

验收图 (Acceptance Charts)

摘要

验收图 (Acceptance Charts) 过程创建控制图，其修正后的控制限既基于过程的标准差，也基于所绘变量的规格限。这些图可用于监控具有很高 Cpk 的过程，此时无需达到完全稳定的均值。在此类图中，控制限被放置在距离规格限足够靠内的位置，以确保每当过程过于接近规格限时就会产生信号，但在其他情况下，允许过程围绕长期过程均值按自身意愿变化。

有两个验收图菜单选项，一个用于分组采集的数据，另一个用于个体数据。该过程同时创建一张修正后的 X 图或 X-Bar 图，以及一张 R 图、S 图或 MR(2) 图。这些图可以构建为 *初始研究 (Initial Study)* (第 1 阶段) 模式——由当前数据确定控制限的斜率和间距，或 *控制至标准 (Control to Standard)* (第 2 阶段) 模式——限值来自已知标准或先前数据。

示例 StatFolio: *acceptance chart.sgp*

示例数据:

文件 *bottles.sgd* 包含 $n = 100$ 个玻璃瓶的实测爆破强度，类似于 Montgomery (2005) 中包含的一个数据集。每行包含一个以 10 分钟间隔测试的样品。下表显示了该文件中数据的部分列表:

强度 (strength)	时间 (time)
255	0:10
232	0:20
282	0:30
260	0:40
255	0:50
233	1:00
240	1:10
255	1:20
254	1:30
259	1:40
235	1:50

强度 (strength) 时间 (time)

