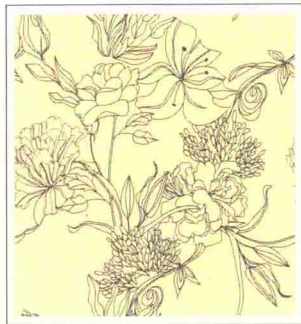


陕西师范大学优秀著作出版基金资助出版



中学科学教材评价 科学探究主题

Science Textbooks Evaluation
of Middle School
Theme on Science Inquiry

李西营 / 著



科学出版社

李西营 / 著



中学科学教材评价
科学探究主题

Science Textbooks Evaluation
of Middle School
Theme on Science Inquiry

科学出版社

北京

陕西师范大学优秀著作出版基金资助

陕西省教育科学「十三五」规划2016年度课题

「核心素养视角下的小学科学教科书评价研究」(SGH16B008)

内 容 简 介

科学探究已经成为国际科学教育的一种趋势。2016年,《中国学生发展核心素养》总体框架正式发布,其中,科学精神是六大核心素养之一。因此,如何评价科学教材中的科学探究,无论对于新课改,还是科学课程设计及科学教材编写都具有重要的意义。

本书首先在文献分析的基础上,建构了中学科学教材中科学探究的评价指标体系,并在深入访谈的基础上修订和完善了中学科学教材中科学探究的评价指标体系。然后以初中物理教材为例,采用内容分析法对相关教材的科学探究进行了分析,并比较了不同版本教材在科学探究上的差异和特点。最后,通过对使用不同版本教材的学生和教师进行问卷调查,了解了使用不同版本教材的学生的科学探究现状。

本书适合科学教育研究者、教材评价研究者、科学教育教师及对中学生发展感兴趣的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中学科学教材评价:科学探究主题/李西营著. —北京:科学出版社, 2016.12
ISBN 978-7-03-051252-9

I.①中… II.①李… III.①科学知识-教材-研究-中学 IV.①G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第314127号

责任编辑:乔宇尚/责任校对:何艳萍

责任印制:张欣秀/封面设计:铭轩堂

编辑部电话:010-64033934

E-mail: psy-edu@mail.sciencep.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016年12月第一次印刷 印张:12 1/4

字数:200 000

定价:78.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

随着世界经济的迅速发展和知识经济时代的到来,2004年,经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)把“创造性”作为21世纪最重要的经济资源和现代劳动力市场中最值得具备的能力之一。世界各国和不同地区都把人才培养,特别是创新型人才培养当作发展经济的突破口。例如,韩国、新加坡和中国台湾地区都把创造性和革新当作教育的中心议题。在我国,党中央和国务院做出了人才强国战略的重大决策,人才强国战略已成为我国经济和社会发展的一项基本战略。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出“要以学生为主体,以教师为主导,充分发挥学生的主动性,努力培养造就数以亿计的高素质劳动者、数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人才”。

为了适应这一挑战,世界许多国家和地区也纷纷掀起了以课程改革为核心的基础教育改革。尤其是2001年,我国实施了新一轮基础教育课程改革(下称“新课改”),《全日制义务教育科学(7—9年级)课程标准》提出“希望学生通过探究来理解科学知识,获得科学技能,掌握科学过程和方法,初步理解科学本质,形成科学的态度、情感与价值观,培养学生创新意识和实践能力”^①。

科学教材在基础教育改革中扮演着关键角色,是学校科学教育重要的一部分,因此也应该反映改革的这种趋势。本书所指的教材是指狭义的教材,它是连接目标课程和实施课程的桥梁,是潜在的实施课程。Tarr等(2008)指出,

^① 中华人民共和国教育部. 2001. 基础教育课程改革纲要(试行). http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61386.htm

