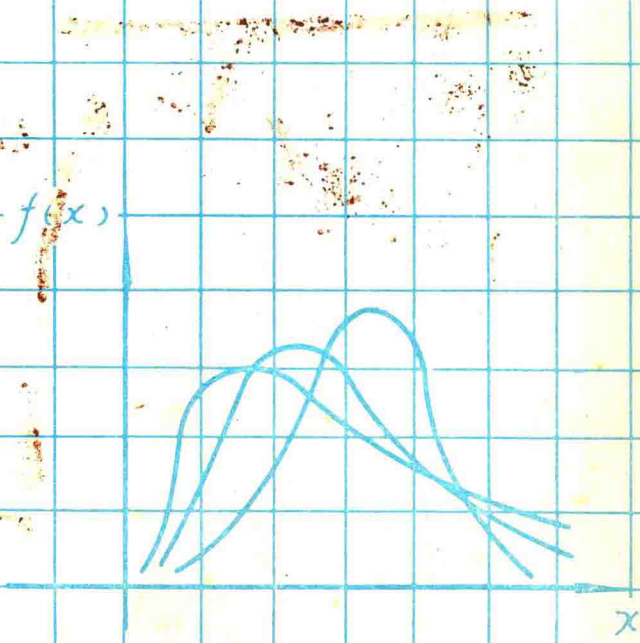


汽车可靠性实用手册

美国福特汽车公司美北部
长春汽车研究所质量监督检测部

编制
编译



长春汽车研究所

1986

汽车可靠性实用手册

美国福特汽车公司北美部 编制

长春汽车研究所质量监督检验部 编译

长春汽车研究所

1986

本书由长春汽车研究所质量监督检验部组织翻译，常文宣同志统编，王秉刚同志审定。林德辉同志负责出版。

本书可供汽车设计、生产、试验人员和企业管理人员阅读、使用，也可供汽车制造和工业企业管理专业师生学习、参考。

汽车可靠性实用手册

美国福特汽车公司北美部编制

长春汽车研究所质量监督检验部编译

*

长春汽车研究所情报部出版、发行
长春市文教印刷厂印装

*

1986年7月 第1版 第1次印刷

吉林省出版事业管理处准印证第6047号

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:470千字

印数:4000 定价:3.80元

• 内部发行 •

前 言

美国福特汽车公司北美部编制的《Reliability Methods》，是一套非常实用的汽车可靠性技术工具书，故我们译作《汽车可靠性实用手册》。原书有31章（有两个十四章，现分为A、B），为了读者查阅方便，我们又加编了常用数学表，列为第三十一章，总共为三十二章。

统观全书，各章既有内在联系，又是各自独立的部分。其内容既涉及汽车可靠性的基本概念、概率统计，又有关于汽车设计与生产过程的可靠性分析及管理技术、数据分析处理方法、可靠性试验方法等。这套方法编写出来后，福特汽车公司在其技术人员中强制普及，推广应用。它为福特汽车产品可靠性的提高打下了很好的基础。现在，这套方法仍为福特汽车公司每个工程师书案上的必备工具书，成了工作指南。

《手册》的每一章都附有供读者自己练习的习题及习题答案，以检查是否已经掌握了最基本的概念与方法。为了便于学习，在编制这本手册的同时，福特汽车公司还制作了一套录像教学片，供培训时使用。这套教学片我们也拟译制。

我国汽车工业正面临大发展的形势，为了提高我国汽车工业水平，大家都十分关注产品的可靠性问题，都在研究、探索提高汽车产品可靠性的技术与方法。为了适应这种需要，我们按照我国读者的阅读习惯，把这本《手册》编译出来，这是一本普及可靠性方法的重要参考资料，以期能为我们所借鉴，并予应用。

