



基于物联网技术的电力通信接入网的移动运维系统

蒋海明¹, 夏丹妮¹, 刘媛¹, 赵世文², 费林¹, 任靖宇¹

(1. 国网咸宁供电公司, 湖北 咸宁 437000; 2. 南京南瑞集团有限公司, 江苏 南京 211106)

摘要: 设计了电力通信接入网移动运维系统, 该系统将物联网智能识别和数据实时传输技术引入电力通信网现场运维规范化管理中。首先搭建了移动运维系统架构, 实现了现场运维信息化, 并运用 TOPSIS 算法对工单进行自动分配, 提高了故障处理的效率, 通过运维系统对现场进行实时监控, 实现了电力通信接入网的智能化管理。测试结果表明, 该运维管理系统能够实现资源统一管理、故障智能研判、现场作业管理的信息化支撑, 很大程度地提升了电力通信接入网的智能运维管理水平。

关键词: 物联网; 电力通信接入网; 移动运维系统; 工单自动分配; 故障智能研判

中图分类号: TP271

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018169

Mobile operation and maintenance system of electric power communication access network based on IoT technology

JIANG Haiming¹, XIA Danni¹, LIU Yuan¹, ZHAO Shiwen², FEI Lin¹, REN Jingyu¹

1. State Grid Xianning Power Supply Company, Xianning 437000, China

2. China Nanjing NARI Group Corporation, Nanjing 211106, China

Abstract: The mobile operation and maintenance system of electric power communication access network was designed. In this developed system, the technology with intelligent identification of internet of things and data real-time transmission was introduced to the on-site operation and maintenance standardization management of the power communication network. First of all, the mobile operation and maintenance system architecture was built to realize the informatization of on-site operation and maintenance. And then, the TOPSIS algorithm was utilized to allocate the worksheet automatically, which improved the efficiency of fault processing. Besides, by real-time monitoring the site through the system, the intelligent management of the power communication access network was realized. The test results show that the operational management system is able to realize resources unified management, fault intelligent analysis, informatization support of on-site operations management, and also greatly enhance the intelligent operation and management level of power communication access network.

Key words: internet of things, electric power communication access network, mobile operation and maintenance system, automatic worksheet assignment, failure intelligence research and diagnosis

收稿日期: 2017-10-17; 修回日期: 2018-05-04

基金项目: 教育部中央高校基本科研业务费专项基金资助项目 (No.2016QNA50); 江苏省自然科学基金资助项目 (No.BK20160205)

Foundation Items: The Fundamental Research Funds for the Central Universities (No.2016QNA50), The Jiangsu Provincial Natural Science Foundation of China (No.BK20160205)

1 引言

电力通信网是智能电网建设的重要基础,而通信接入网是电力通信网的重要组成。随着终端通信接入网的不断建设以及网络节点、终端设备和光缆段数量的不断增多,电力通信接入网的组网、业务和设备都面临严峻的考验。运维管理是支撑电力通信接入网安全高效运行的保障,而现有网络管理存在故障分析滞后、故障点定位困难、运维工作繁重以及现场作业缺乏信息化支撑的缺点^[1-2],迫切需要可靠安全、网络层次分明以及高效的移动运维管理技术建立规范的运维管理模式,以满足智能电网发展和信息传输的需求^[3]。

目前电力通信接入网移动运维的发展趋势主要包括现场运维深化终端的应用^[4-5]和基于 GIS 平台的通信设备管理^[6]。运维终端利用信息技术和无线互联技术实现了对电力生产管理信息系统的访问,使作业现场与后台应用之间的流程无缝集成、交互畅通,有效支撑了现场巡视、现场检修等工作,提高了电力生产作业的安全和质量管理水平;而 GIS 地理信息服务平台以面向服务为架构,实现了电网资源的结构化管理和可视化展现,并以松耦合方式实现了与各类业务应用深度集成,但国内对电力通信接入网运维系统的研究与开发仍处在起步阶段。

因此,本文建立了基于物联网技术的电力通信接入网移动运维系统,设计了移动运维系统管理架构、安全架构,实现了基础功能、业务功能和安全防护 3 个应用功能。对故障精确定位、现场运维信息化和工单自动分配等过程进行了测试,测试结果表明该运维系统能够实现故障智能研判、现场作业管理的信息化支撑,提升了电力通信接入网的智能运维管理水平。

2 移动运维系统的总体架构

2.1 移动运维系统架构

电力通信接入网移动运维应用功能范围划分

为基础功能、业务功能和安全防护。其中基础功能由移动应用开发平台实现,安全防护主要由安全接入平台实现,本文研究基于移动应用开发平台和安全接入平台的业务实现功能,包括故障分析、故障定位、实时监控、现场检修管理、现场故障处理、现场巡检管理、移动电子工单管理、远程专家诊断等,该系统的架构示意图如图 1 所示。

