

# 两种类型数学困难儿童的执行水平<sup>\*</sup>

左志宏<sup>1</sup> 邓赐平<sup>2</sup> 李其维<sup>\*\*2</sup>( <sup>1</sup>华东师范大学学前教育与特殊教育学院, 上海, 200062) ( <sup>2</sup>华东师范大学心理学系, 上海, 200062)

**摘 要** 使用 Crack the Code 任务考察单纯型与混合型数学困难小儿童的执行水平, 结果发现: 单纯型数学困难儿童在对认知资源要求较高的任务上的执行水平显著低于数学优良生, 但在认知要求较低的任务上二者之间没有显著差异; 混合型数学困难儿童执行水平最低, 在两个难度水平执行任务上的表现均显著差于数学优良生、单纯型数学困难儿童。小学儿童执行水平年级差异似乎主要表现在认知负荷较高的任务上, 1 年级学生与 3、5 年级学生的执行水平存在显著差异。

**关键词:** 执行水平 单纯型数学困难 混合型数学困难

## 1 引言

作为认知计划的重要成分, 执行在问题解决中发挥着重要作用。Mayer<sup>[1]</sup>将问题解决划分为四个基本阶段: 转换、整合、计划和执行。转换是对问题条件建构心理表征; 整合是对问题条件间的关系建构心理表征; 计划是制定解决方案; 执行则是实施方案。Class<sup>[2]</sup>的问题解决过程四阶段模型也包含执行成分——执行计划和检验结果, 认为把问题解决方法付诸实际就是计划执行过程。在关注智力活动内部过程的 PASS 模型中, 执行亦是行动计划的重要成分。行动计划瞄准如何达到特定目标或解决特定问题, 包括对问题形成心理表征、分析限制条件(即预先制定计划)、执行计划并对整个过程进行调控<sup>[3]</sup>。PASS 理论将计划定位于广义的计划过程, 而非狭义的问题解决方案, 因此就计划过程的四个成分而言, 如果说表征和预期是计划的产生与选择阶段, 那么执行则是计划实施的主体部分。显然, 所选择的策略效用再高, 也必须通过执行才能付诸实施, 进而策略的效用才能显现。

那么作为计划过程之重要成分的执行阶段是如何发挥作用的呢? Zelazo 等<sup>[4]</sup>根据问题解决的理论框架构建的执行功能模型, 认为执行包含形成意向和规则使用两个子步骤。形成意向是指把计划保存在头脑中以指导思维和控制行为; 规则使用是指把计划付诸实施、变为行动。我们认为, 执行或许并非仅包含上述两个子步骤, 而应是由系列动作所组成的过程。这个过程的发展往往不是线性的, 而是迂回曲折的。正如 Class 所指出的, 如果程序只包含几个可以具体计算出来的步骤, 计划就会很快得到执行。但在大的程序中, 不仅程序结构本身较为复杂, 而且每执行一步都有可能出现顾此失彼的现象。显

然执行过程是与错误的发生、发现和修正相伴随的。错误少、发现及时、修正有效, 执行过程就会顺畅圆满; 反之执行过程则显得困难。

在数学学习方面, 国内学者耿柳娜和陈英和<sup>[5]</sup>研究了不同数学焦虑水平儿童在解决加减法算术题时认知策略的选择和执行情况, 发现不同数学焦虑水平的儿童在策略执行正确率上存在显著差异。国外研究者 Mazzocco 和 Kover<sup>[6]</sup>对 178 名儿童追踪四年考察了执行功能与数学成绩的关系, 结果发现四年前后所测的执行功能水平相关显著, 且与数学学业成绩存在显著相关。这表明执行功能水平在学龄期具有稳定性, 而且在小学阶段的数学学习中可能在发挥着稳定而重要的作用。上述研究均揭示了执行水平在数学学习中的重要作用。

