8]，从而影响人对外界声音信息的获知。

由于形成视觉和听觉的生理基础不同，特别是在能耗方面存在较大的差异。因此，在生物学教学中，如何在正确认识其不同特点的基础上进行教学设计，这对于有效提高教学质量和学习效率将起到重要的作用。

2 视觉和听觉间的主导效应

不同感官对刺激的灵敏度影响大脑产生不同的学习效果。在学习中视觉和听觉谁占主导地位一直是科学家们争论的话题。1974 年，Koppen 等提出视觉主导效应学说，认为在视听双峰环境下视觉比听觉更具优势^[11]。之后，McGurk 等通过实验证明视觉刺激可以强烈地修改听觉刺激^[12]，Posner 等也发现虽在静息状态下听觉刺激比视觉刺激能更有效地自动吸引人们的注意力，但当人们在接受多重刺激时，大脑会减少对听觉刺激的反应以保证对视觉刺激的感知^[13]，这进一步支持了视觉主导效应学说。更有研究表明，视觉之所以主宰我们感知的空间，不是因为视觉具有任何固有的比其他感官更强的生理优势，而是由于视觉信息往往比来源于其他感官的空间信息更可靠，是中枢神经系统集成信息统计最优的方式，大脑的进化更多地依赖视觉系统而非听觉系统^[14]。Schmid 等也指出，视觉优势可能是因为不同感觉区域受到不同调节因素

的影响所致，例如跨通道影响和自上而下的注意力资源配置，在跨通道竞争的情况下，听觉系统比视觉系统更容易被影响从而使得视觉系统在双通道竞争中优于听觉系统^[15]。而对于大家普遍认同的听觉信息在示警方面优于视觉信息的观点，Rodway 用实验证明，在对等条件下听觉信号并不传达任何优于视觉信号的示警信息^[16]。

然而，也有研究者认为视觉的主导作用并没有那么明显，在某些条件下甚至不占主导地位。Recanzone 研究表明，当视觉信息和听觉信息同时呈现时，由刺激感官的刺激物来决定谁先呈现，视觉刺激驱动空间认知，而听觉刺激则驱动时序认知^[3]，即视觉主要在空间知觉上占主导地位，听觉在时间知觉上更胜一筹^[17]；认为视觉在竞争中处于有利地位的 Schmid 等同时也证明在感官通道竞争不存在时，只要给予同样的关注度，大脑对图片和声音的记忆表现是相同的^[15]；Tremblay 和 Nguyen 甚至用实验证明在一个时间短暂的任务中听觉占据主导地位^[4]；Boivin 等^[18]则认为在跨文化（多语言）环境中，听觉/语音记忆系统在跨通道的任务和工作记忆中越发占据主导地位。

虽然早期的研究更偏向于认为有视觉主导效应的存在，但目前科学家们开始更多关注听觉在学习中的重要作用，从而试图唤起人们对听觉作用的认知，使听觉在认知和教学中发挥应有的作用。随着各种电子产品的广泛使用，学生近视率不断提升，因此，在基于视听特点的基础上如何作出合理的教学设计就显得更具实际意义。

3 听觉教学向多媒体教学的转变

听觉教学是充分发挥人耳对声音强弱的感知能力，通过对听觉刺激完成的一系列反射活动，从而形成学习状态的一种教学方式^[19]。相较于视觉而言，使用听觉是耗能较低的过程。虽然听觉不像视觉那样存在明显的主导作用，在获取信息中所占的比例小于视觉，但在视觉主导效应提出及多媒体教学出现之前，听觉教学一直占据着重要的地位。

讲授可谓是自古以来极具生命力的一种听觉教学方式，它不仅在科技不发达的时代作为传输知识的重要途径，在科技发达的今天它仍旧拥有无可比拟的魅力。因为不同于无生命的多媒体系统，讲授能使师生的情感得到更好交流。这种以听觉教学为主的教学方式是通过人与人之间面对面的交流实现教学目的的，

它营造了一种浓厚的学习氛围，教师生动的叙述形式、形象而科学的讲授技巧使得学生能够全身心投入其中，积极思考。同时，由赤瑞特拉的实验结果可知^[2]，通过交流获取的信息量大于视觉和听觉共同作用获取的信息量，这也是讲授式教学充满永恒活力的根源所在。

