

深度解读最近炙手可热的

# 质能网



介子九维

## 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。



介子九维

云南 昆明



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。

# 目 录

引言.....	1
01 理论框架 .....	1
1.1 核心内涵.....	1
1.2 系统构成.....	1
1.3 关键特征.....	3
02 概念辨析.....	3
2.1 相较于综合能源系统（IES） .....	3
2.2 相较于能源互联网.....	4
2.3 相较于 P2X 技术.....	4
2.4 核心创新点.....	5
03 现实壁垒.....	6
3.1 经济性壁垒.....	6
3.2 体制与市场壁垒.....	7
3.3 基础设施壁垒.....	8
04 前沿探索.....	9
4.1 演进方向一：从集中到分布，终端用户的角色演变.....	9
4.2 演进方向二：与新型电力系统的关系辨析.....	10
05 发展协同体系.....	12
5.1 设施筑基.....	12
5.2 技术驱动.....	12
5.3 模式赋能.....	13
5.4 政策护航.....	13
5.5 试点先行.....	14
06 写在最后.....	14

## 引言

长期以来，中国的能源动脉主要由两套相对独立的系统构成，即承载油气的分子能源管网与承载电力的电子能源电网，这种“两张网”独立发展、相对分割的格局，在多能融合、协同优化的新要求下，已难以实现多能源的统筹优化与高效配置，这些盘根错节的矛盾，共同指向了一个亟待破解的时代命题。

面对能源转型中的深层张力，业界一直在探索突破“两张网”分割的有效路径。

2025年10月，国家管网集团董事长张伟在《学习时报》上首次提出的“**质能网**”概念，便为此提供了一个具有开创性的战略构想，这一概念意在以创新型基础设施破解新能源储运瓶颈与网络分割难题，为新型能源体系的建设提供坚实支撑。

鉴于此，笔者将以“质能网”这一原创性战略构想为研究对象，深入剖析其理论内涵、体系架构与核心特征，辨析其在既有能源理念坐标系中的独特定位，并客观评估其实现过程中所面临的经济性、体制性与技术性三重壁垒；在此基础上，进一步探讨其与终端分布式应用、新型电力系统的融合演进逻辑，最终提出推动质能网从蓝图走向实践的技术—模式—政策四维协同路径，以期为构建具有中国特色的新型能源体系提供理论支撑与实践参考。

## 01 理论框架

### 1.1 核心内涵

“质能网”这一概念的内涵，便是一个“分子与电子协同转换”的新型能源基础设施网络系统。

这个定义精准地抓住了问题的本质，它不再将能源视为孤立的物质或能量形态，而是提出了“分子-电子并举，能量-物质协同”的全新理念，质能网的根本目标，就是打通不同能源形态之间的转换屏障。

从供给侧的角度审视，质能网可以被抽象为一个复杂的输入-输出模型，它以物质流，如油气、氢、氨、醇等，和能量流，如电能、化学能等，作为系统的输入。

根据不同地区的资源禀赋和时空分布情况，质能网通过多重形式的能量与物质转换，来满足需求侧多样化的能量和物质需求。

### 1.2 系统构成

这一宏大构想的实现，依赖于一个精妙且完整的理论框架，根据其功能定位，质能网被解构为三大紧密耦合、协同运作的子系统。

#### 1.2.1 转换子系统（核心）

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

这三大子系统中的“核心”，是承担转换功能的转换子系统，该子系统负责实现物质载体与能量形态间的相互转换，这一转换过程涵盖了四种基本的机制。

“能-质”转换，即实现“电子”向“分子”的转变，将电能或热能等转化为物质载体中的化学能，例如利用富余电力电解水制取“绿氢”。

“质-质”转换，则是通过物质到物质的转化，实现“分子”到“分子”的重构，以此来优化能源载体的形态，例如将氢气合成甲醇或氨，以提升储存密度和运输便利性。

“质-能”转换，是通过物质释放能量，完成“分子”向“电子”的回归，最常见的形式莫过于燃烧天然气或氢气，将其化学能转化为电能，回馈电网。

“能-能”转换，指的是能量形态间的直接转换，即“电子”到“电子”，主要通过电化学储能等方式，实现电能的削峰填谷。

通过上述多路径的能量与物质转换，质能网得以在电和燃料等不同能源形态之间进行灵活的互换，从而构筑起一个具有高度柔性的能源转换体系。

### 1.2.2 储运子系统（通道）

承载“通道”功能的，是储运子系统，该子系统承担着物质载体和能量形态的输送与存储功能，是连接供给端和需求端的能源运输动脉。

这个通道是复合型的，它不仅包括全国布局的油气管道网络，也涵盖了覆盖各级的电力输电配电网。

同时，各种类型的能源储存设施，如天然气储气库、氢能储罐、电池储能电站等，也都是这一子系统的关键组成部分。

储运子系统的核心价值在于，将转换子系统输出的能量或物质高效、低成本地输送至终端，无论是“西气东输”还是“西电东送”，抑或是未来利用油气管道运输由可再生能源制成的氢气、氨等新能源燃料，都是这一子系统功能的体现。

