

防城港钢铁基地 20 万吨级矿石码头船型 综合经济论证

鲁碧祥¹, 蔡薇²

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071; 2. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430063)

摘 要: 随着经济全球化和船舶大型化趋势的增加, 沿海散货码头的设计等级逐步提高。在可行性研究阶段, 为了确定防城港钢铁基地矿石码头的靠泊等级, 根据货种、流量和流向, 结合国外装船港的条件以及世界矿石运输船队的构成和发展趋势进行分析, 依次从多航线配船、运输系统的角度, 采用必要费率 (RFR) 指标对船型进行经济论证。从运输系统的角度综合考虑, 在给定的运量、航道和航线运量配比条件下, 防城港钢铁基地项目 2 个 20 万吨级矿石码头的运输系统能取得最佳经济性。建议建设 2 个 20 万吨级铁矿石泊位。此方法可供同类大型码头设计参考。

关键词: 矿石码头; 航线配船; 非线性规划; 运输系统; 船型论证

中图分类号: U652.72

文献标志码: A

文章编号: 2095-7874(2017)06-0028-04

doi: 10.7640/zggwjs201706006

Comprehensive economic demonstration of 200 000-dwt-class ore terminals for the iron and steel base in Fangcheng Port

LU Bi-xiang¹, CAI Wei²

(1. CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430071, China;

2. Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430063, China)

Abstract: With the growing trends of the economic globalization and the upsizing of ship, the design classes of coastal bulk cargo terminals are gradually increasing. At the stage of the feasibility study, in order to determine the berthing grade of the ore terminals for the iron and steel base in Fangcheng Port, according to the kinds of goods, quantity and directions, combined with an analysis about the conditions of foreign loading ports, the world ore fleet's structure and development trend, successively from the perspectives of ship routing and transportation system, the article makes economic demonstrations on the ship types, with an indicator of the required freight rate (RFR). With a comprehensive consideration from the perspective of the transportation system, the transportation system of the two 200 000-dwt-class ore terminals for the iron and steel base in Fangcheng Port can get the best economic performance under the given conditions of the freight volume, the channel and the route shipping ratio. The construction of the two 200 000-dwt-class ore terminals was proposed. This method can be used as reference for the design of similar large terminals.

Key words: ore terminal; ship routing; nonlinear programming; transportation system; ship type demonstration

1 工程概述

武钢与柳钢于 2005 年 12 月实施重组发起设立广西钢铁(集团)有限公司。武钢与柳钢联合重组后结合柳钢异地改造, 相应淘汰现有落后产能,

在广西防城港建设现代化钢铁项目。防城港钢铁基地项目的规模为 1 000 万 t 钢, 设计年产铁 850 万 t、钢(坯)920 万 t、钢材 860 万 t, 项目年总运量为 5 721 万 t(含柳钢运输量 650 万 t), 其中水路运量 3 488 万 t, 其中铁矿石进港量 2 078 万 t(含柳钢 600 万 t)。为了解决项目原料和成品的集疏运问题, 拟在防城港企沙港区建设配套的专用

收稿日期: 2017-01-23 修回日期: 2017-03-09

作者简介: 鲁碧祥 (1966—), 男, 湖北天门人, 高级工程师, 技术经济专业。E-mail: 438071158@qq.com

码头^[1]。2009年9月完成码头工程可行性研究报告^[1](含矿石码头船型论证专题报告^[2])。2012年5月防城港钢铁基地项目获得国家发改委核准,2015年码头初步设计获交通运输部批复^[3],建设内容包含20万吨级(水工结构按靠泊25万吨级散货船设计)矿石码头2个。2016年先期建成1个20万吨级(水工结构按靠泊25万吨级设计)矿石码头。

在可行性研究阶段,为了确定矿石码头的靠泊等级,根据货种、流量和流向,结合国外装船港的条件以及世界矿石运输船队的构成和发展趋势进行分析,依次从多航线配船、运输系统(船舶、港口、航道)的角度,采用必要费率(RFR)指标对拟建码头的设计船型进行经济论证。此方法可供同类大型码头设计参考。

2 基础数据

由于市场与政策的原因,本码头前期工作的时间跨度很长。数据的基准年为2008年。当时防城港渔湾港区20万吨级矿石码头已建成投产,与之配套的15万吨级航道工程尚在建设中。

选取澳大利亚、巴西、南非和印度为铁矿石输出地,主要考虑下列4条航线:澳大利亚丹皮尔港—防城港、巴西图巴朗港—防城港、南非萨尔达尼亚湾港—防城港、印度维沙卡帕特南港—防城港。

