



技术信息

EnDat 2.2 – 位置编码器双向数字接口

数字驱动系统和获取位置测量值的位置编码器的反馈控制环要求编码器的**数据传输速度快**和**传输可靠性高**。还必须提供一些附加数据，例如**驱动系统相关参数**，**补偿表**等。为保证系统的高可靠性，编码器还必须具有**错误检测**和**诊断功能**。

海德汉公司的EnDat数据接口是一种面向编码器应用的双向数字接口。它能传输增量式和绝对式编码器的位置值，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，只需四条信号线。数据传输保持与后续电子电路的时钟信号同步。传输的数据类型（位置值、参数或诊断信息等）由后续电子电路发至编码器的模式指令选择。纯串行的EnDat 2.2接口也适用于符合SIL 3要求的高安全性应用系统。



EnDat接口优点

约翰内斯·海德汉博士有限公司开发和生产EnDat接口的直线光栅尺、角度编码器和旋转编码器，品种繁多，满足大量应用要求。海德汉公司产品广泛应用于精密机床和电子元件生产和加工设备。

EnDat接口提供降低系统成本，同时提高技术水平所需的全部可能。丰富的诊断功能、支持高安全性要求并能在编码器内保存工作和设备条件，为先进机器设计提供支持，并确保高质量和高可用性。

降低成本

- 一个接口适用于所有绝对式和增量式编码器
- 用EnDat接收芯片和标准零件的后续电子电路简单
- 由于不需要远程检测，电源系统更简单和更经济
- 接线简单：标准插头（M12，8针），简单的标准屏蔽电缆，降低连线复杂性

- 只需一根HMC 6电缆：“复合电机电缆”包括编码器、电机和制动连接电线
- 由于连接件小，电机和系统尺寸小
- 没有其它传感器和连线的成本：EnDat 2.2发送附加数据（限位开关，温度等）
- 安装时的配置速度快：用编码器内偏移值设置原点平移

质量高

- 通过编码器内的特别优化，系统精度高
- 高轮廓精度，特别适用于CNC数控机床应用：在编码器内生成位置值可以缩短周期时间，且不影响CNC系统的计算时间。

高可用性

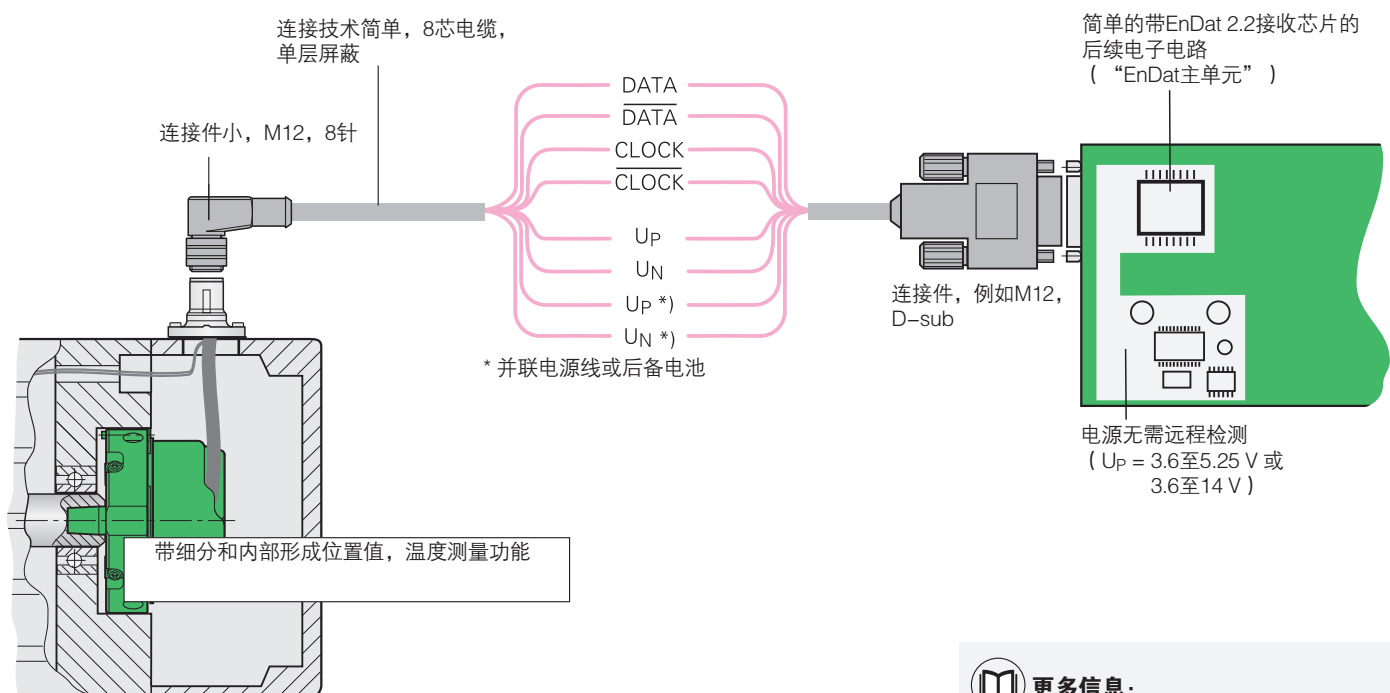
- 自动调试系统轴：所有必要信息均保存在编码器中（电子ID标签）
- 纯数字数据传输，系统可靠性高
- 在后续电子电路中通过监测信息和报警信息诊断编码器
- 通过循环冗余校验功能的数据传输可靠性高

安全系统

- EnDat 2.2设计用于满足SIL 3要求的功能安全的机床应用
- 为检测错误两路独立位置值
- 两路独立出错信息
- 校验和确认功能
- 强制出错信息的动态采样并在后续电子电路中形成CRC值

支持最先进机床设计

- 由于分辨率高、周期时间短和提供换向信息，适用于直接驱动技术
- 每25 μs 完整“读取”和“写入”模式一次的周期采样
- 只需约10 μs 就将位置值提供给后续电子电路
- 在线诊断功能提供机器工作计划能力并为现场服务工程师提供帮助
- 设备和工作状态都可保存在编码器内



更多信息:

有关EnDat实施或其他文档资料的更多信息，请访问 www.endat.de

EnDat 2.2 – 双向接口

EnDat信号接口是一种用于编码器的**双向**数字接口。它传输**位置值**，也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**，只需**四条信号线**。数据传输保持与后续电子电路时钟信号**同步**。传输的数据类型（位置值、参数或诊断信息等）由后续电子电路发至编码器的模式指令选择。有些功能只用于EnDat 2.2模式指令。

历史和兼容性

诞生于90年代中期的EnDat 2.1接口已发展到EnDat 2.2版（推荐用于新应用）。EnDat 2.2的通信、指令集和时间条件兼容2.1版，但有更明显优点。例如，能随位置值一起传送附加数据（例如传感器值、诊断信息等），而且无需单独请求发送。支持更多编码器类型（例如后备电池供电的增量式编码器）。接口协议也得到扩展，时间条件（时钟频率、处理时间、恢复时间）进一步优化。

支持的编码器类型

现在支持以下EnDat 2.2接口的编码器类型（可读取编码器的存储区）：

- 增量式直线光栅尺
- 绝对式直线光栅尺
- 增量式单圈旋转编码器
- 绝对式单圈旋转编码器
- 多圈旋转编码器
- 带后备电池的多圈旋转编码器

有些情况时，不同编码器类型的参数的含义不同（参见EnDat技术参数）或必须处理EnDat的附加数据（例如增量式编码器或后备电池编码器）。

接口	EnDat串行双向
数据传输	位置值，参数和附加数据
数据输入	差分线路接收器，符合EIA的RS 485标准对CLOCK，CLOCK，DATA和DATA信号要求。
数据输出	差分线路驱动器，基于EIA RS 485标准的DATA和DATA信号
位置值	沿箭头方向增加（参见“编码器的配合尺寸”）
增量信号	取决于编码器 $\sim 1 V_{PP}$, TTL, HTL（参见相应增量信号）

订购标识

订购标识定义主要技术参数并提供以下信息：

- 典型供电电压范围
- 指令集
- 是否有增量信号
- 最高时钟频率

订购标识的第二个字符代表接口版本。对于最新接口版本的编码器，订购标识从编码器存储区读取。

增量信号

部分编码器也提供增量信号。通常用于提高位置值分辨率或用于第二个后续电子电路系统。最新接口版本的编码器的内部分辨率高，因此不需要提供增量信号。订购标识提供编码器输出增量信号的信息：

