



长引桥码头加压泵设置及管道水击分析

王 涛

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 东营某新建油品码头距后方库区约20 km, 船泵扬程不足以克服沿程摩阻将物料直接输送至库区。通过分析计算, 提出码头上设置加压泵站的方案, 充分利用码头平台空间。在此基础上, 对管道进行水击分析, 检验瞬时水击压力是否超过管道设计压力, 并对超压工况提出调整方案。

关键词: 长引桥; 加压泵; 沿程摩阻; 水击分析

中图分类号: U 656.1⁺32

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)05-0084-04

Pump setting for terminal with long approach bridge and water hammer analysis

WANG Tao

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: As the new terminal in Dongying is just 20km away from the tank farm, the ship pump head is not enough to overcome the frictional resistance, so the materials can't be directly transported to the tank farm. After analysis and computation, we raise a proposal of installing a pump station on the terminal, so as to make good use of the space on the terminal platform. Furthermore, we carry out a water hammer analysis to test whether transient water hammer pressure exceeds the designed pressure of pipe, and adjust the proposal to decrease transient water hammer pressure if it is higher.

Key words: long approach bridge; pump; frictional resistance; water hammer analysis

1 概况

东营港位于山东省东营市, 其背后的东营港经济开发区是国家级的石油化工产业区。新建的2万吨级油品化工码头位于东营港已建引桥南侧、已建3万吨级码头岸侧约630 m的水域, 通过已建引桥、已建引堤与陆域相连。码头距库区大约20 km。

码头卸船物料为燃料油、汽柴油。根据已建引桥的承载能力以及建设单位的规划, 并综合考虑装卸船效率, 从库区至码头敷设4根管道: 2根DN700和2根DN350的焊接钢管。DN700的管道卸燃料油(设计流量1 400 m³/h), DN350的管道卸汽柴油(设计流量500 m³/h)。

2 长引桥码头管道输送特点及案例

在多数工程中, 油码头与陆域罐区距离较短, 船泵扬程能克服这部分管道摩阻将物料输送至储罐。但随着大型油品深水泊位的建设, 新建码头要得到适宜的水深条件, 往往要从岸线向外海延伸很远, 如果船泵扬程满足不了输送要求, 需要对物料进行二次加压接力输送。

在油码头的“泵站-管道”系统中多采用密闭流程。与陆上长输管道密闭流程不同的是油码头输油管道的“首站”为油轮, 油轮的卸油泵一般为2~3台^[1], 卸船时会根据码头管道情况确定开泵数量及时间。每艘靠泊油轮的卸油泵参数可能都不一样, 因此对加压泵及控制系统的性能要求较

收稿日期: 2012-10-10

作者简介: 王涛(1978—), 男, 工程师, 从事港口石油化工品储运设计工作。

高,以适应不同的进口压力和流量。

另外,由于管道全线是相互串联工作的水力系统,任何一个泵站或站间管道工作状态的变化,就会在管内产生压力波沿管道向上下游传播。如果这种压力波造成管道工作压力超过其允许值(高压或低压),就要对管道系统采取相应的可靠的控制和保护措施^[2]。

东营中海油 2×5 万吨级码头距后方库区约15 km,其中13 km为引桥长度。码头敷设2根DN700的管道,分别输送原油和燃料油,每根管道的设计流量为 $3\ 600\text{ m}^3/\text{h}$ 。由于码头距罐区较远,因此在距码头约3.5 km处增设加压平台,上面设置泵房。泵房内布置2组加压泵,每组4台离心泵(其中包括1台变频泵,3台工频泵),每台泵流量为 $900\text{ m}^3/\text{h}$,分别对原油和燃料油加压。整个加压泵系统通过采集变频泵入口压力信号实现对其它工频泵的控制。

3 码头加压泵设置

3.1 加压泵扬程的计算

本工程船泵扬程范围为 $0.8\sim 1.2\text{ MPa}$,以DN700的管道($\phi 711 \times 11.9$)为例,加压泵设置在码头平台上,卸船物料为380#燃料油,卸船温度为 50°C ,运动黏度 $0.000\ 38\text{ m}^2/\text{s}$,设计流量 $1\ 400\text{ m}^3/\text{h}$,码头距引堤根部9 455 m。引堤与陆域交接点处所需压力 $H_g=0.63\text{ MPa}$ 。经计算,燃料油加压泵扬程 $H_f=80\text{ m}$ 。

