

再谈 炙手可热的  
**质能网**

—— 辩证·包容·冷静的视角



介子九维 熵篱

联合出品

## 版权声明：

本公众号所发布内容，凡标注原创者，均为介子九维独家创作，版权归本平台所有；建议以快捷转载方式转载本公众号原创；非快捷转载的情况下，未经许可，任何单位或个人不得以任何形式转载、摘编、复制或建立镜像。

如需转载本公众号原创内容，须事先征得本人同意，并完整注明作者、来源及原文链接，不得擅自修改标题、内容或用于商业用途。

对于擅自转载、篡改、盗用本公众号原创内容的行为，本人将依法保留追究其法律责任的权利，包括但不限于要求停止侵权、赔偿损失、公开道歉等。

尊重知识产权，既是法律要求，也是社会共识；欢迎正当合作与交流，共同营造清朗的网络空间。

介子九维尚无团队，请注意辨识，谨防上当受骗。

尊重版权，侵权必究。

如您希望直接链接介子九维，或加入介子九维的能源圈社群，可添加下方主笔人微信，等候您的到来。



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。

# 目录

引言.....	1
01	
<b>本体论与认识论</b>	
1.1 能源时空观的重构.....	2
1.2 广义质能等价性.....	3
1.3 系统熵变与有序性.....	4
02	
<b>总体架构</b>	
2.1 三元架构系统建模.....	5
2.2 网络拓扑与层级耦合逻辑.....	6
2.3 系统韧性与自组织特征理论.....	6
03	
<b>多相流与跨介质转换动力学</b>	
3.1 各介质的系统适配性分析.....	7
3.2 电能与化学能转换的迟滞与动力学建模.....	8
3.3 多能流波动条件下的协同调控机制.....	8
04	
<b>价值论：绿色溢价与碳循环经济学</b>	
4.1 能源新质生产力的价值重构逻辑.....	10
4.2 “碳”从废弃物到资产的闭环模型.....	11
4.3 绿色溢价的生成、传导与市场机制路径.....	11
05	
<b>演化路径</b>	
5.1 复杂系统的协同演化与跃迁机制.....	12
5.2 分子与电子流互操作标准体系.....	13
5.3 制度设计与政策激励的理论支撑路径.....	14
06	
<b>写在最后.....</b>	<b>14</b>

## ■ 引言

人类能源文明的演进，表现为从确定性的“物质主导”向波动性的“能量主导”，进而探索“质能互通”的范式转型。作为一名在传统油气行业与新能源领域深耕近二十年的从业者，笔者亲历了化石能源体系的辉煌与韧性，也见证了新能源体系的崛起与波动。

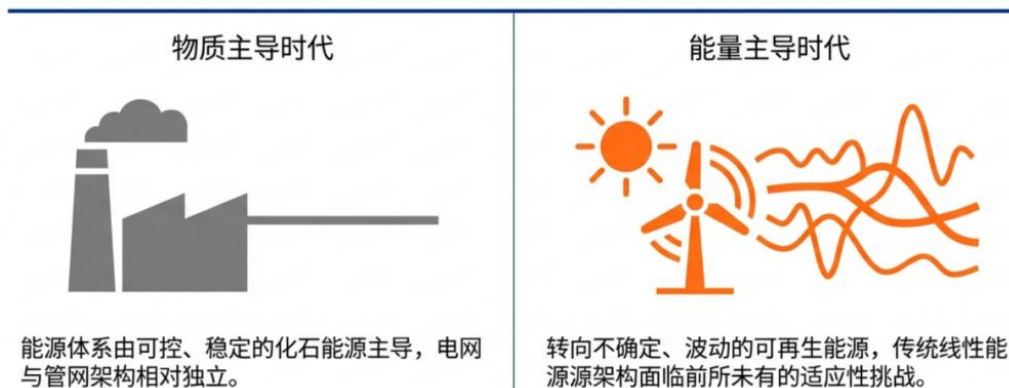
在长期的工程实践中，笔者深切感受到，传统的线性能源架构，即相对独立的电网与封闭的管网，在承载未来可再生能源的复杂性与不确定性时，正面临着前所未有的适应性挑战。

正是在这一行业转型的关键路口，国家石油天然气管网集团有限公司党组书记、董事长张伟于2025年10月29日在《学习时报》刊发署名文章《以“质能网”为支撑加快构建新型能源体系》，系统性地提出了新型能源“质能网”这一概念。此前，笔者已就其基础架构与工程逻辑撰写了《深度解读最近炙手可热的质能网》一文。本文则基于对油气与新能源双重逻辑的深刻理解，旨在超越单纯的工程技术表象，尝试从科学哲学（philosophy of science）的层面，对“质能网”进行一次本体论与认识论的解析。

