

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：从胎儿到新生儿：语音感知发展的连续性视角

作者：王梦寰；许秋阳；梁丹丹

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：本文围绕产前听觉经验如何塑造新生儿语音感知能力这一问题，系统梳理了宫内声学环境、胎儿听觉系统发育、产前韵律学习、新生儿韵律加工以及出生后音段加工发展的相关研究。文章试图从发展神经科学视角提出“产前一产后连续性”的解释框架，强调胎儿期可获得的低频韵律信息可能为出生后更精细的音段加工提供早期神经准备。总体而言，本文选题具有重要理论意义，问题意识明确，文献梳理较为系统，文章结构也较清晰。作者能够将胎儿期听觉经验、新生儿语音感知及相关神经机制放在一个连续发展的框架下讨论，具有重要的综述价值。

回应：感谢审稿专家对本文内容的肯定。审稿专家提出的三条建议对完善本文内容、框架具有重大帮助，我们已逐条采纳并作相应修改，具体说明详见下文。

意见 2：首先，文章的核心观点之一是语音感知发展可能经历从胎儿期听觉系统功能化，到宫内“韵律主导”，再到出生后“音段快速调谐”的连续过渡。但目前这一发展时间线在正文中仍较为分散。建议作者增加一幅总结性图示，以更直观地呈现从胎儿期到出生后早期听觉系统结构成熟和功能发展的关键里程碑。例如，可在同一时间轴上标示妊娠中晚期听觉外周与中枢系统的成熟、宫内低通滤波环境下可获得的主要声学信息、胎儿对声音/韵律/节奏结构的反应与学习证据，以及出生后数小时、数天、数周至数月内新生儿韵律加工和音段加工能力的发展变化。这样的图示将有助于读者更清楚地把握本文提出的“从韵律优先到音段快速调谐”的发展逻辑。

回应：感谢审稿专家的建议。我们认同这一发展时间线此前在正文中较为分散、不利于读者把握全文主线，现新增**图 1 从胎儿期到出生后早期语音感知发展的连续性时间轴**置于**第 5 节总结与展望开头**，作为前文证据的总结性图示。该图以时间轴为横轴，依次呈现妊娠 24 周、妊娠 28–34 周、妊娠 35–40 周、出生、出生后数小时至数天、出生后数周以及出生后 1–3 月+等关键节点；纵向则设置四条水平的轨道，分别概括：(1)听觉系统的结构/功能成熟，(2)不同阶段可获得的声学输入，(3)行为学证据，(4)神经证据。图中对证据方框作了颜色区分，紫色表示非特异于韵律或音段的一般早期听觉反应，绿色表示韵律相关证据，橙色表示音段/音位相关证据，灰色表示结构成熟与声学输入。总体上，产前阶段的证据以一般早期听觉反应和韵律相关证据为主，出生后则逐渐增加音段/音位相关证据。图中各证据节点以编号标注代表性文献，对应文献列于图下。同时，我们在正文相关位置补充了与图示相呼应的概括性说明，以增强图文衔接。我们希望该图能将原本分散于各节的证据线索整合到同一发展框架中，更清楚地呈现本文核心观点。增添的图 1 见下：



图 1 胎儿期至出生后早期语音感知发展的连续性时间轴

注：横轴表示从妊娠 24 周到出生后 1-3 月及以后的关键发展节点；四条轨道分别概括听觉系统结构/功能成熟、不同阶段可获得的声学输入、行为学证据与神经证据。方框颜色标示证据的加工类型，紫色为一般早期听觉反应，绿色为韵律相关证据，橙色为音段/音位相关证据，灰色为结构成熟与声学输入。

意见 3：其次，建议作者在该图中或配套表格中进一步总结不同研究方法的优势、局限及其所能支持的结论范围。例如，可简要比较胎动/心率、fMEG/fMCG、EEG、fNIRS、fMRI 以及早产儿研究等方法在胎儿和新生儿研究中的适用性、时间/空间分辨率、生态效度及推论限制。将不同方法学特点与主要研究发现整合呈现，将进一步增强综述的综合性和指导价值，也有助于更清晰地区分哪些结论已有较强实证支持，哪些仍属于基于现有证据提出的理论推断。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为文章需补充一张方法学的比较表，整合呈现各方法的优势、局限与可支持的结论范围，以便区分已有较强实证支持的结论与基于现有证据的理论推断。该建议中肯，对提升综述的综合性与指导价值很有助益。本文在分章评述时，方法学信息确实多随论述零散提及，未作集中比较，读者不易据此评估各结论的证据强度。

