



黄骅港煤炭港区港航系统能力 影响因素分析及优化措施

李洪军

(国能黄骅港务有限责任公司, 河北 沧州 061113)

摘要: 黄骅港煤炭港区煤炭装船设计能力 1.78 亿 t, 近年码头通过能力一直维持在 2.0 亿 t 左右, 港航系统能力非常紧张, 急需对影响和制约港航系统能力的因素进行研究, 提出提高港航系统能力的措施。为了合理确定港航系统能力, 对煤炭港区码头和航道的实际运营数据进行统计、整理和分析, 对船舶进出港规则进行研究, 采用理论计算和计算机仿真分析的方法进行复核计算。结果表明, 煤炭港区港航系统能力主要受码头、航道及其耦合匹配关系影响; 煤炭港区在现状码头和航道条件下, 通过提高泊位装船效率、增加待泊泊位及优化船舶调度, 可以在一定程度上提升港区能力, 但提升程度有限, 并不能从根本上解决港区能力不足的问题; 煤炭港区增加装船泊位是提升港区能力的根本途径。

关键词: 港航系统通过能力; 影响因素; 对策措施

中图分类号: U 651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)08-0069-05

Analysis of influencing factors and optimization measures of port and shipping system capacity in coal port area of Huanghua Port

LI Hong-jun

(CHN Energy Huanghua Port Affairs Co., Ltd., Cangzhou 061113, China)

Abstract: The coal loading design capacity of the coal port area of Huanghua Port is 178 million tons, and the wharf carrying capacity has been maintained at about 200 million tons in recent years. The capacity of the port and shipping system is very tight. It is urgent to study the factors affecting and restricting the capacity of the port and shipping system, and put forward measures to improve the capacity of the port and shipping system. To reasonably determine the capacity of the port and shipping system, this paper makes statistics, sorting and analysis on the actual operation data of the wharf and channel in the coal port area, studies the rules of ships entering and leaving the port, and rechecks the calculation by using the methods of theoretical calculation and computer simulation analysis. The results show that the capacity of the port and shipping system of the coal port area is mainly affected by the wharf, channel and their coupling and matching relationship. Under the current wharf and channel conditions, the capacity of the port area can be improved to a certain extent by improving the loading efficiency of berths, increasing berths to be berthed and optimizing ship scheduling, but the improvement degree is limited, which cannot fundamentally solve the problem of insufficient capacity of the port area. Increasing loading berths in coal port area is the fundamental way to improve the capacity of the port area.

Keywords: port and shipping system capacity; influencing factor; countermeasures

1 工程概况

黄骅港煤炭港区是国家能源集团煤炭水运的

最大出海口, 是国家西煤东运、北煤南运的重要通道之一^[1]。黄骅港煤炭港区现有泊位 20 个, 其

中煤炭专用装船泊位 17 个, 1.5 万吨级通用散杂泊位 2 个, 5 万吨级液体化工品泊位 1 个。

黄骅港煤炭港区 5 万吨级重载双向航道是港区唯一进出港航道, 航道全长 43.48 km, 为人工开挖航道。航道通航宽度为 270 m(防沙堤口门段为 290 m), 设计底高程为 -14.0 m(防沙堤口门段为 -15.0 m), 防沙堤掩护段长度 12.98 km, 开敞段 30.5 km^[2]。

2 问题的提出

2018—2020 年, 煤炭港区年均煤炭装船量约 2.0 亿 t, 占北方煤炭下水比例约 29%, 黄骅港已成为我国北方煤炭下水第一大港。而煤炭港区设计装船能力 1.78 亿 t, 实际装船量超设计能力 12.4%, 港口能力适应度较低, 港口生产十分繁忙, 为企业生产管理带来了很大压力。

5 万吨级航道由于受到风、浪、流等自然条件及通航规则的影响, 船舶双向通航的概率不足 4%, 航道基本处于单向通航状态; 船舶大型化趋势十分明显, 2019 年 5 万吨级以上煤炭船舶数量比达到 67.1%, 承运比 79.2%; 船舶压港现象较为严重, 锚地内待装船舶日均 80~100 艘; 根据生产计划, 煤炭港区煤炭装船量将长期维持在 2.0 亿 t 左右且煤炭下水量将进一步增加, 另外将新建 1 个 12 万吨级油品泊位和 2 个 5 万吨级通用散货泊位。

