



# 复杂条件下的船舶岸电系统研究

易 琛

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443000)

**摘要:** 针对目前三峡坝区待闸船舶对岸电设备使用率不高的问题, 通过分析其原因, 对已有岸电设备进行改进, 设计一种 T 形接口箱及趸船专用智能电缆收放系统、一种适合于船舶丁靠系泊供电的岸电接口箱以及一套适应水位变化的船舶岸基供电系统, 解决了供电电缆搬运难以及因水位变化较大致使停靠船舶从岸上取电难的问题。该岸电系统在三峡坝区的投入使用, 调动船舶使用岸电的积极性, 显著提高岸电设备的使用效率, 减少大气污染物的排放。

**关键词:** 船舶; 岸电; 靠船墩; 趸船; 电缆

中图分类号: U642; U653.95

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)12-0070-05

## Ship shore power system under complex conditions

YI Chen

(Three Gorges Navigation Authority, Yichang 443000, China)

**Abstract:** Aiming at the low utilization rate of shore power equipment for ships waiting for lock in the Three Gorges Dam area, this paper analyzes the reasons to improve the existing shore power equipment. It designs a T-shaped interface box and an intelligent cable retracting and releasing system for pontoons, a shore power interface box suitable for ship berthing and mooring power supply, and a set of ship shore-based power supply system suitable for water level changes. This can solve the problems of difficulty in transporting power supply cables and obtaining electricity from shore for docked ships due to large water level changes. The implementation of the shore power system in the studied area mobilizes the ships enthusiasm to utilize shore power, significantly improves the efficiency of shore power equipment, and reduces air pollutant emissions.

**Keywords:** ship; shore power; berthing pier; pontoon; 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<sup>[1]</sup>。目前, 三峡坝区主要待闸船舶为干散货船舶、集装箱船舶、多用途船舶、商品汽车滚装船舶、旅游客船舶以及危险品船舶。不同船舶对应的锚泊方式不同, 见表 1。

表 1 船舶锚泊方式

船类型	干散货船舶	集装箱船舶	多用途船舶	商品汽车滚装船舶	旅游客船舶	危险品船舶
锚泊方式	趸船、丁靠	靠船墩	趸船	靠船墩	丁靠	趸船

三峡坝区主要类型船舶年燃油消耗量约 1.15 万 t, 产生碳氧化物、氮氧化物等排放量约 3.7 万 t。停泊船舶使用岸电, 可减少船舶大气污染物的排放,

但梯级枢纽岸电使用存在较大的技术难题, 尽管目前已设置多套岸电设备, 但大多数船舶对岸电使用积极性不高, 主要原因为: 1) 船舶待闸停泊

收稿日期: 2023-03-10

作者简介: 易琛 (1993—), 男, 工程师, 从事船闸运行维护管理和设备技术研究。

形式多样；2) 船舶种类复杂；3) 船舶停泊环境复杂，岸坡陡峭，水位变化大。针对上述问题，本文提出多种船舶不同靠泊方式的岸电技术方案，以解决三峡坝区待闸船舶对岸电使用频率不高的问题，提高船舶对岸电设备使用率，减少大气污染物的排放。

## 1 趔船靠泊方式岸电技术

### 1.1 趺船靠泊供电方案

用趸船系泊船舶的优点是安全可靠、对水位变幅适应灵活。趸船系泊岸电系统主要由供电趸船、岸电箱、电缆收放系统、船岸连接电缆等组成。

岸基部分设置岸电电源，经过电缆卷筒将电缆下放至堤坡处，堤坡处有固定电缆的导轨和固定点，浮趸配置1~2个电缆卷筒，以便电缆远离水面，确保安全和便捷，末端趸船放置多个岸电接线装置，以便同时给多个船舶供电。

在供电趸船的两舷合适位置分别设置岸电箱，每个岸电箱配置3个岸电插座，岸电箱输入侧接至趸船400 V电力系统。同时在趸船上配置一定的电缆收放装置，便于为附近抛锚自泊的船舶提供电源。

