

# 小学生数学阅读能力问卷的编制及其信效度检验<sup>\*</sup>

杨新宇

(华南师范大学教育科学学院, 广州 510631)

**摘要:**基于文献分析和专家访谈,阐明了小学生数学阅读能力的概念和结构,并据此编制了小学生数学阅读能力问卷。经探索性、验证性因素分析发现:(1)小学生数学阅读能力由二阶双因素一阶六因素构成,二阶因素分别是阅读认知与阅读策略,六个一阶因素分别是概念理解、阅读推理、模型抽象、自觉转译、阅读监控和阅读反馈;(2)编制的小学生数学阅读能力问卷结构合理,具备良好的测量学指标,可作为小学生数学阅读能力的测量工具。

**关键词:**小学生;数学阅读能力;问卷编制

**中图分类号:**B841.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**1003-5184(2025)01-0087-08

## 1 引言

阅读作为一项重要学习活动,是人们在知识爆炸时代认识世界、获取经验的主要手段。阅读之于数学教与学同样具有重要意义,数学教学即数学语言的教学。数学语言掌握水平低的学生,在课堂上对数学语言蕴含的信息敏感性差、思维转换慢,继而导致数学理解力差、知识吸收力低(Sousa, 2016)。数学为其他科学提供了语言、思想和方法,数学学习就是数学语言的学习(陈隽, 2016),而语言的学习离不开阅读,因此,数学学习必须依赖数学阅读。借助数学阅读,学生得以与学习对象形成对话,从而建构高阶思维层面的数学理解、实现深度学习。数学阅读能力是数学学习的基础,需在早期阶段就做好训练。尽管《义务教育数学课程标准(2022年版)》与近几年的中、高考都对学生的数学阅读能力提出了较高要求,但数学阅读的相关研究兴起较晚,整体上看数量较少,许多重要但尚被忽视的问题诸如数学阅读能力与知识理解的关系、数学阅读能力与问题解决的关系、数学阅读能力与其他数学能力的关系等还未明确(喻平, 2014)。因此,不论在理论研究还是实践教学中,深入探讨小学生数学阅读能力内涵结构都具有重要价值。

有关数学阅读及其能力的内涵界说与结构维度,目前尚未有统一定论。“阅读”在《教育大辞典》中被解释为“从文字语言获得意义的心理过程”,数学阅读因阅读对象的学科性而表现出独特的心理过程。相较于语文、英语阅读,数学阅读内涵数学学科的独特性,不仅要求学生知道数学概念的具体内容,

还要理解语言文字、数学符号、图表、模型公式等抽象性和直观性数学语言(刘旭, 2023),数学阅读的过程就是这三种语言有机交替使用和相互转换的过程(王旭勤, 张红平, 2020),学生在数学阅读中通过频繁转换语言分析并解决问题,从而促进认知发展。数学阅读需要采用有效的阅读策略,阅读策略是学生认知结构形成过程中的纽带,掌握良好的阅读策略(尤其是元认知阅读策略)是数学学习的重要方面(Yang, 2012)。受年龄特征和现有知识的制约,学生在数学阅读时往往出现审题疏忽、思维定势、关键信息被忽视等错误,通过鼓励学生充分解释阅读文本、质疑甚至批评文本并及时反思与自我检查(Carter & Dean, 2006; Beaudine, 2022),教授学生在关键处做标记、重点处提问题、适当扩句缩句(黄德忠, 2015),引导学生将图文表达有机结合、在解决问题中发现思考以获得新知(韦力慧, 2014)等阅读策略,能够有效帮助学生增强数学阅读能力。由此可知,数学阅读过程中既考验学生对概念、模型等数学知识的认知,也强调学生对阅读策略与方法的把握。因此,数学阅读就是通过学习数学语言符号获得意义的一种心理过程,学生借助数学材料经历产生、发展、演绎、形成的过程,从而理解数学知识与方法(李兴贵, 幸世强, 2013),数学阅读能力则是学生在数学阅读过程中表现出的有关阅读认知与阅读策略的能力总和。

