

# 动力水及过热水对硫化机工艺的影响分析及处理

杨洪良

(通力轮胎有限公司, 山东 兖州 272100)

**摘要:**过热水及动力水是蒸锅硫化工艺中的重要组成成分,是必不可少的一部分。二者的安全稳定使用是硫化生产的重要保证。由于硫化机装备的自身结构配置特点,会造成二者的互串,给整个硫化生产带来非常大的麻烦,如活塞结垢、胶囊腐蚀等不良状况。针对这种状况,特对此进行了相关调查研究、分析,制定了合理的处理措施及建议

**关键词:**动力水;胶囊;过热水;活塞;结垢;互串

**中图分类号:** TQ330.67

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2024)09-0056-05

**DOI:**10.13520/j.cnki.rpte.2024.09.013

## 0 背景概述

在轮胎制造行业中,蒸锅硫化工艺在轮胎硫化工艺中是最为传统的一种,其工艺为蒸汽加热、过热水保压,通过胶囊来完成定型、硫化。蒸汽、过热水由公用工程供热系统提供,动力水由动力系统提供。

轮胎硫化机中心机构也叫胶囊操纵机构,是定型硫化机的重要组成部分。它的作用是硫化前把胶囊装入胎坯,硫化后将胶囊从轮胎中拔出,即在脱模机构的配合下,使轮胎脱离下模并与胎圈剥离<sup>[1]</sup>。中心机构以动力水驱动水缸做为主传动结构的液压式定型硫化机,其为硫化机的核心部件,作用至关重要。但在生产过程中,会出现硫化机中心机构上活塞出现结垢的状况,从而影响胶囊的正常工作。

针对上活塞结垢的问题,现场人员通过全面系统的分析,收集全方位的资料信息作为支持判断佐证。查找问题的真因,制定相应的处理方案及规定。

## 1 状况分析

(1)按照常规思维,从图1看,首先想到的该白色物质为碳酸钙水垢。为了验证这个想法,首先进行了取样化验。通过化验得知,该白色物质确定为以碳酸钙为主要成份的水垢。化验结果见图2。

(2)碳酸钙水垢的来源分析。

形成碳酸钙结垢介质来源有二处,一是胶囊里面



图1 上活塞结垢图

的高温过热水,二是用于机械水缸动作的动力水。过热水来自公用工程的除氧器,是RO水在除氧器里面通过饱和蒸汽的混合加热而成。RO水采用反渗透(Reverse Osmosis)技术制备,通过半透膜过滤,去除水中溶解的固体、离子、大部分溶解的气体等物质,

**作者简介:**杨洪良(1975-),男,高级工程师,高级技师,在国家级、省级、中国科技核心期刊等科技刊物上发表科技论文10余篇,已获得国家授权发明专利证书20余项,主要研究方向为设备管理、装备技改、项目建设与改造。

**收稿日期:**2023-12-25

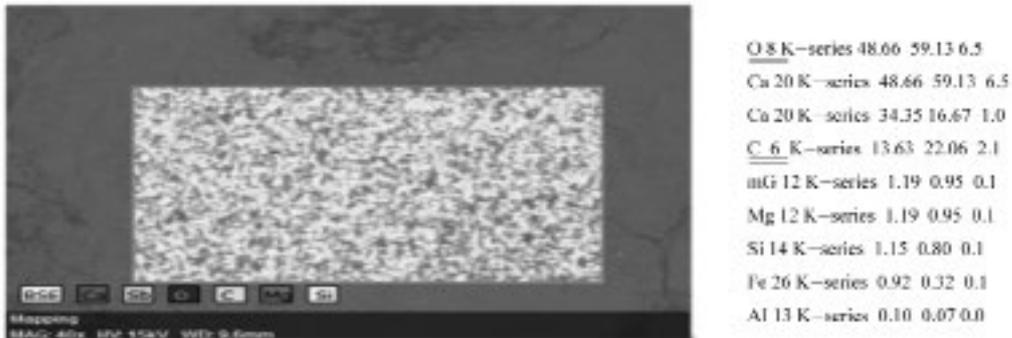


图2 白色残留物质化验结果

得到相对纯净的水。饱和蒸汽是利用来自电厂的过热水蒸汽通过减温器 RO 水减温混合而得。

通过查看电厂过热水蒸汽的品质化验记录，见表 1，得知过热水蒸汽合格，没有问题。为了进一步验证过热水蒸汽的品质状况，现场工作人员对进入系统的分支管路拆开检查，发现管道里面没有结垢现象，清洁无杂物。

表 1 过热水蒸汽凝结水化验记录表

YD/(mol·L <sup>-1</sup> )	PH	DD/(μs·cm <sup>-1</sup> )	SiO <sub>2</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )
0	8.2	6.7	10
0	8.2	5.6	10
0	8.1	4.7	10
0	7.9	4.4	10
0	8	6.1	10

