

海洋科考船码头设计要素和要点研究及应用

王红尧, 吴周翔, 覃杰

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 随着国内海洋开发、海洋科考及海洋维权等需求的日益增加, 现有的科考船码头普遍无法适应大型及新型科考船的实际需求。为了更好地推进海洋科考船码头的规划建设, 通过对海洋科考船码头营运模式和功能需求两大功能要素、船型要素分析总结, 提出了海洋科考船码头设计过程中的选址、水域布置、装卸工艺、水工结构、后方陆域及配套工程等要点, 可为后续类似海洋科考船码头工程设计提供参考。

关键词: 海洋科考船; 码头; 设计要素; 设计要点

中图分类号: U651.4 文献标志码: B 文章编号: 2095-7874(2024)03-0061-05

doi: 10.7640/zggwjs202403011

Research and application of design elements and key points of marine research vessel dock

WANG Hong-yao, WU Zhou-xiang, QIN Jie

(CCCC FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510230, China)

Abstract: The existing marine research vessel docks are generally unable to meet the actual needs of large and new research vessels. In order to better promote the planning and construction of marine research vessel docks, through the analysis and summary of the two main functional elements of the operation mode and functional requirements, and the vessel type elements of research vessel docks, the key points in the design process of research vessel docks are proposed, such as site selection, water area layout, loading and unloading process, hydraulic structure, rear land area and supporting engineering, which can provide reference for the subsequent engineering design of similar marine research vessel docks.

Key words: marine research vessel; dock; design element; key points of design

0 引言

目前, 随着海洋资源开发、海洋科学考察及海洋权益维护等工作的日益增多, 多功能的海洋科考及保障船舶建成并投入使用, 但海洋科考船码头作为以上工作正常开展的基础, 其数量及船舶大型化带来的结构性缺口都较大。国内海洋科考船现有码头大部分建于20世纪七八十年代, 由于建设年代久远, 普遍存在码头吨级小、设施功能不全、维护费用高、综合利用效率低等弊端, 目前部分新下水的海洋科考船租用货运码头兼靠泊作业, 但存在便利性较差及功能交叉的问题。同时, 国内外对于该类船舶码头的建设没有专门的规范要求, 一般都参照相关的客运及货运码头

规范开展设计。综合考虑海洋科考船舶大型化及码头现状情况, 国内已在逐步加快推进相关海洋科考船码头的建设。为了更好地推进海洋科考船码头的规划建设, 急需对该类型码头的相关要素及不同于常规码头的设计要点进行总结分析。

1 设计要素分析

1.1 海洋科考码头功能要素

1) 营运模式

海洋科考船目前主要服务于国家基础性、公益性、战略性的海洋科研项目, 其营运根据年度计划安排开展。部分海洋科考船一般年初统一下达科考任务后陆续出海作业, 期间每艘船舶根据其承担的任务和作业海区海况的不同, 需要回港

4~8 次进行人员轮换、仪器设备和管材器具更换、作业方法模式切换、生产和生活物资补给等,所有船舶通常于每年 9—12 月陆续完成年度任务后回港,并开展仪器设备和船舶的检修维护和休整等工作,海洋科考船每年出海工作时间约占三分之二,靠泊时间约占三分之一。也有部分船舶根据任务需求不定时出海作业,回港根据任务完成情况确定,任务较少的年份,一年中大部分时间可能都存在在港靠泊的情况。与常规货运码头营运相比,海洋科考船码头明显存在进出港及停靠次数少、单次在港停靠时间长的特点^[1],部分海洋科考船还存在年末集中回港休整的情况,需要考虑所有船舶同时靠港的泊位需求,此外还需要考虑部分船舶的双档靠泊。

2) 功能需求

海洋科考船码头与常规的货运码头在陆域功能上区别较大,首先科考码头陆域可能具有实验、教学、办公、实习等多种功能,对于环境宜居性要求较高,在交通、绿化、管线布置等方面应按照科研园区进行设计,将生态、休闲等城市功能融入港区陆域,打造独一无二的“绿色科研港区”。其次,一般港区陆域的排水重现期按照 2 a 设计,而作为科研园区在设计中需要根据面积及功能适当提高陆域排水重现期,优化整体陆域及建筑的

