



大型原油码头引桥选型及跨度研究

柯维林, 杨克勤, 陈金木, 曾革助
(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 以广东大亚湾拟建大型油码头钢引桥设计为例, 并结合已建项目情况, 研究大型油码头接岸引桥在不同跨度的条件下, 引桥墩所受外力、钢材用量、施工难度及工程总体造价的变化情况, 同时提出不同桥型设计的特点, 可供类似工程设计参考。

关键词: 引桥; 桥型; 跨度; 造价

中图分类号: U 656.1⁺32

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)08-0062-05

On span and type selection of trestles for large crude oil jetty

KE Wei-lin, YANG Ke-qin, CHEN Jin-mu, ZENG Ge-zhu

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: Based on the analysis to the design of approach trestle for the large oil jetty in Daya bay in Guangdong province and similar practices, we research the forces on the trestle abutment, steel consumption, constructability and cost of a large oil jetty under different trestle spans, and summarize design characteristics of various trestle types, which may serve as a reference for similar engineering design.

Key words: approach trestle; trestle type; span; cost

随着经济的发展, 中国对能源的需求进一步增长, 进口原油量大幅增加。近10年设计的原油码头一般采用离岸式布置在外海开敞式海域, 通过长引桥接岸。水域环境及使用要求等因素使得原油引桥长度长、荷载大、造价高, 引桥设计是原油码头设计的关键要素。本文针对惠州大亚湾某拟建大型油码头接岸引桥的设计情况, 重点对引桥桥型选择、跨度设计及造价变化等进行研究。

1 工程区主要自然条件

1.1 设计水位(以当地理论最低潮位起算)

设计高水位: 2.21 m;

设计低水位: 0.25 m;

极端高水位: 3.92 m (50 a一遇);

极端低水位: -0.37 m (50 a一遇)。

1.2 设计波浪

工程区引桥区域, 50 a一遇 $H_{1\%}$ 设计波高为7.21 m, 周期 T 为9.7 s, 波长为105 m。

1.3 设计风速

根据风资料统计结果, 海面10 m处10 min平均风速(100 a一遇)为52 m/s。

1.4 地质情况

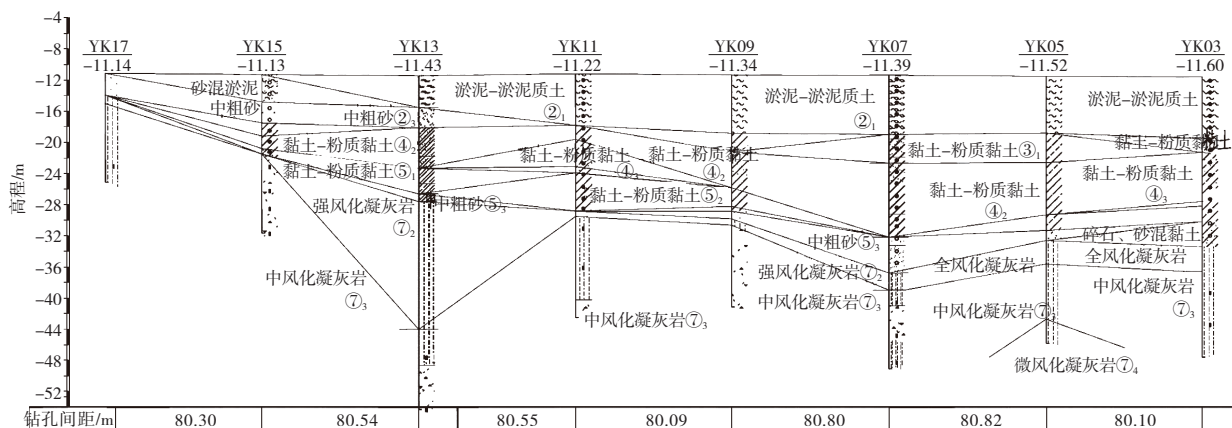
引桥区地质情况(图1), 表层为淤泥-淤泥质土, 该层厚度约5~8 m, 下层局部为中粗砂、黏土-粉质黏土, 高程在-16~-28 m, 局部分布碎石、全风化岩、强风化岩及中风化岩。岩层顶高程基本在-32~-36 m。

