

电子控制发动机

电路波形分析

朱军 编著



ISBN 7-111-11101-X/U·508

封面设计 / 电脑制作：饶 薇



朱军(图右)

朱军 日产汽车北京培训中心总工程师，北京理工大学车辆交通工程学院兼职教授，威宁达实业有限公司汽车技术高级顾问，金德仪器产品形象代言人，知名汽车维修专家。

1970年起从事汽车维修工作，1985年赴日本日产汽车公司海外技术研修中心进修，1997年指导参赛选手获得日产汽车维修技能中国大赛冠军，世界大赛亚军。

主要著作有：《电控发动机故障码手册》、《汽车排放污染物实用控制技术》、《日产阳光轿车维修手册》等。

ISBN 7-111-11101-X



9 787111 111016 >

定价：25.00 元

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010) 68326294 网址：<http://www.cmpbook.com>
E-mail: online@cmpbook.com

电子控制发动机电路波形分析

朱 军 编著



机械工业出版社

本书集作者多年汽车修理实践经验，收集了上百张在实际汽车维修中各种不同车型、不同元器件的工作波形，对试验方法和波形分析方法做了较为全面的介绍，并对汽车示波器的操作使用做了详细介绍，是一本难得的汽车波形分析工具书。可为汽车维修一线人员在现代汽车维修诊断中提供有益帮助，也可供汽车维修专业大、中专学生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子控制发动机电路波形分析/朱军编著. —北京：机械工业出版社，2003.1

ISBN 7-111-11101-X

I. 电... II. 朱... III. 汽车—发动机—电子控制—电路分析
IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 086321 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：徐 巍 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣

封面设计：饶 薇 责任印制：路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·7.75 印张·298 千字

0 001—5 000 册

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677—2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

发动机点火示波器在汽车维修行业已经应用了三十多年，它的出现开创了运用波形分析的方式诊断发动机故障的先河，也为使用电子测量技术分析汽车故障打下了良好的基础。90年代数字存储示波器在汽车诊断领域应用，使得汽车示波器脱颖而出，它集点火示波器，数字存储示波器，数字式汽车万用表，汽车电子系统测试仪于一体，为大量采用微机控制技术的当代高级轿车的诊断提供了优良的分析仪器。因此它也被称为汽车故障分析仪。

应用汽车示波器诊断汽车故障的关键是对故障元件的测试波形进行准确的分析，从而做出正确的判断。由于我国汽车维修行业20世纪90年代以前基本上属于机械维修的领域，因此对电子测量技术比较陌生，尽管国外维修行业早在20世纪60年代就已经开始使用点火示波器，且国内少数汽车维修企业也在20世纪70年代初就装备了点火示波器，但在实际维修工作中真正应用的却很少，国内许多汽车维修企业的技术人员直到现在还从未使用过点火示波器及汽车示波器。

随着汽车高新技术的发展，汽车电子控制系统日趋复杂，这也要求汽车维修技术人员诊断汽车故障的水平越来越高，熟练掌握汽车示波器及汽车故障分析仪的使用方法已经成为汽车维修工程技术人员所必须掌握的专业技能。

本书收集了上百张在实际汽车维修中各种不同车型、不同元器件的工作波形，并且对试验方法和波形分析方法做了较为全面的介绍，是一本难得的波形分析工具书，希望此书的出版能为汽车维修一线的技术人员提供有益的帮助，也为提高我国汽车维修行业的技术水平尽一份力量。

