

发动机总成冷测试技术

发动机装配过程中的在线监测技术是目前发动机出厂检测的重要内容,传统的发动机性能检测都是基于发动机点火运行的热试方法,存在试验时间长、使用成本高、易产生污染等不足。目前发动机试验技术日益朝着以冷试方法为主,冷试和热试相结合的方向发展,这是当今世界各国汽车发动机生产试验的一种新潮流和发展趋势。本文研究分析了发动机总成的冷测试技术,详细研究了冷试过程中,进气和排气测试、机油压力检测、曲轴凸轮轴正时检测、点火检测和VCT测试常见的失效模式,结果表明发动机装配过程中主要装配缺陷可以在冷试过程中反映出来。发动机冷测试技术目前已在该公司成功使用,图1为发动机冷测试机构主体部分。

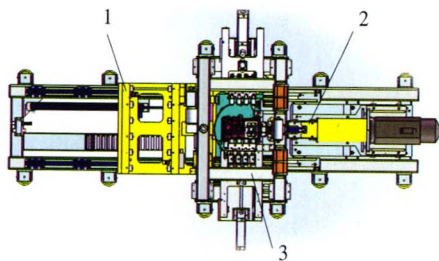


图1 NSE发动机冷测试机构

1.发动机输送机械 2.发动机驱动机构 3.冷试机测量机构

发动机冷测试原理

将电动机连接到发动机主轴上,带动发动机以转速60~1500r/min作为一个测试循环。发动机仍然按照四个冲程运行(进气、压缩、做功和排气),然后

通过安装在各部位传感器检测,可以实现对进气、排气、起动转矩、高(低)速油压、点火、NVH等功能测试,并将检测所得发动机功能参数同正常发动机的标准参数进行比较,从而可以快速判断发动机是否存在故障及其来源。

测试过程如下:转速60r/min时,测试发动机起动转矩;转速300r/min时,测试一缸压缩上止点;转速1000r/min时,测试安全油压;转速1500r/min时,测试高速NVH、高速油压、爆振、VCT、点火不击穿;转速再次降至300r/min时,进行进气、正时、转矩以及点火击穿测试,转速150r/min时,进行低速NVH、低速油压和排气测试。

发动机典型冷测试

1.发动机进气和排气系统测试

在进气和排气压力测试中,发动机无进气歧管和排气歧管,在各缸进气口和排气口安装独立的压力传感器进行压力测量。进气压力测试主要用于检测发动机吸气能力是否达到要求和进气阀门的密封性,还可以间接判断发动机气门间隙是否正常。排气压力检测发动机气缸内活塞环气环的密封性、排气阀门的密封性及火花塞安装不到位造成的气缸漏气,同时也可以间接判断发动机气门间隙是否正常。

发动机冷测试的结果如图2曲线所示,该曲线是对一组正常发动机进行检测后获得的标准曲线。其中排气门和进气门的高度分别表示气门开启程度,高度



越高表示开启程度越高。高度为0时，表示气门完全关闭，气门最高时，表示气门完全打开。图2中的TDC（排气压缩上止点）表示活塞到达气缸的上止点，BDC（下止点）表示活塞到达气缸下止点。

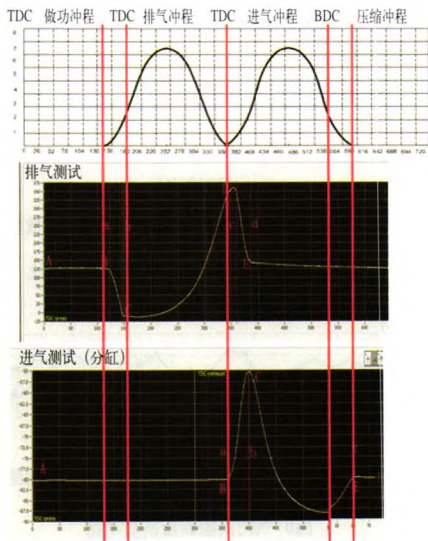


图2 发动机720°循环过程进、排气冷测试曲线

(1) 做功冲程 在做功冲程之前的TDC点，压力达到最大值。但是，这个压力没有被任何压力传感器所检测。因为进气门和排气门都处于关闭状态，进气口和排气口处的压力传感器将检测不到任何压力的变化，即进气和排气过程中的压力曲线为一条平直的线，这将保持到排气门打开。如果在做功冲程的前半段，进气口或排气口处的压力传感器测得的压力有变化，则可以断定可能有一种或几种故障存在：进气通道或排气通道上有漏气孔；进气门或排气门有裂缝；进气门或排气门的密封锥面有泄漏。