262 2:00

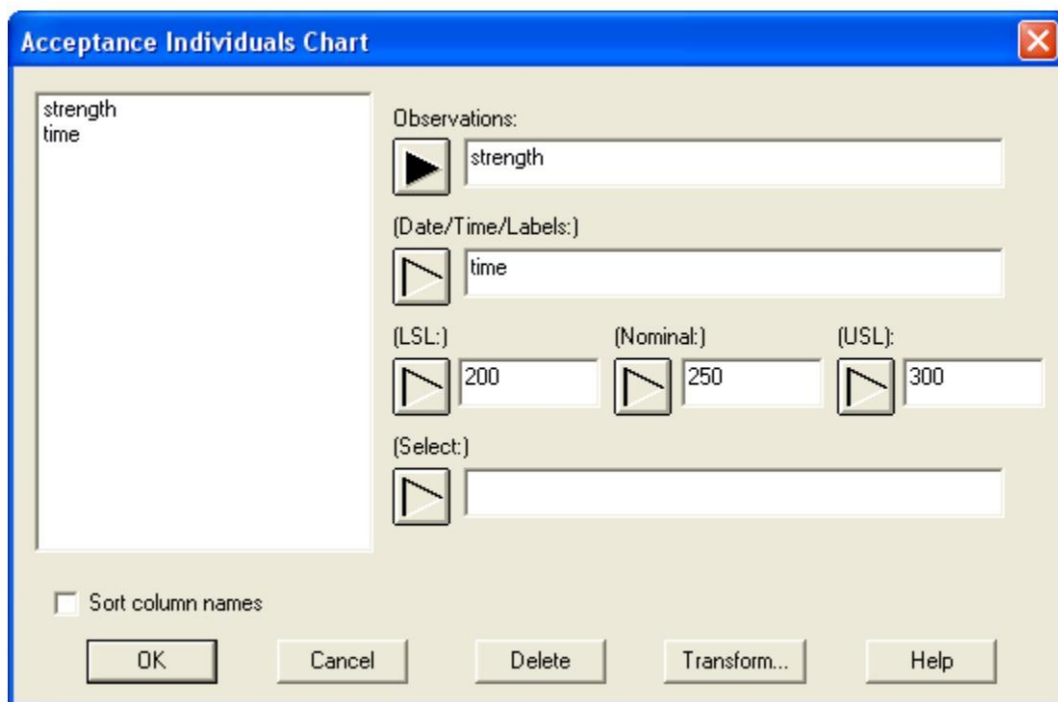
要求瓶子的爆破强度在 200 psi 到 300 psi 之间。

数据输入

有两个菜单选项可创建验收图，一个用于个体数据，一个用于分组数据。对于分组数据，可以输入原始观测值，也可以输入子组统计量。

情形 #1：个体

待分析数据由包含 n 个观测值的单个数值列组成。假设数据是逐个采集的。

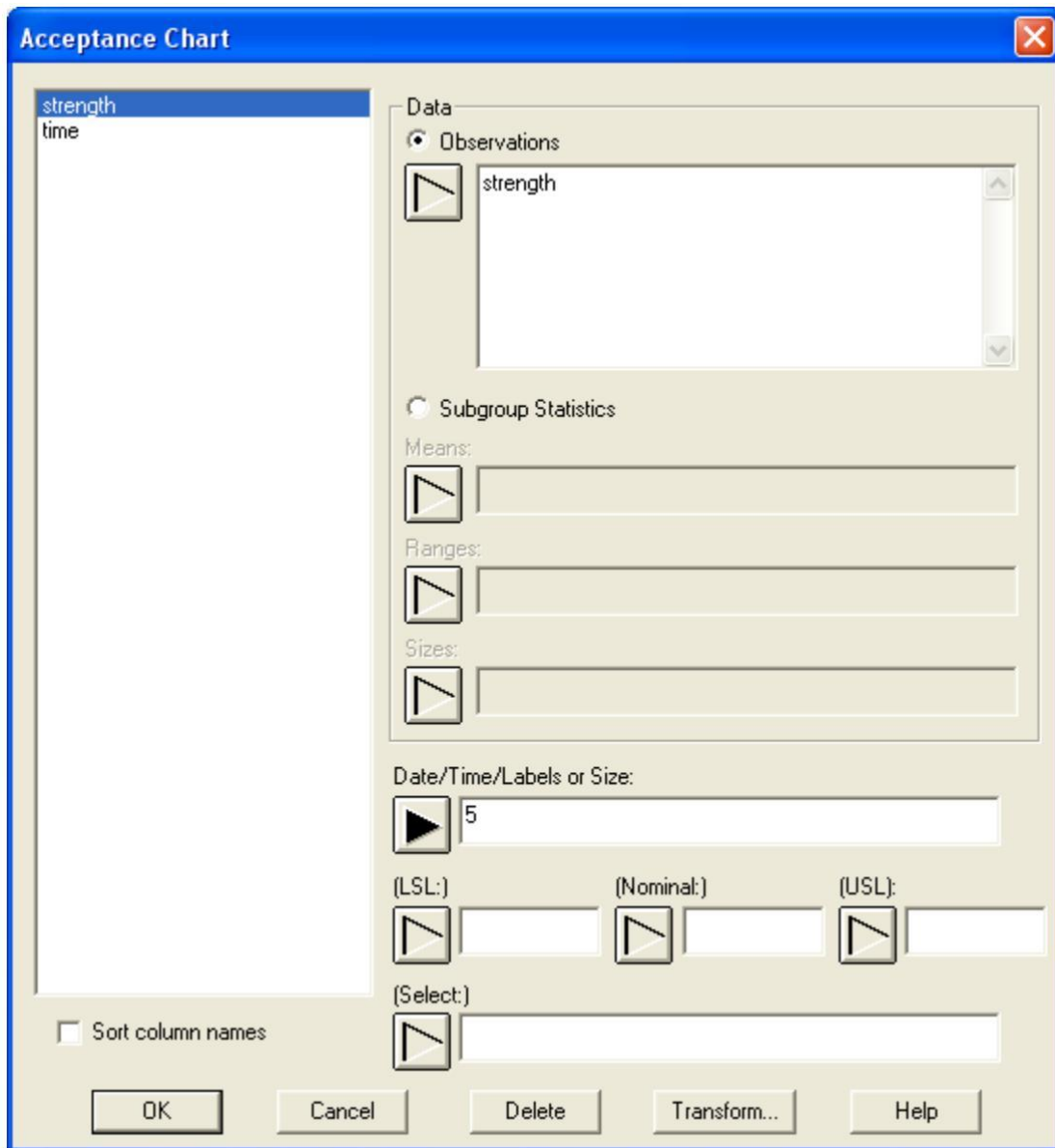


The image shows a software dialog box titled "Acceptance Individuals Chart". On the left is a list box containing "strength" and "time". On the right, there are several input fields with selection icons (a triangle pointing right). The "Observations:" field contains "strength". The "(Date/Time/Labels:)" field contains "time". Below these are three fields for specification limits: "(LSL:)" with "200", "(Nominal:)" with "250", and "(USL:)" with "300". There is also a "(Select:)" field which is currently empty. At the bottom left is a checkbox labeled "Sort column names" which is unchecked. At the bottom are five buttons: "OK", "Cancel", "Delete", "Transform...", and "Help".

- **观测值 (Observations) :** 包含待分析数据的数值列。
- **日期/时间/标签 (Date/Time/Labels) :** 各观测值的可选标签。
- **LSL、Nominal、USL:** 可选的下规格限、标称（目标）值和上规格限。至少输入一个规格限。
- **选择 (Select) :** 子集选择。

情形 #2：分组数据 – 原始观测值

待分析数据由一个或多个数值列组成。假设数据是成组采集的，按行顺序排列。



The image shows the 'Acceptance Chart' dialog box. On the left, a list of variables includes 'strength' and 'time'. The 'Data' section on the right has two radio buttons: 'Observations' (selected) and 'Subgroup Statistics'. Under 'Observations', a list box contains 'strength'. Under 'Subgroup Statistics', there are three empty input fields for 'Means:', 'Ranges:', and 'Sizes:'. Below these is a 'Date/Time/Labels or Size:' section with a list box containing '5'. At the bottom of this section are three input fields for '(LSL:', '(Nominal:', and '(USL:'. Below these is a '(Select:' section with an empty list box. At the bottom left, there is a checkbox labeled 'Sort column names'. At the bottom right, there are five buttons: 'OK', 'Cancel', 'Delete', 'Transform...', and 'Help'.

- **观测值 (Observations)：** 一个或多个数值列。如果输入多列，则文件的每一行视为一个子组，子组大小 m 等于所输入的列数。如果只输入一列，则使用 *Date/Time/Labels or Size*（日期/时间/标签或大小）字段来组成子组。
- **Date/Time/Labels or Size（日期/时间/标签或大小）：** 如果每 m 行代表一个子组，输入单个值 m 。例如，输入 5 意味着第 1-5 行构成第一个子组，第 6-10 行构成第二个子组，依此类推。如果子组大小不等，输入一个额外