此书在编写过程中得到北京汽车研究所王凯明，北京汽车修理公司魏俊强，北京日产汽车电控技术中心倪佶松，中汽进汽车研究所王新旗等多位同仁的帮助，在此一并致谢。

由于作者水平和经验有限，不妥之处敬请广大读者批评指正。

作者

目 录

前言

第 1 章 汽车示波器的应用	1
1.1 概述	1
1.1.1 汽车示波器在汽车诊断中的应用	1
1.1.2 汽车示波器的操作	2
1.1.3 示波器的测量特点	2
1.1.4 波形信号类别	3
1.1.5 电控发动机电子信号分析	4
1.2 汽车示波器菜单操作方法	8
1.2.1 测试准备	8
1.2.2 传感器的波形测试	9
1.2.3 空气/燃油系统有关波形测试	16
1.2.4 点火系统波形测试	20
1.2.5 电气系统波形测试	24
1.3 汽车示波器的设定方法	25
1.3.1 汽车示波器的设定内容	25
1.3.2 汽车示波器设定的具体操作方法	26
1.3.3 金德 K80 多功能诊断仪通用示波器设定的操作方法	47
第 2 章 喷油驱动器波形分析	50
2.1 喷油驱动器的分类	50
2.2 喷油驱动器的测试	50
2.2.1 饱和开关型 (PFI/SFI) 喷油驱动器	51
2.2.2 峰值保持型 (TBI) 喷油驱动器	53
2.2.3 博世 (BOSCH) 峰值保持型喷油驱动器	54
2.2.4 PNP 型喷油驱动器	56
2.3 喷油器电流的测试	57
2.4 喷油器启动试验	58
2.4.1 除 PNP 喷油驱动器外的所有电路分析方法	59
2.4.2 PNP 喷油驱动器电路分析方法	60
2.4.3 正时测试	60

第 3 章 点火系统波形分析	61
3.1 点火次级波形	61
3.1.1 分电器点火次级阵列波形	61
3.1.2 分电器点火次级（在急加速时）阵列波形	62
3.1.3 分电器点火次级单缸波形	63
3.1.4 电子点火（EI）次级单缸波形	64
3.1.5 电子点火次级单缸急加速波形	66
3.1.6 无分电器/电子点火线圈高压测试	67
3.1.7 电子点火“做功及排气”点火测试	68
3.2 点火初级波形	69
3.2.1 初级点火闭合角波形	69
3.2.2 点火初级线圈电流波形	71
3.2.3 分电器点火初级阵列波形	72
3.2.4 分电器初级阵列波形（调整时基和触发）	73
3.2.5 分电器初级单缸波形	73
3.2.6 电子点火初级单缸波形	74
3.3 点火正时及参考信号波形	76
3.3.1 点火正时及参考信号波形检测技术	76
3.3.2 电子点火正时信号波形	77
3.3.3 点火（DIST）参考信号波形	78
3.3.4 点火（DIST）参考信号和电子点火正时（EST）双踪波形	79
3.3.5 福特分布型点火传感器 PIP 和点火输出信号 SPOUT 双踪波形	79
第 4 章 控制阀波形分析	82
4.1 怠速控制（IAC）电磁阀	82
4.2 混合气控制电磁阀	83
4.3 博世（BOSCH）频率空燃比调整阀	85
4.4 奔驰频率空燃比调整阀	86
4.5 炭罐清洗电磁阀	87
4.6 涡轮增压控制电磁阀	89
4.7 废气再循环（EGR）控制电磁阀	90
4.8 ABS 电磁阀	92
4.9 自动变速器换档控制电磁阀	94
第 5 章 传感器波形分析	96
5.1 空气流量计波形	96
5.1.1 翼板式（叶片式）空气流量计	96

