

导 论

在现代思想中，从分析性走向整体性的思维方式转换，已经表现得愈来愈清楚了。

“整体论”这个术语最初是南美政治家斯穆茨于 1926 年在《整体论和进化》(Holism and Evolution) 中首次提出的，主要是用来说明整体因素在历史中的作用。后来在社会科学中出现了“方法论整体主义”的研究导向。50 年代初 奎因在研究知识论时 发展了迪昂把整个科学理论本身作为经验证实对象的观点，认为科学理论知识始终作为一个整体而接受经验的检验，这被称作迪昂—奎因命题，也被称作科学哲学的整体论。

但是，把世界本身作为一个整体进行研究以及对一般整体的性质所做的研究却十分古老，在西方可以上溯到伊奥尼亚学派和米利都学派 在东方则可以追溯到更早的年代。但是 近代以来 形而上学思维方式开始占了统治地位，分门别类的研究方法形成了一种思想习惯 即孤立地、片面地、静止地看问题的习惯 相应地，分析哲学的思想导向日益强化，到 20 世纪中叶以前，一直成为西方哲学的主流思潮。

但是，19 世纪前半叶的自然科学革命已经开始展示了现实世界相互联系而成为统一整体的伟大图景。由黑格尔开启的辩证法哲学，突破了形而上学的狭隘眼界。随着自然科学成为把“自然科学结合为一个伟大整体的联系的科学” (la 第 4 卷 第 241 页) 唯

物辩证法第一次根据经验科学的成就去探索世界本身的整体性问题。

近二三十年来，自然科学的最新进展显示了整体性问题的一个令人震惊的崭新层面。

尽管从量子物理学诞生伊始整体性观点就已包含在量子物理学之中，然而时至今日对这一观念却仍然缺乏充分的认识。这种状况既可以用整体性观点的模糊性和不确定性以及理解这一观点的心理困难来解释，也可以用这一思想引进和发展的具体历史情况来解释。

为了克服形如‘实验条件的整体性’或‘量子现象的整体性’命题的各种量子力学悖论，N·波尔首次成功地使用了整体性观念。早在他批驳爱因斯坦—波多尔斯基—罗森悖论的论文之前，波尔就在《量子力学和物理实在》的笔记中指出“由于测量条件‘应当被看作是**整个现象**（这可以用‘物理实在’这一术语来准确地表示）的一个不可分割的部分，因此上述各位作者的结论是不正确的”（18、第 179 页，着重号是作者加的），把整体性观点形成的这个第一阶段称之为现象学阶段是很合适的，这是指当时的整体性观点仅限于分析测量条件和由于这些条件而形成的量子现象：严格说来，量子现象以不可分割的样态包含在它的观察（测量）条件之中。现象学的整体性观点在 B·A·福克的著作中由于他的关于测量手段相对性的著名学说而得到了进一步的发展。B·Я·帕霍莫夫做出了值得注意的尝试，他根据相互作用形式的相对性的思想，试图从客观化的角度发展现象学的整体性观点。

今天看来，这种现象学的研究方式显然是不充分的：关于检验违反贝尔不等式 (31) 的一系列实验提出了量子相关的‘内在机制’问题，这使目前的形势尖锐起来。因此，有必要更深刻地探究量子现象和整体性思想的本质。与此相联系，今天形势的特点则是从现

象学的整体性观点过渡到实在论的整体性观点的趋势。

正如玻姆的名著《量子理论》(8)所表明的 实在论的整体论观点是从现象学的整体论观点中自然而然地发展起来的。玻姆的著作完全是根据哥本哈根学派关于“整个宇宙在亚量子层次上是作为不可分割的单一整体”这一明确结论的精神而写出的(11)。但是玻姆从量子力学的哥本哈根解释中得出的却不是浪漫主义的整体性观点 而是实在论的整体性观点。按照玻姆在《量子理论》中所表述的实在论整体性观点的那种形式，实在论的整体性观点是纯粹从直觉上来把握的，没有超出埃利亚学派、新柏拉图主义甚至《奥义书》的那些伟大思想观念。对整体性观点的这种解释甚至远远落后于思想清醒的物理学家（和波尔本人的最初的现象学整体性观点相比）的自然科学实在论。因此，毫不奇怪，《量子理论》的作者玻姆畏惧量子力学的哥本哈根解释归根结底必然会得出的逻辑结论，回避它，也回避整体性观念，并且在该书出版后竟又采取了与该书直接对立的立场 这就是赫赫有名的寻找‘隐参数’的举动。

