



## 靠港船舶岸电信息管理与监控系统设计

刘舒<sup>1</sup>, 白纪军<sup>2</sup>, 万莎<sup>3</sup>, 王皓靖<sup>1</sup>

(1. 国网上海市电力公司电力科学研究院, 上海 200437;

2. 上海瑞莉自动化成套设备有限公司, 上海 200070;

3. 科大智能科技股份有限公司, 上海 201203)

**摘要:** 船舶岸电系统能给靠港船舶提供可靠供电, 达到节能减排的目的, 是港口和船舶供电领域的一大进步。以移动式岸电系统为例, 介绍了技术的必要性, 对靠港船舶岸电信息管理与监控系统的功能进行了分析, 总体框架分为 4 层, 论述了每层的基本功能和相互关系, 详细分析了软件设计的架构和功能模块, 并介绍了各功能模块软件研究开发情况。

**关键词:** 船舶岸电; 岸电技术; 岸电信息管理; 岸电监控系统; 变频电源

**中图分类号:** U653.95

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2018178

## Ship-to-shore power information management and design of monitoring system

LIU Shu<sup>1</sup>, BAI Jijun<sup>2</sup>, WAN Sha<sup>3</sup>, WANG Haojing<sup>1</sup>

1. Electric Power Research Institute of Shanghai Electric Power Company, Shanghai 200437, China

2. Shanghai Ruili Automation Equipment Co., Ltd., Shanghai 200070, China

3. Smart Science & Technology Co., Ltd., Shanghai 201203, China

**Abstract:** The ship shore power system can provide reliable power supply to moored ships and achieve the purpose of energy saving and emission reduction. It is a major advancement in the field of power supply for ports and ships. Taking mobile shore power system as an example, the necessity of using shore power technology for ships was introduced. The function of ship-to-shore power information management and monitoring system was analyzed. The overall framework was divided into four levels and discussed. The basic functions and interrelationships of the layers were analyzed in detail. The architecture and functional modules of the software design were described, and the research and development of the software of each functional module were introduced.

**Key words:** ship shore power, shore power technology, shore power information management, shore power monitoring system, frequency conversion power supply

### 1 引言

靠港船舶岸电技术是伴随着国家推行“绿色

港口”的背景产生的, 主要指船舶泊靠码头时利用陆地电源代替船上柴油机对靠港船舶进行供电, 将船舶用电改为岸上供电, 不仅降低港口区

收稿日期: 2017-11-09; 修回日期: 2018-05-11

污染废气的排放量,解决港口的噪声污染问题,还可以降低用电成本、提高供电效率,是节能减排的有效手段。

岸电系统能给靠港船舶提供可靠供电,保证船舶正常工作,大大减少船舶靠港时的各种负面影响,各国当前都在大力推广船舶岸电技术,美国的洛杉矶港口是全球第一个使用岸电系统的港口。目前国外的岸电项目都是港口陆上电网向靠港船舶同频率直接供电,主要的码头类型有集装箱码头,如旧金山港、鹿特丹港,邮轮码头有温哥华港、西雅图港,另外还有渡船码头、油码头、天然气码头<sup>[1,2]</sup>。国内港口岸电技术研究处于起步阶段,但是发展迅速。2010年7月,上海港外高桥二期集装箱码头安装使用了全球首套移动式岸基船用变频变压供电系统,主要针对集装箱船舶;2010年10月,连云港港口将首套高压变频数字化船用岸电系统应用于“中韩之星”邮轮<sup>[3]</sup>;2011年,蛇口港集装箱码头先后安装了低压岸电系统与高压岸电系统;目前正在福建港、宁波港、天津港等一些港口进行船舶岸电系统的建设和实验<sup>[4,5]</sup>;根据《上海绿色港口三年行动计划(2015—2017年)》,到2017年底,新建规模以上集装箱码头及油轮码头均具备岸电配置条件,黄浦江旅游船码头岸基供电设备配置率达100%。

