



商 鞅

(前 395—前 338)

强国知十三数……

欲强国,不知国十三数,

地虽利,民虽众,国愈弱至削。

——《商君书》

第 3 章 Minitab 统计分析与应用

本章介绍 Minitab 软件的主要功能、基本操作及其在数据统计分析中的应用,主要包括图形分析、统计过程控制、过程能力分析和抽样检验。



本章能力目标

- 了解 Minitab 软件的基本功能和操作。
- 熟悉质量管理常用图形工具。
- 掌握直方图、因果图、排列图、散点图、3D 散点图、3D 曲面图绘制及应用。
- 掌握控制图的原理及其应用。
- 掌握利用 Minitab 绘制直方图、因果图、排列图、散点图、3D 散点图、3D 曲面图和控制图的方法。
- 熟悉过程能力分析的基本概念,掌握利用 Minitab 进行过程能力分析。
- 熟悉利用 Minitab 进行抽样检验。

3.1 Minitab 软件简介

Minitab 软件是现代质量管理统计分析的领先者,全球六西格玛实施的共同语言,以丰富的功能和简易的可视化操作深受质量管理者和统计专家的青睐。Minitab 是众多统计分析软件当中比较简单易懂的软件之一,特别是在质量管理方面的应用是比较适合的,一般的数据分析和图形处理都可以应付自如。其特点是:操作简便,软件兼容性能好,功能多,精度高,对硬件的要求低,有最新的现代化图表引擎、强大的宏等功能。

3.1.1 Minitab 基本功能

Minitab 软件中的统计分析模块是该软件最核心的部分,主要包括以下功能菜单:

(1) 基本统计量。该功能菜单包括了描述性统计量,单样本、双样本以及配对检验,单比率和双比率检验,单方差和双方差的假设检验,相关系数和协方差计算,正态性检验以及泊松分布的拟合优度检验。

(2) 回归。该功能菜单包含了一般回归、逐步回归、最佳子集回归、拟合线图回归、偏最小二乘回归、二进制 Logistic 回归、顺序 Logistic 回归以及名义 Logistic 回归。

(3) 方差分析。该功能菜单包含了单因子方差分析、双因子方差分析、平均值分析、平衡方差分析、一般线性模型、完全嵌套方差分析、平衡多元方差分析、一般多元方差分析、等方差检验、区间图、主效应图以及交互作用图。

(4) 试验设计(DOE)。该功能菜单包含了因子设计、响应曲面设计、混料设计以及田口方法。

(5) 控制图。该功能菜单包含了 Box-Cox 变换、子组的变量控制图、单值的变量控制图、属性控制图、时间加权控制图以及多变量控制图。

(6) 质量工具。该功能菜单包含了运行图、Pareto 图(排列图)、因果图、能力分析、量具分析、属性一致性分析、按属性与变量进行抽样检验、多变异图以及对称图。

(7) 可靠性/生存。该功能菜单包含了检验计划、分布分析、保证分析、可修复系统分析、加速寿命数据的回归分析以及概率单位分析。

(8) 多变量。该功能菜单包含了主成分分析、因子分析、项目分析、观测值聚类、变量聚类、K-均值聚类、判别分析、简单对应分析以及多变量对应分析。

(9) 时间序列。该功能菜单包含了时间序列图、趋势分析以及分解、移动平均、单指数平滑、双指数平滑、Winter 方法、差分以及滞后、自相关、偏自相关、互相关以及综合自回归移动平均(ARIMA)。

(10) 表格。该功能菜单包含了单变量计数、交叉分组表和卡方表、卡方拟合优度检验(单变量)、卡方检验(工作表中的双向表)以及描述性统计表。

(11) 非参数。该功能菜单包含了单样本符号、单样本 Wilcoxon、Mann-Whitney 检验、Kruskal-Wallis 检验、Mood 中位数检验、Friedman 检验、游程检验、配对平均数、配对差以及配对斜率的计算。

Minitab 软件的 R16 版本,不仅具有详细的中文帮助信息,还新增了更具人性化的“协

助”功能。因此,读者可以结合其中文帮助信息和协助功能更加全面地了解和掌握该软件的基本操作。

3.1.2 Minitab 基本操作

1. 操作界面简介

运用 Minitab 软件进行数据分析时,需要使用各种窗口和工具,下面是 Minitab R16 操作界面的主要组成部分,如图 3-1 所示。



图 3-1 Minitab 软件操作界面

- (1) 会话窗口：显示诸如统计报表之类的输出文本。
- (2) 数据窗口：可以输入、修改数据和查看每个工作表的数据列。
- (3) 图形窗口：显示各种输出的图形。
- (4) 菜单栏：包含了文件、编辑、数据、计算、统计、图形、编辑器、工具、窗口、帮助模块，其中每个模块包含了很多子菜单。
- (5) 工具栏：包含了打开项目、保存项目、打印窗口、剪切、复制、粘贴等一些基本功能的快捷方式。

2. 常用数据操作

1) 堆叠

当某个指标受到一些因子影响时,统计表中常把指标值排成若干列,某个因子的水平成为每列的“变量名”(表头),但是 Minitab 分析数据时经常希望把指标的值排成一列,对应因子的水平排在另一列。这时可以通过“堆叠列”功能,把原始数据集变成 Minitab 便于接受

的数据。

例如,采用 3 种测试方案(A、B、C),各测试 2、3、3 次,得到的质量指标位于如图 3-2 所示工作表的 C1~C3 列。执行“堆叠列”操作后,测试方案排成一列(图 3-2 中 C4 列),对应指标排成另一列(图 3-2 中的 C5 列)。

+	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6
	A	B	C	方案	指标	
1	22	44	77	A	22	
2	33	55	88	A	33	
3		66	99	B	44	
4				B	55	
5				B	66	
6				C	77	
7				C	88	
8				C	99	
9						

图 3-2 堆叠列操作的原始数据和结果

其操作过程如下:在工作表中添加两列,变量名分别命名为“方案”和“指标”。选择“数据”→“堆叠”→“列”命令,弹出“堆叠列”对话框,设置如图 3-3 所示,单击“确定”按钮,这时工作表上 C4 和 C5 就是堆叠出的列,如图 3-2 所示。



