

ZL29 型成型机丝束带导向装置的改进

毛思睿 沈伟 李星珂 沈轶奇
(湖北中烟工业有限责任公司 湖北 随州 432700)

摘要：滤棒在卷烟工业领域中，是最重要的卷烟材料之一，在卷烟制品的科技发展进程中承担着举足轻重的作用。大量的国内外研究表明滤棒吸阻每增加或减少 294Pa，焦油量相应增加或减少 0.412mg，因此，提高滤棒吸阻稳定性,是提高卷烟产品质量的关键。本文针对 ZL29 型成型机生产高透滤棒,吸阻偏差高的问题,对 ZL29 型成型机工艺流程及设备结构进行深入研究，对丝束带导向结构进行优化改进，提升滤棒吸阻稳定性，进一步提升卷烟产品质量。

关键词：滤棒；ZL29 型成型机；吸阻；导向结构

0 引言

滤棒吸阻稳定性主要由滤棒的吸阻均值和吸阻标偏决定。吸阻均值受滤棒圆周、质量等因素的影响，需要控制在一定的工艺范围内，超出范围时，会影响产品质量。吸阻标偏是根据测量得到的多支滤棒的吸阻值，并通过算法得到的一个数值，可以直接反映滤棒吸阻的稳定性，吸阻标偏越小，吸阻稳定性越好。因此，在测量滤棒吸阻标偏时，需要同时对滤棒的圆周、质量、吸阻值进行测量，检查是否都满足工艺要求。

1 基于 ZL29 型成型机的滤棒质量分析

武厂生产滤棒的主要设备为 ZL29 型成型机，主要产品为高透滤棒。经过对 2022 年 1 月~2022 年 5 月卷包车间 ZL29 型机自产高透滤棒吸阻的研究，滤棒吸阻标偏合格率如图 1 所示，吸阻标偏 ≤ 8mmH₂O 的合格率为 96.95%，吸阻标偏 ≤ 7mmH₂O 的合格率为 75.09%。

通过以下两组实验，对高透滤棒质量进行分析研究，找到影响吸阻稳定性的因素，并在不影响设备工艺的前提下，对设备结构进行改进，以降低滤棒吸阻标偏，提升滤棒吸阻稳定性，使吸阻标偏稳定控制在 7mmH₂O 以内。

1.1 不同时间段生产滤棒质量分析

实验 1：选择 14 号成型机，首先通过维修、保养、调整的方法，将设备及滤棒质量调整至工艺范围内，然后使用一包新丝束，连续以 600m/min 的额定速度运行设备。观察设备运行情况，每 30min 取 30 支滤棒作为样本，在测试台上测量滤

棒的圆周、质量、吸阻以及吸阻标偏等参数，直到丝束包用完，并记录试验数据，如表 1 所示。

从测量结果中可以看出，在对设备进行维保及调整之后，设备正常运行时生产的滤棒，圆周、质量和吸阻均值都满足工艺要求，吸阻标偏控制在 8mmH₂O 以内，部分时间段滤棒吸阻标偏控制在 7mmH₂O 以内。

从设备运行状况与工艺流程上看，ZL29 型成型机生产滤棒时，可能对吸阻均值和吸阻标偏造成变化的变量有丝束包的高低、丝束带与导向环的相对位置等，需要进一步试验认证。