系泊船舶与岸电箱之间的连接可以通过每艘船舶直接与接口箱连接，也可以通过相邻船舶采用T形接口箱跨接方式连接。趸船系泊岸电系统结构见图1。

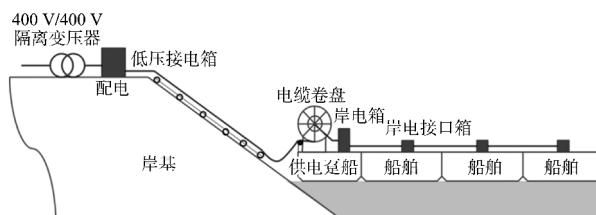


图1 趺船系泊岸电系统结构

T形接口箱主要解决船舶并靠时船舶之间岸电连接的问题，主要应用于船舶趸船系泊场景下岸电的跨船连接，主要由插头、插座以及计量控制模块3个部分组成，主要构件有统一标准的插头、插座以及计量设备以及小型电缆收纳卷盘等。

其中计量模块具有实时检测功能，当检测到电流异常会自动断开，保证船舶对岸电的使用安全。装置如图2。

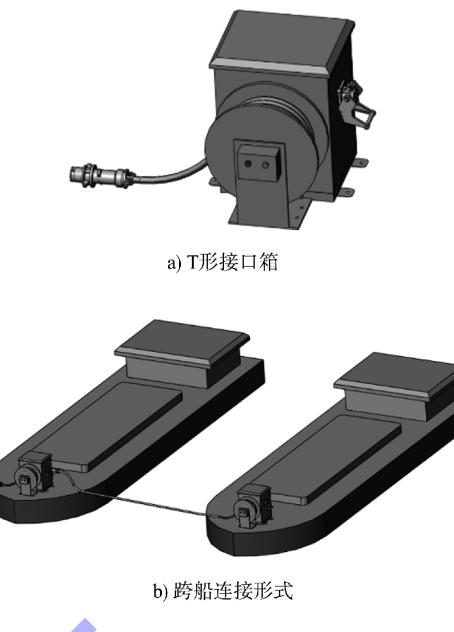


图2 跨船连接T形接口箱模型

### 1.2 趺船专用智能电缆收放系统

在岸电应用推广中存在一系列问题，如三峡坝区葛洲坝以上河段具有山区性河流的地形、地貌特点，葛洲坝以下河段右岸是低山丘陵，坝区港口多以斜坡式码头为主，供电距离远，若使用低压供电，供电容量较大时电缆直径较大，不便使用和管理；三峡坝区丰水期和枯水期的水位落差达30 m，固定安装的电力设施距离较远不便使用，而安装较近存在淹没的风险；若拉电缆从岸基较远的电源点取电，需要根据水位变化动态调整电缆的长度。由于供电距离远，人工搬运比较困难，使用简单的机械设备易造成电缆损伤，电缆收放过程中易造成电缆表皮以及绝缘层的磨损，存在一定的安全隐患<sup>[2]</sup>。

为克服现有技术的不足，本文研发一种趸船专用智能电缆收放系统，如图3所示。当需要调节供电电缆长度以匹配趸船供电时，自动旋转电缆卷筒实现供电电缆的自由收放。趸船专用智能电缆收放系统包括供电电缆、电缆桥架、电缆卷筒、集电器和箱式变压器；电缆桥架沿岸基斜坡架设，供电电缆沿斜坡搭接在电缆桥架上，供电

电缆的首端从岸基取高压电源，其末端卷绕在电缆卷筒上并接入集电器的进线端，集电器的出线端固定接入箱式变压器，箱式变压器输出电源为趸船供电。高压电源为 10 kV 电源，在电缆桥架的顶端设置有可转动的辊筒，供电电缆直接与电缆桥架顶端的辊筒接触。电缆卷筒、集电器和箱式变压器安装在供电趸船上。供电电缆末端经导向轮卷绕到电缆卷筒上，导向轮位于电缆卷筒的左下方。箱式变压器将高压电源降压为 400 V，对输入的高压电源进行降压后输出低压为趸船供电。电缆卷筒上安装有张力传感器以检测供电电缆的张力，张力传感器的输出端连接驱动装置，驱动装置根据电缆张力的检测结果驱动电缆卷筒旋转。

