

真空抽滤机常见问题分析及处置措施



庞刚^{1,*}, 庞子毅²

¹ 中国石油化工股份有限公司九江分公司, 江西九江 332004

² 南京科技职业学院化学与材料工程学院, 江苏南京 210044

摘要: 真空抽滤机是 GE 水煤浆气化工艺闪蒸系统, 后序至关重要的设备! 利用真空负压抽滤过程, 实现对絮凝沉降后的、较高浓度滤液的固液分离。生产运行过程包括: 过滤、洗涤、卸渣、滤布清洗。重点介绍真空抽滤机投入正常生产运行后, 先后出现过的、较为常见的问题。逐一进行原因分析, 针对性提出处置及优化改造措施, 实现抽滤机的连续运行、连续过滤。本文主要针对以往运行过程中, 发生的常见问题: 滤饼带水、滤布跑偏、真空度不足、滤布不洁漏斗外落渣、胶带跑偏打滑等, 进行重点分析, 提出相应的解决方案和创新改造措施。真空抽滤机运行的好坏直接关系到水煤浆气化单元的系统水质变化和长周期连续运行影响。在运行生产过程中, 较为常见的问题不能及时识别和处理, 可能带来运行工况的大幅波动。

关键词: 跑偏; 刮刀; 真空度; 副斗; 密闭性; 胶带; 滤饼; 纠偏

DOI: [10.57237/j.cse.2024.03.002](https://doi.org/10.57237/j.cse.2024.03.002)

Analysis of Common Problems and Disposal Measures of Vacuum Filtration Machines

Pang Gang^{1,*}, Pang Ziyi²

¹ China Petroleum and Chemical Corporation Jiujiang Branch, Jiujiang 332004, China

² School of Chemical and Materials Engineering, Nanjing Vocational College of Science and Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: The vacuum filter is a crucial equipment for the flash evaporation system of GE coal water slurry gasification process, and the subsequent sequence is crucial! By utilizing vacuum negative pressure filtration process, solid-liquid separation of high concentration filtrate after flocculation and sedimentation is achieved. The production operation process includes filtration, washing, slag unloading, and filter cloth cleaning. Focus on the common problems that have occurred after the vacuum filter machine was put into normal production and operation. Analyze the reasons one by one, propose targeted disposal and optimization measures, and achieve continuous operation and filtration of the suction filter. This article mainly focuses on the common problems that have occurred in the past operation process, such as water carrying in the filter cake, deviation of the filter cloth, insufficient vacuum degree, unclean filter cloth falling out of the funnel, and slipping of the tape. Corresponding solutions and innovative transformation measures are proposed. The operation of the vacuum filter is directly related to the changes in water quality of the coal water slurry gasification unit and the impact of long-term continuous operation. During the production process, common problems that cannot be identified and dealt with in a timely manner may cause significant fluctuations in operating conditions.

*通信作者: 庞刚, pangg.jjsh@sinopec.com

Keywords: Deviation; Scraper; Vacuum Degree; Auxiliary Bucket; Tightness; Adhesive Tape; Filter Cake; Rectify a Deviation

1 前言（真空抽滤的原理）

煤制氢水煤浆气化装置采用的抽滤机为真空箱固定式过滤机（又称胶带式过滤机），它是环形胶带拖动滤布在真空箱上滑动，可实现连续抽真空。从进料、过滤、脱水、卸料到滤布的清洗再生，整个过程实现了连续作业。胶带式过滤机主要由橡胶滤带、真空箱、

驱动辊、驱动装置、滤布清洗装置（清洗电机）、机架、胶带支承台、进料斗、滤布调偏装置等部件组成。它是充分利用物料重力和真空吸力实现固液分离的高效设备，它的工作原理如下：

