

[监控系统]

变电站辅助设备监控系统发展综述

文/李韦江 宿为
国网电力科学研究院有限公司

变电站辅助设备监控系统作为变电站安全Ⅱ区的核心组成部分，其重要性在现代电力系统的安全、稳定与高效运行中愈发凸显，对智能电网的发展有重大意义。以时间为序，充分调查国外电力公司关于变电站辅助设备监控系统设计规范，并结合国家电网公司自2012年来发布的所有变电站辅助设备监控系统标准，追溯变电站辅助设备监控系统拓补架构及功能模块的发展历程，梳理国家电网公司智能电网变电站辅助设备监控系统的发展脉络，展望我国辅控系统未来的发展方向。

随着中国社会经济的快速发展，电能作为一种重要的能源，在生产生活中的需求不断增大，对电网的建设和稳定运行提出巨大的挑战。变电站作为电网的重要组成部分，包含众多一次设备和辅助监控设备，业务交互逻辑复杂。变电站各主要设备关键参数及辅助设备监视信号具有数据量大、专业性高和资源分散等特点。基于上述特点，国网在变电站系统架构中增加变电站辅助设备监控系统。该系统通过对现有孤立分散的各类二次系统资源进行规范整合，实现二次系统的优化配置、信息资源共享以及部门间业务的无缝衔接，从而提高电网一体化运行水平，解决二次系统种类繁多、运行信息割裂等问题，满足大运行体系建设的需要。国家电网对于变电站辅助设备监控系统的研发也极其重视，先后出台多项关于变电站辅控系统的标准，旨在提高变电站运维管理的自动化水平，降低智能变电站的综合管理成本。各个标准层层递进，不断深化和拓展变电站辅助设备监控系统的各项功能、系统架构和设备体系，不断加强各子系统间联动，发掘辅助设备监控系统的应用潜力，提高系统功能应用效率。因此，对于变电站辅助设备监控系统的相关标准进行梳理至关重要，既可以理清我国变电站辅助设备监控系统发展的脉络，同时也能从中找出可以

优化提高的方向，便于今后在标准修订过程中对其加以改进。

变电站辅助设备监控系统概述

变电站辅助设备监控系统是通过在变电站内电源、消防监控、安全警卫、运行环境、照明和视频等辅助运行信息的统一采集及处理，为变电站集中监控及运维提供辅助支撑的系统。变电站辅助系统由监控后台、各监控子系统、前端采集设备和上级系统组合而成。这些子系统各自负责采集、处理不同模块的信息，并将其上报至辅助设备监控系统后台，包括环境监控、安全防卫和视频监控等。后台接收到这些信息后，将其整合、分析，并交由运维管理人员或系统算法判断当前变电站的运行状态。对于异常情况，可由辅控后台联动各个子系统进行处理。例如，当环境监测子系统监测到环境温度异常，结合火灾报警系统是否产生报警以及图像监视子系统调阅的实时视频，判断该区域是否发生火灾。若火灾确实发生，则可立即联动安全警卫子系统发出报警，并封锁该区域以避免火势蔓延，同时联动环境子系统和火灾消防子系统，启动相关设备控制火情。

国内外辅助设备监控系统的发展与改革大多是

在此拓扑结构上对子系统进行深化拓展，或对各链路的通信规约进行规范和升级得来。

国外变电站辅助设备监控系统的发展

国外在变电站辅控领域的发展相对国内起步要早很多，从20世纪末开始，智能变电站的理念已经是当时变电站发展的潮流。不少发达国家的科学院以及电力公司虽然研究的侧重方向不同，但都积极推动着智能变电站辅控系统相关技术的发展。

ABB公司侧重于研究对数据信息的采集，他们认为加强数据采集的广泛性和精准性有利于对全局的掌握，从而形成正确的规划。西门子公司则关注于如何提高变电站的自动化程度以及系统整体应对故障的自愈能力，以此来减少事故发生的概率。美国电力研究院着重于对变电站状态监测的研究，通过多年的实验与测试，已经做到了全美变电站实现无人值守。加拿大的电力需求已经趋于饱和，发展速度较慢，因此他们把重点放在智能变电站关键标准和技术研究上，对智能变电站的网络安全、数据管理、智能设备的应用和未来结构规划等多领域进

行一系列研讨。日本目前主要通过光纤电缆，实现主控室计算机对各级终端的远程监控和操纵。

2001年，意大利开始了“智能电网”的改造和推进。2004年底，瑞士成为第一个应用IEC 61850变电站通信标准的国家。2006年，欧盟理事会发布能源绿皮书《欧洲可持续的、竞争的和安全的电能策略》，其中强调“智能电网”的建设是新型能源建设的发展方向。