本研究试图以执行过程中能否及时有效地修正错误作为衡量执行水平的指标, 对单纯型与混合型数学困难小学生问题解决过程中的执行水平进行考察, 以期进一步揭示不同类型数学困难儿童的执行水平特点。

## 2 实验方法

### 2.1 被试

被试来自河南安阳两所小学, 两校的教学水平、学生学业成绩大致相当, 学生的家庭状况基本一致。经筛选, 按年级和性别进行匹配, 抽取单纯数学困难(简称单困组)、数学一语文综合困难(混合型数学困难组, 简称双困组)和学业成绩正常(简称对照组)的学生各 30 名。

双困组入选条件为: 最近两次正规考试数学、语文成绩排名均处于年级后 20%, 且任课教师评定其两门功课学习情况均稳定、落后, 并经学习动机量表、Raven 智力量表测试, 剔除学习动机水平低及明

<sup>\*</sup> 本研究受国家自然科学基金(项目编号: 30470581)、上海哲社会科学规划课题(项目编号: 2005EJY001)及华东师范大学 2005 年优秀博士生培养基金的资助。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者: 李其维, E-mail: liqiwei2004@126.com

显智力异常者。单困组入选条件为仅数学成绩落后而语文成绩正常,其余条件一致。对照组则选取数学成绩优良,且学习动机和智力水平正常者。

2.2 材料

2.2.1 学习动机问卷为《学习动机诊断测验》(MAAT)中有关学习部分的分量表。MAAT 由华东师范大学心理系周步成教授主编,测验的分半信度为 0.83—0.89,重测信度为 0.79—0.86。

2.2.2 Raven 渐进矩阵测验(联合型),华东师范大学心理系修订,信效度良好。

2.2.3 采用 Crack-the-Code 任务<sup>[3,7]</sup>,使用 Visual Fox Pro 8.0 电脑编程,由程序自动呈现测试内容,并记录被试的操作步数(每完成并提交一次排列为一步)。任务包含两种难度水平,一级水平由三个彩色圆形构成,二级水平由四个彩色圆形构成。每级水平包括三个作业。每一作业在呈现出来时已由电脑程序自动设定了目标状态,要求被试将这些色圆按特定顺序排列,但其目标状态被试无从知晓。被试的任务是尝试按照一定的顺序来排列色圆:在第一次是全凭猜测来进行的,但当提交之后程序自动将被试的排列顺序与设定的目标状态进行对比,给出诸如“全部错误”、“一个正确”等反馈信息,因而被试第二次之后的排列就不再是盲目猜测了,而在于能否利用反馈信息生成并

执行下一步排列策略。每次提交的排列状态及反馈信息均保留在屏幕右上方,被试可随时查阅并据此对下一排列做出决策,直至全部排对时结束本次作业。因此,被试能否顺利完成任务,关键在于能否有效利用电脑提供的反馈信息及时修正错误。实验中,被试用以完成任务的操作步数越少,就意味着被试越能有效利用反馈信息来修正错误。

2.3 程序

2.3.1 综合最近两次正规考试的数学、语文成绩、任课教师的评定、学习动机水平和 Raven 测验上的表现,筛选出符合条件的学生,按年级、性别匹配,确定三组被试。

2.3.2 在安静的房间单独施测,正式测试前先输入被试姓名、性别、年级、学校等基本信息。请被试在电脑前坐好,依照 Visual Fox Pro 8.0 电脑编程所设定的实验步骤进行测试。

2.3.3 所有数据录入 SPSS13.0 进行统计分析。

3 实验结果

3.1 不同被试问题解决中执行水平的差异比较

以被试在每一难度水平任务中完成三次作业的总步数为评定指标,三组被试完成两种难度执行任务的成绩见表 1。

表 1 三组被试完成执行任务的平均总步数与标准差

执行任务			数困组( <i>n</i> =30)		双困组( <i>n</i> =30)		对照组( <i>n</i> =30)	
			<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
一级难度	一年级	7	14.286	8.789	18.143	8.630	13.714	3.094
	三年级	11	13.818	7.236	14.364	4.545	10.091	2.119
	五年级	12	11.250	0.965	17.083	8.073	11.250	2.800
二级难度	一年级	7	39.857	12.628	44.571	5.884	30.857	15.082
	三年级	11	31.273	16.347	43.364	8.629	22.000	8.854
	五年级	12	32.583	14.532	36.750	14.188	19.417	5.680

