心理科学进展 2027, Vol. 35, No. 1, 186–203 https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2027.0186
Advances in Psychological Science https://cstr.cn/32111.14.2027.0186

认知努力投入的主客观驱动作用及个体差异调节*

杨 倩 谈嘉欣 陈伦梓萱

(四川师范大学脑与心理科学研究院, 成都 610066)

摘 要 认知努力投入是个体在有限心理资源约束下, 基于成本–收益权衡进行认知资源分配的核心决策过程。传统研究多从客观任务难度出发解释努力的产生与变化, 但近年来越来越多的证据表明, 个体的主观感受在努力投入中具有独立于客观因素的驱动作用。本文围绕认知努力投入中的客观任务需求、主观感受及个体差异调节三个相互关联的问题, 系统梳理认知努力领域的理论演进与实证进展。首先, 区分主观成本起源理论与努力投入决策理论; 其次, 剖析客观难度驱动努力投入的边界条件及其在测量层面的局限; 继而, 从难度感知、努力感知和情绪体验三个维度深入解析主观因素的独立贡献、内在关联及其跨试次影响; 在此基础上, 提出有待实证检验的双路径框架, 探讨认知需求与成长型/固定型思维模式如何通过不同路径调节主客观因素对努力投入的动态影响。最后, 针对当前研究中指标混淆、机制不明等局限, 提出系统分离主客观效应、构建多模态评估框架及拓展应用情境等未来研究方向。

关键词 认知努力, 主观感受, 客观难度, 认知需求, 成长型/固定型思维

分类号 B848

1 引言

人类的认知活动始终面临一个基本的资源配置问题：在有限的心理资源约束下, 个体如何决定在何时、何处以及投入多少认知努力？长期以来, 最小努力法则(Law of Least Effort)被视为刻画人类行为的基本原则之一。该原则主张, 个体天然倾向于选择认知负荷最低的行动路径, 以最小化心理资源的消耗(Kool et al., 2010; Zipf, 1949)。大量实证研究证实了这一倾向, 在自由选择范式中, 被试系统性地回避高需求任务, 即便两种选项的外部回报完全等价(Kool & Botvinick, 2014, 2018)。然而, 这一原则无法解释日常生活中普遍存在的另一类现象。个体有时会主动追求高难度的智力挑战, 如解答复杂数学题、钻研深奥的哲学论证或沉浸于策略型游戏等, 并在消耗大量认知资源的过程中体验到强烈的满足感而非痛苦。由此看来, 努力既可被视为昂贵的成本、又同时被赋予内在价值, 这一矛盾的现象被学者界定为“努力悖论” (effort paradox; Inzlicht et al., 2018)。这一悖论揭示, 认知努力的投入并非简单的趋利避害过程, 而是涉及更为复杂的动态决策机制。

那么, 认知努力投入究竟由什么决定？传统研究倾向于从客观任务特征出发回答这一问题。在此视角下, 任务的客观难度被视为驱动努力投入的首要因素(Brehm & Self, 1989; Shenhav et al., 2017); 在认知控制领域, 通常被操作化为认知冲突水平、工作记忆负荷或任务切换成本。例如, 在经典的 Stroop 范式中, 不一致条件下的反应时延长与正确率降低被广泛视为个体投入额外认知努力以克服冲突的行为指标(Stroop, 1935; Frömer et al., 2021)。然而, 越来越多的证据表明, 客观指标存在一定局限。一方面, 反应时的延长既可能反映个体为克服困难而主动投入的高努力, 也可能反映低认知能力导致的被动加工迟缓, 这种混淆使得客观行为指标难以精确分离努力投入意愿与个体能力(Inzlicht et al., 2018; Steele, 2020); 另一方面, 现有认知努力客观测量范式在理论基础、操纵方式和测量指标上存在明显异质性。杨

收稿日期：2026-04-14

* 教育部人文社科(24YJC190038)资助; 四川省科技教育联合基金面上项目(2026NSFSC2073)资助。

通信作者：杨倩, E-mail: qianyang_psy@163.com

艺琳等人(2025)指出, 实验法仍面临努力与难度混淆、个体认知能力差异、任务时间和理论模型差异等问题, 不同测量工具的效度仍有待进一步验证。这表明, 仅依赖客观任务指标解析认知努力投入过程, 可能混入任务难度、能力差异和测量范式差异的影响。

与客观取向的局限相对照, 近年来的一些研究开始揭示产生于努力投入过程的主观感受在后续努力投入中的独立作用。已有研究发现, 相较于客观任务参数, 个体的主观感受, 如对任务难度的元认知评估、对自身资源消耗的实时监控以及伴随努力过程产生的情绪反应, 显著影响后续任务中的努力投入水平(Hughes et al., 2025; Corlazzoli et al., 2023)。然而, 主观感受本身并非在个体间均质分布, 即便面对完全相同的客观任务条件和相似的整体表现水平, 不同个体在主观体验及努力分配策略上仍可能表现出显著差异(Cacioppo et al., 1996; Matthews, 2007)。这提示我们, 个体的认知动机特质(如认知需求)和信念系统(如内隐智力理论)可能在客观任务需求→主观感受→努力投入的路径中扮演重要的调节作用。

基于上述背景, 本文围绕认知努力投入中的客观任务需求、主观感受及个体差异调节三个相互关联的问题(框架如图 1), 对近年来认知努力领域的理论进展与实证发现进行梳理和分析, 以深入解析影响个体努力投入的因素。具体而言, 本文首先界定认知努力的核心概念并梳理主要理论模型的演进(第 2 节); 随后分别考察客观任务难度对努力投入的驱动作用及其局限性(第 3 节), 以及主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验三类主观因素的独立贡献与相互关系(第 4 节); 在此基础上, 进一步分析认知需求和成长型/固定型思维模式(内隐智力理论)等个体差异变量如何调节努力投入过程(第 5 节); 最后, 总结当前研究的主要进展, 指出现存不足并提出未来的研究方向(第 6 节)。

2　认知努力的概念界定与理论基础

2.1　认知努力的概念辨析

尽管认知努力在心理学与认知神经科学中被广泛研究, 但对于这一概念的界定却未达成共识。当前文献中至少存在三种具有代表性的概念取向。第一种取向将认知努力视为一种客观的资源消耗过程, 个体为完成认知任务而调动的有限加工资源的数量(Westbrook & Braver, 2015)。在此视角下, 努力可以通过生理指标(如瞳孔直径、心血管反应)或神经活动(如前额叶皮层激活水平)来客观量化。第二种取向则强调认知努力的现象学

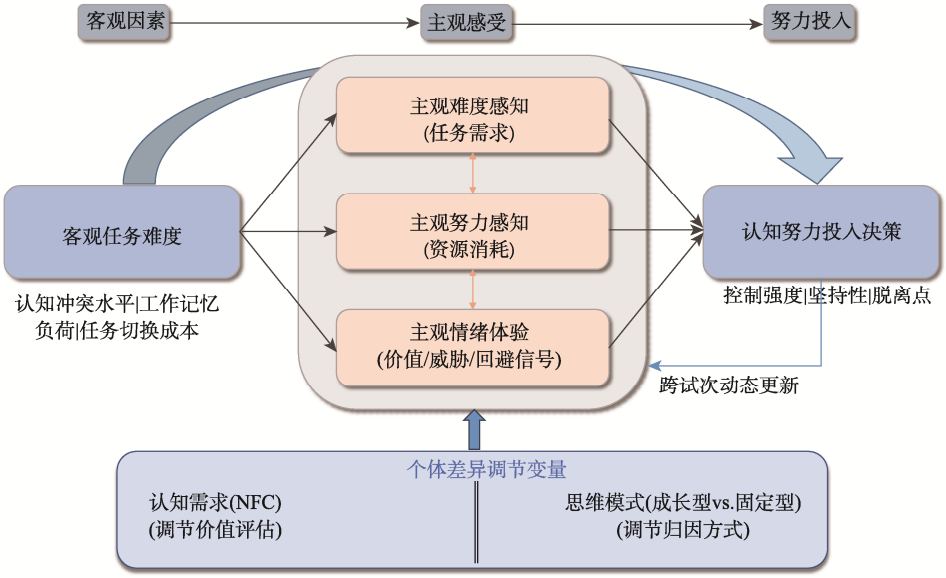


图 1　认知努力投入的主客观影响因素及其个体差异调节的理论整合框架

注：黑色实线箭头表示客观任务难度、主观感受与努力投入之间的主要影响路径; 蓝色箭头表示认知需求和思维模式两条平行路径的调节作用, 同时表示努力经验对后续主观感受和努力分配的跨试次更新。彩图见电子版

维度，将其界定为个体在执行认知任务时对自身资源消耗的主观体验(Shepherd, 2023; Székely & Michael, 2021)。在此视角下，努力本质上可被视为一种感受，即个体对“这项任务有多费劲”的内省判断，而非可被外部直接测量的客观变量。近期有研究从哲学与计量学的双重维度对这种现象学取向进行了深化分析，指出心理努力强度的主观度量与心血管指标之间存在系统性对应关系，但二者并非简单的线性映射(Gendolla, 2025b)。第三种取向将认知努力视为一个基于成本−收益计算的决策过程(Shenhav et al., 2013, 2017)，这也是近年来日益占据主导地位的视角。在此框架下，努力既不单纯是资源消耗的客观事实，也不仅仅是主观的现象学体验，而是个体在权衡预期收益与预期成本后做出的动态分配决策。基于此，已有研究提出认知努力为何被体验为成本这一问题，指出努力的主观成本可能并非固有的生物学约束，而是服务于资源优化配置的功能性信号(Otto et al., 2025)。上述三种取向之间并非相互排斥，但它们在测量策略和理论预测上的差异构成了当前该领域研究中诸多争论的根源。

认知努力还需与若干相近概念加以区分，从而避免实证研究中常见的概念混用问题。认知负荷侧重于描述任务本身对信息加工系统施加的客观需求(Miller & Cohen, 2001)，是努力投入的触发条件之一，但并不等同于努力本身，因为同一水平的认知负荷可能引发不同程度的努力投入。认知控制是指个体灵活调动心理资源以实现内在目标的心理过程(Miller & Cohen, 2001)，认知努力是实施认知控制所必须付出的代价。心理疲劳则是持续认知努力投入的后果状态，表现为后续任务中控制资源的可用性降低和主观疲惫感增强(Müller & Apps, 2019)。

