

# 轮胎电加热硫化机研发简介

丁振堂, 赵衍鹏, 杨华, 尹相迎, 季付高

(青岛软控机电工程有限公司, 山东 青岛 266200)

**摘要:** 本文介绍了电加热硫化机的研制背景、主要结构、工艺参数、结构上的不同点(与以往的蒸汽加热硫化机相比)、电加热结构的优点以及电加热技术的原理等。最后, 文章还介绍了电加热硫化机的社会效益, 比如提高产品质量、降低能源消耗等。

**关键词:** 硫化机; 电加热; 氮气加热循环利用技术

**中图分类号:** TQ330.47

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2024)07-0070-06

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2024.07.016

硫化机作为轮胎生产的主要设备之一, 经过近一个世纪的发展, 其结构已经成熟, 甚至已经固化, 其中硫化所需的热能都是采用蒸汽作为介质而没有改变过, 轮胎生产厂已经把轮胎硫化在轮胎生产过程中消耗蒸汽能源作为一个主要工序, 在建厂初期就进行规划和布局。而我司改变以往的传统结构工艺, 设计出内外温电加热硫化机, 并批量投产应用, 取消以往的蒸汽加热, 实现了从蒸汽加热到电加热的突破。

## 1 研发背景

随着汽车工业和轮胎工业的快速发展, 液压轮胎硫化机凭借其精度高、自动化程度高, 硫化的轮胎均匀质量高等突出特点, 已经逐步取代了传统的机械式硫化机, 但无论是机械式硫化机还是液压式硫化机, 从使用者——轮胎工厂的角度上看, 以氮气硫化轮胎为例, 热板轮胎硫化分为外温加热与内温加热。其中外温加热, 就是通过热工阀组用蒸汽加热热板、模具, 然后通过热传导把热能传递给轮胎胎胚外层。内温加热, 就是通过热工阀组, 用氮气定型, 用热的蒸汽通过中心机构流入到轮胎胶囊, 然后胶囊热能传导到胎胚内层, 内外层同时加热硫化, 硫化生产出轮胎。硫化工厂蒸汽加热的简易流程, 见图1。

通过蒸汽加热硫化工厂中硫化工段是高温车间, 是企业热能消耗大户。因为其热源介质为高温高压蒸汽, 所以必须建造锅炉、软化水处理设施、蒸汽热工管道等辅助设备, 从而导致建设周期长、费用投入大。事实证明, 锅炉传递热能利用效率也较低。经过轮胎

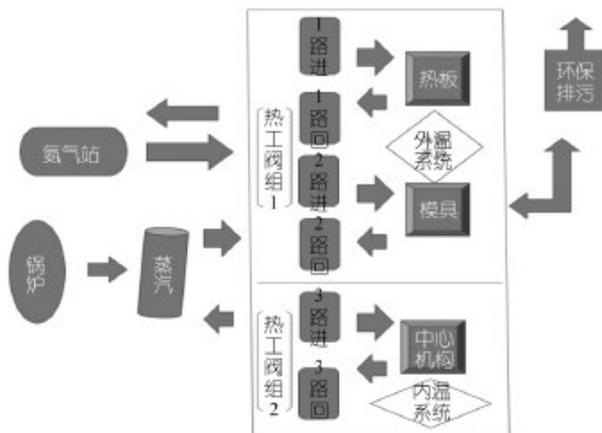


图1 轮胎硫化工厂热板硫化机氮气硫化的简易流程

工厂的统计, 其蒸汽消耗量约占企业用量的80%。蒸汽是锅炉加热制成, 所以轮胎工厂在建厂初期即需核算锅炉的建设投资、管道的架设、材料投资, 同时因蒸汽极易受冷凝结为水, 造成热量损耗, 所以还需预设大量的保温措施。硫化轮胎后蒸汽污染也很严重, 国家规定排污必须经过环保设备, 除尘、除污、除废气、除废渣等必须达标, 而这也需要占用厂房的一定面积, 环保设备的资金也占用了很大一部分。这些必须面对的因素, 对轮胎生产企业的占地面积、设备投资、建设周期和操作成本提出严峻挑战, 使硫化系统的投资约占到轮胎企业设备投资的25%~30%以上。为了改

