

哲学视阈下的 多世界解释

贺天平◎著

打开量子世界的大门
——洞悉物质背后的秘密



科学出版社

本书系国家社科基金一般项目“哲学视阈下的‘多世界解释’问题研究”
(10BZX023) 结项成果

哲学视阈下的 多世界解释

贺天平◎著



科学出版社
北京

内 容 简 介

多世界解释是由量子力学“测量难题”出发,基于不同视角和方法提出的一种关于整个量子力学的解释理论。该理论并不是一种单一而是多种解释理论的集合,包括相对态解释、德·维特理论、多视域解释等。多世界解释存在着共同的物理框架和哲学基础,每种解释在理论纲领和思想内核上又有一定的独立性。多世界解释的理论贡献一是超越还原论,走向整体论;二是解构二元论回归一元论;三是消解非决定论,坚持决定论。然而,在量子力学解释没有得到最终确认之前,寻求量子力学在哲学上的合理解释仍然是一条艰辛而漫长之路。

本书深入浅出、系统有条理,既适合于哲学社会科学领域的研究者、教师和研究生阅读,也适合于信息科学领域、部分自然科学领域的科研工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

哲学视阈下的多世界解释 / 贺天平著. —北京: 科学出版社, 2017.12

国家社会科学基金项目

ISBN 978-7-03-054476-6

I. ①哲… II. ①贺… III. ①量子力学-研究 IV. ①0413.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 223297 号

责任编辑: 陈 亮 杨 静 耿 雪 / 责任校对: 韩 杨

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 楠竹文化

编辑部电话: 010-64011510

E-mail: yangjing@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

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年12月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2017年12月第一次印刷 印张: 18 3/4

字数: 305 000

定价: 126.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

目 录

绪言	1
第一章 从“测量难题”到“多世界解释”	18
第一节 量子力学发展史	18
一、经典物理的危机	18
二、旧量子论	20
三、新量子论	21
第二节 量子力学测量难题	26
一、测量结果难题	27
二、同时测量难题	29
三、测量过程难题	32
四、定域性难题	34
第三节 量子力学解释难题	37
一、哥本哈根解释	38
二、标准体系	39
三、正统解释	41
四、玻姆解释	43
五、模态解释	45
第四节 “测量难题”的发展趋势	48
一、Percival 和 QSD 模型	50

二、Peierls 和知识解释	52
三、量子纠缠与统计力学结盟	53
四、贝尔实验	54
第二章 “多世界解释” 的理论与发展	58
第一节 相对态解释与多世界解释	58
一、相对态解释	59
二、多世界解释	62
第二节 多视域解释与多心灵解释	67
一、多视域解释	67
二、多心灵解释	70
第三节 退相干解释与多历史解释	75
一、退相干解释	75
二、多历史解释	79
第四节 多世界解释的发展脉络	83
一、最新进展	84
二、历史脉络	86
三、社会评价	91
第三章 “多世界解释” 的整体论重塑	94
第一节 整体论思想的旨趣与意义	95
一、从还原论到整体论的理论流变	95
二、整体论思想的内涵与特征	97
三、整体论思想的启示与影响	100
四、整体论思想与物理学发展	103
第二节 整体性：多世界解释的本体论内核	105
一、“测量难题” 的本体整体性诉求	105
二、多世界解释的本体整体性思想	108
三、多世界解释的本体整体性“陷阱”	112
第三节 整体性：多世界解释的认识论策略	115

