



基于三峡岸电示范区的船岸快速连接技术

覃 露，易 琛

(长江三峡通航管理局，湖北 宜昌 443000)

摘要：三峡坝区河段船舶形式多样，坝上水域水位垂直落差大，江心锚泊船舶船岸连接难、接入难。为实现岸电系统安全规范、便捷高效的建设目标，为长江流域岸电全覆盖提供可复制、推广的经验，根据三峡坝区内船舶实际使用岸电的场景，提出一种船岸连接插件、一种跨船连接装置、一种电缆自动提升输送装置，从而解决了岸电接入难的问题，可为稳步推进岸电建设起到积极作用。

关键词：船舶；岸电；水上机器人；负载转移；电缆

中图分类号：U642

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2024)05-0169-04

Ship shore quick connection technology based on Three Gorges shore power demonstration area

QIN Lu, YI Chen

(Three Gorges Navigation Authority, Yichang 443000, China)

Abstract: The forms of ships in the Three Gorges Dam area are various, the vertical drop of water level in the dam area is large, and connecting and connecting ships anchored in the river center to the shore is difficult. In order to achieve the goal of safe, standardized, convenient and efficient construction of the shore power system, and to provide replicable and extensive experience for the full coverage of shore power in the Yangtze River Basin, we propose a ship shore connection plug-in, a cross ship connection device, and a cable automatic lifting and conveying device based on the actual use of shore power by ships in the Three Gorges Dam area. The ship shore quick connection technology solves the problem of difficult access to shore power, and plays a positive role in steadily promoting shore power construction.

Keywords: ship; shore power; water robot; load transfer; electric cable

船舶在港口、锚地停靠期间，需要通过辅机发电满足船舶值班、生活、照明设备、船上污水处理设备以及应急情况下的消防设备等用电需要。待闸船舶锚泊区域相对集中，排放的尾气不易扩散，造成了一定程度的大气污染，而船舶岸电技术就是直接利用港口岸上电源直接供电，可以有效减少船舶辅机发电产生的污染物排放^[1]。在实际使用过程中，岸电连接难等问题始终存在。以三峡坝区为例，船舶类型众多，每种船舶对岸电需求不一，并且对江心抛锚及趸船抛锚的船舶来说，由于

电缆难以敷设，对岸电的接入尤其困难。为此，本文提出多种船舶与岸电快速连接技术，对岸电使用连接难、接入难的问题，提出新的解决思路。

1 船岸连接插件

长江通航船舶类型繁多，对岸电的需求各不相同，为了提高港口岸电接口的通用性、降低岸电设施建设成本、提高岸电设施的适应性和使用的便捷性，需要制定统一规格的船岸连接插头、插座，在游轮、散货船、集装箱船、商品车滚装

收稿日期：2023-09-04

作者简介：覃露（1987—），男，硕士，工程师，从事船闸设备检修及电气技术研究。

船等船舶连接岸电时使用。船岸连接插件主要由插头和插座两部分组成。插头原则上用于连接电缆并可移动，插座原则上应用于固定的电源侧。

长江通航船舶类型用电功率见表 1。考虑选用功率为 80 kW(150 A)、200 kW(350 A)两种规格的岸电连接装置接口。80 kW 插头插座用于游轮、散货船、集装箱船、商品车滚装船等辅机功率在 100 kW 以下船型的船岸连接。对于实际负载大于 80 kW 的船舶，采用 200 kW 插头、插座。插头、插座布置方式见图 1，尺寸参照 GB/T1198.5—2020《工业用插头插座和耦合器 第 5 部分：低压岸电连接系统(LVSC 系统)用插头、插座、船用连接器和船用输入插座的尺寸兼容性和互换性要求》^[2]。80、200 kW 的插头和插座对应的配套连接电缆规格见表 2，其中 80 kW 铸铝插头质量约为 2 kg，200 kW 铸铝插头质量约为 4.5 kg，连接电缆长度按 20 m 计算，80、200 kW 电缆按电气标准质量约 25、48 kg，按船舶标准质量约 32、65 kg，目前三峡坝区船舶在实际使用中的连接电路一般按船舶标准进行选型，可以方便地实现单人拖拽电缆和拔插插头，电缆电气和船用电缆标准均参考 GB/T 13029.2—2010《船用电缆 同轴软电缆的选择和敷设》^[3]。

