

电子部件在现代汽车中的大量使用,让汽修从业人员对电子器件的检修提出了更高的要求。以往常规的检测方式已无法适应现代车辆的要求,特别是在直接点火系统的检查中,常规的断缸测试已经无法精确判断系统是否正常,而示波器由于其所具备的实时性、不间断性和直观性等特点,被广泛地应用于车辆检测。本文将从电子次级点火波形测试的主要用途出发,结合具体的汽车故障,具体分析如何利用示波器检测次级点火波形。

# 利用示波器检测次级点火波形(下)

◆文/山东 焦建刚



焦建刚

(本刊专家委员会委员)

现任济南东方优速特汽车服务有限公司技术总监、山东交通学院客座教授、山东汽车维修技术总监俱乐部主任、济南市汽车维修首席技师工作站副站长,2009年至今,担任全国中职院校汽车运用专业技能大赛裁判。在汽车发动机理论、汽车运用工程等汽车理论方面有一定造诣,对当代汽车故障诊断以及电子控制系统波形有较深入研究。擅长汽车构造、汽车电器、发动机及底盘电控系统的教学及研究工作。

(接上期)

## 4. 火花塞积炭时的故障波形分析

一辆高尔夫1.8L,报修急速抖动、急加速闯动,经检查发现1、3缸次级点火波形的击穿电压偏低,故障波形如图11所示。检查火花塞表面有积炭。更换火花塞后,当时好转,但几日后再次出现上述故障。经查,仍然是1、3缸的电压偏低,用博世KTS650电脑检测仪测得有后氧传感器不工作的故障码,读取数据流,发现进气量信号达到4.17g/s,明显偏大,测试空燃比传感器信号始终偏浓。因此,判断是空气流量计偏离特性,更换后进气量恢复到2.7g/s,空燃比传感器和后氧传感器信号恢复正常。

混合汽过浓,大量未燃烧的碳氢化合物(HC)会以炭垢的形式附着在火花塞中央电极及绝缘体的表面,当积炭严重时,点火线圈的放电能量会通过火花塞分流电阻的旁路泄走,使击穿电压降低。火花塞积炭时,单缸次级波形如图12所示,从图中可以看到,击穿电压降低,燃烧电压升高,燃烧线明显向下倾斜。

## 5. 单缸独立点火线圈损坏高压断火的故障波形分析

一辆奇瑞QQ轿车,配置3缸发动机,采用独立点火系统,清洗发动机后出现急速抖动、加速闯动、尾气发臭的故障。经检查,2、3缸的次级点火波形时断时续(图13),造成混合汽燃烧不完全。检查点火控制

信号波形正常。更换火花塞,依旧出现断火。因此,判断为2、3缸独立点火线圈损坏。更换新的点火线圈后,故障排除。

在针对发动机清洗的作业过程中,特别要注意清洗的方法,不能直接对电子元件进行水洗,以避免发生电子元件潮湿短路的问题,特别是发动机运行较长时间后,不能对点火线圈外部喷水清洗,防止由于过热的线圈在突然冷却时出现绝缘层物质脱落,造成匝间短路的故障。

对于单缸独立点火的发动机来讲,大多数技术人员比较头痛的是加速闯动的故障,其实,利用示波器的次级点火波形的检查分析就可以准确地判断点火线圈以及火花塞的好坏。在进行波形测试时,重点观察击穿电压的峰值、燃烧线的状态、燃烧时间的

