

文章编号:1005-0523(2016)01-0055-06

内河港区段航道服务水平评价

许忠厚¹,何良德¹,尹亚军¹,董晓红²,陈国平¹

(1.河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏 南京 210098;2.宁波中交水运设计研究院有限公司,浙江 宁波 315040)

摘要:内河港区段航道服务水平的高低影响航行舒适度,对其评价研究有助于航道服务水平的提高。介绍了航道服务水平的概念,研究港区段航道的服务水平评价,在港区段航道船舶流冲突点分析的基础上,提出采用流向饱和度划分服务等级的方法,并分析多泊位船舶交通量,最后以万寨港为例,分析内河港区段主航道与进出港流量,并对服务水平进行分级。为内河航道规划管理部门在规划设计和航道管理时考虑内河港区航道的影响提供了参考与依据。

关键词:内河港区段;流向饱和度;服务水平

中图分类号:U697.1

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.01.008

内河港区航道在整个水网运输航道体系中起到了维系上下游来船装卸货物和为上下游来船提供折返中转平台的重要纽带作用,不可避免地成为提升整个水网运输效率的关键所在^[1-2]。目前国内外较多地研究航道或者沿海港区航道的服务水平^[3-6],朱俊^[7]参考美国、中国的公路服务水平分级标准,将航道服务水平划分为一、二、三、四共4个等级;张家华^[8]提出交通设施运行的几个参数,包括交通流密度、速度、服务流率、控制延误、排队长度以及流向饱和度(V/C);徐笛清^[9]基于可接受间隙理论研究交叉段次航道的通过能力。对于港区航道的管理水平也有研究与探讨^[10],而对内河港区航道运行模式和内河港区交通流机理的研究还较少^[11],主要有何良德^[12]基于可接受间隙理论研究江苏内河港区段航道通过能力。本文在船舶流冲突点分析的基础上,采用流向饱和度指标划分港区航道服务水平,为内河航道规划管理部门在规划设计和航道管理时考虑内河港区航道的影响提供了依据。

1 航道服务水平

航道服务水平是航道使用者从安全、舒适、效率、经济等多方面所感受到的服务质量量度,也是船舶驾驶员对航道交通状态和服务质量的一个客观评价。航道服务水平,归根到底反映的是在某种交通条件下,船舶在航道中的运行质量。确定航道服务水平等级,是为了说明航道交通负荷状况,以交通流状态为划分条件,描述交通流从自由流、稳定流到饱和流和强制流的变化阶段,方便评价航道内船舶交通的运行质量。

从船舶特征出发,宜采用交通流密度(艘/km),航速(km·h⁻¹),服务流率(艘/h)、控制延误(s/艘)、排队长度(艘)以及流向饱和度(V/C)作为衡量航道服务水平的主要指标。由于目前不同水域船舶航速差异较大,而随着船舶标准化工作的进行^[13],船舶尺度逐渐统一,为便于比较,建议使用以交通流密度、控制延误、排队长度和流向饱和度(V/C)这几项指标为主。本文取流向的饱和度(V/C)作为评价服务水平的度量指标,如表1所示。

收稿日期:2015-09-01

基金项目:江苏省交通科学计划项目(2012R03)

作者简介:许忠厚(1990—),男,硕士研究生,研究方向为港口航道工程。

通讯作者:陈国平(1965—),男,教授,博士,硕士生导师,研究方向为港口航道工程。

表 1 根据流向饱和度划分的服务等级
Tab.1 Classification of service level according to flow saturation

服务水平等级	一级	二级	三级	四级
V/C	0~0.62	0.62~0.79	0.79~0.9	0.9~1.0

2 港区段航道服务水平

2.1 船舶流冲突点分析

在建立内河港区影响范围内的船舶通行模型时,各种不同布置形式的内河港口区域内船舶航行模式的共同特征是模型的关键因素。内河港口的具体布置形式各不相同,但内河港区范围内的船舶流正常运行时,船舶的航行路线上均存在不可避免的交汇点和分叉点。本文认为船舶分流基本不对通行能力造成影响,即不关注船舶流的分叉点而仅仅关注船舶流的交汇点,称这些船舶流的交汇点为不同流向船舶的冲突点。

