

目录

摘要.....	I
关键词.....	III
Abstract.....	IV
1 文献综述.....	1
1.1 问题及问题解决.....	1
1.2 科学问题解决.....	2
1.3 科学问题解决的影响因素.....	4
1.3.1 个体认知能力.....	4
1.3.2 个体科学知识经验.....	9
1.3.3 家庭因素.....	9
2 问题提出.....	11
2.1 已有研究的局限与本研究的新意.....	11
2.2 研究假设.....	12
2.3 研究目的与意义.....	12
2.3.1 理论意义.....	12
2.3.2 实践意义.....	13
3 研究一：个体认知因素及科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响.....	13
3.1 目的.....	13
3.2 方法.....	13
3.2.1 被试.....	13
3.2.2 工具.....	14
3.2.3 程序.....	18
3.2.4 数据统计方法.....	18
3.3 结果.....	19
3.3.1 描述性统计结果.....	19
3.3.2 幼儿言语能力及空间能力、执行功能、科学知识水平与科学问题解决成绩的偏相关.....	19
3.3.3 回归分析.....	20
3.3.4 认知灵活性在言语能力与科学问题解决间的中介效应分析.....	22
3.4 讨论.....	23
3.4.1 言语能力对幼儿科学问题解决的影响.....	23
3.4.2 认知灵活性对幼儿科学问题解决的影响.....	24
3.4.3 科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响.....	25
3.4.4 认知灵活性的中介作用.....	26
4 研究二：家庭因素对幼儿科学问题解决的影响.....	27
4.1 目的.....	27
4.2 方法.....	27
4.2.1 被试.....	27
4.2.2 工具.....	27

4.2.3 程序.....	28
4.2.4 数据统计方法.....	28
4.3 结果.....	28
4.3.1 各变量描述性统计及偏相关分析.....	28
4.3.2 回归分析.....	30
4.3.2 家庭科学教育经验在家庭社会经济地位与科学问题解决间的中介效应分析.....	31
4.4 讨论.....	32
4.4.1 家庭社会经济地位对科学问题解决能力的预测作用.....	32
4.4.2 家庭科学教育经验对科学问题解决能力的预测作用.....	32
5 总讨论.....	33
5.1 我国幼儿科学问题解决现状.....	33
5.2 幼儿科学问题解决的主要影响因素及作用机制.....	33
5.3 研究局限性及未来展望.....	35
5.4 研究意义.....	37
6 结论.....	38
参考文献.....	38
附录.....	52
致谢.....	57
在学期间发表的文章.....	58

4-6 岁幼儿科学问题解决的影响因素探究

发展与教育心理学硕士研究生：张凌霄

指导教师：陈红教授、张丽教授

摘要

问题解决是指一系列有目的的定向认知活动。最近十几年来，随着 STEM（Science, Technology, Engineering, Mathematic）教育的兴起和完善，心理学及教育学研究者们逐步重视对于幼儿科学学习及其影响因素的探索，相应地，幼儿的科学问题解决能力也成为研究者们关注的对象。科学问题解决即为涉及到科学知识和科学探究能力的问题解决，因为幼儿生来就对周围的环境充满好奇，在科学学习上有着得天独厚的优势，所以了解幼儿科学问题解决的影响因素有助于我们因材施教，采取有针对性的教育及干预措施，从而培养幼儿的科学探究能力，进一步为国家培养科学技术型人才做准备。

以往研究表明，儿童的问题解决能力及其学业成就会受到个体内部因素和外部环境因素的共同影响。而在我国幼儿科学教育日渐兴起的今天，尚未有实证研究对于幼儿科学问题解决的影响因素进行探讨。对于幼儿科学领域的问题解决，已有的研究也存在着一定的局限性：首先，以往研究都是单独探讨某一种因素对幼儿科学问题解决的影响（如言语能力），而且研究者们选取的自变量一般都为个体认知因素，尚未有研究同时将影响幼儿科学问题解决的个体内部因素与家庭环境因素同时考虑并对其影响效应做对比。其次，以往研究均采用科学知识测验来衡量幼儿的科学问题解决能力，这种对于科学问题解决能力的测量方式缺乏生态效度，更侧重于测查幼儿已有的科学知识而不是其运用科学知识进行综合性的问题解决的能力。

于是，为了开拓对于我国幼儿科学学习及科学问题解决的实证研究，探究我国幼儿科学学习的影响因素，进一步丰富已有研究的生态效度，本研究采用两个分研究分别对几种重要的个体内部因素及家庭环境因素对于幼儿科学问题解决的影响作用进行探讨，此外，我们也认为这些因素对于幼儿科学问题解决的影响并非平行的，希望能够通过进一步的中介效应分析探究其中的作用机制。

研究一旨在探讨个体认知因素（言语能力、空间能力、执行功能）、非认知因素（科学知识水平）对幼儿科学问题解决的预测作用，并检验执行功能是否在言语能力、空间能力和幼儿的科学问题解决能力之间起中介作用。被试为 105 名 5-6 岁大班幼儿（平均年龄 67 个月），幼儿进行的各实验任务分别为：1、言语能力：皮博迪图片词汇测验第四版；2、空间能力：韦氏幼儿智力测验积木分测验；3、工作记忆：韦氏幼儿智力测

验图片记忆分测验；4、抑制控制：敲桌子任务；5、认知灵活性：灵活选择任务；6、科学问题解决任务。与此同时，我们根据美国加利福尼亚州教育部出台的学前科学学习标准（California Department of Education, 2012）对被试产生的涉及到基础科学概念的解决方案进行了计数，以反映被试的科学知识水平。对数据进行相关分析、回归分析和中介效应分析，结果表明：（1）在个体认知因素中，幼儿的言语能力和认知灵活性能力与其科学问题解决能力呈显著正相关，并可以显著预测其科学问题解决表现。（2）幼儿的科学知识水平与其科学问题解决能力呈显著正相关，并可以显著预测其科学问题解决表现。（3）认知灵活性在言语能力对幼儿科学问题解决能力的影响中发挥了中介作用，且是唯一的中介变量。（4）幼儿科学知识水平对于其科学问题解决的贡献最大（ $\beta=.34$ ），其次为认知灵活性能力（ $\beta=.31$ ），最后为言语能力（ $\beta=.17$ ）。

研究二旨在探究外部家庭因素（家庭社会经济地位、家庭科学教育经验）对幼儿科学问题解决的影响，并检验家庭科学教育经验是否在家庭社会经济地位和幼儿的科学问题解决能力之间起中介作用。研究采用问卷法对被试家庭社会经济地位、家庭科学教育经验进行测量，问卷由 195 名 4-6 岁幼儿父母填写，对应幼儿的平均年龄为 64 个月。幼儿的科学问题解决能力的测量采取父母报告和任务测量两种方式，195 名幼儿的家长全部完成了父母报告评价，其中 105 名幼儿参与了科学问题解决任务测量。对数据进行相关分析、回归分析和中介效应分析，结果表明：（1）在家庭因素中，幼儿的家庭社会经济地位仅对父母主观评价的幼儿科学问题解决能力起到了显著预测作用（ $\beta=.16$ ），而对于幼儿的科学问题解决任务成绩没有起到显著预测作用。（2）家庭科学教育经验能够显著预测幼儿科学问题解决的表现，包括其父母主观评价的科学问题解决能力（ $\beta=.23$ ）及幼儿的科学问题解决任务成绩（ $\beta=.31$ ）。（3）家庭科学教育经验在幼儿的家庭社会经济地位与其父母主观评价的科学问题解决能力之间起完全中介作用。

综上所述，本研究首次采用实证研究的方式对我国幼儿科学问题解决的现状及个体内部、家庭环境影响因素进行探究，主要发现了四种对于幼儿科学问题解决起稳定预测作用的因素，分别为：个体内部认知因素中的言语能力、认知灵活性，个体非认知因素的科学知识水平以及外部家庭环境因素中的家庭科学教育经验。我们比较了这几种影响因素的标准回归系数，发现认知灵活性、科学知识水平和家庭科学教育经验对于幼儿科学问题解决任务的贡献作用基本相当，言语能力则次之。说明幼儿的科学问题解决表现不仅像以往研究所证明的那样受到个体认知能力的影响，也受到个体科学知识水平、家庭教育经验影响，而且个体科学知识水平和家庭科学教育经验在幼儿的科学学习中起着不亚于幼儿基本认知能力的预测作用。与此同时，研究还发现认知灵活性因素在个体言语能力和科学问题解决当中起到完全中介作用，启示我们幼儿言语能力对其科学问题解决的促进作用可能是通过促进其认知灵活性的发展而实现的。

家庭社会经济地位对于父母主观评价的幼儿科学能力能够起到预测作用，且被试的家

庭科学教育经验在家庭经济地位和父母主观评价的幼儿科学能力之间起着中介作用，然而家庭社会经济地位对于幼儿科学问题解决任务的得分却没有起到预测作用，启示我们要进一步完善相关领域的研究。

关键词

幼儿；科学；STEM；问题解决

Research on Influence Factors of 4-6 Years Old Preschoolers' Science-relevant Problem Solving

Supervisor: Prof. Hong Chen; Prof. Li Zhang

Author: Lingxiao Zhang

Abstract

Problem solving refers to a series of purposeful directed cognitive activities. Over the past decade, with the rise and improvement of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education, many psychology and pedagogy researchers have gradually attached importance to the exploration of early childhood science learning and its' influence factors. Correspondingly, preschoolers' ability to solve science relevant problems has also drawn the attention of researchers around the world. Scientific problem solving refers to problem solving idea that involves scientific knowledge and scientific inquiry ability. Because children are curious about the surrounding environment, and at the same time they have unique advantages in science learning. Therefore, understanding the influencing factors of science-relevant problem solving in early childhood may could help us to teach students according to their aptitude, employ targeted education and intervention measures, to improve preschoolers' ability of scientific inquiry, and further contribute to country's cultivation of scientific and technological talents.

Previous studies have shown us that children's problem-solving ability and academic achievement are affected by both internal factors and external environmental factors. However, although the preschool science education in our country is becoming more and more complete, there is no empirical research focus on the influencing factors of preschoolers' science problem solving. For children's problem solving in science field, the existing researches also has certain limitations. First of all, previous studies have separately explored the influence of a certain factor on children's scientific problem solving (such as language ability). Moreover, researchers have generally considered individual cognitive variables, and there is no study that considers both internal individual factors and family environment factors that influence preschoolers' science-relevant problem solving. Second, previous studies used scientific knowledge tests to measure the scientific problem-solving abilities of young children, and this measure of scientific problem-solving ability lacks ecological validity, focusing more on measuring young children's existing scientific knowledge rather than their ability to apply it to comprehensive science-relevant problem solving.