国内变电站辅助设备监控系统的发展

2009年，国家电网首次公布智能电网发展计划，辅助设备监控系统作为变电站整合处理各类分散资源的平台，也开始不断地发展与迭代。

2012年，国家电网公司发布Q/GDW 688—2012《智能变电站辅助控制系统设计技术规范》，该规范将子系统划分为图像监视及安全警卫子系统、环境监测子系统和火灾报警子系统三大模块，各子系统通过DL/T 860《变电站通信网络和系统》协议上送至辅助设备监控系统后台，其架构图如图1所示。

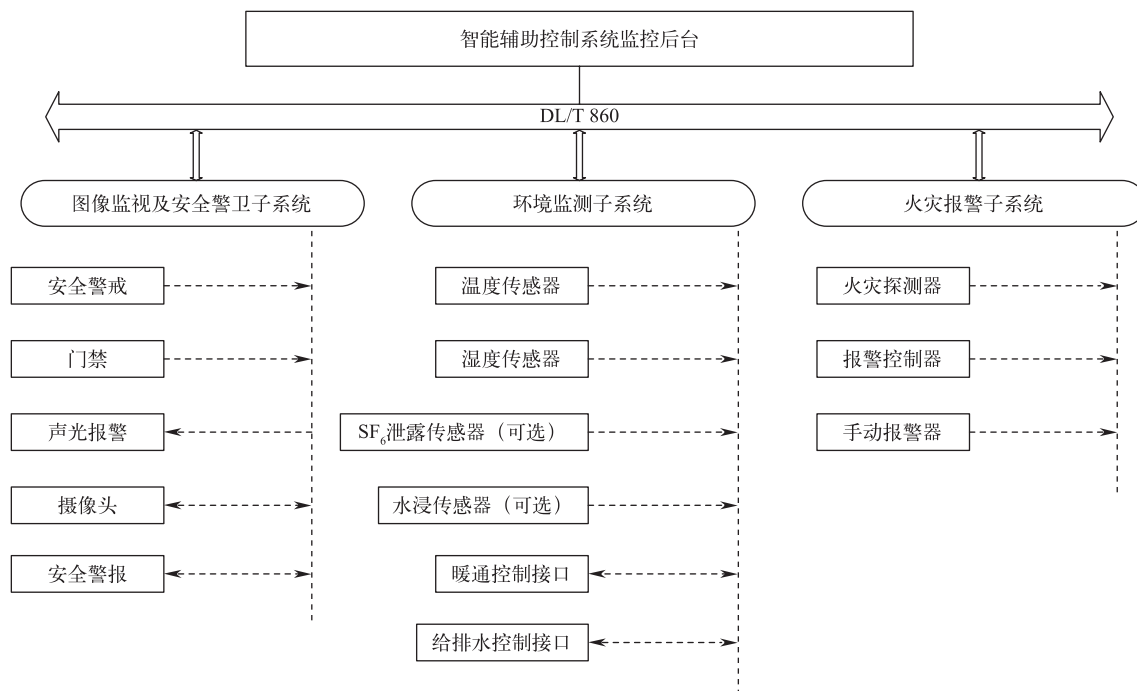


图1 688版辅控系统架构

由于发布较早，Q/GDW 688辅控规范中系统架构层面分类简单笼统，仅将子系统划分为图像监视及安全警卫子系统、环境监测子系统和火灾报警

子系统三部分，将功能局限于对环境数据的采集、视频监控图像的获取以及安防报警等功能，缺乏对于数据和图像的分析能力，同时缺少相关算法的支

撑，无法实现对异常情况的自动处理，不能及时解决突发问题。在协议方面，仅规定由系统后台到各子系统间的通信协议，未对子系统到各前端、辅控后台到主站的通信协议做出明确的规定。

2015年，国家电网公司颁布Q/GDW 11509—2015《变电站辅助设备监控系统技术及接口规范》，在Q/GDW 688版辅控系统之上，对于子系统进行进一步细化，将图像监视及安全警卫子系统拆分为安全警卫子系统和视频监控子系统，分别处理安防和视频监控的任务。视频监控子系统除将信息上传至辅控系统后台，同时也需对接电网统一视频

平台。新增照明子系统，负责采集变电站内灯光控制器的信息。新增辅控系统主站，辅助设备监控系统后台采集子系统上报的数据后，需要将整合的数据以及点位动作结果定期上传至辅控系统主站。其架构图如图2所示。

11500—2015版本辅控相较于688版辅控对子系统进行进一步细分，有效提升功能的广度与深度，但整个系统的功能和联动仅限于系统内部，尚未与变电站4区的智能巡视系统对接。发现异常情况后的自动处理能力仍存在不足。同时，缺乏智能锁控系统，对于锁具在安全性上仍存在隐患。

