

机械球盘式集成式制动钳总成驻车效率的分析及改善措施

文 | 黄巨成 李虎本 奇瑞商用车（安徽）有限公司

一、前言

21 世纪之初，汽车工业进入飞速发展期。中国汽车行业在激烈的市场竞争环境中，较高的性能要求和较低的成本控制成为行业共同期望，并带给零部件供应商更大的生存压力。

目前国内制动器供应商的机械式驻车效率普遍不高，在保证一定驻车力的前提下难以保证较小的拉线力或行程。在这种驻车效率较低的情况下更容易出现驻车能力不足或者达到一定驻车力时需要更大拉线力或行程的情况。因此提升机械集成式制动钳的驻车效率成为汽车制动器供应商急需解决的问题之一。

二、机械集成式制动钳的工作原理

1、IPB 的定义

IPB 是集成式驻车制动器（Integrated Parking Brake）的简称，是将驻车制动装置和卡钳结合为一体的集成式卡钳。按结构形式可分为凸轮轴式（Camshaft and Rod brake Caliper，简称 CAR）和球盘式（Ball in Ramp Brake Caliper，简称 BIR）。按其工作形式可分为机械式（Integrated Mechanical Parking Brake Caliper，简称 MPB）和电子式（Electromechanical Parking Brake Caliper，简称 EPB）。

2、球盘集成式制动钳的工作原理

球盘集成式制动钳的结构因制动器供应商不同而有一定差异，但基本原理相同。某种球盘式制动钳总成的组成如图 1 所示。

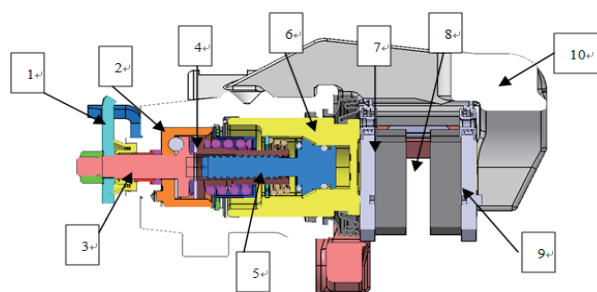


图 1 某种球盘式制动钳总成

1——摆臂 2——自调座 3——自调轴 4——螺套
5——螺杆 6——活塞 7——内侧制动块 8——制动盘
9——外侧制动块 10——钳体

驻车机构的工作原理：当转动摆臂时，自调轴在自调座上旋转，并由于带有角度的滚道，便朝制动盘方向作轴向移动。螺套在此推动并传递至螺杆，螺杆推动活塞，活塞推动内摩擦块，内侧制动块压在制动盘上，产生的反作用力便通过固定在钳体上的自调座传递至钳体。钳体的运动拉外摩擦块对着制动盘运动，制动盘两侧产生相同的制动力。释放手制动时，制动块与制动盘的正常间隙是由螺杆螺套间隙和活塞密封圈的设计变形量来控制，原理如图 2 所示。

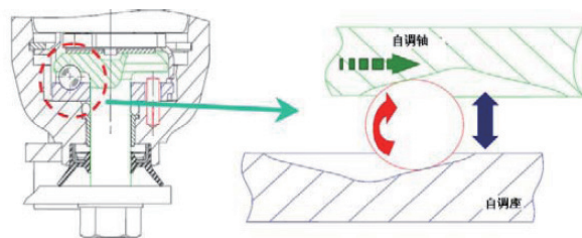


图 2 驻车机构的工作原理

三、机械集成式制动钳驻车效率损失原因

1、反作用力

驻车力是由摆臂转动后带动一系列零件运动最终转化为活塞的平移形成了推力，零件运动转化示意图，如图3所示。在驻车过程中输出力受到的反作用力分为两种：一种是为保证活塞回位、自调机构自调、保证零部件某些功能而必不可少的力，如拉簧（扭簧）力和自调弹簧力等；另一种为零部件运动过程中所损耗的力，主要为摩擦力，如图4所示。

