

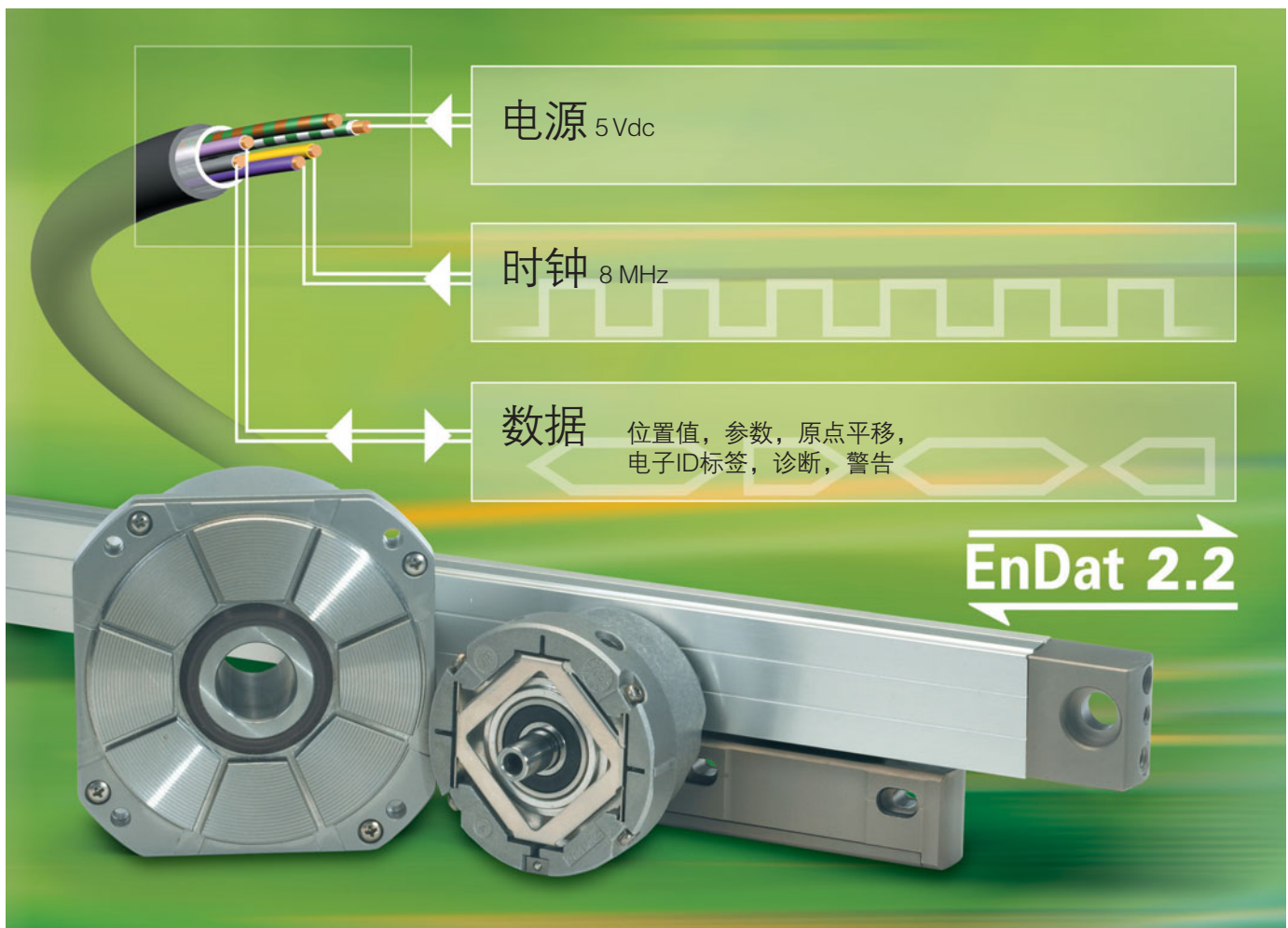


技术信息

EnDat 2.2 – 位置编码器双向数字接口

如果在数字驱动系统和反馈环上使用采集测量值的位置编码器的话，要求编码器必须能**快速传输数据且传输可靠性高**。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。要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**。

HEIDENHAIN公司的EnDat数据接口是编码器的双向数字接口。EnDat 2.2可传输绝对式编码器和增量式编码器位置值，还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。数据传输与后续电子设备的时钟信号保持同步。传输的数据类型（位置值、参数或诊断信息等）可用后续电子设备发至编码器的模式指令选择。



EnDat接口优点

EnDat能够降低每轴系统成本最高达50%，同时还提升了技术水准。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
- 由于连接件小，因此方便用于小型电机和减小系统尺寸
- 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：编码器位置数据格式支持更短的采样周期而且不影响CNC系统的计算时间

高可用性

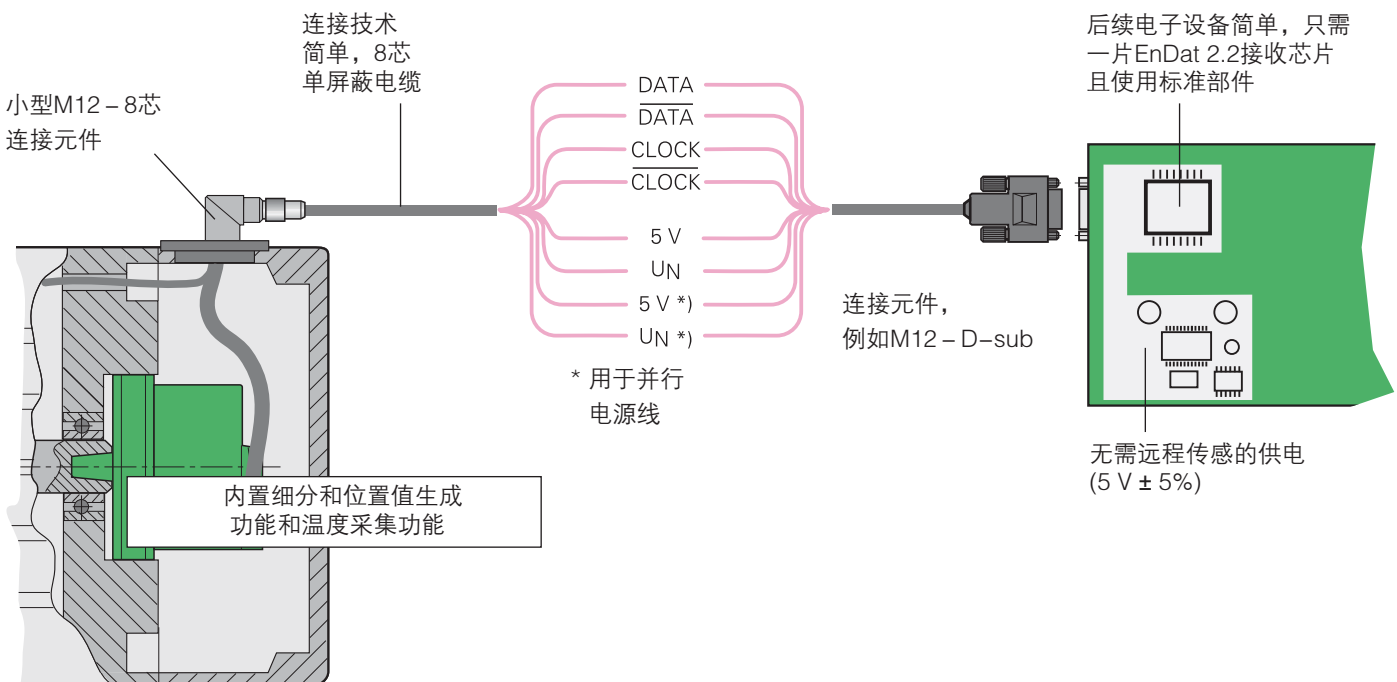
- 自动配置系统轴：所有必要信息均保存在编码器中（电子ID标签）
- 纯数字传输，系统可靠性高
- 诊断功能，后续电子电路处理监测信息和报警信息
- 通过循环冗余校验功能提高数据传输可靠性

