

*xiandai daxuesheng suzhi jiaoyu  
yu tuozhan ji pinggu biao zhun zhidao shouce*

# 现代大学生

## 素质教育与拓展及评估标准 指导手册

◎ 本书编委会 编

中国教育出版社

# 现代大学生素质教育与拓展 及评估标准指导手册

范玉梅 主编

第  
二  
卷

江苏工业学院图书馆  
藏书章

中国教育出版社

## 第六章 大学生科学素质教育与培养

### 第一节 科学素质概述

人类及其生存的环境经过了无数次的、漫长的进化才有今天的成果。宇宙进化、生物进化、社会进化、科技进步、文化发展等把我们带到物质丰富、社会进步、科技昌明、文化多元的高级社会形态,同时又面临人口爆炸、环境污染、资源短缺等全球性的时代问题。20世纪人类取得了前所未有的成就,也使人类居住的环境产生了太多的问题。在人类进入21世纪的时候,也许,成果我们继续享受着,灾难也会尾随而至。因为,上个世纪产生和存在的问题不会自行消失,不会自行解决,而是随着时间保留了下来。这个世纪人类面临的问题更复杂、任务将更加艰巨。

伴随21世纪的到来,展现在人们面前的是:先进与落后、文明与野蛮、科学与愚昧、物质主义与人文精神等全球冲突和人口膨胀、资源缺乏和环境污染等这些“全球性问题”。与此相应的现实的画面是:富裕与贫穷、人口增长与资源匮乏、科技进步与环境破坏;恐怖主义、精神麻醉等种种反人类、反社会行为。这既是冲突的表现,也是冲突的结果。而且,“我们时代的问题正在深化和积累,越来越难以忽视”。我们再次来到了历史的十字路口。我们既可能与这些生态灾难擦肩而过,也可能与这些灾难迎头相撞,是福是祸,祸大祸小,关键看我们怎样选择。

教育的差距,知识的差距,科学素养的差距,文化的差异,既是一切差距产生的原因,也是差距存在的结果。为地球的未来,为子孙后代的幸福,也为我们自己,我们必须慎重作出选择。而要作出正确选择,并真正实现这种选择,改变现状,就需要不断提高公众的科学素养,让公众正确理解科技与社会环境的关系。提高公众科学素养的途径是科普和教育,科普和教育可以改变公众的思维方式,提高大众的素质,把科学交给大众,让人类作出正确的选择。

#### 一、科学素养概念的由来和发展

在中国的历史传统中,通常把识字、知识和文化、道德作为衡量一个人素养高低的标准,把科学素养作为综合素养的重要组成内容是20世纪90年代以后的事。近来,科学素养越来越时髦,是使用频率较高的词汇之一。那么,什么是科学素养?

##### (一)科学素养概念的产生、发展和相关研究

在我国,科学素养一词是由英文 science literacy 翻译而来的。英语中, literacy 有两层不同的意思:一是指有学识,有文化,跟学者有关;另一个是指能够阅读、书写,针对一般公

众。科学素养一词开始时是被用作一个思想化的口号,没有一个完全特定的意义(李峻:《综合理科课程的开发和科学素养》。)因此,人们在讨论科学素养的定义时,并没有把 literacy 的两个差异极大的意思弄清楚,更不用说加以区分。结果很多学者虽然尝试过不同的努力,也没有能够给科学素养一个可以被科学家和科学教育工作者共同认可的定义。实际上,科学素养概念也是动态变化的,随着时代的发展会具有新的含义,因此,把科学素养概念固定下来的做法本身就值得商榷。真正科学地对待“科学素养”,应该把概念的变化过程告诉人们,让人们自己去总结、判断和得出结论。

20世纪50年代以后,科学技术的发展加速,知识、信息容量极度膨胀,人类社会进入“知识爆炸”、“信息爆炸”的年代,有专家认为“最近30年的科学技术的发展比以前所有年代的总和还要多,还要快”(袁正光:《当代科学知识简明读本》。)在这种情况下,包括科学素养在内的人的综合素质的高低就决定一个国家、民族的发展后劲和前途,于是许多国家把提高国民科学素养作为提高国民素质的重要途径,并对国民的科学素养进行调查、跟踪,以便对症下药。

最早对科学素养作出定义并进行度量的是美国,其代表人物是米勒。1957年,苏联第一颗人造卫星上天,使美国大为震惊。当年,美国国家科学作家协会就公众对科学的态度进行了一次调查。调查分析表明:公众普遍对科学持肯定态度,但基本科学知识低下。为此,政府拿出了数十亿美元投入到学校的科学教育。15年后,即1972年,国家科学理事会开始两年一度的《科工指标》社会调查,以检查先期投入的效果,结果发现公众科学水平并无大的改进,由此引发了学术界对公众科学素养的讨论。(石顺科《英美科技传播机制》)1980年代开始,在美国科学基金会的资助下,开始了每两年一次的公众科学素养调查和研究。进入90年代,美国的公众科学素养调查和研究转向公众理解科学方面。1989年开始,欧共体国家在英国学者杜兰特博士的带领下,开展了欧洲15个国家的公众科学素养调查,取得了重要的数据和研究结果。(李大光.《中国公众科学素养调查的目的和意义》)。

进入20世纪90年代以后,西方国家的学者认为,米勒体系存在很大缺陷,主要是不能动态反映和准确衡量不同群体的科学素养水平,美国在利用米勒体系进行调查以后,发现效果不好(连续10年素养指标没有多大变化),放弃了米勒对素养的定义和测量体系。目前,世界各国主要进行一些针对不同人群、更大规模的合作调查和研究,如“国际成人素养调查”、“劳动力素养调查”、“中小学生科技素养调查”、“信息时代的素养”等。对素养的定义也有很大的变化。比如,主要由OECD国家参加的国际成人素养调查(The International Adult Literacy Survey), (IALS)认为:“先前的许多研究总把素养当作成人或有或无的一种状态。IALS不再把素养用一种单一的标准,比如读的行为,未把那些完全不能通过测试的(不识字)人与那些在欧洲(OECD)国家成长的具有最小识字水平的人区别开来。而是把素养作为一个连续系统,表示成人是怎样很好利用信息在社会和经济中发挥其作用的。”因此,素养被定义为一种特殊的能力和行模式。他们把素养定义为(OECD.《信息时代的素养》):