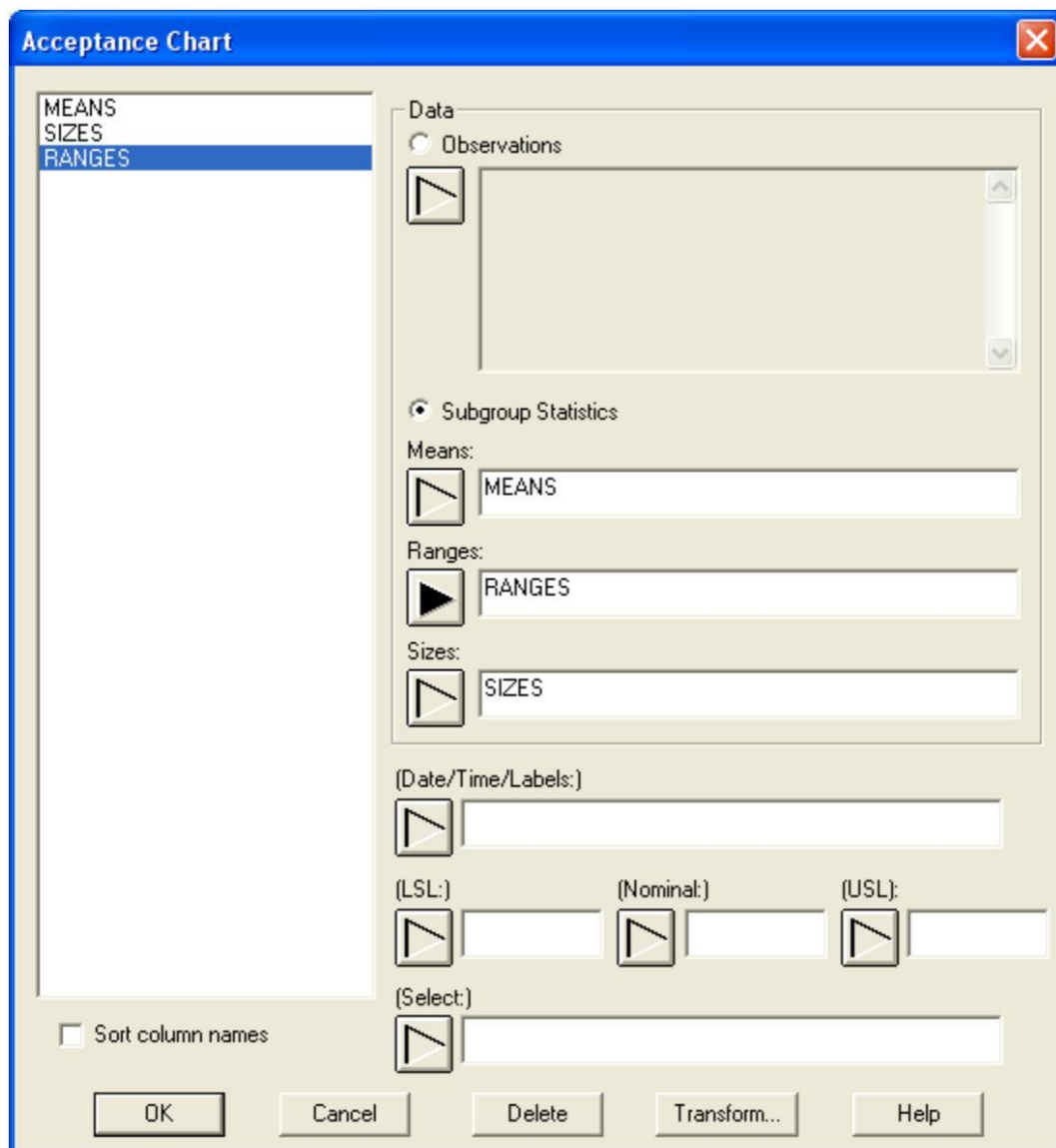
的数值或非数值列的名称，其中包含子组标识符。程序将扫描该列，并将具有相同代码的连续行归入同一子组。

- **LSL、Nominal、USL：** 可选的下规格限、标称（目标）值和上规格限。至少输入一个规格限。
- **选择（Select）：** 子集选择。

情形 #3：分组数据 – 子组统计量

此情形下，各子组的统计量已在别处计算并输入数据表，如下表：

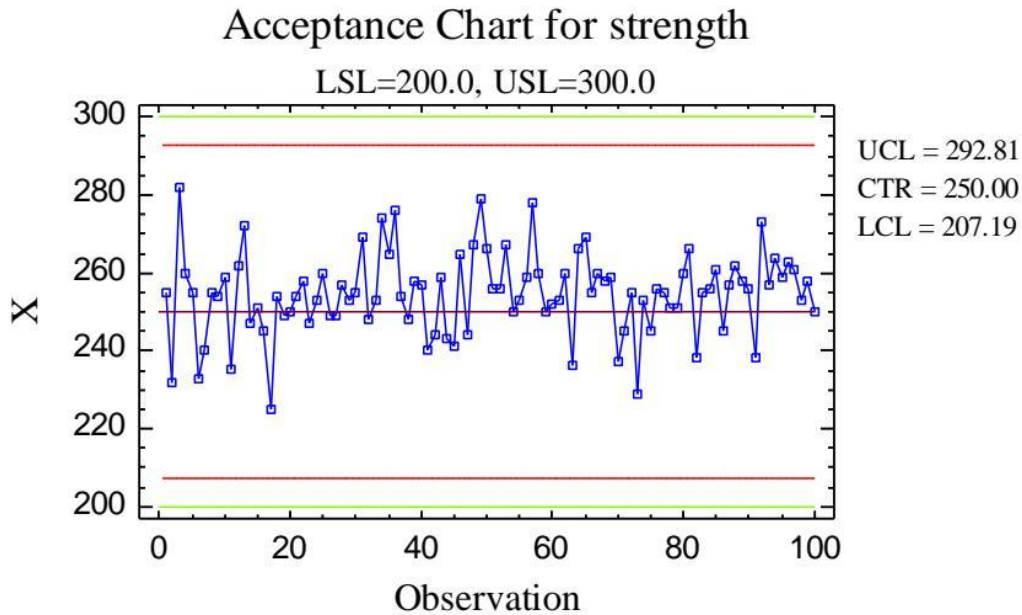
样本	均值	极差	大小
1	256.8	50	5
2	248.2	26	5
3	253.4	37	5
4	244.6	29	5
5	254.4	13	5



- **子组统计量 (Subgroup Statistics)**：包含子组均值、子组极差和子组大小的列名。
- **Date/Time/Labels (日期/时间/标签)**：各子组的可选标签。
- **LSL、Nominal、USL**：可选的下规格限、标称（目标）值和上规格限。至少输入一个规格限。
- **选择 (Select)**：子集选择。

验收图

验收图将观测值或子组均值与控制限和规格限一起绘制。



中心线位于观测值或子组均值的加权平均值处：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^m n_j \bar{x}_j}{\sum_{j=1}^m n_j} \quad (1)$$

控制限相对于规格限的放置方式有两种，如分析选项 (Analysis Options) 对话框所示：

• **Sigma 倍数法 (Sigma Multiple Method)**：该方法首先找出过程均值的最极端取值，这些取值会导致不超过指定比例 δ 的产品超出规格限。然后，它在这些极端均值周围、而非中心线周围，以通常的 k -sigma 距离放置控制限。得到的控制限为：

$$UCL = (USL - Z_{\delta}\sigma) + k\sigma/\sqrt{n} \quad (2)$$

$$LCL = (LSL + Z_{\delta}\sigma) - k\sigma/\sqrt{n} \quad (3)$$

其中 Z_{δ} 为标准正态分布上使曲线上尾部分数为 δ 的点， k 为通过 **Edit** (编辑) 菜单访问的首选项 (Preferences) 对话框控制图 (Control Charts) 选项卡上指定的倍

