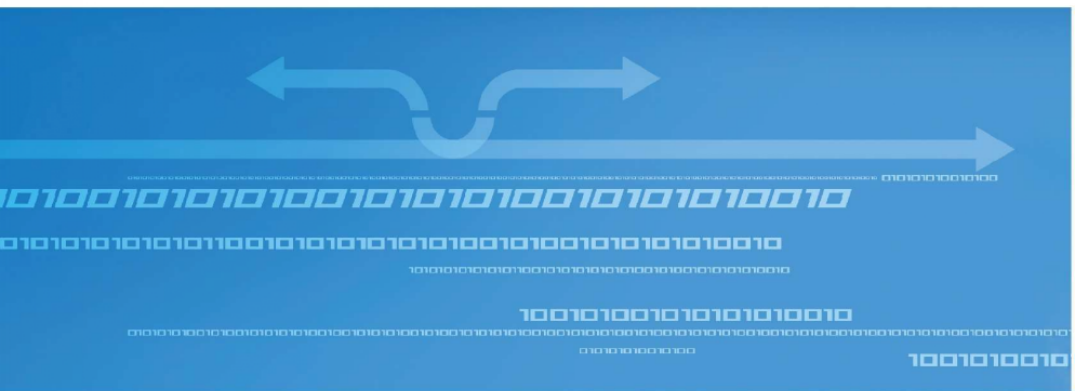


质量概念研究

杨敏姣◎著



云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

质量概念研究 / 杨敏姣著. — 昆明: 云南大学出版社, 2022

ISBN 978-7-5482-4492-9

I. ①质… II. ①杨… III. ①质量(物理)—研究
IV. ①O31

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第156317号

策划编辑: 张丽华

责任编辑: 陈涵

封面设计: 任徽

质量概念研究

ZHILIANG GAINIAN YANJIU

杨敏姣◎著

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明德鲁帕数码图文有限公司

开 本: 889mm×1194mm 1/32

印 张: 8.75

字 数: 230千

版 次: 2022年9月第1版

印 次: 2022年9月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-4492-9

定 价: 38.00元

地 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)

邮 编: 650091

发行电话: 0871-65033244 65031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

若发现本书有印装质量问题, 请与印厂联系调换, 联系电话: 0871-67335884。

序 言

质量 (mass) 是描述物质最基本属性的物理量, 是继空间与时间之后物理学与哲学中最重要的基本概念。它是物理学各个分支和科学思想中不可或缺的概念之一, 当前的基本粒子理论以及场理论中仍存在某些难以解决的问题, 要破解这些难题需要涉及对质量概念的追溯。质量概念被普遍认为是物理学中一个相当复杂的基本概念, 对质量概念的讨论一直是物理学和哲学领域最受关注和最难解决的问题之一, 至今也没有人对此给出一个逻辑上和科学上不存在异议的表述。

牛顿把对质量的定义放在其《原理》的第一条, 之后, 对它的意义、它的本性, 以及它在物理学中的地位的进一步理解一直吸引着物理学家和哲学家们的注意。自牛顿开始, 近现代物理学史上, 质量概念出现的形态依次有物质的量、惯性质量、引力质量、电磁学质量、狭义相对论质量, 以及广义相对论下等效原理中的质量概念。而归根到底, 所有这些质量概念的形态都可以表达为两种根本不同的类型, 即惯性质量和引力质量。电磁学中对电磁惯性的解释和狭义相对论中可变质量的提出, 本质上都是指动力学意义上的惯性质量。牛顿提出的引力质量 (也可称重力质量) 是在万有引力定律下物体作为行为主体的区别于惯性质量的独立形态的另一个描述物质属性的量, 而爱因斯坦的等效原理把惯性质量与引力质量的相等作为其广义相对论的一个自然结果。