一、整体性：物理理论的认识论美学追求	115
二、整体性：认识微观世界的最新尝试	119
三、整体性：多世界解释的认识论对策	123
第四节 整体性：多世界解释的方法论原则	128
一、“相对态解释”的整体方法论特征	128
二、“多世界解释”的整体方法论意蕴	131
三、“多心灵解释”的整体方法论内涵	135
第四章 “多世界解释”的一元论重构	139
第一节 一元论思想的旨趣与意义	139
一、一元论与二元论的理论流变	139
二、一元论思想的内涵与特征	142
三、一元论思想与物理学的发展	147
第二节 物理实体：多世界解释一元论根本	149
一、从对象二元论到实体一元论	150
二、从主观实在论到解释内在论	153
三、从理论二元性到理论普适性	157
第三节 演化模式：多世界解释一元论突破	160
一、从两种演化到一种演化	161
二、从测量特殊性到普适性	162
三、世界表述的一元性	167
第四节 心物一体：多世界解释一元论建构	170
一、从意识到身心统一	170
二、从意识决定论到意识认知论	174
第五章 “多世界解释”的决定论重建	180
第一节 决定论思想的旨趣	180
一、决定论思想的萌芽	181
二、严格决定论的内涵与影响	183
三、决定论思想的进一步深化	187

第二节 多世界解释的决定论思想	190
一、对决定论相关概念的辨析	191
二、多世界解释决定论的体现	193
三、多世界解释决定论的特征	195
第三节 多世界解释对“突变”的逾越	198
一、“突变”思想及其科学影响	199
二、量子力学解释中的“突变”	200
三、多世界解释对“突变”的消解	203
第四节 多世界解释对“概率”的消解	207
一、几种主要的“概率”解释	208
二、量子力学的“概率”诠释	212
三、多世界解释对“概率”的理解	214
第六章 语境论：“多世界解释”的归宿	220
第一节 语境论思想的旨趣与意义	221
一、语境论思想的哲学源起	221
二、语境论思想的内涵与结构	225
三、语境论思想的方法论价值	229
第二节 “测量难题”的语境论趋势	233
一、早期：经典的、平面的、哲学的	234
二、中期：量子的、立体的、逻辑的	238
三、后期：语境化的、交互式的	242
第三节 “测量难题”的语境论要求	244
一、语境论是解决“测量难题”的客观要求	245
二、语境论是认识“测量难题”的必然结果	247
三、语境论对把握“测量难题”的积极作用	249
第四节 “多世界解释”的语境论归宿	251
一、语境论：多世界解释的整体论趋向	251
二、语境论：多世界解释的一元论路径	255

三、语境论：多世界解释的决定论需求	258
参考文献	263
人物索引	277
名词索引	283
后记	288

绪 言

一、引言

量子力学的正统解释(orthodox interpretation)告诉我们,量子系统在两种情况下遵循不同的演化方式。在非测量过程中,量子系统按照薛定谔方程演化,是熵不变过程,其演化方式是决定论和连续性的;在测量过程中,量子系统发生突变,是熵增加过程,其演化方式是非决定论和突变性的。第二种演化方式用数学化的语言表述就是“投影假设”(projection postulate),用物理化的语言表述就是“波包塌缩”(the collapse of wave packet or wave-function),这使“测量”成为微观世界中难以理解而又神秘的物理现象,导致众所周知的“测量难题”。

科学家和哲学家以“测量难题”为核心,对传统物理学的认识论基础作了根本性修正,对决定论、因果论和实在论等问题进行了深刻辨析,这一系列问题构成了所谓的“量子力学解释难题”(the difficult problems of interpretation)。通常认为,“解决测量难题是量子力学解释的核心困难”^①。围绕量子力学解释,科学界展开了旷日持久的争论。1974年,马克斯·雅默(Max Jammer)就曾说过:“(对)形式体系的解释,……在提出理论之后……的今天,却仍然是一场空前争论的主题。(而且因此)……把物理学家和科学哲学家分成了许多对立的学派。”^②雅默之后,这场争论不但没有丝毫的缓解,反而愈演愈

① Whitaker A. *Einstein, Bohr and the Quantum Dilemma*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, p.317.

② Jammer M. *Philosophy of Quantum Mechanics: the Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. New York & Toronto: John Wiley & Sons, Inc, 1974, P.v.

