

谈没有质量的能量

刘文浩

中南财经政法大学, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/EST.2026080028

摘 要： 在无限绵延的过去与无限延展的未来之间，存在相对且短暂的“现在”，这一时空区间承载着物质的质与量。宇宙本质是四维时空统一体，区别于人们直观感知的三维空间：普通低速物体在三维空间的运动轨迹为线性轨迹，而光的传播轨迹是四维时空中的面状轨迹。这一维度差异决定了光速恒定不变，也为质能方程 $E=mc^2$ 提供了底层时空逻辑。基于三维认知局限，人们普遍质疑“无质量能量”的存在，实则无质量能量是四维时空高速运动的特有现象，是突破三维实体质量束缚的高阶物质存在形态。本文从时空几何结构、时间双重度量、三维与四维时空的本质差异三个核心维度，系统阐释无质量能量的客观存在依据，结合经典物理学与相对论、量子力学的核心分歧，拆解传统时空认知的误区，深度揭示人类时空认知的维度局限性，为理解质能转化、光速不变、量子不确定等基础物理现象提供全新的维度视角。

关 键 词： 现在；纳米时；四维时空；无质量能量；光速不变

On Energy Without Mass

Liu Wenhao

Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan, Hubei 430000

Abstract： Between the infinitely extended past and the endlessly unfolding future lies a relatively brief "present," a spatiotemporal interval that carries both the quality and quantity of matter. The universe is fundamentally a four-dimensional spacetime continuum, distinct from the three-dimensional space perceived intuitively by humans: while ordinary low-speed objects follow linear trajectories in three-dimensional space, light propagates along two-dimensional surface paths within four-dimensional spacetime. This dimensional difference accounts for the constancy of the speed of light and provides the underlying spacetime logic for the mass-energy equivalence equation $E=mc^2$. Due to limitations in three-dimensional perception, people generally question the existence of "massless energy." In reality, massless energy is a unique phenomenon arising from high-speed motion within four-dimensional spacetime—a higher-order form of matter that transcends the constraints of three-dimensional mass. This paper systematically explains the objective basis for the existence of massless energy through three core dimensions: the geometric structure of spacetime, dual temporal measurement, and the fundamental differences between three- and four-dimensional spacetime. By analyzing key divergences between classical physics, relativity, and quantum mechanics, it dismantles misconceptions rooted in traditional spacetime understanding, deeply reveals the dimensional limitations of human perception, and offers a novel dimensional perspective on foundational physical phenomena such as mass-energy conversion, the constancy of the speed of light, and quantum uncertainty.

Keywords： present; nanotime; four-dimensional spacetime; massless energy; constancy of the speed of light

一、时空的几何结构：四维一体的物质存在形态

宇宙的本质是物质的、四维的，世间一切存在皆为物质质与量的统一体，不存在脱离物质的纯粹时空，也不存在脱离时空的纯粹物质。传统经典物理学的认知体系长期将空间与时间割裂看待，单纯将长、宽、高构成的三维空间视为物质的唯一存续载体，将时间看作独立于物质之外、均匀流逝的抽象刻度，彻底忽略了时间同样是物质的核心存在形式，是构成宇宙物质体系的关键维度。这种时

空割裂的认知模式，是人类无法解读高速时空现象、认可无质量能量存在的根本认知壁垒。事实上，空间是物质存在的广延性表征，界定了物质的空间占位与分布形态；时间是物质运动的持续性、顺序性表征，记录了物质演化、更迭的完整过程，二者共生共存、相互制约，共同构成完整且不可分割的四维时空体系。宇宙中不存在脱离时间的纯粹三维空间，任何空间物质的存续都必然伴随时间的流逝；亦不存在脱离空间的纯粹时间，脱离空间物质载体的时间只是虚无的抽象概念，无任何物理意义。

时间天然包含过去、现在与未来三个时序维度，三者共同构成完整的时间链条，但在物理实在性上存在本质区别。其中，过去已然彻底消逝，对应的物质运动状态、时空形态全部消亡，无任何可依托的现实物质载体；未来尚未降临，仅为未发生的时空演化趋势，不具备现实物质属性。唯有“现在”是唯一具备物理实在性的时空区间，是宇宙所有物质存续、运动、演化的唯一现实载体。换言之，宇宙中所有客观存在的物质、所有正在发生的物理运动、所有真实存在的能量形态，全部存续于“现在”这一核心时空范畴之中，脱离“现在”的物质存在与能量运动均不具备现实意义。若“现在”不具备真实的物质质与量，不具备对应的时空体量与存续厚度，宇宙的物质存续、能量转化、运动演化便无任何依托，宇宙的客观物质存在也就无从谈起。质与量是物质不可分割的统一整体，质是物质的本质属性，量是物质的存在规模，一定的体量必然承载特定的物质属性，一定的物质属性也必然依托对应体量存续，“现在”的物质性与实体性，正是四维时空能够承载万物、孕育所有物理现象的核心基础。

