

省级电网一体化全电量采集系统的设计与应用

白英伟¹ 管 蓂¹ 李慧聪¹ 刘 佳² 黄福兴³ 罗 浩³

(1. 国网山东省电力公司 济南 250001; 2. 国网山东省电力公司济南供电公司 济南 250001;

3. 国电南瑞南京控制系统有限公司 南京 211106)

摘 要: 节能降损工作对国民经济有着非常重大的意义,而为实现准确的线损计算,采集和计算所有电力设备的供售电量数据,是推行节能降损的必经途径。设计了省级电网一体化全电量采集系统,通过打通所有电压等级、区域的采集系统,实现省内各级电网范围内关口电量数据的分时段、全覆盖、全采集,用全网同期电量数据计算分析各电压等级线损,解决现有应用中区域间、不同电压等级间的采集系统无法实现互联互通的问题。通过在山东省级电网一体化全电量采集系统中应用,实践证明,该系统能够实现网损分析的多维度统计、提高计量采集设备维护效率、促进主网损耗调整至合理范围等有益效果。

关键词: 全电量;采集系统;计量设备;线损;节能

中图分类号: TN98 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 470.40

Design and application of provincial power grid integrated full power collection system

Bai Yingwei¹ Guan Ti¹ Li Huicong² Liu Jia² Huang Fuxing³ Luo Hao³

(1. State Grid Shandong Electric Power Company, Jinan 250001, China; 2. State Grid Shandong Jinan Power Supply Company, Jinan 250001, China; 3. NARI Technology Development Co., Ltd., Nanjing 210016, China)

Abstract: Energy conservation and loss reduction work is of great significance to the national economy. In order to achieve accurate line loss calculation, collecting and calculating the power supply and sales data of all power equipment is also the way to promote energy saving and loss reduction. This paper designs a provincial power grid integrated full power collection system, which calculates and analyzes the line loss of each voltage level by using the electricity data of the whole network at the same time, and solves the problem that the acquisition system between regions and different voltage levels can't be interconnected in the existing application. By opening up all voltage levels and regional acquisition systems, the time-sharing, full coverage, and full collection of the gate electricity data within the province's various power grids can be realized. Through the application in Shandong provincial power grid, it is proved that the system can realize the multi-dimensional statistics of network loss analysis, improve the maintenance efficiency of metering equipment, and promote the adjustment of the main network loss to a reasonable range.

Keywords: integrated full power; acquisition system; metering equipment; line loss; energy conservation

0 引 言

节能降损工作对国民经济有着非常重大的意义,为推行节能降损,需要监测分析所有电力设备的损耗情况,采集和计算所有电力设备的供售电量数据,从而提供可靠的数据源用于线损情况分析和深化应用^[1-2]。

一般来说,为了采集供售电量数据,国家电网公司的各级调度部门、甚至一些发电厂均建设有调度自动化系统、电能采集系统^[3-7]、线损管理系统等,如文献[3]以实际发电

厂为出发点,阐述了电量采集在发电企业中的发展及现代电量采集系统优越性;文献[4]介绍了电能量采集系统的结构、实现功能,及在电网管理中的生产管理到经营管理上的应用,展望了电能量采集系统在电力系统的应用前景。特别在地区级和县级两级调度中,系统的采集范围大面积重叠,系统的建设体现出了无序建设、重复建设、孤岛建设、分散建设等特点。不同省公司、地市公司;不同电压等级的变电站、发电厂的采样水平参差不齐,且不同厂家间有不同的采样模型,区域间、不同电压等级间无法实现互联互通。

为了解决上述问题,满足电力行业生产、运行和管理的需要,带动电网体系良性发展,需要建设一体化全电量采集系统系统^[8-10]。本文设计了省级电网一体化全电量采集系统,系统主站通过与省调自动化系统、省公司用电信息采集系统等系统接口,系统子站通过与各地调自动化系统接口,获取省级电网所有变电站运行实时数据、电网模型、电量数据以及并网电厂电量数据、并网小水电电厂全电量数据,实现省级电网各级关口全电量信息采集,实现并网电厂全电量信息整合校核和分析管理功能。地市公司通过省级电网一体化全电量采集系统主站获取地市供电公司的电量信息,建成省地一体化全电量信息共享平台。