烈。据埃里则(A. Elitzur)的研究,截至2005年,比较有影响力的量子力学解释至少有13种^①。

多世界解释(the many-worlds interpretation)就是其中最重要的一种。20世纪80年代末,鲍伯(L.D.Raub)通过对72位宇宙学家和理论物理学家各自观点的调查发现,58%的学者相信多世界解释是正确的^②;2003年,美国物理学家马克斯·泰格马克(Max Tegmark)在一次量子物理学国际会议上作过调查,在做出选择的40人之中有30人支持多世界解释,远远超过对正统解释的认可^③。

量子力学多世界解释是现代物理学重要的研究成果。国外对多世界解释的研究有两个特点:一是这些研究都侧重于物理分析和数学方法,少有从哲学视角展开的探讨;二是这些研究都是对某个或某类解释进行讨论,尚无对整个多世界解释理论的系统研究。国内则少有学者涉猎此领域,目前仅有对德·维特(Bryce DeWitt)理论的译介。故从哲学视角对多世界解释展开深入研究显得十分必要。

二、多世界解释的发展

多世界解释是从量子力学“测量难题”出发,基于不同视角和方法提出的一种关于整个量子力学的解释理论。多世界解释虽然在20世纪50年代末已被提出,但在20世纪80年代之后才真正兴起,其发展可以分为两个阶段。

第一个阶段是启蒙与沉默阶段(20世纪50—70年代)。当正统解释考虑引力问题时面临着前所未有的困难。在正统解释看来,测量结果是由独立于被测系统之外的观察者获得的;当考虑引力和天文学时,整个宇宙就变成了一个系统,而系统之外什么都没有,根本不存在独立于系统之外的观察者。这个矛盾引起了当时还在普林斯顿大学攻读博士学位的埃弗雷特(Hugh

① Elitzur A C. Anything beyond the Uncertainty? Reflections on the Interpretations of Quantum Mechanics. In Hartle J B. What Connects Different Interpretations of Quantum Mechanics? In Elitzur A, Dolev S, Kolenda N, et al. *Quo Vadis Quantum Mechanics*, New York: Springer, 2005, pp.73-82.

② 成素梅:《量子测量的相对态解释及其理解》,《自然辩证法研究》2004年第3期。

③ Bruce C. *Schrodinger's Rabbits: the Many Worlds of Quantum*, Washington, D.C.: The National Academies Press, 2004, pp.132-133.

Everett) 的关注, 他重新考虑量子力学测量理论, 于 1957 年提出量子力学相对态解释 (the relative states interpretation)^①, 即多世界解释的第一个模型。相对态解释认为, 不存在复合系统的子系统的独立态, 各“分支” (branches) 的存在只是“相对的” (relative)。物理学家惠勒 (John Wheeler) 给予相对态解释高度评价, 并认为“它将彻底改变我们传统的物理实在观”^②。可惜在当时, 埃弗雷特的工作并没有引起关注, 十几年的沉默使其成为“本世纪 (指 20 世纪) 保守的最好的秘密之一”^③。

1967 年, 德·维特重新提及埃弗雷特的思想^④, 并指导其学生格拉罕 (N. Graham) 做了进一步的推广。德·维特把埃弗雷特的“分支”理解为许多相互观察不到却同样真实的“平行世界” (parallel worlds)。这样, 宇宙就由“多世界”构成, 测量则是世界的“分裂” (splitting) 行为, 因此该理论被称为量子力学多世界解释或多宇宙解释 (the many-universes interpretation)。有评论说, “(德·维特) 多世界理论无疑是科学史上建立过的最大胆、最雄心勃勃的理论之一”^⑤。1973 年, 德·维特和格拉罕编辑出版了《量子力学多世界解释》一书^⑥, 将由埃弗雷特首创、经惠勒、德·维特和格拉罕发展所形成的理论简称为 EWG 理论 (Everett-Witt-Graham Theory)。

第二个阶段是发展与争鸣阶段 (20 世纪 80 年代至今)。德·维特的工作促进了多世界解释研究的兴盛。自德·维特以后, 不同进路的解释理论相继

① Everett H. *The Theory of the Universal Wave Function*. Ph. D. Thesis, Princeton University, 1957. In DeWitt B S, Graham N. eds., *the Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, Princeton: Princeton University Press, 1973, pp.3-140. Everett H. 'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 1957, 29(3): 454-462.