质量概念的产生是基于物质实体的, 在质量概念提出后的很长一段时期里, 物质和质量两者还可以互相替换。19 世纪电学

和光学的发展产生了物理学的另一基本范畴，即“场”这一概念，“场”被作为物质与能量的等价物，“场”概念在方法论上优于“质量”，因为“场”是试图用来直接描述物质的。机械论观念的衰退使科学家们试图把概念经典力学还原为电磁学，而这一过程的关键是要把力学中不可约的质量还原为电磁质量。这是首次对解决质量本性问题的科学尝试。狭义相对论的提出引起了质量概念的进一步修正，并导致了之前质量和能量混杂问题的统一。在经典力学中两个不同的概念，即惯性质量和引力质量，在广义相对论中也被视为等效的。在现代物理学中，认为不变的原子之类的粒子是组成物质的本原的观念已经遭到抛弃，随着物质观念的变化，质量的意义已经改变并还需进一步的研究和认识。

纵观近几十年来物理学家和哲学家对这一问题的研究，对质量概念的研究主要体现在对质量与能量的关系问题、相对论质量问题以及质量的起源问题的讨论上。

我国学术界对这一问题的研究起步较晚，主要有20世纪80年代的胡素辉、金尚年对质量概念的建立和发展过程中的一些解释和争论所做的研究，阎康年对牛顿力学中质量概念的提出以及马赫对此概念的重新定义进行了思考，之后有关洪、赵凯华、张三慧、卢昌海等从物理学的角度讨论了这一概念。目前国内对这一问题主要限于在物理学内部对质量这一概念的历史发展及其物理意义所做的局部研究，对于质量在前科学时期的自然哲学和近现代科学的产生与发展中的演化过程没有做过系统的梳理研究，也没有对其背后的哲学问题做深入系统的研究。

国外则主要是从科学史角度对这一概念的分析 and 演变做了深入系统的研究，马克斯·雅默（Max Jammer）的《质量概念》（1961年和1999年）对质量概念的产生及其历史发展做了一个综合的和连贯的考察，阐述了近现代物理学中人们对这一概念的不同解释和看法，对更深入阐释质量概念的含义和其在科学上的

作用做出了重要贡献。斯蒂芬·高克罗杰的《科学文化的兴起：科学与现代化的塑造》（2006年）详细论述了微粒论这一物质理论与近代机械论的兴起之间的关系，以及原子论与自然哲学量化的过程。O. Belkind的《物理学体系》（2012年）对牛顿质量概念产生的微粒论解释，以及对质量和能量概念采取的框架相关性解释很有启发意义。彼得·迈克尔·哈曼的《19世纪物理学概念的发展》（1982年）一书对能量和场概念的历史发展过程做了清晰的论述。A. Koslow对马赫质量概念的因果性传统做了阐述，Erik C. Banks从马赫的物质理论出发，对其质量概念做了详细分析。还有Carl G. Adler、Lev B. Okun和Peter M. Brown等人对相对论质量与静止质量概念的引入进行了讨论，D. W. Sciama、A. K. T. Assis、Frank Wilczek等人对质量的起源问题进行了探究。另外，对质量概念进行的哲学和科学思考分散于一些科学家，如牛顿、马赫、爱因斯坦等人的原创性著作中。

本书试图在勾勒质量概念产生与演化的哲学基础和科学历史的基本轮廓的同时，对不同形态质量概念含义的表述和争论背后涉及的对物质本性和对时间空间的认识等形而上学问题做语境分析，以求达到对它的现代科学及哲学意义的充分理解。对质量概念的解释随着物理理论的每一次革新，不断进行重大修正，因此，阐明这一概念的哲学意义，可对物理理论的形而上学和概念性基础提供重要见解。

本书共有七章，按照质量概念产生和发展演化的时间顺序，以科学史和哲学思想两条线索相互贯穿。科学史线索是指质量概念在科学史的不同时期所呈现的不同形态及其含义；哲学思想线索是指质量概念产生的哲学基础和发展过程中所体现的哲学背景。

第一章是质量概念的哲学思想起源。本书首先探讨了“物质的量”作为质量概念的前身，在近代科学产生之前的古代思想中的含义。“物质的量”是质量概念的前身，以何种特征来描述物

