



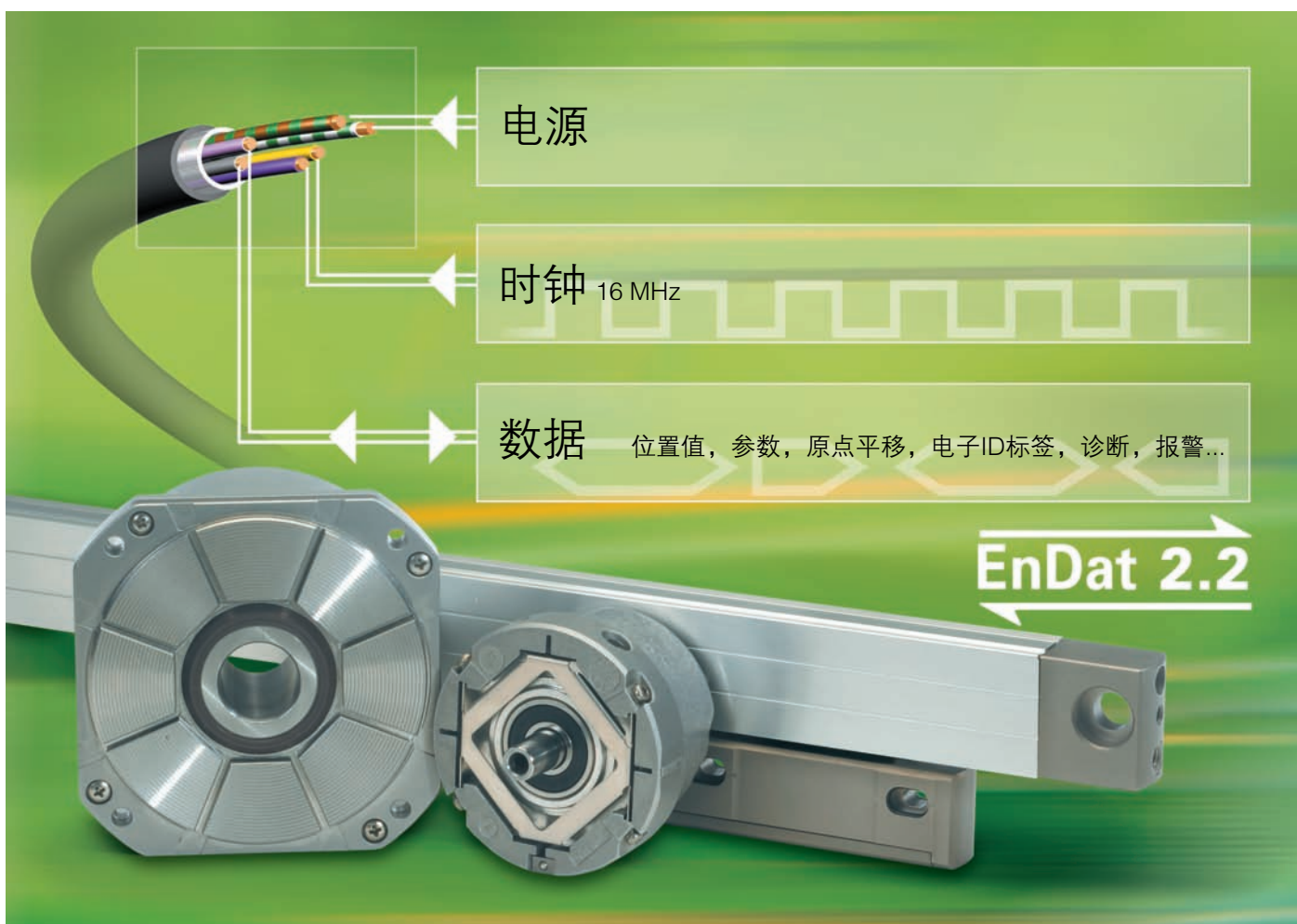
# HEIDENHAIN

## 技术信息

### EnDat 2.2 – 位置编码器的双向数字接口

通过位置编码器获取位置值的数字驱动系统和反馈环需要编码器**快速传输数据**和**高可靠性地传输**。而且还必须提供一些附加信息，例如**驱动系统相关参数**，**补偿表**等。为使系统具有更高可靠性，编码器还必须具有错误检测和**诊断功能**。

海德汉公司的EnDat数据接口是一种适用于编码器的双向数字接口。EnDat 2.2可传输绝对式或增量式编码器的位置值，也能传输或更新保存在编码器中的信息或保存新信息。由于采用串行数据传输方式，它只需要四条信号线。数据传输保持与后续电子设备时钟信号同步。传输的数据类型（位置值、参数或诊断信息等）通过后续电子设备发至编码器的模式指令选择。纯串行的EnDat 2.2接口也适用于高安全性应用。



# EnDat接口优点

EnDat接口为降低单轴系统成本50%提供所有所需条件，同时还能提升技术水准。最重要的优点有：

## 降低成本：

- 只需一个接口就能适用于所有绝对式和增量式编码器
- EnDat接收芯片和标准部件简化了后续电子设备
- 由于无需遥控传感信号，因此供电电源更简单也更经济
- 连接技术简单：采用标准连接件（M12，8针），标准单屏蔽电缆并且电缆接线成本低
- 连接件小，因此适用于小型电机或减小系统尺寸
- 无需任何昂贵的附加传感分析功能和接线：EnDat 2.2发送附加信息（限位开关/温度/加速度）
- 安装过程中配置速度快：通过编码器内的偏移值设置原点平移

## 质量更高

- 通过特别优化的编码器设计，系统精度更高
- 轮廓加工精度高，特别是CNC数控机床：编码器的位置值格式允许更短采样周期而且不影响CNC系统的计算时间

## 高可用性

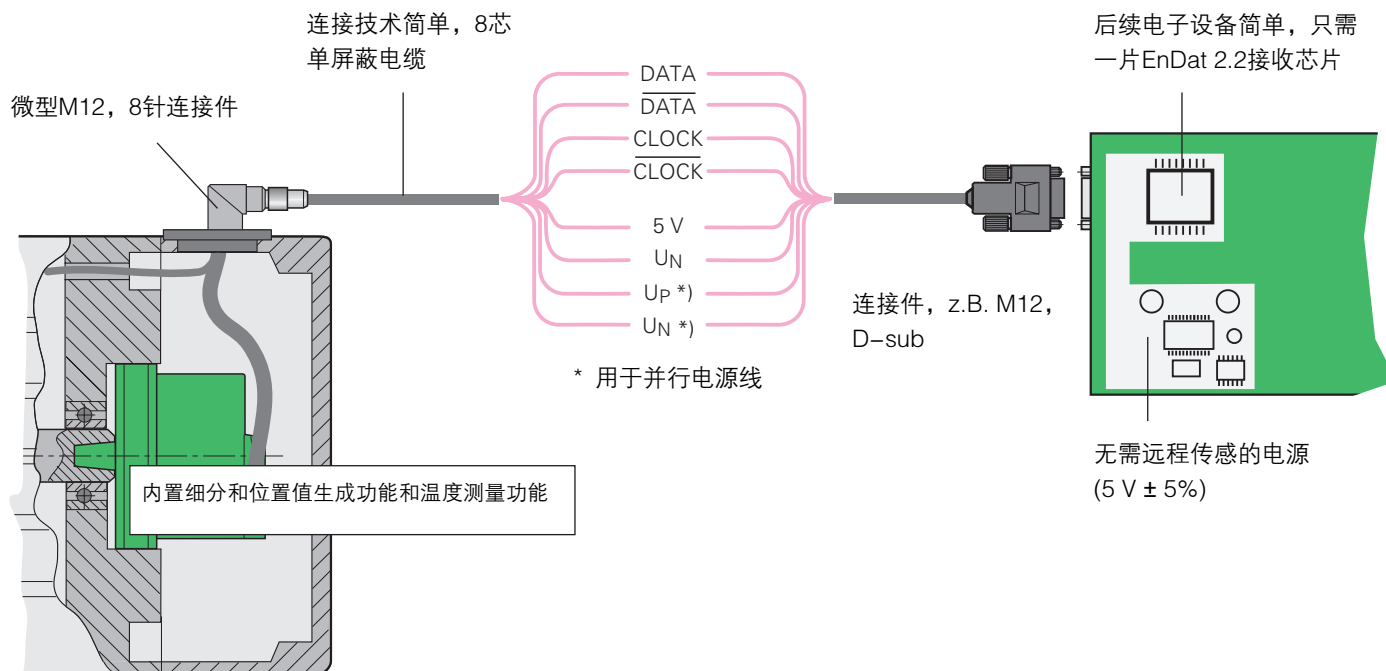
- 自动配置系统轴：所有必要信息全部保存在编码器中（电子ID标签）。
- 纯数字数据传输系统可靠性高
- 诊断功能，后续电子电路处理监测信息和报警信息
- 数据传输可靠性高，具有冗余循环校验功能

## 安全系统

- EnDat 2.2可应用于高安全性机床设计
- 两路独立位置信息用于错误检测
- 两路独立出错信息
- 校验和确认功能
- 后续电子设备具有强制动态采集出错信息功能和CRC数据格式

## 支持先进机床设计原则

- 由于它分辨率高、周期时间短和提供换向信息，因此能满足直接驱动技术要求
- 整个“读写”的周期采样时间只有25  $\mu$ s
- 后续电子设备只需约10  $\mu$ s的时间就能得到位置值



