

• 研究构想(Conceptual Framework) •

## 对中性婴儿面孔注意偏向与表情不确定性的关系\*

贾云丞<sup>1,2#</sup> 程刚<sup>2,3#</sup> 丁芳媛<sup>1,2</sup> 陈加<sup>2,3</sup>  
龙女<sup>2,3</sup> 陈玉荣<sup>4</sup> 林楠<sup>2,3</sup>

(<sup>1</sup>贵州民族大学民族文化与认知科学学院, 贵阳 550025)

(<sup>2</sup>贵州师范大学农村儿童青少年心理健康教育研究中心, 贵阳 550025)

(<sup>3</sup>贵州师范大学心理学院, 贵阳 550025) (<sup>4</sup>贵州民族大学学生工作部, 贵阳 550025)

**摘要** 目前已有研究发现, 在成人观看不同表情的婴儿面孔时, 中性婴儿面孔所诱发的注意偏向最强, 这种现象被称为“中性婴儿面孔注意偏向凸显效应”, 且该效应会受到表情不确定性的影响, 但还尚未有研究对该效应的注意加工进程, 以及表情不确定性在其中的作用机制展开深入剖析。因此, 本研究拟开展两个研究共计8个实验来解决上述问题。具体来说, 研究一基于注意加工的不同阶段和成分, 采用切分时程的分析方法考察中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程特点; 研究二再采用面孔融合技术, 对表情不确定性的程度进行调控, 从而进一步探究表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程所产生的影响及其神经机制。本研究有助于揭示表情不确定性是如何影响成人对婴儿情绪面孔的注意加工进程及其机制, 这对于探究其他类型情绪信号的不确定性程度是否会对其注意加工进程具有一定的启发性。

**关键词** 注意, 社会情绪, 婴儿面孔, 注意偏向, 表情不确定性

**分类号** B844

### 1 问题提出

#### 1.1 研究背景和意义

由于婴儿的存活与人类繁衍息息相关, 因此人类会将认知加工系统中有限的注意资源优先分配给与婴儿相关的刺激, 从而对其表现出注意偏向(Lucion et al., 2017)。与成人面孔或其他社会性刺激不同, 婴儿面孔作为一种高生物相关性刺激(highly biologically relevant stimuli)能够自动且快速地捕获成人的注意, 进而唤起成人对婴儿的积极情感体验以及照料动机等养育反应(程刚等, 2019; 窦东徽等, 2014; 贾云丞等, 2019; 雷怡等, 2020; 罗笠殊等, 2011; Franklin & Volk, 2018; Lucion et al., 2017)。如果成人缺乏对婴儿面孔的

注意偏向可能会影响早期亲子关系的形成(程刚等, 2019; 雷怡等, 2020), 如对婴儿面孔缺乏注意偏向的母亲, 其反应敏感性较低(Pearson et al., 2010), 这可能会导致她们不能有效地照料婴儿, 严重时甚至会影响到婴儿的存活(张火垠等, 2019; Stark et al., 2019)。

目前, 已有研究发现, 成人在观看不同表情的婴儿面孔时, 中性婴儿面孔所诱发的注意偏向最强, 即会呈现出中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(杨伟平等, 2021; Jia et al., 2017; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022; Long et al., 2021)。此外, 对中性婴儿面孔的注意偏向还会随着表情不确定性程度的增加而有所提升(Li et al., 2022)。但是, 目前在表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应产生影响的具体过程及其神经机制上, 还有一些亟待解决的问题: (1)中性婴儿面孔注意偏向凸显效应, 其具体的注意加工进程是怎样的? (2)表情不确定性是如何影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程? (3)该影响作用产生时, 其对

收稿日期: 2024-01-04

\*国家自然科学基金地区项目(32360205)资助。

# 共同第一作者。

通信作者: 丁芳媛, E-mail: dingfy3@126.com

应的脑神经生理反应是怎样的?

针对上述关键问题,本研究拟基于注意加工的不同阶段和成分,采用切分时程的分析方法先考察中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程特点,再采用面孔融合技术对婴儿面孔的表情不确定性程度进行调控,从而进一步探究表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程所产生的影响及其神经机制。本研究的开展,(1)有助于揭示表情不确定性是如何影响成人对婴儿情绪面孔的注意加工进程及其机制,从而深化“养育脑”的研究(张火垠等,2019; Stark et al., 2019),促进社会情感神经科学的发展;(2)有助于深入了解人类的养育过程,从而为早期亲子关系形成存在困难的父母设计干预方案时提供新的思路和实证依据,这将有助于提升这类父母的养育质量。

## 1.2 国内外研究现状与分析

### 1.2.1 对婴儿面孔的注意偏向及其机制

对婴儿面孔的注意偏向是指婴儿面孔相对于成人面孔能优先吸引注意,即人类会优先对婴儿面孔进行注意加工的现象(雷怡等,2020; 施永谋等,2016; Brosch et al., 2007)。这种注意偏向是成人对婴儿产生积极情感体验以及照料动机等养育反应的前提条件(程刚等,2019; 窦东徽等,2014; 贾云丞等,2019; 雷怡等,2020; 罗笠铢等,2011; Franklin & Volk, 2018; Lucion et al., 2017)。

在成人与婴儿的互动过程中,婴儿会通过面孔表情来表露自己的生理和心理状态,成人则会根据婴儿面孔表情所传达的情绪信号来判断其需求(程刚等,2019; Sullivan, 2014)。已有研究发现,成人对婴儿面孔的注意偏向会受到面孔表情的影响(Colasante et al., 2017; Ding et al., 2020; Li et al., 2019; Peltola et al., 2018; Peltola et al., 2014; Strathearn & Kim, 2013),并呈现出中性婴儿面孔注意偏向凸显效应,即成人在观看不同表情的婴儿面孔时,中性婴儿面孔所诱发的注意偏向最强(杨伟平等,2021; Jia et al., 2017; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022; Long et al., 2021),且其具有相应的神经生理基础,如会伴随P1脑电成分激活的增强(Jia et al., 2022),还会与左侧梭状回(Li et al., 2016)和眶额叶皮层(Stark et al., 2019)激活的增强有关。

至于为何会出现中性婴儿面孔注意偏向凸显

效应?既有研究认为,中性面孔的表情不确定性可能是其关键原因(程刚等,2019; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022; Li et al., 2022)。具体来说,从进化心理学的角度来看,人类的认知加工资源是有限的,在经过进化选择后会采用优化的资源分配原则,即将注意资源优先分给那些与生存和繁衍密切相关的事物,其中对婴儿面孔的注意偏向,正是这种资源分配策略的典型体现(Lucion et al., 2017)。与此同时,不同表情的面孔在传达信号时,其明确性与重要性也是不同的:高兴或悲伤面孔的情绪信号其内涵通常会更为清晰易懂,而中性面孔的情绪信号内涵则往往模糊不清,难以判断(杨伟平等,2021; Jia et al., 2022)。但是,由于婴儿具有极其重要的进化价值,因此人类能否及时并准确地识别婴儿所处的状态会事关人类的生存和繁衍(程刚等,2019; 雷怡等,2020)。所以,相对于中性成人面孔,人类在面对中性婴儿面孔时会维持更高的警惕性,从而令其在注意加工过程中凸显出来,而这有助于及时并准确地识别婴儿当下所处的状态,以免错过或错判婴儿发出的重要信号。

既有研究虽已初步探索了中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的成因,但令人遗憾的是,还尚未对该效应的注意加工进程展开深入剖析。这主要是因为以往以婴儿面孔图片作为实验材料的研究大多只关注了成人对婴儿面孔是否存在整体性的注意偏向,很少会对该注意偏向的具体加工进程展开深入剖析。事实上,目前以另一类高生物相关性刺激——威胁刺激作为实验材料的研究发现,对其注意偏向的加工进程(即产生、维持和解除)会经历早期自动加工(early automatic processing)和晚期策略加工(late strategic processing)两个阶段,并涉及注意定向加速(facilitated attention)、注意解除困难(difficulty in attention disengagement)和注意回避(attentional avoidance)三个成分(张禹等,2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)。相较之下,婴儿面孔也是高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017),但它属于享乐(hedonic)刺激(程刚等,2019; Franklin & Volk, 2018)。那么,中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程是否会与威胁刺激的注意偏向加工进程完全一致还是会有其独特性,这就成为了一个值得去探究的问题。具体来说:

首先,就威胁刺激的注意偏向加工进程而言,在早期自动加工阶段,人类会对威胁刺激进行快速、无意识、不受控制的自动加工,即自下而上或刺激驱动的加工,其神经生理基础会涉及P1、N170、P2和N2pc脑电成分,以及背侧注意网络、杏仁核和其他皮层下边缘区域(Valadez et al., 2022)。在该阶段,相对于中性刺激,人类能够更快地将注意指向威胁刺激,即表现出对威胁刺激的注意定向加速(Gupta et al., 2019)。该成分与注意偏向的产生有关,主要出现在100 ms以内或阈下,仅有少数研究在300 ms内观察到它的存在(张禹等, 2014)。

而在晚期策略加工阶段,人类会对威胁刺激进行持续、有意识、更可控的自主加工,即自上而下或概念驱动的加工,其神经生理基础会涉及P3和LPP脑电成分,以及腹侧注意网络、前额叶皮层区域(特别是眶额叶皮层)和前扣带皮层(Valadez et al., 2022)。另外,该阶段又可细分为前半段和后半段。在晚期策略加工的前半段,与中性刺激相比,人类更难停止对威胁刺激的注意加工,即表现出对威胁刺激的注意解除困难(Gupta et al., 2019)。该成分与注意偏向的维持有关,一般出现在500 ms以下的较短时间内(张禹等, 2014)。在晚期策略加工的后半段,人类会在威胁刺激持续呈现时,将注意指向威胁刺激以外的刺激(如中性刺激),即对威胁刺激表现出注意回避(Gupta et al., 2019)。该成分与注意偏向的解除有关,一般出现在1000 ms以上的较长时间内(张禹等, 2014)。

其次,就成人对婴儿面孔的注意偏向加工进程而言,由于婴儿面孔与威胁刺激一样均是高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017),它不仅能激活眶额叶皮层(该脑区的功能与对刺激进行快速定向并使其凸显出来相关; Stark et al., 2019)和左侧梭状回(该脑区的功能与对面孔进行快速加工且与面孔精细特征的感知相关; 孙丹, 张焯, 2016; Li et al., 2016),而且在仅呈现了100 ms的情况下就能诱发注意偏向(Brosch et al., 2007; Brosch et al., 2008; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022),并会伴随P1脑电成分(与凸显刺激的无意识早期注意定向相关; Brosch et al., 2008; Jia et al., 2022)和N170脑电成分(与面孔结构特征和表情的初步加工相关; Jia et al., 2022; Kuzava et al., 2020)的激

活。这表明在早期自动加工阶段,人类可能也会像对待威胁刺激一样更快地将注意指向它,即表现出对婴儿面孔的注意定向加速。

此外,当进入晚期策略加工阶段后,以500 ms的时长呈现婴儿面孔时,人类同样对它表现出了注意偏向(Long et al., 2021)。这说明人类可能也会像对待威胁刺激一样难以停止对婴儿面孔的注意加工。不过,与威胁刺激不同的是婴儿面孔还是一种享乐刺激(程刚等, 2019; Franklin & Volk, 2018),它会进一步激活眶额叶皮层(该脑区的功能还与对刺激进行持续监测相关,并与动机-奖赏网络的激活有关; Stark et al., 2019)、动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核; 张火垠等, 2019; Stark et al., 2019)和右侧梭状回(该脑区的功能与对面孔进行深入加工且与面孔类别的知觉相关; 孙丹, 张焯, 2016; Li et al., 2016),从而唤起观看动机(杨伟平等, 2021; Ding et al., 2020; Jia et al., 2021),并诱发偏好反应(雷怡等, 2020; 杨伟平等, 2021; Jia et al., 2021)。这可能会让人类主动地对其投入注意资源。因此,在晚期策略加工的前半段,人类对婴儿面孔表现出来的注意偏向可能是主动注意解除困难。当进入晚期策略加工的后半段时,对于威胁刺激来说,它已得到充分评估,且在实验室情境下并不会产生真实威胁,因此人类会对其表现出注意回避。可是,反观婴儿面孔,当以5000或6000 ms的时长呈现时,人类还是会对它表现出注意偏向(Cárdenas et al., 2013; Jia et al., 2017; Li et al., 2022)。由此可见,人类在较长的时间进程内可能会继续对其投入注意资源,即对婴儿面孔表现出主动注意解除困难而不是注意回避。由此可以推测,在晚期策略加工阶段,人类对婴儿面孔的注意偏向加工进程可能不会像对待威胁刺激那样先是注意解除困难、后是注意回避,而是会持续地投入注意资源,即可能是一直对婴儿面孔表现出主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。但目前尚未有研究对该假设进行过检验。

最后,就中性婴儿面孔注意偏向凸显效应而言,由于中性婴儿面孔依然是高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017),那么在早期自动加工阶段,人类可能依然会更快地将注意指向它,不过由于中性面孔还传达出模糊不清的情绪信号,人类能否及时并准确地识别婴儿此时所处的状态事关人

类的生存和繁衍(程刚等, 2019; 雷怡等, 2020)。所以, 相比信号内涵清晰的情绪面孔(如高兴或悲伤婴儿面孔), 人类可能会对这种具有表情不确定性的中性婴儿面孔更加警觉, 即对其表现出更强的注意定向加速。此时, 可能就出现了中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(Jia et al., 2021; Jia et al., 2022), 这将有助于养育者及时识别婴儿当下所处的状态, 以免错过婴儿发出的重要信号。

但是, 在进入晚期策略加工阶段后, 为了解决中性婴儿面孔的表情不确定性, 人类可能需要投入更多的注意力资源, 以便对中性婴儿面孔所携带的模糊情绪信号进行详尽评估, 这可以视为表现出更强的主动注意解除困难。此时, 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(Jia et al., 2017; Long et al., 2021)可能会持续发挥作用, 这将有助于养育者准确评估婴儿当下所处的状态, 以免错判婴儿发出的重要信号。直到人类对中性婴儿面孔的表情不确定性进行充分评估后, 并确认婴儿是处于安全状态时, 该效应可能才会消失。在此之后, 人类对中性婴儿面孔的注意偏向与对其他情绪面孔(如高兴或悲伤婴儿面孔)的注意偏向则可能不会再有明显差异, 即对不同表情的婴儿面孔均会一直表现出主动注意解除困难。据此可以推测, 在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中: (1)当处于早期自动加工阶段, 可能会出现更强的注意定向加速; (2)当处于晚期策略加工阶段的前半段, 可能会出现更强的主动注意解除困难; (3)而处于晚期策略加工阶段的后半段, 则可能会一直出现主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。然而, 目前尚不清楚该进程中的这些独特表现是否存在。

综上所述, 本研究拟解决的第一个问题是: 在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中, (1)当处于早期自动加工阶段, 是否会出现更强的注意定向加速; (2)当处于晚期策略加工阶段的前半段, 是否会出现更强的主动注意解除困难; (3)而处于晚期策略加工阶段的后半段, 则是否会一直出现主动注意解除困难直至注意偏向消失为止?

### 1.2.2 表情不确定性的改变对婴儿面孔注意偏向加工进程的影响及其机制

为了检验表情不确定性的改变是否会对婴儿面孔的注意偏向产生影响, 最近有实证研究对表

情不确定性的程度进行了测量, 结果发现对中性婴儿面孔的注意偏向会随着表情不确定性程度的增加而有所提升(Li et al., 2022)。该结果表明, 表情不确定性的改变确实会对婴儿面孔的注意偏向产生影响。但是, 此项研究并未考察该影响作用是具体发生在注意偏向加工进程中的哪些阶段。与此同时, 以不同表情的成人面孔作为实验材料的研究发现, 随着表情不确定性的程度在一定范围内增加, 对不同表情的成人面孔在行为水平上的表情识别正确率和速度均会有所下降, 且在电生理水平上的早期(P1/N1)和晚期(LPP)脑电成分激活均有减小(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)。这两项研究结果表明, 在对成人面孔的注意加工进程中, 无论是处于早期自动加工阶段还是处于晚期策略加工阶段, 表情不确定性的改变均会产生一定的影响作用。那么, 当面对不同表情的婴儿面孔出现中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时, 表情不确定性的改变对其注意加工进程所产生的影响是会与面对成人面孔时完全一致还是会有其独特性, 这就成为另一个值得探究的问题。