表 1 不同船舶用电功率

船舶类型	辅机额定功率/kW	平均用电功率/kW
散货船	20~150	5~25
集装箱船	150~200	10~30
多用途船	120~150	25~40
商品汽车滚装船	150~230	20~35
载货汽车滚装船	300	15~30
旅游客船	0~2 300	150~400

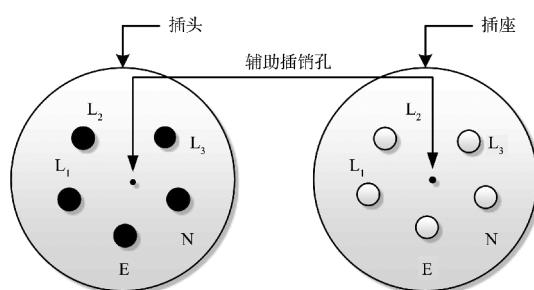


图 1 插头、插座布置方式

表 2 电缆规格

功率/ kW	标准	电缆规格		单位长度质量/ (kg·m ⁻¹)
		芯数	单芯截面积/mm ²	
80	电缆电气标准	3	35	1.25
	船用电缆标准	3	50	1.60
200	电缆电气标准	3	120	2.41
	船用电缆标准	3	150	3.26

根据船舶船型以及靠泊方式的不同，船岸连接的接口匹配方式也不同。船岸连接器(船岸连接插件)见图 2。

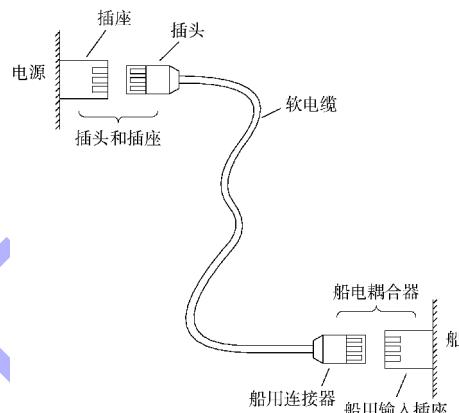


图 2 船岸连接器

三峡坝区主要通航游轮的辅机功率在 100~500 kW，功率较大，配置的岸电连接电缆较多，为了提高船岸连接的便捷性，建议游轮船侧岸电箱采用插座方式，靠泊趸船或岸基上的岸电接口箱上配置连接电缆，电缆上配置连接插头，采用电缆自动输送装置将连接电缆送至游轮岸电接口箱附近，由人工将插头连接到岸电接口箱的插座上。

对于散货船、集装箱船、商品车滚装船等其他船型，船舶自身配置岸电连接电缆，电缆连接头配置连接插头。靠泊趸船或岸基岸电接口箱配置插座。使用时将船上电缆插头连接至趸船或岸基的岸电接口箱的插座上^[4]。

2 跨船连接装置

2.1 浮筒式岸电插座

对于抛锚自泊区域广、并靠船舶多，供电跨度大的场景，采用水上浮筒式岸电插座，为远距离抛锚自泊的船舶提供岸电电源，解决远距离跨

船连接的问题。浮筒式岸电插座连接形式见图3, 插座放置在浮筒上, 电缆一端连接插座, 另一端连接至供电趸船上的电缆收放系统。浮筒式岸电插

座可由工作船拖移至待供电船舶处, 并将岸电插座递送至受电船舶的岸电箱附近, 受电船舶离泊时由工作船将浮筒式岸电插座拖回至供电趸船处。

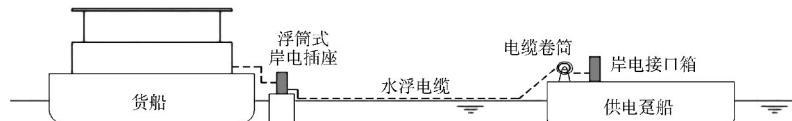


图3 浮筒式岸电插座连接形式

2.2 水上电缆输送机器人

为有效解决水上运输电缆的问题, 本文提出利用远程遥控水上电缆输送机器人, 把趸船上的电缆输送至受电船上, 也可把受电船上的电缆回收至趸船上, 可大幅提高劳动效率、降低劳动负荷、减少用工及全天候工作等特点。