由图 1 可知,该系统由终端 EPON (ethernet passive optical network, 以太无源光网络) 采集系统、网管系统、终端通信接入网管理系统 (SG-AMS)、现场移动运维平台等构成。故障分析提供接入网全网的故障集中分析管理,实现对接入网故障类型、故障原因的分析管理,为故障定位提供数据支撑;故障定位基于故障分析的结果,利用 GIS 图形进行基于 GIS 属性的接入网故障精确定位管理和展示;实时监视提供厂商网管运行监视数据的集中实时监管功能;现场故障处理提供基于 GPS 定位技术、RFID、二维码识别技术和 iODF 智能光纤配线架技术的站点、机房、设备、线路资料信息以及配线信息等故障处理信息的快速查询方式;现场巡检管理提供基于任务管理、GPS 定位、GPS 导航技术的巡视计划制定、巡视路线制定、巡视定位等标准化现场作业功能,还提供基于 GPS、RFID、二维码定位的巡视工作监督功能,包括是否按照既定的巡视计划和巡视线路开展巡视工作,提供基于视频、图像、GPS 定位的现场施工人员到位情况、工作情况监督功能,提供基于设备面板拍照识别技术的设备运行状态自动记录功能;移动电子工单管理通过与综合网管系统电子工单系统集成,提供移动电子工单查看、审批等功能,支持与电话语音、短信功能关联,实现任务催办功能;远程专家诊断提供通信运维现场与通信调度之间的视频、图像、语音、文字等的无线通信传输与交互技术,为通信运维远程专家故障诊断提供支撑,为现场抢修和故障处理提供实时在线技术支持;应急预案提供

