

恒定拉力螺栓副在无泄漏工厂创建工作中的重要作用

惠红鲸 刘 闯 金圆圆 孙源智

中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司, 辽宁 抚顺 113000

[摘要]近代石油化工管理提升工作主推“无泄漏工厂创建工作”,通过全力创建“无泄漏工厂”来强化内部管理,全面提高设备基础管理水平及各项工作有序进行,杜绝泄漏污染,实现标准化装置,不断改进争先创优。

[关键词]无泄漏;恒定拉力;恒定拉力螺栓副;紧固工具;试验方法

DOI: 10.33142/ect.v3i5.16462

中图分类号: X322

文献标识码: A

The Important Role of Constant Tension Bolt Pairs in the Creation of Leak Free Factories

HUI Hongjing, LIU Chuang, JIN Yuanyuan, SUN Yuezhi

PetroChina Fushun Petrochemical Branch, Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract: The main promotion of modern petrochemical management improvement work is the creation of "leak free factories", which strengthens internal management by fully creating "leak free factories", comprehensively improves the level of equipment basic management and orderly progress of various work, eliminates leakage pollution, achieves standardized equipment, and continuously improves and strives for excellence.

Keywords: leak free; constant tensile force; constant tension bolt pair; tightening tools; test method

引言

基层厂设备管理分动设备和静设备两大专业,静设备泄漏管理工作主要指静设备本体泄漏和紧固结构泄漏,而“无泄漏工厂创建工作”主要指静设备泄漏管理工作中的紧固结构泄漏管理工作。螺栓紧固件广泛应用于、风电设备、核电设备、汽车装配及诸多行业的常用紧固结构。符合使用工况的紧固方案变得尤为重要,气动扳手、电动扳手、液压扳手等大功率紧固工具的问世打破了传统螺栓紧固方案(如:使用加力套管、大锤敲击等)的壁垒,实现了新式紧固防松方案,提高紧固效率节约了施工时间,降低了劳动强度。然而现今装配精度高、温差变化大、存在高频振动源等因素的石油化工装置,气动扳手、电动扳手、液压扳手等大功率紧固工具施工预紧力离散程度大,泄漏事故时有发生,尤其易发生在高温高压法兰、温差变化大的法兰。

恒定拉力螺栓副通过提高预紧精度,解决气动扳手、电动扳手、液压扳手等大功率紧固工具施工预紧力离散程度大的问题,独特的结构设计保证了防松效果,实现了“无泄漏工厂创建工作”管理上的突破。

1 “无泄漏工厂创建工作”实施方案

1.1 组织机构及目标

成立相应组织机构。负责对无泄漏工厂创建做总体规划、决策部署和推进工作;负责方案的审核、落实,对活动的开展进行检查、考核、评比,确保方案得到有效实施。

1.2 设立实施目标

①完善本车间所属各岗位设备专项记录,认真贯彻巡检工作要求。

②整理完善设备软件资料(动、静设备一台一档、各

类台账及统计)。

③实现静密封点滚动式零泄漏率,现场五不漏(水、电、汽、油、物料不泄漏)。

1.3 工作共分为4个阶段

1.3.1 第一阶段为“贯彻思想,明确任务”阶段
无泄漏工厂创建就是“滚动式消除静设备泄漏”。

1.3.2 第二阶段为“数据采集”阶段

组织机构全体人员定点定时巡检或检查,排查现场问题,进行数据统计。针对现场静设备跑冒滴漏数据采集,全体成员日常定时定点巡检,并填写“静密封漏点挂牌及阀门内漏记录”。同时采用先进技术(例如LDAR检测)进行,静密封漏点及阀门内漏累计筛查XXX处。

1.3.3 第三阶段为“整改实施”阶段

针对问题,分两大类进行整改,一类问题不涉及资金利用维护单位力量进行整改实施,另一类问题涉及资金,需提报上级机关待审批后进行整改。

1.3.4 第四阶段为“持续改进”阶段

A 对照标准及时下发问题项,视问题情况进行相应的考核,督促及时整改。

B 各岗位设备专项记录和现场巡检工作持续认真贯彻,按实施方案中四个阶段循环持续进行。

1.4 第四阶段(无限循环阶段)