两侧河岸均布置港区泊位的内河港区影响范围内的各船舶流冲突关系如图 1 所示。所有进入港区影响范围的船舶流向共有 6 种,分别记为 v_1 至 v_6 。这 6 种流向的船舶流在正常运行时,共产生 6 个船舶流冲突点,分别记为冲突点①~⑥。冲突点①为 v_5 与 v_1 发生冲突;冲突点②为 v_1, v_5 与 v_3 发生冲突;冲突点③为 v_1, v_5 与 v_4 发生冲突;冲突点④为 v_3 与 v_6 发生冲突;冲突点⑤为 v_3, v_6 与 v_1 发生冲突;冲突点⑥为 v_3, v_6 与 v_2 发生冲突。

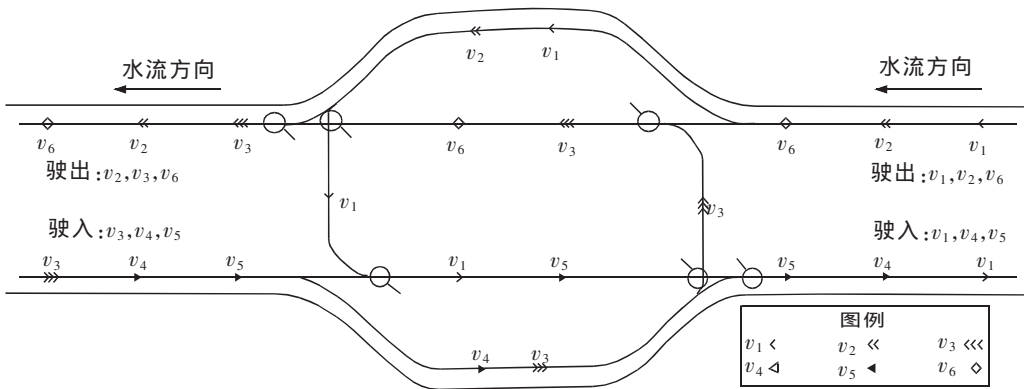


图 1 内河港区影响范围内的各船舶流向示意图(两侧布置泊位)
Fig.1 Flow diagram of ships in inland port area (bilateral berthing port area)

港区段航道运行与交叉口船舶流类似,主流向直行船舶与进出港船舶发生冲突,从而出现排队等候延误现象。

2.2 港区航道小时交通量

2.2.1 主航道小时交通量

主航道小时交通量可通过选取附近观测点,统计年通过艘数、总吨位、空载率、平均艘吨位,经过计算得到。

2.2.2 进出港小时交通量

1) 年到港船舶总数 n_b :

$$Q_n=n_bW\alpha,n_b=\frac{Q_n}{W\alpha} \quad (1)$$

式中: Q_n 为根据货物类别确定年吞吐量; W 为船舶额定载重吨位; α 为重载船装载率,多船型时, n_b 为平均装载率。

2) 小时靠泊船舶数。考虑到达不均衡系数 K_b 、可昼夜工作小时数 t_d ,可得隐含于泊位通过能力计算的小时靠泊船舶数。

$$Q_b=\frac{Q_n}{W\alpha}\frac{K_b}{T_y t_d}。$$

(2)

计算某个泊位船舶数时,上式中 Q_n 为泊位分担的吞吐量; T_y 为年营运天数。

3) 到达锚地小时船舶数。到达锚地船舶与泊位装卸无关,宜按小时交通量换算。

$$Q_a=\frac{Q_n}{W\alpha}\frac{K_h}{T_y}。$$

(3)

式中, K_h 为小时交通量系数,OD 调查实测统计值 0.064~0.105。

2.2.3 多泊位船舶交通量

内河港口锚地靠近港区,但不应占用主航道或影响码头的装卸作业及船舶调度。江苏省内河航道宽度较小,锚地往往顺岸式布置于泊位对岸或上下游。这里假设船舶进入锚地待泊,根据港口作业需要调度船舶从锚地经主航道、港前回转、靠泊、装卸、离港。本文假设可以在相应码头前水域分散式回转靠泊,最后也是分散式回转离港。

