

Study on the Cold Insulation Construction Technology of LNG Low-Temperature Storage Tank Shell

You Bao¹, Xuanyu Sheng², Jian Chen¹, Yachen Xu³

¹Installation Company of Daqing Oilfield Engineering Construction Co., Ltd., Daqing Heilongjiang

²Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing

³Research Center of Advanced Energy Equipment Technology, Tianjin Research Institute for Advanced Equipment, Tsinghua University, Tianjin

Email: xuanyu@tsinghua.edu.cn, shengxy@tsinghua-tj.org

Received: Nov. 12th, 2016; accepted: Nov. 26th, 2016; published: Nov. 29th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The cold insulation construction of LNG low-temperature storage tank is the key process of construction of tank shell and the cold insulation construction of tank wall is both key point and difficult point of cold insulation construction. The cold insulation layer of tank wall is with characteristics of complicated structure design, frequent overhead operation and high-standard installation, strictly abiding by stipulated procedure and technique requirements during construction. And solution to problems of safety and high efficiency during whole process of construction and control of construction quality is important guarantee of carrying out cold insulation construction of LNG low-temperature storage tank wall smoothly. This paper cites simulation of cold insulation of LNG low-temperature storage tank wall as example and describes detail contents of structure characteristics of cold insulation layer of tank wall, construction procedure and construction methods.

Keywords

LNG Low-Temperature Storage Tank, Cold Insulation of Tank Wall, Filling of Perlite, Construction

LNG低温储罐罐壁保冷施工技术研究

包友¹, 盛选禹², 陈健¹, 徐雅晨³

文章引用: 包友, 盛选禹, 陈健, 徐雅晨. LNG低温储罐罐壁保冷施工技术研究[J]. 建模与仿真, 2016, 5(4): 191-197.

<http://dx.doi.org/10.12677/mos.2016.54024>

¹大庆油田工程建设有限公司安装公司, 黑龙江 大庆

²清华大学核能与新能源技术研究院, 北京

³清华大学天津高端装备研究院先进能源装备技术研究所, 天津

Email: xuanyu@tsinghua.edu.cn, shengxy@tsinghua-tj.org

收稿日期: 2016年11月12日; 录用日期: 2016年11月26日; 发布日期: 2016年11月29日

摘要

LNG低温储罐的保冷施工是罐体施工的关键工序, 而罐壁的保冷施工既是保冷施工的重点也是施工难点。罐壁保冷层具有结构设计复杂、高空作业多、安装标准高的特点, 在施工中要严格遵循规定的程序和技术要求, 而施工全程的安全高效、施工的质量控制等问题的解决是LNG低温储罐罐壁保冷工作顺利实施的重要保证。文章以模拟LNG低温储罐罐壁空间进行保冷施工为例, 对罐壁保冷层的结构特点、施工顺序、施工方法等内容进行详细叙述。

关键词

LNG低温管道, 保冷结构, 温度场, 保冷施工

1. 引言

LNG 是液化天然气(Liquefied Natural Gas)的简称, 是将气田生产的天然气净化处理, 再经超低温(-162℃)液化形成的液化天然气。LNG 无色、无味、无毒且无腐蚀性, 其体积约为同量气态天然气体积的 1/600, 重量仅为同体积水的 45%左右。是一种极为洁净、环保的能源, LNG 产业正在我国迅速发展。LNG 储罐保冷施工的特点是: 工作量大, 交叉作业多, 施工难度大, 作业风险高等[1]。本文以模拟 LNG 低温储罐罐壁空间进行保冷施工为例, 简要介绍 LNG 储罐罐壁保冷施工技术。

2. LNG 储罐罐壁保冷概况

现在主流大型 LNG 储罐内外罐壁间距均为 1 米, 保冷结构为: 紧挨内罐壁外侧为 300 mm 厚弹性毡(四层), 剩余环形空间填充珍珠岩, 弹性毡与珍珠岩之间使用玻璃纤维布隔离。主要保冷用材料包括: 粘钉、弹性毡、玻璃纤维布、珍珠岩粉末等。

LNG 储罐罐壁保冷施工简易流程: 保温钉位置标识→保温钉安装→第一层弹性毡安装→第二层弹性毡安装→第三层弹性毡安装→第四层弹性毡安装→玻璃布安装→珍珠岩填充→珍珠岩振捣。

3. 模拟试验目的

3.1. 工装研究

- (1) 研究吊篮在环形空间内进行保冷施工的可操作性;
- (2) 研究振捣机构是否满足珍珠岩振捣要求;
- (3) 研究振捣机构的配电, 保证配线合理、安全;
- (4) 研究吊篮与振捣机构一起使用的整体效果是否满足施工要求。

3.2. 优化施工方案

- (1) 优化保温钉安装和弹性毡安装施工方案;

