

油气化工码头工艺管道设计相关问题研究

唐一夫¹, 赵家旺²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 中交三航局第二工程有限公司, 上海 200122)

摘要: 油气化工码头主要是指接卸和装船出运原油和各类成品油(油), LPG和单品液化烃(气)以及各类液体化工品的专业码头。工艺管道设计是油气化工码头装卸工艺设计的核心环节。本文从工艺管道的管径选取、壁厚计算、管材确定、水力计算、绝热维温等方面对油气化工码头工艺管道设计进行了研究总结, 以供后续工程参考。

关键词: 油气化工码头; 工艺管道; 管道设计条件; 管道管径; 管道水力计算

中图分类号: U652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0106—03

工艺管道设计是油气化工码头装卸工艺设计的核心环节。本文从管径选取、壁厚计算、管材确定、水力计算、绝热维温等方面对油气化工码头工艺管道设计进行了研究总结, 以供后续工程参考。

1 工艺管道设计条件确定及管径计算

1.1 工艺管道设计条件确定

工艺管道设计条件主要包括输送介质、设计压力、设计温度、设计流量四个要素。主要由输送介质的理化性质和运输条件决定。在缺乏资料时可通过参考文献[1]查询得到拟输送介质的理化性质。

对于设计压力及设计温度的确定, 应执行《工业金属管道设计规范(2008年版)》(GB 50316-2000) 3.1.2、3.1.3规定。在前期阶段, 在缺乏明确的设计条件输入的情况下, 管道的设计压力可进行如下估取。

(1) 管道的设计压力可取为1.1倍工作压力。卸船时, 管道的工作压力由船舶船泵的扬程决定, 30万吨级油船卸船泵扬程可取为150m, 10万~15万吨级油船可取为120m, 8万~5万吨级油船可取为120~100m, 3万吨级及以下为80m~60m, 化工品卸船泵扬程一般为60m。

(2) 装卸全压力式液化气船可按如下规律估取管

3.5 后续设计及应用

本项目BIM设计以总平面布置为基础, 水工建筑物为结构中心文件, 方便各专业同时进行设计。通过使用BIM平台, 在设计阶段直接规避常见设计问题, 提高专业间沟通效率, 有效减少信息传递的流失, 从而起到提高设计质量的效果。设计阶段BIM模型因为包含庞大的数据, 所以可以在施工图设计阶段对模型进行精细化的分解, 将整个项目分解到最小的组成构件, 再根据实际施工方案进行拼接。通过运用BIM模型对实际施工流程进行一次数字化模拟, 可以有效地帮助发现实际施工中可能会出现困难点。同时, 运用Navisworks Manage结合Project软件, 可以对项目进行施工进度(4d)和费用(5d)模拟, 赋予各构件工期及造价属性, 可以进行施工进度就费用工程模拟, 通过直观的对比, 控制施工进度、费用。

在施工期间, 利用BIM管理平台, 可让业主方、设计方、施工方、监理方仅通过移动设备对项目进行进度、费用问题管理。同时, 在现场, 通过移动设备, 发现问题及时上报, 即时解决, 大大减少了时间成本, 从而加快项目施工进度。

4 结语

本文结合三峡库区深水靠船墩结构特点的特点, 选择Autodesk作为主力平台进行三维建模, 为了提高效率, 引入BIM的参数化建模思想, 分析并设计场景的参数化建模思路, 提出了库区深水靠船墩参数化建模方法, 实现了集成可视化交互、信息交互、交互建模以及分析应用的一体化空间的三维可视化场景。

通过对深水靠船墩模型的构建与应用, 结合其他真实水运工程场景具有结构复杂和种类多样的特点, 后续仍有包括场景要素的参数化建模、BIM模型与多源数据的融合等问题需要进一步展开研究。

参考文献:

- [1] 王鹏. 基于BIM技术的Revit族在高桩码头工程应用中的细节研究[J]. 中国水运航道科技, 2017, (4): P69-74
- [2] 陈丽芳, 郑维尧等. BIM技术在洋山四期码头的开发与应用[J]. 港工技术与工程, 2016, (3): 53-55
- [3] 季鑫宇. 基于BIM技术的大水位差架空直立式码头设计方法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2019.

