

LNG 储罐檐梁施工技术及重难点分析与控制

李保清

中石化第十建设有限公司，山东省青岛市，266520；

摘要：本文结合所施工的广西北海 4 台 LNG 储罐檐梁施工经历，简要介绍了檐梁构造及檐梁施工顺序，重点阐述了 LNG 储罐檐梁施工技术以及施工重难点分析与控制措施，通过事先有针对性的分析檐梁施工的重难点，实施过程中采取有针对性的控制改进措施，保证了檐梁混凝土的外观成型质量，总体应用效果良好，值得推广。

关键词：LNG 檐梁；doka 模板；F 支撑；三角支撑；跑流浆

DOI: 10.69979/3029-2727.25.07.052

引言

LNG 混凝土外罐作为液化天然气存储的最后一道“安全保护伞”构筑物，起了举足轻重的堡垒作用，而 LNG 混凝土外罐檐梁作为外罐穹顶的受力基座及将力传递至外罐罐壁、承台、桩的重要结构构件，更是起到了“承上启下”的关键作用。绝大多数 LNG 储罐檐梁是在罐壁尺寸的基础上有一部分悬挑出的特殊罐壁，檐梁构件主要囊括了以下重要组件：F 支撑、承压环、竖向预应力及顶部支座、环向预应力及支座，含有以上组件的檐梁施工质量的好坏直接关系到 LNG 罐钢穹顶与罐壁连接的质量是否安全、可靠，所以加强 LNG 储罐檐梁的施工质量管控，是 LNG 储罐钢穹顶气顶升及钢穹顶与罐壁

可靠连接的关键步骤。

1 LNG 储罐檐梁简述

广西液化天然气（LNG）项目接收站工程储罐第 1 至 11 带罐壁宽度为 800mm 厚，自第 12 带为外侧部分悬挑檐梁（标高 +37.440m 至 +40.085m，除扶壁柱总宽度为 1.050m，扶壁柱部分厚 1.65m，悬挑部分宽度为 250 mm），檐梁内径为 41.00m，外径 42.05m，内侧安装承压环，具体详见图 1 LNG 储罐檐梁示意。檐梁分两次进行混凝土浇筑，第一施工段从 37.440m 施工至 38.820m，第二施工从 38.820m 施工至 40.085m。混凝土采用 C50 低温混凝土，用量 387.5m³，钢筋采用 HRB400E 热轧带肋抗震钢筋，用量 85t。

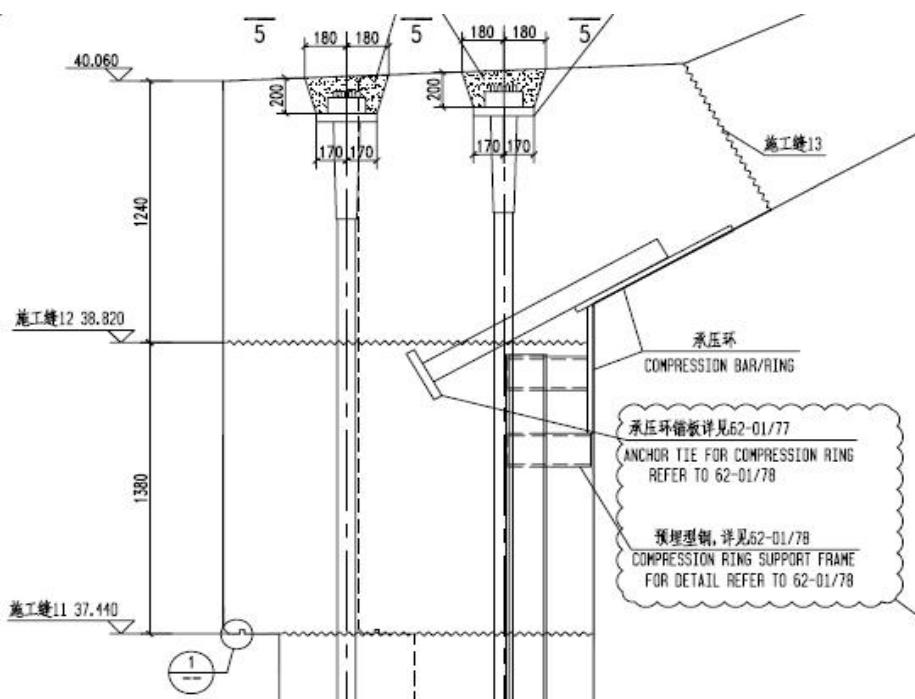


图 1 LNG 储罐檐梁示意

2 LNG 檐梁施工技术

2.1 施工顺序

檐梁根据设计要求，划分为12、13两施工段进行施工，详细施工工序如下：

在第10带、11带罐壁埋设定位锥（用于施工12带、13带檐梁）→摇开第11层外侧模板→安装第12层檐梁底模三角支撑→铺设悬挑底模→第12层内侧部分水平钢筋安装（不含承压环处水平筋）→预埋件安装校正→承压环安装→剩余钢筋安装绑扎→预应力管安装→外侧预埋件安装→DOKA模板提升安装→第12层混凝土浇筑→施工缝处理→混凝土养护→内侧模板上平台拆卸→安装内侧中平台，内侧12带打磨→第13层钢筋安装→预应力管安装→预埋件安装校正→DOKA模板提升安装→13层混凝土浇筑→混凝土养护