Therefore, in order to start the empirical research on scientific learning and science-relevant problem solving of early childhood in China, and further enrich the ecological validity of the existing studies, in this study, two parallel studies were conducted to explore the influence of several important internal factors and external environmental factors on preschoolers' science relevant problem solving. At the same time, we also believe that the

effects of these factors on preschoolers' science-relevant problem solving are not parallel. And we hope to explore the mechanism of action through further analysis of mediating effect.

Study 1 examined the predictive effect of individual cognitive factors (language ability, spatial ability, executive function), non-cognitive factors (the level of scientific knowledge) on young children's preschooler's science problem solving. At the same time, we examined whether executive function mediates language ability, spatial ability and children's science problem solving. 105 children from senior class of kindergarten took part in this study ($M_{age}=67$ months). The experimental tasks were as following: (1)Language ability: the fourth edition of Peabody Picture Vocabulary Test(PPVT-4); (2)Spatial ability:the block test in Webster's Intelligence Test-III(WPPSI-III); (3)Working memory:the picture memory test in WPPSI-III, (4)Inhibition control:Peg-tapping task; (5)Cognitive flexibility: Flexible item selection task(FIST), (6)Science-relevant problem solving task. Meanwhile, according to California Department of Education's (2012) preschool science learning standards, we counted the number of solutions involving basic scientific concepts produced by the subjects to reflect their level of scientific knowledge. Correlation analysis, regression analysis and mediating effect analysis were carried out on the data, and the results were showed as follows:1. In preschoolers' individual cognitive factors,language ability and cognitive flexibility of young are significantly positively correlated with their science-relevant problem solving ability, and can significantly predict their science-relevant problem solving ability. 2. Children's level of scientific knowledge is significantly positively correlated with their science-relevant problem solving ability, and can significantly predict their science-relevant problem solving ability. 3. Cognitive flexibility plays a mediating role in the effect of language ability on children's science-relevant problem solving ability, and it is the only mediating variable. 4. Children's scientific knowledge level contributes most to their science-relevant problem solving skill ($\beta=.34$), followed by cognitive flexibility ($\beta = .31$), and finally language ability ($\beta= .17$).

Study 2 discussed the predictive effects of external family factors(family socioeconomic status and family science education experience) on the preschoolers' science-relevant problem solving ability. Meanwhile, we also examined whether family science education experience played a mediate role between family socioeconomic status and preschoolers' science-relevant problem solving. Questionnaires were used to measure family socioeconomic status and family science education experience. 195 parent of preschoolers filled out the two questionnaires, and the average age of preschoolers was 64 months. For the measurement of preschoolers' scientific problem solving ability, we adopted two methods: parent report and task measurement. The parents of 195 children all completed parent report to evaluate preschoolers' science-relevant problem solving ability, of which 105 children participated science-relevant problem solving tasks. Correlation analysis, regression analysis and mediating effect analysis were carried out on the data, and the results were showed as follows:1. Among the family influencing factors, preschoolers' family socioeconomic status only plays a significant role in predicting their parents' subjective evaluation of scientific problem solving ability($\beta=.22$), but not in predicting children's scientific problem solving task performance. 2. Family science education experience can significantly predict preschoolers' science-relevant problem solving performance, including the scientific problem-solving

ability of the parents' subjective evaluation ($\beta=.23$) and the child's achievement in science-relevant problem solving tasks ($\beta=.31$). 3. The family science education experience plays a mediating role between children's family socioeconomic status and parents' subjective evaluation of their scientific problem solving ability.

To sum up, this study mainly found four main factors that played a stable role in predicting the scientific problem solving of young children, respectively are: language ability and cognitive flexibility of individual cognitive factors, scientific knowledge level of individual non-cognitive factors, and family science education experience of external environment factors. We compared the standard regression coefficients for these infactors and found that cognitive flexibility, scientific knowledge level and family science education experience contributed almost equally to early childhood science problem-solving tasks, followed by language ability. It explained that the performance of young children's scientific problem solving is not only affected by the individual's cognitive ability as proven by previous studies, but also by the individual's scientific knowledge level and family education experience. Moreover, individual scientific knowledge and family experience in science education contribute to preschoolers' science-relevant problem solving no less than their basic cognitive skills. At the same time, cognitive flexibility played a full mediating role between individual language ability and science-relevant problem solving, suggesting that the promotion of preschoolers' language ability in solving scientific problems may be achieved by promoting the development of their cognitive flexibility. These results remind us that we should pay attention to the relevant influencing factors.

At the same time, although family socioeconomic status can predict parents' subjective evaluation of children's scientific problem solving ability, and subjects' family science education experience play a partial mediating effect between children's family socioeconomic status and parents' subjective evaluation of their scientific problem solving ability. Children's family socioeconomic status did not predict their scientific problem-solving ability. This enlightens us to further improve the research in related fields.

Key words: Preschoolers; Science; STEM; Problem solving

1 文献综述

1.1 问题及问题解决

当个体有一个目标，但又不知道如何达到该目标时，就产生了问题。人们在生活中时刻需要面对问题解决情境，在心理学领域，问题解决通常被定义为一系列有目的的定向认知活动（DeLoache, Miller, & Pierroutsakos, 1998）。该定义包括以下三点重要内涵：（1）问题解决有一个目标。（2）问题解决是一系列的操作过程。（3）这种操作是一种认知操作。人们的问题解决能力与个人生活质量密切相关，例如，具有良好解决问题能力的人通常具有较小的人际关系压力（Davila, Hammen, Burge, Paley, & Daley, 1995）以及较高的学术成就。

测量问题解决的方法有很多，我国学者辛自强（2004）将问题解决任务概括为以下两类：一是“纯粹”信息加工角度的问题解决任务，河内塔任务（Welsh & Huizinga, 2005）就是从信息加工角度探索解决问题的典型范式。该问题的初始状态有三根柱子，在最左边的柱子上有三个大小不一的圆盘，小的圆盘在大的上面，叠在一起就像一个“塔”。目标状态是把这三个圆盘移到最右边的柱子上，并且保持大小顺序不变。规则是每次只能移动最上面的一个圆盘，大的圆盘不能压在小的圆盘上，可以利用中间的柱子作为过渡。要解决河内塔问题，就要寻找方法来缩短问题初始状态和目标状态之间的差距，从而一步步达到目标。这类任务之所以被称为“纯粹”信息加工角度的问题解决任务，是因为这类问题解决不涉及到问题解决者的知识层面，而是要寻找到一种通用的问题解决过程。

第二种常见的问题解决任务即为涉及知识层面的问题解决。知识是问题解决能力的本质组成要素，比如，我们熟悉的斯腾伯格的三元智力理论中的经验亚理论就向我们表明，拥有丰富经验的个体在遇到熟悉的任务时自动化的能力高，从而能够更顺畅地解决问题。

探究人们现有的知识对问题解决过程的影响的研究主要可分为两大类型，第一类是探究经验丰富性对问题解决的影响，如经典的专家-新手比较研究发现象棋大师与缺乏经验的新手在迅速观看并记忆一个真实的棋局后复现棋局的能力有很大差别（de Groot, 1966）。除了对于问题的记忆能力有区别之外，专家和新手在问题表征上也存在着一定的差异（Mayer, 1982），新手往往根据问题的表面结构特征进行分类。而专家是按深层结构来进行分类，如解题时将运用相同定理的问题归为一类。第二类是知识层面的问题解决任务，即一些学科针对性的任务，最典型的即为数学、科学等自然科学学科中的问题解决（Chi, Feltovich, & Glaser, 1981; Geary et al., 2004）。这一类研究的发展是由于心理学家由最初只关心认知心理学的问题解决的一般性步骤的问题转向关注现实生活中的心理学运用，比如学生在学校里的学习问题。

除了以上两种测量问题解决的主要方法之外,还有两种近些年来心理学研究者使用较多的问题解决研究方法,分别是归纳推理任务和创造性问题解决任务。归纳推理即指通过对具体的、个别的事物进行观察、分析,逐步总结出一般的规律,从而利用一般规律去解决新的类似的问题(Richland & Simms, 2015; Resing et al., 2017)。创造性问题解决则是指突破一般的思维定势,最终以前所未有的、新颖的方式解决问题,这类任务与以上提到的常规的解决问题任务相反,其目的旨在产生更多新颖和不同的答案(田燕等, 2011; Treffinger & Isaksen, 2005)。

1.2 科学问题解决

幼儿具有与生俱来的好奇心和探索天性,在与科学接触的过程中,他们的好奇心得到了满足,同时产生了对于周围世界的热爱。幼儿阶段是培养科学探究思维及科学学习兴趣的最佳时期,近年来,世界各地越来越多的研究人员开始重视幼儿的科学教育,并将科学能力与语言和数学能力一样视作幼儿学习能力和入学准备状态的一个重要指标。例如,许多国家都已经开发并投入使用了专门适用于幼儿的科学教学项目,这些项目里既包含根据幼儿年龄特点设置的科学课程以及相关的科学探究活动,同时也包括指导教师应该如何更加有效地进行科学教学的课程(Klein, Hammrich, Bloom, & Ragins, 2000; French, 2004; Gelman & Brenneman, 2004)。在美国,科学、技术、工程和数学(STEM)项目已经被教育者们广泛实施,在幼儿园阶段就培养孩子们的探究思维方式,有利于儿童探究培养问题意识、发展创新思维和解决创造性问题能力。

科学的定义较为宽泛,持有不同科学观的人对于科学的定义不尽相同。部分学者认为科学是一种“知识体系”,偏重于知识层面的掌握,而随着人们对于科学教育的不断探究,越来越多的研究者偏向于把科学理解成一种动态的过程,并且认为幼儿的科学能力主要由科学知识和科学探究能力两大方面构成(e.g., Massachusetts Department of Education, 2001; National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, and National Academy of Sciences, 1996; Bybee, 1997; Susanne, Beate, Claudia, & Ulrike, 2005)。其中,科学知识主要涵盖物质科学、生命科学、地球与空间科学、技术与工程四大领域的内容(National Research Council, 2012; Jirout & Zimmerman, 2015; Zucker et al., 2016; 义务教育小学科学课程标准, 2017)。具体来讲,物质科学主要包括物理学和化学领域的知识,生命科学主要指生物学领域的知识,地球与空间科学主要涉及天文学、地理学领域的知识,技术与工程则是指将数学和科学概念应用于现实世界的问题解决,并通过不断的测试来产生最优化的解决方案。

科学能力不仅仅是关于我们自身和我们周围的世界如何运作的学科知识,与此同时,科学探究能力也是科学能力的一个重要组成部分。探究是一种细致的调查研究,幼儿可以在探究中寻找答案。我国《3-6岁儿童学习与发展指南》指出,幼儿的科学学习

