

[变电站]

基于北斗短报文通信的变电站地质灾害综合监测研究

文/傅宁 赵建伟 梁大磊 胡鑫
国网思极位置服务有限公司

为及时预警和控制地质灾害对变电站的影响，提出基于北斗短报文通信的变电站地质灾害综合监测研究。首先在变电站周围划分监测区域，并安装相应传感器进行地质灾害信息的采集。然后基于北斗短报文通信进行变电站地质灾害信息的传输。最后以传输至监测中心的数据为基础，采用XGboost模型进行变电站地质灾害监测，从而获得变电站地质灾害综合监测结果。实验结果表明，方法的数据传输丢包率低，监测速率快，具有实际应用价值。

近年来，地质灾害频发已成为全球性的问题。地震、滑坡和泥石流等自然灾害对人类社会造成了巨大的损失和威胁。尤其在能源供应领域，地震等地质灾害往往引发电力设施的故障或破坏，严重影响区域的电力供应稳定性和可靠性。变电站通常建立在地势较高、地质条件复杂的区域，如山区和丘陵地带。这些区域地质活动频繁、地下水含量变化大，各种地质灾害如地震、滑坡和泥石流等都可能随时发生，直接威胁到变电站的安全运行。可能导致电力设施损毁、停电，进而对整个区域的电力供应稳定性和可靠性造成严重影响。因此，需要对变电站周围的地质灾害进行监测，以便及时预警灾害的发生。

文献[1]采用全球定位系统-精密单点定位技术进行灾害预警监测。该方法对变电站所在区域进行连续观测，监测数据经过模型矫正和解算后，可以达到毫米级的准确度。通过监测位移情况和分析同期地区降水量，掌握地质灾害的发展趋势，从而进行有效的预警监测，但该方法监测的实时性较差。文献[2]设计了一个地质灾害监测预警系统。该系统集地表变形和降雨量监测内容为一体，具备实时监控、项目管理、设备信息和报警信息等功能，

支持远程数据采集、基础信息查询、预警信息发布、应急响应管理和移动应用，能实时监测重大地质灾害的地表位移、降雨量、裂缝位移和土壤墒情等因子，但该方法的数据丢包率较大。

为解决上述方法存在的问题，提出基于北斗短报文通信的变电站地质灾害综合监测研究。北斗导航系统作为我国自主研发的全球卫星导航系统，已经成为国家的重要标志之一^[3-4]。北斗短报文通信是北斗系统的重要应用之一，在地震灾害等紧急情况下，可以提供快速、稳定的通信支持，成为地质灾害监测研究中的重要工具。因此，基于北斗短报文通信的变电站地质灾害综合监测研究具有重要的理论和实践价值。本研究旨在结合北斗短报文通信技术，通过监测变电站所处地区的地质灾害情况，提升变电站的应急响应能力，保障电力系统的安全稳定运行，进一步促进区域的经济社会发展。

变电站地质灾害综合监测方法设计

1. 变电站地质灾害监测信息采集

根据变电站地质灾害监测类型可以将变电站周围划分为滑坡监测点、崩塌监测点以及地面沉降监

测点等监测区域,并进行地质灾害信息的采集。这三类监测点由各类地质灾害监测传感器^[5]、数据采集仪、北斗用户终端、供电设备以及机箱组成。传感器负责将地质灾害物理参数,如地下水水位、水温、雨量和地裂缝等转换成数字信号;数据采集仪按照一定的工作机制采集各类传感器的数字信号,并按照规定格式进行编码和存储,随后,该设备利用北斗用户终端将数据传出去;北斗用户终端的主要功能是将监测点的数据发送给所属的数据中心,并同时接收各种指令来进行操作。供电设备负责监测点传感器、数据采集仪以及北斗用户终端等设备的电源供应。机箱则为安置在其内部的各类仪器设备提供保护。

在变电站周围地势较高、地质条件复杂的区域,经过详细的地质调查和评估,选择合适的位置安装上述地质灾害监测装置。根据不同区域的地质灾害风险情况,选择相应的传感器类型和数量。按照专业工程要求,将地震监测仪、滑坡监测仪和裂缝监测仪等传感器安装在预定的监测点位上^[6]。确保传感器与地质介质接触良好,以获取准确且实时的地质灾害信息。采用标准化的编码格式,如XML,对采集到的数据进行编码。采集后的数据存储在数据采集仪中,然后通过无线通信方式,将编码后的数据传输到地质灾害监测中心。

2. 基于北斗短报文通信的变电站地质灾害监测信息传输

北斗短报文通信是一种便捷、高效的通信方式,适用于变电站地质灾害监测信息的传输。在这个过程中,首先发送端生成包含接收方北斗ID和地质灾害监测信息的通信申请信号,并将其发送到北斗卫星^[7]。北斗卫星接收到信号后,通过转发到地面中心站实现信号的处理。地面中心站对收到的通信申请信号进行解析,并根据接收方的北斗ID进行目标定位和路由选择,再次将处理后的信息发送给北斗卫星。接着,北斗卫星根据接收方的北斗ID将信息传送给目标接收端^[8]。一路上,北斗卫星通过其广域覆盖能力,为通信信号提供稳定的传输环境。最后,目标接收端接收到由北斗卫星发送的通信信息信号,经过信号处理和解密,成功获取到变电站地质灾害监测信息。