5.1.2 热丝式空气流量计	97
5.1.3 BOSCH CIS KE 型空气流量电位计	99
5.1.4 数字式空气流量计	100
5.2 进气压力传感器 (MAP)	103
5.2.1 模拟量输出进气压力传感器	103
5.2.2 福特数字量输出进气压力传感器	105
5.3 温度传感器	106
5.3.1 燃油温度传感器	106
5.3.2 进气温度传感器	107
5.3.3 冷却液温度传感器	109
5.4 节气门位置传感器	110
5.4.1 模拟式节气门位置传感器	110
5.4.2 开关式节气门位置传感器	112
5.5 爆燃传感器	112
5.6 ABS 系统传感器	114
5.6.1 轮速传感器	114
5.6.2 车速传感器	116
5.7 上止点、曲轴、凸轮轴位置传感器	120
5.7.1 磁电式传感器	120
5.7.2 霍尔效应传感器	122
5.7.3 光电式传感器	122
5.7.4 双通道测试	126
第 6 章 氧传感器波形分析	128
6.1 氧传感器简介	128
6.2 氧传感器波形分析	128
6.2.1 基本概念	128
6.2.2 氧传感器的失效过程	129
6.2.3 氧传感器的信号电压	129
6.3 氧传感器的检查	130
6.3.1 加热线电压的检查	130
6.3.2 氧传感器内加热电阻的检查	130
6.3.3 接地线的检查	131
6.3.4 氧传感器信号的测试	131
6.3.5 三种不同燃油供给系统中的氧传感器波形	136
6.4 氧反馈平衡测试中的几点提示	140
6.5 氧反馈平衡测试步骤	142

6.6 氧传感器杂波分析	142
6.6.1 概述	142
6.6.2 杂波产生的原因	143
6.6.3 氧传感器杂波的判断原则	143
6.6.4 杂波的类型	144
6.6.5 各种氧传感器信号电压波形上的杂波规律	146
第7章 汽车电器波形分析	149
7.1 蓄电池电源测试波形	149
7.1.1 蓄电池电源供电 (B+) 测试	149
7.1.2 电源对地电路杂波测试	150
7.1.3 蓄电池接地电路电压降测试	152
7.1.4 蓄电池电源线电压降 (大电流) 测试	154
7.2 起动测试波形	155
7.2.1 蓄电池负载测试 (发动机起动时)	155
7.2.2 起动电流、蓄电池电压测试 (切断点火或喷油系统时)	156
7.2.3 相对气缸压力测试	157
7.3 交流发电机测试波形	159
7.3.1 发电机输出电压测试	159
7.3.2 发电机输出电压/电流测试	160
7.3.3 发电机二极管测试	161
7.3.4 发电机磁场控制测试	163
7.4 其他测试波形	164
7.4.1 直流电流波形	164
7.4.2 直流电流开关测试	165
7.4.3 传感器参考电压测试	166
7.4.4 收音机系统喇叭测试	167
7.4.5 串行数据流测试	168
7.4.6 柴油机预热塞电流测试	170
第8章 修理实例	172
附录 金德发动机分析仪 K100 型使用指导	182

第 1 章 汽车示波器的应用

1.1 概述

1.1.1 汽车示波器在汽车诊断中的应用

汽车上的电子设备每年都在增加，而且电子设备在汽车上所占比例每年都在上升，所以在维修汽车时，电子设备的修理工作也就越来越多，这就向今天的汽车维修技术提出了新的挑战。

汽车示波器的诞生为汽车修理技术人员快速判断汽车电子设备故障提供了有力的工具，其测试设定非常简单，无需任何设定和调整就可以直接观察波形。使用汽车示波器，就像使用一台“傻瓜”照相机一样方便。

汽车示波器在汽车电子控制故障诊断中，有两种应用方式：

方式一：整个系统运行状态的分析——确定整个系统运行的情况。

方式二：某个电器或电路的故障分析——确定在整个系统运行正常的情况下，某个电器或某段电路的故障。

1. 系统运行情况分析 (O₂FB ——氧反馈平衡方法) 近 30 年来，点火示波器在汽车修理业如此有用的一个原因就是点火示波器能够“看”到电子信号，不仅可以看到点火系统的问题，还可以帮助查出许多电子和机械方面的故障。为了简单起见，对于使用汽车示波器测量或验证氧传感器信号的过程，都简称为氧传感反馈平衡 (O₂FB) 过程。

氧传感器平衡过程就是诊断和修理的验证过程，通过这一过程维修技术人员将汽车示波器接到氧传感器电路上，验证氧传感器本身是否工作正常，然后分析波形，进而确定需要进行怎样的修理（电子的或机械的），在修复后交车前验证燃料反馈控制系统故障是否真的已经排除或还需要重新测试。

