

广东电网“十四五”数字化建设规划研究

黄敬志, 冯国平, 黄小强, 方家良

引用本文:

黄敬志, 冯国平, 黄小强, 方家良. 广东电网“十四五”数字化建设规划研究[J]. 南方能源建设, 2022, 9(增刊1): 132-138.

HUANG Jingzhi, FENG Guoping, HUANG Xiaoqiang, FANG Jiali. Research on Digital Construction Planning of Guangdong Power Grid in the 14 Five Year Plan[J]. *Southern Energy Construction*, 2022, 9(增刊1): 132-138.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[关于数字化三维推动电力设计院转型的探讨](#)

Discussion on the Digital Design Technique Promoting the Transformation of the Electric Power Design Institutes

南方能源建设. 2017, 4(z1): 18-22,55 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.004>

[第二届中国电力行业数据中心高峰论坛会议综述](#)

Summary of the 2nd China Power Industry Data Center Summit Forum

南方能源建设. 2019, 6(2): 118-123 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.02.021>

[电网企业数字档案馆设计探讨](#)

Discussion on the Design of Digital Archives in Power Grid Enterprises

南方能源建设. 2018, 5(z1): 250-254 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.046>

[大型港电煤一体化能源基地信息化综合规划方案研究](#)

Research on Comprehensive Planning Scheme for Informatization of Large-scale Port-Electricity-Coal Energy Base

南方能源建设. 2015, 2(1): 32-36,41 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.01.006>

[变压器数字化智慧集成试验平台设计研究与探讨](#)

Research and Discussion on the Design of Transformer Intelligent Detection System

南方能源建设. 2020, 7(3): 107-111 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.014>

广东电网“十四五”数字化建设规划研究

黄敬志¹, 冯国平^{2,✉}, 黄小强¹, 方家良²

(1. 广东电网有限责任公司, 广东 广州, 510663;

2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: [目的] 为了引导广东电网在“十四五”期间有序开展数字化建设, 实现广东电网数字化可持续发展, 并有效支撑广东电网公司发展战略落地, 提出了电网企业数字化规划的方法和建议性的数字化发展思路。[方法] 确保规划方法和思路的符合电网企业的发展实际, 提出规划思路要坚持战略导向、立足现实和创新驱动, 并按照电网企业的整体的经营战略, 通盘考虑电网公司各业务的发展化需求, 制定整体的数字化战略, 统一规划, 分步实施, 即: 企业发展战略确定数字化战略规划, 通过数字化战略规划确定数字化技术架构。[结果] 根据该方法, 剖析了电网业务的痛点和电网企业数字化建设的缺陷与不足, 分析了电网企业数字化发展的动力和需求, 提出了电网企业数字化发展目标、路径, 设计了电网企业数字化发展蓝图, 提出了应用架构和技术架构。[结论] 所提出的电网企业数字化发展规划思路具有一定的科学性和可行性, 可为广东电网公司“十四五”数字化建设提供指导。

关键词: 数字化规划; 新型电力系统; 能源革命; 数字技术架构; 微服务

中图分类号: TM7; TM756.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)S1-0132-07

开放科学(资源服务)二维码:



Research on Digital Construction Planning of Guangdong Power Grid in the 14th Five Year Plan

HUANG Jingzhi¹, FENG Guoping^{2,✉}, HUANG Xiaoqiang¹, FANG Jialiang²

(1. Guangdong Power Grid Company, Guangzhou 510663, Guangdong, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China)