学界对数学阅读能力结构的探讨主要有三种观点:首先是二维结构说。Magnus Österholm(2006)认为数学阅读能力即阅读有符号的数学材料所需要的

<sup>\*</sup> 基金项目:广东省教育科学规划课题“学习力理论视域下小学数学学习品质研究”(2017GXJK160)。

通信作者:杨新宇, E-mail: 15021069807@163.com。

特殊读写能力和理解能力;王莉(2018)认为数学阅读能力是利用一定的数学方法对数学书面材料进行加工建构的能力,包含获取数学知识的能力和习得思想方法的能力。其次是三维结构说。喻平(2004)基于数学阅读所包含的“内化、理解、推理、反省”四个心理过程阶段,认为数学阅读能力即对数学材料阅读、领会、理解的能力,包括对三种数学语言的识别认知能力、对相关信息材料准确分析整理能力、以及对阅读材料进行整合评价与拓展的能力;郭刘龙(2004)按照数学语言自身的特点,将数学阅读能力分成语言转译能力、逻辑思维能力和元阅读能力;杨红萍和肖志娟(2019)指出数学阅读能力与问题表征能力具有一致性,它包含了个体在阅读时进行问题表征的认知过程中所必备的感知提取、理解内化和转换表达三种能力。最后是多维结构说。苏联心理学家克鲁捷茨基(1984)运用活动分析法提出了数学能力的九种成分,其中就包含完成数学阅读所必须的数学信息提取与加工等相关能力;胡理华(1999)基于教育目标分类学理论,结合数学学科特点,将数学阅读能力分为认读、概述、辨析、串联、领悟和研究6级能力水平;马艳芳(2016)依据教学实践经验指出,小学低年段学生数学阅读能力包括语言理解、语言转换、语言表述、直觉创新、有效猜测、联想概括六种;刘莉婕(2017)利用因素分析法,提取出包含语言表征能力、信息筛选能力、障碍排除能力、逻辑推理能力和模型识别能力在内的五种初中生数学阅读能力;王员员(2019)建构了含有“字符识别”、“语言转译”和“整体理解”等三个一级指标的评价结构,用以测量中学生的数学阅读能力;还有研究者运用“活动-因素”分析法发现数学阅读能力结构要素的数量随学龄段提升而增加,结构中较复杂因子的相对地位逐渐增强(杨红萍,杨婕,杨蓉蓉,2022)。综合已有研究可见,研究者们对数学阅读的具体定义虽然内容不尽相同,但对数学阅读能力概念的界定存在一定共识,即认同数学阅读能力是一个具有多维度和多层次的整体性结构,“理解、模型、推理、转换、反馈、监控”等要素是构成数学阅读能力的最重要特征。

从以往研究看,小学生数学阅读及其能力的相关研究仍然存在一些问题:一是目前教育心理学领

域尚未形成对数学阅读能力的一致性定义,各研究者提炼与建构的数学阅读能力结构维度数量不一、命名多样。二是当前数学阅读能力结构的多数研究流于概念化描述和经验性概括,缺乏可操作性的方法与案例(杨红萍,2013),仅有的描述性分析与思辨性阐述难以保证数学阅读能力内涵结构的合理性,部分量化研究多采用由下至上的数据驱动模式,未将数学阅读能力概念与结构上升到理论高度,导致未能厘清其内涵结构的本质。三是数学阅读能力既有一般阅读能力的共性、也具有数学学科学习特性,当前数学阅读能力结构的研究侧重于后者,且未能兼顾认知与策略的平衡。因此,小学生数学阅读能力有深入研究的必要,其内涵需要进一步科学界定。在剖析数学阅读能力内涵结构的基础上,尝试编制适用于小学中、高年级学生的数学阅读能力测量问卷,以期为小学生数学阅读能力的诊断和评估提供科学的测量工具。

## 2 问卷编制过程与方法

### 2.1 问卷编制方法

在小学生数学阅读能力理论构建的基础上编制问卷,参照相关测量问卷进行题目设计和编写。利用德尔菲法初步确定46个题项,其中设置了8道反向题,平均每个维度6~8题,项目编号依次为Q1-Q46(见表1)。原始问卷确定后在小范围内进行试测,进行语义表达的修正和完善,删除意义表述为对数学知识应用能力而非阅读能力的项目Q8、Q16、Q18和Q28,删除在内容表述上指向不够明确且与其他内容有交叉的项目Q5、Q17、Q22、Q24和Q43,删除内容表述过于绝对、不太符合小学生日常数学学习表现的项目Q12、Q30和Q37,最终剩余34个项目进入测量问卷编制内容。问卷采取5点Likert式等级计分法,从“完全不符合”到“完全符合”划分五级程度,即完全不符合、比较不符合、不确定、比较符合、完全符合,符合程度逐层递增,依次赋1~5分,正向题总分越高,表示数学阅读能力水平越高,反向题则相反。为方便后续的统计分析,项目编号暂时保持不变,将所有项目进行非系统化随机排序,编制形成试测问卷。之后通过项目分析、探索性因素分析和验证性因素分析等研究,逐步确定和完善问卷结构。