1.2 不同位置丝束带生产滤棒质量分析

实验 2：在 14 号成型机上重新使用一包新丝束，将圆周均值调整至 23.96mm，取丝束带在丝束包顶层中间、中层中间、中层左边、底层中间等四个位置输送时生产

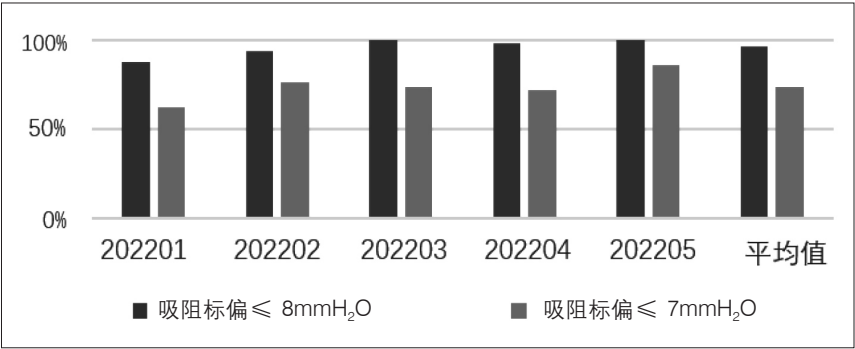


图 1 滤棒吸阻标偏合格率

表 1 各时段滤棒质量结果

时间	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
圆周均值/mm	24.03	23.95	24.01	23.94	23.98	24.05	23.95
质量均值/g	0.723	0.721	0.717	0.714	0.713	0.713	0.710
吸阻均值/mmH ₂ O	282	280	280	274	274	272	272
吸阻标偏/mmH ₂ O	7.4	6.8	6.5	7.3	6.6	7.0	6.8

的滤棒各 30 支作为样本，在测试台上测量滤棒的各项参数，收集数据并对比分析，如表 2 所示。

表 2 不同位置丝束带滤棒质量结果

丝束带位置	顶层中间	中层中间	中层左边	底层中间
圆周均值 /mm	23.96	23.96	23.96	23.96
质量均值 /g	0.722	0.716	0.718	0.713
吸阻均值 /mmH ₂ O	281	274	277	271
吸阻标偏 /mmH ₂ O	6.7	6.6	7.2	6.4

- 从测量结果可以得到以下结论：
- (1) 丝束包料位的高低与滤棒质量均值、吸阻均值的大小呈一定线性关系，但吸阻标偏无明显变化规律；
 - (2) 丝束带位于导向环中心时，滤棒的吸阻标偏优于丝束带远离导向环中心位置时，但是丝束带在导向环的位置对滤棒的质量均值、吸阻均值影响不大。

通过上述两组试验可知，在不改变滤棒生产工艺和原材料的情况下，丝束包本身的工艺特性与 ZL29 型成型机输送丝束的工艺流程，是导致 ZL29 型成型机生产滤棒吸阻标偏较高的主要原因。由于丝束包本身的工艺难以改变，只能通过优化 ZL29 型成型机丝束带输送的工艺流程，提升输送稳定性，降低滤棒吸阻标偏。

2 现有丝束带输送研究

2.1 丝束带输送工艺及受力分析

ZL29 型成型机输送丝束带的工艺流程如图 2 所示，在丝束包中将丝束带的接头取出，依次穿过导向环、第一级空气开松器、第二级空气开松器、制动辊组、输入辊组、第三级空气开松器、导向辊、楔形槽辊等进入烟枪。丝束输送方式为夹送辊输送，由气缸推动橡胶辊向钢辊靠拢，使螺纹辊与钢辊之间产生压紧力 p ，牢牢夹住丝束带；再通过伺服电机控制钢辊转动^[1]。由于辊组夹送为单辊驱动，根据公式 $T = p \times \mu$ (T 为辊组提供的夹送力， p 为气缸提供给辊组的压紧力， μ 为辊组之间的静摩擦系数) 将压紧力 p 转化为夹送力 T ，带动丝束带输送。

根据丝束工艺特性，当拉伸纤维的力超过每特纤维所能承受的最大拉力时，会造成纤维断裂，极大

地影响滤棒吸阻的稳定性。因此，为了避免出现单丝断裂，需要在保证生产的滤棒满足工艺要求的前提下，尽可能降低丝束带输送受力。

受力分析如图 3 所示，在只考虑辊组带动丝束带输送的情况下，丝束带输送受力有夹送力 T 、丝束带重力 G 和丝束包对丝束带的作用力 F ，受力关系为丝束带输送受力 $f = T - G - F = p \times \mu - G - F$ 。其中 μ 、 G 、 F 的大小由材料决定，无法通过参数调整，可视为恒定不变， p 的大小受生产工艺影响。设备正常运行时，不会随意改变气压大小，即丝束带输送受力 f 无法通过改变工艺参数进行调节，需要通过其他方式降低丝束带输送受力。

