

某海洋平台海水篮式过滤器事故分析

杨雪¹, 王亚莹¹, 周姝娟²

(1. 博迈科海洋工程股份有限公司, 天津 300451; 2. 海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451)

摘要: **目的** 研究分析东海某一海上平台海水用篮式过滤器发生的腐蚀和堵塞事故原因。**方法** 从海洋平台海水系统用篮式过滤器的原理、工艺流程、材料选择、滤网精度、滤芯设计、人工操作等多方面进行分析。**结果** 受内压滤芯结构要优于受外压滤芯结构, 如果过滤精度选择过高, 会增加压差, 造成滤芯堵塞。**结论** 篮式过滤器滤芯单元应采用多滤芯的受内压结构, 过滤精度应根据下游用户要求来确定。

关键词: 篮式过滤器; 过滤精度; 滤芯单元; 腐蚀

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2020.05.016

中图分类号: TG172.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2020)05-0101-04

Accident Analysis of Basket Seawater Filter on an Offshore Platform

YANG Xue¹, WANG Ya-ying¹, ZHOU Shu-juan²

(1. BOMESC Offshore Engineering Company Limited, Tianjin 300451, China;

2. Offshore Oil Engineering Co. Ltd, Tianjin 300451, China)

ABSTRACT: The paper aims to study the reason of corrosion and plugging of basket filter on an offshore platform in the East China Sea. Principles, process flow, material selection, filter accuracy, filter design, manual operation, etc. of the casket filter for seawater system of an offshore platform were analyzed comprehensively. The internal pressure structure was better than the external pressure structure about filter element. The pressure difference would increase and the filter element would be plugged if the filtration precision was too high. The filter element of the basket filter should be internal pressure structure of multi-filter elements; the filtration precision of the basket filter should be confirmed by the downstream user.

KEY WORDS: basket filter; filter fineness; filter element; corrosion

篮式过滤器由于其具有结构简单、质量轻、成本低、占用空间小、易于拆装维护等特点, 广泛应用于海洋平台, 主要用于除去液体中少量固体颗粒, 可保护压缩机、泵、仪表和其他平台设备的正常工作。当流体进入有一定规格滤网的滤桶后, 其杂质被阻挡, 而清洁的滤液则由过滤器出口排出。当需要清洗时, 只要将可拆卸的篮式滤桶取出, 处理后重新装入即可, 使用维护极为方便。目前已广泛应用于石油、化工、医药、食品、环保等行业。海上平台常将其安装

在泵的入口或系统管线的其他部位, 既可以延长泵和其他设备的使用寿命, 又能保证整个系统的安全。

1 篮式滤器

1.1 结构介绍

篮式过滤器主要由进出口、通气孔、排放口、筒体、滤网、滤网支架、法兰盖及紧固件等组成。常规及多滤芯篮式滤器结构及滤芯开孔如图 1 所示。

收稿日期: 2019-11-18; 修订日期: 2019-12-19

Received: 2019-11-18; Revised: 2019-12-19

作者简介: 杨雪 (1983—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为过滤和分离。

Biography: YANG Xue (1983—), Female, Master, Engineer, Research focus: filtration and separation.

