

## SIMATIC

### S7-1500、ET 200MP、 ET 200SP、ET 200AL、 ET 200pro、ET 200eco PN 模拟值处理

功能手册

前言

文档指南

1

应了解模拟技术的哪些方面

2

模拟值表示

3

连接变送器

4

热电偶

5

连接负载/执行器

6

支持的功能

7




高速模拟量模块

8

法律资讯

警告提示系统

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

 <b>危险</b>
表示如果不采取相应的小心措施， <b>将会</b> 导致死亡或者严重的人身伤害。
 <b>警告</b>
表示如果不采取相应的小心措施， <b>可能</b> 导致死亡或者严重的人身伤害。
 <b>小心</b>
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。
<b>注意</b>
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。


当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。

合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

按规定使用Siemens 产品

请注意下列说明：

 <b>警告</b>
<b>Siemens</b> 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 Siemens 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。

商标

所有带有标记符号 ® 的都是西门子股份有限公司的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

# 前言

## 本文档的用途

本文档中涵盖了适用于所有产品的常规主题。

除了模拟值处理的介绍性信息之外，本手册还涵盖下列主题：

- 变送器与模拟量输入的连接
- 执行器/负载与模拟量输出的连接
- 补偿基准结温度
- 校准模拟量模块
- 模拟量模块的诊断选项
- 高速模拟量模块

## 所需的基本知识

理解本文档中的内容，需要具备以下知识：

- 自动化技术的基本知识
- 模拟值处理的相关知识（模拟量技术）
- 工业自动化系统 SIMATIC 的知识
- 有关如何使用 STEP 7 (TIA Portal) 的知识

## 本文档的适用范围

本手册可作为 S7-1500、ET 200MP、ET 200SP、ET 200AL、ET 200pro 和 ET 200eco PN 产品系列的所有模拟量输入和模拟量输出模块的基本文档。

## 相对于先前版本的变更

本手册阐述内容相对于先前版本（2013 年 12 月版）的变更/改进：

- 扩展了分布式 I/O 系统 ET 200AL 适用范围

## 约定

**STEP 7:** 在本文档中，“STEP 7”是“V12 (TIA Portal)”及此组态和编程软件的后续版本的同义词。本文档包含其描述的产品的图像。可能与所提供的设备略有不同。

请遵循下面所标注的注意事项：

---

### 说明

这些注意事项中包含文档中需要特别注意的重要信息。

---

## 其它支持

有关 SIMATIC 产品的其它信息，请访问 Internet。相关文档也可以在 Internet 上找到。

- 各种 SIMATIC 产品和系统的技术文档集，请访问 Internet (<http://www.siemens.com/simatic-tech-doku-portal>)。
- Internet (<http://mall.automation.siemens.com>) 上还提供了在线目录和在线订购系统。

## 长版

西门子为其产品及解决方案提供工业安全功能，以支持工厂、解决方案、机器、设备和/或网络的安全运行。这些功能是整个工业安全机制的重要组成部分。

有鉴于此，西门子不断对产品和解决方案进行开发和完善。

西门子强烈建议您定期检查产品的更新和升级信息。

要确保西门子产品和解决方案的安全操作，还须采取适当的预防措施（例如：设备单元保护机制），并将每个组件纳入全面且先进的工业安全保护机制中。

此外，还需考虑到可能使用的所有第三方产品。更多有关工业安全的信息，请访问 Internet (<http://www.siemens.com/industrialsecurity>)。

要及时了解有关产品的更新和升级信息，请订阅相关产品的实事信息。

更多相关信息，请访问 Internet (<http://support.automation.siemens.com>)。

# 目录

	前言 .....	3
1	文档指南 .....	7
2	应了解模拟技术的哪些方面 .....	9
2.1	概述 .....	9
2.2	准确性/精度 .....	13
2.3	标定模拟值 .....	17
2.4	反向标定模拟值 .....	19
2.5	线性误差 .....	21
2.6	重复精度 .....	22
2.7	运行和基本误差限制 .....	23
2.8	温度误差 .....	25
2.9	干扰频率抑制 .....	26
2.10	共模干扰 (UCM) .....	28
2.11	串模干扰 (USM) .....	30
2.12	干扰电压抑制 .....	31
2.13	通道间的串扰 .....	33
2.14	诊断 .....	35
2.15	值状态 .....	46
2.16	模拟量模块的转换时间 .....	49
2.17	模拟量模块的循环时间 .....	51
2.18	模拟量输出模块的稳定时间和响应时间 .....	52
2.19	滤波 .....	54
2.20	2 线制变送器的负载 .....	57
3	模拟值表示 .....	59
3.1	概述 .....	59
3.2	输入范围表示 .....	61
3.3	输出范围表示 .....	63

<b>4</b>	<b>连接变送器 .....</b>	<b>65</b>
4.1	概述 .....	65
4.2	通过 MANA 连接来连接模拟量输入 .....	67
4.3	不通过 MANA 连接来连接模拟量输入 .....	69
4.4	连接电压变送器 .....	71
4.5	连接电流变送器 .....	72
4.6	连接热敏电阻和电阻 .....	74
4.7	连接热电偶 .....	76
<b>5</b>	<b>热电偶 .....</b>	<b>78</b>
5.1	选择热电偶 .....	78
5.2	热电偶结构和工作原理 .....	80
5.3	基准结温度的补偿 .....	81
5.3.1	概述 .....	81
5.3.2	通过内部基准结进行补偿 .....	84
5.3.3	通过模块参考通道进行补偿 .....	86
5.3.4	补偿, 组 0 的参考通道 .....	88
5.3.5	通过固定参考温度进行补偿 .....	91
5.3.6	通过动态参考温度进行补偿 .....	93
5.3.7	“无”补偿或外部补偿 .....	97
5.3.8	补偿类型 RTD (0) .....	99
<b>6</b>	<b>连接负载/执行器 .....</b>	<b>102</b>
6.1	概述 .....	102
6.2	连接负载/执行器 .....	103
<b>7</b>	<b>支持的功能 .....</b>	<b>105</b>
7.1	校准模拟量模块 .....	105
7.1.1	概述 .....	105
7.1.2	校准模拟量模块 .....	107
7.1.3	取消校准 .....	111
7.1.4	将模拟量模块复位为出厂设置 .....	112
<b>8</b>	<b>高速模拟量模块 .....</b>	<b>113</b>
8.1	基本知识 .....	113
8.2	ST 模块与 HS 模块 .....	119
	索引 .....	125

## 文档指南

### 简介

SIMATIC 产品文档采用模块化结构，并涵盖了有关自动化系统的各类主题。

S7-1500、ET 200MP、ET 200SP、ET 200AL、ET 200pro 和 ET 200eco PN 系统的完整文档包含各自的系统手册、功能手册和产品手册。

### 与模拟值处理相关的其它文档概述

下表列出了用于补充本文的模拟值处理说明的其它参考文档。

表格 1- 1 模拟值处理参考文档

主题	文档	重要内容
系统描述	系统手册“ S7-1500 自动化系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59191792">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59191792</a> )”	<ul style="list-style-type: none"><li>• 应用规划</li><li>• 安装</li><li>• 连接</li><li>• 调试</li></ul>
	系统手册“ ET 200SP 分布式 I/O 系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/58649293">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/58649293</a> )”	
	系统手册“ ET 200MP 分布式 I/O 系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193214">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193214</a> )”	
	系统手册“ ET 200AL 分布式 I/O 系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/89254965">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/89254965</a> )”	

主题	文档	重要内容
	操作指南 “ET 200pro 分布式 I/O 系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/21210852">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/21210852</a> )”	
	操作指南 “ET 200eco PN 分布式 I/O 系统 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/29999018">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/29999018</a> )”	
组态防干扰型控制器	功能手册 “组态防干扰型控制器 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566</a> )”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基本知识</li> <li>• 电磁兼容性</li> <li>• 避雷</li> </ul>
模拟量模块	相应模拟量模块的产品手册	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 连接</li> <li>• 参数</li> <li>• 技术规范</li> <li>• 参数数据记录</li> <li>• 模拟值表格</li> </ul>

## SIMATIC 手册

有关 SIMATIC 产品的所有最新手册，均可从 Internet (<http://www.siemens.com/automation/service&support>) 上免费下载。



## 应了解模拟技术的哪些方面

### 2.1 概述

#### 简介

通过本章节，用户可在掌握模拟量技术的基本知识上熟练设置模拟量输入模块和模拟量输出模块的重要参数。

下文中的介绍和示例同时也在其它模拟量模块手册中应用，便于用户更好地理解这些手册中的相关信息。

#### 模拟量及二进制信号

二进制信号只能使用 2 种信号状态：信号状态 1（存在电压）和信号状态 0（不存在电压）。

在控制工程组态中，需要对模拟量信号和二进制信号进行频繁读取、处理和输出。与二进制信号不同，模拟量信号可以为指定范围内的任何值。模拟量变量包括：

- 温度
- 压力
- 速度
- 填充量
- pH 值

## 2.1 概述

### 变送器

控制器只能处理位模式格式的模拟值。为此，可以将变送器连接到模拟量模块，用于测量压力或温度等物理变量。模拟量输入模块将以电流、电压或电阻形式读取该模拟量值。要让 CPU 处理测量到的电流或电压值，则需要在模拟量输入模块中集成一个模数转换器，将这些值转换为 16 位整数值。根据测量类型的不同，可以使用以下变送器：

- 电压变送器
- 电流变送器
  - 2 线制变送器
  - 4 线制变送器
- 电阻变送器
  - 4 线制连接
  - 3 线制连接
  - 2 线制连接
- 热电偶

有关将各种变送器连接到模拟量输入的更多信息，请参见连接变送器 (页 65)。

### 示例

通过变送器对速度进行采集，并将 0 到 1500 rpm 的速度范围转换为 1 到 5 V 的电压范围。如果测量到的速度为 865 rpm，则变送器的输出值为 3.3 V。

可按照以下公式计算转换后的电压值：

$$U = \frac{5 \text{ V} - 1 \text{ V}}{1500 \frac{\text{rpm}}{\text{U}_{\text{最小值}}}} * 865 \frac{\text{rpm}}{\text{U}_{\text{最小值}}} + 1 \text{ V} = 3.3 \text{ V}$$

下图举例说明了电压的采集过程：

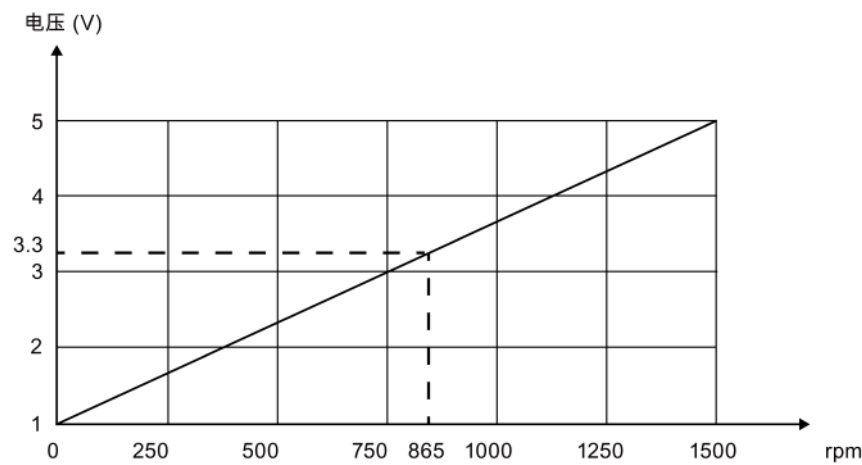


图 2-1 速度测量

### 模数转换

CPU 只能处理数字格式的信息。因此，模拟值将转换为位模式。  
可通过在模拟量输入模块中集成一个 ADC（模数转换器）进行转换。  
对于 CPU，此转换始终为 SIMATIC 产品返回一个 16 位字。  
ADC 将模拟量信号数字化并通过阶梯形曲线得到一个近似值。  
精度和转换速度是两个最重要的 ADC 参数。

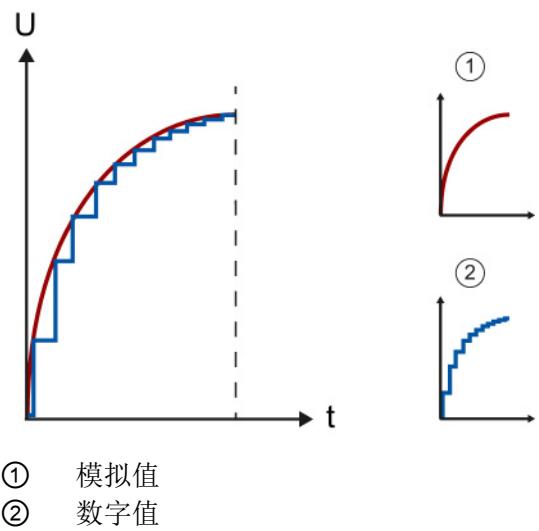


图 2-2 包含低分辨率和高分辨率曲线的模拟图的近似值

2.1 概述

数模转换

CPU 处理数字量信号后，模拟量输出模块中集成的 DAC（数模转换器）会将输出信号转换为模拟量电流或电压值。输出信号对应于输出值的结果值用于控制模拟量执行器。这类执行器包括小型伺服驱动器或比例阀等。有关连接执行器的更多信息，请参见连接负载/执行器 (页 102)。

模拟量模块的重要参数

在选择模拟量模块时，除了测量类型和范围之外,还需考虑它的准确性、精度以及转换时间。在某些应用中（如大型工厂系统），则还需要考虑共模或通道隔离。我们将在下文中对此处列出的参数进行详细说明。

处理模拟量信号

下图说明了 PLC 中模拟量信号的处理。

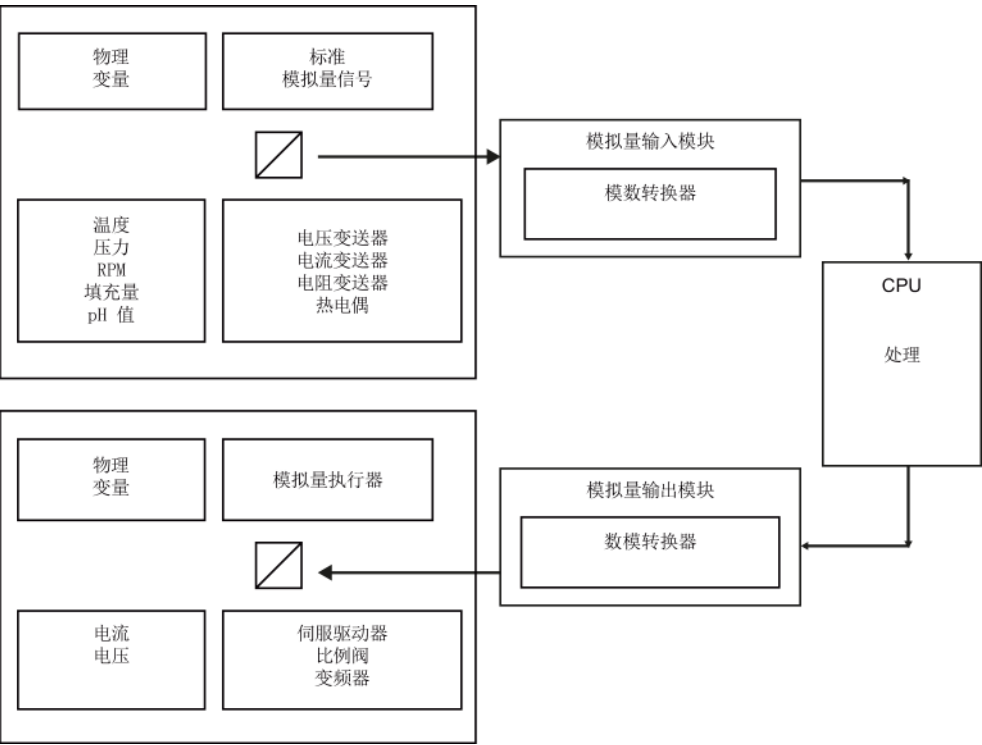


图 2-3 模拟值处理

## 2.2 准确性/精度

模拟量模块的精度取决转换器及其外部电路。并通过阶梯形曲线返回待采集/输出的模拟量信号的近似值。模块的精度将确定模拟值在阶梯形曲线中的增量值。

如果模块的精度较高，则增量值就较低同时模拟量信号数字化的准确程度也就越高。

### 模拟值的近似值

下图显示了通过阶梯形曲线得到模拟值的近似值。左图中的精度较低，仅返回实际曲线的粗略近似值；而右图中的精度较高，则得到的近似值也就更为准确。

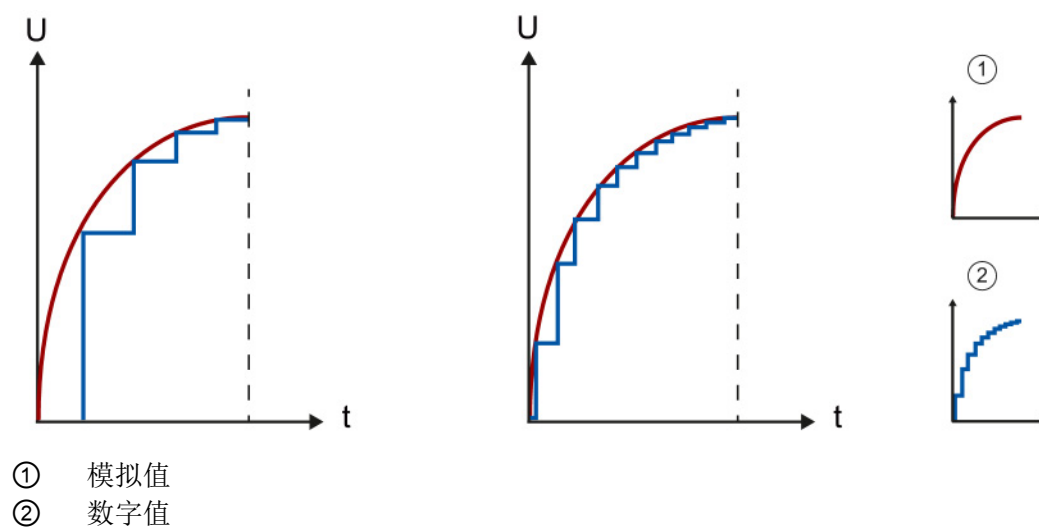


图 2-4 具有阶梯形曲线的模拟曲线的近似值

### 以 13 位和 16 位精度显示测量范围

模块精度为 13 位 (= 12 位 + S) 时，单极性测量值可分段为  $2^{12} = 4096$  个增量。测量范围 0 到 10 V 中的最小增量为  $10 \text{ V}/4096$ ，等于 2.4 mV。

因此具有 16 位 (= 15 位 + S) 精度的模块提供 0.3 mV 的增量。精度每增加一位，增量数将增加一倍，同时增量宽度将减少一半。

如果精度从 13 位增加到 16 位，那么增量数将增加 8 倍，从 4096 增加到 32768。精度为 13 位时，可以显示的最小值为 2.4 mV。由此可以得出，精度为 16 位时，可显示的最小值约为 0.3 mV。

测量范围

在显示测量范围时，SIMATIC S7 分别有额定范围、超出范围和低于范围，以及上溢或下溢。通过这种区分，用户可以了解实际测量值是否在技术规范规定的测量范围内。

上溢和下溢范围用于错误检测。

采用 16 位精度时，理论上 11.852 V 的电压范围内的增量值为 32768 个，这意味着精度 10 V 的测量范围内只能使用 27648 个增量。因此可以表示的最小值是 0.3617 mV（参见下表）。

表格 2- 1     SIMATIC S7 模块 0 - 10 V 测量范围内的精度示例

增量值	电压测量范围	
十进制	0 到 10 V	范围
32767	11.852 V	上溢
32512		
32511	11.759 V	超出范围
27649		
27648	10.0 V	额定范围
20736	7.5 V	
1	361.7 μV	
0	0 V	
与本示例无关 不允许为负值		低于范围
		下溢

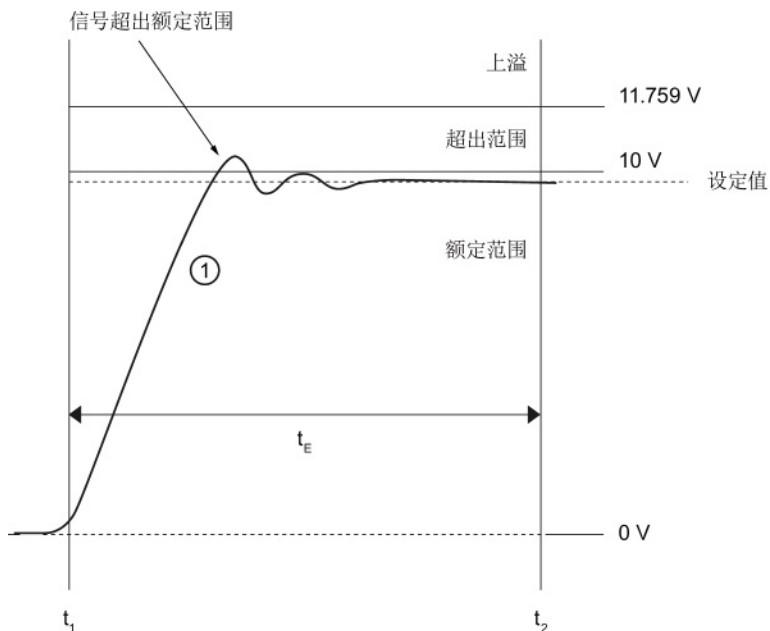
有关输入范围的数字化显示（分为双极和单极输入范围），请参见“输入范围的显示 (页 61)”部分。有关输出范围的数字化显示（分为双极和单极输出范围），请参见“输出范围的显示 (页 63)”部分。有关模拟量模块可使用的所有测量范围汇总信息，请参见相应的设备手册。

超出范围和低于范围

如果控制过程中经常会发生信号跳转，则信号的稳定曲线在到达设定值之前会暂时超出额定范围。超出范围和低于范围可确保在信号不在额定范围时不会报告错误。

但是，如果信号超出范围或低于范围，并达到上溢范围或下溢范围，则会诊断为错误状态“上溢”或“下溢”。这表示超出或低于范围对应于额定范围和上溢或下溢之间的容差范围。有关稳定时间的更多信息，请参见模拟量输出模块的稳定时间和响应时间 (页 52)一节。

下图显示了单极性测量范围的额定范围、超出范围和上溢。在稳定阶段，信号略微超出额定范围。



- ① 模拟量输出信号
- $t_E$  信号达到设定值的稳定时间
- $t_1$  模块将在模拟量输出通道的端子处停止转换并输出信号
- $t_2$  信号已稳定并到达所指定的模拟量输出值

### 模拟量模块的准确性

模拟量模块的准确性以百分比值或绝对值形式表示，例如 K 或 °C。这样可以表示测量值采集的总误差。基本误差限值（25 °C）与操作误差一样，都是根据国际标准 IEC 61131 进行指定，这也是欧洲标准 EN 61131 的基础限值。有关操作/基本误差限值的更多信息，请参见“操作和基础误差限值 (页 23)”部分。

### 精度与准确度之间的关系

要达到特定的准确性（操作误差），必须指定一定的精度。

## 2.2 准确性/精度

### 示例

#### 精度为 8 位和 14 位时进行数字化产生的测量误差

模拟量模块测量范围为 0 V 到 10 V。8 位精度可表示 256 个值。

这等同于最小电压阶跃 39 mV 或测量范围下限的 0.4%。14 位精度可表示 16384 个值。

这等同于最小电压阶跃 0.61 mV 或测量范围下限值的 0.006%。

以这种方式计算出的百分比值还表示操作限值理论上的最佳值。

精度为 8 位且测量范围为 0 - 10 V 时，准确性无法超过 0.4 %。

在实际情况下，实际电路的准确度可能更低。

### 计算最大测量误差

可按照以下公式，计算整个温度范围内操作限值为  $\pm 0.5\%$  时模拟量模块在 0 - 10 V 间的最大测量误差：

$$10\text{ V} \times 0.5/100 = 50\text{ mV}$$

由此可计算出，最大测量误差约为  $\pm 50\text{ mV}$ 。

这也意味着，在整个输入范围内每个模拟电压输入存在  $\pm 50\text{ mV}$  的失真。

因此待测量的 3.5 V 电压可以显示为 3.45 V 和 3.55 V 之间的任意值。

有关操作/基本误差限值的更多信息，请参见“操作和基本误差限值 (页 23)”部分。



## 2.3 标定模拟值

### 标定

在进一步处理数字化的模拟值时，经常需要对实际过程值而不是增量进行计算（例如，10 V = 27648 增量）。在此，将值范围（例如，-27648 到 +27648 增量）到原始实际数据（例如，0 到 500 升）的转换过程称之为标定。

### 标定块

可以使用 STEP 7 中的相应程序块对模拟值进行标定。STEP 7 中自带有 SCALE 块，并允许输入上限值和下限值（例如，0 到 500 升）。

### 示例

在以下示例中，将测量容量为 500 升的罐中的液位。  
通过变送器测得空罐状态下的电压为 -10 V，而用满罐状态下的电压为 +10 V。  
模拟量模块将电压范围 -10 V 到 +10 V 转换为值范围 -27648 到 +27648，  
并使用 SCALE 程序块将此范围转换为实际数量 0 到 500 升。