教育界鼻祖孔子的授课方式就是典型的听觉主导式教学，在多媒体发展之前甚至当今的许多中小学教学中，学生也主要以听的方式接受教师传授的知识。然而，仅依靠听觉教学的局限性也是显而易见的，特别是在今天这种课程知识繁重、课程内容愈渐加大、课时不断减少的情况下，单纯的听觉教学已无法在规定时间内完成教学任务。因此，随着计算机技术的发展，多媒体教学应运而生，视觉教学在教学中的比重日益超过听觉教学。

多媒体教学将听觉主导式课堂转变成视觉主导式课堂。视觉教学利用人眼对图像变换的感知，从而对大脑皮层产生刺激，并作出相应反应来提高对教学内容的注意力^[20]。现代多媒体技术很好地利用了这一特性，精美的图片和视频音频等刺激着学生的感官，充分调动了感觉系统，其内容之庞大精细也是传统的讲授教学所无法企及的。多媒体教学已被广泛地应用于课堂教学和各类演讲中，无疑成为当前使用最广泛而频繁的教学模式，且充分发挥着视觉通道传递信息的作用。在生物学教学中，多媒体教学能将语言文字难以描述的难点内容以影像或动画形式呈现，无疑成为教学的革新点，极大地促进了教学改革的推进，多媒体教学与生物学传统教学的有机结合将使学生整体能力得到了更好的提升^[21]。

多媒体学习理论是建立在坚实的理论基础和可靠的实践经验基础上的科学体系^[22]，具有充分的理论和实践支持。该理论以双重通道假设、容量有限假设和主动加工假设为基石，而这三大假设赖以成立的理论前提正是双重编码理论（由加拿大心理学家 Paivio 于 20 世纪 70 年代正式提出）、工作记忆模型（由 Baddeley 与 Hitch 于 1974 年提出、生成学习理论（由 Wittrock 于 20 世纪 70 年代提出）和认知负荷理论（由 Sweller 等人在 20 世纪 80 年代提出）^[23]。多媒体学习的理论和实践支持进一步表明视听双通道学习优于单通道，但由于学习过程中存在认知负荷，需要对教学设计进行必要的优化以使视听达到最优集合是必要的。

在使用现代多媒体教学的过程中，如果过多地使用视觉教学传递信息而忽视或弱化了听觉教学的重要

作用，这就有悖于多媒体教学方法创建时希望双管齐下的初衷。部分教师过分依赖多媒体教学手段 PPT 的视觉教学作用而忽略了讲授式听觉教学的重要地位，甚至认为音频、视频等听觉教学的模式能取代教学中老师和学生的交流作用。师生交流的减少阻碍对学生学习兴趣的培养和效率的增强，这无疑会使学生心理上出现逆反。除此之外，视、听教学本身就存在矛盾区域，只有在设计得当时才能相得益彰，不合理的教学设计将加大认知负荷，妨碍学生对信息的获取。

4 视觉和听觉互作对教学的影响

视觉和听觉作为人获取外部信息的主要通道，二者之间存在密切的相互作用并影响着其在现代多媒体教学中的教学效果。具体相互作用情况如下：

4.1 二者相互配合起促进作用

赤瑞特拉的实验表明，只靠视觉所获得的信息经 3 日后只可保持 20%，而二者结合获得到的信息经 3 日后仍可保持有 65%^[24]。同时，作为梅耶多媒体学习认知理论^[22]基础之一的通道效应也表明双通道优于单通道^[2,25]。相关研究表明，视觉和听觉系统在神经及躯体感觉系统层面存在重叠，并且都能够提供空间和时间上的精细感觉，当这两种感觉都感受完全相同的对象或事件的信息时，结合每个通道的信号能增强认知结果的准确性^[26]；而当视觉与听觉获取的信息长时间存在较大差异时，大脑能够对这种差异性不同步进行调整，从而达到视听信号的一致性^[27]。因此，在教学中适当使用图文并茂的形式可以增强认知，但需注意要做到图文相符，在同一张幻灯片中最好使用简洁的文字及适当的配图，而非重复其内容的图表，因为单纯的重复并不能增加信息量，反而加大认知负荷。虽然大脑能对一定限度内的视听差异进行调整，但尽量不要使文字和讲授内容或音频材料的差异过大，否则将无法使视听达到最好的结合效果。

