卸船机整机运输与滚装工艺的应用研究

王儒超 孙小婷
（广西钢铁集团有限公司 广西 防城港 538000）

摘要：针对桥式抓斗卸船机整机运输的船型选择、滚装上岸技术难点，以及卸船机整机滚装对码头水工滚装段和海上运输工况的要求，就如何利用潮差和船舶吃水深度，合理确定卸船机运输船型及滚装工艺施工方案进行探讨研究，致力于为大型钢结构件海上运输及滚装方案实施提供参考。

关键词：桥式抓斗卸船机；整机运输；滚装工艺

0 引言

本文以柳钢防城港钢铁基地 103 泊位 10 万吨级原料码头桥式抓斗卸船机整机海上运输及滚装上岸为背景，针对选择卸船机运输船型和确定滚装实施方案等方面内容展开阐述。

桥式抓斗卸船机作为一种大型钢结构物料卸船设备，在海岸原料码头时很常用的，与其他卸船设备相比，桥式抓斗卸船机对于物料和船舶都具有较强的适应力，并且桥式抓斗卸船机的运维成本要低一些，因此具有一定优势。但由于桥式抓斗卸船机整机质量较大、具有较大的外形尺寸和外伸延长，故而对其运输及滚装上岸技术要求较高，因此选择恰当的运输船型、安装方法和海固方案可以有效降低运输过程中，波浪的作用下，船舶过于颠簸对卸船机质量稳定性带来的影响，进而减小施工难度，控制施工作业成本，并缩短施工工期。

1 工程概况

柳钢防城港钢铁基地 103 泊位码头为 10 万吨级原料码头，该泊位总长 335m，配置 3 台规格为 1800t/h 的桥式抓斗卸船机，卸船机的额定起重量为 46t，单台设备自重约 1320t，设备轨距 24m，基距 18m。

本项目为 103 泊位的 3 台桥式抓斗卸船机设备运输。在运输前，应当充分分析海上运输条件、施工作业条件、施工工期以及施工成本等因素，在不同影响因素下，选择最为适合的运输方式。根据运输方式的不同，卸船机的运输、安装主要分为以下 3 种形式，分别为：散装运输、现场拼装；整机运输、滚装上岸；整机运输、现场吊装。综合分析本项目的工期和成本，此次运输的 3 台卸船机采用整机海运、滚装上岸的方式。其从张家港港新码头滚装至运输船的甲板上，完成绑扎，经海上运输至柳钢防城港钢铁基地 103 泊位，并完成滚卸下船作业，设备卸船上岸后，利用顶升装置将卸船机小平衡梁旋转 90° 落入码头工作轨道上，并拖动至码头停机位固定。

2 卸船机整机海运与滚装上岸工艺分析

2.1 技术要点

本项目采用 3 台卸船机同时运输的方式，1 艘运输船同时装载 3 台卸船机。卸船机整机运输始于长江段航行至长江南槽出口，海上航行经过舟山、宁波外、台湾海峡、琼州海峡至目的地防城港，全程约 1327 海里，结合本次运输实际情况，运输距离超过 1300 海里，且运输沿线水域情况多变，单个卸船机的重量就已经达到 1320t，因此，气象条件、装载条件、卸船机捆绑方式等等因素都会对运输安全性带来影响，稍有疏忽可能导致严重的运输事故发生。由于采用滚装运输，海水潮差变化和运输过程中卸船机位置变化的同时，可能会引起滚装运输船舶姿态的变化，影响卸船机部分结构，带来一定安全隐患。

另外，此项目发运码头港新重装码头，位于张家港大新镇，码头下游为华达码头，上游为张皋汽渡。码头位置从水路距上海吴淞口约 125km，泊位岸线 1353 m，拥有 3 个 8000 吨级、2 个 5000 吨级及 5 个 3000 吨级的深水泊位，长江码头前沿设计水深 12m。码头面标高为 6.8m，码头前沿水深 -11.5m，码头可滚装长度约 300m。而用户码头既防城港 103 泊位码头的码头前沿水深 -16.4m，标高 10m，潮高约 4m，两码头高差达 3.2m，由于高度差较大，多数滚装运输船都不能实现在发运码头和卸载码头都能够高效率装卸卸船机。

