

基于制动软管新国标的膨胀量自动测试平台设计

李松, 李广宇, 邓德军, 李旭伟

中汽零部件技术(天津)有限公司, 天津

收稿日期: 2024年3月11日; 录用日期: 2024年4月5日; 发布日期: 2024年4月15日

摘要

制动软管膨胀量的大小直接影响汽车制动性能的可靠性与灵敏性。本文针对目前制动软管膨胀量检测台操作复杂、自动化程度低等问题, 设计了一种适用于常见制动软管的膨胀量自动化检测平台。该平台可以实现一键完成装置密封性验证、待测压力系统膨胀量标定、制动软管膨胀量检测等功能, 也可根据GB16897-2022《制动软管的结构、性能要求及试验方法》标准, 完成对制动软管低、中、高三种不同测试压力的膨胀量检测, 根据客户的不同需求, 来完成不同软管和不同试验压力的自动化检测。为了验证检测平台的特性, 本文随机抽取了三批次的样品进行制动软管新国标所规定压力下膨胀量试验, 相对误差在0.02 mL/m以内, 试验结果表明, 本平台可以满足制动软管新国标膨胀量的检测需求, 在可以实现膨胀量自动化检测的基础上, 能够为制动软管膨胀量检测提供参考和依据。

关键词

汽车制动软管, 膨胀量检测, 可靠性, 自动化

Design of Automatic Expansion Test Platform Based on New National Standard of Brake Hose

Song Li, Guangyu Li, Dejun Deng, Xuwei Li

CATARC Component Technology (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin

Received: Mar. 11th, 2024; accepted: Apr. 5th, 2024; published: Apr. 15th, 2024

Abstract

The expansion amount of brake hose directly affects the reliability and sensitivity of automobile

文章引用: 李松, 李广宇, 邓德军, 李旭伟. 基于制动软管新国标的膨胀量自动测试平台设计[J]. 机械工程与技术, 2024, 13(2): 121-127. DOI: 10.12677/met.2024.132015

braking performance. Aiming at the problems of complex operation and low degree of automation, this paper designs an automatic testing platform for the expansion of common brake hoses. The platform can realize the functions of one-click sealing verification of the device, expansion calibration of the pressure system to be tested, expansion detection of the brake hose, etc. It can also complete the expansion detection of the brake hose under low, medium and three different test pressures according to the standard GB16897-2022 "Structure, Performance Requirements and Test Methods of the Brake Hose". Complete the automatic detection of different hoses and different test pressures according to the different needs of customers. In order to verify the characteristics of the testing platform, this paper randomly selected three batches of samples for the expansion test of the brake hose under the pressure specified in the new national standard, and the relative error was within 0.02 mL/m. The test results showed that the platform could meet the testing requirements of the new national standard for the expansion of the brake hose. It can provide reference and basis for brake hose expansion measurement.

Keywords

Automobile Brake Hose, Expansion Test, Reliability, Automate

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

制动软管作为汽车制动系统中的关键组成部分,其可靠性、安全性、灵敏性等性能日益受到各大主机厂和零部件厂商的高度重视。在汽车行驶过程中,制动软管膨胀量直接影响汽车从开始制动到制动停止所需的时间和刹车距离。因此,膨胀量的大小作为影响汽车可靠性与灵敏性的重要因素,在制动软管的生产 and 研发过程中备受关注。在 GB 16897-2022《制动软管的结构、性能要求及试验方法》标准中,对制动软管在车辆行驶过程中的最大膨胀量有了明确规定[1] [2] [3] [4],增加了 20 MPa 压力下膨胀量的阈值要求。因此,对制动软管的膨胀量进行检测成为汽车安全上路的前提条件。

在传统的膨胀量检测过程中,大多为机械式的检测设备,自动化程度较低,如试验过程中需要手动频繁调整阀门的开闭、无法实现软管膨胀量数值的实时显示、数据曲线无法保存和回放。因此,开发一种能够实现制动软管膨胀量自动化测试、且能够实现数据回放对比的检测台具有现实意义,为此,本文依据上述制动软管新国标的膨胀量检测方法,提出了一种制动软管膨胀量自动化检测平台,能够实现制动软管膨胀量的自动化检测,为软管的性能好坏提供数据支撑[5] [6]。

