DOI:10.19789/j.1004-9398.2019.03.015

新课程标准视域下小学科学实验教学的探讨*

杨先通[1] 韩 慧[2] 王 娟[3] 郭 明[1] 王 强[1]**

(1. 首都师范大学初等教育学院,北京 100048; 2. 人大附中北京经济技术开发区实验学校,北京 100176;
3. 北京市二十一世纪国际学校,北京 100142)

摘要: 倡导探究式学习是2017版《义务教育小学科学课程标准》的主要理念之一,同时科学大概念更加注重课程内容对科学课堂的引领. 科学实验是小学生进行探究性学习的实践性载体,但当前的小学科学实验教学在达成小学科学课程的总目标时存在着探究性弱、概念融合性差等不足之处. 本文结合大概念理念,依据新课程标准对小学科学探究的新要求,从探究式实验教学的新趋势及小学科学实验设计应对措施两方面对小学科学实验进行探讨,力图为小学科学实验有效教学提供理论借鉴与实践支撑,从而提高小学生的科学素养培养水平.

关键词: 小学科学新课标; 大概念; 小学科学实验; 探究式教学
中图分类号: G623.6

0 引 言

2017年2月,教育部颁布的《义务教育小学科学课程标准》(以下简称《新课标》),是小学科学实验教学的纲领性文件,体现了新时代小学科学教育的新特征,对我国现阶段的小学科学教育提出了一系列新要求. 小学科学课程的基础性、实践性、综合性对于培养学生的创新精神、实践能力和科学素养具有重要的价值[1]. 小学生在科学课程中,通常从生活经验出发,而亲身经历或体验动手动脑的实践活动则有助于其理解基本的科学知识,提高科学能力,培养科学态度,最终形成在科学、技术、环境与社会领域的应用能力. 科学课程的特点和功能决定了探究式学习是学生学习科学的重要方式,探究实验通常具有认知、方法和情意等功能[2],在小学中开展探究式实验教学是实现培养学生科学素养总目标的必要途径. 本文根据小学实验教学中存在的探究性较弱和概念整合性较差的问题[3],依据《新课标》对探究的新要求,结合大概念理念对小学科学实验进行探讨,以溶解实验为例,尝试探讨增强小学科学实验的探究性和小学科学概念的融合性的方法,从而提高小学生科学素养培养水平[4].

1 探究式实验教学

《中国大百科全书·哲学》中对科学实验的定义是"科学实验是人们为实现预定目的,在人工控制条件下研究客体的一种科学方法. 它是人类获得知识、检验知识的一种实践形式. 科学实验萌芽于人类早期的生产活动中,后来逐渐分化出来. 从16世纪开始成为独立的社会实践形式,并且成为近代自然科学的重要标志"[5]. 这一定义从哲学的角度对科学实验进行了概括,指出科学实验的4个要素分别是实验者、实验对象、实验条件以及科学实验的作用. 但这一定义对小学生科学实验指导不明确,当科学实验走向具体的科学教育活动时,其内涵需要具备更精确的指向性. 结合教学论和学习论,科学实验教学是着眼于学生科学素养的提高,在实验室或特定的实验场所中,基于预成的实验课程框架,通过师生主体间的交往与对话,促进学生掌握科学大概念、提高学生科学探究能力,养成科学技术环境社会等态度的社会实践活动. 小学生作为认识世界的主体,也要重演人类的认识过程: 客观事实—科学事实—科学认识—科学理论—科学应用—新的科学认识等[6],探究既是小学生通过实验进行科学学习的基础,更是小学生构建科学认识的重要方法和手段,而小学生在认识物质世界时知识基础、思维能力、认识方法等方面的局限,必须由

收稿日期: 2018-05-28
* 科技创新服务能力建设-基本科研业务费(025185305000/201)
** 通信作者: qwchem@gmail.com

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

教师指导与引领[7]，这对探究式实验教学的设计与实施路径提出一定的挑战.