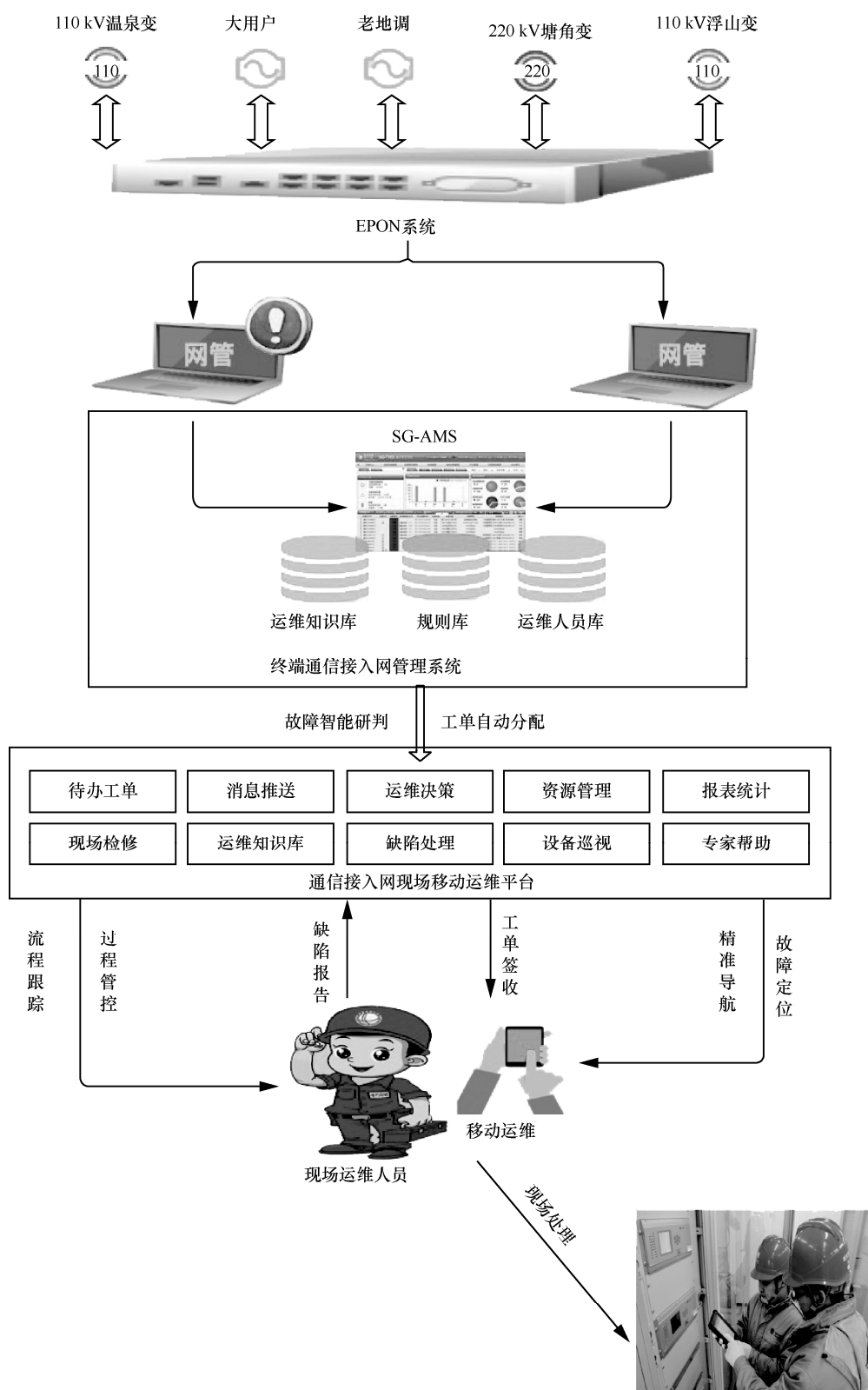


图1 移动运维系统示意图

通信接入网运维现场作业应急预案的电子化管理和自动匹配,实现现场作业的应急作业支撑。

2.2 移动运维系统管理架构

电力通信接入网移动运维管理体系主要分为访问层、应用层、技术支撑层、数据资源层,基础设施架构如图 2 所示。

由图 2 可知,访问层主要用于用户的登录以及实际操作;应用层主要包含报表统计、故障处理、现场检修等;技术支持层主要是利用移动应用开发平台(应用程序和服务程序)实现的,移动应用开发平台客户端提供终端应用开发的底层框架,移动运维系统客户端通过它实现与通信管

理系统的数据及服务交互。

该系统的应用服务端实现了包括数据同步服务、用户认证服务、移动终端管理等功能。移动终端通过安全接入平台接入电力通信接入网移动运维系统移动应用服务端,实现对移动终端自身风险、数据传输风险系统威胁风险等的安全防护;数据资源层将现场采集的数据进行压缩、归并处理,然后送入通信接入网管理系统,该系统与 SG-AMS 进行数据交互,因此现场作业人员更容易获取所需信息,通过现场实时照片、视频将故障现场真实情况及时上传到通信调控中心进行远程专家诊断,给现场故障处理和抢修提供技术支持。