### 1.2.3 调度子系统（大脑）

而充当“大脑”角色的，则是调度子系统，作为整个系统的神经中枢，调度子系统提供全局优化与智能控制。

这个“大脑”建立在一个统一的智能调度平台之上，它依托先进的通信网络、计量监测与控制设备，将转换子系统和储运子系统等各个环节紧密连接起来，实现对多种能源网络的协调运行和实时调控。

具体而言，调度子系统通过数字化平台汇聚来自电网、油气管网以及各类储能装置的海量运行数据。

利用人工智能和大数据算法，它能够对能源供需状况进行精准预测，并作出优化决策，在保障系统安全的前提下，动态地分配能源流和物质流。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

这个“大脑”的指挥能力是实时的，它可以根据瞬息万变的用能需求和网络状态，智能地启停转换装置，例如电解制氢设备或燃气电厂；它也可以灵活地调度储能单元进行充放电。

这一切操作的最终目的，都是为了实现整个质能网的优化配置与高效利用。

### 1.3 关键特征

这三大子系统，共同构筑了质能网的理论框架，也赋予了它区别于以往任何能源网络的鲜明特征。

其一，是质能转换的“系统性”。它强调质能转换的系统观念，彻底改变了传统能源网络各自为政的单一发展格局，统筹了“能量形态的流转”和“物质载体的循环”两大路线，能够突破当前能源系统按电、油气等类别分割运行的深层局限。

其二，是全链融合的“协同性”。它构建了一个全链条融合的协同架构，实现了从能源生产、输送、储存到利用端的紧密衔接与一体化运行。质能网的协同性设计，正是针对现有链条分散、缺乏协作的短板，打通了能源价值链全流程的连接。

其三，是运行控制的“智能性”。它依托先进的信息与控制技术，实现对不同类型能源网络的智能化运行控制，通过部署广泛的传感器、通信网络和人工智能调控系统，质能网可以实时监测各子系统的状态，自动完成能量供需的匹配和平衡优化。

其四，是网络结构的“开放性”。它构建了一个开放共享的多网融合体系，允许不同能源品种和载体通过标准化的接口接入这一平台，实现有机衔接。这种开放特征极大地增强了能源系统整体的弹性和适应力，克服了以往各能源网络自成体系、互不相通的封闭状态。

其五，是生态运行的“绿色性”。它旨在实现全链路的绿色低碳运行，一方面，它能够大规模汇集并消纳风能、太阳能等清洁能源；另一方面，通过低碳化的储运手段和高效化的终端利用，质能网构建起一个清洁、低碳的生态化能源运行系统，为“双碳”目标的实现提供强大助力。

## 02 概念辨析

笔者经过研究，个人认为“质能网”作为一个系统性的创新构想，并非凭空出现，它的提出，是在综合能源系统（IES）、能源互联网、P2X（电转X）等一系列相关理念演进的基础上，针对中国能源转型的特定矛盾而进行的深度聚焦与体系升华。

要准确把握质能网的创新本质，就必须将其置于一个更广阔的理论坐标系中，进行审慎的横向对比与辨析。

### 2.1 相较于综合能源系统（IES）

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

不妨先将其与综合能源系统（IES）进行比较，IES 通常指的是在一定区域内，将电、热、冷、气等多种能源形式进行协同规划与运行，通过多能互补和梯级利用来提高整体能源效率的系统。

质能网与 IES 在理念上均追求多能源的融合，然而，二者在层级和范围上存在着显著的不同。

IES 的实践往往侧重于园区、城市或局部区域的优化，相较之下，质能网的立足点是更大尺度和更高层级的能源网络统合。

它尝试从根本上打破电网与油气管网这两大国家骨干网络的边界，可以说，IES 解决的是“最后一公里”的局部优化问题，而质能网旨在实现更广域的资源优化配置。

### 2.2 相较于能源互联网

视线转向能源互联网，其概念源自“互联网+”思维，意在将能源系统与先进的信息通信技术深度融合，构建一个开放共享、双向互动的能源生态体系，它以电力为枢纽，强调大范围多能源网络的互联互通和智能交互。

