

基于地理信息系统的低压配电用户安全预警系统

潘旭辉, 王泽睿, 任召廷, 文蕾, 高斌彬

(贵州电网有限责任公司 凯里雷山供电局, 贵州 雷山 557100)

摘要: 针对目前偏远地区旅游景区配电设备常出现超负荷运行和火灾隐患的情况, 设计了基于地理信息系统低压配电用户安全预警系统; 研制了保护控制器对各低压配电用户电气量、开关量及温度数据进行实时采集, 并将用户的地理位置和对应数据显示在系统中; 系统对数据进行分析, 可以实现用电安全与火灾隐患预警功能; 该系统可以较好的适应旅游景区低压配电设备复杂的特点, 提高低压配电网的可视化管理和信息化水平。

关键词: 低压配电用户; 地理信息系统; 保护控制器; 数据采集; 安全预警系统

Security Pre-warning System of Low Voltage Distribution Power Users Based on Geographical Information System

Pan Xuhui, Wang Zerui, Ren Zhaoting, Wen Lei, Gao Binbin

(Leishan Power Supply Bureau, Guizhou Provincial Power Grid Co., Ltd., Leishan 557100, China)

Abstract: In tourist attractions of remote areas, overload operation and fire hazard often appears in power distribution equipment. In order to solve this problem, a security pre-warning system of low voltage distribution power users based on geographical information system is designed. The protection controller is developed in this system, which can real-time acquire electric parameters, switching value and temperature data of each low voltage distributed power user. The geographic position and corresponding data of distributed power users are displayed in this system. The electric power safety and fire hazard warning function can be realized by analysis. The system can well adapt to the complex features of low-voltage distribution equipment in tourist areas, and the visual management and information level of low voltage distribution network can be developed.

Keywords: low voltage distributed power users; geographical information system; protection controller; data acquisition; security pre-warning system

0 引言

在我国偏远地区, 进入原生态民族文化旅游景区的旅游人数不断增加, 导致景区内食宿与文娱行业所使用空调、热水器、电磁炉等大功率电器暴增, 严重超出报装容量, 超出配网建设预期估算。每当旅游高峰期都会造成严重超负荷运行, 导致配电变压器和低压电缆故障, 而原生态民族文化旅游景区多以木质结构为主, 用户用电线路承载能力弱, 客户用电超报装功率易引起家用线路过热短路, 成为引发火灾的隐患^[1-3]。

当前, 低压配网缺少对低压用户安全保障和负荷分配遥调控的有效手段, 无法从源头上遏制用户用电不当发生的灾害。此外, 旅游景区内的低压配电网规模较大且地理位置错综复杂, 低压配电设备数量和种类较多, 采集设备相关温度和负荷的数据量较大, 无法及时分析处理火灾隐患^[4-6]。因此, 本文研制了一种基于地理信息系统的低压配电用户安全预警系统, 利用地理信息系统可以集成高效获取、存储、更新、操作、分析及显示数据的优点, 对低压表区的开关状态、电力参数、关键点问题进行分析 and 处

理。该系统可以较好的适应旅游景区低压配电设备复杂的特点, 提高低压配电网的可视化管理和信息化水平, 及时对低压配电用户的用电安全隐患进行预警。

1 系统介绍

1.1 地理信息系统

地理信息系统是通过计算机图形技术和数据库技术来获取、输入、编辑、查询、分析、决策和显示空间图形及其属性数据的计算机系统^[7]。地理信息系统的将地理信息及其它系统数据动态化和可视化, 可以更加方便快捷的进行数据信息的显示及分析处理^[8]。根据地理信息系统可以将地理位置信息与电气相关参数结合在一起的功能特点, 将其运用于低压配电用户管理中, 方便市县级电力公司在低压配电网管理。地理信息系统可视化分析管理的优点有助于复杂环境下低压配电网的综合管理, 提高了低压配网的信息化水平。

地理信息系统采用 C/S (客户机/服务器) 结构的系统构架, 通过空间数据库 SQL Server 存储各类相关信息数据, 可以对空间数据进行浏览、编辑、查询、输出、建模和分析, 该系统中地理信息系统功能逻辑关系图如图 1 所示^[9]。

在低压配电用户的应用中, 地理信息系统的主要功能有以下几点:

收稿日期: 2018-10-10; 修回日期: 2018-11-28。

作者简介: 潘旭辉(1979-), 男, 贵州黄平人, 高级工程师, 主要从事县级供电企业管理方向的研究。

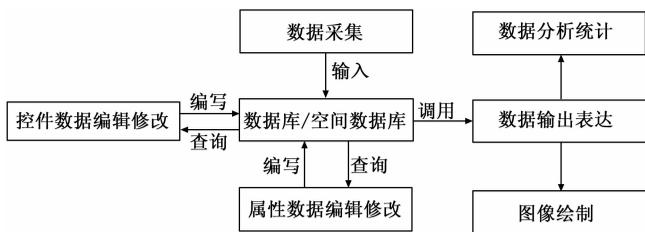


图 1 地理信息系统功能逻辑关系

1) 数据采集功能。系统将采集到的各类电气数据、地理数据及其他相关空间数据的属性参数录入至数据库。

2) 数据修改功能。由于在采集数据时可能会由于操作错误和空间信息变动导致采集的数据出现偏差，需要对数据进行修改。在低压配电用户的地理信息系统中设置图形编辑功能，可以直接在界面上对各类电气数据、地理数据及其他相关空间数据进行修改编辑。

3) 数据分析功能，对相关数据进行分析统计的功能，并将分析结果直观的显示出来。

1.2 低压配电网

旅游景区的低压配电网具有辐射状线路、配电线路多、供电半径小、配电设备复杂、相关数据量大等特点。根据以上特点，本文拟在地理信息系统的基础上构建低压配电网模块。从配电变压器开始，完成低压配电网的建模、设备与低压线路的数据初始化，最终形成完整的低压配电网模型。

因此，在地里信息系统的基础上设计的低压配电网系统一般具有以下功能：(1) 可以及时采集用户侧的信息及相应的变化情况；(2) 可以根据低压配电网台区拓扑图，对低压配电设备及线路的性能和运行情况进行管理、查询；(3) 可以报表或文本的形式输出各类信息。

2 系统设计方法

2.1 整体方案原则

本文的主要目的是研发一套基于地理信息系统的低压配网用户电气量监测及控制装置，将多点采集的终端数据集中汇总后通过 4G 网络传输至监控中心，同时可由监控中心下发控制指令，调节开关状态。该系统目标为实现电气量、开关量及温度数据的可视化、智能化采集和运动控制，并最终可以解决以下问题：

- 1) 解决低压表区开关状态无法远程监测和控制的问题；
- 2) 解决低压表区电力参数无法监测的问题；
- 3) 解决低压表区关键点温度无法监测问题；
- 4) 解决实现表区用户是否失电无法监测的问题；
- 5) 通过温度监测，研究基于温度值或温升速度自动跳闸，防止表区发生火灾或超温引起的事故。

本文设计的系统主要基于结构化和模块化的原则，可以实现多任务系统实时操作。该系统被分为若干个功能模块，并通过软件接口将这些独立的功能模块连接。系统的控制主程序的流程图如图 2 所示，可以实现所需数据检测、

关键参数与触发值设定、数据计算、安全隐患、屏幕显示、故障位置定位、数据通信等功能。在计算温度值时，系统需要考虑到温度传感器周围当日环境温度，从而决定是否发出报警。

