工艺·设备

# 建筑隔震橡胶支座四立柱平板硫化机加热方式优选

高明灿
（浙江天铁实业股份有限公司，浙江 台州 318000）

**摘要**：根据建筑隔震橡胶支座生产工艺的特殊性，对其硫化所用四立柱平板硫化机（简称平板硫化机）加热方式进行优选。从平板温升情况和温度极差以及平板硫化机制程稳定性和联程统一性4个方面分析，确定建筑隔震橡胶支座平板硫化机最佳的加热方式是导热油载体加热，以实现多台平板硫化机集中加热、联机运行。

**关键词**：建筑隔震橡胶支座；四立柱平板硫化机；加热方式；联机运行
**中图分类号**：TQ336.4$^{+}$2；TQ330.4$^{+}$7 **文章编号**：1000-890X(2024)07-0538-04
**文献标志码**：A **DOI**：10.12136/j.issn.1000-890X.2024.07.0538
OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

四立柱平板硫化机[1]（简称平板硫化机）作为建筑隔震橡胶支座[2]的关键生产设备，因价格低廉、操作简单而被广泛使用。目前平板硫化机组中各硫化机平板加热方式以电加热[3]、蒸汽载体加热[4]、导热油载体加热[5]为主。这3种平板加热方式各有优缺点，因平板硫化机应用过程的连机方式不同，各平板加热方式的加热效应不确定，同时这3种平板加热方式也有交替使用的情况。

建筑隔震橡胶支座[6]是一种工业厚橡胶制品，其规格多种多样，其中最大规格产品直径可达1 800 mm[7]。厚橡胶制品硫化时间较长，硫化温度必须精准控制方能保证其产品质量稳定[8-9]，因此平板温度极差和制程稳定性成为考量平板硫化机生产的标准。另外，建筑隔震橡胶支座对单品性能[10]和批量产品性能偏差都有严格要求[11-12]。一台平板硫化机通常一次只能生产1个隔震橡胶支座，且一般要求多台平板硫化机配合生产，故需考虑联程统一性，从而保证产品性能偏差合格或最大程度减小偏差。

本工作在平板硫化机多联程运行情况下，分别对电加热、蒸汽载体加热和导热油载体加热3种平板加热方式进行试验，探讨平板硫化机运行过程中平板温升情况、平板温度极差以及制程稳定性和联程统一性4个指标[13]，综合分析确定最有利于建筑隔震橡胶支座生产[14]的平板加热方式。

## 1 实验

### 1.1 主要设备和仪器

15台XLB-1200×1200型500 t平板硫化机，无锡锦和科技有限公司产品，其中5台采用内置热管技术电加热，5台采用联程式燃气锅炉蒸汽载体集中供热，5台采用联程式燃气锅炉导热油载体集中供热；DECTMM520C型红外线测温仪，德力西电气公司产品；15台DC5508U型32通道多点升温热电偶记录仪，中山市中翔仪器有限公司产品。

### 1.2 试验方式

将设备停机48 h以上，测量并确定所有设备及导热介质为常温状态。将升温热电偶记录仪分别固定在平板硫化机上、下平板对应的4个角落，每5 min采集一次温度，同时使用红外线测温仪进行数据监控，若红外线测温仪测试温度与升温热电偶记录仪记录温度存在偏差，则及时调整。设置平板最高温度为130 ℃，持续运行近30 h。

**作者简介**：高明灿（1984—），男，山东枣庄人，浙江天铁实业股份有限公司工程师，硕士，主要从事生产管理和销售技术支持工作。
**E-mail**：34090327@qq.com
**引用本文**：高明灿. 建筑隔震橡胶支座四立柱平板硫化机加热方式优选[J]. 橡胶工业，2024，71(7)：538-541.
**Citation**：GAO Mingcan. Optimization of heating method of four-column vulcanization press for building isolation rubber bearings[J]. China Rubber Industry，2024，71(7)：538-541.

