

DIGITAL

价值驱动的电网数据管理指南



Life Is On

Schneider
Electric
施耐德电气

www.se.com/cn

执行摘要

电力行业面临严峻的数据管理挑战

分布式能源 (DER) 的迅速发展给配网电力公司带来了许多运营、规划和业务方面的挑战。这一转型的规模之大，甚至超过了向高级计量基础设施的过渡。在接下来的五年中，数据生成量将不止翻两番。与其他企业相比，由于资产、用户数量庞大且分布广泛，配网电力公司面临着独特的数据管理挑战。

价值驱动的电网数据管理带来众多业务价值

为了应对这一数据管理挑战，配网电力公司绝不能浪费资源，在海量数据中大海捞针寻找“真相”。现在，在电网运营商之外，配网电力公司还承担起了数据运营商的角色。他们需要一种基础性、分步式、实用型的电网数据管理方法，只有这样，他们的数据管理实践才能实现重要的业务价值，包括改善安全性、成本效益、可靠性、弹性、柔性、可持续性、资产利用率、用户赋能、网络安全性、可负担性。

本参考指南探讨的主题

本指南围绕配网电力公司的职能来组织内容，深入系统地探讨了“价值驱动”的电网数据管理实践如何改善电力行业的规划、设计、分析、建设、运营、维护、培训以及需求侧管理。

您可以探索与您的业务最相关的用例

本参考指南包含哪些内容？以下仅简要介绍其中描述的九个电网数据管理应用案例：

- **配电规划和模拟。**规划和模拟工具现在可以采用 DER 和电动汽车数据，也可以分析连接请求，并将许多来源（如实时控制系统、智能电表、表后和分布式传感器）的数据纳入相关的网络模型和跨时间范围的动态模型。
- **资产绩效管理。**资产管理工具和方法现在采用来自更多来源的地理空间和运营数据，可以帮助配网电力公司平衡风险与成本、资本支出与运营支出，以及短期与中期的资产维修/更换决策。
- **DER 管理。**DER 可以加速低碳化进程，增强可靠性和弹性，赋能电力公司客户，支持电网柔性，扩展电力行业服务，并推迟系统升级。然而，其可变性和不可预测性使电力行业的规划、运营、资产管理和其他职能变得复杂。了解输配电协调、需求侧管理、微电网方面的领先实践，并查看最佳 DER 管理示例。
- **网络安全。**网络安全、数据隐私实践和合规性应贯穿整个电网数据管理——从现场到企业层面，从电网到电网边缘。

执行摘要

您可以深入了解更好的电网数据管理

您将有哪些收获？以下简要摘录了本参考指南中的关键洞察：

- **标准：幕后英雄。** 遵守各项标准是高效电网数据管理的关键要素。这些标准利用协作智能来实现互操作性，以减少资源需求并促进应用程序的整合，如本报告中的用例所述。
- **数字孪生：一个跨领域的工具。** 现在的数字孪生不断扩展到核心应用程序之外。很快，数字孪生将为所有领域和区域提供价值，帮助人们更快做出更明智的决策。
- **高级分析：下一步。** 以电网数据管理为基础，新兴的高级分析更加深入，并将传统上独立的各种分析衔接起来，使用到综合用例中。更高保真度的数据，将孤立的数据整合到综合数据库中，以及基于人工智能 (AI) 的应用，促进了这一演变。
- **由数据支撑的战略：数据治理。** 虽然数据在业务决策中发挥着核心作用，但重点是将数据管理嵌入到业务项目中，而不是执行“数据项目”。电力公司业务战略的执行应由可信、可用、可持续而且在数据生产链中得到验证的数据来支撑。

鸣谢

项目组衷心感谢以下拨冗提供见解和评述的施耐德电气主题专家。

Navdeep Ahuja Tom

Berry

Jean-Yves Bodin

François Borghese

James Colbert

Laurent Dussart Paul

Forney

Milan Gavric Luc

Hossenlopp

Claude Houbart Santini Edward

Jarvis

Scott Koehler

Bertrand Lack Alain

Malot Sebastien

Michelin Enrique

Ramos Jenny Roehm

Izabela Stefani

Nenad Tojagic Kevin

Walsh

Matthew Zimmerman Hoffman

Power Consulting

目录

	执行摘要	2
	鸣谢	4
	目录	5
	图示列表	8
01	引言	10
	机遇	11
	本指南的目的	11
	本指南的内容范围	12
	电力公司面临多方面的数据挑战	12
	数据管理面临的总体挑战	13
	用例	15
	价值支柱	17
	可持续性和数据管理	18
	本指南的架构	19
02	标准和配网电力公司数字化转型	21
	概述	22
	智能电网架构模型 (SGAM)	23
	配网电力公司数字化标准	24
	CIM 和语义标准	26
	从简单计量到智能建筑接口	28
	施耐德电气与标准	29
03	资产信息管理、网络模型管理和现场工作	31
	概述：整合现场工作和网络模型	32
	当今的机遇和挑战	33
	当今推荐的做法	34
	创造价值的业务成果	36
	施耐德电气解决方案	36
04	使用网络模型管理进行配电分析和运营	38
	高级配电管理系统概述	39
	当今的挑战和目标	40
	当今推荐的做法	41
	创造价值的业务成果	43
	施耐德电气解决方案	44

目录

05	规划与模拟	47
	概述：电力行业配电规划的发展演变	48
	当今的挑战和目标	48
	当今推荐的做法	50
	创造价值的业务成果	52
	施耐德电气解决方案	53
06	资产性能管理与资产投资规划	55
	概述：资产管理趋势	56
	当今的挑战和目标	56
	当今推荐的做法	57
	创造价值的业务成果	58
	施耐德电气解决方案	59
07	变电站自动化、系统工程和维护	61
	概述	62
	当今的挑战和目标	64
	当今推荐的做法	64
	施耐德电气案例研究：变电站自动化项目供应商	
	招标流程	65
	OSMOSE IEC 61850 工程流程	66
	创造价值的业务成果	66
	施耐德电气解决方案	67
08	用于系统运维和人员培训的增强现实技术	69
	概述	70
	当今的挑战和目标	70
	当今推荐的做法	72
	创造价值的业务成果	73
	施耐德电气解决方案	74
09	DER 管理	76
	概述	77
	挑战：多样化、不断发展的 DER 相关电力行业监管和市场设计	78
	挑战：DSO-TSO 协调和与 DER 的相关性	79
	实践：DER 集成和 DSO-TSO 协调	80
	实践：DER 数据交换	81
	解决方案：施耐德电气 DER 案例研究	83
	利用微电网实现 DER 价值最大化	85
	需求侧管理：挑战、解决方案和价值	87

目录

10	智能计量	91
	概述：智能计量概况	92
	当今的挑战和目标	93
	当今推荐的做法	94
	创造价值的业务成果	95
	施耐德电气解决方案	96
11	网络安全	98
	概述	99
	当今的挑战和目标	99
	当今推荐的做法	100
	创造价值的业务成果	104
	施耐德电气解决方案	104
12	未来愿景：数字孪生、分析及更多	107
	引言	108
	数字孪生的用途和适用范围	108
	多种类型的数字孪生	109
	数字孪生扩大使用的促进因素和驱动因素	110
	数字孪生的未来应用	111
	数字孪生面临的技术挑战	113
	数字孪生面临的业务挑战	114
	施耐德电气数字孪生愿景	115
	分析的发展演变	116
13	如何部署电网数据管理实践	119
	概述	120
	起点很重要	120
	由数据支撑的数据治理战略	120
	数据计划的结构	122
	使用行业标准的 DCAM 框架	122
	跨越多个层面	123
	关键成功因素	123
	电网数据管理项目的运作方法	123
	关于施耐德电气	126
	英文缩写一览表	127

图示列表

- 图 1 总体架构简介：价值驱动的电网数据管理
- 图 2 施耐德电气未来电网的支柱和促进因素/示例
- 图 3 智能电网架构模型
- 图 4 从 SGAM 用例到新标准开发
- 图 5 世界范围内的标准化和欧洲监管实体
- 图 6 SGAM 中的语义领域
- 图 7 典型的 ADMS 高级架构与实时数据和电力行业数据管理系统的交互
- 图 8 ADMS 的典型数据来源
- 图 9 各类规划的时间范围
- 图 10 在实时和模拟背景下使用网络模型和动态模型进行规划
- 图 11 在实时背景和模拟背景下需进行的各种规划和模拟活动
- 图 12 在整个资产生命周期内都需要进行资产管理
- 图 13 电网资产工具以及电力行业 EAM、MWM、ADMS、GIS 和数字自动化系统的一种潜在配置
- 图 14 电力公司在寻求互操作性和互换性的同时，也意识到需要付出较高的前期成本才能降低长期的总拥有和维护成本
- 图 15 标准化可以减少整个项目周期内的总支出
- 图 16 配网电力公司面临的运维挑战总结
- 图 17 施耐德电气的 EcoStruxure™ AR 操作顾问 3D 将设备的内部视图叠加在设备的真实外部图像之上
- 图 18 世界部分地区的电力行业监管和市场设计
- 图 19 政策/法规驱动的 DER 整合方法
- 图 20 IRENA 图示：面向 TSO、DSO 和其他各方的数据交换平台
- 图 21 DER 会对配电系统的运行造成约束
- 图 22 通过使用施耐德电气的 EMA，南澳大利亚农产品市场有限公司能够向全国电力市场输出电力
- 图 23 整合智能电表数据与其他孤立的信息系统具有挑战性
- 图 24 安全开发生命周期
- 图 25 电网数字孪生可以从多方面提高业务流程的效率
- 图 26 OSIsoft PI 平台为资产框架、资产分析等的开发建立了一个工具箱
- 图 27 数据支撑的执行的支柱
- 图 28 电网数据管理计划的结构



01

引言

机遇

配网电力公司可以利用电网数据管理实践和解决方案实现重要价值，包括改善安全性、成本效益、可靠性、弹性、柔性、可持续性、资产利用率、用户赋能、网络安全和可负担性。

因此，这些实践可以被称为“价值驱动”的电网数据管理实践。这些实践还可以为电力公司的众多职能带来同样重要的价值，包括运营、维护、规划、设计、分析、建设、培训和用户参与。

对于配网电力公司而言，这些数据管理实践（包括数字孪生和高级分析）是更广泛的数字化转型过程的一部分。然而，全面收集、处理、验证、管理、治理和有效使用数据具有挑战性。举例来说，一家规模处在平均水平的电力公司每年产生的数据量在 PB (百万 GB) 级别，预计在 2021-2024 年期间将翻一番¹。由于大多数配网电力公司的电力系统复杂性不断增加并面临其他挑战，即使数字化转型的好处显而易见，改变也仍是困难的。

将能创造价值的配网电力公司，与未能为公司、用户和社会带来价值的配网电力公司区分开来的，正是能否在数字化转型和电网数据管理方面取得成功。因此，在高瞻远瞩的配网电力公司与谨小慎微的配网电力公司之间，出现了一条“数字鸿沟”——前者积极主动寻求业务和运营弹性以确保光明未来，后者则可能因不作为而面临重大风险。

本指南的目的

本指南的目的是：

- 解释配网电力公司应如何为基于价值的电网数据管理打好坚实基础，以克服广泛的挑战
- 通过具体用例，展示领先实践如何赋能配网电力公司在电网数据管理方面采用基础性、分步式、实用型方法
- 为寻求以灵活、一致、可扩展、安全、具成本效益的方式逐步强化电网数据管理实践的施耐德电气客户和潜在客户一份全面的参考资料

¹ IDC Research, “解决电力公司的数据困境”, IDC 分析师简报, 2020 年 12 月。

本指南的内容范围

本指南涵盖了配网电力公司所面临的一系列广泛的数据管理挑战。

尽管本指南中许多挑战、解决方案、标准和法规的例子来自北美、欧洲和澳大利亚，但本指南针对的是全球的情况。请注意，本指南重点聚焦配电网，以及电网边缘的负载、资源、标准和监管。

本报告包含九个应用案例，施耐德电气根据它们与数据管理的相关性、它们的快速发展以及施耐德电气的专业知识选择了这些用例。这些用例将在本节后面列出；此清单并不全面。

电力公司面临 多方面的数据挑战

数据是新型数字化配网电力公司的命脉，是电网数据管理的基石，也是价值的终极推动因素。

这里的数据包括各种各样的数据，它们来自：

- 智能电表和各种传感器
- 电网边缘的分布式能源，包括可再生能源和电动汽车 (EV)
- 网络自动化，包括智能断路器、智能变压器等物联网 (IoT) 设备
- 变电站自动化与建设
- 资产状况监测
- 配电网分析
- 植被管理
- 用户参与
- 能源预测和能源市场
- 地理空间信息系统
- 归档的时间序列和其他数据
- 电力公司现场人员和工程师
- 许多其他来源

这些来源使配网电力公司收集的数据量成倍增加。同时，越来越多的利益相关者寻求使用这些数据，并要求建立有效的数据交换机制。今天的数据共享生态系统包括配网电力公司、输电系统运营商 (TSO)、能源零售商、ISO/RTO、集合商、监管机构、用户，并且正在不断扩大，将会有更多参与者（如能源市场，甚至数据市场）加入进来。

数据管理面临的总体挑战

欧洲一家大型配电系统运营商的前首席执行官表示，除了资产管理者和电网运营商之外，配网电力公司还正迅速承担起数据运营商的角色。

与其他企业相比，由于其资产、用户数量庞大且地域分散，对配网电力公司而言，数据管理挑战可能具备着独特的复杂性。不过，大多数行业和企业都面临着以下数据管理问题：

- 海量数据的管理和存储
- 数据的优先级
- 唯一识别电子设备激增
- 最大限度地减少数据损失和连接丢失
- 基于 IP 的通信扩大使用
- 调整现有的基础架构和业务系统以应对涌入的数据
- 需有足够的带宽来维持连接
- 确保网络安全和数据隐私

电力公司的众多职能部门提出了各种数据要求，在整个数据生命周期内带来了不同的电网数据管理挑战（有关各种生命周期类型的定义，请参见文本框）。

“生命周期”

数据、资产和模型都有生命周期。在电力行业和本指南中：

- **资产生命周期**通常涵盖资产设计、工程、建设、部署、运营、维护、升级、退役和处置。
- **数据生命周期**通常涵盖数据生成、获取、存储/备份、分析和可视化。
- **系统模型生命周期**通常涵盖模型规范制定、开发、数据填充、针对现实世界的验证，以及持续的改进和增强。

本指南的首要重点是**电网数据生命周期管理**，以及对在整个生命周期内使用这些数据的模型的管理。次要重点是在整个资产生命周期内，使用数据进行资产管理。本指南结合具体用例，对以上两点都进行了探讨。

总的来说，电力公司面临着维护或改善以下方面的挑战：

- 数据质量（准确性、详细程度和粒度）
- 数据完整性
- 数据延迟（对最新数据的需求）
- 数据的产生背景（数据如何相互关联）
- 数据整合时间
- 数据可及性
- 数据的相关性和有用性，以推动采取具体行动
- 数据标准化（格式、协议等）
- 数据可扩展性

此外，电网数据需求在不同的时间范围内有所不同。实时运营人员与运营规划人员或长期规划人员有着不同的数据需求。

法国一家电网运营商估计，他们 90% 的时间用于理解数据的含义，10% 的时间用于实际使用数据。鉴于流入电力公司数据库的数据呈指数级增长，这并不令人惊讶。举例来说，我们可以考虑智能电网建设的一个方面——从传统计量向智能电表过渡——所产生的数据爆炸：

- 在传统计量方式下，配网电力公司每月手动读取并记录一个数据点——消耗的千瓦时 (kwh)，每个用户每年共有 12 个数据点。
- 相比之下，设置为每半小时读数的智能电表，每年为单个电力公司发送 17,520 次读数。
- 如果将智能电表设置为每 5 分钟发送一次读数，则每个用户每年共发送 105,120 次读数。
- 如果智能电表还向电力公司发送电压、功率因数和其他读数，一家大型电力公司每年可能从智能电表收集数万亿个数据点。

面对对更多更高保真度数据（即更详细、更准确的数据）的需求，以及几乎无法管理的数据量，电力公司正转向各种类型的模型来组织和解释数据。以下文本框定义了本指南中讨论的各类模型。

“模型”

模型对于不同行业和人群意味着不同的东西，建议在“模型”前加上一个描述性的形容词。

在电力行业和本指南中：

- **物理模型**是现实世界或拟建物体的三维表示，通常采用缩小的比例来帮助可视化复杂的结构。
- **数学模型**使用数学概念和语言来描述一个系统，可用于分析或预测系统行为。
- **软件模型**是对计算机系统内的物理模型或数学模型（或两者）的描述。
- **数据模型**是对软件模型中的对象及其关系的描述。数据模型为描述对象行为以模拟或预测系统运行奠定了基础。
- （电力系统）**资产网络模型**是对当前电力系统的静态描述，包括电力系统资产的拓扑结构以及它们如何通过馈线和线路连接等。
- **动态模型**（又称运行网络模型）是使用现场数据（如电流、电压、开关设备位置等）对当前电力系统的实时描述。
- **通用信息模型** (CIM) 是一个国际公认的协议，使用标准术语来描述电力系统资产的特征。
- **数字孪生**是模拟真实世界系统的建成或运行状态的任何软件/模型的总称。
- **能源模型**是一个广义术语，涵盖了会对电力系统产生影响的广泛关系（例如，能源模型可以代表终端用户的能源消耗或生产情况）。

本指南讨论了以上每一种模型类型，以及它们与具体用例中的电网数据管理的相关性。

用例

下面一组用例展示了基于价值的电网数据管理的广泛实用性和好处。

这些用例参考了配网电力公司的一些应用实例，在这些应用中，电网数据管理可以发挥最大价值。由于职能的内在关联性，其中一些用例也整合了部分电力公司职能。例如，DER 管理用例中整合的职能，关系到与输配电协调、DER 采用、需求侧管理、商业/工业建筑、微电网相关的挑战、实践和价值。

这些用例中的每一个都是按照相同的逻辑开发的：

- **主题领域概述**
- **当今的数据管理挑战**、目标和/或当务之急
- **当今价值驱动的电网数据管理的推荐做法**
- **创造价值的业务成果**，主要基于施耐德电气的“价值支柱”
- 可以应对当今挑战的**施耐德电气解决方案**

本指南包含以下九个应用案例：

- 资产信息管理、网络模型管理和现场工作
- 配电分析和运营
- 规划和模拟
- 资产性能管理和资产投资规划
- 变电站自动化、系统工程和维护
- 用于系统运维和人员培训的增强现实技术
- DER 管理，包括 DSO-TSO 协调、DER 案例研究、需求侧管理和微电网
- 智能电表
- 网络安全

图 1 显示了这些用例在当今广义的电网中是如何相互关联的。基于这九个应用案例并结合电网数据管理的近期前景来看，数字孪生特别值得关注，因为：

- 数字孪生贯穿了所有九个应用案例，并且为这些用例提供潜在的价值。
- 数字孪生能够在虚拟化、软件定义的环境中使用强大的模拟器和分析功能，帮助更快做出更明智的决策。
- 数字孪生提供了如何在近期内改善电网数据管理的一种思路。
- 数字孪生是通往功能强大的各类高级分析的桥梁，有望带来显著的业务收益。

因此，本指南的结尾部分专门介绍数字孪生和高级分析。

引言

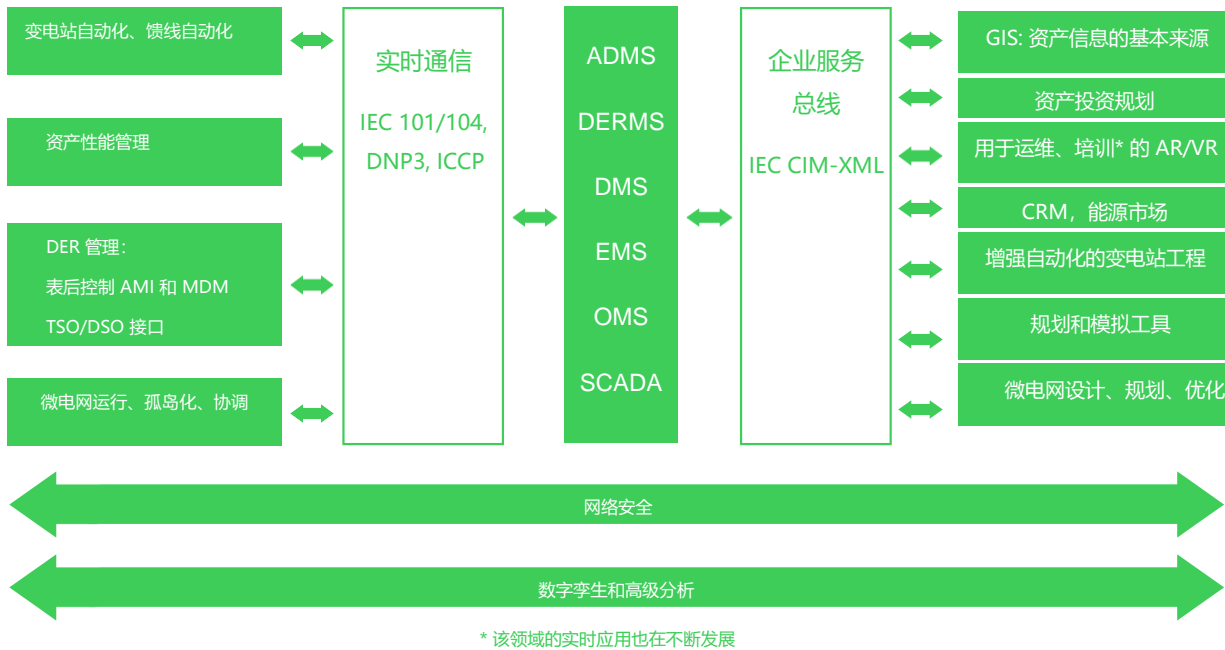


图 1. 总体架构简介：价值驱动的电网数据管理

价值支柱

数字化电网可以助力实现与重要行业价值支柱相关的目标，这些价值支柱可简要概括为（见图 2）：

- **可持续性** - 最大程度降低环境影响
- **韧性和可靠性** - 减轻电力中断的影响
- **效率** - 确保能源的可负担性
- **灵活** - 使电网适应性最大化

本指南描述了各种用例如何支持这些价值支柱。

	可持续性	韧性和可靠性	效率	灵活
未来电网的支柱	最大程度降低环境影响	建立电网弹性	确保能源的可负担性	助力智能投资和低碳化
促进因素/示例	<ul style="list-style-type: none"> • 消除温室气体 (无 SF6) • 采用可持续产品和循环经济实践 • 减少能源损耗 	<ul style="list-style-type: none"> • 确保可靠性 • 抵御气候变化 • 降低网络风险 	<ul style="list-style-type: none"> • 提高运营效率 • 优化资产管理 • 改善电网边缘规划和运营 	<ul style="list-style-type: none"> • 优化网络规划 • 促进 DER 整合
可互操作的电网数字孪生				

图 2. 施耐德电网未来电网的支柱和促进因素/示例

可持续性和数据管理

在四大价值支柱中，可持续性是一个贯穿始终的目标，并提供“跨领域”价值：任何为提高弹性、效率或柔性而部署的技术也必须考虑可持续性。

- 通过改善电网数据管理来加强**维护**，会带来的可持续性影响包括：
 - 延长资产使用寿命，避免制造新设备
 - 减少现场维护需求，从而减少工作人员上门服务所产生的排放
 - 改善危机管理（弹性），例如更有效地利用现场技术人员
- 使用高级数据管理工具**运营**电网，会带来的可持续性影响包括：
 - 提高运营效率
 - 减少非技术性损失
 - 改善部门耦合（即弥合传统的独立分析）
 - 优化电网边缘资源的使用
- 通过加强数据管理来改善电网**运维协调**，会带来的可持续性影响包括：
 - 改善的风险分析（基于更精确的资产健康状况信息）会影响传统上运营和维护之间的权衡取舍，使更全面地纳入绿色标准成为可能，从而支持可持续发展
- 通过数据管理实现更大的**电网柔性**可以从以下方面增强可持续性：
 - 简化可再生能源发电和电动汽车的整合
 - 使电动汽车在可再生能源可用时吸收更多的可再生能源，并在需要时反哺电网，即“车辆到电网 (V2G)”概念
 - 获得电力公司托管容量的清晰模型，并使电网边缘活动具有可见性
 - 在考虑生命周期成本和可持续性的基础上，对新添加的 DER 和数据驱动的电网自动化进行优化。

本指南的架构

本指南为配网电力公司提供了一份关于电网数据管理现状和领先实践的概述。

本报告正文的总体架构如下：

- 标准和配网电力公司数字化转型
- 应用案例（九个）
- 未来愿景：数字孪生、分析及更多
- 如何部署数据管理实践
- 结语



02

标准和配网电力公司 数字化转型

概述

标准是配电网数字化转型的“幕后英雄”。

标准是自愿性规则或准则，规定了设备、服务和产品的技术信息。国家标准组织的委员会由各行业利益相关者提名的专家组成。这些委员会和工作组通常包含产品和服务供应商代表以及终端用户群代表。电力系统行业是一个全球性的行业，许多国家标准是基于国际标准制定的。在某些情况下，标准会作为推荐性甚至强制性要求，被纳入立法和/或法规。电力公司普遍要求其电网符合一定的国际、国家或内部标准。

标准会产生重要的经济影响，因为它们规定了首选的性能标准，有助于确保产品和流程之间的互换性和互操作性，并推高了质量和安全的基本水平。据欧洲议会研究服务中心²称，标准所带来的成果以多种积极的方式影响经济，特别是在与技术有关的产品方面：

- 提高竞争力和效率
- 利用网络效应的有益影响（即，为单个用户带来的价值，会随着用户数量的增加而增加）
- 促进创新的扩散
- 降低生产成本

标准化通过为所有生产者提供平等的信息访问权来改善资源配置，从而使竞争环境更加公平，并降低准入壁垒。特别是，创建接口标准（即规定允许系统或设备协同工作的功能特性或物理特性）会降低供应商将消费者“锁定”到一种产品上的能力。

随着各行业（包括配电在内）快速推进数字化进程，标准变得越来越重要。及时采用和推广新标准可以确保互操作性并促进创新。作为互联世界的一部分，物联网 (IoT)、大数据和人工智能 (AI) 等技术和趋势可以创造价值。世界经济论坛确立的释放能源行业人工智能潜力的原则之一是“建立数据标准、数据共享机制和平台，以提高数据的可用性和质量”³。经济合作与发展组织 (OECD) 的报告⁴表明，各行业的数字化转型将需要一个基于标准的中立架构。电力行业已经制定了这样的架构，并且正在根据该模型制定标准。

²欧洲议会, I. Zachariadis, “标准和欧盟工业的数字化; 经济影响和政策发展,” PE 635.608, 2019年3月。

³世界经济论坛, “利用人工智能加速能源转型”, 白皮书, 2021年9月。

⁴经济合作与发展组织 (OECD), “G20 数字化转型的关键问题”, 为 G20 轮值主席国德国/OECD 联合会议准备的报告, 2017年1月12日。

智能电网架构模型 (SGAM)

SGAM⁵ 的出现是因为需要确定适用于智能电网的现有技术标准，并确定技术和标准化方面的缺口。

SGAM 由包括欧洲标准化委员会 (CEN)、欧洲电工技术标准化委员会 (CENELEC) 和欧洲电信标准协会 (ETSI) 在内的多家欧洲标准化组织共同制定。

SGAM 提供对智能电网架构的三维可视化呈现 (见图 3) :

- **各领域** (即, 发电、输电、配电、DER 和用户驻地) 构成了一条流程和价值链。
- **各区域** (即过程、现场、站点、运营、企业和市场) 表明了电力系统管理的层次结构, 形成了一个潜在的自动化金字塔。
- **互操作层** 包括组件层、通信层、信息层、服务/功能层和业务层。