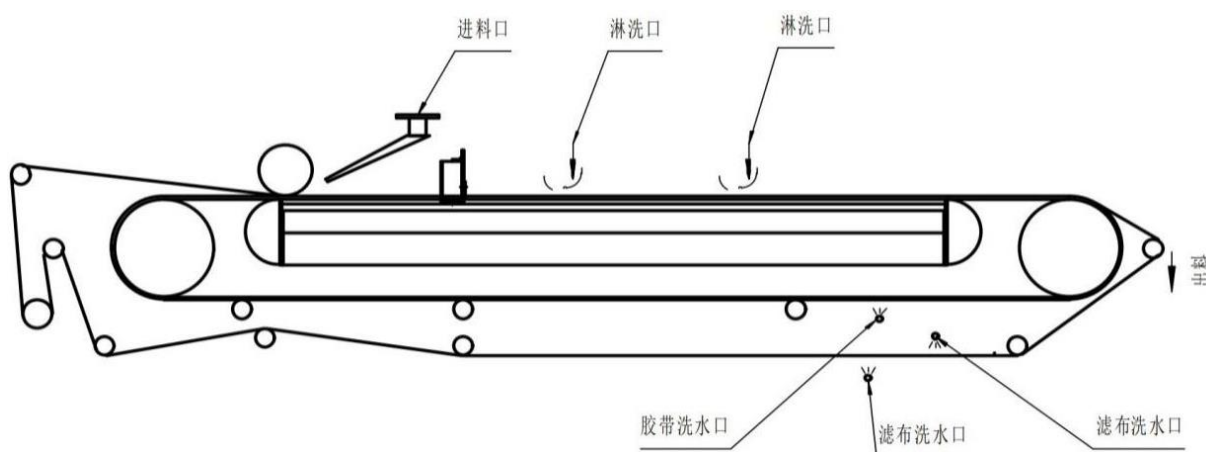


图1 真空抽滤机结构简图

如图1所示，环形胶带由电机经变频减速拖动连续运行，滤布铺敷在胶带上与之同步移动运行。胶带与真空室滑动接触（真空室与胶带间有环形磨擦带并通入水形成水密封），当真空室接通真空系统时，在胶带上形成真空抽滤区；料浆由布料器均匀地分布在滤布上。在真空的作用下，滤液可渗透穿过滤布，经胶带上的横沟槽汇总并由小孔进入真空室，固体颗粒被截留在滤布表面而形成滤饼（细渣）；进入真空的液体经气水分离器最终排出到滤液池。[1]

2 真空抽滤机运行状况

煤制氢水煤浆气化装置真空抽滤机分为1130F001A和1130F001B两台设备，采用一开一备运行模式。

从气化炉及洗涤塔排出的黑水通过闪蒸降温后排入沉降槽，经沉降浓缩后的黑水（细渣+水）由抽滤机给料泵送至真空抽滤机过滤，过滤后的细渣装车送至装置外处理；收集的滤液返回系统循环使用，其中细

渣的主要成分为煤燃烧后的灰渣和煤燃烧后未转化的碳。

两套抽滤机自2015年投用至今，各个零部件开始进入生命末期，老化、皲裂、破损、拉伸等诸多因素导致设备运行出现不稳定，经常出现：滤布堵塞、排水不畅、出渣带水、滤布跑偏、胶带跑偏、纠偏器故障、清洗电机卡死、真空度不够、托辊卡涩、滤布张紧不良、胶带支撑台松动、半圆块松动、滤布压辊松动、隔离器效果差、驱动轮抖动、下料斗破损等异常现象。曾经在严重时每周跳车多次，耗费了大量的人力和物力进行维护检修，也给装置平稳运行带来了巨大的挑战，与设备完整性管理理念严重不符。

3 真空抽滤机常见故障问题

真空抽滤机是渣水闪蒸的末端流程，运行的好坏直接关系到气化单元的水质影响。在运行生产过程中，较为常见的问题不能及时识别和处理，可能带来运行工况的波动：

表 1 抽滤机 2022 年~2023 年常见故障问题统计表

序号	故障现象	出现次数	累计时长(h)
1	滤布跑偏折皱	3	30
2	滤饼带水潮湿	8	96
3	滤布清洗不净	12	72
4	胶带跑偏打滑	8	144
5	真空度不足	4	10

3.1 滤饼带水

抽滤机在运行过程中, 极易出现滤饼大量带水状况。在滤饼下料漏斗处, 稀稀拉拉含水渣料洒落, 严重污染装车与厂房周边环境。造成滤饼带水的因素很多, 只有准确识别, 针对性解决处理, 才能尽快恢复正常运行。

3.2 滤布跑偏

抽滤机设置了滤布跑偏、纠偏装置, 在滤布出现左右偏离现象时, 滤布周边安装的纠偏杆触发报警, 纠偏辊、纠偏气囊动作。如果不能将滤布调整恢复正常状态, 严重时致使抽滤机跳停。抽滤机如果维护不好, 经常会发生滤布跑偏, 严重影响系统正常运行[2]。

