标题：

数学焦虑的行为预测因素

作者：

姓名：Chen Mun Yip Kinnard 机构：南洋理工大学 电子邮箱：chen1308@e.ntu.edu.sg

姓名：Azilawati Jamaludin 机构：国立教育学院、南洋理工大学 电子邮箱：azilawati.j@nie.edu.sg

姓名：Aik Lim Tan 机构：国立教育学院、新加坡
电子邮箱：aiklim.tan@nie.edu.sg ORCiD：
https://orcid.org/0000-0001-5910-7003

通讯作者：

姓名：Aik Lim, TAN 机构：新加坡国立教育学院（新加坡南洋道 1 号，邮编 637616）电子邮箱：aiklim.tan@nie.edu.sg

利益声明：作者声明不存在利益冲突。

资助

本研究由新加坡国家研究基金会（NRF）在学习科学倡议（NRF2016-SOL002-003）下资助。

数学焦虑的行为预测因素

摘要

数学焦虑（MA）是教育领域中一个普遍存在的问题，研究一贯表明，数学焦虑会导致较差的数学表现。本研究旨在探讨某些行为是否能够预测学生的数学焦虑。研究对象为数学学习进展缓慢的小学生（*n =124*），研究也是旨在通过神经启发式数学游戏提升学生数学能力的教育干预项目的一部分。研究确定了十种行为指标分类类型，例如大声数数。研究采用多元线性回归分析，将学生的焦虑得分作为因变量，并以这些行为观察以及学生的性别、情绪和数学特征作为预测变量。三项行为观察与学生的数学焦虑呈显著正相关。文中讨论了本研究的启示与局限性。

关键词 – 数学焦虑、数学低进展、行为预测因素

引言

数学焦虑（MA）是指个体进行数学活动时产生的恐惧与忧虑状态（Ashcraft 和 Krause，2007年）。这是许多教育环境中普遍存在的问题，并且在多个不同教育阶段持续存在（Gunderson et al.，2018年；Jain 和 Dowson，2009年），从小学开始（Harari et al.，2013年），甚至一直延续到大学教育阶段（Røykenes 和 Larsen，2010年）。此外，研究表明，MA会导致较差的数学表现。例如，Zhang et al.（2019年）进行的一项元分析发现，MA与数学表现之间存在稳定的负相关关系。换言之，较高程度的MA往往会导致学生的数学表现更差。

研究人员还发现，MA会对个体数学初始学习产生不利影响，进而导致数学技能和高级数学概念的习得效果较差（Krinzinger et al.，2009年）。例如，研究表明，MA会对简单加法和减法等基本数值运算产生不利影响，而这些运算是进行更复杂数学抽象的基础（Ashcraft，2002年；Maloney等人，2010年）。事实上，Ashcraft 和 Moore（2009年）发现，患有MA的个体往往觉得参与复杂数学计算更加困难。

还应注意，数学焦虑既可能是学生数学表现较差的原因，也可能是其结果（Foley et al., 2017）。这意味着，数学焦虑不仅会导致数学表现较差，也可能是学生在标准化数学测试中表现不佳所致（Ashcraft 和 Krause，2007）。长期来看，这可能形成一种反馈回路：学生在数学测试中表现不佳后会产生数学焦虑，并开始逃避数学课（Ashcraft & Moore, 2009）。随后，他们还可能对自己的数学能力形成消极信念，进一步加剧数学焦虑以及对数学课程的回避（Lent et al., 1991）。例如，数学焦虑常被视为女学生选修数学课程人数较少的主要原因之一（Meece et al., 1982）。这种回避还可能延伸至数学相关职业，从而进一步限制个人的职业机会（Eispino et al., 2017）。

同样，Barroso 等人（2021年）最近的一项荟萃分析发现，数学焦虑与数学成就呈负相关，而且这种负相关从童年一直延续到成年期。值得注意的是，较差的数学表现也会导致成年期出现负面结果，例如财务规划能力较差（McKenna 和 Nickols，1988年），以及数学教育者的信心较低（Olango 和 Assefa，2013年）。

鉴于数学焦虑可能在短期和长期内导致较差的数学学习和数学表现，帮助学生管理或缓解其数学焦虑十分重要。Balt 等人（2022）的系统综述表明，帮助个体管理数学焦虑的干预措施也有助于改善其数学表现。因此，早期识别数学焦虑程度较高的学生十分重要，从而帮助他们减少焦虑感，进而改善数学表现。

目前，识别学生数学焦虑的主要方式是采用自我报告测量（Carey 等，2017；Luttenberger 等，2018）。然而，在实际教育环境中，采用这种方法识别学生的数学焦虑可能不太切实可行，因为实施这些测量并汇总结果需要投入时间和人力（Wu 等，2012）。此外，鉴于个体的数学焦虑水平可能会随时间发生变化（Ashcraft 和 Krause，2007），可能需要进行定期测试，才能更准确地测量学生的数学焦虑。这表明，需要一种更具成本效益的方式来识别学生在不同时间点的数学焦虑。

识别数学焦虑（MA）的一种方式，可能是识别能够反映个体潜在数学焦虑的行为。焦虑可以表现为多种行为，例如坐立不安和烦躁不安（Yadav 等人，2017年）。这表明，可以通过观察学生在进行数学相关任务时的行为来识别其数学焦虑。由于任何能够预测数学焦虑的行为都有助于教育工作者轻松识别数学焦虑程度较高的学生，并进而通过管理其情绪或改善其数学表现来帮助他们减轻数学焦虑，因此这一点十分重要（Balt 等人，2022年）。因此，本研究旨在探究某些行为是否能够预测学生的数学焦虑。

文献综述

数学焦虑

Dreger 和 Alken（1957年）首次在学术研究中将数学焦虑作为研究主题提出，用于描述学生对数字的焦虑。如今，数学焦虑通常指个体进行数学活动时产生的恐惧和忧虑状态（Ashcraft 和 Krause，2007年），并被视为一种主要的情绪反应（Mammarella 等人，2015年）。需要指出的是，尽管大多数研究将数学焦虑概念化为单一因素，但一些研究者认为数学焦虑由两个维度构成：认知维度和情感维度（Wigfield 和 Meece，1988年）。认知维度广义上指个体对数学表现的想法和担忧，而情感维度则包括个体与数学测试相关的紧张等情绪（Wigfield 和 Meece，1988年）。

