

基于九要素模型的北京市中小學生科学素养调查

周立军¹ 李亦菲²

(北京市科学技术协会, 北京 100101)¹

(北京师范大学科学传播与教育研究中心, 教育心理与学校咨询研究所, 北京 100875)²

[摘要] 通过分析青少年科学素养的结构, 提出了科学素养的“九要素模型”, 并从群体因素、个体因素、环境因素、学习科学的途径等四个方面, 阐述影响青少年科学素养的主要因素。以此为依据, 编制了青少年科学素养测评量表和背景调查问卷, 采用配额抽样方法, 对北京市部分中小学生的科学素养状况进行了测评, 并对相关影响因素进行了分析。

[关键词] 中小學生 科学素养 九要素模型

[中图分类号] N4

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-8357(2013)02-0042-07

A Survey on Beijing School Students' Scientific Literacy Based on Nine-component Model

Zhou Lijun¹ Li Yifei²

(Beijing Association for Science and Technology, Beijing 100101)¹

(Research Center of Science Communication and Education, Beijing Normal University, Beijing 100875)²

Abstract: This paper proposes a Nine-component Model to analyze students' scientific literacy, with discussing the influential factors in terms of collective, individual, environmental and educational. A scale of students' scientific literacy and a questionnaire are worked out, and are used to measuring some school students' scientific literacy in Beijing.

Keywords: school students; scientific literacy; Nine-component Model

CLC Numbers: N4

Document Code: A

Article ID: 1673-8357(2013)02-0042-07

青少年处于体格发育及智力思维发展的关键时期, 也是包括科学素养在内的各方面素养发展和形成的关键时期。提高青少年的科学素养历来为世界各国所重视, 许多国家都将加强青少年科技教育作为课程改革的核心, 并制定了配套的教育政策和课程标准。

我国自 1992 年起先后开展了八次针对 18

岁以上成年人的全国性公民科学素养调查, 但针对青少年的大范围科学素养测评工作尚未系统地开展。究其原因, 主要是缺乏统一的评价指标体系和测评工具。在一些区域性的评价项目中, 有的借鉴公众科学素养调查的指标^[1], 有的借鉴 PISA 的指标体系^[2], 有的则根据科学课程标准采取考试方式进行测评^[3]。

收稿日期: 2013-01-28

作者简介: 周立军, 北京市科学技术协会副主席, 博士研究生, 研究方向为科学传播、科技教育管理, Email: zhoulijun@bjkp.gov.cn;

李亦菲, 北京师范大学科学传播与教育研究中心副主任, 研究方向为学习心理、教育评价、科技教育等, Email: bjllyifei@139.com。

注意到根据单一维度罗列科学素养要素的做法难以系统、全面地阐明科学素养的内涵,我们从“科学”和“素养”两个维度进行分析,建构了科学素养的“九要素模型”。这一模型将“科学”分解为“科学知识”、“科学过程”、“科技成果”三个方面,将“素养”解读为“读(理解)”、“写(表达与应用)”、“悟(情感与态度)”三个方面,两个维度结合,将科学素养分解为九个要素(见表1)。

表1 科学素养的“九要素模型”

素养 科学	读(理解)	写(表达与应用)	悟(情感与态度)
科学知识	理解科学知识(事实、术语、概念、原理等)	表达科学知识,解释自然现象	尊重科学,不迷信迷信,尊重事实,不盲从权威
科学方法	理解科学过程和方法	应用科学方法进行科学探究	求真务实,严谨细致
科技成果	理解科技成果的具体功能	应用科技成果解决个人和社会问题	正确看待科学技术与社会及自然的关系

根据科学素养的“九要素模型”,可以将科学素养定义为个体理解科学知识、科学过程和科技成果,并利用它们解释自然和社会现象、从事科学探究、解决实际问题的能力,同时,也包括个体对待科学知识、科学过程和技术成果的情感态度。