素养指人们在日常活动、家庭、工作和社区中,为了达到一定目标,理解和运用印刷信息开发自己的知识和潜能的能力。

为了说明广义的信息处理的能力,这个定义的概念更倾向于发达工业化国家构成素养的复杂技能。素养技能的三个重要方面是:

1. 写作素养 理解和应用信息的知识和技能,这些信息来自包括社论、新闻故事、讲稿和小册子;

2. 文献素养 搜索和运用信息的知识和技能,这些信息包含在各种表格中,包括工作申请表、支付单、运输单、地图、表格和线图。

3. 数量素养 数学运算所需要的知识和技能,这些运算数字或者是孤立的,或者是相关的(印刷)材料中的数字,如:平衡支票簿、算出税率或费率、填写订单或计算出为购买广告产品而贷款的利息数量。

从发展趋势来看,西方国家研究的重点开始向现代科学技术对人类的影响和公众对这些现代技术的认识方面转化。比如,信息技术和生物技术对人类的生活和工作产生了重大的影响。转基因食品的出现和克隆动物技术的出现,对人的伦理和对科学技术的看法产生了重大的影响。公众的这些认识影响了对科学技术研究的支持程度,同时也影响了社会的发展进步。及时了解和调查公众对现代技术的看法是公众科学素养调查的重要内容。美国和欧共体国家于1998年先后做了公众对遗传技术对人类影响的调查。亚洲和其他发展中国家也越来越重视本国公众的科学素养的研究。日本采用了米勒思想体系和指标体系不定期地进行调查并参与了国际比较。印度针对本国的特点和文化特点进行了不定期的适合本国国情的科学素养调查(李大光,同上)。

在我国,中国科普研究所于1992年开始,利用米勒体系对全国的科学素养进行了连续的调查,在前三次调查中(1992~1996年),结果显示中国公众的科学素养为0.2%或0.3%,连续6年没有显著变化,自1996年该项调查曾经停止,直到2000年,又恢复了对公众科学素养的调查,但这次调查对原来的指标进行了修改,虽然结果有了显著变化,但可比性却值得研究。目前,中国科普研究所会同国内外专家,仍在继续修改和完善科学素养指标体系。该研究所于2000年建立了公众科学素养观测网,使得对公众科学素养的测度和研究进入系统管理的程序。

## (二)科学素养的内涵

### 1. 学术界的争论

对于科学素养的内涵,世界各国学者一直存在较大的争议,因此,也一直没有形成一个统一的认识。这主要是因为,讨论科学素养不能离开各国社会经济和科技发展的实际情况,在一个大多数人为饥饿所困扰的国度,把认识DNA和克隆以及转基因技术作为科学素养的指标又有多大意义?而对于用占世界7%的耕地养活占世界22%的人口这样一个农业大国,非说“广大农民的科学素养可以忽略不计”显然也是根牵强的。此外,在软科学、软技术的作用日益增加,国民经济、社会发展呈现软化趋势的今天,把社会科学的素养排斥在科学素养的指标之外,也与发展的现实极度不合。因此,我们不能硬搬别人的理论和经验来套我们的研究,我们研究的目的也不是为了要与别国进行比较,而是要寻找解决问题的途径。因为差距的存在是不争的事实,用不着定量的准确解释和说明。更重要的是如何提高科学素养,结合自己的国情进行各方面的努力。这也是编写本书的目的。

根据中国科普研究所的有关研究,目前国际上对科学素养的理解具有以下几种代表

性的观点:

国际成人素养方法研究所(International Institute for Adult literacy Methods)的学者认为,科学素养的主要内容包括探索精神、对科学术语和概念的基本了解;国际学生科学素养测试大纲(Program for International Students Assessment, PISA)中提出,科学素养的测试应该由三个方面组成:科学基本观念、科学实践过程、科学场景;在测试范围上由科学知识、科学研究的过程和科学对社会的作用三个方面组成;而美国学者米勒认为,公众科学素养由相互关联的三部分组成,即:科学知识、科学方法和科学对社会的作用;具体说就是,具有足够的可以阅读报刊上各种不同科学观点的词汇量和理解科学技术术语的能力,理解科学探究过程的能力,关于科学技术对人类生活和工作所产生的影响的认知能力;欧盟国家科学素养调查的领导人杜兰特认为,科学素养由三部分组成:理解基本科学观点、理解科学方法、理解科学研究机构的功能。在我国,中国科普研究所的学者认为,科学素养由三部分组成:科学知识(概念和术语)、科学方法、科学技术与社会。

总的看来,世界各国学者在科学素养的讨论中都涉及四个部分:科学术语和科学基本观念、科学探究的过程、科学对个人和社会的影响、科学学术研究的组织功能。但是,这些争论和理解用于解释科学素养都有一定的理论见解,但如果用于实践,比如提高公众的科学素养水平,则有点太学术化了。因此,用于提高科学素养的教育都存在一定的缺陷。

## 2.《科学》课程中的科学素养

在我国,传统的教育体系是把文理科分开的。传统教育的目标是:以科学家为中心的理科教学,把学生作为脱离日常生活的新一代科学家来培养。理科教学所要实现的科学素养,注重“概念性的知识”、“科学的本质”和“科学的伦理”,脱离“科学与人文”、“科学与社会”的关系,把科学素养的内涵理解为着重于科学知识的掌握。而文科的学生不必要了解现代自然科学的发展前景,对科学技术所带来的影响不闻不问,培养的目标是能写文章,是秘书型的。这种文理分割的教育体制所培养出来的学生,往往是重单科、轻综合,有知识、没有素养,有理论、没有实践。这样的学生一旦走进社会,就是社会能力很差。学文科的不知怎样接电线、安灯泡,学理科的则不知怎样写文书,甚至不会写信,等等。进入21世纪后,科技对社会生活的影响将愈来愈大,人们对科学素养的要求也越来越迫切,对于其内涵的理解也有了变化和发展。比如,1996年,美国一批学者根据1946~1964年间的文献调查,论述了“科学扫盲”的内容,揭示了科学素养的六个范畴。这就是:

(1)概念性知识 构成科学的主要概念、概念体系或观念。

(2)科学方法 科学研究的方法论。

(3)科学精神 科学所具有的价值标准,亦即科学研究中科学家们的行为规范,也称为科学态度或科学精神。

(4)科学与人文 科学与哲学、文学、艺术、宗教等文化要素的关系。

(5)科学与社会 科学与政治、经济、产业等社会诸侧面的关系。

(6)科学与技术 科学与技术之间的关系及差异。

总之,从20世纪60年代开始,“科学与社会”、“科学与技术”、“科学与人文”、“技术与社会”已扩充为科学素养的内涵,与50年代相比较,有着很明显的变化,这主要是科学技术对社会的影响愈来愈大。在理论界,西方兴起了一门新的学科,科学技术与社会,即

