

施耐德电气
领导力系列

DIGITAL

释放数字化电网潜能

Life Is On

Schneider
Electric
施耐德电气

目录

	序言	03
01	电力公司终需颠覆	10
02	能源格局演变	30
03	配电公司：身处变革的中心	44
04	IT 与 OT 的结合	60
05	数据：决定电力公司成功与否的新命脉	72
06	电力公司的成功战略	85
	术语释义	94
	尾注	95



序言

加大对于提高楼宇和工业运营的能源效率的重视，将有助于推动世界范围内的能效增长。

据国际能源署（IEA）估算，到 2040 年，全球年度电力消耗量将较 2015 年攀升 70%。¹ 面对如此巨大的增长潜力，世界各地的电力公司都在努力寻求以下难题的答案：如何在实现发电量翻倍的同时减少化石燃料造成的排放？如何改进目前的配电系统以满足持续增长的用电需求？本报告将为解决世界人口增长带来的需求上涨，以及完成全球能源市场脱碳减排的首要任务提供适当建议。

据彭博新能源财经报道，2025 年到 2030 年，化石燃料发电占全球发电总量的比例将达到顶点。太阳能和风能发电将在 2030 年超过天然气发电——并在 2035 年超过燃煤发电。在部分地区，很多新增可再生能源，特别是太阳能，将实现并网配电。到 2040 年，全球近 5% 的电力将来自小型光伏发电，但是世界各地的实际比例将有很大差距。例如，经济合作与发展组织（OECD）国家的目标是 8%，欧洲是 9%，美国则约为 15%。² 相比之下，在澳大利亚，预计分布式太阳能将迅速增长至装机总量的近一半，达到发电总量的四分之一。能源效率的快速提升不仅会加速电网的脱碳进程，也将影响电力销售。

在全球各地区，各类市场参与者面临着各不相同的挑战。未来 20 年内，发展中国家的电力需求将会激增，而发达国家的电力需求将基本不变，甚至出现负增长。此外，由于监管环境不同，在电力脱碳的过程中没有包治百病的万金良方。尽管如此，更加数字化的电网却是普遍需求。

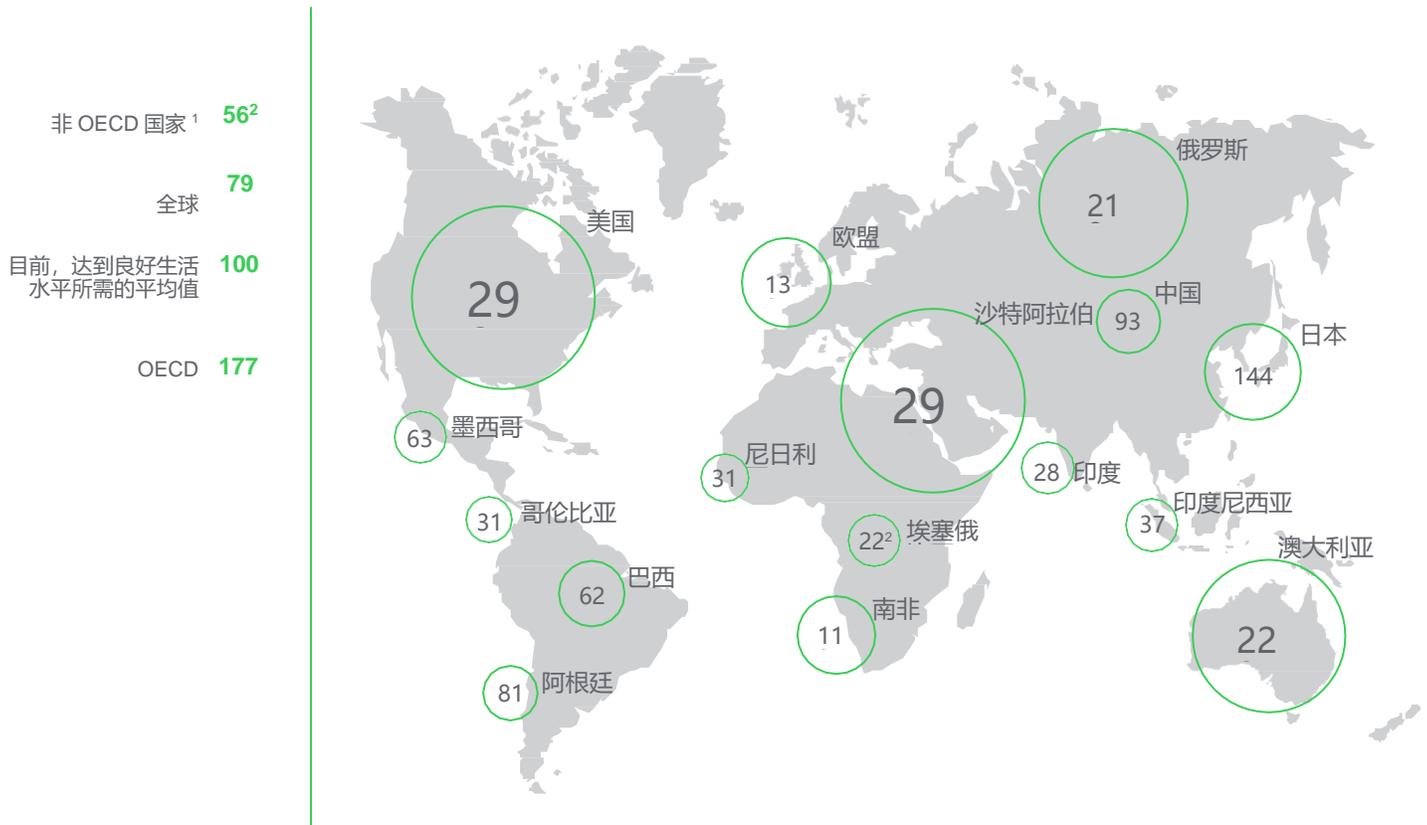
在未来的 20 年内，多种因素将共同推动全球电力消耗显著增长，其中包括：

人口增长—到 2030 年，全球人口将从 2010 年的 70 亿增长至 85 亿。³

城市化进程和生活水平提高—随着新兴经济体的人们生活水平不断提高，未来 20 年内，发电量将增长 70% 以上。⁴ 实际上，城市化进程和对电力产品的消费将是推动能源消耗量激增的主要因素。发展中国家的经济和工业发展将推动发电量显著提高。生产发展将主要发生在亚洲地区；中国的经济增长将为全球发展带来尤其显著的推动作用。2035 年之后，用电量将继续增加，主要动力则会来自印度、亚洲其他地区 and 非洲地区为实现经济转型而做出的努力。

世界各地人均能源差异显著

以下数字代表 2014 年人均能源消耗量，单位为千焦：



1 非经合组织成员国国家

2 由于数据有限，此数据为 2013 年统计数据

资料来源：法国能源信息统计所 (Enerdata, 2015)，真实历史数据；联合国人口司 (UNPD, 2015)，《世界人口展望：2015 年修订版》

图 1 – 目前，世界各地人均能源差别显著（资料来源：能源转型委员会报告：《更好的能源，更伟大的繁荣》，2017 年 4 月，www.energy-transitions.org）

获取能源—离网型光伏发电 (PV) 及储电系统和其他科技让非洲农村地区获得电力照明。随着收入增长, 印度窗式空调的使用量快速增加。在整个发展中世界, 小型充电亭可以为低廉的移动设备充电, 包括智能手机和笔记本电脑等。

能源转型—目前, 在世界多个地区, 电力和天然气正在取代化石燃料和农村地区的生物燃料 (尤其是木材), 用于取暖、照明、烹饪等用途。

能源效率—提高楼宇和工业运营能效越来越受重视, 这有助于推动全世界的增长。能效提升仍有巨大潜力, 工业领域节能可达 25%, 建筑领域可达 20%, 交通领域可高达 31%。在建筑比交通或工业用能占比更高的地区, 能效提升的整体潜力也更高。北美、欧洲、中国和亚太地区的节能潜力最高。⁵

低碳交通—预测显示, 电动汽车的推广和普及将在很大程度上提高电力消耗量。

得益于汽车行业的持续投资和政策支持——包括近期英国和法国政府决定在 2040 年之前逐步取消销售传统汽车——到 2040 年, 电动汽车将可能占全球汽车总量的 25%到 30%。⁶ 然而, 各国的轻型汽车占比相差甚远。在北美, 这一比例基本达到了 79% (欧洲为 60%), 但是在印度仍不足 7%。未来数年间, 这一比例将不断提高, 预计将在所有新兴经济体达到最高 40%。最多 19.7 亿吨油当量的石油将有可能被电力 (23,000 太瓦时) 取代, 并因此对成熟经济体和中国、印度及非洲的能源消耗产生重大影响。

由于发达国家和发展中国家的人均能源消耗量相差甚远, 因此人口增长因素并不具有说服力。发展中国家的人口增长速度要快得多, 但是与此同时, 发达国家的人均用电量却高得多。

例如, 北美地区的人均用电量是世界平均水平的 4 倍, 因此, 即使 2015 至 2035 年间美国人口仅增长 4%, 该地区的用电量却将占同期全球用电量增长的 38%。⁷

对于发展中国家而言, 生活水平的提高和能源转型具有更为重要的意义, 两者都可能产生积极影响。在发展中国家的大部分地区, 转型得益于有更多人口获得了电力资源。到 2016 年为止, 全世界有数十亿人口未能获得电力, 只能燃烧煤油和木柴照明和取暖, 到 2030 年, 这一数字将降低到 7.8 亿。⁸

电力消耗量增长同样伴随着风险, 解决这一难题难上加难。电力照明和制冷具有可靠、低廉的优点, 将帮助发展中国家的数百万人改善生活。但是如果仅依靠化石燃料, 那么此举将使得气候变化的影响更加严峻。2017 年 4 月, 能源转型委员会 (ETC) 发布了题为《更好的能源, 更伟大的繁荣》的报告, 强调称以往的商业模式已经不再适用。报告指出, 在传统的商业模式情境中, 到 2050 年, 全球能源消耗量最高将增长 80%。鉴于目前的能源结构以化石燃料为主, 到 2100 年, 全球温度可能将提高 4°C (较工业时代以前)。⁹

但是，在提高能源效率的过程中，平衡这些消费相关因素显得更为重要。目前，世界经济体已经开始将能源消耗量与国内生产总值（GDP）解绑。能源需求不再与经济增长亦步亦趋。更加鼓舞人心的是，在飞速发展的发展中国家，这一趋势更为显著。

在提高电力产量的同时减少排放——这是全球共同面对的挑战。因此，我们必须向全球能源系统转型，实现：

电力脱碳，同时推广电气化。

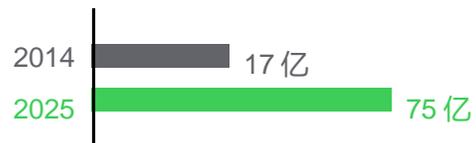
将能源及相关商业流程数字化，利用物联网等数字科技，推动信息和运营融合。

既有发电模式去中心化，在电网的所有层面采用分布式智慧能源和信息流。

在全球很多地区，化石燃料和农村生物质能（尤其是木材）正在被取代。

数据的数字化

楼宇中的联网设备数量



资料来源：IHS，物联网平台：赋能物联网，2016

电网脱碳

全球投资



联合国环境规划署 FS / ENEF，全球可再生能源投资趋势，2016

资产去中心化

企业投资



彭博新能源财经

1990年至2014年间，能源密度降低了约20%，区域差异较大。

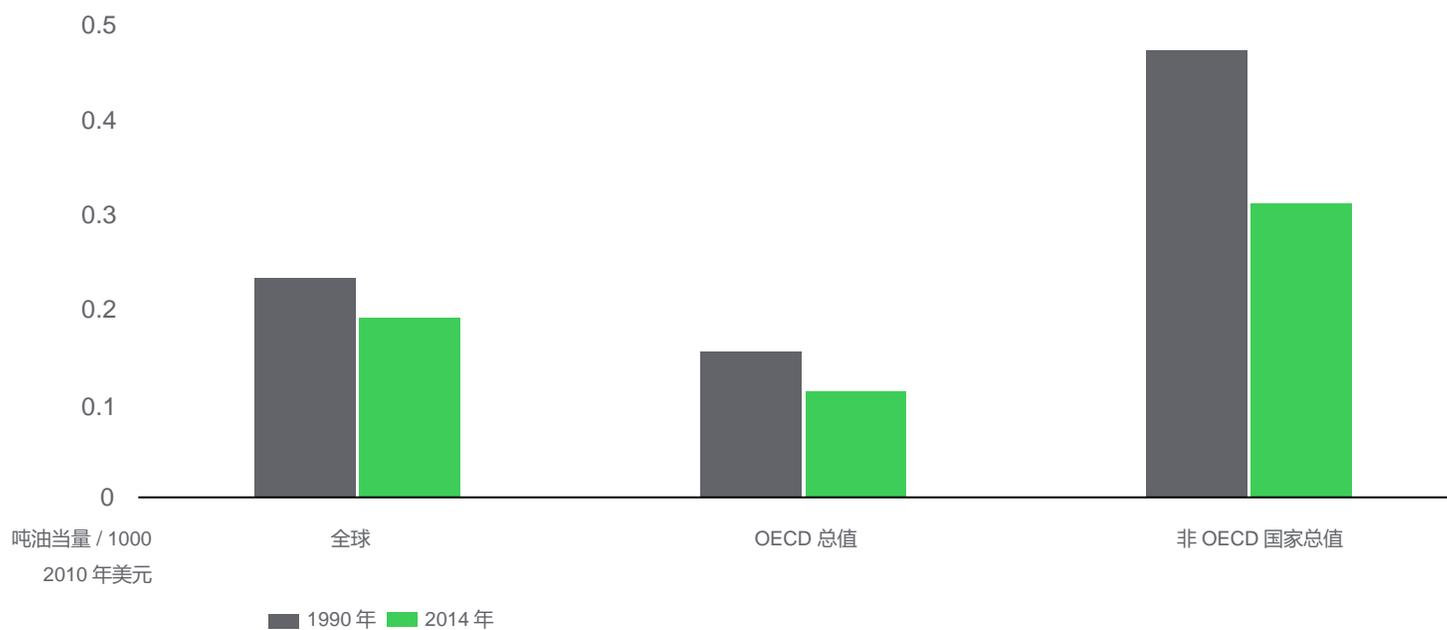


图2：1990年至2014年，能源强度（吨油当量 / 1000 2010年美元）降低了约20%，地区差异较大（来源：IEA世界能源平衡表，2017；TPES：主要能源供应总量；基于2010年美元购买力平价的GDP © OECD / IEA 2017年世界能源平衡表 www.iea.org/statistics。许可：www.iea.org/t&c。）

成功案例

南澳大利亚州

近年来，澳大利亚的极端天气事件数量增加，南澳大利亚州所受影响尤为严重。该地区的热浪和风暴在数量和强度方面均呈上升趋势，新需求激增，网络中断风险也随之提高。

南澳电力公司（SAPN）是南澳州的唯一配电服务提供商，为应对这一状况，成立了网络创新中心，旨在部署先进的网络科技。施耐德电气与南澳电力公司在多个领域进行了一系列合作，包括：

- 高级配电管理系统。
- 故障定位、隔离和恢复供电。
- 智能联网配电间。

施耐德电气与南澳电力公司的合作仍在继续，并将持续帮助南澳电力公司实现其长期网络战略。¹⁰



成功案例

意大利

电力公司的中压/低压 (MV/LV) 配电系统存在一些与生俱来的低效问题，主要是由线路损耗和开关动作造成的。但是正如一些电力公司已经意识到的，高级配电管理系统 (ADMS) 能够帮助改善低效状况。意大利最大的配电公司 Enel 发现，即使小的改善也可以积少成多，降低燃料成本，减少碳排放。

施耐德电气的 ADMS 系统帮助 Enel 优化在米兰的运营，更有效地改善了实际运营状况。

Enel 分析自有变电站和变压器中传感器收集的数据，并结合客户电表数据，进一步了解了电网运营中的季节性变化规律。公司决定在每次换季时重新计算系统连接，能量损耗随之减少了 4%。数字虽小，但是从整个公司的层面来看，已经显著降低了燃料成本和排放量。Enel 已经在意大利的 28 个控制中心推广了这一系统。¹¹



