

# 区块链在综合能源系统的应用前景及实践

张建文

(云南电网有限责任公司信息中心, 昆明 650217)

**摘要:** 区块链作为比特币这类数字货币的底层技术, 可能会对现有的信息互联网带来冲击和影响, 正因为其具备了信用的功能, 将促进互联网向着价值互联网转变。同时, 随着新能源的兴起, 能源互联网应运而生, 能源的交易日益活跃, 能源流、信息流、价值流的融合也急需破解, 能源互联网与区块链的结合而出现能源区块链一词。人工智能、物联网和区块链的结合也有了超级人工智能一说, 区块链的分布式、共识机制、加密算法等值得探讨和研究, 区块链在信息安全等方面也有着广泛的应用空间。本文描述了区块链的概念和关键技术, 阐述了区块链、物联网、人工智能的关系, 对能源互联网与区块链结合的能源区块链进行了探讨、提出了区块链与信息安全方面的应用场景, 并通过一个具体实践案例进行应用的可行性探索。

**关键词:** 能源互联网; 区块链; 能源交易; 能源区块链; 物联网; 超级人工智能; 综合能源系统

## The application prospect and practice of blockchain in the field of energy

Zhangjianwen

(Yunnan Electric Power Information Center, Kunming 650217, China)

**Abstract:** as the underlying technology of digital currency such as Bitcoin, blockchain may bring impact and influence to the existing information Internet, because it has the function of credit. Will promote the transition of Internet to value Internet. At the same time, with the rise of new energy sources and the emergence of the energy Internet, energy transactions are becoming more and more active, and the integration of energy flows, information flows and value flows is urgently needed. The combination of the energy Internet and blockchain appears the term Energy Block Chain. The combination of artificial intelligence, Internet of things and blockchain also has the theory of super artificial intelligence. Blockchain's distributed, consensus mechanism and encryption algorithm are worth exploring and researching. There is wide application space in information security and so on. This paper describes blockchain's concept and key technology, and expounds the relationship between blockchain, Internet of things and artificial intelligence. In this paper, energy blockchain, which combines energy Internet with blockchain, is discussed, and the application site of blockchain and information security is put forward. And the feasibility of application through a concrete practical case.

**Key words:** Energy Internet; Blockchain; Energy Trading; Energy Blockchain; Internet Of Things; Super Artificial Intelligence

中图分类号: TM74 文献标识码: B 文章编号: 1006-7345 (2018) 06-0002-05

## 0 前言

区块链(英文名称 Blockchain)作为比特币这类数字货币的底层技术, 可能会对现有的信息互联网带来冲击和影响, 正因为其具备了信用的功能, 将促进互联网向着价值互联网转变。同时, 随着新能源的兴起, 能源互联网应运而生, 能源的交易日益活跃, 能源流、信息流、价值流的融合也急需破解, 能源互联网与区块链的结合而出现能源区块链一词。人工智能、物联网和区块链的结合也有了超级人工智能一说, 区块链的分布式、共识机制、加密算法等

值得探讨和研究, 区块链在信息安全等方面也有着广泛的应用空间。

“能源互联网”是以新能源技术和信息技术的深入结合为特征的一种新的能源利用体系, 未来, 电力输送网络将会变成信息能源网络, 任何能源生产者都能够将所生产的能源通过一种外部网格式的智能型分布式电力系统与他人分享。区块链在能源领域可用于构筑包含能源微网、金融输电权、线损公证、调度决策、智能售电、储电分享授权的业务体系<sup>[1]</sup>。文献[2]提出了能源互联网的初步定义、基本架构, 针

对广域内分布式设备的协调与控制、电力系统与交通系统的融合、电力系统与天然气网络的融合、信息物理建模及安全等几个核心问题,探讨了能源互联网研究中可能面临的主要挑战。