目前国内外针对岸电的配送研究较多,但是针对岸电供电系统的监控设计研究并不多。岸电供电系统的自动监控系统可实现船舶与港口的自动对接,对岸电电压、电流、功率因数等参数的实时监控以及自动计费等功能。本文借鉴国内外岸电研究成果和实践经验,从岸电信息管理与监控的角度,分析了岸电系统的4层框架结构及各层之间的相互关系,详细论述了船舶岸电信息管理与监控系统的设计开发过程,对船舶接用岸电的方案设计研究和应用具有很好的参考价值。

## 2 系统总体架构

本文以60 Hz移动式岸电电源为研究对象,对视频和监控系统提出了以下功能设计要求。

- 对电源装置内关键部位如变压器、变频器、低压柜等进行视频监控,每套装置监控视频点为5。
- 对60 Hz电源系统的电气系统运行进行监控,包括对60 Hz电源装置、变电站供60 Hz电源装置的10 kV高压柜断路器、60 Hz电源装置低压总开关和码头60 Hz电箱供电开关、60 Hz低压联络开关高、低压侧的电气参数及状态、60 Hz电源装置环境温度等进行监控和报表打印等功能。
- 监控计算机及视频主机、显示器均安装在35 kV总降压站主控室,与原有装置监控、视频系统整合利用,主控室电源由变频电源装置现场提供,辅助配套设施的信号统一并入网络柜。
- 增加5套信号采集装置(remote terminal unit, RTU),采集有关变频器的所有开关量信号,并上传到后台监控系统。

根据上述功能要求,信息管理与监控系统总体架构可以分为4层<sup>[3]</sup>:上层系统(港区电力监控系统)、管理与监控层、通信与就地监控层、设备层<sup>[6]</sup>,如图1所示。其中,港区电力监控系统实现对整个港区用电信息的监视和控制。管理与监控层是根据港口电力监控的业务流程对岸电设备所采集到的数据进行整合,实现远程的信息管理、运行监视、控制、数据存储、视频监控、历史数据的查询、报表生成、打印和Web发布功能,并提供相应数据到各个业务部门。通信与就地监控层主要是完成岸电系统各电气设备的信息集成和运行控制管理,各电气设备与通信管理机之间通过工业数据总线连接,各设备相互配合共同完成岸电信息管理与监控的任务。设备层有岸电电源的主要设备,实现