结合前述注意偏向加工进程的假设与已有研究结果(Léveillé et al., 2023; Li et al., 2022; Kaminska et al., 2020)可以推测, 当表情不确定性发生改变时会对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的具体注意加工进程产生不同的影响。具体来说, 当表情不确定性增加时, (1)在早期自动加工阶段, 人类对中性婴儿面孔的警惕性可能会快速上升, 即表现出进一步增强注意定向加速, 从而使成人在婴儿发出重要信号时能快速且有效地减少错失率; (2)在晚期策略加工阶段的前半段, 人类对中性婴儿面孔的持续关注可能会相应延长, 即表现出进一步增强且更持久的主动注意解除困难, 从而实现中性婴儿面孔的表情不确定性进行更加精细且谨慎的评估直到将其解决为止, 以免错判婴儿当下所处的状态; (3)在晚期策略加工阶段的后半段, 虽然中性婴儿面孔的表情不确定性已经解决, 但人类可能依然会对中性婴儿面孔保持关注, 即一直表现出主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。然而, 目前尚未有研究对以上推测进行过检验。

因此, 本研究拟解决的第二个问题是: 随着表情不确定性的增加, 在中性婴儿面孔注意偏向

凸显效应的注意加工进程中, (1)当处于早期自动加工阶段, 是否会出现进一步增强的注意定向加速; (2)当处于晚期策略加工阶段的前半段, 是否会出现进一步增强且更持久的主动注意解除困难; (3)而处于晚期策略加工阶段的后半段, 注意偏向是否不会受影响, 但会一直存在主动注意解除困难直至注意偏向消失为止?

此外, 鉴于中性婴儿面孔注意偏向凸显效应有其相应的神经生理基础(Jia et al., 2022; Li et al., 2016; Stark et al., 2019), 那么当表情不确定性对该凸显效应的注意加工进程产生影响时, 其相应的神经生理反应是怎样的? 目前也还知之甚少。考虑到已有大量研究对威胁刺激的注意偏向加工进程所涉及的神经生理基础进行了考察(张禹 等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022), 再加上表情不确定性对不同表情成人面孔的注意加工进程产生影响时也会涉及特定的脑神经激活(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)。本研究首先寻找了以上研究成果中具有共性和代表性的神经生理基础, 然后再结合前述注意偏向加工进程的假设做出了如下推测:

在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中, 随着表情不确定性的增加, 不同注意加工阶段会表现出不同的神经生理激活特点。第一, 当处于早期自动加工阶段出现了进一步增强的注意定向加速时, 会伴随 P1 脑电成分(与凸显刺激的无意识早期注意定向相关)、N170 脑电成分(与面孔结构特征和表情的初步加工相关)、背侧注意网络(与自下而上的注意任务目标相关)、左侧梭状回(该脑区的功能与对面孔进行快速加工且与面孔精细特征的感知相关)和眶额叶皮层(该脑区的功能与对刺激进行快速定向并使其凸显出来相关)激活的进一步增强。第二, 当处于晚期策略加工阶段的前半段出现了进一步增强且更持久的主动注意解除困难时, 会伴随 LPP 脑电成分(与持续注意和动机唤起相关)、腹侧注意网络(与自上而下的注意转换相关)、右侧梭状回(该脑区的功能与对面孔进行深入加工且与面孔类别的知觉相关)、眶额叶皮层(该脑区的功能还与对刺激进行持续监测相关, 并与动机-奖赏网络的激活有关)、动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)激活的进一步增强。第三, 处于晚期策略加工阶段的后半段, 虽然注意偏向不受影响但一直存在主动注

意解除困难时, 会伴随 LPP 脑电成分、腹侧注意网络、右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)的持续激活直至注意偏向消失为止。同样, 目前尚未有研究对这些推测进行过检验。

因此, 本研究拟解决的第三个问题是: 随着表情不确定性的增加, 在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中, (1)当处于早期自动加工阶段出现了进一步增强的注意定向加速时, 是否会伴随 P1 和 N170 脑电成分、背侧注意网络、左侧梭状回和眶额叶皮层激活的进一步增强; (2)当处于晚期策略加工阶段的前半段出现了进一步增强且更持久的主动注意解除困难时, 是否会伴随 LPP 脑电成分、腹侧注意网络、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)激活的进一步增强; (3)而处于晚期策略加工阶段的后半段, 虽然注意偏向不受影响但一直存在主动注意解除困难时, 是否会伴随 LPP 脑电成分、腹侧注意网络、右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)的持续激活直至注意偏向消失为止?

## 2 研究构想

### 2.1 研究内容

本研究的研究目标, 首先是要描绘出中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程及其神经机制, 其次是进一步揭示表情不确定性会如何影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程及其神经机制。为了实现以上目标, 本研究拟参考现有注意加工进程的相关研究成果(张禹 等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022), 并结合表情不确定性影响注意加工进程的相关研究成果(Léveillé et al., 2023; Li et al., 2022; Kaminska et al., 2020), 从以下两个方面展开研究:

(1) 基于注意加工的不同阶段和成分, 采用切分时段的分析方法深入探索中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程及其神经机制;

(2) 基于面孔融合技术, 进一步探究表情不确定性的改变是如何对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工进程产生影响的及其相应的神经机制。

本研究的研究方法和技术路线, 如图 1 所示。

具体来说, 本研究包括 2 个研究共计 8 个实验, 具体研究内容如下。

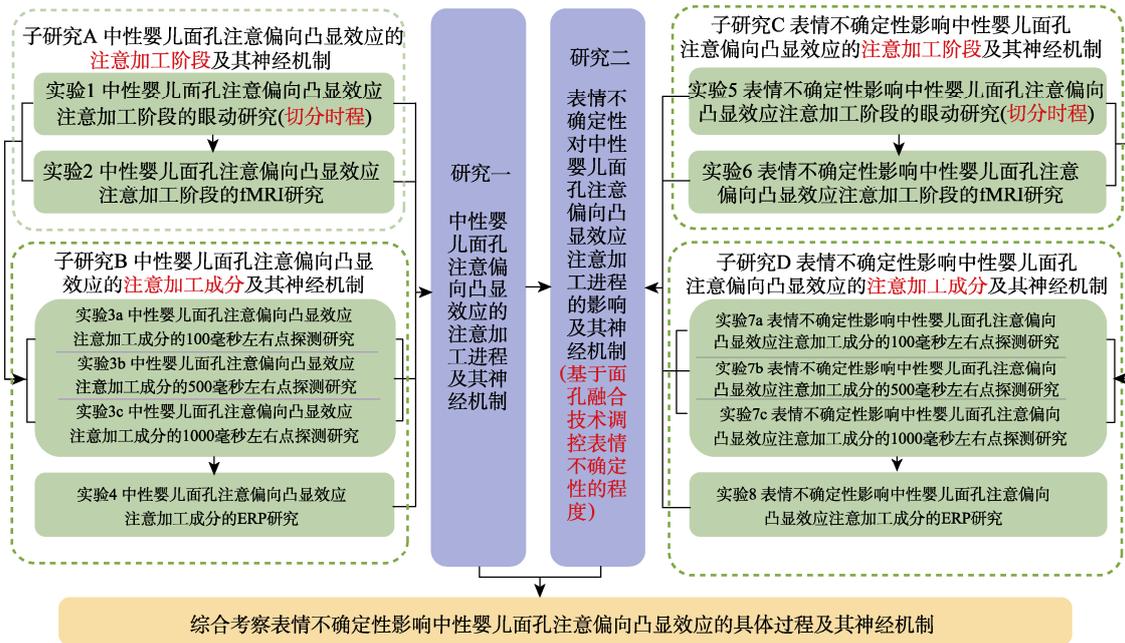


图 1 研究方法与技术路线图

2.1.1 研究一：中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程及其神经机制

目前，以婴儿面孔图片作为实验材料的相关研究发现，成人在观看不同表情的婴儿面孔时中性婴儿面孔所诱发的注意偏向最强，即会呈现出中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(杨伟平等, 2021; Jia et al., 2017; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022)，但目前并不清楚该效应的注意加工进程是怎样的。事实上，目前以另一类高生物相关性刺激——威胁刺激作为实验材料的研究发现，对其注意偏向的加工进程(即产生、维持和解除)会经历早期自动加工和晚期策略加工两个阶段，并会涉及注意定向加速、注意解除困难和注意回避三个成分(张禹等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)。

鉴于婴儿面孔也属于高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017)，同时还是一种享乐刺激(程刚等, 2019; Franklin & Volk, 2018)，那么中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程与对威胁刺激的注意偏向加工进程相比，其在注意加工的不同阶段和成分上可能会既有相同之处又有其独特性。具体来说，基于既有研究的前期研究成果，并参考对威胁刺激的注意偏向加工进程，本研究推测，在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中，(1)当处于早期自动加工阶段时，相对