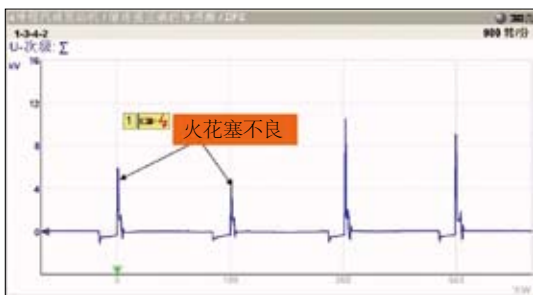


图11 高尔夫1.8L火花塞积炭的波形图

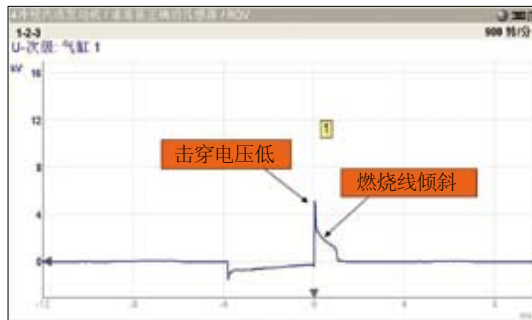


图12 火花塞积炭时的次级波形图

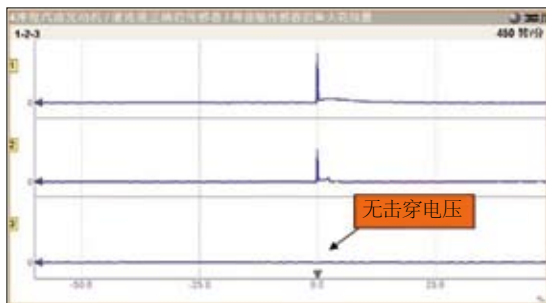


图13 点火线圈损坏的波形图

长短。过低或过高的击穿电压代表着可能是点火不良或造成点火能量不足; 燃烧线上出现的杂波, 特别是在加速过程中出现的连续跳动的火花线, 代表缸内燃烧的不正常状态, 如出现较高的火花线波动, 则可能是火花塞电极间出现了火花熄灭后再次点燃的情况; 最后, 要测量燃烧时间的长短, 正常的范围是在0.75~2.00ms之间, 最佳的燃烧时间值应在1.50ms左右, 偏离这一值时, 就已经存在不正常的燃烧了。如果击穿电压值和燃烧电压值正常, 出现燃烧时间过短的情况就可以断定是点火线圈性能不良, 这当然会导致混合汽燃烧不完全。

### 6. 喷油嘴堵塞的故障波形分析

混合汽稀是导致击穿电压升高、燃烧时间缩短的原因。混合汽过稀会导致火花线向上倾斜。通常, 汽缸内混合汽越稀, 燃烧电压会逐渐增加, 火花线末端就越陡(图14)。同时, 由于点火线圈能量的消耗导致燃烧时间的减少。与此相反的是当喷油器出现滴漏的情况时, 会出现击穿电压降低、燃烧电压低、燃烧时间延长的故障波形。

利用示波器的次级点火波形的检查, 特别是对火花线的形状进行观测, 是判断喷油器状态是否正常的有效手段。当然, 结合数据流中的长效燃油喷射修正值和短效燃油喷射修正值的数值增长情况可以作出更加准确的判断。