2.2 主要施工要点

2.2.1 测量放线

(1) 使用测量专用塔架和激光垂准仪引到内罐钢穹顶中心点，再用全站仪通过无棱镜测量每一块模板的半径和垂直度。

(2) 测量点设置于内模板两侧上下，根据测量人员的指示进行调整和固定。预埋件装到模板前，需先检查预埋件是否水平、竖直，位置是否正确。

(3) 砼浇筑过程中，按分层浇筑层数进行全圆测量，发现问题及时调整，直至浇筑完成，以此来控制储罐檐梁的垂直度、弧度和直径。

2.2.2 檐梁钢筋安装

(1) 檐梁钢筋绑扎原则为：先内侧，后外侧，最后挂拉勾，即：F支撑下部横向槽钢以下内侧环向钢筋安装→F支撑横向槽钢安装焊接→承压环组对安装焊接(F支撑焊接完成后)→承压环处檐梁内侧环向钢筋安装→承压环处檐梁内侧竖向钢筋安装→檐梁外侧竖向钢筋安装→檐梁外侧环向钢筋安装→檐梁拉钩安装。

(2) 檐梁拉结筋直接绑扎在竖向钢筋上，如与波纹管相碰，径向可进行适当调整。

(3) 若钢筋的位置与其它预埋件及套管相互冲突，则将钢筋移开，弯曲或者锚固，优先考虑预埋件及预应力套管位置。

(4) 钢筋绑扎要求横平竖直，规格、数量、位置、间距正确，接头按设计图纸要求错开，绑扎搭接长度必

须满足设计要求。

(5) 钢筋保护层厚度必须满足设计要求，保护层垫块制作用同等级别砂浆，垫在钢筋网片外侧水平钢筋上。

2.2.3 预埋件安装

1. 竖向预埋件

(1) 竖向预埋件位置定位后，可先用铁丝进行临时固定在竖向钢筋上，然后由测量人员对埋件进行检查校正，使埋件位置和垂直度偏差满足设计及规范要求后，再进行焊接连接；

(2) 采用HPB400E $\Phi 20$ 钢筋顶杆将埋件顶住紧贴内模表面，钢筋顶杆每600mm设置一道，竖向埋件安装加固示意详见图2；

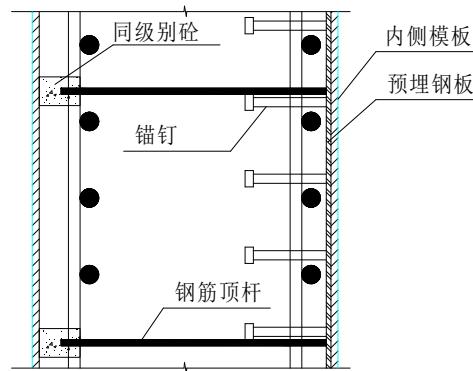


图2 竖向埋件安装加固示意

(3) 埋件四边粘贴海绵条，防止混凝土流浆覆盖埋件。

2. 水平预埋件

檐梁处水平预埋件为混凝土外罐罐壁内侧第三层水平预埋件，中心标高37.940m。

(1) 单块水平预埋件吊装放置在竖向预埋件之上互相焊牢，用钢筋顶杆固定于钢筋上；

(2) 安装位置及半径检查符合设计及规范要求后，尽快焊接各个相邻部件的接缝，直至留下最后一个接缝；

(3) 水平预埋板必须紧贴模板，同样采用HRB400 E $\Phi 20$ 钢筋顶杆将埋件顶住紧贴内模表面，钢筋顶杆每600mm设置一道。

3. 护栏埋件

檐梁顶40.085m标高处有270个 $200 \times 100 \times 10$ mm预埋件，沿R=41620mm圆周均匀布置。

(1) 檐梁顶部钢筋绑扎完成后进行安装，安装前使用全站仪进行测量定位，标记好每个埋件中心位置，

使用 $\Phi 10$ 钢筋焊接成支架，将其绑扎固定在檐梁顶部钢筋上；

(2) 预埋件安装完成后，全数检查埋件方位、半径、标高以及紧固情况，混凝土浇筑过程中振动棒不得触碰埋件，以免造成埋件位置偏移。

2.2.4 承压环与 F 支撑施工

(1) 承压环 F 支撑由 1 根 [20a 竖向槽钢和 2 根水平槽钢 [16a 焊接而成，共 96 个支撑沿墙体环向均匀布置，竖向槽钢内侧半径 41.220m，F 支撑顶部标高 38.790m，底部标高 36.940，水平槽钢顶标高分别为 38.780m 和 38.390m；

