

硫化机电加热技术与蒸汽加热技术的 理论研究与实践应用

丁振堂, 赵衍鹏, 季付高, 张维义

(青岛软控机电工程有限公司, 山东 青岛 266200)

摘要: 本文针对轮胎硫化机传统蒸汽加热存在的热损耗、温区不均、投入及维保成本高等问题, 对比分析了硫化机电加热与蒸汽加热的热量计算、成本消耗及社会效益, 阐述了青岛软控电加热技术的功率配置、组件结构设计方案。该技术可大幅节能降本、缩短建厂周期, 技术已趋成熟并实现工厂应用, 虽现阶段温控仍有局限, 但符合清洁能源发展方向, 未来应用前景广阔。

关键词: 硫化机; 电加热; 热板; 模套; 外温蒸汽; 内温蒸汽

中图分类号: TQ330.47

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)03-0013-07

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.03.003

1 研发背景

轮胎硫化是轮胎生产过程中的最后一道工序, 也是决定成品轮胎质量的工序之一。各个轮胎机械生产厂家争相开发生产性能好、可靠性好的轮胎定型硫化机, 尤其是近 30 年来, 国内轮胎定型硫化机的开发和生产, 开始走上快速发展的道路。20 世纪 80 年代, 国内引入硫化机技术以来, 国内硫化机制造企业已充分掌握了结构、工艺等技术环节, 并带动了硫化机技术的进步。但综合看, 机械或液压式硫化机都是针对设备动力、硫化压力的变革进步, 而对于硫化三要素之一的温度, 影响并决定着轮胎定型硫化机的发展, 一直沿用蒸汽加热至今。目前国内外给硫化机提供温度的介质大多数都是蒸汽, 使用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, 在设备制造和生产使用过程中的投入也比较大。蒸汽是锅炉加热制成, 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, 是轮胎建厂项目中的一大项投资。在硫化生产过程中, 高温蒸汽对管道、阀门、密封件等影响较大, 维保部门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。

综上, 如有能够替代蒸汽给硫化机提供合格的温度传输, 即可减少轮胎建厂项目的前期投资, 减低设备维保难度, 同时温度的热源提高内外温均匀性, 可以有效提升轮胎制品质量。电加热、油加热、电磁加

热等替代蒸汽加热成为一种选择。青岛软控机电工程有限公司根据市场的需求以及清洁能源的发展, 很早就关注并加入到研发队伍中, 目前在电加热领域中从理论研究到实际应用, 都取得了很好的效果, 在市场中暂露头角。

2 电加热与蒸汽加热理论计算数值与实践中的数值的比较

电加热以及蒸汽加热, 虽然加热形式发生了变化, 但轮胎硫化加热的结构部件没有发生变化, 故热能的损耗主要包括外温损耗, 包括上下热板、模具; 内温损耗, 包括中心机构介质热能损耗。

电加热技术就是通过一定形式的电热元件, 由电能直接产生热能, 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, 实现缩短建厂周期、减少设备投资、提高热能利用率。硫化机硫化轮胎需要热能的部件有两个部位, 即轮胎胎胚的外温加热和轮胎胎胚的内温加热, 外温加热又分二个部分, 即①模具外温加热, 包括上热板、下热板; ②模套加热。内温加热主要是热能通过硫化机中心机构传递给轮胎胎胚(见图 1)。

作者简介: 丁振堂 (1969-), 男, 高级工程师, 塑胶行业、轮胎行业、硫化机行业专家学者, 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, 主要从事橡胶硫化方面的研究和管理工作的。