多个泊位时,各进出港流将分布于码头前沿,相邻泊位的进出流可能产生互相影响(如图 2 所示)。进港流 w_1,w_2 分量与上侧泊位的出港流 w_3,w_4 产生冲突;同为出港流, w_4 分量将受上侧泊位的 w_3 影响; w_3 分量,将受上侧 w_3 的影响;同理, w_4 分量将受下侧 w_4 的影响。多个泊位时,流量冲突点经分析和简化如表 2。表 2 中,括号内的流向,存在此消彼长的关系,下划线的流向代表存在局部冲突,如图 2 所示。

表 2 多泊位时冲突点表

Tab.2 Conflict points of multi-berths

行驶方式	流向标号	冲突交通量
本侧船舶直行	v_5	w_1,w_3,w_4
对侧船舶直行	v_6	w_4
对侧船舶进港	$v_1+v_2=w_1$	$v_5,(w_2,w_3),w_4$
本侧船舶进港	$v_3+v_4=w_2$	w_3,w_4
出港到本侧船舶	$v_1+v_4=w_3$	v_5,w_1,w_2,w_4
出港到对侧船舶	$v_2+v_3=w_4$	$v_5,v_6,w_1,(w_2,w_3),w_4$

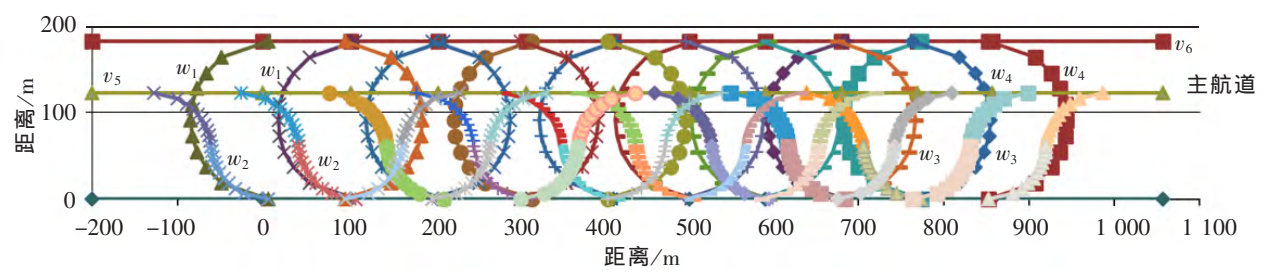


图 2 万寨港多泊位交通流冲突点示意图

Fig.2 Diagram of traffic flow conflict points of multi-berths in Wanzhai Harbor

3 万寨港航道通过能力与服务水平

万寨港是江苏徐州港务(集团)有限公司最大的港口,位于淮海经济区中心城市徐州市北郊,京沪、陇海两大铁路干线交汇于此,京沪、京福、连霍、宁宿徐 4 条高速公路网贯穿其间,经济腹地宽广,枢纽地位突出。主要承担国家西煤东输、北煤南运重任,来自晋、陕、豫、冀、皖、鲁、甘、宁、青、内蒙等地的煤炭经此中转至

江、浙、沪、皖等地,有“京杭运河第一港”的美誉。万寨港于 1990 年建成投产,设计吞吐能力 1 500 万 t,货场堆存能力 150 万 t。万寨港不断拓展经营空间,先后开辟了火车发运、船舶卸载业务,合作建立了多家煤炭清洗加工企业,积极引进物流金融业务,构建煤炭流通一体化服务平台,有效满足了客户的需要,逐步从京杭运河上的重要枢纽港向集航运、物流、贸易、金融、信息为一体的运河航运中心港转变。