**作者简介:** 丁振堂(1969—), 男, 高级工程师, 硫化机行业内专家学者, 中国高分子材料专家委员会委员, 青岛科技大学高性能聚合物研究院研究员。

收稿日期: 2023-03-28

变这种现状,用其他优质能源取代热能,取消蒸汽锅炉,成了硫化系统厂家争相研发的课题重点。我司有雄厚的技术团队做支撑,经过与多所高校院所联合调研,最终决定用电能取代蒸汽,改变硫化机的相应结构,改变轮胎的相关硫化工艺,设计出原型机后在内部轮胎实验基地实验,几经团队综合改进改善,已经顺利研发成功。

## 2 项目研发方向、指标、突破点

温度是满足轮胎硫化的三大要素之一,给硫化机提供温度的介质都是蒸汽。蒸汽加热过程中的热量损耗问题、泄露问题、内/外温不均匀的问题一直困扰着主机厂和终端用户。且在硫化生产过程中,需要对蒸汽加压,形成高温高压蒸汽,而高温蒸汽对管道、阀门、密封件等影响较大,设备部需准备大量的备品配件,更换过程处于高温环境下,极其辛苦。对此,用电能替代蒸汽给硫化机提供合适的温度,即可减少轮胎建厂项目的前期投资,减低设备维保难度,同时内外温均匀性控制良好,可以有效提升轮胎制品质量。从3个方面入手用电能取代蒸汽热能。

### 2.1 硫化外温热板电加热

通过在上、下热板内嵌入一定形式的电热元件,直接产生热能,用于取代硫化机热板传统通蒸汽加热的形式,取消蒸汽发生装置、输送管路、动力等附属结构。硫化外温电加热指标,见表1。

表1 硫化外温热板电加热指标

技术指标	达标标准
电热效率	预热时间:1 h/(10~200)°C
单热板温差	±1.5 °C
上下热板温差	±1.5 °C

采用电加热技术取代传统的蒸汽加热技术,外温热板电加热要实现的突破点需要解决以下关键技术问题:

- (1) 上、下热板加热温度及均匀性。
- (2) 加热元件体积与功率匹配的合理性。
- (3) 加热源的功率、温控系统设置。
- (4) 加热元件的寿命、后期维护措施、电磁干扰与辐射问题。
- (5) 大功率配电设施匹配设计。

### 2.2 硫化外温模套电加热

通过改进现有模具结构,将模具外包的蒸汽通道层改为环绕型电加热外壳:电热管+绝缘隔热层+不锈钢外壳,实现对活络模块的直接加热。硫化外温模

套电加热指标,见表2。

表2 硫化外温模套电加热指标

技术指标	达标标准
电热效率	预热时间:1 h/(10~200)°C
单模温差	±2 °C

采用电加热技术取代传统的蒸汽加热技术,外温模套电加热要实现的突破点需要解决以下关键技术问题:

- (1) 与现有活络模模具的匹配性。
- (2) 加热元件的寿命、后期维护措施、电磁干扰与辐射问题。
- (3) 大功率配电设施匹配。

## 2.3 内温电加热

### 2.3.1 氮气电加热循环技术

氮气循环电加热泵将电加热的循环氮气输送到中心机构。中心机构电热元件继续加热氮气以符合工艺的热能传导到轮胎胎胚。

### 2.3.2 中心机构电加热技术

在中心机构环座缸内嵌入一定形式的电热元件,直接产生热能,用于取代硫化机热板传统通蒸汽加热的形式,取消蒸汽发生装置、输送管路、动力等附属结构。硫化内温电加热指标,见表3。

表3 硫化内温电加热指标

技术指标	达标标准
电热效率	胶囊内温 200 °C, 可调控
定型/硫化切换温降	满足硫化曲线要求
内压、内温	内压 2.8 Pa、内温 200 °C, 可调控

采用电加热技术取代传统的蒸汽加热技术,内温电加热要实现的突破点需要解决以下关键技术问题:

- (1) 加热元件功率需求与空间受限的矛盾。
- (2) 加热元件的位置与加热效率的匹配性。
- (3) 改进后环座体积需满足现有硫化机机构要求。
- (4) 加热元件的寿命、后期维护措施、电磁干扰与辐射问题。
- (5) 大功率配电设施匹配。

## 3 蒸汽加热与电加热结构的比对,电加热主要部件结构的介绍

### 3.1 取消了锅炉和辅助设备及热工阀组

以电加热方式取代蒸汽加热结构,最直接的就是取消了锅炉和辅助设备以及热工阀组系统。锅炉和辅助设备属于外围设备,这里不单独介绍,而热工阀组系统是每台蒸汽热能硫化机的必备,现在可以直接取

消,其直接效果就是减少了至少6路18个各类阀门,简化了设备后部的管道排布,设备占地减少,可有效提高厂房利用率;同时,设备内空间加大,漏点减少,增加维保人员活动空间的同时降低劳动强度。而且取消至少18个各类阀门,可以减少36个漏点,工厂维保的备品备件可有效减少,降低维保费用。蒸汽热工阀组布局图,见图2。

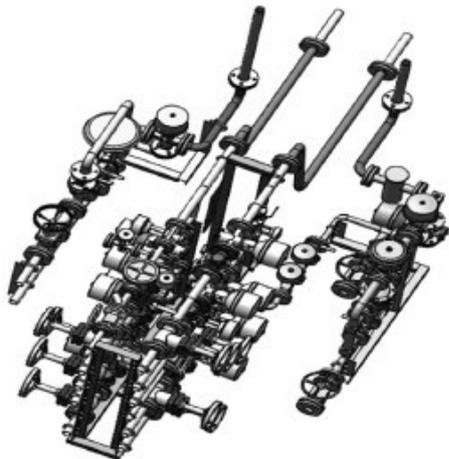


图2 蒸汽热工阀组布局图

该布局图中零部件在电加热硫化机中已全部取消

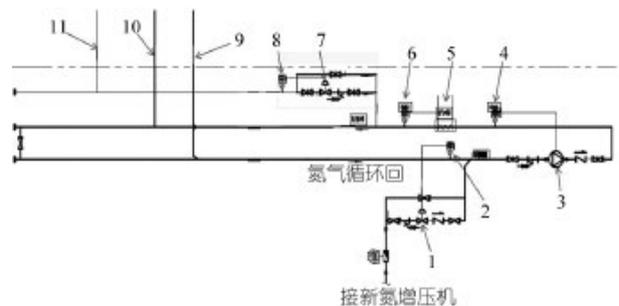
### 3.2 氮气循环电加热技术

#### 3.2.1 氮气循环电加热技术的简单介绍

目前国内外的轮胎硫化机的硫化方式普遍使用低压蒸汽、高压蒸汽给生胎提供热量,高压氮气给生胎提供压力,使生胎能够得到产生硫化反应和胶料流动的能量。蒸汽是通过外部购买、管路输送或单位锅炉烧制的方式获得,氮气通过外部购买或自建制氮机制氮的方式获得。这种硫化方式不仅需要初期庞大的基础建设,更是生产能耗高,能源浪费。其机构主要包括有动力站、低压蒸汽管路系统、高压蒸汽管路系统、氮气管路系统(或热水管路系统)、硫化机机台配套控制阀门及管路等部件。动力站提供的低压蒸汽、高压蒸汽、高压氮气通过相配套管路系统输送到机台,通过机台配套的阀门及管路进行介质的切换控制,控制低压蒸汽、高压蒸汽、高压氮气(高压热水)按照先后顺序进入机台胶囊内,提供给生胎产生硫化反应及胶料流动的温度和压力,从而达到生胎硫化成轮胎的目的。无论蒸汽购买或高压热水自行锅炉烧制,价格昂贵,管道输送能量损失较多,总体能源浪费较大;另一方面,使用介质多,输送管路系统复杂,管路多而长,控制防护成本高,挖沟架设,初期建设费用高,

