

离合器接合压力对湿式摩擦片的影响

曾越海

海南海马汽车有限公司项目部 海南 海口 570216

摘要：自动变速器湿式摩擦片作为自动变速器实现传动需求的关键零部件，其传扭能力的发挥对于自动变速器性能评估至关重要。本文主要从实际应用出发介绍离合器接合压力对湿式摩擦片的影响。

关键词：自动变速器；湿式摩擦片；离合器接合压力

1 前言

随着汽车技术的不断发展，自动变速器简便的驾驶操纵以及优异的性能，越来越受到消费者的喜爱。纸质摩擦片由于其成本低、换挡舒适性好、噪音小、散热好并且具有保护对偶材料等优点被广泛应用于各类车辆的自动变速器和制动器中。而纸质摩擦材料磨损量大，耐热性差，易烧坏等缺点也对自动变速器的匹配提出了更高的要求。本文主要从实际应用出发介绍离合器接合压力对湿式摩擦片的影响^[1]。

2 湿式摩擦片性能和寿命的影响因素

湿式摩擦片的性能和寿命在设计角度上受到多个因素的影响，主要包括摩擦材料的选择与优化、结构设计、制造工艺、使用环境及磨损控制等。

1) 摩擦材料的选择与优化：湿式摩擦片的核心在于其摩擦材料的选择与搭配。不同的摩擦材料具有不同的特性，如耐磨损性、热稳定性以及摩擦系数等。通过对这些特性的合理利用，可以在很大程度上改善摩擦片的整体性能。纸基摩擦片具有“呼吸”功能，不同的配方决定了摩擦片不同的孔隙度、可压缩性、渗透性等特性，也决定其在换挡过程中是否能快速散热，减少热量积累，从而延长摩擦片的寿命。湿式摩擦片的材料特性对其性能和寿命有重要影响。

2) 结构设计：结构设计对湿式摩擦片的性能和寿命有重要影响。合理的结构设计可以减少摩擦片的磨损和热量积累。例如，增加散热通道的数量或改变其分布形式，有助于更快地将摩擦产生的热量散发出去；通过调整摩擦片之间的间隙大小来控制润滑效果，确保既不会因过度润滑而导致打滑现象发生也不会因为润滑不足而加剧磨损情况的发生。图1为不同的摩擦片结构形式。

3) 制造工艺：运用先进的数控机床、激光切割以及超声波清洗等高精度加工手段，能够在保证产品尺寸精确度的同时大幅度提升表面光洁度和平整度，有利于增强摩擦片与配合部件之间接触面积的有效利用，也有助

于形成更加稳定的油膜层，进而实现更佳的密封效果和更低的能量损耗。其次，合适的粘结剂、合理的固化工艺可以保证粘结强度和um提高其外观质量^[2]。



图1 摩擦片结构形式

4) 使用环境：湿式摩擦片依赖于变速箱油的润滑和散热，在选择变速器油时要考虑以下因素：

(1) 温度特性：需要具有一定的温度特性，在高温和低温条件下，仍能保持良好的性能；

(2) 接触材料：需要与摩擦片材料相容，以确保摩擦片的性能和寿命；

(3) 抗氧化性：需要具有一定的抗氧化性，以防止在使用过程中产生沉淀和污染。

5) 磨损控制：

摩擦片由于使用而磨损，离合器需要进行磨损补偿。自动变速器的磨损补偿方式基本是自动调整，配备相应的控制系统进行调整，这需要基于变速器开发过程中大量的试验，通过对磨损量配置磨损量自学习的算法。

3 湿式摩擦片的失效

摩擦片在工作过程中，如果选材不当或控制不良，摩擦材表面会发生劣化、磨损，严重甚至发生碳化、剥离的现象，称为磨损失效。根据磨损情形不同可分为：热磨损和机械磨损。热磨损主要是由于离合器工作过程中产生的摩擦热量过大，导致摩擦材料中的化学物质逐渐分解、碳化，使摩擦材表面油孔减少。随着散热能力的下降，磨损加剧，造成功能失效。机械磨损主要是由

