

集控站与调度自动化系统建设模式探析

张雅雯 耿志华

国网河南新乡县供电公司 河南 新乡 453700

摘要：本文围绕集控站与调度自动化系统展开。先阐述其功能定位及协同关系，接着介绍独立、一体化、分布式协同三种主流建设模式及其优缺点。然后指出建设模式存在系统集成与兼容性、数据交互与处理能力、运维管理与适应性问题。最后提出优化策略，包括推动技术融合与架构优化，加强数据治理、完善协同机制，创新运维模式、提升系统适应性，旨在提升系统效能与协同效率，保障电力系统稳定运行。

关键词：集控站；调度自动化系统；建设模式；探析

引言：在电力行业快速发展与变革的当下，集控站与调度自动化系统作为保障电网安全稳定运行的核心组成部分，其建设模式至关重要。集控站承担着对多个变电站集中监控、操作与管理重任，调度自动化系统则是电力调度中心实现电网监控与调度决策的关键支撑，二者紧密协同，共同确保电力系统的可靠运转。当前，独立、一体化、分布式协同等多种建设模式并存，但均面临系统集成与兼容性、数据交互与处理能力、运维管理与适应性等方面的挑战。为提升系统效能、增强协同效率，推动电力系统的可持续发展，深入探讨集控站与调度自动化系统建设模式的优化策略具有重要的现实意义。

1 集控站与调度自动化系统概述

1.1 集控站的功能与定位

集控站作为电力系统中对多个变电站实施集中管控的关键场所，具备一系列核心功能。在数据获取上，借助远动装置实时采集变电站的电气量、开关状态等关键信息；运行过程中，对变电站设备状态以及电网潮流等展开实时监视，保障运行安全；同时，拥有在授权范围内对变电站开关、刀闸等设备进行远程操作的权限；还能接收变电站告警信息，辅助调度人员迅速定位并处理故障。集控站处于变电站与调度中心之间，扮演着中间环节的重要角色，通过集中管理有效减少人工干预，提升变电站自动化运行水平与响应速度，为调度中心决策提供精准、及时的现场数据^[1]。

1.2 调度自动化系统的功能与定位

调度自动化系统是电力调度中心开展电网监控与调度决策的核心支撑。该系统功能丰富，包含实时监控与数据采集（SCADA），可精准获取电网运行数据；具备电网状态估计与安全分析能力，能评估电网安全状况；能编制调度计划，合理安排电力生产与输送；还拥有自

动发电控制（AGC）和自动电压控制（AVC）功能，保障电力品质。它如同电力系统调度的“大脑”，通过整合分析全网数据，实时感知电网运行状态，实现安全评估与优化调度，确保电力平衡、潮流合理、设备安全，为调度人员提供科学决策依据^[2]。

1.3 两者的协同关系

集控站和调度自动化系统凭借数据交互与功能互补，构建起紧密的协同关系。集控站充当“前端感知节点”，利用远动装置等实时采集变电站的各类数据，并上传给调度自动化系统，为其决策提供基础支撑。调度自动化系统则作为“中枢决策节点”，依据集控站上传的数据，结合电网运行需求生成调度指令，下发给集控站，由其执行或转发至变电站。尤其在故障处理时，二者形成“感知-决策-执行”的闭环流程，集控站迅速反馈现场信息，调度系统制定策略并经集控站操作，协同效率高直接低影响电力系统调度响应与运行可靠性。

2 集控站与调度自动化系统主流建设模式

2.1 独立建设模式

在电力系统的信息化建设进程中，独立建设模式是一种较为传统且常见的建设方式。在此模式下，集控站与调度自动化系统遵循完全独立的发展路径，分别开展规划、设计与建设工作。集控站侧重于采用特定的硬件平台，构建适合变电站本地监控与操作的软件架构，并依据自身需求制定数据标准，以实现了对变电站设备运行状态的实时监测、控制指令的精准下达以及日常操作任务的执行。而调度自动化系统则聚焦于全网调度，拥有独立的硬件设施、软件体系与数据规范，旨在实现对整个电网的宏观调控、运行分析与决策支持。二者通过标准通信协议进行有限的交互，确保基本的信息沟通。这种模式的优势显著，建设目标清晰明确，能够根据集控站和调度自动化系统的各自功能需求精准投入投资

源,使得初期建设成本相对较低,尤其适用于电网规模较小、变电站数量少的区域。然而,其缺点也不容忽视。由于系统独立建设,兼容性较差,数据难以充分共享,容易形成“信息孤岛”,导致不同系统之间的协同工作效率低下。而且,随着电网的发展和业务需求的变化,后期维护和升级成本较高,限制了系统的进一步拓展和优化。

