



连云港港30万吨级航道一期工程 徐圩吹填2区围堤合龙施工

沈雪松

(连云港港30万吨级航道建设指挥部, 江苏 连云港 222042)

摘要: 总结外海、深水、5 km²库区、深厚软土地基上围堤工程合龙的施工经验。本次施工充分利用抛石堤的透水性和大型施工船水抛, 采用平堵与立堵相结合的工艺, 适当提高龙口底高程, 缩窄合龙口纵宽, 降低合龙石料块度要求, 减少了合龙风险和成本。

关键词: 围堤; 合龙; 龙口; 平堵; 立堵

中图分类号: U 615

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)01-0166-06

Border dike closure construction of the second dredger fill area in phase I project of Lianyungang port 300 000 DWT Xuwei harbor area

SHEN Xue-song

(Lianyungang Port 300 000 DWT Construction Headquarter, Lianyungang 222042, China)

Abstract: This paper summarizes the closure construction experience of border dike which is on deep soft soil foundation, and in open sea, deep water, 5 square kilometers reservoir area. The construction makes full use of the permeability of riprap dike and water thrown by large engineering ship, and using horizontal and vertical closure combined technology, heightening the bottom elevation and narrowing vertical width of closure gap. The construction technology not only reduces requirements of the rock size, but also reduces the risk and cost of closure construction.

Key words: border dike; closure; closure gap; horizontal closure; vertical closure

1 工程概况

徐圩吹填2区是连云港港30万吨级航道一期工程的配套项目, 是徐圩10万吨级航道及港内航道疏浚泥土的纳泥区, 由西护岸西段、西护岸北段、2#围堤、正堤3、正堤1、1#隔堤与现有海堤围成, 围堤总长6 322 m, 陆域形成总面积4.97 km² (图1)。

西护岸西段、西护岸北段及2#围堤采用充填砂袋斜坡堤结构 (图2), 正堤1、3与1#隔堤采用爆破挤淤抛石斜坡堤结构, 2#围堤靠近正堤3的衔接段采用全清淤抛石结构 (图3)。原设计合龙口布置在正堤1与正堤3交界处, 龙口宽度300 m, 龙

口底高程-1.6 m, 最大流速按3 m/s控制。由于现场施工条件变化, 指挥部与施工单位商定把合龙位置移至2#围堤与正堤3交界处, 即充填袋堤与爆破挤淤堤衔接段位置。

2 工程特点

围堤合龙施工向来是围海造地工程海堤施工中最重要、最艰巨、风险最大的阶段。合龙施工中不确定因素众多, 水文气象多变, 使合龙施工存在巨大的风险; 合龙时所面临的水力条件是整个海堤施工中最恶劣的条件, 口门处水位落差大, 流速大, 水流情况十分复杂, 在口门附近还

