

The background features a green dragon with a white cloud on a green background. The dragon is positioned on the left side, facing right. The cloud is large and white, with a green outline, and is positioned in the center. The background is a solid green color.

第九章 汽车诊断

§ 9-1 汽车诊断的目的与方法

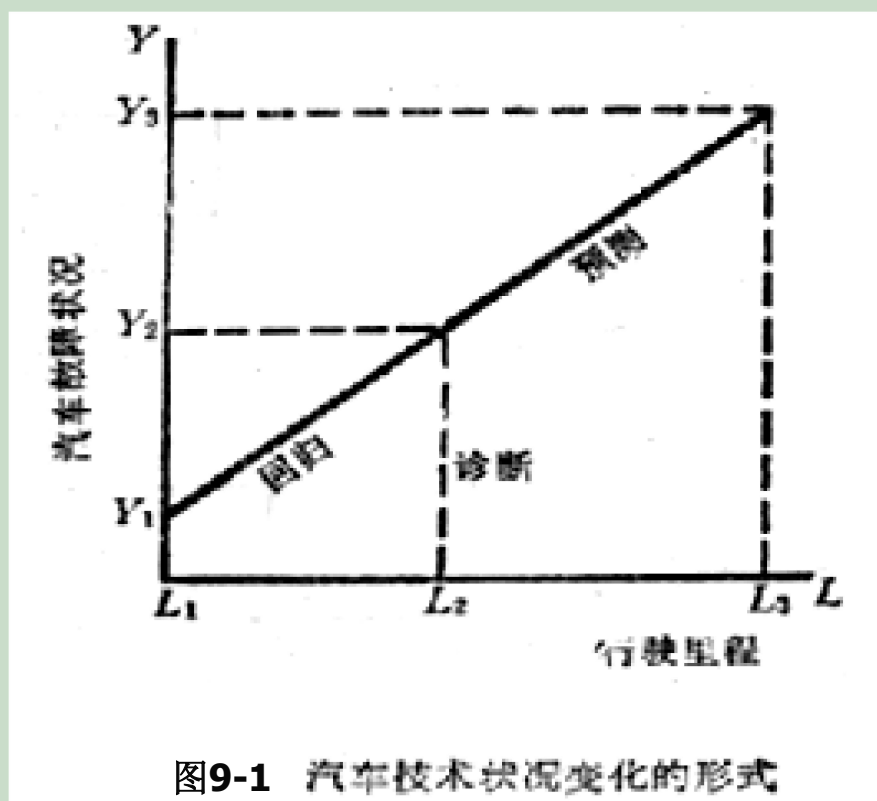
一、汽车诊断概述

汽车诊断的目的，是为了确定在用车辆的技术状况是否正常、有无异常或故障。只有技术状况正常，汽车才能安全地行驶和经济可靠地工作，汽车技术状况异常或有故障，必须及时地进行保养或修理。

为使汽车的保修作业能够迅速、有效地实施和提高保修作业的竣工质量，在汽车保修作业之前，应该了解汽车外部和内部的技术状况和故障情况，并在汽车保修作业之后进行汽车性能检验。汽车的外部情况通过检视便可了解，而对汽车内部情况的判断则是一件复杂的工作，若将汽车、总成或机构拆散进行检查，工序复杂且费工费时，因此采用汽车诊断技术来确定汽车的技术状况（或故障情况）和鉴定汽车保修竣工后质量的方法，得到了迅速发展。

所谓汽车诊断，是指在不解体汽车或总成的条件下，运用科学的方法与手段，根据汽车工作的症状来判断汽车的技术状况，查明故障部位及原因的技术。在实践中，汽车诊断有两种不同的目的：一种是对故障已暴露的汽车，通过诊断来寻找故障的确切部位和发生的原因，从而确定排除故障的方法；另一种是对汽车技术状况进行全面检查，检查的目的并非是寻找某种具体故障，而是要确定汽车技术状况与标准相差的程度，从而确定汽车能否继续行驶或应采取何种措施。对汽车运行中故障的诊断和汽车保修作业前的诊断，属于前一种诊断；汽车保修作业后的竣工检验和为了保证汽车行驶安全及防止公害的检验，则属于后一种诊断。汽车诊断，是汽车运用全部过程中的一个组成环节。

在实际的汽车运用过程中，通过对在用车辆的诊断，不但可以了解在用车辆当时的技术状况，而且还可以得到汽车技术状况参数按使用情况（如时间或行驶里程）变化的规律，运用统计学中的内插法和外推法，还可以回归出汽车前一段时期的技术状况，和预测出汽车以后的技术状况。如图9-1所示，通过诊断，可以得出目前行驶里程为 L_2 时汽车的当前故障状况 Y_2 ，根据汽车技术状况变化的规律，用内插法可以求出汽车当初行驶里程为 L_1 时的故障状况 Y_1 ；也可以用外推法预测出以后汽车行驶里程为 L_3 时的故障状况 Y_3 。



在汽车运用过程中，汽车连续诊断的各次诊断时机，可以参照汽车原来的保养或修理周期进行，如安排在汽车保养之前进行诊断。



二、汽车诊断方法（FTA法）

汽车在工作过程中，各种零件和总成都处于装配状态，无法对其零件进行直接测试，例如气缸的磨损量、曲轴轴承的间隙等，在发动机不解体的情况下是无法测量的。因此，对汽车进行诊断时都是采用间接测量，如通过振动、噪声、温度等物理量的测量，来间接诊断汽车的技术状况。由于采用间接测量方法进行判断，必然会带来一些“不准确性”，例如：发动机工作时，曲轴主轴承的工作状态可分为正常状态和不正常状态两种情况，如果采用机油温度作为判断轴承工作状态的特征，并将油温分为“正常”、“过高”两种情况则可能会产生误判。因为机油温度过高，固然可能是由于轴承运失常所致，但也可能是其它原因（如机油粘度不合适、机油量不足、机油散热器不良等）造成机油温度上升。如果在判断中，同时使用几个特征参数（如机油温度、机油压力、振动、噪声等）来判断发动机曲轴的运动情况，虽然可提高判断准确性，但会使诊断设备更为复杂。由此可见，在汽车技术状况的诊断中，诊断方法是非常重要的。

“树枝图”诊断分析方法是汽车诊断中常用的方法之一。“树树图”分析法亦称“故障树”（即**Fault Tree Analysis**，缩写为**FTA**）分析法，它是根据汽车的工作特征和技术状况之间的逻辑关系构成的树枝状图形，来对故障的发生原因进行定性分析，并能用逻辑代数运算对故障出现的条件和概率进行定量估计。这是一种可靠性分析技术，它普遍应用于汽车等复杂动态系统的分析。

树枝图分析法用于汽车诊断，不仅可以分析由单一缺欠所导致的系统故障，而且还可以分析两个以上零件同时发生故障时才发生的系统故障，并且还能分析系统组成中除硬件以外的其它成份，例如可以考虑汽车保修质量或人员因素的影响。

下面通过发动机冷却系水温过高故障，来说明“树枝图”分析法。

绘制故障分析树枝图时，首先把分析目标即故障事件扼要地写在矩形框内，置于树枝图的最上端，称为顶事件或最终事件，并用“T”字表示（如图9-2中的“发动机冷却系水温过高”T）作为树枝图的第一级；在顶事件下，通过分析写出引起顶事件直接原因的中间事件，用“A”表示（如图9-2中的A₁、A₂）作为树枝图的第二级；以下继续分析还可列出第三级、第四级……，直到列出最基本原因的初始条件为止，并用“X”表示，于是形成了故障分析的树枝图。树枝图中每下一级故障都是上一级故障的直接原因；而上一级故障是下一级故障引起的事件。上、下级故障之间有着“或”、“与”关系，用逻辑门符号联接。