数学焦虑还可以与考试焦虑或一般焦虑区分开来（Ashcraft & Ridley，2005）。例如，与考试焦虑和一般焦虑相比，不同的数学焦虑测量彼此之间的相关性更高（Ashcraft & Ridley，2005）。换言之，研究表明，数学焦虑与其他形式的考试焦虑或一般焦虑有足够明显的差异，因此可以被视为一种独立构念（Dowker 等，2016）。

有许多因素会影响一个人的数学焦虑水平，这些因素可分为三大类：环境因素、认知因素和个人因素（Rubinsten & Tannock，2010）。环境因素包括一个人在课堂或家中学习数学时的经历。例如，Mutodi 和 Ngirande（2014）发现，在家中和课堂上的数学学习负面经历都可能导致数学焦虑。同样，压力较大的教学策略，如限时测试（Ashcraft & Moore，2009），以及将数学相关任务作为惩罚手段布置，都被发现会增加一个人的数学焦虑（Oberlin，1982）。相反，McNaught 和 Grouws（2007）认为，教师和家长应当致力于为学生学习数学创造更加积极的环境。他们还建议，家长应关注并了解儿童在学习数学时可能产生的恐惧和焦虑，尤其是在数学学习的早期阶段。此外，家长自身的数学焦虑可能会对儿童学习数学的经历产生负面的代际影响，导致儿童的数学学习效果较差，并表现出更高水平的数学焦虑（Maloney等人，2015）。一个人成长所处的文化也可能影响其数学焦虑水平；在那些更加重视考试成绩的国家，学生可能会经历更高水平的数学焦虑（Dowker 等，2016；Tan & Yates，2011）。

个人因素包括低自我效能感（Kesici & Erdoğan，2010年；Maloney等人，2011年）、低自尊、以往的负面经历（Mutodi & Ngirande，2014年；Rubinsten & Tannock，2010年），甚至还包括遗传易感性（Wang等人，2014年）。例如，Wang等人（2014年）发现，个体对一般焦虑的遗传易感性也会增加其发展为数学焦虑的可能性。认知因素包括智力较低以及在数学方面的认知能力较差（Rubinsten & Tannock，2010年）。

数学焦虑评估

数学焦虑几乎完全通过自我报告问卷进行评估，适用于所有年龄群体，涵盖教育和研究场景（Carey 等，2017；Luttenberger 等，2018）。对于成年人，常用的测量工具包括数学焦虑评定量表（MARS；Richardson 和 Suinn，1972）和修订版数学焦虑评定量表（R-MARS；Baloğlu 和 Zelhart，2007）。此外，还有针对年幼群体（如小学生）开发的问卷，这些问卷采用更多图示评定量表，并更加关注具体的数学情境。示例包括早期数学焦虑量表（SEMA；Wu 等，2012）和儿童数学态度量表（James，2013）。

与大多数自我报告测量一样，这些问卷的准确性取决于参与者是否如实作答，以及他们对自身的感知是否准确（Dowker 等，2016）。为应对这一问题，一些研究采用生理测量来确定个体的数学焦虑水平，例如测量皮质醇分泌水平（Mattarella-Micke 等，2011）。神经学测量手段，如脑电图记录（Núñez-Peña 和 Suárez-Pellicioni，2015）和功能性磁共振成像扫描，也被用于测量和描绘数学焦虑（Pletzer 等，2015）。然而，在实际教育环境中，这类测量可能不太实用，因为实施测量并整理其结果需要投入时间和人力（Pletzer 等，2015；Wu 等，2012）。鉴于个体的数学焦虑水平会随时间发生变化（Ashcraft 和 Krause，2007），可能需要定期测试，才能更准确地测量学生的数学焦虑。这表明，有必要采用一种成本效益更高且更具适应性的方式，来测量学生在不同时间点的数学焦虑水平。

数学焦虑的行为预测指标

个体在参与数学相关任务时的行为，可能是数学焦虑的一个指标。数学焦虑会影响个体，并在多个层面表现出来，例如生理层面（Hunt 等，2017年）、心理或认知层面（Hunt 等，2014年）以及情绪层面（Papousek 等，2012年）。

数学焦虑也会在行为层面影响个体（Pizzie 和 Kraemer，2017年）。例如，数学焦虑程度较高的个体往往表现出更多的脱离行为，具体表现为回避数学刺激，例如数学课程或数学相关作业（Preis 和 Biggs，2001年；Pizzie 和 Kraemer，2017年）。同样，一些研究者认为，数学焦虑会引发三类反应：情感、认知和行为反应（Olango，2016年；Ashcraft，2019年）。Olango（2016年）指出，这些行为反应处于一个连续谱上，其两端分别是接近行为和回避行为。Olango（2016年）还描述了这三个领域如何以相互强化的方式彼此作用。这可能产生负向循环，即回避行为与焦虑感和担忧相互作用；也可能产生另一种循环，即个体的接近行为与对数学成就的想法及信心感受相互作用，从而形成积极的自我强化循环。

同样，Pries 和 Biggs（2001年）概述了数学刺激回避的负向循环如何分为四个阶段，以及这一循环如何自我强化。第一阶段，个体在数学或数学情境中经历负面体验。这会引发第二阶段：由于先前的负面体验，个体开始回避数学。第三阶段，个体回避数学后，提升数学技能的机会减少，因而数学能力变得较弱，对数学也准备不足（Dowker 等，2016；Pries 和 Biggs，2001年）。第四阶段，由于对数学准备不足，个体的数学表现会更差。这会带来负面的数学体验，使个体回到第一阶段，并形成数学回避与数学焦虑的恶性循环（Pries 和 Biggs，2001年；Ramirez 等，2018年）。这种回避行为十分常见，以至于 Ashcraft 和 Moore（2009年）将其描述为“数学焦虑个体的一种主导性特征”（第 201 页）。

