电力企业IT与OT融合的业务需求和技术架构分析研究

随着信息技术 (IT) 和运营技术 (OT)的发展，电力企业信息化在公司运营管理中的重要性不断提高。为了应对建设智能电网所带来的新技术挑战，加强IT技术在电力行业中的领先和指导地位，满足智能电网形成所产生的各种需求和机遇，提高绩效和产量、优化企业和集体层面的决策、优化操作流程、降低劳动成本，信息技术（IT）与运营技术（OT）的融合将是至关重要的一部分。提出了电力企业进行IT-OT融合的方法，通过研究IT-OT融合的需求研究，了解企业需要进行IT-OT融合的业务。通过完成IT-OT融合技术架构的研究，确保IT-OT融合的落地，进而提升企业整体管理水平，有力推动智能电网建设。

韩毅平[1] 徐伟杰[1] 林鸿[1] 李淑勇[2]/1.北京国网信通埃森哲信息技术有限公司 2.国网山东电力公司电力科学研究院

韩毅平/工程师

关键词/Keywords
IT–OT融合·
电力企业·
需求分析·
技术架构·

0 引言

信息技术（IT）：IT是对包括软件、硬件、通信技术及相关服务在内的整个信息处理领域的通用术语。它的目标是获取、保留、管理和提供业务信息。运营技术（OT）：OT是指由IT部门之外的部门从事的项目，包括实物资产的管理和运营有关的技术。当前，电力行业着力加强信息通信领域的基础前瞻性研究，深化信息通信（IT）技术与电网技术融合，加快坚强智能电网建设，构建全球能源互联网。这一系列举措与“互联网+”行动计划高度契合。“互联网+”计划的提出为智能电网的发展提供了良好的突破口。智能电网可以看作是“以云计算、大数据，物联网和移动互联网为代表的新一代信息技术+传统电力行业”的产物，加强IT技术在电力行业中的领先和指导地位，能够满足智能电网形成所产生的各种需求和机遇，提高绩效和产量、优化企业和集体层面的决策、优化操作流程、降低劳动成本。通过利用先进的智能传感技术和网络通信技术可以充分采集电网运行的实时数据。利用大数据、云计算等技术建立统一、高效的大数据分析平台，促进数据的集成与共享，挖掘数据中蕴涵的重要价值，有效解决供电公司目前面临的现场实时掌控能力不足、互动化管理水平较低、各系统间缺乏信息共享能力等问题，提升电网运行和应急处置的智能化水平，提高供电的可靠性。

1 现状与趋势

近年来，国家大力推进智能电网的建设，尤其在当下以能源互联和“互联网+”为核心的新形态电网运行的大环境下，智能电网取得了巨大的发展。为满足智能电网建设所带来的新技术应用需求，迎合未来信息化与工业化融合的发展趋势，实现IT与OT融合成为了信息化与工业化在技术层面融合的关键。

1.1 国外IT-OT融合现状

国外诸多公司组织了强大的科研团队对IT-OT融合进行了深入细致的研究。但各公司对IT-OT融合的研究因其自身业务的差异性而各有侧重。

Gartner主要研究IT-OT融合的影响力，把握IT-OT融合技术的发展趋势。强调IT-OT融合在各类企业中的重要性，尤其关注首席技术官（CTO）在企业中如何应用IT-OT融合技术。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作为ABB集团旗下的一家专业提供软件和服务的公司，Ventyx更注重于IT-OT融合整体解决方案的提供，结合ABB集团多年的能源经验，为企业建立最优的业务解决方案模型。

Schneider是几家最早提出IT-OT融合概念的公司，在智能城市领域提出了IT-OT融合并且提出集成合理化的解决方案，尤其在智能电网领域正在研究IT-OT融合的影响，以及对应的应用策略。