3.3 真空度不足

因为真空度不足, 给抽滤机正常运行带来一系列影响。可能是工艺操作习惯、设备损坏故障、管线破裂泄漏等, 都会造成真空度不足。出现真空度不足, 将严重影响滤液的抽滤脱水[3], 无法保障抽滤机正常运行。

3.4 漏斗外落渣

滤饼在下料过程中, 滤布通过驱动轮移动到卸滤饼辊处, 滤布转动形成切线再经过硅胶刮刀作用, 将滤饼与滤布分开。由于滤布与刮刀之间留有一定间隙, 减少滤布的直接磨损。不能确保滤饼及残渣完全脱落, 滤布上残存一定的渣灰。残渣在移动出漏斗边缘后, 落下堆积在滤液池堰。形成环境处理死角, 污染抽滤机厂房环境卫生状况。

3.5 胶带跑偏打滑

抽滤机的真空箱和胶带之间设有环形摩擦带, 正常运行时以水密封、润滑、冷却。随着抽滤机运行周

期的延长, 胶带在固定真空盒上长期移动, 发生裙边环形橡胶滤带磨损和驱动辊抖动的现象[4], 易发胶带跑偏打滑的状况。

4 原因分析及处置措施

真空抽滤机是水煤浆气化工艺, 黑水闪蒸系统连续运行的关键设备。在正常运行过程中, 加强定期维护和保养, 并通过及时巡检发现运行问题, 对于真空抽滤机的长周期稳定运行尤为重要。针对运行中发生的常见问题, 准确做出判断和优化处理, 可以有效避免装置的工况波动影响。

4.1 滤饼带水的原因分析及处置措施

造成抽滤机滤饼带水的原因主要有以下 5 个方面: 沉降槽絮凝剂加入过量; 真空系统接管老化破裂; 真空泵效率下降, 做功不足; 隔离器破损密封不严; 自动切换罐切换阀故障, 真空破坏。现展开逐项分析。

4.1.1 沉降槽絮凝剂加入过量

絮凝剂的加入过量使得黑水中 灰分絮凝沉降不好, 输送到抽滤机布料不均匀。并且造成滤液真空吸附过程透水性变差, 从而发生滤饼带水现象。

处置措施: 在正常运行期间, 只有合理的加入絮凝剂, 优化控制适宜的剂量。避免絮凝剂和细渣在滤布上大量聚集, 堵塞滤布孔隙, 损坏滤布并影响抽真空效果, 杜绝滤饼带水发生。如果滤饼带水不严重, 只是局部区域存在不干。可以通过调整抽滤机驱动变频, 调整滤布的移动速率, 加长抽滤吸干区和适当延长抽滤时间[5]。

4.1.2 真空系统接管老化破裂

抽滤机真空箱部件的气路系统、气控与调偏气缸及分液罐电磁阀都是用塑胶软管(耐压)连接。包括电控系统、连接电控柜, 气控柜, 接头及管线阀门等。接管不严或连接的软管老化破裂, 都会导致真空泄漏, 最终出现滤饼带水现象[6]。

处置措施: 针对由于接管老化、磨损导致的滤饼带水问题, 只需加强日常管路的密闭性检查。倒运抽滤机系列时, 定期对连接软管进行更新, 保证软管在运行期间的完好。

4.1.3 真空泵效率下降做功不足

抽滤机配套真空泵运行中，由于密封罐液封发生变化、真空泵机械磨损、水封破坏等问题，使得真空泵做功不足，真空度下降，直接影响抽滤效果。

处置措施：加强对真空泵的维护管理，确保设备完好性运行使用和备用。

4.1.4 隔离器破损密封不严

絮凝沉降的泥浆通过分布管进入到隔离器内，如果隔离器帘条破损，必须及时检查并更换破损隔离器。使泥浆在隔离器有一定的停留时间，以便达到滤水彻底。布料过多会导致无法滤水彻底，严重时抽滤机过载跳机；布料太少又无法有效均匀覆盖滤布形成真空环境；驱动辊的带速过快，将使得滤液在抽滤区停留时间不够，滤布无法滤水彻底[7]。会导致滤饼带水严重，抽滤机可能过载跳机；带速过慢，滤液处理不及时，会导致隔离器前滤液溢出抽滤机。实际运行时需要根据负荷变化，合理调整下料分布的量和驱动辊的带速[8]。