此外，认知努力的测量方法呈现出明显的异质性。杨艺琳 等(2025)将现有方法概括为自陈量表与实验法，并指出实验范式可进一步按工作记忆、反应冲突、注意和数字运算等核心功能加以区分。在此基础上，瞳孔直径、心血管反应、事件相关电位(event-related potential, ERP)等生理或神经指标也常被用于辅助刻画任务中的努力投入水平。然而，测量方法的多样化并不意味着它们必然指向同一潜在构念。方法学研究进一步揭示，需求选择任务、认知努力折扣范式和理性推理任务三类常用行为指标之间相关较低，且部分指标同时受到认知需求的影响(Mækelæ et al., 2023)。这表明，不同任务范式可能分别捕捉了努力回避、努力折扣、推理能力或认知动机等不同成分，而非一个统一的客观认知努力指标。由此，仅依赖单一客观范式解释认知努力投入存在局限，这也从方法学角度支持了将行为表现、生理/神经指标与主观报告结合起来的多模态评估思路。

本文虽聚焦认知努力，但体力努力是理解努力价值不可忽视的参照形式。二者都可被纳入成本−收益权衡框架，个体通常会折扣需要付出努力才能获得的奖励，且这种折扣既可发生在认知任务中，也可发生在握力、运动等体力任务中(Białaszek et al., 2017)。不过，认知努力与体力努力并不完全等同。体力努力通常可以用最大自主收缩百分比、能量消耗或运动负荷等指标较直接地校准；认知努力则更多依赖任务负荷、反应时、错误率、瞳孔或主观报告等间接指标。更重要的是，不同努力类型的主观价值函数和个体差异模式可能并不一致。例如，Chong 等人(2018)发现，精英运动员相较非运动员表现出更高体力努力动机，但其认知努力折扣模式也呈现不同形态；Ackerman 等人(2020)对多类心理与体力任务的主观效用评估亦显示，个体对不同任务类型的厌恶/吸引并非单一维度。因此，本文关于主观感受、价值评估和个体差异的观点可部分推广至体力努力，但应将体力努力视为相似而非同质的努力形式，并在具体研究中分别检验。

2.2 核心理论模型

2.2.1 努力的本质：主观成本的起源理论

在讨论认知努力投入之前，一个更基础的问题是，为什么认知努力会被个体体验为“有成本”的心理活动？尽管认知努力的厌恶性已得到大量行为和神经经济学研究的支持，但其主观成本究竟源自何处仍未形成统一解释(Westbrook & Braver, 2015; Shenhav et al., 2017; Kool & Botvinick, 2018)。不同于早期资源耗竭模型将努力感归因于某种有限心理资源的消耗，近年来的观点倾向于将主观努力成本理解为大脑对受控信息加工代价的动态评估。其中，机会成本理论是最具代表性的心理学解释。Kurzban 等人(2013)认为，与执行功能相关的特定计算机制在同一时刻难以同时服务于多个高需求任务，因此，当个体将这些资源

分配给当前任务时, 就意味着放弃了将其用于其他潜在高价值活动的机会。据此, 努力的现象学体验可被理解为大脑对当前任务占用执行系统、并排除其他用途所产生机会成本的感知性输出; 这一体验反过来促使个体重新评估是否继续维持当前努力投入, 或对控制资源进行减少、转移与重新分配。此外, 机会成本理论与下文的期望价值控制理论(Expected Value of Control, EVC)并非替代关系, 而是位于不同解释层次: 前者主要回答为什么努力会被体验为成本, 后者则进一步回答个体如何在成本−收益之间做出关于投入多少努力的决策。

Otto 等人(2025)进一步指出, 关于认知努力主观成本的来源, 当前至少存在三类解释。信息论视角强调受控加工中信息选择、编码、维持与精度调节所需的计算代价(Zénon et al., 2019); 心理学视角以机会成本理论为代表(Kurzban et al., 2013), 强调当前任务对有限认知资源的占用会带来替代收益损失; 生物或神经动力学视角则关注神经系统从低需求状态转向目标导向状态时所需的调节代价(例如神经网络状态转换、控制能量和生理唤醒调节等; Otto et al., 2025)。三类理论虽各自具有独特的预测能力, 但能否被映射到同一形式化变量中, 仍是认知努力研究尚未解决的关键问题。

2.2.2　努力投入机制: 动机强度理论

动机强度理论(Motivational Intensity Theory)是最早系统描述努力投入规律的理论框架。Brehm 和 Self (1989)提出, 努力投入随任务需求的增加而呈比例增加, 但这种增加是以目标的可行性为前提。具体而言, 当个体判断任务需求在其能力范围内且目标值得追求时, 努力会随难度的提升而线性增加; 一旦任务需求超过个体的能力阈值或预期收益不足以证明努力的合理性时, 个体便会放弃努力, 表现为努力投入的骤降, 即所谓的脱离点(disengagement point)。该理论强调努力投入并不随任务需求的增加而无限提升, 而是受制于个体对可行性与价值的综合判断。

Gendolla (2025a)进一步拓展了动机强度理论, 揭示了情绪状态对努力强度的调节作用。其研究发现, 情绪通过改变个体对任务难度的评估来影响努力投入: 负性情绪使个体倾向于高估任务难度, 从而在中等难度任务中投入过多资源, 但在明确的高难度任务中更早脱离; 正性情绪则产生相反的效应。这一发现将动机强度理论从纯粹的客观需求驱动框架拓展为包含主观评估成分的混合模型, 为后续理论的整合奠定了基础。

2.2.3　努力投入机制: 期望价值控制模型

期望价值控制理论(EVC)是当前解释认知努力决策最具影响力的神经计算模型。该模型提出, 需要努力投入的认知控制本质上是一种受动机驱动的、基于价值计算的决策行为(Shenhav et al., 2013)。具体而言, 大脑持续在预期收益(完成任务所获得的外部奖赏或内在满足)与努力成本(实施控制所需付出的计算性代价)之间进行权衡, 选择使期望价值(EVC = 预期收益 − 预期成本)最大化的控制强度。在 EVC 模型中, 背侧前扣带皮层(dorsal Anterior Cingulate Cortex, dACC)为执行这一价值计算的神经枢纽。dACC 持续监测环境信息(陈安涛, 2019), 整合两类关键输入, 一是预期收益信号, 二是与控制强度呈非线性正相关的努力成本信号(Kolling et al., 2016; Shenhav et al., 2013)。这一过程同时受到个体状态的调节, 而状态在计算层是一个整合了外部环境特征与个体内部生理/心理指标的集合。后续的实证研究(Frömer et al., 2021)进一步深化并拓展了这一机制, 通过探究个体状态中的控制效能成分, 证实了个体对控制在当前状态下能否有效获益(即提升成功概率)的自适应预期, 是驱动主动性认知控制分配的关键因素。

需要说明的是, EVC 框架中的主观成本(subjective cost)是用于计算控制净期望价值的计算变量, 而不应直接等同于个体现象学层面的主观努力体验(felt effort)。前者指系统在评估不同控制强度时所纳入的预期代价, 可通过行为选择、努力折扣或绩效调节等方式整合评估; 后者则是个体在执行任务时可被内省觉知的现象学体验, 可通过即时自我报告测量(Shepherd, 2023; Székely & Michael, 2021)。二者是否对应同一潜在构念, 目前文献中仍存在争议(Otto et al., 2025)。一种观点认为主观努力体验即是主观成本的现象学呈现; 另一种观点则指出, 主观努力整合了多重信号(机会成本、累积疲劳、价值预期等), 并非主观成本的简单镜像。从状态整合的视角来看, 主观努力体验、主观难度感知以及情绪体验, 本质上都是个体的内部状态在元认知监控层面的现

象学呈现。大脑通过实时监测这些主观状态，来动态修正和更新对于结果的评估，从而导致主观努力体验与模型中的计算成本产生系统性的非线性偏离(如在高效能状态下呈现高努力、高愉悦的心流体验)。本文将主观成本(计算变量)与主观现象学体验视为两个不同维度的构念，并将二者之间的映射关系视为有待解答的开放问题，而非前提。

2.2.4 理论整合的新趋势：层次区分与未解问题

近年来，认知努力理论的发展呈现出从单一理论解释走向跨层次整合的趋势。Silvestrini 等人(2023)提出了一个桥接动机强度理论与神经计算模型的整合框架。该框架指出，动机强度理论中的比例性原则和脱离点机制可以被重新表述为 EVC 模型中的特殊情况。当预期收益固定时，努力随需求成比例增加对应于 EVC 的最优化解；而当需求超过能力上限时，继续投入控制不再具有正的期望价值，脱离便成为适应性选择。由此，努力投入并非随客观难度线性上升，而更可能表现为随主观难度和可行性评估变化的非线性函数。

这一整合将过去分属动机心理学、神经经济学和计算神经科学的模型纳入努力分配这一共同问题之下，并为理解主观难度、效能预期、奖励价值和情绪状态如何调节努力投入提供了支点。然而，该整合主要解决的是个体如何决定是否投入努力以及投入多少努力的机制问题，而非努力为什么会被体验为成本的起源问题。此外，现有整合模型还面临另一个挑战：多数 EVC 式模型倾向于将控制投入简化为强度维度，即投入多少控制；但实际的认知控制实施往往还涉及投入哪一种控制的问题。例如，个体可以选择增强目标相关信息、抑制干扰、提高反应阈限、更新工作记忆表征或改变任务策略。Ritz 等人(2022)因此提出，认知控制更应被理解为一个多维优化问题，努力成本不仅决定控制强度，也可能决定控制配置的选择。未来理论整合需要同时回答三个层次的问题：第一，主观成本从何而来；第二，成本与收益如何决定控制投入强度；第三，个体如何在多种可能的控制策略之间进行选择。

由此可见，认知努力理论的演进已从早期以客观任务需求为核心驱动力的需求决定论，逐步转向强调客观任务需求—主观成本体验—价值权衡—控制配置之间的动态耦合。然而，主观难度、主观努力和主观情绪体验在这一过程中是否具有独立贡献，以及它们如何与客观任务难度、能力判断和个体差异共同决定努力投入，仍缺乏系统的实证量化。后文将进一步围绕“客观任务难度的作用及局限→主观感受的作用→个体差异对主客观通路的调节”展开实证证据梳理。

3 客观任务难度对认知努力的驱动与局限

若认知努力投入并非单纯的资源消耗，而是一个综合权衡成本、收益、可行性与内部状态的动态决策过程，那么，首先有必要厘清传统研究中最常用的外部输入变量——客观任务难度——在这一过程中的作用。