区块链是构建比特币数据结构及交易体系的基础技术。相比传统技术体系,区块链拥有三个方面的比较优势:一是相对安全,区块链可以确保交易不可被伪造,虚假交易不能被记录,并且历史交易不能被修改;二是相对透明,为降低信任带来的摩擦,区块链为交易各方提供透明的各方不可抵赖的分布式数据账本,相比传统的数据被业务网络中的单独一方所掌握,透明度得以提升;三是相比高效,区块链的智能合约可以减少资金的周转环节以及人工对账过程,业务结算和清算的效率得以提升。并因为数据在业务网络生态圈内的交换和流通,对于在生态圈业务网络中进行业务革新和创新提供了可能性。

能源互联网系统中,能源交易将呈现“七化”趋势,即交易主体多元化、交易商品多样化、交易决策分散化、交易信息透明化、交易时间及时化、交易管理市场化、交易约束层次化<sup>[3]</sup>。为使交易更加便捷且低成本,未来能源互联网交易模式趋势之一将是扁平化和‘去中心化’的,从这个意义出发,区块链与能源互联网的相结合而构成能源区块链。

## 1 区块链的提出及其关键技术

区块链在英语里叫 Blockchain。区块链作为比特币这类数字货币的底层技术为新的价值传递带来了曙光。所有的交易不再依赖第三方中介机构的存在,交易的相关方是不需要相互信任的,或者说在整个交易网络中,不需要独立的第三方来提供信任的担保。正因为这样,也许区块链并不是价值传递的最终方案,但区块链为实现一个成本低廉且可靠的高速价值传递通道提供了解决问题的曙光,区块链技术有可能成为构建全新的价值互联网的一个基础设施。

区块链是一种全新的分布式架构计算方式,其特点有<sup>[4]</sup>:

### 1.1 区块链关键技术

- 1) 利用块链式数据结构来验证于存储数据;
- 2) 利用分布式节点共识算法来生成和更新

数据;

3) 利用密码学的方式来保存数据传输和访问的安全;

4) 利用由自动化脚本代码组成的智能合约来编程和操作数据。也就是说区块链并不是某一种特定技术,而是由多种技术组成的网络数据系统。从另外一个角度看,区块链是一种由多方参与并共同维护的分布式账本技术(Distributed ledger technology, DLT),其关键是通过在点对点网络环境建立分布式共识机制,并最终实现参与各方的信任关系。区块链的逻辑架构如图 1 所示。

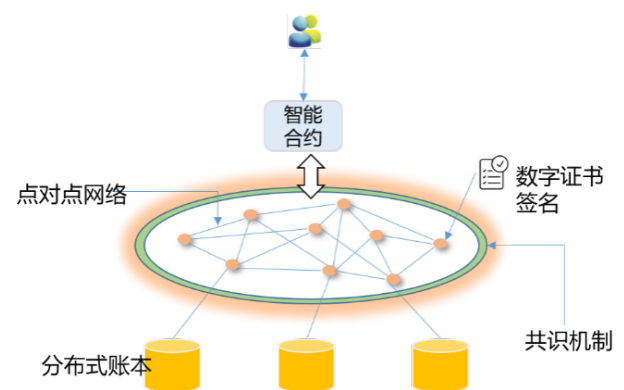


图1 区块链逻辑架构图

从图 1 可以看出,区块链技术的关键点包含四方面:分布式账本、共识机制、智能合约以及加密算法。

### 1.1.1 分布式账本

区块链系统中数据以块(Block)的形式存储,分为区块头和区块体。区块头包含当前区块的 Hash 值以及前一区块的 Hash 值。通过链接上一区块的 Hash 值,使得所有区块形成一个 Hash 链,如图 2 所示。



