

当代科学技术哲学论丛 卷2

主编 成素梅

量子论与科学哲学的发展

成素梅 / 著



科学出版社

当代科学技术哲学论丛

卷2

主编 成素梅

量子论与科学哲学的发展

成素梅 / 著

本书的研究与出版得到2009~2011年度上海市浦江人才计划项目“量子实在论与反实在论之争”、2011年上海领军人才、上海社会科学院科学哲学特色学科资助

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

量子论与科学哲学的发展 / 成素梅著. —北京: 科学出版社, 2012. 10
(当代科学技术哲学论丛)

ISBN 978-7-03-035663-5

I. ①量… II. ①成… III. ①量子论 ②科学哲学 IV. ①0413 ②N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 226394 号

丛书策划: 胡升华

责任编辑: 郭勇斌 卜 新 / 责任校对: 李 影

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 黄华斌

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 10 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 10 月第一次印刷 印张: 16 1/4 插页: 1

字数: 318 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

总 序

梅森在他的《自然科学史》一书的导言中指出：“科学有两个历史根源。首先是技术传统，它将实际经验与技能一代代传下来，使之不断发展。其次是精神传统，它把人类的理想与思想传下来并发扬光大……这两种传统在文明以前就存在了……在青铜时代的文明中，这两种传统大体上好像是各自分开的。一种传统由工匠保持下去，另一种传统由祭司、书吏集团保持下去，虽则后者也有他们自己一些重要的实用技术……在往后的文明中，这两种传统是分开的，不过这两种传统本身分化了，哲学家从祭司和书吏中分化出来，不同行业的工匠也各自分开……但总的说来，一直要到中古晚期和近代初期，这两种传统的各个成分才开始靠拢和汇合起来，从而产生一种新的传统，即科学传统。从此科学的发展比较独立了。科学的传统中由于包含有实践和理论的两个部分，它取得的成果也就具有技术和哲学两方面的意义。”^①

显然，从梅森的观点看，科学在起源上是技术传统与哲学传统交汇的产物。然而，科学一旦产生并形成自己的独特传统之后，不仅反过来极大地影响了其根源，而且实质性地影响了远离这两个根源的其他领域。特别是，近几十年以来，当科学技术的发展由原初只是单纯地认识世界与改造世界，变成了当前的发展更需要考虑保护世界，同时日益接近于日常生活，越来越成为一项社会事业，乃至整个社会很有可能会变成一个巨大的社会实验室时，当以辩护科学为目标的英美哲学传统与以批判科学为宗旨的大陆哲学传统双双陷入困境时，当另辟蹊径、来势凶猛的关于科学技术的人文社会科学研究明显地给人留下反科学技术之嫌时，当整个哲学界对依靠科学技术发展推动社会进步的现代模式褒贬不一的讨论愈加激烈时……作为一门学科的“科学技术哲学”（philosophy of science and technology）也许会应运而生。

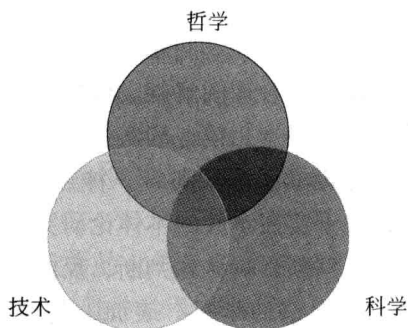
就当代哲学的发展而言，心灵哲学越来越与心理学的经验研究、神经科学、人工智能的发展内在联系在一起；关于实在的本体论研究离不开以量子理论为基础的微观物理学的最新发展，也离不开对不可观察的心理结构和过程的假设与

^① 梅森．自然科学史．上海外国自然科学哲学著作编译组译．上海：上海人民出版社，1977.6，7

实验测试；与高新技术发展密切相关的网络伦理、环境伦理、干细胞伦理等已经成为伦理学关注的重要主题；关于社会心理、社会诚信等问题的哲学研究以及关于人性的哲学思考离不开围绕科学技术异化问题展开的一系列讨论。从这个意义上看，科学技术哲学恰好能提供架起抽象的哲学研究与前沿的科学技术研究之间的桥梁。

