



《质量管理与可靠性》

实验指导书

南京工业大学
经济与管理学院
工业工程系

实验注意事项

- (1) 实验之前请认真复习和当次实验内容有关的知识，做好实验前的理论准备工作。
- (2) 按照实验室规定时间准时进入实验场地，不许大声喧哗，严禁携带与实验无关的物品，如食品、私人电脑等。
- (3) 实验开始之前，请认真听从实验室管理人员的指令，按顺序从存放实验仪器的位置提取当次实验所需的设备和其他必要的实验工具。
- (4) 严格按照实验指导教师的指令进行实验，并认真记录实验数据，严禁在实验过程中，私自拆卸、安装实验器具，以保证实验过程绝对安全，防止触电或损坏实验器具。
- (5) 实验结束后，在指导教师和实验室管理人员的指令下，整理实验器具并按照要求，将实验器具放置到原来存放实验器具的位置。
- (6) 整个实验过程，请保持实验室的安全、卫生，严格遵守实验室的秩序，爱惜实验器具，轻取轻放。
- (7) 实验完成后，按指导教师要求认真完成实验报告书，由于实验指导书每人限一册，请妥善保管。
- (8) 实验过程中，如有违纪违规，不能按照以上条例及实验室所规定的其他条例行事者，实验室管理人员和指导教师有权终止其实验活动，情节严重者将取消其后续所有的实验活动。
- (9) 请广大学生认真阅读以上条文和实验室其他规定，并按认真执行。

目录

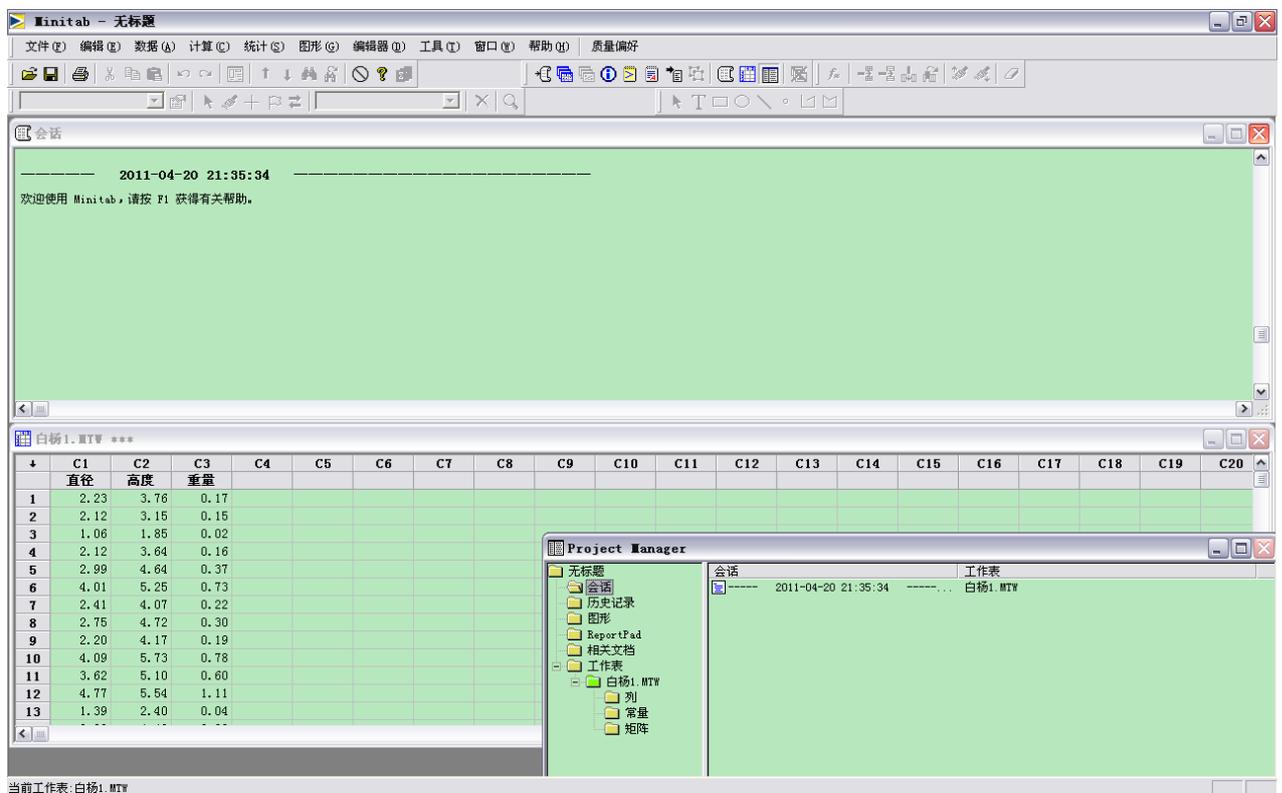
- (一) 实验一：Minitab 基本操作训练
- (二) 实验二：排列图的制作与应用
- (三) 实验三：因果图的制作与应用
- (四) 实验四：控制图的制作与应用