虽然教师在进行数学教学时，受自己的信念、知识及学生等因素的影响，但教材仍是影响教师教学的关键因素之一。所有学校都把科学教材看作该科目材料的主要组织者（Chiappetta, et al., 2007）。教材向学生传递着学生学习科学的定位（Chiappetta, et al., 2007），也就是 Roberts（1995）所说的“课程重点”（curriculum emphases）。根据 Roberts 的观点，课程重点向学生传递着学习该课程的整体目标。高质量的科学教材有利于学生进行和科学家一样的科学探究活动。但国外的研究表明教材中的简单探究任务普遍存在（VanCleave, 1997；Whalley, 1992），教材中的许多科学探究活动并没有真正反映科学推理的核心内涵，完成这些探究任务所需的认知过程和真正的科学研究所需的认知过程在本质上是不同的，因此需要更接近于真正科学推理过程和认识论基础的新型探究任务（Chinn, et al., 2002）。

那么，我国现行的中学科学教材是否满足新课改对科学探究的要求？真正的科学探究在认知过程上都有哪些特点？科学教材中对科学本质如何表征才更有利于学生进行探究式学习，更有利于老师进行探究式教学，从而促进学生的科学推理能力的发展，培养学生的创造性？本书基于国内外对科学探究的相关研究的分析，建构了中学科学教材中科学探究的评价指标体系，采用量化的内容分析法来评价现行的初中物理教材是否满足课程标准和科学探究的要求，不仅为基于课程标准评价教材提供了新的思路，还为未来的课程设计和教材编写提供了有针对性的建议。

目 录

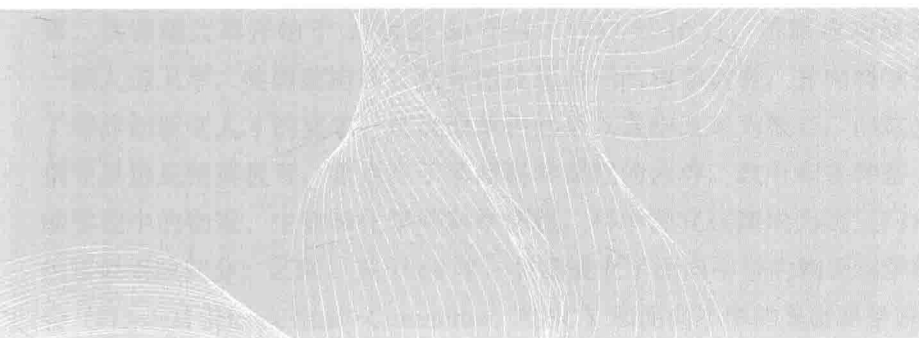
前言

第一章 科学教材评价的国内外回顾	1
第一节 国际科学教育的发展趋势	3
第二节 科学教材评价的发展趋势	13
第三节 科学教材中科学探究评价的价值和意义	18
第二章 中学科学教材中科学探究评价指标的建构和完善	29
第一节 中学科学教材中科学探究评价指标的建构	31
第二节 中学科学教材中科学探究评价指标的完善	49
第三章 中学科学教材中科学探究的比较研究：以八年级物理上册教材为例	55
第一节 节前论述	57
第二节 研究方法	58
第三节 研究结果与分析	60
第四节 对研究结果的讨论	69
第五节 研究结论	78
第四章 科学教材对学生的影响	81
第一节 节前论述	83
第二节 研究方法	84
第三节 研究结果与分析	86
第四节 对研究结果的讨论	104

第五节 研究结论	108
第五章 研究结果的再探讨及建议	109
第一节 研究结果的再探讨	111
第二节 对我国科学课程设计和教材编写的启示	117
参考文献	125
附录	139
附录 1 中学科学教材中科学探究的评价指标体系专家问卷	139
附录 2 5 个版本初中物理教材（八年级上册）中科学本质的分析情况	142
附录 3 5 个版本初中物理教材（八年级上册）中不同水平问题的分析情况	152
附录 4 5 个版本初中物理教材（八年级上册）科学词汇量分析情况	174
附录 5 教师调查问卷	178
附录 6 学生调查问卷 1	182
附录 7 学生调查问卷 2	186
附录 8 台湾地区 2008 年《中小学九年一贯课程纲要》中的分阶段 能力指标举例	187
致谢	190

