

Tobspin 切丝机磨削系统的优化与应用

徐立 孟建宏 陈明德 赵杰淇* 沈唯鲁 包永麒

浙江中烟工业有限责任公司宁波卷烟厂，浙江宁波，315504；

摘要：TOBSPIN 切丝机磨削系统是切丝机关键功能模块之一，是切丝质量优良和设备稳定运行重要影响因素。本文介绍了针对 TOBSPIN 切丝机磨削系统的一系列优化改进及应用。本文通过 TOBSPIN 切丝机磨削系统在生产中存在的主要问题入手，分析其原因并制定对应的解决方案，论证抽排系统、给水设计等多方因素对 TOBSPIN 切丝机磨削系统的影响，从而优化了 TOBSPIN 切丝机磨削系统的结构和功能。

关键词：TOBSPIN；磨削系统；蒸汽排空；排水系统

DOI:10. 69979/3041-0673. 25. 05. 034

前言

TOBSPIN 切丝机是由德国 HAUNI 公司生产研制的一种新型旋转式切丝机，具有自动化程度高，操作简便，噪音小的优点，能够满足当前卷烟柔性化与模块化的加工需求。TOBSPIN 的投入使用对切丝的生产效能以及生产稳定性有着极大的提升。

其中 TOBSPIN 切丝机的磨削系统是其核心功能部件之一，其作用是在生产过程中对刀片进行实时持续的磨削，保持其锋利。其采用的旋转式切丝所用砂轮是在空心圆柱金属体外表面喷涂了一层立方氮化硼微粒，硬度仅次于金刚石，因此它与金刚石统称为超硬材料，在磨削过程中损耗量较小，无需修磨。但为了清除表面粘附的烟沫及烟油，采用蒸汽和水清洗砂轮，保证砂轮修整面清洁，确保修磨效果。在实际的生产过程中，该磨削系统的设计存在较多问题，主要集中在砂轮系统漏水问题，本项目针对引起漏水问题的多种因素，对 TOBSPIN 切丝机的磨削系统进行了设备改进和部件优化。

1 问题分析

TOBSPIN 切丝机的磨削系统的工作原理如下，当砂轮进入清洗位后，砂轮盖板关闭，通过蒸汽对砂轮进行清洗，然后由清洗水通过喷嘴将砂轮表面软化的污垢冲洗，最后利用压缩空气吹掉砂轮表面的残留水。蒸汽和冲洗后的污垢分别通过两路软管排出，在实际生产过程中，时常发生清洗水从砂轮盖板处漏出的问题。磨削系统漏水会导致产生水渍烟，同时砂轮盖板和机架间隙处受潮后积垢，会导致砂轮盖板无法关闭、张紧阻力增大等问题，因此解决该问题不仅能消除生产质量隐患，也能降低磨削系统的维修保养劳动强度，优化设备功能。

通过对六台 TOBSPIN 切丝机进行三个月的观察统计后发现，每台切丝机在 80 小时的工作时间后，均会发生不同程度的漏水问题。同时了解行业内其他使用该机型企业的情况后，发现这个问题普遍存在，属于设备结构缺陷。

经过原因分析后，将漏水原因总结为以下三点。

1. 蒸汽排空系统缺陷。磨削系统的排空系统主要由负压风机提供抽吸力，通过软管连接磨削系统的吸气口对砂轮腔内的蒸汽进行抽吸，抽出的蒸汽通过排气口排入周围环境中，风机冷凝管直通排水管道，起到排污排水作用。在实际生产中，由于吸气口安装了过滤网孔板，且网孔板开孔率较低，存在网孔堵塞问题，导致蒸汽无法完全抽干。同时风机的冷凝管由于地下排水管路蒸汽的倒逼，导致排水不畅，造成抽吸软管中存在大量冷凝水，进一步降低了蒸汽的抽吸能力，由此引起砂轮腔内蒸汽冷凝水过多。

2. 清洗水排水系统缺陷。磨削系统排水主要由排水口、排水管、U 型玻璃管组成。其中 U 型玻璃管采用有机玻璃制成，由于形状弯曲、受热不均等原因，接缝处时常出现泄露，水封功能受损，污垢无法冲入下水道，堆积在 U 型管内，导致排水不畅，腔内积水严重。且该玻璃管价格昂贵，维修成本较大。

3. 进水系统缺陷。磨削系统的进水管路设计过于简单，只依靠一个电控开关阀进行控制。由于清洗动作频繁，在长时间使用后，开关阀内部易发生磨损内漏等现象，导致腔内的进水喷嘴发生泄露。