**首先，需要声明的是，笔者对这一新理论并非持有盲目的推崇或武断的排斥，而是主张秉持一种辩证、包容且冷静的态度。**

笔者在本文中，将质能网视为一个理想化的开放复杂巨系统模型，探讨其作为“电子流”与“分子流”在时空维度上统一的可能性；通过援引控制论与协同学中的熵减机制，剖析系统如何可能通过“能-质-信”的三元耦合实现从无序到有序的自组织演化；同时，引入价值论视角，探讨在绿色溢价与外部性内部化框架下，碳元素如何完成价值转化；最终，笔者将结合行业经验，描绘一条从理论假设通往标准治理的演化路径，为新型能源体系的构建提供一份冷静的理论参考。

## 能源范式的转变：从确定性到波动性



传统能源架构正在失效，我们需要一个全新的思维框架。

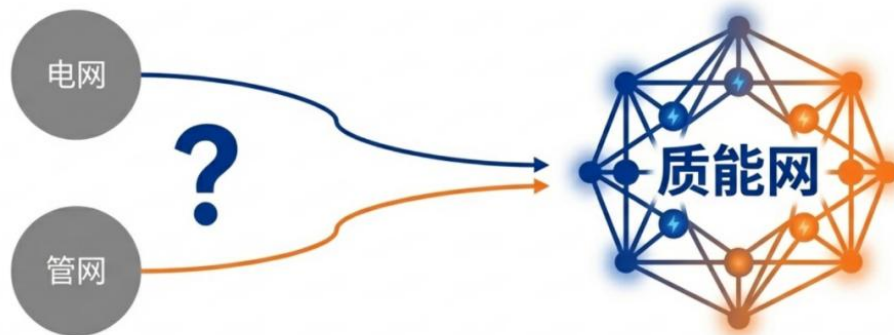
公众号 · 介子九维

## 01

### 本体论与认识论

新型能源“质能网”概念的提出，源于能源转型的历史背景和内在逻辑。这一转型可以借用美国科学哲学家托马斯·库恩（Thomas Kuhn）在1962年《科学革命的结构》中提出的“范式转换”理论来审视。

#### 破局之道：“质能网”——连接电子流与分子流



借鉴科学哲学家托马斯·库恩的“范式转换”理论，质能网试图将能源视为时空流动与形态转换的统一体，是对能源发展新范式的一种理论探索。

公众号·介子九维

随着能源体系由可控稳定的化石能源范式转向不确定、波动的可再生能源范式，传统电网与管网相对割裂的“常规科学”模式面临适应性难题，在“双碳”战略背景下，理论界开始寻求一种新的整体观来统筹能源中的物质流与能量流，以期实现对风电、太阳能等间歇性能源的高效利用和跨时空调配。

在笔者看来，质能网正是基于这一认知视角的转变，试图将能源视为时空流动与形态转换的统一体，是对能源发展新范式的一种理论探索。具体如下：

#### 1.1 能源时空观的重构

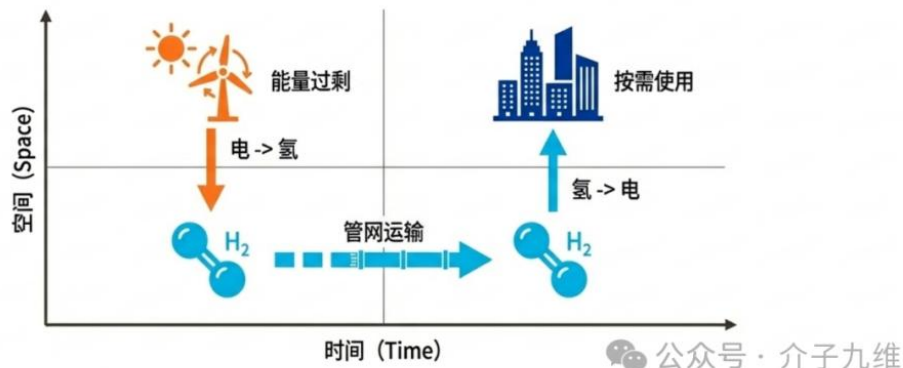
质能网试图重塑能源的时空观，强调能量流与物质流在时间和空间维度上的协同转换。传统电网主要解决能量（电能）供需的“空间错配”，而管网主要解决能源物质载体（天然气、热力、成品油等）的“时空错配”。

质能网提出通过“电-氢-烷-氨-醇”多形态灵活转换，旨在实现跨形态、跨时空的能源调配。

■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

### 原则一：重构能源的时空观

传统电网主要解决能量的“空间错配”，而管网主要解决物质的“时空错配”。质能网通过多形态灵活转换，实现跨形态、跨时空的能源调配。



这种时空观重构体现了一种新的转换理念，即认为能源不再仅是瞬时供需匹配的问题，而是可以通过介质转化在时间上按需存储、在空间上有序运输，从而尝试打通能源从生产到消费的全链条秩序。