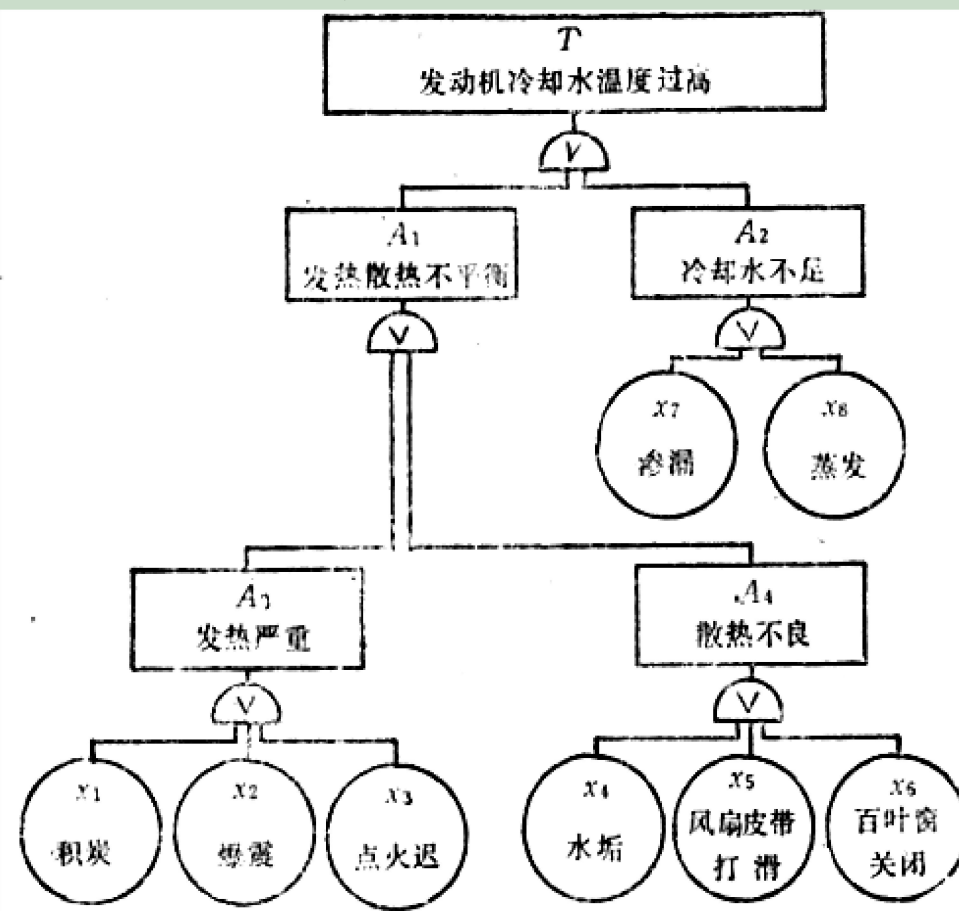


图 9-2 发动机过热故障分析树枝图

树枝图中常用的符合分为两大类，即：代表故障事件（初始事件、中间事件、顶端事件等）的符合；联系事件之间关系的逻辑门符合（见表9-1）。汽车故障的发生带有随机性，属于偶然事件，如若建立树枝图，并用它来分析故障，则有助于弄清楚故障发生的机理，除可进行定性分析外，还可以根据树枝图中影响故障发生因素的出现概率，定量的预测出故障发生的可能性（即故障发生的概率）。

为计算故障发生的概率，需用逻辑代数（即布尔代数）把故障中的逻辑关系列成算式。逻辑代数是研究集合的一种逻辑运算方法，所谓“集合”就是指具有某种属性的事件的全体，在树枝图分析中，每一个基本事件的发生都构成一个集合。树枝图分析法的实质，就是在研究这些集合如何组成新的集合，并分析它们之间的逻辑关系，进行运算并建立数学模型，这就是树枝图分析法的实质。

下面用表9-1、表9-2将树枝图定量分析中最常用的逻辑代数知识简要列出。

树枝图中常用的逻辑运算和逻辑关系

表9-1

逻辑运算	说 明
$A+B$ (或 $A \cup B$) 阴影部分	$A+B$ 集合既包括A集合的成员, 又包含B集合成员
$A \cdot B$ (或 $A \cap B$) 阴影部分	$A \cdot B$ 集合包括A集合与B集合共有的成员

树枝图中常用逻辑运算的基本性质

表9-2

名 称	公 式	说 明
加法重叠律 (逻辑和)	$A+A+\dots=A$	所有A集合的成员都具有A集合的属性, 所以得到的仍是A成员的集合
乘法重叠律 (逻辑积)	$A \cdot A \dots = A$	所有A集合的成员都具有公共的属性, 所以仍是A集合
吸收律	$A+A \cdot B=A$ $A(A+B)=A$	因为 $A \cdot B$ 集合包含在A集合之内, 所以A集合与 $A \cdot B$ 集合的逻辑是仍为A集合, 这是简化逻辑运算的重要公式

在用树枝图进行定量分析时，如果发现同一树枝图中有两处（或两处以上）的同一基本事件，则须化简后再计算，下面以图9-3进行说明。

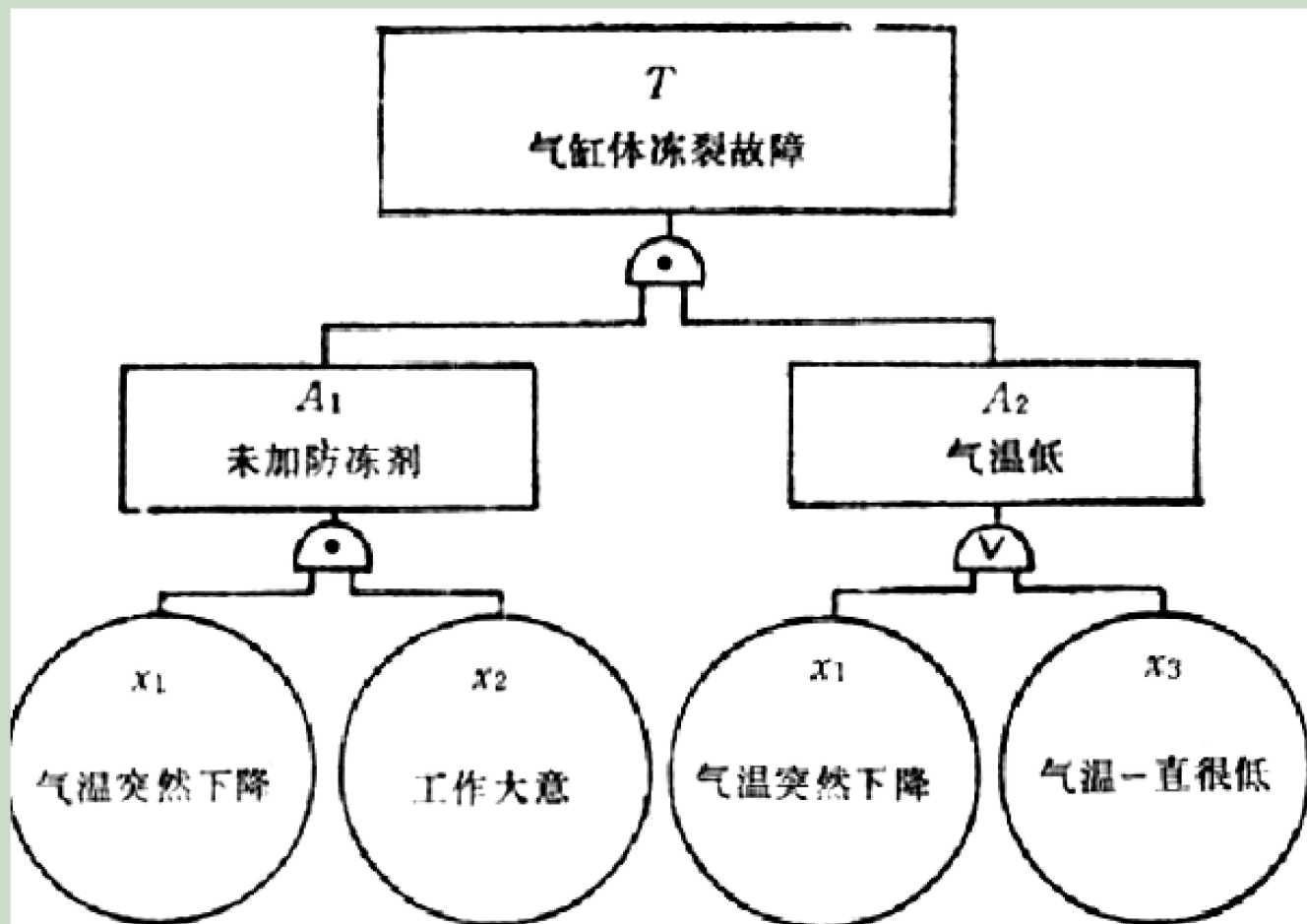


图 9-3 气缸体冻裂故障分析树枝图

根据图9-3的逻辑关系，可以列出事件“T”的关系式：

$$\begin{aligned} T &= A_1 A_2 \\ &= x_1 \cdot x_2 (x_1 + x_3) \\ &= x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \end{aligned}$$

$$\because A \cdot A = A \text{ (参看表9-2)} \therefore T = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

$$\begin{aligned} \text{令 } x_1 \cdot x_2 &= B_1; \quad x_3 = B_2 \\ \text{则 } T &= B_1 + B_1 \cdot B_2 \end{aligned}$$

$$\text{又 } \because A + A \cdot B = A \text{ (参看表9-2)} \therefore T = B_1$$

$$\text{原令 } x_1 \cdot x_2 = B_1 \text{ 故 } T = x_1 \cdot x_2$$

由上述逻辑关系可以看出，图9-3中T事故发生的必要条件是 x_1 、 x_2 同时发生。从图中还可以看出，如果 x_1 发生，不论 x_3 是否发生， A_2 都必须发生。以上是应用逻辑代数的基本运算法则，将树枝图中含有两个以上同一事件的情况加以化简的过程。各种树枝图化简形式如图9-4所示，其中a图就是图9-3的化简形式。