2　探究式实验教学的新趋势

科学实验教学要与时俱进，要符合新时代下《新课标》的新要求，使教学活动更有利于学生对知识的建构，更接近学习的本质. 与 2001 版课标相比，《新课标》契合国际科学教育的新动态，在基本理念、课程目标和课程内容 3 方面做了相关改进，在此背景下，探究式实验教学体现为低龄化和进阶性、贯通性和交叉渗透性及大概念引领和内容整合三大趋势.

2.1　低龄化和进阶性

低龄化和进阶性与科学课程基本理念中的面向全体学生、保护学生的好奇心和求知欲、突出学生的主体地位等原则共同体现了对学生自身存在的关注.《新课标》中提到，探究式实验教学从一年级开始并分学段进行，小学科学课程以培养学生科学素养为宗旨，开展探究式实验教学正是遵循这一宗旨的重要途径[1]. 一方面，当前多数发达国家在小学一年级阶段开设科学课程，并与母语、数学处于同等重要的核心地位. 例如，中国工程院院士韦钰在《对历史和国际情况的调研结果支持在小学一、二年级设置科学课》和《恢复一、二年级科学课的理由》的文章中提出，科学课程的安排应于 5 岁开始，这不仅对开发学生的思维能力、培养学生的科学兴趣有很大帮助，而且对提升全体国民的科学素养有重大意义[8]. 另一方面，小学低年级段的学生尚处于前运算阶段的后期到具体运算阶段的前期，部分学生初步具有守恒的能力，刚开始能够利用实物完成简单的逻辑操作，《新课标》考虑到学生心智发展特点，分别从 8 个要素描述科学探究的进阶性学段目标. 因此，《新课标》为体现低龄化和进阶性的应然性与实然性要求，将学段目标的进阶形式以概念图示的方式呈现，从而为探究式实验教学提供框架支撑，使得探究式实验教学在考虑低龄化要求的基础上，进而使学生实现阶梯性进展，如图 1 ~ 3.

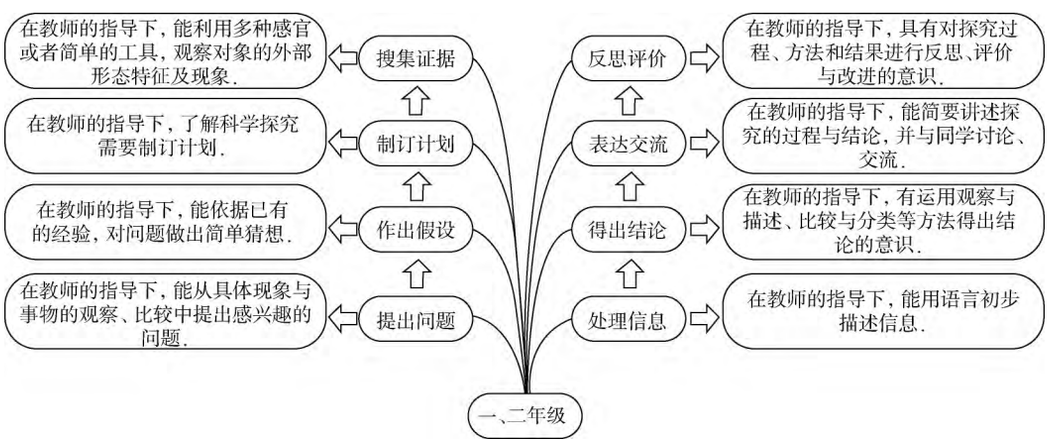


图 1　一、二年级学段科学探究目标[1]

