

内河平原航道锚泊区新型结构方案

仝 佗

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 锚泊区是内河平原航道的重要配套工程, 主要包含船舶停泊水域及系靠泊设施。目前内河平原航道锚泊区多采用重力式结构。传统的重力式结构混凝土用量大、造价较高, 且由于干地施工需求, 局部航段需设置施工临时围堰。内河平原航道多同时承担防洪、灌溉、排涝任务, 河道中建临时围堰施工工期长, 汛期影响防洪。针对传统锚泊区结构形式存在的问题, 以京杭运河济宁至台儿庄(济宁段)航道“三改二”工程为例, 创新地采用趸船浮式结构和高桩墩式结构。与传统的重力式结构相比, 该结构无需临时施工围堰, 可水上施工, 更有利于河道行洪, 对地基适应性强。为内河平原航道锚泊区结构形式的选择提供了新思路, 对类似工程的建设具有借鉴意义。

关键词: 内河平原航道; 锚泊区; 趸船浮式结构; 高桩墩式结构

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)08-0145-06

New structural scheme for anchorage zone of inland plain waterway

TONG Tuo

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The anchorage area is an important supporting project of the inland river plain channel, mainly including the waters where ships are moored and mooring facilities. At present, the gravity structure is often used in the anchorage area of the inland river channel. The traditional gravity-type structure needs a large quantity of concrete and high cost, and a temporary cofferdam should be installed in the local navigation section to meet the demand of dry land construction. The inland plain waterway mostly undertakes tasks of flood control, irrigation, and drainage at the same time. The construction period of temporary cofferdam in the river is long and affects flood control during the flood season. In view of the problems existing in the traditional anchorage structure, the pontoon floating structure and high-piled pier structure are innovatively adopted in the “three-to-two” navigation channel project from the Grand Canal Jining to Tai’erzhuang district(Jining section). Compared with the traditional gravity structure, it can be constructed on water and does not need temporary construction of cofferdam. Meanwhile, it is more favorable for the river flood discharge and has better adaptability to the foundation, which provides a new idea for the selection of the structural form of inland waterway anchorage area and may serve as a reference for the construction of similar projects.

Keywords: inland plain waterway; anchorage; pontoon structure; high-piled pier structure

锚泊区是内河平原航道的重要配套工程, 主要包含船舶停泊水域及系靠泊设施。其主要功能是为沿线航运船舶提供临时系靠泊水域, 为航政

部门的水上交通安全管理和检查超载等提供配套服务。在航道沿线建设锚泊区可有效改善通航秩序, 保障水上运输高效、便捷和安全。目前, 内

收稿日期: 2020-11-17

作者简介: 仝佗(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港航工程设计咨询工作。

河平原航道锚泊区多采用重力式结构,其具有构造简单、施工方便、结构坚固耐久、墙身整体性好和抗撞击能力强等优点;但混凝土用量大、造价较高,且由于干地施工需求,局部航段需设置施工临时围堰。内河平原航道多同时承担着重要的防洪、灌溉、排涝任务,河道中建临时围堰施工工期长,汛期影响防洪。

京杭运河济宁至台儿庄(济宁段)航道起点为京杭运河与跃进沟河口交汇处,终点为济枣市界(韩庄船闸下游引航道),目前没有正规的锚泊区。航道沿线有多处临时停泊点,没有固定的船舶系靠泊设施,设施简陋,存在较大的安全隐患。为保障水上交通安全,根据航道特点,本工程共设置 5 处锚泊区,锚泊区结构采用趸船浮式结构和高桩墩式结构。与传统的重力式结构相比,该结构无需临时施工围堰,可水上施工,更有利于河道行洪;且趸船及桩基均为工厂预制结构,具有施工速度快、安全环保、节省人力成本等优点,对内河平原航道锚泊区结构形式的选择具有借鉴意义。