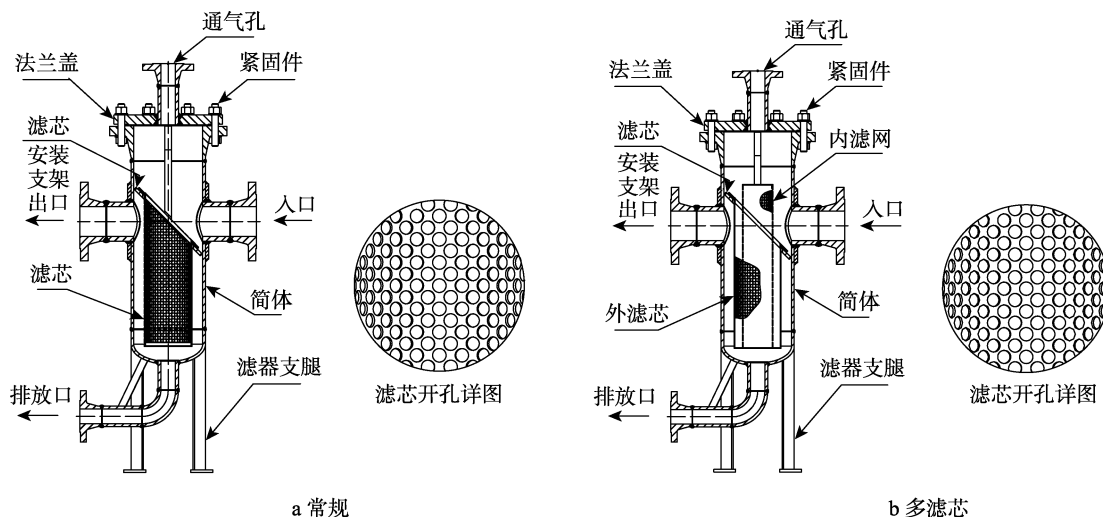


图1 常规及多滤芯篮式滤器结构及滤芯开孔

Fig.1 Structure of basket filter and opening details of (a) conventional and (b) multi-element filter

1.2 过滤流程

当液体通过滤器入口进入滤网后,固体杂质颗粒被阻挡在滤网内,而经过过滤后的洁净流体通过滤网,由过滤器出口送至下游用户。当在滤器进出口设置的压差表显示压力高于设定压力时,说明滤网内过滤杂质过多,此时要清洗过滤网。打开滤器底部排放球阀,排净滤器内流体,然后打开顶部法兰盖,清洗滤网后,重新装入即可。

1.3 过滤面积计算

依据过滤器选用、检验及验收规范(SH/T 3411—2017),规定的有效过滤面积定义为:过滤器内支撑结构开孔总面积减去开孔处滤网占据面积的净面积。因此计算有效过滤面积时应考虑支撑结构和滤网的有效面积,见式(1)。

$$S_2 = S_1 \times \Phi_1 \times \Phi_2 \times \kappa \quad (1)$$

式中: S_2 为有效过滤面积, m^2 ; S_1 为过滤网的表面积, m^2 ; Φ_1 为滤网支撑结构开孔率(由厂家根据滤网支撑结构确定),%; Φ_2 为滤网有效开孔率(%); κ 为流通比,有效过滤面积与进口管道截面积的比值。对于流通比 κ 值,在 JB/T 7538—2016 中有明确规定,可按照入口截面积 3~10 倍选择,一般在海洋平台上过流比选择 6 倍。

1.4 过滤精度选择

篮式过滤器的过滤精度决定了过滤器能够过滤固体颗粒的粒径大小,直接影响下游设备是否能够正常使用,对下游设备的使用寿命、维护周期、维护成本都会产生影响。如果过滤精度过低,将导致更多的杂质进入下游管道和设备,会带来冲蚀问题,也会增大堵塞的风险。在滤器过滤精度的选择上主要从下面几个方面考虑:过滤器前端和后端的设备类型,特别是要明确过滤器后端的设备对过滤后介质清洁程度

的要求;被过滤介质的类别、物理性质、化学性质,特别要明确介质的黏度和其中可能的杂物;过滤器使用的场所和环境、介质温度、工作压力等;过滤器的工艺连接标准和形式。

1.5 材质选择

篮式过滤器作为压力容器的一种,其选材有其特殊要求,材料的使用温度、使用条件和各项性能等均应满足规范或标准要求。一般压力容器材料的选择按照 GB 150 的材料篇进行选择,主要考虑以下因素:容器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等);元件的功能和制造工艺(结构形式等);设备或元件的失效模式;材料性能(力学性能、物理性能、工艺性能和化学性能);材料的使用业绩和经济合理性。

2 事故分析

2.1 运行工况

事故篮式过滤器的运行设计工况见表 1。

表 1 事故海水篮式过滤器运行条件						
Tab.1 Operating condition of accident basket seawater filter						
类别	介质	工作压 力/MPa	设计压 力/MPa	工作温 度/℃	设计温 度/℃	设计压 降/kPa
设计 参数	海水	0.7	1.25	22~31.4	50	50

2.2 事故案例介绍

在某一海上油田投产前进行设备联调过程中,该项目海水提升泵的前置海水过滤器在调试过程中,不久就发生了滤芯堵塞、变形、腐蚀严重现象,见图 2、图 3。可以发现,过滤器已经发生了严重变形,其滤芯结构为双层滤芯,已经堵塞严重,被固体杂质覆盖,

