

汽车动力传动系统振动问题及解决方法

邹伟 易忠新 余达 刘丹阳

(江西省南昌市江铃汽车股份有限公司 江西 南昌 330052)

摘要: 目前人们在选择车辆时, 比较看重车辆的舒适性、操控性、NVH等性能, 但中置后驱车型如SUV、卡车等因为传动系统比较长, 容易发生传动系统振动问题, 进而引发振动噪声和耐久性问题。为了有效提升车辆的耐久性、舒适性, 解决汽车传动系统振动问题, 文章通过模型建立以及仿真模拟对相关问题进行分析, 并提出具体的解决策略与要点, 以有效优化车辆性能。

关键词: 汽车; 动力传动系统; 振动问题; 解决方法

0 引言

在汽车行业持续发展过程中, 无论是生产厂家还是用户都对车辆质量提出越来越高的要求, 并且越来越关注噪声振动控制技术。因系统设计引发的噪声振动, 需要通过实车测试和计算机模型联合解决, 本文重点分析的汽车动力传动系统振动问题就可通过系统化步骤以及仿真模拟解决相关噪声振动问题。文章首先介绍了相关理论知识, 然后对无阻尼系统模态和频率响应进行分析, 最后立足振源、振动体、传递体三个角度提出系统振动解决方法。

1 问题分析

1.1 基础理论

汽车动力传动系统振动问题主要受到三个特性影响, 即频响、自然频率和振型, 在系统共振时这三个特性进行合理调节, 有助于改善系统性能。无论哪一种系统与部件, 均有其自然频率, 所以汽车动力传动系统也会有相应的扭转频率、弯曲频率等, 若设计环节存在不足, 均会引发振动问题。在汽车动力传动系统当中, 扭转自然频率是 f_n , 同时发动机转速是 n_c , 如果发动机激振力其中某一简谐分量频率接近于系统固有频率, 就会出现共振, 此时的转速 n_c 属于临界转速, 即:

$$n_c = 60 \cdot f_n / v \quad (1)$$

公式中的 v 为发动机激振力的简谐次数。

发动机工作转速区间内广泛分布着多个阶次的临界转速, 不过相应临界转速并不会在较大程度上影响到系统振动。针对系统扭转振动, 则主要考虑某频率下的传动系统振型、发动机日常所用工作转速以及激振力矩幅值。

1.2 无阻尼系统模态分析

传动系统自然频率, 主要通过有限元软件进行建模与分析, 具体是在简化模型基础上明确相关参数, 进而解析自然频率及振型。汽车轮胎与地面两者可看做保持固定不动的接触, 经分析可获得系统自然频率、振型与相对振幅。阻尼不会对自然频率产生影响, 所以在此模型当中未对阻尼作用加以考量。结果分析当中, 涉及到模型特征向量和特征值, 其中特征值个数等于模型中自由度数量。在本文所建立的模型中, 集中惯量单元数量为10, 每单元包含一个转动自由度。通过相关分析, 可得出1阶自然频率振型是全部部件均朝着

一个方向发生振动; 2阶自然频率阵型是在离合器和飞轮连接部位, 传动系统在扭转方向情况下出现改变; 2阶自然频率振型是传动系统改变了两次扭转方向。

1.3 频率响应分析

在频响分析环节, 重点对系统激振力以及系统阻尼特性进行考量。汽车传动系统振动其激振力主要源自发动机发出的周期性力矩, 包括气缸中气体压力所引发的力矩 T_g 、运动部件造成的惯性力矩 T_i 。在发动机转速发生变化过程中, 气缸当中气体压力并未出现明显改变。通过公式2可以发现 T_g 不会随着转速的改变出现较大变化, 通过公式3可以发现 T_i 与转速平方成正比关系, 在转速发生改变过程中, T_i 会同步保持较大变化。

$$T_i = \frac{1}{2} m_g r^2 \omega^2 \left[\left(\frac{r}{2l} \sin(\omega t) - \sin(2\omega t) - \frac{3r}{2l} \sin(3\omega t) \right) \right] \quad (2)$$

$$T_{total} = T_g + T_i \quad (3)$$

对于多气缸发动机来说, 简谐力矩在保持较大的幅值矢量的情况下才会激起较大振动, 因为高阶次简谐力矩保持着较小幅值, 此处可忽略。而对于四冲程发动机来说, 在简谐次数 v 为 $q/2$ (q 是气缸数) 或为整数倍情况下, 四个气缸其简谐力矩保持着相同相位。如果主简谐力矩保持着较大幅值, 在共振情况下会导致系统发生大幅度振动。

迟滞阻尼和线性粘性阻尼属于两种常见的阻尼, 而线性粘性阻尼能将非线性阻尼转化成容易利用数学方法加以处理的阻。

在频响分析过程中, 通过建立模型可以发现激振力频率在和传动系统的2阶自然频率相等情况下就会出现共振, 这时系统振幅也就是扭转角度会出现增大情况。相应模型当中, 弹簧扭转刚度 K 为定值, 基于 $T = K \theta$ (θ 为离合器扭转角度) 可以发现传递扭矩同样增大。在设计过程中, 每个部件均有承载扭矩最大允许值, 若超出相应极限值, 那么部件就可能降低使用寿命或出现破坏, 所以, 传动系统振动不仅会引起噪声振动, 还会影响到系统耐久性、可靠性。

2 解决方法

汽车传动系统发生振动, 发动机2阶激振力属于主要振源。正常情况下, 发动机在工作时转速保持在600 ~ 6000r/

(下转第116页)