Minitab 质量分析简介

(一) 简介

Minitab 软件是现代质量管理统计的领先者，全球六西格玛实施的共同语言，以无可比拟的强大功能和简易的可视化操作深受广大质量学者和统计专家的青睐。Minitab 软件是为质量改善、教育和研究应用领域提供统计软件和服务的先导。是一个很好的质量管理和质量设计的软件工具，更是持续质量改进的良好工具软件。

(二) Minitab 软件入门



Minitab 入门

当我们启动 Minitab 时，程序将为我们打开一个新的空项目。我们将看到三个窗口：

数据窗口

会话窗口

·Project Manager（启动时被最小化）

控制窗口

我们可以打开和最小化 Minitab 的各个窗口，如同操作系统中的其他窗口一样。也可以使用窗口菜单上的命令来控制 Minitab 窗口。

Minitab 环境

我们的全部工作内容都包含在一个 Minitab 项目文件中。该项目文件包含：

数据所在的工作表。一个项目中可以有多个工作表。

显示所有打开工作表文件的一个或多个数据窗口。数据将按列显示。项目中的每个工作表对应一个数据窗口。可以直接在数据窗口中输入和编辑数据。

显示结果的会话窗口。

可以用 Minitab 的图形命令创建的图形。

一个 Project Manager，它包含：

- 用于管理会话窗口输出的会话文件夹。
- 列出已在会话中使用的命令的历史记录文件夹。通过从“历史记录”文件夹中复制命令并粘贴到命令行编辑器中，我们可以重新执行这些命令。
- 用于管理、排列和命名图形的图形文件夹。
- 用于创建、排列和编辑工作报告的 ReportPad 文件夹。
- 用于快速访问项目相关的非 Minitab 文件以便参考的相关文档文件夹。
- 包含所有打开工作表的单个文件夹的工作表文件夹。每个工作表文件夹显示了工作表中使用的列、存储常量、矩阵和设计的摘要。

用于发出命令的多个工具栏和一个状态栏。

环境工具

我们可以使用多种工具进行项目各个部分的处理：

- 发出命令以进行统计分析、数据操作和数据变换的菜单。菜单项可以直接执行一个命令，或打开一个对话框。
- 会话命令是菜单命令的备选项，可以在会话窗口或命令行编辑器中键入菜单命令。如果需要，可以在整个会话过程中交替使用菜单命令和会话命令。
- 弹出式命令行编辑器，使我们可以快速编辑和重新执行会话命令。
- 对话框、“会话”窗口命令和概要信息的上下文敏感帮助。
- 完整的宏语言，使我们可以自动执行重复性任务、扩展 Minitab 的功能，甚至设计自己的会话命令。Minitab 的宏功能在“宏帮助”中有详细介绍。
- 用于快速访问常用命令的快捷键。

在 Minitab 中，可以采用两种方式发出命令：从菜单栏中选择命令，或使用“会话”命令直接键入命令

选择后面带有省略号 (...) 的菜单项时，将出现对话框。选择后面带有 > 符号的菜单项时，将出现含有更多命令的子菜单。

如果菜单命令是灰色的，则表示该菜单项当前不可用。有时整个菜单都是灰色的，这表明该菜单中的所有命令都不可用。

从菜单栏发出命令：

- 1 单击菜单名（例如“文件”）或按 [Alt] + 该菜单上带下划线的字母（例如“文件”对应的 F）。有关详细信息，请参见快捷键。
- 2 单击该菜单中要使用的命令（例如“新建”）或按该命令对应的字母（例如“新建”的 N）。
- 3 如果该命令需要我们输入信息，Minitab 将打开一个对话框；如果不需要，Minitab 将

立即执行该命令。

将数据输入到工作表

要访问数据窗口，请按 [Ctrl]+[D] 或选择窗口 > [工作表名称]。

如果我们的数据存储文件中，可选择文件 > 打开工作表。

可以打开许多类型的文件，包括文本、Excel 和 dBASE 文件；只需在“打开工作表”对话框的文件类型列表中选择所需的文件类型。

如果要键入新值，应将每个值键入到工作表对应的单元格中。

可使用复制和粘贴操作将数据粘贴到数据窗口中。

Minitab 随附了许多样本数据集。要打开一个数据集，可选择文件 > 打开工作表，单击



在 Minitab 样本数据文件夹中查找，然后选择一个文件。也可以打开样本数据文件夹的 STUDENT1、STUDENT8、STUDENT9、STUDENT12、STUDENT14 或 Meet Minitab 子文件夹中的样本数据集。

