

[云计算平台]

基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化研究

文/李克民 周逸淳 王伟康 常真
国网浙江省电力有限公司安吉县供电公司

基于云计算平台提出一种配电网运维检修资源调度优化研究方法，构建一个高效、智能的资源调度模型。在系统架构设计、优化目标与约束条件、基于云计算的分布式优化算法、实时数据处理与决策支持、动态资源分配与调度策略等方面进行深入探讨，并结合实际应用进行技术测试，验证所提出模型的可行性与优势。通过系统的设计与优化，为配电网运维提供一种新的资源调度方案，为提高配电网的运行效率和可靠性提供理论依据和实践指导。

随着智能电网技术的快速发展，配电网的规模和复杂性日益增加，传统的配电网运维检修资源调度模式面临着越来越大的挑战。在现代配电网中，设备种类繁多，运行环境复杂且动态变化，运维检修任务的安排和资源调度需要考虑多种因素。传统的调度方法多依赖人工经验或静态模型，往往缺乏对实时数据的及时响应能力和对复杂情况的灵活应对能力。云计算技术具备强大的数据存储与处理能力，能够实时收集和分析配电网运行状态数据，为资源调度决策提供科学依据，同时通过高效的计算与分布式处理技术实现动态、智能的资源调度优化。

基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型

1. 系统架构设计

在基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型中，系统架构设计是保障资源调度高效性与可扩展性的关键环节。该系统架构包括数据采集层、数据处理层、优化决策层与执行层。数据采集层主要负责通过传感器、监控设备等实时采集配

网各类设备的运行状态、故障信息以及环境参数等基础数据。这些数据作为优化模型的输入，支撑着后续的运维资源调度决策。数据处理层利用云计算平台强大的计算能力，结合大数据分析和机器学习算法对收集到的原始数据进行清洗、存储与处理，通过对设备运行状态的实时监控，精准评估设备健康状况、故障风险与运维需求，为优化决策提供数据支持。优化决策层则基于云计算平台的分布式优化算法对资源调度进行动态优化，根据任务优先级、资源可用性、人员技能与位置等因素，自动生成最优的调度方案，并实时调整应急响应策略，以应对突发事件。执行层则负责执行优化决策，调度人力、物力和设备等资源，确保各项运维任务按时高效完成。此外，系统架构还需具备高度的可扩展性和容错性，能够根据实际需求灵活调整资源配置和任务分配，保证系统在高负荷、复杂环境下的稳定运行^[1]。

2. 优化目标与约束条件

在基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型中，优化目标主要体现在资源调度的效率与成本控制上。具体而言，目标包括最小化运维检

修过程中的资源利用成本、最大化运维作业的及时性与响应速度，并实现资源的动态平衡配置。资源利用成本涵盖了人力、设备、材料及调度平台的运行成本，要求在满足各项服务级别协议（SLA）和网络运行需求的基础上，实现整体成本的最优分配。为满足这些目标，约束条件必须考虑多方面因素，对于运维资源的可用性与可靠性，保障人员、设备及其他关键资源的最小需求量不被突破。调度过程必须满足时间窗约束，即任务需在规定时间内完成，避免因调度延误影响电网的稳定运行。此外，还需要考虑运维任务之间的依赖关系，确保任务的顺序合理性及并行执行能力。最后，云平台的计算能力、存储能力与带宽资源也是关键约束因素，云计算平台的性能限制将直接影响调度算法的执行效率与可靠性。数据表格见表1，详细展示了在不同约束条件下的资源调度优化情况，包括时间、成本与资源分配的动态变化。

表1 优化目标与约束条件数据

调度阶段	时间/h	资源投入(人员)	设备使用时长/h	运维任务数	成本/万元	云平台计算负荷(%)
阶段1	4	10	20	5	1.2	50
阶段2	6	12	24	6	1.5	55
阶段3	3	8	18	4	0.8	45
阶段4	5	15	30	7	2.0	60
阶段5	7	14	28	6	1.8	62

3. 基于云计算的分布式优化算法

在基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型中，分布式优化算法利用云计算平台的分布式计算能力，将优化任务分解为多个子任务并分配给不同的计算节点，这些计算节点在局部信息的基础上进行独立优化，通过信息交互与协作不断迭代，最终实现全局最优解。在具体应用中，分布式优化算法通过构建配电网运维资源调度问题的数学模型，结合资源约束条件、任务优先级和时效性要求，定义目标函数以最小化运维成本并最大化资源利用率^[2]。设定目标函数为

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (c_i x_i + t_i y_i) \quad (1)$$

式中， c_i 为第*i*项任务的资源消耗成本； x_i 为任务是否调度的决策变量； t_i 为任务的时间消耗； y_i 为任务完成的时间约束。

接着，结合分布式计算环境，通过多线程或多节点并行处理的方式，进行局部优化，优化过程中使用拉格朗日乘子法来处理约束条件，得到子问题的局部解

$$L(x, \lambda) = \sum_{i=1}^n (c_i x_i + t_i y_i) + \sum_{j=1}^m \lambda_j (g_j(x) - b_j) \quad (2)$$

式中， λ_j 为拉格朗日乘子； $g_j(x) \leq b_j$ 为约束条件，表示资源分配与任务时效的限制。

每个节点根据局部信息和优化算法的迭代结果，不断优化调度策略，并通过云计算平台的协调机制将结果汇总，得到全局最优解。

4. 实时数据处理与决策支持

在基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型中，实时数据处理不仅要求对配电网设备的运行状态进行持续监控，还需要通过云计算平台对大量分散的数据进行快速收集、存储、分析与处理，从而为决策支持系统提供实时、准确的依据。在此过程中，系统通过以下数学模型进行实时数据分析与优化计算，定义故障诊断与修复决策的目标函数为