3.1 客观难度驱动努力投入的经典证据

在认知心理学实验中，客观任务难度是操纵和测量认知努力最基本的手段，并将由此引发的行为与生理变化视为努力投入的指标。以经典的 Stroop 冲突范式为例(Stroop, 1935)，在不一致试次中，色词的语义(如“红”)与其物理颜色(如蓝色)产生冲突，个体需抑制阅读字义的自动化优势反应以正确报告字色，任务难度显著高于一致试次(字义与字色一致)。相较于一致条件，不一致条件下的反应时显著延长、正确率显著降低，表明该条件下的努力投入水平更高。这一稳健的干扰效应(即 Stroop 效应)已在从儿童到老年的各年龄群体中得到验证(Ménétré & Laganaro, 2023; West & Alain, 2000)。此外，通过在组块水平操纵冲突比例(25% vs. 75%)改变客观任务难度，继而影响努力投入水平。Xing 等人(2025)揭示，在预期高冲突试次中，个体启动需要更多努力投入的主动性控制，且认知控制信号在刺激呈现前即已增强；在预期低冲突试次中，个体采用更为自动化(即努力投入更少)的反应性控制(Braver et al., 2021; Braver, 2012)。由此说明，客观任务难度不仅在试次内驱动努力投入，还可以通过预期机制在试次间传递。

来自生理和神经层面的证据为客观难度驱动努力投入的观点提供了进一步的实证支持。在瞳孔测量层面，瞳孔直径随任务难度的增加而扩大(Van Der Wel & Van Steenbergen, 2018)，反映了蓝斑–去甲肾上腺素系统在努力投入中的激活(Nieuwenhuis et al., 2005)。在心血管反应层面，Bouzidi 等人(2022)发现，当任务难度在中等范围

内变化时, 收缩压和心率等心血管指标会随难度的增加而相应增强, 符合动机强度理论的比例性原则预测。在脑电(ERP)层面, P300 成分的振幅被视为个体对目标刺激分配注意资源的指标(Kok, 2001; Polich, 2007), 其振幅的变化模式为理解不同难度条件下的资源分配策略提供了重要信息。此外, P300 振幅随认知负荷的增加呈现出系统性变化在工作负荷评估研究中也得以证实(Allison & Polich, 2008)。

然而, 努力投入并非可以随任务难度的提升无限增加。根据动机强度理论的核心预测(Brehm & Self, 1989), 当客观任务需求超过个体能力的上限时, 继续提高努力投入水平仍无法提升任务表现, 此时个体会选择放弃, 出现努力的脱离现象。这一天花板效应已在多项实证研究中得到验证。Shenhav 等人(2017)从神经经济学的视角对此进行了重新解释, 在 EVC 框架下, 努力脱离对应于期望价值降至零以下的临界点, 此时继续投入努力的成本将超过任何可能的收益。Lieder 和 Griffiths (2019)进一步从资源理性的角度指出, 这种脱离行为并非认知系统的失败, 而是在有限认知资源约束下的最优策略。这一机制揭示了客观难度对努力投入的驱动存在内在的边界条件, 难度与努力之间并非简单的线性正相关, 而是呈现出先增后降的倒 U 型关系。

3.2　客观指标衡量努力投入的局限

尽管客观任务难度在驱动认知努力方面的作用已在不同认知任务中得到充分证实, 但越来越多的研究者意识到, 纯粹依赖客观指标来推断努力投入水平存在若干问题。

首先是混淆问题。反应时和正确率是推断努力投入最常用的行为指标, 但它们面临一个解释歧义问题, 反应时的延长既可能反映个体为克服困难而主动投入的高认知努力, 也可能仅仅反映低认知能力导致的被动加工迟缓(Inzlicht et al., 2018)。在前一种情况下, 长反应时对应于高努力; 在后一种情况下, 长反应时恰恰对应于低努力(反映低效加工)。这一分歧使得研究者难以仅凭行为表现就确定个体努力水平的高低。类似地, 高正确率既可能源于高努力投入, 也可能源于任务本身对特定个体而言难度较低, 即能力充分而无需额外努力(Steele, 2020)。

其次, 行为表现并不等同于努力投入。这一区分虽在理论层面已获广泛认可, 但在实证操作中却常被忽视。Shenhav 等人(2017)明确指出, 任务表现受制于个体能力的上限, 而努力反映的是动机强度, 两者虽然相关, 但在本质上属于不同的概念。例如, 两名被试在同一任务中可能表现出完全相同的正确率, 但其中一人可能在能力余量充足的情况下仅投入了最低限度的努力; 而另一人则在能力极限附近投入了大量努力才勉强达到同等水平。因此, 仅凭客观行为数据无法区分这两种截然不同的努力状态。Questienne 等人(2021)在其综述中也强调了这一问题, 并提出应将主观体验变量纳入认知冲突研究的标准测量方案。换言之, 行为指标(反应时、正确率)与努力投入之间尚未建立唯一的对应关系, 依据行为模式推测努力投入水平仍需根据具体任务情境具体讨论。

第三, 不同客观测量范式之间的收敛效度低。认知努力的客观测量涉及多种范式, 包括 N-back 工作记忆任务、冲突任务、认知努力折扣范式、双任务范式等, 理论上它们都应该在捕捉认知努力这一潜在构念。然而, 近期方法学研究及综述指出, 不同实验范式在理论基础、操纵方式和测量指标上存在明显差异(杨艺琳等, 2025)。例如, Mækelæ 等人(2023)比较需求选择任务、认知努力折扣范式和理性推理任务, 发现三类常用行为指标之间均未显著相关。这表明, 不同客观指标可能测量的是努力回避、努力折扣、推理能力或认知动机等不同成分, 而非统一的努力构念。这一发现不仅提示任何单一客观范式都不宜被视为努力投入的金标准, 也从方法论层面支持将主观感受纳入多模态评估框架。

3.3　从绝对难度到相对需求：能力差异的个体化校准

针对能力差异带来的混淆, 近年来认知努力相关研究出现了一个重要方法学转向, 即将客观难度从固定的外部任务参数转化为相对于个体能力的相对任务需求。换言之, 研究者不再默认所有被试面对同一 N-back 等级、同一反应时限或同一刺激辨别阈限时具有相同主观负荷, 而是通过极限测量、接替程序、训练阶段表现或目标正确率, 将任务参数校准到个体可比的成功概率、相对难度或主观负荷水平。这一优化能够减少工作记忆容量、加工速度或一般认知能力差异对努力

意愿测量的干扰, 使研究者更有把握地解释努力敏感性、主观成本和价值评估的个体差异。

Westbrook 等人(2013)和 Frömer 等人(2021)提供了重要的方法学启示。前者并未直接按工作记忆容量调整 N-back 等级, 而是通过认知努力折扣范式估计不同负荷的个体化主观价值和无差异点, 从而揭示同一客观负荷可对应不同主观成本; 后者也不是能力标定范式, 但通过自适应配对程序分离预期奖赏、努力效能感和 Stroop 反应一致性所代表的任务难度, 表明控制投入并非由难度单独决定, 而是受到奖励和效能感的调节。这类研究共同说明, 固定客观难度不足以单独揭示努力投入, 研究设计需要进一步区分任务难度、成功概率、效能感和主观成本。更直接的个体化校准研究则在任务参数层面对能力差异进行控制。相关研究通过采用心理物理阶梯程序、基线能力分层、训练阶段正确率校准或个体化反应时限等方法, 将高、低努力条件设定在相对个体能力可比的范围内(Aben et al., 2020; McFerren et al., 2021; Ang et al., 2023; Fleming et al., 2023; Master et al., 2024)。这些做法的共同目标并不是排除客观难度, 而是使客观难度具有个体参照意义, 即同一高努力条件对不同被试可能对应不同绝对参数, 但应尽可能对应相近的成功概率、相对挑战水平或主观负荷。需要注意的是, 成功概率校准并不必然等同于主观努力等值, 因此较理想的设计还应同步采集主观难度、主观努力和情绪体验, 以检验个体化参数是否真正实现了主观层面的可比性。

总而言之, 客观任务难度仍是认知努力投入不可或缺的触发条件, 但其解释力依赖于能否区分任务参数、个体能力、成功概率与主观体验。相同客观条件下的巨大个体差异、行为表现与努力投入之间的不完全对应, 以及不同客观指标之间的低收敛性, 共同提示认知努力并非对外部任务需求的简单反应, 其中还嵌入了个体层面的主观加工成分。因此, 有必要进一步从主观感受的视角重新理解认知努力投入过程。

4 主观感受对认知努力投入的贡献

近年来, 越来越多的实证证据指出, 伴随努力投入产生的主观感受会对后续努力分配发挥关键作用(Corlazzoli et al., 2023)。换言之, 个体感受到什么可能比实际发生了什么对努力投入的影响更大。本节从主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验三个维度, 逐一论述主观因素在认知努力投入中的独立贡献, 并进一步分析三种主观维度之间的内部关系及其时间动态特征。

4.1 主观难度感知：对任务需求的元认知评估

主观难度感知是个体对任务需求及自身应对能力的元认知评估(Double & Birney, 2019)。不同于由研究者通过操纵任务参数来设定的客观难度, 主观难度感知是个体基于自身经验、能力信念和情境线索做出的主观判断。在测量上, 主观难度通常通过单试次水平或任务后的自我报告量表来评估。Steele (2020)的理论分析指出, 个体在任务中的实际行为更多受其感知到的(主观)需求而非实际的(客观)需求所驱动, 提示主观难度感知对认知努力投入的影响可能超过客观任务参数本身。Hughes 等人(2025)在一项针对老年群体的研究中提供了直接的实证支持, 在控制了客观任务参数之后, 主观难度感知仍然显著预测了认知努力的分配策略, 而客观参数的独立预测效应则大幅减弱。这一发现表明, 主观难度感知并非客观难度的简单镜像, 而是包含了独立于客观指标的预测信息。

主观难度感知与客观难度之间的分离现象已在多个研究中得到证实, 其来源至少包括以下三个方面。第一, 先验经验的扭曲效应。根据习得性勤奋理论(Eisenberger, 1992), 反复成功的经验会降低个体对相同客观难度任务的主观难度评估, 而反复失败则会放大这一评估。Lemaire (2021)的研究证实了这一点, 在先前任务中经历失败的被试, 在后续同等难度的算术任务中报告了更高的主观难度, 并伴随任务表现的下降。第二, 年龄相关的选择性参与。Hughes 等人(2025)发现, 老年人倾向于在主观感知到高难度时主动降低任务参与度(即选择性脱离), 而年轻人在相同的主观难度水平下仍倾向于维持高努力投入。这种年龄差异表明, 主观难度感知的行为后果受到个体认知资源储备和自我调节策略的调控。第三, 加工流畅性的影响。信息加工的流畅性是个体判断任务难度的重要线索(Reber et al., 2004), 当任务的加工流畅性较高时(如刺激对比度高、呈现时间充足), 个体倾向于低估任务难度; 反之则倾向于高估。这种基于流畅性的启发式判断可能导致主观难度

