

轮胎厂公用工程节能综合改造

张淮峰, 许德鹏

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

摘要:介绍轮胎厂公用工程在使用蒸汽、空气、电和水方面的节约优化改造方法。通过采取冬季采暖系统增加热交换器、PSA 制氮机制氮周期自动控制、厂房照明加装时控开关和光照度传感器、成型区照明选择无极灯、低温水泵变频控制及澡堂增设冷水箱等措施,达到循环利用、低消耗、一次性投入、长期节能的目的。

关键词:轮胎企业;采暖;制氮;照明;低温水;节能

中图分类号:TQ330.83⁺.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2015)05-0311-06

轮胎厂实施轮胎生产,大量使用大型橡胶加工机械,对水、电、空气和蒸汽消耗巨大,是典型的高能耗企业,因此如何有效地开展节能工作是轮胎制造企业需长期持续研究的问题。

多年的研究表明,轮胎制造过程中公用工程用能占总能耗相当大的比例,因此通过对公用工程设备进行优化改造及对能源使用实现自动控制能够有效节约能源。

本文以公用工程设备为例,介绍优化改造方法和节能效果,以期能为轮胎厂公用工程节约运行提供参考。

1 冬季采暖系统改造

在冬季,除轮胎制造车间的成型区域、钢丝帘布裁断区域和胎坯存放区域需要进行供暖外,还需增加办公室、食堂和胶料存放区的采暖。传统做法是生产区域使用中央空调集中供暖,其他区域通过新蒸汽采暖,基本上采暖蒸汽量占总蒸汽用量的15%左右,蒸汽消耗量很大。

在生产中发现,新蒸汽经过硫化机使用后还存在大量的乏汽和冷凝热水(以下简称热水)等余热可以利用,因此考虑有效循环利用硫化后的余热进行采暖。

1.1 方案选择

方案A:乏汽直接引入原采暖系统。乏汽直接引入生产区中央空调加热管路和办公区采暖系

统。由于硫化后的乏汽压力为0.03~0.1 MPa,压力低且波动大,流速慢,靠近回收总管处温度尚可,稍远则热量已基本散失,如果采用蒸汽引射器,虽然相对节能,但依然要耗用新蒸汽,此方案排除。

方案B:增加3组热交换器。优先将硫化后的乏汽和热水通过热交换器与中央空调中的循环水进行热交换,当乏汽和热水不够用时,再用新蒸汽进行补充,三者联合给所有需要供暖的区域集中供暖,如图1所示。

(1)空调循环水泵、生产区中央空调系统保持原状,无需改动。

(2)将非生产区域的采暖蒸汽管更换为盘管风机,并将主管道与生产区域中央空调系统冷却水主管连接,形成中央空调对整个公司所有需求点供暖。

(3)增加3套乏汽、热水、饱和蒸汽交换系统,将乏汽、热水、饱和新蒸汽分别通过板式换热器进行热交换,用以加热中央空调系统中的循环水。

1.2 方案实施

1.2.1 选型计算

要保证有效实施此方案,需要进行以下几方面的选型计算。

(1)乏汽热含量计算及蒸汽板式换热器选型。根据计量统计,平均每天蒸汽消耗量约为100 t,回收率为5%,则每天回收蒸汽量约为5 t。乏汽的汽化潜热为2 257 kJ·kg⁻¹,水的比热容为4.2 kJ·(kg·K)⁻¹。经过板式换热器后,乏汽由100

