

# 成果公报

课题名称：基于 TIMSS 测试框架的小学生科学学科能力培养研究

课题批准号：CBA13046

课题类别：青年专项

研究领域：基础教育

课题负责人：于学清 讲师 北京市海淀区外国语实验学校

主要成员：黄爱芬 孔冬梅 董李娜 陈静 王卉 马建坤

## 一、内容与方法

### （一）研究内容

1. 界定小学科学学科能力等概念，并通过对 TIMSS2011 测试框架的研究，构建能够体现学科本质要求的小学科学学科能力要素。

通过对 TIMSS2011 的研究可知，TIMSS 测试框架的设计包括内容和认知两个维度。其中认知维度分为知道、应用和推理三个层次，具体又细分为十九个表现点，这些是比较具体的 TIMSS 关于学生科学学科能力的评价研究。本课题主要基于 TIMSS2011 测试框架的认知维度进行科学学科能力的研究。通过《课标》及 TIMSS2011 测试框架的对比研究，可以发现对于学科能力，两者有相一致的部分，TIMSS 则更为具体和较强的操作和评价性。该课题将通过两者的比较研究，构建适合我国小学生科学学科能力的要素。

2. 调查分析北京地区小学生科学学科能力的现状并对可能的影响因素进行讨论。

本研究拟采用量化研究，以 TIMSS 为研究工具，以北京市各城区的几所小学四年级学生为研究对象，调查分析其科学学科能力现状，与国外同龄学生相比，又存在哪些优势和不足。课题基于 TIMSS2011 科学测试框架，选取其中不同内容维度、不同认知维度的试题进行评测研究。通过数据的采集和分析，比较样本同发达国家小学生之间的学科能力差距，以及造成这些差距可能的影响因素，如学生接受科学教育的情况、教师的专业化程度及所采取的课堂教学策略等。

3. 基于以上的研究成果，提出我国小学生科学学科能力的培养策略，具体拟从学校、教师及学生等各方面给出具有指导意义的建议。

研究着眼当下流行的“翻转课堂”、学习进程等研究热点，提出了适合培

养学生科学学科能力的教学策略。

## （二）研究方法

### 1.文献研究法

文献研究法主要指搜集、鉴别、整理文献，并通过对文献的研究，形成对事实具有科学认识的方法。本研究采用文献研究法搜集、鉴别、整理有关学科能力的国内外相关研究成果。从研究的理论基础、研究内容、研究方法等多个维度对这些资料进行分析，从而掌握前人的研究成果、现状与不足，为本研究找到研究的立足点。

### 2.教育测量法

教育测量，王孝玲认为就是“对于教育领域内的事物或现象，根据一定客观标准，作缜密的考核，并依一定的规则将考核的结果予以数量的描述”。<sup>[16]</sup>学生的科学学科能力看不见，摸不着，但正如美国心理学家桑代克所说，“凡物的存在必有其数量”。学生对科学概念的理解程度的不同，就是数量的不同，“凡是有数量的现象，都可以测量”。因而，本研究中运用教育测量的方法诊断学生的学科能力的水平。

## 二、结论与对策

### （一）结论

#### 1.结论一

与国际参与TIMSS2011评测的其他国家和地区相比，以北京市为例的小学生科学学科能力发展有较大差距。具体有如下发展趋势：

（1）小学生整体科学学科能力发展并不乐观。基于TIMSS2011的研究，通过考察初级、中级、高级及优秀级等几个级别的典型试题，与科学教育比较突出的发达国家和地区相比，差异比较明显，与亚洲的新加坡、韩国有较大差距，与中国台湾、香港等地区也有明显差距。

（2）通过典型试题来看，北京市四年级学生在生命科学、物质科学和地球科学分科成就都明显高于国际平均成就，处于平均水平以上，排名15名左右。

（3）被测学生在知道、应用及推理等三个维度科学学科能力的成就都明显高于国际平均成就，说明大部分学生能够具有基本的科学认知，熟悉基本的科学原理和知识，能够运用这些知识解决新的问题并进行适当的推理，但是与科学教育发达的国家及地区还有较大差距。

#### 2.结论二

我国小学生科学学科能力发展并不均衡，城区学校明显好于郊县学校，表现出城区和郊县学校学生科学学科能力发展的不均衡性，在资源配置丰富的私立学校和重点学校，学生的科学学科能力得到更好的培养和发展。同时男女生之间科学学科能力差异不明显。

