无人值守监控系统在井下变电所的应用

Application of Unattended Monitoring System in Underground Substation

贾宏凯（山西焦煤汾西矿业正文煤业，山西 孝义 032300）

Jia Hongkai(Shanxi Coking Coal Fenxi Mining Text Coal Industry, Shanxi Xiaoyi 032300)

摘 要：在对矿井变电所现状分析基础上，提出将无人值守监控系统应用到变电所监控中，以便提高变电所运行效率并减少井下作业人员数量。对无人值守监控系统结构、功能以及现场布置方案等进行分析。现场应用后，通过无人值守监控系，在地面监控中心可实现掌握变电所内设备运行参数并远程控制，通过视频监控、环境监控等实现变电所设备监控; 每班作业人员由5名减少至2名,通过无人值守监控系统应用可显著减少井下作业人员数量。

关键词：煤矿生产；变电所；无人值守；监控系统；供电系统

Abstract: Based on the analysis of the current situation of the mine substation, it is proposed to apply the unattended monitoring system to the substation monitoring in order to improve the operation efficiency of the substation and reduce the number of underground operators. Analyze the unattended monitoring system structure, function and site layout plan. After on-site application, through the unattended monitoring system, the ground monitoring center can realize the control and remote control of the equipment operating parameters in the substation, and realize the monitoring of the substation equipment through video monitoring, environmental monitoring, etc; the number of operators per shift is reduced by 5 Up to 2, the number of underground operators can be significantly reduced through the application of the unattended monitoring system.

Keywords: coal mine production; substation; unattended; monitoring system; power supply system

在矿井煤炭开采过程期间，井下变电所起到十分重要作用，变电所运行情况会直接影响采掘设备、通风设备等运行。矿井井下环境恶劣且存在有多个、分布范围广泛的大功率机电设备。随着矿井煤炭开采以及巷道掘进理念发展、先进的机电设备以及监控系统等在采掘、通风、安全监控等环节应用更为广泛，同时在采掘、通风、排水等各位置均有机电设备，设备分布较为分散，对井下供电系统供电质量提出更高的要求。变电所是井下供电系统核心，其能否安全运行直接关系到井下采煤、运输、掘进、排水以及通风等工作能否安全进行。山西某矿随着技改工作的不断推进，井下机电设备功率以及数量等均明显增加，为确保矿井井下电气设备可平稳运行，文中就提出将无人值守监控系统应用到井下变电所监控中，从而达到提高矿井井下供电质量以及供电效率目的。

1 无人值守监控系统整体结构

1.1 变电所内设备配备情况

山西某矿井下现布置有 5 个变电所数量，变电所内所有的供电线路（包括高、低压供电系统）均采用单母线连接方式。在变电所内配备有高压配电装置（型号 KGS1）、真空断路（KV1–12/630–25）、综合保护器（PA 150）等；低压供电系统包括有低压配电装置（KDC1）、低压断路器（型号 CM1）。

由于井下变电所内均未配备有通信装置，保护装置

表 1 各个层级主要设备及功能

感知层		网络层		应用层		决策层	
主要设备	功能	主要设备	功能	主要设备	功能	主要设备	功能
智能开关、传感器、终端通信网络、工控机	电网参数、环境参数等采集，与执行终端结合实现控制指令	通信管理机、监控分站、联动接入装置	实现监控系统数据传输	控制 PC、数据库、相关操控软件	数据抽取、转化及分析；服务总线实现数据实时传输	UPS、打印机、监控主机、工作站	数据分析、监控预警以及应急预案处理

表 2 井下变电所主要传感器以及监控设备配备表

设备名称	型号	设备名称	型号
电力监控站	KJF99	语音报警装置	KXT23
温度传感器	KG3007A	信息显示牌	KXH32×128
高清本安摄像机	KBA4	烟雾传感器	KGN1
声光报警装置	KXB18	红外传感器	GHW5

获取到的信号无法实现远程传输，因此现阶段矿井仍采用安排专人值守方式确保变电所内设备平稳运行。

1.2 监控系统结构

矿井变电所监控系统有严苛要求，以现阶段现有的矿井电力监控系统为基础，变电所监控系统系统分为决策层、感知层、应用层以及网络层 4 个层级，各个层级设备组成及功能见表 1。

在地面监控中心以及井下采用已有的工业以太网进行信息通信，在变电所内铺设通信路线从而实现地面监控中心对变电所的监控、巡查，从而为无人值守创造良好条件。具体监控系统结构可分为地面、井下两个部分，文章就对监控系统现场布置、功能以及应用效果等进行分析。

采用的监控系统应能有效避免越级跳闸问题，并采用高清防爆摄像头对变电所周围环境以及重点区域进行全方位覆盖监控，若发现问题则监控系统会自动发出报警信号并提醒相关操作人员及时前出处理。监控系统可实现变电所内相关设备的集中管理，采集并存储设备运行参数。监控系统中核心设备供电采用双回路且可自动切换，确保监控系统设备可靠性、平稳运行。具体构建的无人值守监控系统结构组成见图 1 所示。

