

某港区综合码头设计探讨

李文

(江西省港航设计院有限公司, 江西 南昌 330008)

摘 要: 以依托淮河流域的某港口码头为例, 在概述码头建设水文地质条件、到港船型、码头使用要求等的基础上从平面布置、结构方案比选等角度进行了内河码头结构设计分析探讨, 最终选择结构安全稳定性好且符合使用要求的高桩框架结构。该结构钻孔灌注桩虽然施工周期长, 但施工过程及沉桩设备等进场等不受限制, 并能为到港船舶提供多层次条件, 结构可靠稳定性高。

关键词: 港区; 钻孔灌注桩; 内河码头; 设计

中图分类号: U652.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08—0078—02

1 码头概况

某港口依托淮河流域水资源优势, 近年来已经发展成为淮河水系重要的水陆中转集散地以及淮河流域沿线煤炭、建筑材料运输的区域性港口。港口货运泊位 16 个, 且年设计通行能力超百万吨, 但是港口功能较为单一, 泊位利用率不高, 无法为地方经济发展提供所必须的货运条件。自 2010 年以来港口货物吞吐量持续下降, 主要原因在于港区现有码头过于陈旧简陋, 只能为千吨级以下船舶提供泊位, 随着腹地经济的持续发展及流域航运条件的改善, 船舶标准化进程持续推进, 亟需对该港口小码头泊位进行改扩建, 从而提升港口服务腹地经济的能力。

2 码头建设条件

该港口码头所处流域属于暖温带半湿润季风气候区与亚热带湿润季风气候区交接地区, 年气温均值在 10~18℃, 受梅雨峰期及台风等的影响, 暴雨多发生在每年 6~9 月, 年降水量均值 920mm。年风速均值为 2.8m/s, 且主要为东北风。码头拟建河段滩地地上建筑物较多, 且在洪水期内, 港池位于洪水位以下, 不会对河道主槽水流流态及滩地水流流态造成影响。码头拟建区域为冲洪积河谷平原地貌, 沉积层较厚, 主要地层为第四纪晚更新世松散堆积层, 根据物理力学性能及岩性特征可进一步划分为耕土 (Q_4^{ml})、粉质粘土 (Q_3^{al+pl})、粉土 (Q_3^{al+pl})、细砂 (Q_3^{al}) 等亚层。

该港口码头设计前还必须对流域沿线进入船型进行预测分析, 该码头建成后到港的船型不只局限于该流域系列船型, 还包括 300t、500t、1000t、2000t 干散货船以及 30~40TEU 集装箱船, 总长度分别为 36~40m、

44~45m、53~60m、63~68m、37~44m, 船型宽度分别为 7m、8.8m、11m、13.8m 及 10m, 吃水 1.7~2.2m、2.0~2.3m、2.7~3.0m、3~3.2m 及 2.3~2.8m, 其中 1000t 干散货船及 30~40TEU 集装箱船为主要设计船型, 而其余为兼顾船型。码头的建设必须考虑多种船型系靠停泊作业要求。

3 码头设计

3.1 总平面布置

本港口拟建造 20 个 1000 吨级泊位, 按照《河港工程总体设计规范》(JTJ212-2017) 的要求, 在同一码头线上连续设置泊位时, 码头总长度应根据设计船型长和泊位富裕段长度综合确定^[1], 本港口设计船型长 60m, 泊位富裕段长 10m, 则码头总设计长度为 1410m ($=20 \times 60 + 21 \times 10$); 码头面宽度则根据装卸需要按 28m 确定。码头前的停泊水域宽度按照设计船型宽度的 2 倍确定, 即为 22m; 底高程取▽14.0m。沿水流方向的回旋水域长度根据设计船型长度的 2.5 倍确定^[2], 沿水流垂直向的回旋水域宽度则根据设计船型长度的 2 倍确定, 则长轴和短轴分别取 150m 和 120m, 回旋水域标高为▽14.0m。

该港口码头设置在淮河流域分洪道南侧滩地, 滩地开挖过程中形成前沿水域, 且码头前沿线平行于防洪大堤, 在设计长度 1410m 的码头平台布置 20 个 1000t 泊位。码头前部的停泊水域设计宽度 22m, 与停泊水域相邻设置宽度为 120m 的回旋水域; 按照淮河主航道设计标准进行进港航道设计, 即航道底设计宽度 60m。通过所设置的 6 座 15m 宽的引桥连接码头平台和后方道路, 并使引桥末端平交于防洪大堤。

3.2 结构方案设计

该码头工程所在⑥黏土层硬塑~坚硬，标贯击数均值取48.6击，且分布连续，地质条件良好，能充当桩基持力层。结合地质水文条件及设计要求，为确保不同水位条件下所有船型均能靠泊作业，在方案设计阶段主要进行高桩码头与趸船浮码头等形式的比较。