图 3-3 “堆叠列”对话框

2) 转置

有时工作表中的数据是横排的,需要将其竖排;有时工作表中的数据是竖排的,需要将其横排。这时可以选择“数据”→“转置列”命令,进入“转置列”对话框(如图 3-4 所示),进行列或行的转置,原始数据和结果如图 3-5 所示。

Minitab 其他基本数据操作还包括排序、排秩、产生随机数、公式计算、矩阵操作等,并不复杂,兹不赘述。



图 3-4 “转置列”对话框

+	C1	C2	C3	C4	C5-T 标签	C6	C7	C8
1	11	22	33	44	C1	11	11	11
2	11	22	33	44	C2	22	22	22
3	11	22	33	44	C3	33	33	33
4					C4	44	44	44

图 3-5 转置列操作的原始数据和结果

3.2 图形分析

一张好的图表胜过冗长的文字描述。分析数据时,经常要画一些图形,以便直观和全局地分析这些数据,从而得到信息的形象化表达。下面重点介绍如何用 Minitab 方便地绘制这些图形,并进行图形分析。

3.2.1 直方图

1. 直方图的概念

直方图(histogram)又称质量分布图、频数分布图、柱状图,是质量控制中常用的一种统计分析工具。直方图通过对大量质量数据的收集、整理与分析,找出质量的分布情况和统计规律,以便于对其总体的分布特征进行判断,从而对过程质量水平及其变化情况作出推断。

2. 直方图的用途

直方图是用来整理数据,找出其规律性的一种常用方法,其作用可以概括为以下 3 点:

- (1) 显示各种质量特性值出现的频率。
- (2) 揭示质量数据的中心、分布及形状。
- (3) 初步判断质量数据的分布。

3. 直方图的绘制

【例 3-1】 某型飞机主液压泵在 200h 工作时间内,100 台主液压泵发生故障的时间(小时)如表 3-1 所示。根据表中数据作出频数直方图。

表 3-1 某型飞机主液压泵故障时间

71	152	82	50	175	133	99	161	181	28
110	126	92	155	48	88	22	153	126	110
155	134	91	73	89	54	149	127	138	15
64	45	99	123	87	125	125	76	12	10
170	116	148	93	56	144	106	87	95	24
151	102	59	64	137	48	91	68	136	35
37	51	105	88	133	33	65	98	63	79
112	95	43	190	39	53	53	141	39	77
61	75	115	91	127	86	39	102	75	101
179	115	109	112	102	158	147	146	162	119

(1) 收集数据。

一般都要随机抽取 50 个以上的质量特性数据,最少不得少于 30 个。

(2) 求极差(R)。

找出数据中的最大值 $x_{\max}$ 和最小值 $x_{\min}$,并计算出极差 R 。本例 $x_{\max}=190,x_{\min}=10$,则 $R=x_{\max}-x_{\min}=190-10=180$ 。

(3) 确定组数(k)。

组数通常用 k 表示, k 与数据量 n (样本容量)有关。通常,组数 k 可参照表 3-2 确定。在 n 很大时,亦可按斯特科(Sturges)经验公式 $k=1+3.3\lg n$ 或 $k=\sqrt{n}$ 来确定组数。本例 $n=100$,取 $k=9$ 。

表 3-2 样本数和组数参考值

样本数	$n<50$	$50\leq n<100$	$100\leq n<250$	$n\geq 250$
组 数	5~7	6~10	7~12	10~20

注意：分组过少会掩盖数据的波动分布情况,不能准确绘出数据分布规律;分组过多会过分突出数据的随机性,可能使各子区间的数据频数参差不齐,亦不能准确反映整体的统计规律。由于正态分布是对称的,故常取组数为奇数。

(4) 计算组距(h)。

组距即组与组之间的间隔量,等于极差除以组数,即 $h=\frac{x_{\max}-x_{\min}}{k}$ 。

本例 $h=\frac{190-10}{9}=20$ 。也可以采用不等距分组。

(5) 确定组限。

组的上下界限值称为组限值,从含有最小值的直方起到含有最大值的直方止,依次确定

直方界限值。为了避免一个数据可能同时属于两个组,不妨规定各组区间为左闭右开(当然亦可规定左开右闭),并保证最小值落在第一组内,最大值落在最末一组内:

$$[a_0,a_1),[a_1,a_2),\cdots,[a_{k-1},a_k]$$

在等距分组时, $a_1=a_0+h$, $a_2=a_1+h,\cdots,a_k=a_{k-1}+h$ 。

首先确定第一组的组限值,不妨取最小值 $x_{\min}$ 为第一组下限值, $x_{\min}+h$ 即为第一组上限值,同时成为第二组的下限值,依次类推。本例中样本数据最小值为 10,则 $a_0=x_{\min}=10$,依次类推: $a_1=30,a_2=50,\cdots$ 。

注意: 为了避免数据落在组限上,组限值的最小单位可选取最小单位的一半。如本例中最小单位为 1,故可取组限的最小单位为 0.5,于是第一组的下限值可取 $x_{\min}=-0.5$ 。

(6) 统计各组的频数。

确定分组和组限后,统计每组的频数,即落在每组中数据的个数,如表 3-3 所示。

表 3-3 频数统计表

组序	分组区间	频数	组序	分组区间	频数
1	0~30	6	6	110~130	15
2	30~50	10	7	130~150	12
3	50~70	13	8	150~170	8
4	70~90	14	9	170~190	5
5	90~110	17			