1 项目概况

1.1 工程概况

京杭运河济宁至台儿庄(济宁段)航道“三改二”工程航道起点为济宁市跃进沟河口,终点为济枣市界(韩庄船闸下游引航道),全长 140.725 km(以微山一线船闸计)以及微山二线船闸航道段长 7.442 km,总长 148.2 km,航道等级为Ⅱ级。按照航行 2~3 h 设置 1 处锚泊区,结合船流密度、现场水域条件及船民多年形成的上岸点习惯,在航道沿线共设置 5 处锚泊区,其中上级湖设置 3 处,下级湖设置 2 处。自北向南依次为洙水河、南阳、留庄、微山、韩庄锚泊区(图 1)。锚泊区总岸线长度 9.5 km,其中洙水河锚泊区 2 km,微山锚泊区 3 km,其余 3 个锚泊区均为 1.5 km^[1]。

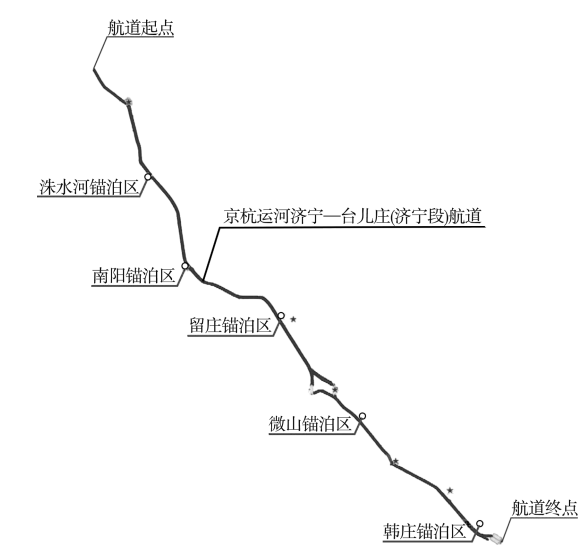


图 1 锚泊区分布

1.2 自然条件

本工程地处暖温带半湿润季风气候区,属暖温带季风型大陆气候,具有冬夏季风气候特点,四季分明,冬寒干燥,夏热多雨。常年主导风向冬季多东北风,夏季多东南风。年平均风速 3.4 m/s,年平均大风天数达 14.4 d,最多为 24 d,最大风速可达 22.3 m/s(1974 年 4 月 24 日)。

根据 GB 50139—2014《内河通航标准》,Ⅱ级航道设计最高通航水位采用 20 a 重现期标准;设计最低通航水位采用南水北调设计输水位和南四湖死水位。设计水位见表 1。

表 1 航道设计特征水位(85 高程基准) m				
航道分段	设计最高通航水位 (20 a 重现期)	设计最低通航水位	正常运行水位	设计高水位 (10 a 重现期)
上级湖	36.29	32.8	34.3	35.24
下级湖	35.79	31.3	32.3	34.74

本航道属淮河流域,沿线从济宁穿越南阳湖、独山湖,过二级坝、昭阳湖、微山湖,属典型的湖底平原地貌,为内陆停滞水堆积成因。河道两侧多洼地,地形平坦,北高南低,以平原为主,地面高程一般 36.0~40.0 m,地面坡降约 1/3 000。本区地貌有剥蚀残丘和冲积平原 2 个单元,剥蚀残丘的风化物经水力和重力搬运堆积于山前,呈

裙状分布，出露面积较小，区内大面积为平原地貌，表层地貌为黄泛冲击层，平面形成岗、坡、洼相间，大平小不平的较为复杂的微地貌景观。场地内主要地层为第四系覆盖层，由淤泥质黏土、黏土、粉质黏土及砂和粉土夹层组成。

