

巴基斯坦某核电厂重件码头的装卸工艺

蒋志同^{1,2}

(1. 中船第九设计研究院工程有限公司, 上海 200090; 2. 上海海洋工程和船厂水工特种工程技术研究中心, 上海 200000)

摘要: 核电厂重大件的装卸一般采用滚装工艺和吊装工艺, 本文通过对巴基斯坦某核电厂重件码头装卸工艺的介绍, 详述装卸工艺中的设备选型及平面布置, 并总结核电厂重大件码头的装卸工艺的设计特点及要点。

关键词: 核电厂; 重件码头; 码头起重机; 装卸工艺; 工艺系统

中图分类号: U652.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 09—0044—03

核电机组的设备一般尺寸较大, 重量较重, 且不易拆分, 选择哪种运输方式, 是非常重要的。水路运输相对于公路、铁路等其他运输方式, 对核电机组的设备限制较小, 而且更加安全、经济。航道一般不需要因运输的重件重量加大而去加宽加深, 水上运输也不会对其他船舶航行造成影响, 现在核电重件大部分都是通过水路运输, 所以重件通过码头的装卸如何合理地设计将至关重要。

1 工程概述

本工程重件码头是巴基斯坦某核电厂运输重大件的重要配套工程, 位于取水明渠的东内护岸, 顺岸布置, 受进水渠导流堤全掩护。核电厂规划二台 1100MW 级机组, 采用 ACP1000 机型, 根据工程建设规模, 相应重件码头年卸船量按工程进度年运输重大件 220 件, 其中 80t 以上重大件 36 件, 建设 5000DWT 级码头, 设计船型为 5000DWT 甲板驳, 重大件全部通过码头上岸。本工程装卸工艺主要考虑从 5000DWT 甲板驳接卸核电重大件到码头的工艺。

2 货运分析

根据核电厂机组和堆型, 对重大件设备进行整理和分析, 得出控制性重大件设备最宽设备为闸门筒体宽, 宽度为 8.7m; 最高设备为压力容器, 高度为 6.8m; 最长设备为环吊大梁, 长度为 47m; 最重设备为发电机定子, 重量为 526 吨。

3 船型分析

根据货运量分析重大件设备的最大件、最高件、最长件, 确定进出港船舶采用 5000DWT 甲板驳。

本项目重大件主要来自国内货运码头, 经远洋运输

船运至本项目临近的码头后, 转运到 5000DWT 甲板驳, 再由 5000t 甲板驳运至本工程重大件码头, 船型尺度见表 1:

表 1 设计船型表

船舶吨级	总长 (m)	总宽 (m)	型深 (m)	工作吃水 (m)	备注
5000DWT	100	20.0	6.2	5.0	甲板驳船

4 工艺方案

目前核电设备的装卸船工艺一般分为滚装工艺和吊装工艺。滚装工艺又有顺岸靠泊和丁靠靠泊两种。顺岸靠泊需要足够的通道和较大的转弯半径, 会增加码头投资。丁靠靠泊需要水域有足够的停泊和回旋水域。滚装工艺码头优点是造价较低, 码头不需要配套装卸设备。但缺点易受气象、水文条件限制, 需要大量的准备工作, 尤其核电厂的厂区面高程较一般工程高, 导致水位与码头厂区面高程相差较大, 卸船时间较短, 安全性不易保证。

吊装工艺按目前常用的重大件卸船工艺, 可分为机械起重设备 (固定回转式起重机、桥式起重机、履带吊等)、浮吊 (起重船) 卸货等多种形式。

由于本工程位置地形水域限制, 以及装卸设备的尺寸和重量, 大致确定采用吊装工艺类型。

4.1 吊装工艺

4.1.1 固定回转式起重机方案

固定回转式起重机一般固定放置在码头上。该起重机配备主、副起升机构并可作旋转和变幅运动, 能覆盖一定宽度的圆环作业区域。当船舶顺岸靠泊于码头, 起重机可直接将重大件从船上吊至码头平台上的模块车或平板车上。固定起重机式吊装方式受潮位、波浪等影响较小, 装卸作业安全可靠、便捷, 一年中绝大部分天数

