



# 电力信息通信区块链白皮书

IEEE PES PSCCC 电力信息通信区块链技术分委会

二零二一年 十一月

## 目录

第一章 电力信息通信行业的区块链需求.....	6
1.1 电力信息通信行业发展现状.....	6
1.1.1 行业综述.....	6
1.1.2 国际现状.....	7
1.1.3 国内现状.....	8
1.2 电力信息通信行业存在问题.....	9
1.2.1 电力生产.....	9
1.2.2 电力交易.....	11
1.2.3 电力金融.....	13
1.2.4 电力服务.....	15
1.2.5 电力数据管理.....	16
1.2.6 安全监管.....	17
第二章 区块链赋能电力信息通信行业.....	19
2.1 区块链技术产业发展现状.....	19
2.1.1 区块链发展历程.....	19
2.1.2 区块链核心技术.....	21
2.1.3 区块链应用情况.....	24
2.1.4 区块链生态建设.....	26
2.1.5 区块链存在问题.....	29
2.2 区块链赋能路径分析.....	30
2.2.1 区块链在电力生产中的应用.....	30
2.2.2 区块链在电力交易中的应用.....	32
2.2.3 区块链在电力金融中的应用.....	33
2.2.4 区块链在电力服务中的应用.....	34
2.2.5 区块链在电力数据管理中的应用.....	35
2.2.6 区块链在电力安全监管中的应用.....	37
第三章 区块链在电力信息通信行业的典型案例.....	38
3.1 案例一：可再生能源电力消纳.....	38
3.1.1 案例背景.....	38
3.1.1.1 现状.....	38
3.1.1.2 存在问题.....	38
3.1.2 解决方案.....	39
3.1.2.1 创新产品.....	39
3.1.2.2 实施方案.....	42
3.1.3 应用成效.....	45
3.2 案例二：基于区块链的物资质量检测应用.....	45
3.2.1 案例背景.....	45
3.2.1.1 现状.....	45
3.2.1.2 存在问题.....	46
3.2.2 解决方案.....	47
3.2.3 应用成效.....	49
3.3 案例三：浙江电力可信身份认证.....	49
3.3.1 案例背景.....	49

3.3.1.1 现状.....	49
3.3.1.2 存在问题.....	49
3.3.2 解决方案.....	49
3.3.2.1 创新产品.....	50
3.3.2.2 实施方案.....	50
3.3.3 应用成效.....	54
3.4 案例四：区块链+电子合同.....	54
3.4.1 案例背景.....	54
3.4.1.1 现状.....	54
3.4.1.2 存在问题.....	55
3.4.2 解决方案.....	55
3.4.3 应用成效.....	57
3.5 案例五：基于区块链的分布式微网电力公平交易系统.....	57
3.5.1 案例背景.....	57
3.5.1.1 现状.....	57
3.5.1.2 存在问题.....	57
3.5.2 解决方案.....	57
3.5.2.1 创新产品.....	58
3.5.2.2 实施方案.....	58
3.5.3 应用成效.....	59
3.6 案例六：区块链在电力金融领域的应用.....	60
3.6.1 案例背景.....	60
3.6.1.1 现状.....	60
3.6.1.2 存在问题.....	61
3.6.2 解决方案.....	61
3.6.3 应用成效.....	63
3.7 案例七：云南电网可信数据存证的作业风险管控技术研发与应用.....	65
3.7.1 案例背景.....	65
3.7.1.1 现状.....	65
3.7.1.2 存在问题.....	65
3.7.2 解决方案.....	66
3.7.2.1 创新产品.....	66
3.7.2.2 实施方案.....	71
3.7.3 应用成效.....	72
第四章 电力信息通信行业区块链发展面临的挑战.....	73
4.1 技术发展面临的挑战.....	73
4.1.1 核心技术.....	73
4.1.2 扩展技术.....	75
4.1.3 配套技术.....	77
4.2 融合应用面临的挑战.....	78
4.2.1 建立共信.....	78
4.2.2 拓展应用.....	78
4.2.3 深化社会影响.....	79
4.3 产业生态发展面临的挑战.....	80

4.3.1 政策方面.....	80
4.3.2 标准方面.....	81
4.3.3 人才方面.....	83
4.3.4 测评体系.....	84
4.3.5 产业配套.....	85
4.3.6 开源生态.....	86
<b>第五章 电力信息通信行业区块链发展建议.....</b>	<b>87</b>
5.1 技术方向.....	87
5.1.1 共识机制.....	87
5.1.2 跨链技术.....	87
5.1.3 智能合约技术.....	88
5.1.4 安全与可监管技术.....	88
5.2 支撑体系.....	89
5.2.1 政策.....	89
5.2.2 标准制定.....	90
5.2.2.1 创新标准模式.....	90
5.2.2.2 促进标准推广应用.....	91
5.2.2.3 需要标准化方向建议.....	91
5.2.3 人才.....	92
5.3 产业协同.....	92
5.3.1 产业组织协调发展.....	92
5.3.2 高新技术融合发展.....	93
5.3.2.1 区块链+5G.....	93
5.3.2.2 区块链+大数据.....	93
5.3.2.3 区块链+人工智能.....	93
5.3.2.4 区块链+物联网.....	93
5.3.3 产业创新配套发展.....	94
5.3.3.1 加强行业级应用支撑能力.....	94
5.3.3.2 加强科技创新资本助力.....	94
5.3.4 开源生态协调发展.....	94
5.3.4.1 培育区块链开源生态.....	95
5.3.4.2 强化标准和开源联动.....	95

# 《电力信息通信区块链白皮书》 编委会

主 编：王 栋

副 主 编：蒋 炜、玄佳兴、白敬强、梁志琴、马万里、  
胡宏彬、亓 峰、段军红、王晨辉

编 委：王艳松、王 雷、潘 磊、沈雪晴、李 坚、  
王心妍、骆 钊、陈世武、戴 智、林 皓、  
汪 洋、王志强、张忠宝、裴庆祺、姚 影、  
王 鹏、吕佳宇、何晟轩、刘田秦、周 磊、  
陈显龙、袁建平、尚 超、陆 旭、詹国勇、  
劳卫伦、吴双力、杨 波

# 第一章 电力信息通信行业的区块链需求

## 1.1 电力信息通信行业发展现状

### 1.1.1 行业综述

习近平总书记在 2019 年 10 月 24 日学习会议中指出：“区块链技术的集成应用在新的技术革新和产业变革中起着重要作用。我们要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，明确主攻方向，加大投入力度，着力攻克一批关键核心技术，加快推动区块链技术和产业创新发展。”对区块链技术应用前景和发展给予极大肯定，从国家战略层面为区块链的应用发展指明了方向。近年来，互联网在推动技术创新、产业转型、应用融合等方面起到了积极的促进作用，然而，互联网无序、无规则、无信任的技术特点助长了互联网的野蛮生长，如何保证互联网的健康发展是当下重要的研究内容。区块链具有公开透明、可追溯、防篡改、去中心的技术特性，是给互联网带来秩序、规则和信任的典型技术手段，将推动“信息互联网”向“价值互联网”转变，助力数字经济高效发展。

目前，电力通信部署传统的高度中心化数据库对通信资源进行管理，数据库大多通过服务器构架来实现。基于重要性和安全性考虑，无论数据库是否基于云服务器，仍然需要管理员对数据库进行控制，由管理员对用户设定相关权限，保证系统的安全、可靠，所有用户必须信任数据库管理员。当前，成熟的数据管理模式也存在以下弊端：

**a. 数据溯源困难。**传统数据库允许不断修改、永久删除数据，若要追溯历史数据，数据库可以不断滚动备份不同时间版本的数据，但数据备份的周期难以设定为无限小，理论上，存在两次备份周期内数据变动信息丢失的可能。

**b. 数据安全问题。**高度中心化数据库赋予管理员对数据维护最高的权利，用户高度信任管理员。管理员有权对数据做任何事情，通常是企业员工或外委单位人员，难以分辨管理员恶意或失误操作导致数据被删，即使用户输入了正确的数据，管理员还是可以进行删修。

**c. 维护成本高。**通信资源数据库一般部署一主一备服务器进行数据备份，以防数据丢失，如果主服务器接受了数据更改，而备用服务器数据备份失败，还可能存在数据不一致的情况，提高了日常维护难度和成本。

结合目前电力信息通信行业的特点与生产数据运行管理经验，合理利用区块链中的去中心化程度与共识机制，是基于区块链技术的电力专业通信资源管理思路。从应用角度来看，区块链是一个分布式的共享账本和数据库，具有去中心化、不可篡改、全程留痕、可以追溯、

集体维护、公开透明等特点，可以很好地解决上述电力信息通信行业的相关管理弊端。

## 1.1.2 国际现状

电力行业是以发电、输电、配电为主要生产过程的一项公用事业，它出售的是千家万户必不可少的电力这一特殊的商品。电力通信是电力生产过程中必不可少的技术支撑手段，它起着至关重要的作用。在电力系统中，随着电力系统管理信息化的发展，电力通信的基础设施建设，通信设备的更新，通信网的运行管理日益引起电力业主的重视。自 20 世纪 90 年代初，世界各国电力公司先后对各自的电力通信作了改革，纵观当今的电力通信改革，主要有 3 种模式，即专网专用，电力控股、内外兼营以及专网公化。

### a. 专网专用

这是传统的电力通信模式，它从电力系统自身的安全性、可靠性出发，实现自给自足的运作模式。它的优点是根据实际需要随时对通信系统进行扩充，对故障的处理也很及时，反应迅速。但缺点也很明显：首先，电力通信数据量都比较小，因此系统容量有限，很难产生规模效应。在电力业主看来，只见不断投资而没有直接带来经济效益，而且随着技术的进步，这种投资需不断进行且越来越大。另一方面，系统的利用率却低下，运营成本高。目前包括我国在内，还有许多电力公司还没有完全走出这种模式。

### b. 电力控股 内外兼营

成立一个子公司，业主把通信资产划归子公司或租借给子公司，同时也将自己的全部通信业务以全商业的模式与子公司签订服务合同。子公司一方面向电力业主提供服务，在基础电信业务还未开放的情况下，与第三方合作并提供服务。该方式给予子公司相当大的自由度，即在保证电力专网系统通信的条件下，可以充分面向市场，在竞争的环境下寻求外部生存和发展空间，充分利用富裕资源，培养自身的技术和销售人员，逐渐与其他电信公司在管理等各方面缩短差距。

英国电力通信的改革就是走的这条路。英国国家电网公司（NGC）在它所属的 275 kV、400 kV 高压电缆上铺设了 7000 km 的光缆，并于成立了 NGC 控股且具有电信经营权的 Energis 通信公司（36% 股份）。迫于市场竞争的需要，他们仅仅用了两年的时间，花了 2.5 亿英镑，就在 NGC 的电力传输网上铺设了 3500 km 的光缆通信网，又经营全国的 12 个地区电力公司配电网的输电杆塔和电缆管道。

### c. 专网公化

参与电力系统通信的成员主要是企业内部单位部门或员工、数量有限的外企业单位，如合作单位、与电力系统密切相关的行业单位（气象、水利、通信公网、国防、金融、司法部

门单位)等,其网络往往仅限于内部使用,使得各企业间信息流通受阻,长期无法信息交流有碍于企业的发展,因此利用区块链技术实现专网公化有必要进行深入研究。

例如,在新电力法的管制下,芬兰竞争性的电力市场的形成,是北欧四国经贸体系互动的结果。由于挪威和瑞典有丰富的水电资源,丹麦和芬兰的水电资源相对较少,故北欧四国存在着跨国输电的广阔市场,而其网络特性单一,彼此间没有信息交互。芬兰国家电力公司经过分拆精简后,组成了新的公司 Fingrid。该公司管理着 7 个区域控制中心和 1 个国家调度中心,以及从 400 kV 主网到部分 110 kV 等级的国家输电网。Fingrid 也可以自由选择从事维修的承包商。1992 年芬兰国家电力公司在其内部实行了电力通信体制的改革,并将电力通信网分离出来,成立了 Teleivo 通信公司,开始了电力通信公有化的尝试。

再如,在边缘专用网络如物联网、车联网中进行信息共享可以缓解网络资源的限制并提升信息的利用效率。但由于终端用户如车辆、物联网设备等相互之间缺乏信任,信息共享面临着较大的安全风险。而随着智能交通技术的发展,区块链也将广泛应用于物联网、车联网等私有网络中,为边缘网络的用户建立了一种安全可信的分布式信息共享机制,从而提升了用户信息的安全性和隐私性,使得原专有网络公有化。

### 1.1.3 国内现状

#### a. 电网的有效监视和控制

随着社会经济的不断发展,我国的用电量呈现持续上涨的趋势,尤其是工业用电对我国电力系统的要求是非常高的。通过对实际情况的了解,很多地区的电力系统或多或少都会出现一定的问题。究其原因,主要还是电力系统在使用的过程中存在着一定的问题。针对这种情况,很多地区都引起了足够的重视,同时也加大了对电网建设的投入,尤其是在电网的监视和控制方面。通过对电网出现的问题的分析,对其中不稳定的地方实行有效的监控,从而保证电网的正常运行,如果出现一定的问题也能够及时地解决。此外还采取了有效的控制方式,逐渐提高了电网运行的稳定性。

#### b. 在气象和新能源方面的应用

随着电力通信系统的不断完善,其在气象监测方面的应用也更加成熟。比如其在水电站中的应用,有些水电站没有设置专门的人员对其进行检测。这样就可以利用电力通信系统收集相关的数据信息,这样就可以完成数据的分析。此外,电力通信系统在新能源中的应用也发挥了一定的效果,在未来新能源开发和利用的过程中,其作用会更加突出。

#### c. 在保护环境方面的应用

近些年来我国的环境问题日益严重,采取有效的措施来保护环境势在必行。近几年国家



加大了环境保护的力度，同时也设定了各行各业的排放标准。而电力通信系统的应用则可以对各企业的废弃物的排放情况进行有效的监控。同时在应用各项技术的基础上，能够对所取得样本进行全面的分析，然后进行统一的处理，不仅在很大程度上提高了工作效率，同时也保证了数据处理结果的准确性。因而电力通信系统对于我国的环保事业也有着一定的作用。

#### d. 在电网的商业化运营方面的作用

近几年随着互联网的不断发展，电子商务平台的发展有目共睹，而电网商业化的发展主要是以全国性的联网工程为依据，要想实现电商的突破和发展，主要与国际接轨，创建更大的网络环境，在这样的环境下，经济效益会取得很大程度的提升。这些发展目标的实现需要以电力通信系统为基础，同时在我国电力通信不断发展的过程中，电力通信发展中也存在的问题，主要表现在两个方面。

##### a) 不够完善的管理标准

现阶段电力通信的管理标准是按照国家的要求来设定的，然而电力系统有着其自身的特点，在这种情况下很多标准就存在着一定的问题，也无法得到有效的改善。而在电力通信未来的发展中，如果没有有效地解决此问题将会对其长远发展造成一定的影响。

##### b) 区域发展的差异性十分明显

我国不同地区的经济发展水平有着很大的区别，一些科技的应用是存在着一些差异的，这也是导致电力通信发展不均衡的重要原因。同时受到其他自然条件的影响，一些地区电力通信的发展相对落后，但是这种不均衡的发展格局需要进行改变。

## 1.2 电力信息通信行业存在问题

### 1.2.1 电力生产

#### a. 碳排放交易

自 2011 年开展试点以来，我国的碳市场发展取得了一定的成效，但在数据采集、信用监管、信息流通等多个方面存在问题。

##### a) 碳排放数据采集缺乏标准，数据真实性、实时性有待考证

数据的不同采集点之间、政府与企业之间、各个企业之间都有可能不同。现实数据的采集由于统计口径和渠道的不同导致整体和局部、经济和能源等数据不匹配。曾有试点专家指出当前存在明显的“自上而下算出来的数，和自下而上算出来的数，对不上。行业协会报上来的数和排放清单的数，也对不上”的情况。

##### b) 碳指标发放、交易无法追踪溯源

碳指标的获得方式有政府配额、有偿竞拍两种，目前仍以政府配额为主。企业得到配额

后，多余的部分进入二级交易市场。而整个过程中数据的追踪只有各个站点的数据汇报，无法形成一个交易闭环，数据不能追本溯源，导致对数据的信用存疑。

#### c) 监管制度不完善，缺乏碳指标、碳排放的统一监管体系

国内碳排放交易市场尚未完全成熟，有关市场的交易机制、监管机制等方面不完善。此外，涉及碳排放交易第三方的核证机构，有待进一步培育，认证、认可和登记注册系统要进一步的建立，交易平台建设等技术标准，还需要进一步的协调统一。

#### b. 可再生能源消纳

随着能源结构的不断优化，可再生能源发电占比不断提高，弃风弃光率也在不断下降，然而我国可再生能源电力消纳仍然存在一些问题。一方面我国可再生能源电力供需仍以省内平衡和就地消纳为主，可再生能源电力的间歇性特性，使得可再生能源发电的成本除了电场的建设成本和接网费用外，还包含新增备用容量和调峰等备用成本。我国可再生能源发电项目上网电价高于当地常规电价的部分以及接网费用，通过向电力用户征收电价附加的方式在全国范围内分摊，而备用等辅助服务相关的费用由省级电力调度交易机构在省内平衡，这导致各省对消纳省外的可再生能源电力缺乏积极性。另一方面在《通知》出台之前，我国出台了一系列政策逐步规范优化可再生能源电力消纳市场，但在消纳可再生能源电力方面缺乏激励且市场机制不够健全。欧美国家将配额制和其他补贴政策配合实施，激发部分企业认购热情，取得了良好的效益。我国对可再生能源电力消纳采取的绿证自愿认购制度。绿证是绿色电力证书的简称，是国家对发电企业每兆瓦时非水可再生能源上网电量颁发的具有唯一代码标识的电子凭证。绿证由于政策激励不够，且中心化管理且只能交易一次，市场化不足导致并没有取得良好的效果，公众对绿证的认意愿不高。

#### c. 分布式电力交易

随着能源互联网的发展，太阳能发电、风电等逐渐成为发电的重要来源。鼓励分布式发电参与市场化交易进一步推动了交易模式的变化。同时，售电侧的放开使得市场中的竞争主体类型更加灵活，生产者和消费者的界限逐渐模糊，电力交易类型和管理模式呈现多元化的趋势。分布式电力交易将在能源互联网中发挥越来越重要的作用，具有参与者众多、单笔交易量少等特点的分布式电力交易模式逐步将成为一种趋势，但分布式电力交易也暴露出一些问题，具体表现如下：首先，用户信息不透明，如何对交易双方身份进行核实、如何校验信息来确保交易安全，是亟待解决的问题；其次，分布式电力市场化交易中用户、电网和发电厂商三方利益存在不对等，怎样平衡各方的利益、降低交易成本，是目前存在的难点问题；再次，当前的分布式电力交易手续烦琐，流程复杂，影响用户参与意愿，无法跟随能源行业

变革预期的步伐;最后,分布式电力交易市场灵活,交易主体规模大,如何保证分布式能源交易的市场供需平衡、维持市场价格的稳定,也是目前面临的重大问题。

#### d. 需求侧响应

许多国家已从能源战略高度将需求侧响应资源置于与发电侧资源同等甚至优先的地位,已经开展了多项需求侧响应的试点工作。我国虽于2012年开始开展了一系列电力需求侧管理城市综合试点,但由于市场价格激励机制尚未健全,需求响应方面的实质性工作并不多,实施效果也并不尽如人意。具体问题如下:

a) 激励机制相对较弱,且执行流程烦琐。国内部分电力省市电网制定了需求侧响应机制和开发了响应的运行平台,但是一方面峰谷电价差距较小,用户节省的电费不足以补偿其调整作息时间而产生的成本,很难激励电力用户改变其用电方式实现移峰填谷;另一方面,用户需要经过多个线下线上流程交替执行才能完成需求侧响应,电网评估为有效的响应后才能获得相应补贴。流程相对烦琐,用户体验不佳,不便于需求响应的申请和执行。

b) 需求数据把握精细化管理水平不高。更多的是关注消费电量,而对具体的电能使用情况了解甚少,用户无法通过自主分析消费信息、主动开展需求侧响应工作。而电力企业对用户的用电信息进行了实时记录,但并未对具体使用情况进行精细化分析、为用户提供用电诊断服务和负荷调整方案。

c) 需求侧响应管理信息互联、数据共享难。用于需求侧响应管理的平台、重点用能企业用电在线监测平台以及双向电力负荷监控系统独立存在,并未互联互通,形成信息孤岛。转移负荷潜力的用户在激励机制不到位的情况下,不愿意与需求响应,需求响应实施机构由于掌握的用户实时数据有限,无法找出需求响应潜在资源,无法确定哪些企业适合参与需求响应,影响了需求侧响应的执行。

### 1.2.2 电力交易

随着电力市场改革的推进,市场主体自主协商交易开展频繁。现有线下协商的交易模式存在协商成本高、协商效率低下、相关数据透明可信且可追溯性低存在市场初期多次交易套利的行为等问题,且存在内部串通、恶性竞价等问题。将市场主体、量价信息、交易合约上链,可确保市场主体可信度,保护用户量价隐私与交易合约权威性。

为了解决上述问题并且满足国家发改委、国家能源局及地方政府等政府机构对电力交易业务开展常态化监管工作的需求。在电力双边交易协商中,需要为电力交易主体提供一个安全、可信的协商环境,从而效提高电力交易双边协商效率、降低交易成本,为双边交易监管提供安全、可信的技术机制。在电力交易领域的核心在于建立信任,解决信息世界的信任问

题，在电力交易领域，需要搭建一个可信、透明、高效的平台，为市场成员提供互信、自治、灵活的交易模式与体验，提升能源互联网的价值创造能力。

在电力批发市场中，针对市场主体日益增多的跨省运营需求，实现市场主体信息在全国各个交易机构间高效同步和安全共享，需要一种存储技术支撑市场主体注册、重大信息变更、重大事项公示、退市等全生命周期管理。同时，也需要一种存证溯源技术进行售电公司资产及售电量链上核查，解决全国范围内售电量联合统计、注册信息变更高效同步、资产异地准确核验等业务痛点。

在电力零售市场中，现有的市场机制在零售用户业务实际操作执行过程中，在监管、核算等方面仍存在难题。零售市场形成后，若仍然采用完全中心化的集中管控手段，将难以实现低成本、大规模的参与市场化交易，需要加强电力零售市场数据的监管。因数据可能会被篡改，数据的机密性、完整性、可用性、防篡改性、可追溯性、可审计性得不到保证，电力零售市场要求系统交易数据长期存储、数字生成过程前后关联，确保市场行为的“可控、能控、在控”。

在电力衍生品交易中，需要能够实现交易申报、出清全业务链上运作，保障交易可信高效的保障技术。随着可再生能源爆发式增长，可再生能源发电消纳问题凸显，政府颁发保障机制促进绿电消纳，要求落实消纳责任权重实施工作。可再生能源消纳凭证由企业 and 用户自愿认购，但存在动力不足，不能二次交易，交易、核发流程繁琐，价格过高，流动性不足以及绿卡开发系统无法自行认证等问题。急需实现可再生能源电力消纳凭证在签发、交易等全流程的透明性与可控性，提升可再生能源利用水平。

在电力市场中存在很多需要解决的问题，解决这些问题对于促进电力市场健康发展、助推国家信用体系建设具有重要意义，电力市场中存在问题的场景以及需求可见 1.2-1 表所示。

表 1.2.2-1 电力交易中的场景及需求

电力交易中的场景及需求		
Application scenarios of blockchain technology in electricity trading		
需求场景	业务需求	技术要点
电力批发市场	注册、变更信息的同步更新，售电公司资产及电量链上检查	分布式存储技术、存证溯源技术
电力零售市场	售电公司履约保函查验，售电代理关系和购售电合同管理	存证溯源技、智能合约技术

分布式发电市场交易	市场成员登录注册管理，自动撮合交易	身份认证技术、智能合约技术
可再生能源超额消纳凭证交易	第三方主体计量认证，消纳凭证可信核发，消纳凭证自动交易	数据确权技术、电子签名技术、智能合约技术
源荷互动电力交易	源荷终端可靠对接，源荷互动交易自动组织	可信链接技术、智能合约技术
市场主体信用评价	信用评价数据确权归集，信用评价结果共享应用	数据确权技术、数据共享技术

### 1.2.3 电力金融

#### a. 停电保险

当前，大量工业类用电客户寻求故障停电损失补偿的需求迫切。故障停电对工业级用电客户损失大，且无保险补偿渠道，不同类型、不同行业的电力用户因为异常停电将遭受不同程度的经济及附带损失。同时供电企业对缓解停电衍生的服务需求也十分迫切，针对故障停电客户的服务工作通常占用大量的服务资源，因而处理上述客户诉求投入的人力、物力等服务资源较大。在售电侧市场开放形势下，寻找新业务拓展需求迫切。故障停电险范围涉及全口径电力用户，客户群庞大，供电公司与客户发生业务往来频繁，在保险业务推广上具备先天优势。与此同时，金融机构对供电服务提质增效及业务拓展方面需求迫切。保险行业需在寻求新业务增长点、压减运营成本两方面寻求突破。目前市场上包含停电损失保险的仅有“三停”损失保险，且仅指客户设备损坏赔偿，因覆盖面窄、理赔手续复杂导致市场渗透率低，保险运营成本高。传统的保险推行模式对这类新业务明显的不适应，主要表现在三个方面：一是信息不对等，投保双方信息不对称，导致理赔不信任；二是理赔手续复杂，需投保人申请，提交索赔单证，保险公司人工核损、理算、核赔，周期长；三是理赔监管难，因基础信息不透明，监管部门监督手段受限。因此，亟须通过新技术手段开拓保险业务的范围和模式。

#### b. 电力供应链金融

供应链金融的参与者已经囊括了银行、行业龙头、供应链公司或外贸综合服务平台、B2B平台、物流公司、金融信息服务平台、能源金融科技公司等各类企业。供应链金融在保证供应链上下游企业数据流真实性、透明性和流通性发挥了重要作用，但传统供应链金融发展中存在着供应链体系上中小企业融资难、供应链数据割裂、资金端风控成本高、融资工具流通难度大等局限性急需解决。其主要问题如下：



a) 供应链上存在信息孤岛

同一供应链上的各个企业之间的 ERP 系统相互独立的现状，导致企业间信息割裂，全链条信息难以融会贯通，上下游企业的信息不透明会增加银行等金融机构风控难度，供应商等中下游企业融资的渗透度也会大大降低。

b) 核心企业信用不能传递

传统的供应链金融工具传递核心企业信用能力有限，信息孤岛导致上游供应商与核心企业的间接贸易信息不能得到证明，出现银行承兑准入件比较高、商业汇票存在信用度低等问题，导致核心企业的信用只传递到一级供应商层级，不能在整条供应链上做到跨级传递。

c) 缺乏可信的贸易场景

在供应链场景下，核心企业为可信的贸易背景做背书，银行通常只服务核心企业及其一级供应商的融资需求，而供应链上的其他中小企业缺乏实力来证实自身的还款能力及贸易关系的存在，以至于在现存的银行风险控制体系下，难以获得银行融资，银行也很难渗入供应链获取客户和放款。整体来讲，可信的贸易场景只存在于核心企业其一级供应商之间，缺乏丰富的可信贸易场景。

d) 履约风险无法有效控制

供应商与买方之间、融资方和金融机构之间的支付和约定结算受限于各参与主体的契约精神和履约意愿，尤其是涉及多级供应商结算时，不确定性因素较多，时常出现资金挪用、恶意违约或操作风险等现象。

e) 融资难、融资贵

在目前赊销模式盛行的市场背景下，供应链上游的供应商往往存在较大资金缺口，如果没有核心企业的背书，他们难以获得银行的优质贷款，而民间借贷利息成本往往很高，这些问题的存在是导致其融资难、融资贵的主要因素。

**c. 电费金融**

根据国家统计局官方数据，截至 2018 年年底，我国工业企业数量为 378440 个，其中大型工业企业数量 9103 个，中型工业企业数量 49778 个，小型工业企业数量 319559 个，中小企业占企业总数为 97.59%，工业企业的用电量占我国电力可供量的 70% 以上。国网企业服务于全体电力客户，所以服务好工业企业是国家电网有限公司的责任和使命，而服务好中小型工业企业更是国家电网有限公司义不容辞的责任。目前，电网企业面临着电力市场改革的重大考验，电力市场的痛点主要有以下几个：

a) 中心化资源分配机制，导致交易成本较高

电力交易属于一种能源交易，能源交易一般在交易所内进行统一规划和管理，除了需要支付一定费用给第三方(如评级、信托和融资公司等机构)来保障交易安全外，中心数据库的日常维护以及清算信息在跨部门间的反复校对也需要一定成本，高昂的成本大大降低了能源交易效率。此外，我国的能源交易也可以在交易所场外(如中国天交所)通过电话和计算机进行协商完成(即场外交易 OTC)，该交易方式灵活，不显示数量和单位，但会承担信用风险和额外成本，并需要从其设定的买卖报价差中得到一定补偿。同时，信息不对称也加大了市场失效的可能性，使交易的达成存在较大风险。