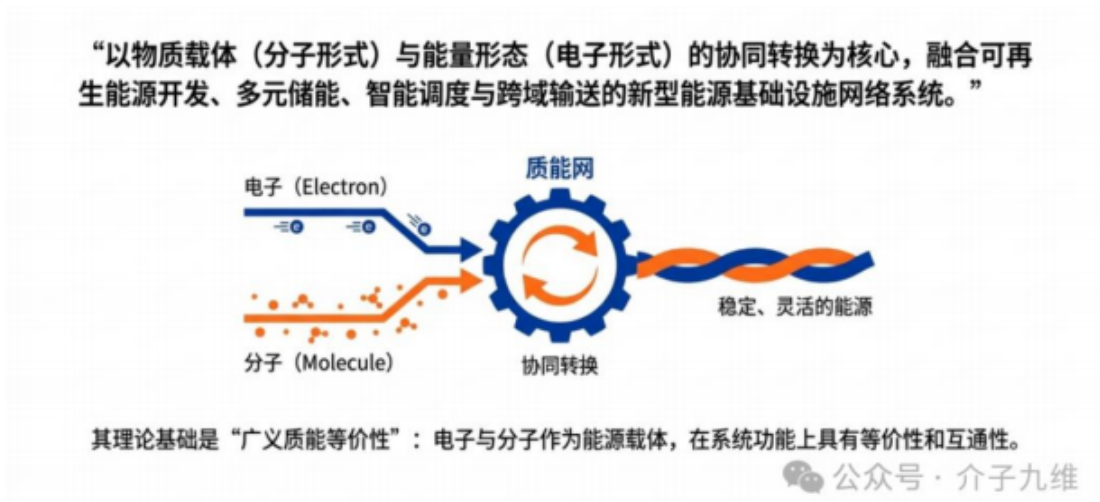
下表直观展示了这种时空观的演变：

能源架构类型	主要解决的错配问题	核心运行逻辑
传统电网	能量（电能）供需的“空间错配”	瞬时平衡，难以大规模长时存储
传统管网	能源物质载体的“时空错配”	物质的物理位移与物理存储
质能网	跨形态、跨时空的能源调配	介质转化、按需存储、有序运输，打通全链条秩序

### 1.2 广义质能等价性

质能网提出了广义的质能等价原理，这一原理在系统工程哲学上体现了美籍奥地利生物学家路德维希·冯·贝塔朗菲（Ludwig von Bertalanffy）在上世纪 40-60 年代提出的一般系统论中的“同构性”，即电子与分子虽然物理属性不同，但作为能源载体在系统功能上具有一定的等价性和互通性。

■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网



新型能源“质能网”定义为“以物质载体（分子形式）与能量形态（电子形式）的协同转换为核心，融合可再生能源开发、多元储能、智能调度与跨域输送的新型能源基础设施网络系统”。

这一定义构建了电子与分子协同作用的理论基础：电能可转化为氢气、烷烃、氨、醇等物质能量载体，后者又可逆转所需的能量形态，实现能量与物质的循环流动。

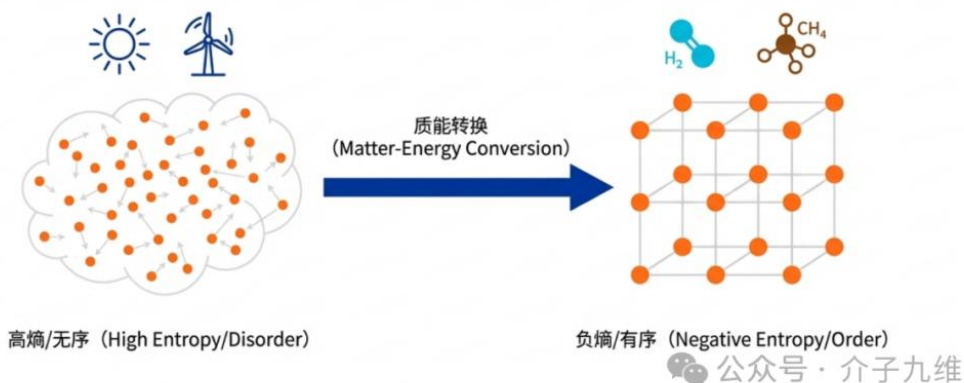
广义质能等价性揭示出能源载体选择的方法论意义，即在特定情境下，“质”与“能”作为能源流的两种表现形式，在功能上可能实现等效互换。

### 1.3 系统熵变与有序性

质能网作为开放复杂系统，其核心挑战在于如何对抗无序。

#### 原则二：从无序到有序的自组织演化

可再生能源的大规模并网增加了系统的波动性，相当于提高了系统的“熵”（无序度）。质能网通过将间歇的能量流转化为稳定的物质形态，为系统引入“负熵流”，实现从无序到有序。



■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

奥地利著名物理学家薛定谔 (Erwin Schrödinger) 在 1944 年《生命是什么》中提出的“负熵”概念，以及比利时物理化学家、诺贝尔奖得主普利高津 (Ilya Prigogine) 于 1969 年提出的“耗散结构”理论，为解释这一机制提供了理论支撑。

可再生能源的大规模并网增加了能源供给的波动性和不确定性，在热力学视角下相当于提高了系统的正熵（无序度），将间歇的能量流转化存储为稳定的物质形态（如利用过剩绿电制氢储存），从理论上讲相当于为系统引入“负熵流”，通过耗散过程将无序的能量输入转化为有序的物质存储。