- EnDat 01 带 $1 V_{PP}$ 增量信号
- EnDat H 带HTL增量信号
- EnDat T 带TTL增量信号
- EnDat 21 无增量信号
- EnDat 02 带 $1 V_{PP}$ 增量信号
- EnDat 22 无增量信号

有关EnDat01/02的说明：

信号周期保存在编码器存储器中。

供电电压

编码器的典型供电电压与接口有关：

EnDat01 EnDat21	5 V \pm 0.25 V
EnDat02 EnDat22	3.6 V至5.25 V或14 V
EnDatH	10 V至30 V
EnDatT	4.75 V至30 V

技术参数中的例外情况。

指令集

指令集提供有关可用模式指令信息，它决定编码器与后续电子电路间的信息交换。EnDat 2.2指令集包括全部EnDat 2.1的模式指令。此外，EnDat 2.2还提供更多模式指令，用于选择附加数据，访问存储器，甚至用在闭环控制环中。如果EnDat 2.2指令集的模式指令发给只支持EnDat 2.1指令集的编码器，将导致出错信息。支持的指令集保存在编码器的存储区中：

- EnDat01/21/H/T 指令集2.1或2.2
- EnDat02/22 指令集2.2

时钟频率

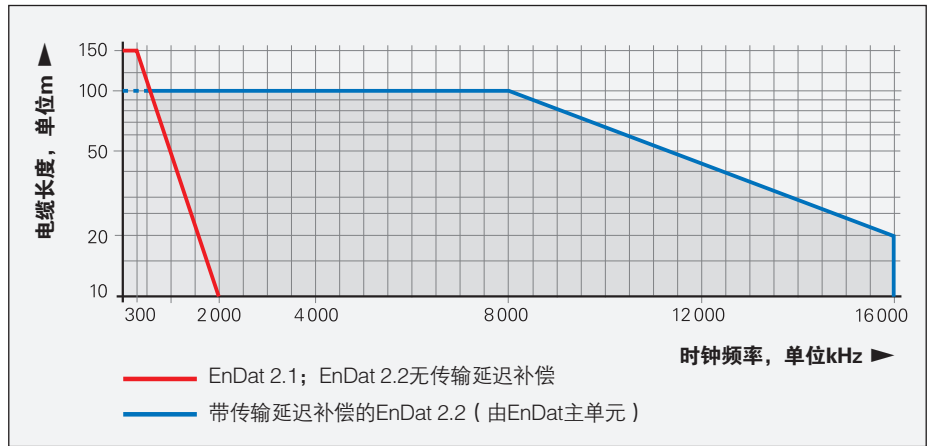
根据电缆长度，时钟频率在100 kHz与2 MHz之间。如果在后续电子电路中对传输延时进行补偿，时钟频率可提高到16 MHz，或最大电缆长度可达100 m。对于EnDat x2订购标识的EnDat编码器，最大时钟频率保存在编码器存储区中。对于所有其它编码器，最大时钟频率为2 MHz。传输延时的补偿只适用于订购标识为EnDat 21和EnDat 22的编码器，对于EnDat 02，参见下面说明。

EnDat01 EnDatT EnDatH	≤ 2 MHz (参见名为“无延迟补偿”的图)
EnDat21	≤ 2 MHz
EnDat02	≤ 2 MHz或 ≤ 8 MHz或16 MHz (参见说明)
EnDat22	≤ 8 MHz或者16 MHz

最高数据传输频率16 MHz及大长度电缆对电缆提出极高技术要求。由于传输技术的原因，直接连接编码器的适配电缆不允许超过20 m。用不超过6 m的适配电缆和加长电缆可达到更大电缆长度。通常，对整个传输路径设计时需基于相应时钟频率。

有关EnDat02的说明

EnDat02编码器带一个可插式电缆组件。选择适配电缆版本时，客户也需要确定编码器是否使用增量信号。这也影响最大允许时钟频率。对于有增量信号的适配电缆，时钟频率限制在最高不超过2 MHz范围内；参见EnDat01。对于无增量信号的适配电缆，时钟频率最高可达16 MHz。具体数据保存在编码器的存储区中。



咨询海德汉公司后，有些应用的最大电缆长度可达300 m。

位置值

位置值的传输可带也可不带附加数据。超过计算时间 t_{cal} 后不传给后续电子电路。计算时间由编码器允许的最高时钟频率确定，但不能超过8 MHz。

只传输要求位数的位置值。位数取决于相应编码器并可从编码器中读取，方便参数的自动设置。

典型操作模式

操作模式EnDat 2.1：该模式适用于提供附加增量信号的编码器。绝对位置信息与增量位置信息同时读取，并都用于计算位置值。否则，基于增量信号形成控制环中的位置值。只能用EnDat 2.1模式指令。

操作模式EnDat 2.2：该模式适用于纯串行编码器。该位置值在每一个控制周期中都是从编码器中读取。EnDat 2.2模式指令主要用于读取位置值。EnDat 2.1模式指令主要用于在开机后读取和写入参数。

EnDat 2.2接口中，除在闭环中请求位置数据外，还能请求其它数据和执行功能（例如，读/写参数，重置出错信息等）。

附加数据

根据数据传输类型（用MRS码选择），随位置值可传输一个或多个附加数据。相应编码器支持的附加数据保存在编码器参数中。

附加数据包括：

状态信息，地址和数据

- WRN – 警告
- RM – 参考点
- Busy – 参数请求

附加数据1

- 诊断
- 位置值2
- 存储参数
- MRS码确认
- 测试值
- 温度
- 附加传感器

附加数据2

- 换向信号
- 加速度
- 限位信号
- 异步位置值
- 工作状态错误源
- 时间戳

存储区

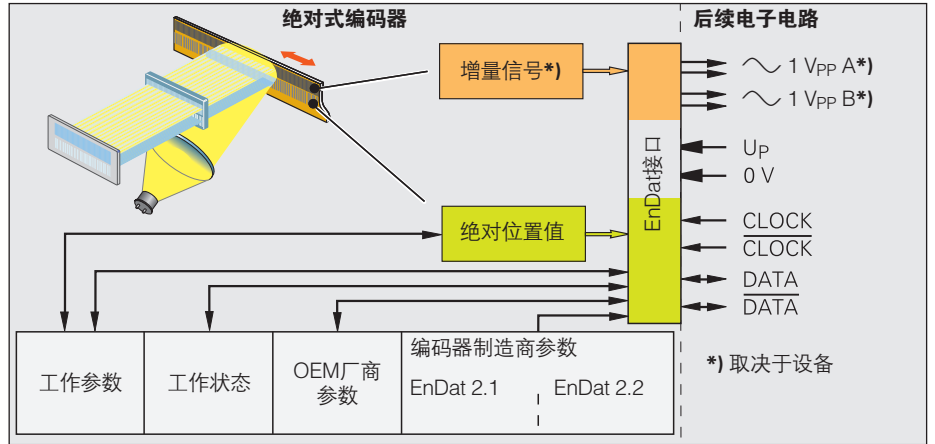
编码器提供多个保存参数的存储区。后续电子电路可以读取存储区中信息，其中有些信息还允许编码器制造商、OEM厂商甚至最终用户写入。参数数据保存在永久存储区中。该存储区只允许有限次地进行写操作，不适用于周期性地保存数据。部分存储区可设置为写保护（只允许由编码器制造商进行重置）。

参数保存在多个存储区中，例如：

- 编码器专有信息
- OEM信息（例如电机的“电子ID标签”）
- 工作参数（原点平移，指令等）
- 工作状态（报警或提示信息）

EnDat接口的**监测和诊断功能**用于详细检查编码器。

- 出错信息
- 警示
- 基于评估数据的在线诊断（EnDat 2.2）
- 安装接口



功能安全特性 — 基本原理

EnDat 2.2完全支持编码器在功能安全中的应用。DIN EN ISO 13 849-1（EN 954-1的后继版），EN 61508和EN 61800-5-2为基础标准。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故障概率。这种模块化方法为功能安全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开始。