由于我们水平有限，在编译过程中，难免有不足和谬误之处，尤对一些专业术语及缩写词汇的翻译，更未必贴切。欢迎读者不吝批评，指正。

趁此机会，向为编制此书和热心帮助我们的美国朋友们，致以谢意！

王 秉 刚

1986年元旦

目 录

第一章 直方图与正态分布	1
A 直方图的构成	1
B 正态分布	3
C 例题与答案	6
D 常用统计量的计算方法	6
第二章 正态概率纸作图	8
A 概 述	8
B 中位秩法 (样本容量 <30)	8
C 累计百分比法 (样本容量 >30)	13
D 借助计算机进行计算	15
第三章 正态概率纸讲解	16
A 概 述	16
B 改变均值, 消除废品	16
C 改变均值, 使超差零件减少到最少	18
D 改变均值并减少偏差, 消除超差零件	18
E 非对称分布、指数分布或双峰分布	18
F 例题与答案	18
第四章 工序能力	24
A 概 述	24
B 确定工序能力的方法	24
1. $\bar{X}-R$ 图工序能力确定法	24
2. 小样本工序能力确定法	26
C 工序能力的影响因素	27
D 计算公式	28
E 例题和解答	29
第五章 验收抽样与工作特性曲线	32
A 概 述	32
B 工作特性曲线 (OC曲线)	32

1. 典型 OC 曲线	32
2. 增加抽样容量的影响	33
3. 增加判定数的影响	34
4. 增加批容量的影响	34
5. 厂方风险 (α) 与用方风险 (β)	35
C 平均输出质量曲线 (AOQ 曲线)	36
1. 典型 AOQ 曲线	36
2. 改变抽样容量、判定数与批容量的影响	38
D 习题与答案	38
附: 福特批抽样方法	39
第六章 质量控制图表	41
A 概 述	41
B 控制图表的类型	42
C 控制图表的限值	43
D 控制限值的确定——例题	44
E 符号表	45
F 例题与答案	45
第七章 分时计算机的使用及可靠性程序	48
A 概 述	48
B 福特分时计算机系统的终端操作说明	48
C 通用库里计算机程序	51
1. 一般统计分析	52
2. 两种数据的对比统计分析	52
3. 曲线拟合分析	53
4. 加工过程分析及方差分析	54
5. 威布尔统计分析	55
D 例题与答案	55
第八章 点估计与区间估计	57
A 概 述	57
B 比率的区间估计	57
C 比率区间估计曲线图	57
D 可靠度估计	59
1. 估计最低合理可靠度	59
2. 确定最小样本容量	60
E 可靠度计算尺	60
1. 估计最低合理可靠度	61

2. 确定最小样本容量	61
F 均值的区间估计	61
1. Lord- L_1 统计法	62
2. 学生 T 统计法	63
G 例题	64
附图:	64
1. 比率区间曲线图	65
2. 概率估计曲线图	66
第九章 设计鉴定、生产认证和生产过程试验	68
A 概述	68
B 设计鉴定	70
C 生产认证	71
D 生产过程试验	72
E DV 计划和报告的推荐格式	73
F 习题与答案	73
第十章 比较两个设计或工艺——变量数据	76
A 概述	76
B 超越数检验法	77
C Lord 检验法	78
D T 检验法	79
E 例题	79
第十一章 比较两个设计——特征数据	80
A 概述	80
B 比较两个百分数	81
C 比较观测的百分数与理论的百分数	81
D 习题	84
第十二章 在威布尔概率纸上作图	86
A 概述	86
B 完全子样试验故障数据的处理	86
C 不完全子样试验故障数据的处理	87
D 使用故障数据的处理	90
E 威布尔斜率	93
F 计算机程序 (WEIBUL)	93
G 习题	95

第十三章 可靠性预测	98
A 概 述	98
B 可靠性预测要求	98
C 可靠性预测方法	99
D 可靠性预测方法的有限性	102
E 可靠性预测的训练辅助工具	102
F 习题与答案	102
第十四章 (A) 故障模式及后果分析 (FMEA 技术)	104
A 概 述	104
B FMEA 的关键步骤	104
C FMEA 实例	105
D 完成 FMEA 的几点说明	105
E FMEA 工作图表	106
F 例题与答案	110
第十四章 (B) 生产过程故障模式及后果分析 (FMEA)	111
A 概 述	111
B FMEA 说明	111
C 生产过程中 FMEA 应用实例	112
D 完成 FMEA 的填表说明	112
E 习题与答案	118
第十五章 设计评审	120
A 设计评审的意义	120
B 设计评审的内容	120
C 按统一的时间表进行设计评审	121
D 可靠性在设计评审中的作用	121
E 设计评审—子系统计划情况摘要	122
第十六章 可靠性工程计划	124
A 概 述	124
B 目 标	125
C 实施计划	125
1. 设计分析	125
2. 设计论证	125
3. 制造工艺定型	126
D 控 制	126

