

轮胎制造行业余热的回收利用

李 鹏,赵兰春,李 靖

(风神轮胎股份有限公司,河南 焦作 454003)

摘要:探讨轮胎制造行业余热的回收利用,主要介绍和分析轮胎厂半成品车间恒温系统、硫化内压过热水补水系统和烘胶房加热系统余热利用改造方案及效果。通过采取半成品车间恒温系统夏季工况增设温水型余热制冷机、冬季工况将表冷器改造为冷热双用换热器,硫化内压过热水补水系统采用90℃的高温内冷水替代新制软化水及烘胶房采用蒸汽、余热双热源等措施,可充分高效地回收利用轮胎制造过程中所附生的高品位余热资源,降低生产成本,有利于资源、环境、经济、社会的协调发展。

关键词:轮胎厂;余热;回收利用

中图分类号:TQ336.1;F270 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2016)01-0054-05

轮胎制造属于重点耗能行业,在生产过程中需要消耗大量的水、电、煤、蒸汽等能源介质,其中蒸汽消耗占轮胎制造过程总能耗的45%,占总生产成本比例已增大至3%~4%,并随着能源形势的发展必然呈逐渐增加的趋势,因此寻找并有效利用成本更低且更为洁净的新鲜蒸汽替代能源成为轮胎制造业当前节能工作的当务之急和重要课题。

1 余热来源分布

在轮胎生产各工序用汽设备中,蒸汽放出汽化潜热后变为近乎同温、同压下的饱和凝结水,由于蒸汽的使用压力大于大气压力,因此凝结水仍有新鲜蒸汽全部热量的20%~30%尚未得到有效利用,且压力、温度越高的凝结水具有的热量就越多,占蒸汽总热量的比例也越大,可利用的价值就越高。轮胎企业蒸汽使用过程存在各种能级,为余热利用提供了可能性和广阔空间。对于热源品位需求较低的换热过程,余热完全可以实现对新鲜蒸汽的替代。轮胎企业余热资源极为丰富,对于年产140万套载重子午线轮胎规模的轮胎厂,年余热回收量可达到1.22万t,回收价值十分可观。余热回收几乎来自各工序,但冬、夏季稍有不同。

1.1 夏季

(1)炼胶工序:0.3 MPa的生胶热烘用蒸汽冷

凝余热。

(2)硫化工序:1.15 MPa的硫化外压蒸汽冷凝余热。

(3)公用工程:0.8 MPa的吸收式制冷机热源蒸汽冷凝余热。

1.2 冬季

(1)炼胶工序:0.3 MPa的生胶热烘用蒸汽冷凝余热。

(2)采暖供热:0.3 MPa的厂房采暖用蒸汽冷凝余热。

(3)成型工序:0.3 MPa的厂房温湿度调节用蒸汽冷凝余热。

(4)硫化工序:1.15 MPa的硫化外压蒸汽冷凝余热。

总体而言,轮胎厂余热来源大体分布如下:炼胶工序 17%,挤出工序 7%,成型工序 15%,硫化工序 61%。

2 余热资源利用

2.1 半成品车间恒温系统

在轮胎生产过程中,为保证轮胎半成品的物理和工艺特性,生产厂房必须保持19~24℃的恒温、恒湿状态,在夏季时需以蒸汽作为热源,使用制冷机制取7℃左右的冷水,通过空调系统向厂房进行供冷,在冬季时则同样以蒸汽作为热源直接通过空调系统向厂房供暖。因此,为保持车间的

作者简介:李鹏(1985—),男,河南焦作人,风神轮胎股份有限公司助理工程师,学士,从事节能管理及用能系统优化设计工作。

恒温状态,冬夏季工况直接或间接均设计选用蒸汽作为空调系统的热源。

在目前轮胎厂的蒸汽消耗结构中,半成品车间空调恒温系统蒸汽消耗量占很大比例。以年产140万套载重子午线轮胎规模的轮胎厂为例,设计每年用于半成品车间空调恒温系统的蒸汽量高达3.6万t,占整个轮胎厂设计蒸汽用量的18%,是非直接生产用能过程消耗量最大的。因为此部分蒸汽用于非直接生产过程,工艺安全风险低,热负荷也相对较小,蒸汽品位需求并不高,如果能够寻找到合适的余热利用载体,就完全有可能实现余热对蒸汽的替代。