注：YD 为硬度，DD 为电导率

查看 RO 水品质化验记录，得知 RO 水品质合格，且对其进行了烧干蒸发实验，未发现任何的残留物质。

利用排除法，排除了过热水的可能，剩下的就是对动力水的验证。从过热水硫化工艺看，工艺流程：饱和蒸汽进 → 过热水进 → 过热水循环（要求恒温恒压 170 °C，2.6 MPa）→ 500 kPa 条件下排出过热水 → 0 Pa 条件下排出过热水和饱和蒸汽的混合物 → 抽真空<sup>[2]</sup>。开始饱和蒸汽进入胶囊的压力为 0.8 MPa，温度为 170 °C，远低于 2.4 MPa 压力的动力水压力。此时动力水在水缸升高拉开胶囊的过程中，由于水缸上活塞的密封圈老化及磨损密封性能下降而造成泄漏，泄漏的动力水在 170 °C 的高温饱和蒸汽的加热下，现场结垢现象。当过热水进入胶囊时，由于过热水压力 2.6 MPa 高于 2.4 MPa 的动力水压力，抑制了动力水的泄漏，从而也停止了结垢现象。从这一点上也验证了上活塞上面的水垢有的严重，有的不严重，轻重不一，甚至有的基本没有水垢（说明该密封完后，没有动力水泄漏）。

## 2 动力水能够造成结垢的原因分析

动力水系统补水水质为软化水，水质与过热水水质相比品质较差，工艺要求也低。动力水为闭式循环，在系统中长期循环使用，随着运行时间的加长水质硬度持续增加，最终导致不符合标准的软化水产生。

一般情况，Ca<sup>2+</sup> 是结垢的主要因素，动力水在循环在运行过程中不可避免会出现蒸发浓缩现象，尤其在多年运行下造成高浓缩倍数的情况下，钙镁离子含量增加，增加了积垢的概率。

当中心机构密封件老化及磨损而造成动力水泄漏后，泄漏出来的动力水遇到高温（170 °C 左右）的蒸汽和过热水导致迅速蒸发，造成结垢现象，漏水严重程度决定水垢的结垢程度，即漏水越严重结垢越严重。

为了验证以上推论及动力循环水的硬度，首先进行了化验。为了验证化验结果的准确性，工作人员于验证日的上午共进行了三次取样化验，且采取不同人取样及化验的互检方式。化验结果见表 2。由此可以判定该动力水品质严重超标，此时动力水水质已经不符合软化水标准，在一定的温度下存在结垢的隐患级可能性。

另外，现场工作人员为了进一步验证动力水的结构情况，利用更为直观的加热蒸发蒸干的检验方式。

从现场在动力循环水罐取了 500 mL 水样，放置一个不锈钢容器里面在电磁炉上加热蒸发，待水全部蒸发后，发现在容器的底部残留了一层白色物质，见图 3，该物质经化验主要成分为碳酸钙。

## 3 处理措施及避免以后再结垢的处理措施

(1) 加大循环系统中动力水的置换，随时化验及跟踪化验结果。化验结果见表 3。

表 2 硫化工艺动力水置换前化验结果

日期	取样时间	水泵房软水		动力站软水(动力水)	
		总硬度(控制指标 $\leq 0.03$ mol/L)			
2023年11月23日	8:00	0	0	160	160
2023年11月23日	10:00	0	0	161	161
2023年11月23日	12:00	0	0	160	160



图 3 动力循环水蒸发后的残留物质

为了取得更好的效果及验证,跟踪进行动力水的置换,最终结果见表 4。

(2) 制定相应的管理办法及标准化作业,明确责任及岗位,配套相应的考核机制、表格及管理人员。

(3) 选取几个硫化机台作为样机,跟踪观察处理措施的有效性及其变化情况。

(4) 定期对水缸密封装置的更换,防止泄漏及互串。

#### 4 措施验证情况

(1) 现场验证。现场工作人员在具有代表性的硫化机中选取其中一个机台进行实况跟踪。

表 3 硫化工艺动力水置换中化验结果

日期	取样时间	水泵房软水		动力站软水(动力水)	
		总硬度(控制指标 $\leq 0.03$ mol/L)			
2023年11月24日	8:00	0	0	160	160
2023年11月25日	8:00	0	0	120	120
2023年11月26日	8:00	0	0	80	80
2023年11月27日	8:00	0	0	40	40
2023年11月28日	8:00	0	0	20	20

表 4 硫化工艺动力水置换后化验结果

日期	取样时间	水泵房软水		动力站软水(动力水)	
		总硬度(控制指标 $\leq 0.03$ mol/L)			
2023年11月29日	8:00	0	0	0	0
2023年11月29日	14:00	0	0	0	0
2023年11月29日	20:00	0	0	0	0