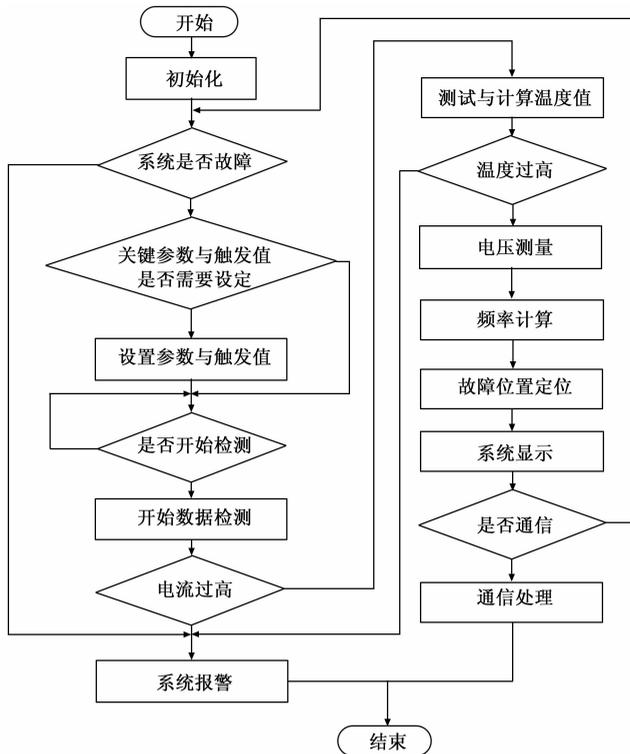


图 2 控制主程序的流程图

2.2 保护控制器设计

本文针对低压配电用户表区研发的低压配电用户保护控制器，能够实现一台装置多回路电气量数据收集及遥控指令输出，实现故障及火灾预警，在重过载时能够按照预先设定的负荷控制策略进行人工或自动负荷控制，即使消除火灾隐患。基于地理信息系统的特点，采集到的各类信息参数可以可视化的展现在系统中，并可以直接在系统中对智能断路器进行控制。

本文设计的保护控制器结构图如图 3 所示，主要有以下功能特点。

2.2.1 测温数据采集功能

本文设计的保护控制器对表区和台区总开关进出线及中性线进行温度监测，均设置 7 点测温；对户表出线侧火线进行温度监测，具体点数与电表数相同。在低压设备监测位置安装热敏电阻传感器进行温度测量。

2.2.2 保护功能

本文设计的保护控制器对表区实现超温、过流、过压自动跳闸，超温报警需研究多种模式，包括绝对温度报警、温升变化率报警、相间对比温差报警，预留设置功能，具体报警值可根据用户需求设置。保护控制器采用 16 位数字信号控制器 DSPIC30F6011A 作为核心控制，可以实现多通道电参数高速准确检测和实时多重保护控制等功能。

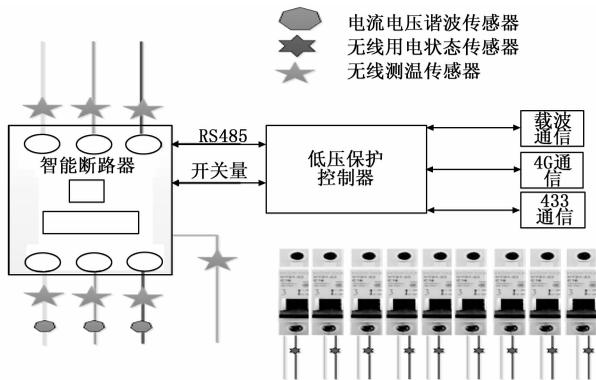


图 3 保护控制器结构

2.2.3 电气量采集功能

本文设计的保护控制器实现表区总进线电流、电压、谐波采集功能,同时采集表区电表出线侧电流,带电状态信息,具体内容如表 1 所示。

表 1 电气量采集种类

台区	总开关出线侧电流(ABC 三相)
	总开关出线侧电压(ABC 三相)
表区	表区总开关电流(出线,ABC 三相)
	表区总开关电压(出线,ABC 三相)
	总开关谐波采集(出线,ABC 三相)
	表区电表出线侧电流(火线)
	户表带电状态信息(火线)

2.2.4 远传功能

低压用户保障控制器需具备 RS485、WIFI、4G、载波通讯功能。表区数据及开关状态通过宽带载波或 4G 信号远传至台区,再经 4G 信号传送至控制中心,同时控制中心可通过 4G 信号下发控制指令,远程控制开关分合闸。

2.2.5 备用电源功能

低压用户保障控制器整体装置需提供后备操作电源,当台区断电后,可至少保障操作断路器动作分合 1 次及 24 小时待机要求。

2.2.6 录波功能

低压用户保障控制器具备录波功能,可以实现电流、电压波形记录,并将波形存储在系统中,方便后续调用。系统的采样间隔为 0.1 ms,即在一个工频周期内有 200 个采样点。系统检测带宽为 1 MHz,可以有效的检测到各类谐波信号。

2.2.7 就地存储功能。

低压用户保障控制器具备就地存储功能,可保存波形数据。一般正常的电流、电压波形会存储 48 小时,故障电流、电压波形会一直存储在系统中,便于后续的故障分析。

2.2.8 地理位置信息

采集传感器监测点与断路器的位置信息,并发送至基于地理信息系统的低压配电用户安全预警系统中。便于后续在系统中查找故障点位置及进行及时故障处理。

2.3 系统设计

本文设计的低压配电用户安全预警系统总体架构如图 4 所示,系统通过对表区进线负荷、温度监测,采集各类运行数据,进行综合分析评估,预防火灾等各类事故的发生,保障用户用电安全。