于其他表情婴儿面孔所出现的注意定向加速，中性婴儿面孔可能会出现更强的注意定向加速；(2)当处于晚期策略加工阶段的前半段，相对于其他表情婴儿面孔所出现的主动注意解除困难，中性婴儿面孔可能会出现更强的主动注意解除困难；(3)当处于晚期策略加工阶段的后半段，可能会与其他表情的婴儿面孔一样一直存在主动注意解除困难直至注意偏向消失为止，但不会像威胁刺激那样出现注意回避。

考虑到前述进程包括注意加工的不同阶段和成分，因此本研究将分两步对前述独特表现的存在与否进行考察。具体来说，首先考察在该进程中不同注意加工阶段的时间进程特点(子研究 A)，然后在这些注意加工阶段所处的时段内进一步考察具体注意加工成分的独特表现(子研究 B)，其研究内容分别如下。

子研究 A：中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工阶段及其神经机制

为了探索在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中不同注意加工阶段的时间进程特点，本部分将考察该进程中的早期自动加工和晚期策略加工阶段随着时间的推移是否会呈现出特定的注意变化轨迹及其相应的神经生理基础。因此，本部分拟开展两个实验：首先，在实验 1

中考察前述进程中两个注意加工阶段随时间推移会呈现出怎样的变化轨迹, 然后, 在实验 2 中进一步探索在这两个阶段内分别会涉及哪些神经生理反应。以下是这两个实验的具体内容。

### 实验 1: 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工阶段的眼动研究

已有研究基于眼动追踪(eye movement tracking)技术, 发现成人对婴儿面孔存在整体的注意偏向(Cárdenas et al., 2013; Charles et al., 2013; Jia et al., 2017; Li et al., 2022), 并且出现了中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(Jia et al., 2017)。但是, 这些研究没有对该效应的具体注意加工阶段进行深入剖析。为了解决这一问题, 本实验拟从注意加工的时间进程入手, 通过划分不同时段的方式来探索前述凸显效应随时间推移所呈现出的变化轨迹, 从而确定该效应所经历的早期自动加工阶段以及晚期策略加工阶段的前半段和后半段分别会处于哪个或哪些时段内。

具体来说, 在本实验中将基于既有研究的前期实验设计和结果(Jia et al., 2017; Li et al., 2022), 依然将自由观看任务和眼动追踪技术结合起来(在完成该任务的同时对眼球运动进行追踪), 然后将面孔图片对的呈现时间设定为 5000 ms, 并采用切分时程的分析方法(Armdt et al., 2014)以 500 ms 为间隔将其划分为 10 个时段, 接着参考雷怡等人(2020)的研究, (1)先选用首视点的位置、潜伏期和持续时间三个眼动指标(反映早期自动加工阶段的注意加工特点)来考察前述凸显效应所经历的早期自动加工阶段会处于哪个或哪些时段内; (2)再选用兴趣区内总注视时间和次数两个眼动指标(反映晚期策略加工阶段的注意加工特点)来考察前述凸显效应所经历的晚期策略加工阶段的前半段和后半段分别会处于哪个或哪些时段内。

### 实验 2: 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工阶段的 fMRI 研究

已有研究基于功能磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)技术, 发现在成人对婴儿面孔的注意偏向加工进程中, 当处于早期自动加工和晚期策略加工阶段时, 均会激活与面孔的注意加工相关的梭状回和眶额叶皮层这两个关键脑区(Li et al., 2016; Stark et al., 2019), 并且当处于晚期策略加工阶段, 还会激活动机-奖赏网络, 尤其是腹侧被盖区和伏隔核(张火根

等, 2019; Stark et al., 2019)。此外, 当出现中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时, 会伴随左侧梭状回(Li et al., 2016)和眶额叶皮层(Stark et al., 2019)激活的增强。但是, 这些研究没有对该凸显效应中具体注意加工阶段内所涉及的神经生理基础进行深入考察。为了解决这一问题, 本实验拟在实验 1 的基础上, 进一步探索前述凸显效应在早期自动加工阶段以及晚期策略加工阶段的前半段和后半段所处的时段内分别会涉及哪些脑神经激活的变化。

具体来说, 本实验在实验 1 的基础上, 基于既有研究的前期实验设计和结果(Jia et al., 2017; Li et al., 2022), 并参考 Li 等(2016)的 fMRI 研究方案, 将自由观看任务和 fMRI 技术结合起来(在完成该任务的同时对脑神经激活进行磁共振成像), 然后把面孔图片的呈现方式从单张调整为成对, 再把面孔图片对呈现时间设定为 5000 ms, 接着基于实验 1 剖析出来的时间进程特点进一步考察前述凸显效应, (1)在早期自动加工阶段当注意偏向增强时, 是否会伴随背侧注意网络、左侧梭状回和眶额叶皮层激活的增强; (2)在晚期策略加工阶段的前半段当注意偏向增强时, 是否会伴随腹侧注意网络、右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)激活的增强; (3)在晚期策略加工阶段的后半段当仅出现注意偏向时, 是否会伴随腹侧注意网络、右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)的持续激活。

### 子研究 B 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工成分及其神经机制

在通过子研究 A 确定了前述注意加工进程中早期自动加工和晚期策略加工阶段的时间进程特点后, 本部分将在这两个注意加工阶段所处的时段内进一步考察具体注意加工成分的独特表现和相应的神经生理基础。因此, 本部分拟开展两个实验: 首先, 在实验 3 中考察在这两个注意加工阶段所处的时段内相应的注意加工成分会有哪些独特表现, 然后, 在实验 4 中进一步探索这些注意加工成分如果表现出独特性时分别会伴有哪些神经生理反应。以下是这两个实验的具体内容。

### 实验 3: 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工成分的点探测研究

已有研究基于改进后的点探测范式(dot-probe paradigm)发现对威胁刺激的注意偏向可以

划分为注意定向加速、注意解除困难和注意回避三个成分,并且发现 100 ms、500 ms 和 1000 ms 是分别观察到以上三个成分是否存在的关键时间点(张禹等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)。但目前尚不清楚中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的具体注意加工成分是否与以上三个成分完全一致还是会有其独特性。

根据先前注意偏向加工进程的假设,中性婴儿面孔注意偏向凸显效应,(1)在早期自动加工阶段可能会出现更强的注意定向加速;(2)在晚期策略加工阶段的前半段可能会出现更强的主动注意解除困难;(3)而在晚期策略加工阶段的后半段则可能会一直存在主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。但要检验这些独特表现是否存在的关键时间点是与观察到注意定向加速、注意解除困难和注意回避的关键时间点保持一致还是会有所差异?目前仍是尚不清楚的问题。为了解决这一问题,本实验拟在子研究 A 的基础上,并参考以上三个关键时间点,进一步考察前述凸显效应在早期自动加工阶段以及晚期策略加工阶段的前半段和后半段所处的时段内,其相应的注意加工成分会有怎样的独特表现。

具体来说,在本实验中基于既有研究的前期实验设计和结果(Jia et al., 2021; Jia et al., 2022; Long et al., 2021),拟采用改进后的点探测范式,并参考观察到注意定向加速、注意解除困难和注意回避的关键时间点(张禹等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)将该范式中的面孔图片对呈现时间暂时设定为 100、500 和 1000 ms 三个时程(该设定将根据子研究 A 的结果进行调整),从而考察在前述凸显效应的注意加工进程中,(1)在早期自动加工阶段当刺激呈现时间为 100 ms 左右时,是否会出现更强的注意定向加速;(2)在晚期策略加工阶段的前半段当刺激呈现时间为 500 ms 左右时,是否会出现更强的主动注意解除困难;(3)在晚期策略加工阶段的后半段当刺激呈现时间为 1000 ms 左右时,是否会仅出现主动注意解除困难。

#### 实验 4: 中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工成分的 ERP 研究

已有研究基于事件相关电位(Event-Related Potentials, ERP)技术发现在对婴儿面孔的注意偏向加工进程中,在早期自动加工阶段会伴随 P1 和