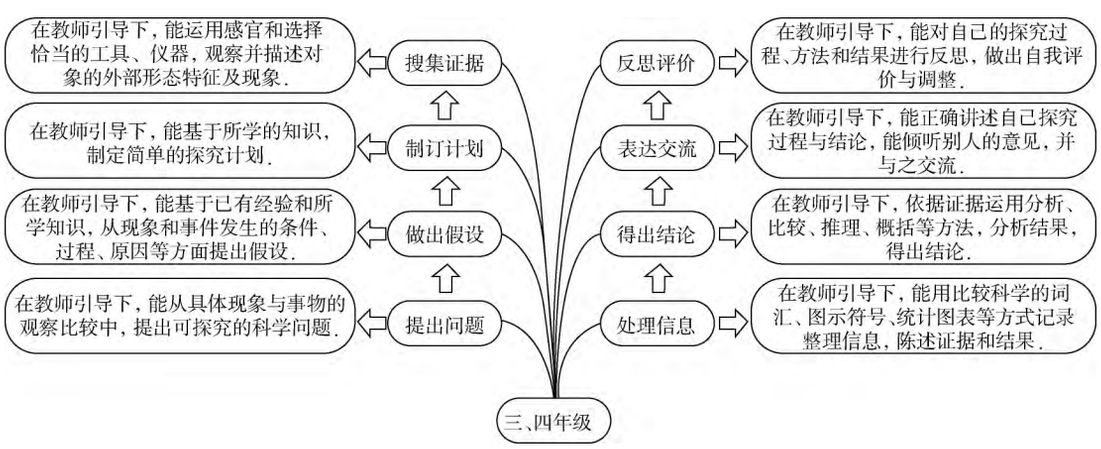


图 2　三、四年级学段科学探究目标[1]

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

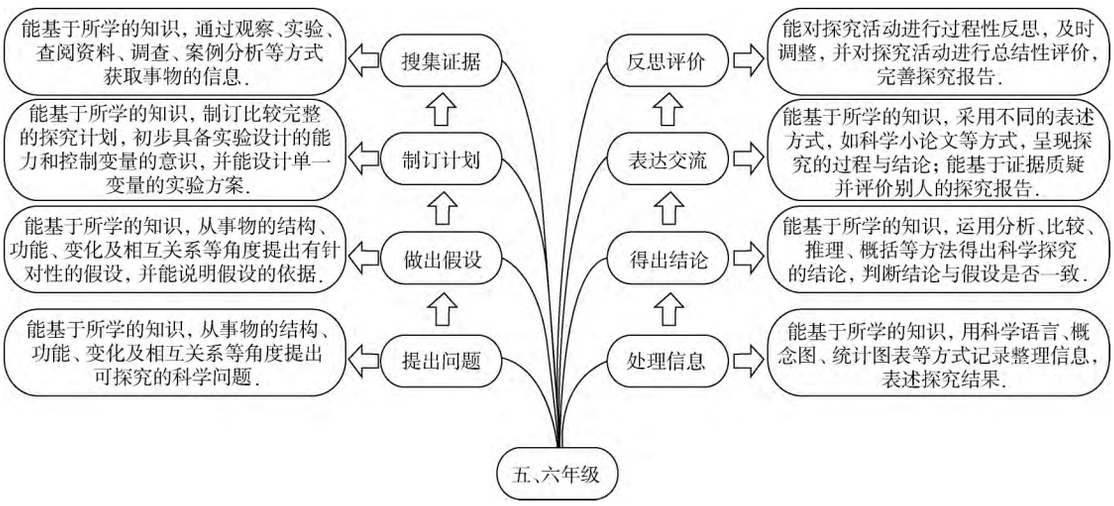


图 3　五、六年级学段科学探究目标[9]

2.2　贯通性和交叉渗透性

科学探究思维应贯穿于小学科学教育的整个课程，这要求在设计探究式实验时要考虑其贯通性和交叉渗透性，将分析综合、比较分类、抽象概括、类比推理等思维方法运用在探究式实验教学中. 小学科学课程内容包括物质科学、生命科学、地球科学、技术与工程 4 个领域，但《新课标》对科学探究的要求不是 4 个独立的模块，而是使科学探究贯穿于课程始终，涉及所有教学内容. 例如: 物质科学领域中，学生通过参与探究式实验学习的过程，能够学会用探究的思维去体验物质世界，增强探究物质世界奥秘的好奇心和乐于探索的科学品质. 此外，在设计探究式实验时又要照顾到课程的贯通性和交叉渗透性. 技术与工程作为新加入的学科领域，体现了国际上流行的 STEM 教育理念，即科学(science)，技术(technology)，工程(engineering)，数学(mathematics)教育，学生在解决问题的过程中动手做、动脑想，充分发挥能动的探究意识，在科学与工程技术相结合的过程中，以促进他们对完整科学世界的理解，同时也为学生认识世界、参与动手实践、发展创新能力提供了丰富而有趣的学习平台. 总之，这就要求探究式实验在加入教材、进入学生的学习活动中时要做好精心的设计，体现前后相接的系统性原则，融合于整个课程之中.