由于此时气缸内的压力低于排气管内的压力，随着活塞向下往BDC运动，当排气门打开瞬间，排气过程中压力将有一个突然的降低，接着压力下降持续到达BDC。通过分析压力突变点的出现时间，可以发现发动机工作过程中时序配合是否存在问题。如果突变点的出现时间不对，则可以断定有以下故障存在：机械挺柱间隙不恰当，或气门跃起高度或其他任何可能改变气门开启或关闭时序的运动问题。

(2) 排气冲程 排气冲程活塞向上运动，排气门持续打开直到最大开启位置。因为燃烧室的容量在活塞上升的过程中持续减小，排气压力持续增大。压力增大一直持续到活塞接近TDC处。在到达TDC之

前，进气门开始开启。分析峰值排气压力是否在200~400kPa的合格范围内，压力值若不合格，则存在以下发动机故障：进排气门泄漏；进气门时序配合不当；活塞环装配不当导致活塞环在活塞边缘被撞击，或活塞环漏装；火花塞处泄漏；气缸孔形状变形，孔径尺寸不恰当，孔表面边缘存在划痕或碎片。

(3) 进气冲程 在进气冲程开始时刻，从图2中可看到最为复杂的压力曲线变化情况。当排气门接近完全关闭位置时，进气门开始开启。在这个短暂的时间内，进气门和排气门同时处于开启状态，这种情况称为“气门重叠”状态。正像排气冲程中所讨论的那样，排气压力和气缸压力达到最大值。而此时，在进气通路中采集到的进气压力实际上是近似真空态的负压力。真空态是由进气门在前一个进气冲程结束时的关闭造成的。

当进气门开启时，各个空间的压力开始趋于相等。这导致排气压力快速下降，进气压力快速上升。之后排气门完全关闭。一旦排气门被完全关闭，排气压力的下降就停止了，排气端口压力传感器检测到的排气压力将保持为一个常数直到排气门再次开启。如果此时排气压力不为常数，出现变化的话，则可能出现排气通道有孔或裂纹或排气门泄漏故障。

当进气门开启，活塞压缩而且进气传感器检测结果表明开始出现真空负压状态。真空负压状态将持续加强到BDC点。BDC点是进气端口所能达到的最大真空度。对这个极值点的分析可以判断是否存在以下故障：排气门或进气门锥面泄漏；活塞环安装存在位置误差，导致气缸真空压力不正常；气缸孔边缘存在划痕等。

图3是一台1.5SVCT发动机进气门有磕碰伤的进排气测试缺陷图，图3a中的线1在压缩和排气行程中出现了异常的压力升高，说明有气体从该气门磕碰处泄漏进入了进气道。而受此影响，在该气缸的排气测试中，由于进气门的泄漏，在排气过程中，有一小部分的气体从进气门泄漏，从而造成了该缸的排气压力的下降，如图3b中的线2，排气压力明显低于其他三个缸的压力。