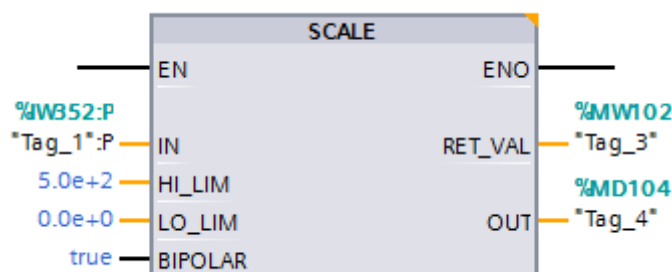


图 2-5 SCALE 程序块中的标定操作

输入 **IN** 处的模拟值由该模块直接读取，或者通过一个数据接口以 INT 格式进行传输。  
输入 **LO\_LIM** 用于确定实际数量的下限（0 升），而 **HI\_LIM** 则用于确定实际数量的上限（500 升）。输出 **OUT** 以浮点数形式输出标定后的值（实际数据）  
( $LO\_LIM \leq OUT \leq HI\_LIM$ )。并可通过输入 **BIPOLAR** 分配参数，  
指定仅转换正数值或是仅转换负数值。如果参数接收到状态为“0”的操作数，则表示进行单极性标定。如果收到状态为“1”的操作数，则表示进行双极性标定。如果发生错误（如上溢），则输出 **RET\_VAL** 将输出一个错误代码；无错误时，则输出值“0”。

有关 SCALE 块的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

2.3 标定模拟值

单极性与双极性测量范围

在以上示例中，液位测量在双极性测量范围内。除了正电压外，变送器还提供了负电压。由于将罐容量映射为  $-27648$  到  $+27648$  的增量范围，因此测量的液位精度 ( $\Delta$ ) 将是单极性测量范围的两倍。

说明

变送器

如果要在双极性测量范围中进行测量，则所使用的变送器需要支持双极性测量范围。

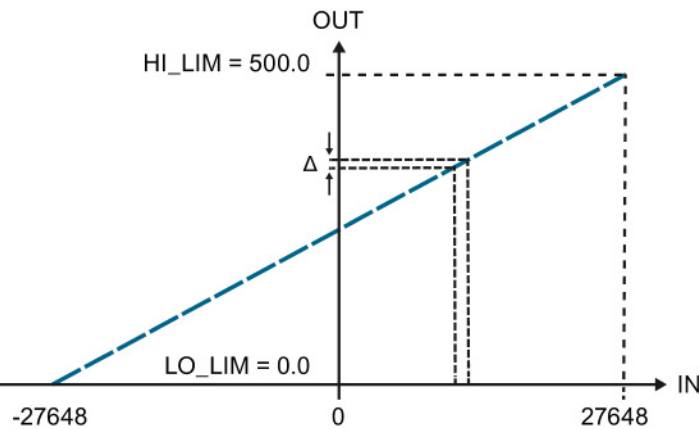


图 2-6 双极性测量范围

采用双极性测量范围的液位测量精度 ( $\Delta$ ) 是单极性测量范围的两倍。

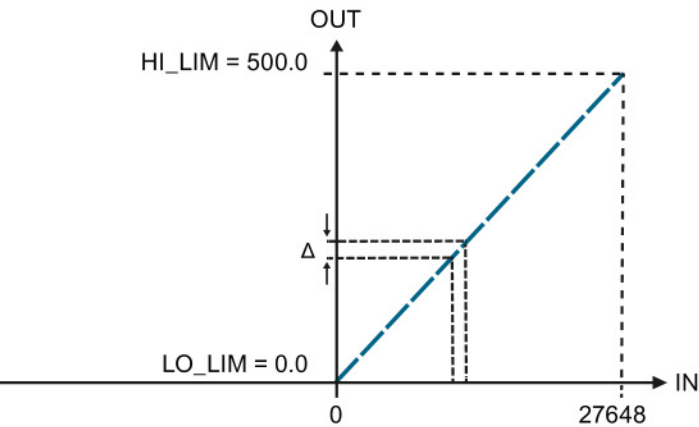


图 2-7 单极性测量范围

## 2.4 反向标定模拟值

### 反向标定

输出已标定的模拟值时，通常需要将用户程序计算出的模拟值转换为模拟量输出模块的值范围。这种转换称之为反向标定。

### 反向标定块

可以使用 STEP 7 中的相应程序块对模拟值进行反向标定。STEP 7 中自带有 UNSCALE 块，并允许输入定义程序值范围的上限值和下限值。

### 示例

通过 UNSCALE 块，将用户程序计算出的一个 0.0% 到 100.0% 的模拟值转换为 -27648 到 +27648 的值范围。将反向标定后的值输出到一个模拟量输出模块时，该模块将寻址模拟量执行器（例如，调节阀）。程序值为 0% 时，执行器将寻址最小值（-10 V 或 -20 mA），程序值为 100% 时，将寻址最大值（10 V 或 +20 mA）。

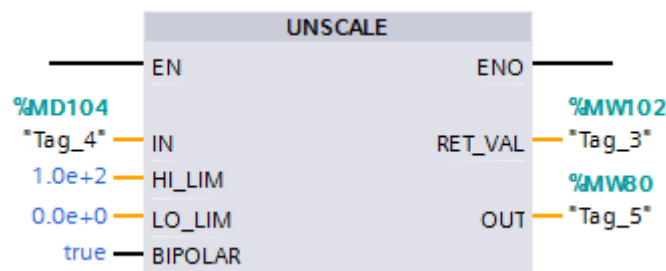


图 2-8 UNSCALE 程序块中的反向标定操作

程序中计算出的值必须以 REAL 格式 (IN) 进行传送。使用输入 LO\_LIM 确定程序值的下限（0.0%），使用 HI\_LIM 确定程序值的上限（100.0%）。在 OUT 输出处将以 INT 格式输出反向标定后的值。并可通过输入 BIPOLAR 分配参数，指定仅转换正数值或是仅转换负数值。如果参数接收到状态为“0”的操作数，则表示进行单极性标定。如果收到状态为“1”的操作数，则表示进行双极性标定。如果发生错误，则输出 RET\_VAL 将输出一个错误代码；无错误时，则输出值“0”。

有关 UNSCALE 块的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

## 2.4 反向标定模拟值

## 单极性与双极性测量范围

下图显示了执行器的标定，程序值为 0% 时执行器寻址最小值（0 V 或 0 mA），程序值为 100% (+27648) 时执行器寻址最大值（10 V 或 20 mA）。

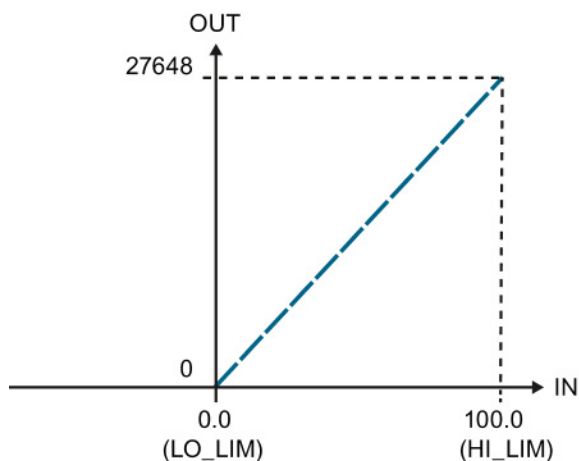


图 2-9 单极性测量范围

下图显示了执行器的标定，程序值为 0% (-27648) 时执行器寻址最小值（-10 V 或 -20 mA），程序值为 100% (+27648) 时执行器寻址最大值（+10 V 或 +20 mA）。

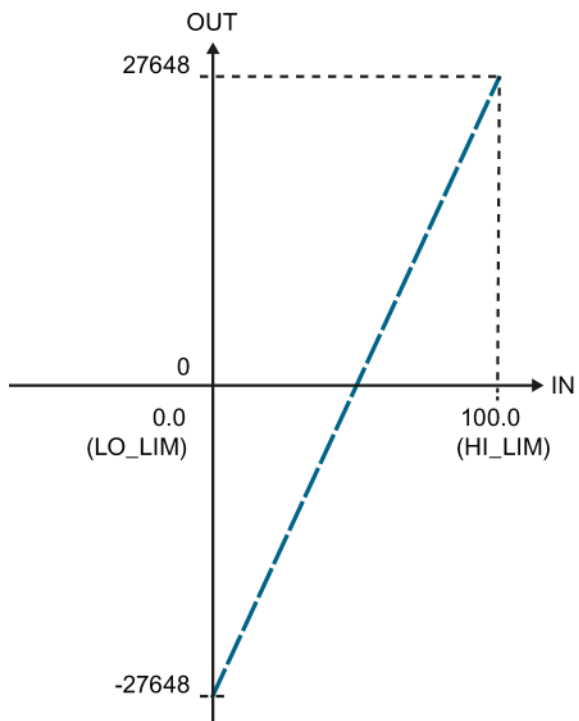


图 2-10 双极性测量范围

## 2.5 线性误差

### 定义

线性表示指定的测量范围内实际 A/D 或 D/A 转换与理想线间的偏差。因此，线性误差可以表示实际传输函数与理想直线之间的偏差。在技术数据中，误差将显示为模拟量模块额定范围的百分比值。

下图显示了 ADC 的线性误差，为方便查看进行了放大。

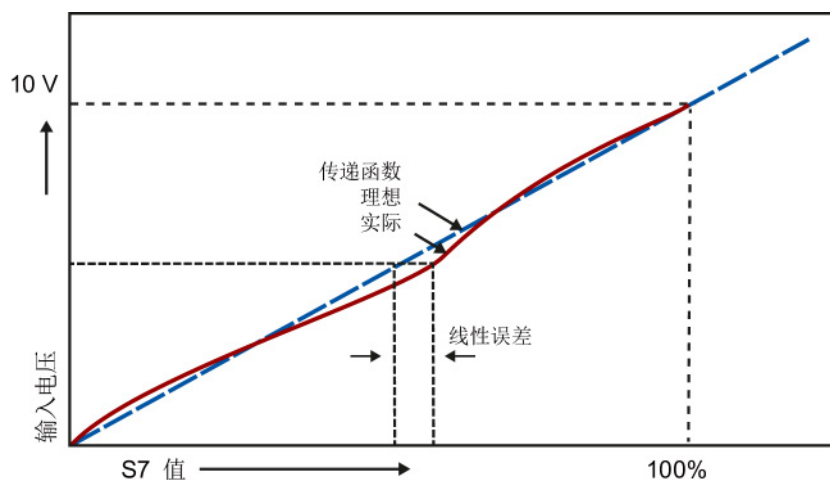


图 2-11 线性误差

### 示例

输入范围为  $\pm 10\text{ V}$  且线性误差为  $\pm 0.01\%$  时，误差为  $\pm 1\text{ mV}$ 。

误差的计算公式如下所示： $10\text{ V} \cdot 0.01\% = 1\text{ mV}$

在计算操作限值时，需考虑技术规范中列出的线性误差信息。

有关操作限值得详细信息，请参见“操作和基本误差限值 (页 23)”。

## 2.6 重复精度

### 定义

对于创建或输出其它值之后的同一个输入信号或输出值，重复精度是测量/输出值中的最大偏差。其它参数（例如，温度参数）保持不变。重复精度是指模块的额定范围，并适用稳定的温度状态。

### 测量值方差

重复精度将提供了有关各种测量方差的信息。方差越小，重复精度越高。因此，重复精度是测量设备的一个最重要的属性。在技术数据中，重复精度为 25°C 稳态下输入或输出范围的百分比值。

### 示例

以测量范围结束值的百分比形式为模拟量输入模块指定的重复精度为  $\pm 0.02\%$ 。对于测量范围  $\pm 10\text{ V}$  内的任意值，它对应于重复精度  $2\text{ mV}$ 。例如，如果要测量值从  $10\text{ V}$  更改为  $-10\text{ V}$ ，那么可以使用  $10\text{ V}$  重新测量，测量值的偏差不会超过  $\pm 2\text{ mV}$ 。

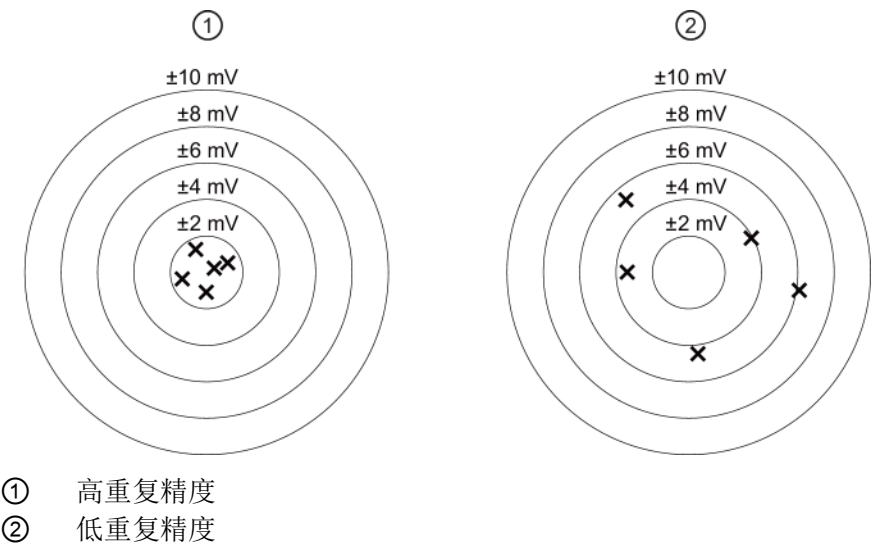


图 2-12 测量值输出的重复精度

## 2.7 运行和基本误差限制

### 简介

以下部分介绍了如何通过技术规范确定运行或基本误差限制，以及测量或输出误差。在最坏的情况下，这些组态可确保模块不会超出有效运行范围内的指定值。

模拟量输入或输出模块的精度只是整个测量段的精度的一部分。  
测量段通常包含变送器、变送器、传输线路以及输入/输出模块。

### 操作限值

运行限制表示模拟量模块在准许的温度范围内的整个测量或输出误差率，以温度稳态下的额定范围为基准。

### 基本误差限值

基本误差限制表示在环境温度值为 25°C 时的整个测量或输出误差率，以温度稳态下的额定范围为基准。

模块的基本误差限制多少只是一个理论值，这是因为很难将设备维持在 25 °C 的恒定环境温度。为此，在实际选择和评估模块时，应首先考虑操作限值。

---

### 说明

技术规范中列出的运行和基本误差限制百分比始终与模块额定范围中的**最大可能 I/O 值**（测量范围结束值）相关。

---

下图显示了与理想曲线相比的操作和基本误差限制示例。

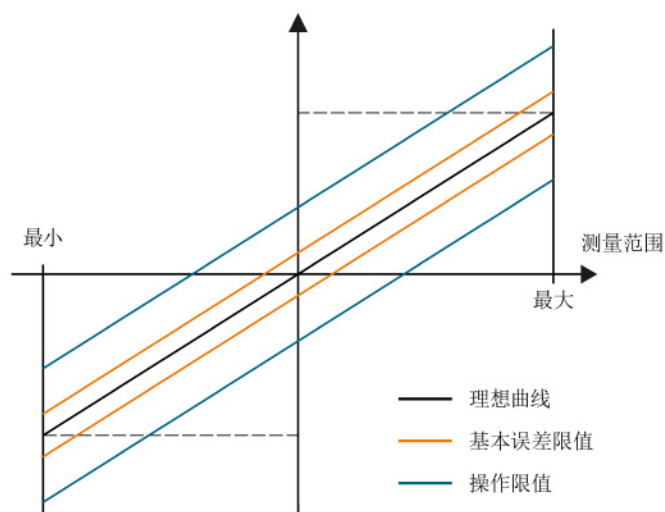


图 2-13 运行和基本误差限制

### 计算输出误差的示例

模拟量输出模块可用于 0 - 10 V 的电压输出。模块可在 30 °C 的环境温度下运行，这意味着应用了操作限值。模块的技术规范：

- 电压输出的操作限值： $\pm 0.1\%$

在模块额定范围内，输出误差约为  $\pm 10\text{ mV}$ （10 V 的  $\pm 0.1\%$ ）。

例如，在实际电压为 2.50 V 时，输出值范围可能为 2.49 V 到 2.51 V。

---

#### 说明

##### 双极性测量范围

该计算公式也适用于双极性测量范围。

输入范围为  $\pm 10\text{ V}$  且线性误差为  $\pm 0.1\%$  时，误差为  $\pm 10\text{ mV}$ 。

---



## 2.8 温度误差

### 简介

模拟量模块所处的运行条件对于其准确性和返回的测量结果具有影响。如果模块的运行温度与环境温度  $25\text{ °C}$  有偏差，就会产生温度误差。允许温度范围内的温度误差将计入运行误差限制。

### 定义

温度误差标识由模拟量模块的环境温度波动引起的测量/输出值的最大偏离。在任何环境温度下都可能出现最大偏差。根据使用的模块，将以每摄氏度百分比和/或每开氏温度百分比（例如  $\pm 0.005\%/K$ ）的形式指定温度误差，温度误差与模拟量模块的测量范围结束值有关。

### 补偿的操作限制

仅在测量热电偶时，才会使用基准结温度的温度误差补偿功能。如果选择了“内部基准结”操作模式，那么将在实际温度误差上加上温度误差补偿。在技术规格中，温度误差补偿定义为模拟量模块实际额定范围的百分比或单位以  $^{\circ}\text{C}$  的绝对值。

---

#### 说明

##### 计算热电偶测量中的误差

通过在测量误差补偿中增加热电偶测量误差，可确定热电偶测量的总误差。在相关手册中对这些误差进行了定义。

---

### 示例

在本示例中，使用 K 型热电偶测量温度测量的总误差。  
K 型热电偶的温度测量范围为  $-270\text{ °C} - +1372\text{ °C}$ 。  
在技术规范中 K 型热电偶的操作限值为大于  $-200\text{ °C} \pm 2.4\text{ K}$ 。  
温度误差补偿约  $\pm 6\text{ °C}$ 。温度大于  $-200\text{ °C}$  时，测量到的总温度误差如下所示：  
操作误差 ( $\pm 2.4\text{ K}$ ) + 温度误差补偿 ( $\pm 6\text{ °C}$ ) =  $\pm 8.4\text{ °C}$ 。

## 2.9 干扰频率抑制

### 定义

模拟量输入模块使用干扰频率抑制功能，抑制由 AC 电压电源频率产生的噪声。

AC 电压电源频率可能会对测量值产生不利影响，尤其是在低电压范围内使用热电偶进行测量时返回的值。

### 参数赋值

可通过模块参数在 STEP 7 中设置系统操作时的线路频率。

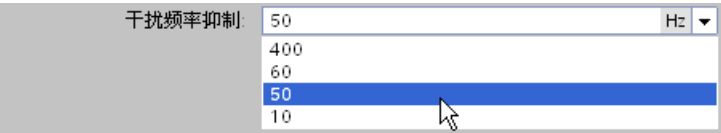


图 2-14 干扰频率抑制

转换时间的变更取决于设定的干扰频率抑制。在各模块的数据手册中，对这种相互关系进行了定义。

在选择干扰频率抑制时，请注意以下事项：

设置的频率越高，转换时间越短。

### 说明

#### 线路频率

始终根据所用线路频率选择干扰频率。如果设置了偏离线路频率的频率，则期望存在不匹配误差来减少转换时间。此时，指定的技术数据，尤其是准确性可能会超出指定范围。

#### 滤波

通过对模拟值滤波，可以进一步改善干扰频率抑制。有关模拟值滤波的更多信息，请参见滤波 (页 54)一节。

## 使用的线路频率

线路频率是交流电源电网中使用的频率。线路频率的单位为赫兹，表示周期信号中每秒钟的振荡次数。例如，线路频率为 50 Hz 时，表示每秒钟振荡 50 次。

在欧洲、澳大利亚以及亚洲和非洲的大多数国家/地区，均使用 50 Hz 的线路频率。

而在北美和中美以及南美洲的大多数国家/地区，电网的线路频率为 60 Hz。

400 Hz 的频率则常用于航空领域和军事应用中飞机的机载网络。主要是因为线路频率为 400 Hz 的发动机通常都比较小比较轻。但这么高的频率在长距离传输时并不经济实用，400 Hz 的应用通常会受到显著空间限制的影响。

德国、奥地利和瑞士将  $16 \frac{2}{3}$  Hz 的频率用于牵引电源。

SIMATIC S7 产品系列的部分模块也支持此线路频率的干扰频率抑制。

此时，可将干扰频率抑制组态为 16.6 Hz。

## 2.10 共模干扰 (UCM)

### 2.10 共模干扰 (UCM)

#### 定义

共模干扰是指连接电气设备和系统组件的线路中的干扰电压和电流。这些干扰会影响相同相角和振幅的正线和负线。干扰信号需要通过其它电流路径来影响有用信号。通常由有用信号和干扰源的公共参考电位确定这种电流路径，如接地连接。

#### 模拟量模块中的共模干扰

如果模拟量输入和输出模块的参考电位与所连传感器或执行器的参考电位不同，那么这些模块中将出现共模干扰。

模拟量模块与接地传感器一起时，最有可能会发生共模干扰。整套系统较大时，意味着带有接地传感器的设备组件与模拟量模块参考电位之间可能存在电压差。这些电压差会对正负信号路径产生相同的影响，这是为什么称之为共模干扰的原因。

在操作非接地传感器时，出现的共模干扰没有操作接地设备时那么明显。不过，在这种情况下电容或电感耦合也会出现电压差，同样会对共模干扰产生影响。根据接地和非接地操作中的实际情况，共模电压可以为直流电压也可以为交流电压。

## 示例

下图通过带有两个输入 (Ch1/Ch2) 的模拟量模块，显示了输入 ( $U_{CM1}/U_{CM2}$ ) 处耦合的干扰电压以及这些输入 ( $U_{CM3}$ ) 之间的耦合干扰电压。  
共模抑制表示这些干扰信号的可抑制程度。可通过以下方式进行计算：  
 $CMR [dB] = 20 \cdot \log (U_{CM} / U_a)$

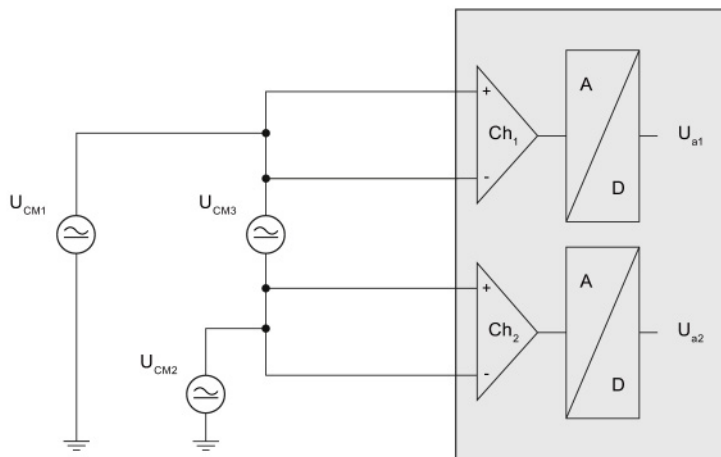


图 2-15 两个输入之间耦合的共模电压

如果共模电压为  $U_{CM}$ ，则可通过求解  $U_a$  计算测量错误 ( $U_a$ ):

$$U_a = U_{CM} * 10^{-\frac{CMR}{20}}$$

## 说明

有关共模抑制 (CMR) 的详细信息，请参见模拟量模块设备手册中的技术数据“共模干扰”

## 2.11 串模干扰 (USM)

### 定义

串模干扰是反向影响连接线路的干扰电压和电流。只是它们具有与正负方向相反的极性。串模干扰电流会导致在输入阻抗上产生压降从而影响干扰电压。

### 原因

串模干扰由电容或电感耦合引起。电感耦合会在临近的载流导体间产生辐射的磁通，从而在导体间引入干扰电压。不同电路由于公共导体部分（例如，公共地连接）而相互影响时会产生电耦合。

下图显示了串模干扰作为电压源 ( $U_{SM}$ )，与实际测量信号 ( $U_M$ ) 进行串联。

索引“SM”表示“串联模式”。串模抑制表示这些干扰信号的抑制程度。

可通过以下方式进行计算： $SMR [dB] = 20 \cdot \log (U_{SM} / U_a)$

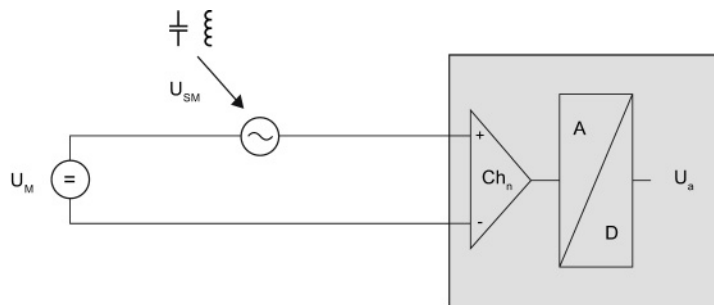


图 2-16 与信号电缆耦合的电容或电感干扰

可通过求解  $U_a$ ，计算电压 ( $U_a$ ) 测量误差。

$$U_a = U_{SM} * 10^{-\frac{SMR}{20}}$$

以下方程为通过一个电流输入计算电流 ( $I_a$ ) 测量误差。

$$I_a = \frac{U_{SM}}{R_{ein}} * 10^{-\frac{SMR}{20}}$$

### 说明

有关串模抑制 (SMR) 的详细信息，请参见模拟量模块设备手册中的技术数据“串模干扰”技术数据中，还指定了输入电阻 ( $R_{ein}$ ) 等级。

## 2.12 干扰电压抑制

### 定义

干扰电压抑制是测量值采集中抑制干扰信号的一个因素。抑制值较高时，会降低测量信号上的干扰程度。“共模干扰”与“串模干扰”间技术数据的不同之处。干扰电压抑制的单位为分贝。