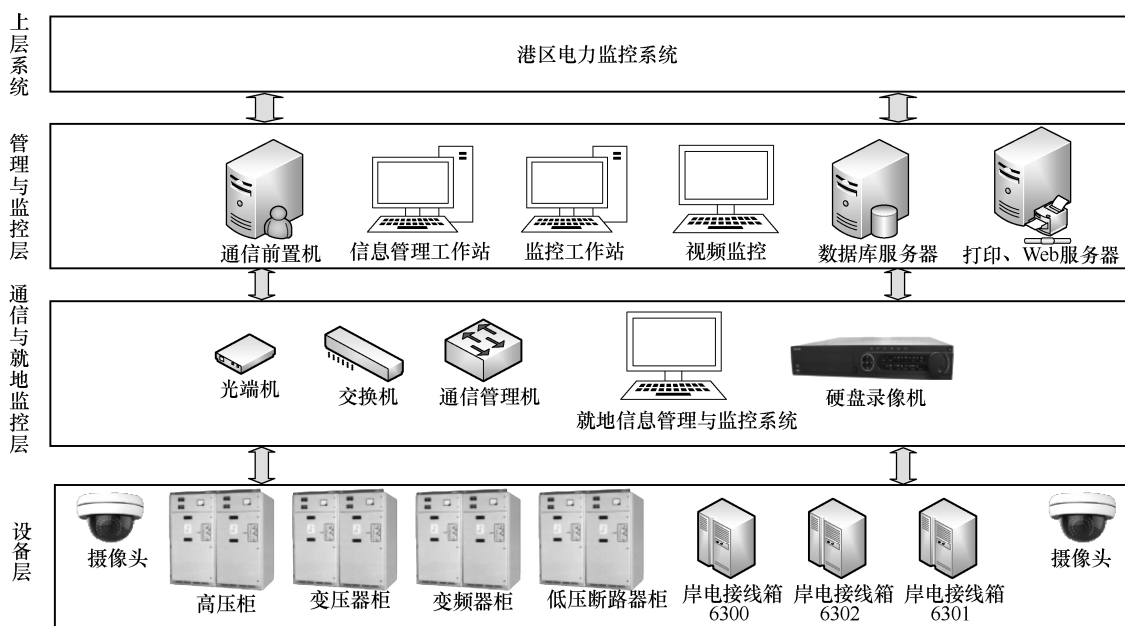


图1 岸电信息管理与监控系统总体框架

电网 10 kV/50 Hz 到船上用电 460 V/60 Hz 的变换。

## 2.1 设备层

设备层主要由高压进线柜、变压器柜、变频器柜、低压断路器柜、岸电接线箱和数据采集控制设备组成<sup>[7]</sup>。数据采集控制设备主要包括智能仪表、PLC 控制器、数字 I/O 设备、摄像头、温湿度传感器、互感器等<sup>[8]</sup>，实现对电压、电流、温度、湿度、开关状态、断路器的监视和控制。系统的主回路由 12 脉波干式隔离整流变压器、ACS800 变频器、干式滤波三绕组升降压变压器、460 V/60 Hz 低压接线箱等部分组成，其系统配置原理如图 2 所示。船舶接用岸电工程应用中，主要的设备安装在一个集装箱内（外部尺寸为 17.5 m×3.5 m×3 m）。

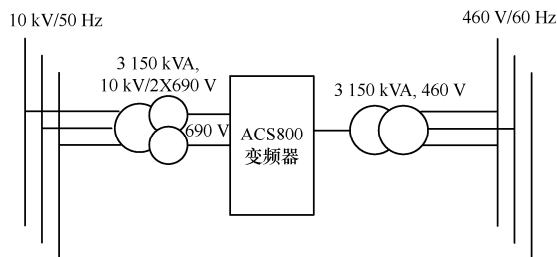


图2 岸电系统配置原理

## 2.2 通信与就地监控层

通信与就地监控层通过现场工业通信总线（有工业以太网、RS485、RS232、CAN）把数据采集、控制设备连接到通信管理机，通过通信管理机完成不同通信接口和不同通信协议（如 CDT 规约、modbus 规约、CAN2.0B 规约）的设备信息的采集、处理及转发，转化为 IEC104 规约格式，并可以根据需要，配置成不同的传输协议发送到有关数据库或数据中转站，在上层业务应用系统提出需求后，分发传送到指定的应用系统服务器。转换成一种接口和通信协议后，就地监控系统 and 上层的通信前置机就可以通过标准的以太网接口与 IEC104 通信协议，实现与设备层的信息交互。就地的信息管理和监控系统可以在当地实现对运行设备的信息采集和运行监控，方便检修人员对设备状态的了解，同时当与远程的信息管理和监控系统出现通信故障时，可以就地保存记录历史数据和事件，保证系统的不断数据采集和监控。

## 2.3 管理与监控层

靠港船舶接用岸电信息管理与监控的最终目的是完成各种业务应用，各业务应用的内容以模

模块化的方式进行独立开发, 并共同使用共享的数据接口, 从而简化系统开发工作量, 提高系统开发效率和可靠度, 并增加系统管理的便捷性。该层包括通信前置机、信息管理工作站、监控工作站、视频监控、数据库服务器和打印、Web 服务器 6 个功能单元, 各功能单元的作用如下。