道设计压力^[2]。LPG 管道设计压力可取为 1.8MPa，丙烯管道设计压力可取 2.8MPa，丙烷管道设计压力可取 2.2MPa，丁烷管道设计压力可取 1.6MPa。

(3) 全制冷式 LPG 船舶卸船泵扬程的配置与油轮相似，出口压力为 0.6~1.2MPa，气态 LPG 压缩机出口压力为 0.03~0.06MPa。

工艺管道的设计流量由码头设计通过能力决定，可参考《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)表 7.10.8-1 取值。

1.2 管径计算

计算管道管径的关键在于合理估取输送介质的设计流速。规范要求油品不应大于 4.5m/s，液化烃(液相)不应大于 3m/s^[3]，在此基础上应结合介质粘度、输送距离、储罐高程确定较为经济的流速。参考文献[4]附录 A 和参考文献[5]表 3.11.5-2、3 中对此有一些参考建议，可供选用。在确定设计流速的基础上，可利用参考文献[5]式 3.11.5-1 计算得管道内径。

2 工艺管道管材确定及壁厚计算

2.1 工艺管道材质确定

凡 DN500 及以下的输送油品、芳烃熔剂、液化气、蒸气等的管道宜选用无缝钢管，材质可为 20 号碳素结构钢或合金钢。DN>500 者可选用焊接钢管。参考工程实际经验，对常见油品、液化烃及液体化工品的操作温度、设计温度及管材总结如表 1 所示。其中对于油品的具体操作温度，通常为介质凝点以上 10℃~30℃，凝点高粘度大的油品取大值，反之则取小值。

2.2 工艺管道壁厚计算

管道壁厚计算根据《压力管道规范 工业管道 第三部分：设计和计算》(GB/T 20801.3-2006) 6.1 计算取值。其中，参数 P、D 由前序设计确定；参数 S、Φ、Y 分别从 GB/T 20801.2-2006 表 A.1、表 A.3 及 GB/T 20801.3-2006 第 6.1 查取；参数 C1 根据参考文献[6]9.1.3 取为 Max{0.2t, 0.5mm}；参数 C2 一般油品、油气取 1.5mm，酸(酸性溶液)、碱液及含硫污水取 3mm；参数 C3 可取为 0.5mm。

计算得到的管径、壁厚均宜按照《石油化工钢管尺寸系列》(SH/T 3405-2017)所给出的钢管尺寸系列取值。

表 1 常见油气化工品管材表

货品	操作温度	设计最低温度	设计最高温度	管材
原油、成品油	凝点以上 10~30℃	-19℃	Max(65℃ (热带地区可 取 80℃), 介质操作温度)	普通碳钢 (20#)
液化 烃	乙烯	-104℃	65℃ (热带地区可取 80℃)	304L 不锈钢
	丙烯	-48℃		304L 不锈钢
	丙烷	-42℃	操作温度	低温碳钢 (16MnDG)
	丁烷	-0.5℃	操作温度	普通碳钢 (20#)
	常温加压 LPG	常温	-19℃	普通碳钢 (20#)
常见 液体 化工 品	苯	15℃		普通碳钢 (20#)
	苯酚	55℃		304L 不锈钢
	甲醇	常温	-19℃	普通碳钢 (20#)
	丙烯酸	常温		304L 不锈钢
	醋酸	20℃		304L 不锈钢
	乙二醇	常温		316L 不锈钢
	液氨	常温		316L 不锈钢
氢氧化钠溶液	30℃		316L 不锈钢	

3 工艺管道水力计算

管道的水力计算主要计算其压力降，并与允许的压力降进行比较。若管径压力降过大，则应加大管径，以防船泵扬程不够或装船泵能耗过大。

管道的压力降为直管摩擦压力降(又名沿程摩擦阻力)和附件的局部压力降之和。

对于直管摩擦压力降，参考文献[4]6.2.3、6.2.4 给出了基于达西公式的计算方法，该方法准确度高，但计算过程较为复杂。参考文献[7]给出了经重新整理后的列宾宗公式对沿程摩擦阻力进行计算，计算更加简单方便。通过列宾宗公式可以看出，沿程摩擦阻力随着流量、粘度、管道长度的增大及管径的减小而增大。且随着雷诺数的增大，流量和管径对摩擦阻力的影响越大，粘度对摩擦阻力的影响则越小。一般，当用小管径管道输送低粘度介质时流态可能进入混合摩擦区，输送介质粘度及管径较大时流态多在水力光滑区或层流区^[7]。

对于管道附件的局部压力降，参考文献[4]6.2.5~6.2.8 条给出了较为清晰全面的介绍。在前期阶段，管道附件的局部压力降可根据管道长度暂按直管摩擦阻力降的 0.1~0.3 倍估取；管道短时取大值，管道长时取小值。

4 工艺管道绝热设计

对于全冷或半冷式输送的液化烃，需要对管道进行保冷设计，主要工作为确定保冷层材质并计算厚度。保冷层的厚度有三种计算方法，分别是保冷层经济厚度、防止表面凝露的保冷厚度和控制最大允许冷损失量的保冷厚度。通常，用控制最大允许冷损失量的方法计算得