在这个过程中可用氧传感器反馈平衡分析方法来诊断真空漏气、点火不良、喷油不平衡和气缸压力等问题，运用所掌握的氧反馈平衡技能，将有能力在实际中重新调整汽车。

用氧反馈平衡方法诊断汽车故障是分析电控发动机故障的一种新方法。

2. 电器电路故障分析这项分析可以帮助我们分析某个电器电路是否有故障以及如何验证。

对于某一个传感器或执行器以及电路，应该怎样用汽车示波器来观察呢？所有的汽车电子信号都可以用 5 种测量尺度来加以判断，也就是说任何一个汽车电

子信号都应具有以下可度量的 5 个参数指标，它们分别是：幅值（信号最高的电压值）；频率（信号的循环时间）；形状（信号的外形模样）；脉宽（信号的占空比或所占时间）；阵列（信号的重复特性，例如：同步脉冲或串行数据）。

汽车示波器可以显示出所有电子信号的这 5 种判定尺度，分析电子信号的这 5 种参数，就能够判定这个电子信号的波形是否正常，通过波形分析可进一步检查出电路中传感器、执行器以及电路和控制电脑等各部分的故障，也可以进行修理后的结果分析。最后再做氧反馈平衡试验去检查整个发动机控制系统的运行情况。

故障电路从损坏状态到被修复状态，在汽车示波器上显示的波形几乎总是在它的 5 种测量尺度上发生剧烈的变化。这就是为什么要用汽车示波器对汽车电气设备修理结果进行验证的重要原因。

汽车示波器的主要应用范围包括：在日常调整或行驶性能及排放诊断中实施氧反馈平衡（O₂FB）试验；查出故障码所指示的电路故障；查出造成行驶性能故障及排放故障的电路中的问题。

1.1.2 汽车示波器的操作

现代汽车示波器大部分是以一台通用双通道数字存储示波器为基体，然后扩展一些特殊功能而构成。汽车示波器通常应具备以下几种最基本的功能：

- (1) 点火示波器功能
- (2) 汽车电控系统示波器功能
- (3) 汽车万用表功能

这几种功能的应用一般采用菜单的方式来选择，这种方式为使用者免除了示波器设定的麻烦。所谓设定，就是指通过对示波器的调整，将一个待测的波形信号在示波器显示屏上清楚地显示出来。示波器的设定工作是一件难度比较大的工作，即使是专业电子技术人员操作，也需要一定的理论知识和实践经验。因此汽车示波器的设计者在设计时充分考虑到汽车维修技术人员的电气测量基础比较差，将汽车示波器的功能选择设计为菜单方式。这种方式的方便之处在于操作者只需将要测量的信号名称用点菜单的方式输入后，汽车示波器就根据这个菜单自动完成了该信号测试的全部设定工作。这种设计为汽车示波器在汽车维修领域的应用提供了极强的帮助，可以这样说没有汽车示波器的菜单操作功能，就不可能有汽车示波器在汽车维修中的广泛应用。

1.1.3 示波器的测量特点

万用表和示波器都是电工、电子测试仪器，所不同的是万用表是数值式测试仪表，它显示的是被测量（如电压）在某一时刻的数值。而示波器则是波形测试仪器，它显示的是被测量（如电压）随时间的变化过程曲线（见图 1-1）。

显然万用表只是反映了电压在某一时刻的瞬间值，它是间断的显示出信号点

的数值。而示波器却能够更加全面准确地反映出被测信号的全貌，特别是对信号的变化过程进行了曲线波形连续的描述。示波器这样的测试方式显然比万用表要精细得多了。它可以观察信号连续变化全过程中的每一点的状态，不会漏掉任何一点。因为它采用的是连续的波形显示方式，而万用表采用的是间隔采样数值显示方式，只能表达出信号在一段时间内某几点的数值，中间有遗漏。正是由于示波器的这些特点使得它在电子电工测量中有着极其重要的地位。万用表通常只能用做简单的测量，而示波器则能胜任要求更高更准确的测试，能有效地抓住电子电路中瞬间发生的微小变化，进而诊断出难以发现的瞬间故障。