图2 区块链账本形成示意图

区块体存储所有账本交易信息。存于区块体中每一笔交易对应一个密码算法数字签名,系统通过数字签名确保区块体中的数据不被篡改。最终,区块链上所有参与方,通过一套可

靠的点对点通信协议, 存储和维护一个统一的账本, 确保全网账本一致性。

### 1.1.2 共识机制

在分布式网络中, 由参与者发起交易并交由区块链网络中其它参与者共同确定交易的真实性、正确性, 并最终将交易记录到每个参与者的本地账本的过程就是共识机制。共识的目的是确保账本更新得到足够多的参与方的确认, 以及何时、以相同顺序更新相同的交易。但在以比特币为代表的区块链构建的体系中, 采用 PoW 共识机制, 网络上众多机构的大部分操作除了挖矿外并无其他益处, 并且 PoW 需要大量的计算能力, 消耗巨大的能源, 这种资源浪费备受争议。

### 1.1.3 智能合约

区块链技术的一个最大创新在于引入了智能合约机制, 智能合约是一段在区块链网络中执行的应用代码, 具有自我执行(Self-executing)和自我强制(Self-enforcing)的特性。智能合约的执行无需第三方干预, 这是一种防欺诈的协议。在区块链上, 所有账本数据的更新操作必须通过智能合约进行, 也就是说, 应用通过调用智能合约实现与账本的交互, 从而保证了数据的安全性。

### 1.1.4 加密算法

非对称加密算法被公认为当前加密成本低、传播安全、高效率的加密算法。在区块链网络中, 选用椭圆曲线密码(elliptic curve cryptography, ECC)算法及数字签名技术, 确保交易发布和传输、智能合约执行、共识消息传播、交易广播过程的安全性、不可抵赖性。

## 1.2 区块链存在的问题及解决方向

去中心化是区块链最大的特色, 但是也是它的问题所在, 去中心化是目前区块链成本高、效率低的根源, 因为要想让分布在全世界不可知的服务器都同步数据和交易信息, 成本非常高。目前一个简单的方法, 就是在逻辑上采用去中心化的方式, 在物理上依然把区块链的数据放到某个大公司的数据中心(可以与云计算很好结合), 并且在那里完成交易。这样就解决了效率问题。由于区块链是加密的, 那些存放数据的大公司并不能看里面的内容, 从这个角度讲是安全的。

区块链有很高的风险, 这个风险不光是技术风险, 也有政策风险, 但风险就是机会, 就是谁解决了这个问题, 谁就得到了机会。它的交易成本也很高, 所以谁能够开发出新的底层技术, 把这个交易成本降下来, 谁将来就有很多获利。

解决的方向目前重点在:

- 1) 技术上是提升交易的速度(目前已至秒级)。
- 2) 解决区块链平台法制规范的问题。

## 2 超级人工智能

以下公式, 较好的把人工智能、物联网、区块链和超级人工智能进行了诠释:

$AI + IoT + Blockchain = Super AI$  (人工智能 + 物联网 + 区块链 = 超级人工智能)<sup>[5]</sup>



图3 物联网重新架构升级到数以千亿计的设备规模

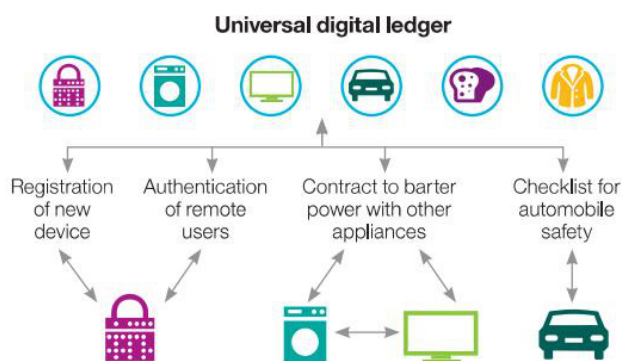


图4 区块链充当一个通用的数字账本, 促进物联网设备间的不同类型交易

人工智能相当于生产力, 它能够提高效率, 使得创造财富的速度能够增加。区块链相当于生产关系, 它较好地解决了数据(生产资料)所有权、数据的存储、共享、交易、交换和价值的问题。同时, 随着物联网和人工智能的兴起, 万物互联已成必然, 人(含人工智能)、设备(含虚拟和智能设备)必将构成一个数以十亿