国外铁矿石输出港当时的限制条件见表1。

表1 铁矿石输出港的限制条件

Table 1 Restrictive conditions of the iron ore loading ports

序号	港口	最大船型(万吨级)
1	澳大利亚丹皮尔港	25
2	巴西图巴朗港	30
3	南非萨尔达尼亚湾港	25
4	印度维沙卡帕特南港	10

根据运输方式,选取船型经济论证方案如下:

巴西图巴朗港—防城港航线,船型分别为30万吨级、25万吨级、20万吨级和15万吨级,运距约12 000 n mile;

南非萨尔达尼亚湾港—防城港航线,船型同上,运距约7 100 n mile;

澳大利亚丹皮尔港—防城港航线,船型分别为25万吨级、20万吨级、15万吨级和10万吨级,运距约为3 000 n mile;

印度维沙卡帕特南港—防城港航线,船型分别为10万吨级、7万吨级、5万吨级,运距约2 820 n mile。

主要营运和经济计算参数:

1) 营运率:90%(330 d);

2) 装载率:单程满载,单程空载;

3) 铁矿石年总运量2 078万t,货源配比取值为澳大利亚40%、巴西30%、南非20%、印度10%,对应的年运量分别为831万t、623万t、416万t、208万t。

3 船队经济性计算与比选

先编程上机计算各方案单一航线的必要费率^[4-5],结果表明:船型最大者为优。

再分析航线配船的经济性。航线配船是在必须完成年货运量的前提下,寻求船型最佳搭配,使得整个船队的必要费率较小。它采用非线性规划方法^[6],在计算过程中对各船型进行取整搭配,使剩余运力最小,即让船队年运输能力最接近必须完成的年货运量。

先分析单一航线货源的配船,即在由某一航线单独承担总运量的情况下,合理安排各船型的搭配。计算表明:巴西航线的船队应以20万吨级、25万吨级散货船运输为主。

再分析定配比下多航线船队的配船。在年总运量2 078万t的条件下,考虑多航线配船,即由澳大利亚、巴西、南非和印度航线分别承担总运量的情况下,合理安排各船型的搭配。

经编程上机计算,定配比下多航线配船的结果如下:

1) 巴西图巴朗港—防城港航线的矿石运输船队,年运量623万t,从运输成本最低的角度出发,应考虑选择6艘20万吨级和1艘15万吨级散货船运输。

2) 澳大利亚丹皮尔港—防城港航线的矿石运输船队,年运量831万t,考虑选择2艘20万吨级、1艘15万吨级散货船运输。

3) 南非萨尔达尼亚湾港—防城港航线的矿石运输船队,年运量416万t,考虑选择2艘25万吨级和1艘20万吨级散货船运输。

4) 印度维沙卡帕特南港—防城港航线的矿石运输船队,年运量208万t,考虑选择10万吨级和5万吨级散货船各1艘运输。

具体船队构成方案及费率见表2。

表2 多航线船队构成方案及必要费率

Table 2 The schemes of multi-routing fleet composition and their RFRs

航线	方案	船队构成/艘							船队必要费率/(元·t ⁻¹)
		30万吨级	25万吨级	20万吨级	15万吨级	10万吨级	7万吨级	5万吨级	
巴西图巴朗港—防城港 (年运量 623 万 t)	1	5	0	0	0				97.18
	2	0	5	0	1				95.09
	3	0	0	6	1				93.84
	4	0	0	0	9				102.50
	5	0	4	1	1				93.58
	6	0	3	1	3				96.33
澳大利亚丹皮尔港—防城港 (年运量 831 万 t)	1		0	2	1	0			29.51
	2		1	1	0	1			30.21
	3		2	0	0	1			31.51
	4		0	0	3	1			32.95
	5		0	1	1	2			33.19
	6		0	0	0	5			37.14
南非萨尔达尼亚湾港—防城港 (年运量 416 万 t)	1	1	0	1	1				62.39
	2	0	2	0	1				62.86
	3	0	0	3	0				59.39
	4	0	0	0	4				65.59
印度维沙卡帕特南港—防城港 (年运量 208 万 t)	1					1	0	1	45.57
	2					0	2	0	49.31
	3					2	0	0	48.61
	4					0	0	3	65.06

4 运输系统经济性计算与比选

按运输系统(船舶、码头、航道、货物)的综合必要费率指标进行比选,综合必要费率最小的方案即为最优方案。考虑到铁矿石的货值不大,为简化计算,货值利息必要费率忽略不计。