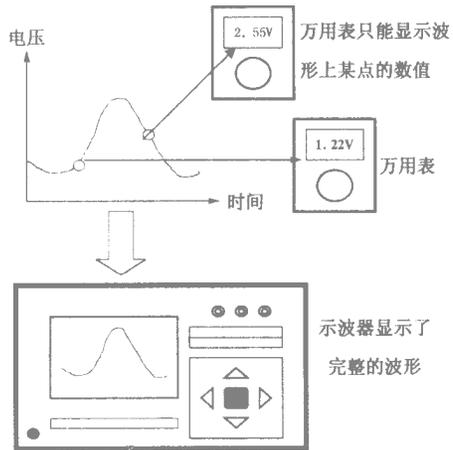


图 1-1 示波器与万用表的比较

1.1.4 波形信号类别

1. 直流和交流信号我们先通过图 1-2 和图 1-3 来认识什么是直流和交流信号。

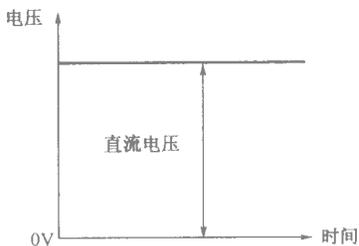


图 1-2 直流信号

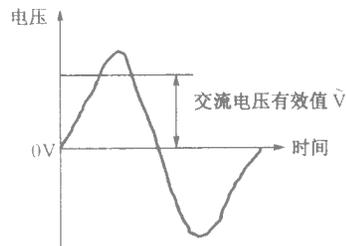


图 1-3 交流信号

由图 1-2 和图 1-3 可知，电压和电流方向都不随时间变化的信号为直流信号；电压和电流方向都随时间变化的信号为交流信号

2. 直流脉冲信号和直流波动信号由图 1-4 和图 1-5 可知，电压变化电流方向不变化，电压在高低电平之间大幅度跳变的信号为直流脉冲信号；电压变化电流方向不变化，电压以比较小的幅度（交流分量）波动的信号为直流波动信号。

3. 信号特点和实例从图 1-2、图 1-3、图 1-4 和图 1-5 不难看出：直流信号是电压和电流方向始终不随时间变化的信号，直流电压值是一个始终不变的数值，汽车蓄电池电压就是典型的直流电信号，电压值为 12V。交流信号是电压和电流方向始终在随时间变化的信号，交流电压值是交流电压的有效值，它是以相应直流电作用时的等效电压值，民用交流电压就是典型的交流信号，电压值为

220V。直流脉冲信号是电压变化而电流方向始终不改变的信号，而且电压只有高低电平两个值，也就是说直流脉冲电压只在高电平和低电平之间变化，不会有其他电压值出现，汽车上霍耳效应传感器输出的就是直流脉冲信号，其高电平为 5~12V，低电平为 0~1V。直流波动信号是电压上下波动但电流方向始终不改变的信号，它的电压值由直流分量和交流分量两个部分组成，直流分量数值远大于交流分量，这就是直流波动信号的特征。汽车发电机输出电压就是典型的直流波动信号。从另外一个意义上讲，任何一个信号都有直流分量和交流分量两个部分，当交流分量为零时，就成为只有直流分量的直流电信号。当直流分量为零时，就成为只有交流分量的交流电信号。当直流分量不为零，且直流分量的电流方向不随时间改变，交流分量的大小不断变化时就成为直流脉动信号，当直流脉动信号的上升下降沿垂直时，就成为直流脉冲信号（见图 1-6）。