（1） Schneider的领先实践

为了保证IT-OT融合的可行性，Schneider建立了一套应用管理架构，如图1所示。通过这个架构，可以支持更好的性能和现有的需求状态。此新型的集成技术和架构可以让SCADA，DMS和OMS系统快速部署一个已建的成熟系统，如GIS或者AMI/MDM。以此建立一体化应用环境，为用户提供统一化的应用体验。而不会影响数据的时效性和处理速度。

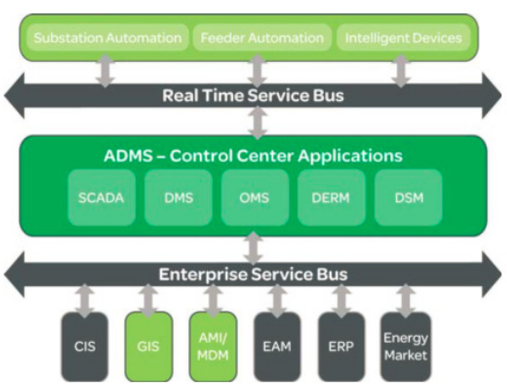

图1 统一应用管理架构

随着更多的电网监控设备的接入，未来IT-OT融合后的系统还需要满足对大量数据的处理能力。IT系统就需要配合传统的OT系统（如MDM），建立一个可以实时（或接近实时）管理和分析数据的运营数据仓库。

（2）Gartner的领先实践

早在2006年，Gartner就对IT-OT的融合进行了研究。2009年，其分析已经指出由于运营技术缺乏信息技术的支持，在企业内部产生很多问题，如独立策划、采用不同的技术架构、资源数据重复、高安全风险等。因此，提出通过使用信息技术来支撑运营技术，优化产业结构，提升生产效能。

2011年，Gartner对进行过IT-OT融合的几家电信运营商进行了分析。分析表明，这几家公司正面临着革新科技的出现、“竞合”（Co-Opetition，即在一个领域是竞争对手，但是却在另外一个领域是合作伙伴）的产生、非传统行业竞争者的加入等问题。新问题让电信运营商意识到需要对运营技术（OT）与信息技术（IT）进行整合，推出一套完整的技术体系。同时，对企业内部的IT部门及OT部门进行了一系列的调整，包括：多个部门的整合，集中决策权；对企业政策进行调整，排除一切可能会阻碍OT与IT进行整合的潜在风险；根据企业实际情况，确定主导的牵头部门。通过对市场的调研发现，在成功的进行了IT-OT融合后，企业在竞争力有了明显的提升，服务质量得到较大提高。

因此，Gartner总结出IT-OT融合成功的关键因素：

IT-OT融合是一套规定的模型或框架，以确保融合进程的一致性、连贯性，同时确定具体流程和相应的决策权归属；企业所正在进行的IT-OT融合模式是必须要经过公司的授权，得到员工的认可的；确保IT和OT部门同时承担IT-OT融合的工作。

1.2 小结

从以上两个领先实践可以发现，IT-OT的融合不但需要技术上的配合，同时也需要企业政策和上下级员工齐心协力共同完成。IT-OT融合能够通过统一的开发和部署企业信息系统，使用统一的标准及格式将准确的信息在准确的时间传递给正确的个体，从而实现公司的管理决策最优化。IT-OT融合能够将业务流程从单一的“自动化”，提升为“动态化”、“实时化”，帮助企业及时发现存在的问题，降低业务中断等风险而带来的损失。IT-OT融合能够优化企业层面的决策流程，帮助企业在技术部署方面降低费用，更好地满足企业实现智能化的需求。

2 方法论

2.1 IT-OT融合业务需求分析

IT-OT融合业务需求分析主要包括以下三个方

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

面：首先，针对电网公司已有的设备与系统进行IT和OT领域的划分；然后，从业务层面对电力企业IT-OT融合进行需求分析；最后，结合现有技术条件，分析进行IT-OT融合的需要具备的条件，从数据流的融合与共享等方面判断能否进行融合。