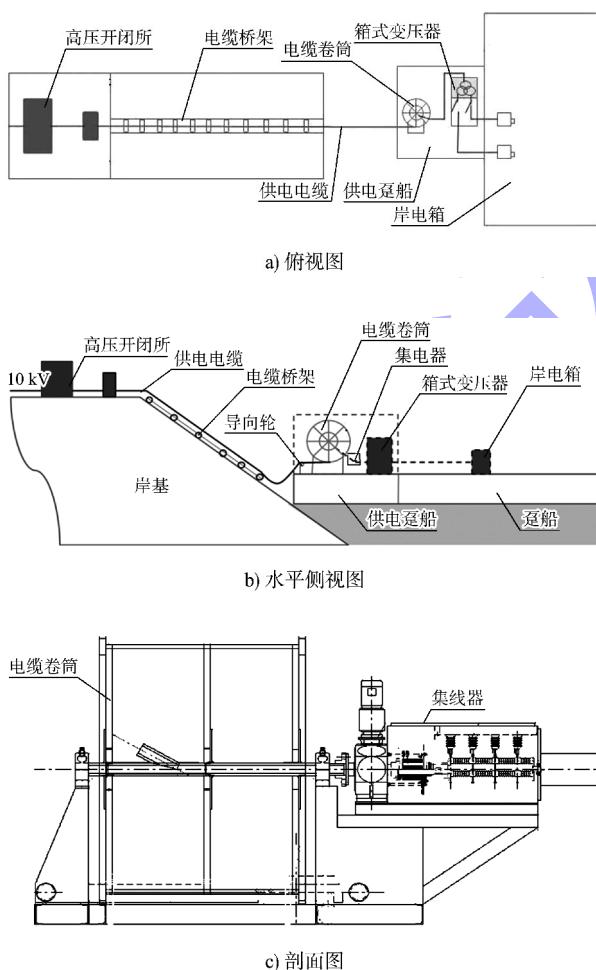


图 3 芜船专用智能电缆收放系统

与现有技术相比，新研发的趸船专用智能电缆收放系统通过旋转电缆卷筒实现供电电缆的自

由收放，解决了大水位差的斜坡式码头需要远距离、大容量供电的难题。

## 2 靠船墩靠泊方式岸电技术

靠船墩系泊是指利用固定靠船墩顺岸系泊，具有岸线固定、靠泊点明确等优点，适合各种水位条件下的船舶尤其是船队安全系泊<sup>[3]</sup>。该系泊方式可并排靠泊 4~8 艘船舶，由于系缆固定，与其他锚泊方式相比较为安全。

靠船墩供电系统根据靠船墩靠泊船型，考虑运维检修，靠船墩采用 400 V 供电。江底电缆供电系统主要由岸上接电箱、江底电缆等部分组成。在直立式靠船墩顶部设置低压岸电桩和电缆卷筒，两个靠船墩之间设置浮趸。浮趸随水位上下移动保证岸电插头方便安全接入船舶受电系统。岸基斜坡道处至直立式靠船墩顶部岸电桩的区段电缆为固定状态，采取全程穿管保护沿斜坡道、沿靠船墩垂直敷设。