本文设计了系统的整体架构和应用功能,并应用于山东省省级电网一体化全电量采集系统,以系统采集数据作为电力经济的基础数据来源,为电力企业提供购电、售电、线损等业务的开展提供电能量数据支撑。实践证明,省级电网一体化全电量采集系统能够实现省级单位范围内的关口数据全覆盖、全采集,可不断提升电能量采集系统的自动化水平。

1 省级电网一体化全电量采集系统架构

1.1 系统定位

本系统负责省调和各地区 35 kV 及以上电厂、变电站关口计量点全覆盖采集及电量的处理统计和分析,系统定位如图 1 所示,系统从用电信息采集系统获取小水电小火电的电厂电量数据并向其传送结算关口的电量数据,系统向包括海量数据平台、同期线损系统、电力市场运营系统、现货交易系统的外部系统提供关口电量数据。

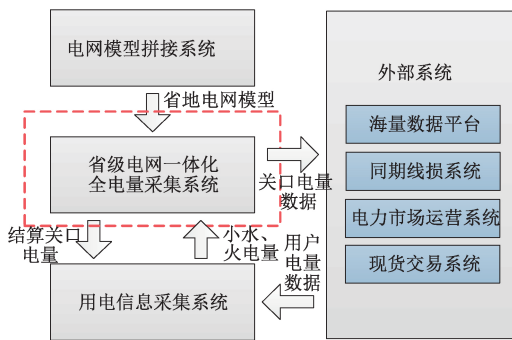


图1 系统定位

1.2 架构设计

省级电网一体化全电量采集系统架构如图 2 所示,整体上由一体化电量应用平台、一体化电量采集平台、网络通信设备、厂站端计量终端设备和统一数据发布平台组成^[11-12]。

1) 一体化电量采集平台实现了省调及地区 35 kV 以上的发电厂和变电站电能量数据的采集,其中省调采集子站实现省调 330 kV 变电站及直调电厂的电量数据的采集;地区采集子站负责实现各自所辖 110 kV 及 35 kV 变电站

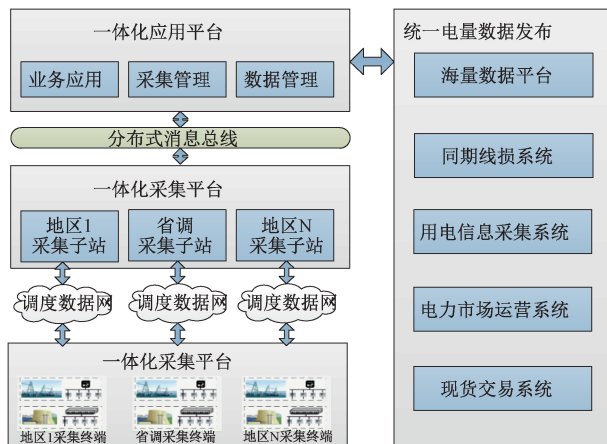


图2 系统架构

电量数据的采集。

2) 一体化电量应用平台实现对系统的原始数据到熟数据的处理、校验、统计和计算等数据管理功能,采集管理实现了手动电量数据的采集、实现终端和电表时钟的召测及对时;业务应用是在系统数据管理功能的基础上,实现对线损分析、平衡分析、网损分析、旁路替代的支撑。

3) 统一电量数据发布平台采用 SOA 架构,支持统一的对外接口服务。主要实现与同期线损系统、电力市场运营系统、海量数据平台、现货交易系统以及其他相关系统数据共享。

1.3 逻辑架构

为了构建高可用性、安全性、可靠性、可伸缩性和扩展性的省级集中电能量计量系统,系统采用成熟、标准的 J2EE(Java 2 Enterprise Edition)企业平台架构搭建,采用多层的分布式应用模型、组件再用、一致化的安全模型及灵活的事务控制,使系统具有更好的移植性,以适应电能量计量系统应用环境复杂、业务规则多变、信息发布的需求,以及系统将来扩展的需求^[13]。

全电量采集系统从逻辑架构如图 3 所示分为应用层、统计分析层、数据存储层和数据采集层。

1) 应用层:提供统一的业务应用操作界面和信息展示窗口,是系统直接面向操作用户的部分,包括了数据查询、模型管理、线损平衡、采集运维、状态监视和系统管理等功能,系统通过统一数据接口平台与外部系统交互。