# EnDat 2.2与2.1的兼容性

扩展后的EnDat接口2.2版在通信、指令集和时间条件方面兼容上个版本2.1版，但优点更突出。例如它允许随位置值一起提供附加信息，而无需单独请求发送。接口协议得到进一步扩展，时间条件进一步优化，例如。

- 更高时钟频率（CLOCK）（16 MHz）
- 更短计算时间（位置值获取时间不到5 μs）
- 更短恢复时间（1.25至3.75 μs）
- 更宽供电电压（3.6 V至5.25 V或编码器端14 V）

- EnDat 2.2指令集（包括EnDat 2.1指令集）
- 增量式和绝对式编码器的位置值
  - 位置值附加信息
    - 诊断和测试值
    - 增量式编码器参考点回零后的绝对位置值
    - 发送和接收参数
    - 换向信号
    - 加速度
    - 限位信号

- EnDat 2.1指令集
- 绝对位置值
  - 发送和接收参数
  - 复位
  - 测试指令
  - 测试值

## 功能介绍

EnDat数据接口用确定的时序传输位置值或附加物理量和读取或写入编码器的存储器。

**1. 位置值的传输**可带也可不带附加信息。附加信息类型可通过“存储区选择”（MRS）码选择。其它功能，例如读写参数也可在选择存储区后执行。通过同步传输位置值，还能请求发送反馈环中轴的附加信息并用其执行功能。

**2. 参数的读写**操作可以单独执行，也可以与位置值一起执行。选择存储区后，可以读或写参数。

**3. 复位功能**用于发生故障时对编码器进行复位。复位可以在位置值传输期间或非传输期间执行。

**4. 测试指令和值**用于高安全性控制系统的强制动态采样。对出错信息进行反相处理以便监测是否生成出错信息。

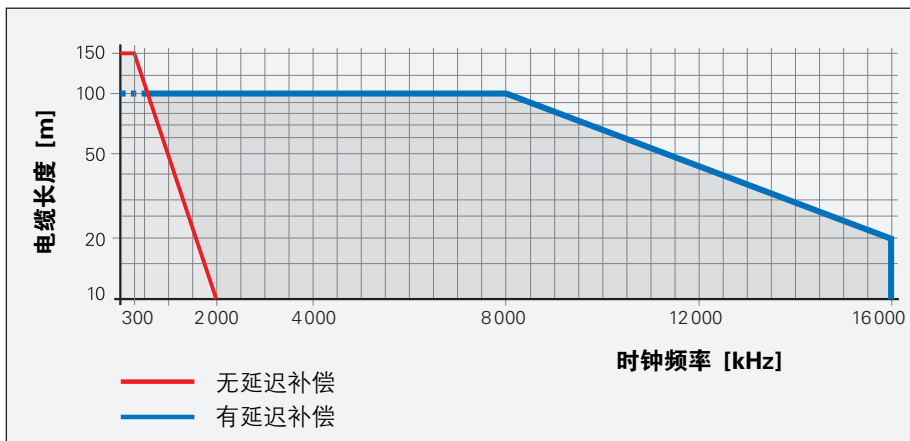
# 数据传输

后续电子设备的**时钟脉冲（CLOCK）**用于同步数据传输。不传输数据时，时钟信号为高电平。

## 时钟频率与电缆长度关系

如果无传输延迟时间补偿，**时钟频率**取决于电缆长度，频率可在**100 kHz**到**2 MHz**之间。由于电缆长和时钟频率高可能使信号传输时间延长到不能有效区分数据配置的程度，因此必须在测试运行中测量延迟时间并进行补偿。如果在后续电子设备中对传输延时进行补偿，时钟频率可提高到**16 MHz**，电缆长度最长可达100 m（ $f_{CLK} \leq 8 \text{ MHz}$ ）。最高时钟频率主要取决于所用电缆和连接件。为确保时钟频率在2 MHz以上时能正常工作，只能使用海德汉公司的原厂电缆。

时钟频率



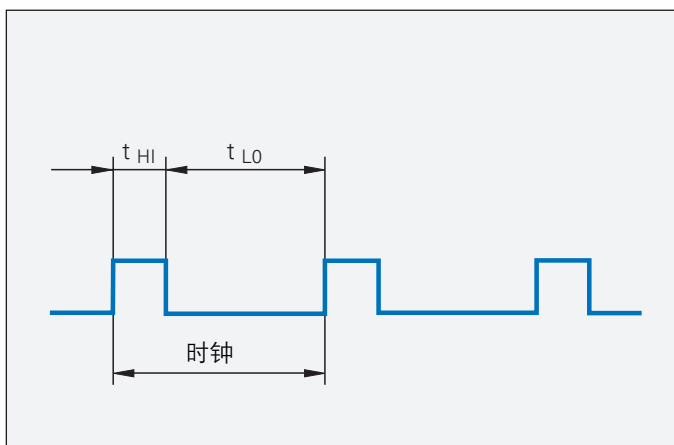
图中所示的允许时钟频率为**时钟占空比**为1:1的情况。也就是说高电平和低电平的时间等长。其它占空比的理论时钟频率计算

$$f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$$

## 确定传输时间

每次更换传输线硬件设备后，必须重新确定传输时间参数，最好每次开机后自动确定。

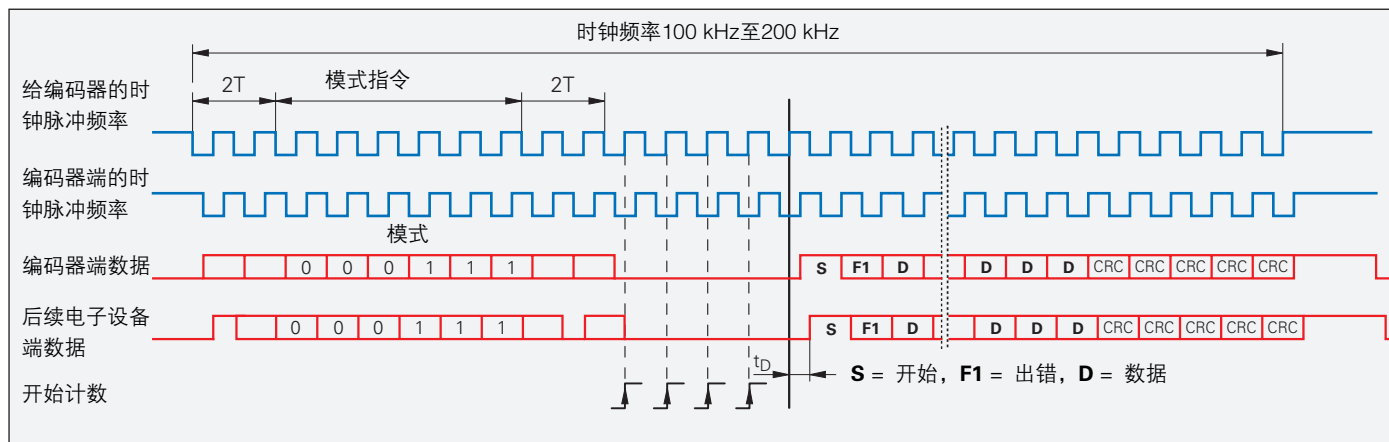
时钟占空比



后续电子设备给编码器发送模式指令“**编码器传输无附加信息的位置值**”。当编码器切换为传输状态后，即正好10个时钟周期后，后续电子设备中的计数器开始数每一个上升沿。后续电子设备测量最后一个时钟脉冲上升沿与起始位沿之间的差，将

其作为传输时间。消除计算传输时间过程中的不稳定因素，必须执行这个测量过程三次以上并测试测量值的一致性。用较低时钟频率测量信号传输时间（100 kHz至

200 kHz）。为达到足够高精度，位置值采样的内部频率必须是数据传输时钟频率的八倍以上。



# 选择传输类型

传输的数据类型分为位置值，位置值及附加信息或参数。发送的信息类型由模式指令选择。**模式指令**决定被传输信息的类型。每个模式指令包括三个Bit。为确保信息发送可靠，每个Bit均采用冗余发送（反相或冗余）。如果编码器检测到不正确的模式传输，将发送一个出错信息。EnDat 2.2还能在传输位置值的同时在附加信息中传输参数值。因此它能保证当前位置值始终提供给控制环，甚至包括请求参数时。

绝对式直线光栅尺计算位置值的时间 $t_{cal}$ 取决于发送的模式指令为EnDat 2.1还是EnDat 2.2，两者计算时间不同（参见“*NC数控机床用直线光栅尺*”样本中“*技术参数*”）。如果需要为机床轴控制单元计算增量信号，应选用EnDat2.1模式指令。只有这种方式才能在请求发送位置值时同步发送出错信息。EnDat 2.1模式指令不能用于控制机床轴的纯串行位置值传输。