(7) 画直方图。

以纵坐标为频数(或频率),横坐标为组距,画出一系列的直方形就是直方图,图中直方形的高度为数据落入该直方形范围的个数(或频率)。

由图 3-6 可以看出,该机型主液压泵故障时间变量很可能服从正态分布,维修过程处于控制状态,并为进一步推断准确分布提供了线索。

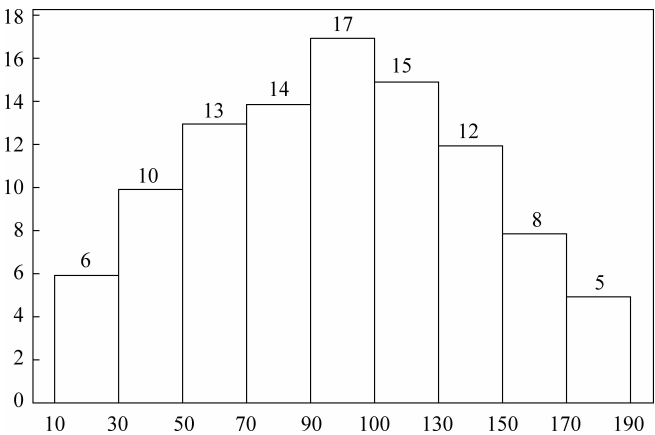


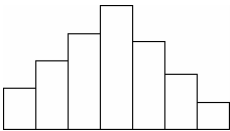
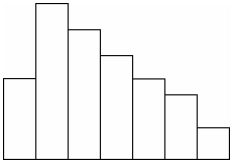
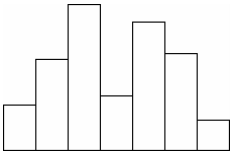
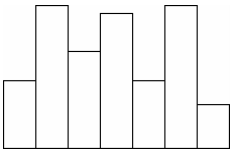
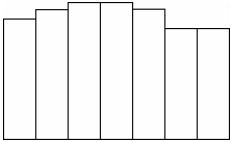
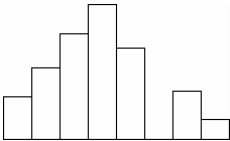
图 3-6 主液压泵发生故障时间频率直方图

应用直方图,可以判断出维修质量是否在可控状态,是否存在问题。但若要分析原因,确定存在的各种问题,需要应用因果图、散点图等。

4. 直方图的观察与分析

常见直方图如表 3-4 所示。

表 3-4 直方图的基本形态与分析

直方图形态	分析和判断
 标准型	标准型直方图具有“中间高,两边低,左右对称”的特征。数据大体上呈正态分布,这时可判定工序处于稳定状态
 偏态型	偏态型直方图是指图的顶峰有时偏向左侧,有时偏向右侧。由于某种原因使下限受到限制时,容易发生偏左型。如,用标准值控制下限或由于工作习惯都会造成偏左型。由于某种原因使上限受到限制时,容易发生偏右型。如,用标准值控制上限或由于工作习惯都会造成偏右型
 双峰型	直方图中出现了两个峰,这是来自两个总体、两个分布的数据混合在一起造成的。如,两种有一定差别的原料所生产的产品混合在一起,或者就是两种产品混在一起。此时应当加以分层
 锯齿形	直方图出现凹凸不平的形状,这是作图时数据分组太多、测量仪器误差过大或观测数据不准确等造成的。此时应重新收集数据和整理数据
 平顶型	直方图没有突出的顶峰,呈平顶型,形成这种情况一般有 3 种原因。①与双峰型类似,由于多个总体、多种分布混在一起。②由于生产过程中某种缓慢的倾向在起作用,如工具的磨损、操作者的疲劳等。③质量指标在某个区间中均匀变化
 孤岛型	在主体直方图的左侧或右侧出现孤立的小块,像一个孤立的小岛。出现孤岛型直方图,说明有特殊事件发生(如测量有误等)

5. Minitab 绘制直方图

【操作步骤】

(1) 录入数据。将表 3-1 中的 100 个数据输入 Minitab 工作表的 C1 列。

(2) 绘制直方图。选择“图形”→“直方图”命令，弹出“直方图”对话框，选择“包含拟合”，如图 3-7 所示，单击“确定”按钮进入“直方图-包含拟合”对话框，如图 3-8 所示。将 C1 选为“图形变量”(功能是以 C1 列的数据绘制直方图)，单击“确定”按钮可得到直方图，如图 3-9 所示。