经预分析,在两种难度的执行任务上,学困类别与年级、性别的交互作用及三者的交互作用均不显著,符合协方差分析的斜率同质性要求。以两个难度执行任务的三次作业总步数为因变量,以学困类别为自变量,以年级、性别为协变量,对三组被试的执行任务成绩进行协方差分析。结果显示,学困类别在两种难度执行任务上的主效应显著( $F(2,85)=8.48, p<0.001$ ),表明

三组被试的执行任务成绩有着极其显著的差异。学困类别对执行任务的组间效应分析显示,三组被试在两个难度的执行任务上均有显著差异,在一级难度任务上差异非常显著( $F(2,85)=5.95, p<0.01$ ),在二级难度任务上差异极其显著( $F(2,85)=17.56, p<0.001$ )。为详细考察三组间的差异来源,进一步对三组被试进行两两比较,结果见表 2。

表 2 三组被试在执行任务上成绩的两两比较

	<i>df</i>	数困组 VS. 对照组		双困组 VS. 对照组		数困组 VS. 双困组	
		<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
一级难度	1	30.390	1.003	341.868	11.278* * *	168.940	5.573 *
二级难度	1	1685.146	12.547* * *	4653.434	34.649* * *	742.130	5.526 *

表 2 显示,与对照组相比,单困组与双困组并未在两个难度执行任务上表现出一致的差异模式。单困组与对照组仅在较难的二级难度任务上存在极其显著的差异,而在较容易的一级难度任务上差异未达

统计意义的显著水平;双困组在两个难度执行任务上执行总步数均极其显著地高于对照组。这表明,单纯型数学困难生在较容易的问题解决中具有与数学优良生相当的执行水平,能够较有效地利用反馈信息对

执行中的错误进行及时修正,但当任务难度增大时执行水平则下降,在操作中表现出顾此失彼,不能对反馈信息加以有效利用;而混合型数学困难生则无论任务难度的高低,均表现出难以有效利用反馈信息来保障问题解决的顺畅高效。至于两类数学困难组间,混合型在两个难度执行任务上执行总步数均显著高于单纯型,表明混合型数学困难儿童的执行水平、利用反馈信息修正错误的能力不如单纯型数学困难儿童。

### 3.2 问题解决中执行水平的年级差异

表3 三个年级被试在二级难度执行任务上成绩的两两比较

	<i>df</i>	一年级 VS. 三年级		一年级 VS. 五年级		三年级 VS. 五年级	
		<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
二级难度	1	642.032	4.832 *	1155.184	8.694 **	84.626	0.637

表3显示,在二级难度任务上一年级被试与三、五两个年级被试的执行水平差异显著;五年级的执行成绩虽好于三年级,但二者间差异不显著,提示执行水平在三年级时可能达到一个高原期,之后上升速度呈减缓趋势。

## 4 分析与讨论

本实验以执行过程中能否利用反馈信息及时修正错误作为衡量执行水平的指标,考察了单纯型与混合型数学困难小学儿童问题解决过程中的执行水平。结果显示,数学困难儿童的执行水平总体上显著低于数学优良儿童。但单纯型数学困难儿童仅在较高难度任务上执行水平显著低于数学优良生,而混合型数学困难儿童在两种难度任务上都表现出了较低的执行水平,而且还显著低于单纯型数学困难生。这表明,当任务对认知资源要求不高时,单纯型数学困难儿童能有效利用反馈信息及时修正执行中的错误,但当任务难度增大、对认知资源要求较高时,他们的执行水平下降,对反馈信息利用的有效性大幅降低;而混合型数学困难儿童则无论任务难度的高低,均表现出难以有效利用反馈信息来保障问题解决的顺畅高效。

