

# Key Technology Research of Transmission Line Online Monitoring in Eastern Inner Mongolia under the Extremely Cold Weather

Yang Xiang<sup>1</sup>, Jie Tu<sup>2\*</sup>, Zhihui Feng<sup>2</sup>, Youlong Yin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Guangdong Power Grid Corporation, Shenzhen

<sup>2</sup>Wuhan NARI Limited Liability Company of State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan

<sup>3</sup>College of Electrical Engineering and New Energy, China Three Gorges University, Yichang

Email: [88013457@qq.com](mailto:88013457@qq.com), [18571597945@163.com](mailto:18571597945@163.com)

Received: April 29<sup>th</sup>, 2014; revised: May 7<sup>th</sup>, 2014; accepted: May 14<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The application of online monitoring technology in power transmission line enables the transmission line to come to a new operation progress in which condition-based operation plays the main role instead of the traditional people-oriented operation, which provides a reliable basis for the digital, intelligent management of transmission line. Therefore, the wide use of on-line monitoring devices is the necessary requirement for the development of Strong Smart Grid. The Khingan area in eastern Inner Mongolia is covered in the typical micro-climate region, where the temperature always declines to  $-40^{\circ}\text{C}$ , especially in winter, and it is likely to cause transmission line to freeze and results in tripping accidents. That is to say, traditional on-line monitoring devices can not be effectively operated in the arctic weather. In this paper, three key issues: the inefficient power supply, low reliability, and communication condition of the traditional on-line monitoring devices operating in the arctic Mongolia areas have been discussed, and effective solutions are also mentioned.

## Keywords

Eastern Inner Mongolia, Extremely Cold Weather, Power Transmission Line, Online Monitoring, Key Technology

---

\*通讯作者。

# 极寒天气下蒙东输电线路在线监测 关键技术研究

象阳<sup>1</sup>, 涂洁<sup>2\*</sup>, 冯智慧<sup>2</sup>, 阴酉龙<sup>3</sup>

<sup>1</sup>广东电网公司, 深圳

<sup>2</sup>国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 武汉

<sup>3</sup>三峡大学电气与新能源学院, 宜昌

Email: [88013457@qq.com](mailto:88013457@qq.com), [18571597945@163.com](mailto:18571597945@163.com)

收稿日期: 2014年4月29日; 修回日期: 2014年5月7日; 录用日期: 2014年5月14日

## 摘要

在线监测技术在输电线路中的推广应用, 使输电线路从传统的以人巡检为主进入到了以状态检修为核心的运行维护方式, 为输电线路的数字化、智能化管理提供了可靠的依据, 在线监测装置的广泛应用是发展坚强智能电网的必然要求[1]。然而蒙东大兴安岭地区地形情况复杂, 是典型的微气候区域, 特别是在冬季, 容易出现低于 $-40^{\circ}\text{C}$ 的极寒天气, 输电线路经常发生覆冰、舞动跳闸事故, 常规在线监测装置在蒙东极寒天气下无法有效稳定运行, 本文对导致常规在线监测装置在蒙东极寒天气下无法正常运行的供电、装置可靠性和通信等三大关键问题进行了研究, 并提出了有效的解决办法。

## 关键词

内蒙古东部, 极寒天气, 输电线路, 在线监测, 关键技术

## 1. 引言

我国东北和内蒙古东部地区冬季温度较低, 根据气象统计资料表明, 该区域冬季常出现低于 $-40^{\circ}\text{C}$ 的极寒天气, 甚至短时出现过 $-55^{\circ}\text{C}$ 的最低温度, 严重威胁了电力设备安全稳定运行。作为电力输送纽带的输电线路具有分散性大、距离长、难以巡视及维护等特点, 因此对输电线路本体及周边环境以及气象参数进行远程监测成为一项迫切工作, 线路在线监测装置便成为对线路情况进行实时监测的最有效手段[2]。

目前输电线路在线监测装置都是按照国网公司《Q/GDW 242-2010 输电线路状态监测装置通用技术规范》标准来设计, 在该标准中确定设备环境最低温度为扩展工业级仅为 $-40^{\circ}\text{C}$ , 不能满足蒙东地区极寒天气下的运行监测要求, 极寒低温极大影响了在线监测装置的供电可靠性以及设备稳定性。

本文针对现有在线监测装置在极寒天气下供电、设备稳定性以及通信等方面的问题进行了应用研究, 提出将在线感应取电、硅质纳米孔绝热保温和无线 MESH 网络通讯等技术应用在现有在线监测装置中, 确保监测装置在极寒天气下有效工作, 为极寒地区输电线路状态检修提供有力的信息保障。

## 2. 在线感应取电技术

输电线路在线监测装置中采集装置电子电路的电源获取是监测系统实用化必须解决的一个关键问题。目前大多数监测装置都是采用太阳能板提供电源, 然而在蒙东极寒地区受光照时间和强度影响, 监测装置上线时间得不到保障, 因此本文提出采用在线感应取电加蓄能电池的供电方案。