是要在探究具体事物和解决实际问题的过程中去尝试发现事物间的异同和联系，其核心是激发探究兴趣，体验探究过程，发展初步的探究能力。美国《国家教育科学标准》也明确表明：“科学学习的中心环节是探究。”此《国家教育科学标准》同时指出，“科学探究包括形成问题、建立假设、收集数据、检验假设和交流结果五个环节。”2000年，英国《国家教育课程标准》将科学探究分为：制定计划、获取并表达证据、思考证据及评价四个步骤。2017年，我国《义务教育小学科学课程标准》提出，科学探究主要涉及到7个方面的内容，分别是：提出问题、猜想与假设、制定计划与设计实验、进行实验与搜集数据、分析与论证、评估、交流与合作。综合以上三个国家的科学教育标准可见，各个国家对于科学探究步骤的规定基本相同。

科学问题解决即为涉及到科学知识和科学探究能力的问题解决。在科学问题解决的测量方面，起初研究人员经常使用单一的科学知识测试来评估学龄前儿童的科学问题解决能力，其中较为常见的是一些学业测验中的科学分测验，如 Woodcock Johnson III (WJ-III) 测验中的科学分测验 (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001)。而随着研究者们对于幼儿科学学习重视程度的提高和研究的逐渐深入，近些年来的科学能力测验则基本从两个方面来测评儿童的科学能力，即科学知识和科学探究能力。这些成熟的幼儿科学测验来源于不同国家，但测验形式基本相同。一般来说，测验题目和选项的呈现采用幼儿较易接受的彩色图片，由主试向幼儿描述问题，幼儿做出选择。题目设置均为选择题，便于幼儿做出反应。题目数量由40道到80道不等 (Greenfield, 2009; Samarapungavan, 2009; Tourangeau, 2015)。其中，科学探究类题目主要考察幼儿对探究过程的了解程度，如幼儿是否明白科学探究的基础是提出问题并做出预测，预测是需要通过实验来证明的，以及对于常见的科学研究工具是否有所了解。（例如：这里有一位小朋友，请问其中哪一位小朋友是在从事科学活动？A、吉娜正在观察蝴蝶 B、汤姆正在弹吉他 C、詹姆斯正在练习跳舞）。科学知识类问题则包含对物质科学、生命科学、地球与空间科学、技术与工程方面的基础知识的测查。（例如：以下选项中哪一个是有生命的物体？A、植物 B、小汽车 C、桌子）。此类科学能力测验发展日臻完善，并已建立起基于项目反应理论的测验，即根据被试对试题的不同回答，计算机能够自动选择出一组最适宜的试题让被试回答，最终对被试科学能力作出最恰当的估计。

由于单一的科学知识测验仅能反映出幼儿对于科学知识的掌握，而不能综合地反应其将知识运用到生活中的科学问题解决中的能力，所以，近些年来，研究者们也在致力于开发一些更具有生态效度的测量方式。如，Fusaro 和 Smith (2018) 开发了一个科学问题解决任务，用以测试幼儿的科学问题解决能力。该任务以图片的形式向孩子们展示模拟现实生活中的问题场景作为科学问题解决情境（如：如何取出玻璃瓶中的球），记录幼儿提出的解决方法作为结果。这些问题场景更加具有生态效度，并且成功解决问题均需要孩子们具备相应的基本科学知识（例如，冰加热可以化成水，石头是硬的而棉花

是软的)。在这样的问题情境之下,孩子们可以产生各种可能的解决方案,而不必只是选择一个固定的答案。这类任务更接近孩子的生活和课堂体验,不仅能够展现出幼儿对于基本科学知识的掌握,还能反映出他们对于科学知识的运用能力,从而更加全面地反应出幼儿对于科学知识的理解。在本研究中,我们也选用了这一任务对幼儿的科学问题解决能力进行测量。

1.3 科学问题解决的影响因素

问题解决的影响因素是问题解决领域中的一个重要研究主题。Robertson(2000)的理论向我们表明,问题解决受到内部因素和外部因素的共同影响。其中,内部因素主要指个体本身相关的身心特质、认知和非认知因素等。外部因素则包括文化、社会背景以及家庭、学校环境等的影响。

我国学者司继伟(2000)也指出,学生学业成就的影响因素可以大致分为个体心理因素和环境因素两大类。其中,个体心理因素主要包括认知因素(如智力水平、采用的学习策略和学习方法、知识积累等)和非认知因素(如学生的人格特征、学习态度和学习的动机等)。环境因素则主要包括家庭因素(如父母职业、文化水平、家庭收入水平、父母的教育方式等)和学校因素,比如班级的学习氛围、教师教学方式等。

作为问题解决研究中的一类,科学问题解决自然也受到以上所述的因素的影响。同时,鉴于科学教育已经成为了我国K-12教育中不可或缺的重要一环,幼儿科学问题解决的能力也能够反映出其学业成就的表现。故我们认为,幼儿的科学问题解决同样会受到内部、个体因素和外部、环境因素的共同影响。在本研究中,我们对如下几个因素进行了探究:个体内部影响因素中的认知能力(言语能力、空间能力、执行功能)及科学知识水平,外部环境因素中的家庭因素(家庭社会经济地位、家庭科学教育经验)。

1.3.1 个体认知能力

认知能力属于影响问题解决因素的个体内部因素,在儿童问题解决的发展过程中起着重要的制约作用。认知能力是一个比较大的概念,研究表明,一般智力、执行功能、推理能力等都属于认知能力的范畴(赵宇晗,余林,2014)。其中,一般智力也被称为一般认知能力,它的操作定义是个体处理信息的能力(Song et al., 2010)。一般认知能力也被称为一般智力,它是一种十分重要的学习能力(党彩萍,2006;叶奕乾,何存道,梁宁建,2000)。已有研究表明,一般认知能力测验可以有效地预测学生在学校的学业成就(Rohde & Thompson, 2007; Vock, Preckel, & Holling, 2011)。

对于一般认知能力的测量没有固定的形式与内容,但大部分研究都表明儿童及青少年的一般认知能力与他们的言语能力和数学、空间能力有着较高度度的相关(Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007; Mackintosh, 1998; Rohde & Thompson, 2007)。与此同

时,也有研究采用言语能力测验和空间能力测验相结合的方式对幼儿的一般智力进行测量 (Sasser, Karen, Bierman, Heinrichs, & Nix, 2017)。因此,参照前人研究,本研究测量幼儿言语能力和空间能力作为反映其一般认知能力的指标,探究二者对于幼儿科学问题解决的影响;同时探究认知能力中的执行功能对于幼儿科学问题解决的影响。

1.3.1.1 言语能力

早在上世纪 60 年代,皮亚杰就提出了言语和思维相互依存的观点 (Piaget, 1955)。在 4-5 岁这个年龄阶段,孩子的思维开始摆脱对具体行为的依赖,而更多地喜欢用语言符号来代表外部事物。这种转变促进了思维的发展,进而促进了幼儿问题解决能力的提升。同时,众所周知,言语能力也是智力的一个重要组成部分 (Gardner, 1983),许多智力测验中也包含着对于言语的测量,如著名的韦克斯勒智力测验 (Wechsler, 2012)。自然地,言语能力能够在一定程度上预测孩子们未来的成就,包括他们解决问题的能力。

与其他学科一样,科学也有其特定的语言习惯 (Halliday, 1978, 2006),孩子们在进行描述分类、预测、解释数据、形成假设的过程中都会用到一些特定的语言,故语言掌握的熟练程度对于的对科学能力的发展是至关重要的 (Norris & Phillips, 2003; Yore et al., 2003)。现有研究已经向我们表明,幼儿的言语成绩与他们的科学成绩存在显著相关 (Nayfeld, Fuccillo & Greenfield, 2013; Samarapungavan, Patrick, & Mantzicopoulos, 2011),言语发展水平越高,或是接受过专门科学言语训练课程的幼儿的科学问题解决表现也更好。与此同时, Morgan 等人 (2016, 2018) 发现,幼儿在幼儿园时期的言语能力能够显著预测其小学二年级的科学测验成绩。由此可见,言语能力对幼儿科学能力的影响是深远持久的。

有效的问题解决要求孩子们能够善于运用具象化思维,也就是说通过符号和语言进行思维活动 (Karpov, 2003)。为了做到这一点,儿童必须能够组织、综合他们脑海中的代表性知识,通过自己的认知去加工在当前的环境中不存在的想法,并以一种具象的形式“探索”它们 (Fischer & Bidell, 2006)。由此我们可以推测,一个孩子可能掌握了部分科学知识,但还不能对脑海中的知识进行整合和表达,从而产生一个合理的解决方案。如果想要灵活和具有创造性地运用知识,幼儿不仅要对于知识有所了解 (例如,知道生命的生长需要水、空气和阳光),而且还必须能够将掌握的知识通过语言表达出来,二者缺一不可 (Karmiloff-Smith, 1994)。

1.3.1.2 空间能力

空间能力与物体的位置、形状,物体与物体之间的位置关系以及它们在移动时所走的路径有关 (Newcombe, 2010)。这种能力可能对于一些具有明确的空间关系的领域的科学学习具有促进作用,如与天文学和力学相关的问题解决。以往,研究者大多采用成

人被试来探究空间能力与科学学习之间的关系，并且发现了空间可视化能力与大学生被试的化学及地理学习成绩之间的相关（Bodner & McMillen, 1986; Sanchez & Wiley, 2014）。也有少部分研究采用了儿童被试来研究空间能力与科学成绩之间的关系，例如，Hodgkiss 等人（2018）发现不同类型的空间能力对 7-11 岁儿童各科学相关学科成绩的影响也不尽相同，例如，儿童的心理折叠能力（动态空间能力）对他们高年级时的物理和生物成绩都能起到预测作用，而镶嵌图形测验（静态空间能力）的成绩能够预测他们的化学成绩。

从发展心理学的角度来看，空间能力对于科学学习早期的个体可能比科学学习后期的个体更重要，这是因为在科学问题的解决中，幼儿或领域特殊性知识水平较低的个体会更多地使用空间能力来建立心理地图和模型，以达到问题解决的目的（Mix et al., 2016），而成年人或领域特殊性知识水平较高的个体则更多地利用自身所掌握的知识去解决问题。有研究证实了这一观点，空间能力预测了幼儿对力的理解，但却没有起到对成人力的理解的预测作用（Harris, 2014）。

在 STEM 教育领域，相较于已经成熟的对于空间能力和数学学习的研究（Mix et al., 2016），幼儿的空间能力与科学学习之间的关系似乎被研究者们忽略了。因此，我们想进一步验证空间能力较强的幼儿是否能更好地掌握科学概念，以及能否更好地运用已有的科学概念去解决日常生活中科学相关的问题。

