

# 模拟技术在黄骅港煤码头三期工程 设计中的应用

杨兴晏

(中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

**【摘要】**为满足国家对环境保护的高要求,在黄骅港煤码头三期工程的设计中,一航院提出了采用密封性能较佳的筒仓替代露天式煤堆场的设计方案。由于在煤码头中大规模的采用筒仓群在国内外尚属首次,有许多技术问题需要研究。本文结合该工程的实例,介绍了如何应用计算机模拟模型合理确定筒仓规模,并就在该码头采用旋转式装船机兼顾两侧装船泊位的设计方案是否可行进行了研究。

**【关键词】**计算机模拟;煤码头设计;合理筒仓规模

**【中图分类号】** TP391.9;TB114.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2013)04-0114-04

## 1 概述

黄骅港位于河北省沧州市以东约90km的渤海之滨,是为适应神华集团煤炭下水外运的需要,与神华铁路配套建设的煤炭转运港口,是我国西煤东运的第二通道出海口。目前黄骅港已建成7个煤炭出口专用泊位,形成煤炭出口能力7000万吨/年。随着我国经济的快速增长和人民生活水平的不断提高以及城市化进程的加快,对能源消费的需求进一步加大,该港现有码头的通过能力已远远不能满足神华集团煤炭外运的需要,为此目前正在进行煤码头三期工程的建设。由于近年来,国家对煤码头建设在“环保”方面提出了比较的高要求,因此,用筒仓来替代传统的露天堆场已成为一种选择。但是在煤炭码头中大规模的采用筒仓群目前在国内外均还没有工程先例,许多技术问题尚待研究,作为关键问题之一,筒仓群的合理仓容是要研究的问题。另外,考虑到装船机利用率比较低,设计人员提出结合四期工程的码头建设,形成两侧靠船的码头方式且在码头上只配4台旋转式装船机的设计方案,见图1。

那么,在该设计方案条件下,泊位、装船机的利用及船等装船机的情况,需要给投资方一个回答。

## 2 模拟模型元素及参数

由于模拟模型是用于设计决策,所以模型中应包括实际码头装卸系统中的各个环节,对每一实体的属性及活动状态有确切的定义,与此同时,还要适当确定系统模型的边界,以避免模型过于庞大和复杂。为了方便设计方案的比较分析,构造模型时应将一些重要的设计参数设计为模型的输入参数形式。图2为黄骅港煤码头三期工程装卸系统流程简图。



图2 黄骅港煤码头三期工程装卸系统流程简图

### 2.1 运量、煤种及其比例

三期码头设计的年通过能力为5000万吨,考虑到筒仓方案比较适合周转量大、周转效率高且质量稳定的煤种,所以黄骅港生产部门在对2007年以来各月进港煤统计分析的基础上,从目前码头运营的13种煤中选出7种煤,再加上新成立的榆神公司生产的“神优4号”,共计8种煤作为三期的主营产品。详见表1。



图1 码头建设设计方案

表1 码头三期主营品种煤

煤种号	煤种名	比例(%)
1	高热石碳	6.0
2	神混1号	10.0
3	神混2号	30.0
4	神混3号	11.0
5	神优2号	14.0
6	神优3号	14.0
7	中热石碳	7.0
8	神优4号	9.0

参照统计中实际能实现的煤种配比关系,模型制定了10种装船方案,见表2。

表2 装船方案表

装船方案	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
煤种号	2	3	4	5	6	8	5+2	3+2	3+7	4+1
配煤比例							4:1	1:1	1:1	6:4

## 2.2 船型及其比例

考虑到三期泊位条件比较好,所以,在生产组织上,应为三期码头调配比较大的船型。所以模拟采用的计算船型为20 000、35 000、50 000、70 000及100 000t级,各吨级船舶到港艘次比例见表3。

表3 各吨级船舶到港艘次比例表

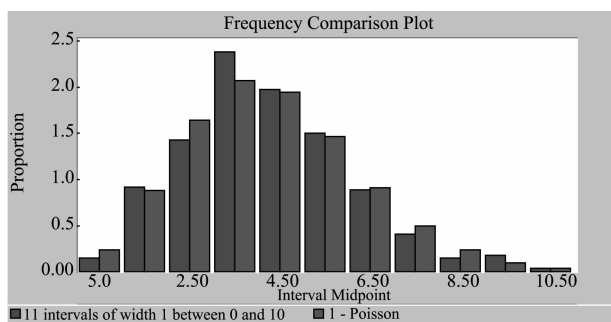
船舶吨级(t)	20 000	35 000	50 000	70 000	100 000
艘次比例(%)	23.73	23.73	25.42	15.26	11.86