2.2 一体化建设模式

一体化建设模式是电力信息化领域顺应电网发展需求而兴起的一种先进建设范式。它以统一的技术标准与平台架构作为基石,对集控站与调度自动化系统展开全面且系统的统筹规划与建设。(1)在硬件层面,实现资源共享,服务器、存储设备等关键硬件设施不再各自为政,而是根据实际业务需求进行合理调配与高效利用,避免了硬件资源的重复购置与闲置浪费。软件系统方面,采用统一的操作系统与数据库,消除了不同软件之间的兼容性问题,为系统的稳定运行与深度融合提供了坚实保障。数据模型上,使用标准化的数据字典与接口,确保数据的一致性与规范性,使得数据在不同系统间能够无缝流通与共享。(2)在此模式下,集控站的监控功能与调度自动化系统的 SCADA 功能深度整合,数据实现一次采集、多方使用,有效减少了数据冗余,降低了数据传输延迟,提升了数据处理的实时性与准确性。该模式具备系统协同性强、数据共享高效、运维成本低等显著优势,尤其适用于电网规模较大、变电站分布密集的区域。不过,其初期建设投入较高,技术复杂度大,对建设团队的资源整合能力与技术水平提出了极高要求。

2.3 分布式协同建设模式

分布式协同建设模式巧妙融合了独立建设与一体化建设的特性,为电力系统的信息化建设开辟了新路径。在这一模式下,集控站与调度自动化系统在硬件架构上保持相对独立,各自拥有适配自身功能的硬件设备,这赋予了系统一定的自主性与灵活性,能够根据不同场景和业务需求进行定制化配置。然而,二者并非完全孤立,而是借助分布式计算技术与统一的数据中台实现深度协同。数据中台犹如一座高效运转的信息枢纽,承担着数据的标准化处理、集中存储以及按需共享等关键任务。它对来自集控站和调度自动化系统的各类数据进行清洗、转换和整合,确保数据的一致性和准确性,并将其集中存储,方便后续的查询与分析。集控站与调度系统则可根据自身业务需求,灵活调用中台的数据与计算资源,实现信息的高效流通与共享。该模式的优势显著,灵活性高,能充分适应不同区域电网的差异化需

求,有效避免“信息孤岛”问题,还便于系统的扩展与升级。不过,它对数据中台的稳定性与处理能力提出了极高要求,同时需要建立完善的协同机制,以保障系统在复杂运行环境下的稳定、高效运行。

3 建设模式存在的问题与挑战

3.1 系统集成与兼容性问题

在现有电力系统的各类建设模式里,系统集成与兼容性成为制约发展的主要瓶颈。独立建设模式下,集控站与调度自动化系统多由不同厂商提供,各厂商采用私有协议与独特的数据格式,使得系统间数据交互困难重重。为解决这一问题,往往需额外投入资源开发接口程序,这不仅增加了系统复杂度,还提升了建设与维护成本。一体化建设模式中,不同功能模块,如集控监控与调度 SCADA 等,在融合时可能出现功能冲突,而且在升级某一模块时,还容易牵一发而动全身,影响整体系统的稳定性。分布式协同模式下,数据中台与两端系统对接接口兼容性要求极高,协议版本不统一就可能导致数据传输错误或延迟^[3]。

3.2 数据交互与处理能力问题

数据交互与处理能力欠佳已成为严重制约系统效能提升的关键因素。当下,随着变电站数量持续增多以及新能源大规模接入电网,集控站与调度系统所面临的实时数据处理量呈指数级急剧增长。然而,传统建设模式下的数据传输带宽和处理速度已难以满足这一爆发式增长的需求,进而引发数据更新延迟、画面刷新卡顿缓慢等一系列问题。同时,数据质量良莠不齐,采集设备精度差异、传输过程中的干扰等因素,致使上传数据中充斥着异常值、缺失值,严重干扰了调度决策的精准性。此外,数据共享机制不够完善,关键数据在集控站与调度系统间共享不及时,极大地降低了协同决策的效率。

3.3 运维管理与适应性问题

当前,运维管理与系统适应性方面的短板较为突出。在独立建设模式中,集控站与调度系统各自配备运维团队,这不仅造成人力资源的浪费,还存在职责界定不清晰、交叉重叠的问题。当故障发生时,跨系统的协同排查流程繁琐,耗费大量时间,严重影响故障修复效率。一体化建设模式虽有其优势,但系统复杂度高,对运维人员知识储备要求极高,全系统知识培训成本巨大。而且,一旦出现单点故障,极有可能引发整个系统的瘫痪。此外,面对电网结构变化,如新增变电站、新能源并网等情况,现有建设模式扩展能力不足,系统升级往往需要大规模改造,难以快速适应电网发展的新需求。