1.2.1.3 执行功能

执行功能是一种有目的的控制机制，它能够以灵活有效的方式协调不同的认知过程并调节人类的复杂认知活动（Diamond, 2013; Jacques & Marcovitch, 2010）。目前学界认为执行功能的含义相当广泛，尚无统一定义。大多数研究人员认为执行功能由三部分组成：抑制控制，工作记忆和认知灵活性（Diamond, 2013; Espy, Sheffield, Wiebe, Clark, & Moehr, 2011; Garon, Bryson, & Smith, 2008; Miyake et al., 2000; Shing, Lindenberger, Diamond, Li, & Davidson, 2010），也有研究者将其称为转化、刷新和抑制（Collette & Linden, 2002）。研究表明，虽然这三种成分之间存在着一定的相关，但它们仍然是相对独立的（Miyake et al., 2000）。

其中，抑制控制能力是指个体在进行认知活动时对无关的干扰刺激做出抑制反应的能力，通常被认为是执行功能的核心部分（崔云，李红，2005）。在学习生活中，良好的抑制控制能力可以帮助孩子们忽略冲动反应，并保持在课堂和学习活动中的精力集中（Allan, Hume, Allan, Farrington, & Lonigan, 2014）。抑制控制发展的重要时期是人生的前六年，尤其是 4-6 岁是抑制控制发生显著变化的时期。目前的研究主要采用两类不同的任务对幼儿的抑制控制能力进行测量，第一类任务是在儿童在面对高度冲突时，考察

他们是否能够按照要求抑制不合理的反应，另一类任务是对幼儿延迟满足能力的测量，考察他们是否能够延缓满足自己当下的需求。

工作记忆是由 Baddeley (1986) 提出的一个概念，用于表示有限容量信息的暂时性存储与同时性加工的记忆系统。Baddeley 的工作记忆模型指出，工作记忆包含三个主要成分，分别是：中央执行系统、语音环路和视觉空间模板，其中，中央执行系统负责总体信息的处理、注意资源的管理和策略的选择等；语音回路负责声音信息的存储与加工；视觉空间模板则主要负责视觉空间信息的存储和加工。对于幼儿来说，在进行信息的加工和运算之前，必须先有保持信息的能力。工作记忆更好的孩子们能够更好地持续存储和加工在课堂上接受的知识，从而能够更好地解决问题，并参与到后续的高阶学习活动中去 (Ropovik, 2014)。研究表明随着年龄的增长，儿童工作记忆广度在不断增加，并且整个学龄前期都在增长。

认知灵活性是一种灵活地转换心理表征，并根据任务变化进行不同的反应的能力 (李红, 2006)。认知灵活性能让人们以崭新的视角面对问题，适应新情境的需要，因此这一能力对于人们的适应性和创造力来说是非常关键的 (Hill, 2004)。儿童认知灵活性的发展大概经历以下的几个阶段：(1) 0~2 岁，萌芽时期 (2) 3~5 岁，初步发展时期 (3) 7~9 岁，快速发展期，到 12 岁时，儿童的认知灵活性能力就基本成熟了。认知灵活性可以帮助孩子们注意学习内容的改变，有助于相近知识的整合，有意识地忽略或更新以前使用的知识 (Yeniad, Malda, Mesman, Van & Pieper, 2013)。认知灵活性较差的儿童则通常表现为固执和拘泥于形式，在条件改变的情况下，无法改变自己原有的思维方式，因此无法适应新情景的要求。

研究认为，执行功能在问题解决中起着至关重要的作用 (Blair & Razza, 2007; Welsh & Huizinga, 2005)，因为执行功能发展比较好的孩子能更好地控制和协调他们的目标导向行为，从而促进学业成绩的提升和课堂行为的规范 (Blair & Raver, 2014)。学龄前儿童的科学问题解决也被认为与其执行功能有关，因为幼儿所经历的一系列科学探究过程，例如提出问题，做出假设，进行实验，分析和论证等，都需要使用较高水平的认知能力，而譬如计划、协调等一系列高级认知能力与执行功能的发展是密不可分的。Gropen 等人 (2011) 的一项针对早期科学教育中执行功能的作用的研究综述表明，执行功能对于学龄前儿童检验和修改假设的能力有着重大的影响。一些有关执行功能的实证研究也向我们表明，执行功能在儿童的科学学习中起着至关重要的作用。例如，Grissmer 等人 (2010) 的一项长达 6 年的纵向研究发现，孩子们在幼儿园时期的注意力可以预测他们五年级时的科学成绩。Nayfeld, Fuccillo 和 Greenfield 等人 (2013) 发现，执行功能可以显著预测儿童包括科学在内的各领域的学业成绩。Morgan 等人 (2018) 的一项最新研究进一步向我们揭示了幼儿的执行功能和学业能力之间的关系，研究显示在控制了幼儿的种族、年龄、家庭经济地位等人口学变量，以及一些可能会对幼儿的学业成就造成影响的

行为功能变量（如幼儿的课堂表现、攻击性）之后，幼儿执行功能的三种成分仍旧均可以预测孩子们在入学前及小学一、二年级时的科学成绩，其中抑制控制这一变量起到主要的预测作用。

1.2.1.4 言语能力、空间能力与执行功能的关系

Zelazo 及其同事的一系列研究向我们表明，儿童的言语能力是他们执行功能发展的先决条件（Zelazo & Frye, 1998; Zelazo, Muller, Frye, & Marcovitch, 2003）。在他们提出的认知复杂性和控制理论中（Cognitive complexity and control theory, CCC），他们指出儿童的言语技能通过影响问题或冲突的心理表征的形成，从而影响他们的执行功能。基于这种观点，Marcovitch 和 Zelazo（2009）建立了一个分层竞争系统模型（Hierarchical competing systems model），该模型认为儿童起初的认知过程依赖于他们以前的经验所形成的习惯系统。然而，随着年龄的增长，儿童认知活动由依赖习惯系统转变为依赖表征系统，即主动获取知识，并把新获得的知识和已有的认知结构建立起来，积极建构自己认知结构。儿童的语言在这种转变中起着重要的作用。

除了上述理论研究之外，许多实证研究也表明幼儿的言语能力能够预测其执行功能的发展（Brace, Morton, & Munakata, 2006; Carlson, Davis & Leach, 2005; Kirkham, Cruess, & Diamond 2003; Zelazo, Reznick, & Pinon, 1995）。Kuhn, Willoughby, Wildbourn, Vernon-Feagans 和 Blair（2014）对 1114 名儿童进行了一项纵向研究，结果表明婴儿的手势言语（15 个月时）和接受性言语（2 岁和 3 岁时）均对于儿童后期的执行功能发展具有预测作用，言语能力发展较好的儿童在执行功能的任务表现上也较好。Pauls 和 Archibald（2016）提供了进一步的证据支持这一假设，他们的一项针对具有特定语言缺陷的学龄儿童的执行功能研究的元分析表明，那些有特定语言障碍的儿童在抑制控制任务和认知灵活性任务上的得分均显著低于同龄的正常儿童。因此，我们认为，言语能力可能会对执行功能的三种成分具有预测作用。与此同时，由于执行功能也对幼儿的科学问题解决有着显著的预测作用，因此我们猜测执行功能在言语能力与科学问题解决之间起到中介作用。

相较于言语能力与执行功能的实验研究，几乎没有研究单独对幼儿的的空间能力对其执行功能的预测作用进行探讨。但有一些针对数学学习不良的儿童的执行功能的研究发现，数学学习不良的儿童在进行工作记忆、转换等执行功能任务时表现出了困难（俞国良，曾盼盼，2002；D'Amico & Passolunghi, 2009; Szucs et al., 2013）。而神经心理学的研究进一步向我们表明，数学学习不良通常与空间计算失能有关。空间计算失能则指人们在对数字信息的空间表征上存在缺陷（如对位置的理解，列竖式等），定位于涉及视觉-空间加工的两半球顶叶（Berson & Weir, 1972）。与此同时，在 Sasser 等人（2017）开展的一项对于幼儿执行功能的训练研究中，研究者们把空间能力同言语能力一起视作

能够影响幼儿执行功能发展的重要的协变量，并且发现了空间能力与幼儿执行功能水平之间的相关。

因此，我们猜测幼儿的空间能力也与其执行功能的表现存在着显著的相关。与此同时，由于执行功能也对幼儿的科学问题解决有着显著的预测作用，因此我们猜测执行功能在幼儿空间能力与科学问题解决之间起到中介作用。

1.3.2 个体科学知识经验

除了上述的个体认知能力会对学生的科学问题解决产生影响之外，个体的知识因素如科学知识、科学活动经验等也是影响其科学问题解决技能的本质内部要素。知识经验和能力对儿童的问题解决都具有限制作用，例如，Weinert（1989）发现，具体领域的知识能够弥补低智力水平的缺陷，而高智力水平却不能弥补原有知识掌握上的缺陷，原有知识基础可能是造成学业成就差异的最主要来源。Bjorklund（2000）研究发现，与一般儿童相比，学习不良儿童对于缺乏知识经验的项目所采用的策略表现和成绩都较差。而对拥有知识经验的项目，他们的表现则得到了较大的改善，知识经验对于能力较低的儿童来说可能能够起到一种“补偿”作用。同时，在儿童科学学习的研究领域，也有研究向我们表明，儿童早期对于物质科学知识的理解可以预测其高年级时的科学成绩

（Grissmer, Grimm, Aiyer, Murrah, & Steele, 2010）。不过，也有研究者认为，知识经验对儿童问题解决的作用要以一定的能力为基础，达到一定的能力阈限可能是问题解决所必须具备的条件（赵笑梅，陈英和，2007）。

1.3.3 家庭因素

1.3.3.1 家庭社会经济地位

家庭社会经济地位（Socioeconomic status, SES）常以父母职业、受教育程度和家庭收入三项标准来进行衡量（Matthews & Gallo, 2010）。许多研究向我们表明，儿童的家庭社会经济地位与其发展密切相关。在国外，有很多研究者分析了家庭社会经济地位与幼儿的入学准备状态之间的关系，研究表明，低家庭社会经济地位的幼儿在认知发展，知识掌握，社交情感技能和其他入学准备测量上的表现均较差，而幼儿的科学水平也是其入学准备测试中的重要部分（Bradley & Corwyn, 2002; Kiernan & Mensah, 2009）。

Pappas 等人（2003）的研究结果表明，位于上层阶级家庭的儿童与中低层阶级的儿童相比有着更好的元认知能力，能更好地阐述自己解决问题的思维和解释自己的想法。其原因或许是家庭社会经济地位水平较低的儿童难以拥有较好的住宿条件和食物质量，从而阻碍了他们的认知发展（Hanson, McLanahan, & Thomson, 1997）。与此同时，也可能是由于低家庭社会经济地位的儿童阅读书籍及使用多媒体学习更少，受到的学前教育质量更差（Larson, Russ, Nelson, Olson, & Halfon, 2015）。