2.2 丝束带导向结构分析

ZL29 型成型机丝束带导向装置的结构如图 4 所示，导向环的杆端固定在第一级空气开松器上，环端的中心对准开松板 V 字槽正中间。丝束带输送时，由导向环对输送丝束带的位置进行约束、导向，使丝束带通过第一级空气开松器时，能聚拢在开松板 V 字槽正中间，以达到最佳的开松效果。

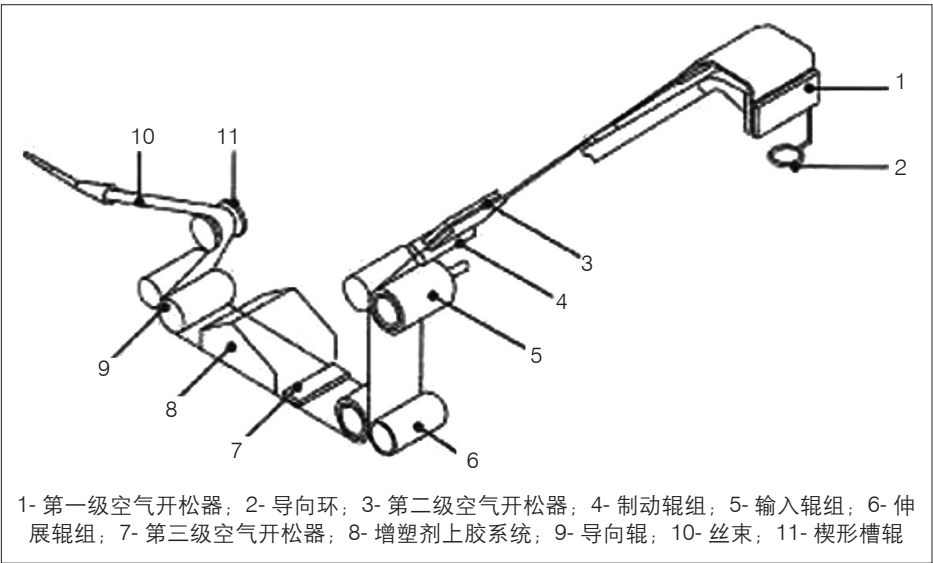


图 2 丝束带工艺流程图

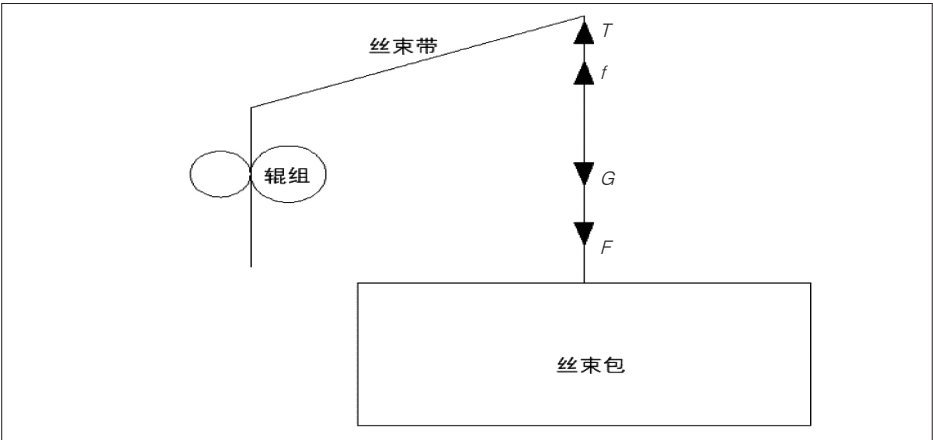


图 3 丝束带输送受力分析图

由于丝束包的形状为一个长方体,丝束带输送过程中,不可避免会出现偏离导向环中心的情况。此时丝束带因导向环的导向限位作用,受到导向环的约束力 F_1 (图5),且 F_1 的大小随丝束带与导向环之间距离的增大而增大。此时丝束带输送受力也发生变化,即 $f_3 = f - F_2$ (f_3 为丝束带偏离导向环中心时的受力, F_2 为 F_1 在竖直方向的分解力),影响丝束带输送的稳定性。

