

一种煤矿用反冲洗过滤器的常见问题分析

马洪琛*, 李 强, 于 淼

北京天玛智控科技股份有限公司, 北京

收稿日期: 2025年2月27日; 录用日期: 2025年4月30日; 发布日期: 2025年5月14日

摘 要

本文主要观察对象为煤矿反馈的6个反冲洗阀芯组件, 分别从过液阀套、阀座、进液阀芯、排污阀芯等存在动密封的结构件的密封面进行重点分析, 通过分析发现过液阀套密封面和阀座密封面出现的较明显的塑性变形是造成反冲洗阀串液的主要原因, 这些缺陷会直接导致反冲洗阀串液; 另外由于动密封主要是针对高压液, 密封过程中会使得动密封面周围出现较大的速度波动和压力波动, 密封面容易在气蚀和压力冲击下出现凹坑等缺陷, 这些小的缺陷也会加剧反冲洗阀的串液; 同时由于高压乳化液洁净度差, 大量的铁屑等附着在密封面上, 影响密封面, 同时压伤密封面。

关键词

动密封, 串液, 过液阀套, 阀座, 进液阀芯, 排污阀芯

Analysis of Common Problems of a Backwashing Filter Used in Coal Mine

Hongchen Ma*, Qiang Li, Miao Yu

Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., Ltd., Beijing

Received: Feb. 27th, 2025; accepted: Apr. 30th, 2025; published: May 14th, 2025

Abstract

The primary subjects of this study are six backflush valve core assemblies reported by a coal mine. The focus is on the sealing surfaces of the structural components with dynamic seals, such as the liquid passage valve sleeve, valve seat, inlet valve core, and sludge discharge valve core. The analysis reveals that the relatively significant plastic deformation on the sealing surfaces of the liquid passage valve sleeve and valve seat is the main cause of liquid cross-contamination in the backflush valve. These defects directly lead to cross-contamination. Additionally, since the dynamic seals are

*通讯作者。

mainly for high-pressure liquid, the sealing process can cause significant velocity and pressure fluctuations around the sealing surfaces. The sealing surfaces are prone to pitting and other defects due to cavitation and pressure impact, which can further exacerbate the cross-contamination in the backflush valve. Moreover, the high-pressure emulsion has poor cleanliness, with a large amount of iron filings and other debris adhering to the sealing surfaces, affecting the sealing performance and causing damage to the sealing surfaces.

Keywords

Dynamic Seals, Cross-Contamination, Liquid Passage Valve Sleeve, Valve Seat, Inlet Valve Core, Sludge Discharge Valve Core

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

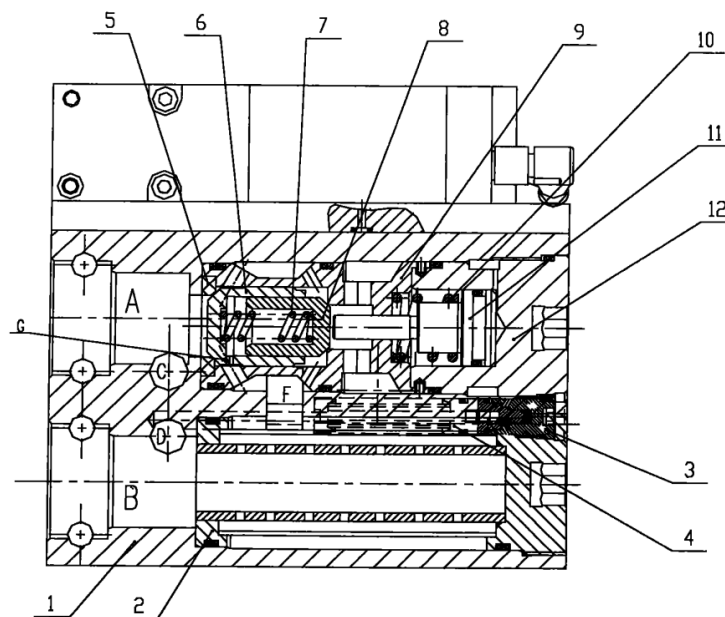
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

反冲洗过滤器主要应用在煤矿乳化液泵站的出口端，主要作用是净化泵站输出的高压乳化液，确保泵站输出给各液压元器件的高压乳化液具有较高的清洁度，从而保障液压元器件的正常工作。乳化液的清洁度很难得到保障，但如果乳化液清洁度不够就会对液压缸、液压马达等液压元器件造成损伤，不利于设备的长期稳定运转。在高压乳化液泵出口加反冲洗过滤器后会对高压乳化液起到很好的净化效果，实现对其他液压元器件的保护[1]-[5]。由于夹杂物都聚积在反冲洗过滤器，也必然对反冲洗过滤器造成剧烈损伤。



