

# 浅析SPB型LNG储罐船体基座分段阶段安装的精度控制方法

梅林桃

惠生清洁能源科技集团股份有限公司 江苏 南通 226000

**摘要:** 针对大型FLNG船45000m<sup>3</sup>SPB型LNG储罐基座数量大, 安装精度要求高的问题, 给出了具体的精度控制流程及工艺方法, 该精控方法能实现SPB型LNG储罐船体基座在分段阶段安装, 并三维数字化模拟储罐船坞吊装时垫片的加放数据, 在储罐吊装前提前安装到位, 实现储罐的快速安装定位, 将大大缩短项目建造周期, 改善施工环境, 节约项目建造成本。

**关键词:** 大型FLNG船; LNG储罐; 货罐基座; 精度控制; SPB罐

## 1 目的和适用范围

为了提高SPB型LNG储罐基座的制作安装精度, 确保SPB型LNG储罐基座在制作和安装时符合公差要求, 提高产品精度质量, 避免因SPB型LNG储罐基座结构安装间隙不均匀导致反作用力意外增大, 影响结构性能及寿命周期。

本精度控制方法适用于大型FLNG船45000m<sup>3</sup>SPB型LNG储罐船体基座在组立制作、分段安装及船坞安装垫片模拟全过程中的精度控制。

## 2 基座分类及布置

本SPB型LNG储罐单舱单罐合计有105个基座, 其中底部基座81个, 顶部基座24个。

类别	底部	顶部	备注
BV-1	58个	--	水平支撑
BV-2	2个	--	水平支撑
BV-L-1	4个	--	水平支撑
BV-L-2	2个	--	水平支撑
BVT-1	8个	--	左右限位
BVT-2	1个	--	左右限位
BVL	6个	--	前后限位
TT-1	--	6个	左右限位
TT-2	--	2个	左右限位
AF	--	16个	止浮限位

## 3 过程精度控制办法

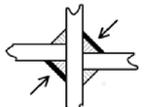
### 3.1 基准线设置

为了在全船施工中将基准线形成统一的标准并且方便施工人员进行分段装配、总组和船坞搭载, 特制定基准线统一规定为100M.K基准线, 本尺寸为理论值, 在实际施工中按照100mm减去相应的坡口间隙值后进行施工。

基座安装基准线		
长度方向 (X)	宽度方向 (Y)	高度方向 (Z)
100M.K线、BVL基座中心线	100M.K线、BVT、TT基座中心线	基线BL.0、BL.4300水平标杆

### 3.2 基座对筋结构双面划线

#### 3.2.1 结构对筋控制要求

项目	标准范围	允许极限	控制措施
 <p>t1 &amp; t2板厚: t1 ≥ t2 a为错位量</p>	主要构件: a ≤ 1/4 t2	主要构件: a ≤ 1/3 t2	<p>a. 当 <math>1/3 t2 \leq a \leq 1/2 t2</math></p> <p>下图所示的焊缝应通过增大焊脚 (10%) 或其它等效方式加以改进</p>  <p>b. 当 <math>a &gt; 1/2 t2</math></p> <p>应重新装配, 拆除距离至少为50a</p>
	次要构件: a ≤ 1/3 t2	次要构件: a ≤ 1/2 t2	<p>a. <math>a &gt; 1/2 t2</math></p> <p>应重新装配, 拆除距离至少为30a</p>

#### 3.2.2 双面划线方法

由于基座在装配时不易识别反面结构的实际装配位置, 而为了保证安装精度, 在分段制作时需对结构进行正反划线, 并做永久性标记。具体方法为: 在结构的一侧做100M.K基准线, 用双面尺或者其它等效工具将100M.K基准线投影到结构的另一侧, 并将100M.K基准线进行串联, 然后依照100M.K基准线和结构划线图将反面结构位置线划出, 位置线检查合格后需做好永久性标记。

