

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：汉语普通话声调感知的老年化效应：来自 ERP 的证据

作者：肖容，梁丹丹，李善鹏

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：摘要的表述不规范，方法、结果、结论几个部分不够清晰。

回应：感谢审稿老师的意见。重新整理了摘要部分，删除了原摘要结果和结论混淆的描述。

意见 2：引言部分对研究老年人前注意阶段词汇声调感知的理由以及理论推演逻辑仍需理顺。

回应：感谢审稿老师的意见。已在引言的第二段增加了之所以探究词汇声调感知老化的原因，在 1.1 词汇声调感知老化研究回顾部分的最后一段增加了探究前注意阶段感知状况的原因。并重新整理了问题提出部分。修改之处在文中以蓝色字体标记。

意见 3：数据分析部分：作者在讨论中提及到，一般认为 MMN 的振幅相较于潜伏期更可靠（赵仑，2010），在数据分析时，以 MMN 平均振幅作为因变量进行统计分析的结果为主，以 MMN 的峰值潜伏期作为因变量进行统计分析的结果为辅，但在“声调”上，MMN 峰值潜伏期和振幅上结果有不一致情形，讨论中也未作解释。

细节上：

(1) 分析时间窗口(196~256 ms)建议在波形图上标识。

(2) 简单效应检验时，根据研究目的，检验一个方向即可。

(3) 分析结果呈现时，效应显著和不显著的都要呈现。见 p14，在范畴内声调对比条件下，组别主效应未报告。

(4) 呈现结果时需同时提供 F 值和 p 值而不能仅呈现 $p = 0.006 < 0.01$ ，报告了具体 p 值，则无需再报告 < 0.01 。

(5) 差异显著或不显著，都需说明结果是什么。见 p13，年轻组有显著差异， $p < 0.001$ 。

回应：感谢审稿老师的意见。现已在讨论开始部分增加了关于 MMN 峰值潜伏期和振幅结果的整体情况的描述：“结果显示在范畴间条件下，和年轻组相比，老年组在 MMN 峰值潜伏期和平均振幅表现出一致的、明显的衰退(即，平均振幅减小，峰值潜伏期延长)；在非语音条件下，仅在平均振幅上有明显的衰退；在范畴内条件下，仅在峰值潜伏期上有明显的衰退。”由于前人研究大多以 MMN 平均振幅作为分析的主要指标，因此本研究所述“保留”和“衰退”主要以平均振幅作为参照，而将峰值潜伏期提供的信息作为一种补偿机制的猜测来源。具体分析见讨论部分的 4.3。

另外，针对审稿老师提出的数据分析细节上的问题在文中进行了修改：

(1) 在波形图上以灰色条框标识出了分析时间窗口。

(2) 简单效应检验删去了与研究目的不相关的方向。

(3) 补充了效应不显著的分析结果。方差分析的结果都以表格形式呈现，简单效应分析的结果以文字形式呈现。

(4) F 值均已在表格中呈现，并用标记在 F 值右上角标识了不同区间的 p 值。如：**表示

$p < 0.01$ 。

简单效应分析和多重比较的结果，无论是差异显著还是不显著，都在文中补充了相关的说明。参照第二位审稿老师的意见，方差结果均呈现于表格之中，为避免重复，将相关文字说明均删去。上述变动之处用蓝色标出。

意见 4: 讨论部分还需深入。作者提到，以往研究主要在前注意阶段语音(辅音)感知上的衰退，本研究探索前注意阶段声调感知的老化效应，还需突出本研究的贡献。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已在引言的第二段增加了关于词汇声调研究必要性的描述：相关研究多关注元音和辅音等音段音位的老化，并为上述两种理论都提供了支持证据 (Bidelman, Villafuerte, Moreno, & Alain, 2014; Foster et al., 2013)。元音和辅音是大多数语言中最重要的音位，而汉语等声调语言还存在词汇声调这一超音段音位。和音段音位一样，词汇声调具有区别语义的功能，但在自然属性和语言功能上都与音段音位存在一些不同。因此，词汇声调感知的认知加工过程有别于音段音位，其老化表现也可能不同。而目前对词汇声调感知老化的研究还不够深入。

由于词汇声调本身和元音、辅音等音段音位存在不同，从自然属性上看，元音和辅音与共振峰特性有关。与此相反，词汇声调由基频变化决定从功能上看，声调的主要声学特征，即音高，具有更多变的功能，例如，情感和强调等。关于元音、辅音等音段音位老化的研究结果无法直接推广到词汇声调等超音段音位的老化上，而本研究聚焦于这一得到较少关注的语音成分，丰富了音位感知老化研究。

在研究结果上，现已在文章讨论部分的第二段添加了关于本研究的贡献的描述，即“本研究为语言老化领域争论的核心问题提供了来自汉语普通话老年人的证据，首次为语言老化的领域特殊性理论提供了来自超音段音位的证据。”

意见 5: “本研究”和“该研究”易让读者误解。如，与本研究采用额部的 Fz 作为分析电极不同的是，该研究采用颞部的电极作为分析电极。并且，此处以电极不同作为分歧的解释，略显不足。

回应: 感谢审稿老师的意见。已修改了文章中容易产生歧义的相关描述，并补充了本研究和 Bellis 等(2000)结果不同的原因。

意见 6: 结论不是结果，也不是意义。“本研究结果为语言老化的领域特殊论提供了支持”、“本研究未发现领域一般性因素……”不是结论。

回应: 感谢审稿老师的意见。结论部分已将“本研究未发现领域一般性因素……”一句删除，“本研究结果为语言老化的领域特殊论提供了支持”一句更改为“本研究支持语言老化的领域特殊论。”

.....