2 引桥尺度

原油码头引桥长度为728 m, 其中与码头正交

收稿日期: 2012-03-09

作者简介: 柯维林(1980—), 男, 工程师, 从事港口航道工程规划、设计工作。



段长度为55 m, 剩余段长度为673 m, 桥面高程为11.0 m, 引桥宽度11 m。引桥平面如图2所示。

原油码头引桥宽度主要考虑管线铺设要求及车辆通行宽度。仅考虑卸船的情况下一般布置2根DN900~DN1 000卸油管道,引桥面宽度多在8 m左右,对于还有其它功能要求(考虑装船、某些油品要求专用管道等),要适当预留管线空间,以备未来使用的灵活性,引桥宽度可做到10 m以上,惠州某拟建项目根据交通主管部门按公用码头建设意见,引桥宽度为11.0 m。考虑管线的热胀冷缩产生的应力效应,为使受力更加合理,管线桥架一般对称布置于引桥两侧(图3)。

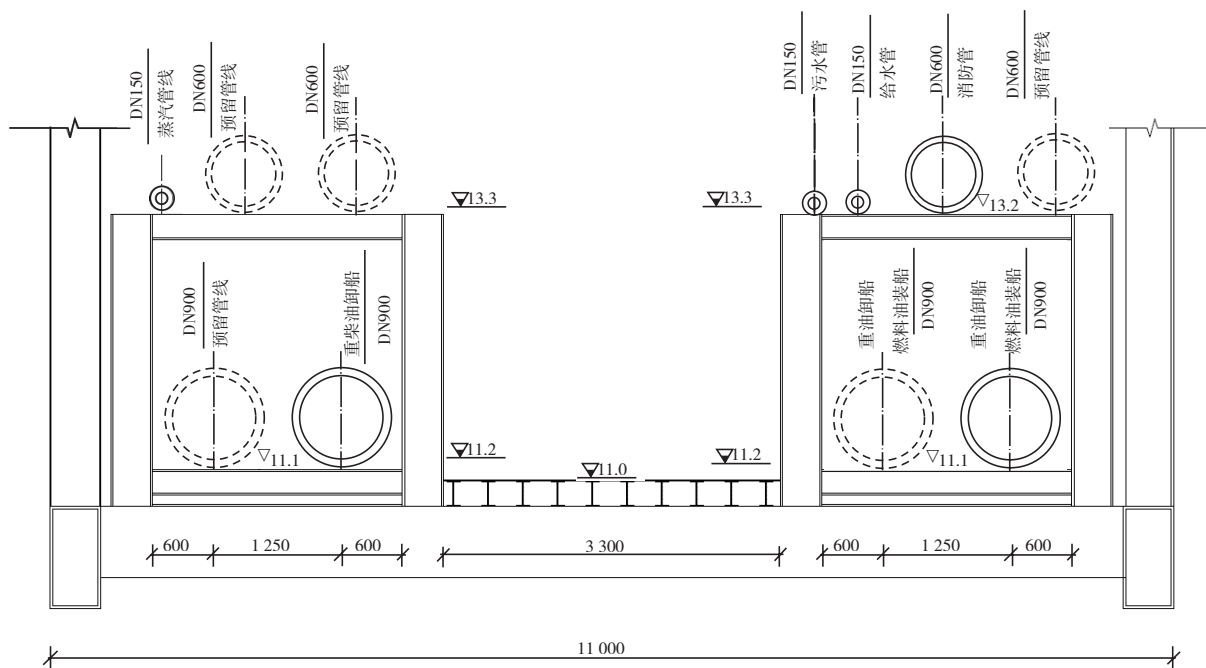
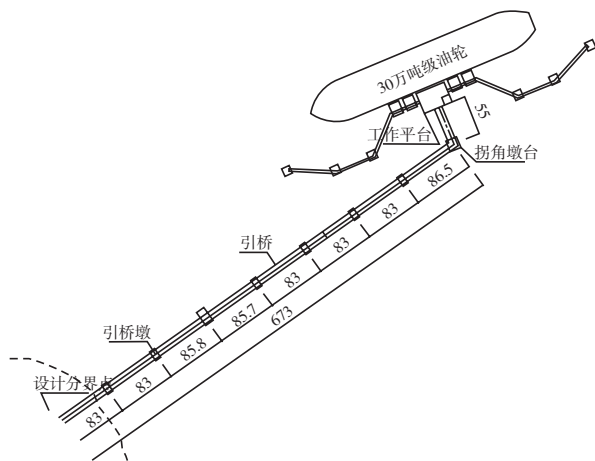