针对这一问题，我们新增表 1 胎儿与新生儿语音感知研究主要方法比较置于第 2 节末尾。表中区分了胎动与心率监测、胎儿心磁图（fMCG）、胎儿脑磁图（fMEG）、脑电图/事件相关电位（EEG/ERP）、功能性近红外光谱成像（fNIRS）、结构/功能磁共振成像（MRI/fMRI）、行为偏好/高振幅吮吸范式、早产儿研究/自然对照设计等主要研究方法与路径，并从常见被试对象、主要指标、优势、局限和适合考察的问题（及推论限制）等方面进行比较。我们希望这样可以将方法学特点与主要发现整合在一起，使读者能依证据来源判断结论的可靠程度。此外，我们在正文中对相应结论的措辞作了强弱区分，对已有直接行为或神经证据支持的结论，采用较为明确的表述；对主要基于跨研究综合而提出的机制解释，则明确标注为推论或假设，并使用更审慎的措辞。

另需说明的是，考虑到早产儿研究常被用于推断产前经验的作用，我们在表 1 中标注了其结论边界。早产儿研究虽然能够为宫内经验改变或提前中断提供自然对照，但“产前经验不足”与“神经发育中断”两条解释路径在现有设计中容易相互混淆，因而因果归因需保持谨慎。此点也与审稿人二意见 5 相关，详见对审稿人二意见 5 的回复。新增的表 1 见下：

表 1 胎儿与新生儿语音感知研究主要方法比较

研究方法/ 路径	常见被 试对象	主要指标	优势	局限	适合考察的问题（及 推论限制）
胎动与心率 监测	胎儿	胎动频率、胎心 率变化、心率减 速/加速、习惯 化反应	宫内可用，生态 效度高，时间分 辨率中等	仅反映自主/行为 层面，受睡眠-觉 醒状态影响	胎儿是否对频率、节 奏、声音熟悉性或语 言类型差异产生分 化性生理反应
胎儿心磁图 (fMCG)	胎儿	胎儿心脏磁信 号、心率及心率 变异性变化	宫内可用，时间 分辨率高，生态 效度较高	属自主神经指 标，不直接反映 皮层加工；需磁 屏蔽设备	胎儿在心率/自主层 面对语言或节奏转 换是否出现分化反 应
胎儿脑磁图 (fMEG)	胎儿	听觉诱发磁场、 失匹配反应等 中枢神经指标	宫内可用，时间 分辨率高，可反 映中枢听觉反应	信号弱、易受胎 动/胎位干扰，空 间定位低；设备 稀少	胎儿中枢（皮层）听 觉反应是否存在及 是否分化
脑电图/事 件相关电位 (EEG/ERP)	新生儿	MMR/MMN、 诱发电位、神经 振荡	时间分辨率高， 便携，适合考察 MMR 等成分	空间分辨率低， 受睡眠-觉醒状 态影响	出生后韵律/音段加 工的时间进程与神 经分化
功能性近红 外光谱成像 (fNIRS)	新生儿	HbO ₂ 与HbR变 化，额叶、颞叶 等皮层激活及 偏侧化	空间分辨率较 高，生态效度高， 耐受运动、便携	时间分辨率较 低，无法探测皮 层下结构	新生儿语音加工的 皮层定位与偏侧化
结构/功能 磁共振成像 (MRI/fMRI)	胎儿、新 生儿	脑结构成熟、功 能连接、任务相 关激活或静息 态网络	空间分辨率高， 可考察全脑结构 与连接	时间分辨率低， 噪声与运动敏 感，生态效度受 限	听觉网络的结构成 熟与功能连接发展
行为偏好/ 高振幅吮吸 范式	新生儿	吮吸频率、注视 /定向或声音选 择反应	直接反映偏好、 熟悉性或动机差 异，生态效度高	仅行为层面，受 唤醒、疲劳、运 动能力影响	新生儿对母语及熟 悉语音、韵律的偏好 与辨别
早产儿研究 /自然对照 设计	早产儿	行为反应、 EEG/ERP、 fNIRS、fMRI 等多模态指标	以宫内经验缺失/ 提前中断为自然 对照，可探讨产 前经验的作用	产前经验缺失与 神经发育受限两 条路径相互混 淆，难以完全分 离	产前听觉经验与神 经成熟对发展的相 对作用（受混淆限 制，因果归因需谨 慎）