且已经被腐蚀、破坏。



图 2 滤芯变形、腐蚀图片
Fig.2 Deformation and orrosion of filter element



图 3 堵塞的篮式过滤器滤芯
Fig.3 Blocked basket filter element

2.3 事故发生原因分析

2.3.1 发生滤芯变形原因

由滤网发生变形的过程可知，在海水进入滤网后，连带着固体颗粒以及浮游生物、微生物一起进入滤网。由于过滤精度过高，导致过多固体颗粒被滤网拦截、聚集，从而造成堵塞。由于滤芯堵塞，使滤芯进出口两端压差逐渐增大，当压差值达到一定程度时，滤网被挤压而最终导致变形，现场测得

滤芯的变形量最大达 300 mm。发生堵塞的原因有以下三点。

1) 滤器滤芯设计压差值最大为 50 kPa，但并没有设计报警功能，只能在巡检时发现，如不能及时发现，会致使压差超过设定值，从而滤网受到的压力变得越来越大，导致超过滤网骨架能承受的最大强度，最终变形。这是设计缺陷和未及时发现压差过高，并进行停机操作而造成的。

2) 由于该滤芯厂家采用多层滤芯，内层滤芯承受外压，而滤芯骨架并没有足够强度，从而导致滤芯变形。

3) 过滤器设计时考虑下游用户为海洋平台用中央空调及自制淡水机，过滤精度取值偏低（180 μm），未对现场海水内浮游生物进行分析考量。事故后对现场堵塞浮游生物进行测量，发现大多浮游生物尺寸在 400 μm 以下。

2.3.2 滤芯设计缺陷

该海水滤器设计时考虑处理量比较大，如果采用单滤芯设计，滤芯质量比较大，不利于滤芯清洗，所以采用了多滤芯设计方案。厂家提供的多滤芯方案只是单纯地为了减少设备质量和节约成本，采用了内外滤芯方案，内滤芯承受外压，外滤芯承受内压。对于同样条件下的材料，在结构的稳定性方面，滤芯受内压要强于受外压，这也是产生变形的一个主要原因。

2.3.3 滤器发生腐蚀原因

该项目篮式滤器筒体材质为碳钢，内衬环氧树脂涂层，同时筒体内部设置了牺牲阳极，而滤芯采用 316L。在选材上并没有问题，可参考国内以往项目海水用篮式滤器选材，见表 2。

从表 2 中可以看出，国内多个项目海水滤器的选材同本项目一致，但并没有收到平台操作方反馈滤器发生海水腐蚀现象。从腐蚀机理来说，如果碳钢内衬的氯丁橡胶没有发生损坏，海水并不会对滤器筒体产生腐蚀，同时本项目滤器内部还设置了牺牲阳极，保证即使内衬涂层发生破坏后，可以持续保护筒体短时间内不被破坏。针对上述对滤器本体和滤芯发生的腐蚀进行综合分析，确认发生腐蚀的主要原因为：滤芯发生堵塞，压差超设计值 50 kPa 后，未及时检修，导致滤芯发生变形破坏了涂层，从而海水和碳钢直接接触，发生了腐蚀；滤芯清洗操作过程中，抽芯时破坏了筒体涂层，导致海水直接接触筒体，发生了腐蚀；厂家涂层质量不满足涂装要求。

表 2 国内几个项目中海水滤器材料选择
Tab.2 Materials selection of seawater filter in some projects of China

	本项目	恩平 I 期项目	KL3-2 项目	JZ25-1S 项目	JZ9-3 项目	SZ36-1 II 期项目
材料	碳钢+内衬氯	碳钢+内衬氯	碳钢+内衬氯	碳钢+内衬	碳钢+内衬橡胶	碳钢+内衬橡胶
选材	丁橡胶+阳极	丁橡胶+阳极	丁橡胶+阳极	环氧树脂		