在这个可视化架构中, 用例可以被置于一个三维的系统景观中, 以确定标准 (或判定缺乏标准) 并制定接口规范。

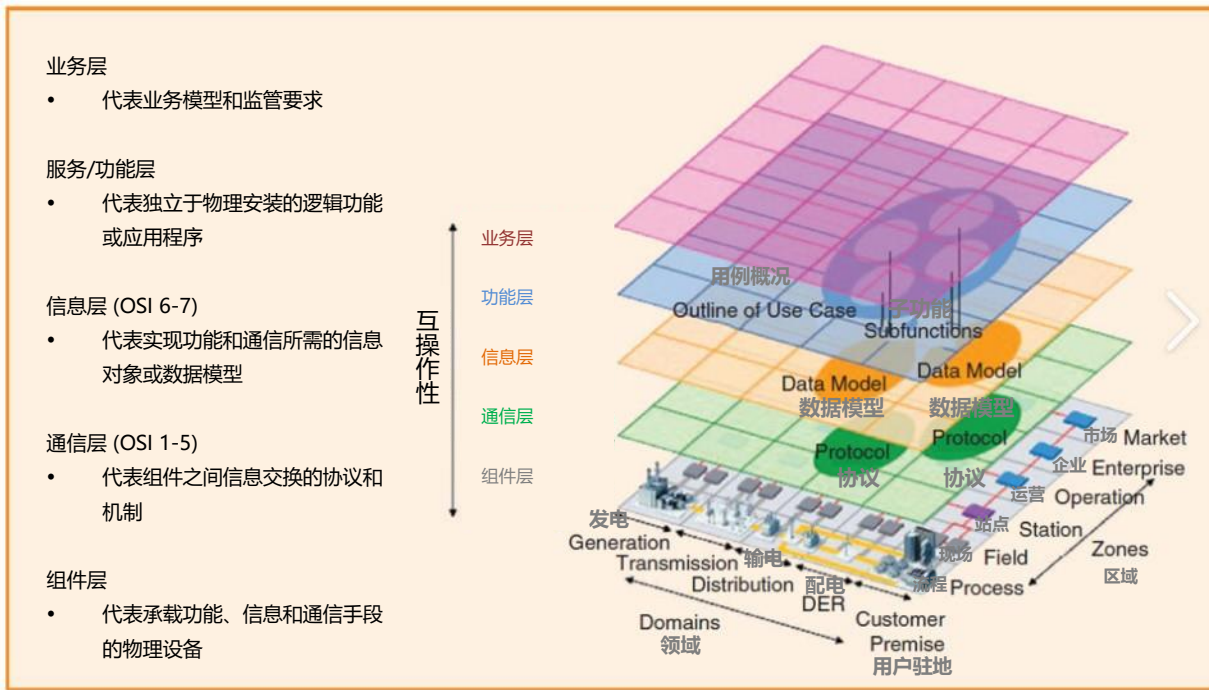


图 4 显示了新用例有时会暴露出标准缺口并导致新标准的制定。发现新用例后, 新用例将进入排队, 然后被映射到 SGAM 中, 以确定标准所规定的功能和要求。如发现存在标准缺口, 则会提请相应的 IEC 技术委员会进行研究并制定标准。同时, 也会对现有的适用标准进行验证。

⁵CEN-CENELEC-ETSI 智能电网协调小组, “智能电网参考架构”, 2012 年 11 月。

⁶CEN-CENELEC-ETSI 智能电网协调小组, “智能电网参考架构”, 2012 年 11 月。

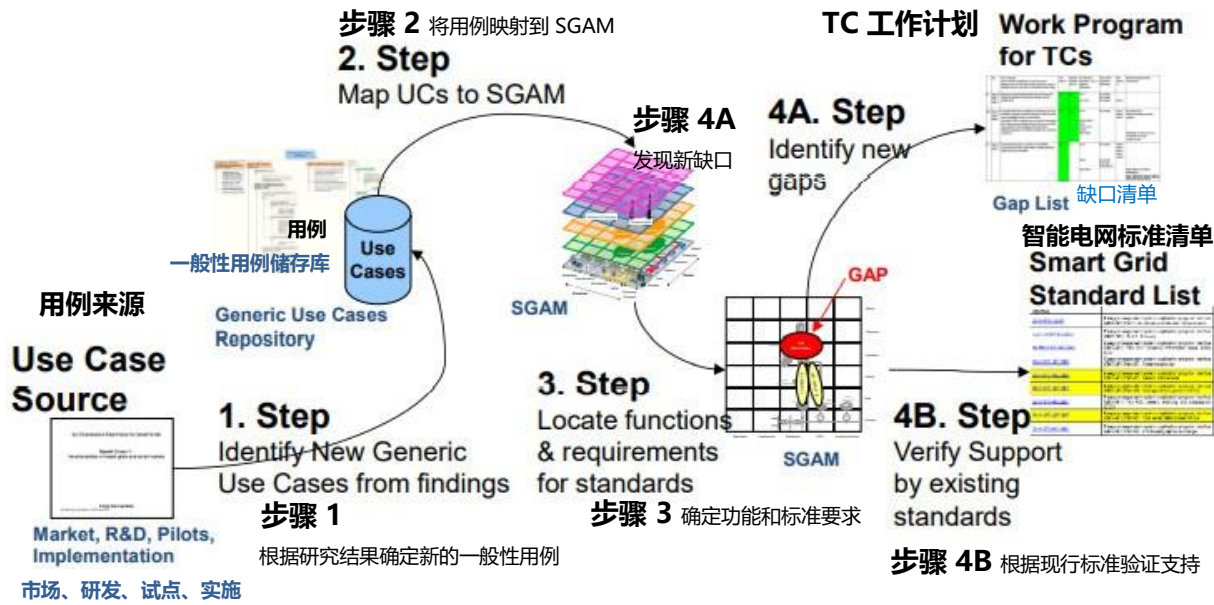


图 4. 从用例到 SGAM 到新标准的制定⁷

适用于配网电力公司的 数字化标准

在大多数发达国家，是由特定的组织来制定国家标准。

然而，国际标准组织正试图为全球标准制定带来明确性和一致性。其目的是创建能够在国际范围内提高互操作性和互换性的标准。

在欧洲，CEN、CENELEC 以及 ETSI 被正式确立为欧洲标准化组织。CEN、CENELEC 及其成员国的大部分标准制定工作是应企业申请而启动的，在制定标准的过程中，也会参考其他利益相关者的意见。根据 CENELEC 官网⁸，欧盟委员会根据欧盟立法强制执行约 30% 的标准。在欧洲标准发布后，34 个 CEN 和/或 CENELEC 成员国均有义务撤销任何与欧洲标准相冲突的国家标准。

图 5 的左侧说明了独立国家标准实体、全球标准组织以及当地制造商和电力公司之间最重要的相互关系。该图的右侧列出了向欧盟委员会提供监管建议的各种行业团体。CEN、CENELEC 和 ETSI 位于图的中部，它们充当着政府与全球标准组织之间的桥梁。法兰克福和维也纳协议于 1991 年签署，旨在防止国际标准化组织 (ISO) 和 CEN 之间的重复工作，并通过联合规划，节省制定新标准所花的时间。

⁷ CEN-CENELEC-ETSI 智能电网协调小组，“CEN-CENELEC-ETSI 智能电网协调小组——可持续进程”，第 32 页，图 8，2012 年 11 月。

⁸ CEN CENELEC 官网，“欧洲标准化”，2021 年 8 月访问。

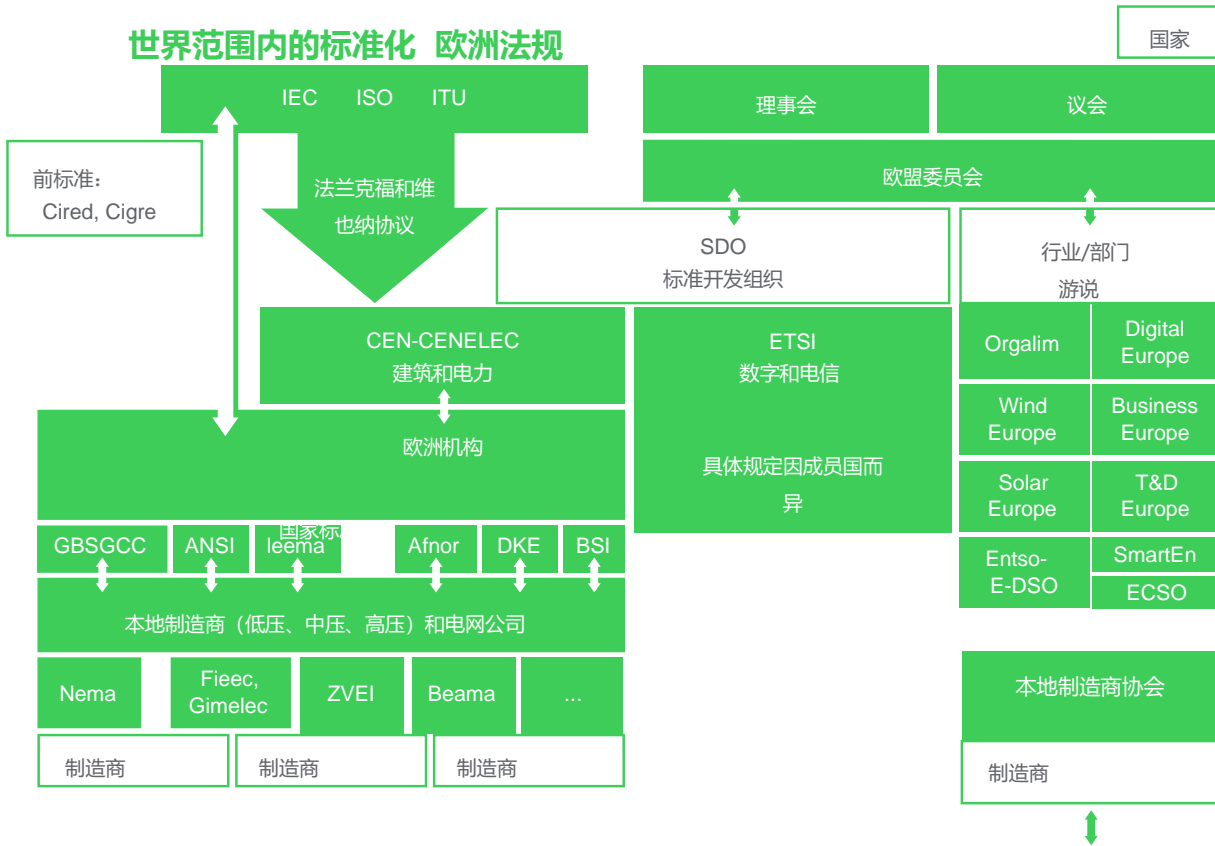


图 5. 世界范围内的标准化和欧洲监管实体

在美国，北美电力可靠性公司 (NERC)、美国国家标准与技术研究所 (NIST) 和电气电子工程师学会 (IEEE) 都积极参与电力行业标准的制定。电力研究所 (EPRI) 通过其研究为标准制定提供支持。

像大多数拥有标准组织的国家一样，在美国，各组织与国际电工委员会 (IEC) 紧密合作，该委员会为全球电力公司制定通用标准。IEC 为 36 个参与国和 10 个观察员国制定标准并接受它们的反馈。数字通信标准是在第 57 技术委员会 (TC 57) 的指导下制定的。IEC 官网对 TC 57 职责范围的描述如下：

制定电力系统控制设备及系统的国际标准，包括 EMS (能源管理系统)、SCADA (监控和数据采集)、配电自动化、远程保护以及相关的实时和非实时信息交换，用于电力系统的规划、运行和维护⁹。

TC 57 已经为一些更具现实意义的配电电力数据管理标准设立了工作组 (见表1)。

⁹国际电工委员会 (IEC) 官网，“TC57 电力系统管理和相关信息交换”，2021 年 8 月访问。

工作组	责任	主要标准或系列	描述
第 3 工作组	远程控制协议	IEC 60870	为智能电子设备 (IED) 之间的通信确立了标准，并定义了需要满足的相关系统要求。
第 10 工作组	电力系统 IED 通信和相关数据模型	IEC 61850	最初主要应用于变电站自动化，后来扩展到包括各种基本通信架构。
第 13 工作组	电网运行和规划软件接口	IEC 61970	用于能源调度、网络分析和动态模拟的“电线”模型和其他信息交换配置文件。
第 14 工作组	用于电力运营的企业业务功能接口	IEC 61968	系统之间的信息交换配置文件，有助于停电管理、用户管理、工作管理等
第 15 工作组	数据和通信安全	IEC 62351	负责制定通信协议安全标准，包括数字签名和入侵检测。
第 16 工作组	放松管制后的能源市场通信	IEC 62325	为放松管制后基于通用信息模型的能源市场通信制定一套标准。
第 17 工作组	DER 通信系统	IEC 61850-7-420	建立在第 10 工作组定义的 IEC61850 核心标准之上，规定了在与 DER 进行信息交换的过程中所使用的信息模型。

表 1。与配电网数据管理相关的 IEC 工作组和相关标准¹⁰

现已扩展到其他领域的 IEC 61850 变电站标准证明了制定标准可以有效促进变电站加速提升自动化程度和互操作性。基于该标准，各供应商已在约 2,000 个变电站项目中采用了超过 150,000 件具互操作性的智能电子设备 (IED)。（有关 IEC 61850 的更完整讨论，请参阅后文中关于“增强型自动化变电站工程”的部分。）

有关该领域标准的讨论，请参阅后文中关于“网络安全”的部分。

CIM 和语义标准

随着时间的推移，信息技术慢慢沦为“孤岛”和过时的“遗留系统”，它们会阻碍而非促进数据管理。

单独的协议、数据结构和语义可能导致各系统实际上无法理解彼此的语言。电网管理人员无法专注于客户服务、成本效益、可靠性、可持续性和柔性，而是需要花时间精力在数据中大海捞针寻找“真相”。

¹⁰T. Lefebvre 和 H. Eglert, “IEC TC57 ‘电力系统管理和相关信息交换’的当前和未来智能电网标准化活动”，2013 年。

在电力领域，通用信息模型 (CIM) 已经证明了其作为信息孤岛之间接口的价值。CIM 主要通过对电力系统设备、数据和流程的语义（精确规范）进行标准化，来提高电力应用和信息系统的互操作性。

如图 6 所示，CIM（包括 IEC 标准 61968、61970 和 62325）定义了 SGAM 的运行、企业和市场区域的领域语义。IEC 61850 系列涵盖了过程和现场区域。这些标准共同定义了电力系统管理的语义。

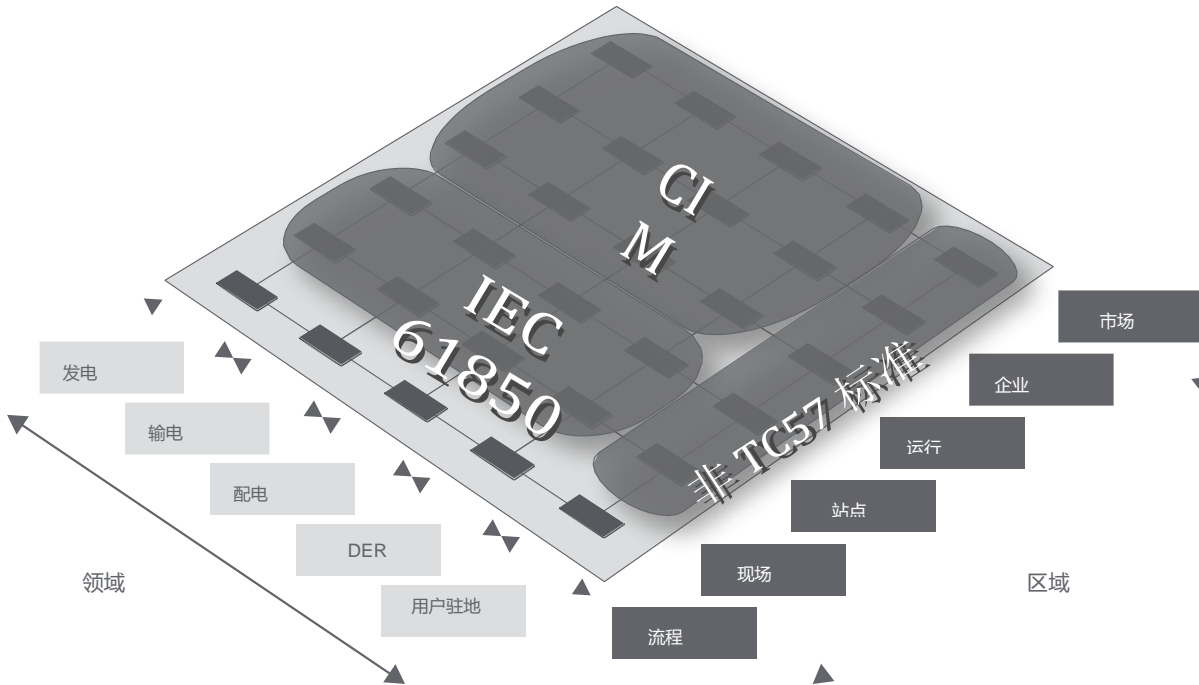


图 6. SGAM 中的语义领域¹¹

IEC TC57 领导层表示，通信协议和技术与数据模型脱钩，是实现长期互操作性的关键。随着通信技术的发展，数据模型和通信服务之间的适配层确保了数据模型的长期稳定性。这一概念¹² 构成了当前业务规划的基础¹³。

图 6 还显示了需要与其他 IEC 技术委员会和小组（见椭圆形 - 非 TC57 标准）协调的地方，以便从电力系统跨越到用户领域。例如，TC57 与其他三个 IEC 委员会共同负责为需求响应开发语义配置文件。

¹¹T. Lefebvre 和 H. Eglert, “IEC TC57 ‘电力系统管理和相关信息交换’ 的当前和未来智能电网标准化活动”, 2013 年。

¹²T. Lefebvre 和 H. Eglert, “IEC TC57 ‘电力系统管理和相关信息交换’ 的当前和未来智能电网标准化活动”, 2013 年。

¹³国际电工委员会 (IEC), “SMB/7253/R; TC57 的战略业务规划,” 2020 年 4 月 3 日。

从简单计量 到智能建筑接口

配网电力公司各领域的标准正在不断发展，包括：

- **智能计量。**在过去，电力公司和用户之间的主要接口承担了计费职能。而随着自动抄表标准扩展为智能电表标准，额外的接口也就因此产生了。这些面向市场的接口通过交换电费、定价等信息来帮助产消者优化能源成本（可能通过第三方聚合商）。
- **DER。**可再生能源 DER 的广泛部署正在推动更多通信和信息交换类型的发展。配网电力公司面临 DER（包括可再生能源、储能和需求响应）快速发展和采用率提升带来的诸多挑战。其中一项挑战便是缺乏明确的、可以促进配电网 DER 管理改善的整体标准。虽然 DER 相关标准存在于重点领域，但行业缺乏关于如何建立分析 DER 影响所需的电力系统模型的标准。
- **家庭自动化。**另一个正在快速发展、但迄今为止标准化不足的领域是家庭自动化（即智能家居）。供应商正在提供家庭能源管理设备，但这些设备可能无法与运行电力系统的配网电力公司轻松通信或满足其需要。虽然这些设备的通信协议可以成为事实上的标准，但缺乏开放的标准可能会使一些消费者的设备无法与新设备互操作，或无法换用新设备（互换性）。

电网边缘通信和信息标准的持续发展将帮助电力公司公司更有效、更有弹性、更可持续和更安全地运营电网，特别是在异常和紧急状况下，例如由于极端天气造成的情况。

施耐德电气与标准

施耐德电气充分肯定标准对于加快未来电网发展的重要性。

为践行这一立场，施耐德电气鼓励旗下的 170 多名员工积极参与世界各地的标准工作组。多年来，施耐德电气员工积极帮助制定标准，并将这一传统延续到今天。

施耐德电气还发布了应用指南，以帮助电力系统设计人员按照 IEC 标准进行设计。施耐德电气的《网络保护与自动化指南》¹⁴ 是电气保护领域的标准参考书。它对保护继电器和自动化解决方案在电能管理中的应用进行了详细解析。在最新版本中，施耐德电气引入了新概念，包括分布式发电、电弧保护、安全设计以及 IEC 61850 标准对电气解决方案的影响。施耐德电气还发布了《电气安装指南》¹⁵。这份技术文件可帮助电气设计师和承包商根据 IEC 60364 或其他相关标准设计电气装置。

CIM 标准相当健全，但由于不含合规性和/或互操作性测试，仍可能以不同的方式对标准进行解释。通过统一对特定标准配置文件的解释，电力公司可以以统一的方式部署来自不同供应商的产品，从而有可能降低部署成本。

2017 年 10 月，施耐德电气参加了由 EPRI 与 CIM 合规性测试工作组在诺克斯维尔联合举办的 CIM 合规性测试研讨会。该研讨会旨在测试 IEC 61968-100:2013 电力应用集成标准，以及 DER 组管理功能企业集成是否符合当时的 IEC 61968-5 配电能源优化草案。施耐德电气是第一家在客户端和服务器端都获得了合规证书的公司。

2019 年 11 月，施耐德电气又参加了由美国国家可再生能源实验室 (NREL) 在丹佛组织的按照 IEC 61968-100:2013 和 IEC 61968-5 定义的多个接口的一系列互操作性测试。在整个互操作性测试中，施耐德电气的 EcoStruxure™ ADMS 成功地与 EPRI 的 TestHarness 和 OpenDERMS 软件交换了信息，这证实了施耐德电气坚持遵守有助于更轻松、更高效、更可靠地集成企业系统的 CIM 标准。

¹⁴施耐德电气官网，“网络保护和自动化指南”，2021 年 8 月访问。

¹⁵施耐德电气官网，“电气装置指南”，2021 年 8 月访问。



03

资产信息管理、网络模型管理 和现场工作

概述：整合 现场工作和网络模型

今天，许多配网电力公司将地理信息系统 (GIS) 视为其资产信息的基础或“主”来源。

作为电力公司的记录系统，GIS 是一个拥有最准确网络信息的存储库。一个先进的地理信息系统：

- 包含带有数据层的详细地图
- 存储有关资产的地理空间数据和元数据
- 对基于位置的分析进行计算
- 为应用程序和地理空间服务提供平台
- 可与高级配电管理系统 (ADMS) 等电网网络模型轻松整合
- 可充当其他电网数据模型的实物资产数据存储库

然而，GIS 并不是资产信息的唯一来源。其他数据源也在不断涌现，包括网络自动化（通过物联网设备）、智能电表、DER 等。越来越多的电力公司将 GIS 视为一个基础系统，它将为使用众多高保真数据源进行各类分析提供支持。

GIS 中的“G”正在从“地理 (geographic)”程序演变为“地理空间 (geospatial)”平台，该平台适用于多维决策方法，并考虑到了自然系统（如植被）和人造基础设施。地理空间思维有助于深入了解社区，以及各种数据类型对当地和服务区的影响。通过使用更高保真度的数据来推迟资本投资，它还有助于更有效地利用现有资源。

通过提供对特定地点的资产的可视化，GIS 数据有助于增进对模式和趋势的洞察，并提高运营意识。在紧急情况下，GIS 数据可以显示出停电的区域，并提供其他关键数据，以提高危机期间的性能。较新的 GIS 系统（如 ArcGIS）具有处理更详细数据的能力，可以为改善数据管理打好基础。

新的 GIS 系统提供一个带有应用程序编程接口 (API) 的平台，以适应基于 Web 的应用程序。这一功能使现场工作人员能够访问网络和运行状态，提高了效率和安全性。许多电力公司使用 ESRI ArcGIS 及其电力网络平台，而施耐德电气提供可增强 ArcGIS 的应用程序（见下文）。

当今的机遇和挑战

机遇

电网的 GIS 及其包含的数据可以支持公司履行使命，做出更明智的业务决策，并帮助满足以下群体的需求：

- 用户
- 业主（投资者、政府或合作性商业机构的成员）
- 员工、承包商和供应商
- 更广泛的利益相关者群体（例如，联邦监管机构和电力委员会、环保团体、参与的公民等）

从地理空间视角来看电网的利益相关者，可以发现一系列丰富的联系。现代 GIS 不仅只提供网络文件，还揭示了一系列丰富的模式和趋势。电网的 GIS 及其数据可以帮助电力公司回答许多基于位置的问题，包括但不限于以下问题：

- 哪些地方发生了过多的能源损失或能源盗窃？
- 哪些地方事故发生得最频繁？
- 哪里的电力系统最容易受到暴风雨、洪水、热浪以及其他恶劣天气的影响和物理攻击？
- 哪些地方的用户表示满意/不满意？为什么？
- 哪些地方发生了环境问题？
- 哪些地方的网络基础设施最容易受到单个事件的影响？

定位分析可以收集植被管理项目数据、人员伤亡相关资产数据、警务机构犯罪数据等，帮助工作人员确定潜在的问题点。凭借这一洞察，电力公司的运营团队就可以制定风险管理计划。

挑战

数据管理中一个经常被低估的挑战是需要到现场“创建”更高保真度的数据并将数据上传到 GIS。工程师、线路工和工头处于收集、编写和校正数据的上游，这些数据将被输入到电力公司的 GIS 中。

电力公司明白，数字化转型涉及众多业务领域。然而，这种转型的速度和成功在很大程度上取决于能否为工程师和现场工作人员提供工具、培训和激励，以获取更准确和更精细的数据。一个网络模型的好坏取决于其数据。

如今，电力公司寻求高保真数据以匹配更高保真度的运营模型和系统，如 ADMS、DER 管理系统 (DERMS) 等。电力公司如何获得有关其种类繁多的已安装资产的更详细数据？

在大多数情况下，数据必须来自于工程师和现场工作人员，他们会观察到他们在现场看到的情况和 GIS 预测的情况之间的差异。这些一线人员需要拍照、记录铭牌信息、安装物联网 (IoT) 设备和传感器，并使用其他手段以数字方式捕捉更为详细的修正数据。这些修正可能包括更准确的电线杆位置、归因于馈线的修正相位信息，以及许多其他信息。这些修正对人员安全、可靠性、成本效益和服务恢复都会产生影响。电力公司的几乎每个现场工作人员都可以通过收集和共享有关他们在现场遇到的资产的信息来帮助提高 GIS 数据的质量。

当工程师和现场人员在现场安装新设备，并变更现有设备以容纳新设备时，他们也应提交这些数据以上传到 GIS。

该在何时以何种方法来捕捉和上传这些更详细的数据，也是一项挑战。手动数据输入和有纸化流程效率低下，耗时长，容易出错，并且可能无法满足更高保真度的系统、数字设备、新法规和安全协议的要求。现场人员在现场安装的智能平板电脑上及时、直接地输入图像和数字数据，可以显著提高数据更新过程的效率、及时性和准确性。

当今推荐的做法

电力公司可以通过利用地理空间数据（关于电力公司资产的数据，包括其地理空间位置和网络连接情况），最大限度地降低数据库的数量和规模。

这些数据可以为资产管理的几乎所有方面奠定基础。电力公司可以使用企业 GIS 作为分析、设计、施工、维护和用户服务部门的数据基础。

由于对网络连接进行了建模，地理空间数据库可以提供对网络建成后状态的洞察，这与企业资产管理 (EAM) 系统的传统分层形式不同。例如，正常的开关位置定义了网络基础设施和连接性，而这是 EAM 系统所不能反映的数据。GIS 也比计算机辅助设计 (CAD) 系统和纸质文件更加灵活、数据更丰富，并提供更好的质量控制能力。企业 GIS 通过以下方式进一步支持准确的 ADMS 网络模型：

- **降低工单和数据库更新之间的延迟**，甚至消除在 GIS 中进行设计和竣工变更时的延迟
- **提供可操作的信息**，以便随时用于风暴响应和恢复，包括故障定位和隔离，调度，服务恢复，以及 ADMS 内的工作人员管理
- **托管数据**，以便在现场和电力系统内部，从设计师到公司董事都能随时访问这些数据，以用于运营、分析、规划和培训
- **为整合和跟踪新型智能设备以及 DER（包括可再生能源、存储系统、电动汽车位置和微电网）提供便利**
- **为需求管理的连接性建模**，包括开关切换；降低电压，伏特-乏优化；减载；针对居民、商业和工业用户的用户能效计划。

虽然数字化转型是目标，但转型的过程需要操作员、现场工作人员和作为数字解决方案主要用户的员工一起参与进来。用例一般涉及如何恰当有效地编写数据。现有的数字工具使工程师和建筑工人能够从有纸化手动输入转变为简化的数字化数据编写和输入。