意见 4: 最后，建议作者进一步明确音段加工在“产前一产后连续性”框架中的位置。文章对韵律加工的产前基础及其产前一产后连续性阐述较为充分，即由于宫内声学环境的低通滤波特征，胎儿期主要能够获得低频韵律和节奏信息，并在出生后表现出相应的韵律敏感性。相比之下，音段加工似乎更多依赖出生后全频段语音输入及皮层快速成熟，其产前基础和产前一产后连续性尚不够明确。考虑到音段加工是本文理论框架中的重要组成部分，建议作者进一步说明：音段加工是否也具有一定的产前准备基础，还是主要在出生后才快速发展；如果目前证据仍不足，也可明确指出这是当前研究中的未知问题，并提出相应的实验假设或未来研究方向。这样可以使本文关于“产前一产后连续性”的理论主张更加清晰和审慎。

回应: 感谢审稿专家的建议。专家认为本文对韵律的产前基础及其产前一产后连续性论述充

分，但音段加工的产前基础与连续性尚不清晰，建议明确音段究竟是否具备产前准备基础、抑或主要在产后发展，证据不足处应点明为开放问题，并提出相应假设与方向。该意见切中本文理论框架的关键。原稿在将音段纳入连续性模型时未充分区分“音段在产前被直接习得”与“产前为产后音段加工提供间接准备”这两种不同含义，致使音段在框架中的位置含糊。

针对这一问题，我们对音段加工在产前-产后连续性框架中的位置作了重新界定。其一，**明确音段加工的产前直接基础有限**。由于受宫内低通滤波所限，胎儿可获得的音段相关信息可能主要限于元音 F1 等低频线索所支持的粗略类别化（有限接口）；相比之下，辅音、清浊、爆破、摩擦等依赖高频成分的精细音段特征在产前可获得性明显受限。在现有声学和行为/神经证据下，尚不能认为胎儿能够系统学习这些精细音段对立。其二，将**音段方面的产前—产后连续性重新表述为以间接准备为主**，产前经验通过低频韵律输入及其相关的 θ 振荡调谐可能为出生后音段加工提供了时间组织框架（脚手架）。出生后空气传播的全频段语音输入与颞—额叶皮层网络的快速成熟则在这一时间框架内推动元音、辅音及其他精细音段特征的迅速调谐。因此，本文主张音段加工具有的是一种“有限的”连续性，音段加工的发展是有限产前接口、产前韵律脚手架与产后快速调谐多个机制下共同实现的结果。以上讨论分别补充在文章第 2.2 节、第 4.1 节、第 4.2 节以及第 5 节中。我们希望如此处理能够使本文的连续性主张更清晰。

.....

审稿人 2 意见：

意见 1：该文章以“产前听觉经验如何在胎儿—新生儿连续发展过程中塑造语音感知能力”为核心科学问题，从发展神经科学视角系统综述了宫内声学环境、胎儿听觉系统成熟、产前韵律学习以及出生后语音加工的发展特点，并在此基础上尝试提出产前—产后连续性的理论解释框架。文章整合行为、生理及神经影像等不同层面的研究证据，对理解新生儿语音感知的发展起点具有一定理论意义。总体而言，文章问题导向较为明确，论述思路基本清晰，但目前在模型框架的提出与介绍、章节结构的紧凑性以及总结与展望的聚焦性等方面仍有进一步提升空间。

回应：感谢审稿专家对本文价值的肯定。专家指出本文在模型框架的提出与介绍、章节结构的紧凑性以及总结与展望的聚焦性方面仍有进一步提升空间。我们认真研读后认为，原稿对模型的核心假设、证据基础和理论边界交代仍不够集中；部分章节仍偏重单项研究罗列，导致主线推进不够紧凑；总结与展望部分也未充分围绕模型本身提出可检验的研究问题。根据审稿专家的建议，我们对全文作了系统修改，各项具体修改详见下文逐条回复。