2) 统计分析层:实现具体统计分析业务逻辑,是系统主站的核心层,主要包括电量处理、电量统计、数据校验、平衡计算、异常分析和公式计算等业务逻辑。

3) 数据存储层:接收分布式消息总线传送的电量数据,实现省地大规模电能量数据信息的存储、访问、整理,为系统提供数据的管理支持。数据层包括了关系型数据库、实时数据库系统、分布式消息消费者等模块。

4) 数据采集层:实现省地的电能量数据的一体化采

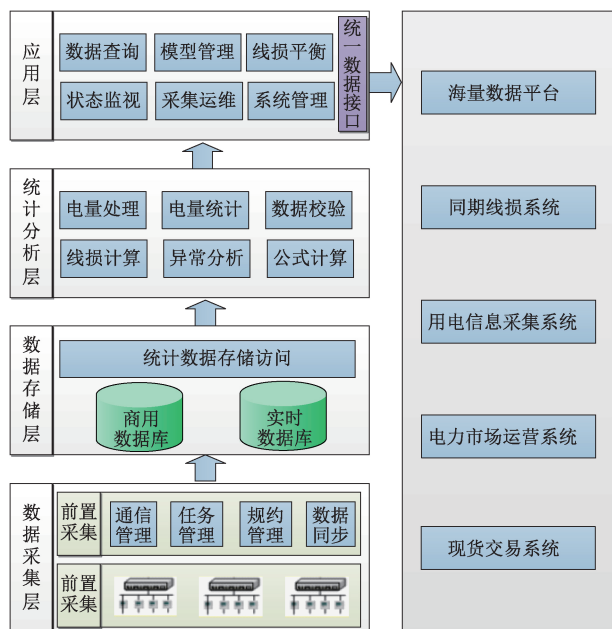


图 3 逻辑架构

集,主要包括计量设备层和前置采集层,其中计量设备层主要有电能量计量终端设备、电表及相关通信设备组成,前置采集层主要包括通信管理、规约管理和任务管理 3 部分,主要实现异步和同步通信通道的管理、规约库的配置和管理以及采集任务的调度等功能。

2 省级电网一体化全电量采集系统功能设计

2.1 功能架构

全电量采集系统主要目的是打通所有电压等级、区域的信息采集,基于并网电厂数据的采集接入,对省区电网全电量信息整合校验的基础上,实现全省区电网的线损平衡分析、线损率分析、变损率分析等分析管理功能。

因此,全能量采集系统的功能从整体上分为系统管理、参数管理、采集运维、状态监视、业务变更、数据查询、线损平衡和网损管理 8 个部分。

1) 系统管理

系统管理主要实现用户管理、权限管理、站点维护、菜单管理和域名表管理等功能。

2) 参数管理

参数管理主要实现电网模型管理、采集模型管理、费率参数管理、计算公式管理等功能。

3) 采集运维

采集运维主要实现采集报文查询、手动任务召测、终端和电表对时管理、自动任务召测、采集报文监视等功能。

4) 状态监视

状态监视主要实现系统的异常监测及详细的异常各类型信息查询、采集状态监视、通道状态监视、采集成功率监视、厂站状态监视等功能。

5) 业务变更

业务变更主要实现换表管理、换 CTPT 管理、旁路代管理、重处理、数据修改、重计算等功能。

6) 数据查询

数据查询主要实现电量数据查询、遥测数据查询、报表数据查询、日冻结费率查询、电表终端事件查询、月最大需量查询等功能。

7) 线损平衡

线损平衡主要实现线损模型管理、变损模型管理、母平模型管理、线损数据汇总查询、变损数据汇总查询、母平数据汇总、线损趋势分析、母平趋势分析和变损趋势分析等功能。

8) 网损管理

网损管理主要实现分区网损模型管理、分压网损模型管理、分区网损数据汇总查询、分压网损数据汇总查询、分区网损趋势分析、分压网损趋势分析等功能。

2.2 可追溯的线损分析和平衡计算

1) 基本平衡网损计算

平衡网损计算包括母线不平衡率、变损率和线损率^[14-15]。

(1) 母线不平衡率

母线不平衡率是判断计量装置计量是否准确的主要依据,母线不平衡率 $C_{bus,unbalance}$ 计算公式如下:

$$C_{bus,unbalance} = \frac{\sum Q_{bus,in}(i) - \sum Q_{bus,out}(j)}{\sum Q_{bus,in}(i)} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $Q_{bus,in}(i)$ 是支路 i 流入母线的电量; $Q_{bus,out}(j)$ 是支路 j 流出母线的电量。当 0.2 级的电能表的母线不平衡度超过 1%,可认为电能表采集异常。