以下是一些关键的推荐做法，它们通过更快速、更准确地捕获设计和现场工作数据来加速数字化转型进程：

- **建立一支变革管理团队。**该团队应针对数字化转型所需的资源、沟通和工作范围提出建议。在这个团队中要包括施工人员和线路工作人员的代表。
- **将一切数字化。**数字化可以减少耗时的纸张使用，防止数据丢失，并通过适当的工具避免被称为“ETL（提取、转换、加载）”昂贵的数据处理过程。
- **在整个组织中将价值沟通清楚。**数据维护是人员、流程和技术融合的一个典型例子。人员输入和维护数据，而这些数据只有在流程可以确保质量，并且技术解决方案能够简化数据编写和验证的前提下，才能高效发挥作用。在整个组织中将持续进行数据质量维护和改善的好处沟通清楚，可以使价值最大化，并助力实现预期的业务成果。
- **使用数字化的设计、移动和竣工工具。**让工程师和建筑工人全面参与到数字化转型中来。这涉及到利用可与 GIS 无缝通信的应用程序。使用这些工具来：
 - **上传保真度更高的数据。**工程师可以对网络进行添加或更改，并将这些更改无缝上传到电力网络模型以进行即时分析。更高保真度的数据，如来自内置目录的详细变压器数据，可以自动被纳入。同样，现场工作人员可以向 GIS 发送信息。信息流可以是双向的，每次迭代都会产生更详细的数据。
 - **启动模型推进。**工程师可以使用分析工具快速评估新馈线或新低压变电站对整个电气系统的影响。这意味着 GIS 可以直接与电网的 ADMS “对话”，以分析新设计元素如何影响潮流并执行应急分析。这个过程被称为“模型推进”。
 - **访问施工信息。**工长、线路工人和其他施工人员可以使用他们的智能手机或平板电脑来接收有关线路或变电站的详细信息，以及紧急情况、天气、交通事件、潜在犯罪活动、环境敏感性等态势数据。
 - **访问拓扑结构和任务排序。**现场技术人员可以从他们的平板电脑或智能手机访问相关电路的拓扑结构，以及在设备上执行的操作或维护步骤的顺序。然后，他们可以收集数据，输入并充实 GIS 和 ADMS 模型。承包商还可以更安全地访问与上述类似的信息流，以便开展工作。特别是当来自其他州的工作人员帮助紧急恢复供电时，能够安全地访问离线数据是决定能否从严重事件中恢复过来的一个关键因素。

创造价值的业务成果

拥抱资产信息管理、网络模型管理和现场工作的数字化转型可以产生以下成果：

- **增强安全性。** 确保工作人员和用户安全是第一要务。高保真数据可以改善开关管理，增强态势感知，助力工作流程采用最新数据，带来更安全的工作环境。如果一名现场技术人员最近没有更新其网络数据，GIS 管理员就会收到警报，因为仅这种情况就有可能引发安全问题。
- **提高成本效益。** 能够向工程师、GIS 技术人员和现场工作人员快速提供数字化数据，并能以数字化方式访问 ADMS 的分析工具，从而提高成本效益。
- **增强弹性/可靠性。** 更准确的数据可以在发生停电或严重事件时加快服务恢复的速度。
- **提高柔性。** 数字化建模更准确的电网使电力公司能够更有效地使用其现有资产，从而推迟对新基础设施的需求，并提高电网柔性。
- **增强可持续性。** 先进且保真度更高的 GIS 可以改善资产建模和生命周期管理，从而减少为用户提供服务所需的物理资源。更好的数据——特别是更精确的资产健康状况信息——可以带来更好的风险分析。更好的信息可以改变传统上运营和维护之间的权衡取舍，通过采用更多的绿色标准来支持可持续性。

施耐德电气解决方案

施耐德电气与国际 GIS 软件供应商 Esri 合作提供解决方案，在电力、天然气、水务等特定行业扩展 Esri 的 ArcGIS 的功能。

施耐德电气提供一套名为“ArcFM 解决方案 XI 系列”的产品，该产品专为 Esri 电力网络或几何网络平台构建。虽然电力公司也可以单独使用这些应用程序，但 XI 系列可以在设备设计、建造和竣工的整个过程中实现数字化的数据转移，消除有纸化流程。该套件有助于设计和地图更正过程中的数字化转移，能够以数字化方式对来自现场的更正进行验证，并能对作为网络一部分的设计进行验证。核心 XI 套件包括：

- Designer XI 是 XI 系列的基石，是一款与 ADMS 集成的数字设计工具。它可以创建数字设计、材料清单和施工图。设计可以发送到现场作为施工资料，发送到工作管理系统以确保库存和资产管理同步更新，也可以发送到 GIS。
- Editor XI 是 GIS 技术人员的工具。Editor XI 可以大幅减少执行 GIS 数据编辑所需的时间，其验证工具可以大幅减少评估和解决数据异常所需的时间。
- 面向现场工作人员的 Mobile XI 是一个电网规模的移动 GIS 系统，采用开放式设计。



04

使用网络模型管理 进行配电分析和运营

高级配电 管理系统概述

配网电力公司正在努力创建一个现代电网，以减少峰值需求，优化 DER 使用，改善停电响应，并加强资产管理以最大限度地减少资本支出。

为此，电力公司需要更高保真度的数据和实时分析工具来管理配电网络中的双向流动。然而，现有的运营系统无法处理和分析足够多的数据来实现智能、可靠、自愈的电网。例如，电网的许多遗留系统无法识别，更不用说分析和预测来自产消者的双向潮流。

相应地，许多电力公司正在实施高级配电管理系统 (ADMS)。这一复杂的软件工具可以监控和运营他们的网络，帮助改善规划、分析、建设、运营、维护和用户参与流程。施耐德电气将 ADMS 描述为“用于控制、分析和优化电网运行的集成软件系统”。

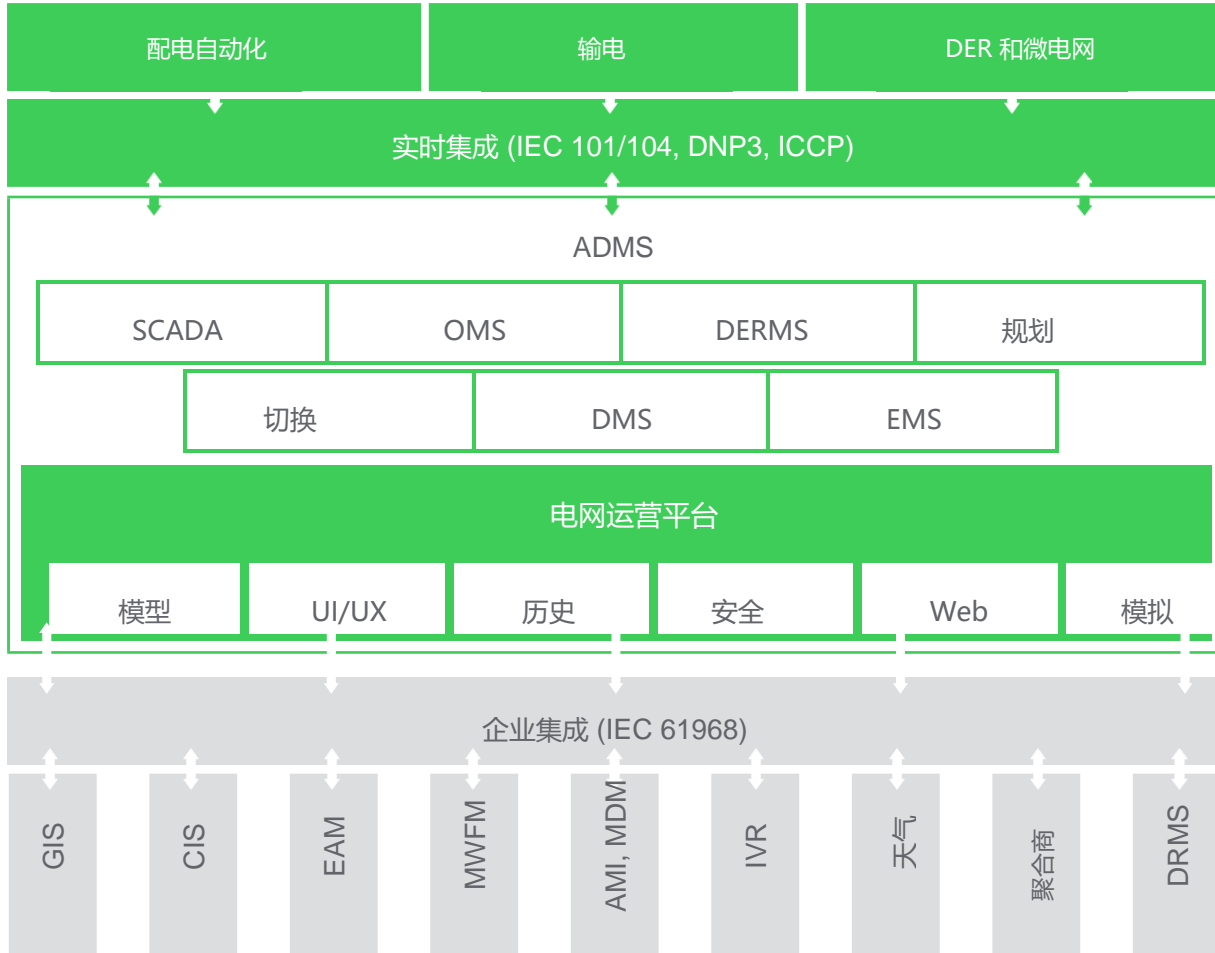
ADMS 为配电系统运营商提供强大的分析工具以改善分析和运营流程，是用于监控、管理和优化配电网络的最先进软件。

图 7 展现了一个典型的 ADMS 高级架构：

- ADMS 通过各种协议（如 IEC 101/104、DNP3 和 IEC 61850 以保障网络安全）与处理运营数据（来自变电站、馈线自动化以及输电系统）的实时系统相连接。
- 在最佳布置中，ADMS 可以与能源管理系统 (EMS) 紧密集成，并包括以下补充模块/子系统：
 - 监控和数据采集 (SCADA) 系统
 - 配电管理系统 (DMS)
 - 停电管理系统 (OMS)
 - DER 管理系统 (DERMS)
- 通过使用符合 IEC 61968-100 标准的消息和 CIM-XML 文件的企业服务总线 (ESB)，ADMS 还与处理设备或会计数据的离线和近实时系统进行对接：
 - 企业资源规划 (ERP)
 - 移动劳动力管理 (MWFM)
 - 客户关系管理 (CRM)
 - 天气预报
 - 地理信息系统 (GIS)
 - 能源市场
 - 高级计量基础设施 (AMI)
 - 其他
 - 电表数据管理 (MDM)

请注意，GIS 只是上述列表中的一种数据来源。正如“资产信息管理”部分所述，其他来源正在出现，以补充 GIS 数据并支持各种应用程序，包括 ADMS 提供的功能。

总体而言，ADMS 提供了一个“智能中心”，可以处理和分析数据，并产生新的功能和价值（见图 7）。



当今的挑战和目标

ADMS 系统结合使用静态网络模型和动态网络模型来执行功能并提供价值。

这些模型需要高保真数据，特别是其高级功能，如潮流分析、DER 支持和伏特/乏优化。

为了收集构建这些模型所需的基础数据，ADMS 通常从电网的 GIS 导入地理空间数据。然而，GIS（或其他数据源）的数据粒度可能不够，整个电力服务区域内的数据质量也可能会有很大差异，并且数据错误或缺陷可能在开始实施 ADMS 时才会被发现。

因此，ADMS 的实施通常会带来更广泛、更复杂的数据管理和模型管理挑战。

除了经过验证的 GIS 数据，一个功能齐全的 ADMS 还需要来自其他各种来源的数据（见图 8），包括：

- 详细的设备数据，包括阻抗、额定电压、故障率等电气特性数据。
- 负载和关键用户数据，通常来自 CRM、AMI 或 MDM 系统
- SCADA 监控点
- 变电站内部结构，如单线图
- 用于负载和 DER 预测的天气预报数据

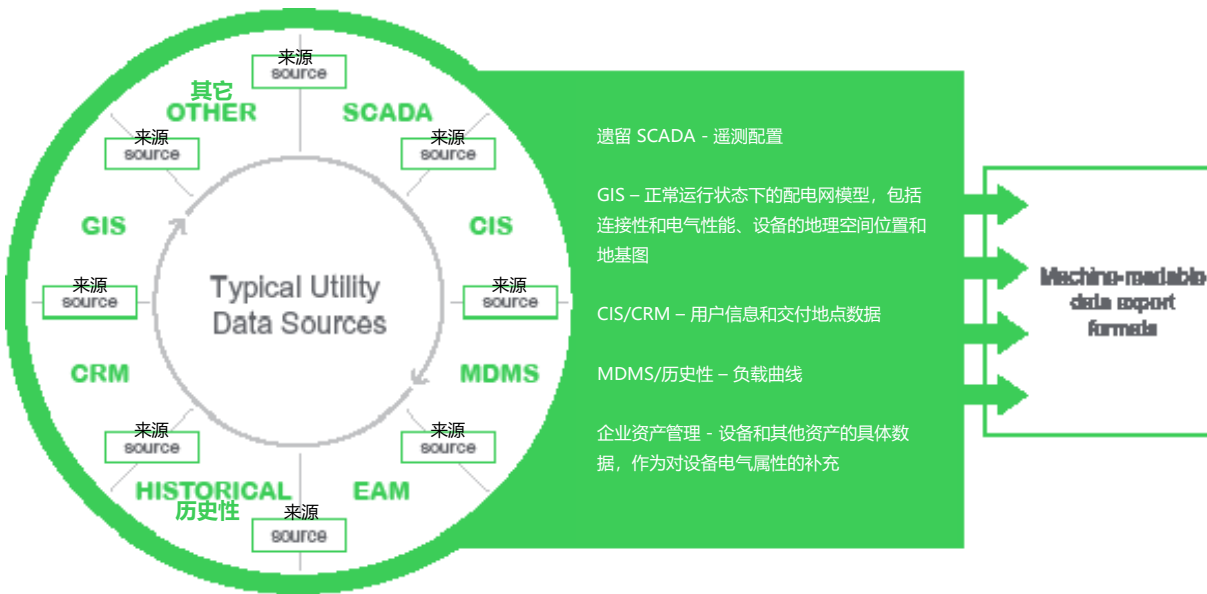


图 8。ADMS 的典型数据来源

当今推荐的做法

模型集成

电力公司可以通过从 GIS 导入地理空间位置和网络连接数据来加速整合现有的电网模型。然而，施耐德电气建议公用电网通过通用信息模型 (CIM) 导入 GIS 数据，该模型采用国际公认的标准模型，使用定义为 CIM 配置文件的本体来指定资产的电力系统特性。集成还应遵守以下标准：

- IEC 61968，详细规定了独立系统与配电管理和市场运营相关应用程序进行信息交换的标准
- IEC 61970，详细规定了能源管理系统和市场系统中使用的电力系统网络模型的交换标准

除了 GIS 集成之外，在部署 ADMS 时还应注意以下事项：

- **AMI/MDM 集成。**在基于 AMI 的配电网中，智能电表可以帮助报告停电和故障。除了从 AMI 前端系统收集信息（例如断电和通电信息）之外，ADMS 还可以与 SCADA 系统合作报告故障单，主动发现、预测和识别断电，并帮助缩小预测的故障范围。除了能够 ping 电表以获取其状态之外，ADMS 还可以轮询相应电表的电压。ADMS 可以使用这些电压读数，反过来验证智能电表上的电压值。ADMS 还可以将电压骤降/骤升事件信息用于各种 DMS 应用（如降低保护电压）。
- **DER 的重要作用。**了解、分析和优化 DER 的使用效果在电力公司所需的数据管理功能中名列前茅。DERMS 为配电网中的 DER 提供实时监控、近期预测和用户友好的控制功能。DERMS 提高了运营商对 DER 的可见性。它还可以通过不断监测和分析当前安装在网络上的 DER 的类型，实时或近乎实时地避免潜在问题。DERMS 的一个主要目标是增强现有电网吸收大量分布式能源资产的能力，并在避免技术制约的同时满足监管要求。ADMS 可以在通过 IEC 61968-5 标准提供的 DER 组上提供符合 CIM 的第三方系统集成。
- **纳入用户数据。**因为最佳布置中的 ADMS 包括 OMS，所以需要导入用户数据（一个典型的数据来源是公司用户的信息系统）。
- **自动车辆定位 (AVL) 集成。**掌握车队中车辆的位置，可以提高电力公司的生产力和效率。准确的位置数据意味着更准确的调度。ADMS AVL 集成可以设计为一个接口，用于将车辆坐标数据从各种用户自有系统传输到 ADMS。这提高了 ADMS 用户的运营意识，工作人员也可以得到最佳的调度。通过 AVL 接口，ADMS 可以允许外部系统近乎实时地更新车辆的坐标。

模型和数据验证

高数据质量可以帮助 ADMS 发挥最大效益（包括网络优化、可靠性和弹性改善等）。使 ADMS 模型数据与实际现场信息保持一致，有助于确保根据 ADMS 运行模型做出的决策符合现场实际情况。例如，可能需要进行更彻底的馈线调查，以确保源馈线数据正确、准确和完整。

ADMS 可以用来对导入的数据进行质量控制。错误可以在数据导入期间被检测出来，也可通过运行 ADMS 应用程序分析导入和计算的数据检测出来。数据验证可以包括一个具有双向反馈循环的迭代过程，该循环解释 ADMS 的功能结果。推荐的方法：

- ADMS 系统在导入网络模型数据期间评估和验证来自 GIS 的数据质量。
- ADMS 使用电气设备数据（在无法获得精确信息时，会使用标准或“默认”数据）等附加属性来增强 GIS 数据。
- ADMS 结果可用于 GIS 中的数据校正。

最高管理层的支持

将电网的现有遗留系统集成到 ADMS 的过程可能颇具挑战性。实施 ADMS 对配电分析和运营都有着重大影响，最终也会对电力公司业务的诸多方面产生影响。在 CEO 和 CIO 的有力支持下，通过描述预期的业务收益来彰显公司的承诺，可以帮助打破公司各部门各自为政的局面。

实施 ADMS 会促使电力公司重新思考一个企业实体如何将信息传递给另一个企业实体。一旦网络模型建立起来，公司高层对业务流程开发的重视将有助于维持数据完整性。（有关“移交”过程数字化的更多信息，请参阅“资产信息管理、网络模型管理和现场工作”部分。）。

创造价值的业务成果

在最高管理层的支持下，采用简化模型集成、静态和动态数据验证的高效数据管理，可以减少实施 ADMS 所造成的时间、资金成本和业务中断。

其他好处包括改善业务流程，以确保数据完整性并加强业务部门之间的合作。

电力公司可以通过实施先进的 ADMS 获得广泛的价值提升，包括：

- **增强安全性。** ADMS 可以通过提供更好的态势感知和改进的功能（例如增强的开关管理）来提高安全性。
- **更大的柔性。** 电力公司可以通过提高 DER 消纳能力（增加托管容量），优化 DER 性能（如削减网络尖峰负载），最大限度地减少电网约束，并在可能的情况下推迟资本投资，实现更大的柔性。
- **提高成本效益。** 电力公司可以通过以下手段来提高成本效益：更好的运营和资产管理；更加密切地协调规划和运营；利用系统自动化和远程功能，更轻松地实现网络优化。
- **增强弹性/可靠性。** 更快、更有效地缓解断电造成的影响可以提高弹性。通过将故障定位、隔离和服务恢复 (FLISR) 无缝集成到 OMS 中，ADMS 可以更准确地预测事故地点，缩短恢复时间，提高用户满意度。使用历史分析，ADMS 还可以加强对负载和风暴影响的近期预测。
- **提高可持续性。** 通过先进的优化算法减少能源损失有助于提高可持续性。电压和无功分析有助于提供更高的电能质量和最佳电压水平。ADMS 还可以支持需求侧管理计划和电网边缘资源的优化，这些资源通常比传统资源更清洁。ADMS 可以更清晰地展示电力公司的电网托管容量。有了这些信息，ADMS 就可以优化新 DER 的添加，通过考虑生命周期成本来提高可持续性。

例如，一家澳大利亚电力公司准备了一份详细的案例研究，分析用 ADMS 取代其遗留网络管理系统的影响。该研究所考察的广泛好处可以归纳为两大类：

- **减少资本支出。** 运营商可以通过 ADMS 功能（如潮流分析、负载预测解决方案和动态额定值）深入了解和控制网络。这些功能再加上其他功能，可以提高峰值负载的确定性，改善资产管理，从而推迟成本高昂的网络升级。
- **改善操作和安全性。** ADMS 可以在编写和检查线路切换指令时提供更高的效率和准确性，从而避免违反安全规定或网络运行规定，同时提高效率和可靠性。

这家澳大利亚电力公司还列出了其遗留系统的功能，并将这些功能与 ADMS 的增强功能进行了比较¹⁶。红色条目表示该电力公司现有系统的功能，黑色条目表示 ADMS 提供的额外功能。

施耐德电气解决方案

施耐德电气的 EcoStruxure™ ADMS（高级配电管理系统）提供全面的电网管理解决方案，包括监测、分析、控制、优化、规划和培训工具，这些工具可对整个配电网发挥作用。

通过将电网的 DMS、OMS 和 SCADA 系统合并为一个具有 50 多项高级功能的、以安全为中心的统一解决方案，施耐德电气的 EcoStruxure™ ADMS 可以让不断增长的高级计量、智能电网设备和分布式可再生能源发挥出更大价值。EcoStruxure™ ADMS 及其数据分析功能提供了一个集中式解决方案，用于整合分散在各种电网孤岛中的独立模型。该解决方案大大改善了透明度和决策制定。

EcoStruxure™ ADMS 为电力公司提供：

- 一个模块化且灵活的平台，采用单一管理界面来管理所有模块
- 适用于所有电压等级、地域和网络配置的通用网络模型
- 一个数据模型集成框架
- 以安全为中心的基础设施（支持 IEC 62443 和 NERC CIP）

它集成了能效、需求响应和 DER 技术，以实现同步和自动化的需求管理。EcoStruxure™ ADMS 还通过闭环控制、用于伏特/乏优化 (VVO) 的高级应用程序、需求管理/调峰、FLISR 来提供自动化能力。

¹⁶Ausgrid, “修订提案, 附件 5.13.N.1, ADMS 业务案例”, 第 8 页, 2019 年 1 月。

施耐德电气 EcoStruxure™ ADMS 通过整合平台提高成本效益，提供通用的用户体验，可以模块化方式部署，并促进基于标准的 CIM 与外部系统（如 GIS、AMI、CIS、天气服务、DER 聚合器等）的集成。施耐德电气 EcoStruxure™ ADMS 是唯一获得了 UCA 国际用户组织颁发的服务器端和客户端 IEC 61968-5（分布式能源优化）

和 61968-100:2013（实施规范）合规证书（经 EPRI 测试实验室于 2017 年 10 月 13 日验证）的系统。该证书支持 GetDerGroupStatus、GetDerGroupForecast 和 ExecuteDerGroupDispatch 接口。通过这些接口，EcoStruxure™ ADMS 可以与各种聚合器集成，从而改善电网管理。它可以观察、编排和协调 DER，使用户和资源所有者受益，同时提高电网安全性、可靠性、弹性和柔性。

此外，施耐德电气还开发了 EcoStruxure™ ADMS 和记录系统 ArcFM（一种基于 ESRI ArcGIS 的电力应用程序，用于支持电网的运营和维护）之间的产品接口。该接口加快了流程并提高了模型集成和数据验证的准确性。分析人员将计划中的和正在进行的网络扩展、重修和维修输入到 GIS/ArcFM 中后，这些更新将自动录入 EcoStruxure™ ADMS。后者会检查数据质量，并在需要时使用先进的默认引擎用额外的属性（如电气设备数据，在无法获得精确信息时甚至会使用标准或“默认”数据）对数据进行补充。



05

规划和模拟

概述： 配电规划的发展演变

传统的配电规划过程将重点放在分析上，旨在以最低的成本确保电力系统的可靠性和安全性。

一支小型团队使用确定性、静态、相对简单的电力系统和（单向）潮流建模来进行规划，通常很少与其他电力部门协作。规划人员仅研究满足负载的常规解决方案，将 DER 视为净负载的变化，很少研究电网扩展的替代方案。这些方法和他们所模仿的相对简单的电力系统通常也体现在电力系统模拟中。

图 9 显示，传统和当今的功能规划都涵盖了实时规划、近期运营规划（如 1 天至 1 个月）、中期规划（如 1-5 年）和长期规划（如 10-30 年）。然而，传统和当今规划之间的相似性也就到此为止了。

今天的配网电力公司会进行先进、主动（因此也更复杂）的规划：

- 现在的规划目标还包括使用 DER、微电网以及其他资源和方法，实现最低成本的 DER 集成并增强弹性。DER 已成为规划过程中一个积极的贡献因素。
- 配电规划人员现在需要与输电、DER 规划人员和运营团队协调，并为用户提供在线信息（如以不同颜色显示托管容量的“热图”）。
- 规划人员在分析时越来越多地考虑经济因素，将其与资产管理和投资规划联系起来，并研究更广泛的解决方案。
- 规划人员现在使用更复杂的概率模型来处理不确定性增大的负载和 DER 预测。

规划方面的这些挑战体现在电力系统模拟需求中，而加强规划人员培训以应对这些挑战也成为愈发迫切的需求。

当今的挑战和目标

规划挑战

这些挑战导致配网电力公司面临以下痛点：

- 越来越多的新 DER 连接（又称“注册”）请求，并且需要在可能时自动响应这些请求
- 许多现有的 DER 都没有注册（除了在有系统化注册流程的国家）¹⁷，这使得一些电力公司对这些资源“视而不见”。

¹⁷ 一个例子是澳大利亚能源市场运营商 (AEMO) 的 DER 登记册，2021 年 8 月访问。

- 需要使用众多应用程序和工具来维护和调整网络模型
- 规划工具与电力生产和资产数据源之间的整合较弱
- 不断变化的监管环境、日益增长的 DER 渗透率、旨在应对气候变化的低碳化需求带来不确定性
- 需要构建投资计划以改善电网性能并获得监管审批
- 需要多个动态的短期计划，而不是传统的单个长期战略

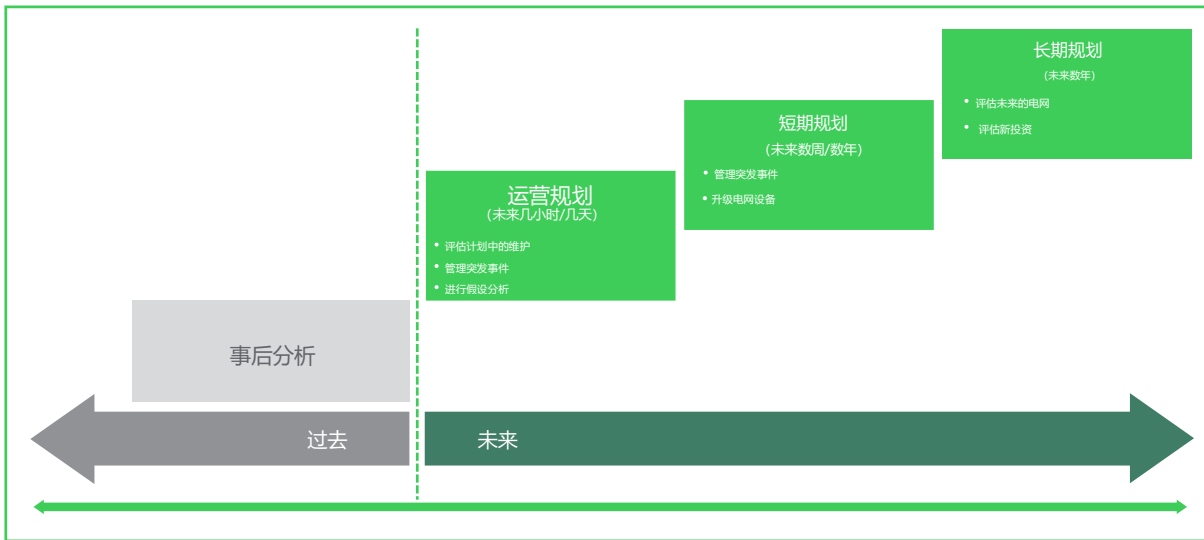


图 9. 各类规划的时间范围

数据管理挑战

在传统的配电规划中，数据源包括 GIS 数据、相对可预测的负载增长和使用模式预测数据，以及少量集中式发电源数据，这使得开发相对简单的网络模型成为可能。

众多的时间尺度。但今天，配电规划的重大演变带来了众多的数据管理挑战。配电规划和模拟需要更细化的历史数据、实时数据以及预测负载和发电资源数据（见图 9）。

DER 数据。由于可再生 DER 的可变性，以及发电和负载情况、DER 采用速度和位置的不确定性，DER 所需的数据变得更加复杂。而了解电动汽车及其增长率所需的数据则更加复杂和难以预测。在一天中不确定的时间点，位于不确定地点（家、工作场所、购物中心）的电动汽车可能从资源（储能释放）转变为负载（充电）。预计在未来几年内，将大规模采用车联网（V2X），其中的“X”可以是建筑物、电网等。