第一章

科学教材评价的国内外回顾



第一节 国际科学教育的发展趋势

一、国际科学教育的发展趋势和现状

自从有科学教育以来，全世界范围共实施了三次大规模的课程改革。第一次是以杜威的进步主义为代表的课程改革，强调课程要以学生和活动为中心。第二次课程改革开始于 20 世纪 60 年代。1957 年 10 月，苏联成功地发射了第一颗人造卫星，美国政府和公众开始反思自己的科学教育，并向科学教育提出了培养创新型人才的要求。这次改革仍然是以课程改革为核心，但这次改革的指导思想是精英教育，重点在于革新科学课程的内容。政府和各种基金开始资助学校中的物理、生物和化学等科学课程，科学探究逐渐成为这三门科学课程的重要组成部分。之后，在 1961 年，美国成立了面向中学的物理科学研究委员会（Physical Science Study Committee, PSSC）和面向小学的基础科学研究（Elementary Science Study, ESS）。第三次科学教育改革开始于 20 世纪 90 年代，科学教育的目标转向“大众教育”。1990 年美国发起了通过探究提高科学素养和“全民学科学”（science for all Americans）的科学教育改革（AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996），并制定了详细的国家科学教育标准。美国的《国家科学教育标准》（National Science Education Standards, NSES）中的“内容标准”涉及如下八个方面：①统一的科学过程和科学概念；②作为探究的科学；③科学与技术的关系；④生命科学；⑤物质科学；⑥地球及空间科学；⑦科学的历史和科学本质；

⑧个人和社会视角下的科学。

国际上许多国家和地区也直接或间接共享全民科学教育的理念，并把探究式科学教学和培养学生的科学素养当作教育改革的主要目标（Abd-El-Khaiick, et al., 2004a）。例如，英国国家科学课程（National Curriculum for Science, NCS）中提出了科学教育的六个目标：①理解科学概念；②获得科学的方法；③建立科学与技术的联系；④认识科学对社会发展的贡献；⑤理解科学对个人的贡献；⑥理解科学本质。台湾地区在2003年公布了《中小学九年一贯课程纲要》，并在2008年公布微调后的《中小学九年一贯课程纲要》。这两个课纲在自然与生活科技领域内的内容并无重大改变。新、旧两份课纲都强调“学习科学与技术的探究方法和基本技能是自然领域的课程目标；学习科学就是要学会如何去进行科学探究”^①。因此，不论台湾地区的新课纲还是旧课纲，都强调自然与生活科技领域的学习要以探究和实践的方式来进行。

2001年，我国科学教育新课标规定“学生要通过科学探究理解科学知识，学习科学技能，体验科学过程和方法，初步理解科学本质，形成科学态度、情感与价值观，培养创新意识和实践能力”（中华人民共和国教育部，2001a）。并且在《全日制义务教育科学（7—9年级）课程标准（实验稿）》中以课程总目标的形式给出了科学素养的描述：“科学课程的总目标是提高每个学生的科学素养。通过对科学课程的学习，学生要保持对自然现象较强的求知欲和好奇心，养成与自然界和谐相处的生活态度；理解基本的科学知识，掌握一定的基本科学技能，并能用科学知识来解释常见的自然现象，去解决一些实际问题；初步形成对自然现象的整体认识和科学的世界观；提高对科学探究的理解，初步养成进行科学探究的习惯，培养实践能力和创新意识；形成反对迷信、崇尚科学以及用科学的知识和态度去解决个人问题的意识；理解科学技术是第一生产力，初步形成可持续发展的理念，并能理解科学、技术与社会之间的相互影响。”（中华人民共和国教育部，2001a）

综上所述，在各国和地区的科学课程中，科学探究都占有核心的位置，且具有一定的独特性。其独特之处表现为科学探究不仅是教师重要的教学方式，还是学生的学习目标（中华人民共和国教育部，2001b）。这是新课程与传统课程在培养学习目标上最显著的区别。新课程标准希望“学生通过科学探究理解