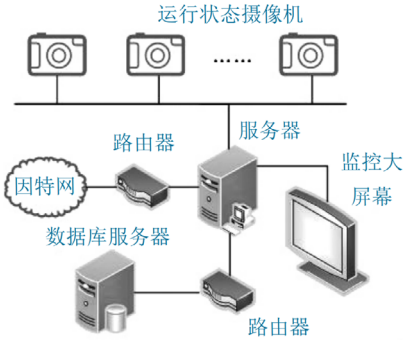

图 1 无人值守监控系统结构

1.3 系统功能

1.3.1 规避越级跳闸问题

监控系统具备分布式零时限网保护功能，可避免出现中央变电所供电电网越级跳闸问题；同时具有电网波动防越级功能，避免地面供电系统电压波动导致井下供电电网跳闸问题，通过该保护功能应用不会导致井下供电电网出现大范围停电问题。

1.3.2 视频监控及数据采集

在井下变电所内通过视频监控设备可实现变电所全方位覆盖并对重点设备重点监控，监控数据在服务器内存储时间超过 15d，以便后续调取资料。在变电所设备上布置监控传感器，从而实现故障数据、供电参数、开关量数据、有功及无功功率数据等采集。监控系统通过对采集数据分析，即可掌握井下变电所设备运行情况。

1.3.3 远程操控

地面监控中心远程可远程控制井下变电所内分闸、合闸以及闭锁动作；同时在变电所内相关作业人员可就地控制，当处于就地控制时监控中心无法实现远程合闸，从而避免误操作引起的安全事故发生。在具体应用过程中可依据矿井实际情况选用具体的操控方式，以便提高变电所设备运行效率。

1.3.4 门禁联动

通过无人值守监控系统可实现变电所进行实时监控，当有无关人员进入到变电所时，在监控系统布置的红外传感器以及摄像头等会对人员进入情况进行监测，同时通过摄像头获取到的人脸信息与系统预先录入的人脸信息进行比对，当进入人员为维护人员或者其他有权限人员时，监控系统不报警；当进入人员为其他无关人员时，则监控系统会自动发出报警信号并发出语音提醒，及时让人撤离。同时地面监控中心人员可结合变电所内的视频监控实现变电所内作业人员动向、现场操作情况，并可实现远程语音通信。

2 矿井变电所无人监控系统构建方案

根据矿井实际情况构建的变电所无人值守监控系统见图 2 所示，系统主要结构包括有视频监控、数据采集、信息通信以及综合保护等。下文就重点对各结构系统进行重点分析。

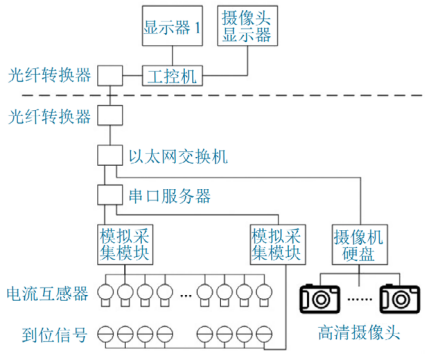

图 2 矿井变电所无人值守监控系统构建图

2.1 构建监控分站

该矿井下现布置 5 个变电所数量，在变电所布置 2 台监控分站（一备一用），变电所内所有监控参数（包括传感器、视频监控等）均接入到监控分站内，监控分站对监测参数进行分析并将参数通过井下通信网络传输给监控中心。系统间信息通信采用速度快、通信可靠的光纤网络，从而为后续的远程控制、调节以及监控等创造良好条件。

2.2 综合保护器

综合保护器用以对变电所内高低压开关运行情况进行监测，将综合保护器与监控分站进行连接，综合保护器监控参数通过监测分站传输给地面监控中心。地面监控中心对数据进行分析，并根据分析结果通过通信网络对综合保护器发出控制指令，实现远程控制。

2.3 视频监控系统

在变电所内均布置 2 台高清防爆摄像头，摄像头与变电所内的监控分站连接，通过监控分站以及通信网络将监控视频数据传输给地面监控中心。地面监控中心根据视频图像以及综合保护器监测参数进行分析，从而达到远程监控、井上下联动目的。地面监控中心视频服务

器存储视频数据时间在 15d 以上，并可远程调整摄像头方位，以便实现某区域重点监控。具体视频监控系统布置见图 3 所示。

图 3 视频监控系统布置示意图

2.4 变电所周边环境监控

在变电所内均配备有温度、烟雾、瓦斯等传感器，将传感器与变电所监控分站连接，从而实现地面监控中心对变电所内环境参数掌握。若发现变电所内环境参数异常时，监控系统会自动发出报警信号，便于相关人员及时前去处理，确保变电所内设备处于安全工作环境中。

变电所监控系统通过监控分站接入到矿井井下已铺设完毕的千兆光纤网络中，地面监控中心与井下变电所监控设备联动通过光纤网络实现。具体井下变电所内布置的主要传感器以及监控设备等见表 2 所示。