在经典物理学的理论框架中，牛顿构建的绝对时空观秉持绝对同时性理念，认为宇宙是静态、均匀、无限的，空间与时间相互独立，宇宙中不同地点、不同运动状态下发生的事件，可实现绝对的时间同步，以此构建出无厚度、扁平化、抽象化的绝对“现在”时间面。在这一认知中，“现在”是一个零体量、无厚度的纯粹时间节点，仅用于标记事件发生的时序，不具备任何物质属性与时空体量。但从物质存在的基本物理规律与时空演化逻辑来看，绝对无厚度、无体量的时空载体无法承载任何物质与运动，无法实现物质存续与能量转化，任何真实存在的时空区间，都必然具备有限的时空体量与物质厚度，绝对零厚度的“现在”仅为人类思维的抽象假设，并非宇宙真实的时空形态。爱因斯坦提出的有限无边静态宇宙模型，恰好精准印证了这一核心规律：宇宙的“有限”，并非指宇宙空间的范围有限，而是特指“现在”的时空厚度、存续体量是有限且相对的，不同运动状态、不同观测尺度下，“现在”的时空体量会发生动态变化；而“无边”，特指“现在”所囊括的三维空间在空间维度上无限延展，无边界、无尽头，可容纳无限的物质运动与时空演化^[1]。

由此可见，宇宙中的“现在”是有限与无限、相对与绝对的辩证统一体，兼具动态变化性与客观必然性。在无限绵延、往复循环的时间长河中，单一的“现在”只是转瞬即逝的有限瞬间，其时空体量具备极强的伸缩性，可根据观测尺度、运动状态发生动态改变：在微观量子层面，“现在”的体量可趋近无穷小的纳米时、皮秒尺度，能够捕捉微观粒子瞬间的量子跃迁、能量波动等瞬时物理现象；在宏观天体层面，“现在”的时空体量可绵延千年、万年之久，能够囊括星系演化、天体运动、宇宙膨胀等漫长的宏观物理过程。同时，“现在”具有绝对的存续必然性，是宇宙永恒存在的核心基础，人类历史发展的任一阶段、宇宙演化的任一时刻、微观粒子运动的任一瞬时，都存在专属的、真实的“现在”时空区间。时间始终处于持续流动、动态迭代的状态，未来不断突破时空边界转化为当下的“现在”，当下的“现在”不断沉淀、消逝为过去，新旧“现在”循环迭代、层层更替，构成了

宇宙永恒不息的物质运动、能量转化与时空演化全过程。

基于四维时空的整体架构，物质的运动形态可明确划分为三维低速运动与四维高速运动两大体系，二者存在本质性的物理分野，遵循完全不同的时空运动规律。人类日常生活中所能感知、观测的万物运动，均属于三维低速运动，包括物体的机械运动、宏观天体的慢速运转等，这类运动仅能展现三维空间的线性运动特征，其运动过程几乎不涉及时间维度的时空演化，在完整的四维时空体系中几乎可以忽略不计。而光速级别的高速运动，是完全区别于低速运动的高阶运动形态，能够彻底突破三维空间的认知局限与运动壁垒，完全嵌入四维时空体系，实现空间三维与时间一维的协同运动演化。光速是目前人类认知范围内，宇宙物质运动的速度上限，是区分三维低速运动与四维高速运动的核心临界值。即便宇宙中存在理论层面的超光速运动，其也不会脱离宇宙整体时空范畴，只会进一步突破现有四维时空的边界，进入更高维度的时空体系，遵循更高维度的物理规则^[2]。

爱因斯坦相对论提出的同时性相对性原理，彻底颠覆了经典物理学的绝对时空观，从底层重构了人类对“现在”与时空区间的认知。经典物理学认为“同时”是绝对精准、全球统一的时间节点，同一事件的发生时序不会随观测参考系变化；而相对论明确指出，宇宙中不存在绝对精准的时间节点，所谓“同时”并非零厚度的瞬时刻度，而是一段具备有限体量、真实厚度的动态时空区间。在“现在”的时空厚度范围内，不同空间位置、不同运动状态下发生的所有事件，均可定义为相对同时事件，且在相对同时的范畴内，依旧能够依据时空演化顺序区分事件的先后逻辑。这一理论突破证明，物质的瞬时存在并非静态的“画面定格”，并非固定不变的实体状态，而是持续迭代、动态演化的时空过程，也为量子力学层面的不确定现象、量子叠加态、瞬时能量涨落等特殊物理规律提供了坚实的底层时空支撑，让微观量子现象与宏观时空规律形成了逻辑自洽的统一体系。