但是，人类思想史今天又实现了一个完整的回复。J·贝尔和A·阿什佩克可能是‘隐参数’最热心、最勤勉的探求者，而与他们期望截然相悖，所得出的结果却是必然永远放弃“隐参数”观念。这样一来，我们就不得不重新回到整体性观点。不过，这一次却应当从理性主义角度来理解它，对它做出实在论的和完全明确的解释。这就是我们之所以选择了“实在论的整体性观点”这一术语来称呼它的缘由。

然而，科学也就是生活，你无论何时也不会知道在接踵而来的转折背后等待着你的将是什么。当我们试图根据抽象集合概念在描述物理实在状态方面的局限性和相对性来尽可能准确地阐明量子整体性的意义时，我们却始料不及地触及到了自然规律存在的根据问题。于是又产生了一个术语“前物理学”。关于这一术语的

意义我们先请读者自己去判断。不过，不管在什么地方，量子物理学总是把我们引向物理实在的一个崭新的方面，使我们对自然界中物理的东西和逻辑的东西的传统对立重新进行思考。玻姆在上面提到的著作中公正地指出，物质结构的基础主要不是力学的（和物理—因果的）而且，“量子力学”这个术语在很大程度上也是不确切的。也许说“量子非力学”更正确（8 第 203 页）。在本书中我们将会对物理学和力学基础中的“非力学”和“前物理学”这个引人入胜的问题给予最大的关注。

两千多年来，整体论哲学的发展基本上缺乏坚实的经验科学基础。只是 19 世纪自然科学革命第一次为唯物辩证法的整体论学说提供了可靠的事实依据。哲学和科学是互补的，正如科学要向哲学汲取自己的诗情一样，哲学也必须向科学寻找自己的生长点。我们将会看到，正是我们所说的“前物理学”本性在新物理学中的显露，给辩证的整体论带来了勃勃生机。

第一章

现代科学中整体性观点的发生

人们通常是借助整体性概念来描述某一总体各个要素（或者包括在单个客体的各个要素）的关系，亦即那样一种联系，它把这些要素结合起来并使总体出现新的（整体的）那些孤立的要素所不具有的属性和规律（可参见 61 第 768.763 页），因此，由于某种物理原因，各种集合要素结合为一个整体，上述这种整体性始终是在某种集合的基础上实现的。我们称这样理解的整体为派生的整体性，并请读者丢开它。因为整体性概念事实上可能还有另外一种今天仍然完全未经研究的意义。如果整体具有初始性质（是从来就有的）而在整体中既没有部分也没有要素的话，那就意味着为了得到整体而把各个要素以某种方式结合起来的想法是没有必要的。这样的整体性的唯一性质就是不能把状态划分或分解为某些要素的集合，我们把这种整体性规定为本来的或真正的整体。这样理解的整体是和集合概念不可分割地联系在一起。这种联系的基础是把这两个互相定义的概念既区分开来又结合起来的逻辑否定关系：集合概念所表示的是状态相对地分化和区分为要素的性质，而整体所表示的则是这种分化性和区分性的否定，整体就是非

集合。本书所要考察的正是这样的整体，它是所提到的整体性观点的核心思想。

从这样的整体性观点的角度看，要素、集合、总和以及诸如此类的概念就都丧失了自己的原初性、独立性和绝对性，相反却暴露出自己的相对性，这种相对性在于，由上述那些概念来描述的实在的纯集合性方面，始终应当用与之直接对立的和与之互补的方面来补充，这一方面就是作为实在不能分割和不能分解为某些要素这种性质的整体性。

勿庸赘言，这里所摒弃的集合性的整体性观点，以及与之一起被摒弃的经典自然科学的纯集合性范式，都和诸如空间、时间、因果性、质量、能量等物理概念的绝对化有关。关于其中每一个概念的历史和方法论作用，都已有几十部著作和数百篇论文做过说明。但是植根于量子物理学而产生的新的整体性观点，所凭借的却是一个迥然不同的概念在现代科学世界图景中的基础性地位，这个概念就是作用，与其说是一个直观的概念，不如说是一个更普遍、更抽象的概念。