表1 测量问卷的项目内容

编号	项目内容	编号	项目内容
Q1	我能较好地理解我所学过的数学概念	Q24	阅读数学材料时,我能够用自己的话说出其中图或表所表示的含义
Q2	我能理解我所学过的数学公式中的各种符号	Q25	我更容易理解有图表的数学材料

续表 1

编号	项目内容	编号	项目内容
Q3	在阅读数学课外资料时,我感觉比较容易理解材料中的数学知识	Q26	遇到需要作图的数学题时,我常常感到困难
Q4	遇到没有学过的数学概念,我能根据阅读材料的描述理解它的含义	Q27	阅读数学材料时,适当地借助图或表能有效帮助我理解阅读内容
Q5	在阅读数学题时,我能够理解题目中的各种数学信息	Q28	我能够用字母和符号(如“+、-、 $\times$ 、 $\div$ ”等)来表示数学题中的数量关系
Q6	数学课本中的单元阅读材料,有助于我对数学知识的理解	Q29	相对于图表和数学符号,我更容易理解数学阅读材料中的文字
Q7	我有时会因为不理解某一概念而做错数学题	Q30	我每学期都会给自己安排一些数学课外阅读资料
Q8	阅读数学材料时,我总能够用自己的知识经验来理解它	Q31	在课外,我有阅读数学教材和辅导资料的需要
Q9	阅读数学材料时,我能够发现数学材料中内容间的逻辑关系	Q32	阅读数学材料时,我会采用画图、想象等方式帮助理解材料内容
Q10	阅读数学材料时,我对材料中的数学内容总是感到不知所云	Q33	阅读数学材料时,对一些不理解的地方我会标记出来
Q11	阅读数学题时,父母和老师总是说我不理解题目中的数量关系	Q34	阅读数学材料时,我会一边阅读,一边标记出关键条件和词语
Q12	我能够理解阅读材料中得到数学结论的过程	Q35	阅读数学材料时,遇到不理解的内容,我会请教老师或家长
Q13	我能够发现数学阅读材料中的一些因果关系	Q36	阅读数学材料过程中,我会提醒自己是否理解材料中的数学知识
Q14	我总能回答数学阅读材料中提出的问题	Q37	在解决阅读材料中的数学问题时,我有时会发现还有其他方法
Q15	我能够按照阅读材料的思路进行一些数学推理	Q38	每次阅读完数学材料,我都会去总结我所学习到的数学知识
Q16	阅读完数学题时,我能很快找到解决问题的方法	Q39	每次阅读完数学材料,我都会感觉收获挺大
Q17	阅读数学材料时,我总会想起某个数学概念、数学公式、数学原理	Q40	每次阅读完数学材料,我都会对它恋恋不舍
Q18	我能够把数学阅读材料中的知识运用在解决实际问题中	Q41	每次阅读完数学材料,我都会想办法记住它
Q19	父母和老师总是说我对课本中的概念、公式、定律等掌握得不够好	Q42	每次阅读完数学材料,我都会思考其中的数学知识
Q20	在解应用题时,我常常不知道应该使用哪一个数学公式	Q43	阅读数学例题时,我会重视例题中我没有掌握的数学知识
Q21	遇到找规律类型的数学题目,我通常能够找出其中的规律	Q44	我认为数学阅读材料枯燥无味,难以理解
Q22	我能理解数学阅读材料中每一个字母的意义	Q45	我认为数学阅读材料并不能帮助我提高数学成绩
Q23	阅读数学材料时,我通常结合图或表来理解材料中的内容	Q46	对我来说,数学阅读和语文、英语阅读没什么区别

2.2 研究对象

采用区域抽样方法获取研究样本,从广东省 M 市和安徽省 F 市各选取 2 所小学作为数据收集点,共抽取 547 名四~六年级的小学生作为施测样本,得到有效问卷 501 份,有效问卷回收率 91.59%。样本中各年级学生人数分配较为均匀,其中四年级 151 人;五年级 182 人;六年级 168 人。男生 241 人,占 48%;女生 260 人,占 52%。

2.3 施测与数据分析

在每个样本采集学校培训一个本科生为主试,以现场发放填写问卷方式收集数据,在统一指导语下对被试进行集体施测。首先审核数据,删除不合格数据,且采用系统均值法对个别缺失数据进行填