### 示例

下图显示了以伏特为单位的干扰电压测量误差和 0 - 120 dB 的干扰电压抑制。

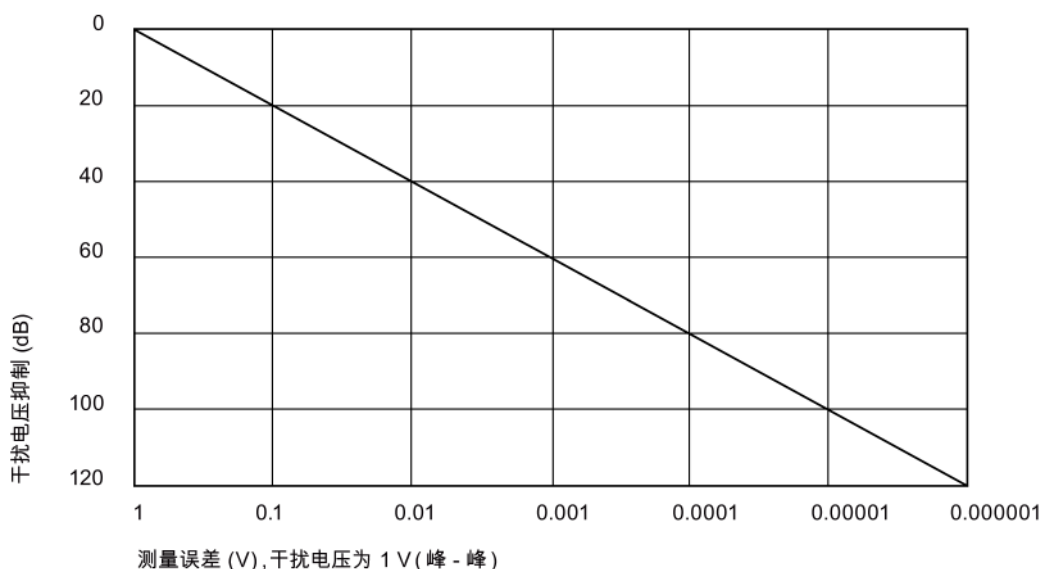


图 2-17 干扰电压抑制

当干扰电压抑制为 40 dB 且干扰电压为 1 V 时，测量值仅改变了 0.01 V。

### 说明

#### 无干扰设计

干扰变量可基本上通过适当接地和屏蔽来减小以增强组态的抗干扰能力。有关如何避免干扰的详细信息，请参见功能手册“组态防干扰型控制器 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566>)”。

2.12 干扰电压抑制

共模抑制

下表列出了模拟量输入模块技术数据中设置的共模抑制规格：

f = n x (f1 ± 1%) 的干扰电压抑制（其中 f1 为干扰频率）， n = 1、2 ...	
共模抑制	> 100 dB
最大共模电压	10 V

如果干扰频率组态为 50 Hz，那么为共模干扰指定的干扰电压抑制将仅适用于频率 50 Hz ±1 %、100 Hz ±1 %、150 Hz ±1 %，以此类推。所有其它频率的抗干扰性将会更低。因线路电压引起的干扰会导致测量到的有用信号按 100,000 : 1 的比例改变。例如，干扰电压振幅为 1 V 时，有用信号的影响为 10 µV。

共模电压 (U<sub>CM</sub>) 定义了两个通道以及一个通道和模拟量接地间电位所允许的最大偏差。不得超过技术规范中规定的干扰电压抑制。如果超过了指定的最大共模电压（例如 10 V），模拟量信号的处理将不正确。根据所用模块的不同，可以诊断该错误并输出错误消息。输入变化或线路过长，可能导致超出最大共模电压。

串模抑制

下表列出了模拟量模块技术数据中设置的串模抑制规格：

f = n x (f1 ± 1%) 的干扰电压抑制（其中 f1 为干扰频率）， n = 1、2 ...	
串模干扰	> 60 dB

如果干扰频率组态为 50 Hz，那么为串模干扰指定的干扰电压抑制将仅适用于频率 50 Hz ±1 %、100 Hz ±1 %、150 Hz ±1 %，以此类推。所有其它频率的抗干扰性将会更低。通常，因线路电压引起的干扰会导致测量到的有用信号按 1000 : 1 的比例改变。例如，干扰电压振幅为 1 V 时，使有用信号的影响为 1 mV。



## 2.13 通道间的串扰

### 此术语的由来

术语串扰/XT

最初用于电信领域，表示两根不同用户电缆导线之间发生语音信号意外耦合。

### 定义

信号通道间的串扰表示两个独立通道由于泄漏电流和电容或电感耦合产生的交互影响。通道间的串扰会改变信号，改变量为串扰信号的幅值。

### 原因

在工艺上，不能将模块通道与环境条件完全隔离。也就是说，始终会有泄漏电流或干扰耦合产生交互影响。

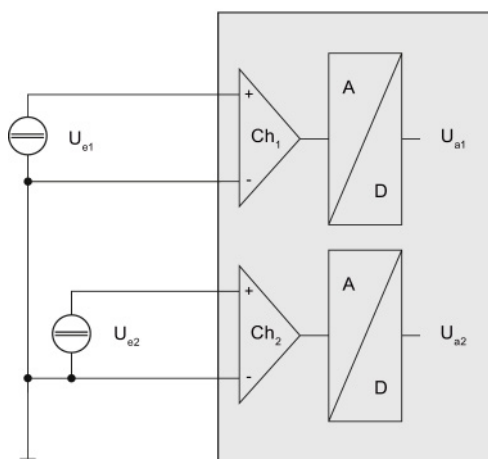


图 2-18 两个通道间的串扰

下图显示了串扰对模拟量模块上两个通道 (Ch<sub>1</sub>/Ch<sub>2</sub>) 产生的影响。串扰值是第二通道 U<sub>a2</sub> 的有用信号受第一通道 U<sub>e1</sub> 信号影响的系数。可通过以下方程计算测量误差 (U<sub>a1</sub>):

$$U_{a1} = U_{e2} * 10^{\frac{XT [dB]}{20}}$$

## 2.13 通道间的串扰

### 串扰衰减的示例

在技术规格中，一个 8 通道模拟量输入模块上通道 1 在 -10 V - +10 V 测量范围定义的“输入之间的串扰”值大于 -100 dB。输入电压的振幅为 10 V，通道 0（测量范围  $\pm 10$  V）和通道 2（测量范围  $\pm 80$  mV）上的串扰导致的误差值是多少？

100 dB 等于系数 100,000。因此，通道 0 和 2 到 7 的测量值受到的影响为  $10 \text{ V} / 100,000 = 100 \text{ } \mu\text{V}$ 。这一变化将加到待测量信号中或从中减去，具体取决于所选的测量范围。

- 通道 0:  $100 \text{ } \mu\text{V} / 10 \text{ V} = 0.001 \%$
- 通道 2:  $100 \text{ } \mu\text{V} / 80 \text{ mV} = 0.125 \%$

通道 1 设置的 10 V 电压使通道 0 的测量值改变了 0.001%，使通道 2 的测量值改变了 0.125%。因此，本示例中因串扰导致的测量误差分别为 0.001 % 或 0.125 %。基本误差限值中已经包括了因通道间串扰产生的误差。

### 计算测量误差

在本示例中，根据通道 2 中测量电压 10 V 的改变计算通道 1 的测量误差。在所用模拟量模块手册的技术规格中定义了串扰 (XT [dB]) 的值。

$$\text{测量值误差通道 1 [V]} = \text{通道 2 处测量值的变化 [V]} * 10^{\frac{\text{XT [dB]}}{20}}$$

$$\text{测量值误差通道 1 [V]} = 10 \text{ V} * 10^{\frac{-80 \text{ dB}}{20}} = 0.001 \text{ V}$$

通道 2 处测量电压 10 V 发生改变会导致通道 1 出现 0.001 V 的测量偏差。

## 2.14 诊断

### 模拟量模块的诊断

SIMATIC 模拟量模块可以诊断错误。在 STEP 7 中，可以为模拟量模块设置各种不同的诊断类型。请注意，参数分配选项随使用的模拟量模块和产品系列而不同。有关诊断类型的详细信息，请参见模拟量输入或输出模块的设备手册。

要选择所用模拟量模块的诊断类型，请按以下步骤操作：

1. 打开 STEP 7。
2. 在设备视图选择模拟量模块。
3. 选择“属性”选项卡。
4. 在巡视窗口中，选择模拟量模块的输入或所需通道。

表格 2-2 诊断错误概览

诊断类型	模拟量输入模块	模拟量输出模块
断路	✓	✓
电源电压 L+ 缺失	✓	✓
上溢	✓	✓
下溢	✓	✓
共模错误	✓	-
短路	✓	✓
过载	-	✓
基准结	✓	-

在系统运行过程中，可根据当前输出变量（例如，电流或电压）来诊断模拟量模块。如果输出电流或输出电压不足，则模块将无法运行可靠诊断。在每个模块的技术数据中，指定了可进行的诊断限值。

该模块会通过诊断错误中断向 CPU 报告诊断状态。如果有多个诊断同时暂挂，那么会将具有最高优先级的诊断首先报告给 CPU。诊断会输出在受影响模块上的 LED 显示屏、CPU 显示屏、Web 服务器或 HMI 设备上。

可组态的诊断类型取决于所选的测量类型或输出类型。下表显示了模拟量输入或输出模块的诊断类型、测量类型或输出类型之间的关系。

## 2.14 诊断

### 诊断模拟量输入模块

表格 2-3 待组态的模拟量输入模块的诊断类型取决于测量类型“电压”

	电源电压 L+ 缺失	断路 (1 至 5 V)	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	-	✓	✓	-	-	✓
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	✓

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

表格 2-4 待组态的模拟量输入模块的诊断类型取决于测量类型“电流（4 线制变送器）”

	电源电压 L+ 缺失	断路 (4 至 20 mA)	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	✓**
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓**
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	✓

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

\*\* 仅限编码器电源诊断

表格 2-5 待组态的模拟量输入模块的诊断类型取决于测量类型“电流（2 线制变送器）”

	电源电压 L+ 缺失	断路 (4 至 20 mA)	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	-	-	-	✓**
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	✓**
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	✓

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

\*\* 仅限编码器电源诊断

表格 2-6 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“电阻（4 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

## 2.14 诊断

表格 2-7 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“电阻（3 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	-	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

表格 2-8 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“电阻（2 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	-	-	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	-	-	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	-	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	-	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

表格 2-9 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“热敏电阻（4 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

表格 2-10 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“热敏电阻（3 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

## 2.14 诊断

表格 2- 11 模拟量输入模块的可组态诊断类型（取决于测量类型）“热敏电阻（2 线制连接）”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	-	-	-	✓	-	-	-
ET 200MP	-	-	-	✓	-	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200AL	-	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	✓	✓	-	-	-
ET 200pro	-	✓	✓*	✓*	-	-	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

表格 2- 12 待组态的模拟量输入模块的诊断类型取决于测量类型“热电偶”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	共模错误	基准结	短路
S7-1500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
ET 200eco PN	✓	-	✓	✓	-	✓	-
ET 200pro	-	-	✓*	✓*	-	✓	-

\* 对于 ET 200pro，参数“上溢”和“下溢”将与“上溢/下溢”组合在一起。

### 模拟量输出模块的诊断

表格 2- 13 待组态的模拟量输出模块的诊断类型取决于测量类型“电压”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	短路	过载
S7-1500	✓	-	✓	✓	✓	-
ET 200MP	✓	-	✓	✓	✓	-
ET 200SP	✓	-	✓	✓	✓	-
ET 200eco PN	✓	-	-	-	✓	✓
ET 200pro	-	-	-	-	✓	-



表格 2- 14 待组态的模拟量输出模块的诊断类型取决于测量类型“电流”

	电源电压 L+ 缺失	断路	上溢	下溢	短路	过载
S7-1500	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200MP	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200SP	✓	✓	✓	✓	-	-
ET 200eco PN	✓	✓	-	-	-	✓
ET 200pro	-	✓	-	-	-	-

说明

测量范围

请注意，可以进行参数设置的诊断类型取决于选定的测量/输出类型以及各自的测量范围。

说明

最小输出值

低于指定电流或电压值时，无法诊断诸如断路和短路等错误。  
只有在输出高于最小值时，才可以重新进行诊断。

电源电压 L+ 缺失

可以通过选中“电源电压 L+ 缺失”复选框，对模拟量模块的电源电压 L+ 缺失或较低情况进行诊断。如果电源电压缺失或过低，则模拟量模块上的状态和错误指示灯将显示相关信息。诊断缓冲区中的条目还将此信息传递给 CPU。

如果电源电压缺失，则也无法进行其它类型的诊断。

断路

断路表示由通常关闭的电路中断触发的故障状态。

模拟量输入模块断路

“断路”诊断功能便于检测系统运行期间的错误。  
在 STEP 7 中可以通过设置不同参数来定义模块属性。  
例如，根据所用模块，设置报告断路的电流限值参数。

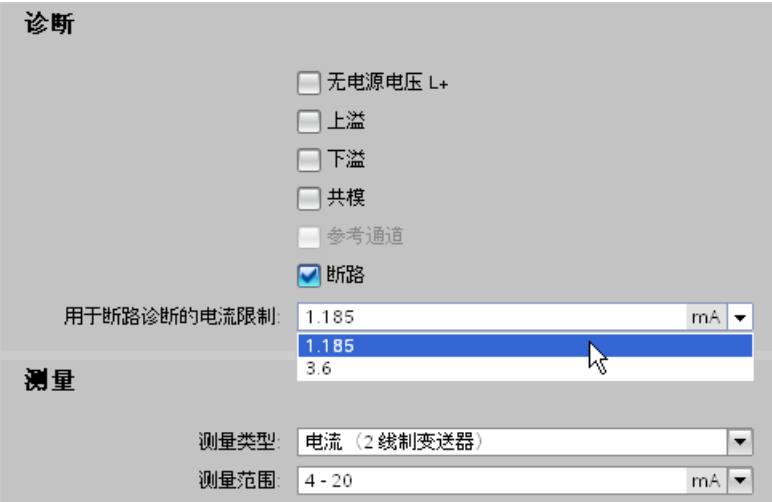


图 2-19 在 STEP 7 中组态模拟量输入模块的断路电流限值

通常，采用带电零点技术检测断路。4 到 20 mA  
标准带电零点信号的测量范围的起始值为 4 mA 信号值。  
因此，可根据电流缺失情况检测输入和传感器之间是否发生断路。  
除了当前信号之外，还可以使用电压信号 1 到 5 V 进行断路检测。  
因此，“断路”诊断功能的范围只能组态为 4 到 20 mA 或 1 到 5 V。  
  
在测量“电阻”、“热电阻”和“热电偶”时，电流将传输到线路中。  
如果发生断路，则电流流动中断，模拟量模块因此将检测到发生断路。

模拟量输出模块断路

模拟量信号输出可用于进行断路检测。如果电压过低，则无法进行可靠的断路诊断。  
在这种情况下，诊断功能被禁用，并且不触发诊断状态的更改。  
  
有关模块断路诊断的电流上限值，请参见模块的技术数据。

上溢/下溢

模拟量输入模块的测量范围的精度可分为额定范围、超出范围或低于范围，以及上溢或下溢。下表列出了将测量信号分为不同电压测量范围的增量数值。

表格 2- 15 模拟量输入模块的电压测量范围  $\pm 10\text{ V}$

增量值	电压测量范围	范围
十进制	$\pm 10\text{ V}$	
32767	$> 11.759\text{ V}$	上溢
32511	$11.759\text{ V}$	超出范围
27649		
27648	$10.0\text{ V}$	额定范围
0	$0\text{ V}$	
-27648	$-10\text{ V}$	
-27649		低于范围
-32512	$-11.759\text{ V}$	
-32768	$< -11.759\text{ V}$	下溢

从十进制值 32512 起，采集到的值超出范围上限，并且不再有效。  
发生这种情况时，将诊断错误状态“上溢”。超出范围是达到上溢之前的容差范围。

从十进制数 -32513 开始，采集的值低于所组态的测量范围，不再有效。  
发生这种情况时，将诊断错误状态“下溢”。低于范围与超出范围相同，只是值为负值。

例如，断路、测量范围错误或接线错误可能导致“上溢”或“下溢”诊断。

说明

精确度

只有在额定范围内，相关模块的技术数据中所指定的精确度才能得以保障。

## 2.14 诊断

### 共模错误

激活“共模”复选框，可诊断是否超出最大电位差  $U_{CM}$ 。超出了测量输入和模拟地  $M_{ANA}$  参考点间的允许电位差  $U_{CM}$ 。

可能的原因：

- 接线错误
- 环境中存在 EMC 干扰
- 变送器错误接地
- 线路长度过长
- 未连接传感器
- 2 线制变送器连接到  $M_{ANA}$

---

#### 说明

使用 4 线制变送器时，串联连接的电流表将导致电压降幅过大。

---

电位差  $U_{CM}$  超出有效限值，可能产生测量误差和故障。如果要确保不超出最大值，则需使用等电位连接电缆将测量输入与模拟量接地  $M_{ANA}$  进行互连。更多详细信息，请参见“连接变送器”。

### 短路

选中“短路”复选框，将激活模拟量通道的短路诊断。并通过通道过载触发该诊断功能。

可能的原因：

- 接线错误（如，连接处或电缆间导线短路）
- 使用了故障或错误的执行器（如，因执行器故障导致内部短路或输入电阻过低）

模拟量信号输出可用于进行短路检测。如果电压过低，将无法进行可靠的短路诊断。在这种情况下，诊断功能被禁用，并且不触发诊断状态的更改。有关模块短路诊断的电压上限值，请参见模块的技术数据。

SIMATIC 模块有一个特殊的保护电路，可防止发生短路。

模块内部对短路电流进行限制。并在模拟量模块的技术数据中指定了短路电流的级别。

---

#### 说明

#### 过载

请注意，模块超载会导致其热负载更高。这会影响以下输出通道。因此，应避免让模拟量输出模块持续运行在过载状态下。

---

## 基准结

模拟量输入模块进行“热电偶”测量时，只能选择这种诊断方式。选择“基准结”复选框，诊断参考通道上的基准结温度的补偿错误。

使用外部热敏电阻 (RTD) 在模块的参考通道中测量热电偶的基准结温度。  
如果出错（如，断路导致的错误），那么将不再补偿热电偶基准结处测得的温度。  
参考温度可能超出有效范围。

有关连接热电偶和热敏电阻及其操作原理的更多信息，请参见“热电偶”和“接线变送器”。

## 过载

选中“过载”复选框激活输出级别的热监视诊断。当通道逐个检测到输出模块超过最高温度时，将会触发“过载”诊断。

由于以下原因，可能导致超过最高温度：

- 环境温度过高
- 输出模块的运行温度超出规范。

---

### 说明

#### 过载

请注意，过载表示模块出现较高的热负载。这会影响以下输出通道。因此，应避免让模拟量输出模块持续运行在过载状态下。

---

## 2.15 值状态

### 2.15 值状态

#### 值状态

如果模拟值错误，则模拟量模块将对受影响的通道输出错误值 **0x7FFF**（上溢和其它所有错误状态的错误值）或 **0x8000**（下溢的错误值）。这样，用户程序就可以对通道错误进行检测和评估。用户还可以选择通过诊断报警评估系统诊断是否为事件驱动型。

除了错误值 **0x7FFF** 或 **0x8000** 以及组态的诊断类型外，模拟量输入和输出模块还可通过过程映像输入 (PII) 提供诊断信息。这些信息称之为值状态，并随用户数据同步传送。值状态（质量信息 = QI）提供关于输入信号有效性的声明。质量等级级为“良好”（信号有效 = 1）和“不良”（信号无效 = 0）。

---

#### 说明

对于模拟量输入模块，可以使用值状态代替错误值 **0x7FFF** 或 **0x8000** 对通道进行评估。与错误值相比，在用户程序中值状态（0 或 1）的二进制评估更为简单清晰。

对于模拟量输出模块，值状态指示写入的值是否可由对应的通道输出。使用值状态，无需评估第一个模块的诊断就可以响应此信息。

---

## 示例

## 启用模拟量输入模块的值状态

要启用模拟量输入模块的值状态，请按以下步骤操作：

- 在 STEP 7 中选择所需的模拟量模块。
- 在模拟量模块的“属性”选项卡中，选择“AI 组态”。
- 单击“值状态”按钮。

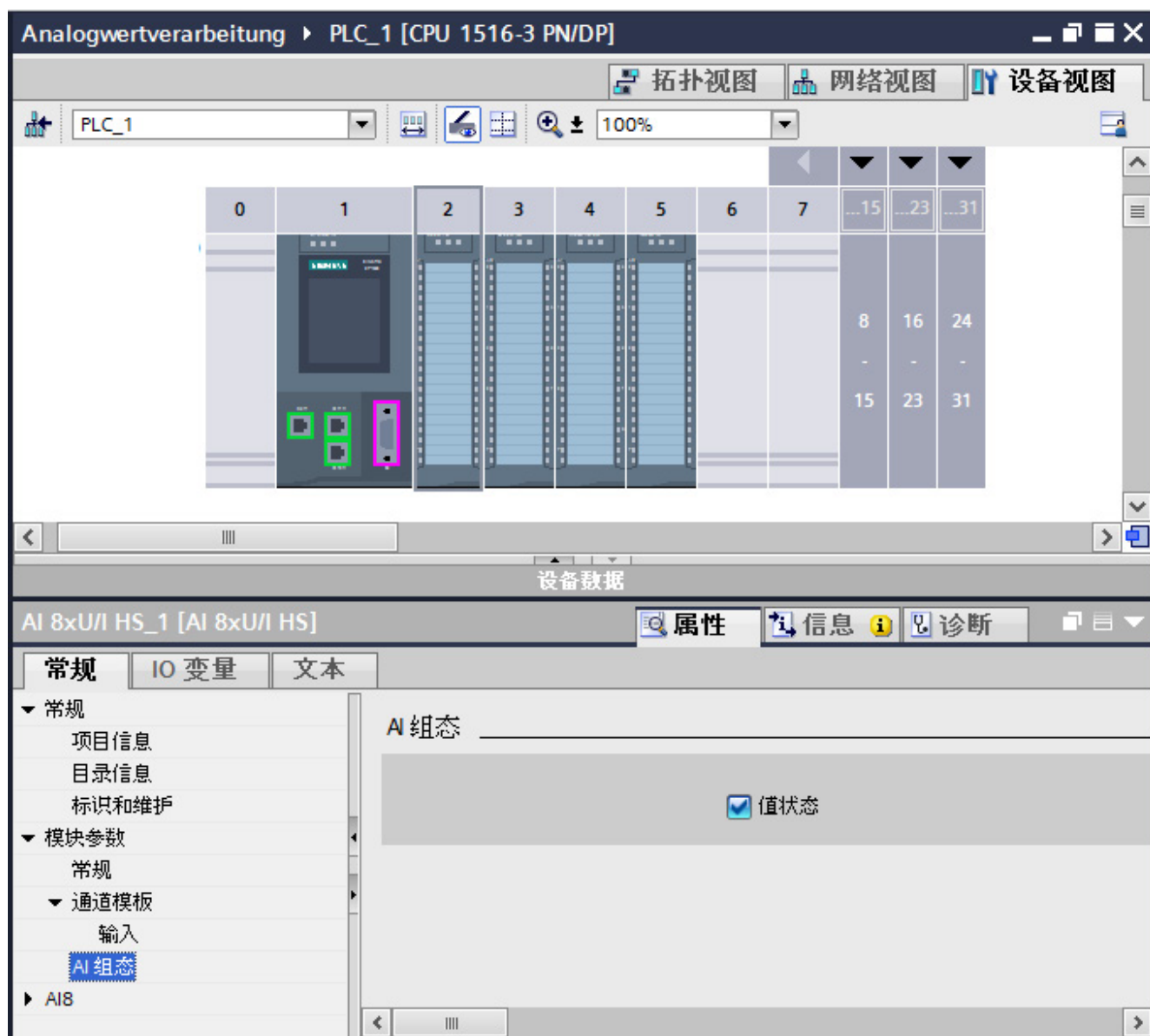


图 2-20 在 STEP 7 中启用值状态

## 2.15 值状态

如果启用了值状态，则将占用各模块输入地址空间中的另外 1 个字节。

该字节中的每个位都将分配给一个通道并提供相应的信息。例如，用户程序所指定的输出值是否确实在模块终端队列中（0 表示值无效，1 表示值有效）。

## 出错

如果模拟量输入模块发生断路，则将在过程映像中输入当前信号状态同时将信号的值状态设置为“无效”。如果要在出错时触发指示灯，则可评估用户程序中的值状态。

## 诊断报警和值状态

如果借助于 GSD 文件在第三方产品中组态模拟量模块，并且诊断报警未评估为事件驱动型，那么最好使用值状态。

---

### 说明

值状态表示仅向用户提供“良好”或“不良”信息的组诊断。值状态不适用于提供较为具体的错误原因（例如，编码器电缆断路、短路或负载电压故障）。

---



## 2.16 模拟量模块的转换时间

### 基本转换时间和模拟量输入通道的转换时间

基本转换时间是单通道转换模拟值所需的最短时间。  
实际转换时间则包括基本转换时间和所用模拟量输入模块的转换时间：

- 测量电阻的处理时间
- 断路监视的处理时间
- 上溢/下溢监视的处理时间
- 检查共模误差的处理时间

### 示例

本示例显示了电阻的测量范围为 6000 Ω、所组态的集成时间为 20 ms 并激活了断路监视功能的模拟量输入模块的通道 6。

该通道的转换时间为下列测量变量总和：

测量变量	时间（以 ms 为单位）
基本转换时间	27
RTD/电阻 (6000 Ω) 处理时间	4
RTD/电阻和热电偶区域中的断路监视的处理时间	9
通道转换时间	40