在上述通信过程中,需要使用特定的通信协议

来支持数据的传输。本文采用北斗4.0协议规定的数据传输协议,并且数据的格式符合该协议。为了发起地质灾害监测信息的通信申请,使用了\$TXSQ(通信申请)指令。当有地质灾害数据需要通过北斗短报文发送时,把该数据按规定格式打包后填充到\$TXSQ数据包中。然后把\$TXSQ数据包通过串口发送到北斗卫星。北斗卫星收到\$TXSQ数据包后会将其中的数据传送到指定的目标地址。\$TXSQ数据包的格式见表1。

表1 \$TXSQ数据包格式

(单位: bit)

指令	长度	用户地址	信息内容					校验和
			信息类别	用户地址	电文长度	是否应答	电文内容最长	
通信申请 \$TXSQ	16	24	8	24	16	8	1680	8

在数据传输过程中可能会存在误码或数据损坏的情况,为检测数据的完整性,在北斗短报文通信中进行校验和比较。校验和在数据传输中的作用是进行错误检测。可以通过计算数据中每个字节的异或运算结果,得出一个校验和值。发送端将计算得到的校验和值附加到数据中,并将整个数据包发送给接收端。接收端在接收数据后同样计算校验和,并将其与发送端传输的校验和进行比较。如果两个校验和不匹配,则表明在传输过程中可能存在错误或数据损坏。对于损坏的数据,重新发布指令,获取完成数据。校验和公式为

$$R=(M_1\oplus M_2\oplus M_3\oplus\cdots\oplus M_N) \quad (1)$$

式中, $M_1, M_2, M_3, \cdots, M_N$ 表示传输的数据; $\oplus$ 表示异或运算。

3. 变电站地质灾害综合监测

对地面中心获得的变电站地质灾害信息数据进行分析,获得变电站不同地质灾害监测预警结果。本文对监测站接收到的数据进行处理后,采用XGboost模型进行变电站地质灾害监测。XGboost是一种强大的机器学习算法,可以处理复杂的非线性关系,并且能够自动寻找特征的重要性。假设获得的变电站地质灾害数据集为 $D(x_i, y_i)$ ($i=1, 2, L, \cdots, n$), x_i 表示第*i*个变电站地质灾害数据的特征, y_i 表示第*i*个变电站地质灾害数据的类别,则有:第1棵树的预测结果 $y_l = \sum_{k=1}^K f_k(x_i)$ 。XGboost

模型的训练公式为

$$\begin{cases} y_l^{(0)} = 0 \\ y_l^{(1)} = d_j f_1(x_i) = y_l^{(0)} + f_1(x_i) \\ y_l^{(t)} = d_j \sum_{k=1}^t f_k(x_i) = y_l^{(t-1)} + f_l(x_i) \end{cases} \quad (2)$$

式中, $f_k(x_i)$ 为第 k 棵树的预测结果; $y_l^{(0)}$ 为首轮的模型预测值; $y_l^{(1)}$ 为第一轮模型预测值; $y_l^{(t)}$ 为第 t 轮的模型预测值; f_1 为第1颗决策树; f_k 与 f_l 分别为第 k 与第 l 棵决策树; d_j 为变电站地质灾害识别结果。

因此, 第 t 轮的地质灾害监测目标函数为

$$\text{Loss}^{(t)} = \sum_{i=1}^n l(y_l^{(t-1)}, y_i + f_l(x_i)) + \Omega(f_l) \quad (3)$$

式中, $\Omega(f_l)$ 表示地质灾害划分函数。

将叶节点的最优值代入得到最终的地质灾害得分, 从而实现地质灾害的监测, 此过程的计算公式为

$$Q = \sum_{j=1}^N \left[\left(\sum_{i \in I_j} g_i \right) \omega_j + \frac{1}{2} \left(\sum_{i \in I_j} h_i \right) \omega_j^2 \right] + \gamma \quad (4)$$

式中, N 为决策树叶子节点数; ω 为每棵决策树叶节点的分数; γ 为正则项的超参数; $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ 为变电站地质灾害数据对象的各个指标。

由此获得变电站地质灾害监测等级划分, 见表2。

表2 变电站地质灾害监测等级划分

取值	等级划分	具体介绍
$Q \geq 80$	高风险	变电站地质灾害状况较不稳定, 风险较大, 需要采取紧急防护措施来应对潜在的地质灾害风险
$60 \leq Q \leq 79$	中风险	表示变电站地质灾害状况存在一定程度的不稳定性, 具备一些风险防范能力, 但风险水平相对较高
$40 \leq Q < 60$	低风险	表示变电站地质灾害状况相对稳定, 可能存在一些潜在风险, 但风险较低
$Q < 40$	极低风险	变电站地质灾害状况非常稳定, 几乎不存在任何潜在风险

