

关于储热装置用于轮胎硫化工艺的探讨

赵杨

(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 在传统的轮胎制造过程中, 轮胎硫化是产品工艺中至关重要的一环。在高温高压的环境下, 胎胚内的橡胶跟交联剂发生物理和化学反应, 增强了轮胎的强度、弹性和耐磨性, 使轮胎最终定型。而在硫化过程中, 硫化过程的温度是影响硫化速度和产品质量的关键因素。因此, 硫化过程需要消耗大量热量, 以维持硫化过程中温度的稳定。在保证轮胎工艺要求的前提下, 本文探讨一种新型的硫化供能模式: 储热锅炉 + 导热油供热, 用以实现产品工艺的提和生成本的降低。

关键词: 轮胎硫化; 储热装置; 导热油

中图分类号: TQ330.67

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)07-0036-03

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.07.008

目前, 硫化过程中采用比较多的供热方式有蒸汽、热氨、热水、导热油、电热丝等。相对于热氨/蒸汽的供热, 液体供热有天然的导热优势, 液体的比热容更大, 相同体积相同压力下焓值更高, 因此硫化时提供的热量更高, 温度波动更小。而相比热水, 导热油升温时, 不需要极高的压力, 对运行设备的要求相对更低。电热硫化在温度均匀性上表现相对较差, 而且由于国家对能源管控的日趋严格, 也会给企业带来生产成本的增加。考虑到国家的阶梯电价政策, 我们设计了一套新颖的硫化供热方式: 在谷电时间段, 我们将电能转换为热能储存起来, 再在白天的时候进行放热, 热量通过导热油传导给硫化设备, 实现全部用谷电供热。为了实现这个设计, 需要从三个部分考虑: 储热/供热系统; 换热系统; 控制系统。

1 储热 / 供热系统

当前, 在国家能源安全新战略: “四个革命, 一个合作”的指导下, 锚定“双碳”目标, 风、光电、储能等多种新型能源的应用百花齐放。其中, 储能日益成为我国建设新型能源体系和新型电力系统的关键技术, 也是推动能源生产消费往低碳绿色转型的重要抓手。根据统计, 到2023年末, 在全国已经建成了和投运的新型储能项目已经达到3 139/6 687万kW·h万千瓦时, 平均储能时长2.1 h。2023年的新增装机规模较2022年底增长了2.6倍, 直接投资已经超过1 000亿元, 成为我国经济发展的“新动能”。“十四五”

以来, 国家能源局大力完善新型储能发展政策体系, 先后出台《关于加快推动新型储能发展的指导意见》《“十四五”新型储能发展实施方案》等文件, 引导各地因地制宜发展新型储能。

根据轮胎硫化的工艺特性, 我们可以采取热储能技术。热储能有显热储热、潜热储热和热化学储热等方式。显热储热基于介质比热容, 通过升/降温过程完成热能存储和释放; 潜热储热利用介质相变过程吸收或放出潜热来存储与释放热量, 又称为相变储热; 热化学储热则依靠可逆化学反应或吸/脱附过程中的反应焓实现储放热。其中, 显热储热原理最为简单, 非常容易控制, 且没有化学反应和相态变化, 其储热介质来源广泛, 成本低廉, 维护成本低, 非常适用于大规模应用, 而且由于研究时间长, 成熟度相对较高。

显热储热系统的热量跟介质的密度、比热容、密度、温度变化范围和容积成正比。气体最易输送, 但低密度, 低比热容, 导热系数相对较低, 不适宜作为储热介质; 液态储热介质质量比热容更大, 传热性能更好, 但是成本高, 高温时稳定存储要求高。而固态储热介质的工作温度更高, 相同体积时蓄热量增加, 所需介质材料减少, 成本降低。表1是一些常见显热储热介质的性能对比表:

作者简介: 赵杨(1967-), 男, 工程师, 主要从事轮胎制造以及性能的提升及研发工作。

收稿日期: 2024-03-14

表1 一些常见显热储热介质的性能对比表

相态	材料	工作温度/°C	密度/(kg·m ³)	比热容/[kJ·(kg·k) ⁻¹]
液体	水	0~100	992	4.2
液体	导热油	20~400	700~900	2.0~2.6
固体	混凝土	200~390	2 750	0.91
固体	硅耐火砖	200~700	1 800	1.0
固体	镁耐火砖	200~1 200	3 000	1.2

最终,我们综合了投资成本、施工成本、运行安全等方面,采用了固体储热介质:92# 镁砖,配置在一台蓄热式电锅炉内,作为储能系统。锅炉由加热器、蓄热体、保温结构、换热系统、控制系统、热工仪表等部分组成,锅炉使用 AC380V 电,在谷电时间段,控制系统将接通电源,加热器工作,将镁砖加热到设定温度,将电能转化为热能储存在蓄热体中,再在白天峰电和平电时间段,将热量释放出来,进行轮胎硫化供热。热量储存在蓄热体中,在需要提供热量时,风门开启,风机开启,让炉内的空气流动起来,热空气通过换热器,将热量换给循环导热油,最终送到硫化机。锅炉内配置了仪表来检测和内部温度。锅炉的供热量必须满足 24 h/d 的热量,同时蓄热时间不高于 12 h/d,锅炉的综合热效率不低于 95%。而且由于轮胎硫化是一个不能中断的完整工艺过程,为了保证系统的安全性,同时配备了一台相同功率的直热锅炉,在谷电时间段或蓄热锅炉故障的情况下,通过直热锅炉来进行供热。