收稿日期: 2012-04-25

作者简介: 沈雪松 (1960—), 男, 研究员级高工、高级经济师, 从事水运工程建设管理工作。

会出现湍急的漩涡，对已建堤头堤身和基础产生严重的冲刷破坏作用；一旦合龙堵口失败，损失巨大，后果十分严重。合龙堵口施工必须在很短

时间内完成大量物料抛投工作，而现场作业面十分狭窄、工作面少，对抛填材料规格、施工机具能力、施工组织管理等方面都有很高的要求。

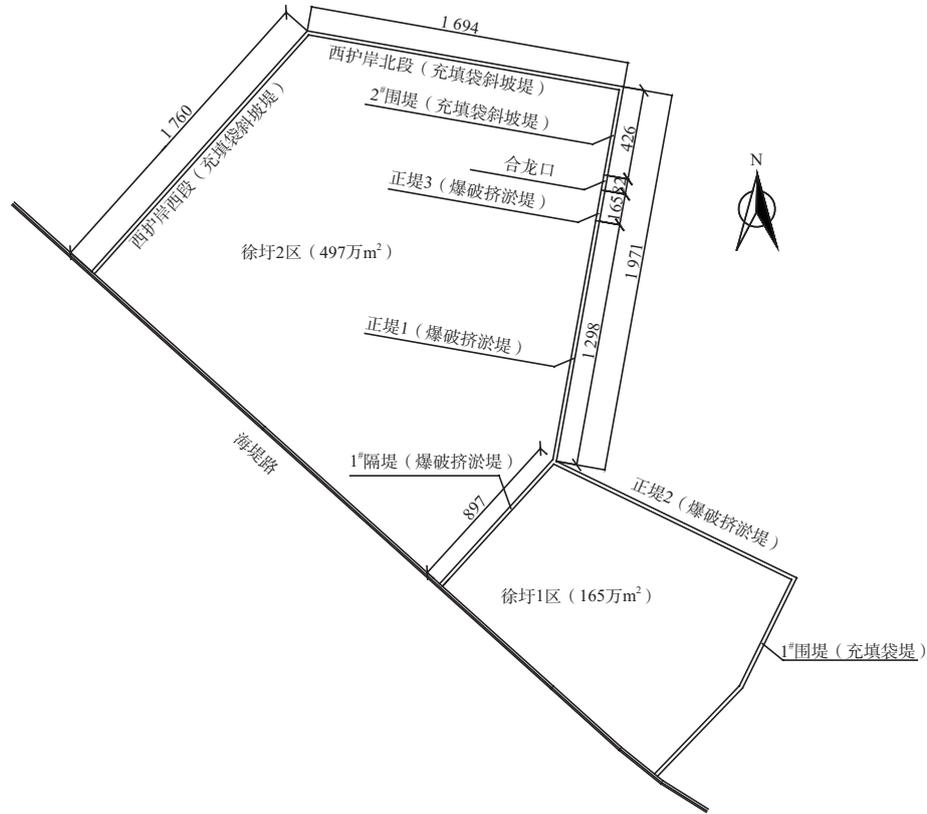


图1 连云港港30万吨级航道徐圩吹填2区围堤合龙位置

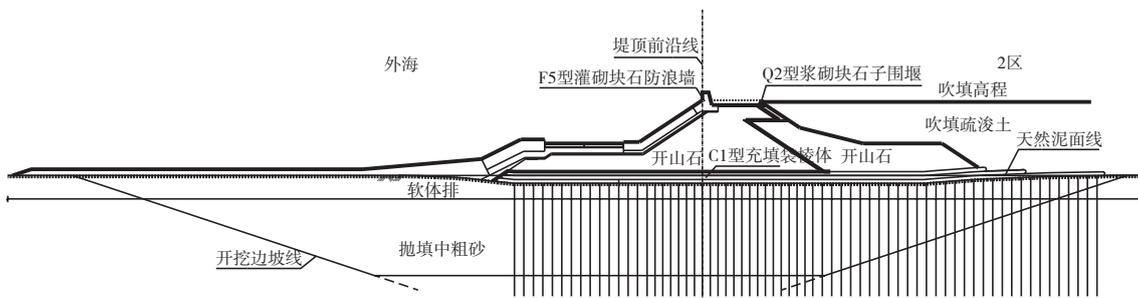


图2 2#围堤2-2衔接断面

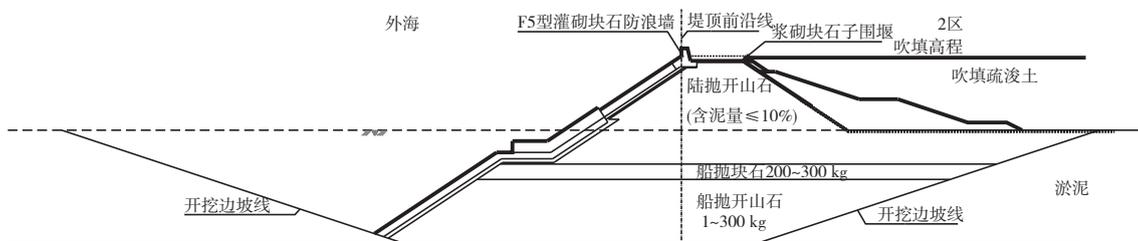


图3 正堤3 3-3衔接断面

徐圩2区围堤合龙施工有以下特点：

1) 库区面积大：徐圩2区库区面积接近 5 km²，库内水位每升降1 m，就会有500万m³水从

堤身及口门通过，口门处的流速很大。

2) 处于潮差较大的海岸：多年最大潮差 6.11 m，平均潮差3.69 m，中潮涨潮最大平均流速

0.59 m/s, 落潮最大平均流速0.57 m/s; 冬季大潮涨潮平均流速最大达0.87 m/s, 落潮垂线平均流速0.6 m/s。潮差越大, 相应口门处进出流量也越大。