审稿人 2 意见:

该论文对声调感知的老年化问题进行了实验研究，探索了语音和非语音声调感知的脑神经机制。论文的选题很有意义。论文的实验设计严谨，实验过程控制和结果分析规范，文献也基本完备。

意见 1: 逻辑上，几个研究问题间的关系没有说清楚。另外，文献、问题提出、实验设计、结果讨论这几个部分没有很好地联系起来。讨论部分有太多猜测，还是应该先把从实验结果可以得了的可靠的分析重点说清楚。猜测的部分可以放在最后。段落间，段落内的逻辑关系很多地方非常混乱。

回应: 感谢审稿老师的意见。已根据审稿老师提出的具体意见重新整理了引言部分, 增加了对一些关键问题的介绍, 例如, 语言老化的两个理论、词汇声调的范畴化感知、词汇声调感知的过程、前注意阶段感知的特点、前人词汇声调老化研究的具体结果等。问题提出部分已重写, 在问题提出最后梳理了本研究实验设计的思路。讨论部分, 将猜测的内容放在 4.3 部分, 即关于补偿机制的猜测。重新梳理了段落内的内容, 并调整了一些段落的顺序。主要的变化是:

- (1) 在讨论开始部分增加了对实验的结果总结、研究的主要结论及研究的意义。
- (2) 将文中关于补偿机制的讨论都调整到 4.3。
- (3) 增加了关于空间补偿的讨论。考虑到原文几乎没有分析这部分的统计结果, 仅一笔带过, 故增加了这部分内容。

意见 2: 结构上, 论文除了脑电实验, 还对高级认知过程和声调感知的脑电结果做了相关分析。这一部分我建议删掉。行为实验的分析和脑成像数据的相关本身有多大意义和合理性? 这是两列完全不对等的数, 并不像数学成绩和智商之间可以计算相关那样好理解。另外, 从实验的结果来看, 所有的相关都基本低于 0.3 也没有达到显著水平。这样的分析没有实质意义。

回应: 感谢审稿老师的意见。原文结果显示, 词汇声调(范畴间对比, 范畴内对比)诱发 MMN 回应结果都与一般性认知能力测试的结果的相关性较弱, 因此现将这部分统计分析结果(原 3.2)均已删除, 同时也删除了方法部分(原 2.3)和讨论部分(原 4.2)的相关内容。在此基础上, 重新调整了标题结构, 修改部分用蓝色字体标出。

意见 3: 文字上, 很多语句过长, 过于复杂, 可以考虑把一些长句改成几个小句。还有很多句子中词汇重复太多。比如老年人在某认知过程中出现老年化, 就可以简化为某认知过程中出现老年化。整体来说, 论文比较难理解, 简单的问题说得非常复杂, 很绕。

回应: 感谢审稿老师的意见。已仔细检查了全文内容, 将长句尽可能改成短句。删除了句子中重复的词语。

意见 4: 文献综述部分内容非常多, 但是还应该加强文字的组织 and 逻辑的梳理。应该先说清楚声调感知涉及哪些认知过程这一基本问题, 以及声调感知的前注意阶段加工有什么特殊性? 还有声调范畴化的问题也是需要介绍清楚的。实验结果分析几个步骤之间缺少一致性。

回应: 感谢审稿老师的意见。已在 1.1 部分增加了关于词汇声调感知认知过程的介绍; 在 1.1 部分介绍目前词汇声调感知老化的相关研究后, 指出前注意阶段加工的特殊性; 在 1.2 部分, 介绍语言特异性老化的第二个层面“音系内部范畴内和范畴间变化对比层面”时, 补充了有关声调范畴化的介绍; 实验结果分析部分, 删除了声调感知脑电回应和一般性感知觉与认知功能测试结果的相关性的结果。目前保留的内容由三大部分组成: (1) 将两组被试三个条件下 9 个电极点产生的 MMN 平均振幅与零水平进行 t 检验, 以检验 MMN 可靠性。(2) 在确认产生可靠 MMN 回应的情况下, 以音调类型和组别为自变量, 变体刺激诱发 MMN 的峰值潜伏期和平均振幅为因变量做方差分析。由于 Fz 诱发了最可靠的 MMN, 只选择 Fz 作为分析电极。这是与本研究主要目的最直接相关的一部分统计分析, 对应于引言问题提出部分的“比较不同类型刺激诱发的 MMN 回应, 探究在语音和非语音对比和范畴间和范畴内对比两个层面上是否存在语言特异的衰退或保留, 如果存在领域特异的保留, 从 MMN 回应的时间和空间维度上, 尝试寻找补偿机制”。讨论的主体部分的 4.1 和 4.2, 以及 4.3 部分关于时间维度补偿机制的讨论都是基于这部分的结果。(3) 对老年组和年轻组在三种声调对比条件下 MMN 的平均振幅做 2(偏侧性: 左/右)×3(位置: 额部/顶部/颞部)×2(组别: 年轻组/老年组)的三因素

重复测量方差分析。这部分目的是进一步探究在空间维度上是否存在招募空间特异性降低这一现象，以考察是否存在空间维度上的补偿机制。

意见 5: p3. “但目前为止还未有研究考察词汇声调感知的神经机制”这个说法太绝对。在于声调的神经机制的研究还是有的。

回应: 感谢审稿老师的意见。原文表述不准确，目前为止已有一些研究考察词汇声调感知的神经机制，只是还未有研究考察其老化的神经机制。现已将这句话删除。

意见 6: P3. “前注意阶段音位感知”的问题提出很突然，没有说明这个问题和“声调感知”的关系。应该有一个段落说明声调感知的注意阶段和前注意阶段分别有什么特点。然后才会提出来前注意阶段声调加工的老年化问题。