与传统的哲学研究相比，科学技术哲学研究不是通过先验的概念反思、日常语言的逻辑辨析以及提出概念真理的思想实验来获得知识并认知包括心灵在内的世界，也不是空洞地谈论规范人类行为的道德法则，而是通过综合考虑科学理论的基本假设、思想体系以及技术发展中的具体案例等复杂因素来研究哲学问题。在哲学框架内可能提出的关于科学技术的问题主要包括本体论、认识论和方法论问题（如实在论问题、证据对理论的非充分决定性问题、技术设计问题等），还有与科学技术的内容或方法直接相关的伦理问题或社会问题（如价值在科学技术中的作用问题、克隆技术和生化技术的合法应用问题等）。概念反思、语言分析和思想实验有助于提出假设，但不能用来评价假设。因此，必须把科学技术哲学与忽略科学技术发展的哲学明确地区分开来。

然而，强调科学技术哲学研究的经验性与实践性，并不意味着主张把哲学研究还原为经验研究，而是主张基于科学技术的当前发展，重新审视与回答传统的哲学问题。一方面，承认关于知识、实在、方法和伦理的哲学问题比经验科学与技术中的问题更具有普遍性和规范性；另一方面，主张对这些哲学问题的讨论要以科学技术的发展为基础。特别是，当科学的发展进入人类无法直接或间接观察的微观世界时，当人类的文明进入信息化时代时，技术已经不再只是单纯延伸人类感官的工具和充当人类认识世界、改造世界的手段，而是成为人类认识世界的一个必不可少的中介和人类生存、生活的基本条件，甚至正在成为人类超越自身感知阈限的有效手段（如在体内植入芯片）。在这种背景下，科学、技术、哲学事实上已经不可避免地在许多基本问题上相互纠缠在一起，很难彼此分离。如果说，科学的产生源于技术传统与哲学传统的交汇，那么，科学技术哲学的产生则是科学、技术、哲学三种传统汇集与衍生的结果，如关于量子测量解释的认识论争论、关于数字生命的实在性问题的争论关于人类基因组序列带来的伦理问题的争论、关于体内植入芯片的工具平等问题的争论等。这些争论本身内在地蕴涵科学共同体在确立、维护与传播自己的学术见解时社会因素与修辞因素所起的作用。科学、技术、哲学三者之间的关系大致如下图所示。



在上图中，哲学和科学、技术的两两相交之处，分别形成了科学哲学和技术哲学；科学与技术相交的区域表现了科学的技术化与技术的科学化，即技术趋向的科学研究（如量子计算）和科学趋向的技术研究（如生物技术、智能技术）；三者相交之处，形成了科学技术哲学。因此，在非常狭义的学理意义上，科学技术哲学不是科学哲学与技术哲学的简单综合，因为科学哲学主要是基于对科学理论的形成逻辑、与世界的关系、与证据的关系、与实验的关系、理论的变化等问题的剖析来讨论哲学问题，技术哲学主要是基于对技术设计、技术发明、技术评价、技术制品（即人工物）和技术应用等问题的研究来探讨相关的哲学问题。从上图可以看出，科学技术哲学是基于技术趋向的科学研究和科学趋向的技术研究来回答哲学问题，是科学、技术与哲学的问题重叠与互补研究。在科学技术哲学的研究中，哲学的认识论、本体论、方法论和伦理学问题是彼此关联的。