② Wheeler J A. Assessment of everett's 'Relative State' of formulation of quantum mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 1957, 29(3): 463-465.

③ Jammer M. *Philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. New York & Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1974, p.509.

④ DeWitt B S. Quantum theory of gravitation - I、II、III. *Physical Review*, 1967, 160(5): 1113-1148, 1967, 162(7): 1195-1256.

⑤ Jammer M, *Philosophy of Quantum Mechanics*. New York & Toronto: John Wiley and Sons, 1974, p.517.

⑥ DeWitt B S, Graham N. *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton University Press, 1973.

出现。第一种进路是“视域或心灵”的认知思路。斯奎尔斯(Euan Squires)反对德·维特存在许多“平行世界”的说法,认为“世界”只有一个,“测量结果是对‘我’的‘一种’意识抉择”^①,因此用量子力学多视域解释(the many-views interpretation)加以概括。与斯奎尔斯的观点相类似,艾伯特(David Albert)和洛伊(Barry Loewer)认为世界不是在测量中分裂,而是测量后观察者的“心灵”处于一种与“大脑”相联系的状态,提出了量子力学的多心灵解释(the many-minds interpretation)。^②第二种进路是“历史概念”的认知思路。1984年,格里菲斯(Griffiths)将“历史”在属性的意义层面加以拓展,提出“一致性历史”(consistent histories)的概念^③,以此来讨论多世界解释,“多分支”、“多世界”和“多心灵”演变为“多种宇宙可选择的历史”,因此该理论被称为量子力学的一致性历史解释(the consistent history interpretation)。^④盖尔曼(Murray Gell-Mann)和哈托(James Hartle)在借鉴“历史”概念的基础上,继承费曼路径积分的方法,发扬埃弗雷特等世界有多重选择的思想,结合杰瑞克(Zeruk)的退相干理论,提出量子力学退相干历史解释(the decoherent history interpretation)^⑤,也被称为量子力学的多历史解释

① Squires E.J. Many Views of One World. *European Journal of Physics* 1987(8): 71-173. Squires E.J. The Unique World of the Everett Version of Quantum Theory. *Foundations of Physics Letters*, 1988, 1(1): 13-20.

② Albert D, Loewer B. Interpreting the many-worlds interpretation. *Synthese*, 1988, 77(2): 195-213. Albert D, Loewer B. Two no-collapse interpretations of quantum theory. *Noûs*, 1989, 23(2): 169-186. Albert D, *Quantum Mechanics and Experience*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

③ Griffiths R B. Consistent histories and the interpretation of quantum mechanics. *Journal of Statistical Physics*, 1984, 36: 219-272.

④ Griffiths R B. Correlations in separated quantum systems: a consistent history analysis of the EPR problem. *American Journal of Physics*, 1987, 55(1): 11-17. Omnès R. Logical reformulation of quantum mechanics I, II, III, IV. *Journal of Statistical Physics*, 1988, (53): 893-975, 1989, (54): 357-382. Griffiths R B. Consistent interpretation of quantum mechanics using quantum trajectories. *Physical Review Letters*, 1993, 70(15): 2201-3304.

⑤ Gell-Mann M, Hartle J B. Quantum Mechanics in the Light of Quantum Cosmology. In Kobayashi S, Ezawa H, Murayama Y, et al. *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Foundations of Quantum States in the Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology*. Tokyo: Physical Society of Japan, 1989, pp.321-343. Gell-Mann M, Hartle J B. Classical Equations for Quantum Systems. *Physical Review D*, 1993, 47(8): 3345-3382.