更多信息：

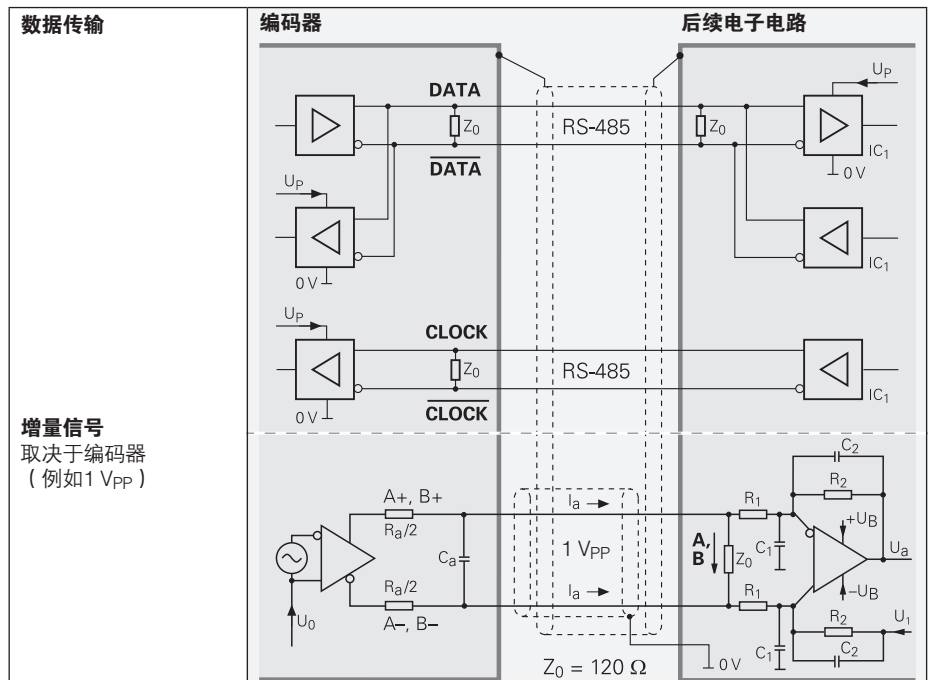
“功能安全特性”，请访问 www.endat.de

后续电子电路的输入电路

规格

IC₁ = RS 485差分线路接收器和驱动器

Z₀ = 120 Ω



更多信息：

问与答：RS-485收发单元，请访问 www.endat.de

数据传输

时钟脉冲 (CLOCK) 由后续电子电路提供，以同步数据传输。无数据传输时，时钟信号为高电平。

时钟频率与电缆长度关系

如果没有传输延时补偿，根据电缆长度，**时钟频率在100 kHz与2 MHz之间**。特别是大长度电缆和高时钟频率，信号传输时间将严重影响信号的确定性，在补偿中进行确定和补偿。后续电子电路的**传输延时补偿**允许电缆长度达100 m，时钟频率**达16 MHz** ($f_{CLK} \leq 8 \text{ MHz}$)。最高时钟频率主要取决于所用电缆和连接件。为确保正常工作，时钟频率超过2 MHz时用海德汉原厂电缆。

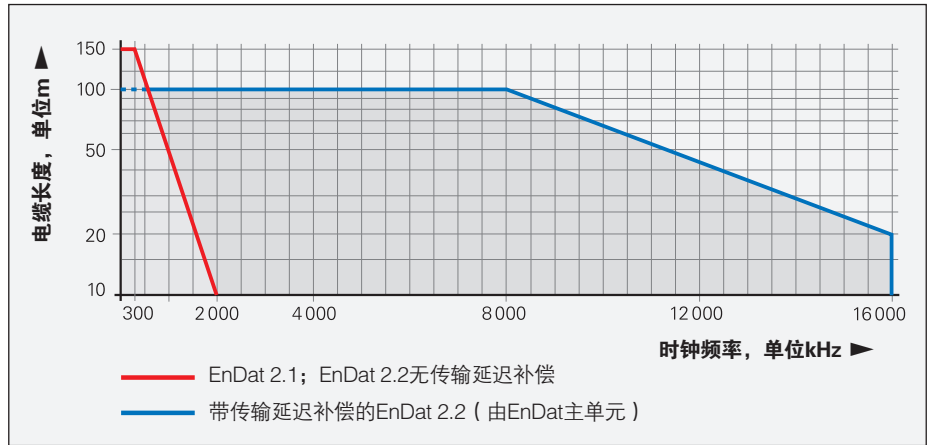
图示中允许的时钟频率适用于**时钟占空比**为1:1的情况。也就是说时钟的高电平与低电平时间相等。

其它时钟占空比时，理论时钟频率计算公式为 $f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$

确定传输时间

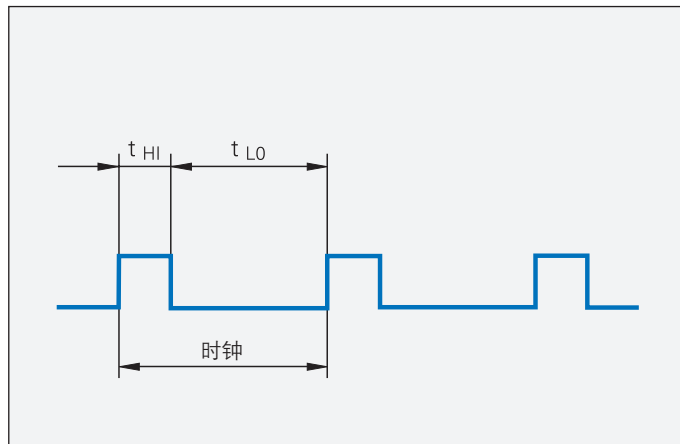
信号传输时间由EnDat主单元确定并作为传输延迟补偿的基础。只要数据传输线硬件有变化，必须确定传输时间—最好每次断电后自动确定。

时钟频率



咨询海德汉公司后，有些应用的最大电缆长度可达300 m。

时钟占空比



选择传输类型

传输的数据分为位置值，带附加数据或参数的位置值。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。为确保可靠数据传输，每个Bit均采用冗余传输（反相或两次）。如果编码器检测到一个错误的模式传输，它将发送一个出错信息。EnDat 2.2接口还能在传输位置值的同时在附加数据中传输参数值。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。

对于EnDat-2.1和EnDat-2.2模式指令，有时编码器的位置值处理时间 t_{cal} 不同（参见*直线光栅尺用于NC数控机床样本中的技术参数*）。如果处理轴控制的增量信号，需选用EnDat2.1模式指令。只有这种方式才能在请求位置值时同步发送当前有效出错信息。EnDat 2.1模式指令不能用于机床轴控制的纯串行位置值传输。

编号		模式指令		模式Bit					
				M2	M1	M0	(M2)	(M1)	(M0)
1	编码器发送位置值	EnDat 2.1指令集 ⁴⁾	EnDat 2.2指令集 ³⁾	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	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	编码器发送带附加数据的位置值			1	1	1	0	0	0
9	编码器发送位置值并接收存储区选择 ¹⁾			0	0	1	0	0	1
10	编码器发送位置值并接收参数 ¹⁾			0	1	1	0	1	1
11	编码器发送位置值并发送参数 ¹⁾			1	0	0	1	0	0
12	编码器发送位置值并接收错误重置 ¹⁾			1	0	1	1	0	1
13	编码器发送位置值和接收测试指令 ¹⁾			1	1	0	1	1	0
14	编码器接收通信指令 ²⁾			0	1	0	0	1	0

- ¹⁾ 也发送被选的附加数据
- ²⁾ 预留给不支持安全系统的编码器
- ³⁾ EnDat 2.2指令集包括EnDat指令集
- ⁴⁾ 这些指令不支持缩短的恢复时间功能

位置值

每一个数据包的传输都与时钟信号保持同步。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，后续电子电路发送**模式指令**：编码器发送位置值（带或不带附加数据）。

成功计算绝对位置值（ t_{cal} - 参见表）后，从**起始位**开始由编码器向后续电子电路发送数据。

后续**错误位**，**错误1和错误2**（只适用于EnDat 2.2指令）是所有监测类功能的信号并用于故障监测。它们相互独立地生成，提供是否存在可导致位置值不正确的编码器故障信息。发生故障的准确原因详细地保存在编码器的“工作状态”存储器中并允许查询。