01

电力公司终需颠覆



变革带来的挑战

新技术不断发展，监管政策发生变化，经济环境状况良好，诸多因素共同推动着清洁、低碳的可再生能源加速发展。

以化石燃料为主导的、集中管理式发展途径已经成为过去，变得摇摇欲坠。新技术不断发展，监管机构的影响力逐渐增强，经济环境状况良好，诸多因素共同推动着清洁、低碳的可再生能源加速发展。这些驱动变革的因素也推动着相关各方重新设计和升级现有的能源网络。但是，正如企业管理者和政府监管机构所看到的，这些重任将产生广泛的影响。进一步使用可再生能源发电，尤其是利用太阳能和风能发电，不仅具有明显的益处，同时也伴随着严峻挑战。例如：

- 就发电而言，风机和太阳能板从完成建设的一刻起，就可以“免费”发电了（也就是说，无需购买和燃烧煤炭来驱动涡轮机），可以说是本世纪生产力的最大进步。

然而，这种生产力的进步却可能严重破坏传统的电力批发市场结构。

- 电力公司想要提高商业模式的经营效率，最值得注意的是供电方式。可再生能源的分布性更强，因此，已有 100 余年历史的输配电网必须重新设计。目前，市场和电网组织机构的架构还不足以维持如此高的转换效率。更加分布式的未来将伴随着许多挑战，配电公司需要重新思考技术投资战略，与客户加强互动，让客户成为合作伙伴。

面对新的环境，能源市场仍在探索定价管理方式。例如，欧洲市场普遍采用上网电价政策，促进了可再生能源的广泛使用，将传统的化石燃料发电在定价方面置于劣势。然而意想不到的的是，由于太阳能和风能具有波动性，燃煤工厂成为应急方案，被淘汰的趋势反而慢了下来。

在世界其他地区，陈旧的设备和老化的基础设施无法同时提供集中式和分布式电力结构，阻碍了混合电力时代的到来。电力公司意识到，建设智能电网并非是从零开始，而是需要重新配置——重新构想——现有电网，而在很多情况下，现有电网运行良好，资本投资还没有完全贬值。

目前，市场和电网组织机构的架构还不足以维持如此高的转换效率。

更加分布式的未来将伴随着许多挑战，配电公司需要重新思考技术投资战略，与客户加强互动，让客户成为合作伙伴。



改变需求，完善解决方案

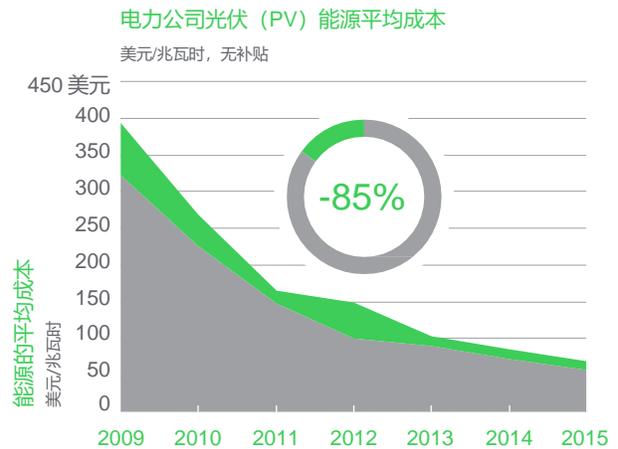
能源经济正在经历变革性的转型。如今，得益于多种激励政策和价格大幅下跌，风能和太阳能常常成为能源市场上出价最低者。因此，燃煤发电在全球很多地区退出了历史舞台。在欧洲和北美，这一趋势大约十年前就开始了，2017 年，英国国家电网宣布，自工业革命以来，英国首次一整天都没有使用煤电。不仅如此，在中国和印度，雄心勃勃的煤电厂发展计划也明显放缓了步伐。核电站曾经被视为抵达低碳世界的零排放解决方案，如今也在竞价中落败。就连天然气电厂也受到威胁，其中，难以快速提升产能的联合循环电厂更是如此。

面对成本的变化，全球各地的电网运营商和购电者都在重新思考所谓的基本负载。风能和太阳能发电的成本如此之低，使得化石燃料和核能不再是满足未来电力需求的唯一选择。相反，在很多情况下，系统运营商将更低廉的可再生能源纳入基本负载，根据一系列更加灵活、可调度的资源进行计算——储能领域也是如此——以重新振兴发电及电网支持服务。

这种转型所造成的环境影响并非完全是积极正面的。德国推出了颇具野心的可再生能源计划后，2014 年和 2015 年，二氧化碳排放量稍有增加，主要是因为风能和太阳能具有波动性，对这两种资源的愈加依赖迫使燃煤和天然气工厂持续运行，以备不时之需。近期，南澳大利亚州因为气温适宜，空调使用量减少，太阳能发电情况优秀，电网需求达到了前所未有的低水平。屋顶太阳能和疾风发电兴起，特定时期不仅能够 100% 满足当地用电需求，甚至还可能有所剩余，能源价格也因此受到了影响。¹

化石燃料和核能不再
是满足未来电力需求
的唯一选择。

近年来，风能和太阳能发电成本显著降低。



风能近期竞价

- 30 美元/兆瓦时陆地 - 美国, 2015 年
- 35 美元/兆瓦时陆地 - 摩洛哥, 2016 年 1 月
- 50 欧元/兆瓦时海上 - 丹麦, 2016 年 11 月
- 55 欧元/兆瓦时海上 - 荷兰, 2016 年 12 月

电力公司光伏 (PV) 能源近期竞价

- 24 美元/兆瓦时 - 阿布扎比酋长国, 2016 年 9 月
- 29 美元/兆瓦时 - 智利, 2016 年 8 月
- 30 美元/兆瓦时 - 迪拜, 2016 年 5 月
- 27 美元/兆瓦时 - 墨西哥, 2017 年 2 月

图 1 – 近年来，风能和太阳能发电成本显著降低。

(资料来源：能源转型委员会报告：《更好的能源，更伟大的繁荣》，2017 年 4 月，www.energy-transitions.org)

请注意：2015 年美国按生产税减免 (PTC) 调整后的风能竞价根据美国劳伦斯伯克利国家实验室 (LBNL) 发布的《2015 年风能技术市场报告》，2015 年，美国购电协议 (PPA) 价格按生产税减免 (PTC) 调整后低至约 20 美元/兆瓦时，生产税平均减免 15 美元/兆瓦时。

资料来源：Lazard Levelized Cost of Energy 9.0 (2015)，Greentech Media，劳伦斯伯克利国家实验室 (LBNL)

电力公司：顺应时代趋势.....

智能电网将成为电力公司能否取得成功的关键因素，未来世界将依赖于电力，而智能电网就是基础。

面对即将到来的颠覆，配电公司正在努力适应时代趋势。目前，配电公司仍然负责将输电网接入客户的电表。但是除此以外，配电公司还必须将日益增加的分布式电力资源纳入系统，而这些系统在最初设计时并未考虑过双向电流。也就是说，配电公司必须改变角色，从原来的网络管理员转变成资源规划者和调度者，甚至是市场使能者，承担更加复杂的责任——更像是今天的系统运营商。为实现角色转型，配电公司需要使用以指数级增加的数据，才能更好地实时掌握电网状态。因此，如今的电力公司的管理对象将由规模庞大、年代久远的实体基础设施，升级成为数据点数字化的基础设施。

智能电网将成为电力公司能否取得成功的关键因素，未来世界将依赖于电力，而智能电网就是基础。在未来的数十年内，尽管集中发电将仍将是保证电网稳定性的关键因素，但是分布式能源（DER），例如住宅屋顶式和社区太阳能发电和储能系统，将对能源供应商和系统稳定性产生重要影响。配电系统的数字化将带来更强大的连通性，使能多方更加灵活、高效地控制和传输电力：

- 住宅和商业建筑的交换机和自动化家庭设备
- 分布式能源（DER）。
- 能源社区（例如微电网）及其成员和利益相关者。
- 运营配电网和区域电网、连通各系统并参与能源市场活动的电力公司。

通过分布式发电，消费者可以选择向零售商购电或自行发电。



定义新资源

分布式能源（DER）是小型发电能源。大型电厂把生产的电力通过高压输电线输送到当地配电系统，分布式能源则是在本地配电网中直接发电。目前，最常见的分布式能源包括：

- 各种小型屋顶光伏板和微型风机。
- 在行驶过程中耗电和充电的电动汽车。
- 日益扩展的储能系统、需求反应和可控负载。

通过分布式发电，消费者可以选择向零售商购电或自行发电。然而，对于电网运营商而言，连通配电系统内的发电资源不仅更为复杂，对灵活性和控制能力的要求也更高。因此，电力公司正在寻求通过数字解决方案优化现有电网资产，突破不断增长的分布式能源带来的科技难题。事实上，由于分布式资源的发电位置更靠近负载本身，除了为业主创造收益外，还带来了更广泛的价值，包括配电服务，降低损耗，规避风险，环境利益，以及通过基础设施建设推动当地经济发展。

智能网络运营也将提高客户满意度。在如今社交媒体驱动的环境中，客户满意度正逐渐成为至关重要的因素之一。配电公司位于大型输配电网的前端，直接面对来自客户的大量投诉。

减少和避免投诉，为客户提供准确、实时的供电恢复时间和客户用能信息，这些做法有助于电力公司建立快速反应的声誉。

市场调研公司 IDC 认为，目前，客户满意度是许多配电公司面临的挑战。IDC 预计，到 2018 年，只有五分之一的电力公司能够将客户满意度提高 10%。²为了更好地服务客户，许多电力公司开始投资于科技，致力于提供从笔记本电脑到智能手机和客服中心的多平台一致性体验。

电力公司正在寻求通过数字解决方案优化现有电网资产，突破科技难题。

A photograph of a man and a young girl sitting on a couch, looking at a tablet together. The man is wearing a red and black plaid shirt and white headphones, smiling warmly at the girl. The girl is wearing a black and white patterned sweater. In the background, a woman with long blonde hair is sitting at a desk, looking down at a laptop. A modern lamp with a glass dome is visible above them.

为了更好地服务客户，许多电力公司开始投资于科技，致力于提供从笔记本电脑到智能手机和客服中心的多平台一致性体验。

微电网的崛起

微电网用于帮助为主电网可靠性不足的地方提高可靠性，或在公共事业为负载分担提供优惠价格时建立。

如今，电网正在变大，同时也在变小。美国大平原和东部清洁线路 (Plains & Eastern Clean Line) 预计将把风力发电从俄克拉荷马州输送到田纳西州的孟菲斯市，输电里程超过 700 英里，目前项目正在规划中，将在 2020 年开始运营。该计划将采用高压直流输电 (HVDC) 技术为，容量高达 4000 兆瓦。与此同时，微电网正在上网，连接校园、军事基地、楼宇和公寓开发项目等基础设施中的现场分布式能源。当时机到来，这些系统将从主电网中“分离”出来，实现能源的自给自足。一旦主电网供电中断，这些系统可以切断特定目的的供电，保持内部用电平衡。

微电网的主要特点之一是能够与主电网无缝断连和重连，并且不会造成供电中断。除了能够独立运营外，微电网还可以与主电网平行运行，加强主电网的运行能力。鉴于这些优势，电力公司可以根据当地需求管理本地发电，在系统与电网的连接处降低电力交换，从而释放电网资源。

微电网分类主要依靠它们与主电网的连接方式，以及它们的所有权类型来实现。总体而言，微电网可主要分为以下四类：

01 并网设施微电网

这些微电网连接到主电网，为主电网可靠性不足的地方提高可靠性，或在公共事业为可减载负载提供优惠价格时建立。例如，高可用的独立商业楼宇、企业研发或商业园区、医院和数据中心等。这些微电网的优势包括：用能费用更低，能够集成更多可再生资源，弹性更强。

电网设施的能源政策决策者通常是站点的能源管理者。在分析工具的支持下，这类人士通常做出优化站点能源使用的选择：

- 能源采购，包括采购能源及谈判交付合同。
- 能源使用，能够为取暖、通风和空调 (HVAC) 系统 (医院和数据中心等除外)、电动汽车充电器、设施照明控制等非关键性负载设置优先级别。

能源管理者的主要目标是在微电网供应商和商业聚合商的帮助下，优化微电网资产：

- 利用所有切实且具备成本效益的本地生产方法（分布式能源）并优化自我消费。
- 利用电池储能系统改善能源的灵活性。
- 通过商业聚合商将能源灵活性变现。
- 利用高级微电网控制管理分布式能源灵活性，并通过税务管理优化减少能源支出。

能源管理者可以优先考虑投资，并优化能源效率（最大限度地减少所消耗的千瓦时）和千瓦时电价。通过尽可能地使用低碳、低成本能源进一步提高优化程度。

02 并网社区微电网

这些服务多个生产者和消费者的微电网连接到主电网，或作为可管理单元进行托管，并优化与公共事业主电网之间的交换。微电网能够服务于城市商业中心、绿色乡村、环保区甚至小型城市等不同规模的对象。微电网的益处是多样化的，包括优化能源成本，确保电网弹性，以及聚合更多可再生资源等。

管理由电网连接的社区是一个新的岗位需求：区域管理员的任务是最大程度上使用当地生产的电能，并在必要的时候从主电网购电。或者当剩余能源可用时，地区管理员可以进行出售、储存或配送给站点。地区管理员通常也负责决定地区的能源灵活性，并通过商业聚合商选择有吸引力的负载缩减活动。地区层面的经济优化，有利于该地区的所有站点、社区和园区所有者。

03 离网设施微电网

对于离网微电网，更多公共事业单位和私人实体都在呼吁私人 IPP（独立发电商）的投标。IPP 不属于公用事业，但拥有发电设备，是用于向公用事业和最终用户出售电力的实体。这些协议一般包括：

- 工程、采购和建筑（EPC）协议，包括从设计、采购、建设到运行等一系列系统上网所需活动。
- 解决方案的衔接，包括微电网系统、去中心化能源、能源管理系统和电力配送等。
- 商业模式/融资，包括作为资本支出的直接所有权；作为运营支出的服务模式；按量计费的小型远程系统；通过发行城市债券获得的社区所有权；或者点火差价，根据燃料成本和发电量或者购电量之间的差价补偿客户。

这些是当今世界上最常见的微电网类型，通常存在于传统电网无法触及的偏远地区。例如偏远的军事基地、偏远的矿场或工业设施，以及偏僻的建筑物，例如度假村等。这些微电网的主要优势包括高可靠性的能源（避免生产损失）和低碳可再生能源的整合，以优化成本和环境。

4 离网社区微电网

这些微电网为多个生产者和消费者服务，同样位于主电网无法企及的地方，例如海岛、偏远村庄和社区。但与设施微电网不同的是，这些部署包含各种社区资产，从而为关键的社区服务提供弹性电源保障。

这些微电网的主要优势包括高比例的可再生能源发电，例如生物质能、太阳能光伏和风力发电，以最大限度地减少对燃料的依赖，并最小化污染和能源成本。当离网社区型微电网达到某种规模时，它们就会遭遇限制，但可以由微电网的优化管理技术予以解决。

平行于微电网的更广泛、也更具颠覆性的“能源社区”正在形成。“能源社区”可以是地理位置上相邻的社区或者园区，也可以是抽象意义上的分布式太阳能和储能资源的整合，以数字网络联系在一起并且拥有自己的能源市场。得益于 P2P 交易能力，一些社区的消费者可以从彼此之间购买千瓦时，而不是从电力公司处购买。近期示例：

- 在美国纽约的布鲁克林，初创企业 LO3 Energy 开发了一个试点系统，将微电网与能源社区结合起来，屋顶太阳能板的业主可以向邻居售电。这种交互式能源模式的基础是一种基于区块链的软件，类似于开发比特币等数字货币的技术。³ 在美国，在可以预见的未来，社区光伏电池组将占非住宅太阳能市场的 20%到 25%。对于产能不超过 5MW 或更少的电池组来说，商业模式又有所不同。但是参与者一般都是不能拥有自己的太阳能系统的住宅业主和小型企业。付费加入此类项目，他们可以获得拥有屋顶太阳能板的人相同的经济利益。⁴