这表明，某些行为可能是个体数学焦虑的表现，因此可以用来预测其是否存在数学焦虑。这与临床研究中的焦虑症状学一致，即研究表明，某些行为是个体焦虑的症状（美国精神病学协会，2013年；Beck等，1988年；Spitzer等，2006年）。例如，贝克焦虑量表（BAI）——一种测量一般焦虑症状学的自我报告测量工具——指出，“颤抖”“手部震颤”和“腿部摇晃”等某些行为是焦虑的常见症状（Beck等，1988年）。同样，Spitzer等人（2006年）编制的广泛性焦虑障碍-7量表

（GAD-7）——一种用于确定焦虑症状严重程度的常见自我报告工具——包含“坐立不安到难以静坐”这一行为症状。因此，临床文献表明，某些行为的存在可以预测个体的焦虑，这意味着某些行为也可能预测个体的数学焦虑。

方法

参与者

本研究共招募了124名新加坡小学学生，年龄为6至7岁，来自新加坡的小学。在这124名学生中，48.39%为女性（n = 60），51.61%为男性（n = 64）。这些学生具有不同的数学特征；他们被标记为典型发展（TD；15.32%；n = 19）、低进展学习者（LP；41.13%；n = 51）或有发展性计算障碍（DD）风险（43.55%；n = 54）。学校在学生首次进入小学时实施国家数学能力筛查评估，并根据评估结果将学生分为三个组别。根据分数，学生被划分为四个等级，范围为0至3分。分数为2分或以下的学生被视为低进展学生，需要参加数学抽离式课程，以获得更多支持。得分为“3”的学生被视为典型发展学生。在本研究中，学生还完成了计算障碍筛查工具（Butterworth，2003年），该工具识别出可能有发展性计算障碍风险的学生。

本研究遵循《赫尔辛基宣言》开展，研究方案经南洋理工大学机构审查委员会批准（参考编号：IRB-2017-10-030）。

测量措施

数学焦虑

为测量学生的数学焦虑，本研究采用了 Wu等人（2012年）编制的早期数学焦虑量表（SEMA）。SEMA量表包含20个条目，是一种自我报告测量工具，要求参与者指出自己在涉及数学的特定情境中会感到多么焦虑。该量表采用5点李克特量表，评分从1分（完全不紧张）到5分（非常、非常紧张）。李克特量表的每个分值都配有一张焦虑表情图；表情图根据其所代表的分值（或焦虑程度）呈现不同程度的焦虑。配有焦虑表情图有助于儿童更准确地辨认并选择最能代表其焦虑程度的分值（Wu 等，2012）。

该测量工具可分为两个因子：1）数值加工焦虑（NPA）因子；2）情境与表现焦虑（SPA）因子。NPA条目要求受试者指出，如果必须解答某些数学题，他们会感到多么焦虑（例如：“这样对吗?

9 ”）；而SPA因子

+ 7 = 18

则聚焦于涉及数学的情境（例如：“你正在上数学课，老师即将讲授新内容”）。每个因子均包含10个条目。

SEMA总得分通过将全部20个条目的得分相加计算得出，而其各因子（例如NPA和SPA）的总分则通过将对应10个条目的得分相加计算得出。得分越高，表示数学焦虑（MA）程度越高。

数学游戏——“数字珠”

数字珠是一款由Butterworth & Laurillard（2017年）开发的数字游戏，旨在融入并应用神经科学和认知科学研究成果，帮助低成就学习者（例如患有计算障碍的个体）学习数学。

在游戏中，屏幕顶部有一组目标珠子（与“目标”一词归为一组；参见图1），游戏的主要目标是通过拆分或合并游戏区域中可用的不同颜色珠子，构建目标珠子组。有关“数字珠”游戏的更多详细信息，请参阅 Laurillard（2016年）。

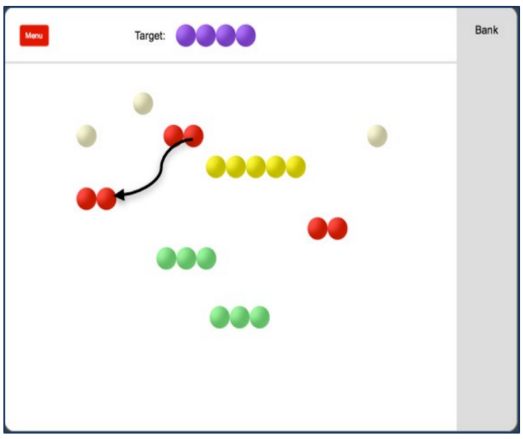

图*1.* Laurillard（2016）中的数字珠数学游戏截图。

行为观察

鉴于关于能够预测数学焦虑的行为的研究有限，本研究采用主题分析方法来制定待考察的不同类别行为。具体而言，研究人员在观察学生时，被要求记录学生参与数学游戏过程中表现出的任何值得注意的行为。

随后，研究人员根据这些值得注意的行为，将其归类并划分为10种不同的行为观察（BO；例如，BO1至BO10）：

1. **大声数数（BO1）**

T这涉及逐个大声说出数字来计数（例如，“三、四、五……”　　）.

2. **思维过程 verbalization（BO2）**

这指的是学生对其将如何进行算术计算的思考过程进行口头表达（例如：“我可以从 8 中减去 2 得到 6”）。

3. **其他评论或声音的发声（BO3）**

任何不属于上述两项行为观察的其他口头发声，均归入此项行为观察。例如哼唱、唱歌、发出无意义的声音，或说出与当前算术任务无关且没有意义的话语。

4. **用手指辅助数数（BO4）**

这包括在计数时用手指指向电脑屏幕上的“珠子”，和/或用手指表示数字，以辅助进行算术计算。

5. **查看并与同伴互动（BO5）**

这种行为观察大致指学生与同伴之间的任何互动。例如，观察同学、询问他们近况，以及相互竞争以取得最高分数。

6. **手和腿的大幅度动作（BO6）**

这包括任何手和腿的大幅度动作，例如坐立不安、抖腿或摆弄文具。

7. **有疑问时提问（BO7）**

学生就如何进行数学游戏进行澄清，或请求帮助完成特定题组的任何行为，都属于这一行为类别。

8. **庆祝成功（BO8）**

这包括任何表明成功完成某个关卡或任务的庆祝行为。例如，挥拳向空中并说“是的！我做到了！”，或将双手举向空中欢呼。

9. **看向别处或分心（BO9）**

这指的是任何表明注意力不足或注意力分散的行为，例如看向别处。如果学生正在看同伴，则不属于此项行为观察，而应归入“查看并与同伴互动”这一行为观察类别。

10. **数字珠的随机拆分与合并（BO10）**

这指的是参与者在数学游戏中操作的珠子（例如，从一组较大的8颗珠子中分出3颗，以便计算“8-3=5”）。尽管这并非严格意义上的身体行为，但这种行为与实际操作实体物体，或使用所谓的“操作教具”进行算术运算的行为有很强的相似性（Jones & Tiller，2017年）。