4.2 二者间的相互干扰

(1) 视觉对听觉的掩蔽作用。大脑在处理信息时存在灵活多变的分配方式，有实验证明，当视觉与听觉有明确相关的任务时，视觉对听觉会产生不同程度的掩蔽效应^[28]；而当视觉系统和听觉系统获取的信息不一致时，视觉信息会影响大脑对听觉信息的判断^[12]；

Schmid 等的研究也证明这两种感觉在竞争状态下，视觉比听觉更有利^[15]。由于每个学生对不同课程内容的注意力集中状态的不同，当视觉任务超过一定量时，需要有意识地避免对听觉任务产生的掩蔽作用。

(2) 听觉对视觉的掩蔽作用。虽然视觉存在主导作用，但由于大脑对不同信息复杂而精确的调控力度不同，当注意力受到额外听觉信息干扰时，对视觉信息的反应和判断同样会受到影响。Shams 等^[29]的试验表明，听觉信息可以从本质上改变明确的视觉感知来创建一个引人注目的视觉错觉；Schmid 等^[15]也证明，人在执行繁琐的听觉任务时，对图片的记忆力会降低。这些都说明，无关的听觉干扰越多，对于获取所需视听信息的负面影响就越大。

(3) 视听间的相互干扰。这种发问在课堂和学习中也是时常出现的，教学环境的嘈杂、视听信息的不相符、视听信息任意一方难以认知等都将人为地加大认知负荷而干扰信息的获取。在课时紧、课容量日益加大的今天，课程内容本身的认知负荷已经基本达到饱和，如果对教学设计做不到严谨细致，相互干扰的视听信息将极大地干扰学习，甚至让学生觉得跟不上节奏而烦躁气馁，影响整个课堂的氛围，进一步增加认知负荷，并且也会影响教师授课情绪，从而形成恶性循环。

4.3 二者间的相互弥补

当视觉或听觉一方有缺陷时，另一方可以在一定程度上弥补信息的获取缺失^[26]。眼盲或视力较差的人耳朵通常比一般人灵敏，即视觉长期缺失时，信息获取可由听觉系统得到一定的弥补^[30]。这启示我们处于视觉教学或听觉教学某一方因种种原因难以实现的时候，例如硬件条件匮乏、多媒体设备损坏、课程进行后期视觉疲惫，我们完全可以通过单一通道达到教学目的，并不需要强求两者同时作用。

5 基于视听认知特点的教学设计

在教学中，我们应当充分利用视觉与听觉的差异以及两者的相互作用，从学生的生理、心理两方面入手，使视觉系统和听觉系统相互协调、相互弥补，做出符合视听特点的教学设计，以达到更好的教学效果，从而为学生提供一个易于掌握知识的感官环境和学习氛围。

随着科学技术和社会的发展，我们接触到的各类感官信息越来越多，信息量的扩大与课堂压力、学习接受度之间的矛盾是客观存在的。多媒体设备的使用大大地扩充了教学内容和教学方式，但是多媒体教学的缺点也在教学中不断暴露：课程进度过快，留给学生阅读和思考的时间过少，教师和学生多媒体教学认识的偏差也使得师生间的交流受阻；PPT 设计和制作的不佳常导致学生视听通道受阻，影响学生的学习效率；不合理画面布局中加入过多冗余信息或与知识点无关的干扰信息，增加了外部认知负荷等等。因此，在认识了视听生理基础和互作效应的基础上，尽可能找到两者的最佳契合点进行教学设计，真正发挥多媒体教学的优势，尽量避免加大认知负荷，从而提高教学质量，是现代教学中需要注意的。下面将就如何依据视觉和听觉系统的特点进行合理有效的教学设计，进行一些初步的探讨。

5.1 教师而非多媒体才是课堂上传授知识的灵魂所在

教师授课的目的不仅在于传授既定的知识，还应使学生掌握正确的思维方式，并能在课后进行知识的拓展性思考。同时，把学生作为主体也是现代创新教学的重点^[31]，一切教学设计要遵照学生的认知特点和水平进行。多媒体无法代替人的核心作用，知识的掌握需要交流与沟通。以下几点是我们必须考虑的：