① 资料来源：台湾教育主管部门2003年颁布的《中小学自然与生活科技学习领域课程纲要》。

科学知识,学习科学技能,体验科学过程和方法,初步理解科学本质,形成科学态度、情感与价值观,培养创新意识和实践能力”(中华人民共和国教育部,2001a)。因此,根据新课标对科学探究的目标和要求,可以将科学探究划分为“理解科学探究”和“发展科学探究能力”两个部分,有些课程标准还在此基础上增加“实验技能”作为对以上两部分的补充(曾平飞,2011b)。

顾明远(2001)认为后两次科学教育改革的重点均强调科学素养是科学教育的重要培养目标,但两次科学教育改革所强调的科学素养的内涵存在差异。第二次科学教育改革所强调的科学素养包括理解科学的相关知识概念和科学原理,理解科学探究的过程和科学与一般社会文化的关系;而第三次科学教育改革拓展了科学素养的内涵,包括理解科学哲学,即科学本质和科学价值,理解科学与社会的关系,认识科学的发展历史,强调科学与人文、科学与社会,以及科学与技术之间的关系,并认为“20世纪80年代以来的课程改革的重点虽然不在教材上,而是在课程目标和指导思想。但课程目标总要落实到教材上,并进一步影响教师的教学观念,并引起教师在教学手段、教学过程以及教学方法上的一系列改革”(顾明远,2001)。

因此,后两次科学课程改革及各国的课程标准都强调科学教育要通过科学探究来提高国民的科学素养,并且把科学素养的内涵拓展为不仅包含获得科学知识和理解科学探究的过程,而且包括对科学本质、科学、科技与社会之间关系等的理解。

二、国内外科学探究的研究进展

(一) 科学探究的概念

探究学习的思想最早可以追溯到苏格拉底的“助产术”思想、卢梭的“自然教育理论”及杜威的“学生中心,从做中学”的理念,并且杜威的科学探究的五个步骤奠定了后来科学探究相关研究的基础。20世纪50年代,布鲁纳的发现学习概念及后来提出的建构主义学习理论是美国教学改革的中心。发现学习强调教师要向学生提供材料,让学生通过亲自探索从而发现问题的答案。由于一些其他原因,20世纪80年代中期以后,虽然布鲁纳的发现学习不再被美国的

科学教育改革所倡导，但发现学习的思想和理念仍然是科学学习和科学教学的重要基础，而且也逐渐成为科学教育的一种重要的学习和教学方式。例如，美国《国家科学教育标准》从幼儿园到12年级的内容标准中都有“作为探究的科学”的标准。美国芝加哥大学教授施瓦布于1961年正式提出了探究学习的概念。由于费时费力等缺陷，探究式学习受到了一些批评，但随着建构主义学习理论的兴起，以学生为中心，以问题解决为基础的教学思想逐渐被学术界所接受，成为科学探究研究的重要理论基础，而且科学探究不仅限于具体的“动手做”或实验教学，还包括学生基于已有的“前概念”或在已有认知结构的基础上对科学概念的自主探索。因此，探究学习重新又得到了学术界和教育界越来越多的关注。尤其在科学教育中，科学探究已成为学生科学学习的主要方式和教师科学教学的重要理念。