意见 2：文章的创新性主要体现在提出“产前—产后连续性模型”。尽管文章在摘要和总结部分提及“产前—产后连续性模型”，但该模型在正文中的呈现仍相对分散，主要通过不同章节逐步铺陈相关证据，对模型本身的系统概括和明确界定相对不足。此外，总结部分对该模型的阐述亦较为简略。建议作者在现有基础上，对该模型的核心假设及其关键机制作进一步梳理和说明，突出文章的主线和创新点。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿中“产前—产后连续性模型”的呈现较为分散，对模型本身的系统概括、核心假设和关键机制界定不足，总结部分也相对简单。我们完全认同这一意见。原稿对模型的集中表述不够充分，容易使读者无法清楚把握主线。

针对这一问题，我们在第 5 节开头新增了对模型的集中界定，并以五个相互衔接的主张与假设系统概括其核心假设与关键机制，并在各章末补入回扣模型的过渡句。此外，模型所依据的发展轨迹以时间轴形式呈现于图 1，详见对审稿人一意见 1 的回复；模型的核心机

制与假设梳理见下：

①**模型边界条件**：子宫与羊水构成的低通滤波声景使胎儿可获得的语音信息以低频韵律、节奏与基频轮廓为主，而高频音段细节的可获得性明显受限(Gélat et al., 2025; Moon et al., 2013)，此为模型的物理前提。

②**产前阶段的韵律主导机制**：在宫内低通滤波声景下，胎儿听觉系统功能化后主要接触并学习的是母语中的低频韵律、节奏和基频轮廓等慢时间尺度信息，并可能在重复暴露中形成熟悉化或记忆痕迹(Kisilevsky et al., 2009; Partanen et al., 2013)，出生后则表现为对母语韵律的选择性敏感及 θ 频段长时程相关性增强(Abboub et al., 2016; Mariani et al., 2023)。

③**韵律-音段过渡假设**：产前形成的低频韵律时间结构及其相关的 θ 频段音节时间组织可能作为慢时间尺度框架延续至出生之后，并为音段线索的提取、分组和整合提供时间组织条件，而元音 F1 等低频线索可能构成音段加工的有限产前接口。这一桥接机制尚有待实验进一步检验。

④**产后阶段的音段快速调谐机制**：出生后全频段语音输入与皮层快速成熟，在上述时间框架内共同推动音段/音位加工的快速精细化(Wu et al., 2022; Cabrera & Gervain, 2020)，使语音感知由产前韵律主导逐步过渡到产后音段快速调谐。

⑤**模型机制归因**：产前语音经验、出生后环境输入与神经成熟三个因素既有分工又彼此交互。神经成熟提供加工的结构基础与可塑性窗口，其过程贯穿产前与产后全部阶段，如听觉外周与中枢通路的功能化、胎儿听觉诱发反应的出现，以及出生后颞上回/初级听觉皮层及其与额叶语言相关区连接的快速发展等；而产前语音经验主要体现为对母亲声音、母语韵律、熟悉语音材料及低频旋律轮廓的熟悉化与经验性调谐；出生后的环境输入则通过空气传播的全频段语音，使元音、辅音等精细音段特征以相对完整的形式进入加工系统。韵律加工的连续性主要体现为产前低频输入与神经成熟之间的耦合，音段加工的快速精细化则依赖于产前韵律框架、出生后输入与皮层成熟的共同作用。三个因素一起决定了早期语音感知何时可塑、接受何种输入、并最终向何种表征方向调谐。

同时，为使模型的核心假设可被后续检验，我们在该部分提出了若干围绕本模型的可检验问题，相应的展望聚焦与具体问题详见对审稿人二意见 6 的回复。

意见 3：文章多处强调产前听觉经验对新生儿语音感知发展的奠基作用，但在部分论述中，对产前经验、出生后环境输入以及神经系统成熟三者的相对贡献区分尚不够清晰。建议作者在相关论述中进一步明确哪些现象主要反映经验依赖性塑造，哪些可能更多源于神经发育成熟，从而避免将发展连续性模型过度简化为单一经验效应。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿对产前经验、产后输入与神经成熟三者的相对贡献区分不足，易使连续性模型被读作单一经验效应；审稿人建议在相关论述中明确哪些现象主要属经验依赖性塑造、哪些更多源于神经发育成熟。我们认同这一意见，神经成熟因素是贯穿产前与产后的共同背景，原稿在论及产前经验时行文重心偏向产前经验，对同一阶段并行起作用的神经成熟因素未作并置说明，个别表述因此可能被理解为产前经验单因解释。