2.3　大概念的引领和内容的整合

美国的一项对全国科学教育评估的调查发现，学生通过科学探究实则获得的是一些探究技能和零散的科学知识，科学教育被称为是“里宽尺深”[9]. 在构思科学教育的目标时，在知识方面不是用一堆事实和理论，而是用趋向于核心概念的一个进展过程. 这些核心概念及进展过程可以帮助学生理解与他们在校以及离开学校以后的生活有关的一些事件和现象. 本文把这些核心概念称为科学上的大概念[10]. 大概念对于科学教学内容的引领和整合是指用大概念统领探究式实验教学内容，将大概念理念融入探究式实验教学. 首先，在设计科学实验时，设计者应先明确有哪些核心概念需要达成; 其次，设计者需规划这些核心概念趋向大概念的合理路径; 然后，在路径的结点处对体现核心概念的相应内容进行整合，并实施实验教学的干预，恰当发挥科学实验对学生概念理解的促进作用; 最后，还需要设计基于学习进阶的路径对学生进行评价的标准.

强调科学的大概念，旨在引领课堂教学聚焦学生对主干知识的良好理解和应用，而非对细枝末节内容和考试题目的记忆背诵. 研究表明，大概念教学可以联结相关的知识内容，发展创造性、未来思维和危机决策等能力[11]. 一方面，所有的科学实验活动都应该致力于深化学生对科学概念的理解及学习的进阶[12]. 由于在科学的整个学习过程中，学生对科学概念的理解不是一蹴而就的，而且科学概念的形成也不存在“有”或“无”的明确界限，是随着经验的累积而不断发展的过程，处于一个不断生成的动态之中，这要求科学实验的设计应该具有较高的关联性并体现学习进阶的要求. 另一方面，同时应该考虑科学态度和能力的培养等其他可能达成的目标. 学生自身的概念系统在由核心概念向大概念的进展过程中，也包含科学态度和科学

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

能力的逐渐生成,是一个多维目标的共同实现过程.

3 小学科学实验教学的应对措施

在低龄化、进阶性、贯通性和交叉渗透性以及大概念引领和内容整合的新趋势下,小学科学实验理应做出相应措施加以应对. 一方面,通过分析教材,在教科版、首师大版、京版等通过审批的科学教材中都有体现的实验,具备一定的普遍性和代表性. 另一方面,通过对新课标下探究式实验教学的趋势进行分析,以教科版小学科学四年级上册溶解实验为例,科学实验应考虑学生年龄特征和学习进阶的要求[13],体现探究式实验教学设计的交叉性和渗透性原则,实现大概念在探究式实验教学中的融入和统领.

3.1 考虑学生的年龄特征与学习进阶要求

四年级小学生的认知水平处于皮亚杰认知发展阶段论中具体操作阶段的中后期,此阶段的学生具有守恒能力,能对实物进行逻辑操作,根据事物特点把物体进行分类,可亲自操作代表问题变量的具体物体. 对科学教师而言,要基于学生已有图式,打破学生认知不协调而开展教学,重建学生的认知平衡态. 在此过程中要提供给学生与客观事物相互作用的机会,丰富学生在科学实验中所获得的经验. 例如在设计观察果汁中所含物质实验时,选取果汁作为实验对象反映了学生对来自于生活中直观物体的依赖,在实验过程中学生对现象进行记录、对变量进行控制,凭借实验的手段实现由具体操作水平到形式运算阶段的进阶. 该实验的目的和原则符合此阶段学生的认知水平,并能在此基础上使学生得到进一步提高.