2. 总体方案设计

在 GB 7129-2001《橡胶或塑料软管容积膨胀的测定中》规定了在静液压作用下膨胀量的测定方法[7]。该方法对测试过程提出如下要求: 1) 在检测设备检测前需先进行 10.3 MPa 压力下的系统膨胀量检测,要求标定系数 ≤ 0.08 mL/m; 2) 软管检测前需用标准规定的液压钢管进行待测压力的系统膨胀量测量,得到系统膨胀量; 3) 在进行软管膨胀量测试过程中,需进行三次膨胀量的测定,取其平均值为膨胀量的测量结果。本文依据上述方法,对制动软管膨胀量检测平台总体功能设计如图 1 所示。其中功能 1~3 为实现制动软管膨胀量检测的基础功能,功能 4 和 5 为在此基础上方便用户实时显示膨胀量数值以及数据后续回放等扩展功能。所有功能紧密联系、相互配合,共同完成膨胀量的检测。

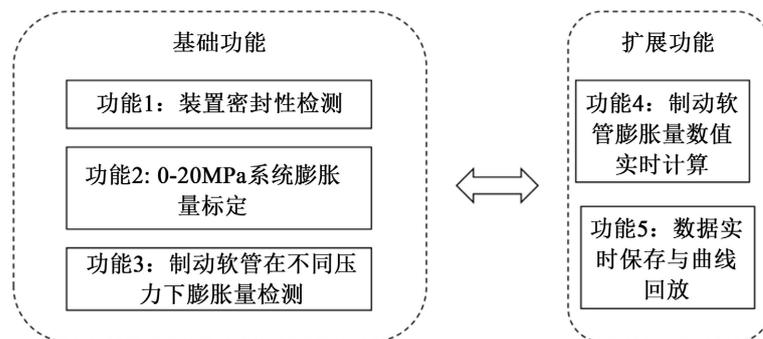


Figure 1. Overall functional design of the automatic expansion detection platform
图 1. 膨胀量自动检测平台总体功能设计

在满足上述标准方法的前提下, 为了实现膨胀量的自动化测量, 本检测平台总体方案设计如图 2 所示, 其中, 本平台分为两个基本模块, 一为上位机控制模块, 主要为搭载有 LabVIEW 软件的上位机, 控制信号采集、压力控制以及可视化的膨胀量检测; 一为压力发生模块, 主要为通过电机的控制完成压力的加载, 得到目标压力, 完成膨胀量的检测。

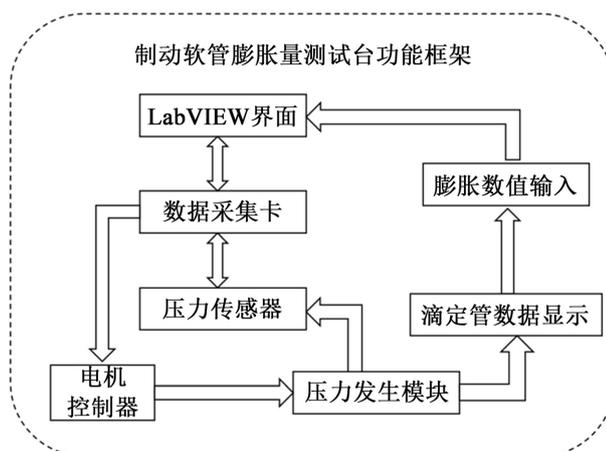


Figure 2. Overall design scheme
图 2. 总体设计方案

2.1. 自动化测试平台硬件结构设计

在本文的制动软管自动化检测平台中, 压力发生模块是最核心的硬件结构。为了实现自动化检测的目的, 本文设计了由上位机控制压力输入的压力产生机构。装置具体结构图 3 所示。