因此，从对物理学中作用概念的历史和方法论地位的简要考察入手，来研究现代科学方法论中的新的整体性观点，看来是合适的。本书作者在探讨新的整体性观点方面，已经积累了一定的经验。这基本上可以归结为这样一个令人遗憾的事实：量子物理学提出的世界不能最终从物理上分割或分解为某些要素的集合这一思想，通常被理解为似乎通过某一物理经验空间表现出来的某种物质—实体的不可分性。然而，量子物理学关于世界作为不可分割的整体这一观念所指的其实并不是实在的直接感性的方面，而是在实在的感性方面中间接表现出来的一个属性；这种不可分性思想的直接基础也并不是实验上可检验的空间几何空间时间、质量、能量、动量等空间的某些要素的不可分性而是实质上更一般和

更抽象的相空间的基本格胞的终极不可分性，这种相空间则是有其作用范围并具有构形性和实质上的无限度规性的空间。

恰恰是作用空间中不可能进一步分割的终极格胞（由普朗克常数得出的），限制了个别要素和要素集合的经验上可检验的模型在描述物理实在状态方面的可应用性，这种物理实在状态和这种模型所表示的具体物理性质并无关系。这就意味着，为了正确地反映世界的量子整体性和量子不可分性这一属性，归根结底必须摒弃单个要素及其集合的模型，并且转向与之直接对立并与之互补的观念，这就是世界不可能一般地分解为某些要素的集合的观念。而且既然在整体性观念的发生和论证方面，作用概念占有极其重要的地位，因此我们的研究从这一概念在物理学中的历史和方法论地位问题入手是颇为合适的。

§1 “作用概念的历史和方法论意义

不能不对下述事实感到奇怪：在力图分析物理科学中诸如“质量”、“能量”、“空间”、“时间”、“因果性”等中心概念的浩如烟海的文献中，这些概念中的一个特别重要的概念（而且如果考虑到认识的操作方面和实在的动力学本性，那么它可能是最重要的概念）——作用概念，迄今为止却无人问津，在我们的文献中竟无一部著作涉及到这一概念。同时，与经典力学所有其他概念不同，作用概念也是唯一的一个标识物理不变量的概念，它在相对论物理学中仍然保持自己的不变性，从而似乎凌驾于其余已丧失绝对性和不变性的经典力学概念（空间、时间、质量、甚至能量）之上。能量相对于洛伦兹变换并不是不变的，而以前它对于伽利略变换也不是不变的。能量守恒原理要用动量守恒原理来补充。“但是，最小作用原理凌驾于这两个原理之上，把它们结合起来，从而也就支配

着所有的可逆的物理现象。”(51 第 95 页)

同时，作用概念也是另一个最重要的物理学理论——量子力学的发源地，仅从最小作用量子假设导致量子论出现这一事实本身，就完全可以提出详细地分析物理学中作用概念的历史和意义这一问题。

今天，“行动中的”物理学已经意识到作用概念在物理学中的突出地位，而这种情况就使得公然忽视它的事实显得更加难以容忍。例如，L.B. 奥孔的著作《基本粒子物理学》是对现代科学这一前沿领域基本成就的概述。它展示了一个物理学家对作用概念的极度推崇。奥孔写道：“在所有的物理量中有一个物理量在物理学中占据中心地位。这个量就是作用……”他接着指出：“作用大小”是同物理学中所有守恒定律从该项作用中引申出的结果有关的。同时，“场和粒子相互作用的全部动力学就包含在作用之中”(49, 第 11—13 页)。然而，除了守恒和动力学之外还有什么呢？这就是世界上的一切。而这一切就反映在作用概念之中。因此，当代作者 Ю. И. 马宁认为有可能把宇宙从大爆炸到大坍缩的整个宏伟的历史同作用概念联系起来，这是不足为怪的。他写道：“在全部理论物理学中，作用大概是一个最重要的量……它不是对瞬时状态具有量值，而是对物理系统的一段历史进程具有量值。在经典物理学中，它规定着各种物理上可能的历史段落——对这些段落来说作用采取可以容许的最小量值。在作用谱上初始的零点乃是系统“无限短”历史的作用。我们不知道作用谱的上限。可以设想一个宇宙模型，其中宇宙在从大爆炸到大坍缩（如果模型预示了这种大坍缩的话）的历史各段落上的全部作用就是这个上限。”(47 第 26 页)

