

防喷器拆卸装置的设计

李灿霞¹, 王长建²

¹长江大学机械工程学院, 湖北 荆州

²长江大学化学与环境工程学院, 湖北 荆州

收稿日期: 2024年7月28日; 录用日期: 2024年8月21日; 发布日期: 2024年8月30日

摘要

防喷器是钻井、不压井作业及倒换井下工具必不可少的安装装置,其关键密封件之一是闸板侧门的密封,所以对该部位进行定期拆卸也是重中之重。内部拆卸的前提是防喷器拆卸,本文主要从防喷器闸板侧门入手,它主要包括闸板、活塞杆、缸筒、缸盖及螺杆五大部分,其内部需要分析的受力关系有缸盖与闸板、螺杆与缸盖及闸板、活塞杆与活塞、密封圈、闸板之间,分析各个部位的受力情况,对下一步防喷器侧门的拆卸检修工作做基础理论数据支撑,针对现有防喷器拆卸装置主要是在防喷器整体上拆卸工作,没有对防喷器的各个具体部位展开分析,没能有效地减轻工人劳动强度问题,根据现有的拆卸设备深度剖析,解决防喷器从外到内、从重要部位到一般部位的拆卸,并设计出提高效率、提升工人安全、保护环境以及节省劳动力的辅助防喷器检修的拆卸装置。

关键词

防喷器拆卸装置, 闸板侧门, 受力分析

Design of Disassembly Device for Spray Preventer

Canxia Li¹, Changjian Wang²

¹School of Mechanical Engineering, Yangtze University, Jingzhou Hubei

²College of Chemistry and Environmental Engineering, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Jul. 28th, 2024; accepted: Aug. 21st, 2024; published: Aug. 30th, 2024

Abstract

Blowout preventer is an essential installation device for drilling, non well operations, and tool re-

文章引用: 李灿霞, 王长建. 防喷器拆卸装置的设计[J]. 机械工程与技术, 2024, 13(4): 327-333.

DOI: 10.12677/met.2024.134038

placement underground. One of its key sealing components is the sealing of the gate side door, so regular maintenance of this part is also of utmost importance. The premise of internal maintenance is the disassembly of the blowout preventer. This article mainly starts with the side door of the blowout preventer gate, which mainly includes five parts: gate, piston rod, cylinder barrel, cylinder head, and screw. The internal force relationships that need to be analyzed include the cylinder head and gate, screw and cylinder head and gate, piston rod and piston, sealing ring, and gate. This paper analyzes the force situation of each part, and provides basic theoretical data support for the disassembly and maintenance of the side door of the blowout preventer in the next step. In view of the fact that the existing blowout preventer disassembly device mainly disassembles the overall blowout preventer, without analyzing the specific parts of the blowout preventer, it has not effectively reduced the labor intensity of workers. Based on the in-depth analysis of the existing disassembly equipment, this paper solves the disassembly of the BOP from the outside to the inside, from the important parts to the general parts, and designs a disassembly device that improves efficiency, improves worker safety, protects the environment and saves labor.

Keywords

Disassembly Device for Spray Preventer, Gate Side Door, Force Analysis

Copyright © 2024 by author(s) 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