				模式Bit					
编号	模式指令			M2	M1	M0	(M2)	(M1)	(M0)
1	编码器发送位置值	EnDat 2.1指令集	EnDat 2.2指令集	0	0	0	1	1	1
2	选择存储区			0	0	1	1	1	0
3	编码器接收参数			0	1	1	1	0	0
4	编码器发送参数			1	0	0	0	1	1
5	编码器接收复位 <sup>1)</sup>			1	0	1	0	1	0
6	编码器发送测试值			0	1	0	1	0	1
7	编码器接收测试指令			1	1	0	0	0	1
8	编码器发送位置值及附加信息			1	1	1	0	0	0
9	编码器发送位置值和接收存储区选择 <sup>2)</sup>			0	0	1	0	0	1
10	编码器发送位置值并接收参数 <sup>2)</sup>			0	1	1	0	1	1
11	编码器发送位置值和参数 <sup>2)</sup>			1	0	0	1	0	0
12	编码器发送位置值并接收出错复位 <sup>2)</sup>			1	0	1	1	0	1
13	编码器发送位置值和接收测试指令 <sup>2)</sup>			1	1	0	1	1	0
14	编码器接收通信指令 <sup>3)</sup>			0	1	0	0	1	0

<sup>1)</sup>作用同电源开关关闭后再打开  
<sup>2)</sup>也发送所选附加信息  
<sup>3)</sup>预留给不支持安全系统的编码器



# 位置值

数据包发送与数据传输同步。传输周期从第一个**时钟下降沿**开始。编码器保存测量值并计算位置值。

两个时钟脉冲（2T）后，后续电子设备发送**模式指令**“Encoder transmit position value”（编码器传送位置值）（带或不带附加信息）。

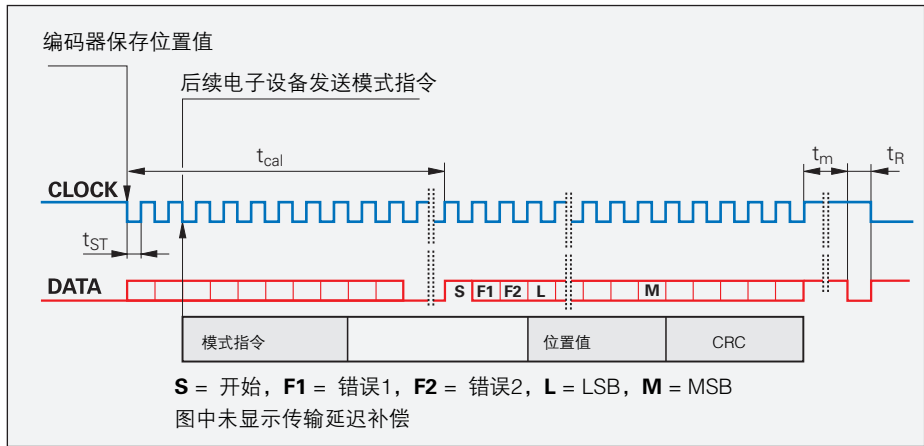
编码器成功计算绝对位置值（ $t_{cal}$  – 见表）后，从起始位开始由编码器向后续电子设备传输数据。后续“**错误位**”，“**错误1**”和“**错误2**”（只适用于EnDat 2.2指令）是所有监测功能的信号，用于监测故障。这两个信号相互独立地生成，它表示编码器发生可导致不正确位置值的故障。发生故障的确切原因保存在“工作状态”存储器中，并可被详细地查询。

然后编码器从最低有效位（LSB）开始发送**绝对位置值**。其长度取决于所用编码器。发送一个位置值所需的时钟脉冲数保存在编码器制造商参数中。

位置值的数据发送以**循环冗余校验**（CRC）结束。EnDat 2.2在循环冗余检查后发送**附加信息1**和**2**，每个都以CRC结束。附加信息内容由存储区选择决定，并在下个采样周期中发送附加信息。然后每个采样周期都发送该信息直到选择新存储区改变内容为止。

数据字结尾处，时钟信号必须置为高电平。10至30  $\mu$ s后或1.25至3.75  $\mu$ s（EnDat 2.2可用参数调整的恢复时间 $t_m$ ）后，数据线返回低电平。然后，时钟信号启动新的数据传输。

无附加信息的位置值数据包

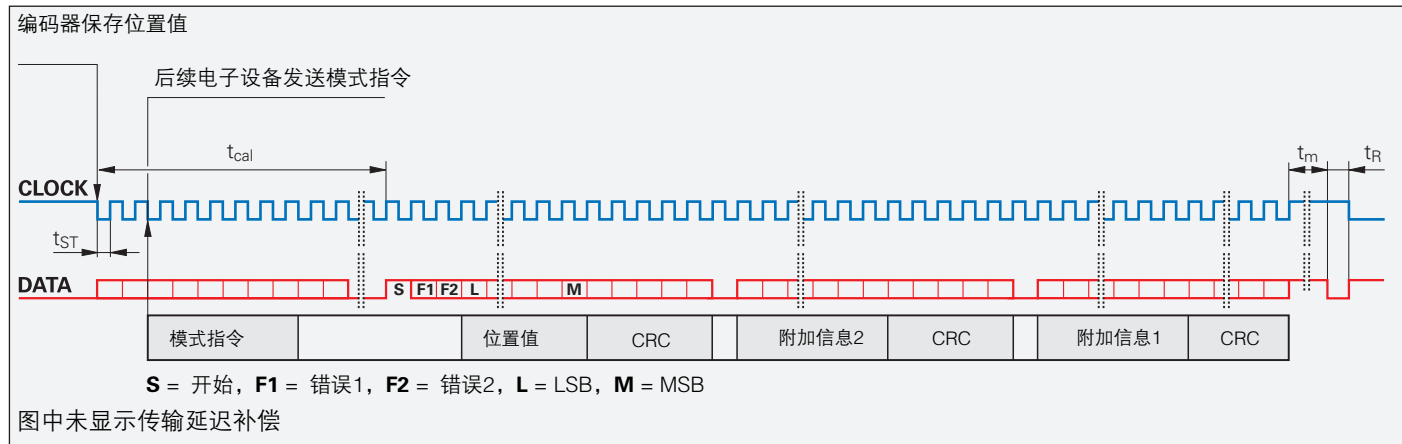


		无延迟补偿	有延迟补偿
时钟频率	$f_c$	100 kHz ... 2 MHz	100 kHz ... 16 MHz
计算时间	$t_{cal}$	EnDat 2.2编码器的典型值：≤ 5 $\mu$ s 最长12 ms	
位置值	$t_{ac}$		
参数			
恢复时间	$t_m$	EnDat 2.1: 10至30 $\mu$ s EnDat 2.2: 10至30 $\mu$ s或1.25至3.75 $\mu$ s（ $f_c \geq 1$ MHz） （可用参数调整）	
	$t_R$	最大500 ns	
	$t_{ST}$	–	2至10 $\mu$ s
数据延迟时间	$t_D$	（0.2 + 0.01 × 电缆长度，单位为m） $\mu$ s	
脉冲宽度	$t_{HI}$	0.2至10 $\mu$ s	电平由高转为低的脉冲宽度 变化最大10%
	$t_{LO}$	0.2至50 ms 至30 $\mu$ s（LC）	

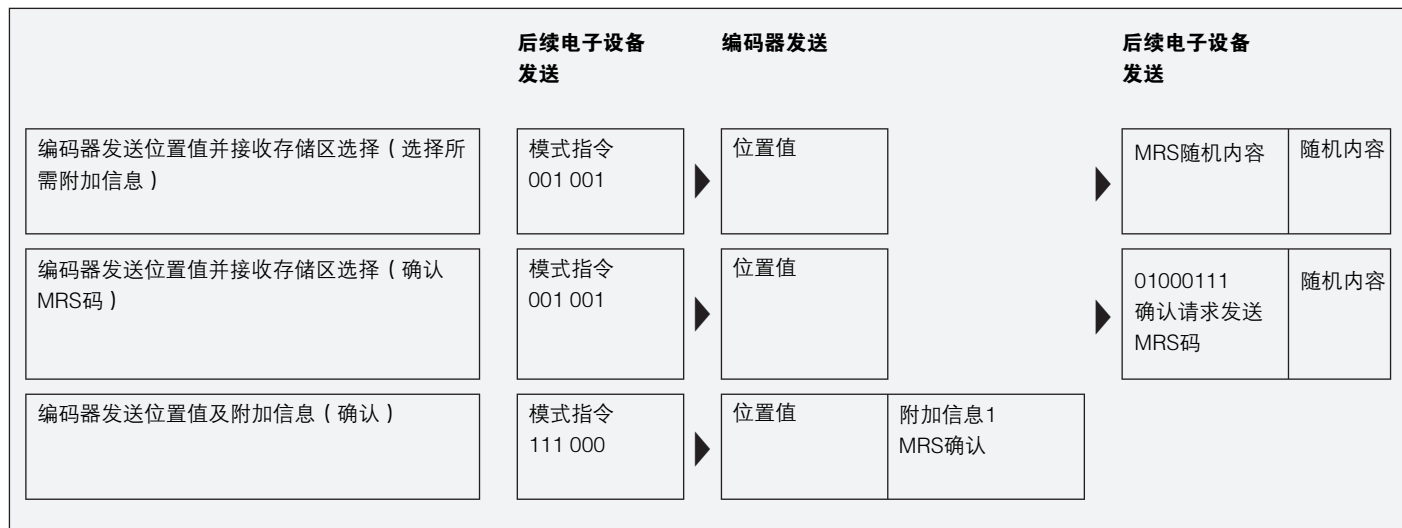




## 包括位置值和附件信息1和2的数据包



## 发送位置值及附加信息的典型指令顺序:



## 数据包内容

### 错误信息1和2

EnDat接口可以对编码器进行全面监测无需附加传输线。发生可能导致不正确位置值的编码器故障时,立即发出出错信息。同时,错误原因保存在编码器中。可能的错误包括:

- 光源故障
- 信号幅值太低
- 位置值计算错误
- 供电电压太高或太低
- 电流消耗太大

为安全起见,必须独立生成第二个错误检测信息。错误信息2用反相电平发送。

### 位置值

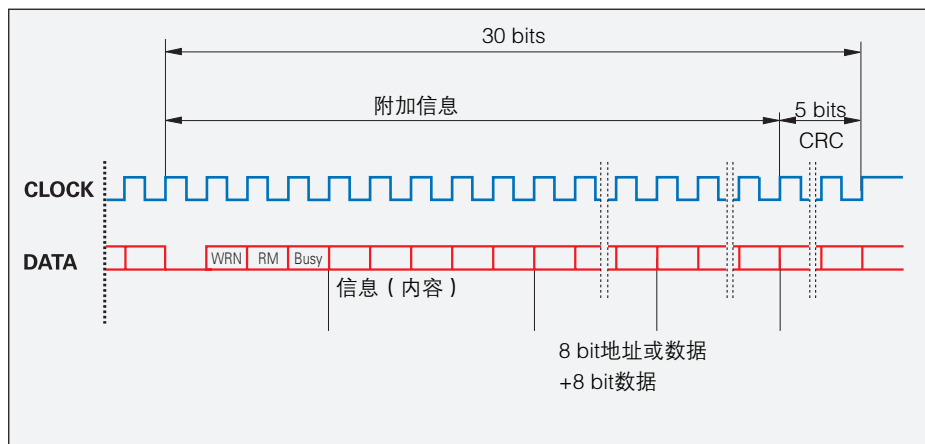
位置值以一个完整数据字形式传输,其长度取决于编码器分辨率。数据发送从最低有效位 (LSB) 开始 (第一个LSB)。

### 附加信息

根据发送类型,可以随位置值发送一个或两个附加信息 (用MRS码选择)。每条附加信息长度为30 bit并以低电平位开始。每条附加信息均以CRC结束,这个CRC由相

应无第一个Bit或CRC的附加信息构成。

相应编码器支持的附加信息保存在编码器参数中。附加信息包括状态信息、地址和数据。





## 状态数据

### WRN—警告

这个集合位用于表示编码器是否达到或超过某公差范围，例如转速或光源控制冗余度，不一定代表位置值不正确。这是一个预防性警告功能，用于最大限度缩短非工作时间。报警的原因保存在编码器存储器中。相应编码器支持的报警和警告信号保存在“编码器制造商参数”存储区中。

### RM—参考点

RM位表示是否已执行参考点回零操作。增量式系统只有执行参考点回零才能建立相对机床参考系统的绝对位置。然后可以从附加信息1中读取绝对位置值。绝对式编码器的RM位始终保持高电平。

### Busy—参数请求

低电平时，Busy位表示可以请求发送参数（读取/写入）。如果正在处理一项请求（高电平），将不允许访问编码器存储器。

## 附加信息内容

附加信息内容由模式指令选择的存储区决定。每个时钟脉冲将发送更新的内容直到有新请求时。其内容可以是：

### 附加信息1

#### • 诊断

有关编码器功能的周期性信息和附加诊断值。

#### • 位置值

**增量式编码器：**相对位置信息（开机时计数器由零开始）。只有执行了参考点回零才能提供绝对位置值（RM位为高电平）。**绝对式编码器：**高安全性应用所需的第二个绝对位置值。

#### • 存储参数

保存在编码器内的参数可随位置值一起发送。请求发送信号用存储区选择定义，然后用相应地址输出参数。

#### • MRS码—确认

确认请求发送的存储区选择

#### • 测试值

测试值用于检测，例如维修诊断。

#### • 温度

用编码器的温度传感器信号处理功能发送编码器内温度信号。

#### • 附加传感器

EnDat 2.2协议支持连接16个附加传感器（4 Bit地址）。每个请求发送，传感器值增加x+1。相应传感器由所提供的地址标识。

### 附加信息2

#### • 换向信号

增量式编码器提供电机换向信号的“大致”位置信息。

#### • 加速度

如果编码器有加速度测量的附加传感器，它可以传输加速度值。

#### • 限位信号

限位信号和原位信息。

#### • 异步位置值

两个“正常”请求发送之间重复采样的位置值。

#### • 工作状态错误源

有关当前出错信息的详细信息。

## 选择附加信息的MRS码

	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	
附加信息1	0	1	0	0	0	0	0	0	发送附加信息1，无数据内容（NOP）
	0	1	0	0	0	0	0	1	发送诊断信息
	0	1	0	0	0	0	1	0	发送位置值2字1 LSB
	0	1	0	0	0	0	1	1	发送位置值2字2
	0	1	0	0	0	1	0	0	发送位置值2字3 MSB
	0	1	0	0	0	1	0	1	确认存储内容 LSB
	0	1	0	0	0	1	1	0	确认存储内容 MSB
	0	1	0	0	0	1	1	1	确认MRS码
	0	1	0	0	1	0	0	0	确认测试指令
	0	1	0	0	1	0	0	1	发送测试值字1 LSB
	0	1	0	0	1	0	1	0	传输测试值字2
	0	1	0	0	1	0	1	1	发送测试值字3 MSB
	0	1	0	0	1	1	0	0	发送温度1
	0	1	0	0	1	1	0	1	发送温度2
	0	1	0	0	1	1	1	0	附加传感器
	0	1	0	0	1	1	1	1	不发送其它附加信息1
附加信息2	0	1	0	1	0	0	0	0	发送附加信息2，无数据内容（NOP）
	0	1	0	1	0	0	0	1	发送换向信号
	0	1	0	1	0	0	1	0	发送加速度
	0	1	0	1	0	0	1	1	发送换向和加速度
	0	1	0	1	0	1	0	0	发送限位信号
	0	1	0	1	0	1	0	1	发送限位信号和加速度
	0	1	0	1	0	1	1	0	异步位置值字1 LSB
	0	1	0	1	0	1	1	1	异步位置值字2
	0	1	0	1	1	0	0	0	异步位置值字3 MSB
	0	1	0	1	1	0	0	1	工作状态错误源
	.	.	.	.	.	.	.	.	（现在未用）
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	0	1	0	1	1	1	1	1	不发送其它附加信息2

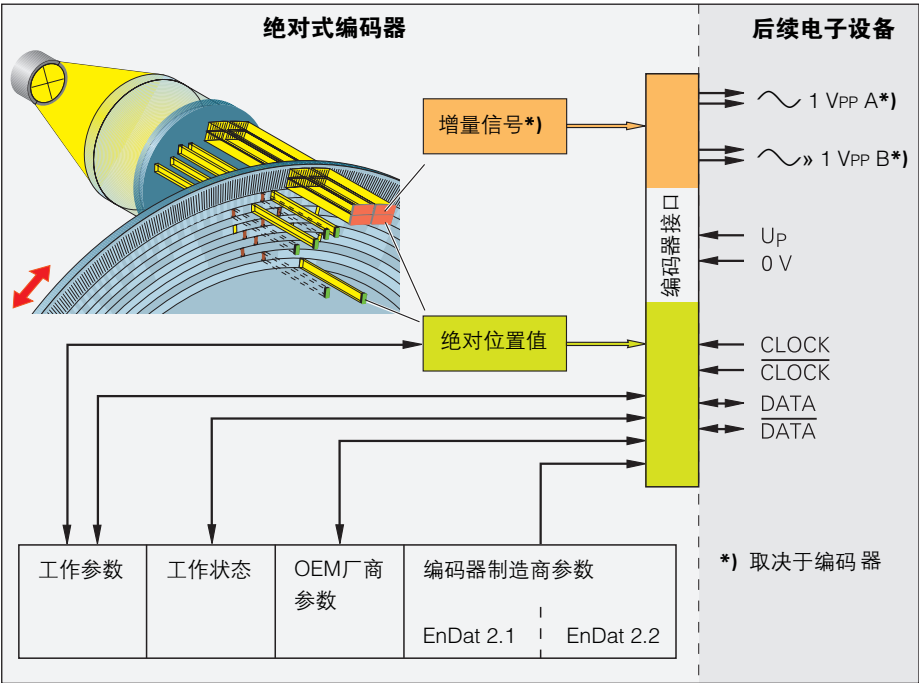




# 参数 存储区

编码器提供多个保存参数的存储区。后续电子设备可以读取存储区中的信息，其中有些信息还允许编码器制造商、OEM厂商甚至最终用户写入。也有些存储区是只读的。

大多数情况下，参数都是OEM厂家设置的有关编码器功能和EnDat接口的。因此更换编码器时，必须确保参数设置正确无误。如果在设置机床参数时未包括OEM数据，将导致故障。因此，如果怀疑参数设置不正确，必须联系OEM厂家。



EnDat 2.2接口绝对式编码器框线图

## 编码器制造商参数

这个写保护的存储区保存与特定编码器有关的全部规格信息，例如编码器类型（直线光栅尺/角度编码器，单圈/多圈等），信号周期，每圈位置数，绝对位置值传输格式，旋转方向，最高允许转速，转速与精度关系，警告信号和报警信息的支持，零件ID号和序列号等。这些信息构成参数自动配置的基础。