#### b) 用电企业面临巨额保证金，缴费方式落后

用电企业在传统交费时面临着“企业保证金无收益、传统交费不便捷”的问题，巨额的保证金的不到理财收益，即造成了资金价值的浪费，又增加了用电企业的负担。此外，电力营销风险的管控，用户交费方式的改善有待解决。

### 1.2.4 电力服务

服务的涵义相对较为广泛，无论线上线下，只要能够为服务对象提供价值的工作，都可算作服务的一种。区块链作为一种去中心化信任体系的计算机技术实现，主要应用目标聚焦在多元利益主体参与的，对业务数据真实性、正确性达成一致共识的场景。所以我们将区块链技术相关的电力服务对象划定在以下范围，即源、网、荷、储以及根据其数据价值衍生出的其他服务场景。这其中同时包含了对内、对外多层次多类型的服务，对内目标为打通业务壁垒，努力降本增效，对外目标为促进数据融合，实现增值变现。

内部业务部门的数据壁垒，更多的可以依靠数据中台的模式，以业务流为导向，通过宽表、标签中心等方法实现，区块链技术可在不降低业务效率的情况下，辅助完成跨专业关键数据的存证和共识，但目前看来实际应用范围相对较窄。

我们更多的关注应集中在对外数据融合、增值变现等问题上，比如各地正在集体攻坚的能源大数据中心系列场景。在能源企业各方数据均具有行业保密属性，无法大规模直接集中融合的情况下，利用区块链的去中心化属性，将业务数据进行哈希存证(指纹化)，以保证其可验证且不可篡改，从而实现特定需求下的局部化非实时数据融合应用。此类应用未来可以支撑区域经济数据平台、智慧城市等相关大型场景，但由于涉及的政府机构、企业单位较为复杂，这里不做重点探讨。我们用以下两个正在实际进行中的需求实现，作为区块链电力服务应用场景的典型代表。

#### a. 厂网购电财务支付信息

供电企业与发电企业之间存在着长期且稳定的购售电关系，由于是大批量的趸售，其结

算和支付的过程往往具有滞后性,发电企业不能及时对现营收,且无法掌握准确的支付时间,因此产生了两个主要问题。一是发电企业频繁的电话问询支付的具体时间,而供电企业财务部门疲于应对,导致沟通成本增加;二是发电企业在无法预知支付时间的情况下,可能需要通过贷款维持经营,而贷款时间和支付时间如果相差较短,则可能产生贷款利息和存款利息的利差,导致出现无效的金融成本。此时,需要在供电企业与发电企业之间形成共识的基础上通过应用实时共享数据,以此保证了交易过程的公开公正同时降低沟通成本和金融成本。

## b. 水利水电业务

城市经济体傍水而建,是自古以来的通用原则,流域经济有着天然的优势。然而流域经济同样也有着不可忽视的问题,即防汛抗洪。阶梯式建造的水电站,本身就拥有调节丰枯的功能,但人员专业性不强,调节的方式更多的是凭经济驱使、行政命令和经验累积。水利部门的人员恰恰具有水文数据分析的能力和优势,但由于不掌握水电站的发电、弃水的计划和数据,仅依靠水文站的实时测量,并不能拿到最优的参数来完成计算分析。所以因此产生了防汛、发电质效双低的现实情况。

在电力服务中除了以上问题之外,还面临着电网对商业、居民这两类中小型用户参与电力需求服务市场以促进电力供需平衡的需求日益迫切的问题,目前中小型用户参与市场交易存在以下难点亟待解决。

a) 需求服务信息交互基础设施缺乏的难题。根据目前需求服务业务发展来看,改造后的大型工商业用户已具备良好的网络通信条件实现需求服务信息交互,然而对于大量分散性的中小型用户,目前尚不具备参与需求服务交易市场的基础通信设施。

b) 用户需求服务资源自动履约响应的难题。中小型分散用户需求响应具有数量多、自主性强、隐私性高的特点,这对交易机制技术支持系统的实现提出了较高的要求,若仅凭用户的主观行为选择,存在很多不确定性。用户如何根据需求服务合约内容按时按量完成响应还有待解决,若仍采用响应时间用户自主手动调节的模式,难以保障需求服务事件按时按量完成,也会增加聚合商的违约风险。

c) 激励资金分配与评估结算可信性证明的难题。在需求服务业务实际工程实践过程中,激励资金分配、交易核算、惩罚额度等在执行、监管、核算等方面仍存在可信性证明难题,并且现有激励评估结算方式的审核周期较长,不能实时回馈用户,也影响用户参与需求服务活动的积极性。



### 1.2.5 电力数据管理

随着电网发展水平不断提升，国家电网公司各专业、各单位对信息化的要求不断提高，跨部门流程贯通、跨专业数据共享的需求普遍而迫切。同时，随着数据中心的建设以及跨业务、跨系统的大数据应用需求增加，数据问题日益凸显，部分数据责任划分不明确，缺乏溯源机制，缺乏有效的数据共享开放管理以及同时随着电力信息系统数据的大量累积，而应用系统相对独立，信息不能统一共享的矛盾日益突出，不利于企业信息系统的优化和决策支持系统的应用发展。

如何在安全可控的前提下，逐步向各单位共享信息系统数据，促进各单位自主开展大数据分析应用建设，有效支撑各单位的应用实践是一个亟待解决的问题。其主要面临两个难点：

第一，电力数据集中存储在电网公司、电力生产企业、能源数据商的数据库中，各主体间数据不共享导致信息孤岛问题，为更好适应当前电力公平竞争市场的发展需求，需对影响电力交易市场化的电力交易经营主体间企业信用风险管理关系问题进行深入探究，形成完整而比较完善的电力交易体制，因此，需要搭建电力数据共享交易平台，以联盟链的形式形成无需第三方介入的点对点交易信任机制，实现电力数据从生成到应用共享全过程的真实性和完整性。

第二，电力数据中存在大量敏感数据，涉及到设备信息、运营机密、客户隐私等，不宜对外部开放，在电网公司、电力生产企业、能源数据商的数据库等主体中拥有大量个人用户数据、变电站高压线位置数据、网络拓扑等各类机密数据，传统的数据加密很难解决数据“几手”的问题。在电力行业乃至各个行业，数据篡改，数据拦截和丢失是数据保密的重点，以用电合同生成为例，电网采用无纸化与用户签订用电合同，在此过程中网络发生中断，意外导致签订合同中断，此时有可能出现第三方入侵数据库对合同进行修改，造成了安全隐患，达不到无纸化办公的高效，便捷的优势。区块链代表着一种新的技术范式，通过共识算法维护数据一致性，并以链式结构和复杂的加密技术确保数据不可篡改。通过电力数据使用方、数据提供方、数据服务方的多方信任体系构建基于联盟区块链技术的数据共享机制，搭建数据共享服务平台。

同时，通过将数据的摘要区块和主体信息打包上传形成基于摘要目录树机制的集中式数据检索功能，降低数据在网络传输、平台存储和交易过程中泄密的风险，更加有效的提高了安全性。

### 1.2.6 安全监管

电力工业的特点是高度自动化，由许多发电厂、输电线路、变配电设施和用电设备组成，

各生产系统有所关联、联合运行，构成一个十分庞大、复杂的电力生产、流通、分配、消费网络。在这个网络中，任何个环节发生事故，如不能及时排除，都可能带来连锁反应，导致主设备严重损坏或大面积停电，甚至可能造成全网崩溃的灾难性事故。

#### **a. 电力系统组成复杂**

电力生产的整体性高，电力系统是由发电、供电和用电三者紧密连接起来的一个系统，任何一个环节配合不好，都会影响电力系统的安全、稳定、可靠和经济运行。

电力生产具备同时性，发电、输电、供电和用电是同时完成的，即不能中断，又不能存储，必须是用多少、发多少，是典型的连续生产、连续消费的过程。电能的传播速度与光速相同，即使发电端与用电端相距千万里，发、供、用电都是同一瞬间进行和完成的。

电力生产的随机性，负荷变化、设备异常情况、电能质量的变化以及事故的发生，随时都在变化着，而且发展迅速，波及面大。

#### **b. 缺乏有效的监督与管理**

在很多电力企业中都存在着监督与管理不严格的现象，这反映出很多电力企业过于重视大项目、大工程，对日常管理工作不够重视的现象。很多小问题、小疏漏都有可能企业在企业中引起巨大的安全责任事故。这些都与缺乏有效的监督管理有一定的关系。很多电力企业仍然将安全的监督与管理形式化，不能严格按照监督检查的要求开展安全管理工作，导致安全管理环节中的形式主义，不能采取有效的管理方法，相关管控措施的实施也不够到位，导致安全的执行环节没有得到必要的监督与控制。

#### **c. 电力施工现场监督管理不到位**

电力施工工程和其他的工程项目相比，具有自身的特点，如施工人员的流动性较强；工程作业参与方较多，各方的安全管理职责交叉；非标准化作业较多；在监督管理过程中忽视这些特点就容易诱发安全事故。如管理人员违章指挥；对安全检查敷衍了事；对事故隐患整改不力；现场围护设施、防护标示不齐全不可靠；没有指定安全防范措施和规章制度；安全管理规章制度不落实，各方职责不明确；监管力量和监管任务不足；监管人员不熟悉情况；监管人员缺乏经验，水平低；监管人员不能及时完成隐蔽工程和中间验收。电力工程施工中的危险源来自各个方面，监督工作不到位会给工程安全管理带来一定的困难。

#### **d. 安全事故责任划分不明确**

虽然现阶段我国多数电力生产企业已经制定过了生产规章制度，并在制度中明确了具体的安全生产责任，但是还有很多企业并不重视安全生产职责管理，只将这些制度作为原则性的动员要求来看，并没有对其进行贯彻落实。同时，很多领导者没有对企业中存在的安全生

产管理问题展开深入的研究与分析，也没有采取科学的整改措施。这种情况下一旦有事故发生，无法对事故发生的根本原因进行深入分析，安全事故的责任人也得不到明确。

## 第二章 区块链赋能电力信息通信行业

### 2.1 区块链技术产业发展现状

#### 2.1.1 区块链发展历程

区块链从产生到应用经历了一段较为漫长的发展过程。区块链可以认为是在 1992 年产生的，在区块链技术被中本聪赋予应用性后，区块链的发展阶段则可以从它的应用技术来进行区分。区块链发展的时间线如表 2.1.1-1 所示。

表 2.1.1-1 区块链技术发展时间表

时间	区块链	比特币	以太坊	NEO
1991 年-2008 年	斯图尔特·哈伯和斯科特·斯托内塔致力于创造第一个区块链			
2009 年		中本聪发布比特币白皮书		
2013 年		比特币交易数额超过十亿美元	维塔利克·巴特林发布以太坊白皮书	
2014 年			以太坊区块链的资金来源于众售	NEO 项目由达鸿飞和张铮文共同发起
2015 年	Linux 基金会推出 Hyperledger 以增强区块链开发		以太坊区块链正式启动，智能合约出现	
2017 年	Block.one 提出以 EOS 为本机加密货币的新区块链协议			

2017 年-2021 年	区块链技术不断发展，加密货币数量不断增加			
---------------	----------------------	--	--	--

#### a. 区块链的产生（1991-2008）

区块链技术是 21 世纪最大的创新之一，因为它对金融、制造业和教育等各个领域都产生了连锁反应。而区块链的历史可以追溯到 20 世纪 90 年代初。自从几年前它开始大受欢迎以来，随着数字经济竞赛的升温，大量应用程序的出现凸显了它注定会产生的影响。区块链的发展历程主要走过四个阶段：起源、事务、合约以及应用。

1991 至 2008 年为区块链技术的早期。斯图尔特·哈伯(Stuart Haber)和 W·斯科特·斯托内塔(W. Scott Stornetta)在 1991 年设想了许多人后来所知的区块链。他们的第一个工作涉及一个加密安全的区块链，在这个链中，没有人可以篡改文档的时间戳。1992 年，他们升级了系统，加入了 Merkle 树，从而提高了效率，可以在单个区块上收集更多的文件。

在 2008 年，由于中本聪(Satoshi Nakamoto)个人或团队的工作，区块链开始获得可应用性。中本聪被认为是区块链技术的幕后智人，他在 2008 年提出了第一个区块链的概念，在 2009 年发布了第一份有关该技术的白皮书。在白皮书中，他详细说明了在去中心化方面，该技术如何很好地增强数字信任，数字账本技术从此不断发展，产生了构成区块链历史的新应用程序。

#### b. 区块链的第一应用阶段（2008-2013）

2008 年至 2013 是区块链技术演变的第一阶段，在此时比特币开始出现。比特币和区块链并非是一个东西，因为加密货币是大多数应用程序的基础技术之一。比特币诞生于 2008 年，是区块链技术的第一个应用。中本聪在他的白皮书中将其详细描述为一种电子点对点系统，他创建了初始区块，其他区块从这里被开采出来，相互连接，形成了承载不同信息和交易的最大区块链之一。

#### c. 区块链的第二应用阶段（2013-2015）

接下来是 2013 到 2015 年，进入了区块链演变到第二个阶段——合同阶段，即以太坊的

开发阶段。在这个以创新为主导的世界里，Vitalik Buterin 是比特币代码库的第一批贡献者之一。越来越多的开发者认为，比特币还没有达到利用区块链技术的全部能力的这个水平。

由于担心比特币的局限性，Buterin 开始研究他认为可延展的区块链，除了作为点对点网络之外，它还可以执行各种功能。以太坊于 2013 年作为一个新的公开区块链诞生，与比特币相比增加了功能，这一发展被证明是区块链历史上的关键时刻。Buterin 将以太坊与比特币区块链区别开来，允许人们记录其他资产，如密码和合同。这项新功能将以太坊的功能从一种加密货币扩展为开发去中心化应用程序的平台。

以太坊区块链于 2015 年正式启动，由于其支持用于执行各种功能的智能合约的能力，它已经发展成为区块链技术的最大应用之一。以太坊区块链平台还成功地聚集了一个活跃的开发社区，见证了它建立一个真正的生态系统。

区块链的演变与以太坊和比特币的发展携手并进。除了推出利用区块链性能的新功能，这些新项目还试图解决比特币和以太坊的一些不足之处。

NEO 是我国推出的第一个开源、去中心化的区块链平台。尽管我国禁止加密货币的流通，但 NEO 在区块链创新方面仍然非常活跃。NEO 将自己塑造成中国以太坊，已经得到阿里巴巴首席执行官马云的支持，它计划在我国产生与百度相同的影响力。

在加速物联网发展的历程中，开发商利用区块链技术并提出了物联网。加密货币平台针对物联网生态系统进行了优化，力求提供零交易费用和独特的验证流程。除了物联网和 NEO，其他第二代区块链平台也在该领域产生连锁反应。Monero Zcash 和 Dash 区块链的出现是为了解决与早期区块链应用程序相关的一些安全性和可扩展性问题，在交易方面寻求提供高水平的隐私和安全性。

区块链的倡导者们希望这项技术能够帮助所有行业的专业人士实现大多数任务的自动化。区块链已经在供应管理以及云计算业务中得到了广泛的应用，也应该在未来的互联网搜索引擎等基础项目中找到自己的出路。

由于政府和企业寻求创新和应用的过程中的大量投资，区块链技术的未来势必一片光明。可以预见到，总有一天会有一个任何人都可以使用的公共区块链。

## 2.1.2 区块链核心技术

区块链首先可以从分类上被分为私有区块链、公共区块链以及联合体区块链三种。而区块链的核心是在无监督的情况下实现可信存储，因此区块链的一个核心技术即是其共识算法。与此同时，区块链作为一种特殊的分布式数据库，其分布式存储技术以及密码加密技术也是区块链的技术核心。

### a. 区块链分类

基于区块链的系统按照开放性可以分为两类：有许可的区块链和无许可区块链（公共区块链）。有许可的区块链又可分为私人区块链和财团区块链。

#### a) 私有区块链

私有区块链指的是一个区块链，其写权限只由一个组织或个人控制，而读取权限可能对外界开放。私有区块链系统是最封闭的，只限于企业、国家机构或个人使用。它不能完全解决信任问题，但它可以提高可审计性。

#### b) 公共区块链

公共区块链指的是一个世界上任何人都可以阅读，可以发送交易并能被有效验证，任何人都可以参与到共识过程的区块链。公共区块链是最终去中心化的最终体现。

#### c) 联合体区块链

联合体区块链指的是一个区块链，该区块链被只限于财团成员的参与。区块链上的读写权限和会计权的参与是根据联盟规则确定的。根据财团的规则，联合体中的每个参与者都不必担心他们的数据存在于何处，他们产生的数据只能被他们自己或被授权的人看到。通过这种方式，它将解决数据隐私和安全问题，并实现去中心化。它是一个公有和私有区块链的结合。

### b. 区块链共识算法

下面将介绍三种常用的共识算法，其中工作量证明（PoW）和权益证明（PoS）是使用最



多的。下表列出了这三种共识算法的特点。

表 2.1.2-1 区块链共识算法

特性	PoW	PoS	DPoS
共识类型	Proof-based	Proof-based	Alliance
耗能	高	低	低
计算费用	高	低	低
开放性	无需准入	无需准入或准入式	无需准入和准入式
拜占庭容错性 (BFT)	<1/2	<1/2	<1/2

a) 工作量证明 (PoW) 可以简单地理解为确认一定量工作的证明。在 PoW 工作量证明中所有节点通过进行复杂的哈希运算找到一个随机数并拼接到区块头中, 使得区块头的哈希结果满足区块链的要求, 来证明自己的工作量。

b) 权益证明 (PoS) 是一种改进 PoW 的共识算法, 在 PoS 中引入了币龄的概念, 为了获得记账权, 节点需要预先投入到区块链中一定的权益或代币, 以此来证明自己的参与程度, 最终区块链系统选择一个节点作为记账节点。

c) 委托权益证明 (DPoS) 是一种基于 PoW 和 PoS 发展的共识算法。在这种算法中, 每个持有人都可以投票, 从而产生一定数量的节点或池子, 他们的权利是完全平等的, 持有人可以通过投票随时改变这些代表。

### c. 分布式存储

分布式存储是区块链的核心技术之一。区块链作为一种特殊的“分布式数据库”, 与传统的分布式数据库存在着差别。传统的分布式数据库是将数据分割开来, 存储在不同的数据库服务器中, 数据多了就用多个服务器。而区块链中, 提高了各个节点的权限, 每个节点都是独立的个体, 各自就是一个完整的数据库, 可以存储区块链上的所有区块数据, 由于各个节点相互独立, 区块链才被称为是一个去中心化的分布式数据库。

区块链与传统的分布式数据库相比有着明显的优势, 首先由于数据需要一半以上的节点共识, 因此使得数据具有不可篡改的特性, 其次由于数据同时存在于多个节点, 因此数据理论上是不会丢失的。

#### d. 密码学

密码学作为区块链中最核心的技术之一，主要分为两类：哈希算法和非对称加密。

a) 哈希算法是区块链中最常用的密码学算法。在区块链中，哈希算法主要用于数据完整性、数据加密、共识计算中的工作证明、区块之间的联系等。它可以在有限的合理时间内将任意长度的信息压缩成固定长度的二进制字符串，并输出哈希值。它是一个单向的密码系统，即从明文到密文的不可逆映射（只有加密过程，没有解密过程）。

b) 非对称加密算法是指使用公钥和私钥对数据存储和传输进行加密和解密。公钥可以为发送方公开，以加密要发送的信息，而私钥可以为接收方使用，以解密收到的加密内容。由于公钥和私钥之间的依赖性，只有授权用户才能解密信息。

### 2.1.3 区块链应用情况

作为核心技术创新的重要突破口，区块链正引领我国新一轮技术革命和产业变革。2020年10月，国家网信办发布第四批区块链信息服务备案清单，据统计已通过备案的区块链信息服务项目的数量已经达到1200多个。区块链在数据存证、防伪溯源、工业互联网、智能制造、供应链金融、跨境贸易等多个领域展现出突出的技术优势和创新示范，为各个行业创新发展提供新动能。

#### a. 区块链+工业互联网

当前，工业互联网在全球范围已进入快速发展阶段，工业互联网带来一系列全新的生产要素、商业市场、传播路径、行业生态，蕴含着巨大的变革潜力。工业互联网在广泛应用中存在一定的挑战，包括数据有效集成与管理难度较大、初期投入成本较高、隐私数据保护形式严峻等。

区块链具有可信协作、隐私保护等技术优势，与工业互联网深度融合，尤其在工业互联网工控监管、供应链透明管理、跨行业征信服务等领域应用前景广阔。在设备工控监管方面，基于工业互联网平台可推动“三哑”设备走向互联互通，但传统防火墙、网闸等中心化防护设备缺乏有效的交互校验机制，基于区块链技术可以建立设备可信鉴别机制，有效提升设备工控安全防范能力；在供应链管理方面，通过区块链源头追踪功能实时追踪物料流转信息，



为供应链中的物流信息提供认证服务，支撑互联网跨企业业务协同，实现供应链透明管理；在跨行业征信方面，区块链有助于统一信用系统的建设，保障制造业企业征信信息安全共享，降低企业征信成本、融资成本和交易成本，进一步激活数据资产价值和创新应用。

未来，应制定完善的工业互联网+区块链身份认证、共享账本、智能合约、隐私保护、存证应用等规范，制定和完善标准，同时加快培育区块链应用，强化示范引领作用，完善生态体系建设。

### b. 区块链+数据存证

随着计算机技术、互联网技术以及移动通信技术的成熟，数字存证逐渐成为各行业发展的基础领域。由于传统数字保护方式落后，无法满足数字版权在确权、取证、维权等方面的需求，行业发展面临数字内容形态各异、海量侵权无法及时获取、维权成本高、缺乏透明的权责关系和监督机制等。

区块链技术具有分布式、防篡改、可追溯的特性，在数据存证领域具有广泛的应用价值。一是数字版权方面，对数字作品实现链上登记，通过自动识别算法判断是否抄袭，形成版权保护技术能力；二是在电子合同方面，在区块链中记录用户实名认证、数字证书、电子签署及传输全过程数据以及数据摘要，确保电子合同真实可信、不可篡改；三是电子发票领域，通过把发票流转的全流程信息加密上链，提高电子发票系统的安全性，降低企业成本。

未来，区块链+数字存证将应用于更多行业，为各行业提供数据可信服务和技术能力，保障信息的安全、可信、不可篡改。

### c. 区块链+智能制造

近年来，国家对于智能制造给予了重要的支持政策，2015年5月，国务院出台了《中国制造2025》，2016年4月，工信部、发改委、科技部和财政部四部委联合印发了智能制造工程实施指南。但是，目前智能制造面临数字化应急能力欠缺、产业大数据积累有限、远程协同机制不成熟、中小企业资金链紧张等问题。

区块链技术基于分布式的可信交易网络和数据真实防篡改的特性，为行业带来了更多的创新模式和资源整合作用，是建立新型自主、共享、协作型商业模式的有效技术路径。一是

在生产链智能租赁方面，利用区块链技术解决制造业资产配置重、生产线不灵活等问题，降低生产成本的同时提升利润率；二是生产线品控方面，利用区块链数据防篡改特性，建立商品的生产、流通和消费的真实性验证网络，有效提高商品的品牌价值；三是在制造业供应链协同方面，区块链交易的对等、数据可信和分布式等特点，实现商业合同、货物物流、资金、发票数据四流合一，为制造业供应链提供真实一致、便捷透明、安全合规的协同作用。

目前区块链还处于技术萌芽期，很多应用处于探索和尝试阶段，未来还应该从企业实际问题上来，挖掘新业务、新模式，探索新经济模型，利用区块链建立新型的分布式商业形态。

#### d. 区块链+供应链金融

供应链金融是银行将核心企业和上下游企业联系在一起，提供灵活运用的金融产品和服务的一种融资模式。目前供应链金融有较多痛点，包括供应链上游中小企业融资难、成本高，商票使用场景受限、转让难度较大，金融机构操作风险与成本较高等痛点。

区块链供应链金融是以电子信用凭证为基础，穿透贸易环节，使核心企业的信用得以在平台上快速可信传递，使更多供应链上下游企业、供应商获得平等、高效、低成本的普惠金融服务。区块链与供应链金融的结合在很多方面产生效果。第一，基于应收账款电子债权凭证拆分和流转，实现核心企业信用跨级传导，提升上游多级供应商融资可得性，降低融资成本；第二，依托核心企业优质信用，以供应商应收账款融资债权为基础发现 ABS，扩展核心企业融资渠道，降低产业链融资成本；第三，可最大化实现四流合一和可信数据共享，降低企业融资及资金风控难度，核心企业、资金方、供应商、运营商四方参与资金清算路径，极大减少故意拖欠资金等违约行为发生。

区块链和供应链金融相融合可以产生信用价值，带来新的商业模式，为企业提供可信技术，降低企业融资成本。

### 2.1.4 区块链生态建设

随着区块链技术的逐年发展和不断成熟，其在电子信息领域已逐渐成为了新型技术集群中实现新型数字化服务不可或缺的关键技术之一，并于云计算、大数据、物联网、人工智能及 5G 等数字化高新技术共同构成现代科技集群，成为数字经济发展的动力之一，同时也是促进经济发展数字化转型的关键力量之一。

自 2014 年以太坊创始人 Vitalik Buterin 发布以太坊白皮书，引入智能合约的概念后，区块链正式进入 2.0 时代，区块链的生态建设也日渐丰富。如图 2.1.4-1 所示，在底层基础设施平台方面，涌现了以太坊、Hyperledger Fabric 和 Fisco Bcos 等著名的服务型底层链平台，提供区块链最底层的协议代码和基础硬件设施。在行业应用方面，由于区块链技术为传统中心式服务带来了去中心化的可行解决方案，所以当前的区块链生态致力于将区块链带入服务领域，实现多端自主、多方可信、独立自主的分布式服务平台，详细体现在区块链即服务（BaaS），分布式组织（DAO），链上存证，区块链版权保护、政务链、法务链、链上证书、供应链管理等方。下面，本文将具体介绍国内外的生态建设：

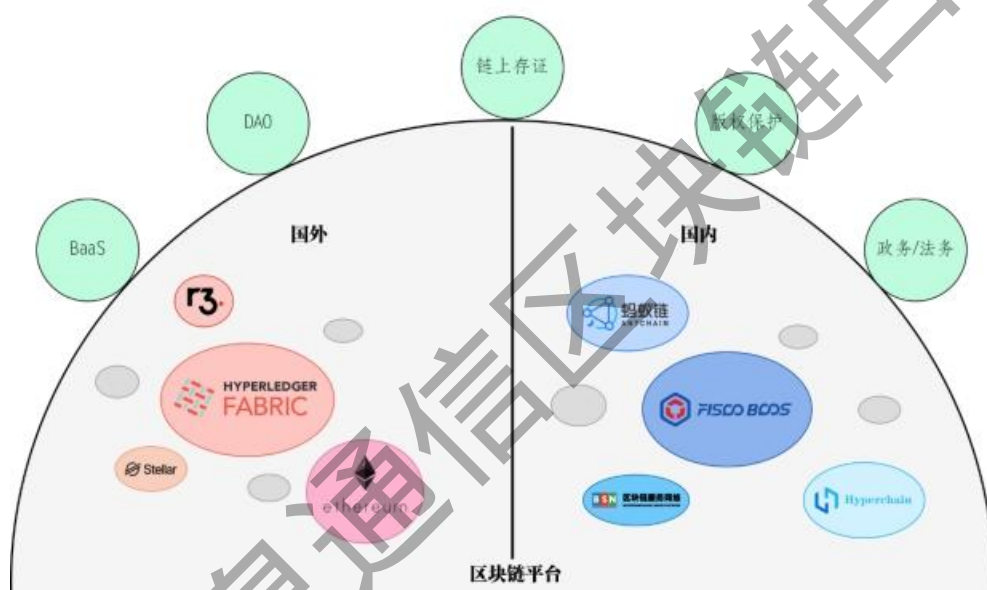


图 2.1.4-1 区块链国内外生态图谱

#### a. 区块链国内生态建设现状

区块链技术的出现为国内外金融结构、组织方式、产业应用等领域带来了去中心化的可行方案，备受国内外关注。近年来，区块链技术上升到国家战略高度，我国区块链技术应用和产业生态发展进入新阶段。