“无泄漏工厂创建”工作已进入第四阶段(无限循环阶段)。

2 现场泄漏问题分析

静设备现场泄漏治理重在法兰或密封面等连接处的紧固件泄漏,而紧固件泄漏重在紧固方案如何实施。

2.1 预紧力离散程度大

法兰或密封面等连接处的紧固件是设计部门按相关标准选取螺栓。

施工单位施工前,根据公式进行计算选取扭矩进行紧固施工:

$$T_s = KdF$$

式中: T_s —拧紧扭矩, $N \cdot m$;

K —扭矩系数(查表获取);

d —螺纹公称直径, mm ;

F —预紧力, 螺栓最大拉伸力的 70%~80%。

K 是由查表而来,只考虑到接触面、材质等因素,未考虑所使用的紧固工具、紧固件造成的影响,不同的工具、紧固件会对 K 值造成不同大小的影响,如果忽略会造成误差,实际螺栓受到的拉力离散度较大,而在计算中一般都假设为一致。

2.2 紧固方法错误

传统紧固施工常作业方式使用加力套管、大锤敲击等进行紧固作业,目前各行各业尤其是装配精度高、温差变化大、存在高频振动源等因素的石油化工、风电、核电等易发生泄漏风险的行业均已逐渐淘汰这种紧固技术,改为使用能够有效提供扭矩数据的扭矩扳手、电动扳手、液压扳手等紧固方案,但施工过程中因为螺栓螺母质量、作业条件等诸多原因导致螺栓预紧力存在较大差异,因为预紧力不达标、防松效果差等原因出现的隐患、事故时有发生。

3 设备现场工作具体实施—恒定拉力紧固技术

恒定拉力精确预紧紧固技术的主要核心技术包括:通过恒定拉力紧固工具确保拧紧力矩恒定,通过恒定拉力螺栓副确保反作用力矩恒定,通过紧固施工方案试验系统确定施工参数恒定。

3.1 恒定拉力紧固工具

恒定拉力紧固工具主要包括:

a 扳手本体:气动、电动或液压扳手,用于输出拧紧力的工具;

b 动力端:用于传导作用力,驱动螺母旋转;

c 固定端:与扳手本体相连,紧固过程中不随动力端旋转,用于与“恒定拉力螺栓副”中的咬合垫圈产生反作用力臂,实现“正反作用力臂同轴异向旋转”。

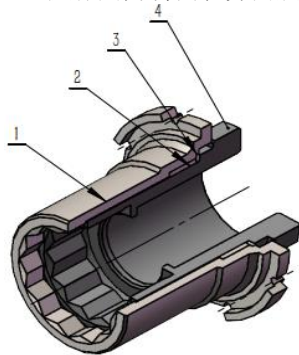


图1 恒定拉力紧固工具套筒示意图

序号	工件名称
4	动力端
3	平垫
2	铜套
1	固定端

图2 恒定拉力螺栓副组装置示意图

3.2 恒定拉力螺栓副

3.2.1 紧固原理

①恒定拉力紧固工具的内套驱动螺母拧紧。

②恒定拉力紧固工具的外套卡紧恒定拉力螺栓副的咬合垫圈,垫圈下端的端面齿在拧紧力作用下受压,与装置法兰面的咬合力增大,形成与拧紧力矩同轴恒定的反力矩传递回与固定端相连的扳手。