回应: 感谢审稿老师的意见。已在 1.1 的最后一段指出注意阶段和前注意阶段感知的差异，提出本研究讨论前注意阶段感知的原因，添加的部分用蓝色字体显示。

意见 7: P3. 关于老年化的领域特殊论和领域一般论是本文重要的理论出发点，这两个理论的介绍太过简单。而且这两个理论并非相对立的。

回应: 感谢审稿老师的意见。已在引言第一段补充了更多关于老年化的领域特殊论和领域一般论的介绍。添加和修改部分以蓝色字体标识。

另外，原文的措辞确有将两个理论视为对立的倾向。事实上，本研究未否定一般性听觉和认知功能衰退可能影响词汇声调感知，因此为了降低高级认知功能衰退和外周听觉功能下降产生的影响，实验进行了一定的控制，例如采用调用极少高级认知功能的被动 oddball 范式，以及根据被试外周听觉敏感度调整呈现刺激的音量。为使文章的相关描述更符合研究最初的设想，避免两种理论相对立的倾向，现将研究的目的由原来的“探究词汇声调感知老化是一种领域一般性老化还是领域特殊性老化”改为“探究汉语普通话老年人感知词汇声调这一超音段音位中，语言特异性因素的影响”。

意见 8: p5. “有研究为老年人在这一层面存在语言特异的老化提供了线索”和“有研究为这一层面存在语言特异的保留提供了证据，Du 等……”这两句话在一个段落里重复了。

回应: 感谢审稿老师的意见。这一段综述了前人研究中显示出的语音特异的老化的两种模式：衰退和保留，后面一句强调的是“保留”这一模式，为避免混淆，现已将后一句“有研究为这一层面存在语言特异的保留提供了证据”修改为“有研究发现还可能存在着另一种不同于上述“衰退”的模式，即语言特异的保留。”

意见 9: p6. 问题提出“关于汉语普通话老年人词汇声调感知的研究(Wang, Yang, & Liu, 2017; Wang, Yang, & Zhang et al., 2017; Yang et al., 2015)……”需要概括一个这些研究在行为上的主要发现是什么，然后再提出需要更进一步研究相关的神经机制。

回应: 感谢审稿老师的意见。已在 1.1 词汇声调感知老化研究回顾部分的第二段增加了前人研究的主要发现。在 1.3 问题的提出部分指出这些研究的不足之处，并提出本研究考察的主要问题。

意见 10: p6. “音段音位感知老化……”这一段跟本文的研究问题并没有直接关系。本文关注的是声调加工。本文提出的“语言特异性老化”的假设的两个模式跟前面文献综述部分没有直接联系。这里跳跃太大。而且这两个模式也很难通过后面的实验去验证。

回应: 感谢审稿老师的意见。已删除了原文中相关内容。

意见 11: p12. 图 4 应该用两条线区别老年组和年轻组, 这样和其他的分析就一致了。后面的图 5 也应该调整一下。另外, 3.1.2 和 3.1.3 的分析为什么不是对语音类型的三个水平(范畴内, 范畴间, 非语音)做一个方差分析, 然后再做后效检验呢? 应该把这三个水平放在一个图里。另外, 应该把所有的统计检验结果整理在一个表里, 说明在哪个脑区, 哪些条件的比较是显著的。

回应: 感谢审稿老师的意见。已将图 4、图 5、图 6 均调整以音调类型为横坐标, 将老年组和年轻组用不同的线型区别开来。另外, 方差分析的结果均以表格形式呈现, 但为了防止呈现表格过于琐碎, MMN 可靠性检验(t 检验), 以及其他简单效应分析和事后多重比较的结果仍以文字形式呈现。在经过上述修改之后, 结果部分和原文相比改动较大, 但改变的仅为呈现数据的方式, 具体统计分析结果与原文相同, 修改部分以蓝色标识。

此外, 原文没有对三个音调类型(范畴内, 范畴间, 非语音)做一个方差分析, 而是范畴内和范畴间相比, 范畴内和非语音相比的原因是: 本研究拟考察语言老化的两个层面, 第一个层面是广泛的语音感知层面, 即语音和非语音对比层面, 本研究所述“广泛的语音”即不涉及具体的音系知识的语音, 范畴内声调符合这一条件, 对范畴内声调的感知不涉及范畴知识的调用。所谓是否具有“语言特异性”是通过与一般性听觉加工对比得出的, 因此与非语音(感知结果反映了一般性听觉加工)进行对比。第二个层面是具体音系知识的调用层面, 对于词汇声调这一音位而言, 具体音系知识主要是范畴知识, 通过范畴间和范畴内词汇声调的对比, 探究在这一层面上是否存在语言特异的老化。相关内容在“1.2 词汇声调感知的领域特殊性老化的证据”部分进行了详细叙述。为了和研究目的相对应, 在结果部分将三个水平分成了两组(范畴内—非语音; 范畴内—范畴间), 如果合并成一个方差分析, 就会多出两个水平(范畴间—非语音)的对比, 这一部分结果不是本研究所需要的。另外, 我们将三个水平合并在一起做方差分析的结果与原先分开来的检验结果的显著度相近, 未出现前后不一致的情况(显著变为不显著, 或不显著变为显著)。出于上述考虑, 此处保留了原来的分析方式。

意见 12: p15. 表 1 的相关分析中, 为什么不分析非语音信号感知与其他认知能力的相关性呢? 表 1 中的结果可以看出, 整体来说, 所有的相关都非常弱, 0.3 以下的相关, 且不显著基本也就是无关。这一部分分析并不能说明什么问题。可以考虑整体删掉。