STS,是英文的第一个字母的组合。进入80年代,从美国国家科学教师协会(NSTA)发表的“科学、技术、社会新尝试”可以看出,科学素养对于一个人是否可以在社区里发挥功能是很重要的。进入90年代,在科学技术与其他领域相互关系方面,在原来的“科学、技术、社会”的基础上,内容进一步扩展到“科学、技术、社会与生态”、科学技术与生物圈等等。这是公众理解科学的重要方面,是现代公民科学素养的重要组成部分。

我国专家对科学素养的内涵也进行过探讨,有专家认为,可把科学素养分成四个方面来阐述:一是科学知识、技能和科学方法,二是科学能力,三是科学观,四是科学品质;还有专家把科学素养的结构划分为知识结构、智力结构和非智力结构来论述。

无论科学素养的概念如何变化,科学素养教育已经成为当代大学生提高综合素养不可或缺的重要方面和途径,它不仅关系到个人对科学技术与社会关系的理解,而且关系到科学技术对人类、对地球未来的影响。因此,科学技术的发展不仅要求广大公众的理解,更要求广大公众的参与,包括决定科学技术的发展方向,使它向着有利于人类可持续发展的方向进行研究和发

### (三)建立符合时代要求的科学素养标准

#### 1. 对科学素养的定义和度量应考虑本国国情

综合考察我国学者对科学素养的研究,对照国际上的研究情况,我认为研究和测定科学素养的目的是为了找到历史坐标和差距,为制订科技政策服务,为提高科学素养水平服务,因此,应该考虑到本国的国情,这样才能是科学素养的研究,既能起到寻找差距的作用,又能起到鼓舞人心的作用。就我国的具体情况来看,我认为最大的国情是,我国有广大的农业人口,广袤的农村地区,悠久的农业耕作技术,是一个农业大国。在这么一个农业大国里,对农民的科学素养调查就成为非常重要的事情。因此,无论是下定义、制定标准,都应该考虑国情这一前提和基础。

#### 2. 科学素养的度量要适应国际科技发展趋势和潮流

大家知道,当今世界,科学技术的发展日新月异,如果只是用掌握的知识来衡量一个人的科学素养水平,那么,今天还具有科学素养的人,很可能明天就不具备科学素养了。这样就会使结论很草率、很滑稽。同样,在不同的时代,是否具备科学素养的标准也是不同的,在工业化时代,可能以人们掌握的知识、技能为主要衡量标准,在电子化、自动化时代,仅有这个标准已经远远不够了,而在当今的信息化时代,在科技经济全球化时代,素养的标准离不开对于信息技术和概念的理解、运用。另外,在科技飞速发展、经济全球化和知识、信息爆炸的年代,掌握科学的思维方法、具备科学精神和对待事物的科学态度,往往比仅仅掌握一的科学技术知识要重要的多,而过去那种衡量一个人掌握的知识来决定升学、工作的考核标准,显然已经过时。在现代教育中,培养学生的科学素养,包括必要的科技知识、具备科学的态度、科学思想和科学精神,是十分重要的。目前,国家教育部已经召集有关专家编写中小学教育的《科学》课程,这是培养学生综合素质,提高学生科学素养的重要举措。作为当代大学生,更应该适应时代的潮流,不仅要掌握一定的科技知识,而且要培养和树立自己的科学思想和精神,使自己成为具有科学素养的现代公民。

对国民尤其是对学生进行科学教育,是关系到一个国家民族竞争力的重要举措,世界各国领导人都看中这一点,美国、欧洲的一些国家都在教育体制上进行了重大的改革,增

加了科学教育的内容。美国更是从上个世纪的80年代就开始研究,其“2061计划”主要就是针对教育体制改革而动员全国比较优秀的科学家参与的一项重要研究。目前,该项研究已经取得了一系列成果。出版了《面向全体美国人的科学》、《科学素养的基准》《科学教育改革的蓝本》、《科学素养的导航图》、《科学素养的设计》、《科学素养的资源》等著作。“2061计划”在美国和西方国家的未来发展战略中具有重要的地位,而且在全世界产生了极大的反响。该计划主要是针对美国下一代所提出的教育改革计划。提出了未来儿童和青少年教育的基本框架,主要内容包括科学、数学和技术领域的知识、思想,这些内容是应付未来科学技术变革所必须具备的,是21世纪科技竞争力和国家竞争力的源泉。由于这些计划启动的1985年是哈雷彗星临近地球的时候,而改革的目的又是为了美国的少年儿童,也就是下个世纪的主人来设计和服务的,目标是到哈雷彗星下次“光顾”地球时,国民能够适应那时的科学技术和社会生活的急剧变化,由于哈雷彗星下次光顾地球的时间是2061年,故把该项计划取名“2061计划”。由此可见,不管美国现在衡量科学素养的标准是什么,他们已经站在科学技术发展的最前沿,放眼未来进行科学素养的培养,进行科学教育。

可见,在科学技术高速发展的今天,科学素养的度量不仅要适合国际科技经济发展的需要,而且要具有未来思想,针对未来需要来进行科学教育,培养科学素养。

### 3. 科学素养应该包括软科学素养

这也是国际科技发展的趋势。在国际经济社会发展过程中,科学技术的作用起着越来越重要的作用,科技进步对国民经济发展的贡献率在发达国家已经达到80%以上。但是,社会经济发展的事实也说明,科学技术再先进、再高明,也是由人来掌握来运用的,而如何运用这些科学技术为社会经济发展服务,不是(自然)科学技术本身的事,需要具有统筹、规划、调节、组织、预测等功能的软科学技术来实施。随着硬科学技术(自然科学、硬技术)在社会经济发展过程中所起的作用的增加,就越需要广大公众来决定其使用方向。一方面可以更有效地发挥科技的作用,另一方面是避免技术错用所带来的负面影响。在过去较长时间内,我国学术界有一种偏颇的思想,总把社会科学等软科学、软技术当作万金油,只是到处抹抹,并不认为那是一门“科学”,在谈到科普的时候,也不把社会科学包括在内。但无数教训告诉我们,许多决策失误、许多重大的事故、许多灾难,正是缺乏科学的管理、组织、统筹造成的。对未来的把握、对科技发展的战略取舍等也离不开哲学社会科学的运用,因此,科学素养不仅只是针对自然科学和硬技术而言,更应该包括社会科学和相关的软技术。