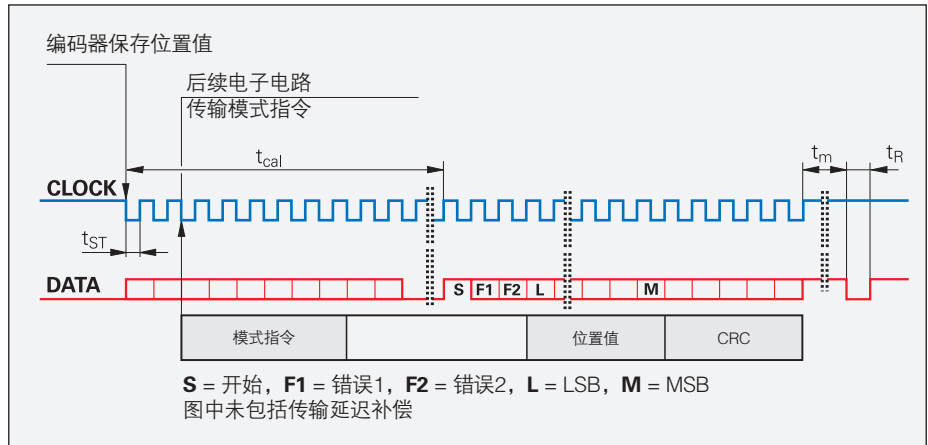
然后编码器从最低有效位（LSB）开始发送**位置值**。其长度取决于所用编码器。发送一个位置值所需的时钟脉冲数保存在编码器制造商的参数中。

位置值的数据发送以**循环冗余校验**（CRC）结束。

在EnDat 2.2中，其后是**附加数据1和2**，每个也都以CRC结束。附加数据的内容由所选的存储区决定，并在附加数据的下个采样周期中发送。然后该信息与每个采样信息一起发送直到所选的新存储区内容发生改变为止。

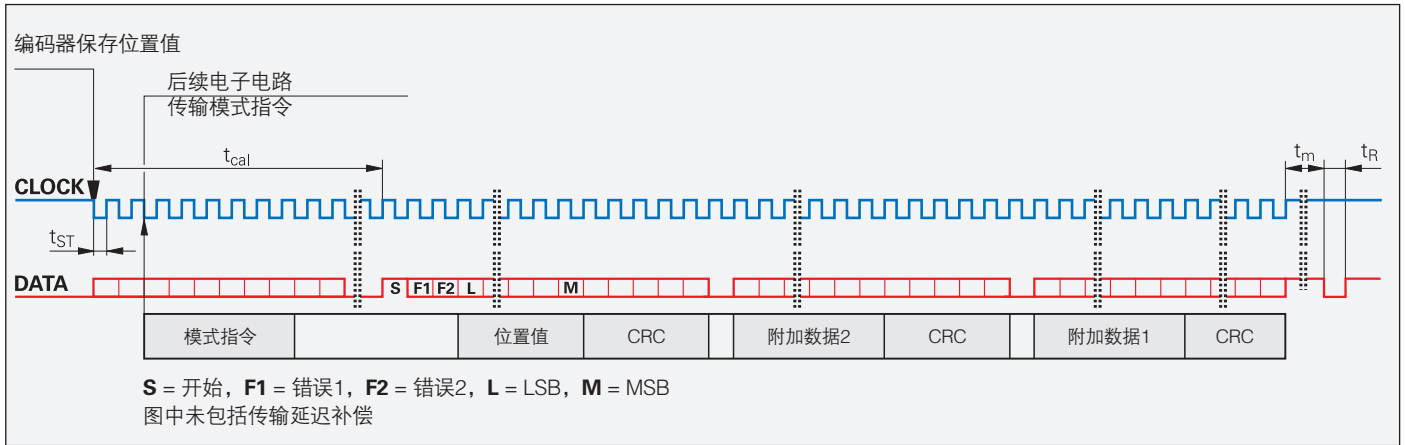
在数据字结尾处，时钟信号必须设置在高电平。经过10至30 μs 后或1.25至3.75 μs （对EnDat 2.2，可定义的恢复时间 t_m ）后，数据线返回低电平。然后，新数据发送用时钟启动信号激活。

无附加数据的位置值数据包



		无延迟补偿	有延迟补偿
时钟频率	f_c	100 kHz至2 MHz	100 kHz至16 MHz
计算时间 位置值 参数	t_{cal} t_{ac}	EnDat 2.2编码器的典型值： $\leq 5 \mu\text{s}$ 最长12 ms	
恢复时间	t_m	EnDat 2.1: 10至30 μs EnDat 2.2: 10至30 μs 或1.25至3.75 μs ($f_c \geq 1 \text{ MHz}$) (可参数化)	
	t_R	最大500 ns	
	t_{ST}	-	2 μs 至10 μs
数据延迟时间	t_D	(0.2 + 0.01 x 电缆长度, 单位m) μs	
脉冲宽度	t_{HI}	0.2 μs 至10 μs	高电平转为低电平的 脉冲宽度最大变化10 %
	t_{LO}	0.2 ms 至50 ms 至30 μs (带LC 1x3/4x3)	

带位置值和附加数据1和2的数据包



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。如果一个编码器故障可能导致位置值不正确，立即生成出错信息。同时，在编码器中保存出错原因。

错误有：

- 光源故障
- 信号幅值太小
- 位置值不正确
- 供电电压太高或太低
- 电流消耗太大

为了安全，需要生成第二个独立于获取的出错信息。并用反相方式发送这个出错信息2。两个出错信息必须相互独立地处理。

位置值

位置值用一个完整数据字发送，其长度取决于编码器分辨率。从最低有效位LSB（第一个LSB）开始发送。

位置值的构成与编码器型号有关（参见EnDat技术参数）。对此，绝对式编码器发送绝对位置值，而增量式编码器发送相对位置值（参见下页中的“位置值2”）。

附加数据

EnDat 2.2接口的编码器可发送最多带两个附加数据的位置值。用唯一数字编号的十六项可用内容分配给每一个附加数据1和2。这些数字用于选择附加数据和发送确认信息

（参见下页）。编码器支持的附加数据保存在编码器存储器中。

“编码器发送位置值和接收存储区选择”的模式指令选择需发送的信息，也允许在闭环中使用。选择附加数据后，用下个模式指令发送（仅限数字8至13）。随每一个位置值发送附加数据直到通过发送特殊MRS码取消所选的附加数据或直到选择其他附加数据。编码器加电时，在开始时无任何选择的附加数据。

举例

附加数据1：
滚动发送温度1（Temp1：MRS码0x4C）及
温度2（Temp2：MRS码0x4D）

附加数据1：发送工作状态出错源（BZFQ：MRS码0x59）

模式指令9（001001）：“编码器发送位置值并接收存储区选择”

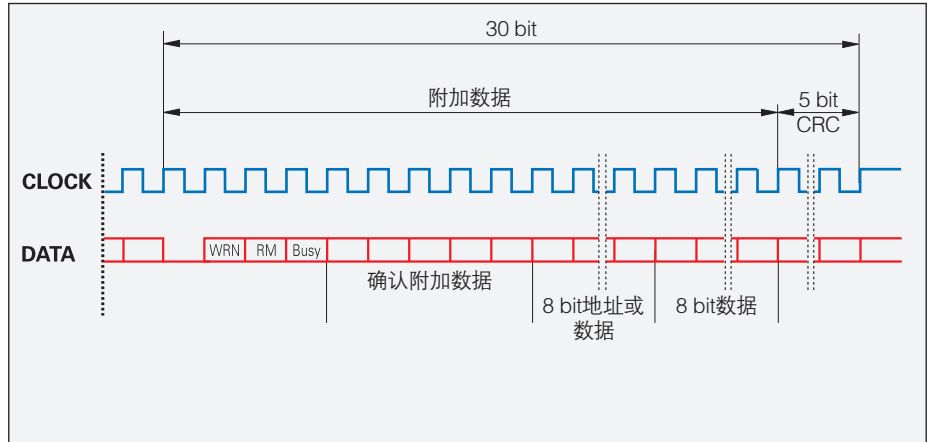
后续电子电路 → 编码器	编码器 → 后续电子电路
模式指令9 + MRS码0x59	位置
模式指令9 + MRS码0x4C	位置 + BZFQ
模式指令9 + MRS码0x4D	位置 + BZFQ + Temp1
模式指令9 + MRS码0x4C	位置 + BZFQ + Temp2
模式指令9 + MRS码0x4D	位置 + BZFQ + Temp1
等等	