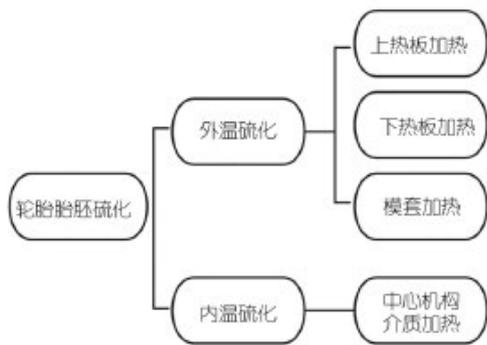


图1 轮胎胎胚硫化加热部件

2.1 关于蒸汽热量的相关计算

轮胎硫化过程中外温热量传导过程：蒸汽 → 热板内腔（模套内腔）→ 上下模板、花纹块 → 生胎胚；内温热量传导过程：蒸汽 → 胶囊内腔 → 生胎胚。

2.1.1 关于外温消耗的相关计算

硫化机外温消耗，主要包括热板和模具模套，热板和模具模套截面简图表达（如图2，图3）。



图2 热板截面视图

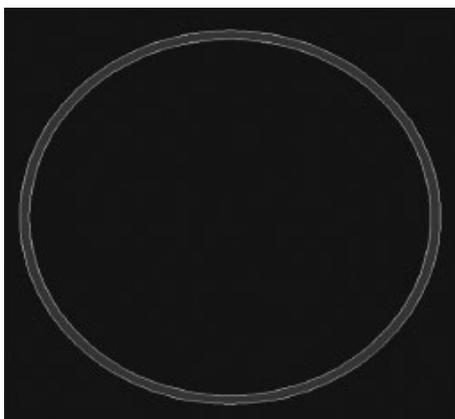


图3 模具模套截面视图

硫化机热板模具模套尺寸随硫化机规格型号不

同，大小尺寸不同，以51"硫化机为例（见表1）。

表1 51"硫化机热板模具胶囊参数

名称	形位	数值	单位	备注
热板	直径 d	1.3	m	
	高度 h	0.04	m	
	面积 s	0.58	m ²	
模具模套	体积 v_1	0.023	m ³	
	直径 d_{max}	1.2	m	
	高度 h_{max}	0.047	m	
	面积 S_{max}	0.12	m ²	
胶囊	体积 v_2	0.054	m ³	
	直径	0.9	m	
	高度	0.36	m	
	体积 v_3	0.23	m ³	

蒸汽一直不断通入热板内腔及模套内腔 → 质量流量在任意时间段内都等于热板或模套内蒸汽质量。

蒸汽热量计算公式： $\Phi = qh_s$

q —容腔内蒸汽质量，kg；

h_s —一定温度、压力下蒸汽比焓，kJ/kg（表2）。

表2 外温蒸汽压力 / 温度 / 密度 / 比焓对照表

压力绝压 / bar	饱和温度 / °C	蒸汽密度 / (kg·m ⁻³)	蒸汽比焓 (Hg) / (kJ·kg ⁻¹)
9.6	178.15	4.948	2 776.18
9.7	178.60	4.997	2 776.58
9.8	179.04	5.046	2 776.98
9.9	179.48	5.095	2 777.36
10	179.92	5.144	2 777.75
10.1	180.35	5.194	2 778.12

按硫化外温 180 °C 查表得：

蒸汽密度： 5.194 kg/m^3 ；

热板蒸汽质量： $m_{热} = \rho v = 5.194 \times 0.023 = 0.12 \text{ kg}$ ；

模套蒸汽整理： $m_{模} = \rho v = 5.194 \times 0.054 = 0.28 \text{ kg}$ ；

蒸汽比焓： $2 778.12 \text{ kJ/kg}$ ；

热板热量 $\Phi_{热} = qh_s = 0.12 \times 2 778.12 = 334.51 \text{ kJ}$ ；

模套热量 $\Phi_{模} = qh_s = 0.28 \times 2 778.12 = 778.60 \text{ kJ}$ 。

每台硫化机热板数量 2 件，

硫化外温 $\Phi_1 = \Phi_{热} \times 2 + \Phi_{模} = 334.51 \times 2 + 778.60 =$

1 447.62 kJ。

2.1.2 关于内温消耗的相关计算

表3 内温蒸汽压力 / 温度 / 密度 / 比焓对照表

绝对压力 / MPa	温度 t / °C	密度 ρ	比容 v'' / (m ³ ·kg ⁻¹)	比焓 h'' / (kJ·kg ⁻¹)
1.90	209.797	9.556	0.104 650	2 796.10
2.00	212.375	10.047	0.099 536	2 797.20
2.10	214.855	10.539	0.094 890	2 798.20