- 电力公司主导的项目将成为美国的主要驱动力。在马里兰州，Duke Energy Renewables 和施耐德电气将与蒙哥马利郡合作建设两个微电网，用于公共安全设施。这两个系统将归 Duke Energy 所有，包括太阳能和热电联产，使用现场发电的废热为楼宇供暖或取冷，从而节省能源。⁵
- 在德国，电池制造商 Sonnen 提出了 SonnenCommunity 服务，开发了一个虚拟电力公司。任何人都可以缴纳每月 19.99 欧元的费用参加该服务，太阳能及储能系统的业主可以向电力池出售储存的电力。这种方式将给电力公司带来怎样的威胁？SonnenCommunity 的官方网站上这样阐述其价值定位：“因为您仅使用社区的内部能源，所以不再需要传统的能源供应商了。”⁶

但是，这种新的能源社区可能仍要依赖于电力公司的线路、变压器和变电站等基础设施，才能将电力输送到实体或虚拟的位置。配电公司作为使能者和平衡者，为社区成员之间的电力传输发挥重要作用。此外，基于社区的分布式可再生能源能够促进电网管理，推动电力公司降低资本和运营费用。在不断变化的环境中，面对市场的新参与者，数字化将成为决定配电公司能否成功的关键。IDC 预计，到 2020 年，全球财富 500 强公司中的 20%将参与电力市场，通过独立于电力公司的子公司出售给批发市场生产 2.5GW 的电力。⁷

社区微电网带来多重优势，包括优化能源成本，确保供电弹性，聚合更多可再生资源。



欧洲测试首个科技和教育微电网

法国格勒诺布尔市的 LearningGrid 微电网

Institut des Métiers et des Techniques (IMT) 大学的 LearningGrid 项目旨在创建一个覆盖校园楼宇的微电网，以提高能效，降低消耗，培训能源专家，并且作为职业培训的一部分帮助学生理解能源问题。IMT 有超过 2400 名学生，校园内有 6 座楼宇，其中有些建于 20 世纪 60 年代，最近的建于 2015 年。整个校园就像一座小城市，酒店、车库、烘焙店、理发店、餐厅等各种典型商业形式一应俱全。IMT 目前已经确定了能源消耗的整体布局，但是还想控制成本和测量能源消耗的时间、地点和方式，目标是将总成本降低 30%，实现用能的 15%来自可再生能源，30%来自本地发电。

施耐德电气正在部署微电网。太阳能和废热发电、储能和楼宇荷载的能量池管理系统将与电网和地区取暖网络相联通。系统中心是占地 400 平方米的新建建筑“能源舱”，对所有本地设施进行集中管理。

电动汽车

的作用正日益提升

电动汽车有可能减少我们道路交通对于进口石油的依赖，缩减国家能源支出，减少温室气体排放，改善城市空气质量和减少噪音污染。电动汽车预计将迎来显著增长，但是，电池技术和数字化对网络拓扑和监管带来了前所未有的挑战，主要在于电动汽车充电设施的部署和对能源系统的重大影响。

例如，智能充电可以为电网提供服务，改善供电质量和可靠性。通过汽车-电网（V2G）技术实现双向充电，还可以实现更强的灵活性。智能充电可以为电网提供服务，改善供电质量和可靠性。

电动汽车和数字创新能够根据电网容量协调充电系统，减少对新线路和变电站的需求，从而有助于提高能效。

事实上，电动汽车电池用作储能系统时，为监管电网或者缓和峰时需求提供了可能性。网络“服务”可以创造经济价值。电动汽车是灵活性电力需求的重要来源。

智能充电可以为电网提供服务，改善供电质量和可靠性。

电动汽车、电池技术和数字化的飞速发展，将挑战网络拓扑和监管，并对能源系统产生重大影响。



数字化对电力公司和消费者的影响

随着能源领域的数字化进程不断发展，可用数据的数量和粒度有可能创造一系列新的商业服务。其中包括需求反应、能源审计、家庭管理程序等，这些预计都将成为试产参与者新的收入来源。新服务的发展前提是消费者同意接入他们的电表数据和/或安装额外电表或其他设备。

数据安全和隐私至关重要。只有确定了数据安全、隐私得到保护，消费者才能乐于同意和使用这些服务。智能电表一般来说都是“被强加的”，人们并不一定认可其价值。供应商和配电系统运营商必须详细解释智能电表的作用，证明智能电表的增值性，解释消费者将如何受益，以及最重要的一点，解释电表数据的使用方式。

但是，尽管电力公司在电表读数方面拥有丰富经验，但是向监管机构报告财务数据、使用数据作出投资决策、处理智能电网和电表产生的更加微小的数据等都更为复杂。

掌握大数据分析能力，对于理解日益增加的数据、客户人口统计信息和个人/家庭行为更多信息至关重要。

此外，能源供应商还面临着很多竞争对手，消费者不会等待任何人。激烈的竞争来自各个方面。互联网/通讯公司和安全公司纷纷提出家庭能源监控和家庭自动化解决方案。初创企业推出家庭能源管理服务，正在探索新市场；消费者正在作为个人（产消者）或整体（通过社区计划）参加市场行为。

供应商需要积极主动地确定自己在这种生态环境中的定位。供应商需要加强各种活动的运营协调，投资于数据分析和新 IT 平台，聘请数据专家，与服务供应商企业建立合作伙伴关系。

微电网的挑战

在微电网的推动下，电力公司必须考虑突破既有责任，转型成为运营商，或者成为需求侧发电、储能和荷载的所有者。

电力公司必须做出决定，是尽快采用微电网，将商业模式向以客户为中心的新型服务转型，还是停留在边缘继续观望。

在微电网的推动下，电力公司必须考虑突破既有责任，转型成为运营商，或者成为需求侧发电、储能和荷载的所有者。

如今，积极的消费者正在寻求成为电力新世界的公民。不论是通过追踪屋顶太阳能板的发电，供电中断后进行修理，还是建设街区能源社区，他们需要跨社交平台和跨数字商务平台的清晰、实时通讯，推动新客户互动活动，从而有效的交叉销售新产品。

IDC 认为，电力公司对此类客户需求的最有效回应基于“3I”方式，包括：

个性化 (Individualized) —针对每个客户的具体情况，提供有意义、相关的通讯。

即时 (Instant) —在需要的时候提供可用电力。

互联 (Interconnected) —以最便捷的途径向客户无缝供应的电力。

总而言之，所有这些因素都将对价值链产生深刻影响，消费者、生产者和产消者将为了实现最高的能效、可信度、弹性和降低成本，将资源集中在与以往不同的位置。

A young woman with long dark hair, wearing a blue denim shirt and yellow work gloves, is shown from the chest up. She is looking slightly to her right with a gentle smile. Her hands are positioned as if she is working on a solar panel array, with one hand holding a green metal component and the other near a red wire. The background is a large array of blue solar panels under a bright sky.

如今，消费者正在寻求成为电力新世界的公民。他们需要跨社交和数字商务平台的清晰、实时通讯。

02

能源格局演变



地理位置不同，优先事项也有所不同

全球的配电公司正在经历不同程度的脱碳化、数字化和去中心化发展。

全球的配电公司努力朝着智能化发展，鉴于各国、各地区存在载荷和发电差异、市场结构差异，配电公司的动因和要求也各不相同。请思考在以下三个市场中，各种可再生能源对配电公司有何影响：

德国—目前，为了符合监管机构的要求，可再生能源中太阳能和风能提供的电量约占电网供电总量的 40%（占 53% 的装机容量）。在德国，大部分的太阳能发电由光伏（PV）发电装置提供，单个光伏发电装置的容量小于 1 兆瓦。截至 2030 年，持续可再生能源增长将改变德国配电公司的电力生产方式，每年夏季和冬季的时段中，每天将有一部分时段完全无需使用传统发电方式。¹

并且，德国现在允许配电公司实施非恒定分布式能源资源（DER）连接。例如，德国配电公司 E.ON 推出了一种全新住宅储电产品（Aura），该产品可与屋顶光伏组件轻松配对。消费者可以通过 Aura 储电系统和相关应用程序优化电力使用，向电网回售盈余电力。实际上，配电系统发挥了能源存储的作用。Aura 市场相关报道中曾提到，“该系统将家庭能源自给率从 1/3 提高至 70% 左右，家庭能源自给率即家庭消耗的自产电力的比例。”²

加利福尼亚州—加州拥有美国最多的太阳能配电公司，在研究 DER 如何增加配电网价值方面，加利福尼亚处于前沿地位。2015 年，加利福尼亚公用事业委员会（CPUC）和加州三个私营能源机构对一个用于确认 DER 项目最佳电网位置的工具进行了验证，认可了递延配电投资的经济价值。截至 2017 年春季，该工具仍在研发中。

南澳大利亚州—该州实施了一项快速脱碳计划，准备关闭燃煤电厂，支持可再生能源。在 2016 年 6 月到 2017 年 5 月之间，可再生能源——主要是风力资源——为南澳大利亚州提供了 53% 的电力。³ 剩余的电力由天然气和相邻的维多利亚州补充提供。过去一年中，该州发生了一系列恶劣天气事件，再加上高峰期快速响应支持的缺乏，该州的电网发生了一系列停电和减载事件。因此，人们呼吁电力系统实施去私有化发展。

放眼全球，各地的配电公司都在开展不同程度地脱碳化、数字化，去中心化发展。

消费者可通过 Aura 储电系统和相关应用程序优化电力使用，并向电网回售盈余电力。

随着现代化物联网对公用事业业务的影响越来越深入，网络攻击的风险也随之增加，若受到攻击关键基础设施可能会断开连接，国家电力系统可能会关闭。



了解

公用事业机构的压力

从近代历史发展中能够看出，大型组织需要对突发事件有所规划。电力市场正在经历迅速变革，我们强烈建议，电力公用事业机构使用风险缓解策略。

为了更好地了解突发事件对公司财务稳定性的影响，公用事业机构应考虑以下可能发生的情形。

免费能源—科技公司不断探索新的数据变现方法，例如，科技领先企业亚马逊向用户提供个人数据交换“免费能源”的机会。在这种情况下，公用事业机构可能会丢失客户，变成单纯的电力供应商。

去中心化的能源行业前景—新型消费者直连 DER 供应商目前正将屋顶光伏系统与电池、电动汽车、电加热技术捆绑在一起。上述综合技术和一个强势品牌，意味着传统电网配电需求的降低。同样，公用事业机构将因此丢失客户，同时，发电资产也将迅速贬值。

排放欺诈—此种情况将考虑信息泄露的影响（这里指公用事业机构的污染排放数据）。能源公司和高管们可能发现自己正处于公众和政府的监督之下，公众和政府对他们失去了信任。

网络攻击关键基础架构—随着现代化物联网对公用事业业务的影响越来越深入，网络攻击的风险也随之增加，若受到攻击关键基础设施可能会断开连接，国家电力系统可能会关闭。这将使公用事业机构失去公众信任，催生新的业务监管法规。

价格彻底透明化—欧洲电力、天然气和其他能源的零售市场中出现了越来越多的比价网站。极端情况下，这些比价门户网站可能会鼓励消费者频繁更换能源供应商，这将加快对利润率的侵蚀。⁴

欧洲

按照计划，到 2030 年，可再生能源提供 50% 的电力需求，2040 年提供 65% 的需求，2050 年提供至少 80% 的需求。

欧盟目前针对配电公司和分布式能源资源进行关键问题研究。2016 年 11 月，欧盟委员会宣布了一揽子计划，旨在促进“清洁能源过渡”。“面向所有欧洲人的清洁能源一揽子计划”关注如何使消费者成为未来能源市场的核心参与者。该计划有助于欧盟在 2030 年之前实现区域温室气体排放量降低 40% 的目标，参照基准为 2005 年温室气体排放量。一揽子计划将于 2021 年生效，目前，这项 1000 页内容的计划只是一项有争议的提案。

欧盟 28 个成员国引入一个新型市场计划（如果英国退出欧盟，则为 27 个国家），该计划较为复杂并且充满野心，将确保所有欧盟成员国共享能源政策问题。⁵

一揽子计划包含四个中心。一、解决可再生能源的生成问题，其余三个中心涉及配电问题。其中，第一个提案为 2030 年新能效目标，明确规定了能源供应商的义务计划，计量功能，建筑物能源效率积极管理标准。二、能源灵活性，



在去中心化的环境下，终端用户获得需求响应的自由，自发电动态定价，配送机构获得更大的商业模式灵活性。三：治理问题，加强欧洲能源市场组织。

该计划中，较为争议性的内容包括通过就地/现场资源（如太阳能、热电联产、仓储和需求侧管理）鼓励能源自耗。

欧盟成员国的配电公司并未退缩，他们在等待该一揽子计划通过立法。不同的发展体现出经济和政治差异，欧盟政府人士将通过谈判解决这些差异。

德国—“Energiewende”这个词明确了德国目前开展的大规模重组的原因。Energiewende（“能源转型”）是一项国家能源计划，将使用化石燃料转至使用可再生资源。按照可再生能源目标，截至 2030 年，可再生能源发电量占整体发电量的 50%，2040 年实现 65%，2050 年实现至少 80%。⁶德国能源智库 Agora Energiewende 表示：“去中心化将成为电力市场的永久性特征，因为 Energiewende 的核心技术——风能、太阳能、存储、电动出行、热泵——都代表着一个更加分布化的结构。”

在 Energiewende 政策的支持下，屋顶光伏和风力发电得以迅速增加，为了稳定这种变化，德国政府正在撤销上网电价，鼓励自产自耗。德国 KfW 275 激励计划成功地使德国成为世界上最大的能源储存市场之一。

德国太阳能产业协会 BSW 估计，目前，德国约有 5.2 万个储存系统支持太阳能设施，仅 2016 年就安装了 2 万个设施。⁷

BSW 协会预计该数据将在 2018 年底实现翻番。负载缺陷—失去那些能 100%自给自足的客户—德国配电公司的真实情况。促进储电系统快速增长的一个重要因素在于第一批太阳能系统淘汰了过去的激励计划。按照这些协议的规定，太阳能设施所有者能够获得自发电补偿，每千瓦时自发电的最高补偿为 0.5 欧元。未来，政府将取消这笔补偿款，但是，公用设施机构的购电利率约为 0.3 欧元/每千瓦时。通过改变政策鼓励消费者与电网供电实现完全分离。

法国—法国属于欧洲的独特案例，主要依靠核电发电，2015 年，核电和水利发电占整体发电的四分之三。2015 年 7 月，法国启动了具有里程碑意义的能源改革。目前，法国致力于实现各种可再生能源，能源效率和高级运输业的宏伟目标。此次改革主要包括向可再生能源引入拍卖和上网电价补贴，启动净计量政策，设置核能发电上限。2012 年，法国 13.4%的最终消耗能源来自可再生能源（包括大型水电）。该占比低于 2012 年法国设置的中期目标 14%，按照欧洲可再生能源指令（2009/28 / EC），2020 年时，该占比必须增至 23%。

法国政府预计利用可再生热来实现超过一半的目标，可再生热是发展最为缓慢的行业（2012 年实现 16.9%，目标 19%）。

可再生能源发展势头缓慢，2015 年太阳能，风能和生物能源产生的电量仅占整体电量的 6.6%。然而，法国正在关闭污染高排放发电厂（2015 年关闭 1.5GW 的煤电发电厂），进一步降低电力系统中燃煤发电的占比。

法国的可再生能源政策支持正在向更具竞争力的机制转变。太阳能行业（2015 年装机总量超过 6GW）获得了相当大的曝光度，政府宣布 2019 年实施季度拍卖计划，新安装 9GW 的太阳能项目提供超过 100kW 的电量。陆上风电行业（2015 年装机容量超过 10GW）仍处于转型阶段，基于目前的上网电价，每年将新增装机容量约 1GW。2017 年起，政府将推出一项为期三年的拍卖政策，每年提供竞价机会。