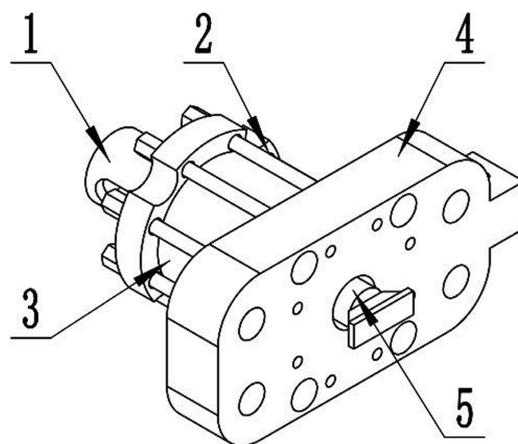
1. 引言

本文主要是对防喷器部件关键部位的受力进行分析, 分析的目为开发一款防喷器拆卸装置做起手准备, 目前现有的防喷器拆卸装置大部分针对以防喷器整体作为研究, 其内部各个部件的拆卸还需要大量的人工辅助[1]-[8], 防喷器在整个拆卸的过程中由于其体积较大, 工作过程中往往需要以吊车来实现拆卸, 在小绞车提拉的同时, 还需要用人工推移共同配合才能安装到位, 危险系数高, 工作难度大[9]-[11]。基于此设计一款能够实现安全、便利拆卸的装置, 有重大意义, 但研究开始需要对研究目标做具体分析, 对每个部位深度剖析, 所以对关键部位进行受力分析, 以找到合适的拆卸装置设计方案和问题解决方案。因此需要对防喷器组件中的螺杆与闸板及缸盖的受力情况, 确定拆卸螺杆部位所需的行径长度和在不破坏螺杆零件本身的前提下, 拆卸螺杆分离缸盖和闸板, 为防喷器内部检修做准备。

2. 防喷器组件背景及定义

现有的防喷器的重量在 600 kg~3500 kg 不等, 各个主要部位的重量不容小觑, 对其拆卸工作是需要克服的难题, 现有的拆卸设备需要吊车辅助, 过程危险系数高、费力、产生的油污污染环境[3], 针对以上问题预设计一款可解放操作人员劳动力, 提高工作效率, 提高作业安全性保障工作安全的部件拆卸设备。

本文按照 2FZ18-35 液压闸板防喷器为例展开研究, 部件为防喷器的各个闸板侧门, 包含主要的主体部位为缸盖、螺杆、缸筒、闸板、活塞杆及油缸, 闸板防喷器部件三维简图如图 1 所示。各部分关系为 1、4 通过 2 丝扣固定为整体, 安装于闸门防喷器主体上, 工作时通过各部位油缸的推拉配合完成做工作。



1 缸盖; 2 螺杆; 3 缸筒; 4 闸板; 5 活塞杆。

Figure 1. Schematic diagram of components

图 1. 部件简图

3. 防喷器拆卸装置研究内容

3.1. 防喷器拆卸装置研究目的

根据公司提供的技术要求书内容, 对防喷器拆卸装置要求主要有以下几点:

- (1) 拆卸装置整体占地面积尽可能小且能完成对防喷器组件拆卸检修的要求;
- (2) 防喷器拆卸装置能移动, 在特定的工作场合工作;
- (3) 拆卸效率高, 提高拆卸的效率(对防喷器内部检修时需先将防喷器拆分开);
- (4) 防喷器拆卸装置上设置暂存装置, 该装置用来暂放被拆卸下待检修的零部件, 以便零部件检修。

基于公司的要求对现有的防喷器拆卸装置进行了背景调查, 分析现有装置的优缺点, 取长补短, 主要是现有的装置集中在把防喷器在井口整体拆卸, 后再由人工辅助拆卸各零部件后维修检查。由于防喷器整体重量大, 工人作业危险系数高, 拆卸大半时间在拆卸零部件上, 为了缩短拆卸时间、提高工作效率、满足企业实际要求设计出一款能够实现保护工人安全、便利拆卸的装置。

3.2. 对拆卸目标进行受力分析

螺杆与缸盖及闸板间的受力, 防喷器组件在拆卸过程中, 需要先使图 1 中缸盖 1 和闸板 4 分离, 分离的前提是其上紧固缸盖和闸板的螺杆先拆卸, 所以螺杆作为受力分析的首要对象, 是其他部件卸载的前提, 松动防喷器组件设备, 以便后续拆卸工作, 本文以 2FZ18-35 液压闸板防喷器中侧门所用的螺杆为 M36 * 3 * 270, 每个防喷器上有 8 个螺杆, 各个螺杆的重量为:

$$M = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \rho \quad [12] \quad (3-1)$$

式中, M ——螺杆的质量;

D ——螺杆直径;

L ——螺杆长度;

ρ ——螺杆材料密度。

本文对分析的零部件做简化的物理模型, 并对该模型做出以下假设, 以下理想条件下要求为:

- (1) 不考虑螺杆紧固后与螺帽及闸板之间有间隙, 会出现单边摩擦的现象, 产生的螺纹松动;

- (2) 不考虑交变载荷;
- (3) 不考虑高温蠕变对材料的影响;
- (4) 在拆卸时螺杆连接为理想状态无偏差, 受力分布均匀;
- (5) 不考虑防喷器运行时, 螺杆与螺帽及闸板之间的磨损, 微量滑移。