在一个单独的存储区中保存的EnDat 2.2参数类型有：附加信息、温度、加速度、是否支持诊断和出错信息等状态。

## OEM厂商参数

OEM厂商可以在这个允许自定义的存储区中保存自己信息，例如有编码器电机的“电子ID标签”，提供电机型号，最大额定电流等信息。

## 工作参数

这个存储区供用户记录原点平移和配置诊断信息。也可以定义编码器内温度传感器的报警阈值。其它功能（周期时间，I/O）预留给未来应用。工作参数有写保护。

## 工作状态

这个存储区提供详细报警或警告信息用于进行诊断。也可以初始化部分编码器功能，激活OEM厂商参数及工作参数存储区的写保护功能和查询其状态。一旦被激活，将无法取消写保护。

# 编码器制造商参数

编码器制造商参数含意与编码器有关。海德汉编码器有六类参数。它们用编码器类型标识（EnDat 2.1参数中为关键字14）。

**编码器类型：**

- L** 直线光栅尺
- W** 角度编码器（旋转）
- D** 旋转编码器（旋转）
- E** EIB（外部连接盒），1 V<sub>PP</sub>信号转为纯串行EnDat 2.2信号
- iL** 增量式直线光栅尺，内置1 V<sub>PP</sub>信号转为纯串行EnDat 2.2信号
- iR** 增量式旋转编码器，内置1 V<sub>PP</sub>信号转为纯串行EnDat 2.2信号

参数含意又分为以下几类信号处理类别：用户用这些类别信息可以明确地确定参数使用方法和用在应用软件中。

**信号处理类别：**

- **必须：**  
编码器工作所必须的参数。
- **根据应用：**  
根据用户应用决定是否处理这类参数。例如，如果不用OEM范围，信号处理时就不考虑OEM存储区分配的相关参数。
- **参考信息：**  
这类参数不是编码器工作必须的，但它能为用户提供附加信息，例如型号。
- **无关：**  
如果未指定任何其它三种信号处理类别之一，表示编码器的工作不需要参数并且忽略参数因素。

编码器制造商参数中有关EnDat 2.2的附加信息有些取决于相应编码器。

EnDat 2.2参数只能用EnDat 2.2模式指令读出。

相应编码器支持的附加信息类型、附加功能、诊断值和技术参数保存在存储区中指定的状态字中。查询附加信息前，海德汉推荐读取相应信息和了解其功能（主要是编码器初始化时）。另请参见编码器的“技术参数”。

**EnDat 2.1编码器制造商参数**

字	内容	适用于		必须	根据应用	信息	备注
		直线光栅尺	旋转/角度编码器				
4	掩码0	—	—	—	—	—	—
5	掩码1	—	—	—	—	—	—
6	掩码2	—	—	—	—	—	—
7	掩码3	—	—	—	—	—	—
8	EnDat接口版本	—	—	—	—	全部	EnDat 2.1或2.2保存为“2”
9	OEM参数的内存分配	—	—	全部	—	—	取决于编码器，程序可调。内存指针指向第一可用地址
10							
11	补偿值内存分配区	—	—	—	—	—	保留给编码器制造商
12							
13	位置值传输的时钟脉冲数（传输格式）	—	—	全部	—	—	设置传输位置值的正确时钟数
14	编码器类型	—	—	全部	—	—	定义参数单位
15	增量式输出信号的每圈信号周期数	nm	—	全部	—	—	<b>E, iL, iR:</b> 计算最小显示步距（LSB）或修正负方向运动显示值 <b>全部:</b> EnDat兼容原点平移
16							
17	可分辨圈数（仅限多圈编码器）	—	—	W D	—	—	正确计算位置值必须的
18	参考点（名义）增量值	mm	信号周期数	—	—	E iL iR	—
19	第一参考点位置	mm	—	—	—	iL	<b>EIB</b> 不支持



EnDat 2.1编码器制造商参数 (续)

字	内容	适用于		必须	应用 数据 范围	信息	备注
		直线光栅尺	旋转/角 度编码器				
20	串行数据传输的测量步距或每圈 测量步距数	nm	每圈测量步 距数	全部	-	-	-
21							
22	编码器制造商的原点平移	信号周期数	信号周期数	全部	-	-	用户必须考虑的原点平移
23							
24	ID号	-	-	-	-	全部	安全技术
25							
26							
27	序列号	-	-	-	全部	-	检测编码器是否被更换 (可能影响 相应应用的安全功能)
28							
29							
30	旋转或运动方向	-	-	全部	-	-	-
31	调试诊断状态	-	-	-	-	-	1999年后停止支持
32	机械允许最高直线运动速度或轴 转速	m/min	min <sup>-1</sup>	-	W L D iL iR	-	交叉检查绝对位置 (增量位置必须的
33	精度取决于直线运动速度或轴转 速, 区I	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	-	W L D	-	E iL iR 不允许比较绝对位置和增量 位置, 因为这些编码器只有增量信息
34	精度取决于直线运动速度或轴转 速, 区II	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	-	W L D	-	
35	支持错误信息 1	-	-	全部	-	-	定义“错误掩码”(安全功能)
36	支持报警	-	-	-	-	全部	预防性维护
37	EnDat指令集	-	-	全部	-	-	是否支持EnDat 2.2模式指令信息
38	预留给长度测量 <sup>2)</sup>	-	-	-	-	L iL	EIB不支持
39	最长处理时间	-	-	全部	-	-	监测 (超时)
40	EnDat订购标识	-	-	-	全部	-	区分有或无增量信号
41	海德汉技术参数	-	-	-	-	-	-
42							
43							
44							
45							
46							
47	校验	-	-	-	-	-	-



<sup>1)</sup> 高字节包括相应精度为有效的最高允许直线运动速度或轴转速的除数。

<sup>2)</sup> 有些直线光栅尺型号不支持: 用默认值0初始化。



## EnDat 2.2编码器制造商参数

字	内容	适用于		必须	根据应用	信息	备注
		直线光栅尺	旋转/角度编码器				
0	附加信息1状态	—	—	—	全部	—	可用于安全功能。交叉检查“哪些是必须的”和“哪些是编码器支持的”
1	附加信息2状态	—	—	—	全部	—	
2	附加功能状态	—	—	—	全部	—	
3	加速度	m/s <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>	—	全部	—	考虑缩放系数
4	温度	K	K	—	全部	—	考虑缩放系数
5	诊断状态	—	—	—	—	全部	—
6	支持错误信息2	—	—	全部	—	—	定义“错误掩码”（安全功能）
7	动态取样状态	—	—	—	全部	—	安全技术
8							
9	位置2的测量步距或每圈测量步距数	nm	—	—	全部	—	
10							安全技术或 <b>EIB, iL, iR</b>
11	位置值2的精度取决于直线运动速度	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	—	全部	—	安全技术或 <b>EIB, iL, iR</b>
12	或轴转速, 区I	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	—	全部	—	安全技术或 <b>EIB, iL, iR</b>
13	位置值2的精度取决于直线运动速度	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	—	全部	—	安全技术或 <b>EIB, iL, iR</b>
14	或轴转速, 区II	LSB <sup>1)</sup>	LSB <sup>1)</sup>	—	全部	—	安全技术或 <b>EIB, iL, iR</b>
15	可分辨圈数 位置值2（仅限多圈编码器）	—	—	W D	—	—	正确计算位置值必须的
16	位置值2的旋转方向	—	—	全部	—	—	—
17至20	编码器型号	—	—	—	—	全部	—
21	支持说明	—	—	—	—	—	尚不支持 非安全技术
22	测量点处的编码器最高允许温度	K	K	—	W L D iL iR	—	<b>EIB</b> 不支持
23	最高允许加速度	m/s <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>	—	W L D iL iR	—	<b>EIB</b> 不支持
24	存储区2的块数	—	—	全部	—	—	取决于编码器, 程序可调
25	最高时钟频率	kHz	kHz	全部	—	—	取决于电缆接头, 电缆长度
26	位置比较Bit数	—	—	—	全部	—	安全技术
27	分辨率缩放系数	—	—	全部	—	—	计算最小显示步距（LSB）。
28	测量步距或每圈测量步距数或栅距细	—	—	全部	—	—	
29	分值						
30	连续码值的最高速度或轴速	m/min	min <sup>-1</sup>	—	W L D iL iR	—	与应用有关。适用于机械允许转速高于电气允许转速编码器。 <b>EIB</b> 不支持
31	位置值和位置值2间偏差	—	—	—	全部	—	安全技术
32							
33							
34	“可分辨转数”及缩放系数	—	—	W D	—	—	正确计算位置值必须的
35	支持工作状态错误源	—	—	—	全部	—	扩展EnDat错误信息, 特别是电池后备的编码器
63	校验	—	—	—	—	—	—



<sup>1)</sup>高字节包括相应精度为有效的最高允许直线运动速度或轴转速的除数。



# 传输参数

## 传输参数的控制周期

( EnDat 2.1模式指令001110 )