在影响因素方面,我国历次公民科学素养调查都考察了性别、年龄、文化程度、职业、城乡、地区等背景因素对公民科学素养的影响,此外,也关注公民获得科技信息的主要渠道^[4]。参照公众科学素养调查的做法,并结合青少年的身心和学习特点,可以将青少年科学素养的影响因素分为群体因素、个体因素、环境因素、学习科学的途径等方面,具体如下。

(1)“群体因素”指将个体分为特定类群的生物性特征或社会性特征,其中,生物性特征主要包括种族、性别、年龄(学段)等;社会性特征主要包括居住地区、户籍、学段等。群体因素是青少年科学素养形成和发展的基础条件。

(2)“个体因素”指个体所具有的个性心理特征,也称“个性因素”,主要包括认知能

力和人格特征两个方面。其中,认知能力主要包括认知能力(包括注意力、感知觉能力、记忆力、思维能力等)、元认知能力、学业成绩(含文理科倾向)等;人格特征主要包括兴趣与爱好、动机与意志、价值观等。“个体因素”是青少年科学素养的内部影响因素。

(3)“环境因素”是个体所处环境的有关特征,主要包括社会环境、学校条件、家庭条件等方面。其中,社会环境包含文化习俗、大众媒体(含互联网)、科普场所与科普活动等;学校条件包含学校类别、硬件设施、师资队伍、学校管理等;家庭条件包含家庭结构、父母文化程度、父母职业、家庭经济状况等。各种“环境因素”是青少年科学素养的外部影响因素。

(4)“学习科学的途径”指青少年在科学方面所接受的学习科学的途径,可以分为学校教育、家庭教育和自主学习三个方面。其中,“学校教育”包含学科教学、校本课程、课外和校外教育等;“家庭教育”包含教养方式、家庭氛围等;“自主学习”包含通过媒体学习、参加科技活动等,主要反映学生在学习科学的支持下学习科学的各种条件。

为了探索青少年科学素养的形成机理,需要系统地分析以上各种因素对青少年科学素养水平的影响。

本研究依据科学素养“九要素模型”编制科学素养测评工具,并通过抽样调查的方式,获得北京市青少年学习科学的途径及科学素养水平方面的实证资料。利用这些资料,一方面,可以对北京市青少年学习科学的途径和已经达到的科学素养水平进行描述性分析;另一方面,也可以对影响青少年科学素质的主要因素进行解释性研究。

1 工具与方法

1.1 调查工具

本研究所采用的调查工具包括小学组、初中组和高中组三套问卷,分别用于考察小学五年级、初中二年级、高中二年级学生的科学素

养及相关影响因素。每套问卷包括背景调查问卷和科学素养测验两部分。

1.1.1 背景调查问卷

背景调查问卷包括“基本信息”和“学习科学的途径”两部分。

“基本信息”部分有10道题,分别对影响学生科学素养的群体因素、个体因素和环境因素进行了解。

“学习科学的途径”部分有27道题,分别从“学校设施及利用情况”、“学校科学教育”、“家庭教育情况”、“学生自主学习情况”等方面,对学生在科学方面的教育和学习方式进行调查。此外,还设置了3道了解学生“长大后想从事的职业”、“喜欢的科技项目”、“获取知识的途径”三个方面情况的题目,作为对青少年科学素养影响因素的补充。

1.1.2 科学素养测试量表

科学素养测试量表分小学五年级、初中二年级、高中二年级三个版本,各版本的试题均由“你是否同意以下观点”、“你是否了解以下知识”、“了解科学家的工作”、“做个小小科学家”四个组成部分构成(共46道题目),只是在“你是否了解以下知识”部分有所区别。