Abstract: [Introduction] In order to guide Guangdong power grid to carry out digital construction in an orderly manner during the 14th Five Year Plan period, realizing the digital sustainable development of Guangdong power grid, and effectively support the implementation of the development strategy of Guangdong Power Grid Corporation, this paper puts forward the methods of digital planning of power grid enterprises and suggestive digital development ideas. [Method] To ensure the planning methods and thought in compliance with the actual development of grid enterprises, the paper proposed persisting in the strategy-oriented planning thought, taking hold in actual conditions and innovation drive, and under the overall operation strategy of grid enterprises considering the business development needs as a whole to develop a general strategy of digitalization, which was planned exclusively and implemented step by step, i. e. to decide digital strategy planning by corporate development strategy, and decide digital technology structure by digital strategy planning. [Result] According to this method, the pain points of power grid business and the defects and deficiencies of digital construction of power grid enterprises are analyzed, the power and demand of digital development of power grid enterprises are analyzed, the digital development objectives and paths of power grid enterprises are put forward, the digital development blueprint of power grid enterprises is designed, and the application architecture and technical architecture are put forward. [Conclusion] The proposed digital development planning idea of power grid enterprises is scientific and feasible, and can provide guidance for the digital construction of Guangdong Power Grid Corporation in the 14th Five Year Plan.

Key words: digital planning; new power system; energy revolution; digital technology architecture; microservice

收稿日期: 2021-08-11 修回日期: 2021-11-18

基金项目: 中国能建广东院科技项目“信息化项目前期数字化管理平台研发”(EX06401W)

2095-8676 © 2022 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

“十四五”是我国由全面建成小康社会向基本实现社会主义现代化迈进的关键时期, 电力企业在新时代改革发展中应展现新担当新作为, 积极创建世界一流电网企业。南方电网公司持续推进传统电网数字化、网络化、智能化, 提出建设数字电网^[1]。文献[2]探讨了大型城市智能电网规划, 构建体系化的规划方法并提出智能电网建设举措。面对新的电力市场环境, 文献[3]分析了多方面的不确定性因素, 从规划输入、项目分类、情景研究、电网经济效率评估和不确定性分析五方面进行了补充和改进了传统电网规划方法。文献[4]从南方电网公司“三商”转型发展战略出发, 统一智能电网相关设计标准, 设计了支撑智能监测、监控技术方案, 全面适应智能电网及数字电网未来发展要求。还有专家学者研究发电企业的数字化发展与建设, 探讨数字化电厂的解决方案^[5], 研究智慧电网的技术路线^[6], 讨论数字化技术在智能化电厂中的应用^[7]。

系统规划电网企业“十四五”数字化建设, 设计科学的数字化实施路径是重要课题, 包括准确解读数字化转型及数字电网内涵, 科学设计数字化转型关键任务, 理性应用数字化转型关键技术等, 理性提出数字化转型资源配置需求与建议。

1 规划研究思路

1) 战略导向, 规划研究与发展战略对齐

全面贯彻国家“网络强国、数字中国、智慧社会”战略部署, 坚定不移贯彻新发展理念, 加快建设世界一流企业, 大力推进数字电网建设, 确保规划研究与电网企业的战略及业务对齐, 支撑战略落地, 实现企业数字化的可持续发展^[8]。

2) 立足现实, 以电网数字化现状为出发点

“十三五”以来, 电网企业的数字化建设取得了丰硕的成果, 规划研究应以电网数字化建设现状为出发点, 基于电网企业的数字化建设成果提出数字化转型的关键任务, 研究数字化转型关键技术等^[9]。

3) 创新驱动, 规划研究与数字技术结合

电网企业应以引领企业创新发展为核心, 推动

电网传统业务与新兴业务协同发展。强调平台赋能, 打造微服务架构, 实现业务应用云化、微服务化, 并基于敏捷开发、快速迭代的模式实现对业务需求的快速响应^[10-12]。

4) 底线思维, 规划研究坚持网络安全底线

规划建设工作应以确保网络安全为底线, 要求数字化建设的全过程自主可控, 严守网络安全底线。

2 数字化建设规划研究方法

2.1 规划研究理论

数字化规划就是对企业数字化建设在一个中长期时段(一般是五年)的总体工作部署, 最终目标是推动企业战略目标的实现。数字化规划明确一段时间内数字化工作总体部署, 包括内外部环境分析、发展目标、规划内容、实施计划、项目库、投资匡算等, 数字化规划层次模型如图1。数字化是实现企业战略和提升企业软实力的重要手段之一。充分利用数字化手段, 促进管理提升, 是企业数字化的出发点。