E 产品设计大纲可靠性计划 (方框图在第 131 页)	126
F 可靠性计划 (表格式样)	126
G 可靠性计划存在问题 (表格式样)	130
第十七章 试验设计 (一)	131
A 概 述	131
B 试验计划	131
C 试验设计	132
D 控制试验设计	134
E 试验结果分析	134
F 例题与答案	135
第十八章 试验设计 (二)	137
A 试验设计应注意的几个问题	137
B 试验设计方法举例	138
1. 析因设计	138
2. 拉丁方格设计	139
3. 响应平面设计	140
C 常规与现代试验设计方法的比较	141
D 习题与答案	142
第十九章 可靠性问题报告和检测系统	143
A 概 述	143
B 短里程 (0—12000 英里) 试验	143
1. 保修期使用报告	144
2. 早期质量报告	144
3. 快速道路可靠性试验报告	146
C 长里程 (12000 英里以上) 试验报告	146
1. 可靠性检测系统 (RMS) 报告	147
2. Peterson, Howell 和 Heather 报告	147
3. 快速道路可靠性试验报告	151
4. 试验场耐久性试验报告	151
D 可靠性问题报告目录	151
第二十章 可靠性工艺规划	153
A 概 述	153
B 可行性分析	153
C 工艺设计	155

D 工艺管理	156
E 工艺故障模式及后果分析 (FMEA)	156
F 效能评定	156
G 生产认证	158
H 小 结	158
I 例题与答案	158
第二十一章 协作品供应可靠性规划	159
A 概 述	161
B 协作品供应可靠性规划的工作步骤	161
C 可行性分析	161
D 工艺管理	163
E 工艺故障模式及后果分析 (FMEA)	164
F 效能评定	164
G 生产认证	165
H 小 结	166
I 例题与答案	167
第二十二章 相关分析与回归分析	169
A 概 述	169
B 最小二乘法	170
C 相关系数	172
D 计算机程序	173
E 例题与答案	174
第二十三章 应力—强度干涉	176
A 概 述	176
B 应力—强度干涉	176
C 公差统计方法	179
D 非正态分布数据的处理	180
E 例题与答案	183
第二十四章 可靠性问题的定义与改进	184
A 概 述	184
B 问题定义	184
1. 列出问题的清单	184
2. 研究可能的原因	185
3. 确定最可能的原因	185
4. 验证问题的定义	186

C 问题的解决措施	186
1. 预测潜在的问题	186
2. 确定可能的原因	187
3. 采取预防措施	187
4. 改进措施的论证	187
D 问题定义工作表	188
第二十五章 可靠性统计学用表	190
第二十六章 可靠性与概率	191
A 可靠性	191
B 概 率	191
1. 概率是什么	191
2. 应用概率的示例	192
3. 概率论中使用的符号	192
4. 互不相容事件	193
5. 概率的简单加法定律	193
6. 条件概率	194
7. 概率独立	195
8. 概率的简单乘法定律	195
9. 概率的通用乘法定律	195
10. 概率的通用加法定律	196
C 例题与答案	196
第二十七章 离散概率分布与连续概率分布的基础知识	201
A 离散型数据与连续型数据	201
B 概率严谨定义	202
C 计算(初等组合数学)	203
D 求和技术	205
E 习题与答案	207
第二十八章 离散型概率分布	212
A 概 述	212
B 概率函数	212
C 累积概率分布函数	213
D 离散型随机变量的均值	215
E 离散型随机变量的方差和标准差	215
F 习题与答案	216

