

DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.04.009

# 电力无线专网频谱监测系统规划及评估方法研究

姚继明<sup>1</sup>, 张浩<sup>1</sup>, 韦磊<sup>2</sup>, 郭经红<sup>1</sup>(1. 全球能源互联网研究院有限公司, 北京 102200;  
2. 国网江苏省电力有限公司, 江苏 南京 210024)

**摘要:**电力无线专网频谱监测系统对保障电力无线专网的服务质量和提高专网管理水平具有重要意义,科学合理的规划部署和成效评估有利于降低系统建设成本并提高系统监测性能。文中面向电力无线专网应用场景,考虑业务分布特征和监测需求,设计了基于电力业务分布特征的监测系统规划流程,综合考虑监测能力、建设成本、使用效率等因素,构建多维度的规划成效评估指标体系,提出基于复合权重的部署成效评估计算方法并进行案例分析。分析结果表明,所提评估方法可综合评估不同规划算法在系统部署中的适配性,有利于形成科学的部署方案,促进频谱监测资源的最优化利用,指导频谱监测系统建设。

**关键词:**电力无线专网;频谱监测;干扰定位;规划部署;成效评估

中图分类号:TN925

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)04-0062-06

## 0 引言

近期,工业和信息化部发布了《关于调整 223-235 MHz 频段无线数据传输系统频率使用规划的通知》,调整了 230 MHz 频段频率使用规划,保障能源互联网的频率需求,为电力无线专网系统<sup>[1-3]</sup>在电力行业中的应用提供重要支撑基础。

面向电力无线专网的频谱监测系统,综合利用各类电磁频谱监测手段采集无线专网频段的频谱环境数据,利用实时和长期监测的结果,形成频谱特性基础数据库,实现频谱特性定性分析,弥补现有网管、优化等系统的不足,提升频谱资源利用率,提高干扰查处响应速度,进而指导电力无线专网的运行、运维优化等工作。

科学合理的监测系统部署,是提高硬件资源利用效率和降低部署成本的前提。对监测装置部署优化需要解决两方面的问题,一是面向电力无线专网场景的系统规划方法,二是规划部署方案的成效评估。文献[4]开展了无线电监测站部署效率评估与优化方法研究,建立监测传感器网络部署效率评估指标体系,以监测覆盖率和部署效率最大化为准则,达成部署优化的目的。但评估指标体系还比较简单,无法全面准确评估部署成效。文献[5]提出了一种基于用频计划的监测设备部署优化方法,根据实际的用频计划提取出包含监测区域、时间和频段的监测要求,结合监测设备的监测能力,运用改进的多目标遗传算法,达到了监测设备部署优化的

目的,该文献主要侧重于对系统部署覆盖率优化的研究,没有考虑建设成本等其他因素,也没有建立具体的评价体系。文献[6]提出电磁环境监测传感器部署效率评估方法,以待评估方案与理想方案的贴切度作为部署效率评估指标,建立了部署效率评估指标体系,提出了基于逼近理想解排序法(TOPSIS)和网络分析法(ANP)的综合评估方法。文中主要也是评估系统的监测能力,评价体系不够全面。面向电力无线专网的频谱监测系统不同于无线电管理委员会的全区域特性,而是针对电力无线专网覆盖的区域进行监测,而且针对不同业务分布区域存在监测和定位 2 种部署需求。基于以上背景,文中开展具体研究,首先开展频谱监测系统的必要性分析,并对频谱监测系统的架构及规划流程进行设计,之后开展对规划部署方案的成效评估体系和算法的研究,最后进行仿真分析并得出结论。

## 1 频谱监测系统架构及规划

随着电力无线专网的大规模试点推广应用,建设面向电力无线专网的频谱监测系统<sup>[7-8]</sup>十分重要,分析如下:(1) 工信部文件中明确提出“系统投入运行 2 a 内,频段占用度应不低于 70%”,需要提供对频率占用情况进行统计的手段,以使用频管理;(2) 掌握整个专网的无线频谱态势,绘制无线专网信号覆盖区域图和场强图,便于电力业务开通和运维优化;(3) 定位和分析无线专网面临的各类干扰:传统 230 电台与 230 专网之间的共存干扰;不同网省地域邻区出现的同系统之间的合法干扰;其他非法干扰。通过该系统的建设,有利于保证电力业

