

[云平台]

新型电力系统评测应用创新

文：王益亮¹ 范 宇¹ 刘思杙¹ 谢 勇²

1. 国网四川省电力公司技能培训中心；2. 四川科锐得实业集团有限公司青羊分公司

新模式面临新要求，新型电力系统评测应用创新也需进一步科学设计。测试云平台是现代一流信息系统评测中心应具备的基本条件，利用云计算技术的测试模式，能够实现“测试资源”服务化，融合数字系统计算分析，支撑综合分析，充分发挥信息系统云端化、平台化和智能化技术优势，满足评测需要。

随着更大范围、更深层次的科技革命和产业变革。云计算、大数据、人工智能等现代信息技术不断取得突破，迫切需要加快数字经济的发展。公司构建新型电力系统，要求全力提升电网可观测、可描述、可控制能力，实现全网透明化，控制系统与信息系统并举，要求具有灵活高效、智能友好、智慧互动，意味着技术基础和业务模式都迎来了改变。新特点迎来新要求，新模式面临新系统，对新型电力系统的评测设计需要进一步得到科学、有效的提升，满足不同阶段、环节、对象的评测需求。

新型电力系统业态新模式

1. 数字化与绿色化

产业数字化趋势下，新型电力系统进行了全链条数字化配置升级，从采集控制到配置策略方面都进行了深度融合、范围更广。数字化技术（包括5G、云计算、人工智能、大数据等）为电力大数据转型提供了融合技术服务平台，并由点向面发挥技术创新价值。同时数字化管理探索将进一步引领电力企业创新发展，服务价值不断提升。

新型电力系统是以新能源为主体，以创新为根本驱动力、以数智化为关键手段的新一代电力系统，通过推动电力生产、传输、消费、存储各环节的电力流、信息流、价值流融会贯通和综合调配，建成绿色

低碳、安全可控、经济高效、柔性开放、数字赋能的电力系统。新型电力系统总框架如图1所示。

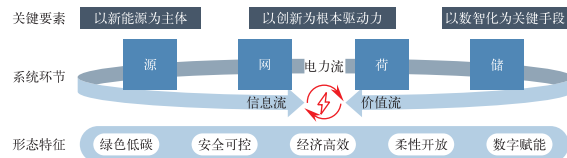


图1 新型电力系统总框架图

2. 自动化与智能化

电力行业改造经过多年发展，已形成多模态结合的创新路径。跟随信息技术的升级发展，智能化设备、智能仪表、自动化系统等模块共同组成了电力系统的自动化发展架构，为电力智能化、数字化转型升级提供了基础支撑。数字化进一步加强了生产、服务过程等数据动态采集，全业务链条的数据采集、传输和汇聚体系的可能性，新型电力数字化平台（运行平台、管理平台等）的建设及应用，能支持不同主体之间的协同互动。

第五代移动通信（5G）、物联网、人工智能、云计算、区块链、数据中心等数据技术赋予了能源生产、传输、存储与消费各环节的智能化。这种智能化的本质是能源系统的各要素不但产生功能，而且也提供表征其功能的数据；由于数据之间的交流，实现了各要素之间的协同，通过协同产生了自

组织、自趋优、自适应的功能。数据就像语言一样，使得各要素之间能够对话，从而使得整个系统变得更加有序、协同。人工智能使得人类从物理机理认知世界走向利用大数据认知世界，能源系统变得更加智慧。如图2所示。

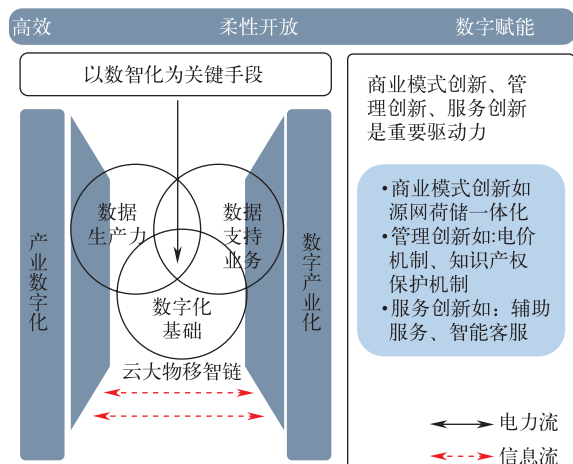


图2 新型电力系统要求数字赋能

3. 价值创造，业态创新

新型电力系统以创新为根本驱动力，包括技术创新、商业模式创新、管理创新和服务创新，其中，技术创新是核心驱动力；新型电力系统以数智化为关键手段，通过数据生产要素，夯实数字化基础、提升数据生产力、实现数据支持业务，推进数字产业化和产业数字化。