附加数据

根据数据传输类型（用MRS码选择），随位置值可传输一个或多个附加数据。每一项附加数据的字长为30 bit，第一位为低电平。每一个附加数据以CRC结束，CRC由不包括第一位或CRC的相应附加数据组成。

相应编码器支持的附加数据保存在编码器参数中。

附加数据包括状态信息、地址和数据：



状态数据

WRN - 警告

这个集合位用于表示编码器的一定公差限值已达到或已超出，例如转速或光源控制余量，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。报警原因保存在编码器内存中。相应编码器支持的出错信息和报警信息保存在“编码器制造商参数”存储区中。

RM - 参考点

RM位用于表示是否执行完参考点回零。对增量式系统，必须执行参考点回零才能建立相对机床坐标系的绝对原点位置。然后才能从附加数据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，忙位用于表示允许请求参数（读取/写入）。如果正在处理一项请求（高电平），编码器存储器无法被访问。

附加数据内容

附加数据内容由存储区选择的模式指令定义。该内容用每个时钟脉冲更新，在有新请求前一直保持发送。每一个附加数据都被分配一个唯一编号。这是一个5位长的数据，发送该数据用于检测。其内容可以是：

附加数据1

• 诊断

有关编码器功能和附加诊断值的周期性信息，例如安装信息

• 位置值2

增量式编码器：相对位置信息（开机启动时从零开始计算）。只有执行了参考点回零后，才能提供绝对位置值（RM位为高电平）。

绝对式编码器：功能安全应用的第二绝对位置值。

• 存储器参数

编码器中保存的参数也能随位置值一起发送。这个请求通过存储区选择定义，然后输出相应地址的参数。

• MRS码 - 确认

对请求的存储区选择进行确认

• 测试值

测试值用于检测用途，例如维修诊断。

• 温度

发送带内部或外部温度传感器信号处理功能的编码器中温度信号。

• 附加传感器

EnDat 2.2协议允许再连接另外16个附加传感器（4 bit地址）。传感器数据在一个滚动请求过程（x+1）中输出；指定的传感器基于所提供的地址标识。

附加数据2

• 通信

有些增量式编码器提供电机换向的“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，也发送其结果。

• 限位信号

限位信号及回零信息。

• 异步位置值

两个“正常”请求之间重复采样的位置值。

• 工作状态出错源

有关当前出错信息的详细信息。

• 时间戳

为测头预留。

参数 存储区

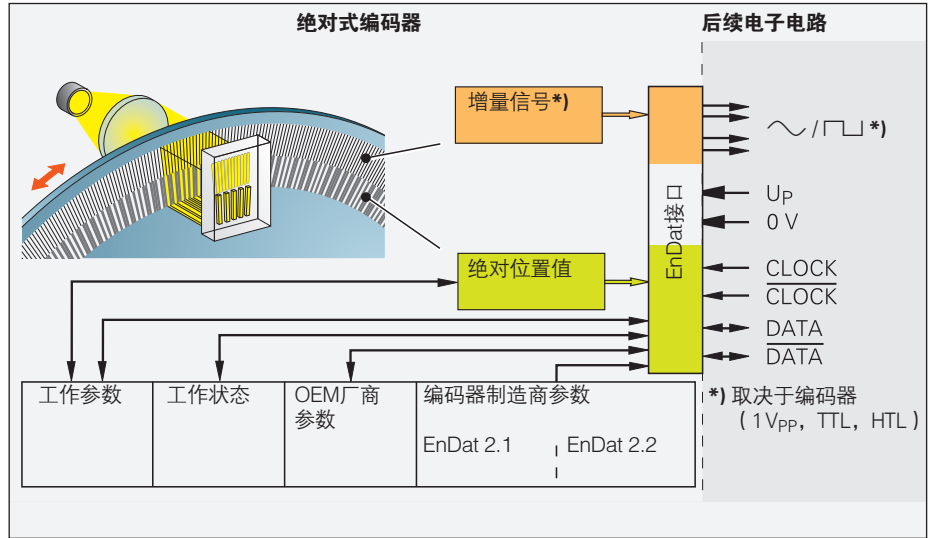
编码器提供多个保存参数的存储区。后续电子电路可以读取存储区中信息，其中有些信息还允许编码器制造商、OEM厂商甚至最终用户写入。也有些存储区是只读的。

大多数情况下，参数由OEM厂家设置，主要用于定义编码器功能和EnDat接口。因此更换编码器时，必须确保参数设置正确无误。如果机床配置时没有设置OEM数据，将导致故障。如果怀疑参数设置不正确，必须联系OEM厂家。

地址分配

发送参数前（读取或写入），必须选择相应存储区。因此需要为相应存储区指定一个或多个“MRS码”（MRS Δ 存储区选择）。

选择存储区后，还需要数据字地址才能读取或写入信息。读取或写入的访问时间 t_{ac} 最长12 ms。MRS码的选择和数据的读取及写入对EnDat 2.1或EnDat 2.2模式指令都适用。



EnDat 2.2接口绝对式编码器框图

编码器制造商参数

这个写保护的存储区包括所有**有关编码器的数据**，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，与轴速有关的精度，出错信息和报警信息的支持，零件号和序列号。这些信息构成参数**自动配置**的基础。

通常在一个单独存储区中保存EnDat 2.2的参数，例如附加数据，温度，加速度，诊断和出错信息的支持。

OEM厂商参数

在这个可自定义的存储区，OEM厂商可保存自己信息，例如电机内编码器的电机“电子ID标签”，提供电机物流、机械和电子系统信息。OEM区的存储空间大小与编码器有关。还能添加服务信息及工作数据。可用于：

- 驱动系统的唯一标识和配置
- 避免易于出错的手动参数输入
- 缩短调试时间
- 由服务工程师提供现场支持

工作参数

这个存储区为客户提供**原点平移**，诊断配置功能和指令。而且，可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，测头状态）预留给未来应用。

对于**温度传感器**（例如KTY 84、PT 1000等）的型号信息，后续电子电路自动调整电机温度传感器并正确计算补偿值。

工作参数区是写保护区。

工作状态

这个存储区为诊断提供详细的出错信息或报警信息。还可以启动部分编码器功能，激活OEM厂商参数及工作参数存储区的写保护并查询其状态。一旦**写保护**被激活，将无法解除写保护。

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。用编码器类型区分（EnDat 2.1参数的数据字14）。

编码器类型：

- L** 直线光栅尺
- ST** 单圈旋转编码器或角度编码器
- MT** 多圈编码器
- iL** 增量式直线光栅尺带外部（EIB）或内部将1 V_{PP}信号转成纯串行EnDat 2.2信号功能
- iR** 增量式旋转编码器带外部（EIB）或内部将1 V_{PP}信号转换成纯串行EnDat 2.2信号的功能
- T** 测头

参数含意又分为以下几类信号处理类别。基于这些类别，用户可明确确定参数的使用和集成在应用软件中。

信号处理类别：

- **必须：**
编码器工作必须使用的参数。
- **与应用有关：**
根据客户应用决定是否需考虑这些参数。例如，如果不用OEM存储区，将忽略有关OEM参数存储区分配的参数。
- **参考信息：**
这些参数非编码器工作所必须，但为用户提供附加数据，例如型号。
- **无关：**
如果无任何编码器类型被定义为三种其他信号处理类别之一，表示该参数非编码器工作所需且可被忽略。

编码器制造商参数中的EnDat 2.2附加数据部分取决于相应编码器。

相应编码器支持的附加数据，附加功能，诊断值和技术参数都保存在这些存储区指定的状态数据字中。查询附加数据前，海德汉建议查看支持的信息及功能（主要是编码器每次初始化时）。也可查看编码器的技术参数。

EnDat 2.1接口编码器制造商参数

字	目录	适用单位		必选	与应用有关	仅供参考	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参数的存储分配	-	-	全部	-	-	根据编码器可灵活编程。内存指针指向第一可用地址
10							
11	补偿值的存储分配	-	-	-	-	-	预留给编码器制造商
12							
13	发送位置值的时钟脉冲数（传输格式）	-	-	全部	-	-	为位置值发送设置正确时钟数
14	编码器类型	-	-	全部	-	-	定义参数单位
15	增量输出信号的每圈信号周期数	nm	-	全部 ¹⁾	-	-	iL, iR: 计算最小显示步距（LSB）或正确的负运动方向显示值 全部: 兼容EnDat的原点平移
16							
17	可分辨圈数（仅限于多圈旋转编码器）	-	-	MT	-	-	正确计算位置值所需
18	参考点的（名义）增量值	mm	信号周期数	-	-	iL iR	-
19	第一参考点位置	mm	-	-	-	iL	-