2.1.1 夏季制冷工况

随着余热回收技术的不断提高和更高制冷效率的新型大温差余热制冷装备的应用,为余热资源充分、深度地用于制冷系统创造了成熟条件。

2.1.1.1 改造方案

(1)将轮胎硫化产生的二次闪蒸汽用管道接至冷凝水回收罐;利用冷凝水回收泵对温水进行闭式循环,吸收闪蒸汽,将温水加热到90℃以上。

(2)根据制冷负荷选择10 425 000 kJ制冷量的温水型余热制冷机安装于公用工程制冷站,利用冷凝水泵供应的90℃以上的水替代新鲜蒸汽,作为制冷机热源用于成型厂房夏季制冷。

(3)将新增制冷机冷冻水管道并入原系统冷冻水管道,制冷季优先使用温水型制冷机组。

(4)将新增制冷机冷却水管道并入原系统冷却塔,利用原系统风冷冷却装置对制冷机冷却水进行冷却。

夏季工况制冷系统余热利用改造工艺流程如图1所示。

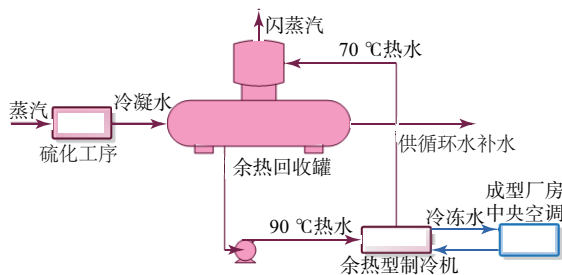


图1 夏季工况制冷系统余热利用改造工艺流程

2.1.1.2 经济性分析

新装余热型制冷机能够完全替代同等制冷量

的蒸汽型制冷机向厂房供冷,尤其在过渡季节。每台蒸汽型制冷机额定蒸汽消耗量为 $2 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$,按一年制冷季为4个月计,每年制冷季能够节约蒸汽量: $2 \times 10^{-4} \times 24 \times 30 \times 4 = 0.58$ (万t)。

蒸汽单价各地区存在差异,按均价 $180 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ 计,每年将节约蒸汽成本104万元,每台余热型制冷机的采购及安装成本为200万元,第1年投资回报率即可达到52%,第2年便能全部收回投资并实现盈利。

2.1.2 冬季制热工况

不同于制冷系统已有专业设计的余热利用装备能够直接应用,冬季工况下只能以现有装备为基础设计余热利用改造方案。组合式空调机组设计以蒸汽为热源,通过盘管加热器与车间回风进行强制对流换热,实现向车间供暖。如果将热源改为余热,由于余热焓值($415 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)低于蒸汽焓值($2706 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$),将会导致出现供热负荷配置不足的问题。

供热基本方程为

$$Q = kAt$$

式中, Q 为热负荷, k 为热导率, A 为换热面积, t 为换热时间。

如果时间缩短而仍希望保持供热负荷不变,则必须增大换热面积或热导率。据此思路并基于组合式空调机组的工作原理和结构特征,可以设计出两套余热利用改造方案。第1套方案是增装1~2组盘管加热器,即采取增大换热面积的方式。第2套方案是将机组夏季用于制供冷风但冬季闲置停用的表冷器改造为冷热双用换热器,不仅在夏季时能以冷媒水为载热工质与车间回风换热,向车间送冷,保持其设计功用,在冬季时也能够利用表冷器以余热为载热工质与车间回风进行换热后,向车间供暖。

由于黄铜材质的表冷器热导率能够达到铁质加热器的5倍,并且换热面积也比铁质加热器大1倍,因此该方案实质上采取了同时增大换热面积和热导率的方式。显而易见,第2套方案更具优势,虽潜在因冬季排水不净导致铜管冻裂事故的风险,但综合考虑改造的经济性、节能效果、施工难度及后续运维的便利性等因素,选择第2套方案更符合实际需求。

2.1.2.1 改造方案

(1) 从余热回收储罐至空调机房并行冷媒水管道,另单独敷设DN100管径的余热专用供回主管路,再至空调机组引DN80管径支管联入冷媒水进回表冷器支管。

(2) 利用冷水、余热两路供水支管阀组的启闭配合实现表冷器冬夏季热源的切换。夏季时,开启冷媒水供水阀组并关闭余热供水阀组,冷水正常供应,同时防止两套系统窜流。冬季时,则开启余热供水阀组并关闭冷媒水供水阀组,通热隔冷;必要时可在阀门处封装盲板,避免因阀门关闭不严导致系统旁串,减少热源流程,弱化制热效果。