按硫化内温 210 °C（胶囊内工艺温度后若出现降温则会排凝 + 供汽升温，也就是胶囊内始终存在 210 °C 的蒸汽）查表得：

密度：9.556 kg/m³；
 胶囊内温蒸汽质量： $m_{\text{胶囊}}=\rho v=9.556 \times 0.23=2.2$
 kg；
 比焓：2 796.1 kJ/kg；
 硫化蒸汽内温计算： $\Phi_2=qh_s=\rho v h_s=2.2 \times 2 796.1=$
 6 151.42 kJ；
 硫化外温内温提供热量合计： $\Phi=\Phi_1+\Phi_2=1 447.62$
 +6 151.42=7 599 kJ。

轮胎硫化需求热量理论计算：

$$Q_x=c \cdot M \cdot \delta_t$$

Q_x —热量，J；

c —橡胶比热容，J/kg·°C；

M —质量（kg），51" 半钢轮胎为 15 kg；

δ_t —升高（降低）的温度（°C），橡胶比热容：
 瞬时值 1 700 J/kg·°C，平均值 1 275 J/kg·°C，（按最
 高值来计算），温度区间：按从 0 °C 升高到 210 °C，
 则 $\delta_t=210$ °C。

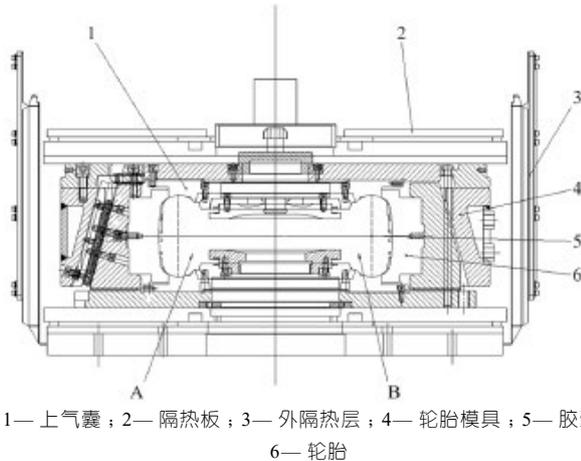
$$Q_x=c \cdot m \delta_t=1 700 \times 15 \times 210=5 355 000 \text{ J}=5 355 \text{ kJ}$$