(2) 在第 10 带混凝土中预埋两根 $\Phi 25$ 长度为 1m 的钢筋，用于与竖向槽钢底部焊接，上部用 2 根 $\Phi 20$ 将竖向槽钢与墙体钢筋固定，先测量放线，定位好钢筋的方位和半径，模板提升之后，混凝土浇筑前，再对槽钢进行校正加固；

(3) 第 11 带浇筑完成后焊接 F 支撑水平槽钢，F 支撑水平槽钢焊接完成后，进行承压环的吊装，将承压环固定焊接在 F 支撑上，最后焊接承压环连接成一圈，见图 3 承压环安装效果；

(4) 若 F 支撑槽钢与波纹管、钢筋位置冲突，则将钢筋或槽钢位置进行调整，优先考虑预应力波纹管（优先次序为：预应力波纹管 → 承压环 F 支撑槽钢 →

钢筋）。



图 3 承压环安装效果

2.2.5 模板施工

1. 侧模模板施工

(1) 檐梁侧模仍采用罐壁施工中采用的 Doka 模板 TOP50+150F 爬升模板体系，第 12、13 带外侧模板采用 doka 模板外侧模板，第 12 带内侧模板采用 doka 内侧模板，第 13 带内侧模板采用焊接完成的承压环与钢穹顶作为内支撑体系。

(2) 第 12 带浇筑完之后，将外侧模板提升至第 13 带，内侧模板及上平台卸下并将中平台提升至第 11 带，便于安装上部钢衬板及打磨檐梁内侧混凝土表面，待衬板安装完成及檐梁内侧打磨完成后再将内侧中平台卸下，为后续气顶升做准备。檐梁模板加固示意见图 4。

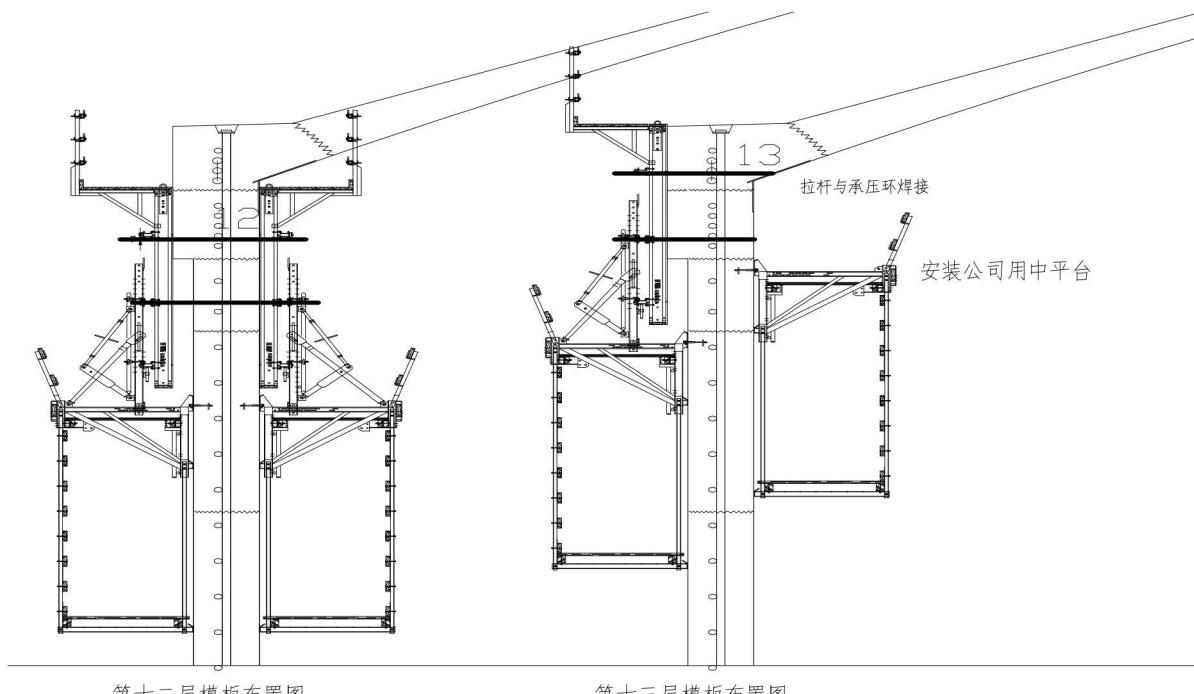


图 4 檐梁模板加固示意

备注：

1. 第10带内外侧预埋两层定位锥，用来安装第11带、12带模板。
2. 第11带内外预埋一层定位锥，用来安装第13带外侧模板及挂设内模中平台。
3. 第13带模板安装时，需在承压环焊接100*100*10mm钢板，顶部拉杆焊接在钢板上用来加固外侧模板。