图3 引桥管架断面

3 桥型选择

原油码头引桥结构形式一般采用大跨度钢桁架引桥方案与小跨度混凝土箱梁结构。早期建设原油码头一般采用小跨度的混凝土箱梁结构方案, 华德1997年建设的15万吨级原油码头引桥采用该结构方案。近10年来基本上采用大跨度钢拱桥结构方案, 如华南地区类似工程项目如华德石化扩建工程^[2], 海南洋浦炼化工程^[3]、钦州炼化^[4]等项目均采用钢引桥结构方案。

大跨度拱式钢桁架钢引桥是海港码头工程中应用比较多的一种引桥结构形式, 其结构受力均匀, 用材合理, 适用跨径为60~120 m, 非常适合深水码头布设大跨度的要求。引桥部分在陆上分榀预制好, 然后运至工程地整体吊装, 施工速度快。此外, 大跨度拱式钢引桥的外观气势宏大, 韵律感强烈, 具有较良好的视觉效果。

小跨度混凝土箱梁引桥单跨吊装质量小, 不需特大型水上吊装设备, 桥面开敞, 管线架布置灵活, 但其适用跨径基本在35 m以内, 需要的下部基础数量比较多, 施工工期较长, 尤其对于地质条件较差, 持力层埋深较深的工程区, 该方案没有优势。

4 引桥跨度设计

引桥跨度是设计的首要考虑因素, 合理的跨度能有效降低引桥造价。引桥跨度的经济性主要考虑3个方面: 1) 下部基础水工结构费用; 2) 钢引桥本身费用; 3) 施工费用。

4.1 引桥跨度与墩台基础关系

大型原油码头布置在外海开敞式海域, 从外海到近岸部分地质变化较为复杂, 引桥墩基础一般选用对地质起伏变化适应好、穿透硬土层能力强、承受水平荷载良好的钢管桩基方案。接岸部分根据地质情况, 一般采用灌注桩方案。

一般情况下, 引桥墩在引桥设计中对造价的影响主要与工程区的波浪及地质条件紧密相关。引桥墩的桩长与工程地质相关, 持力层埋深较深, 桩长就越长, 单墩台的造价就越高, 增大跨度有利于节省投资。引桥墩桩基数量与波浪紧密相关, 引桥墩的桩基数量主要受波浪力控制。风荷载、引桥自重、管线及车辆等荷载对桩基的数量影响不是主要因素。因此设计波浪越大, 引桥跨度越大, 引桥墩所受的荷载就越大, 从而单个引桥墩的桩基数量就较多。表1为本工程不同跨度钢引桥引桥墩桩基计算结果。

表1 不同跨度钢引桥引桥墩主要外力

钢引桥跨度/m	风荷载作用下钢引桥所受水平力/kN	设计波高/m	波浪浮托力/kN	波浪侧压力/kN
60	767	7.21		
78	1 096	7.21	2 496	787
108	2 555	7.21		

表2 不同跨度钢引桥引桥墩桩基计算结果

钢引桥跨度/m	最大压桩力/kN	最大拔桩力/kN	最大弯矩/(kN·m ⁻¹)	桩基布置
60	3 701	1 590	1 870	8根 ϕ 1 200 mm钢管桩 ($\delta=20$)
78	3 926	1 648	2 112	8根 ϕ 1 200 mm钢管桩 ($\delta=20$)
108	5 168	2 553	3 469	8根 ϕ 1 300 mm钢管桩 ($\delta=22$)