2.2 船型选择

目前，半潜驳船、甲板船和无动力驳等船型是大型钢结构设备通过海上整机运输的常用船型。

在本项目中，基于此次所运输的 3 台卸船机重量、轨距、卸货码头的标高、船期及经济效益等信息综合考虑，选用船舶“泰安口”进行卸船机整机海上运输，泰安口轮载质量为一万八千吨，长度为 156m、型宽 36m、型深 10m，作为国产的一种新型半潜船，泰安口并没有设置船墙，其集中设置了多个性能优越的自动控制系统设备，并装配了 SSP 电力推进系统。该项系统技术领先于国际先进水平。“泰安口”船型参数见表。

表 “泰安口”船型参数

类型	名称	油耗 /(g/kWh)	设计吃水 /m	货物甲板 /（m×m）	下潜深度 /m	型深 m	续航力 /nmile	设计载重量 /t
半潜船	泰安口	182	7.5	126×32.26	19	10	12000	18000

由上表数据可以了解到，在吃水深度方面，泰安口半潜船，能够同时满足在发运码头和目的地码头进行装运工作，根据其设计载重量，可以实现同时装载 3 台卸船机。而半潜船“泰安口”配合潮汐可满足用户码头高程要求，解决

91-117机械工业 2月下 第6期.indd 102 2021/9/6 16:34:53

了码头面高差大的问题。同时运输船装载 3 台卸船机后，应具有足够稳性，以抵抗运输过程中风浪流联合作用的影响。现对“泰安口”装载 3 台卸船机进行稳性分析计算，稳性计算依据中国船级社《船舶法定检验技术规则 2014》和运输船《完工装载手册》相关要求和数据，半潜船按无限航区要求进行稳性计算，驳船“泰安口”按沿海航区要求进行稳性计算，经计算稳性满足要求，参见图 1。

2.3 运输船停靠

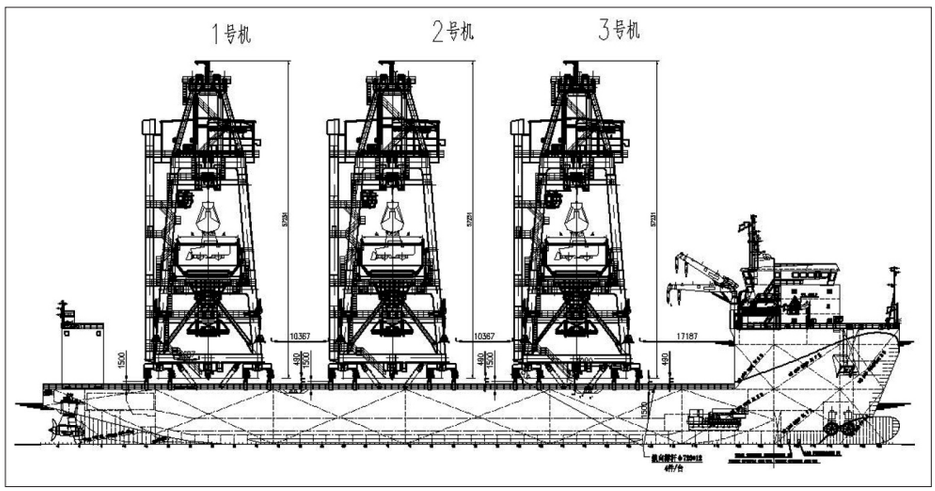

图 1 卸船机整机装载示意图

在设备输运过程中，由于设备较大，受风面较大，故而设备运输船只的配置上一定要符合海上船舶运输安全规范的要求。设备的海上运输受气候影响较大，特别是遇到大风时候将直接威胁到运输的安全，在运输途中应密切关注天气变化，根据天气预报的变化控制海上运输的进程，必要时要安排船只进港避险。在卸船机设备安全运抵目的地码头后，顺靠柳钢防城港基地 103 泊位，将运输船调整到滚装位置，停靠、带缆，提前做好滚装上岸的准备，参见图 2。

2.4 过桥梁分析

3 台 1800t/h 卸船机滚装上岸时，需要铺设过桥梁，也就是在整机运输驳船和码头面之间搭设临时轨道梁，便于整机滚装上岸，一共 4 根。长度为 6m，

在搭设时，应保证卸船机门腿位置和过桥梁搭设位置相对性。过桥梁材料选择 Q355 低合金高强钢，将轨道设置在梁的顶面，在两端设置一定锥度，提高过桥梁中间部位受力程度，使其能够适应滚装过程中，船舶提升所产生的角度差。在整机上岸过程中，当卸船机从驳船向码头过渡时，整段过桥梁会处于悬空状态，结构受力最大，为确保安全，应针对整段过桥梁展开受力分析。单根轨道承载 4 个车轮，单个车轮的轮压为 350kN，车轮间距为 1050mm。过轨梁一端支撑于运输船甲板上，一端支撑于码头上，码头支撑点距码头海侧轨道约为 2m。滚装过程中，车轮沿铺设于甲板及码头上的轨道从运输船向码头缓缓移动。当第一个车轮压上过轨梁码头支撑点时，过轨梁码头支撑点将承受最大载荷，为 104t。

