

文章编号:1002-3682(2015)02-0074-07

码头作业天数分析论证方法探讨

——以洋口港液化天然气码头装卸作业为例*

曹 兵, 高清清, 徐常三, 高鑫鑫

(国家海洋局 南通海洋环境监测中心站, 江苏 南通 226002)

摘 要:提出了一种分析论证码头作业天数的新方法, 综合分析了各水文气象因子之间的独立性与相关性, 可避免重复计算不利作业情况, 充分利用可作业时间。使用南通市如东县阳光岛附近海域 2012 年一整年连续风、浪、能见度等实测资料, 依据液化天然气码头装卸作业标准, 采用新方法综合分析码头可作业天数, 并与常规方法进行了比较。结果显示, 新方法比常规方法更简单, 结果也更精确。同时, 本文给出了 2012 年全年、各季的可装卸作业天数及不利作业天数结果, 供相关部门参考使用。

关键词:阳光岛; 液化天然气码头; 装卸作业; 码头作业天数; 分析论证方法

中图分类号: U651

文献标识码: A

码头作业天数会影响码头装卸能力计算与分析, 因此作业天数的分析论证至关重要。码头作业天数的准确评估, 对不同船舶在码头按照装卸作业标准开展的各水文气象要素精细化保障预报也具有一定的指导意义。

码头作业天数是指在自然条件下的作业天数, 它等于年日历天数减去不利自然条件下不能作业的天数^[1]。影响码头作业的不利自然条件主要有气象和水文两大类, 主要包括强降水、大雾、大风、雷暴、大浪、强水流等不利要素, 高纬度海域还需研究冰要素。

码头作业天数的常规计算方法一般先计算不利作业天数, 再通过年历天数相减得到。不利作业天数往往建立在单因子不利作业要素分析基础上, 扣除不同要素影响作业的重复天数^[2], 通过简单的迭加得到。由于大风与大浪、强降水与大浪等不同要素间可能存在同时出现的情况, 以天为计量单位简单地进行重复天数扣除和迭加计算, 仍有重复计算的可能性, 使得计算结果不够精确。另外, 对于如何扣除不同要素影响作业的重复天数, JTS 165-2013《海港总体设计规范》^[2]和 JTS 165-5-2009《液化天然气码头设计规范》^[3]中亦未明确给出计算方法。

本文提出了一种分析论证码头作业天数的新方法, 该方法使用强降水、大雾、大风、雷暴、大浪等要素逐时或每 3 h 一次的同步数据, 进行单要素和综合不利作业条件同步性分析。综合研究时, 这些要素中只要有 1 项要素在某一时刻出现不满足作业标准的情况, 此时刻即为不利作业时刻, 否则认为该时刻满足作业条件标准, 并将这些结果记录下来。此

* 收稿日期: 2014-11-28

作者简介: 曹 兵 (1981-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋环境预报方面工作。E-mail: semeicaobing@163.com

(王佳实 编辑)

外,从水文气象等要素的不稳定性、船舶装卸可操作性等角度出发,需满足连续作业的最少时间为 6 h,也就是说若 6 h 以内不满足作业标准,则计入不可作业时间。将某一时段的可作业情况按照出现时长进行累计,如 $1/24\text{ d}$, $1/8\text{ d}$ ^[4-5] 等,即可得到该时段的可作业天数,如一年的可作业天数或多年可作业天数的平均等结果。同时,可得单要素影响下可作业天数及不可作业天数等结果。

新方法综合分析了各水文气象因子之间的独立性与相关性,避免了重复计算不利作业天数的情况,充分利用作业时间。同时更加细化可作业时间,使得计算结果更加精确,也更为合理可靠。另外,码头作业天数结果可直接给出,不需先进行不利作业天数计算。

本文以南通市如东县阳光岛中石油江苏液化天然气有限公司项目(江苏 LNG 项目)专用船码头的作业天数为例,使用附近海域 2012 年一整年的风、浪、能见度等实测资料,依据船舶装卸作业相关标准^[3] 条件,计算码头可作业天数,并与常规方法结果进行比较。同时,得出港区一年与各季节的码头可作业天数及不可作业天数,供作业方等部门参考使用。

1 资料情况

江苏 LNG 项目专用船码头位于南通市如东县洋口港(阳光岛北侧),见图 1,码头可停靠世界上最大的 26.7 万 m^3 LNG 运输船。

本文所用资料来源于国家海洋局洋口港海洋环境监测站,其中能见度、风等资料使用洋口港岸基站实测数据;海浪资料使用阳光岛东南侧 2 km 处的多参数浮标(SZF2-1A 型,直径 3 m)、阳光岛东南侧 17 km 处“浪龙”波浪仪以及阳光岛东侧 40 km 处的大型水文气象浮标(FZF20-3 型,直径 10 m)实测数据;表层海流资料使用阳光岛北侧 2 km 处遥测波浪浮标(SBF3-2 型,直径 1 m)实测数据。