传输参数前，用选定的存储区模式指令指定存储区。可用存储区保存在编码器制造商参数中。由于内部访问各存储区的时间限值， $t_{ac}$ 时间可能达到12 ms。

## 读取编码器参数

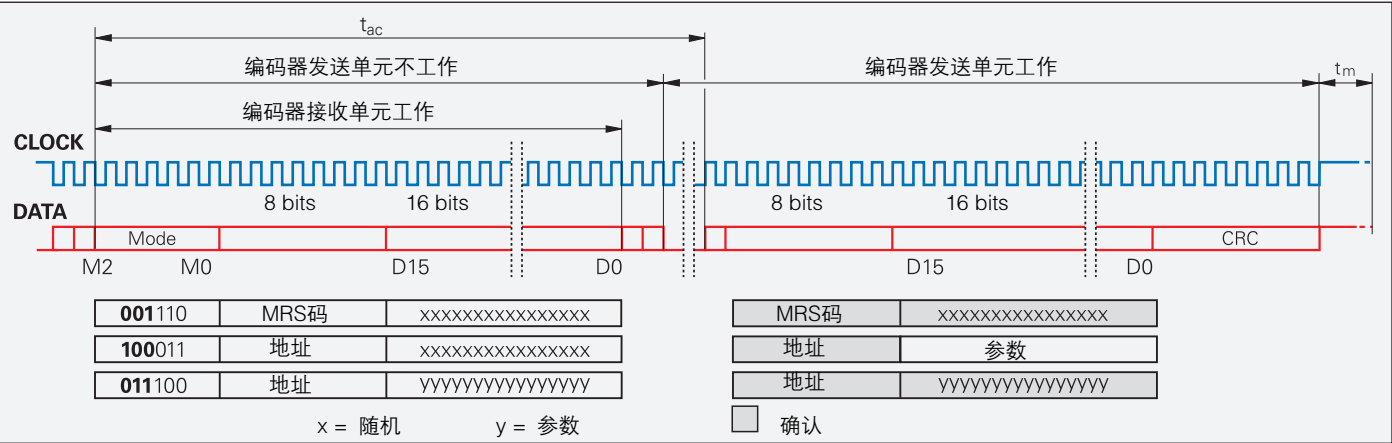
( EnDat 2.1模式指令100011 )

选择存储区后，后续电子设备从模式指令开始传输一个完整的通信协议。编码器传输参数，之后是一个8 Bit地址和16 Bit随机内容。编码器用重复地址信息和16 Bit的参数内容应答。传输周期以一个CRC检查结束。

## 将参数写入编码器中

( EnDat 2.1模式指令011100 )

选择存储区后，后续电子设备从模式指令开始传输一个完整的通信协议。编码器接收参数，之后是一个8 Bit地址和16 Bit参数值。编码器用重复地址信息和参数内容应答。以CRC检查结束一个周期。



## EnDat 2.2传输一个位置值和附加信息中参数值的典型指令顺序

( 查询内置EEPROM的最长访问时间为12 ms )



诊断

EnDat接口具有丰富的编码器监测和诊断功能，而且无需增加数据线。诊断系统生成出错信息和报警信息（参见“位置值”），这是整套系统具有高可用性的必备条件。

在线诊断功能越来越重要。其决定性因素有：

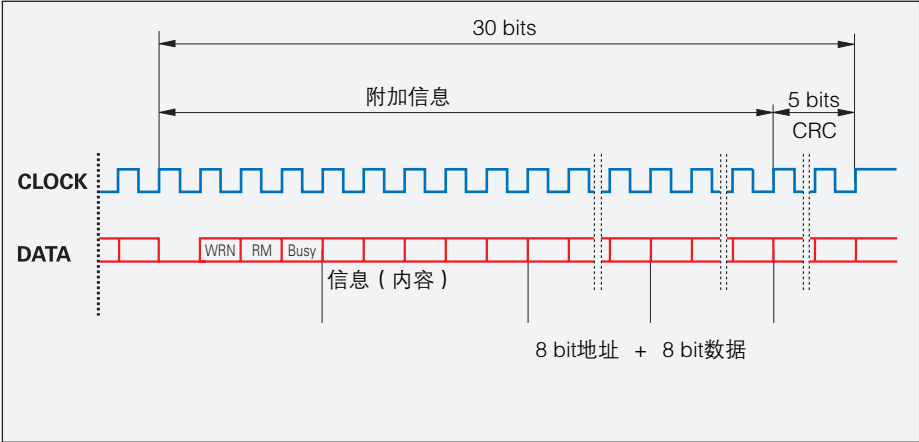
- 机床使用计划
- 帮助现场检修工程师
- 简化评估编码器功能冗余
- 简化维修中的故障排除工作
- 生成易懂的质量统计数据

带增量信号的编码器可用EnDat的里萨约图分析信号误差和其对编码器功能的影响。

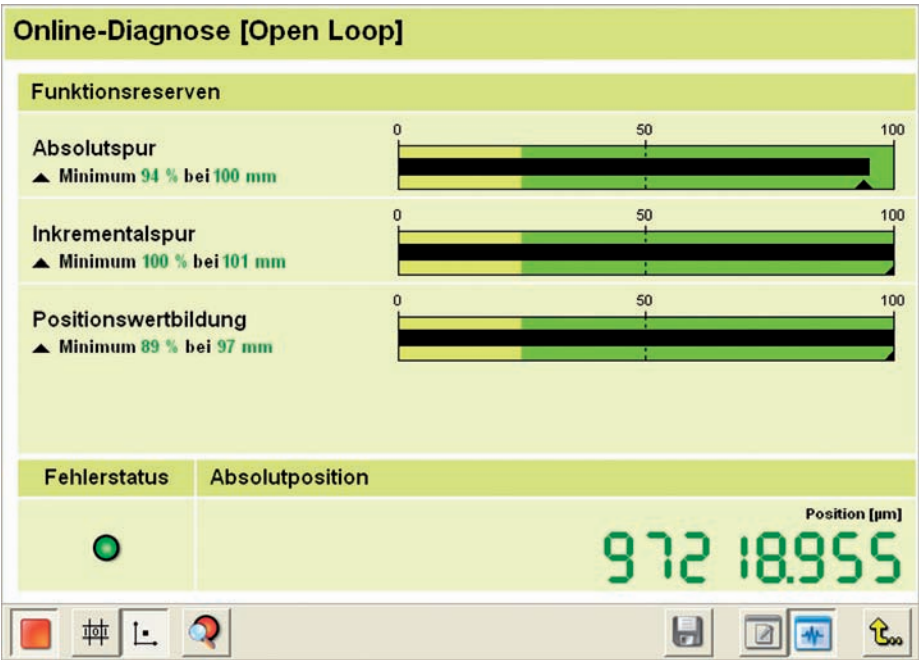
纯串行接口编码器不提供增量信号。EnDat 2.2接口编码器可以周期性地输出**有效数字**，用以评估编码器功能是否正常。有效数字提供编码器当前状态信息并确定编码器的“功能冗余”。它的比例系数适用于所有海德汉编码器。因此可以进行内部处理。相应编码器支持的有效数字保存在EnDat 2.2参数中。

诊断数据的信息组成和查询：

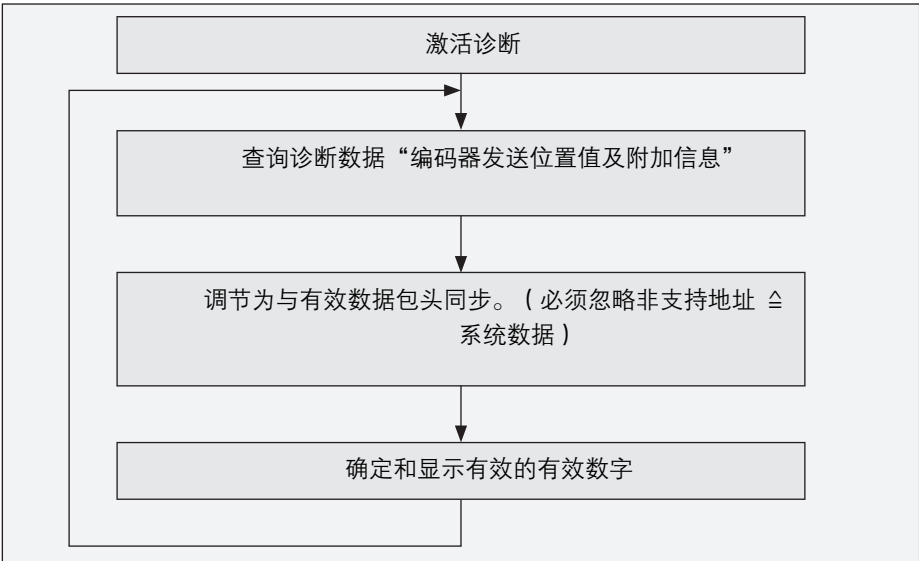
- 必须激活所需有效数字。
- 通过附加信息1发送值（8 bit）。
- 周期性地输出值；地址和值。
- 支持的有效数字信息保存在EnDat 2.2参数中。
- 诊断信息可在闭环工作模式下发送。
- 显示时应忽略“边界区”（需要定义预留区）。
- 后续电子电路必须忽略“未知地址”（系统数据）。



EnDat 2.2中有效数字在附加信息中。



显示屏显示功能冗余的有效数字信息（例如用IK 215）



查询诊断数据流程图



配置

**功能初始化**  
用户可在工作状态**关键字3**中定义编码器数据发送**功能**或编码器特殊功能模式。

默认设置为所有附加信息数据都不可用且编程的恢复时间为 $10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 。只有EnDat 8指令集可将恢复时间改为 $1.25\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 3.75\ \mu\text{s}$ 。

如果时钟脉冲频率 $\leq 1\ \text{MHz}$ ，恢复时间必须设置为 $10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 。