Smith 等[14]在研究物质与原子分子理论的教学时,首次提出学习进阶并将其定义为学生在学习某一核心概念的过程中所遵循的一系列逐渐复杂的思维路径. 使科学实验的设计符合学习进阶的要求,即需要在设计科学实验时,也应将实验的路径呈现为围绕核心概念而展开的一系列由简单到复杂、相互关联的概念序列. 例如,在水的主题下,学生由最初的知道有些物质能够溶解在一定量的水里,进阶到能描述一定量的不同物质在一定量水中的溶解情况,并且通过实验,知道搅拌和温度是影响物质在水溶解快慢的常见因素,到中学阶段的能学会配制一定溶质质量分数的溶液便是典型的科学概念进阶案例及必要途径. 在 3 个不同的阶段可以设计是否溶解的实验、溶解快慢的实验以及配制溶液的实验,通过实验的中介作用促进学习进阶.

3.2 保证科学实验设计的一贯性

在对本单元的实验进行设计时,考虑到了单元内上下位概念之间的关系以及不同年级之间概念的承接关系. 一方面,在单元之内的概念主要有: 溶解和不溶解的主要区别,溶剂和溶质,溶解度,溶解速率等. 这些概念之间具备一定的递进关系,是由简单到复杂,又低级到高级的进阶. 通过在参与实验活动中,学生逐渐实现了概念的生成与转化,学生的认识从现象中的客观事实走向头脑中的科学事实并进一步走向科学理论. 在整个活动中,建构起一张大概念的网,这张网由单元内的各个分概念编织而成,并由此促进学生对完整世界的认识. 另一方面,在新课标中设置了一 ~ 二年级、三 ~ 四年级、五 ~ 六年级的不同阶段的学习目标. 四年级阶段所呈现的这些概念,既是对之前物质世界认识的升华,又为以后形成完整的物质科学观奠定基础,是科学素养形成的重要组成部分. 例如,本单元的概念学习对悬浊液与乳浊液、溶解平衡常数、拉乌尔定律等概念学习都提供了概念建构的基础,以后学生们由基础教育阶段进入学术科研领域,这对于培养具有学习兴趣、求知欲望和探索精神学生,培养具有较高理论水平和较强科研能力的创新型人才都有重要意义[15].

3.3 科学实验教学要符合大概念要求

小学科学实验的教学应该从学生感兴趣并与他们生活相关的课题开始,逐步进展到掌握大概念. 例如: 建立溶解实验与学生经验的联系,从日常生活中时常可见的生活用品中选择材料作为实验用品,可选用食盐、白砂糖、沙土、面粉等做实验材料. 在“物质”这一大概念下,通过对物体—材料—物质这 3 个层次的观察与探讨,了解物质一些基本的性质与变化过程,使学生的认识逐渐由具体向抽象过渡.

以大概念的原则进行科学实验教学时,在实施中应注意: 一、正确处理好教学法的使用. 科学实验教学应把握探究主旨. 首先,探究的问题应来自于真实生活中,并高于现象; 其次,学生应基于先前的想法提出预测,并进一步通过实验收集证据验证自己的假设; 最后,将得出的结果与先前的想法相关

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

联,并与同学进行交流评价. 二、课程内容应以科学探究实验为主体. 科学实验的内容应从真实世界中进行选择,例如,通过探究果汁中的奥妙、模拟果汁中物质的存在状态等活动的内容都来自日常生活之中,而科学本身便存在于生活中的方方面面. 另外,本实验的设计较好地做到了实验内容与概念进阶的衔接,从而促进大概念的形成. 三、科学实验教学需要评价的保证. 整合与教学进程中的形成性评价明晰学生在过程中的概念生长,为实验探究的进程提供及时反馈;而结果性评价可保持教学水平与学生个体和群体的进展情况,从而评测对概念的最终理解程度. 实验教学中的过程性评价可以随时监控学生的已知与迷思概念,可以及时预防和纠正;最终的结果性评价为学生最终达到的程度提供了衡量指标,同时公开性的评价将有助于学生自信心的建立与表现能力的提升. 综上,需要平衡处理好探究教学、实验内容及评价的关系,更好地以大概念理念进行科学实验教学.