高程设计。另外,相较于货运港区陆域,科研园区对于整体工后沉降的可接受程度低,需要采用相应的措施尽可能降低工后沉降对营运的影响。

1.2 海洋科考船船型要素

目前国内科考船种类较多,包括调查研究海洋地质、气象、水文、生物等特殊任务的船舶,也包括海洋开发、海洋综合执法保障等特殊船舶。这类船舶有其自身的特点,与一般的货船差别较大。根据相关调研整理及码头设计经验的总结,海洋科考船船型主要要素及部分海洋科考实船船型参数分别见表 1 和表 2。

表 1 海洋科考船船型主要要素表

Table 1 List of main elements of marine research vessel type

船型要素名称	要素主要内容
船型主尺度	船长、型宽、满载吃水、干舷高度、吨级及排水量、受风面积等
补给舱口位置及方式	各补给舱口在船舶的位置(左右舷、上下及前后等)、通岸接头、货梯的配备
船舶用水量	每天的船舶用水量、供水及消防接口
船舶发电机参数	船舶的柴油发电机(或称辅机)数量、功率、电压及频率,属于低压还是高压
船舶的起重设备	船吊的配备情况以及具体位置
船舶操纵性能	艏或艉侧推、全回旋、动力定位系统配备情况
其他特殊要素	船底设备凸出、甲板上部装置高度等

表 2 部分海洋科考实船船型参数表

Table 2 Part of the marine research vessel type parameters

设计船型	总长/m	型宽/m	满载吃水/m	总吨(GT)	排水量/t	干舷高度/m	船舶操作性能说明	备 注
海洋六号	106.00	17.4	5.72	4 335	4 650.0	2.5	DP1/双全回转电力推进	凸出船底 0.45 m 安装多波束探头导流罩
海洋地质八号	88.00	20.4	6.20	6 918	6 585.5	1.8	双调矩桨电力推进	
海洋地质十号	75.80	15.4	5.30	2 758	3 490.7	2.3	DP2/双全回转桨电力推进	钻机塔顶距水面高度 33 m、凸出船底 0.45 m 安装多波束探头导流罩
奋斗四号	68.45	10.0	3.70	649	1 183.4	1.7	双调矩桨	凸出船底 0.40 m 安装多波束探头导流罩
向阳红 31	89.00	18.0	5.10	3 381	3 950.0	2.1	设艏侧推、艉推全回转	
向阳红 14	110.90	15.2	6.80	3 141	4 440.0	2.7	需拖轮协助停靠	凸出船底 0.40 m 安装多波束探头导流罩
雪龙号	166.43	22.6	9.00	15 352	21 250.0	4.5	可调桨,需拖轮协助停靠	

科考船船型主要要素特点如下:

1) 海洋科考船整体吨级较低,主要以船舶总吨 GT5 000 内为主,整体的干舷高度较小,基本在 1~3 m,但整体的受风面积比一般货船大。海洋科考船超过船舶总吨 GT10 000 的整体较少,部分新建的吨级较大的船型可以达到船舶总吨 GT40 000。相较于普通货船,海洋科考船的吃水

偏小,满载吃水与空载吃水相差不大。结合我国海洋科考船装备建设的发展趋势,船型多样化及大型化趋势明显,包含了单体、双体、小水线面双体和三体船型等^[2]。

2) 大部分海洋科考船设置艏侧推、艉推全回转,可实现原地回转,特别是新下水的部分船舶都配备动力定位系统,通过控制系统驱动船舶推

进器来抵消风、浪、流等环境外力对船身的作用,保持船舶在海平面某要求的位置^[3],因此海洋科考船的操纵性能较高。

3) 海洋科考船发电机以低压为主,绝大部分频率为 50 Hz,但部分船舶受业务功能范围影响频率为 60 Hz。

4) 海洋科考船一般均配备部分小型的船吊,主要满足常规的船舶物资补给及部分小型设备仪器的吊取。但对于大型设备仪器及部分特殊重件一般都需要考虑码头的装卸设备。为解决科考设备种类日益增加与海洋综合科考船空间有限之间的矛盾,科考设备逐步模块化,同时考虑备航时间及装卸复杂程度等问题,将集装箱引入到海洋综合科考船的装备体系^[4],因此海洋科考船存在集装箱的装卸需求。