4.1.5 自动排液罐切换阀故障

自动排液罐切换阀（大气切换阀和真空切换阀）由于长期使用，并且频繁开、关切换动作，易出现：仪表气管老化破裂，阀门无法正常切换动作；切换阀阀座的圈口胶膜老化磨损，真空密封不严；真空破坏严重，造成滤饼带水。必须对切换阀及仪表胶管进行定期排查，发现问题及时更换处理。见下图 2、3。



图 2 切换阀阀座密封不严



图 3 胶管老化破裂

4.2 滤布跑偏的原因分析及处置措施

抽滤机的纠偏装置运行不稳定，直接导致滤布跑偏。较为常见和容易出现的原因有：纠偏开关不动作；纠偏开关动作之后不归位；纠偏杆断裂；滤布不净打折撕裂；纠偏系统失效等。处置措施：

- (1) 通过日常巡检定期检查纠偏装置的电磁阀工作是否正常；仪表风管是否通畅、有无破损漏气、阀门正常投用、压力达到 0.4MPa 以上（见下图 4）；纠偏气囊是否充气正常、如有破损或老化及时更换（见下图 5）；将纠偏杆距离由原始的 5cm 调整至 3cm，以便及时起到纠偏调整作业。

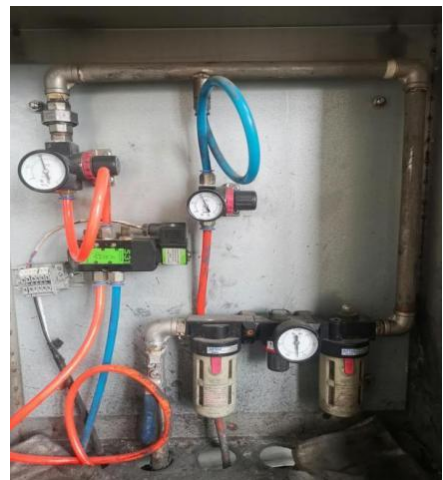


图 4 电磁阀仪表风管



图5 纠偏气囊与滑动支承辊

- (2) 维持抽滤机布料负荷稳定: 避免频繁加减抽滤机布料量, 维持料量负荷稳定; 利用抽滤机切换及检修期间, 对停用机的加料斗和滤布进行彻底清洗, 优化调整喷淋水喷头角度, 避免结渣影响投运时均匀布料。滤布如果不能及时洗涮干净, 会在滚筒上逐渐粘上滤渣, 极易造成滤布打皱和出现跑偏; 滤布如果不能及时洗涮干净, 还将导致滤布的过滤速率下降, 滤饼含水量增加, 滤渣刮离排卸更为困难。这样便形成恶性循环, 致使抽滤机不能正常运行[9]。
- (3) 严控检修安装质量: 检修时严格控制检修质量, 要求胶带支撑板水平度每 1.5 米误差在 2mm 以内; 真空盒滑台纵向水平度每 1.5 米误差在 1.3mm 以内; 驱动辊与各改向辊间的平衡度误差在 1.1mm 以内; 相邻两真空盒的高低差在 0.5mm 以内。
- (4) 运行期间排查并且及时处理松动的紧固件, 确保各托辊平行度正常、张紧辊无倾斜、滤布压辊无松动; 同时利用实时监控摄像头, 及时发现滤布跑偏进行调整。

4.3 真空度不足的原因分析及处置措施

4.3.1 原因分析

抽滤机运行过程, 出现真空度不足的现象。首先, 需要确认真空泵的做功和运行情况, 检查真空泵出口的真空度是否在正常范围, 排除真空泵的因素。其次, 确认真空系统有无发生局部泄漏、仪表风胶管泄漏等。