洋口港岸基站的资料使用时段为 2012 年一整年;“浪龙”波浪仪资料使用时段为 2012-01—08;SZF2-1A 型浮标资料使用时段为 2012-09—10;FZF20-3 型浮标资料使用时段为 2012-11—12;所有资料均为逐时同步数据;由于 SBF3-2 型波流浮标在 2011-12 丢失,因此海流资料只能使用 2011-08—11 时间段的实测资料。

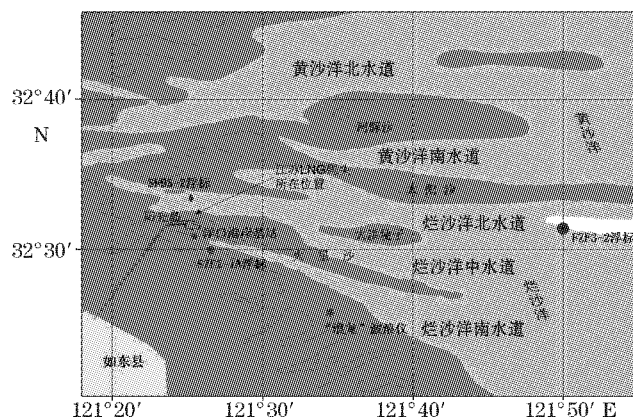


图 1 码头所在海域及测站位置示意图

Fig. 1 Locations of the LNG Terminal and the observation stations

2 不利作业标准及统计方法讨论

2.1 不利作业标准讨论

根据 JTS 165-5-2009《液化天然气码头设计规范》^[3]中关于“作业条件”的规定,码头全年可作业天数应根据设计船型,综合分析液化天然气船舶进出港航行、靠泊、装卸、系泊和离泊全过程的有关气象、水文条件确定。码头最长连续一次不可作业天数不宜超过 5 d。

由于液化天然气船舶装卸作业标准相对较高,因此本文以总舱容 80 000 m³ 以上的液化天然气船舶装卸作业过程为例,进行作业天数讨论,其他作业过程类似,本文不做阐述。装卸作业过程允许的风速、波高、能见度和流速应符合表 1 的规定。

表 1 液化天然气船舶装卸作业条件标准

Table 1 The standards of conditions for loading and unloading operation on a LNG carrier

项 目	标 准
雾	能见度 ≥ 1 km
风	风速 ≤ 15 m/s
波 浪	横浪 $H_{4\%} \leq 1.2$ m, 顺浪 $H_{4\%} \leq 1.5$ m, $\bar{T} \leq 7$ s
流 速	横流 < 1.0 m/s, 顺流 < 2.0 m/s

表 1 中,横浪指与船舶的夹角 $\geq 15^\circ$ 的波浪, $< 15^\circ$ 的为顺浪;横流指与船舶的夹角 $\geq 15^\circ$ 的水流, $< 15^\circ$ 的为顺流。

根据码头布局,基本以东—西向为码头轴线方向,因此定 90° (设正北方向为 0° ,顺时针转动为正)与 270° 作为船舶的主轴方向,由此可得在 $(75^\circ, 105^\circ)$ 和 $(255^\circ, 285^\circ)$ 为顺浪和顺流向,其余各向均为横浪和横流向。

2.2 统计方法讨论

$H_{4\%}$ 在统计上约等于 $H_{1/10}$ (显著波高),因此,可直接使用观测获取的 $H_{1/10}$ 的值进行波浪的统计分析。另外,分析波浪平均周期 \bar{T} 发现, $\bar{T} > 7$ s 的情况一共出现 23 次,均发生在 $H_{1/10} \geq 1.6$ m 情况下,因此,在统计大浪时,已将长周期的波浪统计在大浪中,不必再重复统计。

由于码头前沿缺乏长期连续的海流观测资料,因此给海流对作业天数的影响分析带来一定的困难。经过对 2011-08-11 洋口港北侧 SBF3-2 型波流浮标(图 1)获得的海流数据进行分析,此处海流为往复流形态,海流的主流向接近 $90^\circ \sim 270^\circ$,即接近东—西走向,与码头布局轴线接近。同时,对于顺流方向的表层海流均未发现超过 2.0 m/s 的数据,而此时段为洋口港附近海域潮差最大的季节。由此可见,码头前沿出现不利作业的海流情况较少,也可暂不分析海流对船舶装卸作业的影响。

通过以上分析可知,在统计不利作业情况时,应主要研究能见度、风速、波浪三个要素。

本文将能见度、风速、波浪(浪向、浪高)三个要素共 4 列数据按逐时排序,可形成数组 $A(1 \sim 8\ 784, 1 \sim 4)$ (二维数组,共 8 784 行,共 4 列),如表 2 所示。按照表 1 标准,逐时逐