接触引起,在离合器结合的短暂时间内,对偶钢片和摩擦片之间的摩擦会产生热量,使对偶钢片和摩擦片的温度升高。如果接合压力过大,可能会导致摩擦片压溃,即摩擦片在高压下发生塑性变形或损坏^[3]。

4 离合器接合压力对摩擦片的影响

1) 接合压力是湿式多盘液压离合器接合过程中影响滑摩特性的重要因素。接合压力的大小直接关系到接合摩擦转矩、相对速度以及接合时间的大小,从而进一步影响到滑摩功和滑摩功率的大小;

2) 摩擦片压溃通常是由于接合压力过大,导致摩擦片与对偶钢片之间的接触压力超过了摩擦片材料的承受极限。这种过大的压力会使摩擦片发生形变,甚至损坏,影响离合器的正常工作;

3) 湿式离合器在接合过程中,摩擦副表面的温度、相对速度、粗糙度以及载荷对摩擦系数有共同影响。增大接合压力会导致转矩响应、相对角速度减小速度以及油膜厚度减小速度加快,接合时间缩短,最小油膜厚度减小。高温和高压共同作用下,摩擦片材料可能会因为超出其热结构强度极限而发生压溃。

5 车辆无法行驶问题分析

某款车型发生的D档R档均无法行驶问题,具体表现如下:1) 车辆报速比故障、油压不足故障等;2) 拆解时发现D1和R档对应离合器磨损烧蚀、有些还伴随着摩擦片脱落现象;3) 活塞密封环内外均有破损或扭曲的现象发生;4) 活塞与上方的保持架有干涉摩擦。

可能原因有:

1) 活塞活动超出设计行程范围,造成D形环啃伤或扭曲,造成油压不足,进而充油不足→换挡冲击→摩擦片快速损坏滑摩烧蚀→速比错误等逐步故障表现;

a) 外侧D形环轴向尺寸核算:

小结:当摩擦片磨损量超2.05, D形环会超出壳体配合区域,再回位时有啃伤D形环的风险,造成D型环密封失效。

b) 内侧D形环轴向尺寸核算:

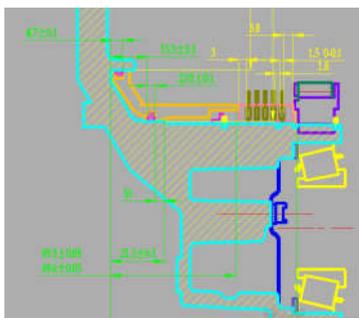


图2 外侧D形环相关尺寸



图3 内侧D形环相关尺寸

小结:当摩擦片磨损量超1.55, D形环会超出壳体配合区域,再回位时有啃伤D形环的风险,造成D型环密封失效。

c) 模拟实验验证(ON-OFF实验(无传扭)):减少1片摩擦片,增大活塞运行行程,观察D形环的损坏情况。

实验结果:ON-OFF试验,反复加压泄压(17~18bar),约2万次,内外侧D形环均有不同程度的损坏,同时压力由18bar降低到9bar左右,摩擦片也有损伤。图4为实验后损伤图片。



图4 ON-OFF实验后摩擦片和密封环

结论:活塞运行行程超出行程范围,会造成D形环啃伤,最终造成油压泄露,加剧摩擦片损伤。

2) 摩擦片耐压性能不足,压力超限→纸基基材破损→传扭作用下进一步加剧纸基剥落磨损→活塞行程加大→密封环破损;

a) 模拟实验验证(ON-OFF实验(无传扭)):保持原设计摩擦片片数不变,调整初始间隙增加0.5,验证磨损0.5后的离合器的性能。



图5 ON-OFF实验后摩擦片和密封环

实验结果:ON-OFF试验,反复加压泄压(17~18bar),初始压力未见异常泄露,反复加压泄压(17~18bar),2万次左右出现内外D型环损坏/摩擦片损坏,摩擦材大面积脱落(未传扭)。图5为实验后损伤图片。