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (w_i d_i + r_i t_i) \quad (3)$$

式中， w_i 为故障事件的严重性权重； d_i 为故障诊断的时延； r_i 为修复任务的资源消耗； t_i 为修复时间。

通过实时数据处理，对每一条数据流进行动态分析与分类，结合基于云计算平台的并行计算能力，快速响应配电网中的突发故障与检修任务。在决策支持系统中，基于实时数据的优化计算和预测模型，能够在任务调度时综合考虑资源的可用性、任务的优先级和时间约束等多因素，制定最优的资源配置与调度策略。此外，系统还采用多目标优化算法，通过以下约束条件进一步提升决策的精准度与实时性，计算公式为

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq R_{\max} \quad (4)$$

式中， x_i 为资源调度决策变量； $R_{\max}$ 为可用资源总量，确保优化计算过程中不会超出实际可用资源限制，避免资源过度调度或配置错误^[3]。

5. 动态资源分配与调度策略

在基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化模型中，动态资源分配与调度策略基于配电网运行的实时数据流与故障诊断结果，结合云计算平

台的强大计算能力与分布式处理优势，自动化地进行资源的调配与任务的重新分配。当配电网设备出现故障或运维需求发生变化时，系统能够根据设备的故障等级、任务优先级及资源可用性，迅速计算出最优的资源分配方案，并根据当前资源状况实时调整运维队伍的配置、设备调度和物资运输等，确保故障排除与检修工作顺利开展。为提升资源调度的灵活性与实时性，系统采用一种基于预测模型与优化算法相结合的方法，利用机器学习算法分析历史数据，预测设备的故障风险与可能的故障时间，提前做好资源的预分配与准备工作。此外，系统还支持根据任务的优先级、运维人员的技能等级和设备的可达性等多维因素进行综合决策，通过优化算法自动生成最优调度计划，从而有效减少因资源不足或资源错配导致的运维延误与资源浪费。动态调度策略还具备容错能力，在面对突发情况时，系统能够快速评估现有资源的可用性并进行重新配置，以应对设备故障、天气变化等不确定因素，从而最大程度地保障配电网运维工作的高效性与稳定性。

技术应用测试

本次实验所使用的数据集是基于实测数据，收集自配电网运维过程中的传感器和监控系统，涵盖配电网设备的运行状态、实时故障监测和环境数据等多个方面。在数据的使用过程中，数据集被划分为训练集和测试集，整个数据集包含约50 000条数据，其中70%用于训练模型，剩余的30%用于测试模型的性能。训练集用于开发与调优配电网运维的预测模型、故障诊断算法及调度优化算法，测试集则用于评估这些模型和算法在实际运维中应用的效果与性能。实验共进行5次独立测试，每次测试都会对模型进行参数调优和数据输入的适配，确保不同的工作条件和负载情况下，模型能够保持高效的调度优化能力。在测试过程中，主要包括以下几个指标：调度效率，即模型在给定时间内完成资源调度的效；资源利用率，衡量系统在任务调度过程中的资源分配能力；故障响应时间，指模型检测到故障并开始调度维修资源的时间；任务完成率，即在给定时间内，模型成功完成调度任务的比率，能够展示系统在实际运维中的可行性和稳定性处理延时，即从接收到数据到开始调度执行的延时，反映

系统实时响应的效率，测试数据见表2。

表2 测试数据

测试组	调度效率/s	资源利用率(%)	故障响应时间/s	任务完成率(%)	处理延时/s
高负载	15.23	85.75	5.62	98.40	1.48
正常负载	9.67	90.12	4.19	96.50	1.25
低负载	4.55	95.35	2.82	100.00	0.98

从表2中的结果可以看出，随着负载的增加，调度效率逐渐降低，而资源利用率与任务完成率则在高负载下稍有下降，表明系统的性能在面对高负载任务时略有下降。这与故障响应时间呈现正相关，高负载下故障响应时间较长，系统在极端负载下的应急能力受到一定影响。此外，处理延时在高负载下略有增加，表明系统在面对高负载情境时的实时响应能力有所下降，尽管在低负载情况下，系统表现出最佳的响应时间和任务完成率。综合来看，云计算平台在不同负载下能够保持较好的资源调度能力，但仍需在高负载情况下进一步优化调度算法和系统架构，以提高故障响应和处理能力。

结束语

综上所述，基于云计算的配电网运维检修资源调度优化不仅可以实现资源的最优配置，还能根据实时数据动态调整资源分配策略，保障配电网在突发事件中的快速响应和恢复能力。该研究不仅具备理论上的创新性，推动云计算技术在电力系统运维领域的应用发展，也具有实际应用价值，为提升配电网的运维管理水平、提高配电网的可靠性与安全性提供新的解决方案和技术支持。EA

(收稿日期：2024-12-23)

参考文献

[1] 袁超, 吴健, 施皓天. 泛在物联网下10kV配网架空线路运维检修技术研究 [J]. 电气技术与经济, 2024 (9): 81-83, 86.

[2] 谷雨, 张豹. 10 kV及其以下配网运维检修分析 [J]. 光源与照明, 2024 (6): 105-107.

[3] 杨海舟, 王龙, 戴兵兵, 等. 配电网运维检修管理的创新路径探索[J]. 电气技术与经济, 2024 (6): 228-229, 233.