- (2) 优化珍珠岩填充、振捣施工方案；
- (3) 通过模拟试验掌握 LNG 储罐保冷施工整体施工工序、施工工装和施工方法。

4. 模拟试验槽制作与保冷施工方法

4.1. 试验槽制作

鉴于大型 LNG 储罐内外罐壁间距为 1 米，试验在长 × 宽 × 高 = 5 m × 1 m × 4 m 钢槽对罐壁保温钉安装、保温棉安装和珍珠岩填充三大部分施工内容进行模拟试验。

4.2. 试验槽内保温棉施工

4.2.1. 施工流程

保温钉位置标识 → 粘贴保温钉 → 第一层弹性毡 → 第一层垫圈 → 第二层弹性毡 → 第二层垫圈 → 第三层弹性毡 → 第三层垫圈 → 第四层弹性毡 → 玻璃布安装

- (1) 根据已建同类项目施工图纸和相关资料确定弹性毡厚度为 300 mm，共计 4 层 75 mm 厚弹性毡。

(2) 保温钉粘贴位置标识：对所有要进行保冷的槽体表面完成必须的准备工作后按照图纸要求在内罐壁外表面用白色粉笔标出保温钉的安装位置罐壁粘钉处应打磨或擦洗干净表面应清洁、无尘、无水锈、油污，油污应用溶剂清除在进行溶剂清除油污及粘接时应。

(3) 保温钉安装完成后按照施工图(如图 1 所示)要求安装弹性毡。弹性毡安装前后相邻两层阶梯式错缝 300 mm，同层弹性毡对接安装，弹性毡块间应相互紧密对接不得有空隙层间接缝应错开 100 mm 以上玻璃布一端与弹性毡对接缝应错开至少 150 mm，玻璃布间搭接宽度不小于 150 mm。玻璃布搭接处应用胶粘牢防止膨胀珍珠岩进入弹性毡内层。如遇到内罐凹凸不均匀处弹性毡有缝隙，将使用小块弹性毡进行填充密实；安装时应将内部弹性毡环向稍有压缩以保证最外层弹性毡纵向缝最小。

(4) 最外层弹性毡表面用玻璃布环向覆盖，相邻两条玻璃布搭接宽度为 50 mm，每搭接完一条玻璃布使用 75 mm 宽铝膜胶带从上至下依次进行密封粘贴，无脱落现象，此工作可以在吊篮上进行。施工人员利用吊篮的上下移动尽快把弹性毡安装在罐壁的保冷钉上使弹性毡紧贴罐壁移动过程中注意不要被保冷钉划伤。

(5) 玻璃丝布铺设完成后在外侧增设一层扁钢带固定弹性毡(如图 2)，外侧用螺帽将扁钢固定在保温钉上。

(6) 位置较高的保温钉位置标识、粘贴保温钉、弹性毡铺设等工序都在吊篮上进行，吊篮的结构示意图如图 3 所示。

4.3. 试验槽内珍珠岩填充施工

4.3.1. 珍珠岩填充

按照施工经验和相关技术资料方案，珍珠岩填充高度为 3.25 m，试验槽内采用人工填充的方法。填充完成后利用振捣器进行振捣，测算珍珠岩沉降高度。

4.3.2. 珍珠岩振捣

珍珠岩安装要求填充到 3.25 米高度后即可进行振捣。振捣设备悬挂在电动葫芦上，电动葫芦在试验车间天吊的轨道上滑动可实现振捣设备的水平移动，同时电动葫芦缆绳可控制振捣设备的上下移动。电动葫芦下悬挂一张振捣板，振捣板采用 1.5 × 1.8 米的 6 mm 钢板。整张振捣板中间安装有一个振动电机，同时，振捣板上方两角各装有 1 个胶轮，起到限位器的作用，防止振捣设备碰坏弹性毡。控制电动葫芦，将振捣设备嵌入珍珠岩内，启动振动器，振捣板开始振捣，便实现对珍珠岩的振捣、沉降。