从系统演化角度看，质能网体现了从无序到有序的潜在过程，即通过物质-能量的闭环转换和信息引导，试图建立一个远离平衡态但保持稳定的自组织结构，使能源系统朝着更高层次的组织性发展。

02

总体架构

根据质能网原文，质能网被概念化为一个开放的复杂巨系统，其总体架构包括物理层、转换层和信息层三大部分，体现了“能-质-信”三元耦合的系统观，这一架构符合钱学森先生于 1990 年正式提出的“开放的复杂巨系统”理论。

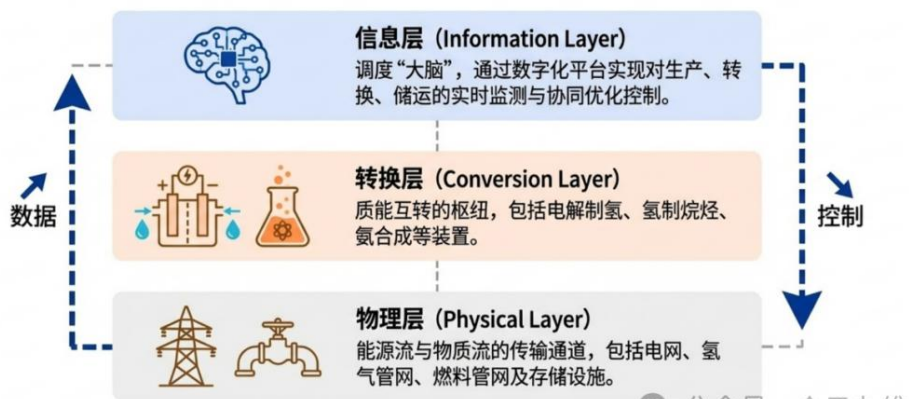
质能网试图将能源基础设施（物理网络）、能源转换过程（质能转换）与数字智能系统（信息调度）有机融合，形成分层解耦又协同运作的整体。它既涉及电网、油气管网等物理网络的结构拓扑，又涉及不同能源介质间转换环节的逻辑耦合，并通过信息平台实现全局优化控制，这种多层次、多网络融合的架构，在理想状态下有助于提升系统在开放环境下的整体韧性和演化能力。

关于此，笔者的个人理解与见解如下：

2.1 三元架构系统建模

质能网建立了涵盖物理、转换、信息三层的系统模型。

系统架构：一个“能-质-信”三元耦合的复杂巨系统



■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

物理层包括电网、氢气管网、燃料管网及存储设施等基础设施网络，提供能源流与物质流传输的通道；转换层包括电解制氢、氢制烷烃、氨合成、醇类合成以及燃烧发电等质能互转装置，是实现“能量形态-物质载体”多重转换的枢纽；信息层作为调度“大脑”，通过数字化平台连接物理设备与转换过程，实现对生产端、转换端、储运端的实时监测与协同优化控制。

模型需要明确三层之间的接口与耦合关系，以刻画“能-质-信”三元互构的运行机理。

下表展示了三元架构的构成与逻辑：

系统层级	核心组成要素	关键功能
物理层	电网、氢气管网、燃料管网、存储设施	提供能源流与物质流的传输通道与物理承载
转换层	电解制氢、氢制烷烃/氨/醇、燃烧发电装置	系统的“枢纽”，实现“能量形态-物质载体”的灵活多重转换
信息层	数字化平台、调度“大脑”	系统的“神经中枢”，连接物理与转换层，实现实时监测与协同优化

## 2.2 网络拓扑与层级耦合逻辑

质能网建立了内部各网络的拓扑结构及跨层级的耦合逻辑。

电力网络与分子能源网络通过转换节点（如电解槽、合成反应器等）实现连接，形成异构网络间的接口，而且，尚需进一步研究多层次系统的拓扑特征，如“全国一张网”的管网结构与分布式可再生能源电网如何对接，以及区域-国家--跨国层面的网络层级架构。

在层级耦合逻辑方面，要阐明微观节点（如单一转换装置）与宏观整体（全国能源网络）之间的互动关系，以及不同能源介质网络之间的层次化耦合机制。例如区域局部的氢能微网如何嵌入国家管网主干，信息层如何协调区域与全网的调度。

这种拓扑耦合研究有助于揭示质能网多层网络协同的规律，确保系统各部分既相对独立又能通过标准接口实现互操作。

## 2.3 系统韧性与自组织特征理论

从复杂系统理论角度研究质能网的韧性和自组织属性，可以借鉴德国物理学家哈肯（Hermann Haken）在上世纪70年代创立的“协同学”，哈肯认为，复杂系统中的子系统通过竞争与协同，会产生控制整个系统演化的“序参量”。在质能网中，信息层的调度算法和价格机制充当了“序参量”的角色，引导电、氢、氨等子系统实现协同演化。