这与质能网在总体理念上确有相近之处。

两者都追求电能与其他能源载体的融合互通，并都希望利用数字化平台实现全局优化，然而，质能网在这一宏观愿景下，进一步聚焦在了“分子-电子”双向转换这一具体且核心的方向上，它更加强调管道网络与电网的“物理融合”。

更重要的是，质能网可被视为能源互联网在电-气领域的一种深刻而具体的实现形式，其鲜明的特色在于，它创新性地引入了物质输送管网，使其作为等同于电网的“主体”参与到能源的全局平衡中，而不再仅仅是传统能源互联网中围绕电网的外围补充。

### 2.3 相较于 P2X 技术

同样需要辨析的，还有 P2X（电转 X）技术，P2X 是指将电能转换为其他形式载能物质或产品的一系列技术总称，包括电转气（P2G）、电转热（P2H）、电转液燃料（P2L）等。

显而易见，P2X 是“质能网”构想中不可或缺的核心技术支撑之一，它相当于质能转换子系统的具体实现方式，但是，两者之间存在着本质的区别，P2X 侧重的是“技术过程”，而“质能网”强调的是“系统集成”。

P2X 本身并不必然涵盖大规模的网络架构和统一的调度机制，它完全可以在一个孤立的场景下发生，相比之下，质能网的核心关注点在于，如何将众多、分散的 P2X 装置通过管网和电网连接起来，并将其纳入一个统一调控的平台，从而形成强大的体系效应。

可以说，“质能网”是将 P2X 从一种分散的、局部的转换行为，提升为一种网络化、平台化的能源流通新模式，P2X 提供了能量形态转换的“具体途径”，而质能网则是融合了这些途径的“基础设施网络”与“协同运行机制”。

### 2.4 核心创新点

通过这一系列的横向对比，质能网的独特定位逐渐清晰，其构想之所以新颖，在于它蕴含的多项创新，但其最关键、最核心的创新，并非仅仅是把 P2X 技术简单地网络化，而是开创性地引入了“跨电网与管网的统一调度子系统”这一“大脑式”的智能控制机制。

#### 2.4.1 创新一：跨介质统一调度平台

这一“跨介质统一调度平台”是质能网最突出的亮点。传统的 P2X 更多是作为电力系统的辅助技术而存在，并未形成一个独立的调度体系，而质能网明确提出，要建立一个贯通电力系统与油气系统的智能调度子系统。

这个调度平台好比“大脑”，可根据全局的能源供需状况，实时地指挥各类的转换装置和储运通道，当电网出现富余电力时，“大脑”便指令电解水制氢等装置开启；当电力紧缺时，“大脑”又可迅速调度燃气轮机、燃料电池等装置，将化学能转为电力。

这种双向、动态的调控能力，实质上是打造出了一个跨行业的“能源总调度中心”，它历史性地突破了当前电网调度和管网调度各自独立、互不隶属的格局。

#### 2.4.2 创新二：分子能源网络的深度参与

质能网的第二个重大创新点，在于它赋予了“分子能源网络”深度的参与地位。在能源互联网等过往的理念中，电网往往处于绝对的核心与主导地位，燃气管道等角色相对次要。

质能网的创新之处在于，它赋予了分子能源管网与电网“同等的主体地位”，强调的是两张网的“深度耦合”，而非单向的从属关系。

质能网将油气氢管道视为电能的“等价传输和存储介质”，这是一个观念上的重大突破，比如利用现有的天然气管道输送由西部风电制成的氢气，就能够将西部富余的可再生能源以化学能的形式，大规模、低成本地输往东部负荷中心。

这种模式将管道的功能从传统的化石燃料输送，历史性地扩展为了电能载体的延伸，它创造性地提出了“管道即储能”的思想，管网在质能网的体系中，不仅是输送燃料的通道，更扮演着大规模、长周期储能基础设施的角色。

#### 2.4.3 创新三：体系架构的完整性与开放性

质能网的第三个创新点，体现在其“体系架构的完整性与开放性”。质能网的概念框架包含了转换、储运、调度三个子系统，形成了一个闭环的功能链条，这种架构设计本身就是一项创新，它将传统能源“源-网-荷”的线性链条，重新排列组合为了一个“能量-物质-能量”的循环体系。