## 二、科学素养的特征和结构

### (一)科学素养的结构特征

科学素养是科学素质的重要组成部分。《现代汉语词典》对素养的解释是“平日的修养,如艺术素养”,可见科学素养即属于“如艺术素养”之类;对素质的解释是:①指事物的本来性质;②素养;③心理学上指人的神经系统和感觉器官上的先天的特点。由此可见,素质包括先天和后天两个方面的因素,而素养则主要指后天培养的。这样说,并非说明后天不能培养一个人的科学素质,而只是相对于科学素养,科学素质具有先天的成分或因

素。由此也可以认为,具有科学素质的人,具备了科学素养的重要条件。但具有科学素质,如果不认真学习,也不一定就具有科学素养;因此,科学素养是人人都可能培养的,但科学素质并非人人具有。有科学素质的人,很容易培养科学素养,但不具备科学素质的人,同样可以具有科学素养。这跟前面曾经提到过的,科学家不一定具备科学素养一样,科学家肯定具备科学素质。而且,科学素养的提高可以提高科学素质,因为科学素养是科学素质的重要方面,两者又是相互促进,共同提高的。一个科学家,如果加强自身的修养,提高自身的素养,则有利于提高自身素质,因而就会有更远大的目标和更大的成就。

### 1. 科学素养的基本特征

从科学素养的概念及相关研究,可以概括出科学素养如下一些特征。

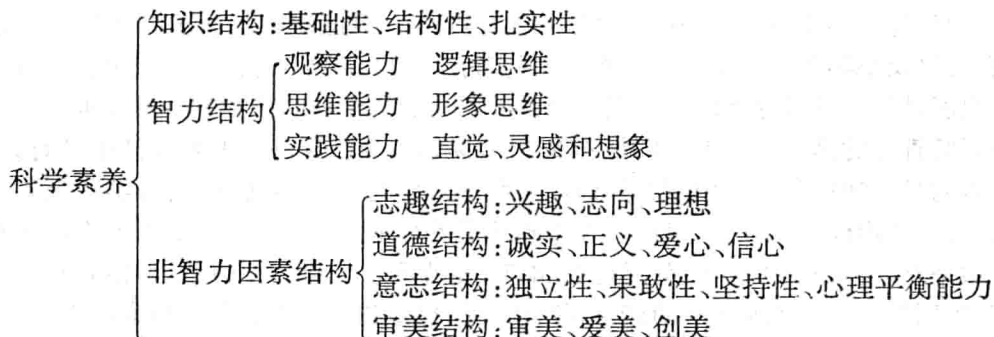
①科学素养是后天培养的,早期形成的科学素养,是对一个人终身起作用的持久因素;②科学素养一经形成,可以不断发展、完善和健全,但难以根本改变,是一种稳定的因素;③科学素养是一个由若干子系统组成的综合性的、整体性的复杂系统;④科学素养有很强的共性,但体现在每一个人身上又有鲜明的个性。科学素养的共性寓于每个人的个性之中;⑤科学素养是在家庭、学校和社会的教育环境中逐步形成的。科学素养的形成是一个潜移默化的无形过程;⑥提高全民科学素养有利于先进文化的发展和全民道德素质的提高。

总之,科学素养是可以通过学习、培训、科普教育等手段来培养、提高的、不断发展的。对于一个人来说,科学素养是最基本又是终身起作用的科学素质和心理品质,是一个人的的人生观、价值观和思想品质、道德修养的重要方面。

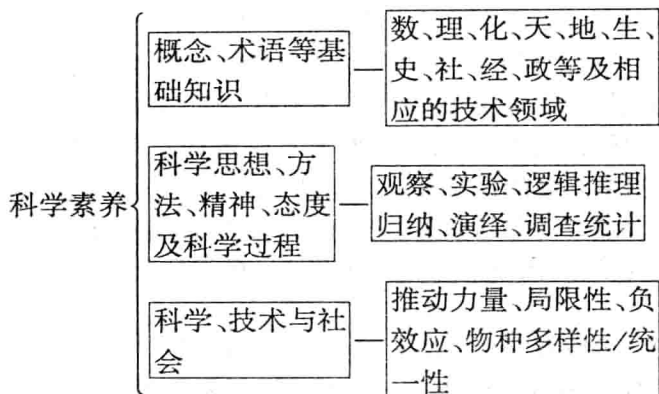
### 2. 科学素养的结构

科学素养具有结构性。科学素养包括智力因素和非智力因素两个方面,内容上由对科技知识、术语、概念的理解,对科学方法、思想、精神的理解和对科学、技术与社会之间关系的理解三个方面所组成。

#### (1) 科学素养的认知结构



#### (2) 科学素养的内容及其结构



从科学素养的认知角度看,这三个层次互相依存、相互影响、相互渗透,形成一个综合性、整体性的素质结构。其中知识结构是整个素质结构的基础,智力结构是在知识结构的基础上形成,并反过来促进知识结构的进一步完善,智力结构是科学素养结构的主干。非智力因素结构是在知识结构、智力结构的形成过程中同时形成的,三者相互影响,互为完善。从科学素养的内容方面看,如果说知识、能力是科学素养中的基础因素,那么思想、方法、精神和态度则是科学素养的主干,而科学技术与社会则是科学素养在实际运用中的表现。

## (二)科学素养的智力因素结构

### 1. 科学素养的知识结构

知识结构是由结构合理的、扎实的基础知识所组成。体现为对科学概念、术语的理解和掌握。

(1)科学素养以掌握一定程度的知识为基础 如果把一个人所具有的知识分为基础知识和专业知识,那么基础知识则是具备科学素养的人所必须具备的知识。然而,需要多少基础知识才能算是有科学素养?科学素养需要什么样的基础知识呢?从我国的教育体制看,基础教育分小学、初中、高中三个阶段,共12年。我国现在的状况是在城市普及初中,在农村普及小学教育。从国际上看,美国实行K-12级教育,并为12级中各阶段所要达到的程度进行了科学界定(参见《面向全体美国人的科学》和《科学素养的基准》)。日本和美国同龄青年的高中入学率分别是94%和97%,日、美已经基本上普及高中教育,作为科学素养的基础知识是高中程度的知识。而我国规定普及9年义务教育,实际上真正达到的水平是,城市仅普及到初中程度,在农村则是小学程度。再从25岁以上人口平均受教育年限来看,日本是11.1年,美国是12.4年,而我国才5年。差距较大,但真正的差距还在于,美国等发达国家从上个世纪90年代开始,已经进行了全面的教育课程改革,在科学教育方面,立足21世纪科学技术发展的需要,来培养、教育青年;而我国的教育内容还没有转到“以素质教育为中心”的轨道上来。在现代社会,应该说,基础知识包括了高中以前的科学文化知识。