情绪与数学概况

根据研究团队的观察，每名学生在参与数学游戏时的情绪被标记为以下四种情绪之一：1）开心；2）中性；3）无聊；或4）压力。

学生的数学特征（TD、LP或DD）是根据学校的标准（采用教育部的早期数感指标）和计算障碍筛查工具（Butterworth，2003年）共同确定的。

程序

首先，研究人员指导学生完成SEMA测量。根据Wu等人（2012年）的做法，一名受过培训的研究人员协助学生完成该测量，包括帮助朗读问题，并请学生指出最能代表其焦虑程度的面孔。如果学生不理解量表中的项目，也鼓励他们提问并澄清问题的含义。

随后，研究人员邀请学生在指定的笔记本电脑上玩神经启发式数学游戏——数字珠。在游戏过程中，研究人员记录了学生的情绪以及他们表现出的任何值得注意的行为。

SEMA的测评和游戏环节分别在不同时间于学校进行，游戏时长约为每名学生2至4小时。

数据分析

首先，对以下变量进行了描述性分析：1）情绪；2）SEMA得分。

其次，采用卡方检验考察性别、情感和行为观察是否与学生的数学概况存在显著关联。

第三，进行了多元线性回归分析，将SEMA得分回归于1）行为观察，以及学生的2）性别、3）情绪和4）数学特征。鉴于目前尚无关于新加坡学习者数学焦虑此类行为指标的研究，因此选择了逐步回归，因为这种方法能够选出可对数学焦虑提供最有效预测的模型

（Aiken & West，1991）。在逐步回归分析中，PIN设为.05，POUT设为.10。

由于SEMA量表可分为两个因子：NPA因子和SPA因子，因此进行了三次逐步回归分析，每次分析采用不同的因变量（DV）。第一个模型的因变量为SEMA总分。第二个模型的因变量为NPA总分，第三个模型的因变量为SPA总分。

结果

描述性分析

Mood

根据研究人员的观察，51.61%的学生感到开心（n = 64），39.52%的学生情绪中性（n = 49），8.06%的学生感到无聊（n = 10），0.81%的学生感到有压力（n = 1）。

*SEMA*得分

关于SEMA总分，所有参与者的平均分为23.5（可能范围为0–80），标准差（SD）为15.91。各题目的平均分为1.18（满分为4），标准差为0.80。

SEMA得分可分为两个因子：NPA因子和SPA因子。对于NPA因子，所有参与者的平均分为13.24（可能范围为0–40），标准差为8.60。NPA因子中每个条目的平均分为1.32（满分为4），标准差为0.86。对于SPA因子，所有参与者的平均分为10.26（可能范围为0–40），标准差为8.76。SPA因子中每个条目的平均分为1.03（满分为4），标准差为0.88。

数学特征与性别、情感及行为观察

卡方检验显示，情感（X^2 (2, N = 124) = 5.696, p = .458）和性别与数学特征均无显著相关（X^2 (2, N = 124) = 0.611, p = .737）。

数学特征仅与其中一项行为观察显著相关，即 BO5——查看并与同伴互动（X^2 (2, N = 124) = 8.540, p = .014）。更具体地说，与低进展学习者和典型发展者相比，患有发展性计算障碍的学生在进行数学活动时更有可能表现出“查看并与同伴互动”的行为。这属于小到中等效应量（V = .262；Cohen，1988年）。

第一个回归模型：SEMA总分

第一个回归模型采用逐步法，以SEMA总分为因变量，将学生的1）情感、2）性别、3）数学特征和4）行为观察纳入回归分析。

纳入回归模型的第一个预测变量是 BO1——大声计数。它具有最大的决定系数（R2 = .061, F(1, 122) = 7.863, p < 0.01）。在 BO1 纳入模型后，BO10——数字珠的随机拆分与合并的决定系数变化幅度最大（R2 = .050, F(1, 121) = 6.825, p < 0.05），因此也被纳入模型。

最终模型显示，BO1和BO10是影响SEMA总分的显著因素（参见表1）。这组预测变量解释了SEMA总分方差的11.1%（R2 = .111，F(2, 121) = 7.531，p < 0.001）。

表1. 关于总 SEMA得分的第一模型多元回归分析摘要。

变量	非标准化系数		标准化系数		
	B	标准误	*β*	*t*	Sig.
常数项	19.078	1.777		10.737	.000
BO1——大声数数 大声数数	7.807	2.934	.229	2.660	.009
B010——随机拆分与合并数字珠子	8.409	3.219	.225	2.612	.010

第二回归模型：NPA总分

同样，第二回归模型采用逐步法，以学生的 1）情感、2）性别、3）数学特征和 4）行为观察作为自变量，对 NPA 分数进行回归分析。

行为观察——BO1（大声数数）——是本回归模型中唯一加入的预测变量（R2 = .047，F(1, 122) = 5.983，p < 0.05）。换言之，该模型显示，BO1 是唯一与 NPA 总分显著相关的因素（参见表 2）。该模型解释了总 SEMA 分数中 4 7 2 = 047, 1, 122 = 5 983, < .% 的方差（R . F( ) . p .）。
0 05

表 2. NPA总分第二模型多元回归分析摘要。

变量	非标准化系数		标准化系数		
	B	标准误	*β*	*t*	Sig.
常数项	11.988	.914		13.117	.000
BO1 – 计数 loud	3.986	1.630	.216	2.446	.016