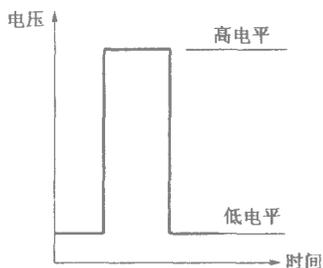


图 1-4 直流脉冲信号

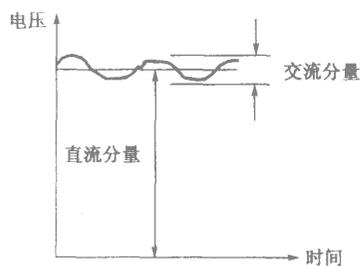


图 1-5 直流波动信号

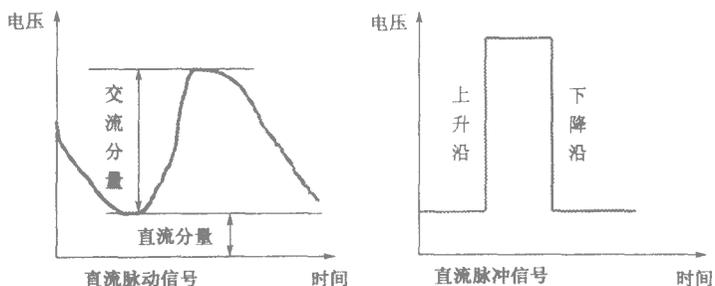


图 1-6 交流分量和直流分量的变化带来的各种信号的转换

1.1.5 电控发动机电子信号分析

1. 汽车电子信号的 5 大类型我们把当今汽车中所具有的 5 种基本类型的电子信号称为“5 要素”。“5 要素”可以看成是控制系统中各个传感器、控制电脑和其他设备之间相互通信的基本语言，就像英语的字母，它们都有不同的“发音”。

当今汽车电子信号的 5 大基本类型是：

(1) 直流 (DC) 信号在汽车中产生直流 (DC) 信号的传感器或电源装置有：蓄电池电压或 PCM 输出的传感器参考电压。

模拟传感器信号：发动机冷却

水温度传感器、燃油温度传感器、进气温度传感器、节气门位置传感器、废气再循环控制阀位置传感器、翼板式或热丝式空气流量计、真空和节气门开关、以及通用汽车、克莱斯勒汽车和亚洲汽车的进气压力传感器。见图 1-7。

图 1-7 直流信号 (发电机输出电压波形)



(2) 交流 (AC) 信号在汽车中产生交流 (AC) 信号的传感器和装置有：车速传感器 (VSS)、ABS 轮速传感器、磁电式曲轴转角 (CKP) 凸轮轴转角 (CMP) 传感器和爆燃传感器 (KS) 信号。见图 1-8。

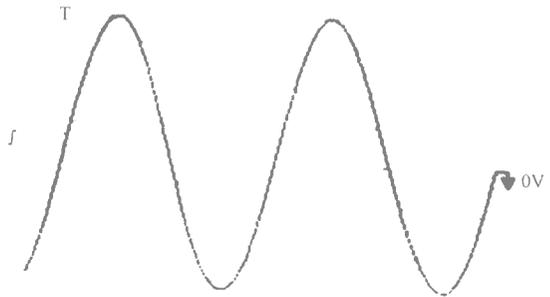


图 1-8 交流信号 (车速传感器波形)

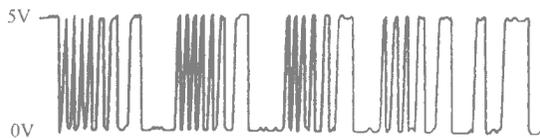


图 1-9 频率调制信号 (卡门涡旋式空气流量计输出波形)

(3) 频率调制信号在汽车中产生可变频率信号的传感器和装置有：数字式空气流量计、福特数字式进气压力传感器、光电式车速传感器 (VSS)、霍耳式车速传感器 (VSS)、光电式凸轮轴和曲轴转角 (CKP) 传感器、霍耳式凸轮轴 (CAM) 和曲轴转角 (CKP) 传感器。见图 1-9。

(4) 脉宽调制信号在汽车中产生脉宽调制信号的电路或装置有：初级点火线圈、电子点火正时电路、废气再循环控制 (EGR) 涡轮增压和其他控制电磁阀、喷油嘴、怠速控制发动机和电磁阀。见图 1-10。