数（通常等于3）。该比例在分析选项（Analysis Options）对话框的 X-bar 控制限（X-bar Control Limits）* 字段中指定。

• **Beta 风险法（Beta Risk Method）**：该方法首先设定 β ：当过程均值使得超出规格限的产品占比等于 δ 时，未发出失控信号的概率。然后它将控制限置于

$$UCL = (USL - Z_{\delta}\sigma) - Z_{\beta}\sigma/\sqrt{n}$$

(4)

$$LCL = (LSL + Z_{\delta}\sigma) + Z_{\beta}\sigma/\sqrt{n}$$

(5)

注意，第二种方法将控制限置于过程均值的极端值之内，而非像 *Sigma 倍数（Sigma Multiple）* 法那样置于其外。

估计过程 sigma 的方法取决于 *首选项（Preferences）* 对话框 *控制图（Control Charts）* 选项卡上的设置，如下面 *分析摘要（Analysis Summary）* 部分所述。

分析摘要

此窗格对控制图进行总结。

Acceptance Individuals Control Chart - strength

Number of observations = 100
0 observations excluded

Maximum fraction defective: 0.0001
Sigma multiple: 3.0
Upper spec. limit: 300.0
Lower spec. limit: 200.0

Distribution: Normal
Transformation: none

X Chart

Period	#1-100
UCL: +3.0 sigma	292.81
Centerline	250.0
LCL: -3.0 sigma	207.19

0 beyond limits

MR(2) Chart

Period	#1-100
UCL: +3.0 sigma	36.855
Centerline	11.28
LCL: -3.0 sigma	0.0

1 beyond limits

Estimates

Period	#1-100	Standard
Process mean	254.64	250.0
Process sigma	10.1637	10.0
Mean MR(2)	11.4646	

Sigma estimated from average moving range

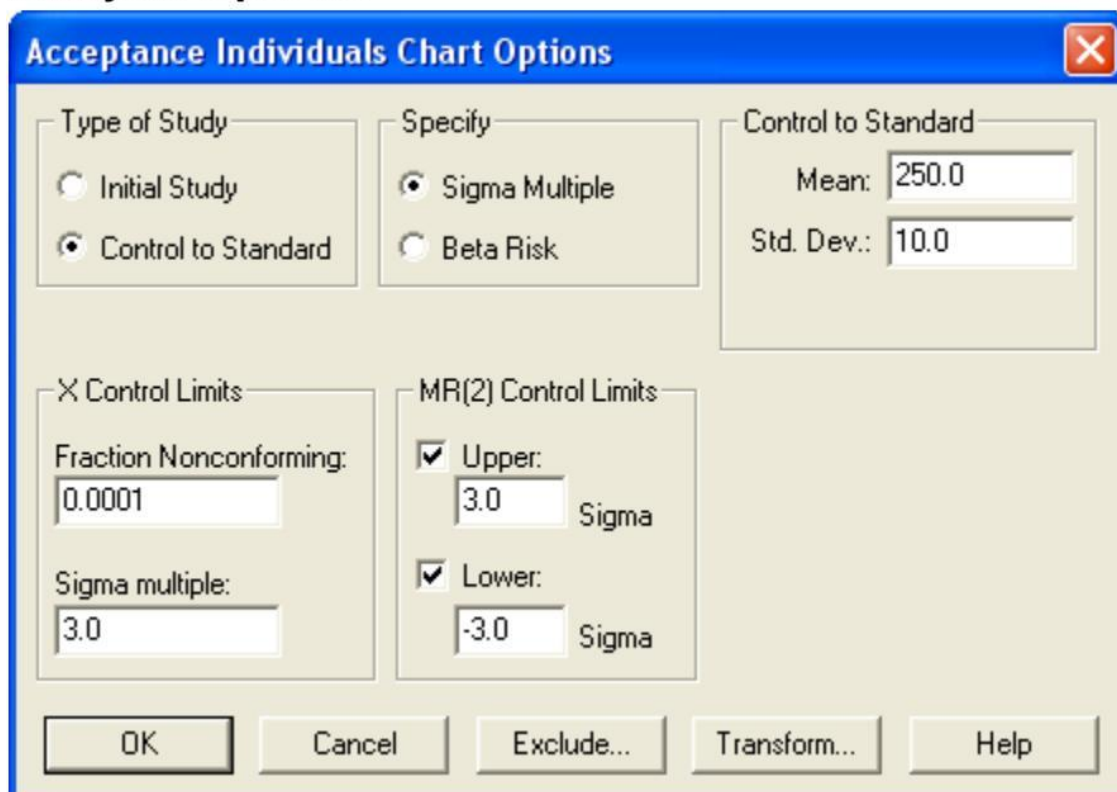
由平均移动极差估计的 Sigma

表中包含：

- 子组信息（Subgroup Information）：观测值或子组的数量以及平均子组大小。
- 最大不合格品率与 Sigma 倍数或 Beta 风险（Maximum Fraction Defective and Sigma Multiple or Beta Risk）：用于定义控制限的参数 δ 和 k，或 δ 和 β 。
- 规格限（Specification Limits）：所关注变量的规格限。
- 分布（Distribution）：数据的假定分布。默认假设数据服从正态（normal）分布。但可通过分析选项（Analysis Options）选择另外 26 种分布之一。

- **变换 (Transformation) :** 对数据应用的任何变换。使用 *分析选项 (Analysis Options)* , 可选择使用常见变换 (如平方根) 或利用 Box-Cox 方法优化变换。
- **X 或 X-Bar 图:** 验收图的中心线和控制限摘要, 以及任何超出控制限的点的计数。
- **MR(2)/R/S 图:** 离散图的中心线和控制限摘要。
- **估计值 (Estimates) :** 过程均值和过程标准差 σ 的估计值。估计过程 sigma 的方法取决于 *分析选项 (Analysis Options)* 对话框上的设置, 如下所述。
- **平均残差 MR(2)、平均极差或平均 S (Mean residual MR(2), Average Range, or Average S) :** 离散图上所绘值的平均值。

分析选项



The dialog box titled "Acceptance Individuals Chart Options" contains the following settings:

- Type of Study:** ☒ Control to Standard
- Specify:** ☒ Sigma Multiple
- Control to Standard:** Mean: 250.0, Std. Dev.: 10.0
- X Control Limits:** Fraction Nonconforming: 0.0001, Sigma multiple: 3.0
- MR(2) Control Limits:** ☒ Upper: 3.0 Sigma, ☒ Lower: -3.0 Sigma

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Exclude..., Transform..., Help.