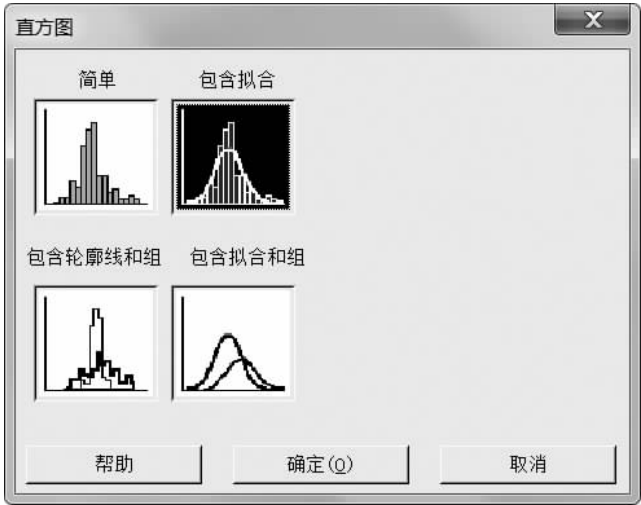


图 3-7 “直方图”对话框

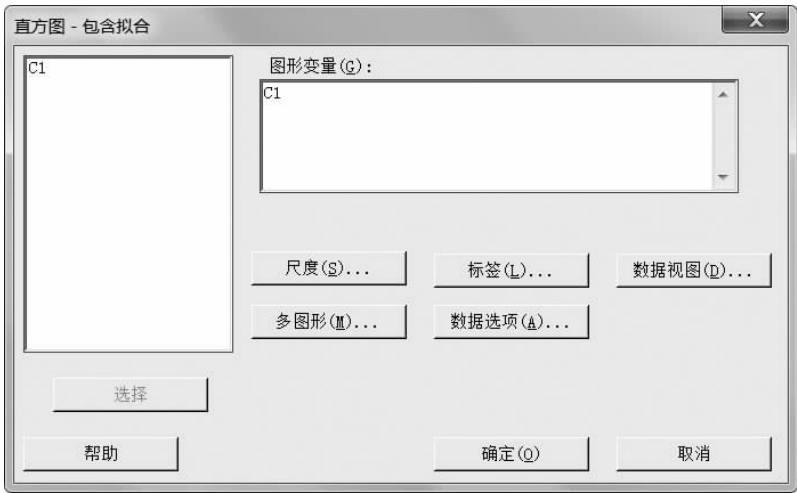


图 3-8 “直方图-包含拟合”对话框

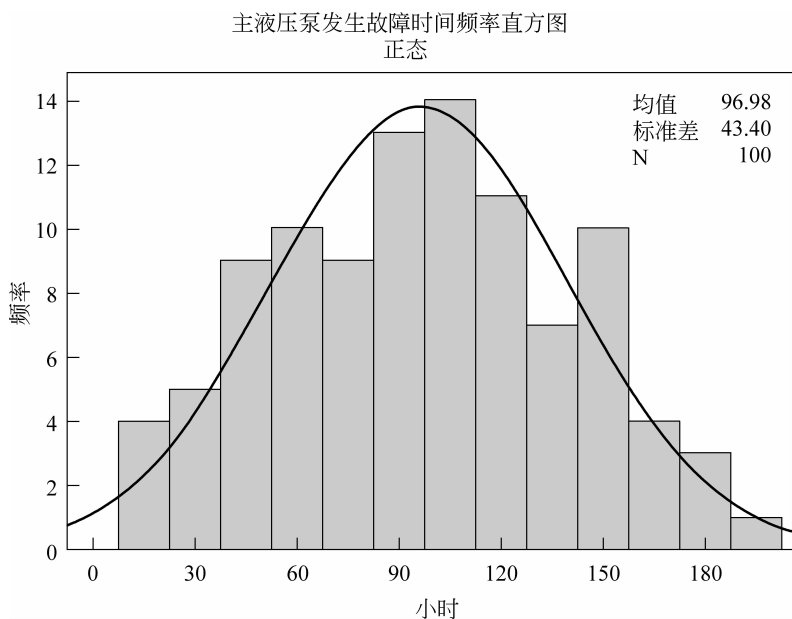


图 3-9 默认设置生成的直方图

(3) 定制直方图。在直方图上双击“条形”，弹出“编辑条形”对话框，如图 3-10 所示。选择“区间”标签，设置“区间类型”为“割点”，“区间数”为 9，如图 3-11 所示，然后单击“确定”按钮，生成如图 3-12 所示的直方图。

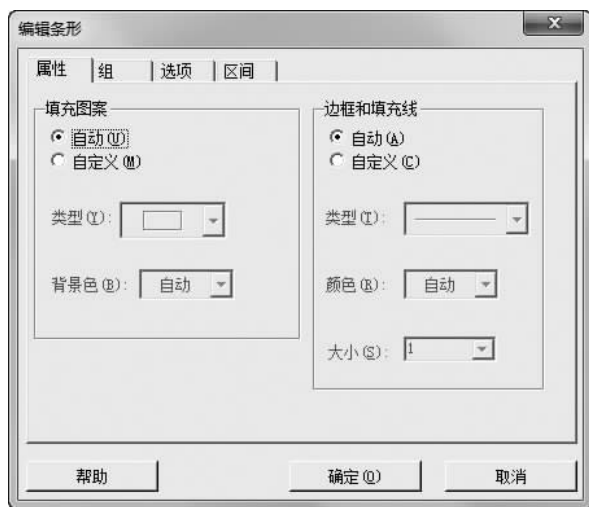


图 3-10 “编辑条形”对话框

当然也可以在直方图上双击拟合曲线，选择其他拟合曲线类型，如威布尔分布 (Weibull)，如图 3-13 所示。



图 3-11 在“编辑条形”对话框中设定区间

主液泵泵发生故障时间频率直方图
正态

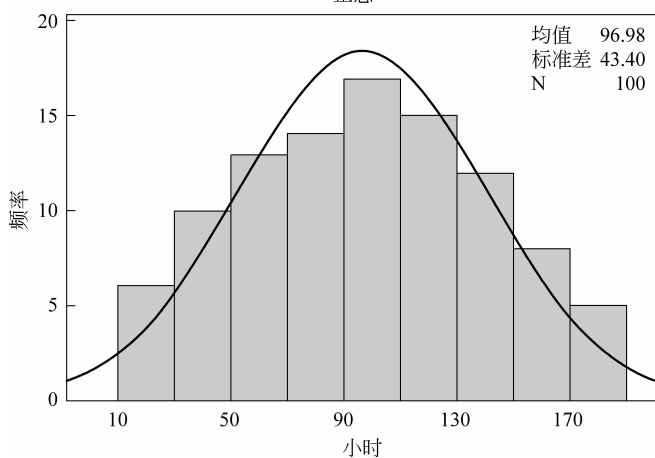


图 3-12 修改区间数设置后生成的直方图

主液泵泵发生故障时间频率直方图
Weibull

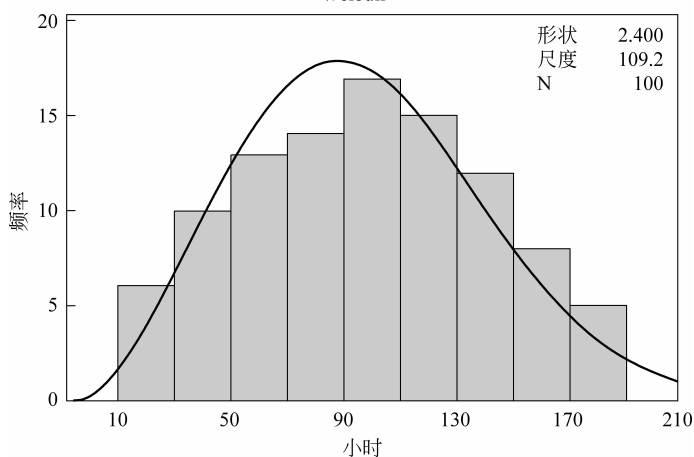


图 3-13 修改拟合曲线设置后生成的直方图

3.2.2 因果图

1. 因果图的概念

因果图(cause & effect diagram)是由日本著名质量管理专家石川馨(Kaoru Ishikawa)先生于 1943 年提出的,故又名石川图,亦称为特性因素图、鱼刺图、鱼骨图、树枝图。因果图是表示质量特性与原因的关系的图,主要用于寻找质量问题产生的原因,并分析原因与结果之间的关系。即通过层层深入的分析研究来找出影响质量的原因,从交错复杂的大量影响因素中理出头绪,逐渐地把影响质量的主要的、关键的、具体的原因找出来,从而明确所要采取的措施。

在航空维修管理中,对故障或维修中发生的问题,常用因果图从错综复杂的影响因素中全面查找原因,并从大到小、追根溯源地找出问题产生的直接原因。

因果图由质量问题 and 影响因素两部分组成。图中主干箭头所指的为质量问题,主干上的大枝表示大原因,中枝、小枝、细枝等表示原因的依次展开。其基本图形如图 3-14 所示。在实际应用中,大部分问题的原因可归纳为六大类,即人员 (Man)、设备 (Machine)、材料 (Material)、方法 (Method)、测量 (Measurement)、环境 (Environment),简称 5M1E。