表2 科学素养测试46题与9个要素各分量表得分的对应关系

	理解(R)		表达/应用(W)		感悟(V)		小计
	试题	满分	试题	满分	试题	满分	
科学知识(K)	1-8	KR1=8*2=16分	44	KW=8分	12-15	KV=4*2=8分	47分
	21-35	KR2=1*15=15分 满分=31分		满分=8分		满分=8分	
科学过程(P)	36	PR1=2分	37-38	PW1=2*2=4分	9-11	PV1=3*2=6分	30分
	39	PR2=6分 满分=8分	41	PW2=2分 PW3=6分 满分=12分	42-43	PV2=2*2=4分 满分=10分	
科技成果(C)	40	CR=6分 满分=6分	46	CW=7分 满分=7分	16-20	CV=5*2=10分 满分=10分	23分
分项和汇总分		45分		27分		28分	100分

在计算一个学生科学素养得分时,首先根据评分标准得出9个科学素养分量表的得分。对9个分数按不同方式进行计算,可以得到各种科学素养指数:(1)将9个分数分别按“科学”的三个方面相加,可以得到基于科学知识的科学素养指数、基于科学过程的科学素养指数、针对科技成果的科学素养指数;(2)将9个分数分别按“素养”的三个方面相加,可以

得到基础科学素养指数、实用科学素养指数、文化科学素养指数;(3)将9个分数全部相加,可以得到综合科学素养指数。

1.2 抽样方法

2012年11—12月,利用以上科学素养的背景调查问卷和测试量表,对北京市中小學生进行了调查和测评。调查采用非概率的配额抽样方法,根据学段和区县两个特征进行两层配额。第一层配额为学段,包括小学五年级、初中二年级、高中二年级;第二层配额为区县,包括北京市16个区县,分为功能核心区、功能拓展区、城市发展新区、生态涵养区。配额原则有两条:一是样本中各类别的比例尽可能与它们在总体中所占比例一致;二是适当加大一些总体数量较少类别的抽样比例,以便进行类别间的比较。

根据北京市教育部门提供的数据,北京市2011—2012学年小学五年级、初中二年级、高中二年级学生的总数为289 018人,其中,各学段的学生所占比例分别为40%、35%、25%;功能核心区、功能拓展区、城市发展新区、生态涵养区的学生所占比例分别为17%、40%、30%、13%。基于以上分布比例,为确保总体数量较少类别的样本数量,确定样本容量为4 000人,抽样配额分配如下(见表3)。

表3 北京市中小学科学素养调查抽样配额分配表

学段 区县	小学五年级 (40%)	初中二年级 (35%)	高中二年级 (25%)	总计
功能核心区 (17%)	272	238	170	680
功能拓展区 (40%)	640	560	400	1600
城市发展新区 (30%)	480	420	300	1200
生态涵养区 (13%)	208	182	130	520
总计	1600	1400	1000	4000

1.3 调查实施

调查按照配额分配的110%向四个类别的10个区县发放问卷4 400份,回收问卷4 250份,回收率为96.6%;在回收的4 250份问卷中,有效问卷4 022份,有效问卷率为94.6%。

有效问卷所包含样本的区县和学段分布如下(见表4)。

区县	学段	小学五年级(40%)	初中二年级(35%)	高中二年级(25%)	总计
功能核心区	配额数	272 (17%)	238 (17%)	170 (17%)	680 (17%)
	样本数	283 (17.7%)	245 (17.3%)	170 (16.9%)	698 (17.2%)
功能拓展区	配额数	640 (40%)	560 (40%)	400 (40%)	1 600 (40%)
	样本数	652 (40.8%)	574 (40.4%)	409 (40.8%)	1 635 (40.7%)
城市发展新区	配额数	480 (30%)	420 (30%)	300 (30%)	1 200 (30%)
	样本数	493 (30.8%)	423 (29.8%)	287 (28.6%)	1 203 (29.9%)
生态涵养区	配额数	208 (13%)	182 (13%)	130 (13%)	520 (13%)
	样本数	171 (10.7%)	178 (12.5%)	137 (13.7%)	486 (12.1%)
总计	配额数	1 600 (40%)	1 400 (35%)	1 000 (25%)	4 000
	样本数	1 599 (40.1%)	1 420 (35.6%)	1 003 (24.3%)	4 022

