

Mathematical Disability: Children's
Working Memory Characteristics and
Training Research

数学障碍儿童工作记忆特点及
综合干预研究

何壮·著

突破数学障碍

A BREAKTHROUGH IN
MATHEMATICAL
DISABILITY

突破数学障碍

A BREAKTHROUGH IN
MATHEMATICAL
DISABILITY

何壮·著

Mathematical Disability Children's
Working Memory Characteristics and
Training Research

数学障碍儿童工作记忆特点及
综合干预研究

图书在版编目(CIP)数据

突破数学障碍：数学障碍儿童工作记忆特点及综合
干预研究 / 何壮著. -- 北京：社会科学文献出版社，
2019.6

ISBN 978 - 7 - 5201 - 4908 - 2

I. ①突… II. ①何… III. ①数学课 - 教学研究 - 中
小学 IV. ①G633.602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 102104 号

突破数学障碍

——数学障碍儿童工作记忆特点及综合干预研究

著 者 / 何 壮

出 版 人 / 谢寿光

责任编辑 / 杜文婕

文稿编辑 / 徐 花

出 版 / 社会科学文献出版社 (010) 59367143

地址：北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编：100029

网址：www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367083

印 装 / 三河市龙林印务有限公司

规 格 / 开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：17 字 数：218 千字

版 次 / 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5201 - 4908 - 2

定 价 / 88.00 元

本书如有印装质量问题，请与读者服务中心 (010 - 59367028) 联系

 版权所有 翻印必究

本研究受“贵阳市财政支持贵阳学院学科与硕士
点建设项目”(JK-2019)资助

| 前 言 |

学习是人类成为万物之灵的重要原因。作为“学习的重要器官”——人脑，堪称世界上最复杂的物质系统。但受限于技术与研究方法，人类对学习的研究一直处在思辨或外显行为层面。直到20世纪70年代认知神经科学的兴起，学习研究才上升到了神经生理层面。人类对学习的研究从纯粹的教育、哲学研究转变为跨越神经科学、教育学、心理学等多个学科的研究。时至今日，教育与认知科学的结合已经成为国际上备受关注的新兴研究领域，教育神经科学成为新的学习科学。

学科融合给学习科学特别是学习障碍的研究带来了新的机遇。数学障碍是最受关注的学习问题之一，但与阅读障碍相比，数学障碍这一细分领域的研究发展相对滞后。国内外研究均公认工作记忆是数学障碍的核心缺陷，因此在工作记忆四成分模型提出以后，对数学障碍发生的最主要原因——工作记忆与数学能力之间的关系应做更深入的探讨。

本书是笔者自2013年以来对数学障碍、工作记忆及二者关系研究的阶段性总结。该研究采取了测验法、实验法、多维 Rasch 模型、聚类、等值等多种研究方法和技术。首先，基于测验法，在比较多种差异模型的基础上，确定了标准分数模型与回归模型相结合

的数学障碍儿童鉴别程序和排除因素，并以此为准鉴别出了数学障碍儿童。其次，以工作记忆四成分模型为指导编制了成套测验，数据分析结果表明，测验信度、效度均达到心理测量学要求。之后基于工作记忆测验结果，利用聚类分析法对鉴别出的数学障碍儿童进行了分类，并进一步分析了各类儿童工作记忆和数学能力的特点。最后，在分析了工作记忆与数学能力关系的基础上，对不同类别数学障碍儿童进行了综合干预，并对干预效果进行了评估。

研究方法和工具的发展，使得相关研究领域的学者可以从更多元的角度获得更加全面、微观的结论。这些结论可以让教师、家长、教育管理者、辅导机构重新审视学生的数学学习问题，加深对学习障碍及其有关问题的理解。

在本书的写作过程中，笔者的博士生导师韦小满老师给予了认真、细致的指导，在进行相关研究的过程中受到了贵阳市南明小学曹凤英校长、贵阳市第三实验中学石艳梅校长以及两所学校任课教师的支持，在此一并表示感谢！

学习科学的发展需要千千万万学者的共同努力，笔者仅是其中普通一员，能力有限，但仍希望能为这一领域的发展贡献自己的一份力量，书中不足之处敬请专家、学者批评指正。

何壮

2019年4月 贵阳

目 录

第一章 问题提出	001
第一节 研究背景	001
第二节 研究目的	006
第三节 研究意义	008
第二章 研究综述	013
第一节 核心概念界定	013
第二节 相关研究	027
第三章 研究总体设计与创新	096
第一节 研究内容	096
第二节 研究过程	098
第三节 研究的重点、难点及创新之处	099
第四章 研究 I 数学障碍的鉴别程序研究	104
第一节 研究目的	104
第二节 被试选择	105