(3) 在表冷器回水管路水位最低处安装101.6 mm(4英寸)排水阀,用于机组停机后排净内存积水,防止因积水凝固胀裂换热器铜管。

冬季工况制冷系统余热利用改造工艺流程如图2所示。

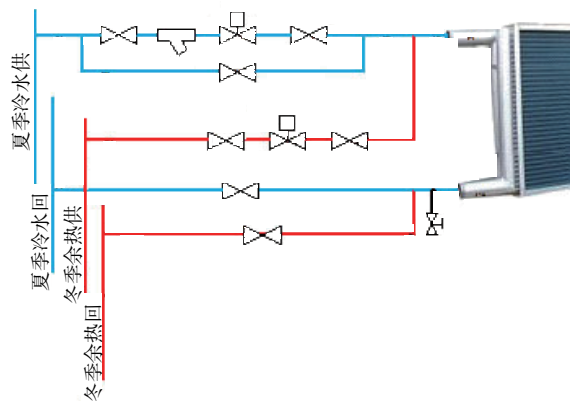


图2 冬季工况制冷系统余热利用改造工艺流程

2.1.2.2 经济性分析

轮胎半成品车间冬季工况余热利用改造项目节能效果非常显著,具体表现为“三高”:一是替代率高,由于将热导率和换热面积更大的表冷器改作加热器使用,不仅完全弥补了余热焓值的不足,甚至制热量已经超过了以蒸汽作为热源的原设计专用加热器,因此改用余热后可几乎不再消耗蒸汽,余热对蒸汽的替代达到95%以上;二是替代量高,140万套载重子午线轮胎产能规模的轮胎厂半成品车间恒温系统每年冬季工况设计需用蒸汽量高达1.1万t,按95%的替代率计,年节约蒸汽量达到1.04万t,占年设计总蒸汽用量的5%,相当于10

万条载重子午线轮胎的硫化过程消耗量,可使轮胎产品的综合蒸汽单耗降低5%;三是性价比高,改用空调表冷器作为加热器,改造工程仅需设计配套余热供回管路即可,无需再增加其他的硬件装置投资,从而大幅降低了项目的总投资成本。

上述规模轮胎厂半成品车间需设计配备12台组合式空调机组,按此方案改造,总投资金额约为55万元,而一个采暖季节约的蒸汽成本达到190万元,年投资回报率高达345%,即仅需1个月便可回收所有投资成本,且改造难度较小,性价比极高。由此可见,该方案堪称轮胎厂最具典型示范意义的余热利用改造项目。

2.2 硫化内压过热水补水系统

目前轮胎企业设计的轮胎硫化内压循环过热水系统的补水均直接取用软水站的新制软化水,由于其由市政自来水或深井水通过反渗透过滤处理制成,故温度普遍较低,通常不会超过25℃,冬季最低时甚至在10℃以下。对过热水系统补水温度进行计算分析可知,补水温度对过热水系统的蒸汽消耗有显著影响,补水温度越高,在相同工况下蒸汽消耗量越小。因此,寻找更高温度的过热水补水源,一方面能够有效降低系统的蒸汽消耗量,另一方面也为余热资源得到合理利用创造了机会。

2.2.1 改造方案

轮胎硫化结束后,为避免胎体纤维帘布出现热收缩,必须设计有速冷工艺。用于外胎硫化结束后速冷的冷却循环水(以下简称内冷水)因将170℃的轮胎降温至40~50℃而附带有大量的余热,以前该余热通过风冷换热散失在环境中,未得到回收利用。通过改造,采用90℃的高温内冷水替代新制软化水用作过热水系统补水,即可实现对内冷水携带余热的回收利用。

(1) 在过热循环水与内冷水两套平行系统之间加装热水储罐,对轮胎施加降温后的高温内冷水不再直接回至内冷水池,而是以温度为判别标准,分别回至内冷水池和中间热水储罐。

(2) 内冷回水主管路增装温控装置,控制不同回水支路电动阀门的切换启闭,实现冷热内冷水的分开独立回收。当检测到温度高于55℃时,通往热水罐的阀门打开,而通往回水池的阀门关闭,

回水回收至热水罐;当检测到温度低于55℃时,通往热水罐的阀门关闭,而通往回水池的阀门打开,回水回收至回水池。

(3)将硫化内冷水的冷热排水阶段分开,75℃以上热水回收至除氧加热罐,用于除氧器水的补充,补充水温度可由原来的常温水提高至75℃以上,即相当于余热最终被带入过热水系统,从而减少了用于加热补水的蒸汽用量,实现了内冷水携带余热的有效回收。