N170 脑电成分的激活(Brosch et al., 2008; Jia et al., 2022; Kuzava et al., 2020),而在晚期策略加工阶段会伴随 LPP 脑电成分的激活(Jia et al., 2022; Kuzava et al., 2020),此外,当出现中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时会伴随 P1 脑电成分激活的增强(Jia et al., 2022)。但目前尚不清楚该凸显效应的注意加工成分如果表现出独特性时分别会伴随哪些神经生理反应。为了解决这一问题,本实验拟在实验 3 的基础上,结合 ERP 技术来考察这些注意加工成分如果表现出独特性时分别会伴随哪些脑电成分激活的变化。

具体来说,在本实验中基于既有研究的前期实验设计和结果(Jia et al., 2022),然后在实验 3 的基础上将改进后的点探测范式(张禹等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)与 ERP 技术结合起来(在完成该范式的同时,对脑电活动进行记录),从而进一步考察在前述凸显效应的注意加工进程中,(1)在早期自动加工阶段当刺激呈现时间为 100 ms 左右时,如果出现了更强的注意定向加速,那么是否会伴随 P1 和 N170 脑电成分激活的增强;(2)在晚期策略加工阶段的前半段当刺激呈现时间为 500 ms 左右时,如果出现了更强的主动注意解除困难,那么是否会伴随 LPP 脑电成分激活的增强;(3)在晚期策略加工阶段的后半段当刺激呈现时间为 1000 ms 左右时,如果仅出现了主动注意解除困难,那么是否会伴随 LPP 脑电成分的持续激活。

#### 2.1.2 研究二: 表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工进程的影响及其神经机制

目前,已有研究基于被试对表情不确定性的主观评估发现,随着表情不确定性程度的增加,成人对中性婴儿面孔的注意偏向会有所提升(Li et al., 2022)。但令人遗憾的是,在该研究中并未考察该影响作用具体发生在注意偏向加工进程中的哪些阶段。更为重要的是,该研究未能对表情不确定性的程度进行调控,因此尚无法确认表情不确定性的变化是否会影响该研究结果的出现。为了解决这一关键问题,有研究者提出可以通过面孔融合(face morphing)技术有效地调控表情不确定性的程度(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)。具体来说,该技术主要是采用不同表情的面孔图片作为原始材料,先完成一种表情面孔到

另一种表情面孔的渐变,再从渐变过程中抽取不同融合比例的表情面孔作为实验材料。这就意味着,通过调整融合比例就能对表情不确定性的程度进行调控:即当调小某种情绪表情面孔的融合比例时,其表情不确定性的程度就会相应增加。

已有研究基于面孔融合技术发现,随着表情不确定性的程度在一定范围内增加,在对不同表情成人面孔的注意加工进程中,无论是处于早期自动加工阶段还是处于晚期策略加工阶段均会出现更少的注意资源投入(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)。那么,当面对不同表情的婴儿面孔出现中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时,表情不确定性的改变对其注意加工进程所产生的影响是会与面对成人面孔时完全一致还是会有其独特性,这就成为了一个值得探究的问题。鉴于婴儿面孔与成人面孔是不同的,它既属于高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017)又是一种享乐刺激(程刚 等, 2019; Franklin & Volk, 2018),它可能会让人类主动且持续地对其投入注意资源。据此可以推测,当表情不确定性发生改变时,与面对成人面孔相比可能会对前述注意加工凸显效应的具体进程产生反方向的影响。

具体来说,当表情不确定性增加时,(1)在早期自动加工阶段,人类对中性婴儿面孔的警惕性可能会快速上升,即表现出进一步增强的注意定向加速,从而可以使成人在婴儿发出重要信号时能快速且有效地减少错误率;(2)在晚期策略加工阶段,人类对中性婴儿面孔的持续关注可能会相应延长,即表现出进一步增强且更持久的主动注意解除困难,从而可以使成人对中性婴儿面孔的表情不确定性进行更加精细且谨慎的评估直到将其解决为止,以免错判婴儿当下所处的状态;(3)在晚期策略加工阶段,虽然中性婴儿面孔的表情不确定性已经解决,但人类可能依然会对中性婴儿面孔保持关注,即一直表现出主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。

考虑到目前基于面孔融合技术的研究,已经形成了两类融合方案(Léveillé et al., 2023),那么要对以上推测进行检验就需选择合适的融合方案来调控表情不确定性的程度。就融合方案而言,(1)第一类是按一定的融合比例将一种情绪(如恐惧)表情面孔与另一种情绪(如惊讶)表情面孔融合(如 30%恐惧与 70%惊讶融合);(2)第二类是按一

定的融合比例将中性面孔与一种情绪(如高兴)表情面孔融合(如 50%中性与 50%高兴融合)。综合已有研究(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)与本研究预实验的结果,发现第一类融合方案适用于具有相似情绪的表情组合(如恐惧与惊讶融合),但不适用于正性与负性情绪的表情组合(如高兴与悲伤融合)。因此,本研究将采用第二类融合方案:从悲伤表情面孔渐变到中性面孔,再由中性面孔渐变到高兴表情面孔。

至于融合比例的设定,已有研究(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)大多划分出高、中和低三类,并且保留 100%的融合比例(即原始图片)。因此,本研究参考已有研究的融合比例分类,以 20%或 30%的融合比例为间隔抽取以下九个融合比例的面孔图片作为实验材料:100%悲伤、70%悲伤(30%中性)、50%悲伤(50%中性)、30%悲伤(70%中性)、100%中性、30%高兴(70%中性)、50%高兴(50%中性)、70%高兴(30%中性)和 100%高兴。

综上所述,本研究将在研究一的基础上,进一步通过面孔融合技术来调节表情的不确定性程度,旨在探讨表情不确定性的改变如何影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工过程及其神经机制。具体而言,我们通过改变中性和不同表情婴儿面孔融合的比例制作出具有不同表情不确定性的婴儿面孔,然后在预实验中邀请独立的评估者来评价这些面孔的表情不确定性程度,以确保我们的操作有效。

考虑到前述进程包括注意加工的不同阶段和成分,因此本研究依然分两步对上述推测进行检验。具体来说,在调控了表情不确定性程度的条件下,首先考察表情不确定性的改变会如何影响该进程中不同注意加工阶段的时间进程(子研究 C),然后在这些特定的注意加工阶段内,进一步考察表情不确定性的改变会如何影响具体注意加工成分的独特表现(子研究 D),其研究内容分别如下。

#### 子研究 C: 表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工阶段的影响及其神经机制

为了探索表情不确定性的改变在影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中不同注意加工阶段的时间进程差异,本部分将基于子研究 A 的结果,在对表情不确定性程度进行调控

的条件下,进一步考察表情不确定性的改变会如何影响该进程中早期自动加工和晚期策略加工阶段的注意变化轨迹及其神经生理基础。因此,本部分拟开展两个实验:首先,在实验 5 中考察表情不确定性的改变会如何影响这两个注意加工阶段的变化轨迹,然后,在实验 6 中进一步探索表情不确定性的改变对这两个注意加工阶段的变化轨迹产生影响时分别会涉及哪些神经生理反应。以下是这两个实验的具体内容。

#### **实验 5: 表情不确定性影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工阶段的眼动研究**

本实验拟在调控表情不确定性程度的条件下,基于实验 1 进一步探索表情不确定性的改变会如何影响早期自动加工和晚期策略加工阶段的注意变化轨迹。具体来说,在本实验中将基于面孔融合技术对表情不确定性的程度进行调控后,再参考实验 1 的设计,先选用首视点的位置、潜伏期和持续时间三个眼动指标来进一步考察随着表情不确定性程度的增加,(1)在早期自动加工阶段注意偏向是否会进一步增强,再选用兴趣区内总注视时间和次数两个眼动指标来进一步考察随着表情不确定性程度的增加;(2)在晚期策略加工阶段的前半段,注意偏向是否会进一步增强且更持久;(3)但在晚期策略加工阶段的后半段,注意偏向是否不受影响直至注意偏向消失为止。

#### **实验 6: 表情不确定性影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工阶段的 fMRI 研究**

本实验拟在调控表情不确定性程度的条件下,基于实验 5 进一步探索表情不确定性的改变对早期自动加工和晚期策略加工阶段的注意变化轨迹产生影响时会涉及哪些脑神经激活的变化。具体来说,在本实验中将基于面孔融合技术对表情不确定性的程度进行调控后,再参考实验 5 剖析出来的时间进程特点和实验 2 的设计,进一步考察随着表情不确定性程度的增加,(1)在早期自动加工阶段,如果注意偏向进一步增强时,那么是否会伴随背侧注意网络、左侧梭状回和眶额叶皮层激活的进一步增强;(2)在晚期策略加工阶段的前半段,如果注意偏向进一步增强时,那么是否会伴随腹侧注意网络、右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)激活的进一步增强;(3)在晚期策略加工阶段的后半段,如果注意偏向不受影响,那么腹侧注意网络、