总体而言，法国的电力市场还将受到两项重要政策变革的影响。第一项政策，2016 - 2017 年冬季，法国引入了一个容量市场，政府希望通过新市场解决该国日益攀升的耗电问题。第二项政策，截至 2025 年，政府预计将核能在能源结构中的占比从 75% 降至 50%。另外，法国有一项雄心勃勃的能源效率和电气化运输部署战略，将优惠贷款和大量直接补贴相结合。⁸

英国—国家电网（英国输电系统运营商）在 2017 年未来能源情景（FES）报告中提及，截至 2016 年底，英国 27% 的发电装机容量都连至配电系统。按照最大胆的 FES 预测，截至 2050 年，该数据可能会上升至 50%，装机容量达到 93GW。⁹

例如，英国电力网络（UK Power Networks）实现了 DER 快速增长，在伦敦、英国东部和东南部地区拥有 1800 万电力客户，目前，该公司正在重新考虑公司在更大电网中发挥的作用。2017 年 7 月，英国电力网络公司宣布，公司将重新定义公司职责，从网络运营商转向系统运营商。公司首席执行官巴希尔·斯卡塞拉（Basil Scarsella）在定义这种向配电系统转型时提到，“正如宽带对于电信的意义，我们即将面临电力系统的重大变革。”¹⁰ 为了实现快速过渡，英国电力网络公司针对整个电网安装了一个价值 1840 万英镑的电池系统，对配电系统提高支持服务。

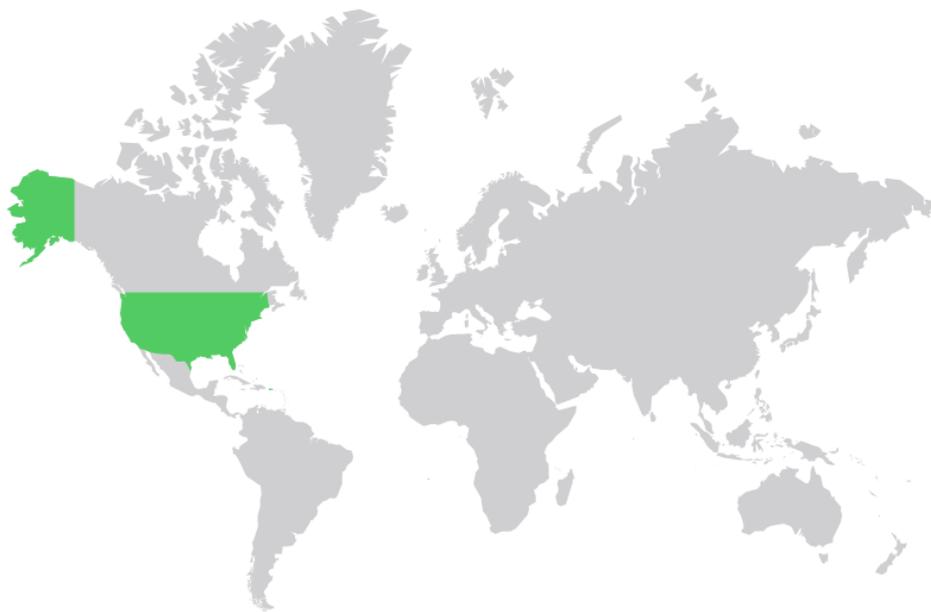
推动存储系统的快速增长的一个主要因素在于，第一批太阳能系统正在因老化而推出市场。

美国

美国的几个州解除了市场管制，这意味着该州不允许输配电公用机构拥有发电资产。

美国的输电/配电公司比其欧洲同行更显多样化，因为美国的电力公司通常由州或联邦政府进行管理。直到 20 世纪 90 年代初，所有州都实施垂直式、垄断式监管模式，公用事业机构可以拥有自己的发电、输电和配电资产。然而，目前一些州已经解除了市场管制，这表示这些州将不允许输配电公司拥有发电资产。相反，输配电公司将独立电力生产商和商业，工业和住宅客户连接起来。

美国的净能源计量（NEM）计划对解除管制的公用事业机构构成了特殊挑战，公用事业机构的收入取决于其输配系统资产的规定回报率，即零售客户每月账单中显示的每千瓦时服务费。大多数实施净能源计划的州，客户生产的超出自身消耗的多余电量将完全按照零售价格（电费和运输费）得到报销 - 不仅仅节省了能源购买成本。随着分布式能源计划渗透率提高，这种补贴政策会使未能现场安装发电设备的客户将分摊到更大份额的输配电系统维护成本。



现在有三个州正在寻找新的方法，鼓励公用事业机构重新考虑他们在电力市场中的角色：

纽约—该州的“能源远景改革”（REV）倡议设定目标以重建、加强纽约能源系统，同时使其更加现代化。提供指导性意见的纽约州能源计划制定了 2030 年目标，包括能源行业温室气体排放量减少 40%（参照 1990 年排放量），可再生能源发电量增加至 50%，建筑能耗降低 23%（参照 2012 年能耗）。¹¹

根据该计划，纽约公用事业机构将转变为配电系统平台（DSP）供应商，负责促进第三方 DER 与电网的集成。事实上，这项推广任务成为了公用事业机构的主要关注点，公用事业机构将受到激励，从而寻求 DER 成为替代传统电网的可行投资选择。

加利福尼亚州—加州公用事业委员会（CPUC）也在重新考虑该州的能源监管模式和商业模式。委员会认为传统模式与该州的节能目标相违背。

新技术和金融创新越来越使目前使用的自然垄断边界界定变得模糊，加州公用事业委员会要求加州的三个私营公用事业机构起草资源分配规划。上述路线图将定义 DERs 如何与电网，投资和规划体制集成。

得克萨斯州—得克萨斯州在解除市场管制方面领先全美，大多数居民从整个得州内选择能源供应商，并不使用默认的本地公用事业机构。这使能源供应商享有更多的自由进行服务创新—例如 TXU Energy 公司的免费夜晚计划和 Solar Days 公司的住宅计划。德州拥有丰富的风能资源—夜间资源更加丰富（成本更低）—实际上，客户无需为晚 9 点-早 6 点之间的电量付费。

白天，TXU 公司从太阳能发电厂商那里购买电力和足够的可再生能源电力信用额度（REC），满足参与免费夜晚计划的客户需求。

目前，太阳发电属于新计划，而免费夜晚计划从 2015 年起实施。该公司表示，2016 年，参与免费夜晚计划的客户能够获得将近 40% 的免费电力。

美国的几个州解除了市场管制，这意味着该州不允许配电公用机构拥有发电资产。

澳大利亚

或许没有比南澳大利亚州更能体现目前电力市场面临的数字化、脱碳化、去中心化挑战。2014 年至 2016 年期间，南澳大利亚废弃了几家煤炭和天然气发电站，其唯一的输配电运营商——南澳大利亚公共部门（SAPN）的发电容量下降了三分之一以上。政府提供大量的激励措施鼓励风能大力发展，这反过来又降低了市场的批发电价，进而降低火力发电站的利用率和盈利性。¹²

恒定热电容量的下降使发电站对可变可再生能源的依赖性增强。根据 GTM Research 的统计数据显示，目前，大型风能、住宅屋顶光伏系统和小型水利发电系统的发电量占南澳大利亚州总体发电量的 46%。¹³ 现在，当这些能源不足以提供所需电力时，南澳大利亚公共部门必须依赖该州与澳大利亚国家电力市场（NEM）的两个电力互连点，这样也可能无法满足实际需求。

最近，该州发生的两次恶劣天气事件就表明了这种情况的不稳定性：



- 2016 年 9 月，南澳阿利亚州遭遇两次龙卷风袭击，引发一系列事件，导致大量的风力发电设备离网。这无疑加重了该州对两个电力互连点的依赖，保护设备又使得电力互连中断。当然，在现已成熟的 SAPN 网络中可用的发电证明不足以支持网络频率，整个国家陷入了黑暗。
- 2017 年 2 月，澳大利亚进入夏季用电高峰期，延长的夏季推升了用电需求，然而，风力资源开始低于预期水平。结果表明，剩余的天然气发电站和煤电发电站不足以满足攀升的用电需求，导致 9 万用户用电减载。

尽管澳大利亚已针对这两个事件解决设备问题，但是，电力系统缺乏足够的备用容量仍将是一个长期问题。

恒定热电容量的下降使
发电站对可变可再生能源的
依赖性增强。

印度和非洲

尽管欧洲和美国正在带头实施能源转型，但是，印度和非洲等其他国际巨头也在为同样规模的电力输配变革做准备。然而，这两个地区的能源转型面临两种不同情况。

目前，印度实现了发电盈余状态。消耗电力最多占据 360GW 装机容量的 60%，包括需求高峰期。尽管印度的电力水平充盈，但是，印度的输配电行业长期被多个问题所困扰，例如，运营不良的输配电公司、

停电、商业亏损（盗窃、未计量连接等）。这些因素限制了社会和工业的发展，整体而言，印度无法维持目前的经济增长步伐。援引世界银行，“……许多限制因素都受到公用事业机构的控制——抑价、实体损毁、票据代收/账单收缴效率低下——强调了限制政府角色，加强监管治理，提高竞争的重要性，这样既可提高公用事业的效率，也能支持公用事业的商业运营。”¹⁴

另一方面，非洲大陆的电网基础设施数量少，能力低。最终，非洲需要一个支持可再生能源的综合大陆输电网，迈向成功的第一步是加强当地的能源系统。现代输配电网络基本类似于非洲大陆的蜂窝式电话网络，任何设备/模型/型号的检修都能省去很多复杂的问题。这种跨越式发展为现代输配电系统的建立提供了独特的机会和优势。

“许多限制因素都受到公用事业机构的控制。”

—世界银行南亚区副总裁
Philippe H. Le Houerou

03

配电公司： 身处变革的中心



超越传统模式

脱碳化、数字化和去中心化成为电力行业发展的三大趋势，每个趋势都为配电公司带来了新的挑战。

分布式能源（DER）于电网一侧极大地改变了电力的生产和消费方式。

电网一侧，离电网最近的配电公司正在经历一系列变化：能源效率拉低负载增长，消费者通过分布式能源转型为“产消者”，既能够生产电力，又能够销售电力。产消者包括城市各区、大学校园、军事基地、医院、商业建筑、工厂，甚至是住宅业主，均能做到电力的自给自足。消费者角色的巨大改变为全球大型电力市场中的配电公司带来了全新挑战。

脱碳化、数字化和去中心化，这三大趋势为配电公司带来了全新挑战，长期以来，配电公司的收入动力来自销售更多的千瓦时。

在某些情况下，这种新型电力系统正在迫使配电系统运营商（DSO）向传输系统运营商（TSO）转变。配电运营商应当使用支持电力和数据双向流动的新型电网技术，使多个分布式能源系统的输出与传输电网的基本载荷达到平衡。

并且，消费者也在努力参与到新型电力系统中。消费者需要通过各种社交和设备平台进行实时清晰通信，例如，追踪屋顶太阳能电池板的输出，跟进停电事故的维修进度，建立社区级能源供应。

脱碳化

气候政策倡议（CPI）为国际能源转型委员会完成了一项分析报告《更好的能源，更伟大的繁荣》，¹ 报告中提到，鉴于当前的技术和技术的飞速发展，我们可以在合理的成本范围内解决可再生能源的间歇性问题。目前，电力行业部署可变可再生能源并无技术障碍，大多数地区将会出现各种灵活的选择，并且成本也会持续降低。到 2035 年，这种低成本灵活解决方案的研发和使用得到了足够多的政策框架支持，那么，在许多地区，可变可再生能源系统将与天然气发电系统一教高下。

分布式能源的快速渗透依赖经济发展和技术进步，而不是政府政策。2016 年，太阳能电池板价格下跌 30%，预计 2017 年将继续下降 20%，² 而且，美国一天当中的某些时段，风能价格能够低于天然气价格。在印度，太阳能的价格已经低于煤炭价格，这标志着印度电力行业转折点的来临，近期，印度的煤炭发电量有所增加。

应对这种可变发电对传统发电体系的渗透，配电公司必须灵活应对。目前，平衡问题主要针对传输系统，未来，平衡问题将成为日常配电业务的关键要素。

因此，对于能源供应商而言，灵活性和按需调整供应量——或潜在需求——的能力将成为其成功的关键绩效标准。

当许多地区的购电需求出现持平或萎缩情况时，配电公司应出于灵活性考虑，进行大量技术投资。例如，2010 年起，美国住宅购电量下降了 3%³，人口增长似乎是避免购电量继续下降的唯一解决方案。这十多年来，欧洲国家的人口几乎没有增长。

全球范围内，经济发展的能源密集程度正在降低。能源效率的改善使得经济增长与能源之间的联系越来越弱化。事实上，发展中国家的能源强度下降最快。这意味着收入和生活质量的提高能够不再以全球碳排放的增加为代价。

然而，对于电力公司而言，这个好消息却实为挑战。他们的收入通常取决于实物资产投资回报率。因此，萎缩的需求将从以下两方面影响配电公司的利润：

销售额降低—公司的回报率取决于售出的千瓦时，需求萎缩意味着收入减少，或者能够增加月配电费。

恢复机会减少—千瓦时销售的减少意味着消费者对发电厂和相关基础设施的需求降低，公用事业机构难以凭借较低的投资回报率吸引投资者，也难以为其他业务提供资金支持。

发展中国家的能源强度正在迅速下降。这意味着收入和生活质量的提高能够不再以全球碳排放的增加为代价。



数字化

公用事业机构非常清楚，他们必须投资建设数字化系统。然而，许多人不确定他们需要什么，如何处理那些新数据，系统升级费用的资金该从何处而来。近期，他们的投资方向为停电管理优化，用最轻松的方式实现财务收益的可视化。大多数此类项目都是自筹资金。配电公司一直注重提高运营效率，对于那些难以构建并长期维持的商业案例，分布式能源存储和虚拟发电站等技术一直被视为次要优先事项。

新数字技术将成为公用事业机构解决业务难题的核心工具。

“ 电网生态系统正在迅速脱离置换和替换模式，转向随时连接和技术组合。交易将越来越数字化，不断生产并分析新数据，电网生态系统中所有分散对象，人和活动间的连接将更加紧密。 ”

—马可·扬西蒂 (Marco Lansiti) 和卡里姆·拉哈尼 (Karim R. Lakhani) 在《数字无处不在：连接，传感器和数据如何改变商务》

数字电网的三大投资方向：

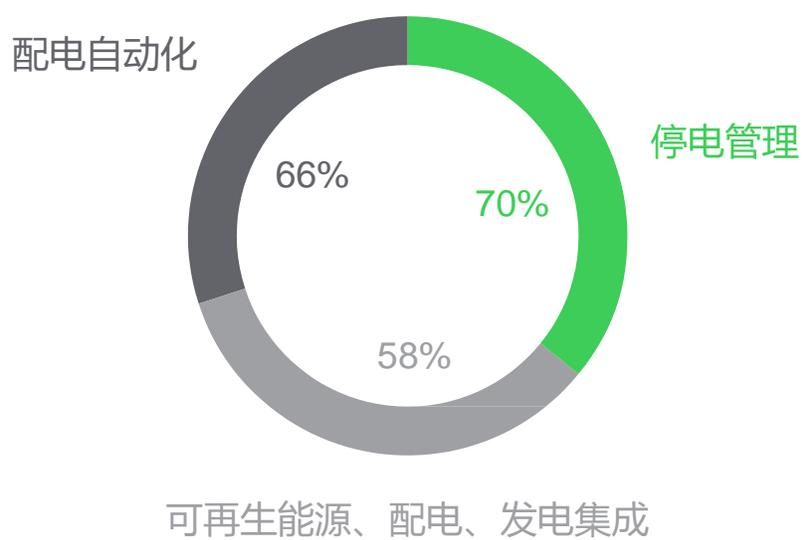


图 1：数字电网的三大投资方向（资料来源：安永，《数字电网：助力未来公用事业》，2016）

通往高级计量基础设施之路

对于所有的数字化电网而言，智能电表是一个主要助力，目前，电力行业正在开展大规模智能电表交付和安装。过去十年中，全球安装了数亿台的智能电表，然而，智能电表的普及率仅占 30%。⁴ 因此，公用事业机构仍能利用计量表升级机会提高收入。