(2) 变损率

变损率(变压器损耗率简称)是衡量变压器在升压或者降压时电能转换损耗的一个重要指标,也是体现变压器的工作效率,变损率 $C_{trans,loss}$ 计算公式如下:

$$C_{trans,loss} = \frac{\sum Q_{trans,in}(i) - \sum Q_{trans,out}(j)}{\sum Q_{trans,in}(i)} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $Q_{trans,in}(i)$ 是支路 i 流入母变的电量; $Q_{bus,out}(j)$ 是支路 j 流出主变的电量。

(3) 线损率

线损率(输电线损耗率简称)是输电线电能损耗的一个重要指标,为电网安排合理运行方式提供基础数据,降低线损率,提升电网经济效益,线损率 $C_{line,loss}$ 计算公式如下:

$$C_{line,loss} = \frac{\sum Q_{line,in}(i) - \sum Q_{line,out}(j)}{\sum Q_{line,in}(i)} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $Q_{line,in}(i)$ 是送出端 i 的电量; $Q_{bus,out}(j)$ 是接受端 j 的电量。

2) 追溯功能的应用

全电量系统全新的损耗分析及平衡计算服务结合了电

量系统智能研判功能,在完成计算的同时,通过构建全网异常可追溯的线路损耗和平衡分析模型,提供了对于整个计算过程进行追溯的功能。模型通过构建可追溯关系树,建立计量设备和业务对象的逻辑关系,进一步基于可追溯关系树,由设备异常追溯关联业务并进行重分析;由周期执行的所有业务输出的异常结果,追溯异常设备并显示。由此通过追溯的方式,根据进行异常智能研判,并保证所有电量统计、分析等业务的正确性。

首先初始化电网模型分析生成可追溯关系树;当计量设备异常或计量设备人工重设定时,触发设备异常追溯业务重分析,根据追溯关系树的计量设备-业务对象关系树追溯相对相关的业务对象,并进行重分析、重计算;所有业务分析按固定的时间周期执行,当业务计算异常不影响其他业务执行,输出错误结果同时输出计算异常码,根据追溯关系树的计量设备-业务对象关系树,追溯异常设备并显示。

设备异常追溯业务重分析方法如图 4 所示,由设备异常的情况触发,根据计量设备-业务对象关系树,追溯对应的业务分析,对该业务分析进行重分析。

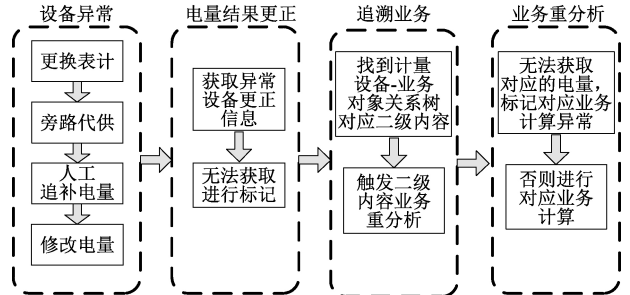


图 4 设备异常追溯业务重分析方法

业务分析异常追溯异常设备方法如图 5 所示,各业务执行过程中当中间环节异常,标记异常代码,流程继续执行。单一周期完成后根据所有异常代码,根据业务对象-计量设备关系树,追溯对应的计量设备,并进行异常设备提示。

触发计算服务生成追溯定位统计和计算任务,对相关计量点和对象重新统计,保证电量统计、分析和计算的准确性,并能够提高电量采集系统的智能化程度。业务异常的追溯过程,能够使得各业务在任何主要过程发生异常时都不会终止,而是继续完成整个计算过程,并将途中遇到的任何异常记录下来,并将计算结果置上对应的状态标记,方便日后的追溯、异常分析及处理。结合智能研判的输出结果,可更加方便快捷的发现数据质量问题,增加了电量系统的易用性。

