

Analysis of Flange Fastening Construction in Saudi Aramco Station Project

Liguo Liang*, Chen Bian, Ming Yang, Guofang Jing

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Email: *479670539@qq.com, 906964107@qq.com, diaofengdong@cnpc.com.cn, jingguofang@cppmde.com

Received: Apr. 22nd, 2020; accepted: May 22nd, 2020; published: Jun. 15th, 2020

Abstract

With the development of construction technology and process technology in the oil and gas chemical industry, the flange bolt connection form has gradually become the most important connection form due to its convenience, fastness and stability. The pipe fittings of the Saudi Free Flow Pipeline System are in the form of only welded and flange bolted connections. Valves of 2 inches and above are connected by flange bolts. Therefore, flange management is particularly important in the construction of station yards, which will directly affect the success of production. This article discusses and analyzes the flange fastening construction based on the construction experience of the 7 stations in the Saudi Harad project.

Keywords

Hydraulic Wrench, Torque Value, Flange Bolts, Maintenance

*通信作者。

浅析沙特阿美站场项目中的法兰紧固施工

梁立国*, 边 晨, 杨 明, 荆国防

中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊

Email: *479670539@qq.com, 906964107@qq.com, diaofengdong@cnpc.com.cn, jingguofang@cppmde.com

收稿日期: 2020年4月22日; 录用日期: 2020年5月22日; 发布日期: 2020年6月15日

摘 要

随着油气化工行业施工技术和工艺技术的发展, 法兰螺栓连接形式以其方便、快捷、稳定等特点, 逐渐成为最主要的连接形式。沙特FFP项目的管件连接只有焊接和法兰螺栓连接形式, 2英寸及2英寸以上的阀门均采用法兰螺栓连接, 因此, 在站场施工中, 法兰管理尤为重要, 将直接影响投产是否成功。本文根据沙特FFP项目7个站场的施工经验, 对法兰紧固施工进行探讨和分析。

关键词

液压扳手, 扭矩值, 法兰螺栓, 维护保养

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

沙特阿美公司是沙特阿拉伯油气资源主要开发运营商, 拥有约 130 多个油气田, 其油气田地面建设及油气管道施工市场非常广阔。随着“一带一路”战略的实施, 中资企业在沙特的油气田施工市场也将迅速扩张。

法兰螺栓连接是石油化工中广泛使用的连接形式之一[1], 目前, 在沙特阿美的站场改扩建和新建施工中, 更倾向于用法兰连接形式代替焊接形式, 在一定程度上增加了工艺连接的灵活性, 同时, 也增加了法兰管理的数量和难度。另外, 法兰连接施工的质量直接影响到运行的安全, 是整个施工中最重要施工工序之一。

法兰螺栓连接在沙特阿美公司的站场施工中广泛应用, 在沙特阿美公司哈拉德项目的输气站内, 2 inch 及 2 inch 以上的阀门均采用法兰连接。以沙特 FFP 项目为例, 仅南部的 7 个远端输气站(remote header)涉及的法兰尺寸从 2 英寸到 48 英寸共计 14 种, 螺栓尺寸和型号共计 58 种, 法兰紧固近 5000 组, 大小螺栓近 45,000 条。因此, 在站场施工中, 法兰管理尤为重要, 将直接影响投产是否成功。

2. 概述

法兰主要用于管端或设备之间的连接, 两个法兰片之间用垫片(衬垫)连接。法兰管理指对法兰片的保管、焊接装配、螺栓紧固、现场检查、挂牌和资料编制等活动的总称, 在预制、安装施工、试运行和运

行阶段范围内实行全过程管理[2]。

目前,管道法兰主要有两种国际标准,即以德国 DIN (包括前苏联)为代表的欧洲管法兰系统和以美国 ANSI/ASME 管法兰为代表的美国管法兰系统。另外,日本也有 JIS 管法兰。沙特阿美公司的站场施工和设计,主要采用的是美国的 ASME 标准(ASME B16.5 及 ASME B16.47)。