3 解决措施

在对海水滤器滤芯堵塞、变形和腐蚀的原因进行分析后,为了保证项目的顺利投产进行,在该项目海水滤器选型进行针对性的替代方案。主要改进如下:要求厂家采用多滤芯设计,同时保证滤芯为内压结构,提供强度计算书;在保证下游用户中央空调和重自制淡水机正常需求的前提下,降低滤芯过滤精度,过滤精度从180 μm 降至40目;筒体材质由碳钢更换为双相不锈钢。根据上述更换设备后,设备运行3年来,未再发生上述质量事故。

4 结论

通过对篮式滤器的原理介绍,以及对某海上项目海水滤器,堵塞、腐蚀和设计的案例进行了分析,得出以下结论。

1) 滤器精度要依据下游用户、过流介质特性进行选择,不能仅依据理论或经验设计。

2) 篮式滤器滤芯设计要采用内压设计,因为对于同样条件下的材料,内压设计结构强度优于外压设计。

3) 篮式滤器压差要提供报警设计,便于及时把控滤芯堵塞情况。

4) 材料选择要兼顾过流流体的腐蚀性,同时要考虑经济性和便于维护。

5) 从维护和滤芯更换角度考虑,当滤芯质量超过25 kg时,建议采用多滤芯结构。

参考文献:

- [1] 林玉珍,杨德钧. 腐蚀和腐蚀控制原理[M]. 北京: 中国石化出版社, 2007.
LIN Yu-zhen, YANG De-jun. Corrosion and Corrosion Control Principle[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2007.
- [2] SH/T 3411—2017, 过滤器选用、检验及验收规范[S].
SH/T 3411—2017, Specification for Selection, Inspection and Acceptance of Strainer for Pump in Petrochemical Industry[S].
- [3] JB/T 7538—2016, 管道用篮式过滤器[S].
JB/T 7538—2016, Basket Type Strainer for Piping[S].
- [4] 张盾,王毅,王鹏,等. 海水环境生物腐蚀污损与防护[J]. 装备环境工程, 2016, 13(4): 22-27.
ZHANG Dun, WANG Yi, WANG Peng, et al. Biocorrosion and Biofouling in Seawater and Their Protection[J]. Equipment Environmental Engineering, 2016, 13(4): 22-27.
- [5] 张明兴. 海水系统管道过滤器腐蚀失效原因及对策研究[J]. 新技术新工艺, 2007(7): 115-117.
ZHANG Ming-xing. Cause Analysis for Erosion Sea Water System Strainer[J]. New Technology & New Process, 2007(7): 115-117.
- [6] 周永峰,王洪仁. 船舶海水管系的环境腐蚀研究进展[J]. 材料开发与应用, 2008, 23(3): 16-23.
ZHOU Yong-feng, WANG Hong-ren. Review of Research on the Environmental Corrosion of Ship Seawater Systems[J]. Development and Application of Materials, 2008, 23(3): 16-23.
- [7] 王虹斌,方志刚. 舰船海水管系异金属电偶腐蚀的控制[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007, 19(2): 145-147.
WANG Hong-bin, FANG Zhi-gang. Control of Galvanic Corrosion of Dissimilar Metals of Seawater Pipelines in Naval Vessels[J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2007, 19(2): 145-147.
- [8] 杜小青. 典型船用材料在海水中的电偶腐蚀行为研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
DU Xiao-qing. Study on Galvanic Corrosion Behaviour between Typical Marine Materials in Seawater[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.
- [9] 薛俊峰,薛富津. 海洋装配焊缝防护新材料的研究[J]. 腐蚀与防护, 2015, 36(S2): 190-193.
XUE Jun-feng, XUE Fun-jin. Research and application of New Weld Protection Materials in Marine Equipment[J]. Corrosion & Protection, 2015, 36(S2): 190-193.
- [10] 张广智,左昭武. 海水过滤器长效保护新技术[J]. 中国修船, 2006, 19(5): 32-33.
ZHANG Guang-zhi, ZUO Zhao-wu. New technology for lasting-effective protection of sea-water filter[J]. China Shiprepair, 2006, 19(5): 32-33.
- [11] 郭明乐,王兆宝,段金刚. 海水粗过滤器优化改造[J]. 设备管理与维修, 2016(4): 70-72.
GUO Ming-le, WANG Zhao-bao, DUAN Jin-gang. Optimization of Seawater Coarse Filter[J]. Plant Maintenance Engineering, 2016(4): 70-72.