均可吊装作业。

4.1.2 桥式起重机方案

重大件桥式起重机行走范围一般能够覆盖水域和陆域，桥式起重机可在高架的轨道上行走，轨道梁支墩一侧在陆域码头平台上，另一侧支墩深入水域。船舶停靠位置分为悬臂外和跨距内两种形式，对于桥式起重机悬臂外停船，有船舶停靠方便的优点，但通常要求外伸悬臂较长，对桥式起重机的结构设计要求较高；跨距内停船对桥式起重机结构无特殊要求，但受到有限跨度的影响，船舶靠离泊较为不便。

使用该类型桥式起重机装卸重大件，技术较为成熟，对水位的变化适应性较好。但是其受限于桥式起重机的轨道梁跨度，所适应的船型通常较小，船舶在轨道梁跨距内的停靠较为麻烦。同时由于需要在伸入水域侧设置轨道梁支墩基础，其后期改造为其他一般装卸泊位的灵活性较差，常用于靠近厂区的有长期固定货源的重大件装卸船。

4.1.3 履带吊方案

履带吊为流动式设备，重件码头上不需要安装固定的起重设备。对于重大件的吊装，除了回转平台后的配重外，还需要在尾部加载额外的超起配重，故其超起工况需要的码头宽度通常较大。同时履带吊起重量随着幅度的增加降低较多，如 1000t 的履带吊载 40m 幅度时仅能起吊 330t 的重件。对于长度或者重量较大的构件，可能需要两台设备进行抬吊作业。履带吊设备自重较大，设备转场时需进行拆卸，同时履带会对码头面层造成较大破坏。因此履带吊常用于厂区建设期大件安装，大件码头上使用较少。在核电领域，因为重大件的特殊性，重大件的卸船还没有采用履带吊的先例。

4.1.4 浮吊方案

浮吊也叫起重船，是由船体、起升机构和俯仰机构等组成，其作业范围较大。作业时装运大件的驳船平行靠泊码头，浮吊在驳船外侧定位锚定，通过臂架俯仰变幅将重大件吊装至码头水平运输车辆上。采用浮吊的作业方式对码头的要求较低，码头上无需配置装卸设备，码头平台仅需满足水平运输车辆的通行即可。但核电站装卸重大件作业前需安排浮吊起重船到港，租用价格较高，调遣周期较长，需要提前进行安排、协调。另外本项目为海外项目，调遣周期和费用都很难估量。

4.2 吊装工艺方案对比

在保证重大件设备的安全运输、经济可靠的前提下，吊装工艺方案进行以下对比，见表 2。

表 2 吊装工艺对比表

比较项目	固定回转式起重机方案	桥式起重机方案	履带吊方案	浮吊方案
作业难易程度	靠泊容易 装卸简单	船舶停靠在轨道梁跨距内 较麻烦	操作较起重机方案复杂	操作较起重机方案复杂
对水文要求	适应性较强	适应性较强	适应性较强	要求不太高
对工期影响	没有影响	没有影响	受租赁影响，需预约履带吊	受租赁影响，需预约船期
可靠性	技术成熟	技术成熟	核电行业未有先例	应用案例较少
设备维修保养	需日常保养	需日常保养	需日常保养	不需保养
码头布置	简单宜布置	受轨道跨距影响需占用一定水域	简单，陆域无固定设备	简单，陆域无固定设备
费用	设备费用、营运费，总费用较低	设备费用、营运费以及增加的水工构筑物费，总费用中等	调遣费、租赁费，总费用中等	调遣费、租赁费，总费用最高

经过表 2 比较，推荐采用固定回转式起重机方案。

4.3 起重机参数的确定

根据货运量分析重大件设备可知，最重设备为发电机定子，重量为 526 吨，确定起重机最大起重量为 620t。根据工艺布置和船型尺度，确定吊钩的外伸距，主吊钩吊装 620t 设备的最大外伸距离为 27m，副吊钩吊装 125t 重大件的最大外伸距离为 38m。主吊钩码头面起升高度大于 32m，码头面以下最少 11m。本起重机应能做 360° 旋转及起升、变幅动作。除主钩与副钩，主起升机构与变幅机构不能联合作业外，其余每两个机构能联合作业。各机构运行速度采用人工手柄分档控制，各档间的加减速度时间由 PLC 控制。机构启动时，速度逐渐递增，最高速度为额定速度；机构制动在速度几乎为零时，制动器制动，保证工作安全平稳。