(the many-histories interpretation)。奥姆尼斯(Roland Omnès)高度评价了该理论,认为它是“一个很好的、一致性、完备性的解释”^①。从此,冯·诺伊曼描绘的一张张独立的、静态的照片被改装成一连串的动态画面。第三种进路是“纤维”的认知思路。巴雷特(Jeffrey Barrett)于1999年出版了《心与世界的量子力学》一书^②,把世界的态连接成一个“轨道”,每一个轨道表示一个可能世界的一种历史,在可能的历史中阐述概率的测量。巴雷特把这种解释称为量子力学多纤维理论(the many-threads theory),这是多世界解释的最新形态。

由此可见,量子力学多世界解释并不是一种单一的解释理论,而是多种解释理论的集合。由于最初的两种解释模型——相对态解释和德·维特理论的相关论文一并被收录在1973年出版的《量子力学多世界解释》一书中,这些解释理论之间又存在着一定的思想关联,尔后的研究者便将其“混”称为“多世界解释”。之后,虽然有多种理论陆续被提出,但学者们仍沿袭这一说法并加以概括。

多世界解释的发展不仅是一段科学进步史,还是一段哲学演化史。

首先,多世界解释的发展是对形式体系与理论解释重新审视的历时研究过程。形式体系(formulation)和解释(interpretation)都是量子力学研究中概念演化的产物,然而形式体系超前于解释已经是一个不争的事实。在传统观点看来,对形式体系进行理论解释就是将理论术语通约为观察术语,将理论命题还原为经验命题,将语形系统演化为语义系统。

埃弗雷特和德·维特并没有因循这种传统的理念,而是宣称“自己的形式体系本身派生了它的解释”。多世界解释根据一些确定的预设推演出确定的结果,这一过程是每个人都可以自行核对的。因而,量子力学解释变成了科学的一部分,不再是玄学的空谈。与哥本哈根解释相比,多世界解释具有更多的可推演性表达和技术性内容。然而,埃弗雷特和德·维特的主张并没有

① Omnès R. Consistent Interpretation of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 1992, 64(2): 339-382.

② Jeffrey A. B. *The Quantum Mechanics of Minds and Worlds*. Oxford: Oxford University Press, 1999. Barrett J. The single-mind and many-minds versions of quantum mechanics. *Erkenntnis*, 1995, 42(1): 89-105.

获得学者的一致认可。巴伦泰因(L. E. Ballentine)就认为,EWG理论是“没有根据的并且是会使人误解的”,充其量只能“提示”某种解释,因为一种形式体系的语义学永远需要一些特殊的解释性假设。面对责难,德·维特也难以说服对方,后来不得不把这项任务交给将来某个有魄力的分析哲学家来完成。

“相对态解释—德·维特理论—多视域解释—多心灵解释—多历史解释—多纤维理论”的发展,伴随着形式体系与解释的更迭,尤其在解释方面,经历了“态—宇宙—心灵—历史—纤维”的演变。然而,多世界解释对形式体系与解释之间界限的认定是模糊的,因为埃弗雷特一开始称自己的理论并不是“解释”,而是“形式体系”,这一点从他在1957年撰写的文章《量子力学相对态形式体系》就可见端倪。德·维特虽然称自己的理论是“解释”,但他始终认为这种解释是形式体系定义的。由此看来,多世界解释把经验与理性在自然主义下融为一体的做法值得深思,或许物理解释的必需并不是因为我们不能通过经验来把握微观领域,而是因为形式体系的描述不足以再现经验的内容。由此看来,多世界解释的发展重新审视了数学形式体系与物理解释的关系,最起码动摇了二者传统的哲学理念。

其次,多世界解释的发展是对世界多重机制进行反复修辞认知的历时研究过程。修辞认知作为一种横断的元分析方法,具有构建和组织科学论述的功能。相对态解释的物理结构“只”对应希尔伯特空间的态矢量,“分支”也是一个必然的数学过程。虽然埃弗雷特使用过“分裂”一词,但他从来没有提出过世界的分裂,仅说过观察者的分裂。德·维特在相对态解释的数学基础上增加了一个解释性预设,将相对态解释中的分支表征为“一个真实存在的世界”,“分裂”被描述成一个瞬间的物理过程。斯奎尔斯把分支理解成观察者的“看法”,多心灵解释把分支理解成不同的“心灵”,这使多世界解释更加的哲学化,斯奎尔斯甚至说“意识心灵‘缔造’粒子”^①。盖尔曼把“多世界”改造成“多历史”,以避免多个宇宙不可观察而导致的困惑。可见,多世界解释的演变伴随着对一些核心概念的反复修辞认知。