- **研究类型 (Type of Study) :** 决定控制限的设置方式。对于 *初始研究 (Initial Study)* (第 1 阶段) 图, 限值由当前数据估计。对于 *控制至标准*

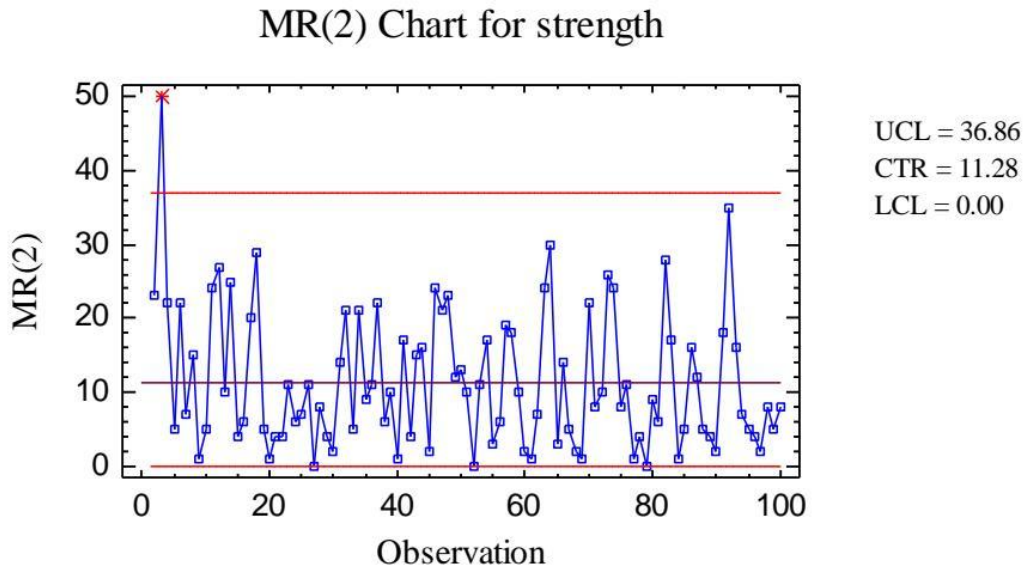
(Control to Standard) (第 2 阶段) 图, 控制限由对话框*控制至标准 (Control to Standard)* 部分的信息确定。

- **指定 (Specify) :** 指定用于放置控制限的方法。*Sigma 倍数 (Sigma Multiple)* 将 X 图控制限置于对应指定*不合格品率 (Fraction Nonconforming)* 的最极端均值之外。*Beta 风险 (Beta Risk)* 将限值置于: 当过程均值对应*不合格品率 (Fraction Nonconforming)* 时, 以等于 *Beta 风险 (Beta Risk)* 的概率漏检该偏移的位置。
- **控制至标准 (Control to Standard) :** 要进行第 2 阶段分析, 为*研究类型 (Type of Study)* 选择 *Control to Standard* (控制至标准), 然后输入既定的标准过程均值和 sigma (若不假设正态分布, 则输入其他参数)。
- **X 或 X-Bar 控制限 (X or X-Bar Control Limits) :** 控制限相对于最大允许不合格品比例 δ 指定。如果指定 (Specify) 字段设为 Sigma 倍数 (Sigma Multiple), 则输入 k^* 值。如果指定 (Specify) 字段设为 Beta 风险 (Beta Risk) *, 则输入 β 值。
- **MR(2)、R 或 S 控制限 (MR(2), R or S Control Limits) :** 指定用于确定 MR(2)、R 或 S 图上控下限的 k 倍数。要完全取消某条限, 输入 0。
- **排除按钮 (Exclude button) :** 使用此按钮从计算中排除特定子组。
- **变换按钮 (Transform Button) :** 使用此按钮指定变换或非正态分布。

有关排除 (Exclude) 和变换 (Transform) 功能的讨论, 请参阅*个体控制图 (Individuals Control Charts)* 文档。