第二十九章 特殊的离散概率分布	220
A 概 述	220
B 二项分布	220
C 多项式分布	221
D 超几何概率分布	222
E 泊松分布	223
F 问题与解答	227
第三十章 简化方差分析方法 (SANOVA)	236
A 概 述	236
B 一个问题	236
C 数学模型	238
D 通用线性模型	241
E 用线性方程评价抗氧化剂试验	241
F 问题的解	241
G SANOVA 计算过程	244
H 简化方差分析结论	252
附: “t” 准则的临界值	253
第三十一章 可靠性常用数学用表	255
1. 单边置信度为90%时的可靠度下限 R_L 表	255
2. 求定时截尾的双边 (单边) 置信限时 $\widehat{MTBF}$ 系数表	256
3. 求定数截尾的双边 (单边) 置信限时 $\widehat{MTBF}$ 系数表	257
4. 百分比等级表	258
5. 中位秩数表	262
6. χ^2 分布表	264
7. 正态分布表	269
8. t 分布表	275
9. 二项分布表	280
10. F 分布表	285
11. 泊松分布表	288
12. 伽玛分布表	294
13. 指数函数表	296

第一章 直方图与正态分布

内容提要: 本章重点论述直方图的画法、用途和正态分布的主要特征。为使读者能够独立进行计算,特列举了例题,说明了一些常用统计量的计算方法。

A 直方图的构成

直方图是变量数据的一种图形表示法。下面介绍一下构成直方图的要点,并交待如何将变量数据整理成直方图的方法。

下表数据是记录在录像磁带里的第一组测量值。

80 个 测 量 数 据 (直 径 值)

2.45	2.46	2.36	2.45
50	51	33	46
52	43	40	43
57	29	37	38
48	42	38	56
40	33	46	31
62	40	35	39
56	33	37	38
51	44	53	28
48	43	34	58
23	35	43	60
48	43	34	47
61	45	29	26
40	53	67	36
50	41	45	45
50	32	43	48
28	41	55	63
35	49	25	58
42	26	44	62
42	47	39	56

上述数据的直方图作法及分析步骤如下：

1. 制作这些数据的散点图 首先，将观测值由小到大等距标在水平数轴上，然后将每一个观测值分别以点（或×）标在数轴上方（见图 1—1）。

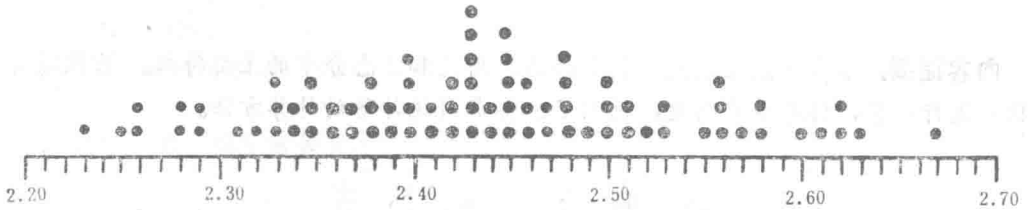


图 1—1

2. 制作这些数据的直方图 在图 1—1 的数轴左边画一垂直轴，并等分，表示观测值出现个数，在垂直数轴每个值上边画一条横线，这条横线的高度即表示数据的重复个数。把这些数据分成若干组或几个区间，就可得到一个表示数据分布的清楚图形，这就是直方图（见图 1—2）。

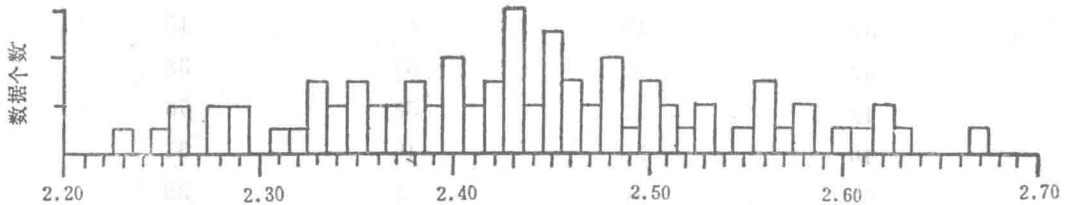


图 1—2

3. 制作这些数据的直方图时，水平数轴上每组数据的宽（横线的宽）取 5 个单位，并将其分成 5 个单位的间隔。把数据分组，例如：

2.20~2.25 组有 1 个数据（2.23）；

2.25~2.30 组有 7 个数据（2.25, 2.26, 2.28, 2.28, 2.29, 2.29）。

将组边界观测值（如 2.25）放在较大的那个区间里。在每组上边画一横线使其高度与这组数据的个数成正比（见图 1—3）。

4. 把上述直方图连成一条光滑的曲线（见图 1—4）。

如果这条曲线为钟形对称（如图 1—4），则认为这组数据就服从正态分布。

5. 直方图可直观提供如下一些信息：

- ① 这些观测值均值的估计值，或者说是观测值所趋向的值；
- ② 这些观测值偏差的估计值；
- ③ 极限观测值，即最大值与最小值；
- ④ 有关观测值分布的感性认识。