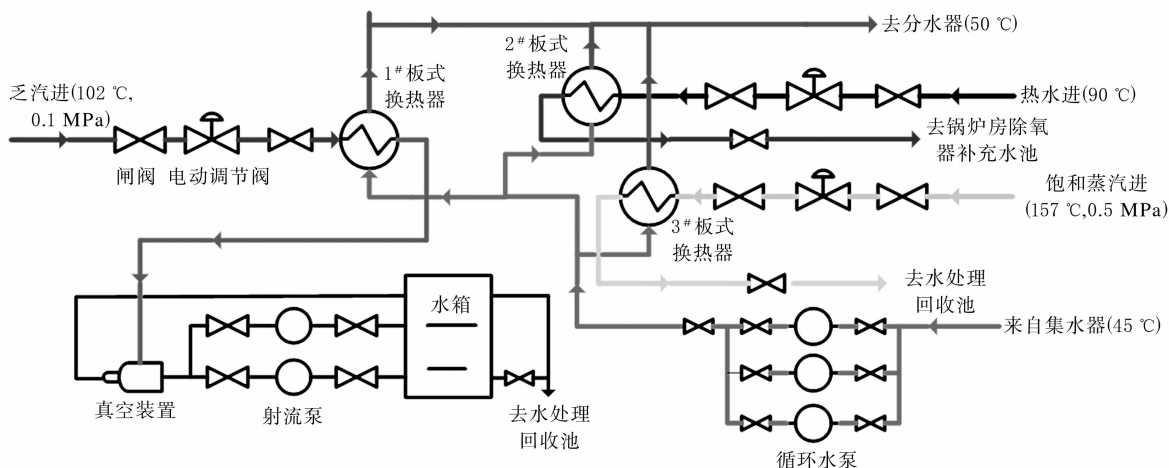


图1 硫化乏汽回收利用装置

℃的饱和蒸汽变为70℃的热水,则每天乏汽经过板式换热器所释放的热量为: $5 \times 1\,000 \times 2\,257 + 4.2 \times 5 \times 1\,000 \times (100 - 70) = 11\,915\,000$ (kJ)。空调循环水的温度需求为50℃。

在乏汽热交换器选型时,通过对乏汽介质特性的分析,最后选定换热效果较好的板式换热器作为热交换器。板式换热器的热导率(K)为 $2\,330 \sim 5\,810 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$,则乏汽每秒所产生的热量为: $11\,915\,000 \times 1\,000 \div 24 \div 3\,600 = 137\,905$ (J), K 取 $2\,800 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$,乏汽板式换热器换热温差为2℃,则板式换热器的换热面积为: $137\,905 \div (2\,800 \times 2) = 24.6$ (m^2)。为保证换热效果,在理论计算的基础上再乘以保险系数1.5,最后选定能耐高温(最高温度150℃)、换热面积为 36.9 m^2 的板式换热器作为乏汽热交换器,如图2所示。

由于考虑到乏汽压力低且不稳定,流动性较差,会导致热交换效果差,因此在板式换热器后端

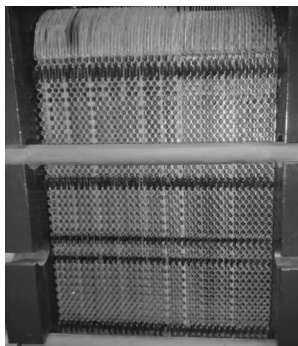


图2 蒸汽板式换热器

增加抽真空装置,以增大其流动性。经实际使用,增加抽真空装置后,板式换热器的换热效果较为理想。

(2)热水热含量计算及热水板式换热器选型。根据目前回收系统的工作情况,蒸汽转换为水的有效利用率约为80%,则平均每天回收热水量为: $100 \times 80\% = 80$ (t)。经过板式换热器后,热水的温度约由90℃变为70℃,则每天废水经过板式换热后所释放的热量为: $4.2 \times 80 \times 1\,000 \times (90 - 70) = 6\,720\,000$ (kJ)。

在热水换热器选型时,同样采用板式换热器作为热交换器,则热水板式换热器每秒产生的热量为: $6\,720\,000 \times 1\,000 \div 24 \div 3\,600 = 77\,778$ (J)。 K 取 $2\,800 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$,热水板式换热器换热温差为20℃,则板式换热器的换热面积为: $77\,776 \div (2\,800 \times 20) = 1.39$ (m^2)。为保证换热效果,在理论计算的基础上再乘以保险系数1.5,最后选定耐120℃温度、换热面积为 2.08 m^2 的板式换热器作为热水热交换器。

(3)办公室热水盘管风机选型。空气常压下的比热容为 $1.006 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$,密度为 $1.29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,则在常压下每立方米空气每升高1℃所需的热量为: $1.006 \times 1.29 \times 1 \times 1 = 1.3$ (kJ),则每 100 m^3 空气温度从0℃升至18℃所需吸收的热量为: $1.3 \times 100 \times 18 = 2\,340$ (kJ)。

如果要求盘管风机开启后15 min内室温达到18℃,则盘管风机的功率应为: $2\,340 \times 1\,000 \div (15 \times 60) = 2\,600$ (W)。考虑到办公室门窗需经

常开关的情况,为保证室内采暖效果,盘管风机在选型时,应在理论计算的基础上再乘以保险系数 2,即按每立方米供热量为 2.6 kJ 进行计算。根据不同办公室实际空间大小,确定所需风机的数量和功率,最后选定功率分别为 6 800 和 5 350 W 的两种挂式盘管风机,如图 3 所示。



图 3 挂式盘管风机

1.2.2 冷冻水泵变频循环控制

为节约电能及提高设备的自动化水平,延长设备使用寿命,改造过程中通过编写程序,使 3 台空调循环水泵不仅能根据负荷实现变频控制功能,还能实现定期自动切换轮流使用功能,如图 4 所示。