计的数字世界（见图 3），而“数字世界民主化”最大的挑战不是简单地建立一个去中心化的物联网，而是建立一个规模可以不断扩展的通用物联网，同时保证隐私、安全和无需信任交易。换句话说，物联网中数以千亿计的参与者不都是值得信任的，有些甚至是恶意者，所以需要某种形式的验证和共识机制。对于这个问题，区块链提供了一种非常优雅解决方案。（互联网原本是建立在信任的基础上的。在后斯诺登时代，很明显人们不再信任互联网了。中心化的需要信任第三方的物联网解决方案现在成了一种不切实际的幻想。现在大多数物联网解决方案为无论是政府、生产厂商或者服务提供者等中心化的机构提供了未经用户授权，就能够通过收集和分析用户数据，接近和控制用户的设备的能力）。

区块链技术是一个技术突破，从本质上改变了我们对中心化机构的理解。区块链是一个通用的数字账本，在例如比特币这样的去中心化金融系统和许多其它去中心化的系统中发挥核心作用。

区块链记录了每一个参与者的每一笔交易。密码学被用于确认交易和保证区块链上信息的私密性。许多参与者确认每一笔交易，提供高度冗余的确认，同时参与者还会因为付出了计算力，获得相应的奖励。通过使用去中心化的共识确认交易，区块链消除了对信任的需要。

尽管区块链作为长期的价值贮藏手段（例如比特币）可能会带来监管和经济风险，但是它作为一种交易处理工具是革命性的创新。在去中心化的物联网中，区块链是能够促进交易处理和交互设备之间协作的基础架构。每个区块链管理自己的行为，发挥自身的作用，这样就会形成一个“去中心化的自治物联网”，从而实现“数字世界的民主”（见图 4）。<sup>[6]</sup>

### 3 应用前景

#### 3.1 能源区块链

区块链与能源互联网有着很好的契合度，可以构建实现能源流与信息流融合的能源区块链，通过能源区块链将大量由分布式能量采集装置，分布式能量储存装置和各种类型负载构成的新型电力网络、石油网络、天然气网络等

能源节点互联起来，以电力系统为纽带，利用互联网思维和技术改造能源产业，从而构建横向多元互补、纵向源网荷储协调、能源与信息高度融合的新型能源供用体系，构建基于信任的能源互联网生态系统，搭建扁平化的能源交易平台，实现能源交易和决算的智能化管控<sup>[7]</sup>。为此，本文设计了如图 5 所示的能源区块链以实现能源交换、信息交互和价值交易。