本研究基于 TIMSS2011 成果对北京部分学校四年级学生科学学科能力进行了测查，基于这些样本的研究，从整体来看，城乡发展的不均衡性比较明显，虽然受测学校间各维度科学学科能力表现各不相同，但是推理维度能力表现普遍好于应用维度，更优于知道维度能力。由于探究是小学科学学习的主要学习方式，《科学（3~6 年级）课程标准》中明确提出科学探究是科学学习的中心环节，科学探究能力的形成依赖于学生的学习和探究活动。目前，科学教师普遍重视学生在探究活动中逐渐发展起来的提出问题、分析问题、提出合理假设、归纳与证明并得出结论等能力的培养，而这些恰恰是推理维度科学学科能力的重要组成要素，因此学生能在推理维度科学学科能力取得更好的成绩就不难理解。而知道维度的能力侧重于记忆和辨识、描述和举例等能力要素，学生在日常教学中由于没有考试压力，往往较少精力投入到偏重记忆的知道能力训练，这也是导致这部分测试成绩低的主要原因。其次，从整体来看，男女生在科学学科能力的表现上并无明显差异。但由于学习兴趣、学习偏好、认知发展等特点的不同，女生在科学学科能力发展上的表现稍弱于男生，尤其由于科学阅读量的不同，男生在知道维度科学学科能力的表现更有优势。

### 3. 结论三

学生家庭环境、科学阅读的时间和阅读量、学生对科学课是否持有积极态度等因素对小学生科学学科能力呈现出较大正相关性。具体如下：

（1）学生的家庭背景、富裕程度对于学生的科学学科能力发展具有潜在的促进作用。家庭优越的家庭能够提供更多更充足的科普书籍、学生查阅科学资料的途径也更加丰富，对学生提升科学学科能力有很大帮助。

（2）学生科学阅读时间以及阅读量的增大对其科学学科能力的发展具有促进作用，表现出提出问题、分析问题、推理及总结等具体学科能力的提高。

（3）大部分学生对科学课持积极态度，喜欢科学课并认为科学课学得很好。学生认为自己的科学表现较好，学生的科学学科能力发展越好，和学生的自我认识是统一的。

（4）学生就读的学校、图书馆的使用等与学生科学学科能力发展没有显著性相关。

## （二）对策

### 1.合理配备专职科学教师

北京城区学校师资充足，学历较高，研究生占有较大比重，这为开展较高层次的科学探究活动提供了重要保障。这些教师在课程设计、学具开发、活动指导等方面具有更大优势，因此城区学校、尤其占有更多优质资源的私立及重点学校的学生科学学科能力表现突出。而师资不足的问题在地理位置偏远的郊县比较严峻，高学历教师也多安排在语文、数学及英语岗位，专业科学学科教师缺口较大，严重影响学生科学学科能力的培养，因而郊县与城区教育投资和学生学科能力的差距始终存在。

高素质、稳定数量的科学教师是科学教育发展的基本条件，科学教师人数不够、素质不高，必将制约科学教育的正常运行、影响学生科学学科能力的健全发展。因此应该合理配置一批专职科学教师，这对于稳定一个学校的科学学科发展、培养小学生科学学科能力是重要保障。对于受条件限制，没有专职教师的，应该多提供教师同外校优秀教师交流的机会，提高本校教师教研时效，在提升教师专业素养上多下功夫。同时，郊县的社区、学校和企业可以结成协作体一起改善科学教育发展条件，增加科学教育专项投入，全面统整这些地区的学校，通过专项拨款实现其对郊县及农村科学教育发展的影响和科学教育政策的引导，为科学教育条件落后学校提供更强有力的资金支持和政策保障。

### 2.提高信息化技术使用效能，丰富科学教学手段

信息化技术的运用不仅提高了课堂教学时效，也解决了条件落后学校教学资源不足的困扰，打破了教与学之间的需求瓶颈，极大程度地激发了学生的探究热情。一方面，教师利用国家及地方教育资源平台，可以共享优质教学资源；另一方面，微课程、翻转课堂等技术手段及教与学模式的应用让科学教育欠发达地区的学生有机会接受高质量的教学。而以上技术的实现只需要几台能够上网的电脑、一部录像设备就能够满足。同时，信息化技术与科学课程的有机整合改变了教与学的旧有模式，变革带来了课堂主体地位的转换，更有助于发挥学生的主体地位、培养学生科学学科能力。

城区学校学生在调查中显示出对科学课浓厚的兴趣，对课堂教学普遍满意度较高。城区学校重视科学课程的改革，在教与学模式上进行更多新的尝试，突出学生在探究过程中的主体地位，学生的科学学科能力培养更加有效。因此，城区学生在探究活动中逐步形成了规范、系统、科学的探究习惯；同时由于学习材料的多样更加丰富，学生更能够借助丰富的材料进行科学活动，这更有助于学生