## 2.16 模拟量模块的转换时间

### 模拟量输出通道的转换时间

输出通道的转换时间从模块内部存储器传输数字值开始，到进行数模转换时结束。

转换时间不包括模块端子处模拟量信号的设置时间。

有关稳定时间的详细信息，请参见“模拟量输出模块的稳定和响应时间 (页 52)”。

---

#### 说明

#### 诊断与转换时间的关系

虽然部分诊断与转换并行运行并且不延长转换时间，但其它诊断类型会导致转换时间延长，如上例所示。

---

### 高速模拟量模块的转换时间

高速模拟量模块（HS 模块）设计用于更快地进行信号处理。

HS 模块提供的诊断和测量类型少于标准模块（ST 模块）。

有关 HS 模块的更多信息，请参见章节“高速模拟量模块 (页 113)”。

## 2.17 模拟量模块的循环时间

### 定义

模拟量模块的循环时间是指模块处理所有通道所需的时间。

循环时间取决于所采用的测量值采集方式，如多路复用或并行采集测量值。

### 顺序处理测量值

此过程将连续（按顺序）处理模块中的模拟量通道。对于模拟量输入，使用诸如多路复用器等方式将值传送到转换器中，然后再按顺序进行转换。

模拟量模块的循环时间从模块所有激活的模拟量通道的总转换时间中得出。

STEP 7 提供可禁用未使用的模拟量通道的选项，以此减少循环时间。

下图简要介绍了确定  $n$  通道模拟量模块循环时间的几个因素。

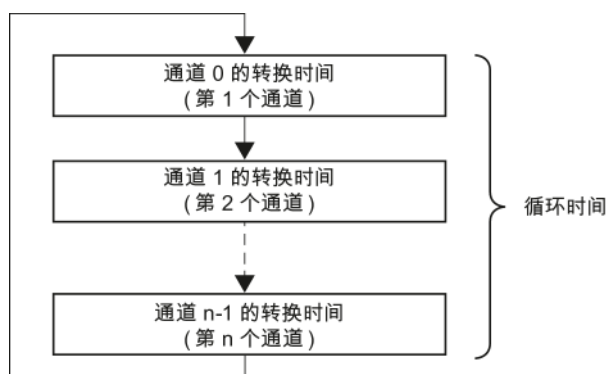


图 2-21 采用多路转换的模拟量模块的循环时间

### 并行采集测量值

此过程可以同时（并行）处理模块的模拟量通道，而不是按顺序进行处理。

在并行处理测量值中，模块的循环时间通常不变的，与所用的通道数无关。

例如，高速模拟量模块通过并行采集测量值缩短周期时间。

有关 HS 模块的更多信息，请参见“高速模拟量模块 (页 113)”一节。

2.18 模拟量输出模块的稳定时间和响应时间

稳定和响应时间是指定模拟量输出变量的输出延时时间及其过程中的可用性。

响应时间

新输出值的响应时间定义为，从向模块内部存储器输入数字量输出值到达到将在模拟量输出中输出的值（残差为 1%）之间的时间。

响应时间 ( $t_A$ ) 是应用时间 ( $t_x$ )、转换时间 ( $t_w$ ) 和稳定时间 ( $t_E$ ) 的总和：

$t_A = t_x + t_w + t_E$

模拟量输出模块的稳定时间和响应时间

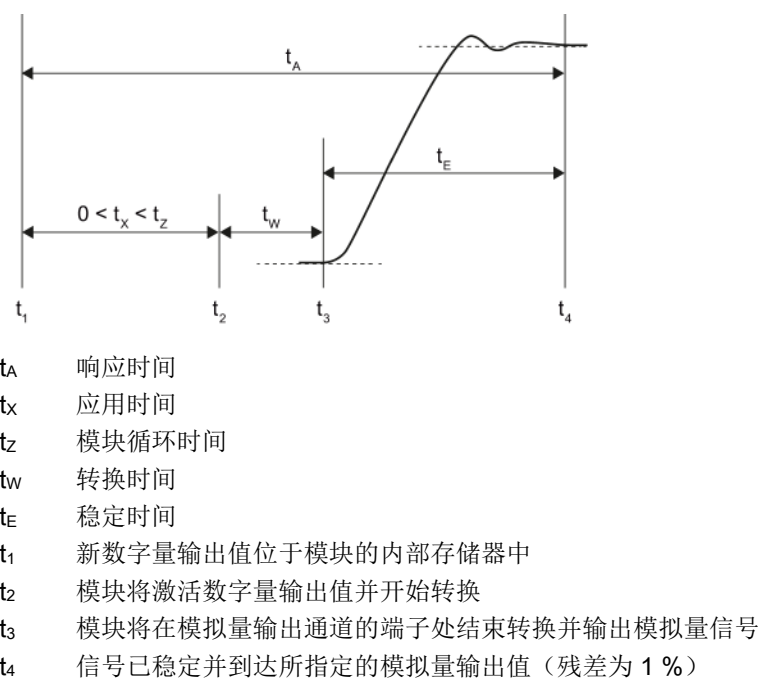
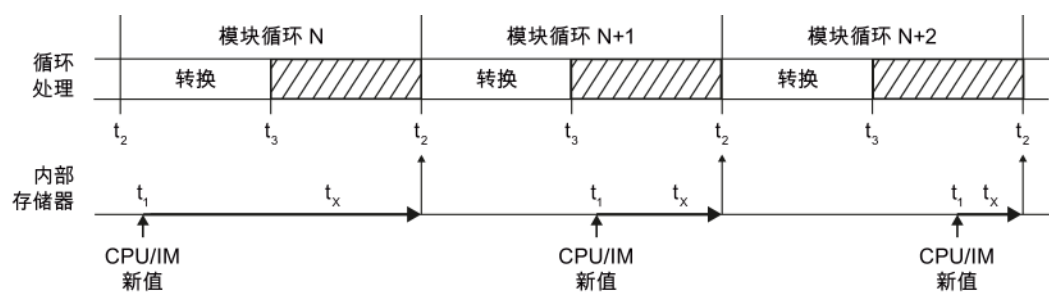


图 2-22 输出通道的稳定时间和响应时间

应用时间

CPU/IM（接口模块）会将新输出值写入到模拟量输出模块的内部存储器中。所需时间不由 CPU/IM 决定。并将这些输出值异步转换到缓冲区存储器的条目中。最坏的情况下，应用时间 ( $t_x$ ) 可能等于循环时间 ( $t_z$ )。如果 CPU 在传输进行转换的值后立即在模块内部的存储器写入一个新值，则将发生这种情况。在下次转换之前，都不会对该新值进行处理。

下图显示了模拟量输出模块以非等时同步模式从内部存储器对输出值进行非周期性访问。有关等时同步模式的更多信息，请参见章节“高速模拟量模块 (页 113)”中的“等时同步模式”部分。



- $t_x$  应用时间
- $t_1$  新数字量输出值位于模块的内部存储器中
- $t_2$  模块将激活数字量输出值并开始转换
- $t_3$  模块将在模拟量输出通道的端子处结束转换并输出模拟量信号

图 2-23 输出值的应用

转换时间

输出通道的转换时间从模块内部存储器中传输的数字值 ( $t_2$ ) 开始，到进行数模转换 ( $t_3$ ) 时结束。

稳定时间

稳定时间从模拟量信号输出到模块 ( $t_3$ ) 端子时开始，在达到输出值 ( $t_4$ ) 时结束。考虑 1% 的残差时，当输出信号稳定在最终值，便达到输出值。

稳定时间取决于模块的输出类型，以及所连接的负载。

模拟量输出的负载包括连接线路和连接的执行器。

输出“电流”时，稳定时间将随着电阻欧姆的增大而增加。

电感负载则会导致随后出现输出值波动。

输出“电压”时，电感负载则会导致随后出现波动。

2.19 滤波

使用滤波功能

大多数模拟量输入模块允许在 STEP 7 中组态测量信号的滤波。对模拟值的滤波可降低干扰信号的强度。在测量值变化缓慢时滤波功能非常重要，例如温度测量。

滤波原理

测量值通过过滤进行滤波处理。模块通过指定数量的已转换（数字化）模拟值来计算平均值。滤波不能与指定时间段的测量值积分一起使用。因此，无法通过对测量信号进行滤波以便过滤掉指定的干扰频率。但是，这种滤波可以返回更加“稳定”的数据值，因为它可以抑制覆盖测量信号的峰值。可以根据所使用的模块，组态 4 种（无、弱、中、强）或更多等级的滤波。滤波等级可确定生成平均值时所需的模拟值数量。滤波系数越大，滤波效果越好。



图 2-24 在 STEP 7 中选择滤波级别

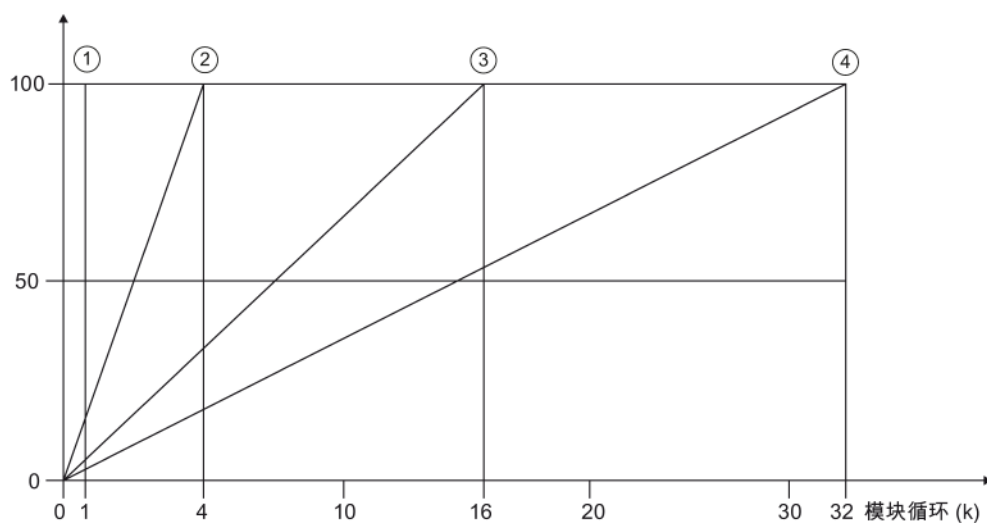
滤波方法

在移动平均值中计算可组态的测量值数（如 4、8、32）时需要使用滤波算法。每个新测量值都将计入，之后将忽略最旧的测量值。这种机制可以抑制覆盖测量信号的干扰峰值。有用信号跳转在一定时间后才在数据中变得比较明显（请参见下例）。各产品范围的模块使用不同的滤波算法。滤波可以为线性，也可以为指数。两者的差异对强滤波尤其明显，并会根据所用产品的不同产生较快或较慢的上升速率。有关具体模块所支持的定制滤波功能的信息，请参见模拟量输入模块手册。

**示例 1：线性滤波**

下图显示了在阶跃响应之后每个滤波等级设置中经过滤波的模拟值达到大约 100% 时所需的模块周期数 ( $k$ )。此规范适用于模拟量输入处的所有信号更改。

信号变化 (百分比)



- ① 无滤波 ( $k = 1$ )
- ② 弱滤波 ( $k = 4$ )
- ③ 中等滤波 ( $k = 16$ )
- ④ 强滤波 ( $k = 32$ )

图 2-25 具有 4 个滤波等级的线性滤波

示例 2：指数滤波

下图显示了不同数量的模块循环滤波系数的阶跃响应。

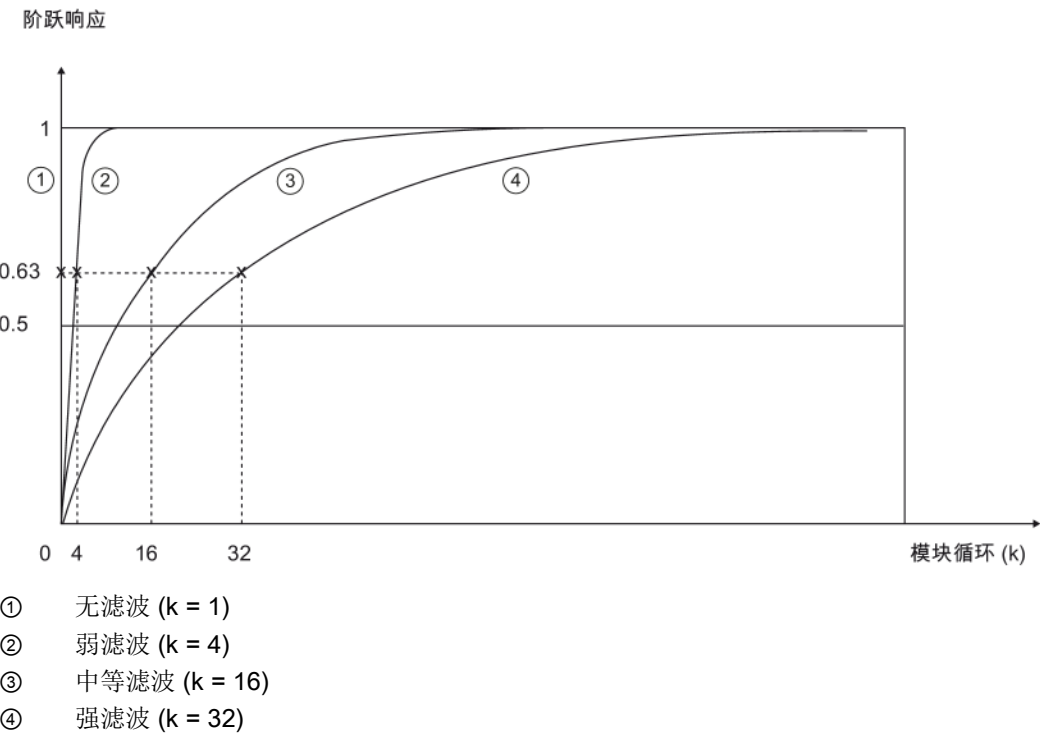


图 2-26 具有 4 个滤波等级的指数滤波



## 2.20 2 线制变送器的负载

### 2 线制变送器

2 线制变送器是电流变送器，可以将过程变量转换为 4 和 20 mA 之间的电流信号。两条连接线路为变送器提供至少为 4 mA 的输出电流。有关将 2 线制变送器连接到模拟量输入模块的更多信息，请参见连接电流变送器一节 (页 72)。

### 负载

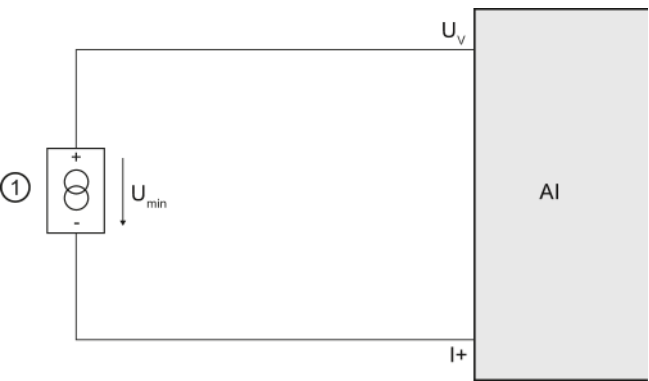
负载是指电流回路中较大的外部电阻。如果外部电阻大于指定的负载，那么 2 线制变送器的供电电压将过低。  
电阻包括变送器电阻以及连接到电流回路的所有其它电阻。  
模拟量模块的技术数据中指定了变送器中所允许的最大负载，如 820 Ω。

### 示例 1：将变送器连接到电路

根据所用 2 线制变送器的技术数据，需要至少 8.5 V 的电源电压 ( $U_{\min}$ )。通过欧姆定律，可以计算出电流为 20 mA 时所用变送器 ( $R_{2DMU}$ ) 的电阻值。

$$R_{2DMU} = \frac{U_{\min}}{I} = \frac{8.5 \text{ V}}{0.020 \text{ A}} = 425 \text{ } \Omega$$

电源电压至少为 8.5 V 时，变送器的电阻为 425 Ω。由于电阻值小于 820 Ω，因此可以将变送器连接到模拟量输入模块 (AI)，而不会超出最大负载。



- ① 2 线制变送器
- $U_v$  通道中的馈电电压端子
- $I+$  电流输入端子
- $U_{\min}$  2 线制变送器的电压降低

图 2-27 将变送器连接到电路

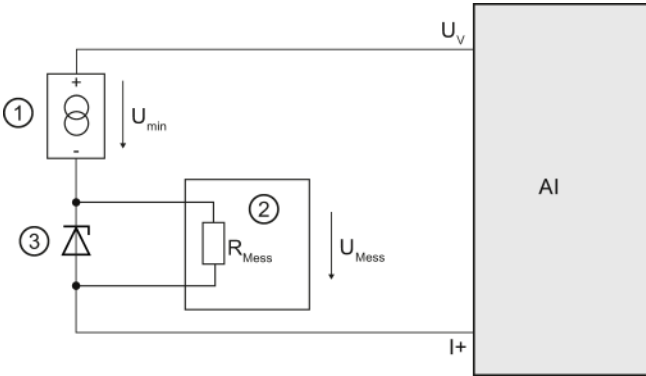
示例 2：连接变送器和其它设备

如果将多台测量设备串联在一起，那么所有相连电阻的总和不能超出最大负载值。

如果将 2 线制变送器连接 8.5 V 的电源电压，则需连接测量设备的电阻②。

变送器最大负载:	820 Ω
电压降为 8.5 V 时的变送器电阻:	425 Ω
其它所连设备的最大电阻:	395 Ω

因此，测量仪器的电阻不会超过 395 Ω。



- ① 2 线制变送器
- ② 数字万用表
- ③ 齐纳二极管
- $U_v$  通道中的馈电电压端子
- $I+$  电流输入端子
- $U_{min}$  2 线制变送器的电压降低
- $R_{Mess}$  测量仪器的电阻
- $U_{Mess}$  测量仪器处的电压降低

图 2-28 将变送器和其它设备连接到电路

计算所允许的电压降低

最大电流为 20 mA 时，电流回路中的最大额外电阻不能超过 395 Ω。

根据欧姆定律计算所连测量仪器 ( $U_{Mess}$ ) 电压降低的公式如下所示：

$$U_{Mess} = R_{Mess} * I = 395 \, \Omega * 0.020 \, A = 7.9 \, V$$

由此可以看出，测量仪器的电压降低不应超过 7.9 V。

## 模拟值表示

### 3.1 概述

#### 模拟值转换

CPU 仅处理数字化后的模拟值。

模拟量输入模块将模拟量信号转换为数字值，并由 CPU 进一步处理。

模拟量输出模块将 CPU 的数字量输出值转换为模拟量信号。

#### 16 位精度的模拟值表示

所有 I/O 值的数字化模拟值在同一额定范围内都相同。

模拟值可表示为二进制补码形式的定点数，这将导致下列状态：

表格 3-1 模拟值表示

精度	模拟值															
位号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
位有效值	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

#### 符号

通常在位 15 中设置模拟值的符号 (S)：

- "0" → +
- "1" → -

#### 低于 16 位的精度

在精度低于 16 位的模拟量模块存储器中，模拟值采用左对齐方式。

未用的最低有效位数以“0”填充，

从而减少了可表示的测量值数。无论精度如何，模块都将占用 +32767 和 -32768 范围内的一系列值。两个连续值之间的缩放值取决于模块的精度。

3.1 概述

示例

- 以下示例中显示如何使用“0”值填充最低有效位。
- 精度为 16 位的模块支持以 1 个单位为步长递增值 ( $2^0 = 1$ )。
  - 精度为 13 位的模块支持以 8 个单位为步长递增值 ( $2^3 = 8$ )。

表格 3-2    示例： 16 位和 13 位模拟值的位模式

精度	模拟值															
位	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
16 位	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
13 位	S	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	0	0	0

S = 符号

说明

有关每个模拟量模块所支持的精度信息，请参见相关模块的技术数据。

## 3.2 输入范围表示

下表列出了按双极性和单极性进行数字化表示的输入范围。精度为 16 位。

有关分配各测量范围中指定测量值的信息，请参见各模拟量输入模块的设备手册。

表格 3-3 双极性输入范围

十进制值	以百分比表示的测量值	数据字																范围
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32767	>117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	上溢
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	超出范围
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	额定范围
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-27648	-100.000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	低于范围
-27649	-100.004	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
-32768	<-117.593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	下溢

3.2 输入范围表示

表格 3- 4     单极性输入范围

十进制值	以百分比表示 的测量值	数据字																范围
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32767	>117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	上溢
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	超出范围
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	额定范围
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	低于范围
-4864	-17.593	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
-32768	<-17.593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	下溢

### 3.3 输出范围表示

下表列出了按双极性和单极性进行数字化表示的输出范围。精度为 16 位。

有关分配各测量范围中指定输出值的信息，请参见各模拟量输出模块的设备手册。

表格 3-5 双极性输出范围

十进制值	以百分比表示的输出值	数据字																范围
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	最大输出值*
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	超出范围
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	额定范围
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0.003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-27648	-100.000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-27649	100.004	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	低于范围
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
-32512	-117.593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	最小输出值**

\* 指定值 > 32511 时，输出值限制为 117.589 % 或 0 % (0.0 V / 0.0 mA)，具体取决于使用的模块。

\* 指定值 < -32512 时，输出值限制为 -117.593 % 或 0 % (0.0 V / 0.0 mA)，具体取决于使用的模块。

3.3 输出范围表示

表格 3- 6     单极性输出范围

十进制值	以百分比表示的输出值	数据字																范围
		2 <sup>15</sup>	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	最大输出值*
32511	117.589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	超出范围
27649	100.004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100.000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	额定范围
1	0.003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	最小输出值**

\* 指定值 > 32511 时，输出值限制为 117.589 % 或 0 % (0.0 V / 0.0 mA)，具体取决于使用的模块。

\*\* 指定值 < 0 时，输出值限制为 0% (0.0 V / 0.0 mA)。



## 连接变送器

### 4.1 概述

#### 简介

本章介绍了变送器与模拟量输入连接的基本过程。

有关特定的接线方式信息，请参见各模块手册。

有关电缆布线和屏蔽或电位均衡等更多信息，请参见功能手册“组态防干扰型控制器 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566>)”。

#### 可连接到模拟量输入的变送器

可将下列变送器连接到模拟量输入模块，具体取决于测量类型：

- 电压变送器
- 电流变送器
  - 2 线制变送器
  - 4 线制变送器
- 电阻变送器
  - 4 线制连接
  - 3 线制连接
  - 2 线制连接
- 热电偶

#### 隔离变送器和非隔离变送器

变送器具有多种型号：

- 隔离变送器**未连接到**本地接地电位。 可以进行浮点计算。
- 非隔离变送器**可以在本地**连接到接地电位。

非隔离变送器将连接到导电外壳上。

注意： 所有非隔离变送器相互之间必须进行带电连接，而且在本地连接到接地电位。

4.1 概述

本图中所用的缩写

下图中所有缩写的说明：

AI	模拟量输入模块
M	接地连接
L+	电源电压连接
M <sub>n</sub> +/M <sub>n</sub> -	测量输入，通道 n
I <sub>Cn</sub> +/I <sub>Cn</sub> -	至热敏电阻 (RTD) 通道 n 的电流输出
U <sub>n</sub> +/U <sub>n</sub> -	电压输入通道 n
I <sub>n</sub> +/I <sub>n</sub> -	电流输入通道 n
COMP+/COMP-	补偿输入
I <sub>Comp</sub> +/I <sub>Comp</sub> -	补偿电流输出
U <sub>V</sub>	通道上的馈入电压（连接可用于 2 线制变送器 (2DMU) 或与 2/4 线制变送器的 ET 200eco PN 和 ET 200pro 一起使用）。
U <sub>CM</sub>	测量输入/模拟地 M <sub>ANA</sub> 参考点之间的电位差。
U <sub>ISO</sub>	测量输入和中央地参考点之间的电位差
M <sub>ANA</sub>	模拟地的参考点

模拟量信号线路

通常使用屏蔽双绞线电缆连接模拟量信号。这样，可以提高抗扰性。

## 4.2 通过 MANA 连接来连接模拟量输入

测量输入和中央地的参考电位通过  $M_{ANA}$  连接在模拟量输入模块中是电气隔离的。

### 受限电位差 $U_{ISO}$ (绝缘电压)

需始终确保未超出模拟地  $M_{ANA}$  和中央地参考点之间所允许的电位差  $U_{ISO}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{ISO}$ ：超出最大线路长度。

如果要确保不超过允许的值  $U_{ISO}$ ，请在终端  $M_{ANA}$  和中央接地点之间使用等电位连接电缆。

4.2 通过 MANA 连接来连接模拟量输入

受限电位差  $U_{CM}$ （共模）

需始终确保未超测量输入和模拟地  $M_{ANA}$  之间所允许的电位差  $U_{CM}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{CM}$ ：