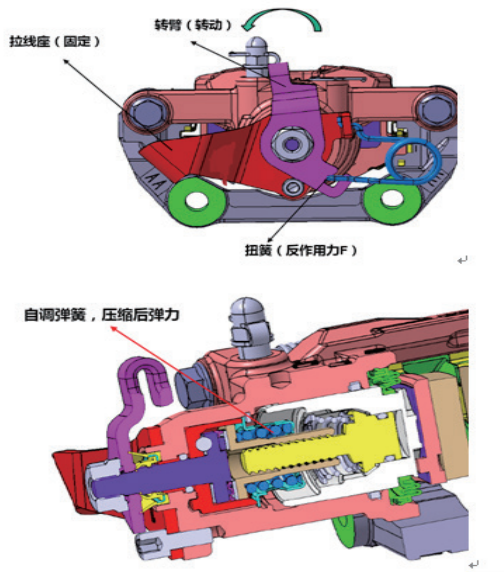


图3 零件运动转化示意图

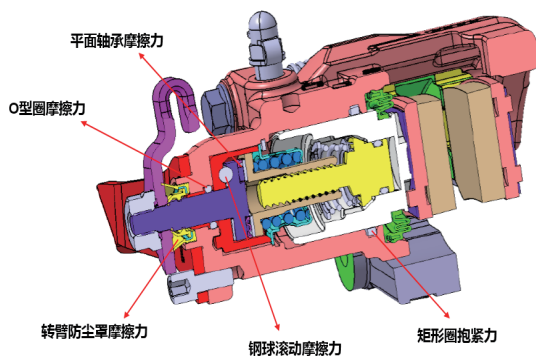


图4 运动过程中所损耗的力

2、零件变形

驻车力的传导、输出所涉及的零件均为钢材料，具有较好的刚性。但仍不可避免的会有刚性变形。变形量的大小直接影响驻车的效率特别是行程的大小。通过分析和实验，如摆臂和拉线座，在1200N的拉力下，变形量甚至可超过

1mm，如图5所示；螺杆螺套等件在10kN的载荷下也会产生近0.5mm的变形，如图6所示。

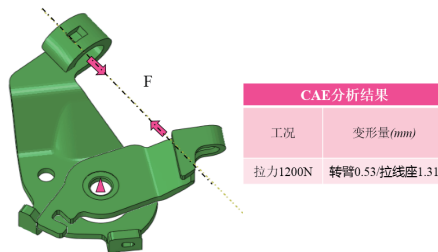


图5 摆臂、拉线座变形

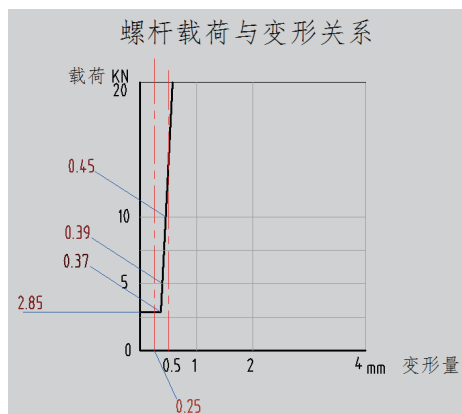


图6 螺杆、螺套变形

3、力的分解

输入力通过摆臂的转动、自调轴转动、钢球滚动和自调轴平移等过程转化为活塞的推出力，此过程中球道的作用尤为关键。

从图7中可以看出，球道具有一定角度。球道推力 F 的作用效果被分为两个分力。第一个力为对螺套的推力（ $F_1 = F \cos \theta$ ）；第二个力为对钢球的回推力（ $F_2 = F \sin \theta$ ），这个力减小了摆臂的输入力的效果，从而也减小了对螺套的推出力。