水上电缆输送机器人设计见图4。由机器人主体和电缆提升装置两部分组成, 机器人主体起到航行、定位、自泊作用; 电缆提升装置具备电缆存储、提升功能, 能将电缆提升至与船舶甲板平齐的高度, 从而为受电船舶供电。

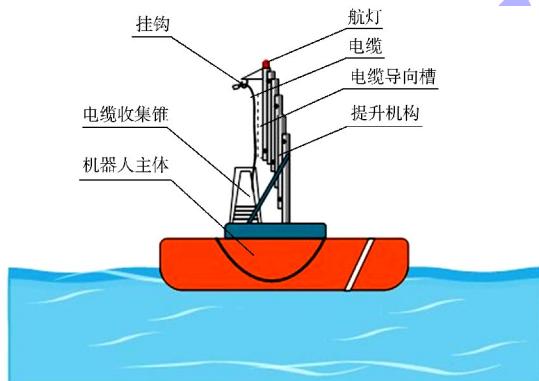


图4 水上机器人设计

水上输送机器人采用远程遥控, 能够在泊区复杂的环境下执行电缆输送任务。提升方案采用单桅杆式提升机构, 具有质量轻、收缩体积小等优点。收缩状态见图5。水上机器人的主要性能和参数指标为: 船体结构材料为铝合金, 最大航速为2 m/s, 驱动方式为喷水推动, 使用电力作为驱动能源, 远程操控, 续航时间达6 h, 转弯半径为8 m, 能够抵抗的最高风力为6级, 最大提升高度为4 m, 最大提升速度为2 m/min, 提升装置为液压驱动, 提升装置为单桅杆式结构。

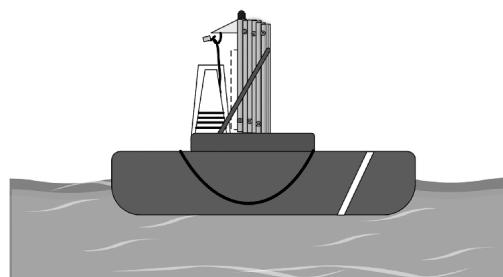


图5 水上机器人提升装置回缩状态

3 电缆自动提升/输送装置

电缆自动提升/输送装置可以控制实现电缆x、y、z向的移动, 解决船岸连接时电缆搬运问题, 提高岸电使用的便捷性。对于作业空间有严格要求的码头, 可以采用移动电缆卷筒的方式, 将电缆卷筒移动到合适的位置并固定, 使用完毕可以移动至统一管理地点。该装置见图6。当受电船舶靠泊后, 陆基岸电箱可以通过插头与移动式电缆传输插头相连, 然后移动至船舶接电箱位置。移动式电缆传输系统的支架高度高于船舶接线平面, 可通过固定走线轨道把电缆下放至所需接线位置, 通过人工将插头移动至游轮接电箱, 完成对接。

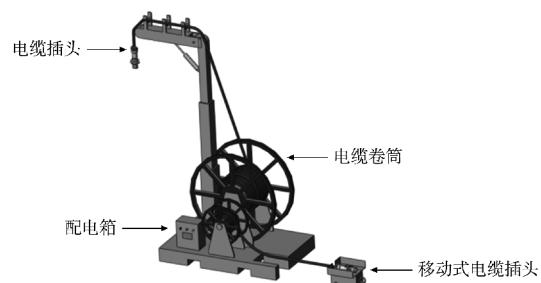


图6 电缆自动提升/输送装置

4 船舶岸电不停电负载转移

通常情况下, 岸电和船舶电站之间的负载转移是通过断电方式进行, 随着船舶靠港使用岸电

设备形成趋势，频繁地采用断电方式进行船岸电负荷转移已经不适合发展的需求。船舶岸电不停电负载转移是指利用船舶辅机并车负载转移功能在船电与岸电并网后负载转移，实现船舶岸电的不停电连接和断开，从而达到快速连接的目的^[5-6]。