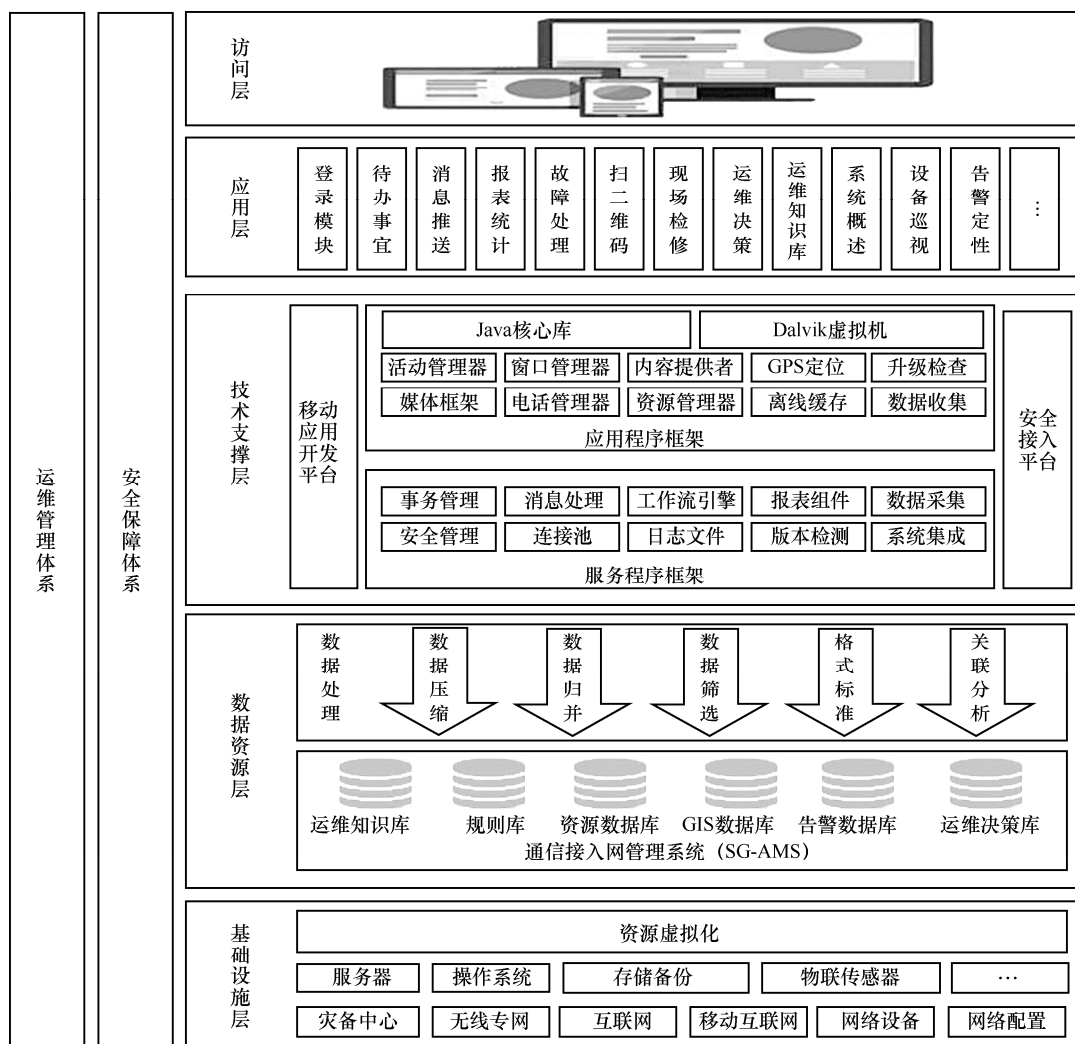


图 2 移动运维系统基础设施架构



2.3 移动运维系统安全架构

安全问题是电力业务实现中需要重点考虑的问题。对于移动终端的应用安全,主要考虑存储安全、设备遗失等移动终端问题以及安全可信接入、非法终端侵入等服务端问题,电力通信运维系统的安全架构如图3所示。由图3可知,移动运维系统应用终端的数据存储在加密存储卡上,通过运行安全管理客户端,对数据库中敏感数据(如用户表中的密码等)采用加密算法进行加密,确保手机上数据的安全。在访问移动应用服务时,客户端采取安全可信的VPN连接服务进行接入访问,并非直接访问的形式。安全可信接入通过硬件特征、数字证书等实现强身份认证后,建立双向加密通道,保证数据安全传输。其中,安全接入平台通过安全认证、数字证书等手段控制移动设备的访问权限。移动应用开发平台通过用户名、用户口令和设备唯一标识身份认证机制,控制用户访问权限^[7]。

3 移动运维系统功能模块

3.1 缺陷处理

缺陷处理能够发现、记录、处理、归档和统计通信网络的缺陷。

(1) 缺陷单管理

在缺陷单的管理功能中,实现了缺陷单的创建、处理、跟踪、撤销和归档,还提供缺陷单的统计功能。

(2) 待处理缺陷库

在待处理缺陷数据库中,系统提供将非紧急

缺陷信息转入待处理缺陷库的功能。缺陷转入待处理缺陷库后,可以转为监视和检修等工作统一处理。

(3) 缺陷查询

在缺陷查询功能中,提供了对历史缺陷记录和缺陷单进行自定义查询的功能,能够按照缺陷的原因、种类等参数进行查询,还可以查看历史缺陷的处理细节,并提供典型缺陷库和缺陷报告库,对历史缺陷进行归纳,为新缺陷的处理提供辅助参考。

(4) 缺陷故障影响查询

在缺陷故障影响查询功能中,按照缺陷对业务和通道的影响查询历史缺陷信息,从而从故障影响的角度分析历史缺陷信息。

3.2 告警集中监视

告警配置管理包括告警原因自定义、告警等级重定义、告警过滤规则、频闪规则、告警声光提示规则、邮件短信规则、告警封锁规则等配置手段,实现对告警的接收、处理、展现和通知的各类定义功能,并可以对告警集中监视等功能进行灵活有效的设置。

接入网告警集中监视,实现了对接入网和设备告警信息的集中汇总、统一和分类展示;按照EPON、工业以太网、无线公网、无线专网、业务进行分类显示,实现对通信网运行实时状态的集中监视和管理,为通信调度值提供集中监控界面。

告警集中监视包括告警分类、告警采集、告警过滤、告警显示、告警操作(确认、清除)、告

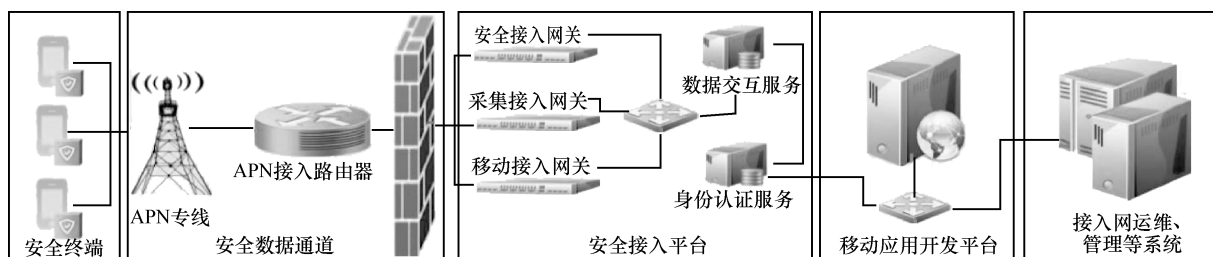


图3 移动运维系统安全架构

警提示、告警查询、告警状态计算等功能。告警集中监视功能模块及数据逻辑关系如图 4 所示。

(1) 告警分类

按接入网组网技术、告警级别、告警大类对告警进行分类显示。

(2) 告警压缩

针对未清除的重复、抖动等活跃告警，当网管系统收到多条（数目大于或等于 2 时）同一告警时，应进行告警压缩，同时记录同一告警重复上报的次数。网管系统支持用户自定义告警压缩时间周期，如定义为 10 min。