综上分析, 煤炭港区码头能力非常紧张, 在目前航道及码头条件下, 码头能力能否进一步提升缓解港区通过能力不足是煤炭港区需要尽快解决的问题。为此, 本文根据黄骅港生产运营的实际情况, 对港航系统综合通过能力进行研究, 分析制约港航系统通过能力的影响因素, 提出提高

港航系统通过能力的对策及措施。

3 港航系统能力主要影响因素分析

对于受航道能力限制的港区, 单一分析码头能力或者航道能力均不全面, 港航系统能力由码头能力、航道能力及二者能力匹配关系共同决定。确定港航系统的合理能力应将码头与航道进行统一分析, 影响因素较多且十分复杂, 本文主要从码头、航道、船舶及组织管理等方面进行分析。

3.1 码头能力

码头能力是影响港航系统能力的决定性因素, 码头能力的影响因素较多且十分复杂, 有些影响因素可以定量化, 有些影响因素只能定性分析。剔除与装卸系统及运营管理相关的影响因素, 与航道相关联且影响港航系统能力的主要因素是船舶在港停时、在泊停时及泊位利用率等。而航道的服务能力、进出船舶的时间等直接关系到泊位利用率的高低, 进而影响码头通过能力。

根据《海港总体设计规范》^[3], 泊位利用率为一年中船舶实际占用泊位的时间(d)与年总时间(D)之比, 在一定程度上基本反映了泊位的繁忙程度。本文对黄骅港 2019 年船舶在港停时进行统计, 结果见表 1^[4]。可以看出, 船舶在泊平均停时为 27.87 h, 测算泊位利用率为 81.47%, 考虑船舶靠泊前指泊及占用前沿水域的时间, 实际泊位利用率应高于统计的泊位利用率。黄骅港泊位利用率已远大于《海港总体设计规范》关于泊位利用率取值范围 0.65~0.75 及其他大型煤炭装船港的泊位利用率, 若考虑泊位封航等非工作时间的影响, 泊位有效利用率达到约 90.1%。在泊位利用率提高有限的情况下, 通过缩短泊位在泊停时是提高码头装船能力的主要途径之一。

表 1 船舶停时

| 船舶吨级/万 DWT | 数量/艘次 | 单船装载量/万 t | 泊位停时/h | 待装时间/h | 泊位作业时间/h | 完货待离时间/h | 作业停机时间/h |
|------------|-------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|
| 1.0 | 91 | 1.11 | 27.81 | 1.83 | 21.65 | 4.34 | 4.10 |
| 1.5 | 140 | 1.61 | 27.10 | 3.27 | 20.27 | 3.56 | 6.10 |
| 2.0 | 278 | 2.03 | 19.50 | 3.19 | 12.39 | 3.91 | 4.88 |
| 3.5 | 923 | 3.54 | 24.71 | 3.01 | 17.82 | 3.87 | 7.08 |
| 5.0 | 2 107 | 4.87 | 28.31 | 2.67 | 21.99 | 3.64 | 8.95 |
| 7.0 | 791 | 6.70 | 32.87 | 2.42 | 26.07 | 4.37 | 10.53 |
| 10.0 | 26 | 9.62 | 40.82 | 1.73 | 29.55 | 9.52 | 11.50 |
| 合计 | 4 356 | 4.59 | 27.87 | 2.73 | 21.22 | 3.89 | 8.40 |

3.2 航道能力

航道通过能力受航道等级、船舶密度、船舶平均载质量、通航时间、通航条件及通航组织管理等因素影响。目前煤炭港区为5万吨级双向航道，其船舶密度、船舶平均载质量与港区吞吐量、运输船舶的构成有关，基本上呈逐年增加的趋势；通航时间主要受通航条件限制和恶劣天气等影响，航道年平均通航时间为330 d左右。上述影响因素均是客观的单一影响因素，对航道能力影响较为明确。

对航道能力影响较大且难以详细计算的因素为：1)因特定潮流条件影响下，5万吨级航道无法实现双向通航，对重载船舶及时驶离、空载船舶及时靠泊产生影响；2)7万吨级及以上船舶需要乘潮出港，等待潮水时间直接影响了船舶在港时间和泊位的空泊时间。

