

公民科学素养研究在中国的十九个春秋*

何 薇

(中国科普研究所, 北京 100081)

[摘 要] 本文从亲历者的角度, 回顾了 19 年来中国公民科学素养研究从译介引入到作为《科学素质纲要》监测评估的重要手段; 从研究人员个体的研究兴趣到作为国家科学决策的重要依据; 从全国调查带动省市开展调查到省市的调查数据成为全国调查的重要资源; 从引进发达国家的指标到参与世界多元文化背景下科学文化指标讨论的发展历程。

[关键词] 公民科学素养 研究 回顾

[中图分类号] C3

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-8357 (2008) 04-0034-7

An Review of Research on China Public Scientific Literacy

He Wei

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing, 100081)

Abstract: This paper reviews the evolution of research on China public scientific literacy, and discusses the role it plays in the construction of public scientific literacy in China.

Keywords: China public scientific literacy; research; review

CLC Numbers: C3

Document Code: A

Article ID: 1673-8357 (2008) 04-0034-7

0 引言

中国公民科学素养调查及研究始于 1989 年, 从最初的出于几个中国学者的研究兴趣到其研究成果成为有关部门科技决策的重要依据, 已经走过了 19 个春秋。

一般地讲, 中国公众科学素养调查是借鉴国际上的公众科学素养研究体系和问卷, 采用国际通用指标和调查方法进行的大规模全国抽样调查。调查主要是通过问卷入户访谈的方式, 了解中国成年公民 (18~69 岁) 对科学技术知识和科学方法的了解程度、对科学技术感兴趣的

程度、对科学技术的态度和看法, 了解公民获得科学技术信息的渠道、手段、方法等方面的状况。1992 年、1994 年、1996 年、2001 年、2003 年和 2005 年, 中国先后成功进行了 6 次调查, 2007 年的第七次全国调查数据分析也正在紧张进行中。

1 中国公众科学素养研究的奠基人

说起中国公民科学素养研究的第一把交椅, 要数张仲梁博士了。他现在是国家统计局教育统计司的司长。他当时是中国科协管理科学研

收稿日期: 2008-04-26

作者简介: 何薇, 中国科普研究所副研究员, 科学素质研究室副主任; Email:hew@cast.org.cn

* 为完成本文, 笔者走访了几位曾经参与历次公民科学素养研究的前辈和朋友。

究中心的研究人员，于1989年从中国科学院的朋友那里得到了美国的调查问卷。因张仲梁具有雄厚的数理统计专业的教育背景，对公众理解科学这类问题感兴趣，又敏感地感觉到这方面的研究会对国家有用，所以很快利用中国科协遍布全国的组织网络进行了中国公众的科学素养及对科学技术的态度的第一次调查。1990年，笔者研究生毕业分配到了张仲梁所在的研究室，直接加入进了这次调查问卷的编码和统计数据的分析行列。

1.1 第一次调查

1989年的这次调查，为今后中国公众科学素养的研究奠定了可操作性的基础。调查内容包括了公众对科学技术的态度、对科技人员和科学技术团体和机构的看法及公众的科学技术素养状况等全部美国问卷涉及的内容，并对部分问题进行了适合中国情况的修改（如：问卷问到水稻之父、国家科委主任、科学院院长、科协主席等问题）。调查通过PPS抽样，选取150多个地方县级科协（科委），发放6000余份调查问卷，并在各全国学会补充调查约500份问卷，最终回收有效问卷4800余份。虽然这是一次非官方的调查，但取得了丰富成果。

1.2 第一套研究成果丛书

调查问卷由中国人民大学统计系做了数据的频数和相关分析。当时的统计分析结果是由针式色带打印机打印在两边有孔的折叠打印纸上的，打印的结果落在一起约有半米高，调查分析报告也是研究人员一边前后翻看打印结果，一边手写在8开的稿纸上。

1991年8月，基于这次调查的分析结果，中国科学技术出版社正式出版了中国这个领域研究的第一套书：（1）《中国公众科学技术素养》，张正伦主编；（2）《中国公众对科学技术的态度》，张仲梁主编；（3）《中国科学技术界概观》，张仲梁、鲍克主编。毋庸置疑，以张仲梁为首的研究团队当之无愧地成为了中国公众科学素养调查研究的奠基人。

