轮胎行业乏汽的回收利用

杨洪良
（通力轮胎有限公司，山东 济宁 272100）

摘要：针对轮胎企业生产排放乏汽的实际情况，选用汽汽引射器完成对乏汽的回收利用。根据汽汽引射器的特点及工艺需要，采用未经降温减压的高压蒸汽作为引射动力蒸汽，乏汽为被引射蒸汽，经过汽汽引射器混合后的低压蒸汽用于烘胶房进行烘胶。本改造方案在减少蒸汽用量的同时，也起到节能减排的良好作用。

关键词：轮胎；蒸汽；节能减排；乏汽；汽汽引射器
中图分类号：TQ336.1；F206　　**文章编号**：2095-5448(2023)03-0136-03
文献标志码：A　　**DOI**：10.12137/j.issn.2095-5448.2023.03.0136
OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

由于能源价格的不断上涨，国内的煤炭价格也大幅攀升，导致蒸汽价格随之高涨，节能减排成为各企业最为紧迫的任务[1]。轮胎企业生产排汽统称为乏汽。乏汽直接向外排放会造成极大的能源损失及浪费，且影响厂区环境。乏汽回收能为企业创造一定的经济效益，改善企业的生产环境，为节能减排提供有力的保障。本工作针对轮胎生产现场的实际情况，选用汽汽引射器完成对乏汽的回收利用，改造情况简介如下。

1 回收方案概述

目前回收水罐排出乏汽直接排入大气，造成大量的能量和水的浪费，回收的经济价值较大。因此考虑对乏汽进行回收，在不影响原系统的情况下设计出一套合理的乏汽回收再利用方案，回收后完全消除乏汽的排放。

本工作选用的乏汽回收装置为汽汽引射器，也称为蒸汽喷射式热泵（以下简称为引射器），为回收方案中的核心设备。其基本原理是利用文丘里管将工作蒸汽的压力势能转变成速度动能射出，在混合室内形成高度真空，使汽、汽混合物被吸入混合室进入扩压管而降低流速，最后在扩压管出口压力升至略高于大气压力时排出[2]。该引射器使用方便，为成熟产品，应用效果良好。

2 技术参数

通过式(1)，求得乏汽的流量(m_s)约为0.3 t·h^{-1}。

$$m_s = 3\,600\pi\frac{v}{V}\left(\frac{d}{2}\right)^2 \tag{1}$$

式中：v为蒸汽流速，取2 m·s^{-1}；V为比容，取1.729 m^3·kg^{-1}；d为管道内径，取0.3 m。

3 方案设计

3.1 方案概要

设计方案采用的引射器具有下述优点：热回收效率高；结构简单且无转动部分，不消耗电能和机械能，使用寿命长、运行可靠；自动控制调节，出口蒸汽压力参数稳定；操作简单，基本免维护，运行成本极低；安装方便，适应现场条件，可水平安装，也可以垂直安装[3]，且均采用法兰连接，拆装检修很方便。

乏汽回收装置安装位置选在动力站靠近排汽管道的平台上，尽量缩短乏汽的引射距离，以减小阻力，提高设备的工作效率。把全厂的闪蒸汽通

作者简介：杨洪良（1975—），男，山东泗水县人，通力轮胎有限公司工程师，学士，主要从事轮胎生产工艺管理工作。
E-mail：1074305911@qq.com

过相关管道汇总接至闪蒸汽回收器，进行集中处理。闪蒸器回收器把闪蒸汽大部分凝结为水流至回收水罐，乏汽由新增的引射器进行处理。驱动蒸汽来自降温减压前的高压蒸汽（1.0 MPa，330 ℃），吸入蒸汽为原排入大气的乏汽，引射后的低压混合蒸汽（0.4 MPa，143 ℃）进入烘胶房的蒸汽管道。

3.2　改造实施方法

乏汽回收工艺流程如图1所示，在闪蒸器回收器上方1 m范围内的排汽管道上安装电动阀门1。在阀门1与闪蒸汽回收器中间靠上处安装安全阀，安全阀的排汽管道可接至回收水罐的排大气管道上。安全阀接口下面接乏汽引出管道，并接至引射器的低压蒸汽预留接口法兰处。从高压蒸汽母管上接引的高压蒸汽管道（即动力蒸汽管道）接至引射器的高压蒸汽预留接口法兰处。