硫化内压过热水补水系统余热利用改造原理如图3所示。

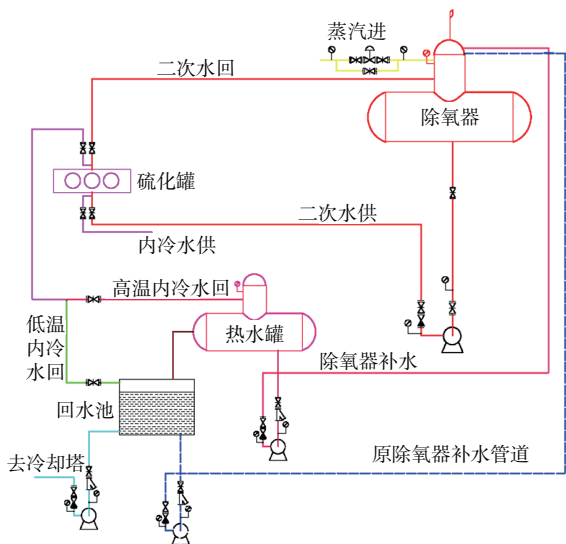


图3 硫化内压过热水补水系统余热利用改造原理

2.2.2 经济性分析

改造投资费用包括热水罐、管材及附属管件的购置费用及管道敷设安装费用等,总金额约为60万元,根据不同工厂的现场环境及改造难易程度,具体金额会有所浮动。过热水系统的热负荷一是为满足轮胎硫化过程所需的热量,二是用于将新补入系统的常温软化水加热至170℃的工艺标准要求温度。因此,余热利用改造完成后,由于过热水系统补水温度由25℃提高至65℃以上,补水加热温差缩小了40℃,相应减小了系统的总热负荷量,系统热源新鲜蒸汽消耗量必然随之减小。系统改造后,除氧器平均蒸汽消耗量由 $3.2\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ 下降至 $2.8\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$,每月可减少蒸汽消耗280 t,每年可节约蒸汽3 360 t,折合蒸汽成本60万元,仅需1年即可完全回收投资成本。

2.3 烘胶房加热系统

生胶在密炼之前必须保证在50~70℃的烘胶房中烘放一定的时间,即进行软化、干燥处理,达到提高生胶物理性能、避免对密炼设备造成机械损伤的目的。轮胎厂烘胶房的加热、持温过程目前均设计使用新鲜蒸汽作为热源,但通过对烘胶房实际蒸汽使用过程的大数据采样监测分析,尤其是针对烘胶房不同使用状态对蒸汽消耗量的影响发现,烘胶房仅在加热升温阶段热负荷较大,而在持温阶段热负荷相对较小,甚至在某些特殊条件下,如夏季气温较高时有可能趋近于零。因此,按照相同的思路,可选择余热替代新鲜蒸汽作为烘胶房热负荷相对较小时段的热源。

2.3.1 改造方案

根据烘胶房热负荷需求的变化规律及用能特点,以“蒸汽加热、余热持温、独立控制、交互支撑”为原则,设计了“双热源加热模式”的余热利用改造方案,在确保充分利用余热的同时,通过提高加热效率增大蒸汽节约量。

(1)从余热回收储罐至炼胶工序烘胶房,原蒸汽加热管网侧旁另行敷设余热加热管网回路,余热管网的设计管径应大于蒸汽热网管径。由于余热焓值低于蒸汽焓值,因此必须通过加大管径提高余热流量和换热面积的方式确保换热效果。例如蒸汽加热管网直径为57 mm时,余热管网直径至少应设计为76 mm。

(2)余热源加热系统温度控制方式采用PID调节阀设计,同时将蒸汽源加热系统原先的PID调节阀温度控制方式改为上切断阀上下限控制方式,以分别实现两种热源在加热过程中所承担的不同功用:蒸汽主要用于加热升温过程,并在持温过程中作为应急备用热源,无需常开,且启停节点明确,因此采用上下限控制设计为宜;余热主要用于持温过程,常开且须保持温度恒定,因此采用PID调节阀控制设计最为适宜。双热源并用一组温度测变反馈信号,以避免两套系统存在控制误差,同时可减少改造成本。

(3)兼顾工艺安全,合理设计双热源温度控制程序。以烘胶房夏季温度控制指标 $(50\pm 5)\text{℃}$ 为例,余热PID温度控制输出值可设定为标准中值50℃;蒸汽上限控制值可设定为55℃,即烘胶房温度