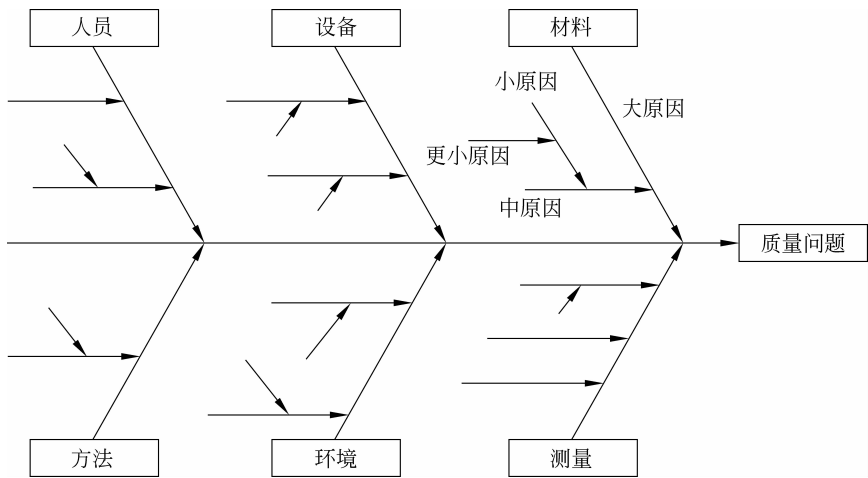


图 3-14 因果图示意图

2. 因果图的绘制

- (1) 确定待分析的质量问题,将其写在图右侧的方框内,画出主干,箭头指向右端。
- (2) 确定该问题中影响质量原因的分类方法。一般对于工序质量问题,常按 5M1E 进行分类。对应每一类原因画出大枝,箭头方向从左到右斜指向主干,并在箭头尾端写上原因分类项目。
- (3) 将各分类项目分别展开,每个大枝上分出若干中枝表示各项目中造成质量问题的一个原因。中枝平行于主干箭头,指向大枝。
- (4) 将中枝进一步展开成小枝。小枝是造成中枝的原因,依次展开,直至细到能采取措

施为止。

(5) 找出主要原因,并用符号明显地标出,作为质量改进的重点。

3. 绘制因果图的注意事项

(1) 分析大原因时,主要采用 5M1E 方法。但在实际使用时,应根据采用具体情况适当增减项目,不限于 5M1E。

(2) 最后细分出来的原因应是具体的,便于采取措施。

(3) 发扬民主,集思广益,畅所欲言。一般以开展质量分析会的形式对原因进行分析,力求分析结果无遗漏。

(4) 如果主要原因不是特别明显,可以用排列图等方法来确定主要原因。

(5) 针对主要原因可列出措施表,以便解决问题。

【例 3-2】 以某部队发生的 89 次机务责任飞行事故征候为研究对象作因果图,原因分类统计如表 3-5 所示。

表 3-5 机务责任飞行事故征候原因

错 装 忘 装	带外来物飞行	超 寿 使 用	排故不彻底
技术上不懂	岗位职责不明确	查阅文件不认真	技术水平低
交接不清	外部干扰	业务水平低	检查不全面
分工不具体	粗枝大叶		
工作不认真			
未按规定检查复查			

其中,业务水平低包括:不知道寿命件,不会算寿命期。

根据给出的数据绘制的因果图如图 3-15 所示。

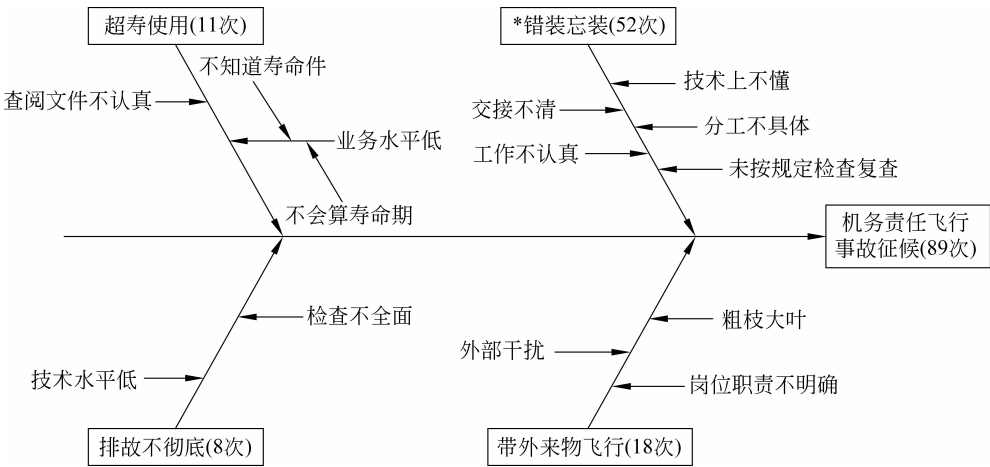


图 3-15 机务责任飞行事故征候因果图

有了机务责任飞行事故征候因果图,影响机务责任事故征候各层次的原因可以直观展现,为进一步从多角度、多侧面分析原因提供了有力的工具。

4. Minitab 绘制因果图

【操作步骤】

(1) 录入数据。将表 3-5 中的数据录入 Minitab 工作表的 C1~C5 列,如图 3-16 所示。

机务责任飞行事故征候.MTW ***					
↓	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T	C5-T
	错装忘装	带外来物飞行	超寿使用	排故不彻底	业务水平低
1	技术上不懂	岗位职责不明确	查阅文件不认真	技术水平低	不知道寿命件
2	交接不清	外部干扰	业务水平低	检查不全面	不会算寿命期
3	分工不具体	粗枝大叶			
4	工作不认真				
5	未按规定检查复查				
6					

图 3-16 机务责任飞行事故征候工作表

(2) 绘制因果图。选择“统计”→“质量工具”→“因果”命令,弹出“因果图”对话框,在“原因”栏中选入“错装忘装”、“带外来物飞行”、“超寿使用”和“排故不彻底”,在“标签”栏下录入“错装忘装”、“带外来物飞行”、“超寿使用”、“排故不彻底”,在“效应”栏录入“机务责任飞行事故征候(89 次)”,在“标题”栏录入“机务责任飞行事故征候因果图”,如图 3-17 所示。因为“超寿使用”中的“业务水平低”又进一步分支(子分支),单击“超寿使用”后的“子…”,弹出“因果图-子分支”对话框,在其中第 2 行(业务水平低)的“原因”空格中选入“业务水平低”,如图 3-18 所示。单击“确定”按钮,回到“因果图”对话框。再单击“确定”按钮,得到因果图,如图 3-19 所示。