质能网作为多网融合的开放系统，具有显著的韧性：当某一子系统（如电网）受到扰动时，其他子系统（如管网储能）可以通过转换和调配提供补偿。这种韧性来源于系统的冗余设计和多样性，而系统的自组织特征则表现为本地优化行为在全局“序参量”约束下形成涌现效应，逐步优化整个系统的效率和稳定性。

## 03

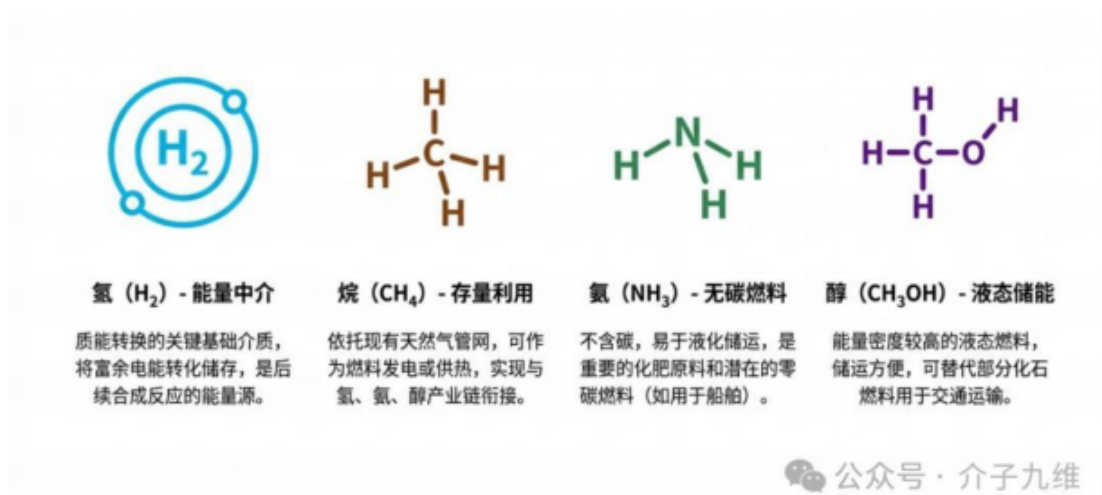
### 多相流与跨介质转换动力学

质能网的核心运行机理建立在多能介质协同流动和跨介质转换动力学之上。在这一框架中，氢（H<sub>2</sub>）、烷（主要指甲烷 CH<sub>4</sub>）、氨（NH<sub>3</sub>）、醇（甲醇 CH<sub>3</sub>OH）四种介质分别扮演着独特的生态位，它们之间通过能量和物质的转换边界，理论上可以联结成一个动态平衡的整体。

基于此，笔者建议，需要以定性为主的方式刻画各介质在质能网中的角色、相互转换的边界条件和动力学特征，阐明电能与化学能之间多相流动的滞后性与调控机制。具体如下：

#### 3.1 各介质的系统适配性分析

首先需要分析氢、烷、氨、醇四类能源介质在质能网中的生态位与适配场景。



氢气作为质能转换的关键基础介质，适用于将富余电能转化储存并作为后续合成反应的能量源，其下游既可直接作为燃料使用，又是合成甲醇、合成氨等化工原料的核心中间体；甲烷具有现有天然气管网的基础，可作为燃料用于发电或供热，也可裂解制氢或作为含碳化工的原料，实现与氢、氨、醇产业链的衔接；氨作为不含碳的能源介质，易于液化储运，是重要的化肥原料和潜在的零碳燃料，其用途包括农业（氮肥）、工业原料以及燃烧发电或船舶燃料等；甲醇是液态有机燃料和基础化工原料，能源密度相对较高且储运方便，可直接替代部分化石燃料用于交通运输或用于生产多种化工产品。

通过上述适配性分析，可以明确各介质在质能网中的功能定位，氢提供“能量中介”，烷和醇引入碳元素以提高能量密度和存储便利性，氨提供无碳燃料选项，不同介质共同构成全要素平衡的能源介质组合。

各类介质的特性对比如下表：

■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

能源介质	化学式	系统生态位	核心优势与适配场景
氢	H <sub>2</sub>	关键基础介质、能量中介	质能转换的源头；适用于短时存储或作为合成原料；清洁无碳
烷	CH <sub>4</sub>	衔接现有管网的基础介质	利用庞大的现有天然气管网设施；用于发电、供热及含碳化工
氨	NH <sub>3</sub>	无碳能源介质、液化载体	易于液化储运；适用于化肥原料、零碳燃料、船舶燃料
醇	CH <sub>3</sub> OH	液态有机燃料、化工原料	高能量密度，储运极其方便；适用于交通运输替代燃料、化工产品

### 3.2 电能与化学能转换的迟滞与动力学建模

其次需要建立电能与化学能相互转换过程的动力学模型，揭示其中的迟滞特性和响应速度限制。

由于化学反应和物质传输具有固有的时间常数，质能转换过程相对于纯电能调度存在滞后效应，如电解水制氢或氢合成甲烷、氨、甲醇需要一定时间，导致输入电功率的变化不能立即体现为输出物质能量流的同步变化，这种现象可视为转换过程的迟滞。