¹⁾ 测头除外

EnDat 2.1接口编码器制造商参数 (续前)

字	目录	适用单位		必选	与应用有关	仅供参考	备注
		直线光栅尺	旋转/角度编码器				
20	串行传输的测量步距或测量步距/圈	nm	每圈测量步距数	全部 ¹⁾	-	-	-
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	-	-	原点平移时, 用户必须考虑
23							
24	ID号	-	-	-	-	全部	安全技术
25							
26							
27	序列号	-	-	-	全部	-	可检测编码器改变 (可能影响功能安全的应用)
28							
29							
30	旋转或运动方向	-	-	全部 ¹⁾	-	-	-
31	调试诊断状态	-	-	-	-	-	1999年后停止支持
32	最高机械允许直线速度或轴速	m/min	min ⁻¹	-	全部 ¹⁾	-	交叉检查绝对位置↔增量位置所需
33	与直线运动速度或轴转速有关的精度, I区	LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	ST MT L	-	带iL iR的编码器不能比较绝对位置与增量位置信息, 因为这些编码器只有增量信息
34	与直线运动速度或轴转速有关的精度, II区	LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	ST MT L	-	
35	出错信息1的支持	-	-	全部	-	-	定义“错误掩码”(安全功能)
36	报警的支持	-	-	-	-	全部	用于预防性维护
37	EnDat指令集	-	-	全部	-	-	有关是否支持EnDat 2.2模式指令的信息
38	预留给测量长度 ³⁾	-	-	-	-	L iL	-
39	最长处理时间	-	-	全部	-	-	监测(超时)
40	EnDat订购标识	-	-	-	全部	-	区分带/不带增量信号
41	海德汉技术参数	-	-	-	-	-	-
42							
43							
44							
45							
46							
47	校验	-	-	-	-	-	-

1) 测头除外

2) 高字节包括除数, 相对于保持该精度有效的最高允许直线速度或轴旋转速度。

3) 部分直线光栅尺型号不支持; 预设值为默认值0。

EnDat 2.2接口编码器制造商参数

字	目录	适用单位		必选	与应用有关	仅供参考	说明
		直线光栅尺	旋转/角度编码器				
0	附加数据1状态	-	-	-	全部	-	可为安全方面。交叉检查“哪些是所需”和“哪些是编码器支持的”
1	附加数据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 ¹⁾	-	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	支持出错信息2	-	-	全部 ¹⁾	-	-	定义“错误掩码”：(安全功能)
7	动态状态	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
8							
9	位置值2的测量步距或每圈测量步距数	nm	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
10							
11	位置值2的精度取决于直线运动速度或轴转速, I区	LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
12		LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
13	位置值2的精度取决于直线运动速度或轴转速, II区	LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
14		LSB ²⁾	LSB ²⁾	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
15	位置值2的可分辨圈数(仅限多圈编码器)	-	-	MT	-	-	正确计算位置值所需
16	位置值2的旋转方向	-	-	全部 ¹⁾	-	-	iL, iR安全技术
17-20	编码器型号	-	-	-	-	全部	-
21	说明的支持	-	-	-	-	-	尚未支持 不适用于安全技术
22	测量点处的编码器最高允许温度	K	K	-	全部 ¹⁾	-	-
23	最高允许加速度	m/s ²	1/s ²	-	全部 ¹⁾	-	-
24	存储区2的块数	-	-	全部	-	-	根据编码器; 可灵活编程。
25	最高时钟频率	kHz	kHz	全部	-	-	取决于接头, 电缆和电缆长度
26	位置比较的Bit数	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
27	分辨率缩放系数	-	-	全部 ¹⁾	-	-	计算最小显示步距(LSB)
28	测量步距, 或每圈测量步距数或	-	-	全部 ¹⁾	-	-	
29	栅距的细分值	-	-	全部 ¹⁾	-	-	
30	不变代码值的最高速度或旋转速度	m/min	min ⁻¹	-	全部 ¹⁾	-	与应用有关。适用于机械允许转速高于电气允许转速的编码器。(EIB不支持。)
31-33	位置值和位置值2间偏差	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
34	“可分辨圈数”及缩放系数	-	-	MT	-	-	正确计算位置值所需
35	支持工作状态错误源	-	-	-	全部	-	扩展的EnDat出错信息, 特别是后备电池供电的编码器
36-38	功能安全的测量步距	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
39-40	非功能安全的相对位置值细分	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
41-42	非功能安全的绝对位置值细分	-	-	-	全部 ¹⁾	-	安全技术
43	通过限位信号生成报警信息	-	-	-	L iL	-	现在只适用于部分增量式敞开直线光栅尺
44	支持测头	-	-	T	-	-	支持的功能
45	尺寸单位的时间戳	-	-	T	-	-	-
46	增量式编码器参考点回零	-	-	-	iL, Ir	-	支持参考点回零吗?
47	支持I/O	-	-	-	全部 ¹⁾	-	支持I/O和支持哪些?
48	-	-	-	-	-	-	预留
49							
50	支持温度传感器型号	-	-	全部 ¹⁾	ST MT L	-	编码器内使用何种温度传感器类型?

1) 测头除外

2) 高字节包括除数, 相对于保持该精度有效的最高允许直线速度或轴旋转速度。

参数的传输

基础知识

由于将数据保存在EEPROM中消耗最大访问时间 t_{ac} ，最大达12 ms，因此在每一种应用中必须决定控制环是否必须用闭环读取或写入参数。EnDat 2.1模式指令的设计为访问参数时为开环。EnDat 2.2模式指令的设计用闭环控制模式工作。

选择MRS码

传输参数数据字前，必须设置MRS码。EnDat 2.1参数区通过相应EnDat 2.1或EnDat 2.2模式指令选择。对于EnDat 2.2参数区，需要用相应EnDat 2.2模式指令。

参数传输的EnDat 2.1模式指令

所有模式指令的结构相同且都用模式指令的编号和数据内容区分。在相应模式指令内，数据从后续电子电路发送给编码器，在访问时间 t_{ac} 后，数据以确认的方式从编码器发送给后续电子电路。如果从存储区读取或写入多个值（参数），MRS只能选择一次。

模式指令	通信： 后续电子电路 → 编码器			通信： 编码器 → 后续电子电路	
	模式Bit	MRS码或地址	参数	MRS码或地址的确认	参数确认
存储区的选择 ¹⁾	“001 110”	MRS码	任何	MRS码	任何
编码器接收参数	“011 100”	地址	参数	地址	参数
编码器发送参数	“100 011”	地址	任何	地址	参数

¹⁾ 为选择“EnDat 2.2编码器制造商参数”中的MRS码，需要相应的EnDat 2.2模式指令

参数传输的EnDat 2.2模式指令

EnDat 2.2模式指令允许在闭环控制中读取和写入。对EEPROM访问时间 t_{ac} 的同步通过随每一个EnDat附加数据传输的“忙bit”实现。首先，位置值和（如已选）附加数据随每一个模式指令发送使通信可在闭环控制中进行。随后“补充传输”也能向编码器发送MRS码、地址和参数。附加数据和补充传输提供以下信息：

- 附加数据：
读取参数的数据内容并确认
 - 补充发送：
MRS码，地址和参数
- 图示EnDat 2.2模式指令的读取访问：

顺序	接口的数据通信（双向）
选择存储区	位置值 + 选择MRS码
确认MRS码	位置值 + 确认MRS码（选择附加数据和读取）
读取地址传输	位置值 + 选择需读取的地址
忙bit = “0” 的周期请求； (max. t_{ac} = 12 ms)	位置值 + 任何附加数据
读取LSB数据并确认	位置值 + 附加数据“确认LSB”寻址和读取数据内容 + 确认读取地址
读取MSB数据并确认	位置值 + 附加数据“确认MSB”寻址和读取数据内容 + 确认读取地址

诊断

EnDat接口提供大量编码器监测和诊断功能，而且无需增加连线。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重要必备条件。