针对这一问题，我们对三者作了重新厘清。**神经成熟主要提供加工的结构基础与可塑性窗口**，贯穿产前与产后阶段，如外周/中枢通路功能化、fAEF 的出现、出生后颞上回/初级听觉皮层及其与额叶语言相关区连接的快速发展等，相对独立于特定经验、按发育时间表发展。**产前经验主要表现为对母亲声音、母语韵律、熟悉语音材料及低频旋律轮廓的熟悉化与经验性调谐**；而出生后输入通过全频段语音使精细音段特征相对完整地进入加工系统。三者的作用相互交织，如韵律加工的连续性更多是产前低频输入与神经成熟的耦合，音段的快速精细化则依赖于产前韵律框架、出生后输入与皮层成熟的共同作用。简言之，**神经成熟决定了早期语音感知何时可塑，而产前经验与环境输入决定了接受何种输入、并最终塑成**

何形。

上述厘清主要落实在第 2.3 节（产前阶段成熟与学习的归因）、第 4.1 节（音段成熟窗口与产后经验的交互）以及第 5 节模型命题 5（亦见对审稿人二意见 1 的回复）。

意见 4：作者对语音中的韵律成分进行了较为系统的介绍，但文中多处使用“音段加工”“音段水平”等表述，尚未对其具体所指的加工层级作出界定和介绍。建议作者在文中对“音段”概念加以限定和说明，以便读者更准确地理解音段加工相关研究。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿对“音段加工”“音段水平”等表述未界定其所指的加工层级，建议对音段概念加以限定说明。确为原稿未充分考虑到非本领域读者之处，容易造成概念层级上的含混。

针对这一问题，我们在 2.2 节分别补充了音段、超音段的定义：

语言的声学信息可大致分为两个层级。音段（segment）指语音中可线性切分的基本语音单位，在语言感知研究中，它通常与音位/音素（phoneme）层面的对立相关；与之相对的是跨越若干音段、作用于更大时间窗的超音段（suprasegmental）或韵律特征，如重音、节奏、语调与音高轮廓。

此外，我们还在 4.1 节补充了音段加工、音段水平的定义：

音段加工主要指新生儿对元音、辅音及其相关语音学特征的知觉、编码和辨别，包括共振峰结构、发音部位与方式、清浊、嗓音起始时间等；音段水平则指区别于韵律水平的音位/音段粒度表征。

基于上述定义，我们统一了全文相关表述。我们希望如此处理可使读者准确把握音段加工研究的所指，便于与本文的韵律—音段对举框架对齐。

意见 5：作者在第三节末的总结表述需进一步谨慎。文中提到“总体而言，产前与产后韵律加工之间具有较为明确的连续性。胎儿期的低频语音输入使得韵律成为最早被神经系统编码的语言特征，产前韵律经验塑造了新生儿的行为偏向，也奠定了出生时韵律加工相关脑区和低频神经振荡系统的功能基础，为语言的发展提供了天然的“起点框架”。”现有研究证据多为相关性结果，作者的观点主要基于现有证据的综合推断所得。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿第三节末的小结使用了带因果意味的表述，而支撑该结论的证据多为相关性结果、本文观点主要系综合推断。我们认同专家的意见，原稿相关表述确有过强之嫌。原稿在小结处为行文凝练，采用了过多“使得”“塑造了”“奠定了”“提供了”等带因果意味的动词。针对这一问题，我们已改写该段（修订见下），将因果性动词改为相关性/提示性表述，而本文的连续性与起点框架系对现有证据的综合推断、其因果机制有待直接检验；全文其他同类小结处亦按此尺度一并核校。我们希望这能使结论强度与证据强度相称。修改段落举例如下：