2 锚泊区结构形式选择原则及思路

2.1 结构选型原则

- 1)结构选型应结合工程区域场地和地质条件，并应使船舶在锚泊区安全停靠，方便船民上岸，同时考虑工程造价；
- 2)充分研究施工条件，尽量减少征地拆迁和土方开挖量、降低工程投资；
- 3)尽量减少施工期和使用期对河道行洪的影响；
- 4)从安全、生态、经济、便于施工等方面合理地选取锚泊区结构形式，设计施工尽量体现新技术、新材料、新工艺的应用。

2.2 结构选型思路

- 1)考虑船舶靠岸系泊采用丁靠和顺靠方式，结构采用连片段+独立墩式段的组合式布置；
- 2)结合施工期河道行洪安全要求，采用无需临时围堰的水上施工方案；
- 3)根据压矿调查及地质灾害危险性评价结果，综合考虑锚泊区结构的安全性及煤矿生产的需求，选用对地基影响最小的结构形式；
- 4)根据使用要求、自然条件、使用环境、施工条件等因素，选用最优的结构方案。

3 结构设计方案

3.1 传统结构设计方案

京杭运河流经北京、天津、河北、山东、江苏和浙江，山东黄河以南至浙江杭州段已建成双向高等级航道。近些年，京杭运河航道货运量逐年提高，船舶通航密度逐年加大，以往的随意停泊方案具有较大的安全隐患。为此，江苏、山

东、浙江省陆续出台了航道锚泊区(服务区)总体规划，投资逐年增多。希望按照 2~3 h 的航程设置锚泊区，锚泊区岸线长度要方便船队不解编靠泊需要。根据船流密度和现场水域条件，京杭运河锚泊区岸线长度多按 400~1 000 m 进行建设，尚无统一规定^[2]。江苏省锚泊区目前多采用重力式结构，如苏北运河已建锚泊区基本都采用靠船墩式和沿岸直立式墙停靠形式。这种停靠形式方便停靠和上下，但投资较大^[3]。山东省锚泊区建设起步晚，以往船舶多在湖区或河道支流临时停泊。

3.2 设计方案

本工程锚泊区规模大、岸线长，传统的重力式结构对地基要求高，混凝土用量大，造价较高；且在河道中修建围堰施工工期长，汛期影响防洪，干地施工排水工作量大，施工费用高。因此，综合考虑上述因素，在地质条件相对较好的锚泊区采用高桩墩式结构，对受压矿影响、地质灾害危险性程度高的锚泊区采用对后续影响最小的趸船浮式结构。

桩型选择是高桩墩式和趸船浮式结构的重中之重，根据地形条件和使用要求多采用 PHC 管桩、钻孔灌注桩、预制钢筋混凝土方桩和钢管桩等。其中，钻孔灌注桩多适用于有水深限制、打桩相对不便的地形，且一般为直桩，多适用于小型码头；预制钢筋混凝土方桩的桩身抗弯能力和承载力相对较小，目前已很少使用；钢管桩的强度和刚度都比较大、抗弯能力强、承载力高、对各种地质情况都有很好的适应性，但造价相对较高，且需要进行专门的防腐蚀处理；PHC 管桩为先张法高强预应力混凝土桩，混凝土强度等级为 C80^[4]，具有强度、密实性、耐久性、抗渗性高的特点，对各种地质的适用性良好^[5]。

3.2.1 洙水河及留庄锚泊区

根据压矿调查，洙水河锚泊区压覆安居煤矿和济宁三号煤矿；留庄锚泊区压覆枣庄矿业集团

新安煤矿。锚泊区前沿线距设计航道中心线分别为 151 m 和 155 m，岸线长分别为 2 000 m 和 1 500 m，底高程 28.8 m。选择趸船浮式结构，采用丁靠和顺靠组合的靠泊方式。趸船浮式结构由钢质趸船、人行钢联系桥和钢管限位桩组成，钢

