

制动压力对盘式制动器制动效能影响量化分析

刘晓东 马尧 张喆 赵蕾

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司 天津市东丽区 300300

摘要:影响汽车盘式制动器制动效能的参数很多,其中制动压力、制动温度、制动初速度是对制动效能影响最为重要的三个因素,本文主要讨论制动压力对盘式制动器制动效能的影响规律。在一定温度和压力范围内,制动压力的增加有助于制动盘表面膜的形成,使得摩擦制动稳定,但是过大的制动压力,也会造成摩擦材料表面产生变形,摩擦膜破坏,进而影响制动效果。

关键词:盘式制动器;制动压力;制动效能

Abstract: There are many parameters affecting the braking efficiency of automobile disc brake, among which braking pressure, braking temperature and initial braking speed are the three most important factors affecting the braking efficiency. This paper mainly discusses the influence law of braking pressure on the braking efficiency of disc brake. In a certain temperature and pressure range, the brake pressure will help to form the surface of the brake disc, making the friction braking stable, but the excessive braking pressure will also cause friction material surface deformation, friction film damage, thereby affecting the braking effect.

Keywords: Disc brake; Braking pressure; Braking efficiency

盘式制动器又称为碟式制动器,可以分为液压驱动和气压驱动两种形式,其中液压驱动多应用于轿车较常见。主要零部件有:制动盘、制动主缸、制动钳、制动软管等。制动盘一般用合金钢制造并固定于车轮上随车轮转动,按其摩擦副中使用元件的结构,又能够分为全盘式制动器和钳盘式制动器两类。全盘式制动器中摩擦副的旋转元件及固定原件都是圈型盘,汽车制动时摩擦表面全部接触,其作用原理与离合器相同。此类制动器的散热性能较差,故其实际应用没有钳盘式制动器多。而钳盘式制动器的固定摩擦部件是制动块,安装在与车轴连接但无法绕车轴轴线旋转的制动钳中。

在影响制动性能的众多参数中制动压力是一个重要因素。摩擦性能与制动压力之间一般会表现出较复杂的关系,制动压力通过表面接触面积的实际大小与塑性变形状态影响摩擦力,常规方法加工的粗糙表面,摩擦都发生在一部分粗糙接触点上,接触点的数目与尺寸都会随着制动压力增大而增加,进而导致实际接触表面增加。摩擦力为刹车片与制动盘的实际接触面积与刹车片单位面积上剪切应力的乘积。

一般情况下随着制动压力的增加,刹车片所受压力变大,摩擦因数则会减小;而随着刹车片所受压力变大,摩擦表面实际接触点数量增多,实际接触面积增大,最终导致摩擦因数增大。事实上,在制动压力较小时,表面摩擦层尚未形成,一部分接触点在压力作用下开始变形、破碎,形成磨屑嵌入到摩擦材料的基体中,然后实

际接触面积增大,机械阻力变大大,摩擦力受到摩擦表面的微凸体和热量影响,摩擦因数较高。摩擦形成的磨屑逐渐嵌入、堆积、填充到磨损表面,形成摩擦层,减小了磨损,直接导致制动压力增加,磨屑与接触体之间的空间减小,更多的磨屑发生直接摩擦,通过压溃,形成连续层,最终由随机分布的摩擦层转变为均匀分布的密集摩擦层并且覆盖在制动盘表面。摩擦层近似于润滑膜,减小了接触界面的阻力,此时的摩擦力则取决于摩擦层与热影响层之间的滑动阻力;另一方面,摩擦盘与刹车片发生充分接触并产生塑性变形,此时表面接触状态为弹塑性接触,并且限制实际接触面积的进一步增加。在此过程中制动压力作用下,通过制动摩擦产生了大量的热量,加剧摩擦材料的氧化磨损,破坏摩擦材料的组成结构,最终磨损加剧。整个制动过程中若制动压力的增加造成实际接触面积增加显著,摩擦效果就会变大,相反若造成的增加不显著则摩擦因数减小。所以,在汽车制动过程中,单纯靠增大制动压力来提高制动效果并不是简单的过程,原因在于在制动压力增加的同时,摩擦因数一般会不断减小,最终制动力矩未必会有明显增加。特别是在高速行驶的汽车制动时,制动压力的增大则会引起摩擦因数和摩擦稳定系数的急剧下降,从而对制动产生不利的影响。

在实际生活中经常会进行紧急刹车,紧急刹车就是在瞬间增大刹车片的制动压力,将其作用在刹车盘上,从而让汽车停止运动。在巨大的制动力作用下使刹车盘

在短时间里停止转动，刹车片与刹车盘之间必定会产生瞬时高温，进而造成刹车片的热衰退，影响刹车性能。此过程甚至可能出现危险，所以研究不同制动压力下，刹车片材料在刹车过程中摩擦系数的变化具有重要意义，对研究新型制动材料也有一定的指导意义。为了研究不同制动压力下制动系统的摩擦系数规律，分别选取不同规格不同材料的试件A、试件B、试件C进行试验，进而讨论制动压力对摩擦系数的影响。