二、时间的双重量度：时空统一的物质量化逻辑

四维时空是由空间三维与时间一维共同构成的、不可分割的有机统一体，空间维度与时间维度相互依存、相互耦合、不可独立存续，任何单一维度的脱离都会导致时空体系的崩塌。但牛顿经典物理学体系长期割裂时空的内在关联，将空间与时间视为两套完全独立的物理系统，采用两套互不兼容的量化体系完成时空计量：以秒、分、时、日等时间单位单独计量时间的流逝时长与运动顺序，以长度、面积、体积等空间单位计量物质的空间体量与占位形态，两套体系无法互通、无法换算，彻底割裂了时空同源同质的本质属性。这种割裂式的量化认知，是传统物理体系无法解释无质量能量、光速不变、时空收缩等高速与微观物理现象的核心症结。而在完整的四维时空理论体系下，时间具备双重量度属性，既可以表征运动时序，也可以量化物质体量，彻底打通了时空量化的壁垒，实现了时空体系的完整统一。

时间的第一重量度，是运动持续性度量，也是人类日常认知与经典物理学常用的度量方式，以秒、分、时为核心计量单位，

核心功能是精准表征物质运动、状态变化、事件更迭的先后顺序与持续时长。这种度量方式仅聚焦于物质的运动状态与变化过程，只记录物质“如何运动、运动多久”，完全无法体现物质本身的实体体量、质量大小与能量属性，仅属于抽象的运动刻度描述。该度量体系与三维空间的物质体量度量体系相互独立、无法互通换算，仅适用于解释宏观低速的三维运动现象，一旦延伸至光速高速运动、微观量子运动场景，便会出现严重的认知偏差与理论失效，无法适配四维时空的物理演化规律。

时间的第二重度量，是物质本体度量，也是四维时空统一体系下的核心度量方式，彻底打破了时间与空间的量化壁垒，可通过厘米、米、千米等空间长度单位直接计量时间的本体体量。从宇宙本源来看，空间与时间承载的是同源同质的宇宙物质，二者本质统一、属性同源，只是物质在不同维度的存在形态不同，不存在本质层面的属性差异。三维空间的实体物质可通过长度单位精准量化空间体量、形态尺度，与之同源共生的时间维度物质，自然具备相同的量化属性，可采用统一的空间长度单位完成度量。唯有认可时间可通过空间单位量化、具备实体物质体量这一核心规律，才能彻底打破“时间是抽象刻度”的传统认知，证明时间是具备实体物质属性的核心时空维度，而非单纯的运动附属参数，四维时空的统一性、完整性也才具备坚实的成立基础。

时空的物质厚度是物质运动、状态演变与质能转化的必要前提，是所有物理现象发生的基础载体。世间万物的稳定存续与演化，都需要依托双重厚度支撑，即三维空间的实体厚度与时间维度的时空厚度，二者缺一不可。可以通过具象的物理模型直观理解这一规律：如同纸张、板材的实体存续必须依托对应的物理厚度，零厚度的平面材料仅为理论抽象，无法真实存在、无法承载任何形态与功能；同理，三维空间的物质稳定存续、持续运动，也需要时间维度赋予其对应的时空厚度，为物质演化、能量转化提供存续载体。若时间维度是无体量、无厚度的抽象载体，不具备真实的物质体量，那么三维空间中所有物质的运动、形态变化、新旧更迭、能量转化都将失去依托，无法稳定、持续开展，宇宙的物质演化体系将彻底陷入无序与停滞。