要打印工作表，须首先使数据窗口成为活动窗口（单击该窗口，或按 [Ctrl]+[D]），然后选择文件 > 打印工作表。

（三）实例说明（简单质量数据分析）

问题描述：我们在汽车制造商的发动机组装部门工作。部件之一的凸轮轴的长度必须为 600 毫米 ± 2 毫米 以满足工程规格。凸轮轴长度超出规格已经是一个长期问题，这个问题导致了从生产线下线的装配件配合得很差，产生了大量废料并大幅提高了返工率。

我们的主管要运行 X 和 R 控制图以监视此特征。一个月中，对每个班次收集五个凸轮轴的长度数据（每个班次 1 个大小为 5 的样本）。公司要求我们领导一个解题小组来推荐解决方案。

将要学习的内容

生成 X 和 R 控制图

生成包含正态曲线的直方图

执行过程能力分析

步骤 1：启动新项目

如果尚未运行 Minitab，请启动该程序。

如果已打开了项目，则请启动新的项目：选择文件 > 新建，选择 Minitab 项目，然后单击确定。

如果尚未将更改保存到以前的项目，则 Minitab 会提供执行此操作的机会。

步骤 2: 打开工作表

从位于“样本数据”子目录或文件夹中 Minitab 保存的名为“凸轮轴.MTW”的工作表中获取数据。

1 选择文件 > 打开工作表。

2 单击  在 Minitab 样本数据文件夹中查找，然后选择工作表“凸轮轴.MTW”。单击打开。

3 如果其不可见，请按 [Ctrl]+[D] 打开数据窗口。

数据窗口详细显示了数据的各列。

此工作表包含自上月以来抽样计划的结果。目前，我们关心的是第一列“长度”，其中包含 100 个观测值（20 个样本，每个样本中有 5 个凸轮轴）。请记得凸轮轴长度以毫米测量。

步骤 3: 用 R 控制图检查极差

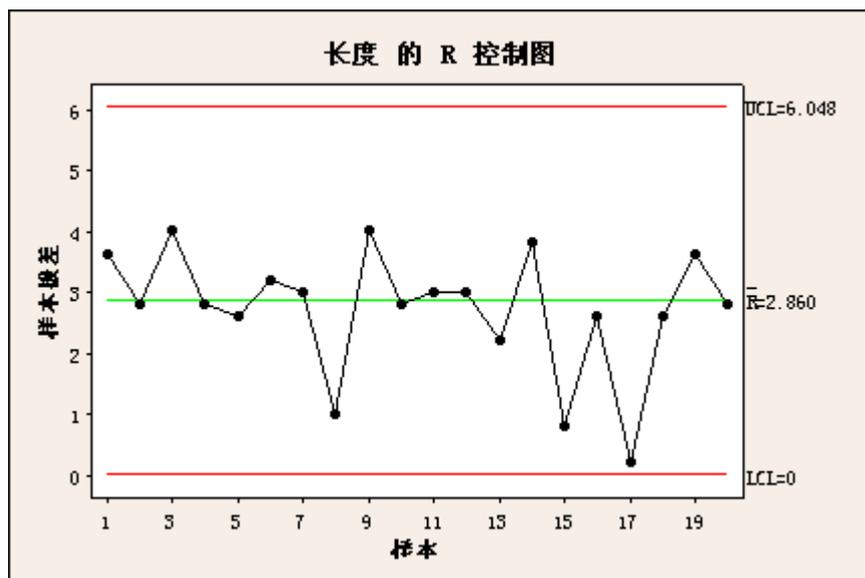
首先，要生成一个控制图，以查看样本子组中凸轮轴长度的极差。我们希望绘制的点随机地落在控制限制内。

1 选择统计 > 控制图 > 子组的变量控制图 > R。

2 选择图表的所有观测值均在一列中，然后输入长度。

3 在子组大小中，键入 5。验证对话框。

4 单击确定。



长度的 R 控制图未显示任何不受控点。

步骤 4: 用 X 控制图检验特殊原因

我们将创建 X 控制图，以了解凸轮轴长度超出可接受限制时是否会出现问题。此外，

我们将指示 Minitab 使用八个指出变异的特殊原因的常用检验。

- 1 选择统计 > 控制图 > 子组的变量控制图 > Xbar。
- 2 选择图表的所有观测值均在一列中，然后输入长度。
- 3 在子组大小中，键入 5。验证对话框。
- 4 单击 Xbar 选项，然后单击检验选项卡。
- 5 选择对特殊原因进行所有检验。验证对话框。
- 6 在每个对话框中单击确定。