质的基本属性，决定了物质基于何种特征来进行量化。微粒论作为近代科学产生的形而上学基础，与机械论的兴起密切联系在一起。单一同质惰性（惯性）可量化的微粒论和无差别的同质的无限几何空间构成惯性定律的形而上学基础。惯性定律是机械论最直接的表达，它奠定了近代机械论的世界图景，使近代科学用一个存在的世界取代了一个生成的世界，用机械自然观代替了目的论的自然观。惯性定律是将之前已经成熟的阿基米德静力学和伽利略开创的运动学转变为动力学的关键前提假设。惯性定律的产生和在此过程中所体现的伽利略、笛卡儿和牛顿等人的关于物质和空间的哲学思想最终导致了运动学、动力学的定量化研究。这些是牛顿将“物质的量”（惯性质量）作为由运动学到动力学转变的首个定量化概念的思想起源。

第二章是经典力学中的质量概念。经典力学中的质量包括惯性质量和引力质量。开普勒在对行星椭圆运动的动力学解释中提出了惯性质量概念，牛顿在微粒论的基础上提出了质量概念，并把它正比于物体的惯性。牛顿关于物质的基本属性，即“不可穿透性”的认识，是建立在他的粒子本体论的基础上的，而不可穿透性或硬性又是使物体具有动力学惯性的原因。电磁学通过对惯性本性的研究，首次揭示了质量的起源问题，认为惯性是一种电磁现象，惯性质量是一种感应效应，从而动摇了物理实在的实体概念，促使经典物理学向现代物理学过渡。本书最后一节论述了重量（重力）概念的历史和引力（重力）质量概念的科学含义。

第三章是马赫对牛顿质量概念的批判。马赫是连接经典物理学与现代物理学的关键科学家和哲学家，对相对论的产生有直接影响。马赫基于彻底的经验主义观点，对经典物理学，特别是质量概念的批判，对爱因斯坦产生了重要影响，是其相对论理论产生的重要思想来源。本章概述了马赫基于操作主义的方法来定义质量概念，以及这种方法在多粒子系统的应用上和关于参考系的

独立性问题受到不同学者的质疑和辩护。之后，我们分析了马赫质量定义的哲学基础，即他的物质理论和空间理论。马赫将这两者作为哲学基础表明了马赫是把与知觉相关的压力同作用与反作用力一起放在力学的首要位置，并依此定义了质量概念。

第四章是狭义相对论中的质量概念。狭义相对论显示，物体的质量随着速度的增加而增加。相对论质量与静止质量这两个概念的不同观点引起了大量学者的长期讨论。本章第二节介绍了 C. G. Adler、I. B. Okun、P. M. Brown、M. Jammer 等人从物理学的角度对此问题提出的看法，以及内格尔、费耶阿本德、库恩、O. Belkind 等人从科学哲学的角度对相对论质量概念提出的观点；反映了在物理学革命的过渡时期，不同的科学家和哲学家站在新旧不同的立场上对这一问题的观点。总体来说，赞同只有静止质量的观点是基于质量的“物质的量”的定义；赞同只有相对论质量的观点是认为相对论是一种更普遍的理论，质量只是一种惯性效应；而赞同两种同时使用的观点，或者认为二者不可通约，或者认为这样是为了方便。

第五章是质量与能量。本章第一节概述了能量概念产生和发展的历史。由于能量的转化与守恒成为自然界的普遍规律并获得广泛应用，使得能量逐渐获得了与物质等同的本体论地位，并与质量一起作为描述物质基本属性的物理量。爱因斯坦质能关系式的出现使质量概念进一步失去了其传统的含义和地位，甚至引起关于科学实体与物质实在的争论。本章最后介绍了 O. Belkind 把质量和能量看作是在匀速运动范式结构中由四-动量描述的运动的不同表现形式的几何参数。这是一种结构实在论的观点。

第六章是广义相对论与场论中的质量概念。爱因斯坦将惯性系推广到匀加速参考系，证明了引力场与对应的参考系加速完全物理等效，从而使惯性质量与引力质量的等效成为其广义相对论的一个自然结果。对引力特性的实验研究引起了对负引力质量和