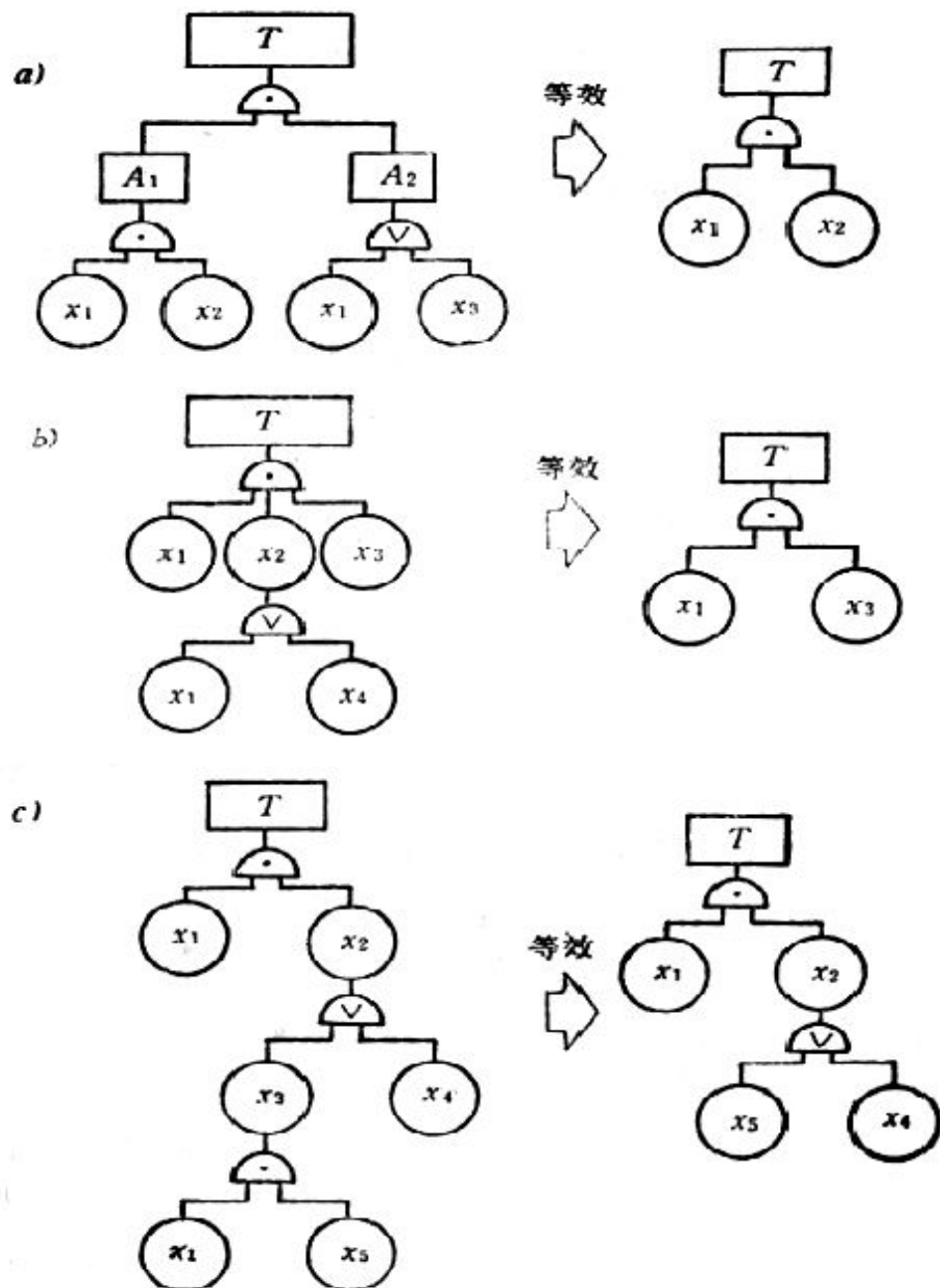


图 9-4 树枝图的简化

在用树枝图分析故障的过程中，故障最基本原因的初始条件，大多是独立事件（即一个基本事件的发生与否，和其它基本事件无关）。假如初始事件 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_n 所发生的概率分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_n ，则顶事件（分析目标）发生的概率可按下法计算。

当逻辑关系为“与”联接时，用 n 个独立事件逻辑积的概率公式计算：

$$\begin{aligned}
 P(T) &= P(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdots x_n) \\
 &= P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdots P_n \\
 &= \prod_{i=1}^n P_i
 \end{aligned}$$

当逻辑关系为“或”联接时，用 n 个独立事件逻辑和的概率公式计算：

$$\begin{aligned}
 P(T) &= P(x_1 + x_2 + x_3 + \cdots x_n) \\
 &= 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P_3) \cdots (1 - P_n) \\
 &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)
 \end{aligned}$$

根据上式，利用树枝图中影响故障发生因素的出现概率，即可定量的计算出故障发生的概率。

树枝图的最大特点是能把故障事件与直接原因之间的关系，系统的表示出来，它的优点是：

(1) 能够把故障原因直观、全面的表现出来，便于定性、定量分析。

(2) 把具体情况通过整理后，可以发现原来没有发现的问题，从而能发现潜在故障。

(3) 运用范围广泛。

(4) 表现方法是逐级的，层次清楚。

(5) 能为消除和防止故障提供资料。

树枝图也有如下缺点：

(1) 因为是平面图，所以无法表现出时间概念。

(2) 绘制树枝图，需要对故障事件有足够的知识。

(3) 同一故障内容，不同的人分析方法亦不同，可能绘制出不同形式的树枝图。

(4) 事件与原因之间，只限于“或”、“与”的关系。

尽管树枝图存在上述缺点，但在进行汽车故障分析时，它仍不失为一种较好的分析方法。

§ 9-2 汽车诊断参数

一、诊断参数概述

如上所述汽车运用过程中，一些结构参数（如磨损量、间隙等）的变化，是无法直接跟踪测量的。因此，在进行汽车诊断时，需要采用一些能够反映出汽车技术状况的间接标志，通过对它们的测量，来了解汽车的技术状况。这些标志就叫做“汽车诊断参数”，它们是一些能够反映汽车状况的可测物理量或化学量。汽车诊断数包括有：工作过程参数（如发动机功率、油耗、汽车制动距离等）；过程伴随参数（如振动、噪声等）；几何尺寸参数（如间隙、自由行程等）。常用汽车诊断参数如表9-3所列。

汽车在使用过程中，诊断参数值的变化规律与汽车技术状况变化规律之间有一定的关系。

为保证汽车诊断的可靠性和经济性，要求诊断参数必须具有灵敏性、稳定性、单值性和能够提供信息的性能（图9-5）。



汽车常用诊断参数

表9-3

诊断对象		结构参数	诊 断 参 数
发 动 机 总 体		排 量	功率, kW 曲轴角加速度, rad/s^2 单缸断火时功率下降率, % 油耗, L/h 曲轴最高转速, r/min
气 缸 活 塞 组		气缸活塞组综合情况	曲轴箱窜气量, L/min 曲轴箱气体压力, kPa 气缸间隙 (按振动信号测量), mm 气缸压力, Mpa
曲柄	连杆组	连杆大、小头轴承间隙	主油道机油压力, MPa 主轴承间隙 (按油压脉冲测量), mm 连杆轴承间隙 (按振动信号测量), mm
配气机构		气门间隙情况	气门热间隙, mm 气门行程, mm 配气相位, 度

柴油 机 供 油 系	供油时刻 各缸供油均匀性 供油量 喷油泵柱塞与套 筒间隙 喷油嘴磨损 滤清器情况	喷油提前角（按油管脉动压力测量），度 单缸柱塞供油延续时间（按油管脉动压力测量），度 各缸供油均匀度，% 每一工作循环供油量，mL/工作循环 高压油管中压力波增长时间，曲轴转角·度 按喷油脉冲相位测定喷油提前角的不均匀度，曲轴转角·度 喷油嘴初始喷射压力，MPa 曲轴最小和最大转速，r/min 燃油细滤器出口压力，Mpa
供油 系 及 滤 清 器	燃油泵供油能力 空气滤清器堵塞 情况 涡轮增压器轴承 磨损	燃油泵清洗前的油压，MPa 燃油泵清洗后的油压，MPa 空气滤清器进口压力，MPa 涡轮压气机的压力，Pa 涡轮增压器润滑系油压，Mpa
润 滑 系	机油泵工作能力 与润滑情况 机油散热器情况	润滑系机油压力，MPa 曲轴箱机油温度，℃ 机油含铁（或铜、铬等）量
冷 却 系	散热器工作情况 风扇情况	冷却液工作温度，℃ 散热器入口与出口温差，℃ 风扇皮带张力，kgf/mm 曲轴与发电机轴转速差，%