法兰紧固(螺栓紧固)是采用合适的工具,将利用螺栓的张力将法兰和垫片面贴合在一起,从而起到密封作用,将管道或管件连接起来,常用的方法有力矩紧固法和拉伸紧固法。本项目采用的是力矩紧固法,主要紧固工具包括常规扳手、扭矩扳手和液压扭矩扳手。

3. 力矩的确定

3.1. 螺栓的张力

1) 螺栓张力的定义

制造螺栓和螺母的钢具有固有的“弹性”,即可以在两点之间拉伸,而施加在螺栓中的张力则作为夹持力来保持螺栓组件一起,而又不至于超过其“屈服强度极限”。

通过扭动螺母,使两个螺母和构件之间产生加持力,根据作用力与反作用力相等的物理原则,可知,螺栓受到的拉力大小等于加持力,而我们常说的张力就是螺栓杆承受的拉力(见图 1)。

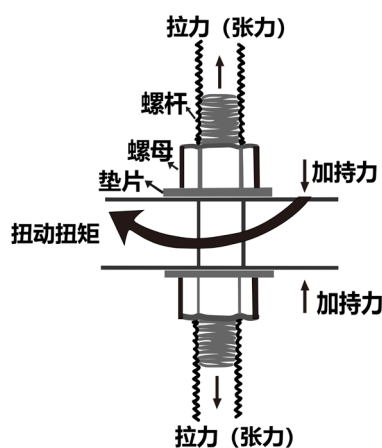


Figure 1. Diagram of tension
图 1. 张力示意图

2) 张力的确定

为了使螺栓恰好将紧固件固定(夹紧)在一起,而不至于松动,螺栓必须具备承受足够张力的能力。根据胡克定律,螺栓的弹性模量 E 一定,所受的应力 σ 和应变 ε 成正比: $\sigma = E\varepsilon$ 。

由于张力 F 和应力 σ 是正比例关系,因此,张力 F 不得使螺栓的应力 σ 超过屈服极限,考虑安全系数及经验,张力一般取弹性极限的 40%至 70%。

3) 张力不合理的危害

张力太小:拧得不够紧的螺纹紧固件可能会松动并分开,从而导致在配合部分之间产生“剪切力”,从而可能会将螺栓切成两半。紧固件松动还可能导致周围机械零件进一步机械松动,从而导致不必要的振动和磨损。