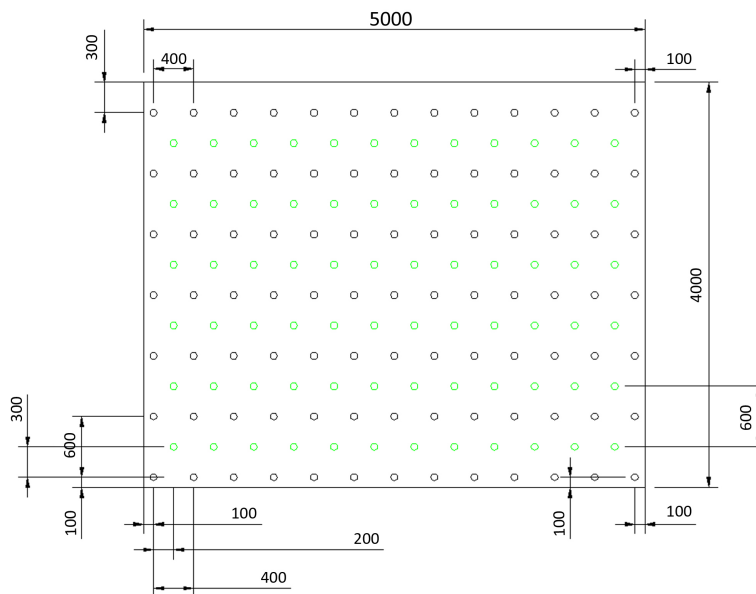


Figure 1. Layout plan of the insulation nails of the testing tank
图 1. 试验槽保温钉布置图



Figure 2. Working sketch of the flexible felt at the test site
图 2. 试验现场弹性毡施工效果图

振捣时，工人分两组，每组 2 人。其中一组站在试验槽的边缘，负责操作振捣装置起降机按钮来调整振捣钢板高度，同时监管环形空间下方振捣工人的安全；另外一组工人站在吊篮上负责振捣工作，1 个工人控制吊篮升降按钮，使吊篮下降到环形空间相应高度进行振捣操作，另外 1 个工人控制振捣操作按钮，控制振捣钢板上的电动机进行振捣操作(振捣钢板上电动机电源线一直牵到工人站位吊篮上)，如图 4 所示。

4.3.3. 试验数据收集

按照要求振捣后高度下降 15%~27%即可满足要求。等效测量方法为：在对 3.25 m 的高度范围内珍珠岩进行振捣后，振捣后的珍珠岩高度都要比振捣前低 0.53~0.94 m，即满足要求[2]。

经试验测算，振捣 2 小时后珍珠岩高厚由 3.25 米沉降至 2.71 米，共计沉降了 0.54 m，沉降率为 16.62%，符合振捣要求，珍珠岩振捣沉降曲线图如下图 5 所示，下表 1 为珍珠岩振捣沉降数据记录表。

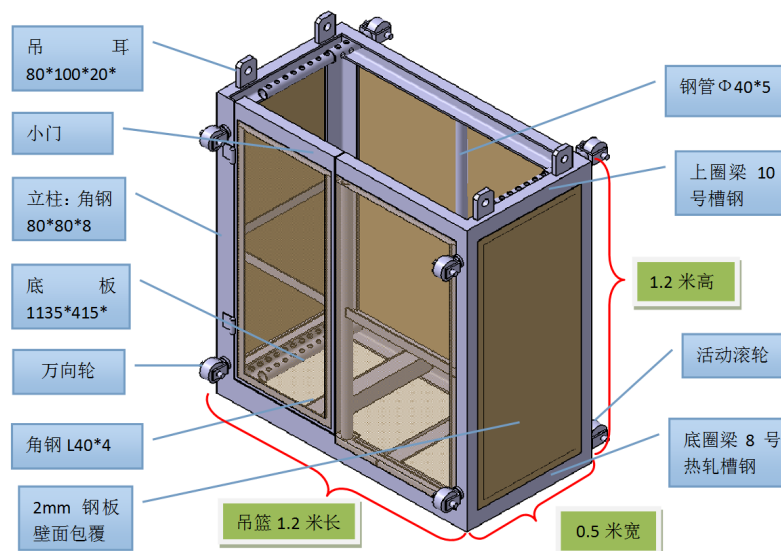


Figure 3. Sketch demonstration of the basket for cold insulation of the pipe wall
图 3. 罐壁保冷填充吊篮