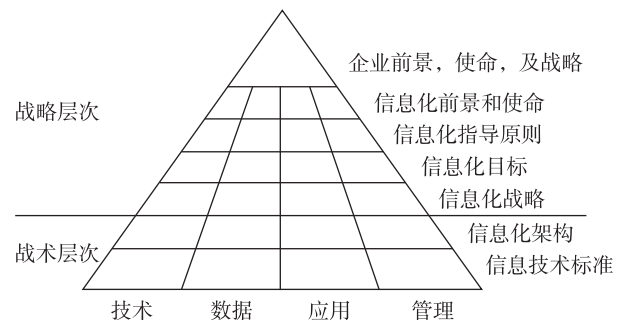


图1 数字化规划层次模型

Fig. 1 Hierarchical model of digital planning

数字化规划要坚持战略导向定位, 以整个企业的发展目标, 发展战略, 和企业各部门的目标与功能为基础, 结合行业数字化方面的实践和对数字技术发展趋势的掌握, 提出企业的数字化远景、目标、战略, 全面系统地指导企业数字化的进程。数字化规划坚持纲领和向导定位, 是信息系统设计和实施的前提和依据。

2.2 规划研究方法

根据整体的经营战略, 通盘考虑电网企业各业

务部门的发展化需求，制定整体的数字化战略，统一规划，分步实施，即：企业发展战略→数字化战略规划→数字化技术架构，其方法如图2和图3。

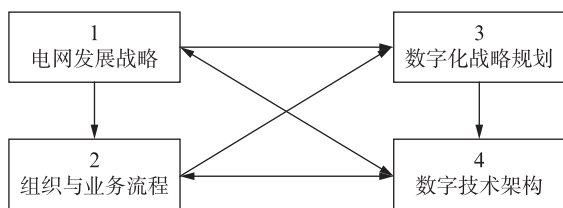


图2 战略一致性模型

Fig. 2 Strategic consistency model

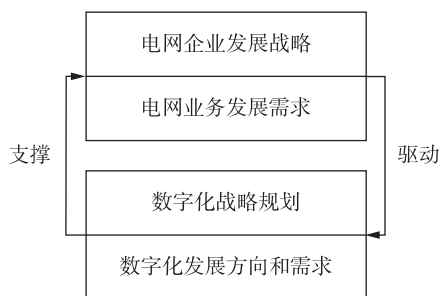


图3 数字化规划定位

Fig. 3 Digital planning positioning

3 数字化建设需求分析

3.1 电网业务痛点分析

3.1.1 电网发展不充分

1) 电网基础不平衡。广东电网企业覆盖地域范围广，尤其是县级供电单位、基层站所薄弱，电网发展不平衡。电网生产技术水平、供电服务能力、基础管理、数字化水平等方面均存在较大差距。尤其是配电网发展不均衡，部分地区配电网网架结构薄弱，农网整体装备水平偏低。

2) 源网荷协调问题突出。作为受端电网，广东电网源网荷协调问题依然突出。西电占比增大，电网运行受外部影响严重，大面积停电风险管控困难、交直流交互影响严重，负荷峰谷差巨大，尖峰负荷控制问题突出。大规模海上风电接入导致新能源消纳、系统调峰等问题日益突出^[13]。

3) 电网建设不充分。智能电网建设不充分，供电可靠性等管制业务核心指标与先进电网相比存在差距。电网安全性、灵活性、可靠性有待增强，部分地区配电网自动化建设水平不高，配电智能化、自动化系统尚未全覆盖。

4) 风险抵御能力不强。广东电网地处沿海，

台风等自然灾害频发，给电网安全运行带来巨大挑战，电网防灾抗灾保障能力仍需增强。

3.1.2 客户服务不充分

适应高质量发展的现代供电服务体系尚未建立，主动服务意识不强，未能充分发掘满足客户需求，缺乏以用电为支点的一揽子能源电力解决方案。

3.1.3 经营效率不高

1) 劳动生产率有待挖掘。全员劳动生产率与世界一流水平差距较大。“云大物移智”技术与电网生产运维深度融合应用不充分。

2) 创新驱动能力不强。在占领能源技术革命制高点、引领行业发展方面，优势不明显、不突出，部分核心技术距离自主可控尚有距离，关键核心技术“卡脖子”风险不同程度存在。