第三个回归模型：SPA总分

最后，第三个回归模型采用逐步法，将相同的四类变量回归到SPA总分上。

首先纳入回归模型的预测变量是BO10——数字珠的随机拆分与合并（R^2 = .075，F(1, 122) = 9.906，p < 0.01）。随后，BO1——大声计数也被纳入模型（R^2 = .046，F(1, 121) = 6.319，p < 0.05）。最后，模型还纳入了BO9——看向别处或分心（R^2 = .033，F(1, 120) = 4.739，p < 0.05）。

最终模型显示，BO1、BO9和BO10是影响SPA总分的显著因素（参见表3）。这组预测变量解释了SEMA总分15.4%的方差（R^2 = .154，F(1, 120) = 7.304，p < 0.001）。

表3. 关于第三个模型中 SPA总分的多元回归分析摘要。

变量	非标准化系数		标准化系数	t	Sig.
	B	标准误	β		
常数项	6.818	1.049		6.501	.000
BO10 – 随机拆分与合并数字珠的	4.564	1.769	.221	2.580	.011
B01 – 数出 loud	4.419	1.592	.235	2.776	.006
BO9 – 观察在别处，或正在注意力分散	3.694	1.697	.187	2.177	.031

讨论

本研究旨在探讨情感、性别、数学特征以及某些行为观察是否能够预测数学焦虑。本研究最终建立了3个不同的回归模型：1）SEMA总分，2）NPA总分，3）SPA总分。

性别与数学焦虑有关吗?

研究结果表明，在三种回归模型中，性别与数学焦虑均不存在显著关联。这与许多既往研究的结果一致：这些研究发现，小学生（即5至10岁的学生）的数学焦虑不存在性别差异（Erturan & Jansen, 2015年；Harari et al.，2013年；Kucian et al.，2018年；Schleepen & Van Mier，2016年）。

情感（情绪）与数学焦虑有关吗?

在全部三个回归模型中，均未发现情感与数学焦虑之间存在显著关联。换言之，研究结果表明，个体的情感与其数学焦虑水平并无关联。这种不显著的关联可能是由于学生在情绪调节能力方面存在差异。情绪调节的一种形式是表达抑制，指试图隐藏自己的感受和生理状态（Cohen et al., 2021）。既有研究发现，个体进行情绪调节的能力与数学焦虑相关（Brooks, 2014；Pizzie & Kraemer, 2021）。这表明，学生在情绪调节能力方面的差异可能是情感与数学焦虑关系中的调节因素，从而或许能够解释这两个变量之间缺乏显著关联的原因。

数学焦虑与数学学习特征之间是否存在差异性关联?

结果表明，在所有回归模型中，数学特征与数学焦虑之间均不存在显著关系。也就是说，数学特征不同的学生在数学焦虑分数上没有显著差异。本研究中数学特征与数学焦虑之间缺乏显著关系，可能是由于测试情境存在差异。不同于以往在传统教育情境中测量学生数学焦虑的研究（例如，在标准化数学测试前后进行测量；Zhang et al., 2019），本研究是在数学课堂中并于游戏过程开始前测量学生的数学焦虑。

是否存在数学焦虑的行为预测因素?

研究结果显示，三种行为观察与数学焦虑显著正相关：即，1）大声数数，2）随机拆分与合并数字珠，以及3）看向别处或分心。

BO1——大声数数——在全部三个回归模型中均被纳入。这表明，大声数数这一行为可能是预测学生数学焦虑的变量。这一发现似乎与当前文献一致。既往研究结果表明，数学焦虑者在进行算术任务时往往具有较小的工作记忆容量，因为他们经常会产生占用工作记忆资源的侵入性焦虑思维（Ashcraft 和 Krause，2007；Maloney等人，2010；Shi 和 Liu，2016）。研究还发现，个体的工作记忆容量在数学焦虑与视觉计数之间发挥中介作用（Maloney等人，2010）。鉴于已有研究表明，大声说出材料能够改善个体对该材料的记忆（Forrin 和 MacLeod，2018），大声数数这一行为同样可能是一种补偿策略，用于弥补其较低的工作记忆容量。

BO10——数字珠的随机拆分与合并——被纳入了两个回归模型，其中预测变量分别对SEMA得分和SPA得分进行回归。这表明，学生总体数学焦虑与其情境与表现焦虑之间存在正相关。这与当前关于数学焦虑和数学表现之间负相关关系的文献一致（Zhang et al.，2019）。这一对数字化操作教具进行随机操作的行为观察（BO）表明，该学生可能不知道如何按程序解决算术任务，说明其潜在的数学困难表现为较差的数学表现。此外，数学焦虑既可能是数学表现较差的原因，也可能是其结果（Foley et al.，2017）。综上，BO10可能是个体数学表现较差和/或数学焦虑的症状。然而，鉴于这一行为观察与NPA得分并无显著关联，这表明该行为只会出现在那些因自身解决数学题的能力受到评估而感到焦虑的个体身上，而不会出现在那些仅在非评价情境中感到焦虑的个体身上。

BO9——看向别处或分心——仅被纳入一个回归模型，该模型考察的是其与 SPA 分数的关系。这表明，这种行为与个体的情境与表现焦虑呈正相关。这与以往关于通常与数学焦虑相关的行为反应的研究结果一致，例如行为脱离（Pizzie & Kraemer，2017）。同样，Eysenck 等人（2007年）也表明，焦虑会降低个体对当前任务的专注程度，使其更容易受到分心的影响。无法专注于当前任务以及受到其他刺激（例如自己的侵入性思维）干扰，是高水平焦虑者的常见特征（Ramirez 等人，2016年）。对看向别处或分心这一行为的观察，似乎正体现了这种脱离行为和分心倾向。然而，由于 BO9 与 SEMA 和 NPA 分数并无显著关联，这表明，这种回避行为只会出现在那些因自己的数学题解答能力受到评估而感到焦虑的个体身上，而不会出现在那些仅在非评价性情境中感到焦虑的个体身上。

理论与实践意义

鉴于目前尚无研究专门探讨行为观察与数学焦虑之间的关系，尤其是在新加坡教育背景下，本研究有助于弥补这一文献空白。因此，本研究通过民族志视角为研究者提供了关于数学焦虑的初步洞见，为未来在这一领域开展研究创造了机会。研究结果为数学教育情境提供了一些实践启示。