收稿日期:2019-01-11;修回日期:2019-03-01

基金项目:国家电网有限公司科技项目(5455HT180008)

务可靠传递,维护空中无线电波秩序,有效科学利用有限、离散的频谱资源,降低各类无线系统的相互影响,建立和完善无线电监测手段,对实施科学的无线专网系统管理具有重要的现实意义。

### 1.1 频谱监测系统架构

无线电监测是采用技术手段和一定的设备对无线电发射的基本参数和频谱特性参数(频率、射频电平、发射带宽等)进行测量;对模拟信号进行解调监听;对数字信号进行频谱特性分析;对频段利用率和频带占有度统计测试分析;测试统计指配频率使用情况,以便进行合理、有效地频率指配;并对非法电台和干扰源测向定位进行查处。频谱监测各项指标计算统计方法以 ITU-RSM 建议书为准则,如频谱占用度是指某一特定频率上在一定时间周期内存在信号的概率。既可指单一频率上所有发射信号存在的时间概率,也可指在一个频段的所有频率上发射信号存在的时间概率<sup>[9-10]</sup>。

整个系统功能架构包括前端的频谱采集终端、回传的通信网络以及后台的综合分析系统,如图 1 所示。前端采集终端针对不同覆盖区域的站址分布和业务分布特征进行部署,实现现场的频谱数据采集;回传网络解决现场频谱采集数据的传输问题,实现频谱数据的可靠实时回传;综合分析系统,实现频谱态势分析、资源占用统计、非法干扰定位等功能,满足频谱监测和干扰定位的需求<sup>[11]</sup>。

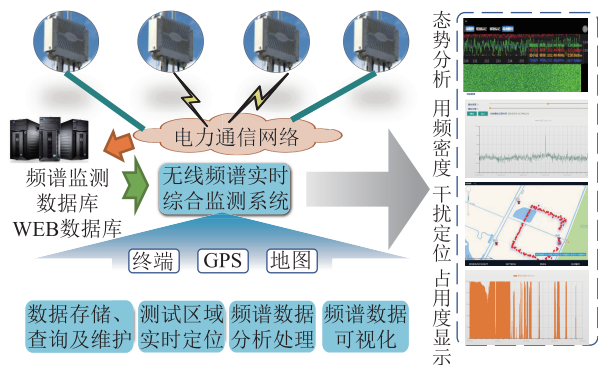


图1 系统功能架构

Fig.1 Functional architecture of the system

### 1.2 面向专网场景的监测系统规划方法

公网无线通信系统的建设目标是实现无线信号的无缝覆盖,通过频谱监测可及时掌握频率资源的利用情况,需要建设全覆盖的频谱监测系统,而对于电力无线专网来说,无线信号主要覆盖电力业务区域,频谱监测系统的建设是通过合理规划的手段在经济成本最优的情况下满足区域性的覆盖要求,同时,电力无线专网还需重点考虑频率的干扰情况,这是因为电力无线专网承载了精准负荷控