2 对美国公众科学素养研究体系的译介

1990年，时任美国伊利诺依大学公众舆论

研究所所长米勒教授（Jon D. Miller）得知中国做了第一次调查的消息后，通过中科院的访问官员带回了他的《1990美国公众科学素养调查报告》稿，这是提交给美国科学基金会的文本，当时还是非正式出版物。随后对此研究感兴趣的中科院和中国科协的学者和研究人员不断加入到将米勒的研究理论和调查体系译介到中国的国际学术交往活动中。其中，李大光做了米勒资料和文章的大量翻译工作，他当时是中国科普研究所外国科普研究室的研究人员。

1991年春节期间，中国科协国际部派李大光和蔡德诚（原《科技导报》常务主编）赴美国芝加哥参加1991年美国科促会年会，这是中国学者第一次正式参加这个领域的国际会议。会议期间，中国学者与英国公众科学素养调查负责人、英国科学和工业博物馆馆长约翰·杜兰特（John Durant）和其他一些参加过相关调查的专家进行了深入交流，认真了解了调查的基本理论、理论讨论中的各种观点、调查指标形成的过程和指标体系中的相互关系。在这次会议上收获了很多资料，其中包括米勒的早期对美国青少年科学素养的调查和对成人的调查等方面的报告。

当时国内学者认为，深入了解米勒1990年的调查报告内容对于开展我国的调查研究是非常重要的。1991年米勒的调查报告由李大光进行了全文翻译，译文刊登在《科普研究》（1991，5）上，全文约11万字。这个报告成为当时中国进行科学素养研究及调查的主要资料和参考文献，对中国科学素养研究产生了重要的影响，以至于人们一谈公民科学素养研究必定要谈米勒。这也是为什么中国目前的研究主要受到米勒思想和研究体系影响的原因。

3 90年代的连续三次调查

3.1 1992年的全国调查

1992年，中国科协在国家科委的支持下，经国家统计局批准，正式组织了我国第一次“中国公众对科学技术的态度抽样调查”，第一任课题领导是当时中国科协计划财务部统计处的田良木处长。同年，上海开展了第一次“上

海市公众对科学技术的态度调查”，这也是中国第一次的省、市级调查。1992 年的调查结果“中国公众的科学素养和对科学技术的态度”收录进 1992 年《中国科学技术指标》（科学技术黄皮书第一号）^[1]，“中国公众对科学技术的理解与态度”收录进 1994 年《中国科学技术指标》（科学技术黄皮书第二号）^[2]。此后，每次的调查结果都以一章的篇幅收录进《中国科学技术指标》。

参照美国 1993 年《科学与工程指标》提供的数据，1992 年中国调查的结果与美国、日本和当时的欧共体国家进行了国际对比。结果显示，中国公众在理解科学知识方面的比例虽然落后，但还是一个有可能和美国、欧共体国家相比较的数据；在对科学技术的总体评价方面，认为科学技术利大于弊的比例，中国公众排在前列。

此次调查为中国公众科学素养研究的深入提供了很好的实践材料，中国学者对公众科学素养的涵义有了更深入的理解，有关部门逐渐认识到公民科学素养研究的重要性，科技界和科普界对公众科学素养调查的呼声也越来越高。

3.2 1994 年的全国调查

1994 年，中国科协和国家科委的有关部门组织了第二次“中国公众与科学技术抽样调查”，调查首次关注了少数民族群体的状况。调查报告“公众的科学素养和对科学技术的态度”收录进 1996 年的黄皮书^[3]，报告对 1994 年和 1992 年调查结果进行了简要的比较，描述并分析了少数民族的科学素养状况及其对科学技术的态度。当年在英国伦敦召开的“公众理解科学”国际会议上，我国学者将调查的主要数据结果进行了会议交流。

3.3 1996 年的全国调查

1996 年，国家科委和中国科协共同开展了第三次全国调查，调查问卷增加了公众对经济学基本知识（如自由贸易、市场经济）的理解和公众的迷信状况等内容。调查报告“公众的科学素养和对科学技术的态度”收录进 1998 年黄皮书^[4]，报告对我国 1992 年、1994 年和 1996 年公众科学素养及其对科学技术的态度的状况

