



新型结构在连云港港口工程中的应用*

陈浩群¹, 李武^{1, 2}

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 连云港港是典型的淤泥质海岸, 港口建设的自然条件较为恶劣, 需要探索新型的水工结构以适应复杂自然条件下港口建设。因此, 本文提出新型水工结构——桶式基础结构, 研究该新型结构的特点和结构形式, 论证其在徐圩防波堤工程、徐圩港区岸壁工程、马腰港区工作船码头工程实际案例中的应用前景。结果表明: 新型桶式基础结构具有充分发挥淤泥质本身特性、提高地基承载力的功能, 能很好地适用于连云港港的深水大港建设的需要, 为连云港港未来的建设提供技术支持。

关键词: 淤泥质; 桶式基础结构; 码头; 岸壁; 防波堤

中图分类号: O 313

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0083-06

Application of new hydraulic structure in Lianyungang port engineering

CHEN Hao-qun¹, LI Wu^{1,2}

(1. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: Lianyungang port is typical muddy coast. The natural condition of harbor construction is odious. So, we need to find a new hydro-structure to fit harbor construction in the odious natural condition. We recommend a new hydro-structure named bucket-based structure, research the characteristics and structure styles of the new hydro-structure, and expound the application prospect of three actual project cases including the breakwater project of Xuwei, bulkhead wall project of Xuwei port and workboat wharf project of Mayao port. The results show that the new bucket-based structure has the function of developing the properties of mud and raising the bearing capacity of foundation. The new structure is suitable to the development of deepwater and big port in Lianyungang port. It also provides the technical support for the port construction of Lianyungang.

Key words: muddy; bucket-based structure; wharf; bulkhead wall; breakwater

连云港是我国沿海主枢纽港之一, 是沿海中部能源外运和外贸运输的重要口岸, 港区所在地属于典型的淤泥质海岸, 自然条件相对恶劣。多年来, 通过技术创新, 连云港港成功实施了爆破处理淤泥的新工艺以及真空预压等一系列软基加固新方法, 还开发出混凝土大管桩, 创造了双排管桩等新型码头结构, 使连云港地区港口建设得到大发展^[1-4]。

针对连云港港建港技术的新要求以及新型水工结构——桶式基础结构^[5-6]适应连云港港建设的需求, 从新结构本身特点、工程应用效益等方面论述该结构在连云港港口工程的实用性。

1 桶式基础结构的特点

新型结构作为一种新型水工结构是依托连云港港徐圩港区防波堤工程而提出的。该工程地

收稿日期: 2013-08-10

*基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)课题(2012AA112510); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201201037)

作者简介: 陈浩群(1963—), 男, 高级工程师, 从事港口工程设计研究工作。

处敞开式淤泥海岸，建堤区域的最大水深达10 m以上，平均潮差近4 m，波高近7 m，淤泥层厚度10~20 m。新型结构通过排气排水下沉，不需要进行软土地基改良，通过盖板、壳壁、隔板及结构底好土层把软土封闭在壳内，充分发挥淤泥渗透系数小的优势，使桶内淤泥无有排水通道呈现刚性状态不可压缩，可以把盖板上传递来的荷载直接传入下层地基，提高软土与结构相互作用能力，共同承担其上部结构所传递的荷载。该新型基础结构具有以下特点：