## 2.3 船舶到港规律

针对黄骅港煤船到港的统计资料,以每天到港的船舶艘数作为随机变量的统计分析及 $\chi^2$ 检验(见图3)可以认为服从Poisson分布,其分布函数为:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

式中 $\lambda$ 为单位时间 $t$ 内平均到港船舶数。



注:图中红色代表理论分布函数的概率,蓝色代表统计频率

图3 每天到港的船舶艘数作为随机变量的统计分析及 $\chi^2$ 检验

## 2.4 码头设施

三期工程拟建4个泊位,在结构上预留4期工程的4个泊位并安排在码头的另一侧。配备4台能力为8 000t/h的装船机。

## 2.5 列车

专用运煤列车,每列100节车厢,每节车厢载煤80t。为了便于分析,模型中未对港站车场停车能力及专用车皮的数量加以限制。

## 2.6 翻车机

设置 2 台 4 翻的翻车机,设计能力为 27 翻/h。

## 2.7 堆场

堆场堆存采用筒仓方案,设置 4 排筒仓,单仓仓容为 30 000 吨。为了研究合理的筒仓总仓容,变化每线设置筒仓的个数形成多组模拟试验。

## 3 模拟模型

完成模型元素的分析之后是构造所要研究系统的概念模型,这个模型要正确表现模型元素之间的数量关系和逻辑关系。随后的工作是概念模型向模拟模型的转化,使其能够在计算机上较真实地演示码头运转的动态过程。正是借助于现代计算机的计算速度,人们利用模拟模型可以在很短的时间内模拟码头几十年的运转过程并记录下各项反映码头运转性能的技术经济指标。此次模拟模型转化所采用的是从美国 Wolverine Software Corporation 引进的模拟专用语言 GPSS/H (General Purposes Simulation System) 和 Proof Animation。GPSS/H 和 Proof Animation 是国际著名的模拟语言,在美国及欧洲拥有非常广泛的用户。

## 4 模拟结果及分析

为了研究合理的筒仓总仓容,针对每线设置筒仓个数分别为 7、8、9、10 和 11 个的情况,进行了 5 组模拟试验。当筒仓群达到一定规模后,筒仓仓容

的变化主要是对卸车系统作业产生影响,不同仓容对列车的影响,见图 4。

从试验结果来看,当总仓容为 84 万 t 时,列车的平均在港停时为 3.25h/列,随着筒仓总仓容的增加,列车在港的平均停时及平均排队长度也相应有所减少,当总仓容达到 108 万 t 以上时,列车在港停时及排队长度的减少已趋平缓,即再增大仓容对卸车系统的影响相对较小。考虑到筒仓基建费用非常昂贵以及今后在码头营运过程中科学管理的积极因素,32 个筒仓,总仓容 96 万 t 是比较合理的。投资方认为:路、港、矿同属神华集团,方便调整列车的到港计划,使其能与到港船舶保持较好的平衡关系,即使偶然发生严重压车的状况,亦可通过二期工程的堆场进行调节,所以决定三期工程只建 24 个筒仓。

关于码头两侧靠船的问题,由于船舶到港的随机性,泊位上出现全部停满船的概率非常低。停在泊位上的船还要进行开工准备、结束、公估、联检等大约 4-5 小时辅助作业。在此期间,装船机无需工作。另外,由统计资料可知,约占总船数 24% 的船,由于设备老化等原因不能及时排出压仓水,从而导致正在作业的装船机不得不停下来等排压舱水。由统计得到等排压舱水时间最短 0.42h,最长 17.5h,平均为 4.04h/艘的经验分布函数并在模型中得以体现。模拟得出主要结果见图 5、6。经过结果分析认为,码头建成两面靠船,配 4 台装船机的方案是可行的。