2019 年 10 月 24 日，中共中央政治局对区块链技术发展现状和趋势进行了集体学习。中共中央总书记习近平强调，区块链技术的集成应用在新的技术革新和产业变革中起着重要作用。我们要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，明确主攻方向，加大投入力度，着力攻克一批关键核心技术，加快推动区块链技术和产业创新发展。

2020年是区块链产业发展的关键一年，产业区块链成为行业发展的主流和共识。国家开始通过政策积极推进区块链产业发展，实体产业的区块链数字化程度不断提高，应用场景不断深化，进一步促进了社会治理能力的增强和产业发展水平的提高，涌现出了如 Fisco bcos，蚂蚁链，趣链等优秀的区块链底层平台和上层对应产业化服务方案，如表 2.1.4-1 所示。

表 2.1.4-1 国内区块链服务平台对比表

	说明	典型解决方案
Fisco Bcos	FISCO BCOS 是以微众银行主导的一个稳定、高效、安全的开源区块链底层平台	跨境支付、供应链金融、数字版权、信贷众筹
蚂蚁链	蚂蚁链是蚂蚁集团自主研发的具备高性能、强隐私保护的区块链技术平台	跨境支付、供应链金融、电子票据
趣链	趣链是趣链科技开发的区块链底层平台	资产证券、司法存证

此外，区块链项目在金融领域的探索主要集中在支付、房地产金融、企业金融、保险、资产管理、票据金融等领域。在国内，不仅是新兴区块链创业企业，包括中国银联、招商、民生等银行和蚂蚁区块链、众安科技在内的科技巨头也已经开始布局并落地了相应的平台与项目。

#### b. 区块链国外生态建设现状

自 2016 年起，区块链越来越受到各国重视，各国纷纷推出相关政策积极扶持产业区块链发展，国际区块链整体呈现迅猛发展的态势。

2020 年，基于区块链的新模式、新业态不断涌现。在区块链为代表的数字化技术的支撑下，新的产业形态逐渐成型，区块链所扮演的角色也在越发重要。

在区块链底层服务平台方面，国外涌现了许多优秀的开源项目，如 Hyperledger、

Ethereum 和 Corda 等，如表 2.1.4-2 所示。

在国家政府层面，各个国家和地区政府普遍通过央行发起相应的区块链数字货币项目，欧洲央行与日本央行联合开展 Stella 项目、新加坡金管局发起 Ubin 项目、加拿大央行发起 Jasper 项目、香港金管局与泰国央行联合开展批发型数字货币试验项目 Inthano-LionRock 等项目。

在企业机构方面，各机构积极推行区块链服务，与国内不同的是，国外区块链服务主要以区块链即服务和智能合约服务为主，与上层应用衔接，Stellar、Tezos、Hyperledger Fabric 等项目逐步推出，以这些区块链底层平台为基础，构建起了国外的区块链生态。以 IBM 推出的 Hyperledger 超级账本项目为例，该项目下衍生出了一些列对应的区块链产品（Fabric、Sawtooth 等），以链服务，底层服务为主，以多模块，多场景，可拔插的方式构造对应的区块链服务。

表 2.1.4-2 国外区块链服务平台对比表

	说明	典型解决方案
Hyperledger	Hyperledger 是由 IBM 主导开发联盟链区块链基础平台	跨境贸易、供应链管理、物流溯源
Ethereum	Ethereum 是一个为去中心化应用程序而生的全球开源平台。	数字资产
Corda	Corda 是 R3 开发的一个开源区块链平台，主要用于记录、管理互不信任各方的合约。	跨境贸易、供应链管理、零售激励

总的来说，区块链生态正逐渐系统化，在基础设施平台建设、行业应用和标准化方面都有不错的应用，打造了丰富的区块链生态。但是，需要认识到的是现在区块链技术仍处于发展的早期，应用场景仍需要实践和验证。

## 2.1.5 区块链存在问题

区块链技术存在的问题及关键技术区块链具有数据透明、防篡改、多方可验证等优点，这些优点使其具有广阔的应用前景。但是，目前区块链技术还存在以下问题亟待解决：



### a. 可扩展性问题

区块链的可扩展性是区块链领域的重要研究问题。以比特币为例，可以通过增大系统的区块大小，或者是缩短出块时间，来提高系统的吞吐率。目前主流的区块链系统中，能够做到无限扩展的几乎没有。未来要想让区块链系统承担起大量的交易和去中心化应用，就必须在兼顾去中心化、安全性的同时，实现可扩展、高性能的区块链系统。

### b. 安全与隐私保护问题

区块链的安全性包括系统安全和信息安全两个方面。区块链系统的安全问题可能发生在三个不同的层次：一是网络层，即底层点对点网络的安全。二是共识层，即共识机制本身的安全。三是智能合约层，即区块链上智能合约代码的漏洞。区块链的信息安全的核心是确保系统中用户的各种隐私得到有效保护。区块链隐私保护的关键在于保证不影响去中心化的同时，确保用户的隐私不会因交易公开而暴露。

### c. 区块链的监管审计问题

由于区块链上用户匿名、信息不可篡改，因而如何“审计”链上行为和数据，确保系统良性发展是区块链技术存在的重要问题。区块链的监管与审计，可以通过分析区块链数据，及时识别用户行为，并预警非法行为，如欺诈行为、链上数据的异常行为等。

### d. 区块链智能合约开发与保障问题

一般来说，区块链智能合约的出现标志着区块链 2.0 时代的到来。凭借着区块链的去中心化、难以篡改等特性，区块链智能合约可以被用于承载去中心化的应用。然而，当前智能合约的发展面临许多问题，如缺乏统一的平台语言、合约可能存在漏洞导致巨大的经济损失等。

## 2.2 区块链赋能路径分析

### 2.2.1 区块链在电力生产中的应用

#### a. 电力生产的需求痛点

a) 随着节能减排及碳中和的要求，对于新型可再生能源和节能调控技术的要求日渐升高，电厂也迫切需要增加生产手段、降低成本、降低化石燃料的空气和水污染问题。

b) 分布式能源出力具有不确定性，在时间和地域上也存在一定的差别。

c) 随着大量分布式能源参与电网调度，负荷需求侧也出现了更多的柔性负荷，对电网的运行模式有一定的影响，需要具备地域上的松散型和运行调度上的互动协调性。

综上所述，迫切需要一个可以作为整体参与市场竞争，可参与备用容量市场和辅助服务市场，具有合约性和实效性的新型电力生产方式的出现。

虚拟电厂作为一种新的能源聚合形式，可以看作是将一群小型的分布式发电单元聚合在一起而形成的一个与整体电厂特性相似的组合结构。将各分布式发电单元的特性参数整合后，可得到虚拟电厂整体在电网中的运行特性参数，而电网对虚拟电厂整体的影响为对其内部各分布式能源的影响之和。

#### **b. 区块链赋能电力生产业务主要思路**

从区块链技术与虚拟电厂的特性出发，二者存在很多相似之处，这为二者的合作打下一个好的基础。同时，区块链技术在虚拟电厂中的应用为虚拟电厂在发展过程中遇到的挑战提出了较好的解决办法。虚拟电厂的发展存在一定的挑战。一是由于可再生能源的出力随机性、波动性、间歇性导致的分布式能源动态组合问题。虚拟电厂需合理利用各分布式能源的时差互补、季节互补特性以及通过大数据对其进行出力预测，从而提高其利用率和整体效益；二是由于虚拟电厂需要聚合不同区域的分布式能源，且各虚拟电厂之间以及虚拟电厂与市场之间存在信息和能源的交互，因此虚拟电厂对通信能力及通信可靠性要求较高，需建立公平、可信、可靠的信息平台，从而保障虚拟电厂能与多种市场进行优化调度与竞价。

从区块链技术与虚拟电厂的相似特性、区块链技术在交易方面的优势出发，结合虚拟电厂的发展现状，分析区块链技术应用于虚拟电厂的可行性。总的来看，当区块链技术应用于虚拟电厂中，可保证各分布式能源对整个系统的贡献值，即出力情况是公开透明的，从而使系统能够对其出力情况进行合理的计量和调度，并保障各分布式能源的利益得到合理、公平地分配。不仅如此，采用区块链技术的虚拟电厂与各分布式能源之间可以在信息对称的情况下进行双向选择，分布式的信息系统和虚拟电厂内部分布式能源相匹配，各电力生产单元自愿加入虚拟电厂并共同进行系统的维护工作。每当有新的分布式能源加入虚拟电厂时，通过数字身份验证对各分布式能源的信息进行验证，并保证其满足已定的激励政策和惩罚机制约束，从而使得区块链技术能在虚拟电厂与分布式能源之间生成有效的智能合约，并保证自动

且稳定的执行。同时，由于公开透明的信息平台 and 一定的经济激励机制，不仅能促进各分布式能源合理竞争以及需求侧资源等参与到虚拟电厂的调度中，还为不同虚拟电厂之间提供了彼此的定价信息、激励其降低成本，促进了市场竞争，从而实现资源更好地分配。区块链技术在虚拟电厂中的应用如图 2.2.1-1 所示。



图 2.2.1-1 区块链在电力生产中的应用

## 2.2.2 区块链在电力交易中的应用

### a. 电力交易业务需求痛点

电力交易业务涉及电网公司、售电企业、电力用户、自备电厂等多方主体，相关数据要求透明可信且可追溯，以便在市场初期防止多次交易进行套利的行为。此外，还需要满足国家发改委、国家能源局及地方政府等政府机构对电力交易业务开展常态化监管工作的需求。

### b. 区块链赋能电力交易业务主要思路

区块链技术的多方共识、防篡改特性，能够实现交易全过程数据的真实可信，以及不同主体间的数据集成与确权，从技术上保障了各项工作的公信力，并高效支撑政府监管部门开展监测监管；链式存储结构能够实现交易电量全生命周期追踪溯源，杜绝遗漏和篡改；智能合约能够实现交易申报出清链上运行，支撑大规模点对点式交易灵活可信运作。

### c. 区块链在电力交易业务的主要应用场景

a) 电力批发市场。随着售电公司等市场主体开展跨省运营的需求日益增多，电力交易平



台的“一地注册，多地共享”机制存在数据更新不同步、资产核算不清等风险，应用区块链技术构建包含国、省两级电力交易中心的联盟链，当市场成员在一地注册或发生信息变更时，同步广播至各地，自动完成信息更新，可以支撑市场主体注册、重大信息变更、重大事项公示、退市等全生命周期的业务活动。

b) 电力零售市场。随着电力市场交易规模的放开，大量中小型用户将进入电力零售市场，售电公司的业务会更加活跃，对售电公司行为的审查和监管更为必要。将电力交易平台和银行数字票据交易平台分别与区块链集成，银行将售电公司保函信息上传区块链存证，避免了保函线下验证的复杂流程，同时便于监管保函的流通以及补充、变动、执行等情况。

c) 分布式发电交易。分布式发电交易的用户主体及交易记录的数量庞大且分散、交易选择的灵活性及价格的剧烈波动，都会导致主体违约风险较高。通过区块链密钥生成机制生成包含存证编号+用户信息+公钥的完整的区块链身份凭证信息，背书用户身份和公钥的绑定关系，实现区块链身份认证。购售双方将交易需求以结构化方式委托至区块链网络运行，当市场中的量价信息满足用户设定的交易条款时，触发智能合约自动撮合交易并将交易结果上链存证，从而有力提升交易的安全性和便捷性。

d) 电力衍生品交易。电力衍生品目前主要包括碳排放权、绿色电力证书和可再生能源超额消纳凭证等，它们本身只具有金融属性，通常独立于现有电力市场开展交易。现有系统中存在未接入现有数据平台的第三方主体计量认证、发用电凭证生成和凭证交易中的信任问题。运用区块链防篡改特性，将责任主体可再生能源消纳电量、用电量等计量数据上链，将实现数据确权，确保信息真实可信。通过区块链可信存证和电子签名可以实现可再生能源电力消纳凭证的溯源与统计，保障了凭证信息不可伪造。

## 2.2.3 区块链在电力金融中的应用

### a. 电力金融业务需求痛点

电力金融业务主要包括电力保险、电力资产证券化、电力供应链金融等。电力保险是一种保护中小企业免受停电带来的重大损失的险种，在实际运行中，由于电力数据不透明致使客户理赔困难，导致该险种市场渗透率较低；在电力资产证券化过程中，面临信用风险定价技术缺乏、基础资产运营监控难度大等问题；电力供应链金融主要服务对象是中小企业、小微企业，因为这类企业对资金周转和现金流都有很大的需求，但由于企业资产规模有限，在获得信用审查时也面临着比较大挑战。

## b. 区块链赋能电力金融业务主要思路

在电力保险方面，借助区块链技术的分布式存储、不可篡改等特征，将平台服务器部署在保险公司、电网企业、监管部门三方，解决了保险公司、用电客户对业务应用所涉及的电力数据信任度不高的问题。且分散化管理无需中心服务器，规避昂贵的运维费用，降低成本，同时避免中心化服务器受到攻击，数据难以恢复的安全问题。此外，利用区块链智能合约的自动触发特性，将保险合同设置为代码形式，免去理赔申请与现场查勘环节，解决了保险理赔程序繁琐、运营成本大的问题，实现快速实时理赔。

在电力资产证券化方面，发挥区块链的分布式记账特点及其数据的公开、透明、不可篡改性等优点，能够极大地减少由信息不对称所带来的资产定价不合理问题。通过激励机制，保证链中所有节点成员（包含资产端节点、证券发起人节点和投资者节点）参与 SPV 管理，监督数据流的运行情况，可以更加有效地防范基础资产经营方道德风险，确保证券的收益波动在合理区间内。此外，区块链技术产生的带时间戳的数据，亦能用于激励资产端节点间互相监督。

在电力供应链金融方面，区块链技术对于传统供应链金融的征信方式是一种质的飞越，这可能会彻底改变未来征信模式。区块链技术减少现征信流程中人为参与的部分，自动获取交易业务的明细数据，信息获取自动化，不再需要银行和第三方征信机构之间在信息交互上花费大量时间。在提高效率的同时，减少因机构直接协作而产生的管理费用。

## 2.2.4 区块链在电力服务中的应用

### a. 电力服务业务需求痛点

电网对商业、居民这两类中小型用户参与电力需求服务市场以促进电力供需平衡的需求日益迫切，但目前中小型用户参与市场交易存在以下难点亟待解决。

a) 需求服务信息交互基础设施缺乏的难题。根据目前需求服务业务发展来看，改造后的大型工商业用户已具备良好的网络通信条件实现需求服务信息交互，然而对于大量分散性的中小型用户，目前尚不具备参与需求服务交易市场的基础通信设施。

b) 用户需求服务资源自动履约响应的难题。中小型分散用户需求响应具有数量多、自主性强、隐私性高的特点，这对交易机制技术支持系统的实现提出了较高的要求，若仅凭用户的主观行为选择，存在很多不确定性。用户如何根据需求服务合约内容按时按量完成响应还有待解决，若仍采用响应时间用户自主手动调节的模式，难以保障需求服务事件按时按量完

成，也会增加聚合商的违约风险。

c) 激励资金分配与评估结算可信性证明的难题。在需求服务业务实际工程实践过程中，激励资金分配、交易核算、惩罚额度等在执行、监管、核算等方面仍存在可信性证明难题，并且现有激励评估结算方式的审核周期较长，不能实时回馈用户，也影响用户参与需求服务活动的积极性。

### b. 区块链赋能电力服务业务主要思路

作为一种分布式记账系统，区块链所具有的高可靠性和去中心化的特征，使其能够很好地适应这种分散化的系统结构。基于区块链技术所构建的共享经济生态环境，能够促进分散化系统的发展和趋优。其开放性、分布性和不可篡改性有利于多主体开展交易，通过海量、分散的小规模交易涌现出电网精准调峰的功能，促进需求服务项目的自动化和可信性。将区块链技术应用用于需求服务中主要有以下优点：

a) 保障需求服务交易信息安全。由于采用中心化处理方式，攻击者只须侵入少数节点或中心节点，即可对重要数据或指令进行篡改，威胁全网安全。采用区块链技术中的密码学技术和共识机制可保证交易信息的安全可靠，数据的采集、广播、存储等过程都建立在区块链体系之上，能更好地防范数据侵入。

b) 保障需求服务合同自动执行。合约执行需要双方主动履约，既需要额外执行成本，也潜藏违约风险。将需求服务各类执行规则以智能合约形式运行在区块链上，使交易规则透明化，可确保合约的自动执行。且合约内容有所有节点的背书，不可抵赖、不可篡改，无须付出第三方监管成本与双方事后沟通成本，减少结算时间并降低人力成本。

c) 提升需求服务评估可信度与结算效率。区块链技术采用分布式总账的记账方式，具备有价值激励属性及交易过程透明、可追溯的特点，不仅可以解决需求服务业务中的记假账、记错账问题，还可以建立一套完整的可追溯交易体系，可提升交易结算效率。基于上述分析可见，区块链与 DR 各业务流程具有契合点。区块链技术可在用户身份认证、合同存证、交易记录、响应效果评价、激励结算等业务流过程中应用。

## 2.2.5 区块链在电力数据管理中的应用

### a. 电力数据管理业务需求痛点

随着电网信息化的建设及深化应用，各类业务数据急剧增长，电力数据表现出类别多、规模大、价值高但稀疏等特征。因此，如何对电力数据进行高效的管理，实现电力数据的安

全共享与交易是推进电力行业发展的重要元素之一。现阶段的电力数据面临许多问题，主要概括为以下两点：电力数据集中存储在电网公司、电力生产企业、能源数据商的数据库中，各主体间数据不共享导致信息孤岛问题；电力数据中存在大量敏感数据，涉及到设备信息、运营机密、客户隐私等，不宜对外部开放。因此需要提出一个仅限于电网公司、可信的发电企业、能源数据服务商等主体间共享电力数据的可行方案。

### b. 区块链赋能电力数据管理业务主要思路

区块链赋能电力数据管理业务主要包括电力数据的存储、发布以及共享。一方面，数据所有者需要将加密后的共享数据上传到存储中心，并将描述数据资源的元数据上传到区块链网络中。另一方面，数据使用者通过智能合约向数据拥有者请求共享，数据拥有者以及监管部门审核通过后数据共享请求后，数据使用者获取并访问数据。

### c. 区块链赋能电力数据管理具体方案

基于区块链的电力数据共享方案涉及到管理员、数据拥有者、数据使用者以及监管部门四个角色。管理员负责分配角色账户信息；数据所有者是数据的共享者，拥有数据的绝对访问控制权，通过授予其他角色数据访问权限实现数据共享；数据使用者是数据的需求方，通过向数据所有者申请共享数据获得访问权限；监管部门是电网总部，电力数据的敏感性决定了数据共享必须在管控下进行，监管部门需要对数据请求者的共享请求进行审核。

方案主要分为两个部分，分别是数据的存储发布、数据的访问授权。首先是电力数据的存储与发布，由于电力数据文件通常占用数百至上千兆字节的存储空间，考虑到区块链网络的区块大小以及处理事务的效率，本文采用云存储平台 IPFS 来存储原始的电力数据。为防止存放在 IPFS 中的数据受不法分子的恶意盗用，数据所有者首先通过非对称加密算法加密数据，再将上传到云存储平台 IPFS 上，IPFS 会产生原始数据的哈希地址（即数据获取方式）。数据拥有者将描述数据资源的元数据、原始数据获取路径以及密钥上传区块链网络中进行共享资源的发布。然后是电力数据的共享与授权访问。只有数据拥有者可以查看区块链中数据资源的获取路径及密钥的明文，区块链中的其他节点只能看到获取路径及密钥的密文显示。若要访问并查看数据，需要和数据拥有者请求共享数据的访问权限，数据使用者登录系统后可以筛选系统中可共享的数据，数据使用者可以选择需要的数据向数据拥有者发起共享请求，该共享请求包括发起时间，及数据使用者的信息。该请求将被上传至区块链账本中，数据拥

所有者有权同意或者拒绝该共享请求，若同意该请求，监管部门节点将审核该请求，只有当监管部门审核通过时，数据使用者才能获得查看数据获取方式及密钥明文的权限。最后是数据的访问，数据使用者经过上述步骤获得访问权限后，可根据数据获取方式从 IPFS 中下载原数据，并使用获取的密钥解密原始数据。

## 2.2.6 区块链在电力安全监管中的应用

### a. 电力安全监管业务需求痛点

电力安全监管存在以下几方面困难：

a) 关联组成复杂。电力工业的特点是高度自动化，由许多发电厂、输电线路、变配电设施和用电设备组成，各生产系统有所关联、联合运行，构成一个十分庞大、复杂的电力生产、流通、分配、消费网络。

b) 问题连锁反应严重。网络中任何环节发生事故，如不能及时排除，都可能带来连锁反应，导致主设备严重损坏或大面积停电，甚至可能造成全网崩溃的灾难性事故。

c) 安全监管数字化、智能化水平不高。部分违章行为得不到及时的制止和纠正、现场存在监护缺失，很可能造成工作现场事故。以纸质的工作票为例，存在查询统计不便、留存维护成本高、执行过程难规等问题。

### b. 区块链赋能电力安全监管业务主要思路

#### a) 数字化工作票存证验证

在工作票整个流程各环节通过区块链平台存证，将相关记录与操作行为执行人的身份信息对应。通过区块链身份认证体系，确保操作人身份可信，并把身份信息和对应的操作信息上链存储，保证操作记录中操作人和操作行为的一致性，确保相关操作责任人的有效记录真实可信、不可篡改、全流程可追溯。并利用智能合约对是否存在时间冲突、开工前安全措施是否完成等问题执行合规检测，实现了上链前和上链后身份信息、操作信息唯一性的安全加固。

#### b) 作业人员身份认证

针对工作票流程中对身份认证便捷、可靠、安全的需求，设计基于“区块链技术+非对称加密技术+数字身份认证服务+生物识别技术的安监云盾”的身份认证体系。建立身份认证



体系可实现作业人员身份的认证及登录记录存证，确保工作票签发人、负责人、许可人等人员身份信息真实可信，有效降低身份认证费用成本。同时应用区块链数据融通特性将身份认证系统与人员资格考试成绩相结合，对人员资格认定进行判别，从而实现对人员行为操作权限的控制。

#### c) 责任划分追究管理

在安全事故管理方面，责任划分追究管理应用基于区块链技术的共享知识图谱，可实现对电力生产事故(事件)责任明确划分与追究；通过区块链数据融通、不可篡改等特征，在保证事故(事件)信息的真实性的前提下，将省市县级公司各类事故(事件)统一收集，应用大数据分析技术更新知识图谱，进而实现对事故类型的分析、责任主体的判定和阶段性频发事故(事件)预警能力；利用智能合约技术对各级责任主体的责任追究和奖励惩罚实现程序化的管理，并通知相关部门。最终建立责任划分追究管理的一站式、全流程、透明化的服务流程，有效解决安全隐患及其责任划分不清晰、追责流程复杂、责任人之间相互推诿等诸多问题。

## 第三章 区块链在电力信息通信行业的典型案例

### 3.1 案例一：可再生能源电力消纳

#### 3.1.1 案例背景

##### 3.1.1.1 现状

近年来，可再生能源发电量呈现明显快速上升趋势。2018年，我国可再生能源发电量达到1.87万亿kWh，占全部发电量比重从2012年的20%提高到2018年的26.7%，其中非水电可再生能源发电量占全部发电量比重提高了5.8个百分点。可再生能源的快速发展促进了能源结构优化，非化石能源占一次能源消费比重比2012年提高4.6个百分点。在此进程中，水电、风电、光伏发电的送出和消纳问题开始显现。为解决可再生能源消纳问题，自2017年起，我国先后出台了《国家发展改革委、财政部、国家能源局关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》(发改能源〔2017〕132号)、《国家发展改革委 国家能源局关于印发〈清洁能源消纳行动计划(2018—2020年)〉》(发改能源规〔2018〕1575号)、《国家发展改革委 国家能源局关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》(发改能源〔2019〕807号)(简称《通知》)等一系列政策，要求落实消纳责任。

##### 3.1.1.2 存在问题

随着能源结构的不断优化，可再生能源发电占比不断提高，弃风弃光率也在不断下降，然而我国可再生能源电力消纳仍然存在一些问题。一方面我国可再生能源电力供需仍以省内平衡和就地消纳为主，可再生能源电力的间歇性特性，使得可再生能源发电的成本除了电场的建设成本和接网费用外，还包含新增备用容量和调峰等备用成本。我国可再生能源发电项目上网电价高于当地常规电价的部分以及接网费用，通过向电力用户征收电价附加的方式在全国范围内分摊，而备用等辅助服务相关的费用由省级电力调度交易机构在省内平衡，这导致各省对消纳省外的可再生能源电力缺乏积极性。另一方面在《通知》出台之前，我国出台了一系列政策逐步规范优化可再生能源电力消纳市场，但在消纳可再生能源电力方面缺乏激励且市场机制不够健全。欧美国家将配额制和其他补贴政策配合实施，激发部分企业认购热情，取得了良好的效益。我国对可再生能源电力消纳采取的绿证自愿认购制度。绿证是绿色电力证书的简称，是国家对发电企业每兆瓦时非水可再生能源上网电量颁发的具有唯一代码标识的电子凭证。绿证由于政策激励不够，且中心化管理且只能交易一次，市场化不足导致并没有取得良好的效果，公众对绿证的认购意愿不高。

《通知》中的可再生能源电力消纳保障机制旨在通过设定可再生能源电力消纳责任权重指标，督促消纳困难地区积极采取措施，引导各类市场主体公平承担可再生能源电力消纳责任来解决上述问题，提升各省本地消纳能力，形成可再生能源电力消费引领的长效发展机制，解决可再生能源电力消纳问题，引导用户侧绿色用能。

### 3.1.2 解决方案

#### 3.1.2.1 创新产品

##### 区块链一体机

能源结构变化推动了可再生能源的发展，也向可再生能源消纳提出了更高的要求，为此以区块链为基础的一体机将提高可再生能源消纳率，降低消纳成本。

区块链一体机以区块链技术基础，融合 5G、边缘计算、物联网等新一代信息技术，攻克了终端集成、数据确权共享、链上链下协同、高速可插拔智能合约、异构交互协议等关键技术，利用区块链技术去信任化、去中心化以及安全性等方面的特点，形成“区块链+互联网+物联网”技术和“一体机+微服务”的技术架构，在能源供应企业、能源用户、能源服务商、监管部门各个节点之间构建能源区块链平台，实现能源交易、能源调度、能源服务、监督审计与数据共享等功能。区块链一体机的采用，将解决源头数据真实性无法保证、终端数

据缺乏安全认证、数据隐私保护弱等问题，支持能源区块链服务平台发挥电网企业能源转换枢纽作用，连接电网(大电网、微网)和多元客户侧用电设备，通过能源路由器与能源控制器，实现分布式电力交易、绿证交易、分布式光伏等设备的灵活接入、数据采集和实时调控，全面实现源头数据的可信接入，数据全生命周期的可信流转，打破各环节直接的数据壁垒和业务壁垒，赋能能源业务创新和发展，促进能源行业转型升级。



图 3.1.2-1 一体机与传统部署对比

区块链一体机采用“松耦合”的设计原则，具有超低耗能、体积小、装卸便捷等特点，可在源-网-荷-储多环节进行部署，实现多用户、多市场主体间的赋信；可在生产作业现场、户外设备及杆塔等环境下进行部署，能够适应户外多种恶劣天气状况；可满足图像识别、视频检测、语音识别等人工智能需求，可实现云、边、端协同计算，同时可接入北斗卫星导航系统，实现电网时间基准统一。

区块链一体机主要包括电源单元、主控单元、采集单元、遥信单元、遥控单元、通信单元、人机交互单元和其他扩展单元。其中主控单元是一体机的核心单元，包括区块链服务模块、边缘计算模块、容器管理模块和身份认证模块。区块链一体机采用通用平台设计，突破数据确权共享、链上链下协同、高速可插拔智能合约、异构交互协议等关键技术，支持跨链互信，采用“松耦合”的设计原则在边缘侧进行部署，解决边缘设备接口不统一、源头数据真实性无法保证、终端数据缺乏安全认证、数据隐私保护弱等问题，实现多种应用场景下的终端设备数据的采集、监视、计算、分析、上链存证的一体化解决方案，加速能源工业互联网数字化、智能化建设。



区块链一体机实现数据接入、网络通信、状态感知、实时监控，以区块链一体机为基础，构建能源区块链服务平台，为用户提供区块链公共服务，实现区块链对各类能源业务的有效支撑，促进能源工业互联网的快速发展。