高压导线在线取电是利用特制的电流互感器缠绕在导线上获取电能，经过整流滤波、取电调节保护电路、隔离稳压变换后得到稳定电源[3]。如图 1 所示。

从高压线路取电的道理和互感器的工作原理基本相同，都是电磁感应原理的具体应用[4]。磁通量和电压电流以及线圈的匝数、工作频率存在以下关系：

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi = -\frac{1}{N_2} \iint e_2 dt$$

当一次电流是正弦电流，即：

$$i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin \sqrt{2}I_1 \sin \omega t$$

此时感应电动势是：

$$E_2 = \sqrt{2}\pi Nf 2\Phi_m$$

上式中， $f$  为正弦波频率， $N$  为线圈绕组匝数， $\Phi$  为输电线传输电流在变压器铁芯激磁产生的磁通量。

当线路处于热备用状态(有电压无电流)时，感应去电方法无法提供电能，因此加入蓄电池组储备电能，在感应无法取电时由蓄电池给装置供电，保证了在线监测装置的长期在线。

### 3. 硅质纳米孔绝热保温技术

在极寒天气下，在线监测装置的控制器、蓄电池充放电以及其他重要装置由于工作温度达不到而性能大大降低，有时甚至无法工作。本文对绝热保温技术进行研究，将硅质纳米孔绝热材料应用于保护监测装置，设计出一种新型在线监测装置防护箱，有效解决了上述问题。

绝大部分绝热材料的传热主要由以下 4 个部分构成的：气体分子的热传导(Qg)；气体的对流传热(Qc)；固体材料的热传导(Qs)；红外辐射传热(Qr)。

因此，总传热量为： $Q = Qg + Qc + Qs + Qr$

相应地，总的表观热导率为： $\lambda = \lambda g + \lambda c + \lambda s + \lambda r$ 。为了降低绝热材料的热导率，就需从以上 4 个方面入手对材料进行设计改造[5]。纳米孔硅质绝热材料独特的结构和性能使其组成表观导热系数的 4 个分项导热系数均降到了很低的水平。

根据硅质纳米孔绝缘材料特性，设计组合式保温箱(如图 2 所示)，把监测装置中容易受极寒低温影响的电气部件进行“隔离”保温。保温箱主体由硅质纳米孔绝缘材料制造，内置温度控制系统。当箱体内部

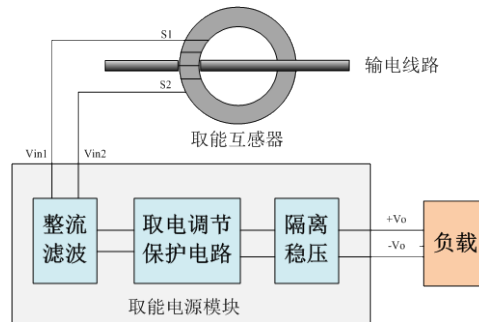


Figure 1. Online take power module design  
图1. 在线取电模块设计图

部温度传感器检测到温度较高时，自动启动箱体上的换气扇，使箱体内外空气对流，保持箱体内部温度相对稳定，这样就能保障监测装置在极寒天气下正常工作。

#### 4. 无线 MESH 网络混合通信技术

高压输电线路大多数的分布是在野外，高压输电线路纵深少则几百米，多则数千米，线路覆盖面广，特别对于蒙东大兴安岭地区来说，有的输电杆塔处地人烟稀少，公网覆盖率非常低，因此3G网通信方