长度的 Xbar 控制图检验结果

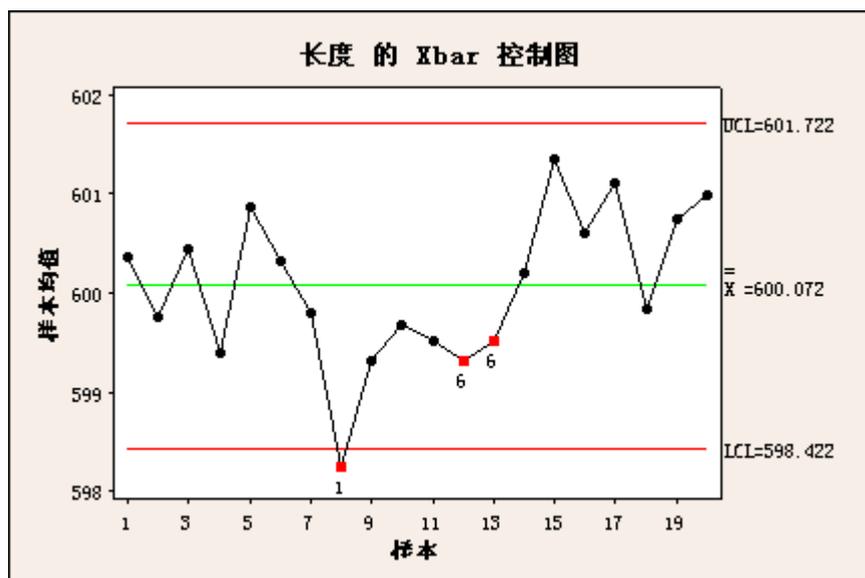
检验 1。1 个点，距离中心线超过 3 个标准差。

检验出下列点不合格：8

检验 6。5 点中有 4 点，距离中心线超过 1 个标准差（在中心线的同一侧）

检验出下列点不合格：12, 13

* 警告 * 如果使用新数据更新图形，以上结果可能不再正确。



X 控制图显示过程不受控。具体地说，有一个点未通过检验 1，两个点未通过检验 6。要了解这些检验的含义，请查看会话窗口。

- 7 选择窗口 > 会话。

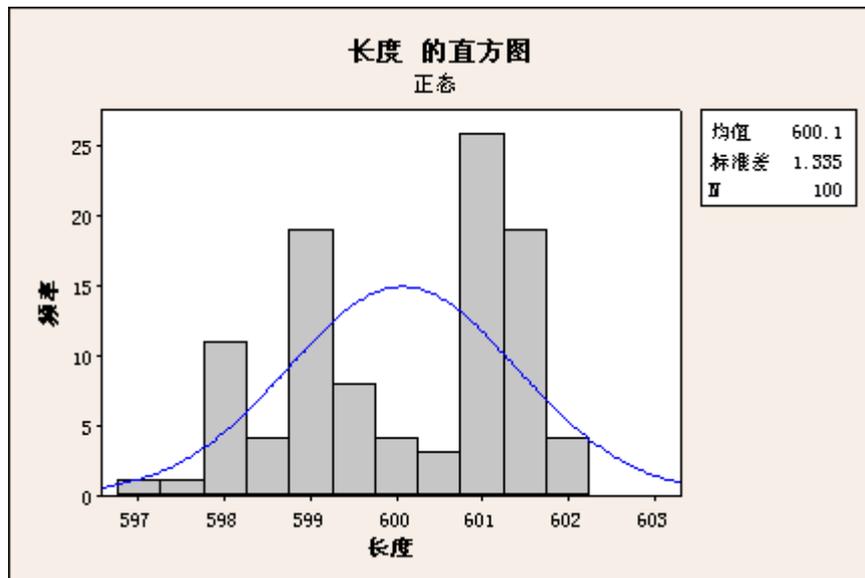
通过查看会话窗口输出，我们发现过程将生成了一个距离中心线超过 3 倍标准差的点，并有 5 个点中有 4 个距离中心线超过 1 倍标准差（在中心线的同一侧）。