3.1.4 能源产业整合能力不强

作为传统电力公司，新兴业务体量小，主业依赖程度高，企业活力及市场开拓能力不足，竞争力不强。

3.2 电网数字化内在缺陷与不足

3.2.1 技术为业务赋能不明显

新技术应用对业务转型和模式变革的引领作用尚未全面发挥。电网企业的新技术应用停留在对局部环节的改造与优化，对整个业务流程，价值链的模式变革仍处在较低水平。

现有应用对决策层的智慧决策、管理层的数据分析及作业层自动化执行支撑不足。以指标为导向的决策分析能力难以提供深层次、高价值的决策建议，尚未实现智慧决策，仍存在机器化、重复化的业务动作，作业现场仍存在使用多个系统多头汇报的现象，对基层员工的工作开展带来不便^[14-15]。

大部分应用仍停留在流程固化阶段，数字化、智能化程度不高。大部分应用重点解决了表单录入、流程审核及简单分析的相关功能。在问题自动发现、实时协同联动、智能问题诊断与决策方面的功能建设相对较少，距数据分析型、智慧决策型应用仍有很大的提升空间。

企业级应用绝大部分为内部运营应用，对转型升级的支撑不足。电网公司数字化建设重点仍是致力于支撑内部业务的正常运作和效能提升，其掌握的数据与能力被限制在电网企业内部，对价值链、

生态圈的作用处于萌芽阶段,仍未实现数据共享开放的最大商业价值。

较多系统采用单体架构,无法快速响应业务创新需求。由于企业级系统规模大、逻辑复杂,导致开发速度慢、部署周期长、快速响应需求能力低、性能扩展困难等一系列问题时有发生。

3.2.2 数字化基础有待加强

广东电网基础设施不足,不能满足数字化建设需求。网络性能瓶颈明显,IT基础设施无法满足系统应用云化要求。

技术平台支撑能力偏弱,未能完全满足应用需求。人工智能专业化组件上较为缺失,对于逻辑复杂、个性化的业务无法进行有效全面地承载;平台与尚未实现与电网特色业务深度融合,在特定的电力业务场景中,无法实现较好的支撑。

平台运营机制缺失,后期运营能力不足。技术平台“重建设、重运维、轻运营”。平台的运营人员、运营机制欠缺,后期运营能力不足。

3.2.3 技术创新能力亟待提升

数字化应用建设自主可控能力存在短板,带病上线的现象仍然存在。数据资产价值未充分发挥,数据基础仍需加强。基础数据质量水平还未达到较好支撑上层应用的要求。网络安全防护能力不足,新技术防护体系有待健全。数字化转型引入了大量新技术,针对“云大物移智”的新技术防护体系尚未建成,数据资产安全防护不足。

3.3 电网数字化外部动力与需求

3.3.1 落实国家数字经济和基建发展战略

全面贯彻落实党中央、国务院关于推动新一代信息技术与制造业深度融合、打造数字经济新优势等决策部署的总体要求,服务区域经济社会建设,电网企业全面开展数字化转型,已经不仅是数字经济时代大潮下的必然选择,也是落实党中央重大决策部署的具体行动。

新基建按下发展“快进键”。电网企业需要积极响应国家发展方针政策,联合相关方共同开展新型基础设施建设,打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。

3.3.2 顺应能源革命和数字革命相融并进的发展大势

电力市场更加开放、主体更加多元、集中式电

网与分散式电网并存的电网格局已经呈现。电网企业需充分利用“云大物移智链”数字技术,提升物理电网的数字化、自动化、智能化水平,加强复杂电网驾驭能力,建成绿色高效、柔性开放、数字赋能的新型电力系统。