由表4中的数据可以看出,在有效问卷中,各区组的样本数与配额数基本一致,在样本总数中所占比例也与配额比例接近,因此,所获得的样本可以代表北京市三个学段学生总体。

2 结果与分析

利用所编制的调查工具,可得到北京市中小学生的基本信息、学习科学的途径、科学素养水平等数据。考虑到中小学生处于身心快速发展阶段,开展科学素养测评的目的不是判定学生是否达到某个预先设定的具备科学素养的标准,而是了解学生实际达到的科学素养水平,进而通过分析科学素养水平与各种直接因素和间接因素的关系,探索青少年科学素养的形成机理。

2.1 北京市中小学生的科学素养水平状况

由图1可以看出,学生科学素养的平均分为55.01分,标准差为12.44;分数分布的偏度为-0.03,峰度为-0.515,基本接近正态分布。

从国内和国际各项科技竞赛成绩来看,北京中小学生的科学素养无论是在国内,还是在

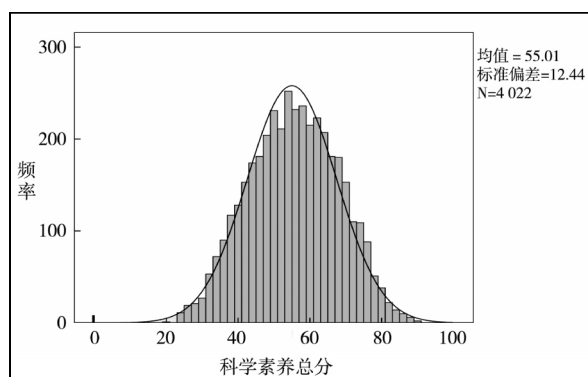


图1 北京中小学生学习科学素养得分分布情况

国际上,都处于领先水平;而从本次调查的数据来看,北京中小学生的科学素养平均得分只有55分,显然是一个不高的分数。对于这一结果,可以做如下说明:首先,本调查考查的是全体学生的科学素养水平,而科技竞赛则反映的是学生在教师和专家指导下开展科技实践活动的成绩,两者的内容有所不同;其次,数据分析表明,在各个学段中,参加一次以上科技竞赛的学生的科学素养得分显著高于没有参加各类竞赛的学生,说明学生参加科技实践活动的成绩与科学素养有密切的关系;第三,本套科学素养测评工具将用于大范围的常模参照评价,在总体难度上需要控制在0.5~0.6之间。

根据科学素养的“九要素模型”,将学生科学素养各要素的实际得分及得分率列表如下(见表5)。

表5 北京中小学生学习科学素养九要素的实际得分与得分率

	理解	表达/应用	感悟	小计
科学知识	20.14 (0.65)	1.97 (0.25)	7.01 (0.88)	29.12 (0.62)
科学过程	3.50 (0.44)	5.94 (0.49)	7.22 (0.72)	16.66 (0.56)
科技成果	2.80 (0.35)	1.44 (0.21)	4.99 (0.50)	9.23 (0.40)
小计	26.44 (0.58)	9.35 (0.35)	19.22 (0.69)	55.00

注:表中括号为各要素的得分率。根据得分率的数值,可以判断学生在科学素养各要素上达到的水平。

从表5中的数据可以得出以下判断:

(1) 在9个科学素养要素中,得分率处在后两位的是“利用科技成果解决实际问题”

(0.21)和“表达与运用科学知识”(0.25);得分率处在前两位的是“对科学知识的态度”(0.88)和“对科学方法的态度”(0.72)。

(2)在基于“科学”的科学素养指数中,基于科学知识的科学素养得分率最高(0.62),基于科学过程科学素养得分率其次(0.56),基于科技成果科学素养得分率最低(0.40)。