张力太大:拧的太紧,紧固件可能会损坏螺栓连接的组件,导致螺栓和/或螺母变形,从而导致紧固件超过其弹性极限而失去张力。

3.2. 螺栓的扭矩

1) 螺栓扭矩的定义

根据物理定义，力矩是指作用力使物体绕着转动轴或支点转动的趋向，其大小等于力和力臂的乘积： $M = F \times L$ 。

对于螺栓来说，扭矩定义为施加在螺母或螺栓头上的旋转力或扭转力，它是两个测量值(即力和距离)的乘积(见图 2)：

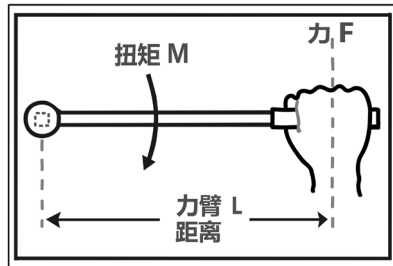


Figure 2. Diagram of torque
图 2. 扭矩示意图

2) 施加扭矩的方式

将扭矩施加到螺纹紧固件中的两种最常见的方法：

- a. 利用手动或电动类型的扭矩扳手将扭矩施加到螺纹紧固件上(见图 3)。

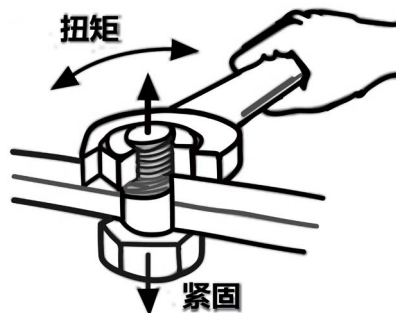


Figure 3. Diagram of torque applying
图 3. 扭矩施加示意图

- b. 螺栓张紧器的液压张紧装置将直接张力施加到紧固件上(见图 4)。

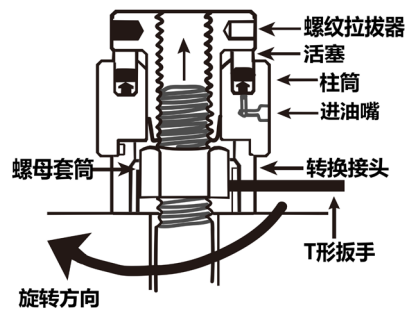


Figure 4. Diagram of tensioner applying
图 4. 张紧器施加示意图

3) 扭矩的确定原则

螺栓的扭矩主要取决于两个方面，一个是螺栓本身的屈服强度极限，一般情况下螺栓的设计扭矩值只达到强度极限的 40%~70%；另一方面是垫片的承受能力，力矩过大会使垫片破，力矩过小会使受压后的垫片残余应力达不到密封比压力，导致密封面泄漏[1]。因此，螺栓的扭矩是施工过程中最为重要的问题。

根据施工经验及施工规范，本项目工艺安装采用的高强螺栓扭矩应满足表 1 规定：

Table 1. The list of high-strength bolt torque

表 1. 高强螺栓扭矩表

法兰直径 (inch)	等级 (class)	每组法兰螺栓数量/尺寸 个/inch	扭矩值 (lbs .ft)
2	1500	8 × 7/8"	243
4	900	8 × 1 1/8"	480
	1500	8 × 1 1/4"	740
6	900	12 × 1 1/8"	480
	1500	12 × 1 1/3"	1000
8	900	12 × 1 3/8"	900
10	900	16 × 1 3/8"	900
12	900	20 × 1 3/8"	900
16	900	20 × 1 5/8"	1680
20	900	20 × 2"	3200
24	900	20 × 2 1/2"	5734
30	900	20 × 3"	8880
36	900	20 × 3 1/2"	14,220
48	900	24 × 4"	21,330

4. 工具选择

目前，在法兰紧固施工中，常用的工具基本分为 3 类：

- 1) 普通扳手；
- 2) 扭矩扳手(分为手动扭矩扳手和液压扭矩扳手)；
- 3) 可控液压螺栓拉伸器。

管道站场的工艺管线设计压力一般比较高，法兰和螺栓的强度比较高，对扭矩的要求比较严格，采用普通扳手不能满足施工要求，而可控液压螺栓拉伸器效率比较低，而且施工时，受螺杆长度的限制，因此，一般均采用扭矩扳手进行螺栓紧固。

根据水压试压和试运行的经验，以及螺栓扭矩值的要求，一般选用扭矩扳手原则如下：

- 1) 当螺栓尺寸不大于 1 英寸，可以采用手动扭矩扳手进行螺栓紧固。
- 2) 当螺栓尺寸在 1 英寸和 1 3/8 英寸之间，可以采用手动扭矩扳手进行前两遍紧固，最后两遍采用液压扳手。
- 3) 当螺栓尺寸大于 1 3/8 英寸且小于 4 英寸，必须采用液压扳手进行紧固。

5. 法兰紧固施工步骤

5.1. 法兰紧固施工准备

- 1) 法兰紧固之前, 需要认真核对法兰、管件型号、批号、材质以及等级等, 确保现场安装符合图纸和设计要求。
- 2) 注意区分不同垫片能够承受的力矩值, 合金钢垫片和绝缘垫片的扭矩值有着很大的区别, 防止扭矩值过大而损伤垫片, 导致密封失效。
- 3) 检查法兰面、垫片无油污、水等杂质, 垫片无划痕, 凿槽, 毛刺以及变形等缺陷。
- 4) 检查螺栓的等级、尺寸, 是否有损坏、腐蚀、生锈、毛刺, 以及适用性和兼容性。
- 5) 检查螺栓的螺纹啮合度, 不得使用修复过的螺栓。

