

Research on Sealing and Tightening Torque of Automobile Brake Hard Pipe Joint

Xiaofeng Huo Jiyong Huang Jiang Yu Jinlong Xia Xing Wan

Ningbo Geely Automobile Research & Development Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315300, China

Abstract

Brake hard pipe is a problem prone part in automobile braking system. As the transmission carrier of brake fluid, it will directly determine whether the brake hydraulic pressure desired by the driver can be transmitted to the brake end of the wheel. Therefore, the sealing of the joint of the brake pipeline is a key in the process of hydraulic establishment. Through the research on how to realize the sealing of the joint of brake hard pipe, this paper explains the key points to be controlled in this process and how to define the tightening torque.

Keywords

hard brake pipe; pipe joints; sealing performance; tightening torque

汽车制动硬管接头密封与拧紧力矩的研究

霍晓锋 黄继勇 于江 夏金龙 万兴

宁波吉利汽车研究开发有限公司, 中国·浙江 宁波 315300

摘要

制动硬管在汽车制动系统中是容易出现问题的零部件, 它作为制动液的传递载体, 将直接决定驾驶员希望得到的制动液能否传递至车轮的制动器端。因而制动管路的接头的密封是在液压建立过程中的一个关键。论文通过对制动硬管的接头如何实施密封研究, 说明了此过程中需控制的关键点以及如何定义拧紧力矩。

关键词

制动硬管; 管路接头; 密封性能; 拧紧力矩

1 引言

汽车制动性能是汽车需要保证的关键性能之一, 因为涉及车辆及人员的安全问题, 在汽车的涉及过程中尤为重要。汽车制动性能直接关系人们驾驶车辆中的安全, 很多交通事故是由于汽车的制动性出现问题导致汽车的制动距离变长或者制动过程中的稳定性变差, 进而导致了整个车辆的安全性下降。如何确保汽车具有稳定的制动性, 是制动系统工程师要面对的关键问题。论文要讨论的制动硬管便是影响汽车制动性的关键零部件, 也是在制动系统中容易出现问题, 且最终会导致制动性下降的关键零部件。

在讨论制动硬管的密封设计之前, 论文简单对汽车制动系统的进行介绍。汽车制动系统的主要原理是通过摩擦把汽车运动能量转换为热能, 并将摩擦产生的热量散发到大气中, 从而实现降低汽车速度的系统。制动系统中的制动器是最终

的执行单元, 实现摩擦热能和动能之间的转换^[1]。论文讲到的制动硬管主要是承担将驾驶员或者制动伺服机构的能量传递到制动器端的作用。该制动硬管在整个制动系统中作为供能装置, 主要应用于液压式制动系统中。

制动硬管作为制动系统中液压的传递通道, 是制动液压传递的关键零部件。因而如何保证制动硬管有效的进行、制动液压的传递一直都是制动系统工程师的职责。制动硬管本身是由双层卷焊钢管制成, 管体能够保持非常好的密封性, 再加上管体外的合理的表面处理, 基本没有产生泄露的可能。根据经验, 制动管路的泄露主要出现在制动硬管的接头位置。因而制动硬管接头处的密封失效是制动系统工程师必须关注的一种管路失效模式。那么在管路端的接头密封实现, 是我们对制动硬管研究的重点。论文研究的就是制动硬管管路接头的密封。

