

海上固定平台导管架桩管 屈曲原因及改进措施

孙成赞

(胜利油田胜利石油化工建设有限责任公司, 山东东营 257073)

摘 要: 根据美国石油协会发布的《海上固定平台的规划、设计和建造推荐作法—工作应力设计》(API RP2A-WSD) 规范, 以埕岛西 EDC 中心平台导管架海上打桩施工为例, 对海上固定平台导管架桩管的屈曲原因进行了应力分析和计算, 提出了切实可行的改进措施, 并顺利地通过实施, 为今后导管架的桩管分段设计、安全打桩施工提供了理论基础和事实依据。

关键词: 海上固定平台; 导管架; 桩管; 屈曲; 分析; 改进措施

中图分类号: P 742 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2206 (2004) 02-0058-03

埕岛西 EDC 中心平台是由美国 PARAGON 公司负责设计, 我公司(胜利油田胜利石油化工建设有限责任公司)负责承建的大型国际反承包项目, 业主为能源开发公司(中国)。平台主要包括导管架、桩管、上层甲板和工艺设备。导管架为六腿结构, 下部尺寸为 37.57 m×31.57 m, 高 14.3 m, 总质量为 730 t; 6 根桩管, 单根 D1 524 mm×25.4/31.75/44.45/57.15 mm, 分为三段, 总长 128 m, 入泥 104 m; 上层甲板为六腿式双层钢结构, 一层为生产甲板, 二层为钻井甲板, 几何尺寸为 61 m×46.7 m×16 m, 共有 22 口井, 年生产能力 48 万 t, 是一座集采油、集输、发电、生活为一体的综合性平台, 总质量为 3 200 t。

2001 年 10 月 18 日, 我公司在海上打 EDC 平台管架 A1 腿的 P2 桩时, 桩管突然发生屈曲现

象, 打桩工作被迫停止。

热易结油垢、水垢的原油和污水, 如果热管采用耐蚀材料, 还可加热腐蚀性介质。这一性能显著优于管式炉和水套炉。

(4) 蒸汽发生器与管壳式换热器上下安装, 依靠重力作用实现水的蒸发、冷凝、回落、再蒸发的自然对流, 无需外界动力, 运行成本很低。而有机热载体炉每 1 000 kW 热功率约需 26 kW 导热油泵供给, 每天的耗电成本约为 300 元左右。

4 结束语

根据目前的能源政策、国际原油的价格趋势

象, 打桩工作被迫停止。

1 事故原因分析

事故发生后, 业主委托我公司对事故原因展开详细调查, 并将调查结果上报业主。首先对原材料、施工过程等方面进行了分析, 通过对原材料的复验, 证明原材料是满足规范要求的; 施工过程也是在业主和第三方的监督下进行的, 每道焊口都按规范进行了 100% 的 RT 检验, 检验结果合格。根据 API RP2A-WSD 规范^[1], 我们对原设计的桩管, 分段进行了详细的计算分析, 结果发现原设计根本不满足 API RP-2A 规范的要求。

1.1 计算参数

(1) 原桩直立长度为 34.44 m (113 ft), 倾斜角 α 为 10°。

(2) 材质分别为 ASTM A131 GR.DH32 (用 C

以及各企业节能降耗的压力, 如果伴生气量不能满足实际生产的需要, 用燃煤分体相变加热装置的方案是完全可行的。

作者简介: 李忠堂 (1961-), 男, 山东省沾化县人, 1983 年毕业于胜利石油学校储运专业, 毕业后一直在胜利油田现河采油厂从事油气集输领域的工作, 现任胜利油田现河采油厂副总工程师。

收稿日期: 2003-08-01

代表) 和 ASTM A131 GR.D (用 D 代表)。根据 ASTM A131 标准规定, D 级板的最低屈服强度为 235 MPa。

(3) 桩锤采用 IHC S-500, 质量为 84.23 t, 桩锤重心距桩管顶部 3.23 m (10.6 ft)。

(4) 直立状态计算参数示意详见图 1。

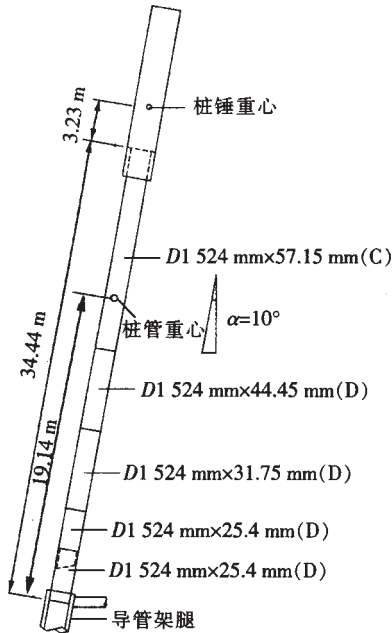


图 1 原设计 A1-P2 桩初始直立状态计算参数示意

1.2 计算分析

桩管的直立状态可以简化成以导管架内部的导向块为固定端的悬臂梁力学模型。

桩管质量为 58.06 t。

轴向力:

$$F=(84.23+58.06) \times 9.8 \times \cos 10^{\circ}=1\,373.26 \text{ (kN)}$$

弯矩:

$$M_{\text{桩}}=58.06 \times 9.8 \times 19.14 \times \sin 10^{\circ}=1\,891.10 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$M_{\text{锤}}=84.23 \times 9.8 \times 37.67 \times \sin 10^{\circ}=5\,399.56 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$M=M_{\text{桩}}+M_{\text{锤}}=1\,891.10+5\,399.56=7\,290.66 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