在此架构下，任何一种能源形式的过剩，都可以通过转换子系统变为另一种形态，储存在储运网络之中，再由调度系统统筹用于其他的用途，实现了全链路的协同优化。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

正是通过上述一系列的机制创新，质能网的功能定位已经远远超越了“P2X 的网络化”或“IES 的简单扩展”，它更像是为未来高比例可再生能源时代，量身打造的一种“新型基础设施”，它是一场“架构层面”的创新。

### 03 现实壁垒

“质能网”的宏大蓝图，描绘了未来能源基础设施融合共生的美好前景，然而，在从一个精妙的概念走向坚实的现实的过程中，任何宏大的叙事都必须直面具体而微的挑战。

因此，调转笔锋，接下来我们必须冷静且深刻地审视，横亘在这条道路上的重重阻碍。

#### 3.1 经济性壁垒

横亘在面前的首要关隘，来自于最基础的经济性考量，即“能-质-能”转换链条中高昂的成本与难以回避的效率损失。

##### 3.1.1 “能-质-能”转换的高成本与低效率

以电解水制氢为代表的“能转质”过程，其成本居高不下，在绿氢的制备成本中，电价成本的占比高达 60%至 70%，同时，电解槽等设备投资也十分昂贵。

据分析，在当前工业电价 0.6 至 0.8 元每千瓦时的条件下，电解水制氢的成本约在每公斤 30 至 40 元，显著缺乏市场竞争力。

只有当电价下降到每千瓦时 0.3 元以下，例如大规模利用深谷时段的弃电，绿氢的成本才有望接近传统化石能源制氢的水平。

转换效率的低下是另一个难以绕开的瓶颈，即便是主流的碱性电解槽，将电能转化为氢能的效率也仅在 60%至 70%左右，当这些氢能需要再次转换为电能时，无论是通过燃料电池还是燃气轮机，其效率也大致在 50%上下。

如此一来，从“电”出发，经过“氢”的存储，再回到“电”的整个往返循环，其总效率仅有约 30%至 40%。

##### 3.1.2 现行价格体系与经济责任主体的缺失

在此基础上，现行的能源价格体系与尚不明确的收益主体，使得经济性问题雪上加霜。

目前，中国的电力和天然气价格机制存在着巨大的差异，电力侧对峰谷分时电价有一定政策引导；而天然气价格相对市场化，但波动较小，价差有限。

当试图利用廉价的富余电力制氢，再用于发电调峰时，其收益完全取决于电价的波动以及气价与电价之间的套利空间。

然而，我国目前的峰谷电价差通常仅在每度几毛钱的量级，这难以覆盖从制氢、储氢到发电的整条链的损耗与成本。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

如果转而采用“买电-制氢-卖气”的模式，将富余电力制成的氢气掺入天然气管网，这就涉及到一个更为复杂的跨市场定价问题。

目前，氢气尚未形成成熟的商品市场价格，大规模掺氢的气价机制更是完全缺失，这种高昂的成本与不确定的收益，使“经济责任主体”的问题浮出水面。

在质能网的宏大框架下，哪些参与方能够并且愿意承担这些额外的转换成本？

风电、光伏等发电企业，他们当然希望通过制氢来提高消纳率，但其自身利润微薄；电网公司有动力推动这类跨介质储能，但目前的政策并未明确其商业模式；天然气与管网企业期望扩大业务范围，但如果掺氢导致管输效率下降或需要新的设施投入，他们也会持谨慎态度。

当前看来，纯粹的市场驱动难以让任何一个单一的主体自发地去投资建设大规模的“能-质-能”转换装置。

### 3.1.3 系统性经济效益的评估困境

此外，一个更深层次的问题在于，目前我们缺乏成熟的方法来评估质能网可能带来的间接经济效益。

质能网的许多价值体现在系统层面，例如减少新能源的弃电、提高全社会的供能安全、降低全社会的碳排放等，这些效益往往难以直接内部化为项目的收入，属于“外部性收益”。

这种价值认知与价格机制的脱节，使得质能网的经济账充满了不确定性。

## 3.2 体制与市场壁垒

经济性的难题之外，根深蒂固的体制与市场壁垒构成了又一重阻碍。

### 3.2.1 现有管理体制的分割障碍

质能网所描绘的电网与管网一体化协同，在现实中首先遇到的就是体制上的巨大障碍。

目前，我国的国家电网和国家管网分属于不同的行业领域，其管理体制和业务模式差异巨大，电网的调度由电网企业负责，而油气管网的运行则由管网企业掌握，两者在历史上缺乏协作的惯例。