蒸汽热量损耗（不计管道损耗）：

$$\eta=\frac{\Phi-\Phi_x}{\Phi} \times 100\%=\frac{7 599-5 355}{7 599}=29.53\%$$

2.2 关于轮胎硫化电加热的热量计算

硫化轮胎用电加热来模拟计算热量，电加热部件
 所需热量分布如图 4。



1—上气囊；2—隔热板；3—外隔热层；4—轮胎模具；5—胶囊；
 6—轮胎

A 蒸汽入口；B 蒸汽和水出口

图 4 电加热部件结构剖视图

在电学中，1 J=1 W·s 即 1 A 的电流流过 1 Ω
 的电阻在 1 s 内释放的能量；

半钢轮胎硫化时间：15 min=0.25 h=900 s

依据蒸汽加热的高值 7 599 kJ 来热量计算，

则：生胎要进入正硫化时间所需功率：

$$P=\frac{7 599 \text{ kJ}}{900 \text{ s}}=8.4 \text{ kW}$$

初步估算 8.4 kW 就硫化一条轮胎。

如上计算是理想状态下，实际需解决的问题：

外温预热达到工艺温度：上下模板 180 °C（热板
 供热），花纹块 180 °C（模套供热），保持温差 ±2 °C；

内温氮气进入胶囊时需在 20 s 内快速达到工艺温
 度 210 °C；

二次定型硫化后，前 5 min 内温要求保持工艺温
 度 210 °C；

热板、模套、内温氮气需达到温度的功率及温控
 模块。

2.2.1 关于轮胎电加热内温计算

按 51" 硫化最大轮胎规格：（见表 1）。

硫化内压 2.5 MPa，内温 210 °C（换算成
 210+273=483 K），两者都由氮气提供。

理想气体状态方程： $pV=nRT$

p —压强，Pa；

V —气体体积，m³；

T —温度，K；

n —气体的物质的量，mol；

R —摩尔气体常数，J/(mol·K)。

若气体是质量为 m ，摩尔质量为 M 的理想气体，

$n=\frac{m}{M}$ ，其状态方程可表示为： $PV=nRT=\frac{m}{M} \cdot RT$ 计算，
 式中的 R 其取值与状态参量的单位有关，在国际单位
 制中 $R=8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 。

查表得：氮气摩尔质量 $M=28 \text{ g}/\text{mol}$ 。

(1) 胶囊内氮气的质量

由：理想气体方程：

$$PV=nRT=\frac{m}{M} \cdot RT \quad \text{得 气体质量：}$$

$$m=\frac{PV\mu}{RT} \left(\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{g mol}}{\text{J} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} \right) = \frac{2.5 \times 10^6 \times 0.23 \times 28}{8.314 \times 483}$$

$$4 009.3 \text{ g} \approx 4 \text{ kg}$$

（注：J=N·M，Pa=N/m² 代入如上单位算式）

(2) 氮气升温至工艺温度（210 °C）需要的热量
 条件：氮气比热容 1 038 J/kg·K，氮气质
 量 4 kg，氮气温度 20~210 °C（换算单位区间
 180+273=453 K）。

计算： $\Phi_{\text{内}}=c \cdot M \cdot \delta_t=1 038 \times 4 \times 180 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{k} \cdot \text{kg} \cdot \text{k}=74$
 7 400 J≈747.4 kJ

方案一：胶囊内直接加热氮气，则要求在 40 s（包

含一 / 二次定型时间) 内升至工艺温度, 电量计算如下:

$$P = \frac{747.4 \text{ kJ}}{40 \text{ s}} \approx 18.69 \text{ kW}$$

方案二: 胶囊外预热氦气, 则可在 10 min 内升至工艺温度, 电量需求计算如下:

$$\text{时间 } T = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$$\text{则电量 } P = \frac{747.4 \text{ kJ}}{600 \text{ s}} \approx 1.25 \text{ kW}$$

2.2.2 关于轮胎电加热外温计算

2.2.2.1 关于热板外温计算

热板结构方案: 现热板因蒸汽通道厚度 60 mm, 电加热热板可降至 40 mm, 材质用 Q235A; 热板温度需保持在 180 °C, 热板质量 460 kg。

计算依据: 热力学第一定律 $Q = c \cdot M \cdot \delta_t$ (物质温度变化吸收或放出的热量)

Q — 热量, J;

c — 物质比热容 ($\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$);

M — 质量, kg;

δ_t — 温度变化, °C。

Q235A 材质的比热容与含碳量相关, 经查下表 4, 表 5, 得出 $C_{Q235A} = 0.47 \text{ kg} \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

碳钢材料成分表 (如表 4) 及不同温度状况下的钢含碳量 (如表 5)。

表 4 材料成分表

材质	C 含量	Mn 含量	Si 含量	S 含量	P 含量
Q235A	≤ 0.22%	≤ 1.4%	≤ 0.35%	≤ 0.050%	≤ 0.045%
Q235B	≤ 0.20%	≤ 1.4%	≤ 0.35%	≤ 0.045%	≤ 0.045%
Q235C	≤ 0.17%	≤ 1.4%	≤ 0.35%	≤ 0.040%	≤ 0.040%
Q235D	≤ 0.17%	≤ 1.4%	≤ 0.35%	≤ 0.035%	≤ 0.035%