首先，在科学技术哲学中，两个重要的认识论问题是以技术为前提的科学研究是否能获得真理性知识的问题和如何合理评价理论的问题。从方法论的角度看，从经验到理论的归纳主义进路和从假说到证实的假设—演绎主义进路都过分简单。科学理论的形成是在基于假设的理论化、技术为主的实验和逻辑推理之间不断进行调整，最终达到反思平衡的一个动态负反馈过程。在这个过程中，理论与实验结果之间的关系不是单纯的归纳关系或演绎关系，而是一种说明关系。但是，说明关系预设了对说明本性的理解。例如，把说明理解为是语句之间的演绎关系、理论与数据之间的符合关系、机制与现象之间的本体论关系等。因此，关于说明的本性问题，既是一个认识论问题，也是一个本体论问题。

其次，在科学技术哲学中，最一般的本体论问题是，我们是否能够对不可能被直接观察的、只能通过技术手段间接地看到其效应的理论实体的存在性做出合理的辩护。例如，在量子理论中，我们是否应该相信量子物理学家用来解释物理现象的夸克、电子、光子等假定实体是真实存在的？或者，只是便于预言观察现

象的谈话方式或工具? 我们仅凭先验的推理根本无法解决围绕这个问题的实在论与反实在论之争。关于理论实体的实在论问题, 必须与揭示量子力学的基本假设中的哲学基础联系起来, 才能得到合理的解答。同样, 心理学哲学中的实在论问题是, 我们是否有或能够有好的根据相信, 确实存在像规则和概念之类的心理表征。对于这个问题, 只有与心理学、认知科学、神经科学的前沿研究结合起来, 才能得到好的解答。因此, 关于实在本性的本体论研究与关于知识的认识论研究之间存在着相互影响, 即存在判断影响认知判断, 反之亦然。

最后, 伦理学虽然是一门规范的学科, 表面上与经验性的科学技术相差甚远, 但是当科学技术的研究触及人类的价值或道德判断问题时, 伦理理论的研究就需要与人类的道德能力相一致。对人类道德能力的关注, 不是以先验的概念构造为基础, 而是以经验调查为基础。例如, 如何解决当前心理学与神经科学实验中的知情同意问题。根据当前流行的人工智能研究进路, 当把人的心理过程理解为受控于由生物物理机制建构的大脑过程, 甚至把大脑过程理解为一种计算时, 就很难把不道德的行为归属于意愿的失败, 这显然对自由意志的概念提出了挑战。伦理学家在基于神经科学、人工智能等研究来讨论有没有自由意志的心灵本性和人们对自己的行动是否应该负有道德责任的问题时, 伦理学就与本体论问题相互联系起来。

正是在这种意义上, 我们可以说, “科学技术哲学” 越来越成为当代哲学问题研究的核心。这是基于科学、技术、哲学发展的学理脉络对 “科学技术哲学” 存在的合法性与重要性的揭示。令人遗憾的是, 到目前为止, 这种意义上的科学技术哲学的形式体系还很不成熟, 甚至没有引起学术界的关注。

我国的 “科学技术哲学” 这个概念最早是在 1987 年国务院学位委员会组织修改研究生学科目录时从素有 “大口袋” 之称的 “自然辩证法” 更名而来的。与自然辩证法的这种渊源关系, 决定了我国的科学技术哲学, 不同于前面描述的作为一门学科的科学哲学, 而是具有学科群的特征。学术界通常把我国的科学技术哲学理解为对科学技术发展所提出的相关问题、基本要求和尖锐挑战的哲学回应, 对整体的科学与技术及其各门分支学科所涉及的哲学问题进行批判式反思的一个学科群。

经过几十年的发展, 我国的科学技术哲学研究在与国际接轨、关注我国现实问题的进程中, 不断地发展与壮大, 形成了以部门哲学、科学哲学、技术哲学、科学技术的人文社会科学研究以及社会科学哲学为基本方向的相对稳定的专业队伍, 呈现出从抽象理论到生活实践, 从单一到多元, 从立足于部分到注重整体, 从翻译到对话的发展特点。特别是自 21 世纪以来, 我国的科学技术哲学在每个

学科方向上都正在发生研究范式的转变、思维方式的转型和学术焦点与问题域的转移。那么,处于转变、转型和转移中的科学技术哲学将会“转”向何处?将会提出什么样的新问题?在不断地摒弃了小科学时代的科学观、技术观和哲学观之后,如何重建大科学时代的科学观、技术观和哲学观?作为学科群的科学技术哲学的不同分支领域,在深入研究的过程中,能否衍生出前面描述的作为一门学科的科学哲学?