(3)在基于“素养”的科学素养指数中,文化科学素养的得分率最高(0.69),基础科学素养的得分率其次(0.58),实用科学素养的得分率最低(0.35)。

2.2 各种因素与科学素养水平的关系

根据“九要素模型”,可以从基础素养、实用素养、文化素养三个方面,系统地描述中小学生科学素养的水平。下面,分别从群体因素、个体因素、环境因素等方面,对总体科学素养、基础科学素养、实用科学素养、文化科学素养的影响进行具体分析。

2.2.1 群体因素对学生科学素养的影响

在本调查中,考察了学段、区县等群体因素对学生科学素养的影响。分析如下。

A. 不同学段学生的科学素养水平比较

(1)在总体科学素养方面,初中二年级学生的科学素养明显低于小学五年级学生和高中二年级学生;

(2)在基础科学素养方面,三个学段学生的得分差异显著,其中初中二年级学生较低;

(3)在实用科学素养方面,小学五年级学生的得分显著高于其他两个学段的学生($F=43.043$, $p=0.00$);

(4)在文化科学素养方面,小学五年级学生的得分和初中二年级学生的得分差异显著,初中二年级学生和高中二年级学生之间的差异不显著。

B. 不同类别区县学生的科学素养水平比较

(1)在总体科学素养方面,不同类别区县学生的得分差异显著,其中,核心功能区学生的科学素养明显高于其他类别区县的学生,城市发展新区学生的得分明显低于其他区县的学生;

(2)在基础科学素养方面,核心功能区学生的得分明显高于其他类别区县的学生,城市发展新区学生的得分明显低于其他区县的学生;

(3)在实用科学素养方面,生态涵养区学生的得分显著高于其他区县的学生,城市发展新区学生的得分明显低于其他区县的学生;

(4)在文化科学素养方面,城市发展新区学生的得分明显低于生态涵养区和核心功能区。

2.2.2 个体因素对学生科学素养的影响

在本调查中,考察了对学科的兴趣、文理科倾向等个体因素对学生科学素养的影响。分析如下。

A. 喜欢不同科目的学生的科学素养水平比较

(1)在总体科学素养方面,喜欢科学类学科的学生得分显著高于喜欢非科学类学科的学生($t=-4.316$, $p=0.00$);

(2)在基础科学素养方面,喜欢科学类学科的学生得分显著高于喜欢非科学类学科的学生($t=-5.115$, $p=0.00$);

(3)在实用科学素养方面,两类学生之间的差异不显著($t=-1.443$, $p=0.149$);

(4)在文化科学素养方面,喜欢科学类学科的学生得分略高于喜欢非科学类学科的学生,且差异显著($t=-3.118$, $p=0.002$)。

B. 文科和理科学生的科学素养水平比较

(1)在总体科学素养方面,文科学生和理科学生得分之间没有显著差异($t=-0.744$, $p=0.457$);

(2)在基础科学素养方面,文科学生和理科学生得分之间没有显著差异($t=-1.063$, $p=0.288$);

(3)在实用科学素养方面,文科学生和理科学生得分之间没有显著差异($t=-0.550$, $p=0.583$);

(4)在文化科学素养方面,文科学生和理科学生得分之间没有显著差异($t=-0.313$, $p=0.754$)。

2.2.3 环境因素对学习科学素养的影响

在本调查中,考察了学生的父母特征、家庭经济条件等环境因素对学生科学素养水平的

影响。分析如下。

A. 父母特征对学生科学素养水平的比较

本调查分别从父母学历、父母职业两个角度考察父母特征。下面,分别以父亲学历和职业为例,分析父母特征对学生科学素养水平的影响。

(1) 在总体科学素养方面,父亲学历为中专及以下的学生之间得分差异不显著,父亲学历为本科及以上学历的学生之间得分差异显著;

(2) 在基础科学素养方面,父亲学历为中专及以下的学生之间得分差异不显著,父亲学历为本科及以上学历的学生之间得分差异显著;