但是，各地计量表的升级机会各不相同。北美地区大约一半的计量表具有“智能”功能，意大利等若干欧洲国家的智能电表普及率已达到 100%。拉丁美洲、中东、非洲和东欧的部分地区智能电表普及率非常低。⁵

许多国家中，大规模的推广活动主要依靠监管机构和其他政府部门进行。例如，美国政府通过《美国复苏和恢复法案》，使用 45 亿美元安装约 1550 万个智能电表。在中国，国家电网有限公司（SGCC）推出各种举措，将中国打造成智能电表安装领域的全球领导者。⁶

所有向智能电表转型的公用事业机构很快意识到，对于一个广泛的高级计量基础设施（AMI）而言，电表本身只起到支撑作用。单纯地在客户服务入口更换设备并不能产生数字化优势。

高级计量基础设施并不单指某一项技术——它是多种技术的集成，负责控制和处理各利益相关方的智能电表传送的数据。

高级计量基础设施系统的管理既复杂又严苛，需要专业技术、资源和时间。通常，配电公司需要外界的帮助来部署、监视和优化高级计量基础设施系统。许多公用事业机构的信息技术/运营技术（IT / OT）使用竖井式设计，这使得一些配电公司会分开选择仪表、通信和数据收集系统供应商。然而，这种方法的效率较为低下。在数字化世界中，配电公司同单个托管服务提供商合作可以加快部署速度，并从以下方面提高整体表现：

- 更加明确地定义安装 AMI 系统的目标和目的。
- 更加深入地了解现有的运营流程，根据公用事业机构的需求创建最贴合的运营流程。
- 更加深入地整合信息技术和运营技术功能，包括工具和专业人才，使 AMI 系统收集的信息发挥最优效果。

过去十年中，全球安装了数亿台的智能电表，然而，智能电表的普及率仅占 30%。⁴ 因此，公用事业机构仍能利用计量表升级的机会提高收入。



积极主动地提高可靠性

按照预测，在未来的几十年中，全球各地的公用事业机构将继续采用分布式太阳能系统，同时，电动汽车充电设备和现场电池存储的价格将迅速上升。

目前，许多地区的购电量出现持平或下降，对于公用事业机构而言，仅维持电气系统的正常运行都将变得越来越难。电网同道路和桥梁一样，属于基础设施，许多地区的电网设施正在迅速老化。每年，仅在美国，消费者因停电损失达 790 亿-1150 亿美元。⁷

随着分布式能源集成，配电公司将面临网络可靠性挑战。按照预测，在未来的几十年中，全球各地的公用事业机构将继续采用分布式太阳能系统，同时，电动汽车充电设备和现场电池存储的价格将迅速上升。

目前，由于配电公司缺乏对电网状态的掌握，它们往往不得不采取被动式——而非主动式——响应，只能严重依赖人工操作设备。现在，为了抢先解决网络可靠性问题，配电公司开始利用最新的配电自动化技术建设数字化网络，而不是部署更多的现场维护人员。配电自动化带来先进的监控和控制功能，利用最新的通信技术提供远程和本地操作，帮助公用事业公司最大限度地减少供电中断，优化网络性能，降低运营成本。配电变电站是建设数字化网络的一个关键目标。

变电站中存放着各种设备，例如开关、电容器、变压器和其他资产，其目的是为了保持电流的流动、平衡和路径正确。电网系统中，变电站是离大多数消费者最近的关卡，因此，它们是系统监督操作的最佳前哨地点。自动化功能的增强使网络重置速度加快，并通过集中式和去中心化的网络架构减少停电次数。电压和功率的精确测量能够确保中压和低压分布式能源集成更加顺利，提供实时 Volt-VAR 管理，稳定电压波动，即使针对间歇式发电系统集成。

公用事业机构开始正逐渐意识到智能变电站和其他资产的潜在优势，许多配电公司已对此投资，改善运营状态。根据 IDC 的预测，到 2020 年，四分之一的公用事业机构将集成新型传感器，利用其数据能力和认知能力提高资产效率，减少维护成本。配电公司通过对变电站进行智能升级，可立即享受如下众多优势：

改善馈线负载平衡—低压馈线连接处的能量表可以实时计算馈线不平衡，通过网络、馈线和相位定位客户。接着，馈线沿路安装的新分配单元可以改变目标客户的相位，重新平衡负载。

增强电压控制—新型传感器和电压调节执行器，集中式或分布式智能设备，都可以帮助配电公司处理各种突发电压变化，并有可能提高分布式能源渗透率。

提高资产优化，减少现场访问次数—智能传感器和执行器提高了公用事业机构的资产远程管理能力。智能化的应用降低了人工赶赴现场的检查次数，针对需要检查的设备发出主动警报，通过现代化技术和最新维护策略延长资产的使用寿命。

提高智能电表的投资回报率—除了基本的计费信息之外，电力线载波技术还能够通过传送一系列的负载、电压和 DER 生产等信息，为部署了智能电表的公用事业机构增添多一重价值。

降低孤岛风险—数字化电网将使中压/低压变电站与基于客户的分布式能源之间实现快速通信。停电时，确保分布式能源与电网断开连接，有助于提高电网工作人员的安全，降低连接设备损坏的风险。

提高服务质量—美国和澳大利亚大部分地区中裸露电线的智能重合器可以清除最近地点的电气故障，并向停电管理中心传送清楚信息。这样既可以隔离停电场景，又能向维修人员提供准确的位置信息。

配电机构对当前电网的形势缺乏了解，因此，他们通常采用被动式响应，而不是主动式响应。

根据 IDC 的预测，到 2020 年，四分之一的公用事业机构将集成新型传感器，利用其数据能力和认知能力提高资产效率，减少维护成本。



去中心化

物联网趋势增强了物物连接，推动了新商业模式的发展，满足总住宅需求。

去中心化—配电公司面临的核心挑战是在一个配电网中，电流从中心流至各分支。曾经的单向电流流动变成一种网络化运作。在这个快速变化的市场中，产消者发现自己产生的电量超过了当天所需电量，他们可以向电网售出多余的电力。现在，客户将公用事业机构更多地视为一家零售商，他们期待能从其他主流零售品牌获得相同水平的多平台响应能力。

物联网趋势增强了物物连接，推动了新商业模式的发展，满足总住宅需求。并且，如今家庭中使用的温度和电器控制系统的复杂程度已达到曾经仅用于大型工业和商业住宅的控制系统的复杂度。现在，可以在用电高峰期控制智能恒温器、联网热水器、窗式空调机等，限制新一代的用电需求。当然，限制需求意味着减少千瓦时的销售量，这只会对配电公司的收入造成压力。

配电公司也面临着新的竞争，这些竞争并非来自其他公用事业机构，而是来自拓展新业务的技术型公司。例如，特斯拉推出太阳能屋顶和储能系统，宜家推出住宅太阳能发电和储能系统，科技巨头苹果公司进军能源交易，电池制造商 Sonnen 构建能源社区，支持社区成员互相买卖电力。鉴于此种情况，“监管化垄断”商业模式间开始受到威胁。

此外，如今家庭中使用的温度和电器控制系统的复杂程度，已达到曾经仅用于大型工业和商业住宅的控制系统的复杂程度。



产消者的崛起

那些已成功完成业务转型的公用事业机构均围绕“能源新常态”，构建企业愿景，品牌形象，产品服务组合等，满足数字化消费者需求。

现在，屋顶太阳能电池板的购买价格正在降低——供应商随之调整商业模式。曾经，高成本的太阳能发电设备使买家更倾向于设备租赁，现在，许多客户更加愿意拥有自己的设备。随着屋顶太阳能发电成本的持续降低，越来越多的用户将向配电公司出售多余电力。

- 在德国，98%的太阳能电池板与中低压电网相连，85%的太阳能电池容量小于1兆瓦。
- 目前在夏威夷，20%的独立屋采用屋顶太阳能发电，在加州，10%的住宅使用太阳能电池板。
- 据彭博新能源财经预测，到2040年，澳大利亚屋顶太阳能发电将占发电总量的24%，巴西将占20%，德国将占15%，日本将占12%。
- 同时，到2040年，全球57%的电力存储容量将来自光伏板相连的现场电池。⁸

但是，产消者并不局限于简单的屋顶太阳能自发电用户。联网恒温器、联网热水器等其他设备均被视为DER。随着物联网技术扩展到日常设备中，公用事业消费者希望物联网能够进入电力市场。当消费者的需求变成一种大众化、可交易化、可变现的商品时，消费者将希望亲身参与小规模交易操作。

根据 Navigant Research 的研究，这种转型正以飞快的速度发生——2017年至2023年期间，转型速度将是新型中央发电速度的六倍。分布式能源涉及配电公司从未处理过的细微差别和可变性，引用 Navigant Research 在《引导能源转型》中的描述，DER/DSO 互连即“分布式能源引起的全球能源格局变革的地面零点。”⁹

IDC 还预测，对于配电公司而言，传统营业模式的根本性变革意味着目前的收入流无法长期维存。需求的降低，效率的提高，分布式发电的出现，这些使价值创造从中心支点分流至价值链的其它结点。可再生能源的使用意味着能源价格正向其边际成本靠拢，价值将不再与商品本身相关，而是与相关服务挂钩。

这对公用事业来说并不新奇。事实上，大多数人认为，价值创造正在以大规模、高速度的方式进行转型。最近，IDC Energy Insights 针对欧洲公用事业机构的高管进行调查，这些高管认为，到 2020 年，支持现行商品业务的新业务/新服务大约带来公用事业总收入的 40%。¹⁰

公用事业机构认为，消费者将逐渐转向更加先进的能源产品和服务，减少耗电和碳足迹，自产电力，减少开支，并获得一些额外收益。公用事业机构必须向新能源消费者提供“便捷式生活方式”，更新商业模式（例如，家庭自动化服务、光伏租赁系统），并在核心业务的基础上推出增值服务（例如，电子移动计费服务、分布式发电管理、需求汇总）。

那些已成功完成业务转型的公用事业机构均围绕“能源新常态”，构建企业愿景，品牌形象，产品服务组合等，满足数字化消费者需求。意大利的 Enel 公司非常支持品牌重塑，这家公用事业机构正在进行深入转型，积极应对世界能源挑战，引领新时代企业发展。

这种转型正以飞快的速度发生——2017 年至 2023 年期间，转型速度将是新增集中式发电速度的六倍。

随着屋顶太阳能发电成本的持续降低，越来越多的用户将向配电公司出售多余电力。



04

IT 与 OT 的结合



电网技术的未来

能源脱碳化、数字化和去中心化的影响使全球各地的配电公司不得不重新思考自己的商业模式，以及自己企业在发电、输电和配电的过程中所扮演的角色。这个新的电力世界正在对配电公司产生着前所未有的影响——正是这些配电公司在将新兴的分布式能源纳入日常运营的过程中承担着最多的责任。

宏观方面的挑战是弄清楚配电公司如何实现这三个主要目标：

- 调整传统商业模式以保持竞争力。
- 整合分布式能源，包括电表后端和前端控制的能源资产，如屋顶太阳能、电表后端电池、电动车、微电网和灵活的需求侧资源。

- 解决不断变化的能源需求和不稳定的供应模式，同时减少损失，并确保安全性和可靠性。

尽管服务于企业的信息技术（IT）计算与电线、变电站、变压器和其他现场设备的操作技术（OT）处于分离状态，传统的公用事业商业模式还是成功了。在新的电力世界中，IT 和 OT 将被迫进行融合。

这种将 IT 和 OT 结合在一起的需求对于配电公司来说并不新鲜。在参与埃森哲 2016 年 IT/OT 调查的配电公司高管中，超过四分之三的人认为这种整合对于满足未来的业务需求非常重要。然而，80%的受访者表示自己所在的企业尚未开始就此采取行动，或者刚刚开始有所行动。¹

当前，输电网正在快速实现数字化并将产生大量数据，通过将 IT 和 OT 结合在一起，公用事业公司可以有效利用其中的价值。这种数字化提供了一系列解决方案来应对新的电力世界的挑战。它还改善了某些关键领域（这些对于公用事业公司及其客户均具有战略意义）的业绩带来了新的可能性，包括：

- 资产管理，可实现更智能的投资规划和更高效的维护操作。
- 分布式能源整合，具有大数据和分析能力，可提高系统灵活性以保持平衡，同时增强太阳能、存储和电动汽车的渗透力。
- 需求侧管理和其他客户参与项目，在当今以品牌为中心的消费环境中提高客户的参与度和忠诚度。

在以上各个领域中，每一个都需要开发最佳实践，以帮助 IT 和 OT 技术更顺利地进行融合。变电站、变压器和用户仪表将会提供数百万个新的数据点，这也将为配电网运营公司提供新的机会来提高其网络和劳动力的安全性、可靠性和效率，包括：

- 停电管理系统可以精确定位故障位置，并在故障位置周围重新布线，这可以极大地限制受停电影响的客户数量。
- 配电管理系统可通过一个单一的界面提供针对电网运行（包括负载状况、故障位置和电压）的实时、全网络范围的洞察。

可变资源管理系统，用于识别和管理日益增长的分布式能源的存在，其输出可以快速地由正变负，例如分布式太阳能、风力、存储，甚至电动汽车充电站。随着分布式能源采用率的增加，输电网管理的复杂性也在增加，这需要智能软件来高效优化网络运行并实时响应不断变化的输电网边缘状况，以实现可用分布式能源的全部价值。

资产管理系统的改进，以实时监控设备性能，并改进报废设备更换计划。

在参与埃森哲 2016 年 IT/OT 调查的配电公司高管中，超过四分之三的人认为这种整合非常重要。



输电网正在快速实现数字化
并将产生大量数据，通过将
IT 和 OT 结合在一起，公用
事业公司可以有效利用其中
的价值。

IT / OT 集成 的业务驱动因素

- 数字化电网不断发展，在此过程中，可能会有达数百万之多的新型智能电网设备被部署到配电网中——包括智能仪表、线路传感器和车载分接开关——这些设备在业务的各个部分均将产生有价值的信息。
- 配电网的管理越来越复杂，这促使公用事业公司寻求更有效的方法来优化其系统，例如将实时天气信息纳入分布式发电管理和基于规则的资产自动控制。
- 新的商业模式催生出一一些只有将业务数据和运营决策结合在一起时才能提供的服务，例如从第三方存储运营商购买网络服务。
- 监管部门正敦促公用事业公司少花钱多办事。与此同时，在许多成熟国家，总体能耗呈现出持平或下降的趋势，而峰值需求则保持不变或正在增加。这种情况使配电资产变得紧张，同时也削弱了传统的基于能耗的成本回收方法。
- 利用重要的嵌入式传感器技术，结合通信和分析技术，新的配电资产可以产生更快、更准确的见解，从而优化和延长资产的寿命。²

使用 IT 来最大化 OT

数字化服务成为工程项目、运营活动和基础设施规划团队之间的纽带。

资产管理是配电公司面临的最复杂的任务之一，也是最需要进行现代化升级的任务之一。老化的公用事业基础设施和劳动力结构拖慢了运营效率；据估计，美国目前 45% 的配电基础设施已经接近使用寿命。另外，在未来十年内，将会有 38% 的公用事业员工退休。公用事业目前面临着监管和收入的双重挑战，这使得用更少的资源做更多的事变得比以往更重要。这意味着需要让现有资产尽可能运转到接近其物理极限——但这种方法意味着企业在任何给定时间都需要清楚地了解资产的物理极限在哪里。此外，资产管理功能通常分布在多个软件应用和数据库中，并且分布在多个企业和运营边界中。

在大多数公用事业公司中，IT 和 OT 已经演变成了以下孤岛：

- 传统的 IT 帮助人们管理信息，如客户数据库、计费系统、呼叫中心软件和员工管理工具。
- 传统的 OT——通过监控和数据采集（SCADA）系统进行协调——负责管理机器的数据，如计量数据、变压器和开关状态以及继电器位置。