5.2. 选用润滑剂

在施工过程中, 通常需要对螺栓及螺母采取涂抹润滑剂(二硫化钼)的方法来降低摩擦系数, 润滑剂品牌的选择直接影响力矩的大小, 也会影响螺栓紧固的质量和工效。在沙特阿美项目, 采用的是涂防腐漆的螺栓, 根据施工经验, 当螺栓直径小于 2 英寸时, 带防腐漆的螺栓不需要涂抹润滑剂, 计算扭矩时, 摩擦系数按 0.11 计算, 当螺栓直径大于 2 英寸时, 需要辅助润滑剂进行紧固。

5.3. 安装垫片和螺栓

- 1) 首先, 根据图纸选用正确的垫片。
- 2) 采用法兰扩张器, 将法兰片撑开, 放置垫片, 缓慢放开法兰扩张器。RJ 面的法兰要保证垫片正好嵌在凹槽内, RF 面的缠绕垫片, 需保证金属缠绕部分与法兰面对正。
- 3) 选用合适的螺栓, 将螺栓涂刷润滑剂, 并放进螺栓孔内。
- 4) 检查法兰安装误差, 其误差值应满足要求(见图 5)。

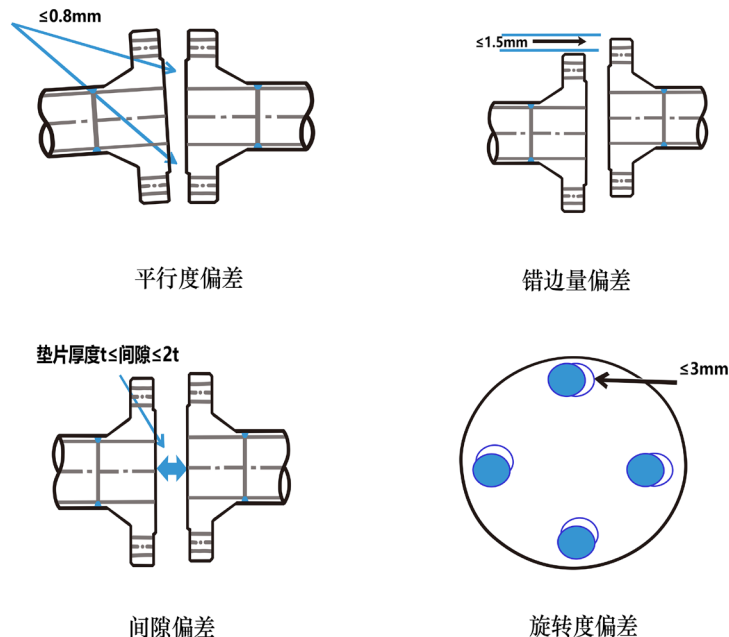


Figure 5. The deviation of flange installation
图 5. 法兰安装误差

5.4. 螺栓紧固

为了保证紧固过程中整个法兰面受力均匀,一般采用“十字线”法,对法兰进行对角紧固(见图6)。紧固过程不允许一次紧固到位,需要分次进行[2]:

第一遍:施加30%的扭矩力;

第二遍:施加60%的扭矩力;

第三遍:施加100%的扭矩力;