既然已确认存在问题，则现在应该寻找原因和解决方案。遗憾的是，使用抽样计划无法详细检查问题出现的精确位置和时间，因为对每个班次仅取一个样本。对于疑难解答阶段，更完善的计划是对每个班次取多个样本，并在找出并消除特殊原因后切换到此监视计划。虽然如此，我们决心从已有数据中获得所有可以获得的信息。

步骤 5：创建包含正态曲线的直方图

包含正态曲线的直方图对于检查变量的分布非常有用。我们决定检查变量“长度”。

- 1 选择图形 > 直方图。
- 2 选择包含拟合，然后单击确定。
- 3 在图形变量中，输入长度。验证对话框。
- 4 单击确定。



检查直方图。一般情况下，我们期望变量（如“长度”）服从正态分布。在这种情况下，直方图的形状将大致为钟形。而刚刚创建的直方图显然不是钟形。实际上，这种情况发生在峰值 598、599 和 601 处，因此可能要处理多种独立的不同分布。

检查库存记录表明凸轮轴有两个供应商。现在我们开始了解此非常规直方图。我们决定从两个供应商处都获取测量值，并针对每组子组大小都为 5 的每组数据分别运行 \bar{X} 和 R 控制图。每个供应商的数据分别存储在工作表的“供应商 1”和“供应商 2”列中。

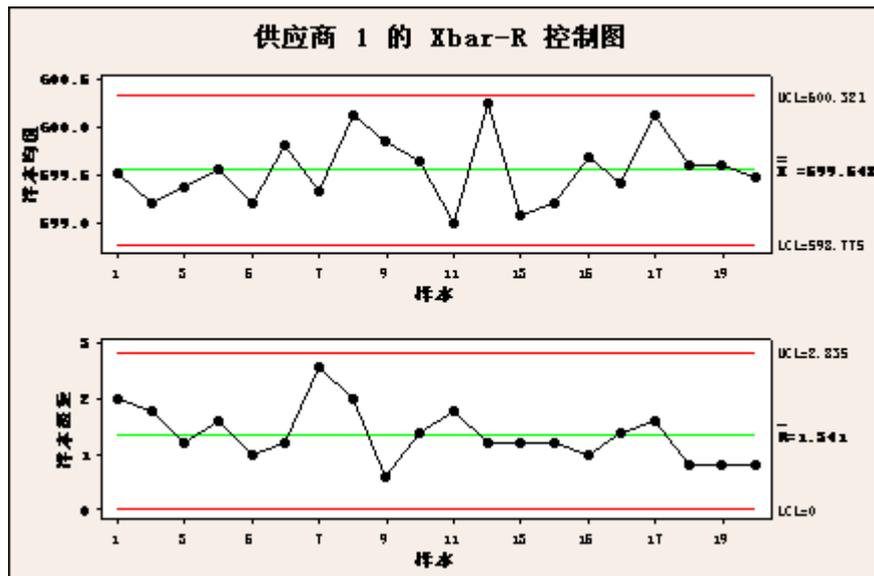
步骤 6：显示 \bar{X} 和 R 组合控制图

我们的工作表包含名为“供应商 1”和“供应商 2”的变量，其中分别为供应商 1 和 2 的数据。我们可以对供应商 1 和供应商 2 重复相同的过程以生成各自的控制图。这次我们将选择 \bar{X} -R 来一起显示 \bar{X} 和 R 控制图。

- 1 选择统计 > 控制图 > 子组的变量控制图 > \bar{X} -R。
- 2 选择图表的所有观测值均在一列中，然后输入供应商 1 和供应商 2。
- 3 在子组大小中，键入 5。验证对话框。单击确定。

提示：[Ctrl]+[E] 是对应于编辑 > 编辑最后一个对话框的键盘快捷键，用于进入上一个对话框。

评估供应商 1



根据 X 和 R 控制图，供应商 1 的平均值和极差似乎都受控，但我们注意到平均值为 599.548 毫米，而不是 600 毫米。供应商 1 的平均极差为 1.341 毫米。