4 结 语

科学实验教学作为培养学生科学核心素养的有效途径,难免遇到探究性弱、概念融合性差等挑战,教师和研究者应加强对科学实验教学的研讨,使科学实验教学在提高学生科学探究能力、提升科学素养等方面发挥更积极的贡献. 本文基于对《新课标》的分析和对科学大概念理念的整合,遵循《新课标》对科学实验教学提出的低龄化和进阶性、贯通性和交叉渗透性和大概念的引领和内容的整合的要求,分别从学生的年龄特征与学习进阶要求、科学实验设计的一贯性和符合大概念要求的科学实验教学 3 个方面,以教科书中溶解单元的实验进行探讨,力图提高原有实验的探究性,丰富核心概念之间的联系,有利于加强学生对概念的深度学习和理解,使学生能够逐步掌握周围世界发生的事件或现象的本质特征,在从初等教育到中等教育的学习进程中,逐步为核心概念的理解与建立打下坚实基础.

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国教育部. 义务教育小学科学课程标准[S]. 北京:北京师范大学出版社,2017.

[2] 王强,周婧,郭明,等. 化学实验在小学科学教育中的教学功能研究[J]. 化学教育(中英文),2014,35(12):45-48.

[3] 王振华. 小学科学实验教学现状调查研究[D]. 济南:山东师范大学,2017:2-5.

[4] 吴晗清,马薇. 基于科学素养视域的我国科学教育反思[J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2017,38(6):68-74.

[5] 中国大百科全书《哲学》编辑委员会. 中国大百科全书·哲学[M]. 北京:中国大百科全书出版社,1978.

[6] 叶宝生. 小学科学教学观察实验设计的依据和方法[J]. 课程·教材·教法,2013,33(11):68-72.

[7] 王强. 小学科学实验教学论[M]. 北京:人民教育出版社,2015.

[8] 韦钰,ROWELL P. 探究式科学教育教学指导[M]. 北京:教育科学出版社,2005.

[9] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas[S]. Washington DC: National Academies Press,2012.

[10] HARLAN W. 科学教育的原则和大概念[M]. 韦钰,译. 北京:科学普及出版社,2011.

[11] 刘恩山.《义务教育小学科学课程标准》的变化及其影响[N]. 人民教育,2017-11-13.

[12] OYAO S G, HOLBROOK J, RANNIKMÄE M, et al. A Competence-based science learning framework illustrated through the study of natural hazards and disaster risk reduction[J]. Int J Sci Educ, 2015(37):2237-2263.

[13] 郁波,唐莲君. 义务教育课程标准实验教科书·科学(四年级上册)[M]. 北京:教育科学出版社,2002.

[14] SMITH C L, WISER M, ANDERSON C W, et al. Implications of research on children's learning for standards and assessment: a proposed learning progression for matter and the theory[J]. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 2006,4(1-2):1-98.

[15] 孟祥福,曹胜利,王健春,等. 大学有机化学实验对学生科学素质的培养与实践[J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2018,39(2):60-63.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Probe into Scientific Experimental Teaching in Primary School in the View of New Curriculum Standard

YANG Xiantong[1]　HAN Hui[2]　WANG Juan[3]　GUO Ming[1]　WANG Qiang[1]

(1. College of Elementary Education, Capital Normal University, Beijing　100048; 2. Experimental School of Beijing Economic and Technological Development Zone, Affiliated High School of Renmin University of China, Beijing　100176; 3. Beijing 21st Century International School, Beijing　100142)

Abstract: Advocating inquiry learning is one of the main idea of the *Science Curriculum Standards for Primary Schools of Compulsory Education* (2017). Meanwhile, the big concept of science pays more attention to the guidance of the curriculum content to the science class. Scientific experiment is the practical carrier of inquiry learning for primary students. During achieving the overall goal of primary school science curriculum, weak inquiry, poor integration of concepts and other weak points exist in current science experiment teaching. According to the new requirements of the new curriculum standard and the idea of big concept, this paper discusses the scientific experiment from the new trend of inquiry experiment teaching and the countermeasures of primary science experiment. The aim of this paper is to provide theoretical and practical support for the effective teaching of scientific experiment in primary school, so as to improve the training level of primary students´ scientific literacy.