在线诊断功能越来越重要。其决定性因素有：

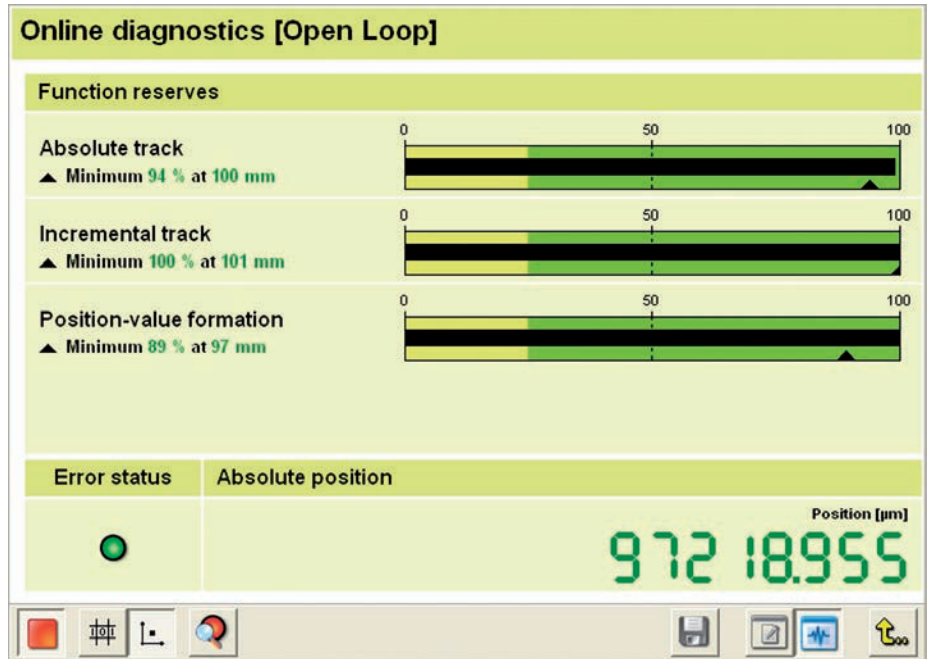
- 机床使用计划
- 帮助现场检修工程师
- 简化评估编码器预留功能
- 简化维修中的故障排除工作
- 生成重要的质量统计数据

对增量信号编码器，可用李萨如图分析信号误差以及这样的误差对编码器功能的影响。

纯串行接口的编码器不提供增量信号。在EnDat 2.2编码器上，可以周期性地读取编码器的**有效数据**信息，以评估编码器的工作情况。有效数据代表编码器当前状态并用于确定编码器的“预留功能”。其比例系数适用于所有海德汉编码器。因此可以内置信号处理功能。相应编码器支持的有效数据保存在EnDat 2.2参数中。

传输的诊断数据的组成和查询：

- 所需评估数据必须被激活
- 通过附加数据1发送的数据（8 bit）。
- 周期地输出数据；地址和数据。
- 用作有效数据的信息允许保存在EnDat 2.2参数中。
- 诊断信息可在闭环模式下发送。
- 在显示中应忽略“边界区”（需要定义预留区）。



显示器显示预留功能的评估数据（例如用ATS软件）

除在线诊断外，部分感应式旋转编码器通过诊断接口提供一些安装方面的特殊信息，例如安装尺寸。输出安装信息必须由OEM公司激活，也必须在安装完成后将其关闭。更多信息，参见EnDat应用说明

工作数据

除在线诊断外，应用中的工作数据信息可保存在存储区“OEM的参数”内。更多信息，参见“OEM的参数”部分。

配置

EnDat接口允许设置多种功能，例如数据传输或编码器的一般操作。设置功能的不同EnDat数据字位于“工作状态”或“工作参数”存储区。设置值通常都被保存并只需设置一次。

工作状态

功能初始化

恢复时间：

- $10\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 30\ \mu\text{s}$ 可选
 $1.25\ \mu\text{s} \leq t_m \leq 3,75\ \mu\text{s}$ (模式指令数字8至14和 $f_{\text{CLK}} > 1\ \text{MHz}$)
- 如果需要非常短的周期时间，设置较短的恢复时间。

多圈功能：

- 允许连接后备电池供电的圈数计数器的编码器。

参考脉冲初始化：

- 仅限需确定最佳参考点位置功能增量式编码器

为日后应用预留以下功能，因此尚不可设置：

- 重复采样，诊断复位
- EnDat 2.2周期工作的I/O，测头状态，增量式编码器参考点回零可被关闭

写保护

客户可单独设置各OEM参数的写保护（“电子ID标签”）及/或工作参数（例如原点平移）。

工作参数

原点平移

这个功能就是“电子原点设置”，使用户可以将编码器原点设置在应用环境中的原点位置。

诊断的配置

该EnDat数据字激活所需评估数据用于传送诊断信息。

建议：所有可用的评估数据都需都被激活，确保编码器预留功能有最多的信息。

地址分配和指令

预留给未来通过EnDat接口的总线操作。

温度的阈值灵敏度

达到温度阈值技术参数时编码器向后续电子电路发出报警信息。温度值由编码器内的温度传感器提供

温度传感器类型或相连温度传感器类型
对于**温度传感器**（例如KTY 84、PT 1000等）的型号信息，后续电子电路自动调整电机温度传感器并正确计算补偿值。今后的编码器允许主动切换相连温度传感器类型信息的处理。

周期时间

设置上一级控制系统发出EnDat请求的周期。预留给未来应用。

接口

电源和开机

供电电压

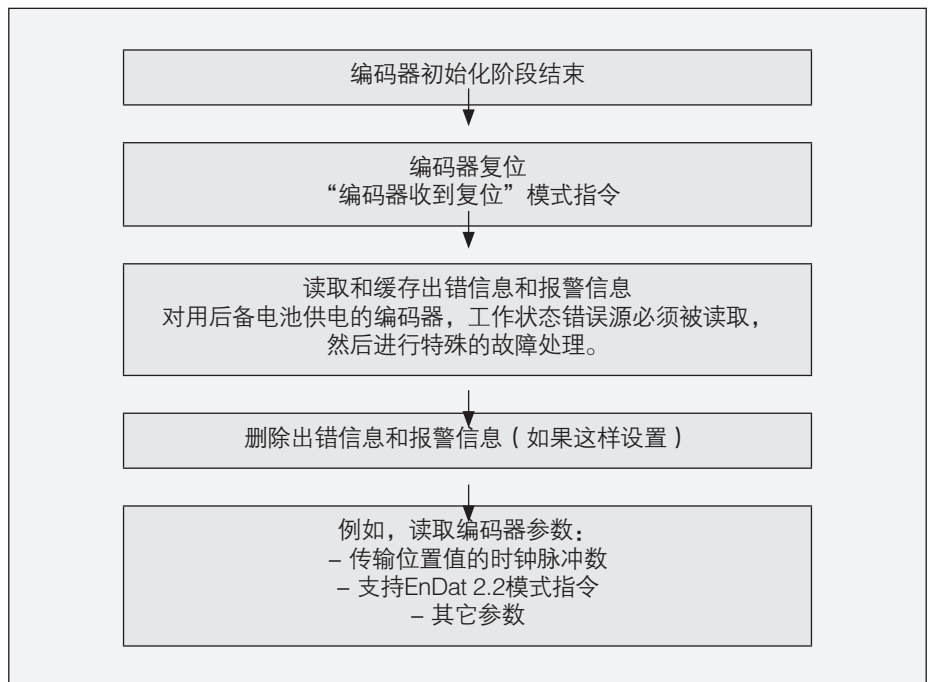
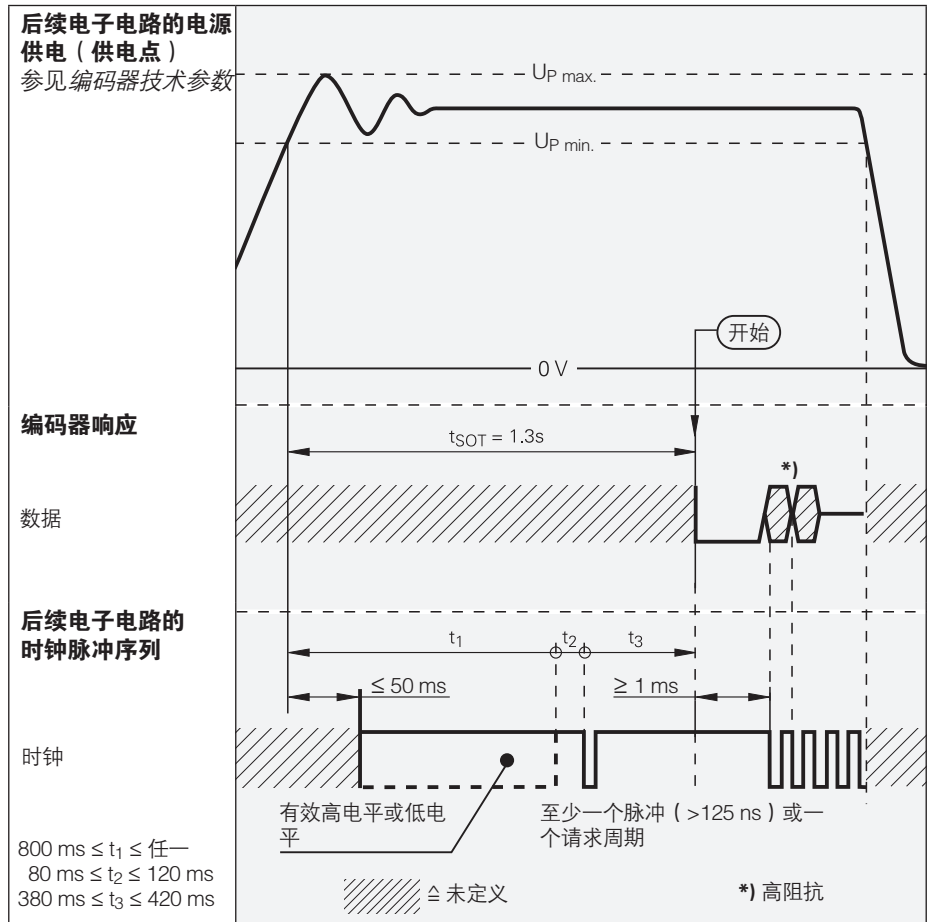
编码器需要用直流稳压的电压 U_P 电源供电。有关所需电源和电流消耗信息，参见相应技术参数。所述值是在光栅尺或编码器端的测量值。