右侧梭状回、眶额叶皮层和动机-奖赏网络(尤其是腹侧被盖区和伏隔核)是否依然会持续激活直至注意偏向消失为止。

#### **子研究 D: 表情不确定性对中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工成分的影响及其神经机制**

通过子研究 C 在确认了表情不确定性的改变是如何影响前述注意加工进程中早期自动加工和晚期策略加工阶段的注意变化轨迹后,本部分将在这两个注意加工阶段所处的时段内,进一步考察表情不确定性的改变会如何影响具体注意加工成分的独特表现及其神经生理基础。因此,本部分拟开展两个实验:首先,在实验 7 中考察在这两个注意加工阶段中,表情不确定性的改变会如何影响其具体注意加工成分的独特表现,然后,在实验 8 中进一步探索表情不确定性的改变对这些具体注意加工成分的独特表现产生影响时分别会伴有哪些神经生理反应。以下是这两个实验的具体内容。

#### **实验 7: 表情不确定性影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工成分的点探测研究**

本实验拟在调控表情不确定性程度的条件下,基于子研究 C 进一步探索表情不确定性的改变会如何影响早期自动加工和晚期策略加工阶段内,具体注意加工成分的独特表现。具体来说,在本实验中基于面孔融合技术对表情不确定性的程度进行调控后,再参考实验 5 剖析出来的时间进程特点和实验 3 的设计,进一步深入考察随着表情不确定性程度的增加,(1)在早期自动加工阶段当刺激呈现时间为 100 ms 左右时,是否会出现进一步增强注意定向加速;(2)在晚期策略加工阶段的前半段当刺激呈现时间为 500 ms 左右时,是否会出现进一步增强且更持久的主动注意解除困难;(3)在晚期策略加工阶段的后半段当刺激呈现时间为 1000 ms 左右时,注意偏向是否不受影响仅会出现主动注意解除困难。

#### **实验 8: 表情不确定性影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应注意加工成分的 ERP 研究**

本实验拟在调控表情不确定性程度的条件下,基于实验 7 进一步探索表情不确定性的改变对这些注意加工成分的独特表现产生影响时分别会伴有哪些脑电成分激活的变化。具体来说,在本实验中基于面孔融合技术对表情不确定性的程度进行调控后,再在实验 7 的基础上参考实验 4 的设

进一步考察随着表情不确定性程度的增加, (1)在早期自动加工阶段当刺激呈现时间为100 ms左右时, 如果出现了进一步增强的注意定向加速, 那么是否会伴有P1和N170脑电成分激活的进一步增强; (2)在晚期策略加工阶段的前半段当刺激呈现时间为500 ms左右时, 如果出现了进一步增强且更持久的主动注意解除困难, 那么是否会伴有LPP脑电成分激活的进一步增强; (3)在晚期策略加工阶段的后半段当刺激呈现时间为1000 ms左右时, 如果注意偏向不受影响仅出现了主动注意解除困难, 那么是否会伴有LPP脑电成分的持续激活。

## 2.2 研究目标

本研究的最终研究目标是揭示表情不确定性影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的具体过程及其神经机制, 从而深入了解成人对不确定的婴儿情绪面孔进行动态注意加工的具体过程及其机制。针对这一总目标, 本研究拟通过以下两个研究来逐步实现。

研究一: 首先考察在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中早期自动加工阶段和晚期策略加工阶段的时间进程特点, 然后在这两个注意加工阶段所处的时段内分别考察注意定向加速和主动注意解除困难这两个注意加工成分的独特表现。

研究二: 在调控表情不确定性程度的条件下, 首先考察表情不确定性的改变会如何影响前述进程中早期自动加工阶段和晚期策略加工阶段的时间进程, 然后在这两个注意加工阶段所处的时段内分别考察表情不确定性的改变会如何影响注意定向加速和主动注意解除困难这两个注意加工成分的独特表现。

## 2.3 拟解决的关键科学问题

第一, 虽然已有研究发现了成人会对中性婴儿面孔存在注意偏向凸显效应, 但对于这一现象背后的注意加工进程是否会与成人对威胁刺激的注意偏向加工进程完全一致, 目前还尚不清楚。对这一问题展开研究将有助于拓展我们对不同类型注意偏向背后加工机制的认识。

第二, 相较于情绪信号的效价和唤醒度, 以往研究大多忽视了表情不确定性对情绪刺激注意加工进程的潜在影响, 尤其是当成人在对中性婴儿面孔进行动态注意加工时, 随着表情不确定性

的改变, 其对注意资源的分配会产生怎样的影响, 目前还知之甚少。针对这一问题展开研究, 将有助于揭示情绪信号的不确定性会对婴儿面孔这类高生物相关性刺激的注意加工进程产生怎样的影响。

第三, 目前有关人类养育脑的相关研究已发现人类对婴儿面孔的注意偏向具有其相应的神经生理基础, 但现有研究大多只是单方面地研究了注意网络或动机-奖赏网络其各自的神经机制, 很少有研究考察两者间的共变机制。至于在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应发生时, 动机-奖赏网络是如何作用于注意网络的, 更是知之甚少。对该问题展开研究将有助于揭示表情不确定性在影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时, 其注意加工进程背后的神经机制, 从而有助于加深我们对人类养育脑的认识。

## 3 理论建构与创新

婴儿面孔与成人面孔或其他社会性刺激不同, 它作为一种高生物相关性刺激(highly biologically relevant stimuli)能够自动且快速地捕获成人的注意, 即人类会优先对婴儿面孔进行注意加工, 也就是对其表现出注意偏向(Lucion et al., 2017)。这种注意偏向是成人对婴儿产生积极情感体验以及照料动机等养育反应的前提条件(程刚等, 2019; 窦东徽等, 2014; 贾云丞等, 2019; 雷怡等, 2020; 罗笠铢等, 2011; Franklin & Volk, 2018; Lucion et al., 2017)。

从进化心理学的角度来看, 成人对婴儿面孔的注意偏向实际上体现了在人类的认知加工系统中经过优化的资源分配原则: 婴儿对于物种的生存繁衍具有重要价值, 因此人类会将有限的认知加工资源优先分配给那些与婴儿相关的刺激。婴儿面孔正是这类刺激信号的典型代表之一, 因此会在认知加工上获得优先权。当婴儿面孔具有表情不确定性时(即传达的情绪信号模糊不清), 成人往往需要调配更多的认知加工资源来识别和评估婴儿当下所处的状态, 以免错过或错判婴儿发出的重要信号, 因此就出现了中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(杨伟平等, 2021; Jia et al., 2017; Jia et al., 2021; Jia et al., 2022; Long et al., 2021), 即在观看不同表情的婴儿面孔时, 成人对中性婴儿面孔表现出的注意偏向最强。但令人遗憾的是, 还尚未有研究对该效应的注意加工进程展开深入

剖析。

事实上,目前以另一类高生物相关性刺激——威胁刺激作为实验材料的研究发现,对其注意偏向的加工进程(即产生、维持和解除)会经历早期自动加工和晚期策略加工两个阶段,并涉及注意定向加速、注意解除困难和注意回避三个成分(张禹等, 2014; Gupta et al., 2019; Valadez et al., 2022)。鉴于婴儿面孔也属于高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017),同时还是一种享乐刺激(程刚等, 2019; Franklin & Volk, 2018),那么,中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程与对威胁刺激的注意偏向加工进程相比,在注意加工的不同阶段和成分上可能会既有相同之处又会有其独特性。具体来说,基于既有研究的前期研究成果,并参考对威胁刺激的注意偏向加工进程,本研究推测,在中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程中(图 2), (1)当处于早期自动加工阶段,相对于其他表情婴儿面孔所出现的注意定向加速,中性婴儿面孔可能会出现更强的注意定向加速;(2)当处于晚期策略加工阶段的前半段,相对于其他表情婴儿面孔所出现的主动注意解除困难,中性婴儿面孔可能会出现更强的主动注意解除困难;(3)当处于晚期策略加工阶段的后半段,可能会与其他表情的婴儿面孔一样一直存在主动注意解除困难直至注意偏向消失为止,但不会像威胁刺激那样出现注意回避。

此外,当婴儿面孔的表情不确定性发生改变时,中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程会如何变化?目前还知之甚少。已有研究基于面孔融合技术发现,随着表情不确定性的程度