1-阀体, 2-滤芯组件, 3-单向阀, 4-先导滤芯, 5-进液阀座, 6-进液阀芯, 7-小弹簧, 8-排污阀芯, 9-过液套, 10-大弹簧, 11-顶杆, 12-螺套。

Figure 1. Structure schematic diagram of backwash filter

图 1. 反冲洗过滤器的结构原理图

反冲洗过滤器的阀体上开有 3 个接口,分别为进液口、出液口、排污口。阀体内设有多个阀芯组件、多个滤芯组件,阀芯组件与滤芯组件之间设有连通通道,具体结构如图 1 所示。本次针对矿区反馈的 6 个反冲洗过滤器进行分析,主要问题在阀芯组件,所以本文将重点对阀芯组件进行观察分析,查证影响反冲洗过滤器正常工作的零部件及其结构,为提升反冲洗阀工作性能找准问题突破点[2] [3] [5]-[8]。

2. 主要结构件分析

2.1. 过液阀套

由图 1 可知,过液套与排污阀芯之间通过锥面配合的方式进行动密封,过液套和排污阀芯密封锥面的完好性将直接影响反冲洗阀的密封性能。对取样的 6 个阀芯组件对应的过液套密封面用放大镜进行观测,发现其中 5 个过液套密封锥面上存在明显压痕,且压痕轴向遍布于整个密封面,如下图 2 所示。由图 2(a)、图 2(b)、图 2(d)、图 2(e)、图 2(f)可知 1 号、2 号、4 号、5 号、6 号等共 5 个过液套在密封锥面上出现了明显的压痕,压痕遍布整个密封面,会直接造成过液套与排污阀芯之间的密封失效,造成串液;从图 2(c)可知 3 号过液套密封面完好,不会对反冲洗过滤器的该密封位置造成影响。

过液套密封面出现明显压痕的主要原因是高压乳化液的清洁度不高,在过液套与排污阀芯构成的动密封反复开合的过程中有硬质颗粒如铁屑、煤渣、碎石等硬质夹杂物停留在密封面处,由于过液套材质相对较软,密封面在闭合时很容易会被铁屑等夹杂物压出压痕,如果压痕尺寸偏大就会造成该处密封失效,如图 2 中几处压痕都是由此类夹杂物压伤,此类夹杂物肉眼可见,尺寸大于密封面轴向尺寸,由于采用的是线密封形式,所以必然在线密封的某个区间段出现缝隙,造成泄露。

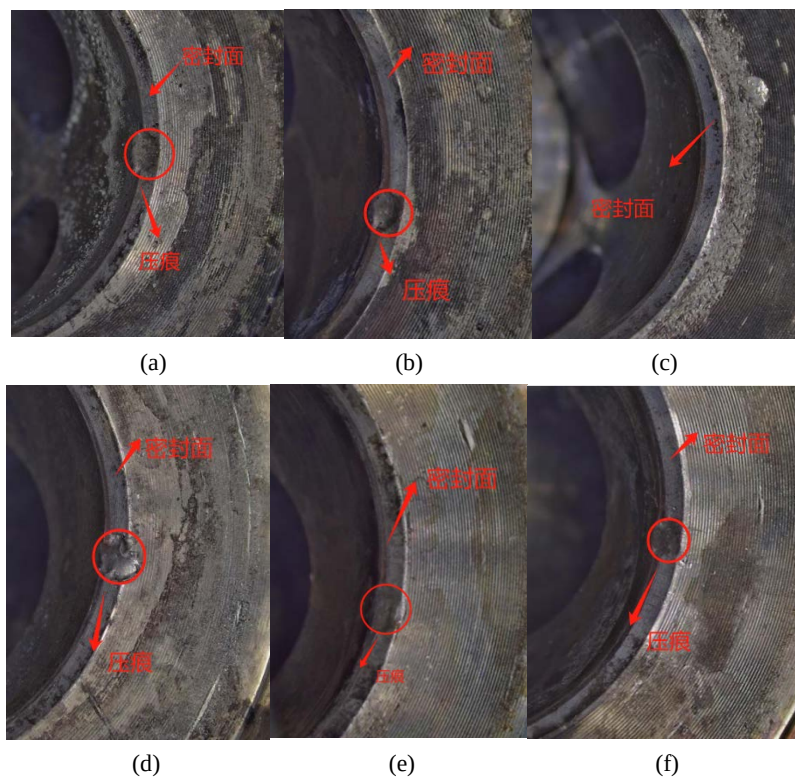


Figure 2. Enlarged picture of the sealing surface of the liquid jacket (a) pressure mark of No.1; (b) pressure mark of No.2; (c) pressure mark of No.3; (d) pressure mark of No.4; (e) pressure mark of No.5; (f) pressure mark of No.6