图 4 冷冻水泵变频循环控制窗口

1.3 节能效果

- (1)冬季户外温度在-2℃时,室内在不开启风机时温度约为 1℃。采暖系统改造后,在不开启新蒸汽的情况下,办公室温度达到 18℃,食堂为 15℃,空调系统供水温度达到 50℃。
- (2)采暖系统改造后,通过乏汽和热水换热器每天释放的能量为: $11\,915\,000 + 6\,720\,000 = 18\,635\,000$ (kJ),折算成新蒸汽后,平均每天减少新蒸汽消耗 8.8 t(0.5 MPa 的饱和蒸汽的汽化潜热为 $2\,108\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

2 PSA 制氮机制氮周期自动控制

PSA(Pressure Swing Adsorption)制氮机是

按变压吸附技术设计生产氮气的一种设备。该设备以优质的碳分子筛(CMS)为吸附剂,采用常温变压吸附原理,分离空气制取高纯度的氮气。通常使用两吸附塔并联,由 PLC 控制进口气动阀自动运行,交替进行加压吸附和解压再生,完成氮氧分离,获得所需高纯度的氮气。

这种设备对空气的消耗量非常大,空气/氮气比为 7.5:1 左右。PSA 制氮机组的制氮周期是指进行一次加压吸附和解压再生的时间,它决定制氮效率,时间越短,效率越高,但不可能无限短,因为时间太短将导致使用过程中氮气纯度达不到工艺要求。

改造前,PSA 制氮机组的制氮周期是采用手动方式设定固定值,导致制氮产量不能根据使用量自动调整,即设备对空气的消耗不能根据硫化车间需求及时进行调整,造成大量的空气浪费。

2.1 自动控制原理分析

针对以上问题,修改程序,将制氮周期时间随氮气纯度自动进行调节,控制氮气纯度范围,实现以下控制:

- (1)氮气用量上升,制氮时间不变,导致纯度下降,则自动缩短制氮周期,提高产氮量,及时向氮气缓冲罐补充高纯度氮气,氮气纯度提高;
- (2)氮气用量下降,制氮时间不变,导致氮气纯度长时间维持过高状态,则自动延长制氮周期,降低产氮量,减少向氮气缓冲罐补充高纯度氮气,氮气纯度降低;

(3)氮气用量稳定,制氮时间不变,则制氮周期时间不变,氮气纯度稳定在一个范围值内,直到(1)或(2)情况出现。

2.2 控制实施

2.2.1 原理

制氮机原 PLC 控制程序吸附塔吸附时间只能设定为某一固定值,通过修改制氮机 PLC 程序及参数控制程序,依据制氮纯度和出口流量对吸附塔吸附时间实现分段控制,达到减小制氮压缩空气用量的目的。根据现场实际情况,在控制窗口中修改吸附时间,如图 5 所示。

2.2.2 注意事项

(1)氮气纯度采样点应取氮气缓冲罐出气口,避免检测信号不准确。



(a) 改造前



(b) 改造后

图5 参数设置窗口

(2)制氮周期工作值和检测信号采样周期需要根据现场使用情况调试设置,避免控制系统发散或振荡。

2.3 节约效果

经过以上改造,平均每吨产品制氮空气用量下降约 90 m^3 。

3 厂房照明电节能改造

轮胎制造车间中型胶部件区、硫化区、成品库房和洗模房等场所在白天光线良好的时候,由于照明灯控制是人工进行开关操作,做不到及时关灯,存在能源浪费情况,根据节能需求,制定节电改造控制方案。

3.1 改造方案

(1)定时自动开关照明灯。在照明控制回路上加装时控开关(见图6),通过设置时控开关的开启和关闭时间,控制现场照明灯具的开与关。

(2)在定时控制的基础上,再增加根据光线强度自动开关照明灯控制,光照度传感器装置如图7所示。生产现场白天照明受天气变化影响较大,白天外部光线较暗时,现场亮度不能满足生产需求。为了解决这个问题,在照明定时控制的基础



图6 时控开关



图7 光照度传感器

础上增加光照度传感器控制,通过二者的配合,达到既满足现场光照度需求又能最大限度节能的目的。

3.2 控制方式

定时控制器与光照度传感器并联控制,按以下方式调试设置控制参数,完成照明优化控制。

(1)定时控制器根据当地日照情况,将时间设置在早上8点至下午6点之间关闭照明。

(2)光照度传感器根据现场日照情况,反复多次修改设定值,直到目视照明光线确实不足,才能接通照明。

3.3 使用情况及节能效果

通过对部件区、硫化区、成品库房和洗模房等有日照的场所照明节能改造,既满足现场生产对照明的需求,又达到节能的效果,一年累计可节电 $3 \text{ 万 kW} \cdot \text{h}$ 。