1) 可以工厂化预制，水上施工工艺简单，下沉不需大型水上船机设备，靠排气排水即可实施下沉施工，无噪声污染和环境污染等。

2) 在节省建设成本、缩短施工周期、节约石料资源、环境友好等方面都具有较为显著的优点。符合“资源节约型、环境友好型”港口建设的要求。

3) 新型结构通过充气可以从海床上拔出，具有重复利用的功能，可以作为海中临时维护结构，减少临时结构对海洋环境的干扰。

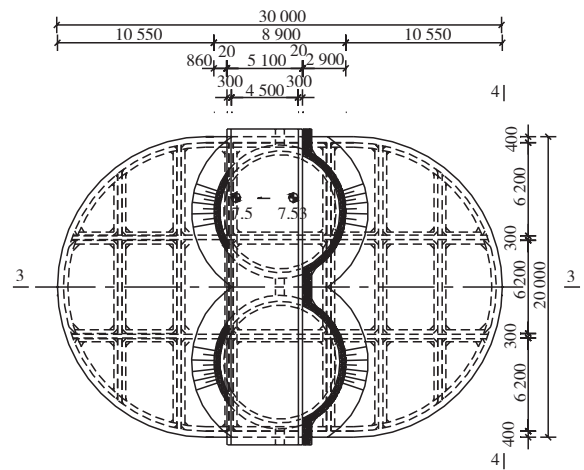
桶式基础结构是根据实际工程需要提出的，适应实际工程所处地区自然条件。在防波堤工程中，桶式基础结构上部可以是筒型结构也可以是扶壁式结构；在码头结构中，其上部结构可以做成沉箱，方便码头附属设施的安装。由此可以看出，桶式基础结构是一种新型软基处理工艺，它可以把淤泥质地基处理成高强度地基，以适应各种水工结构的建设。因此它可以在淤泥质海岸的港口建设中推广应用。

2 桶式基础结构形式

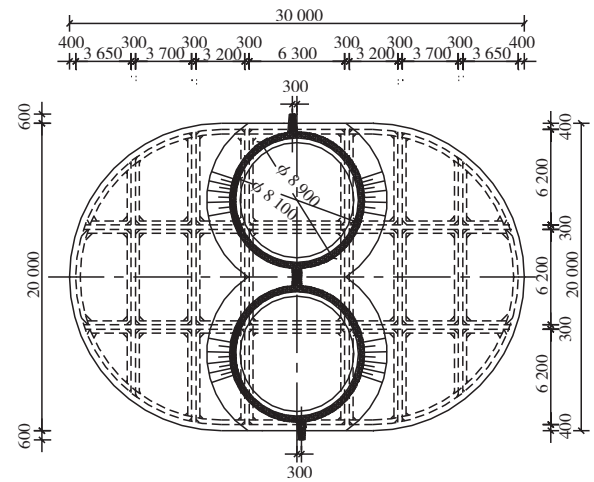
从桶式基础结构特征的角度看，桶式基础结构既不同于大圆筒结构，也不完全类似吸负锚结构。结合港口工程的特点，其类型可根据上部结构断面形状和使用功能进行划分。

2.1 上部结构断面形状

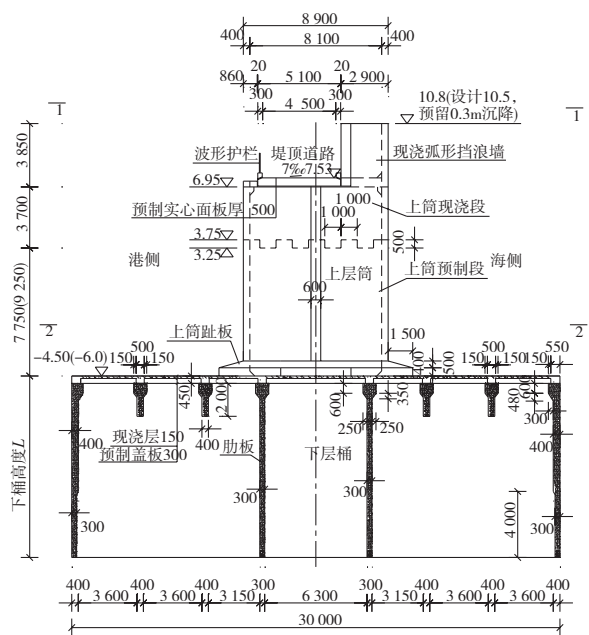
根据上部结构断面形状，桶式基础结构可以分为筒型结构和扶壁结构，断面形状见图1~3。