可再生能源电力消纳凭证是电力交易中心统一对可再生能源电力消纳量从源头进行绿色编码，生成可再生能源电力消纳凭证（以下简称“凭证”），每兆瓦时消纳量对应一个凭证，凭证分为水电凭证和非水电凭证，凭证具有唯一编码。由于区块链技术的防篡改、可追溯和节点共享等特点，其融合边缘计算、人工智能、5G、物联网等多种信息技术的区块链一体机，将突破链上链下高效协同的技术瓶颈，破解电网侧与负荷侧信息交互壁垒和难以协同互动的行业难题，实现了对负荷侧数据的采集、监视、分析，将有力保障负荷侧资源辅助服务市场交易的真实可信，构建符合政策和市场要求的可再生能源消纳凭证交易体系。

以绿证为例，利用区块链一体机构建中心化的绿证签发及交易平台，使电能量采集终端采集的数据在用户侧直接上链存证，能够依据用户实际使用的清洁能源利用智能合约自动签发绿证给该用户，解决传统绿证签发平台不透明且手续冗长等问题，可优化绿证签发周期和成本，简化繁复流程。平台利用区块链技术多方协作、数据可追溯性和不可篡改的特点，进一步提高凭证在签发、交易等全流程的透明性与可控性，为凭证增信。通过将消纳责任权重计算公式、消纳责任权重、凭证等信息上链等方式，可有效保证数据的真实性、不可篡改，使各市场主体积极主动承担自身的消纳责任。凭证的发行和交易通过智能合约自动执行，降低了交易中心的人工成本，可提升可再生能源消纳水平。利用区块链技术的核心在于可以将可再生能源消纳凭证上链存证，可以在点对点网络中支撑交易的流程，增加凭证的权威性，实现全程溯源，解决凭证核发流程烦琐的问题，便于生成统计报表。同时可防止虚假交易和重复交易，促进可再生能源消纳。



图 3.1.1.2-2 基于区块链的可再生能源电力消纳架构

基于区块链的绿证交易系统，不仅能够记录各市场主体的消纳量从下发、交易流转到核算完成的全程数据，同时还可以将发电厂、电力交易中心、购电企业以及电量、价格等各种信息附在凭证中，以便用于后续数据分析。基于区块链的物资智能服务应用可以大幅提升物资采购办理效率。使用区块链一体机技术可在点对点的公开网络中进行数字化资产的价值流转。区块链技术可以将绿证进行通证化，与传统的金融资产相比，通证化资产具有可拆分、流动性强等优势。如现价超过 600 元的光伏绿证，被通证化为链上登记资产后，可进行拆分交易，极大增加绿证资产的流动性。

### 3.1.2.2 实施方案

基于区块链构建可再生能源电力消纳保障机制，利用区块链技术多方协作、数据可追溯性和不可篡改的特点，进一步提高凭证在签发、交易等全流程的透明性与可控性，为凭证增信。基于区块链的可再生能源电力消纳解决思路如图 3.1-3 所示，通过将消纳责任权重计算公式、消纳责任权重、凭证等信息上链等方式，可有效保证数据的真实性、不可篡改，使各市场主体积极主动承担自身的消纳责任。凭证的发行和交易通过智能合约自动执行，降低了交易中心的人工成本，可提升可再生能源消纳水平。利用区块链技术的核心在于可以将可再生能源消纳凭证上链存证，可以在点对点网络中支撑交易的流程，增加凭证的权威性，实现全程溯源，解决凭证核发流程烦琐的问题，便于生成统计报表。同时可防止虚假交易和重复交易，促进可再生能源消纳。



图 3.1.2-3 基于区块链的可再生能源电力消纳解决思路

#### a. 凭证签发

为有效保障消纳责任权重的客观公正，依据《通知》规定，国务院能源主管部门组织有关机构按年度对各省级行政区域可再生能源电力消纳责任权重进行统一测算，并结合各省级能源主管部门会同经济运行管理部门等各方面意见，综合论证后于每年 3 月底前，国务院能

源主管部门会向各省级行政区域下达当年可再生能源电力消纳责任权重，各省级能源主管部门根据下发的当年权重制定的本省级行政区域可再生能源电力消纳实施方案，方案内包含年度消纳责任权重及消纳量分配。

可再生能源电力消纳凭证签发流程如图 3.1-4 所示，电力交易平台组织市场主体和发电厂交易，交易完成后，由交易平台向可再生能源超额消纳凭证交易系统同步发送可再生能源市场化交易的物理执行结算结果，权重系统依据交易合同和交易信息，通过区块链智能合约对超额消纳量核发相应的凭证。

此凭证具有唯一编码，内嵌对应可再生能源电力的生产者、生产时间、生产地点、电力电量类别、有效期等信息，电力交易中心对以上内容电子签名（包含签名和电力交易中心身份信息）。凭证上链，返回存证地址；把存证地址再补到凭证上。最终生成的凭证下发写入各消纳责任主体的消纳账户。

凭证被核发时通过区块链标记，并设置凭证失效时间，避免凭证在次年被重复统计，同时通过链上共识，确保发电企业所发的每兆瓦时可再生能源电力只会被核发一次凭证，不会被重复核发。

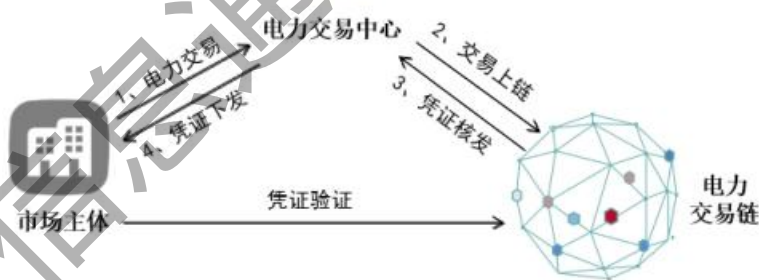


图3.1.2-4 凭证签发流程

### b. 凭证交易

按照《通知》要求，超额消纳量交易可作为各省完成责任权重的补充。因此市场主体可以在凭证交易系统上出售超额完成的凭证，或发起凭证购买信息，利用区块链共识机制满足交易双方价格协商，一旦双方对交易价格达成一致即可通过智能合约自动签署合约。交易执行过程，是用购买方的电子签名覆盖出售方凭证的电子签名。

凭证交易流程如图 3.1-5 所示，市场主体 A 由于未完成消纳量，通过区块链广播发起凭

证/消纳量交易需求，市场主体 B 超额完成消纳量指标，也通过区块链发起凭证出售信息。双方通过区块链达成价格共识后，使用区块链电子合同签署凭证交易合同，并将交易合同关键信息上链。在需求方完成支付后，触发凭证转移合约，该合约执行 A 到 B 的凭证转移，增加一条 B 到 A 的“转移”记录，由 B 对 A 的公钥+凭证进行签名，然后上链，市场主体 A 获取到凭证以及凭证对应的链上地址。同时电力交易中心的可再生能源电力消纳系统中对应的消纳量统计信息也自动发生变化，市场主体 A 已完成消纳量增加，市场主体 B 账户消纳量减小。

为确保各省可再生能源电力消纳量指标完成，规范凭证交易，限制了若所在省消纳量没有达到最低消纳量标准，则该消纳责任主体只能在省内市场交易超额消纳凭证，不能跨省交易超额消纳凭证。

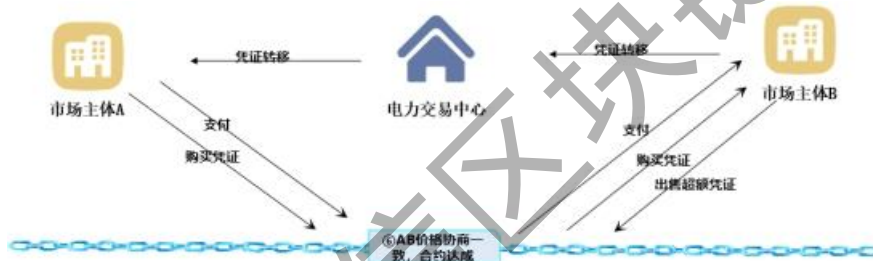


图3.1.2-5 凭证交易流程

### c. 凭证核算

凭证在交易过程中始终带有所属方的电子签名，通过电子签名对责任主体分别统计，就可以生成凭证统计报表，进而核算各消纳责任主体的消纳量。

根据《通知》，自愿认购的绿证也可作为各省完成责任权重的补充，在核算消纳量完成情况时，需计入自愿认购的绿证对应的消纳量。在电力交易中心和可再生能源信息中心之间建立数据共享机制，通过区块链实现凭证交易系统和绿证认购平台的互联互通，当消纳责任主体将认购的绿证相关信息上传到消纳系统，能够快速准确地识别绿证的有效性，一旦判定符合消纳量核算要求，自动计入该消纳责任主体消纳量完成指标，实现消纳量统计报表的快速核算。

### d. 凭证验证与追溯

凭证验证与追溯如图 3.1-6 所示。由于电力交易链全程记录了凭证核发、转移全过程，所以用户都可以对凭证真伪在电力交易链进行验证，追溯核发、转移过程，同时借助区块链



上各个参与方共同对凭证签发、交易、核算等全流程形成有效监管。

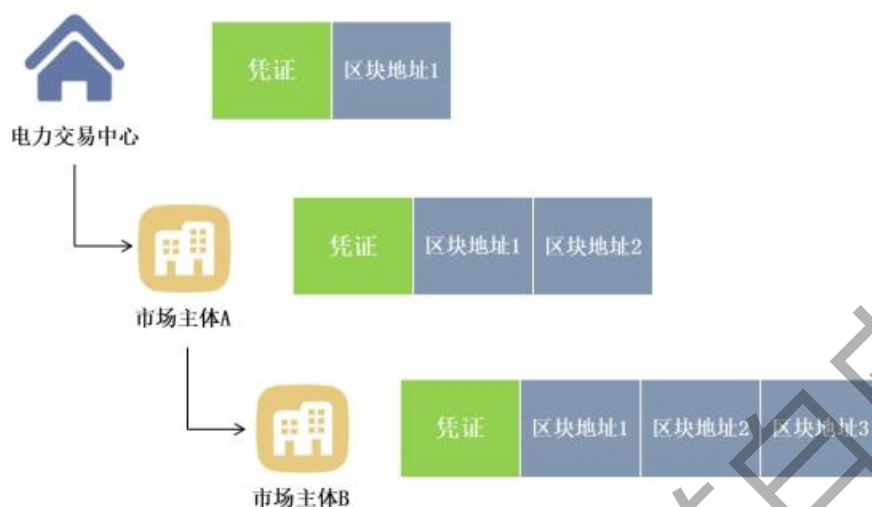


图3.1.2-6 凭证验证与追溯流程

### 3.1.3 应用成效

凭证交易系统，不仅能够记录各市场主体的消纳量从下发、交易流转到核算完成的全程数据，同时还可以将发电厂、电力交易中心、购电企业以及电量、价格等各种信息附在凭证中，以使用于后续数据分析。

北京电力交易中心已组织开展了凭证交易系统的研发，并于2020年7月上线试运行。该系统利用区块链可实现核心数据上链存证、智能合约和凭证管理服务，对内实现权重管理、超额消纳量交易、支付清算、消纳核算等应用，对外提供市场管理、数据申报、查询等服务。该系统利用区块链在接近零成本的前提下实现具备法律效力的身份认证，为百万级市场主体提供便捷可靠的身份认证服务，可节约大量第三方数字证书费用，同时确保消纳量核算交易过程公开透明，实现凭证的全过程管理，降低交易运营管理成本、优化管理流程、提高交易效率。该系统将全面支撑可再生能源电力消纳保障机制的实施，促进清洁能源消纳。

## 3.2 案例二：基于区块链的物资质量检测应用

### 3.2.1 案例背景

#### 3.2.1.1 现状

国网山西省电力公司物资部的质检业务中，参与的检测机构主要包括国网山西电科院、山西电力忻州检测中心、山西电力阳泉检测中心、山西电力临汾检测中心、山西电力长治检测中心。各地市检测中心开展质量检测业务主要依靠就近原则，出具质量检测报告后由国网山西电科院进行复核，复核后该质量检测报告具备相关效力。各检测机构的设备状态评价系

统来自不同供应商，存在系统隔阂，且质检数据保存在本地，原有系统主要适配检测硬件使用，改造难度大。因此，缺乏检测机构质检数据安全可信的共享环境。

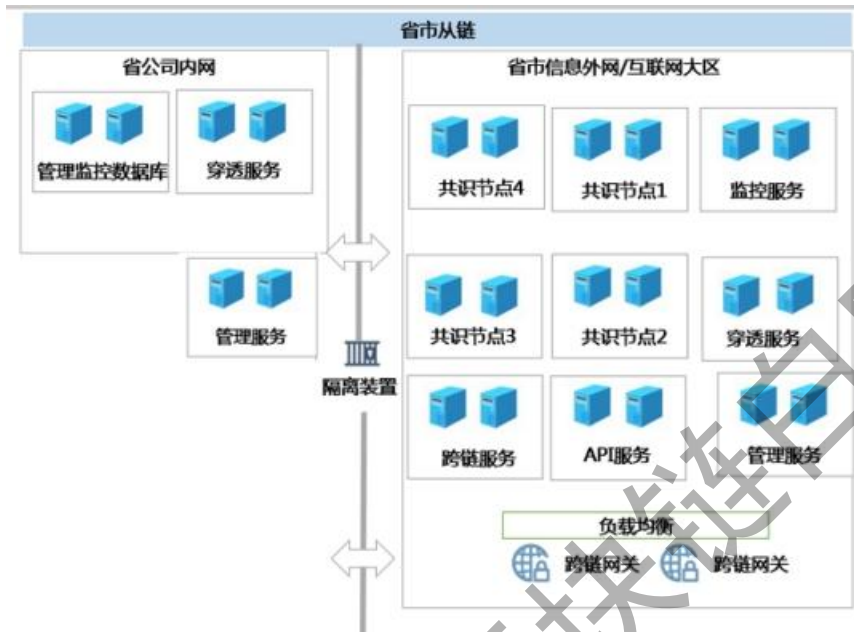
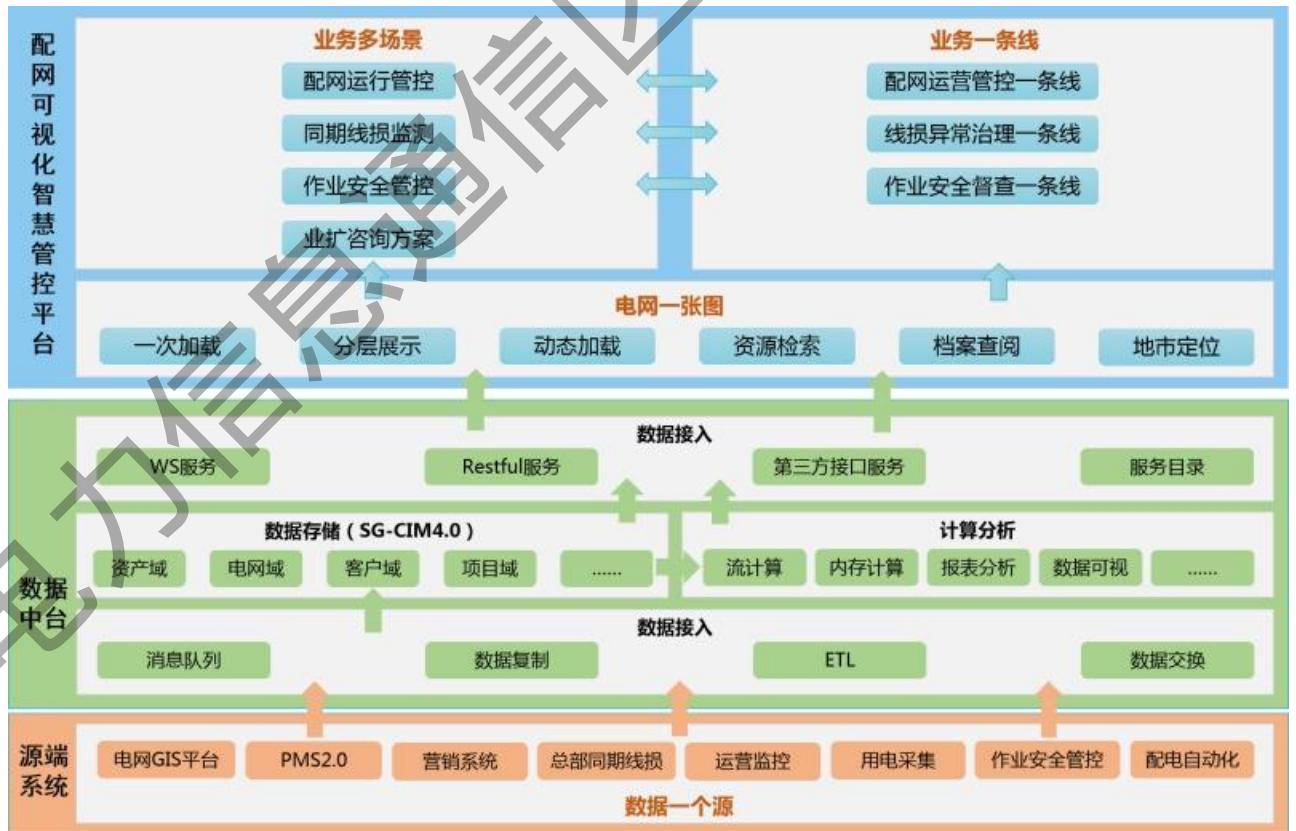


图 3.2.1-1 省从链部署图



### 3.2.1.2 存在问题

a. 物资设备在生产、采购、检测等环节经过多方参与，数据追踪效果差，传统模式多为线下协同更是难以追溯可信信息。物资设备品质差现象在物资领域诟病已久，物资设备流转



全流程信息不透明，各参与方信息不公开，物资设备的产品质量无法保证。质检报告文件容量大，数量多，邮件形式留存保存全量历史文件，不便于追溯。

b. 亟需解决不同质检系统间对质检数据求而难得、享而不能的难题。缺乏对质量检测数据共享安全的保护，质检数据没有共享自动化、智能化的实现途径；缺少对质检数据和查询操作记录进行全流程监管。通过邮件形式发送质检报告，查收不及时，且一份文件需要向多个参与方发送。各参与方反馈信息不能及时汇总，极大降低协作效率。

c.：传统验真技术难以保证取得的质检报告的完整性、关联性、合法性，用户无法知晓质检报告是否可信。对于需要验真的质检报告，目前传统的验真流程尚未成熟，对于用户提供的质检报告难以验真，而请检测机构人员进行验真则会因为效率较低而导致验真时间较长。



图 3.2.1-2 业务架构图（随文本调整大实施方案中）

### 3.2.2 解决方案

#### a. 质检数据全面感知

质检业务中检测机构包括国网山西电科院、山西电力忻州检测中心、山西电力阳泉检测中心、山西电力临汾检测中心、山西电力长治检测中心，检测机构所产生的质检数据均存储在本地系统中。通过区块链技术构建多节点参与的质检数据共享环境，并针对上链的质检数据进行统计分析。

a) 通过图表对区块链应用数据和关键业务数据进行展示，并可查看上链数据历史变化情况以及详细分类情况。

b) 对接各检测机构的物资设备质检系统，基于共识机制保证质检数据的可信安全共享。

c) 对检测机构的上链质检数据进行统计分析，比如物资质量监督抽检是否覆盖“三个百分百”（中标供应商 100%抽检、每个批次 100%抽检，物资品类 100%抽检）、整体抽检的数量、单个供应商抽检计划情况、多维度的分析等。

b. 抽检订单全程跟踪

抽检计划下发检测机构后，实时获取每个检测机构节点的抽检订单状态信息，为省公司物资部提供抽检订单处理进程跟踪，并将抽检计划上链存储，建立抽检计划和质检任务之间的映射关系。同时，编码智能合约为供应商/检测机构进行积分交易。

a) 获取每个质量节点（检测机构）的数据上传情况，为省公司物资部在供应过程提供订单进程追踪与供应商物资设备的质量追溯提供信息。

b) 通过智能合约进行积分交易，将供应商/检测机构上链情况相关联，由系统分配初始积分给到各供应商/检测机构。积分根据供应商/检测机构的抽检报告结果动态变化，通过供应商/检测机构获得的积分作为其物资质量的参考，在满足物资质量监督抽检覆盖“三个百分百”的条件下，对积分多的供应商可以适当减少抽检物资设备的数量。

c) 上链报告质量追溯。利用智能合约对上链的质检数据进行交叉验证，增加质检管控中各方对于质量检测数据的共识，进而构建互信度高、问题溯源清晰的质量追溯体系。

(a) 对获取的配电变压器抽检计划数据、招标参数数据、技术标准数据、抽检的质量数据等，使用国密算法保真存储，即从检测机构产生到上链存储过程中质量检测数据的固化，保障质量检测数据真实可信、公开透明、不可篡改。

(b) 利用智能合约对技术标准与检测数据、招标参数与检测数据进行交叉对比校验，进而在确保区块链对数据保真存储的同时为质量管理提供校验分析依据。

(c) 将检测机构与其提供质检信息绑定，通过在区块链网络中运用共识算法，增加省公司物资部、检测机构、供应商对上链数据的共信、共识。

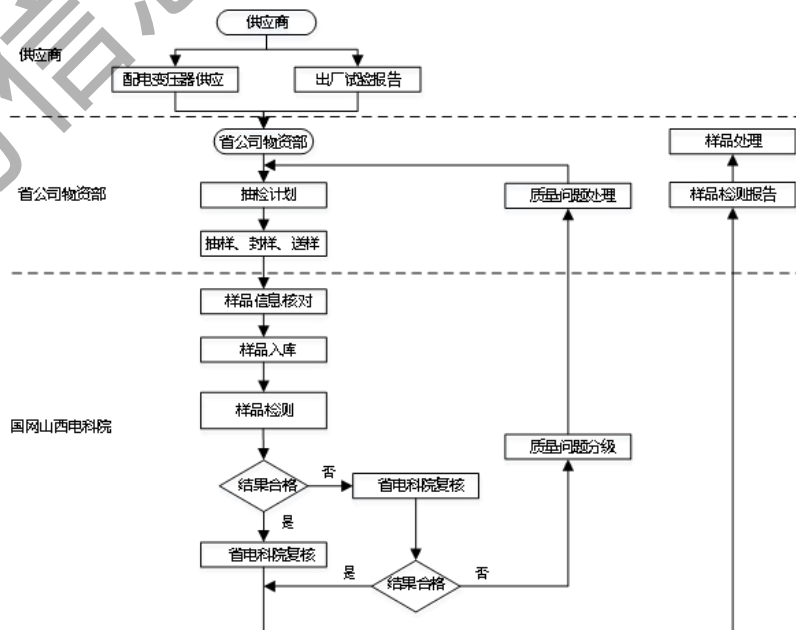


图 3.2.2-3 质量检测业务流程图

### 3.2.3 应用成效

#### a. 管理效益

区块链在物资质量管控方面表现出强大的应用能力，能够打破现有不同系统间的数据壁垒，实现多主体信息一致，保障业务相关方的信息安全一致。解决传统信息在不同主体流动时大量繁琐的审批工作，提升业务处理效率。

#### b. 经济效益

基于区块链技术，在电网公司、检测机构、供应商之间建立一个安全透明的信息平台。将物资抽检过程中的关键信息和数据进行上链存储，实现电网公司、供应商、检测机构之间的信息一致，维护多方主体间的信任关系，提升电网公司采购物资产品质量，为电网公司带来巨大的经济效益。

## 3.3 案例三：浙江电力可信身份认证

### 3.3.1 案例背景

#### 3.3.1.1 现状

国家电网公司信息化应用按照由内向外的方式转变，随着网络接入用户不断增加，公司和自动缴费的业务应用中，用户大量增多，尤其是智能电表以及自动缴费等业务的应用，导致整体用户量提高，用户接入网络带来的权限、内容和数据等风险逐渐变大，在新的发展形势下，用户的可信身份认证管理成为重点和关键，可信身份认证作为安全管理第一道关口，建设需求日益迫切。

#### 3.3.1.2 存在问题

当前的账户管理方式相对简单，针对当前网络信息安全等方面问题，整个阶段安全性都会受到影响，很难满足电网核心业务的整体要求。

面对日益严峻的安全问题，需要建立核心业务身份体系和方案，实现对用户身份、行为等追溯能力，确保整个过程的有效性。

现有的身份认证以及管理手段导致个体身份和现实身份等对应问题增多，急需建设以受众为中心，以多形态和多区域的身份管理为基础的电网核心业务形式，提高服务技术能力。

#### 3.3.2 解决方案

### 3.3.2.1 创新产品

#### 基于区块链的聚中心化可信认证平台

区块链是分布式数据存储、点对点传输、共识机制、加密算法等计算机技术的新型应用模式。这种新型应用模式的应用理念，是通过打破集中管理模式，在生产关系中追加“信任”熟悉，实现新模式的拓展；而从本质上讲，它是一个共享数据库，存储于其中的数据或信息，具有“不可伪造”“全程留痕”“可以追溯”“公开透明”“集体维护”等特征。区块链这种新型应用方式虽有着强大的信任基础，但也存在着无形的制约，例如典型代表比特币这种乌托邦式的去中心化系统，核心实现的思想是脱离监管，虽然形式新颖，但从管理角度来说并不被现实接受；基于管理使用的理性，区块链的应用现实必然是建立起以聚中心为核心指导思想的联盟链形式，通过联盟链聚合多方将涉及利益（含社会效益和经济效益）的多方权威主体，用有限节点链接且支持用户参与监管，融合各方信誉体系，重构强相关数字业务流程，节约由于信用带来的业务成本，同时实现数字世界的信任传递，成为现实与理想的产物。

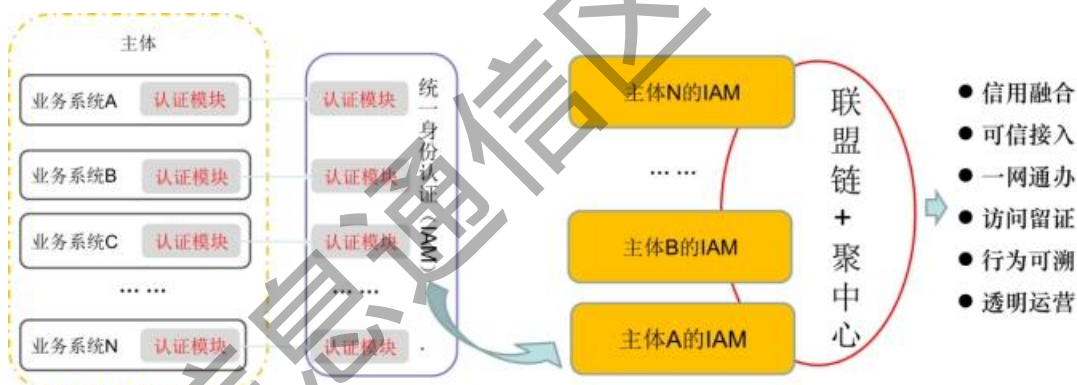


图 3.3.2-1 聚中心化可信认证实现形式

基于区块链联盟链的核心指导思想，结合主体内部业务系统认证模块独立、业务办理入口复杂多样的实际情况，设计利用 IAM（统一身份认证），结合联盟链构建主体内统一系统认证入口，通过将多主体的 IAM 系统聚合，构建聚中心的可信认证体系，实现业务一网通办的能力，在保障兼容用户隐私的同时，实现跨主体系统间业务融合，打造出基于自主研发的联盟区块链型软件产品——飞渡区块链服务平台的聚中心化可信认证平台。