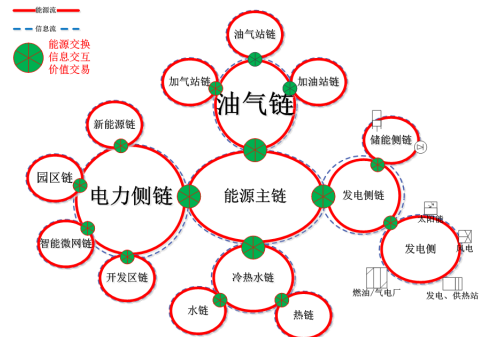


图5 能源区块链：能源流、信息流、价值交换流

根据能源的属性和现实情况设计了能源主链和电、热、油气等多个侧链，可以不打破现有的业务体系和格局。主链和侧链通过区块链多通道技术实现一定程度的隔离和分区，将共识服务和交易服务（总账）分开维护。这样做技术上可以提升安全性、性能和效率；业务上进行了隔离以简化业务，降低信任和共识的成本。各链可根据业务域或连接关系自由组成不同的业务链，经过区块链认证的智能表计等能量数据被区块链打上永久标记并随能源流同步流动，流动和交易由区块链实现信息的可追溯和价值的交换。交易机构提供预测和交易服务，制定规则或建立共识机制，最终交易由供需双方按市场交易规则自动达成，通过智能合约分别对各参与方的贡献加以确认和决算。合约可以是购电智能合约、输电智能合约、零售智能合约、直接交易智能合约等。调度机构提供安全和辅助服务并制定负责能源交换安全和规则，调度协议和并网规则通过智能合约的形式进行共识、固化并自动执行；数据或信息通过交互产生价值可以为信息网络服务提供商带来价值以提供更好的网络信息支撑；能源供应方（电厂、冷热厂站、储能站、风光等厂站）、能源网络服务方（电网公司、管网公司）、各能源服务节点根据所提供的服务按一定的规则或共识向

能源消费者收取一定的服务费, 费用的决算通过智能合约及时完成。这样以计量表计为能源的节点记录信息, 该信息随能源的流动和交换可以通过区块链加以记录、能源交换的价值根据信息流动的路径或服务通过共识或价值模型加以确认, 通过智能合约进行及时决算。此方案中, 区块链与能源互联网实现了很好的结合, 可实现能源流、信息流、价值流的有效统一。

能源互联网通信网络可以利用现有的以电力光纤为主的 SDN 网提供专网服务以满足安全性要求, 根据技术发展可以 NB-IoT 作为补充提供物联网网络支撑满足覆盖范围的不足。能源互联网与能源区块链相互选择和融合: 能源互联网为能源区块链提供市场, 实现技术价值, 能源区块链推动能源互联网产业升级。能源区块链对信息的数据化和网络化, 便于集中传输和处理, 提升系统处理能力; 能源区块链的公私钥等加密技术能防止虚假交易和记录篡改, 便于形成交易主体自律性和系统信用体系; 区块链的“去中心化”可有效提升交易效率, 降低交易成本; 区块链中的主体链将各行业价值链进行串联, 构建新型能源生态圈。

### 3.2 基于区块链的电力信息系统安全框架

随着物理信息系统的融合<sup>[8]</sup>, 能源系统信息安全与通信逐渐抛弃了传统的单点化、孤立式的结构, 向着立体化、全局式的智能防护和分布式分层通信的体系发展。电力系统的网络攻击对象可以是发、输、配、用的任何一个环节的任何一个设备, 而遭受到的任何一个攻击都可能导致电网崩溃, 2015 年末网络黑客攻击造成乌克兰大停电就是该问题的一个佐证<sup>[9]</sup>。其中常用的攻击方式是篡改采集数据、传输数据甚至控制指令<sup>[10]</sup>。因此, 可以采用区块链技术并结合边缘计算方案将原来集中存储、集中处理的架构进行优化, 实现数据分布式存储与分布式共识决策方案, 以期达成更高的信息安全, 其整体框架如图 6 所示。

电力信息系统安全是电力系统物理信息安全中的一个重要环节。由于区块链技术的采用, 使得电力信息系统安全框架具有分布式、去中心化的特点。该特点用于解决传统电网中信息物理系统中面临的部分安全问题, 能够一定程度上提高电网的抗攻击性、数据保密程度以及

系统中数据的自我修复能力。通过采用 PBFT 共识算法与动态共识范围技术, 很大程度上可以提高物理系统的实时态势感知与快速决策能力。

分布式账本技术上的安全特性, 使其应用于电力信息系统安全领域具有了可行性。以最典型的应用比特币为例, 从 2009 年上线以来已经在全球范围内 7\*24 小时不间断运行了 8 年之久, 在这个系统中, 有数以千计的网络节点, 没有任何管理中心的运维参与, 完全没有防火墙、网闸、入侵检测、防病毒、容灾备份等保证网络系统可用性和安全性的辅助保障系统, 甚至软件本身的代码都是开源的, 它挡住了全球无数黑客的光荣和梦想。这些完全有别于传统信息技术手段的特质。