2 换热系统

将成本更低的电能转化为热能后,如何将热能有效、稳定、持续、安全的供给硫化机是非常重要的,是整套系统合理运行的关键。轮胎硫化的温度一般在 150 °C 以上,而储热锅炉内蓄热体温度最高可以到 600 °C,选择的热载体介质需要比热容高,同时形态稳定。因此,最终选择了导热油作为热介质。导热油的工作温度区间非常宽,比热容也高,热交换效率高,非常适合作为整个系统的运行。

轮胎生产是一个连续的过程,为硫化持续的供热,供热系统的稳定性非常重要。首先,循环油泵需要冗余设计,一用一备,保障设备故障时能迅速切换。油泵的运行状态、温度、出口压力等都需要在控制系统的监控当中,超过报警设定时及时提醒运行人员。设置循环油路的压力、流量监测,保障导热油在循环管路中的循环流动。油路系统中有一个高位油罐,一个低位油罐,油气分离器以及注油泵等,使循环管路内

的气体或油体中的水能全部排除,不会在管路中产生气蚀现象,危及设备安全。循环油路中还设计有冷却器,实际是一个小型换热器,当硫化机侧不能消耗传导的热量,同时系统已经在最低负荷运行,循环管路内的油温将上升,将有可能造成运行事故,这时,通过冷却器内通入冷却水,对循环油路进行降温处理,保障安全运行。整个管路都有保温措施,将热量的损失降到最低。在用热端,硫化机侧,循环油管路为了保证每台设备的供热效果,管路在硫化机出口侧装置调节阀,通过温度传感器采集出口温度,调节流经每台硫化机的导热油流量,从而实现温度控制。

3 控制系统

控制系统就像是人的大脑,在它的控制下,整套系统能够在不需要人为干预的情况下自动运行,并记录运行中系统的各项参数和报警信息,提供给运行人员分析和决策。控制系统需要控制储热锅炉储热\放热的时间,并将储热时间控制在最优效率的范围;通过变频来控制风机的转速,控制循环管路的温度;通过调节阀来控制末端温度等。

控制系统可实现的主要功能范围如下:

- (1) 实时显示电导热蓄热锅炉系统的运行参数:电加热温度的设定值和实测值、储热模块的实测温度、超温保护设定值、油温设定值和实测值等。
- (2) 实时显示蓄热式电锅炉系统的运行状态,如加热启停状态、循环风机运行状态、油泵运行状态等。
- (3) 控制系统在达到温度设定值、超温保护设定值时能切断远端加热开关。
- (4) 控制系统中所有可控设备的故障报警以及对应故障排除指南等。
- (5) 可以在人机界面设定蓄热式电锅炉的运行参数:能根据回油的温度调节锅炉的输出,以适应末端负荷的变化。
- (6) 控制系统具有自动/手动/远程控制方式可供切换使用,可对加热器蓄能、风机供暖输出、油路系统能量管理实现智能控制。系统发生异常故障时应具备报警功能,提醒运行人员进行处理,保障设备的安全性。
- (7) 通过采集硫化机出口导热油温度,用 PID 算法控制调节阀,实现硫化温度精准控制。
- (8) 控制系统将系统参数实时上传到云端服务器,运行人员能够通过手机 APP 进行实时查看,云端将能

耗数据传输给能管平台，进行能耗分析，生成能耗报表等。

4 结论

通过以上设计，我们最终实现了一套新型储能技术与传统轮胎硫化工艺相结合的轮胎硫化供能装置。这套系统相对传统的蒸汽硫化方式，它的运行不需要庞大的锅炉设备和运行人员，设备可以实现无人值守，并且减少了大量的设备维护运行人员；相对于全部用电硫化，硫化机侧的温度均匀性更好，它在生产成本上有相对更低。这套装置投入运行后，实现了如下几个优势：

(1) 轮胎产品产量及品质的提升。由于导热油比热容大于蒸汽，导热效果更好，通过对导热油流量的控制，硫化机侧可以使硫化过程中的温度波动不大于±0.5℃，使产品的不良品率大大降低，相同时间内产

品的生产效率提高了5%。

(2) 产品成本的降低。从系统的能耗来看，这套供能系统消耗的全部电量中，90%左右的电量为谷电，只有10%左右的电量为平价电。因此，轮胎单条胎的能耗成本能下降20%以上。

(3) 相比如蒸汽的长管道输送，储能装置的分散性更好，能够更少的减少由于能源的损失，提高能源利用率。

当然，这套装置还有许多不足的地方，比如导热油的污染性比较强，导致设备维护过程比较复杂，容易造成消防隐患；导热油温度较高，泄露的话容易引起安全事故；设备管路的保温效果将极大的影响装置的效率等。但是，综合成本，工艺效果等考虑，这套储能+导热油的供热装置依然有非常大的发展空间，它为轮胎企业在节能降碳，降低生产成本的方式上，提供了一条新的思路。

Discussion on the use of heat storage devices in tire vulcanization process

Zhao Yang

(Zhongce Rubber Group Co. LTD., Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: In the traditional tire manufacturing process, tire vulcanization is a crucial part of the product process. Under high temperature and pressure, the rubber inside the green tire undergoes physical and chemical reactions with crosslinking agents, enhancing the strength, elasticity, and wear resistance of the tire, ultimately shaping it. During the vulcanization process, the temperature is a key factor affecting the vulcanization speed and product quality. Therefore, the vulcanization process requires a large amount of heat consumption to maintain temperature stability during the vulcanization process. On the premise of ensuring tire process requirements, this article explores a new vulcanization energy supply mode: thermal storage boiler+thermal oil heating to achieve product process improvement and production cost reduction.

Key words: tire vulcanization; heat storage device; heat transfer oil

(R-03)