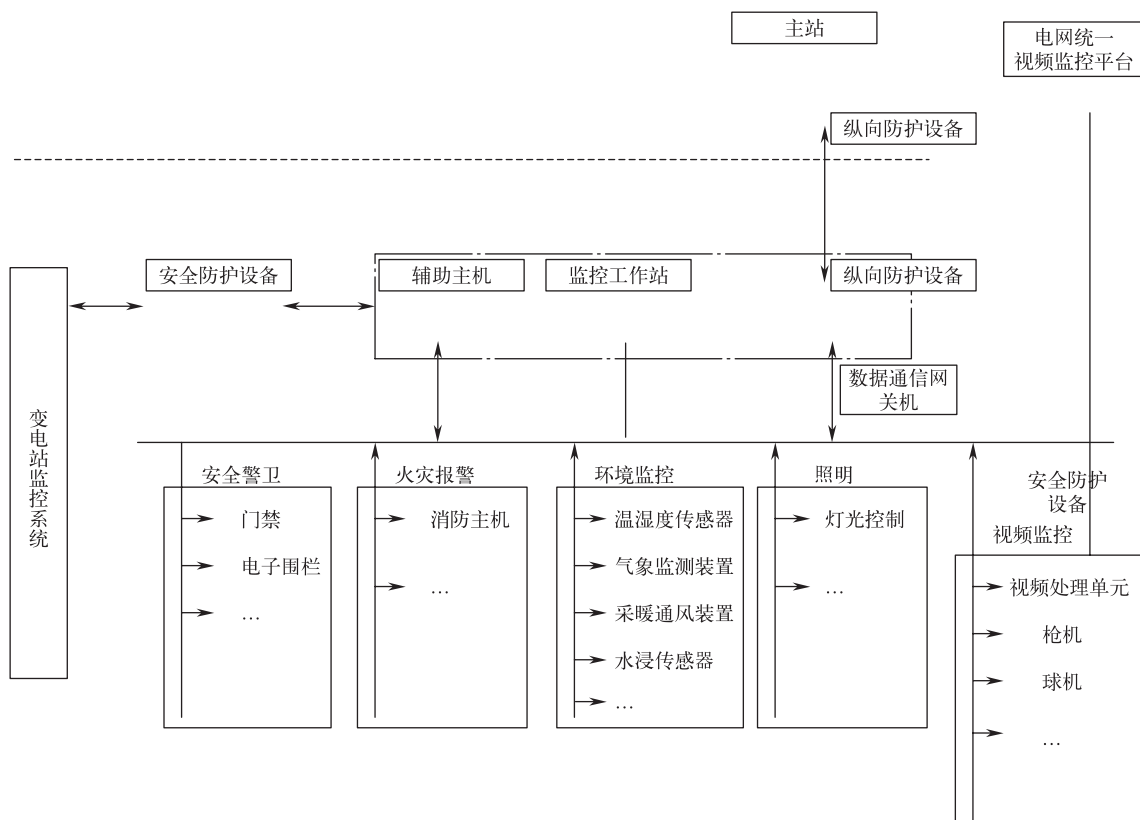


图2 11509版辅控系统架构

2024年，国家电网公司发布Q/GDW 11509—2024《变电站辅助设备监控系统技术及接口规范》，更加详细地规划了自辅控上级系统至辅控下各子系统间的关联、规约关系。将视频监控子系统全部转移至位于变电站四区的智能巡视系统，通过安全隔离装置与变电站二区进行交互。变电站二区辅控下将不再部署视频监控设备。子系统划分改为：一次设备在线监测子系统、消防监控子系统、安防监控子系统、智能锁控、动环监控子系统和无

线传感设备。新增锁控系统，架构图如图3所示。

规约方面，11509—2024版辅控也作出明确规定，相较于此前版本的辅控采用104协议。11509—2023版辅控新增CMS协议与104协议进行二选一开发，同时在辅控主机到各终端的协议上也在原先的MMS基础上增加CMS作为可选项。预计未来，国网将会采用CMS作为变电站辅助设备监控系统的最主要通信协议，这将提升变电站辅控系统通信协议的一致性和安全性。