(2)作为科学素养的基础知识还必须具备合理的结构 作为科学素养的基础知识,不是单一的知识,而是由数学、自然科学、技术知识、社会科学、人文科学及哲学组成的一个基础知识和理论体系。我国目前的高中课程中,包括数、理、化、天、地、生;文、史、哲、政、

经、法。知识由概念、原理(定理、定律)和理论组成。这些知识内容全面、宽泛,结构完整,但免不了“宽而不深,多而不精”的弊端。

所谓扎实的基础知识,就是说不仅是记忆表达知识的符号,更重要的是理解和运用知识本身。教师在传授知识时,总是通过符号向学生交流的。仅仅记住符号就是我们平常说的死记硬背,并不等于理解知识。理解知识有两重含义:一是理解符号与符号所表示事物的联系,透过符号理解事物的本质和规律。一般说来,概念是表达事物的本质,而原理、定理、定律以及理论是表达事物(包括自然现象和社会现象)的规律和联系的。而这些概念、定理总是由文字符号或数学符号(数学公式)来表达的。所以我们要通过符号去理解它所表达的事物的本质和规律。仅仅记住符号而未能理解符号的意义是没有多大用处的。目前这种仅以考分来衡量学生的办法很容易造成只记住符号不懂意义的状况;二是理解知识内部的联系。正如丁肇中教授 1979 年在北京八中讲话时所说:“在物理、数学、化学、生物等领域里,认真地想一想每一个自然现象发生的原因,设法理解各种自然现象之间的内部联系。这样我们不但能掌握已知的科学成果,而且可能发现新的问题。”

综上所述,科学素养首先就是要具备一定的、结构合理的、扎实的基础知识,而且这种基础在头脑中形成一个初步的知识结构,这是科学素养的基础。

## 2. 科学素养的智力结构

关于人的智力、能力有各式各样的定义,比较一致的看法是:“智力是人的认识能力的总和”,而能力包括认识客观事物的能力和改造客观事物的能力,可见智力是属于认识的范畴,是人的各种能力的基础,是人的素质的重要组成部分。事实上,当一个人在认识世界的时候,总是伴随着对世界的改造。所以我们这里谈的智力,也往往包括了这方面的能力。但是,作为组成科学素养的智力或能力,应该是最基本、最基础的,它包括观察能力、思维能力和实践能力,其核心是思维能力。思维能力又包括抽象(逻辑)思维能力(又分为演绎思维和归纳思维)、形象思维能力(文学艺术)以及直觉、灵感和想象力。

(1)观察是认识世界的开始 科学始于好奇,发现始于观察。我国地质学家李四光曾说:“观察是得到一切知识的一个首要步骤。”狄罗德说:“我们有三种主要的方法:对自然的观察、思考和实验。观察收集事实;思考把它们组合起来;实验则证实组合的结果。”

观察能力是有一定目的的、有组织的知觉。观察分为直接观察和间接观察。直接观察是自己亲自观察,获得第一手材料;间接观察是利用别人观察的材料。这两种观察能力都是必须具备的,但作为人的素质,直接观察更是不可缺少。日本一至六年级规定做 180 个观察,200 多个实验。在小学一年级就开始设“理科”,课本中有关于动物、植物、光线、磁铁、岩石等的观察、模仿和游戏,让儿童通过直接体验,积累对自然现象的感性认识,培养学生对事物进行科学观察的习惯和能力。

孩子们不仅对自然现象进行观察,对社会现象也从小开始观察。日记、作文等则是孩子们观察社会现象并进行思维的结果。

培养学生的观察能力,包括培养他们观察的兴趣、观察的方法和技能。如通过对比、顺序以及用多种感觉器官参加活动的观察方法和细致、深入、全面的观察习惯等等。

## (2)思维能力是智力结构的核心

思维能力就是按照规律思考的能力。钱学森同志在《关于教育科学的基础理论》(《思

维科学》1987年1月)中把思维能力区分为个体思维和社会思维。个体思维又分为抽象思维、形象(直感)思维和灵感(顿悟)思维,还有直觉和想象。

一般说来,科学家主要用逻辑思维进行创造性活动,而文学艺术则主要用形象思维进行创造性活动,但是正如文学家也需要逻辑思维一样,科学家也需要形象思维。爱因斯坦对光速的思考、化学家对苯环结构的思考,以及分子生物学家对双螺旋结构的思考,都是借助形象思维而成功的。同样,文学家虽运用形象思维来表达他们的感受、情感,表现他们创作的主题,但他们对人和社会透彻、明晰的理解仍然需要抽象思维。

当然,无论是科学家还是文学家都需要灵感、直觉和想象。灵感是在知识积累和长期思维前提下的顿悟。直觉则是思维的“感觉”,具有无限的思维洞察力。直觉往往是正确判断和创造的开端。当然直觉的结果必须用实践去检验,用逻辑思维去论证。想象则是一种创造性的形象思维,是创造性活动必不可少的一种思维能力。

在基础教育中,数学尤其是平面几何,无疑是培养学生演绎思维的最好课程。欧几里得几何学创立于公元前300年左右,至今仍不失为中学的一门基础课程,其重要原因就在于它的智力价值。欧几里得几何学从几个公理出发,经过一系列的推论,建筑了欧几里得几何学的大厦,充分证明人类演绎思维深邃的认识能力。反过来,欧几里得几何学2000年来又成为人类训练自己演绎思维能力的有力工具。同样,17世纪、18世纪形成的物理学,是人类归纳思维方法的伟大成果,反过来中学的物理学又成为训练人类归纳思维的有力工具。也是同样的道理,优秀的文艺作品包括诗歌、小说、散文、戏剧等等,是人类形象思维的艺术结晶,同时又是人类一代又一代用以训练形象思维的有力工具。只要我们仔细分析,中小学的许多课程,几乎都分别是人类各种思维能力的结晶,同时又是培养学生各种思维能力的有力工具。