2. 檐梁底模模板施工

檐梁悬挑部分采用预埋椎体设置三角支撑体系支设底模，三角撑作为悬挑部分主要支撑措施，其稳定性直接影响结构安全，需进行强度及稳定性验算，三角支撑体系计算过程具体见下文（5），支撑体系加固示意详见图5，材料为50*5角钢加工，满焊连接，支撑面长250mm，重约3kg，三角撑与墙体用Φ17高强拉杆连接。

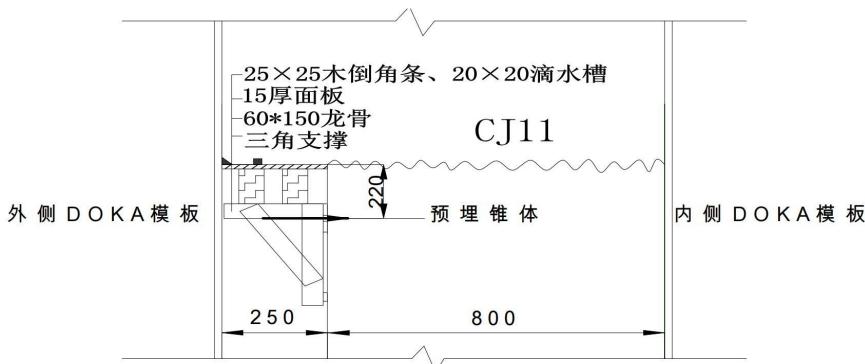


图5 檐梁悬挑部分模板支设加固示意

三角支撑：在第11带混凝土面预埋椎体，每个三角支撑侧面开孔，用一根Φ17高强拉杆固定在椎体位置，最后用羊角螺母拧紧固定，三角支撑沿檐梁周圈@1500mm间距均匀布置，三角支撑示意详见图6。

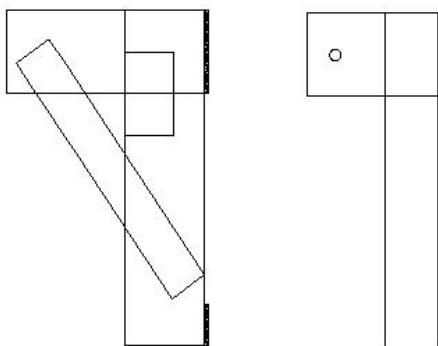


图6 三角架构造示意

(3) 龙骨铺设：上铺两根60*150mm龙骨，净间距130mm，每根龙骨在三角支撑上交错搭接。

(4) 面板铺设：面板为15mm厚胶合板，按照尺寸和弧度预制好所需面板，加工过程中用造型板及时检查、修正面板的侧边弧度，再运至现场拼装在龙骨表面；安装前，及时清理、校正胶合板，使胶合板表面清洁、平整、无孔洞、无突起等现象，并刷上脱模剂。

(5) 三角支撑体系计算如下：

A 模板强度验算：

1) 荷载取值：

参考建筑施工手册表1-79，确定胶合板密度为0.1

2KN/m²（10mm厚），钢筋砼按25KN/m³考虑。

胶合板自重：0.12×15/10×0.13=0.0234 KN/m

砼自重：25×0.13×1.4=4.55 KN/m

振捣砼荷载：2.0×0.25=0.5 KN/m

2) 荷载组合：

$$q_1=1.2 \times (0.023+4.55)+1.4 \times 0.5=6.188 \text{ KN/m}$$

3) 受力计算：

$$M_i=q_1l^2/8=6.188 \times 130^2/8=13072 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

4) 模板抗弯验算：

$$\sigma_m=M/W_n \leq f_m \text{ 已知: } f_m=15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m=M/W_n = M/(bh^2/6) = 13072/(130 \times 15^2/6) = 2.68 \text{ N/mm}^2 < f_m=15 \text{ N/mm}^2, \text{ 模板抗弯满足要求。}$$

5) 胶合板抗剪验算：

$$T=3V/2bh \leq f_v$$

$$\text{已知: } f_v=1.4 \text{ N/mm}^2$$

$$V_t=0.5 \times q_1 l=0.5 \times 6.188 \times 0.13=0.4 \text{ KN}$$

$$T=400 \times 3/(2 \times 130 \times 15)=0.307 \text{ N/mm}^2 < f_v=1.3 \text{ N/mm}^2, \text{ 所以抗剪验算符合要求。}$$

6) 胶合板挠度验算：

$$\omega \leq [\omega]$$

$$\text{已知: } [\omega]=1 \times 1/400=150 \times 1/400=0.375 \text{ mm}$$

$$E=4000 \text{ N/mm}^2, \omega=5q_1l^4/384EI=5 \times 6.188 \times 130^4/(384 \times 4000 \times 130 \times 15^3/12)=0.157 \text{ mm}$$