结论:试验后摩擦片剥落的现象与无法行驶的拆解

结果相同。回顾两次的试验结果，摩擦片的18bar的耐压性存在不足。

b) 模拟实验验证 (ON-OFF实验 (无传扭))：保持原设计摩擦片片数不变，初始间隙按1.1调整，调整不同的油压，验证磨损0.5后的离合器的性能。

试验结果：按14bar油压进行ON/OFF试验10万次，磨损量达0.6，摩擦片只有前侧1片局部损伤，D形环未损坏，摩擦片的传扭功能尚在。

小结：从压力入手，降低压力能延长使用寿命或降低损坏的程度。

c) 离合器油压和面压分析：摩擦片摩擦材设计面压7MPa，建议使用面压小于5.8MPa。但实际工作中，系统零件卸载变形，摩擦片并非均匀受力，局部位置的使用面压存在超过安全裕度的可能。

d) 摩擦片面压试验：按压力15bar进行 (相当于正常面压5.2Mpa)。压敏纸布置见图6。

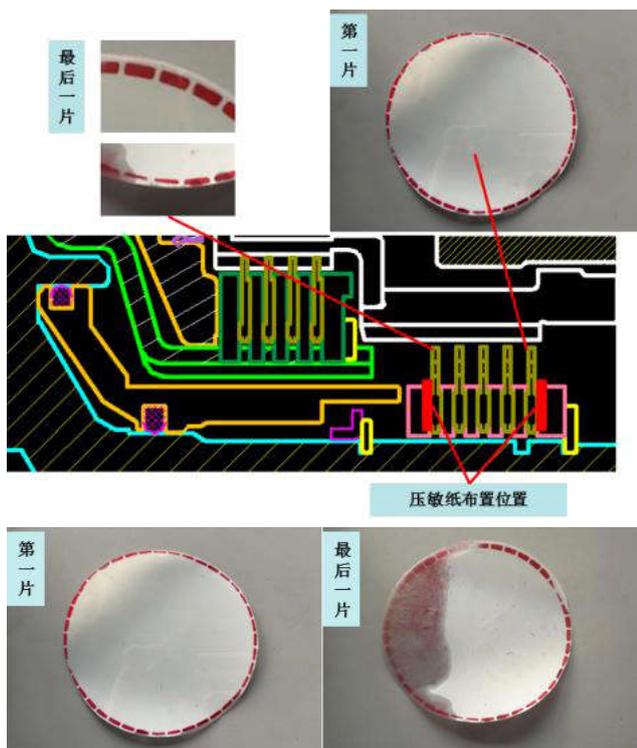


图6 压敏纸布置及受压测试

试验结果：最后一块偏载严重，主要是外圈受力，内圈几乎不接触，比色卡判断摩擦片面压在8.2Mpa左右，转换成B2制动器油压约23.6bar。第一片受载较好，内圈基本都受力，外圈局部不接触。摩擦片工作中确实存在偏载。

e) 考虑从压力入手，理论计算传扭最低需求油压12.1bar，变速器的油压范围确定在12.1~14bar范围，确定从标定的手段控制实际油压的输出。

f) 最终，实车确定了控制油压在13.3bar，可保证传扭及耐久性。另提升摩擦片的耐压性能也是一种方式，但会涉及大部分工况的匹配标定工作。

6 结束语

本文从调查分析实际应用中发生的故障问题中的过程，简单介绍了离合器接合压力对摩擦片的影响及改善方案。离合器接合压力对摩擦片的影响是多方面的，合理的设计和优化可以提高离合器的性能和寿命，减少能量损失，并提高驾驶的舒适性和安全性，希望能对后续离合器的匹配开发起到一定的借鉴作用。

参考文献

- [1]刘小川,张志刚,石晓辉,李震宇.湿式离合器接合压力对接合特性的影响研究: 2015
- [2]黄伟,鲍和云,朱楚,朱如鹏.湿式摩擦离合器挤压过程及接合特性分析: 2022
- [3]王成,秦大同,吴邦治,方宏胜,程坤.湿式离合器接合特性仿真与分析: 2020