### 3.3.2.2 实施方案

#### a. 基于区块链的聚中心化可信认证平台总体逻辑架构

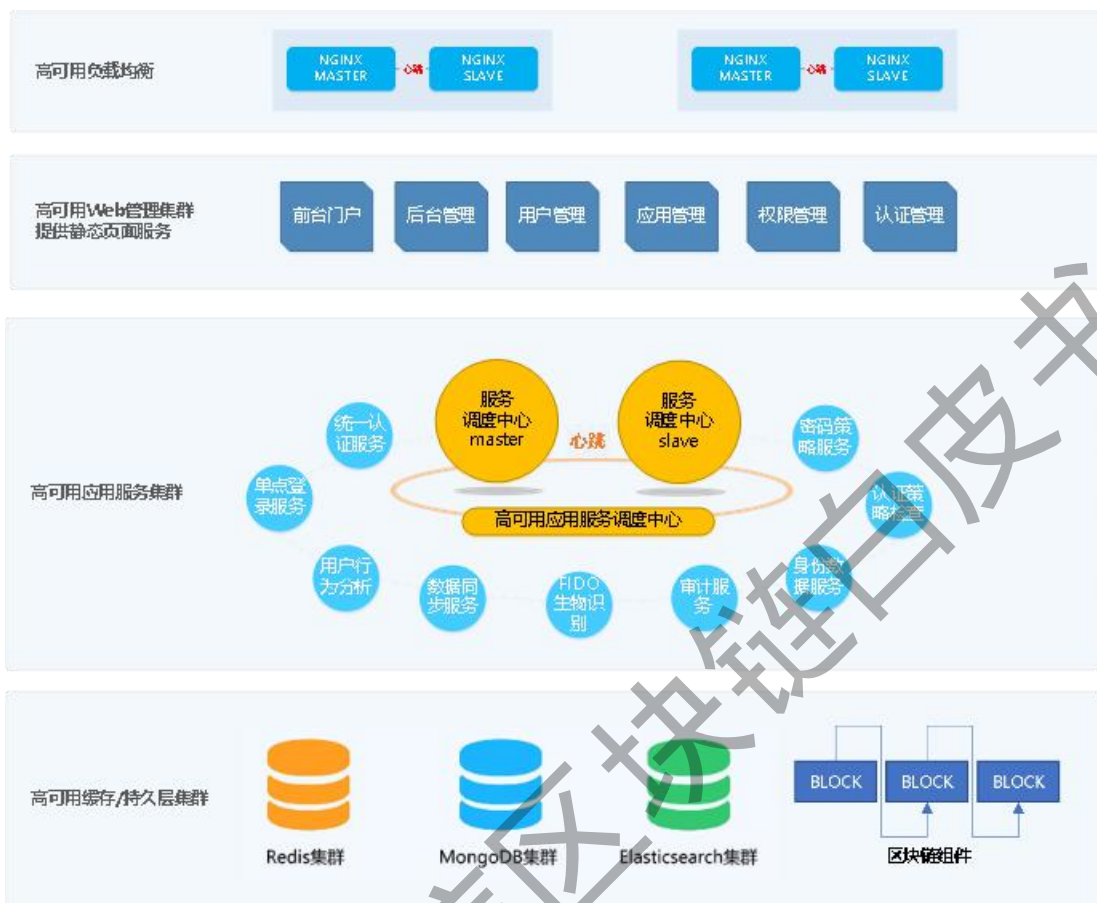


图 3.3.2-2 平台总体逻辑架构

a) 采用具有完全的自主知识产权的联盟链“飞渡链”，搭建底层区块链服务平台，该平台主要使用区块链分布式账本技术，通过部署多个区块链共识节点，建设可信的数据共享交换服务体系。解决传统多主体、跨安全域的业务模式下各主体间的数据安全赋能定制、数据安全交换、数据安全共享、数据安全交易、数据安全下载等问题。

b) 采用互联网新技术：文档数据库，搜索引擎，无状态集群部署等轻量级构架。

c) 4层高可用架构：负载均衡层，WEB层，微服务层，持久层全部高可用，保障服务持续性。

d) 分布式部署：支持两地三中心异地多活跨地域部署模式。支持云部署、Docker部署、传统物理机部署。

e) 水平扩展能力：支持亿级别用户量，分布式部署模式可通过水平扩展使RT、QPS、用户量呈线性增长。

f) 性能报告：实测1000万用户，每个用户200个应用账户，QPS10K。

g) 前后台分离：后台完全API化，灵活支持与其他系统的对接。



b. 基于区块链的聚中心化可信认证技术及原理

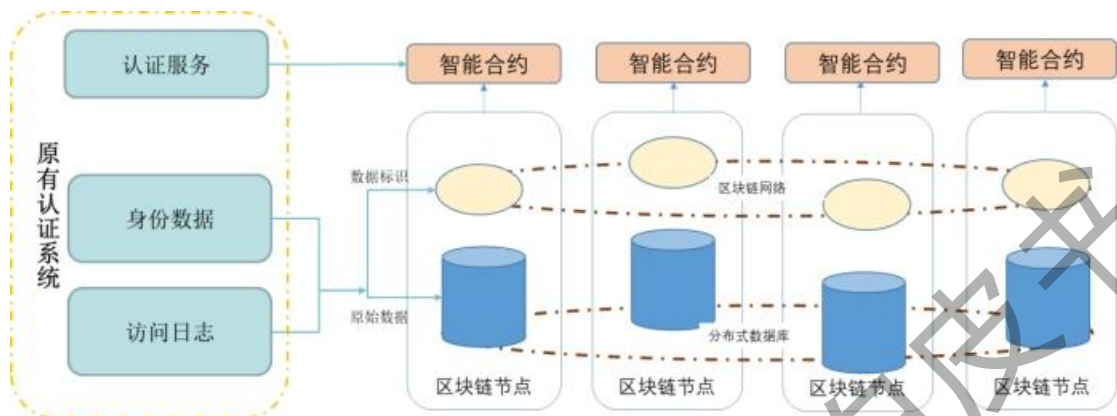


图 3.3.2-3 聚中心化可信认证实现原理

聚中心化可信认证平台将 IAM 数据（身份信息、访问日志等）和服务（认证服务等），与区块链平台进行融合，采用链上标识、链下数据的优化存储方式，将身份和访问日志数据进行链上存储，共享在链上的信息为哈希加密的数据标识，数据量小，便于上链和管理，通过将链上数据标识进行解密，可对应查找链下存储完整的数据信息，既实现数据对应防篡改的能力，又提高了数据上链的存储效率；将认证服务内嵌入智能合约，进行合约化控制认证解析与权限控制，实现全程可信监控。

c. 基于联盟链的聚中心化可信认证平台技术实现



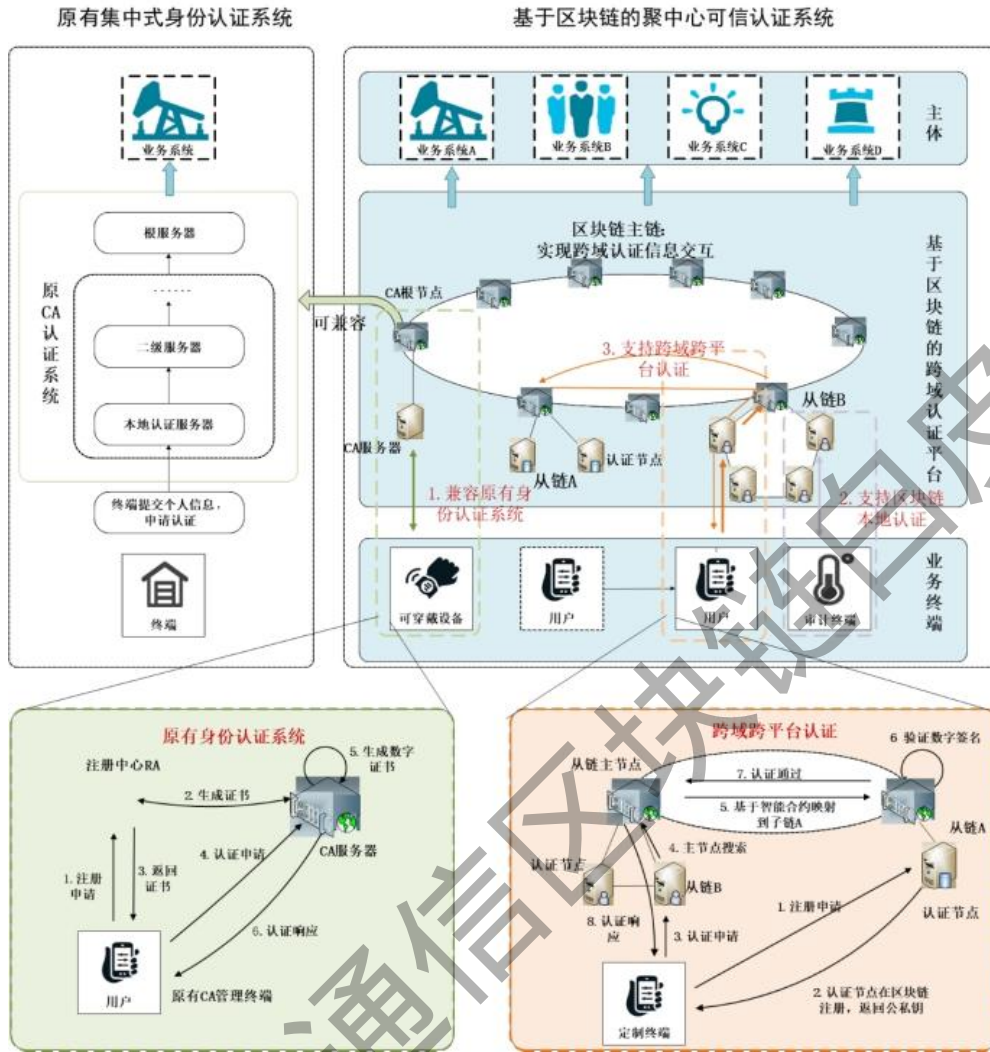


图 3.3.2-4 聚中心化可信认证平台实施架构

a) 充分考虑单链架构在实现跨行业间认证服务融合过程中, 存在一定性能上的不足, 我们率先在聚中心化可信认证平台引入主从链架构, 灵活扩展认证系统。

b) 聚中心化可信认证平台利用主链实现身份跨系统、跨行业的内外网统一映射, 通过将联盟链部署于云平台上, 实现区块链即服务的理念, 提供认证解析等跨域认证能力。

c) 在链上实现认证信息跨域共享与身份认证的映射, 规范跨域认证流程与访问日志管理, 提高跨域认证的透明度及可信度。

d) 基于智能合约, 利用智能合约实现认证系统的 DNS 解析, 构建解析认证服务。

e) 融合主流认证服务能力, 构建基于安全策略的可信认证方式组合服务。

f) 兼容原有身份认证模式, 有效降低系统升级换代所需的额外工作量。

d. 基于联盟链的聚中心化可信认证平台技术特点

a) 自主知识产权的下一代 IAM 平台：流式数据转换处理技术；基于区块链的跨区域分布式认证技术；数据库跨机房多写多活及冲突检测技术；基于微服务的代码封装技术；独创的认证协议透明转换技术；

b) 基于区块链的可信身份产业应用推动者之一：可信共识节点认证加入机制；基于可信共识节点的共识算法引擎实现毫秒级共识。

### 3.3.3 应用成效

建设成效：构建基于区块链的聚中心化可信认证平台，实现链上用户身份信息可信认证、身份信息跨域共享、认证解析等跨域认证能力，实现数据交互及处理结果的安全、互信、透明、可溯源。通过基于业务需求和链式技术架构进行自主知识产权的区块链底层技术的研究，分别对区块链分布式存储、区块链构建、共识、智能合约、监控、链上认证信息跨域共享与身份认证等技术模块进行分层递进式研究，形成稳定且易于扩展的聚中心化可信认证数据链提供技术支撑，具体建设实现内容如下：

a. 基于区块链聚中心化可信认证能力进行研究，借助智能合约技术，将认证服务，内嵌入智能合约，进行合约化控制认证解析与权限控制，在链上实现认证信息跨域共享与身份认证的映射，提高跨域认证的透明度及可信度。

b. 实现用户与电力交易的透明性、安全性，将相关日志以链上标识、链下数据的优化存储方式，进行存储管理，实现日志数据的不可篡改、全程留痕、可以追溯。

c. 结合云端认证服务以及多种组合认证，通过智能合约将可信身份和不同安全策略的可信身份认证模式结合在一起，实现多重安全等级认证处理。

## 3.4 案例四：区块链+电子合同

### 3.4.1 案例背景

#### 3.4.1.1 现状

2020 年以来，在抗击新冠肺炎疫情期间，人们很快进入线上交易、远程办公、在线教育等数字化新生活，这一转变的背后，得益于数字经济的快速发展。而数字身份，正是保障数字经济安全的信任基石。新冠肺炎疫情使得电子签名、电子合同从一个“非主流”的应用，逐渐变成了企业数字化转型的必需品。2020 年 5 月 25 日，最高人民法院院长周强在 2020 年全国两会(十三届全国人大三次会议)上作最高人民法院工作报告(以下简称《工作报告》)，提出诸多与电子签名行业息息相关的数据和政策。《工作报告》指出，2019 年，最高人民法院积极推动司法大数据、区块链等技术深度应用，建成全国统一司法区块链平台，创新在线存证方式，在执行中应用区块链智能合约技术，提高执行规范化水平。

供用电合同明确了供用电双方在供用电关系中的权利和义务，是双方结算电费的法律依据。供用电合同的分类包含：生产经营性合同（高压供用电合同、居民供用电合同、委托转供电协议）、生活消费性合同（低压供用电合同、临时供用电合同、趸售电合同），此外还包含直购电合同、市场化交易合同、居间合同等。供电企业和客户应当在正式供电前，根据客户用电需求和供电企业的供电能力以及办理用电申请时双方已认可和协商一致的文件，签订供用电合同。目前供用电合同的签署方式还是采用传统纸质合同的方式，存在诸多的问题。

### 3.4.1.2 存在问题

随着信息化的快速推进，诉讼中的大量证据以电子数据存证的形式呈现，电子证据在司法实践中的具体表现形式日益多样化，电子数据存证的使用频次和数据量都显著增长。不同类型电子证据的形成方式不同，但是普遍具有易消亡、易篡改、技术依赖性强等特点。

传统电子合同有以下痛点：

- a. 传统电子合同在备份、传输过程中易受损，导致合同的可信度降低；
- b. 一旦产生纠纷，对传统电子合同出具司法鉴定报告的取证流程复杂，效率低下；
- c. 传统电子合同可能被复制多份，若被修改以后难以核对原始版本；
- d. 传统电子合同中的交易主体的保密信息不能得到有效保护。

区块链技术特有的不可篡改、不可抵赖、多方参与等特性，与电子数据存证的需求天然契合，并且在我国区块链存证技术手段是得到司法解释与认可的，区块链与电子数据存证的结合，可以降低电子数据存证成本，方便电子数据的证据认定，提高司法存证领域的诉讼效率。

### 3.4.2 解决方案

利用区块链多中心化特性，避免营销用户供用电等合同被篡改，实现营销用户供用电等合同存储过程中的一致性和有效性；可将区块链中的数据作为证据直接使用，免去证据获取和有效性证明等繁杂流程；保证营销用户供用电等电子合同从生成到签订，再到最终的存储全生命周期的有效溯源；保证签约时间明确且唯一。实现签署过程中营销用户供用电等合同内容上链、关键数据存证读取等各环节的全链条记录，签约主体身份信息合规性验证，合同规范性及变更管理，同时签署完成后，再利用哈希值对数据进行加密固化，有效防止了文件内容数据篡改，确保电子数据的原始性、客观性，保障企业合同签署安全。

为实现供用电合同的可信存证与确保其法律可信度，基于区块链技术不可篡改、公开透明、全程留痕等技术特性，构建供用电合同可信存证平台，一是完成供用电合同链上可信存证平台建设，合同的链上可信防篡改存证；二是实现合同电子数据的司法背书，解决传统合

同电子存证数据易被破坏、篡改痕迹不易发现、存证流程复杂及缺乏法律可信度等问题；三是规范了供用电合同电子数据存证形式，建立合同电子证据链条，防止合同电子数据无序杂乱存储带来的管理弊端，杜绝合同电子数据丢失和重复存证，为业务运营规避风险，为公司内部审计、外部督查、违约责任判定、合同争议等提供自证清白的有力证明；四是大幅降低公司在数字化经营过程中带来的供用电合同电子数据管理成本、有效保障营销业务开展过程中的合法合规，提升司法诉讼效率；五是利用区块链非对称加密等技术实现用户信息的安全保护，防止信息泄露。

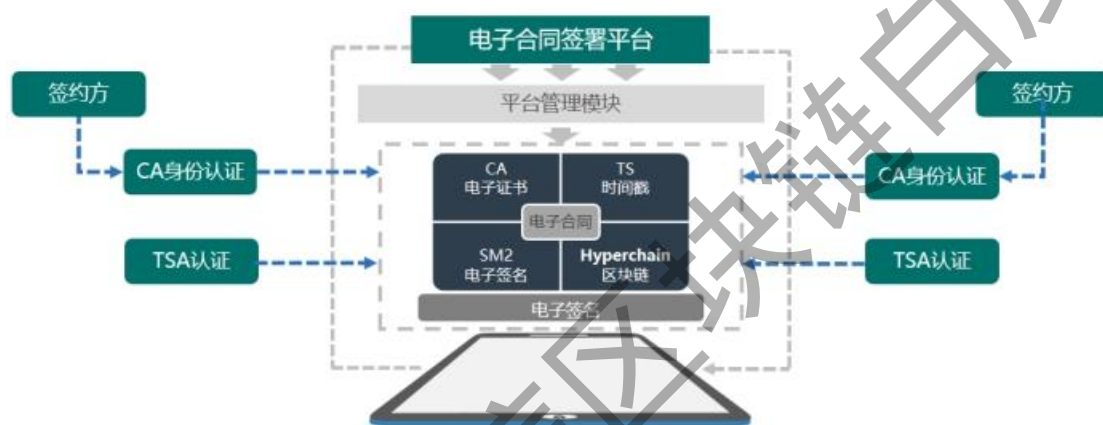


图 3.4.2-1 电子合同签署平台

存证流程. 第一步，合同数据上链存证。将高压供用电合同、低压供用电合同、居民供用电合同、委托转供电合同、临时供用电合同 5 大类合同分别进行打包处理，打包内容包括客户档案信息、合同条款信息、意愿确认三大类信息，将打包后的数据进行哈希运算生成数据摘要；同时对该数据摘要贴上数据标签，包括用电户号、用电人、供电人、合同类型、合同编号、签署时间、合同有效期，以明确该打包数据摘要的对应合同主体。之后将打包的数据摘要信息经过共识后上链存证，利用区块链不可篡改的技术特性保证存证的数据无法被篡改。合同数据真实性验证。如果是在电网侧，通过对打包数据进行再次哈希运算，将新运算生成的哈希与链上存证的哈希进行比对，以此来检验数据是否被篡改。同时定期对所存证的合同信息进行轮询查验，一旦发生非法变更的情况，能够进行预警提醒。如果是在用户侧，因为合同信息涉及到用户的隐私信息，然而用户侧的应用只能在外网上，所以外网上不放涉及用户的隐私及敏感信息，只产生存证的相关区块链信息，区块链信息不涉及隐私保密的问题，当用户需要对合同存证信息真实性查验时，只需要将打包的单个数据上传进行哈希运算，然后与链上存证的哈希进行比对以验证其真实性，并生成验证结果报告。



### 3.4.3 应用成效

区块链技术在供用电合同存证方面的应用主要解决电子合同的“存”、“信”、“查”三大核心问题。一是解决数据存证问题。合同信息一经上链存储，便无法被篡改，且数据在所有节点复制，不会丢失，从而满足电子证据司法存证的需求。二是解决数据信任问题。永久不可更改的、基于时间戳记录的区块链电子合同数据网络，能增强数据可靠性和公信力，降低签约过程追溯、法律服务的成本和难度。三是解决数据查询问题。将合同信息及用户实名信息的数据摘在区块链上进行存证，一旦发生纠纷，可以从链上对数据真实性进行验证，能够有力地保障供用电双方的利益。

确保每份电子合同安全无忧，风险可控。严格按照《中华人民共和国电子签名法》及相关性法律法规要求执行，实现实名认证、在线签署、意愿验证、合同存管、证据链保存、诉讼支援等覆盖电子合同全生命周期的专业服务。

确保每条电子数据安全可靠，存证可寻。采用区块链应用技术，确保其安全、合规、不可篡改。提供区块链流程存证、举证服务，通过对接公证处、仲裁委、司法中心、CA机构等多家司法机构，直接参与保全链上，实时公证监督。

确保每项合同管理高效智能，清晰便捷。通过在线化的合同准备-发起-接收-保全-存证-归档管理模式，以及印章分类管理、权限设置、用印应用的智能管理模式，确保企业印章使用的合规、高效，帮助企业解决了传统纸质合同管理繁琐、远距离签署缓慢等问题。

## 3.5 案例五：基于区块链的分布式微网电力公平交易系统

### 3.5.1 案例背景

#### 3.5.1.1 现状

随着国家对电力市场改革的推进及分布式发电技术的飞速发展，分布式发电设备将迅速进入各个小区，大量的电能用户或电能企业将购买分布式发电设备进行电能的自产自销，而大量分布式电能产消者的产生将加大电网负担。当今相关部门对分布式电能产消者所产出电能进行电能补贴的形式购入大电网，该情况下电能补贴价格较低且不够灵活，将打消分布式电能产消者的产能积极性。因此，当务之急就是建立一个分布式的、可信高效的交易机制。

#### 3.5.1.2 存在问题

当前，传统供电系统存在以下问题：一是传统供电体系电源传输过程长、损耗高、中心化采集交易成本高；二是，由于电力体系市场竞争不充分，电力交易不灵活；三是，不能整合零散的资源，在交易过程中出现能源的浪费。

### 3.5.2 解决方案



### 3.5.2.1 创新产品

本方案在分散独立的发电单元、用电单元、储能单元间进行自主电力公平交易，解决数量庞大、形式多样的微网供电、用电单元管理效率低、交易公平性不足等问题。

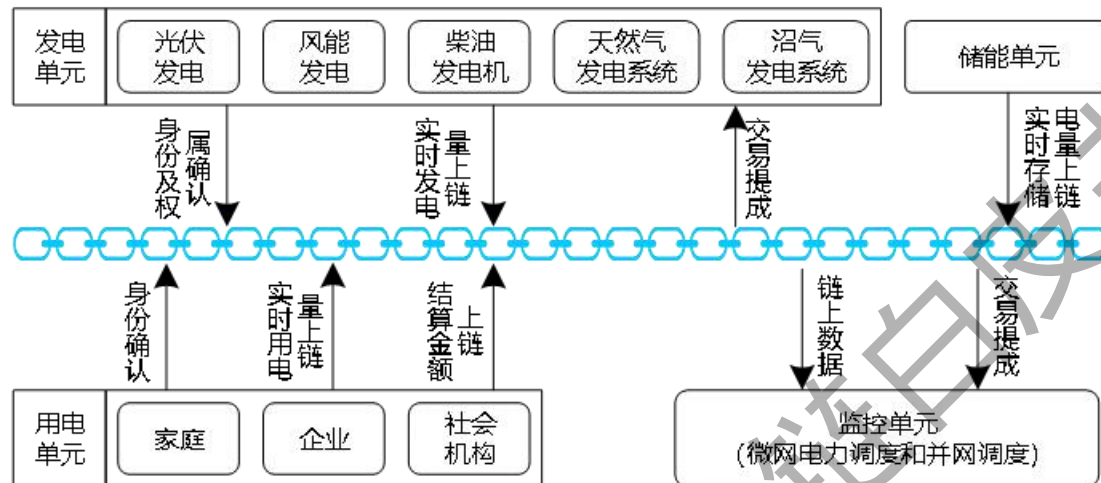


图 3.5.2-1 基于区块链的分布式微网电力公平交易系统

### 3.5.2.2 实施方案

交易系统的电网参与者包括用电单元、能源提供方（发电单元），平台运营方、监管单元等。方案将区块链的分布式存储、智能合约、点对点交易技术融入电力交易业务，利用智能合约撮合交易策略，实现微电网内分布式电力交易且数据上链，交易数据存储后不可篡改，实现发电、用电和电力交易全程监控。

以下是整个系统的运行流程：

a. 发电单元信息上链

能源供应方（发电单元）将发电信息和供给信息安全传输上链和确认，所有电网参与者在进入平台之前都需要进行严格的身份认证。

b. 购电信息发布

购电信息发布指电网用户（用电单元）将用电需求发布和上链。

c. 电力传输和配送

电力的传输和配送模块包括发电、输电、配电和用电等环节。

d. 配电规律模型创建

通过分析链上的发电、用电量的历史数据规律，系统创建配电规律模型和规则，根据地理位置和能源使用偏好快速配对交易对象。

e. 用电交易模块

该阶段是方案的核心阶段。通过区块链和智能合约技术，实现点对点的按需匹配的用电交易，最大限度的减少对中介机构的依赖。利用区块链传感器和控制器实现安全的中心化的数据管控，并大幅提升电网的供需弹性。

买卖双方首先提供需求价格，通过交易对象最优化匹配模块，快速确定电力订单。此外，交易阶段中，电力消费者和发电者均需根据交易结果向系统预先转账费用，以便后期随着电力交割实现自动结算。

#### f. 电力交割模块

该阶段中，分布式发电方需根据交易协议发电，购电用户需要对所购买电量的交割份额进行确认，以支撑后续的费用结算。

#### g. 费用结算模块

该阶段中，各交易参与者所安装的智能电表采集其发电量、用电量等数据，自动触发结算。省略交易复杂繁琐的流程，提升交易效率。

本方案通过区块链平台整合了零散的微网资源，从构建分布式能源体系构建角度出发，构建以区块链为基础、可信身份认证为底层、数据可信存储为核心、可信智能交易为底层应用的一体化微网电力交易原型系统，将区块链的分布式认证、分布式存储、智能合约、点对点交易等技术纳入能源交易业务，符合微网内身份管理、可信存储、电力智能交易、储能实时追踪的要求，能够保证交易参与方的真实性、交易的安全性、自主性和透明性，优化交易流程，提高交易效率。

### 3.5.3 应用成效

当前本方案已完成了微网支付交易的主要模块，包括可信身份认证、电力智能交易、流程溯源追踪，交易对象最优化匹配、多微电网跨链交易等。

实施后，将使微电网内部电能能够得到合理地分配，并且能够更好地分担电网压力，并对电网起到调峰的作用。在保证电力交易的安全性、实时性的同时，将通过对实时交易调度模型进行优化，提高微网能源利用率，增加微网经济收益并节约能源。

分布式微网电力公平交易系统在很大方面都存在优势。一方面，微网电力系统建成后，将降低能源成本从而提高经济收益，在分布式交易系统的加持下，将极大的简化交易步骤，提升效率，在能源需求和交易方面具有相当巨大的优势，进一步增加经济收益。另一方面，微网电力交易系统可以直接促进其他节能减排措施的实施，满足人们对用电的多样化需求，带来更多的社会效益。

## 3.6 案例六：区块链在电力金融领域的应用

### 3.6.1 案例背景

#### 3.6.1.1 现状

电力金融作为一种金融业态，是电力能源市场逐步与金融市场互相渗透、彼此融合的产物。在这个过程中，电力能源的金融属性不断发展、深化，金融市场的广度也进一步得到延伸和拓展，金融市场的资源配置功能也进一步得到增强。电力金融市场作为一种高级的电力市场业态，具有价格发现和规避风险的市场功能，凸显引导社会资本投资电力市场的融资功能，还能促进电力市场的公平有序竞争和电力市场的平稳运行。

2020年2月24日，工信部发布《关于应对新型冠状病毒肺炎疫情帮助中小企业复工复产共渡难关有关工作的通知》。通知强调，积极推动运用供应链金融、商业保理、应收账款质押、知识产权质押等融资方式扩大对中小企业的融资供给。

2020年3月26日，银保监会发布的《关于加强产业链协同复工复产金融服务的通知》。进一步加大金融服务实体经济力度，推动产业链协同复工复产提出了六方面具体措施。包括：加大产业链核心企业金融支持力度、优化产业链上下游企业金融服务、加强金融支持全球产业链协同发展、提升产业链金融服务科技水平、完善银行业金融机构考核激励和风险控制、加大保险和担保服务支持力度。

2020年4月10日，商务部等8部门联合印发《关于进一步做好供应链与应用试点工作的通知》。《通知》要求：要充分利用供应链金融服务实体经济。支持试点企业基于真实交易场景，根据需要开展应收账款、仓单和存货质押和预付款融资。提高企业应收账款的透明度和标准化，持票企业可通过贴现、标准化票据融资。银行业金融机构要加强与供应链核心企业合作，支持核心企业通过信贷、债券等方式融资，用于向中小企业支付现金，降低中小企业流动性压力和融资成本。