要建立质能网的“大脑”调度平台，必然会涉及到跨行业的数据共享、调控指令执行权的界定等一系列敏感问题，在没有明确的顶层设计的情况下，双方出于各自的安全和利益考量，往往更倾向于维持现状，各管各的网。

### 3.2.2 “能质转换运营商”的市场角色模糊

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

体制的分割，直接导致了市场角色的模糊不清。质能网的运行，催生了一个全新的市场参与者角色，即“能质转换运营商”，然而，它在当前市场中的定位是极其不清晰的。

例如在电力市场中，质能转换设施（如电解水制氢装置）如果参与调峰，充当“负荷”的角色，其购电行为是否算作需求响应？当它制成氢气后再用于发电时，其行为既像是储能，又像是发电，但现行的市场规则对于氢储能或氢发电并无明确的定义。

在天然气市场中，如果将富余电力制成的氢气掺入天然气中进行销售，那么这部分氢气由谁售给终端用户，又以什么价格进行结算？这些行为都突破了各自传统的业务边界。

### 3.2.3 跨主体的利益协调困境

体制的分隔和市场的模糊，最终会传导为利益协调的困境。电网与管网在质能网的框架中本应是利益共同体，但眼下，两者的经济考核指标和盈利模式完全不同，协调不当，极易出现利益冲突。

举例来说，电网希望通过质能转换来减少可再生能源的弃电，这可能要求在用电低谷时，大量调用制氢装置来吸收电量，然而，从管网的角度看，制氢过程本身可能是净亏损的，管网企业若不愿承担这部分亏损，电网侧单方面很难推进制氢的举措。

反之，在电力高峰期，调用氢储能来发电以支持电网，这是电网的收益，但是，燃气机组多发则增加了气体消耗，管网企业需要确保供气，如果缺乏合理的利益补偿机制，管网企业的动力便会不足。

## 3.3 基础设施壁垒

倘若说经济与体制的壁垒尚属“上层建筑”，那么冰冷坚硬的基础设施则构成了物理层面的终极考验。

### 3.3.1 现有管道的“氢脆”与安全限制

质能网充分利用油气管道来输送和储存新能源燃料的设想，在技术上首先面临着管道掺氢输送的现实挑战，我们现有的天然气管道，其设计初衷是为甲烷服务的，掺入氢气后会引发一系列棘手的技术问题。

首当其冲的便是“氢脆”风险。氢分子具有极强的渗透性，它能够渗入钢材的晶格之中，导致材料变脆、强度下降，从而诱发管壁产生裂纹甚至发生泄漏，我国的长输天然气干线大多是高钢级、高压运行，对氢的敏感性必须进行充分而审慎的评估。

泄漏与安全是另一个紧迫的问题。氢的分子量极小，扩散性极强，它通过现有密封件和阀门的泄漏率远高于天然气，同时，氢的着火能量很低，燃烧速度却极快，混入天然气后，在管道发生泄漏时，将更容易形成爆燃的混合气体。

在输送效率方面，氢气的热值仅为天然气的三分之一左右，如果按照体积掺入相同比例的氢气，其等热值的输送能力将会降低。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

以上这些技术限制，使得管道掺氢存在一个明确的天花板，各国的经验通常将其限制在5%至20%的体积分数以内。

### 3.3.2 改造与新建的巨大经济成本

如果既有的管道无法满足掺氢的需求，那么构建质能网就势必要考虑对管道进行改造，或是新建专门的氢气管道，这又将面临巨大的经济和工程难题。

一方面，改造现有管网以适应掺氢的需求，需要投入不菲的资金，这包括更换不耐氢的密封件、阀门，加装在线监测传感器等，对于长达上万公里的全国管网而言，这将是一笔巨大的资本开支。

另一方面，新建纯氢管道则更为昂贵。据测算，铺设一条氢气长输管道，其建设成本几乎是同等规格天然气管道的两倍，如此高昂的成本，如果没有巨大的氢气输送量作为支撑，其单位输氢成本将居高不下。

### 3.3.3 配套技术与标准规范的缺失

最后是标准规范的缺失。我国现行的《天然气》国家标准并未涉及氢气混合的上限，在没有权威的国家标准出台之前，大规模的实施缺乏法规依据。

## 04 前沿探索

在深刻辨析了“质能网”所面临的现实壁垒之后，我们的思考不应止步于此，挑战的背后往往孕育着转机和更广阔的视野，当我们超越眼前的困境，将目光投向更远的前沿，一些具有启发性的洞察和未解的问题便浮现出来。