科学家和文学家们在发展、创造这些知识过程中所表现出卓越的思维能力(包括逻辑思维能力、形象思维能力、灵感、直觉和想象力),如果我们的教师能够在传授知识的过程中生动地揭示蕴藏其中的这些智力宝藏,那么对教育,对学生素质的培养是十分有利的。

(3)创造力是科学素养不可缺少的重要能力 创造能力是科学素养中最活跃、最积极的一种能力,它是科学素养在实践中的具体表现。对于青少年而言,从小培养科技创造能力是十分重要的,根据中国科普研究所翟立原的研究,青少年的创造力主要表现为:对脑科学知识的认知程度,对创造性思维的认知,对创造发明的态度,对创造力活动的参与程度,对创造成果保护的认识;影响青少年创造力活动的主要因素是家庭和学校(参阅翟立原,《中国青少年科技创造力培养》课题相关成果)。青少年的创造力最终表现为动手能力。针对我国目前教育情况,这几年科学家们批评最多的是忽视了对学生动手能力的培养。杨振宁曾在人民日报发表文章说:“要增强中国的社会生产力,需要的是很多会动手的人。我接触到很多第一流的物理学家,他们很能动脑筋,很会做实验,却不善于应付各种考试。如果光凭考试取人,这些人就可能被埋没。”杨振宁教授在接受《儿童时代》记者采访时还说:“不该说,读书努力就是好学生,应该说,有很强的动手能力和创造精神才是好学生。”我国原高能物理所所长张文裕甚至说:“现在的教育不重视对孩子动手能力的培养,实在不利于培养人才。如果说现在高考升学率是4%,那么我怀疑人才还在96%里边。”丁肇中教授在回答怎样成为优秀生时说:“有一条共同的要求,就是任何时候都不要

死读书,不要被分数牵着鼻子走,而要善于独立思考,勤于自己动手,使自己具备竞争的能力。”美国诺贝尔奖金获得者温伯格教授也说:“重要的不是无休止的听课,而是通过研究来学习”。一个优秀科学家必须具备许多重要的素质,单靠听课、作业、考试是不足以培养这些素质的。历史上许多有成就的科学家都是学生时期开始他们研究生涯的。爱因斯坦从16岁开始研究空间和时间的概念,费米在念中学时就喜欢自己动手,用一些简陋的设备去测定书上讲过的一些物理量。

动手能力是获得知识的必要手段,同时动手能力还是促进思维能力发展的必要手段,动手能力是创造能力不可缺少的重要因素。实践是检验知识是否正确的必要途径,随着时代的发展,动手能力的内涵也在发生变化。在信息时代,使用计算机的能力、网上探索的能力,显得尤其重要。创造力是人的各种能力的综合发展,人的素质正常发展,最终是为了发挥自己的创造能力。

综上所述,以观察能力、思维能力和实践能力为主干构成的智力结构,是人的素质的重要组成部分,是科学素养的直接表现,这是建立在一定基础知识之上的科学素养的主体结构。

### (三)科学素养的非智力因素结构

非智力因素结构是人的素养结构中的最高层次,是人的精神品质和气质的体现。它是志趣结构、道德结构、意志结构和审美结构所组成的统一体。非智力因素结构既是人的素质结构中的一个子系统,一个高层次的子系统,同时它本身又是一个复杂的综合系统。

#### 1. 志趣结构

志趣结构包括好奇心、兴趣、志向和理想。对于青少年来说,最重要的是强烈的科学兴趣。

美国科幻作家阿西莫夫说:“科学始于好奇。好奇心是人类精神最崇高的特性之一。因为它的最简单的定义是‘求知的欲望’。”

英国物理学家、诺贝尔奖获得者布莱克特更风趣地给科学下了个定义:“所谓科学,就是国家出钱,来满足科学家的好奇心。”虽然不无偏颇,但颇有新意,突出了好奇心在科研中的作用。好奇心是科学之母。

爱因斯坦从小就有着强烈的科学好奇心。5岁那年,他就为地上的一块指南针惊叹不已:“是什么力量使得指南针总是指向一个方向?”他要探寻自然的秘密。12岁,他又对平面几何发生强烈的兴趣。他惊奇人的思维有多么美妙,再复杂的图形,都可以通过若干公理和定理,把它们的关系弄得一清二楚。到了15岁那年,他便开始思索光的速度,他有着丰富的想象能力。他想,我们看到的万事万物,都是光线照射到物体后,再反射到我们的眼睛里,才能看见。于是他给自己提出这样一个问题:假如人的速度也和光一样,看到的世界是什么样子?又假如,人的速度比光速还快,世界又是什么样子?正是这种好奇、想象和高度的抽象思维,使爱因斯坦发现了相对论理论。

好奇心是青少年学习科学最原始,同时也是强有力的动力。好奇心又是产生兴趣的心理基础。从心理学的角度看,兴趣是一种积极探索某种事物的认识倾向。科学兴趣是科学家们倍加赞赏的一种心理品质。他们中的许多人都把兴趣看成自己成功的非常重要的因素。爱因斯坦说:“热爱是最好的老师”。达尔文说:“就我记得的我在学校时期的性

格来说,其中后来对我发生影响的,就是我有强烈的多样的兴趣,沉溺于自己感兴趣的东  
西,了解任何复杂的问题和事物。”

苏霍姆林斯基对兴趣更有精辟的论述:“所谓课上得有趣,就是说,学生带着一种高涨  
的、激动的情绪从事学习和思考,对面前展示的真理感到惊奇甚至震惊。学生在学习中,  
意识和感觉到自己的智慧力量,体验到创造的欢乐,为人的智慧和意志的伟大而感到骄  
傲。”

学习兴趣,不仅是学生在学习期间的最活跃的内在动力,学习成功的重要因素,而且  
学习兴趣的进一步发展将成为学生的志向以至成为学生终身为之奋斗的崇高理想。可以  
说,中小学教育如果能培养起学生学习的兴趣,是教育的最大成功,相反,教育如果没有引  
起学生对学习的兴趣,无论如何,是教育最大的失败。厌学是学生中的可怕因素,将来到  
社会,厌学更是可悲的社会现象。

稳定的兴趣逐渐发展为志向,志向是达到理想的途径。

可以说,兴趣-志向-理想,是人生成功的三步曲。

理想是远大、永恒、共有、理性的一种人生目标。理想是长远的,是一生甚至数代人为  
之奋斗的,理想是伟大的,是一个民族或一个团体或整个人类共同的目标。理想像一盏明  
灯,永恒地燃烧在心中,鼓舞着自己前进。同时理想也是一种理性的选择,是以一定的理  
论基础作依据的。理想,如康德的“大同世界”,马克思的“共产主义”,中华民族的“重新崛  
起”,等等。