### 1.3　测试分析

(1)平板温升。测试平板各测温点温度,绘制平板平均温升曲线,进行平板温升情况分析。

(2)平板温度极差。在温度平衡段采用红外线测温仪扫描式测量上、下平板各测温点温度,得到平板温度极差。

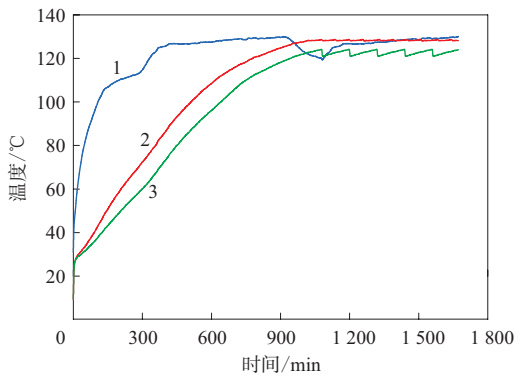
(3)平板硫化机制程稳定性。依据平板平均温升曲线,进行平板硫化机制程稳定性分析。

(4)平板硫化机联程统一性。绘制各平板温升曲线,对比同一平板加热方式下5台平板硫化机联程统一性。

## 2　结果与讨论

### 2.1　平板温升

不同加热方式平板硫化机平板平均温升曲线如图1所示。




1—电加热;2—导热油载体加热;3—蒸汽载体加热。

**图1　不同加热方式平板硫化机平板平均温升曲线**

**Fig. 1　Average temperature rising curves of vulcanization press plates with different heating methods**

从图1可以看出:平板硫化机在室温环境下同时开机进行升温,电加热平板仅需300 min左右即可到达设定温度;导热油载体加热平板则相对滞后,需要1 000 min左右才能达到设定温度;蒸汽载体加热平板则需要更长的升温时间,比导热油载体加热平板升温时间延长100 min左右。由此可知,电加热平板升温最快,其次是导热油载体加热平板,蒸汽载体加热平板最慢。就平板升温速率来看,电加热平板硫化机优势明显,可以做到即开即用,缩短生产准备时间。

### 2.2　平板温度极差

温度平衡段的不同加热方式平板硫化机平板温度极差分别如表1—3所示。

**表1　电加热平板硫化机平板温度极差**

**Tab. 1　Temperature ranges of electric heating vulcanization press plates**　　℃

| 平板 | 测温点编号 | | | | 极差 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 上平板 | 131.5 | 127.6 | 126.5 | 132.4 | 5.9 |
| 下平板 | 132.6 | 128.5 | 124.7 | 129.6 | 7.9 |

**表2　导热油载体加热平板硫化机平板温度极差**

**Tab. 2　Temperature ranges of thermal oil carrier heating vulcanization press plates**　　℃

| 平板 | 测温点编号 | | | | 极差 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 上平板 | 130.6 | 130.7 | 129.6 | 128.6 | 2.1 |
| 下平板 | 131.5 | 129.8 | 130.5 | 129.7 | 1.8 |

**表3　蒸汽载体加热平板硫化机平板温度极差**

**Tab. 3　Temperature ranges of steam carrier heating vulcanization press plates**　　℃

| 平板 | 测温点编号 | | | | 极差 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 上平板 | 127.4 | 126.8 | 125.4 | 126.9 | 2.0 |
| 下平板 | 128.6 | 125.4 | 126.3 | 127.6 | 3.2 |

从表1—3的平板硫化机平板温度极差可以看出:电加热上平板温度极差达5.9 ℃,下平板温度极差达7.9 ℃;导热油载体加热上平板温度极差仅为2.1 ℃,下平板温度极差仅为1.8 ℃;蒸汽载体加热上平板温度极差为2.0 ℃,下平板温度极差为3.2 ℃。对比发现,导热油载体加热平板温度极差较小,蒸汽载体加热平板温度极差可控,而电加热平板温度极差较大,主要受内置热管分布和热管性能影响,平板温度波动较大。

### 2.3　平板硫化机制程稳定性

从图1平板硫化机平板温升过程来看,电加热平板热稳定性最差,其次是蒸汽载体加热平板,导热油载体加热平板最好。

电加热平板在升温过程中存在较大的温度波动,其根本原因是电加热滞后性所致,即传感器监测温度达到预定温度到PCL控制系统做出控制反应之间存在时间差,导致平板温度上、下波动,造成电加热平板硫化机制程稳定性较差。

在温度平衡段,蒸汽载体加热平板温度出现锯齿形波动,但波动幅度远小于电加热平板,并具有一定的规律性,其原因是蒸汽载体比热容较小,

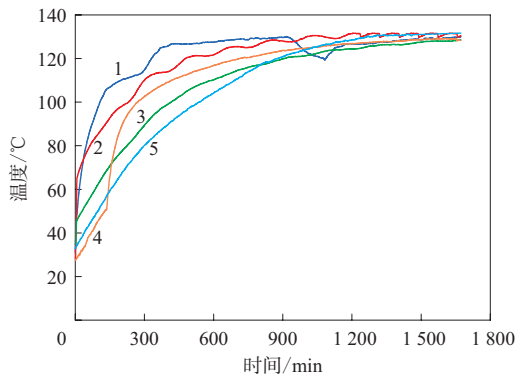
同时供热过程受气体压力影响，特别是多设备串联时，锅炉热容变化等情况更容易导致管道气体压力变化，造成平板温度呈明显锯齿形波动。