(4) 压缩冲程 压缩冲程开始时，活塞在BDC点。在接下来的90°范围中进气门仍然是开启的。由

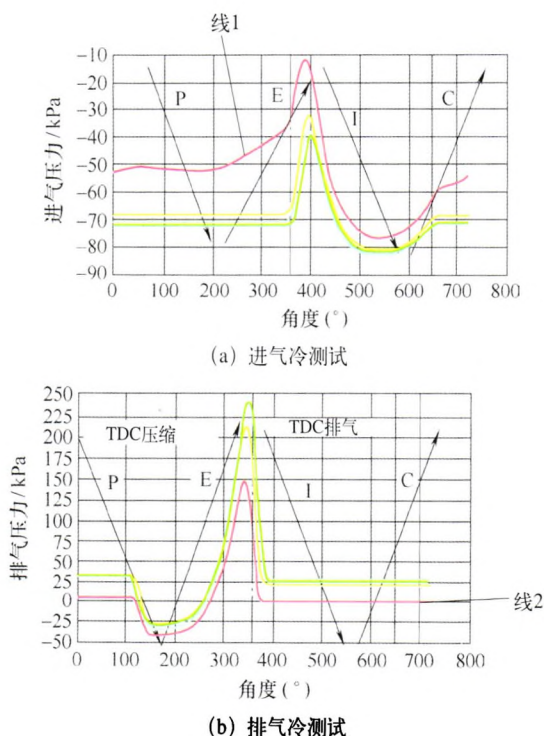


图3 发动机进、排气冷测试曲线(缺陷图)

于活塞处于上升过程中,因此气缸容量在不断减小,前面产生的真空度负压力也在减小。一旦进气门完全关闭,真空负压将保存在进气通道中直到下一次气门被打开。如果此时进气压力不为常数,出现变化,则可能出现以下一种或几种故障:缸垫泄漏;活塞环泄漏;进气门泄漏,或进气通道有孔或裂缝。

分析进气压力突变点的位置同样可以发现是否存在发动机时序配合问题。如果突变点的出现时间不对,则可以断定以下一种或两种故障存在:机械挺柱间隙不恰当;气门跃起高度或其他任何可能改变气门开启或关闭时序的运动问题。

我公司目前生产的发动机配备的挺柱全部为机械挺柱,在生产过程中难免会受到测量误差、设备误判及零件差异、环境等因素的影响,从而在一定程度上使得一些发动机相关气门的间隙不在合格范围内或与理论计算的数值存在一定的差异。而这种情况通过冷试进排气压力测试的相关子项目,如进排气门开启时间、各缸压力跨度值等测试项就能很敏感地检测出来。根据测试数据,很快就能找出维修方案。图4是一组在冷试排气压力测试中受到气门间隙影响而测试的不合格数据及通过维修调整气门间隙后的测试合格数

据的对比情况,图5则是对应的气门间隙调整前后的数据对比。通过对故障机的气门间隙进行调整优化后,再次重新测试时排气压力测得的数据得到了明显改善,全部测试合格。

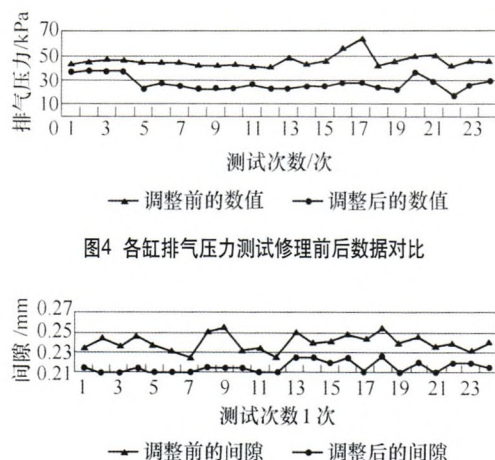


图5 气门间隙调整前后对比

可以看出,气门间隙的大小直接影响了冷试进、排气压力的测试结果,而通过冷试对气门间隙的监控,可对前面的挺柱选配相关的工位进行系数的优化与调整。这两者相结合,不仅优化了气门间隙的选配差异,冷试的测试合格率也得到了提高。

2.发动机油压冷测试

发动机油压冷测试分别检测高速油压、低速油压及安全油压。测试目的是检测发动机在高速1500r/min及150r/min转速时机油泵能否建立足够高的机油压力,图6和图7分别是发动机低速和高速转动两圈的波形