能源互联网的价值创造机理，其本质是以多能

融合突破孤立系统的边界，从而显著扩大资源优化配置的空间；通过信息技术使得能源系统更加有序，进而促进能源系统的“熵减”；通过能源互联网平台释放范围经济的巨大红利。基于共享经济机制、降低交易成本、激励共享共赢的能源互联网价值分配机制，谋划了能源互联网支撑智慧城市发展、支撑绿电追踪、支撑能源消费节能降耗、提升工业资产利用率、助力政府治理的新业态。以再电气化为核心目标、基于价值公平分配的数据共享、以数字孪生为平台的人工智能、以负荷调度替代需求侧响应、基于共享经济的能源互联网市场机制的发展战略。

新型电力系统评测新探索

1. 融合云计算数字系统分析，支撑综合评测

测试云平台则是现代一流信息系统评测中心应具备的基本条件，基于云计算的信息系统评测平台，是利用云计算技术的测试方式或测试模式，能够实现“测试资源”服务化。利用云计算、边缘计算等技术，融合数字系统计算分析，支撑综合分析，充分发挥信息系统云端化、平台化和智能化技术优势，满足评测需要。

基于云计算的信息系统评测能够有效解决传统测试较难解决的问题，如模拟百万级别的并发性能压力测试。为此，设计并实现了基于云计算的信息系统评测平台，如图3所示。

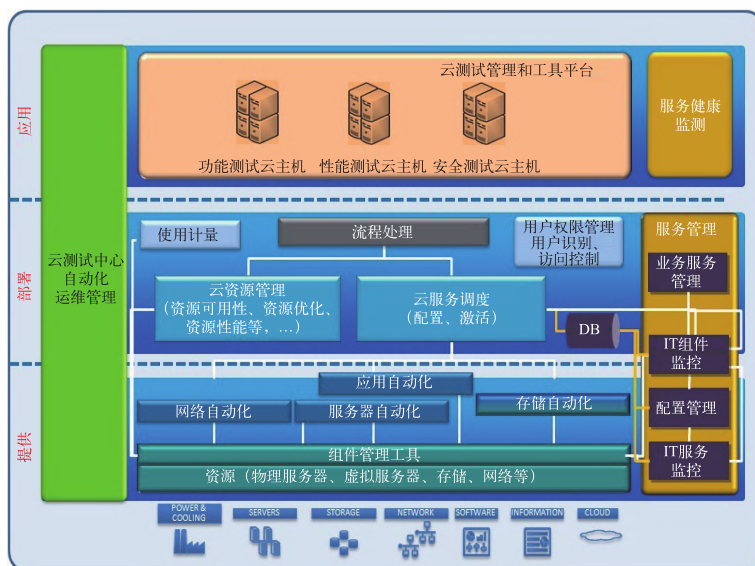


图3 基于云计算的信息系统评测平台

云测试管理和工具平台包含测试管理ALM，可进行测试需求管理、测试案例管理、测试脚本管理、测试执行管理和测试报告管理等多项任务。其通用测试平台包括了自动化测试类工具，能有效地加速测试过程，提升测试质量。同时测试平台配备独立的测试环境，能快速部署被测应用，并提供基于生产配置的运算能力，能较好地反应真实环境下被测应用的实际性能。云测试的工具平台可以执行功能测试、架构测试、性能测试、安全性测试等内容。如在架构测试中，主要使用了DSM（Dependency Structure Matrix）模型依赖关系，作为测试阶段的基础，通过分析函数、变量、类、字段和宏等成员之间的关系，建立整个系统的架构模型，并对其进行相关的测试和优化建议等工作，进而根据架构原则对系统架构进行自动优化调整、重构，为提高系统架构质量（如稳定性，扩展性等）提供决策支持。