(3) 在实用科学素养方面,父亲学历为硕士及以上的学生得分明显高于其他学生,且差异显著;

(4) 在文化科学素养方面,父亲学历不同的学生差异不显著。

B. 家庭经济状况对学生学习科学的条件比较

本调查分别从住房情况、拥有车辆情况两个角度考察家庭经济条件。

(1) 在总体科学素养方面,家里租房住的学生得分明显低于有1套房和2套房的学生,与有3套房以上学生的得分没有显著差异;

(2) 在基础科学素养方面,家里租房住的学生得分明显低于其他学生;

(3) 在实用科学素养方面,住房条件不同的学生得分差异不显著;

(4) 在文化科学素养方面,住房条件不同的学生得分差异不显著。

2.3 对青少年科学素养的形成机理分析

根据本调查获得的各类背景因素的变量,可以绘制出以下中小学生学习科学素养影响因素的路径模型(见图2)。该路径模型阐释了群体因素、个体因素、环境因素、教育和学习方式等变量是如何被排列到与青少年科学素养增长相联系的关系中。在这一模型中,从左至右表示出变量之间的因果关系或影响;每一条路径代表了两种变量之间显著的统计学相关,关系的方向通过箭头表现出来。

在图2的路径模型中,共包含8个复回归

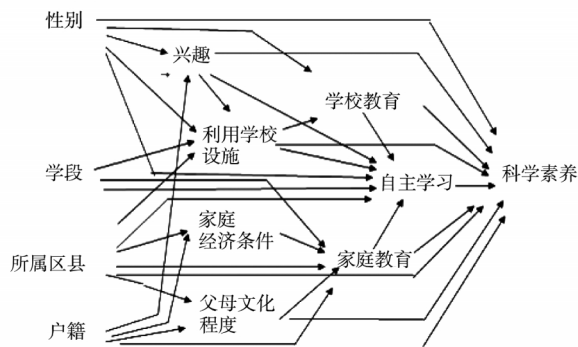


图2 中小学生学习科学素养影响因素路径模型图

分析模型,分别是:针对兴趣的模型、针对设施利用情况的模型、针对家庭经济条件的模型、针对父母文化程度的模型、针对学校教育的模型、针对家庭教育的模型、针对自主学习的模型、针对科学素养的模型。

通过对8个模型进行逐个分析,保留对效标变量影响达到显著水平的预测变量,删除影响水平不显著的变量及相关路径,重新计算新模型图的路径系数,得到以下预测中小学生学习科学素养路径模型图(见图3)。

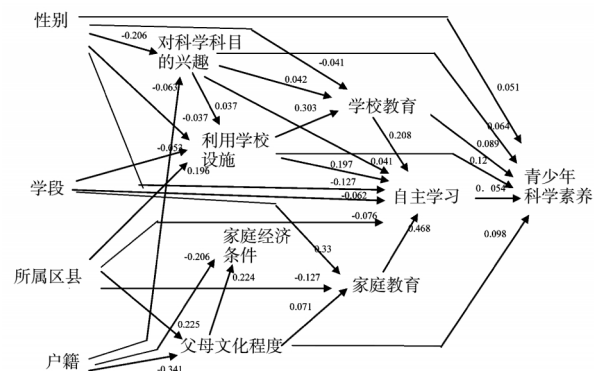


图3 预测中小学生学习科学素养影响因素路径模型

以上路径模型图既考虑了群体因素、个体因素、环境因素、教育和学习方式对青少年科学素养的影响,也展示了不同要素之间的影响关系。在路径模型中,根据箭头方向可以分析各变量对中小学生学习科学素养的影响,其中包括直接影响效果和间接影响效果。在直接效果中如果路径系数达到显著,则表示两个变量间有直接因果关系存在;在间接效果中,如果路径系数达到显著,表示两个变量间存在间接因果关系。