其中, 压力产生机构的核心是电机, 由电机控制器控制, 电机通过联轴器与减速器连接, 起到减低转速, 增大扭矩的作用。在联轴器另一端连接有滚珠丝杠, 滚珠丝杠上装有螺母, 其作用是将丝杠与螺母之间的旋转运动通过连杆转化为液压缸的水平运动。当压力产生机构充满制动液时, 滚珠丝杠通过与液压缸相连的连杆推动其内部进行压缩, 实现压力的增加。

压力产生机构的控制部分可分为三部分: 上位机压力输入、压力产生与加载、传感器的反馈调节。具体控制流程为: 由上位机软件发送目标压力值到数据采集卡, 数据采集卡将压力信号转化为电流信号发送给电机控制器, 控制电机的运转产生扭矩, 通过减速器、联轴器、滚珠丝杠等设备推动液压缸中活塞的运转, 实现压力的加载。压力传感器能实时接收液压缸传递的压力信号, 同时传感器将接收到的压

力信号经过转化实时反馈给上位机软件。上位机软件不断接收压力值的反馈直到得到的反馈值与输入值相同或在误差允许范围内，控制高压电磁阀启闭，完成制动软管膨胀量的测量[8]。

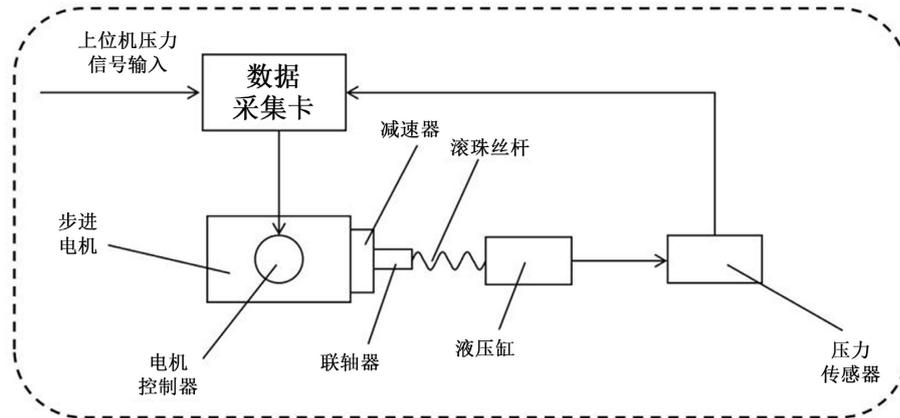


Figure 3. Test platform structure design
图 3. 测试平台结构设计

2.2. 自动化测试平台软件功能设计

LabVIEW 凭借其图形化、模块化的编译环境，良好的硬件兼容性，在工业传统测量和控制领域得到了广泛的应用[9]。本文基于 LabVIEW 设计了膨胀量测控平台，其检测流程图见图 4，操作主界面见图 5。

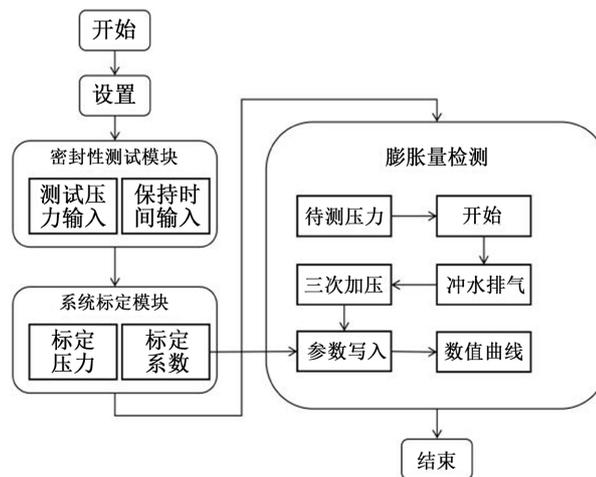


Figure 4. Flowchart of testing software
图 4. 测试软件流程图

制动软管膨胀量检测平台完成一次膨胀量检测需要进行三个步骤：测试设备密封性、对待测压力进行系统膨胀量标定、检测待测压力下制动软管膨胀量。其中，密封性测试模块的设置是为了观察整个测控系统是否出现泄漏，避免影响后续膨胀量测试试验；系统标定模块是因为在一定压力下，装置本身会产生一定的膨胀，如不标定会导致软管在膨胀量检测时数值偏高；膨胀量检测模块在输入待测压力后，开始进行试验，在上位机软件的控制下所有高压电磁阀会处于打开状态，排尽装置和软管内气体，然后触发排气阀关闭命令，打开进气阀，装置进行加压，使得制动软管在对应检测压力下膨胀三次，在滴定