图 2. 过液套密封面放大图(a) 1 号过液套密封面压痕; (b) 2 号过液套密封面压痕; (c) 3 号过液套密封面无压痕; (d) 4 号过液套密封面压痕; (e) 5 号过液套密封面压痕; (f) 6 号过液套密封面压痕

2.2. 阀座

由于煤矿回寄的 6 个问题阀芯组件中有 2 个进液阀座缺失, 故仅对 4 个现存的进液阀座的密封面进行放大分析。用放大镜对进液阀座密封面进行观察, 图 3 为 4 个阀座清洗前用放大镜放大后的观测结果。观察发现进液阀座上附着有大量的杂物, 这主要与高压乳化液泵站输出的高压液体清洁度差有关, 这些硬质夹杂物在阀座密封面开合过程中因受挤压而导致密封面出现压伤, 有的夹杂物甚至嵌入阀座密封面, 而阀座密封面的密封形式为线密封, 阀座密封面出现压伤后导致密封面闭合时密封圆处出现缝隙, 造成泄露, 导致密封失效。



Figure 3. Enlarged picture of sealing surface of valve seat (a) sealing surface of No.1; (b) sealing surface of No.3; (c) sealing surface of No.4; (d) sealing surface of No.5

图 3. 阀座密封面放大图(a) 1 号阀座密封面; (b) 3 号阀座密封面; (c) 4 号阀座密封面; (d) 5 号阀座密封面

由于阀座上附着有大量的杂物, 会影响观测效果, 很难辨识出阀座密封面上存在的其他缺陷, 因此有必要对阀座进行清洗处理, 然后再观察阀座密封面。用清水清洗阀座后的放大图如图 4 所示, 观察发现阀座密封面上存在较多尺寸相对较大的凹坑, 密封面粗糙度很差, 这些缺陷会破坏阀座与进液阀芯之间的密封, 造成串液, 且其影响要比密封面上存在的附着物影响更大。在密封面上产生各种凹坑的主要原因有两点: 一是高压乳化液中的夹杂物在阀座密封面工作时嵌入到阀座密封面造成阀座压伤; 二是阀

座密封面在工作与不工作之间变换时会对高压液体的流速产生影响，高压液体在流速发生突变时由于能量守恒而造成动能与压力能之间的相互转化，因此密封面周围会在密封的启闭阶段会由于压力的降低造成气穴和气蚀，造成伴随着压力冲击对阀座密封面的损伤。阀座后密封面也是线密封的形式，当在密封圆处出现压痕或嵌入物时就会造成线密封失效，引发泄露。