图 3-17 “因果图”对话框

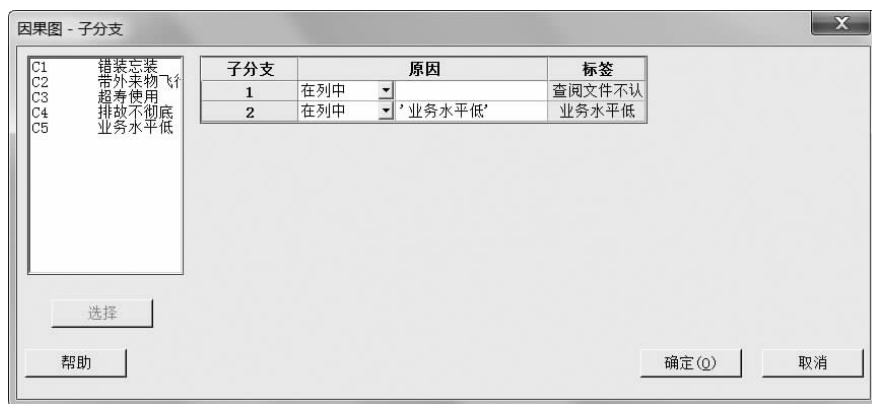


图 3-18 “因果图-子分支”对话框

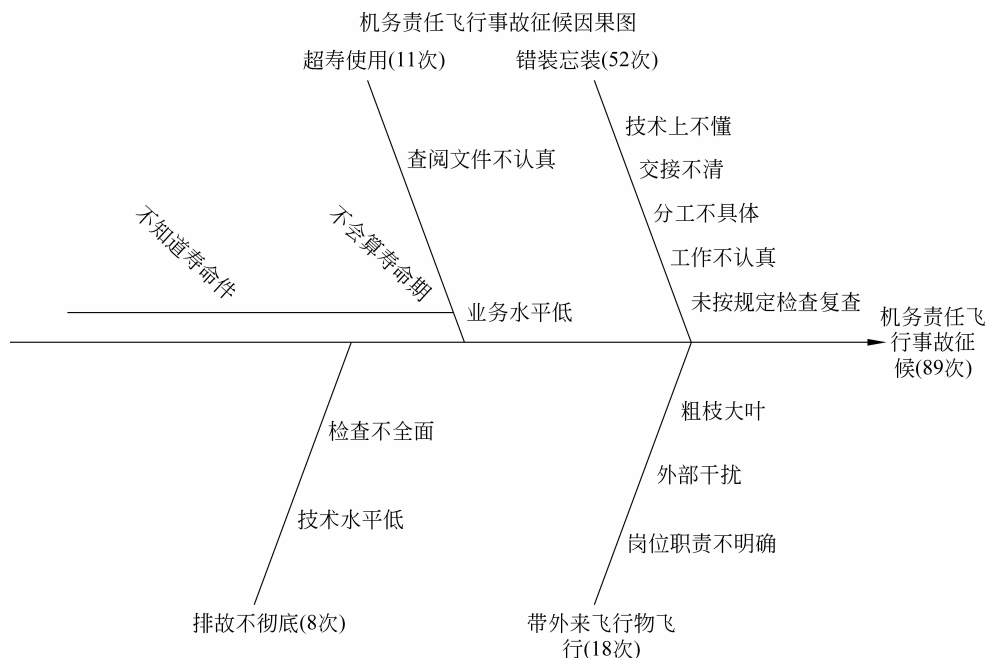


图 3-19 利用 Minitab 绘制的机务责任飞行事故征候因果图

3.2.3 排列图

1. 排列图的概念

排列图(Pareto diagram)又称为主次因素分析图或帕累托图。它是将质量改进项目从最重要到最次要进行排队的一种简单的图形分析技术,是一种从影响产品质量的许多因素中找出主要因素的有效方法。排列图最早由意大利经济学家帕累托(Pareto)用于统计社会财富分布状况,他发现少数人占有大量财富,即所谓“关键的少数和次要的多数”的关系。后来被美国质量管理学家朱兰把这个原理运用到质量管理中来,使其成为解决产品质量的主

要问题的一种常用方法。

排列图有两个主要作用：一是按重要顺序显示出每个质量改进项目对整个质量问题的影响和作用；二是找出“关键的少数”，抓住关键问题，识别质量改进的机会。

在维修管理过程中，影响维修质量的因素是多种多样的，但是，影响较大的因素一般只有少数几个。因此，排列图可以帮助我们找出那些对维修质量影响较大的原因，以便有针对性地采取措施，解决问题，提高效率。

2. 排列图的结构

排列图的基本图形如图 3-20 所示。排列图由一个横轴、两个纵轴、若干个高低顺序排列的直方块和一条累计百分比折线组成。横轴表示影响质量的因素或项目，左边的纵轴表示频数(如不合格品件数、故障数等)，右边的纵轴表示频率(如不合格品率、故障率等)。直方块表示项目，其高度表示项目的频数(影响作用的大小)。折线由各个因素的累积频率连接而成，称为帕累托曲线。将影响因素按其重要性程度从大到小排列。某个因素处的累积频率是指前面所有因素的累积频率。

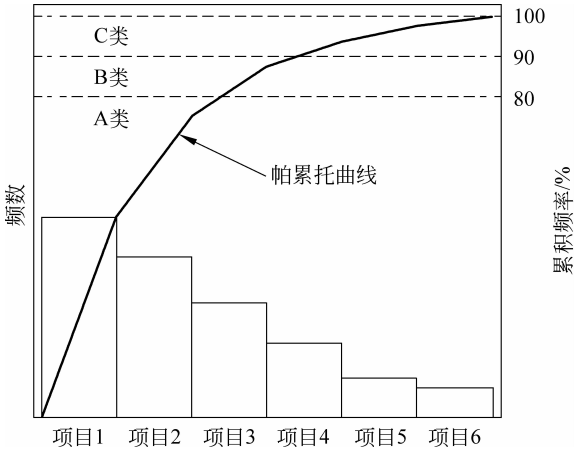


图 3-20 排列图示例

在实际应用中，通常把影响质量的因素分为以下 3 类：

- (1) 主要因素。累积频率在 0%~80%左右的若干因素。它们是影响产品质量的关键原因，又称为 A 类因素。其个数为 1 到 2 个，一般不超过 3 个。
- (2) 次要因素。累积频率在 80%~90%左右的若干因素。它们对产品质量有一定影响，又称为 B 类因素。
- (3) 一般因素。累积频率在 90%以上的若干因素。它们对产品质量仅有轻微影响，又称为 C 类因素。