3.1 主航道小时交通量

选取相应的解台船闸观测点,统计年通过艘数、总吨位、空载率、平均艘吨位,计算出主航道小时交通量见表 3,主航道小时交通量为 38.61 艘·h⁻¹。

表 3 观测点交通量与港区主航道小时交通量
Tab.3 Traffic volume of the observation point and hourly traffic of the inland port waterway

流向	年通过量				空载率	平均吨位/艘	通航天数	日平均流量/(艘/日)	小时交通量系数	小时交通量/(艘·h ⁻¹)
	艘	万 t	重载/万 t	空载/万 t						
上行	66 467	3 529.0	1 498.46	2 030.55	0.58	530.94	365	182.10	0.104	18.97
下行	69 045	3 957.2	2 791.65	1 165.55	0.29	573.13	365	189.16	0.104	19.70
小计	135 512	7 486.2	4 290.11	3 196.10	0.43	552.44	365	371.27	0.104	38.67

3.2 船舶交通量

港口调查的泊位通过能力、货物吞吐量见表 4,经计算得万寨港船舶交通量见表 5,锚地小时流量 3.61 艘·h⁻¹,靠泊小时交通量 2.60 艘·h⁻¹。

表 4 万寨港设计、运行情况调查表
Tab.4 Survey on the design and operation of Wanzhai Harbor

泊 位	泊位等级/t	泊位长度/m	泊位通过能力/(万 t/万 TEU)	货物吞吐量/(万 t/万 TEU)	百分比/%
5 号泊位	2 000	90	111.0	110.0	14.05
4 号泊位	2 000	120	120.0	118.0	15.07
1 号泊位	2 000	185	150.0	142.0	18.14
3 号泊位	2 000	145	100.0	96.0	12.26
6 号泊位	1 000	80	33.0	33.0	4.21
2 号泊位	1 000	130	80.0	80.0	10.22
7 号泊位	1 000	90	73.0	70.0	8.94
8 号泊位	1 000	80	87.0	83.8	10.70
9 号泊位	1 000	90	56.0	50.2	6.41
合计	—	1 010	810.0	783.0	—

基于可接受间隙理论计算港区航道段直行与回旋时的小时船舶流量,进而计算主航道饱和度和进出港饱和度,见表 6。万寨港主航道的饱和度不大(22.01%),进出港通过能力大,进出港饱和度很小(进、出港饱和度分别为 0.51%,1.48%),主航道饱和度远大于进出港饱和度,可认为船舶进出港对主航道影响很小,主航道服务水平是关键;根据流向饱和度为度量指标,主航道与进出港航道服务水平均为一级,服务水平高。

表 5 万寨港船舶交通量表
Tab.5 Vessel traffic volume of Wanzhai Harbor

泊 位	K_b	$W/(t/艘)$	α	$T_y/(日/年)$	$t_d/(h/日)$	K_h	$n_b/(艘/年)$	泊位船舶 $Q_b/(艘 \cdot h^{-1})$	锚地船舶 $Q_a/(艘 \cdot h^{-1})$
5 号泊位	1.8	780	1.0	365	24	0.104	1 410	0.29	0.40
4 号泊位	1.8	780	1.0	365	24	0.104	1 513	0.31	0.43
1 号泊位	1.8	780	1.0	365	24	0.104	1 821	0.37	0.52
3 号泊位	1.8	780	1.0	365	24	0.104	1 231	0.25	0.35
6 号泊位	1.8	475	1.0	365	24	0.104	695	0.14	0.20
2 号泊位	1.8	475	1.0	365	24	0.104	1 684	0.35	0.48
7 号泊位	1.8	475	1.0	365	24	0.104	1 474	0.30	0.42
8 号泊位	1.8	475	1.0	365	24	0.104	1 764	0.36	0.50
9 号泊位	1.8	475	1.0	365	24	0.104	1 057	0.22	0.30
合计	—	657	—	—	—	—	12 648	2.60	3.61

表 6 港区航道服务水平评价
Tab.6 Evaluation of service level of inland port waterway

主航道流量/(艘·h ⁻¹)	主航道饱和度	主航道服务水平	进港流量/(艘·h ⁻¹)	进港率	进港饱和度	出港饱和度	进出港服务水平
38.67	22.01%	一级	2.60	6.73%	0.51%	1.48%	一级