2. 加强数据维护，推动流程再造

进行对新型电力系统的常态化维护和源端整治，需要推动评测业务优化和流程再造，才能夯实公司数据基础与数据经济底座，全面提升工作质效。在传统测试下同时模拟多个用户活动的经济成本较高(系统的并发用户数计算 $C=nL/T$ $F=R \times C$)，大多数应用程序在服务器架构上运行，并且数据与服务器架构中的应用程序紧密耦合。例如，面向用户系统的评测，模拟该系统下4 800个用户活动，平均每天约400用户访问量。典型用户，从登录到退出系统平均耗时一天4 h，用户在8 h内使用该系统。即 $C = 400 \times 4/8 = 200$ $C' \approx 200+3 \times \sqrt{200} = 242$ 。 $F=VUR/T$ ，其中 F 为吞吐量， VU 表示虚拟用户个数， R 表示每个虚拟用户发出的请求数， T 表示性能测试所用的时间。 $R = T/T_S$ （用户思考时间）。

为了实现数字化软件的全面的测试，按照四层的架构来构建总体结构。如图4所示，其中统一测试平台中涵盖安全测试引擎、静态分析引擎、代码度量分析引擎、可扩展测试引擎以及架构分析引擎等内容。平台层在硬件资源、网络的基础上建立软件测试环境，与已有的软件开发环境，办公内网环境以及网络设备集中管理环境、数据安全备份管理的环境等无缝集成。统一用户接口层为测试的各阶段功能提供统一的接口进行管理、统计和报告。用户层指所有的使用者，如测试人员、开发人员、

管理人员、验收人员等，合理充分的利用测试平台的测试资源，保障软件数据质量。通过充分发挥云计算技术在信息系统测试数字全周期管理，以进一步满足评测数据要求。

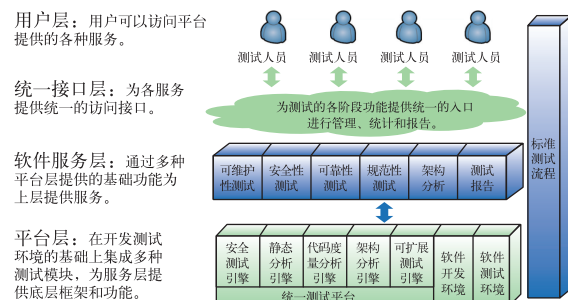


图4 云计算的信息系统评测模式架构图

云计算评测与数字化开发相依相存。数字化系统业务的良性发展，离不开评测校验中各种标准的规范、各种架构的约束。在当前数字化产品迭代较快的情况下，测评的频率也需要相应加快。从需求、研发、设计等方面做到测试尽量提前，在生产、集成、服务等水平内容中提前完成单元测试、集成测试，支持新技术、新产业、新业态、新模式加快发展。就新型电力系统而言，随着数据量的日益增加，大数据存储在数字化应用框架体系中居于重要地位。对大数据存储系统进行性能评测可以指导大数据应用开发人员分析性能瓶颈，进行大数据系统的性能优化。通过主动与被动相结合的大数据存储系统性能评测及基准测试程序，对大数据存储系统主动发起性能测试，分析新型电力系统存储系统的基准性能指标。同时，对低效任务、低效算子进行分析，全方位对新型电力系统进行性能评测。通过评测的提早介入，才能使应用在达到预测能力阶段后，新型电力系统可以模拟不同的未来情景，并确定最具可能性的情景。这包括将数字孪生、数字化架构投射到未来，以描绘多种电力应用情景，并评估它们发生的可能性。由此，企业可以对未来发展进行预测，并适时作出决策和采取适当措施。

3. 缩短测试周期，降低企业成本

对新型电力系统评测从数据收集到云计算处理，要能够及时、自动、科学的生成智能判断力报告，不仅保证业务系统的验证范围达到全覆盖，更要升级测试工作效率，节约人、物和财力，有效降低测试项目的实施成本。同时，评测及时化更适应

了移动互联网时代下产品快速上线、快速迭代的灵活需求，评测智能化精准找出测评问题，在保证测试质量与测试覆盖范围的基础上有效缩短测试执行周期，辅助企业缩减产品研发周期，加快开发商速度，助力产品完善。

利用基于AI智能化的测试管理系统，协助操作自动化测试情境排程的规划，以及测试后端大数据的数据检视与除错，在前期帮助实现电力大数据查处故障、保障修复，有利于企业后续信息系统的平稳运转，进一步降低运行成本。在测试数据累积方面，平台基于云端可以进行AI自动化深度学习与分析，自动生成测试用例提出除错与改善方案，大幅度提高测试效率和覆盖率。同时，通过云计算进行工作缩减了测试周期，实现了进一步降低服务器维护要求以及评测工作人员的相关劳动成本，助力企业降本增效。