数字技术驱动能源发展,推动传统企业实现“互联网+”、“智能+”,将全面促进电网企业技术创新、管理创新、服务创新及商业模式创新。激发新的发展动能需要技术创新、基础设施等方面协同发力,区块链等颠覆性技术发展趋势决定了“十四五”变革的方向,它们将在五年中加速和改造许多行业,在未来,企业必须按照这些趋势来发展和做出改变。

3.3.3 推进数字化转型升级战略

电网企业推进数字化转型,要求通过云计算、大数据、人工智能、等技术推动传统电网改造升级,推进能量流、业务流、信息流、价值流的融会贯通和综合调配,实现电力资源优化配置和高效利用^[16]。电网企业要构建涵盖政府、供应商、服务商、客户等利益相关方的多层次多样化平台,以平台为基础,以数据为支撑,提供公开、透明的信息和高效、便利的增值服务,构建开放、共享、和谐的能源生态系统。

数字化转型就是要做到技术驱动、业务需求驱动的“双驱动”,通过数字化技术促进现代供电服务体系建设,更好地达成电网企业的目标,让数字化、智能化成为企业的核心竞争力。

4 数字化发展思路与路径

4.1 发展目标

电网企业“十四五”的发展目标是构建新型电力系统,建成数字化、智能化的数字电网和企业。通过打造智能化的数字技术平台和企业级应用,电网企业全面实现产业数字化,深入推进数字产业化,形成全面支撑企业战略的数字化供给能力。

4.2 发展路径

1) 产业数字化

产业数字化体现在电网数字化基础上的电网运行数字化、企业运营数字化和客户服务数字化。将数字技术与电网业务深度融合,推动企业生产、经营、管理、服务模式的变革,持续提升企业资源配置能力、改革创新能力和核心竞争力。

2) 数字产业化

数字产业化体现在以企业全环节及能源产业链上下游的数据为生产要素，通过数字化技术，构建智慧能源产业生态，引导能量、数据、服务有序流动，构筑更加高效、更绿色、更经济的现代能源生态体系。

4.3 推进方法

1) 物理世界与数字世界融合

以物理电网为基础，以物理电网在电力传输过程中产生的各类数据信息以及其基础设施构成数字电网，通过数字孪生反映物理世界和数字世界之间的双向动态映射。物理世界和与之对应的数字世界正相互作用、促进发展。数字世界服务物理世界，物理世界因为数字世界变得高效有序。

2) 机器智能与人类智慧融合

通过“数智驱动、人机协同”，以数据为新的生产要素，发挥平台赋能作用，以数字化转型为新

动能，加强数字化转型对业务创新发展的放大、叠加、倍增作用，推动能源互联互通与共享互济发展。

3) 内部运营与外部生态融合

构建数据驱动的电网运行新模式、客户服务新体验、企业运营新机制，实现智能电网高效运营，持续推进客户服务数字化、智能化，提升企业洞察力。将内部运营与外部生态有机融合，以高效的内部运营支撑外部能源生态发展，以开放共享、能源产业生态拓展驱动内部运营提升，促进能源生态数字化发展。

4.4 建设蓝图

“十四五”电网企业数字化建设蓝图如图4所示，其组成部分包括一体化数字技术平台、数字化网络安全保障体系及数字化运营体系，以及共享中心，和贯穿全业务、覆盖全角色、涵盖全产业链化的数字业务应用。