评估系统性地偏离客观难度水平。此外, 元认知监控中的系统性偏差(Yeung & Summerfield, 2012)也可能是主客观分离的重要来源, 即个体对自身认知过程的内省并非总是准确的。

4.2　主观努力感知：对资源消耗的实时监控

如果说主观难度感知是个体对这项任务有多难的预判性评估, 那么主观努力感知则是个体在这项任务中投入多少努力的实时监控。已有研究强调, 主观努力感知是个体对自身资源调动过程的主观觉知, 而非外部观察者可以直接测量的变量(Dreisbach & Jurczyk, 2022; Székely & Michael, 2021), 从而说明主观努力感知可能携带着客观指标无法捕捉的独特信息。

已有研究发现主观努力感知与实际产出之间存在系统性的非线性偏离(Rewitz et al., 2024)。具体而言, 在低负荷区间(如主观努力的 20%~40%), 主观努力评级与实际产出之间的对应关系较为紧密; 但在中高负荷区间(60%~80%), 主观努力评级对实际产出的预测偏差显著增大。这一非线性模式表明, 主观努力感知并非客观资源消耗的线性映射, 而是在特定区间内会系统性地偏离客观基准。根据补偿性控制理论(Hockey, 1997), 个体倾向于将主观努力维持在一个可接受的舒适区间内, 当客观需求推动努力水平超出这一区间时, 个体会启动补偿性策略(如降低对任务的投入标准或调整速度−准确性权衡), 以将主观体验拉回可承受范围, 由此造成了中高负荷区间内主客观指标的偏离。

最新研究进一步揭示了主观努力感知的多重决定因素。主观努力评级并非仅由即时的资源消耗所决定, 还受到任务失败的经验、累积疲劳的感受以及对后续任务需求的预期等多重因素的共同影响(Herzberg et al., 2026)。特别是, 任务失败对主观努力评级的影响会随着疲劳的累积而放大, 这种交互作用在抑郁倾向较高的个体中尤为显著。该发现表明主观努力感知由多因素构成, 也提示了个体差异变量(如情绪特质)可能通过改变主观努力感知的形成机制来间接影响努力决策。

4.3　主观情绪体验：努力悖论中的情感信号

认知努力过程不仅涉及对难度和资源消耗的元认知评估, 还伴随着丰富的情绪体验。本节所讨论的努力过程中的情绪效价, 本质上对应努力悖论理论, 即努力一方面会作为成本降低预期奖励的主观价值, 另一方面又可能在特定条件下提升结果价值或赋予活动本身以积极意义(Inzlicht et al., 2018)。因此, 主观情绪体验并非简单地随努力投入单调变负或变正, 而是取决于努力发生的时间阶段、努力类型以及努力受益对象等条件。

关于努力与情绪的关系, 当前文献中存在两种看似矛盾的观点。第一种观点认为努力即厌恶, 努力投入更多与负性情绪相关。情绪信号假说(Affective Signaling Hypothesis; Dignath et al., 2020)提出, 认知冲突会诱发负性情绪体验, 而这种负性情绪本身就是驱动大脑进行控制调整的信号(Dreisbach & Fischer, 2015)。在此框架下, 当个体面临认知冲突时, 信息加工的流畅性降低, 这种降低被前扣带皮层(ACC)标记为一种厌恶信号(Botvinick, 2007; 杨倩, 2022)。来自面部肌电和自我报告的研究证实, 高冲突任务能够诱发皱眉肌的收缩以及不愉悦的主观情绪评分(Dreisbach & Fischer, 2015; Saunders et al., 2017)。Vermeylen 等人(2020)的 fMRI 研究更进一步发现, 认知冲突与负性情绪在内侧额叶皮层存在共享的神经表征, 从神经基础层面支持了两者之间的紧密联系。元分析系统量化了这一关联, 在汇总了大量实证研究后, 认知努力与负性情绪之间呈现出稳健的正相关关系(David et al., 2024), 即努力程度越高, 伴随的负性情绪体验越强。第二种观点则认为努力即满足, 努力投入更多与正性情绪(如奖赏)相关。Inzlicht 等人(2018)从努力悖论的视角出发指出, 努力过程并非总是令人厌恶的, 它同样具有诱发积极情绪的潜力。根据自我决定理论(Ryan & Deci, 2000), 当个体在高挑战性任务中感受到胜任感时, 努力过程可以满足基本心理需求从而产生内在满足。习得性勤奋理论(Eisenberger, 1992)则从学习的角度提供了补充解释, 当个体在过往经验中反复因克服困难而获得奖赏时, 努力的感觉本身会与奖赏建立联结, 转化为一种内部奖赏信号。实证研究进一步支持了这一论断(Clay et al., 2022), 当认知努力与积极的结果反馈配对时, 个体对高努力任务的内在偏好会显著增加, 表明努力的主观价值是可塑的, 可以通过学习经验而获得正性情绪体验。

上述两种观点看似矛盾, 实则共同指向努力悖论中的条件性机制。努力过程究竟诱发负性还是正性情绪, 首先取决于目标可行性和价值评估,

当个体认为目标可达且任务与个体目标高度契合时，努力更可能被体验为有价值的挑战而非无谓的消耗；当努力被评估为低效、不可控或缺乏意义时，则更容易被体验为消耗和厌恶(Brehm & Self, 1989; 司双庆 等, 2024; 曹思琪 等, 2022)。

此外，近期研究提示，解释努力情绪效价至少还需考虑努力执行时间、努力类型和努力受益对象三个维度。首先，努力执行时间影响努力是被预期为成本，还是被回溯性地赋予价值。在努力发生之前，个体通常将努力表征为即将付出的机会成本，因而出现努力折扣。Johnson 和 Most (2023)发现，认知努力越临近当前时点，个体对奖励的折扣越强，而当努力被推迟到未来时，折扣程度下降。相反，在努力完成之后，努力可能通过努力合理化、结果归属和奖赏预测误差信号提升结果价值。例如，Norton 等人(2012)提出的“IKEA 效应”表明，亲自投入劳动会增加个体对产物的主观估值；Jarvis 等人(2022)的研究进一步显示，体力努力在选择前会折扣价值，但在选择后会增强正性奖赏预测误差、削弱负性奖赏预测误差，从而促进学习。由此可见，努力的负性效价更多出现在前瞻性成本评估中，正性效价则更可能出现在完成后或反馈阶段。其次，努力类型影响上述情绪效价转换能否从认知努力推广至体力努力。体力努力和认知努力都可以降低奖励的主观价值，但二者并非同一构念。体力努力更直接涉及能量消耗、疼痛、疲劳和身体反馈；认知努力则更多依赖任务负荷、控制需求和主观资源消耗等间接指标。因此，二者可以共享努力折扣这一价值计算逻辑，却可能在折扣函数、测量方式和个体动机结构上存在差异(Białaszek et al., 2017; Chong et al., 2018)。这提示本文关于认知努力的情绪效价的讨论可为体力努力研究提供参考，但不宜简单等同推广。最后，努力受益对象的社会属性也会调节努力的情绪效价。为自己努力时，个体主要权衡个人收益与努力成本；为他人或慈善对象努力时，社会距离、亲社会动机和帮助他人的积极情绪会进入价值评估，使努力既可能因收益归属他人而被进一步折扣，也可能因亲社会意义而获得额外价值(Lockwood et al., 2017; Depow et al., 2022; Lockwood et al., 2021)。

综合来看，主观情绪体验应被理解为努力悖论在具体情境中的情感表现，努力前偏向预期成本和厌恶信号，努力中受任务可行性、负荷类型和控制感调节，努力后又可能通过努力合理化、反馈学习和社会意义转化为积极价值。未来研究在考察认知努力的情绪效价时，应避免将努力—负性情绪或努力—满足感视为单一路径，而应同时纳入时间阶段、努力类型和受益对象等边界条件。

4.4 三种主观感受的关系与区分

上述三种主观维度(难度感知、努力感知、情绪体验)在概念上具有明确的区分。主观难度感知指向对任务需求的预判性评估(这有多难)，主观努力感知指向对资源消耗的实时监控(我花了多大力气)，主观情绪体验则指向对努力过程的情感效价评价(这让我感觉如何)。然而，三者在实际的认知加工中是否遵循一种简单的线性传递关系，即难度大→高努力水平→负性情绪，是一个值得实证检验的有趣问题。

就此，Lu 等人(2025)的最新研究发现，任务难度与努力投入对心流体验的影响可被分离。当适度的挑战性(高主观难度)伴随沉浸式努力时，个体反而报告了最高水平的积极情绪体验(即心流状态)，而非预期的负性情绪。这表明高难度任务与负性情绪的关系在特定条件下是不成立的，其中的关键中介变量可能并非努力投入的绝对量，而是努力与个体能力之间的匹配程度。这提示我们，三种主观维度之间的关系可能存在非线性的、条件性的交互作用。

在此基础上，三种主观感受各自对努力投入的独立影响亦已获得实证支持。Corlazzoli 等人(2023)在实验中同时采集了被试在认知控制任务中的主观难度评级、主观努力评级和主观情绪评级，并将它们与客观任务参数一同纳入回归模型来预测后续试次的控制投入。结果发现，即使在控制了客观难度之后，三种主观指标仍然各自保留了显著的独立预测效应，表明它们并非努力投入客观因素的附带产物，而是各自携带独特信息与努力投入过程产生动态交互。然而，关于三种主观维度之间的相互关系，即它们在多大程度上共享加工基础，又在多大程度上依赖独立的信息来源，目前仍缺乏实证研究的探索。

4.5 主观感受的时间动态特征

前述 4.1 至 4.3 节主要在单一时间节点上说明主观难度、主观努力和主观情绪如何影响努力投入。然而，真实情境下的认知努力投入是一个连

续、多阶段的决策过程。产生于前一阶段的主观感受并非静止的认知加工副产物, 而是作为关键的内在元认知信号, 前瞻性地重塑着个体在下一阶段的努力决策。这种时间动态特征是连接外部客观难度→内部主观感受→动态努力分配的时序桥梁。