多重性是多世界解释区别于其他解释理论的物理机制,对多重性机制的修辞认知也成为研究复杂科学的语言工具。相对态解释和德·维特理论倾向

^① Squires E J. *Conscious Mind in the Physical World*. Bristol: Adam Hilger, 1990, p.211.

于一种客观主义的“分裂”行为，而多视域解释和多心灵解释则倾向于一种主观主义的“分裂”行为；相对态解释、多视域解释和多心灵解释倾向于一种认识论，而德·维特理论则倾向于一种本体论；德·维特理论倾向于一种空间“分裂”机制，而多历史解释则倾向于一种时间“分裂”机制。那么，多重性是主观的还是客观的？是本体论的还是认识论的？是时间的还是空间的？对这些问题的回答，有赖于对多世界解释进行进一步的物理学检验。可见，修辞认知为多世界解释提供了发展动力，多世界解释的发展也是反复修辞认知的结果。

至此，我们梳理了从“测量难题”到多世界解释的发展脉络，这不仅是对多世界解释在量子力学图景中的定位，也是对纷繁芜杂得多世界解释理论的澄清。一方面，这些理论不能兼并包容，暗示着每种解释在理论纲领和思想内核上的独立性；另一方面，多世界解释发展的逻辑表明这些理论一定存在某种共同的物理框架和哲学基础。

三、多世界解释的整体论重塑

关于量子测量的“还原论—整体论”的争论由来已久。还原论是“将认识对象从其所处的环境整体中抽离出来进行单独分析”的方法论原则，整体论则是从整体的角度去把握事物的实在和解释一切现象。戴维斯(Paul Davies)指出，“过去三个世纪以来，西方科学思想的主要倾向是还原论。的确，‘分析’这个词在最广泛的范围中被使用，这种情况也清楚地表明，科学家习惯上是毫无怀疑地把一个问题拿来进行分解，然后再解决它。但是，有些问题只能通过综合才能解决。它们在性质上是综合的或‘整体的’”^①。由于一开始就受还原论思想的影响，量子力学将微观对象从整体中抽离出来，甚至将测量仪器和微观对象分隔开来。学者们逐渐意识到还原论的弊端，尼尔斯·玻尔(Niels Bohr)的互补原理在某种意义上可以看作调和“还原—整体”的产物。20世纪60年代初，普特南(Hilary Putnam)认为，“心理学是不可还原的”；1980年，玻姆(David Bohm)在《整体性与隐卷序》中提出，

① [英] 保罗·戴维斯：《上帝与新物理学》，徐培译，长沙：湖南科学技术出版社，2002年，第64-65页。

量子理论打碎了常识中的实在概念，主体与客体、原因与结果之间的界线由此变得模糊，从而将整体论引入了我们的世界观：1989年，斯查弗(David C. Scharf)指出，冯·诺伊曼投影假说作为一条基本预设不能还原为更基本、更原始的规律，更不能通过还原基本粒子的演化规律推演出来，所以，“要么科学统一的还原观念是错误的，要么当前的微观理论是不充分的”^①。甚至后来他宣布：“还原论死了”^②，这无疑给还原论以沉重打击。在传统量子力学遭遇还原论困惑之后，多世界解释采取了整体论重塑的路径。