3. 排列图的绘制

(1) 确定分析对象。一般是指故障次数、器材消耗、维修质量、不合格率、废品件数、消耗工时等。

(2) 确定问题分类的项目。可按故障项目、缺陷项目、废品项目、零件项目、不同操作者等进行分类。

(3) 搜集整理数据,列出频数统计表。先按照不同的项目进行数据分类,最后一项是无法进一步细分或明确划分的项目,统一称为“其他”。然后列表汇总每个项目发生的数量,即频数,按照频数的大小进行项目排列,并计算频率和累积频率,一并列入表中。

(4) 画图。在横轴上按频数大小从左向右依次标出各个原因。在横轴的两端画两个纵轴,在左边纵轴上标上频数,在右边纵轴的相应位置标上累积频率。然后在图上每个原因项的上方画一个矩形,其高度等于相应的频数;最后在每一个矩形的右侧或右侧延长线上打点,其高度为到该原因为止的累积频率,以原点为起点,依次连接上述各点,所得到的折线即为累积频率折线(帕累托曲线)。

(5) 依据排列图,确定主要因素、次要因素和一般因素。

4. 绘制排列图的注意事项

(1) 做好因素的分层。一个排列图上的分层项目应该是同一层次的并列关系。不要把不同层次的项目(因素)混杂在一起,以免造成分析错误。

(2) 主要因素不要过多。一般最终找出的主要因素最好是一两项,最多不要超过 3 项,否则将失去“找主要因素”的意义。

(3) 适当合并一般因素。可以将不太重要的因素合并为“其他”项,其频数通常以不超过总数的 10%为宜。

(4) 注意与因果图的结合使用。对比较复杂的问题,要注意把排列图和因果图结合使用,以便分层次逐步展开,直到抓住能采取措施的主要项目为止。

(5) 循环进行,反复使用。采取相关措施后,应重新收集数据作排列图,并将其与原排列图对比,以检验分析采取的措施是否确实有效。

【例 3-3】 某部队为了找出影响机务责任飞行事故征候的主要因素,对 10 年间因机务责任造成的 89 次飞行事故征候按 4 个方面进行了分类统计,如表 3-6 所示。利用排列图分析造成机务责任飞行事故征候的主要原因。

表 3-6 机务责任飞行事故征候统计表

原 因	造成飞行事故征候的频数	频率/%	累积频率/%
错装忘装机件	52	58.4	58.4
带外来物飞行	18	20.2	78.6
机件超寿使用	11	12.4	91.0
排查不彻底	8	9.0	100.0
总 计	89	100	

从图 3-21 中可以看出,错装忘装机件、带外来物飞行是造成维护责任飞行事故征候的主要原因,解决了这两方面的问题,便可大大减少机务责任飞行事故征候。

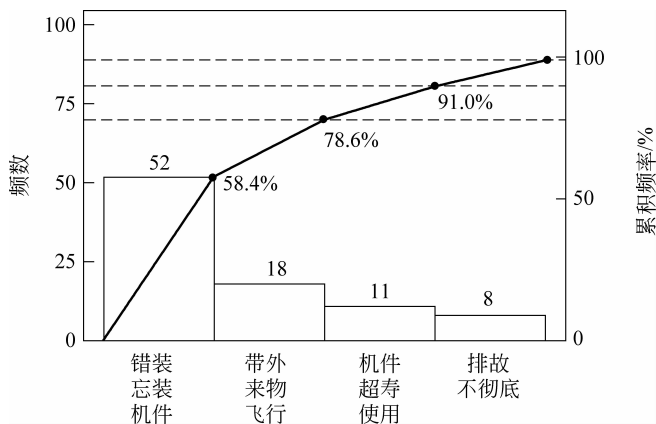


图 3-21 机务责任飞行事故征候原因排列图

5. 排列图的应用

(1) 排列图指明了改善维修质量特性的重点。在维修质量控制中,为了获取更好的维修效果,应合理地确定所采取措施的对象。从排列图可以看出,直方柱高的前三项对质量影响大,对它们采取措施,维修质量改善效果显著。

(2) 排列图可以反复应用。在解决维修质量问题的过程中,排列图可以而且应该反复应用,以使问题逐步深化。例如,从排列图中发现维修事故征候的主要原因是错装和忘装机件、但无法采取具体措施,此时需要分析错装和忘装的原因,然后再作错装和忘装的原因排列图(第二层次的排列图)。一旦采取对策措施后,应重新收集数据再作排列图,并将其与原来的排列图对比,从而分析验证所采取措施的有效性。

6. 排列图和因果图的比较

因果图和排列图都可用于分析维修问题的原因,但两者又各有侧重。因果图主要用于找出大中小各个层次的原因,一张图可以包含多层次的原因;排列图则主要是从某个层次的原因中找出主要原因。因此,通常需将两者配合使用。仍以前述的 89 次机务责任飞行事故征候为例,如果再从机务人员的素质来分析,可以发现,机务责任飞行事故征候与人员的工作作风状况有重要关系,也与人员业务技术素质密切相关。为了有效地找出措施,该部队又按专业和问题性质分别作出排列图,如图 3-22 和图 3-23 所示。由排列图可看出,要降低机务责任飞行事故征候,应重点抓机械专业,并以抓维护工作作风为主,同时应设法迅速提高机务人员的业务技术水平。

7. Minitab 绘制排列图

(1) 录入数据。将表 3-6 中的“原因”和“造成飞行事故征候的频数”两列数据录入 Minitab 工作表的 C1~C2 列,如图 3-24 所示。

(2) 绘制排列图。选择“统计”→“质量工具”→“Pareto 图”命令,出现“Pareto 图”对话框,将“原因”选入“缺陷或属性数据在”,将“造成飞行事故征候的频数”选入“频率位于”,选