一旦获得地质灾害数据的分析结果, 就可以生成相应的预警信息或报告。例如, 根据对滑坡监测点的数据分析, 发现土壤饱和度超过安全阈值, 可能预示着滑坡事件的发生风险增加。基于此分析结果, 通过北斗短报文通信系统发送预警信息给相关部门和人员, 及时启动紧急应对措施, 减轻潜在的损失和风险。

实验设计

1. 实验方案

为验证上述基于北斗短报文通信的变电站地质灾害综合监测方法的有效性, 采用文献[1]、文献[2]方法以及本文方法对某变电站地质区域进行实验测试, 并以数据传输的丢包率和监测速率作为评价指标。数据包丢失数用 K 表示, 总发送数据数用 Z 表示, 则丢包率公式为

$$D = \frac{K}{Z} \times 100\% \quad (5)$$

2. 实验结果

不同方法的数据丢包率结果如图1所示。

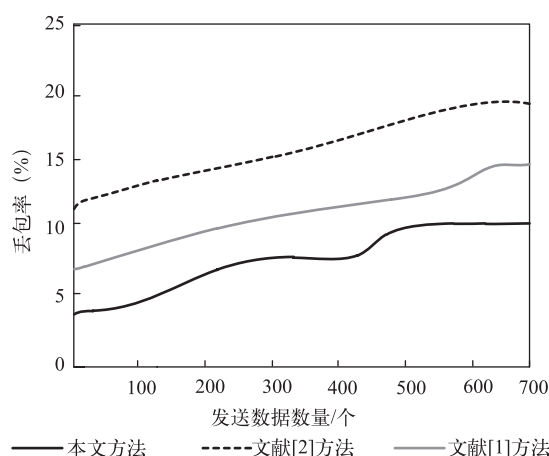


图1 不同方法数据传输丢包率

由图1可以看出, 随着发送数据量的增加, 三种方法的丢包率均有所上升。本文方法的丢包率最高为8%, 文献[1]方法的丢包率最高为13%, 文献[2]方法的丢包率最高为18%。本文方法的丢包率始终低于对比方法, 说明数据传输效果较好。

在上述实验的基础上, 统计三种方法的地质灾害监测速率, 即将采集的数据从采集端经过北斗短报文传输至数据接收端分析出灾害情况的时间, 结果见表3。

表3 不同方法的地质灾害监测时间

(单位: s)

实验次数/次	本文方法	文献[1]方法	文献[2]方法
10	18.32	25.12	26.54
20	20.45	24.19	30.54
30	21.31	23.47	25.51
40	17.15	25.42	25.21
50	19.54	24.12	28.52
60	20.14	26.51	29.23

由表3可知,本文方法的地质灾害监测时间最低为17.15 s,文献[1]方法的地质灾害监测时间最低为23.47 s,文献[2]方法的地质灾害监测时间最低为25.21 s。本文方法的地质灾害监测时间始终低于对比方法,说明本文方法在进行变电站地质灾害监测时,可以更快传输数据,达到及时预警的目的。

结束语

随着技术的不断进步和社会对电力供应可靠性的日益重视,变电站地质灾害综合监测研究备受关注。为实现对变电站地质灾害的快速监测,提出基于北斗短报文通信技术的研究方案。在变电站周围划定监测区域,并安装相应传感器进行地质灾害信息采集。随后利用北斗短报文通信技术进行变电站地质灾害信息的传输。以传输至监测中心的数据为基础,采用XGboost模型进行变电站地质灾害分析,得出综合监测结果。实验结果显示,该方法具有较低的数据丢包率和较快监测速度,在实际应用中具备一定价值。然而,该研究仍存在一些改进之处。监测区域划分和传感器布置可以进一步优化,以提高预警系统的准确性和及时性。EA

(收稿日期:2024-08-15)

参考文献

[1] 李昊,于虹,饶桐,等.基于精密单点定位的

变电站地质微位移监测技术研究[J].电测与仪表,2022,59(12):144-149.

[2] 覃事河,段斌,周相,等.水电工程地质灾害实时监测预警系统设计及应用[J].人民长江,2023,54(10):105-112.

[3] 张薇,何宏伦,王玮.一种适用于北斗短报文的通信的天线波束指向算法[J].电子与信息学报,2021,43(10):2848-2853.

[4] 杨欣,郑禄,帖军,等.基于北斗短报文的农业环境数据采集通信机制研究[J].电子技术应用,2021,47(11):47-52.

[5] 陈刚.基于MEMS+ZigBee的地质灾害监测预警技术研究[J].自动化与仪表,2023,38(7):1-4+32.

[6] 杨飞.基于InSAR技术的地质灾害监测系统设计与应用[J].北京测绘,2022,36(11):1531-1536.

[7] 殷俊,巴挺杰,张建伟,等.基于北斗短报文的智能电表数据通信方法研究[J].电子设计工程,2023,31(17):159-163.

[8] 张维军,饶宁,唐兰英,等.基于北斗短报文通信技术的林业有害生物监测数据传输[J].自然保护地,2023,3(3):85-93.