志向是具体而稳定,长远但现实,个体而带有一定职业倾向的奋斗目标。是理性选择  
和情感驱使的结合。如,做一名医生,当一个科学家,成为优秀的企业家,等等。

兴趣是具体的、个性化、情绪化,但充满激情、活力、生气勃勃的一种认识倾向。如一  
个人喜欢组装收音机,采集标本,观察大自然,而且很入迷,这就是兴趣。

说兴趣、志向、理想是人生三步曲,指的是人的成长和成熟过程。与此同时,兴趣、志  
向、理想又同时存在于人生的全过程:心中有盏明灯,做人要有目标,做事充满兴趣,可以  
使人一生充实、幸福。

## 2. 道德结构

道德是一个人正确处理人与人、人与社会的关系的思想和行为准则。道德本身也是  
一个复杂的结构体系,如社会道德、职业道德、伦理道德等,而且对于社会上不同的职业,  
还有不同的职业道德。这里所说的科学素养的道德结构是指最基本的道德规范,也可以  
说是人的道德素质,是一种理性的行为标准之一。人有了这个最基本的道德素质,就可以  
进一步建立整个道德体系的大厦,相反如果缺少了这个基本道德素质,那么一切道德宏论  
都是空洞的,无源之水,无本之木。这个道德素质结构就是:诚实、爱心、正义,信心。这 8  
个字,是一切道德之源。所以称之为道德素质,而且这 8 个字对正在中小学念书的孩子,  
又是具体的、形象的,具有实实在在的可吸收性。

诚实,是道德素质的第一要素,做人的基本准则。诚实是实事求是的根基,而实事求  
是又是一切科学乃至一切工作的准则。从小没有诚实的素养,长大很难有实事求是的精  
神。相反,如果一个社会长期盛行不实事求是之风,那么学校的诚实教育将无力进行下  
去。

爱心,是道德素质的又一重要因素。爱心的形成是从具体到抽象的,遵循韦恩图规律。首先是爱父母、爱兄弟姐妹、爱友邻伙伴,然后是爱同学、爱老师,将来发展为爱同仁、爱人民、爱祖国、爱大自然,爱护公共财物、热爱生活,热爱社会。我们多年来忽视友爱的教育,尤其忽视爱心的培育,违背爱的教育的儿童心理特点。仅仅抽象的爱祖国、爱人民,往往是根本不懂得爱。我们的小学课本缺少爱爸爸妈妈的内容,我们的儿歌也缺乏这方面的内容,爱爸爸妈妈是爱的基础,爱的种子。苏霍姆林斯基在他的学校门口挂的标语是:“爱你的爸爸妈妈吧!”如果小时候不热爱爸爸妈妈,长大能爱祖国、爱人民吗?爱是具体的,对学生进行爱的教育要从具体到抽象。从孩子的身边,从培养爱心开始,再扩展到整个社会。

正义,是公正、正派、平等、公道。这是孩子从小就应该形成的一个非常重要的观念。事实上,许多调皮的孩子,都能接受正义这个概念,常常以打抱不平、主持公道、惩罚邪恶为荣,为高尚。正义是孩子崇高道德的又一颗优良种子。正义是人类自始至终追求的高尚品德,正义又是孩子从小就能接受的行为准则。孩子从小有正义感,懂得坚持正义是应有的品德,那么长大以后他会进一步弄清什么是正义,什么是非正义,到那时正义感将成为他良好品德的基础,成为坚持真理,修正错误,扶正驱邪,主持正义,主持公道的良好基础。相反,如果从小缺乏正义感,长大以后就很难有良好的道德,这是不言而喻的。

信心,是克服困难的一种不可缺少的精神力量。人的一生,无论是学习阶段,还是工作时期,都难免会遇到种种困难,所以信心、勇气是科学素养中必备的因素。美籍华人、诺贝尔奖获得者李远哲在台湾清华大学 80 周年同校友谈话时说,他在美国学到的主要是两条:自信心和平等待人。他说,在美国实验条件好,但不是主要的,“而是到了美国之后,看到不少科学家,学到不少东西,做过多次讨论,慢慢培养出不管任何事,只要想完成就可以做到的自信心,这是美国社会给我的。”“我在美国 30 年,学会很多事情,其中最重要的一点是人与人的平等相待,所以,我与学生讨论问题,也是完全平等。”

有信心才会产生勇气,而“勇气是一个人处于逆境中的光明”,“勇气是阶梯,其他品德皆循此梯而登。”

### 3. 意志结构

意志,是一个人能把握自己以达到预定目的的心理能力。一个人的意志结构包括独立性、果断性、坚韧性、自制性和自我平衡性。

意志结构是人格结构,也是人的整个素质结构中不可缺少的力量因素。是一个人事业成功必不可少的心理品质,在我国的教育中,意志教育也是一个薄弱环节。

独立性是意志力的重要特征,对于青少年的素质表现为鲜明的个性。一个人形成自己的独立性,也就懂得尊重别人的独立性,因此它蕴藏着自尊、尊人和民主意识的性格基础。

独立性教育,实质上是自尊和尊人的教育。尊重自己的独立性,同时也尊重别人的独立性,是现代民主意识、开放意识不可少的心理素质。

如果说独立性、果断性和坚韧性是意志结构中的动力系统,那么自制性则是意志结构中的制动系统。正如一部汽车一样,不仅要有高功率的马达、动力,而且必须有良好的刹车。人的意志系统也一样,除了有顽强前进动力,还必须有良好的自制能力,以适应周围

的环境,调整自己的行动,对任何不良的欲望和错误的行为能自觉地控制和克服。

在意志结构中,还有一个十分重要的因素,那就是心理平衡能力。人一生中,无论是学习阶段,还是走上工作岗位,顺利和困难,胜利的欢乐和失败的苦恼,赞扬与批评,好话与诽谤,总是少不了的。怎样在各种情况下都能经常保持自己的心理处于积极平衡的状态,这是心理健康的重要标志。对于具有科学素养的人来说,心理平衡能力表现为能够正确认识事物发展的曲折性,性格上表现为开朗、幽默。这包括两个方面:一方面是对情绪反映有一个正确的思想方法,把情绪看成是自己选择的结果,而不是他人或环境强加给自己的。相信自己在驾驭着自己的情感。例如,听到批评,你可以选择闻过则喜,而不是不快。遇到不公,你可以认为生活并不总是公正的,而处之泰然。总之,你可以选择、驾驭自己的情感。这种思想方法和能力是生活中必不可少的;另一方面是要学会减轻心理压力的技巧和能力,一旦已经产生心理压力,可以通过转移、代替、升华的方法减轻心里压力,使自己的心理迅速恢复平衡状态。心理自我平衡的能力是人的素质中极为重要的一部分,它是整个意志结构中的调节和平衡系统,使人经常处于良好的积极状态,使人的心理始终保持健康;而人的心理健康既是智力发展的必要条件,也是道德形成的重要基础,更是身体健康的重要因素。

