

悬臂梁式 V 带平板硫化机主机身研制

朱开华

(福建省三明市东辰机械制造有限公司 福建 沙县 365500)

摘要：V 带平板硫化机是橡胶 V 带硫化的主要设备。伴随着低碳经济发展，对于橡胶 V 带硫化提出了较高的要求。为降低能源消耗，使用方便，适应行业的发展，研制了一种采用悬臂梁式主机结构的 V 带平板硫化机主机。本文阐述了主机的结构、应用有限元分析法对主机进行计算，加载合模力后对主机进行测试，对橡胶 V 带行业发展具有一定的参考价值。

关键词：悬臂梁式；有限元分析；主机力学检测

0 引言

在低碳经济发展需求不断增长的背景下，V 带平板硫化机的热能可重复利用、损耗低的优势日益突显，将逐步取代部份 V 带硫化罐设备。目前，主流的 V 带平板硫化机多采用龙门式机架结构。龙门式平板硫化机虽具有力学结构合理的特点，但龙门式机架在使用过程中的缺点也较为明显。一是，操作人员必须在机架内工作，工作环境略显压抑。二是，因操作人员的高度限制，无法降低主机的高度，使设备在运输过程中出现货物超高现象，增加了运输成本。三是，受龙门式机架前立柱的影响，在设备使用时装、卸带胚不方便，且叉车无法进入主机的硫化位置，不方便更换模具。四是，随着中国人口红利逐渐弱化，机器人成为行业发展方向，龙门式机架不便于装带机械手及 V 带输送装置的安装。

悬臂梁式 V 带平板硫化机是针对龙门式硫化机的缺点改进而成的一种机型，其硫化工作区开阔，方便工人操作，是未来平板硫化机发展的主流机型。

1 设计方案

在方案的初步设计中，选定鄂式 C 型主机结构（见图 1）和悬臂梁式主机结构（见图 2）进行比较。以 DLE850X1000 型号进行初步计算，在同等强度和刚度条件下，悬臂梁式主机重量较 C 型主机结构轻 963kg，且配件的焊接及加工工艺性能较优，所以本方案中选用悬臂梁式主机结构。

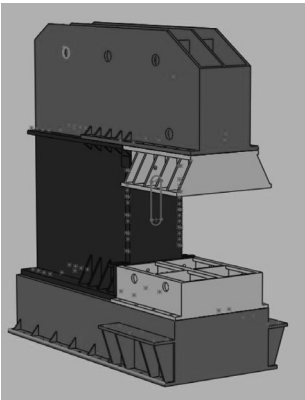


图 1 鄂式 C 型主机结构

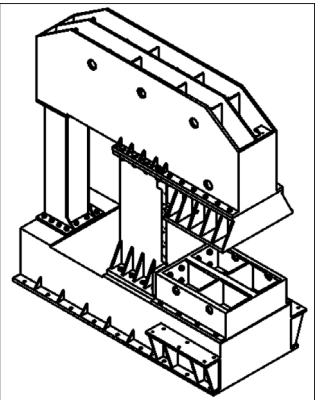


图 2 悬臂梁式主机结构

悬臂梁式主机结构由底盘、立柱、油缸座、支杆、主机连接箱及悬臂梁组成，先由螺栓连接，经检测相关的工艺及配合尺寸无误后，将各部件焊接成稳定的刚体，既保证了机架的质量又优化了加工工艺性能。

2 悬臂梁式主机有限元分析

随着计算机运算功能的日益增强，有限元分析在机械设计中越来越常用。在本次研发过程中，使用 SOLIDEORDS 软件的 Simulation 模块功能进行有限元分析。根据分析出的应力、位移及最小安全系数情况，设计满足强度和刚度要求的合理的主机结构。

2.1 主机建模

本文以 DLE850X1000 型号为实例进行主机架建模分析（见图 2）。悬臂梁式主机身零件通过高强度螺栓锁紧后焊接，在保证螺栓和焊缝在受力未失效的情况下，可视主机身为一个超静定的刚体。主机机架是主要承受因液压柱塞缸顶起产生的合模力的受力体，力学分析中主要考虑机架在合模力作用下的强度和刚度情况。平板硫化机的热板部分均与主机身进行隔热，在力学分析时不考虑温度对机架产生的影响。V 带平板硫化机如图 3 所示，安装于油缸座上的柱塞缸在液压作用下，柱塞杆举下承压板、热板、V 带成型模具及 V 带

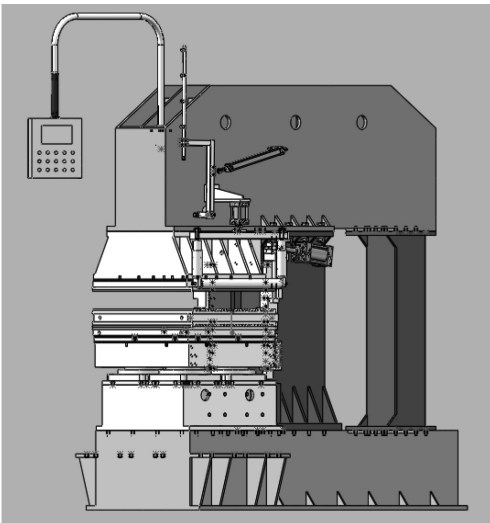


图 3 V 带平板硫化机

胚料与主机连接箱接触，产生合模力作用于悬臂梁式主机身上。根据材料力学可知，合模力对悬臂梁、立柱等构件产生弯矩，在悬臂梁与立柱及底盘与立柱的结合处产生的应力最大，悬臂梁的悬臂最外侧产生的挠度最大。