### 4.1 演进方向一：从集中到分布，终端用户的角色演变

一个极具启发性的思考维度在于，终端用户的角色将如何演变？“质能网”的宏观构想，主要着眼于大电网与大管网的集中式融合，但在现代能源“源-网-荷”的体系中，“荷”即终端用户，同样蕴藏着巨大的潜力，普通的社区、工厂乃至家庭，是否可以直接参与到“质能转换”的微循环中？

现实中的一些前沿探索已经给出了肯定的信号。例如在广东佛山南海建设的“氢进万家”智慧能源示范社区，就为我们展示了终端参与的生动雏形。

该社区通过部署分布式的天然气燃料电池冷热电联供系统，实现了居民楼宇在用电、供暖、制冷等方面的部分能源自给。

这意味着，在一个社区的尺度上，一个分布式的“电-氢”共生系统已经建立起来，本地的光伏电力可以被转化为氢气进行存储，到了夜间再由燃料电池发电供给楼宇使用。

这个示范项目，实质上就是一个“小型的质能网”，终端用户在这里不再是单纯的能源消费者，而是转变为能源的“产消者”。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

终端参与质能网的益处是显而易见的，一方面，用户侧分散的资源，如屋顶光伏等，可以得到更充分的利用；另一方面，当大量分布式的质能单元被聚合起来时，它们就相当于构成了一个巨大的灵活性资源池，可以有效缓解主干能源网络的压力。

然而，要实现终端的深度参与，还有一系列未解的问题需要我们去讨论和解决。

首先，用户侧配置质能转换设备的经济性如何？目前，户用的燃料电池、微型电解槽等设备成本依然高昂。

其次，安全管理是一个无法回避的难点。氢气在社区和家庭端的使用，对消防和公共安全提出了远高于天然气的要求。

再次，控制协调的难度极大。当成千上万的用户都成为能量的“产消者”后，如果缺乏一个平台进行统筹调度，各自为战的结果很可能是在局部引发新的能源过剩或短缺。

### 4.2 演进方向二：与新型电力系统的关系辨析

与终端角色的演变相并行的，是另一个需要深度辨析的前沿问题，即“质能网”与“新型电力系统”这两大国家战略概念之间的深层关系，它们是互补共生，还是存在资源上的竞争？

“新型电力系统”是我国能源转型的另一项核心战略，它指的是以新能源为主体电源的未来电力系统，强调通过灵活调节和多元储能来支撑高比例可再生能源的并网。

质能网与新型电力系统在最终愿景上是高度共通的，两者都服务于高比例新能源的消纳和供需平衡。

#### 4.2.1 在储能与调峰手段上的“功能互补”

新型电力系统的传统思路，是通过大力发展电化学储能（如大规模电池阵列）、抽水蓄能等来解决电力系统的平衡难题，而质能网则创新性地引入了“管道储能”和“燃料储能”的概念。

这就带来了一个现实的选择问题，从效率角度看，电池和抽蓄的往返效率高达 80% 以上，远胜于氢储能 30% 至 40% 的效率，但前者的优势在于“短时储能”，它们难以经济地覆盖长达数天甚至跨越季节的调节需求，而氢储能的真正优势恰恰在于其巨大的容量和超长的时长。

如下表所示，氢储能在储存容量和放电时长上，显著优于电化学储能。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

储能技术类型	储能时长	储能容量	往返效率	投资成本
电化学储能（锂电池）	小时级（2-4h）	中小（MW级）	80%-90%	中高
抽水蓄能	小时级（4-10h）	大（GW级）	70%-80%	高（受地理限制）
氢储能（含电-氢-电）	小时级至跨季节	极大（TWh级）	30%-40%（目前）	高（依赖技术突破）
压缩空气储能	小时级（2-8h）	中大（100MW级）	60%-70%	中（受地理限制）

这张对比表格清晰地揭示了不同储能路径的特点，氢储能能够实现从小时级到季度级的长时间、大规模能量存储，这完全满足了新型电力系统对于长时调节的刚性需求。

因此，两者之间并非竞争关系，而是具备极强的“互补性”，电化学储能等技术反应迅速、效率高，适合用于电网的日内平衡、调频等短周期、小尺度的频繁充放，而氢储能则适合承担大规模、长周期的能量移储任务。