表 5 不同温度状况下的钢含碳量

温度 / °C	钢含碳量 / %				
	0.09	0.224	0.3	0.54	0.61
100	0.465	0.465	0.469	0.473	0.477
200	0.477	0.477	0.482	0.482	0.486
300	0.494	0.498	0.502	0.507	0.511
400	0.515	0.515	0.515	0.523	0.523
500	0.532	0.532	0.536	0.536	0.54

热板保持在 180 °C 所需热量计算过程如下:

$$Q = c \cdot M \cdot \delta_t = 0.47 \times 460 \times 180 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \right) = 38916 \text{ kJ}$$

916 kJ

预热时间设定 $t = 1.5 \text{ h} = 5400 \text{ s}$,

满足热板所需热量的电加热功率计算如下:

$$P = \frac{38916 \text{ kJ}}{5400 \text{ s}} \approx 7.2 \text{ kW}$$

若正常生产过程中, 温度下降 2 °C (δ_t), 则快速升温计算如下:

$$\delta_Q = c \cdot M \cdot \delta_t = 0.47 \times 460 \times 2 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \right) = 433 \text{ kJ}$$

7.2 kW 功率加热升温时间: $T_{\text{升}} = \delta_Q / 7.2 = 433 / 7.2 = 60 \text{ s}$

2.2.2.2 关于模套外温计算

依据热力学第一定律 $Q = c \cdot M \cdot \delta_t$

Q — 热量, J;

c — 物质比热容 ($\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$);

M — 质量 (kg);

δ_t — 温度变化, °C。

$$C_{Q235A} = 0.47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

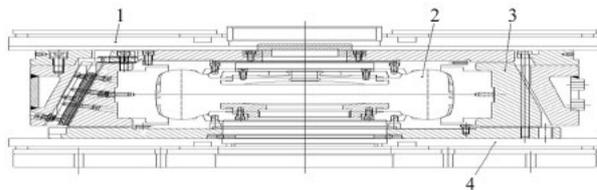
模套材质: Q235A;

经查模具规格表, 最大模具的模套质量约 400 kg。

模套材质与热板相同, 质量与热板相当, 则:

模套电加热的功率分配可参照热板, 因模套对应的花纹块的加热部位是胎面胶, 故功率放大 1.5 倍, 即 $7.2 \times 1.5 = 10.2 \text{ kW}$; 同时, 因胎侧部位硫化时因温度分布不均, 常出现欠硫现象, 应在模套上下部位侧重功率分配。

综上所述, 电加热硫化室功率分配如下, 如图 5。



1— 上热板电加热功率 7.2 kW;

2— 胶囊内温 18.69 kW (按方案一); 1.25 kW (按方案二);

3— 模套电加热 10.2 kW; 4— 下热板电加热功率 7.2 kW

图 5 电加热硫化室功率分配图

外温功率: $P_1 = 7.2 + 7.2 + 10.2 = 24.6 \text{ kW}$;

内温功率: $P_2 = 1.25 \text{ kW}$ (省电模式按方案二执行 1.25 kW)。

理论合计功率: $P_{\text{理论}} = P_1 + P_2 = 24.6 + 1.25 = 25.85 \text{ kW}$;

电力损耗按照 10%~30%, 依据 30% 计算。

实际合计功率 $P_{\text{实际}} = (1 + 30\%) P_{\text{理论}} = 33.6 \text{ kW}$

温控方案:

外温: 预热 1.5~2 h, 达到工艺温度后, 温降 2 °C, 自动加热补偿;