进行了对比分析，并从对科学概念的理解和对科学技术的态度两方面进行了国际对比分析。通过由米勒组织的芝加哥“公众科学素养促进”国际会议，开始了深入的调查结果国际对比研究。

3.4 连续调查的意义显现

回顾 90 年代进行的 3 次调查，我们不难看出，随着我国学者对国际公众科学素养研究的译介、交流和了解的不断深入，虽然我们在调查指标和问卷中不断赋予适合中国国情的元素，但调查结果的连续可比性和国际对比性越来越成为此项研究最突出的特点。调查的结果被用于国际对比中，中外学者和相关机构的互访、会议交流越来越深入和频繁。

4 中国公众科学素养变化观测网

2001 年，经国家统计局批准，中国科协成功进行了中国第 4 次“中国公众科学素养调查”。

4.1 建立观测网方案的提出

调查虽然中断了 5 年，但中国学者对公众科学素养研究的思考并没有停止，与国际相关领域的专家学者的沟通和交流也没有停止。从 1996 年开始，李大光就着手根据各国进行科学素养研究的状况和中国的具体情况，设计符合中国社会条件的调查方式。经过仔细思考和与各国专家的交流，提出建立“中国公众科学素养变化观测网”的调查研究方案。建立观测网主要基于以下思考：建立一个相对固定的调查观测网络，可以培养出一支理解此项研究的调查员队伍；可以得到各省、市、自治区科协及基层科协组织的支持，其中包括资金、人员的支持；节省调查成本，不需要每次调查都进行抽样。

4.2 观测网的建立

2000 年 6 月，中国科协主管书记徐善衍和普及部新任部长程东红同意了建立“中国公众科学素养变化观测网”的建议，并批复由中国科协继续组织进行中国公众科学素养调查。

为保证调查质量，特别邀请在统计学领域中的权威的学术机构——中国人民大学统计学系，参与调查的抽样、调查员培训和数据统计

分析等技术支持工作,改变了过去由课题组自己进行数据处理、数据处理中存在技术问题的状况。

基于2001年调查的设计要求,按照分层四阶段不等概率PPS抽样建立了“中国公众科学素养变化观测网”,在全国共设立201个观测点,确定样本量8520。观测网的建立使得中国公众科学素养的研究,由过去的感性分析或单纯的典型分析进入到应用社会学研究方法进行的重要阶段。观测网在调查和研究公众科学素养水平的发展变化的同时,也密切跟踪、发现影响公众科学素养变化的各种因素(包括政治、经济、教育、文化、科技、媒体等)。观测网的建立为顺利地进行2003年和2005年的调查打下了很好的基础。

4.3 观测网的培育与发展

如何能让观测网发挥应有的作用,关键是要尽快培养出一支有力的调查员队伍。2001年观测网建立之初,对各观测点的调查员进行了集中培训,第一届培训班共培训全国201个观测点的调查员300余人次;培训班邀请国家统计局的领导、中国人民大学统计学教授、公众科学素养研究学者授课;内容涉及统计法规和职业规范、抽样调查的理论、入户调查规程等调查员必须掌握的理论和技巧。2003年的第二届培训班共培训了调查员280余人次,增加了抽样技术及应用方法等内容,培训课程更加生动实用。通过培训,建立了调查员跟踪体系,及时了解了调查员的工作,解答调查员的疑问、发放调查员手册和工作简报。

2005年的调查中,有约1/3的省、市要求开展本地区的公民科学素养调查。为了进一步可持续地开展调查工作,2005年在调查员培训的基础上,进行了省级调查员师资的培训,统一制作了培训光盘,使得各省都能够单独开展本地的调查员培训。根据调查追踪结果统计,2005年调查结束后,观测网共直接和间接培训了能够胜任入户调查工作的调查员2000余人,其中有近50人能够进行基本的数据统计和分析工作,有11人已经主持进行了本省的抽样调查工作。

2003年的调查在“非典”之前成功回收了97%的问卷,2005年的调查直接成功回收了调查数据的电子文档,这些都足以证明了观测网的工作效率。

5 走向成熟的中国公民科学素养研究

2001年的调查结果通过2002黄皮书英文版^[9]进入到2004年《美国科工指标》参与国际对比。2002年正式出版了第一本调查研究报告《2001年中国公众科学素养调查报告》。2003年,根据中国国情修改指标和问卷,中国科协进行了第5次调查。正式出版《2003年中国公众科学素养调查报告》,为全民科学素质行动计划和国家中长期发展规划的前期研究提供了重要参考依据。