安全系统（正在开发中）

- EnDat 2.2可应用于高安全性机床设计
- 两路独立出错信息
- 两路独立位置信息用于错误检测
- 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”操作周期的采样时间只有25 μ s
- 只需约10 μ s的时间后续电子设备就能得到位置值



兼容性EnDat 2.2 > 2.1

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2.1版，但优点更突出。例如它能随位置值提供附加信息，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）（8 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，编码器端）

EnDat 2.2指令集（包括EnDat 2.1指令集）

- 增量式和绝对式编码器位置值
- 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数据接口传输绝对位置值或附加物理量的时序明确无误，并能读取或写入编码器内存。

1. 传输位置值时可带也可不带附加信息。

附加信息类型通过“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，反馈环中的轴还能请求获得附加

信息并能执行其功能。

2. 参数读写操作

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强制制动态化。对出错信息进行反相处理以便监测是否生成出错信息。此外，对于格雷码编码器，启动诊断（静止时测量其位置值）必须采用测试指令。

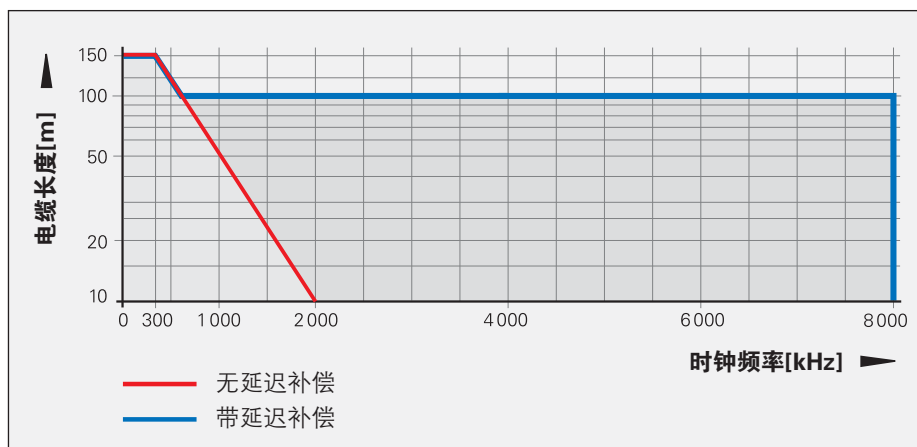
数据传输

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，时钟信号默认为高电平。

时钟频率与电缆长度关系

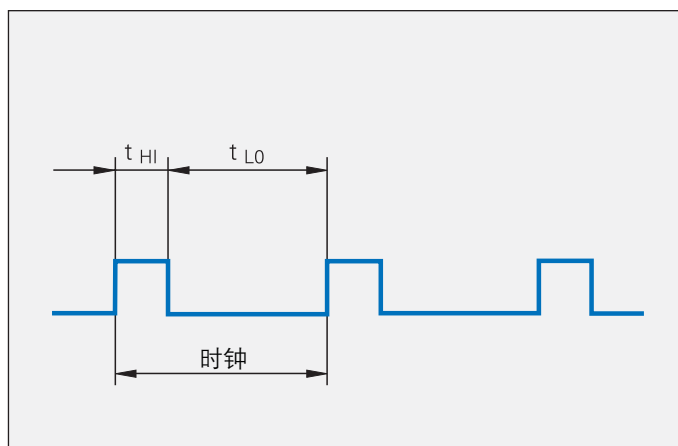
如果传输延迟时间无补偿的话，**时钟频率** 取决于电缆长度，频率可在**100 kHz**到**2 MHz**之间。由于电缆长度加大和时钟频率增高会使工作信号发生无法准确判断数据的畸变，因此应通过工作测试测量延迟时间并进行补偿。如果在后续电子设备中对**传输延迟进行补偿**的话，时钟频率可提高到**8 MHz**，而电缆长度最长可达100 m。最高可用时钟频率主要取决于所用的电缆和连接件。为确保时钟频率在2 MHz以上时能正常工作，只能使用HEIDENHAIN公司原厂电缆。

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公式为 $f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$

时钟占空比



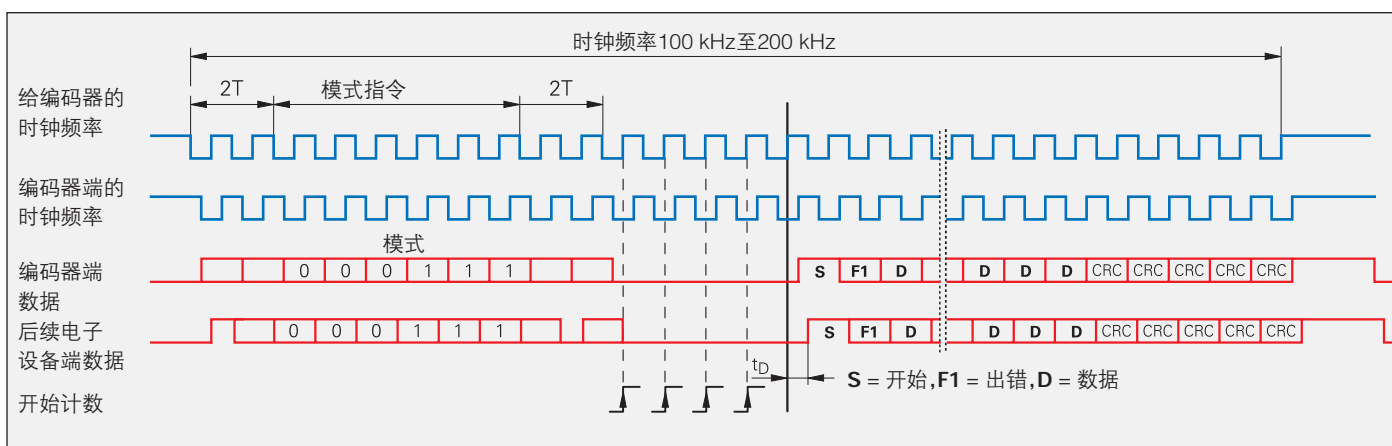
确定传输时间

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。

后续电子设备给编码器发送模式指令“编码器发送位置值无附加信息”。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。为消除计算传输时间过程中的不稳定因素，应至少执行这个测量过程三次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，必须用内部频率采集测量值，内部频率至少是数据传输时钟频率的八倍。