点 火 系	火花塞电极间隙 初级与次级电路电阻 点火线圈次级电压 高压导线电阻 电容器电阻 点火提前角 断电器闭合角 断电器触点间隙 发电机功率	点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, V 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 点火系次级电路电压, kV 发电机电压、电流V、A
点 火 系	调节器情况 整流器正反向电阻	整流器输出电压, V
起 动 系	起动机工作能力 蓄电池状况 起动机轴承磨损	在制动状态下, 起动机电流, A、电压, V 蓄电池在有负荷状态下的电压, V 振动特性, m/s ²
传 动 系	传动系效率 传动系磨损	底盘测功(或牵引力), kW 滑行距离, m 传动系噪声, dB
制 动 系	制动系工作能力 制动力不平衡 制动力增长速度 制动器拖滞	制动距离, m 制动力, N 制动减速度, m/s ² 跑偏, 左右轮制动力差值, N 制动滞后时间, s 制动释放时间, s

转向系	前轮定位（转向桥车轮定位）	主销内倾角，度 主销后倾角，度 车轮外倾角，度 前轮前束，mm 车轮侧滑量，mm/m、m/km
行走系	车轮平衡 车毂轴承磨损	车轮静平衡 车轮动平衡 车轮振动，m/s ²
照明系	亮度 照射方向	前照灯照度，lx 前照灯发光强度，cd 光轴偏斜量，mm



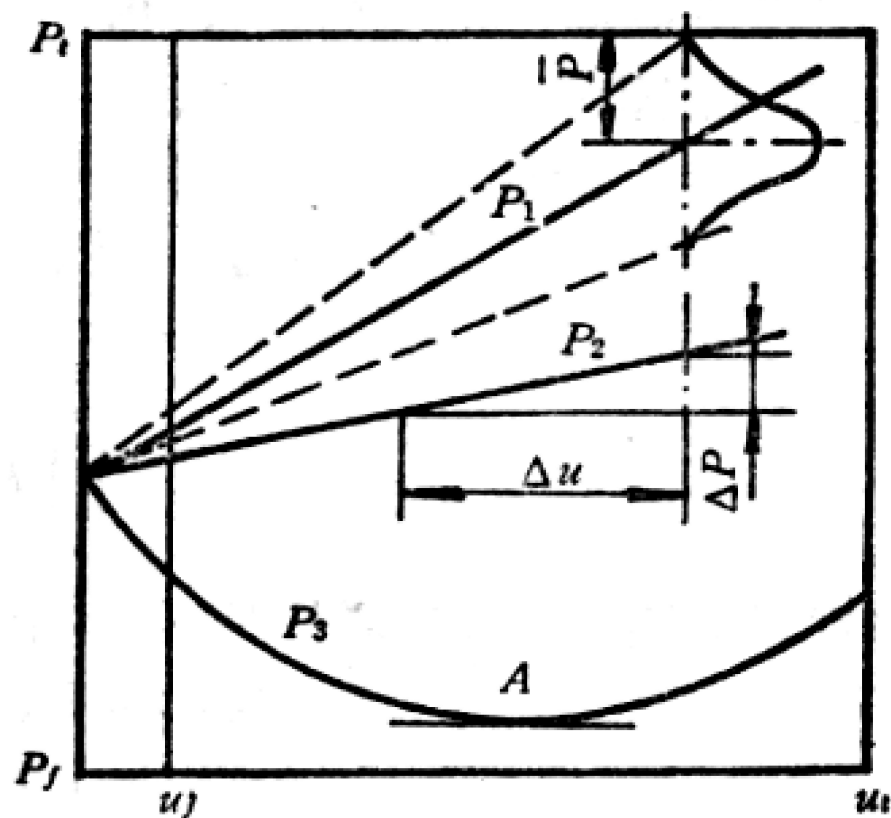


图 9-5 汽车诊断参数的评价

P_1 -诊断参数稳定性的变化趋势； P_2 -诊断参数灵敏性的变化趋势； P_3 -诊断参数非单值性的变化趋势； $\bar{P}$ -诊断参数稳定性 P_1 的数学期望； $\Delta P/\Delta u$ -诊断参数灵敏性 P_2 的变化率； u_f -汽车开始工作时的技术状况参数； u_t -汽车工作到使用极限时的技术状况参数； A -诊断参数非单值性 P_3 在 $u_f \sim u_t$ 范围内的极值； $P_f \sim P_t$ -汽车诊断参数的变化范围

诊断参数的灵敏度 K_r 可用下式表示：

$$K_r = \frac{dp}{du}$$

式中： K_r ——诊断参数的灵敏度；

d_u ——汽车技术状况参数的微小增量；

d_p ——汽车诊断参数 P 相对于 d_u 的增量。

诊断参数的单值性，是意味着在汽车技术状况参数从开始 u_f 变到终了 u_t 的范围内，它没有极值（即无 $d_p/d_u=0$ 值）。

诊断参数的稳定性，是指对同一对象多次测量的结果，测得值具有良好的一致性，即通常所说的重复性好。诊断参数稳定性的好坏可用均方差来衡量，即

$$\sigma_{P(u)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [P(u) - \bar{P}(u)]^2}{n-1}}$$

诊断参数稳定性不好，将使它的灵敏度下降，即

$$K'_r = \frac{K_r}{\sigma_P}$$

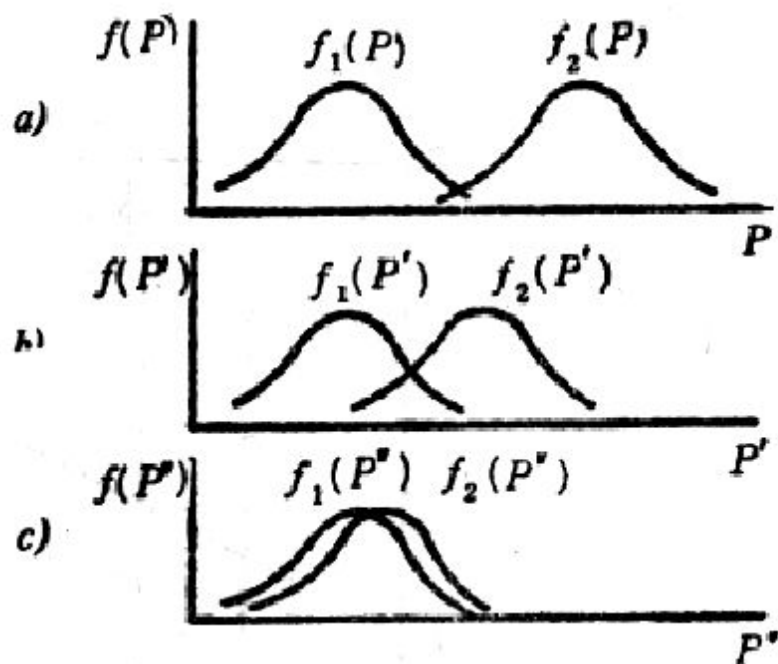


图 9-6 诊断参数信息性比较

- a) 信息性好的诊断参数 P ；b) 信息性小的诊断参数 P' ；
c) 信息性差的诊断参数 P'' ； f_1 -显示无故障的诊断参数分布函数； f_2 -显示有故障的诊断参数分布函数

诊断参数的信息性是一个很重要的性能。在汽车诊断中，是根据测量结果来得出诊断结论的，其诊断结论的可靠性，将取决于诊断参数的信息性、如图9-6所示，若显示无故障的诊断参数的分布函数为 $f_1(P)$ ；而显示有故障的诊断参数的分布函数为 $f_2(P)$ 。则 $f_2(P)$ 与 $f_1(P)$ 与分布曲线重叠区域越小，诊断产生结论的差错可能性越小，也就是说诊断参数的信息性越强。图中a所示诊断参数 P 的信息性好；b所示的诊断参数 P' 的信息性比 P 小；c所示诊断参数 P'' 的信息性最差。

以上是对诊断参数信息性的定性描述，而诊断参数信息性进行定量衡量时，必须要根据具体情况计算出分布曲线重合区域的大小，从而得出诊断失误的概率。显示无故障诊断参数 P_1 的平均值与显示有故障诊断参数 P_2 的平均值之差越大，以及这两种诊断参数的离散性越小，则诊断失误的概率也就越小（即诊断参数信息性越好）。因此，诊断参数信息性的大小可用下式表示：

$$I(P) \approx \frac{|\overline{P}_1 - \overline{P}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