给定边界条件后, 对螺杆的整个部位的受力做简化分析, 受力简化图如图 2 [13]所示。

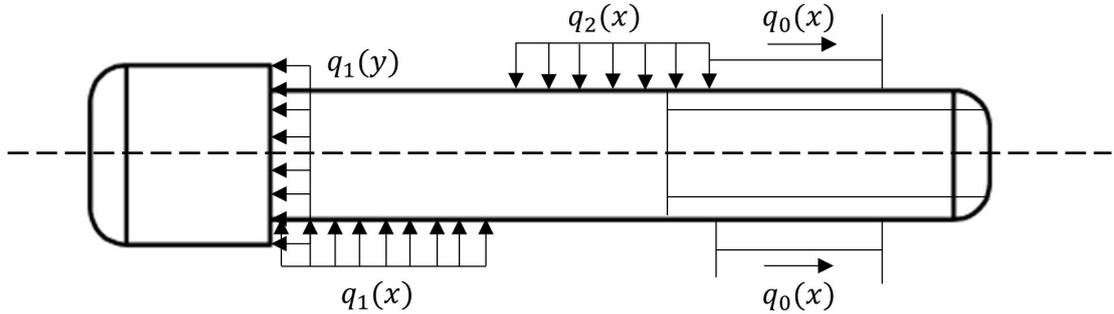


Figure 2. Simplified diagram of screw force
图 2. 螺杆受力简化图

基于以上要求, 拆卸防喷器闸板附近的螺杆所需要的力需要达到的条件为, 螺牙间的摩擦系数小于螺杆倾角:

$$f_s \leq \alpha \quad [12] \quad (3-2)$$

式中, f_s —— 螺杆的摩擦系数;

α —— 螺杆牙间倾角。

本文中对螺杆的连接在上述条件下, 可视连接方式为紧连接, 且螺杆本身符合圣维南原理。上述中紧螺杆受到预紧力及扭转力矩作用。

在不受轴向力的作用下螺杆不滑移的条件为:

$$f_s Q z i = k_s F_e \quad [12] \quad (3-3)$$

式中, Q —— 螺纹预紧力;

z —— 螺杆个数;

i —— 螺杆结合面;

k_s —— 螺杆结合面系数;

F_e —— 螺栓总横向力。

螺杆的拉应力为:

$$\sigma = \frac{Q}{\pi d_c^2 / 4} \quad [12] \quad (3-4)$$

其中: d_c —— 螺纹危险界面直径。

剪切扭转应力为:

$$\tau = \frac{T_1}{W_\tau} \quad (3-5)$$

其中: T_1 —— 螺杆拧紧力矩;

W_{τ} ——抗扭模量。

对于圆界面来说 W_{τ} 可以用一下算式:

$$W_{\tau} = \frac{\pi d_c^3}{16} \quad (3-6)$$

$$T_1 = Q \tan(\varphi + \rho') \cdot d_2 / 2 \quad (3-7)$$

其中: φ ——螺纹升角;

ρ' ——当量摩擦角;

d_2 ——螺纹中径。

对于钢制普通螺纹在 M10 到 M64 的螺杆摩擦系数一般取 $f_s = 0.7$ 螺栓的需用应力为

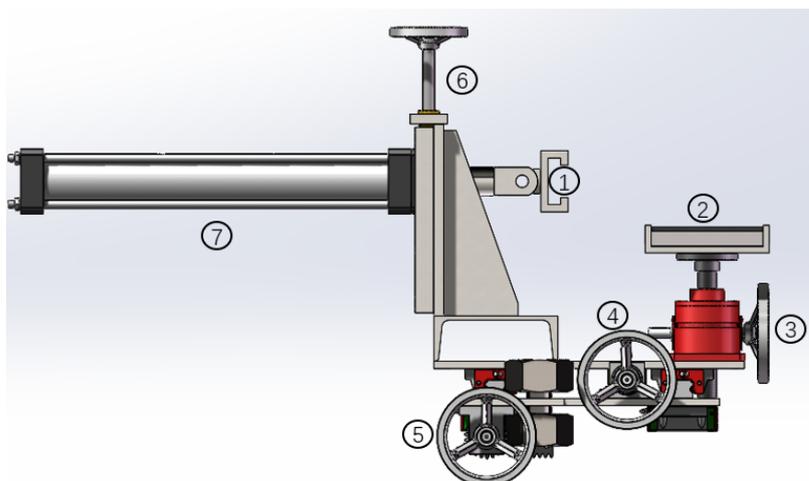
$$\sigma_{ca} = \frac{1.3Q}{\pi d_c^2 / 4} \leq [\sigma] \quad (3-8)$$