补,然后使用 SPSS 21.0 统计分析工具,对问卷题项进行项目分析和探索性因素分析,最后使用 AMOS 23.0 进行验证性因子分析,并进行信度和效度检验。

3 研究结果与分析

3.1 原始问卷的项目分析

利用 SPSS 21.0 软件对问卷中的题目进行项目质量分析,主要包括区分度检验和相关分析。

采用临界比值法(CR)分析项目区分度,先求出各有效样本的总分,将有效样本的总分进行高低排序,选取得分前 27% 和后 27% 的样本,分别将其定义为高分组和低分组,再对各题项进行独立样本  $t$  检验,删除结果不显著的题项。计算得出不能有效

区分高、低分组的题目共 5 道(Q4、Q29、Q31、Q40、Q46),结合维度分布、实际意义、数值等因素综合考虑,删除以上 5 道题目。

采用皮尔逊积差相关法对各题项得分与总分进行相关分析,删除相关不显著或相关系数较低( $r \leq 0.30$ )的题目共 5 道(Q6、Q7、Q26、Q44、Q45),剩余项目与总分相关系数在 0.30 以上且极显著相关( $P < 0.001$ ),剩余项目与总问卷同质性较高。

经过项目分析,问卷中剩余题目 24 道,各项目与其所属维度总分的相关系数均在 0.31 ~ 0.76 之间,且都达到极其显著( $p < 0.001$ )的水平,表明剩余项目质量较高。

### 3.2 探索性因素分析

利用收集到的 501 份有效样本对问卷中 24 个题项进行探索性因素分析,结果为  $KMO = 0.943$ ,Bartlett's 球形检验值为 0.000( $p < 0.001$ ),表明球

形检验在 0.001 水平上显著,样本数据适合进行因子分析。采用主成份分析和方差最大正交旋转法,当按照特征根值  $> 1$  的标准确定因素数目时,软件系统自动提取出 4 个因素,累计解释方差 58.018%,根据碎石图的形状,发现提取因子个数在 4 ~ 7 之间较为合适,7 个因子之后碎石图趋于平缓。结合碎石图及前期的理论构想,设置提取固定因子 6 个做一次因子分析,累计解释方差 65.332%,剔除单个因素负荷小于 0.5 和两个因素负荷大于 0.45 的题项 Q21 和 Q36,最终将剩余 22 个题项进行二次因子分析,结果显示  $KMO = 0.934$ ,累计解释方差 66.833%,题项载荷值在 0.529 以上,说明题目和所属因子关系十分密切;从共同度上来看,各题项对问卷的解释均在 0.50 以上,表明因子可以较好地反应原始变量的主要信息(见表 2)。因此,研究最终选取了 6 个因素。

表 2 小学生数学阅读能力的因子负荷矩阵

题项	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	共同度
Q42	0.769						0.738
Q39	0.673						0.656
Q38	0.656						0.672
Q41	0.634						0.605
Q14		0.734					0.696
Q13		0.719					0.689
Q15		0.660					0.671
Q9		0.660					0.620
Q19			0.788				0.694
Q11			0.784				0.680
Q10			0.749				0.593
Q20			0.744				0.701
Q25				0.775			0.699
Q27				0.665			0.623
Q23				0.656			0.673
Q32				0.529			0.612
Q2					0.769		0.699
Q1					0.734		0.749
Q3					0.542		0.619
Q33						0.696	0.702
Q34						0.674	0.707
Q35						0.660	0.605
特征根值	2.918	2.839	2.458	2.450	2.050	1.988	
贡献率(%)	13.264	12.906	11.172	11.137	9.317	9.038	
累计贡献率(%)	13.264	26.170	37.342	48.479	57.796	66.833	

根据探索性因素分析,将小学生数学阅读能力问卷确定为概念理解(因子 1)、阅读推理(因子 2)、模型抽象(因子 3)、自觉转译(因子 4)、阅读监控(因子 5)和阅读反馈(因子 6)六个维度,共 22 个项目。其中,概念理解包括 3 个项目,反映小学生对数

学阅读材料中数学概念和数学符号的认知与理解能力,该因素方差贡献率为 9.317%,因子载荷值在 0.542 ~ 0.769 之间;阅读推理包括 4 个项目,反映小学生能够基于阅读材料中的已知内容获得新信息的能力,该因素方差贡献率为 12.906%,因子载荷

值在 0.660~0.734 之间;模型抽象包括 4 个项目,反映小学生对数学阅读材料中问题的抽象能力及数学模型的建构能力,该因素方差贡献率为 11.172%,因子载荷值在 0.744~0.788 之间;自觉转译包括 4 个项目,反映小学生在阅读数学材料过程中对数字、图形、符号、图表等数学语言的相互转化能力,该因素方差贡献率为 11.137%,因子载荷值在 0.529~0.775 之间;阅读监控包括 3 个项目,表现为小学生在阅读数学材料过程中有意识地调整阅读方法、处理阅读问题等,该因素方差贡献率为 9.038%,因子载荷值在 0.660~0.696 之间;阅读反馈包括 4 个项目,反映小学生在数学阅读结束之后向外输出阅读信息与感受的能力,该因素方差贡献率为 13.264%,因子载荷值在 0.634~0.769 之间。