无质量问题的研究，中微子开始被认为是无质量的，但后来被认为构成了全部宇宙的绝大部分质量。由于经典物理学不能严格推导出量子力学，而质量本身也不是一个可观察的量，因此量子力学中质量概念的地位没有得到澄清。量子场论中质量的发散困难消除了其成为终极理论的可能性。爱因斯坦通过将引力场与时空结构的合并，把经典的质量概念引入广义相对论，在其中质量概念是符合广义协变原理的。最早揭示质量本性的电磁学理论是一个局域的动力学质量理论。马赫在对牛顿绝对时空的批评中最早暗示了惯性的相对性，爱因斯坦认为粒子的惯性质量取决于其他质量的存在以及它们相对于粒子的加速度。质量概念在场论中失去了其粒子本体论的基础，使我们对物质的认识过渡到场本体论。同时，场与时空的合并使得牛顿的绝对虚无的空间观变为一种充实的连续的整体空间观。

第七章是从科学哲学和现象学的角度分析质量概念。本章首先概述了科学实在论的不同派别，然后论述了亚里士多德与海德格尔对实体与实在的分析。可以看到，实体往往指的具有物理现实的具体事物本身，它既可以是粒子，也可以是场；而实在不是指物体的现实存有性，它是指对物的本质的一种先验规定性。所以，实在既可以是指物理实体的实在，也可以是指结构实体的实在。粒子本体论作为经典物理学的形而上学基础，是以质量来描述物质属性的思想基础的。后来，能量也成为物质实体，与质量一起用来描述物质的基本属性。质量概念经由牛顿的惯性质量到电磁学质量再到相对性理论下的广义场论中的质量，物质实体的最基本对象经由粒子转换到场，实体实在转变为结构实在；同时，场的本体论统一了质量和能量概念，粒子成为场激发的一种表现和特征，是第二性的实体实在，对物质的理解由构成论过渡到生成论。通过广义场论中物质与时空的统一，实现了物理实体与结构实体的统一。

目 录

第一章 质量概念的哲学思想起源	(1)
第一节 “mass” 一词的词源	(1)
第二节 古代西方思想与 “Quantitas Materiae”	(2)
第三节 机械论与惯性定律	(9)
第四节 牛顿物理学的定量化	(32)
第二章 经典力学中的质量概念	(41)
第一节 牛顿惯性质量概念	(42)
第二节 莱布尼茨与康德的惯性概念	(50)
第三节 牛顿质量概念的微粒论解释和动力学解释	(55)
第四节 惯性的电磁学起源	(69)
第五节 引力质量概念	(75)
第三章 马赫对牛顿质量概念的批判	(86)
第一节 质量概念的操作主义定义及其讨论	(86)
第二节 马赫的物质理论和质量定义	(99)
第四章 狭义相对论中的质量概念	(121)
第一节 狭义相对论观点下的质量概念	(121)
第二节 关于静止质量与相对论质量的讨论	(125)

第五章 质量与能量	(147)
第一节 能量概念的历史	(147)
第二节 质量与能量的关系	(157)
第三节 基于匀速运动范式和4 - 动量守恒的质量与能量 概念	(165)
第六章 广义相对论与场论中的质量概念	(170)
第一节 广义相对论中的质量概念	(170)
第二节 场论中的质量概念	(179)
第三节 爱因斯坦的实在与场本体论	(209)
第七章 从科学哲学和现象学的角度看质量概念	(217)
第一节 科学哲学中的实在论	(218)
第二节 论实在、数、质与量	(223)
第三节 质量概念的哲学反思	(237)
参考文献	(250)

第一章 质量概念的哲学思想起源

第一节 “mass” 一词的词源

“mass” 一词与其拉丁语的等价词 *massa*，从 17 世纪初以来就在物理学中共同使用，因此，毫无疑问，我们现在物理学中使用的“mass” 一词（法语：*masse*；德语：*masse*；俄罗斯语：*macca*；西班牙语：*masa*）来源于拉丁语 *massa*，它最初表示一块生面团或糊状物。在现代语言中，这一术语在更为普遍的意义上表示“块”（*lump*），一个物体的团块或聚合体。这个词在教会的拉丁语中，也具有这个含义。拉丁文《圣经》（公元 4 世纪后期）有 *massa caricarum*（1 列王纪 25：18），*massa fcorum*（4 列王纪 20：7），两者都是无花果蛋糕的意思。