另外,由于导向环的杆端由一个顶丝固定,外力很容易造成导向环杆端弯曲,导致丝束带聚拢的位置发生偏移,影响丝束带开松效果,降低滤棒吸阻的稳定性^[2],

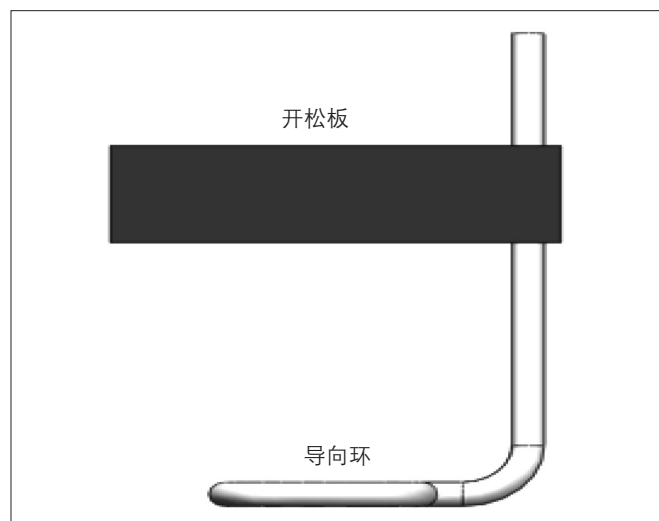


图4 导向结构示意图

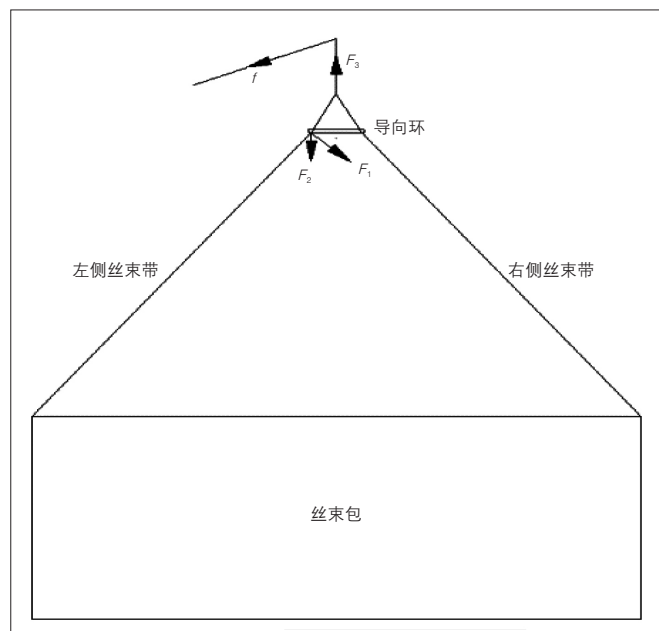


图5 导向环约束受力分析图

需要对导向结构进行改进。

3 丝束带输送改进研究

通过对现有丝束带输送工艺以及受力分析研究可

知,为降低辊组对丝束带的直接作用力,减小纤维被拉伸时的拉力,使单丝不容易被拉断,同时可以平衡由于丝束带偏离导向环而造成的丝束带输送受力变化,需要在辊组与丝束包之间,增加一组沿丝束带输送方向辅助输送的力 f_1 ,使丝束带从丝束包向辊组输送的过程中,由直接受力变为两段受力,如图6所示。