#### 3.2.3 双面划线流程

拼板→焊后交验合格→结构面划线 (做100M.K基准

线)→划线交验合格→正面构件安装→尺寸调整→构件安装交验合格→构件焊后交验→修正基准线→根据修正后的基准线反面划线(结构线和100M.K基准线)→反面划线交验合格→作出永久标记→标识保护→反面构件安装→结构对位精度调整(以基准线为参考)→结构交验合格→焊接→焊接过程控制→焊后检验。

### 3.3 基座组立制作控制

以底部BVT\BVL基座中的STOOL1为例,其余类型基座精度要求相似。

#### 3.3.1 精度设计原则

根据基座水平精度要求,考虑分段制作精度情况,货罐基座下端整体加放5mm补偿量(注意下端趾端的加放);基座制作焊接收缩量加放原则为每档结构0.5mm。

#### 3.3.2 下料精度要求

为了保证基座的制作精度,需对基座的下料精度进行抽检,抽检比例原则上不低于20%,精度管理标准如下:

部件名称	控制内容	允许偏差值 (mm)	备注
底座顶板	长度	±1	--
	宽度	±1	--
上部侧向挡板	长度	±1	--
	高度	±1	与件3保持同高
上部挡板肘板	对角线	±0.5	对侧向挡板的垂直度很重要
	高度	±1	与件2保持同高
下部主结构	长度	±1	--
	高度	0~0.5	该值决定底座的高度
下部肘板	宽度	-0.5~-1	该值为嵌入式结构
	高度	±1	--
下部筋板	宽度	±1	--
	高度	±1	--

#### 3.3.3 基座组立制作精度要求

序号	控制内容	允许偏差值 (mm)	备注
a	顶板水平(基准点和测量点)	±2	因为顶板和设备底座接触,需要采取措施控制顶板水平度,尤其注意控制STOOL2平面度
b	侧向挡板间距	+1~+2	侧向板间距影响设备底座安装
c	侧向挡板的垂直度	±1	侧向板的垂直度在建造中保证,将直接影响设备底座安装
d	侧向挡板的直线度	±1	侧向板的直线度在建造中保证
e	底座高度	±2	底座底部水平度很重要
f	顶板的长度	±2	--
g	顶板的宽度	±2	--
h	底座下肘板直线度	±1	--

#### 3.3.4 基座组立制作流程

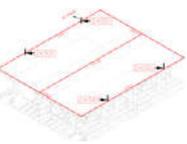
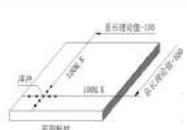
序号	步骤	示意图	备注
1	在底座顶板上表面堪划底座垂直基准线(中心线)		为保障精度基座组立需在专门的工装胎架上制作,划线时基准线需做好永久性标记
2	在底座顶板下表面堪划底座结构安装线		划线尺寸控制
3	安装下部肘板并进行点焊固定,为了防止肘板倾斜并便于调整,点焊应在肘板的一侧		对线安装控制
4	安装下部主结构并进行点焊固定		对线安装控制
5	继续安装下部肘板并进行点焊固定		对线安装控制
6	安装下部主结构并进行点焊固定		对线安装控制
7	继续安装下部筋板并进行点焊固定		对线安装控制
8	安装下部主结构并进行点焊固定		对线安装控制
9	根据焊接工艺要求焊接所有结构焊缝(遵循从中间向两侧,先立焊后平焊原则,焊接时尽量减少热输入量和焊接填充量),焊后消除所有变形		
10	将所有基座安装到基座支撑分段上		基座安装位置的双面划线及结构对筋控制
11	根据基座定位状态,在基座顶板上表面重新堪划基座垂直基准线,再根据基准线堪划顶板上表面侧向挡板和挡板肘板安装线		挡板安装位置控制
12	安装上部侧向挡板及肘板并点焊固定		注意挡板间距、垂直度、直线度控制
13	根据焊接工艺要求焊接所有上部构件,焊后消除所有变形		注意挡板间距、垂直度、直线度控制