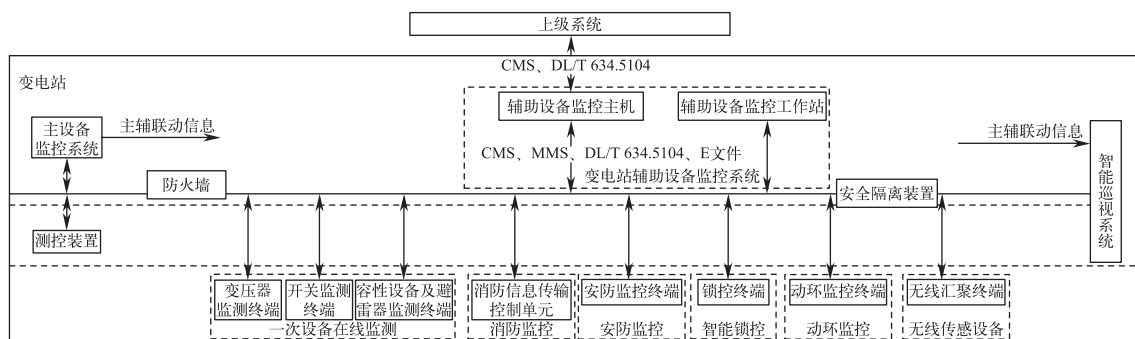


图3 11509-2024版辅控架构

同时，2022年发布的《国网上海市电力公司关于印发智能变电站辅助控制系统设计技术规范》同样具有较高的参考价值。该规范是上海市电力公司针对上海市35 kV~500 kV智能变电站新建及改、扩建工程的需求专门进行修订的版本。该规范将环境监控子系统拆分为环境监控子系统和给排水子系统，照明子系统拆分为灯光控制子系统和应急照明子系统，新增在线监测子系统和智能巡视子系统，共八大子系统。其架构如图4所示。

环境监控子系统下，区别于11509版辅控，上海版辅控的环境监控子系统下只部署温湿度传感器、风速传感器和SF₆传感器等微气象设备，主要负责对变电站内部的气体状况及温湿度进行监测。水浸传感器、水泵控制器等设备则转移至给排水子系统下统一进行管理，这对于变电站内部渗水、积水和浸水等事故可以更高效地处理。不过，上海版未设置智能锁控子系统。缺少加密技术和授权管理时，锁具的安全性和可管理性存在一定的漏洞。

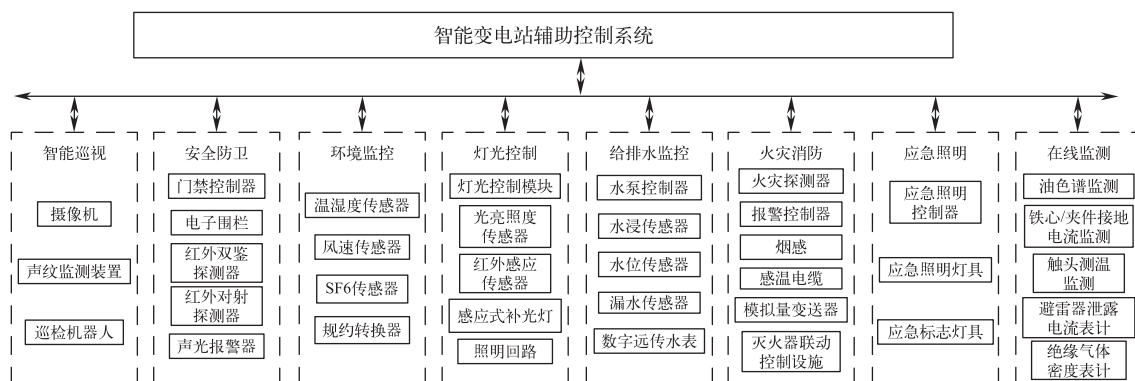


图4 上海版辅控系统架构

对辅控未来发展的展望

如今，在辅控系统标准不断更新换代下，辅控系统的架构也逐渐趋于成熟和完善。随着科技与经济的不断增长，辅控系统也将朝着数字化、智能化的方向不断发展，具体发展趋势预测如下：

1) 算法、大数据和机器学习等技术的引入，使变电站智能辅助系统能够自行对采集到的各项数据进行整合分析，并对各种异常状况做出更加科学、合理的决策，从而提高对于变电站内部异常状况的处理效率，维护变电站内环境的安全与稳定。

2) 对于变电站系统内各系统间规约，未来将全

部采用国网制定的国产61850（CMS）协议，减少MMS协议中对象映射带来的工作量和出错风险，提高报文传输效率和资源利用率，同时提高安全性，有利于维护国网自主技术安全。

3) 随着数字孪生的不断发展，未来辅控系统也可以考虑融入数字孪生系统，实时反应变电站内各系统的运行状态和性能，同时帮助运维人员更好地进行故障预测，使变电站的运维管理更加智能化和自动化，提高运维效率，降低运营成本。EA

（收稿日期：2024-11-14）