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**决定被发送信息内容。每个模式指令包括三个Bit。为确保可靠发送信息，每个Bit均采用冗余发送（反相或两次）。如果编码器检测到一个错误的发送模式，它将发送一个出错信息。EnDat 2.2接口还能随位置值一起传输附加信息。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tcal取决于发送的模式指令为EnDat 2.1或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器计算增量信号的话，那么应使用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					
编号	模式指令	M2	M1	M0	(M2)	(M1)	(M0)
1	编码器发送位置值	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 ¹⁾	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	编码器发送位置值并接收存储区选择 ²⁾	0	0	1	0	0	1
10	编码器发送位置值并接收参数 ²⁾	0	1	1	0	1	1
11	编码器发送位置值和参数 ²⁾	1	0	0	1	0	0
12	编码器发送位置值并接收出错复位 ²⁾	1	0	1	1	0	1
13	编码器发送位置值并接收测试指令 ²⁾	1	1	0	1	1	0
14	编码器接收通信指令 ³⁾	0	1	0	0	1	0

¹⁾ 其作用相当于电源开关关闭后再打开

²⁾ 也发送所选附加信息

³⁾ 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**。编码器发送位置值（带或无附加信息）。

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）是监测类的信号，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。

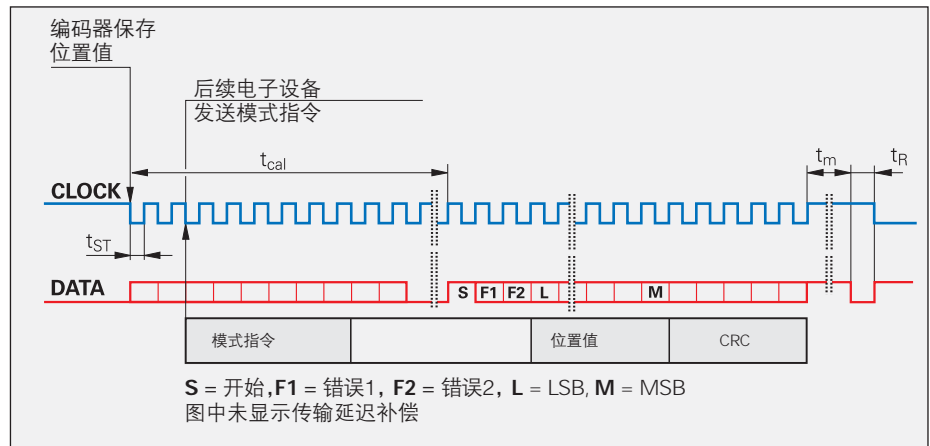
然后编码器从最低有效位（LSB）开始发送**绝对位置值**。其长度取决于所用编码器。发送一个位置值所需的时钟脉冲数保存在编码器制造商参数中。

位置值的数据发送以**循环冗余校验**（CRC）结束。

在EnDat 2.2中，**循环冗余校验**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。

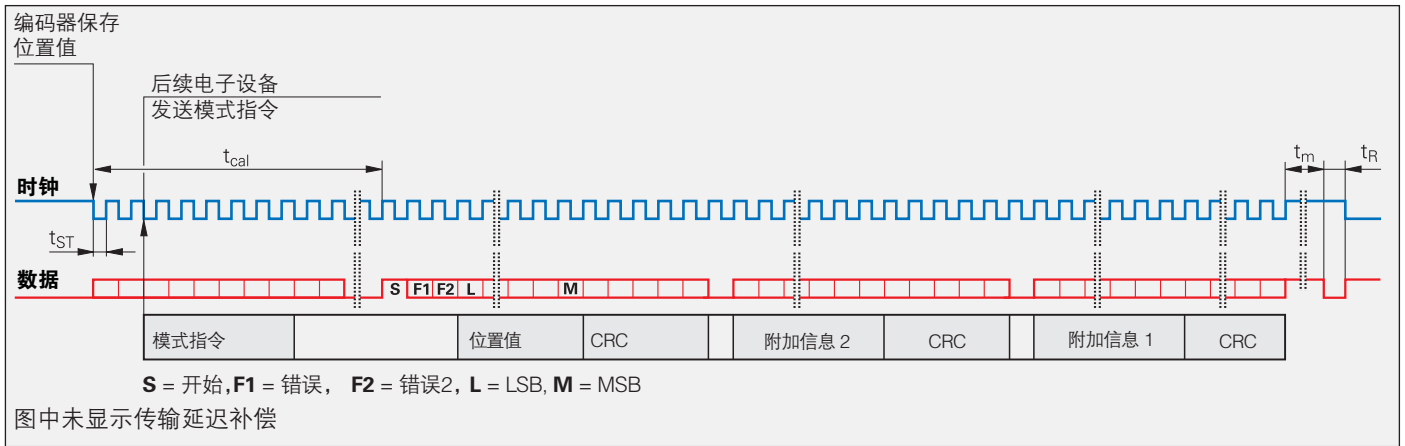
在数据字结尾处，必须将时钟信号置为高电平。10至30 μs 后或1.25至3.75 μs （EnDat 2.2可用参数调整恢复时间 t_m ）后，数据线返回低电平。然后，时钟信号启动另一次数据发送。