根据运量、航线和发送港的装运条件,结合比选结果,巴西航线的可选船型最大。在多条航

线的船靠泊同一个泊位的前提下,矿石码头的等级取决于巴西航线的最大船型,与其他航线的最大船型无关。在单一货源航线和定配比情况下分别对巴西航线进行运输系统论证,结果见表3、表4。可见,单独考虑巴西航线运输系统,2个20万吨级铁矿石码头及相匹配的船队能达到运输系统的最佳经济性。

表3 单一货源巴西航线各方案综合必要费率

Table 3 Overall RFRs of the schemes for Brazilian route from a single source of goods

航线	船型组合	码头等级	船舶必要费率/(元·t ⁻¹)	码头必要费率/(元·t ⁻¹)	航道必要费率/(元·t ⁻¹)	综合必要费率/(元·t ⁻¹)
巴西图巴朗港—防城港 (年运量 2 078 万 t)	30万吨级 14 艘、20万吨级及 15万吨级各 1 艘	30/10	101.30	29.22	12.80	143.32
		30/15	101.30	31.30	12.80	145.40
	25万吨级 15 艘、20万吨级 4 艘	25/10	101.40	28.43	6.96	136.79
		25/15	101.40	29.73	7.02	138.15
	20万吨级 21 艘、15万吨级 2 艘	20/20	101.80	27.99	2.64	132.43
	20万吨级 11 艘、15万吨级 15 艘	20/15	105.60	26.50	2.53	134.63
	15万吨级 30 艘	15/15	111.67	25.59	0.74	138.00

注:矿石码头有 2 个泊位, 30/10 表示 30 万吨级和 10 万吨级泊位各 1 个。

表 4 定配比巴西航线各方案综合必要费率

Table 4 Overall RFRs of the schemes for Brazilian route with a given route shipping ratio

航线	船型组合	码头等级	船舶必要 费率/(元·t ⁻¹)	码头必要 费率/(元·t ⁻¹)	航道必要 费率/(元·t ⁻¹)	综合必要 费率/(元·t ⁻¹)
巴西图巴朗港—防城 港(年运量 623 万 t)	30 万吨级 4 艘、15 万吨级 1 艘	30/10	101.86	29.22	12.80	143.88
		30/15	101.86	31.30	12.80	145.96
	25 万吨级 4 艘、20 万吨级 2 艘	25/10	103.00	28.43	6.96	138.38
		25/15	103.00	29.73	7.02	139.75
	20 万吨级 6 艘、15 万吨级 1 艘	20/20	102.30	27.99	2.64	132.93
	20 万吨级 4 艘、15 万吨级 4 艘	20/15	106.40	26.5	2.53	135.43
	15 万吨级 9 艘	15/15	111.67	25.59	0.74	137.99

注：矿石码头有 2 个泊位，30/10 表示 30 万吨级和 10 万吨级泊位各 1 个。

多航线定配比条件下运输系统各方案的综合必要费率见表 5。由此可见，综合考虑多航线铁矿石运输系统，2 个 20 万吨级铁矿石码头及相匹配的船队仍能达到运输系统的最佳经济性。

表 5 运输系统各方案综合必要费率

Table 5 Overall RFRs of the schemes for transportation system

序号	码头等级	航线	各航线船舶必要 费率/(元·t ⁻¹)	船舶综合必要费率/ (元·t ⁻¹)	码头必要费率/ (元·t ⁻¹)	航道必要费率/ (元·t ⁻¹)	综合必要费率/ (元·t ⁻¹)
1	15/15	巴西	111.69	70.48	25.59	0.74	96.81
		南非	71.71				
		澳大利亚	44.45				
		印度	48.48				
2	20/20	巴西	102.29	60.97	27.99	2.64	91.59
		南非	62.89				
		澳大利亚	32.13				
		印度	48.48				
3	25/10	巴西	104.03	62.33	28.43	6.96	97.71
		南非	65.54				
		澳大利亚	32.92				
		印度	48.48				
4	25/15	巴西	104.03	62.33	29.73	7.02	99.09
		南非	65.54				
		澳大利亚	32.92				
		印度	48.48				
5	20/15	巴西	106.4	64.82	26.5	2.53	93.85
		南非	65.7				
		澳大利亚	37.27				
		印度	48.48				
6	30/15	巴西	101.08	60.47	29.22	12.79	102.49
		南非	60.67				
		澳大利亚	32.92				
		印度	48.48				
7	30/10	巴西	101.08	60.47	31.30	12.79	104.57
		南非	60.67				
		澳大利亚	32.92				
		印度	48.48				

注：矿石码头有 2 个泊位，15/15 表示 15 万吨级和 15 万吨级泊位各 1 个。