massa 在拉丁文中经常与金属的名称一起使用，例如，在 *Codex Justinianaeus* 的 XI 或者 *Codex Theodosianus* 的 VI 部分中的 *aurea massa*。类似使用 *massa* 的例子出现在奥维德（Ovid）、弗吉尔（Vergil）、普林尼（Pliny）以及韦纳尔（Juvenal）的著作中。塞维利亚的伊西多尔（Isidore）在他的《语源学》中定义 *massa* 时特别提及冶金学：“有三种银、金或铜：印花的、锻造的、未锻造的。印花的在硬币上，锻造的在花瓶和雕像上，未锻造的在 *masse* 上。”还有一点很重要，拉丁语 *moles* 往往与 *massa* 是同义的，例如，在普林尼那里，两个词都是指占有一定体积的物质。

拉丁语 *massa* 来自希腊语 *maza*，意指“大麦饼”。显然，它

的拉丁语比希腊语有更具体的意义。maza 是一个在希罗多德时期希腊文学作品中常见的词语，被用来表示一种次等品质的小麦面包，埃斯库罗斯在他的《阿伽门农》中使用这一词表示“奴隶吃的面包”。希波克拉底明确区分了更加雅致的面包（artos）和普通大麦蛋糕（maza），他说：“当春天到来……用面包代替大麦蛋糕。”在《阿哈奈》中，尤其是在《骑士》中，阿里斯托芬在最不敬的意义上谈到 maza，指出 maza 远非被视为精美的食物，甚至不用于食用，而是作为一个汤勺子舀出的软面包屑。这个词也被色诺芬、柏拉图，以及卢西安广泛使用。^①

在下一节中，我们将看到质量概念的第一个明确的定义（在 *quantitas materiae* 的意义上）——如何来自关于圣餐面包的变体问题的逻辑分析。因此，从这一点来讲，这个词的概念在历史上有一个共同的起源。

早在汉代，许慎的《说文解字》中就收有“质、量”：“质，以物相赘。”“量，称轻重也。”可见汉语中的质最初是与钱币相关的，量则是用来衡量物质轻重的标准。

第二节 古代西方思想与“Quantitas Materiae”

一、古希腊时期对物质的量度

早在史前时期，随着商业的崛起和各地区之间货物交换的扩大，人们需要衡量货物数量，但对于像谷物和金属这样的货物，单独用数量计数进行测定是不切实际的。实际的需要催生了物质的量的想法。古人有两种有效的方法可以使用：对重量的测定和

^① Max Jammer. *Concepts of Mass: in Classical and Modern Physics* [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1961, pp. 7-9.

对体积的测定。历史上最先用于测量过程的物理维度可能是空间和时间，即距离和持续，因此最早的度量标准是长度和时间（步、日、月等）的单位。除此之外，对物质的度量最早用的是体积单位，而不是重量单位。例如，著名的拉格萨王子的银花瓶（公元前2800年），它的容积被作为10西拉（约5升）的一个定义。而重量单位迈纳（mina），在亚述帝国时（公元前726—公元前722年）才被宣布为正式的重量标准（约1000克）。^①

皮埃尔·布特鲁在一篇关于动力学原理的文章中宣称，对亚里士多德关于重物自由下落的错误结论负责的可能是重量的概念。在古代的哲学物理学思想中，重量是一个密集的而不是广延的数量，一个物体的重或轻要看其所含元素及其比例。亚里士多德学派认为重量可能因此不能被视为对各种材料具有普遍适用性的物体数量的衡量。因此它不可能担任 *quantitas materiae* 的角色，因为这种程序将必然要预先假设重量和数量上的对应或相称性。但是，在亚氏哲学中这种相称性是绝对不可接受的，因为如火元素或它的复合物，拥有固有的轻性。^②

可见，与贸易和商业不同，哲学中的重量不是物质数量的衡量。接下来的问题是，根据亚里士多德的学说，容量或体积是否可以用于这样一种测量。亚里士多德在《物理学》中声明：“一个物体当它在体积上变得更大或更小时，它的质料也可以保持等同。这是明显的，因为当水变成气时，同一质料变成了不同的事物，这时并没有增加额外的东西，而是原来潜在的事物这时变成了现实的事物；气变成水也是一样的，一个是从更小的体积变成

① Max Jammer. *Concepts of Mass: in Classical and Modern Physics* [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1961, p. 16.