如图2所示，在电力企业中，配电管理系统、SCADA、现场设备、电表等设备和系统属于传统OT领域，而ERP、规划系统、GIS系统、客户信息管理系统、调度智能分析和调度管理系统等属于IT领域。针对近年来国内外电网突发事件，为了有效预防和正确、快速处置大面积停电事件，不断提高电网预防和控制大面积停电事件的能力，最大限度地减少其影响和损失，保障电网的安全运行，维护社会稳定和人民生活安定，急需建立一套高效的突发事件应急管理体系来处置这样的突发事件。针对建立突发事件应急管理体系这一思路可继续进行深入的需求分析，进而分析进行IT-OT融合需要具备的条件，如如何打通IT（如GIS系统、客户信息系统、调度智能分析系统、语音应答系统和调度管理系统等）和OT（如SCADA系统、现场设备和电表等）数据流，实现数据的融合共享，如何对上层的数据计算和数据挖掘工具进行改进和优化进行数据整合分析，最后如何辅助决策，实现突发事件及时、合理的处置。

	IT									OT		
	企业级IT					调控中心IT				电力系统运行		
工作流	ERP	规划系统	CMO	AMI & MDM	GIS 系统	客户信息系统	调度智能分析	语音应答系统	调度	调度管理系统	配电管理系统	SCADA	现场设备	电表
停电管理				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
突发事件管理				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
电力系统监控及优化		x		x	x		x				x	x	x	x
客户交互				x	x	x	x	x	x	x				x
资产及运维预算	x	x			x		x			x		x		
电力系统设计、建设及扩展	x	x	x		x					x	x		x	
巡检及维修	x				x		x			x			x	
服务订单	x				x	x	x			x				
开关操作											x	x	x	

图2 调控中心IT-OT融合系统设备分析

2.2 IT-OT融合技术架构分析

IT-OT融合技术架构分析的研究主要包括如下三个方面：数据架构研究，技术架构研究和安全架构研究。

2.2.1 数据架构研究

（1）数据模型的构建

电力企业IT-OT融合的数据模型研究工作主要是研究用数据模型来描述电力企业中所有生产、经营、管理活动对象：①包层面上的描述，将电力企业按照业务主题划分成不同的包，包中再划分二级包，用包及其之间的关系来描述电力企业不同业务领域间的联系；②实体层面上的描述，用类图来表示，包括实体、属性及实体间的继承、关联、聚合等联系，是对电力企业具体业务的描述。数据模型的设计一般由需求分析、概念模型设计、逻辑模型设计和物理模型设计几个阶段组成。

1）需求分析。需求分析阶段的研究内容主要是基于电力企业架构来分析电力企业业务和数据资源情况，确定IT-OT融合的业务类别和数据资源，主要涉及到电力企业的业务架构和数据架构。

业务架构研究的主要内容是从电力企业的生产和经营管理两个层面进行研究，分析电力企业的业务和经营管理所涉及的所有环节。根据上层需求，选定需要融合的业务环节。

数据架构主要分析数据资源、数据模型、数据流转和数据管控四个部分，需要研究的内容包括分析电力企业数据资源所涉及的数据类型，从技术元数据和业务元数据的角度分析电力企业已有的数据模型，分析不同类型数据资源在数据流转方面的需求，分析为保证数据质量和数据安全所需采取的数据资源管理控制措施。

2）概念模型设计。在概念模型设计阶段主要研究内容是根据IT-OT融合的相关需求，基于需求分析的结果完成包的划分及实体与关联关系的初步建立。

包的划分主要根据IT-OT融合的思路，按照业务主体划分，既要相对独立于业务系统的功能，又要相对独立于具体的数据模型。包的划分过程使用信息资源规划的方法完成，即运用信息的组织方法和技术，将多年来所积累的结构不合理、冗余的数据进行规范化重组，建立规范统一的数据接口，最终实现基于高质量数据的应用集成，降低应用系统维护即扩展的难度。需要进行的研究内容主要是根据信息资源规划的方法，将数据模型划分为若干一级包。由于这些一级包之间的