质趸船平面尺寸为 59.7 m×8.0 m，人行钢联系桥平面投影尺寸为 6.3 m×1.5 m，限位桩采用 $\phi 1\,000$ mm 钢管桩群，钢管桩长 30 m，桩顶高程 39.8 m，桩间采用 $\phi 600$ mm 钢管作为水平支撑焊接成整体(图 2)。

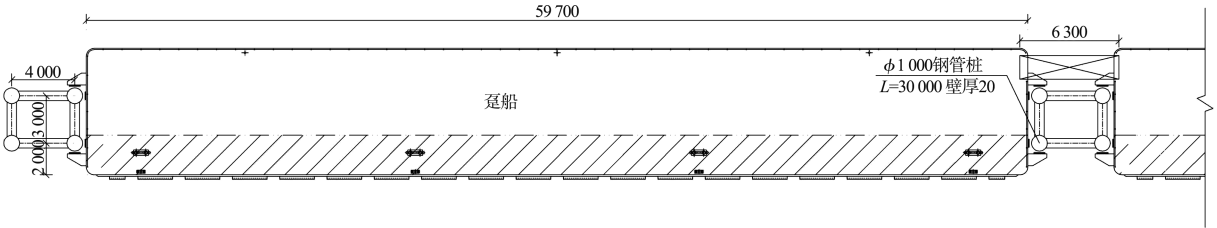


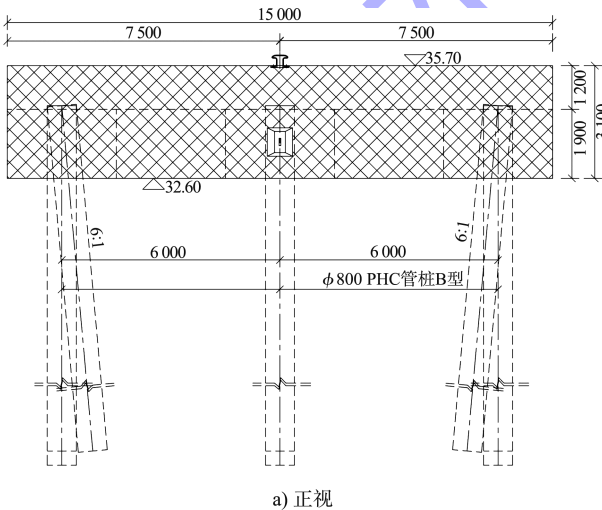
图 2 趸船浮式结构 (单位: mm)

3.2.2 南阳锚泊区

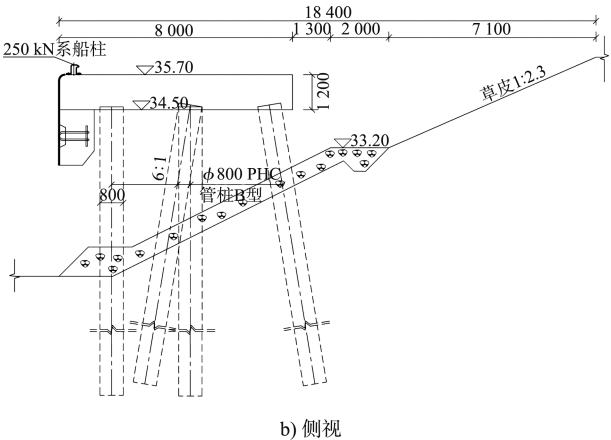
岸线长 1 500 m，其中连片段长 750 m、墩式段长 750 m，采用水上施工的高桩墩式结构。

船舶丁靠段采用连片式布置，长度 750 m，设计底高程 28.8 m，标准段墩台顶高程 35.70 m，墩台宽 8 m、高 1.2 m，结构段长度为 15 m，每个结构段设置靠船构件 5 个，单个靠船构件长 3 m，底部宽 0.8 m，顶部宽 1.2 m，高 1.9 m。为满足