导热油载体因具有耐热裂解和化学氧化的性能，传热效率高、散热快，且可在常压下工作，故导热油载体加热平板热稳定性很好，受外部环境影响较小，使得其硫化机制程稳定性最好。

### 2.4 平板硫化机联程统一性

电加热、导热油载体加热和蒸汽载体加热平板硫化机平板温升曲线对比分别如图2—4所示。

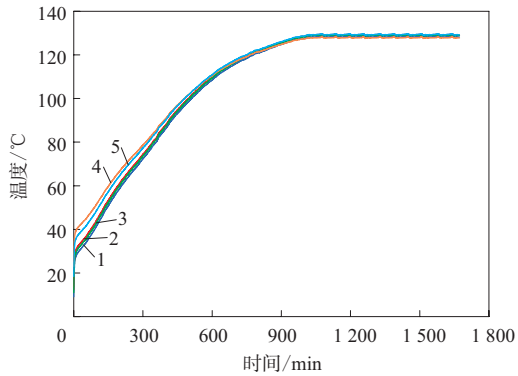
从图2—4可以看出：1#—5#电加热平板硫化机平板温升曲线表现无规律，同时升温情况差异也较大，1#—5#平板硫化机联程统一性较差；1#—5#导热油载体加热平板硫化机平板温升曲线基本重合，展现出高度的统一性，在温度达到平衡段后温差较小，而温差主要受燃气锅炉输出热量波动的影响；1#—5#蒸汽载体加热平板硫化机平板温升曲线也基本重合，但温度达到平衡段后依旧存在锯齿状波动，温差受气体压力、热交互接入设备、燃气锅炉输出热量的影响。




平板硫化机编号：1—1#；2—2#；3—3#；4—4#；5—5#。

**图2 电加热平板硫化机平板温升曲线对比**

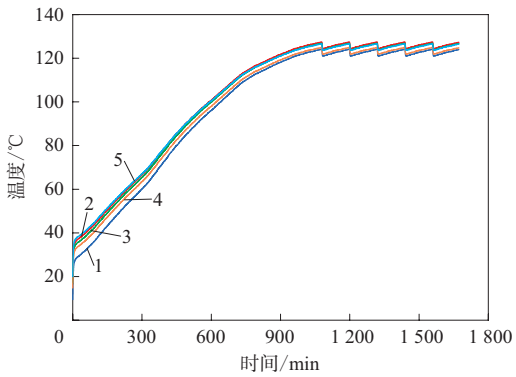
**Fig. 2 Comparison of temperature rising curves of electric heating vulcanization press plates**




注同图2。

**图3 导热油载体加热平板硫化机平板温升曲线对比**

**Fig. 3 Comparison of temperature rising curves of thermal oil carrier heating vulcanization press plates**




注同图2。

**图4 蒸汽载体加热平板硫化机平板温升曲线对比**

**Fig. 4 Comparison of temperature-rising curves of steam carrier heating vulcanization press plates**

## 3 结论

(1) 电加热平板硫化机平板虽然温度极差较大、制程稳定性和联程统一性差，但升温速率较快，可用于特殊制品小批量生产或产品试制，降低能耗。

(2) 从平板温度极差、制程稳定性和联程统一性方面看，导热油载体加热平板硫化机和蒸汽载体加热平板硫化机均可满足生产要求，导热油载体加热平板硫化机性能更佳。

通常蒸汽载体加热平板硫化机平板最高温度仅能达到170 ℃，且只适用于少量平板硫化机连程。由此可见，建筑隔震橡胶支座平板硫化机平板最佳加热方式是导热油载体加热，以实现多台平板硫化机集中供热、联机运行。

## 参考文献：

[1] 代博兴. 四立柱式平板硫化机主要零部件力学模型的建立及结构改进[D]. 青岛：青岛科技大学，2017.
DAI B X. Establishment and structural improvement of mechanical models for the main components of four-column vulcanizing press[D]. Qingdao：Qingdao University of Science and Technology，2017.

[2] 李敏. 建筑结构设计中的隔震减震措施[J]. 砖瓦，2023(11)：91-93.
LI M. Seismic isolation and reduction measures in building structure

design[J]. Brick-Tile,2023(11):91-93.