3 应用效果

应用上述系统框架和功能,开发了山东省级电网一体化全电量采集系统。

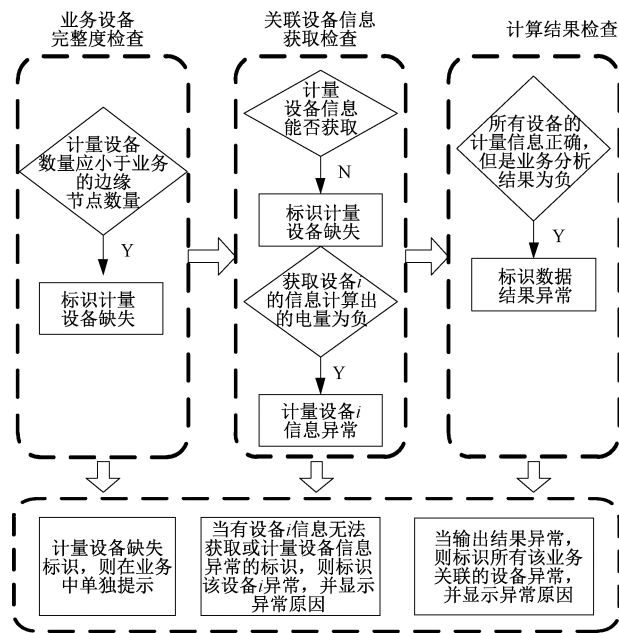


图 5 业务分析异常追溯异常设备方法

系统综合电量展示界面如图 6 所示,系统实现了对对外网入鲁、电厂上网、直供电量、全网耗损、耗损率、分类电厂上网统计、分压网损和地区购电量统计的数据展现,实现山东电网电能数据综合汇总。



图 6 系统综合电量展示界面

系统布置前后全省线损计算覆盖率统计结果如表 1 所示,通过对比可以看出通过省级电网一体化全电量采集系统可以显著提高线损计算的覆盖率。

表 1 系统布置前后全省线损计算覆盖率统计结果

		(%)
系统布置前	系统布置后	
11.72	97.67	

其中损计算覆盖率=可进行线损计算的数量/线路数量。

山东某日的系统布置后各市异常统计结果如表 2 所

示,通过对比可以看出通过分析系统网损、平衡度等数据,实现系统可以异常智能研判,综合利用各种采集事件、实时数据、通信日志、报文解析等,对采集异常、参数异常、计量异常、数据异常等故障类型在线自动判定。增强故障研判的智能化,提高故障消缺的效率。

表 2 山东某日的系统布置后各市异常统计结果

地点	参数异常	设备异常	计量异常	数据异常
济南	0	6	3	11
菏泽	0	0	0	3
济宁	0	4	5	16
泰安	0	6	0	8
临沂	0	6	0	3
潍坊	0	2	3	16
莱芜	0	2	0	2
枣庄	0	2	0	6
青岛	0	4	1	13
威海	0	1	0	4
烟台	0	4	0	4
日照	0	1	1	4
德州	0	10	1	7
聊城	0	2	0	8
东营	0	3	0	13
滨州	0	3	1	7
淄博	0	0	0	3

采集设备异常智能研判如图 7 所示,系统实现了山东所有省、地区电网设备异常的分析、研判和统计展示。

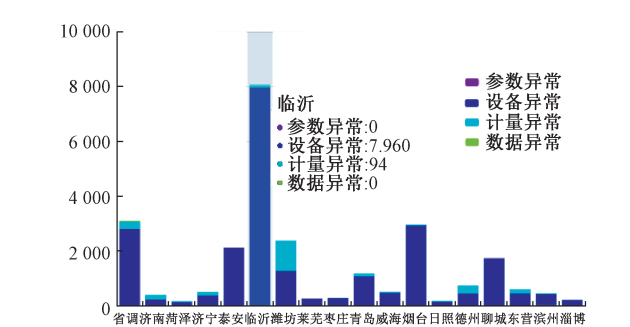


图 7 采集设备异常智能研判

系统布置前后各市异常统计年准确率结果如表 3 所示。可以看出系统布置后,异常统计的准确率得到了显著提高。

上文所述异常统计年准确率=年正常识别的异常总数量/实际异常数量。

表 3 系统布置前后各市异常统计年准确率结果 (%)