Keywords: new curriculum standard for primary science; big concept; primary scientific experiment; inquiry teaching

《首都师范大学(自然科学版)》更正声明

《首都师范大学(自然科学版)》2019 年第 2 期刊登的郝诗雨和赵媛作者论文《中国邮轮旅游网络关注度的时空格局及影响因素研究》中第 73 页图 4 和 75 页图 5 有误,现更正如下.

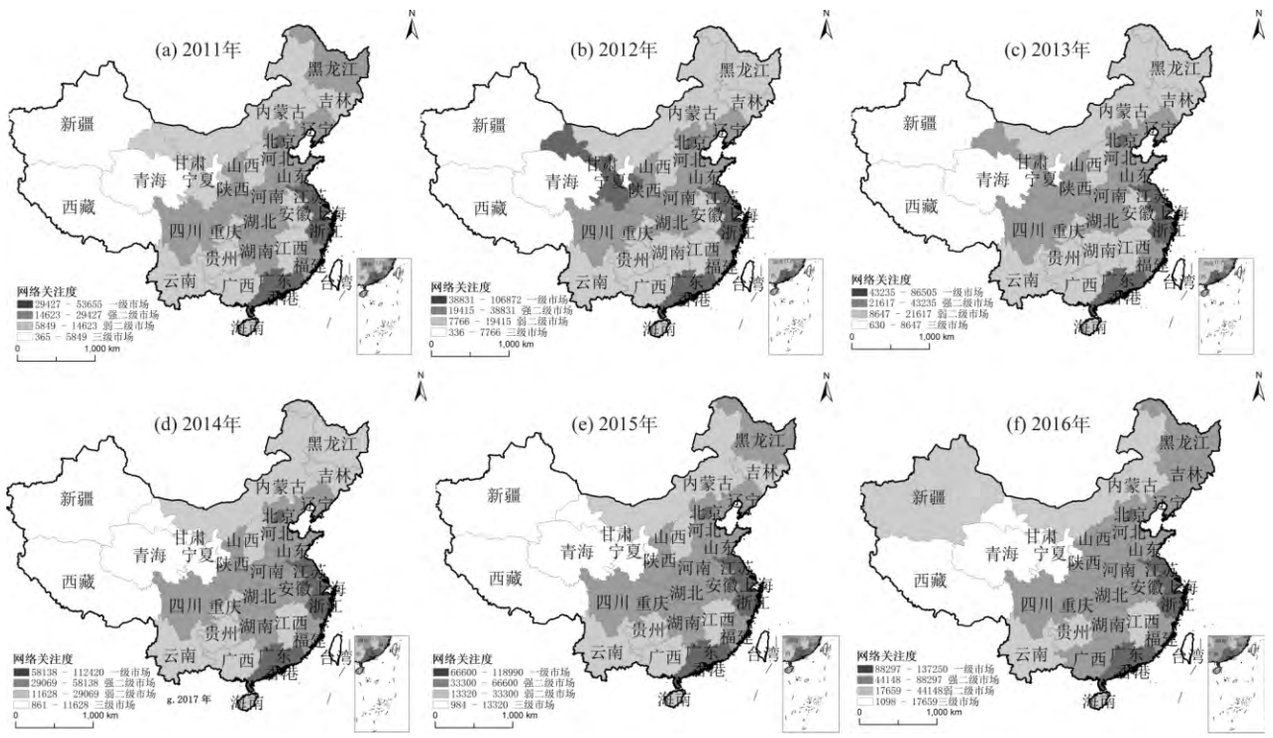


图 4　2011—2016 年中国各省邮轮旅游网络关注度市场份额图

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net