$\omega < [\omega] = 0.375\text{mm}$, 所以胶合板挠度符合要求。

B 龙骨强度验算:

1) 荷载取值:

参考建筑施工手册表 1-79, 确定方材密度为 $8\text{KN}/\text{m}^3$, 胶合板密度为 $12\text{KN}/\text{m}^3$, 钢筋砼按 $25\text{KN}/\text{m}^3$ 考虑。

胶合板自重: $12 \times 0.13 \times 0.015 = 0.023\text{ KN/m}$

龙骨自重: $2 \times 8 \times 0.15 \times 0.06 = 0.144\text{ KN/m}$

砼自重: $25 \times 0.25 \times 1.4 = 8.75\text{ KN/m}$

振捣砼荷载: $2.0 \times 0.25 = 0.5\text{ KN/m}$

2) 荷载组合:

$$q_i = 1.2 \times (0.023 + 0.144 + 8.75) + 1.4 \times 0.5 = 11.4\text{KN/m}$$

3) 受力计算:

$$M_i = 0.10 \times q_i l^2 = 0.10 \times 11.4 \times 1.5^2 = 2.565\text{KN} \cdot \text{m}$$

4) 龙骨抗弯验算:

$$\sigma_m = M/W_n \leq f_m \quad \text{已知: } f_m = 11\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_m = M/W_n = M/bh^2 = 2.565 \times 10^6 / 2 \times (60 \times 120^2 / 6) = 8.91\text{N/mm}^2$$

$$\text{可见: } \sigma_m = 8.91\text{N/mm}^2 < f_m = 11\text{N/mm}^2$$

5) 龙骨抗剪验算:

$$T = 3V/2bh \leq f_v$$

$$\text{已知: } f_v = 1.3\text{N/mm}^2$$

$$V_i = 0.60 \times q_i l = 0.6 \times 2.565 \times 1.5 = 2.31\text{KN}$$

$$T = 3 \times 2310 / 2 \times (60 \times 120) = 0.48\text{N/mm}^2$$

$$\text{可见: } T = 0.48\text{N/mm}^2 < f_v = 1.3\text{N/mm}^2$$

6) 龙骨挠度验算:

$$\omega \leq [\omega]$$

$$\text{已知: } [\omega] = 1 \times 1/400 = 1500 \times 1/400 = 3.75\text{mm}$$

$$E = 9000\text{ N/mm}^2$$

$$\omega_i = 0.677 \times q_i l^4 / 100EI = 0.677 \times 11.4 \times 1500^4 / (100 \times 9000 \times 60 \times 150^3 / 12) = 0.21\text{mm}$$

$$\text{可见: } \omega = 0.21\text{mm} < [\omega] = 3.75\text{mm}$$

结论二: 龙骨强度符合要求。

C 三角支撑强度验算:

1) 荷载计算及组合

三角支撑自重(设计值): 每个自重约 0.03KN

由龙骨荷载计算可知:

$$Q_i = q_i \times 1.5 + 0.03 = 11.4 \times 1.5 + 0.03 = 17.13\text{KN}$$

2) 三角支撑抗弯验算:

$$M_i = Q_i l / 8 = 17.13 \times 0.23 / 8 = 0.49\text{KN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_m = M/W_n = 0.49 \times 10^6 / 6.7 \times 10^3 = 73.13\text{N/mm}^2$$

可见: $\sigma_m = 73.13\text{N/mm}^2 < f_m = 215\text{N/mm}^2$

3) 高强拉杆抗剪验算:

$$8.8 \text{ 级高强拉杆 } [T] = 800 \times 0.8 / 2.5 = 256\text{ N/mm}^2$$

$$T = Q_i / S = 17.13 \times 1000 / 3.14 \times 17^2 / 4 = 75.5\text{ N/mm}^2$$

可见: $T = 75.5\text{N/mm}^2 < 256\text{N/mm}^2$

4) 高强拉杆抗拉验算:

$$\text{拉杆 } [T] = 800 \times 0.8 / 1000 \times 3.14 \times 17^2 / 4 = 145.19\text{KN}$$

三角支撑拉杆、三角支撑与罐墙接触点间的距离按 200mm 考虑, 形成力偶。

$$T = M_i / 0.2 = 0.49 / 0.2 = 2.45\text{ KN}$$

可见: $T = 2.45\text{ KN} < 145.19\text{KN}$

5) 高强拉杆抗拔计算:

拉杆埋深 $L_a = 300\text{mm}$, 混凝土强度 C50 大于 C40,

$$f_t = 1.71\text{N/mm}^2, a = 0.14;$$

$$\text{由公式 } L_a = a (f_y / f_t) d$$

$$f_y = 300 \times 1.71 / (17 \times 0.14) = 215.55\text{ N/mm}^2$$

$$T_y = 215.55 \times 3.14 \times 17^2 / 4 = 48.90\text{ KN}$$

可见: $T = 2.45\text{ KN} < 48.90\text{KN}$

结论三: 三角支撑强度符合要求。

2.2.6 其他构配件施工

1. 临时排水管安装

檐梁第 13 带预埋临时排水管, 共计 24 个沿檐梁圆周均匀布置, 悬挑出檐梁表面 215mm 。混凝土施工完成后, 将悬挑部分切割, 用无收缩灌浆料将排水管灌浆封堵, 并对混凝土表面进行修饰。