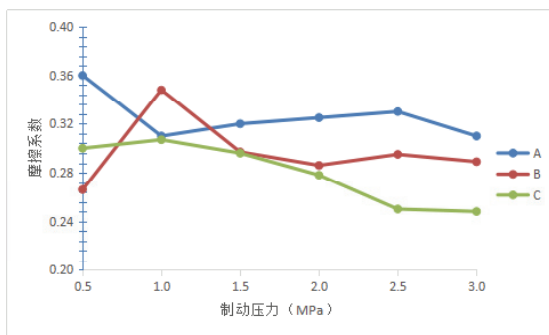


图1 不同制动压力下的摩擦系数

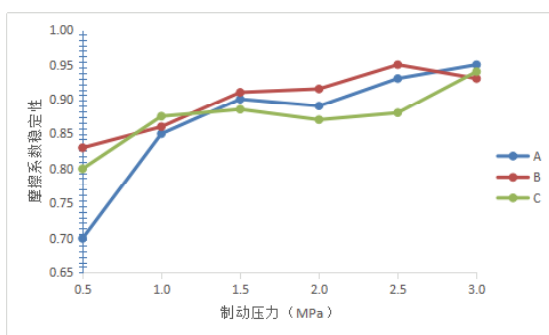


图2 不同制动压力下的摩擦系数稳定性

如上图所示，图1中显示的是摩擦系数随着制动压力的变化曲线，试件A在0.5MPa压力下摩擦系数最大为0.34，然后快速下降，在1MPa与2.5MPa压力之间有小幅度增加，在3MPa压力下又有所下降。在此过程中，0.5MPa下由于制动力小，试件表面处于粗糙点初步接触，接触面间摩擦阻力大，所以摩擦系数较大，在1MPa压力下，试件表面制动压力较低，试件和对偶环之间的接触面积仍然不大，接触点较少，此时主要是磨粒磨损，所以摩擦力较小，此时摩擦膜的结合强度和紧密度都较低，剪切强度也比较低。随着制动压力再次增加，摩擦过程中温度也会增加，接触面积同时增大，摩擦膜的剪切强度变大，摩擦力增大，从而使得摩擦系数进一步增加。而达到3MPa下，由于表面温度达到材料软化温度，另外过大的制动压力下表面膜遭到破坏，所以摩擦系数降低。试件B的摩擦系数有一定的波动，在0.5MPa压力下出现极小值0.264，在1MPa压力下出现极大值0.347，试件B在1MPa压力时，试件与对偶之间的接触仍然是弹性

接触，试件材料直接接触，摩擦过程中形成粘着摩擦使摩擦系数增加。随着压力的增加摩擦表面逐渐形成摩擦膜减少了试件直接接触导致摩擦系数降低。试件C的摩擦系数在0.5MPa到1MPa压力之间微增，然后出现减小的趋势，并在2MPa压力后摩擦系数只有0.247。通过此试验可以看到：制动压力的增加必然会引起试件表面接触点的塑性变形增加，表面粗糙度降低，另外压力增加使得试件表面的单位面积吸收功率大大增加，表面温度瞬时增加，引起材料的功能衰退，从而使摩擦系数减小，在1.5MPa与2.5MPa压力之间时试件C表面形成了致密、光滑且硬度较高的摩擦膜，对摩擦表面形成了氧化铁等氧化物膜，也导致了摩擦系数下降。

图2表示0.5MPa到3MPa压力下不同试件的摩擦系数稳定型曲线，随着制动压力的增加各试件的摩擦系数稳定性都逐渐提高。这主要是随着制动压力的增加摩擦表面的温度上升，这有利于摩擦材料表面膜的形成，从而使摩擦过程更加稳定。

综合比较各试件在不同压力下的摩擦性能，我们可以得出下结论：

(1) 试件随着制动压力的增加，表面温度增加，但是由于试件热量可以逐渐耗散，并且此过程产生热量较小，对试件材料的影响比较小，故只是单次的紧急制动，对试件的热衰退影响并不大，但是频繁的紧急制动，会造成试件摩擦表面一直处在高温状态，导致材料的明显热衰退，同时高压下更容易破坏试件表面的摩擦膜。

(2) 制动压力对试件的影响不仅仅是快速提高表面温度，也会通过法向力的影响导致试件摩擦表面的塑性变形，在试件内部产生过大的压应力，影响试件材料的内部组分的协同作用。

(3) 制动压力对摩擦系数的影响主要体现在接触面积的变大和材料本身的塑性变形。一般在弹性接触下，制动压力增加导致实际接触面积增大，进而摩擦系数增大，随着制动压力的增加摩擦因数达到一个极大值，而后随着制动压力的增大，摩擦系数不再增大并开始减小。

参考文献：

- [1]刘富豪，蒋汉军，朱龙英.汽车盘式制动器稳定性及非线性动力学分析[J].振动工程学报，2014，27（6）：907-914.
- [2]王望予.汽车设计[M].北京：机械工业出版社，2004.
- [3]高普，吴云豪.制动压力对盘式制动器高频制动尖叫的影响[J].东北大学学报（自然科学版），2017，38（09）：103-108.
- [4]郑与波.城市道路汽车行驶工况的仿真与分析[D].合肥工业大学，2011.
- [5]张文春.汽车理论.第2版[M].机械工业出版社，2010.