回应: 感谢审稿老师的意见。原文相关分析未涉及非语音信号感知与其他认知能力的相关性, 是因为本研究探讨的是影响词汇声调感知老化的因素, 故在原文中未呈现这部分统计分析的结果。实际上, 非语音音调诱发 MMN 回应与其他认知能力的相关性结果也均不显著。文中相关性分析的结果均已删除。

意见 13: p15. 讨论部分“一般认为 MMN 的振幅相较于潜伏期更可靠(赵仑, 2010)”, 这里需要说明本文的哪些结果在潜伏期上和振幅上是一致的, 哪些是不一致的。

回应: 感谢审稿老师的意见。已在讨论开始部分增加了关于 MMN 峰值潜伏期和振幅结果的整体情况的描述。参照前人研究, 本研究认为 MMN 振幅的减小和峰值潜伏期的延长都是衰退的表现。那么老年人只在范畴间条件下, 两个指标上都存在显著的、一致性的衰退, 而在范畴内和非语音条件下, 只在其中一个指标上存在显著的衰退(范畴内在潜伏期上, 非语音在平均振幅上), 在另一个指标上与年轻组相比, 老年组未显示出明显的衰退。

意见 14: p16. “本研究结果显示音调变化完全相同的非语音音调对比比词汇声调对比诱发了年轻组更强的 MMN 回应”这句话不通。

回应: 感谢审稿老师的意见。已将这句话修改为“本研究结果显示年轻组组内, 相比于词汇

声调(即, 范畴内声调)对比, 非语音音调对比诱发了更大的 MMN 平均振幅, 这两类刺激的音调的物理变化完全相同, 而老年组没有显示出非语音的回应增强效应”。

意见 15: p16. “造成本研究中年轻人和老年人对两种对比脑电回应差异的原因可能不在于非语音和语音早期加工不同, 而在于声音被识别为语音和非语音之后, 音调区分这一加工上存在差异。”这句话非常难懂。另外, 这个分析也不是太有依据, 并不是实验结果可以直接推导出的。

回应: 感谢审稿老师的意见。已将讨论部分这句话删除。

意见 16: p16. “本研究结果暗示感知广泛……”这一段的讨论逻辑混乱。需要重新整理。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将这一段重新组织, 并调整至 4.3 部分, 修改之处以蓝色标识。

第二轮

审稿人 1 意见:

作者对文章的修改使文章得到很大的提升, 但仍然存在以下问题:

意见 1: 加强引言逻辑的梳理和文字、段落的组织。

(1) 1.2 词汇声调感知的领域特殊性老化的证据中作者引用的观点主要是语音特异的老化观点, 并没有涉及词汇声调, 建议修改标题。并考虑 1.1 和 1.2 的标题在同一层次上。

回应: 感谢审稿老师的意见。现将 1.2 标题改为“声调感知领域特殊老年化的研究方法: 来自音段音位感知研究的启示”, 这部分主要是关于音位感知领域特殊性的证据, 因此将“词汇声调”更改为“音位”。为使 1.1 和 1.2 相呼应, 将 1.1 标题改为“声调感知的老年化效应: 支持领域一般论的证据”。

(2) 每段中论点、论据需分明。如, P14 中第二段的三篇论文的观点综合到上一段分别作为语言老化的领域一般论中两个层面的信息加工的论据。再如, P15 中第二段可综合到上一段分别作为“衰退”和“保留”的证据。

回应: 感谢审稿老师的意见。现将 P14 中第二段的三篇论文的观点综合到上一段, 分别作为语言老化的领域一般论中两个层面的信息加工的论据。

由于原 P15 中第一段(现 P14 第四段)是语音和非语音对比层面存在领域特殊性的前人研究证据, 即和非语音相比, 人类对语音的加工具有特殊性, 而原 P15 中第二段(现 P14 第五段)呈现的是这一层面的语音感知老年化具有领域特殊性的证据。第一段是第二段的前提, 因此修改稿中未合并这两段, 但再次修改了第二段, 使其更简练, 修改部分以蓝色标出。

(3) P13 中第二段可考虑删除。可将其观点组织到问题提出部分。1.3 问题提出部分考虑涉及几个问题, 研究词汇声调感知的老化领域特殊性的必要性; 词汇声调感知老化的特殊性; 声调感知的前注意阶段的必要性等。

回应: 感谢审稿老师的意见。P13 第二段关于目前语音老年化研究的一部分表述已组织到问题提出部分的第二段。但由于本研究是围绕着声调感知老年化展开的, 而目前能够参考的直接相关的文献很有限, 我们还参考了部分关于辅音和元音等音段音位老年化的研究。在这一段我们引出了本研究的关注的主要对象——声调, 并提及了与之相关的音段音位。为使行为更流畅, 避免下文涉及这些重要概念时再进行补充说明, 我们保留了相关内容。

此外，1.3 问题提出部分增加了一些内容，提及了研究声调感知的老化领域特殊性的必要性和声调感知老化的特殊性。修改部分以蓝色标记。另外，我们增加了一个小节“1.2.2 注意状态和前注意状态的选择”，该节第二段提出了声调感知前注意阶段的优势：“与注意状态不同，在前注意状态下，听话者极少调用高级认知功能，在一定程度上避免了其衰退产生的交互影响，能够更有利于探究更内隐的语言知识是否受到老年化的影响(Aerts et al., 2013; Cheng et al., 2015)。”因此在问题提出部分就没有再专门阐述前注意阶段的必要性这一问题。

(4) 文字上尽量少使用“可能”、“至少”和“空缺”等词语。

回应：感谢审稿老师的意见。现已将“至少”、“空缺”等词删去，并尽量减少“可能”的使用次数。

意见 2：实验结果部分仍需完善。

(1) 数据结果可呈现在一个表中，但分析时建议把可靠性检验、潜伏期、平均振幅和地形图的结果分析分开。

回应：感谢审稿老师的意见。现已在分析时明确分开这些结果，依次呈现可靠性检验、潜伏期、平均振幅和地形图的结果，最后还添加了老年组组内的补充分析结果。修改部分以蓝色标出。