制、配电自动化等控制类业务,这类业务相对于采集类业务对网络质量要求更高,必须及时发现影响通信质量的各类隐患(如非法干扰)并进行消除,以便保证重要业务的可靠传输。

频谱监测系统的规划不仅要考虑到频谱监测的需求也需满足干扰定位的需求,科学选择站址部署是关键。具体的规划流程如图 2 所示。

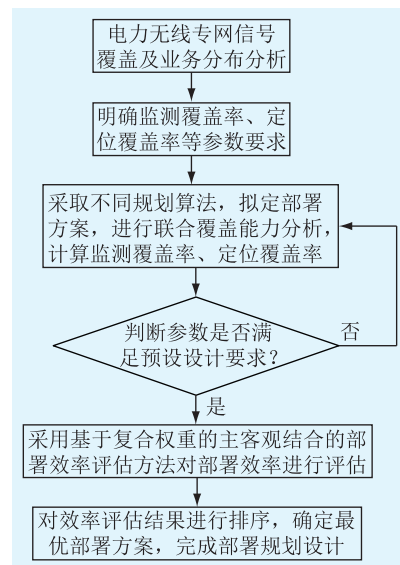


图2 频谱监测系统规划设计流程

Fig.2 Flow chart of spectrum monitoring system planning and design

(1) 首先获取电力无线专网的信号覆盖面积和重点业务分布情况。频谱监测系统是对电力无线专网的无线环境进行分析,圈定无线专网的信号覆盖面积是进行有效部署和分析的前提,而分析重点业务分布情况的目的是便于保护重点业务的用频安全,具体来说,针对这类重点业务区域的无线环境,通过部署频谱监测装置,形成定位区域,可及时发现和定位非法干扰,进而为保障重点业务的用频安全提供保证。

(2) 结合现有电力无线专网站址分布、地形条件、使用频率、重点业务分布等因素,明确监测覆盖面积、定位覆盖面积的覆盖目标(侧重于覆盖面积),以及监测覆盖率、定位覆盖率等参数要求(侧重于覆盖率)。

监测覆盖是指频谱监测的范围,主要用于频率资源占用度统计等目的,定位覆盖面积是指基于无线干扰定位算法(如 TDOA 定位算法<sup>[12-14]</sup>),所形成的能够进行非法干扰定位的覆盖面积,一般来说,从建设成本考虑,定位覆盖面积主要针对的是电力比较重要的业务范围(比如控制类业务),以便及时发现干扰,降低对生产控制的影响,而且定位

组合的监测装置可以进行监测,但能监测的装置不一定能构成定位组合,所以,定位覆盖面积一般要小于监测覆盖面积。

监测覆盖面积的定义:假设单个监测装置的监测面积为  $S_{A,i}$ ,不同监测装置的监测面积可能会有重合,因此整个系统的监测覆盖面积应为所有监测装置可监测的有效面积的并集集合,监测覆盖面积  $S_A$  可以表示为:

$$S_A = \bigcup_{i=1}^K S_{A,i} \quad (1)$$

式中: $K$  为监测装置数量; $i$  为监测装置的编号。

定位覆盖面积的定义:假设满足定位条件的某 3 个节点(基于 TDOA 算法)构成的干扰定位区域面积为  $S_{R,i}$ ,整个系统的定位覆盖面积应为所有定位组合可定位区域的并集集合,定位覆盖面积  $S_R$  可以表示为:

$$S_R = \bigcup_{j=1}^H S_{R,j} \quad (2)$$

式中: $H$  为满足定位条件的定位集合的数量; $j$  为定位集合内定位组合的编号。

(3) 结合现有电力无线专网站址和重点业务分布,采用不同的规划算法(如遗传算法<sup>[15]</sup>、聚类算法<sup>[16]</sup>、智能优化方法等<sup>[17]</sup>),分别拟定初步部署方案,计算单个监测装置的覆盖面积,分析部署方案的联合覆盖能力,计算监测覆盖率、定位覆盖率。文中采用不同的规划算法是为了更好的寻找符合实际部署环境的方案,而不是针对所有场景采用同一种算法进行不同的优化。

(4) 判断监测覆盖目标和定位覆盖目标是否满足设计要求,如果否,调整部署方案,包括不仅限于增加装置数量、调整部署位置、调整监测参数等手段;如果是,进入下一步,进行部署效率方案评估。