要素进行判定,并将判定结果放入判定数组 B(1~8 784,1)、B(1~8 784,2)、B(1~8 784,3)(均为二维数组,共 8 784 行,各 1 列)三列中,如表 3 所示。只要 3 个要素之一出现不满足标准的情况,该时刻即为不可作业,否则认为该时刻满足作业条件标准,将判定结果放入判定数组 B(1~8 784,4)列中。将判定数组按列累计,并满足连续作业的最少时间 6 h,即可得到按单要素统计及综合分析的可作业次数,放入数组 C(1,1~4)中(表 3)。每个时刻可按 1/24 d 进行折算,即可得到各单要素及综合分析的可作业天数及不利作业天数的结果。

表 2 各要素判定数组

Table 2 The determining array of individual hydrometeor factors

时 间			判定要素			
月	日	时	能见度	风	浪向	浪高
1	1	0	A(1,1)	A(1,2)	A(1,3)	A(1,4)
1	1	1	A(2,1)	A(2,2)	A(2,3)	A(2,4)
1	1	2	A(3,1)	A(3,2)	A(3,3)	A(3,4)
...
12	31	23	A(8 784,1)	A(8 784,2)	A(8 784,3)	A(8 784,4)

注:“...”为逐时对应的各判定要素数组

表 3 各要素判定结果数组

Table 3 The determined result array of individual hydrometeor factors

时 间			判定结果			
月	日	时	能见度	风	浪	综合
1	1	0	B(1,1)	B(1,2)	B(1,3)	B(1,4)
1	1	1	B(2,1)	B(2,2)	B(2,3)	B(2,4)
1	1	2	B(3,1)	B(3,2)	B(3,3)	B(3,4)
...
12	31	23	B(8 784,1)	B(8 784,2)	B(8 784,3)	B(8 784,4)
累计作业次数			C(1,1)	C(1,2)	C(1,3)	C(1,4)

注:“...”为逐时对应的各判定要素数组

3 结果讨论

3.1 常规方法结果

常规方法以 1 d 内出现 1 次不满足作业条件的情况,计当天为不利作业日期,再扣除不同因素影响作业的重复天数,即得到码头不利作业天数(表 4)。

1) 雾 日

能见度 <1 km 的不利作业天数 1 a 内共计 81 d。生产中,雾散去后即可作业,按照低能见度出现的小时数来计,能见度 <1 km 的小时数总计为 308 h,约合 12.8 d。

2)大风

日最大风速 ≥ 15 m/s的大风不利作业天数1 a内共计24 d。

3)大浪

横浪 > 1.2 m或顺浪 > 1.5 m的大浪不利作业天数1 a内共计59 d。

4)计算结果

由于该海域大风与大浪可能同时出现,通过查找大风与大浪同时发生的日期可知,大风大浪同一天发生的天数共11 d。能见度为独立因子,因此大雾与大风、大浪的影响要素不进行重复计算。由此,可以得到常规方法不利作业天数累计85 d,可作业天数为281 d。

表4 LNG船舶装卸作业不利作业天数及作业天数结果(d)

Table 4 The adverse operation days and the operational days for loading and unloading operation on a LNG carrier(d)

方法	不利作业天数				可作业天数			
	雾日	大风	波浪	迭加	雾日	大风	波浪	迭加
常规方法	12.8	24.0	59.0	85.0	353.2	242.0	307.0	281.0
新方法	14.8	4.8	58.9	75.0	351.2	361.2	307.1	291.0

3.2 新方法结果

由于所用资料为逐时数据,每出现一次满足或不满足作业条件的情况,本文以1/24 d折算,同时满足连续作业6 h的最少时间。由此,作业天数及不利作业天数则按照本文提出的新方法可直接给出(表4)。

1)雾日

能见度 > 1 km的可作业天数1 a内共计351.2 d;能见度 < 1 km的不可作业天数共计14.8 d。

2)大风

风速 ≤ 15 m/s的可作业天数1 a内共计361.2 d;风速 ≥ 15 m/s的大风不利作业天数1 a内共计4.8 d。

3)大浪

横浪 ≤ 1.2 m或顺浪 ≤ 1.5 m的可作业天数1 a内共计307.1 d;横浪 > 1.2 m或顺浪 > 1.5 m的大浪不利作业天数1 a内共计58.9 d。

4)计算结果

由新方法统计给出1 a内码头可作业天数为291 d,不利作业天数累计75 d。

由结果可见,新方法计算得到的可作业天数比常规方法多10 d。传统方法与新方法的结果差异主要体现在大风影响上,因为传统方法以日最大风速进行判断,判定的分辨率为1 d,而新方法则为1/24 d。