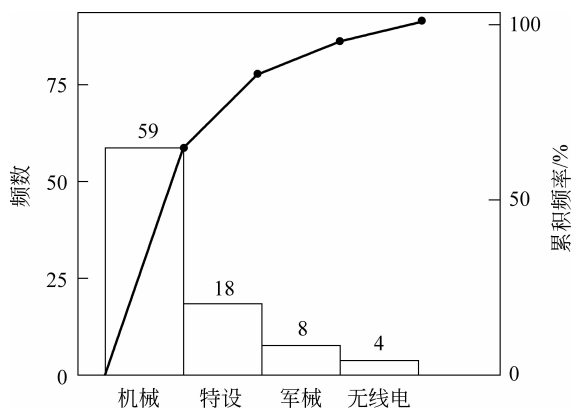


图 3-22 专业排列图

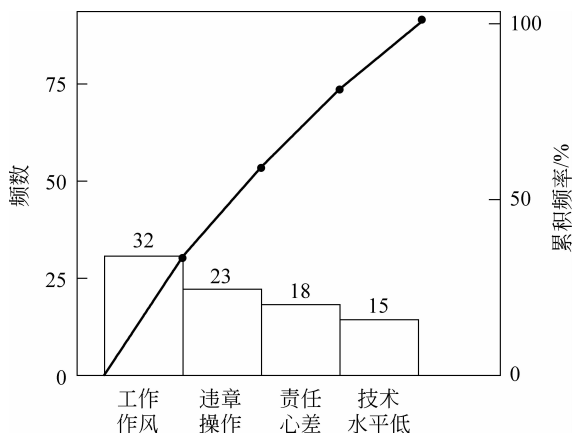


图 3-23 问题性质排列图

飞行事故征候原因.MTW ***			
↓	C1-T	C2	C3
	原因	造成飞行事故征候的频数	
1	错装忘装机件	52	
2	带外来物飞行	18	
3	机件超寿使用	11	
4	排查不彻底	8	

图 3-24 飞行事故征候原因工作表

定“不合并”(比较小的缺陷不合并成一类),如图 3-25 所示。单击“选项”按钮,弹出“Pareto 图-选项”对话框,在“标题”栏输入“机务责任飞行事故征候原因排列图”,如图 3-26 所示。单击“确定”按钮,回到“Pareto 图”对话框。单击“确定”按钮,可得到排列图,如图 3-27 所示。

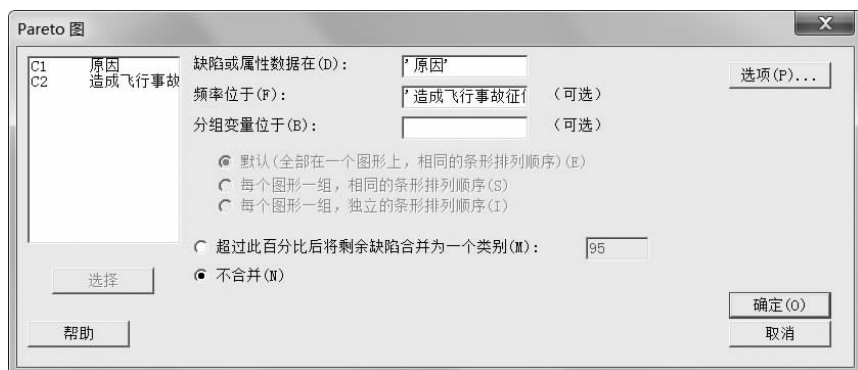


图 3-25 “Pareto 图”对话框

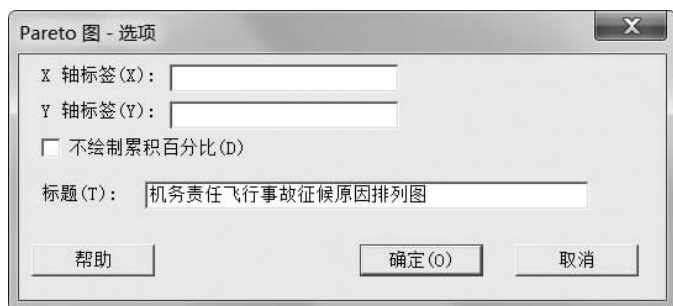


图 3-26 “Pareto 图-选项”对话框

机务责任飞行事故征候原因排列图

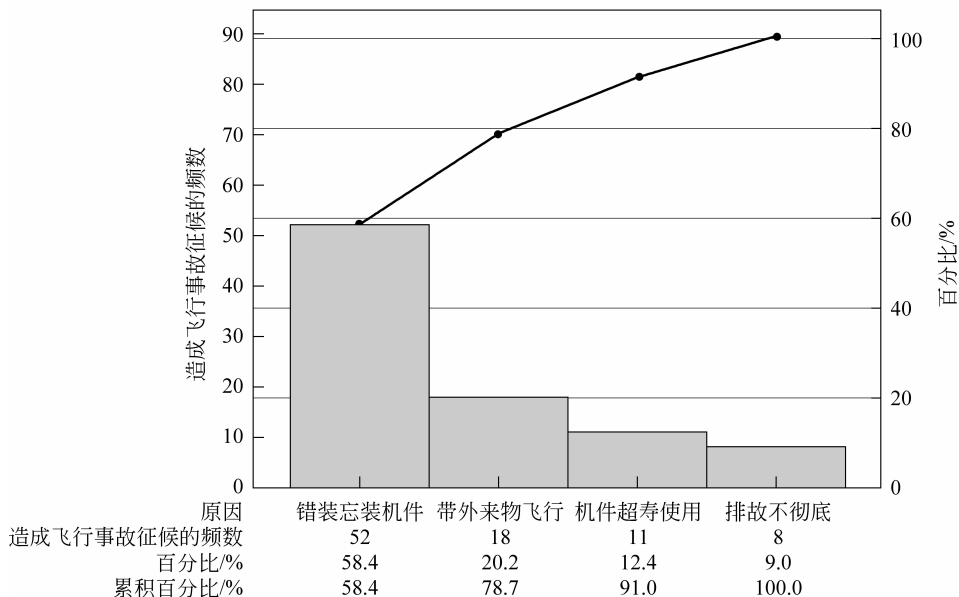


图 3-27 利用 Minitab 绘制的机务责任飞行事故征候排列图