2 设计方法

2.1 设计思路

根据以上总结的三方面因素，考虑采用三种设计思路进行针对性改进。

1. 针对蒸汽排空系统缺陷，考虑采用增大过滤网孔板开孔率，同时，由于地下排水管路无法进行改动，因此考虑在风机冷凝管处增加水封结构，来解决蒸汽倒逼问题。

2. 针对排水系统缺陷，考虑采用新材料重新设计制作 U 型排水管。

3. 针对进水系统缺陷，考虑设计增加一路自动控制装置，减少单一控制阀失效导致漏水的隐患。

2.1.1 排空系统改进

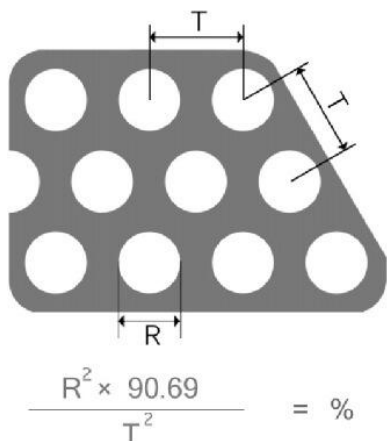
1) 排空系统的结构主要由风机、吸排气口、软管组成，风机的作用提供负压，通过吸排气口，将砂轮腔体内的水汽抽排至环境中，其中吸排气口均有安装网孔板，避免污垢进入风机。

在对排空系统进行改进时，主要针对蒸汽抽取能力不足和风机排水不畅问题。

首先是蒸汽抽排能力问题，需要确认原装风机在使用过程中，抽排能力是否满足实际要求。针对该问题，第一步是确定风机的额定参数，

根据设备铭牌信息，可确认该风机额定风量为 11m³/分钟。

在得到额定吸风量后，需要确定清洗时间内砂轮腔中的蒸汽量，并对吸气口的网孔板的开孔率进行计算。吸气口网孔板开孔方式为圆孔 60° 错排，根据开孔率计算公式如下。



根据测量得到，R=4，T=8，根据公式得开孔率为 22.67%，即设计额定通过流量为

$$11\text{m}^3/\text{分钟} \times 22.67\% = 2.48\text{m}^3/\text{分钟}$$

同时对工作约 80 小时后该网板堵塞情况进行观察

统计，

根据堵塞网孔数量进行统计，如下表 1 所示。

表 1 生产 80 小时堵塞率统计

	总开孔数	未堵塞孔数	堵塞率
D1	35	10	71%
D2	35	9	74%
E1	35	6	83%
E2	35	8	77%
F1	35	9	74%
F2	35	8	77%
平均	35	8.4	76%

根据统计数据近似得到平均堵塞率为 76%，即通过率为 24%，由此可得出该网孔板在生产 80 小时后实际额定抽排流量为

$$2.48 \text{ m}^3/\text{分钟} \times 24\% = 0.59 \text{ m}^3/\text{分钟}$$

然后计算在设备清洗过程中，进入砂轮腔体的实际蒸汽体积流量。查询蒸汽流量速查表 2 如下。

表 2 蒸汽流量速查表

压力 kg/cm ²	速度 m/s	15	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	250	300
0.4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1606	2590	3678
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457	2806	4101	5936
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6909	9500
0.7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	3852
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575	2816	4629	6204
	40	18	37	68	106	167	298	438	630	1108	1712	2417	4532	7251	10323
1.0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045
	25	12	26	48	81	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370
2.0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580	2814	4545	6277
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520	4815	7425	10575
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175	7678	11997	16796
3.0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040	3983	6217	8743
	25	26	56	100	153	225	425	632	910	1580	2480	3440	6779	10269	14316
	40	41	87	157	250	357	595	1025	1460	2540	4050	5940	10476	16470	22950
4.0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460	4618	7121	10358
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225	7866	12225	17304
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940	7050	12661	19663	27816
5.0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870	13761	23205	32544
6.0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400	6654	10297	14328
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175	10629	17108	24042
	40	71	159	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445	16515	27849	38697