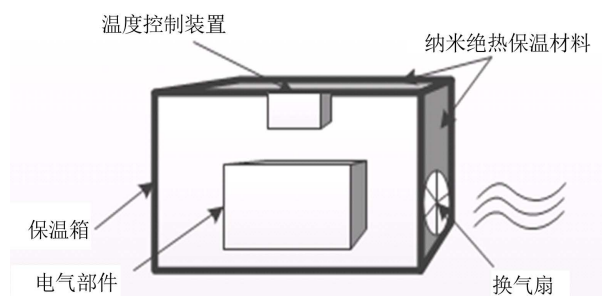


Figure 2. Combined heat preservation box structure  
图2. 组合式保温箱结构图

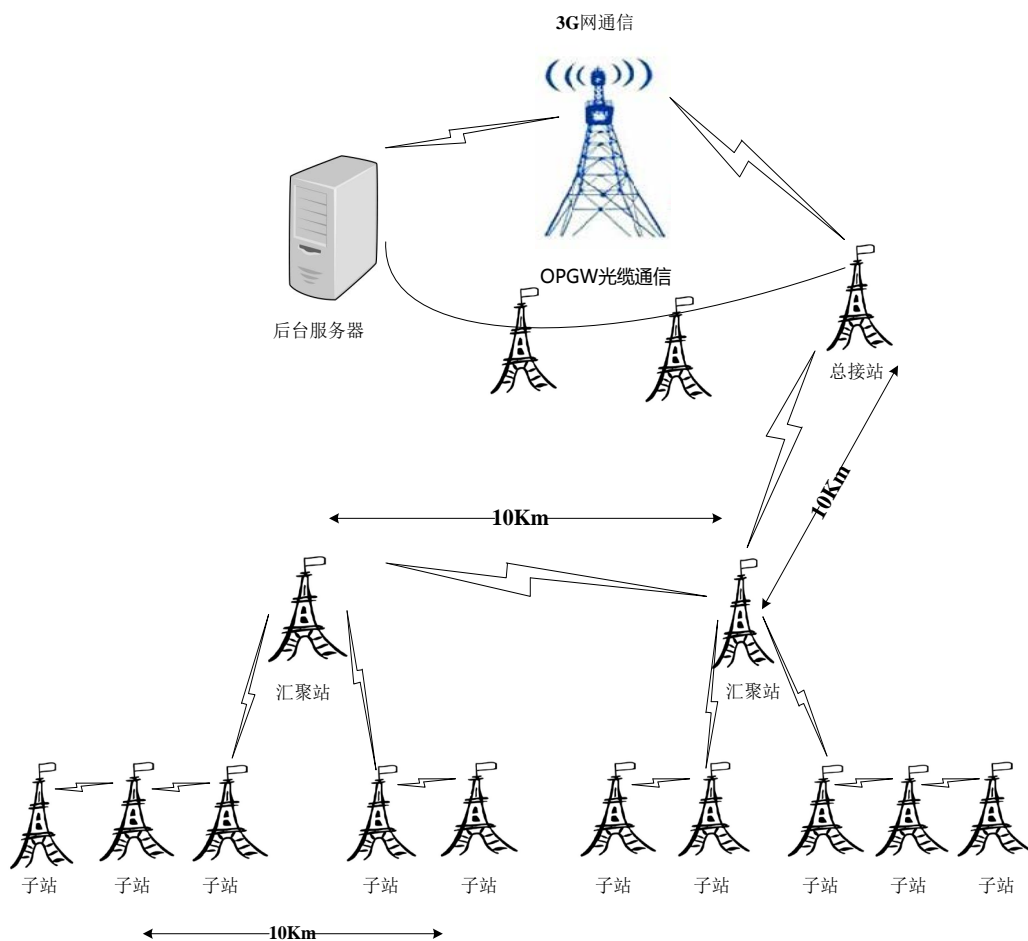


Figure 3. Overall communication scheme design  
图3. 通信方案总体设计图

式无法应用。

无线 MESH 网络又称无线网状网或无线网格网,它融合了无线局域网 WLAN 和 Ad Hoc 网络的优势,是一种大容量、高速率、覆盖范围广的网络[6]。与传统无线网络完全不同,在无线 MESH 网络中,任何无线设备节点都可同时作为路由器,网络中的每个节点都能发送和接收信号,每个节点都能与一个或多个对等节点进行直接通信[7]。

基于以上因素,本文提出利用 MESH 无线网络,通过无线中继,将每个子站的监测数据和视频信息汇聚到有 3G 网络或 OPGW 光缆的接入站这种混合通信方案(如图 3 所示),采用这种通信模式不仅解决了监测数据的传输问题,而且基本不受网络信号的影响。

图中子站和汇聚站都为处在偏远地区无公网覆盖的电力杆塔,每个子站相距 5 km 以内,汇聚站(即为基站)相距 10 km 左右,汇聚站左右 5 km 范围内的子站将监测数据和视频信息通过 MESH 模块传输到汇聚站,再由汇聚站之间相互传输到有 3G 网覆盖或是架设了 OPGW 光纤的接入站,再由接入站通过 3G 网或是 OPGW 光纤通信将监测数据和视频传输到监测主站服务器。利用这样的方式不仅提高了利用率,而且保证了监测数据和视频信息的及时流畅性。

## 5. 结论

目前国内还没有针对极寒天气下在线监测技术的应用研究,因此,蒙东地区输电线路还没有在线监测装置的应用。本文通过研究解决了极寒天气下在线监测供电、保温、通信等关键问题,并研制样机挂网试运行,总结极寒天气下架空线路状态在线监测经验,补充完善国网输电线路在线监测装置规范,更好的服务于蒙东输电线路的运维工作。

## 参考文献 (References)

- [1] 刘振亚 (2010) 智能电网技术. 中国电力出版社, 北京, 12-16.
- [2] 黄新波, 陈荣贵, 王孝敬, 等 (2008) 输电线路在线监测与故障诊断. 中国电力出版社, 北京, 1-3.
- [3] 刘亚东, 盛戈嗒, 江秀臣, 等 (2010) 输电线路监测装置取电电源设计. *高压测试技术及设备*, **3**, 70-74.
- [4] 李先志, 杜林, 陈伟根, 等 (2008) 输电线路状态监测系统取能电源的设计新原理. *电力系统自动化*, **1**, 67.
- [5] 韩露, 袁磊, 于景坤 (2012) SiO<sub>2</sub> 纳米孔隔热材料的研究进展. *耐火材料*, **2**, 146-150.
- [6] 姜永, 郑明春, 李国强, 等 (2008) 无线 Mesh 网络研究. *科技信息(学术版)*, **2**, 224.
- [7] 郑彦光, 徐平平, 常瑞, 等 (2007) 无线 Mesh 网络技术及其应用. *电力系统通信*, **7**, 16-20.