3.3 信度分析

问卷信度的检验采用了同质性信度、分半信度

表 3 小学生数学阅读能力总分及各维度的信度系数

维度	概念理解	阅读推理	模型抽象	自觉转译	阅读监控	阅读反馈	总问卷
Cronbach's $\alpha$ 系数	0.765	0.834	0.780	0.800	0.720	0.835	0.813
分半信度	0.748	0.832	0.779	0.816	0.622	0.830	0.910
重测信度	0.797	0.811	0.794	0.849	0.763	0.884	0.885

3.4 验证性因子分析

探索性因素分析所确定的问卷结构是一个依样本而变动的模型,需要另取样本,通过交互验证来确认模型结构,若使用同一样本进行两种因素分析,则毫无意义(郑日昌,2008)。因此,随后再次在甘肃省随机抽取样本,增加 409 份样本数据,一方面保证验证性因素分析与探索性因素分析所采用的样本并不完全相同,另一方面扩大了有效样本量,有利于检验问卷各题项与构想理论模型间的拟合效果。使用 Amos 23.0 对 910 份样本数据展开验证性因素分析,验证数据对小学生数学阅读能力构成理论假设的拟合程度,以确立最理想的数学阅读能力结构模型。首先,设定 5 个备择模型:(1)M1:一阶单因素模型。假设 22 个项目拥有数学阅读能力这一共同

及重测信度。对问卷数据作 Cronbach's  $\alpha$  系数检验,以此考察问卷的内部一致性程度。小学生数学阅读能力问卷各维度 Cronbach's  $\alpha$  系数均超过 0.7,总问卷 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.813。分半信度,采用 Spearman-Brown 分半相关系数计算方法,所得各因子的分半信度系数在 0.622~0.832 之间,总问卷信度系数为 0.910。从参与试测的小学生中,分别抽取四、五、六年级各 20 人,间隔 10 周后进行重测信度检验,前后两次测量各维度总分的相关系数在 0.763~0.884 之间,总问卷重测信度系数为 0.885。根据测量学要求,教育心理学问卷信度系数的最小可接受范围是 0.6~0.7,0.7 以上信度较好,0.8 以上信度非常好。样本数据表明该问卷中各维度所测量的内容具有较高内部一致性,信度良好(见表 3)。

潜变量;(2)M2:一阶双因素模型。根据理论模型及 EFA 结果,将概念理解、阅读推理和模型抽象三个维度的所有项目归于一个因素,将自觉转译、阅读监控和阅读反馈三个维度的所有项目归于另一个因素;(3)M3:一阶六因素模型。基于 EFA 结果,以数学阅读能力的六个维度为一阶的六因素;(4)M4:二阶双因素模型。在一阶六因素的基础上归纳出两个二阶因素,即概念理解、阅读推理和模型抽象归为阅读认知能力,而自觉转译、阅读监控和阅读反馈归为阅读策略能力;(5)M5:二阶单因素模型。基于一阶六因素形成数学阅读能力二阶因素。其次,进行模型检验与比较。运用 Amos23.0 软件验证模型,结果见表 4。

表 4 小学生数学阅读能力结构的拟合度检验

	$\chi^2$	df	$\chi^2/df$	GFI	AGFI	CFI	IFI	TLI	RMSEA
Null 模型	7503.616	231	32.483						
M1	1784.854	209	8.540	0.818	0.779	0.783	0.784	0.761	0.091
M2	1556.993	208	7.486	0.841	0.807	0.815	0.815	0.794	0.084
M3	462.023	194	2.382	0.954	0.940	0.963	0.963	0.956	0.039
M4	518.840	202	2.569	0.947	0.934	0.956	0.957	0.950	0.042
M5	541.843	203	2.669	0.944	0.931	0.953	0.954	0.947	0.043