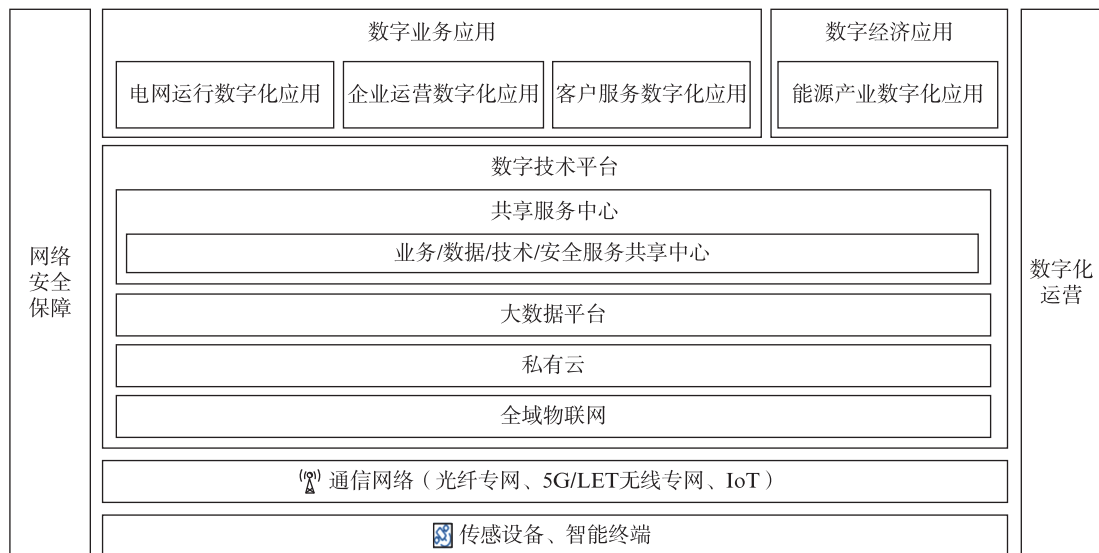


图4 电网企业“十四五”数字化建设蓝图

Fig. 4 Digital construction blueprint of "14.5"

“十四五”电网企业可通过电网运行数字化、客户服务数字化、企业运营数字化和能源产业数字化四大类应用，支持决策层、管理层、执行层和设备层多级多类型应用，同时还支持外部C端（个人用电客户）、B端（企业用电客户）、S端（供应链合作伙伴）、P端（能源生态合作伙伴、数字政府、粤港澳大湾区相关方等）等生态业务拓展。

4.5 技术架构

按照“云边端融合、云数智一体、微服务架构”技术路线，引入灵活、敏捷、弹性的技术架构，为数字化赋能业务提供开放、共享的技术环境。技术架构如图5所示，具备“云边端融合”、“云数智一体”、“微服务架构”三个显著特征，呈现出敏捷、灵活、弹性、共享、开放、开发运维一体化、持续交付等特点。

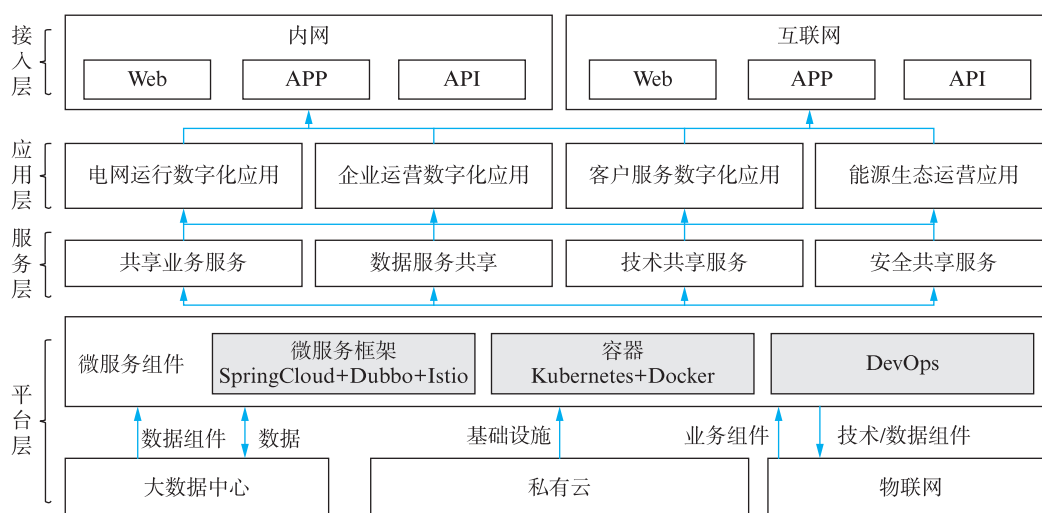


图5 “十四五”数字化技术架构

Fig. 5 Digital technology architecture of "14. 5"