式中： $I(P)$ ——诊断参数 P 的信息性；

P_1 ——显示无故障诊断参数；

P_2 ——显示有故障诊断参数；

σ_1 —— P_1 的均方差；

σ_2 —— P_2 的均方差。

诊断参数的信息性越好，诊断目标状况的不稳定性越小，诊断结果越可靠。

二、诊断参数的标准

为了能够定量的对汽车技术状况进行评价，必须建立汽车诊断参数的标准。诊断参数的标准通常是国家机关颁发的技术性文件，如中华人民共和国机动车制动检验规范等。诊断参数的标准包括有：诊断参数的初始标准 P_f 、诊断参数的极限标准 P_t 和诊断参数的许用标准 P_p 。

诊断参数的初始标准 P_f ，相当于无技术故障的新车诊断参数的大小。对于汽车的某些机构或系统（如点火系、供油系等）来说， P_f 是按最大经济性原则来确定的。这一标准可在汽车运用过程中一直使用，例如对某种型号汽车来说，它的点火系最佳点火提前安装角在使用中一直应保持在 $3\sim 8^\circ$ 范围内。因为这项标准能确保汽车获得最大的动力性和最好的经济性。

诊断参数的极限标准 P_t ，是指汽车技术性能低于这一标准后，其技术经济性能将变坏，或不能继续使用。诊断参数的极限标准值，由国家机关技术部门制定（如汽车修理标准）。

在汽车运用过程中，通过不断地对汽车进行诊断，并把诊断结果与诊断参数极限标准进行比较，从而可以预测出汽车的使用寿命。

诊断参数的许用标准 P_p ，是汽车保养工作中定期诊断的主要标准。在许用标准内汽车无需进行保修工作。

如果在汽车运用过程中，发现诊断参数值超出了许用标准，即或汽车还有工作能力，但也不能再等到原来的保修间隔里程才进行保修了，要适当提前安排保养或修理，否则汽车的技术经济性能将下降，故障率将升高。

汽车诊断参数值按行驶里程变化的情况如图9-7所示，诊断参数的许用标准值比磨损极限标准 P_t 减少 ΔP ，以便证在保养间隔里程内汽车能连续工作。

诊断参数最佳许用标准值的确定方法。

由图9-7可以看出，诊断参数的初始标准 P_f 是由技术文件所确定下来的，诊断参数的许用标准 P_p 则取决于诊断参数值允许变化范围 D 的大小。诊断参数的变化范围 D 可用两种方法确定，第一种方法按综合法确定，它适用于汽车技术状况按行驶里程变化的曲线平稳而无交错的情况；第二种方法按有故障与无故障参数值的分布情况来确定，它适用于汽车技术状况不能按行驶里程稳定变化的情况。

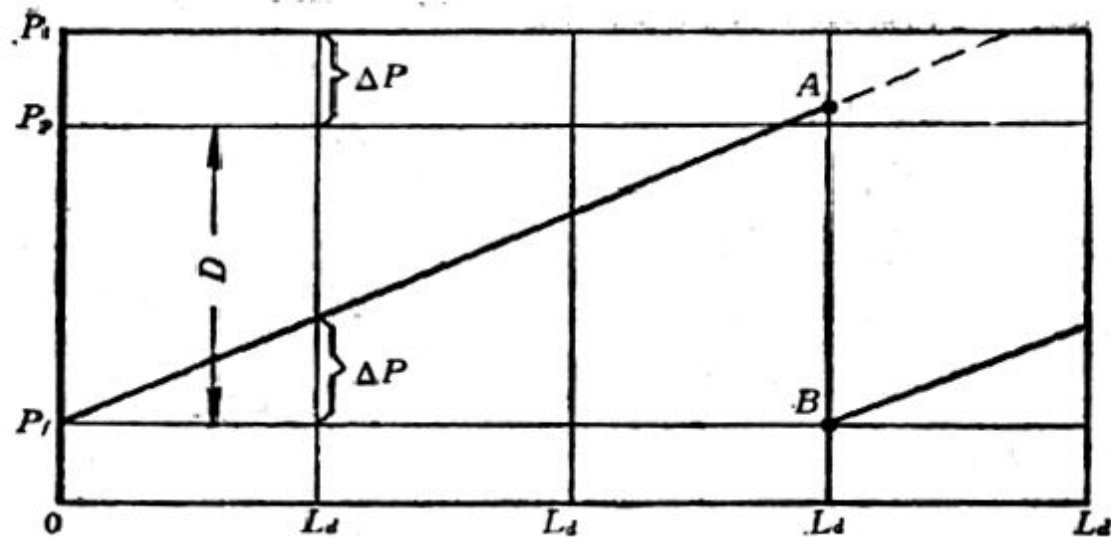


图 9-7 实际诊断参数值按行驶里程变化的情况
 D -诊断参数允许变化范围； AB -预防保养的作用； L_d -保养间隔里程； ΔP -在保养间隔里程内的诊断参数值的增量。

第一种情况下，汽车诊断参数的变化可用下式表示：

$$P(L) = P_f + V_c L$$

式中： $P(L)$ ——诊断参数按行驶里程变化的函数；

P_f ——诊断参数的初始标准；

V_c ——以车速变化作为独立变量；

L ——行驶里程。

如果在技术标准中能找到诊断参数的初始标准和极限标准，那么就可求出诊断参数的最佳变化范围 D_0 （图9-8）。



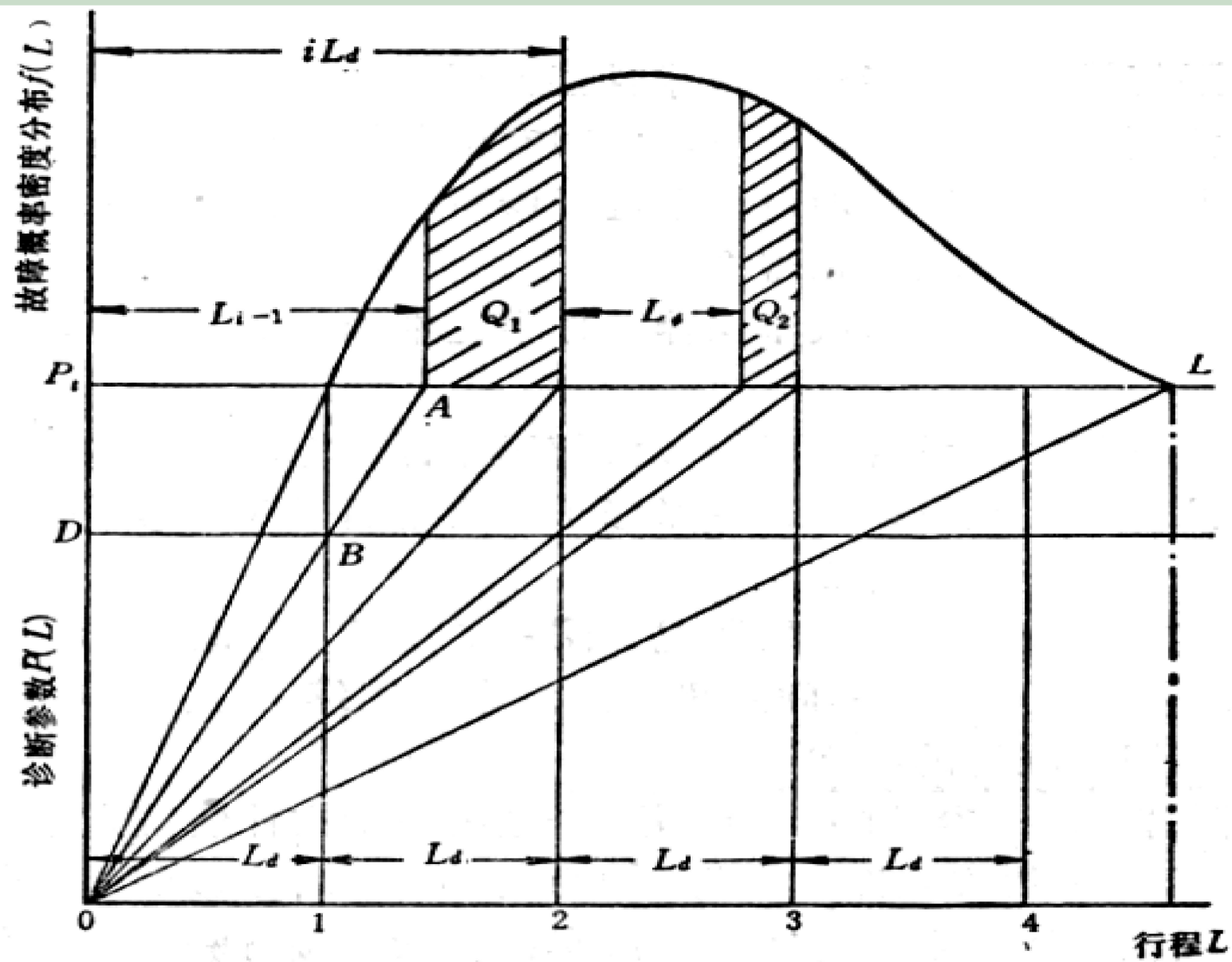


图 9-8 按诊断参数综合变化形成的 D
 Q_1 、 Q_2 -故障概率按行驶里程的变化

通常，诊断参数值的最佳变化范围 D_0 是按照计划预防保养与修理费用系数（或有效率）之和的最低值为确定的，即：

$$C(D_0) = \min \left\{ \frac{CQ(D)}{L_\phi(D)} + \frac{d[1-Q(D)]}{\bar{L}_\phi(D)} \right\} \quad (9-1)$$