与此同时，Gorard 和 See（2009）的一项针对家庭社会经济地位与科学学习成就的大数据研究发现，学生的家庭社会经济地位能够显著预测他们参与科学活动的频率及他们所获得的科学成就。与许多其他学科相比，来自贫困家庭的学生在 16 岁以后选择学习自然科学的可能性更小，而即使是在后续阶段选择继续学习自然科学的学生，也不太可能获得较高的分数。因此我们认为，幼儿的家庭社会经济地位能显著预测他们科学问题解决的表现。

1.3.3.2 家庭科学教育经验

父母为幼儿提供的教育经验及资源也是影响幼儿今后学业能力发展水平，包括科学能力的重要因素。孩子们除了在幼儿园接受科学教育外，在非正式的场合，幼儿还可以通过参与一系列课外科学活动来促进其科学能力的发展，如参观动物园、阅读科学书籍、使用多媒体学习（如观看电视节目）以及进行简单的研究和实验等。而这些课外科学活动的进行都需要父母提供支持，在这个过程中，父母可以为子女提供指导和因果关系解释，以支持孩子对自然现象的理解和科学探究能力的发展（Sackes, 2014；Tenenbaum, Snow, Roach, & Kurland, 2005）。

父母在家中提供的科学学习机会以及父母对科学学习的支持能够激发孩子对科学的兴趣，促进儿童科学的学习，并促进他们对科学话语的理解。例如 Alexander, Johnson 和 Kelly（2012）的一项关于儿童科学学习机会与科学兴趣发展之间的纵向研究向我们表明，儿童科学能力的发展受到儿童自身对科学的兴趣与父母提供的科学教育机会二者的共同影响，这些父母提供的非正式的科学教育机会包括给幼儿购买科学相关的书籍或绘本、带领幼儿去参观科学活动相关的场所，给儿童播放含有科学知识的动画片等等。研究表明，如果学龄前儿童父母有意识地对儿童在生活中展露出的科学兴趣做出反应，并在幼儿期有意识地去创造探索和学习科学概念的环境，那么随着时间的推移，父母所创造的这些科学学习机会就对儿童持续表达科学兴趣产生深远的影响，这种影响可以从 4 岁持续到 7 岁。

因此，本研究所指的家庭科学教育经验主要是家长带领幼儿在非学校场合进行科学相关的教育及活动的经验。

1.3.3.3 家庭社会经济地位与家庭科学教育经验的关系

家庭经济地位与科学教育经验的关系主要体现在两个方面。首先，家庭经济地位会影响父母对于幼儿科学教育的重视程度。Sackes（2014）让 1456 名幼儿家长对包括阅读、写作、数学、科学、艺术等在内的八种学习领域按重要性进行排序，研究表明，家庭经济地位水平较高的幼儿的父母更重视幼儿的科学教育。其次，有研究表明家庭经济地位可以预测父母对子女的教育投资的能力（Conger & Donnellan, 2007），这里所指的教育

投资既包括物质投资,也包括心理投资。其中,物质投资主要指家庭所提供的学习资源,如书籍、学习资料等。梁文艳等(2018)的研究表明,社会经济地位较高的家庭去博物馆等场所的次数或者亲子户外活动的频次要明显高于社会经济较低的家庭,而此类亲子活动会显著提高孩子的人文及科学素养。

有部分研究证明了家庭学习资源在家庭经济地位对儿童学业成就的影响中起到中介作用(Yeung, Linver, & Brooks-Gunn, 2002;张云运等, 2015),也就是说,家庭收入和父母受教育水平能够通过父母教育投资影响儿童的学业成就。但目前为止,还没有直接证据向我们表明幼儿的家庭社会经济地位是否会影响家庭科学教育经验的丰富程度,以及家庭社会经济地位是否会通过影响家庭科学教育经验从而对幼儿的科学问题造成影响。根据以往研究,我们假设家庭的社会经济地位会通过影响家庭科学教育经验来影响幼儿的科学问题解决。

2 问题提出

2.1 已有研究的局限与本研究的新意

首先,本研究在国内文化背景下具有创新性。人们的日常经验和儿童早期教育研究都表明,幼儿园及小学阶段是实施科学教育启蒙教育的最佳时期。幼儿对自然和科学的兴趣以及他们的科学思维能力、创造能力在这一时期若得到及时、良好的培养,在后续进入中学和大学后会得到高度发展;反之,就发展不起来。虽然近些年来已经有较多的国外研究者对影响幼儿科学问题解决能力的心理因素进行探究,但是在国内幼儿科学教育日渐发展成熟的今天,相对于已经发展完善的言语、数学能力等研究领域,我国尚未有实证研究对幼儿科学能力现状及其心理影响因素进行探讨。于是,本研究拟丰富对于我国幼儿科学学习及科学问题解决的实证研究,初步探究我国幼儿科学问题解决的现状,及几种已有研究讨论较多的认知因素和环境因素对幼儿科学问题解决的影响。

其次,虽然目前已有一系列研究结果向我们表明,幼儿的言语成绩、数学成绩及执行功能等因素可以显著预测幼儿包括科学在内的各领域的学业成绩(Morgan, Farkas, Hillemeier, Pun, & Maczuga, 2018; Nayfeld, Fuccillo, & Greenfield, 2013),但这些研究均采用科学知识测验来衡量幼儿的科学问题解决能力,测验题目均为单项选择题。这种对于科学问题解决能力的测量方式不仅缺乏生态效度,而且更侧重于测查幼儿已有的科学知识而不是其运用科学知识进行综合性的问题解决的能力。为了弥补这点不足,本研究中采用的任务与以往研究有所不同,采用了模拟现实生活中的科学问题场景来测量被试科学问题解决的能力,这种问题解决任务不仅仅是考察幼儿对于科学知识的了解,更重要的是考察他们能否对自己掌握的科学知识进行综合运用,并且表达出自己的想法,从而真正解决日常生活中的科学问题。

最后，以往研究分别证明了幼儿的言语及空间能力、执行功能、家庭社会经济地位对于幼儿科学成绩存在着影响，但是目前尚未有研究同时将个体内部认知因素、知识水平因素和外部家庭环境因素对幼儿科学问题解决的影响作用同时考虑，并对其影响效应做对比。鉴于个体内部因素和外部环境因素都是影响人们问题解决的重要因素，故本研究对被试的认知能力、科学知识水平和家庭经济地位及教育经验同时进行测量，希望能够探究各因素对于幼儿科学问题解决的贡献水平如何。与此同时，通过文献阅读，我们也认为这些因素对于幼儿科学问题解决的影响并非平行的，幼儿的执行功能受到其一般认知能力的影响，幼儿的家庭社会经济地位也可能通过影响父母实施科学教育的完善程度来影响其科学问题解决的表现。因此，本研究希望能够通过进一步的中介效应分析探究其作用机制。

2.2 研究假设

1、在控制了幼儿的年龄差异后，其认知能力中的一般智力（言语能力、空间能力）能够预测幼儿的科学问题解决能力。言语、空间能力发展水平越好的幼儿，其科学问题解决成绩就越好。

2、在控制了幼儿的年龄差异后，其认知能力中执行功能的三个成分（工作记忆、抑制控制、认知灵活性）均能够显著预测幼儿的科学问题解决能力。执行功能各成分发展水平越好的幼儿，其科学问题解决成绩就越好。

3、执行功能在幼儿的一般智力对其科学问题解决的影响中起中介作用。

4、在控制了幼儿的年龄差异后，幼儿科学知识的掌握水平能显著预测他们的科学问题解决能力。科学知识水平掌握程度越好的幼儿，其科学问题解决成绩就越好

5、在控制了幼儿的年龄差异后，家庭因素中的家庭社会经济地位及家庭科学教育经验均能显著预测幼儿科学问题解决的表现。家庭社会经济地位越高、家庭科学教育经验越丰富的幼儿，其科学问题解决成绩就越好。

6、家庭科学教育经验在幼儿的家庭社会经济地位与其科学问题解决之间起中介作用。

2.3 研究目的与意义

2.3.1 理论意义

首先，虽然目前我国科学教育发展日臻完善，也已经建立了较为完善的 K-12 科学教育体系，但对于学龄前儿童的科学能力及科学问题解决的研究十分匮乏，这可能是由于我国现在缺少对于幼儿科学问题解决能力进行测量的普遍适用工具。因此，本研究首次采用实证研究初步探讨我国幼儿科学问题解决现状，以及有哪些重要的个体因素及家庭环境因素会对幼儿的科学问题解决产生影响，内部认知因素和外部家庭环境因素对于

科学问题解决的贡献程度如何。旨在丰富已有研究的角度，开拓对于我国幼儿科学学习的心理影响因素的研究。同时，对执行功能在言语能力、空间能力和幼儿科学问题解决间是否存在中介作用，家庭科学教育经验在家庭经济地位和幼儿科学问题解决间是否存在中介作用进行探讨，以进一步完善前人研究结构。

2.3.2 实践意义

首先，研究可以为幼儿园教师、幼儿家长和科学研究人员描述我国幼儿科学问题解决的概况；其次，可以帮助我们了解影响幼儿科学问题解决的重要因素，包括个体内部的认知及非认知因素，以及家庭环境对于幼儿科学问题解决的影响作用。有助于我们从各个方面进一步对幼儿及儿童的科学学习进行有针对性的干预，做到因材施教，特别是针对那些在科学学习上有困难的学龄儿童。有助于教师及家长了解科学教育的重点，进一步促进我国的科学教育发展，培养幼儿的科学探究能力，增加他们的科学知识，使他们身体力行地去探索世界，最终成为时代发展需要的创新型、科技型人才，为增强国家的综合国力做贡献。

3 研究一：个体认知因素及科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响

3.1 目的

- (1) 探究个体认知因素（言语能力、空间能力、执行功能）是否对幼儿科学问题解决起正向预测作用。
- (2) 探究个体科学知识水平是否对幼儿科学问题解决起正向预测作用。
- (3) 探讨执行功能在幼儿的一般认知能力（言语能力、空间能力）对其科学问题解决的影响中是否起到中介作用。

3.2 方法

3.2.1 被试

从重庆市北碚区两所公立幼儿园随机选取了大班幼儿 120 名进行施测，排除没有能够完成全部任务的 15 名幼儿后，研究共有有效被试 105 名，其中男生 49 名，女生 56 名，城镇户口 41 名，农村户口 64 名。被试平均年龄 67 个月（SD=4.87），被试智力水平均为正常。所有幼儿均为汉族，之前没有参加过类似研究，实验前已获得幼儿父母及幼儿园的同意。G-power 的结果表明本研究的被试样本量充足。