5) 根据业务功能需要,部分海洋科考船需要安装多波束探头导流罩等水下设备,相应的船舶设计吃水需考虑设备凸出船底约 0.45 m,该吃水影响水域通航水深的要求。同时,部分新建的地质科考船舶甲板上部设置钻机固定设备,钻采船水线以上高度小的有 33 m,高的达到 74.5 m。例如国外现有的“乔迪斯·决心号”钻塔高 61.5 m,能操作 9 150 m 钻杆;“地球号”钻探船井架高 70.1 m,能操作 10 000 m 的钻杆^[5],因此对于部分海洋科考船通航的净高有相关的特殊要求。

2 海洋科考船码头设计要点分析及应用

由于目前国内的海洋科考船码头主要还是以年代久远的老码头为主,新建的码头数量有限,建设及设计经验都相对比较欠缺。随着国内海洋开发、海洋科考以及海洋维权等需求的日益增加,相应的海洋科考船数量逐步增加,船舶大型化趋势也日益明显,对于科考船码头的综合保障功能也提出了更高的要求。为了更好地分析总结海洋科考船码头与其他常规码头的技术要点的主要区别,结合已建及在建的科考船码头设计经验进行分析总结。

2.1 选址要点

海洋科考船码头港址的选择与常规货运码头存在较大的区别,除了需要考虑常规的自然条件、通航条件、集疏运条件及外协条件,还需要结合全国科考码头的布局规划、科考任务的实施效率、人员轮岗及船舶补给的便利性等因素。例如,大型的国之重器的海洋科考船码头需要考虑全国沿

海北、中、南的均衡布局,适应其科考船功能发挥及正常补给;重点任务涉及南海开发、研究及维权等为主的科考船码头应重点考虑珠三角、北部湾以及海南的港址布局,尽可能选择通江达海、区域几何中心的岸线,同时海洋科考船码头的选址需要充分考虑人的因素,分析科考任务的执行单位及人员的区域分布,尽可能提高人员轮岗及船舶补给的便利性。目前广州、海南等在建或已建成的科考船码头选址均考虑了以上因素。

2.2 水域布置要点

海洋科考船营运过程中存在进出港频次低、单次在港时间长的特点,设计中需要了解各类科考船在实际营运中的功能要求,若不存在特别紧急出任务的需求,可以结合建设条件适当考虑一定的乘潮通航,减少回旋水域、连接水域以及支航道等疏浚的工程量,降低项目建设投资,同时也可以减少营运期的维护成本。另外,对于码头前沿停泊水域宽度需要考虑营运期科考船并靠的需求,适当拓宽停泊水域,结合单次在港时间长的特点,码头前沿停泊水域的设计底高程建议采用当地理论最低潮面起算。同时在码头水域底高程的计算中应考虑设计代表船型凸出船底部分吃水的影响,保证通航的安全性。

海洋科考船的操纵性能优良,很多千吨级以上的船舶都可以满足全回转及侧推的要求,部分大型船舶还配备了动力定位系统,因此在港池水域环境无特别不足情况下,回旋圆的直径可以考虑取规范的小值。

2.3 装卸工艺要点分析

海洋科考船一般均配备部分小型的船吊,常规的船舶物资补给及部分小型设备仪器可由船吊完成,但大型重件、集装箱等需要特定的码头装卸工艺。结合海洋科考船的装卸货物特点,若采用流动机械作业,一些大型重件重量达到 50~60 t,需配置 200 t 以上汽车吊,此外,作业面覆盖范围有限,且其支腿压力较大,水工结构需设置专用结构用于打支腿作业。若自购流动机械,其价格基本等同于门座起重机价格。若租用流动机械,每台班租用费用为 2 万~3 万元,按照科考船 4 航次/a,估算年设备租用费大约几十万左右,长期租用费用较高。因此,大型重件装卸量及频次极少的可以租用流动机械满足装卸要求;每航次均有一定的重件及集装箱装卸需求的建议采用门