现有研究从三个层面支持这一桥梁作用。首先, 主观难度具有经验依赖与线索整合特征。冲突任务和元认知研究表明, 个体对难度的判断不仅来自客观冲突, 还会整合反应时、反应重复、加工流畅性和前一阶段经验等多种线索, 而且这些线索权重会随训练和任务历史改变(Desender et al., 2017; Questienne et al., 2021; Lemaire, 2021)。在认知冲突情境中, 试次水平的主观难度、努力和挫败感能够精细追踪冲突比例和当前试次一致性, 而组块水平报告相对粗略(Violato et al., 2025), 说明主观感受的动态监控更适合在微观时间尺度上发挥作用。其次, 主观努力体现累积校准。长时程任务和努力决策研究显示, 努力、疲劳、无聊和挫败等元认知体验会随任务进行而变化, 并与行为调整、决策边界和后续选择相关(Matthews et al., 2023; Vermeylen et al., 2025)。同时, 主观努力本身并非单一负性构念, 任务要求所带来的努力与个体主动投入的努力在愉悦、挫败和动机体验上具有不同的心理特征(Wahlers et al., 2025)。第三, 主观情绪/挫败感为控制调整提供价值信号。冲突厌恶、挫败和正负性情绪体验能够影响个体是否继续投入控制、提高谨慎性或转向回避策略(Desender et al., 2014; Dreisbach & Fischer, 2015; Corlazzoli et al., 2023; Tan et al., 2026)。

由此可见, 产生于努力投入过程的三类主观感受并不是彼此孤立的即时体验, 而是具有时间动态性的内部信号：主观难度主要提供对任务需求与应对可能性的前瞻性评估, 主观努力/疲劳反映资源消耗的累积校准, 主观情绪/挫败感则提供关于价值、威胁和回避倾向的情感信号。三者共同把当前试次的客观任务特征转化为后续努力分配的内部输入, 帮助个体评估继续投入努力是否值得(Newton et al., 2020)。从神经计算的视角来看, 这种经验效应具有累积性, 在连续任务中, 关于努力与结果的主观连结会不断更新大脑对成本−收益的权衡(Chong et al., 2017; 司双庆等, 2024), 使得个体的努力投入策略呈现出适应性的动态调整。这一动态视角提醒研究者不应仅在任务结束后采集单一时间点的主观报告, 而应关注主观感受在任务进程中的单试次变化及其对后续行为的前瞻性预测。

5　个体差异调节主−客观因素对努力投入过程的影响

主观感受在认知努力决策中发挥着独立于客观因素的重要作用。然而, 为什么面对相同的客观任务条件, 不同个体会产生截然不同的主观体验并采取迥异的努力分配策略？在与认知努力相关的诸多个体差异变量中, 本文基于以下两个原因重点讨论认知需求(Need for Cognition, NFC)和内隐智力理论(成长型/固定型思维模式; 以下简称“思维模式”)。第一, 二者均能进入本文“客观任务需求→主观感受→个体差异调节”的主线框架, 即通过影响个体对任务需求、努力成本、预期收益、控制效能或努力意义等主观评估影响努力投入。其中, 认知需求代表价值/成本评估路径, 回答“认知活动是否值得投入？”; 思维模式代表归因/效能解释路径, 回答“困难和努力意味着什么？”。第二, 二者均具有相对明确的理论和实证基础。其中, 认知需求与认知努力折扣、高负荷任务偏好、奖励/反馈诱发的控制投入以及自由选择情境中的高冲突任务偏好有关(Xu et al., 2026; Yang et al., 2025; Johnson & Most, 2023; Westbrook et al., 2013; Sandra & Otto, 2018; Zerna et al., 2023); 成长型/固定型思维模式的证据则从一般自我调节和学业坚持性, 进一步延伸到加工不流畅解释、错误/反馈加工、成就性认知测验前的练习时间、多任务选择情境中的努力分配, 以及失败后的补救性学习或防御性修复选择(Blackwell et al., 2007; Burnette et al., 2013; Janssen et al., 2021; Cury et al., 2008; Hong et al., 1999; Mangels et al., 2006; Miele & Molden, 2010; Miele et al., 2011; Moser et al., 2011; Schroder et al., 2014, 2017; Song et al., 2020; Nussbaum & Dweck, 2008; Suzuki et al., 2021; Yeager et al., 2019)。其他变量, 如自我决定动机、特质焦虑和抑郁倾向等, 虽与努力投入相关, 但其与本文主线的对应关系更偏向一般动机背景、情绪状态或临床风险因素, 故本文将其作为补充背景予以简要说明。

5.1　认知需求：对努力预期价值的重评估

认知需求是指个体对需要付出认知努力的活

动所持有的内在享受和主动追求的特质倾向(Cacioppo et al., 1996)。高认知需求个体倾向于享受思考过程本身，主动寻求具有挑战的任务，并对复杂问题保持持久的兴趣；低认知需求个体则倾向于回避认知负荷，偏好简单明了的信息加工路径(Westbrook et al., 2013)。作为一种稳定的认知动机特质，认知需求已被证实能够预测从认知任务表现到语言学习再到学业成就中的信息加工深度(Yang et al., 2025; Cheong et al., 2022; Strobel et al., 2024)。

在 EVC 框架下，认知需求对认知努力的调节作用主要体现为改变认知活动本身的价值或成本评估。高认知需求个体更可能把复杂思考视为有趣和有价值的活动，因此，同等任务需求在其主观价值函数中并不只是成本，也可能包含内在奖赏成分(Sandra & Otto, 2018; 曹思琪 等, 2022; 钱一敏, 潘发达, 2022)。这一价值赋予能够部分抵消努力的固有成本(Zhang et al., 2022)，使高认知需求个体在面对高难度任务时表现出较弱的努力厌恶、更高的挑战偏好和更积极的努力投入。相关实证研究显示，高认知需求个体更倾向于选择高冲突任务，ERP 结果也提示其冲突相关控制投入更强(Xu et al., 2026)；高认知需求个体对高负荷 N-back 任务的主观价值折扣较弱，甚至可能偏好更高任务负荷，且较少受到努力临近程度的调节，而低认知需求个体表现出更强的认知努力折扣(Zerna et al., 2023; Johnson & Most, 2023; Westbrook et al., 2013)；此外，认知需求会调节奖励/反馈诱发的认知控制投入(Yang et al., 2025; Sandra & Otto, 2018; Zhang et al., 2022)。这些证据提示，认知需求并非简单提高一般认知表现，而是可能使个体更依赖内部挑战价值来维持努力投入。

从发展视角来看，个体对认知努力的价值评估可能在早期发展阶段就已经开始分化。Wolff 等人(2024)在儿童群体中发现，对认知努力和体力努力的偏好呈现出明显的分化趋势，部分儿童表现出显著偏好认知挑战的倾向，且这种偏好与其后续的学业表现存在预测性关联。这一发展性证据表明，认知需求的认知动机倾向可能在个体成熟过程中逐步形成，并持续塑造其努力分配模式。

5.2 内隐智力理论：成长型/固定型思维对努力意义的建构

内隐智力理论(Implicit Theories of Intelligence，又常以成长型/固定型思维模式表述)本身是一种关于能力可塑性、努力意义和失败解释的意义系统(Dweck & Leggett, 1988; Hong et al., 1999; Molden & Dweck, 2006; Yeager & Dweck, 2020)。Dweck 和 Leggett (1988)提出的社会认知动机模型认为，个体关于能力是否可塑的信念会影响其目标取向、挑战反应和失败后的行为模式，继而改变个体对努力和失败的意义解释。持成长型思维(Growth mindset)的个体认为智力是通过努力和学习可以不断发展的品质；持固定型思维(Fixed mindset)的个体则认为智力是先天决定的、基本不能通过努力改变的特质(Yeager & Dweck, 2020; Matthews, 2007)。因此，成长型或固定型思维会使个体对认知努力产生不同的归因模式：成长型思维更倾向于将努力视为能力发展的途径和自我提升的标志，因此高难度任务被感知为成长机会；固定型思维则更倾向于将高努力视为能力不足的信号，因此高难度任务更容易被感知为能力威胁(Hong et al., 1999; Molden & Dweck, 2006)。

这种意义解释差异可能显著影响从客观难度到主观感受的过程。首先，来自纵向和归因研究的证据表明，成长型/固定型思维会影响个体在困难和失败后进行努力归因还是能力归因，并进一步影响坚持性、目标采纳和后续行为(Blackwell et al., 2007; Hong et al., 1999; Song et al., 2020)。努力信念研究也显示，成长型思维与积极努力信念、学习目标和适应性策略相关，固定型思维则更容易伴随“努力说明能力不足”的负性努力信念(Blackwell et al., 2007; Yeager et al., 2019)。其次，元认知研究进一步表明，个体如何解释加工不流畅和学习困难受到思维模式的调节，固定型思维者更容易将困难体验解释为能力限制，而成长型思维者更可能将困难或高努力解释为投入学习和促进掌握的过程(Miele & Molden, 2010; Miele et al., 2011)。此外，更接近认知努力和认知加工过程的证据显示，成长型/固定型思维模式不仅与一般学业坚持性有关，也会影响认知控制任务中的错误监测与错误后调整(Moser et al., 2011; Schroder et al., 2014, 2017)、成就性认知测验前的练习时间与后续表现(Cury et al., 2008)、多任务选择情境中的努力分配策略(Suzuki et al., 2021)，以及失败后的补救性学习或防御性修复选择(Nussbaum & Dweck, 2008)。

从本文的分析框架来看, 这些实证证据支持成长型/固定型思维模式通过改变困难、努力和失败的意义解释, 影响主观难度、主观努力成本和情绪威胁感, 继而影响后续努力投入。因此, 成长型/固定型思维模式并非直接改变客观任务难度, 而是被视为“归因/效能解释路径”的代表变量, 即通过“思维模式→努力意义/失败归因→主观难度与努力成本解释→后续努力投入”的路径间接影响努力投入。

5.3　双路径框架: 平行调节路径及可检验交互预测

综合以上分析, 认知需求与成长型/固定型思维模式均可能影响认知努力投入, 但二者的作用位置和心理机制并不相同。需要说明的是, 目前尚未检索到以认知努力投入或努力选择为核心因变量, 并直接检验认知需求 × 思维模式交互效应的实证研究。因此, 本文提出的是一个有待检验的双路径框架, 而非将二者交互关系作为既定结论。从 EVC 视角看, 认知需求主要改变认知活动的预期收益与主观成本, 思维模式则主要改变个体对困难情境中控制效能和成功可能性的解释。Frömer 等人(2021)关于奖励与效能感共同调节控制分配的研究, 也为这两条路径的区分提供了依据。