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

关系仅仅勾画出电力企业各业务之间联系的轮廓，所以还需将这些一级包向下规划，划分到二级子包、三级子包。使电力企业各业务之间的关系逐步清晰。

实体与关联关系初步建立需要研究的主要内容是：利用逐步扩张的方法，即先定义出概念模型最核心的结构，然后逐步向外扩张，直至形成整个概念模型。

3）逻辑模型设计。在逻辑模型设计阶段主要的研究内容是把实体中的属性补充完整，同时对概念模型设计好的个别实体进行适当的调整。对于新建立的数据模型，通过采用逐步扩张的方式，先对电力企业核心业务所需要的属性进行添加，再对非核心业务所需要的属性进行添加；对于已有的数据模型，只需根据需求分析的结果将没有引用到的属性添加到相应的实体即可。

4）物理模型设计。物理模型设计阶段主要的研究内容包括存储结构的设计、索引策略的设计和存储策略的设计。其中存储结构的设计包括对数据进行分类，选择不同的存储设备，完成对不同类型数据的存储与布局，以满足IT-OT融合的需求；索引策略的设计主要研究内容是寻找创建维护索引所花费的时间和精力与保证较高的存取效率之间的平衡点；存储策略的设计包括进一步确定数据的存储位置和存储策略，以提高系统的I/O效率。

（2）数据存储

数据存储研究的主要内容是如何将可靠的分布式文件系统、大数据存储技术、内存数据库、行式数据库与现有的关系数据库、数据仓库存储进行融合，完成大数据的存储；针对上层计算框架的需要确定各个数据源存储的方式；如何建立相应的关联索引，进行管理和调用服务。

2.2.2 技术架构研究

技术架构研究的主要内容是如何构建IT-OT融合的大数据平台，实现数据资源统一存储、数据统一对外服务，支撑IT-OT融合的大数据分析应用，提供专业分析应用和实时决策分析，进行大数据量情况下的应用系统性能的优化。主要包括数据计算和数据挖掘两个方面。如图3所示。

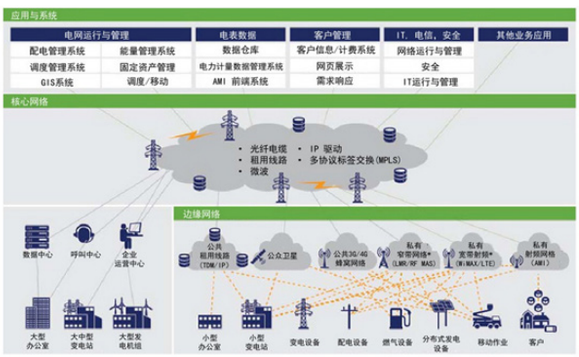

图3　IT-OT融合的电力企业应用

（1）数据计算

数据挖掘研究的主要内容分为数据计算和数据挖掘分析两个方面，主要包括根据上层IT-OT融合的大数据分析应用的需求与数据源的特点，优化统一资源管理器，为分布式计算、查询计算、流式计算、内存计算和图计算进行统一的资源管理和调度工作，提高集群的利用率，保证资源地统一管理和数据共享。

（2）数据挖掘

数据分析挖掘方面主要研究内容是如何根据IT-OT融合的大数据分析挖掘的需求，融合开源的大数据挖掘技术，与大数据平台进行有机整合，支撑大数据条件下的数据分析、挖掘，并提供定制化开发能力，根据数据资源特点及应用需要适当改进挖掘算法，选择并优化相应的数据挖掘工具，提供大数据分布式计算能力，进行数据的分析、挖掘，进行分析模型的发布，对外提供数据分析服务。

2.2.3 安全架构研究

安全架构研究主要包括如何对数据资源访问权限进行控制，如何针对电网数据利用数据存在与可使用技术来判断远端数据是否可用，如何进行数据隐私保护避免数据泄露风险，如何针对IT-OT融合大数据平台架构保证虚拟化安全以及如何保证大数据计算平台的安全性等。