座起重机或固定吊。

海洋科考船码头涉及大重件的运输,有些重件可能还需要定制牵引平板车,因此码头平面布置在水平运输上应考虑牵引平板车通行、转弯、甚至掉头的需要。同时,部分装卸重件在宽度、高度上可能存在需求,因此码头平面布置在水平运输路线上还应满足通行净空及净宽的要求,合理布置相关的建构筑物、灯杆等设施。

2.4 水工结构要点分析

由于海洋科考船存在集中到港且单次在港时间较长的特点,一般的海洋科考船码头都存在双档靠泊的情况,因此在新建海洋科考船码头水工结构受力计算中应考虑相关设计代表船型双档靠

泊的需求。同时,由于海洋科考船的干舷整体较低,且船型间差距较大,在码头护舷及系船柱的设置上需要考虑不同吨级船舶的需求,设计中需要调研海洋科考船的靠泊组合及情况,对于泊位相对固定的组合两端和泊位间富裕长度区域可加密系船柱,避免出现 2 船共用 1 个系船柱或者缆绳交叉的情况。

海洋科考船的受风面积较常规的散货船及杂货船大,比邮轮等客船小,因此在水工结构受力计算中应调研具体项目中的海洋科考船实船参数,以便于保证计算的合理性,避免出现受力计算不足或者富裕过大的情况。海洋地质科考船受风面积与客船和杂货船的对比如表 3 所示。

表 3 各类船型受风面积对比表

Table 3 Comparison of wind affected area of various vessel types

船舶类型	总吨或载重吨	排水量/t	受风面积/m²				备注
			横向		纵向		
			满载	压载	满载	压载	
海洋科考船 (GT)	6 918	6 586	1 141.6	1 248.9	370	395	参考海洋地质八号
	4 335	4 650	920.5	975.5	245	255	参考海洋六号
客船(GT)	7 000	6 900	1 880.0	1 890.0	473	493	
	5 000	5 110	1 500.0	1 510.0	410	428	
杂货船(吨级)	5 000	8 440	1 003.0	1 243.0	205	271	
	3 000	5 210	732.0	887.0	146	198	

注：客船及杂货船为海港总体设计规范中受风面积保障率 90%的船舶参数^[6]。

2.5 后方陆域要点分析

海洋科考船码头后方陆域不同于货运港区,虽然可能会有部分堆场及仓储功能,但在整体布局及设计中更接近科研园区,交通、绿化等环境舒适度的要求更高。

同时,科研园区对陆域整体工后沉降的可接受程度较货运港区低,在设计中应采取措施来提高营运期的适应性,例如相关建筑结构地面宜采用钢筋混凝土结构板,各建筑室内与室外管线在建筑单体外设置管井分界,建筑单体进出门槛局部考虑二次加固处理等。

2.6 配套工程要点分析

根据国家高标准环保政策的要求,海洋科考船码头需要配置相应的岸电设置。结合目前海洋科考船的特点,变电所的设置需要满足给船舶低压供电的要求,同时,对于有特殊供电需求的海洋科考船码头,应建设具备工频及变频的船舶岸电设施。

海洋科考船码头陆域排水需要在货运港区基础上适当提高排水重现期,建议陆域排水重现期按 5 a 设计,同时合理设置高程系统。

3 结语

在国内海洋开发、海洋科考以及海洋维权等需求日益增加的背景下,结合科考船逐步大型化及现有科考船码头适应性差的实际情况,对科考船码头的功能要素和船型要素进行了分析总结,并提出了海洋科考船码头的设计要点:1) 海洋科考船码头的选址需要考虑全国科考码头的布局规划、科考任务的实施效率、人员轮岗及船舶补给的便利性等因素;2) 海洋科考船码头水域布置需结合船舶性能、具体的营运及功能需求合理优化水域尺度,保障设计船型的通航安全及长时间的在港靠泊需求;3) 海洋科考船码头装卸工艺结合营运需求分析,对于大型重件装卸量及频次极少的可以租用流动机械满足装卸要求,对于每航次均有一定的重件及集装箱装卸需求的建议考虑门