根据设备工艺要求，提供给砂轮清洗的蒸汽压力为 5.8-6.0bar，蒸汽速度为 40m/s，管径 DN20，根据表 1 的查询结果，

$$1 \text{ 蒸汽质量流量 } Q_m = 157 \text{ Kg/hr}$$

根据查询饱和蒸汽比容，6.0bar 的饱和蒸汽比容为 0.3m³/Kg，转化蒸汽质量流量后，得到蒸汽体积流量为 47.1m³/hr，即 0.78m³/分钟。

对比额定实际抽排流量 0.59 m³/分钟，砂轮腔内的蒸汽实际流量大于额定抽排流量。这样导致的问题在于，砂轮腔内的水汽无法被风机完全排出，随着生产时间的增加，积累水汽会越来越多，导致砂轮处发生漏水现象。

针对这种情况，考虑降低堵塞率或者需要对开孔率进行改进。由于网孔堵塞物来自于物料磨削残屑和水汽的混合物，在生产过程中，由于物料的特性各不相同，有部分高水分烟叶残留会进入砂轮腔，同时砂轮在磨削刀片时，产生的刀片铁屑和砂轮颗粒也会在砂轮腔内堆

积, 和水混合后形成具有粘性的污垢。这些污垢属于生产中的正常现象, 无法避免杜绝, 因此在解决问题时, 只能在堵塞率统计数据不变的前提下, 考虑对网板开孔率进行改进。

对网孔板的改造设计, 可以通过倒推式进行初步设计。首先在极限的状态下, 按体积流量 $0.78\text{m}^3/\text{分钟}$ 、堵塞率不变的情况推导开孔率, 得到所需最小开孔率为 $0.78/11 \times 0.24 = 29\%$, 由于孔距不变, 代入公式后得孔直径 $R=4.5$ 。即将孔直径改为 4.5mm 即可满足要求。

由于该结果是在极限状态下得出, 实际加工过程中需要考虑计算误差以及加工工艺, 并且需要增加设计余量, 因此将孔直径有 4.5mm 改为 5.2mm , 代入开孔率公式后, 得开孔率为 38.3% , 按 80 小时堵塞率为 76% 计算后, 得额定流量为

$$11 \times 0.383 \times 0.24 = 1\text{m}^3/\text{分钟}$$

大于实际蒸汽体积流量 $0.78\text{m}^3/\text{分钟}$, 满足要求。由此得出网孔板改进方案为: 将原有 4mm 孔径改为 5.2mm 。

2). 在完成对风机网板改进后, 同时对风机冷凝管的排水部位进行改进。

风机冷凝软管从风机腔接出后, 采用直排方式直接接入下水管, 缺少冷凝处理装置。而且该处下水道由于在设计时, 联通其他设备管路, 存在蒸汽回流的现象, 在这种情况下, 冷机腔内不仅排水不畅, 更会因为蒸汽倒灌导致对砂轮腔体内的蒸汽抽排产生干扰, 因此考虑对该处连接管增加水封装置。具体设计思路如下, 图 1 为水封装置设计图。

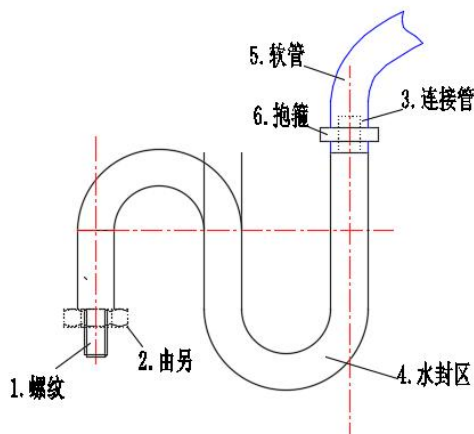


图 1 水封装置设计图

该装置整体分为引流软管和不锈钢 U 型管两部分。引流软管采用耐高温的波纹软管, 主要用途为引流冷凝

水。根据实际生产的蒸汽流量, 选用软管尺寸内径为 12mm , 壁厚为 1mm 。两端分别连接设备排空电机和水封管路, 对排空电机的冷凝水进行引流

不锈钢 U 型管的作用是将引流后的冷凝水排入下水管路。不锈钢 U 型管连接引流软管和下水管路, 采用 U 型管的主要原因在于其水封作用, 通过计算切丝机工作过程中的蒸汽压力及流量, 结合排空电机的功率和排气冷凝水量, 获得合理的 U 型管的折弯高度, 确保既能够排空蒸汽冷凝水, 又起到防止蒸汽回流的效果。