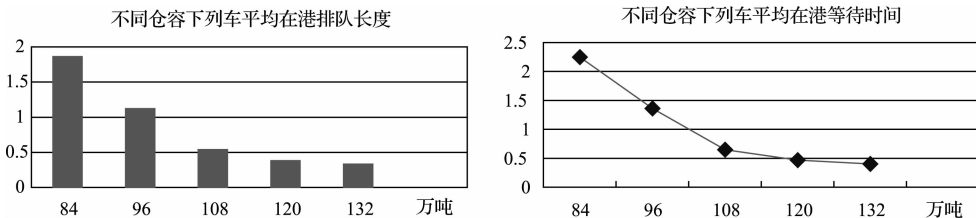


图 4 不同仓容对列车的影响

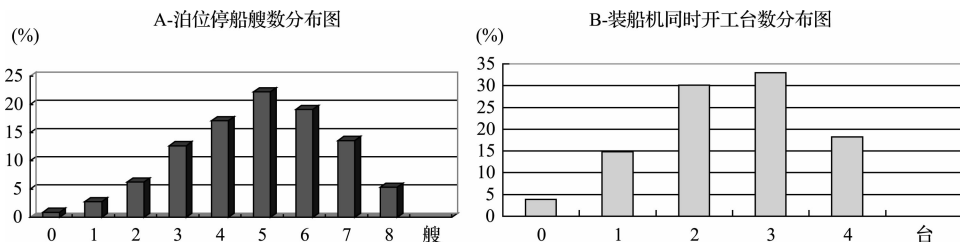


图 5 泊位停船艘数分布图 装船机同时开工台数分布图

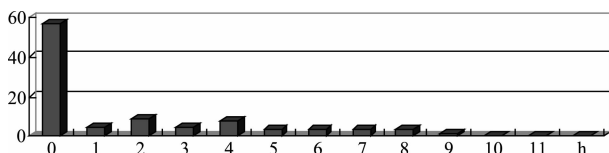


图 6 船等装船机的待时分布图

## 5 结束语

实践证明在码头的设计中,应用计算机模拟技术对其复杂的装卸系统进行系统、深入的研究是一种非常有效的方法。利用模拟模型能够考察码头建成后的运行效果,发现薄弱环节(系统的瓶颈),回答诸多“如果-怎样”的问题,这对传统的设计方法是根本不可能的。当然,模拟模型不会自动给出问题的最佳答案,一般是通过对比多方案的模型试验结果来实现优化设计的目的。

### 参考文献

[ 1 ] Lodewijks, G. , Schott, D. L. & Ottjes, “Modern Dry Bulk Terminal Design”, *Bulk Solids Handling* Vol. 27 (2007) No. 6, pp. 364-376.

[ 2 ] Ottjes, JA, Lodewijks, G, & Schott, “Bulk terminal modelling and simulation”. Industrial Simulation conference 2007, pp. 294-298.

[ 3 ] Lodewijks, G. and Ottjes, “Reliability of Large Scale Bulk Material Handling Systems”, *Bulk Solids & Powder Science & Technology* (2003) No. 1, pp. 9-17.

[ 4 ] Duinkerken, M. B. , Dekker, R., Kurstjens, S. T. G. L. , “Comparing transportation systems for inter-terminal transport at the Maasvlakte container terminals”, *OR Spectrum* 28(2006) , pp 469-493.

[ 5 ] Ottjes, J. A. , Veeke, H. P. M. , Duinkerken, M. B. , “Simulation of a multiterminal system for container handling”, *OR Spectrum* 28(2006) , pp 447-468.

[ 6 ] 杨兴晏,陈宝谦.“随机模拟在煤码头装卸系统设计中的应用”,[J]. 系统工程理论与实践,1984(3):41-47.

[ 7 ] Yang Xing yan, “Computer Simulation for Dalian Grain Terminal Design”, *Bulk Solids Handling* Vol. 20 (2000) No. 4, pp. 485-488.

[ 8 ] 彭传圣,“散货码头计算机动画模拟研究” [J]. 港口装卸,2001(1):1-6.

[ 9 ] 彭传圣,“国外港口计算机模拟技术的发展” [J]. 港口装卸,1998(1):7-10.

[ 10 ] 杨兴晏,“计算机模拟技术在港口工程设计中的应用”,[J]. 港工技术,2011(4):17-20.

## Application of Simulation Technique in Design of Phase 3 Coal Terminal at Huanghua Port

Yang Xingyan

(CCCC First Harbor Consultants Co., Ltd., Tianjin 300222, China)

**Abstract:** To meet the stringent national requirement for protection of environment, FHC has proposed a design of silo with better enclosing feature instead of exposed coal stockyard for the Phase 3 Coal Terminal at Huanghua Port. As it is the first time to use silos on large scale in coal terminals of China, many technical issues need to be solved by researches and studies. The present paper introduced the determination of silo size by using computer simulation model, by giving practical examples in the engineering practice. The paper has also discussed design study of slewing ship loader for loading vessels at both sides of the coal berth.