第三节	研究步骤	105
第四节	研究结果与数据分析	106
第五节	讨论	117
第五章	研究 II 工作记忆测验编制研究	121
第一节	研究目的	121
第二节	被试选择	121
第三节	研究步骤	122
第四节	研究结果与数据分析	135
第五节	讨论	139
第六章	研究 III 小学生数学能力与工作记忆的关系研究	147
第一节	研究目的	147
第二节	被试选择	147
第三节	研究步骤	148
第四节	研究结果与数据分析	148
第五节	讨论	163
第七章	研究 IV 数学障碍儿童分类及其特点研究	168
第一节	研究目的	168
第二节	被试选择	168
第三节	研究步骤	169
第四节	研究结果与数据分析	170
第五节	讨论	184
第八章	研究 V 数学障碍儿童的综合干预研究	187
第一节	研究目的	187

第二节	被试选择	188
第三节	研究步骤和方法	188
第四节	研究结果与数据分析	200
第五节	讨论	202
第九章	综合讨论与结论	207
第一节	综合讨论	207
第二节	结论	214
参考文献	217
附 录	232
附录 1	研究Ⅳ数学能力评价试卷	232
附录 2	研究Ⅳ数学能力评价试卷双向细目表	238
附录 3	研究Ⅴ前测试卷	242
附录 4	研究Ⅴ前测试卷双向细目表	245
附录 5	研究Ⅴ干预训练题(节选)	247
附录 6	研究Ⅴ参数估计软件 Facets 代码	253

| 图目录 |

图 2-1	记忆的三级加工模型·····	021
图 2-2	工作记忆的三成分模型·····	022
图 2-3	工作记忆四成分模型·····	025
图 2-4	数值-大小干扰范式·····	031
图 2-5	九格图形空间位置任务示意·····	034
图 2-6	点矩阵任务示意·····	035
图 2-7	干预反应模式·····	056
图 2-8	作者合著知识图谱·····	079
图 2-9	被引期刊知识图谱·····	086
图 3-1	各研究间关系·····	098
图 4-1	三年级两种简单标准分数法比较·····	108
图 5-1	Stroop 任务中的三种条件·····	124
图 5-2	简单划消测验不同分组划消能力指数比较·····	129
图 5-3	复杂划消测验不同分组划消能力指数比较·····	130
图 5-4	工作记忆成套测验设计·····	134
图 5-5	工作记忆成套测验模型·····	137
图 6-1	小数乘除法样题·····	151

图 6-2	图形测量样题	152
图 6-3	复式统计图表样题	153
图 6-4	应用题样题	153
图 6-5	策略选择题目样例	157
图 6-6	图形加工选择题样例	158
图 6-7	进位错误案例	160
图 6-8	口算效率低案例	161
图 6-9	角度计算样题	162
图 7-1	不同聚类数量时半偏 R^2 统计量变化趋势	173
图 7-2	不同聚类数量时标准化均方根距离统计量变化趋势	175
图 7-3	两种层次聚类法结果比较	175
图 7-4	不同聚类工作记忆成分比较	177
图 7-5	不同聚类数学能力比较	178
图 7-6	心理旋转样题	179
图 7-7	无间隔错误	180
图 7-8	间隔过大错误	181
图 7-9	图例使用错误案例 A	181
图 7-10	图例使用错误案例 B	182
图 7-11	脱式运算错误案例 A	183
图 7-12	脱式运算错误案例 B	183
图 8-1	数的认识部分样题	190
图 8-2	数的表示部分样题	190
图 8-3	脱式运算样题	190
图 8-4	数的估计样题	191
图 8-5	柯西积木排列及编号	192
图 8-6	动物记忆 N-back 任务材料	194

图 8 - 7	A009 题样题	196
图 8 - 8	AS1901 题作答样题	198
图 8 - 9	加法运算律复习样题	199
图 8 - 10	加法运算律例题	199

表目录

表 2-1	工作记忆各成分的测量	028
表 2-2	工作记忆的成套测验	041
表 2-3	可用于鉴别数学障碍的工具	058
表 2-4	国内数学障碍鉴别研究文献来源	062
表 2-5	差异模型选择情况	063
表 2-6	不同时期数学障碍分类研究结论汇总	072
表 2-7	相关基金、项目信息	082
表 2-8	共被引前十位期刊信息	085
表 2-9	聚类分析主要结果	087
表 4-1	被试基本情况	105
表 4-2	简单标准分数法鉴别结果	107
表 4-3	SDL > 1.5, SDL 2 < 1.5 的学生名单	108
表 4-4	SDL 2 > 1.5, SDL < 1.5 的学生名单	109
表 4-5	修订后的标准分数法鉴别结果	110
表 4-6	两种标准分数法鉴别结果比较	110
表 4-7	点估计回归分析结果	112
表 4-8	点估计法鉴别结果	112