#### 4. 审美结构

审美结构是在智力结构、意志结构和道德结构的基础上形成的更高层次的精神境界,同时反过来又促进智力结构、意志结构和道德结构向更高级的、更完善的形式发展,相互促进,相互渗透,形成良好、高尚的素质结构系统。

人的审美结构包括审美、爱美和创造美,主要表现为一个人对美,包括自然美、社会美、艺术美和科学美的美感和审美意识。表现为敏锐的审美感觉,丰富的审美想象,强烈的审美情感以及融化于审美情感之中的思维活动。美感和审美是一个愉快的心理活动,是一种高级的精神享受。一个人的心理建立起一个良好的审美结构,具备一定的审美情感和审美能力,那么他的精神生活、精神境界将达到更高级的程度,并使其他的心理素质在更高的境界下得到充分的发展和完善。

在中小学阶段的教育中,青少年学生应该受到自然美、社会美、艺术美和科学美四个方面的美育。培养对这四个方面的美感和审美意识。

自然美。江山如画,大自然以其特有的山、水、花、鸟,优美的造型,鲜艳的色彩,悦耳的音响,生机盎然的姿态给人以美的享受。青少年学生对自然美的感受可以丰富他们的生活,陶冶他们的情操,激发他们热爱大自然、热爱生活、热爱祖国的情感。教育应该充分利用节、假日以及野外活动的时间引导学生感受自然美,培养他们的审美意识。当然学校的环境、教室的美化更是潜移默化的美育。

社会美。主要表现在人性美、人情美,是通过人的行为和情感表现人的善良和勤劳。学生对社会现象美与丑的价值判断是学生审美结构的重要方面。“助人为乐”是美的,“整人为乐”是丑的价值判断;勤劳勇敢是美的,好吃懒做是丑的价值判断等。科学美主要表现为自然本身的规律美以及科学家以惊人的创造性揭示和表达自然规律所展示出来的理性美。自然界以它拥有的规律性给人以惊讶和美感,自然界有各式各样的圆,但都服从一个规律  $C = 2\pi R$ ,即圆周和直径的比例都是 3.1415……。这难道不令人惊讶吗?又如指南

针,一块小小的磁铁,它总是指向地球的北极,自然界背后竟有如此神奇的力量,难道不值得惊讶吗?人体是一个最复杂的肌体,可是却从一个小小的受精卵开始分裂,按照遗传信息密码分裂出头、手、脚、眼、耳、口、鼻,而且眼睛总是长在脸的上部,耳朵总是生在头的两边,眼、耳、口、鼻各就各位,世界上几十亿人,人类祖祖辈辈,无论哪个民族,哪个时代,均是如此,大千世界竟有如此“步调一致”的规律,岂不令人惊讶,岂不激起人的美感!规律就是美,正是大自然的这种规律吸引千千万万的科学家终身为之奋斗,为之探索。科学家们又在自己的探索中创造了关于自然规律的概念、原理和理论,竟然把自然的规律美揭示出来,表现出来,这岂不更美。这就是科学美,科学的理性美。你想,科学家们研究了自然界形形色色的圆,最后总结出圆的本质和规律: $C = 2\pi R$ ,世界上有哪一个圆有  $C = 2\pi R$  那样精确,那样巧妙,那样简洁!同样  $F = ma$  一个简洁的公式竟然把物体的质量与受力产生加速度的关系揭示出来,表现得干净利落。

科学以神奇的精神伟力,和谐的精美结构,严密的逻辑体系,以及崇高的真理价值,集真善美于一体。自然科学的教育如果能使学生对自然界的神奇规律和科学理论的神奇魅力产生一种强烈的好奇心、惊叹感和美感,那么他们将把学习当成一种美好的享受而不是负担。而且他们将终身怀着对科学美的美好情感去追求科学、献身科学,并从中得到欢乐和享受。

科学美感既是一股强烈的学习动力,又是一种美好的享受。

### 三、科学素养的标准

在科技、经济、文化日益全球化的今天,无论是技术还是产品,都要有基本的标准,可以说标准是市场的“通行证”。比如,国际上对绿色食品有一定标准,不符合标准的产品就得不到认同,在进出口过程中,进口国就会对其进行检验检疫,不符合标准就有可能受到限制。我国在加入 WTO 以后,许多企业由于缺乏国际标准的认识,很多产品(尤其是农产品)由于不符合标准遭到拒收,从而遭受了很大的经济损失。在信息社会中,各种电子产品对标准的要求更严,比如,在美国生产的家用电器大多是 110V 的,我们在出口美国的电器生产时就要符合这个标准,而在美国购买电器到中国使用时,也要注意中国的标准,否则就无法使用。在工业革命时期,美国、欧洲、日本曾经在标准方面展开激烈的拼搏。尤其是在科技创新日益加快的背景下,标准的重要性更是与日俱增。这一点在电视生产行业表现最为突出,如欧洲的 PAL、SECAM 标准和美国的 NTSC 标准。对于制造业来说,要么就抢先一步发明一个通用于整个行业的标准,要么就只能跟在目前已经流行的标准后面,否则,你的产品就会被下放到西伯利亚的冰库,无人问津。

硬技术和产品方面如此,软技术和产品也不例外。目前,国际上在科学素养方面展开的诸多研究,存在的诸多争议,无非是各自的标准如何满足科技、经济、社会飞速发展的要求,符合实际,如何研究出国际上可以比较的科学素养标准。而 WTO 的一系列条文,在一定程度上也可以看成是国际贸易的标准,符合标准就可以通行,否则就会被拦在国门之外。同样,在科技领域,国民科学素养的高低,代表一个国家科技竞争力的强弱,但是,如何衡量一个国家的国民科学素养呢?这就是本节所要讨论的问题。

从目前国内外的相关研究来看,尽管对于科学素养的标准还存在争议,但是也在许多