“重复采样，诊断复位”和“EnDat 2.2周期工作可被取消”的功能为预留给未来发展用，尚不能被激活。

未来，“多圈”功能将允许使用后备电池供电的编码器。

信息	交货时状态
恢复时间 $t_m$	$10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 可调至 $1.25\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 3.75\ \mu\text{s}$ <sup>1)</sup>
参考脉冲初始化	不可用
重复采样	不可用
EnDat 2.2周期工作可被取消	激活
多圈溢出报警	不可用
多圈溢出锁定	不可用
多圈位置报警	不可用
多圈计数器复位	不可用
诊断复位	不可用


<sup>1)</sup>只适用于EnDat 2.2指令集中的模式指令8至14

诊断配置

用户可在工作状态**关键字3**中定义“编码器发送位置值及附加信息模式”指令的**诊断配置**。

建议：应激活所有可用有效数字，确保最大限度保留编码器的信息存储能力。

	= 0	= 1
有效数字1	不可用	激活
有效数字2	不可用	激活
有效数字3	不可用	激活
有效数字4	不可用	激活
系统相关数据	不可用	激活

 发送“编码器接收复位”模式指令前，配置功能不可用。

# 接口

## 电源和开机

### 电源

编码器需要用**直流稳压后的电压 $U_P$** 供电。  
有关电源和电流消耗信息，参见相应技术参数。所述值为在光栅尺或编码器端的测量值。

EnDat 2.2编码器支持更宽供电范围，允许3.6至5.25 V或3.6至14 V。因此后续电子电路的电源可无需修正就能处理电缆长度、电缆截面积和电流消耗导致电压压降后的电压（仅限使用海德汉电缆套件）。也就是说用编码器的传感器线在编码器端监测电压和通过可控电源调整供电电压（远程传感）不再是必须的。  
直流电压最大允许波动量为：

- 高频干扰  
 $U_{PP} < 250 \text{ mV}$ ，with  $dU/dt > 5 \text{ V}/\mu\text{s}$ 时
- 低频基波干扰  
 $U_{PP} < 100 \text{ mV}$

### 编码器启动特性

内置电路大约需1.3 s的初始化时间，应考虑这个**初始化过程**（参见右侧“后续电子电路时钟脉冲顺序”）。

初始化过程结束后，必须有一个确定的开机程序。只允许使用EnDat 2.1模式指令。

### 后续电子设备供电电源（供电端）

参见“编码器技术参数”

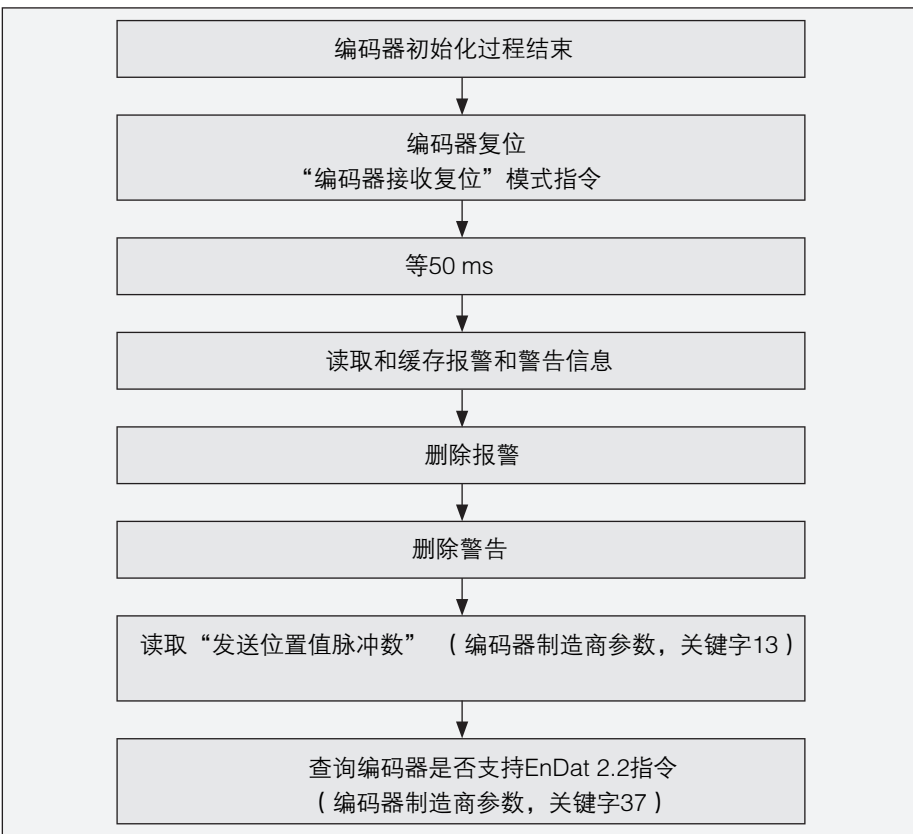
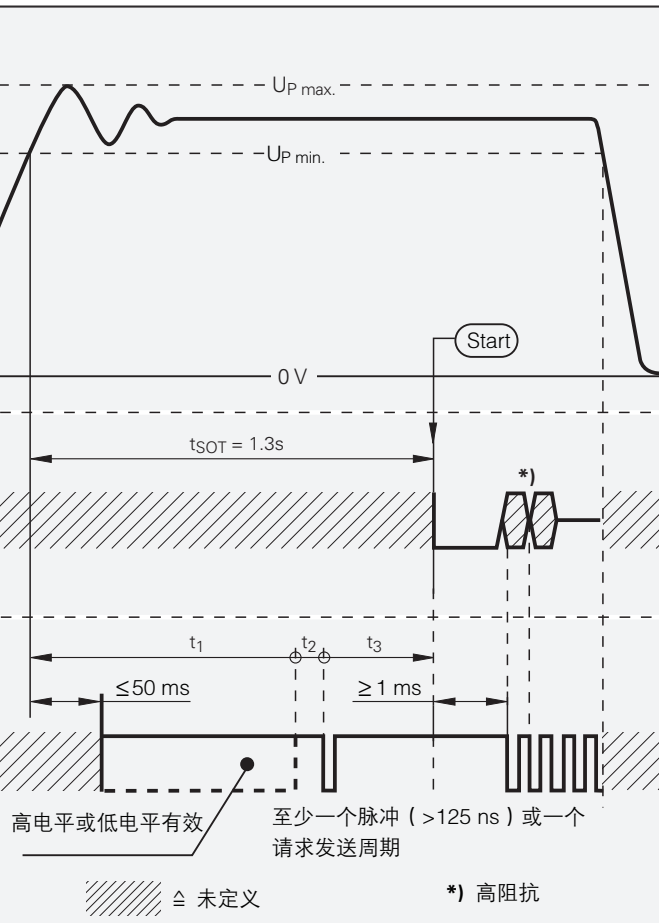
### 编码器响应

数据

### 后续电子设备的时钟脉冲顺序

时钟

$800 \text{ ms} \leq t_1 \leq \text{any}$   
 $80 \text{ ms} \leq t_2 \leq 120 \text{ ms}$   
 $380 \text{ ms} \leq t_3 \leq 420 \text{ ms}$

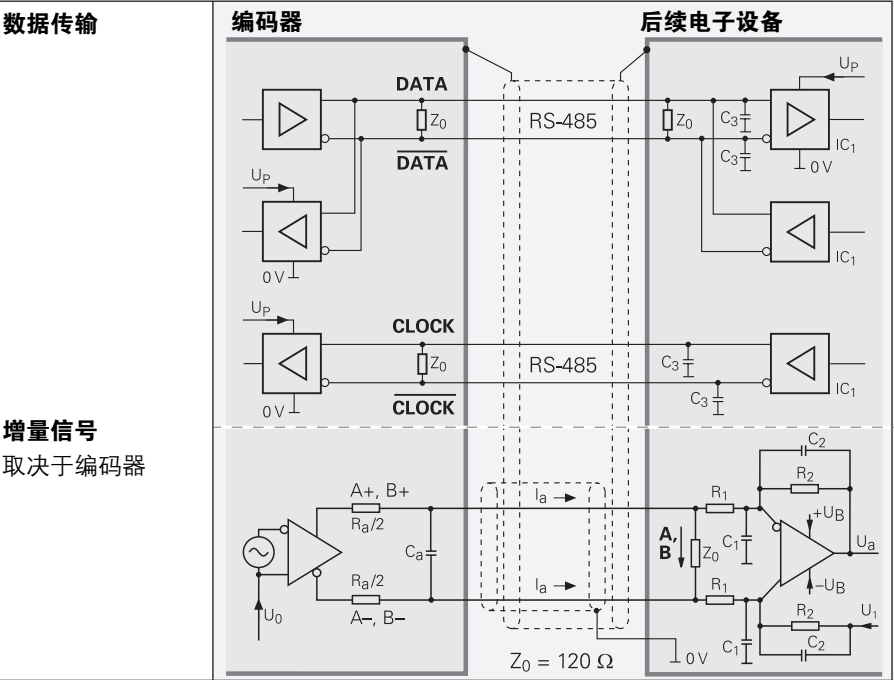


# 后续电子设备的输入电路

数据（测量值或参数）可以在位置编码器和后续电子设备之间进行双向传输，后续电子设备的收发单元支持RS-485（差分信号），数据传输与后续电子设备生成的时钟脉冲同步。