连接请求。这些 DER 和电动汽车的大量新连接请求，以及新结构等，使问题进一步复杂化；规划人员需要能够分析所请求的新连接对配电系统的影响并确定解决方案。

数据源。这些数据需求要求规划人员从更广泛的来源（包括实时控制系统、智能电表、表后数据和分布式传感器）收集更细化的数据。

当今推荐的做法

为了执行配电规划任务，施耐德电气建议将电网的网络模型和动态模型结合起来使用（见图 10）：

- **网络模型**是对其正常运行拓扑结构中所有网络元素（设备、馈线、线路等）的静态描述。
- **动态模型**是对电力系统状态的描述，包括设备状态、分接开关位置、电压和电流等测量值，以及跳线、切线、移动发电等临时元素。

使用网络模型进行规划

规划人员可以使用网络模型的各种“快照”进行各种规划分析，包括：

- 利用过去存档的网络配置来分析具有不同可用资源的各种网络模型，并对过去的网络模型进行事后分析
- 利用当前网络配置来进行短期运营规划（例如，因维护工作而计划停电）
- 利用预期或计划中的网络配置，将即将发生的变化考虑在内，规划未来的网络发展或升级

对于当前网络配置，施耐德电气建议使用 ADMS 用于实时运营的配置作为模拟的起点，也可将其用于短期运营规划。这种方法可以确保运营和网络规划同步进行，并使规划人员能够对当前网络配置进行研究。模拟可以在运营和网络规划环境中同时运行，并且不影响实时运营（见图 10）。

	实时情况下	模拟情况下
电网模型	<ul style="list-style-type: none"> • 当前模型 	<ul style="list-style-type: none"> • 历史上的过去 • 当前 • 未来（已规划）
动态模型	<ul style="list-style-type: none"> • 网络的“运行中”状态 • 来自 SCADA 的馈送 	<ul style="list-style-type: none"> • 实时快照 • 历史快照 • 保存案例 • 预测状态 • 极端网络状态 • 初始 - “建成”

图 10. 在实时和模拟背景下使用网络模型和动态模型进行规划

使用动态模型进行规划

动态模型通过使用来自 SCADA 系统（通过现场设备收集数据）的实时数据，提供网络拓扑的实时运行状态快照。随着时间的推移，电力公司可以为这些快照（每个快照都利用了来自 GIS、SCADA 和 ADMS 的高保真数据）建立一个储存库，用于未来的各种分析。这是解决规划和模拟过程中的数据管理挑战的一个重要方法——利用运营数据。

施耐德电气建议将选择各种网络状态快照的能力作为规划以及“假设”分析的起点，包括以下快照：

- **实时快照。**在这个快照中，所有动态数据都与实时状态保持一致，这是运行和规划之间的一个重要同步。然而，当规划人员对——举例来说——开关设备进行更改时，该更改不会对实时运行环境造成影响。
- **历史快照。**历史快照会及时加载过去快照中的动态数据（一种回放形式）。因此，举例来说，如果规划分析需要某个设备处于某种不同的状态，则可以加载和检查过去的快照。
- **保存的案例。**这可以是一个之前查看过的动态模型，也许有一些动态的状态改变了。
- **预测的状态。**这包括一个使用指定预测负载和发电数据的动态模型。
- **极端网络状态。**包括一个动态模型，规划人员可以为其指定一个极端状态，如最大负载、最小负载、最大发电量、最小发电量、最小负载下的最大发电量等，系统将在瞬间定位最符合预期标准的动态数据。
- **初始建成状态。**这是在 GIS 中为设备的正常状态（拓扑结构）定义的动态模型。

一系列规划和模拟活动

诸如此类的能力使一系列与网络运行、网络分析、网络规划、网络优化有关的配电规划和模拟活动成为可能（见图 11）。

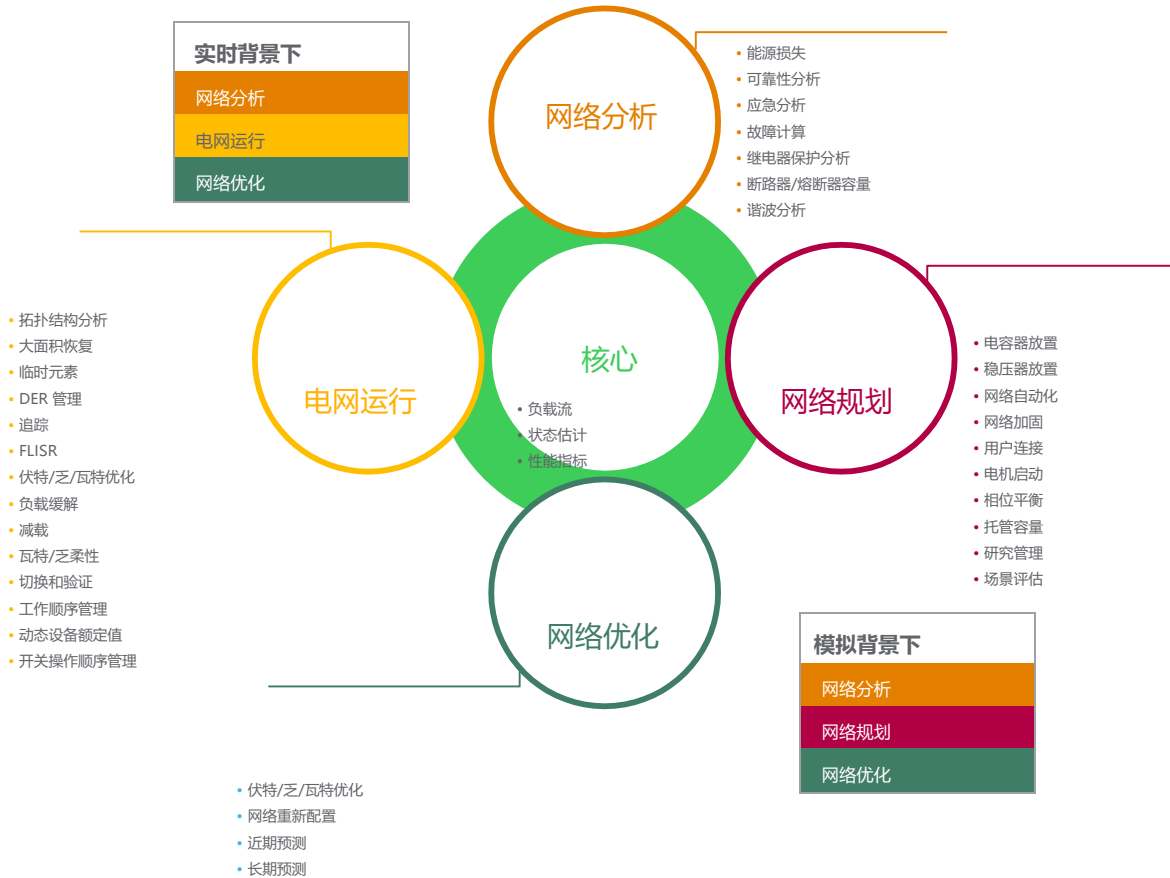


图 11. 在实时背景和模拟背景下需进行的各种规划和模拟活动

创造价值的业务成果

在有效数据管理实践的推动下，实施先进的配电规划和模拟方法，可能会产生以下业务成果：

- **效率。** 电力公司可以通过与 ADMS 和数据源的紧密集成来降低规划工具的总拥有成本，并提高人员效率。
- **效率。** 使用通用平台、通用数据、基线模型、安全和用户界面，将规划和运营融合起来，也可以提高效率。
- **柔性。** 先进的规划和模拟可以提高分布式能源的采用速率和普及程度，同时最大限度地减少电网约束。
- **柔性。** 电力公司还可以通过更高效的托管容量规划，以更快的速度和更低的成本连接 DER。

- **可持续性。**先进的配电规划和模拟可以使设备投资效益最大化，因为同样的智能被嵌入到规划和利用设备的软件中。它可以使电力公司通过实施各种资源（如通过场景评估和高保真数据确定的发电、储能、需求响应、能效资源）推迟资本投资。刚刚提到的柔性增强（更快速、更广泛地使用 DER）也有助于打造更绿色、更可持续的电网。
- **监管。**先进的规划和模拟还可以促进对监管、政府目标和要求的遵守。
- **风险和公司目标。**通过由高保真数据驱动的仔细、广泛的场景规划和模拟，降低风险，同时努力实现公司目标。

施耐德电气解决方案

施耐德电气为配电规划和模拟提供了一种全面的方法，该方法考虑了预测负载和发电量、DER 和电动汽车渗透率、技术约束以及监管和政府要求。

施耐德电气的规划和模拟能力能够从性能角度开发和比较多种网络规划方案和多年的规划研究。

为了最大限度地提高规划和模拟能力，施耐德电气结合使用网络模型与相应的动态模型。施耐德电气还提供 ADMS 与模拟和规划工具之间的紧密接口和集成。施耐德电气的系统使规划人员能够在运营和网络规划环境中同时运行模拟。施耐德电气网络规划能力和施耐德电气的实时 ADMS 都依赖于同一个数据库，而不是通过接口链接的未经整合的流程。这种整合支持对网络模型的集中维护和对运营数据历史的“开箱即用型”访问。这使配网电力公司能够有效地进行广泛的规划和模拟分析。

事实上，这种整合是规划和模拟背景下数据管理的一个关键部分。在*规划和模拟功能*中使用从现场数据中收集到的、存储在 GIS 中的、用于 SCADA 和 ADMS（以及 DERMS）的相同的高保真、高质量、细粒度的数据，对于这些功能的有效性至关重要。这种同步是实现规划和模拟活动最大价值的必要条件。

这里的一个关键能力是能够详细了解配电网容纳（承载）额外 DER 和 EV 的能力，考虑潜在的电压违规、过载、电压骤降、继电保护设置等。这些信息有助于电力公司创建并在线发布承载能力“热图”，显示在没有重大系统参数违规的情况下，在配电系统的某个区域可以安装多少新的发电设备。



06

资产性能管理和资产投资 规划

概述：资产管理趋势

领先的电力公司正逐渐意识到加强资产管理的价值。

通过基于风险的维护，Hydro One 2018 年的植被处理量与 2017 年相比增加了两倍，而成本仅略有增加¹⁸。Ofgem 为资产管理决策制定了一种基于风险的方法，英国所有的配电网运营商 (DNO) 都将采用这一方法¹⁹。ISO 55000 标准逐步得到推广，并正在促进资产管理决策中的风险货币化。目前，全球有超过 70 家电力公司通过了 ISO 55000 认证²⁰。

资产管理对电力公司来说是一种平衡行为，涉及以下问题：

- **风险 vs 成本**。我们需要如何对待我们的资产才能以最佳成本实现目标？
- **资本支出 vs 运营支出**。我们如何在维修（维护）和更换（新投资）之间做出抉择，使资产保值？
- **短期 vs 中期**。我们何时需要维修（维护）或更换资产？

当今的挑战和目标

在资产性能管理 (APM) 和资产投资规划 (AIP) 领域，主要挑战是理解、关联、整合和同步来自多个来源的数据，以形成应用程序之间的无缝数据交换。

数据来源包括：

- 来自电力公司企业资产管理 (EAM)、计算机化维护管理系统 (CMMS) 或移动劳动力管理 (MWM) 系统的资产（设备和系统）**检查数据**，包括离线（现场工作人员完成工作后手动输入这些系统）或在线（自动输入这些系统）数据
- 来自 EAM、CMMS 和 MWM 系统的离线或在线**资产测试数据**以及实验室测试数据（例如，变压器油的定期样本和实验室分析结果）
- 来自现场资产（例如，来自物联网传感器、ADMS、SCADA 系统等）的**实时测量数据和指示器数据**
- 来自网络模型、GIS、ADMS 和 EAM 系统的静态资产数据（例如铭牌数据）的**离线目录数据库**

必须要在数据的支持下，才能够进行跨越多个时间框架、贯穿整个资产生命周期的资产管理分析（见图 12）。

¹⁸ Hydro One, “Hydro One Limited 2018 年度报告；为经济提供动力，连接社区”，2019 年。

¹⁹ Ofgem, “DNO 通用网络资产指数方法论；健康与严重性，1.1 版”，2017 年 1 月 30 日。

²⁰ 国际标准化组织 (ISO) 官网, “知名认证组织”，2021 年 8 月访问。



图 12. 在整个资产生命周期内都需要进行资产管理

当今推荐的做法

施耐德电气建议：

不再采用循时方法：

- 基于时间的维护
- 依靠专家知识和自制的简单内部工具

转而采用循证方法：

- 结合资产健康状况、可靠性和关键性，做出基于风险的决策
- 基于地理空间和运营数据（包括物联网数据）的高级分析
- 高级风险模型融入电力行业特有的信息和经验

施耐德电气建议密切整合上述一系列数据（使用标准方法），以便无缝访问主资产数据库和资产分析工具。例如，这些数据可用于开发洞察，如评估资产健康状况、资产故障的影响以及每项资产的关键性。（理想情况下，这些关键绩效指标 [KPI] 也可以被货币化，以帮助做出决策。）

反过来，这些信息可以帮助电力公司确定所需的维护操作。为了实现价值最大化并提供一个端到端的流程，这些维护行动需要导出到用户的 IT 工具中，以便安排、调度和执行维护任务。这就需要相关数据在工具之间流动。

这个过程不仅要输入数据，还要向其他用例和功能开放数据。然后，主资产数据库和工具可以使用这些动态数据来估计资产的健康状况和关键性，然后将这些信息反馈给 ADMS 系统（例如，在另一种类型的闭环中）。有关资产健康状况和关键性的信息可以帮助 ADMS 和网络运营人员就替代运营方案做出更明智的决策，以减轻故障风险（例如，切换序列，改变网络拓扑结构，并使用现在已知资产健康状况的资产）。

创造价值的业务成果

这种方法为基于主动拓扑的资产管理提供了一种电网驱动的方法。

从数据的角度来看，它重视现有数据，同时通过去孤岛化的数据提供全面的电网资产可见性。与现有的基于时间的维护相比，预计电力公司实施资产性能管理和资产投资规划系统可以带来的成果包括：

成本效益

- 与基于时间的维护（可能导致花费高昂的过早/过晚的资产维修/更换）相比，基于状态的维护（也称为预测性维护或基于风险的维护）可以节省高达 15% 的成本。
- 基于状态的维护还可以帮助确定维护的优先次序，明确需要采取的行动，并延长资产的使用寿命。

弹性/可靠性

- 通过改善运维，故障风险最多可降低 80%。
- 通过降低资产故障风险，运营资产的可用性最多可提高 15%。

可持续性

- 电力公司可以实现高达 25% 的资本支出递延收益。
- 这个过程有利于做出基于证据的决策，从而优化资本支出和运营支出。
- 该流程可以使电力公司战略资产管理规划中的财务目标和运营目标保持一致，确保符合 ISO55001:2014。

施耐德电气解决方案

施耐德电气的 EcoStruxure™ 电网资产顾问系统可与企业资产管理、移动办公管理、数字自动化系统及其网络模型、GIS、ADMS 配合使用，以提供以下功能（见图 13）：

- 评估资产健康状况和风险，提供预测性分析，并提供决策支持
- 为资本投资决策、财务建模和投资组合规划提供辅助
- 可使用 CIM、网络模型和主动拓扑数据，以及采用 APM 数据的高级 ADMS 和 GIS 功能
- 支持资产性能管理和资产投资规划功能与 ADMS 和 ArcFM 的本地集成，以快速完成部署，最大程度地利用数据，并通过现场应用程序为工作流程提供支持
- 促进电网范围内的风险管理，综合考虑系统中的物理风险和環境风险
- 提供跨资产生命周期和时间框架的资产决策支持，包括近期响应、中短期可靠性和故障预防，以及长期战略规划

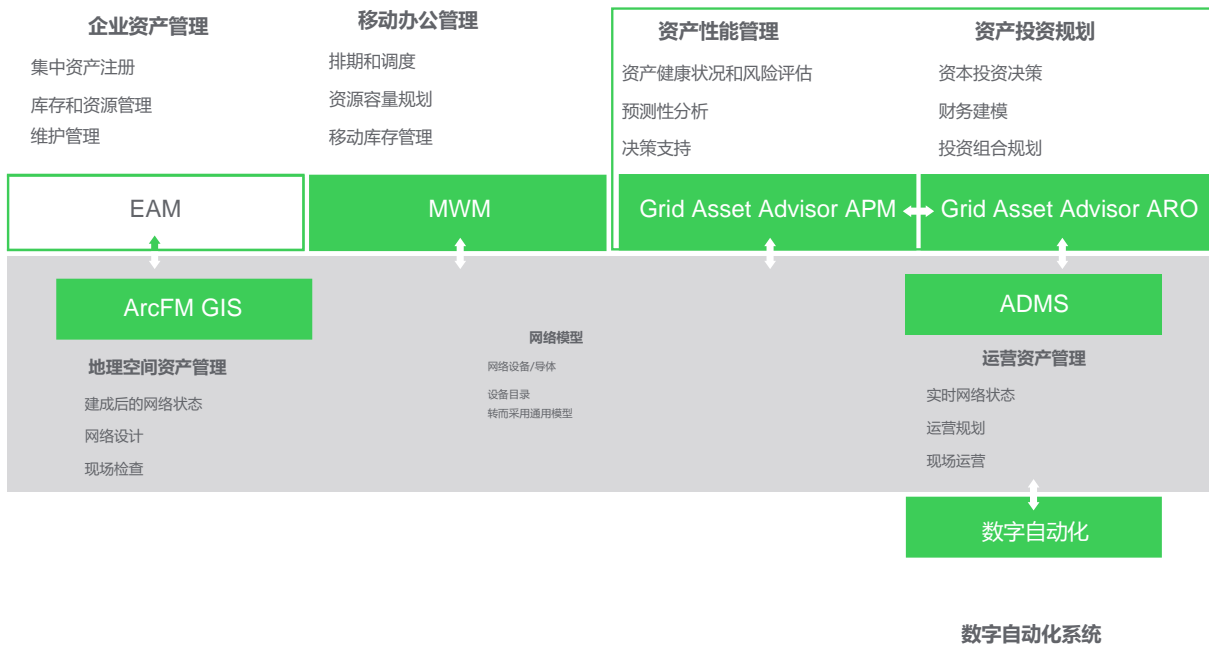


图 13. 电网资产工具以及电网 EAM、MWM、ADMS、GIS 和数字自动化系统的一种潜在配置



07

变电站自动化、系统工程和维护

概述

电力公司告诉施耐德电气，他们希望在变电站自动化市场上提供数字设备的所有供应商相互之间都具有互操作性和互换性，以便设计出面向未来的、不依赖于供应商的系统。

在互操作性方面，他们希望不同的设备供应商使用共同的数据、语言和行为进行操作。他们希望互换性源于规范而非供应商的设计，通过促进供应商之间的竞争来推动创新。电力公司明白，这种基于系统、基于标准的方法通常涉及较高的前期成本（资本支出），但可以显著节省生命周期内的运营支出，降低长期的总拥有成本和维护成本（见图 14）。与传统系统相比，这种系统可以进一步减少资本支出，减少的数额与完成的新部署和升级的数量以及实现的系统和应用需求标准化的数量成正比。

数据建模和通信领域不断发展的技术为数据及语义交换开辟了途径，这些交换跨越：

- 电网的多个层面
- 资产生命周期的各个阶段（即规范制定、工程设计、运营、维护和升级）

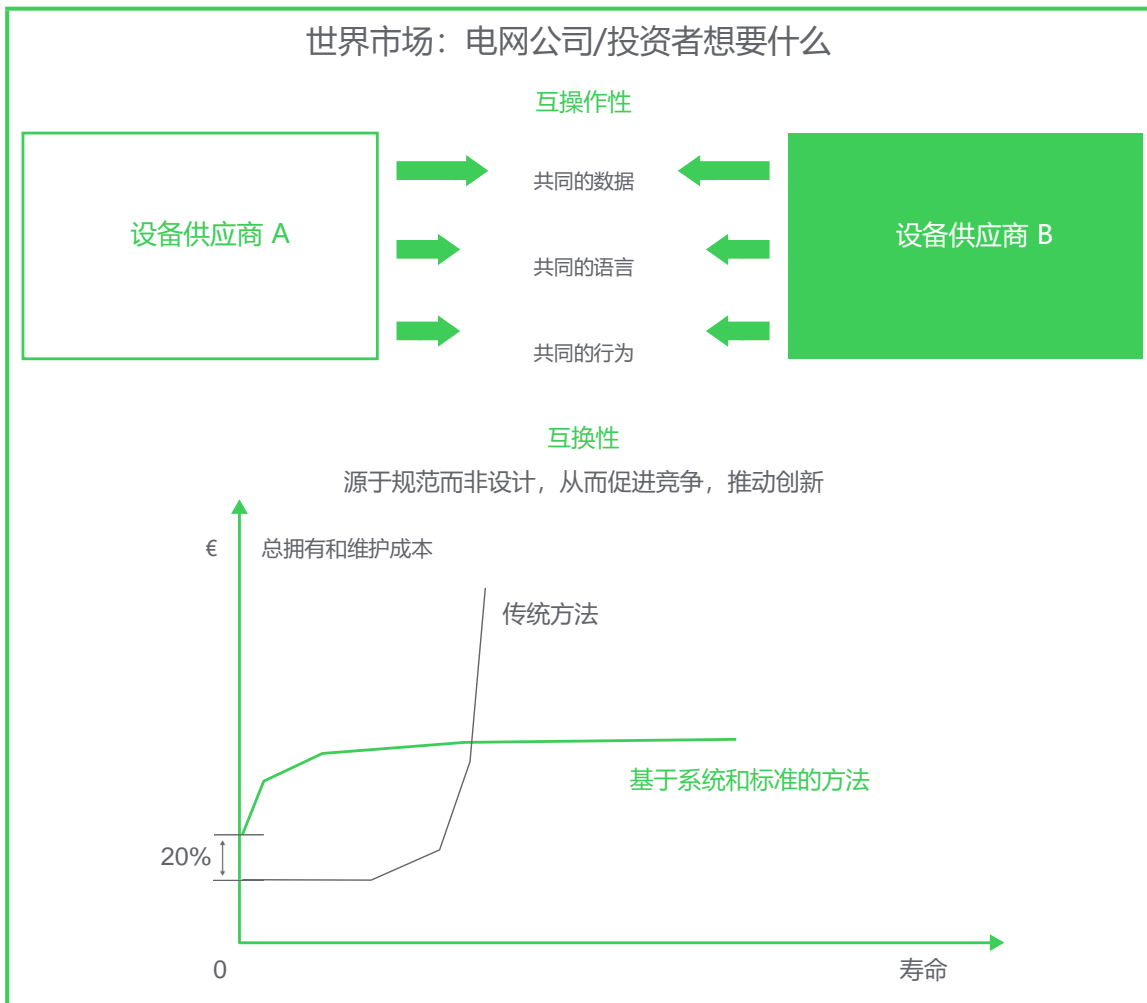


图 14。电力公司在寻求互操作性和互换性的同时，也意识到需要付出较高的前期成本才能降低长期的总拥有和维护成本

利用这些最先进的概念和最新的技术趋势，国际电工委员会 (IEC) 第 57 技术委员会的 IEC 61850 已成为变电站自动化系统设计、配置、通信和测试的既定标准。IEC 61850：

- 利用基于机器可处理语言的数据驱动方法，促进数字化
- 提高整个变电站工程生命周期的效率和质量
- 在整个生命周期内采用不依赖于供应商的方法
- 使核心变电站自动化系统与智能电网中的其他 IT/OT 系统具有互操作性

IEC 61850 已成为变电站自动化领域的一块基石。该标准使真正的多供应商电力公司自动化解决方案成为可能。据估计，在约 2,000 个项目中，共有来自不同供应商的超过 150,000 件 IED 正在实际项目中展示出互操作性。

互操作性的下一步，是在系统工程的早期阶段，使用机器可处理的语言——变电站配置语言 (SCL)，以标准的、不依赖于特定设备的方式，对电网变电站自动化项目所需的大量不同数据，以及这些项目的供应商/供应商投标做出规定。这将帮助电力公司实现 IEC61850 对变电站自动化系统端到端生命周期的如下好处：

- 变电站自动化采购流程的**数字化和自动化**
- **尽量缩小**用户期望和供应商响应之间的差距
- 在项目生命周期的每个阶段实现**标准化**，这反过来有助于控制总支出（资本和运营支出的总和，见图 15）

电力公司正越来越多地接受全流程数字化和由机器可处理的语言驱动的工程 workflow。

电力自动化系统的全生命周期成本（总支出）最多可节省 25%

方案	项目启动	规范制定	设计与工程	FAT	SAT	运维	升级
经过预先测试的、标准化的间隔模板	基于 IEC61850 的项目规范 • 不依赖于供应商 • 可由供应商进行机器处理 • 可重复使用 (.SSD 文件)		面向未来系统配置 单一数据源 (SCD 文件)	更快的 FAT 和 SAT		预测试和标准化	预测试和标准化

图 15. 标准化可以减少整个项目周期内的总支出

当今的挑战和目标

随着数字化产生大量数据，电力公司正面临挑战。

为了使用这些数据，他们需要定义一个全球统一的信息技术 (IT) 框架，更具体地说，是一个数据管理框架：

- 促进轻松的数据交换和互操作性
- 利用 IEC 61850 标准套件
- 连接工业运营技术 (OT) 系统（例如，智能电网和智能计量系统）与遗留系统
- 纳入来自不同来源的数据（例如，来自传感器、IED、SCADA、工作管理系统等）
- 为各种利益相关者群体（例如，电力公司运营部门、电力公司企业用户、第三方等）的使用提供便利

当今推荐的做法

今天，电力公司无法从一个单一的管理界面查看他们所有的变电站。

电网运营部门需要查看运营中的变电站，而电网规划部门需要查看规划中的变电站。随着时间的推移，这两个变电站视图可以合并。

对于新建变电站，在规范、配置、测试和调试阶段，可以汇编出详细数据。利用这些数据、IEC 61850 及相关标准，以及变电站自动化系统的数据管理系统，这些数据和语义可以渗透到变电站生命周期的各个后期阶段（即运行、维护、升级/改造/翻新和退役）。

对于现有变电站，施耐德电气看重变电站自动化项目中两个涉及到数据管理的方面：

- 通过数字化现有的设计、规范、配置和施工数据，收集设计数据和架构数据
- 通过加装增强型数据集（如通过传感器），收集实时运行数据

这些措施为正在运行但尚未现代化的变电站的未来发展提供了基准。这些步骤有助于更好地确定所需的改造，有效保障变电站的未来发展。

其目标是加强现有变电站的资产管理，使其更易于维护，运营成本效益更高，未来可升级，并能在更长的服务寿命内运行。电力公司现在可以通过遵循国际标准，以不依赖于供应商的方式实现这一目标（让电力公司可以安心地向前迈进）。

施耐德电气案例研究： 变电站自动化项目 供应商招标流程

电网面临挑战

在变电站工程领域，变电站自动化过程中的数据管理是全球大多数电力公司都面临的一项挑战。传统上，变电站自动化需要电网提出不依赖于供应商的概念和规范，制造商再根据这个规范来投标。招标过程包括：

- 异步部分：电力公司以不依赖于供应商的方式开发标准化的应用概念和方案
- 同步部分：多家供应商根据这些概念来设计产品，中标的供应商创建配置模板等等
- 项目执行

今天，电力公司通常将概念和规范制成一个大的 MS Word 文档。供应商提交的标书通常包含数百份文档、电子表格、AutoCAD（计算机辅助设计和绘图）以及供应商专有格式文件，这会带来以下挑战：