1. 经典力学中的作用概念

理解作用概念无疑要比理解任何其它力学概念都要复杂得多和困难得多。作用这个名称尽管看起来在很大程度上似乎是拟人

化的，但是它的物理内容比起力、能、功、质量之类的概念来，其拟人化的成分毕竟要少得多，而且它已经失去了直观性。

作用概念产生的历史是如此特殊，正像它在物理学中后来的命运以及它今天的地位和意义一样。

作用概念是莱布尼兹 1669 年在他那部生前未曾发表的始终未完成的巨著中最先制订的。莱布尼兹称作用为 *actio formalis* 并且把它规定为这样一个量，其量度是“在一定距离上（在向前的匀速运动条件下）和一定时间内移动的物质的一定的量”，运动的形式作用是同物质的量及其速度与所移动的距离的量的乘积……成比例的”（34，第 3 卷，第 3 章，第 1 节）。他还给出了第二个作用定义：“运动物体、时间间隔和速度平方”的乘积。这两个定义是严格等价的，可以表示为 mvs 或 mv^2t ，这 and 现代对作用量的理解是完全相同的。值得注意的是莱布尼兹给运动概念所下的 *formalis* 定义（形式定义）看来，莱布尼兹想借助强调他所引进的概念的普遍性，强调它不仅对于力学，而且对于哲学的重要性。莱布尼兹在阐释和讨论作用概念时那种特殊的严谨性证明了这一点。“通过莱布尼兹的讨论可以清楚地看到，对他来说，问题正是在于一定要证明作用量定义的正确性...”（54 第 21 页），但是尽管莱布尼兹的上述著作是未完成的，因而今天他的这个直接目的（为此他必须引进作用概念）仍未得到阐明，但是可以推测，莱布尼兹是打算利用自己与作用概念相联系的力学方面的研究，来论证他所提出的世界观，在这种世界观的基础上，他建立了特殊的变态原理：在所有可能的世界中真正的世界应该是那样的世界：最高的善和不可避免的恶同时包含于其中（42 第 253—297 页），这时，力学所发现的自然界的构造（按照这种构造在所有的自然过程中都以最小的作用得到最大的效果），应该成为这种哲学观点的特殊的自然科学证明。

饶有兴味的是，根据 S·开尼格 1751 年发表的已经佚失的莱布尼兹的书信片断，莱布尼兹也是头一个发现（他的信注明的年份是 1707）：在物理系统的真正运动中，作用事实上既可以是微小的，也可以是最大的，这就使他的构思从根本上最终铲除了目的论的动机：“包括在作用之中的不仅是时间（像您所指出的）作用其实是质量和时间的乘积，或者是时间和活力的乘积。我们已经指出过，在运动的改变中作用通常是最大的或者最小的。由此可以得出不同的推论...”（54 第 22 页）这一点可以说明为什么莱布尼兹从 23 岁的青年时代开始写作的著作始终未曾完成，而且为什么他差不多已经得出了最小作用原理，但却终于不得不在他所揭示的那个既不同于神学，又不同于目的论的最大—最小作用原则面前裹足不前。因为根据这一发现 莱布尼兹的“最好的世界”也可以按照同样的几率成为最坏的，只有最小的善同最大的恶一起包含于其中，这当然会使这个奇特观点的提出者陷入十分尴尬的处境之中。

然而，另外一些学者之所以有可能接受作用概念和承认它在力学中的合法地位，仅仅是因为其中与最小作用原理的发现有关的具体必然性，而这是在莱布尼兹首次制定作用概念之后的 70 多年才发生的。莱布尼兹始终也没有制定出最小作用原理。但是，最小作用原理的发现者莫泊丢（Pierre Maupertuis）到了 18 世纪中叶仍然不得不同莱布尼兹的拥护者进行斗争以捍卫自己的优先权。

下述事实可以证明在力学中建立作用概念是多么困难：尽管莫泊丢力图立即赋予自己的发现以一种甚至超出科学范围之外的基础性，尽管围绕最小作用原理发生了延续若干年并且吸引了当时几乎所有著名思想家的激烈争论，但在许多作者那里却可以找到关于包含作用概念的模糊而混乱的观念，更不要说最小作用原

理及其数学表达式了。甚至第一个发现最小作用原理的清晰的数学形式的伟大的欧拉，在致莫泊丢的信中也承认，他看“不太清楚，应该以怎样的方式把对物体在一定时间内通过的距离的分析纳入到作用量的定义中去。”看来，他是倾向于仅仅把作用解释为 mv^2 的乘积（质量乘以速度的平方）（17 第 747 页）。