上述2个因素主要体现在航道进出船舶与码头靠离泊均存在较大的随机性，两个随机变量耦合、匹配对港航系统能力影响很大。

3.3 船舶实际载货量

近年来，煤炭港区船舶大型化趋势明显，本文统计了煤炭港区2014—2019年到港船型的实际载货量见表2，各船型数量占比见图1。可以看出，2019年船舶平均载质量较2014年提高29.29%，5万吨级以上船舶已成为煤炭运输主力船型^[5]。2019年到港船舶总数量为4 356艘，5万吨级以上船舶达到2 924艘，数量占比、承运比分别达到67.13%、79.19%；7万吨级船舶达到791艘，数量占比、承运比分别达到18.16%、26.52%。2019年5万吨级以上船舶数量占比、承运比分别增加28.3%、22.0%。而2万吨级及以下船舶的艘次比、承运比逐年下降，至2019年分别降至11.69%、4.46%。3.5万吨级船舶的艘次比、承运比持续维持在21%、16%。

表2 历年船舶平均载质量

| 年份 | 吞吐量/亿t | 数量/艘次 | 船舶平均载质量/万t |
|------|--------|-------|------------|
| 2014 | 1.36 | 3 804 | 3.57 |
| 2015 | 1.17 | 3 152 | 3.71 |
| 2016 | 1.74 | 4 161 | 4.18 |
| 2017 | 1.93 | 4 508 | 4.28 |
| 2018 | 2.03 | 4 489 | 4.52 |
| 2019 | 2.00 | 4 356 | 4.59 |

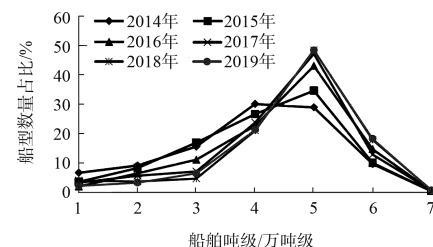


图1 2014—2019年历年靠泊船型数量占比

由上述分析，船舶大型化是港航系统能力提升的主要因素之一，但在航道等级不变的条件下，船舶大型化比例达到一定的程度也会对港航系统能力产生制约。主要原因是7万吨级以上船舶需要乘潮出港，当7万吨级以上船舶数量超过一定比例时，船舶在泊的等潮时间将增加，进而降低船舶靠离泊的效率。另外，受通航条件限制，5万吨级航道为有条件通航。

3.4 生产组织管理

黄骅港航道总长约43.48 km，煤炭空载船舶锚地位于航道22#浮标附近(图2)，煤炭船舶为压载进港，吃水较浅。在实际生产作业过程中，煤炭空载船舶大部分从22#浮标的位置切入航道，可以节省船舶在航道中的航行时间，缩短煤炭泊位空泊时间，提高泊位利用率。

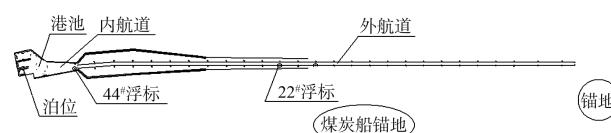


图2 码头航道布置

即使锚地一直存有大量船舶等候，也并不是在泊位出现空泊的情况下船舶便靠泊，主要受以下因素影响：1)堆场是否有货主船舶需要的煤炭货种；2)码头装船流程是否满足要求；3)堆场作业流程与空泊泊位的可达性；4)船舶进港时是否有出港船舶占用航道；5)自然天气等其他因素的影响。

在航道有限定条件下的5万吨级双向通航和7万吨级以上船舶有乘潮要求进出航道的约束下，航道生产组织、调度管理并与码头装卸船作业匹配是非常复杂的。

4 提高港航系统能力的对策措施

4.1 缩短船舶在泊停时

2019 年煤炭港区泊位平均利用率达到 81.47%，泊位有效利用率约 90.1%，其泊位利用率已远高于规范参考值和类似其他港口统计值，从提高泊位利用率角度分析，提高港航系统通过能力已不现实，甚至在保证码头设备维修、便于生产合理组织角度分析，其泊位利用率反而应适

当降低。为此应在泊位利用率不变的情况下，缩短船舶在港停时，提高船舶进出效率是提高港航系统能力的主要方向。通过实际运营数据统计，船舶在港停时时间组成见图 3^[6]。可以看出，煤炭港区从船舶带缆开始至船舶解缆为止船舶在泊平均停时 27.87 h，在泊时间组成也较为复杂，影响因素很多，有些时间可以优化，有些时间并非港方能够控制和决定的。