- 招标过程漫长。
- 电网的理念和规范文档并非是机器可读的，因此它们不能在招标和执行的后续步骤中重复使用。
- 由于手动创建文档，流程自动化和效率受到限制。
- 版本和定义的可追溯性是有限的。
- 许多文档需要管理，并且需要手动输入更新，非常耗时。
- 这个过程带来了数据输入错误和不同项目参与者解读错误的高风险。

此过程中的许多利益相关者都面临这些挑战，包括：

- 设计师（工程师）
- 软件接口团队
- 间隔控制器制造商
- 资产管理团队（例如，进行 IED 保护设置和保护柜工厂评估测试 [FAT] 的团队）
- 维护和调试团队（例如，进行现场验收测试 [SAT] 的团队）

电网解决方案

为了简化流程并提高效率，电力公司需要从基于众多文档和电子表格的招标流程发展为完全数字化、机器可读、自动化、符合 IEC 61850 标准的数字招标流程。为帮助实现这一目标，电力公司和供应商可以在整个招标过程中使用单一的基于 XML 的通用文件格式（IEC 61850 中规定的变电站配置语言 [SCL]）。

OSMOSE IEC 61850 工程流程

“欧洲电力柔性解决方案最佳系统组合 (OSMOSE)” 最近根据 IEC 61850 组建了一个工作包，以规范这一过程。

施耐德电气和其他 32 家欧洲合作伙伴（TSO、研究中心、大学、电力生产商、制造-集成商等）于 2018 年成立了 OSMOSE，该项目受欧盟“地平线2020”计划资助，旨在“探索创新柔性服务和供应商的技术和经济可行性”[OSMOSE 官网]。OSMOSE IEC 61850 工程流程创建了一种自上而下的方法，涵盖了概念和规范、选择和采购、系统配置和 IED 配置等项目步骤。使用 SCL 文件在这些步骤之间进行信息交换，可以提高效率、质量以及用户需求和 IED 功能的透明度。

创造价值的业务成果

此过程可以产生以下业务成果：

- 为变电站自动化项目选择供应商提供便利
- 最大限度地减少从独立于供应商的规范到应用模板的工作量（将为流程的同步部分带来间接好处）
- 当规范更新时，能够自动更新应用模板和项目文件，从而最大限度地提高概念可追溯性
- 通过使用智能工程工具，减少手动调整工作量
- 通过文档集中化，减少团队需要学习和管理的文档、文件和工具的数量
- 最大限度地提高构建和测试（例如，FAT 和 SAT）的自动化程度

以这种方式使用 IEC 61850，还可以带来以下方面的价值：

- **成本效益**
 - 降低项目成本，缩短交付时间
 - 通过自上而下的工程方法提高项目效率

- **可持续性**

- 促进变电站自动化进程，提高重要资产的利用率，并有可能推迟新的建设项目
- 通过改善招标过程中的沟通来降低项目风险，有可能纳入更多的绿色标准并改善项目结果
- 创造出文件记录完善、面向未来的解决方案：
 - 已部署产品的功能可以与将来要取代它的产品相匹配，并易于比较
 - 单一数据源的配置文件可实现低风险的系统演进，而不会造成其他系统组件之间的不一致。
 - 由于标准化的工程流程和单一数据源的配置文件——变电站配置描述 (SCD)，数据完整性得以保持。

施耐德电气解决方案

施耐德电气深知这些数据挑战位于数字化的核心，对实现数字化至关重要，并明白该如何利用数据来解决电网管理生命周期不同阶段的问题。

施耐德电气是 OSMOSE 的合作伙伴，并已成功与多家电力公司合作，实施上述符合 IEC 61850 标准的数字招标流程。

施耐德电气还提供 ADMS 和变电站配置之间的“垂直整合”。更具体地说，ADMS 层面的 CIM 模型几乎可以自动生成 IEC 61850 变电站配置。反之，在变电站完成 IEC 61850 工程后，可以在 CIM 中导出。

为支持后一种能力，施耐德电气提供 EcoStruxure™ 电力自动化系统 (EPAS) 产品平台，其中包括人机界面 (HMI)、网关、间隔控制单元 (BCU) 以及工程和维护工具。

EPAS 工程是一个独立于供应商的工程工作台，可帮助电力公司设计和配置符合 IEC 61850 标准、面向未来的保护自动化和控制系统，并实现应用标准化和工程效率。该解决方案包含系统规范工具、设计和系统配置工具。电力公司可以使用这些工具，在 IEC 61850 的 SCL 中指定变电站工程过程的所有数据，并在所有供应商之间共享（整个过程不依赖于供应商）。



08

用于系统运维和人员培训的 增强现实技术

概述

配网电力公司对安全的执着源于运维复杂电力网络的潜在危险性。

即使是一时的错误或粗心大意，也可能会瞬间导致悲剧事件发生。因此，电力公司投入大量时间和资源，对员工进行现场安全操作培训。

幸运的是，新兴的数字工具可以为运维 (O&M) 人员提供近乎实时的信息和详细的流程，从而加快员工的学习进度。其中一些最具启发性的工具——增强现实 (AR) 和虚拟现实功能——现在已经可以使用，它们可以：

- 减少人为错误，提高安全性
- 提供培训以建立技能组合
- 加快完成运维任务
- 减少停电时间

当今的挑战和目标

复杂且不断变化的配电网络存在安全隐患。

虽然表面看来并非如此，但电力设备本质上是危险的。配电网络设备由许多独立的设备组成，它们通常有着不同的尺寸和型号，来自不同的制造商，具有不同的外观和功能。为单个设备排除故障或将其更换可能需要经过许多程序和步骤。

在这些极具挑战性的情况下，电网技术人员需要在保持可靠性的同时安全地工作——有时是在不熟悉的设备上、在压力条件下，有时是在具有挑战性的天气条件下。他们必须掌握运维和安全实践——其中许多在制造商的技术手册和程序中都有规定。

假如一名技术人员从调度中心或家中出发，去调查一个潜在的故障，在现场遇到了一台不熟悉的设备，却发现没有相关的手册，这就限制了现场技术人员的工作效率，而他们面临着迅速恢复供电的压力。极端事件发生后，当来自邻近或远方电力公司的工作人员通过互助计划提供援助时，这种情况可能会多次出现。不同电力公司的设备和程序可能有着很大的不同。

过去，由于电力公司系统和程序发展缓慢，员工仍可以利用数十年来积累的经验，配电系统运维挑战巨大但可控。然而，今天的电力公司人员遇到的是一个快速变化的技术环境，其底层结构变得更加自动化并使用更加复杂的数字技术。

同时，许多公司面临着资历最老的员工退休后的自然减员。因此，电力公司面临的现实是，需要快速培训新员工，使其掌握更复杂的系统和程序的运维。

图 16 展示了配网电力公司在人员、系统、设备、运营四大领域面临的一系列挑战：

- **人员**：在劳动力老龄化和员工人数减少的情况下，电力公司面临将技能传授给资历较浅的员工的挑战，迫切需
要加强培训，使员工能够安全地操作由各种设备组成的庞大网络。
- **系统**：挑战包括：为应对不断变化的需求，需要一个敏捷、强大的系统；老化的网络带来安全挑战；过时的
设计使合规变得复杂；缺乏保障连续运营所需的冗余和柔性。
- **设备**：挑战包括：连续运营导致设备压力过大；电网干扰导致设备退化；老化资产的故障率更高。
- **运营**：需求旺盛、市场预期以及降低运营费用和保持业务连续性的压力会淡化对运营安全的重视。

这些挑战表明，需要数字化解决方案，将实时运营数据、数字化设备手册、在线程序直接交到现场工作人员的手
中，以支持安全高效运维。

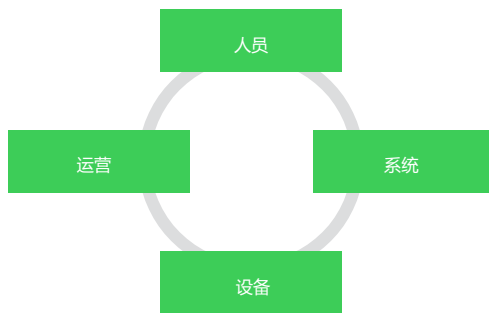
使安全能力适应不断变化的环境

- 我们如何实现退休员工和新员工之间的能力传递？
- 庞大的电力网络和设备的多样性需要定期巩固和补充日常运营专业知识。
- 技术进步需要人员能力提升。
- 挑战包括：专家队伍老龄化；新员工缺乏经验；员工总数减少。
- 24/7 全天候监控需求也带来了挑战。
- 内部培训中心和培训师需要在制造商的支持下调整他们的培训计划和方法（通过数字化
手段）。

图 16. 配网电力公司面临的
运维挑战总结

在 24/7 全天候压力条件下运行

- 旺盛需求和高市场预期给运营带来了
巨大压力。
- 降低运营费用和保持业务连续性的高
压力可能会导致不安全的做法。
- 提高业绩和盈利能力的动力可能会冲淡安
全考虑。
- 缺乏通用资源库和数字文档，导致过度
依赖老龄化劳动力。



不断变化的需求可能带来脆弱性，需 重新思考配电

- 不断变化的需求需要敏捷而强大的系
统、预测和行动方案。
- 老化的网络对安全运营构成了更大
的威胁。
- 过时的系统和设备设计使合规变得复杂。
- 缺乏冗余和柔性，使连续运营能力受
限。

设备承受压力

- 由于连续运行，设备承受着很大的压力。
- 频发重大电网中断会导致设备状况恶化。
- 资产老化增加了故障发生的概率。

当今推荐的做法

用于运维和培训的“混合现实”技术（即 AR 和 VR 的结合）为电力公司提供了一个强大的工具，可以帮助应对网络日益复杂和高技能员工（特别是运维人员）流失的双重挑战。

AR 技术在电力公司的广泛用例包括：

- **提高运维人员的能力和灵活性。**使用先进的 AR 技术可以减少电力系统停机时间，加快运维速度，减少人为错误（是大多数事故的原因）。技术人员可以通过即时在线访问实时数据，以及数字化用户手册、程序和图表，更快地找到信息。AR 技术还可以让技术人员从某个复杂场景下的某种设备，轻松切换至另一个完全不同的场景下的另一种设备。
- **通过量身定制的虚拟现实 (VR) 练习，可以加快培训进度。**个人电脑或平板电脑可以展示与实时网络断开连接并用于虚拟、高度仿真的培训课程的数字孪生。实际演示证明，人员在这类模拟中学得很快。为学习提速是很有利的——电力公司都希望缩短培训时间，虽然公司内部可提供指导的资深员工已经越来越少。
- **提供远程协助，将 AR 和专家协助解决方案结合起来。**一个完整的 AR 解决方案可以包括远程专家协助，通过专家的在线建议来弥补数字化解决方案的不足。

使用 AR 技术，电力公司可以组织相关数据（如设备、程序和网络状态）并使利用移动设备（如平板电脑、智能手机、数字眼镜或头戴设备）进行现场访问成为可能。当技术人员将平板电脑的摄像头对准现场设备（或戴上数字眼镜）时，移动设备可以准确地识别类型、型号和需要留意的设备。这就降低了由于设备识别错误而导致人为错误的风险。然后，AR 解决方案可以叠加电路图和/或分步程序来分析或纠正状况。现场设备还可以虚拟地“打开”设备以显示内部组件。

当今最先进的 AR 解决方案可以访问来自电力公司数据管理系统的大量数据。因此，技术人员可以访问特定设备的当前状态以及制造商文档。与地理信息系统 (GIS) 的链接可以提供物理位置以及态势和环境信息（如停电数据和天气）。技术人员还可以与电力公司的工单系统交互。如果需要零件，技术人员可以给设备拍照，然后将照片提交给服务台。设备将判断是否有所需零件，如果没有，可以自动进入供应链进行订购。

这种端到端的维修评估、零件订购和更换安排可能只需几分钟即可完成。相比之下，传统的维护方法可能需要数小时甚至一天以上的的时间。采用这种方法，不仅维修更快、更准确，而且减少了出错的可能性，提高了安全性。如果每年进行成百上千次这样的维护，将会带来巨大的成本效益和安全性提升。

创造价值的业务成果

有效使用最先进的混合现实解决方案，可以为配网电力公司带来以下预期成果：

- **增强安全性。**在 AR 技术为电网运维带来的所有好处中，增强安全性排在第一位。验证设备身份、检索有关设备的详细信息，以及访问与设备视觉图像绑定的分步程序的能力，大大降低了人为错误和不安全做法的可能性。此外，通过 3D 地理定位，可以检查现场工人的安全水平。在工作边界至关重要的世界中，这一关键功能可以在操作人员跨区时发出警告。
- **提高成本效益。**在去现场之前，操作人员可以在 AR 系统上查看要执行的操作。这使他们能够确定所有需要的工具，在现场更有效率，因为他们已经虚拟地执行了任务。AR 使技术人员能够通过其智能设备获取准确的信息，从而节省人员时间，减少人为错误，降低运维成本。在现场提供数字化指导，可以避免返回调度中心获取信息，节省时间和金钱。
- **增强弹性/可靠性。**AR 辅助下的服务恢复可以增强极端事件期间的弹性。当地的电力公司工作人员可以更快地恢复服务，而来自其他电力公司的援助人员在提供技术规范 and 程序的 AR 技术的帮助下，可以更有信心地在不熟悉的设备上工作。与简单的智能手机通话和视频共享相比，AR 图像与激光笔相结合，可以提供更准确的识别，包括截屏和笔记。有机会“看到”实时数据，让对情境的了解更加深入。
- **培训效率。**更接近现实的培训背景和案例，可以提升技能传授的有效性。重复也是一种可以强化训练效果的积极机制。另一个好处是，学员无需等待组织开展课堂活动；凭借现在的工具，他们在家里就可以学习分步操作、基本程序以及资产多样性。
- **更大的柔性和可持续性。**随着 AR 被广泛采用、维护和恢复活动更有效地进行，配电运营商（特别是大型系统的）将有更多的选择来保持 DER 在线，从而提高柔性和可持续性，减少温室气体排放。减少因故障排除和维护导致的外出，可以降低车辆排放，提高可持续性。

欧洲电网公司发现 AR 的价值

欧洲一家大型配电公司分析了施耐德电气的 AR 解决方案对其维护工作量的潜在影响。该公司发现，该解决方案每年可减少 1200 起故障排除事件、3500 起预防性维护活动。该公司和施耐德电气将在地中海的一个大城市启动一个试点项目，以测试 AR 解决方案在现实条件下的有效性。

施耐德电气解决方案

开发定制的 AR/VR 解决方案需要 3D 开发人员付出很多个小时的劳动，成本很高。

施耐德电气的解决方案用一种解决方案取代了这种昂贵的方法。该解决方案可以提供现成的应用程序，也可以提供使非 IT 用户能够自行设计和搭建应用程序的创作工具，客户可以在二者之中自由选择。

施耐德电气的运维和培训混合现实解决方案名为 EcoStruxure™ AR 操作顾问 3D (EAOA 3D)。在 AR 模式下，EAOA 3D 将图表、内部视图或一组程序和实时数据叠加到现实（真实设备或对象）之上（见图 17）。在 VR 模式下，EAOA 3D 使用来自运行设备的实时数据，提供对设备或工厂的模拟。出于培训目的，EAOA 3D 解决方案与实时操作断开连接，可在 AR 或 VR 模式下使用。

该产品可随时随地为运维人员提供各种实时信息和设备信息。EAOA 3D 是一个定制的解决方案，可根据每家配网电力公司的设备和流程进行调整。每个应用程序都可根据环境和机器（无论设备制造商是谁）进行定制和调整，以满足电力公司的需求。

EAOA 3D 是与微软、Capgemini 合作开发的，通过采用 AR 技术，使运维人员能够将虚拟数据和对象叠加到电柜或设备上，从而提高运营效率。这些人员可以免费下载该应用程序，并在智能手机、平板电脑或头戴设备（实现了“抬头”开展运维活动）上使用。

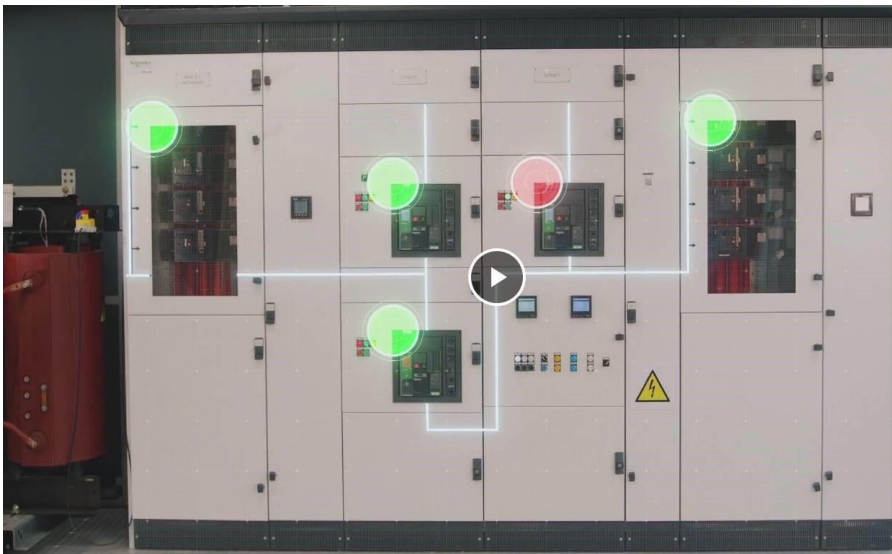


图 17。施耐德电气的 EcoStruxure™ AR 操作顾问 3D (EAOA 3D) 将设备的内部视图叠加在设备的真实外部图像之上

EAOA 3D 允许访问来自可编程逻辑控制器 (PLC) 的广泛的特定资产实时数据，以及来自 SQL 数据库的文档、图像、网页、注释、标签和数据。该解决方案使运维技术人员能够查看包含电气图、图像和视频的 PDF 文件，并且可以虚拟地显示机柜、机器或设备的内部组件。电力公司可以根据用户的角色和职责，对应用程序进行相应调整，允许不同级别的访问。EAOA 3D 还可以通过提供叠加在设备上的屏幕说明来指导运维人员逐步走完流程。



09

DER 管理

概述

DER 的独特之处在于，它对于配网电力公司而言既是机遇也是挑战。

正如施耐德电气的 Alain Malot 在他的 LinkedIn 帖子中解释的那样，DER 对不同的人意味着不同的东西。本指南采用 Alain 的定义（多家智库的意见与此相近）：DER 包括“供给侧或需求侧连接的分布式发电、存储、可控负载以及嵌入的电动汽车”，但不包括能效（尽管它密切相关），也不包括微电网（尽管许多都使用 DER）。根据此定义，DER 可以包括需求响应（DR，又名负载缓解），但不一定包括 DR，具体取决于上下文²¹。另外请注意，虚拟电厂（VPP）是一个独立的 DER 系统网络，使用控制系统，像一个单独的能源资源一样运行（例如，施耐德电气的合作伙伴 AutoGrid）。

DER 可以加速低碳化进程，增强可靠性和弹性，赋能电力用户，支持电网柔性，扩展电网服务，并推迟配电系统升级。然而，其可变性和不可预测性给配电的规划、运营、资产管理和其他职能带来了挑战。它们给配网电力公司的这些职能领域带来了数据管理挑战，也给配电和以下角色的互动带来了挑战：

- 输电业主/运营商
- 拥有和运营 DER 的电力用户
- 第三方，如负载聚合商、监管机构等

本节涵盖以下内容：

- 挑战：多样化、不断发展的 DER 相关电力监管和市场设计
- 挑战：DSO-TSO 协调和与 DER 的相关性
- 实践：DER 集成和 DSO-TSO 协调
- 实践：DER 数据交换
- 解决方案：施耐德电气关于 DER 的案例研究
- 解决方案：利用微电网实现 DER 价值最大化
- 需求侧管理：挑战、解决方案和价值

²¹ 在美国，需求响应（DR）通常与 DER 分开考虑。

挑战：多样化、不断发展的 DER 相关电力监管和市场设计

DER 进入批发市场

在欧洲，DER 进入批发市场的触发因素是对大于 100 kW的可再生能源实施上网电价/差价合同 (FiP/CfD)，并规定了电力组合平衡义务。

在美国，FERC 2222 号令（2020 年 9 月发布，2021 年 3 月修订该命令并发布 2222-A 号令）是 DER 同时带来机遇和挑战的一个例子。最初的命令旨在“通过消除阻止分布式能源 (DER) 在区域电网运营商运营的有组织的容量、能源和辅助服务市场中公平竞争的障碍，促进电力市场的竞争²²。”

不同的监管流程极大地影响了配电运营商、输电运营商、聚合商和其他利益相关者之间的数据交换方式（见图 18）。

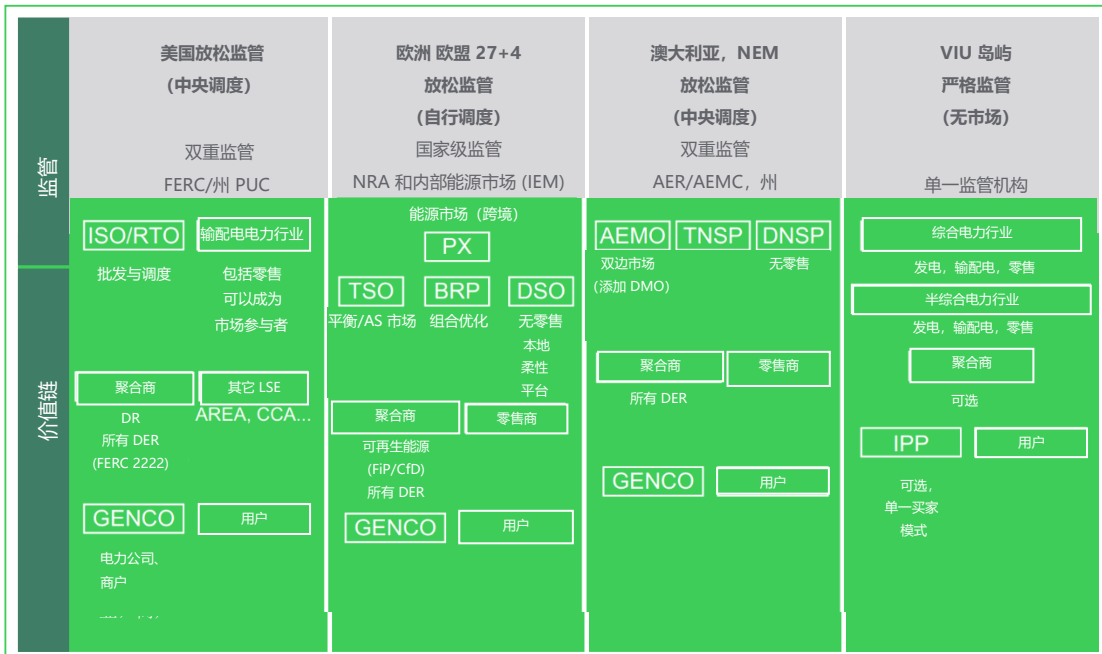


图 18. 世界部分地区的电力监管和市场设计

图 18 英文缩写一览表

AEMC 澳大利亚能源市场委员会	DSO 配电系统运营商	LSE 负载服务实体
AER 澳大利亚能源监管机构	FERC 联邦能源监管委员会	NEM 国家电力市场
ARES 替代零售电力供应商	FiP/CfD 上网电价/差价合同	NRA 国家监管部门
AS 辅助服务	GENCO 发电公司	PUC 电力行业委员会
BRP 平衡责任方	IEM 内部能源市场	PX 电力交易所
CCA 社区选择的聚合商	ISO 独立系统运营商	RTO 区域输电运营商
DNSP 配电网络服务提供商		TNSP 输电网络服务提供商
DR 需求响应		TSO 输电系统运营商

²² 联邦能源监管委员会 (FERC), “FERC 第 2222 号令: 情况说明书”, 2020 年 9 月 17 日。

- **FERC 2222**。在美国，相关监管包括 FERC 2222，德克萨斯州电力业务的独特地位（德克萨斯州是一个独立的互连网络，不在 FERC 的管辖范围内），未来潜在的监管（例如，加州 CPUC 的活动），拟议的东南能源交易市场 (SEEM)，以及在美国少数几个州对配电系统运营商模式的讨论。
- **第 32 条**。在欧盟 (27+4)，关键的相关监管是《清洁能源一揽子计划》第 32 条，涉及 DSO 柔性使用。欧盟的 DSO 是仅运营电线的公司，正在实施独特的“本地柔性平台”。
- **澳大利亚**。在澳大利亚，监管不确定性涉及实施新的 DSO 和配电市场运营商 (DMO) 模式的时间表。澳大利亚的配电网络服务提供商 (DNSP) 采用与欧盟类似的模式，但由于其提出的双边市场方法，聚合商和零售商的行为方式与欧盟完全不同。

挑战：DSO-TSO 协调 以及与 DER 的相关性

DER 渗透率与 DSO-TSO 协调相关

在世界范围内，较高的 DER 渗透率与配电运营商（下称“配电系统运营商”或“DSO”）和传输系统运营商 (TSO) 之间深入的交流与协调相关。其原因是，在 DER 渗透率低的情况下，配电运营商可以在不影响平衡的情况下调整资源。然而，如果配电运营商在没有通知 TSO 的情况下对资源进行大规模调整，或者 TSO 在没有通知配电运营商的情况下利用配网连接的资产大幅调整频率，就会出现复杂情况。

根据欧洲 TSO 协会 ENTSO-E（欧洲电力传输系统运营商网络）的说法，“柔性是应对可变可再生能源的主要手段，只有当 TSO、DSO 和市场参与者能够交换相应的数据和信息，才能有效地用柔性进行平衡和拥塞管理²³”。

数据交换的复杂性：DSO、TSO 和其他

EPRI 在 2018 年的一次 EPRI 欧洲会议上展示的信息图说明了所需数据交换的复杂性，并表明除了 TSO 和 DSO 之外，还有更多的利益相关者必须参与其中。该图显示了不同利益相关者之间的数据交换流和估计的规模，重点展现了欧洲背景（TSO、DSO、DER 所有者/运营商、电力交易所和平衡责任方 [BRP]）下，在三个不同的时间范围内（实时运营、运营规划和长期规划）的各种应用程序/功能。例如，对于长期规划，DER 所有者/运营商（规范和投资）与 TSO 之间需要进行重大数据交换，以实现充分输电、输电预测和其他功能。运营规划涉及更多的利益相关者和职能，从而增加了复杂性。实时运营需进行一次大规模数据交换，以解决 DSO 和 TSO 之间的拥塞管理问题，但会发生许多其他的交互²⁴。

²³ ENTSO-E、CEDEC、GEODE、EURELECTRIC 和 EDSO，“TSO-DSO 数据管理报告”，2016 年 7 月 27 日。

²⁴ EPRI, A. O'Connell, “EPRI 输配电协调计划”，于 2018 年 10 月 18 日在奥地利维也纳举行的第 8 届可再生和分布式能源整合国际会议 (IRED) 上发表。

实践：DER 集成 和 DSO-TSO 协调

传统方法

图 19 显示了传统的政策和法规驱动的 DER 集成方法的基本逻辑（不分区域）。在这种方法中，DER 友好型政策驱动监管和市场设计，进而推动 DER 网络集成（配电侧）和 DER 批发集成（输电和批发市场侧）。配网电力公司进行传统的网络规划、网络运营和资产管理活动。

非传统方法

在非传统的配电侧 DER 集成方法中，创新的监管（如 FERC 2222）推动了协调高级输电规划运营和高级配电规划运营的需求。在配电层面，DER 集成过程本身包括在技术限制内的运行，以通过 DER 监控提供静态 DER 托管容量，并支持各种应用（如位置规划、共享加固成本等）。另外，超出技术限制的运行，可以提供动态 DER 托管容量，增强柔性。