那么可能是什么原因导致单纯型数学困难生在高认知要求任务上的执行水平急剧下降,而混合型数学困难儿童则在两种难度任务上均表现出低执行水平?这或许跟数学困难儿童的工作记忆广度、同时加工特点都有关。工作记忆广度即工作记忆容量,同时加工则是个体用以将分散的刺激整合成一个整体或一个群组的加工方式<sup>[8]</sup>。当任务难度增大时,所增加的一个操作物实际上带来了操作过程中认知负荷的大幅提高,如,在完成一级任务时反馈信息只有两种情况,一是“都不正确”,二是“一个正确”,且当反馈信息提示“一个正确”时,被试若能有效利用这一信息就只需一到两步即可完成;但在完成二级任务时,反馈

以两种难度执行任务成绩为因变量,以年级为自变量,以学困类别、性别为协变量,对三个年级被试的执行任务成绩进行协方差分析,结果显示年级在执行任务成绩上的主效应显著( $F(2, 85)=2.74, p<0.05$ ),组间效应分析表明年级间差异主要来自二级难度任务( $F(2, 85)=4.45, p<0.05$ ),在一级难度任务上年级差异不显著( $F(2, 85)=2.09, p>0.05$ )。进一步对三个年级在二级任务上的成绩进行两两比较,结果见表3。

信息增加为三种情况,且当反馈信息提示“一个正确”时,目标状态仍有五种可能情况需要尝试。因此被试在操作过程中一方面需要将已提示为错误的颜色位置纳入工作记忆,一方面还要将所有信息综合考虑进行推断,这就涉及了被试的工作记忆与同时性加工。但我们使用基于PASS理论的认知评估系统DN:CAS对两类数学困难儿童同时与继时加工特点进行测试的研究<sup>[9]</sup>中,显示两种类型数学困难儿童的同时加工水平不存在显著差异,因此造成上述结果的主要因素很可能是工作记忆广度。工作记忆广度越小完成执行任务的步数就越多,问题解决的效率就越低。或许混合型数学困难儿童正是由于其极低的工作记忆水平而致使他们即使在较为容易的任务中也不能高效解决问题;而单纯型数学困难小学生则因其相对稍好的工作记忆水平而能保证其顺利完成低认知要求任务,但在高认知要求任务上则因工作记忆资源不足而难有上佳表现。

本实验还对执行水平的年级差异进行了考察,发现年级间的差异主要存在于对认知资源要求较高的二级任务上,表现为一年级被试与三、五两个年级被试的执行水平差异显著;五年级的执行成绩虽好于三年级,但二者间差异不显著。这提示,在对认知资源要求较低的问题解决中三个年龄段的小学生表现出较为一致的执行水平,换言之,小学阶段的儿童其问题解决执行水平已达到了一定的程度,在对认知资源要求不高的情况下即使低年级小学生也足以胜任。在对认知资源要求较高的任务上,一年级小学生表现明显不如三、五年级,而三年级虽执行成绩不如五年级,但差异不显著。这表明问题解决的执行水平随着年龄增长呈现上升趋势,不过这种趋势并非匀速的直线式上升,而是三年级前发展较快,量变的积累至三年级时产生质变,但三年级后发展趋于平缓,在三至五年级间主要表现为量变的累积而未产生质变。因而在对数学困难小学生制定干预方

案时,应对这一执行水平的发展规律有所了解,在小学低年级时应把握时机,针对执行水平进行干预训练至关重要;而进入中高年级后,一方面不能放弃对执行水平的干预,另一方面应对此时发展减缓做好心理准备,而不应急于求成或轻易放弃。