无附加信息的位置值数据包

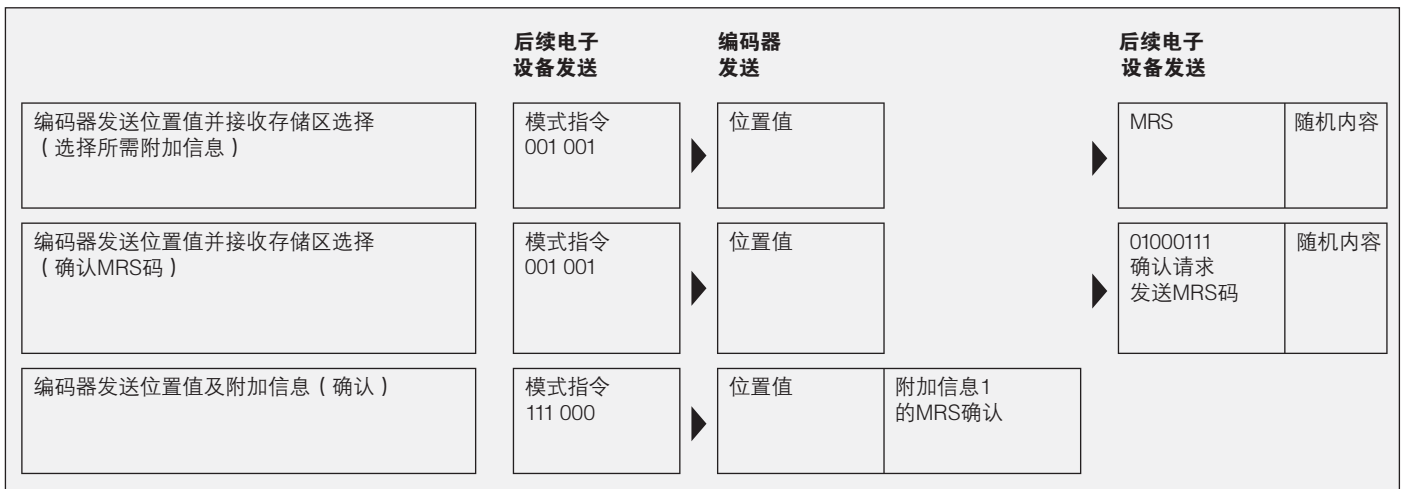


		无延迟补偿	有延迟补偿
时钟频率	f_c	100 kHz ... 2 MHz	100 kHz ... 8 MHz
计算时间 位置值 参数	t_{cal} t_{ac}	EnDat 2.2编码器的典型值: $\leq 5 \mu\text{s}$ 最大 12 ms	
恢复时间	t_m	EnDat 2.1: 110至30 μs EnDat 2.2: 10 至 30 μs 或 1.25 至 3.75 μs ($f_c \geq 1 \text{ MHz}$) (可用参数调整)	
	t_R	最大500 ns	
	t_{ST}	-	2至10 μs
数据延迟时间	t_D	$(0.2 + 0.01 \times \text{电缆长度, 单位为m}) \mu\text{s}$	
脉冲宽度	t_{HI}	0.2 至 10 μs	脉冲宽度变化 由高至低, 最大10%
	t_{LO}	0.2 至 50 ms 至 30 μs (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。一旦发生可能导致不正确位置值的编码器故障的话,它将立即发出出错信息。同时,错误原因保存在编码器上。例如以下错误:

- 光源故障
- 信号幅值不足
- 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

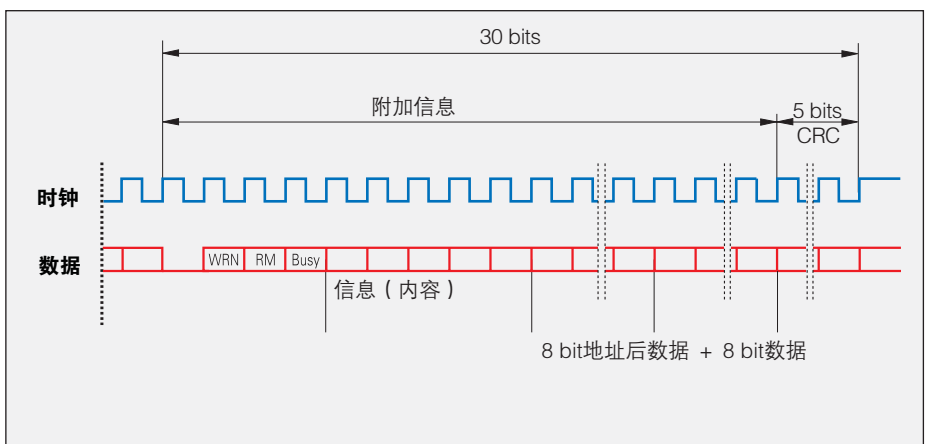
位置值以一个完整数据字形式传输,其长度取决于编码器分辨率。数据发送从最低有效位(LSB)开始(第一个LSB)。

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。

相应编码器所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-报警

这个集合位用于表示编码器的某公差是否已达到或超出，例如转速或光源控制冗余度，不一定代表位置值不正确。警告功能是一项预防功能，以最大限度缩短停机时间。报警的原因保存在编码器内存中。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。对于增量式系统，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。对绝对式编码器，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）。如果正在处理请求（高电平）的话，不能访问编码器内存。

附加信息

附加信息内容由模式指令选择的存储区决定。其内容用每个时钟脉冲进行更新和发送直到有新请求为止。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：第二个绝对位置值。

• **存储参数**

可以随位置值发送编码器中保存的参数。请求发送信号由存储区选择进行定义，然后输出相应地址处的参数。

• **MRS码确认**

请求确认存储区选择

• **测试值**

测试值用于检测，例如维修诊断。

• **温度**

用内置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**

有些增量式编码器可提供电机换向信号的“大致”位置信息。

• **加速度**

如果编码器有检测加速度的附加传感器的话，也可以发送加速度值。

• **限位信号**

限位信号和原位信息。

• **异步位置值**

两个“正常”请求之间重复采样的位置值。

• **工作状态错误源，工作状态报警源**

有关当前出错或报警的详细信息。

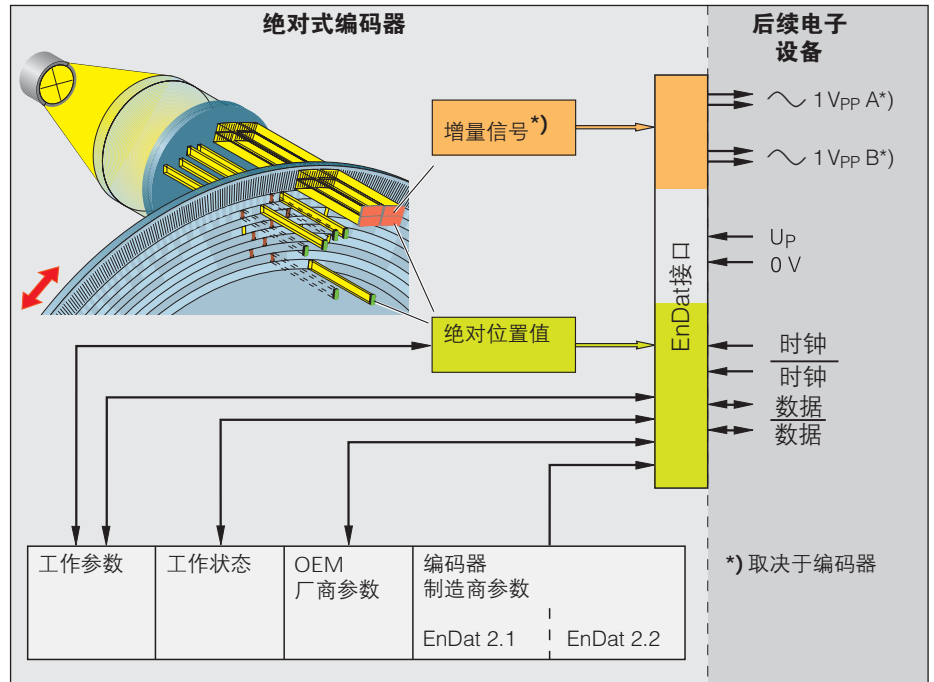
选择附加信息的MRS码

	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
	0	1	0	1	1	0	1	0	工作状态报警源
	（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。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没有OEM数据的话，将导致故障。因此，如果怀疑参数设置不正确的话，必须联系OEM厂家。



EnDat接口绝对式编码器模块图

编码器制造商参数

这个写保护存储区保存与特定编码器有关的全部信息，例如编码器类型（直线光栅尺，角度编码器，单转/多转等），信号周期、每转位置值数，绝对位置值传输格式，旋转方向，最高允许转速和转速与精度关系，是否支持报警和警告信号，零件号和序列号等。这些信息是参数自动配置的基础。

一个独立存储区中保存EnDat 2.2典型参数：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保存自己的信息，例如编码器安装在电机中的话，可以用它保存电机的"电子ID标签"以提供电机型号、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。它可以是写保护的。