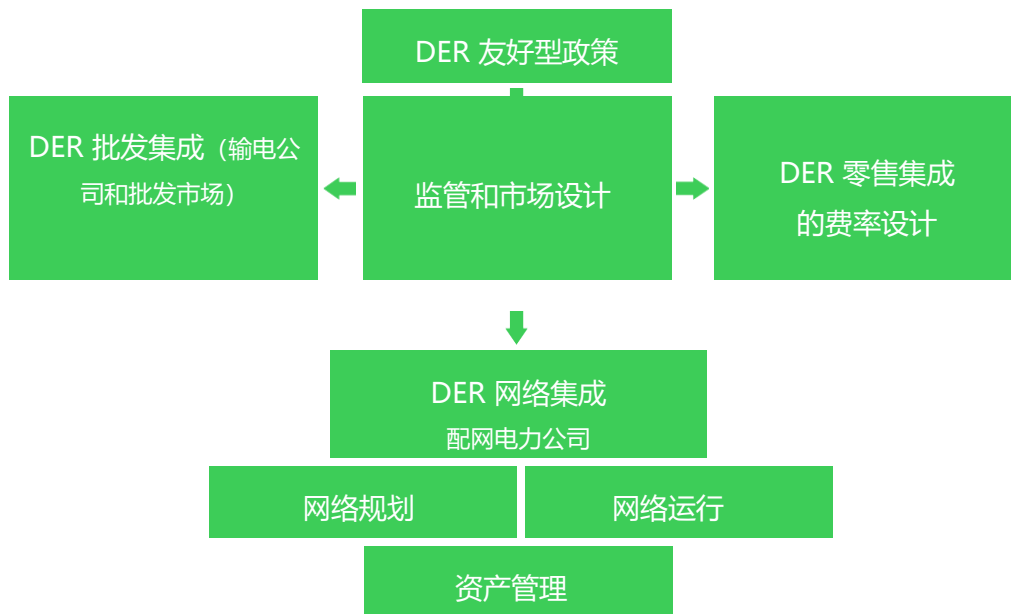


图 19. 政策/法规驱动的 DER 整合方法

实践：DER 数据交换

一些国际组织和欧洲组织正在仔细研究 DER 数据交换和数据管理的注意事项和相关实践。

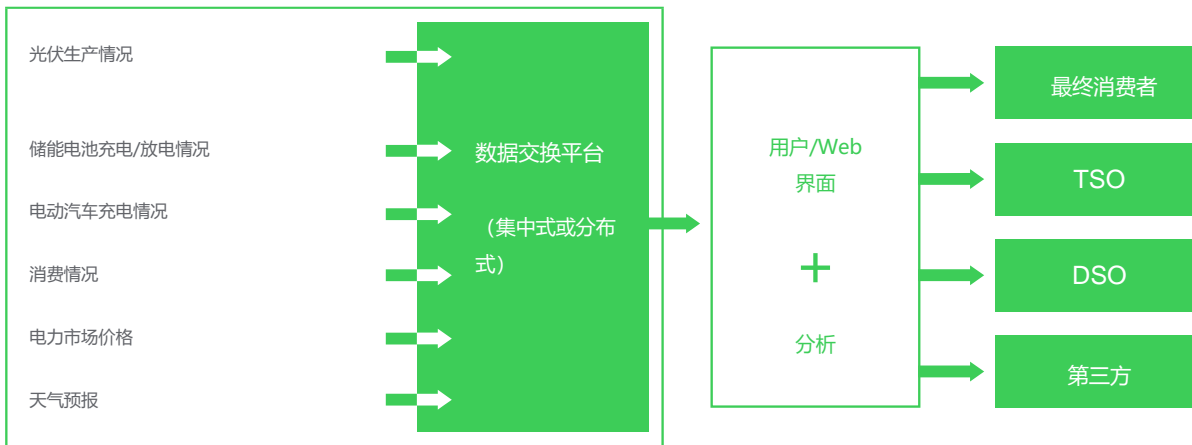
本节简要介绍了有关这一主题的部分近期报告。

IRENA 数据交换平台

国际可再生能源机构 (IRENA) 强调了数据交换平台的重要性，该平台使 DSO 和 TSO 能够平等地获取实时 DER 信息²⁵ (见图 20)。

欧洲 SmartNet 项目

SmartNet 项目由地平线 2020 项目²⁶资助，为期 3 年，旨在“在配电领域.....提供优化的工具和模式，以改善国家和地方层面的电网运营商（分别为 TSO 和 DSO）之间的协调，以及以监测和购买辅助服务为目的的信息交换²⁷。”其三个国家试点项目之一涉及意大利的 DSO 区域数据监测。



²⁵ 国际可再生能源机构 (IRENA)，“输配电系统运营商之间的合作”，创新格局简报，2020 年。

²⁶ 欧盟委员会官网，“什么是地平线 2020？”，2021 年 8 月访问。

²⁷ SmartNet 官网，“关于 SmartNet”，2021 年 8 月访问。

²⁸ 国际可再生能源机构 (IRENA)，“输配电系统运营商之间的合作”，创新格局简报，第 15 页，2020 年。

英国国家电网 DER 集成

英国正在进行一个雄心勃勃的项目，为英国的大规模 DER 整合做准备，其目的是在规划和运营层面交换相应的数据集，以维持电力系统的完整性和稳定性。英国国家电网 ESO 最近发布了一份工作组文件，旨在“扩大 DNO [配电网运营商] 和国家电网 ESO 所交换的规划数据的范围并提高其精细度，通过调整某些数据交换流程，在更广泛的运行条件下提供更精细的数据，帮助促进向智能、柔性能源系统的过渡”²⁹。

ENTSO-E 数据管理目标

在 ENTSO-E 的数据管理报告中，记录了 TSO 和 DSO 的以下数据管理目标³⁰：

- 争取统一标准
- 通过提高数据透明度确保公平
- 确保平等的的数据访问
- 保持数据完整性
- 消除歧视性的处理
- 力求简化流程
- 支持竞争
- 实现成本效益
- 保持数据的开放性以鼓励创新
- 确保数据安全和隐私

欧洲的两个数据交换原则

欧洲正在考虑两种不同的数据交换原则。一项倡议使用以 TSO 为中心的集中式数据中心（包括输配电网、电表、DG 和柔性数据），由 TSO 承担主要数据管理责任。第二项倡议主要是以 DSO 为中心的级联数据流方法，由 DSO 承担主要数据管理责任。这种选择的主要考虑因素包括数据交换要求、通信和 IT 硬件、数据保护和网络安全、业务模式和数据类型。

欧盟委员会能源总署

欧盟委员会能源总署的一份报告对此进行了阐述：“数据管理可以通过不同的技术解决方案来完成，例如分散式或集中式数据中心，大多数成员国已经部署或打算部署数据中心。一些国家选择了集中式系统，由独立的第三方负责管理数据和各自的流量（如英国、爱沙尼亚），而其他国家则选择了分散式系统（由 DSO 或供应商负责），或将两者相结合³¹。”

ENTSO-E 委托的一份报告从更广泛的视角——电力市场模型所需的数据类型和流程——来审视 DSO-TSO 合作所涉及的数据³²。

²⁹ 国家电网 ESO 官网，“GC0139：加强规划数据交换以促进全系统规划”，2021 年 3 月 16 日。

³⁰ ENTSO-E、CEDEC、GEODE、EURELECTRIC 和 EDSO，“TSO-DSO 数据管理报告”，2016 年 7 月 27 日。

³¹ 欧盟委员会能源总署，“欧洲智能计量基准”，2019 年 6 月 27 日。

³² THEMA 咨询集团，受 ENTSO-E 委托，“电力系统中的数据交换：欧洲的竞争状态和前景”，THEMA 报告 2017-03，第 39 页，2017 年 6 月。

解决方案：施耐德电气

关于 DER 的案例研究

行业面临的一般挑战

配网电力公司面临的最重大挑战之一是 DER 带来的运行限制，它可能超过网络限制，并可能损害系统稳定性。解决 DER 带来的影响（如图 21 所示）需要数据和能力，以利用这些数据生成分析和智能。最终，这种智能有助于减轻影响以保持高可靠性。

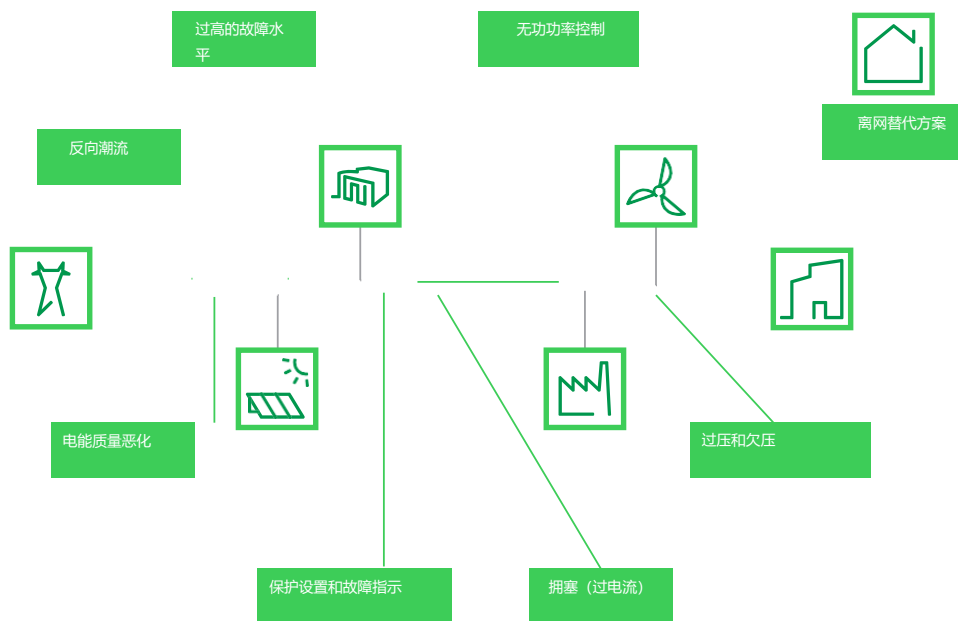


图 21. DER 会对配电系统的运行造成约束

一家电力公司面临的挑战

一家电力公司就 DER 提出了以下问题：

- 我们如何从柔性市场采购柔性？
- DER 如何影响我们的网络？
- 我们如何优化 DER 以提高柔性？

传统配电网络使用 ADMS，有时也使用 DERMS，但不协调表后 (BTM) 资产（及其相关数据），如太阳能光伏、电池和电动汽车，包括需求响应。

一般的行业解决方案

虚拟电厂 (VPP) 系统（如 AutoGrid）通过 BTM 资产的可见性和调度实现柔性。施耐德电气的合作伙伴 AutoGrid 还允许第三方（如聚合商）与这些资产进行连接。例如，像 AutoGrid 这样的 VPP 系统可以帮助提供一个配电网络平台，聚合商可以在该平台上竞标获得容量或控制。它还可以管理微电网的能力。

这家电力公司采用的解决方案及其价值

安装 ADMS 后，这家电力公司试图解决其 DER 管理挑战，由此诞生了以下与数据相关的需求：

- 通过智能电表数据、低压网络监测、变压器数据、电能质量数据、潮流、电压和其他指标实现 BTM 可见性
- 将网络模型映射到低压层面
- 建立一个核心数据平台（如 OSIssoft）

利用这些数据，按照能力增强的顺序，对以下 DERMS-VPP 组合用例进行了研究：

- **数据监测（DER 实时数据）**
 - **解决方案：**收集 BTM 数据，提高 DER 意识和可见性，以评估 DER 对网络的影响并识别“隐藏负载”
 - **价值：**提高运营效率、电网可靠性和用户满意度
- **使用数据来管理系统层面的需求**
 - **解决方案：**收集低压网络数据，并利用这些数据，结合 DER 项目灵活性和限产手段来管理系统需求（例如，高峰负载时低产量，低负载时高产量，以及鸭子曲线效应）
 - **价值：**支持 TSO 电网管理，避免高成本的峰值旋转储备，最大限度地提高可再生能源发电量，并采用更多的可再生能源发电
- **收集数据以计算和使用“动态运行包络”**
 - **解决方案：**收集有关 DER 预测、实时网络状况和预测潮流的数据，并使用这些数据，根据网络状况（而不是静态限制）重新计算 DER 限制来增强网络承载新用户连接的能力
 - **价值：**保持电网可靠性和电能质量，提高 DER 承载能力，推迟电网投资，使 DER 能够参与批发市场，并为用户提供广泛的网络接入
- **避免网络拥塞**
 - **解决方案：**增强电网 DERMS 的能力，以调度 DER 柔性，避免预测到的网络约束
 - **价值：**提高电网 DER 承载能力，允许新用户连接，最大限度地提高可再生能源和电动汽车的连接数量
- **采用柔性市场数据，积极管理网络**
 - **解决方案：**从柔性市场收集有关 DER 竞价和优先发电顺序的数据，并使用柔性连接和柔性服务来管理网络约束
 - **价值：**加强网络约束管理，推动柔性市场发展

利用微电网实现 DER 价值最大化

在种种能力和好处之外，微电网还为终端用户和电力公司提供一种增强柔性的方法：

- **本地优化。**微电网可以帮助优化 DER 的使用，使微电网内的用户受益。
- **电网受益。**微电网还可以聚合 DER，为电网提供柔性。

微电网领先实践

利用微电网可以最大化 DER 的价值，主要通过三种方式：

- **基于人工智能 (AI) 的解决方案**可以（在一分钟内）更好地管理能源使用和成本，同时减少排放（提高可持续性）。这就需要有效地收集关于能源用户约束、天气预报、电价、能源市场定价、需求响应请求的高度复杂和广泛的数据。优化算法使微电网能够利用电力合同，优化能源账单，同时利用现场可用柔性和预测的柔性减少碳足迹。
- **先进的实时微电网/电网控制系统**可以帮助确保离网期间的业务连续性和电力系统稳定性。
- **在微电网设计阶段（离网）**，数字孪生可以帮助优化微电网中 DER 的规模，包括目前和预测的太阳能光伏、固定电池储能，以及“电动汽车到建筑 (V2B)”和“车辆到电网 (V2G)”的存储。基于人工智能的解决方案在反馈循环中使用建筑和电网运行的实时数据，以加强微电网设计。

无论电网配置如何，这些解决方案都能提供价值：

- **并网**（始终联网，不能孤岛化）微电网，其中一个或多个能源用户关注能源优化（可视为虚拟微电网，或一种负载聚合形式）
- **可以孤岛化的微电网**，可根据需要利用当地资源运行，以增强一个或多个能源用户的弹性
- **离网**（始终保持孤岛化）微电网，为偏远地区的能源用户或配电网难以延伸到该地区的情况服务

施耐德电气微电网解决方案

施耐德电气提供两种主要的微电网解决方案：

- EcoStruxure™ 微网顾问 (EMA) 每小时预测并优化何时消耗、生产、储存或出售能源；每小时预测并经济地优化和调度 DER。
- EcoStruxure™ 微网运营 (EMO) 有助于在所有电网条件下实时确保能源供应的弹性和稳定性。EMO 通过使用各种通信协议 (Modbus TCP IP、IEC 61850、DNP3、IEC 101 和 IEC 104) 连接施耐德电气或第三方的 EMS、ADMS 和 SCADA 系统来收集相关数据。
- 这两个解决方案协同工作，可以帮助能源用户开发微网业务案例，包括估计潜在的停电成本。

施耐德电气至今已交付了 300 多个微网和控制项目，成立了两家合资企业，利用能源即服务解决方案推进微电网：

- 与 Huck Capital 合作的 **GreenStruxure™** 将能源即服务 (EaaS) 合同用于采用模块化和标准化可再生微网的项目，这些微网为中型商业、工业和政府建筑服务³³。
- 与 Carlyle Group 合作的 **AlphaStruxure™** 将 EaaS 合同用于微网规模更大的项目，这些微网为机场、大学校园和工业综合体服务³⁴。

施耐德电气微电网案例研究

芬兰的能效和频率支持。 在 Lidl 芬兰物流中心，施耐德电气为一个先进、碳中和、净正能源的配送中心提供了施耐德电气 EcoStruxure™ 微网和 Ecostruxure™ 楼宇运营综合解决方案，可节省高达 70% 的能源成本，其中包括：³⁵

- 将综合楼宇管理系统与微网相结合的综合解决方案
- 先进的制冷供暖管理系统
- 带储能的微网解决方案，可收集数据、预测并优化现场资源的运行

作为物流中心解决方案的一部分，EMA 控制微电网中的电池储能系统和发电机组，为电网提供频率支持。当电网频率偏离规定的限制时，EMA 会给电池充电以降低频率，或给电池放电以提高频率，为 Lidl 提供了一个新的收入来源。

输出到澳大利亚国家电力市场。 南澳大利亚农产品市场有限公司 (SAPML) 选择施耐德电气作为主要供应商，实现了澳大利亚首个与现货市场连接的能源微网，该微网不仅能满足该公司的全部能源需求，还向国家电力市场输出电力 (见图 22)。



图 22. 通过使用施耐德电气的 EMA，SAPML 能够向全国电力市场输出电力

³³ 施耐德电气 GreenStruxure™ 官网，“GreenStruxure”，2021 年 8 月访问。

³⁴ AlphaStruxure 官网，“能源即服务”，2021 年 8 月访问。

³⁵ 施耐德电气，“Lidl 芬兰：客户故事关键数据”，2021 年 9 月访问了该网页。

这个耗资 1,050 万美元的微网包括 6,400 多个太阳能电池板和 25 个特斯拉电源组电池储能系统 (BESS)，其控制系统采用施耐德电气 EMA 技术，可以提前 24 小时预测需求和电力现货市场定价。利用软件提供的数据分析，SAPML 可以确定何时对 BESS 充放电最具经济价值。该微网每年将减少 32% 的温室气体排放，每年将南澳大利亚电网的最大需求量减少 3.8 MWh，并将在 10 年内净节省 430 万美元。

需求侧管理： 挑战、解决方案和价值

业务案例（用例）

需求侧管理 (DSM) 包含以下四个业务用例：

- **电网用户参与和数据访问。** 为了向电网用户提供有关其使用情况的信息，并鼓励电网用户改变行为以改善能效或需求响应，用户需要能够访问特定的数据，而这很有挑战性。
- **提高能效（电力和电网用户）。** 找出提高能效的机会，并切实转变能源使用方式以降低成本，是上述第一个用例的逻辑延伸。
- **需求响应。** 帮助电力公司积极管理负载，根据用户的要求（通过自动化 DR 或合同协议），物理控制电网用户的资产，以改变电力系统的能源使用方式（例如，在太阳能发电可用时增加负载，或减载以减少高峰用电）。
- **分布式电能存储**——包括分布式固定和移动 (EV) 电池——带来了挑战，因为电力用户购买电池或 EV 资产主要是用作建筑物等的备用电源，或用于运输目的。这给电力公司对这些资产的控制带来了额外的约束。

数据挑战

DSM 旨在通过鼓励或阻止电网用户的某些行为来调节能效和/或使用时段，从而改变负载曲线。在此过程中，“择时”至关重要。通过收集和使用以下类型的用户数据，电力公司可以最有效地做到这一点：

- **间隔数据。** 电力公司需要某种粒度级别的使用间隔数据（每小时、每半小时、每 5 分钟，甚至出于某些目的让粒度更细）。
- **数据上下文。** 电力公司需要为使用数据提供上下文。
 - **费率信息**是可以提供数据上下文的数据流之一。但是，费率以不同的方式适用于不同的用户，有些用户有自己的专属费率。
 - **用户设备或电器的具体用电数据**是另一种形式的上下文。家用电器数据相对容易预测和建模。但是，商业和工业 (C&I) 数据要复杂得多，因为这些数据因业务类型而异。电力公司通常无法辨别其大部分 C&I 用户的业务类型。
 - **天气数据**与使用数据相结合，可以提供上下文，特别是对于暖通空调使用视天气而定的建筑物而言。

为了对用户和用户设备使用进行建模，需要上述数据来建立基线，然后在此基础上研究行为和使用的变化。居民用户的这些数据通常是可用的，但 C&I 用户则不一定。C&I 用户约占公用电网用户总数的 5-10%，却产生了约 50% 的用电量和缴费。建筑中的商业用户的类型经常变更，更带来了额外的复杂性。

额外的数据复杂性包括：

- **数据格式。** 计量数据使用多种标准格式（如 CMEP、MV90、LODESTAR、Enhanced LODESTAR、NEM12 等），这在检查来自多个电力公司的数据时成为问题。
- **数据质量。** VEE（验证、估计和编辑）流程可以验证从电表数据管理 (MDM) 系统输出的数据的质量（例如，数据缺口和错误）。
- **数据延迟。** 从电表收集来的数据走完 VEE 流程后进入应用程序（需要实时或近实时数据），这整个过程所需的时长可能成为问题。大多数计量系统被设计为“收银机”而非实时数据收集机，它们没有足够的带宽在很短的时间间隔内提取所有需要的数据，并将数据转发到 MDM。对于实时优化需求响应或峰值负载管理而言，仅仅是每天收集这些数据并对其进行 VEE 处理是不够的。

数据延迟也会影响 VPP 应用程序（如施耐德电气合作伙伴 AutoGrid）。当需要低延迟时（如运营应用程序，包括实时定价功能），直接从计量设备获取数据可能更可取，因为这些用例可能不需要 VEE。

- **数据验证。** 除了验证能效、需求响应或其他措施的影响之外，数据验证还可以用于应对数据处理过程中数据的变化（审计跟踪）。此外，需要将实际计量用电量与用户在不参与需求响应活动情况下的用电量进行比较。这需要一个经得起推敲的回归模型和/或产生“反事实”（捏造的）数据的历史使用模式。
- **有意义的信息。** 分析将数据转化为信息。有意义的信息因用户类型而异（例如，能源使用量非常高的大型工业用户与房屋业主有着不同的用电需求）。

与 DSM 相关的施耐德电气解决方案

以下是施耐德电气针对上述四个 DSM 相关用例的解决方案：

- **电网用户参与和数据访问。** 施耐德电气的 Energy Profiler Online (EPO) 是一个用户为中心的工具，用于基于云的参与、能源管理和需求响应 (DR)。它可以向电网用户发送消息，请求采取时间敏感的 DR 措施。与 AutoGrid（见下文）等公司合作，EPO 可以实现自动化 DR。
- **提高能效。** EPO 还可以通过分析来提高能效，帮助 C&I 用户确定节能方法。该工具可帮助 C&I 用户了解他们是如何使用能源的（例如，通过负载持续时间曲线），比较能效和需求管理的好处，检查假设情景，并进行其他分析。

- **需求响应 (DR)**。施耐德电气合作伙伴 AutoGrid 是一家虚拟电厂 (VPP) 软件提供商。其软件创建了一个独立的 DER 系统网络 (包括 DR)，使用调度和自动化 (机器对机器) 控制系统进行物理操作，像一个独立能源资源一样运作。数字平台可以将配网电力公司及 DER 连接在一起，灵活地实时管理能源供需。通过使用低延迟数据，AutoGrid 可以提供资产可见性，并跟随负载情况对资产进行实时增减。大约 20% 的发电厂每年运行时间不足 20 小时。AutoGrid Flex (AutoGrid 提供的软件产品之一) 是一个面向电网的工具，是实现柔性 (例如，在太阳能发电可用时增加负载，或减少负载以减少高峰用电量) 的一个重要推动因素，有助于推迟新电厂的建设。
- **分布式电能存储**。AutoGrid Flex 可以在分布式固定和移动 (EV) 电池原定用途的额外约束下控制电池。EPO 可以通过假设情景对太阳能光伏和 EV 车队进行建模，以计算负载变化和收入/成本影响。EV 和电池制造商也需要允许这种控制，这可能会影响产品的寿命。

DSM 中数据管理的价值

成本效益。 DSM 中的数据管理可以提供以下成本效益优势：

- 电力公司可以通过善用 DSM 来推迟输电和发电投资，从而提高电网运营效率。
- 电网客户经理可以更高效地提供客户服务。
- 电力用户可以通过峰值负载管理来降低建筑的需求费。

可持续性/柔性。 DSM 中的数据管理可以支撑人们对电网交互型建筑日益增长的兴趣，解决建筑能源管理问题，提高可再生能源渗透率，并将建筑用作一种柔性资源，在避免使用化石燃料发电的前提下满足峰值需求，增强可持续性。

弹性。 DSM 中的数据管理有助于在极端事件期间克服系统不稳定性，支持微电网的使用，并在停电后快速恢复供电。



10

智能计量

概述：智能计量概况

几十年来，电力、天然气和供水公司通过手动抄表来测量其商品的使用情况。

自 2000 年代中期以来，许多电力公司安装了智能电表，通过通常位于附近电线杆上的中央数据收集器，将数字化的使用信息自动传回电网。数据从中央数据收集器流入计算机化的计费系统。

除了近乎实时地测量用户的用电量外，智能电表还测量电压水平，以及电力服务的二元（开/关）状态。这些电表还可以远程连接和断连用户，检测数据篡改，并测量双向电流。

配电电网的历史遗留信息和管理系统

电表数据管理系统 (MDMS) 为计费系统、网络门户和其他信息系统处理和存储间隔负载数据。

用户信息系统 (CIS) 处理来自 MDMS 的数据，连接计费系统，并存储有关用户位置、人口统计情况、联系信息和账单历史的数据。

配电管理系统 (DMS) 处理有关停电和用户电压水平的数据，并实施程序来优化电压和无功伏安 (VAR) 水平。

地理信息系统 (GIS) 是一个基于地图的数据库，可将电网基础设施可视化。

停电管理系统 (OMS) 处理来自智能电表的开/关数据以识别和隔离停电位置，并与 GIS 连接以派遣维修人员和管理服务恢复。

有了智能电表，电力用户可以更好地监测和管理其能源使用，而电力公司则可以直接从电表接收信息，从而更快地发现停电并恢复供电。电网和用户都会收到有关能源使用情况的更详细数据。智能电表通常每天多次记录和传输用户的能源使用情况，间隔可为每 5、15、30 或 60 分钟。

智能电表是高级计量基础设施 (AMI) 系统的一部分，该系统整合了智能电表、通信系统和电表数据管理系统 (MDMS)。为了支持 AMI，电力公司使用各种有线（如光纤电缆、电线通信 [PLC]）和无线（如射频 [RF] 网、RF 蜂窝）技术。

通信系统将数据传送到前端软件系统，该系统管理智能电表与其他信息系统之间的通信，包括 MDMS、CIS、DMS 和 OMS（见侧边栏）。AMI 使电力服务提供商能够与用户沟通，并提供分时电价和其他服务。通常，配网电力公司首次体会到数字化数据的威力，便是通过智能电表。

当今的挑战和目标

使用智能电表超过 15 年后，电力行业和监管机构普遍认可其价值：

- 缩短停电时间，降低停电成本
- 通过远程读数降低计量和计费成本，减少卡车里程和劳动力使用
- 增强用户对电费的控制
- 通过用户激励措施和直接负载控制计划来减少高峰需求，降低资本支出

“为什么”要采用智能电表、实现数字化已成为无需提出的问题。但“如何”来实现这一切仍是一项艰巨任务。其中的一项核心挑战便是整合多个信息和管理系统，以改善电网效率、态势感知、用电恢复和 DER 管理。

电力公司通常面临以下两大挑战中的一项，具体取决于其智能电表实施进度：

- **整合。**开始安装智能电表和 AMI 的配网电力公司需要整合计量数据与现有的遗留系统，这非常有助于实现智能计量的价值主张。
- **数据挖掘。**几乎或完全完成智能电表和 AMI 转型的电力公司需要挖掘计量数据，以获得有价值的用例。

整合

财务交易的第一步——计费功能——始于电表。来自智能电表的数据量大大超过了现场工作人员以前收集的数据量。将该数据应用于计费之外的其他功能，需要遵循一系列步骤：

- 智能电表数据管理系统 (MDMS) 从智能电表收集数据，并将数据传输到计费和其他软件系统。
- MDMS 的一项主要功能是检测和纠正电表数据中的错误或遗漏。这个过程被称为验证、估计和编辑 (VEE)。
- 处理完数据后，与其他系统交换数据会带来新的技术挑战。如图 23 所示，电力数据管理系统通常是相互孤立的，与智能电表也是相互孤立的。