- 环境中存在 EMC 干扰
- 使用了接地的变频器
- 使用了长电缆

如果超出所允许的电位差  $U_{CM}$ ，则可能会发生测量错误/故障。

一些模块可以检测到无效的电位差  $U_{CM}$  并通过 CPU 的诊断缓冲区条目报告此错误。

如果要确保未超出最大值  $U_{CM}$ ，则需通过一个等电位连接电缆将测量输入与模拟地  $M_{ANA}$  的参考点进行互连。

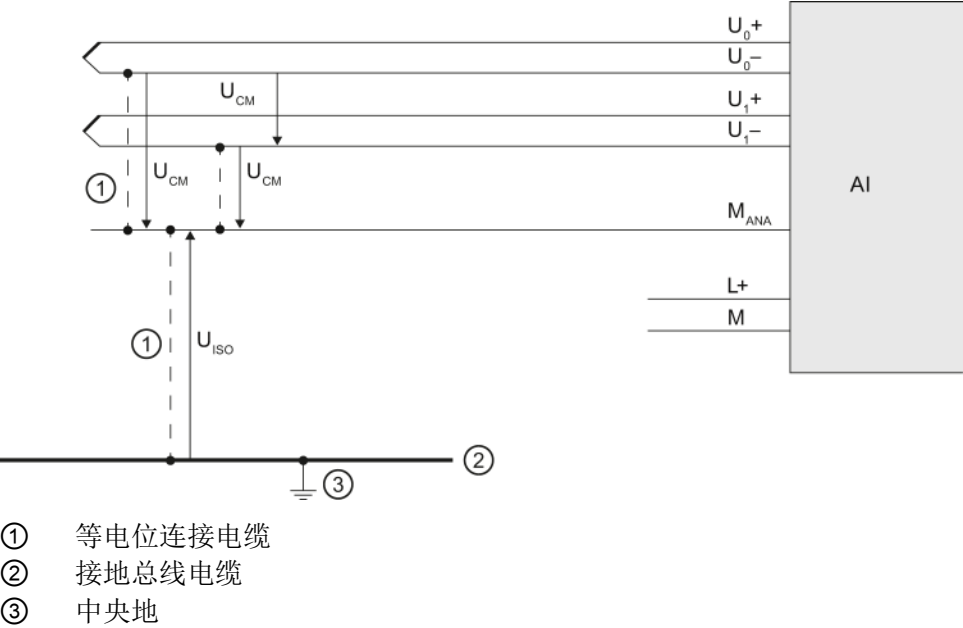


图 4-1 示例：具有  $M_{ANA}$  连接的模拟量输入模块的参考电位

## 4.3 不通过 MANA 连接来连接模拟量输入

在没有  $M_{ANA}$

连接的模拟输入模块中，测量输入和中央地的参考电位相互之间是电气隔离的。

### 受限电位差 $U_{iso}$ （绝缘电压）

应始终确保未超出测量输入和中央地参考点间的最大电位差  $U_{iso}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{iso}$ ：超出最大线路长度。

如果要确保不超过允许的值

$U_{iso}$ ，请在测量输入的参考点和中央接地点之间使用等电位连接电缆。

4.3 不通过 MANA 连接来连接模拟量输入

受限电位差  $U_{CM}$ （共模）

应始终确保未超出测量输入参考点之间所允许的电位差  $U_{CM}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{CM}$ ：

- 环境中存在 EMC 干扰
- 使用了接地的变送器
- 使用了长电缆

如果超出所允许的电位差  $U_{CM}$ ，则可能会发生测量错误/故障。

一些模块可以检测到无效的电位差  $U_{CM}$  并通过 CPU 的诊断缓冲区条目报告此错误。

如果要确保不超过允许的值  $U_{CM}$ ，请在测量输入的参考点之间使用等电位连接电缆，或者对于 ET 200eco PN 和 ET 200pro，在测量输入的参考点和接地点之间使用等电位连接电缆。

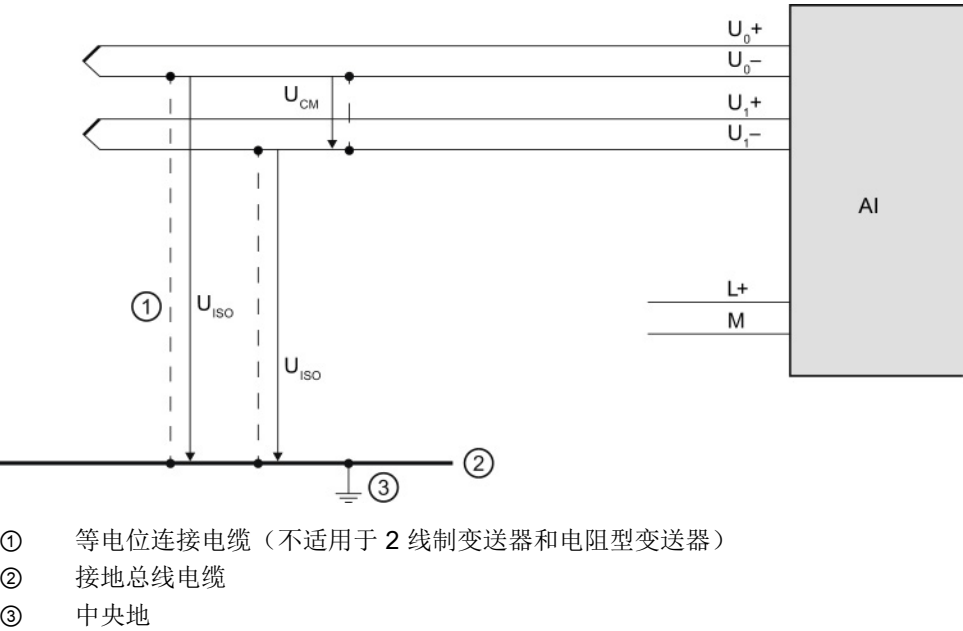
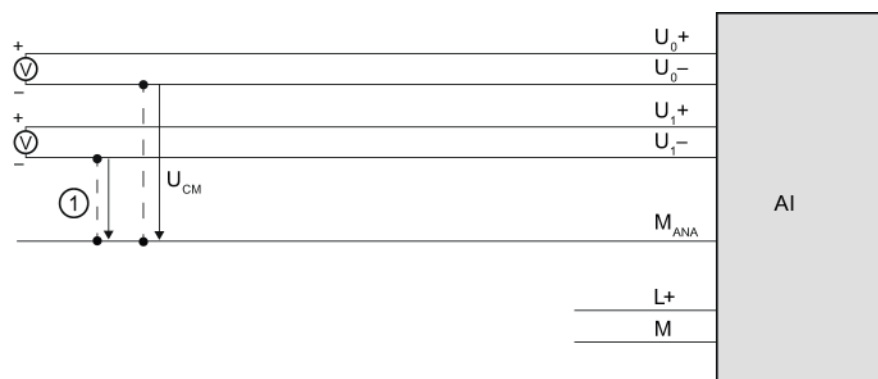


图 4-2 示例：不具有 MANA 连接的模拟量输入模块的参考电位

## 4.4 连接电压变送器

下图显示了如何连接电压变送器。如果要确保不超过允许的值  $U_{CM}$ ，请在测量输入的参考点和模拟地  $M_{ANA}$  之间使用等电位连接电缆，或者对于 ET 200eco PN 和 ET 200pro，在测量输入的参考点和接地点之间使用等电位连接电缆。



① 等电位连接电缆（仅适用于具有  $M_{ANA}$  连接的模块）

图 4-3 示例：将电压变送器接线到模拟量输入模块

4.5 连接电流变送器

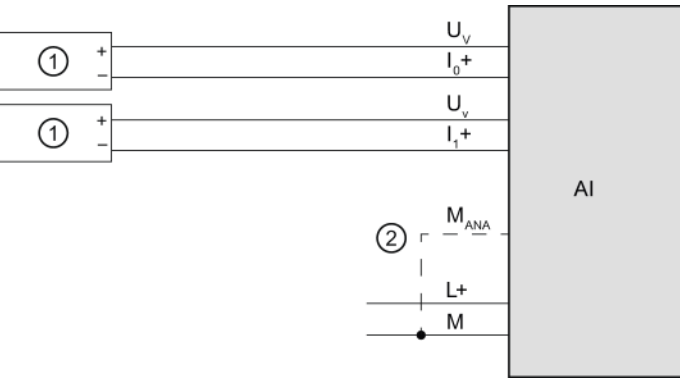
电流变送器可作为 2 线制变送器和 4 线制变送器。  
以下列出了电流变送器提供电压的各种方式。

对 2 线制变送器进行连接，并将它们与模块的电源相连接

2 线变送器可将过程变量转换为电流。2 线变送器连接到模拟量输入模块的端子，与抗短路电源电压接通。因此，这种变送器通常称为“无源变送器”。  
这种便捷的接线方式意味着 2 线制变送器非常合适用于工业环境中。  
如果要采用这种连接方式，则需要在 STEP 7 中设置测量类型“电流（2 线制变送器）”。

说明

必须对 2 线变送器进行电气隔离。



- ① 2 线制变送器 (2WT)
- ② 等电位连接电缆（仅适用于具有  $M_{ANA}$  连接的模块）

图 4-4 示例：将 2 线制变送器接线到模拟量输入模块

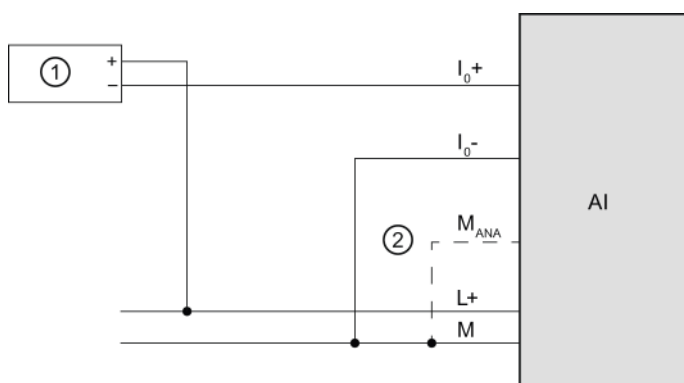


### 将 2 线制变送器接线到 4 线制变送器的模拟量输入

下图显示了另一种连接方式：使用模块的电源线 L+ 为 2 线制变送器供电。

如果要采用这种连接方式，则需要在 STEP 7 中设置测量类型“电流（4 线制变送器）”。

在这种连接方式中，将移除电源电压 L+ 和模拟电路之间的电气隔离。



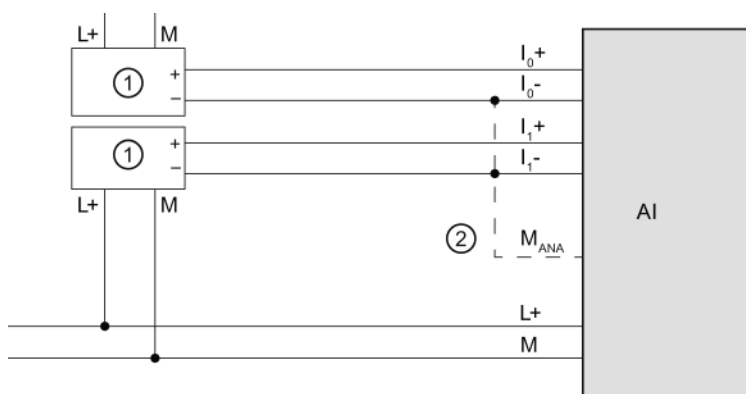
- ① 2 线制变送器 (2WT)
- ② 等电位连接电缆（仅适用于具有 M<sub>ANA</sub> 连接的模块）

图 4-5 示例：将 2 线制变送器接线到 4 线制变送器的模拟量输入

### 对 4 线变送器进行接线和连接

4 线制变送器提供了连接独立电源电压的端子。这些变送器均由外部电源进行供电。

因此，通常称为“有源变送器”。如果要采用这种连接方式，则需要在 STEP 7 中设置测量类型“电流（4 线制变送器）”。



- ① 4 线制变送器 (4WT)
- ② 等电位连接电缆（仅适用于具有 M<sub>ANA</sub> 连接的模块）

图 4-6 示例：将 4 线制变送器接线到模拟量输入模块

4.6 连接热敏电阻和电阻

模块在端子  $I_C+$  和  $I_C-$  处的电流恒定，可进行电阻测量。恒定电流流入待测电阻，在此作为压降进行测量。必须将恒定电流电缆直接与热敏电阻/电阻连接。

使用采用 4 线制或 3 线制连接补偿的测量方式来测量线路电阻，从而实现比使用 2 线制连接的测量方式更高的准确度。

使用两线连接的测量方式进行测量时，结果通常为线路电阻和实际电阻；因此，必须要降低测量结果的准确度。

下图举例说了如何进行连接。

热敏电阻的 4 线制连接

使用高抗阻测量方式在  $M_0+$  和  $M_0-$  端子上测量热敏电阻上的电压。确保接线时极性的正确性（ $I_{C0}+$  和  $M_0+$ ，以及热敏电阻上的  $I_{C0}-$  和  $M_0-$ ）。

请始终将  $I_{C0}+$  和  $M_0+$  线路以及  $I_{C0}-$  和  $M_0-$  线路直接连接到热敏电阻。

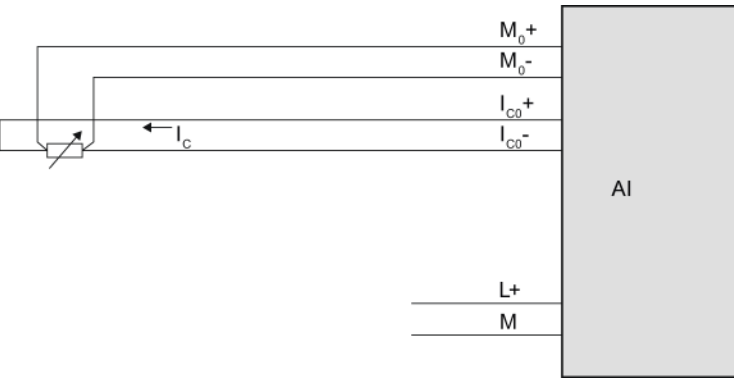


图 4-7 示例：使用 4 线制连接将热敏电阻连接到模拟量输入模块

### 热敏电阻的 3 线制连接

由于模块不同（带有 4 个端子的模块将采用 3 线制连接（每个通道）），可能需要在  $M_0^-$  和  $I_{C0}^-$  之间（请参见下图）或在  $M_0^+$  和  $I_{C0}^+$  之间插入一个电桥。请始终将  $I_{C0}^+$  和  $M_0^+$  线路直接连接到端子电阻。使用导线横截面积相同的电缆。

对于 ET 200AL、ET 200eco PN 和 ET 200pro，不需要电桥，因为所有必需连接都是在内部实现的。

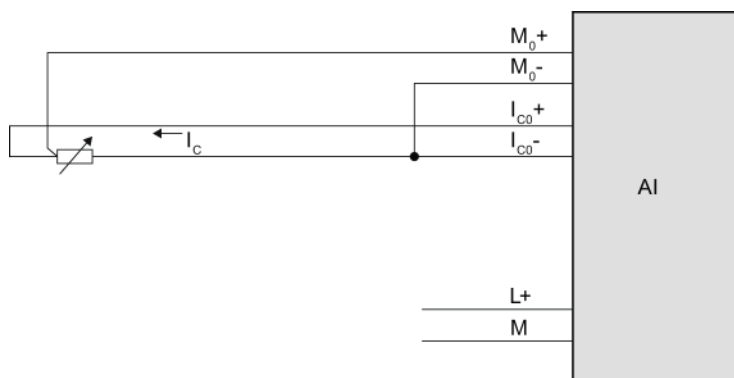


图 4-8 示例：使用 3 线制连接将热敏电阻连接到模拟量输入模块

### 热敏电阻的 2 线制连接

在带有 4 个端子的模块上安装 2 线制设备（按通道）时，需要在模块的  $M_0^+$  和  $I_{C0}^+$  之间和在  $M_0^-$  和  $I_{C0}^-$  之间插入一个电桥，如下图所示。此时，只进行线路电阻测量，但不会进行补偿。由于物理限制，所以此测量类型的准确性低于使用 3 线制或 4 线制连接的测量方式。但这种测量类型的接线十分便捷，只需将电桥插入到插头中即可，节省了大量时间。

对于 ET 200AL、ET 200eco PN 和 ET 200pro，不需要电桥，因为所有必需连接都是在内部实现的。

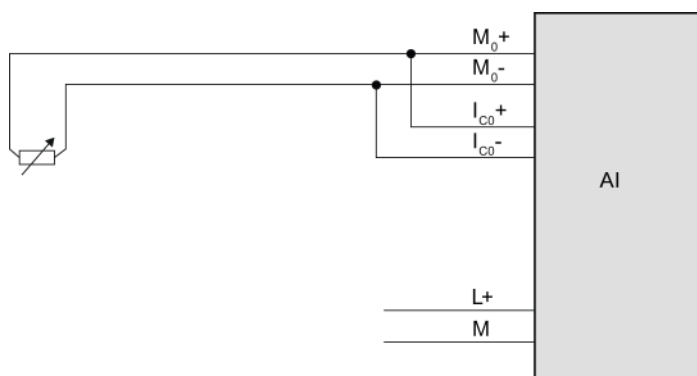


图 4-9 示例：使用 2 线制连接将热敏电阻连接到模拟量输入模块

4.7 连接热电偶

简介

热电偶通常在交付时立即可用。 保护壳可以防止热电偶被外流破坏。

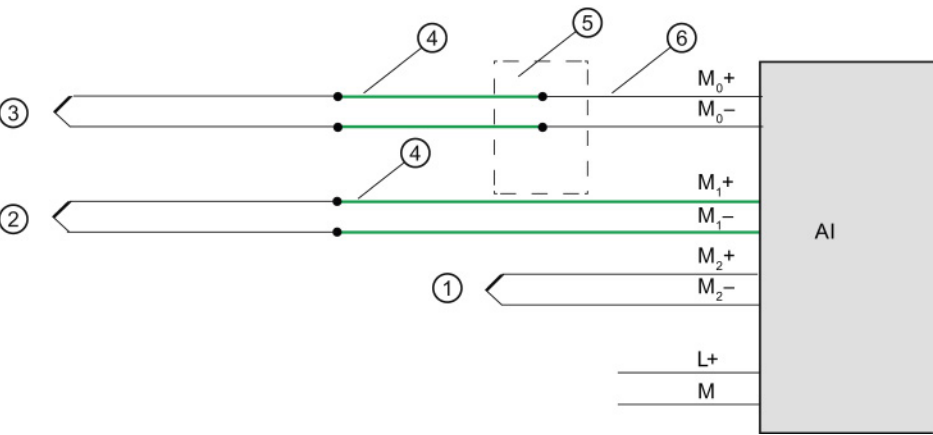
补偿线路

相应热电偶的补偿线路由特殊颜色代码标识，这是因为只能使用由与热电偶匹配的材料组成的补偿线路。 标准化的补偿线路根据 DIN EN 60584 标准指定。  
需遵守制造商规范中的最大温度要求。

热电偶连接方式

可以采用多种方法将热电偶连接到模拟量输入模块：

- 直接连接①。
- 使用补偿线路②。
- 将补偿线路连接到基准结上，然后再将基准结连接电源线路（铜线）上③。



- ① 无补偿线路的热电偶
- ② 有补偿线路的热电偶
- ③ 连接补偿线路和电源线的热电偶
- ④ 补偿线路（材料与热电偶的相同）
- ⑤ 外部基准结
- ⑥ 例如，铜制电源电缆

图 4-10 示例： 将热电偶接线到模拟量输入模块上

## 更多信息

有关热电偶的选择及其工作原理等更多信息，请参见热电偶 (页 78)一节。

## 热电偶

### 5.1 选择热电偶

#### 简介

热电偶是用于准确测量温度的电气设备。它们由连接到一处的两种不同的金属组成。该点的温度发生变化时会产生电压差，从而可以计算出温度值。

热电偶可以测量较大范围内的温度，是一种非常坚固耐用的设备。因此非常适合用于工业应用。选择合适的热电偶时，应考虑以下条件：

- 温度范围
- 气候环境
- 价格

#### 接地的热电偶

在接地的热电偶中，传感器外壳内部连接有一根热电偶导线。这样，就可以在传感器外壳和热电偶测量端之间形成良好的热传导。

#### 未接地的热电偶

在未接地的热电偶中，热电偶不会连接到传感器外壳。温度变化的响应时间也要比接地的热电偶长。测量点具有电气隔离。

#### 类型和温度范围

不同类型的热电偶由不同成分的材料构成。

---

#### 说明

由于实际环境的影响，热电偶超出指定温度范围后会变得非常不准确。因此，只能在制造商指定的温度范围内使用热电偶。

---

下表列出了不同热电偶的类型、材料成分以及温度测量范围：

类型	材料成分	温度范围
<b>B</b>	PtRh-PtRh	250 到 1820 °C
<b>C</b>	W-Re	0 到 2315 °C
<b>E</b>	NiCr-CuNi	-270 到 1000 °C
<b>J</b>	Fe-CuNi	-210 到 1200 °C
<b>K</b>	NiCr-Ni	-270 到 1372 °C
<b>L</b>	Fe-CuNi	-200 到 900 °C
<b>N</b>	NiCrSi-NiSi	-270 到 1300 °C
<b>R</b>	PtRh-Pt (Pt 13%)	- 50 到 1769 °C
<b>S</b>	PtRh-Pt (Pt 10%)	-50 到 1769 °C
<b>T</b>	Cu-CuNi	-270 到 400 °C
<b>U</b>	Cu-CuNi	-200 到 600 °C
<b>TXK/XKL</b>	NiCr-CuCr	-200 到 800 °C

5.2 热电偶结构和工作原理

热电偶结构

热电偶包含一对热敏元件及相应的安装和连接元件。两根以不同金属/金属合金制成的导线的末端（热端）焊接在一起。焊接点将作为测量点，而热电偶的空闲端则作为基准结。

空闲端与评估设备（例如，模拟量输入模块）通过绝缘导线或电缆进行互连。

不同材料成分产生了不同热电偶类型（例如 K/J/N）；所有热电偶应用相同的测量原理，而与其类型无关。

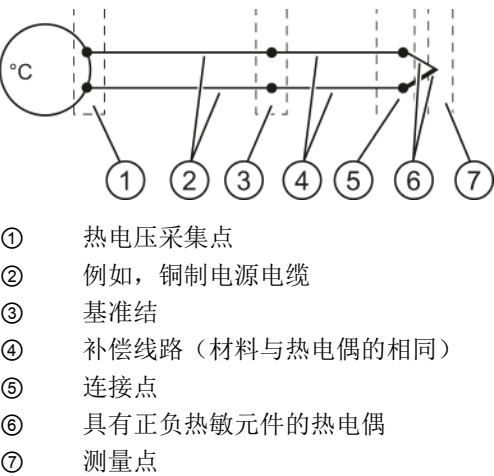


图 5-1 热电偶

热电偶的工作原理

测量点和热敏元件对空闲端（连接点）间的温度差会在基准结处产生热电压。

该热电压的值取决于测量点和空闲端之间的温度差以及热敏元件对的材料成分。

热电偶始通常会采集一个温差值。这意味着，必须获取空闲端的温度（基准结）才能确定测量点温度。

热电偶可以从连接点处通过补偿线路进行扩展。这样，可以在指定点设置基准结，从而可以在此处保持温度一致或便于安装温度传感器。补偿线路与热电偶的导线是由同种材料制成。使用铜缆连接基准结和模块。

说明

需始终查看极性，这是因为不正确的连接将导致不可接受的测量误差。



## 5.3 基准结温度的补偿

### 5.3.1 概述

#### 简介

要使用基准结和测量点间的温差函数来求出正确的温度值，可以通过不同的方式测量基准结的温度。

这里提供了各种补偿选项来满足基准结处的要求。

有关模拟量模块所支持的补偿方式，请参见相应模块的手册。

## 5.3 基准结温度的补偿

## 补偿基准结温度的可选方法

表格 5-1 补偿方式：说明与应用案例

补偿选项	说明	应用案例/特殊功能
内部基准结	<p><b>功能原理</b></p> <p>通过这种补偿方式，可使用模拟量模块中集成的传感器测量基准结温度。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>直接将热电偶连接到 I/O 模块，或通过补偿线路连接；请参见通过内部基准结进行补偿 (页 84) 一章。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>对于连接，请使用匹配热电偶材料的补偿线路。</li> <li>如果系统中的基准结温度和模块温度相同，还可以使用由不同材料制作的线路。</li> <li>优点： <ul style="list-style-type: none"> <li>价格便宜</li> <li>无需外部基准结</li> <li>无需额外接线</li> </ul> </li> </ul>
模块的参考通道	<p><b>特性</b></p> <p>采用这种补偿方式，可通过外部热电阻 (RTD) 确定基准结温度。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>将热电偶直接或通过补偿线路间接连接到基准结的供电线路。</p> <p>将供电线路连接到模块相应的端子上。</p> <p>将热电阻 (RTD) 连接到模块的参考通道上。</p> <p>热电阻 (RTD) 必须位于基准结区域中；请参见“通过模块参考通道进行补偿 (页 86)”章节。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直接采集基准结处的温度。</li> <li>为此补偿类型组态的所有通道的测量温度都将由基准结的温度值自动修正。</li> <li>优点： <ul style="list-style-type: none"> <li>与通过内部基准结进行补偿相比，结果更加准确；但需要安装额外的热电阻并接线。</li> </ul> </li> </ul>
组 0 的参考通道	<p><b>特性</b></p> <p>通过设置“TC”（热电偶...），将该通道用作组 0 的基准结温度的接收方。</p> <p>组 0 的相关发送方设置为 RTD 通道。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>将热电偶直接或通过补偿线路间接连接到基准结的供电线路。将供电线路连接到模块相应的端子上。</p> <p>将热电阻 (RTD) 连接到模块组 0 所组态的参考通道上。热电阻 (RTD) 必须位于基准结区域中；请参见“补偿，组 0 的参考通道 (页 88)”章节。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直接采集基准结处的温度。</li> <li>为此补偿类型组态的所有通道的测量温度都将由基准结（发送方）的温度值自动修正。</li> </ul>