MR(2)/R/S 图

还包含第二个图以监控过程变异。

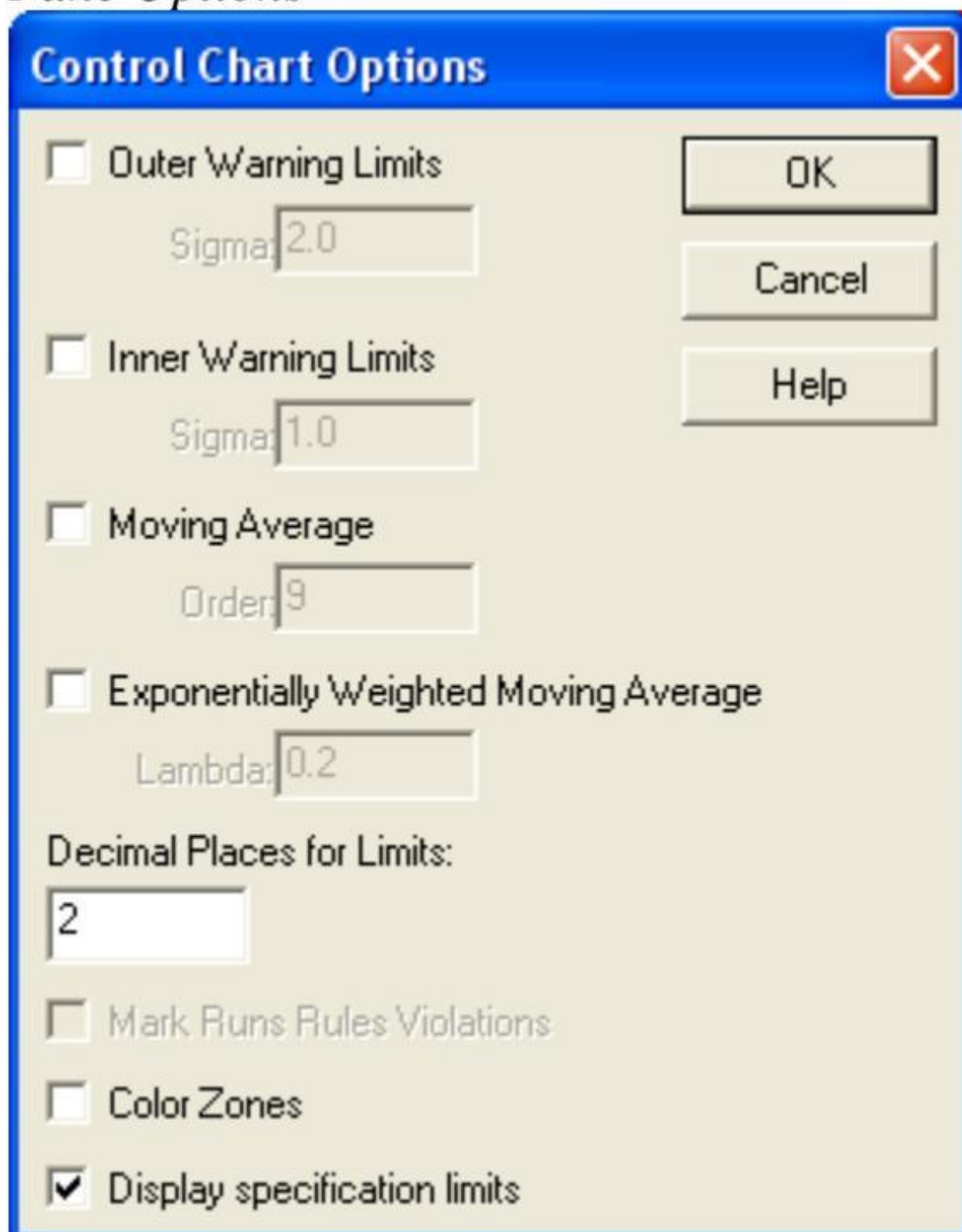


对于个体数据，显示的是 MR(2) 图，在个体控制图（Individuals Control Charts）文档中有描述。对于分组数据，根据首选项（Preferences）对话框控制图（Control Charts）选项卡上的设置，绘制 R 图或 S 图：



这些图在 *X-Bar 和 R 图 (X-Bar and R Charts)* 与 *X-Bar 和 S 图 (X-Bar and S Charts)* 文档中有描述。

窗格选项 (Pane Options)



The image shows a 'Control Chart Options' dialog box with a blue title bar and a red close button. It contains several settings for control charts, including warning limits, moving averages, and decimal places for limits. The 'Outer Warning Limits' checkbox is unchecked, with a 'Sigma' value of 2.0. The 'Inner Warning Limits' checkbox is also unchecked, with a 'Sigma' value of 1.0. The 'Moving Average' checkbox is unchecked, with an 'Order' of 9. The 'Exponentially Weighted Moving Average' checkbox is unchecked, with a 'Lambda' value of 0.2. The 'Decimal Places for Limits' is set to 2. The 'Mark Runs Rules Violations' and 'Color Zones' checkboxes are unchecked. The 'Display specification limits' checkbox is checked.

Control Chart Options

☐ Outer Warning Limits
Sigma: 2.0

☐ Inner Warning Limits
Sigma: 1.0

☐ Moving Average
Order: 9

☐ Exponentially Weighted Moving Average
Lambda: 0.2

Decimal Places for Limits:
2

☐ Mark Runs Rules Violations

☐ Color Zones

☒ Display specification limits

OK
Cancel
Help

- **外部警戒限 (Outer Warning Limits)** : 勾选此框可在指定的 sigma 倍数处添加警戒限, 通常为 2 sigma。

- **内部警戒限 (Inner Warning Limits) :** 勾选此框可在指定的 sigma 倍数处添加警戒限, 通常为 1 sigma。
 - **移动平均 (Moving Average) :** 勾选此框可向图表添加移动平均平滑线。除了子组均值外, 还会显示最近 q 个点的平均值, 其中 q 为移动平均的阶 (order)。默认 $q = 9$, 因为原始子组均值的 1-sigma 内部警戒限等效于该阶移动平均的 3-sigma 控制限。
 - **指数加权移动平均 (Exponentially Weighted Moving Average) :** 勾选此框可向图表添加 EWMA 平滑线。除了子组均值外, 还会显示子组均值的指数加权移动平均, 其中为 EWMA 的平滑参数。默认 $\lambda = 0.2$, 因为原始子组均值的 1-sigma 内部警戒限等效于该 EWMA 的 3-sigma 控制限。
 - **控制限小数位数 (Decimal Places for Limits) :** 显示控制限所用的小数位数。
 - **标记运行规则违规 (Mark Runs Rules Violations) :** 用特殊点符号标记任何异常序列或运行。默认应用的运行规则在 *首选项 (Preferences)* 对话框的*运行检验 (Runs Tests) 选项卡上指定。
 - **彩色区域 (Color Zones) :** 勾选此框以显示绿、黄、红区域。
- **显示规格限 (Display Specification Limits) :** 是否在图上添加水平线以显示规格限的位置