式中：C——与修理有关的费用；

d——与计划预防保养有关的费用；

$Q(D)$ ——故障概率；

$\bar{L}_\phi(D)$ ——保养或修理的实际平均行驶里程。

在图9-8所示的诊断参数变化范围D的情况下，每个保养的周期里程的故障概率可用下式计算：

$$Q_i(D) = \int_{L_{i-1}}^{iL_d} f(L) dL \quad (9-2)$$

式中：i ——诊断序号；

$f(L)$ ——诊断参数值达到极限状态时的故障概率密度分布；

L_{i-1} ——由图中 $\triangle P_tAO$ 与 DBO 相似来确定；

iL_d ——第i次诊断的行驶里程。

汽车全部保养周期内总的故障概率为：

$$Q(D) = \sum_{i=1}^n \int_{L_{i-1}}^{iL_d} f(L) dL \quad (9-3)$$



从图9-8中可以看出，扩大D的范围，B点上移， L_{f1} 值减小，会使每个保养周期里程的故障概率增加。若减小D，虽然故障次数可以减少，但预防保养周期需要缩短，使保修次数增加，其结果保修费用系数同样也将增加。因此，最佳的诊断参数变化范围 D_0 应该综合考虑上述两个方面，而从满足保修费用系数最低为前提条件。

得出最佳诊断参数变化范围 D_0 后，同时还可求出最佳的保养间隔里程 L_D^0 。然后可以求出由保养、修理、诊断三项费用系数组成的总费用系数：

$$C(D_0, L_d^0) = \min_{P_f < D < P_t} \left\{ \frac{CQ(D, L_d)}{L_\phi(D, L_d)} + \frac{d[1 - Q(D, L_d)]}{L_\phi(D, L_d)} + \frac{C_D k_D(D, L_d)}{L_\phi(D, L_d)} \right\} \quad (9-4)$$

式中： C_D ——诊断费用系数；

k_D ——大修间隔里程内的平均诊断次数。

为便于求得最佳的D和 L_D ，制成了图9-9所示的计算图表，其使用方法如下，假定需要确定一种载货汽车前轮前束定期诊断参数的最佳许用标准，在这种情况下，诊断参数是汽车前轮与地面接触处的侧向力。根据试验资料已知：修理费用 $C=6.6$ 元；保养费用 $d=3.1$ 元；诊断费用 $C_D=0.5$ 元；初始诊断参数值（侧向力） $P_f=40N$ ；极限值 $P_t=10N$ ；诊断参数变化特征值 $\alpha=1.35$ ；诊断参数达到极限值时的汽车平均行驶里程 $\bar{L}=5000km$ ；行驶里程变动系数 $\nu=0.5$ 。

此外经计算得出下列所需数据： $K = C/d = 6.6/3.1 = 2.1$ ；

$B = C_D/d = 0.5/3.1 = 0.16$ 。

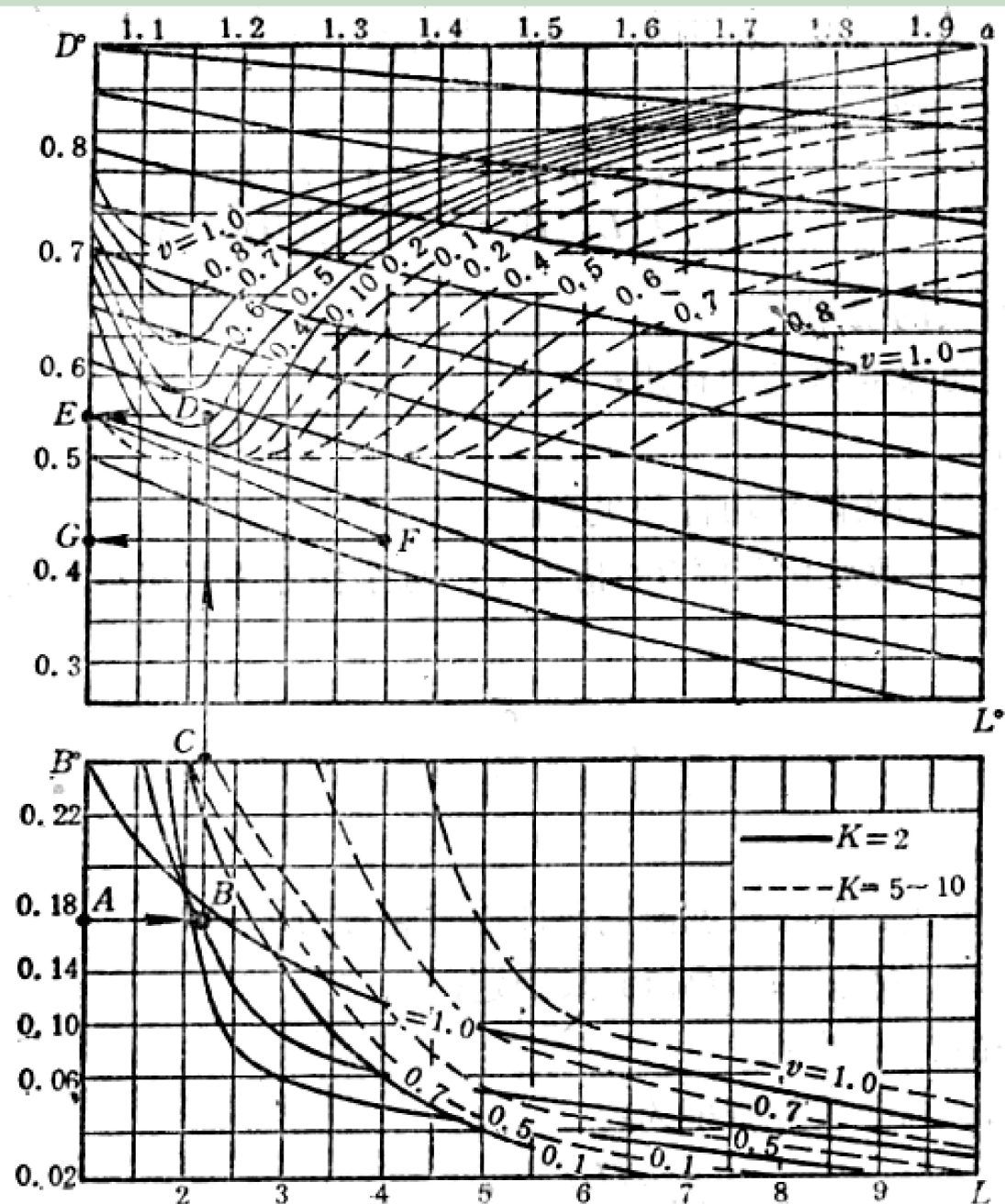


图 9-9 确定诊断参数最佳许用范围和保养间隔里程的计算图
 D° -诊断参数最大许用值; B° -更换一个零件的标准价格; L° -零件在一个间隔里程内的寿命

利用图9-9计算时，首先在图9-9下图的纵坐标轴上找出 B° 为0.16的一点A，由A点作一条水平线与行驶里程变动系数 $\nu=0.5$ 的曲线（图中的实线，因为 $K^\circ=2.1$ ）相交于点B。再从B点向上作一垂线与水平轴线（ L° ）相交于点C，由此得出 $L^\circ=2.1$ 。根据上面所得数据，可以计算出最佳诊断周期为：