地点	系统布置前	系统布置后
济南	36.35	83.53
菏泽	45.56	88.63
济宁	33.96	80.01
泰安	44.63	82.57
临沂	32.96	77.78
潍坊	24.31	75.42
莱芜	38.46	89.96
枣庄	43.35	75.56
青岛	32.3	77.13
威海	38.74	92.36
烟台	34.12	78.12
日照	35.68	83.34
德州	32.49	77.78
聊城	54.36	84.48
东营	43.96	86.85
滨州	28.73	83.75
淄博	30.81	95.12

4 结 论

本文为实现省内各级电网范围内关口电量数据的分时段、全覆盖、全采集,用全网同期电量数据计算分析各电压等级线损,解决现有应用中区域间、不同电压等级间的采集系统无法实现互联互通的问题,提出了升级电网一体化全电量采集系统架构,并设计了全电量采集系统功能,通过可追溯的线损分析和平衡计算方法,提高电量采集系统的智能化程度。

实践证明,本系统能够不断提升电能量采集系统的自动化水平,为电网企业购电、售电、线损等业务地开展提供电能量数据支撑,实现了购电结算和网损计算。系统为同期线损管理人员对主网线损分析提供分区、分压等多手段多维度统计方法;随着全网采集的实现,大幅降低人工抄表的人力成本;通过对全网网损监测,提高线损计算的覆盖率和准确率,能够及时发现故障计量点,提高计量采集设备维护效率;促进主网损耗调整至合理范围;提升供电企业电网线损的技术经济指标,强化企业综合管理水平和经营效益,充分落实国家节能减排政策,实现建设节约型社会、节能降耗的目标。全电量采集系统关键技术及工程应用技术的开展,带来了巨大的经济效益与社会效益。

参考文献

[1] 刘诚恺. 变电站电量采集系统方案研究[J]. 科技资讯, 2017, 15(7):83-84.

[2] 孔令荣, 王昊, 庄涛. 高精度采集系统研究与实现[J].

- 电子测量技术, 2014, 37(9):122-127,135.
- [3] 项梅. 电量采集系统在发电厂中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2015(7):146-147.
- [4] 李苗, 王超君. 电量采集系统相关技术的应用与分析[J]. 机电信息, 2012(18):119-120.
- [5] 侯琛, 赵千川, 冯浩然, 等. 一种物联网智能数据采集系统的研究与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5): 96-102.
- [6] 蒋萍花, 张楠. 数据采集系统串口通信的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(6):139-142.
- [7] 黄志强, 王新民. 电能量采集系统在电网管理中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2006, 25(4):70-72.
- [8] 曹震. 电能量远程计量自动化系统的构成及应用[J]. 机电信息, 2011(36):45-46.
- [9] 杨莹, 周晓旭, 郭晓澎, 等. 基于 WiFi 的分布式无线数据采集系统[J]. 电子测量技术, 2016, 39(11): 122-125.
- [10] 姜辰. 一体化电能量采集系统的应用研究[D]. 北京: 华北电力大学(北京), 2016.
- [11] 陈国恩, 王跃强, 张磊, 等. 基于 CIM 模型的新一代集中式地县一体化电量采集系统研究[J]. 中国电机(技术版), 2013(1):15-17.
- [12] 齐秀锋. 电力自动化系统中电量采集和计量的运用[J]. 通讯世界, 2016(1):150.
- [13] 冯鑫, 党幼云, 向乾, 等. 基于物联网的电量采集及分析系统设计[J]. 陕西电力, 2014, 42(2):80-84.
- [14] 万芳, 万林, 卢雷. 电力网损管理系统的功能结构设计[J]. 山东大学学报(工学版), 2004, 34(3):37-41.
- [15] 付家志. 计量自动化系统在线损实时计算中的应用[J]. 广西电力, 2013(7):92-93.

作者简介

白英伟, 高级工程师, 主要研究方向为电力调度自动化等。

E-mail: wwg41@139.com

管冀, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统自动化和电力监控系统网络安全保护。

李慧聪, 硕士、高级工程师, 主要研究方向为电力系统自动化等。