因此，模型应描述电-氢-烷-氨-醇路径中的动态关系，包括微观反应动力学（如催化反应速率、设备启停时间）与宏观系统响应（如储罐充放周期、管网输送延迟）。

通过定性建模，可以阐明不同时间尺度下电-化学转换的耦合行为，即短时间尺度上电网波动主要由储能、电网友好负荷平衡，较长时间尺度上通过化学能转换来平抑日夜或季节性波动。

这种从定性到定量的动力学分析，有助于把握质能网运行的节奏和稳定性边界，为调控策略提供依据。

### 3.3 多能流波动条件下的协同调控机制

然后，需研究在可再生能源波动条件下，多种能源介质流的协同调控策略和机制。

■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

### 动态转换流程：系统如何响应能源波动？

#### 余能吸收 (Surplus Energy Absorption)



#### 补偿供能 (Compensatory Power Supply)



当风能、太阳能出现输出波动时，质能网需要在电、氢、烷、氨、醇多条能流之间实现实时协调，协同机制主要包括三个方面：

一是余能吸收，当绿电过剩时，启动电解水制氢装置，将过剩电能转化为氢储能，或进一步合成甲烷、氨、甲醇，以缓解电网压力；

二是补偿供能，当电力供应不足或负荷高峰时，利用先前储存的氢气通过燃料电池发电，或将甲烷回燃转化为电能，发挥物质载体的“削峰填谷”作用；

三是介质切换，根据实时需求和价格信号，在不同能源介质之间进行切换调度，例如当天然气价格高企时优先供应氢或氨作为替代燃料，形成弹性的供能网络。

信息层通过智能算法实现上述多能流的优化调控，根据各介质的转换效率、库存容量和响应速度，计算最优的协同方案。这种协同调控机制理论上确保了质能网在风光出力波动下仍能保持供需平衡，发挥不同能源介质各自优势，实现对新能源间歇性的系统性消纳。

## 04

### 价值论：绿色溢价与碳循环经济学

质能网不仅是一个工程系统，也呼唤着新的能源价值体系，这一体系的重构需要追溯到英国经济学家阿瑟·塞西尔·庇古（Arthur Cecil Pigou）在1920年《福利经济学》中提出的“外部性”理论。

## 重构价值体系：超越“度电成本”

质能网呼唤新的能源价值体系，需要构建“能源全要素价值”，将传统核算中被忽略的“外部性”内部化。



这一思路源于经济学家庇古(Pigou)在《福利经济学》中提出的“外部性”理论。号·介子九维

传统以千瓦时成本为中心的价值评价范式未能将环境污染这一“负外部性”和系统灵活性的“正外部性”充分纳入核算，在质能网的理论框架下，笔者认为有必要构建“能源全要素价值体系”，尝试通过绿色溢价将外部性内部化。

同时，结合英国经济学家、诺贝尔奖得主罗纳德·科斯（Ronald Coase）在1960年关于社会成本与产权的理论，碳循环利用使得“碳”作为一种生产要素，其产权属性有可能在要素市场化配置的机制下发生变更，由废弃物转变为资产，从而催生新的循环经济学原理。关于质能网的价值论研究，个人的见解如下：

### 4.1 能源新质生产力的价值重构逻辑

第一是要阐明质能网这一“能源新质生产力”的价值内涵，并探讨其对传统能源价值评价体系升级的可能性。

从理论推演来看，质能网的发展有望催生能源系统的新质生产力，即通过电能与物质能的融合转换，创造出比以往单一能源形态更高效、更灵活的生产方式，但这需要突破仅以发电成本衡量价值的思维局限。

首先，关注灵活性价值。质能网提供了跨时空调节能力，其储能和调峰作用为电力系统稳定性赋予巨大价值，如何量化这种灵活性的经济效益是一个关键课题。

其次，计入环境价值。若质能网能实现大规模消纳可再生能源和碳循环，其碳减排效益应尝试内生为能源系统价值的一部分。

再次，考虑产业链协同价值。电子与分子链条的融合可能带来新产业和技术进步，这些潜在的外溢价值同样值得关注。

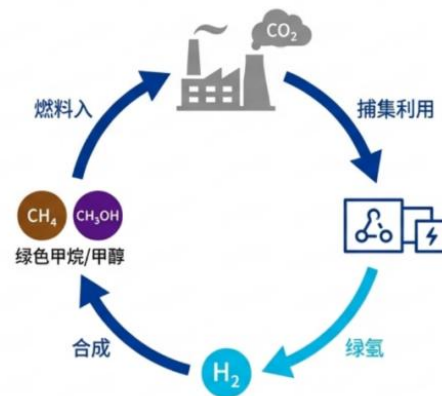
通过以上全要素维度的重构，我们试图形成一种超越LCOE（Levelized Cost of Energy，平准化度电成本）的价值评估视角，以更全面地反映质能网对经济、环境和社会的综合贡献。