船舶岸电不停电负载转移原理是采用准同步并车方式，在待并船舶发电机组和电网两者之间的电压、频率和相位都处在相等或十分接近的时刻合闸并联运行。采用准同步并车方式可以使冲击电流大幅降低甚至完全消除，同时也可以大幅减小冲击转矩和母线的电压降。当采用船舶发电机与岸电短时并联方式进行负载转移时，应确保电压和频率波动满足规范要求，还应满足以下要求：1) 应设有船舶电源和岸电自动同步设备；2) 负载转移应能自动进行；3) 在负载安全转移的前提下，并联运行的时间应尽可能短；4) 当负载转移超过了确定的时间限值时，应停止转移，断开岸电连接，并发出听觉和视觉报警信号^[7]。

根据国内外相关技术的应用经验，已设有船舶功率管理系统(PMS)的船舶只需要增设岸电保护控制器(PPU)以及相关控制线路就能实现上述功能。

船舶岸电不停电负载转操作流程：在船电向岸电切换时，保持船舶电站有且仅有1台发电机向船舶主配电板汇流排供电，然后降低用电负载，通过PMS控制船舶岸电主开关闭合，实现船电和岸电并网供电，进而负载转移，最后停止船舶辅机发电，由岸基电源单独向船舶供电；在岸电向船电切换时，保持岸基电源向船舶供电，通过PMS控制船舶发电机供电断路器闭合，发电机和岸电并网供电，负载转移，最后断开岸基供电，实现由船舶发电机单独向船舶供电^[8]。

采用此方式可以实现船岸电不停电负载转移，保障了设备供电的连续性，提高了旅客和船员的舒适性。目前三峡坝区通航船只大部分为3 000~5 000 t的散货船，配置2台辅机，相当一部分船舶没有

配置PMS，建议对此类船舶实施改造，并增设岸电保护控制器，敷设相关控制线路，统一标准配置，以便实现船舶岸电不停电负载转移的快速连接。

5 结语

1) 本文提出一种船岸快速连接技术，设计适用不同船型的标准船岸连接插件，制定统一规格的船岸连接插头、插座，提高岸电设施的适应性和使用的便捷性。

2) 本文设计相应的跨船连接装置即浮筒式岸电插座与水上电缆机器人，为远距离抛锚自泊的船舶提供岸电电源，解决远距离跨船连接的问题。

3) 本文设计一种电缆自动提升/输送装置，解决了船岸连接时电缆搬运问题，提高岸电使用的便捷性；根据三峡岸电示范区使用情况其使用效果明显，电缆自动提升装置解决了远距离江心散抛船舶供电的难题。截至2023年6月，宜昌港口码头累计服务17 445艘次船舶，提供清洁岸电2 761万kW·h，为船舶节约用能成本3 100万元以上，替代燃油6 488 t，减少有害物质排放20 438 t。由于该装置电缆下放支架有锁止机构，可以避免电缆过度下放，且电缆均采用防水材料，可以保证其安全性。

4) 本文提出一种船舶岸电不停电负载转移的方法，可实现船舶岸电的不停电连接和断开，从而达到快速连接的目的。

5) 通过在三峡坝区岸电试验区进行设备投放，开展了4个岸电示范项目建设。目前三峡坝区仙人桥靠船墩及沙湾锚地丁靠岸电等示范项目先后接电成功，已累计服务船舶1 216艘次，其中茅坪港邮轮码头626艘次、沙湾锚地590艘次，累计减少二氧化碳等有害物排放2 472.3 t，极大减少了大气污染排放，为后续国内其他港口对岸电设施的建设、技术推广及创新发展起到积极的推动作用。

(下转第214页)