工作状态

这个存储区可以为诊断功能提供详细报警或警告信息。还可以激活OEM厂商参数及工作参数存储区的写保护并能查询其状态。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。

HEIDENHAIN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（外部接口盒），1 Vpp信号转为纯串行EnDat 2.2信号

iL 增量直线光栅尺，内置1 Vpp信号转为纯串行EnDat 2.2信号

iR 增量旋转编码器，内置1 Vpp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应用在软件中。

信号处理类别：

• 必须：

为使编码器可用必须提供的参数。

• 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范围的话，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的話，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。

相应编码器所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，HEIDENHAIN推荐读取相应信息和了解其功能（主要是在编码器初始化时）。也可参见编码器的“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	参考信息	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	传输位置值的脉冲数（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	增量输出信号的信号周期或每转信号周期数	nm	-	全部	-	-	E, iL, iR:计算最小显示步距（LSB）或修正负方向运动显示值 全部：EnDat兼容原点平移
16							
17	可分辨转数（只限多转编码器）	-	-	WD	-	-	正确计算位置必须的。
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	EIB不支持

EnDat 2.1编码器制造商参数 (续)

字	内容	适用于		必须	根据应用	参考信息	备注
		直线光栅尺	旋转/角度编码器				
20 21	串行数据传输的测量步距或每转测量步距数	nm	每转测量步距数	全部	-	-	-
22 23	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
24 25 26	ID号	-	-	-	-	全部	安全技术
27 28 29	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)
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	rpm	-	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 ¹⁾	LSB ¹⁾	-	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 ¹⁾	LSB ¹⁾	-	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	预留给测量长度 ²⁾	-	-	-	-	L iL	EIB不支持
39	最长计算时间	-	-	全部	-	-	监测(超时)
40 41 42 43 44 45 46	HEIDENHAIN技术参数	-	-	-	-	-	-
47	校验	-	-	-	-	-	-



¹⁾ 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。

²⁾ 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	参考信息	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"编码器支持什么"
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 ²	1/s ²	-	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	强制加速状态	-	-	-	全部	-	安全技术
8							
9	位置2的测量步距或每转测量步距数	nm	-	-	全部	-	安全技术或EIB, iL, iR
10							
11	精度取决于位置值2的直线运动速度或轴转速, 区I	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	全部	-	安全技术或EIB, iL, iR
12		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	全部	-	安全技术或EIB, iL, iR
13	精度取决于位置值2的直线运动速度或轴转速, 区II	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	全部	-	安全技术或EIB, iL, iR
14		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	全部	-	安全技术或EIB, iL, iR
15	可分辨转数位置值2 (只限多转编码器)	-	-	WD	-	-	正确计算位置值必须的
16	位置值2的旋转方向	-	-	全部	-	-	-
17 to 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	-	EIB不支持
23	最高允许加速度	m/s ²	1/s ²	-	W L D iL iR	-	EIB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	测量步距或每转测量步距数	-	-	全部	-	-	
29	或栅距细分值						
30	连续码值的最高速度或轴速	m/min	rpm	-	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。EIB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	-	-	WD	-	-	正确计算位置值必须的
63	校验	-	-	-	-	-	-



¹⁾ 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

传输参数控制周期数

(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需要时间，时间 t_{ac} 可能达12 ms。

读取编码器参数

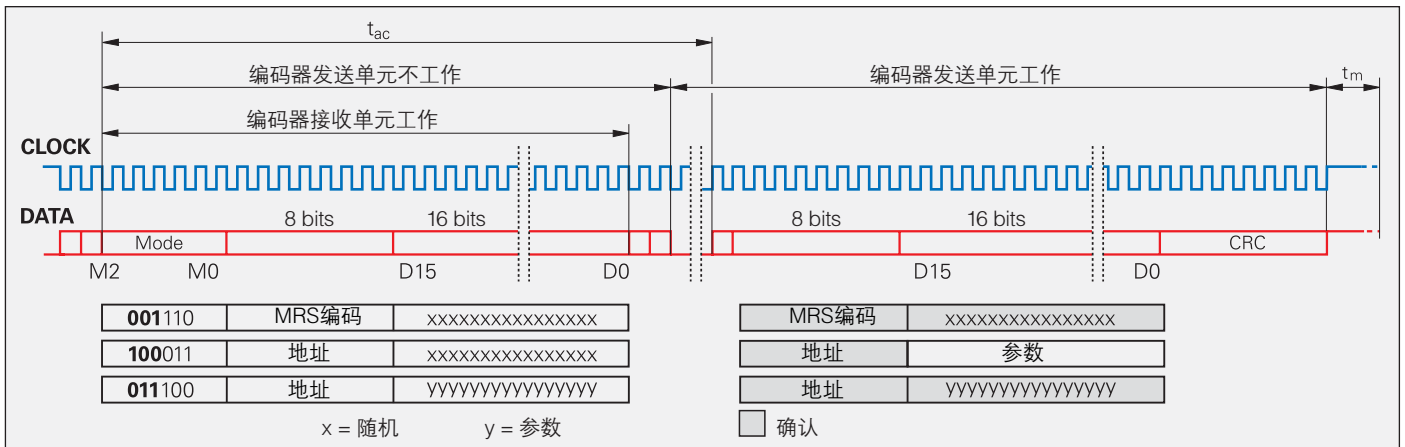
(EnDat 2.1模式指令100011)

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。

写入编码器参数

(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，而且无需附加数据线。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

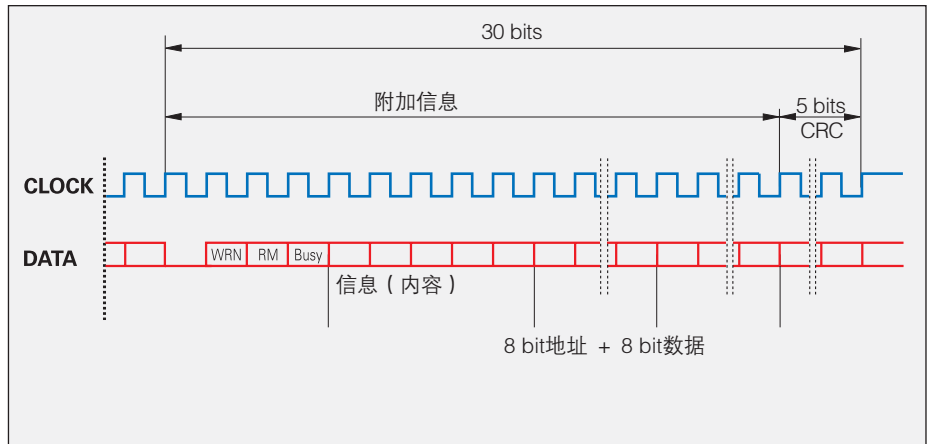
对增量信号编码器，可用EnDat的里萨约图分析信号误差以及这样的误差对编码器功能影响。