起升机构、旋转机构、变幅机构等主要驱动机构均采用交流变频电机。电机防护等级为 IP44，绝缘等级为 F 级。各相关的机构设置必要的联锁及安全保护装置。

4.4 水平运输工艺

目前重大件的水平运输基本采用自行式模块运输车或者牵引平板车。自行式模块运输车（SPMT）主要是由动力头也称动力单元（PPU）和带有驱动车桥的液压挂车组合而成。用户可以根据运输货物特征（外型尺寸，吨位等）对多辆模块运输车队进行多模式的组合并车（长度或者宽度方向）。其可实现多种转向模式，由于其灵活的转向方式，其转弯半径通常可以比较小，机动、通行性较好。

同时，自行式模块运输车每轴均由独立的液压油缸控制，可以整体、局部抬高，以更好的适应重大件的顶起装载作业，以及在不平整路面通行时始终保持车辆承载面水平。

牵引平板车可实现全挂和半挂牵引两种模式，对于较远距离的大件陆地运输，牵引车 + 平板挂车方式速度可较高，效率更高，造价相对较低。其缺点是转弯时主

2022 年二季度长江航运景气指数调查报告

李慧, 冯新双

(长江航运发展研究中心, 湖北 武汉 430000)

2022 年二季度, 欧美国家通胀普遍升温, 俄乌冲突引发的西方制裁不断升级, 全球经济面临供应链脆弱、能源危机等问题, 工业生产、企业投资、居民消费、国际贸易增速放缓。面对国内东部突发的疫情, 我国稳经济、保就业、防疫情综合施策, 扎实推进物流保通保畅和复工复产, 并积极推动重大项目开工建设, 助企纾困和减税降费政策效应逐步释放, 国内经济持续恢复增长。二季度国内生产总值 (GDP) 同比增长 0.4%, 环比下降 2.6%, 出口总值 59271 亿元, 环比增长 13.4%, 中国

综合 PMI 产出指数季度平均值为 48.4%, 较上季度下降 1.93 点, 其中, 制造业 PMI 指数平均值为 49.1%, 较上季度下降 0.87 点。长江流域地区快速启动疫情应对措施, 交通物流快速恢复, 经济增速下探后回升。同时, 长江水位逐渐回升, 单位货物油耗增加, 船员工资持续上行, 航运企业的营业成本有所增加, 而船舶运力投放有所增加, 运力运量平衡转弱, 运价略有下滑。疫情导致部分码头货物积压, 装卸效率降低, 港口防疫、人工等成本增加。



要靠车轮“八字转向”, 转弯半径较大。

由于模块式运输车优点众多, 并广泛使用, 本项目优先使用模块式运输车, 对小型重件运输可采用牵引平板车。

4.5 装卸工艺流程

甲板驳 (货船) → 固定回转式起重机 → 模块式运输车 (牵引平板车) → 运至厂区。

5 码头平面布置

根据装卸工艺方案, 经综合考虑, 重件码头布置在取水明渠东护岸内, 因受到取水导流堤掩护, 作业条件较好。码头平面布置较简单, 长度为 125m, 宽度为 40m, 固定旋转式起重机布置在码头前沿 13.5m 处, 额定起重量为 620t, 最大外伸距为 27m。码头后方布置宽 9m 的通道连接码头前沿与厂区道路。

6 结束语

核电站设备具有超重、超长、超宽等特点, 其运输、装卸技术要求较高。核电重大件码头的设计要根据工程地点、电厂总体布置、核电机型、设备重量和尺度等多种因素进行综合分析, 确定重大件的装卸工艺及装卸设备。

根据装卸工艺确定码头平面布置及调整部分陆域布置, 装卸设备的选用要安全可靠、经济耐用、技术成熟。

参考文献:

- [1] 刘鑫, 温洪涌. 多种卸船工艺在核电厂重件码头设计中的应用 [J]. 中国水运, 2012(3): 216-217.
- [2] 莫丽丽, 崔永鸿, 褚广强. 大型重件码头装卸工艺设计 [J]. 水运工程, 2011(9): 113-116.
- [3] 张俊, 夏悟民, 白帆等. 国内核电厂大件码头总体设计要点 [J]. 水运工程, 2015(4): 126-131.