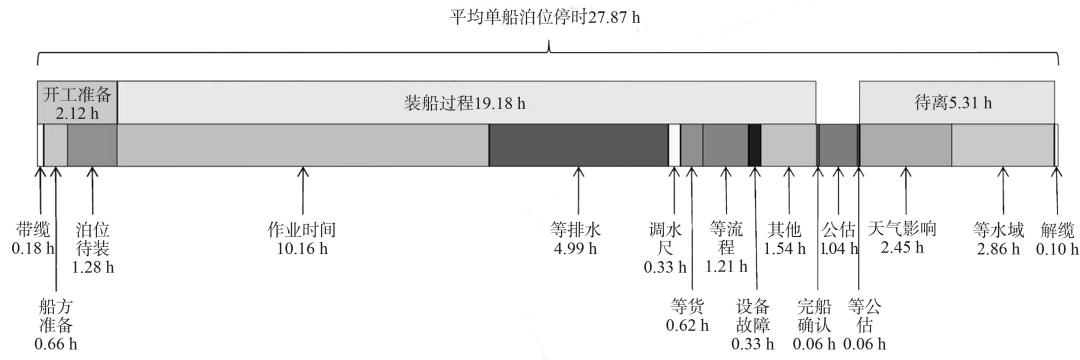


图 3 船舶在港停时组成

本文主要通过以下 2 方面减少船舶在泊停时：

1) 提高装船效率以减少作业时间，装船机装船效率受多种因素影响，其中最主要的因素是取料机的效率，由于受料堆大小、形状、操作人员熟练程度的影响，取料机效率一直较低。目前，通过实现堆场自动化堆取料，优化管理，提高大料堆比例，可以提高装船效率约 5%，进而缩短装船作业时间约 0.5 h。

2) 减少等水域时间，目前船舶完成装载后 2.86 h 在等水域，占在泊停时的 10%。出现等水域时间主要是由于航道不能双向通航和 7 万吨级以上船舶等潮的时间所致。通过优化船舶管理调度和合理生产组织，等水域时间可以有较大幅度降低。

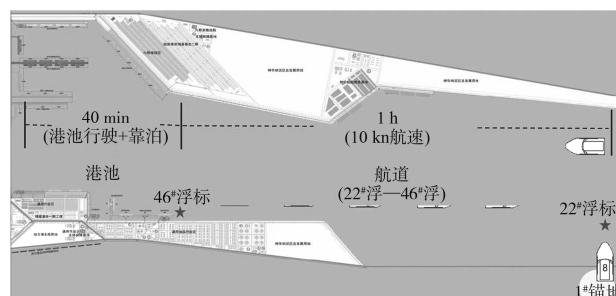
4.2 增加待泊泊位

黄骅港航道限制港航系统能力的主要原因之一是航道较长且 5 万吨级双向通航限制条件多，在现有航道通航规则情况下，码头出现空泊而船舶无法靠泊和完船后船舶无法离泊的情况成为常态。为缩短空泊和完船待离的时间，维持现有航道通航条件不变的情况下，在港池内增加待泊泊

位是行之有效的措施之一，通过待泊泊位的设置可以减少船舶靠泊时间，进而降低泊位空泊时间，加快船舶周转效率。

4.3 优化船舶组织管理

由于黄骅港煤炭港区航道为有限制的 5 万吨级双向通航，大多情况下为单向通航。空载船舶进港一般在 22#浮标附近切入航道，至 46#灯浮标（港池口门）附近航行时间约 1.0 h，船舶从 46#浮标到码头前沿停靠完成时间 0.67 h。重载出港船舶反之亦然。船舶进出港时间见图 4。为了提高航道通过能力，参考现场情况提出了船舶单向批量组合进出港的模式。



注：22#—46#浮标之间距离为 10.1 n mile，两船航行间隔 15 min。

图 4 船舶进出航道时间

1) 航道能力理论测算。在不考虑泊位作业时间及完成装船时间与航道匹配关系的情况下, 假设航道空闲时即有船舶完成装船, 锚地有空载船舶进港。本文对船舶进出港进行了多种组合分析,