在一定范围内增加,在对不同表情成人面孔的注意加工进程中,无论是处于早期自动加工阶段还是处于晚期策略加工阶段均会出现更少的注意资源投入(Léveillé et al., 2023; Kaminska et al., 2020)。那么,当面对不同表情的婴儿面孔出现中性婴儿面孔注意偏向凸显效应时,表情不确定性的改变对其注意加工进程所产生的影响是会与面对成人面孔时完全一致还是会有其独特性,这就成为了一个值得探究的问题。

鉴于婴儿面孔与成人面孔不同,它既属于高生物相关性刺激(Lucion et al., 2017)又是一种享乐刺激(程刚等, 2019; Franklin & Volk, 2018),它可能会让人类主动且持续地对其投入注意资源。据此可以推测,当表情不确定性发生改变时,与面对成人面孔相比可能会对前述注意加工凸显效应的具体进程产生反方向的影响。具体来说,随着表情不确定性程度的增加(图 3), (1)当处于早期自动加工阶段,人类对中性婴儿面孔的警惕性可能会快速上升,即表现出进一步增强的注意定向加速,从而使成人能在婴儿发出重要信号时快速且有效地减少错失率;(2)当处于晚期策略加工阶段的前半段,人类对中性婴儿面孔的持续关注可能会相应延长,即表现出进一步增强且更持久的主动注意解除困难,从而会对中性婴儿面孔的表情不确定性进行更加精细且谨慎的评估直到将其解决为止,以免错判婴儿当下所处的状态;(3)而处于晚期策略加工阶段的后半段,虽然中性婴儿面孔的表情不确定性已经解决,但人类可能依然会对中性婴儿面孔保持关注,即一直表现出主动注意解除困难直至注意偏向消失为止。

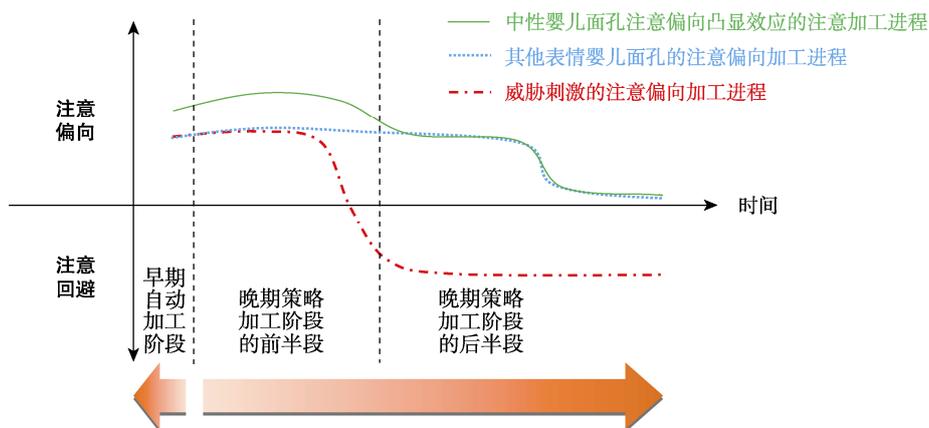


图 2 注意偏向加工进程的假设模型示意图

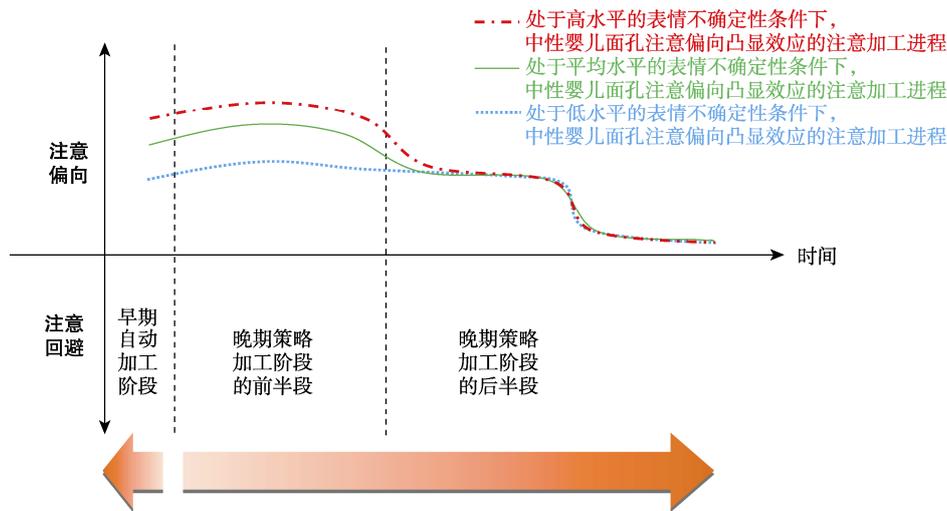


图3 表情不确定性影响中性婴儿注意偏向凸显效应注意加工进程的假设模型示意图

总体来看,本研究的创新之处在于以下几点:

首先,本研究围绕既有研究已发现的中性婴儿面孔注意偏向凸显效应(即成人在观看不同表情的婴儿面孔时,中性婴儿面孔诱发的注意偏向最强),拟将研究重点从成人对婴儿面孔的整体性注意偏向,转向对其注意加工进程的不同阶段和成分展开剖析与探索,这将有助于揭示成人对不确定的婴儿情绪面孔进行动态注意加工的具体过程及其机制,从而深化人们对“养育脑”的理解,进而推动社会情感神经科学的发展。与此同时,这对于提高公众对婴儿情绪识别和理解的能力,优化育儿行为,也具有重要的指导价值。尤其是为早期亲子关系形成存在困难的父母设计干预方案时提供了新的思路和实证依据,从而有助于提升这类父母的养育质量。

其次,本研究将基于面孔融合技术对表情不确定性的程度进行调控后,进一步探究表情不确定性的改变会如何影响中性婴儿面孔注意偏向凸显效应的注意加工进程,这将有助于揭示成人对不同程度的不确定的婴儿情绪面孔进行动态注意加工的具体过程及其机制,从而进一步理解成人对婴儿情绪面孔的反应机制以及这种反应机制的社会适应性含义。与此同时,通过深入探究成人对婴儿情绪面孔的注意处理过程,尤其是在面对表情不确定性的情况下,我们可以为公众提供科学的育儿建议,帮助他们更好地理解 and 应对婴儿的情绪反应,从而提高养育质量,促进婴儿的健

康成长。

最后,本研究的研究方法和发现也为探究其他类型情绪信号的不确定性程度是否会影响人类对该情绪信号的注意加工进程提供了新的研究思路。这不仅在理论上拓宽了我们对情绪信号处理的认识,也可能在实践上对应应对情绪复杂的社会情境如人际交往、冲突解决等提供有益启示和指导。

## 参考文献

- 程刚,贾云丞,丁芳媛,张大均,陈加,龙女.(2019).表情对婴儿面孔图式效应的调节及其机制. *心理科学进展*, 27(5), 761-772.
- 樊东徽,刘肖岑,张玉洁.(2014).娃娃脸效应:对婴儿面孔的偏好及过度泛化. *心理科学进展*, 22(5), 760-771.
- 贾云丞,丁芳媛,程刚,张文,林楠,张大均.(2019).婴儿与成人同面孔多表情图库的初步建立. *中国心理卫生杂志*, 33(12), 918-924.
- 雷怡,夏琦,莫志凤,李红.(2020).面孔可爱度和客观熟悉度对婴儿面孔注意偏向效应的影响. *心理学报*, 52(7), 811-822.
- 罗笠铢,罗禹,鞠恩霞,马文娟,李红.(2011).婴儿图式及其加工的性别差异. *心理科学进展*, 19(10), 1471-1479.
- 施永谋,罗跃嘉.(2016).大学生对婴儿面孔的注意偏向特点. *中国心理卫生杂志*, 30(5), 378-383.
- 孙丹,张辉.(2016).双侧梭状回面孔区在面孔加工中的功能分工与协作. *心理科学进展*, 24(4), 510-516.
- 杨伟平,杨项富,徐建萍.(2021).跨通道视听觉情绪信息对婴儿图式效应的影响. *心理与行为研究*, 19(4), 447-453.
- 张火垠,张明明,丁瑞,李帅霞,罗文波.(2019).“养育脑”网络及其影响因素. *心理科学进展*, 27(6), 1072-1084.
- 张禹,罗禹,赵守盈,陈维,李红.(2014).对威胁刺激的