管中得到对应数值，输入标定系数、滴定管示数、软管自由长度，系统自动计算膨胀量数值，并以控制选项卡的形式在主界面弹窗显示，并实时进行数据的保存。



Figure 5. Main interface of expansion test
图 5. 膨胀量测试主界面

膨胀量自动测试平台主界面分为如下六部分：1) 波形图实时显示时间 - 压力的关系，方便使用者实时观测试验的进程；2) 压力参数显示，能够显示压力的瞬时值、最值、平均值等，避免出现压力过大或过小情况，影响制动软管的膨胀量大小；3) 密闭性测试功能，检测测控系统的密封性，观察是否出现漏水情况，为后续膨胀量检测提供先提条件；4) 系统参数标定，使用标准中规定的钢管标定待测压力下的系统膨胀量，作为标定系数参与膨胀量的计算；5) 参数输入，输入检测压力、自由长度、滴定管示数得到制动软管的膨胀量。6) 主控制模块，控制试验的开启、停止、数据回放功能。另外，设置模块可以设置数据采集卡的采样频率、设备冲水排气的时长、膨胀量测试、保压、稳压时间等系统参数。本平台各个模块紧密联系，互相配合，可以一键实现制动软管在待测压力下的膨胀量检测。

3. 试验验证

为了满足测控系统的精确度，本平台所用压力传感器和滴定管都是经过广电计量检测进行了溯源校准，其精度和稳定性均能满足膨胀量的检测需求。本文随机选取了三批次不同厂家的制动软管，每批共 4 根，参考制动软管新国标分别展开 6.9 MPa、10.3 MPa、20.0 MPa 压力下的膨胀量检测。检测结果如表 1~3 所示。其中 K_1 、 K_2 、 K_3 分别为上述压力所对应的标定系数， V_3 、 U_3 、 W_3 为其所对应的滴定管示数，E、F、G 为三种压力下所测膨胀量数值大小，L 为对应软管的自由长度。 V_1 、 V_2 、 V_3 、 U_1 、 U_2 、 U_3 、 W_1 、 W_2 、 W_3 、 K_1 、 K_2 、 K_3 的单位为 mL，L 的单位为 m；E、F、G 的单位为 mL/m。

Table 1. Test results of four hoses of Hecheng
表 1. 和承汽车四根软管检测结果

样品编号	K_1	K_2	K_3	V_3	U_3	W_3	L	E	F	G
1	0.03	0.04	0.08	0.36	0.47	0.89	0.300	0.30	0.39	0.72
2	0.03	0.04	0.08	0.35	0.46	0.88	0.300	0.29	0.38	0.71
3	0.03	0.04	0.08	0.35	0.47	0.88	0.300	0.29	0.39	0.71
4	0.03	0.04	0.08	0.36	0.47	0.89	0.300	0.30	0.39	0.72

Table 2. Test results of four hoses of Sanxiang
表 2. 青岛三祥四根软管检测结果

样品编号	K_1	K_2	K_3	V_3	U_3	W_3	L	E	F	G
1	0.03	0.04	0.08	0.44	0.53	0.83	0.350	0.33	0.39	0.56
2	0.03	0.04	0.08	0.45	0.53	0.82	0.350	0.34	0.39	0.55
3	0.03	0.04	0.08	0.45	0.54	0.83	0.350	0.34	0.40	0.56
4	0.03	0.04	0.08	0.45	0.54	0.83	0.350	0.34	0.40	0.56