4 成型区照明灯改造

为了避免过强的光线对操作工眼睛的刺激,载重子午线轮胎成型生产车间照明根据技术要求,一般采用灯带式照明。照明顶灯使用的灯管功率不大,但是普通日光灯管的使用寿命很短,一般为连续工作4个月,而成型区域的灯管布置平

均每台成型机约 76 根,每天更换 5 根左右,由于高空作业,且不少灯管位于设备上方,不便更换,设备人员维护工作量非常大,并且普通日光灯功率因数低,浪费大,照明补偿柜故障频繁。

2008 年推广节能灯技术后广泛使用 T5 灯管,但是由于长期 24 h 连续工作,T5 灯管的使用寿命也仅约为 1 年,更换灯管依然是工作量较大的一项工作。为了解决这个问题,考虑更换为使用寿命更长、更节能的照明灯。

4.1 灯具选择

经过收集节能照明实用技术,确定选择无极灯作为节能照明光源。无极灯相比其他节能照明灯具具有以下几大优势:

- (1)使用寿命长,一般为 5~10 年;
- (2)供货商提供的质保期长,一般为 3~5 年,性价比高;
- (3)高光效,比普通节能灯多节能 20% 左右;
- (4)无频闪,减轻操作人员视力疲劳;
- (5)显色性好,显色指数大于 80,光线柔和,呈现被照物体的自然色泽,接近日光;
- (6)色温全面,色温 2 700~6 500 K;
- (7)高功率因数,功率因数 ≥ 0.98 ,解决了无功补偿的问题。

4.2 实施方案

成型区照明灯布置如图 8 所示,每台成型机上方基本平均分布 5 根灯管。

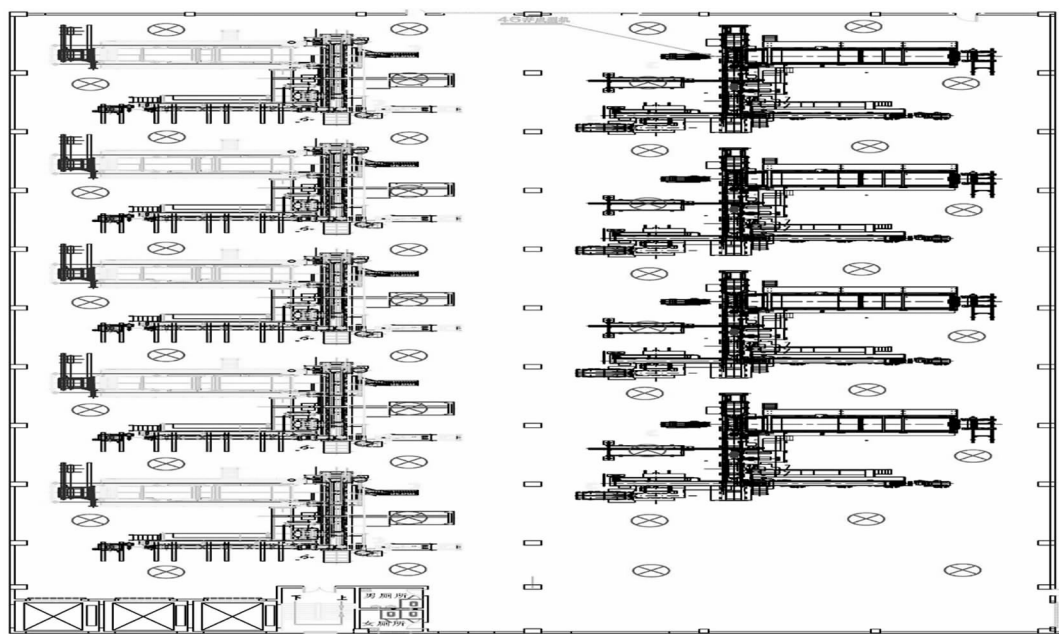


图 8 成型区照明灯布置

4.3 改造效果

- (1)经实际测量,成型车间的照度由改造前的 20~50 Lux 变为 70~120 Lux,照度提升。
- (2)每年节约用电 5 万 kW·h。
- (3)灯管由平均每天更换 1 根变为每半年更换 1 根,降低了维修工作量。