## 4.2 “碳”从废弃物到资产的闭环模型

接着需要探讨在质能网体系中，建立碳循环经济学理论框架的可能性，分析二氧化碳从废弃物向资产要素转化的条件。

### 碳循环经济学：让二氧化碳从废弃物变为资产

质能网通过“碳的闭环”实践，将工业捕集的CO<sub>2</sub>与可再生能源制取的“绿氢”结合，合成碳基燃料，使碳元素重回能源循环。



在理想状态下，每排放一吨二氧化碳不再是终点，而是下一周期能源产品的原料。· 介子九维

质能网通过“碳的闭环”实践为这一转变提供了工程基础：可再生能源制氢与工业捕集二氧化碳相结合，在催化剂作用下合成甲烷或甲醇等碳基燃料，使得碳元素重新回到能源循环中，这种闭环模型在理想状态下意味着每排放一吨二氧化碳都不再是终点，而是下一周期能源产品的原料。

理论上，这为重塑碳的价值提供了新视角：一方面，二氧化碳若有市场需求和价格，便可成为化工原料或合成燃料的投入品；另一方面，封存与利用闭环降低了净排放，总体上将碳的环境代价内部化。

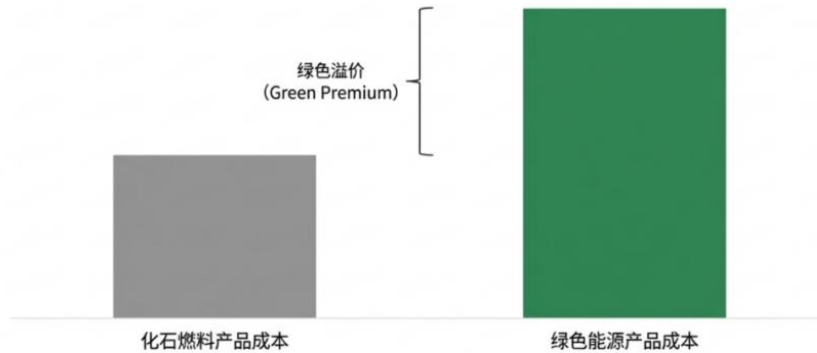
然而，实现这一循环经济学逻辑，要求我们构建相应的计量和核算体系，例如碳信用、碳资产负债表等；政策层面是否长期鼓励碳捕集利用（CCUS）产业的发展，使企业在减排的同时从碳资源中获利，将是“碳废物”能否真正变为“碳资产”的决定性因素。

## 4.3 绿色溢价的生成、传导与市场机制路径

然后需要分析质能网系统中，绿色溢价形成的机理，并探讨其在市场中的传导的机制和路径。

## 现实挑战：“绿色溢价”

绿色溢价指清洁低碳能源（如绿氢、绿氨）相较于高碳化石能源的额外成本。质能网产业的发展高度依赖绿色溢价的支撑。



政策与市场机制（如碳定价、可再生能源配额）是弥合差距、驱动转型的关键。 · 介子九维

绿色溢价指清洁低碳能源相较于高碳能源在市场上的价值增额，它反映了社会为环境品质所愿意支付的额外成本，目前，质能网相关产业（如绿氢、绿氨、绿甲烷、绿甲醇）往往成本高于化石燃料对应产品，因此其生存和发展高度依赖绿色溢价的支撑。

绿色溢价的生成通常依赖政策驱动和社会责任，例如碳定价、可再生能源配额等措施，其传导则需要市场机制将溢价沿产业链分配。从国际经验看，部分绿氨等产业在日本、欧洲等愿意支付溢价的市场找到了销路，这表明建立国内绿色溢价市场的必要性。

因此，我们尚需要关注在何种政策和市场条件下，绿色溢价足以弥合绿色产品与灰色产品的成本差距，以及当技术进步使绿色成本下降时，溢价机制如何平滑退出。

## 05

### 演化路径

质能网作为一项涉及多行业的能源范式转型，从理论构想到大规模实施注定是一个渐进演化、协同跃迁的过程，复杂系统的转型往往经历从零散试点到协同集成，再到标准化和制度化的阶段，因此，笔者认为还需进一步探讨如何将质能网的理论假设转化为可操作的标准体系和治理模式，描绘其可能的演进路线图。

结合质能网原文和有关论述，同时，笔者基于行业经验判断，质能网的演化路径将面临多学科融合和跨部门协作的巨大挑战，这需要技术进步、标准制定和政策引导的相互协调。见解如下：

#### 5.1 复杂系统的协同演化与跃迁机制

首先需要分析质能网从局部创新到整体跃迁的协同演化过程。

### 演化路径图：从理论假设到标准治理



公众号 · 介子九维

这一过程是演化经济学中，关于“路径依赖”与“锁定效应”的必然要求，质能网作为复杂巨系统，其转型不可能一蹴而就，而是各子系统（电力、燃气、化工、信息等）协同演进的结果。