根据统计数据显示，2020年可能会达到27万亿的市场规模，总体呈现出不断增长的态势。目前线下业务仍然占大多数，线下转移到线上还有很大增长空间。

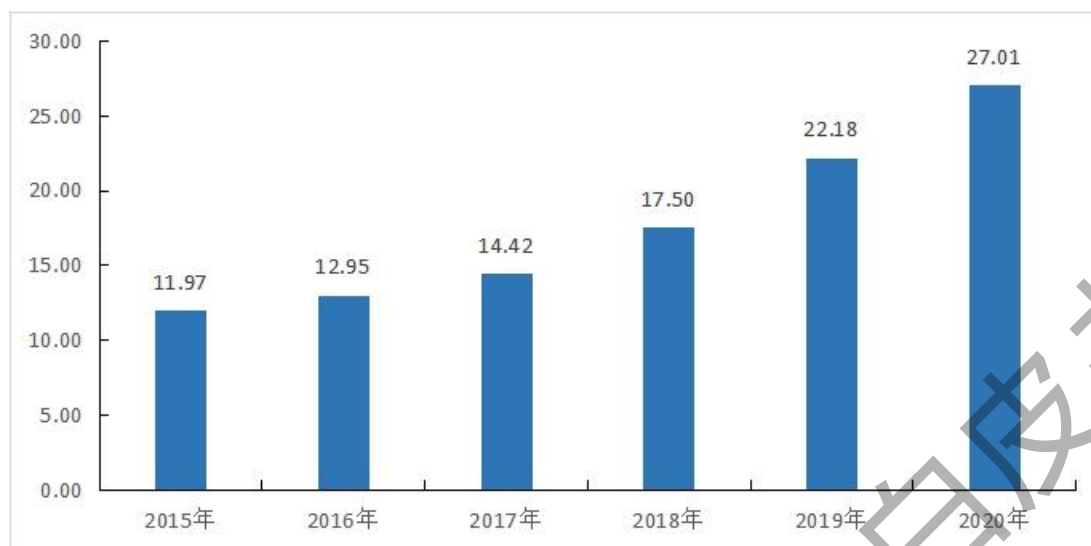


图 3.6.1-1 2015-2020 年中国供应链金融市场规模

### 3.6.1.2 存在问题

在电力应收账款融资中，目前存在一些痛点：

a. 融资体系中企业之间的 ERP 系统互不相通，企业之间处于信息割裂状态，信息透明度较低，存在明显的信息孤岛，合作信任缺失，安全性较低，这会严重影响企业之间的合作，不利于整个电力行业的发展。

b. 履约风险无法有效控制。在买卖双方、融资方和金融机构之间进行结算时，违约风险存在，即融资方在收到款项后，可能会不偿还银行贷款，导致金融体系遭受破坏，不利于金融市场稳定发展。

c. 存在重复融资问题。融资企业会凭借自身的信息优势同时向几家金融机构申请融通资金，一旦无法还款时，这些金融机构则会面临危机，不利于金融稳定发展。

d. 融资难、融资成本高且融资效率较低。融资企业想要获得银行的贷款，必须向银行提交相关材料进行申请，且银行需要对融资企业进行详细的审查并确定授信额度，审批程序繁琐复杂，财务处理过程冗杂，整个流程下来会耗费大量的时间成本，以及到期还款时结算效率较低。

e. 电力应收账款融资业务中核心企业信用只传递到一级供应商，不能在整条供应链上做到跨级传递、不能拆分，且可信的贸易场景只存在于核心及其一级供应商之间，缺乏丰富的可信贸易场景。

### 3.6.2 解决方案

将电力应收账款中的所有流程，包括一/二级供应商、核心企业、销售商与投资商和金

融机构以及监管机构等多方之间产生的交易数据及时准确地上传到分布式的区块链账本上，让链上的参与方可以实时并且低成本地查询到关联方的信息，能够高效率地增加彼此之间的信任，有助于供应链生态圈的建设。同时，通过不可篡改、可追溯的特性使得链上身份信息和交易数据能稳定且真实地保存在链上；使用分布式共识机制达成一致性，防止恶意节点的攻击，除非能控制一大半的节点，否则很难篡改信息，且篡改成本很高。并且提前将智能合约相关条款写入区块链，一旦核心企业收到产品并承诺付款，则应该立即将款项直接点对点地划入到金融机构，避免出现失信危机。

引入保险服务功能，针对产业链企业的特殊性，提供特定的保险服务功能，例如：投标保证金保险、履约保证金保险、质量保证金保险，利用投标、履约、质量保证金保险替代保证金等业务试点应用，研究区块链保险自动结算模型，打造智能保险产品，实现产品自动结算，提高保险服务效率，促进业务创新。

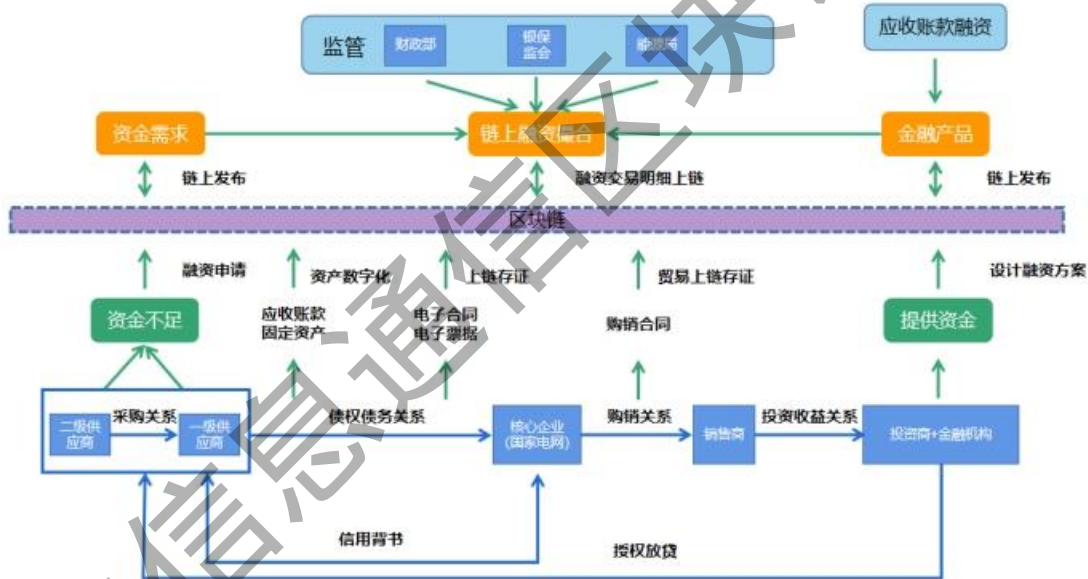


图 3.6.2-2 电力应收账款融资场景图

区块链是点对点通信、数字加密、分布式账本、多方协同共识算法等多个领域的融合技术，其对电力应收账款融资业务的具有一定的帮助，具体如下：

a. **解决信息孤岛问题。**区块链作为分布式账本技术的一种，集体维护一个分布式共享账本，使得非商业机密数据在所有节点间存储、共享，让数据在链上实现可信流转，极大地解决了电力应收账款融资业务中的信息孤岛问题。

b. **传递核心企业信用。**登记在区块链上的可流转、可融资的确权凭证，使核心企业信用能沿着可信的贸易链路传递。一级供应商对核心企业签发的凭证进行签收之后，可根据真实贸易背景，将其拆分、流转给上一级供应商，核心企业的背书效用不变，且整个凭证的拆分、



流转过程可溯源。

**c. 丰富可信的贸易场景。**在区块链架构下，系统可对供应链中贸易参与方的行为进行约束，进而对相关的交易数据整合上链，形成线上化的基础合同、单证、支付等结构严密、完整的记录，以佐证贸易行为的真实性。在丰富可信的贸易场景的同时，大大降低了银行的参与成本。

**d. 智能合约防范履约风险。**智能合约的加入，确保了贸易行为中交易双方或多方能够如约履行义务，使交易顺利可靠的进行。机器信用的效率和可靠性，极大地提高了交易双方的信任度和交易效率，并有效的管控履约风险。

**e. 实现融资降本增效。**在区块链技术与供应链金融的结合下，上下游的中小企业可以更高效地证明贸易行为的真实性，并共享核心企业信用，可以满足对融资的需求，并提高整个供应链上资金运转效率。

### 3.6.3 应用成效

#### a. 目前实施情况

2019年，国网上海市电力公司开始建设电益链能源云服务平台项目，国网上海电力财务部梳理自身业务，结合业务现状，开展了智财务体系建设，并以光伏业务为切入点，启动了电益链供应链金融业务建设。2020年，根据国网上海电力经营分类管控新战略要求，在业财协同、产融协同等方面，拓展了电益链的业务服务范围。目前暂未上线运行。

#### b. 经济效益分析

国网上海市电力公司深入贯彻国家电网公司的新战略，围绕业务经营分类管控，搭建产业链协同建设的目标，发挥核心企业作用，应用新型技术赋能能源产业链，将上海电力公司、电力用户、供应商、金融机构等多方价值需求链接在一起，通过多方的不断撮合，找到和谐共赢、信用共享的多赢商业模式。电益链云服务平台是国网上海电力数字价值转型的尝试，平台整合数据、资源、服务，提供增值服务、撮合供需双方，促成各方业务交易，产生以下经济效益：

一是催生新商业模式，产生直接经济利润。国网上海电力依托数据价值转型，在运营管理模式上不断创新，以平台为主导来汇聚产业链上多方诉求，提供多样化服务激发多种新兴商业模式，依托平台优势发挥核心企业在主营业务与非主营业务中的网络中枢效应，实现新业务增长。

二是提高工作效率，节约大量人工成本。区块链技术赋能，以国网上海电力公司为核心企业，构建与产业链上下游企业间的联盟链，基于区块链技术的分布式存储、防篡改、可追溯、智能合约等技术，构建电益链云服务平台，大大地节省了供应商之间的沟通成本，上海电力公司的供应商以上海电力的信用背书，同时也方便了银行及租赁机构对供应商融资条件尽调审核，提高了工作效率。

三是有效降低产业链上企业的财务成本，助力产业链企业规模化发展。目前金融市场融资平均成本为基准利率上浮 20%-40%左右，通过内部金融单位的优质资金资源提供融资服务，可将成本控制在基准利率上浮 15%以内。产业链企业可通过平台获取成本低、风险低的资金，可为后续合作提供商务谈判筹码，可降低公司采购成本。

### c. 社会效益分析

国网上海电力公司借助新技术搭建强有力的运营服务支撑平台，通过构建电益链能源云服务平台，围绕产业链企业内外部服务，构建产业链生态圈，拉动产业链上下游企业发展，落实数字新基建任务，助力企业数字化转型，优化产业链营商环境。基于区块链、大数据、人工智能等新技术赋能，具有以下社会效益：

一是通过信息共享服务，将企业内部的管理系统进行数据打通与电益链云服务平台通过区块链技术连接，实现内部信息按需向外部用户共享，彰显国企担当，外部业务信息采集又反辅内部管理效益提升。

二是整合产业链资源，围绕上下游开展金融创新服务，助力产业链生态发展。围绕产业链核心业务场景开展增值服务，拓展新的业务模式和新的增长动力。打通供给侧和与需求侧的业务对接，实现产业链主体间信息实时互通、价值交换共享。

三是打造电益链能源云服务平台，通过业务数据挖掘利用，整合各种优势资源与服务注入能源产业链生态圈。大数据、区块链、人工智能等先进技术的应用，搭建起了“厚平台”，为业务开展及管理实践提供强有力的平台能力支撑，满足在平台上开展供应商贷款、金融机构撮合、优质服务推荐、协同互动等需求，让产业链生态中有需求的用户转变成有合作的客户。

四是围绕能源产业链生态中的客户，以业务数据为价值核心，能够最紧密的关联业务系统、客户服务，清晰梳理产业链生态中各个不同用户主体，通过电益链云服务平台，为客户提供组合服务的同时形成紧密串联的关系，实现管理数据、业务数据挖掘后对外部催生服务价值，让平台更懂客户需求，让所提供服务更精准。

## 3.7 案例七：云南电网可信数据存证的作业风险管控技术研发与应用

### 3.7.1 案例背景

#### 3.7.1.1 现状

党中央、国务院高度重视安全生产，云南电网公司积极贯彻安全发展理念，稳步开展生产现场作业风险管控体系建设，自 2015 年 CSGII 系统上线后，虽然安全生产管理系统已经实现对生产作业的全流程管控，但是针对现场作业执行情况及现场监控仍然存在空白，缺乏现场作业操作监控、缺乏现场作业数据管控、无法穿透现场作业风险、作业风险监管机制被旁路。总结来看，目前现场作业面临的矛盾与问题主要是：点多、面广、管理资源有限以及作业数据无法反映作业真实风险。

##### a. 缺乏现场作业操作监控

现场作业数据主要由工作负责人填写。对于现场作业操作是否按照作业指导书正确执行，相关岗位职责是否执行到位，数据无法起到监督作用，责任可以抵赖。

##### b. 缺乏现场作业数据管控

现有信息手段下，现场作业数据可反复修改，存在部分数据为现场作业完成后的补录数据情形，系统数据与现场执行情形可能存在较大差异，数据无法反映现场作业的真实性、完整性以及可追溯性

##### c. 无法穿透现场作业风险

因为现场作业操作监控以及数据管控手段的缺乏，对于现场风险的预防措施是否执行缺乏有效管控手段，当前无法从数据上还原现场作业的真实风险：

##### d. 作业风险监管机制被旁路

因为风险管控数据无法反映现场作业的透明度，就会造成现场作业管理流程流于形式，作业现场发生变化时，未严格履行变化管理流程，作业现场冒险作业、监护缺失，作业风险监管机制被“旁路”等情况时有发生，造成作业风险累积，导致安全事故发生。

#### 3.7.1.2 存在问题

随着公司大力推广企业级管理信息系统和生产管理部门需求的更新，现场作业指导书管理流程及业务已固化 CSGII 系统，各单位已开展了实用化应用，但“现场与系统两张皮”，

作业风险疏于管控等问题时有发生，主要矛盾集中在：

- a. 整个现场作业信息化应用缺乏现场作业操作监控和数据管控；
- b. 管理系统数据无法穿透现场作业风险，对于现场风险的预防措施是否执行缺乏有效管控手段，当前无法从数据上还原现场作业的真实风险；
- c. 作业风险监管机制经常被旁路，现场作业管理流程流于形式，作业现场发生变化时，未严格履行变化管理流程，作业现场冒险作业、监护缺失或被“旁路”。

总结来看，目前现场作业面临的矛盾与问题主要是：点多、面广、管理资源有限以及作业数据无法反映作业真实风险。在此情况下，为降低现场作业风险及事故发生率，亟需开展基于可信数据存证的作业风险管控技术研究与应用。通过对该技术的研究与应用，建立“数据可追溯、风险可管控”的新作业管控方式，现场作业数据通过区块链技术实现全流程可信记录、防篡改、时序有保证、变更痕迹可追溯，以让现场作业全员共同执行可信流程、提高现场作业数据记录的可信度、增加作业管控的透明度、降低作业安全风险。

### 3.7.2 解决方案

#### 3.7.2.1 创新产品

##### a. 系统总体架构设计

系统总体架构如下图所示：

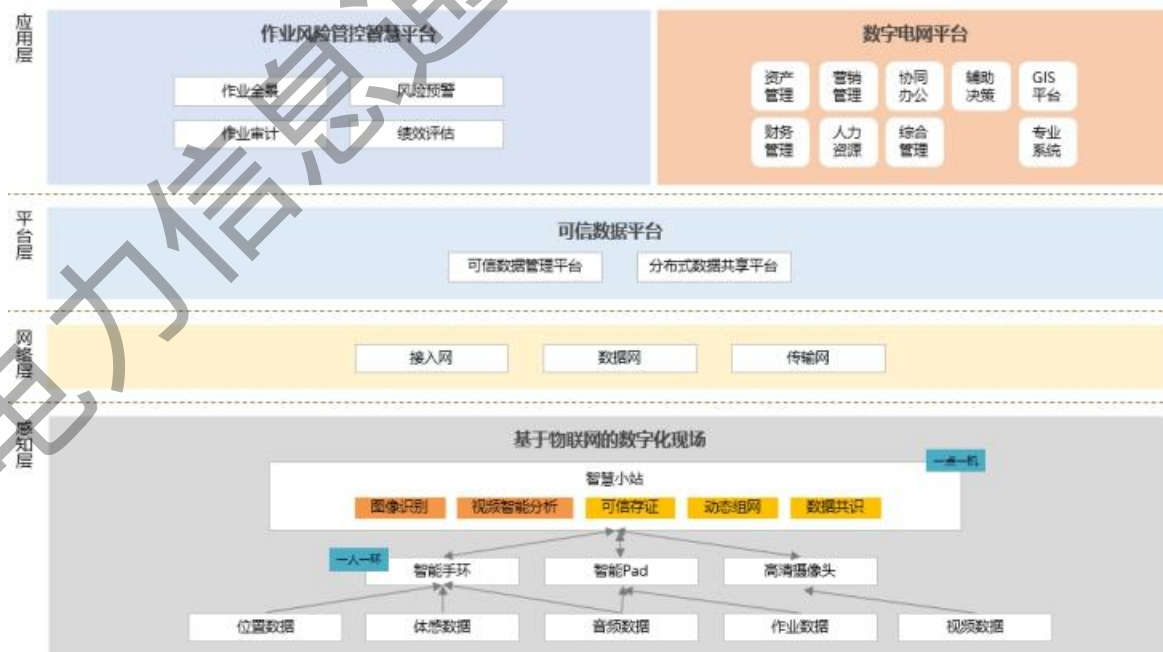


图 3.7.2-1 系统总体架构

可信数据存证的作业风险管控系统整体上划分为四个层级：

a) 感知层

感知层的目标是建设基于物联网的数字化现场，通过“一点一机”、“一人一环”构建对于电网现场作业的数据采集能力：

①人员数据

人员基础数据，包含身份数据与技能数据，通过管理系统获取。人员健康数据，通过智能手环获取。可实现实名制人员管理，通过作业终端（或称为智能 Pad）结合作业应用（或称为现场作业风险管控及安全监督软件、作业管控 APP）实现。

②作业数据

作业过程数据，通过作业终端结合作业应用实时获取。风险感知与实时安全反馈，通过作业数据与作业和风险基准分析获得。

③环境数据

作业现场环境与作业全景，通过作业终端、高清摄像机（或作业记录仪）获取。作业电子围栏，通过智能手环实现。

④管理数据

作业流程基准与风险基准，通过管理系统获取下发。安全预知与安全预测通过管理系统数据分析获得。

b) 网络层

在电网现场作业安全风险管控的业务场景中，存在两个网络概念，一个是基于物联网的数字化现场本身的网络，另也指数字化作业现场与云作业安全风险监督管理平台通信的网络。

基于物联网的数字化现场，网络指作业终端、智能手环以及高清摄像机（或作业记录仪）与边缘计算和存储设备智慧小站之间的数据通信网络。方案推荐使用 Wifi 无线通信。

数字化作业现场与云管控平台之间的通信，利用原有电网的网架结构，可以是专有 4G 通信通路、专有无线和有线网络等。

c) 平台层

平台层指可信数据平台，其包含两个层面的概念：

一指可信数据管理平台，数字化作业现场的人员、作业、环境、管理数据的可信存储，不可篡改、可追溯。

二指分布式数据共享平台。现场作业的任务数据与一些重要作业单数据，比如工作票和操作票，均来自现有的生产指挥管理系统。作业人员身份与资质数据来自人资系统。在业务



需求的场景中，这些数据作为现场作业风险管控的源头，从作业任务数据开始，完成对于作业管控的全过程和全流程管理，数据在可信数据管理平台进行可信固化之后，除了在自身的应用系统完成对其进行查询、统计、审计和使用之外，更可以通过分布式数据共享平台向其他相关业务系统分享价值数据内容。比如流程控制中的作业数据回馈给生产指挥管理系统，作业人员的被评价数据回馈给人资系统等。

#### d) 应用层

应用层一方面是作业安全风险监督管理系统，基于可信的现场作业数据，完成作业全景、风险预警、作业审计、绩效评估等主要应用管理功能。

应用层另也指数字电网平台，包含电网 6+1 业务域信息系统，指以生产指挥管理、配抢、人资为代表的业务系统需要对现场作业数据进行价值利用。

基于上述四个层次的总体架构设计理念，我们设计了“端-边-云”的三级架构来满足对于电网现场作业的安全风险的管控需求：

##### • 端

架构中的端指的是作业终端（或称为智能 Pad）、智能手环、高清摄像机（或作业记录仪）。基于端完成对于现场作业的人员、环境、流程以及管理数据的感知和采集。

##### • 边

架构中的边指的是智慧小站（或称为可信数据设备），其主要的职能是完成对于数字化现场作业全流程数据的可信存储、基于视频的智能分析识别以及基于智能视频分析识别之后的现场即时反馈等。

##### • 云

架构中的云指的作业安全风险监督管理系统，包含且不仅包含作业全景、风险预警、作业审计以及绩效评估等。也指以生产指挥管理、配抢、人资为代表的数字电网业务系统。

#### b. 系统数据流程设计

在四个层次总体架构的设计理念下，基于“端-边-云”架构设计，其数据流程如：



图 3.7.2-2 数据流程

- a) 以人为中心，围绕着作业工具、作业单与操作规范、作业对象、作业环境等身份、行为、环境等数据通过高清摄像机（或作业记录仪）现场感知包含作业人员数据、作业流程数据、作业评价数据等通过作业终端完成采集
- b) 围绕着人的体感数据，比如心率、血压等通过智能手环进行测量和感知
- c) 人员、作业、流程、环境、管理等数据通过智慧小站进行可信固化和存储
- d) 围绕视频采集数据进行身份、穿戴、行为、区域、物品等智能识别分析通过智慧小站边缘计算完成，对于识别结果通过现场设备，比如音箱，完成即时反馈
- e) 以人为中心，以作业流程控制为链条，连接时间、位置、流程、证据（图片、音频、视频）等维度，完成作业场景的数据画像
- f) 通过可信数据管理平台固化下的作业数据，通过区块链技术的共识和分发，在云端完成对于现场作业的全景、审计、统计、分析等可视化管控
- g) 基于区块链的共识和分发，数字电网平台下的 6+1 域的各业务系统完成对现场作业数据的价值利用

在这个总体架构下，以区块链技术为核心，辅以物联网、云计算、人工智能等其他技术，结合电网现场作业流程特点，采用端-边-云协作的方式，设计并搭建一个企业级区块链可信数据存证平台，提供电网现场各种标准设备接入，对作业进行事前控风险、事中抓管控、事后做分析，以作业流程为驱动、场景模型为核心、可信数据为基础，建设电网现场作业的风险感知能力，实现电网作业安全风险管控变革实践。

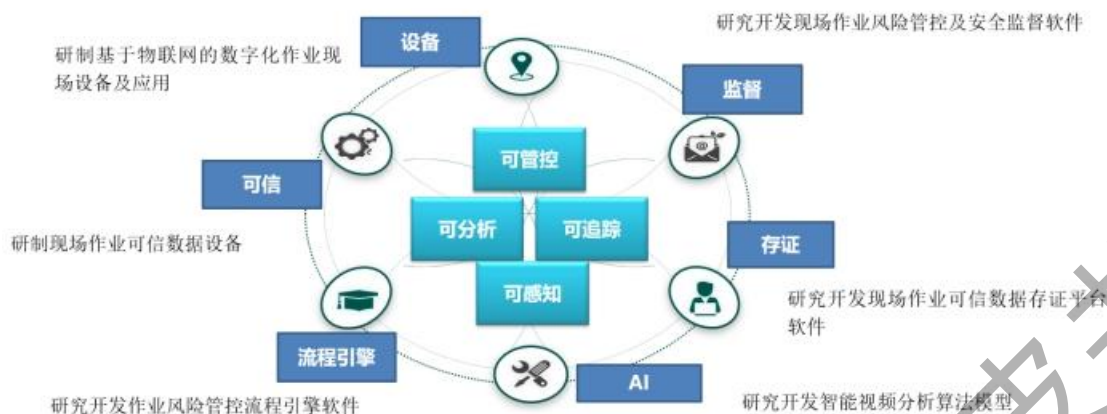


图 3.7.2-3 研究内容及业务目标

整体解决方案中涉及到的端设备有高清摄像机（或作业记录仪）、运行在智能手机内的作业风险管控 APP、智能手环等。边设备智慧小站为端设备提供统一的接入接口，在端设备中进行人员与现场环境信息的采集，在智慧小站上通过人工智能算法对存在的视频、图像、音频信息进行智能分析，通过作业风险业务流程引擎，完成流程节点与责任人的关联，并将关键流程节点信息以及流程节点数据（结构化数据以及对应证据文件）写入边缘区块链。各边缘区块链通过与主链进行数据通信交互，为作业风险管控智慧平台提供业务相关的数据信息。

### c. 系统主要模块

基于前述总体架构设计、“端-边-云”三级架构以及数据流程设计，本项目整体解决方案以区块链技术为核心，引入物联网和人工智能技术，通过建立“以人为中心”的现场作业安全风险管控理念，项目涉及现场作业风险管控及安全监督软件、作业风险管控流程引擎、区块链可信数据存证平台、智能视频识别分析算法模型、作业安全风险管控监督管理系统等相关软件和应用系统的研发，高清摄像机（或作业记录仪）、智能手环等数字化现场物联网设备与现场作业可信数据设备智慧小站的研发与系统接入，以及与生产指挥系统、配抢系统以及人资系统等已有电网业务系统的数据集成等。电网现场作业安全风险管控的应用系统的主要模块包含：

#### a) 基于物联网的数字化现场

包含作业终端、智能手环、高清摄像机（或作业记录仪）等硬件以及运行在作业终端内的现场作业风险管控及安全监督软件（作业管控 APP）。

#### b) 现场作业可信数据设备

也另称为智慧小站，完成现场作业数据的可信数据存储以及基于视频的智能分析识别边缘计算。

c) 现场作业风险管控及安全监督软件

运行在作业终端（或称为智能 Pad）内的现场作业风险管控及安全监督软件（或称为作业风险管控 APP），内置了电网不同类型的现场作业标准流程规范，依据标准规范，进行作业，并记录作业各流程环节中的作业数据，将时间、位置、流程、行为等作业维度与人进行数据关联，最终回溯真实作业原貌。

d) 现场作业可信数据存证平台

围绕人为中心的现场作业人员、环境、流程以及管理数据的可信存证以及基于数字电网网架的分布式数据共享。

e) 作业风险管控流程引擎

基于电网现场作业的作业指导规范，完成对于现场作业的规范化、全过程、全流程管理和控制。

f) 智能视频识别分析算法模型

基于视频采集数据进行身份、穿戴、行为、区域、物品等人工智能识别分析算法模型。

g) 作业安全风险监督管理系统

基于数字化作业现场数据，完成作业全景、风险预警、作业审计以及绩效评估等。

### 3.7.2.2 实施方案

本项目以“可信数据、穿透管控、风险感知”为主导思想，利用区块链技术构建电网作业安全风险管控系统，通过“一作业应用、一数据设备、一可信平台、一管理系统”，实现“作业可管控、流程可追踪、数据可分析、风险可感知”的业务目标，为打造数据可追溯、风险可管控新型电网作业安全风险管控方式提供信息技术支撑。通过研制基于物联网数字化作业现场设备、现场作业可信数据设备的 AI 研发、区块链可信数据存证平台和作业管控 APP 的开发，构筑电网现场作业管控的“数据获取能力、穿透管控能力、风险感知能力、安全预知能力”等四大能力，最终实现以下目标：

a. 完成基于区块链为核心的端-边-云整体解决方案的设计和研究

完成基于区块链为核心的端-边-云整体解决方案的设计和研究，确定端（智能手环、摄像机、作业风险管控 APP）各设备具有的基本功能，通过研制基于物联网数字化作业现场设备实现对作业现场人员、作业、环境和管理数据获取力；通过研究开发现场作业风险管控及安全监督软件，以组织架构以及现场作业组织架构为基础，提供多角色权限的协同作业执

行与数据记录机制。

#### b. 完成基于边缘计算的智慧小站研究

完成基于边缘计算的智慧小站研究，结合区块链技术，搭建作业安全风险管控链，现场监督人员将作业指导书、作业现场操作过程记录、作业规范性以及作业完成后的质量记录于风险管控链中，形成证据链，体现现场作业数据记录的独立性、权威性与可信性，同时基于这些数据，形成作业全景，实现现场作业的穿透管控能力。

#### c. 完成区块链可信存证平台研究

完成区块链可信存证平台研究，将作业现场记录搭建作业安全风险管控链，利用区块链技术的不可篡改性和变更历史的完整性、时序性、可追溯性形成证据链，实现现场作业的穿透管控能力。

#### d. 完成作业安全风险管理平台研究

完成作业安全风险管理平台研究，根据作业计划，结合区块链技术和人工智能识别技术，围绕人员信息，实现作业全过程可视化、智能化和数据可信性。采用边缘化算法，减少传输时延，提高风险预警效率，后台存储过程中图片，形成作业审计材料，促进作业全过程管理落地。系统总体功能结构包含四个层面，感知层主要包含与高清摄像机和智能手环等数字化设备通信、作业风险管控 APP、作业风险管控流程引擎与智能视频分析作业场景训练模型，网络层主要是对通信规约及数据传输进行规范，平台层主要为区块链可信数据存证系统以及边云区块链数据通信系统，应用层则是作业风险管控智慧平台以及与相关业务系统的数据集成等相关功能。