冬季,天气寒冷,液压油相对粘稠。对于某些油机,整个系统需要自动设置,因为过载和高液压会导致硬件损坏。工作开始时的预热功能。打开车辆后,PLC将检测冷却液温度和液压油温度。如果低于设定值,则柴油机以比空转速度稍高的速度运行,人机界面表明系统正在预热,驾驶员调整柴油机的速度,该系统只能正常运行在检测到自动预热时间已超过设定值后。

2.6 过热保护控制

当遇到岩层或黏土地质时,旋转钻机将承受沉重的负担,这时柴油机和液压系统会产生大量热量,柴油机冷却液,柴油机油和液压系统的温度也会升高。系统在高温下长期运行,将大大降低系统组件的性能,缩短使用寿命,而且增加液压系统的泄漏。因此,有必要控制旋转钻机动力系统的过热保护。PLC实时监控三个温度传感器:柴油机油温度,液压系统油温 and 柴油机冷却液温度。当其中一个传感器的温度达到设定值时,将使用PLC发送速度控制命令。它连接到ECU,以减少柴油机功率并通过减少主泵排量来减轻柴油机上的负载。如果三个温度值均低于设定值,则可以恢复系统。

2.7 动力头副齿轮控制

动力头直接连接到钻杆,以直接向钻头提供动力。对于

旋转钻机来说,这是非常重要的操作机制。通过选择电子控制的动力头电动机可以设置各种档位。岩石齿轮,大地齿轮,快速齿轮和其他齿轮等不同的地质和工作条件可以通过不同的电流改变电动机的排量,从而实现动力头在低扭矩和高扭矩,高速和小扭矩之间的快速切换。进入主PLC的开关按钮位于操作手柄上,PLC计算后,可以向电机输出不同的电流,并在显示屏上设置电流。

3 结语

本文分析了CAN2.0A的J1939协议和CAN总线协议如何应用于该系统,并介绍了用于控制器选择和节能控制实现的控制策略。总线和旋转钻机控制系统的智能化仍然是未来发展的方向。这就需要我们立足于科技的发展,进一步加强对于该系统的设计与建设,以此来造福社会和百姓,为经济发展服务。

参考文献:

- [1] 张春艳. 基于CAN总线的旋挖钻机节能控制技术研究[D].2019.
- [2] 胡滨,刘喜锋,宋琳莹,等. 基于发动机功率比的旋挖钻机功率匹配[J]. 建筑机械,2016(6):86-88.

(上接第114页)

min区间,激振力矩2阶简谐分量相应频率与动发动机转速两者关系为 $f=2(n/60)$,对应频率保持在20~200Hz,在相应范围内传动系统其自然频率是74.8Hz,与之相对应的发动机转速是2244r/min,也就是此时所出现的激振力矩其2阶简谐分量会和动力传动系统相应2阶自然频率出现共振,这一状态下汽车的变速箱、飞轮、离合器等系统均保持较大振幅,系统振动剧烈,同步伴有轰鸣声,部分部件传递扭矩增大,影响零件使用寿命。为了解决汽车动力传动系统振动问题,本文主要从三方面入手,即振源、振动器、传递路径,实际中需要结合振动发生时的相应部件以及具体特点,立足不同角度解决问题。

2.1 振源

振源本质是激振力,一般可通过两种方法改变激振力:①对激振力的频率做出改变,使其和传动系统频率尽量远离,但实际上无法避开相应频率;②对激振力大小进行改变,就是将发动机传递扭矩减小,使系统自然频率和点火频率相接近。不过此时激振力相对较小,不会造成系统出现大幅振动。由于发动机特性在设计之初就已确定,要通过改动发动机结构解决相关问题很难实现,所以通常不会从振源入手解决系统振动问题。

2.2 传递体

发动机外壳、离合器、悬置是发动机与外界相接触的主要通道,在传动系统出现振动问题时,离合器为主要传递通道,所以可针对离合器增加阻尼,以此对激振力输出产生阻碍作用。因为库仑阻尼与离合器钢度保持一定相关性,降低离合器钢度就会使阻尼增加。

2.3 振动器

汽车传动系统发生振动问题的时候,传动系统属于振动体,可通过对系统自然频率进行调节,使其对应转速远离发动机常用转速区间。系统自然频率和集中惯量单元的转动惯量保持反比关系,和弹簧刚度保持正比关系,所以可对转动惯量和弹簧刚度进行调整,使系统自然频率发生改变。在对汽车传动系统振动问题加以解决过程中,通常会通过使系统自然频率降低来远离发动机常用转速,具体就是增加转动惯量以及降低弹簧刚度。不同的振型其自然频率会对不同单元参数有着不同的敏感度,通常调整节点周边刚度以及调整和节点距离较大位置的转动惯量会影响相关振型频率。因此,可以只对某一阶的固有频率进行调整,不对其他阶次做出改变,运用双质量飞轮、将小飞轮添加到传动轴上、降低离合器的高度等为常用方法。

3 结语

通过文章分析,可发现自然频率、频响、振型是影响系统振动的主要特性,通过对这三个特性进行调节,有助于改善系统性能。对于振动问题,主要从振源、振动体、传递体等三方面解决,不过从振源角度解决难度较大,通常主要从传递体和振动体两方面进行调节,以解决汽车动力传动系统振动问题。文章所介绍的问题处理方法与流程还可应用到其他产品开发及验证环节,尤其在汽车设计开发期间能够实现深入应用。

参考文献:

- [1] 黄森,王森,刘金榕. 某型汽车动力传动系扭振分析[J]. 汽车实用技术,2019,(20):36.