后期养护费用高,建厂效率低等问题。热水需要除氧,增加设备成本,同时长时间使用容易腐蚀管道和胶囊,造成管道堵塞。

独创发明的轮胎定型硫化机氮气循环电加热技术,没有了以上蒸汽加热的缺点,采取使用氮气回及新氮补充调节压力、氮气增压驱动循环、高压氮气加热温度控制、氮气减压调节中压及其提供给硫化机台硫化的方式,减少了介质种类及其相应的输送管道,减少了硫化机每个机台的控制阀门和管路,减小了空间占有率,使硫化机下方空间大,便于维修,见图3~图7。



1—调节阀;2—压力传感器;3—罗茨风机;4—压力传感器;5—氮气加热器;6—温度传感器;7—调节阀;8—压力传感器;9—硫化机机台氮气回管路;10—硫化机机台高压氮气进管路;11—硫化机机台中压氮气进管路

图3 氮气循环加热系统图

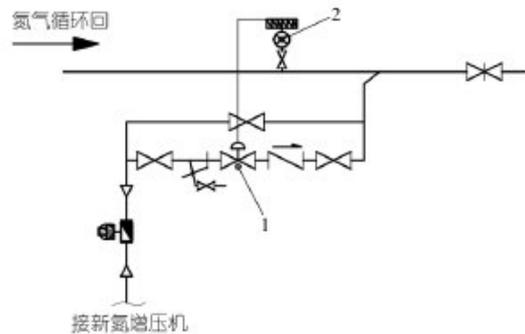


图4 氮气补压调节系统图

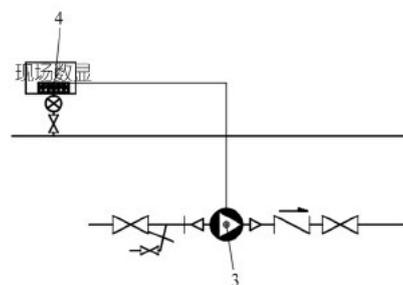


图5 氮气增压驱动系统图

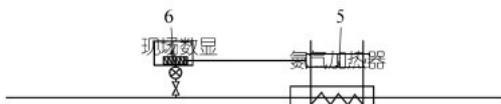


图6 氮气加热系统图

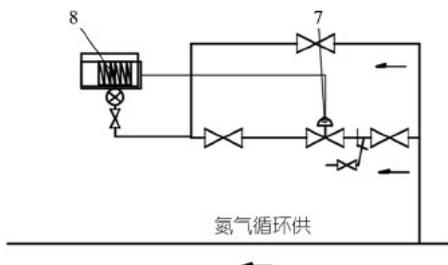


图7 氮气中压调节系统图

### 3.2.2 氮气循环电加热技术的结构动作原理

轮胎定型硫化机氮气循环加热系统主要包括有：调节阀、压力传感器、罗茨风机、压力传感器、氮气加热装置、温度传感器、调节阀、压力传感器、硫化机机台氮气回管路、硫化机机台高压氮气进管路、硫化机机台中压氮气进管路。其中，新氮增加机提供所需要的氮气，结合回路管路氮气，并通过所述的2压力传感器监测的压力数值，反馈到控制器，控制器通过运算，输出信号控制1调节阀来控制氮气压力大小，保证氮气增压驱动系统前的压力稳定在设定值；氮气增压驱动系统中的3罗茨风机将管道内的稳定压力增压输出，并通过4压力传感器监测，反馈控制器，控制器通过运算来控制罗茨风机转速来控制增压稳定输出，使系统的进回管路形成压力差，驱动氮气循环流动；增压形成的高压氮气，通过控制器控制5氮气加热器进行分段电加热，并通过6温度传感器监测反馈的温度，控制氮气加热器将氮气快速稳定的加热到设定或需要的温度，这样就形成了高温高压的氮气；中压氮气调节系统通过8压力传感器的监测反馈和7调节阀形成闭环控制，高温高压的氮气调节成高温中压的氮气。这样可以提供给硫化机每个机台高温中压氮气和高温高压氮气，完成生胎硫化需要的温度和压力。