该机台取代号为 J8。该 J8 机台中心机构活塞自 2023 年 11 月 25 日清理完成后,持续运行至 12 月 3 日 11 时拆机检查,中心机构上下活塞暂未发现明显结垢增多的情况,见图 4。



图 4 J8 机台中心机构结垢情况对比图

(2) 动力水水质化验情况。2023 年 11 月 25 日开始对动力循环水进行置换,并跟踪进行化验,动力循环水的硬度明显下降,6 天内下降了 78 mg/L。化验结果见图 5。

(3) 动力水蒸发蒸干检验。于 2023 年 12 月 5 日取动力循环水做蒸发检验,检验结果为没有发现任何残留物质,见图 6(图左为动力水未置换前,图右为动力水置换后)。说明目前动力循环水水质已好转。

#### 5 后续措施

(1) 按照软化水标准制定动力循环水硬度指标,根据检测结果进行定期定量排污、置换,确保水质硬度在标准范围内。

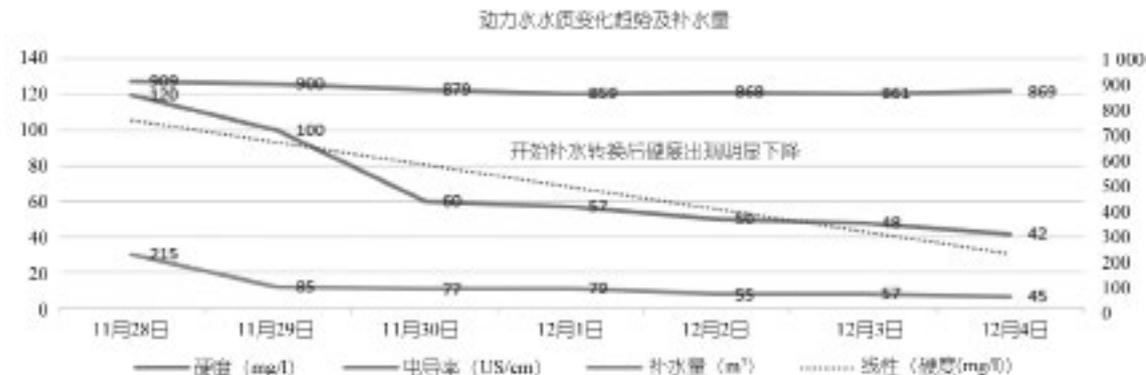


图5 动力循环水进行置换后的水质变化趋势图

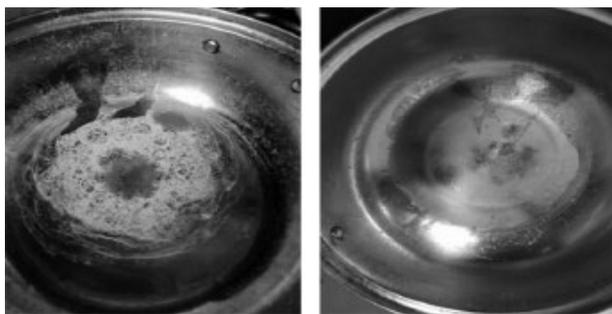


图6 动力循环水蒸发检验

(2) 定期取动力循环水做蒸发检验，现地现物验证水质情况。

(3) 制定中心机构密封检查方法和判断标准，利用更换胶囊时在抽空真打断状态下通过升降上环的方式，排查中心机构是否有漏水情况，发现漏水对中心机构密封件及时进行排查更换。

## 6 中心机构泄漏的危害及处理措施

通过活塞结垢的问题进一步扩充探讨相关问题，深究泄漏带来的其他负面影响，以便于彻底的消除问题根源。从硫化机中心机构的结构分析，水缸升降活塞密封装置的失效及泄漏，内压过热水可通过以该处的泄漏，串入动力水系统中去，这样不但会造成过热水的损耗浪费并且把动力水温度升高，从而会使中心机构、机械手、水缸等动力执行机构的密封装置及部件因受过热水的高温而早期失效，带来一系列的麻烦及恶性循环。

另外，过热水是经过除氧的水，动力水是不除氧的，在轮胎硫化完毕后在开模抽真空抽胶囊期间，未经除氧的动力水，会由以上所讲的中心机构升降活塞密封处进入胶囊内腔中，此时，动力水中的溶解氧在

高温、高压下会游离出来，依附在胶囊的内壁上，造成点状腐蚀，形成胶囊的局部氧化脱落，继而早期损坏。有资料显示，因为上面所说的动力水串入。据相关记录和统计，因动力水串入造成的胶囊氧化损坏的占全部氧化损坏的65%，原本一个9.00~20.00的B型胶囊的正常使用寿命一般在200~250次，但由于早期氧化只能使用100~120次，有的甚至只有几十次，造成的成本浪费较大，给企业带来了不小的损失<sup>[3]</sup>。