莫泊丢从“活动”的意义上对作用概念做了极其广义的解释，它出现在自然中发生某种运动和变化的一切地方。莫泊丢步笛卡儿的后尘，把动量 mv 视为基本的力学量，因此对他来说，作用的尺度是动量乘以空间位移—— mvs 。对作用的这种理解是同莱布尼兹派一致的。这遭到 P·达尔西的反驳，他注意到作用这一名称的拟人性和“其数学表达式的随意性”。把作用定义为动量与位移之积或者定义能量与时间之积确实带有随意性的色彩，这在经典力学的框架内几乎是不可避免的，因为这一定义的确定的必然的意义，只是在 20 世纪新物理学中才建立起来。下述事实同样也可以证明在这里所遇到的困难，拉格朗日似乎把作用看成仅仅是由一个任意的名称“作用”（17 第 318 页）然而，在关于最小作用原理的问题上他所采取的仅仅限于制订该原理的数学形式这一立场却是令人钦佩的。

但是，达尔西提出要取代他所批判的作用定义，这无论从当时看、还是从今天看，都是不能令人满意的。他从封闭的形而上学观念出发，把作用理解成系统产生现象的某种能力，其量度同样取决于对不同的力的识别：“产生作用的两种对立的力的能力就是这两个力的差；如果这两种力作用于同一方向上，这一能力则是二者的和。”（54 第 34 页）

更晚一些的著作同样也可以证明在力学中建立作用概念的困难以及对这一概念的理解常常是不够清楚的。在 В·Я·布尼亚科夫斯基编纂的《纯粹数学和应用数学辞典》的“Action 作用”这一

条目下，我们可以读到：“在力学中用它来称呼力在物体上或者直接
在质点上显示出来的效应力”（15 第 8 页）从后面说明最小作用
原理的条目的内容中，可以推测出“效应力”指的是“活力（即动
能）和时间的乘积。该条目中给出的作用的数学表达式是 mvs 或
 mv^2t 是正确的^①，其名称一次是使用“效应力”一词，另一次则使用
“活力各要素的总和”，这反映了作用概念在力学语言中的不确定
性。而像杜林（恩格斯的名著使他留名于世）这样的作者，甚至在
1872 年所写的著作中仍然把作用概念同动能概念混为一谈（28，
第 200—201）。

作用概念形成的纯粹外在的历史简要说来就是这样。这一历
史过程的特点突出地表现了达兰贝尔借他与狄德罗合编的著名的
百科全书而向莱布尼兹的后继者提出的那个令人困惑的问题：“沃
尔夫先生在《圣彼得堡的回忆》（《Memoires de St-Petersbourg》）
第一卷中想到用活力乘以时间，并且称这个乘积为作用，看来他忽
略了物体的作用是每一瞬间各种力所造成的结果，从而也就是所
有瞬时活力的和。可以请教一下莱布尼兹的拥护者们（沃尔夫^②似
乎被认为是他们的领袖）：他们凭什么在作用和活力之间杜撰出这
样的形而上学的区别，至少按照他们所建立的活力的观念，不应当
在二者之间做出这样的区分。”（17 第 111 页）达兰贝尔也指出作
用的数学表达式的随意性，按他的意见，可以把作用理解为质量与
速度的乘积，质量与速度的平方的乘积，或者空间和时间的任何其
它的函数，但是作用一词的本来的形而上学概念并未因此而变得
更清楚一些。（17 第 115 页）

①. 这里我们所根据的是 B. H. 布尼亚科夫斯基所写条目的原文。严格说来，作用
并不是 mv^2t ，而是对应于相对惯性力学系统的拉格朗日函数 $(\frac{mv^2}{2} - u)t$

②. 众所周知，赫利斯蒂安·沃尔夫是莱布尼兹哲学的传播者和把它系统化的人

达兰贝尔所提出的这个令人困惑的问题，促使人们去阐明 17—18 世纪由于力学的发展而产生的导致作用概念形成的那种内在的必然性，这种必然性正像前面引述的达兰贝尔的见解所特别证明的那样，当时还是远远没有被意识到的。

可以做出推断的是，历史上作用概念的发生是同考察最简单的力学行为中的动力矩这一任务有关的：杠杆，螺旋，以及如此等等。特别是在寻求它们的平衡条件时的动力矩问题，相对于某一中心 O 的质点的动量矩，等于矢径 r 同它的动量 mv 的矢量积，即 mvr 。它给出了其大小与作用相等的量。但是，既然动量是矢量这两个概念的物理意义就是有所不同的。不过，与杠杆臂的下落和升高行为相联系的一般变化，有可能引出某些关于派生的作用的概念，并对引进相应的概念起到了促进作用。

