

# 液化天然气 (LNG) 子母罐膨胀珍珠岩施工技术方案的探讨

林海威

西安秦华燃气集团有限公司 陕西西安 710075

**摘要:** 液化天然气产业是我国经济支柱之一, 本文是对天然气1750立方LNG子母罐改造膨胀珍珠岩现场填充项目改造安装中存在的问题进行阐述, 工作中需要严格规范, 保证安装质量, 尽最大努力, 避免发生潜在问题。并且在完成安装后, 需要检查各个工序, 虽然改造安装是一个十分复杂的工作, 但却也是十分重要的一个工程。在进行改造施工时, 会受到诸多外界因素的影响, 因此, 需要相关工作人员做好自己的工作, 并且发现问题后, 积极寻找解决对策, 保证安装改造的质量, 顺利进行施工作业。

**关键词:** 液化天然气, 子母罐, 膨胀珍珠岩, 施工技术

引言: 把握好子母罐的膨胀珍珠岩填充均采用现场膨胀、自动设备充填安装质量, 全面规划施工质量控制工作, 注重提高膨化填充的安全性, 重视对保冷结构的质量控制<sup>[1]</sup>。

## 1 施工过程描述

### 1.1 施工检查

低温储罐内罐检查合格, 内部管线及子罐检修验收完成, 夹层检查验收合格, 内部卫生清理干净, 夹层干燥处理结束, 底部人孔和排砂孔封闭, 保留顶部充装孔, 办理完工序交接手续后进行储罐膨胀珍珠岩填充<sup>[2]</sup>。

### 1.2 程序概述

人员进场、设备进场并安装, 低温储罐充装时通过DN80的输送管道(前端采用刚性管, 后段采用柔性管)进行充装, 直至装填密实为止<sup>[3]</sup>。

### 1.3 现场安排

- (1) 组织机构
- (2) 质量保证体系
- (3) 安全保证体系
- (4) 主要施工人数及设备: 5人, 1套膨胀炉
- (5) 施工工时: 装置珍珠岩材料以及装填所需的机具、人员于2019年\*月\*日以前进厂完成现场培训及设备安装调试, 在2019年\*月\*日前完成现场施工。

### (6) 主要检测机具

NO	器具名称	数量	用途	备注
1	电子秤	1台	称重	
2	振实器	1台	振实	
3	筛分器	1台	颗粒检测	
4	烤箱	1台	含水率检测	

### (7) 膨胀炉主要施工机具

No.	设备名称	数量	外形尺寸	电气功率	用途	备注
1	膨胀炉	台	2.2*2.2*8.5	(7.5+3) kw	膨胀珍珠岩	
2	热交换器	台	2.1*2.1*7.5	(5.5+2.2) kw	粗除尘、降温	
3	集尘、输送机	台	2.2*2.2*9.0	(22+3) kw	精除尘、产品输送	
4	空压机	台	1.5*1.2M	37*2 kw	提供产品输送动力	
5	移动控制室	间	2.4*2.3*6	200w*2	控制、检验室	
6	电气控制柜	个	1.6*0.8M		电气控制系统	
7	油箱	个	2.2*2.4*2.5		储存柴油	
8	给料器	套	1.5*1.5M	(2.2+1.5) kw	精确投料	
9	输送管道(DN80)	M			产品输送	
10	二氧化碳灭火器	台			施工现场防火专用	
11	干粉灭火器	台			施工现场防火专用	
12	手推干粉灭火器	台			施工现场防火专用	