3.2.2 工具

言语能力：采用桑标、缪小春（1990）修订的皮博迪图片词汇测验（Peabody Picture Vocabulary Test-Revised, PPVT-R; Dunn & Dunn, 1981）来测量幼儿的言语能力。这套工具共有 175 组黑白图片，每组图片上有 4 幅简笔卡通图画，每幅图画都对应着一个汉语词汇。测验时拿出一组图片，主试说出之前规定好的一个词，要求被试指出图片上的 4 幅图中哪一个最能说明该词的意义。该测验适用的年龄范围为 2.5~18 岁，测试时，并不是每个被试都要测所有 175 个词汇，每个年龄组均有一个对应的起测点，若从此图片开始往后测能连续通过 8 张，则该起测图片即为计分起点，在起点之前的图片均算作通过得分。若不能连续通过 8 张，则逆序往前测，直至有连续 8 张通过为止，这时最后通过的一张为起测点即计分点。然后从此 8 张开始顺序测试，一直测到连续 8 张中有 6 张反应错误为止，以最后一张作为顶点，不再往下测。被试指对一个词得 1 分，顶点的序数减去起点、顶点之间的错误数，即为被试言语测验的原始分数。测验示例见附录 1，计分采用纸笔记录。

空间能力：采用韦氏幼儿智力测验中的积木分测验来测量幼儿的空间能力。主试向被试呈现平面几何图案卡片，被试用 2-4 个红白两色的立方体积木在规定时间内复制平面图案，只要复制图案的正面与平面几何图案形状一致即可。测验共有 17 道题目，被试在规定时间内未摆出或摆错均视作失败。在连续三项失败后停止此测验。每项 2 分，总分共 34 分，计分采用纸笔记录。

工作记忆：采用韦氏幼儿智力测验（WPPSI）中的图片记忆分测验测量幼儿的工作记忆。测验形式为让幼儿记忆某几幅卡通图画 5 秒钟，然后在随后出现的包含干扰选项的多幅图画中选出刚才看过的图画。例如：给幼儿呈现小汽车图片 5s，然后让幼儿在接下来呈现的苹果和小汽车图片中指出小汽车图片。测验共 35 题，每题 1 分，总分 35 分。正确指出记忆过的项目得 1 分，多选、错选均不得分，当幼儿连续错误 3 题时停止测验。测验示例见附录 2。测验图片采用 E-prime2.0 软件向幼儿呈现，因幼儿不熟悉计算机操作，故计分采用纸笔记录。

抑制控制：采用 Blair 和 Razza（2007）的敲桌子任务测量幼儿的抑制控制能力。任务共分为两个阶段，任务规则如下：第一个阶段：主试若敲 1 下桌子，幼儿敲 2 下；主试若敲 2 下桌子，幼儿则敲 1 下。幼儿明白规则后开始，共进行 12 次。第二个阶段加入一个新的规则，即：主试敲 3 下，被试一下都不敲。共进行 12 次。最终以被试两个阶段的总正确敲击百分比作为其任务的最终成绩。

认知灵活性：采用 Jacques 和 Zelazo（2001）的灵活选择任务（Flexible Item Selection task, FIST）测量幼儿的认知灵活性。在该任务的每次试验中，给幼儿呈现 3 张卡片（如：1 条紫色鱼，1 条粉红色鱼，1 个粉红色电话），要求幼儿选出在一个维度上相互匹配的

3 研究一：个体认知因素及科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响

一对卡片（如按形状分：紫色鱼与粉红色鱼），然后再在另一个维度上选出相互匹配的一对卡片（如按颜色分：粉红色鱼和粉红色电话）。如果被试能成功完成任务，即表示被试能根据不同维度灵活分类。FIST 实验由 1 个演示、2 个标准测试及 12 个正式测试组成，每个测试中需要被试连续作 2 次选择且每次选择都是在不同维度上对卡片进行分类（如正式测试 1 中，给幼儿呈现 3 张都画有橘色袜子的小卡片，其中 2 张卡片上袜子的数量相同，2 张卡片上袜子的大小相同。选择 1 则表示在大小维度上进行分类，选择 2 则表示在数量维度上进行分类，颜色维度和形状维度都是无关维度）。

正式测试时，主试先向幼儿说明卡片的 4 个维度（形状、颜色、数量、大小），解释后提问被试以确定幼儿已经明白 4 个维度分别代表的是什么，随后进行 2 个标准测试。每次测试中，让幼儿选出 2 张在某一方面相同的卡片并指出是哪个方面相同，由此完成选择 1。然后让他们再选出 2 张在另外某个方面相同的卡片并说明是哪个方面相同，由此完成选择 2。如果儿童没有通过这 2 个标准测试，则测试中止。通过标准测试的儿童进入正式测试，程序同标准测试，记录他们的反应。每道题目 1 分，共 12 分。在每次测试中，被试要连续分类正确 2 次才算本题通过，否则本题得 0 分。

表 1 展示了 FIST 任务的各维度。其中，形状维度由电话、鱼和袜子来表征；颜色维度由粉红色、紫色和橙色来表征；数量维度由 1 个、2 个和 3 个来表征；大小维度由大、中、小来表征。测验示例见附录 3。测验图片采用 E-prime2.0 软件向幼儿呈现，计分采用纸笔记录。

表 1 FIST 任务正式测试内容与顺序

测试（对）	相关维度	无关维度
1	大小/数量	颜色/形状
2	形状/数量	大小/颜色
3	颜色/形状	大小/数量
4	颜色/数量	大小/形状
5	形状/大小	颜色/数量
6	颜色/大小	数量/形状
7	数量/形状	大小/颜色
8	大小/形状	颜色/数量
9	数量/颜色	大小/形状
10	大小/颜色	形状/数量
11	数量/形状	大小/颜色
12	形状/颜色	大小/数量

幼儿科学知识水平：根据 Fusaro 和 Smith（2018）及美国加利福尼亚州教育部出台的关于学前科学学习标准的定义（California Department of Education's, 2012），

两位经过培训的心理学专业研究生主试分别对被试产生的涉及到基础科学概念的解决方案进行了计数，将幼儿包含基础科学概念解决方案的答案数占总答案数的百分比作为幼儿科学知识得分（ $kappa = .66$ ）。根据前人研究，本研究中的基础科学概念共包括四个类别，分别为：（1）无生命物体的属性和特征；（2）无生命的物体和材料的变化；（3）有生命物体的属性和特征；（4）有生命物体的变化。具体分类标准及答案示例如表 2 所示。值得注意的是，幼儿科学知识掌握水平与其科学问题解决的得分的区别在于，幼儿所产生的包含基础科学相关概念的问题解决方案也可能是有效的，也可能是无效的。

表 2 涉及基础科学概念的答案类别及答案示例

分类	基础概念	答案示例
无生命物体的属性和特征	1、比较和对比物体和事件，开始描述相似和差异。 2、观察，调查，确定固体材料及非固体材料的特点和物理性质（尺寸、重量、形状、颜色、纹理和声音）。	袋子问题：拎起来看看哪个重
无生命的物体和材料的变化	1、具备物体和材料是可以变化形态的意识 2、能够描述物体和材料的变化（零件的重新排列；改变颜色，形状、质地、温度）。	桶问题：用小桶盛水 球问题：把瓶子切开 冰块问题：融化
有生命物体的属性和特征	1、识别各种动植物的特征，包括外观（内部和外部），并开始将动植物进行分类。 2、识别人类和熟悉的动物和植物的栖息地，开始意识到生物具有不同的栖息地。	鸡蛋问题：看它们的颜色 钥匙问题：（人）潜水去拿 钥匙问题：让小鱼去拿
有生命物体的变化	1、观察和探索人类、动物和植物的生长和变化。理解生物的大小及其它的能力能够随着他们的成长而变化。2、认识到动物和植物需要照顾，知道人类、动植物的生长都需要喂食和浇水。	种子问题：生长 鸡蛋：孵化 花：收集雨水去浇灌

科学问题解决：采用 Fusaro 和 Smith（2018）所开发的图片问题解决任务来测量幼儿的科学问题解决能力。该任务采用彩色图片为幼儿展示一些模拟现实的、涉及科学问题的场景作为科学问题解决情境，主试向幼儿解释图片并提问。例如，“袋子”问题向被试展现了两个紧紧捆在一起的、大小一致的袋子的图片。主试询问孩子们如何在不打开袋子的前提下区分出哪个袋子里面装的是枕头，哪个袋

3 研究一：个体认知因素及科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响

子里面装的是石头（正确答案示例：摸软硬）。“冰块”问题则向被试展示了一颗被冻在冰块中央的草莓，幼儿的任务是回答应该如何把冻在冰块中的草莓取出（正确答案示例：放在太阳下融化）。该任务共有 1 个示例，6 个正式题目，任务改编自 Samarapungavan, Mantzicopoulos, Patrick 和 French（2009）编制的幼儿科学学习评估任务（Science Learning Assessment, SLA），该任务是基于科学素养计划（Scientific Literacy Project, SLP; Mantzicopoulos, Patrick, & Samarapungavan, 2005）提出的，已被广泛应用于学前科学能力测试（Jirout & Zimmerman, 2015）。先前研究表明，任务中的每个场景均为 4-5 岁儿童所熟悉，被试可以较好地理解每个题目。

正式作答阶段，主试记录下幼儿回答出的全部答案并进行录音，在幼儿无法说出更多的答案时，主试提问幼儿“还有没有其它的办法？”以鼓励幼儿继续作答。若幼儿回答“没有了”或持续保持沉默，则主试继续对下一个问题进行提问。后续根据现场记录的答案结合回答的录音整理幼儿的作答，计分由两位经过计分方式培训的研究生分别进行，任务得分为项目分数和流畅分数两项，项目分数指的是被试至少答出一个有效答案的题目数占总题目数的百分比；流畅分数则是指被试平均每题回答出的有效答案的数目。任务情境具体描述见表 3。

表 3 科学问题解决任务情境及有效答案示例

问题情境	有效答案示例
1、冰块问题：一颗草莓被冻在了冰块里，我们怎么能把它取出来呢？	打碎冰块 用热水融化冰块
2、水桶问题：水桶里盛满了水，太重了，我们提不起来。我们怎样才能做到用桶里的水去浇花呢？	利用水壶取水 利用工具将水桶提起
3、钥匙问题：一把钥匙掉到了湖里，我们怎样才能把它从水里取出来呢	人游泳去拿 利用工具取出（如：潜水艇）
4、小球问题：一颗小球被卡在了瓶子里，我们怎样才能把这颗小球取出来呢？	打碎瓶子取出
5、蛋问题：小朋友们发现了一颗蛋，女生认为这是小鸭子生的蛋，而男生认为这是小鸡生的蛋，你有什么办法能够帮助他们判断这到底是鸭蛋还是鸡蛋？ (接上表)	看它的形状 等待它孵化出动物
6、袋子问题：这里有两个系紧了口的袋子，在不打开袋子的前提下，你能分清哪个袋子里装的是枕头，	举起袋子，感受重量