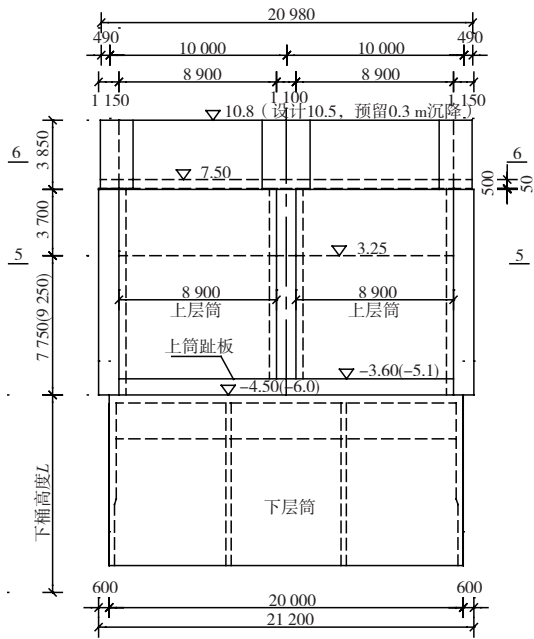
a) 1-1剖面



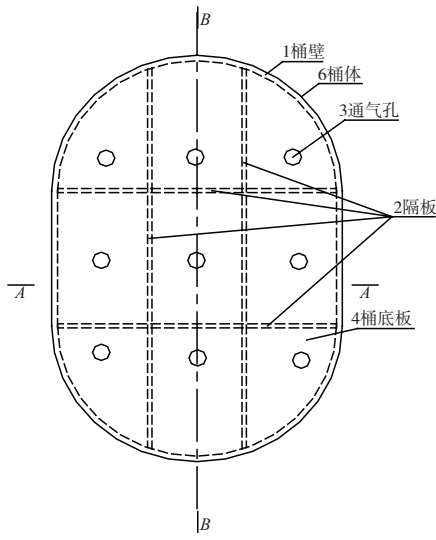
b) 2-2剖面



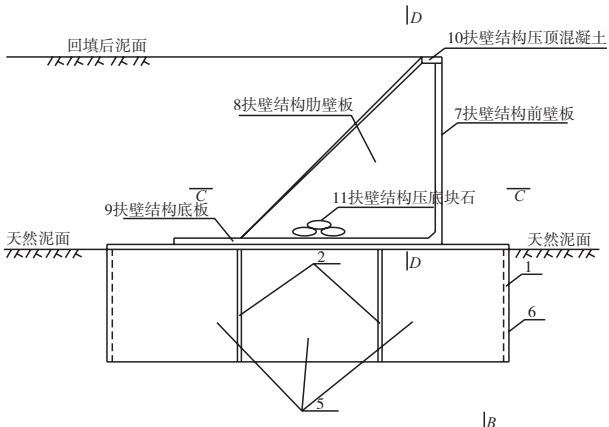
c) 3-3剖面



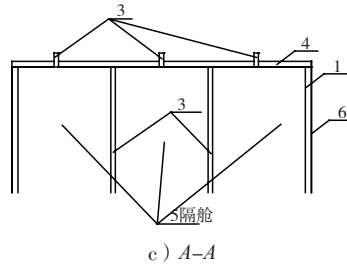
d) 4-4剖面
图1 桶式结构



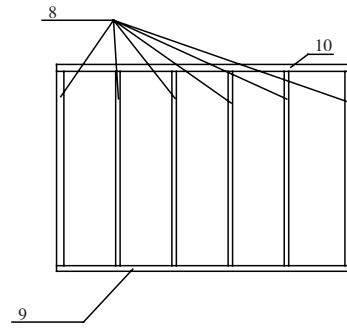
a) 基础桶平面



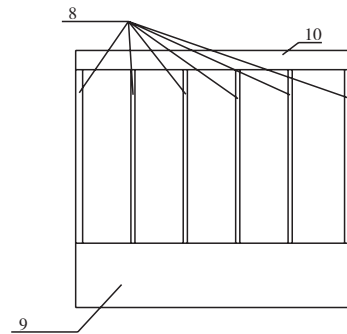
b) B-B



c) A-A

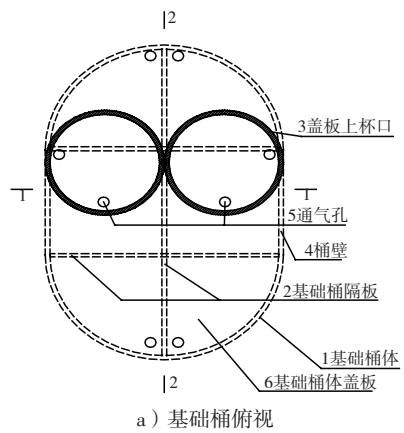


d) D-D