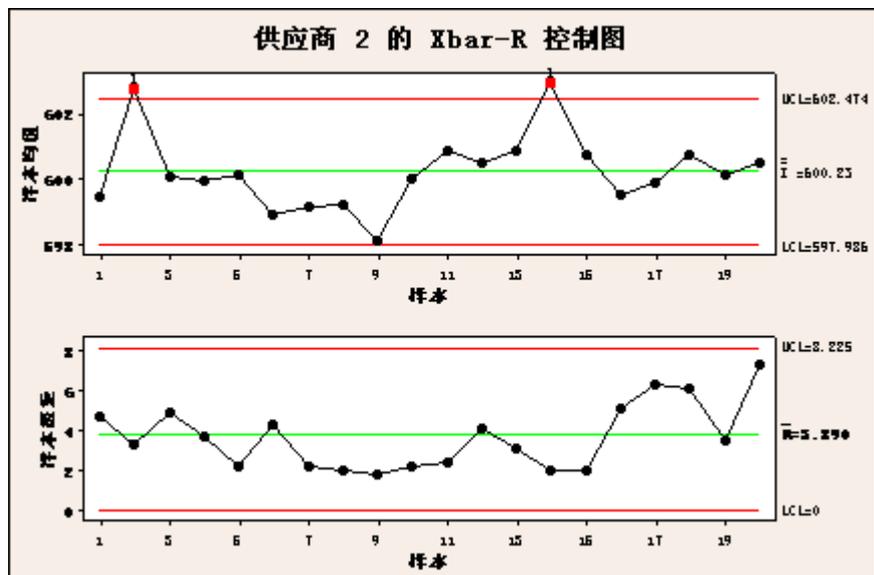
评估供应商 2

供应商 2 的 Xbar 控制图检验结果

检验 1。1 个点，距离中心线超过 3.00 个标准差。

检验出下列点不合格：2, 14

* 警告 * 如果使用新数据更新图形，以上结果可能不再正确。



供应商 2 的 X 和 R 控制图揭示出问题。从该控制图中，我们可以看到有两个点在控制上限以上。

R 控制图并不表明过程不受控。但是，我们注意到中心线在 3.890 处，几乎是供应商 1 的 R (1.341) 的三倍。

作为团队负责人，我们建议长期从供应商 1 生产，直到供应商 2 可以证实凸轮轴生产受控为止。我们将与供应商 2 合作以将过程变异性降到可接受的水平。由于统计量证据支持我们的观点，因此实施我们的建议。

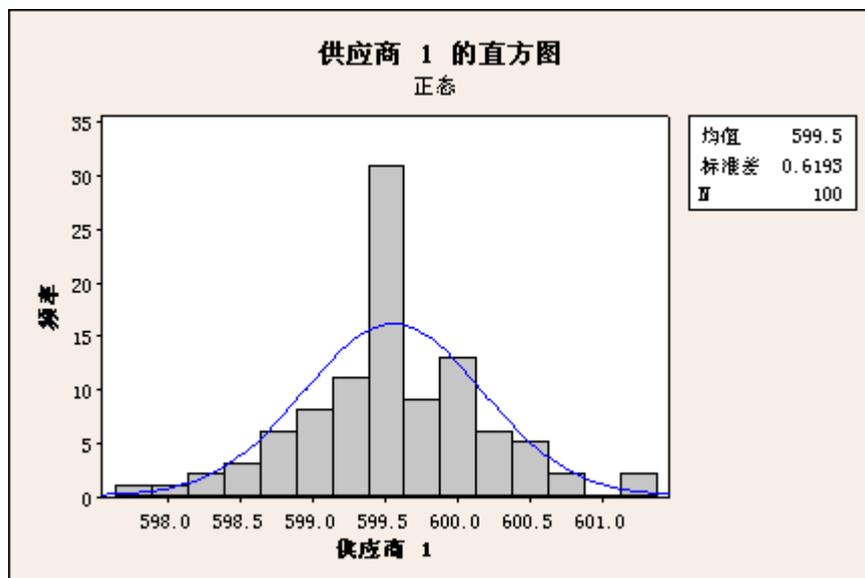
步骤 7：准备过程能力分析

由于仅使用供应商 1，因此减低了变异性。尽管质量差的装配件数量显著减少，但是问题并没有完全消失。我们决定运行能力研究，以了解供应商 1 能否独自满足 600 毫米 ± 2 毫米的工程规格。

过程必须受控，然后才能继续进行能力分析。X 和 R 控制图显示，由于仅使用供应商 1 提供的部件，因此过程现在受控。我们还期望凸轮轴长度服从正态分布。现在我们要查看直方图，以检查正态性。