从表2可以看出, 钢引桥跨度在60 m和78 m时, 计算桩力结果差别不大, 而跨度到108 m时, 计算桩力变的比较大。通过分析可得: 引桥跨度

在一定区间变化时, 此时引桥墩所受波浪力为主导, 引桥跨度适当增大, 对桩基受力影响不大。当引桥跨度到达一定数值时, 引桥矢高增大及主

桁上下弦杆件增粗, 进而引起横向受风面积增加较大, 此时引桥在风荷载作用下所产生的荷载也比较大, 因此此时引桥跨度的增大, 会对桩基受力影响较大。

4.2 引桥跨度与用钢量关系

引桥跨度的增加必然减少引桥墩的数量, 但同时跨度的增加也带来钢引桥抗弯力矩的增加(图

4)受风面积的增加, 使得引桥的用钢有较大程度的增加, 具体比较见表3。

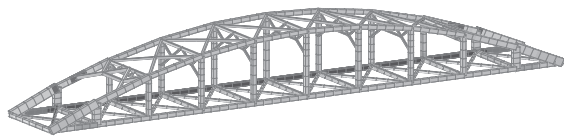


图4 引桥内力及钢材用量计算

表3 引桥设计不同跨度引桥用钢量比较

钢桥名	计算跨径		面积/m ²	钢材用量/ (t·座 ⁻¹)	座数	总钢材质量/t	桥面用钢量/ (kg·m ⁻²)
	长/m	宽/m					
拱桁式钢引桥	108	10.5	1 134	578.34	6	3 470.0	510.0
拱桁式钢引桥	78	10.5	819	368.55	8	2 948.4	450.0
拱桁式钢联桥	60	10.5	630	233.10	10	2 331.0	370.0

表3比较可知, 引桥跨度从60 m增加到108 m, 引桥从10座减少到6座, 但总用钢量从2 331 t增加到3 470 t, 引桥用钢量增加了48%。桥面每平方米用钢量增加了140 kg/m²。

表4为已建项目引桥宽度基本一致的情况, 引桥跨度变化与整体用钢材量的关系。

表4 已建项目跨度变化与用钢量

项目名称	计算跨径		钢材用量/ (t·座 ⁻¹)	桥面用钢量/ (kg·m ⁻²)
	长/m	宽/m		
华德码头扩建项目 ^[2]	78.0	7.6	269.9	461
海南炼化 ^[3]	108.0	7.3	375.0	476
北海涠洲岛 ^[4]	78.0	7.5	255.5	437
中海油炼化 ^[5]	115.0	8.5	557.9	571

从表4可知, 在引桥宽度基本一致情况下, 大型油码头跨度增加会引起桥面单位面积的用钢量的增加。

4.3 引桥跨度与施工关系

大型钢引桥先在陆上预制品, 待水工下部结构施工后, 由船舶出运到工程海域, 用吊船整体吊装施工。跨度不同使得单跨引桥质量差别大, 引桥跨度较小, 钢引桥的制作、运输和安装相对比较容易, 施工难度小。根据华南地区施工力量情况调查, 目前500 t以下的船吊较多, 施工队伍选择范围较广, 船舶调遣费用及吊装综合费用相对较低。

钢引桥跨度增大, 则墩台的数量少, 施工速度快。由于吊装施工水域有一定的浪涌, 单跨引桥越重, 吊装难度越大, 对船机的设备要求越高, 施工费用也越高。超过500 t以上的钢引桥, 可选择的施工队伍较为有限, 船舶调遣费用及吊装费用较高。因此, 在设计时, 对于超重(500 t以上)的钢引桥设计应进行施工力量调查, 了解施工队伍的能力也是设计及工程造价应重点考虑的因素。

4.4 不同跨度造价综合比较

通过对下部水工结构费用、钢引桥自身费用以及施工费用3方面分析不同跨度钢引桥的造价见表5。

表5 引桥设计综合比较 万元

跨度/m	水工结构费用	钢引桥费用	施工费用	总造价	每延米单价
60	5 280	3 500	700	9 480	13.02
78	3 700	4 400	1 180	9 280	12.75
108	4 960	5 200	1 750	11 910	16.36

通过上述比较可知: 68 m跨度钢引桥与78 m跨度的钢引桥造价相差不大, 78 m的钢引桥造价相对略优, 而108 m跨度的钢引桥造价相对较高。其次, 78 m的钢引桥方案, 墩台施工相对较少, 有利于加快施工进度, 因此, 78 m跨度的钢引桥方案是较为合理的, 引桥设计如图5所示。