2.5 整机滚装上岸及工艺要点

桥式抓斗卸船机整机运输到岸后，随机开展滚装上岸工作，整机滚装流程和操作工艺分为以下几点：

（1）半潜船“泰安口”在外海锚地等待航道开放后驶入航道，配载拖轮并行驶至防城港 103 泊位码头靠泊、调整位置、停泊、带缆固定。

（2）将临时轨道搭建在码头面处，布置好牵引卷扬机并进行固定，指导施工队伍对导向轮进行焊接、安装用于牵引和保护的钢丝绳、对绑扎固定卸船机的撑杆进行解除，

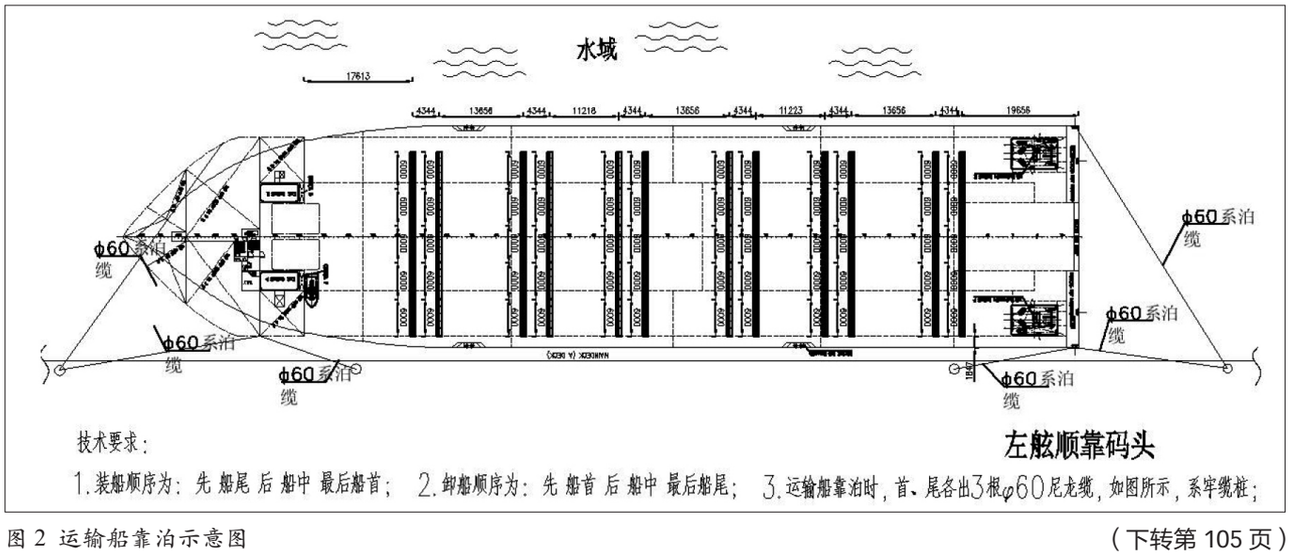

图 2 运输船靠泊示意图

（下转第 105 页）

91-117机械工业 2月下 第6期.indd 103　　2021/9/6 16:34:54

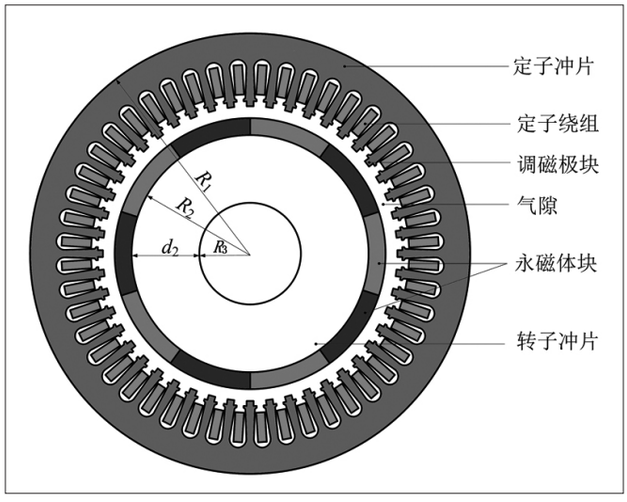

图 起升直驱电机平面结构示意图

$$P_s = Z - P_o \qquad (2)$$

$$i = \frac{P_s}{P_o} = \frac{n_o}{n_s} \qquad (3)$$

$$n_s = \frac{n_o}{i} = \frac{60f}{Z - P_o} \qquad (4)$$

由公式（4）得知，新型永磁电机的输出转速与绕组频率，绕组极对数和定子槽数（调磁极块数）有关。其中绕组频率和绕组极对数决定电机绕组磁场的机械转速，绕组极对数和定子槽数决定了内外磁场的传动比。

3 结语

门式起重机起升机构由于其低速大扭矩的特性，使得通用减速器在运行过程中不可避免的会产生一系列故障。通过引入具有调制作用的永磁直驱电机代替传统门式起重机起升传动系统，取消齿轮箱，减少传动环节，增加系统效率的同时还从根源上解决了此类故障，降低了设备运维成本。

参 考文献：

[1] 王虎生，侯云鹏，程树康．无接触永磁齿轮传动机构发展综述 [J]. 电工技术学报，2008,(2)：72- 73.

[2] 江建中，刘新华．新型磁场调制式磁性齿轮的设计研究 [D]. 上海：上海大学，2008.

[3] 陈栋，王敏，易靓，等．磁齿轮复合永磁电机综述 [J]. 电机与控制应用，2015(03):1-6.

[4] 葛研军，万宗伟，王雪，等．新型永磁复合电机的设计与优化 [J]. 电机与控制应用，2018，45（06）．

作者简介：万宗伟（1992-），男，汉族，湖北武汉人，硕士，助理工程师，研究方向：装卸设备维修与维护。