(接上表)

哪个袋子里装的是石头吗？	摸一摸，感受软硬
7、种子问题：一位农民老奶奶正在播种白菜和胡萝卜，但白菜种子和胡萝卜种子在地里混在了一起。有什么办法能够帮助她分清哪些是白菜种子，哪些是胡萝卜种子？	等待它们长出来看是什么 看种子的外形

3.2.3 程序

测试前，由 2 名主试对 4 名幼儿进行了预测验，主要是为了熟练和严格操作程序、确定测验时长以及形成测试记录表。

正式实验由经过前期培训的研究生主试将幼儿单独带至一处安静的教室进行一对一测试。实验开始前，研究者先与幼儿进行简单的互动，询问幼儿的姓名及年龄，向幼儿说明：“今天我们要一起来完成 6 个小游戏，准备好了吗？”待幼儿熟悉主试和测验环境，并明确表示可以开始测验后，主试带领幼儿依次完成 6 项实验任务，分别是：言语能力测验、空间能力测验、图片记忆任务、抑制控制任务、认知灵活性任务及科学问题解决任务。完成全部实验流程用时约 60-75 分钟，考虑到幼儿注意力的集中时间有限，每个任务之间的间隔休息时间约 1 分钟。前 3 项任务完成后，幼儿有 5 分钟的休息时间，随后进行后三项任务。全部任务完成后，主试给予幼儿 2 张卡通贴纸作为奖励。

与此同时，幼儿家长填写家庭科学教育问卷及家庭社会经济地位问卷。

在数据分析完成后，给予教师及家长幼儿各项任务评定反馈报告，报告按照 1-5 级对幼儿的言语能力、空间能力、执行功能及科学问题解决成绩评定等级，并给予家长和老师参考教育意见。

3.2.4 数据统计方法

使用 IBM SPSS21.0 软件对回收的数据进行统计分析。SPSS 数据处理时，删除了所有任务中三个标准差之外的数据，并用平均数代替缺失值。

第一步：对各任务数据进行描述性统计分析；

第二步：采用偏相关分析检验控制了年龄因素之后，幼儿认知能力（言语能力、空间能力、执行功能）、科学知识与其科学问题解决间的相关程度。

第三步：采用回归分析检验偏相关分析中显著相关的自变量对被试科学问题解决的预测作用。

第四步：采用 Preacher and Hayes (2008) 的 Bootstrap 中介效应分析方法探究被试的执行功能在其言语能力、空间能力和科学问题解决中是否起到中介作用。

3.3 结果

3.3.1 描述性统计结果

幼儿在个体认知因素中的一般智力因素（言语能力、空间能力），执行功能（工作记忆、抑制控制、认知灵活性）及非认知因素（科学知识水平）各任务上得分的均值及标准差见表 4。独立样本 t 检验结果表明，男生和女生在各项任务上的表现均无显著差异。

表 4 幼儿言语能力、空间能力、执行功能及科学知识得分的描述性统计

	工作记忆	抑制控制	认知灵活性	言语能力	空间能力	科学知识
男	16.71±3.58	1.73±0.25	4.51±2.22	78.73±18.23	20.43±5.40	0.59±0.25
女	16.32±3.70	1.76±0.24	5.02±2.75	81.55±21.85	19.96±4.94	0.60±0.22
t	.56	-.63	-1.09	-.67	.46	-.10
p	.58	.53	.28	.51	.65	.92

在幼儿科学知识水平的测量中，总计有 94.3% 的孩子给出的答案中包含基本科学知识，在这些解决方案中，有 8% 的答案反映了无生命物体的属性和特征，有 62% 的答案反映了无生命的物体和材料的变化。关于有生命物体的属性和特征的答案占 20%，而有 10% 的答案反映了有生命物体的变化。

对于因变量科学问题解决任务来说，平均而言，孩子们对 61.8% 的问题产生了至少一个有效答案（Range= 14%-100%，SD = 18.6%，kappa = .84）。幼儿针对每个问题给出的平均有效答案为 0.83 个（Range=.14-2，SD = .37，kappa = .82）。在所有问题中，种子问题是难度最高的问题，只有 24.8% 的参与者通过了此问题。冰块问题是最简单的问题，90.4% 的儿童对此问题至少给出了一个答案。幼儿作答的有效率为 68.8%。

3.3.2 幼儿言语能力及空间能力、执行功能、科学知识水平与科学问题解决成绩的偏相关

我们将被试各任务原始分数转化为 Z 分数后进行进一步分析。结果显示，在控制了幼儿年龄变量后，言语能力及空间能力、执行功能、科学知识水平与科学问题解决成绩的项目分数和流畅分数的相关如表 5 所示。

表 5 各变量间偏相关分析

	1.言语能力	2.空间能力	3.工作记忆	4.抑制控制	5.认知灵活性	6.科学知识	7.项目分	8.流畅分
1	1							
2	.46***	1						
3	.18	.30**	1					
4	.32**	.33**	.21*	1				
5	.34***	.37***	.28**	.22*	1			
6	.11	-.02	-.08	-.06	.40***	1		
7	.32**	.16	.07	.05	.49***	.40***	1	
8	.29**	.09	.15	.08	.49***	.47***	.81***	1

注: *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

相关分析结果表明, 幼儿的言语能力、认知灵活性能力及科学知识与科学问题解决任务的项目分和流畅性得分均存在着显著的正相关。

3.3.3 回归分析

相关分析的结果表明幼儿的言语能力、认知灵活性能力及科学水平三种因素都与其科学问题解决的项目得分和流畅得分显著相关, 因此进一步通过多层线性回归的方法来考察以上各任务与科学问题解决表现之间的关系。

将幼儿言语能力、认知灵活性能力、科学水平作为预测变量, 幼儿科学问题解决任务上的项目得分作为因变量, 幼儿年龄作为控制变量建立回归模型, 结果如表 6 所示。

表 6 言语能力、认知灵活性、科学知识对科学问题解决项目得分的回归分析

	非标准回归 系数 B	B 的标准误	标准回归系数 β	显示水平 p
常数项	.62	.02		.00
认知灵活性	.06	.02	.30	.00
言语能力	.03	.02	.17	.04
科学知识	.05	.02	.29	.00
R			.58	
R ² 修正值			.32	
模型显著水平 p			.00	
因变量预测值的标准误			.03	

回归分析结果表明, 言语能力、认知灵活性能力、科学水平三个预测变量对于科学问题解决任务的项目分的预测作用均显著, 其中认知灵活性能力的贡献最大 ($\beta=.30$), 其次为科学知识 ($\beta=.29$), 最后为言语能力 ($\beta=.17$)。

3 研究一：个体认知因素及科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响

随后，将幼儿言语能力、认知灵活性能力、科学知识水平作为预测变量，幼儿科学问题解决任务上的流畅性得分作为因变量，幼儿年龄作为控制变量建立回归模型，结果如表 7 所示。

表 7 言语能力、认知灵活性、科学知识对科学问题解决流畅性得分的回归分析

	非标准回归 系数 B	B 的标准误	标准回归系 数 β	显示水平 p
常数项	.83	.03		.00
认知灵活性	.10	.04	.27	.00
言语能力	.07	.03	.16	.04
科学知识	.13	.03	.34	.00
R			.59	
R ² 修正值			.33	
模型显著水平 p			.00	
因变量预测值的标准误			.06	

回归分析结果向我们表明，言语能力、认知灵活性能力、科学知识水平三者对于科学问题解决任务的流畅性得分的预测作用均显著，其中幼儿科学知识水平的贡献最大 ($\beta=.34$)，其次为认知灵活性能力 ($\beta=.27$)，最后为言语能力 ($\beta=.16$)。

为了便于观察究竟哪种因素对幼儿科学问题解决的预测作用最大，我们将被试的项目得分和流畅性得分加总作为被试在科学问题解决任务上的总成绩。相关分析结果表明，认知灵活性 ($r=.49, p < .001$)、言语能力 ($r=.27, p < .01$)、科学知识水平 ($r=.50, p < .001$) 均与科学问题解决总分呈显著正相关，而其它自变量与科学问题解决总分的相关则不显著。随后，我们将幼儿言语能力、认知灵活性能力、科学知识水平作为预测变量，幼儿科学问题解决任务上的总分作为因变量，幼儿年龄作为控制变量建立回归模型，回归分析结果见表 8。

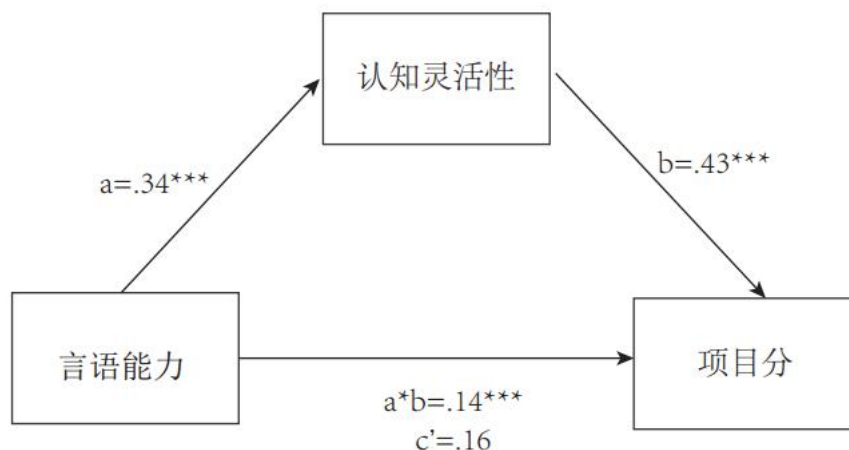
表 8 言语能力、认知灵活性、科学知识对科学问题解决总分的回归分析

	非标准回归 系数 B	B 的标准误	标准回归系 数 β	显示水平 p
常数项	1.45	.04		.00
认知灵活性	.16	.05	.31	.00
言语能力	.09	.05	.17	.04
科学知识	.18	.05	.34	.00
R			.61	
R ² 修正值			.36	
模型显著水平 p			.00	
因变量预测值的标准误			.08	

回归分析结果向我们表明：（1）对于幼儿科学问题解决能力，进入回归方程的变量可以解释 36% 的总变异量。（2）幼儿言语能力、认知灵活性能力、科学知识水平三者对于科学问题解决任务的总分的预测作用显著。幼儿科学知识水平的贡献最大 ($\beta=.34$)，其次为认知灵活性能力 ($\beta=.31$)，最后为言语能力 ($\beta=.17$)。