- 注意偏向：注意定向加速还是注意解除困难？*心理科学进展*, 22(7), 1129–1138.
- Arndt, J. E., Newman, K. R., & Sears, C. R. (2014). An eye tracking study of the time course of attention to positive and negative images in dysphoric and non-dysphoric individuals. *Journal of Experimental Psychopathology*, 5(4), 399–413.
- Brosch, T., Sander, D., Pourtois, G., & Scherer, K. R. (2008). Beyond fear: Rapid spatial orienting toward positive emotional stimuli. *Psychological Science*, 19(4), 362–370.
- Brosch, T., Sander, D., & Scherer, K. R. (2007). That baby caught my eye... attention capture by infant faces. *Emotion*, 7(3), 685–689.
- Cárdenas, R. A., Harris, L. J., & Becker, M. W. (2013). Sex differences in visual attention toward infant faces. *Evolution and Human Behavior*, 34(4), 280–287.
- Charles, N. E., Alexander, G. M., & Saenz, J. (2013). Motivational value and salience of images of infants. *Evolution and Human Behavior*, 34(5), 373–381.
- Colasante, T., Mossad, S., Dudek, J., & Haley, D. (2017). The special status of sad infant faces: Age and valence differences in adults' cortical face processing. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(4), 586–595.
- Ding, F. Y., Cheng, G., Jia, Y. C., Zhang, W., Lin, N., Zhang, D. J., & Mo, W. J. (2020). The role of sex and femininity in preferences for unfamiliar infants among Chinese adults. *PloS One*, 15(11), e0242203.
- Franklin, P., & Volk, A. A. (2018). A review of infants' and children's facial cues' influence on adults' perceptions and behaviors. *Evolutionary Behavioral Sciences*, 12(4), 296–321.
- Gupta, R. S., Kujawa, A., & Vago, D. R. (2019). The neural chronometry of threat-related attentional bias: Event-related potential (ERP) evidence for early and late stages of selective attentional processing. *International Journal of Psychophysiology*, 146, 20–42.
- Jia, Y. C., Cheng, G., Zhang, D. J., Ta, N., Xia, M., & Ding, F. Y. (2017). Attachment avoidance is significantly related to attentional preference for infant faces: Evidence from eye movement data. *Frontiers in Psychology*, 8, 85.
- Jia, Y. C., Ding, F. Y., Cheng, G., Chen, J., Zhang, W., Lin, N., & Zhang, D. J. (2021). Adults' responses to infant faces: Neutral infant facial expressions elicit the strongest baby schema effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74(5), 853–871.
- Jia, Y. C., Ding, F. Y., Cheng, G., Liu, Y., Yu, W., Zou, Y., & Zhang, D. J. (2022). Infants' neutral facial expressions elicit the strongest initial attentional bias in adults: Behavioral and electrophysiological evidence. *Psychophysiology*, 59(1), e13944.
- Kaminska, O. K., Magnuski, M., Olszanowski, M., Gola, M., Brzezicka, A., & Winkielman, P. (2020). Ambiguous at the second sight: Mixed facial expressions trigger late electrophysiological responses linked to lower social impressions. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 20(2), 441–454.
- Kuzava, S., Frost, A., Perrone, L., Kang, E., Lindhiem, O., & Bernard, K. (2020). Adult processing of child emotional expressions: A meta-analysis of ERP studies. *Developmental Psychology*, 56(6), 1170–1190.
- Léveillé, E., Desjardins, M., Dumel, G., Blais, C., Saint-Amour, D., Scherzer, P., & De Beaumont, L. (2023). Effects of emotion and emotional ambiguity on early visual event-related potentials. *Emotion*, 23(3), 787–804.
- Li, B. B., Cheng, G., Zhang, D. J., Wei, D. T., Qiao, L., Wang, X. P., & Che, X. W. (2016). Regional brain responses are biased toward infant facial expressions compared to adult facial expressions in nulliparous women. *PloS One*, 11(12), e0166860.
- Li, B. B., Li, X., Xu, M. S., Diao, L. T., & Zhang, D. J. (2019). Electro-cortical evidence for the time course processes of attentional bias toward infant faces. *Neuroscience Letters*, 696, 74–78.
- Li, Y. L., Cheng, G., Wu, X. H., Dai, H. Y., & Jia, Y. C. (2022). The effect of emotional uncertainty on attentional bias toward neutral infant faces in adults. *Developmental Psychobiology*, 64(8), e22335.
- Long, N., Yu, W., Wang, Y., Gong, X., Zhang, W., & Chen, J. (2021). Do infant faces maintain the attention of adults with high avoidant attachment? *Frontiers in Psychology*, 12, 1257.
- Lucion, M. K., Oliveira, V., Bizarro, L., Bischoff, A. R., Silveira, P. P., & Kauer-Sant'Anna, M. (2017). Attentional bias toward infant faces—Review of the adaptive and clinical relevance. *International Journal of Psychophysiology*, 114, 1–8.
- Pearson, R., Cooper, R., Penton-Voak, I., Lightman, S., & Evans, J. (2010). Depressive symptoms in early pregnancy disrupt attentional processing of infant emotion. *Psychological Medicine*, 40(4), 621–631.
- Peltola, M. J., Strathearn, L., & Puura, K. (2018). Oxytocin promotes face-sensitive neural responses to infant and adult faces in mothers. *Psychoneuroendocrinology*, 91, 261–270.
- Peltola, M. J., Yrttiaho, S., Puura, K., Proverbio, A. M., Mononen, N., Lehtimäki, T., & Leppänen, J. M. (2014). Motherhood and oxytocin receptor genetic variation are associated with selective changes in electrocortical responses to infant facial expressions. *Emotion*, 14(3), 469–477.
- Stark, E. A., Stein, A., Young, K. S., Parsons, C. E., & Kringelbach, M. L. (2019). Neurobiology of human parenting. In M. H. Bornstein (Ed.), *Handbook of parenting: Biology and ecology of parenting* (3rd ed., pp. 250–284). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Strathearn, L., & Kim, S. (2013). Mothers' amygdala response to positive or negative infant affect is modulated by personal relevance. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 176.

Sullivan, M. W. (2014). Infant expressions in an approach/withdrawal framework. *Journal of Genetic Psychology*, 175(6), 472–493.

Valadez, E. A., Pine, D. S., Fox, N. A., & Bar-Haim, Y. (2022). Attentional biases in human anxiety. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 142, 104917.

## The relationship between attentional bias toward neutral infant faces and uncertainty in facial expressions

JIA Yuncheng<sup>1,2</sup>, CHENG Gang<sup>2,3</sup>, DING Fangyuan<sup>1,2</sup>, CHEN jia<sup>2,3</sup>,  
LONG Nv<sup>2,3</sup>, CHEN Yurong<sup>4</sup>, LIN Nan<sup>2,3</sup>

(<sup>1</sup> School of National Culture and Cognitive Science, Guizhou Minzu University, Guiyang, 550025, China)

(<sup>2</sup> Center for Rural Children and Adolescents Mental Health Education, Guizhou Normal University, Guiyang, 550025, China)

(<sup>3</sup> School of Psychology, Guizhou Normal University, Guiyang, 550025, China)

(<sup>4</sup> Student Affairs Department, Guizhou Minzu University, Guiyang, 550025, China)

**Abstract:** Previous studies have found a salient effect of the attentional bias toward neutral infant faces, that is, the attentional bias toward neutral infant faces in adults was the strongest when adults viewed infant faces with different expressions. Meanwhile, this salient effect was influenced by the uncertainty in expressions. However, it has not yet carried out an in-depth analysis of the attention processing course of this salient effect and the influencing mechanism of the uncertainty in expressions. Therefore, this research designed two studies with a total of eight experiments to address the above issues. Specifically, based on the different stages and components of attention processing, first study intends to adopt an analysis of the split time courses to first investigate the characteristics of attention processing course in the salient effect of the attentional bias toward neutral infant faces. Then, second study intends to adopt face morphing technique to regulate the degree of uncertainty in expressions, in order to further explore the effect of uncertainty in expressions on the attention processing course in the salient effect of the attentional bias toward neutral infant faces and its neural mechanism. This research will help to reveal how the uncertainty in expressions influences adults' attention processing course of emotional infant faces and the mechanism behind it, and it also provides valuable insights into whether the degree of uncertainty in different types of emotional signals influences the attention processing course.

**Keywords:** attention, social emotion, infant face, attentional bias, uncertainty in expression