(2) 现有结果中作者做了(1)对变体刺激诱发 MMN 的峰值潜伏期做 2(音调类型：范畴间声调/范畴内声调)×2(组别：老年组/年轻组)的两因素重复测量方差分析，但未呈现图形。建议把语音类型的三个水平(范畴内，范畴间，非语音)做一个方差分析，把这三个水平放在一个图里，做潜伏期和振幅两个图即可。在简单效应检验中说明范畴内—非语音；范畴内—范畴间比较的依据和目的。

回应：感谢审稿老师的意见。现重新对变体刺激诱发 MMN 的峰值潜伏期和平均振幅做 3(音调类型：范畴间声调/范畴内声调/非语音音调)×2(组别：老年组/年轻组)的两因素重复测量方差分析，将语音类型的三水平的比较合并在一个方差分析中。同时，把这三个水平放在一个图里，做了潜伏期和振幅两个图。

(3) 地形图数据分析中是否计算了六个电极波形差异矢量后进行方差分析？地形图数据分析的时间窗口？

回应：感谢审稿老师的意见。空间分析中计算了六个电极波形差异矢量后进行方差分析。现补充说明了地形图数据分析的时间窗口，即参考 Ren, Tang, Li 和 Sui(2013)研究中的做法，这六个电极点的波峰所处的时间点与 Fz 电极点相近，因此设置成与 Fz 相同的时间窗，即 196~256 ms。

(4) 数据结果细节上仍需检查。如，图 3 中 MMN 和方框都未对齐；P23 中“额部和顶部、额部和颞部差异都不显著， $p > 0.05$ ”应为“ $p_s > 0.05$ ”； $p = 0.073 \approx 0.05$ 等。

回应：感谢审稿老师的意见。现已重新调整了图 3 中的 MMN 和方框，使三种条件下都对齐。并修改了结果描述部分的相关表达，如将“额部和顶部、额部和颞部差异都不显著， $p > 0.05$ ”等表达，都修改为 $p_s > 0.05$ 。另外，重新进行上述(2)中的方差分析后，结果文字描述部分(主要是简单效应分析结果)不再有边缘显著的情况，因此也不再原文中“ $p = 0.073 \approx 0.05$ ”等不恰当表述。

意见 3：讨论部分仍需完善。

(1) 讨论部分第一段和第二段综合起来说明几个问题：研究问题、研究结果、说明什么、有何价值？

回应：感谢审稿老师的意见。现已将讨论第一段和第二段合并为一段，阐述了本研究的研究问题、结果、结论、价值。修改和补充部分用蓝色标识。

(2) 讨论部分推测较多，论据不太充分。

回应：感谢审稿老师的意见。现已删除了讨论部分的一些论据不够充分的推测，例如，4.2 最后一段，删除了“在生理水平可能表现为灰质密度降低，以及大脑中表征不同范畴的声调音位对立的神经元细胞集群的减少”等讨论，本研究未为此提供直接的线索。

意见 4：行文的流畅性、措辞的准确性以及标点符号方面还有修改的空间。

回应：感谢审稿老师的意见。现已对全文措辞、标点符号等进行了全面的修改，修改部分在文中以蓝色标记。

.....

审稿人 2 意见：

文章的研究问题上有所创新，方法也基本可靠，但是结果和结论还有很大的修改空间。老年组的年龄差异比较大，建议做些个体差异的分析。全文的文字表达上问题比较突出。请务必每句话都认真修改和思考。以下是具体的意见。

意见 1：摘要：“声调感知老化”是否改为“声调感知老年化”更好？

回应：感谢审稿老师的意见。现已修改了标题、摘要和正文中的相应表述，将“老化”修改为“老年化”。修改部分以蓝色字体标出。

意见 2：摘要：“研究结果表明在前注意阶段，广泛的语音声调的前注意感知存在语言特异的保留，”后一个分句中不必再提前注意阶段，这是前一分句已经限定的。文章中类似的问题非常多。文字上还需要更多精细的修改。不一一列出。

回应：感谢审稿老师的意见。现将摘要中这句话修改为“研究结果表明在前注意阶段，特定语言的声调范畴知识的调用发生了领域特殊的衰退，而不涉及母语音位知识的语音音调的感知存在领域特殊的一定程度的保留”，删除后面分句中的“前注意阶段”，并对全文进行修改，删除了相似的前后分句中赘述的部分。修改部分以蓝色标出。

意见 3：摘要：“保留和衰退反映了受补偿机制调节的、进程不同的老化”这里不应该用顿号，文字需要重新调整。另外，这个结论非常不明确。

回应：感谢审稿老师的意见。相关部分修改为“而不涉及母语音位知识的语音音调的感知存在领域特殊的一定程度的保留，这一保留与时间维度上补偿机制的调用有关。受补偿机制调节，语言加工呈现出衰退或保留等不同的老年化进程。”修改部分以蓝色标出。

意见 4：引言第一段：第一句话就不是一个太好的句子，“领域”和“老化”重复了，这个句子和后面两个句子可以合并成一个简单很多的句子。文字上还需要更多精细的修改。不一一列出。另外，“语言老化”不是一个太好的词，“语言加工老年化”是否更准确些？“特异”应该改为“特定”更好些。“导致语言表现的衰退”，是不是“语言加工能力”？“语音和语义之间连接强度的减弱会导致命名表现的衰退 (MacKay & Burke, 1990)”这句话中应该改为“命名速度减慢”更准备。“命名表现”具体指什么不清楚。英语翻译成汉语的部分，一