3　结束语

本文先对电力行业IT-OT融合进行了概述，

（下转第660页）

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

区、修试工区和公司主管领导等。由于现场作业的特点使得业务处理位置分散，软硬件条件参差不齐，而且需要维护的设备种类数量繁多。这就要求系统有简便、高效、智能的技术手段简化系统的维护工作。现场标准化移动作业平台PDA端作业分系统基于Mircosoft Windows CE/Mobile系列操作系统设计，作业人员操作与使用PC机端软件类似。同时现场标准化移动作业平台提供标准化的作业流程进行指导和完善的模板字典库，作业过程中几乎不用手写录入，全部通过标准化选项完成现场信息录入，简化现场操作的同时消除因为人员差异而对同一作业信息的不同主观描述。

5 结束语

随着电力体制改革的不断深入，组织结构和业务管理，都逐步向集约化、规范化、现代化发展。需要对原有的设备修试、巡检领域进行体系化的整合，建立一体化的、集中的，并将场内管理和现场作业相结合的信息管理系统。

本项目结合国网西南地区某供电公司现场作业管理的实际运行需求，以保证设备状态良好、连续、安全和可靠的运行为目标，建立一套先进、科学和行之有效的基于IPv4/IPv6双栈协议的电力移动作业平台，项目取得了良好效果。

该项目的研究成果是智能电网建设的必要手段之一，在电网公司有较好的推广前景，能获得较好的经济和社会效益。

作者简介

陈柯（1985-），男，工程师，主要研究方向为电力自动化。

（收稿日期：2015-12-10）EA

（编辑：鞠佳）

（上接第649页）

并对我国电力行业IT-OT融合现状和趋势进行了分析，提出了一套电力行业企业进行IT-OT融合的方法并对之进行了详细阐述。通过对电力企业系统与数据的情况进行综合分析，全面掌握公司IT和OT领域的发展状况，形成一份全面的调研报告。通过对需求的探讨和判断工作，形成一份全面的电力企业IT-OT业务需求分析报告，为后续IT-OT融合研究工作指明了方向。通过对IT-OT融合技术架构的研究，有助于在公司范围内形成统一的IT-OT融合的数据架构、技术架构和安全架构，实现管理层对企业进行智能化的决策分析，为管理上的创新提供了良好的支撑，保证企业决策的先进性和科学性。信息通信技术通过与电网技术和企业经营管理的融合，将有力推动电网技术水平提升、生产方式变革和管理模式创新，对智能电网建设起到强大的支撑作用。

参考文献

[1] 尹睿智．我国信息化与工业化融合理论及其测评体系研究[D]．天津：天津大学，2010．

[2] 赵林霞．信息化与工业化融合的理论及实践探索[D]．南京：南京理工大学，2012．

[3] 金喜成．工业化和信息化融合构建辽宁现代产业体系的思路与对策[J]．辽宁经济，2013(6)．

[4] 王晰巍,等.信息化与工业化融合的关键要素及实证研究[J]．情报科学，2010(8)．

[5] 苗圩．2014全国工业和信息化工作会议上的报告[R]．2014．

[6] 黄海平．中国工业企业管理信息化问题研究[J]．通讯世界，2014(6)．

[7] 彭川．关于企业信息化顶层设计的研究与思考[J].中国管理信息化，2014 (10)．

[8] 张军玲．中小企业信息化绩效评价指标体系构建研究[J].数学的实践与认识，2014 (24)：169-176．

[9] 李屹．企业架构EA成熟度模型比较研究（Ⅱ）[J]．沈阳师范大学学报：自然科学版，2010 (1)：105-108．

作者简介

韩毅平（1990-），男，工程师，主要从事企业信息化、大数据技术和机器学习等方面的工作。

（收稿日期：2015-12-10）EA

（编辑：鞠佳）

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net