座起重机或固定吊。码头水平运输应考虑牵引平板车通行、转弯、甚至掉头的需要, 水平运输路线上还需要考虑大重件通行净空及净宽的要求, 合理布置相关的建构筑物、灯杆等设施; 4) 新建科考船码头水工结构受力计算中需要考虑相关设计代表船型双档靠泊的需求以及实船受风面积的情况。同时, 在码头护舷及系船柱的设置上需要考虑不同吨级船舶的需求, 对于泊位相对固定的组合两端和泊位间富裕长度区域可加密系船柱, 避免出现 2 艘船共用 1 个系船柱或者缆绳交叉的情况; 5) 科考船码头后方陆域设计中需要采取一定的措施来提高营运期对工后不均匀沉降的适应性; 6) 科考船码头需要满足给船舶低压供电的要求, 特殊情况下还需具备工频及变频的船舶岸电设施。建议科考船码头后方陆域排水重现期按 5 a 设计, 同时合理设置高程系统。以上设计要点在目前广州、青岛以及海南等建设的海洋科考船码头中都有相应的考虑及应用, 也可为后续类似的海洋科考船码头工程提供参考。

参考文献:

- [1] 吴曼涓. 某科考船基地码头工程选址研究[J]. 中国水运, 2020, 20(5): 131-134.
- [2] 孙月明, 李茂林, 姚忠山. 海洋调查船装备建设发展趋势研究[J]. 船舶科学技术, 2022, 44(19): 170-174.
- [3] 郑荣才, 宋健力, 黎琼, 等. 船舶动力定位系统[J]. 中国惯性技术学报, 2013, 21(4): 495-499.
- [4] 汤清之, 邹旭东, 陈英, 等. 海洋综合科考船模块化装备发展展望[J]. 船海工程, 2023, 52(1): 36-40.
- [5] 赵义, 蔡家品, 阮海龙, 等. 大洋科学钻探船综述[J]. 地质装备, 2019, 20(3): 11-14.
- [6] JTS 165—2013, 海港总体设计规范[S].
- WU Man-juan. Research on site selection of wharf project of a research ship base[J]. China Water Transport, 2020, 20(5): 131-134.
- SUN Yue-ming, LI Mao-lin, YAO Zhong-shan. Research on the development trend of marine research vessels equipment construction[J]. Ship Science and Technology, 2022, 44(19): 170-174.
- ZHENG Rong-cai, SONG Jian-li, LI Qiong, et al. Dynamic positioning system of ship[J]. Journal of Chinese Inertial Technology, 2013, 21(4): 495-499.
- TANG Qing-zhi, WU Xu-dong, CHEN Ying, et al. Development prospect of the modular equipment for multi-purpose research vessel[J]. Ship & Ocean Engineering, 2023, 52(1): 36-40.
- ZHAO Yi, CAI Jia-pin, RUAN Hai-long, et al. Overview of ocean scientific drilling vessels[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2019, 20(3): 11-14.
- JTS 165—2013, Design code of general layout for sea ports[S].

《中国港湾建设》期刊 2024 年征订通知

《中国港湾建设》期刊为月刊, 每月 25 日出版, 定价 20 元/册, 全年 240 元。

订阅办法:

订户可通过银行或网银转账, 汇款后将汇款凭证发送到《中国港湾建设》编辑部邮箱, 并注明期刊邮寄详细地址及姓名。本刊开户银行: 交通银行天津学苑支行, 银行账号: 120066023018010031133 户名: 中交天津港湾工程研究院有限公司。请在汇票上注明“中国港湾建设款”。

如需开发票, 请注明发票抬头、单位纳税人识别号(个人须提供身份证号)、地址、电话、开户行名称及账号, 否则将无法开具增值税发票。

另外还有《港口工程》1993—1996 年两年精装合订本, 每册 80 元; 1997—1998 年两年精装合订本, 每册 100 元; 《中国港湾建设》1999—2000 年、2003—2006 年两年精装合订本, 每册 120 元(大 16 开); 2007—2013 年一年精装合订本, 每册 100 元(大 16 开); 2014—2023 年半年精装合订本, 每册 100 元(大 16 开, 全年 200 元); 定价均含邮资。

本刊还开展广告业务, 欢迎惠顾。

如需本订单电子文档, 可从本刊网站下载。

本刊邮箱: zgghwjs@126.com

网址: www.zgghwjs.com