定要找到汉语中合适的表达。

回应：感谢审稿老师的意见。现已做以下修改：(1)将引言第一段第一句修改为“语言加工老年化研究聚焦于老年化是领域特殊的还是一般的这一讨论上”。(2)将全文中的“语言老化”更改为“语言加工老年化”。(3)将全文中的“特异”改为“特定”或“特殊”。(4)将“语言表现”改为“语言加工能力”。(5)将“命名表现”更改为“命名速度减慢”这一更明确的表达。此外，重新斟酌全文措辞，避免不清晰的表达，修改部分以蓝色标出。

意见 5：引言第二段，“语音作为语言的形式，对操某种具体语言的个体而言，其加工……”这些话完全可以简化。

参考文献不规范，“(Bidelman, Villafuerte, Moreno, & Alain, 2014; Foster et al., 2013)”，为什么一个文献有四个作者都列出来了，另一个却只列了第一作者？应该是三个作者以上都用 et al. 请再确认一下 APA 的要求。

建议把“词汇声调”直接写为声调，否则会认为你们研究的是特殊的声调。在汉语中，声调对应音节，这是非常明确，也是广泛接受的，不必特别强调。

回应：感谢审稿老师的意见。现已做以下修改：(1)将引言第二段第一句话修改为“语音是语言的形式，其加工涉及一般性感知觉和认知能力，也涉及语言加工特定的能力”。(2)重新确认 APA 的要求，检查文献引用是否规范。原文“Foster et al., 2013”中之所以用“et al.”是因为该文献的作者人数超过 6 人，根据 APA 格式，在这种情况下，举出第一位作者即可，格式应为“(作者 et al., 年份)”。此处由于引用文献不恰当，Foster 等人(2013)的这篇文献实际仅考察了纯音(非语音)，而不涉及语音的感知老年化情况，因此现在的版本删除了这一文献。文章中其他引用的参考文献人数为 6 人及 6 人以上时仍保留了原来的做法。(3)将全文中的“词汇声调”改为“声调”。修改部分以蓝色标出。

意见 6：文中的括号请用英文输入法状态下的，中文输入法状态下的括号占了一个字符，非常不好看。

回应：感谢审稿老师的意见。现已将文中的括号都改成英文输入法状态下的。

意见 7：引言 1.1 第三段最后“但目前还未有研究关注这一问题,这是本研究关注的焦点。”这类句子最好统一放在引言后面的问题提出部分。这一部分最后的一句话“本研究拟探究前注意状态下的声调感知老化,在这一状态下,听话者极少调用高级认知功能,能够在一定程度上避免高级认知功能的衰退可能产生的交互影响,以探究更内隐的语言知识是否受到老化的影响。”也是放到问题提出部分说比较好。

回应：感谢审稿老师的意见。现已将引言 1.1 第三段的最后一句等涉及本研究问题的句子移至 1.3 问题提出部分。另外，我们增加了一个小节“1.2.2 注意状态和前注意状态的选择”，论述了前注意阶段的选择等问题。因此在问题提出部分就没有再专门阐述前注意阶段的必要性这一问题。修改部分以蓝色标出。

意见 8：文献部分应该增加有关“前注意阶段”言语加工的文献。

回应：感谢审稿老师的意见。现已添加了“1.2.2 注意状态和前注意状态的选择”部分，专门介绍了前注意阶段言语感知的文献。

意见 9：引言 1.3 部分，最后应该把研究问题概括成简要的几句话。

回应：感谢审稿老师的意见。现已在 1.3 部分的第三段概括了本研究的主要研究问题和研究目标：“基于前人研究的局限和启示，本研究的目的是为探究汉语普通话老年人前注意状

态下感知声调这一超音段音位时神经水平的表现，观察声调感知能力的衰退与保留，据此考察是否存在领域特殊的老年化。”

意见 10: 方法部分：老年组被试只分析了 16 人，年龄却有 24 岁的跨度，而年轻组只有 7 岁的组内年龄跨度。老年组的内部一致性是有问题的。

回应: 感谢审稿老师的意见。我们再次招募老年被试参与本实验，要求其年龄处在原老年组年龄范围之内(55.6~79.6 岁)。由于本研究被试招募难度较大，老年被试在参与实验的积极性上较低，加之筛选要求较高，我们新招募的老年人中仅有 4 人满足所有条件，顺利完成行为实验，且脑电数据有效。在行为实验阶段，他们未参加声调范畴识别任务，修改版中的图 2 仍为原被试的范畴感知曲线。但这 4 名被试都能准确判断实验材料中的三个声调刺激判断是四声中的第几声。我们将这四名被试(年龄分别为 76.8 岁、63.0 岁、58.9 岁、61.4 岁)的添加进老年组中。现老年组被试为 20 人，年龄范围不变。

意见 11: 表 1 不要用 A 和 B，直接用文字说明就可以。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将表 1 中的 A 和 B 删去。

意见 12: 表 1 下的文字, $p = 0.073$ 就是不显著了，不能约等于 0.05。

回应: 感谢审稿老师的意见。增加 4 名被试，并将音调类型的三个水平的比较合并在一个方差分析中后，此处结果为：相比于年轻组，老年组的范畴内声调诱发 MMN 的峰值潜伏期也显著更长， $p = 0.027$ 。另外，我们现在将边缘显著的范围缩小为 $0.05 < p < 0.07$ ， $p \geq 0.07$ 时，均视为不显著。