(5) 采用基于复合权重的部署效率评估方法对所有符合条件的方案部署效率进行评估,获得不同方案的效率评估结果。

(6) 对效率评估结果进行排序,确定最优部署方案,完成部署规划设计,开展系统建设。

## 2 频谱监测系统部署效率评估

为评估不同部署优化方案的科学性和合理性,文中提出基于复合权重的主客观结合的部署效率评估方法,下面对该方法进行详细介绍。

### 2.1 评估指标体系分解

整个部署效率评估体系从 3 个维度来进行构建,分别是监测能力  $M$ 、部署成本  $C$  和使用效率  $U$ ,如图 3 所示。

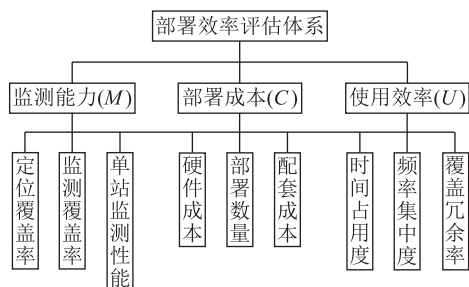


图 3 监测系统部署成效评估体系分解

Fig.3 Decomposition of deployment efficiency evaluation system for monitoring system

对 3 个维度的评估指标进行分解:

监测能力包括定位覆盖率、监测覆盖率、单站监测性能。其中定位覆盖率、监测覆盖率的计算方法如下。

监测覆盖率:监测装置部署优化的目的是用最小的装置实现最大的监测覆盖率,对于电力无线专网的区域监测,多个装置协同监测覆盖率  $Q$  由下式确定:

$$Q = \frac{S_A}{X} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $X$  为监测任务区域总面积。

定位覆盖率:定位覆盖的目标是实现所有重点业务分布区域的最大覆盖,保证控制业务的用频安全,多个定位组合的协同定位覆盖率  $G$  由下式确定:

$$G = \frac{S_R}{Y} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $Y$  为重要业务覆盖的区域总面积。

单站监测性能是指单个监测装置的监测覆盖面积,其影响因素包括传播条件、天线增益、监测灵敏度、监测目标频段、部署高度等。

部署成本包括设备硬件成本、部署数量和配套成本。

硬件成本的评估可从 2 个方面进行评估:(1) 设备的灵敏度(灵敏度越高,对器件性能的要求越高,成本越高);(2) 监测的频段范围(不同的频段范围使用不同的监测射频模块,影响设备成本)。部署数量同样也是影响部署成本的重要因素,配套成本包括监测数据的回传通道成本(有线部署的成本大于无线成本,无线公网的成本大于无线专网的成本)、挂高塔架、装置外壳安全防护等成本。

设备使用效率  $U$  包括时间占用度、频段集中度、覆盖冗余度。

时间占用度是指单台设备一个周期内的工作时间,比如 24 h 内的监测工作时间或者一周时间内

的监测工作时间,也即时间占用度。文中只考虑纯监测类的设备类型,因为对于定位覆盖类的设备需实时监测,以便尽快发现干扰信号,监测设备的工作时间是评估设备使用效率的一个重要参数。

频率集中度是指监测设备的监测频率工作范围,比如,只集中监测 230 MHz 频段和监测 3 GHz 范围内的频段对硬件的需求是不同的,如果用监测范围为 3 GHz 的射频模块只用于 230 MHz 的监测,则认为设备资源使用效率低。

覆盖冗余度为提供监测装置利用率,降低建设成本,需尽量避免各监测装置直接有较大的重合,冗余率要尽可能小, $T$  是指纯频谱监测范围区域内的覆盖冗余度(不考虑定位区域的覆盖冗余),具体定义为监测重叠面积和监测覆盖面积的比值,计算方法如下:

$$T = \frac{\bigcap_{i=1}^K S_{A,i}}{X} \times 100\% \quad (5)$$

## 2.2 部署效率评估计算

部署效率评估体系建立之后,文中提出基于复合权重的主客观结合的评估方案。

复合权重是指双重复合权重,第一重是为 3 个维度的评估因子分配不同的权重系数,第二重是为每个维度下的具体评估因子分配不同的权重系数。

主客观结合是对一些无法量化的二级指标进行主观赋值以及对不同维度的加权系数进行主观定义。利用主客观结合的方法,能够综合考虑主观和客观的影响,典型算法包括采用层次分析法和熵值法相结合的算法<sup>[14]</sup>等,具体的算法不是重点,实际评估时可以直接采用较成熟的算法,这类算法的目的和输出是得出科学的评估因子的加权系数。