然而，近年来，OT 系统已经通过可寻址互联网协议地址连接到与 IT 资源相同的网络。因此，资产绩效管理（APM）这一新领域出现了，它使得对集中资产数据的分析变得更加有用。

资产绩效管理可以帮助在现有企业资产管理系统、员工管理系统和其他相关数据之间搭建桥梁。分析能力可用于挖掘这些信息，更深入地掌握情况，从而降低成本并提高安全性和可靠性。

数字化系统也支持预测性维护，可以最大限度地降低现场工作人员的访问次数，减少因检查而导致的停机。要想达到这一性能水平，需要跨以下运营层进行技术投资：

设备层—具有集成式传感器功能且支持物联网的设备和装置，可提供网络连接并生成数据。在某些情况下，可以通过通信模块、传感器和高端控制单元对现有组件进行改装，以实现类似的功能。改装断路器、接触器和保护继电器也有助于减少对环境的影响、减少生产停电时间并降低安装过程中的风险。这种资源循环将有助于保护操作者的健康和环境安全以及环境。

高级分析—云支持的分析还可以创建物理资产的数字化副本（“数字双胞胎”），以优化运行维护程序，使其更加高效。

边缘层—设备级的边缘计算可以为监控操作提供更加直观的界面，使用最新的通信和馈线自动化技术，并作为物联网支持的配电架构的基石，来检测并管理中压/低压变电站和公共配电网中的故障。这可以包括对操作参数的网页式访问以及与其他系统的接口。

分析和服务层—这一层越来越倾向于以云为基础，并对数据进行合并和关联以评估设备的当前状态和潜在问题。通过模拟设备行为，它们可以在设备达到预定磨损水平时发出警报。

IDC 还预测，到 2020 年，25%的公用事业公司将利用传感器数据来整合资产绩效管理方面的投资，以便在深入了解设备功能的实现方式的基础上，实现系统的平衡。³ 例如，运营商需要了解哪些数据构成的警告警报表明需要进行主动更换。公用事业公司通常不具备独立承担这项任务所需的劳动力资源。

和许多其他基于云的分析产品一样，资产绩效管理系统也是以服务（APMaaS）的形式销售的。因此，数字化服务成为了工程项目、运营活动和基础设施规划团队之间的纽带。下一代资产管理平台概念被称为“数字双胞胎”，它是资产的一个虚拟映像，维护工作贯穿整个生命周期，随时都可以轻松访问。这一平台将所有专家聚集在一起，提供强大的分析、洞察和诊断功能，并支持包括供应商和客户在内的所有利益相关者在整个资产生命周期中的协作。

下一代资产管理平台概念被称为“数字双胞胎”，它是资产的一个虚拟映像。

老化的公用事业基础设施和劳动力结构拖慢了运营效率；据估计，美国目前 45% 的配电基础设施已经接近使用寿命。



对灵活电网管理的需求

面对多方向电力潮流和间歇性分布式能源，配电公司如何保持网络可靠性？今天的电网必须处理一系列客户设备——包括太阳能光伏板、电池和电动汽车——它们能够在客户电表后端产生或吸收配电水平或以下的电力。应对这一挑战需要分阶段进行。正如配电公司目前所经历的那样，以不同电压水平连接到配电网的分布式能源可能与当地需求不太一致。在任何给定的时间，净功率流都可能从配电网流向大容量电力系统，反之亦然。

随着分布式能源渗透率的增加，电压控制可能会带来重大挑战。按照合同规定或监管部门要求，世界各地的公用事业公司均需维持特定的电压限制，例如，在商定目标的 $+ / - 10\%$ 范围内。历史上，电压控制一直是在高压/中压变电站级别执行的，但是随着分布式能源渗透率的增加，电压控制问题已经下降到配电级别。现在，配电公司不得不处理这样一种情况：电网的一部分电压上升，另一部分电压下降。为了应对这种情况，公用事业公司部署了传感器来监控其整条馈线上的电压，以及能够在不同水平调节电压的新致动器。

目前，第一波分布式能源主要由屋顶太阳能电池板组成。下一步，配电公司可能会调用一系列其他可用资源，包括能源存储和需求侧管理，以保持平衡。

高级配电管理系统（ADMS）是配电公司目前正在尝试使用的工具之一，该系统可用于管理数字化电网产生的大量数据。这些系统具有如下优点：

- 具备优化和电网改进功能，可用于需求和效率管理。
- 分布式能源的分析和管理的。
- 支持自愈电网的自动切换。

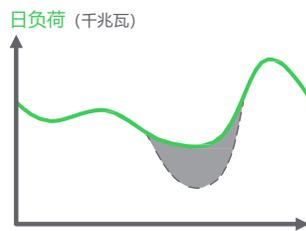
在其最先进的配置中，高级配电管理系统可以利用高级天气系统提供的天气预报信息，支持运营商对预测的电网状况进行模拟。高级配电管理系统开发并提出一套潜在的优化解决方案，运营商可以从中进行选择。随后，高级配电管理系统执行该程序，随着电网参数的变化监控并重新调整电压/无功伏安设置。

能源的未来



分布式发电

可再生能源分布式发电——
主要是光伏发电



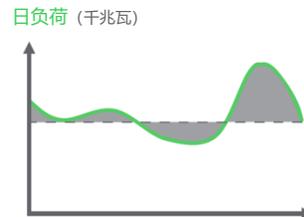
24 小时周期

晴天需求减少



分布式存储

本地存储电能（以供高峰期间
使用或作为备用电能）的设备



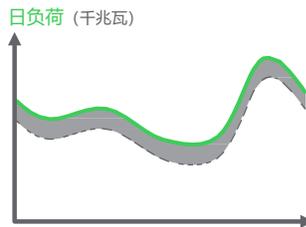
24 小时周期

峰值和谷值需求趋于平缓



能效性

能够在提供相同服务的同时减少能
源使用的任何服务或设备



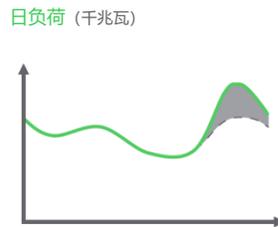
24 小时周期

总体需求减少



需求响应

能够在高峰需求和高定价期间控制
能源使用的技术



24 小时周期

峰值需求减少

图 1 - 电力的未来: 改变电网边缘的新技术。(资料来源: 与贝恩公司合作举办的世界经济论坛, 2017 年 3 月, 第 9 页)

客户参与：把产消者变成合作伙伴

随着新的电力世界及其新的挑战 and 机遇的出现，电力公司看准并抓住了一个主要优势：客户。J.D. Power 2017 美国住宅公用事业客户满意度调查延续了六年来得分不断提高的势头。⁴ 该调查显示，那些满意的客户正越来越多地以数字方式与公用事业公司进行互动：

- 越来越多的客户通过电子方式支付账单——尽管金额很小，20%的受访者现在选择在线支付账单，相对 2016 年的结果增加了 3 个百分点。
- 通信对于纸张的依赖也越来越低——越来越多的客户选择公用事业公司网站获取信息，更多的客户开始接受公用事业公司的电子邮件通信方式。
- 移动设备使用率正在上升——超过三分之一（35%）的客户使用手机或平板电脑访问公用事业公司网站，比 2016 年时增长了 15%。

事实上，数字消费者正是公用事业公司满意度最高的消费者之一。埃森哲 2015 年全球新能源消费者调查发现，数字消费者对其能源供应商有着更高的信任度和满意度，更有可能推荐这些公司并和它们分享个人信息。⁵ 调查结果还显示，这些消费者为公用事业公司提供了各种新的商业机会。

相应地，公用事业公司开始尝试利用自身优势来建立数字客户关系。不过，如果缺少一种成熟的方法来加强服务，这种关系也会面临风险。

基础性的第一步，例如安装智能仪表和配套的高级计量基础设施（AMI），有助于启动这个进程。但是，收集原始数据的能力需要以良好的联网条件为前提。这意味着需要将收集到的仪表数据集成到现有的客户关系管理数据库、电网预测功能、计费系统和其他遗留操作中。

目前，第一波分布式能源主要由屋顶太阳能电池板组成。下一步，供电公司可能会调用一系列其他可用资源。



埃森哲 2015 年全球新能源
消费者调查发现，数字消费
者对能源供应商有着更高的
信任度和满意度。⁶

05

数据：决定电力公司成功与否的新命脉



将数据转换为商业上的成功

数据将成为新兴数字化公用事业公司的命脉。数据可以描述运行状态、设备性能、客户负载和分销级生产，此外还可以描述当前和未来的天气状况、互联式传输级电源的可用性以及公用事业公司服务区域内现场人员的位置。简而言之，数据正在改变公用事业公司的经营方式。

在这一转变过程中，成功或失败取决于公用事业公司能否获取数据的全部价值。IDC 报告称，只有不到 10% 的数据得到了有效利用，因此，仅仅增加所收集数据的数量并不能增加其价值。相反，公用事业公司应该重点关注那些对于理解和改善客户体验与系统运营能够发挥重要作用的数字资产。数据和能够产生数据的软件越来越重要，这也引发了一些涉及当前商业模

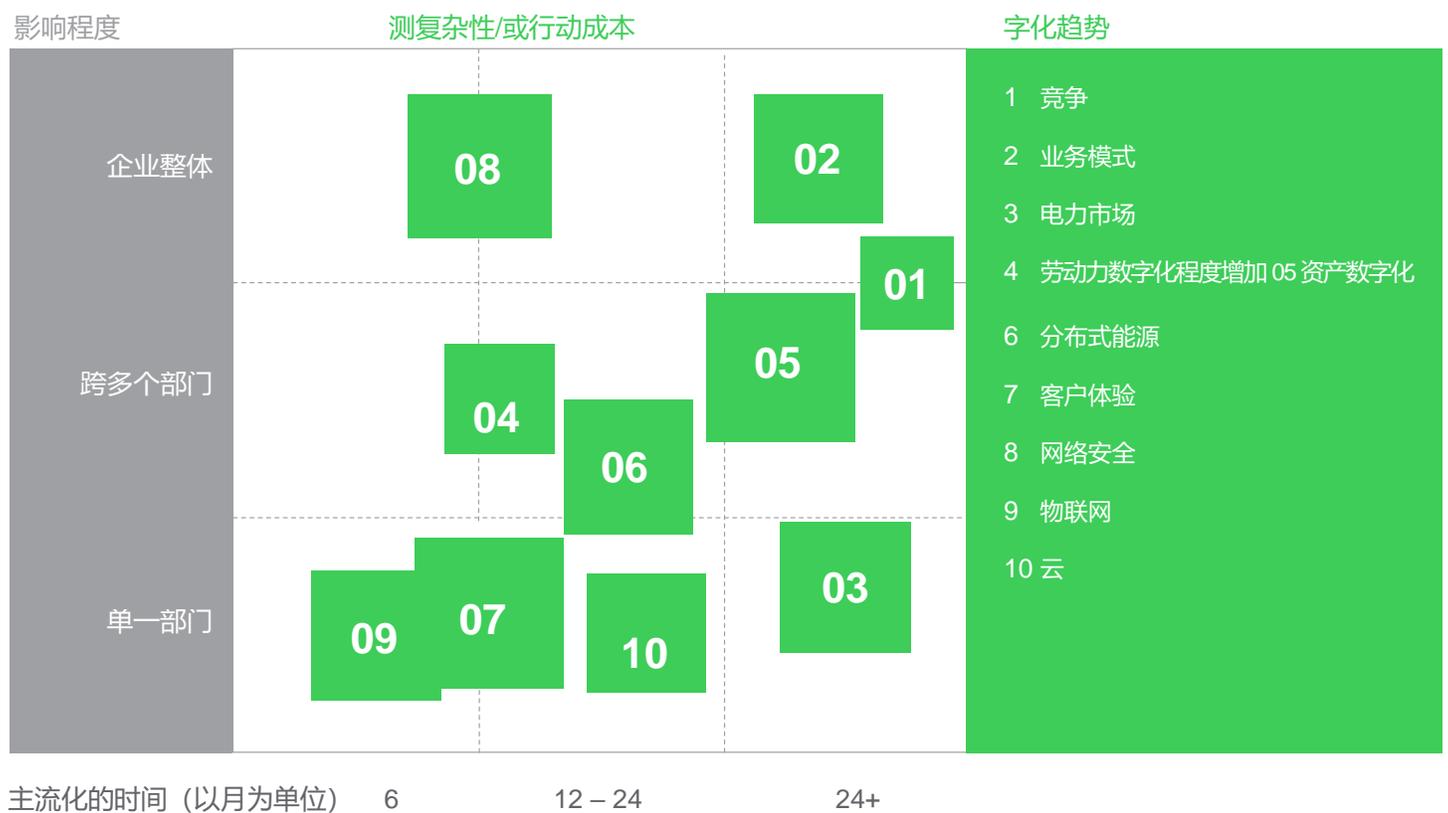
式的新的问题，因为这些无形资产正逐渐成为公用事业公司的运营核心，其重要性甚至堪比多项公用事业收入所依赖的有形基础设施。为了更好地向新的、更成功的商业模式过渡，公用事业公司可以利用三类大数字化：

物联网 (IoT) ——能够连接到互联网的设备越来越多，它们正在迅速演变成配电公司网络的眼睛和手。

数据建模和管理——这些方法可以被公用事业公司用来描述原始数据并将其转换成有用的信息。

安全和隐私——通过这类机制，公用事业公司可以确保数据及其相关交付系统的安全性。

全球公用事业市场十大数字化趋势预测



资料来源: 2016 年 IDC

图 1 - IDC FutureScape: 2017 年全球公用事业十大预测。IDC 的公用事业市场研究人员选出全球公用事业市场目前正在发展的 10 种数字化趋势。IDC 还预测了这些趋势可能对企业产生的影响, 以及由趋势成为主流所需要的时间。绿色方块的大小可作为一个粗略的指标, 表明企业在根据预测采取行动时所需承担的复杂性和/或成本。³⁰

物联网

根据 Navigant Research 的一项调查，到 2021 年，全球商业和住宅建筑安装的物联网设备预计将超过 13 亿台。² Navigant 分析师认为，2021 年将成为物联网技术的一个转折点——尽管目前似乎已经跨越了那个转折点。物联网之所以会有如此惊人的增长，一方面是因为计算能力在稳步增长，也由于硬件价格的不断下降，这些因素结合在一起，几乎可以将任何东西连接到互联网上。Navigant 对物联网设备产生的数据点数量进行了量化（以兆字节为单位）——潜在收益也几乎达到了同样的水平。2016 年至 2025 年，商业和住宅建筑行业的累计总收入预计将达到 7500 亿美元。³

IBM 将物联网定义为“将任何设备（只要该设备有开关）连接到互联网和其他互联设备的概念。物联网是一个由互联的物品和人组成的巨大网络——这些物品和人收集并分享关于自身使用方式及周围环境的数据。”⁴ 对于配电公司来说，这些互相连接的物品和人可能包括客户（通过智能仪表和手机应用程序）、位于客户场所的设备（如分布式能源、恒温器、热水器和照明控制器）以及配电公司自己的由变电站、电闸、断路器和线路工人组成的网络。

尤其是电力公司，它们正逐渐意识到物联网技术为盈亏底线所提供的机会。作为第一步，许多电力公司已开始研究如何利用物联网数据来了解当前的运营状况，并寻求利用这类数据实现某些在现阶段仍然需要人工监督和控制的流程的自动化。

即使在当前的业务模式下，物联网功能也能为多种用例提供改进空间，包括停电管理、客户体验和实时定价。公用事业公司通过两个层面评估物联网——一个层面是现场工作人员，形式是可穿戴设备，另一个层面是硬资产，包括工厂、变电站和变压器。

少数被市场研究公司 IDC 称为“数字化转型者”⁵的公用事业公司正在积极试行——一小部分已开始部署——增强现实能力和可穿戴技术，以便为工人的现场工作提供辅助。在美国，电力研究所正在领导一项有 15 家公用事业公司参与的研究工作，考察互联型安全眼镜、头盔和其他设备在提高安全性和设备性能方面的作用。⁶

物联网在配电公司的资产数字化项目中取得的进展相对更快一些。安装在设备上的传感器收集运行数据，以监控性能、优化维护计划并更好地了解设备性能的不足。为了以正确的方式开展这类项目，公用事业公司需要鼓励信息技术团队（IT）和运营技术（OT）团队之间的合作，以更好地了解企业在物联网方面的机会，以期在更大规模上实施新的解决方案。

随着公用事业公司在物联网项目上的推进，供应商也变得越来越重要。目前，这类第三方解决方案提供商正在开发面向特定用例的基于云的软件即服务（SaaS）产品。与这类套餐型解决方案提供商合作可以加快实施速度并更快地获得投资回报。

A photograph of three business professionals in a meeting. On the left, a man with grey hair, wearing a grey suit jacket and a light blue shirt, looks intently at a tablet. In the center, a man with dark hair, wearing a blue and white plaid shirt, holds the tablet and points at the screen with his right hand. On the right, a woman with long dark hair, wearing a grey blazer over a white top, looks at the tablet with a slight smile. They are all gathered around a table in a modern office setting with large windows in the background.