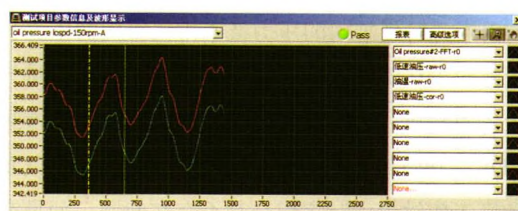


图6 低速油压曲线

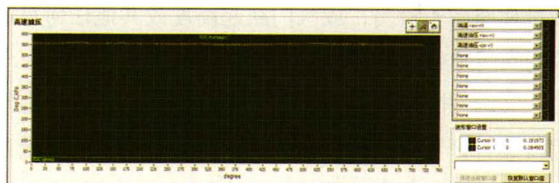


图7 高速油压曲线



图。当发动机没有加机油或机油压力不够的情况下测试中断,保证发动机不受损伤。

通过对机油压力的测试还可检测出发动机机油泵缺陷、油路堵死、轴瓦漏装以及主油道的缺陷等故障。图8所示的低速油压测试曲线,测试的油压只有65kPa左右,远远低于正常的工艺合格范围(220~550kPa)。经检查,该台发动机的缸体主油道有一个砂眼,主油道的泄漏造成了在低转速时机油压力难以建立,通过冷试低速油压这一测试项目,就能很快地找出该类缺陷。

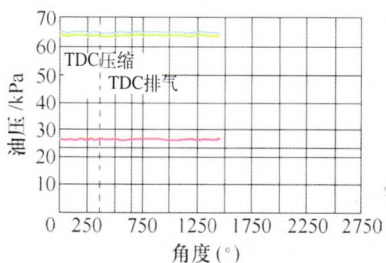
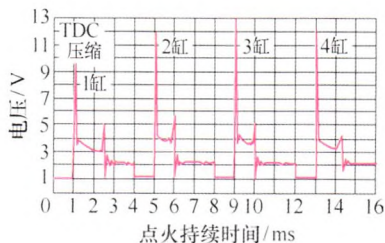


图8 低速油压曲线(缺陷图)

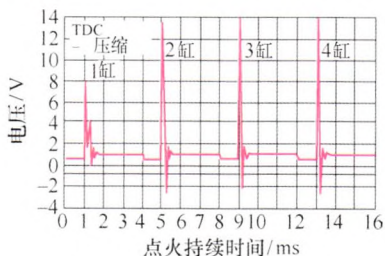
3. 发动机点火系统冷测试

发动机点火系统冷测试的目的,是检测发动机的点火线圈和火花塞能否正常工作及火花塞的间隙是否符合标准。在冷测试中,发动机不正常点火,由冷试台架系统提供12V以及6V的点火电压模拟发动机的正常点火。在点火测试时,系统向点火线圈发送信号,点火线圈接收到点火信号以及系统供给的点火电压后,将能量向火花塞传递,火花塞开始点火。在波形图中,点火峰值反映的是火花塞要产生火花所要积蓄能量的大小,而点火宽度反映的是火花持续的时间。通过分析所测波形峰值和持续时间,可以对点火系统是否存在故障做出判定。

图9中的1缸曲线为故障曲线,为火花塞触点间隙过小所导致的点火峰值和点火宽度不符合要求,该波形主要反映为所需要的击穿电压小,而点火持续时间(宽度)过长,均超出了限定值范围。也就是说,火花塞间隙越小,所需的点火击穿电压就越小,而持续的时间就越长,而火花塞间隙越大,就与之相反。结合缺陷曲线,对1缸的火花塞进行检查,间隙明显偏小,实际测得的间隙只有0.4mm左右(该火花塞合格间隙为0.9~1.0mm)。



(a) 点点击穿



(b) 点火不击穿

图9 故障曲线

4. 发动机VCT系统冷测试

测试的目的是检测发动机在1500r/min高速运转时VCT阀能否正常运转。采用给VCT控制阀一定的电压来使VCT阀由0°开始转到最大角度60°,通过此角度来判断VCT阀是否能正常运转。

5. 发动机正时角度信号冷测试

测试主要目的是检测发动机的曲轴和凸轮轴发信轮及传感器等组件产生信号准确性和稳定性。通过测试可以看出具有两个宽齿(凸轮轴信号轮信号)以及很多个窄齿组成(曲轴信号轮信号),两个波形之间相对位置关系与ECU中定义角度之间存在严格逻辑关系,并可通过计算每个缺口的相对位置来判断出正时是否装配正确。

结语

冷试试验采用了大量高精度传感器,测试精度高,冷试技术在发动机装配质量在线检测中充分体现出了优越性。通过研究分析冷试中发动机的失效模式,我公司已经成功的将热试频次由100%降至50%,后续计划继续下调热试频次,大大降低了制造成本,缩短了测试时间,实现了测试零排放。

关键词:

发动机 总成 冷试技术 装配

(收稿日期20130626)