补偿选项	说明	应用案例/特殊功能
固定参考温度	<p><b>特性</b></p> <p>使用这种补偿，可将基准结温度以固定值形式存储在模块中。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>将热电偶直接或通过补偿线路间接连接到基准结的供电线路。将供电线路连接到模块相应的端子上。</p> <p>根据模块的不同，您可以在组态数据中输入固定基准结温度（例如 20 °C），或使用模块的固定基准结温度 (0 °C)；请参见通过固定参考温度进行补偿 (页 91) 一章。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保持基准结温度恒定并获取温度值。</li> <li>为了确保高准确性，必须确保温度保持不变（这可能会很复杂，具体取决于实际应用）。</li> </ul>
动态参考温度	<p><b>特性</b></p> <p>使用这种补偿，可通过模块检测基准结温度。在用户程序中通过数据记录将此温度值传送至其它模块。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>将基准结的热电阻 (RTD) 连接到任意通道上。</p> <p>通过函数块将 CPU 或 IM 中的基准结温度以数据记录形式传送至模块，请参见通过动态参考温度进行补偿 (页 93) 一节。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在基准结处使用多个模块，因此能够使用公共温度值补偿所有通道。</li> <li>只需要一个热电阻 (RTD) 或热电偶，即可进行温度测量。</li> </ul>
无补偿/外部补偿	<p><b>特性</b></p> <p>通过这种补偿方式，可在模拟量输入模块外部测量基准结温度。例如，可在连接热电偶处连接一个补偿箱。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>使用铜缆将补偿箱连接到模拟量输入模块的连接模块处，请参见章节“无”补偿或外部补偿 (页 97)。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常将这种补偿方式中的基准结温度指定为 0 °C，可通过补偿箱实现。每个热电偶都需要一个单独的补偿箱。</li> <li>而 B 类热电偶无需补偿箱。</li> </ul>
RTD (0)	<p><b>特性</b></p> <p>这种补偿方式基于补偿连接器夹具上的电阻测量值 Pt1000 或外部电阻值 Pt1000。</p> <p><b>操作步骤</b></p> <p>有关连接时使用/不使用补偿连接器的更多信息，请参见 RTD (0) 补偿方式 (页 99) 一节。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过电阻值 Pt1000 确定基准结温度。</li> <li>模拟量输入模块上采用这种补偿方式的所有通道都将收到相同的基准结温度。</li> </ul>

5.3.2 通过内部基准结进行补偿

功能原理

用于通过内部基准结进行补偿的基准结位于模拟量输入模块的端子处。将热电偶或补偿线路直接连接到模块输入端。内部温度传感器会采集模块温度并返回补偿电压。

注意，通过内部基准结进行的补偿并不能总是达到外部补偿的准确性！

操作步骤

组态步骤：

- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
- 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块和相应的通道。
- 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
- 4. 选择“输入/测量”区域。
- 5. 选择“热电偶”值作为“测量类型”。
- 6. “基准结”处，则需选择值“内部基准结”。

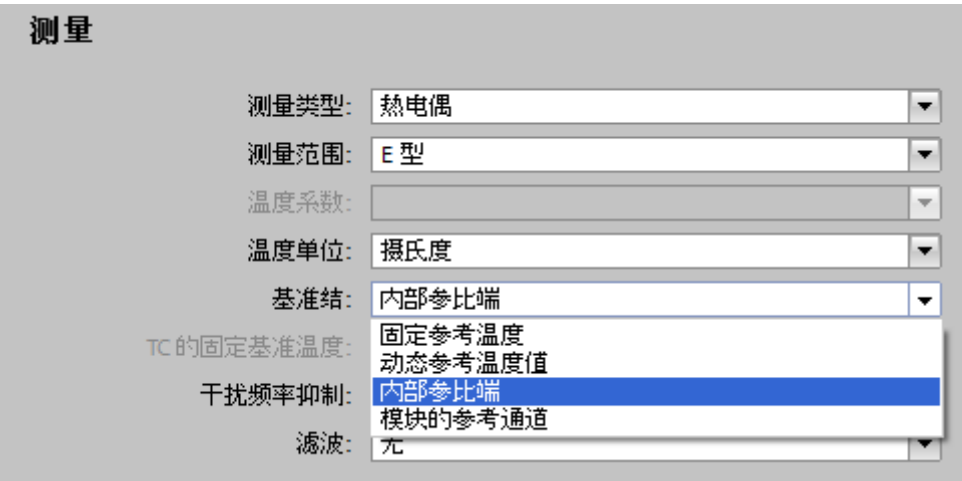
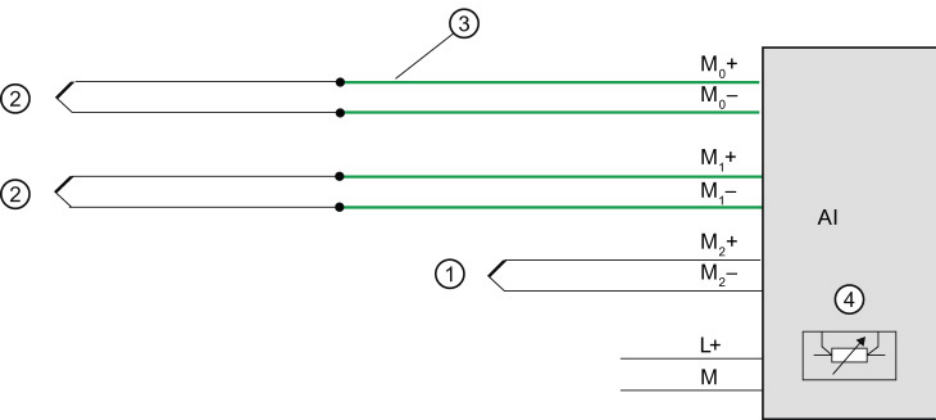


图 5-2 内部基准结

连接热电偶

将热电偶直接或通过补偿线路间接连接到模块输入端。



- ① 无补偿线路的热电偶
- ② 有补偿线路的热电偶
- ③ 补偿线路（材料与热电偶的相同）
- ④ 内部基准结

图 5-3 示例：连接热电偶以通过内部基准结进行补偿

5.3.3 通过模块参考通道进行补偿

功能原理

采用这种补偿方式，可通过外部热电阻 (RTD) 确定基准结温度。  
有些模块中有内部参考通道。

操作步骤

组态步骤：

- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
- 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块和相应的通道。
- 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
- 4. 选择“输入/测量”区域。
- 5. 选择“热电偶”值作为“测量类型”。
- 6. “基准结”处，则需选择值“模块的参考通道”。

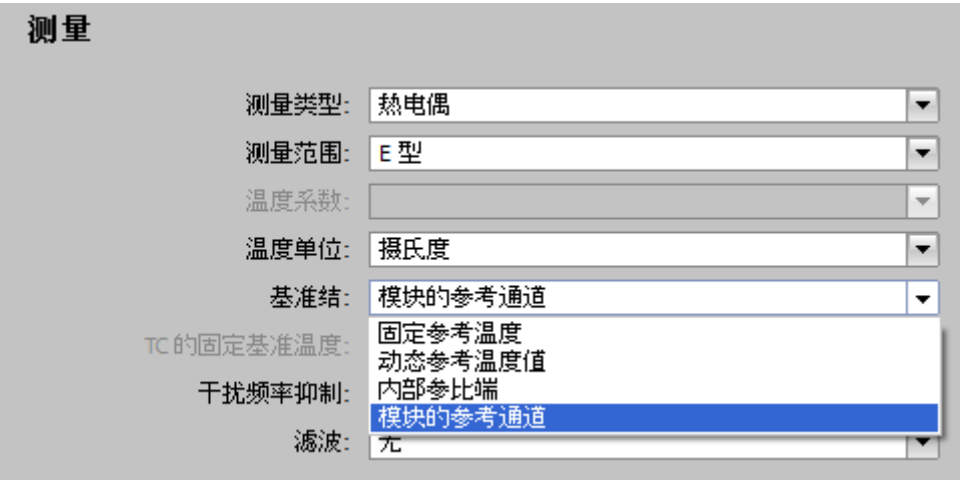
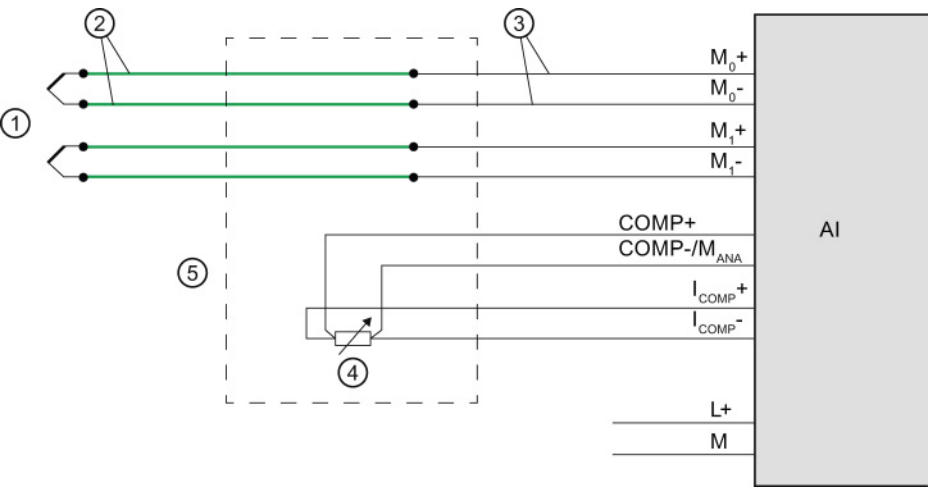


图 5-4 模块的参考通道

接线热电偶和热电阻

将热电偶直接或通过补偿线路间接连接到基准结的供电线路。  
将供电线路连接到模块相应的端子上。  
可使用任何材质的电缆将热电阻接线到模块端子上。



- ① 热电偶
- ② 补偿线路（材料与热电偶的相同）
- ③ 例如，铜制电源电缆
- ④ 热电阻 (RTD)
- ⑤ 基准结

图 5-5 示例：通过模块参考通道接线热电偶/热电阻进行补偿

5.3.4 补偿，组 0 的参考通道

功能原理

在这种补偿中，连接热电阻 (RTD) 的模块通道将作为“参考温度变送器”。  
连接热电偶的其它通道（参考温度接收方）可以使用该参考温度补偿。在这种补偿方式中组态的所有通道（接收方）的测量温度都将由基准结（发送方）的温度值自动补偿。  
基准结温度通过外部热电阻 (RTD) 确定。

操作步骤

- 组态步骤：
- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
  - 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块和相应的通道。
  - 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
  - 4. 选择“输入/测量”区域。
  - 5. 对于相关模块的通道，则需指定为发送方：  
例如，对于“测量类型”，请选择“热敏电阻（4 线制连接）”。  
对于“基准结”，则需选择值“组 0 的参考通道”。

测量

测量类型: 热电阻 (4 线制)

测量范围: Pt 100 气候范围

温度系数: Pt 0.00385055

温度单位: 摄氏度

基准结: 组 0 的参考通道

固定参考温度: 无参考通道模式

滤波: 组 0 的参考通道

干扰频率抑制: 无

干扰频率抑制: 50 Hz

图 5-6 发送方：组 0 的参考通道



6. 对于指定为接收方的通道：
- 选择“热电偶”值作为“测量类型”。
- 对于“基准结”，则需选择值“组 0 的参考通道”。

测量

测量类型:

热电偶

测量范围:

E 型

温度系数:

温度单位:

摄氏度

基准结:

组 0 的参考通道

固定参考温度:

模块的参考通道

滤波:

组 0 的参考通道

干扰频率抑制:

50 Hz

图 5-7            接收方： 组 0 的参考通道

连接热电偶和热敏电阻

以下示例为：

- 带有热电阻的模拟量模块作为参考温度的发送方
- 带有热电偶的两个模拟量模块作为参考温度接收方。

将热电偶直接或通过补偿线路连接到基准结的供电线路。将供电线路连接到模块相应的端子上。可使用任何材质的电缆将热电阻接线到模块端子上。

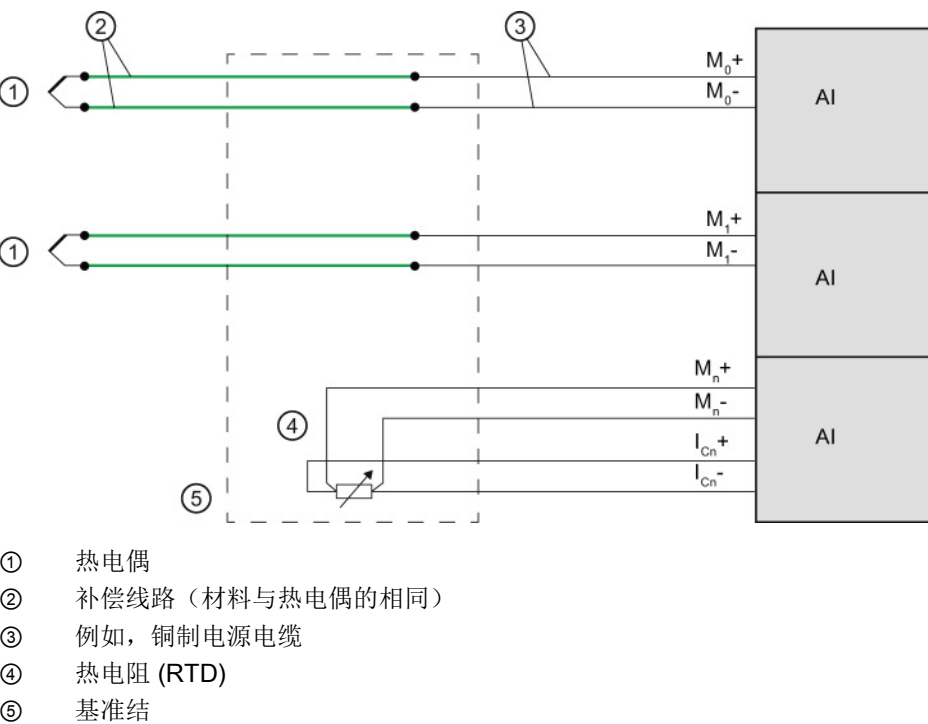


图 5-8 示例：连接热电偶/热敏电阻以实现组 0 补偿

5.3.5 通过固定参考温度进行补偿

功能原理

使用这种补偿，可将基准结温度以固定值形式存储在模块中。

操作步骤

组态步骤：

- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
- 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块。
- 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
- 4. 选择“输入/测量”区域。
- 5. 选择“热电偶”值作为“测量类型”。
- 6. “基准结”处，则需选择值“固定参考温度”。
- 7. 在“固定参考温度”区域中指定基准结的温度，例如 20 °C。

测量

测量类型:

热电偶

测量范围:

E 型

温度系数:

温度单位:

摄氏度

基准结:

固定参考温度

TC 的固定基准温度:

20.0

°C

干扰频率抑制:

50

Hz

滤波:

无

图 5-9 固定参考温度

5.3 基准结温度的补偿

通过“固定参考温度”设置温度条件

下图显示了通过热电偶将模块温度保持在固定参考温度 (20 °C) 的连接方式，例如安装在空调开关柜中。基准结位于在模块中。

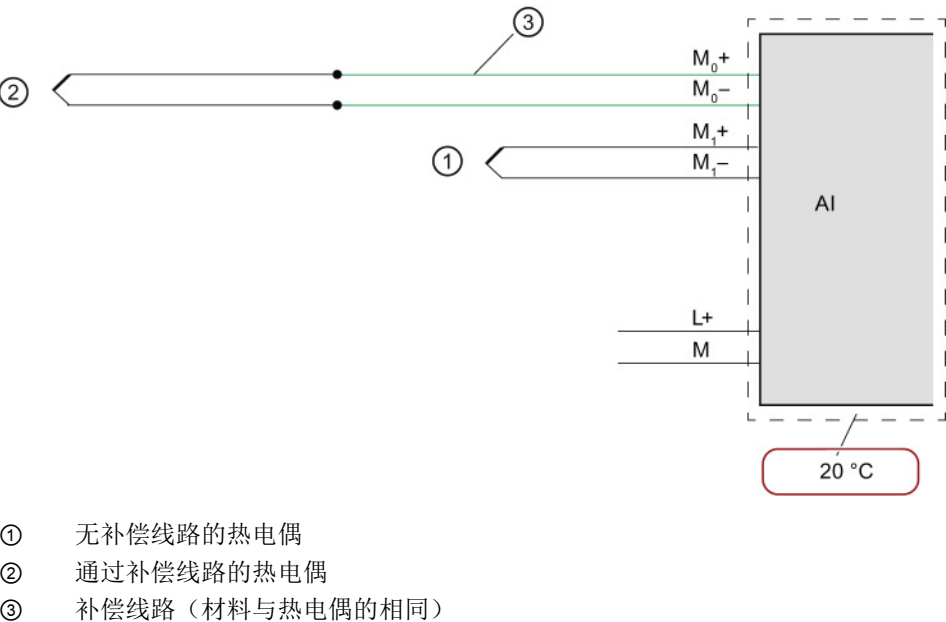


图 5-10 示例 1：将热电偶连接到模拟量模块以实现“固定参考温度”补偿

下图显示了通过热电偶将基准结（模块外）温度保持在固定参考温度 (20 °C) 的连接方式。

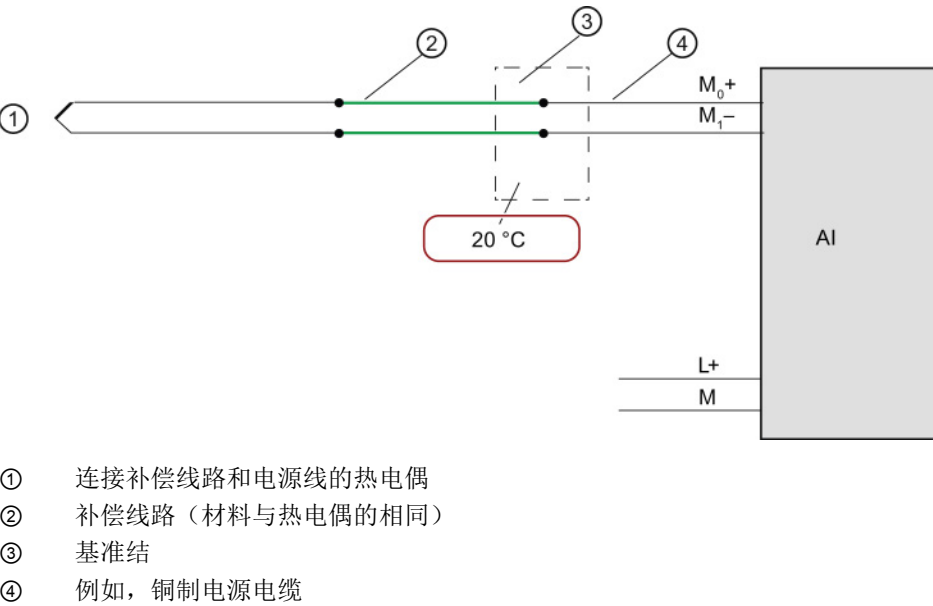


图 5-11 示例 2：将热电偶连接到模拟量模块以实现“固定参考温度”补偿

### 5.3.6 通过动态参考温度进行补偿

#### 功能原理

这种补偿方式可以在用户程序中设置基准结温度进行温度补偿。

可从站内的其它任何模块处获取该温度值。并通过数据记录使用指令 **WRREC (SFB 53)** 传输基准结温度。

有关数据记录的结构的信息，请参见各模块的设备手册。

#### 要求

STEP 7 项目中完成以下设置：

- 带有 **WRREC (SFB 53)** 指令的用户程序，用于传输带有参考温度的数据记录
- 用于使用热电偶 (TC) 采集过程温度的模拟量模块
- 用于使用热敏电阻 (RTD) 测量过程温度的模拟量模块

用于使用热电偶 (TC) 采集过程温度的模拟量模块

组态步骤:

- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
- 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块和相应的通道。
- 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
- 4. 选择“输入/测量”区域。
- 5. 选择“热电偶”值作为“测量类型”。
- 6. 对于“基准结”，则需选择值“动态参考温度”。

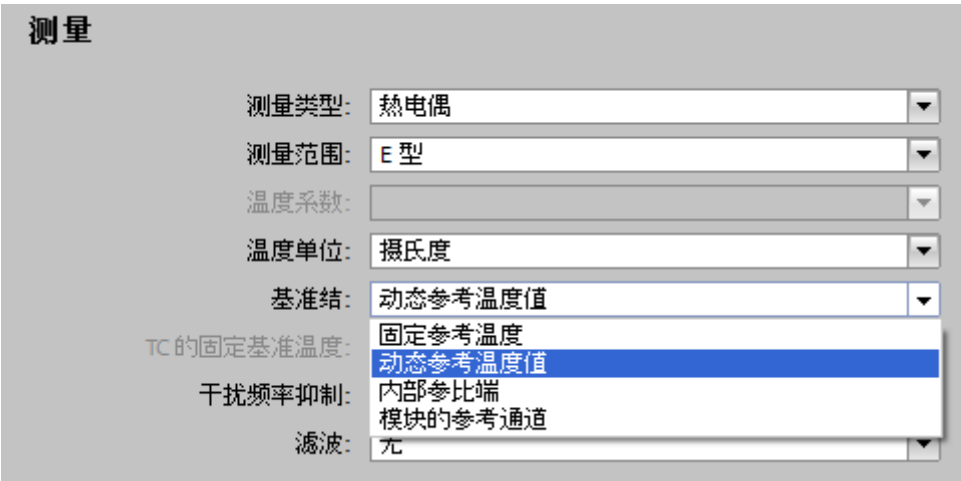


图 5-12 动态参考温度

用于使用热敏电阻 (RTD) 测量过程温度的模拟量模块

组态步骤:

- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
- 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块和相应的通道。
- 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“常规”选项卡。
- 4. 选择“输入/测量”区域。
- 5. 在“测量类型”中选择“热敏电阻（4 线制连接）”值。

测量

测量类型:

热敏电阻 (4 线制端子)

测量范围:

Pt 100 气候范围

温度系数:

Pt 0.003851

温度单位:

摄氏度

基准结:

TC 的固定基准温度:

干扰频率抑制:

50

Hz

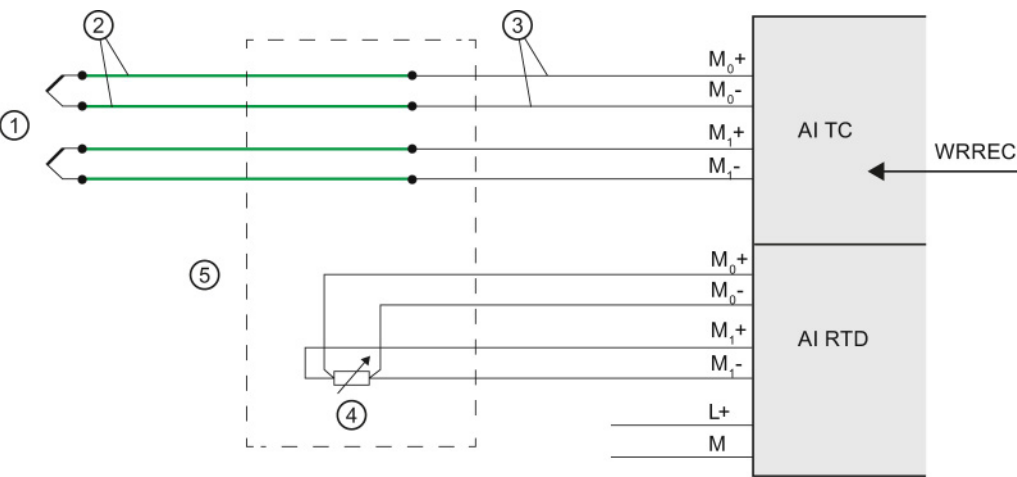
滤波:

无

图 5-13 热电阻 (RTD) 测量类型的设置

连接热电偶和热敏电阻

使用电源线将热电偶连接到模块输入中，通过动态参考温度进行温度补偿。  
在这种情况下，可通过热电阻 (RTD) 在基准结处采集温度。使用 **WRREC** 指令，  
将以这种方式确定的基准结温度通过数据记录传递到带有热电偶的模拟量模块中。



- ① 热电偶
- ② 补偿线路（材料与热电偶的相同）
- ③ 例如，铜制电源电缆
- ④ 热电阻 (RTD)
- ⑤ 基准结

图 5-14 示例：通过动态参考温度连接热电偶/热敏电阻以实现补偿



5.3.7 “无”补偿或外部补偿

功能原理

在模拟量输入模块外部测量热电偶的基准结温度，例如，通过热电偶上的补偿箱。采用这种补偿方式时，基准结温度指定为 0° C。

补偿箱中使用一个桥接电路对指定的基准结温度（补偿温度）进行校准。将热电偶补偿线路的终端连接器作为基准结。如果实际的比较温度与补偿温度不同，则与温度有关的桥接电阻值将发生变更。将生成一个正补偿电压或负补偿电压并增加到热电压上。

说明

而 B 类热电偶无需补偿箱。

操作步骤

- 组态步骤：
- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
  - 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块。
  - 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“输入”选项卡和相应的通道。
  - 4. 在“测量”区域，选择“热电偶”值作为“测量类型”。
  - 5. 在“基准结”处，则需根据所使用的模块选择值“无”或“外部补偿”。