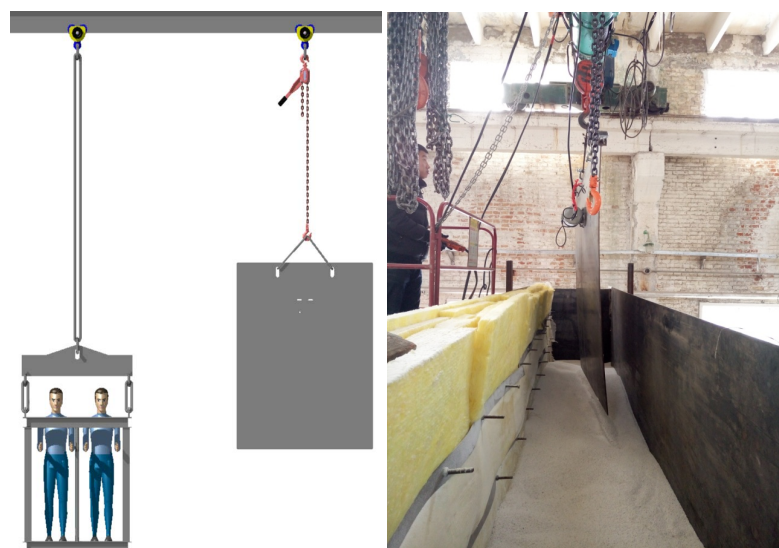


Figure 4. Sketch illustration of the vibratory ramming mechanism
图 4. 振捣机构

Table 1. Data record sheet of the perlite sedimentation
表 1. 珍珠岩振捣沉降数据记录表

序号	振捣日期	振捣时间	阶段振捣 时长(分钟)	累计振捣 时长(分钟)	珍珠岩 高度(米)	阶段沉降 高度(米)	累计沉降 高度(米)	累计沉降率
1	2015.12.3	9:22	0	0	3.25	0	0	0
2	2015.12.3	9:22~9:38	16	16	3.17	0.08	0.08	2.46%
3	2015.12.3	13:40~13:51	11	27	2.98	0.19	0.27	8.31%
4	2015.12.3	14:10~15:00	50	77	2.88	0.1	0.37	11.38%
5	2015.12.4	8:25~10:25	120	197	2.73	0.15	0.52	16%
6	2015.12.4	13:50~15:30	100	297	2.71	0.02	0.54	16.62%

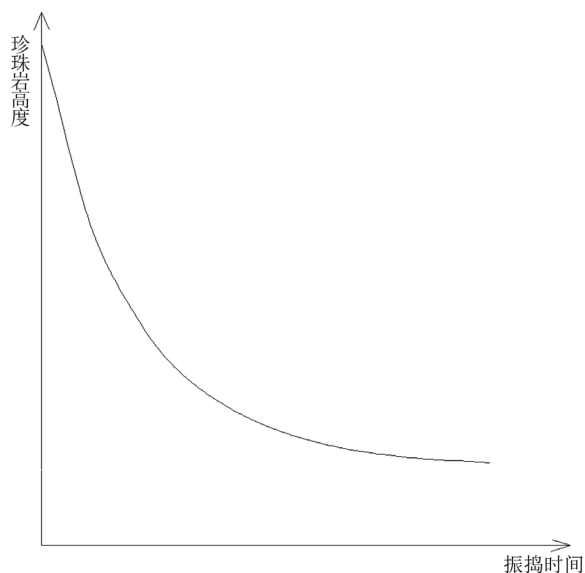


Figure 5. Settlement curve of the perlite

图 5. 珍珠岩振捣沉降曲线图

5. 罐壁保冷施工关键控制点

5.1. 弹性毡施工

- (1) 检查内罐罐壁外表面干燥及除尘情况；
- (2) 检查保温钉粘结强度和粘结密度是否符合设计要求[3] [4]；
- (3) 检查弹性毡对接是否紧密，层间接缝错开距离是否符合技术要求；
- (4) 查完成的弹性毡表面平整度；
- (5) 检查玻璃布和弹性毡接缝错开距离，玻璃布局搭接宽度和粘结强度是否符合设计要求。

5.2. 珍珠岩填充保冷[5]

- (1) 珍珠岩振捣的试验数据收集与整理；
- (2) 振捣设备的整体组装和运转；
- (3) 及时记录珍珠岩振捣沉降数据，验证振捣效果是否符合设计要求。

根据上述 8 项关键控制点，本次模拟试验顺利完成，试验中每项技术指标都满足规范和相关技术要求。

6. 结论

(1) 罐壁保冷试验对罐壁保温钉安装、保温棉安装和珍珠岩填充三大关键工序进行了模拟施工，通过试验研制出了保冷施工需要的吊蓝、振捣器等配套工装；

(2) 通过珍珠岩振捣试验数据可知随着振捣时间的增加，珍珠岩的沉降速度逐渐减慢，振捣 200 分钟沉降率能达到 16%即可满足沉降要求；

(3) 通过试验进一步掌握了储罐保冷的施工技术，完善了施工方案，对 LNG 罐壁保冷施工提供了可靠的技术储备和方案支持。

参考文献 (References)

- [1] 袁中立, 严伦江. LNG 低温储罐的设计及建造技术[J]. 石油工程建设, 2007, 33(5): 19-22.

-
- [2] GB50645-2011. 石油化工绝热工程施工质量验收规范[S].
 - [3] SH/T3522-2003. 石油化工隔热工程施工工艺标准[S].
 - [4] 范怡. LNG 储罐内罐外壁弹性毡保冷方案[J]. 企业技术开发, 2014, 33(2): 157-160.
 - [5] 03010EQ-DP60-0106. 膨胀珍珠岩技术要求[S].

期刊投稿者将享受如下服务:

- 1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
- 2. 为您匹配最合适的期刊
- 3. 24 小时以内解答您的所有疑问
- 4. 友好的在线投稿界面
- 5. 专业的同行评审
- 6. 知网检索
- 7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mos@hanspub.org