陈昌曙先生在1995年发表的《科学技术哲学之我见》一文中,从学科名称的内涵与意义、学科分类及涵盖的学术交流活动三个方面,阐明了把“自然辩证法”更名为“科学技术哲学”所具有的必要性,然后指出:“在我们的学科目录中,可以把科学技术哲学与自然辩证法作为同一的东西看待,但从学科的内容、层次看,似乎这两者又不是完全同一的;如果把当今出版和习用的《自然辩证法讲义》、《自然辩证法概论》原样不动地变换成为《科学技术哲学讲义》、《科学技术哲学概论》则未必相宜。科学技术哲学总应该有更深的哲学思考和更多的哲学色彩,而不全等于科学观与技术观。”^①他主张“科学技术哲学”可能需要写出诸如“从哲学的观点看……”之类的内容,如“从哲学的观点看基础科学与技术科学”、“从哲学的观点看科学技术化、技术科学化与科学技术一体化”等。他认为:“尽管科学与技术之间有着原则性的区别,尽管科学哲学与技术哲学有较多的差异,统一的科学技术哲学仍是可以设想的。”^②

陈先生基于学科名称的内涵与意义提出探索统一的科学技术哲学的设想,与基于科学、技术、哲学发展的内在要求提出的探索科学技术哲学可能性的观点是相吻合的。如果“从哲学的观点看……”之类的内容是科学技术哲学研究的一条外在论的进路,那么从科学、技术、哲学研究的相交领域形成的科学技术哲学研究则是一条内在论的进路。在内在论者的进路中,哲学不再充当外在于科学技术研究的高高在上的指挥者,而是成为科学技术研究中离不开的参与者。这种哲学角色的转变,是当代大科学时代哲学研究的一个典型特征。例如,在认知科学的研究中,由科学家、工程师、医生、哲学家、企业家甚至政治家共同参与的会议并不少见。

在这里,哲学研究既不像逻辑经验主义者所说的那样,只是澄清科学命题的意义,更不像许多社会建构论者所追求的那样,已经被社会与文化研究取而代之,而是要求把思辨与先验的要素和实证与现实的问题结合起来,作为一种不同

① 陈昌曙. 科学技术哲学之我见. 科学技术与辩证法, 1995, (3): 2

② 陈昌曙. 科学技术哲学之我见. 科学技术与辩证法, 1995, (3): 3

的视角，参与科学技术研究。这是因为，当科学技术的发展离社会生活越来越近时，科学就不只是探索真理那么简单，技术也不只是作为改造世界的工具那么单纯。科学技术作为人类文明的成果，已经成为价值有涉的研究领域。在这种情况下，为了人类的和谐发展，凡是能够探索真理的科学研究都值得倡导吗？凡是能够用来按照人的意愿达到改造世界目标的技术都应该研制吗？专家提供的发展战略一定是完全合理的吗？人类究竟在为自己建构一个什么样的社会？作为社会的人在包括科学技术研究的一切社会活动中应该如何重建社会道德与社会信用？这些问题的提出就无疑为哲学家介入或参与科学技术的研究与发展提出了内在要求。

一言以蔽之，许多哲学问题需要深入科学技术的土壤，才能得到合理的解答。当代科学技术的发展在很大程度上需要嵌入哲学思考，才能达到更理性的发展。科学技术哲学既是从哲学视域把科学、技术、社会、政治、经济等因素整合起来思考问题的一门交叉的新型学科，也是把关于自然、社会与人的和谐发展作为研究核心的一门综合型学科。