Null 模型的卡方与自由度比高达 30 以上,说明模型拟合效果较差。M1 与 M2 的拟合效果较接近,

但 GFI、CFI 等拟合指标部分低于 0.80 的门槛,RMSEA 均超过 0.08,表明模型拟合不理想。M3、M4 和

M5 的拟合效果均在可接受范围,需通过卡方检验来进行模型选择。首先,比较 M4 与 M5,结果发现  $\Delta\chi^2$  为 23.003,  $\Delta df = 1$ , 达到 0.001 显著水平,因而接受拟合效果更好的 M4。然后将 M3 与 M4 进行比较,结果发现  $\Delta\chi^2$  为 56.817,  $\Delta df = 8$ , 同样达到 0.001 显著水平。因此,仅就拟合度的数据指标来看,一阶六因子模型是 5 种竞争模型中的最优项。事实上, M3 与 M4 的各项拟合指数均达到可接受水平,满足拟合优度模型的条件且符合理论构想,因此都具有较好的可接受性。但在进行模型比较时,尤其是等同模型(即拟合程度相同但结构不同的模型)比较时,不应以拟合指数为主要依据,还应当考虑模型所描述的各变量间关系的合理性以及该结构模型所表达的具体意义,依据学科理论选取更有意义的模型(侯杰泰,温忠麟等,2004)。此外,通过目标系数(即一阶因子有相关卡方值/二阶模型卡方值)可以进一步判断二阶模型的代表性,目标系数愈接近 1 表示二阶模型愈具有代表性。M3 与 M4 的目标系数数值为 0.89,说明二阶模型能够较好地代表一阶模型。按照理论构想与模型简约原则,可以接受二阶双因素模型为数学阅读能力结构的输出模型。

### 3.5 效度检验

#### 3.5.1 内容效度

问卷参考了国内外有关阅读能力、数学学习能力问卷等相关论述,结合义务教育阶段小学数学课程标准要求的实际情况,在充分阅读文献的基础上,提出小学生数学阅读能力的理论构想。根据已有数学阅读相关研究成果,构建问卷维度。在发放问卷之前,先后向教育学、心理学专业的专家进行请教,并对小学一线数学教学名师和部分研究对象进行了访谈,完成对问卷初始题项的逐条细致修改,形成用于正式测试使用的问卷,以此保证问卷和题项准确反映小学生数学阅读能力的内涵和结构,使问卷具有较好的内容效度。

#### 3.5.2 结构效度

前文验证性因素分析的结果已表明研究问卷的结构较为合理,此处利用问卷中各维度间、各维度与总问卷的相关系数,再次检验问卷的结构效度。由表 5 可知,各维度间存在显著相关,相关系数在 0.106 ~ 0.647 之间,为低到中度正相关,说明维度之间具有一定的相关性和独立性;各因素与总分也存在显著相关,相关在 0.462 ~ 0.819 之间,为中到高度正相关,表明各因素与总体概念一致,能较好反映问卷所要测量的内容。因此,问卷具有较理想的结构效度。

表 5 小学生数学阅读能力总分及各维度的相关矩阵

	概念理解	阅读推理	模型抽象	自觉转译	阅读监控	阅读反馈	总分
概念理解	1						
阅读推理	0.647**	1					
模型抽象	0.216**	0.205**	1				
自觉转译	0.585**	0.633**	0.144**	1			
阅读监控	0.493**	0.511**	0.106**	0.532**	1		
阅读反馈	0.582**	0.604**	0.130**	0.592**	0.632**	1	
总分	0.772**	0.819**	0.462**	0.789**	0.725**	0.806**	1

注: \*\*  $p < 0.01$

#### 3.5.3 效标关联效度

研究将小学生数学期末学习成绩作为检验数学阅读能力问卷的效标,具体做法是以学生 2019 - 2020 年度第一学期的数学期末测验成绩为标准,从新增的 409 份样本数据中随机抽取 200 名被试的数学期末测验成绩,选取分数靠前的 27% 为优生,共 55 名;选取分数靠后的 27% 为差生,共 55 名。比较两类学生在数学阅读能力问卷总分上的差异,结果显示,优生 in 数学阅读能力问卷上的得分显著高于差生(见表 6),表明问卷能够有效反映小学生数学阅读能力现状,区分不同群体的差异,预测效度较好。

表 6 不同学习成绩学生数学阅读能力的差异比较

	优生 ( $N = 55$ )	差生 ( $N = 55$ )	$t$
数学阅读能力水平 ( $M \pm SD$ )	82.73 $\pm$ 9.318	67.84 $\pm$ 8.421	8.797***