EnDat 2.2编码器支持更大电源供电范围，3.6 V至5.25 V或3.6 V至14 V。因此，后续电子电路在电源设计中不需要修正由于电缆长度、电缆截面积导致的电压衰减和电流消耗就能正常工作（只适用于海德汉原厂电缆组件）。也就是说不需要用编码器传感器线监测编码器电压和用可控电源（远程检测）调整电源电压。

编码器启动特性

集成电路需要大约1.3 s的初始化时间，因此需要考虑**初始化阶段**（参见右图的“后续电子电路的时钟脉冲序列”）。

初始化阶段结束后，必须有一个确定的**开机程序**。只能用EnDat 2.1模式指令执行该程序。



开机程序（简化后）。更多信息，参见EnDat应用说明

更多信息：

海德汉编码器接口样本中的一般电气信息 1078628-xx

连接技术

连接件

无增量信号的EnDat 2.2接口的编码器主要使用8针M12连接件，但也用9针M23连接件。M12接头在工业应用中十分广泛，有以下优点：

- 连接成本低
- 尺寸小
- 电缆易于在机器中布线
- 连接电缆较小（ \varnothing 6 mm而非以前的8 mm）
- 可靠性高，因为采用外部喷涂的连接技术
- 带锁紧机构防振

电缆

最高数据传输频率16 MHz及大长度电缆对电缆提出极高技术要求。海德汉电缆最适合这类应用，尤其是专用于这类应用的电缆结构。我们建议使用海德汉原厂电缆。

HMC 6

伺服驱动的单电缆解决方案

电机通常需要两条单独的电缆：

- 一条电缆连接电机编码器
- 一条电缆连接电机电源

海德汉复合式电机电缆HMC 6将编码器电缆与电源电缆集成为一体。因此，现在电机与电气柜之间只需要一条电缆。



更多信息：

样本：海德汉数控系统电缆和接头



更多信息：

HMC 6 产品信息

EnDat的部署

为在后续电子电路中实施EnDat接口，海德汉提供多种辅助工具（参见 www.endat.de 网站中的“实施”部分）：

EnDat Demotool软件

EnDat Demotool软件需要一台PWM 20作为硬件基础。EnDat Demotool软件为用户实施EnDat接口提供方便：

- 以模式指令为基础与EnDat编码器通信
- 记录EnDat指令序列+
- 为EnDat主单元集成到控制回路中提供参考

EnDat主单元

EnDat主单元负责控制与海德汉公司EnDat编码器的通信。它允许只将位置数据和附加数据传给上一级应用系统。EnDat主单元可集成在微控制器（ μ C或SoC）或FPGA（现场可编程门阵列）或ASIC中。

如果时钟频率相对较低，可选用 μ C方案。FPGA、ASIC或SoC集成方案主要用于纯串行高速传输频率的应用。有多种集成方式：

- MAZeT：多种FPGA版本
- 德州仪器：C2000，Sitara等
- Renesas：RZ/T1
- Hilscher：nextX 90
- 海德汉： μ C和EIB 74x的演示代码

EnDat故障注入

对不正确数据传输的仿真在测试中非常有用。EnDat故障注入功能允许在闭环中处理EnDat数据传输。故障注入需要一台特殊的PWM 20的硬件基础。

技术资料

- EnDat技术参数
- EnDat应用说明
- EnDat研讨会
- 有关问答及实施信息，参见 www.endat.de
- 技术信息：EnDat
- 有关EnDat主单元，请访问 www.endat.de

编码器概要

EnDat接口的另一个优点是它能用于许多编码器。EnDat接口的旋转编码器、直线光栅尺及角度编码器可适应大量机床、电子及自动化领域的应用要求。

有关EnDat 2.2接口编码器的更多信息，参见 www.endat.de 中的“编码器特性”

绝对式编码器			分辨率或测量步距
直线光栅尺	LC 115/LC 415 ¹⁾	± 5 μm ± 3 μm	10 nm 1 nm
	LC 211 LIC 4000 LIC 4100 LIC 2100		10 nm 1 nm 1 nm 至50 nm
长度计	AT 1200 AT 3000		0.023 μm 0.368 μm
角度编码器	RCN 2000/RCN 5000 ¹⁾	± 5" ± 2.5"	26 bit 28 bit 29 bit 取决于直径 25 bit 26 bits/28 bits
	RCN 8000 ¹⁾ ECA 4000 ¹⁾ ECN 200 ROC 2000/ROC 7000		
旋转编码器，光学 单圈/多圈	ECN 1113 / EQN 1125 ECN 1123/EQN 1135 ¹⁾ ECN 1313 / EQN 1325 ECN 1325/EQN 1337 ¹⁾ ECN 113/ECN 125 ECN 413 / EQN 425 ECN 425/EQN 437 ¹⁾ ECN 1013 / EQN 1025 ECN 1023 / EQN 1035 ROC 413/ROQ 425 ROC 425/ROQ 437 ¹⁾ ROC 1013/ROQ 1023 ROC 1023/ROQ 1025		13/25 bit 23/35 bit 13/25 bit 25/37 bit 13/25 bit 13/25 bit 25/37 bit 13/25 bit 23/35 bit 13/25 bit 25/37 bit 13/25 bit 23/35 bit
旋转编码器，感应式 单圈/多圈	ECI 1319/EQI 1331 ¹⁾ ECI 1118/EBI 1135 ²⁾ ECI 1119/EQI 1131 ¹⁾ ECI 119/EBI 135 ²⁾ ECI 4010 ¹⁾ /EBI 4010 ¹⁾²⁾		19/31 bit 18/35 bit 19/31 bit 19/35 bit 20/36 bit
增量式编码器			分辨率
直线光栅尺	LIP 211		0.03125 nm
模块型磁栅编码器	ERM 2410		带14-bit 细分
1 V _{PP} 输出信号的海德汉编码器	用EIB		

¹⁾ 如果需要**功能安全特性**版，可根据要求提供

²⁾ 多圈功能通过使用后备电池供电的多圈计数器实现

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



383942-Z8-5-09/2017-H·中国印刷

本产品信息是以前版本的替代版，所有以前版本不再有效。订购海德汉公司的产品仅以订购时有效版本的“产品信息”为准。



更多信息：

- 海德汉光栅尺或编码器样本
- www.endat.de
- 主单元组件说明（www.mazet.de）
- 详细接口技术参数（请索取）



欢迎关注海德汉官方微信