关于该装置的安装方式, 其中软管和排空电机连接法兰的最低处接通, 保证引流效果, 采用焊接接口, 软管通过抱箍和接口连接的方式。U 型管在设计时, 留好连接口, 采用直径 9mm 设计, 连接软管后采用抱箍紧固。U 型管在和下水管路连接时, 采用螺纹由令连接的方式, 保证紧密性。

2.1.2 排水系统改进

除了蒸汽系统的抽排设计之外, 砂轮腔的清洗水直排系统也存在不合理因素。清洗水的直排效果直接影响砂轮腔内的排水效果, 设备原设计的排放管路材质为有机玻璃管, 通过软管和下水道进行连接, 起到排水作用。其优点是内部不易发生腐蚀生锈等问题, 但是其材质的特殊性, 在的弯曲结构处, 只能采取粘连的方式进行连接, 非常脆弱, 多处易漏易损, 破坏水封效果, 导致弯管处易堵塞沉淀, 且因为材质特性, 和接触蒸汽温度较高等原因, 修复效果不佳。

考虑到该处排水管接触高温高热的蒸汽, 同时弯曲结构对材质韧性、塑性和强度以及焊接性能有一定要求, 因此考虑采用一级不锈钢 304 作为材料, 重新制作排水管, 改进优化排污功能。

新设计的排水管主体采用内径 50 的不锈钢管焊接, 与下水道交接处采用管径 45 便于安装调节, 同时在不锈钢管外包裹海绵保温层, 避免管体高温造成操作人员烫伤。

2.1.3 进水系统改进

切丝机清洗管路设计如下图 2 所示, 采用球阀作为进水总阀, 单线连接减压阀和电控截止阀, 总阀在生产结束后人工关闭, 生产时始终处于常开状态, 清洗动作每 120 秒一次。清洗水系统的作用是对生产中的砂轮进行冲刷清洗, 将砂轮上黏着的烟叶和刀刃碎屑清洗干净, 保证砂轮磨削效果。

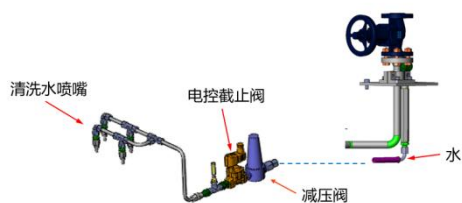


图 2 清洗水管路工作原理

在实际生产过程中，我们发现由于清洗动作每 120 秒一次，因此在生产过程中电控截止阀动作频繁，且处于高温潮湿的密闭水汽柜环境，阀芯易发生磨损。当电控截止阀磨损后，由于总阀处常开，清洗水会一直处于泄露状态，导致设备漏水情况严重。

并且，由于每天生产开始结束时，必须人工对总球阀进行开关操作，操作时人员需要登高作业，不仅增加了操作步骤，而且带来一定的安全隐患。

因此考虑在原有常开总阀后，再加装一套总管路电磁式截止阀，并将电磁信号与切丝机启动来料信号关联，当设备进入来料生产阶段时，总阀开启，其他时间总阀关闭。这种状态下，即使原截止阀出现阀芯磨损，也会显著减少清洗水泄露。而且，启停自动化以后，无需再进行人工登高开关操作，提高了操作效率，消除了安全隐患。

同时，考虑到方便检修和避免总电磁阀失效的因素，需要在总阀处增加直通旁路，平常关闭，检修管路或者总电磁阀失效无法打开时，启用旁路。电磁阀采用 DN1

5 管径，旁通管路采用普通球阀。

2.1.4 成果检验

根据上述三项改进措施，对六台 TOBSPIN 切丝机的砂轮漏水情况进行统计如下表 3。

表 3 砂轮漏水情况统计

机台	改进前出现漏水的运行时长（小时）	改进后出现漏水的运行时长（小时）
D1	85	426
D2	77	397
E1	75	419
E2	81	422
F1	79	409
F2	84	401
平均	80.1	412.3

根据表 3 的统计，进行改进后各机台在平均运行 4 12 小时后出现部分漏水情况。较改进之前，正常运行时间增加近 5 倍，从而验证以上改进因素对 tobspin 切丝机的磨削系统，存在直接的影响，同时通过改进，达到了优化磨削系统运行的效果。

3 结语

对 TOBSPIN 切丝机磨削系统改进优化，不仅消除了生产质量隐患，同时也提升了设备运行的稳定性，提高了设备自动化、智能化水平，在优化过程中总结的经验和创新手法，对设备改进起到有益的启发推广作用。

参考文献

- [1] 成大先，《机械设计手册第六版》 化工工业出版社，2017