4. 围绕4大指数，秉赋电力数字化重构

科学分析不同阶段、对象、评测环节需求，围绕应用成熟度、覆盖实用度、实施便捷度和交互有效度，验证评估系统的稳健性、通用性与创新性。同时，对4大指数的权重分配要做到具体问题具体分析，针对不同电力产品定位选择重要的维度和指标，做权重优先级排序。基于选择的指标，使其数值可衡量，做量化标准，基于数字化资源保障产品下限，基于人才禀赋提升上限。

(1) 应用成熟度

结合内置安全评估库，数据安全制度流程、技术工具等方面评估项，从多个维度掌握数据全生命周期的安全能力现状。评测整体系统功能规划，检验是否系统集成丰富的技术检测工具，涵盖多态数据安全能力检测、端点安全能力检测、应用平台安全能力检测、基础安全能力检测等方面，为安全能力评估提供可量化且客观性极强的技术检测手段全面检测及评估完成，最终形成面向业务的电力系统重构。如图5所示。

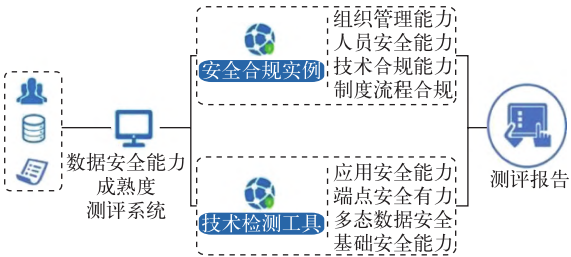


图5 新型电力系统评测应用成熟度涵盖内容

采用对系统输入数据形式的控制，采用对评测单元获取实时数据的及时评量，有望实现有效控制成本、优化配置资源。就企业当前形势数字孪生构建下，离不开使用工程知识对采集数据进行分析判断。通过语义链接和数据汇集能够产生信息和相应的语境，为复杂和快速决策提供过程认识。对于代码检测过程中备受关注的的核心安全问题，采用分步记录，用过程间分析能力的漏洞检测引擎，再加上深度学习方法对检测结果进行安全智能诊断。如图6所示。

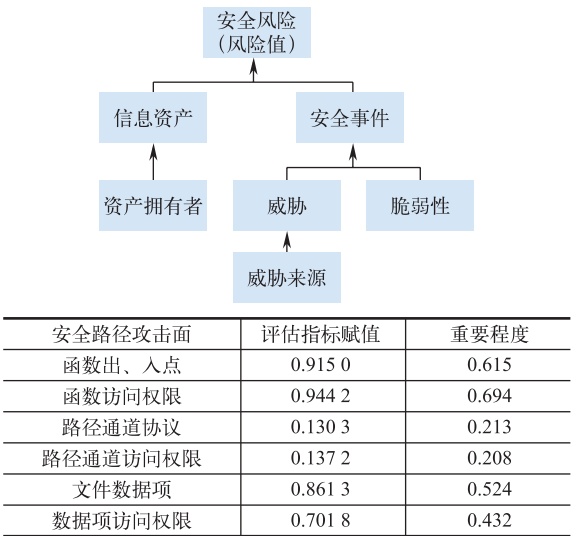


图6 面向业务的电力系统安全路径重构评估

(2) 覆盖实用度

云计算平台评测测试模板、标准库、用例库可以复用到每个业务系统，帮助实现测试资产的高复用，为实现企业的信息化建设提供支持。综合调动云计算平台中的资源，综合组织软件测试为易于扩展的按需服务，创建灵活且可重用的应用程序实现数据空间化服务，缩减运行经济成本。总体评测空间是弹性可扩展的，通过云计算的信息系统评测平台，测试使组织可以随着需求的变化或项目目标的变化而逐渐增加和减少，灵活适应项目指标和经济变化的需求。

考量AI的反馈给用户内容是否能够准确匹配需求，是否具备显性确认以提升容错性。可用性的指标主要聚焦于用户是否能简便通过数字化新型电力系统的完成他们想要执行的任务，同时检验其任务的完成时间，任务成功率，易用性评分，它还包括了颗粒度更细更加具体的指标，例如搜索等指令的使用情况。