在不破坏螺杆自身和不损伤闸板及缸盖二次使用的前提下, 由上述公式进行力学推导, 可得出拆卸螺杆所需要的力范围在 4000 N 到 12000 N 之间, 该数据针对 2FZ18-35 液压闸板防喷器的计算结果, 对其他类型防喷器需要具体问题具体分析。以上数据为防喷器拆卸装置的设计提供了必要的数据支持。

本文中描述的防喷器组件除了螺杆与缸盖及闸板之间的受力之外, 缸筒与闸板分离、活塞杆与活塞、密封圈及闸板之间的分离都是设计防喷器拆卸装的重中之重, 由于研究工作还在继续, 其他部位尚未成熟, 本文仅对以上较为成熟一个部位做出具体分析。

3.3. 拆卸装置结构方案设计

基于上述数据和防喷器实物尺寸数据, 本文设计出螺杆部位拆卸的小车, 小车的结构如图 3 所示, 其中小车移动装置 1 的运动建立在小车移动装置 2 的平台上移动, 工作时小车移动装置 2 相对地面之静止状态, 小车均为拆卸装置上的一部分。



① 抓取装置; ② 暂存装置; ③ 丝杆升降机; ④ 小车移动装置 1; ⑤ 小车移动装置 2; ⑥ 抓取装置上下移动装置; ⑦ 油缸。

Figure 3. Screw disassembly trolley

图 3. 螺杆拆卸小车

图示小车中根据螺杆拆卸力学范围, 选取所用油缸大小:

$$F_0 = \frac{\pi}{4} D^2 p \quad (3-9)$$

式中: F_0 ——理论推力;

D ——缸径;

p ——气缸的工作压力。

$$F_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \quad (3-10)$$

式中: F_1 ——理论拉力;

d ——活塞杆直径。

进行拉力计算时可令 $d = 0.3D$, 最终选取前法兰中低压油缸缸径 80 mm, 行径 500 mm。上述小车中在小车移动装置 1、丝杆升降机、抓取装置上下移动装置作用下, 抓取装置及暂存装置可左右上下移动, 对准不同的螺杆及其他卸载部位, 从而减轻工人的劳动强度。

3.4. 基于 SolidWorks Simulation 关键零部件结构力学分析与仿真

本文根据拆卸前拆卸小车在工作中的受力特点, 建立了关键零部件的力学模型, 总结计算出螺杆受力特点和大小, 为拆卸检修小车的结构优化设计奠定了基础。

本文描述的拆卸检修螺杆装置采取许用应力的计算方法, 此方法的计算方式是零部件最危险界面上计算应力小于等于其许用应力即:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{\sigma_s}{s}$$

式中: σ 为计算应力; $[\sigma]$ 为许用应力; σ_s 为塑形材料的屈服应力; s 为安全系数。

螺杆在拆卸出时抓取装置 1 上抓手里面会受到 12000 N 的拉力, 抓手内接触面积 2274.5 mm², 材料选用 Q235 钢, 材料的屈服极限为 235 MPa, 许用应力为 230 MPa。从图 4 的分析结果知, 在抓手上下两个过渡面内出现了应力集中, 最大应力为 17 kPa, 远小于许用应力, 满足强度要求。