首先，我们要查看供应商 1 凸轮轴长度的分布：

- 1 选择图形 > 直方图。
- 2 选择包含拟合，然后单击确定。
- 3 在图形变量中，输入供应商 1。单击确定。



Minitab 根据我们以前的选择，再次创建包含正态曲线的直方图。

我们对钟形的分布形状感到满意，也没有像以前那样发现多个模式或峰值。

我们已准备好，可以继续。

步骤 8：执行过程能力分析

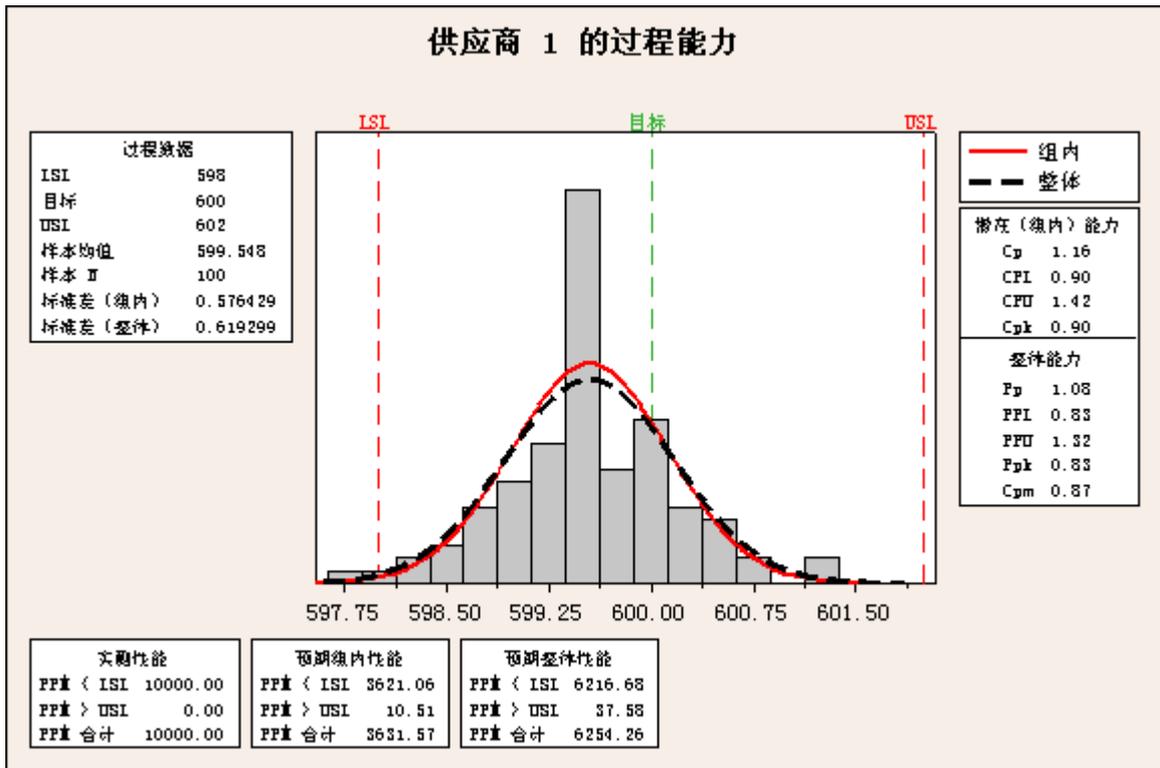
现在我们已准备好，可以运行过程能力分析，以了解供应商 1 能否满足我们 600 毫米 ± 2 毫米的工程规格。

- 1 选择统计 > 质量工具 > 能力分析 > 正态。
- 2 选择单列，并输入供应商 1。
- 3 在子组大小中，键入 5。

接下来，输入规格限制。

- 4 在规格下限中，键入 598。
- 5 在规格上限中，键入 602。验证对话框。
- 6 单击选项。
- 7 在目标（添加 Cpm 到表格）中，键入 600。验证对话框。

8 在每个对话框中单击确定。



从图形中，我们可以发现过程平均值未达到目标，而过程分布平均值位于目标的左侧。此外，分布的左尾位于规格下限之外。因此，某些凸轮轴不满足 598 mm 的规格下限。

“能力分析”命令也可以生成统计量表。 C_{pk} 指数表明过程所生成的部件是否在公差极限内。 C_{pk} 指数为 1 表示过程恰好能满足规格，而小于 1 则表示过程不满足规格限制。理想情况下，我们希望看到 C_{pk} 远远大于 1，因为指数越大，过程的能力越强。供应商 1 的 C_{pk} 指数仅为 0.90，表明需要改进，使变异性降低并使过程的中点位于目标附近。

由于供应商 1 是当前最佳的凸轮轴供应商，因此我们将使用其生产的凸轮轴来改进其过程，并因此改进我们自己的过程。Minitab 提供方差分析 (ANOVA)、回归、试验设计 (DOE) 以及许多其他我们将用于不断改进过程的统计工具。