3) 地基软弱: 根据钻孔资料, 合龙口位置表层淤泥厚约14 m, 淤泥含水量52.7%~69.4%, 天然孔隙比1.508~1.892, 压缩系数 $\lambda_{0.1-0.2}=1.44\sim 2.03$ MPa, 呈饱和、流塑状, 具有含水率高、孔隙比大、高压缩性、力学强度极低、固结时间长等特征, 其下层的②₁层粉质黏土, 也属于可塑状、中等压缩性、承载力不太高的土层。在合龙方案设计时, 必须充分考虑地基不良土层的影响。

4) 合龙口位于充填袋堤与爆破挤淤堤之间的衔接段, 合龙前对充填袋堤必须有充分的保护措施。

5) 风浪大: 合龙口处于外海风浪较大的开敞海域, 本海区常浪向为NE向, 次常浪向为E向, 强浪向为偏N向, NNE向 $H_{1\%}$ 最大波高为5 m, N和NE向 $H_{1\%}$ 最大波高为4.2 m。尤其在冬季, N向、NNE向大风盛行。

3 合龙方案的选择与堵口工艺设计

合龙方案选择应遵循以下原则:

1) 合龙方案必须确保围堤的稳定与安全。堵口材料必须满足计算或预测最大流速下的稳定要求, 对口门底部及两侧堤头要有充分的防护措施。

2) 施工的可行性: 合龙施工所需材料、设备、施工工艺的选择应符合当地资源条件与施工单位的设备能力, 尽可能不增加过多的大型设

备、人力与大型材料。

3) 成本控制原则: 口门尺寸小, 堵口工程量小, 但控制流速大, 对抛填材料、口门防护要求高, 施工难度大; 反之, 口门尺寸大, 控制流速小, 对抛填材料及口门防护要求低, 但堵口工程量大, 短时间内合龙的困难也大。一般应采用宽而浅的口门, 降低口门处最大流速, 同时减少合龙时的陆抛工程量, 便于合龙。

我国《围海工程技术规范》规定, 一般情况下围海工程龙口水力计算, 根据水量平衡原理采用下列公式^[1]:

$$[Q_{内} \pm (Q_{闸} + Q_{泄} + Q_{渗})] \Delta t = V_2 - V_1 \quad (1)$$

式中: $Q_{内}$ 为计算时段内外来水平均流量, m^3/s ; $Q_{闸}$ 为计算时段内水闸泄水平均流量, m^3/s ; $Q_{泄}$ 为计算时段内门口溢流平均流量, m^3/s ; $Q_{渗}$ 为计算时段内截流堤堆石体平均流量, m^3/s ; Δt 为计算时段, s, 一般取1 800~3 600 s; V_2 为计算时段末库内容量; V_1 为计算时段初库内容量。

个体块石在水流作用下主要依靠自重维稳, 其稳定临界流速一般采用伊兹巴什公式计算^[2], 即

$$v_c = k \sqrt{2g \frac{\rho_s - \rho_o}{\rho_o}} \cdot \sqrt{D} \quad (2)$$

式中: v_c 为当量直径为 D 的块石抗冲稳定性临界流速; k 为系数; g 为重力加速度, 取 $9.8 m/s^2$; ρ_s 为块石密度, 对花岗岩块石, 可取 $2.6 g/cm^3$; ρ_o 为海水密度, 取 $1.03 g/cm^3$; D 为块石当量直径。

对块石堆体, 可用毕肖普简化方法计算。

设计院根据施工单位提出的龙口底高程1.0 m, 进行了龙口涨潮模拟计算, 结果见表1。

表1 徐圩2区龙口涨潮模拟计算

龙口宽度/m	大潮					小潮				
	流速/ ($m \cdot s^{-1}$)	库外水位/m	库内水位/m	水位差/m	保护块石 质量/t	流速/ ($m \cdot s^{-1}$)	库外水位/m	库内水位/m	水位差/m	保护块石 质量/t
150	5.43	5.54	4.27	1.27	4.5	4.71	4.52	3.51	1.01	2.0
300	5.10	4.74	3.84	0.90	3.1	4.46	4.28	3.68	0.60	1.5
500	4.29	3.90	3.40	0.57	1.2	2.28				
750	3.81	3.24	2.84	0.40	0.6	1.69				
1 000	3.37	2.78	2.48	0.30	0.4	1.37				