最后, 真空箱和滤布的布料情况, 真空箱及附件的磨损、布料不均匀, 也会造成真空度不足。

4.3.2 应对措施

- (1) 工艺优化絮凝剂加注量: 根据装置运行负荷变化及时调整絮凝剂的加注量; 停工时抽滤机见大量明水后停止布料; 停工后及时关闭絮凝剂泵; 开工时待系统稳定后再启动抽滤机布料; 通过以上举措避免絮凝剂和细渣在滤布上大量聚集, 堵塞滤布孔隙[10], 损坏滤布, 影响真空抽滤效果。同时, 也避免了滤布堵塞造成抽滤机、真空泵等过载跳机。
- (2) 定期检查维护真空系统: 定期巡查看真空接管是否漏气并及时紧固; 依据预防性维修策略对真空泵进行维护管理, 确保其做功正常; 依据出水量及时调整摩擦带密封水用量; 及时更换真空盒密封橡胶, 对于松动真空盒及时调整安装位置, 确保其水平度合格[11]。
- (3) 及时检查更换破损隔水器, 确保黑水停留时间, 以便滤水彻底。
- (4) 检查胶带的运行情况、检查胶带的磨损情况, 及时清理淤积在胶带与驱动辊、从动辊或真空箱之间的磨损物, 避免真空箱出现胶带磨损。
- (5) 合理调整抽滤机给料和带速: 布料过多会导致无法滤水彻底, 严重时过载跳机; 布料太少又无法有效覆盖滤布, 形成真空环境; 带速太快, 滤液在抽滤区停留时间不够, 无法滤水彻底, 会导致滤饼带水严重, 严重时会导致过载跳机; 带速太慢, 滤液处理不及时, 会导致隔离器前滤液溢出抽滤机。实际运行时需要根据负荷变化及时调整布料量和带速[12]。

4.4 漏斗外落渣的原因分析及处置措施

真空抽滤机运行过程中, 受滤布使用时间长不洁净、分布料不均匀、沉降细渣料不稳定、刮片不贴合, 与滤布间隙过大等因素的影响[13], 滤布移动中残留在滤布上的细渣, 不能完全进入下料漏斗内。出现撒渣漏料现象, 堵塞滤液池排水口。不仅造成抽滤厂房环境面貌污染, 还增加员工操作劳动量及检修费用。

处置优化措施: 通过对下料漏斗进行创新改造, 增加漏斗的倾斜度和接料的宽广度, 达到将滤布的细渣滤饼完全收入下料口内的目的, 从而减轻员工工作

量及检维修费用，实现抽滤机稳定长周期运行的目的。针对漏斗外落渣现象，具体创新改造实施如下：

- (1) 将抽滤机下料漏斗沿内侧切割，重新用整面不锈钢板做垂直度 $\leq 65^\circ$ 的斗状（副斗），（不锈钢副斗）贴附在原下料漏斗外侧焊接。见下图 6。



图 6 改造后效果图



图 7 实施后效果（漏料完全进入到不锈钢副斗）

- (2) 及时紧固松动螺栓，调整刮刀距离滤布 1-2mm，确保其既能刮尽滤饼余料，又不至于刮蹭滤布；在原有刮刀下方安装新刮刀，进行二次卸料，进一步刮尽滤布余料；创新改造如下图 8。

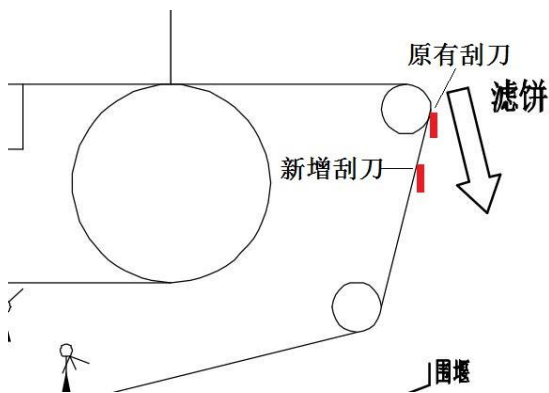


图 8 刮刀改进措施示意图

- (3) 在清洗电机外周安装挡雨板，及时检查更换清洗滚刷的轴承、皮带，更换磨损严重的刷头和皮带，确保清洗滚刷工作正常，滤布清洗干净无细渣残留。
- (4) 在抽滤机尾部安装新的喷淋水，进一步冲洗去除滤布上的细渣；定期检查调整喷淋水流量、压力和喷嘴角度，确保滤布和胶带冲洗干净[14]，无明显黑渣附着。效果见以下图 9。



图 9 改造后（左）与改造前（右）滤布清洁程度对比

创新副斗、新增刮刀、更换清洗刷头和皮带、尾部增加新的喷淋水等，一系列创新改造，有效解决了滤布上残存的余渣落渣、减少了滤液池积渣问题，从而减轻员工维护工作量及检维修清理费用。