施瓦布认为科学探究是“儿童通过主动参与知识的获得过程，获取研究自然现象所必需的探究能力；同时，形成认识自然现象的基础——科学概念，进而培养学生探索世界的积极态度”（钟启泉，1992）。美国《国家科学教育标准》中对科学探究的界定为“科学探究是指科学家用来探究自然现象并根据获得的证据提出各种解释的各种不同探究方法（NRC，1996）”。科学探究也指学生通过探究活动来获取科学知识、理解科学思想观念，以及理解科学家探究自然现象所用的各种方法。但作为一种学习方式的学生探究和科学家的科学探究有本质上的区别，学生的探究是在教师指导下进行的，目的是为了获得科学素养、科学探究技能、科学知识和科学态度，是通过模拟科学探究的过程来实现的。国际学生评估项目（Program for International Student Assessment, PISA）对科学素养（科学探究）的界定为应用科学的知识来确定科学问题，得出基于证据的解释和结论的能力，并帮助学生做出关于自然世界的决定，并且对人类的活动进行调整。国际数学与科学趋势研究（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS）把科学探究能力分为常规程序和探究自然现象两种能力。第一种能力侧重于常规的实验操作能力，包括使用实验仪器、设备和计算机，常规的实验操作、收集数据、分析和呈现数据，以及对数据进行解释；第二种能力侧重于探究能力，包括发现要探究的问题、设计探究计划、进行探究、解释数据、从数据中得出结论。英国教育与科学部的学业评价部（Assessment of Performance Unit, APU）将科学探究看作一种特定情境下的问题解决“活动”，

认为探究中使用和获得的探究技能与对科学概念的理解是密切联系和相互作用的。科学探究是一个基于问题解决、反思评价所获证据的有效性和可靠性，并根据探究结果不断调整和改善的一种过程（钟媚，2010）。张建伟和陈琦（2001）认为科学探究是基于学生或科学家的科学推理（scientific reasoning）活动，从而实现的对知识的建构的过程。Rutherford 和 Ahlgren（1990）认为科学探究是指进行科学研究时所从事的活动，即科学家利用自己已有的科学概念、理论、规则和定律等知识，去构建对自然界和各种事件新的解释的过程。杜秀芳（2009a）对科学探究的界定进行了总结，认为“①科学探究是指学生的一种学习方式；②学生的科学探究和科学研究的一般过程是相同的，具体包括发现问题、设计调查方案、进行实验操作、获取数据以及分析数据得出结论等过程性活动；③探究的内容就是科学问题，学生科学探究实质就是解决科学问题”。

通过以上对有代表性的科学探究概念的分析发现，科学探究是一个复杂的概念，不同学者的界定存在分歧。其分歧主要表现为：①科学探究是指科学探究的一般过程（科学探究能力）还是对科学探究过程的认识（科学本质），抑或是二者的有机结合；②科学探究过程包含哪些要素（表 1-1）；③学生的科学探究和科学家的科学探究内涵是否相同。

表 1-1 不同学者提出的科学探究的要素总结

学者 科学探究要素	Dewey (1933)	Schwab, Brandwein (1962)	Herron (1971)	Trowbridge, Bybee (1986)	Martin-Hansen (2002)
提出问题	◆	◆	◆	◆	◆
形成假设	◆		◆	◆	
设计实验			◆	◆	◆
分析数据	◆	◆	◆	◆	◆
解释结果		◆	◆		◆
验证假设	◆			◆	◆
提出理论	◆	◆	◆	◆	◆

（二）关于科学探究认知过程的模型

1. 双重空间搜索的科学发现模型

双重空间搜索的科学发现模型是由 Klahr 和 Dunbar（1988）提出的，该模型认为科学探究和问题解决具有相同的信息加工机制，是在指导下对两个问题

空间的搜索。具体来说，科学探究是一种双重搜索的过程（scientific discovery as dual search），这种双重搜索发生在两个相互联系的问题空间——假设空间（由学习者提出的所有可能成立的假设构成）和实验空间（由学习者设计的所有实验在记忆中的映射集所构成），同时搜索过程在先前的知识和先前的实验结果的指导下进行。而科学探究学习与一般的问题解决过程最主要的区别就是科学探究在两个问题空间中的双重搜索特征（陈刚，等，2010）。