设计院计算的前提是围堤内侧反滤层已经全部完成, 但实际上到合龙时, 西护岸北段与2[#]

围堤共约2 km长度尚未进行反滤层施工, 在西护岸北段还有12座双口水门作为进出水通道, 实际

通过口门的流量大大减少，流速也大大低于计算值。当龙口缩窄至纵宽280~300 m时，实测龙口处流速仅为1.20 m/s。结合附近同类工程（围区面积2.4 km²）经验，施工单位确定合龙采用立堵与平堵相结合的方式。龙口宽度初定为80 m左右。合龙位置选在充填袋堤与爆破挤淤衔接段位置，桩号2W0+426~2W0+508。平堵高程2.0~2.5 m，立堵堤顶高程5.0 m；截流堤顶抛填宽度6.0 m，口门控制流速初定为3 m/s。合龙抛石横断面见图4。

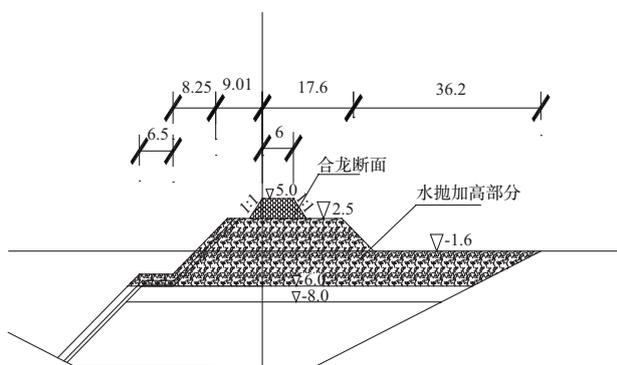
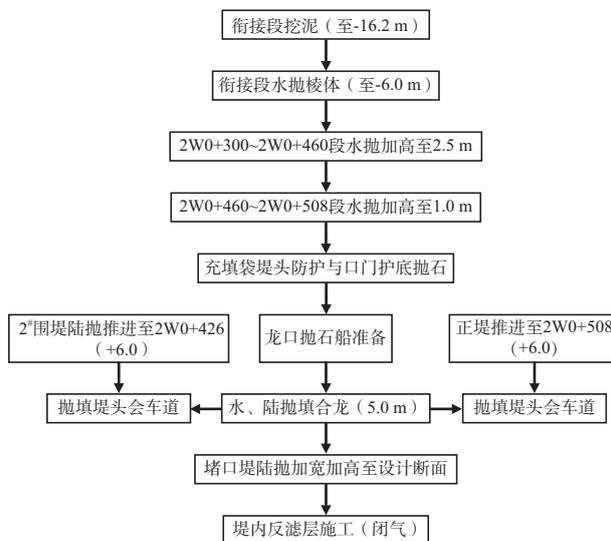


图4 合龙抛石横断面

合龙用石料：水抛石300 kg以上，陆抛石200 kg以上。当发现口门流速有可能超过3 m/s时，将启动备用方案——对已抛填至6.0 m的爆破挤淤段堤头反挖，把堤顶高程降至2.0 m，以扩大过水断面，降低口门流速，反挖范围视实测龙口流速而定。反挖出的石料储备在后方，作为合龙用的备料。

合龙工艺流程如下：



4 围堤合龙的实施

4.1 合龙前的准备工作^[3]