② *Ibid*, p. 16.

更大的体积，另一种则是从大的变成小的。”^① 体积的变化不会影响该物质的特性，也就是说，体积不是决定物质普遍特性的度量，因此与重量一样，体积也不能作为“物质的量”的衡量。

综上所述，质量的概念在 *quantitas materiae* 的意义上与亚里士多德的思想是无关的。那么，亚里士多德的观点中是否至少具有一个动力学或惯性质量概念的预兆呢？亚氏的运动由两种力合成，即推力和阻力，且两者都在物体本身之外。在他那里，物质是被动的。他拒绝承认抵制推力的内在阻力（惯性质量）的存在，并在他的动力学的基本法则的基础上证明了每一个物体的基本特性都是具有一定的重（或轻）。用现代术语而言，亚里士多德的力学无论对引力场或者阻尼介质的运动来说，都是一个逻辑一致的理论；但对于真空（亚里士多德不承认其存在）中的运动，并在引力不存在的情况下，他的理论就不起作用了，这正是由于质量的动力学概念的缺乏。^②

一个经常被引用的表达物质自存的原则来自卢克莱修著名的声明，在他的哲学诗《物性论》中，他断言物质不灭的原则：“自然将一切化为由原子组成并从没减少什么。”^③ 在他的原子和真空理论中，卢克莱修的概念方案不同于亚里士多德模式。首先，按照假设，所有的原子被赋予重量，重量已不再是物质的一个偶然性质，而成为物质的一个普遍的属性；其次，文章明确提出了“大量物质”（粒子）与“重量”的相称性，这表明重量可以作为一个普遍的衡量标准。因此，对卢克莱修而言，重量可以

① [古希腊] 亚里士多德·物理学 [M]·张竹明，译·北京：商务印书馆，2006：119.

② Max Jammer. *Concepts of Mass: in Classical and Modern Physics* [M]·Cambridge: Harvard University Press, 1961, p. 17.

③ [古罗马] 卢克莱修·物性论 [M]·方书春，译·北京：商务印书馆，1997：23.

担任物质的量的测量，并且物质不灭原则作为守恒原理可以得到一个具有可操作性的解释。

对柏拉图学派而言，空间作为一切事物的模型是永恒的，因此这是一个可靠的量化标准。但当我们问到一块三角形的黄金是什么的时候，目前最安全的答案是：这是黄金，而不是叫它三角形。斯多葛学派强调空间和物体的区分，他们声称，物体不仅仅是数学延展，物质也不仅仅是几何。怀疑论者以大小、形状、阻力和重量作为物体的特性，其中前二者适用于作为几何延展的物体，后面两个属性使几何实体成为物质物体。在柏拉图和他的继任者的哲学中，最终毕达哥拉斯成分导致了物理学的几何化，以及物质和空间的形而上学等同，并因此通过测定它的体积或大小使物质的定量测定的理论成为可能。但之后科学的发展没有把它们作为质量概念的基础。另一个思路产生于中世纪初柏拉图学派与犹太教和基督教哲学的融合，它非常重视思想的本质精神和真实事物的非物质性质，并在后来的科学思想发展中，它成为唯物论的、实体哲学的基础。基督教徒们的努力表明所有的力量和生命的根源在于智慧和上帝，新柏拉图主义、犹太教和基督教哲学退化到对它无能为力，并在自发活动或“形式”的绝对缺乏的意义上赋予它“惯性”^①。“惯性”在亚里士多德时期是一个中性的和中立的概念，在此成为匮乏和贬损的断定。但是，正是这个惯性概念随着经典力学在 17 世纪的兴起，并在随后逐步清除其贬损的情感内涵，成为物质的动力学行为的典型标准，并因此成为惯性质量概念的基础。

二、中世纪的“物质的量”

13 世纪“物质的量”概念的形成与关于物质的某些亚里士

^① Max Jammer. Concepts of Mass: in Classical and Modern Physics [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1961, p. 18.