Klahr 和 Dunbar（1988）将科学探究的认知过程分为三个子过程：搜索假设空间、检验假设（实验空间的搜索）和评价实验证据。假设空间是由学习者在探究活动中所提出的各种不同但可能成立的假设所构成，个体利用已有的知识来逐渐缩小（限制）假设空间，对假设空间搜索的结果最终形成正式的假设空间（由充分论证的假设组成），为下一步进行假设检验提供必须的信息输入。要检验假设就要设计合理的实验，具体包括制订实验方案、进行预实验和运行实验。假设检验的结果又成为下一步评价证据阶段的必需输入。评价证据是指把实验中得出的结果和假设进行比较，从而作出接受、拒绝或者继续现有的假设的决定。该模型强调科学探究的阶段性，并对双重搜索的复杂性和循环性进行了较为详细的阐述，Klahr 和 Dunbar 也通过编写计算机程序验证了大学生的科学探究过程，证明了模型具有一定的合理性。

Klahr 和 Dunbar（1988）认为科学探究是对假设空间和实验空间（自己记忆中的解释和实验）的联合搜索。该搜索受特定领域已有知识和前人实验结果的引导。设计实验的目的是检验假设，当有替代假设提出时，能区分二者。为了做到这一点，必须能预测可能的实验结果，并承受接受或拒绝假设的压力。证据评价阶段，通过对理论和证据的协调和分化，根据已有知识（理论）去组织和解释经验。科学问题解决要求意识（元认知）到理论和证据需要分别进行编码、表征和评价（分化）。没有元认知，不可能搁置判断及评价证据是否和理论一致，从而判断其理论是否错误或考虑替代理论（协调），因此，元认知在证据评价中起核心作用（Kuhn, et al., 1988）。