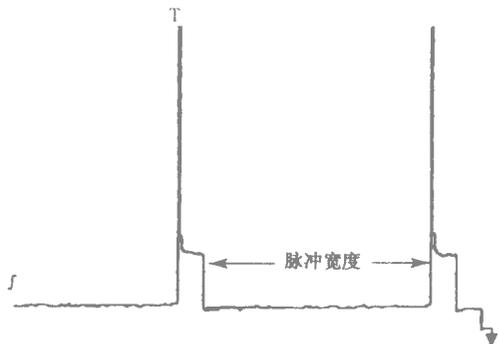


图 1-10 脉宽调制信号 (炭罐电磁阀波形)

(5) 串行数据信号在汽车中具备自诊断能力和其他串行数据传送能力的控制模块所发出的信号。则串行数据是由发动机控制模块 (PCM)、车身控制模块 (BCM) 和制动防抱控制模块 (ABS) 产生。见图 1-11。

2. 汽车电子信号的 5 个判定依据了解汽车电子信号的“5 要素”——直流、交流、频率调制、脉宽调制和串行数据信号后,再回头看汽车电子语言的难题——5 个“判据”即 5 种判定依据。要从“5 要素”信号中得到只有 5 种判定特征的信息类型是重要的,因为 PCM 需要通过分辨这些特征来识别各个传感器提供的各种信息,并依据这些特征来发出各种命令,指挥不同的执行器动作。这些特征就是汽车电子信号的 5 种判定依据。5 种判定依据是:幅

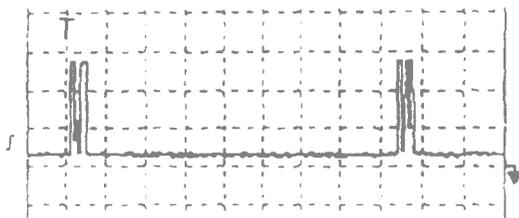


图 1-11 串行数据 (多路) 信号
(电脑网及总线通讯信号)

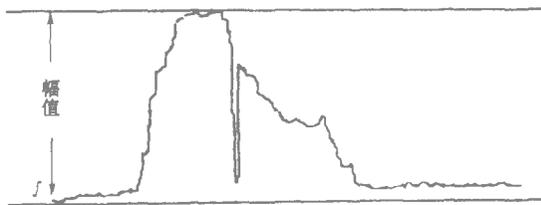


图 1-12 节气门位置传感器波形

值、频率、形状、脉冲宽度和阵列。它们的定义分别为:幅值——电子信号在一定点上的即时电压 (见图 1-12); 频率——电子信号在两个事件或循环之间的时间,一般指 1s 的循环次数 (Hz) (见图 1-13); 脉冲宽度——电子信号所占的时间或占空比 (见图 1-14); 形状——电子信号的外形特征,它的曲线、轮廓和上升沿、下降沿等 (见图 1-15); 阵列——组成专门信息信号的重复方式 (见图 1-16)。

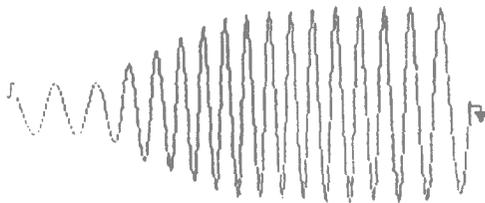


图 1-13 ABS 轮速传感器波形

每个“5 要素”电子信号都可以用 5 种判定依据中的一个或多个特征组成。表 1-1 显示 5 种判定依据与 5 种基本类型的相关连带关系。每一个电子信号必然有一个或多个判定依据相对应,以帮助计算机系统理解确定是什么类型的电子信号。