获取了各评估对象的加权系数之后,进行成效评估值计算。

首先进行各维度的成效值评估,以监测能力  $M$  为例,计算定位覆盖率( $M_1$ )、监测覆盖率( $M_2$ )、单站监测性能( $M_3$ )的权重系数  $w_{11}, w_{12}, w_{13}$ ,然后根据量化的结果,得到具体的监测能力值:

$$M = w_{11}M_1 + w_{12}M_2 + w_{13}M_3 \quad (6)$$

部署成本  $C$  计算方法类似,假设硬件成本( $C_1$ )、部署数量( $C_2$ )和配套成本( $C_3$ )对应的权重系数为  $w_{21}, w_{22}, w_{23}$ ,则部署成本:

$$C = w_{21}C_1 + w_{22}C_2 + w_{23}C_3 \quad (7)$$

使用效率  $U$  计算方法类似,假设时间占用度( $U_1$ )、频段集中度( $U_2$ )和覆盖冗余度( $U_3$ )对应的权重系数为  $w_{31}, w_{32}, w_{33}$ ,则使用效率:

$$U = w_{31}U_1 + w_{32}U_2 + w_{33}U_3 \quad (8)$$

得到各维度的具体成效值之后,进行总成效值计算。通过主客观结合算法计算得到监测能力  $M$ 、部署成本  $C$  和使用效率  $U$  的加权系数分别为  $W_1, W_2, W_3$ ,则总的部署效率评估值:

$$P = W_1M + W_2C + W_3U \quad (9)$$

通过对不同的部署设计方案进行成效评估之后,得到相对应的成效评估值,然后进行排序,选取评估值最高的方案为最佳部署设计方案,指导频谱监测系统的建设。

## 3 案例分析

进行不同部署方案的效率评估举例,本例主要侧重于对不同方案规划的结果进行评估,具体的规划设计算法将根据实际场景进行灵活选择,具体的评估参数根据不同的规划算法将产生不同的数值结果,而不论何种结果,都可采用文中提出的评估计算方法进行计算。具体的规划设计算法不展开阐述,列举 3 种假设的规划评估归一化的结果并进行效率评估值的计算。如表 1 所示,其中方案 I, II, III 分别表示 3 种不同的规划算法形成的方案,且表格中的数据已经根据归一化的方法进行处理。

表 1 指标归一化结果

Table 1 Normalized results of indicators

方案	监测能力			部署成本			使用效率		
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$U_1$	$U_2$	$U_3$
I	0.8	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7	0.5	0.3	0.2
II	0.6	0.7	0.5	0.6	0.9	0.9	0.6	0.5	0.1
III	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.5	0.7	0.1

假设建设单位对系统部署的监测性能要求最高,则为监测能力分配最高的权重,以监测能力:部署成本:使用效率的占比为 6:2:2 的权重比例进行计算。为简化计算,每个维度下的不同评估值的权重系数同为 1/3,计算 3 种方案的效率评估值分别为 0.72, 0.6, 0.68, 选择方案 I 为最优的部署方案。

同样条件下,如果建设单位对系统部署的成本要求最高,设定监测能力:部署成本:使用效率的占比为 3:5:2,计算 3 种方案的效率评估值分别为 0.7, 0.66, 0.69。评估值越高,说明成本越高,所以选择方案 II 为最优的部署方案。

通过上述计算过程来看,文中提出的评估方法可依据不同的建设需求进行灵活的权重调整,进而实现对特定需求下的不同规划算法进行综合评估,依据效率评估值选取最优的规划方案,进而指导系统实际建设过程中的安装部署。