根据 Navigant Research 的一项调查，
到 2021 年，全球商业和住宅建筑安装
的物联网设备预计将超过 13 亿台。

从电网和营销的角度来看： 了解数据

一台设备要想被归类为“智能”，需要满足多项标准；它需要连接到互联网或有能力进行联网，需要能够捕捉有用的数据并产生某种洞察力，而这需要有效的数据管理。

今后将会有越来越多的家庭设备连接到网络，生成并交换大量的数据集，从而使企业对消费者的习惯和偏好有更深入的了解。数据将变得更加精细，新工具将被开发出来以优化通信设置，增加透明度，最重要的是，便于开发更加个性化的产品和服务。

在欧洲，有一项协议将仪表数据、电网数据和市场数据区分开来，并将数据用途分为监管责任和商业服务两种。智能电网数据和智能市场数据之间的差异可以通过以下方式明确：

- 智能电网数据包括由网络中的传感器——包括智能仪表——收集的所有技术数据（例如电压、电能质量、频率等），系统运营商可以凭借这些数据来规划、操作和管理自己的网络。网络监控和管理（预测或识别拥塞）以及规划需要智能电网数据。这种数据在分布式能源系统中正变得越来越重要，因为它为更灵活的市场奠定了基础。
- 智能市场数据是由市场参与者驱动的，他们试图通过来自其他来源的数据来丰富智能电表和智能电网的数据，从而创造创新服务，其他来源可以包括商业能源合同（价格信息、供应开始日期、支付方式等）、智能电器（消费者购买的智能恒温器或电动汽车充电装置等设备）或外部来源（天气数据、社交媒体）。⁷

数据建模和管理

物联网设备产生的大量数据仅代表数字化公用事业公司的“原材料”层。如果不了解物理与逻辑背景以及历史表现等因素，而仅通过单一的数据点去理解某个响应的重要性，这几乎是不可能的。只有事先清楚地了解收集数据的原因以及如何对数据进行建模和管理，才能从数据中获取价值。

对于配电公司来说，由于新产生的物联网数据正在被引入到已存在几十年之久的、孤立的 IT 和 OT 系统中，数据的建模和管理过程可能会特别复杂。很明显，市场对于跨企业和运营环境访问物联网数据的需求已成为 IT/OT 融合的另一个商业驱动因素。

收集到的数据还必须以特定形式进行格式化处理，以便与电力生态系统中的其他参与者交换，包括输电系统运营商、分布式能源运营商、聚合商和产消者。因此，标准化的数据模型和界面应当成为公用事业公司的一项核心业务。更强大、更高效以及自动化程度更高的配电网将依靠一些获得国际公认的标准。它们将为智能电网和电网边缘技术提供数据模型、数据集成、开放数据和通信等方面的框架。这可以让操作环境变得更开放同时也更安全，将有助于简化集成工作并提高效率。

全球国际电工委员会 (IEC) 61850 标准解决了变电站内的通信需求，支持与厂商无关的以太网通信和控制规范。

公用信息模型——最初由北美电力研究所开发，目前根据一系列 IEC 标准进行维护——在整个配电系统中可提供类似的功能。

另外一个重要的组成部分是需要开发一个精确的配电网模型，用于确定设备或设施在网络中的位置。如今，大多数公用事业公司都在使用地理信息系统 (GIS) 来维护网络模型。因为物理网络总在变化，所以在设计模型的体系结构时必须使其能够随着模型的变化而改变。这意味着由地理信息系统托管的中央主网络模型可以在所有操作系统中共享和更新，包括 SCADA、配电管理和停电管理系统。设计出有效模型的关键因素包括在网络变化发生时能够导入和导出网络变化，以及避免覆盖数据库。这样，数据差异和计算机网络过载的风险就会被最小化。

在一个可靠的模型中，物理组件与其数据之间的关联可以具有唯一性，这有助于避免在应用程序之间交换信息时出现歧义。如果数据以这种独特的网络模型为基础，那么所有的 IT 和 OT 系统都可以共享并理解数据。公用事业公司还可以在电力设备上部署基于地理信息系统的资产管理软件，用于管理附加资产，包括智能设备、通信设备和电网边缘的设备，包括电表、充电器和网关。

市场对于跨企业和运营环境访问物联网数据的需求已成为 IT/OT 融合的另一商业驱动因素。



案例研究：

真相的单一来源

对于配电公司来说，将 IT 和 OT 结合在一起可能意味着大量的数据和数据源。高级配电管理系统（ADMS）可以为客户仪表和分布式能源数据创建一个单一来源，因此公用事业公司可以确信无论是现在还是将来，自己对于网络运营都能有准确的了解。施耐德电气最近为澳大利亚公用事业公司 ActewAGL 安装了这样一套系统，它有助于简化运营，可以让操作人员在其服务领域内更好地理解并解决太阳能和其他分布式能源的影响。

经过两年的时间，ActewAGL 的高压和低压网络模型被整合到一个统一的地理信息系统中，账单和其他数据被建模到各个客户连接点，纸质工作请求为电子版所取代，其中后者还可追踪到受影响的客户连接点。该公司目前正计划对高级配电管理系统做进一步优化，包括新建客户信息门户、高级馈线级负荷预测和动态网络管理功能。⁸

安全和隐私

公用事业公司需要考虑一个问题，即随着时间的推移，企业的网络安全战略需要每年追加投资，并以一种有计划和迭代的方式进行调整。

为更好地保护其配电系统，很多公用事业利益相关者都选择使用源自其 IT 同行的网络安全流程。例如，在变电站环境中，曾经专用于特定应用的专有设备现在已变得很脆弱。如果不加保护，任何人，包括那些怀有恶意的人，都可以获取与设备工作方式有关的敏感信息。只要掌握相关技能，心怀恶意的入侵者便可以入侵公用事业内部，破坏控制电网的系统。在此过程中，他们也很有可能对电网所服务的国家或地区的经济和安全造成影响。

传统上，计量数据是在计量运营商和市场参与者之间以双向的方式进行交换的。今天，一些欧洲参与者正在建立集中式数据中心作为公共结算平台，其运营由受监管方负责。集中式数据中心处理的数据在分发下去之前会经过交叉检查，以确认数据的一致性。这种方法对于所有的市场参与者来说都很方便，因为它简化了数据交换，降低了运营成本，并且在智能能源系统——其特点是数据粒度更大、复杂程度更高——中变得越来越重要。然而，这种方法也面临着有针对性的网络攻击的风险，这可以看作它唯一的“失败点”。其他参与者更喜欢将这项任务进行分散处理，通常由配电系统运营商负责，因为他们拥有专门的网络知识和长期的数据处理经验。

随着新的欧盟《一般数据保护条例》（GDPR）于 2018 年 3 月生效，欧洲公用事业公司在数据安全方面将会面临十分具体的挑战，因此这个问题对于它们来说正变得越来越重要。这项法规将要求企业对所拥有的数据负责，并要求企业扩大消费者访问和控制自己数据的能力。例如，GDPR 条例的数据可移植性要求规定，根据消费者的请求数据需要能够传输到新的“控制人”处。因此，消费者如果更换到一家新的能源供应商，他们可以请求将原公司持有的数据转移给新供应商，然后从原供应商的系统中删除。显然，这种规定可以深入到公用事业公司的 IT 和 OT 运营中。⁹

为了应对这些安全和隐私挑战，监管机构已经预见到需要一种新的结构化的网络安全方法。在美国，北美电力可靠性公司关键基础设施保护（NERC CIP）相关要求即阐明了保护北美电力系统所需的条件。欧洲关键基础设施保护计划（EPCIP）在欧洲也做了同样的事情。每天都有新的网络攻击发生，其中一些甚至是由国家行为者组织的。这导致全球公用事业监管机构不得不重新考虑该行业的整体安全措施。

引发这些新风险的因素包括转向使用更开放的通信平台，如以太网和 IP。

对于关键公用事业基础设施的运营商，在深入研究如何才能更好地保护自己的系统之后，他们通常会寻求更成熟的网络安全做法。然而，考虑到公用事业面临的运营限制，信息技术领域的网络安全方法可能并不总是合适的。今天，为了应对这种跨越两个领域的保护技术所带来的独特挑战，有必要发展跨职能团队。防范网络威胁需要规模更大的跨领域活动，工程师、IT 经理和安全经理需要分享各自的专业知识，以发现那些潜在问题和攻击，解决能源系统中越来越多的“网络攻击面”所面临的问题。

网络安全专家一致认为，就其本身而言，标准并不会产生适当的安全级别，因为就目前来说，安全必须被视为一个持续的过程，而非一种静态的存在。因此，为了确保系统免受网络威胁，必须有一套综合性的措施、流程和技术手段，同时需要对组织进行调整，而且由于安全威胁总在发展，组织也必须被设计为能够持续改进。

因此，公用事业公司需要考虑这样一个问题，即随着时间的推移，企业的网络安全战略需要每年追加投资，并以一种有计划和迭代的方式进行调整。这些公司需要实施一套完整的计划来充分利用网络安全保护技术。

如下的“四步法”有助于建立并维护网络安全系统：¹⁰

1. 风险评估的执行情况

第一步包括根据内部和外部威胁进行全面的风险评估。在此过程中，OT 专家和其他公用事业利益相关者可以了解最严重的漏洞所在，并对安全政策的制定和风险迁移进行记录。

2. 设计安全政策和流程

公用事业公司的网络安全政策可以提供一套正式规则以供遵循。相关工作应当由国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）的标准系列（ISO 27k）领导完成，就信息安全管理最佳实践提供建议。公用事业公司政策的目的是告知员工、承包商和其他授权用户企业在保护技术和信息资产方面的义务。政策需要描述必须保护的资产列表，识别这些资产所面临的威胁，授权用户的责任和相关访问权限，以及未经授权的行为和违反安全策略所需要承担的责任。保持安全基线有效性的关键之一是每年进行一到两次审查。

3. 实施风险缓解计划

选择符合国际安全标准的技术，以确保能够实施适当的风险缓解措施。基于 IEC 62351 和 IEEE 1686 等国际标准的“安全设计”方法有助于进一步降低系统组件的风险。

4. 管理安全程序

有效管理网络安全项目不仅需要考虑前三点，还需要考虑信息和通信资产生命周期的管理。需要维护关于资产固件、操作系统和配置的文档，并确保其准确性和实时性。还需要全面了解技术升级和过时时间表，同时充分了解已知漏洞和现有补丁。网络安全管理还应要求某些事件（如资产生命周期中的临界点或检测到的任何威胁）能够触发安全评估。

降低风险和预测公用电网和系统上的攻击漏洞所涉及的不仅仅是安装技术。要想应对分散式电网的挑战，公用事业公司还必须实施组织流程。这意味着企业需要对网络安全和物理安全流程进行定期评估和持续改进，以保护新能源世界。

通过应对数字化带来的挑战，公用事业公司有机会让配电系统更迅速积极地对响应分布式能源和拥有它们的客户做出反应。但是，事情不可能一次性取得成功——相反，每个公用事业公司都需要详细了解物联网、数据建模和数据安全等数字化支柱是如何相互重叠和互动的，并相应地制定一个整体性的计划。绘制这张变革路线图需要一些技能，而这些技能并非公用事业公司的专长所在。因此需要寻找外部合作伙伴，它需要熟悉最新的数字技术并具备将理论转化为实践所需的专业知识；要想确保在日益数字化的环境中取得成功，公用事业公司需要将其视为最重要的投资之一。

网络安全专家一致认为，就其本身而言，标准并不会产生适当的安全级别，因为就目前来说，安全必须被视为一个持续的过程。

网络安全的三大轴心

1

组织

- 补丁管理
- 安全意识
- 安全培训
- 安全操作
- 审计能力
- 安全配置

2

流程

- 补丁管理
- 事故反应
- 安全开发与测试
- 风险评估
- 安全配置
- 访问保护

3

技术

- 强化
- 访问保护
- 用户认证
- 安全日志
- 安全通信

能源工业标准和指南

IEC62351
IEC 62443 / ISA99

IEEE1686
IEEE C37240

NISTIR7628
NISTSP800-53

ISO / IEC 27002 /19

图 2 -网络安全的三个轴心。（资料来源：IEC，《现代电网的网络安全》，2017年。）

06

未来公用事业公司的 成功策略



推进数字化进程

对于这一进程的成功推进最重要的三个组件——更高的客户参与度、对分布式能源操作的实时洞察以及向基于云的应用程序和数据存储的迁移——需要能够得到整个企业的认可和支持。

以化石燃料为主导的、集中管理式发展途径已经成为过去，变得摇摇欲坠。新技术不断发展，监管机构的影响力逐渐增强，经济环境状况良好，诸多因素共同推动着清洁、低碳的可再生能源加速发展。这些驱动变革的因素也推动着相关各方重新设计和升级现有的能源网络。但是，正如高管和监管部门所发现的那样，这些新的优先事项具有十分广泛的影响。进一步使用可再生能源发电，尤其是利用太阳能和风能发电，不仅具有明显的益处，同时也伴随着严峻挑战。例如：

- 就发电而言，风机和太阳能板从完成建设的一刻起，就可以“免费”发电了（也就是说，无需购买和燃烧

煤炭来驱动涡轮机），可以说是本世纪生产力的最大进步。然而，这种生产力的进步却可能严重破坏传统的电力批发市场结构。

- 电力公司想要提高商业模式的经营效率，最值得注意的是供电方式。可再生能源的分布性更强，因此，已有100余年历史的输配电网络必须进行重新设计。目前，市场和电网组织机构的架构还不足以维持如此高的转换效率。

加强客户参与

IDC 称，到 2020 年，非公用事业公司将占据全球能源零售业务的 20%。

根据 IDC 的《2017 年全球公用事业公司预测》，到 2020 年，非公用事业公司将占据全球能源零售业务的 20%。¹ 这些新竞争者包括：

- “数字颠覆者”，他们将位于客户现场的太阳能、能源存储和其他资源聚合起来，参与能源竞卖。美国的 Stem 公司和德国的 Sonnen 公司就是较为典型的例子，它们都使用基于云的软件应用程序来管理公用事业市场内部以及各市场之间的客户交互。在这种情况下，配电公司的输电网为这些交易提供了必要的平台。
- 全球财富 500 强公司寻求通过善行实现发展。苹果、宜家、百威英博和其他一些跨国公司正在组建能源子公司，并通过其购买可达到“实用水平”的整套太阳能和风力发电装置；通常情况下这类装置会位于这些企业自有的无法接通电网的数据中心和制造工厂附近。鉴于政府已不再为可再生能源提供任何税收抵免，因此这些举措可以代表无碳电力的净收益，此外，与能源开发者的财务安排也有助于这些企业通过总能源成本获利。

同样，在零售层面，通过屋顶太阳能电池板、智能恒温器和照明系统等产品的增长，配电公司客户在能源和使用情况方面也逐渐有了更多的控制权。

此外再加上许多发达国家能源需求持平，公用事业公司今后将不得不在基本产品之外开辟其他的收入渠道。这种情况在欧洲发生得更快，最近，接受 IDC 调查的公用事业公司高管预测，最快到 2020 年，配套现有商品业务的新业务和服务将占到公司收入的 40%。²

一些公用事业公司正在尝试通过一些可能会破坏客户体验的试点项目和一次性项目来测试以客户为中心的新产品。一些公司在取得成功之后便尝试着培养支持变革的新的核心价值。它们借用了技术营销人员的策略来推出新产品，通过更多细节改进来提升客户体验。这种转变是有着重大意义的，对公用事业公司的运营具有重要影响，尤其是在营销和 IT 相关工作中。

公用事业公司营销人员尝试通过以下方式重新调整其战略重点：

- 用共同的企业愿景对产品和服务组合进行调整，以形成一个客户价值主张，引起业已习惯数字环境的消费者的共鸣。
- 探索合作和协作的机会，以便与第三方产品和服务提供商共同开发和销售捆绑式产品。

- 围绕特定客户“旅程”（即从服务公司选择到在线账单支付，再到移动和建立或扩展服务）创建客户角色。这个过程将有助于确定客户的期望，然后将客户期望与实际服务表现进行客观比较。之后，设计师和客户参与专家可以使用这些数据来帮助识别和纠正服务中的不足之处。

IT 专家也正在通过以下方式对其优先事项进行调整：

- 创建平台，而非产品。渠道特定的系统和独立的试点项目已被证明会导致客户体验的碎片化。基于平台的方法不仅让产品一体化变得更加容易，同时也简化了将未来产品推向市场的过程。
- 与基于云的“即服务”厂商合作开发和实施新的平台。将这些工作外包还可以提高 IT 敏捷性并加快上市时间。
- 将重点放在客户参与的三个“I”上：个性化（Individualized，对客户个人有意义）、即时（Instant，需要时可用）和互联（Interconnected，以连续、一致的体验通过最方便的渠道完成交付）。

这种以客户为中心的新方法将意味着通过在 IT、客户服务和客户营销职能部门引入共同的目标和指标，打破之前可能存在的一些壁垒。

在零售层面，配电公司
客户在能源和使用情况
方面也逐渐有了更多的
控制权。

A woman with dark hair tied in a bun is leaning over a desk, focused on her laptop. She is wearing a grey t-shirt with a pink graphic. The background is a blurred office environment with other people working at desks and computer monitors. The lighting is warm and focused on the woman.