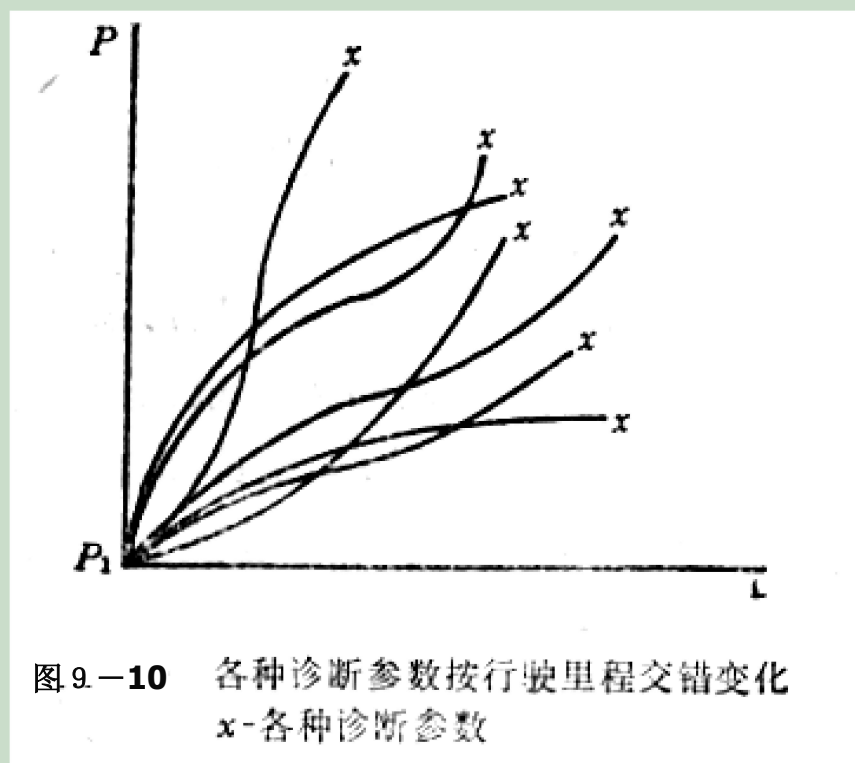
$$L_D^0 = \frac{\bar{L}}{\bar{L}} = \frac{5000 \text{ km}}{2.1} = 2400 \text{ km}$$

接着再由C点继续向上作垂线与上图的行驶里程变动系数 $\nu=0.5$ 的曲线相交于一点D。从D点向左作水平线与纵坐标轴 D° 相交于一点E，由此可以得出诊断参数变动特性值 α 时的最佳 D° 值的大小。因为本例中 $\alpha=0.35$ ，所以还要从E点作一条与之相邻曲线的平行线并交于 $\alpha=0.35$ 纵轴上的一点F，由F点向左作水平线相交于纵轴上一点G，由此得出 $D^\circ=0.42$ 。 D° 是诊断参数的最大许用值，为把它转变为本例题的许用值（侧向力），需用下式计算：

$$\begin{aligned} D_0 &= P_f - D (P_t - P_f) \\ &= 40 - 0.42(40 - 10) \\ &= 27.4 \text{ N} \end{aligned}$$



以上举例计算的 D_0 是一个诊断参数（侧向力）的确定方法，相当于解决了系统中的一个分支问题。在实际当中，随着汽车行驶里程的增加，将有很多诊断参数值会发生互相交错的变化（图9-10），这是因为在汽车运用过程中，影响零件损坏的各种因素，大部分是可变的。在这种情况下，则需用前面所述的第二种方法来确定诊断参数的许用标准，即诊断参数许用标准值 P_p 介于无故障诊断参数分布函数 $f_1(P)$ 和显示有故障诊断参数分布函数 $f_2(P)$ 的区域之间。



如果无故障诊断参数分布函数 $f_1(P)$ 和有故障诊断参数分布函数 $f_2(P)$ 的分布区域有重叠（图9-11），则两个分布区域与诊断参数的许用标准 P_p 分别形成差值区域（图中阴影区）。利用该差值区域，可以求出诊断参数的许用标准 P_p 。

如果在用车的诊断参数值在小于诊断参数许用标准 P_p 的范围内,则可以认为车辆属于无故障状态。但是,由于 $f_1(P)$ 和 $f_2(P)$ 分布区域重叠,在小于 P_p 的 $f_1(P)$ 无故障区域内,渗入一部分有故障区域 $f_2(P)$ 的 α 差值区,它将促使许用标准 P_p 降低。不难看出, $f_2(P)$ 渗入无故障区域的 α 差值区等于:

$$\alpha = \int_{P_f}^{P_p} f_2(P) dP \quad (9-5)$$

在 $f_1(P)$ 无故障区内渗有 α 故障差值区,说明汽车预防保养未能及时进行,这虽然节省了保养费用,但由于故障的发生,却增加了修理的费用,所以造成修理费用大于保养费用($C > d$)的现象。在 $f_1(P)$ 无故障区域内,单位差值区的经济损失为 $C-d$ 。

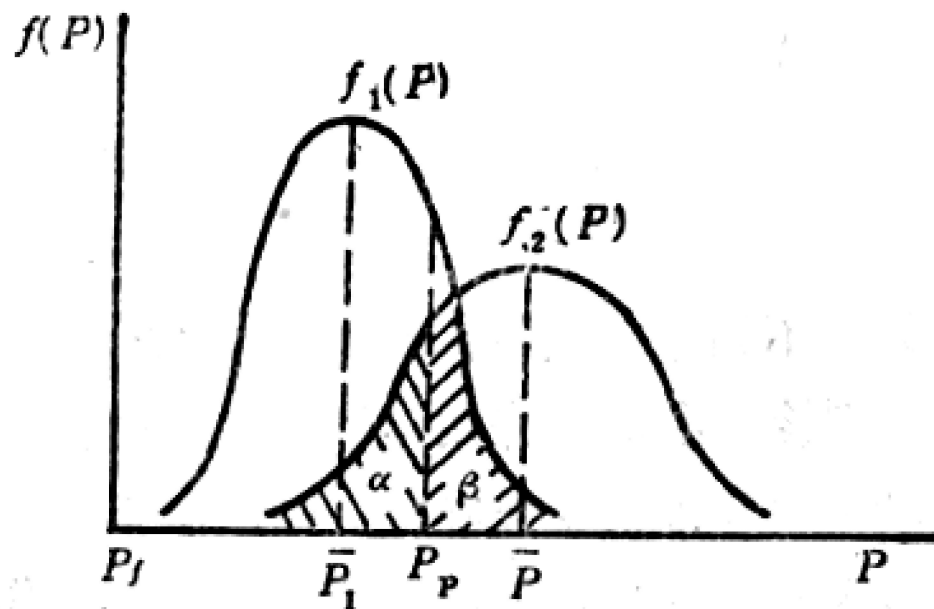


图9-11 按 α 、 β 确定诊断参数许用标准

$f_1(P)$ -显示无故障诊断参数的分布函数; $f_2(P)$ -显示有故障诊断参数的分布函数; $\bar{P}_1$ -无故障诊断参数的中值; $\bar{P}_2$ -有故障诊断参数的中值; P_f -诊断参数的初始标准; P_p -诊断参数的许用标准。

另外，如果在用车诊断参数值已超过了诊断参数的许用标准 P_p ，则可以认为车辆是属于有故障状态。但是，由于 $f_1(P)$ 和 $f_2(P)$ 分布区域重叠，在大于 P_p 的 $f_2(P)$ 有故障区域内，渗入一部分 $f_1(P)$ 无故障区域的 β 差值区，它将促使许用标准 P_p 降低。 $f_1(P)$ 渗入有故障区域的 β 差值区等于：

$$\beta = \int_{P_p}^{P_t} f_1(P) dP \quad (9-6)$$

超过 P_p 的 $f_2(P)$ 区域，已属于有故障区，汽车应该进行修理，而此时无故障区 β 的渗入，等于浪费了保养费用 d 。

差值区造成总的经济损失为：

$$C_C = (c - d) \int_{P_f}^{P_p} f_2(P) dP + d \int_{P_p}^{P_t} f_1(P) dP \quad (9-7)$$