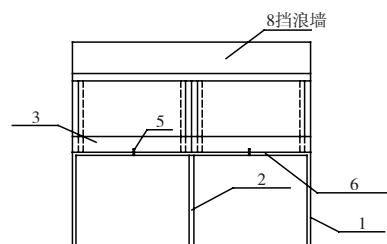


e) C-C

图2 扶壁结构



a) 基础桶俯视



b) 1-1剖面

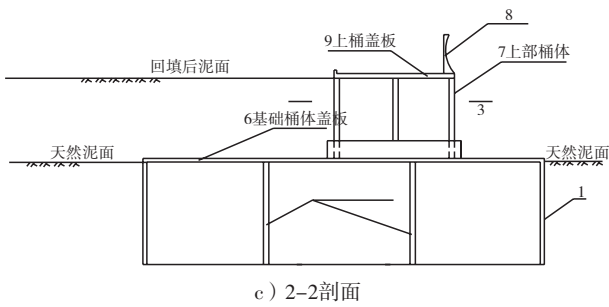


图3 桶式基础岸壁结构

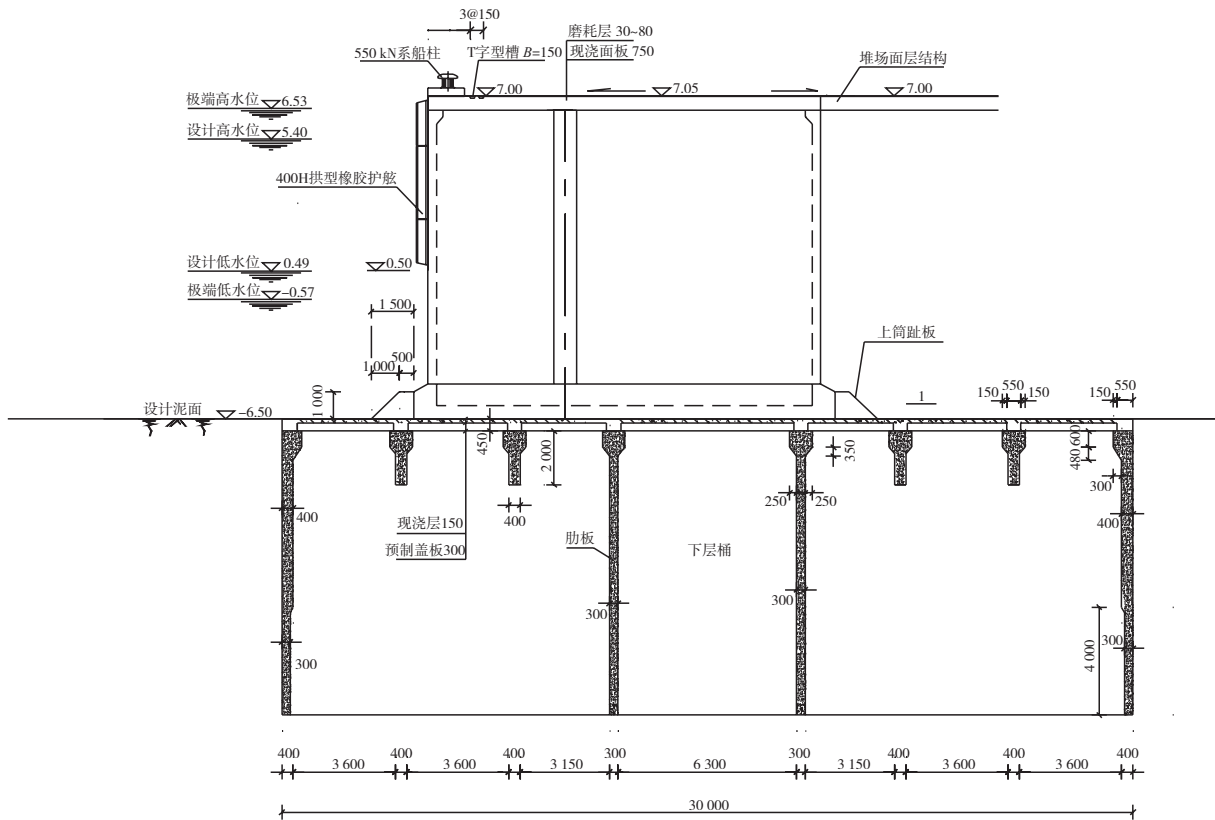
两种结构形式的下部结构相同：其力学机理相同，都是通过壳体空间把软土封在体内，将外部荷载传到结构底部；其施工工艺也相似，都是通过负压工艺使结构压入软土地基中。二者的区别在于上部结构：筒型结构是通过盖板把上部结构与下部桶体连接起来，是刚性连接；而扶壁结构是通过它的一个平面与基础桶盖板相接触，并通过该平面把扶壁结构上的水平力和竖向力传给基础桶体，不传递弯矩给基础桶。扶壁结构要靠底平板上的压重和自身重量进行稳定。在实际工程中，应根据当地水文地质条件和施工条件确定