(3) 告警升级

当同一告警发生的频次过高时，系统需对告警的告警级别进行升级。网管系统支持用户自定义告警升级条件。

(4) 告警重定义

为了便于网管系统对网元特定告警信息进行监视、统计和分析，网管系统应支持用户对告警的重定义功能，包括为告警事件指定告警级别、重新分配告警级别、重新进行告警分类等功能。

3.3 接入网故障智能分析与处理

接入网通信运行维护提供智能化的故障分析处理手段，包括故障预警、告警相关性分析、业务影响分析、故障定位、缺陷故障智能处理、故障专家库管理等功能。故障智能分析模块及数据逻辑关系如图 5 所示。

(1) 故障预警

利用接入网网络和设备实时与历史性能的数据，根据预警模型来预测设备、光缆和业务可能

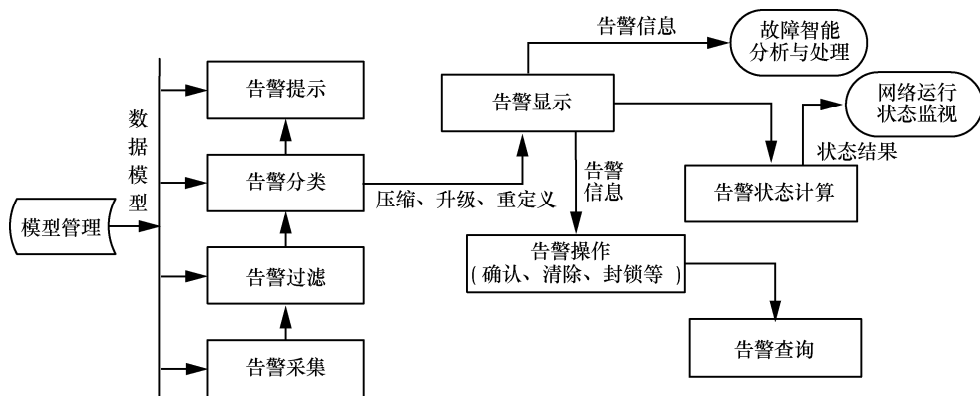


图 4 告警集中监视数据逻辑关系

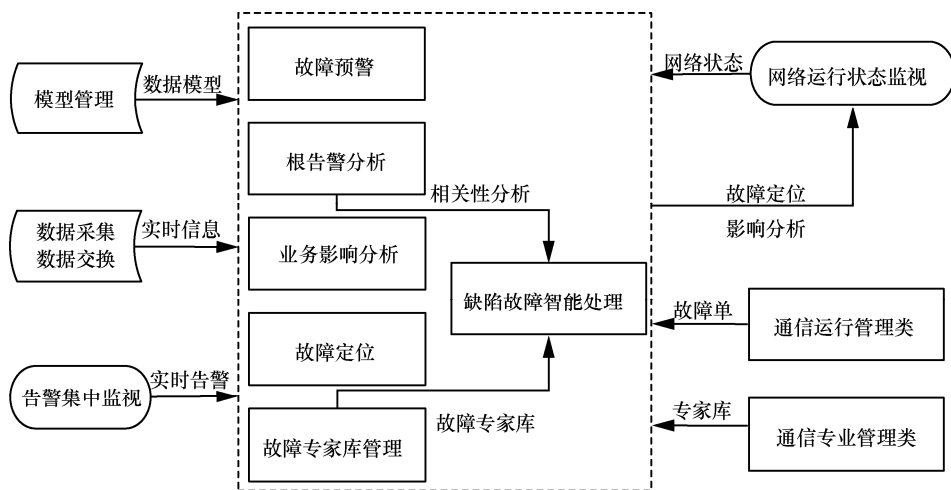


图 5 故障智能分析数据逻辑关系



发生的故障。故障预警包括故障预警模型制定、故障预警模型应用。故障预警模型由光纤纤芯劣化分析、通信设备某类告警发生频率、某类业务是否有主备保护、主备路由是否相同、网络流量、信号质量等因素构建预警模型。

(2) 根告警分析

依据接入网告警之间的相关性,通过对众多的告警信息进行处理,找出根告警,从而定位出故障产生的根本原因,帮助用户快速处理故障。告警相关性分析包括规则制定、规则应用。告警相关性规则制定通过对对象之间的相关性、告警之间的相关性以及对象与告警之间的相关性,指明根源告警与衍生告警之间的推导关系。告警相关性规则应用指根据匹配的相关性规则从众多告警中追溯根告警。

(3) 业务影响分析

网络中某一环节发生故障时,利用通信网络、传输通道、通信业务之间的各种关系分析受到影响的电力接入网通信业务。业务影响分析包括分析模型制定和分析模型应用。业务影响分析模型制定由设备保护、路由保护、主备电路保护等因素构建分析模型。业务影响分析模型应用指在故障发生或故障预演情况下,根据匹配的业务影响分析模型推导出受影响的各类业务和影响程度,模型应用支持 $N-1$ 分析。