3.3.4 认知灵活性在言语能力与科学问题解决间的中介效应分析

由于我们只发现了言语能力、认知灵活性能力和科学问题解决三者之间的相关，按照假设，我们认为幼儿的言语能力会通过影响他们的认知灵活性水平从而对他们的科学问题解决能力产生影响，于是，我们首先按照 Zhao et al. (2010) 提出的中介效应分析程序，参照 Preacher & Hayes (2008) 和 Hayes (2013) 提出的 Bootstrap 方法对认知灵活性在言语能力和科学问题解决项目分之间的中介效应进行检验，样本量选择 5000，结果表明，在 95% 置信区间下，中介检验的结果没有包含 0 (ULCI = .06, LLCI = .26)，表明认知灵活性的中介效应显著，且中介效应大小为 .14。此外，控制了中介变量之后，自变量言语能力对因变量科学问题解决项目分的影响不显著，区间 (LLCI = -.01, ULCI = .33) 包含 0⁸。因此认知灵活性在言语能力对幼儿科学问题解决的项目得分的影响中发挥了中介作用，且是唯一的中介变量。中介效应作用见图 1。

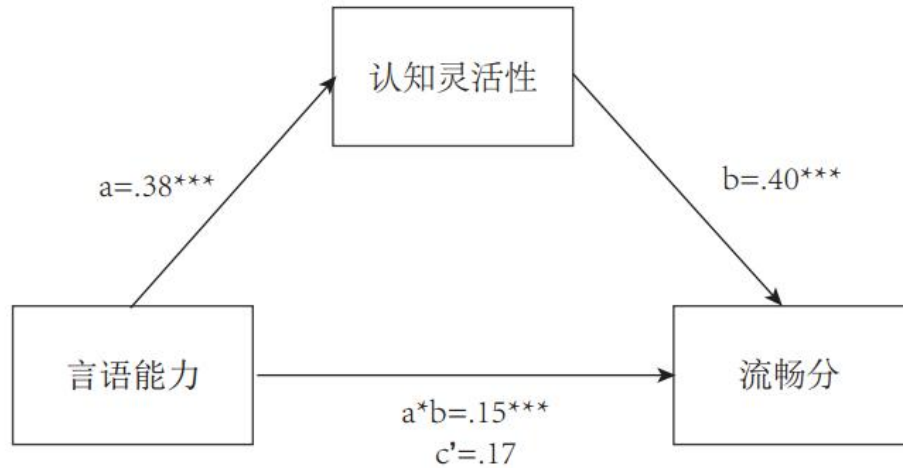


注：*** $p < .001$

图 1 认知灵活性能力在言语能力与科学问题解决项目分间的中介模型

其次，我们按照同样的程序对认知灵活性在言语能力和科学问题解决流畅性得分之间的中介效应进行检验，样本量选择 5000，结果表明，在 95% 置信区间下，中介检验的结果没有包含 0 (ULCI = .06, LLCI = .27)，表明认知灵活性的中介效应显著，且中介效应大小为 .15。此外，控制了中介变量之后，自变量言语能力对因变量科学问题解决流畅性得分的影响不显著，区间 (LLCI = -.01, ULCI = .37)

包含 0⁸。因此认知灵活性在言语能力同样对幼儿科学问题解决的流畅性得分的影响中发挥了中介作用，且是唯一的中介变量。中介效应作用见图 2。



注：*** $p < .001$

图 2 认知灵活性能力在言语能力与科学问题解决流畅分间的中介模型

3.4 讨论

3.4.1 言语能力对幼儿科学问题解决的影响

研究一发现，幼儿的言语能力对他们的科学问题解决能力起着积极的预测作用，这个结果与以前的研究和我们的假设是一致的。Pechman（1978）研究了小学儿童自发言语的出现与问题解决能力之间的关系，发现他们的自发言语表达能力和解决问题的能力是呈显著正相关的。Nayfeld 等人（2013）也发现学龄前儿童的词汇成绩可以预测其科学表现。Morgan 等人（2016, 2018）进行了两次大规模的纵向研究，发现儿童的科学成就和他们之间科学的成就差距可以由许多预测因素来解释，这些因素中就包括儿童的阅读技能和词汇量得分。

与此同时，有些研究对失语症患者言语能力与问题解决能力之间的关系进行了探究（Borod, Carper, & Goodglass, 1982; Edwards, Ellams, & Thompson, 1976; Hjelmquist, 1989; Larrabee & Haley, 1986），结果发现在缺乏言语理解力的患者中，问题解决的失败最为明显。此外，Baldo 等人（2005）发现，言语遮蔽实验条件下的普通大学生在问题解决任务上的表现比基线条件下的被试的表现要差得多，这一结果同时得到了脑成像数据的支持。Piaget（1955）的认知发展理论或许可以对此发现进行解释，该理论认为，语言和思想是相互依赖的，在 4 到 5 岁时，儿童的思维不再依赖于特定的动作，在这一阶段，他们更喜欢使用语言符号来表示外部事物。这种转变促进了思维的发展，并进一步促进了他们解决问题的能力

高。要想灵活地运用自身知识，孩子不仅必须掌握一定的科学知识（例如，知道岩石很坚硬），而且还必须能够用语言对知识进行编码并进行表达（Karmiloff-Smith, 1994）。

3.4.2 认知灵活性对幼儿科学问题解决的影响

研究发现 4-6 岁学龄前儿童的认知灵活性能够显著预测他们的科学问题解决能力，且相对于被试的科学知识水平而言起着更大的预测作用。认知灵活性是个体一种能够灵活地转换心理表征，并将反应定势转换到变化的或者不可预测的情景中去的能力（Deák & Narasimham, 2003），是个体重要的认知技能和学习素质之一（Vitiello et al., 2011; Kansas Early Learning Standards, 2013），成功解决问题需要良好的认知灵活性能力。此外，认知灵活性能促使人们从一个完全不同的新视角看这个世界，促使人们在面临出人意料的情境变化时动态地激活和调节行为反应，因而它对于人的适应性和创造力非常关键（Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006）。以往有关儿童青少年认知灵活性的研究向我们表明，认知灵活性不仅能预测儿童的数学和阅读成绩（Kieffer, Vukovic, Berry, 2013; Yeniad, Malda, Mesman, Van, & Pieper, 2013），而且与小学阶段、中学阶段学生的学业成绩也存在着密切的关系（李美华，沈德立，白学军，2007）。

目前为止，有少部分研究证实了执行功能中的认知灵活性成分可以显著预测幼儿的科学成绩（Morgan, Farkas, Hillemeier, Pun, & Maczuga, 2018; Nayfeld, Fuccillo, & Greenfield, 2013），本研究也进一步印证了这一研究结论。幼儿认知灵活性能力能够显著预测其科学问题解决表现，这可能是由于认知灵活性的发展有助于孩子们将注意力根据任务的不同需要作出不同的转换，而且认知灵活性的发展有助于促进儿童在假设形成、规则利用上的表现，而这些能力都是与学龄前儿童的科学能力发展密切相关的（Cartwright et al., 2017; Nayfeld, Fuccillo, & Greenfield, 2013; Yeniad et al., 2013）。与此同时，认知灵活性通常被认为是一种领域一般性能力，这种能力发展的比较好的儿童除了能够灵活地根据不同条件转换自己的反应之外，通常还会具有比较强的通过忽略无关信息以实现目标的能力（Laski & Dulaney, 2015），从而进一步提升自身的问题解决能力。

除此之外，我们还可以从创造性问题解决的角度来考虑认知灵活性对于幼儿科学问题解决存在着显著预测作用这个结果。创造性又称创造力，是指个体产生既新颖又适用产品的能力（Runco & Jaeger, 2012; Sternberg & Lubrat, 1996）。这里所说的产品的范围比较广，不仅仅局限于实体物品，也包括思想观念、文学作品、艺术创作等。基于“创造力的表现在于发散思维”这一观点，研究者们开发了许多创造性问题解决测验，其中使用最为广泛的是发散思维测验，该类测验用于测

量思维的灵活性（解决同一问题所列出的不同方法的数目）、流畅性（单位时间内所列出的有关观念的类别的数量）和独特性（产生异于常人的反应的数量）三个维度。认知灵活性反映了人们突破常规，调节控制和灵活转变的能力，通常被视为创造力的核心。许多研究人员研究了认知灵活性与创造性问题解决之间的关系，认为创造性可能是由产生多种想法的能力驱动的，因此创造性问题解决可能更依赖于认知灵活性，高创造性成就的个体相比于低创造性成就的个体表现出更好的认知灵活性能力（Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006; De Dreu et al., 2012; Zabelina & Robinson, 2010）。回顾过去关于创造力的认知神经机制的研究，许多功能磁共振成像研究也支持个体的创造性与其认知灵活性高度相关这一观点，即创造任务受前额叶皮层激活的影响（Kowatari et al, 2009; Rougier et al., 2005），而这一大脑区域也被认为是负责认知灵活性的区域。

在本研究中，我们使用的科学问题解决任务与创造性问题解决的形式比较类似，都需要参与实验的幼儿给出尽可能多的问题解决方法。因此，这可能是认知灵活性因素对幼儿该任务成绩能够起到显著预测作用的原因。

3.4.3 科学知识水平对幼儿科学问题解决的影响

与此同时，我们也发现了幼儿的科学知识水平能够显著预测他们的科学问题解决成绩，基本科学概念掌握得越多的幼儿科学问题解决能力就会越好。这一结果与我们的假设相一致，科学能力不仅会受到个体认知因素的影响，也会受到非认知因素如幼儿自身科学知识水平的影响。而且，通过比较我们发现，科学知识水平对幼儿科学问题解决的预测能力与认知灵活性对幼儿科学问题解决的预测能力基本是一致的。而幼儿的空间能力及工作记忆、抑制控制能力均和他们的科学问题解决能力不存在相关。这说明对于幼儿的科学问题解决能力来说，个体的科学知识水平起着较为重要的影响作用，对于一些在认知能力上发展较差的幼儿来说，他们的科学知识水平或许能对其科学学习起到一定的“补偿”作用。这一发现印证了前人研究发现（司继伟，2000; Weinert, 1989），具体领域知识能够弥补低智力水平的缺陷，如果我们不考虑年龄顺序和具体知识领域的差异，原有知识基础也应该是造成学业成就差异的主要来源之一。启示我们若想提升幼儿的科学问题解决能力，就应当重视对于幼儿的科学教育，应该有意识地帮助幼儿增加对于基本的科学知识的学习。但随着幼儿年龄逐渐增长，其所需要解决的科学问题难度逐渐增大，这一影响作用是否还会持续有待我们在后续研究中进一步探讨。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/107051123166006140>