## 2 文件编制依据

施工图纸: 有关珠光砂填充指导说明

低温装置绝热用膨胀珍珠岩	JC/T1020-2007
膨胀珍珠岩	JC/T209-2012
膨胀珍珠岩用矿砂	JC/T809-2012

绝热材料及相关术语

GB/T4132

产品质量测试标准: 供货物资的制造、安装和检验必须遵循如下最新版本的标准规范。

低温装置绝热用膨胀珍珠岩 JC/T1020-2007

膨胀珍珠岩	JC/T209-2012
膨胀珍珠岩用矿砂	JC/T809-2012
绝热材料及相关术语	GB/T4132

1) 当上述标准规范和规定之间发生矛盾时,应按严者的要求执行。

2) 如果采用国外相关标准,必须是国际上通用并被认可的标准。

#### 检验与试验要求:一般原则

膨胀珍珠岩和矿物棉的检验与试验要求除满足本文件要求,同时也要满足空分成套设备供货商相关的标准要求。在制造预备会前,施工方准备并编制检验及试验计划,该计划应符合标准规范、项目规定和本技术规格书的要求,并且该计划应得到监管方的批准。施工方在计划中清楚地标记出设计、确认、预制、检测和验收等活动,并且留出空间以便监管方记录检验活动。监管方将在计划中标明哪些活动是需要的<sup>[4]</sup>。监管方可以随时进入施工方现场进行检查、确认。施工方免费为监管方提供合理的工具和方式,以根据订货要求对生产制造的部件进行检验和确认。最终检验时,施工方向监管方提交全套文件。膨胀珍珠岩的检验与试验方法膨胀珍珠岩产品生产时实现对产品现场随机动态性能参数检测,检测方法按照相关国家及行业标准执行。<sup>[5]</sup>详细要求如下相关文件:

低温装置绝热用膨胀珍珠岩	JC/T1020-2007
膨胀珍珠岩	JC/T209-2012
膨胀珍珠岩用矿砂	JC/T809-2012
绝热材料及相关术语	GB/T4132

《膨胀珍珠岩珠光砂保温材料填充》(W-GS-4-3-2)、《低温储槽的珠光砂填充》(W-GS-9-9-1)、《现场珠光砂装运处理》(E-GS-9-10-1)、《珠光砂保温》(E-FRM-9-9-8)、《石油化工建设工程施工安全技术规范》(GB50484-2008)、《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46-2005)

### 3 准备工作

#### 3.1 技术准备

(1) 熟悉、审查施工图纸:建设单位和设计单位提供的初步设计或技术设计、施工图设计等资料文件;调查、搜集的原始资料;设计、施工验收规范和有关技术规定。

(2) 熟悉、审查设计图纸的目的:为了能够按照设计图纸的要求顺利施工,生产出符合设计要求的最终产品;通过审查发现设计图纸中存在的问题和疑问,使其改正在施工之前。

(3) 本工程承包合同签订后,由技术部门向总包单位领取设备图纸和相关技术规范。由技术负责人组织工程技术人员认真审核图纸和规范,做好图纸会审和技术的前期工作,针对有关施工技术和图纸存在的疑点做好记录。工程开工前

及时与总包单位做好技术交底工作。

(4) 备齐技术规范、验收标准。根据总包单位提供的图纸和技术规范,现场备齐与本工程有关的施工人员报审、设备报审、施工技术方案等规范和技术标准。

(5) 施工组织设计、方案编制计划。认真调查了解现场实际情况,掌握现场的实际情况和图纸情况,编制出更进一步切合实际的施工方案。

(6) 组织与工程相关的技术、安全、施工人员进行施工方案会审、技术交底。

#### 3.2 物料准备

(1) 原材料的准备:原材料的准备主要根据施工预算进行分析,按照施工进度计划要求,按原材料的名称、规格、使用时材料储备定额和消耗定额进行汇总,编制出原材料需要量,为组织运输、确定堆放场面积等提供依据。将原材料的质检报告在施工前进行报审,并积极配合监理单位对原材料的抽样和第三方检测认证。

(2) 生产设备的准备。根据采用的施工方案,安排施工进度,确定施工机具进场的时间、数量和进场后放置的地点、方式,编制出施工需要量计划,为组织运输,确定堆放场地面积提供依据。整理好生产设备的资料、合格证等相关文件进行报审。

#### 3.3 人员准备

(1) 建立工程项目的组织机构。根据工程项目的规模、结构特点和复杂程度,确定工程项目施工的组织机构人选和名额。坚持合理分工密切协作相结合,把有施工经验、有工作效率的人纳入组织机构。

(2) 向施工人员进行施工组织设计、计划和技术交底。施工组织设计、计划和技术交底的时间在工程开工前及时进行,以保证工程严格按照设计图纸、施工组织设计、安全操作规程和施工验收规范等要求进行施工。

#### 3.4 施工现场准备

(1) 施工现场做好“三通一平”:路通、水通、电通和平整场地;