步骤 9: 保存并退出

- 1 选择文件 > 保存项目。
- 2 在文件名中，输入凸轮轴 1 作为项目名称。如果忽略扩展名 .MPJ，则 Minitab 会在我们保存项目后自动添加该扩展名。
- 3 单击确定。
- 4 如果看到询问我们是否要替换现有文件的消息框，请单击是。
- 5 如果此时要结束，则可以通过选择文件 > 退出来退出 Minitab。

实验一：Minitab 基本操作训练

A. 实验目的

- 1、了解 Meet Minitab 的安装方法；掌握其启动、关闭和帮助的使用方法；
- 2、熟悉 Meet Minitab 主界面的组成，掌握下拉菜单、工具栏的使用方法；
- 3、熟悉工程文件的新建、打开、保存的方法；
- 4、了解了解 Meet Minitab 的硬件和软件运行环境。

B. 实验前准备

硬件：计算机、投影仪。

软件：Minitab 软件。

C. 注意事项

遵守各项实验室规章制度

D. 实验步骤

- 1、基本操作练习：Meet Minitab 的启动、关闭，图形文件的新建、打开、保存，菜单和工具条的打开、关闭及使用，帮助文件的使用。
- 2、Minitab 绘制排列图、因果图、散布图、箱图、直方图和控制图。

实验二：排列图的制作与应用

A. 实验目的

- 1、掌握采用排列图进行定量分析方法，找出影响产品质量的主要问题或因素；
- 2、使用 Minitab 辅助绘制排列图。

B. 实验前准备

硬件：计算机、投影仪。

软件：Minitab 软件。

C. 注意事项

遵守各项实验室规章制度

D. 实验步骤

- 1、用排列图法分析从一个印刷电路板生产线收集到的数据如下表。
 - 1) 请画出排列图。
 - 2) 你能从中得出什么结论？
 - 3)

缺陷	缺陷发生数
部件有问题	217
部件未插牢	146
粘接剂过量	64
装错部件	600
线路板尺不当	143
标错固定孔	14
电路问题	90

注意事项：

- (1) 主要因素不宜过多，最好 1~2 个，至多不越过 3 个，否则就失去找主要原因的意义。
- (2) 影响小于 5% 的因素可以统归为其他类，以避免横轴过长，并统一放在横轴的最后。
- (3) 当针对主要因素采取措施后，应再取数据，按原项目重新画出排列图，以检查措施效果。

实验三：因果图的制作与应用

A. 实验目的

- 1、通过因果分析图法的使用，将质量问题与原因之间的关系表示出来
- 2、学会分析影响产品质量的诸因素（原因）之间关系。

B. 实验前准备

硬件：计算机、投影仪。

软件：Minitab 软件。

C. 注意事项

遵守各项实验室规章制度

D. 实验步骤

分析某企业中旷工率与员工年龄之间的关系。

年 龄	24	30	22	25	33	27	36	58	37	47	54	28	42	55
旷工率	6	5	7	6	4	5	4	1	3	2	2	5	3	1

在观察散布图时，如发现有远离整体排列的异常点必须查明产生原因，如果是由于测量错误、生产或试验条件的突变造成的，可将异常点剔除；如查不出原因，则必须慎重处理。

实验四：控制图的制作与应用

A. 实验目的

- 1、掌握采用 Minitab 软件绘制控制的过程和方法
- 2、掌握采用 Minitab 软件进行过程能力分析的步骤。

B. 实验前准备

硬件：计算机、投影仪。

软件：Minitab 软件。

C. 注意事项

遵守各项实验室规章制度

D. 实验步骤

- 1、某厂生产直柄麻花钻，尺寸规格为 $\Phi 6_{-0.0334}^{-0.010}$ ，现测得 65 个麻花钻的直径数据如下表所示，绘制控制图并写出绘图步骤。

样本值	X1	X2	X3	X4	X5
1	5.984	5.986	5.942	5.958	5.986
2	5.980	5.983	5.957	5.967	5.990
3	5.983	5.990	5.948	5.976	5.988
4	5.988	5.978	5.949	5.977	5.975
5	5.984	5.992	5.976	5.984	5.970
6	5.986	5.989	5.983	5.983	5.982
7	5.974	5.988	5.985	5.982	5.973
8	5.978	5.981	5.979	5.950	5.984
9	5.976	5.976	5.973	5.967	5.986
10	5.964	5.982	5.962	5.975	5.979
11	5.985	5.988	5.948	5.939	5.974
12	5.984	5.986	5.983	5.988	5.972
13	5.988	5.984	5.943	5.959	5.979
14	5.981	5.980	5.983	5.964	5.975
15	5.983	5.982	5.978	5.988	5.974

- 2、对上表进行过程能力分析。