#### (1) 通信前置机

接收与就地监控层中通信管理机的数据, 并转发信息给管理工作站、监控工作站和上层的港区电力监控系统。

#### (2) 信息管理工作站

可以实现对所监控设备的通道、虚拟信息点、遥测点、遥信点、遥控点、事件点的维护和管理, 查看设备在线情况。

#### (3) 监控工作站

可以配置画面为电力系统模拟运行图, 直观显示系统各设备的运行状态, 采用不同的颜色表示线路和各开关的运行、停运状态, 显示其工作位置及分闸、合闸状态, 重要参数(如频率、电流、电压、功率、变压器及 60 Hz 电源装置内部温度、环境温度、湿度及网络通信状态等)。当设备发生遥信变位时, 系统会有画面报警显示和音响报警提示。可以控制 60 Hz 变频电源装置的启动、停止、复位等操作。

#### (4) 视频监控

通过安装在远程的摄像头, 可以实时监视设备的运行情况, 保存视频记录信息。

#### (5) 数据库服务器

可以查询岸电系统中所有接入设备的运行状态信息、遥信变位事件, 包括从岸电接入一开始的操作, 直到断电以后整个操作及运行过程中各种接入设备的运行状态信息。

#### (6) 打印、Web 服务器

信息管理与监控系统具有网络发布功能, 除直接转发数据到港区电力监控系统, 港口内网可以通过 Web 方式, 查询岸电电源运行情况。

## 2.4 港区电力监控系统

港区电力监控系统是港口监控管理的中央监控系统, 接收岸电管理监控系统以及各业务系统的信息, 由港区最高管理层统一指挥调度。

## 3 功能模块

靠港船舶岸电信息管理与监控系统采用模块化设计, 使软件的整体结构更加清晰、功能更加明确, 方便系统开发人员的分工协作, 系统的测试和维护也比较简单, 信息管理及监控系统采用可扩展的软件框架, 以实现良好的跨平台性、互操作性和可扩展性, 保证模块之间信息数据的高效互通, 并为将来的系统升级、功能扩展以及与其他系统的互联共享提供无缝连接。图 3 列出了系统的部分功能模块及各模块的间层次关系。

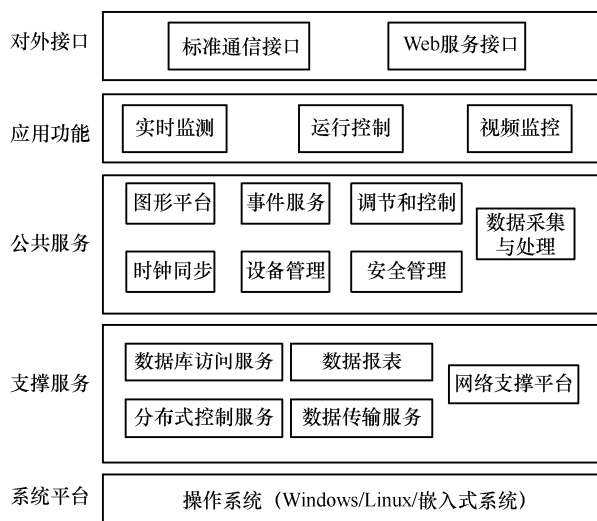


图3 信息管理与监控系统功能模块

### 3.1 对外接口

信息管理与监控系统的对外接口遵循国际标准或行业标准, 满足开放性的要求, 软件采用开放式的体系结构, 具有良好的扩展能力, 在实际工程应用中, 采用标准的以太网通信接口以及 IEC104 通信协议, 可以与主流的监控与数据采集 (supervisory control and data acquisition, SCADA) 软件系统实现信息交互的无缝对接, 这有利于与



其他系统的连接与广泛集成。

基于 Web 服务接口,使用用户可以通过浏览器完成图形监控、事项报警、数据报表等人机交互功能,实现与就地监控的同等效果,远程用户可以对现场的设备进行实时监控<sup>[9]</sup>。

### 3.2 应用功能

应用功能包括实时监测、运行控制和视频监控。实时监测是通过电力系统模拟运行图,显示高压柜、变频电源、变压器、低压电器柜的电压、电流、功率、频率、电度量、温度、湿度、开关状态等,并可监测上述设备的报警信息,如过流、过压、速断、欠压、过(欠)频率、过温、跳闸、故障、烟雾报警等遥测信息。运行控制是通过设备通信协议的遥控命令或 RTU、PLC 等控制器,控制断路器的分闸/合闸,变频器的启动、停止、复位,排风机的启动、停止。视频监控可以通过软件客户端或浏览器远程查看安装在现场的监控摄像头,了解设备的实际运行情况。