2005年,在全民科学素质行动计划前期研究的基础上,进一步修改指标和问卷,中国科协进行了第6次全国调查。

5.1 调查技术参数的发展

通过“中国历次调查技术参数对比表”,我们可以清楚地看到中国公众科学素养调查研究的发展过程(见表1)。从调查抽样来看,前3次的调查只是按照PPS的方法进行了简单的抽样,没有更多地关注到中国的人群在经济发展、城乡状况、地域等巨大的差异特征,抽样方法单一,样本对总体代表性的有效性难以估计。从2001年起,按照人类发展指数,采用了分层四阶段的PPS抽样,并依据这样的抽样结果建立了“中国公众科学素养变化观测网”。

从数据分析处理上来看,为了提高调查样本对于抽样总体的代表性,通常都需要对调查数据进行加权调整。可以看到,前3次只是对性别这组单一变量进行了简单的加权调整;2001年对调查数据进行了包括性别、年龄、受教育程度的3组变量的多变量联合线性加权;2003年、2005年及2007年进行了多变量的非线性加权调整,使得可以调整的变量更丰富,调查分析的手段在不断提高。

从调查结果的呈现来看,历次结果均以一章的篇幅收入当年黄皮书的最后一篇(章),1992年的调查收入进1992年和1994年的黄皮书,

1994 年的调查收入进 1996 年的黄皮书, 1996 年的调查收入进 1998 年的黄皮书。由于调查中间间隔了 5 年, 2000 年的黄皮书收录的是中国科协的有关青少年创造力的调研报告。2001 年的结果收入进 2002 年的黄皮书^[6]和 2002 年的英

文黄皮书中, 由此, 美国 2004 年的《科学和工程学指标》中就有了中国 2001 年的国际对比数据。2003 年的结果收入 2004 年的黄皮书^[7]和 2004 年的英文黄皮书^[8]中, 2005 年的结果收入进 2006 年的黄皮书^[9]中。

表 1 中国历次调查技术参数对比表

	1992 年	1994 年	1996 年	2001 年	2003 年	2005 年	2007 年
样本量	5500	5000	6000	8520	8520	8570	10080
抽样法	PPS	PPS	PPS	分层四阶 PPS	分层四阶 PPS	分层四阶 PPS	分层三阶 PPS
加权	性别	性别	性别	线性多变量	非线性多变量	非线性多变量	非线性多变量
黄皮书	1992 1994	1996	1998	2002 2002 英	2004 2004 英	2006	2008
总体	四普	四普	四普	公安部户籍	五普	五普	五普(1%调查)
调查单位	科委 科协	科委 科协	科委 科协	科协	科协	科协	科协

5.2 调查指标和问卷的演变

从调查内容来看, 调查问卷从引进的最初, 中国的研究人员就根据自身的理解和中国的国情不断地进行修改译文、增减篇幅、试验筛选新题、将开放题封闭等工作。随着研究人员对调查的深入理解和国家对调查结果的更多需求, 指标体系也在根据国情逐步修改完善。

1992 年 8 月进行的“中国公众对科学技术的态度”抽样调查, 问卷基本采用了当时美国关于科学素养的调查问卷, 在公众获取科学技术信息来源和公众对科学技术态度部分, 加入了中国国情题目。1994 年进行的第二次调查使用问卷与 1992 年基本没有变化, 只是在调查背景变量上对少数民族群体进行了关注。

1996 年的调查问卷增加了公众对新的科学技术知识的了解程度、对经济学基本知识的了解程度以及公众迷信程度等内容, 以期问卷能全面反映中国公众科学素质状况。

2001 年的调查沿用了前 3 次调查的指标体系。由于科学技术的迅速发展, 尤其是生物技术、信息技术的发展和环境问题日益突出, 在保留原来基本框架不变的前提下, 问卷做了部分修订。公众科学素养的测试问题仍然主要由