总体而言，现有证据较为一致地提示，产前与出生后早期的韵律加工之间存在一定连续性。由于宫内声学环境更有利于保留低频韵律、节奏和基频轮廓信息，胎儿期语音经验主要表现为对韵律结构的感知、记忆与神经调谐；而产前韵律经验所调谐的低频节律系统可能也为出生后的音段加工提供了时间组织框架。因此，这种韵律主导的加工模式可能构成了出生后早期语音感知的重要起点。

意见 6：文章利用早产儿研究支持产前听觉经验的重要性，但相关结果亦可能反映神经发育中断或整体成熟受限的影响。建议作者在相关论述中进一步区分“产前经验缺失”与“神经发育受限”两种解释路径，以增强论证的严密性。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿以早产儿研究支持产前听觉经验的重要性，但相

关结果亦可能源于神经发育中断或整体成熟受限，建议区分产前经验缺失与神经发育受限两条解释路径。该意见所指亦确为原稿论证不够严密之处。原稿在引用早产儿研究时主要用以支持产前经验的重要性，未充分呈现可能由于神经发育受限这一替代解释。

针对这一问题，我们将这两条解释路径均纳入讨论，明确早产儿在提前接受宫外全频段刺激的同时，也经历神经发育的提前中断与整体成熟受限并常伴医学并发症，故其语音加工差异在现有设计中难以将“经验缺失”与“成熟受限”完全分离。如 Gonzalez-Gomez 和 Nazzi（2012）的“听觉年龄”效应提示暴露/成熟时程的作用，Novitskiy 等（2023）则将相关缺陷更多归于神经发育的提前中断。因此，我们把早产儿证据的角色由“支持产前经验重要性”调整为“提供了重要线索”。相应修改内容见下：

早产儿研究为音段加工与出生后语音输入之间的关系提供了重要线索，但其证据解释需保持谨慎。早产儿在出生后较早接触宫外全频段语音输入，可用于考察出生后经验对音段加工的影响；然而，他们同时也经历了妊娠晚期宫内低通滤波听觉经验的提前终止、脑结构与听觉通路发育的中断，以及可能伴随的医学并发症。因此，早产儿语音加工差异需要同时考虑“经验路径”与“成熟路径”两种解释。从经验路径看，Gonzalez-Gomez 和 Nazzi(2012)发现，早产儿在辅音序列感知任务中的表现更符合“听觉年龄”而非实际月龄，即其音段感知表现与出生后听觉暴露时长之间存在一定关联。这一结果提示出生后语音输入和听觉暴露时程可能参与音段加工的发展。然而，因为“听觉年龄”本身也与听觉系统使用时长、整体成熟状态及早期环境差异相互交织，该研究更适合被理解为提示产后听觉暴露的重要性。从成熟路径看，Novitskiy 等(2023)的高密度 EEG 研究则显示，早产儿在语音细节的神经编码上仍存在一定缺陷。该研究利用频率跟随反应(frequency-following response, FFR)考察粤语早产儿对声调的编码能力，发现其在音高追踪、相位锁定能力(inter-trial phase coherence)等神经同步性指标上弱于足月儿。由于声调加工依赖稳定的音高追踪和精确的神经同步，该结果提示早产可能影响快速时间尺度上的听觉神经编码，从而削弱对声调及相关语音细节的解析。更重要的是，这种缺陷在母语和非母语声调条件下均有表现，研究者据此认为其根源更可能与产前神经发育的提前中断有关，而不仅是语言经验不足。综合而言，早产儿证据既反映了产后经验对音段加工的塑造，也提示神经发育时程本身的限制。现有设计尚难在二者间作出完全的因果区分，未来研究需要控制校正胎龄、出生后听觉暴露时长、医学风险因素和语言输入质量，以更可靠地区分“产前经验”与“神经成熟”两条解释路径。

意见 7：总结与展望部分未聚焦于本综述的核心议题。尽管该部分内容较为全面，但部分展望侧重于方法和技术层面的讨论，与全文提出的“产前—产后连续性模型”的呼应尚不够充分，未能有效呼应文章主旨。建议作者在展望中进一步围绕该理论框架的可检验假设及未来研究方向展开讨论。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为原稿展望偏重方法与技术层面，与模型呼应不足，建议围绕该框架的可检验假设与未来方向展开。我们认同这一意见，原稿展望确实与模型联系不够紧密。