2.2 主机材料模型

悬臂梁主机采用 Q235B 钢板焊接，在应用材料中选定普通钢板。弹性模量 $E=2.1E+11Pa$ ；泊松比 $\mu=0.3$ ；密度 $\rho=7.85kg/cm^3$ ；屈服强度 $\sigma_s=2.2E+8Pa$ ；模型类型：线性弹性各向同性。

2.3 建立约束

悬臂梁主机在安装时要求主机落入机坑，机坑基础为厚 800mm 的钢筋混凝土结构，主机底盘用 30 根 M30 的地脚螺栓与基础锁紧。在力学分析时可将主机底盘简化为不变形的稳定刚体，所以将约束建立在主机底盘底面上。

2.4 建立载荷

由图 3 可知，液压柱塞工作时产生的合模力通过下承板、热板、模具等构件，最终作用于主机连接箱下底面，反作用力作用于油缸座上顶面。

$F=P \times L \times b \times 100$

F—合模力，N；

P—V 带的单位压力，MPa（2.0 ~ 2.5MPa）；

L—V 带模具槽板的长度，mm；

b—硫化 V 带的总宽度，mm。

在本实例中，P 值取上限 2.5MPa；L 值为 1000mm；b 值以 C 型 V 带计算，C 型 V 带顶宽 22.85mm，条数 30 条。b=22.85X30=685.5mm，计算时取值 700mm 进行校验计算。

$F=2.5 \times 1000 \times 700=1750000(N)$

2.5 建立连接方式

在本实例中，悬臂梁主机架由底盘、立柱、支杆、油缸座、主机连接箱、悬臂梁六个部件组成，在零部件接触时，接触类型设定为接合，零部件设定为全接触。

2.6 力学计算

在力学分析中，运用 Simulation 模块对应力、应变、位移及安全系数进行计算，并运用探测工具对关键位置数值取值分析。

2.6.1 应力

如图 4 所示，最大应力 1.607e+08Pa，小于屈服强度 $\sigma_s=2.2E+8pa$ 。

2.6.2 位移

挠度最大值 1.878mm 位于悬臂梁最外侧顶部。在实际应用中，主机连接箱前端与后端的位

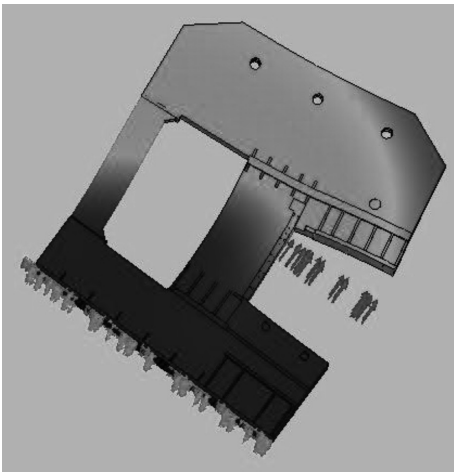


图 4 应力图

移量不同，使模具合模不密，会造成 V 带边角圆带的质量问题，通过探测可知连接箱前端位 Z 向移量为 1.447mm，后端位 Z 向移量为 0.602 mm，差值 0.845mm。在设计中通过模具的不等厚度进行补偿，可保证 V 带的硫化质量。

2.6.3 应变

最大值: 1.230e-08

最小值: 5.074e-04

2.6.4 安全系数

最小安全系数: 1.212

2.7 样机力学试验

在本试验中，主机油缸座安装 4 个柱塞直径 240mm 油缸，油缸管路采用并联连接方式，油缸上安装下承板，下承板上放置等高块将力传递至主机连接箱上。将磁性百分表安装在底盘上，测量主机连接箱前端①及后端②的位移量。通过柱塞缸的油压换算出合模力。

$F=4 \pi r^2 P$

F—合模力，N；

π —圆周率 3.14；

R—柱塞半径，mm；

P—油压，MPa。

有限元计算值与实际测量值如下表所示。

表 有限元计算值与实际测量结果

序号	油压 (MPa)	合模力 (N)	计算值 (mm)		测量值 (mm)	
			①	②	①	②
1	8	1446912	1.32	0.62	1.60	0.80
2	10	1808640	1.61	0.78	1.83	0.93
3	12	2170368	1.87	0.95	2.21	1.10

通过上表分析可知，实际测量值比计算值略有增大，主要是主机未与地面进行连接，底盘弹性变形对测量值造成的影响，但最大实验合模力比设计合模力增大 24% 时，主机未发生失效现象，设计合理。

2.8 小批试制

在完成样机试制后，公司进行首批 16 台的小批试制，经用户一年的使用，未发生质量问题，用户对该型号产品反应良好，在市场获得较好的推广。

3 结语

综上所述，悬臂梁式主机结构合理，较鄂式 C 型主机结构经济性好，较龙门式结构具有操作方便的特点，采用主机分体式结机械加工更方便生产加工。随着计算机技术的发展，SOLIDEORDS 软件在机械设计中的应用越来越广泛，减轻了设计人员的工作量，提高了工作效率。

参考文献：

[1] 俞亚新. 鄂式硫化机的三维有限元法分析 [J]. 机械设计与制造, 2006(6).
[2] 李延林, 吴宇方, 翟祥国. 橡胶工业手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1993.