具体而言, 认知需求和成长型/固定型思维模式是两条概念上相互区分、作用节点不同的平行调节路径。认知需求路径主要作用于认知活动本身的价值评估, 是回答“我是否愿意投入思考”的价值路径; 思维模式路径主要作用于困难、努力和失败的意义解释, 是回答“我如何解释困难和努力”的归因路径。当两条路径同时存在时, 它们可能表现为简单叠加, 也可能产生交互或协同效应。例如, 若二者存在协同作用, 则高认知需求与成长型思维的组合可能使个体在高难度任务中同时保持较高的挑战价值评估和较低的失败威胁感, 从而表现出持续的努力投入; 低认知需求与固定型思维的组合则可能同时降低任务吸引力并放大困难的能力威胁意义, 从而更早出现努力回避或任务脱离。

上述分析揭示了认知努力并非纯粹的认知过程, 而是整合于更广泛的动机−人格系统之中。个体的认知动机倾向(认知需求)和信念系统(成长型/固定型思维模式)可能共同塑造了他们对任务需求的主观解读方式和情绪响应模式, 进而决定了努力分配的最终策略。这一视角不仅具有理论意义, 也为后续的应用研究(如通过改变信念或增强内在动机来优化个体的努力投入)提供了明确的干预靶点。除认知需求和思维模式(成长型 vs.固定型思维)外, 若干其他个体差异变量也与认知努力投入的调节有关。自我决定理论强调内在动机的满足(Ryan & Deci, 2000; Randez & Hélie, 2024), 当自主性、胜任感和归属感需求在认知活动中得到满足时, 个体对努力投入的主观体验从成本转向收益; 特质焦虑可能通过扭曲对威胁水平的主观评估来间接影响努力分配：高焦虑个体在低威胁情境中过度调配认知资源, 而在高威胁情境中因过度焦虑反而干扰执行功能; 抑郁倾向则通过增强主观努力感知对消极反馈的敏感性来扰乱正常的努力决策过程(Herzberg et al., 2026)。需要指出的是, 这些变量与认知需求和思维模式的关系是补充性而非替代性的。它们或仅作用于主观感受的某一维度(如焦虑主要影响情绪体验、抑郁主要影响努力评级), 或缺乏直接针对认知努力的实证检验, 故未列入主路径。未来研究有必要在统一框架下检验多变量的累积效应与交互模式。

6　总结与展望

基于前文对认知努力相关理论与实证研究的梳理, 6.1 节首先概括本文关于认知努力投入过程的主要观点：客观任务需求构成努力投入的基本触发条件, 但主观难度感知、主观努力感知和主观情绪等主观感受会在客观需求与后续努力分配之间发挥独立作用; 同时, 认知需求和成长型/固定型思维模式等个体差异进一步影响个体对任务价值、努力成本和困难意义等的解释。6.2 节则围绕当前研究仍存在的指标混淆、主客观效应分离不足、动态机制不明等问题, 提出未来可推进的研究方向。

6.1　小结

本文围绕认知努力投入中的客观任务需求、主观感受及个体差异调节三个相互关联问题, 对相关理论演进与实证进展进行了系统梳理。在理论层面, 本文首先区分了认知努力主观成本的起源问题与努力投入的决策机制问题：机会成本理论等主观成本起源模型主要回答“为什么认知努力会被体验为成本”, 动机强度理论和期望价值控制理论(EVC; Shenhav et al., 2013, 2017)则主要

解释“个体如何决定投入多少努力”。近年来，相关研究进一步尝试将动机强度理论、EVC 模型和神经计算模型加以整合(Silvestrini et al., 2023)，为理解认知努力投入提供了更具层次性的理论框架。在实证层面，本文通过梳理相关文献揭示了三个关键发现。其一，客观任务难度虽是努力投入的基本触发条件，但其解释力受制于行为指标的混淆性、表现与努力的概念混同以及跨范式收敛效度低等局限；其二，主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验三个维度能够在控制客观参数后独立影响后续努力分配，说明主观感受并非客观难度的简单副产物，而是能够影响努力决策过程的内部信息；其三，认知需求(NFC)通过赋予认知活动内在价值来调节努力的成本−收益计算，而内隐智力理论(成长型/固定型思维)则通过改变个体对努力和困难意义的解释来重塑主观感受的生成过程。综合来看，认知努力投入并非对客观任务需求的简单响应，而是客观任务特征、主观感受和个体动机−信念系统共同作用下的动态决策过程。

6.2 展望

尽管取得了上述进展，该领域仍存在若干关键问题亟待未来研究进一步深入探索。

第一，建立主客观效应的系统分离范式。当前多数研究在操纵客观难度的同时，未能将由此伴随的主观体验变化与客观因素的贡献加以分离，导致两类效应相互混淆。未来研究应在传统操纵客观难度+同步采集单试次主观评级的双指标策略基础上，引入基于个体基线能力的难度校准程序。具体而言，可先通过预实验或阶梯程序估计个体的工作记忆容量、加工速度或辨别阈限，再将正式任务的反应时限、负荷水平或刺激差异调整到相近的成功概率或主观难度区间，从而在跨个体比较中控制能力差异带来的混淆。随后，借助多层线性模型或中介分析，将客观任务参数、相对个体能力的任务需求、主观感受以及后续努力投入纳入同一模型，分解客观难度对努力投入的直接效应与经由主观感受中介的间接效应。同时，鉴于不同测量范式之间的收敛效度较低(Mækelæ et al., 2023; 杨艺琳 等, 2025)，亟需发展多模态(行为+主观报告+神经生理指标)的综合评估框架，通过潜变量建模或多特质−多方法分析系统评估各指标的收敛与区分效度，为跨研究比较提供可靠的测量基础。需要注意的是，单试次主观评分虽然能够捕捉个体内部状态，但也可能受到要求特征、社会赞许和反复评分导致的测量反应性影响(Double & Birney, 2019)。因此，未来研究应通过隐藏研究目的、随机化评分时点、设置无评分对照组，并结合层级贝叶斯模型、漂移扩散模型、强化学习/成本−收益模型或潜变量模型，将观测到的主观评分、行为表现和生理反应共同映射到潜在的努力成本、效能预期和价值评估参数。未来研究可采用被试内设计，将认知努力任务(N-back 或 Stroop)与体力努力任务(握力任务)分别进行个体化校准，使每名被试在不同努力水平上具有相近成功概率；随后在每个试次中同时记录客观任务参数、主观难度、主观努力、情绪效价和后续选择。研究可检验如下假设：相对于客观任务参数，单试次主观努力和情绪效价能够更稳定地预测下一试次努力选择；该预测效应在认知努力中更依赖主观难度和效能感，在体力努力中更依赖疲劳和身体反馈。

第二，深化主观感受维度的内部结构与动态机制研究。当前研究已证实主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验各自具有独立预测力，但三者之间的因果结构与时序关系尚不明晰。未来研究应在同一范式内的试次水平同步采集三个维度的单试次自我报告，运用结构方程模型或交叉滞后分析解析其内部因果关系。同时，主观感受的跨试次传递效应虽已获得初步证实(Corlazzoli et al., 2023)，但其衰减规律、边界条件及在不同任务情境中的普适性仍有待系统检验。采用时间序列分析或动态因果建模，追踪主观感受在多个试次间的演变轨迹，是推进这一方向的关键步骤。未来研究可采用 2 (客观难度：高/低) × 2 (诱导主观难度：高/低，通过任务前的言语启动或假反馈操纵) 的双因素被试内设计，要求被试完成 60 个试次的 Stroop 任务。每个试次结束后立即采集主观难度、主观努力、主观情绪三类评级(Visual Analog Scale, 0−100)，同时记录瞳孔直径与 ERP 指标(N2、P3 成分)。通过结构方程模型考察客观难度与诱导主观难度对三类主观评级的差异化路径。当客观难度与诱导主观难度发生分离时，三类主观评级对后续努力分配的预测力将主要由诱导维度(而非客观参数)解释，从而提供主观感受具有独立性的因果证据，而非仅相关性

证据。该设计同时通过试次水平采样实现对跨试次前瞻性预测特征的检验。

第三, 将个体差异研究从行为描述推进至神经机制解释。尽管已有研究提示认知需求和成长型/固定型思维模式均与努力投入过程有关, 但二者在努力决策中的神经时间进程与脑机制仍缺乏直接比较。未来研究应结合 ERP 的高时间分辨率与 fMRI 的高空间分辨率, 系统揭示认知需求和思维模式调节努力决策的完整神经时间进程与脑区激活模式。例如, 可考察高与低认知需求个体在面对相同难度任务时, dACC 等关键脑区的激活差异是否中介了行为层面的努力分配差异, 进而为个体差异变量的构念效度提供神经科学层面的汇聚证据。据此, 我们提出一个针对双路径框架及其扩展交互的可检验研究设计方案。未来研究可采用 2(认知需求：高/低, 或连续测量)×2(思维模式：成长型/固定型)×多水平客观难度的设计, 记录努力选择、主观难度、主观努力、情绪效价和错误后调整。若双路径框架成立, 认知需求应主要预测努力折扣参数和挑战价值评估, 思维模式应主要预测失败后的可控性归因、Pe/错误后准确率及继续投入意愿; 二者交互项是否显著, 可作为检验双路径框架中交互效应的指标。

第四, 拓展至教育、临床与人机交互等应用情境。当前研究主要依赖实验室标准化认知任务, 生态效度有限。在教育情境中, 本文的分析提示, 教育干预不应仅关注客观任务难度的设计, 更应重视培养学生的成长型思维和认知需求特质, 帮助其建立困难是成长信号的信念框架(Blackwell et al., 2007; Sarrasin et al., 2018)。在临床情境中, 抑郁和焦虑患者的努力分配异常可能源于对努力成本的系统性高估和对努力价值的系统性低估, 针对主观评估偏差的认知干预可能是改善其认知功能的有前景途径。此外, 在人工智能时代, 当 AI 工具日益接管日常认知劳动时(Kool & Botvinick, 2018), 如何在 AI 辅助的工作与学习环境中为人类保留有意义的认知挑战、以维持其内在动机和心理健康, 也是一个值得关注的新兴议题。

参考文献

曹思琪, 汤晨晨, 伍海燕, 刘勋. (2022). 价值计算决定何时与如何努力. *心理科学进展*, *30*(4), 877−887.

陈安涛. (2019). 认知控制基本功能的神经机制. *生理学报*, *71*(1), 149−155.

钱一敏, 潘发达. (2022). 认知努力：一个趋利避害的心理资源调节机制. *人类工效学*, *28*(3), 81−86.

司双庆, 周思宏, 袁加锦, 杨倩. (2024). 认知控制过程的影响因素：回报与代价. *心理科学*, *47*(2), 258−266.

杨倩. (2022). 负性情绪在冲突适应中的作用机制：分离与整合视角. *心理科学进展*, *30*(8), 1844−1855.