教育工作者无需依赖自我报告测量，而可以利用对课堂表现的行为观察，快速且以成本效益高的方式预判与数学学习相关的社会情绪问题，例如数学焦虑。相比让学生完成阶段性数学焦虑自我报告测量，教育工作者依靠此类行为观察的负担也较小。在学生通过操作实体物体学习数数的教育情境中，也可以采用此类行为观察（Jones & Tiller，2017）。研究结果表明，随意操作实体物体（例如珠子）也可以作为个体数学焦虑的指标。因此，这些观察能够为教师提供早期指标，以识别可能存在数学焦虑的学生，从而使教师能够及早介入，并为这些学生提供必要的支持。

局限性与未来研究

本研究有两个主要局限。首先，本研究是在数学游戏的情境下开展的。具体而言，本研究中接受观察的学生正在玩数学游戏。由于风险和期望较低，此类教育游戏往往不像传统教育环境那样容易引发焦虑（Marshall 等，2016年；Rocha 和 Dondio，2021年；Taylor 和 Mohr，2001年）。因此，在本研究情境中能够预测数学焦虑的行为，未必能推广到传统教育环境。还需要开展更多研究，以确定此类行为预测因素在现实教育环境中的效用。

其次，本研究在新加坡开展。新加坡是一个东亚国家，其学生具有较高的数学能力（国际学生评估计划，2018年）。许多研究表明，与比利时和美国等西方国家相比，情绪抑制——指隐藏个人真实情绪（Schouten 等，2020年）——在新加坡和日本等亚洲国家更为普遍（Butler 等，2007年；Cheung & Park，2010年；Soto 等，2011年）。这表明，不同国家的学生在参与数学相关活动时，可能具有不同程度的情绪抑制或情绪调节能力，因而也可能表现出不同形式的数学焦虑。

结论

本研究旨在探讨行为观察与数学焦虑之间的关系。研究结果表明，大声数数、随机拆分与合并数字珠（或任何实体物体），以及看向别处或注意力分散等行为观察指标，可能可以预测个体的数学焦虑。这表明，教育工作者可以将此类行为观察作为一种快速判断依据，以了解学生是否面临相关的社会情绪困扰，例如在学习数学时经历焦虑。尽管当前研究结果在传统教育环境和西方国家中的可推广性可能有限，但未来研究应着眼于在其他情境中考察这些变量。

参考文献

Aiken, L. S., & West, S. G.（1991年）。多元回归：交互作用的检验与解释。Sage 出版社。美国精神病学协会。（2013年）。精神障碍诊断与统计手册（第*5*版）。https://doi-org.ezproxy.frederick.edu/10.1176/appi.books.9780890425596 Ashcraft, M. H., & Krause, J. A.（2007年）。工作记忆、数学表现与数学焦虑。《心理学公报与评论》，*14*，243-248。https://doi.org/10.3758/BF03194059 Ashcraft, M. H., & Moore, A. M.（2009年）。数学焦虑与表现的情感性下降。*Journal of Psychoeducational Assessment*，*27*（3），197-205。Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S.（2005 年）。数学焦虑及其认知后果：教程式综述。载于 J. I. D. Campbell （编）。《数学认知手册》（第315-327页）。Ashcraft, M. H.（2002年）。数学焦虑：个人、教育与认知后果。《心理科学当前方向》，*11*（5），181-185。https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196 Ashcraft, M. H.（2019年）。数学焦虑模型。载于 I. C. Mammarella、S. Caviola 与 A. Dowker（编），数学焦虑：已知内容与仍待理解的问题（第1–19页）。劳特利奇/泰勒与弗朗西斯集团。https://doi.org/10.4324/9780429199981-1 Baloğlu, M., & Zelhart, P. F.（2007年）。修订版数学焦虑评定量表的心理测量学特性。《心理学记录》，*57*（4），593–611。https://doi.org/10.1007/BF03395597 Balt, M., Börnert-Ringleb, M., & Orbach, L.（2022年）。降低学龄儿童数学焦虑：干预研究的系统综述。《教育前沿》，*7*，798516。https://doi.org/10.3389/feduc.2022.798516Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C.（2021年）。数学焦虑与数学成就关系的元分析。《心理学公报》，*147*（2），134–168。https://doi.org/10.1037/bul0000307Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A.（1988年）。用于测量临床焦虑的量表：心理测量学特性。《咨询与临床心理学杂志》，*56*（6），893–897。https://doi.org/10.1037//0022-006x.56.6.893 Brooks, A. W.（2014年）。变得兴奋：将表现前焦虑重新评估为兴奋。《实验心理学杂志：总论》，*143*，1144-1158。https://doi.org/10.1037/a0035325 Butler, E. A., Lee, T. L., & Gross, J. J.（2007年）。情绪调节与文化：情绪抑制的社会后果是否具有文化特异性？《情绪》，*7*，30-48。https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.1.30Butterworth, B., & Laurillard, D.（2017年）。研究计算障碍：学习科学视角。载于 J. C. Horvath、J. M. Lodge 与 J. Hattie（编），《从实验室到课堂：为教师转化学习科学》（第172–190页）。劳特利奇/泰勒与弗朗西斯集团。Butterworth, B.（2003年）。计算障碍筛查工具。伦敦：Nelson 出版公司有限公司。Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szűcs, D.（2017年）。修订版简式数学焦虑量表：一项适用于儿童的有效可靠工具。*Frontiers in Psychology*，*8*（11），1-13。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00011

Cheung, R. Y. M., & Park, I. J. K.（2010年）。亚裔美国人和欧洲裔美国人大学生的愤怒抑制、相互依存型自我建构与抑郁。《文化多样性与少数族裔心理学》，*16*，517-525。https://doi.org/10.1037/a0020655 Cohen, J.（1988年）。行为科学的统计功效分析。 Lawrence Erlbaum Associates。https://doi.org/10.4324/9780203771587 Cohen, L. D., Korem, N., & Rubinsten, O.（2021年）。数学焦虑与数学困难相关，并由情绪调节和焦虑倾向构成：一项网络分析研究。《脑科学》，*11*（12），1609。https://doi.org/10.3390/brainsci11121609 Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y.（2016年）。数学焦虑：60年来我们学到了什么？*Frontiers In Psychology*，*7*，508。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508Dreger, R. M., & Aiken, L. R. Jr.（1957年）。大学生群体中数字焦虑的识别。教育心理学杂志，*48*（6），344–351。https://doi.org/10.1037/h0045894 Eispino, M., Pereda, J., Recon, J., Perculeza, E., & Umali, C.（2017年）。数学焦虑及其对11年级学生课程和职业选择的影响。*International Journal of Education, Psychology and Counselling*，*2*（5），99-119。Erturan, S., & Jansen, B.（2015年）。探究男孩和女孩的数学情绪体验、数学表现以及这些变量之间的关系。*European Journal of*