学习兴趣的培养以及良好探究习惯的养成。

### 3. 把科学阅读作为科学教育中不可缺少的一部分

阅读是学习的基础，大量而丰富的阅读不仅是学生获得科普信息的重要途径，也能提高学生信息收集、处理、应用等科学学科能力。阅读不应仅仅作为科学教学的重要补充，而要提高到科学教学的重要组成部分。同时，阅读材料也应该拓宽到科普知识、科学论文、科学制作的说明书、指导用书、科学幻想著作、科学史及科学家的故事等。因此，不仅鼓励学生在课下要多阅读科普读物，教师也要在教学过程中有目的的融入科学阅读教学。阅读教学是受教学资源影响较小的活动，对提高郊区及偏远地区科学教学水平具有重要意义。在科学教学中融入有效、系统的科学阅读，不仅是科学知识、方法的积累，也是一种已有的知识经验参与下的科学概念重构。因此通过统整、广泛的科学阅读，学生科学概念的发展必然不断深入，学生的科学学科能力也必然得到不同程度的提高。

在科学学科能力成就表现较高的学校中，调查结果显示其更加重视科学阅读。城区学校每周会有专门的阅读课程或阅读活动，安排专门的老师进行阅读方法的指导和训练，学生阅读时间专时专用，能够有效保证阅读的质量和时效。同时，在受测城区学校的班级、走廊、图书馆都会大量科普图书，形成了较好的教育生态和环境教育。海量、科学的科学阅读对提高学生的科学学科能力无疑发挥重要作用。

## 三、成果与影响

### （一）研究成果

本课题研究借鉴 TIMSS2011 认知维度的划分，在对小学科学学科本质、学科特殊要求进行深入分析的基础上，研究了我国小学生科学学科能力发展现状，分析了影响学生科学学科能力发展的因素，最后基于以上研究成果讨论了有效科学的小学生科学学科能力培养的策略。本课题成果不仅可以为其他研究者提供参考，对于一线教师也具有很大指导意义。

本课题研究成果可以从以下六个方面进行梳理：

1. 界定了科学学科能力并明确了科学学科能力要素，为后续研究奠定了理论基础。

课题通过文献研究，对科学能力的概念进行了界定。能力有一般能力与特殊能力之分。从事任何认知活动所共同要求的能力，叫一般能力，如观察力、记忆力、思维力、想象力等；有些能力则是从事特殊认知活动时或专业活动所必需的能力，这些能力叫特殊能力。科学学科能力是在科学学科教育的认知活动中形

成和发展并在学科认知活动中运用的特殊能力，它可以在两种不同的活动水平上表现出来：一种是在科学创新等活动中表现出来的能力；另一种是在学校科学课程活动中所习得并运用的能力。本课题研究倾向于后一种，认为科学学科能力属于认知能力，是个体在学校科学教育中从事探究活动所习得并运用的能力。

小学科学学科能力构建研究不多，由于小学科学综合性、启蒙等特点，使得其能力要素的构建不明确，因此本研究通过对比TIMSS2011及现有《科学（3~6年级）课程标准》，认为其对学科能力划分对我国小学科学学科能力普遍适用，即知道、应用、推理三个维度的科学学科能力，教师在教学实践中从这三个维度进行教学设计，增加了教学的针对性和实效。“知道”指学生需要知道的科学事实、过程和概念；“应用”指学生在问题情境中应具备的知识应用和概念理解的能力；“推理”指学生针对新情境、复杂关系或多步骤的问题提出非常规的解决方案的能力。

## 2. 研究总结了培养小学生科学学科能力发展的策略

课题基于对我国小学生科学学科能力现状及相关性研究，对小学生科学学科能力的培养策略进行了研究，让一线教师在实践中有了方向和抓手。

### (1) 利用现代信息技术培养学生科学学科能力

信息化技术的运用不仅提高了课堂教学时效，也解决了条件落后学校教学资源不足的困扰，打破了教与学之间的需求瓶颈，极大程度地激发了学生的探究热情。翻转课堂课堂模式以及微课的大量使用，为教师的教和学生的学提供了一种新的教学和学习模式，不仅凸显学生在学上的主体地位，学科能力提升的助推剂，大量的网络资源也让教师在选择素材的时候有了很大的余地。因此以微课等信息化产物为代表的教学模式的改变不仅提升了学生的科学学科能力，也为教师在培养学生科学学科能力的时候有了抓手。