### 3.3 公共服务

公共服务包括图形平台、事件服务、设备管理、安装管理等。岸电信息管理与监控系统提供丰富的图形控件,包括接线图、曲线图、棒图、趋势图、各种开关、按钮等,可以根据现场设备情况,快速绘制用户与系统之间的交互图,并将整个监控界面文件以文件格式保存。事件服务提供对测量值的范围、限值、变化率、异常等报警,用于生成、保存、查询报警事件,通过弹出报警窗、发出声响、发送短信或邮件方式通知用户<sup>[10]</sup>。调节和控制是指监控系统可以发出调节现场终端设备的参数和控制现场设备的命令。时钟同步是指由全球定位时钟提供标准时间,同时向系统发送对时命令,包括监控系统的各个节点机器、RTU 等。设备管理是以图形或文字方式显示全系统的运行情况,包括测控设备实时监视、通信系统运行情况、系统各节点 CPU 与内存使用情况,在网络故障时自动切换至备用网络运行。安全管理是对每一个用户都有操作权限的定义,对

每一个重要操作形成操作日志记录,有完备的安全管理制度,以保证系统的安全运行。数据采集是采集监测设备的模拟量如电压、电流、温度、湿度等,数字量如开关的开与关、指示灯的亮与灭等,数据处理的主要数据类型有模拟量、脉冲计数和计算量,计算量也称为派生量,是由几个已知的数据经过运算后生成的一个新的值<sup>[9]</sup>。

### 3.4 支撑服务

支撑服务包括数据库访问服务、分布式控制服务、数据传输服务、数据报表等。数据库访问服务提供系统平台与数据库之间的接口服务,实现系统对运行数据的存储、修改、查询以及对数据库和表的备份、恢复、修改、删除等操作。分布式控制服务是计算机之间的控制信息交换,既包括本地计算机之间的控制信息交换,也包括本地与远程计算机之间的控制信息交换,该服务可根据用户要求读实时数据库和历史数据库,并组合成通信数据集,按规定的通信协议与指定的远方计算机进行通信。数据报表是提取存储在数据库中的各种基本数据和统计信息,以统一规范格式显示测控点在某一时间段的数据记录以及报警等事项,可以对数据进行比较、统计等计算,并对分析结果进行转存和打印。数据传输服务提供与监测设备的数据传输的时间间隔、差错控制、数据格式、中断重连的机制等。网络支撑平台为系统内各节点终端和设备提供信息交换的平台<sup>[9]</sup>。

### 3.5 系统平台

靠港船舶岸电信息管理与监控系统是多平台的监控软件,可以运行在主流的 Windows 和 Linux 操作系统平台上,部分功能模块可以运行在嵌入式系统平台上,并可根据现场和用户需求,提供灵活的系统配置方案。