内温: 氦气外部预热, 10 min 达到工艺温度, 氦

气循环利用，正常使用功率降低 50%。

2.2.2.3 电加热硫化功率及能耗落地实施方案

电加热硫化功率及能耗落地实施方案见表 6。

表 6 51" 半钢硫化机电加热硫化工艺路线及能耗

序号	工步	描述	时长		能耗			工厂配置
			值	单位	热量转换	输入功率值 /kW	能耗值 / (kW.h)	
0	准备	热模	90	min	上下热板—上下模板, 模套— 花纹块	34	51	1. 准备阶段, 不列入硫化周期 2. 外温热板硫化阶段, 车间可分批次进行 3. 氮气外加热, 在热模结束后或硫化开始前 20 min 启动 4. 工步时间, 根据工艺实际调整
		氮气外加热	10	min	电能—氮气内能	5	0.83	
		硫化周期	15.33	min	\	\	2.72	
1	定型	— / 二次定型	20	s	胶囊内电加热—胶囊内热	3	0.02	3. 氮气外加热, 在热模结束后或硫化开始前 20 min 启动
					外温补偿启动	34	0.19	
2	正硫化前 3 分钟	高压高温氮气进入胶囊	3	min	氮气外加热保温, 不启动	0	0	4. 工步时间, 根据工艺实际调整
					外温补偿启动 1 min	34	0.57	
					胶囊内电热能—胶囊内热	3	0.15	
3	正硫化	硫化进行	5	min	外温补偿启动 1 min	34	0.57	实际调整
					胶囊内电热能—胶囊内热	3	0.25	
					氮气外加热开始启动, 暂不计	0	0	
4	硫化	保温硫化	7	min	氮气外加热 5 min, 达温后保温	5	0.42	
					外温补偿启动 1 min	34	0.57	
					胶囊内电热能—胶囊内热	3	0	

表 7 电加热与蒸汽加热的成本比较 (年产 100 万套)

项目	单位	对比 (①~②) / ①	蒸汽加热硫化机①	电加热硫化机②	备注
能耗成本	万元 / 年	51.8%	1400	674.96	
蒸汽成本	万元 / 年	\	360	\	
单胎耗量	kg	\	18	\	
蒸汽单价	元 / kg	\	0.2	\	
氮气成本	万元 / 年	44.4%	720	400	氮气循环利用
单胎耗量	kg	\	18	10	
氮气单价	元 / kg	\	0.4	0.4	
用电成本	万元 / 年	\	\	184.96	
单胎耗电	kW·h	\	\	2.72	
用电单价	元 / kW·h	\	\	0.68	
备件消耗	万元 / 年	71.9%	320	90	阀门 / 管道维护

按单条轮胎计算

以半钢 51" 轮胎为例：

平均 15 min 硫化时间, 每条轮胎消耗 18 kg 蒸汽, 每吨蒸汽按 220 元计算：

一台硫化机一年消耗蒸汽费用： $(60/15) \times 2 \times 24 \times 300 \times 18 \times 0.22 = 228\ 096$ 元；

如果按照节能 40% 估算：一台硫化机一年节省： $228\ 096 \times 0.4 = 91\ 238.4$ 元。

4 电加热技术与蒸汽加热技术关注点

无论是电加热技术，还是蒸汽加热技术，以及其他加热技术，只要是轮胎硫化所需要的部件不改变，那么硫化时需要关注的点是共同的。①上下热板的温差要求 $\pm 2\ ^\circ\text{C}$ ；②单热板温差要求 $\pm 2\ ^\circ\text{C}$ ；③加热从