达到55℃后蒸汽切断阀切断停供蒸汽,必要时可铺设延时切断,以避免蒸汽突然停供造成温度出现遽降震荡或噪点干扰;下限控制值可设定为51℃,适当高于指标下限值,以确保工艺安全。

烘胶房加热系统余热利用改造前后工作原理对比如图4所示。

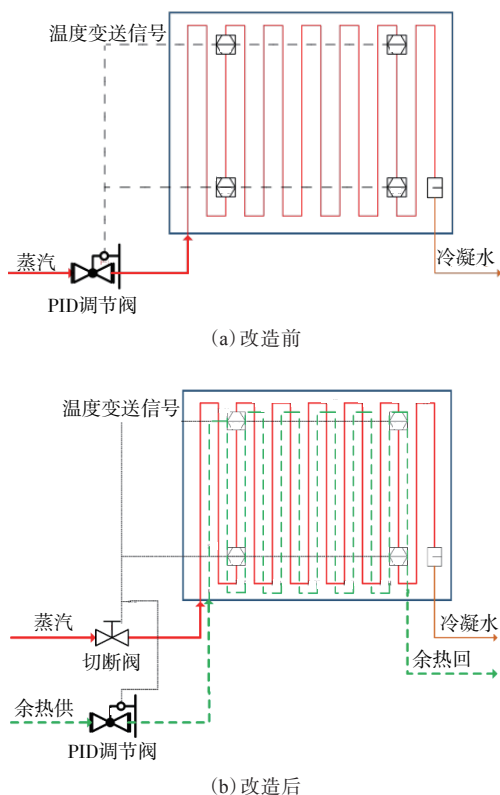


图4 烘胶房加热系统余热利用改造前后工作原理对比

2.3.2 经济性分析

烘胶房余热利用没有固囿于传统思维定式,与其他余热利用项目一样采用余热完全替代蒸汽的改造方案,而是同时保留蒸汽热源,因地制宜结合烘胶房自身的蒸汽使用特点,设计采用了双热

源并存的余热利用模式。相对于余热完全替代蒸汽的改造方案,适当消耗蒸汽的双热源加热设计反而节能效果更为明显,同时也保障了用能系统的稳定性和工艺指标的安全性,这一创新也堪称为本项目的最大亮点。

从改造前后烘胶房蒸汽消耗量的实际监测对比数据可以明显看出,改用双热源加热后,由于实现了在持温阶段几乎不再消耗蒸汽,烘胶房蒸汽消耗量至少节约40%。按单座10 m²烘胶房日均蒸汽消耗量为4.5 t、蒸汽节约量为40%、每年工作日为350 d计,单座烘胶房每年可节约蒸汽630 t,则每年可节约蒸汽成本11.34万元。由于改造难度并不大,单座烘胶房的余热改造成本核算在5万元左右,投资回报期仅为半年,极具投资价值。

3 结语

作为国家的基本国策,节能环保是轮胎行业的长期战略任务,而余热利用正是承担这一战略任务的重要载体,在助推轮胎行业实现用能结构调整、用能方式转型的过程中,将发挥重要的引擎作用,是支撑轮胎厂能效水平实现换挡升级的可靠保障。充分回收和利用余热也是企业现代化程度的标志之一。目前越来越多的轮胎企业投入资源参与到余热利用的开发研究和应用实践中,为行业余热利用技术的长期持续发展积累了丰富的技术储备和人才储备,奠定了余热利用的产业化和规模化发展趋势。在横向上拓展余热的利用途径,在纵向上延伸余热的利用深度,在流程上提升余热的利用效率,同时在节能减排与降本增效之间探索双赢之路,这不仅是未来余热利用的研究发展方向,也是整个行业共同努力奋斗的目标。

收稿日期:2015-10-29

轮胎模具表面质量影响因素分析

中图分类号:TQ330.4⁺1 文献标志码:B

模具表面质量直接影响轮胎的外观质量、生产效率和模具本身的使用寿命。目前轮胎模具使用寿命短是整个轮胎行业的难题,本工作从轮胎模具表面防护、清理方法和排气孔三方面讨论轮胎模具表面质量问题,并提出解决方案。

1 影响因素

1.1 表面防护不好

轮胎模具表面分为花纹圈和胎侧板两部分,一般轿车子午线轮胎模具的花纹圈是精密铸造铝合金材料,全钢载重子午线轮胎模具花纹圈为钢质材料,胎侧板均为钢质材料。所有材料的新模具表面都有一层很薄(约0.03 mm)但较为致密的