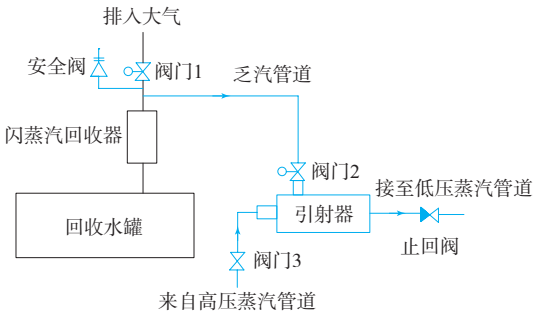

图1　乏汽回收工艺流程示意

3.3　管路控制

阀门1与阀门2为连锁控制，互为反动作控制，即当阀门1开启时阀门2关闭，或当阀门2开启时阀门1关闭。在引射后的低压混合蒸汽出口段管道上安装止回阀，防止蒸汽倒回。

3.4　动力蒸汽用量计算

近3年烘胶蒸汽用量如表1所示。按照企业每年生产运行8 000 h计，由表1可得出2022年蒸汽（0.5 MPa，151 ℃，焓值约为2 748 kJ·kg^{-1}）的使用量为0.54 t·h^{-1}。为了满足使用需要，要求混合低压蒸汽压力为0.3 MPa、温度为133 ℃，其焓值为2 725 kJ·kg^{-1}。利用能量守恒原理公式进行计算，折合使用混合低压蒸汽量为：0.54×2 748/2 725＝0.545（t·h^{-1}）。

为使混合后的蒸汽工艺参数达到要求，需求得动力高压蒸汽的耗用量。已知动力高压蒸汽压力为1.0 MPa、温度为330 ℃，其焓值约为3 115 kJ·kg^{-1}，流量为0.3 t·h^{-1}的乏汽压力为0.1 MPa、温度为100 ℃，其焓值约为2 675 kJ·kg^{-1}。根据式（2）[3]，计算得到动力高压蒸汽流量（D_q）为0.17 t·h^{-1}。

表1　近3年烘胶蒸汽用量　　t

月份	2020年	2021年	2022年
1月	619	619	609
2月	490	490	489
3月	450	450	455
4月	440	440	421
5月	279	279	275
6月	195	195	196
7月	177	166	165
8月	180	180	176
9月	192	182	181
10月	312	312	300
11月	498	498	463
12月	585	585	582
合计	4 417	4 396	4 312

$$D_q h_q + D_f h_f = (D_q + D_f) h_e \qquad (2)$$

式中：h_q为动力高压蒸汽焓值；D_f为乏汽流量；h_f为乏汽焓值；h_e为出口低压混合蒸汽焓值，为2 738 kJ·kg^{-1}。

引射器需要专业生产厂家根据现场实际情况及各蒸汽参数进行具体设计，确保设备的安全、稳定、经济运行。

4　改造方案优势

（1）回收效率高。正常工况下，可回收100%的乏汽热量。乏汽与动力高压蒸汽混合为低温低压蒸汽后可直接并入蒸汽管道输送使用，无需换热及降温减压，提高回收热效率。

（2）安全可靠性高。该系统具有排放安全通道，在排汽管道上加装安全阀，隔离阀门为连锁控制，避免操作不当引起憋压，起到双重保护功能。

（3）确保原生产装置稳定、正常运行。不论仪表、电气系统出现任何问题，都不影响原设备的正常运行，必要时可以随时停止，恢复原系统运行。

（4）系统调试好后无需人工值守管理。不增加任何操作，正常情况下不需要进行调整，全自动运行。按照乏汽最大排放量进行设计，全年运行不需要对设备进行调整，乏汽可全部回收。