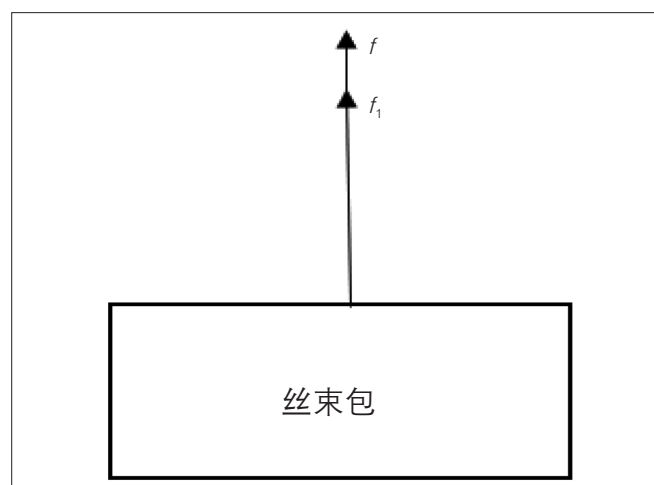


图6 改进后丝束受力图

该辅助输送的力 f_1 由高压喷头提供的正压气流来实现,利用气动系统的优点,使丝束带输送过程受力更加柔和,进一步减小丝束带重力、丝束包高低和丝束带摆动对丝束带输送稳定性的干扰。

针对原结构导向环的结构缺陷,设计多级导向的丝束带导向装置,将丝束带导向过程从一次导向,改进成多级逐层导向,减小丝束带导向时的受力,提升丝束带开松前的聚拢效果,提高丝束带输送稳定性。同时,改进导向结构的固定方式,使导向结构不容易受外力影响而变形。

3.1 丝束带输送改进设计

丝束带输送改进后由导向结构与固定结构组成。改进后的丝束带输送装置整体结构如图7所示,由夹板、臂板、竖版、角架、支架、固定板、连接套、中间连接器、出口导向器、气管、导向圈等部位组成。

3.1.1 导向结构的设计

丝束带输送的导向结构由改进前的单一导向环结构,改进为由连接套、中间连接器、出口导向器、导向圈等组成的导向结构,如图8所示。

其中,中间连接器与一个文丘里管高压喷头连接,并通过气管一端接入高压喷头,另一端与分配阀连接,实现高压喷头与设备联机启动。设备启动时,高压喷头接收到设备启动信号,喷出一道向上气流,在中间连接器中形成一道辅助输送的力 f_1 ,带动丝束带进入第一级空气开松器^[3],减缓丝束带输送受力 f ,同时减小由于丝束带重力,丝束包高低和丝束带摆动所产生的干扰因素,