2. 檐梁顶部竖向、环向预应力锚座安装

檐梁顶部竖向预应力锚座共计 152 个(除扶壁柱外总计 144 个, 4 个扶壁柱每个扶壁柱各 2 个), 沿半径 41.400m 圆周等距布置。每个竖向锚座顶部预留倒梯形孔洞用于预应力张拉, 按图纸要求制作 152 个造型木盒, 顶部竖向波纹管安装后将锚座与造型木盒固定, 上部用 $\Phi 12$ 钢筋制作井字架将其固定在檐梁顶部钢筋上。

若锚座与钢筋位置冲突, 则调整钢筋位置, 优先考虑锚座位置; 混凝土浇筑过程中严禁振动棒触碰锚座。

3. 倒角、滴水槽做法

檐梁倒角采用 25×25 三角木条做倒角, 用 20×20 木条做滴水槽, 按图纸尺寸沿外环安装在悬挑底模上, 混凝土浇筑完成后进行拆除。

2.2.7 混凝土施工

1. 檐梁混凝土浇筑采用3台布料机和塔吊吊着料斗同时进行布料，布料管下端距离浇筑面H≤1.5m。

2. 混凝土施工

a) 混凝土浇筑时需分层浇筑，每层高度不超过500mm，混凝土下料高度不得大于2m，混凝土直接落到钢筋上的高度不超过500mm。浇筑时从两下料口交接点开始均匀布料，浇筑过程中用自制标尺随时测量确保浇筑高度，移动布料管时需将下料口封堵，安排专人协调罐车，使其浇筑速度保持一致。

b) 浇筑最后一层至模板上标高木条位置时停止浇筑，待混凝土初凝前，表面刚刚开始变硬时进行表面刷毛，将混凝土表面浮浆除去，露出粗骨料，没有露出粗骨料的部位进行凿毛，方便下一层混凝土浇筑。

c) 混凝土其他施工技术要点同一般建筑、构筑物等混凝土施工要点一致，此处不过多赘述。

3. 混凝土试块留置

按照规范要求进行试块留置，同条件养护试块与标准养护试块一一对应留置，同时，每层施工时多留置3组拆模试块。

4. 施工缝的处理

檐梁11带与12带施工缝混凝土表面进行刷毛，并用水冲洗干净，露出粗骨料不少于6mm；檐梁与穹顶连接处施工缝为金属免拆模板；在下一层混凝土施工前，浇水润湿。

5. 混凝土的养护

混凝土浇筑完24小时内，混凝土面上严禁上人、堆物和其他施工工作；混凝土在浇筑完成12小时内开始养护，水平施工缝采用浇水养护，以保证混凝土始终处于润湿状态，养护时间不小于7天。

6. 混凝土表面修饰

当进行下一层工作时，所有的锥体孔在DOKA模板下层平台进行填充。修饰后混凝土表面应平整，清洁。当在DOKA模板上无法进行混凝土表面修饰时，采用吊篮进行施工。

3 LNG 檐梁施工重难点分析与控制

3.1 LNG 檐梁施工重难点分析

3.1.1 檐梁模板施工的重难点分析

檐梁模板的施工主要分为檐梁悬挑模板的施工，檐梁12带、13带外侧模板及相应内侧模板的施工。悬挑模板的施工主要解决悬挑模板的支撑问题，主要采用1

1带罐壁预埋三角支撑架锥体，通过三角支撑架体系进行支撑，能够有效解决檐梁悬挑部分的高处作业风险；12带、13带外侧模板施工主要是如何设置定位锥位置控制DOKA模板支撑外侧体系，通过设置精准的定位锥，能够合理有效的进行12带、13带外侧模板的提升及安装的同时，又保证了施工作业人员在doka模板上平台上能够有效进行安装12带、13带檐梁施工缝处各个组件或构件；内侧模板施工也是通过设置精准的定位锥，来有效控制11、12带檐梁处内侧doka模板地提升及安装，同时，也为施工作业人员提供了施工F支撑及承压环安装焊接等作业平台。