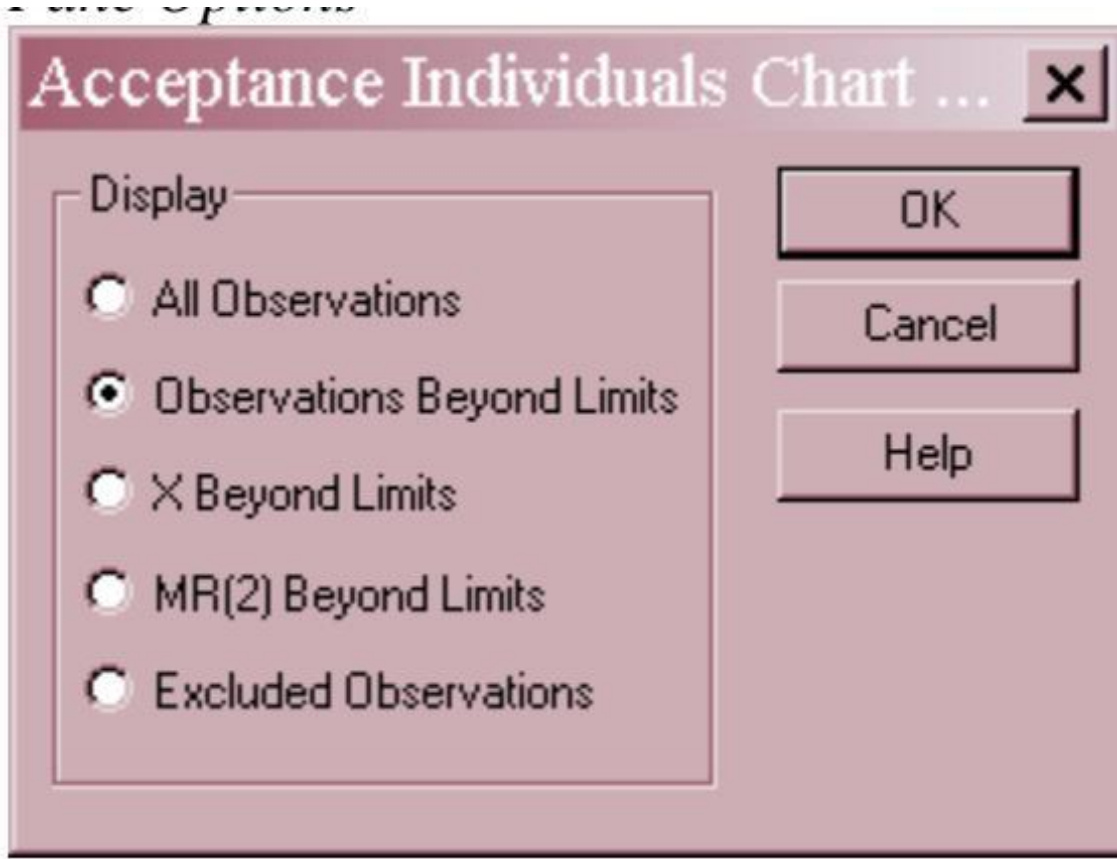
验收图报告

此窗格以表格形式列出控制图上所绘的值:

Acceptance Individuals Chart Report		
Observations Beyond Limits		
X = Excluded * = Beyond Limits		
Observation	X	MR(2)
3	282.0	* 50.0

失控点用星号表示。从计算中排除的点用 X 表示。

窗格选项 (Pane Options)



- **显示 (Display) :** 指定报告中要显示的观测值或子组。

能力指数

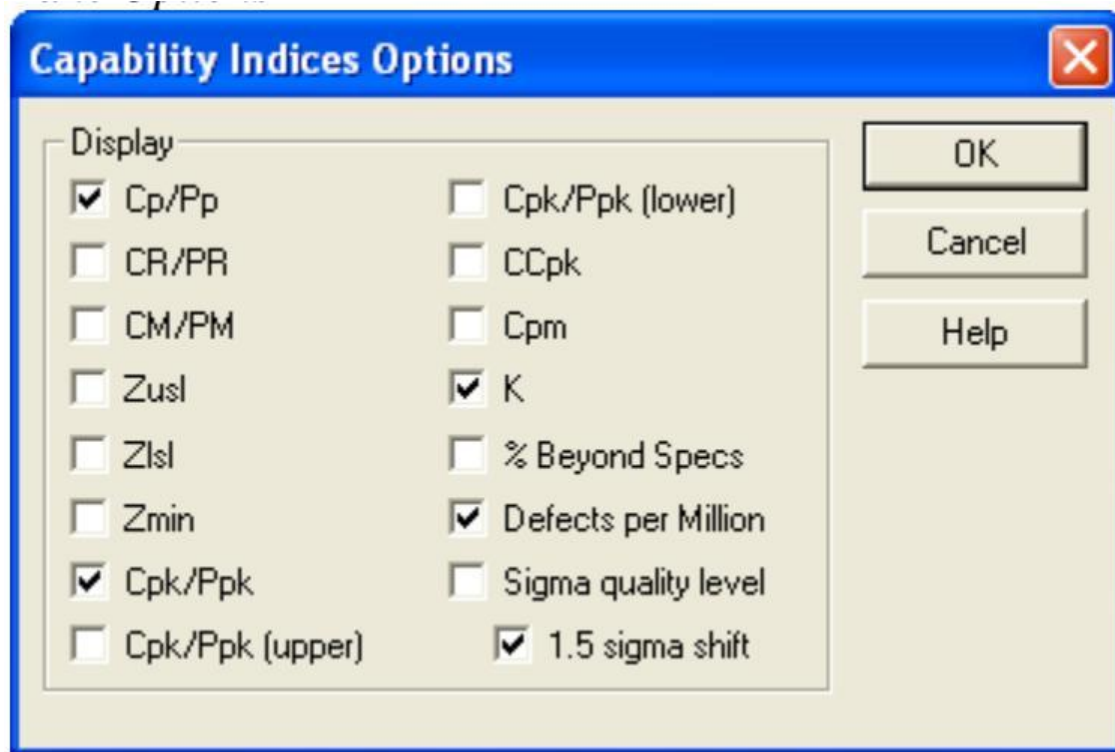
能力指数 (Capability Indices) 窗格显示所选指数的值，这些指数衡量数据符合规格限的程度。

Capability Indices for strength		
Specifications		
USL = 300.0		
Nom = 250.0		
LSL = 200.0		
	Short-Term	Long-Term
	Capability	Performance
Sigma	10.1637	10.6823
Cp/Pp	1.63982	1.56021
CR/PR	60.9822	64.0938
Cpk/Ppk	1.48765	1.41543
K		0.0928

Based on 6 sigma limits. Short-term sigma estimated from average moving range.