### 3.2.3 氮气循环电加热技术的突破点

(1) 采用氮气补压调节系统，保持氮气源压力稳定及有源补充。

(2) 采用氮气增压驱动系统，使氮气压力提升并稳定在设定值，保证进回压力形成压差，驱动氮气循环流动。

(3) 采用氮气加热系统，使氮气温度快速稳定到设定值，形成高温高压的氮气。

(4) 氮气中压调节系统，能够形成高温中压的氮气，提供给硫化机每个机台。

通过这四个关键点形成能够提供单台硫化机生胎硫化需要的温度和压力。电加热氮气的方式，改变了以往胶囊内氮气与蒸汽切换的温降问题，减小了胶囊上下温差，防止出现轮胎下子口欠硫的问题。

## 3.3 电加热热板结构的介绍

### 3.3.1 传统的蒸汽加热流道型热板简介

热板为非蒸锅式硫化机的主要加热部件，其通过模具为轮胎硫化提供所需的热能。分为上热板、下热板。上热板固定在上硫化室上，其位于模具上方且与模具上半部分一起运动；下热板固定在下硫化室上，其位于模具下方且与模具下半部分固定在一起；现有热板的加热方式均为热板内部通高温蒸汽，进而完成模具的加热。常见的非蒸锅式液压轮胎硫化机的模具加热方式，为在上下热板内部加工留有蒸汽通道，当高温蒸汽在硫道中持续不断的通过，进而使上下热板升高温度，完成对模具的加热。

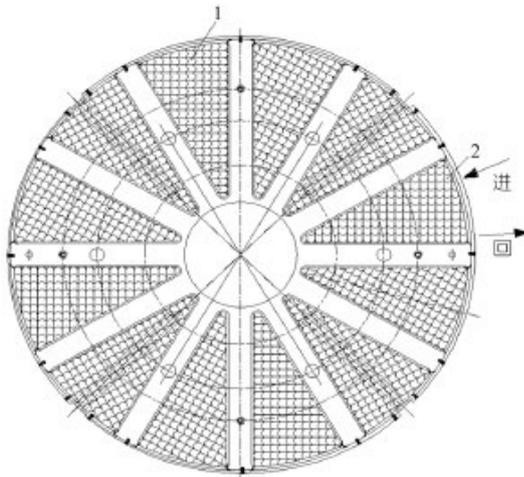
使用通过高温蒸汽来使热板加热，然后热能传导到模具，使模具升温，达到硫化轮胎温度的方式，会需要大量的能源消耗，而且在高温蒸汽进入热板之前的管路中会散失一部分热量，从而增大了能源消耗。另一方面，传统硫化车间因硫化废气、残余蒸汽、烟气的排放，环境非常恶劣，设备器件寿命减短。客户逐步要求改善硫化环境，追求高效、清洁、节能的硫化设备。

### 3.3.2 新型的电加热热板简介

新型的电加热热板结构能解决能源过度消耗、生产环境恶劣的问题，其采用多个电热模板组合而成的电热板结构，便于生产安装以及后续单个电热板的维修，降低了整体维修的成本。新型的电加热热板，见图8。

电加热方式与温控系统相结合，合理划分热板的温控区域，可有效提升热板的温度均匀性，提升轮胎硫化质量；热板上1留有电热模板的2安装位置，通过螺钉将电热模板安装在热板上，电热模板内部通电加热，从而完成对整个热板的加热，满足硫化轮胎所需的温度。加热形式为电加热，且电加热板由多个电热模板组成，对热板加热较为均匀。使用电加热的加热方式相较于传统的蒸汽加热方式，减少了大量的能

源消耗，避免了硫化废气、残余蒸汽的排放，实现了生热快、热效率高、局部温度可控的效果。使用板式电热板组合的结构形式，便于后期维修和更换，降低了热板整体更换的成本。板式电加热的结构使热板受热更加均匀，能够达到更好的硫化工艺。