意见 13: “范畴间声调对比诱发老年组 MMN 振幅显著小于年轻组， $p = 0.002$ ，范畴内声调对比诱发老年组和年轻组 MMN 振幅没有显著差异， $p = 0.974$ ，”这句话可以简化为“相比于年轻组，老年组在范畴间声调上诱发的 MMN 振幅明显减小，但是，范畴内声调上两组没有差别”。类似的中文表达问题在整篇论文中非常多，不一一列出。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已修改了这一表达，另外，再次检查了结果描述部分，修改了其他有类似赘述问题的语句。修改部分以蓝色标出。

意见 14: 图 5 和图 6 都是振幅，应该放在一张图上。另外，需要增加标准误。如果潜伏期上两个年龄组没有差别，应该删掉图 4。

回应: 感谢审稿老师的意见。现重新做了相关的数据图，图 4 呈现了峰值潜伏期的结果，图 5 呈现的是平均振幅的结果(潜伏期和振幅年龄组间都有差异)，并在两个图中添加了标准误。

意见 15: 结果部分，不显著有差异不必一一详细介绍，应该突出介绍有差异的对比。论文不应该把所有的结果用同样的文字量表达，而是要突出重点，有详有略。其实表 2 中不显著的结果非常清楚，不必再用文字一一介绍。

回应: 感谢审稿老师的意见。现重新整理了结果部分，突出介绍有差异的对比。目前修改版主要方差分析的结果都以表格形式呈现，MMN 可靠性检验、事后多重比较、简单效应分析，以及老年组组内补充分析的结果以文字形式呈现。修改部分用蓝色字体显示。

意见 16: 结果部分可以考虑对老年人做些个体差异的分析，特别是 50 岁左右和 70 岁左右的老年人，应该是有比较明显差别的。如果可能，老年组应该再补些被试。

回应: 感谢审稿老师的意见。目前我们增加了 4 份有效老年组数据，重新进行了统计分析，

并根据新结果重新作图。除此之外，在结果部分添加了一部分针对老年组组内的分析：“由于老年组的年龄跨度较大，组内可能存在较大的异质性，因此最后对老年组内做了补充分析，检验方法和前述有关平均振幅、潜伏期和空间分布的分析仅有两处不同：(1)添加协变量——年龄；(2)仅针对老年组。结果显示，有关空间分布的检验中，在范畴间对比条件下，年龄和偏侧性交互作用显著， $p = 0.013$ ， $\eta^2 = 0.295$ ，随着年龄的增长，由左偏侧转向右偏侧。其余分析结果均未显示出显著的年龄主效应或年龄与其他因素的交互作用， $ps > 0.05$ 。”更改部分以蓝色标识。

总体而言，本研究显示对于老年组而言，年龄会对声调感知中神经回应产生一定的影响，主要体现在空间分布的偏侧性上，但年龄对其他神经表现，例如整体回应强度和潜伏期等的影响是有限的。我们另一个关于普通话老年人声调范畴感知的研究招募了更多老年被试(三个年龄组：50~60岁组 16人、60~70岁组 17人、70~80岁组 15人)，这一研究探测的是声调范畴感知的行为表现，实验材料与本研究相同。结果显示三个老年组的感知范畴化程度无显著差异，年龄和感知范畴化程度也没有显著相关性。我们推测，年龄对已进入老年期的声调母语者的声调感知的影响可能是很有限的。未来研究还需要招募更多的老年被试，在老年组内划分出更多的年龄段，并增加中年组，进一步探究老年化的进程。

意见 17: 结果中，老年人和年轻人的差异在范畴间和非语音上是相似的，而在范畴内没有差异。这很可能是因为范畴间的刺激也是用了假词，因此被试并没有任何可用的语言知识帮助加工。整体看，老年人区分音高的能力普遍下降，对范畴内，范畴间以及非语音的刺激都表现出较低的区别能力，而年轻组只是在范畴内对刺激的区别能力偏低。

回应: 感谢审稿老师的意见。本研究结果显示，相比于年轻人，老年人在范畴间和非语音上都表现出显著的回应强度的减小，但是与之相反，在范畴内条件下，老年组回应强度和年轻组并无显著差异，在这种条件下偏差刺激和标准刺激之间仅有音高曲线的不同，并且这一条件下的音高曲线的差异度和其他两个条件是相同，这表明老年人区分音高的能力并非普遍下降。

此外，语言知识不只是体现在语义上，语音层面的知识也可帮助加工。本研究采用假音节作为语音刺激的原因正是想探测更纯粹的语音知觉问题。假音节的语音形式不会映射到语义上，被试无法利用语义层面的语言知识帮助其加工，但是在范畴间条件下，标准刺激和变体刺激之间是有音位范畴的改变的。本研究结果显示年轻组范畴间声调诱发的 MMN 回应强度大于范畴内声调，这说明年轻的听者可利用音位范畴知识这一语音层面的信息，区分这一条件下不同类型的刺激，这是听者音位范畴化知觉的一种体现。关于英语音段音位感知的相关研究一般采用单音节，例如/da-ga/等(Liberman, Harris, Hoffman, & Griffith, 1957)，这些音节在英语中实际上也不映射到意义之上，而相比于范畴内差异，听者同样能对母语中音位的范畴间差异表现出更大的区分敏感度，而对非母语音位未表现出这样的范畴感知特性，这表明音位范畴知识本身源自于语言经验，也属于一种语言知识，这一语言知识与音段成分是否有语义无关。

意见 18: 讨论第二段“在更广泛的不涉及母语音位知识的词汇声调的感知上呈现出相对保留，这与中央听觉系统对音调变化探测的一般性衰退形成对比，这一保留可能源自于时间维度上补偿机制的调用。”，这句话中“呈现”和“保留”不能搭配。这里的“保留”指什么？

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将原讨论第二段，现讨论第一段的这句话，修改成“更广泛的不涉及母语音位知识的声调的感知能力相对保留，这与中央听觉系统对音调变化探测的一般性衰退形成对比，这一保留可能源自于时间维度上补偿机制的调用。”这里保留的是声调的感知能力。