默认显示的指数取决于首选项（Preferences）对话框能力（Capability）选项卡上的设置。这些指数的详细讨论见过程能力（变量数据）（Process Capability (Variables)）文档。

窗格选项（Pane Options）

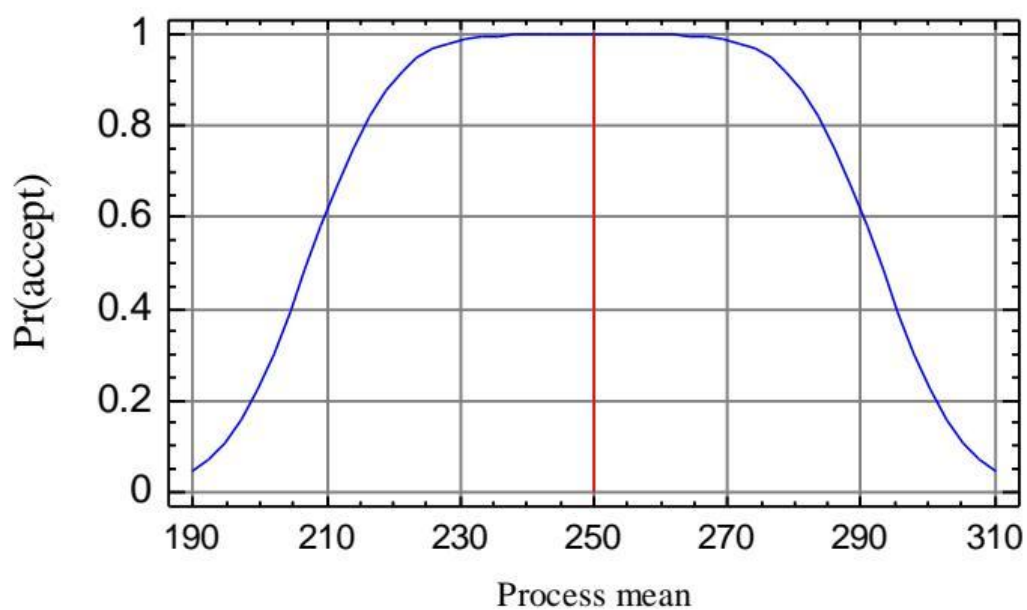


- 显示（Display）：选择要显示的指数。

OC 曲线

OC（操作特性，Operating Characteristic）曲线旨在说明第 2 阶段控制图的性质。

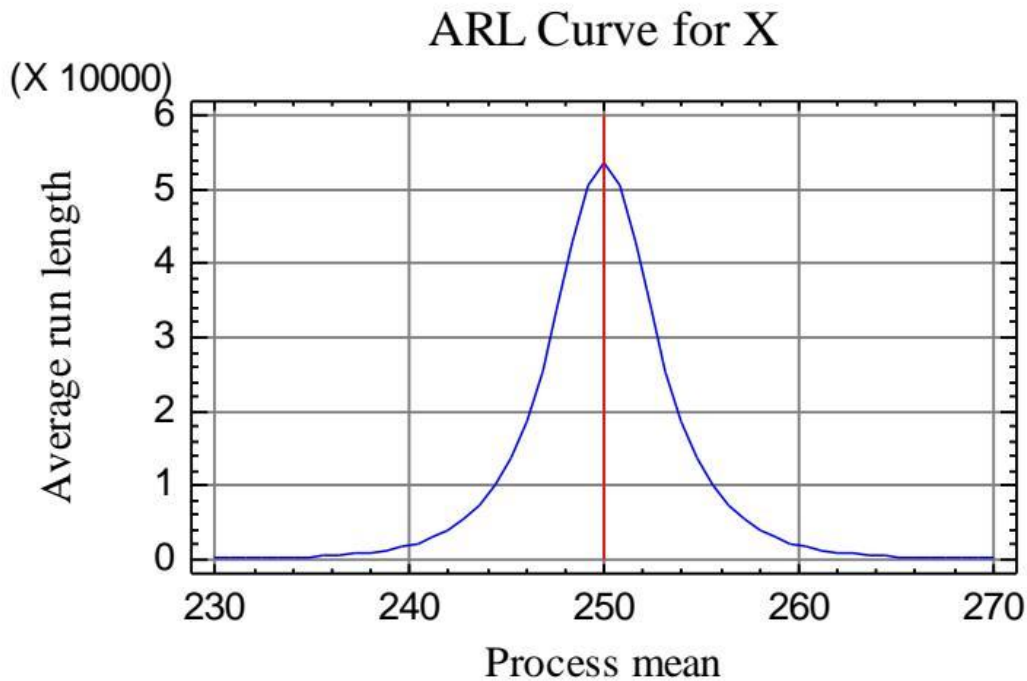
OC Curve for $\bar{X}$



该图显示所绘值落在 $\bar{X}$ 或 $\bar{X}$ -bar 图控制限内的概率随真实过程均值变化的函数。例如，如果过程均值偏移到 190 或 310，则 $\bar{X}$ 图上下一个点落在控制限内的概率约为 5%。

ARL 曲线

ARL 曲线是查看第 2 阶段图性能的另一方式。



ARL 曲线绘制平均运行长度（Average Run Length，即直到并包括控制限之外的第一个点为止所绘制值的平均数量）随真实过程均值变化的函数。假设过程均值突然偏移到新值，该图显示平均需要多长时间才会产生失控信号。注意在过程均值为 250 附近时 ARL 变得多大，这意味着放宽的控制限几乎永远不会导致虚发警报。在偏移到 $\mu = 270$ 时，ARL 约为 90。

保存结果

根据数据是个体值还是分组数据，可将以下结果保存到数据表：

- 1. 观测值或平均值 (*Observations or averages*) 绘制在 X 或 X-bar 图上的值。
 2. 极差、sigma 或移动极差 绘制在离散图上的值。
 3. 大小 (*Sizes*) 子组大小。
 4. 标签 (*Labels*) 子组标签。
 5. 过程均值 (*Process Mean*) 估计的过程均值。
 6. 过程 Sigma (*Process Sigma*) 估计的过程标准差。
 7. 包含的观测值 (*Included Observations*) 一系列由 0 和 1 组成的列，分别表示排除和包含的观测值。此列可在其他数据输入对话框的选择 (*Select*) 字段中使用。