另外资料也有数据显示，胶囊内壁在高温下会发生氧化形成一层糊状物，使胶囊壁厚减薄，使用寿命缩短。某双模硫化分厂坏胶囊42%内壁是稀糊状，25%软洞<sup>[4]</sup>。

由此，可见泄漏问题的危害是非常大的。为了避免问题的反生及万一发生后的安全处理，应该从以下几个方面进行处理及采取措施。

(1) 加强点检，以人为本。制定严格的点检制度，对点检不到位、处理措施采取不当或者处理没有效果的违反者，进行严厉的考核。

(2) 密封件的选用。针对本硫化机的实际运行工况及环境要求，要选用合适优良的密封件，不但要求制作加工精度及高质量的检测，更重要的是要选对合适的制作材料。要选用既耐高温又耐磨损的优质橡胶材料，如氢化丁腈橡胶(HNBR)、氟橡胶等。

(3) 提高过热水的品质。前面重点对动力水的水质问题做了论述，特别是产生结垢的相关分析及措施。从硫化胶囊的使用寿命上来讲过热水的品质要求更要严格要求，尤其是对过热水的含氧量、硬度、电导率等的标准规定，需要每班定时取样化验，严禁不合格的过热水进入循环系统。相关领导及人员进行跟踪检查，且安排不定期的抽检、互检等，确保化验的准确性。

## 7 结论

经过以上分析、化验及检验推论硫化机中心机构及上活塞处出现的白色物质为动力水泄漏后形成的水垢。同时也对动力水、过热水的互串带来的一系列麻烦与危害。要求生产运行人员随时跟踪关注硫化机台中心机构结垢及过热水、动力循环水水质情况,根据水质化验结果及检验情况,及时对过热水、动力水进行置换,直致合格。防患于未然,杜绝类似问题再次出现。

### 参考文献:

- [1] 龙毅, 新型轮胎硫化机中心机构 [J]. 橡胶科技, 2013(5):43-44.
- [2] 谢意, 子午线轮胎过热水硫化工艺优化措施 [J]. 云南化工, 2018,(8),187-188.
- [3] 袁明康, B 型双模机械式轮胎定型硫化机动力系统的改进 [J]. 新疆化工, 2003(3),36-38.
- [4] 刘勇, B 型轮胎定型硫化机动力水管路系统的改进 [J]. 橡胶技术与装备, 1998(5),41-43.

## Analysis and treatment of the effects of power water and overheated water on the vulcanization process

Yang Hongliang

(Tongli Tyre Co. LTD., Yanzhou 272100, Shandong, China)

**Abstract:** Superheated water and power water are important components in the vaporizer vulcanization process and are essential parts. The safe and stable use is an important guarantee for vulcanization production. Due to the vulcanizer equipment's own structural characteristics, will cause the two of the mutual string, to the whole vulcanization production brings very big trouble, such as piston fouling, capsule corrosion and other bad conditions. In view of this situation, special relevant investigation and research, analysis, development of a reasonable treatment measures and recommendations.

**Key words:** power water; capsule; superheated water; piston; fouling; interstringing

(R-03)

## 普利司通投资 12 亿元升级工程胎设备

### Bridgestone invests \$1.2 billion to upgrade engineering tire equipment

2024 年 8 月 6 日, 普利司通宣布, 对日本北九州工厂进行 250 亿日元 (折合人民币 12.3 亿元) 的战略投资, 用于采矿和建筑轮胎的生产设备, 此次升级将于 2027 年底完成。

由于此次投资的重点是升级现有工厂的设备, 产量将保持在目前的水平。

作为其中期商业计划 (2024~2026) 战略投资的一部分, 普利司通将投资 250 亿日元升级北九州工厂的设备。通过此次投资, 普利司通将进一步加强越野轮胎和采矿轮胎业务, 为全球客户提供支持, 并致力于可持续发展。

这项战略投资不仅将确保高质量和稳定的供应, 还将进一步提高安全、防灾、环保、质量和生产力水平。

此外, 此次投资将提升下一代 Dan Totsu 产品的生产技术。通过这项投资, 普利司通致力于为当地社区做出贡献, 并支持实现一个安全、安心的可持续社会。

MASTERCORE 是普利司通 Dan Totsu 产品的旗舰产品, 通过结合普利司通新的独特技术, 包括内部钢帘线结构, 实现了超高的耐用性。

普利司通旗下北九州工厂位于日本福冈县, 2009 年投入运营, 主要生产矿用和建筑车辆非公路子午线轮胎, 产量 170 t/天。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)