



重庆—三峡游轮岸电技术应用实践

胡军毅¹, 顾群², 刘倩³

(1. 国网重庆市电力公司, 重庆 400014; 2. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088;
3. 国网重庆市电力公司, 重庆 400014)

摘要:为解决岸基条件复杂、水位落差大的内河港口岸电应用技术问题,以重庆地区游轮码头为应用对象,研发了基于双供电浮趸式、悬挂导缆钢索的岸电系统,解决了游轮停靠码头时由于大水位落差引起船岸供电距离变化大的问题。此外还研发了人机协同电控插拔装置、滚轴式电缆桥架、一体化云管理等应用技术,提高了岸电应用的安全性和便捷性。这些技术已经在长江重庆—三峡游轮航线中朝天门、巫山游轮中心、神女溪等多个游轮码头成功应用。

关键词:岸电; 供电浮趸; 岸电预制舱; 导缆钢索

中图分类号: U 653. 95

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)09-0076-05

Application practice of cruise ship shore power technology in the Chongqing-Three Gorges cruise line

HU Jun-yi¹, GU Qun², LIU Qian³

(1.State Grid Chongqing Electric Power Company, Chongqing 400014, China; 2.China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China; 3.State Grid Chongqing Electric Power Company, Chongqing 400014, China)

Abstract: In order to solve the technical problems of inland river port shore power supply with complex shore-based conditions and large water level difference change, the cruise ship terminal in Chongqing is used as the application object, and the shore power system is developed based on double power supply pontoons and suspended guide cable, which solves the problem of large changes in the ship-to-shore power supply distance caused by the large water level when the cruise ship docks at the dock. In addition, application technologies such as man-machine cooperative electronic control plug-in devices, roller-type cable trays, and integrated cloud management have been developed to improve the safety and convenience of shore power applications. These technologies have been successfully applied in many cruise terminals such as Chaotianmen, Wushan Cruise Center, and Shennuyuxi in the Chongqing-Three Gorges cruise line on the Yangtze River.

Keywords: shore power; power supply pontoon; shore power prefabricated bin; suspended guide cable

为减少靠港船舶大气污染物排放和噪音污染,打赢蓝天保卫战,推动绿色交通发展,近年来国家大力推动港口岸电建设,并取得显著成效^[1]。长江上游及中上游航段受地形地貌条件限制,多数港口岸基条件复杂,枯水期与丰水期水位落差大(可达30 m)、水位变化快,船舶靠泊时船岸之

间的距离变化很大,对岸电应用提出不小的挑战^[2]。重庆市三峡游轮在长江中上游应用岸电,丰水期游轮靠登船趸船停泊,位置距离岸边较近,约60 m;枯水期则距离岸边较远,可达200~250 m(图1)。采用传统港口低压岸电技术,船岸连接电缆长度变化大,电力传输压降大,传输电缆粗重