## 5 结论

5.1 单纯型数学困难儿童在对认知资源要求较高的任务上执行水平显著低于数学优良生,但在认知要求较低的任务上则未发现显著差异。

5.2 混合型数学困难儿童执行水平最低,在两个难度的执行任务上显著低于数学优良生,与单纯型数学困难儿童亦差异显著。

5.3 执行水平的年级差异主要存在于认知要求较高的任务上,表现为一年级被试与三、五两个年级被试的执行水平差异显著,但三、五年级之间差异不显著。

## 6 参考文献

- 1 转引自陈英和,仲宁宁,耿柳娜.关于数学应用题心理表征策略的新理论.心理科学,2004,27(1):2-4
- 2 陈琦,刘儒德.当代教育心理学.北京:北京师范大学出版社,2001:154
- 3 Parrila R K, Das J P, Dash U N. Development of planning and its relation to other cognitive processes. Journal of Applied Developmental Psychology, 1996, 17: 575-602
- 4 Zelazo P D, Carter A, Reznick J S, Frye D. Early development of Executive Function: A Problem-Solving Framework. Review of General Psychology, 1999, 1(2): 198-226
- 5 耿柳娜,陈英和.数学焦虑儿童对加减法认知策略选择和执行的影响.心理发展与教育,2005,4:24-27
- 6 Mazzocco M M M, Kover S T. A longitudinal assessment of executive function skills and their association with Math performance. Child Neuropsychology, 2007, 13(1): 18-45
- 7 Das J P, Mensink K, Janzen H. The K-ABC, coding, and planning: An investigation of cognitive processes. Journal of School Psychology, 1990, 28: 1-11
- 8 Das J P, Naglieri J A, Kirby J R 著,杨艳云等译.认知过程的评估——智力的 PASS 理论.上海:华东师范大学出版社,1999
- 9 左志宏.小学生数学学习困难的认知加工机制:基于 PASS 理论的研究.华东师范大学博士学位论文,2006

# The Executive Levels of Two Types of Mathematics Learning Disabilities

Zuo Zhong<sup>1</sup>, Deng Ciping<sup>2</sup>, Li Qiwei<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Preschool Education and Special Education, East China Normal University, Shanghai, 200062)

(<sup>2</sup> Department of Psychology, East China Normal University, Shanghai, 200062)

**Abstract** Experimental tasks were recomposed from *Crack the Code* and displayed on the computer. The results indicated that there were no differences in tasks between pure MLD children and excellent ones when less cognitive resources were needed, but the differences were significant in tasks demanding rich cognitive resources. Of all three groups, the MRD group got the lowest mean scores of cognitive execution, not only in easy tasks but in difficult ones; this group is significantly lower than either the excellent group or the pure MLD group. The main effect of age was found only in tasks demanding rich cognitive resources, with grade one students significantly lower than grade three and grade five students; although fifth graders got higher scores of execution than third graders, the difference was not of statistical significance, implying a slow-down developmental process after grade three.

**Key words:** executive level, pure mathematics learning disability, mathematics-reading disability

(上接第 61 页)

# A Comparison between Chinese and American 15-year-old Students' Math Learning Characteristics

Huang Xinyin<sup>1</sup>, Li Yuanqiao<sup>1</sup>, Ye Renmin<sup>2</sup>, Carla J Stevens<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> School of Education, Soochow University, Suzhou, 215123)(<sup>2</sup> Houston Independent School District Research Department)

**Abstract** Adopting the student questionnaire of Programme for International Student Assessment (PISA), this paper did a research on the mathematics learning characteristics of 500 15-year-old students in Suzhou, China, and compared them with the results of the American counterparts. The research indicates that most of the Suzhou students have a strong awareness of competition and collaboration in mathematics learning, and they can use a lot of learning strategies. It also shows that students who have stronger interest and motivation in mathematics have more active self-concept and less anxiety. There are distinct gender differences in mathematics learning characteristics between Chinese and American students.

**Key words:** learner characters, mathematics, Programme for International Student Assessment