纯串行接口编码器不提供增量信号。

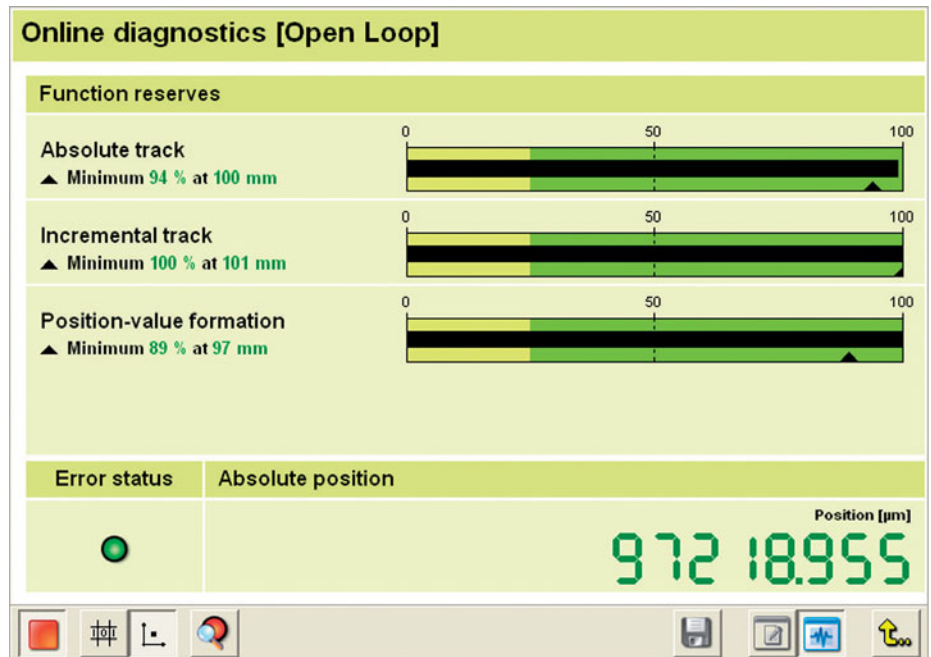
EnDat 2.2接口编码器可以周期性地输出信号处理数，用以评估编码器功能是否正常。信号处理数提供编码器当前状态信息并确定编码器的“功能冗余”。它的比例系数适用于所有HEIDENHAIN编码器。因此可以内置信号处理功能。相应编码器支持的信号处理数保存在EnDat 2.2参数中。

诊断数据的信息组成和查询：

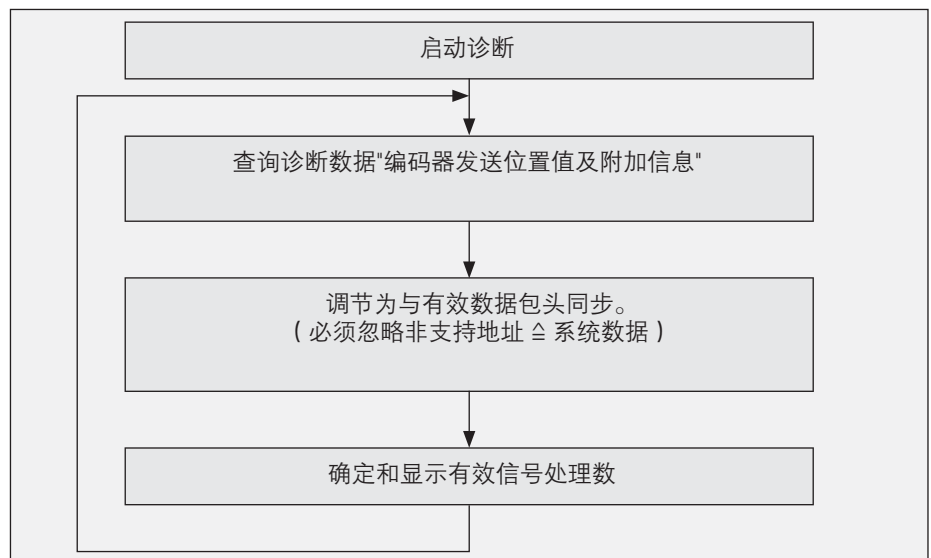
- 所需信号处理数必须被激活。
- 通过附加信息1发送值（8 bit）。
- 周期性地输出值；地址和值。
- 被支持的信号处理数信息保存在EnDat 2.2参数中。
- 诊断信号可在闭环工作模式下发送。
- 显示时应忽略“边界区”（需要定义预留区）。
- 后续电子电路必须忽略“未知地址”（系统地址）。



EnDat 2.2中的信号处理数在附加信息中。



显示屏显示信号处理数为功能冗余（例如用IK 215）



内置查询诊断数据流程图

配置

功能初始化

在工作状态**字3**中，用户可以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恢复时间为 $10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 。恢复时间可改为 $1.25\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 3.75\ \mu\text{s}$ ，但只限EnDat 2.2指令集。

如果时钟脉冲频率不超过1 MHz的话，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”和“EnDat 2.2指令”预留给未来发展用，尚不能激活。

未来，“多转”功能将允许使用备用电池供电的编码器。

信息	交货时状态
恢复时间	$10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 可调为 $1.25\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 3.75\ \mu\text{s}$ ¹⁾
参考脉冲初始化	不可用
重复采样	不可用
EnDat 2.2指令	激活
多转溢出报警	不可用
多转溢出锁定	不可用
多转位置报警	不可用
多转计数器复位	不可用

¹⁾ 只适用于EnDat 2.2指令集中的模式指令8至14

诊断配置

在工作状态**字3**中，用户可定义“编码器发送位置值及附加信息模式”指令的诊断**配置**。

出厂默认值为所有可用信号处理数都有效，通常不需要修改这个设置。这样提供的有关编码器功能冗余的信息最多。

	= 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

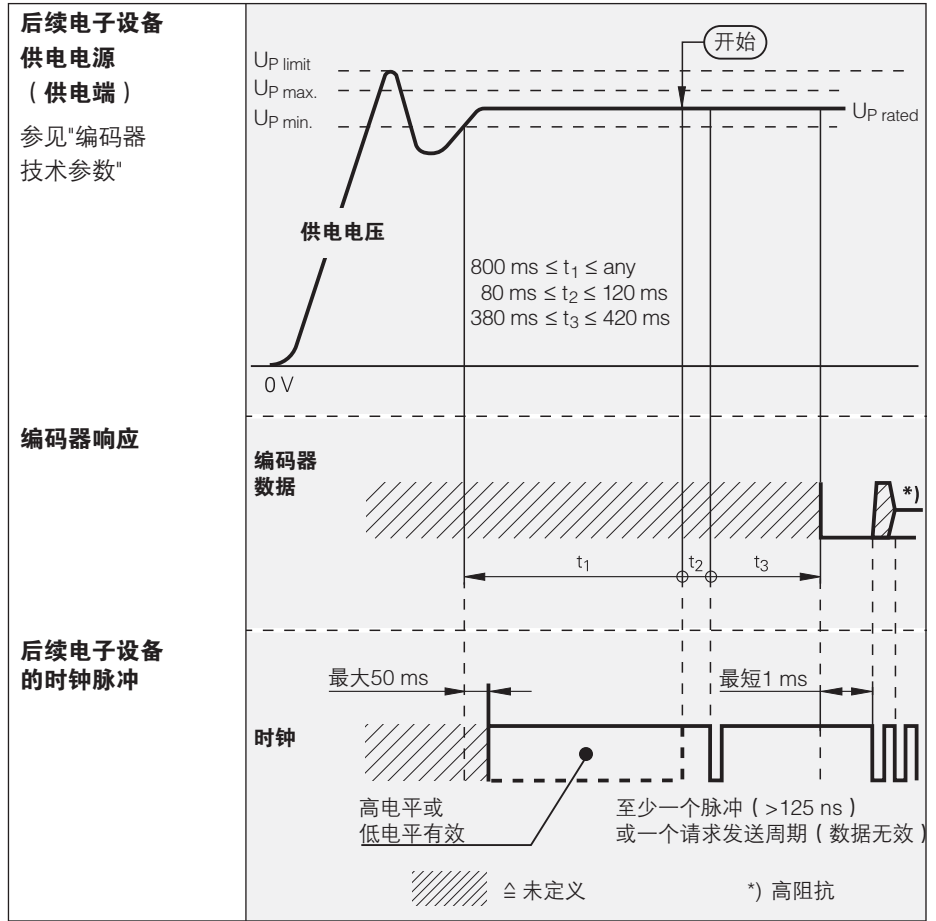
编码器需要使用**直流稳压电源**。（后续电子设备的电源输入端电压必须为4.75至5.25 V。编码器在不需修正信号情况下可处理电缆长度、电缆截面积和电流消耗导致的电压压降后的电压（只限用HEIDENHAIN公司电缆套件）。