### 3.7.3 应用成效

根据 2020 年 8 月 20 号云南电网公司科数部、信息中心组织的〈关于视频监督系统应用推进会〉会议精神，将项目成果（人脸识别技术）应用于云南现场作业可视化系统移动端进行作业人员身份校核，实时识别施工人员的身份，通过该项目建设有效提升了人员管理能力和工作效率，北京宏链与广州科腾共同开展了云南现场作业可视化监督系统与人脸识别服务集成应用工作，并于 9 月上线试用行，目前人脸库注册用户数多达 2 万多人，识别率 95% 左右，试运状态良好，有效杜绝人员张冠李戴的情形出现，降低了现场作业中“不真实的人”所带来的行为风险。

另外通过可信数据存证的作业风险管控技术研发与应用项目的建设，落实云南电网公司“消除浪费、创造价值、持续改善、精益求精”的精益理念，公司在业务经营和生产运行管理的各个环节全流程可视、可控，做到了“事前风险预控、事中应急处置、事后分析评估”，



提升精益化管理水平，控制作业过程的不规范行为，进一步消除作业安全风险点，降低作业安全事故的发生，使公司节能降损工作取得了明显成效：

通过与业务系统数据交互，获取专业系统作业流程，建设一套以作业流程匹配的作业过程风险点为线索的风险管控链，以风险管控链为基础实现现场风险监督检查，并将检查操作行为及与之对应的现场实际情况存入区块链，确保安全监督行为可追溯，以此强化监督检查工作落实到位。

在生产安全管控上，以风险闭环管控为主线，按照集中化、专业化的发展方向，强化电网、设备、网络安全风险管控；以“反违章、查隐患”为抓手，以风险管控链为准绳的检查监督体系，严控人的不安全行为，消除物的不安全状态，抓实人身安全风险管控，守牢安全生产底线。

现行的风险管控分布在各专业业务系统中，存在典型的制度执行不严，比如作业指导书不完善，操作存在随意性，作业执行过程中的风险监控缺乏强制手段，作业风险监督检查工作滞后等。

将安监部门相关工作人员，现场实施作业人员、安全监督员全部纳入全部监督流程。对现场实施人员操作实现有规可依，安监人员监督有规必行。

综上所述，通过可信、可用、可控的基于区块链技术的作业风险监督系统建设，从技术上提升作业风险管控能力，有效提升了管理水平和经济效益，极大地促进了公司系统的节能减排工作，有力践行了国家节能减排政策，很好落实了科学发展观。

## 第四章 电力信息通信行业区块链发展面临的挑战

### 4.1 技术发展面临的挑战

#### 4.1.1 核心技术

区块链系统的五大核心技术包括加密算法、对等式网络、共识机制、智能合约、数据存储。

##### a. 加密算法

区块链技术采用多种密码学原理进行数据加密和隐私保护。常用的加密算法分为对称加密算法和非对称加密两种，区块链系统主要应用非对称加密算法来确认交易主体身份、交易

数据消息摘要和信息安全编码解码等。加密技术为区块链的匿名性、不可篡改和不可伪造等特点保驾护航。

随着加密算法技术的不断发展和应用，深化了区块链系统的融合应用和安全保障，但面临一系列的问题和挑战：一是区块链密码基础理论研究有待加强，面对应用领域功能复杂化和性能优质化需求，现有的区块链密码基础理论表现出匮乏现象；二是国内现有基础密码算法和密码协议相对薄弱，对于复杂应用需求的支撑力度有限，多种技术方案仍然难以满足跨平台应用区块链的安全与效率要求密码算法性能；三是区块链加密算法评测能力缺乏，难以保障区块链系统密码应用的合规性、正确性和有效性。

### b. 对等式网络

区块链对等式网络是无中心服务器、依靠用户群交换信息的互联网体系。其作用在于减少以往网路传输中的节点，以降低资料遗失的风险。与有中心服务器的中央网络系统不同，对等网络的每个节点既是客户端，又是服务器。任何一个节点无法直接找到其他节点，必须依靠其户群进行信息交流。对等式网络按网络结构可分为无结构网络、结构化网络和混合型网络。但是在大规模网络中仍存在一些问题与挑战。一是缺乏合理的资源分配机制，当前资源分享紊乱，管理难度大，安全性较低。二是尽管混合型网络兼顾通信效率和去中心化程度，但是高效的通信效率和去中心化程度的权衡标准仍需要不断探索。

### c. 共识机制

共识机制是区块链核心的组成要素之一，它决定了区块链的业务吞吐量、交易速度、不可篡改性、准入门槛等。是最为关键的技术要素之一。不同于传统的中心化系统，区块链系统中所有网络节点是自由参与、自主维护的，不存在一个可信的中心节点承担网络维护、数据存储等任务。当前区块链的共识机制的主要功能是解决两个基本问题：（1）谁有权写入数据。（2）其他人如何同步数据。随着分布式技术融入至区块链中，共识机制面临一些问题和挑战。一是低耗能低成本的共识算法研究需要继续加强，以节约区块链全网计算力和财力，提升业务吞吐量。二是缺乏合理界定共识算法的安全范围，共识算法的安全更多的是在确保安全和攻破安全防御所付出的代价之间找一个平衡点，判断共识算法是否安全应该立足于具体的应用场景以及该链所处的状态。

#### d. 智能合约

智能合约是区块链的重要组成部分，其本质上是一段由事件驱动、具有状态且运行在可复制共享区块链上的程序，具有自动处理数据以及控制管理区块链上的资产等功能。最重要的是保证其程序代码的合规性和安全性，加强其程序代码的合法合规性和安全性管理，降低系统之间的交易成本以及有利于推动交易的公平公正。在智能合约应用的过程中，存在一些问题与挑战。一是安全性及可信任度问题，智能合约系统都被设计成无需信任的环境，这就意味着无法改正出现的错误，缺乏相应的代码修改机制；二是机密性问题。一些行业参与者将相关信息放到区块链上，缺乏相应的保护机制，需探索保密和透明度之间的平衡点。三是合约标准性问题。智能合约标准研究仍处于初级阶段，难以保证不同场景下合约执行的正确性。

#### e. 数据存储

区块链是一种 I/O 敏感的分布式数据库，区块链分类帐作为一个去中心化的数据库，用于保存每个事务的详细信息。交易按时间顺序添加到分类帐，并存储为一系列的块，每个块引用前面的块以形成一个互连的链条。区块链存储虽然提高了系统的存储性能，但也面临着诸多问题和挑战。一是分布式账本的存储空间开销大。分布式账本的多副本特性需要大量的额外存储空间，增加了存储成本，导致空间利用率有限，难以支撑大规模应用。二是区块链系统查询性能的提高带来了新的问题。使用索引、外联数据库等技术，通过空间换取时间，提升了查询性能，却增加了存储空间开销，影响了系统的可扩展性，难以较好地满足多方面的需求。三是去中心化存储系统不够稳定、可靠。去中心化存储通过引入区块链技术得到改进，但并未给出存储的耐久性数据，难以证明存储系统的可靠性。四是数据隐私与监管方式尚不成熟。区块链上记录的数据交易是公开透明的，对于数据的共享和验证有利，却不利于用户的隐私保护。五是区块链技术对非易失存储系统的寿命与性能的挑战。非易失存储介质的写 / 擦除次数有限，存在使用寿命有限的问题，且写延迟和写功耗相对较高。面对读写不平衡、随机小写频繁的区块链应用，非易失存储系统的寿命和平均 I/O 性能问题将更为突出，需要研究如何减少写次数和写入数据量，提高系统整体访问性能和延长非易失存储介质的使用寿命。

### 4.1.2 扩展技术

随着区块链技术应用的不断推广，一系列可扩展技术对链系统进行优化，具体包括可扩

展性、互操作性、协同治理、安全隐私四个方面。

#### a. 可扩展性

可扩展性是传统分布式系统的基本特性，但区块链系统受限于共识机制、对等式网络、加密算法等约束，单机性能存在上限，因此，可扩展性是提升区块链处理能力的关键技术。目前，可扩展性有四种方法：DAG（有向无环图）、二层扩容、共识创新和分片技术。在DAG中，其基于时间顺序定义区块链中每一个块包含了多笔交易，理论上支持无限的扩展。但是面临一些问题与挑战。一是存在节点永远得不到确认。二是有可能导致出现“双花”、不一致的现象，安全性并没有得到广泛的验证。二层扩容的逻辑是把链分成两种，主链和侧链，将复杂的交易和频繁的交易放到链下，最终的确认放到主链上去做，这样做的好处就是减少了主链的压力。但是在主链上存在性能瓶颈。共识创新用一些算法保证节点选取的随机性，得到了一定的安全保证，提升交易的吞吐量。但是这个方案目前并不完善，可扩展性也是有限的。分片技术主要包括网络分片、交易分片和状态分片，其面临将全网节点进行分片而带来的安全性降低风险和跨分片之间数据一致性难题。

#### b. 互操作性

区块链互操作性是不同链间可以执行原子性交易，交易涉及的数据可以被访问、验证以及使用。具体包括应用层互操作、链间互操作和链下数据互操作三个方面。随着区块链技术在各个行业和领域应用的普及，来自不同生态产业和不同链的数据如何共享、互通造成了实际应用中的很多难点和瓶颈。一是数字身份贯穿应用层互操作、链间互操作和链下数据互操作，缺乏数字身份的相关规范，缺少互通互信的数字身份管理体系。二是应用层互操作缺乏相关协议标准、统一框架模型与应用指南，缺乏应用层操作成熟度度量与评估体系。三是链间互操作缺少统一的标准规范和技术规范，需多个标准化组织以及监管机构通力协作。三是链下互操作涉及到各种各样的区块链系统，在工程实现方面，缺乏接口规范和通信标准进行规范约束。在安全方面，需继续加强数据需求方、数据提供方之间的链上链下可信交互、隐私安全、链上内容安全合规研究。

#### c. 协同治理

区块链是一种分布式账本技术，由分布在网络中的各个节点组成，无需中央系统作统一控制，所以对区块链进行治理是一个很大的挑战，常见的区块链治理方法分链上治理和链下

治理两种。治理是对区块链的自我迭代、更新和监管，由于去中心化，使得区块链协同治理面临诸多问题和挑战。一是缺乏有效的机制使区块链上的所有参与者对迭代、更新和监管达成共识并有效执行。二是如何有效地将去中心化和有效的治理结合起来，兼顾效率和公平。三是区块链的治理技术和治理方法还不是很成熟，缺乏系统化的理论体系。

#### d. 安全隐私

区块链作为去中心化的账本系统，构建低成本信任通道、实现价值互联的关键技术。关于区块链的研究近几年急剧涌现，安全和隐私已引起业界的高度重视。至此，区块链中融入相关的技术为其系统提供一定的保障，以避免系统因外部恶意攻击而受到破坏、更改和数据泄露。但是仍存在一些问题和挑战。一是区块链对等网络、共识机制、智能合约等多个层级的相互影响研究不够深入，单一层级的安全研究不能有效解决区块链的安全问题。二是缺乏融合多种技术加强区块链信息的隐私保护研究，一些隐私保护技术难以覆盖单层面的全部内容。三是对一些隐私保护技术的评估不够全面，可能引入一定的安全风险。四是在安全和隐私保护方案上存在一定不足，缺乏相应性能（时间和空间）分析，使得相关隐私方案难以得到广泛应用。

### 4.1.3 配套技术

随着区块链技术的高速发展，其在应用过程中需要相应的配套技术来支撑来提升系统性能，具体包括系统管理、操作运维、基础设施三个方面。系统管理主要是对区块链系统的权限管理和节点管理。区块链是融合多种技术的去中心化复杂系统，实际使用过程中，面临系统安全、合规安全问题。为了进一步丰富区块链功能，促进区块链应用落地，“云链结合”技术应运而生，将云上的大量工具、能力赋予区块链，比如大数据、人工智能、安全等，和区块链融合在一起。这大大提升运维效率，简化运维操作。区块链技术发展需要的基础设施分为通用基础设施和专用基础设施两类。通用基础设施（如云平台）目前已发展成熟，能够满足区块链系统需要的软硬件资源。专用基础设施是指区块链在使用过程中一些软硬件提供特定功能的设施，如链资源管理系统、数字身份管理系统，也基本满足区块链技术的需要。随着区块链应用不断增多，技术不断发展，配套技术也面临一些问题和挑战。一是在区块链系统稳定合规发展，缺乏从政策法规和技术工具两方面强化监管机制的落地实施。二是操作运维核心技术和核心基础算法研发不足，链系统运维部署的难度与工作量仍面临严峻的挑战。三是尽管通用基础设施已完善成熟，但专用基础设施涉及区块链治理以及相关标准规范的制定，尚处于行业早期，研究不够深入。



## 4.2 融合应用面临的挑战

### 4.2.1 建立共信

区块链是时下最热的技术与商业话题。区块链具有去中心化、区块环环相扣的技术特征，以及具有数据不可篡改等特性，这使其在降低信任风险、提高交易结算效率、降低经营成本、预防故障和攻击、满足监管和审计要求等方面具有重要作用。

建立共信是市场交易的重要基础，信用是减低交易成本的重要前提。交易成本包括收集价格、传播信息、广告、与市场有关的运输以及谈判、协商、签约、合约执行的监督等活动所花费的成本。显然，这里面很多因素的本质就是信用。交易成本一直是困扰人类经济活动，乃至一切活动的难题。人类为了解决这个问题，设计了很多制度，比如银行制度、国际贸易中的信用证制度、保险制度等。这些制度的本质，就是有一个中心向交易双方提供信用担保，解决信任的问题。实际上，有价证券、博彩、专利、碳排放配额等交易，都存在一个庞大的中心机构，进行居中服务。区块链技术一定程度上，可以替代这些机构。比如，银行是一个典型的中心化形态。这个中心化具备信息中心和信用中心的作用，存放了全部用户的信用信息，并通过多重、多地备份的方式保障安全。随着区块链的出现，这些信息可以分布在很多个计算机节点中，且不可篡改，这同样可以解决安全与存储问题。从这个角度讲，银行的作用的确能被区块链代替。

区块链能解决信任问题，需要全社会共同努力建立诚信社会。按照目前国情，打造联盟区块链将是建立跨领域、跨产业互信联动的重要方式。从信息的信任、安全，到实体的协同运作，需要环环相扣。比如，在能源行业、物流行业、供应链行业，往往涉及诸多实体，包括能量流、物流、资金流、信息流等，这些实体之间存在大量复杂的协作和沟通，本质上这些都是信息成本。利用区块链技术信息不可篡改和分布式存储的特性，可以记录货物从发出到接收过程中的所有步骤，有效提高物流行业、供应链管理的可追溯性和透明度，优化业务交易和贸易关系。

### 4.2.2 拓展应用

目前，区块链技术的应用层面还是太浅。很多企业和组织主要是结合现有的生产和服务模式来使用，希望能保证信息的可溯源，保障数据不会被侵蚀，保护网络的安全，从而增强现有生产和服务的竞争力。而对于用区块链来创造新的生产和服务商业模式，不少企业还在摸索实践中。实际上，区块链是一个非常重要的新技术，我们需要对它的应用有远见，能够看到它带来的新机遇和革命性。现在区块链在数字金融、物联网、智能制造和数字资产交易等方面应用比较多，尤其是在金融领域，区块链的应用被投资者认为是“风口”。实际上，

区块链应用该重视的场景应包括参与方众多、范围广、中介运行逻辑复杂度高、中介成本极高等特性。无论是企业、政府、个体，都需要深度分析自身业务和区块链技术的结合点，基于区块链技术促进产品开发和运营，持续推进“区块链技术+应用”的生态创新。

区块链的拓展应用受到现行制度的制约。一方面，区块链去中心、自治化的特性淡化了国家监管的概念，对现行体制带来了冲击。比如，以比特币为代表的数字货币不但对国家货币发行权构成挑战，还影响到货币政策的传导效果，导致货币当局对数字货币的发展保持谨慎态度。另一方面，法律和制度建立可能会有所滞后，导致与运用区块链技术形成的经济活动缺乏必要的制度规范和法律保护，无形中加大了市场主体的风险。能源是强监管、强政策的基础行业，电力是一种极端特殊的商品，技术上可行，但相关政策跟不上，仍然没有办法实现能源区块链项目落地。

因此，为了拓展区块链应用，需要内靠治理，外靠监管。严格的自我监管和安全意识极为重要。区块链去中心化的分布式共享账本带来了理想的资质体系，但各应用场景里的监管层面需要建立分布式的透明机制。监管角色需要确保责任分明，保障隐私性。在这种机制环境下，企业区块链需要围绕许可和用户访问的原则进行设计，设置区块链访问控制层，确保只有经过身份识别的特定参与者才能完成特定操作。企业还可以采取在区块链系统内部治理中引入监管节点的形式进行链内监管，完善区块链内部治理体系。同时，符合外部监管要求也是必不可少的，监管方可以根据链内监管情况决定链外监管的规则和强度。区块链的监管涉及参与者的各种权利，比如隐私保护问题、数据权属于流动问题等，一个责任划分清晰、执行有力的监管方案是企业持续健康运营的强心针。企业在建立区块链系统时，应重视外部监管的要求，与监管方保持积极沟通，在监管范围内最大限度的实现创新。从而，内外监管相互照应，形成双重保障，共同维护区块链生态在产业中的健康发展。

### 4.2.3 深化社会影响

对区块链技术带来的社会影响，我们需要提高认识。区块链不仅仅是一种技术，它将对政治、社会和经济基本理论产生深刻影响。首先，区块链是一种技术，在创立的初衷，一个很重要的思路就是对于现在世界上的商业机构、金融机构存在的数据不透明、中心化和腐败等问题不满。同时，区块链更是一种思想和哲学，对于区块链网络去中心化、公开透明，完全基于规则，建立共信环境的特点值得我们深思和重视。

区块链被普遍认为可能是类似于蒸汽机、电力、互联网、人工智能等技术，会对人类社会产生重大影响的重要技术。有人甚至认为，区块链可能比过去历史上任何技术带来的社会影响都大。它背后的理想本身带有乌托邦性质。为了正确对待其对社会的影响，首先要清醒

看到问题。然后，聚集多方面力量深入思考和研究寻找应对方案。区块链是人类发明的技术，依赖人类的设计，如同人工智能等其他技术一样，要发挥其技术优势，并控制其负面影响，让其造福人类，这是第四次工业革命时代人类社会面对的重大课题。

区块链为我们开启了建立信用的大门，让政府、公司、机构与社会个体作为平等的节点呈现在分布式网络上，各自管理自己的身份与信用，共享一部不可修改的交易总账，深化社会治理，重塑社会结构，在根本上将改变今天我们对资源与交易的理解和认识，改变政府、公司与个体参与经济行为的方式，显示从数字货币到信用社会的升级，完成信息互联网向机制互联网的过渡，并逐步影响社会的方方面面。

## 4.3 产业生态发展面临的挑战

### 4.3.1 政策方面

区块链产业在中央及各地方政府重视与扶持下发展的如火如荼，政策框架也不断趋于完善。但整体上看，区块链产业仍处于发展的初级阶段，在政策和监管方面仍存在以下挑战：

**一是政策存在同质化现象，产业政策精细度有待提升。**响应中央的政策，各地出台了众多的区块链相关政策和规划，但区块链政策或规划同质化现象比较突出，鼓励区块链产业发展的举措与此前扶持大数据、人工智能等产业的举措类似，真正能贴合各地实际及区块链产业现状的政策条款仍不多见。缺少突出各地实际情况和产业特色的有针对性、差异化的政策，产业政策精细度有待提升，导致政策的实际落地和具体成效难以得到保障，也难以快速促进区块链产业发展。

**二是对区块链基础理论与核心关键技术攻关的重视不足。**就各省市出台的区块链专项政策而言，当前的区块链政策目标主要围绕多技术融合应用和区块链产业应用发展两个方面，对基础理论与核心关键技术攻关的政策目标重视不足。目前，我国虽在区块链技术应用方面走在世界前列，相关专利申请排名世界第一，但在区块链底层核心技术方面仍与发达国家有一定差距。区块链核心技术是区块链产业发展的前提和关键，政府需给予区块链技术成长与创新更高程度重视，为区块链产业发展奠定更加坚实的技术基础。

**三是现有监管体系与区块链技术发展不匹配。**区块链技术去中心化/多中心化的特性使得现有监管体系的适用性问题开始凸显。首先，去中心化/多中心化的特性使得区块链体系中的责任主体难以明确。区块链系统去中心化或多中心化的“自治”组织形式，对来自政府部门的“他治”具有一定的排斥，很多监管举措无法在链上有效实施，从而对区块链治理提出了挑战。另外，智能合约已成为当前区块链技术应用的关键要件。事先编制确定的智能合约在应用过程中若出现问题，很难明确相关责任人和变更相关合约内容。现行《合同法》强

调当事人的意思自治，并且在满足一定条件下可以撤回或修改现行合同，而智能合约的大量运用，会对当事人的双方意思自治以及合同撤回都构成一定冲击。

**四是针对性的区块链法律和制度规范制定相对滞后。**鼓励区块链产业发展的政策如雨后春笋般涌现，区块链技术标准体系也在加速建立，区块链在不同领域的应用也在快速拓展，随着区块链技术和应用的快速发展，加强对区块链产业发展的监管已是大势所趋。但当前区块链领域的专业法律和制度规范制定工作依旧相对滞后。一方面是由于区块链技术发展迅速，观察和理解技术创新所带来的各类潜在风险还需要一定的时间；另一方面，区块链去中心化/多中心化带来的“自治”模式也在淡化监管的影响，并对现行监管模式造成了冲击，如何制定既能有效监管区块链上的违法行为，又能不阻碍区块链技术创新的法律和制度规范成为各界关注的问题。

总体而言，我国政府鼓励探索研究区块链技术的应用，以加速区块链的落地应用，服务实体经济，构建新型数字经济。目前很多区块链项目还在探索阶段，监管政策有待完善。但是随着区块链技术的快速发展和政策的日渐完善，区块链产业的发展也会更加稳健。

### 4.3.2 标准方面

能源区块链标准应用领域，国外主要以ITU-T（国际电信联盟电信标准分局）和IETF（Internet Engineering Task Force，国际互联网工程任务组）在分布式能源计量、分布式能源交易等细分业务领域开展部分标准研究。随着区块链标准的推进，逐步发现能源领域尤其是电力领域应用的区块链有一定的特殊性，强烈需要在DLT（Distributed Ledger Technology）布式账本技术区块链能源垂直领域创建标准。电气电子工程师学会标准协会（IEEE-SA）于2018年9月批准了P2418.5能源区块链标准的立项，该标准拟为能源行业的区块链提供一个开放、通用且可互操作的参考框架模型，该标准涵盖三个方面的内容：

- a. 作为电力行业中区块链用例的指南，包括石油和天然气行业以及可再生能源行业及其相关服务。
- b. 通过建立开放的协议和技术不可知的分层框架，为能源领域的区块链应用创建关于参考架构、操作性、术语和系统接口的标准。
- c. 通过分析能源行业的共识算法、智能合约和区块链实施类型等，评估并提供有关可扩展性、性能、安全性和互操作性的指南。

IEEE PES中国区拟成立IEEE PES电力系统通信与网络安全技术委员会（中国）及下属电力信息通信大数据技术、电力信息通信人工智能技术、电力信息通信区块链技术等七个技术分委会。国网区块链科技（北京）有限公司筹建电力信息通信区块链技术分委会，致力于区



区块链核心技术自主创新、标准引领、成果应用、人才培养和行业生态构建。

国家电网有限公司专门部署推动标准制定，加强能源电力区块链标准体系研究编制，争取行业标准制定主导权相关工作。拟成立中国电力企业联合会能源区块链标准化技术委员会，负责能源区块链应用的标准体系建设、标准制定/修订、标准解释等标准化工作，重点开展基础、电动汽车、能源交易、综合能源、虚拟电厂、绿证交易、电力安全、信息安全等方面标准的制定和推广。国家电网公司已组织开展电力区块链技术导则、存证应用指南、数据格式规范、智能合约规范、跨链实施指南、隐私保护规范、密码应用指南等7个方面的电力区块链企业标准研制工作。

**一是缺少全面规划和顶层设计。**电力信息通信区块链标准缺少全面规划和顶层设计。标准体系是特定标准化系统为了实现本系统的目标而必须具备一整套具有内在联系的、科学的、由标准组成的有机整体。标准体系是一个概念系统，是人为组织制定的标准而形成的人工系统。从云计算、大数据、智能制造等一系列标准体系建设的思路来看，标准体系具有发现问题、解决问题，以及指导标准研制和应用等作用。但就目前的情况看，还没有电力信息通信区块链相关的标准体系，亟需对电力信息通信区块链标准化进行全面规划，做好顶层设计，规划好基础标准、业务和应用标准、过程和方法标准、互操作标准、隐私安全等不同类别和层次的标准，构建系统、协调、兼容、开放的标准体系，有效指导标准化工作开展。

**二是有针对性的重点标准缺失。**我国在区块链方面的标准化起步较早，无论是国家标准、地方标准还是团体标准，都有一定的工作进展。但是在电力信息通信区块链标准方面，有针对性的重点标准仍寥寥无几，亟需针对电力信息通信行业特点，加快重点标准研制。能源互联网是电力行业未来发展的趋势。电力生产具有以下几个特点：其一，电力生产和消费基本都是分布式的，传输的网络和现有的通信网络比较类似，未来将更多地实现能源的本地供需和分布式交易；其二，几乎所有的电力生产、消费数据都集中存储在“数据中心”，中心化的特性导致相关数据存在被篡改的风险，给管理带来极大挑战；其三，能源生产消费中，存在能源追溯的需求，以实现精益化管理。区块链技术一定程度上可以实现数据的防篡改和电力的可追溯，从而确保数据真实，为能源计量、交易、金融等提供重要的基础技术。需要加强电力信息通信区块链相关重点标准的研制，包括术语、参考架构、概念模型、数据格式等基础标准，结合电网相关特点，研制数据交互、智能合约、跨链等技术类标准，结合相关业务应用，研制数据存证、电力交易、电力调度等应用类标准，制定安全生产、隐私保护、系统测试评价等安全和管理类标准。

**三是国内合作和国际交流不够充分。**国内方面，很多研究机构、央企、高校以及部分



地方组织都开展了区块链标准化相关工作，但大多结合自己的领域特长，各自为政地开展相关研究，不同组织间的沟通协调以及合作不够充分，仍有提升空间。国际标准化方面，只有有限的一些组织参与到了国际标准化工作中，再加上新冠疫情的影响，国际交流仍须加强。一方面，要加强电力行业与其他能源行业、区块链技术企业、标准化研究机构、高校等组织的合作，调动集合更广泛的力量参与能源区块链标准体系建设，形成多方参与、多元共建的标准化工作格局，建立完善符合能源区块链发展需求的标准化组织体系。另一方面，加强与国际标准化机构和国际技术组织等在标准制定、国际交流等领域的联系和合作，积极争取参与国际标准的研制，提升我国在能源区块链国际标准化领域的影响力和话语权。

### 4.3.3 人才方面

随着中央及地方一系列区块链产业扶持政策的出台，“区块链”作为国家重点布局发展的技术，吸引了众多企业参与其技术研发和应用落地，区块链相关人才需求不断增加。

**一是区块链人才稀缺。**人才问题是现在区块链落地面临的最大挑战。区块链需要的是复合型人才，因为区块链不单纯是区块链技术，更多的是业务模式的创新，所以需要的是既懂技术又熟悉业务的人才。《区块链白皮书（2019）》在谈及区块链人才稀缺的问题时也指出，区块链技术是一门多学科跨领域的技术，包含了操作系统、网络通讯、密码学、数学、金融、生产等，但是我国目前在交叉学科方面尚有不足。根据领英（LinkedIn）等一些网站发布的报告显示，在过去几年，尤其2018年，很多国家对区块链人才的需求，呈井喷式增长。企业招聘区块链人才的职务，出现了2000%、最高时达3500%的增长。尽管招聘职位增长这么多，但能满足要求的区块链人才却非常少。根据《2018年区块链人才供需与发展研究报告》显示，在投递简历的求职者中，真正具备区块链相关技能和工作经验的存量人才仅占需求量的7%。