M. W., I 理论。《情绪》，7，330-333。https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336 Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L.（2017年）。数学焦虑—表现联系。《心理科学当前方向》，*26*（1），52–58。https://doi.org/10.1177/0963721416672463 Forrin, N. D., & MacLeod, C. M.（2018年）。这一次与个人有关：听到自己的声音所带来的记忆获益。*Memory*，*26*（4），574-579。https://doi.org/10.1080/09658211.2017.1383434 Ganley, C. M., & McGraw, A. L.（2016年）。修订版幼儿数学焦虑量表的开发与验证。*Frontiers in Psychology*，*7*，1181。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01181 Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., & Levine, S. C.（2018年）。小学低年级动机框架、数学焦虑与数学成就之间的相互关系。*Journal of Cognition and Development*，*19*，21–46。https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1421538 Harari, R. R., Vukovic, R. K., & Bailey, S. P.（2013年）。幼儿数学焦虑：一项探索性研究。*Journal of Experimental Education*，*81*（4），538-555。https://doi.org/10.1080/00220973.2012.727888 Hunt, T., Clark-Carter, D., & Sheffield, D.（2014年）。探究数学焦虑与数学表现之间的关系：侵入性思维的作用。*Journal of Education, Psychology and Social Sciences*，*2*，69–75。Hunt, T. E., Bhardwa, J., & Sheffield, D.（2017年）。英国小学生的心算表现、生理反应性与数学焦虑。*Learning and Individual Differences*，*57*，129–132。Jain, S., & Dowson, M.（2009年）。作为多维自我调节和自我效能感函数的数学焦虑。*Contemporary Educational Psychology*，*34*，240–249。https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2009.05.004

James, M. M.（2013年）。儿童数学焦虑量表的开发与验证。*Journal of Psychoeducational Assessment，31*，391-395。https://doi.org/10.1177/0734282912470131 Jones, J. P., & Tiller, M.（2017年）。在数学教学中使用具体操作材料。*Dimensions of Early Childhood，45*（1），18-23。Kesici, S., & Erdogan, A.（2010年）。根据中学生的成就动机和社会比较考察数学焦虑。*Education，131*（1），54-63。Krinzinger, H., Kaufmann, L., & Willmes, L.（2009年）。小学低年级的数学焦虑与数学能力。*Journal of Psychoeducational Assessment，27*（3），206-224。https://doi.org/10.1177/0734282908330583Kucian, K., Zuber, I., Kohn, J., Poltz, N., Wyschkon, A., Esser, G., & von Aster, M.（2018年）。有无发展性计算障碍儿童的数学表现、数学焦虑与情感启动之间的关系。*Frontiers in Psychology，9*，263。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00263 Laurillard, D.（2016年）。通过具有内在反馈的数字游戏学习数感。*Australasian Journal of Educational Technology，32*（6），32-44。https://doi.org/10.14742/ajet.3116 Lent, R. W., Lopez, F. G., & Bieschke, K. J.（1991年）。数学自我效能感：来源及其关系

o

科学相关职业选择。 *Journal of Counseling Psychology, 38*(4), 424-430. https://doi.org/10.1037/0022-0167.38.4.424 Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018年). 聚焦数学焦虑。 *Psychology Research and Behavior Management, 11*，311-322. https://doi.org/10.2147/PRBM.S141421 Maloney, E. A., Ansari, D., & Fugelsang, J. A. (2011年). 快速交流。数学焦虑对数值大小加工的影响。 *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 64*(1), 10-16. Maloney, E. A., Ramirez. G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015年). 父母数学焦虑对儿童数学成就和焦虑的代际影响。 *Psychological Sciences, 26*(9),1480-1488. https://doi.org/10.1177/0956797615592630 Maloney, E. A., Risko, E. F., Ansari, D., & Fugelsang, J. (2010年). 数学焦虑影响视觉计数中的计数，但不影响快速识数。 *Cognition, 114*(2)，293-297。https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.09.013Mammarella, I. C., Hill, F., Devine, A., Caviola, S., & Szucs, D. (2015年). 数学焦虑与发展性计算障碍：一项关于工作记忆过程的研究。 *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 37*(8), 878–887. Marshall, E., Mann, V., & Wilson, D. (2016年). 帮助学生克服数学焦虑的教学策略

s

焦虑。《HEA STEM会议》，诺丁汉。Mattarella-Micke, A., Mateo, J., Kozak, M. N., Foster, K., & Beilock, S.（2011年）。是崩溃还是蓬勃发展？唾液皮质醇与数学表现之间的关系取决于工作记忆和数学焦虑的个体差异。《情绪》, *11*，1000–1005。https://doi.org/10.1037/a0023224 McKenna, J. S., & Nickols, S. Y.（1988年）。退休保障规划：中年阶段女性的助力与阻力是什么？《家政学研究期刊》, *17*，153-164。McNaught, M., & Grouws, D.（2007年）。学习目标与有效的数学教学：我们能从研究中学到什么？《台湾数学期刊》, *10*，2-11。