3.3 各季节作业天数结果讨论

由本文所提新方法亦可轻松获得各季节的单因子可作业天数、迭加可作业天数及不可作业天数结果,供作业方在制定工作计划及装卸作业时参考。

表 5 各季节 LNG 船舶装卸作业不利作业天数及作业天数结果(d)
Table 5 The adverse operation days and the operational days for loading and unloading operation on a LNG carrier in all seasons(d)

季 节	不利作业天数				可作业天数			
	雾日	大风	波浪	迭加	雾日	大风	波浪	迭加
春 季	7.3	0.8	6.9	15.4	84.7	91.3	85.1	76.6
夏 季	4.0	1.6	15.6	19.5	88.0	90.4	76.4	72.5
秋 季	0.0	1.5	9.3	9.6	91.0	89.5	81.7	81.4
冬 季	3.5	0.9	27.2	30.5	87.5	90.1	63.8	60.5

由表 5 可见,冬季不利作业天数最多,其次为夏季,这两个季节影响作业的因子中波浪为主要因子;春季影响作业的因子中雾和波浪基本相当;秋季是一年中最有利的作业时间段。

3.4 新方法 with 计算结果适用性讨论

本文给出的作业天数建立在 2012 年洋口港海域一整年逐时资料统计基础上,由于资料本身的限制,新方法可能存在一些不足之处。首先,资料序列时间较短,仅为一年资料,由于资料存在年际变化,该方法在不同年份间可能存在一定的差异。要得到更为精确的结果,需获取洋口港海域多年序列资料后做更为完整、全面的分析计算后确立。其次,海域缺少长期连续海流观测资料,可能会对计算结果引起一定的波动。再次,按规范^[5]规定,对于 7 s 以上大周期波浪需作专门论证,本文将大周期波浪与大浪简化为重叠出现,未专门分析论证,可能对结果有一定影响。最后,在不同海域,不同影响因子对作业的影响程度不完全一致,可能对作业天数影响不同。今后需对不同海域影响作业的各类因子,进行更为系统的讨论,才能进一步优化完善新方法。

4 结 论

本文提出了一种分析论证码头作业天数的新方法,通过使用洋口港海域 2012 年一整年的风、浪、能见度等实测资料,对液化天然气船舶装卸作业的码头作业天数进行分析论证,并与常规方法进行了比较,主要得到以下结论:

1)该方法通过对不同要素同步数据的分析比较,可以快速准确得到计算结果,避免了不利作业情况的重复计算。通过使用逐时数据,将每一时刻作为 1/24 d 计算,同时满足连续作业 6 h 的最少时间,细化和充分利用了作业时间,比常规以日为计量单位的结果更加准确。

2)给出该海域液化天然气船舶装卸作业的年码头作业天数,各季节的单因子可作业天数、迭加作业天数及不利作业天数等结果,可供相关作业方制定工作计划及装卸作业时参考使用。

本方法所采用的计算思路,在计算其他类型的船舶作业、船舶其他操作的作业天数时可作为参考。

参考文献:

- [1] 唐敏. 铁路轮渡系统作业天数的论证[J]. 水运工程, 2002, (7): 27-30, 39.
- [2] JTS 165-2013 海港总体设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014: 21-24.
- [3] JTS 165-5-2009 液化天然气码头设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2009: 4-5.
- [4] 徐元. 不利自然条件下船舶装卸不可作业天数估算方法探讨[J]. 水运工程, 1997, (2): 7-9.
- [5] 曹兵. 临港新城波浪影响下码头不利作业天数分析[J]. 海岸工程, 2010, 29(2): 38-42.

Study on Method for Analyzing and Demonstrating Dock-Operation Days

CAO Bing, GAO Qing-qing, XU Chang-san, GAO Xin-xin

(Nantong Marine Environmental Monitoring Center, SOA, Nantong 226002, China)

Abstract: A new method is proposed for analyzing and demonstrating dock operation days. In this method, the independence and correlation occurring among individual hydrometeor factors are comprehensively considered, the repeated calculation of adverse operation time is avoided and the operational time is used adequately. By using the wind, wave and visibility data measured continuously all-year in the area off the Yangguang Island of Rudong County in 2012, and according to the standard for loading and unloading operation at the liquefied natural gas (LNG) terminal, the dock operation days are comprehensively analyzed by using this new method, and meanwhile a comparison is made between the new method and the common method. The results show that compared with the common method the new method is simpler and can give more accurate results. In addition, both the operational days and the adverse operation days for loading and unloading operation at the liquefied natural gas terminal are given for the full year and all seasons.

Key words: Yangguang Island; liquefied natural gas (LNG) terminal; loading and unloading operation; dock operation days; analysis and demonstration method