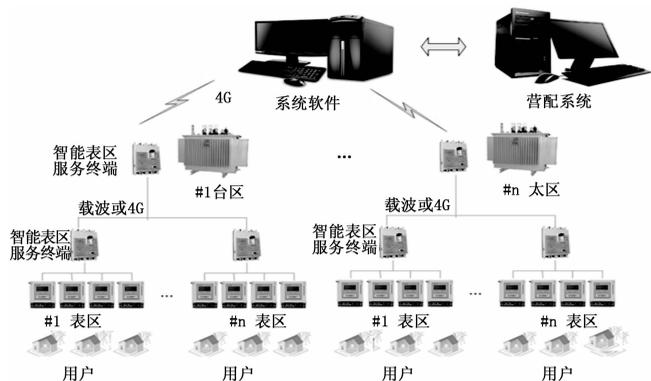


图 4 安全预警系统总体架构

在系统中,复合型传感器将表区出线温度、带电状态、电流信息传入低压保护控制器;无源无线测温传感器通过无线将表区总开关温度、电流数据传入低压保护控制器;断路器通过 RS-485 通讯接口将低压用户信息接入低压用户故障控制器;低压用户保障控制器集成 4G/载波/WIFI 模块,通过载波将低压用户信息传输到台区并通过台区的低压保护控制器将数据发送至系统后台,进行统一的数据显示,统计和分析。

该系统基于地理背景基础上的台区监视,在地理背景信息上实时监视全部台区的运行状态,通过颜色区分正常与报警站点,并以画面、音响等多种报警手段,向管理人员提供站端设备的运行状态异常信息的实时告警,并通知疑似故障点位置。此外,该系统可以对低压配网用户的运行状态监视,通过点击台区标志,可进入当前台区一次系统图,一次图显示当前台区运行状态,如图 5 所示。在该系统中,表区和台区可以显示如表 2 中所示的参数内容。

表 2 系统中表区与台区显示内容

表区	总进线开关状态(分闸、合闸)
	总进线开关出线侧温度(ABC 相 3 点)
	总进线开关进线侧温度(ABC 相 3 点)
	表区中性线温度(1 点)
	表区总开关电流(进线,ABC 三相)
	表区总开关电压(进线,ABC 三相)
	户表出线侧温度(火线)
	户表出线侧电流(火线)
台区	户表出线侧带电状态(火线)
	箱体开门/关门状态
	出线侧电流
	出线侧电压
	变压器局放量
	箱体开门/关门状态
	总进线开关状态(分闸、合闸)

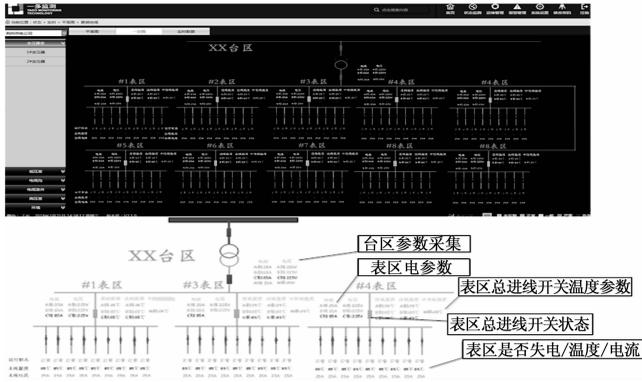


图 5 台区运行状态界面

基于系统的远程控制功能，系统实现了台区与表区总开关远程控制功能，通过对总进线开关进行远程分闸、合闸操作。此外，系统通过采集问数据，同时分析低压用户表区负荷情况，判断低压配电用户是否具有火灾隐患并提前发出预警。

3 实验结果与分析

3.1 模拟实验

3.1.1 电流值测量

为验证本系统实际情况下检测电流的精度，本文在不同幅值电流情况下进行了实验，结果如表 3 所示。

表 3 电流值测量对比

序号	实际输入电流/A	系统测量电流/A	误差/%
1	100.1	102.5	1.40
2	200.3	205.9	2.80
3	400.9	414.8	3.47
4	801.1	829.9	3.60
5	1002.3	1042.3	3.99
6	2003.1	2087.6	4.22