事物发展演化的核心本质是质变，是旧物质形态消亡、新物质形态生成的矛盾转化过程，而所有新旧事物的矛盾转化、交替更迭、质能跃迁，都必然需要一段有限的时空过程作为载体，这一过程正是依托“现在”的时空厚度完整完成。从微观粒子的能级跃迁、能量吸收与释放，到宏观物体的形态演变、状态转化，再到天体星系的演化、宇宙结构的迭代，所有质变现象都不是瞬时完成的，都需要依托对应的时空体量逐步完成演化。同时，量变与质变的全过程是连续不间断、无割裂、无断点的完整过程，不存在绝对孤立、瞬时完成的演化节点，不存在脱离时空厚度的质能变化。任何事物在任意瞬时的客观存在，都同时兼具三维空间的实体厚度与时间维度的时空厚度，这种双重厚度的共生状态，正是四维时空物质统一性、时空耦合性的直观体现。传统认知中“无厚度的时间切片”“瞬时静态画面”仅为人类为简化研究构建的抽象理论模型，并非宇宙真实的时空形态，无论何等短暂、微小的时间区间，哪怕是趋近于零的纳秒时、飞秒尺度，都

必然具备对应的物质体量与时空厚度，承载着对应的质能演化过程。

时间的双重量度体系并非孤立存在、无法互通，可通过狭义相对论的洛伦兹变换实现精准换算，彻底完成时空量化体系的统一。洛伦兹变换精准揭示了高速运动状态下时空参数的动态变化规律，明确了运动参考系与静止参考系之间的时空关联：当物体处于光速级高速运动状态时，会出现运动尺子长度收缩、时间维度体量伸缩的物理现象，其空间尺度变化与时间体量变化，与静止状态下的时空参数构成精准的直角三角形数理关系，遵循固定的几何运算规律。依托这一核心规律，可精准计算出以空间长度单位计量的时间本体体量，将抽象的时间流逝刻度转化为具象的时空物质体量，彻底打通了时间与空间的量化壁垒，终结了时空量化二元割裂的局面，实现了四维时空体系的完整统一，也为无质量能量的量化分析、质能转化的精准解读提供了核心数理支撑。

三、三维空间与四维时空的核心差异：无质量能量的存在依据

人类的生存环境、感官体系、日常观测手段完全局限于三维空间与低速运动体系，长期以来形成了固化的三维时空思维，默认所有宇宙物理现象都遵循三维低速运动规律。但宇宙的真实运行规则是四维时空体系，高速运动、微观粒子、能量跃迁等特殊物理现象，均隶属于四维时空范畴。若始终以三维低速思维解读四维高速时空现象，必然会产生根本性的认知偏差，无法理解无质量能量、光速不变、量子叠加、测不准原理等突破传统认知的物理规律。三维空间与四维时空的核心差异，集中体现在物质运动轨迹、时空作用规律、物质存在形式三个核心层面，三者的维度差异共同构成了无质量能量客观存在的核心理论依据。

在物质运动轨迹层面，三维低速物质与四维高速物质存在本质分野。处于宏观低速状态的实体物质，仅能开展单纯的三维空间运动，运动过程仅涉及长、宽、高三个空间维度，不涉及时间维度的时空演化，最终形成的运动轨迹为简单的一维线性轨迹，运动路径单一、轨迹形态固定，可通过三维坐标精准标记、完整预测。而光子、中微子等高速微观粒子，能够彻底突破三维空间的运动局限，完全嵌入四维时空体系，同时在空间三维与时间一维同步完成运动演化、形态迭代与能量传递，时空维度的全面参与使其运动轨迹彻底脱离了简单的线性形态，形成四维时空独有的面状轨迹。可以借助具象的水体运动模型直观类比理解：物体仅在静止水面表层滑行时，运动仅局限于二维平面，只会在水面留下线性滑行痕迹，轨迹单一且扁平化；当物体深入水体内部，实现立体空间运动后，其运动过程会扰动周边水体，在立体空间形成连续的面状运动沟壑与扰动区域。同理，微观粒子突破三维低速运动局限、进入四维时空高速运动状态后，其运动不再是单一空间维度的线性位移，而是涵盖时空全域的立体演化，轨迹也从一维线性延展为四维面状，这是四维高速运动区别于三维低速运动的核心形态特征。

光子独特的四维面状运动轨迹，是精准解读质能方程 $E=mc^2$ 与光速不变原理的核心关键，也是区分经典力学与相对论物理体系的重要标志。在经典力学的三维低速体系中，物体动量公式为 $p=mv$ ，整个公式依托三维线性运动规律构建，速度 v 仅作为质量与动量之间的简单换算系数，体现的是实体质量的机械运动属性，公式整体仅能描述三维实体物质的运动动量变化，无法体现质能转化的本质关联。而光子的运动是四维时空专属的面状轨迹运动，其运动效应对应的是光速的平方 c^2 ，这也是质能方程区别于经典力学公式的核心本质原因。质能方程 $E=mc^2$ 并非简单的质量数值放大、物理参数叠加，而是物质属性的根本性跃迁与本质转化：实体质量依托 c^2 对应的四维时空面状轨迹效应，彻底突破三维实体质量的属性束缚，完成物质形态的高阶转化，从三维可视的实体质量属性，转化为四维时空的运动能量属性，其物理单位、存在形态、作用方式、观测特征均发生彻底改变，实现了质量与能量的完全等价转化。