**Key Words:** Computer Simulation; Design of Coal Terminal; Rational Size of Silo

## 《土木工程信息技术》期刊第一届理事会成员

常务理事：建研科技股份有限公司

理事单位：中国建筑股份有限公司 上海现代建筑设计(集团)有限公司 中国建筑科学研究院建筑设计院 中国建筑设计研究院  
浙江省建工集团有限责任公司 云南建工集团有限公司 中国建筑股份有限公司 上海建工集团股份有限公司  
北京市建筑设计院有限公司 北京城建集团有限责任公司 国家会展中心(天津)有限责任公司……

《土木工程信息技术》期刊首届理事会成立于2012年6月,以期刊、学术研讨会、网站等多种传播形式为纽带,本着“促进沟通,加强合作,互相提携,共同发展”的宗旨,汇集行业有识之士的智慧和力量,充分汲取业内资源,迅速传递最新国内外科技动态,广泛交流研究成果,为旗下各理事单位提供真诚有效的支持与服务,提高理事单位的社会知名度,实现共赢。

为进一步壮大理事会队伍,不断增加新鲜血液,诚邀业内优秀企业加盟,为推动我国土木工程行业信息化进步献智出力!

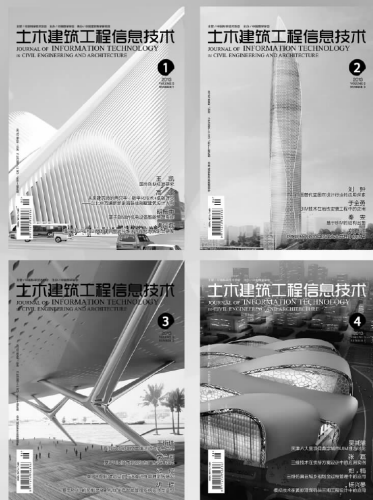
加入期刊理事会的单位,应具备一定的行业知名度与社会影响力,具备良好的信誉,为推动行业发展作出过突出贡献,并愿意履行理事会章程相应的权利和义务。理事会特设理事长、副理事长、常务理事、理事和会员单位,设秘书处负责理事会的日常工作。

加盟理事会具体事宜请与理事会秘书处联系办理。

地址:北京市北三环东路30号院内综合楼403室(100013)

秘书处:樊毅飞 朱长久 电话:010-64517910 69552663

E-mail: tmxxjs@163.com



## 欢迎订阅《土木工程信息技术》杂志

《土木工程信息技术》(双月刊)是经国家新闻出版总署批准登记注册,中国科协主管,中国图学学会主办的国家一级刊物。旨在全面反映国内外土木工程行业在工程图学和信息技术方面的成果与动态,坚持理论与实践并重,普及与提高兼容,推动土木工程行业信息化建设步伐,提升土木工程行业信息化整体水平。

本刊是国内土木工程行业专门进行工程图学和信息技术交流的唯一刊物,面向全国从事建筑、市政、道路、桥梁、交通、石化、电力等领域的设计、科研、施工和工程管理的广大工程技术人员,以及工程类高等院校师生等。

本刊以技术研究、应用交流、行业资讯、BIM讲堂等栏目,展开如下专题领域的技术研究与应用交流。

- CAD及BIM与协同工作
- 高性能计算与可视化
- 数据挖掘与知识获取
- 标准、规范
- 信息技术与应用
- 企业信息化建设
- 行业技术政策与法规
- 虚拟现实技术与仿真
- 国内外科技动态

《土木工程信息技术》为双月刊,大16开本,约120页左右,国内刊号CN11-5823/TU,全年6期,每期定价25元,全年150元。欢迎订阅!

### 2014年《土木工程信息技术》杂志订阅单

订阅单位		寄刊地址		发行 存档
收件人	手机/座机	邮政编码		
每套全额	¥ 150.00 元	订阅套数	套	发票 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
合计金额	¥ _____ 元	大写金额	仟 佰 拾 元	
发票付款方名称				
订阅单位		收件人		
全年订费	¥ 150.00 元	订阅套数	套	合计金额 ¥ _____ 元
大写金额	仟 佰 拾 元			
开户行: 建设银行北京市北三环支行				
户名: 建研科技股份有限公司				
银行账号: 11001021200059000031				
汇款附言: 《土木工程信息技术》杂志订阅				
				订 户 留 存

备注: 请将填好后的订阅单与银行汇款单扫描件发至本刊编辑部邮箱: tmxxjs@163.com  
订阅发行事宜请咨询本刊编辑樊毅飞: 010-64517910