4.5 胶带跑偏打滑的原因分析及处置措施

胶带采用气垫式或者水膜支承，胶带漂浮在气垫或者水膜上，减少了运行阻力，有利于延长胶带的使用寿命。有时胶带经常向固定一侧跑偏时，一方面可以调节细调拉紧装置，使胶带两边松紧大体相同；另一方面也可以检查驱动轮是否与机架中心垂直，调整驱动轮与机架中心的垂直度，也可以起到对胶带防跑偏作用[15]；同时，对主动轮、各支撑辊、驱动辊和从动辊卡涩的润滑检查维护，杜绝偏离中心的跑偏打滑。

抽滤机运行过程中，出现胶带跑偏打滑的原因：紧固件腐蚀松动；找正对中偏差；驱动轮等表面不干净；纠偏丝杆调整滞后。

处置措施：

- (1) 制定三级巡检管理制度，分为班组、设备员、设备主管定期巡检，及时发现胶带跑偏现象，通过纠偏丝杆进行调整回位。
- (2) 定期检查更换腐蚀松动螺栓，对腐蚀严重的机

架进行除锈防腐,确保主动轮、各支撑辊和从动辊运行稳定,无晃动、卡涩、移位等现象。

(3) 优化冲洗水喷嘴角度,确保驱动轮、从动辊等表面冲洗干净,无杂物附着,延长胶带使用寿命。

(4) 严格控制检修质量,确保找正对中数据在厂家指导数据范围内。

5 结束语

通过对真空抽滤机常见问题进行分析总结,优化处理完善改进维护措施,能够有效防范并且减少同类问题再次且频繁出现。从而有力保障抽滤机的运行平稳率,给生产运行与设备维护都带来了极大的提升,为装置安稳长满优运行打下坚实基础。

参考文献

- [1] 核工业烟台同兴实业有限公司. DU 橡胶带式真空过滤机使用说明书 [S]. 2010: 1-5.
- [2] 段付岗,郭小红. 带式真空过滤机在气化灰水处理中的应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2015, (4): 76-79.
- [3] 赵元琪,闫波,等. 浅析 GSP 气化技术的运行经济性和适用性 [J]. 科技经济导刊, 2015, 12: 110-111.
- [4] 顾承勋. 水平真空带式过滤机 [J]. 有色金属(冶炼部分), 1984(4).
- [5] 曹玉强. 带式真空过滤机常见问题及处理 [J]. 化工管理. 2015, (03): 115.
- [6] 李蓉,苏德林,黄斌,张安贵. GSP 气化装置过滤机运行问题分析及操作优化 [J]. 广州化工. 2016, 44(13): 152-154.

- [7] 张临乐,赵瑞强. GE 水煤浆气化真空过滤机运行总结及技术改造 [J]. 天然气化工— C1 化学与化工. 2017, 42: 75-78.
- [8] 催意华,袁善录. GSP 加压气流床气化技术工艺分析 [J]. 煤炭转化, 2008, 31(1): 93-96.
- [9] 武建军,景寿堂. 胶带式真空过滤机技术改造及效果分析 [J]. 化工管理. 2019, (04): 176-177.
- [10] 余学富. DU 型过滤机滤饼异常原因分析及处理措施 [J]. 石油化工设备, 2012, 3.
- [11] 李玉娟,马传明. 真空抽滤机滤饼含水高的原因分析及解决 [J]. 中氮肥. 2015, 6: 71-73.
- [12] 肖艳成. 带式过滤机滤布跑偏故障及调整措施 [J]. 湖南有色金属, 2003, (4): 52-54.
- [13] 王永恒,王世宏,唐宝中. 水平带式过滤机滤带跑偏原因分析及纠偏方法 [J]. 过滤与分析, 2002, 12.
- [14] 肖艳成. 带式过滤机滤带跑偏故障及调整措施 [J]. 湖南有色金属, 2003, 8.
- [15] 周文卓,张云飞,杨珊珊. 真空过滤机工作流程分析 [J]. 理论研究, 2013(4): 70-72.

作者简介

庞刚

1975 年生,九江石化公司煤制气首席技师.研究方向为煤制氢生产运行及维护.

E-mail: pangg.jjsh@sinopec.com

庞子毅

2004 年生,南京科技职业学院.研究方向为化学,化工原理,化工工艺学,化工生产过程与设备.

E-mail: 2326360162@qq.com