(1) 教师和学生都应摆脱对多媒体的过分依赖。教学中使用多媒体的作用在于拓展课程内容，刺激多重感官加深认知，而不是展示书本内容和考试重点，对 PPT 内容的过分依赖将导致越来越多学生的思维被简化，对知识的吸收缺少批判性和创造性。

(2) 教师需要更充分地进行教学设计。在现代化的多媒体教学方式下，教师应该更多地运用背景知识，进行更完善的教学设计和更精细的 PPT 制作。

(3) 注意加强师生间的互动交流。由前文可知，PPT 的滥用将导致师生交流受阻，而交流对于信息的获取与掌握又十分重要，因此要注意师生课堂内外的互动交流。“翻转课堂式”教学模式的发展将在更大程度上强调教学与讨论对知识获取的作用。

5.2 正确认识视听的特点

正确认识视听的特点，依照正确的多媒体学习理论进行教学设计，即所有设计需符合视听认知特点，

再以此为基础进行修整。

(1) 正确认识视觉特点，合理编排教材并设计 PPT 或其他多媒体材料。不合理的教材编排和 PPT 设计不仅会影响视觉通道对信息的获取，甚至会产生视觉疲劳、注意力不集中等问题^[32]。需要注意：①配套教材的用纸，字体大小、行间距、页边距、插图等的合理布局对视觉效果和学习效率的影响。②PPT 的视觉刺激。在 PPT 制作过程中，注意色彩的明暗搭配和字体样式的调整，使用尽量大的背景和文字色差，注意调整屏幕的光线强度；此外，由于颜色的感知与注视时间有关^[33]，在一定时间内变更 PPT 背景图案或文字颜色等，有助于在不增加过多外部认知负荷的前提下缓解视觉疲劳。③正确对待冗余信息。冗余理论认为冗余信息应当是适量的，过多会增加认知负荷，过少又影响理解。为了调动学生的兴趣而插入更多课件、图片或动画可能会对教学产生干扰作用^[34]，需要对课件冗余信息进行适量的运用。在多媒体教学中，利用文字符号传播信息时可适当减少冗余信息量，而在利用影像和声音符号传播时则应该使用相对多一点的冗余信息量——因为文字相对来说容易被保留，而影像和声音却稍纵即逝^[35]。

(2) 在合理利用视觉通道的同时积极调动听觉通道。Seitz 等^[36]的研究证明声音能够促进视觉学习，且听觉信息与视觉信息越相近时促进效果越好。这说明在运用多媒体视觉教学的同时，不可忽视讲授及音频形式的听觉教学方式的重要作用。以下几点对于积极调动听觉通道有一定作用：①教师授课时的声音大小、吐字清晰度以及音响的音质等。声音过大或过小、吐字不清、发音不准确都将加重学生的外部认知负荷，造成听觉疲劳。②把握恰当的授课节奏。讲授速度过快，学生来不及消化而跟不上教师的进度，将造成学生心理压力和记忆负担，达不到预期的教学效果，实际上课堂的作用并不是为了灌输所有的知识，教师更多的是起到一个引导的作用。当然，适当加快语速和音频播放速度是可取的，Ritzhaupt 等认为，语速的适当加快对信息获取没有明显的负面影响^[37]。③加强必要的听觉景观设计。听觉景观设计能够唤起学习环境中师生这两个主体对于声音的感知力，营造一个健康良好的学习环境，弥补视觉的局限，从而帮助学生知识体系的建构^[38]。教师在授课时可以尝试探索适合自己 and 学生的最佳听觉景观设计方案。

(3) 控制信息量，合理分配视觉和听觉信息。①注

意 PPT 容量。PPT 的容量不宜过大，否则将增加额外认知负荷，干扰学习和记忆。精炼文字内容并增加交互性，在减少外部认知负荷的同时，帮助学生理清思路，培养总结归纳的思维方式，给学生以更多的思考空间；精炼文字内容后的剩余时间和空间，可以为学生展示一些相关图片或视频音频资料，这样既能减轻视觉疲劳，还可充分调动听觉的效用。在现代多媒体教学中，我们建议教师结合传统教学中的手工备课和 PPT 课件这两种备课方式的优越性，即展示给学生的 PPT 简洁而富有色彩变化，调动视觉感受并引起学生思考，与此同时，教师准备一套较详细的备课 PPT，并备上平板电脑或纸质打印稿，这样在减少教师记忆量的同时，可以让视觉教学发挥更充分的作用。②注意不同时段的信息分配。在教学的前半段可以多设置一些视觉信息，而在后半段可将部分信息转移至听觉通道，因为在正常情况下，视觉获取的信息多于听觉，但视觉耗能较大，因此，在课堂后期教学中，听觉教学将更有益于信息的获取。③尽量不占用课间休息时间。鉴于长时间听课所造成的疲软现象，适当的休息是必须的，为了“上完课”而上课或是为了扩大课程容量而占据必要的休息时间的做法是不可取的。