3 蒸汽加热与电加热的成本消耗比对

电加热硫化机与蒸汽加热硫化机（节能降耗）的成本优势（按年产 100 万套推算），如表 7。

10~200 $^\circ\text{C}$ 的时间要快速可控；④内温降幅从 200~20 $^\circ\text{C}$ 要在短时间内完成，如图 6。

毕竟蒸汽加热技术经过了 50 多年的发展，无论是国内还是国外硫化机制作厂家，都在不断吸收别人的先进技术并加以改进，技术已经非常完善和成熟，在温度控制方面有了广泛的经验，已经完全能够按照轮胎制作工艺要求进行控制。相比电加热技术，国内外在这几年才刚刚起步，还处于摸索阶段，大多没有实现量产，在温度控制方面还有所缺憾。青岛软控机电工程有限公司走在了国内硫化机制作厂家的前列，在蒸汽加热方面走在国内外的前列，在电加热技术上也有了长足的发展，技术已趋于完善和成熟，尤其在电加热结构和电加热温度控制等方面，不断摸索发展成长起来，已应用于工厂实践中。下面做简单介绍。

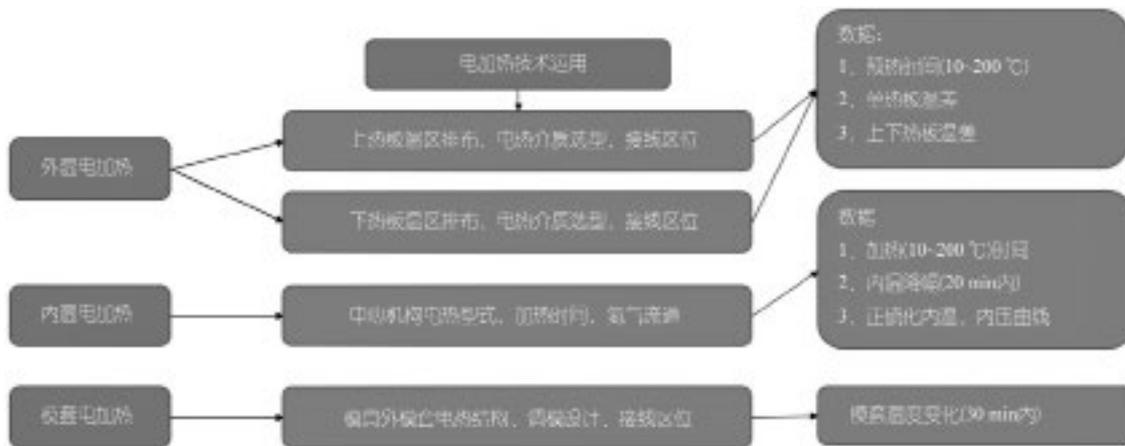


图6 电加热技术在硫化机部套中分布应用

4.1 蒸汽热工阀组结构

软控设计研发制作的蒸汽热工阀组从结构样式上大体可分为两种形式，一种是单体阀通过焊接法兰的管路进行联通，实现硫化介质的控制。即阀门+法兰+管道形式，简单称之为传统阀组模式。传统模式下，硫化机的热工阀组分为四部分，外温进阀组、外温回阀组、内温进阀组、内温回阀组。另外一种是集成本式热工阀组，就是将阀门对介质的开关功能设计在阀块内部，阀块既是工艺流道功能，同时起到阀体的作用。阀门在阀块外部是气动执行器，控制阀门的开关。总体来讲，硫化机集成本式热工阀组就是将外温进阀组、外温回阀组、内温进阀组、内温回阀组这四部分分散设计的管道，根据实际情况集装在一个阀组之中，或将内温进回阀组集装在一个阀组中，将外温进回阀组集装在一个阀组中。这种管道集成、阀组集成的形式，简单称之为集成热工阀组模式。蒸汽式热工阀组普遍有切断阀、止回阀、过滤器、气动薄膜调节阀、自力式压力调节阀、电磁阀、机械阀、手拉阀等，如图7。

4.2 电加热加热组件结构

软控设计研发制作的电加热取消了锅炉和辅助设备以及热工阀组系统如图8。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。电加热的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、温度传感器等。