4.4 注意事项

由于无极灯是环状灯管,亮度很高,对操作工的眼睛刺激很大,因此在改造过程中,在无极灯玻璃罩外加蒙一层白色磨砂纸,将光线发散,有效解决了这个问题。

5 低温水泵变频控制改造

供给各温控单元的冷却用水是由公用工程动力站集中输送的低温水。低温水泵是将低温水由低温水池抽出输送进低温水总管的动力设备,一般轮胎企业根据产能配置两台以上的大功率水泵组合使用。

改造前,低温水泵所配的变频器频率是人工根据不同生产负荷设置的固定值,导致使用量变化时频率不能及时修改,造成能源浪费。为了解决这个问题,向低温水泵变频器输入压力信号,形

成闭环控制,同时重点解决了单输入信号分段输出控制多台泵的问题。

5.1 控制原理

低温水泵控制原理如图9所示。

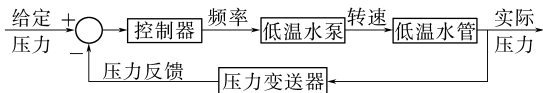


图9 低温水泵控制原理

5.2 控制方案

配置两台低温水泵,正常情况下一用一备,由PLC控制水泵的启停,选取低温水输出压力为控制对象,由PLC通过编好的算法控制低温水泵的运行频率。

工作时,先启动一台低温水泵,低温水泵的初始工作频率设置得较低,工作一段时间后,检测低温水管道的实际压力,如果仍然低于设定值,则由PLC控制按给定值增大输出频率。当频率累计递增至50 Hz时,如果管道压力仍然低于设定压力,则PLC自动启动备用泵。备用泵首先按设定频率启动,启动后定时检测输出压力,如果输出压力低于设定压力,则由PLC控制自动增大输出频率;如果输出压力大于设定压力,备用泵将自动递减工作频率,达到预设的最低频率时,备用泵将自

动切出系统。

5.3 节能效果

低温水泵实现变频控制后,水泵电动机的电流比改造前平均减小5 A,每天节电72 kW·h,每年按350天生产时间计算,一年可节约用电2.5万kW·h。

6 澡堂节水改造

轮胎生产车间85%左右的水由澡堂使用消耗,因此控制澡堂用水是节约用水的关键。

改造前,只有一个热水箱放在厂房顶层,热水通过自重流到澡堂,冷水直接将自来水管通入澡堂。冷热水通过澡堂每个混水阀,由使用人员自行调节水的温度和流量。在实际使用中,由于在澡堂刚一时洗澡人员非常集中,冷水压力不足,往往热水多、冷水少,员工抱怨大。为了解决这个问题,采用提高供水压力的方法,但会导致同样的阀门开度,水流量增大。虽然员工满意度上升,但水的浪费增多。

6.1 改造方案

在车间顶层增加一个冷水箱,自来水根据水位先补充水箱,冷水通过自重流到澡堂。澡堂冷水箱改造方案如图10所示。

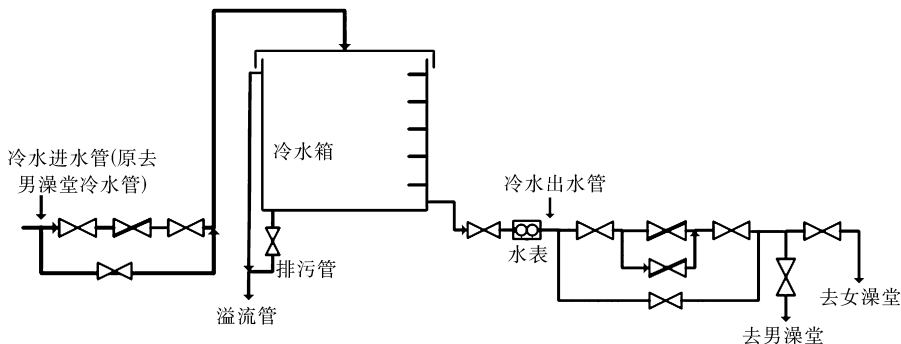


图10 澡堂冷水箱改造示意

6.2 改造效果

经过改造,在员工满意度不下降的情况下,每天可以节约20 t左右的自来水,按350天生产时间计算,每年可节约7 000 t自来水。

7 结语

此次综合改造的目的是循环利用、低消耗、一

次性投入、长期节能。通过设备和技术改造,在企业节能方面取得了一些成果。节能降耗,打造绿色企业、绿色产品是今后制造业的发展方向,只有通过不断的数据分析和持续进行的设备改造,才能有效挖掘企业的节能潜力,实现绿色生产的目标。