科学术语和基本观点、科学方法和科学与社会之间关系等的了解程度构成。在调查我国公众科学信息的获得渠道和手段方面, 主要了解我国公众是如何通过大众媒体(如报刊、广播、影视、电子网络及聊天等)和参加科普活动的方式获得科学技术信息的。在通过主要媒体获得科学技术信息的问题上, 我们将调查的重点放在公众使用现代媒体, 即电子媒体的状况上。在了解科学技术对个人和社会的影响方面, 我们观察了公众对科学技术发展的利弊的看法、对技术和环境及自然的关系的认识以及公众认为科学技术最应该优先发展哪些领域等。

为了 2003 年第 5 次调查能够在指标体系的设计上更好地适合中国国情, 在总结过去几次调查经验和教训的基础上, 在广泛听取各方面学者的意见以后, 在 2002 年对调查指标和问卷进行了大量的修改。首先, 对调查目的、国家政策需要、科普政策需要和学者研究对数据的需要进行了综合考虑, 对过去调查中存在的主要问题进行了分析。第二, 对指标体系进行了认真研究; 对问卷中国际通用的问题以及翻译不甚准确的题目, 请有关领域专家进行修订, 不仅要求准确表述, 而且在保证不改变问题原

意的前提下更符合中国人的表述习惯和思维方式。第三,在问卷修改过程中,召开了10余次国内学者研讨会,通过因特网与欧盟调查研究人员和美国学者进行讨论。

在2002年调查问卷修改过程中,先后有100多位中国自然科学界和社会科学界的学者不同程度地参加了讨论和问卷的修改工作。在问卷设计过程中,中国人民大学统计学院调查技术研究所的师生参与了工作,使问卷更加合理和科学。经过修改后的问卷,问题总量减少了1/4,指标体系各个组成部分之间的关系更加清晰和明确。根据调查数据需要增加了民族和收入的背景变量,使我们观察的范围更大,获得的相关分析数据更多。

2003年的调查仍然采用美国、日本和欧盟国家采用的标准,同时根据中国国情进行了一些修改。在公众科学素养的测试标准中,科学术语在保留了“DNA”、“Internet”、“分子”的同时增加了“纳米”;科学观点沿用了世界各国普遍采用的16个题目;科学方法包括“科学研究”术语、“对比实验”和“概率”的理解。以上修改后的调查结果仍然可以进行历史纵向比较和国际横向比较。在测试迷信程度方面,考虑到中国的迷信形式的复杂性和多样性,我们邀请专家确定了在我国相对普遍的5种迷信形式进行测试和追问。对我们自己设计的科学基本知识问题进行实验并通过项目反应理论进行筛选,获得了初步实验结果。

我国公众接触和利用科普设施的状况以及不能接触这些设施的原因,在2003年的调查数据中也能够得到某种程度的反映;每年我国政府或者机构组织各种科普活动和长期进行的科普专项工作的效果,通过调查也能够得到一定程度的了解。

在调查我国公众对科学技术发展的态度方面,我们既参考了美国、日本和欧盟国家的调查指标,也根据中国的国情进行了设计。通过对一组14个问题的询问,大体可以将我国公众对科学技术的态度进行分类;公众对新技术的看法不仅反映了公众面对新技术的态度,而且通过数据分析可以了解在新技术和新技术产品

市场形成中的主要影响因素;同时也调查了我国公众对技术和环境之间关系的态度。

2003年问卷的修改是比较成功的,2005年调查除对个别题目进行了文字上的修订外,继续采用了2003年的调查问卷。

5.3 调查是公民科学素质建设的客观评价手段

至此,中国的研究将走向何方?是继续跟着发达国家的思路走下去,还是开辟出一条适合自己的道路。2004年印度发表了第一本《印度科学报告》,其中第三部分就是关于“公众对科学技术的态度”;2004年巴西发表的《科学技术与创新指标报告》,其中第十二章收录了巴西圣保罗关于公众理解科学的最新调查成果;2007年11月,包括中国学者在内的,国际公民科学素质研究领域的知名学者会聚英国皇家学会,专门探讨在多元文化背景下建立全球科学文化指标体系的问题。从世界范围来看,各国公民科学素质建设都离不开通过调查等手段进行的客观评估。所以,在我国进行定期不间断的连续调查,一定会对探索我国公民科学素质提高的途径起到积极的作用。