1) 精心制定合龙工作计划与各种应急预案，成立指挥领导小组，明确每一位参战人员岗位职责，进行详细技术交底。

2) 备足合龙用石料：联系各个供料石场，准备充足大块石；在水上，用3艘1 000 m³抛石船装载200~500 kg块石，以满足平堵加高与应急抢险需求。

3) 准备充足的机械设备：合龙前，70辆装满块石的车辆提前排队等待在两侧堤头加抛车辆调头区，方便车辆退出；每个堤头配2台推土机和挖掘机。

4) 堤头保护：对充填袋堤头20 m范围增设软体排护底，加抛3 m厚、30 m宽的护底块石。徐圩2区围堤合龙段纵断面见图5。

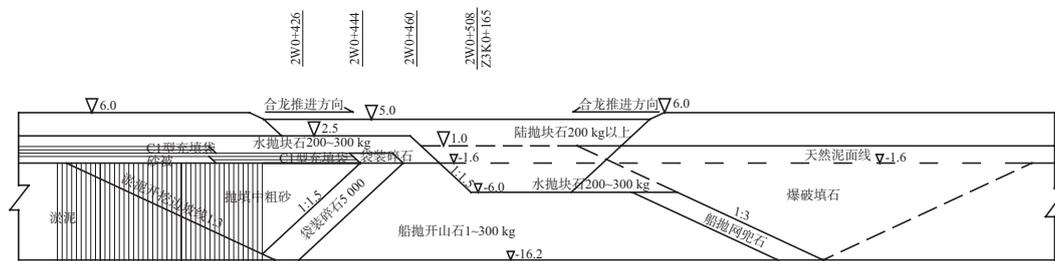


图5 徐圩2区围堤合龙段纵断面

4.2 合龙施工

合龙施工从2012年1月6日早6时开始，至1月7日10时实现合龙截流。

1) 堵口施工程序：合龙施工前完成软体排护底和压载石料抛填，为防止因加载产生不均匀沉

降导致软体排搭接处脱离，软体排水下搭接处取3 m，软体排铺设完成后及时压载，抛填压载至距离软体排外边线1 m处。合龙采用平堵和立堵相结合，首先采用平堵方式将堤心石抬高，然后采用立堵方式截流。

2) 平堵施工: 平堵施工使用3 000 t抛石船, 预先在龙口两侧各约200 m处分别埋设地锚, 抛石船提前停泊在龙口外侧, 船体平行于堤轴线, 连接陆域地锚, 合龙开始后抛石船拉锚紧靠龙口, 采用2台重型挖掘机开始抛填, 通过水抛把堤心棱体加高至2.0~2.5 m。

3) 立堵施工: 合龙截流采用立堵进占, 自龙口两端向最终截流位置相向推进, 推进高程以截流为目标, 抛填高程为5.0 m, 立堵施工过程保持不间断抛填, 至7日上午10: 00完成合龙截流。

4) 加高加固: 截流完成后, 开始进行补宽补高作业, 完成整断面堤心石抛填, 并在外侧增加

水抛石护底, 形成二级保护平台。

5) 抛填过程中所有交通要道口, 有专人负责指挥, 疏导抛填车辆。实际合龙时, 发现抛填量远远超过理论计算值, 因此在高平潮时组织3 000 t抛石船停在外侧用挖机抛石, 加快了抛填速度。

4.3 测量监控

合龙前后指定专人测量库内外水位差与龙口流速。根据合龙时实测, 开始阶段龙口流速不超过1.0 m/s, 但随着龙口缩窄至70 m时, 正值涨急潮段, 最大流速达到3.5 m/s, 库内外水位差达1.5 m。随后, 流速逐渐变小。由于抛填强度大, 并未产生大量块石被冲走的现象(表2和图6)。

表2 合龙施工观测数据

时间	龙口宽度/m	库外潮位/m	库内水位/m	库内外水位差/m	流速/(m · s ⁻¹)
6	150	3.4	3.6	0.2	0.5
8	135	2.0	3.05	0.95	2.5
10	121	1.1	2.4	1.3	3.1
12	109	1.6	2.0	0.4	0.8
6日 14	103	2.6	2.1	-0.5	1.0
16	89	4.2	2.7	-1.5	3.5
18	85	4.1	3.5	-0.6	1.2
20	79	3.0	3.5	0.5	1.0
22	70	1.9	3.1	1.2	3.5
7日 0	61	1.8	2.85	1.05	3.3
2	48	3.0	2.8	-0.2	0.5
4	41	4.15	3.55	-0.6	1.2
6	30	3.9	3.7	-0.2	0.5
8	20	2.6	3.15	0.55	1.5
10	合龙	1.2	2.5	1.3	2.0