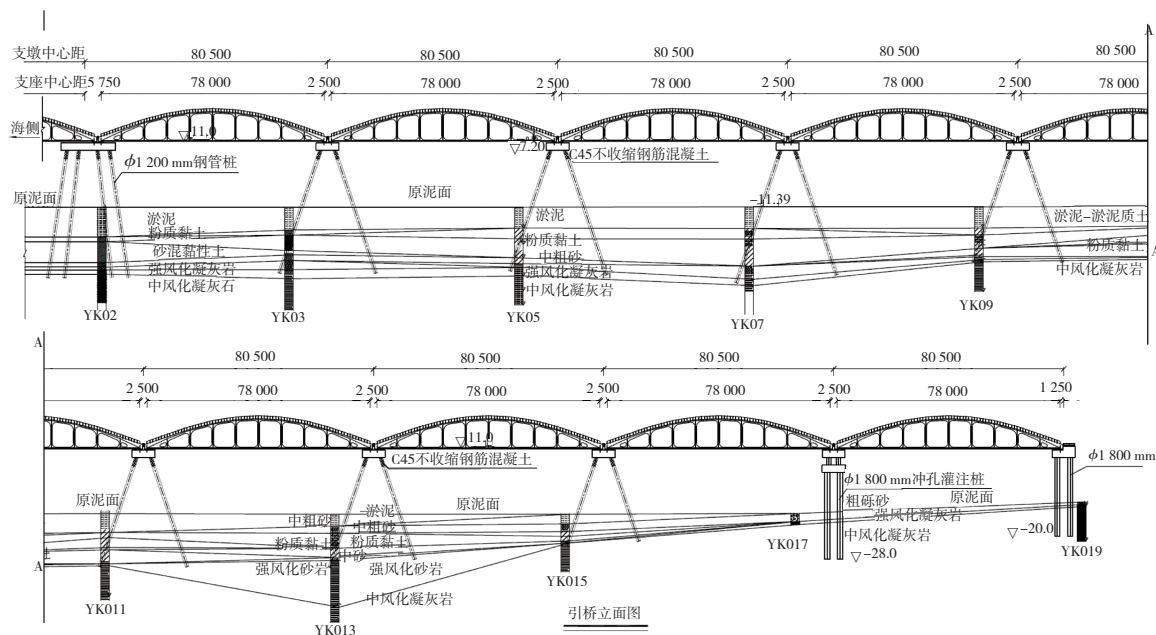


图5 78 m跨度的引桥立面

5 结论

1) 大型油码头接岸引桥所处海域, 水深相对较深, 风浪较大, 小跨度的混凝土箱梁下部基础数量较多, 在工期及造价上没有优势。而大跨度拱式钢桁架, 跨度通常在60~120 m, 跨度选择范围大, 适合深水码头建设要求, 具有工期短、造价优、美观性好的特点。

2) 一般大型油码头布置在外海开敞式水域, 引桥跨度适中的情况下, 引桥水工墩台桩基受力主要受波浪力的主导, 引桥跨度适当增大, 对桩基受力影响不大, 引桥跨度适当增加有利于降低工程造价, 当引桥跨度进一步增大, 由于横向受风面积的增加, 此时风荷载所产生的荷载比较大, 会对桩基受力影响较大。

3) 原油码头钢引桥跨度的增加, 必然减少水工下部结构墩台的数量, 但引起上部钢引桥弯矩的增大, 进而引起钢材用量的整体增加, 使桥面每平方米钢材用量的增加。

4) 大型油码头钢引桥跨度的选择应根据工程区地质、风浪及施工力量等情况综合考虑, 引

桥合理的经济跨度是根据下部水工结构、上部钢引桥用钢量及施工费用等三者综合考虑进行确定的。因此, 不同地区随着工程区自然条件的不同, 上述3部分在总造价所占的比例会有较大的不同, 应根据实际情况综合分析确定。

参考文献:

- [1] JTJ 213—1998 海港水文规范[S].
- [2] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 广石化原油码头扩建工程[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2006.
- [3] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 海南炼化续建项目30万吨级原油码头工程及成品油工程[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2005.
- [4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 广西北海涠洲岛原油码头工程[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2006.
- [5] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 中海油分公司惠州炼化原油码头工程 [R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2010.

(本文编辑 郭雪珍)