如图3所示,图中变量对中小学生学习科学素

养的影响可分为三类:(1) 学生自主学习对小学生科学素养水平为直接影响,因为两者之间的箭头没有通过中介变量的影响;(2) 学校教育、性别、对科学科目的兴趣、学校设施的利用、父母文化程度等预测变量对小学生科学素养的影响既包含直接影响,也包含间接影响;(3) 家庭教育、学段、所属区县、户籍对小学生科学素养的影响为间接影响,即通过其他中介变量影响科学素养水平。

3 结论与建议

本次调查以自主编制的影响因素调查问卷和科学素养测评工具,考察北京市中小学生的科学素养水平和影响因素。从测试数据来看,本套问卷和测评工具能够系统地反映小学生科学素养的影响因素,而且能够全面地揭示小学生科学素养的总体水平和各构成要素的水平。具体说,以下结果对改进北京市小学生科技教育工作具有一定的启示。

(1) 北京市中小学生的科学素养各要素的得分不均衡,其中,“对科学知识的态度”、“对科学方法的态度”、“理解科学知识”等方面的得分率较高,而“解决实际问题”、“表达与运用科技知识”的得分率则较低。

(2) 在群体因素中,性别差异不显著,户籍差异显著。

(3) 在个体因素中,喜欢科学类学科的学生在科学素养得分上显著高于喜欢非科学类学科的学生,说明对科学的兴趣与科学素养密切相关。

(4) 在环境因素中,不同区县的学生之间、家庭经济状况不同的学生之间存在显著差异。

通过对北京市小学生科学素养调查结果统计分析,针对北京市小学生科技教育和科学素养工作存在的薄弱环节,提出以下对策建议。

(1) 加大资金投入,改善科技教育的设施条件。北京作为首善之区,应当从经济社会发展实际和建设世界城市目标出发,按照城乡一体、均衡发展的原则,科学规划教育发展蓝图,其中基础教育阶段的科技教育设施建设要给予充分重视,为全面提高科技教育水平和青

少年科学素养创造良好条件。

(2) 加强教育培训,提高科技教师的专业水平。教育行政部门研究设立科技教师序列和解决科技教师职称评定问题,并重视对科技教师的系统培训工作。相关机构应研究针对科技教师的考核标准,编制培训大纲和教材,有计划、分层级开展培训工作。科协等单位在开展青少年科技竞赛活动中进一步加强对优秀科技教师评选表彰工作。

(3) 集成社会力量,优化中小学生的教育环境。政府应按照国家有关标准加强科技馆规划建设。科技馆等科普场所要针对青少年的学习特点,增强展品的互动性和活动的趣味性,配合学校教学增加相适应的展教设施,丰富科技教育的形式。企业和教育科研结构要采取多种形式服务青少年科技教育。

(4) 重视实践教育,扩大后备科技人才的培养规模。要更加广泛动员大学和科研机构向小学生开放实验室,有计划地组织科研人员参与青少年科技人才培养工作。为有效解决覆盖面问题,建议分级开展青少年进实验室活动,在扩大市级每年招收学员数量的同时,各区县也要开展本地区的青少年科技人才培养工作。

(5) 深化理论研究,开展青少年科学素养的监测评估。各中小学应从教学实践出发重视探索科技教育的规律,定期开展学生科学素养调查,查找教育教学中的薄弱环节,充分利用社会资源加强实践教学的力度,以全面持续提升学生的科学素养水平。

参考文献

- [1] 黄国雄. 中学生科学素养调查报告[J]. 株洲工学院学报, 2004, 18(6): 119-122.
- [2] 秦浩正, 源伟. 上海青少年科学素养调查报告[J]. 教育发展研究, 2008(24): 1-351.
- [3] 冯明, 蔡其勇, 付国经. 小学生科学素养调查与分析研究[J]. 重庆教育学院学报, 2004(6): 90-92.
- [4] 任福君. 《中国公民科学素质报告》(第二辑): 第八次中国公众科学素养调查[M]. 北京: 科学普及出版社, 2011.

(责任编辑 张南茜)