## 4 岸电系统运行情况

### 4.1 运行监视

信息管理与监控系统的监视画面如图 4 所示,

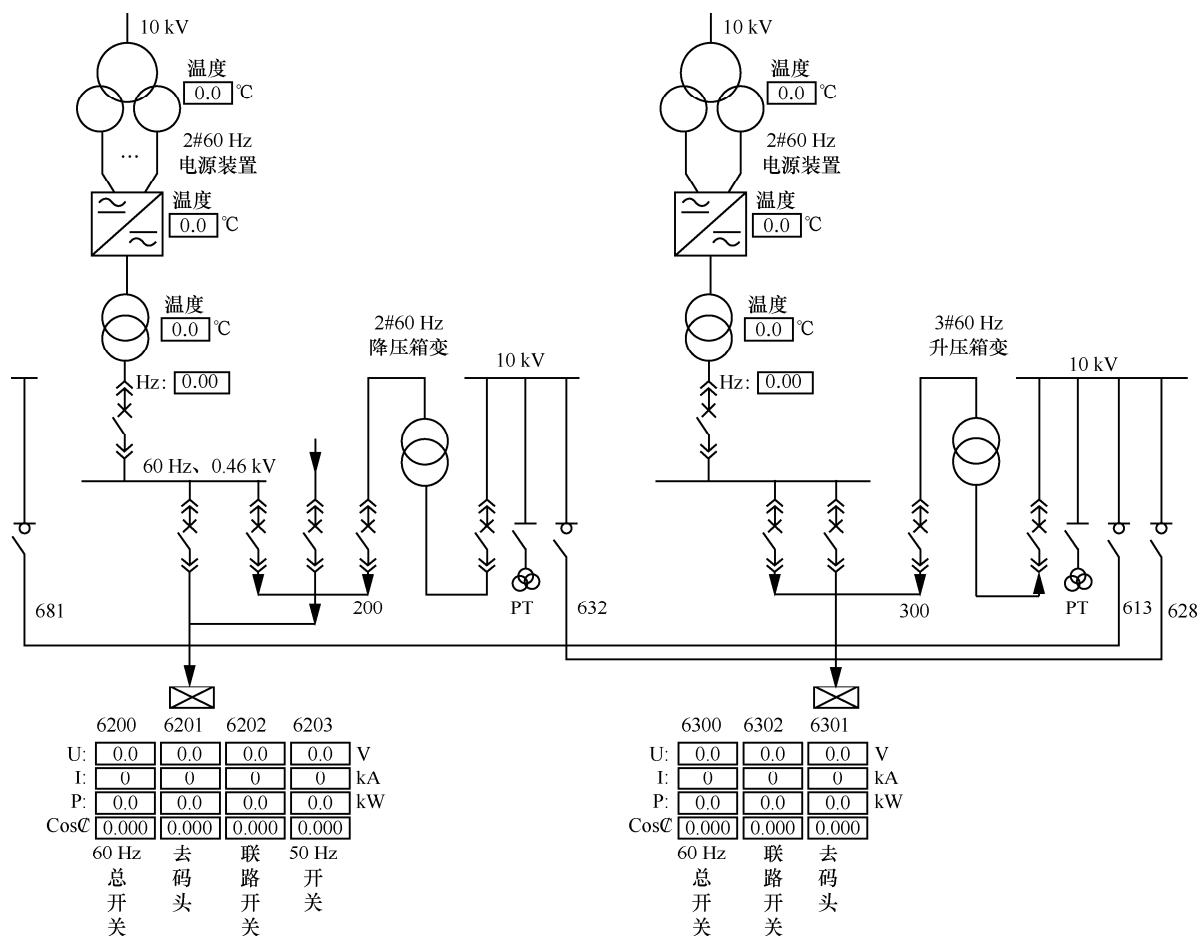


图4 系统模拟运行

监视画面显示了两套岸电系统的运行情况，直观显示岸电系统各设备的运行状态<sup>[10]</sup>。

#### 4.2 运行控制

通过岸电信息管理与监控系统软件，可以远程控制变频器的工作运行状态，如图5所示，可以启动、停止、复位变频器，通过运行指示灯显示设备的当前工作情况，并实时读取机柜内和环境温度、湿度，了解设备的工作环境，在必要的情况下开启通风散热设备，以保证设备的正常运行。

#### 4.3 历史数据、报表功能

系统运行数据通过设定的时间间隔保存在历史数据库，通过历史数据、报表功能模块，可以查询符合设定条件的运行数据，以图形、表格形式显示查询结果，并能导出、打印图形和报表。