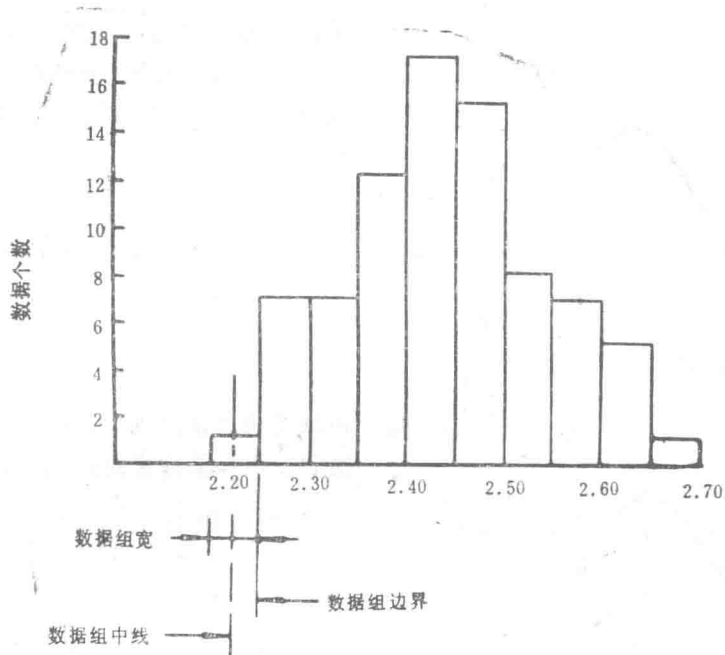


图 1—3

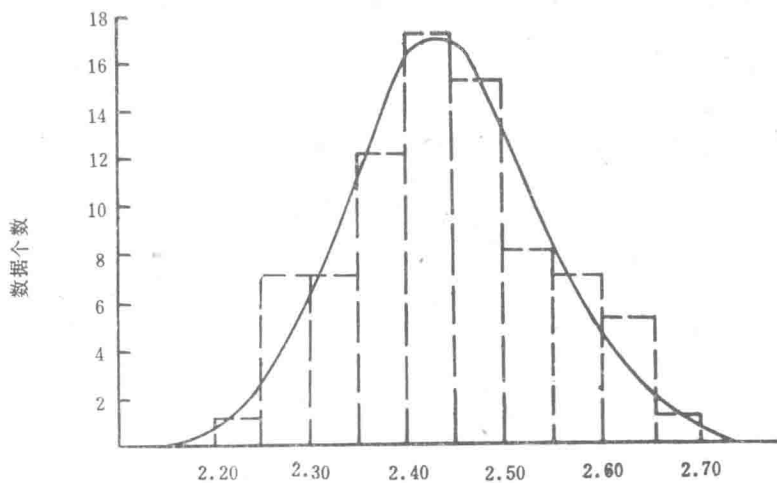


图 1—4

B 正态分布

许多工程和制造过程中的数据都服从正态分布。正态分布的主要特征包括有：

1. 正态分布图形是对称的钟形曲线（见图 1—5）。

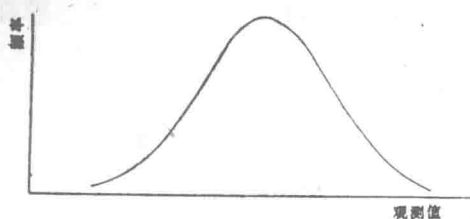


图 1—5

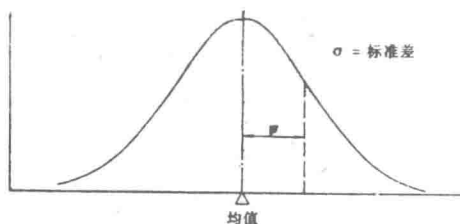


图 1—6

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{极差}}{\sqrt{n}}$$

式中 n —样本容量。

d_2 与 $\sqrt{n}$ 如下表所示，它们十分相近。

根据极差估计标准差的系数

(n)	d_2	$\sqrt{n}$
2	1.128	1.414
3	1.693	1.732
4	2.059	2.000
5	2.326	2.236
6	2.534	2.449
7	2.704	2.645
8	2.847	2.828
9	2.970	3.000
10	3.078	3.162
12	3.259	3.464
15	3.472	3.873
20	3.735	4.472

2. 正态分布完全可以用两个特征值—均值和标准差描述（见图 1—6）。
3. 均值是数据所围绕的值，也即是平衡值。它由下式计算：

$$\text{均值} = \frac{\text{全部观测值之和}}{\text{观测值的个数}}$$

$$\text{或 } \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