但是在力学中引进作用概念的真正根源，无疑是同力学变分原理的制订有关的。

变分原理使我们有可能把物理系统的真正的或实在的运动（或状态），从该系统在同样条件下的各种动力学上可能的运动或者状态的无限总和中区分出来。这是可能的，因为变分原理指明了系统真正运动的某种标志：对于真正的运动来说，由坐标及其导数决定的确定函数，给出了相对于所有其它与给定条件相符合的运动的极值。而这就是指：通过对系统坐标及其导数的变分，可以求出系统运动的轨迹，沿着这一轨迹，该函数的变分等于零，这证明了它的极值性，同时也可以视为所求得的轨迹真实性的标志。

物理系统行为的极值性是自然界的一个极其普遍的性质，例如，在下述现象中就可以观察到这一性质：球形雨滴的形成具有最小的表面和最大的体积，物体的运动和光线在同一介质中的传播都沿着最短的路程，而且是直线的，等等。从遥远的古代人们就已经知道那样一些课题，它们的解是和求各种极值有关的。例如，根

据维尔吉利亚的说法，从腓尼亚逃出的基顿所要解决的就是这样的课题。当她勉强走到卡尔法根的时候，她请求当地居民卖给她一块地。而他们对她的回答只是，她可以用牛皮围上一块土地。于是基顿把牛皮割成细条，然后把它们联结起来，用这样做成的圆圈围成一块最大的地皮。就这样解决了在周长一定的条件下图形的面积最大这一问题^[1]。这样一类等同问题（求与某物体表面积相等的所有其它物体中具有最大体积的物体，或者求周长相等时面积最大的图形）早在古代就已为阿基米德、捷诺多尔和亚历山大里亚的希罗解决了。希罗还表述了物理学中头个最小值原理：当光线被镜子反射时，从物体到眼睛的距离是各种可能的反射路线中最短的。

P·费尔马在 17 世纪时，根据亚历山大里亚的希罗的原理出发制订了几何光学原理。按照这个原理，光从点向另一点传播的实际途径是这样的：光通过这段途径所需要的时间，比起通过把这些点联结起来的任何其它几何上可能的途径所需要的时间来，是最短的时间。时间是由下述定量原则来表现的：该量的变分在光运动轨道变换时等于零。因此，在一定场合，时间最短乃是系统真正运动的标志。

寻求这种最小或最大原理，是 16 和 17 世纪许多数学家注意的中心。他们建立了各式各样的特殊定理，用以描述同一介质中光的传播，光和弹性体的反射定律，力学系统的平衡条件等等。把这些不同的特殊定理结合为一个普遍原则这一任务，已经成了迫在眉睫的事情，而这一普遍原则对所有场合的运动都是适用的（不仅对光，而且对各种物体也都适用，这对于理解力学的内在统一有着

[1] 在《埃涅依得》中原话是：“把那块皮儿切割成细条，于是她就得到了一块地皮。”

特别重大的意义)。当然,要解决这一问题首先就要靠求出在自然界各种运动场合都具有极限性、而且以同一方式决定所有具体问题的解决的那种量。

显然,这个迫切问题的深度和广度要求从自然界真实运动的最短途径或最短时间这一观念(这仅仅在最简单的场合才得到了证实)转向更普遍的量,它明显地不仅取决于坐标及其导数,而且也取决于作用力。这个量能把静力学和动力学的一些特殊原则结合起来,把整个力学归结为最小作用原理。17—18世纪力学发展的历史趋势就是这样。而作用正是适应这种迫切需要的那样一个量。

1744年4月15日莫泊丢在巴黎科学院的会议上做了《迄今似乎不一致的各种自然定律的和谐》的报告,在报告中他第一次阐述了著名的最小作用原理。如果光的传播速度与介质的密度成反比的话,那么对折射情况来说,时间最小(或路程最小)原理就是有局限性的。由此出发,莫泊丢得出结论:事实上“光既不是以最短的途径、也不是以最短的时间穿过不同介质的……。它并不遵循其中任何一个原理;它所选择的是具有更实在的优越性的道路:对它来说……作用量是最小的”(17第26页)。莫泊丢把作用量理解为莱布尼兹所引入的量 mvs 。莫泊丢这个最初的报告有一个优点,那就是其后关于最小作用原理的所有其它发言所不断引述的,关于他所发现的原理在自然界中具有普遍这一思想。他说,正是作用的量,“是自然界真实的消耗,而在光的运动中尽可能节省的也正是这个量”。在作用的物理内容中也同样具有这样的普遍性,因为它“对于产生自然界中的某种变化来说”是“必要的”(17第26,55页)。