(2) 通过学习进程理论在科学课堂的引入为科学教学提供了一个学生科学学科能力动态关注的过程

学习进程理论是今年科学研究的热点，但是甫一出现，即掀起了理论及实践研究的热潮。学习进程理论尊重学习是渐进的过程这一普遍规律，因为科学概念的构建不是一蹴而就的，学生对某一科学概念的认识也往往处于不同的发展水平。学习进程的模型不仅研究了学生概念发展的初始水平，还认为学生对于某一概念的认知具有中间不同的发展水平，最终完成概念的建构，也就是学习进程的终点。因此，学习进程是学生学科能力发展中不同发展阶段的假设，把学科能力进行学习进程化研究不仅有助于学生科学概念的建构，也有益于培养学生不同阶段的学科能力水平。同时，学习进程是纵向的、连贯的，它强调学习步骤之间的

递进关系，强调能力发展的不同层次，不仅在实施还是评价，让一线教师的教学有了抓手。

### (3) 在科学教学中增加科学阅读内容

“海量”的科学阅读对小学生科学学科能力提高具有潜移默化的作用，科学阅读的内容很广泛，可以包括科学普及读物、科学文章、科学童话、科学故事，还可以扩充到绘本、产品的说明书、甚至电路或某种设备的组装图。阅读时往往是被动的，但是经过教师阅读方法的指导，学生的再思考，阅读就变成了主动的思维建构过程，是科学概念的建构过程。针对阅读教学的重要性研究已经广泛在各学科中进行，相关的阅读策略的研究也有不少成果，一线教师在实践中可以借鉴，学生各学科能力要素必然会有不同程度的提高。

### 3. 探索了一种基于 TIMSS 测试框架进行科学学科能力研究的新方法、新途径

课题在探索小学科学学科能力过程中，借鉴了 TIMSS 这一评测框架对科学学科能力的划分，并利用其评测对研究样本进行了比较研究，这些为进一步优化和扩大小学科学学科能力研究及科学评价奠定了方法论基础。基于对 TIMSS 的研究，认为科学学科能力能够利用内容及认知的二维框架进行界定和构建，尤其认知领域的划分（知道、应用和推理）对我们研究小学生科学学科能力具有很大借鉴意义。目前，不同评价机构基于不同的研究视角及评测理念，通过多次大规模的科学学科能力评测，建立了具有可操作、可测评的标准。因此，国际各类科学评价的测试框架不仅已经成为研究科学教育公平性、科学教育的效果等热点问题的有力工具，也为研究我国科学教育体系的质量、公平和效率提供重要参考。由于 TIMSS 评测框架在试卷结构、难度、对科学探究的考察程度等各方面的合理性，框架中所建构的能力维度及要素所显示出较高的科学性和稳定性，为研究者和一线教师提供了重要参考。尤其 TIMSS 测试对象包括小学四年级学生，其内容领域划分与我国小学科学内容领域吻合，认知领域构建了知道、应用及推理三个维度的能力要素，并制定了具体的行为表现标准。

### 4. 教师能够从培养学生科学学科能力的角度发展地看待学生的进步

通过课题研究，老师们在教学设计过程中能够主动从科学学科能力视角进行有意地设计，针对学生们在前测中暴露的某些学科能力的欠缺，可以重点考察某些学科能力，比如学生借助想象和实验观察进行猜想、推理；学生在探究过程中进行实验的设计；学生解释自己得到的数据或进行应用迁移等；学生自己总结归纳结论等，这些都是以往教学所忽视或者没有主动设计的环节，以往教学更多把设计的重点放在如何理解科学概念上，而对于如何获得这些概念的能力则较少

考虑。通过研究，教师对学生在学科能力上的进步关注较多，能够发展看待学生的进步，认识到学科能力的提高不是一蹴而就通过一两次探究活动就可以解决的。

## 5. 教师能够从学习进程的视角围绕科学概念组织教学，促进学生科学概念发展

学习进程是学生学科能力发展中不同发展阶段的假设，把学科能力进行学习进程化研究不仅有助于学生科学概念的建构，也有益于培养学生不同阶段的学科能力水平。同时，学习进程是纵向的、连贯的，它强调学习步骤之间的递进关系，强调能力发展的不同层次，不仅在实施还是评价，让一线教师的教学有了抓手。学习进程关注学生概念的发展、概念的建构，这与学生学科能力的发展具有一致性和相关性。围绕概念组织教学，重新分解设计概念的进阶，相应地学生科学学科能力也设计成不同层次。结果是学生在理解科学概念的效率大大增加，大多数学生能够达到概念发展的较高水平。