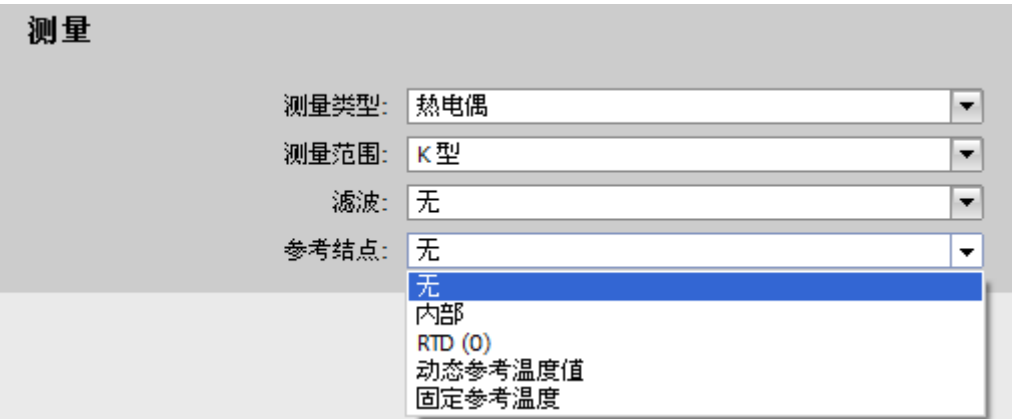


图 5-15 无基准结

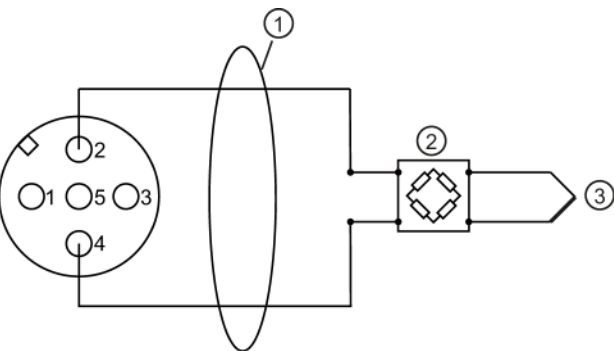
连接补偿箱

补偿箱将以环路形式连接到各个热电偶的电源线路中。而且补偿箱的连接必须进行隔离。此外，电源装置必须有足够强的噪声滤波器，可通过接地屏蔽线圈过滤噪声。

每个通道可以使用模拟量模块所支持的热电偶类型，而无需考虑其它通道是否支持该类型。每个通道需要一个单独的补偿箱。

“无”补偿或外部补偿的连接示例

使用铜缆将补偿箱连接到模拟量输入模块的连接模块上。



- ① 铜缆
- ② 补偿箱（按通道）；B 类热电偶无需连接补偿箱
- ③ 热电偶

图 5-16 基准结“无”补偿的连接示例

5.3.8 补偿类型 RTD (0)

功能原理

可通过 M12 补偿连接器夹具上的 Pt 1000 电阻值确定基准结温度。  
而且电阻只能在圆形插座 X1（通道 0）处测量。  
使用这种补偿方式时，模块上所有通道都具有相同的基准结温度。

操作步骤

- 组态步骤：
- 1. 在 STEP 7 中打开项目。
  - 2. 在设备视图中，选择所需的模拟量模块。
  - 3. 在所选模块的巡视窗口中，选择“输入”选项卡。
  - 4. 在“测量”区域，选择“热电偶”值作为“测量类型”。
  - 5. 在“基准结”处，则需选择值“RTD (0)”。



图 5-17 补偿类型 RTD (0)

连接示例

通过 M12 补偿连接器进行连接可直接将热电偶连接到 M12 补偿连接器上，也可以通过补偿线进行连接。将 M12 补偿连接器安装到 4 AI TC High Feature 处 CM IO 4 x M12 的圆形插座 X1（通道 0）上。

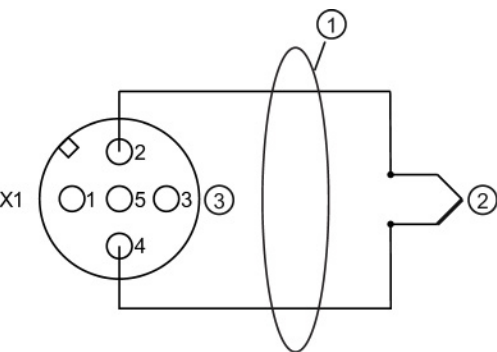
不通过 M12 补偿连接器进行连接

要测量基准结温度，可通过铜缆将外部 Pt1000 ( $\alpha = 003851$ ) 连接到端子 1 和 3。热敏电阻 Pt1000 必须安装在基准结区域中。然后，使用铜缆将热电偶从基准结处连接到端子 2 和 4。

连接其它热电偶

可以将其它热电偶连接到 4 AI TC High Feature 处 CM IO 4 x M12 上的圆形插座 X2 上。对于模块上采用这种补偿方式的所有通道，都可以通过测量圆形插座 X1 处的电阻值确定基准结温度。

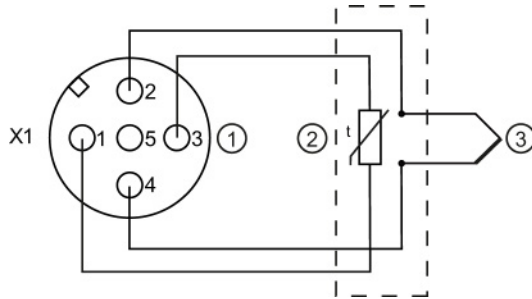
下图显示的连接示例中，采用“RTD (0)”补偿方式的基准结处按使用了 M12 补偿连接器并集成有热敏电阻 Pt1000：



- ① 直接连接热电偶或通过补偿线路连接
- ② 热电偶
- ③ 在圆形插座 X1 上，仅连接 M12 补偿连接器（端子 1 和 3 上连接有内部 Pt1000）。圆形插座 X1 上 M12 补偿连接器的比较值也同样适用于 X2、X3 和 X4 上的热电偶。

图 5-18 M12 补偿连接器中基准结采用“RTD (0)”补偿方式的连接示例

下图显示的连接示例中，采用“RTD (0)”补偿方式的基准结使用了外部热敏电阻 Pt1000：



- ① 在圆形插座 X1 上仅连接 M12 连接器
- ② 基准结区域中的外部 Pt1000 ( $\alpha = 0.003851$ ) 使用铜缆连接到端子 1 和 3。  
圆形插座 X1 处外部 Pt1000 的比较值也同样适用于 X2、X3 和 X4 上的热电偶。
- ③ 热电偶

图 5-19 采用“RTD (0)”补偿方式的基准结中使用外部 Pt1000 的连接示例

## 连接负载/执行器

### 6.1 概述

#### 简介

本章描述了负载/执行器与模拟量输出连接的基本过程。

有关特定的接线方式信息，请参见各模块手册。

有关电缆布线和屏蔽、电位均衡等详细信息，请参见功能手册“组态防干扰型控制器 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566>)”。

#### 本图中所用的缩写

下图中所有缩写的说明：

AQ	模拟量输出模块
M	接地连接
L+	电源电压连接
$S_n+/S_n-$	感应线通道 n
$QV_n+/QV_n-$	电压输出通道 n
$QI_n+/QI_n-$	电流输出通道 n
$M_{ANA}$	模拟地的参考点
$U_{ISO}$	绝缘电压

#### 模拟量信号线路

通常使用屏蔽双绞线电缆连接模拟量信号。这样，可以提高抗扰性。

## 6.2 连接负载/执行器

### 具有 $M_{ANA}$ 连接的模拟量输出模块的参考电位

模拟量输出模块在模拟地  $M_{ANA}$  和中央地的参考电位之间没有带电连接。

需始终确保未超出模拟地  $M_{ANA}$  和中央地参考点之间所允许的电位差  $U_{ISO}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{ISO}$ ：超出最大线路长度。

如果要确保不超过最大值  $U_{ISO}$ ，请在端子  $M_{ANA}$  和中央接地点之间使用等电位连接电缆。

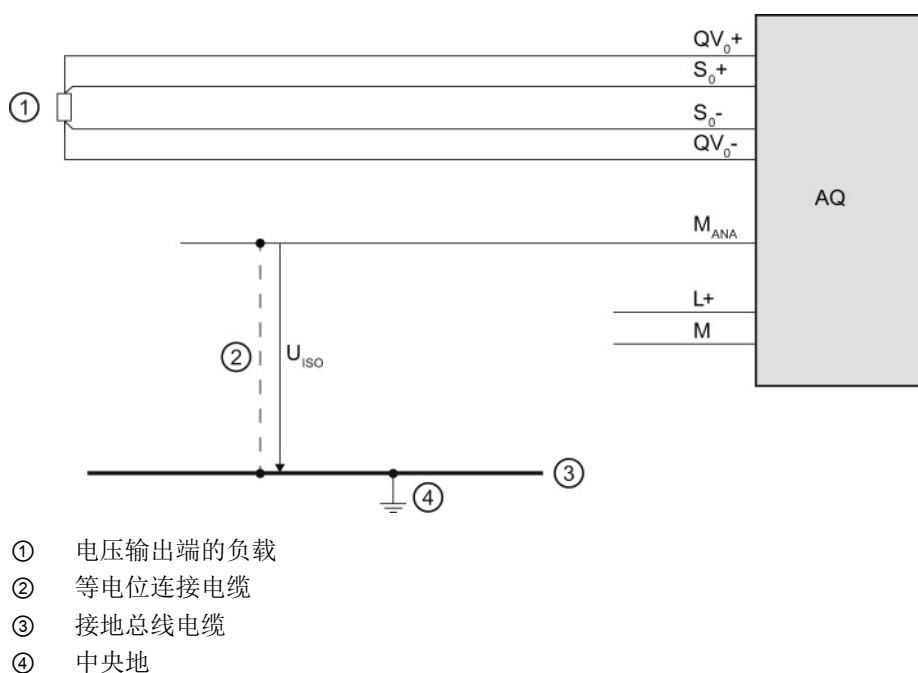


图 6-1 示例：具有  $M_{ANA}$  连接的模拟量输出模块的参考电位

不带 M<sub>ANA</sub> 连接的模拟量输出模块的参考电位

模拟量输出模块在模拟量输出电路和中央地参考电位间没有带电连接。

需始终确保未超出模拟量输出电路和中央地的参考点之间的最大电位差  $U_{ISO}$ 。

以下原因可能会导致电位差  $U_{ISO}$ ：超出最大线路长度。

如果要确保未超出最大值  $U_{ISO}$ ，

则需通过一个等电位连接电缆将各模拟量输出电路和中央地进行互连。

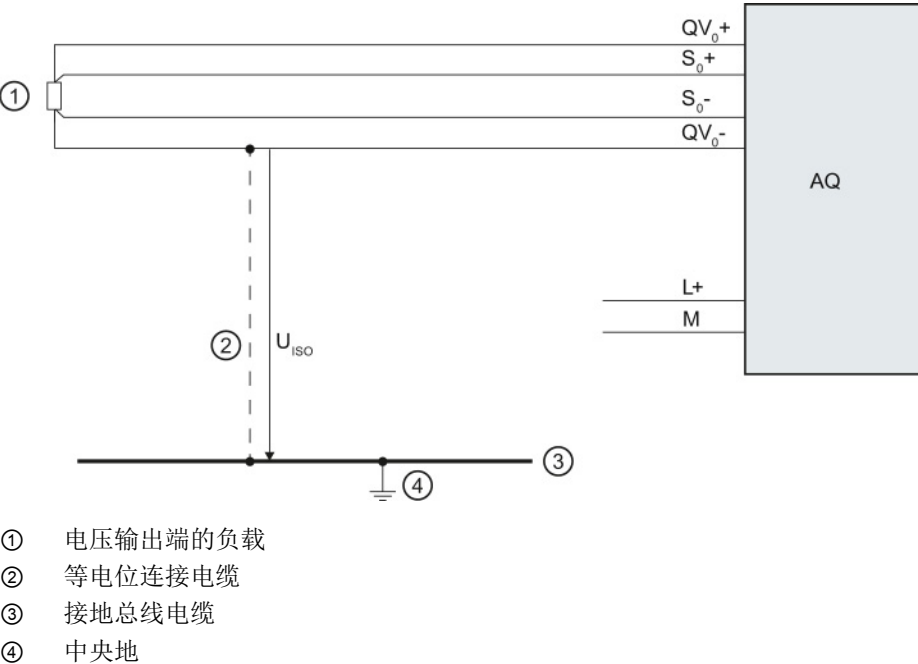


图 6-2 示例：不带 M<sub>ANA</sub> 连接的模拟量输出模块的参考电位



## 支持的功能

### 7.1 校准模拟量模块

#### 7.1.1 概述

##### 校准

校准检查模拟量输入模块测量的过程值和模拟量输入模块输出的过程值，进而确定实际值的偏差并对测量和输出误差进行补偿。

##### 校准模拟量模块

SIMATIC 模拟量模块在出厂前已经过校准而且模块本身具有出色的长期稳定性；因此在运行过程中无需再进行校准。

但美国食品和药品管理局 (FDA) 等一些机构的法规和指令要求中，要求对测量电路中的所有组件定期进行校准。这些组件包括模拟量输入和输出模块。

在一些工厂中，如果使用传感器检测和处理相对较低电压或电流，则必需进行设备校准。通过校准，可以消除电缆和/或温度对测量结果的影响。

在校准过程中，将采集新值并保持性存储在模块中。同时，设备交付前所确定的校准值也不会丢失。可随时恢复为原始校准值。

---

##### 说明

在校准过程中，将特定测量范围内各通道的校准值保持性地存储在模块中，即这些值的测量范围与用户进行校准时所使用的测量范围相同。

如果使用有效用户校准值将通道重新组态为一个其它类型的测量模式，则该设备上所保存的该通道校准值和该测量范围内的校准值都将立即生效。

同时也不会删除用户的校准值。在通道进行新的用户校准之前，这些值不会被覆盖。如果没有进行新的用户校准但重新设置了该通道的原始测量范围，则之前所确定的用户校准值将立即生效。

---

有关模拟量模块是否支持“校准”功能的信息，请参见各模块手册。

## 7.1 校准模拟量模块

### 功能范围

“校准”组中具有以下功能：

- 指定所有通道的当前校准
- 校准通道
- 取消正在进行的校准
- 将通道校准重置为出厂设置

## 7.1.2 校准模拟量模块

### 手动校准

在进行手动校准之前，须满足以下要求：

- STEP 7、相应的 CPU 和待校准的模拟量模块之间具有在线连接。
- 已从项目的快捷菜单中打开了所选模拟量模块的“在线和诊断”视图，同时将鼠标放置在“功能 > 校准”区域。
- 同时，可通过组态反映站的实际结构。
- 模块上未在进行任何校准过程（如果要启动校准）。
- 在进行校准时，每个模块上必须带有 24 V 的负载电压。
- 最后一步已成功完成（如果要继续或结束校准）。

### 操作步骤

在执行“校准”功能时，将打开校准的基本画面。新选择一个通道后，模块将读取以下常规信息数据和校准值：

- **校准：** 指定当前有效校准值为出厂时的校准值或是用户校准值。
- **测量类型：** 所选测量类型的相关信息
- **测量范围：** 为所选通道组态的当前测量范围
- **增益：** 数模转换器中，当前有效的增益校正
- **偏移量：** 数模转换器中，当前有效的偏移量校正

概述							
通道号	校准	测量类型	测量范围	增量：	偏移量：	日期	
0	Factory	电压	+/- 10 V	1	0	2010...	▲
1	Factory	电压	+/- 10 V	1.001	0	2010...	☰
2	Factory	电压	+/- 10 V	1	0	2010...	
3	Factory	电压	+/- 10 V	1.001	0	2010...	
4	Factory	电压	+/- 10 V	1.001	0	2010...	
5	Factory	电压	+/- 10 V	1	0	2010...	
6	Factory	电压	+/- 10 V	1.001	0	2010...	
7	Factory	电压	+/- 10 V	1	0	2010...	▼

手动校准
恢复为出厂设置

图 7-1 校准表

## 7.1 校准模拟量模块

要开始校准，请按以下步骤操作：

1. 在概述表格中选择与要校准的通道相关的线路。
2. 单击“开始手动校准”按钮。
3. 现在，开始执行“手动校准”部分中介绍的步骤。
4. 请遵循“命令”字段中的操作说明。
5. 单击“下一步”。

在进行用户校准的过程中，需要根据该通道组态中的测量范围重新指定该通道所需的校准值。

---

### 说明

可以在 **CPU RUN** 模式下进行校准，也可以在 **STOP** 模式下进行。如果 **CPU** 处于 **RUN** 模式，则在校准过程中将使用校准前上一次所采集到的校准值。

在进行用户校准的过程中，待校准的模块通道不能处理任何新过程值。在校准结束前，该模块的所有模拟量输入值都将设置为 **0x7FFF**（“无效的模拟值”）。启用值状态时，在校准过程中信号的值状态将设置为“无效”。

---

在进行用户校准时，必须提供电压和/或温度值。为此，需要使用相应的外部线缆和外部电压/温度变送器。在字段“命令”中，包含可连接校准刺激的引脚编号。

第一个引脚号表示正连接器，第二个引脚号表示负连接器。校准的精度取决于所提供电压/温度的精度。

---

### 说明

为确保在执行用户校准后模块仍保持所指定的测量精度，所提供电压/温度的精度必须是模块指定精度的两倍。电压或温度不准确将导致校准不正确。

---

下图举例说明了带有“电压”测量的通道校准，测量范围为“+/- 10 V”。

**手动校准**

步骤 1. 共 2 步

指令：请在端子 3 上连接一个 10000 mV 的电压。  
请将端子 4 接地。

状态：校准启动，无错误。

测量值：10000

下一步 取消

图 7-2 手动校准

- **命令：**

字段“命令”将指示当前的校准步骤中用户需执行的操作。然后，执行指定的操作，并单击“下一步”按钮进行确认。之后，模块将执行当前校准步骤中所需的所有操作。如果校准步骤未发生任何错误，则会执行下一个校准步骤。另外还会执行“命令”字段中的指令。例如，在对端子 3/4 应用电压或接地后，在执行下一步校准步骤期间，这些连接必须保持原样。

- **状态：**

根据所设置的测量类型，校准一个通道需要执行多步校准操作。字段“状态”将指示上一个校准步骤是否出错。如果在执行校准步骤时出错，则将显示错误信息，并中止该通道校准。

同时删除在此之前所记录的所有校准值。并重新使用开始用户校准之前生效的校准值。

---

## 说明

### 校准器

如果激活了模拟量输入模块的“断路”诊断，则将在测量类型为“电阻”、“热电阻”和“热电偶”的线路中加载测量电流。加载测试电流将导致某些校准器的测量值不准确。

因此，在进行校准过程，某些模拟量模块中会自动禁用断路监视。

为避免测量值不准确，建议在校准模拟量输入模块的过程中禁用“断路”诊断。

---

## 7.1 校准模拟量模块

### 结果

校准功能完成了通道的新设置。

### 出错

如果在校准期间出错，模块将取消校准。同时删除在此之前所记录的所有校准值。之后，待校准通道的设置与开始校准之前相同。

### 7.1.3 取消校准

#### 要求

- 已从项目的快捷菜单中打开了所选模拟量模块的“在线和诊断”视图，同时将鼠标放置在“功能 > 校准”区域。
- 相关 CPU 在线。
- 模拟量模块上正在进行校准。

#### 操作步骤

单击“取消”按钮，取消正在进行的校准操作。

#### 结果

取消活动的校准。之后，待校准通道的设置与开始校准之前相同。

## 7.1 校准模拟量模块

### 7.1.4 将模拟量模块复位为出厂设置

#### 要求

- 已从项目的快捷菜单中打开了所选模拟量模块的“在线和诊断”视图，同时将鼠标放置在“功能 > 校准”区域。
- 相关 CPU 在线。

#### 操作步骤

请按如下步骤将模拟量模块通道复位为出厂设置：

1. 在概述表格中，选择属于待校准通道的线路。
2. 单击“重置为出厂设置”按钮。

#### 结果

通道恢复为出厂设置。

---

#### 说明

将当前通道恢复为出厂设置时，将重新使用模块出厂状态中所保存的原始校准值。同时，通道的当前用户校准值都将丢失，而且这些用户校准值将无法恢复。

---



## 高速模拟量模块

### 8.1 基本知识

高速模拟量模块 (HS) 适用于对性能和速度要求较高的用户应用。与标准 (ST) 模拟量模块相比，这些 HS 模拟量模块的一大特点就是可以大幅缩短循环时间。为实现此目的，输入和输出模块都配备了吞吐时间和转换时间极短的组件。此外，整个模块架构的设计也支持更快地处理信号。

HS 模拟量模块可以同时转换测量值和输出值的输出。模块中的每个通道都有自己的 A/D 或 D/A 转换器。这意味着循环时间基本上就是转换时间，而与所激活的通道数量无关。无论是模拟量输入模块，还是模拟量输出模块都是如此。也就是说，HS 模块可用于快速等时同步模式中。

除等时同步模式外，HS 模拟量模块还提供非等时同步（自由运行）模式的优势。由于快速处理过程信号，HS 模拟量模块还能够更快地检测过程值的更改，并使用相应的程序块响应这些事件（例如硬件中断或循环中断组织块）。有关各种组织块的更多信息，请参见 **STEP 7** 在线帮助。

等时同步模式

等时同步模式是指以下同步耦合：

- 通过分布式 I/O 同步耦合信号采集和输出
- 通过 PROFIBUS 或 PROFINET 同步耦合信号传输
- 使用 PROFIBUS 或 PROFINET 的恒定总线循环时间执行程序处理。

这样，系统将以固定时间间隔对输入信号进行采集、处理并输出输出信号。采用等时同步模式可确保所定义的固定过程响应时间，以及通过分布式 I/O 进行等效同步的信号处理。

在所组态的等时同步模式中，总线系统和 I/O 模块将同步运行。同时将输入和输出数据传输到 CPU 的“等时同步任务”中。因此，循环的数据始终一致。过程映像的所有数据在逻辑和时间上全部一致。因此，由于采集到过期值而造成的用户程序抖动几乎不可能发生。

由于所有过程都具有精确的时间再现性，因此可以完美控制快速过程操作。等时同步模式不但可以大幅提高控制质量，同时还进一步提高了生产制造的精准度。与此同时还大大降低了过程响应时间发生波动的可能性。由于采用了按固定时间进行处理操作，从而缩短了设备的循环时间。循环时间的缩短又进一步提高了系统的处理速度，同时还极大降低了生产成本。

发送时钟

组态等时同步模式时，在一个发送时钟（循环）内同步输入和输出数据。在循环 n 内采集输入模块的数据，然后同步传输到 IM 中。在 CPU 的循环 n+1 中，可对这些数据进行相应处理。CPU 在下一个循环 n+2 中将数据复制到 IM。然后，输出模块在一发送时钟内同步输出这些数据。这也就意味着，采集 - 处理 - 输出操作分别在三个循环内完成。有关等时同步模式组态的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

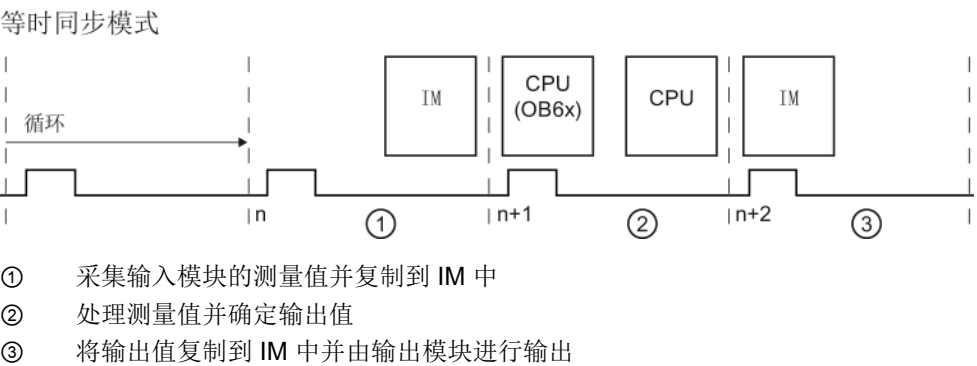


图 8-1 3 循环模型

过采样

在模拟量输入或输出模块中使用过采样功能需要组态等时同步模式。

对于模拟量输入模块，所设定的发送时钟将分为多个时间相等的子循环。  
发送循环可分为 2 到 16 个子循环。每个子循环在测量值中读取。  
读入的数据循环测量值在下一个发送时钟中复制到 IM，然后 CPU  
在一个发送时钟后对这些数据进行处理。

对于模拟量输出模块，所设定的发送时钟将也分为多个时间相等的子循环。  
发送循环可分为 2 到 16 个子循环。每个子循环都将返回一个输出值。  
输出值将在同一个发送时钟内由 CPU 复制到 IM 中，  
并在下一个发送时钟内将这些值写入过程操作。

读入值和输出值在模拟量模块的用户数据中传输。模块的地址空间通过这种方式从每个通道 2 个字节的用户数据扩展到每个通道 16 x 2 个字节的用户数据。  
如果将发送时钟分成不到 16 个子循环，在输入过程中为未使用的地址分配错误值 0x7FFF。对于输出，将忽略未使用地址的值。