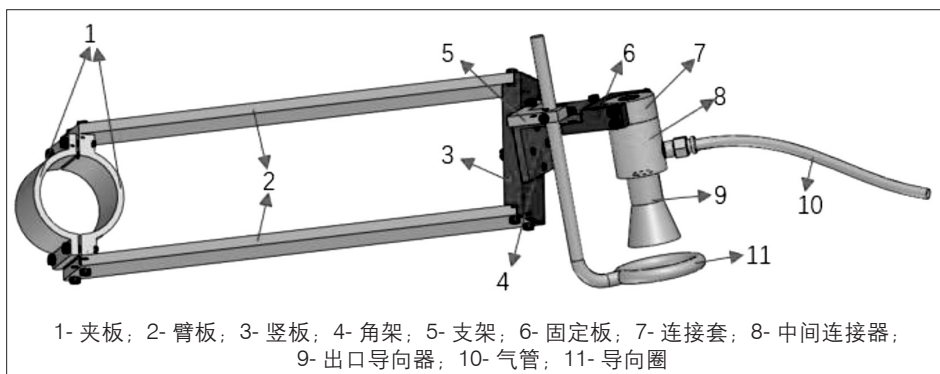


图7 改进装置结构示意图

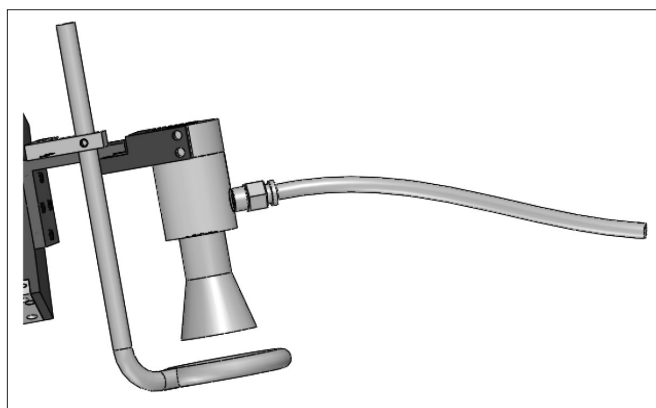


图8 导向结构

提升丝束带输送稳定性。为了得到足够大的力 f_1 ，设计高压喷头孔径为14mm，并在气管与分配阀之间接入调压阀，通过调整高压喷气的气压大小，达到调整 f_1 大小的效果。根据压力公式 $p=F/S$ ，则 $f_1=p_1 \times S_1$ ，将高压喷气气压调整至0.1MPa时， $f_1=p_1 \times S_1=10^6 \times 0.1 \times \pi \times (0.014/2)^2 \approx 15.39\text{N}$ 。因此，在高压喷头孔径固定的情况下，通过反复调整高压喷气气压的大小，使 f_1 与 f 达到最佳的配合效果，更好地实现提升丝束带输送稳定性的目的。

另外，中间连接器与连接套、出口导向器均为螺纹连接，保证导向结构各零件轴线重合。连接套、中间连接器和出口导向器孔径均为14mm，导向圈孔径为60mm，并将出口导向器设计为喇叭口形状，逐层对丝束带进行约束与导向，使丝束带输送过程达到更好的定位和聚拢效果。

3.1.2 固定结构的设计

丝束带输送的固定结构改进为：夹板固定在升降臂上，根据测量升降臂的外径，设计夹板为内径60mm、外径70mm的两块半圆夹板，夹板两端用螺丝连接，可以通过锁紧螺丝的方式，将夹板固定在升降臂上^[4]。

另外，根据夹板与第一级开松板的相对位置，设计长355mm、宽40mm的两个臂板。如图9所示，臂板一端被竖板固定，另一端与夹板相连，且与夹板圆面之

间的夹角为 50° ，使升降臂升起时，导向结构能正好位于第一级空气开松器中心的正下方。

设计竖板与角架的相对角度可调，可以通过调整角架的位置，使升降臂升起时，导向结构的轴线方向竖直向下，确保力 f_1 的方向始终竖直向上，与力 f 的方向一致（图10），丝束带传递时只会受到一个沿导向结构轴向方向的力，提高丝束带输送的稳定性。

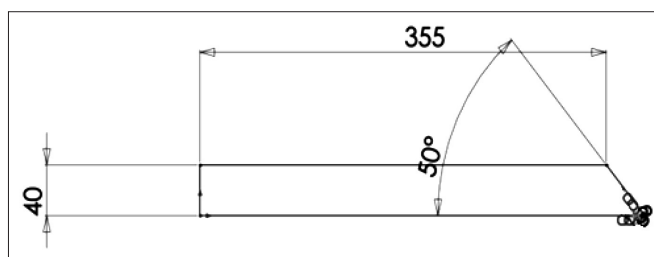
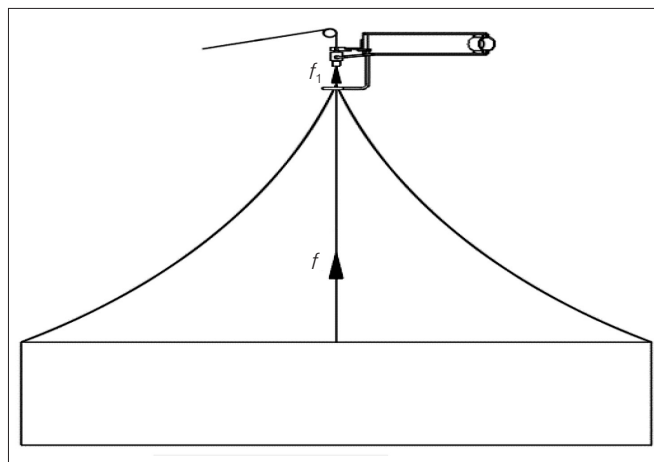


图9 臂板尺寸

图10 f_1 的方向

3.2 丝束带输送改进后试验

改进后的丝束带输送装置安装在14号成型机上，如图11所示。

试验3：首先通过维修、保养、调整的方法，将设备及滤棒质量调整至工艺范围内，然后使用一包新丝束，连续以600m/min的额定速度运行设备，每30min取30支滤棒作为样本，在测试台上测量滤棒的各项参数，直到丝束包用完，并收集数据如表3所示。