3.4 基座安装控制

3.4.1 安装精度控制要求

项目	标准 (mm)	极限 (mm)	备注
安装位置	±5	±10	极限为总组、 搭载时偏差， 不能用于分段 安装阶段
单座 (四角水平)	±3	—	
整体水平	±5	±8	
BVT/BVL/TT基座中心线	≤ 3	≤ 5	

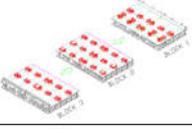
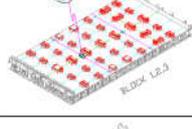
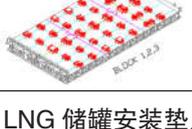
3.4.2 基座分段安装流程

序号	步骤	示意图	备注
1	制作各基座支撑分段，分段完成根据分段精度状态修正基准线、水平基准点，并做好基准线标识		基座支持分段需严格控制，精度标准可适当提高，水平基准点为在分段四周强框架位置立BL.4300水平标杆
2	根据分段基准线堪划复核所有基座中心线，将所有基座安装到基座支持分段上		划线位置及划线直线度控制
3	以基准线为分析基准，对基座定位焊前检测		统一尺寸分析基准
4	调整基座安装位置，确保基座对筋要求和安装尺寸精度		焊前定位尺寸需严格控制，尤其BVT\BVL\TT基座中心线
5	根据焊接工艺要求焊接所有焊缝 (遵循由中间向两侧对称焊接原则)，焊后消除所有变形		做好焊接过程变形控制
6	以基准线为分析基准，对基座定位焊后检测		调整不合格基座尺寸并复核
7	分段基准线防护 (BL.4300水平标杆待搭载结束后方可拆除)，并进行涂装		涂装时对标记点进行保护，以防油漆覆盖

3.4.3 基座支撑分段的总组搭载

序号	步骤	示意图	备注
1	基座支撑分段的基准段定位		基准段的基准线同总组搭载基准线吻合控制

续表:

序号	步骤	示意图	备注
2	合拢其它基座支撑分段		合拢时需严格执行基准线对齐施工原则 (重点BVT\BVL\TT基座中心线, BL.4300水平基准线)
3	合拢尺寸控制		根据分段基准线控制分段合拢尺寸及基座定位尺寸
4	基座支撑分段焊接		焊接后再次校核所有基座的水平、纵向、横向尺寸，并进行记录校正，供模拟搭载

4 SPB型LNG储罐安装垫片模拟

4.1 测量SPB型LNG储罐承压木和船体STOOL1基座整体焊后水平 (单个基座测量点不少于6个)，根据水平分析状态三维数字化模拟垫片加放数据，并出具精度报告。

4.2 根据垫片模拟加放精度报告出具垫片安装图，SPB罐吊装前提前安装到位，实现SPB罐的快速安装定位。

4.3 SPB型LNG储罐吊装时注意控制BVT/TT和BVL限位基座的中心线对齐；中心线在吊装前做好永久性标记；中心线对齐精度标准 ≤ 3mm，极限 ≤ 5mm。

结束语

目前国内外尚无SPB型LNG储罐船体基座分段阶段安装的实例，如何在保证基座安装精度要求的情况下，又能实现基座安装工序的前移，是急需解决的问题。为此本文通过基座安装时：基准线设置、基座对筋结构双面划线、基座组立制作控制、基座安装控制、LNG储罐安装垫片三维数字化模拟等方面，阐述了SPB型LNG储罐基座分段阶段安装的精度控制方法，此方法能大量缩短船坞建造周期、改善施工环境及项目建造成本，具有现实意义和良好的应用前景。

参考文献

- [1]GBT34000-2016中国造船质量标准
- [2]IACS.47.REV8-2017船舶建造及修理质量标准
- [3]SPB储罐系统设计及特点-船舶物资与市场
- [4]船舶建造工艺学-哈尔滨工程大学出版社
- [5]船舶焊接工艺学-哈尔滨工程大学出版社