图 1-1 为双重空间搜索的科学发现模型图。

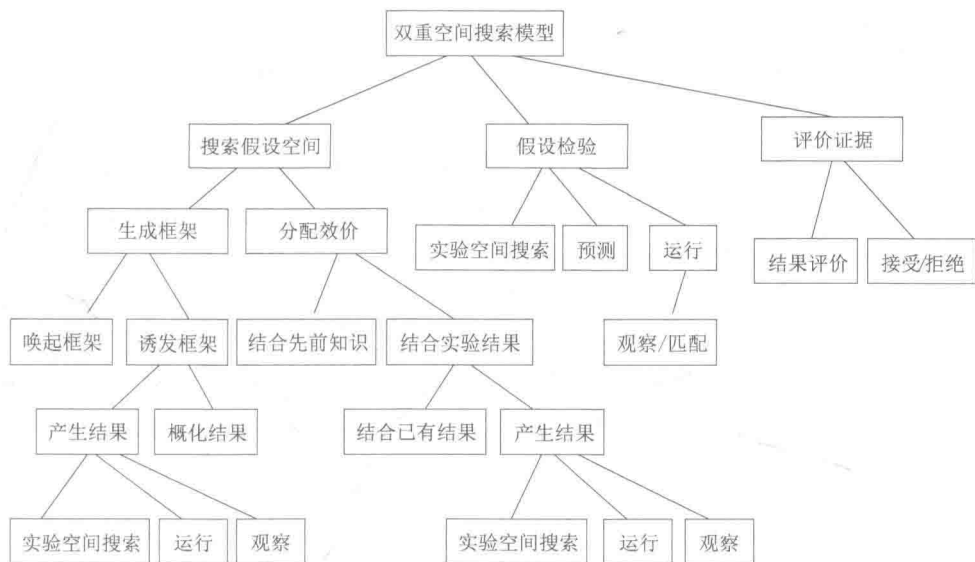


图 1-1 双重空间搜索的科学发现模型图

2. Kuhn 的模型

Kuhn (2000) 提出了一个有关探究活动中元水平和执行水平之间关系的模型。该模型认为科学探究在元水平和执行水平两个水平上分别展开。在执行水平上，探究过程包括诸多阶段，具体包括形成假设、验证假设、评价证据和修正假设四个阶段，其中认知策略是探究活动的中心；在元水平上，元知识对执行水平上的认知策略具有促进作用。元水平的知识可以分为程序性知识和陈述性知识，程序性元知识包括有关任务和策略的知识，它操纵任务和策略。陈述性元知识的功能是向智力价值报告关于知识获得的每一阶段，并影响智力价值及从事智力活动的倾向和智力表现（杜秀芳，等，2007）。该模型不仅强调探究活动的阶段性，而且还强调个体的元认知能力在探究的每一个阶段中的作用和价值，例如，在评价证据时，学生先前的信念或所持有的理论会与新的证据进行交互作用，影响这种相互作用的关键成分是元认知。此模型强调科学探究过程的影响因素（主要是元认知能力），并对元知识在探究中的作用进行了详尽的分析，认为元水平能从多个方向影响探究的多个执行阶段，反过来，执行水平的反馈又提高了元水平知识，如此循环下去。

图 1-2 为 Kuhn 模型元水平相关示意图。

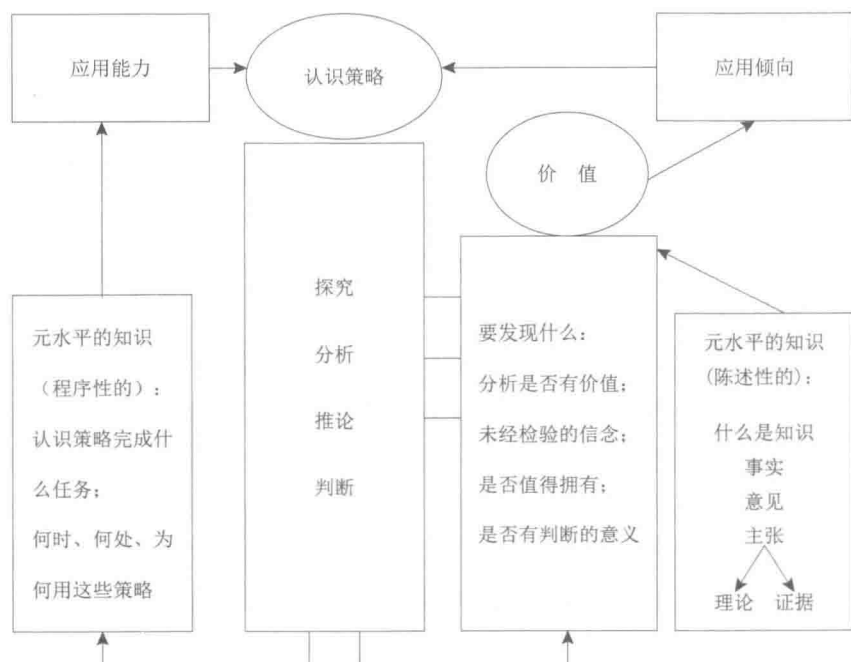


图 1-2 元水平的能力和倾向对探究过程的影响 (转引自杜秀芳, 2009b)

3. Sloman 的双过程模型

Sloman (1996) 提出的双过程理论关注证据和理论融合的内部认知加工机制。该模型认为科学决策和推理依赖于个体的两种信息加工系统：启发式加工系统和分析加工系统。分析加工系统是受意识控制的，并依赖于个体的科学推理能力。通常认为该加工系统都能获得正确的决策，但需要花费的心理能力和时间较多；而启发式加工系统是无意识和主观的，不会受到科学推理能力的影响，但这种加工是基于刻板印象的。尽管这两种加工系统相互依赖，但问题情境决定了谁会占优势。例如，在评价证据时，当证据和已有信念有关系时，就会激活个体已有的信念，如果该证据和已有信念一致，就会激活启发式加工，已有信念会同化该证据，这时的决策是基于个体已有的信念。但如果获得的证据和个体已有信念不一致，可能会启动两种加工系统，分析加工系统对证据的拒绝是基于科学推理进行的；而启发式加工系统会对证据不假思索地自动拒绝。该模型与其他模型的不同之处在于，该模型并不关注科学探究的所有阶段，只是对证据评价阶段的内部加工机制进行了深入探讨。