4 结论

在港区段航道船舶流冲突点分析的基础上,提出了采用流向饱和度划分服务等级的方法,分析多泊位船舶交通量,最后以万寨港为例,分析港区段主航道与进出港流量,并对服务水平进行分级。主要结论如下:

- 1) 航道服务水平等级的划分,建议以交通流密度、控制延误、排队长度和流向饱和度这几项指标为主。
- 2) 采用流向饱和度指标划分港区段航道的服务等级时,出港横跨主航道回转的流向,冲突交通量最大,通常是控制港区段航道服务水平的关键流向。
- 3) 多泊位时,各泊位交通分量之间存在相互冲突、此消彼长的关系。万寨港主航道饱和度远大于进出港饱和度,可认为船舶进出港对主航道影响很小,主航道服务水平是关键;根据流向饱和度为度量指标,万寨港主航道与进出港航道服务水平均为一级,服务水平高。

参考文献:

[1] 稻石正明,今宿智仁.船舶群と船舶群遭遇シミュレーション[M]. 北京:人民交通出版社,2009:136-139.
[2] 河海大学,重庆交通学院.航道整治[M]. 北京:人民交通出版社,1987:56-57.
[3] 宋向群,付超,郭子坚,等. 沿海集装箱港区单向航道服务水平研究[J]. 水运工程,2010(7):107-110.
[4] 刘赛龙,蒋璘晖. 内河航道服务水平及通过能力研究[J]. 水运工程,2014(3):134-139.
[5] 郭子坚,王文渊,唐国磊,等. 基于港口服务水平的沿海港口航道通过能力[J]. 中国港湾建设,2010(S1):46-48.
[6] 余劲,姜继红,张玮,等. 西江航道服务水平分析[J]. 水运管理,2006(4):21-23.
[7] 朱俊,张玮,何良德,等. 内河航道服务水平研究[J]. 中国港湾建设,2009,4(2):4-6.

- [8] 张家华,岳巧红. 建立航道服务水平评价指标体系[J]. 水运管理,2006,8(8):19-21.
- [9] 徐笛清,何良德,王震,等. 基于可接受间隙理论的交汇段次航道通过能力[J]. 科学技术与工程,2013,13(11):3178-3183.
- [10] 吴兆麟,朱军编. 海上交通工程[M]. 2 版,大连:大连海事大学出版社,2004:68-69.
- [11] 孙建军,胡佳. 欧亚三大港口物流发展模式的比较及其启示——以鹿特丹港、新加坡港、香港港为例[J]. 华东交通大学学报,2014,31(3):35-41.
- [12] 何良德,许忠厚,董晓红,等. 基于可接受间隙理论的内河港区段航道通过能力[J]. 科学技术与工程,2015,15(22):83-88.
- [13] 高惠君,肖克平,邓晓云. 推进全国内河船型标准化研究与探讨[J]. 水运科学研究,2006(2):3-9.

Evaluation of the Waterway Service Level of the Inland Port Section

Xu Zhonghou¹, He Liangde¹, Yin Yajun¹, Dong Xiaohong², Chen Guoping¹

(1. College of Harbor Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Ningbo Zhongjiao Water Transportation Design and Research Co., Ltd., Ningbo 315040, China)

Abstract: The service level of the inland port waterway exerts influence on the navigation comfort, and studying the evaluation of the service level helps to improve it. This paper introduced the concept and analyzed the evaluation of waterway service level. Based on the analysis of ship flow conflict points, it put forward a method of flow saturation to classify the different service levels, and analyzed the ship traffic volume of multi-berths. An example of Wanzhai Harbor was given to further analyze the ship traffic volume of the main course, entry and departure, and to classify the service level. Findings in this study can supply references concerning influence of the inland port harbor for the plan and design sector of the waterway administration.

Key words: inland port section; flow saturation; service level

(责任编辑 刘棉玲)