直流电压最大允许波动量为：

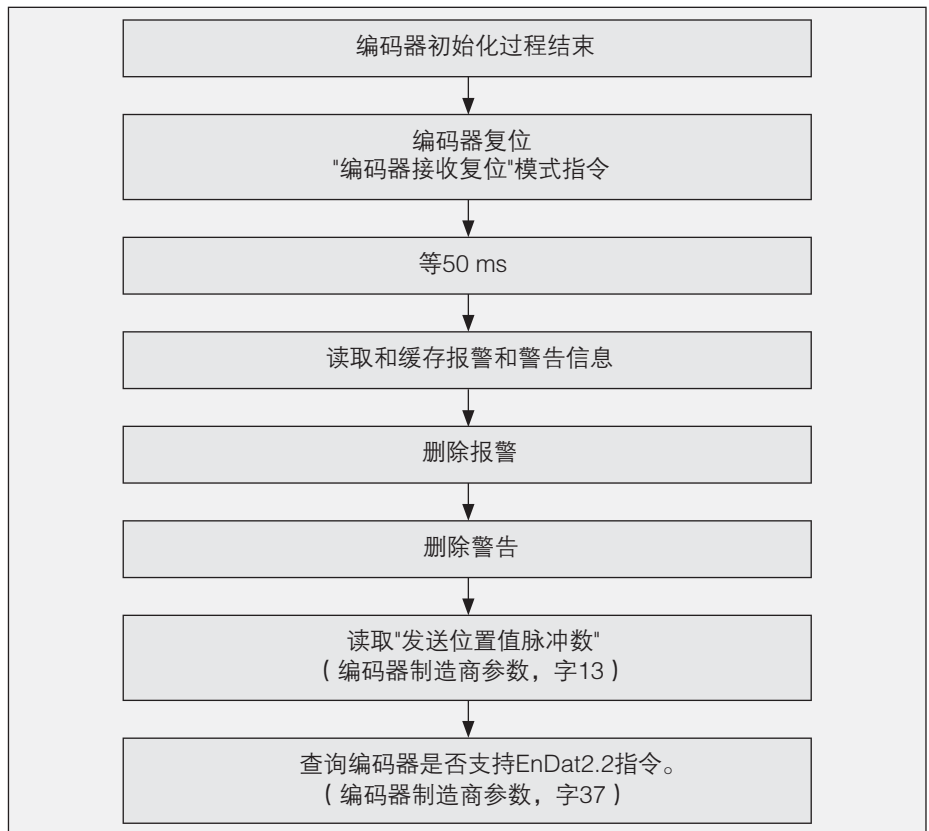
- 高频干扰
 $U_{pp} < 250 \text{ Mv}$, $dU/dt > 5 \text{ V}/\mu\text{s}$
- 低频基波干扰
 $U_{pp} < 100 \text{ mV}$

编码器启动特性

内置电路大约需1 s启动时间，应考虑这个启动过程（参见右侧“后续电子电路脉冲顺序”）。



初始化结束后，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

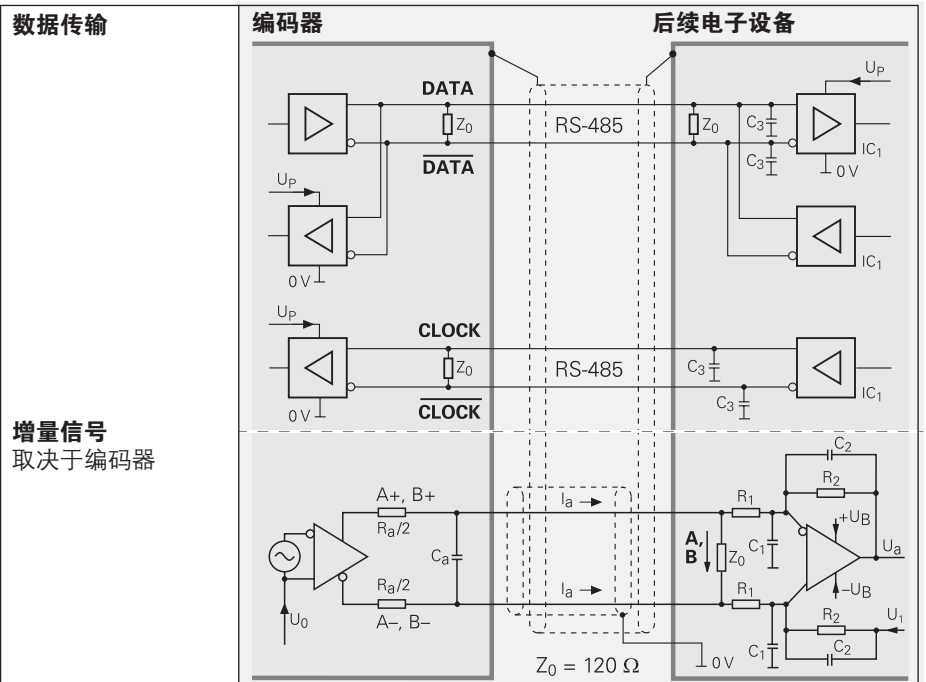
数据（测量值或参数）可以在位置编码器和后续电子设备之间进行双向传输，后续电子设备的收发单元支持RS-485（差分信号），数据传输与后续电子设备生成的时钟脉冲同步。

规格

IC₁ = RS 485差分线路接收器和驱动器

$C_3 = 330 \text{ pF}$

$Z_0 = 120$



安全系统

安全控制功能是EnDat 2.2接口应用于编码器的设计目的之一。它建立在ISO 13 849-1 (原为EN 954-1) 和 IEC 61 508标准基础上。这些标准提供了安全相关系统的评价方法, 例如内部部件或子系统失效的情况。