（5）维护工作量小。由于新增设备主要是静设备和管线，除少量电器仪表需要维护外，基本没

有维修工作量。

(6)安装简单。本装置与原系统的接入点仅有高压蒸汽管道、去烘胶房蒸汽管道及排汽管道3处接口。在做好准备工作后,利用停产时进行施工,先预留出管道接口,约4 h完成后即可恢复生产,其余可在运行时进行安装。

(7)回收装置运行时无震动和噪声发生,无污染、无公害,没有特殊设备,无需向政府职能部门办理任何申请手续。

5 经济效益分析

5.1 回收蒸汽经济效益

(1)折算方法1。系统改造完成后,每小时平均可回收近0.3 t乏汽,每吨蒸汽热量约为251.1×10^4 kJ,系统按年运行8 000 h计算,回收的热量折合成标煤约为205.7 t,每吨标煤价格按1 200元计算,每年节省标煤成本约为25万元。回收的凝结水按每吨成本价8元计算,每年回收凝结水收益约为1.92万元。两项合计,每年可节省26.92万元。这种计算方式适合有自备电厂的企业。

(2)折算方法2。按折合商品蒸汽计算,商品蒸汽压力为1.0 MPa、温度为330 ℃,焓值约为3 115 kJ·kg^{-1},0.3 t乏汽(焓值约为2 675 kJ·kg^{-1})折合商品蒸汽为0.258 t,每吨商品蒸汽价格为280元,系统按年运行8 000 h计算,每年回收乏汽收益约为57.8万元。这种计算方式适合购买商品蒸汽的企业。

5.2 投资成本

乏汽回收技术改造所需主要设备和材料如表2所示。通过市场调查,投资成本约为20万元。

表2 乏汽回收技术改造所需主要设备和材料

设备和材料	规格或参数	材质	数量
引射器	出口混合蒸汽0.4 MPa,143 ℃ 驱动蒸汽1.0 MPa,330 ℃	20#钢	1个
电动截止阀	DN300 PN1.0	碳钢	1个
电动截止阀	DN80 PN1.0	碳钢	1个
电动截止阀	DN50 PN1.0	碳钢	1
止回阀	DN100 PN1.0	碳钢	1个
温度计	150 ℃	常规	3个
压力表	0～1.6 MPa	常规	3个
钢管	多种	Q235A钢	80 m
保温材料	镀锌铁皮+30 mm厚度保温层		50 m^3

6 结论

回收乏汽(0.3 t·h^{-1})每年节省标煤205.7 t,每年至少可减排二氧化碳754 t,符合国家持续做好碳达峰碳中和工作的政策要求。项目改造后,设备正常运行不到半年就可收回全部设备投资。同时由于节能而减少蒸汽消耗,净化厂区环境,实现清洁生产,消除安全隐患。原来在机房顶部蒸汽弥漫缭绕的现象得到根除,不仅消除了厂区热污染,还消除了对附近设备的腐蚀。

参考文献:

[1] 吴爱芹,刘雪姣,温劭,等.顶空气相色谱-质谱联用分析橡胶硫化烟气成分来源[J].橡胶工业,2020,67(3):225-229.

[2] 却燕平,宁玉琴.燃煤机组定排乏汽回收系统可行性研究[J].华电技术,2019,41(1):62-63.

[3] 陈海平,于鑫玮,鲁光武,等.基于蒸汽式热泵的火电厂除氧器乏汽回收系统热经济性分析[J].动力工程学报,2013,33(5):395-396.

收稿日期:2023-01-19

Recovery and Utilization of Exhaust Steam in Tire Industry

YANG Hongliang

(Tongli Tire Co.,Ltd,Jining 272100,China)

Abstract:In this study,the recovery and utilization of exhaust steam from tire production were achieved by using a steam ejector based on the actual situation of exhaust steam. According to the characteristics and process requirements of the steam ejector, the high-pressure steam without cooling and pressure reduction was used as the power steam for the injection of the exhaust steam. The resulted low-pressure steam mixed by the steam ejector was used to dry rubber materials in drying room. This design not only reduced steam consumption,but also saved energy and reduced emission.

Key words:tire;steam;energy saving and emission reduction;exhaust steam;steam ejector