注: \*\*\*  $p < 0.001$

## 4 讨论

### 4.1 小学生数学阅读能力的维度构成

小学生数学阅读能力问卷是在深入分析数学阅读及其能力的概念及主要特征,结合前人相关测量研究的基础上编制而成的,从理论构建到数据分析均体现出所编制问卷的合理性。

首先,问卷编制过程中初始维度的确定主要借

鉴了喻平(2004)、杨红萍(2019)等学者的理论构想,结合一线教师意见进行了适当地继承、修改、概括和补充。理解是阅读的基本要求,模型是典型的数学思想,概念和推理分别是数学的初级和高级思维形式,抽象是数学的基本思维过程,因此,数学阅读能力结构保留了概念理解和阅读推理因素,增加了模型抽象因素,体现数学学科特色。阅读策略是学生数学阅读能力的重要体现,已有研究证实数学阅读监控及反馈水平与数学阅读能力呈显著正相关(訾雪旻,2003),因而理论结构中补充了阅读监控因素和阅读反馈因素,突出数学阅读能力在策略层面的内涵特质。此外,数学材料中存在大量的数字、图形、符号、图表等非文字语言需要学生去内化,研究中将语言互译能力修改成阅读策略维度下的自觉转译能力因子,体现小学生数学阅读的认知水平。问卷的整体设计既突出阅读对象的学科认知特性,又强调一般阅读过程中的策略方法,通过考察小学生在阅读认知和行为策略上的表现反映其数学阅读能力水平,据此完成问卷的初步编制。

其次,问卷通过探索性因素分析,抽取“概念理解、阅读推理、模型抽象、自觉转译、阅读监控和阅读反馈”6个核心内涵结构,构成了小学生数学阅读能力的六因素模型。而后,验证性因素分析结果表明一阶六因素结构模型能够较好地拟合观测数据。进一步的二阶因子分析发现,二阶双因素模型与一阶六因素模型的拟合程度相似,也符合前文对数学阅读能力结构的高阶理论模型构想。由此可知,一阶六因素模型能准确地体现小学生数学阅读能力的内涵和结构,而二阶双因素的结构表明将数学阅读能力划分为阅读认知与阅读策略两大层面也是比较合理的。在数学阅读能力的高阶结构中,概念理解、阅读推理、模型抽象合并为阅读认知,是指小学生在阅读过程中表现出来的理解材料中文字、符号、图形的能力;自觉转译、阅读监控、阅读反馈合并为阅读策略,是指小学生在阅读过程中表现出来的计划、监控、调节、反馈等的阅读策略及其操作水平。数学阅读能力是阅读认知与阅读策略的综合,二者关系密切且在数学阅读过程中发挥着不同的作用方式,数学阅读认知是对数学文本中知识的掌握和运用起直接操作作用,而数学阅读策略是对数学文本中信息的加工处理起间接的推动和调节作用,任何高质量的数学阅读效果,都是二者协同作用的结果(刘宏宏,2014)。

最后,就问卷信效度而言,内部一致性系数都接近或超过0.8表明问卷信度良好。在各效度检验中,内容效度由教育学、心理学专家学者和一线数学名师进行把关;各维度方向一致但彼此独立,且能有效反映总体,问卷结构效度较为理想;数学阅读能力通过影响学生的数学思维、学习态度与行为等继而影响数学学业表现,且对数学成绩的增值表现具有持续影响(Zhu & Wu,2023),以被试数学成绩为效标对问卷进行效标效度检验,优生和差生在问卷总分上的显著性差异结果表明问卷有较为理想的效标效度。

#### 4.2 研究不足与展望

虽然研究开发的小学生数学阅读能力问卷具有良好信效度,但仍存在一些局限。其一,未根据研究对象的性别、年龄段、所在地区等因素进一步探讨数学阅读能力的个体差异,未来的研究应扩大样本范围,以增强研究结论的普适性。其二,虽然量表是在借鉴前人研究成果的基础上编制而成,但在对维度的把握上仍有局限,如在验证性因素分析中,二阶模型并未比一阶模型表现出明显的竞争优势,因此研究所得出的数学阅读能力结构模型还需在后续研究中予以完善。

#### 5 结论

小学生数学阅读能力是一个由二阶双因素一阶六因素构成的多层次、多维度结构,二阶因素分别是阅读认知和阅读策略,其中阅读认知包括概念理解、阅读推理和模型抽象;阅读策略包括自觉转译、阅读监控和阅读反馈,六个因素互为补充,共同构成小学生数学阅读能力内涵特质。

研究编制的小学生数学阅读能力问卷具有良好的信度和效度指标,既可以在研究和实践中对小学生数学阅读能力进行评估以及进行相关实证研究,也可作为数学阅读能力训练和提升提供内容依据和效果评估工具,为今后进行数学阅读能力的相关研究带来便利。