设计最高通航水位时船舶靠泊要求，对连片段按间隔 30.04 m 进行加高，局部加高段墩台顶高程为 36.8 m，长 5 m、宽 1.5 m，桩基采用 3 排 $\phi 800$ mm PHC 管桩，桩长 25 m，临水侧一排为直桩，背水侧 2 排斜桩坡比为 6:1。靠船构件底 32.6 m 至墩台顶采用钢板护面，采用 250 kN 系船环和系船柱，系船环布置在每个结构段的中间，系船柱布置在每个结构段的中间墩台顶位置(图 3)。



a) 正视



b) 侧视

图 3 南阳锚泊区连片段高桩墩式结构 (高程: m; 尺寸: mm)

船舶顺靠段采用独立墩式布置，设计底高程 28.8 m、顶高程 36.8 m，墩台长 4 m、宽 7.3 m、高 1.8 m，单个靠船构件长 2 m，设爬梯结构单个

靠船构件分段长度分别为 2 m 和 1 m，底部宽 0.8 m，顶部宽 1.2 m、高 2.70 m，桩基采用 3 排 $\phi 800$ mm PHC 管桩，桩长 25 m，临水侧 1 排为直

桩，背水侧 2 排斜桩坡比为 5:1。靠船侧高程 32.3 m 至墩台顶采用钢板护面，采用 250 kN 系船环和系船柱，系船环布置在每个结构段的中间，

系船柱布置在每个结构段的中间墩台顶位置，结构纵向间距 20 m，结构之间人行桥采用 1.5 m 宽 T 型梁连接(图 4)。