对于一个健康的新型电力系统而言，二者必须结合，形成一个“梯次储能”的格局。

### 4.2.2 作为“虚拟输电线路”的协同价值

进一步看，新型电力系统面临的另一个难题是远距离输电和配电网的扩容。

而质能网为此提供了另一种思路，即利用现有的油气管道网络作为“替代的输电通道”。

当西部的新型能源电力过剩，直接通过特高压送出可能受制于线路的容量，这时，如果能将其就地制成氢气，再通过管道输送氢能到东部，然后在负荷中心就近发电，就等同于绕过了电网的瓶颈。

在这种模式下，氢储能扮演了“虚拟输电线路”的角色，它在高峰时段通过释放氢气发电，有效缓解了电网输配的阻塞压力。

### 4.2.3 质能网可以作为新型电力系统的拓展与组成部分

最重要的是，我们必须认识到，质能网并非独立于新型电力系统之外的另一套体系，恰恰相反，它应该被视为“新型电力系统的拓展和有机组成部分”。

新型电力系统强调的是以新能源为主体、以电网为平台的电力供应体系，而质能网将这一体系历史性地延伸到了“分子能源”领域。

在碳中和的终极背景下，单靠电力系统自身是难以实现完全脱碳的，它必须与氢能、合成燃料等进行深度的结合。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

质能网正提供了这样一个融合的载体，它将新型电力系统与未来的氢能系统有机地衔接了起来，两者是唇齿相依的互补关系。

新型电力系统解决了电力在高比例运行时的问题，而质能网则为其提供了一个巨大的“蓄水池”和“缓冲阀”。

反过来看，新型电力系统的蓬勃发展，也为质能网提供了廉价的能源来源和广阔的用武之地，海量的、在某些时段近乎零成本的富余新能源电力，是质能转换最理想的“原料”。

因此，将“质能网”与“新型电力系统”置于对立面或竞争面来看待，是不恰当的，两者并非零和博弈，而是优势互补、协同增效的共生关系。

### 05 发展协同体系

“质能网”的构想，从战略背景的分析，到理论框架的解构，再到现实壁垒与前沿图景的辨析，其轮廓已然清晰。

它不仅是一个技术方案，更是一场深刻的系统性变革，要推动这一宏大构想从概念的蓝图走向实践的沃土，绝非一日之功，它需要我们在技术、模式、政策等多个维度上统筹发力，协同推进。

这正是设施筑基、技术驱动、模式赋能、政策护航的四维协同体系。

#### 5.1 设施筑基

构想的落地，其基石在于设施的同步筑基，构建质能网，必须在基础设施层面夯实根基。这要求我们推动油气管网、电力电网等基础设施的一体化规划与布局，逐步形成全国能源基础设施“全网通”的格局。

我们应充分发挥我国油气管道网络布局广泛、功能完备的既有优势，将其作为质能网的重要组成部分和物质流动的主干。

事实上，我国已提前完成“十四五”规划的油气管道建设目标，“全国一张网”已基本建成。

在此基础上，我们更要依托数字化的接口，贯通能源生产端、转换端、储存端、输运端等各个环节的数据，建立起实时监测与协同调控的平台。

未来，应加快推动电网与管网调度控制中心的深度对接，积极探索建设统一的能源调度“大平台”。

#### 5.2 技术驱动

驱动这场变革的核心动力，来自于技术的突破，质能网的发展，离不开关键技术的攻关和基础理论的创新。

我们应尽快构建完善的质能网理论与技术体系，集中力量解决能量与物质相互转换中的科学难题和工程难点。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

在“能-质”转换方面，必须深化水电解制氢、二氧化碳加氢制燃料等技术的机理研究，力争将电解槽效率提升至 80%以上，不断提高转化效率、降低能耗成本。

在“质-能”转换方面，则需研发高效、低氮氧化物排放的燃气轮机和燃料电池技术，实现化学能的清洁高效发电。

同时，必须加强对电网与管网耦合运行协同机制的研究。在油气管道的适应性方面，亟需开展氢脆机理的研究和管材改性的实验，制定出适用于我国典型管材的氢气安全掺混限值，并大力研发抗氢的新型材料、涂层以及高精度的氢检测技术。

### 5.3 模式赋能

当技术和设施的土壤日益肥沃，我们还需创新商业运营模式，以充分释放质能网的应用价值，必须构建与质能网相适配的全新商业模式和服务体系，打通“转换+储运+数据+交易”的全链条增值服务。