采用哪种结构形式：水深较浅的海域采用扶壁结构较有优势，反之筒型结构的稳定性更佳。

2.2 结构使用功能

根据结构在工程中发挥的作用，该结构可以分为桶式基础防波堤结构、桶式基础岸壁结构及桶式基础码头结构。桶式基础防波堤结构断面形式见图1和2；桶式基础岸壁结构和桶式基础码头结构断面形式见图3和4。

当仅需要防波减淤功能时，可采用桶式基础防波堤结构。该结构上部断面可以采用帽形反射波浪，减少波高，进而减小波浪力，下部结构可以插在淤泥中，不需要进入好土层，因为波浪力以水平力为主，对竖向承载力要求不高，只要平面尺度够大，结构就可以稳定，且挡住波浪和淤泥，发挥出其应有的功能。然而桶式基础岸壁结构的工作机理与防波堤结构不同，它不仅需要相当大的平面尺度抵抗水平土压力，它还需要进入好土层，提供结构上回填土体产生的竖向荷载和使用期的竖向荷载所需的承载力。而且这种结构是建立在软土地基上，土体的蠕变是不可避免



a) 桶式基础标准结构

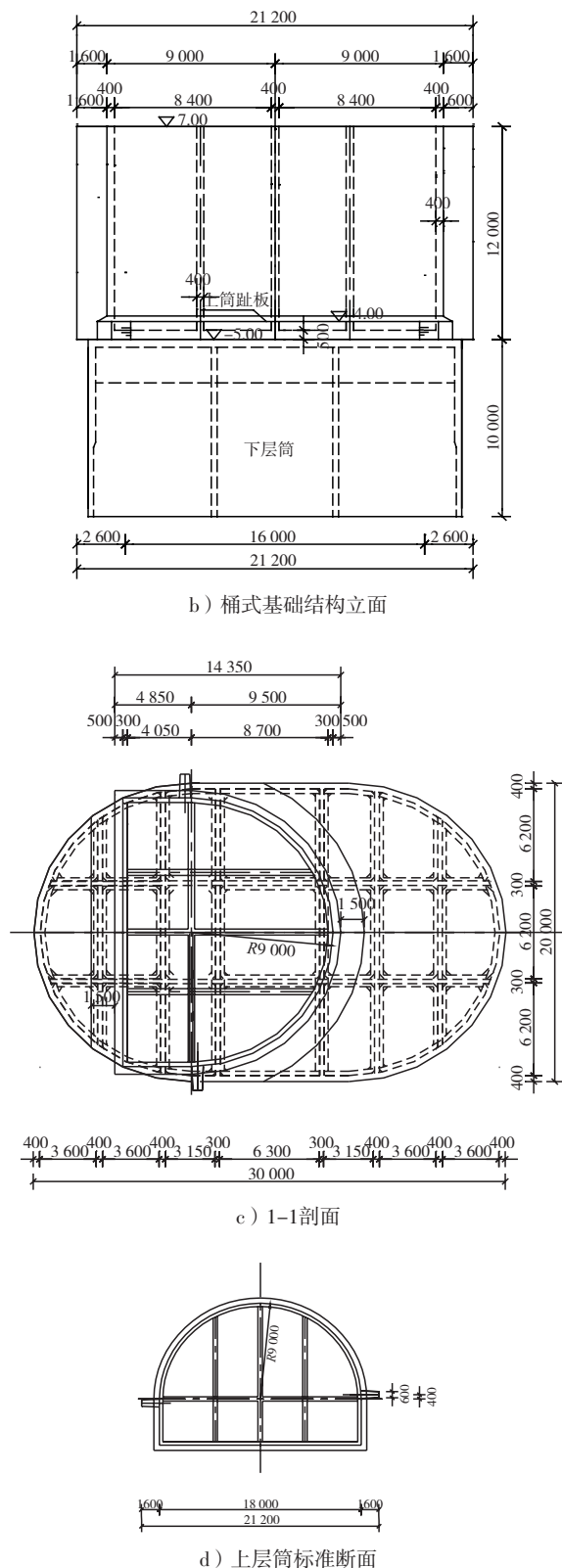


图4 桶式基础码头结构

的, 在结构设计时, 应该考虑足够的位移空间以适应蠕变位移的需求。另外, 桶式基础码头结构与前两种结构的力学机理又有所差别, 作为码头