2 制动硬管管路接头的密封形式

①制动硬管管路端头的配合方式, 主要是根据 ISO 4048 要求的两种主要的接头, 两种管路接头与制动硬管端头配合

【作者简介】霍晓锋(1983-), 男, 中国河北邢台人, 本科, 工程师, 从事汽车制动系工程研究。

螺母匹配形式可见图1、图2。

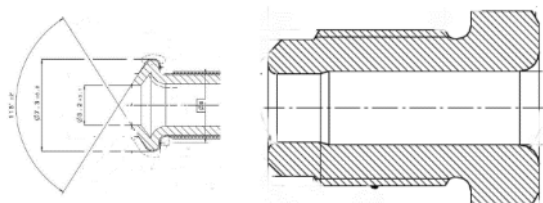


图1 公端 115° 管路端头及螺母

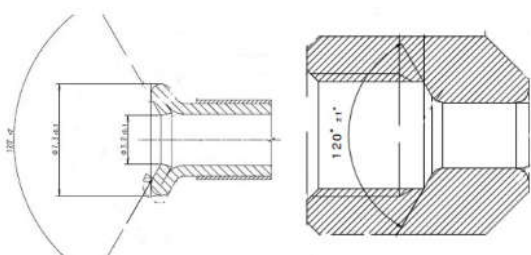


图2 母端 120° 管路端头及螺母

②制动硬管与和其配合使用的对手件的接头结构及力矩分析如图3所示。

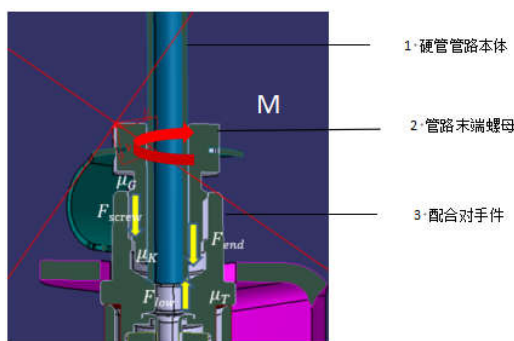


图3 制动硬管与对手件配合力矩示意图

图3中零部件及配合关系介绍：

主要涉及的零部件：1 制动硬管管路本体；2 管路末端螺母；3 配合对手件。

主要参数说明： M 制动硬管末端螺母的拧紧力矩； μ_G 为末端螺母和配合对手件的摩擦系数； μ_K 制动硬管末端螺母与制动硬管末端接头之间的摩擦系数； μ_r 制动硬管的末端接头与对手件之间的摩擦系数； F_{screw} 制动硬管螺母与对手件之间的压力； F_{low} 制动硬管螺母与制动硬管管体的压力； F_{end} 制动硬管管体终端和对手件之间的压力。

如上所示，制动硬管的端头的密封是通过制动管端头与对手件之间的线密封来实现的。具体的力矩之间的关系如下式所述：

$$F_{screw} = F_{low} = F_{end} = \frac{M}{r * u}$$

根据上式进行计算，可以由拧紧力矩 M 值推导出管路终端与对手件之间的压紧力。

③制动硬管密封的原理：同上图，可以看到制动硬管端头在制动硬管端头螺母拧紧后，螺母会沿管路轴向向管路端头施加轴向力，在该力的作用下，制动硬管的端头会与对手件紧紧贴死实现密封，同时管路端头会产生弹性形变以实现更好的密封性能^[2]。

3 制动硬管密封的实现

下面我们通过一组实验设备来研究制动硬管的密封所需求的力矩。

3.1 实验设备

Torque to load 扭矩测试是进行该制动硬管的密封研究的测试方法，该测试方法是经过众多项目积累和产品开发后总结而来。本试验需要的设备图片如图4所示。该试验装置可以绘制出拧紧力矩，拧紧转角和制动硬管的轴向传递压力曲线图。

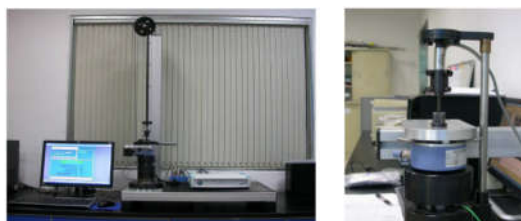


图4 测试设备示意图

试验装置包含以下部分：

- ①扭矩测试装置框架；
- ②管路固定和扭矩测试装置；
- ③扭矩扳手和扳手头；
- ④可调整的扭矩和转角测试部件；
- ⑤数据接收单元；
- ⑥专门的测试软件用于获取试验数据；
- ⑦专门的电子表格用于存储数据分析所需的原始数据和曲线。

