发动机装配质量直接影响其使用耐久性和发动机性能，因此对于发动机装配质量在线检测十分必要。传统的发动机热磨合技术虽然稳定可靠，但是存在经济性差、检测时间长、精度低和污染大等缺点，1.8T 装配线通过冷试机在线检测平台，可以很好地解决热磨合技术存在的缺点，满足发动机在线检测的需求。

□ 宁波吉利罗佑发动机零部件有限公司 殷学超 陈魏杰

冷试机在 1.8T 发动机装配线质量在线检测的应用

冷试机作为一种检测手段，在各大主机厂中都有广泛的运用。相比热试，它在环保、经济性上更胜一筹。冷试机有更好的检测技术，通过伺服电动机倒拖发动机进行检测，中间有过载离合器进行保护，如果发动机出现抱轴等无法起动的严重问题时，起动转矩监测会自动识别，发动机无须转动，保护了发动机免受破坏的风险，对发动机问题的排查有更好的可再现性，找到问题的根本原因。

冷试机的问题排查有更好的针对性，冷试机对于线束、传感器类报警逐一对应，其他检测项目的指向性也很明确，每一路监控都有单独的检测数据，对于问题排查很明确。例如，点火测试报警，几缸有问题它就显示对应检测项目超差，我们只需要排查对应缸的点火线圈回路即可，并且有对应的实测数据，数据的偏差大小反映出问题的严重程度。而热磨合则不同，热磨合使用 ECU 进行磨合，磨合报整车故障码，这需要根据整车的实际工况来进行判断，涉及的变量大，没有关联数据可以分析，排查更困难。所以，现在的各大主机厂慢慢开始使用冷试机检测来逐步代替热磨合。

冷试概述

1. 概念

冷试机是一种设备倒拖发动机检测的技术，无须加注冷却液。发动机进入冷试设备后，冷试机会通过夹爪或者对接盘和发动机连接，固定发动机在磨合过程中的位置不变，电气检测信号通过发动机线束与设备转接线连接采集，经过模数转换处理，在 PC 机上对线束拟合曲线与数据，并与设定限值进行对比，从而达到发动机故障检测的目的。

2. 试验原理

装置于托盘上的发动机通过输送线系统由冷试测试的滚轮输送线搬入。RF 天线系统上保存 / 记忆的发动机型号及发动机序列号等信息由 PLC 自动读取后传送到电脑上。之后装置于托盘上的发动机被夹紧和遮蔽。发动机按照所定测试计划，经测试后由滚轮移动至出口。通过电脑获得的测试结果会保存到电脑硬盘，同时传送并保存到主服务器上。

冷试测试由 PLC 和电脑所控制。PLC 控制所有站的动作并与触摸屏连接。操作者可通过触摸屏手动操作设备。冷试测试的电脑通过软件进行测试获取数据。电脑与 PLC 相连接，可与 PLC 相互通信，通过程序所定规则执行测试。

冷试测试限值由同类型合格发动机收集，一般为 5 000 ~ 10 000 台，利用 6σ 原理，可以建立各特征参数的窗口值（上限值和下限值）。窗口值设定通常采用 6σ 原则，但是要结合发动机实际不同零部件公差范围和设计允许公差范围，不能一概而论。

1.8T 装配线冷试机试验流程

1.8T 发动机冷试试验按照如下几个阶段进行：第一阶段，发动机转速为 0，测量时间大约 5 s，主要完成适配装置的连接、传感器（发动机和设备）和执行器的测试、静态点火测试；第二阶段，发动机转速升至 60 r/min，测量时间大约 3 s，主要完

28-44质量控制.indd 42 2022/2/23 17:52:47

成起动转矩测试；第三阶段，发动机转速为 1 000 r/min，测量时间大约为 16 s，主要完成正时、油压建立时间、动态点火及真空泵性能测试；第四阶段，发动机转速由 1 000 r/min 升至 2 500 r/min，测试时间为 6 s，主要完成 NVH 测试；第五阶段，发动机转速维持 2 500 r/min，测试时间为 8 s，主要完成 VVT 和高速油压测试；第六阶段，发动机转速由 2 500 r/min 下降至 120 r/min，测试时间为 3 s，主要完成转矩、进气压力、排气压力和低速油压测试。

各阶段测试项目

第一阶段：主要完成适配装置的连接，传感器（发动机和设备）和执行器的测试，静态点火测试。通过传感器和执行的监测，能实时监控设备的各种参数是否稳定，保证测量结果的真实性。通过对静态点火的测试，能及时发现点火线圈和火花塞是否存在缺陷。

第二阶段：主要完成启动转矩测试。如果转矩传感器检测到启动转矩值超过设定的极限值时，表明发动机存在较大的机械故障，设备立即停止运行，保护发动机不受损害。

第三阶段：主要完成正时、油压建立时间（图 1）、动态点火及真空泵性能测试。通过对油压建立时间测试，能检测出机油泵、单向阀和机滤回油阀是否存在缺陷。图 1 中红线测试为油路堵塞和油压调节器故障结果。

第四阶段：主要完成 NVH 测试。通过 NVH 测试，能够检测出发动机是否存在松动件。利用分析软件对振动信号进行时频域分析，精细程度甚至可以达到零件一级。

第五阶段：主要完成 VVT 和高速油压测试。动态油压是由各记录测量值与静态油压平均值的差值形成的。图 2 为正时链张紧器油路堵塞后油压检测结果。

第六阶段：主要完成运转力矩、进气压力、排气压力及低速机油油压测试。通过对进、排气压力测试，能发现气门正时错误，气门座圈密封缺陷和气门弹簧功能缺陷，缺件（如气门弹簧，液压挺柱等），进气歧管密封故障等问题。