(4) 故障定位

从空间物理位置和网络逻辑拓扑等多角度进行故障的定位显示。故障定位包括故障点判断和故障定位。故障点判断指当网络中存在多个告警源时,结合相关性分析和故障专家库为准确判断故障点给出建议。故障定位指根据故障点通过推图方式显示出故障点。

(5) 缺陷故障智能处理

根据故障专家库,对故障处理提供处理的诊断方法和处理建议,支持缺陷故障单的发起,对故障处理的步骤与结果归档到故障专家库。

(6) 故障专家库管理

通过记录不同类型故障的诊断方法和处理手段,形成故障诊断规则库,共享故障排除经验,为用户处理故障提供参考。

3.4 工单自动分配

为了实现工单的自动高效分配,本文采用了逼近理想解排序方法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)算法,将故障的工单与员工距离、员工熟练操作度以及员工工作时长等因素进行了有效整合,实现了将工单最优地分配到员工手中,使故障得到及时有效的处理。

3.4.1 TOPSIS 基本原理

TOPSIS 算法是系统工程中有限方案多目标决策分析方法^[8-9],是基于归一化后的原始数据矩阵,找出有限方案中的最优方案和最劣方案,该方法的基本思路是定义决策问题的理想解和负理想解,然后在可行方案中找到一个方案,使其与理想解的距离最近,而与负理想解的距离最远。

3.4.2 工单自动分配的 TOPSIS 分析

工单的分配对故障的有效处理具有很大的影响^[10-11],无序的工单分配不仅不利于故障的处理,还可能造成严重的后果,本文采用的算法可以充分利用各因素有效解决故障问题^[12]。

假设有 m 个待工工人,每个工人具备员工离故障点距离、工人熟练程度和工人工作时长 3 个属性,分别记作 $C=(c_1, c_2, c_3)$, x_{ij} 表示工人 i 的属性 j 的评价值。由此可以构建一个决策矩阵 $X=(x_{ij})_{m \times n}$ 。TOPSIS 方法计算步骤如下。

步骤 1 对决策矩阵 X 进行归一标准化,从而得到标准化后的决策矩阵 $\bar{X}=(r_{ij})_{m \times n}$ 。

步骤 2 构建权重标准化矩阵 $V=(v_{ij})_{m \times n}$, w_j 是属性 j 的权重, $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 。

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

步骤 3 确定正理想解 $S^+ = (S_1^+, S_2^+, \dots, S_n^+)$ 和负理想解 $S^- = (S_1^-, S_2^-, \dots, S_n^-)$ 。 E_1 是收益属性集, E_2 是损失属性集。

$$S_j^+ = \{(\max_j v_{ij}) | C_j \in E_1, (\min_j v_{ij}) | C_j \in E_2\} \quad (2)$$

$$S_j^- = \{(\max_j v_{ij}) | C_j \in E_1, (\min_j v_{ij}) | C_j \in E_2\} \quad (3)$$

步骤 4 计算每个方案各自到正理想解以及负理想解之间的欧几里得距离 D_i^+ 和 D_i^- 。

步骤 5 计算每个方案与最优方案的贴近程度 R_i 。当 $R_i = 0$ 时, $A_i = S^-$, 为最劣解; 当 $R_i = 1$ 时, $A_i = S^+$, 为最优解。

$$R_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

步骤 6 对所有的方案进行排序, R_i 越大表示越优。最终确定工单分配给某个工人。

具体分析过程如下: 设运维部门有 4 位工人, 针对工人, 考虑的属性有员工离运维点距离、工人熟练程度、工人工作时长, 每个工人各自属性的值见表 1。

表 1 工人各指标取值情况

人员	工人距离 运维点距离/km	工人熟练 程度	工人工作 时长/h
1	2	80%	0
2	4	90%	5
3	3	85%	7
4	3.6	95%	3

对初始矩阵 X 进行标准化处理, 得到规范化决策矩阵 $\bar{X}$ 如下:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} 0.16 & 0.23 & 0 \\ 0.32 & 0.26 & 0.33 \\ 0.24 & 0.24 & 0.47 \\ 0.29 & 0.27 & 0.2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

运用“0.1-0.9 标度法”, 可以得到指标层模糊判断矩阵如下:

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.45 \\ 0.4 & 0.5 & 0.3 \\ 0.55 & 0.7 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (6)$$

计算可得一致性比率为 0.004, 判断矩阵一致。

通过层次排序得到各指标的权重为(0.35, 0.25, 0.4), 从而可以得到权重标准化矩阵 V 如下:

$$V = \begin{bmatrix} 0.06 & 0.06 & 0 \\ 0.12 & 0.06 & 0.13 \\ 0.08 & 0.06 & 0.19 \\ 0.1 & 0.07 & 0.08 \end{bmatrix} \quad (7)$$

员工离运维点距离和工人工作时长是损失型指标, 工人熟练程度是收益型指标, 理想解为每列指标的最大值, 负理想解为每列指标值的最小值。

$$\begin{cases} S^+ = \{0.0557, 0.0678, 0\} \\ S^- = \{0.111, 0.0573, 0.1868\} \end{cases} \quad (8)$$