一方面，要继续深化油气管网的公平开放机制，鼓励更多的主体利用管道网络来输送氢气、合成燃料等新型介质，将管网从单一的公用输送通道，升级为综合性的能源服务平台。

油气管网可以探索“转换定制+储运配送”等增值服务，为客户提供一站式的解决方案。

与此同时，必须建立健全质能网的数据监测与计量结算体系，将能源的转换量、输送量通过物联网技术进行实时采集，并接入统一的数据平台进行精确的计量结算。

未来，更可积极探索建立综合能源市场，允许电、气、氢等不同的能源品类，以热值或电量等统一的计量单位进行透明的市场化交易。

### 5.4 政策护航

最后，质能网的顺利建设与长远运行，离不开完备的政策和标准体系保驾护航。

应从国家能源战略的高度出发，加快建立适应质能网发展的市场规则、监管政策和技术标准法规，推动电力与油气领域管理体制的改革，为质能网的落地提供坚实的制度保障。

建议由国家能源局牵头，设立跨部门的“能源一体化协调推进工作组”，统筹电网和管网企业，共同研究质能网发展规划和标准体系。

在监管政策上，应赋予电网和管网企业适度交叉参与质能转换业务的权限，以打破行业的壁垒。

在市场层面，必须引入多能协同的市场机制，完善现有的电力辅助服务市场，增加“可转化负荷”、“氢储能”等新的交易类别，并明确其补偿标准。

同时，应逐步建立区域性的绿氢交易市场，通过市场定价来发现氢能的真实价值，推动碳市场的完善，将利用弃电制氢所实现的碳减排效益进行量化。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

### 5.5 试点先行

鉴于质能网的复杂性和前瞻性，试点先行是积累经验、稳步推进的必然选择，我们应优先选择具有代表性的场景开展质能网的试点示范工程，以点带面，摸索经验。

新能源富集且消纳困难的区域，如“三北”的风光基地，是首选的试点场景，在这些区域，可以建设“可再生能源—电网—氢网”的示范工程。

例如在西北的风电基地配置大规模的电解水制氢装置，将富余的风电就地制成氢气，再通过新建或既有的管道将氢气输送到临近的工业园区。

沿海的港口或化工基地是另一个理想的试点场景，这些地区往往电网负荷紧张，但同时拥有油气码头和密集的管道网络，可以利用海上风电等可再生电力制氢，再经由管道送至燃气电厂，用于发电顶峰。

城市的能源综合体，如在新区建设的电网与天然气网融合的智慧能源系统，也是重要的试点，可以在这些区域安装管道混氢设备，供给城市的燃气锅炉；或者新建氢燃料电池热电联供机组，接入电网，打造城市级的质能网雏形。

## 06 写在最后

“质能网”的提出，其意义已远超一个单纯的能源网络概念，它不仅是我国能源基础设施发展范式的一次重大转变，更是对未来能源体系形态的一次深刻洞察与系统性重构。

它的创新意义，首先在于它以非凡的魄力打破了传统管道燃气网与电力电网二元独立发展的历史边界。

它所直击的，正是我国新能源大规模开发利用中最核心的痛点，即风电、光伏等可再生能源的间歇性和地域分布不均。

这就在时间和空间两个维度上，彻底释放了新能源的潜能。它实现了能量在时间维度上的自由转移（跨时调节），也实现了能量在空间维度上的跨区域输送（跨区域流通）。

由此，一种能源的“新质生产力”正在被催生，清洁能源不再局限于发多少用多少，而是通过质能网的加工、存储与流通，成为可调配的战略资源。

在“双碳”目标与能源安全的宏大叙事下，质能网的战略价值尤为凸显，它将有效提升非化石能源在终端能源消费中的比重，推动能源结构加速向清洁低碳转型。

同时，它打通了电力与燃料系统，使得不同能源之间可以相互备援，极大提高了整个能源供应体系的韧性与抗风险能力，为保障国家能源安全筑起了一道坚实的屏障。

当然，我们清醒地认识到，实现这一构想道阻且长，无论是高成本、低效率的经济关卡，还是体制分隔带来的协作困局，亦或是基础设施先天不足的技术难题，都需要我们在未来的岁月中，以巨大的智慧和勇气逐一攻克。

然而，挑战的背后是更深刻的变革机遇，从终端用户的主动参与，到与新型电力系统的协同互补，质能网为中国的能源转型开启了全新的思路和广阔的可能性。

## ■ 深度解读最近炙手可热的质能网

为了将这一蓝图化为现实，我们必须在技术上精耕细作，在制度上破旧立新，在实践中勇于试错。

我们有理由相信，“质能网”终将在中国的广袤大地上落地生根，开花结果，它将为我国的能源绿色转型和安全保障提供一个全新的基础设施平台，成为支撑中国式现代化和能源强国战略的关键支柱。