同样,经过计算,DN350的管道在设计流量工况下,所需加压泵的扬程 $H_g=110\text{ m}$ 。

3.2 加压泵配变频器的必要性

如前所述,由于码头靠船的随机性,不同的船舶其船泵流量、扬程会明显不同。并且,在卸船的初期及后期流量不稳定,因此每台加压泵均需配备变频器,以流量为控制信号对转速进行调节,以适应不同工况。

3.3 加压泵站位置

本工程共有4台加压泵,可全部布置在码头平台上,这样设置即节省了在海中建造加压平台的投资费用,又实现了码头的各种设备集中布置,

方便管理。

4 码头输油管道水击分析

4.1 水击现象及危害

水击是有压管道中的非恒定流现象。当有压管道中的阀门突然关闭或泵因故突然停止工作时,流体流速急剧变化,引起管内压强发生大幅度交替升降。这种变化以一定的速度向上游或下游传播,并且在边界上发生反射,这种现象叫作水击。水击引发的压强升高或降低,有时 would 达到很大的数值,处理不当将导致管道系统发生强烈的震动,引起管道严重变形甚至爆裂^[3]。因此,在压力管道特别是距离较长的管道设计中,必须进行水击压力计算,并研究防止和削弱水击作用的措施。

本工程将利用水击软件AFT Impluse 4.0对2根DN700及2根DN350的卸船管线分别进行水击模拟和计算,并对水击产生的最大压力进行图形和数据分析,从而校核管线设计压力,合理选择管道材料。

4.2 水击分析

码头面高程与后方库区高程相差不大(约5 m),所以由于突然停泵造成的水击影响可以忽略不计,仅考虑管线的紧急切断阀关闭的情况下水击对管线的影响。加压泵与后方储罐之间共有3处设置紧急切断阀,其中水域部分两处,距加压泵分别为7.16 km和9.4 km。第3处为储罐前的切断阀,距加压泵19.7 km。码头卸船管道系统模型见图1。

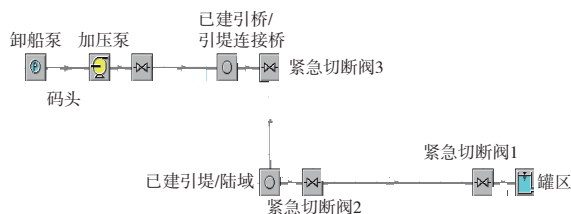
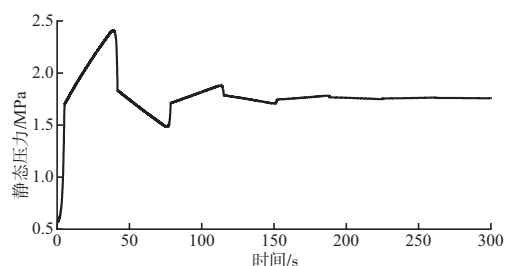


图1 卸船管道系统模型

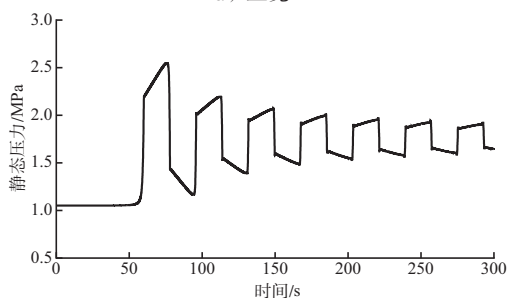
4.2.1 燃料油卸船

DN700的管道用于卸燃料油,每根管道的设

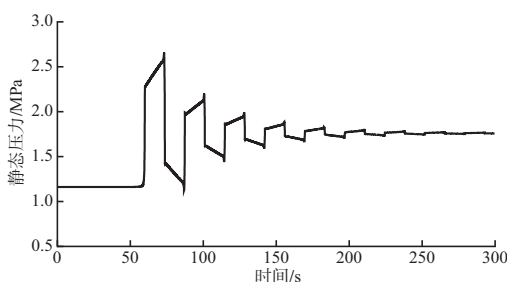
计流量为 $1\,400\text{ m}^3/\text{h}$ ，设计压力为 2.48 MPa 。燃料油卸船泵扬程按 1.2 MPa 考虑，进加压泵PP1/PP2（ $Q=1\,400\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H=80\text{ m}$ ）前的压力为 0.7 MPa 。