且数量多，建设成本高，应用不方便，不能很好地满足三峡游轮 300~550 kW 大负荷用电需求。



a) 枯水期



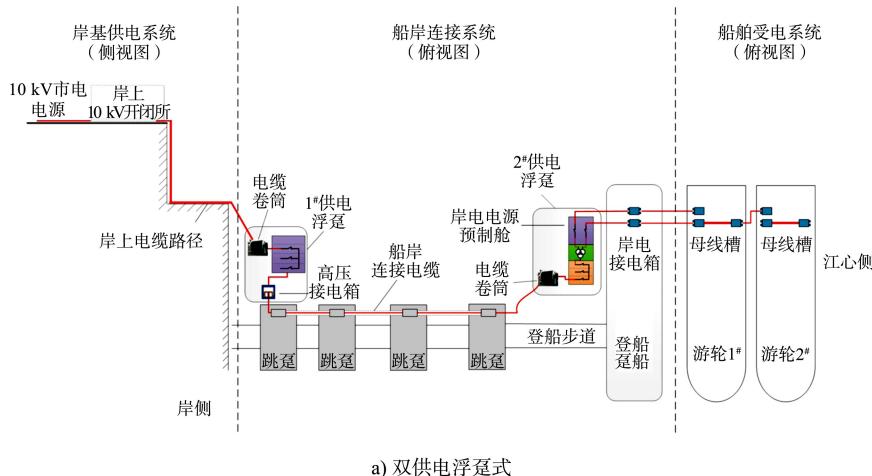
b) 丰水期

图 1 重庆市游轮码头

针对上述情况，创新提出了针对大水位差的码头岸电技术方案，将高压供电设备由陆地延伸到水上，在靠近登船趸船处就近安装供电，通过船岸电缆自动收放、远程通信与监控等技术，实现长江三峡游轮应用岸电，已成功在重庆朝天门、巫山、忠县等游轮港口建成应用，在内河岸电应用方面具有重要的推广借鉴意义。

1 岸电系统构建

重庆市长江三峡游轮停靠趸船式码头，岸电系统为交流 $0.4\text{ kV}/50\text{ Hz}$ ，中性点不接地，用电负荷 $300\sim550\text{ kW}$ ，存在岸基结构不规则、水位落差大、船岸距离变化大、岸基设备不宜就近落地、电缆水上敷设及收放困难、登船趸船空间小等问题。针对这些问题，提出了采用高压双供电浮趸的岸电技术方案，通过将高压供电设备延伸到水面专用双供电浮趸上，供电浮趸与登船浮趸通过软连接安全稳定固定，系统集成高压专用电缆和电缆卷筒，借助现有登船人行通道^[3]，或借助悬挂式导缆钢索形式(图 2)，实现靠岸和水上高压电缆分段与供电浮趸同步收放，实现将岸上 10 kV 电源输送到岸电电源预制舱处。岸电电源预制舱内集成高低压开关、变压器、计量设备、低压无功补偿等电气设备，以及现场管理系统，输出 $0.4\text{ kV}/50\text{ Hz}$ 电源至登船趸船的低压岸电接电箱，停靠的游轮从接电箱接用岸电。现场管理系统对岸电系统中各设备进行安全监视和运行控制，实现信息显示、故障报警、电气保护、防止误操作等功能，同时接入车联网平台，游轮方扫码完成用电结算，实现“岸电云网”的统一管理。