[3] 秦凯. 平板硫化机电加热板温场均匀性技术研究[D]. 长沙:中国人民解放军国防科技大学,2019.
QIN K. Research on temperature field uniformity technology of electric heating plate for vulcanizing press[D]. Changsha: National University of Defense Technology,2019.

[4] 李小兵,徐秀丽,刘冰. 平板硫化机主机蒸汽加热系统设计[J]. 橡塑技术与装备,2014,40(7):57-58.
LI X B, XU X L, LIU B. Design of steam heating system of main engine for vulcanizing press[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment,2014,40(7):57-58.

[5] 刘锦文,王锋. 用循环导热油加热平板硫化机[J]. 橡胶工业,1998,55(11):42-44.
LIU J W, WANG F. Heating vulcanizing press with circulating heat conducing oil[J]. China Rubber Industry,1998,55(11):42-44.

[6] 李纪生. 蒸汽加热平板硫化机温度控制[J]. 特种橡胶制品,1990,11(4):37-40.
LI J S. Temperature control of steam heated vulcanizing press[J]. Special Purpose Rubber Products,1990,11(4):37-40.

[7] 董佳航. 高层建筑大直径橡胶隔震支座施工技术研究[J]. 建筑机械化,2023,44(11):99-101.
DONG J H. Research on construction technology of large diameter rubber isolation bearings for high-rise buildings[J]. Construction Mechanization,2023,44(11):99-101.

[8] 林达文,彭立群,刘立峰,等. 隔震橡胶支座力学性能试验研究[J]. 铁道建筑,2014,54(2):30-32.
LIN D W, PENG L Q, LIU L F, et al. Experimental study on mechanical properties of isolation rubber bearings[J]. Railway Engineering,2014,54(2):30-32.

[9] 张鸿雅. 关于建筑隔震设计中具体实践的思考[J]. 居舍,2023(33):103-106.
ZHANG H Y. Reflections on specific practices in building seismic isolation design[J]. Jushe,2023(33):103-106.

[10] 陈波,马玉宏,赵桂峰,等. 初始剪切变形对铅芯橡胶支座性能影响分析[J]. 科学技术与工程,2023,23(19):8332-8340.
CHEN B,MA Y H,ZHAO G F,et al. Analysis on influence of initial shear deformation on the performance of lead core rubber bearing[J]. Science Technology and Engineering,2023,23(19):8332-8340.

[11] 王朋,于彬,史庆轩,等. 改进型橡胶隔震支座力学性能研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2023,55(2):180-185.
WANG P,YU B,SHI Q X,et al. Study on mechanical properties of improved rubber isolation bearing[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology(Natural Science Edition),2023,55(2):180-185.

[12] 龙小燕,宋林波. 浅谈隔震橡胶支座的力学性能[J]. 科技创新与应用,2012(10z):122.
LONG X Y,SONG L B. Brief discussion on mechanical properties of isolation rubber bearing[J]. Technology Innovation and Application,2012(10z):122.

[13] 杨彬. 平板硫化机热板温度均匀性优化研究[D]. 宁波:宁波大学,2017.
YANG B. Optimization study on temperature uniformity of heating plate for vulcanizing press[D]. Ningbo:Ningbo University,2017.

[14] 侯明,翟继芹,陈晓艳,等. 平板硫化机加热系统对橡胶减振制品影响的研究[J]. 特种橡胶制品,2019,40(2):57-59.
HOU M, ZHAI J Q, CHEN X Y, et al. Research on influence of heating system of vulcanizing press to rubber vibration damping products[J]. Special Purpose Rubber Products,2019,40(2):57-59.

**收稿日期**:2024-03-18

# Optimization of Heating Method of Four-Column Vulcanization Press for Building Isolation Rubber Bearings

*GAO Mingcan*

(Zhejiang Tiantie Industrial Co.,Ltd,Taizhou 318000,China)

**Abstract**: According to the particularity of the production process of the building isolation rubber bearings,the heating method of the four-column vulcanization press(referred to as vulcanization press) used for its vulcanization was optimized. From four aspects of temperature rise and temperature range of the plate and process stability and process uniformity of the vulcanization press, it was determined that the optimal heating method for the vulcanization press of the building isolation rubber bearing was thermal oil carrier heating,achieving centralized heating and online operation of multiple vulcanization presses.

**Key words**: building isolation rubber bearing; four-column vulcanizing press; heating method ; online operation