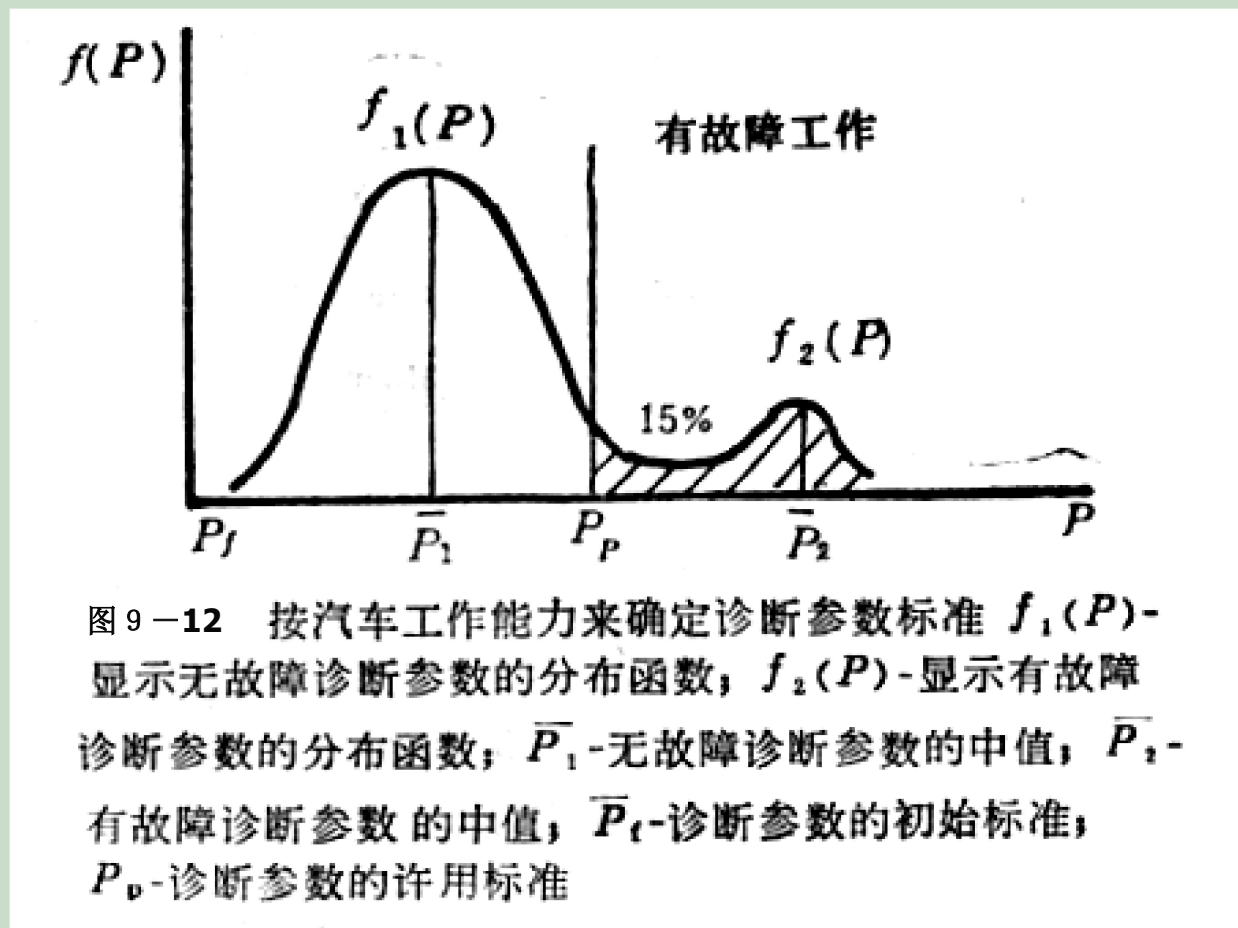
从图9-11中可以看出，在确定诊断参数最佳许用标准 P_p 时，如若把 P_p 向左移，则 α 区损失减少，而 β 区损失增加；而当 P_p 右移时， α 区损失增加，而 β 区损失减少。最佳的诊断参数许用标准 P_p^0 应该使这两部分损失相平衡，因此可得出下列方程式：

$$(c - d) f_2(P_p^0) = d f_1(P_p^0) \quad (9-8)$$

或写成：

$$\frac{f_1(P_p^0)}{f_2(P_p^0)} = \frac{(c - d)}{d} \quad (9-9)$$

如果不知道有故障诊断参数 $f(P)$ 的分布情况，则诊断参数的许用标准可按总的诊断参数 $f_2(P)$ 的分布密度来确定，以汽车工作能力的85%来划定许用标准范围。表明汽车工作能力的指标包括有故障诊断参数和无故障诊断参数，即 $f(P) = f_1(P) + f_2(P)$ 。这种诊断参数的分布密度显然要比前一种低（图9-12）。



§ 9-3 汽车常用诊断设备原理

一、发动机常用诊断设备

现代车用往复式活塞式发动机，主要由两个机构（曲柄连杆机构、配气机构）和四个系统（点火系、供给系、冷却系、润滑系）所组成。诊断上述机构与系统故障的设备种类繁多，其中常用的有：气缸活塞组诊断设备、点火系诊断设备、供给系诊断设备、润滑系诊断设备和发动机技术状况综合诊断用的无外载测功仪等。这里简要介绍这些设备的工作原理，具体结构与使用方法可参阅有关专门书籍。

1. 气缸活塞组诊断设备

气缸活塞组的技术状况对发动机工作有着重要影响，气缸活塞组的磨损情况往往是确定发动机总成是否需要大修的标志。诊断气缸活塞组技术状况的常用参数是气缸压缩压力、曲轴箱窜气量和气缸漏气率等。



1) 电子式气缸压缩压力计

电子式气缸压缩压力计可对发动机气缸压缩压力进行动态测量，较之传统的贮气式气缸压缩压力计等静态测量仪表，测量结果更为可靠。

2) 气缸压力表

原理：气体进入容圈

——静态

气体进入气缸

——动态

电压与所在缸压力成正比 ——动态

3) 气缸漏气——曲轴箱窜气量

气体流量计

原理：流量计量孔两端压差。

4) 气缸漏气率计

原理：流量孔两端压差

$$\Delta P = \rho \frac{V^2}{2\alpha^2 f^2} = K \frac{V^2}{\alpha^2}$$

式中： ρ ——空气密度
 f ——量孔截面积

V ——空气漏泄量
 α ——量孔阻力系数



2. 点火系诊断设备

a—断电器触点打开，高电压

b—火花放电持续时间，电压↓

c—放电终了电压略升，然后速降线圈，电容减幅振荡

d—触点闭合

g—线圈降压曲线

e—触点断开时间

f—触点闭合时间

A—配电器

B—线路状态，点火线圈

C—电容、断电器触点

D—分电器、火花塞

直列波——主要波形

重叠波——各缸直列波重叠

分电器

高压波——各缸点火电压波形

次级电路原件

3. 供给系诊断设备

废气分析仪

原理：红外线分析仪

废气定量组成（体积百分）



混合气浓度不同，
组份将产生变化。

容积式油耗计

原理：活塞排量和
脉冲数，单位时间。

质量式油耗计

原理：单位时间油耗质
量，g。

4. 润滑油诊断

见《实用汽车诊断技
术与设备》 P109

5. 发动机测功

a) 瞬时功率测量原理

b) 平均功率测量原理

发动机驱动曲轴旋转增量（动能）

$$A = \frac{1}{2} J \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \omega_1^2$$

若从 ω_1 到 ω_2 的时间为 ΔT

则平均功率：

$$N_{cm} = \frac{A}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} J \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2} \quad \text{用} \quad \omega = \frac{\pi}{30} n \text{ 代入} \quad N_{cm} = \frac{1}{2} J \left(\frac{\pi}{30} \right)^2 \frac{n_2^2 - n_1^2}{\Delta T}$$

若 n_1 、 n_2 为定值 $N_{cm} = K / \Delta T$ 见《实用汽车诊断技术与设备》 P36

组 成	汽油机	柴油机
氮	74~77	76~78
氧	0.3~0.8	2.0~18.0
水蒸汽	3.0~5.5	0.5~4.0
二氧化碳	5.0~12.0	1.0~10.0
一氧化碳	5.0~10.0	0.01~0.5
氮化氮	0~0.80	0.0002~0.5
HC	0.2~3.0	0.0009~0.5
醛	0~0.2	0.01~0.009

二、底盘诊断设备

1. 制动试验台

1) 反力式制动试验台

a. 测试参数

{ 制动力
制动力平衡
制动协调时间

b. 结构原理

轮制动力

$$T = T_1 + T_2 = \varphi(N_1 + N_2)$$

2) 惯性式制动试验台

a. 测试参数

{ 制动距离
制动协调时间

b. 结构原理

汽车在路上 $S = \frac{V_0^2}{2g\varphi}$

汽车在台上 $S = \frac{V_0^2}{2g\varphi} \cdot \frac{m_0}{m_a}$

其中当量转动惯量 $m_0 = J / r_0^2$



2. 前轮定位检验设备

1) 前轮定位仪

原理:

{ 水泡式
 光学式

2) 侧滑试验台

原理: { 单滑板
 双滑板
 动态滚筒式

3. 车轮平衡试验台

4. 前照灯检验仪

原理: 发光强度、光轴偏斜量。

5. 底盘测功机

原理: { 测底盘功率
 发动机功率
 测油耗
 测加速时间
 测滑行距离
 排放
 制动



§ 9-4 汽车检测站

一、汽车检测站任务

汽车安全检测站

《机动车辆安全技术检测站管理办法》1988年，公安部2号令

1. 机动车注册登记的初检
2. 机动车定期检验
3. 机动车临时检验
4. 机动车特殊检验（肇事、改装、报废）

汽车综合性能检测站 1991年交通部29号令

1991年《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》

1. 运输车辆技术状况检测；
2. 汽车维修行业维修车辆质检；
3. 接受委托，对车辆改装、改造、报废，及新工艺、新材料、新产品、科研成果进行检验；
4. 接受公安、环保、商检、计量、保险等委托的有关检验。



二、诊断站工艺组织

工艺：1. 诊断的性质内容
2. 诊断工位
3. 诊断设备
4. 诊断站管理自动化程度

布置：1. 生产纲领
2. 车型（尺寸等）
3. 通风，采暖，照明等
4. 自动化程度
5. 企业要求

检验单：
1. 汽车安全检测检验单
2. 汽车综合性能检验单