杨艺琳, 杨文登, 郑亚. (2025). 认知努力如何测量：方法、问题与改进. *心理科学进展*. *33*(11), 1912−1825.

Aben, B., Buc Calderon, C., Van den Bussche, E., & Verguts, T. (2020). Cognitive effort modulates connectivity between dorsal anterior cingulate cortex and task-relevant cortical areas. *The Journal of Neuroscience*, *40*(19), 3838−3848.

Ackerman, P. L., Tatel, C. E., & Lyndgaard, S. F. (2020). Subjective (dis)utility of effort: Mentally and physically demanding tasks. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *5*(1), 26.

Allison, B. Z., & Polich, J. (2008). Workload assessment of computer gaming using a single-stimulus event-related potential paradigm. *Biological Psychology*, *77*(3), 277−283.

Ang, Y.-S., Gelda, S. E., & Pizzagalli, D. A. (2023). Cognitive effort-based decision-making in major depressive disorder. *Psychological Medicine*, *53*(9), 4228−4235.

Białaszek, W., Marcowski, P., & Ostaszewski, P. (2017). Physical and cognitive effort discounting across different reward magnitudes: Tests of discounting models. *PLoS ONE*, *12*(7), e0182353.

Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, *78*(1), 246−263.

Botvinick, M. M. (2007). Conflict monitoring and decision making: Reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*(4), 356−366.

Bouzidi, Y. S., Falk, J. R., Chanal, J., & Gendolla, G. H. E. (2022). Choosing task characteristics oneself justifies effort: A study on cardiac response and the critical role of task difficulty. *Motivation Science*, *8*(3), 230−238.

Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(2), 106−113.

Braver, T. S., Kizhner, A., Tang, R., Freund, M. C., & Etzel, J. A. (2021). The dual mechanisms of cognitive control project. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *33*(9), 1990−2015.

Brehm, J. W., & Self, A. (1989). The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology*, *40*, 109−131.

Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Feinstein, J. A., & Jarvis, W. B. G. (1996). Dispositional differences in cognitive motivation. *Psychological Bulletin*, *119*(2), 197−253.

Burnette, J. L., O'Boyle, E. H., VanEpps, E. M., Pollack, J. M., & Finkel, E. J. (2013). Mind-sets matter: A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation.

Psychological Bulletin, *139*(3), 655−701.

Cheong, C. M., Zhu, X., & Liu, Y. (2022). The role of need for cognition (NfC) in the effect of language modalities on integrated writing performance. *British Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 1256−1277.

Chong, T. T.-J., Apps, M., Giehl, K., Sillence, A., Grima, L. L., & Husain, M. (2017). Neurocomputational mechanisms underlying subjective valuation of effort costs. *PLoS Biology*, *15*(2), e1002598.

Chong, T. T. J., Apps, M. A. J., Giehl, K., Hall, S., Clifton, C. H., & Husain, M. (2018). Computational modelling reveals distinct patterns of cognitive and physical motivation in elite athletes. *Scientific Reports*, *8*(1), 11888.

Clay, G., Mlynski, C., Korb, F. M., Goschke, T., & Job, V. (2022). Rewarding cognitive effort increases the intrinsic value of mental labor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(5), e2111785119.

Corlazzoli, G., Desender, K., & Gevers, W. (2023). Feeling and deciding: Subjective experiences rather than objective factors drive the decision to invest cognitive control. *Cognition*, *240*, 105587.

Cury, F., Da Fonseca, D., Zahn, I., & Elliot, A. (2008). Implicit theories and IQ test performance: A sequential mediational analysis. Journal of Experimental Social Psychology, 44(3), 783−791.

David, L., Vassena, E., & Bijleveld, E. (2024). The unpleasantness of thinking: A meta-analytic review of the association between mental effort and negative affect. *Psychological Bulletin*. *150*(9), 1070−1093.

Depow, G. J., Lin, H., & Inzlicht, M. (2022). Cognitive effort for self, strangers, and charities. *Scientific Reports*, *12*(1), 15009.

Desender, K., Van Opstal, F., & Van den Bussche, E. (2014). Feeling the conflict: The crucial role of conflict experience in adaptation. *Psychological Science*, 25(3), 675−683.

Desender, K., Van Opstal, F., & Van den Bussche, E. (2017). Subjective experience of difficulty depends on multiple cues. *Scientific Reports*, *7*(1), 44222.

Dweck, C. S., & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, *95*(2), 256−273.

Dignath, D., Eder, A. B., Steinhauser, M., & Kiesel, A. (2020). Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis—An integrative review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *27*(2), 193−216.

Double, K. S., & Birney, D. P. (2019). Reactivity to measures of metacognition. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2755.

Dreisbach, G., & Fischer, R. (2015). Conflicts as aversive signals for control adaptation. *Current Directions in Psychological Science*, *24*(4), 255−260.

Dreisbach, G., & Jurczyk, V. (2022). The role of objective and subjective effort costs in voluntary task choice. *Psychological Research*, *86*(5), 1366−1381.

Eisenberger, R. (1992). Learned industriousness. *Psychological Review*, *99*(2), 248−267.

Fleming, H., Robinson, O. J., & Roiser, J. P. (2023). Measuring cognitive effort without difficulty. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *23*(2), 290−305.

Frömer, R., Lin, H., Dean Wolf, C. K., Inzlicht, M., & Shenhav, A. (2021). Expectations of reward and efficacy guide cognitive control allocation. *Nature Communications*, *12*(1), 1030.

Gendolla, G. H. E. (2025a). Affective influences on the intensity of mental effort: 25 years of programmatic research. *Emotion Review*, *17*(1), 46−63.

Gendolla, G. H. E. (2025b). The intensity of mental effort: "the heart does not lie". *Synthese*, *205*(6), 231.

Herzberg, E., Halperin, I., & Wolpe, N. (2026). The cognitive and motor determinants of the perception of effort. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. *26*(2), 626−638.

Hockey, G. R. J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload. *Biological Psychology*, *45*(1-3), 73−93.

Hong, Y. Y., Chiu, C. Y., Dweck, C. S., Lin, D. M. S., & Wan, W. (1999). Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*(3), 588−599.

Hughes, M. L., Neupert, S. D., & Pearman, A. (2025). Perceptions of task difficulty predict cognitive effort for older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *32*(2), 193−206.

Inzlicht, M., Shenhav, A., & Olivola, C. Y. (2018). The effort paradox: Effort is both costly and valued. *Trends in Cognitive Sciences*, *22*(4), 337−349.

Jarvis, H., Stevenson, I., Huynh, A. Q., Babbage, E., Coxon, J., & Chong, T. T.-J. (2022). Effort reinforces learning. *The Journal of Neuroscience*, *42*(40), 7648−7658.

Janssen, T. W. P., Nieuwenhuis, S., Hoefakker, J., Gligoor, P. D. D., Bonte, M., & van Atteveldt, N. (2021). Neural correlates of error-monitoring and mindset: Back to the drawing board? *PLoS One*, *16*(7), e0254322.

Johnson, S. T., & Most, S. B. (2023). Taking the path of least resistance now, but not later: Pushing cognitive effort into the future reduces effort discounting. *Psychonomic Bulletin & Review*, *30*(3), 1115−1124.

Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, *38*(3), 557−577.

Kolling, N., Wittmann, M. K., Behrens, T. E. J., Boorman, E. D., Mars, R. B., & Rushworth, M. F. S. (2016). Value, search, persistence and model updating in anterior cingulate cortex. *Nature Neuroscience*, *19*(10), 1280−1285.

Kool, W., & Botvinick, M. (2014). A labor/leisure tradeoff in cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(1), 131−141.

Kool, W., & Botvinick, M. (2018). Mental labour. *Nature Human Behaviour*, *2*(12), 899−908.

Kool, W., McGuire, J. T., Rosen, Z. B., & Botvinick, M. M. (2010). Decision making and the avoidance of cognitive demand. *Journal of Experimental Psychology: General*, *139*(4), 665−682.

Kurzban, R., Duckworth, A., Kable, J. W., & Myers, J. (2013). An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behavioral and Brain Sciences*, *36*(6), 661−679.

Lemaire, P. (2021). Effects of prior-task failure on arithmetic performance: A study in young and older adults. *Memory & Cognition*, *49*(6), 1236−1246.

Lieder, F., & Griffiths, T. L. (2019). Resource-rational analysis: Understanding human cognition as the optimal use of limited computational resources. *Behavioral and Brain Sciences*, *43*, e1.

Lockwood, P. L., Hamonet, M., Zhang, S. H., Ratnavel, A., Salmony, F. U., Husain, M., & Apps, M. A. J. (2017). Prosocial apathy for helping others when effort is required. *Nature Human Behaviour*, *1*(7), 0131.

Lockwood, P. L., Abdurahman, A., Gabay, A. S., Drew, D., Tamm, M., Husain, M., & Apps, M. A. J. (2021). Aging increases prosocial motivation for effort. *Psychological Science*, *32*(5), 668−681.

Lu, H., Van der Linden, D., & Bakker, A. B. (2025). Disentangling the effects of task difficulty and effort on flow experience. *Psychological Research*. *89*(4), 113.

Mangels, J. A., Butterfield, B., Lamb, J., Good, C., & Dweck, C. S. (2006). Why do beliefs about intelligence influence learning success? *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *1*(2), 75−86.

Master, S. L., Li, S., & Curtis, C. E. (2024). Trying harder: How cognitive effort sculpts neural representations during working memory. *The Journal of Neuroscience*, *44*(28), e0060242024.

Matthews, D. (2007). Book review: Mindset: The new psychology of success, by Dweck, CS (2006). *Gifted Children*, *1*(2), 7.

Matthews, J., Pisauro, M. A., Jurgelis, M., Müller, T., Vassena, E., Chong, T. T.-J., & Apps, M. A. J. (2023). Computational mechanisms underlying the dynamics of physical and cognitive fatigue. *Cognition*, *240*, 105603.

Mækelæ, M. J., Klevjer, K., Westbrook, A., Eby, N. S., Eriksen, R., & Pfuhl, G. (2023). Is it cognitive effort you measure? Comparing three task paradigms to the Need for Cognition scale. *PLoS One*, *18*(8), e0290177.

McFerren, A. L., Riddle, J., Walker, C. P., Buse, J. B., & Frohlich, F. (2021). Causal role of frontal-midline theta in cognitive effort: A pilot study. *Journal of Neurophysiology*, *126*(4), 1221−1233.

Ménétré, E., & Laganaro, M. (2023). The temporal dynamics of the Stroop effect from childhood to young and older adulthood. *PLoS One*, *18*(3), e0256003.