意见 19: 文中的“首次”尽量都删掉。可以用“新的发现”这类相对中性点的表达。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将文中“首次”等词删除。

意见 20: 这项研究支持语言老化的领域特殊论, 这样的总结果还需要再思考。参见第 17 条。

回应: 感谢审稿老师的意见。原文给出了“研究支持语言老化的领域特殊论”的结论, 我们结合实验结果再次思考了这一结论。本研究确实发现了语音音调感知和声调范畴加工上存在领域特殊的老年化的线索: 一方面, 不涉及音位对立知识的普遍的语音音调感知能力存在保留, 这与非语音音调诱发 MMN 回应反映的一般性听觉功能的显著下降形成对比。另一方面, 特定语言知识(声调范畴知识)的调用能力发生衰退。但是, 我们在问题提出时也认识到语言加工老年化的领域特殊论和领域一般论并非完全对立, 本研究的目的在于讨论普通话声调前注意感知老年化是领域一般的还是领域特殊的。由于目前绝大多数相关研究给出的是领域一般性老年化的证据, 本研究希望在控制一些可能的领域一般的影响(例如, 外周听觉功能、高级认知功能)之后, 探究是否还存在领域特殊的衰退。但是, 原来的“研究支持语言老化的领域特殊论”的结论会给读者以研究否定领域一般的老年化的影响的误导, 因此我们将相关结论更改为“研究表明语言加工老年化具有领域特殊性”这一更委婉、更贴近实验结果的表达。

第三轮

审稿人 1 意见:

修改稿有了明显的提高, 实验介绍和结果部分非常清楚。只是个别地方仍存在文字表达的问题, 还希望可以进一步修改。建议修改后发表。

意见 1: 论文针对汉语普通话, 可以考虑在适当位置交待一下, 下文中的老年人均指汉语普通话老年人。这样可以简化文字。

回应: 感谢审稿老师的意见。由于文章引言和讨论部分引用的前人研究考察的是英语老年人的语音感知老年化情况, 简化为“老年人”容易引起混淆, 因此现在的版本仍保留了上一版的用法, 未作简化。

意见 2: 词汇声调应该直接用“声调”就可以。除非个别地方需要特别说明一下。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将文中的“词汇声调”均改成“声调”。修改部分以蓝色标出。

意见 3: 语音声调感知, 应该也是就用“声调感知”为好。

回应: 感谢审稿老师的意见。现已将文中的“语音声调”均修改为“声调”, 修改部分以蓝色标出。

意见 4: 摘要: “……探究引发声调感知老化的原因。”, 这个研究目的对于本研究来说过大的。应该把研究问题再具体些, 突出本研究能解释的问题。另外, 摘要中还是应该先说明实验控制的自变量是什么, 然后再介绍结果。“广泛的语音声调的前注意感知存在语言特异的保留”, 这句话非常难理解。这里“广泛的语音声调感知”是指“语音和非语音对比”, 这在后文 1.2 中有介绍, 但是这并不是学术界的常识性知道, 还是应该在摘要中说明的。“而特定语言的声调范畴知识的调用发生了语言特异的衰退”, 这句话也是非常难理解的一句话。

回应：感谢审稿老师的意见。现已将摘要中的研究目的修改为“探究是否存在领域特殊的老年化”；在结果前添加了关于控制变量的表述：“控制领域一般性因素的影响”。将“广泛的语音声调的前注意感知存在语言特异的保留，而特定语言的声调范畴知识的调用发生了语言特异的衰退”一句修改为“在特定汉语普通话声调范畴知识加工能力上存在领域特殊的衰退，而不涉及母语音位知识的声调的感知存在领域特殊的一定程度的保留”。修改部分以蓝色标出。

意见 5：引言：(1)第二段：“对操某种具体语言的个体而言……”，把“操”改为“说”更好些，或者直接就是“说话者”。语言还是要尽量精简。(2)第二段：“目前仅有三篇研究……”，应该是“三项研究”，另外，这三项研究是与本文最密切相关的，应该更详细介绍一下这三项研究的主要结果。(3)第三段最后“但目前还未有研究关注这一问题”，应该是“还没有”更好些。(4)第四段的内容反复在引言部分出现，可以考虑把所有这些相关的表述都集中在引言最后，作为问题的提出。引言部分就是介绍以往的相关研究。(5)“这种现象源自于母语经验的塑造(Durlach & Braida, 1969),”，这里“塑造”这个词翻译的不好，去掉似乎也可以。

回应：感谢审稿老师的意见。现已针对以上意见依次作如下修改：

(1) 上一版本中已将“对操某种具体语言的个体而言”一句删除。

(2) 现已将“三篇”改成“三项”，另外，上一版本中已在 1.1 小节详述了这三项研究的主要结果。

(3) 现已将相关描述更改为“还没有”。

(4) 上一版本中已将第四段以及相关的表述都整合到 1.2.2 “注意状态和前注意状态的选择”部分。

(5) 现已将“这种现象源自于母语经验的塑造(Durlach & Braida, 1969)”一句更改为“这种现象源自于母语经验(Durlach & Braida, 1969)”。修改部分以蓝色标出。

意见 6：1.3 问题的提出“……然而这些研究有以下不足：”，建议表述为“还有以下问题没有涉及……”，这些不能算是研究不足。没有一个研究是可以解决所有问题的。我理解，“研究不足”应该是实验设计上有缺陷。这里所列的两点研究不足，应该只是本文的研究问题而已。这些问题是在以往的研究基础之上提出的。

回应：感谢审稿老师的意见。上一版本中已将相关表达删除。