“十四五”期间,以私有云和大数据平台为基础,以微服务化架构为业务功能实现的技术路径,以物联网、互联网为载体,以数字化技术应用为新动能,持续加强云计算与边缘计算融合、数字化技术融合,全面沉淀公共服务组件,打造开放共享的共享服务中心,逐步打造“云边融合、云数智一体、服务共享”的技术体系,为数字化赋能业务提供开放、共享的技术环境。

5 结论

预期广东电网在“十四五”建成物理世界与数字世界融合、机器智能与人类智慧融合、内部运营与能源生态融合的数字电网,形成全景洞察、智能执行、数字感知、智慧决策的能力。广东电网呈现管理更智能、技术更敏捷、组织更协同、机制更创新的明显特征。数字化驱动智能电网高效运行,实现现代供电服务体系提质升级,建设新型电力系统。

参考文献:

- [1] 中国南方电网有限责任公司. 数字电网白皮书(2020年) [R]. 广州: 中国南方电网有限责任公司, 2020.
China Southern Power Grid Co., Ltd. Digital Power Grid White Paper (2020) [R]. Guangzhou: China Southern Power Grid Co., Ltd., 2020.
- [2] 李涛, 许苑, 陈健, 等. 大型城市智能电网规划探索 [J]. 南方能源建设, 2020, 7(增刊 1): 13-17. DOI: 10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2020. S1. 003.
LI T, XU Y, CHEN J, et al. Exploration of smart grid planning

- in large cities [J]. Southern Energy Construction, 2020, 7 (Supp. 1): 13-17. DOI:10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2020. S1. 003.
- [3] 刘新苗, 王诗超. 电力市场环境广东电力系统规划方法初探 [J]. 南方能源建设, 2021, 8(2): 111-118. DOI:10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2021. 02. 017.
LIU X M, WANG S C. Initial investigation of Guangdong power system planning method under power market environment [J]. Southern Energy Construction, 2021, 8(2): 111-118. DOI: 10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2021. 02. 017.
- [4] 崔文俊, 汤寿泉. 构建一流智能电网标准设计体系研究实践 [J]. 南方能源建设, 2020, 7(增刊 1): 1-7. DOI: 10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2020. S1. 001.
CUI W J, TANG S Q. Research on the construction of first-class smart grid standard design system [J]. Southern Energy Construction, 2020, 7(Supp. 1): 1-7. DOI: 10.16516/j. gedi. issn2095-8676. 2020. S1. 001.
- [5] 张文建, 梁庚, 李庚达, 崔青汝. 智慧化全数字技术及其在电厂中的应用 [J]. 中国电力, 2020, 53(11):10. DOI:10.11930/j. issn. 1004-9649. 201907082.
ZHANG W J, LIANG G, LI G D, et al. Intelligent full-digital technology and its applications in power plant [J]. Electric power, 2020, 53(11):10. DOI:10.11930/j. issn. 1004-9649. 201907082.
- [6] 王忠杰, 文乐, 杨新民. 大数据在智能化电厂中的应用研究与展望 [J]. 中国电力, 2019, 52(3): 133-139. DOI:10.11930/j. issn. 1004-9649. 201705013.
WANG Z J, WEN L, YANG X M. Applied research and prospect of big data in power plant intelligence [J]. Electric Power, 2019, 52(3): 133-139. DOI:10.11930/j. issn. 1004-9649. 201705013.
- [7] 华志刚, 郭荣, 崔希, 等. 火电智慧电厂技术路线探讨与研究 [J]. 热力发电, 2019, 48(10): 8-14. DOI:10.19666/j. rlfed. 201904076.
HUA Z G, GUO R, CUI X, et al. Discussion and study on techni-