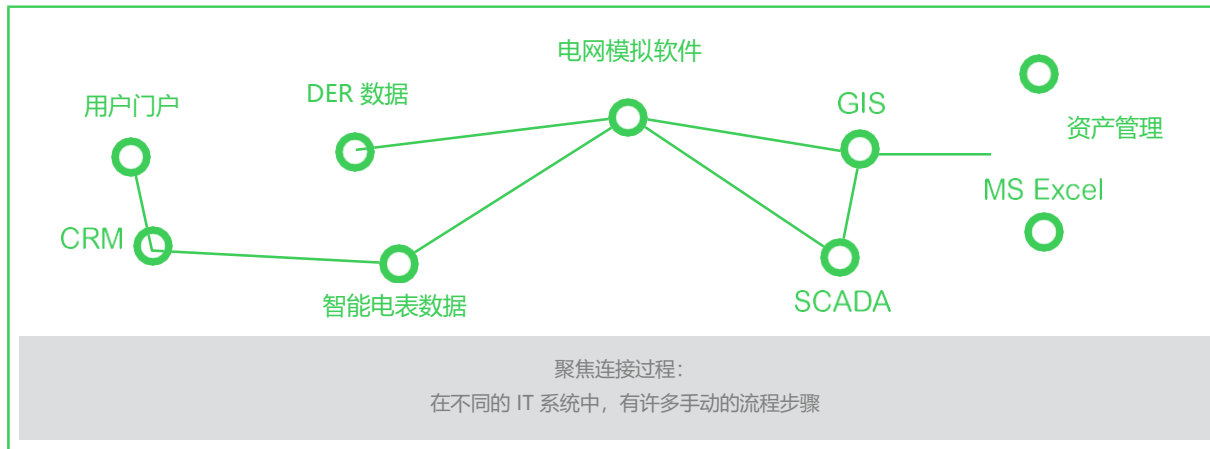


图 23. 整合智能电表数据与其他孤立的信息系统具有挑战性

整合 AMI、MDMS、CIS 和计费功能，提高了计费的准确性，从而提高了用户满意度。整合 CIS 使客服人员能够访问计费数据以解决计费问题。但是，当 AMI、计费和 CIS 系统来自不同的供应商时，经常会出现问题。

整合 AMI、OMS 和 DMS 可以提高可靠性（例如，降低停机频率，缩短停电时间）。这一整合可以为 OMS 提供来自智能电表的开/关信号，增强控制室操作员和现场工作人员查明停电原因的能力。在整合智能电表、AMI、物联网 (IoT) 设备和快速发展的用户能源管理技术的过程中，可能会出现互操作性问题。

电力公司感兴趣的另一个领域是整合智能计量数据和 DER，以识别 DER 状态并提高配电自动化程度。电力公司普遍预计，未来十年内将有许多电动汽车接入电网。要想从这一整合中实现最大价值，就需要进行仔细的管理和协调，以了解电动汽车何时充电或向电网供电。

数据挖掘产生价值

电力公司认识到，智能电表数据是一个有用的信息来源，但要从数据中提取价值，就需要将智能电表数据与遗留的各种信息和数据管理系统整合起来。这项任务可能还需要挖掘大量的非结构化数据，以揭示日益分散的配电网中的模式。对这些数据的分析可以改善对能源使用的预测，并提供电力系统异常的证据。这有助于提高运营效率和用户满意度。

一些电力公司将他们的智能电表数据发送到所谓的“数据湖”，以供人工智能/机器学习技术使用。如今，一些供应商提供带内置算法的云服务，以检测异常的能源使用情况，或提供电表测得的断电数据。一些分析师推测，数据分析可以帮助电力公司调整配电资产的规模，制定新的费率计划，或在日益复杂的 DER 环境中平衡能源资源。

当今推荐的做法

低压通信技术包括智能电表，以及各种传感器和物联网设备。

从这些设备涌入的数据造成了一种颇具挑战性的情况：电力行业需要将正确的数据引入正确的软件系统，从而为正确的业务流程提供信息。但今天，在许多电网统中，智能电表和其他数据被手动分类并发送到各种 IT 和 OT 平台。以下推荐措施有助于在电网复杂的遗留系统中进行数据管理：

- **将电网数据接口数字化。** 电力公司管理着多个遗留平台，这些平台为不同的流程导入和导出不同类型的数
据，也可能驻留在不同部门的“孤岛”中。任何剩余的手动有纸化流程都应数字化。
- **实现复杂的 IT 和 OT 基础设施的自动化。** 今天，在许多电力公司中，智能电表数据被传输给电表数据管理
员，管理员验证数据并将相关部分发送至监管机构、供应商和其他各方，以执行各种任务。复杂的 IT 和 OT
基础设施减缓了这些数据的传输和使用。实现这一过程的自动化将为配网电力公司带来巨大的好处。
- **实现电网影响分析的自动化。** 通过自动化流程来摄取、分析和可视化来自智能电表、GIS、CRM 和其他来
源的数据，是改善低压网络运行的最佳方式。
- **制定互操作性规范。** 为可互操作、不依赖于电表的前端、MDM 或低压分析系统制定规范，以确保这些系统
面向未来，并可与 ADMS、GIS 和计费系统轻松整合。

创造价值的业务成果

- **提高成本效益。** 智能电表已证实能够降低抄表的人工成本。对这一数据和其他低压数据进行有效的自动化和
整合，还可以降低向各种电力公司运营和信息系统提供数据的劳动强度。
- **增强弹性/可靠性。** 电力公司可以通过提高可见性、改善对低压网络的分析和控制来提高弹性和可靠性。
- **提高可持续性。** 智能电表消除了人员开车上门抄表的需求，从而显著提高了可持续性。对低压网络进行更有
效的数据管理使电力公司能够整合更多的 DER 并优化其使用，这同样会对可持续性产生巨大的潜在影响。
- **更大的柔性。** 整合智能电表数据与电网信息系统，可以提高低压电网数据的粒度，从而改善电网分析（如潮
流、状态估计），优化系统性能，并为运营商提供更大的柔性。

施耐德电气解决方案

施耐德电气在智能计量领域提供三款产品，通过数据分析以及运营数据存储和管理功能，改进传统的高级计量基础设施 (AMI) 和电表数据管理 (MDM) 功能。

EcoStruxure™ 电网计量运营是一个前端系统或电表运营中心。施耐德电气的前端系统可以对接多种电表技术和协议，具有高度的互操作性。该系统还提供设备管理功能。它接收来自智能电表的数据，并向智能电表发送操作信号，同时存储来自智能电表的负载数据，以便为用户计费。

EcoStruxure™ 电网计量顾问是一个覆盖整个数据管理生命周期的 MDMS。除了简化计费和改善收费流程外，施耐德电气的解决方案还支持整合多个不同的数据源，包括大多数 AMI 前端系统、远程终端单元 (RTU) 和智能电子设备 (IED)。施耐德电气的解决方案作为一个以安全为中心的单一平台，可以丰富电表数据并应用分析技术。它提供：

- 数据聚合
- 纳入多个不同的数据源
- 可视化工具
- 智能电表、AMI 网络和配电网络的可见性
- CIM 整合模型

EcoStruxure™ 电网计量专家提供低压电网分析。作为一种基于云的软件即服务，它提供 DER 分析、损耗计算、负载平衡、电气拓扑等。



11

网络安全

概述

网络安全挑战和实践远不止本指南中涵盖的数据管理的各个方面。

- **数据**是新型数字化电网的命脉，是数据管理的基石，也是价值的终极驱动因素。
- **数据管理**是电力公司实现可持续性、弹性、成本效益、柔性等目标的重要方式。
- **网络安全**是一道必不可少的基本保障，必须渗透到数据管理的各个方面。

当今的挑战和目标

网络攻击

网络安全挑战正变得越来越复杂。为防止敏感数据泄露，全球政府正采取措施加强网络安全。

2015 年 12 月，黑客利用恶意软件造成乌克兰伊万诺-弗兰科夫斯克地区数十万家庭停电 6 小时。研究人员表示，这是恶意软件禁用 SCADA 设备的首个实例，也是恶意软件首次造成断电³⁶。

2020 年初，在美国，黑客入侵了 SolarWind 的系统，该系统管理着 30,000 多家公司和组织机构的信息技术 (IT) 资源。在该系统向用户发送的系统更新中包含了黑客代码，使黑客能够监视多达 18,000 家组织机构，包括微软、思科、英特尔、美国国土安全部和美国财政部，而且在数月内都未被发现，暴露了敏感数据³⁷。

2021 年 4 月 29 日，在美国，黑客入侵了 Colonial Pipeline 的 IT 网络，并于 5 月 7 日索要 440 万美元的赎金。为应对入侵，该公司关闭了美国最大的燃油管道，导致整个美国东海岸汽油短缺。该公司支付了赎金，确认其管道并未受损后，于 5 月 12 日重新启动了每天输送 250 万桶燃油的管道³⁸。

政府行动

这些以及其他网络安全攻击促使美国总统拜登发布了关于网络安全的行政命令³⁹。该命令中的安全保障范围包括处理数据的系统（IT 系统），确保我们安全的重要机器（运营技术 [OT] 系统），以及关键软件的安全性和完整性。

³⁶ Trend Micro, “乌克兰报告了首次由恶意软件造成的停电”，2016 年 1 月 6 日。

³⁷ Business Insider, I. Jibilian 和 K. Canales, “美国正在讨论针对 SolarWinds 网络攻击对俄罗斯实施制裁。这篇文章简明扼要地解释了这场大规模黑客攻击是如何发生的，以及它为什么关系重大，” 2021 年 4 月 15 日。

³⁸ Bloomberg, W. Turton 和 K. Mehrotra, “黑客窃取密码入侵 Colonial Pipeline”，2021 年 6 月 4 日。

³⁹ 白宫, “情况说明：总统签署行政命令，为改善国家网络安全和保护联邦政府网络制定新方针，” 2021 年 5 月 12 日。

2020年12月，欧盟委员会公布了欧盟网络安全战略。该战略“旨在建立网络威胁抵御能力，确保公民和企业从值得信赖的数字技术中受益。”⁴⁰ 该提案加强了对公司的安全要求，规定了一种必须实行的风险管理办法，包括必须应用最低基本安全要素清单。此外，欧盟委员会还提议，要求个别公司解决供应链和供应商关系中的网络安全风险。在能源领域，欧盟能源监管机构合作署（ACER）于2021年7月发布了一份不具约束力的《特定行业跨境电力流动网络安全规则框架指南》⁴¹。该框架指南“为制定具有约束力的网络安全守则提供了高层次的原则，将有助于维护整个欧洲电力系统的安全性和弹性。”⁴²

当今推荐的做法

关于敏感数据的政府法规

世界各地的政府法规均要求敏感数据保持“隐私性”。数据不能出境，也不能在互联网上公开。例如，在北美，北美电力可靠性公司（NERC）的关键基础设施保护（CIP）条例不允许将这些数据接入互联网⁴³。

在欧洲，“欧洲数据战略”将能源数据空间确定为“以用户为中心，以安全可信的方式促进更大的数据可用性和跨部门共享”所需的九个数据空间之一⁴⁴。该战略概述了通用的数据治理机制。此外，《非个人数据自由流动条例（欧盟）2018/1807》⁴⁵和《通用数据保护条例（欧盟）2016/679》⁴⁶建立了一个透明且运作良好的数据保护框架。《欧洲数据治理条例》提案⁴⁷规定了数据交换和数据空间的原则。

安全模型

以下实践和方法（如下文中的五个小标题所示）可以用来创建安全模型，在构建安全系统时可以使用这些模型。

敏感数据的范围

敏感数据包括：

- 宏观层面（如变电站层面）的利用情况数据，如容量、用电量、成本、燃料组合、一次能源等。
- 哪些电网资源在用，哪些停用

⁴⁰ 欧盟委员会和欧盟外交与安全政策联盟高级代表，“欧盟网络安全战略”，2020年12月16日。

⁴¹ 欧盟能源监管机构合作署，“特定行业跨境电力流动网络安全规则框架指南”，2021年7月27日。

⁴² 欧盟能源监管机构合作署，“特定行业跨境电力流动网络安全规则框架指南”，2021年7月27日。

⁴³ NERC CIP，“CIP标准”，2021年8月访问。

⁴⁴ 欧盟委员会，“欧洲数据战略”，2021年9月访问了该网页。

⁴⁵ 欧盟官方公报，“欧洲议会和理事会2018年11月14日关于欧盟非个人数据自由流动框架的条例（EU）2018/1807”，2018年11月28日。

⁴⁶ 欧盟出版办公室，“欧洲议会和理事会2016年4月27日关于在个人数据处理方面保护自然人和此类数据自由流动的条例（EU）1016/679”，2021年9月访问了该网页。

⁴⁷ EUR-Lex，“欧洲议会和理事会关于欧洲数据治理条例（数据治理法案）的提案”，COM/2020/767，2020年11月25日。

- 网络模型
- 数据模型
- 用于与现场设备通信的协议
- 证书信息，使任何身份验证都无法被攻破

系统开发过程中的数据保护和安全

因此，在解决方案和系统开发过程中，需要一个基础设施，以：

- 确保这些数据（以及会话本身）被加密
- 确保这些数据来源于使用虚拟专用网络 (VPN) 的机器，VPN 可以防止分裂隧道并防止接入互联网
- 无论这些数据是在电网还是在区域解决方案中心 (RSC) 内运行，都要确保数据保护到位
- 包括使用哪些机器（安全控制）、谁可以访问这些机器（访问控制）、谁可以查看和操作数据、使用什么存储机制、使用什么复制机制等。

电网应用程序中的数据保护和安全

然后，当电力公司使用需要在中央系统之间以及在运营和现场（如 ADMS、SCADA、OMS 和现场系统）之间进行通信的解决方案和系统访问这些数据时，必须为访问这些数据提供安全保障，同时允许正当的数据使用。这需要：

- 数据加密
- 多因素认证
- 正确配置防火墙，打开适当的端口，实现适当的通信，并进行深度数据包检查，以过滤掉恶意软件和不需要的流量
- 确保数据访问的方向总是从安全性相对较高的区域到安全性较低的区域；不能从安全性较低的区域访问安全性较高区域的数据

在智能电网领域，各种标准（例如，IEC 62443，见下文；以及来自“数据和通信安全”第 15 工作组的 IEC 62351，见本指南中的标准部分）可以帮助系统集成商和解决方案提供商建立防御方法，保护 OT 应用程序。

智能现场设备的数据安全

如今，智能设备（又称工业物联网 [IIoT]）了解互联网和基于云的系统。例如，当今的传感器使用的架构与操作系统提供“内置”功能（如加密身份、安全启动、安全更新、端到端安全通信），而所有这些都无需人工干预。这使得这些智能设备能够有效地集成到基于云的系统。在工业领域，最具相关性且全球公认的网络安全参考标准来自 IEC 62443-4-2 标准。

云端数据安全

随着云计算越来越普遍（如云端的大型 GIS 数据系统），云安全模型也越来越成熟，它们需要具备各种能力：

- 静止状态下（例如，在存储中的数据）的云端数据，必须使用得到妥善保管的加密密钥进行保护。
- 数据需要能够安全地与开发人员和电网本地系统来回通信。

安全开发生命周期 (SDL)

为了在收集和处理数据的系统中妥善地“内置”安全性，施耐德电气建议根据适用的标准（例如，IEC 62443-4-1 是工业自动化硬件、固件、软件和系统的 SDL 标准）使用和执行 SDL。施耐德电气被国际知名的 TÜV Rheinland⁴⁸ 流程和安全审核机构认证为符合 IEC 62443-4-1 标准，达到了“已践行”的成熟度水平。图 24 显示了一个产品安全开发过程，该过程实施了以下步骤并形成闭环：

- 从安全要求开始（包括列举威胁载体的威胁模型）
- 设计相应的功能来抵御这些威胁（如身份验证、授权和加密）
- 审查安全设计
- 审查已部署设备的安全性
- 作为标准软件开发过程的一部分，进行渗透测试、漏洞扫描和安全更新管理
- 制定终端用户配置、维护和操作安全指南



图 24. 安全开发生命周期

⁴⁸ TÜV Rheinland 官网，2021 年 8 月访问。

端到端安全

施耐德电气建议采用一种端到端的安全解决方案，它可以覆盖整个数据路径和产品开发生命周期。第一步是确定需要保护的信息并对其进行分类。随着新的供应链要求的颁布，该领域还在不断发展中。当数据被归类后，需应用适当的安全控制：

- 在设计系统时
- 在传输数据时
- 当数据处于静止状态时，以及数据是否需要被匿名化
- 数据在不同系统中的使用方式
- 如何与使用分析和人工智能的基于云的系统交换数据
- 电力公司如何使用数据

隐私与安全密不可分

数据隐私是一个广泛而复杂的领域，涉及到遵守一系列不断发展的法规：

- 在美国，《加利福尼亚消费者隐私法》（CCPA，2020 年生效）
- 在欧盟，《通用数据保护条例》（GDPR，2018 年生效）
- 中国新的网络安全和数据隐私要求
- 个别国家的隐私要求

要问供应商的问题

要问供应商的相关问题是：

- 你们是否遵循经认证符合 IEC 62443-4-1 标准的 SDL？
- 你们是否有符合 ISO 30111 的漏洞响应流程？
- 你们的设备是否符合 IEC 62351 标准中的网络安全要求？
- 你们在现场部署的系统是否经认证符合 IEC 62443-3-3 标准？
- 你们的现场设备是否通过了 IEC 62443-4-2 认证？

创造价值的业务成果

实施一系列广泛的网络安全实践可以实现以下业务价值：

- **弹性/可靠性。**降低网络安全攻击的发生率和严重程度可以提高电力公司电力系统的可靠性和弹性。
- **企业和财务可持续性。**加强网络安全实践，最大限度地降低入侵的发生率、严重程度以及入侵发生时的透明度，并遵守安全及相关标准和法规，可以维护或提升（而不是损害）企业的品牌形象，提高用户对电力公司的满意度。
- **成本效益。**加强网络安全实践，降低攻击发生率/严重程度，可以降低抵御这些攻击的成本。

施耐德电气解决方案

施耐德电气已在自身业务和客户业务中实施了上述最佳实践。

本报告不对施耐德电气广泛的安全实践和举措进行介绍。但是，以下是施耐德电气网络安全文化中与管理数据特别相关的亮点。

TÜV Rheinland 已认证施耐德电气的 SDL 流程符合 IEC 62443-4-1 网络安全标准，这确保了施耐德电气在产品开发流程的每个阶段以及支持和维护阶段都考虑到了网络安全。施耐德电气还通过以下方式加强网络安全：

- ISO/IEC 27001 认证（信息安全管理）
- 高安全性研发中心
- 持续培训
- 面向客户的事件/漏洞管理流程
- 功能发布前所有产品都经过渗透测试流程和认证，至少每年进行一次

施耐德电气的解决方案与世界各地的主要法规和倡议保持一致。例如，施耐德电气正在使其战略举措与美国关于网络安全的行政命令（2021 年 5 月 12 日）保持一致⁴⁹，包括安全供应链 SDL、安全业务环境和适用认证，还包括维护一个敏感数据分类框架，并实施专门的数据管理和控制流程，以帮助确保敏感数据的安全。

在政府关系方面，施耐德电气参与了美国能源部的倡议，例如：

- 爱达荷国家实验室的弹性工业控制系统网络测试 (CyTRICS)⁵⁰，测试能源部门 OT 的网络弹性。
- 网络安全制造创新研究所 (CyManII)⁵¹，结合了网络安全、智能和节能制造、供应链等

施耐德电气的“数字电网（数字电网和电网现代化计划）”启动了一项新的网络安全计划，将战略和规划、一致性和合规性、产品开发、交付和运营整合到一个组织中，以将安全价值传递给客户。

施耐德电气团队成员和施耐德电气站点拥有广泛的认证，并与众多第三方安全和标准审计评估合作。施耐德电气团队融合 IT 和 OT 领域的经验，可解决多个层面的网络安全挑战：

- 覆盖全运营周期的网络安全解决方案
- 态势感知、合规性、变更管理和大数据安全方面的技术伙伴关系
- 遵循 IEC 62443-2-4 的产品和系统部署，包括更安全的产品和服务交付
- 端到端网络安全设计
- 为现有客户已装的系统提供网络安全评估服务

施耐德电气与其客户合作，提供以下服务：

- 支持初始设置、配置和测试
- 通过 Web 界面为预定义的授权用户和用户组提供对特定资产的更高访问安全性
- 建立多个安全协议，以便在用户连接并通过身份验证后使用
- 使用户能够在授权的远程系统上请求文件传输或其他活动
- 对这些请求进行认证，以便更安全地发送和检索文件
- 用日志文件和实时视频来记录会话
- 提供完整的事件后取证和审计功能

⁴⁹ 白宫，“情况说明：总统签署行政命令，为改善国家网络安全和保护联邦政府网络制定新方针”，2021 年 5 月 12 日。

⁵⁰ 爱达荷国家实验室官网，“CyTRICS：弹性工业控制系统网络测试”，2021 年 8 月访问。

⁵¹ 网络安全制造创新研究所 (CyManII) 官网，“保障美国制造安全性的网络创新”，2021 年 8 月访问。



12

未来愿景：数字孪生、分析及更多

引言

数字孪生值得特别关注，因为它们：

- 贯穿上述所有九个应用案例
- 提供了如何在近期内改善电网数据管理的一种思路
- 是通往功能强大的各类高级分析的桥梁，有望带来显著的业务收益

数字孪生是模拟真实世界系统的建成或运行状态的任何软件/模型的总称。但这个定义并不全面。本节解释了原因，这也许是本指南中重要的一节。

数字孪生的用途和适用范围

数字孪生的用途是帮助改善决策（更快做出更明智的决策），在虚拟化/软件定义的环境中使用强大的模拟器和/或分析技术来优化电网的业务。

虽然软件将越来越多地纳入专业知识和推理能力，但在短期内，数字孪生将继续为人类决策者（提供更广泛的背景信息）提供支持。

今天，数字孪生可以满足多种类型的决策支持需求，这些需求通常存在于以下方面的孤岛中（见图 25）。例如，数字孪生可以遵循解决方案层次结构，包括物理资产或设备（如断路器或保护继电器）、系统（如变电站、馈线）、整个电网，或电网和电网边缘。设备数字孪生的内容会随着时间的推移而不断发展，从简单到复杂，但至少会包含一个资产静态模型。

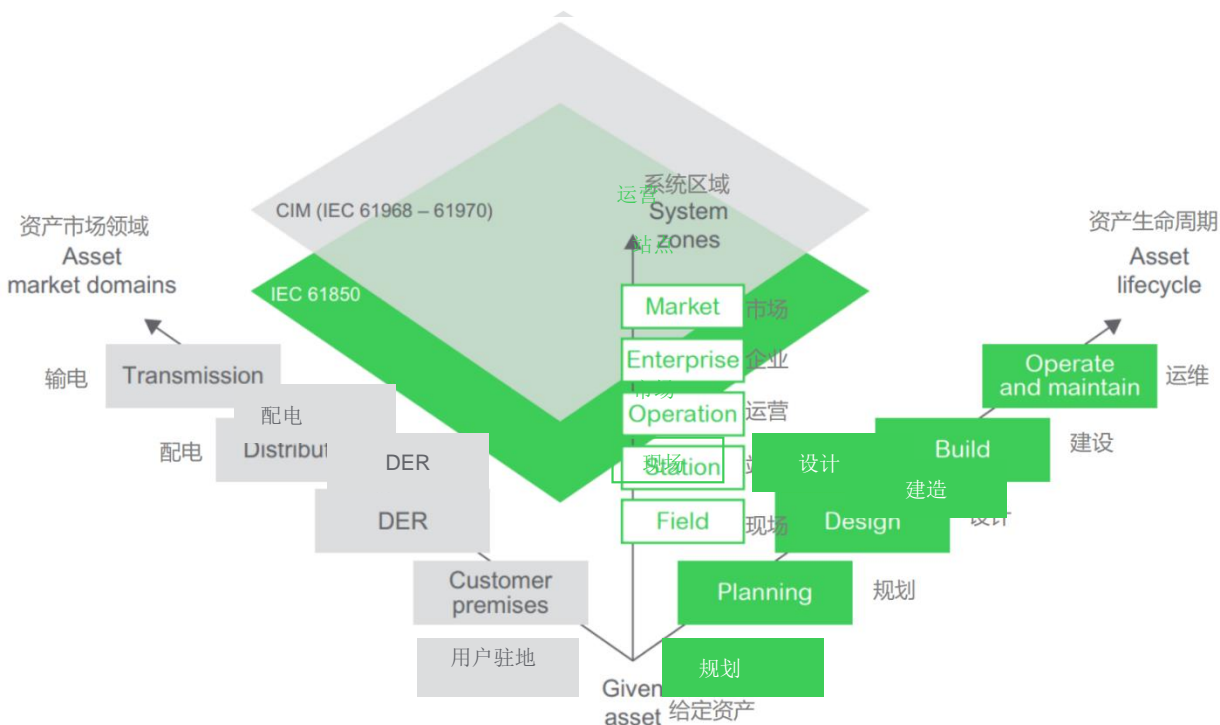


图 25. 电网数字孪生可以从多方面提高业务流程的效率

系统级别和更高级别的孪生可以从零开始创建（今天的情况），也可以以较低级别的数字孪生为基础（未来的情况）。后者对应于单个物理资产的上述数字孪生，或与“系统建模器”相关联的上述数字孪生，EPRI 正在其“电网模型数据管理 (GMDM) 计划”中对此进行调查⁵²。在考虑电网边缘资源时，模型将需要根据电网参与方面的 DER 政策进行动态调整。

此外，孪生可以考虑到整个生命周期，包括资产设计、运营、维护、规划等阶段，以及这些阶段之间的相互依赖关系（见图 25）。使用数字孪生的模拟可以按以下方式分组：

- **技术性模拟**
 - 三维空间和几何约束
 - 电工技术（例如，电压水平、系统稳定性、组件额定值）
 - 可靠性（即可用性、可靠性、可维护性和弹性的组合），涉及技术选择、维护计划类型、系统架构，以及与生态系统的电网服务等级协议
 - 每个产品的生命周期，包括解决产品过时问题
- **可持续性模拟**，包括能效、碳足迹、热能方面和总能源（电力和能源过程）
- **财务模拟**，包括资产投资规划、投资回报率 (ROI)、总拥有成本 (TCO) 和交付模式，如软件即服务 (SaaS)
- **与人有关的模拟**，用于培训、运维支持、健康与安全、工单管理等

多种类型的数字孪生

数字孪生可能会以以下方式发展，本节探讨资产管理和建设的部分将对这种发展做进一步阐述：

- **“静态孪生”** 促进控制中心和变电站之间的数据模型交换。
- **“功能性孪生”** 包含一些动态行为，促进 ADMS 和 GIS 等之间的动态数据模型更新和验证。
- **“自适应数字孪生”** 包含动态变化的功能，这些功能与电网边缘有关，包括 DER。
- **“智能数字孪生”** 结合自主性、学习和推理能力，为复杂的规划方案提供支持，包括优化电网和电网边缘。

⁵² EPRI, “电网模型数据管理 (GMDM) 供应商论坛：一个由 EPRI 赞助、供应商资助的合作计划,” 3002017776, 2021 年 2 月 19 日。

数字孪生扩大使用的 促进因素和驱动因素

数字孪生的重要促进因素或驱动因素包括软件的增加（反过来需要模型）和各种模拟器、协同模拟和多阶段模拟的持续改进。

展望未来，施耐德电气认为，数字孪生在业务和技术方面面临如下促进因素或驱动因素。

新业务促进因素

从更高层次而言，数字孪生的增长反映了人们认识到进一步优化需要更广泛的系统视图（例如，电网和电网边缘资源等资产之间的互动）。另一个驱动因素是对数据进行估值的意愿，因为越来越多的利益相关者将数据视为一种资产。与此同时，各种应用程序中相对较新的方面——如可持续性、风险管理和网络安全——正在推动对数字孪生的需求。新的法规正在引起人们的兴趣，并为数据业务建立框架（例如，一项正在进行的欧盟委员会调查在初始影响评估中提出了“数据法案”⁵³）。

未来，可能会出现一个数字孪生市场。在这种情况下，多方将利用数据（可能只是各类数据之间的一种关系，也可能是一个利用这种关系辅助决策的模拟层）创造价值。如果电网需要数字孪生，则可以从数字孪生市场获得。

新技术驱动

数字孪生的技术驱动因素包括“软件定义一切（SDx）”的成熟，其中包括软件定义自动化（这是电网变电站自动化的一个可能的未来）、网络、存储、数据中心等。另一个驱动因素是平台业务（即与各种利益相关者交换信息的能力）在生态系统内有选择地共享数据。一个相关的驱动因素是混合云技术的出现，使公共信息可以存储在公共云中，而敏感信息则可以存储在私有云中。同样，向资产库（“容器化”数据以加速业务流程）的转变，也推动了数字孪生的发展。在现场，可以通过设备二维码来访问现场产品的数字孪生，以输入到各种模拟器。