每个方案与最优方案的贴近程度为: $R_1=0.9489$ 、 $R_2=0.2727$ 、 $R_3=0.1286$ 、 $R_4=0.5411$, 由以上计算结果可知 $R_1 > R_4 > R_2 > R_3$, 最优选择为第 1 位待工工人。

4 移动运维系统的应用

4.1 现场操作界面

该运维系统设计完成后, 现场维修人员可以通过各功能实现直观的操作, 现场运维界面功能示意图如图 6 所示。

由图 6 可知, 移动运维系统主要由登录管理、系统首页、我的应用和运维知识库四大部分组成。

4.1.1 登录模块

在“登录模块”中, 运维系统对登录管理进行了特殊的设置, 分别设置了基本信息、记住密码、IP 地址设置等功能, 以上功能中, 基本信息对使用人员进行准确登记, 有助于准确获得操作人员的职务以及擅长处理的故障, 同时为后续故障的送审和处理奠定基础; IP 地址设置可以使用随机 IP 地址, 也可以使用动态 IP 地址, 通过 IP 地址的设置及定

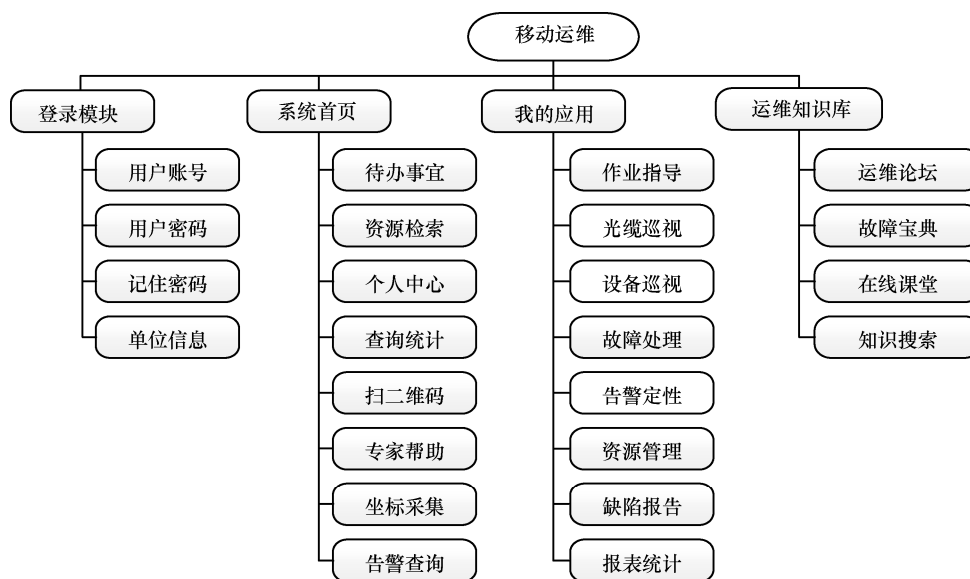


图6 现场运维界面功能示意

时检查，可以实现故障的准确定位。

4.1.2 系统首页

在“系统首页”中，可以直观地看到当前需要处理的事务、公司的公告信息、所使用系统的基本参数，查询需要处理的故障、坐标参数的定位等选项，该模块可以方便直观地对事务进行处理。

4.1.3 我的应用

在“我的应用”中，实现了作业指导、光缆巡视、设备巡视、故障处理、告警定性、资源管理等功能。通过运行管控功能，软件的使用者可实时监测到值班情况、缺陷类型等情况；资源管理模块可以实现对站点、设备、光缆等的管理，该管理内容的设置使各项操作简化，同时也实现了管理的集成化；告警定性模块可以帮助运维人员对当前的告警信息进行定性处理，提高了工作效率。

4.1.4 运维知识库

在运维知识库中，系统提供了运维论坛、故障宝典、在线课堂和知识搜索功能。在运维论坛里，运维人员分享和讨论各种情境下的运维知识，有利于新员工理解和掌握不同的运维场景。故障宝典则是在缺陷数据库的基础上，将缺陷故障分

门别类从而形成一本故障宝典。在线课程是发布运维培训课程，针对运维人员进行运维知识培训。知识搜索是运维人员在遇到运维难题时，通过搜索运维故障数据库获取运维知识。

4.2 系统的现场操作测试

工作人员可以在掌上运维系统实现现场处理故障，其实际界面如图7所示。



图7 现场运维实操界面示意图

本文对智能研判及故障精确定位、现场运维信息化支撑和运维电子工单流程的现场全过程管理进行测试,并利用物联网的采集技术实现了运维现场数据采集,以湖北咸宁地区为例,现场作业管理系统利用 RFID、二维码识别技术、智能数据提取等物联网技术应用于电力通信接入网移动运维,并通过与电力通信接入网管理系统的交互技术,现场作业人员能更容易地获取所需信息,通过将现场实时照片、视频将故障现场真实情况及时上传到通信调控中心进行远程专家诊断,给现场故障处理和抢修提供技术支持。