角度传感器、扭矩传感器、轴向力传感器布局示意图5所示。

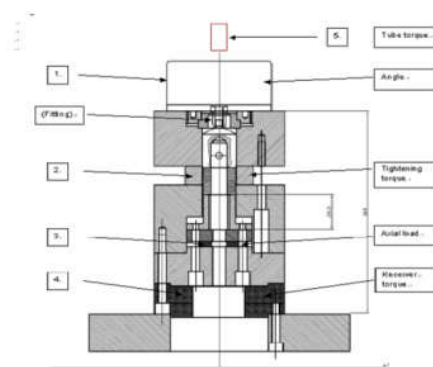


图5 传感器等设备布置示意图

3.2 Torque load 试验过程

- ①确认所需元件电源开通，连接好被测量对象；
- ②打开特有的软件，进入试验界面；
- ③使用前按 F5 清零，按 F1 开始新的检测；
- ④检测时用专用扳手平稳匀速的加载到所要求的扭矩或轴向载荷（如果由于转角大触及支撑柱，那么可以将扳手转回到起始位置后继续加载到所要求的数值），随后将扳手上的方向杆拨到松开一侧，平稳匀速的松开连接。一旦轴向力值低于设定临界点，数据会随即停止记录，可将数值粘贴到相应的 Excel 计算表中，形成三轴和四轴图。通过软件显示界面可以实时读出扭矩及轴向力值，方便操作者选择停止加载的时机；
- ⑤点击 EXIT 退出软件，卸下被测量对象并关闭所用电源结束检测。

实验过程如图 6 所示。

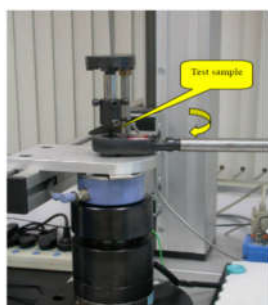


图 6 测试过程示意图

3.3 Torque load 试验步骤

- ①将相关试验零部件的测试实验件放置设定后的台架设备中；
- ②硬管配合公端下降到位，并将力矩扳手放置到位；
- ③传感器连接到位，并开始打紧记录数据；
- ④施加力矩并记录数据。

3.4 实验数据收集

通过实验设备数据收集，我们可以得到如下图所示的力矩与拧紧角度，以及轴向力的关系曲线如图 7 所示。

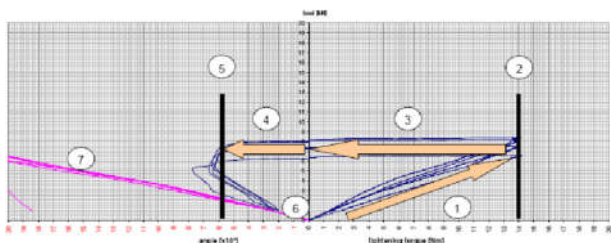


图 7 力矩与转角与轴向压力关系图

关于该图表的解释说明（该图表基于特定的一种摩擦系数产品试验结果绘制）：

- ①图表右侧部分为力矩和轴向传递压力的对应关系；
- ②图表左侧部分为转角和轴向传递压力的对应关系；
- ③图表左侧粗实线可以代表拧紧力矩的边界数值，即在硬管接头力矩打紧过程中，能够达到最大力矩值由摩擦系数决定，打紧力矩数值有限定；
- ④图表右侧粗实线可以代表拧紧角度的边界数值，即在硬管接头力矩的打紧过程中，该过程有效的角度范围。

4 结论

4.1 制动硬管接头的密封实现要素

- 密封实现要素①：硬管的密封接头打紧合理的转角。
 密封实现要素②：硬管接头的扭转力矩。
 密封实现要素③：传递在管路轴向上的合理的轴向力。
 密封实现要素④：两个紧固件之间的摩擦系数。

4.2 密封要素之间的关系

从紧固件拧紧力矩原理的角度，一定的摩擦系数决定了一定的拧紧力矩，进而而这种力矩决定了一定的轴向力，轴向力最终实现了良好的密封效果^[1]。因而，管路的拧紧力矩是通过类似力矩密封和失效试验验证来找到合打紧力矩，而不能盲目地依靠经验去设定力矩。

从上图的曲线中，可以得出如下几点：

- ①设置过高的力矩不能传递更高的轴向力；
- ②工艺力矩设定得太高也会出实际力矩的拧紧过程中根本不能到达目标的力矩值的现象；
- ③密封要素中的关键参数摩擦系数，将直接决定力矩的设置，基于上述试验可以基本得到拧紧力矩及转角的边界范围。

5 结语

此外，制动硬管的拧紧力矩的设置，除了需要基于以上的试验测定，进行扭矩和转角数值范围的初步设定。同时需要再通过力矩失效和力矩密封试验来进行试验验证得到合理的力矩的设置值。

参考文献

- [1] 李平,肖湘平.汽车制动系统性能影响因素的分析[J].中国新技术新产品,2017,22(10):38-39.
- [2] 龚春忠,胡建国,张永,等.基于大数据技术的汽车制动策略研究[J].汽车科技,2019,47(4):6-9.
- [3] 陈清华,朱治钢.汽车制动性能检测方法的较比与分析探究[J].内燃机与配件,2020,41(13):144-145.