针对这一问题，我们对第 5 节“总结与展望”进行了整体重构。首先，我们在该节开头新增图 1 胎儿期至出生后早期语音感知发展的连续性时间轴，将听觉系统结构成熟、不同阶段可获得的声学输入、行为学证据与神经证据置于同一发展框架中，以更直观地呈现从胎儿期听觉系统功能化、宫内低频韵律输入主导，到出生后全频段语音输入参与并推动音段/音位加工快速调谐的连续过程。

随后，我们集中概括了“产前—产后连续性模型”的五个核心的主张与假设，包括模型边界条件、产前韵律主导机制、韵律—音段过渡机制、产后音段快速调谐机制以及产前经验、出生后输入和神经成熟三者的机制归因（详见审稿人二意见 1）。

在此基础上，我们将原来偏重方法和技术层面的展望，改写为围绕模型核心假设展开的四个未来研究方向。第一，进一步区分产前经验、出生后输入和神经成熟三者的相对贡献，并提出可检验问题，如产前韵律暴露程度是否预测出生后低频神经振荡对母语韵律的追踪强度等。第二，进一步检验“韵律-音段过渡机制”，即产前可获得的低频韵律- θ 振荡时间结构是否确实能够为出生后精细音段线索的提取与调谐提供脚手架支持。第三，在更严格的实验控制和伦理安全框架下检验产前声音暴露的剂量—反应关系，并通过多指标并行记录建立从声学输入、神经反应到行为结果的连续证据链。第四，扩展语言类型、人群类型和发展阶段，尤其加强声调语言、双语/多语环境、早产儿等高风险群体以及跨阶段纵向队列研究，以检验该模型的普遍性与边界条件。

我们希望这一调整能够更好地回应本文主旨，并为后续研究提供更清晰的经验检验路径。

意见 8：从产前听觉经验的特征与可获得性、产前一产后韵律加工的连续性，到出生后音段加工的发展，文章整体逻辑较为清晰，但各章节之间缺乏衔接与过渡。

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为各章节之间缺乏显性的衔接与过渡。我们认同此意见，原稿各章相对独立成段，主线缺少接榫，因而章节递进感显得不足。

针对这一问题，我们在各章衔接处补入了承上启下的过渡，以模型命题为线索，将产前特征与可获得性—产前、产后韵律连续性—产后音段发展三节串联起来。这与审稿人二意见 1 所述“在各章首尾补入指向模型的过渡句”为同一处修改，部分过渡文字见下方：

第 2 节→第 3 节：（第二节末）在上述生理基础与方法学背景下，胎儿期形成的低频韵律加工能否、以及如何延续至出生后，便构成了理解产前—产后语音感知连续性的起点。

第 3 节→第 4 节：（第三节末）总体而言，...，而产前韵律经验所调谐的低频节律系统可能也为出生后的音段加工提供了时间组织框架。因此，这种韵律主导的加工模式可能构成了出生后早期语音感知的重要起点。

第 4 节→总结与展望：（第五节首）为更直观地整合前文所述证据，本文以时间轴的形式将听觉系统结构成熟、各阶段可获得的声学输入、行为学证据与神经证据置于同一发展框架中(图 1)。可以看到，胎儿—新生儿语音感知的发展是一个连续过程，由产前听觉系统的功能化，经宫内低频韵律输入主导过渡到出生后全频段语音输入参与并推动音段/音位加工的快速调谐。

意见 9：个别章节对具体实验范式和单项研究结果的描述过于详尽。建议在不影响论证完整性的前提下适度压缩描述性内容。例如“Benavides-Varela 和 Gervain(2017)基于韵律框架探讨了……”

回应：感谢审稿专家的建议。专家认为个别章节对实验范式与单项研究结果的描述过详，建议在不损论证完整性的前提下适度压缩。针对这一问题，我们在相关地方保留与论点直接相关的结论、关键对比与证据强度信息，删减程序性操作细节及可由结论概括的个案过程，压缩了审稿专家所举段落，并对同类描述按同一原则一并精简。我们希望如此处理能在不影响论证完整性的前提下提升了行文密度与可读性。具体见下：