《当代科学技术哲学论丛》的筹划与出版，正是试图为科学技术哲学的探索之路添砖加瓦，同时，也是上海社会科学院“科学技术哲学特色学科”多年来研究成果的展示。欢迎学界专家学者给予真诚的批评与指正。

成素梅

2011年8月10日

前言

前不久，日本举国上下进行纪念活动，悼念在 2011 年 3 月 11 日大地震中失去生命的人。现在回想起来，那次大地震引发核电站爆炸，使得核泄漏、核辐射等与“核”相关的词汇一刹那成为人人关注的术语。我们只要在任何一个搜索网站键入这些术语，立刻会有千万条相关信息映入眼帘，有科学的、技术的、伦理的、政治的、决策的、保健的……这是自 1945 年 8 月美国向日本广岛、长崎投放原子弹、1986 年 4 月苏联切尔诺贝利灾难性大火造成放射性物质泄漏的核事故以来，人类又一次面对的核危机。

然而，在人们对核危机的无奈、惊吓甚至恐慌的背后，却反过来再一次印证了作为其理论基础的量子力学的成功。因为没有这个理论，就不会有原子弹、核电站，也没有大家今天耳熟能详的各种诊疗手段，我们更不能理解激光系统、半导体、计算机甚至受人喜欢的各种新款电子产品等当代技术手段，化学不会进入分子水平，生物学不会对 DNA 有所了解，更不会有遗传工程、人工智能等。美国诺贝尔物理学奖获得者杰克·斯坦博格（J. Steinberger）曾经估计，在当代经济中，三分之一的国民生产总值以某种方式来自以量子力学为基础的高科技。^①因此，可以毫不夸张地说，量子力学是整个 20 世纪乃至 21 世纪人类物质文明的根本。

量子力学的发展不仅为人们提供了理解原子和亚原子世界的概念语言，带来了前所未有的令人悲喜交集的技术应用，而且扩展到思想与文化领域，带来对人类宇宙观的根本修正，甚至对世界的政治结构产生深刻的影响。今天，不论是科学家，还是哲学家，都毫无顾虑地认为，量子力学是现代物理学的重要基石之一。20 世纪下半叶以来，量子力学早已成为所有大学物理系开设的主干课程。然而，令人惊奇的是，如此普遍的一个物理学理论，至今仍然伴随着不休的哲学争论。物理系的学生或许非常熟悉量子力学的数学理论与运算规则，但他们对这个理论带来的哲学争论相对陌生，现有的量子力学的标准教科书不会对量子力学伴随的哲学争论做出充分的强调与讨论。似乎物理学的发展天生就是由许多现成

^① 安东·泽林格. 2008-07-27. 量子物理学的实验与哲学基础. <http://www.28gl.com/rw/bjzt/2008-07-27/baijiangtan121.html>

的定律、原理、计算方法等构成。

在我国，哲学系的学生即使学习过普通物理或自然科学概论之类的课程，理论上知道量子力学对物理学发展的革命意义，但是，对量子力学的哲学争论的理解却只能是略知一二，涉之皮毛，不可能深入，更不可能用于理解与分析问题。甚至许多科班出身的哲学家也没有能力从问题着手，只是热衷于对西方哲学家观点的评介。正如爱因斯坦所批评的那样：“哲学家们的创造才能的缺陷，常常表现在他们不是根据自己的观点来系统地说明自己的对象，而相反，却是借用其他作者的现成论断，并且只想对他们进行批判或者评论。”^① 爱因斯坦对哲学家缺乏问题意识的这种批评，很适合于我国现阶段的哲学研究状况。这不能不说是中国哲学界的一大遗憾。哲学教育绝对不能只停留在热衷于介绍与评论他人观点的层面，更不能一以贯之地倡导只钻研古本，谈论千年不变的话题，而是迫切需要与科学技术的发展联系起来，才会有问题意识。