3.1.2 檐梁施工跑流浆重难点分析

檐梁第12带内侧预埋的一圈承压环，组对焊接完成后会有焊接应力变形，半径变小。正是由于承压环的焊接变形导致了内侧DOKA模板不能与罐内壁紧密贴合，导致浇筑混凝土时跑浆严重，进而造成了承压环及其下部罐壁内侧都有大量的、多余的、比较厚的混凝土，内侧模板拆除后不但造成了混凝土外观成型质量差，而且凿除、打磨掉多余的混凝土工程量较大，极易造成大量人工浪费。实际统计广西LNG工程TK-02储罐檐梁第11带内壁打磨，共计消耗38工日，较之其它未该改进此处施工工艺的罐约能节省100工日，实际每人每工日收入200元，则一台罐总计节省直接费用为100工日×200元/人·天=20000元，广西LNG工程4台液化天然气储罐檐梁第11带内壁打磨，共计节省20000元×4=80000元，总体效果还是很明显的。

3.2 LNG 檐梁施工重难点控制

3.2.1 檐梁外侧挑檐底模支撑施工控制要点

(1) 在罐壁中预埋的高强螺杆，必须标高统一、分布均匀。

(2) 施工前须对外侧挑檐三角架支撑进行受力计算，承载力满足要求后方可施工。

(3) 根据计算书逐个检查并验收三角架支撑的焊接质量。

(4) 三角撑上的木龙骨须交错搭接布置。

(5) 在第11带罐壁外侧安装对拉杆及锥体，用于安装第12带底模三角支架，对拉杆埋置深度不小于250mm，间距1.5m，标高距第12带下部施工缝180mm。

3.2.2 檐梁doka模板体系定位锥施工控制要点

第10带罐壁内外各预埋2排定位椎，第一排作为1

1带爬升锥用，第二排作为12带爬升锥用，内侧下部第一排定位锥距第10带上部施工缝2706mm，用于第11带罐壁施工，第二排定位锥距第10带上部施工缝1907mm，用于第12带罐壁施工；外侧下部第一排定位锥距第10带上部施工缝1357mm，用于第11、12带罐壁施工。11带罐壁内外各预埋1排定位锥，定位锥距第10带上部施工缝110mm，内侧用来固定中平台，为混凝土打磨、修补和安装承压环等提供操作平台，外侧作为13带爬升锥用。

10带定位锥标高为：

内侧 33.29m	34.09m
外侧 33.64m	34.64m

11带定位锥标高为：

内侧 35.89m	外侧 35.89m
-----------	-----------

说明：此处10带、11带罐壁所预埋的定位锥标高可微调，须保证罐壁第11带、12带、13带檐梁施工，具体11带、12带、13带檐梁施工定位锥埋设位置详见图7、图8、图9。