光速恒定不变的底层核心逻辑，同样源于三维空间与四维时空的维度壁垒与运动轨迹差异，是四维时空的固有基本属性。在三维空间体系中，所有物体的运动均为同维度的线性运动，运动轨迹相互兼容、运动速度可相互叠加，符合经典力学的速度叠加原理，物体的运动速度会随光源、观测者的运动状态发生相对变化，不存在恒定不变的运动速度。但光子的传播运动完全隶属于四维时空体系，是独特的面状轨迹运动，与三维物体的线性运动分属两个完全独立、无法兼容的维度体系，维度壁垒的存在导致二者的运动速度无法叠加、无法相互干扰。无论外部光源处于静止或运动状态，无论观测者处于何种运动参考系、何种空间位置，光子在四维时空中的面状运动轨迹始终保持稳定、恒定，不会受到三维空间运动状态的干扰，这便是光速绝对不变的底层时空逻辑。同时，光子具备的波粒二象性，进一步直观印证了其四维面状的运动特征：光子的粒子性体现为三维空间的局部能量显现，波动性体现为四维时空面状运动的全域扰动，其干涉、衍射等波动现象，完全无法通过三维线性运动规律解释，只能依托四维时空的面状演化规律完整阐释。

四维时空的维度差异，也完美契合量子力学的测不准原理，实现了宏观相对论与微观量子力学的逻辑贯通。微观电子、量子粒子等微观粒子，始终处于四维时空高速运动体系中，其瞬时存

在状态并非三维空间中固定的单一空间点位，而是分布在一段连续、宽泛的面状时空区间内，同一时刻可同时存在于多个空间点位，呈现出量子叠加的特殊状态。人类目前所有的观测手段、测量仪器均基于三维空间认知构建，仅能捕捉三维实体物质的固定点位与确定状态，无法精准捕捉、锁定四维时空微观粒子的面状分布状态与动态演化轨迹，因此必然产生粒子位置、动量无法同时精准测量的测不准现象。这一现象并非人类观测技术、仪器精度的局限，而是四维时空微观粒子运动的固有规律，是维度差异带来的必然认知结果，进一步证明了四维时空运动规律与三维时空运动规律的本质不同。

基于上述三维与四维时空的核心维度差异、运动规律差异、物质存在形态差异，无质量能量的客观存在具备了坚实、完整的理论依据，彻底打破了传统物理认知的质疑与误区。人类的感官认知、日常观测、经典物理研究始终局限于三维低速时空体系，观测维度与认知维度的局限性，导致人类仅能精准捕捉三维空间中具备静止质量的实体物质，无法直接观测、感知四维时空的隐性物质与能量形态。光子、引力子、真空零点能等典型的无质量能量形态，均依托四维时空高速运动规律存续，是四维时空特有的物质能量形态：这类能量在三维空间中不显现静止质量，无法被三维观测手段捕捉到质量特征，看似“无质无形”，但其具备真实的能量体量、时空载体与物理效应，其能量作用可穿透维度壁垒，在三维空间中清晰展现，能够参与三维空间的物理作用与质能转化，切实影响宏观与微观物理过程。

由此可见，学界与大众普遍质疑的“无质量能量”，并非绝对意义上的无质、无形、无体量，并非虚无的抽象概念，而是三维观测视角下的无质量、四维时空体系中的真实存在。大众对无质量能量的否定与质疑，本质是陷入了维度认知的误区，是用三维低速时空的固有认知规律、实体物质判定标准，强行套用、约束四维高速时空的高阶物理规则，必然出现认知错位与理论冲突。系统厘清三维空间与四维时空的本质差异，明确不同维度的物质存在形态、运动规律与判定标准，能够彻底突破传统经典物理学的认知局限，正视无质量能量的客观存在，完善四维时空质能演化的底层逻辑，实现经典力学、相对论与量子力学的认知贯通，为宇宙时空本质、质能转化规律、微观量子现象的深度研究提供全新的理论支撑。

参考文献

[1] 秦关根. 爱因斯坦 [M]. 北京：中国青年出版社，1979.

[2] 赵国求.“双4维时空协变量子力学”理论通解 [J]. 武汉理工大学学报 (社会科学版), 2026, 39(3): 1-11.