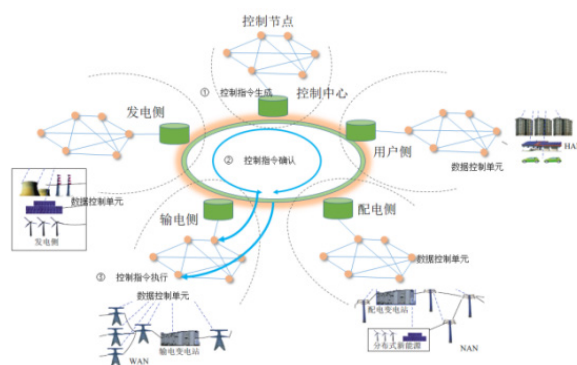


图6 基于区块链的电力信息系统安全框架

## 4 应用实例

结合电网企业的业务特点设计并搭建一个企业级的区块链平台原型, 并在该平台上开展身份认证、合同存证、数字资产、企业红包、重要物资追溯等能源互联网应用场景的研究开发、测试与部署。身份认证应用场景解决能源互联网交易身份的管理, 包含身份的注册、申请、发放与注销等。数字资产应用场景解决数字资产的管理, 包含资产的登记、发行、挂牌、交易、转让等。合同存证应用场景解决交易合同的存证管理, 包含拟定、签署、存证、追踪等。企业红包应用场景解决交易的结算问题, 包含充值、支付、结算、转账、提现等。当前私有链性能最高可达到 2307 笔/秒, 每笔交易 2 秒/笔, 性能已达到实用化要求。(比特币系统的交易平均确认时间为 10 分钟/笔)。如图 7 所示:

(下转第11页)



- [9] 张葵, 刘德. 区块链中的安全问题研究[J]. 数字技术与应用, 2017(8):199-200.
- [10] 王安平, 范金刚, 郭艳来. 区块链在能源互联网中的应用[J]. 电力信息与通信技术, 2016(9):1-6.
- [11] 栾相科. 区块链+能源互联网:可解决现有弊端 但同时自身面临风险[J]. 中国战略新兴产业, 2016(19):35-37.
- [12] Xue T, Sun H, Guo Q. Electricity Transactions and Congestion Management Based on Blockchain in Energy Internet[J]. Power System Technology, 2016.

收稿日期: 2018-12-1

作者简介

胡健 (1992), 男, 硕士研究生, 工程师, 云南电网有限责任公司信息中心, 从事网络安全管理、信息安全测评技术、安全大数据分析方面研究工作 (e-mail) 595605714@qq.com

肖鹏 (1988), 男, 工程师, 云南电网有限责任公司信息中心, 从事网络安全管理、信息安全测评技术、网络攻防技术研究工作 (e-mail) 373200489@qq.com

尹君 (1989), 男, 硕士研究生, 工程师, 云南电网有限责任公司信息中心, 从事网络安全管理、信息安全测评技术方面研究工作 (e-mail) 892723397@qq.com

(上接第6页)

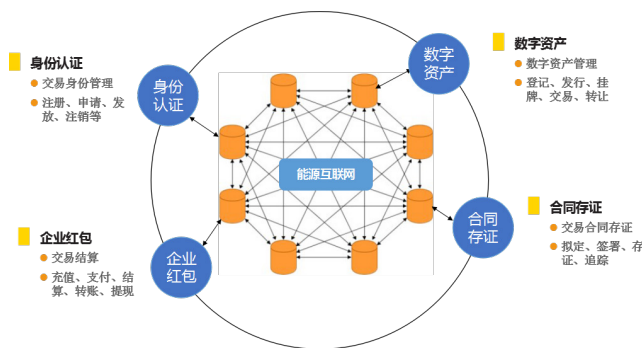


图7 电网企业私有链平台及应用场景

## 5 结束语

区块链技术和概念讨论比较热烈, 也引起了许多风险投资机构的注意, 但大多还停留在方案和设想阶段, 真正成功的落地应用并不多。与能源互联网发展一样, 也将面临技术、政策、标准等诸多需解决的问题。本文的一些观点和概念也值得探讨和商榷, 具体实践也处于实验室测试和验证阶段, 希望对区块链在能源领域的应用提供有益的参考。