Meece, J., Parsons, J., Kaczala, C., Goff, S., & Futterman, R.（1982年）。数学成就中的性别差异：迈向学业选择模型。《心理学公报》, *91*(2)，324-348。https://doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.324 Mutodi, P., & Ngirande, H.（2014年）。探索数学焦虑：数学专业学生的经历。Mediterranean。《社会科学期刊》, *5*(1)，283-294。https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n1p283 Núñez-Peña, M. I., & Suárez-Pellicioni, M.（2015年）。高数学焦虑个体的多位数加法加工：心理生理学证据。*Frontiers in Psychology, 6*, 1268。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01268 Oberlin, L.（1982年）。如何教会儿童憎恨数学。《学校科学与数学》, *82*(3)，261–261。https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1982.tb17187.x Olango, M., & Assefa, A.（2013年）。确定由性别解释的教师绩效方差

er

以及教师自我效能感变量。《埃塞俄比亚教育杂志》，*33*(2)，95-122。Olango, M. (2016年)。数学焦虑因素作为理工科大一学生数学自我效能感和成绩的预测变量。《非洲教育研究杂志》，*4*(3)，109–123。Papousek, I., Ruggeri, K., Macher, D., Paechter, M., Heene, M., Weiss, E. M., Schulter, G., & Freudenthaler, H. H. (2012年)。统计焦虑量表的心理测量学评估与实验验证。《人格评估杂志》，*94*(1)，82-91。https://doi.org/10.1080/00223891.2011.627959 Pizzie, R. G., & Kraemer, D. J. (2017年)。在快速时间尺度上回避数学：数学焦虑中的情绪反应性与焦虑性注意。《大脑与认知》，*118*，100–107。https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.08.004 Pizzie, R. G., & Kraemer, D. J. (2021年)。数学焦虑中情绪调节、生理唤醒与表现之间的关联。*Frontiers in Psychology*，*12*，639448。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.639448 Pletzer, B., Kronbichler, M., Nuerk, H.-C., & Kerschbaum, H. H. (2015年)。数学焦虑降低

es

应对数值任务时默认模式网络的去激活。《人类神经科学前沿》，9，202。https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00202 Preis, C., & Biggs, B. T.（2001年）。教师能否帮助学习者克服数学焦虑？*AT*

EA

期刊，*28*(4)，6-10。国际学生评估计划。（2018年）。新加坡：学生表现。https://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?primaryCountry=SGP&treshold=10&topic=PI

#:~

:text=在%20阅读%20素养方面，主要高出%20，30%20分%20对于%20g

irls

）。Ramirez, G., Chang, H., Maloney, E. A., Susan, C., Levine, S. C., Sian L., & Beilock, S. L.（2016年）。

On

小学低年级阶段数学焦虑与数学成就之间的关系：

The

问题解决策略的作用。《实验儿童心理学杂志》，141，83-100。Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A.（2018年）。数学焦虑：以往研究、有前景的干预措施及一种新的解释框架。《教育心理学》，53(3)，145–16

4.

https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384 Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). 数学焦虑评定量表。*Journal of Counseling Psychology, 19*(6), 551–554. https://doi.org/10.1037/h0033456

Rocha, M., & Dondio, P. (2021). 电子游戏对小学生数学表现和焦虑的影响。*International Journal of Serious Games, 8*(3), 45-70. https://doi.org/10.17083/ijsg.v8i3.434 Rubinsten, O., & Ta nnock, R. (2010). 发展性计算障碍儿童的数学焦虑

.

Behavioural and Brain Functions, 6(1), 46-58. Røykenes, K. 与 Larsen, T.（2010）。护理专业学生的数学能力与其在药物剂量计算测试中的表现之间的关系。*Nurse Education Today, 30*（7）

697-701 16）。

数学焦虑 及流体智力技能产生差异性影响。*Psychology, 7*, 1911-1920。https://doi.org/10.4236/psych.2016.714174 Schouten, A.、Boiger, M.、Hirchner-Häusler, A.、Uchida, Y. 与 Mesquita, B.（2020）。文化差异

s

比利时和日本伴侣的情绪抑制：一种社会功能模型。*Frontier* *s*

心理学，*11*，1048。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01048 Shi, Z. 与 Liu, P.（2016）。担忧性思维限制数学焦虑中的工作记忆容量。*PLoS ONE*，*11*(10)，e0165644。http://doi.org/10.1371/journal.pone.0165644.s005 Soto, J. A.、Perez, C. R.、Kim, Y.-H.、Lee, E. A. 与 Minnick, M. R.（2011）。表达抑制是否总是与较差的心理功能相关？欧裔美国人与香港华人之间的跨文化比较。《情绪》，*11*，1450-1455。https://doi.org/10.1037/a0023340 Spitzer, R. L.、Kroenke, K.、Williams, J. B. W. 与 Löwe, B.（2006）。评估广泛性焦虑障碍的简短量表：广泛性焦虑量表-7项。*JAMA Internal Medicine*，*166*(10)，1092-1097。https://doi.org/10.1001/archinte.166.10.1092 Tan, J. B. 与 Yates, S.（2011）。学业期望作为亚洲学生压力的来源。Social *Psychology of Education*，*14*，389–407。https://doi.org/10.1007/s11218-010-9146-7 Taylor, J. A. 与 Mohr, J.（2001）。远程学习的数学焦虑学生所学习的数学。*Journal of Education and Development*，*25*，30–38。Wang, Z.、Hart, S. A.、Kovas, Y.、Lukovski, S.、Soden, B.、Thompson, L. A.、Plomin, R.、McLoughlin, G.、Bartlett, C. W.、Lyons, I. M. 与 Petrill, S. A.（2014）。谁害怕数学？两个来源 o

f

数学焦虑的遗传方差。儿童心理学与精神病学杂志，*55*(9) ，

1056-1064。https://doi.org/10.1111/jcpp.12224 Wigfield, A., & Meece, J. L.（1988年）。小学和中学生的数学焦虑。教育心理学杂志，*80*，210–216。https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.2.21 Wu, S. S., Barth, M., Amin, H., Malcarne, V., & 0

Menon, V.（2012年）。二、三年级学生的数学焦虑及其与数学成就的关系。*Frontiers in Psychology*，*3*(162)。https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00162 Yadav, P., Chauhan, V. S., Bhat, P. S., Agarwal, N., Yadav, C., & Bhatia, S.（2017年）。考前时期学生焦虑症状的横断面研究。*Industrial Psychiatry Journa*

l,

26(1), 56-63. https://doi.org/10.4103/ipj.ipj_40_17Zhang, J., Zhao, N., & Kong, Q, P. (2019年). 数学焦虑与数学表现之间的关系：一项元分析研究。*Frontiers in Psychology, 10*, 1613. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01613