### 7. 发动机搭铁线不良时的故障波形分析

图15为桑塔纳3000发动机搭铁线锈蚀造成的次级点火波形异常的波形图。当发动机出现搭铁不良的故障时, 除了发动机电子控

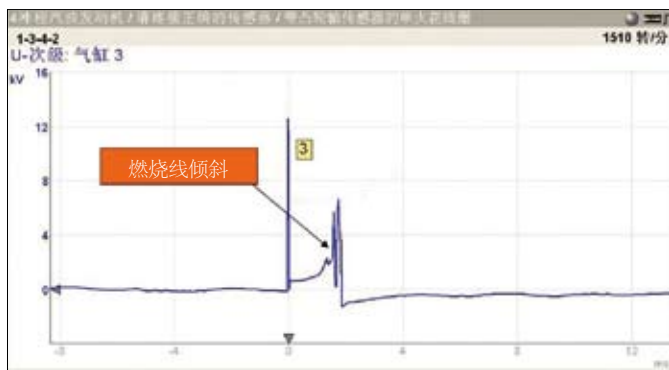


图14 喷油器堵塞的故障波形图

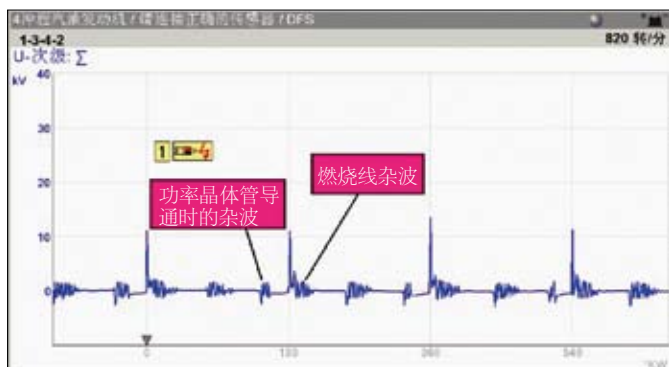


图15 发动机搭铁线不良时的次级点火波形图

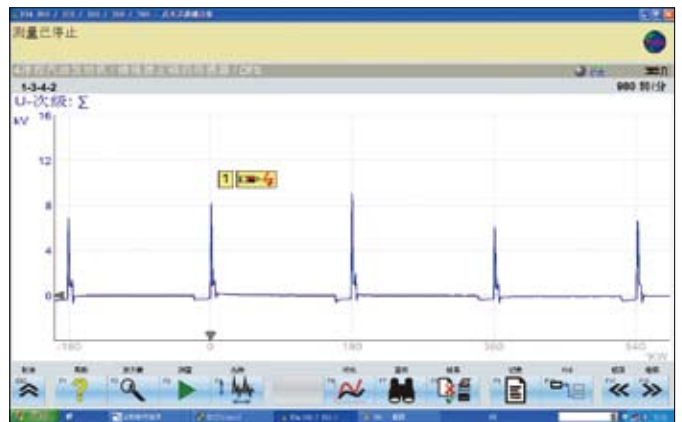


图16 点火过早导致的击穿电压过低的波形图

制系统会由于搭铁不良造成一系列故障外, 对于次级点火系统来说, 同样也会造成一定的影响, 使发动机出现怠速抖动、加速不良等故障现象。

在图15中可以看到存在大量的杂波。在功率晶体管闭合时、功率晶体管断开产生次级高压后的燃烧线上存在大量的干扰杂波。对初级点火信号进行检查, 发现初级点火信号的基础电压接近2V, 最后, 检查发现发动机左侧的搭铁线由于涉水锈蚀, 导致搭铁不良, 由于初级线圈的搭铁不良, 导致触点闭合时杂波较多。同时, 在火花放电时, 对地出现放电不良的问题, 使得次级点火的能量无法有效发挥, 多余能量在燃烧线后一段时间还有振荡波形出现。对于此种故障, 如果没有示波器的协助分析, 极有可能由于排放的尾气不良, 而被错认为是空气流量传感器计量失准或点火线圈不良的故障。

### 8. 点火过早导致的击穿电压过低

一辆宝来1.6L(发动机型号BWG)轿车, 出现动力不足故障, 检查次级点火波形(图16), 击穿电压过低, 提高发动机转速时甚至出现击穿电压低于4kV的情况。同时, 各缸的燃烧时间均较短。经测量汽缸压力正常, 检查排气背压正常。根据出现的P0341故障码(G40凸轮轴传感器信号错误), 判断是配气正时不良。经查, 皮带跳了两个齿。因此出现了点火时刻过早的故障, 由于汽缸压力较低, 导致火花通过电极间隙的难度降低, 导致次级击穿电压过低。

凸轮轴皮带轮提前了两个齿, 造成曲轴角度误差30°左右。这导致了电脑错误的提前了30°进行点火控制。由于此时的汽缸压力较低, 所以次级击穿电压较低。

### 9. 点火过迟导致的击穿电压过高

现代雅绅特发动机冷车偶尔抖动、动力不足。检查次级点火波形(图17), 出现了击穿电压过高的情况。检查火花塞有不同程度的积炭, 更换火花塞后情况未好转。根据发动机系统存在的P0340故障码, 判断是配气正时错误, 经查, 正时皮带向延迟方向错了一个齿。因此, 出现了点火过晚的故障, 由于汽缸压力过高, 导致火花通过电极间隙的难度升高, 导致次级击穿电压升高。



图17 点火过晚导致击穿电压过高的波形图



图18 点火过迟时的全适配波形图

凸轮轴向延迟方向错了一个齿凸轮轴皮带轮40齿, 造成曲轴角度误差18°, 这导致了电脑错误的延迟18° 进行点火控制。由于此时的汽缸压力升高, 所以击穿电压过高。