**二是人才培养和评价模式不健全。**区块链目前还处于发展期，区块链方面的知识还没有形成系统化的知识体系，区块链人才的培养模式还不健全，人才培养面临着时间和渠道问题。这对那些像从事这方面工作，但又基于能力不足，自身又想学习的人，无疑是个挑战。同时，区块链技术还在不断的发展演进，很多技术应用还处在百家争鸣的阶段，技术的积累和沉淀还需要一定的时间和过程。另一方面，区块链人才的评价标准和机制尚未建立，针对区块链人才的分类、岗位划分、能力要求、知识技能、工具经验等还没有形成受到业界广泛认可的标准规范，人才评价的方式方法也没有规范依据，这些都对区块链人才的培养和评价带来了挑战。

**三是对区块链技术的认识不够深入。**区块链技术发展迅速，应用领域不断扩展，但是

站在社会认知更大范围的视角来看，人们对区块链技术的认识仍然不够深入。区块链不仅仅是一种技术，它可能对政治、社会 and 经济学基本理论产生深刻影响。区块链技术创立的初衷之一就是对于现在世界上的商业机构、金融机构存在的数据不透明、中心化、不民主和腐败等问题不满。区块链去中心化、公开透明、不可篡改的特性，可以营造出一种全新的信任模式，对数字经济、数字世界带来前所未有的影响。区块链被认为可能是与蒸汽机、电力、互联网等技术类似，会对人类社会产生重大影响的重要技术。有人甚至认为，区块链可能比过去历史上任何技术带来的社会影响都大。面对区块链技术带来的历史性挑战，要集聚多方面力量深入研究，寻找应对的方案。要扬长避短，发挥其技术优势，同时控制其负面影响，让其真正造福人类。

#### 4.3.4 测评体系

2019年10月24日，中共中央政治局针对区块链技术发展现状和趋势进行第十八次集体学习。习总书记在主持学习时强调，区块链技术的集成应用在新的技术革新和产业布局中起着重要作用。党中央、国务院高度重视区块链发展，先后出台了落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》和《2021年工业和信息化标准工作要点》等文件，支持区块链技术研发、基础设施建设和产业化应用。随着政策力度持续加大，区块链在金融、政务、制造等各领域的创新应用愈加丰富和成熟，对于实体经济提质增效的作用逐渐显现；但与此同时，区块链产业尚处于发展初期，区块链产品质量水平和区块链企业服务能力参差不齐，尤其在面向电力信息通信行业，基于标准化的区块链测评体系和技术手段等尚不完备，一定程度上制约了区块链产业的发展，也为区块链技术在行业中融合应用带来了一系列的挑战。

**一是区块链测评标准亟需完善。**目前在国际上，IEEE C/BDL 已成功立项P3214 Standard for Testing Specification of Blockchain Systems（区块链系统测试规范标准），中国电子技术标准化研究院、国网区块链科技(北京)有限公司等我国科研机构和区块链龙头企业正积极牵头、参与相关标准的编制工作；在国内方面，2019年贵州省发布了《区块链系统测评和选型规范》地方标准，2020年中国区块链技术和产业发展论坛发布了《区块链系统测试要求》团体标准，在一定区域和范围内，对区块链系统的测评提出了要求和规范。另一方面，区块链技术迭代和产业发展迅速，现有测评标准体系尚不完善，相关区块链产品的功能、性能、可靠性等技术指标参差不齐，为开发单位验证提升产品质量、用户单位选择优质产品带来一定困难；与此同时，产业中开展区块链系统试验检测、评价评级的组织机构数不胜数，但基于标准化、规范化的测评能力有待加强，面向区块链技术产品乃至服务能力的行业基线

尚未建立，行业乱象依然存在。

**二是区块链测评技术亟需提升。**本质上，区块链系统属于软件系统，《GB/T 38634 系统与软件工 软件测试》和《GB/T 25000 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价(SQuaRE)》等一系列标准要求对于区块链系统仍然适用；但相较于其他软件系统，区块链系统又具有一定的特殊性、差异性，完全沿用现有软件测试评价的通用方法，忽略面向区块链技术、产品和服务等特性的测评技术研发，不能完全适应区块链技术和产业快速发展的实际要求。尤其在区块链与电力信息通信行业融合应用过程中，在面向复杂多变运行环境中的区块链系统时，针对节点身份认证、分级访问控制、跨链可信、隐私保护等核心功能的测评技术手段较为匮乏，难以通过测评来提升系统定向优化能力；针对多样性测试数据集的构造方法较为单一，难以保障异构区块链系统的性能测试公平性；针对区块链信息内容安全的测评技术有待研发，对于传输敏感数据和舆情信息内容审计的相关测试能力亟需提升。

**三是专用型测评工具亟需研制。**目前，国内外面向区块链系统的专用测评工具较少，相关区块链评测系统尚无支持评测策略的自适应调整的能力。在面向电力信息通信、能源、数据生产要素流通、法定数字货币、工业互联网、智慧城市、政务民生、社会治理等区块链典型应用场景时，缺少定制化开发、自适应对抗推演、自动化测评的专用型区块链测评工具；在面向区块链关键核心技术组件和融合应用能力等方面，产业中尚缺乏支持多种网络协议、共识算法、加密算法、智能合约、设备接入、数据存证和流通、跨链、安全防护等方面的组件化测评工具，加大了发现区块链隐藏的功能、性能、可靠性、真伪性、安全性和合规性等相关问题的难度。

#### 4.3.5 产业配套

2021 年对于区块链产业和电力信息通信行业来说，都是不平凡的一年。在新冠疫情冲击全球经济大背景下，人们生活和生产方式都产生了深刻的变化，一定程度上加速了人类社会向数字世界迁移的步伐。区块链技术作为数字世界最为重要的基础设施，在电力信息通信行业具有广泛的应用场景和基础，有助于构建安全可信的电力数据交换共享机制，推动形成面向互利共赢的产业协同生态。但不可忽略的是，在区块链产业和电力信息通信行业融合应用过程中，产业载体设施尚不完善，配套服务能力有待提升。

**一是行业级应用支撑能力有待加强。**在电力信息通信行业的实际生产环境中，各相关方在应用区块链技术时均面临开发使用成本较高、运营维护困难、跨链和互操作较难等共性问题，尤其针对不同区块链网络间形成的“数据孤岛”问题，大大降低了对于数据的共享交换和分析利用能力。目前，尚缺乏行业级的区块链应用支撑载体设施，一方面造成产业核心

资源的汇聚能力不足，缺乏行业应用供需对接、数据协同、业务协作等手段；另一方面在关键核心技术突破、自主可控能力打造等方面，难以形成行业级的合力，为进一步开展行政监管、行业自律、技术保障、公众监督和社会教育带来一定阻碍和挑战。

**二是科技创新资本助力有待提升。**随着新一轮科技和产业革命来袭，在利用区块链技术创新数字经济支撑、新旧动能转换和经济高质量发展的过程中，如何打造科技创新资本助力，形成“区块链+电力信息通信”融合应用的生态闭环，成为了亟需解决的问题。如何通过构建集技术、人才、产业、资本为一体的科技创新创业生态系统，立足区块链和电力信息通信行业高精尖项目的产业化转化服务，以生态思维为演绎路径，助力区块链产业迭代升级，成为未来区块链融合应用所面临的挑战之一。

#### 4.3.6 开源生态

区块链从诞生开始就是一个带着开源基因的技术。区块链作为一项公开的、透明的、可信的、不可篡改的新一代信息技术，基于分布式网络实现了多方参与，利用共识机制凝聚了多方信任，运用智能合约推动了多方自动执行，众多相关方共同参与成为了区块链应用的核心要素。随着区块链系统在教育端的不断延伸，对于系统功能、性能等开发需求不断增长，区块链系统的复杂性逐步提升，用户群体和应用场景日益扩大，使得区块链开源生态具有复杂性、多样性、开放性、健壮性、可持续性、合规性等特点，如何进一步打造完善区块链开源生态，构建完善面向开发者的软件安全保护机制，成为了未来驱动区块链技术落地和深化业务应用所面临的挑战。

**一是区块链开源生态有待培育。**在国际方面，目前Github上开发者数量已超过五千六百万，添加超过19亿的开发贡献，发布十余万项区块链开源项目；在国内方面，中国区块链技术和产业发展论坛构建了我国分布式应用账本区块链开源社区，目前共有包括FISCO BCOS、PlatONE在内的五个区块链开源项目。推动构建区块链开源生态，实现从代码开源到数据可信，从业务协同到商业模式创新，从而为产业提供了共治共赢的可能。但从开源项目数量、开发者参与活跃度等来看，区块链开源生态仍处于发展的初级阶段，如何建立一个安全便捷、开放合作的区块链开源生态环境，成为进一步深化区块链技术在电力信息通信等行业应用所面临的挑战。

**二是标准和开源联动有待强化。**标准和开源都是促进区块链产业发展的重要手段，在不同场景和阶段中分别发挥着不同的作用。开源作为技术创新的重要方式，可以提高产业内企业间协同开发效率，加速技术的演进和实现；标准则是对行业方案的能力要求、评测规范、互联互通格式做了约定，确保了一致性和落地质量。开源驱动了标准的产生，反之标准也促



进了技术的创新，开源和标准的联动是技术和商业结合的有效路径。随着区块链开源生态的不断扩大和完善，如何构建标准和开源的联动机制，避免开源社区只关注自身用户需求和路径发展，而忽略区块链整个产业的发展需求和方向，成为了未来区块链技术发展和融合应用的重要研究方向。

## 第五章 电力信息通信行业区块链发展建议

### 5.1 技术方向

#### 5.1.1 共识机制

如何兼顾去中心化、安全性和可扩展性是区块链共识机制发展要解决的重要问题。共识机制与区块链系统的安全性、可扩展性、性能效率、资源消耗密切相关。迄今为止，研究者已经在共识相关领域做了大量研究工作，提出了众多不同的共识机制。当前现有的共识机制很难做到性能和扩展性的平衡。比特币、以太坊等公有链使用的共识机制（如 PoW, PoS 等）虽然支持大规模节点网络，但共识性能较低，如比特币的 TPS（每秒处理的交易数）大约只有 7。而以 Fabric 为首的联盟链共识机制（如 PBFT 等）虽然有较高的 TPS，但这些共识算法的扩展性较差，只支持小规模的网络，当节点数量过多时共识机制就会崩溃，且很多联盟链共识算法的共识节点是预置的，不支持节点的动态加入与退出。目前区块链系统的共识效率仍是区块链技术的瓶颈之一，在一定程度上限制着区块链技术的发展和相关应用的落地。电力通信行业交易量大、实时性要求高，未来区块链共识算法的研究方向将主要侧重于共识机制的性能提升、扩展性提升、安全性提升和新型区块链架构下的共识创新。

#### 5.1.2 跨链技术

要深入研究跨链核心技术，探索关联行业间跨链应用模式，为电力通信行业资源互通、价值共享提供高效联动机制，将点状式分散布局的区块链基础设施编织成网，提升电力通信行业的协同行动力。区块链技术已经渗透至金融、供应链等不同的行业与场景，有效打破了同一场景下不同参与方间的价值孤岛。但现阶段价值难以在不同行业、不同场景之间流动。这使得不同区块链的参与方成为了一个个封闭的小团体，这显然不利于价值的社会化流通。因而，实现区块链的互操作性势在必行。目前，区块链的互操作性主要通过跨链技术实现。已有区块链互操作性方案存在明显不足。首先是应用范围窄。例如，BTC Relay 只能完成比



代币到以太坊的单向操作，而 InterLedger 和 Fusion 等仅能完成跨链转账，无法进行其他类型的操作。其次是兼容性差。例如，Cosmos 等系统仅支持结构相同区块链的互联互通。总之，现有各种跨链与互操作性方案仍处在起步阶段，距离实际应用还有很长一段距离。针对此类问题进行优化，也是区块链互操作性的未来演进方向。链网融合的建设策略以及网络标识在跨链建设中的关键作用值得重视，同时需要关注数据的隐私传输。此外，区块链的互操作性研究直接关系到区块链通信的接口标准。然而，目前最具影响力的跨链方案均由国外的企业和研究机构提出。相关实体在设计跨链方案时，首先考虑的将是自身经济利益。因此，我国应尽快推动区块链互操作性研究，积极参与跨链标准的制定，从而为国内的区块链产业争取更多话语权。

### 5.1.3 智能合约技术

区块链与智能合约技术的落地具有巨大的商业价值，在电力通信行业如何优化智能合约使其与新兴领域如物联网相结合具有重大意义，电力通信行业物联网具有多节点，高并发等特性，会产生大量数据，会给传统的中心化网络数据存储带来严重的负担，与区块链技术相结合有助于减轻中心化节点的负担。总体来看，有关智能合约的研究还处于起步阶段，特别是智能合约的优化方面，还没有形成有效的方法。智能合约在物联网与区块链技术结合中实现物联网流程的自动化，保证效率节约成本。未来随着深度学习、语义识别等人工智能技术的发展，需要制定更加智能的智能合约，让智能合约具备自主感知、自主学习、自主推理等能力，实现智能合约真正的智能化。跨链能够实现链与链之间的相互通信与价值流转。为了实现更好的跨链通信，需要制定高可用、高性能、支持可扩展的跨链合约。智能合约在安全上应减少漏洞，在重入攻击、权限控制、整型溢出、时间戳依赖、短地址攻击等方面提高制定合约的安全性。

### 5.1.4 安全与可监管技术

安全和监管是区块链技术和应用顺利推进的必要条件，在对安全、可靠性要求极高的电信通信领域需要更加重视。目前对区块链安全性的研究主要从“攻”与“防”两个角度进行。业界分别从算法、协议、实现、使用和系统等五个层面发现安全隐患，并提出弥补措施。然而，现阶段并不能从根本上解决安全问题。因此在未来，必须从区块链体系架构进行创新，从本质上找到单一漏洞影响系统安全的原因，得到应对区块链安全问题的有效机制。

与此同时，区块链中潜在的监管问题也逐渐显现。当前对公有链的监管刚刚处于起步阶段，研究方向不全面，研究技术也不成熟。然而，对公有链的监管需求又是十分必要且紧急的。因此，监管成为了公有链领域急需解决的问题，也成为了当前公有链项目落地的最大挑战。联盟链由于其自身特点，使得联盟链能够很好的支持对节点和链上数据的监管。因此，如何设计监管友好的联盟链基础架构，在保护隐私的前提下实现监管功能，是联盟链监管中需要研究的主要问题。任何技术的发展都离不开对技术本身的监管，我们需要加强对区块链监管的研究，只有这样才能够保证区块链行业的健康和可持续发展。

## 5.2 支撑体系

### 5.2.1 政策

当前，国家鼓励探索研究区块链技术与实际应用场景结合，服务实体经济，工信部等政府部门也积极推动制定区块链技术标准的统一。总体上，我国区块链行业应用仍处在起步阶段，形成的应用产品有待成熟，建设的应用平台还需实际落地。因此针对电力信息通信区块链技术的发展还需进一步强化政策导向、市场监管和实际引导作用。

一是强化政策和监管部门的引导作用。2021年国家工信部、中央网络安全和信息化委员会办公室联合发布《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》中明确指出，要加快我国区块链技术应用规模化，促进区块链产业生态体系建设，推动区块链与新一代信息技术的融合发展。结合电力信息通信行业和地方发展现状，积极推动电力行业企业区块链发展、融合应用，促进电力企业数字化转型成为了指导思想。建立和强化监管部门的职能效应，正确引导区块链技术在电力行业的深化应用，从项目建设需求、场景落地、上线运行等方面组织社会机构及专家进行评审和方向把控，正确树立发展思路。

二是注重与国家整体发展战略的协同。加强与制造强国、网络强国、数字中国等国家重大发展战略的协同，以培育具有国际竞争力的产品和企业为目标，以深化电力信息通信行业应用为路径，主动谋划，抢占先机，实现产业基础高级化、产业链现代化，推动产业竞争力整体跃升和跨越式发展。

三是准确把握区块链发展的机遇和挑战。当前，新一轮科技革命和产业变革进一步深化，全球主要国家都在加快布局区块链技术。我国拥有强大的内需市场和丰富的应用场景，在区块链领域拥有良好基础，特别是联盟链发展迅速，但仍面临行业应用有待深入、产业基础还

需夯实、生态培育有待加强等挑战。需要聚力解决制约产业发展的关键问题，努力推动我国在区块链领域取得产业新优势。

四是突出强调促进经济社会高质量发展。抓住区块链技术融合、功能拓展、产业细分的契机，选择供应链管理、产品溯源、数据共享等融合应用场景和政务服务、存证取证等领域，鼓励区块链技术应用，打造一批典型样板案例，形成示范带动效应，实现规模化发展。

五是平衡好发展和监管之间的关系。要加强安全监管防范系统性风险。加强区块链应用相关的法律问题研究，加快完善优化相关法律法规，将区块链技术纳入合理合规的监管框架内。

## 5.2.2 标准制定

### 5.2.2.1 创新标准模式

区块链技术是国家核心技术自主创新的重要突破口，在新时代技术革新、产业变革方面具有重要作用。国外在区块链应用方面跟国内是有差异的，国外大部分区块链的应用是基于公有链的创新，国内则主要是基于联盟链的应用。基于联盟链架构的区块链应用在中国已经比较成熟。

一是强化电力信息通信联盟链标准建设。联盟链可有效解决结算问题，降低两地结算的成本和时间，适合于存证、溯源、监管等新基建场景及机构间的交易、结算等 B2B 场景。其中数字版权保护、供应链和跨境支付因商业价值较容易变现，且发展较为成熟。联盟链应用最主要的一个作用是为政府和企业提供区块链解决方案，赋能企业数字化转型，以应用验证标准，利用区块链技术与传统业务创新发展相结合，进行有益的跨界尝试。

二是以电力信息通信行业、协会为主体，梳理区块链白皮书的发布。充分发挥行业龙头企业、协会的带动作用，以实际落地应用和需求为首要，建立较为全面适合当下发展形势所需的管理机制和标准模式。

三是建立健全区块链标准体系。推动成立电力通信行业内区块链标准化委员会，体系化推进标准制定工作。加快制定关键急需标准，构建标准体系。积极对接 ISO、ITU 等国际组织，积极参与国际标准化工作。

## 5.2.2.2 促进标准推广应用

一是深入践行国家新基建战略，推动顶层设计覆盖。在国家、政府、行业、企业奋战数字化转型的同时，将区块链标准（国家区块链标准、行业区块链标准、联盟链标准）纳入计划数字化转型规划当中，明确提出区块链发展的总体方案、路线图、时间表，将区块链产业发展摆在社会经济发展更加突出的位置，做好顶层设计，统筹协调推进区块链标准体系的建设与应用。

二是建议政府相关主管部门建立区块链产业发展协调机制，形成合力，统筹规划。结合我国区块链技术和应用发展情况，及时出台区块链技术和产业发展扶持政策，重点支持关键技术攻关、重大示范工程、系统解决方案和公共服务平台建设等。

三是组织编制区块链产业发展规划和指导目录。加强对各地发展区块链产业的引导，优化资源配置，避免盲目发展。

四是拓展区块链标准范围。从基础标准、业务和应用标准、过程和方法标准、可信和互操作标准、信息安全标准等方面进行延伸，进一步扩大标准的适用性。

五是加强引导。由工信部门、信息通信协会牵头，强化标准审核和推行。组织科研院所、企业、高校认证区块链应用标准，建立基于区块链技术的应用认证体系，依据行业规模和应用能力，探索制定行业认证标准，依托第三方机构开展认证服务，规范行业市场竞争。

六是打造区块链技术基础架构开源模式。建立区块链架构模式标准化，不同行业需求和场景应用可在标准架构的基础上进行二次开发，保障了底层架构一致，为区块链应用、信息互联、跨链互信、打造生态，奠定良好的基础。

## 5.2.2.3 需要标准化方向建议

一是推动区块链行业应用标准的建设。推动区块链技术在能源领域的融合应用，在电力领域以绿电溯源、登记认证、供应链管理等方向为突破口开展行业专项应用试点示范探索标准体系的建设，加快提升区块链技术在能源清洁生产、交易服务、结算、安全保障等方面标准化应用。

二是建立电力能源领域数据上链标准。以技术创新引领能源革命排头兵建设，围绕国家、区域能源革命综合改革试点工作，建设能源区块链，强化重点煤炭生产企业、电力企业、新

能源生产企业、能源交易平台、用能企业等数据上链方式和上链标准，加强链上和链下数据标准化治理，进一步提高精准性、高效性、安全性和可靠性。

三是区块链核心技术的标准化研究。集聚产学研用等多方资源，支持高校和科研院所建设区块链创新实验室和研究中心，加快推进非对称密码技术、共识算法、分布式计算与存储等核心技术的标准化研究，降低区块链技术应用落地难度，促进技术的产业化和标准化应用。

四是鼓励基于区块链技术第三方研究机构和第三方评价机构的标准化建设。形成成熟的第三方标准化评价体系，协同产学研用等多方资源充分发挥第三方研究机构和第三方评价机构对区块链技术发展和应用的跟踪作用，定期发布行业发展动态，研判发展趋势和技术标准应用情况。及时对当前区块链技术标准化应用进行专业、客观、公平的评价和指导。

五是鼓励行业龙头企业加强区块链技术与既有产品与服务的融合创新。构建成熟的区块链应用产品体系及行业解决方案，带动上下游企业提高对区块链技术应用积极性。

### 5.2.3 人才

一是依托国家级、省级人才类工程和省内外高校、培训机构，引进一批战略型、研究型、应用型、商业型、工程型创新人才，培育一批区块链领域专业技术人才。积极开展各级、各领域区块链相关业务能力培训和职业技能培训，支持鼓励联合培养、创新创业活动，形成梯次化区块链人才队伍。

二是加快推动行业应用落地。鼓励骨干企业发挥引领带动作用，支持产业链上下游开展协同创新，加快丰富行业应用。继续举办区块链开发大赛，遴选优秀解决方案和人才。

三是鼓励打造区块链产业园区，在产业基础较好、应用条件成熟地区探索建立区块链综合应用试验区，吸引区块链上下游产业聚集，开展同界及跨界合作，形成横向联盟链和纵向联盟链创新发展和应用能力，对外服务形成合力，以产业发展促进人才培育。

## 5.3 产业协同

### 5.3.1 产业组织协调发展

鼓励引导企业、研究机构开展数据隐私保护等相关技术研究，实现底层核心技术自主可控。研究建立区块链产品检验检测评估机制，构建涵盖区块链技术、产品、服务等方面的测试评估体系。各类团体、技术联盟建立更广泛的合作机制。创建政产学研合作交流平台，实现行业供需对接，打造一批区块链试点示范项目，国家标准、行业标准的“抢跑”优势构建区块链标准体系，积极参与国际标准化工作。基于区块链技术建立跨行业、跨领域的区块链



公共服务平台，促进各类数据共建共享与互联互通。

### 5.3.2 高新技术融合发展

新技术融合，拓展应用创新空间。区块链作为一种底层技术，与 5G、大数据、物联网、人工智能等新兴技术具有较好的渗透、融合能力，凭借其数据保全、溯源的技术特性，可以进一步激发这些技术的潜能，提升区块链的支撑能力。

#### 5.3.2.1 区块链+5G

区块链技术与 5G 通信技术的融合为物联网规模化应用提供了可想象空间。区块链是点对点的分布式系统，节点间的多播通信会消耗大量网络资源。5G 网络作为下一代移动通信网络，理论传输速度可达 10Gbps。对于区块链而言，区块链数据可以达到极速同步，从而减少不一致数据的产生，提高共识算法的效率，极大提升区块链的性能，扩展区块链的应用范围。

#### 5.3.2.2 区块链+大数据

区块链与大数据融合有利于破解数据孤岛、提升数据质量、保障数据安全、释放大数据价值。区块链提供的是账本的完整性，数据统计分析的能力较弱。大数据具备海量数据存储技术和灵活高效的分析技术，极大提升区块链数据的价值和使用空间。区块链以其可信任性、安全性和不可篡改性，让更多数据被解放出来。区块链的可追溯特性使得数据从采集、交易、流通，以及计算分析的每一步记录都可以留存在区块链上，使得数据的质量获得前所未有的强信任背书，保证数据分析结果的正确性和数据挖掘的效果。

#### 5.3.2.3 区块链+人工智能

区块链技术可以解决人工智能（AI）应用中数据可信度问题，而人工智能技术也可以提高区块链系统的智能化程度。基于区块链的人工智能网络可以设定一致、有效的设备注册、授权及完善的生命周期管理机制，有利于提高人工智能设备的用户体验及安全性。人工智能设备通过区块链实现互联、互通，而统一的区块链基础协议则可让不同的人工智能设备之间在互动过程中不断积累学习经验，从而实现智能程度的进一步提升。

#### 5.3.2.4 区块链+物联网

区块链的去中心化特性为物联网的自我治理提供了方法。区块链技术可以帮助物联网中的设备理解彼此，并让物联网中的设备知道不同设备之间的关系，实现对分布式物联网的去

中心化控制。物联网天然具备分布式特征，网中的每一个设备都能管理自己在交互作用中的角色、行为和规则，对建立区块链系统的共识机制具有重要的支持作用。

### 5.3.3 产业创新配套发展

在新冠疫情冲击全球经济大背景下，人们生活和生产方式都产生了深刻的变化，一定程度上加速了人类社会向数字世界迁移的步伐。区块链技术作为数字世界最为重要的基础设施，在电力信息通信行业具有广泛的应用场景和基础，有助于构建安全可信的电力数据交换共享机制，推动形成面向互利共赢的产业协同生态。但不可忽略的是，在区块链产业和电力信息通信行业融合应用过程中，产业载体设施尚不完善，配套服务能力有待提升。

#### 5.3.3.1 加强行业级应用支撑能力

区块链技术面临开发使用成本较高、运营维护困难、跨链和互操作较难，不同区块链网络间形成的“数据孤岛”问题，降低了对于数据的共享交换和分析利用能力。需要加强建设行业级的区块链应用支撑载体设施，增强产业核心资源的汇聚能力，在关键核心技术突破、自主可控能力打造等方面，形成行业级的合力，为进一步开展行政监管、行业自律、技术保障、公众监督和社会教育提供技术保障。

#### 5.3.3.2 加强科技创新资本助力

新一轮科技和产业革命来袭，在利用区块链技术创新数字经济支撑、新旧动能转换和经济高质量发展的过程中，需要打造科技创新资本助力，形成“区块链+电力信息通信”融合应用的生态闭环，通过构建集技术、人才、产业、资本为一体的科技创新创业生态系统，立足区块链和电力信息通信行业高精尖项目的产业化转化服务，以生态思维为演绎路径，助力区块链产业迭代升级。

### 5.3.4 开源生态协调发展

区块链作为一项公开的、透明的、可信的、不可篡改的新一代信息技术，基于分布式网络实现了多方参与，利用共识机制凝聚了多方信任，运用智能合约推动了多方自动执行，众多相关方共同参与成为了区块链应用的核心要素。随着区块链系统在应用端的不断延伸，对于系统功能、性能等开发需求不断增长，区块链系统的复杂性逐步提升，用户群体和应用场景日益扩大，使得区块链开源生态具有复杂性、多样性、开放性、健壮性、可持续性、合规性等特点，需要进一步打造完善区块链开源生态，构建完善面向开发者的软件安全保护机制，在未来驱动区块链技术落地和深化业务应用。

### 5.3.4.1 培育区块链开源生态

在国际方面，目前 Github 上开发者数量已超过五千六百万，添加超过 19 亿的开发贡献，发布十余万项区块链开源项目；在国内方面，中国区块链技术和产业发展论坛构建了我国分布式应用账本区块链开源社区，目前共有包括 FISCO BCOS、PlatONE 在内的五个区块链开源项目。推动构建区块链开源生态，实现从代码开源到数据可信，从业务协同到商业模式创新，从而为产业提供了共治共赢的可能。但从开源项目数量、开发者参与活跃度等来看，区块链开源生态仍处于发展的初级阶段，需要进一步建立一个安全便捷、开放合作的区块链开源生态环境，深化区块链技术在电力信息通信等行业应用。

### 5.3.4.2 强化标准和开源联动

标准和开源都是促进区块链产业发展的重要手段，在不同场景和阶段中分别发挥着不同的作用。开源作为技术创新的重要方式，可以提高产业内企业间协同开发效率，加速技术的演进和实现；标准则是对行业方案的能力要求、评测规范、互联互通格式做了约定，确保了一致性和落地质量。开源驱动了标准的产生，反之标准也促进了技术的创新，开源和标准的联动是技术和商业结合的有效路径。随着区块链开源生态的不断扩大和完善，构建标准和开源的联动机制，避免开源社区只关注自身用户需求和路径发展，而忽略区块链整个产业的发展需求和方向，是未来区块链技术发展和融合应用的重要研究。