(3) 实施便捷度

测试资产指测试过程中所需的自动化测试软件和管理软件。通过测试管理平台共享测试资产，确定测试流程，查看测试结果。自动化测试软件取代了手工测试的繁重工作，更加符合人工智能时代下高效测评的要求，使测试工作准确、有效的进行。对新型电力系统的评测要能满足快速生成检测报告，提高评估效率，如通过对系数不同落点的分析等，及时判别问题所在，对实际情况作出精细、全面的评估判断。从可信性动评测及分析到可信性多维量化评估等多种方式对评测指标的量化予以确定。

在人工智能已经成熟商业化的今天，人们的生活被各种算法层层渗透，越来越多的产品无论是出于降本增效的目的都开始应用算法。面对算法的应用，对算法效果进行测评，尤其是面对一个新算法能力，测评会更加棘手。算法能力的体现，也就是算法的能力类型，通常包括算法精度、算法性能、操作体验。针对精度和性能的测评，可以采用批量跑测的执行方式，数据准、效率高。精度指标因算法，一般分为两种类型：绝对指标和相对指标。绝对指标通常就是准确率，是测试集算法处理结果与测试集真实结果差异的百分比计算，有FAR、FRR、召回率、字符准确率。相对指标是指设定一个基准算法，锚定该算法的绝对指标准确率为100%，用均方根误差（标准误差）作为结果。经过统计后的各项指标数值，是测评结论的客观依据。针对操作体验的测评，采用端到端的执行方式，才能准确还原真实操作场景。

(4) 交互有效度

新型电力系统要求从采集、存储应用，统筹感知和采集，计算算力等安全防护方面，面向服务更多元，统筹电、碳数据采集和相应需求。为进一步支撑如碳监测等统计分析要求，需要源技术与数字技术的加速融合。^[1]因此需要评测过程中打通能源产业链上下游各环节，保证数据要素充分流通，无论是在小型企业的业务管理系统、电子查询系统等诸多调入系统中都可以引入测试，保证测试单位系统的整体安全性、交互性，为风险评估及时评定、作出预防。

同时在人工智能时代下，信息环境中需保持较高的质量标准，保持较优的数字体验，因此信息系

统本身也应该满足智能友好交互界面的体验感。不光是智能化相关技术，智能产品的市场需求、智能装备资源、智能化交互能力、智能服务应用和智能化管理能力均对智能化转型升级影响重大，从而影响新型电力系统的整体架构。

与AI的耦合程度决定了评测覆盖能够走多远，基于AI智能化的测试管理系统，AI自动化深度学习与分析，评测会进一步提出除错与改善方案，自动生成测试用例（测试用例设计效率百分比 $TDE=(TDFT/NTC) \times 100\%$ ，其中：TDFT=测试过程中发现的全部缺陷，NTC=运行的测试用例数），在检测能力、检测准确性和检测时效性等维度上充分实现效能最大化。以智能流程自动化推动数字化转型。基于标准规范制定与评测四度下，只要数字化系统中存在简单重复、基于规则的业务流程，应用云计算用户评测模式之后就可以节省大量人力，降本增效明显。智能化评测架构简单部署且见效更快特性，使得很多数字化场景都能更容易落地。在AI智能领域的高速发展下，评测智能化也不仅仅满足于模仿人类操作读写用户界面，它还能深度协作开展团队型协作工作，完成更多类型的工作任务，从基于规则的评测决策自动化走向基于指标的智能分析与决策自动化。

四大指数是针对新型电力系统评测工作整体参考标准提出的分级策略，根据数字化系统架构功能丰富实用度和系统成熟度、实施便捷度和交互有效度，设定了四级预期评价结果。对数字化发展水平的测度，不仅要追求数字化发展的结果，还要把握当前数字化、智能化发展能力，以及数智化发展潜力，依照真实性、客观性、科学性和可操作性原则构建涵盖基础环境、数字制造、智能应用、创新能力在内容的评估指标。总体而言，这是一个规范、严格且较为全面的评估评测，可以客观的评价新型电力系统和应用技术水平，同时横向对标数字化技术的能力现状。

结束语

总体而言，云计算评测模式、AI+评测、评测四大指数维度是一个规范、严格且较为全面的评估评测，可以客观的评价新型电力系统和应用技术水平，同时横向对标数字化技术的能力现状。期望以