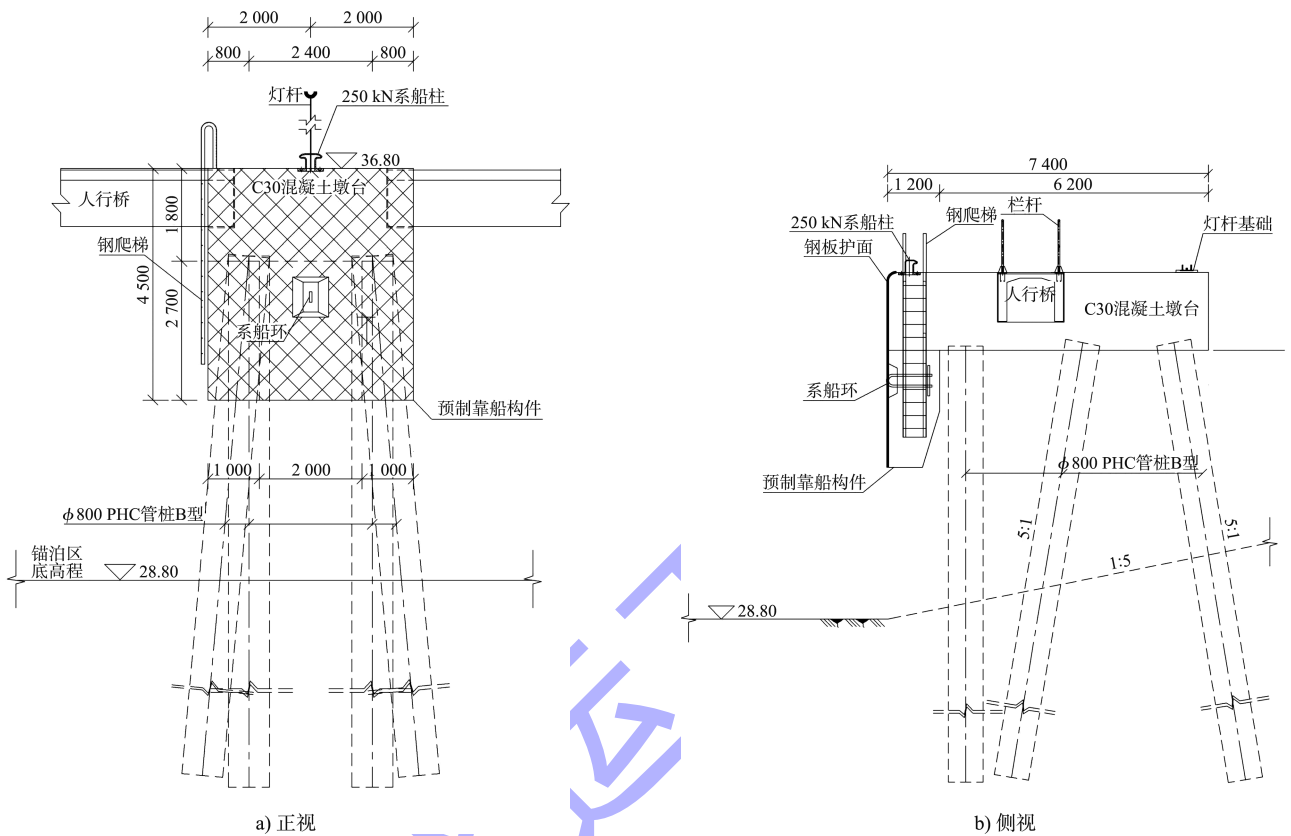


图 4 南阳锚泊区独立墩高桩墩式结构 (高程：m；尺寸：mm)

3.2.3 微山锚泊区

根据地质灾害评估报告和压矿调查结论，微山锚泊区上游段和下游段的上段 400 m 采用趸船浮式结构，下段 1 100 m 采用高桩墩式结构。

趸船浮式结构布置同洙水河及留庄锚泊区。

高桩墩式结构设计底高程 27.3 m、顶高程 36.3 m，靠船构件底高程 30.8 m 至墩台顶采用钢板护面，其余布置同南阳锚泊区。

3.2.4 韩庄锚泊区

岸线长 1 500 m，独立墩式布置，高桩墩式结

构。自结构前沿线往后按 1:5 边坡疏浚至原地面。根据地勘报告，桩基持力层为强风化泥质砂岩，采用打入桩沉桩困难，因此靠船墩桩基采用 3 排 $\phi 1\ 200$ mm 钻孔灌注桩，桩长 20 m。墩台长 4 m、宽 7.3 m、高 1.8 m，顶高程 36.3 m。单个靠船构件长 2 m、底部宽 0.8 m、顶部宽 1.2 m、高 3.7 m。临水侧采用钢板护面，采用 250 kN 系船环和系船柱，系船环布置在每个结构段的中间。墩式结构纵向间距 20 m，结构之间人行桥采用 1.5 m 宽 T 型梁连接(图 5)^[6]。