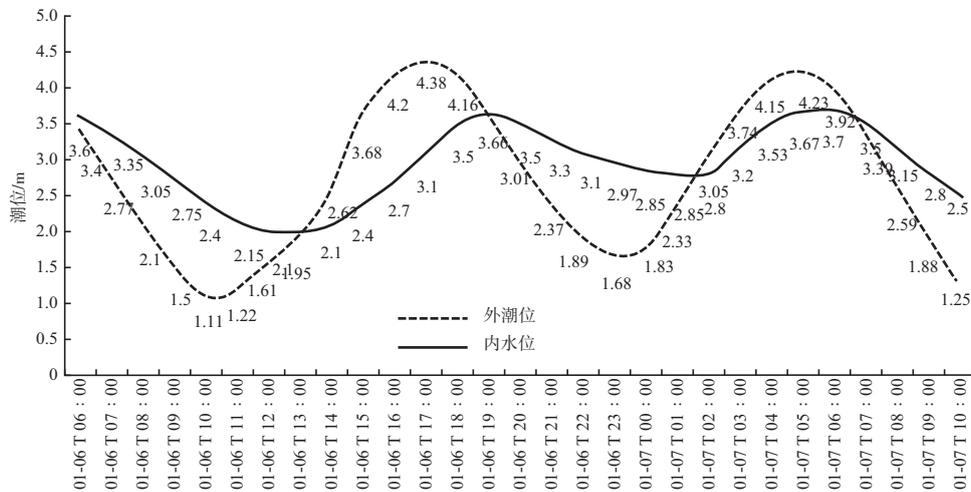


图6 外潮位及内水位

5 结语

1) 通过龙口水力计算与现场条件分析,优化了合龙工艺,采用平堵与立堵相结合的工艺,把龙口宽度从150~300 m降至80 m,大大减少了合龙石料用量,降低了合龙石料要求,实现了快速合龙目标,降低了工程成本。

2) 采用大型水上抛石船工效高、能储备大量石料是本工程实现快速合龙的重要因素之一。合龙段水下截面应提前加抛加宽,防止滑塌。

3) 实测口门流速低于理论计算值,主要原因有2个:一是堤内还有2 km左右反滤层尚未施工,上部抛石堤身透水性好,并设有12座水门,分散了口门流速;二是通过提高口门底高程,减少了口门进出水流量和流速。

4) 合龙施工强度大,不确定因素多、风险大,必须精心设计、严密组织,建立强有力的组织指挥系统;要充分估计到各种可能出现的不利因素和突发事件,制定周密的应急预案,在材料、设备、人员、现场条件等方面做好充分准备,做到有备无患、忙而不乱。

参考文献:

- [1] 陈吉余.中国围海工程[M].北京:水利水电出版社,2000:191.
- [2] 陈吉余.中国围海工程[M].北京:水利水电出版社,2000:197-198.
- [3] 范期锦.沿海堤坝工程的合龙施工[J].中国港湾建设,2004,8(4):1-4.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消 息 ·

中港公司中标巴基斯坦Nai Gaj大坝项目

12月28日,中港公司与巴基斯坦水电总署签订Nai Gaj大坝项目总承包合同,合同总额3.9亿美元,工期约3 a。

该项目由中港公司和巴方合作伙伴联营实施,其中中港公司占比80%,巴方占比20%。主要工程内容包括1座1 181 m长的重力式土石坝,以及溢洪道和灌溉水渠系统等。

该项目的签订,标志着中港公司在水利水电市场取得新突破,对进一步提升公司在巴基斯坦的品牌影响力具有积极意义。

三航局中标宁波舟山金塘港区大浦口集装箱码头水工工程

日前,三航局中标宁波-舟山金塘港区大浦口集装箱码头工程第二阶段码头、引桥水工工程,中标金额6.07亿元。该工程建设内容包括1 264 m码头结构(第7~21结构段的1 264 m×59 m码头平台、码头附属设施),3[#]~7[#]引桥及其相关配套水电安装及系缆墩等。该工程是加快宁波-舟山港资源整合、推进宁波-舟山港一体化战略的示范工程之一,是浙江省、舟山市重点建设工程。该工程的实施,对于提高浙江省港航服务能力,适应集装箱吞吐量不断增长和运输船舶大型化的要求,促进海洋经济发展具有重要意义。

水规院中标钦州港国投煤炭码头工程设计施工总承包项目

日前,水规院中标钦州港国投煤炭码头工程设计施工总承包项目,中标金额11.23亿元,工期36个月。项目位于广西壮族自治区钦州市钦州港西港区,新建1个5万吨级煤炭接卸泊位及配套设施,码头长度为278 m,年接卸能力640万t;改造现有7万吨级煤炭接卸泊位工艺系统,年接卸能力由500万t增至720万t,项目总接卸能力1 360万t/a。该项目的实施,对优化钦州港煤炭岸线资源,完善广西沿海煤炭运输体系,促进广西北部湾经济区发展建设具有重要意义。

摘编自《中国交通建设股份新闻中心》