## 4 结论

面对无线专网建设完成之后的运维优化等工作,如何解决无线侧的频谱态势感知、占用统计、干扰查找等问题,是电力无线专网下一步发展需关注的方向。文中基于以上背景,开展了面向电力无线专网的频谱监测系统的必要性分析和架构设计,考虑到科学合理的系统部署规划是建设频谱监测系统的关键内容和重要前提,文中提出面向电力业务特征的规划设计方法并构建了面向规划方案的成效评估体系,提出基于复合权重的部署成效评估计算方法。文中所设计的面向电力场景的频谱监测系统规划流程可用于指导科学合理的系统部署所构建的评估体系和评估算法可用于评估规划设计方案以便进一步优化部署方案,选取最佳的方案来指导频谱监测系统的建设,对促进电力无线专网的发展具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 姚继明,韦磊,郭经红. 基于资源分区的电力无线专网架构设计研究[J]. 全球能源互联网,2018,1(5):589-593.  
YAO Jiming, WEI Lei, GUO Jinghong. Architecture design of power wireless private network based on resource partition[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2018, 1(5):589-593.
- [2] 曹津平,刘建明,李祥珍. 面向智能配用电网络的电力无线专网技术方案[J]. 电力系统自动化,2013,37(11):76-80,133.  
CAO Jinping, LIU Jianming, LI Xiangzhen. A power wireless broadband technology scheme for smart power distribution and utilization networks[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013,37(11):76-80,133.
- [3] 李文伟,陈宝仁,吴谦,等. TD-LTE 电力无线宽带专网技术应用研究[J]. 电力系统通信,2012,33(11):82-87.  
LI Wenwei, CHEN Baoren, WU Qian, et al. Applied research of TD-LTE power wireless broadband private network[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2012, 33(11):82-87.
- [4] 徐英,周尚武,丁锋. 无线电监测站部署效率评估与优化方法研究[J]. 传感技术学报,2018,31(9):1389-1392.  
XU Ying, ZHOU Shangwu, DING Feng. Evaluation and optimization of radio monitoring station deployment efficiency [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2018, 31(9):1389-1392.
- [5] 臧维明,严少虎,柳青梅,等. 一种基于用频计划的监测设备部署优化方法[J]. 现代雷达,2017,39(9):1-4,8.  
ZANG Weiming, YAN Shaohu, LIU Qingmei, et al. Monitoring equipment deployment optimization based on frequency scheduling [J]. Modern Radar, 2017, 39(9):1-4,8.
- [6] 徐英,周尚武. 电磁环境监测传感器部署效率评估方法[J]. 装备环境工程,2018,15(4):51-55.  
XU Ying, ZHOU Shangwu. Evaluation method for deployment efficiency of electromagnetic environmental monitoring sensor [J]. Equipment Environmental Engineering, 2018, 15(4):51-55.
- [7] 王继业,赵东艳,原义栋,等. 电力无线专网中基于频谱检测的SDR技术[J]. 电子技术应用,2017,43(4):102-106.  
WANG Jiye, ZHAO Dongyan, YUAN Yidong, et al. Spectrum detection based software defined radio in power private wireless network [J]. Application of Electronic Technique, 2017, 43(4):102-106.
- [8] 冯春芳. 论区域性无线电监测网的建设[J]. 数字技术与应用,2015(5):205.  
FENG Chunfang. Research on the construction of regional radio monitoring network [J]. Digital Technology and Application, 2015(5):205.
- [9] 武瑞娟,蔚微. 无线电监测数据质量与清洗技术研究[J]. 中国无线电,2019(1):36-39.  
WU Ruijuan, WEI Wei. Research on radio monitoring data quality and cleaning technology [J]. China Radio, 2019(1):36-39.
- [10] 殷云志,解建伟. 基于传感器协作网络的信号监测技术研究[J]. 无线电工程,2014,44(7):15-18.  
YIN Yunzhi, XIE Jianwei. Research on signal monitoring technology based on cooperative sensor network [J]. Radio Engineering, 2014, 44(7):15-18.
- [11] 姚继明,郭经红,韦磊. 一种电力无线频谱监测系统设计方案[J]. 电力信息与通信技术,2018,16(11):29-34.  
YAO Jiming, GUO Jinghong, WEI Lei. A design scheme of power wireless spectrum monitoring system [J]. Electric Power ICT, 2018, 16(11):29-34.
- [12] 黄光星,钟炜烽,何铮. TDOA 定位性能分析和测试[J]. 中国无线电,2018(4):43-45.  
HUANG Guangxing, ZHONG Weifeng, HE Zheng. Performance analysis and testing of TDOA location [J]. China Radio, 2018(4):43-45.
- [13] 唐菁敏,周旋,张伟,等. 基于改进型遗传蚁群算法的TDOA多点定位研究[J]. 通信技术,2018,51(7):1575-1584.  
TANG Jingmin, ZHOU Xuan, ZHANG Wei, et al. Research on TDOA multi-point localization based on improved genetic ant colony algorithm [J]. Communications Technology, 2018, 51(7):1575-1584.
- [14] 黄光星,钟炜烽,何铮. TDOA 定位性能分析和测试[J]. 中国无线电,2018(4):43-45.  
HUANG Guangxing, ZHONG Weifeng, HE Zheng. Performance analysis and test of TDOA positioning [J]. China Radio, 2018(4):43-45.
- [15] 陈升来,陆宏,李涛. 基于遗传算法的传感器优化部署方法研究[J]. 通信技术,2016,49(1):1360-1363.  
CHEN Shenglai, LU Hong, LI Tao. Optimal deployment method of sensors based on genetic algorithm [J]. Communications Technology, 2016, 49(1):1360-1363.
- [16] 刘毅. 模拟退火遗传算法对无线传感器网络部署研究[J].