在现代科学的发展史上，还没有任何一个理论能像量子力学那样，在从它诞生之日起直到有了广阔应用前景的今天，关于它的基本概念的意义理解与解释还处在争论之中；也没有任何一个理论的应用能像量子力学的应用那样，把政治家、企业家、科学家、工程师、社会科学家、哲学家甚至普通百姓如此密切地联系在一起，共同讨论人类面对的发展问题；更没有任何一个理论带来的哲学困惑比量子力学带来的哲学困惑更基本，使每一位与此相关的理论物理学家和哲学家都不自觉地卷入哲学争论的行列。直到今天，只要随便翻阅《物理学基础》（*Foundations of Physics*）杂志，你就会看到，一直都有热衷于讨论量子力学解释的文章。^② 这种状况显然应该引起科学哲学家的关注。为什么在量子力学已经得到成功应用的今天，关于量子力学的解释问题还处于讨论之中？为什么量子物理学家关于量子实在论与反实在论的争论至今还在继续？在他们的讨论中，哪些是出于物理学的动因？哪些是出于哲学的动因？哪些是出于心理学的动因？哪些是出于逻辑的动因？

在量子力学的基本问题的讨论与量子力学的哲学问题的讨论之间显然没有绝对明确的分界线。量子物理学家对量子力学的形式体系及其如何与实验相结合的理解没有太多异议，但是，当他们进一步追问量子力学对于世界观的意义或根据量子力学应该如何理解世界的问题时，争论就产生了：量子力学提供的是对自然界的描述，还是我们关于自然的知识，抑或只是提供某种信息，或者只是对可能

① 爱因斯坦：《爱因斯坦文集·第一卷》，许良英，范岱年编译。北京：商务印书馆，1976：191

② Alexander Wilce, Formalism and Interpretation in Quantum Theory, *Foundations of Physics*, 2010, 40 (4): 434-462

的实验结果做出预言的一种“理论工具”？对量子力学的实在论解释意味着回到经典实在论的立场吗？在物理学家中，关于这些问题的答案形形色色，莫衷一是，至今没有达成共识。从剑桥大学出版社近几年出版的物理学哲学著作来看，关于量子力学哲学的话题依然非常活跃。从量子力学的产生过程来看，量子力学的形式体系本身蕴涵一种哲学态度，这种哲学态度最早是由哥本哈根学派的量子物理学家倡导的，也是被为量子力学的创立做出卓越贡献的爱因斯坦一直反对的。

这样，进一步的问题就出现了，物理学家为什么很容易接受经典物理学提供的哲学前提，而不接受量子力学所蕴涵的哲学态度，总是喜欢不厌其烦地回到经典物理学倡导的世界观？另一方面，哥本哈根学派的代表人物之间的哲学观点不完全相同，现在看来，过去把他们的哲学立场笼统地归结为实证主义，显然有失公允。他们中的许多人，实际上是持有一种新的实在论立场，只不过这种实在论不同于经典实在论而已。那么，他们的实在论、实证论、经验主义等言论与观点之间存在什么样的关系？对当代科学观的确立能够提供什么样的启迪？

不仅如此，量子力学的哲学态度远远超出量子物理学的范围，极大地影响了第一个科学哲学学派逻辑实证主义和逻辑经验主义的发展^①以及后来的科学哲学家。

普特南的“内在实在论”、范·弗拉森的“经验建构论”、法因的“自然本体论态度”、哈金的“实体实在论”、当前物理哲学界正在流行的“结构实在论”等观点都是以量子理论为直接或间接基础进行论证的。问题在于，这些科学哲学家基于同样的量子力学的形式体系与理论假设，有的人提炼出新的实在论立场，有的人提炼出反实在论观点。这说明，就像牛顿力学的思想体系影响了近代哲学的经验主义与理性主义的发展一样，量子力学的形式体系也影响了当代科学哲学中的科学实在论与反实在论的发展。