结构, 前沿泥面需要开挖, 既削弱结构前面的被动土压力, 减小结构的水平抗力, 而结构除承担后方水平土压力外, 又要增加船舶系缆力, 进一步增大水平荷载。一增一减的两种工况组合在一起, 显著地提高结构平面尺度的要求, 而且码头结构上有卸船机械的轨道, 对结构沉降控制要求较为严格, 因此结构进入好土层的深度应适当加深。但是各种结构形式的选用, 应结合当地实际建设条件, 如果岸壁结构和码头结构后方陆地地基进行简单处理, 使水平土压力小, 这种结构就非常适用, 而且可以显著减少砂石料使用, 减少港口建设对海域的污染, 适应“两型”港口建设的需要。

3 桶式基础结构在连云港港口工程中的应用

3.1 徐圩防波堤工程中的应用^[2-4]

徐圩防波堤工程分为东堤和西堤, 其中东防波堤总长12 206.18 m, 西防波堤总长9 561.56 m。根据工程区域的水文地质条件, 防波堤在-3.0 ~ -5.0 m等深线之间堤段, 淤泥层平均厚度约为8.5 m, 平均潮位下水深8.0 m左右, 如采用斜坡堤结构工程造价每延米20万元, 每年成堤长度不超过2.5 km; 但采用桶式基础防波堤结构, 工程造价每延米17万元, 每年成堤长度不少于4.0 km。在-3.0 ~ -5.0 m等深线之间堤段总长度约为7.8 km, 桶式基础防波堤结构比斜坡堤结构, 工程造价节省2.3亿元, 工期节省14个月。因此在徐圩防波堤工程中, 在口门段设计采用了桶式基础防波堤结构, 为工程节省投资和工期。同时也解决了徐圩防波堤工程建设缺少砂石料的问题, 符合“十二五”计划中“两型”港口建设的要求。