#### 四、总结

最后, 再来综述一下击穿电压、燃烧电压以及燃烧时间之间的关系, 这些都是非常重要的, 在对次级点火波形进行分析时, 我们应时刻把握这些原则。

燃烧线具有长度和斜度, 并和击穿电压一起提供关于点火性能的信息。燃烧线的斜度表明点火后维持火花塞处的火花所需要的电压大小, 燃烧线的斜度越陡, 则克服次级电路电阻所需要的电压越大。燃烧线的长度是用来衡量火花保持在火花塞的电极间的时间长度。点火线圈能量消耗的物理性质使得三个衡量指标——击穿电压、燃烧电压、燃烧时间之间形成一定比例关系, 比如火花塞间隙过大、次级电路断路、火花塞间隙小、火花塞或者高压线短路(表1)。如果火花塞间隙过大, 点火线的位置会很高, 这表明需要更高的电压才能触发火花塞产生火花。因为电路中增加高电阻后, 维持火花塞处的火花就需要更高的电压, 这将导致火花线的斜度更陡或燃烧电压更高。最后, 点火线圈的电能过多消耗会减少火花在火花塞电极间持续的时间, 导致更短的火

表1 次级点火波形常规检测数值

点火电压 (kV)	燃烧电压 (kV)	燃烧时间 (ms)	测试部位	故障原因
4.0~17	0.5~5.0	0.8~2.4	高压线	正常
4.0~6.0	0.2~2.0	1.5~5.0	高压线	火花塞短路火花塞积炭过多(有缺火现象)
35.0~50.0	5.0~15.0	0.0~1.0	高压线开路前端	高压线开路(有缺火现象)
0.0~2.0	0.0~1.0	0.0~1.0	高压线开路后端	高压线开路(有缺火现象)
5.0~15.0	1.0~5.0	0.8~2.4	高压线短路前端	高压线短路火花塞积炭过多(有缺火现象)
0.0~2.0	0.0~2.0	0.0~1.0	高压线短路后端	高压线短路火花塞积炭过多(有缺火现象)

花持续时间。总之, 如果点火击穿电压比正常需要的电压高, 则燃烧时间将缩短。如果点火击穿电压比正常需要的电压低, 则燃烧时间将增加。

影响和确定所需点点击穿电压的因素是重要的, 汽缸内部和外部的阻力是两个基本的影响因素。内部阻力因素是指汽缸内部所有会导致点火电压升高或降低的因素, 包括汽缸压缩压力情况、混合汽浓度以及温度。压缩比越大, 则汽缸的压力越大, 这就将增加阻力, 因而需要更高的点火电压。在稀薄混合汽的碳氢化合物分子之间有更多的氧分子, 多出来的氧分子不及碳氢化合物易导电, 所以将需要更高的电压来触发火花和维持火花, 甚至点火时刻以及燃烧室温度都将影响所需的点火电压。过迟的点火时刻会导致缸内压力升高, 使得击穿电压急剧上升, 反之, 过早的点火时刻会导致缸内压力降低, 使击穿电压急剧下降。

外部阻力因素是指汽缸外部的所有因素, 通常包括次级点火系统部件, 比如火花塞、高压线、分电器盖、分火头、中央高压线以及点火线圈。火花塞间隙大和火花塞导线损坏都将使所需的点点击穿电压成比例增加。对装有分电器盖和分火头的汽车来说, 分电器盖和分火头之间的间隙不当也会有同样的影响。值得注意的是, 确定点火系统发生的故障是对针对所有汽缸的公共故障还是只影响一个或几个汽缸的非公共故障是很有必要的, 如果只有一个或几个汽缸的点火线不正常, 则故障仅仅与之有关。

识别与点火相关的故障是相对比较简单的, 识别出故障是公共故障还是只与某个汽缸有关以后继续进行下一步测试。如果某个缸的点火线和燃烧时间不同于其他缸, 那么故障最有可能发生在火花塞、高压分线或分电器盖处, 也可能是汽缸内的混合汽或缸内机械部分发生故障。

由此可见, 示波器在电子点火系统检测中起着极其重要的作用, 特别是对于采用直接点火的车辆来讲, 常规的检测方法已经无法完成, 只有使用示波器来进行检测。示波器除了在发动机控制系统的检测中发挥着重要的作用外, 在车辆的各个控制系统的检查中也起着重要的作用, 特别是在采用多路通讯系统的车辆上使用示波器就能比较方便快捷的找到故障部位, 否则, 就要付出更多代价, 而且还不一定会发现故障点。所以在现代车辆的维修中, 示波器已成为不可或缺的重要检测仪器。(全文完)M