5.3 实践促进视听学习及认知

实践能有效地促进学习、促进交流，从而极大地刺激视觉和听觉通道，并能自然地促使视听双通道相互协调配合。相对于课堂教学而言，实践无疑能够达到事半功倍的效果。生物学本身就是实践性很强的自然科学，需要开展大量实验，锻炼学生的实验设计及操作能力，将实践合理地加入教学可以达到更好的教学效果，例如，合理利用实验教学内容及已有研究课题给予学生更多的实践体验机会，可以使枯燥的课堂教学生动化。

5.4 维持良好的教学环境将对教学效果产生正向显著影响

良好的物理环境和人际环境是高效学习的基本条件，这有利于提升听觉信息甚至视觉信息的传递与交流。维持好课堂纪律，减少无关干扰和多媒体带来的噪音，是创建良好课堂环境所必须的。基于冗余理论和感知理论，居长华指出，在比较嘈杂的学习环境中，有效信息的最终传达需要大量冗余信息的出现，这时屏幕文本的加入可以帮助学生学习^[35]。此外，

由于目前手机上网和手机游戏的普遍存在, 易严重导致外来信息对学生学习的干扰, 因此, 课堂减少手机等电子设备的无关使用也是必须的。良好的教学氛围需要师生共同维护, 这也要求课程设计增加适当的趣味性, 吸引学生自主参与交流, 当课程量较大时, 在课间播放与课程相关的趣味短视频以缓解紧张的氛围是可取的。

6 总结与展望

随着信息爆炸时代的到来, 如何在有效地获取和处理信息的同时完善教学设计将日益重要, 也正是需要我们不断探索和思考的问题。

科技发展的日新月异极大地丰富了我们的教学方式, 但只有对高科技合理使用才能获得最好的教学效果。视觉和听觉作为对于外界信息获取非常重要的两种感觉, 它们的生理差异及其复杂的相互作用直接影响着视听教学的效果, 因此, 正确认识视觉和听觉的生理特征及其相互作用, 把握视觉教学与听觉教学各自的特点, 对于在教学中充分调动其效能, 使之相得益彰, 从而基于视听特点作出符合认知特点的教学设计是非常重要的。广大教师应积极投入教学改革, 营造更好的教学环境, 提出更优良的教学设计方案。