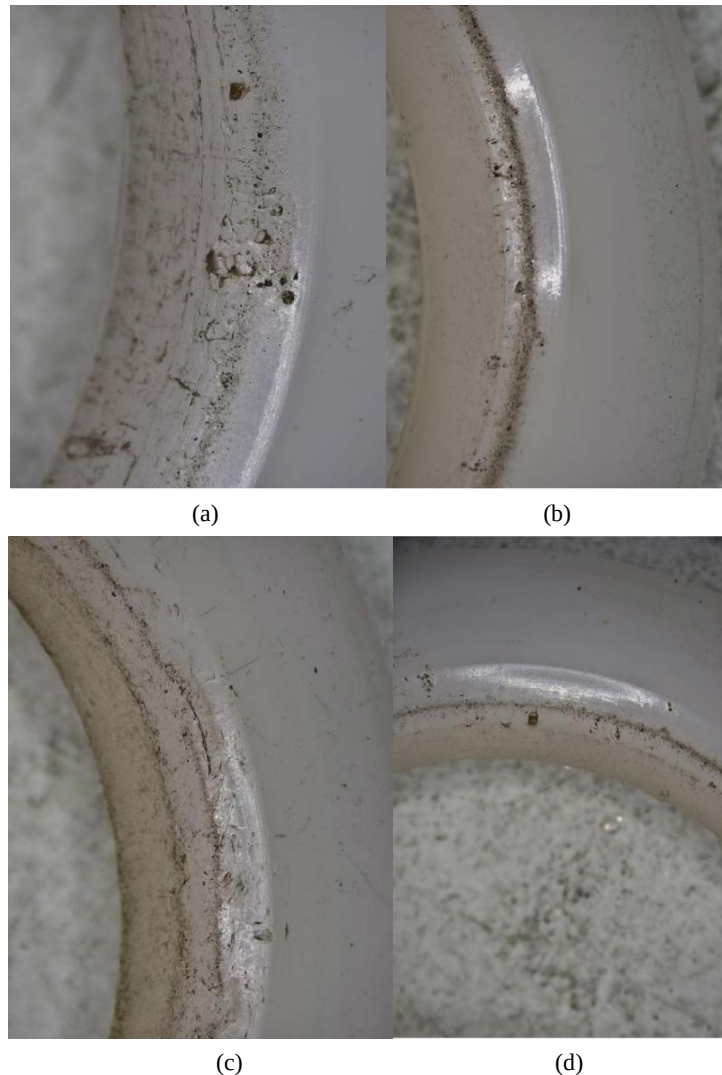


Figure 4. Enlarged picture of sealing surface of valve seat after cleaning (a) sealing surface of No.1; (b) sealing surface of No.3; (c) sealing surface of No.4; (d) sealing surface of No.5

图 4. 阀座密封面清洗后放大图(a) 1 号阀座清洗后密封面；(b) 3 号阀座清洗后密封面；(c) 4 号阀座清洗后密封面；(d) 5 号阀座清洗后密封面

2.3. 进液阀芯

用放大镜对进液阀芯密封面进行观察，其中 1 号进液阀芯密封面如图 5(a)所示，由于密封面上有大量附着物，观察发现密封面光洁度较差，不能明确区分是附着物还是凹坑等缺陷，但较差的光洁度会影响进液阀芯与阀座之间的密封；在对进液阀芯密封面原始状态进行放大观察后用清水把进液阀芯清洗干净，然后再次对密封面用放大镜观察，从而甄别出进液阀芯密封面上的划痕和凹坑等缺陷，放大图如下图 5(b)所示，这些划痕或凹坑会时刻影响进液阀芯与阀座之间的密封。附着物主要来源于乳化液中的夹

杂物，而划痕或压伤主要是由于动密封动作时夹杂物的划伤和气蚀现象，由于进液阀芯材质硬度相对较大，密封面破损相对较小，对密封的影响也相对较小。

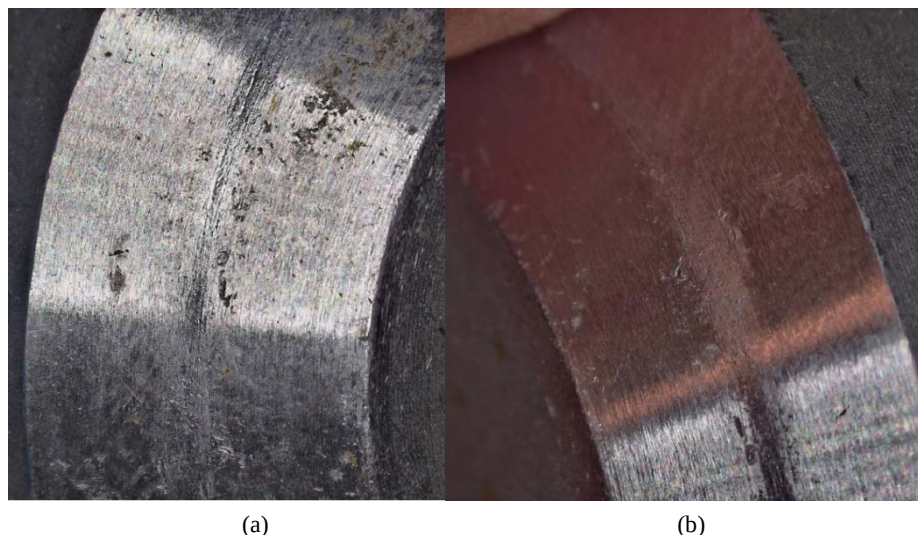


Figure 5. Photos of the guide wheel (a) sealing surface of No.1 before washing; (b) sealing surface of No.3 after washing
图 5. 1 号进液阀芯密封面放大图(a) 1 号进液阀芯密封面清洗前放大图; (b) 1 号进液阀芯密封面清洗后放大图