岸-墩江底供电方式如图 4 所示，电缆从岸上电源点接电箱接出后经过电缆管道至靠船墩近岸水域，再传送至靠船墩顶部的岸电接电箱。

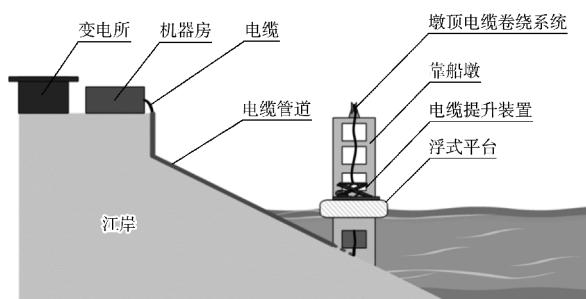


图 4 岸-墩江底供电方式

## 3 丁靠靠泊方式岸电技术

### 3.1 轨道式丁靠岸电供电系统

丁靠系泊是船舶抵坡系泊，使船首紧靠岸坡，将缆绳系于岸边系缆桩上。丁靠系泊具有方便快捷、占用水域范围小、锚泊容量大、投资较省等优点，适于库区流速较小的船舶锚泊。

丁靠船舶主要船型为 5 000 t 以下的散货船，每个系缆桩处船舶总的负载为 60 kW，因此采用低压 400 V 供电。岸电系统主要由 400 V 接电箱、

400 V 电缆收放系统、岸电箱等部分组成。

丁靠系泊岸电布置方案考虑在岸基坡顶设置电缆卷筒，采用缆车方式将电缆送至离船较近处，在缆车上设置低压岸电箱和电缆提升臂，方便电缆安全接入船舶受电系统。缆车可顺轨道上下，以适应水位变化。

电缆卷盘采用带钢丝绳卷筒的电缆卷盘。接电箱、电缆卷盘设置在岸坡最高处，岸电箱放置在可移动的缆车上，沿斜坡道铺设钢轨，缆车通过钢丝绳牵引在轨道上移动。电缆卷盘设置成恒张力控制模式，随着钢丝绳的收放而自动卷动。岸电箱配置 3 个岸电接口插座，通过缆车带动至受电船舶附近。轨道式丁靠系泊岸电供电系统见图 5。

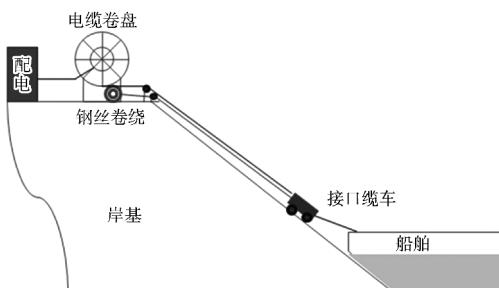
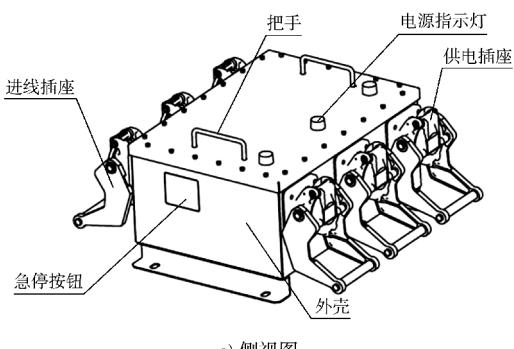


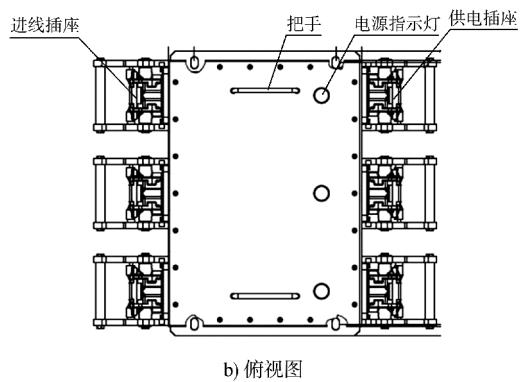
图 5 轨道式丁靠系泊岸电供电系统

### 3.2 船舶丁靠系泊供电的岸电接口箱

现有技术中，三峡坝区锚地的岸电设施安装于 180 m 水位线上，当丰水期(175 m 水位)时，接电方便；当枯水位(145 m 水位)时，需要拉线供电距离长。为克服现有技术的不足，本文研制一种适合于船舶丁靠系泊供电的岸电接口箱，见图 6。