③咬合螺母咬入法兰面,紧固过程中避免螺栓“连轴”运动,造成力臂偏转。

3.2.2 防松原理

完成紧固后,通过螺母下端面齿、垫圈下端面齿分别与垫圈、法兰咬合,形成稳定的螺母-垫圈-法兰系统,其中任何一处都无法发生松动。

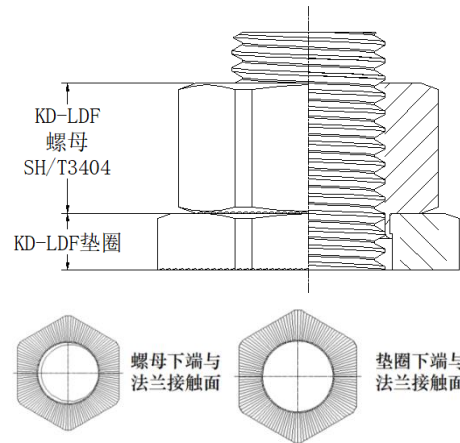


图3 恒定拉力螺栓副咬合面示意图

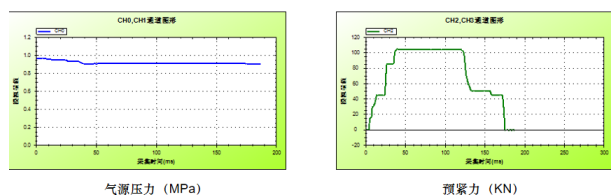
3.3 紧固施工方案试验系统

组成:包括恒定拉力紧固工具、咬合垫圈、压力传感器、动力源(电、液、气等)传感器、计算机等。

原理:通过恒定拉力紧固工具、恒定力臂垫圈实现“正反作用力臂同轴异向旋转”,消除了传统紧固试验系统中存在的偏载,保证实验精度。

压力传感器、动力源传感器实时监测紧固过程中预紧力、动力源的变化,将数据传输至计算机,精确模拟紧固施工过程中预紧力、动力源之间的变化关系。

实验结束后,通过试验系统给出的紧固施工参数不再仅仅是传统的“扭矩”,而是可以直接得到紧固施工时所需工具动力源数据,将紧固施工精确化,提高预紧力精度,解决预紧力离散程度过大的问题,避免出现盲目加载扭矩超出螺栓屈服强度或预紧力不足等事故出现。



使用气动扳手紧固→拆卸作业时的数据

图4 紧固施工方案试验系统实验数据图

4 经济效益分析

以石油化工企业 3.5 蒸汽减温减压阀法兰为例：

工作介质操作条件：

工作温度：380℃。

工作压力：3.5Mpa。

工作介质：蒸汽。

法兰螺栓：M30×180mm 双头螺柱 12 套。

泄漏及处置情况：温度交变载荷作用下频繁泄漏，导致安装卡具注胶维持生产。

潜在风险：高温烫伤、停机停产。

采用恒定拉力紧固技术后，杜绝装置停工，避免装置直接经济 50 元以上。同理，本车间相同高风险、中危险、易泄露法兰点位共 XXX 个，每年可降低资金损伤 2 万元以上。

5 结论

建设无泄漏工厂的工作中，完善及优化管理的先期目标达成后，选取紧固件和紧固施工是保证无泄漏的重要条件之一，紧固施工不能盲目施加拧紧扭矩，既要保证螺栓预紧力达标，又要保证螺栓预紧力精度，同时开工后的设备、设施运转期间还必须保证紧固件的防松效果，紧固件作为一种基础零配件又必须考虑成本问题。

“恒定拉力精确预紧紧固技术”施工前通过紧固施工方案试验系统模拟施工环境，确定气动扳手、电动扳手、液压扳手等紧固工具的动力源参数，确定紧固件的预紧力等施工参数，不依赖公式计算，有效简化、精准地施工。

“恒定拉力精确预紧紧固技术”采用“正反作用力臂同轴异向旋转”的加载方式，紧固施工时作用力-作用力臂-反作用力-反作用力臂同轴旋转，作用力矩与反作用力矩始终保持大小相等、方向相反，法兰等连接面各处螺栓预紧力大小均匀，螺栓预紧力精度误差小，有效消除偏载，保证连接部位平行闭合。

咬合螺母、咬合垫圈下端面的独特的结构设计，紧固施工时只有动力端螺母旋转，螺栓组不跟转，不发生“连轴转”，螺栓组其他部件不需打扳手等降低施工效率的额外操作，极大提高施工效率，劳动强度低。紧固完成后，咬合螺母、咬合垫圈的下端面咬合齿同时保证了防松效果，可以有效保证设备设施的运转安全。

综上所述，采用恒定拉力精确预紧紧固技术建设无泄漏工厂，可有效提高安全生产系数，减少隐患和事故的发生，提产增效、节支降耗，经济效益可观。

【参考文献】

- [1] 周少瑛. 一种无偏载恒定拉力精确紧固方法：CN113565850B[P]. 2022-09-20. [Z].
- [2] 周子翹. 确定紧固施工方案的试验系统：CN109029962B[P]. 2024-08-13. [Z].
- [3] 周子翹. 一种定力扭矩套筒扳手：CN207448340U[P]. 2018-06-05. [Z].

作者简介：惠红鲸，(1971.1—)，男，工程师，目前就职于中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司，设备主管岗位，一直从事厂设备管理工作；刘闯 (1983.2—)，男，助理工程师，就职于中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司，运行工程师岗位，长期从事脱蜡脱油装置设备管理工作；金圆圆 (1978.9—)，男，技师，中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司，班长岗位，长期从事脱蜡脱油装置生产工作；孙源智 (2004.2—)，男，本科，长沙理工大学，给排水专业，从事设备设计工作。