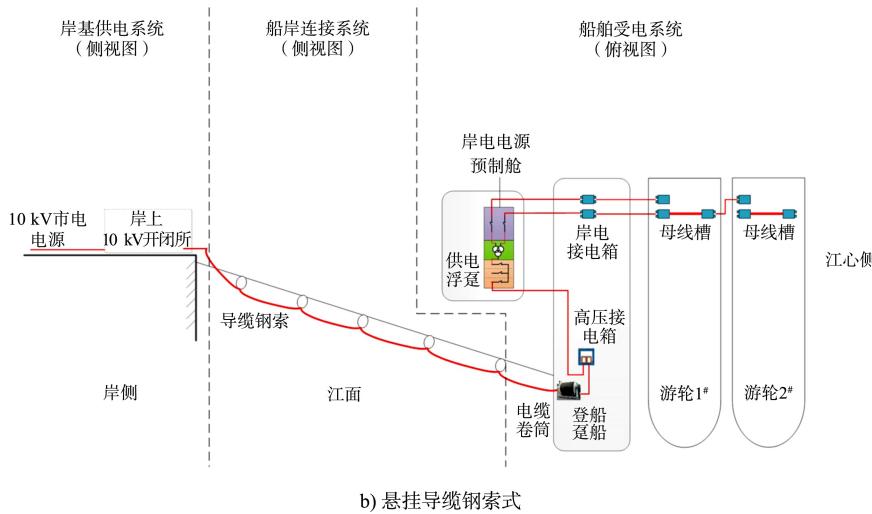


图2 岸电系统

2 游轮供岸电技术

2.1 双供电浮趸式

供电浮趸因应用位置不同，其结构和功能也不一样，针对登船趸船空间小无法布置岸电预制舱等问题，提出采用双供电浮趸的技术方案，即在港口岸侧和登船趸船侧各配置一条供电浮趸，岸侧供电浮趸结构和形式根据岸基位置确定，其与岸上锚定点采用钢缆连接固定，该浮趸用于承载高压接电箱、环网柜和电缆卷筒等设备。船侧供电浮趸设置在登船趸船靠近岸边一侧，与登船趸船并靠，采用柔性连接，用于承载电缆卷筒和岸电预制舱，岸侧及船侧供电浮趸均采用独立的高压电缆管理系统，实现岸侧和船侧供电电缆的分段管理。

2.2 悬挂导缆钢索式

在水位变化不大的航段，登船趸船与岸边距离随水位变化不大时，采用悬挂导缆钢索敷设方式，将高压电缆先输送到登船趸船上，再转接到与其并靠的供电浮趸上。该技术方案在岸上适当位置布置地锚，用于固定钢索的一端，地锚充分考虑电缆钢索拉力，钢索另一端则与登船趸船连接固定，电缆钢索敷设考虑适当弧度和余度。钢索每隔2 m设置1个滑环波纹环，高压电缆通过滑环波纹环敷设，无需增加岸侧供电浮趸、电缆和钢缆收放设备。长江水位随季节变化，在登船趸船移动时，同步完成钢索及电缆收放。

2.3 滚轴式电缆桥架

滚轴式电缆桥架敷设借助供电浮趸钢结构连接的水上人行连桥，作为船岸电缆到达船侧供电浮趸的路径，针对人行连桥随水位变化而增减浮趸和连接跳板的实际情况，高压电缆也需要同步进行收放，采用了抗晃动、柔性快拆式滚轴式电缆桥架。桥架为半封闭结构，内部为绝缘包胶式滚轴滑动机构（图3），桥架利用原连桥跳趸与连桥平行架设，桥架与连桥之间通过柔性方式连接，可以抵御水面风浪带来的颠簸。



图3 滚轴式电缆桥架

2.4 一体化云管理

岸电现场管理系统组网运行，对港口岸电设备进行监视、控制和综合管理。包括对岸电系统运行设施的信息处理、人机界面、安全操作、统计分析、电量计费、接口服务、时钟同步、自诊断和自恢复等功能。为实现船岸间通信，船岸高压电缆内含4芯控制线以及6芯光纤，实现供电、通信和相关保护功能。系统架构分为站级控制层和间隔级控制层，间隔级控制层将采集和处理后的数据信号传

输到站级控制层, 在站级控制层实现数据交互。岸电现场管理系统可通过无线数据传输方式接入“岸电云网”系统, 实现云网系统对岸电系统的大数据采集及一体化管理。在离线状态下, 岸电现场管理系统可为独立系统, 实现对岸电电源系统的监控及管理。现场管理系统与“岸电云网”之间通过4G移动通信方式实现岸电系统数据交互。

2.5 电缆管理

为适应大水位差码头应用岸电时船舶停靠位置随水位变化的特点, 采用双供电浮趸方式, 每个供电浮趸上设置电缆管理装置, 各自由可编程控制器(PLC)控制, 两个PLC之间通过光纤工业

以太网连接。1[#]供电浮趸电缆管理装置主要负责与岸上10 kV开闭所连接垂直电缆的收放控制, 2[#]供电浮趸电缆管理装置主要负责1[#]至2[#]浮趸之间连接水平电缆的收放控制, 通过采集电缆卷盘的电缆张力、垂直拉伸位置、卷盘电机状态等信息, 由PLC自动判断并控制电缆的收放(图5), 也可以利用供电浮趸上的远程/本地开关及操作按钮实现在浮趸上人工手动操作。当电缆张力过大、电缆长度达到极限位置、电缆卷盘电机故障等情况出现时, PLC会向岸上10 kV开闭所、1[#]和2[#]供电浮趸上的电气系统发出停止供电信号, 切断电源, 以保证岸电应用安全。