数智化评测增强新型电力系统产业支撑能力，聚力实施智能化评测，优化数字化业务模块、数字化管理能力，快速提升数字化、网络化、智能化水平，强化新型电力系统信息安全保障，完善统筹协调机制，推动新型电力系统产业链实施智能化改造。

新型电力系统评测应用创新需要创建出行业级智能评测标杆模式，形成各阶段改造标准，搭建咨询交流平台，加快推广关键技术、核心支撑新型电力系统发展。最终构建出企业级数字技术支撑体系，推进电网数字化转型，驱动技术应用和管理优化，促进解决新型电力系统中存在的数据孤岛、系统烟囱等问题，为电网赋智，为业务赋能。**EA**

(收稿日期：2022-07-27)

参考文献

- [1] 蔡雨楠. 新形势下电网企业数字化转型实施策略研究[J]. 经济师, 2019(5): 271-272.
- [2] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报, 2016(4): 481-494.
- [3] 苗培青, 李越, 黄伟, 等. 电网规划与设计一体化平台[J]. 电力建设, 2014(8): 49-53.
- [4] 饶宏. 数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统[J]. 电力设备管理, 2021(8).
- [5] 马跃. 以全会精神为动力 全力支撑新型电力系统建设[J]. 华北电业, 2022(2).
- [6] 王春林. 新型电力系统启动发展新引擎[J]. 河南电力, 2022(1): 3.
- [7] 谭忠富, 李云峰. 碳中和目标下以新能源为主体的新型电力系统体系构建[J]. 中国电力企业管理, 2021(34).
- [8] 武传德. 能源类企业集团财务公司如何服务新型电力系统构建[J]. 中国电力企业管理, 2022(1).
- [9] 岳宝强. 县域新型电力系统建设如何起好步[J]. 中国电力企业管理, 2022(2).
- [10] 才秀敏. 储能将成为新型电力系统中的要素[J]. 电器工业, 2021(6).
- [11] 武魏楠. 记者手记: 不改变思路, 勿奢谈新型电力系统[J]. 能源, 2021(6).
- [12] 国家明确建设新型电力系统的主要措施[J]. 风能, 2021(4).
- [13] 董毓华, 陈丽莎. 浙江探索破解新型电力系统建设“三大矛盾”[J]. 中国电力企业管理, 2021(16).
- [14] 郑祎峰, 王佳春, 王谨, 等. 基于人机交互技术的工业产品数字化系统分析评测[J]. 现代电子技术, 2021, 44(13): 182-186. DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2021.13.038.
- [15] 吴泳江. 企业数字化转型利器——联想工作站应用评测[J]. 智能制造, 2021(2): 19-24.
- [16] 罗文兵, 杨婷婷, 徐海波. 云平台系统测试重点分析[J]. 电子技术与软件工程, 2022(5).
- [17] 周红卫, 刘娜. 云计算基础设施产品测评框架与测试方法研究[J]. 江苏通信, 2021, 37(6): 82-86.
- [18] 张红金, 刘维. IaaS国产云平台软件测试技术探索[J]. 中国科技信息, 2022(1).
- [19] 周红卫, 刘娜. 云计算基础设施产品测评框架与测试方法研究[J]. 江苏通信, 2021(6).
- [20] 李锬锬. 云计算的计算机软件测试技术分析[J]. 计算机产品与流通, 2020(4).
- [21] 张宝斌. 基于云计算的软件测试技术研究[J]. 电子制作, 2020(8).
- [22] 杨晓庆. 大数据背景下软件测试技术研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2020(3).
- [23] 张堃. 计算机软件测试技术与开发应用策略分析[J]. 电子技术与软件工程, 2021(23).
- [24] 张远. 计算机软件测试技术及应用分析[J]. 中国测试, 2021(10).
- [25] 常玲霞, 宋娅菲, 石秀君. 基于云计算的计算机软件测试技术分析[J]. 网络安全技术与应用, 2022(3).
- [26] 钱杨. 对计算机软件测试技术的几点探讨[J]. 电子测试, 2021(3).
- [27] 王政锋. 基于云计算的计算机软件测试技术[J]. 电子技术与软件工程, 2020(18).
- [28] 涂炼, 张水平, 左剑, 等. 大数据技术在电网数据上的应用[J]. 电气应用, 2021, 40(10): 52-57.
- [29] 蒋家祥, 倪铭伟. 计及用能权的电力系统经济调度[J]. 电气应用, 2021, 40(5): 82-87.