计算机仿真,2011,28(5):171-174.

LIU Yi. Research on wireless sensor network deployment based on simulated annealing genetic algorithms[J]. Computer Simulation,2011,28(5):171-174.

[17] 葛云露,董俊,姬生云,等. 电磁频谱监测设备部署优化算法[J]. 电波科学学报,2014,29(2):353-357.

GE Yunlu, DONG Jun, JI Shengyun, et al. Deployment optimization algorithm for electromagnetic spectrum monitoring equipment[J]. Chinese Journal of Radio Science,2014,29(2):353-357.

作者简介:



姚继明

姚继明(1987),男,硕士,高级工程师,从事电力无线通信技术研究工作(E-mail: yaojiming622@163.com);

张浩(1981),男,硕士,高级工程师,从事电力通信技术等工作;

韦磊(1981),男,博士,高级工程师,从事电力通信技术管理等工作。

## Planning and evaluation method of spectrum monitoring system for power wireless private network

YAO Jiming<sup>1</sup>, ZHANG Hao<sup>1</sup>, WEI Lei<sup>2</sup>, GUO Jinghong<sup>1</sup>

(1. Global Energy Interconnection Research Institute Co., Ltd., Beijing 102200, China;

(2. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Nanjing 210024, China

**Abstract:** Spectrum monitoring system of power wireless private network is of great significance to guarantee the service quality and improve the management level of the power wireless private network. Scientific and reasonable plan for the deployment and effectiveness evaluation are conducive to reducing the cost of system construction and improving the monitoring performance of the system. In view of the application scenario of power wireless private network, considering the characteristics of service distribution and monitoring requirements, this paper designs the planning process of monitoring system based on the characteristics of power service distribution. Considering the factors of monitoring capacity, construction cost and utilization efficiency, a multi-dimensional evaluation index system of planning effectiveness is constructed, and a calculation method of deployment effectiveness evaluation based on composite weights is proposed and analyzed. The results show that the proposed evaluation method can comprehensively evaluate the adaptability of different planning algorithms in system deployment, which is conducive to forming a scientific deployment plan, promoting the optimal utilization of spectrum monitoring resources and guiding the construction of spectrum monitoring system.

**Keywords:** power wireless private network; spectrum monitoring; interference location; plan for the deployment; effectiveness evaluation

(编辑 杨卫星)