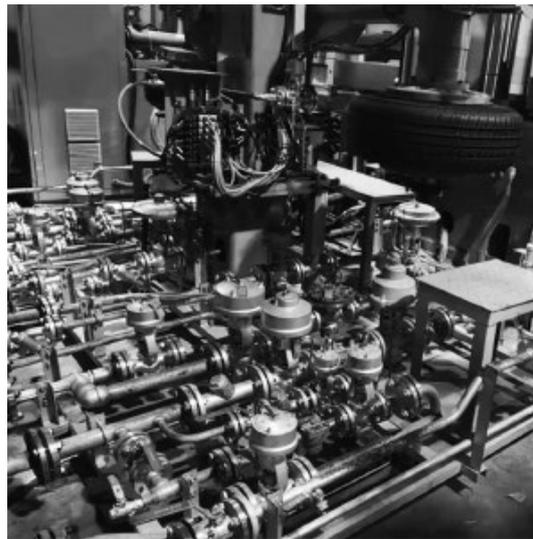


图7 蒸汽加热热工管道

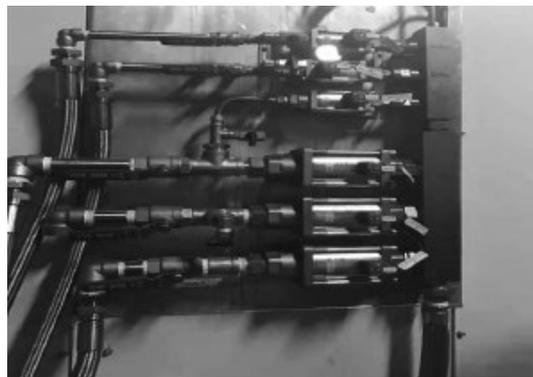


图8 电加热加热组件结构

5 电加热和蒸汽加热社会效益比对。

电加热和蒸汽加热比较，电加热硫化机受于当前技术的局限性，一是硫化的温控还不稳定，二是相比

蒸汽加热电能消耗巨大，还不能被广大轮胎制造厂家接受，但发展的前景还是很大的，软控这几年研发的不断投入，以及技术不断取得新的进步，电加热技术

在理论以及实践上都有新的较大突破，也带动其他相关的橡塑行业企业一同进步发展。相信随着技术的发展，电加热取代蒸汽加热是一个未来发展的趋势，也有可能两者并存。

总体来讲：电加热相比蒸汽加热有以下优势。

(1) 建厂投资：可节省掉锅炉及主管道建设投资不低于 200 万元。

(2) 由于采用电能直接产生热能，无需蒸汽管路、

锅炉等蒸汽辅助设备，建设周期可以缩短 30%。

(3) 无传输结构，设备维护空间大，设备维护费用低。

(4) 氮气循环利用升级，能源直接转换，利用效率高；与蒸汽相比，氮气耗量减少 40%~60%。

(5) 总体节省能源 30% 以上。

(6) 热能散失少，车间环境舒适。

Theoretical research and practical application of electric heating and steam heating technology for vulcanization machines

Ding Zhentang, Zhao Yanpeng, Ji Fugao, Zhang Weiyi

(Qingdao MESNAC Electromechanical Engineering Co. LTD., Qingdao 266200, Shandong, China)

Abstract: This paper addresses the problems of heat loss, uneven temperature distribution, and high investment and maintenance costs in the traditional steam heating of tire vulcanizing machines. It conducts a comparative analysis of the heat calculation, cost consumption and social benefits between electric heating and steam heating for vulcanizing machines, and elaborates on the power configuration and component structure design scheme of the electric heating technology developed by Qingdao Mesnac. This technology can achieve significant energy conservation and cost reduction, and shorten the plant construction cycle. Though there are still limitations in temperature control at the current stage, the technology has become mature and been applied in actual production. In line with the development direction of clean energy, it boasts broad application prospects in the future.

Key words: curing press; electric heating; hot plate; mold sleeve; external temperature steam; internal temperature steam

(R-03)