第一，多世界解释洞悉微观世界本体的整体性，是本体界限有原则放宽的必然结果。本体论整体性消解了本体实在在空间结构上的机械划分。在越来越小的空间结构中，越来越多的现象表征了本体论的整体性。“量子纠缠”(quantum entanglement)导致了“鬼魅似的超距作用”(spooky action-at-a-distance)，充分表明不同粒子态之间的整体性特征。以往，人们能够通过理论预言分子和原子的存在，并为实验所验证；然而，现在虽然一致承认夸克的存在，却长期找不到“自由”的夸克，只能用“夸克禁闭”(quark confinement)的说法加以描述。难免会有人质疑：既然量子纠缠坚定地支持了整体论，那么作为其反题的退相干难道不能支持还原论？在笔者看来，退相干效应非但不能排除还原论的困扰，反而支持了整体论。因为消失不等于还原，干涉项的消失并不意味着可以将干涉项还原出来作独立的分析，而恰恰依赖于量子系统与环境的整体耦合，退相干“就是量子系统的纠缠态与其外在环境的纠缠，只是扩展了的纠缠性而已”^③。由于微观世界的实体已不能用还原论的方法孤立地研究，因而必须回归整体论，多世界解释正是抓住了微观世界本体这一整体性特点，从而走出了本体论的形而上学“贫困”。

第二，多世界解释持整体论的认识论，是认识疆域有限度扩展的客观要求。认识论上“量子论所要求的关键性的描述变化，即放弃分析的想法，不

① David C. S. Quantum measurement and the program for the unity of science. *Philosophy of Science*, 1989, 56(4): 601-623.

② Mardlin T. Part and whole in quantum mechanics. In Castellani E. *Interpreting Bodies*. Princeton: Princeton University Press, 1998, pp.46-60.

③ 桂起权：《我们的“物理学哲学研究”的核心理念》，《科学技术哲学研究》2010年第3期。

再把世界分析成相对自主的部分，分别存在但同时又相互作用；相反，现在最受强调的是不可分的整体性……”^①反映在具体的认识过程中，多世界解释改变了传统理论对微观世界的看法。相对态解释把整个宇宙视为“整体”，“说子系统的独立态是毫无意义的，人们只能说与其余的子系统的给定态相对的态”。^②观察不是发生于孤立系统之外的一个新的过程，而是系统内部相互作用的特殊情形，从而没有必要分割观察者与客体系统之间的联系。显然，这“不仅要消除对经典的宏观观察装置或外部的最终观察者的需要，而且还要消除对其形式体系的先验的操作解释的需要”^③。如此一来，还原论方法导致的量子力学的本体论与认识论之间的鸿沟就被消解了。

第三，多世界解释贯彻整体论的方法论原则，是方法与形式相互渗透的内在途径。对于多世界解释理论来说，整体论不能仅仅满足于本体论和认识论上的优越性，而应该落实为一种具有可操作性的方法论。一方面，多世界解释认为波动力学既能描述每一个孤立系统，也能描述每一个被观察的系统；另一方面，早在多世界解释诞生之初，整体性就已蕴涵在“相对态”这一数学模型之中，建构数学形式体系与观察经验之间的某种一致性。将整体论渗透到数学形式体系之中，是多世界解释整体性原则在方法论上的体现。

需要指出的是，整体论与还原论不是非此即彼的关系，而是一种相互协调的关系。对部分的描述与对整体的描述并不矛盾，二者在特定层面上都是正确的。那么，究竟应该选择整体论还是还原论来解释世界？霍弗斯塔特(Douglas R. Hofstadter)在《歌德、埃舍尔、巴赫》^④中斥之为无用，他认为选择整体论还是还原论，全看你想知道什么。因此，必须清楚地意识到：一方面，在量子世界里，整体是还原论不可分析的，整体论的意义只有在整体结构的层面上才能显现出来，而在部分结构的层面上则毫无意义；另一方面，多世界解释的整体论路径并非是某种理论的预设，而是解决物理学实际问题

① Bohm D. *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge Classics, 2002, p.169.

② Everett H. Relative State Formulation of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 1957, 29(3): 454-462.

③ Jammer M. *Philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. New York & Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1974, p.508.

④ Douglas R H. *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*. New York: Basic Books, 1979.