- cal route of smart thermal power plant [J]. Thermal Power Generation, 2019, 48(10): 8-14. DOI:10.19666/j.rlf.201904076.
- [8] 王诗超, 苏步芸, 白骏. 基于电网经济效率评估的发电和输电协调规划方法研究 [J]. 南方能源建设, 2020, 7(3): 38-45. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.005.
WANG S C, SU B Y, BAI J. Research on the Coordination Planning Method of Power Generation and Transmission Based on Economic Efficiency Assessment of Power Grid [J/OL]. Southern Energy Construction, 2020, 7(3): 38-45. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.005.
- [9] 蔡佳铭, 谢宁, 王承民, 等. 配电网规划的数字化技术和建模方法——第24届国际供电会议研究成果综述 [J]. 电网技术, 2019, 43(6): 2171-2178. DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2856.
CAI J M, XIE N, WANG C M, et al. Digitalized techniques and modeling methodologies for distribution network planning-review of CIRED 2017 on power distribution system planning [J]. Power System Technology, 2019, 43(6): 2171-2178. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2856.
- [10] 石赫, 杨群, 刘绍翰, 等. 基于深度学习的电网故障预案信息抽取研究 [J]. 计算机科学, 2020, 47(增刊2): 52-56. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2856.
SHI H, YANG Q, LIU S H, et al. Study on information extraction of power grid fault emergency pre-plans based on deep learning [J]. Computer Science, 2020, 47(Supp. 2): 62-66. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2856.
- [11] 周荔丹, 曹祖加, 姚钢, 等. 泛在电力物联网的发展分析 [J]. 现代电力, 2021, 38(2): 119-128. DOI:10.19725/j.cnki.1007-2322.2020.0326.
ZHOU L D, CAO Z J, YAO G, et al. Development analysis of the ubiquitous power internet of things [J]. Modern Electric Power, 2021, 38(2): 119-128. DOI:10.19725/j.cnki.1007-2322.2020.0326.
- [12] 张宇航, 邱才明, 杨帆, 等. 深度学习在电网图像数据及时空数据中的应用综述 [J]. 电网技术, 2019, 43(6): 1865-1873. DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2848.
ZHANG Y H, QIU C M, YANG F, et al. Overview of application of deep learning with image data and spatio-temporal data of power grid [J]. Power System Technology, 2019, 43(6): 1865-1873. DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2018.2848.
- [13] 徐蔚, 郭知非, 姚文峰. 广东电网失稳因素研究新视角与实用方法 [J]. 南方能源建设, 2020, 7(3): 95-101. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.012.
XU W, GUO Z F, YAO W F. New Perspective and Pragmatic Method for Studying Causes of Instability of Guangdong Power Grid [J/OL]. Southern Energy Construction, 2020, 7(3): 95-101. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.012.
- [14] 冯国平, 古明生, 吉小恒. 电网非结构化数据管理平台研究与实现 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊1): 222-225. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.S1.049.
FENG G P, GU M S, JI X H. Research and implementation of unstructured data management platform for power grid enterprises [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp. 1): 222-225. DOI:10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.S1.049.
- [15] 冯国平, 解文艳, 王海吉, 等. 基于大数据的DSS融合架构研究 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊1): 1-4, 13. DOI:10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.001.
FENG G P, XIE W Y, WANG H J, et al. Research on fusion architecture of DSS based on big data [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 1-4, 13. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.001.
- [16] 冯国平, 解文艳, 吉小恒. 南方电网大数据发展研究 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊1): 13-17+27. DOI:10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.003.
FENG G P, XIE W Y, JI X H. Research on big data development of China Southern Power Grid [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp. 1): 13-17+27. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.003.

作者简介:



黄敬志

黄敬志 (第一作者)

1977-, 男, 广东开平人, 高级工程师, 硕士研究生, 主要从事网络安全和数字化工作 (e-mail) 5252818@qq.com。

冯国平 (通信作者)

1980-, 男, 湖北云梦人, 主要从事电力信息化的规划设计与研究工作 (e-mail) fengguoping@gedi.com.cn。

黄小强

1988-, 男, 江西井冈山山人, 高级工程师, 硕士, 主要从事数字化规划与建设工作 (e-mail) hxqabc@126.com。

方家良

1985-, 男, 广东中山人, 主要从事电力信息化的设计咨询工作 (e-mail) fangjiali@gedi.com.cn。

(责任编辑 郑文棠)