6 2007年中国公民科学素质调查

中国科普研究所正在进行的2007年中国公民科学素质调查,是在《科学素质纲要》领导小组的支持下,经国家统计局批准的一个重要项目,批准文号为国统制[2007]90号。这是首次将这项调查纳入国家统计制度,调查的级别由“国统函”提高到“国统制”的高级别。

2007年的调查同时肩负着《科学素质纲要》对公民科学素质的首次评估任务。这就要求调查的指标体系要有双重考虑,既要在国际上可以对话,又要与以往调查的结果保持延续性。我们重新进行了抽样,保证了每个省都有相当数量的样本,这样,只要各省相应追加样本就可以估计本省情况,有效地提高了样本的利用率,节省了各省纲要办的工作调研经费。

同时,2007年调查对成年人的3个重点人群给以高度重视,设立了重点人群的筛选变量,并严格按照指标体系安排问卷结构,设立3项一级指标、12项二级指标、35项三级指标、83

个测试题目。参照国际上的做法和社会学领域的研究方法,2007 年的调查首次并行开展了定性研究,包括:31 省共 600 份深度访谈记录,东中西部少数民族地区共 10 组小组座谈,进一步对数据背后的信息进行深入挖掘,对定量调查的指标进行实验研究。

7 结语

回顾过去 19 年的历程,不难看到,中国公民科学素养研究的发展历程经历了从译介引入到作为《科学素质纲要》监测评估的重要手段;从研究人员个体的研究兴趣到作为国家科学决策的重要依据;从全国调查带动省市开展调查到省市的调查数据成为全国调查的重要资源;从引进发达国家的指标到参与世界多元文化背景下科学文化指标讨论。

参考文献

- [1] 国家科学技术委员会. 中国科学技术指标 1992[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 152—167.

- [2] 国家科学技术委员会. 中国科学技术指标 1994[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 113—126.
 [3] 国家科学技术委员会. 中国科学技术指标 1996[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1997: 180—187.
 [4] 国家科学技术委员会. 中国科学技术指标 1998[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1999: 155—167.
 [5] Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. China science and technology indicators 2002[M]. Scientific and Technical Documents Publishing House, 2004.
 [6] 科学技术部. 中国科学技术指标 2002[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2003: 149—168.
 [7] 科学技术部. 中国科学技术指标 2004[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2005: 121—136.
 [8] Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. China science and technology indicators 2004 [M]. Scientific and Technical Documents Publishing House, 2006: 157—178.
 [9] 科学技术部. 中国科学技术指标 2006[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2007: 162—174.

(上接第 14 页)

从 1985 年至 2007 年底,我国青少年在诸如数学、物理、化学、生物和信息学奥林匹克国际竞赛中,几乎每年都会名列前茅;而在美国举办的英特尔国际数学和科学与工程创新大赛中,我国中学生也不断取得优异成绩。

在“科学发展观”和“人才强国”战略的指引下,以全国青少年科技创新大赛为龙头,我国青少年科技创新活动不断向纵深发展,科技创新后备人才队伍茁壮成长。

4 结语

今天,当我们重温“青少年是祖国的未来,科学的希望”这一意义深远的题词,回顾中国科协所组织的青少年科技创新大赛走过的 29 年历程,我们相信,遵循党的十七大精神,在以胡锦涛同志为首的党中央提出的“科学发展观”和“人才强国”战略的指引下,在贯彻《全民

科学素质行动计划纲要》的持续过程中,我国青少年科技创新活动将会继续蓬勃发展,各级各类科技创新后备人才将会不断涌现。毫无疑问,这一代又一代具有良好科学素质的青少年正在也必将成为我国科学走向辉煌的希望,成为中华民族实现伟大复兴的中坚力量。

参考文献

- [1] 项苏云. 青少年发明创造活动指南[M]. 北京: 科学普及出版社, 1994: 48.
 [2] 程东红. 第八届全国青少年发明创造比赛和科学讨论会作品集[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1998: 12—13.
 [3] 翟立原. 创新之源——青少年创造力培养活动方案精选 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 12.
 [4] 牛灵江, 翟立原. 青少年科学探究[M]. 北京: 中国言实出版社, 2005.