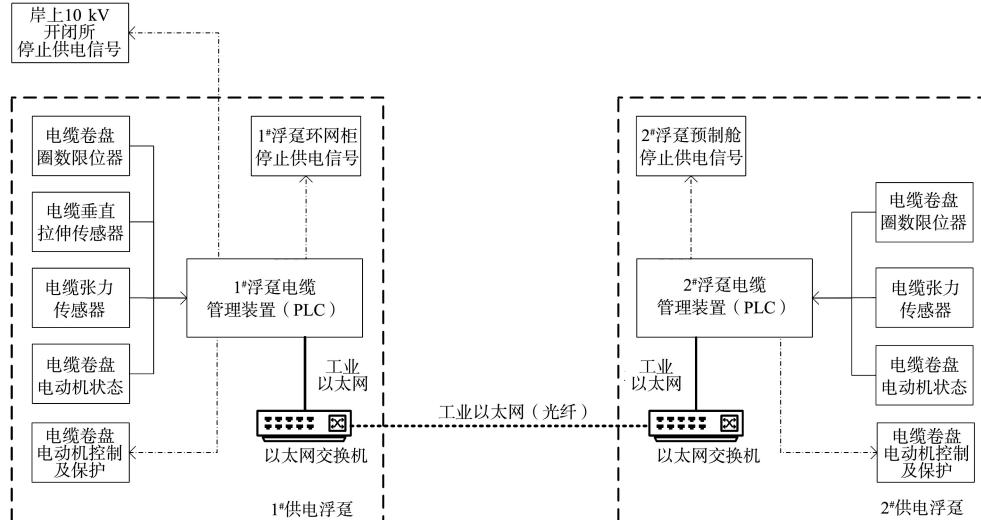


图4 双供电浮趸电缆管理控制系统

2.6 接地及等电位处理

游轮配电采用IT系统, 为保证游轮靠港正常应用岸电, 按照JTS 155—2019《码头岸电设施及建设技术规范》的技术要求, 低压配电系统宜采用IT方式^[4], 在供电浮趸上的岸电预制舱中设置降压变压器, 将AC 10 kV降压为AC 400 V, 采用Δ/Y方式, 降压变压器低压侧中性点不引出, 形成三相绝缘不接地方式, 保证船舶用电为IT系统。在船岸连接电缆中专门保留1芯电缆, 将供电浮趸、电缆管理装置、岸电电源预制舱、接电箱等外壳连接在一起, 形成等电位系统。在隔离变压器低压侧设置绝缘监测装置, 当绝缘监测装置监测到有漏电情况发生时发出报警信号, 由岸电控

制系统断开供电, 实现保护功能。

3 主要岸电设备

3.1 岸电电源预制舱

岸电电源预制舱是岸电系统运行和控制单元一体化的核心组合, 安装在每条登船趸船侧的供电浮趸上, 预制舱分为高压室、变压器室、低压室3个舱室。高压室设置高压环网柜, 含进出线、计量、站用变等。变压器室布置1台1 250 kVA副边双绕组分裂式干式变压器, 每个绕组供电容量为630 kVA, 实现为2条游轮供电的电气隔离, 一条游轮出现供电故障时, 不会影响对另一条游轮的正常供电。低压室配置低压配电柜、交直流一

体化电源、无功补偿装置、绝缘监测装置、岸电监控柜等设备。低压配电柜出线侧连接至岸电接电箱，与岸电接电箱互锁，具备就地/远程操作、开关状态监测、电能计量、电气保护等功能。交流一体化电源为整套岸电系统提供低压交流供电电源及直流操作电源，岸电监控柜实现对整个岸电系统的供配电监控及计费功能。预制舱内安装环境控制系统，包括工业空调、除湿等设备，满足在供电浮趸上对抗震、防水、防腐蚀、高湿度等环境条件的要求。