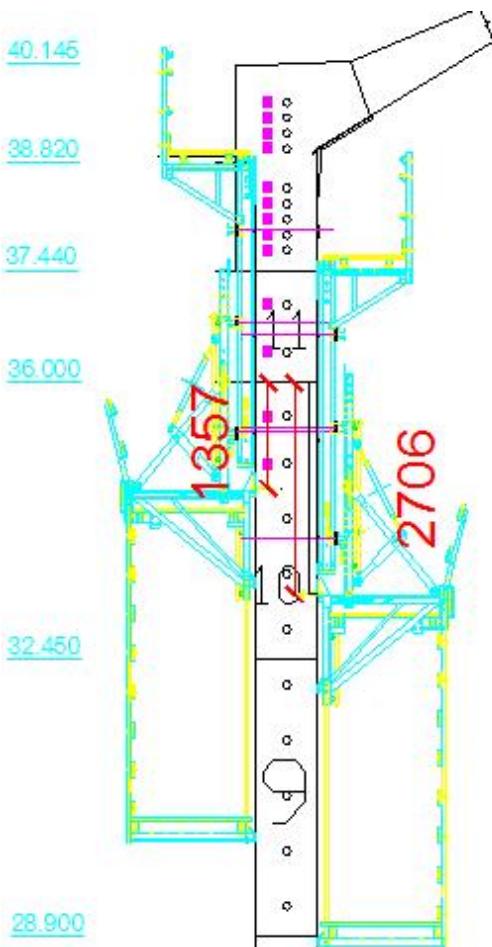


图7 第11带施工定位锥预埋位置

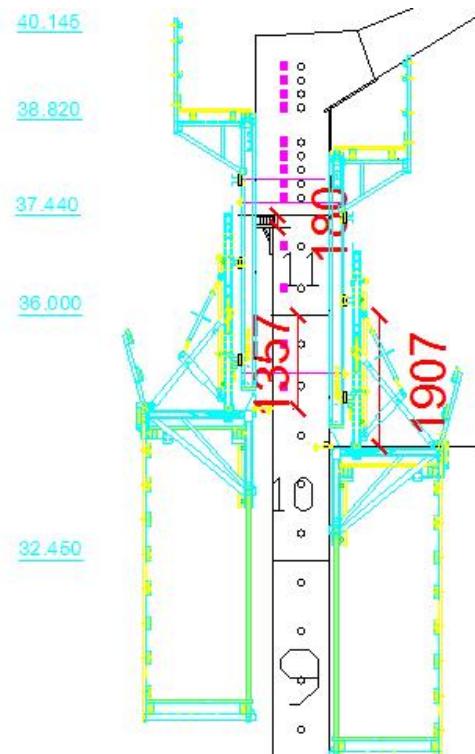


图8 第12带施工定位锥预埋位置

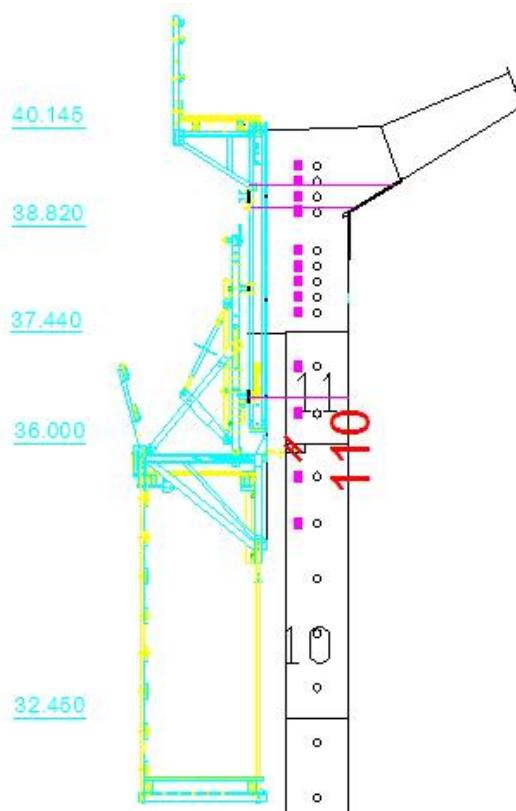


图9 第13带施工定位锥预埋位置

3.3 防流浆控制要点

(1) 在12带罐壁内侧模板与承压环、罐壁之间，附加一圈15mm厚胶合板。

(2) 将胶合板用铁丝固定在内侧钢筋上, 胶合板上部覆盖承压环 100mm, 下部覆盖在 11 带罐壁混凝土内表面上, 调整胶合板内表面与承压环内表面平整后, 安装内侧 DOKA 模板(见图 10 檐梁第 12 带内模防流浆控制示意)。若个别部位模板与承压环之间还有空隙, 可用楔子撑顶 DOKA 模板使内模与承压环紧贴; 承压环和 1 带混凝土内表面粘贴海绵条, 保证拼缝严密, 防止漏浆。

(3) 内侧模板中间钢围楞穿四根对拉螺杆, 固定在第 11 带对拉锥体上。

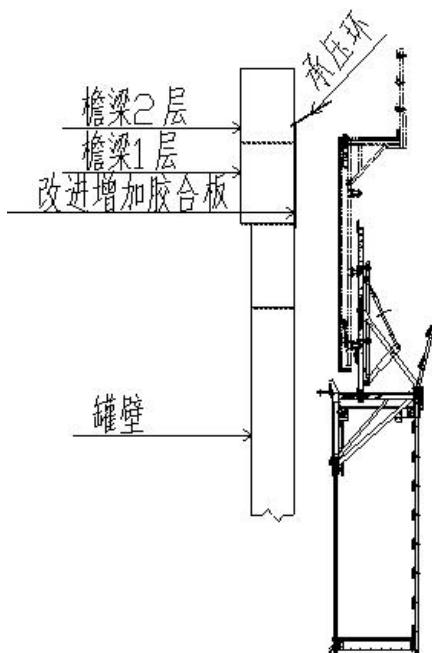


图 10 檐梁第 12 带内模防流浆施工控制示意

(4) 根据现场实际观察, 建议承压环焊接时, 半径放大 10~20mm, 防止焊接完成后半径变小。

4 工程应用情况

经实践证明, 檐梁外侧挑檐底模支撑的控制, 不但降低了资源消耗, 降低了安全风险, 而且优化了工期, 保证了檐梁施工的质量; 檐梁第 12 带内模施工技术改进, 减少了檐梁内壁打磨修补量, 保证了檐梁内侧混凝土的外观成型质量, 相应的节省了工期, 节省了费用。总之, 广西北海 LNG 储罐檐梁施工中, 对檐梁外侧挑檐底模支撑和第 12 带内模施工技术的优化、改进控制, 总体效果良好, 值得应用推广。

5 结语

檐梁作为 LNG 储罐罐壁与穹顶重要的链接构件, 檐梁施工质量的好坏直接关系到 LNG 罐钢穹顶与罐壁连接的质量是否安全、可靠, 所以需做好 LNG 储罐檐梁施工的重难点分析以及 LNG 储罐檐梁的施工重难点质量管控, 才能保证 LNG 外罐檐梁的施工质量。

参考文献

- [1] 《全容式低温储罐混凝土外罐施工及验收规范》
- [2] 建筑施工手册, 第五版, 中国建筑工业出版社,

作者简介: 李保清, 1983.6., 男, 汉族, 本科, 高级, 土木工程。