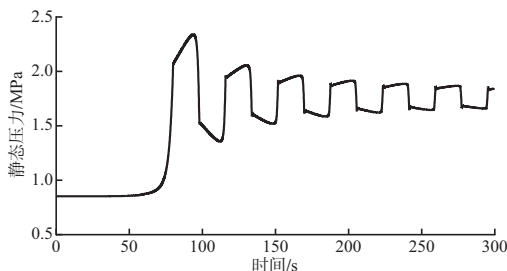
a) 工况1



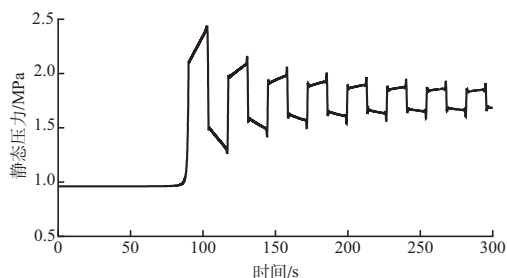
b) 工况2



c) 工况3



d) 改进工况1



e) 改进工况2

图2 燃料油管道水击压力与时间变化关系

图2为燃料油管道在各个工况下水击压力与时间的变化关系。

1) 工况1: 紧急切断阀1关闭。

从图2a)中可以看出，当接收端紧急切断阀1突然关闭，关闭时间设定为 5 s ，在切断阀处压力骤然升高，产生的水击最大压力达到 2.308 MPa ，随后水击波由于能量损耗，水击波逐渐衰减，管道压力维持在卸船泵与加压泵的压头约 1.8 MPa 处稳定。燃料油管道设计压力为 2.48 MPa ，故此工况下管系发生水击时，产生的最大压力不超管道设计压力。

2) 工况2: 紧急切断阀2关闭。

从图2b)可以看出，当接收端紧急切断阀2突然关闭，关闭时间设定为 60 s ，产生水击的瞬时压力达到 2.55 MPa ，超过了燃料油管道设计压力的 2.48 MPa ，故此工况管系水击升压超管道设计压力约 1.03 倍，该管系超压。

3) 工况3: 紧急切断阀3关闭。

从图2c)可以看出，当接收端紧急切断阀3突然关闭，关闭时间设定为 60 s ，产生水击的瞬时压力达到 2.66 MPa ，超过了燃料油管道设计压力的 2.48 MPa ，故此工况管系水击升压超管道设计压力约 1.07 倍，该管系超压。

4) 解决方案。

通过以上计算，2根DN700的燃料油卸船管道在后2种工况下水击产生时的瞬时压力超出了管道设计压力。缓解水击压力危害的主要方法为：降压输送、延长关闭时间。对于本次计算的超压管线具体解决方案如下：

对于工况2，输送泵PP1/PP2出口压力为 1.5 MPa ，现将泵出口压力控制在 1.3 MPa 。计算后管道中产生水击的瞬时压力达到 2.34 MPa （图2d）），管道设计压力为 2.48 MPa ，故此工况下管系发生水击时，产生的最大压力不超管道设计压力。

对于工况3，目前紧急切断阀的关闭时间为 60 s ，现将关闭时间延长至 90 s 。结果显示：产生水击的瞬时压力达到 2.43 MPa （图2e）），管道设计压力为 2.48 MPa ，故此工况下管系发生水击时，

产生的最大压力不超管道设计压力。

4.2.2 汽柴油卸船

DN350的管道用于卸汽、柴油,每根管道的设计流量为 $500\text{ m}^3/\text{h}$,设计压力为 3.0 MPa 。汽、柴油卸船泵扬程按 1.2 MPa 考虑,进加压泵PP3/PP4($Q=500\text{ m}^3/\text{h}$, $H=110\text{ m}$)前的压力为 0.7 MPa 。图3为汽、柴油管道在各个工况下水击压力与时间的变化关系。