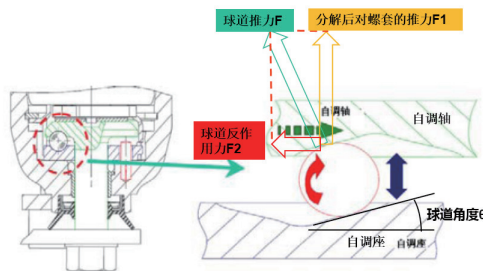


图7 力的分解

四、驻车效率的改善措施、建议

1、提高装配后活塞与自调轴同轴度

装配后活塞与自调轴同轴度不良,则会导致零部件卡滞,减小了力的作用效果。要保证装配后的同轴度,首先需保证各零件的相关形位公差、各球道的角度偏差和深度尺寸等。为了保证装配出的成品件同轴度,需在生产线上对同轴度进行 100% 检测,对于同轴度超差的不良品坚决隔离,以保证产品质量。同时,在装配生产线上需采用能保证同轴度的工装、设备进行装配,或采用特殊技术在装配过程中矫正零件装配时的同轴度。

2、提高零件的刚性

零件刚性过差,在受力时产生变形,此时力的作用损失,或零件因尺寸变化而无法保证较理想的输出力,如摆臂、拉线座的变形控制,在条件允许下,变形量应控制在 0.5mm 以下。可以通过采用较厚的板材、设计结构优化(折弯处增加凸筋及焊接加强板等)、选用刚性更强的材料等方法改善变形量。

如自调轴、自调座的球道尺寸和顺滑度直接影响输入力与输出力的杠杆比。要保证在载荷作用下变形尽量小,除了选用合适的材料外,球道表面的硬度也需重点保证。可通过渗碳等热处理来提升硬度并保证渗碳深度。

3、合理减小扭簧 / 拉簧反作用力

集成式制动钳集合了行车制动及驻车制动功能,若驻车后活塞无法回位,则制动钳与制动盘会一直拖磨,产生较大拖滞。因此需要扭簧将转臂带回(球道、螺套回位)以保证活塞有足够的间隙完成回位,此过程即为驻车间隙自调。因此扭簧的作用是必不可少的,扭簧的反作用力也无法消除。

扭簧的反作用力大小对于输出力的影响非常大。如某产品理论杠杆比为 10,即当摆臂处输入力为 600N 时,活塞的推出力为 6000N;此时扭簧的反作用力若增加 10N,则摆臂实际输入力为 590N(减小 10N),活塞的推出力为 5900N(减小 100N)。但如果扭簧的力过小则制动钳无法完成驻车间隙自调,也是不可取的。因此扭簧力大小的设计,必须在保证间隙自调的基础上进行设定。

4、球道尺寸控制

自调轴、自调座各有三个球道,主要影响尺寸为球道角

度、偏距及各球道的偏差。球道角度影响了力跟行程的变化:角度过大,力的输出偏小;角度过小,球道升程不足,容易不驻车。偏距为球道底部圆角与角度球道的偏移距离:偏距过大则初始力的上升过慢,造成输出力偏小;偏距过小则前一小部分球道作用不理想,仅用于螺杆螺套间隙消除,没有力的输出。球道尺寸的偏差影响自调机构运作时的同轴度,因此对于自调轴、自调座的三个球道的偏差需制定一定的要求。如三个球道的角度偏差不大于 5%;要保证较小的偏差,对于冷墩模具的尺寸、工艺则需更严格的控制来确保。

5、螺杆、螺套的轴向间隙设定

螺杆螺套的啮合设计是存在轴向间隙的,主要用于自调机构的自调。螺杆螺套的间隙过小,则活塞回位量不足,会造成拖滞过大;间隙过大;则角度球道需要一部分行程用于消除间隙,角度球道的作用被削弱。

因此,螺杆螺套的轴向间隙设计应与上节中的球道偏距设计相配合。在满足自调机构自调间隙的前提下,如何在尽量小的输入力下,钢球爬上角度球道的同时,螺杆螺套间隙消除,以达到球道对力反馈的最佳效果,是设计、验证中的重点研究方向。

五、结论

汽车的驻车制动器是保证斜路面上保持汽车长期静置的装备,因此必须安全可靠。机械集成式制动钳总成已被广泛应用于各乘用车厂商,因此驻车效率的优劣也很大程度上决定了对供应商的选择。本文鉴于以上出发点对影响驻车效能的因素做了分析阐述,并提出了现实可行的改善建议,为读者了解机械集成式制动钳的驻车效能损失因素、改善驻车效率的研究提供了参考。IM