#### 参考文献

- 陈隽.(2016). 数学课程标准之再解读:《新版课程标准解析与教学指导(小学数学)》评介. 教育导刊,(2),60-62.
- 郭刘龙.(2004). 数学阅读能力探析. 教学与管理,27,66-67.
- 侯杰泰,温忠麟,成子娟.(2004). 结构方程模型及其应用. 教育科学出版社.
- 胡理华.(1999). 浅谈培养学生数学阅读能力. 数学通报,

- (8), 7-8, 18.
- 黄德忠. (2015). 培养小学生数学阅读能力的思考与实践. *教学与管理*, 17, 39-41.
- 克鲁捷茨基. (1984). *中小学生学习数学能力心理学* (赵裕春等译). 教育科学出版社.
- 李兴贵, 幸世强. (2013). *中小学数学阅读教学概论*. 四川大学出版社.
- 刘宏宏. (2014). 学生数学阅读心理机制及教学策略研究 (硕士学位论文). 山西师范大学.
- 刘莉婕. (2017). 初中生数学阅读能力结构的研究 (硕士学位论文). 山西师范大学.
- 刘旭. (2023). 数学阅读素养的内涵解读与教学建构. *人民教育*, (18), 60-61.
- 马艳芳. (2016). 小学第一学段学生数学阅读能力的培养策略. *中国教育刊*, 23(3), 23-25.
- Sousa, D. A. (2016). *人脑如何学数学* (赵晖等译). 上海教育出版社.
- 王莉. (2018). 小学高年级学生数学阅读现状及对策研究 (硕士学位论文). 辽宁师范大学.
- 王旭勤, 张红平. (2020). 基于数学学科核心素养的数学阅读教学研究. *教育理论与实践*, 40(29), 59-61.
- 王员员. (2019). 初中生数学阅读能力评价指标体系的构建研究 (硕士学位论文). 西南大学.
- 韦力慧. (2014). 浅谈学生数学阅读能力的培养. *教育理论与实践*, 34(29), 58-59.
- 杨红萍. (2013). 国内外数学阅读研究概览. *数学教育学报*, 22(5), 14-17.
- 杨红萍, 肖志娟. (2019). 问题表征对数学阅读能力的影响研究. *数学教育学报*, 28(2), 70-74.
- 杨红萍, 杨捷. (2019). 小学生数学阅读能力结构的因素分析. *数学教育学报*, 28(5), 14-18.
- 杨红萍, 杨捷, 杨蓉蓉. (2022). 中小学生学习数学阅读能力结构发展研究. *数学教育学报*, 31(4), 80-85.
- 喻平. (2004). *数学教学心理学*. 广西教育出版社.
- 喻平. (2014). 我国数学教育应当研究的若干问题. *数学通报*, 53(9), 8-12, 23.
- 曾雪旻. (2003). 初中生高成效数学阅读能力的实验研究 (硕士学位论文). 天津师范大学.
- 郑日昌. (2008). *心理测量与测验*. 中国人民大学出版社.
- Beaudine, G. (2022). Mathematical reading: Investigating the reading comprehension strategies implemented by middle school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(Suppl 1), 187-213.
- Carter, T. A., & Dean, E. O. (2006). Mathematics intervention for grade 5-11: Teaching mathematics, reading, or both. *Reading Psychology*, 27(2), 127-146.
- Österholm, M. (2006). Characterizing reading comprehension of mathematics texts. *Educational Studies in Mathematics*, 63(3), 325-346.
- Yang, K. L. (2012). Structures of cognitive and metacognitive reading strategy use for reading comprehension of geometry proof. *Educational Studies in Mathematics*, 80(2), 307-326.
- Zhu, C., & Wu, X. (2023). A study on differential effects of mathematics reading ability on students' value-added mathematics achievements. *Behavioral Sciences*, 13(9), 754.

## Development of Mathematics Reading Ability Questionnaire for Primary School Students and Its Reliability and Validity

Yang Xinyu

(School of Education Science, South China Normal University, Guangzhou 510631)

**Abstract:** Based on literature analysis and expert interviews, this study clarified the conceptual framework of primary school students' mathematics reading ability, and accordingly developed a corresponding assessment questionnaire. Through exploratory and confirmatory factor analysis, the following findings were established: (1) Mathematics reading ability of primary school students demonstrated a second-order dual-factor structure with six first-order components. The second-order factors consist of reading cognition and reading strategies, while the six first-order factors include conceptual understanding, reading reasoning, model abstraction, conscious transference, reading monitoring, and reading feedback. (2) The developed Mathematics Reading Ability Questionnaire exhibited appropriate structural validity and satisfactory psychometric properties, demonstrating its effectiveness as a reliable measurement instrument for assessing primary school students' mathematics reading abilities.

**Key words:** primary school students; mathematics reading ability; questionnaire development