Table 3. Test results of four hoses of Lexing
表 3. 烟台乐星四根软管检测结果

样品编号	K_1	K_2	K_3	V_3	U_3	W_3	L	E	F	G
1	0.03	0.04	0.08	0.47	0.61	1.29	0.320	0.40	0.51	1.09
2	0.03	0.04	0.08	0.46	0.60	1.27	0.320	0.39	0.50	1.07
3	0.03	0.04	0.08	0.46	0.60	1.28	0.320	0.39	0.50	1.08
4	0.03	0.04	0.08	0.47	0.61	1.29	0.320	0.40	0.51	1.09

由上述表格可以看出, 三种不同厂家、三种不同压力下得到的膨胀量差值最大不超过 0.02 mL/m, 数据稳定的同时相对误差较小, 完全满足制动软管新标准中对于膨胀量限值的要求。为了验证数据的有效性与稳定性, 将上述软管在传统手动膨胀量检测设备上进行测试, 所得膨胀量数据见表 4。

Table 4. Test results of manual testing equipment of three manufacturers
表 4. 三厂家手动检测设备检测结果

厂家	6.9 MPa				10.3 MPa				20.0 MPa			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
和承	0.30	0.29	0.30	0.31	0.39	0.39	0.39	0.40	0.73	0.72	0.71	0.73
三祥	0.33	0.34	0.34	0.34	0.41	0.39	0.40	0.40	0.60	0.55	0.56	0.56
乐星	0.41	0.40	0.39	0.40	0.51	0.51	0.51	0.51	1.10	1.12	1.08	1.09

通过本文提出的自动检测平台与手动检测对比, 得到的检测结果基本趋于一致, 但手动检测由于人为操作存在个别样本波动较大现象, 需要补测或者重新取样, 且其单次测试所需时间较自动检测所需较长, 容易造成人力成本的浪费。试验证明, 本平台较传统的膨胀量检测装置, 在稳定度、便捷性上有着良好的优越性, 在顺利完成膨胀量自动化检测的同时, 也能够为制动软管膨胀量的检测提供数据支撑。

4. 结论与展望

本文基于 GB 16897-2022《制动软管的结构、性能要求及试验方法》提出的制动软管膨胀量检测标准, 参考 GB 7129-2001《橡胶或塑料软管 容积膨胀的测定中》标准中的试验方法, 针对现存膨胀量检测设备手动检测、操作步骤繁琐、测试结果误差大等现实问题, 设计了以 LabVIEW 为编译环境的自动化膨胀量检测平台, 该平台具有一键实现系统标定、密封性检测、膨胀量测试等功能, 减少了传统设备人工带来的误差和不确定性, 在保证测试结果可靠稳定的同时, 还利用其自动化特性实现了膨胀量的高效测试。当然, 本平台在实现自动化检测的基础上, 还有许多地方可以进行完善。具体表现为: 可以进一

步依托 LabVIEW 开发滴定管液位检测程序,实现滴定管数据的自动读取;压力控制系统可以引入更成熟的控制方法,使得压力的加载更加稳定精确。在以后的研究中,可以根据上述两方面展开工作,更好地完成膨胀量测控平台的设计与改造。

参考文献

- [1] 魏武. 浅谈汽车制动软管[J]. 汽车维护与修理, 2018(19): 67-69.
- [2] 徐晓龙, 党楠. 基于 LabVIEW 的数字滤波器设计[J]. 电脑编程技巧与维护, 2017(6): 86-87+90.
- [3] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB16897-2022 制动软管的结构、性能要求及试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [4] 张红曼, 闫娜, 张磊. GB 16897-2022《制动软管的结构、性能要求及试验方法》技术要求解读[J]. 机械工业标准化与质量, 2023(1): 7-10+18.
- [5] 马强. 汽车制动软管膨胀量及试验分析[J]. 科技信息, 2011(17): I0079.
- [6] 王恒飞. 汽车制动软管膨胀量自动测试台的研制[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 中国计量大学, 2016.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 7129-2001 橡胶或塑料软管容积膨胀的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [8] 姜惠文. 高压电磁阀开启特性仿真分析与试验测试[D]: [硕士学位论文]. 绵阳: 西南科技大学, 2023.
- [9] 赵强, 陆伟威, 樊鸿亮. 基于 LabVIEW 的测控系统设计[J]. 农业装备与车辆工程, 2023, 61(11): 81-85.