(2) 安装、调试生产设备:于固定的设备要进行就位、隔离、搭棚、接电源、保养和调试工作。对所有施工机具都必须在开工前进行检查和试运转。

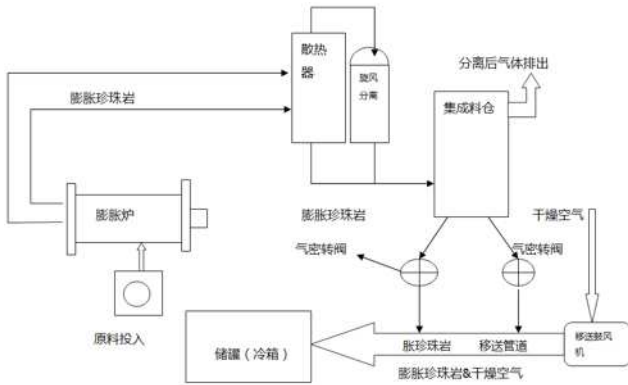
(3) 设置消防设施:根据施工组织设计的要求,根据施工现场的布置,建立消防。

3.5 与上一工序进行交接:施工现场各个工序不是分离的、孤立的,而是互为补充、相互配合的。为了更好的提供施工准备工作的质量,加快施工准备工作的速度,必须加强建设单位、设计单位和施工单位之间的协调和交接工作。

#### 3.6 向上级提交开工申请报告。<sup>[6]</sup>

### 4 施工过程控制

#### 4.1 设备简图(如图一)



图一

#### 4.2 设备运转原理与操作

原理：目前使用的矿砂含水一般在4.8%，经过中筒预热后含水大约2.5%，撒落在散料板上，均匀掉入火焰进行膨胀，50-120目的矿砂主要成分是二氧化硅，二氧化硅在高温火焰里软化，矿砂中结合水同时蒸发，瞬间形成膨胀珍珠岩。

膨胀关键点：炉温、原料投入量、主副管风量及炉体转速。

给料量的测定、炉体转速、散料板

#### 4.3 供料

#### 4.4 供油

#### 4.5 降温除尘

#### 4.6 电气系统

#### 4.6.1 电方面安全事项

A非电工不允许进行与电有关工作的作业、B设备安装后，须进行接地设置、C工程队必备防罩灯

#### 4.6.2 供气方面

A对空压机随时进行防水、防尘；每作业班下班必须吹扫空压机。B对供气管道的密封性随时进行检查

#### 4.7 输送系统

#### 4.8 设备操作

#### 4.8.1 开关设备

#### 4.8.1.1 开机顺序

启动空压机（2分钟后）——引风机开启——打开脉冲——旋转阀——散热风机——输送——除尘下料——炉体——燃烧风机（5分钟后）——油泵——电磁阀——点火观察无异常20分钟后——投料——加料

#### 4.8.1.2 关机顺序

停料3分钟后——停火（同时关电磁阀、油泵）——降低炉转速（逐渐至5转/Min）——燃烧风机——散热风机——引风机——脉冲——视情况停其它设备

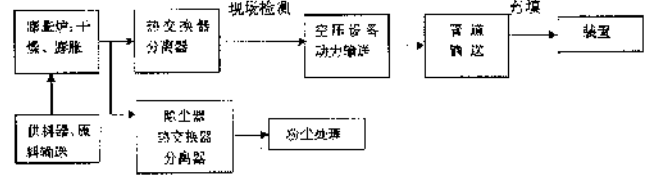
其中，旋转阀视情况关闭：若冷箱与储罐已满，可停输送。<sup>[7]</sup>