科学实在论与反实在论之争同样要求对传统的科学观进行彻底的重新思考，而不是进行细枝末节的部分调整。正因为如此，如何既能保留科学的客观性、合理性、进步性等典型特征，又不排斥科学的历史、文化、社会等维度，成为当代科学哲学家全力探索的一个新方向。值得我们关注的是，直到20世纪末，科学哲学家才意识到这个新方向，而量子物理学家早在几十年前关于量子实在论与反实在论的争论中已经进行了很好的阐述。不过，今天看来是深刻的、合理的许多观点，当时被简单地当做实证主义、工具主义等非实在论甚至是反实在论的观点

^① Grover Maxwell. The Ontological Status of Theoretical Entities//Maitin Curd, J. A. Cover, eds. *Philosophy of Science: The Central Issues*. New York, London: W. W. Norton & Company, Inc., 1988: 1052

加以批判。

因此，不论是从量子力学的哲学争论来看，还是从当代科学哲学的发展趋势来看，我们都有必要本着有助于解决当代科学哲学问题和澄清关于量子力学的哲学争论的态度，再次回到量子物理学家的科学实践中，对他们当时的一些哲学见解进行重新解读。在这种背景下，围绕量子实在论、非实在论与反实在论之间的争论展开的剖析，就不只是一个单纯的量子力学哲学问题，同时是具有—般性的科学哲学问题。另—方面，从科学史来看，科学争论对科学发展是非常重要的。如果没有争论，科学只有一种思维方式与思想模式，那么，将会得出僵化的结论。“水相荡而成涟漪，石相击乃发灵光。”科学家之间的争论可以充分地揭示—个科学理论的弱点与不足，使理论更加完善。

鉴于此，本书将立足于量子力学的当前发展和科学哲学的视域，围绕关于量子实在论、非实在论甚至反实在论问题的争论展开论述。基本思路是，通过对第一代量子物理学家围绕量子力学问题争论焦点的剖析、对他们所持的各种实在观的考察、对深受量子论影响的科学哲学家阐述的各种不同的科学实在论与反实在论观点的追溯、对科学哲学的四种语境论进路的比较、对技能性知识的特征与表现形式的揭示，提出—种体知合一的认识论（epistemology of embodiment）的观点。最后简要指出，科学哲学的发展在经过传统科学观与科学的人文社会科学家的科学观乏间的对立与争论之后，已经出现试图超越争论，达到更恰当地理解科学的第三种进路，我把—条进路称之为新现代的“科学哲学”。这也构成笔者今后继续研究的—个重要领域。

新现代的科学哲学研究既在批判后现代科学观及强纲领的相对主义与非理性主义的同时，捍卫科学的合理性与客观性，也批判传统科学观的绝对主义与科学主义倾向，主张重新回到职业科学家的认知技能实践中，通过揭示他们的哲学感悟，达到更合理地理解科学的目标。这种科学哲学将会真正超越基于语言分析与历史考察的科学哲学、基于人文解读与实验室研究的科学哲学，可能在科学辩护与科学发现之间、在科学主义与人文主义之间、在理性主义与非理性主义之间、在绝对主义与相对主义之间、在主体与客体之间、在心灵与身体之间找到更好地理解科学的某个平衡点，从而对理论与经验、证据与观察、理论的实在性与建构性、科学家的创造力与直觉的客观性等问题做出新的理解。

本书是上海市浦江人才计划项目的结项成果。在即将付梓之际，我对上海市浦江人才计划项目的资助，对上海社会科学院干部人事处于涛先生为本项目申报、跟踪与结项付出的辛劳，对上海社会科学院哲学研究所提供的宽松和谐的研究氛围以及家人的大力支持与理解表示感谢。本书的研究与出版还得到上海领军人才、上海社会科学院科学哲学特色学科经费资助，在此深表谢意。另外，感谢

| 前 言 |

我的许多老师、论文合作者以及国内外同行在我学术成长过程中对我的帮助与启发。本书是我 24 年来不断思考量子力学哲学问题以及科学哲学问题的一个小结，也是在前期系列成果的基础上完成的。这是一个跨学科的选题。