表 4-9	两种回归分析法鉴别结果比较	113
表 4-10	不同差异模型比较	113
表 4-11	鉴别所用数据基本统计	116
表 4-12	数学障碍鉴别结果	117
表 5-1	划消能力试测抽样	128
表 5-2	五个划消测验的鉴别力检验	129
表 5-3	工作记忆成套测验设计	134
表 5-4	工作记忆任务指标鉴别力分析	135
表 5-5	工作记忆能力指标鉴别力分析	136
表 5-6	模型拟合	138
表 5-7	测验信度检验	139
表 6-1	数学能力评价框架	150
表 6-2	数学试卷各题目拟合情况	154
表 6-3	数学能力估计结果	155
表 6-4	工作记忆各成分与数学能力的关系	155
表 7-1	离差平方和法不同聚类数时的个案数量	173
表 7-2	组间平均距离法不同聚类数时的个案数量	174
表 7-3	聚类分析结果	176
表 7-4	不同聚类学生工作记忆水平	176
表 7-5	不同聚类学生数学能力	178
表 7-6	数学障碍分类及其特点	184
表 8-1	前测测评框架	189
表 8-2	不同障碍类型学生干预任务	191
表 8-3	数字广度训练任务样题	194
表 8-4	前测题目参数	195
表 8-5	试题梯难度	197

表 8-6	学生 FXY 学业诊断结果	198
表 8-7	学生 FXY 干预教学计划	198
表 8-8	实验组工作记忆干预结果	201
表 8-9	不同组别学生学科能力	201
表 8-10	数学障碍组前后测能力	202

第一章

问题提出

第一节 研究背景

一 公平成为教育领域新的主题

十八届三中全会通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》中有两条与教育有关的决议，在“深化教育领域综合改革”部分明确提出“大力促进教育公平”“推进学前教育、特殊教育、继续教育改革发展”等内容。

“十三五”规划建议中也明确提出“促进教育公平”和“办好特殊教育”等内容。

教育公平有起点公平、过程公平和结果公平三个层次。(1) 起点公平即确保人人都享有平等的受教育权利；(2) 过程公平即提供相对平等的受教育机会和条件；(3) 结果公平即教育成功机会和教育效果的相对均等，每个学生接受同等水平的教育后能达到一个最基本的标准，包括学生在学业成绩上的实质性公平及教育质量公平、目标层面上的平等。

“确保人人都有受教育的机会”是前提和基础，“提供相对平

等的受教育机会和条件”是进一步的要求，也是“教育成功机会”和“教育效果相对均等”的前提。起点公平和过程公平可以通过国家或地方制定政策，通过行政手段解决，如按事先划分的区域入学。结果公平不仅需要各种形式的监督机制、监督机构的努力，更需要教育科学研究的支持。尤其是在学习障碍领域，学习障碍儿童对教育资源的要求更高，不仅需要教师付出更多的努力，还需要教师以科学的方法、有效的教学确保他们的权益。

欧美国家也非常关注教育公平。美国在2002年通过了《不让一个孩子掉队法案》(No Child Left Behind Act, NCLB)，要求学校必须确保每一个学生都获得一定质量的教育。为了实现“不让一个孩子掉队”的目标，学校专为有学习障碍的学生安排专人做个别化辅导，或在放学后将学生送至专门的补习学校接受干预。

2015年，美国又通过了《每一个学生成功法案》(Every Student Succeeds Act, ESSA)，新法案改进了问责制，继续要求各州关注学生的独特需要。如果学生成绩落后，各州需要重新提供资源来帮助这些学生。

此外，美国实现教育公平的路径经历了从强调“补偿”到追求“平等”的发展过程。^①这表明，公众对公平的关注从关注结果逐渐向更加科学的关注过程转变。

数学障碍是学习障碍中的重要类型，不同研究报告的流行率差异很大，最低为4%，最高为18.7%，平均在10%左右。尤其在受教育人口基数巨大的中国，即使以较低的流行率计算，数学障碍人数都是非常庞大的。

教育公平不仅需要以国家政策、法律、法规的形式将特殊教育

^① 张学众：《从强调“补偿”到追求“公平”——美国少数民族高等教育政策分析》，《内蒙古财经大学学报》2018年第1期，第112~115页。