轴向压应力 f_a :

$$f_a=\frac{F}{A}=\frac{1\,373.26}{0.1196}=11.48 \text{ (MPa)}$$

式中 A —桩管横截面积/ m^2 。

弯曲应力 f_b :

$$f_b=\frac{M}{S_x}=\frac{7\,290.66}{0.04\,406}=165.44 \text{ (MPa)}$$

式中 S_x —截面抵抗矩/ m^3 。

$$\text{长细比} \frac{Kl}{r}=\frac{2.1 \times 34.44}{0.5334}=135.6 > C_c$$

$$C_c=\left[\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right]^{1/2}=129.6$$

式中 K —有效长度系数, $K=2.1$;

l —自由长度/ m ;

r —截面回转半径/ m ;

E —杨氏弹性模量, $E=2 \times 10^5 \text{ MPa}$;

F_y —材料屈服强度, $F_y=235 \text{ MPa}$ 。

则许用的轴向压应力 F_a :

$$F_a=\frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2}=56 \text{ (MPa)}$$

当 $\frac{10\,340}{F_y} < D/t < \frac{20\,680}{F_y}$ (D 为桩管直径, t 为

桩壁厚) 时, 许用的弯曲应力 F_b :

$$F_b=[0.84-1.74 \frac{F_y D}{Et}] F_y=0.72 F_y=169.2 \text{ (MPa)}$$

当 $\frac{f_a}{F_a}=\frac{11.48}{56}=0.205 > 0.15$ 时:

$$\text{则} \frac{f_a}{F_a}+\frac{C_m f_b}{(1-\frac{f_a}{F_e}) F_b}=1.435 > 1.0$$

$$\text{式中} F_e=\frac{12\pi^2 E}{23(\frac{Kl}{r})^2}=56 \text{ (MPa)};$$

C_m —减弱因子, $C_m=1.0$ 。

所以原设计不满足 API RP2A-WSD 规范的要求, 说明桩锤在套上桩管后, 整体已经处于失稳状态, 导致了 A1-P2 打桩失败。

2 问题的解决

通过计算分析, 我们认为 P2 桩的设计主要存在以下 3 方面的问题:

(1) 桩的直立高度太长 (34.44 m), 造成桩的重力太大、重心太高。

(2) 桩为变壁厚结构, 静态应力最大的部位壁厚最小。

(3) 桩为变材质结构, 静态应力最大的部位材料的屈服强度最低。

因此, 针对设计存在的问题, 可以分别采取如下措施予以解决:

由于材料的采购加工周期需要 3 个月, 时间太长, 不允许采用增加桩管壁厚和提高材料强度等级的措施解决以上问题。因而将 P2 桩分为 A、B 二段, 其中 P2-A 段为 10.96 m (35.96 ft), P2-B 段为 18.288 m (60 ft), 这样既降低了重心高度,

又减小了重力和弯曲应力。

为了进一步确定将 P2 桩分成 P2-A、P2-B 段的合理性，对 P2-A（计算示意图详见图 2）和 P2-B 段的直立状态进行了计算分析。

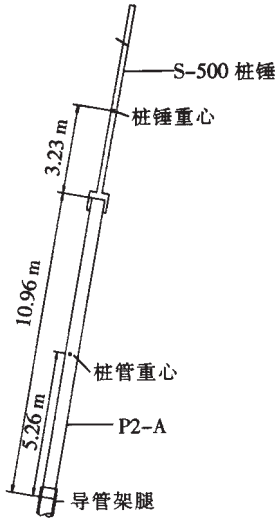


图 2 P2-A 段直立状态计算示意

P2-A 段：

计算直立长度：10.96 m；

计算桩管质量：17.55 t；

导向块处的截面规格：D1 524 mm×25.4 mm

轴向力：

$$F = (84.23 + 17.55) \times 9.8 \times \cos 10^\circ = 982.29 \text{ (kN)}$$

弯矩：

$$M_{\text{桩}} = 17.55 \times 9.8 \times 5.26 \times \sin 10^\circ = 157.09 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$M_{\text{锤}} = 84.23 \times 9.8 \times 14.19 \times \sin 10^\circ = 2\,033.97 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$M = M_{\text{桩}} + M_{\text{锤}} = 157.09 + 2\,033.97 = 2\,191.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

轴向压应力：

$$f_a = \frac{F}{A} = \frac{982.29}{0.1196} = 8.21 \text{ (MPa)}$$

弯曲应力：

$$f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{2\,191.06}{0.04407} = 49.72 \text{ (MPa)}$$

细长比：

$$\frac{Kl}{r} = \frac{2.1 \times 10.96}{0.5334} = 43.15 < C_c \quad (C_c = 129.6)$$