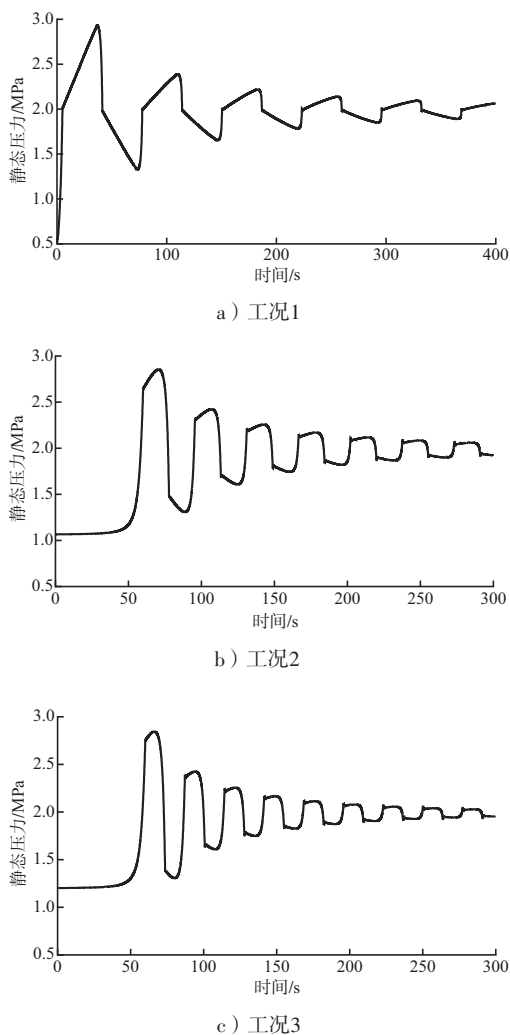


图3 管道水击压力与时间变化关系

1) 工况1: 紧急切断阀1突然关闭。

从图3a)可以看出,当接收端紧急切断阀1突然关闭,关阀时间设定为 5 s ,产生水击的瞬时压力达到 2.94 MPa ,管道设计压力为 3.0 MPa ,故此工况下管系发生水击时,产生的最大压力不超管道设计压力。

2) 工况2: 紧急切断阀2突然关闭。

从图3b)可以看出,当接收端紧急切断阀2突然关闭,关阀时间设定为 60 s ,产生水击的瞬时压力达到 2.75 MPa ,管道设计压力为 3.0 MPa ,故此工况下管系发生水击时,产生的最大压力不超管道设计压力。

3) 工况3: 紧急切断阀3突然关闭。

从图3c)可以看出,当接收端紧急切断阀3突然关闭,关阀时间设定为 60 s ,产生水击的瞬时压力达到 2.84 MPa ,管道设计压力为 3.0 MPa ,故此工况下管系发生水击时,产生的最大压力不超管道设计压力。

5 结论

在常规的油码头设计中,码头与库区相距不远,依靠船泵扬程就能将物料输送至储罐。并且由于距离短,也不用考虑水击对管道的影响。但如果码头与罐区距离较长,在设计中就要考虑以下两个问题:

1) 针对不同物料进行沿程摩阻的计算,以确定船泵扬程能否满足输送要求。若不满足,则需要设置加压泵。若加压泵数量少且流程简单,可以考虑将泵布置在码头平台;若不满足以上条件,则需在距码头一定距离的水域建造加压平台。

2) 为防止管道沿线紧急切断阀误操作引起水击对管配件造成危害,需要对每根管线进行水击分析,校核管道的设计压力。并针对超压工况提出调整方案。在码头与库区高差较大的情况下,还要考虑突然停泵对水击的影响。

参考文献:

- [1] JTS 156-8—2007 石油化工码头装卸工艺设计规范[S].
- [2] 杨菽蓓,张国忠.输油管道设计与管理[M].东营:石油大学出版社,2003.
- [3] 高学平,李兰秀,张效先,等.水电站压力管道系统较大比尺水击模型试验设计方法[J].水力发电学报,2004(2):27-31.

(本文编辑 武亚庆)