3.2 人机协同电控插拔装置

在岸电系统初期运行中发现，由于游轮用电负荷较大，船岸连接电缆（含接插件）自质量大、数量多、弯曲半径大，在岸电接电箱侧人工插拔接插件时存在定位困难、劳动强度大、操作不便的情况，接插连接岸电的效率不高。为解决上述问题，国网重庆市电力公司联合相关厂家首次设计和应用内河游轮人机协同电控插拔装置（图 5），将船岸连接电缆及接插件固定在分离板上，通过电动机驱动齿轮传动，控制推杆直线的运动，推杆与分离板连接，控制分离板沿着滑动导轨前后移动，最终实现插头的插拔动作。该装置实现了低压岸电箱的电控插拔、提升自动化水平、减少作业人员的工作量和劳动强度、提高了工作效率和安全性。

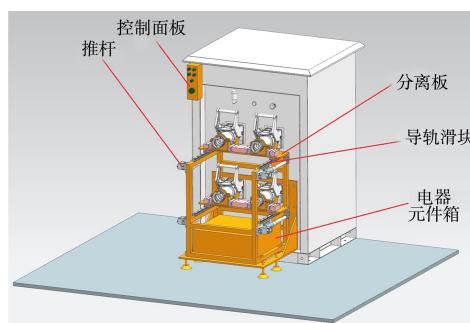


图 5 人机协同电控插拔装置

3.3 双船并靠岸电过桥装置

两艘游轮并靠后，趸船低压电缆接入第 1 艘游轮标准低压接口插件，通过第 1 艘游轮母线槽，连通江心侧标准低压接口，再通过船舶之间的专用电缆，连通第 2 艘游轮标准低压接插件，实现与岸电电源连通，为第 2 艘并靠游轮供电（图 6）。通过标

准化的游轮低压接插件和母线槽，可实现两船并靠且独立用电、互不影响，还可以实现船舶停靠长江北岸、南岸两侧时，均可以方便地应用岸电，使游轮靠泊使用岸电更加安全可靠、灵活便捷。

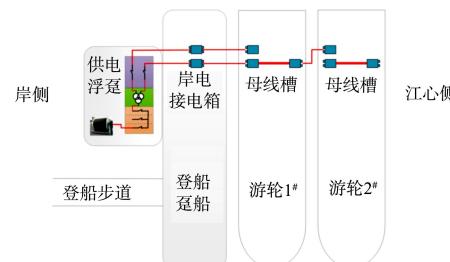


图 6 双船并靠岸电过桥

4 岸电技术应用

双供电浮趸式、导缆钢索式岸电技术已成功应用在长江三峡游始发港重庆朝天门五码头、十一码头，以及沿线忠县石宝寨、巫山游轮接待中心、神女溪等游轮码头。上述码头在岸基地形、水文条件、船岸连接、周边建筑及道路环境方面各有差异，在查勘现场后，按照“一码头一方案”的方式设计技术方案，确定岸电系统的电源接入、电缆路径、电源预制舱位置、岸电接电箱位置，2019 年底到 2020 年初陆续成功完成上述岸电系统工程的建设工作。2020 年，重庆市长江与嘉陵江两江交汇处的朝天门码头，先后 5 次通过长江洪峰，寸滩水位由枯水期的 160 m 上涨到最高 191.62 m，洪峰快涨快退，水流速度达到 3~5 m/s，布置在朝天门码头的岸电系统成功经受住多次洪峰冲击考验，实现岸电系统随水位变化收放供电电缆，为停靠的游轮提供安全、稳定的电力供应。

5 结语

1) 受大水位差影响，船舶停靠码头的位置会产生较大变动，应用岸电时船岸连接电缆长度变化大，双供电浮趸式岸电系统通过双电缆卷筒联动，实现船岸电缆收放功能，为丰水期停泊在岸边和枯水期停泊在江中的船舶提供岸侧电力供应，可以有效克服水位陡涨快落带来的用影响，在我国内河岸电应用方面具有广泛的推广前景。