由于本人学识有限，书中难免会有一些不足之处，许多论证有待进一步完善与充实，诚请专家、学者批评、指正。

成素梅

2012 年 4 月 12 日

目 录

总序	
前言	
第一章 问题与挑战	1
第一节 经典物理学的哲学基础	1
一、机械实在论的兴衰	2
二、经典实在论及其影响	8
三、经典实在论的基本前提	16
第二节 量子力学的哲学基础	17
一、量子力学的产生	18
二、量子力学的基本假设	22
三、量子力学的哲学前提	25
第三节 量子力学的哲学挑战	29
一、科学方法论与认识论的挑战	29
二、薛定谔方程的哲学挑战	32
三、量子测量的哲学挑战	35
四、微观粒子的哲学挑战	42
结语 呼唤新的哲学	45
第二章 概念前提	46
第一节 实在的三个层次	46
一、自在实在：科学认识的潜在对象	47
二、对象性实在：科学研究的现实对象	47
三、科学实在：对对象的理论建构	49
四、三者之间的关系及其意义	52
第二节 因果性与关联	53
一、引言	53
二、因果链的始端：状态概念	54
三、描写状态演化的运动方程	57

四、因果性和关联的表示形式	58
五、全同粒子系统的统计性关联	61
第三节 统计决定性	63
一、因果性与决定性	63
二、三种形式的统计决定性	64
三、统计决定性的分析与思考	69
结语 统计规律的确立	71
第三章 物理学家争论的焦点	72
第一节 波动？还是粒子？	72
一、波动实在观	73
二、粒子实在观	76
三、波-粒综合实在观	81
四、一些评论	86
第二节 量子概率与量子测量	87
一、概率解释与量子理论	88
二、哥本哈根解释的理解	90
三、统计系综解释的理解	94
四、本体论解释的理解	98
五、相对态解释的理解	102
六、一些评论	106
第三节 量子论的意义与非定域性	110
一、爱因斯坦与玻尔的论战	111
二、EPR 论证的哲学意义	117
三、非定域性概念的确立	122
四、爱因斯坦的分离性与定域性概念	127
结语 未完结的争论	132
第四章 新形式的实在论	134
第一节 玻尔的整体实在论	134
一、量子观察的意义语境	135
二、微观客体与测量仪器之间的关系语境	139
三、量子测量现象的描述语境	142
第二节 薛定谔的准实在论	145
一、波动实在观的放弃	146

二、实在观的调整	146
三、准实在论的实在观	148
第三节 玻恩的投影实在论	150
一、引言	150
二、关于“实在”的理解	153
三、宏观与微观之间无边界	154
四、不变量与理性的实在观	157
第四节 玻姆的非定域实在论	161
一、历史背景	161
二、量子势与非定域性	163
三、系统论的思维方式	165
结语 超越经典实在论	167
第五章 量子理论对科学哲学的影响	171
第一节 对逻辑经验主义的影响	171
一、逻辑经验主义与物理学革命	172
二、工具主义的理论观	176
三、工具主义的理论实体观	179
第二节 量子论与科学实在论	180
一、斯马特的无奇迹实在论	181
二、普特南的内在实在论	184
三、哈金的实体实在论	191
第三节 量子论与非实在论、反实在论	197
一、法因的自然本体论态度	197
二、范·弗拉森的经验建构论	199
结语 关注量子物理学家的科学观	210
第六章 超越争论, 走向语境	212
第一节 语境论的科学观	212
一、传统科学观的困境	213
二、理论是在谈论实在	216
三、语境中的理论实体与事实	218
四、语境论科学观的主要优势	222
第二节 科学哲学的语境论进路	225
一、科学哲学的重新定位	225