模块化方法有助于高安全性系统制造商实施其系统, 因为这样它们的系统可以建立在合格的子系统上。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。

在安全驱动系统中, 高安全性的位置测量系统包括编码器, 数据传输线和具有监测功能EnDat 2.2接收器(主单元), 它们构成一个子系统。高安全性控制系统和电源、驱动使“安全驱动系统”形成一个完整系统。位置测量系统通过两个接口接入整个系统。编码器在驱动部件上的机械连接由编码器几何特征决定。在安全控制系统中用EnDat主单元确保电气系统的紧密集成。在控制系统中集成和评估Endat主单元, 必须采取适当措施才能使用安全位置编码器系统。对安全的全套系统, 其它部件也必须获得审计机构认证。

内置在机床反馈环中高安全性的位置测量系统可在系统中按单编码器应用于SIL-2类(符合IEC 61 508) 控制系统。相当于EN 13 849的“d”或原EN 954-1的3类。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:

许在全套系统中使用以下安全功能:

- 安全静止
- 安全停止
- 安全工作停止
- 安全直线运动或旋转运动减速
- 安全限制的步距
- 安全限制的绝对位置
- 安全扭矩/功率范围

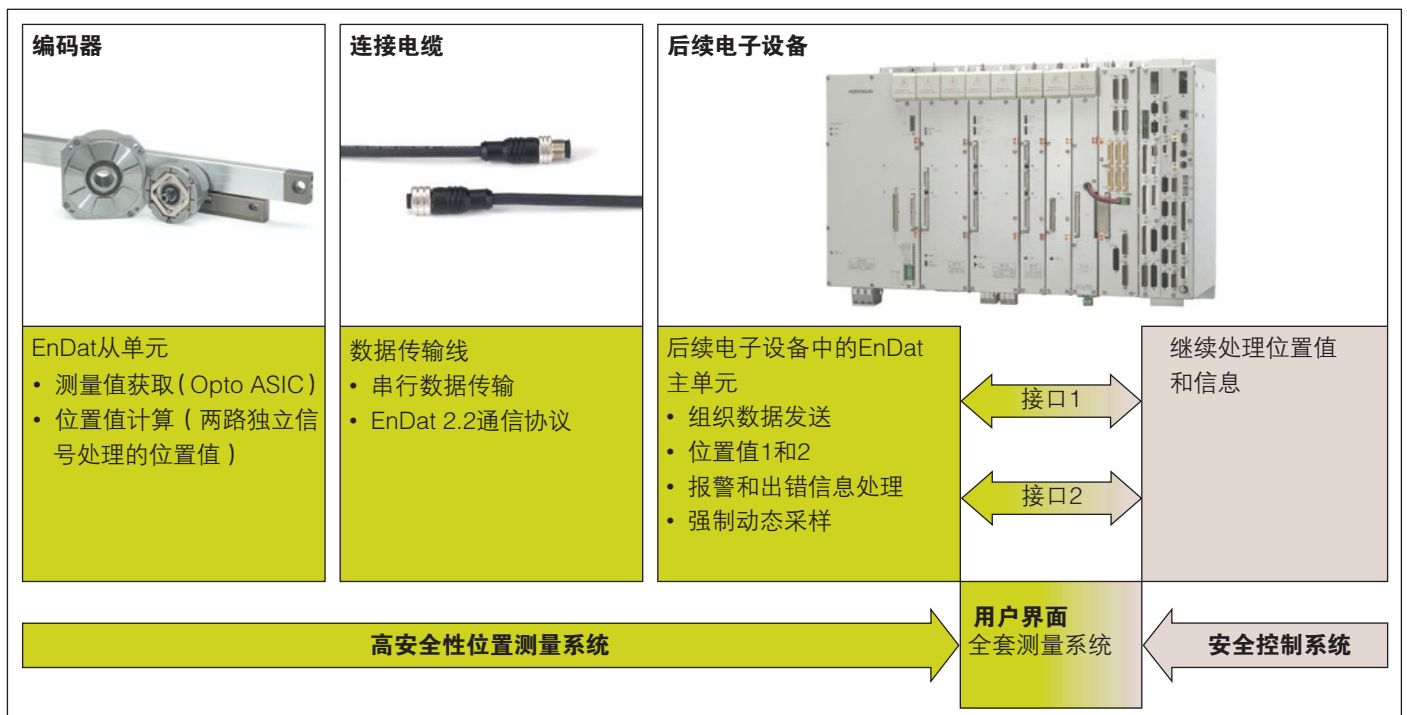
编码器扫描头生成两个相互独立位置值并通过EnDat 2.2协议传给EnDat主单元。EnDat主单元通过两路物理完全独立的接口为安全控制系统提供两路位置值和独立错误位。提供给控制系统的测量数据包中包括集成在控制系统中的EnDat主单元和其它控制任务说明。位置测量系统体系架构符合IEC 61 508有关单通道测试系统要求。测试包括监测和比较。

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处理的位置值，后续电子设备比较这两路信号。
- **两路相互独立出错信息**
两路出错信息相互独立生成，并用不同的有效电平传输。
- **模式指令的反相或重复**
模式指令包括3个Bit，用反相或重复方式进行冗余传输。编码器监测一致性并用出错信息应答进行确认。

- **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），因此可以比较和监测数据传输功能。
- 高安全性控制系统必须支持通过两个接口（接口1和2）与主单元通信。还必须处理其它任务，例如：
- **强制动态采样出错信息**
通过模式指令请求发送测试值，出错信息被反相以便监测其产生。

- **强制在后续电子设备中动态采样CRC监测信号**
必须通过位序是否与已知结果相符确保后续电子设备接收芯片（EnDat主单元）生成CRC信号。
- **启动期间多次发送位置值**
为避免初始化期间发生错误，启动和比较期间必须重复发送位置值。
- **在后续电子设备中监测跟随误差**
通常需要对运动轴进行二次检查，必须在后续电子设备中监测跟随误差。
- **发生错误后恢复安全状态**



除实际编码器外，HEIDENHAIN高安全性位置测量系统还包括数据传输线和后续电子设备中的EnDat主单元。

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 $\pm 5 \mu\text{m}$ $\pm 3 \mu\text{m}$	0.01 μm 0.005 μm
角度编码器	RCN 226 RCN 228 RCN 729/RCN 829	26 bits 28 bits 29 bits
旋转编码器	光学，单转 ROC/ECN 425, ECN 1325, ECN 125 ROC/ECN 10xx/11xx 光学，多转 ROQ/EQN 437, EQN 1337, ROQ/EQN 10xx/11xx 感应，单转 ECI 13xx ECI 11xx 感应，多转 EQI 13xx EQI 11xx	25 bits 24 bits ¹⁾ 37 bits 36 bits ¹⁾ 19 bits 18 bits ¹⁾ 31 bits 30 bits ¹⁾
增量式编码器		分辨率
通过EIB（外部接口盒）输出1 Vpp信号的编码器		内置14 Bit 细分电路

¹⁾计划上市时间：2007

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

☎ 010-80420010

Email: sales@heidenhain.com.cn

www.heidenhain.com.cn

更多信息：

- HEIDENHAIN编码器样本
- 主单元说明（编写中）
- 详细接口技术参数（来函索取）