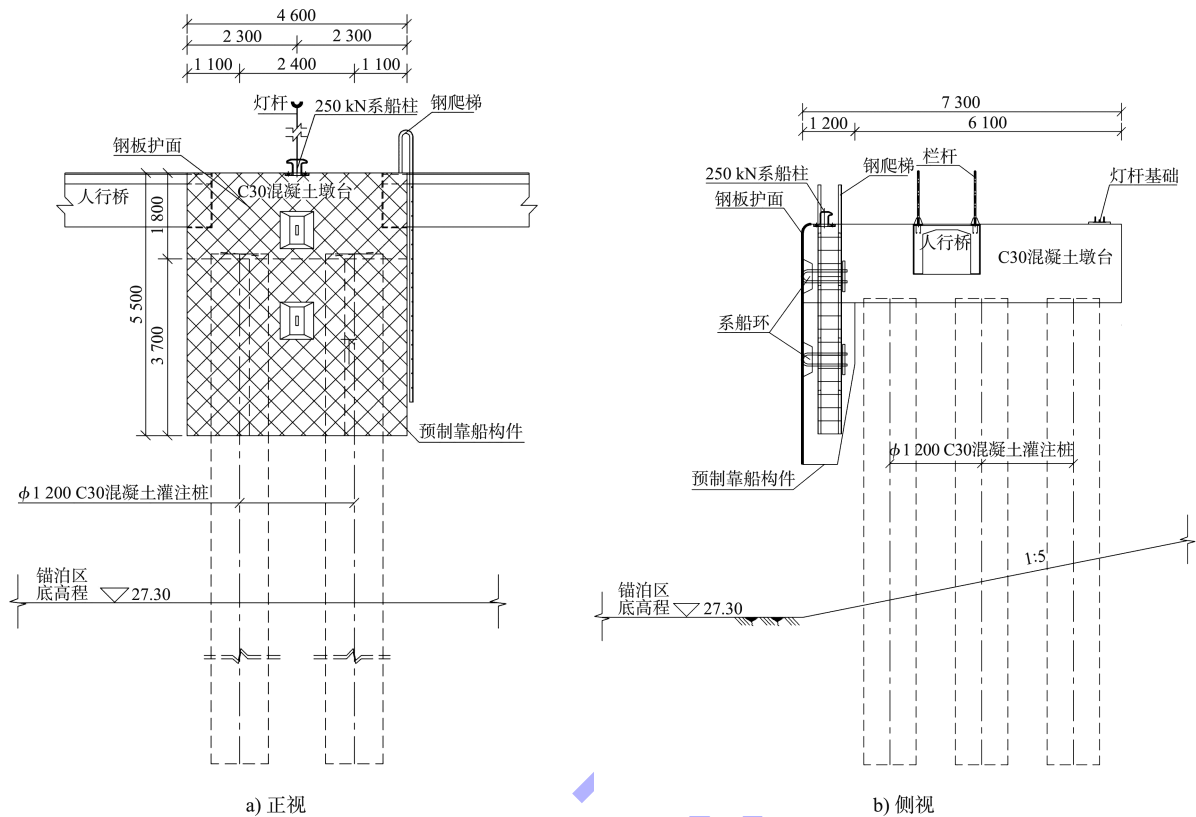


图 5 韩庄锚泊区高桩墩式结构 (高程: m; 尺寸: mm)

4 结 论

1) 锚泊区是内河平原航道的重要配套工程, 结构选型应充分考虑工程区域场地和地质条件, 并应从安全、生态、经济、便于施工和对河道行洪影响程度等方面合理选取锚泊区结构形式。

2) 传统的重力(墩)式结构须设置临时施工围堰, 汛期影响防洪; 趸船浮式结构和高桩墩式结构无需临时施工围堰, 可水上施工, 更利于河道行洪。

3) 根据使用要求、自然条件、使用环境、施工条件等因素, 以及压矿调查和地质灾害危险性评价结果, 综合考虑锚泊区结构的安全性及煤矿生产的需求, 采用对后续影响最小的趸船浮式结构是合适的。

4) 高桩墩式结构桩基和趸船浮式结构钢管限位桩应根据受力要求、土层情况及打桩难易程度, 合理选择管桩或钻孔灌注桩等桩基础结构形式。

参考文献:

[1] 中交水运规划设计院有限公司.京杭运河济宁至台儿庄(济宁段)航道“三改二”工程初步设计[R].北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2016.

[2] 姜兴良, 禹化强.平原限制性航道锚地布置方案[J].水运工程, 2019(10): 119-123.

[3] 金坚良.苏北运河航道锚地建设思考[J].中国水运, 2017(11): 58-59.

[4] 徐卫军, 王剑波, 厉泽逸.高桩梁板码头桩基结构设计方案比选研究[J].人民长江, 2011, 42(20): 52-56.

[5] 方育平, 何文钦.大中型高桩码头不同类型桩基结构的应用与分析[J].水运工程, 2009(7): 87-92.

[6] 中交水运规划设计院有限公司.京杭运河济宁至台儿庄(济宁段)航道“三改二”工程施工图设计[R].北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2018.

(本文编辑 郭雪珍)