第四遍:使用100%的扭矩力,沿顺时针方向逐一对所有螺栓进行紧固,以验证所需要的扭矩力是否已被均匀的施加到每个螺栓,最终扭矩值与设定扭矩值的偏差必须小于5%。

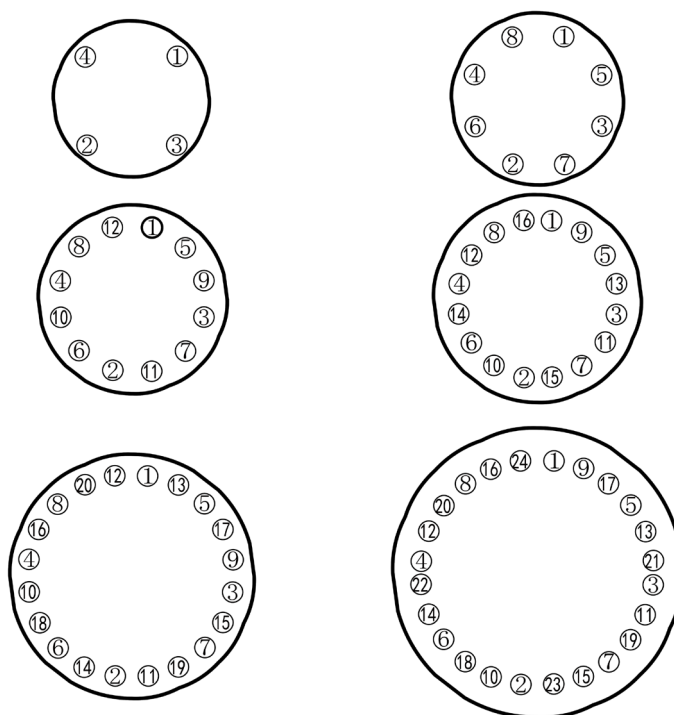


Figure 6. The sequence of flange tightening
图6. 法兰紧固顺序

5.5. 记录与标识

螺栓紧固完成后,应及时进行记录与标识。

- 1) 按质量记录表格,认真填写法兰紧固的日期,人员,力矩值等信息。
- 2) 在每个螺栓上采用“十”字标识或“一”字标识。
- 3) 现场质检人员进行复核检查,在法兰面上标注检查日期,是否合格,并签名。

6. 常见质量问题

在法兰紧固施工中,主要有以下几种常见的质量问题:

- 1) 法兰面不平行,应力过大

造成该问题的重要原因是工艺管道安装的尺寸偏差较大,造成两个法兰面间隙过大或不平行。因此,在进行工艺管道安装前,应认真核对尺寸,法兰与工艺管焊接时,避免焊接变形过大。

2) 未按规定顺序进行螺栓紧固, 导致法兰面整体受力不平衡

造成该问题的原因是, 操作人员培训不到位。因此, 在法兰紧固时, 应首先进行培训, 所有人员必须持证上岗, 同时, 也要加大过程监督的力度。

3) 未按规定涂抹润滑剂, 或润滑剂不符合要求, 导致螺栓的螺纹损坏

解决该问题的方法, 主要是及时采购合格的润滑剂, 并对现场人员进行培训, 特别是超过 2 英寸的螺栓, 必须按规定涂刷润滑剂。

4) 紧固力矩过大或过小

导致该问题的出现的主要原因是液压扳手漏油或读数器不准, 需要重新校验。因此, 紧固工具必须在校验周期内, 及时校验, 如果有漏油等现象, 及时进行维修, 严禁“带病”使用。

7. 总结

随着油气化工行业施工技术和工艺技术的发展, 越来越多的施工和生产活动采用法兰连接形式, 对法兰连接施工, 最核心的施工步骤就是法兰紧固。因此, 了解法兰螺栓的力矩原理, 选用合适的螺栓、确定力矩以及选用合适的紧固工具, 能够延长工艺寿命, 降低泄漏风险, 提高施工效率, 并最大限度地节约成本。

参考文献

- [1] 孟凡良. 高压法兰螺栓紧固力矩计算[J]. 石油化工设备, 2014(z1): 18-19.
- [2] 马志杰, 杨清, 伍雪. 浅谈国外法兰管理的质量控制[J]. 石油化工设计, 2017, 34(2): 59-61.