3 现场应用效果分析

根据矿井变电所无人值守监控需要构建监控系统并进行工程应用后，该监控系统可实现下述主要技术功能：①可实现变电所内主要设备运行参数监测以及历史数据查询；②可在地面监控中心即可实时掌握变电所内设备运行状态，并可实现监测信息传输以及远程控制，相关设备运行参数会以图表、曲线或者动画等形式较为直观的显现；③自动对变电所内设备运行情况进行监控，当无人值守监控系统出现故障时或者意外断电时，备用应急电源会自动启动，从而确保监控系统平稳运行；④通过采用无人值守监控系统可有效避免供电系统保护开关越级跳闸问题，从而在一定程度上提升矿井供电系统运行可靠性。

根据矿井现场情况构建无人值守监控系统并进行工业应用。现场应用后，地面监控中心可掌握井下变电所环境、运行参数等，并可实现变电所设备远程控制。在监控系统应用前，变电所需安排 1 名人员专门值守，每班均需安排 5 人值守，监控系统应用后每班安排 2 名作业人员巡检即可，作业人员数量明显降低。

4 总结

井下变电所为采掘、局部通风以及排水等设备提供电源，变电所运行可靠性直接影响井下生产效率以及安全保障能力。以山西某矿为工程实例，将无人值监控系统应用到变电所监控中，实现变电所内设备运行监控、避免出现越级跳闸问题，并对可设备运行参数进行分析，故障实时预警等。现场应用后，地面监控中心可远程监控变电所运行，每班仅需要安排 2 名人员巡检即可满足需要，在减少了井下作业人员数量的同时提高井下变电所运行可靠性。

参考文献：

[1] 郑鹏健 . 煤矿井下变电所无人值守监控系统设计与应用 [J]. 机械研究与应用 ,2021,34(04):151-152+155.
[2] 李晓鹏 . 无人值守智能化监控系统在中央变电所的应用 [J]. 机械管理开发 ,2020,35(10):206-207.
[3] 郭彪 , 何广宏 . 无人值守监控系统在煤矿地面变电所的应用 [J]. 能源与节能 ,2020(09):157-158.
[4] 赵虎 . 煤矿井下变电所无人值守监控系统分析 [J]. 陕西煤炭 ,2019,38(02):169-171.
[5] 李超 . 无人值守监控系统在煤矿井下主变电所的应用 [J]. 陕西煤炭 ,2019,38(01):130-132.
[6] 罗朝峰 . 无人值守监控系统在井下盘区变电所的应用 [J]. 企业技术开发 ,2012,31(23):43-44.
[7] 薛忠刚 . 远程监控系统在无人值守变电所的应用 [J]. 科技创新导报 ,2008(29):18.
[8] 陈晓娟 . 煤矿井下变电所无人值守方案研究 [J]. 自动化应用 ,2020(11):112-113+116.
[9] 徐凯 . 远程智能 I/O 模块在井下无人值守变电所的应用 [J]. 陕西煤炭 ,2020,39(05):128-131.
[10] 杨顺利 . 井下采区无人值守变电所综合自动化系统设计 [J]. 技术与市场 ,2020,27(06):132+134.
[11] 耿立春 . 无人值守变电所监控系统研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2020,40(07):107-108.
[12] 李秀明 . 矿井无人值守变电所电力监控系统的应用 [J]. 江西化工 ,2020(3):2.
[13] 王钧 , 赵岩 . 井下无人值守变电所在张家峁矿的应用 [J]. 工程技术 ,2016(12):113-113.
[14] 杨文广 . 煤矿井下变电所无人值守系统设计及应用 [J]. 机械管理开发 ,2019,34(1):2.
[15] 韦财如 . 应用于无人值守发电厂站的视频监控系统设计 [D]. 广州 : 华南理工大学 ,2017.
[16] 张家齐 . 重庆市兰家沱变电站视频监控技术研究及其应用 [J]. 重庆学报 ,2017(22).
[17] 潘俊涛 , 孔庆军 . 煤矿井下采区变电所无人值守监控系统的应用 [J]. 煤炭工程 ,2006(12).
[18] 尚通船 . 柳湾煤矿井下采区变电所无人值守监测监控系统的开发研究 [J]. 机电工程技术 ,2019(21).
[19] 刘文 , 王瑞海 , 奂光润 . 新桥煤矿井下供电监控系统设计与应用 [J]. 中州煤炭 ,2014(2):4.
[20] 戴万波 . 煤矿井下无人值守变电所监控系统的设计与实现 [J]. 电气自动化 ,2021,43(3):4.
[21] 王旭波 . 煤矿井下供电监控系统的设计及应用 [D]. 西安 : 西安科技大学 ,2014.

作者简介：

贾宏凯（1990- ），男，山西孝义人，2014 年 7 月毕业于中北大学信息商务学院，通信工程专业，本科，现为助理工程师。