3.2 徐圩港区岸壁工程中的应用^[2-4]

徐圩港区规划采用环抱式防波堤掩护, 通过回填疏浚土填海形成陆域面积近50 km², 形成码头岸线33.5 km。如果港区内岸线采用桶式基础岸壁结构, 可节约石料1 652万m³, 节约砂料995万m³, 按防波堤工程的差价计算, 桶式基础岸壁结构可以节省工程投资10亿元。同时, 桶式基础岸壁结

构在预制厂预制，码头上出运，对港区陆域开发无影响，而且采用该种结构还以增加港区陆域面积，减小无效水域面积，使港区投资效益达到最大化。

3.3 马腰港区中工作船码头中的应用

连云港马腰作业区泊位始建于20世纪70年代，岸线长约1.2 km，呈突堤与港池相间布置。根据整合改造的技术要求。本次整合工程中拟建设1个约400 m长的工作船码头。工作码头建设区域的地质情况为表层有约6.0 m厚的淤泥层，淤泥层下面是粉质黏土层，承载力约为210 kPa，可以作为轻型结构的基础。该码头结构满堂式布置采用两种结构形式，一种是桶式基础码头结构，另一种是高桩梁板结构。桶式基础结构码头工程延米造价15万元，高桩梁板结构码头工程延米造价18万元，其中包括码头后方驳岸的费用。由此可以看出，桶式基础岸壁结构可以兼顾码头和驳岸双重功能，而高桩码头结构只具有停泊船只功能，不具备挡土作用，还需另外配备斜坡堤驳岸结构进行挡土，驳岸工程费用也需计入码头造价中。因此采用高桩码头与斜坡堤组合的满堂式码头结构造价远高于桶式基础码头结构。

4 结论

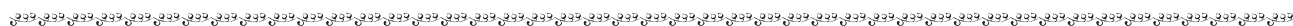
桶式基础结构是基于连云港港口建设发展需要而产生的，它是适应连云港地区的自然条件、特别是对海域表层淤泥的处理方式，有效地发挥

了淤泥自身的特性，提高了地基承载力，为连云港地区地基处理创建了新工艺。同时，结合连云港港徐圩港区和马腰作业的工程建设，分析桶式基础结构在连云港港口建设中的优势，阐明它可以解决连云港地区砂石紧张引起的工程造价高和工程工期长的问题。预测了桶式基础结构在连云港港口工程中应用前景，并结合实际工程，给出桶式基础结构造价和工期上的差别。为连云港地区工程设计人员提供桶式基础结构与其它结构的比较平台，也为设计人员开发新结构提供新思路。

参考文献：

- [1] 丁军华. 连云港淤泥质海岸深水航道建设理论与实践: 前期基础篇[M]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 连云港港徐圩港区防波堤工程工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2012.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 连云港港徐圩港区直立式结构东防波堤工程初步设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2012.
- [4] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 连云港港徐圩港区斜坡式结构东防波堤工程初步设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2012.
- [5] 李武, 吴青松, 陈甦, 等. 桶式基础结构稳定性试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2012(5): 42-47.
- [6] 李武, 陈甦, 程泽坤, 等. 水平荷载作用下桶式基础结构稳定性研究[J]. 中国港湾建设, 2012(5): 14-18.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

CCS携手新奥集团推广利用清洁能源

日前，中国船级社（CCS）与新奥能源集团股份有限公司签署战略合作协议。双方将在液化天然气等清洁能源推广利用、船舶检验与发证、油气生产设施及管道等第三方检验与发证、工程建设与设备监理、能源装备制造产品及设备检验、管理体系认证与建设、节能减排相关业务及国际业务领域开展全方位的合作。

摘编自《中国交通报》