通过对比上述表3和前述表1的数据，滤棒圆周、质量和吸阻均值在丝束带输送装置改进前后无明显变化，且都符合滤棒工艺要求。但是滤棒的吸阻标偏差明显，丝束带输送改造后的吸阻标偏差稳定在 $7\text{mmH}_2\text{O}$ 以内，明显优于改造前的 $8\text{mmH}_2\text{O}$ 以内。改造前后吸阻标



图 11 改造结构实物图

表 3 丝束带输送装置优化后滤棒测量结果

时间	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
圆周均值 /mm	24.02	23.96	24.00	23.97	23.98	24.03	23.96
质量均值 /g	0.723	0.724	0.719	0.720	0.717	0.714	0.714
吸阻均值 /mmH ₂ O	281	280	276	276	275	272	272
吸阻标偏 /mmH ₂ O	6.4	6.2	5.9	5.8	6.5	5.8	6.2

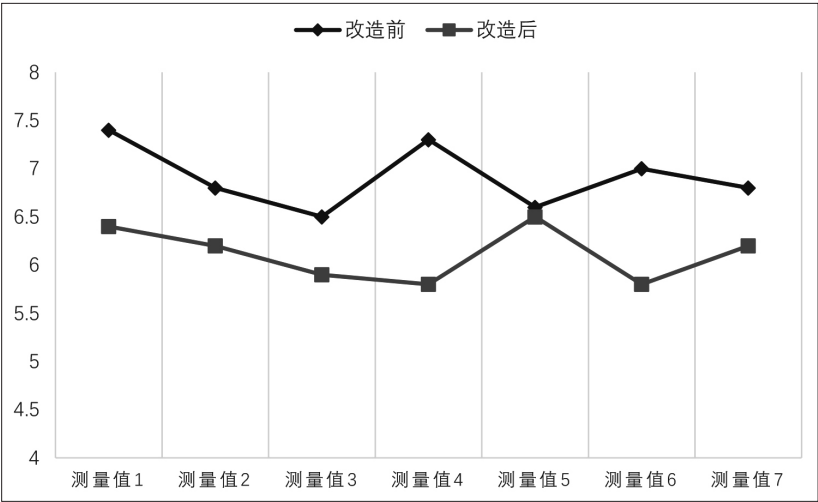


图 12 改造前后吸阻标偏对比

偏的对比如图 12 所示。

4 结语

通过对 ZL29 型成型机丝束带输送装置的改进，优化了丝束带输送导向结构，解决了 ZL29 型成型机生产滤棒时出现的丝束带输送不稳定、滤棒吸阻标偏大等问题，极大地提升了滤棒合格率和成品烟支质量。该丝束带输送装置改进具有如下技术优势：

- (1) 该丝束带导向装置的改进不需要改变原设备的基础结构和安装方式；
- (2) 该丝束带导向装置改进所需的气源可以从现有主机中取得，在实现联机启动的同时，有效地节约了动力能源；
- (3) 该丝束带导向装置改进后，丝束带的辅助输送力可控可调，可以通过调整气压，控制丝束带的输送效果，适用于不同规格的丝束包，适用性强；
- (4) 中间定位器对丝束带起到聚拢与定位的作用，可以提升丝束带输送稳定性；
- (5) 该丝束带导向装置改进成本低，且有效降低滤棒吸阻标偏，提升滤棒质量，适合推广使用。

参考文献：

[1] 谭秋生．高速线材智能夹送辊自动控制系统研究[D]．青岛：青岛理工大学，2017.

[2] 楚孔德．NTL-RU6E 数控成型机静动态特性分析与优化设计[D]．南京：东南大学，2017.

[3] 冷和．滤棒成型机送丝喷头改进设计及性能实验研究[D]．昆明：昆明理工大学，2008.

[4] 范一保．高精度接触式螺纹测量仪软件系统的设计与开发[D]．南京：南京航空航天大学，2011.