到的厚度最大，因此推荐优先采用控制冷损失量的方法计算，然后用经济厚度方法进行调整，最后用防凝露方法进行校核^[8]。在前期设计阶段，当设计基础资料不全面时可暂只按控制冷损失量的计算方法确定保冷层厚度。通常改性聚氨酯硬质泡沫和聚异氰脲酸酯（PIR）是液化烃管道中较为常用的保冷材料。为保护管道，在保冷层外还需设置防潮层和保护层，防潮层可参照参考文献[5]表3.11.5-12设置。

对于输送凝点较高的油品及液体化工品的管道，当符合参考文献[9]3.0.1所列情况时，需要进行保温设计，主要工作为确定保温层材质并计算厚度。类似于上述的保冷计算，保温层的厚度也有三种计算方法，分别是经济厚度计算方法、最大允许热损失量的计算方法以及控制表面温度计算方法。通常应采用经济厚度法计算，并校核该厚度下的热损失量和保温结构外表面温度是否符合要求。因经济厚度计算方法所需资料较多，在前期设计阶段，当设计基础资料不全面时可暂只计算最大允许热损失量和控制表面温度的两种方法并取其结果较大者。

对于管道绝热设计，参考文献[9]给出了清晰全面的关于计算方法和参数取值的讲解，本文不再赘述。

5 工艺管道伴热维温设计

管道常用的伴热维温类型有热水伴热、蒸汽伴热、电伴热、热油伴热等。其中电伴热是现在最常用的管道伴热方式。一般情况下，距离短、伴热温度不高的管道多采用自限温（变功率）电伴热带，伴热距离长或伴热温度高的管道多采用集肤效应电伴热带^[10]。如果需要精确维持管壁温度或加热体内的介质温度，需配置温度控制系统。

管道伴热设计主要需要确定的参数为电伴热带的使用功率和所需长度。具体计算方法和要点《管道和设备保温、防结露及电伴热》（16S401）有详细计算，本文不再赘述。

6 工程案例

黄骅港综合港区船舶燃料油码头工程拟建设1个5000吨级燃料油泊位，码头总长度198m，主要用于180#及120#船用燃料油及船用重质柴油的装船作业，年吞吐量为75万t/年。船用燃料油凝点不大于27°，

粘度120cst~180cst；船用重质柴油凝点不大于10°，粘度8cst。

本工程罐区与码头紧邻，码头引桥标高为6.0m（高程基准为黄骅港理论最低潮面，下同），罐区场地竖向设计标高为5.30m~5.45m，设计高低水位为4.05m/0.62m。罐区产品经计算，共设置3根DN250、Sch20工艺管线分别用于180#、120#船用燃料油及船用重质柴油输送。设计流量均为500m³/h，设计压力均为1.2Mpa，设计温度为50℃、50℃、40℃。管材均为20#无缝钢管。180#燃料油和120#燃料油的伴热温度为45℃，采用35W自调控电伴热带，保温材料为60mm硅酸盐管壳，保护层为彩钢板。船用重质柴油伴热温度为35℃，采用30W自调控电伴热带，保温材料为50mm硅酸盐管壳，保护层为彩钢板。

参考文献：

[1] 卢焕章等. 石油化工基础数据手册[M]. 北京：化学工业出版社，1982.

[2] 孙冰，宋广钢，刘荣花. 油码头改造成液化石油气码头设计问题的探讨[J]. 港工技术，2019年第56卷增1期，19-22.

[3] JTS 158-2019，油气化工码头设计防火规范[S]，北京：中华人民共和国交通运输部，2019.

[4] SH/T 3035-2018，石油化工工艺装置管径选择导则[S]，北京：中华人民共和国工业和信息化部，2018.

[5] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港工程设计手册（第二版）（上册）[M]. 北京：人民交通出版社，2018.

[6] 《动力管道设计手册》编写组. 动力管道设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

[7] 杨筱蘅. 输油管道设计与管理[M]. 东营：中国石油大学出版社，2013.

[8] 谢刚，王天明，邵拥军，等. LNG管路保冷厚度的计算[J]. 石油与天然气化工，第36卷第5期，373-376.

[9] GB 50264-2013，工业设备及管道绝热工程设计规范[S]，北京：中华人民共和国住房和城乡建设部，2013.

[10] 王卫强，吴明，张静. 电伴热技术在原油输送中的应用与展望[J]. 油气田地面工程，第23卷第8期（2004.8），26.