该运维管理系统能够实现资源统一管理、故障研判、现场作业管理和信息化支撑,很大程度上提升了电力通信接入网的智能运维管理水平。

5 结束语

本文利用 RFID、二维码识别、图像识别、智能数据提取、GPS 定位和数据交互的技术建立了电力通信接入网运维管理系统模型。实现了电力通信接入网的智能化管理,提升了电力通信接入网的智能运维管理水平。在今后的运用中应当对系统的稳定性进行进一步的测试,并结合实际应用需求研发新的功能。

参考文献:

- [1] 陈家璘,周正,邵波,等.基于物联网的现场运维标准化作业管理系统[J].电气应用,2015(s1):264-268.
CHEN J L, ZHOU Z, SHAO B, et al. Standardized operation management system of field operation and maintenance based on internet of things[J]. Electrical Application, 2015(s1): 264-268.
- [2] 杨成月.基于物联网与空间信息技术的电网应急指挥系统[J].电网技术,2013,37(6):1632-1638.
YANG C Y. Power grid emergency command system based on internet of things and spatial information technologies[J]. Power System Technology, 2013, 37(6): 1632-1638.
- [3] 秦峰.基于 RFID 的通用航空机库管理系统的设计与实现[D].北京:北京工业大学,2015.
QIN F. The design and implementation of general aviation hangar management system based on RFID[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2015.
- [4] 刘丙午,周鸿.基于物联网技术的智能电网系统分析[J].中国流通经济,2013,27(2):67-73.
LIU B W, ZHOU H. Analysis and research of smart grid system based on internet of things[J]. Chinese Circulation Economy, 2013, 27(2): 67-73.
- [5] 黄新波,方寿贤,王霄宽,等.基于物联网的智能高压开关柜设计[J].电力自动化设备,2013,33(2):147-151.
HUANG X B, FANG S X, WANG X K, et al. High voltage switch gear cabinet based on IoT technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(2): 147-151.
- [6] 高雪生,邵波,张际,等.电力通信网移动运维管理模式的探讨[J].电子技术应用,2015(z1).
GAO X S, SHAO B, ZHANG J, et al. Discussion on mobile operation and maintenance management mode of electric power communication network[J]. Application of Electronic Technology, 2015(z1).
- [7] 井雅,陈亭.基于 PDA 的电力物资到货管理信息系统[J].计算机工程与设计,2016,37(4):1113-1121.
JING Y, CHEN T. Management information system of electric material arrival based on PDA[J]. Computer Engineering and Design, 2016, 37(4): 1113-1121.
- [8] 郝少华,李勇,张铁峰,等.新一代智能变电站通信网络及管理系统方案[J].电力系统自动化,2017(17):022.
HAO S H, LI Y, ZHANG T F, et al. Scheme of communication network and management system for new generation smart substation[J]. Automation of Power System, 2017(17): 022.
- [9] 张军仁.基于 TOPSIS 法的东部 10 省域经济实力评价[J].统计与决策,2011(20):84-86.
ZHANG J R. Evaluation of economic strength of 10 provinces in eastern China based on TOPSIS method[J]. Statistics and Decision Making, 2011(20): 84-86.
- [10] 韩亮,王守相,赵歌.基于区间 TOPSIS 与遗传算法混合的分布式电源优化配置[J].电力系统自动化,2013,37(24):37-42.
HAN L, WANG S X, ZHAO G. Optimal allocation of distributed generation based on interval TOPSIS and genetic algorithm[J]. Automation of Power system, 2013, 37(24): 37-42.
- [11] 刘利平,吴一民.基于工作流(jBPM)的电子工单系统的设计与实现[J].电信科学,2009,25(Z1):51-57.
LIU L P, WU Y M. Design and implementation of electronic work order system based on workflow(jBPM) [J]. Telecommunications Science, 2009, 25(Z1): 51-57.



[12] 张昱, 郑连城. 电子工单处理系统的关键技术[J]. 电信科学, 2000, 16(11): 12-15.

ZHANG Y, ZHENG L C. Key technology of electronic job processing system[J]. Telecommunications Science, 2000, 16(11): 12-15.

[作者简介]



蒋海明 (1983-), 男, 国网咸宁供电公司信息通信分公司高级工程师、网络控制室主任, 主要研究方向为电力通信技术。



夏丹妮 (1990-), 女, 国网咸宁供电公司信息通信分公司助理工程师、网络通信室专责, 主要研究方向为电力通信技术。



刘媛 (1983-), 女, 国网咸宁供电公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为电力通信运行检修。



赵世文 (1979-), 男, 南京南瑞集团有限公司工程师, 主要研究方向为通信工程技术。

费林 (1982-), 男, 国网咸宁供电公司信息通信分公司工程师、副主任, 主要研究方向为电力系统及其自动化。

任靖宇 (1986-), 男, 国网咸宁供电公司信息通信分公司工程师、主任助理, 主要研究方向为电力系统及其自动化。