在初始阶段，不同能源介质转换技术和区域示范工程可能各自为政；随着连接接口和调控平台的完善，才可能逐步形成网络化协同。

笔者建议，需重点研究管网与电网的协同机制以及各种路径的适配优化，当若干关键技术（如低成本电解制氢、高效合成燃料催化剂等）取得突破，质能网系统性能有可能出现非线性的跃升，理论上，这类似于复杂系统从量变到质变的临界转变。

接下来的理论研究，应提炼这种跃迁的标志和条件，并分析达到拐点后的系统行为特征，以帮助政策制定者把握质能网发展的节奏。

## 5.2 分子与电子流互操作标准体系

其次需构建支持质能网运行的标准规范体系，这是实现不同载体能源流自由流动且安全可靠的前提，笔者在工作中深感油气行业与电力行业标准体系的差异，因此深知互操作的难度。

### 核心挑战：通往现实的重重壁垒



成功需要技术、标准与政策的协同演化。 公众号 · 介子九维

## ■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

首先，面临的是技术标准的融合挑战，如氢气掺混天然气管网的比例标准、氨燃料使用安全标准，以及电-氢、氢-烷转换装置的性能规范等。

其次，是数据与接口标准的统一难题，信息层需要打通电网调度系统与燃气管网调度系统的数据壁垒，实现联动控制。

再次，建立评价认证体系也至关重要，对“绿色氢气”“绿色甲醇”等进行权威认证，使市场参与者有统一准则。

唯有通过上述标准体系的建立，才可能打通“电子流-分子流”的接口，消除各子系统各自为政的障碍。

### 5.3 制度设计与政策激励的理论支撑路径

然后需深入探讨质能网从理论到治理的转化过程中，制度与政策如何提供支持与激励。

质能网的落地难以仅靠市场自发力量，往往需要政府在规划和政策层面进行顶层设计，这包括三个关键方面的探索：

一是规划引导，是否将质能网纳入国家能源发展战略，明确阶段性目标，将影响各相关行业的预期；二是政策激励，如何设计财政和金融激励措施（如补贴、电价机制调整等）以降低质能转换环节的初期成本；三是监管与市场建设，如何建立跨部门协调监管机制，打破电力、燃气、化工等行业壁垒，并培育统一的全国性绿色能源交易市场。

理论上，需要有关部门、科研机构、企业等研究这些制度措施的依据和效果评估方法，例如通过系统动力学模型，模拟不同政策组合对质能网发展的影响，以寻找最优政策路径。

## 06

### 写在最后

能源转型从来不是一场轻松的百米冲刺，而是一场伴随着阵痛与反复的马拉松，回望自己近二十年的职业生涯，从早期的油气勘探开发到如今的新型能源体系构建，笔者深知能源系统的惯性与变革的艰难。

新型能源“质能网”概念的提出，为我们理解能源系统的复杂性提供了一个极具启发性的理论视角，它试图整合物质、能量与信息，以应对可再生能源时代的波动性挑战，然而，作为一名深谙行业实际的“老油气人”与“新能源人”，笔者也清醒地认识到，从概念模型到工程落地，横亘着技术瓶颈、成本约束与机制壁垒等多维挑战。

因此，对于“质能网”这一新兴理论，笔者认为应当秉持一种审慎乐观的态度：既不应忽视其在解决能源时空错配问题上的理论潜质，也不应低估其系统性落地的巨大难度。

未来，需要通过跨学科的理论论证与严谨的实践试点，客观评估其在全球能源转型中的可行性与边界，这不仅是对一种能源技术架构的探讨，更是一次关于人类如何更理性、更智慧地认知和利用自然资源的科学实践。

## ■ 辩证、包容、冷静的视角再谈质能网

### ■ 参考文献

- [1] 张伟. 以“质能网”为支撑加快构建新型能源体系[N]. 学习时报, 2025-10-29.
- [2] KUHN T S. 科学革命的结构[M]. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京: 北京大学出版社, 2003.
- [3] BERTALANFFY L V. 一般系统论: 基础·发展·应用[M]. 秋同, 袁嘉新, 译. 北京: 社会科学文献出版社, 1987.
- [4] SCHRÖDINGER E. 生命是什么?--活细胞的物理学观[M]. 张卜天, 译. 北京: 商务印书馆, 2018.
- [5] PRIGOGINE I. Structure, dissipation and life[A]// MAROIS M, ed. Theoretical physics and biology[C]. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1969: 23-52.
- [6] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域--开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10.
- [7] HAKEN H. 协同学导论[M]. 张纪岳, 郭治安, 译. 江仁寿, 校. 西安: 西北大学出版社, 1981.
- [8] PIGOU A C. 福利经济学[M]. 金镛, 译. 北京: 华夏出版社, 2007.
- [9] COASE R H. The problem of social cost[J]. Journal of Law and Economics, 1960, 3: 1-44.
- [10] 熊鸿军, 戴昌钧. 技术变迁中的路径依赖与锁定及其政策含义[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(11): 94-97.