参考文献

- [1] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报, 2016, 42
- [2] 董朝阳, 赵俊华, 薛禹胜等. 从智能电网到能源互联网: 基本概念与研究框架. 电力系统自动化, 2014, 15
- [3] 刘敦楠, 曾鸣, 陈启鑫等. 能源互联网的商业模式与市场机制. 电网技术, 2015, 17
- [4] 王皓, 宋祥福, 柯俊明等. 数字货币中的区块链及其隐私保护机制[J]. 信息安全, 2017, 7
- [5] 吴军. 区块链与超级智能时代 2016.10
- [6] IBM物联网白皮书: 设备民主, 去中心化、自治的物联网
- [7] 李彬, 曹望璋, 张洁等. 基于异构区块链的多能系统交易体系及关键技术. 电力系统自动化, 2018, 42
- [8] 郭庆来, 辛蜀骏, 孙宏斌等. 电力系统信息物理融合建模与综合安全评估: 驱动力与研究构想[J]. 中国电机工程学报, 2016[9]
- [9] 童晓阳, 王晓茹. 乌克兰停电事件引起的网络攻击与电网信息安全防范思考[J]. 电力系统自动化, 2016, 40 (7)
- [10] 汤奕, 陈倩, 李梦雅等. 电力信息物理融合系统环境中的网络攻击研究综述. 电力系统自动化, 2016, 17

收稿日期: 2018-12-1

作者简介:

张建安 (1966), 男, 大学, 教授级高级工程师, 云南电网有限责任公司信息中心, 主要从事调度自动化和信息化方面工作 (e-mail) 1254949330@qq.com

## 全球首创! 挪威海上风电场电力将直供附近油气平台

文章来源: 欧洲海上风电

世界上首座直接向油气平台供电的海上风电场将在挪威落成, 挪威公司 Equinor (原挪威石油公司) 计划建设漂浮式海上风电场, 向附近的 Gullfaks 和 Snorre 区域 5 座海上油气平台直接供电。

挪威拟借助海上油气平台供电来起步发展海上风电发展, 近期该项目有了进一步消息。经过综合研究, 位于挪威大陆架区域、北海北部的 Tampen 海域的油气平台是采用漂浮式海上风电直接供电是最理想的对象, 因此 Equinor 选择 Gullfaks 和 Snorre 区域的海上油气平台作为供电对象。

为平台直接供电的海上风电场为 Hywind 海上风电场 (小编提示: 可并不是全球首座海上风电场 Hywind Scotland Pilot Park 哦), 风电场将安装 11 台 8MW 海上风机, 总装机容量 88MW。项目沿用 Equinor 漂浮式海上风电设计方案。据评估, 项目发电量能够满足 5 个海上平台 (Snorre A、B, Gullfaks A、B、C) 年用电量的 35%, 预计每年能减少 CO2 排放不少于 20 万吨, 约为 10 万辆小轿车全年排放量。

初步预计项目总投资 50 亿挪威克朗 (约 5.14 亿欧元), 单位造价约 5.84 欧元 /W, 这个价格要高于目前海上风电平均造价, Equinor 公司表示将进一步研究以降低项目成本。NOx 基金将会为项目提供 5.66 亿挪威克朗的资金支持, 此外, 挪威政府通过政策和国有公司 ENOVA 为该项目提供资金支持, 以鼓励海上风电与石油和天然气行业的创新结合。而 Snorre 和 Gullfaks 的平台已经向 ENOVA 申请了全方位创新能源和气候应对计划支持, 目前 Snorre 和 Gullfaks 油气平台的各方人士正在进一步研究项目, 期望在 2019 年完成投资决定。