4. 标准差是数据波动程度的度量。估计标准差的一个简单方法是：

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{极差}}{d_2}$$

式中 $\hat{\sigma}$ —标准差估计值（ $\wedge$ 表示估计值）；

d_2 —与样本容量有关的系数；

极差—最大值与最小值之差。

样本容量是 2—10 时，估计标准可用下式计算：

举例 估计下列数据的标准差。

数 据	
0.835	0.831
0.829	0.830
0.833	0.825 (最小值)
0.835	0.833
0.842 (最大值)	0.838
样本容量 $n = 10$	

用 d_2 法求：

当 $n = 10$ 时， $d_2 = 3.078$ ，则

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{极差}}{d_2} = \frac{0.842 - 0.825}{3.078} = 0.0055$$

用 $\sqrt{n}$ 法求：

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{极差}}{\sqrt{n}} = \frac{0.842 - 0.825}{\sqrt{10}} = 0.0054$$

计算标准差的精确方法将在 D 中介绍。从理论上讲，对于样本容量大于 10 的数据，应使用精确的方法，但在工程上，仍沿用 d_2 法，而不强求使用准确的方法。

5. 标准差 σ 可以用来推算落在一个给定区间里的数据占总体的百分率。图 1—7 曲线描绘了正态曲线的基本特征。

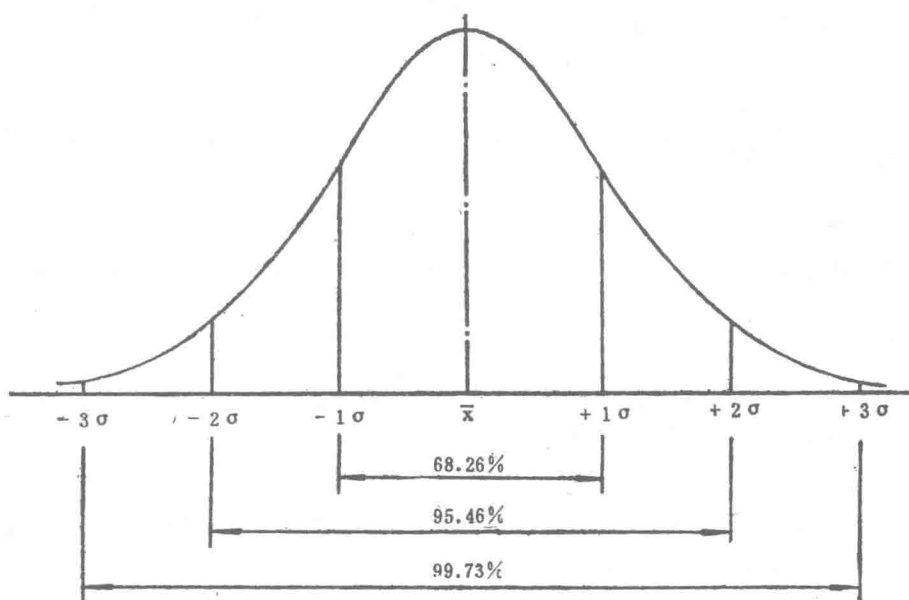


图 1—7