#### 4.8.2 火焰的控制标准

标准火焰从炉尾观看，前方为大火头，中间黑蕊小；燃

烧可保护火焰的形状，引风可控制火焰的长度。引风大，火焰长。

#### 4.9 珠光砂装填工艺流程



#### 4.10 原料进给控制

通过螺旋给料器的转速实现准确、稳定投料，螺旋给料器由便携式电脑根据设备状态通过界面自动控制。

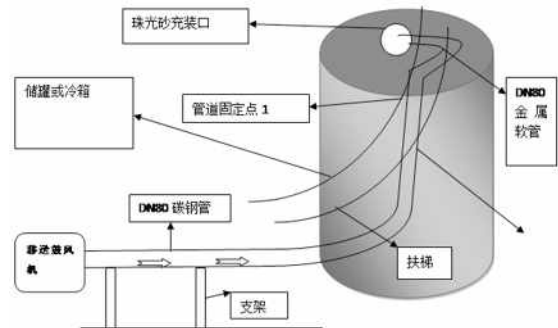
#### 4.11 膨胀温度控制

膨胀的温度由柴油通过燃烧器成雾状喷出充分燃烧获取，温度的控制通过传感器由便携式电脑通过界面对油量自动调整，使温度恒定。

#### 4.12 输送控制

物料通过降温、收集进入输送装置，输送装置自动调压，使产品以层流状脉冲输出。

#### 4.13 管道输送示意图（如图二）



图二

注：（1）输送管道全部采用DN80碳钢管，设备顶部采用DN80金属软管便于珠光砂充装；

（2）输送管道每6米一个支架；

（3）输送管道固定在设备扶梯上（其余地方无固定点），固定点采用8号铁丝反复缠绕系牢；

（4）输送管道于设备顶部用手拉葫芦固定

（5）设备顶部的输送管道进入充填口后，对充填口进行密封，防止粉尘飘逸。<sup>[8]</sup>

### 5 产品质量控制

原料物、化指标描述

#### 5.1 物理特征

外观	软化点	熔点	燃点
白色颗粒	850~1100℃	1300~1350℃	不燃

SiO<sub>2</sub>含量约为75%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量约为15%，其余为CaO，MgO，Na<sub>2</sub>O和K<sub>2</sub>O

#### 5.2 产品技术参数(标准见附件)

No.	性能	单位	数值范围	
			Type A	
1	松散密度	$\rho_{Sch}, kg/m^3$	$\leq 50$	
2	振实密度	$\rho_{St}, kg/m^3$	$\leq 65$	
3	平均颗粒直径	$d', mm$	1mm筛孔筛余量%	$\leq 8$
			0.15mm筛孔通过量%	$\leq 8$
4	安息角 ( $h=100mm$ )	$\alpha, Degree$	$\leq 37^\circ$	
5	导热系数	$W/m.K$	$\leq 0.023$	
6	质量含水率	$w-\%$	$\leq 0.5$	

### 5.3 质量事前控制

通过对产品膨胀前严格的物化指标、粒度、结晶水含量检测,和膨胀过程中的原料进给量、膨胀温度、循环风、油量、风压、流量等膨胀参数的全程自动控制,达到事前控制的目标。

### 5.4 施工过程中的质量控制

产品生产时实现对产品现场随机动态性能参数检测:

**松散密度:**施工方现场检测人员,在监管方现场监督下,通过输送管道取样口进行现场实际取样,将完全自然松散状态下的膨胀珍珠岩(珠光砂),倒入内壁光洁的1升(内径108mm,高109mm)圆柱形金属量筒中,用直尺刮平,用精度为2g的天平测量其重量,然后按下列公式计算松散密度,一次取样分三次做实验,结果取算数平均值。

$$\rho = (g_2 - g_1) / v$$

式中:  $\rho$  —— 材料松散密度  $kg/m^3$

$g_1$  —— 量筒重量  $kg$

$g_2$  —— 量筒和试样的重量  $kg$

$v$  —— 量筒的容积  $m^3$

### 振实密度

按上述方法倒满量筒并刮平后,利用特制振动仪将量筒提升至75mm高度后使其自由下落至5mm的橡胶板上,每50次后添加试样,直至试样没有明显沉降为止,称中并按下式计算振实密度,一次取样分三次做实验,结果取算数平均值。

$$\rho' = (g_3 - g_1) / v$$

式中:  $\rho'$  —— 材料振实密度  $Kg/m^3$

$g_1$  —— 量筒重量  $kg$

$g_3$  —— 量筒和试样的重量  $kg$

$v$  —— 量筒的容积  $m^3$

### 含水率

按上述方法取样,用称量值为100g,精度为0.001g的天平称取试样5~10g,在 $105 \pm 5^\circ C$ 温度下烘干至恒重后称重,按下式计算含水率,一次取样分三次做实验,结果取算数平均值。