Miele, D. B., & Molden, D. C. (2010). Naive theories of intelligence and the role of processing fluency in perceived comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, *139*(3), 535−557.

Miele, D. B., Finn, B., & Molden, D. C. (2011). Does easily learned mean easily remembered? It depends on your beliefs about intelligence. *Psychological Science*, *22*(3), 320−324.

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*(1), 167−202.

Molden, D. C., & Dweck, C. S. (2006). Finding “meaning” in psychology: A lay theories approach to self-regulation, social perception, and social development. *American Psychologist*, *61*(3), 192−203.

Moser, J. S., Schroder, H. S., Heeter, C., Moran, T. P., & Lee, Y.-H. (2011). Mind your errors: Evidence for a neural mechanism linking growth mind-set to adaptive posterror adjustments. *Psychological Science*, *22*(12), 1484−1489.

Müller, T., & Apps, M. A. J. (2019). Motivational fatigue: A neurocognitive framework for the impact of effortful exertion on subsequent motivation. *Neuropsychologia*, *123*, 141−151.

Newton, D. W., LePine, J. A., Kim, J. K., Wellman, N., & Bush, J. T. (2020). Taking engagement to task: The nature and functioning of task engagement across transitions. *Journal of Applied Psychology*, *105*(1), 1−18.

Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus—norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, *131*(4), 510−532.

Norton, M. I., Mochon, D., & Ariely, D. (2012). The IKEA effect: When labor leads to love. *Journal of Consumer Psychology*, *22*(3), 453−460.

Nussbaum, A. D., & Dweck, C. S. (2008). Defensiveness versus remediation: Self-theories and modes of self-esteem maintenance. Personality and Social Psychology Bulletin, 34(5), 599−612.

Otto, A. R., Westbrook, A., & Daunizeau, J. (2025). Why is cognitive effort experienced as costly? *Trends in Cognitive Sciences*. 30(7), 632−645.

Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, *118*(10), 2128− 2148.

Questienne, L., van Dijck, J.-P., & Gevers, W. (2021). The role of subjective experiences in conflict tasks: A review. *Psychologica Belgica*, *61*(1), 46−62.

Randez, A., & Hélie, S. (2024). The roles of intrinsic motivation and capability-related factors in cognitive effort-based decision-making. *Frontiers in Psychology*. *15,* 1303262.

Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience?. *Personality and Social Psychology Review*, *8*(4), 364−382.

Rewitz, K., Schindler, S., & Wolff, W. (2024). Examining the alignment between subjective effort and objective force production. *PLoS One*, *19*(8), e0307994.

Ritz, H., Leng, X., & Shenhav, A. (2022). Cognitive control as a multivariate optimization problem. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *34*(4), 569−591.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 54−67.

Sarrasin, J. B., Nenciovici, L., Foisy, L. M. B., Allaire-Duquette, G., Riopel, M., & Masson, S. (2018). Effects of teaching the concept of neuroplasticity to induce a growth mindset on motivation, achievement, and brain activity: A meta-analysis. *Trends in Neuroscience and Education*, *12*, 22−31.

Sandra, D. A., & Otto, A. R. (2018). Cognitive capacity limitations and Need for Cognition differentially predict reward-induced cognitive effort expenditure. *Cognition*, *172*, 101−106.

Saunders, B., Lin, H., Milyavskaya, M., & Inzlicht, M. (2017). The emotive nature of conflict monitoring in the medial prefrontal cortex. *International Journal of Psychophysiology*, *119*, 31−40.

Schroder, H. S., Fisher, M. E., Lin, Y., Lo, S. L., Danovitch, J. H., & Moser, J. S. (2017). Neural evidence for enhanced attention to mistakes among school-aged children with a growth mindset. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *24*, 42−50.

Schroder, H. S., Moran, T. P., Donnellan, M. B., & Moser, J. S. (2014). Mindset induction effects on cognitive control: A neurobehavioral investigation. *Biological Psychology*, *103*, 27−37.

Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron*, *79*(2), 217−240.

Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2017). Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annual Review of Neuroscience*, *40*, 99−124.

Shepherd, J. (2023). Conscious cognitive effort in cognitive control. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *14*(2), e1629.

Silvestrini, N., Musslick, S., Berry, A. S., & Vassena, E. (2023). An integrative effort: Bridging motivational intensity theory and recent neurocomputational models of effort and control allocation. *Psychological Review*, *130*(4), 1081−1103.

Song, J., Kim, S., & Bong, M. (2020). Controllability attribution as a mediator in the effect of mindset on achievement goal adoption following failure. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2943.

Steele, J. (2020). What is (perception of) effort? Objective and subjective effort during task performance. *PsyArXiv*.

Strobel, A., Strobel, A., Preckel, F., & Steinmayr, R. (2024). On the interplay of motivational characteristics and academic achievement: The role of need for cognition. *AERA Open*, *10*, 23328584231218961.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*(6), 643−662.

Suzuki, K., Aida, N., & Muramoto, Y. (2021). Effect of implicit theory on effort allocation strategies in multiple task-choice situations: An investigation from a socio-ecological perspective. Frontiers in Psychology, 12, 767101.

Székely, M., & Michael, J. (2021). The Sense of Effort: A Cost-Benefit Theory of the Phenomenology of Mental Effort. *Review of Philosophy and Psychology*, *12*(4), 889−904.

Tan, J., Zhou, S., & Yang, Q. (2026). Feeling the task: Joint effects of subjective experiences and objective difficulty on effort and performance under low cognitive demand. Research Square.

Van Der Wel, P., & Van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(6), 2005−2015.

Vermeylen, L., Wisniewski, D., González-García, C., Hoofs, V., Notebaert, W., & Braem, S. (2020). Shared neural representations of cognitive conflict and negative affect in the medial frontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, *40*(45), 8715−8725.

Vermeylen, L., Braem, S., Ivanchei, I. I., Desender, K., García-Román, J. M., González-García, C., ... Notebaert, W. (2025). The temporal dynamics of metacognitive experiences track rational adaptations in task performance. *Communications Psychology*, *3*(1), 96.

Violato, E. M., Voorrips, E. S., Desender, K., & Van den Bussche, E. (2025). Metacognitive awareness of subjective difficulty, effort, and frustration in cognitive conflict contexts. *Motivation Science*, *11*(3), 393−401.

Wahlers, J. N., Garrison, K. E., & Hart, W. P. (2025). Measuring subjective mental effort as an aversive and enjoyable phenomenon. *Motivation Science*, *11*(4), 425−438.

Westbrook, A., & Braver, T. S. (2015). Cognitive effort: A neuroeconomic approach. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *15*(2), 395−415.

Westbrook, A., Kester, D., & Braver, T. S. (2013). What is the subjective cost of cognitive effort? Load, trait, and aging effects revealed by economic preference. *PLoS One*, *8*(7), e68210.

West, R., & Alain, C. (2000). Age-related decline in inhibitory control contributes to the increased Stroop effect observed in older adults. *Psychophysiology*, *37*(2), 179−189.

Wolff, W., Stähler, J., Schüler, J., & Bieleke, M. (2024). On the specifics of valuing effort: A developmental and a

formalized perspective on preferences for cognitive and physical effort. *Peer Community Journal*. *4*, e78.

Xing, J., Pourtois, G., & Yang, Q. (2025). Electrophysiological evidence for flexible adjustments in cognitive control depending on feedback's contingency. Biological Psychology, 199, 109059.

Xu, R., Tan, J., Si, S., & Yang, Q. (2026). Need for cognition modulates the influence of feedback on control engagement: Behavioral and ERP evidence from a Stroop task. *Motivation Science*. Advance online publication.

Yang, Q., Xu, R., Zhang, L., & Qiao, L. (2025). The benefit of extrinsic motivation on effortful cognitive control is influenced by need for cognition. *Psychological Research*, *89*(1), 46.

Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2020). What can be learned from growth mindset controversies? *American Psychologist*, *75*(9), 1269−1284.

Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., ... Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, *573*(7774), 364−369.

Yeung, N., & Summerfield, C. (2012). Metacognition in human decision-making: Confidence and error monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *367*(1594), 1310−1321.

Zénon, A., Solopchuk, O., & Pezzulo, G. (2019). An information-theoretic perspective on the costs of cognition. *Neuropsychologia*, *123*, 5−18.

Zerna, J., Scheffel, C., Kührt, C., & Strobel, A. (2023). Need for Cognition is associated with a preference for higher task load in effort discounting. *Scientific Reports*, *13*(1), 19501.

Zhang, M., Palmer, C. V., Pratt, S. R., McNeil, M. R., & Siegle, G. J. (2022). Need for cognition is associated with the interaction of reward and task-load on effort: A verification and extension study. *International Journal of Psychophysiology*, *180*, 60−67.

Zipf, G. K. (1949). Human behavior and the principle of least effort: An introduction to human ecology. Addison-Wesley Press, Cambridge, MA.

Subjective and objective drivers of cognitive effort investment and the moderating role of individual differences

YANG Qian, TAN Jiaxin, CHEN Lunzixuan

(*Institute of Brain and Psychological Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu* 610066, *China*)

Abstract: Cognitive effort investment is a core decision-making process in which individuals dynamically allocate limited mental resources through cost-benefit trade-offs. Traditional research has primarily explained the generation and variation of effort from the perspective of objective task difficulty. However, growing evidence suggests that subjective experiences can drive effort investment independently of objective factors. Focusing on three interrelated issues in cognitive effort investment, namely objective task demands, subjective experiences, and individual-difference moderation, the present review systematically synthesizes the theoretical developments and empirical advances in the field. First, it distinguishes theories concerning the origins of subjective cost, including the opportunity-cost account and recent related developments, from theories concerning effort-investment mechanisms, including Motivational Intensity Theory and Expected Value of Control theory. Second, it examines the boundary conditions under which objective difficulty drives effort investment and the measurement limitations of objective indicators, and introduces difficulty-calibration approaches based on individual ability. Third, it analyzes the independent contributions, interrelations, and cross-trial dynamics of three subjective dimensions: perceived difficulty, perceived effort, and emotional experience. On this basis, the review proposes a testable dual-path framework in which Need for Cognition and growth/fixed mindset may moderate the dynamic influence of objective and subjective factors on effort investment through value/cost evaluation and attributional interpretation pathways, respectively. Finally, in response to current limitations such as confounded indicators and unclear mechanisms, the review outlines future directions, including systematic dissociation of objective and subjective effects, multimodal assessment frameworks, and broader application contexts.

Keywords: cognitive effort, subjective experience, objective difficulty, need for cognition, growth mindset