多德理论的经院哲学的修改密切相关。^① 在亚里士多德和经院哲学的思想中，物质一般分成存在于本身和存在于他物。后者的存在范畴被称为“事件”，“事件”可以通过他物而存在或可能是他物的原因，后一种情形被称为“形式”。自然元素变化的过程是对立（元素）的互换，例如，当水变成气或气变成水，并且一个对立只有在他物已被摧毁之处才可以被恢复。因此，基质的存在必须当物质的基本元素的交换可以进行时才能被假定。这种基质构成有形物体，不被视为在其自身中完全无形，它是纯物质和形式的结合。这个具体形式一般被称为“有形形式”（*forma corporalis*）。因此，基本物质，即四种元素的共同基质，是初始物质和有形的形式。在亚里士多德看来，初始物质本身并不延展，然而基本物质，即元素的实体，自然地必须视为延展。那么，“有形形式”和“延展”之间的关系是什么呢？

阿维森纳（伊本·西那）将有形形式与初始物质的预设视为一体来假定空间延展或三维性。而根据安萨里（*Algazel*）的观点，有形形式是物质的凝聚或整体，它是构成物质三维性的唯一基础。对于阿威罗伊（伊本·鲁西德）而言，有形形式是不确定的三维性，例如，在三维空间中延展，但它不是变量和可测量的三维性，它的量通常是指“确定的三维性”。确定的维度是一个事件，能够被增加或减少；不定维度是一种形式，是物质的本质。在物质和天体的形式方面，阿威罗伊接受了亚里士多德的意见，认为存在的个体差异是由物质的形式决定的，同时补充了一点，即相同实体形式的不同对象的存在意味着物质的可分性。因此，独立于实体形式的初始物质，必须被赋予可分性或量。

关于有形形式的本性的争论对研究我们的主题十分重要。它

^① Max Jammer. *Concepts of Mass: in Classical and Modern Physics* [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1961, pp. 37 - 47.

是一个发现表征物质本质而又不同于空间延展的事物的普遍倾向的表达。其次，阿威罗伊不定维度的概念略加修改后，成为埃吉迪乌斯的物质的量定义中的一个重要因素，成为第一个质量概念的明确定义。最后，在对阿维森纳有形形式概念的驳斥中，阿威罗伊认为，根据阿维森纳的观点，实体已具有实际的形式，因此是一个实际的存在（没有进一步形式的增加），这是违背亚里士多德的形式理论的。关于有形形式的本性争论在动力学行为上设想物质本质的可能性，虽然它的表述很不清晰，但从历史上看，它是最早的质量的一种动力学概念的表达。

神学推理和经院哲学的思考决定性地影响了科学概念的形成。对于物质和质量的概念，以下三个神学议题是重要的：创造、死亡和变体。它们对应物质的产生、毁灭和嬗变的自然哲学的问题。“物质不能被产生，也不能被消灭，因为一切的产生从物质中产生，一切的消亡消亡成物质”，这是物质守恒原理的一个经院哲学版本。关于死亡，物质守恒原理对肉体复活的信仰似乎常常提供一个合理的理由。2 世纪的一个基督教辩护者塔蒂安声称，虽然他的身体可能会被烧毁，但是宇宙仍然用灰烬的形式保留了他身体的物质。德尔图良在他写于公元 3 世纪初的论文《关于肉体的复活》中，从物质不灭推导出死亡肉体复活的可能性。

第三个神学议题，变体的教义。这里重要的是展示物质的量的想法如何来自对圣餐中面包的变体的概念分析。9 世纪由法兰克僧侣 Paschasius Radbertus 所写的关于圣餐的第一篇系统的论文《关于人体和神圣的血液》声称，面包和葡萄酒通过供奉变为救世主的身体和血液。从那时起，圣餐的哲学神学意义被逐渐澄清，有关概念被更准确地定义。经院哲学必须面对的问题是如何调和亚里士多德实体和事件的学说与变体的基督教教义的关系。因为根据教义，面包的全部实体变为基督的身体，而葡萄酒的全