发动机冷试故障案例

1. 案例一

故障信息：排气 VVT 无动作。

原因分析：①线束开路；②OCV 阀故障（卡滞、开路等）；③排气侧油路堵塞；④VVT 故障（卡滞等）。根据冷试机提供的控制信号（PWM 信号，最终表现为平均电流），OCV 产生相应强度的磁场，驱动衔铁组件推动阀塞运动，并通过阀塞对 OCV 弹簧的压缩，在电磁力和弹簧力共

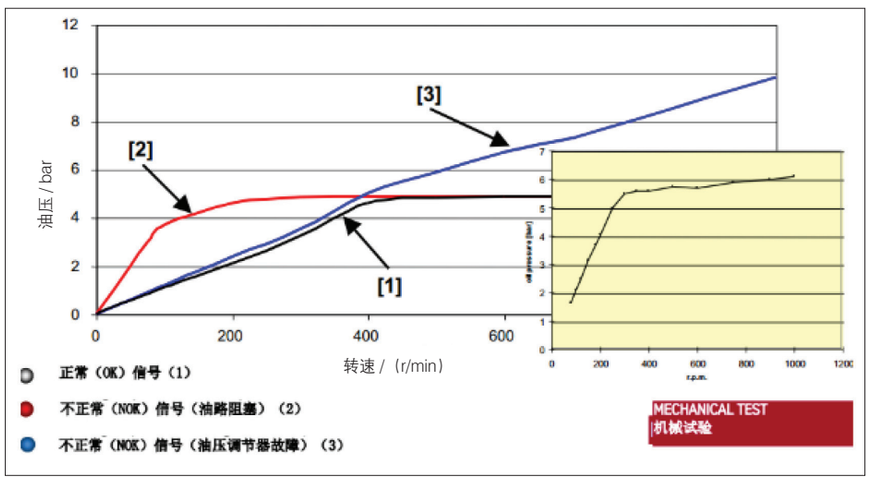

图 1 油压建立时间检测

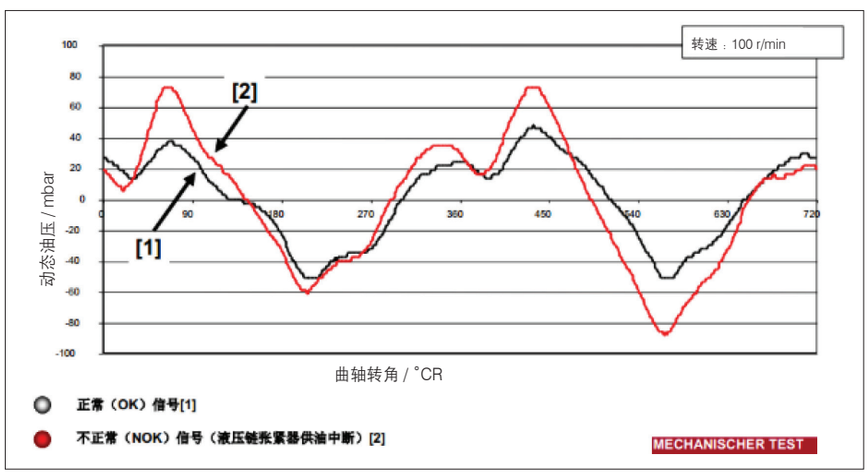

图 2 动态油压检测

28-44质量控制.indd 43 2022/2/23 17:52:47

同作用下，使阀塞处于动态平衡，与阀体构成油路，适时适量适向地向 VVT 供油，VVT 转子转动带动凸轮轴改变相位。排查后发现排气凸轮轴油孔未加工，导致机油无法进入 VVT。

解决方案：更换排气凸轮轴（图 3、图 4）。

2. 案例二

故障信息：油压检测油压偏低 4 383.123 mbar（5 550 ~ 6 650 mbar，1 mbar=100 Pa）。

原因分析：油压检测主要包含发动机油路——包含机油泵、机油冷却器支架、缸体、缸盖、活塞冷却喷嘴等；油压适配接头——连接发动机机油压力报警器安装孔，磨合时通过该连接器把机油打到冷试设备管路进行油压检测。

排查后发现机油冷却器支架油孔未全通，导致油压偏低。

解决方案：更换机油冷却器支架（图 5、图 6）。

3. 案例三

故障信息：进气负压值整体偏大。

原因分析：①缸体、缸盖曲通孔是否堵塞；②进气歧管补气口是否堵塞。进气压力检测点在节气门处，电子节气门上有封堵，封堵上设有压力传感器，发动机运转检测时，空气从封堵中吸入，形成负压，冷试设备将信号拟合后形成波形。

当吸气负压整体偏高时，发动机其他补气口吸入量变少，需要从节气门中有更大的吸气量。排查发现进气歧管曲通补气孔堵塞，导致吸气量不足。

解决方案：更换进气歧管（图 7、图 8）。

图 3 故障件

图 4 正常件

图 5 故障件

图 6 正常件

图 7 故障件

图 8 进气方向

结语

1.8T 发动机装配线在线冷试检测周期为 73 s，检测时间短。1.8T 冷试机通过对机油压力、进排气压力、点火、转矩及 NVH 等发动机主要质量方面的检测，可以发现发动机存在的故障，分析其产生故障的根源，通过对故障进行分析，可以反过来指导生产，从而将缺陷控制在生产线内。随着冷试机逐步熟练应用，1.8T 发动机装配质量检测逐步形成以冷试机为主、热磨合试验为辅的新型检测方式。AI

28-44质量控制.indd 44 2022/2/23 17:52:48