$$P = (g_9 - g_8) / m_9 \times 100\%$$

式中:  $P$  —— 试样含水率  $\%$

$g_9$  —— 试样干燥前重量  $g$

$g_8$  —— 试样干燥后重量  $g$

**粒度分布:**按上述方法取样,倒入装有筛孔规格分别为1.0mm、0.05mm的筛分仪内,按150次/分钟的频率进行振动,使物料充分筛分,然后分别测量试样重量,计算筛余量和通过量,1升试样分两次试验,结果取算数平均值。

**导热系数:**膨胀珍珠岩的导热系数应按空分成套设备商标准或ASTM C177或C518的方法进行测试,但不低于JC/T1020-2007的要求,并向业主提供由国内权威机构的测试报告。

### 膨胀珍珠岩检测报告

根据膨胀珍珠岩现场制作和服务的特点,施工方每日将向监管方提供以下指标的现场监测数据:松散密度12次/日、振实密度6次/日、粒度分布12次/日

5.5 检试验计划项目实施描述及施工进度管理、装置装填用量:共预计约 $2435 \times 1.4 = 3409m^3$ 、项目规格:  $2 \times 1750m^3$  LNG 子母罐装置、数量:膨胀珍珠岩充填施工量:  $3409 \times 2$ 。

◆生产能力:  $\sim 400 m^3$ /台/天 ◆施工计划:

区 分	进 度	备 注
A#储罐装置施工		设备现场膨胀充填 A#储罐装置
设备运输、人员安全教育	3~5 天	
安装、调试设备、施工区域防护	5~6 天	施工前准备
充填施工(A#储罐装置)	8 天	充填绝对时间(单台膨胀设备施工)
现场卫生清理	1 天	
B#储罐装置施工		设备现场膨胀充填 B#储罐装置
安装、调试设备、施工区域防护	2~3 天	施工前准备
充填施工(B#储罐装置)	8 天	充填绝对时间(单台膨胀设备施工)
	8	
现场卫生清理	1 天	
设备拆卸、装车撤场	3 天	设备撤场

注:上述施工计划是根据正常施工条件制定,如雨天、

出现不良气候、供电影响安全施工的交叉作业等人力不可抗力的因素,施工进度将随之调整。日充填量:设备日生产能力约为 $400\text{ m}^3/24\text{Hr}$ ,施工过程中充填量每日确认一次。设备施工绝对工期8天,不可抗力顺延,如果连续2小时以上时间的小雨天气,为保证工程质量,我公司将停止施工,装填工期将顺延。<sup>[9]</sup>

结束语:综上所述,液化天然气子母罐膨胀珍珠岩、施工技术关乎着天然气施工的产品质量和安全工作,同时也关系到天然气场站运行后的质量安全问题,随着我国天然气工程建设不断完善,液化天然气施工技术也在不断革新和发展,我们也应该不断加强提高自身的施工技术知识和水平,以适应社会发展需要。

#### 参考文献:

- [1]蔡奋.LNG低温液体子母罐安装监检[J].中国特种设备安全,2012(8):19-21.
- [2]管俊芳,陆琦,于吉顺.珍珠岩的加工和综合利用[J].化工矿物与加工,2003(4):6-9.
- [3]姜星.1750 $\text{m}^3$  LNG子母罐的设计和建造[J].能源研究与

管理,2013(3):61-63,67.

[4]支焕,吉程.珠海市1750  $\text{m}^3$  LNG子母罐预冷技术探讨[J].广东化工,2020(7):182-183.

[5]王力.天然气工程施工技术及质量控制的研究[J].工程技术研究,2017(7):182-182,194.

[6]高川.探讨石油天然气管道建设施工质量管理方案[J].石油石化物资采购,2020(18):58-58.

[7]孟大润.LNG子母罐专项定期检验方案探讨[J].特种设备安全技术,2020(2):12-14.

[8]李勇,赵彦杰.基于保守原则的大型LNG子母罐的合于使用评价[J].河南工程学院学报:自然科学版,2021(1):48-53.

[9]吴国俊,亢海州.2400 $\text{m}^3$ 液态 $\text{CO}_2$ 子母罐建造[J].化工机械,2014(6):810-811,814.

作者简介:林海威、男、汉、1987、籍贯:陕西西安、学历:硕士研究生、职称:中级、毕业院校:西安石油大学、研究方向:油气储运工程