通过屋顶太阳能电池板、智能恒温器和照明系统等产品的增长，配电公司客户在能源和使用情况方面也逐渐有了更多的控制权。

自动化分布式能源管理

以客户为中心的新方法意味着通过在 IT、客户服务和客户营销职能部门引入共同的目标和指标，打破之前可能存在的一些壁垒。

随着分布式能源的迅速扩散，从其所需承担的责任来看，今天的配电公司看上去更像那些规模更高一级系统运营商。之前，这些公司是主要角色是集中式发电渠道，但现在它们必须整合数百或数千个屋顶太阳能电池板、社区规模的光伏阵列、风力涡轮机和微电网的产出，同时还需要在多云或风速下降的情况下保持系统的平衡。由于分布式能源的渗透率今后必然只升不降，为应对由此带来的诸多挑战，公用事业公司显然会需要帮助。

分布式能源管理系统（DERMS）可以为公用事业公司提供所需的数据、洞察力和控制能力，使其能够高效运行各种不同的配电网。DERMS 系统将传感器、控制器、硬件和软件结合起来提供所需智能，用于协调配电和传输系统，并优化分布式能源输入和集中发电。

DERMS 系统可以推动与客户智能恒温器及其他物联网设备有关的零售级需求响应计划的实施，再加上可以获得计费系统的支持，因此其作用将不会仅局限于电网运营管理，尤其是在有电价扣减的地方。DERMS 系统还可以支持基于区块链的社区能源市场，使参与交互能源模型的客户也能够参与进来。IDC 预测，到 2019 年，30%的公用事业公司会投资于此类管理系统。³

一些公用事业公司正在尝试通过一些可能会破坏客户体验的试点项目和一次性项目来测试以客户为中心的新产品。

分布式能源管理系统（DERMS）可以为公用事业公司提供所需的数据、洞察力和控制能力，使其能够高效运行各种不同的配电网。



转向云端

在接下来的三年里，公用事业公司在远程服务器上存储的数据可能会比其自有数据中心的数据还要多，这也可能会加快遗留系统和数据向云迁移的进程。

对于公用事业公司，数据管理需求势必激增，这可能会使其现有的 IT 资源更加紧张。由于一方面需要维护现有的系统，另一方面需要努力解决日益增加的分布式能源集成和客户服务计划带来的问题，因此其团队可能无法对新需求及时做出响应。这种压力的存在使得面向公用事业市场的基于云的应用和存储设备有了快速增长的机会。

在某种程度上，市场已经做出了从企业管理的数据运营转向基于云的替代方案的决定。当今最新一代的数据密集型、公用事业相关的应用程序正在开发中，并考虑到了相关的云操作。在接下来的三年里，公用事业公司在远程服务器上存储的数据可能会比其自有数据中心的数据还要多，这也可能会加快遗留系统和数据向云迁移的进程。

公用事业公司运营方式的这一重大转变将需要一些新的技能，以促进向“软件即服务”IT 模式的过渡。外包应用程序和数据存储将需要一些专门的人员，他们需要有能力领导与各种利益相关者的政策对话、对云服务提供商进行适当审查、审计供应商绩效并确保对数据保护和安全要求的良好遵守。

未来一段时间内，那些既了解部门业务又掌握了相关 IT 技能的人才将会成为重点争取对象；其实 IDC 在当下的环境中即已经目睹了一场“战争”（或至少是一场“争夺战”），为了能够在数字转型中脱颖而出，这种现象几乎是不可避免的。⁴

监管机构可能会减缓这一转变过程，因为他们需要确定在现有的运营费用补偿规则下应当如何处理云服务支付，这项工作需要一些时间。不过，结果几乎是不可避免的，因为面对当前在脱碳化、数字化和去中心化等方面日益加深的配电系统的需求，遗留系统已经非常吃力了。

当今最新一代的数据密集型、公用事业
相关的应用程序正在开发中，并考虑到了
相关的云操作。



术语定义

DSO—“配电运营商”或 DSO 是管理多点可变电力供应和消费的电网运营商。

DER—“分布式能源”或 DER 指的是各种各样的分布式能源相关的技术和服务。实例包括分布式能量存储、分布式发电以及各种需求灵活性和能效改进工具。具体哪些技术和程序会可被视为分布式能源因地理位置而异。

强制购买电价——一种政府政策机制，奖励利用太阳能电池板和风力涡轮机等可再生能源发电的做法。

产消者——既消费能源也生产能源的企业、楼宇和人。“产消者”可以是城区、大学校园、军事基地、医院、商业建筑、工厂，甚至是住宅业主。

数位化——将信息转换成数字（即计算机可读）格式的过程，在该过程中信息被组织成二进制数字。

数字化——使用数字技术改变商业模式并提供新的收入和价值创造机会；它是向数字化商业转移的过程。

交互能源——在电力系统内管理电力的生产、消耗或流动时，利用将电网可靠性约束纳入在内的经济结构或基于市场的结构。

序言

1. 国际能源署, 《世界能源展望》 (World Energy Outlook), 2015 年 11 月
2. 彭博新能源财经, 《新能源展望》 (New Energy Outlook), 2017 年 6 月
3. 联合国经济和社会事务部, 《世界人口前景: 2015 年修订本》 (World Population Prospects: The 2015 Revision), 2015 年 7 月
4. 国际能源署, 《世界能源展望》 (World Energy Outlook), 2015 年 11 月
5. Petit, V., 《新能源格局》 (The New Energy Landscape), 2017 年
6. 彭博新能源财经, 《2016 年电动汽车展望》 (Electric Vehicle Outlook 2016), 2016 年
7. Petit, V. 《新能源格局》, 2017 年版第 16 页
8. 国际能源署, 《2016 年世界能源展望》, 2016 年 11 月
9. 能源过渡委员会 (Energy Transitions Commission), 《更好的能源, 更大的繁荣: 低碳能源系统的可实现途径》 (Better Energy, Greater Prosperity: Achievable pathways to low-carbon energy systems), 2017 年 4 月
10. 施耐德电气, 《面对风暴—南澳大利亚州电力网络》 (Facing the Storm—South Australia Power Networks), 2017 年
11. 施耐德电气, 《Enel 案例研究》 (Enel Case Study), 2017 年

第 1 章

1. 美国能源部, 《提交给电力市场和可靠性部长的员工报告》 (Staff Report to Secretary on Electricity Markets and Reliability), 2017 年 8 月
2. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》 (Worldwide Utilities 2017 Predictions), 2016 年 11 月
3. Ross, C., 《寻找需求的供应: 为更智能的微电网建立市场》 (Supply in Search of Demand: Building a Market for Smarter Microgrids), Electrical Contractor 杂志, 2017 年 2 月
4. Munsell, M., 《2017 年十大太阳能趋势》 (10 Solar Trends to Watch in 2017), Greentech Media, 2017 年 1 月
5. 施耐德电气, 《革命性的微电网带来净正面效益》 (Revolutionary Microgrid Brings Net Positive Benefits), 2017 年
6. sonnen GmbH, 《sonnencommy》, 2018 年
7. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》 (Worldwide Utilities 2017 Predictions), 2016 年 11 月

第 2 章

1. 国际能源署, 《世界能源展望》, 2015 年 11 月
2. E.ON 《E.ON 开始在德国开始销售蓄电系统》 (E.ON begins selling electricity storage system in Germany)
3. 澳大利亚广播公司新闻, 《南澳大利亚州提前达到 50% 的可再生能源目标》 (Renewable energy target of 50pc reached early in South Australia), 2017 年 4 月 9 日
4. Heiligtag, S., Maurenbrecher, S., Niermann, N., 《从场景规划到压力测试: 能源公司的下一步》 (From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies) 麦肯锡公司, 2017 年 2 月
5. 欧洲委员会, 《面向全体欧洲人的清洁能源套餐》 (Clean Energy Package for all Europeans), 2016 年 11 月
6. Lovins, A., 《德国的可再生能源革命》 (Germany's Renewables Revolution), 落基山研究所 (Rocky Mountain Institute), 2013 年 4 月 17 日

尾注 (接上页)

7. Enkhardt, S., 《德国现已安装 50000 多套太阳能存储系统》，*PV 杂志*, 2017 年 3 月 13 日
8. 德勤, 《欧洲能源市场改革——国家概况: 法国》(European energy market reform-Country Profile: France), 2015 年
9. National Grid, 《未来能源情景》(Future Energy Scenarios), 2017 年 7 月
10. 英国电网公司新闻稿, 《英国电力网着力改造其网络, 打造智能未来》(UK Power Networks set to transform its networks for a smart future), 2017 年 7 月 17 日
11. New York State, 《改革能源愿景》(Reforming the Energy Visions), 2018 年
12. 彭博新能源财经, 《南澳大利亚州能源危机——可再生能源是罪魁祸首吗?》(South Australia's "energy crisis – are renewables to blame?), 2016 年 8 月 3 日
13. GTM Research, 《南澳大利亚的电力危机》(South Australia's Power Crisis), 2017 年 8 月 15 日
14. 世界银行, 《印度电力产业诊断评论, 印度需要更多电力: 配电的挑战》(India Power Sector Diagnostic Review, More Power to India: The Challenge of Distribution), 2014 年 6 月 12 日

第 3 章

1. 摩根斯坦利研究, 《可再生能源: 廉价清洁能源对全球公用事业意味着什么》(Renewable Energy: What Cheap, Clean Energy Means for Global Utilities), 2017 年 7 月
2. 出处同前。
3. 美国能源情报署 (U.S. Energy Information Administration), 《电力年报》(Electric Power Annual), 2017 年 7 月
4. Navigant Research, 《智能电表市场数据执行摘要》(Market Data for Smart Meters Executive Summary), 2016 年第 3 季度
5. 出处同前。
6. GTM Research, 《电网边缘的效用分析》(Utility Analytics at the Grid Edge), 2016 年 7 月
7. Eto, J.H., 《电力中断对电力用户的国家成本——LBNL 2016 年评估更新早知道》(The National Cost of Power Interruptions to Electricity Customers – An Early Peek at LBNL's 2016 Updated Estimate), *IEEE*, 2016 年 9 月
8. 麻省理工学院能源倡议 (MIT Energy Initiative), 《未来的公用事业》(Utility of the Future), 2016 年
9. Navigant Research, 《能源改革导航》(Navigating the Energy Transformation), 2016 年 8 月
10. Bigliani, R., 《不再是公用事业公司, 而是提供能源服务的数字化公司》(Utilities no more, but digital companies offering energy services), *Engerati*, 2016 年 11 月

第 4 章

1. 埃森哲, 《配电公司业务的 IT / OT 集成势在必行》(The IT / OT Integration Imperative for Utility Distribution Business), 2016 年
2. 出处同前。
3. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》(Worldwide Utilities 2017 Predictions), 2016 年 11 月
4. J. D. Power, 《住宅电力公司用户总体满意度连续六年增加》(Overall Residential Electric Utility Customer Satisfaction Increases for Sixth Consecutive Year), *J.D. Power Finds*, 2017 年 7 月
5. 埃森哲, 《新能源消费者——在数字世界中释放商业价值》(The New Energy Consumer-Unleashing Business Value in a Digital World), 2015 年

尾注（接上页）

第 5 章

1. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》 (Worldwide Utilities 2017 Predictions) , 2016 年 11 月
2. Navigant Research, 《物联网与网络能源的未来》 (IoT and the Future of Networked Energy) , 2016 年
3. 出处同前。
4. Clark, J., 《什么是物联网》 (What is the Internet of Things) , IBM 物联网博客 (IBM Internet of Things blog) , 2016 年 11 月 17 日
5. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》 (Worldwide Utilities 2017 Predictions) , 2016 年 11 月
6. Tilley, A., 《公用事业行业开始了增强现实的大实验》 (Utility Industry Begins Big Experiment with Augmented Reality) , 《福布斯》, 2016 年 2 月 10 日
7. Eurelectric, 《电力行业走向数字化——面向能源消费者的下一代数据管理》 (The power sector goes digital-Next generation data management for energy consumers) , 2016 年 5 月
8. 施耐德电气, 《公用事业的生态结构》 (EcoStruxure for Utilities) , [PowerPoint 幻灯片], 2017 年
9. Utility Week, 《GDPR: 公用事业的数据革命? 》, 2017 年 7 月 28 日
10. Abbal, F., 《关注你的风险战略: 智能电网的网络安全》 (Focus on Your Risk Strategy: Cyber Security for the Smart Grid) , 施耐德电气, 2017 年 7 月 28 日

第 6 章

1. IDC, 《FutureScape: 2017 年全球公用事业公司预测》 (Worldwide Utilities 2017 Predictions) , 2016 年 11 月
2. 出处同前。
3. 出处同前。
4. 出处同前。

了解更多



EcoStruxure™ Grid



“配电设施如何成功实现数字化转型”
白皮书



供电设施



Enel 案例研究



SA 电网案例研究



现场和自动化服务

施耐德电气

美国马萨诸塞州安德沃 Federal 大道 800 号
Campus1 号波士顿
邮编: 01810
电话: + 1 978 794 0800

www.schneider-electric.com



2018 年 7 月

© 2014-2018 施耐德电气。保留所有权利。Life Is On Schneider Electric 是施耐德电气 (SE)、其子公司和附属公司的商标和财产。所有其他商标系其各自所有者的财产。

本文档介绍了数字化配电产品和解决方案可能给用户带来的潜在价值, 所含内容为一概性、不具约束力的信息。由于用户情况和目标的不同, 施耐德电气不保证本文件中所述的情况在现实环境中一定能够实现。如需了解产品和服务的规格和性能, 请参考施耐德电气产品和解决方案目录。本文档中的文本和图形信息由施耐德电气编制, 或者按照文档中的说明属第三方所有。

19982017

Life Is On

Schneider
Electric
施耐德电气