见表3。在船舶实际载货量一定的情况下, 推算出港航系统能力。由表3计算得出, 船舶组织采用3进3出模式下, 港区航道能力最大, 可以达到2.17亿t。

表3 船舶进出港组合分析

| 组织模式 | 进出港时间/h | | | 单日进出港批次 | 单日进港数量/艘次 | 年进出港数量/艘次 | 装船量/亿t |
|------|---------|------|------|---------|-----------|-----------|--------|
| | 进出港池 | 进出航道 | 合计 | | | | |
| 1进1出 | 1.34 | 2.0 | 3.34 | 7.2 | 7.2 | 2 376 | 1.09 |
| 2进2出 | 1.34 | 2.5 | 3.84 | 6.25 | 12.5 | 4 125 | 1.89 |
| 3进3出 | 1.34 | 3.0 | 4.34 | 5.5 | 14.4 | 4 751 | 2.17 |
| 4进4出 | 1.34 | 3.5 | 4.84 | 5.0 | 14.1 | 4 669 | 2.14 |
| 5进5出 | 1.34 | 4.0 | 5.34 | 4.5 | 13.9 | 4 589 | 2.11 |
| 6进6出 | 1.34 | 4.5 | 5.84 | 4.1 | 13.7 | 4 512 | 2.07 |
| 7进7出 | 1.34 | 5.0 | 6.34 | 3.8 | 13.4 | 4 438 | 2.04 |

注: 年装船时间按330 d计算, 单船泊位最短作业时间按24 h计算(不考虑等货及天气影响), 两船航行间隔15 min; 单日进出港数量按照 $17 \times 24 / [(n-1) \times 0.5 + 3.34 + 24]$ 计算, 其中n为出港数量, $n \geq 3$ 。

2) 计算机仿真模拟。上述计算方法从航道角度对港航系统能力进行分析, 但考虑泊位装船、停靠船舶的随机性及耦合影响, 其计算分析仍有较大的局限性。为此利用计算机仿真对这种分批量进出港的模式进行仿真分析。仿真分2种工况, 第1种工况按照船舶分不同批量组队进出, 第2种工况按照完船间隔时间设置组队情况^[7], 模拟结果见图5。

对理论计算结果和计算机仿真分析结果进行分析, 因理论计算无法考虑码头能力对航道能力的影响, 而计算机仿真分析相对考虑了码头与航道的配套关系, 两者比较, 计算机仿真结论更具有科学性。

5 结论

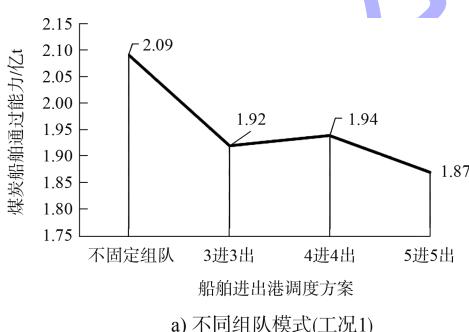
1) 提高泊位装船效率减少泊位在泊停时是提高港航系统能力的有效途径之一, 通过堆场自动化及优化堆场管理提高大料垛比例, 可以提高装船效率约5%, 进而缩短装船作业时间约0.5 h。

2) 航道通航条件受限的情况下, 增加港池内待泊泊位是提升港航系统能力的有效措施。

3) 通过优化船舶组织调度, 采用船舶单向批量组合进出港的模式可有效提升港航系统能力, 采用3进3出的调度模式, 港航系统能力可达到2.17亿t。

4) 综上措施, 可在现有条件下港航系统能力具有一定提升, 对码头能力有一定缓解, 但提升空间有限, 增加泊位数量是提升港航系统能力的最终解决途径。

(下转第84页)



a) 不同组队模式(工况1)

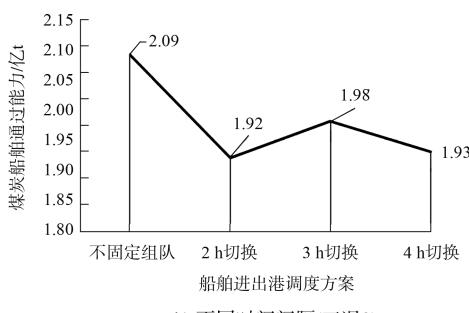


图5 航道通过能力的模拟结果