我们在莫泊丢以后的一些作者那里还可以看到,他们关于作用概念的看法是多么混乱和矛盾。无论是这一概念的意义以及力

学对它的实际需要。还是这一概念的表达式（动量乘位移或能量乘时间），当时（而且过后很多年）都一点也没有搞清楚。因此，尽管莫泊丢的工作有着专门文献一再指出的各种缺陷，尽管他在哲学方面完全错误地试图根据最小作用原理去证明上帝的存在，却仍然必须对他关于作用概念在力学中的意义和地位的天才猜测给予应有的评价。如果我们认为莫泊丢的神学思辨是绝对不能宽恕的（从时间说它刚好处于法国资产阶级大革命的启蒙时代，而这种神学思辨后来受到当时进步思想家们的公正而尖锐的批判），那么，我们毕竟还可以理解给他带来不幸的认识论根源，因为他所建立的原则揭示了自然界的一个美妙绝伦的侧面，即使缺乏感情的人也会为之倾倒。莫泊丢说，从这一原理引出的运动和静止的定律是和自然中所观察到的一样正确，而把它运用于所有现象所得到的成果更是使人叹为观止。动物的运动、植物的生长，星体的旋转，所有这一切都不过是最小作用原理的结果。他接下去说，当人们发现，从最小作用原理导出的少数定律已经足以描述所观察到的一切运动时，大千世界的景色将变得更加壮观、更加美妙。

最小作用原理发展史上的后一阶段是同大数学家欧拉、拉格朗日、汉密尔顿、雅柯比、奥斯特洛格拉得斯基等人的活动联系在一起，这些活动比较平淡，但在获得具体物理结果方面却是颇富成效的。他们建立了最小作用原理的各种严密的数学表达式，这些表达式既给出了表示具体场合系统作用的函数，也给出了应予变

分的量和变分条件的量^①。

在认识论方面，从数学上制订最小作用原理的时期是以一项重要发现为标志的，这就是：在物理系统的真实运动中，尽管像莫泊丢所指出的那样，作用通常总是最小的，但却并非一定如此，相反也可能是最大的，甚至在个别场合它既不是最大值，也不是最小值，而是必须采取一个特定的常量值。换言之，已经找到了系统运动真实性标志的极其重要的、更确切的规定：真实的轨道是，该轨道上的作用变分等于零。这一事实直接表明了在实际过程中作用的稳定性，而这一事实后面的东西（最大值，或者在个别场合甚至既非最大值，亦非最小值）已经提出了进行补充研究的必要性。由于这一发现，莱布尼兹、莫泊丢以及欧拉著作中的各种目的论的附加物就成为完全多余的东西了。自然界当然不能给自己提出任何目的，它在自己的运动中既不力求达到最大值，也不力求达到最小值。事实上，它始终以令人惊奇的方式实现作用的稳定性。

清除这一原理中的神学和形而上学思辨绝不会降低它的普遍性。相反，它在所有其它力学原理中的特殊地位变得更加明显了。用能量与时间之积表示作用的可能性使这一原理的应用范围远远超出了力学领域，这包括可逆过程热力学和电动力学。尽管乍一看来，作用稳定性原理的应用要依靠能量守恒定律，但在事实上已经肯定，能量守恒定律是从作用稳定性原理中引申出来的。

① 我们给出哈密顿—奥斯特洛格拉得斯基形式的作用表达式： $J = \int_{t_0}^{t_1} L dt$ ，这里 L 是由系统的广义坐标、速度以及时间决定的函数。在最简单的情况中， L 是系统势能和动能的差。最小作用原理指出，系统在同一时间间隔 $t_1 - t_0$ 内实现的、从一个位置向另一个位置（接近前一个位置）的所有动力学上可能的位移中，只有那样一种位移才是真实的，即对于该位移来说作用是最小的。但是这就表明在真实轨道上的作用 J 的变分等于零。