参考文献

- [1] Ernst M O, Bühlhoff H H. Merging the senses into a robust percept [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2004, 8 (4): 162 - 169.
- [2] Chan Y F, Gurnam K S. Learning practices in a higher learning institute in United States [J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013, 90: 88 - 97.
- [3] Recanzone G H. Interactions of auditory and visual stimuli in space and time [J]. *Hearing Research*, 2009, 258 (1 - 2): 89 - 99.
- [4] Tremblay L, Nguyen T. Real-time decreased sensitivity to an audio-visual illusion during goal-directed reaching [J]. *PLoS ONE*, 2010, 5 (1): e8952.
- [5] 聂旻. 视觉与听觉跨模态转换的认知和应用研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [6] 潘杨, 孟子厚. 视听注意属性对视觉掩蔽效应的影响 [J]. *电视技术*, 2011, 35 (9): 109 - 111, 128.
- [7] 李振, 杨智宽. 视觉发育及其关键期 [J]. *中国斜视与小兒眼科杂志*, 2009, 17 (1): 48, 27.
- [8] 阮迪云. 神经生物学 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2008.
- [9] 王坚. 听觉科学概论 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
- [10] 龚远红, 龚文妍. 应用听觉诱导对颅脑外伤昏迷病人唤醒疗法的监测 [J]. *现代医院*, 2005, 5 (11): 12 - 13.
- [11] Koppen C, Spence C. Seeing the light: exploring the Colavita visual dominance effect [J]. *Experimental brain research*, 2007, 180 (4): 737 - 754.
- [12] McGurk H, MacDonald J. Hearing lips and seeing voices [J]. *Nature*, 1976, 264 (5588): 746 - 748.
- [13] Posner M I, Nissen M J, Klein R M. Visual dominance: An information-processing account of its origins and significance [J]. *Psychological Review*, 1976, 83 (2): 157 - 171.
- [14] Witten I B, Knudsen E I. Why seeing is believing: merging auditory and visual worlds [J]. *Neuron*, 2005, 48 (3): 489 - 496.
- [15] Schmid C, Büchel C, Rose M. The neural basis of visual dominance in the context of audio-visual object processing [J]. *NeuroImage*, 2011, 55 (1): 304 - 311.
- [16] Rodway P. The modality shift effect and the effectiveness of warning signals in different modalities [J]. *Acta Psychologica*, 2005, 120 (2): 199 - 226.
- [17] Wada Y, Kitagawa N, Noguchi K. Audio-visual integration in temporal perception [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, 50 (1 - 2): 117 - 124.
- [18] Boivin M J, Bangirana P, Smith R C. The relationship between visual-spatial and auditory-verbal working memory span in senegalese and ugandan children [J]. *PLoS ONE*, 2010, 5 (1): e8914.
- [19] 北京师范大学, 东北师范大学. 人体解剖生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [20] 陈喆, 雷册渊. 高校视觉教学法实践之实证研究 [J]. *贵州师范大学学报 (社会科学版)*, 2013, 3: 128 - 133.
- [21] 龚大洁, 严峰, 俞诗源. 多媒体技术与高校生物教学整合的探索与思考 [J]. *电化教育研究*, 2006, 3: 63 - 67.
- [22] 王建中, 曾娜, 郑旭东. 理查德·梅耶多媒体学习的理论基础 [J]. *现代远程教育研究*, 2013, 2: 15 - 24.
- [23] Sweller J. Cognitive load during problem solving: effects on learning [J]. *Cognitive Science*, 1988, 12 (2): 257 - 285.
- [24] 彭伟国. PPT 教学课件的开发与应用研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.
- [25] 张伯邑. 多媒体课件画面的认知通道效应分析 [J]. *电化教育研究*, 2011, 12: 32 - 35.
- [26] Bulkin D A, Groh J M. Seeing sounds: visual and auditory interactions in the brain [J]. *Current Opinion in Neurobiology*, 2006, 16 (4): 415 - 419.

- [27] Vatakis A, Spence C. Audiovisual synchrony perception for speech and music assessed using a temporal order judgment task [J]. *Neuroscience Letters*, 2006, 393 (1): 40-44.
- [28] 张晓璐, 潘杨, 谢凌云. 视觉任务对听觉掩蔽效应影响的实验分析 [J]. *电声技术*, 2010, 34 (9): 43-45, 60.
- [29] Shams L, Kamitani Y, Shimojo S. Illusions: What you see is what you hear [J]. *Nature*, 2000, 408 (6814): 788.
- [30] Bavelier D, Dye M W, Hauser P C. Do deaf individuals see better? [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10 (11): 512-518.
- [31] 王洪才. 论大学创新教学的三要素 [J]. *复旦教育论坛*, 2012, 4: 41-45.
- [32] 徐宝兴. 大学 PPT 教学的调查与反思 [J]. *中国电力教育*, 2009, 16: 61-63.
- [33] 刘晓玲. 视觉神经生理学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [34] 国家教委电教司. 教学媒体与教学设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [35] 居长华. 基于冗余原则的多媒体学习活动的设计研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2011.
- [36] Seitz A R, Kim R, Shams L. Sound facilitates visual learning [J]. *Current Biology*, 2006, 16 (14): 1422-1427.
- [37] Ritzhaupt A D, Gomes N D, Barron A E. The effects of time-compressed audio and verbal redundancy on learner performance and satisfaction [J]. *Computers in Human Behavior*, 2008, 24: 2434-2445.
- [38] 王容婧. 学习环境中的听觉景观研究初探 [D]. 上海: 上海师范大学, 2011.

(责编 高新景)