为了使汽车的计算机系统功能正常，必须去测量用于通信的电子信号，换言之就是必须能“读”与“写”计算机电子通信的通用语言，用汽车示波器可以“截听”到汽车计算机中的电子对话，这就可以用来解决测试点问题，也可以用来验证修理工作完成后系统或元件是否恢复正常。如果一个传感器、执行器或控制电脑产生了不正确判定依据的电子信号，该电路可能产生“通信中断”，它会表现为行驶能力及排放等故障，在一些情况下还会产生故障码（DTC）

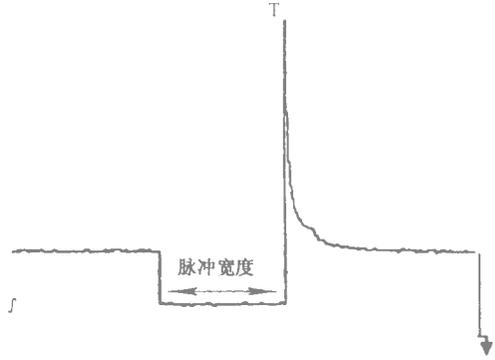


图 1-14 喷油器波形

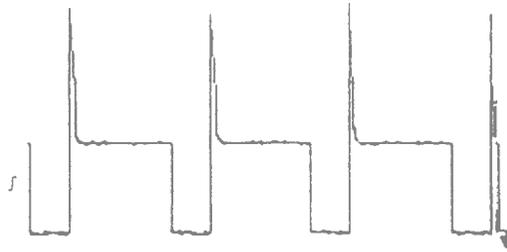


图 1-15 废气再循环波形

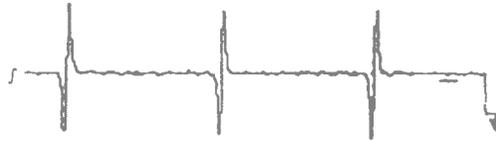


图 1-16 凸轮轴传感器波形

表 1-1 电子信号的判定依据

信号类型	判定依据				
	幅度	频率	外形	脉冲宽度	阵列
直流	✓				
交流	✓	✓	✓		
频率调制	✓	✓	✓		
脉宽调制	✓	✓	✓	✓	
串行数据	✓	✓	✓	✓	✓

在 PCM 和其他电子智能设备中用来通信的串行数字信号是最复杂的信号，它是汽车电子信号中的最复杂的“电子句子”，在实际中，要用专门的诊断仪去

读取信息。

1.2 汽车示波器菜单操作方法

汽车示波器菜单操作的方法大同小异，下面以深圳威宁达公司的金德 K80 为例，介绍汽车示波器的菜单操作步骤。

1.2.1 测试准备

打开金德 K80 的电源开关，屏幕显示出主菜单，如图 1-17 所示。



图 1-17 主菜单显示屏

运用方向键选择示波器功能，按 [ENTER] 确认键。一共有五个选项：传感器、空气/燃油、点火系统、电气系统和通用示波器，如图 1-18 所示。

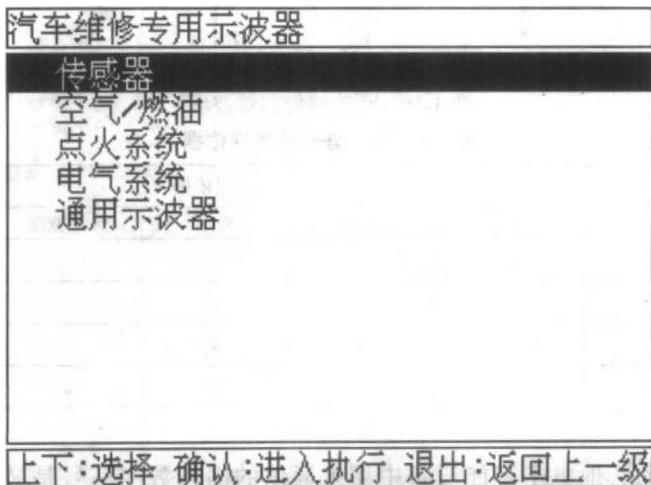


图 1-18 示波器功能选项显示屏