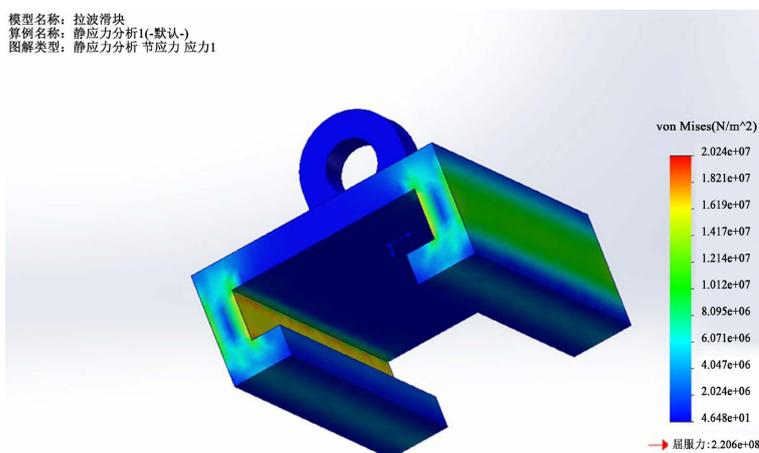


Figure 4. Force analysis diagram of the gripper
图 4. 抓手受力分析图

4. 结论

本文是在不计螺杆自重, 相对理想状态下对螺杆进行分析, 对螺杆的闸板端及缸盖端进行了受力分析, 螺杆是固定油缸的关键零件即连接缸盖和闸板, 拆卸螺杆是防喷器其他组件卸载松动的前提, 根据对螺杆内部受力在《横向载荷作用下螺栓在紧固过程中的力分析》[13]中有具体的分析, 对其结果进行引用, 并对外部受力分析, 最终得拆卸螺杆的力范围在 4000 N~12000 N 左右, 在确定防喷器螺杆的拆卸装置的方案时, 要针对不同类型的防喷器进行带入计算及分析, 确定拆卸边界值能够及时调整使设备能够适用拆卸不同的类型的防喷器上的螺杆。

本文在对防喷器拆卸装置的设计和理论分析基础上, 提出了一种新型的拆卸方案。完成了企业技术要求内的一部分设计, 从拆卸螺杆上看突破了以往拆卸装置在防喷器整体上工作的弊端, 缩短了拆卸时间, 提高了拆卸效率; 装置可在不同方向上调节抓手位置, 提高了拆卸的灵活性。其他部位的设计有待研究, 不断地优化设计以达到设计目的。

参考文献

- [1] 刘立兵, 许宏奇, 陈艳东, 屈志明, 吴国辉. 国内外防喷器技术现状及发展趋势探讨[J]. 内蒙古石油化工, 2022, 48(5): 100-105.
- [2] 朱锟. 海洋平台爆炸事故风险分析与防护对策研究[D]: [硕士学位论文]. 东营: 中国石油大学(华东), 2011.
- [3] 代慧, 郭登明, 郭建东, 符仁杰, 张鹏宇, 周天奇. 一种新型钻井用防喷器拆卸装置的研制和应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020(10): 132-133.
- [4] 刘国军, 许维峰, 任利宝. 井控技术对油田油水井井下作业安全生产的作用[J]. 化工设计通讯, 2017(8): 242-256.
- [5] GE Oil & Gas (2014) GE Announces Introduction of Pioneering “20Ksi” Deepwater Drilling System. *Offshore Engineer*, **39**, 72-73.
- [6] Dale, J., Rød, M. and Howes, T. (2017) An All-Electric BOP Control System: A Game-Changing Technology. *OTC Brasil, Brazil*, 24-26 October 2017, OTC-28029-MS. <https://doi.org/10.4043/28029-ms>
- [7] Dupal, K. and Jones, R.E. (2021) 18 3/4 15000Psi Shear Anything KBOS for Subsea Well Applications.
- [8] 罗聪丽. 剪切闸板防喷器剪切性能研究[M]. 北京: 中国石油大学(北京)出版社, 2022.
- [9] 杨勇, 杨军, 裴东林. 闸板防喷器应力分布有限元分析[J]. 广东化工, 2016, 43(8): 153-156+127.
- [10] 张国正. 防喷器试压失效分析[J]. 石油矿场机械, 1994, 23(5): 4-9.
- [11] 伍开松, 林军. 闸板防喷器主要结构参数的优化设计[J]. 机械设计, 1995(11): 48-49.
- [12] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [13] 刘培生, 程伟. 横向载荷作用下螺栓在紧固过程中的力分析[J]. 北京信息科技大学学报, 2022, 37(6): 49-56.