**规格**  
IC<sub>1</sub> = RS 485差分线路接收器和驱动器

C<sub>3</sub> = 330 pF  
Z<sub>0</sub> = 120 Ω



基本原理

EnDat 2.2支持高安全性应用中的编码器。它以ISO 13 849-1（原为EN 954-1）和IEC 61 508标准为基础。这些标准提供了高安全性系统的评价方法，例如基于整体部件和子系统的失效概率。

这种模块化方法为高安全性系统制造商实施其全套系统提供了方便，因为可以从合格的子系统为起点。用EnDat 2.2纯串行数据传输技术的高安全性位置编码器就支持这种技术。连接后续电子设备有确定定义的数据接口使用户可以更方便地实施高安全性系统。

安全驱动系统中的高安全性位置测量系统就是这样一个子系统。**高安全性位置测量系统**包括：

- EnDat2.2传输组件的编码器
- EnDat2.2通信的数据传输线和海德汉公司电缆
- 带监测功能的EnDat2.2接收器（EnDat主单元）

位置测量系统的组成

位置测量系统通过物理线和电气接口连接全套系统。编码器与驱动的物理连接取决于编码器几何特性。安全控制系统中带监测功能的EnDat主单元确保电气连接的紧密性。这些必要措施目前都已确定。数控系统制造商只需要实施这些措施。对安全的全套系统，系统的其他组件也必须满足安全技术要求。

应用领域

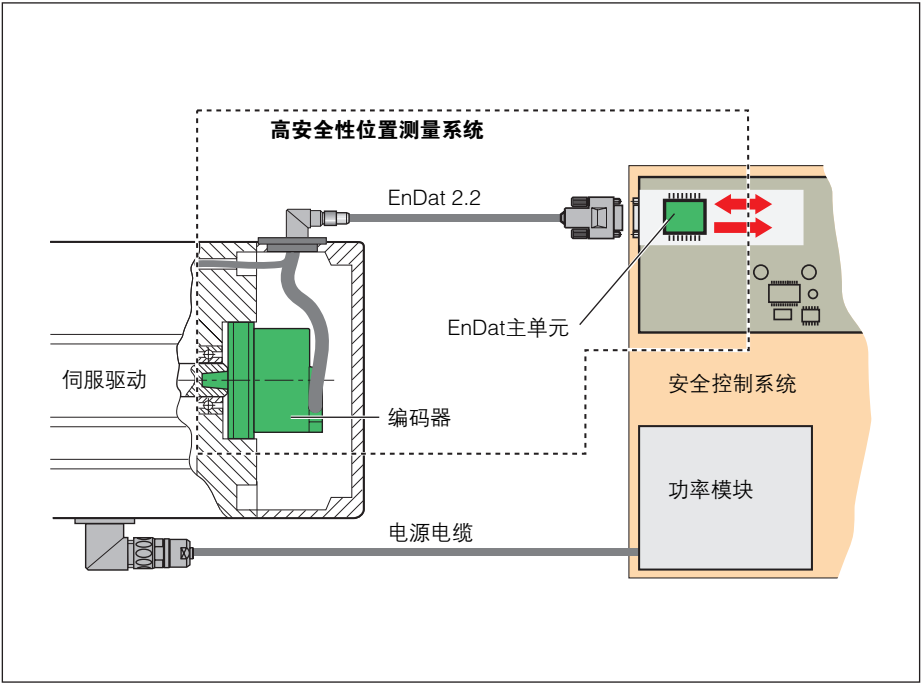
海德汉公司的高安全性位置测量系统是根据用作控制类别SIL-2级（IEC 61 508标准）应用中的单编码器系统设计制造的。相当于ISO 13 849标准的性能级别“d”级或EN 954-1标准的3级。此外，高安全性位置测量系统还允许在全套系统中使用以下安全功能（另参见IEC 61 800-5-2）：

- 安全关机
- 安全停止
- 安全控制停止
- 安全降低直线运动速度
- 安全降低旋转速度
- 安全有限的点动增量
- 安全有限的绝对位置

功能

位置编码器的安全系统的基础是两路相互独立的位置值和编码器生成的附加错误码以及通过EnDat 2.2协议传给EnDat主单元的数据传输。EnDat主单元承担多项监测任务，检测编码器和传输期间发生的错误。然后，比较两个位置值。再把EnDat主单元的两个位置值和相互独立的出错信息通过处理器接口提供给安全控制系统。安全控制系统通过周期性检测对高安全性位置测量系统是否工作正常进行监测。

EnDat 2.2协议的系统架构使它可以处理所有安全相关信息，或具有控制单元非受控工作状态的控制机制。因此安全相关的信息保存在附加信息中。根据IEC 61 508标准，位置测量系统架构被视为单通道测试系统。



全套安全伺服驱动系统

EnDat 2.2接口支持以下各项安全功能：

#### 两路相互独立位置值用于错误检测

除位置值外，附加信息还提供另外一路生成的位置值，使后续电子设备进行两路信号比较。

#### 两路相互独立错误信息

两路错误信息相互独立生成，并用不同的有效电平传输。

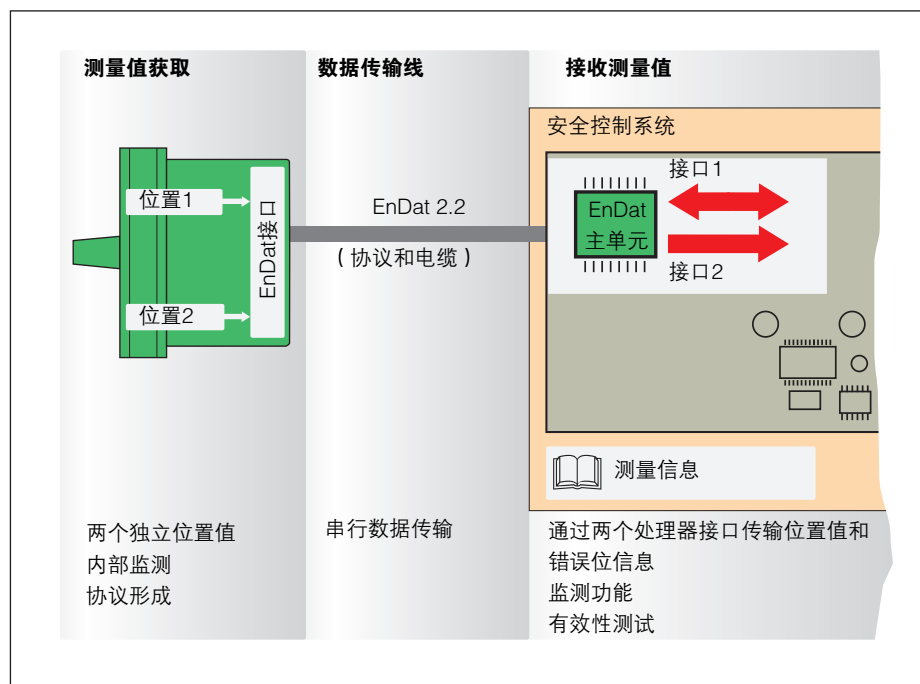
#### 为位置值和附加信息独立生成各CRC

单独为每个传输数据包（位置值、附加信息1和2）生成CRC值。

#### 高动态响应地获取数据和传输数据

数据获取周期时间短（包括传输时间），因此可以比较位置值和监测数据传输功能。

可靠位置值获取需要后续电子设备启动这些功能和正确处理数据。更多信息，请见“高安全性位置测量系统”技术信息和安装控制系统措施。



高安全性位置测量系统

# 编码器概要

EnDat 现有两个版本，EnDat 2.1 和 EnDat 2.2。只有 EnDat 2.2 接口设备才支持快速恢复和附加信息功能。

绝对式编码器			分辨率
直线光栅尺	LC 183/LC 483	$\pm 5\ \mu\text{m}$	0.01 $\mu\text{m}$
		$\pm 3\ \mu\text{m}$	0.005 $\mu\text{m}$
角度编码器	RCN 226		26 bits
	RCN 228		28 bits
	RCN 729/RCN 829		29 bits
旋转编码器	<b>光学，单圈</b>		
	ROC/ECN 425, ECN 1325, ECN 125		25 bits
	ROC/ECN 10xx/11xx		23 bits <sup>1)</sup>
	<b>光学，多圈</b>		
	ROQ/EQN 437, EQN 1337, ROQ/EQN 10xx/11xx		37 bits
			35 bits <sup>1)</sup>
	<b>感应，单圈</b>		
	ECI 13xx		19 bits <sup>2)</sup>
	ECI 11xx		18 bits <sup>2)</sup>
	<b>感应，多圈</b>		
EQI 13xx		31 bits <sup>2)</sup>	
EQI 11xx		30 bits <sup>2)</sup>	
增量式编码器			分辨率
通过EIB（外部连接盒）连接1-V <sub>PP</sub> 输出信号的编码器			内置14-bit细分电路

<sup>1)</sup> 计划 2008 年上市。  
<sup>2)</sup> EnDat 2.1 可供，EnDat 2.2 规划中。

## HEIDENHAIN

约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司  
北京市顺义区天竺空港工业区 A 区  
天纬三街 6 号（101312）  
☎ 010-80420000  
FAX 010-80420010  
Email: sales@heidenhain.com.cn

www.heidenhain.com.cn

- 更多信息：
- 海德汉编码器样本
  - 主单元说明（编写中）
  - 详细接口技术参数
  - （根据要求）