因为子循环必须在一个发送时钟内，所以过采样需要一个额外的发送时钟将数据复制到 IM，这不同于等时同步模式的 3 循环模型。从而形成了 5 循环模型。

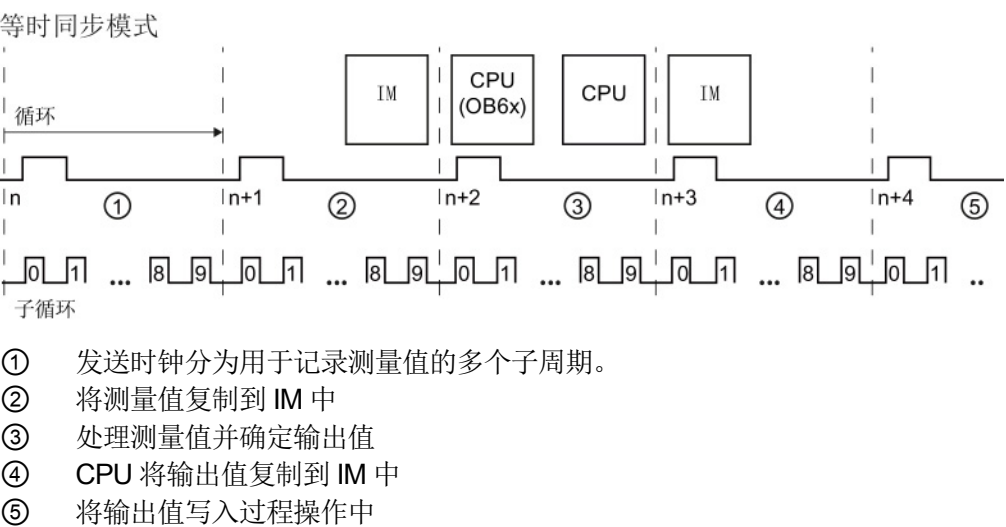


图 8-2 5 循环模型

由于已组态的模块，IO 设备的发送时钟具有最短的可能更新时间，这表示为 PROFINET IO 系统的 IO 设备/IO 控制器提供新数据的时间间隔。

但具有过采样功能的模块还可进一步缩短其通道的更新时间，同时无需缩短整个 S7 站的发送时钟。将发送时钟分为多个时间相等的子循环，从而可以进一步提高信号处理速度。

示例

在实际应用中，根据所使用的模块，当等时同步系统仅使用一个特定的发送时钟（例如 1 ms）且需要对过程值更快地采样时，才使用过采样功能。

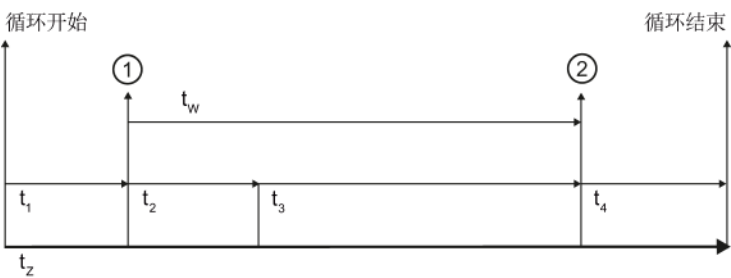
例如，通过使用过采样功能以及将发送时钟分为 4 个子循环，可通过 250 μs 的间隔对过程值进行采样。

组态过采样

在使用的 I/O 设备中启用“等时同步模式”选项并设置相应的参数（“发送时钟”等）。使用“采样率”参数（对于模拟量输入模块）和“输出率”参数（对于模拟量输出模块）定义相关分布式模拟量模块中的子循环数。对于 1 ms 的“发送时钟”，如果将“采样率”组态为 4 个“值/循环”，则发送时钟分为 4 个子循环，并以 250 μs 的时间间隔采样过程值。

模拟量输入模块的循环时间

如果为 HS 模块组态系统属性“等时同步模式”，则所有模拟量输入模块将同步到发送时钟（循环）① 内的一个共享时间。循环时间由以下几个时间间隔组成： $t_z = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

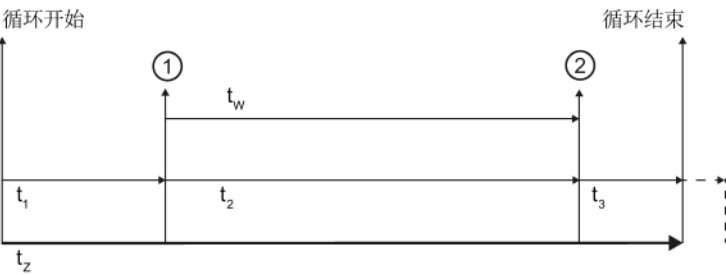


- ① 所有模拟量输入模块在等时同步模式中的同步时间加上该循环内端子上所转换输入信号的同步时间
- ② 数字化输入信号将传递到背板总线
- $t_z$  循环时间
- $t_1$  循环开始和进行同步之间的时间间隔
- $t_2$  模数转换器与硬件相关的运行时间
- $t_3$  模块中，处理数字化输入数据的时间
- $t_4$  背板总线的传输时间
- $t_w$  模块的转换时间

图 8-3 模拟量输入模块的循环时间

模拟量输出模块的循环时间

模拟量输出模块的同步时间是指数模转换器的输出时间 ②。  
由于在输出模块中连接有电缆的执行器的阻抗未知但会明显影响信号运行时间，因此不能将稳定时间作为固定值进行添加。在输出模块的相关手册，指定将典型负载稳定时间作为参考点。但实际上，需要使用示波器才能对稳定时间进行精确测量。  
由于循环时间非常短同时容性负载有非常高，因此稳定时间可能会超出循环的实际结束时间。  
循环时间由以下几个时间间隔组成： $t_z = t_1 + t_2 + t_3$



- ① 在模块中，输出数据为数字量形式
- ② 等时同步模式下所有模拟量输出模块的同步时间以及数模转换器中数据的同时输出时间
- $t_z$  循环时间
- $t_1$  背板总线的传输时间
- $t_2$  数模转换器中，输出前模块中数据的处理时间
- $t_3$  达到输出值的设定值前，硬件的稳定时间
- $t_w$  模块的转换时间

图 8-4 模拟量输出模块的循环时间

典型应用

原则上，在必须同步采集测量值、调整移动步伐、同时定义并执行过程响应时，等时同步模式即会彰显出它的优势。因此，等时同步模式可用于各种应用领域。

例如，典型应用包括在特定时间和特定位置采集二进制信号进行质量保证。  
在采用位置和压力控制的液压应用中，采用等时同步的数据传输效率更高更快速。

在以下示例中，介绍了凸轮轴生产过程中等时同步模式的应用。  
为了确保质量，必须在多个测量点进行精确测量。

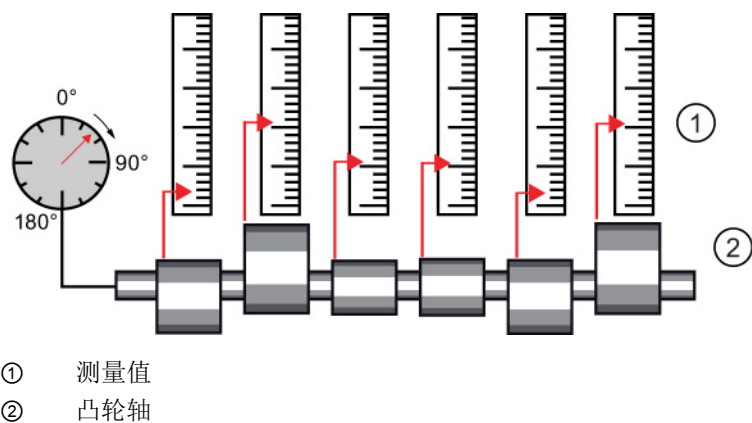


图 8-5 凸轮轴的测量

通过设置系统属性“等时同步模式”并对相关的测量值进行同时采集，可实现连续测量。因而缩短了所需的测量时间。 最终的操作流程：

- 连续加工凸轮轴
- 在连续车削过程中，同步测量位置和凸轮偏差
- 加工下一个凸轮轴

所有凸轮轴的位置和相应的测量值都可以在凸轮轴的一个循环内进行同步测量。采用这种模式，极大提高了设备的输出同时确保（或提高）了测量精度。

## 8.2 ST 模块与 HS 模块

在本章节中简要介绍了标准模拟量模块与高速模拟量模块间的其它重要区别。这里所指定的数字值都是所选模块的示例数据，随模块不同而不同。有关所使用的模拟量模块的详细信息，请参见相应手册。

### 转换方式

#### 瞬时值转换

瞬时值转换通常用于将模拟信号转换为 HS 模块中的数字信息。在这种类型的转换中，从测量的信号获取非常短的样本并将其转换为数字量数据。因此，这一数字量信息可代表测量信号的瞬时值。瞬时值转换用于捕捉过程值的快速变化，例如在运动控制领域。在这种情况下，必须捕捉快速变化的实际数据并与相应的变送器一同进行快速处理。输入区域中则主要为电压、电流和电阻，特别是位置电位计。由于测量的信号在短时间内转换，因此在信号错误将导致测量结果不正确。如果在模拟量输入中使用瞬时值转换方式，则可能无法检测出采样信号值是目标信号还是重叠的干扰脉冲。它们始终转换“瞬时”检测到的值。这意味着，需要在一定的时间限制仔细检查待执行的测量任务。

#### 集成转换

ST 模块通常按照集成转换原理进行操作。集成转换中包括跨指定时间循环（集成时间）内测量信号的采集。虽然采用这种方法比瞬时值转换要慢一些，但可进行高抗干扰性转换。如果为转换选择时间间隔，使其对应周围网络频率的一个或多个周期，而可能与信号重叠的接口通常将被抑制。

SIMATIC 模块为您提供了选项，由此可设置在哪个网络频率上通过参数赋值对工厂进行操作。而精度和转换时间则会根据所设置的干扰频率抑制不同而不同。在各模块的技术规格中，对这种相互关系进行了清晰定义。

使用集成方式的模拟量输入可应用于各个领域的各种应用中。虽然使用这些模拟量输入时必须仔细设计电缆线路，但采用这种方式时信号采集速度较慢，基本不受干扰影响，因此对线路设计的要求远远小于瞬时值转换方式。

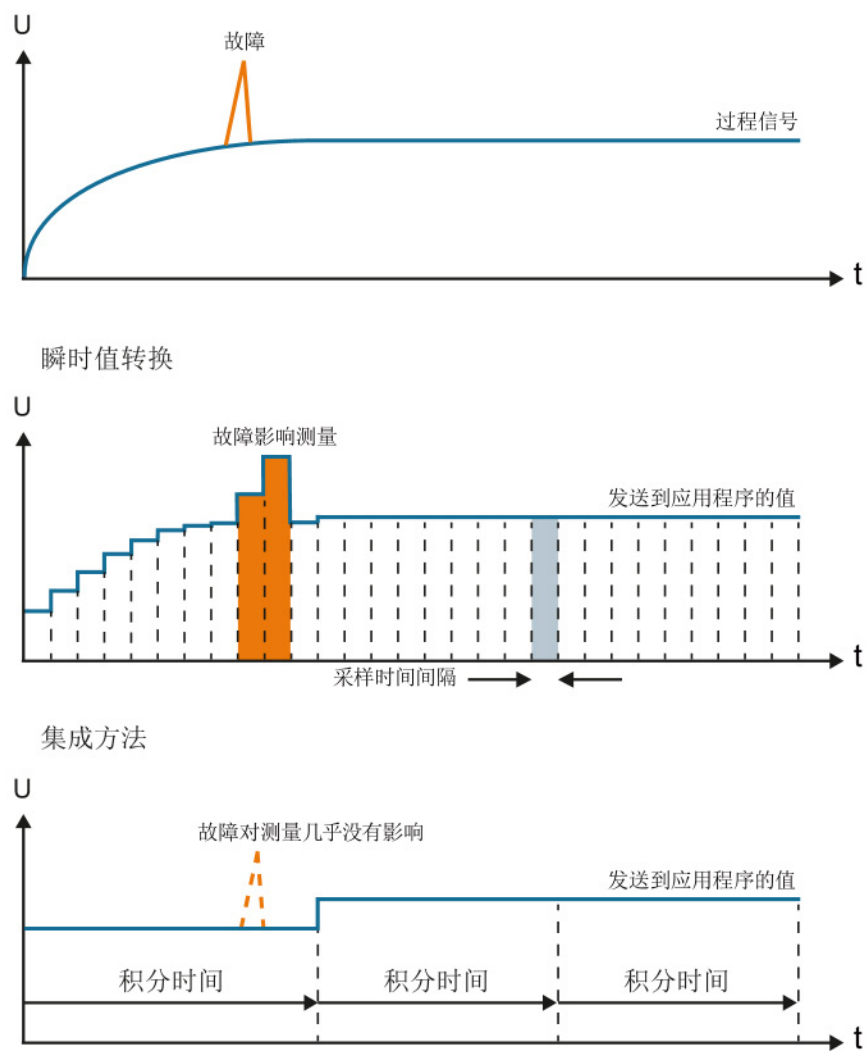


图 8-6 虽然在使用瞬时值加密时，干扰将直接影响提供给应用程序的值，但对于集成方法该干扰可基本忽略。



## 电磁兼容性

此外，整个 HS 模块架构的设计也支持更快地处理信号。  
因此，使用 HS 模块时，无干扰设计至关重要。

以下规则适用于 HS 模块与传感器和执行器间进行连线：

- 尽可能使用短电缆
- 使用屏蔽电缆和双绞线
- 在相应的屏蔽支架上对屏蔽电缆进行低阻抗连接
- 在屏蔽支架和端子连接之间使用短线圈

---

## 说明

### 无干扰设计

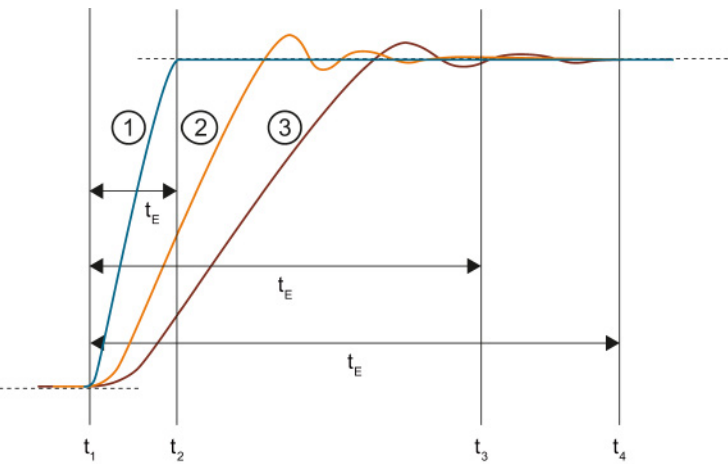
在使用 HS 模块时，应特别注意功能手册“组态无干扰控制器  
(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193566>)”中所列出的注意事项。

---

负载对稳定时间的影响

模拟量输出模块到达设定值的稳定时间取决于负载量和其它一些因素。  
为充分利用更快的转换速度，HS 模块的技术规范中指定只能使用小负载  
(例如，最高 47 nF)。

使用输出模块时，负载类型对到达设定值的稳定时间也有影响。受充电过程的影响，  
容性负载可以会减少上升时间，从而导致输出信号过冲。同时由于反复磁化，电感负载将  
导致电流增加而造成延迟，同样也会缩短上升时间。下图显示的输出信号分别带有零/很  
小 ①、中等 ② 和高 ③ 容性负载。



- ① 容性负载为零/很小时，信号的参考曲线
- ② 容性负载为 47 nF 的信号
- ③ 容性负载为 100 nF 的信号
- t<sub>E</sub> 稳定时间
- t<sub>1</sub> 模块将在模拟量输出通道的端子处结束转换并输出模拟量信号
- t<sub>2</sub> 信号 ① 已稳定并到达所指定的模拟量输出值（残差为 1 %）
- t<sub>3</sub> 信号 ② 已稳定并到达所指定的模拟量输出值（残差为 1 %）
- t<sub>4</sub> 信号 ③ 已稳定并到达所指定的模拟量输出值（残差为 1 %）

图 8-7 不同负载对稳定时间的影响

电缆长度对稳定时间的影响

信号源和模块之间的长电缆是一个干扰目标。因此特别是对于 HS 模块，应尽可能地使用短电缆。电缆上带有容性和电感组件，因此对信号的稳定也有一定影响。

在以下示例中，显示了 HS 输出模块在使用短电缆、中等电缆和长电缆时输出电压的跳动情况。随着电缆长度的增加，输入信号的过冲以及到达设定值的时间也会增加。

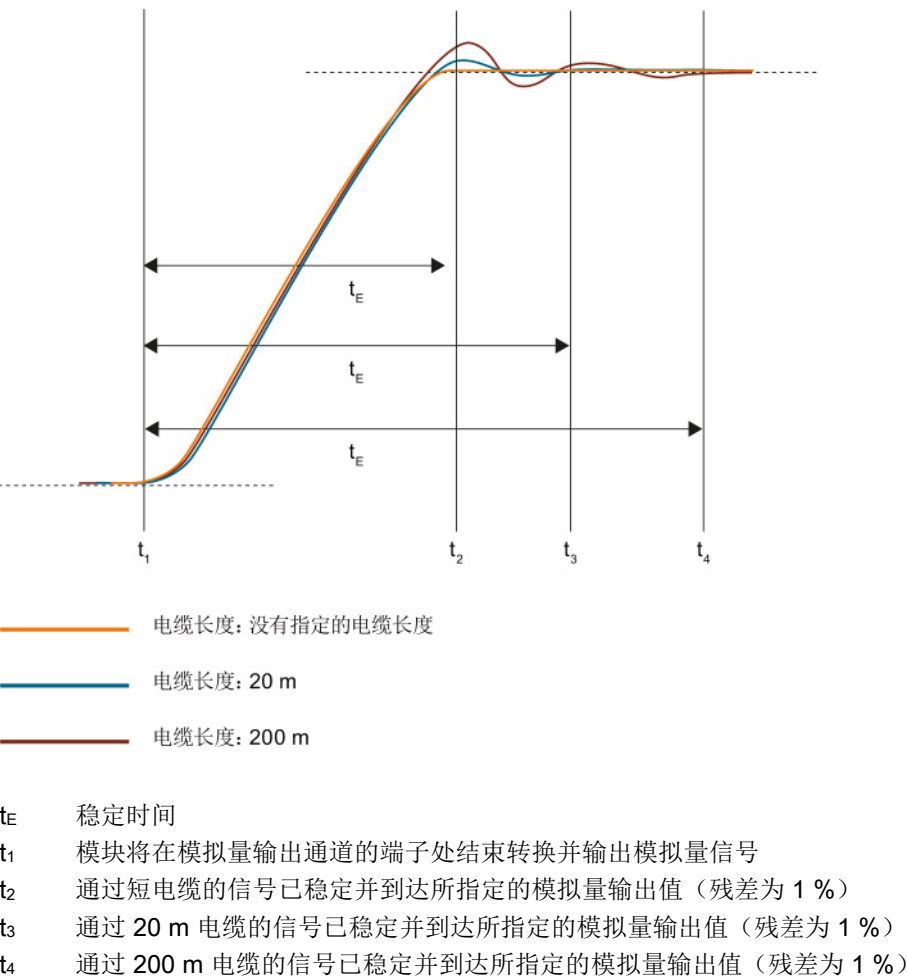


图 8-8 不同电缆长度对稳定时间的影响

值跳动对稳定时间的影响

下图显示了不同输出值之间的值跳动高度对模拟量输出模块稳定时间的影响。  
虚线表示信号到达设定值的时间。 值跳动越高，信号到达设定值的时间就越晚。

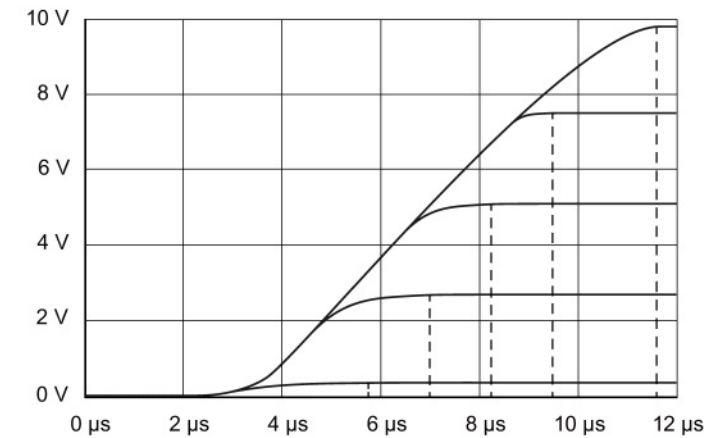


图 8-9 五个不同值跳动的不同模拟信号的稳定时间

# 索引

## C

CPU, 11, 59, 68, 70

## E

EMC, 31  
ET 200AL, 7  
ET 200eco PN, 8  
ET 200MP, 7  
ET 200pro, 8  
ET 200SP, 7

## G

GSD 文件, 48

## P

PROFIBUS, 114  
PROFINET, 114

## R

RTD (0)  
    概述, 83

## S

S7-1500, 7  
STEP 7, 4

## T

TIA Portal, 4

## 串

串扰, 33  
串扰衰减, 34  
串模抑制, 30, 32

## 传

传感器,

## 信

信号  
    二进制, 9  
    执行, 12  
    模拟量, 9

## 值

值状态, 46

## 偏

偏差, 25

## 共

共模, 68, 70  
共模抑制, 29, 32  
共模电压, 68

其

其它支持, 4

内

内部基准结, 84  
概述, 82

出

出厂设置  
将通道复位为, 112

加

加载, 53

动

动态参考温度  
概述, 83

压

压力, 9

参

参考电位, 69, 103

双

双极性测量范围, 24

反

反向标定, 19

变

变送器, 72  
2 线制, 57, 72  
4 线制, 73  
接线, 72  
热敏电阻, 74  
热电偶, 10, 26, 76, 80  
电压变送器, 10, 71  
电流变送器, 10, 57, 72  
电阻变送器, 10  
连接, 65  
变量  
模拟量, 9  
物理, 10

响

响应时间, 52

固

固定参考温度  
概述, 83

在

在线产品目录, 4

块

块  
SCALE, 17  
UNSCALE, 19

## 基

基准结, 80  
基准结温度, 81  
基本知识  
    必需, 3  
基本误差限值, 15, 23  
基本转换时间, 49

## 外

外部补偿  
    概述, 83

## 工

工作原理  
    热电偶, 80

## 干

干扰电压, 30  
干扰频率抑制, 26

## 应

应用时间, 53

## 执

执行器, 12, 102, 103

## 接

接地连接, 30

## 操

操作限值, 15, 23

模拟值处理  
功能手册, 06/2014, A5E03461444-AC

## 数

数字万用表, 58

## 文

文档  
    其它, 7

## 断

断路, 42

## 方

方差  
    测量值, 22

## 材

材料成分  
    热电偶, 79

## 标

标准  
    EN 61131, 15  
    FDA, 105  
标定, 17

## 校

校准, 105  
    取消, 111

## 模

模块的参考通道

概述, 82

模拟值表示, 59

二进制表示, 输入范围, 61, 63

二进制表示, 输出范围, 63

模拟值转换, 59

模拟量信号

线路, 102

模拟量输入模块, 59, 65

模拟量输出模块, 59, 103

## 测

测量点, 80

测量范围

上溢, 43

下溢, 43

低于范围, 43

超出范围, 43

额定范围, 43

## 温

温度, 9

温度测量范围

热电偶, 79

## 滤

滤波

指数, 56

线形, 55

## 热

热敏电阻

2 线制连接, 75

3 线制连接, 75

连接, 74

热电偶

接线, 76

## 电

电压, 10

电压测量范围

上溢, 14

下溢, 14

低于范围, 14

超出范围, 14

额定范围, 14

电压范围, 26

电压降低, 58

电流, 10

电阻, 10

电阻变送器

4 线制连接, 74

电阻温度计

请参见,

## 直

直流电压, 70

## 稳

稳定时间, 53

## 符

符号 (S), 59

## 等

等时同步模式

过采样, 115



## 精

精度, 13, 59

精确度, 15

## 线

线性, 21

线路

模拟量信号, 66

线路频率

16 2/3 Hz, 27

400 Hz, 27

50 Hz, 27

60 Hz, 27

## 组

组 0 的参考通道

概述, 82

## 绝

绝缘电压, 67, 69

## 缩

缩略语, 66, 102

## 耦

耦合

电容, 33

电感, 30, 33

电气, 30

## 范

范围

文档, 3

模拟值处理

功能手册, 06/2014, A5E03461444-AC

## 补

补偿

无/外部, 97

组 0 的参考通道, 88

## 设

设置

热电偶, 80

## 诊

诊断类型, 35

上溢/下溢, 43

共模错误, 44

参考通道错误, 44

基准结, 45

断路, 42

电源电压缺失, 41

短路, 44

过载, 45

## 误

误差

温度误差, 25

线性误差, 21

输出误差, 24

## 负

负载, 57, 102, 103

## 质

质量信息 (QI), 46

## 转

### 转换

- 数字量到模拟量, 12
- 数模, 21
- 模数, 11, 21, 51
- 转换时间, 26, 49, 53

## 输

- 输入阻抗, 30

## 通

### 通过 RDT (0)

- 进行补偿, 99
- 通过内部基准结
- 进行补偿, 84
- 通过动态参考温度
- 进行补偿, 93
- 通过固定参考温度
- 进行补偿, 91
- 通过模块参考通道
- 进行补偿, 86

### 通道

- 校准, 107
- 重置为出厂设置, 112

## 速

- 速度, 9

## 重

- 重复精度, 22

## 阶

- 阶跃响应, 55

## 高

- 高速模拟量模块
- 等时同步模式, 114

## 齐

- 齐纳二极管, 58