3.2.1 结构方案一

码头平台为框架式桩基梁板结构设计，平台长1410m，宽28m，顶面高程29.3m。排架共190榀，按8m间距设置，且各榀排架下均设置7根Φ1000mm钻孔灌注桩，并在灌注桩顶部现浇联系横梁，上浇1000mm×1000mm立柱。码头平台上部主要包括横纵梁、前后边梁、轨道梁、船舶停靠立柱、面板及磨损层，并将纵向系靠船梁增设于船舶停靠立柱间。该码头平台系缆平台分三层设置，最上面一层系缆平台主要利用的是码头面，其余层系缆平台则由连续的系靠船梁所构成；第二、三层系缆构件高程为24.4m和21.4m。350kN系船柱设置在码头平台前方系梁结构上，排架前还竖向设置有型号为SA400H*2m的橡胶护舷。共设置15m宽的引桥6座，排架间距为16m，并将4根Φ1000mm钻孔灌注桩设置在每榀排架结构下方，排架上为现浇帽梁、预应力空心板等结构。

PHC管桩多为传统高桩框架采用，且施工周期短，考虑到本工程拟建码头所在流域滩地地面较高，即使非汛期也都位于常水位以上，PHC桩水上沉桩设备进场存在较大限制，为此采用施工周期较长、对土层变化适应性强、质量控制好、结构安全稳定的钻孔灌注桩。

3.2.2 结构方案二

该方案与方案一基本相同，主要区别在于码头排架间距为7.5m，各榀排架下均设置8根Φ800mmPHC管桩，其中2根为叉桩，6根为直桩。

3.2.3 结构方案三

以长×宽×型深为45m×12m×2.2m的锚链定位钢制趸船为码头，开拢锚和趸船形成45°夹角，而引领水锚则平行于趸船纵向轴线，趸船抛锚也不对直立式码头靠船造成影响。通过尺寸51m×3m的钢引桥将趸船固定于引桥下游端。

以上三个方案的优劣势比较详见表1。

表1 码头结构方案比较

结构方案	方案一	方案二	方案三
技术优势	结构安全性及整体性较好；施工工艺成熟，适于分段施工；码头组装施工可在陆上进行，受汛期影响小	结构安全性及整体性较好；桩基沉桩速度快	码头由船厂预制，施工现场只需抛锚定位，施工速度快，造价低
技术劣势	钻孔灌注桩施工进度慢，工期较长	原泥面高程高，低水期打桩施工难度大；码头施工完全在水上进行，受汛期影响大；投资高	结构稳定性不良；随着水位变化必须随时调节锚链；船舶作业时必须移档，装卸效率不高
是否选用	是	否	否

通过比较，以上三个方案均能满足码头使用方面的需求，而从结构稳定安全性及整体性、建造成本、装卸效率、现代化等角度综合考虑，推荐采用方案一结构设计形式。

3.3 码头结构内力计算

通过STAAD空间三维结构分析软件进行码头及引桥结构内力计算^[3]，计算结果见表2。根据结果，方案一码头桩基、立柱、横梁及排架等结构稳定性及可靠性、桩基承载力等均符合规范要求；码头主体设计及桩型、桩长、排架间距等均合理，也实现了码头使用功能、经济性及现代化港口建设理念等的统一。

表2 码头及引桥结构内力计算结果

构件	桩基			立柱		横梁		排架	
	设计弯矩/kN·m	轴力/kN	单桩承载力/kN	设计弯矩/kN·m	轴力/kN	正弯矩最大值/kN·m	负弯矩最大值/kN·m	最大剪力/kN	最大位移/mm
承载力极限状态	394	3796	4818	1265	5967	4578	-5256	2710	/
正常使用状态	178	2526	/	807	3873	2365	-2560	1785	5

4 结论

本港口码头结构设计结果表明，所在流域水位落差大、船型复杂，故码头结构设计必须综合考虑多层系缆，若采用常规性的高桩梁板结构通常只能满足两层系缆，只能采用框架结构以满足多层系缆要求。该内河码头建设在防洪大堤内侧，滩地宽度大，考虑到水深条件及沉桩设备等进场的便利，采用钻孔灌注桩。本港口码头结构设计经验可为类似内河码头设计提供借鉴参考。

参考文献：

[1] 罗彬. 淮南港综合码头资源整合的困境及对策[J]. 中国港口, 2021(04):31-33.
[2] 柯亨松. 黄石港阳新港区富池作业区综合码头工程建设探讨[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(06):143-144.
[3] 柯林杰. 阜阳港某港区综合码头设计分析[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(02):151-153.