## 6. 实践研究促进了教师队伍发展

(1) 研究进一步促进了教师教育观念向行为的转化。

通过研究，教师的教育观有了很大的转变。在科学活动中，教师们关注学生的科学学科能力发展，关注学生发展的需要，接纳不同学生不同水平能力表现，教学设计更加富于层次，主动在教学中尝试新方法、新策略。

(2) 教师的研究能力及各项能力都有了显著提高。

课题研究使教师们增强了科研意识，研究能力也在实践中获得了锻炼和强化。教师们在学习中掌握了常用的教育科研的研究方法，提高了观察能力，反思分析能力，合作研究能力。

(3) 教师的教学方法有了进一步的转变。

教学实践中，教师主动运用变通的教学方法与策略，使得学生在探究活动中能够获得科学学科能力上的提高，不同的策略转换丰富了课堂教与学模式。

### (二) 成果影响

课题成果推广过程取得良好的社会反映。本研究成果为其他同类研究者提供了重要参考，为研究我国或北京市小学生科学学科能力发展提供了重要的基础数据，这些数据是研究小学生科学学科能力的影响因素及培养策略的参考。课题成果讨论了小学生科学学科能力培养的若干策略，为一线教师实践提供了抓手，具有指导意义。

#### 1. 教师认可



一线教师在常规科学教学中更加关注科学学科能力的培养，让能力培养从课标走向课堂探究。教师通过增加科学阅读的量、开展有针对性的探究活动、通过提高现代化信息技术的使用效能等方法有效地提高了小学生科学学科能力发展的可能性。具体到学生知道、应用及推理等维度的学科能力都有不同程度提高。

## 2. 家长及学生认可

通过本课题开展不仅带动了学校的课题研究，最重要的是学生的科学素养得到了提高，学生对科学课兴趣的提高。科学课堂的教与学模式转变了、课堂内容更加丰富了、课堂评价更加多元了，这些转变收益的是学生，高兴的是家长。

## 3. 专家及社会认可

本课题开展过程中于2014年在海淀区承担了1节研究课《声音是怎样传播的》，得到了与会研究员及各学校骨干同行的认可。研究课教学设计阶段即把学科能力的理念融入到设计中，通过学习进程理论把各维度能力发展进行必要和合理的分解，让本节课在设计上让人耳目一新。本节研究课的设计荣获2015年北京市基础教育优秀课堂教学设计一等奖，教学中使用的微课程《声音是怎样产生的》获首届首都特色优质原创课程辅助资源比赛二等奖。

## 四、改进与完善

### 1. 设计体现科学学科能力的教学设计，为发展学生的科学素养提供广阔空间

课题研究受到时间和教师研究水平等因素限制，使得研究还有很大空间，在后续研究中还可以增加具有指导意义的体现科学学科能力培养思想的教学案例，使得教学设计具有系列化、规范化的特点，为发展学生的科学素养提供广阔空间。

### 2. 如何在实践中使各科学学科能力培养策略协调一致地发挥作用

课题研究过程中整理了不少有助于提高学生科学学科能力的教学策略，但是这些策略不是孤立的，教师应该有效整合或协调不同策略，让这些策略有效一致地发挥协同作用，促进学生发展。同时，各种策略的调动根本上改变了传统课堂的教与学模式，大大增进了教学效能。

### 3. 深化学科学习进程的研究，促进学生科学学科能力发展

学习进程被定义为描述一个大跨度时间范围内儿童学习和研究一个接一个主题时更为复杂的思维先后发展的顺序。也就是说，学习进程提供了跨越多年的科学学习过程中关于学生更为复杂的理解和表现发展的先后顺序的假设。本研究中，学习进程仅仅作为发展学生科学学科能力的一个理论或者一种策略提出，并没有很细致地研究，在后续研究中可以作为研究重点，关注学生科学概念建构过

程中在不同学习进程水平其科学学科能力发展如何。通过提供一个对学生想法进行评估和分类的解释性框架，学习进程可以帮助教师为学生提供适当的反馈。

## 五、成果细目

1. 研究报告《基于 TIMSS 测试框架的小学生科学学科能力培养研究》；
2. 论文《北京小学生科学学科能力发展均衡问题研究——基于 TIMSS2011 研究视角》发表于《现代中小学教育》2016 年第 4 期；
3. 论文《国内外小学生科学学科能力解析》发表于《现代教育科学》2015 年第 3 期；
4. 教学设计《声音的传播》获得 2015 年北京市基础教育优秀课堂教学设计一等奖。
5. 微课程《声音是怎样产生的》获首届首都特色优质原创课程辅助资源比赛二等奖。

北京市教育科学规划课题成果公报