此外，各种本体（即知识的表示）的出现也发挥了作用，最初是在特定领域：

- 建筑信息模型 (BIM)、通用信息模型 (CIM)、IEC 61850 等
- 微软新能源电网本体、数字孪生平台和相关的开放建模语言（数字孪生定义语言）⁵⁴
- 英国在顶级本体和行业数据模型方面的努力，其中包括基础数据模型、信息管理框架和国家级数字孪生⁵⁵
- 一篇 CIRED 2021 会议论文，关于从数据管理角度克服在电力行业部署数字孪生时遇到的困难⁵⁶

⁵³ 欧洲议会官网，“立法时间表，拥抱数字时代的欧洲，数据法案”，2021年8月访问。

⁵⁴ Microsoft, OP Ravi, “数字孪生的能源电网本体现已可用”，2021年5月6日。

⁵⁵ 剑桥大学，英国数字化建设中心，Angela Waters, “顶级本体和行业数据模型”，2020年11月17日。

⁵⁶ L. Guise 等人，“如何克服在电力资产整个生命周期部署数字孪生时遇到的困难？数据管理视角”，论文 0547，CIRED 2021 会议论文，2021年9月20日至23日。

数字孪生的未来应用

本小节涵盖以下主题：

- ADMS 和数字孪生
- 建筑数据管理和数字孪生

ADMS 和数字孪生

由于上述范围演变，电力公司收集和处理的的数据量正在显著增加。数据增长的主要原因是电网扩张、新型工业物联网 (IIoT) 设备的渗透、新系统与电网信息技术/运营技术 (IT/OT) 的整合等。所有这些数据都被传送到 ADMS。这给 ADMS 模型管理者的日常活动带来了挑战，影响了他们的关注重点和效率。挑战包括如何导入、验证数据并将其集成到所有 ADMS 应用程序的通用网络模型中，以实现更大的效益。

施耐德电气对 ADMS 模型管理的愿景是高度自动化、端到端、无缝的模型管理体验，只需最少的用户干预即可进行电网管理。这意味着：

- 模型管理者只需关注关键、重要的活动
- 使模型管理者能够控制整个过程，包括决定怎样以及何时触发其他系统的数据导出，何时验证数据，何时集成所有模型，等等。
- 提供易于使用的高品质产品，以维持所取得的模型的质量

目标是提供一个准确的、最新的、可访问的网络模型，使电力公司能够应对气候变化和其他挑战。

建筑数据管理和数字孪生

建筑能源建模

关于电网数据管理和数字孪生，本指南讨论的范围包括由建筑物组成的电网边缘。因此，对建筑数据管理的讨论是切题且有用的。

在发达国家，建筑行业是最大的最终能源消费者之一，消耗了总能源的 40%。现有建筑，尤其是商业建筑，蕴藏着改善终端能效、需求响应、本地电网支持、可再生能源渗透率和弹性的巨大机会。

当从建筑能源*监测*解决方案（测量数据只是显示在仪表板上）发展为建筑能源*管理*时，需要将建筑的动态行为与该行为的最佳模型进行比较。该模型代表建筑物的预期理想行为，能源管理努力使建筑物的运行尽可能接近该模型。

在这种情况下，该“模型”是建筑的数字孪生。这个数字孪生应包括以下内容：

- 一个使用建筑信息模型 (BIM) 的**静态结构模型**，以表明建筑的组织 and 结构方式。

它包括建筑结构和用途、建筑区域和房间用途，以及技术架构，如电力网络、暖通空调网络等。全球建筑行业的建筑师和其他人越来越多地采用 BIM 来改善和加速提高建筑设计和施工的生产力，同时减少错误和成本。

- 一个使用建筑能源模型 (BEM) 的**功能性的、动态的能源模型**，以表明建筑物的预期行为，包括预测的能源使用。BEM 仍处于起步阶段，需要进一步开发来使之增强。
- **自适应模型**结合了来自电表和传感器的实时数据，这些数据表明了建筑中实际发生的情况，包括实际能源使用情况。今天，随着物联网设备的日益普及，这项技术正在迅速发展。

建筑数字孪生不仅可以促进更准确、更可预测的设计和施工交付过程，还可以为设施运维 (O&M) 团队提供建筑构造和能源特征的完整统一视图。反过来，这有助于建筑在竣工试运行后的运维，因为 BIM 模型可以包括（或参考）有关建筑物结构和内容的所有信息，BEM 模型可以优化能源运营，同时接收来自传感器和其他物联网设备的实时数据。建筑运维人员可以使用该数字孪生来分析建筑的行为，并最终定义新的控制方案，根据目标调整建筑的性能。

此外，建筑将在电动汽车智能充电领域发挥核心作用。建筑层面的智能充电可以避免大量的基础设施投资，提高本地和全球电网的弹性，并节省大量的运营成本。

建筑电气系统的标准化数据模型

为了实现有效的数字孪生，需要一个标准化的数据模型来描述建筑电气网络拓扑结构、开关设备、配电盘、控制网络以及具体设备。数字孪生需要对建筑数据连续体进行建模，因此，需要一个数据模型，对连续体各部分进行一致建模：

- 标明产品数据（使用 ECLASS⁵⁷、ETIM International⁵⁸、IDEA⁵⁹等产品分类标准）的电气产品被组装成配电盘、机柜等设备，同时也是电气网络和布线图的一部分
- 使用电气计算机辅助设计 (CAD) 工具设计的配电盘
- 将电气产品整合到电气网络中，产生电气 CAD 示意图
- 在建筑模型中表示配电盘和部分电气网络（使用 IFC⁶⁰、buildingSMART International⁶¹等形式的 BIM CAD）
- 采用 IEC 61850 的 CIM 和电气系统模型
- 各种建筑能源管理系统 (EMS)，使用实时数据来优化建筑系统运行

数字孪生面临的技术挑战

配网电力公司需要不止一个数字孪生。

这不是软件生成（即“融合”不同软件）的问题，而是因为：

- 模拟是在现实与某种模型（无论是数据之间的关系是简单还是复杂）之间的权衡。
- 数据量正在迅速增长（来自各种来源，包括物联网）。
- 新的模拟需求正在出现。

独立的数字孪生并不理想，因为各种孪生有着共同的数据需求。如果不能解决这种共性，导致冗余成本和安装生命周期内缺乏一致性，这可能不利于实现安全、弹性和总支出（资本支出和运营支出的总和）目标。此外，不同领域和模拟之间可能会发生交互，这就要求设法避免数字孪生模型歧异。

因此，一项关键的技术挑战是多个数字孪生需通过协作或联合来协同工作（即在系统架构中交换数据，以实现用例中定义的预期目标）。

⁵⁷ ECLASS 官网，“ECLASS 标准”，2021 年 8 月访问。

⁵⁸ ETIM International 官网，“ETIM，技术产品的国际分类”，2021 年 8 月访问。

⁵⁹ IDEA 官网，“IDEA 标准”，2021 年 8 月访问。

⁶⁰ buildingSMART International 官网，“工业基础类 (IFC)”，2021 年 8 月访问。

⁶¹ buildingSMART International 官网，2021 年 8 月访问。

数字孪生的发展和普及面临以下额外的技术挑战：

- 在**绿地（新资产）项目**中，每个设备都应该有一个数字身份，引用一个通用模型来为各种模拟器提供数据。设备数据应包括 3D 示意图、电气示意图、维护和可靠性信息、物理连接、不同孪生之间的逻辑连接，以实现自动化、维护、市场等目的。
- 对于**棕地项目**，数据收集包括对现有的遗留工作进行初步的手动数据收集（可能使用图像识别，并重新使用安装、调试和升级服务所需的软件），以及将 API 用于其他软件。随着数据量的倍增，需要实现自动化。了解和/或改善数据质量是在这一层面或在数字孪生创建期间完成的。在设备变更或完成审计之后，需要进行更新。
- 通过动态发现数字孪生（及其功能）和多域本体来**集成**来自各个领域的**数据**具有挑战性。这不仅包括添加来自不同领域的**数据**，还包括根据模拟需要组装数字孪生并访问数据库子集。OSIsoft 正在为相关解决方案做出贡献。
- **联合**各方拥有的**数据**后，每一方都有自己的时间敏感议程（他们可以自由地做他们想做的事，却不一定愿意成为更大系统的一部分）也带来了挑战。数据被视为有价值的资产（可能是知识产权），将受到现有的监管（如欧盟委员会）和技术倡议（如作为工业 4.0 一部分的国际数据空间 [IDS]⁶²）的支持。额外的复杂性来自数据资源的动态演变（因为它们会被添加和移除），如与电网边缘资源（如虚拟电厂）有关的数据。配网电力公司可能成为这种数据联合的协调者。这需要“发布”能力。
- **数字孪生管理**包括数据收集、验证和确认（V&V）、改进（例如，质量问题清理、模拟器要求、基于已完成场景的元数据计算、V&V 回归）和治理（例如，利益相关者访问权限管理、版本控制、拆分和重新集成、与其他孪生的连接、安装扩展的子模型标准化）。

数字孪生面临的业务挑战

数字孪生需要软件和服务。

软件从根本上说关系到不同类型的模拟器（离线运行或接收实时数据），以及模型管理平台。随着数据增加，服务（由各方提供的）可能会增多，包括以下内容：

- **数据治理**涉及最大化数据价值，包括其可用性、质量、用例利益和网络安全。
- **模型管理**不是效益最明显的部分，却是所有活动的基础，尽管其成本很高。
- **模拟执行**会选择最有希望的分析，定义场景的类型，并可能利用历史数据。

⁶² 国际数据空间协会官网，“国际数据空间：数据经济的未来就在这里”，2021 年 8 月访问。

未来愿景：数字孪生、分析及更多

- 通过应用程序专家，**建议制定**的范围延伸到了软件结果之外（例如，对结果进行背景分析并提出可操作的计划）。
- **实施跟进**通常会提高数字孪生的准确性，并带来对额外模拟的更大需求。

其他业务挑战包括：

- **建立业务案例**具有挑战性，通常涉及避免为每个应用程序重新创建数字孪生，利用数据获取更多价值，并降低风险（例如，提高安全性，避免准确的模型产生错误的结果）。
- **较高的初始设置成本**可以通过以下方式得到一定程度的降低：从纯模拟开始，为模型馈入真实数据，并持续更新模型；通过新的用例逐步完善模型；确保新设备有二维码（嵌入式数字化数据）。

施耐德电气数字孪生愿景

施耐德电气通过可互操作的电网数字孪生为配网电力公司提供模型驱动的电网管理解决方案。

这些解决方案适用于企业层面、变电站和馈线层面，以及使用数字日志的互联资产层面。施耐德电气在该领域的目标包括：

- 打破图 25 所示的三条轴线上的数据孤岛
- 提供相关的标准化和模板化的电网资产数字孪生
- 继续推进不同软件应用程序之间的深度整合：
 - ADMS 和 GIS 之间
 - ADMS 与变电站自动化工程之间
 - DERMS 和柔性平台之间
 - 资产性能管理和 ADMS 之间
 - 以及其它

数字日志

数字日志是一个在线存储库，可将所有利益相关者提供的所有设备信息、维护记录和项目文档保存在一个更安全、更易于访问的地方。日志可以使用多种数字工具进行访问。例如，配电盘建造商可以在配电盘建造期间使用 EcoStruxure™ Power Commission 启动数字日志。然后，在项目移交期间，这个数字孪生可以与承包商或直接与电力公司共享。数字孪生使人员能够记录重要的施工文件、用户指南和维护计划。这改善了协作，增进了洞察，同时也降低了成本。

分析的发展演变

数字孪生是分析和信息孤岛合并的先决条件之一。

随着分析的发展，它不仅将用于提高电网用户的成本效益，还将用于一系列能产生重要价值的举措，包括以下领域：

- 可持续性，包括气候变化
- 柔性，包括愈发重要的电网边缘
- 电力行业劳动力老龄化，以及获取机构知识和加强培训的需求 分析的这一演变可能是由于：
- 从网络自动化、变电站自动化、智能电表、DER、能源市场和其他来源获得了更多更高保真度的数据
- 将分散的、孤立的数据整合到综合数据库的能力
- 出现了包含分析的新型数据平台，结合纯数据科学与深入的应用知识

后者可以通过

OSIsoft 的 PI 系统等平台实现，该系统提供了一个数据基础架构，可帮助电力公司和其他机构开发分析工具（见图 26）。由广泛来源的数据组成的数据档案，会被输入定义好的资产框架（如变电站）中。对于每一种资产类型，都可以进行计算和分析。也可对资产类型定义事件和事件框架，当预定义的事件发生时，可以发送电子邮件和服务请求（通知）。

诸如此类的平台将提供配电网分析，从运营和经济角度提供端到端的电网视图。此类平台催生了数据之间更多样的关系，例如能源模型。终端用户的能源消耗或生产可以用能源模型来表示。一系列广泛的数据源可以被用来开发这个能源模型，其中不仅包括电表显示的用电量，还包括社会经济数据、行为模式（如电动汽车充电/放电/驾驶倾向）等。可以为终端用户开发数字孪生，该孪生的更高保真度有助于改进分析。反过来，分析可以为各种应用程序（包括电力系统运行、规划等）提供信息。

在图 26 中，资产框架不仅可以包括变电站等传统资产，还可以包括终端用户。电力公司和第三方可以开发关于终端用户的各种分析，定义事件和相应的事件框架，并在事件发生时触发通知。这使用户能够在电力公司可用的大量数据中识别特定事件，也就是所谓的“大海捞针”。

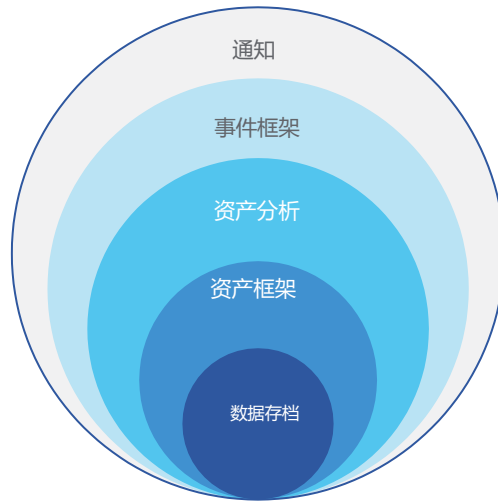


图 26。OSIsoft PI 平台为资产框架、资产分析等的开发建立了一个工具箱

这些能力将使“高级分析”以各种方式得到应用。对于现有领域，高级分析将使分析更加深入、快速和可靠。对于新兴领域，高级分析将融合传统的独立分析与综合分析（即支持“部门耦合”），并改善结果：

- **可持续性。**高级分析可以整合对能效、资产管理、电力系统规划等的传统分析，更有效地解决复杂的可持续性问题。例如，高级分析可以让电力公司更有信心地采用无电线替代品（而不是传统的新资产投资）来可靠地服务于用户。
- **柔性。**高级分析可以集成对 DER（包括需求响应和电动汽车）、电力系统运营、短期规划、能源市场等的传统分析，有效解决具有挑战性的柔性问题。

总之，分析将保留在传统应用程序中，而软件架构（如 OSIsoft 的 PI System）使终端用户能够开发具更多功能的分析组合，创造新的价值。



13

如何部署电网数据管理实践

概述

本节介绍了如何开始着手，从哪里开始着手，以及配网电力公司可以考虑在数据管理过程中实施哪些基于价值的实践。

本节讨论了通过常见的集成（包括数据治理、变更管理和其他）来解决这些问题。

起点很重要

电网当前的起点（例如其捆绑/非捆绑状态）决定了前方的道路，而各种外生（外部）和内生（内部）因素是影响起点的根本原因：

- **外因**包括：
 - 监管，特别是能源和柔性市场监管
 - 软件方面的考虑，包括软件的估价方式，对资本支出、运营支出和总支出的考虑等。
 - 电网边缘的当前状态（例如，电动汽车和智能恒温器的渗透率）
- **内因**包括电力公司的管理文化（如创新意愿、风险容忍度、增长预期）和现有电力资产（如软件、变电站自动化、智能计量等）

由数据支撑的 数据治理战略

任何一个组织（如配网电力公司）业务战略的执行都应得到数据的支撑（即，数据支持业务战略的执行）。

其业务能力应该以可信、可用、可持续而且在数据生产链中得到验证的数据为支撑。

虽然数据在业务决策中发挥着核心作用，但并不存在所谓的“数据项目”。相反，业务项目用例则需要数据可扩展性、数据可靠性、数据质量和具有其他特征的数据。这与“数据支撑战略执行”的愿景（而非“增强数据”的愿景）相一致。实现数据支撑的战略需要电力公司提高其数据成熟度。

电力公司需要在扩展分析、仪表板化和开始人工智能计划之前建立数据基础，其目标是使电力公司在自我治理、自我治理的框架内实施以数据为支撑的战略。这最终将实现分析扩展，等等。

如图 27 所示，数据支撑的执行有三大支柱：

- **政策和规则。** 确保数据合规性、数据保护和数据质量，同时支持部署具有明确游戏规则的卓越数据交付模式。
- **通用的数据存储库和术语表。** 实施端到端企业数据架构，使用通用的术语表和数据存储库。实施一流的数据基础，围绕通用定义阐明数据愿景和知识。
- **角色和责任。** 确保整个组织的数据操作顺畅高效。这可以通过一个轴辐式模型来实现：
 - 位于中心的枢纽（核心结构）制定规则并提供赋能因素（如各种数据工具、可重复使用的数据对象、可随时运行的数据和分析平台、控制机制、关键绩效指标等）。
 - 辐条对应的是组织内的各种业务，这些业务在中央枢纽的赋能下使用数据，以从分析中获得最大收益。

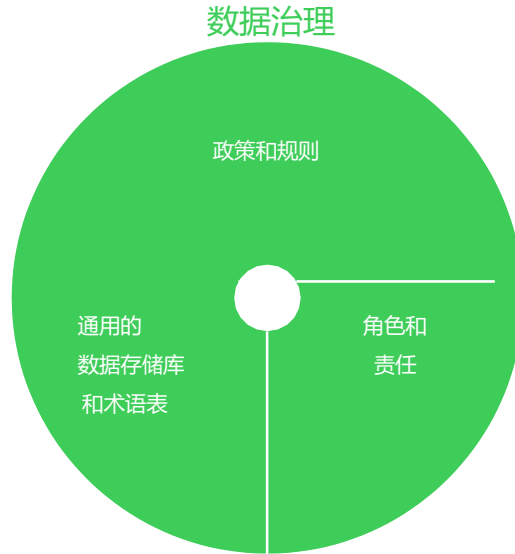


图 27 数据支撑的执行的支柱

数据计划的结构

图 28 显示了数据计划的整体结构。从图中自下而上看，来自多个来源、快速增长的原始数据需要进行数据转换才能重复使用，从而获得同质化的数据。

今天，数据计划中 80% 的工作量（包括一系列广泛的通用实践、建模、网络安全实践等）都耗费在这个复杂的流程上。图的上部显示，经过这个流程，产生了可重用的数据模型，这些模型使用商业智能、人工智能、机器学习和分析，从数据中提取业务洞察。



图 28. 电网数据管理计划的结构

使用行业标准的 DCAM 框架

数据管理能力评估模型 (DCAM[®], 来自 EDM 委员会) 是一个可以利用的最佳实践市场标准, 可与给定配网电力公司的特定关键活动相互补充。

DCAM 参考并记录组织开展了活动的相关实践。DCAM “定义了建立、启用和维持一套成熟的数据管理知识所需的能力范围。” 请参考 DCAM 框架⁶³。

⁶³ 数据管理能力评估模型 (DCAM[®], 来自 EDM 委员会), “数据分析生命周期”, 第 8 页, 2021 年 8 月访问。

跨越多个层面

应该考虑采用跨越多个层面的方法来解决数据的范围：

- **电力公司内部层**，考察包括居民用户在内的电力资产数据，并研究如何利用这些数据创造更多价值。这一层涉及考察电网元素（对应于未捆绑的配电运营商），而其他方面在一定程度上从属于下一层。
- **电力公司 + 其他主要能源参与者层**，包括其他电力公司、大型电力生产商、市场等。
- **电力公司 + 电网边缘层**，考察表外的其他利益相关者，通常认为是 DER。

关键成功因素

关键成功因素包括：

- 建立一套随成熟度水平不断发展的敏捷设置，包括考虑轴辐式安排
- 使用与业务成果相关的用例进行开发
- 沟通和激励（如社区、活动、大使等）。

电网数据管理项目的运作方法

- **人力资源**。分配足够多具有“数字”能力的人力资源，考虑通过内部培训来提高团队能力，并考虑招聘具有所需能力的新人员。发现、培训、领导和支持。指定项目负责人、大使和司机。
- **沟通**。部署强有力的沟通计划，阐明数据治理的基本原则，从项目早期开始沟通，定义每个项目参与者的角色，并沟通清楚需要达成的业务结果。
- **概念验证**。从概念验证阶段开始项目可以提高人员的接受度，并改善数据管理解决方案的整合。
- **明确项目目标、业务案例和预期收益**。仔细定义项目目标（并将其纳入公司目标）、业务案例和预期的业务成果，并获得管理层和团队的同意。

- **设计阶段。**从设计阶段开始项目可以使团队了解新的解决方案及其可能性，并帮助他们预见到现有工具和方法无法提供的广泛可能性。
- **分阶段开展。**确定优先级，并定义技术转型的总体路径。很关键的一点是，项目参与者要尽快体验到新解决方案的好处，以便向组织中的其他人介绍新方法的价值。考虑分以下两个阶段实施：
 - 开始时在网络的特定区域部署，然后扩展到整个网络。
 - 首先启用某些功能，然后逐步纳入其他功能。
- **限制定制。**一旦选定了供应商，就要对解决方案的定制化程度进行限制。过度的定制会导致实施一个类似于现有做法的解决方案，几乎没有创新，业务价值有限，学习曲线缓慢，并存在长期内将过时的风险。
- **专注。**保持一个稳定的项目范围，并始终专注于既定的战略意图。
- **系统整合。**新解决方案与现有解决方案的整合至关重要，而这会带来业务流程方面的挑战。项目需要定义它将如何支持人，以及它将如何“让生活更简单”。人作为关键的业务流程参与者，需要被放在前沿和中心位置。



关于施耐德电气

施耐德电气的宗旨，是赋能所有人对能源和资源的最大化利用，推动人类进步与可持续发展的共同发展。我们称之为 Life Is On。

我们的使命是成为您实现高效和可持续发展的数字化伙伴。

我们推动数字化转型，服务于家居、楼宇、数据中心、基础设施和工业市场。我们通过集成世界领先的工艺和能源管理技术，从终端到云的互联互通产品、控制、软件和服务，贯穿业务全生命周期，实现整合的企业级管理。

我们是一家拥有本土化优势的全球企业，致力于推动开放的技术及合作伙伴生态圈，积极践行有意义、包容和赋能的共同价值观。

www.se.com/cn

英文缩写一览表

ADMS	高级配电管理系统	DG	分布式发电
AEMC	澳大利亚能源市场委员会	DLC	直接负载控制
AEMO	澳大利亚能源市场运营商	DMS	配电管理系统
AER	澳大利亚能源监管机构	DNO	配电网络运营商
AI	人工智能	DNMS	配电网络管理系统
AIP	资产投资规划	DNP3	分布式网络协议 3
AKA	又名	DNISP	分布式网络服务提供商
AMI	高级计量基础设施	DR	需求响应
API	应用程序编程接口	DRMS	需求响应管理系统
APM	资产性能管理	DSM	需求侧管理
AR	增强现实	DSO	配电系统运营商
ARES	替代性零售电力供应商	EaaS	能源即服务
AS	辅助服务	EAM	企业资产管理
ARO	资产退役义务	EAOA3D	EcoStruxure™ AR 操作顾问 3D
AVL	自动车辆定位	ECISO	欧洲网络安全组织
BEM	建筑能源模型	EMA	EcoStruxure™ 微电网顾问
BIM	建筑信息模型	EMO	EcoStruxure™ 微电网运营
BRP	平衡责任方	EMS	能源管理系统
BSDD	buildingSMART 数据字典	ENTSO-E	欧洲输电系统网络
BTM	表后		电力运营商
CAD	计算机辅助设计	EPAS	EcoStruxure™ 电力自动化系统
CapEx	资本支出	EPO	在线能源分析器
C&I	商业和工业	EPRI	电力研究所
CCA	社区选择的聚合商	ERP	企业资源规划
CCPA	加利福尼亚消费者隐私法	ESO	电力系统运营商
CEN	欧洲标准化委员会	ETSI	欧洲电信标准
CENELEC	欧洲电工技术标准化		研究所
	委员会	ETL	提取、转换、加载
Cfd	差价合同	EU	欧盟
CIGRE	国际大型电力系统理事会	EV	电动汽车
CIM	通用信息模型	FAT	工厂验收测试
CIP	关键基础设施保护	FERC	联邦能源监管委员会 (美国)
CIREED	国际电力会议	FIP	上网电价
	配电	FLISR	故障定位、隔离和服务恢复
CIS	用户信息系统	GMDM	电网模型数据管理
CMEP	加利福尼亚计量交换协议	GDPR	通用数据保护条例
CMMS	计算机化维护管理	GEB	电网互动型高效建筑
	系统	GENCO	发电公司
CPUC	加利福尼亚公用事业委员会	GIS	地理信息系统
CRM	客户关系管理	GMS	电网管理系统
DCAM	数据管理能力评估	HES	前端系统
	模型	HMI	人机界面
DER	分布式能源	HV	高压
DERMS	分布式能源管理	ICCP	控制中心间通信协议
	系统	IDS	国际数据空间

英文缩写一览表

IEC 国际电工委员会	RFQ 询价
IED 智能电子设备	RIO 远程输入输出
IEEE 电气电子工程师学会	ROI 投资回报率
IEM 内部能源市场	RSC 区域解决方案中心
IFC 工业基础类	RTO 区域输电运营商
IIoT 工业物联网	RTU 远程终端单元
IoT 物联网	SaaS 软件即服务
IPP 独立发电商	SAMU 独立合并单元
IRENA 国际可再生能源机构	SAPM 南澳大利亚农产品市场
ISO 独立系统运营商	SAT 现场验收测试
IOS 国际标准化组织	SCADA 监管控制和数据采集
IT 信息技术	SCL 变电站配置语言
ITU 国际电信联盟	SDL 安全开发生命周期
IVR 交互式语音应答	SDO 标准开发组织
KPI 关键绩效指标	SDx 软件定义一切
kW 千瓦	SEEM 东南能源交易市场
kWh 千瓦时	SEPA 智能电力联盟
LSE 负载服务实体	SGAM 智能电网架构模型
LV 低压	TC 技术委员会
MDMS 电表数据管理系统	TCO 总拥有成本
ML 机器学习	TNSP 输电网络服务商
MOC 电表运营中心	TotEx 总支出（资本加运营）
MV 中压	TOU 使用时段
MWFM 移动劳动力管理系统	TSO 输电系统运营商
NEM 归一化电气模型，国家电力市场（澳大利亚）	UI/UX 用户界面/用户体验
NERC 北美电力可靠性公司	V&V 验证和确认
NIST 美国国家标准与测试研究院	VAR 无功伏安
NRA 国家监管机构	VEE 验证、估计和编辑
NWA 无电线替代品	VPN 虚拟专用网络
O&M 运营和维护	VPP 虚拟电厂
OMS 停电管理系统	VR 虚拟现实
OpEx 运营支出	VVO 伏特/乏优化
OSI 开放系统互连	WFM 劳动力管理
OSMOSE 欧洲电力柔性解决方案最佳系统组合	WG 工作组
OT 运营技术	WMS 劳动力管理系统
PLC 可编程逻辑控制器	XML 可扩展标记语言
PLM 产品生命周期管理	
PUC 公用事业委员会	
PV 光伏	
PX 电力交易所	
QR-code 二维码	
R&D 研发	

Life Is On

Schneider
Electric™
施耐德电气

施耐德电气（中国）有限公司
Schneider Electric(China)Co.,Ltd.

北京市朝阳区望京东路6号
施耐德电气大厦
邮编：100102
电话：(010) 8434 6699
传真：(010) 8450 1130

Schneider Electric Building, No. 6,
East WangJing Rd., Chaoyang District
Beijing 100102 P.R.C.
Tel: (010) 8434 6699
Fax: (010) 8450 1130