许用轴向压应力：

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} = 124.22 \text{ (MPa)}$$

当 $\frac{10\,340}{F_y} < D/t < \frac{20\,680}{F_y}$ 时：

则许用的弯曲应力：

$$F_b = [0.84 - 1.74 \frac{F_y D}{Et}] F_y = 0.72 F_y = 169.2 \text{ (MPa)}$$

$$\text{由于：} \frac{f_a}{F_a} = \frac{8.21}{124.22} = 0.07 < 0.15$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = 0.07 + \frac{49.72}{169.2} = 0.36 < 1.0$$

所以满足 API RP2A-WSD 规范的要求。

P2-B 段：

计算直立长度：22.25m (73 ft)；

计算桩管质量：46.97 t；

导向块处的截面规格为 D1 524 mm×31.75 mm；

计算步骤同 P2-A 段，略去。

$$\text{结果为} \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = 0.09 + \frac{83.19}{173.9} = 0.57 < 1.0$$

所以也满足 API RP2A-WSD 规范的要求。

3 结束语

该方案得到了业主的批准。在方案实施过程中，A1、A2 二根斜度最大的桩顺利地打到了设计入泥深度，现场实际证明我们的计算分析以及采取的措施是正确的。

这次埕岛西 EDC 中心平台导管架打桩的成功实施，使我公司积累了丰富的打桩分析和施工经验，为我公司与国际接轨和开拓国外海洋工程市场创造了条件，也为今后承揽类似国际工程项目、处理类似问题提供了范例。

参考文献：

- [1] API RP2A-WSD, Recommended Practice For Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms - Working Stress Design, Twentieth Edition [S].
- [2] AISC, Specification For Structural Steel Buildings - Allowable Stress Design And Plastic Design [S]. June 1, 1989.

作者简介：孙成赞（1972-），男，辽宁省大连市人，工程师，1994年毕业于浙江大学力学系工程力学专业，学士学位，一直从事工程技术管理和招投标工作。

收稿日期：2003-08-18；修回日期：2004-01-04



劳动光荣



庆五一

陕西省宝鸡市宏文路 218 号美术摄影部 杨文涛

Abstract: In accordance with ISO 9001:2000, the customer's satisfaction on project is measured during implementation of the products pipeline project in Pakistan, which is an international project carried out by China Petroleum Engineering Construction Corporation. In this paper the different measuring methods of customer's satisfaction during different construction stages corresponding to the shifting sequence of key tasks are described in relative detail. In preparation stage, method of investigation table is used; in construction preparing stage, method of weekly information gathering meeting is adopted; and in construction stage, method of field construction information gathering is applied. The above mentioned methods can offer the references to customer's satisfaction measurement for similar projects too.

Key words: international contract project; pipeline engineering; customer; satisfaction; measuring method

·INNOVATION & PRACTICE·

(53) Application of Foreign Safety Evaluation Software to Offshore Oil and Gas Production Equipment

MIAO Wen-cheng (Offshore Petro-chemical Engineering Technology Inspection Station of SINOPEC, Dongying, Shandong 257001, China)

Abstract: The function of the safety assessment software issued by Norwegian Shipping Bureau (DNV) as well as the method and process of the safety assessment are introduced. The importance of the software for ensuring the safety of offshore oil and gas production and the notable matters of the software application are described.

Key words: offshore oil and gas; production facility; quantitative risk assessment; software; application

(56) Feasibility Analysis of Applying Heating Device of Fuel Coal Disintegration Phase Transformation to Oil and Gas Gathering and Transporting Area

LI Zhong-tang (Xianhe Oil Production Plant of Shenli Oilfield, Dongying, Shandong 257001, China),
YANG Hong-sheng

Abstract: Fuel saving and fuel replacement are the fundamental strategic measures to solve the problems of petroleum resource shortage, to mitigate contradictions of petroleum supply and demand, as well as to ensure country's economic safety. In oil and gas gathering and transporting area, the replacement of oil with coal can reduce production cost significantly, save oil and gas resources and reach the target of saving energy and cutting down consumption. In this paper, the operational principle, structural feature and functional characteristic of heating device of fuel coal disintegration phase transformation are illustrated in detail. The heating device is feasible for application in oil and gas gathering and transporting area, and can mitigate contradictions mentioned above.

Key words: fuel coal; replacement; fuel oil; disintegration phase transformation; heating device; feasibility

·ACCIDENT HANDLING·

(58) Buckling Analysis of Pile Pipe at Offshore Jacket Platform and Improving Measure

SUN Cheng-zan (Shenli Petro-chemical Construction Company, Dongying, Shandong 257073, China)

Abstract: The stress analysis and calculation are made on pile pipe buckling during marine pile driven construction for Chengdao Western EDC central jacket platform based on the rule of "The Recommendation of Plan, Design and Construction of Fixed Offshore Platform - Operational Stress Design" (API RP2A-WSD). The reliable improving measures are provided and put into practice. These methods will provide the theoretical and practical basis for sectional pile design of those jacket platforms expected to build.

Key words: fixed offshore platform; jacket; pile pipe; buckling; analysis; improving measure