（上接第 103 页）

搭设过桥梁。

（3）准备工作完成后，利用潮位并配合船舶吃水进行调整至合适高度，开始卸船机整机滚装的牵引工作，保证 2 台卷扬机同时启动，并保证拉点位置处于平衡对称状态，在牵引卸船机过程中，为了使半潜船能够保持平衡，应进行连续调载，并随时监控船只发生侧倾现象，避免甲板轨道和过桥轨道产生过大的高度差。一旦卸船机就位，为了避免卸船机出现滑移现象，应第一时间在临时轨道上对行走止档进行焊接。

（4）卸船机两个大车平衡梁中间位置各使用两台规格为 320 吨的液压千斤顶进行顶升操作，将行走台车旋转 90°，同时对千斤顶进行调整，保证卸船机处于落轨状态，在卸船机落轨后，将卸船机牵引至指定位置，锚定。

3 结语

结合具体工程情况对大型钢结构件海上安全及运输方案作出选择，科学有效的滚装安装方案以及运输方案能够将项目工期有效缩短，使施工场地占用时长进一步缩短，最终实现工程投入成本的有效降低。

桥式抓斗卸船机整机海上运输具有较高的风险系数，其滚装过程同样具有这一特点，需要严格把控滚装上岸以及卸船机海固计划的全部环节，同时与工程施工情况有效结合，进而制定出更加科学有效的方案，使工程细节得到进一步把握。

对于一些特殊工况（如：用户码头与发运码头存在高差大的情况等），应当在对运输船型进行择取时以恰当、合适为首选条件，同时为确保滚装上岸工作以及卸船机输运能够得到有效开展，采取恰当的滚装方案及船型是其中较为关键的工作内容。

参考文献：

[1] 陶伟，林星铭，张超．叠船整机运输与滚装工艺在电厂码头的应用 [J]. 水运工程，2020(05): 148-152.

[2] 汪宗华．北仑 2100t/h 卸船机整机滚装及海上运输 [J]. 港口装卸，1996(04):5-9.

[3] 张涛，严俊，高义超．大型卸船机整机滚装上岸施工技术 [J]. 中国港湾建设，2014(11):51-54.

[4] 徐乐艺．独山煤炭码头大型卸船机滚装上岸工艺 [J]. 港口装卸，2016(03):35-37.

[5] 陈再新，王沂．桥式抓斗卸船机“半吊装半滚装”整机上岸工艺 [J]. 港口装卸，2018(04):47-50.

作者简介：王儒超（1984-），男，汉族，内蒙古赤峰人，本科，研究方向：电气自动化。

91-117机械工业 2月下 第6期.indd 105 2021/9/6 16:34:54