测量结果表明，在测量范围之内，电流测量误差均小于 5%，满足系统测量误差要求。当电流变大时误差也随之增大，这是由于大电流时电流互感器的非线性特性及取样电阻发热引起阻值的变化引起的。

3.1.2 电压值测量

为验证本系统实际情况下检测电压的精度，本文在不同等级电压情况下进行了实验，结果如表 4 所示。

表 4 电压值测量对比

序号	实际输入电压/kV	系统测量电压/kV	误差/%
1	0.601	0.603	0.3
2	1.002	1.008	0.5
3	1.802	1.811	0.5
4	3.006	3.026	0.7
5	6.011	6.089	0.6
6	10.013	10.061	0.5

测量结果表明，在测量范围之内，电压测量误差均小于 1%，满足系统测量误差要求。

3.1.3 温度值测量

为验证本系统实际情况下检测电流的精度，本文在不同幅值温度情况下进行了实验，采用高温电阻丝进行模拟导线加热，采用红外测温仪进行对比测试，结果如表 5 所示。

表 5 温度值测量对比

序号	系统测量温度/℃	红外测量温度/℃	误差/%
1	20.1	20.6	2.3
2	25.2	24.9	2.0
3	30.5	32.0	4.9
4	35.2	36.8	4.5
5	40.6	41.9	3.2
6	45.2	44.3	2.0

测量结果表明，在测量范围之内，温度测量误差均小于 5%，出现误差的主要原因是周围环境温度越高，产生附加辐射影响较大，导致系统测量与红外测量温度的误差也越大。

3.1.4 动作响应时间测量

当由于温度过高导致低压配电系统中设备绝缘受损，出现电压击穿导致短路故障时，线路会出现幅值较高的短路电流。此时需要断路器尽快拉开，从而降低设备损失和保障人员安全。在本系统中，低压保护控制器的动作响应时间主要包括：系统判断发生短路故障至发出指令的时间、断路器机械部分动作时间和电弧熄灭的时间。本文设计系统的采样间隔为 0.1 ms，即在一个工频周期内有 200 个采样点。为了检验系低压保护控制器的动作响应时间，本文进行了瞬动实验，施加瞬动整定电流值为线路额定电流的 2 倍，结果如表 6 所示。

表 6 瞬动实验结果

序号	短路电流/A	动作时间/ms
1	500	5.6
2	1000	5.9
3	2000	5.0
4	4000	5.8

实验结果表明，当发生短路故障，线路中出现较大短路电流时时，低压保护控制器从判断是否发生故障到断路器拉开的时间小于 6 ms，满足系统动作响应时间要求。

3.2 实际测试

本文设计的采集系统在试运行期间对某旅游景区中某表区的表区总开关电流和总进线开关进线侧温度（A 相）进行监测，获得如图 6 所示的 24 小时数值变化曲线。从曲线变化可以看出，当游客回到住宿地点进行洗浴、吃饭和娱乐等活动时，所需电力负荷增加，表区总开关电流和总

进线开关进线侧温度 (A 相) 会升高。此外, 温度变化趋势与电流变化趋势有所区别的主要原因是周围环境温度变化带来的影响。当电流和温度高于系统中预先设定值时, 系统会发生报警, 并控制低压保护控制器进行远程开断操作。

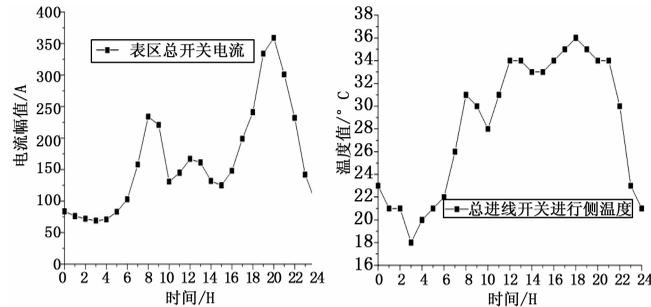


图 6 表区总开关电流和中性线温度变化

4 总结

本文基于地理信息系统研制了一套低压配电用户安全预警系统, 该系统可以对各低压配电用户电气量、开关量及温度数据进行实时采集, 并将用户的地理位置和对应数据显示在系统中。通过对数据进行分析, 判断各低压配电用户是否具有火灾隐患, 并及时发出报警。此外, 该系统可

以远程控制保护控制器中的智能开关, 进行远程分闸操作, 排除火灾隐患。

参考文献:

[1] 关志远, 张周胜. 基于 RFID 传感器的配网设备温度监测系统研究 [J]. 电子技术应用, 2017, 43 (3): 88-91.
 [2] 高颂九. 10 kV 配网供电能力综合评估及实时监测 [J]. 电力工程技术, 2003, 22 (2): 20-22.
 [3] 邓林为. 配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响分析 [J]. 商品与质量, 2015 (39).
 [4] 林伟, 陈光堂, 邱晓燕, 等. 基于改进自适应遗传算法的微电网负荷优化分配 [J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40 (12): 49-55.
 [5] 李飞. 天气对基于历史数据的配网状态估计的影响研究 [J]. 贵州电力技术, 2015, 18 (4): 61-63.
 [6] 凌道元. 黄山风景区配电网电力线路结构问题探讨 [J]. 安徽电力, 2010 (4): 22-23.
 [7] 闫俊婷, 郭金刚, 许童羽. 地理信息系统在农村低压配电网中的应用 [J]. 农业科技与装备, 2011 (2): 75-78.
 [8] 龚健雅. 当代地理信息系统进展综述 [J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27 (1): 5-11.
 [9] 严晓蓉, 张玉洲. 地理信息系统在配电网自动化中的应用 [J]. 电力自动化设备, 2000, 20 (4): 52-53.

(上接第 144 页)

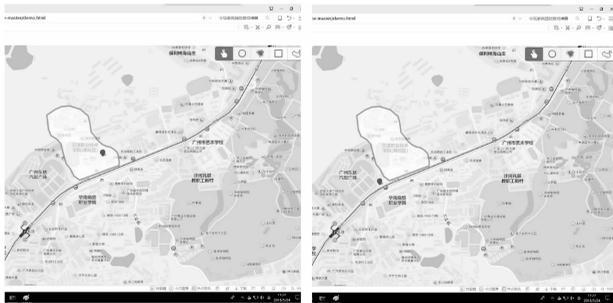


图 7 系统监测界面

6 结语

本系统使用 GPS、GPRS、MUC 等电子硬件结合百度地图、Visual Studio 软件进行开发, 实现了一种在电脑监控平台上可以方便划分一个区域虚拟电子围栏的方式, 并利用地图网格比较法在监控平台上实现了共享单车中的车载位置信息是否属于虚拟电子围栏中的停车区域内。并可通过监控平台实现对超出区域内的共享单车进行监测并报警等处理, 从而利用该系统可以用于当前我国共享单车市场的管理, 从而解决乱停车引起的社会管理问题, 具有较强的应用价值和市场前景。

参考文献:

[1] 张亮红, 刘文怡, 王红亮. 基于单片机的 GPS 定位系统的设计

与实现 [J]. 电子器件, 2015, 38, 5: 1181-1190.
 [2] 赵意鹏, 赵河明, 邓星星, 等. 基于 GPRS 和百度地图 API 的火灾定位系统 [J]. 自动化与仪表, 2016 (1): 26-29.
 [3] 贾志良. 基于嵌入式和百度地图的定位监控系统的设计与实现 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2014.
 [4] 赵亮, 刘皓, 黄伟强, 等. 基于北斗/GPS 和 GPRS 的车载定位中端的研究和实现 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版 2015, 33 (3): 391-396.
 [5] 刘海忠. 电子围栏中心监控平台的设计与开发 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.
 [6] 董卓亚. 基于百度地图 JavaScript API 的通信地图展示 [J]. 电子设计工程, 2013, 21 (18): 73-76.
 [7] 杜厚国. 基于 Android 的佩戴终端定位系统的设计与实现 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 216.
 [8] 王颖. 北京市营运车辆 GPS 监管平台车辆监管设计与开发 [D]. 北京: 北京工业大学, 2013.
 [9] 陈荣超, 陈光武. 基于 BDS/GPS 和百度地图的现代有轨电车监控系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (10): 3412-3413.
 [10] 韦蓝鑫. 基于 RFID 技术与百度地图技术结合的城市停车诱导信息系统研究 [D]. 西安: 长安大学, 2013.
 [11] 郑伟. 基于 Android 的百度地图车辆定位系统设计与实现 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2014.
 [12] 朱润杞. 基于百度地图 API 的 GPS 定位系统简介 [J]. 数字通信世界, 2017 (10): 26-27.