4 集控站与调度自动化系统建设模式的优化策略

4.1 技术融合与架构优化

在电力系统建设模式优化进程中,大力推动技术融合是核心驱动力。以变电站感知设备构成数据采集端,它们广泛分布于变电站各处,精准捕捉设备运行状态、电气参数等各类数据,为后续分析处理提供丰富素材。集控站作为本地数据处理与实时控制的关键节点,凭借强大的计算能力,对采集到的数据进行快速处理与分析,实现设备的实时监控与精准控制,确保变电站稳定运行。调度自动化系统则站在全网视角,整合来自各个集控站的数据,运用先进的智能算法进行深度分析,做出科学合理的决策,实现电网的全局优化调度。借助云计算技术,可将硬件资源虚拟化并实现共享,避免硬件设施的重复购置与建设。利用边缘计算在集控站处理实时性要求高的数据,减轻云端负担。采用微服务架构拆分系统功能模块,增强模块独立性与兼容性,方便按需升级。同时统一数据标准与通信协议,达成数据“一次采集、多方共享”^[4]。

4.2 数据治理与协同机制完善

在电力系统运行管理中,加强数据治理与完善协同机制至关重要。数据治理方面,需构建全流程数据质量管理体系。数据采集时,运用高精度传感器搭配抗干扰传输技术,从源头降低数据误差,确保采集数据的准确性与完整性。数据处理环节,借助人工智能算法,如异常检测精准识别并剔除错误数据,数据补全算法填补缺失信息,全方位提升数据质量。数据存储上,搭建分布式数据库,利用其分布式架构实现海量数据的高效存储,同时凭借并行查询机制保障快速查询。协同机制完善上,清晰界定集控站与调度系统的职责边界与数据交互规则,避免职责不清与数据混乱。成立跨系统联合调度小组,针对故障处理、计划检修等场景制定标准化协同流程,确保协同工作有序开展。此外,开发协同决策支持工具,基于共享数据为双方提供统一的分析结果与操作建议,助力高效决策,提升整体协同效率。

4.3 运维模式创新与适应性提升

在电力系统运维领域,创新运维模式与提升系统适

应性是保障电网稳定运行、顺应发展趋势的关键。推行“一体化运维”,需整合集控站与调度系统的运维团队,打破传统运维界限,通过系统培训与实践锻炼,培养既懂集控站业务又熟悉调度系统操作的复合型运维人才,实现运维资源的优化配置。借助数字孪生技术构建系统虚拟模型,可精准模拟各类故障场景,实现远程诊断与故障预判,大幅减少现场运维工作量,降低运维成本。同时,建立自动化运维平台,实现系统状态实时监测、补丁自动推送、日志智能分析等自动化功能,提升运维效率与精准度。增强系统适应性方面,采用模块化设计与弹性架构,使系统在新增变电站或功能时,仅需添加对应模块,无需大规模改造,降低扩展难度与成本。预留新能源并网接口与数据处理模块,可快速适应新型电力系统发展需求,保障系统持续稳定运行。

结束语

综上所述,集控站与调度自动化系统作为电力系统运行的关键环节,其建设模式历经独立、一体化、分布式协同等发展阶段,虽各有优势,但也面临系统集成、数据交互、运维管理等诸多挑战。为应对这些挑战,需从技术融合与架构优化、数据治理与协同机制完善、运维模式创新与适应性提升等多方面着手,通过云计算、边缘计算、数字孪生等先进技术,以及全流程数据质量管理、一体化运维等创新模式,实现系统的高效协同与稳定运行。未来,随着电网规模扩大与新型电力系统发展,还需持续探索优化建设模式,为电力系统的安全、可靠、经济运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]方嘉祥.智能电网信息安全及新技术研究综述[J].科技与创新,2022(04):21-25.
- [2]张宁,刘爽,周晓燕.基于数字可视化的智能电网关键技术及应用[J].数字技术与应用,2022,40(02):197-199.
- [3]谢清玉,张耀坤,李经纬.面向智能电网的电力大数据关键技术应用[J].电网与清洁能源,2021,37(12):39-46.
- [4]周耀辉,司渭滨,代立君,等.电力调度自动化系统建设与优化策略[J].电气技术与经济,2024,(05):334-335+338.