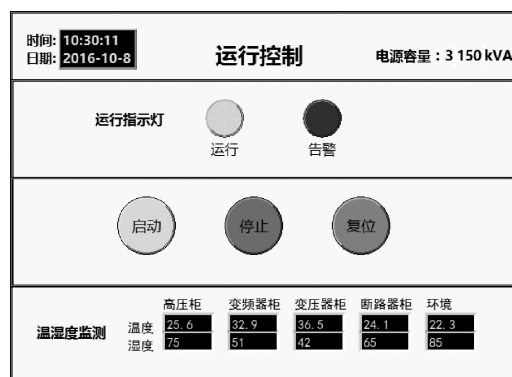


图5 变频器运行控制

#### 4.4 历史事件查询

系统运行中的重要操作和告警信息，除了以告警窗口和语音提示的方式显示外，还可以保存重要的事件记录到历史数据库中，运行维护人员可以通过历史事件查询软件，查询一段时间内发



生的重要历史事件。

#### 4.5 设备管理

运行在系统内的数据采集设备和自动化设备,可以通过设备管理这个功能模块,显示设备的在线状态、运行值、实时收发的报文,还可以配置采集设备的通道类型、通道参数,信息量的点号或寄存器地址等。

#### 5 结束语

本文基于船舶靠港时岸电供给的特点分析了岸电供电监控系统的功能需求,提出了信息管理与监控系统的4层架构设计,并针对实际岸电应用开发了信息管理与监控系统。该系统可以为岸电运行维护人员提供可视化的运行、管理与监控,为船舶提供方便、环保、平稳、高效的电力供应监控管理措施,有利于提升港口的自动化程度以及运行监管效率。目前船舶岸电信息管理系统中的运行控制功能的远程操作相对常规和简单化,随着未来环境的多变性,系统运行过程中会存在很大的未知因素,后续将通过大数据分析的强大手段,进行系统的不断完善和优化,以满足系统安全运行要求。

#### 参考文献:

- [1] KHERSONSKY Y, ISLAM M, PETERSON K L. Challenges of connecting shipboard marine systems to medium voltage shore-side electrical power[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2005, 43(3): 133-140.
- [2] JIVEN K. Shore-side electricity for ships in ports[M]. Gothenburg: MariTerm AB, 2004: 5-8.
- [3] BI D Q, GAO K C, DAI Y X. Ship shore technology[M]. Beijing: Science Press, 2015: 2-3, 182-185.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 码头船舶岸电设施建设技术规范: JTS 155-2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012: 6-7.  
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Technical specifications for the construction of terminal marine power facilities: JTS 155-2012[S]. Beijing: China Communications Press, 2012: 6-7.
- [5] LI X W, SUN K P. Research on ship-to-use shore power technology[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2006, 27(3): 10-14.
- [6] ZHANG Y W. Discussion on the issue of shore power utiliza-

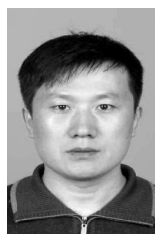
tion by ships at the present stage[J]. China Water Transport, 2010(9): 22-23

- [7] MIAO F J. Research on shore power technology for prevention and control of ship pollution in Hong Kong[D]. Shanghai: Shanghai Maritime University, 2006: 32-33.
- [8] WANG Z M. Design and development of SCADA (monitoring and data acquisition) software system[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2009: 11-15, 219-224.
- [9] LI J S, LI W. Research on the business model and overall architecture of a vehicle-mounted information service support platform for passenger cars[J]. Telecommunication Science, 2012, 28(6): 17-21.
- [10] WANG Z H, YANG Z. Research on artificial intelligence technology and the future intelligent information service architecture[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(5): 1-11.

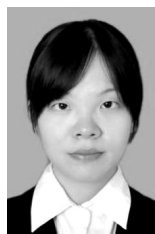
#### [作者简介]



刘舒(1987-),女,现就职于国网上海市电力公司电力科学研究院,主要研究方向为微电网、储能、新能源并网等。



白纪军(1983-),男,现就职于上海瑞莉自动化成套设备有限公司,主要研究方向为储能监控系统、微电网、新能源并网、电动汽车V2G等。



万莎(1993-),女,现就职于科大智能科技股份有限公司,主要研究方向为微电网、储能、新能源并网等。



王皓靖(1987-),女,现就职于国网上海市电力公司电力科学研究院,主要研究方向为智能电网、分布式能源和微电网优化运行等。