1—热板；2—电热模板

图8 新型的电加热热板

### 3.4 电加热硫化与蒸汽加热硫化对比

图9、图10为同一型号全钢轮胎电加热硫化机与蒸汽加热硫化机温度压力时间曲线图对比

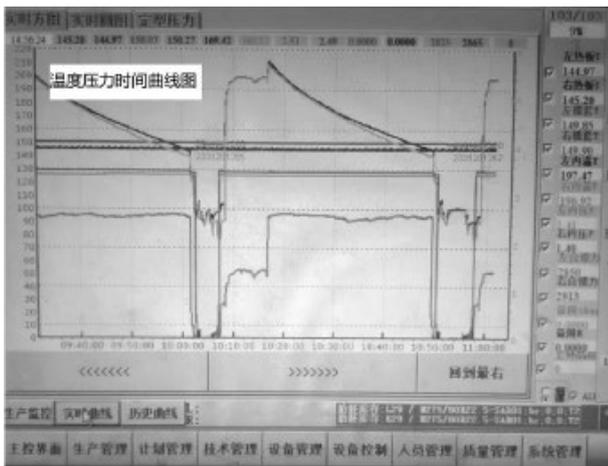


图9 电加热硫化机温度压力时间实时曲线图

通过同一型号电加热硫化机与蒸汽加热硫化机温度压力时间曲线图对比，可以发现电加热硫化机温度、时间、压力完全符合轮胎的生产工艺标准，电加热硫化机中模具温度变化更加平缓，左右热板温度温差变化更小，内压温度曲线也完全达标，完全可以实现电加热对蒸汽加热的替代。

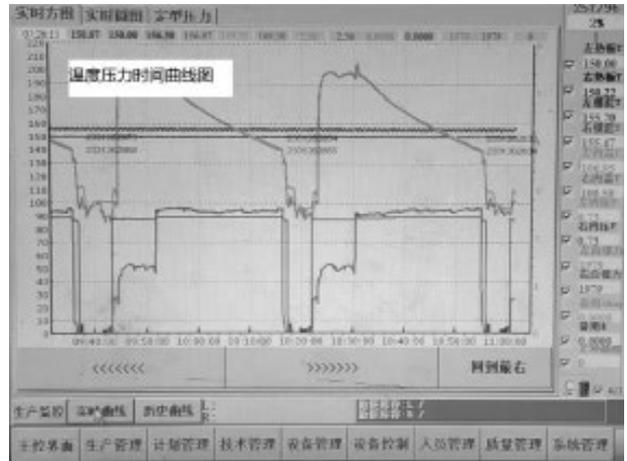


图10 蒸汽加热硫化机温度压力时间实时曲线图

## 4 社会经济效益

从国家的“十四五”规划要求角度上看，企业要以科技创新为支撑推进企业在质量效益提升的基础上实现持续健康发展；提高能源利用效率，减少污染物排放，持续改善环境质量，生产方式绿色转型。进而推进企业升级，实现中国制造强国。因此从国家宏观要求、客户需求、企业自身发展需求综合分析，通过创新对液压轮胎硫化机技术升级、提高设备的市场竞争力势在必行。采用内外温加热的电动硫化机就是呼应了国家的号召。

电能通过电热元件直接产生热能，无需蒸汽管路、锅炉等蒸汽辅助设备，建厂周期可以缩短30%。能源直接转换，无介质传输结构，利用效果高，与蒸汽相比，可节能30%以上。电加热的氮气取代了低压蒸汽和高压蒸汽。减少了介质种类及其相应的输送管道及控制，减少了硫化机每个机台的控制阀门和管路，减小了空间占有率，使输送管路系统简化，控制防护简化，减少长距离管道输送能量损失，降低能源浪费，减少了硫化机每个机台的控制阀门和管路，使硫化机下方空间大，便于维修，降低生产成本。使用氮气循环电加热的方式来提供硫化温度和压力，使能源清洁，降低污染，同时能源的利用率提高，整体降低了轮胎生产成本。以电加热方式取代蒸汽加热，降低轮胎建厂项目前期投资，在设备开机率、生产成本、生产效率及轮胎硫化质量等方面给客户带来了直接的受益。

综上所述，此项新技术立足于解决现下轮胎硫化过程中的实际问题，可有效提升我司硫化机产品的市场认可度和占有率，继续引领硫化机市场。