2.4. 排污阀芯

排污阀芯与进液套的两个对应的密封面实现一个动密封，用放大镜对排污阀芯密封面进行观察，如下图 6(a)所示，观察发现密封面光洁度差，有大量附着物或凹坑等缺陷存在，影响排污阀芯与进液套之间的密封；为进一步辨识附着物和凹坑缺陷，用清水将排污阀进行清洗，清洗擦干后由放大镜再次对密封面进行观测，观察发现密封面上存在点状凹坑，如下图 6(b)所示，凹坑的存在会影响排污阀芯与进液套之间的密封。这些点状凹痕如果出现在线密封位置，会影响到线密封，但排污阀芯采用不锈钢材质，气蚀速度较慢，排污阀芯对线密封的影响要低于阀座。

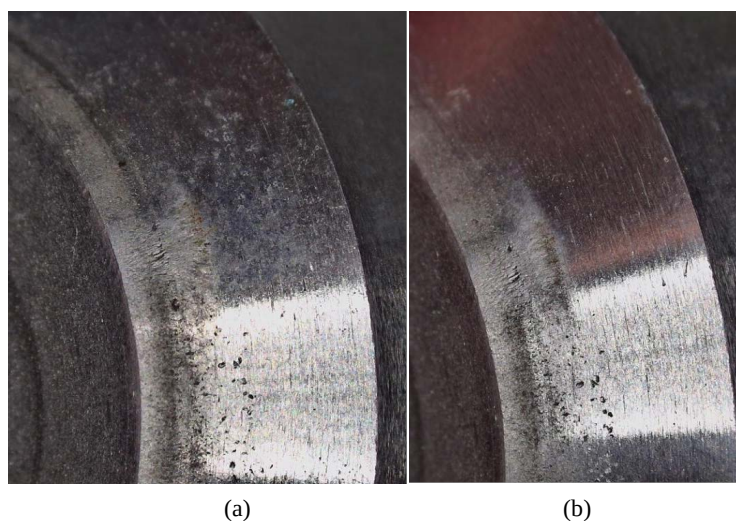


Figure 6. Enlarged picture of blowdown spool sealing surface before and after cleaning (a) sealing surface of No.1 before washing; (b) sealing surface of No.3 after washing

图 6. 排污阀芯密封面清洗前后放大图(a) 排污阀芯密封面清洗前放大图; (b) 排污阀新清洗后密封面放大图

3. 结语

1) 本次测试的阀芯组件共计 6 个, 其中 5 个过液套密封面出现大面积压痕, 压痕直径大于密封面轴向宽度, 这是造成 5 个阀芯组件串液的主要原因。

2) 本次共测试的 6 个阀芯组件中共测定了 4 个阀座密封面, 这 4 个阀座的密封面都出现面积较大的凹坑, 这也是造成串液的另一个主要原因。

3) 进液阀芯和排污阀芯这两个件密封面上存在小的凹坑, 虽然不是造成串液的主要因素, 但对密封产生不利影响。

4) 阀芯组件内部都含有大量附着物, 附着物的存在会影响密封。

参考文献

- [1] 付存银, 宋雷雷, 郑丽伟, 李建光, 贾春强. 新型煤矿用在线自动反冲洗过滤器研究[J]. 液压与气动, 2011(12): 100-101.
- [2] 王锦, 王晓昌, 石磊. 在线周期反冲洗超滤膜污染过程研究[J]. 北京交通大学学报, 2005, 29(1): 56-59.
- [3] 马琳, 秦国彤. 膜污染的机理和数学模型研究进展[J]. 水处理技术, 2007, 33(6): 1-4, 17.
- [4] 李会, 魏杰, 丁忠伟, 刘丽英. 膜蒸馏浓缩中药提取液过程膜污染的气体反冲洗抑制[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2011, 38(5): 15-18.
- [5] 陈凤官, 钱俊峰, 明友, 郝伟沙, 高红彪. 100G68X-2 气动隔膜三通式反冲洗阀的应用[J]. 设备管理与维修, 2016(6): 74-75.
- [6] 姚金声, 任珺, 段超. 自动反冲洗高压过滤站的常见故障与处理[J]. 机械工程师, 2009(10): 58.
- [7] 刘文峰, 杨凤林, 柳丽芬, 叶茂盛, 付志敏, 肖振华, 孟军. 一种确定超滤在线反冲洗周期的新方法[J]. 膜科学与技术, 2009, 29(1): 13-18, 35.
- [8] 苏伟, 王晓静. 旋管动态过滤的实验研究[J]. 化工机械, 2001, 28(6): 311-314, 342.