在神经层面，新生儿对韵律结构的加工同样呈现出产前经验的“母语化”特征。Abboub 等(2016)以 fNIRS 考察新生儿如何利用时长、音高与强度实现韵律分组，发现只有当声学分组模式违背产前接触语言的韵律规则时，颞—顶联合区才出现显著更强的血流动力学反应。这提示新生儿的韵律分组偏向并非普遍适用于所有模式，而可能已受到产前语言经验的调谐，表现为对母语特有韵律突显性线索的选择性敏感，比如时长或音高等特征。Benavides-Varela 和 Gervain(2017)则进一步发现，当多词序列以孤立列表形式呈现时，新生

儿能在颞叶与左侧额下回追踪词序变化；而一旦序列被自然句调整体“打包”，其大脑则转而对整体句调作出反应，不再额外解析内部词序。这说明加工资源有限的新生儿更倾向于优先利用韵律边界完成语流切分。综合而言，现有证据提示新生儿对母语特定突显性线索的敏感性可能与产前韵律经验有关，同时颞叶-额下回网络已较早参与韵律分组与序列追踪等语言相关加工。

第二轮

审稿人 1 意见：

作者已对我此前提出的问题进行了充分回应和相应修改，相关问题已得到妥善解决。我没有更多意见，支持该文章发表。

回应：感谢审稿专家对此前修改的认可与支持。

审稿人 2 意见：

总体而言，修订稿在结构清晰度、模型的集中呈现以及展望部分的聚焦性方面均已有明显改善，但对“创新性”的界定仍显偏强。建议作者重新审视“本文提出产前-产后连续性模型（prenatal-postnatal continuity model）”这一表述。产前与产后发展的连续性并非本文首次提出，既有研究已从更广泛的脑与行为发展视角对这一理论框架进行了讨论。本文的实际贡献主要在于将既有的围产期连续性视角具体应用于语音感知领域。因此，目前总结部分的表述在一定程度上夸大了文章的理论原创性。更为准确的表述可改为“构建语音感知发展的产前-产后连续性框架”，或“在既有围产期连续性视角基础上提出语音感知发展的具体化解释模型”。同时，建议作者进一步明确该框架与既有理论之间的关系。

回应：感谢审稿专家的意见。专家指出，既有研究已从更广泛的脑与行为发展视角对产前与产后发展之间的连续性框架展开讨论；本文总结部分的提法容易被理解为对该一般性视角本身的首创，在一定程度上夸大了本文的理论原创性。原修订稿中使用“本文提出产前-产后连续性模型”等表述，未在该处说明本文与既有理论的关系，容易使读者将本文的创新性贡献误读为对“连续性”这一一般性观念本身的提出。基于此，我们已按照审稿专家建议对全文相关表述进行了整体的降调。

具体而言，第一，我们将**摘要、引言、自检报告及总结部分**中“本文提出产前-产后连续性模型”“前人未曾提出过”等偏强表述修改为“构建语音感知发展的产前-产后连续性框架”“在既有围产期连续性视角基础上形成语音感知发展的具体化解释模型”等更为审慎的表述。第二，我们在**引言第 2 段中加入了相关内容**，表明产前与产后发展之间的连续性不是本文首次提出，围产期脑与行为发展研究已从更广泛的视角对其展开讨论；而本文的工作主要是在既有围产期连续性视角基础上，将问题限定于语音感知领域，围绕宫内低通滤波声景、产前韵律经验、出生后全频段语音输入以及听觉—语言神经系统成熟之间的关系，整合胎儿与新生儿语音感知证据，形成一个面向语音感知发展的解释框架；此外，本文的连续性观点也与传统语言获得理论中关于语言能力来源与表征性质的争论不同，特指胎儿期至新生儿期语音感知系统在发展过程中的连续性。第三，我们**相应调整了本文创新性的表述**，将其界定为对既有围产期连续性视角在语音感知方向的领域化应用、证据整合和机制上的细化。我们希望这一调整能更准确地反映本文理论原创性的实际所在，并使该框架与既有理论之间的关系更为清晰。

编委 1 意见：经过对该稿件的审读，我认为已达到发表水平，同意发表。

编委 2 意见：同意发表。

主编意见：作者就专家意见进行了认真回复和修改，同意发表。