a) 侧视图



b) 俯视图

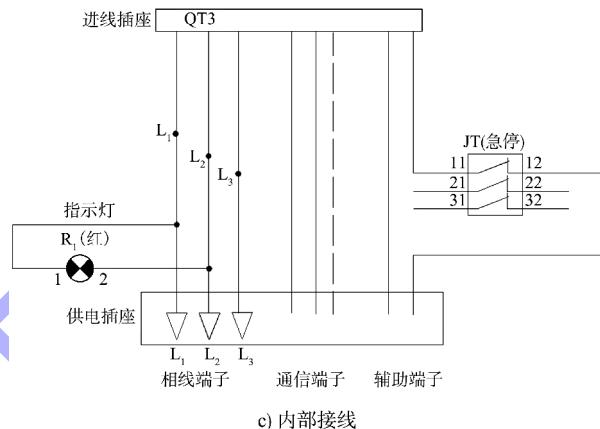


图 6 船舶丁靠系泊供电的岸电接口箱

新研发的岸电接口箱包括外壳以及固定在外壳侧壁上的多个进线插座和多个供电插座，进线插座与供电插座数量相同且对称排列；每个进线插座和供电插座均包含有 8 个端子，其中 3 个端子作为相线端子、2 个端子作为通信端子、2 端子作为辅助端子；进线插座的相线端子直接电气连接供电插座的相线端子，进线插座的通信端子直接连接供电插座的通信端子，进线插座的辅助端子直接连接供电插座的辅助端子。在进线插座与供电插座之间相线端子的连接线路上串联有电源指示灯。在进线插座与供电插座之间辅助端子的连接线路上串联有急停按钮，其控制连接线路的通断。急停按钮为常闭开关，在岸电接口箱的外壳两侧设立可折叠的把手。电源指示灯设置在外壳的顶端。

与现有技术相比，新研发的岸电接口箱具有如下优点：作为岸电桩与船舶之间的“中继”，通过电缆将岸电桩、岸电接口箱和停靠的船舶依次

相连，可方便增加或缩短岸电桩和岸电接口箱之间供电电缆的节数，从岸电桩获得电源为停靠的船舶供电，解决了现有技术需要从船舶拉电缆到岸电桩处、拖曳电缆较长、爬长坡困难的问题。

#### 4 结语

1) 通过设计一种 T 形接口箱以及趸船专用智能电缆收放系统，有效解决了供电电缆搬运难的问题。

2) 通过设计一种靠船墩岸电系统，为船舶在靠船墩锚泊时提供岸电使用条件。

3) 通过设计一种适合于船舶丁靠系泊供电的岸电接口箱，解决了现有技术需从船舶拉电缆到岸电桩处、拖曳电缆较长、爬长坡困难的技术问题。

4) 研发了一种适应水位变化的船舶岸基供电系统，解决长江流域水位变化较大的服务区停靠船舶从岸上取电的难题。

(上接第 63 页)

2) 孔泄漏时间的确定不应仅考虑阀门关闭时间，还须充分预留泄漏探测及泄漏点修补等时间，可根据规范选取基于探测和隔离系统后的操作时间。

3) 集液池规格尺寸应充分考虑消防泡沫覆盖深度，在没有实验数据的情况下，部分取值在 0.6 m 以上。

#### 参考文献：

- [1] 中交水运规划设计院有限公司, 交通运输部公安局. 油气化工码头设计防火规范: JTS 158—2019 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- [2] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 液化天然气码头设计规范: JTS 165-5—2021 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2021.

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，其中包括茅坪港邮轮码头 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，调动船舶使用岸电积极性，显著提高岸电设备的使用效率，极大减少大气污染物的排放。

#### 参考文献：

- [1] 王景石. 港口微电网中的用电负荷预测及调度优化关键技术研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2020.
- [2] 陈彦奎, 刘玉振, 王翼, 等. 内河流域趸船式游轮码头船舶岸电连接模式的研究 [J]. 中国设备工程, 2020(18): 207-208.
- [3] 闵小飞. 三峡近坝河段船舶待闸锚地安全管理研究 [J]. 中国水运(上半月), 2019(7): 53-54.

(本文编辑 王璁)

[3] 中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院. 化工企业定量风险评价导则: AQ/T 3046—2013 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2013.

[4] 中石化中原石油工程设计有限公司. 液化天然气(LNG)生产、储存和装运: GB/T 20368—2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.

[5] 交通运输部水运科学研究所. 危险货物港口建设项目安全预评价规范: JTS/T 108-1—2019 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.

[6] 中国石油天然气集团公司, 中华人民共和国公安部. 石油天然气工程设计防火规范: GB 50183—2004 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2004.

[7] 中华人民共和国应急管理部. 泡沫灭火系统技术标准: GB 50151—2021 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.

(本文编辑 王传瑜)