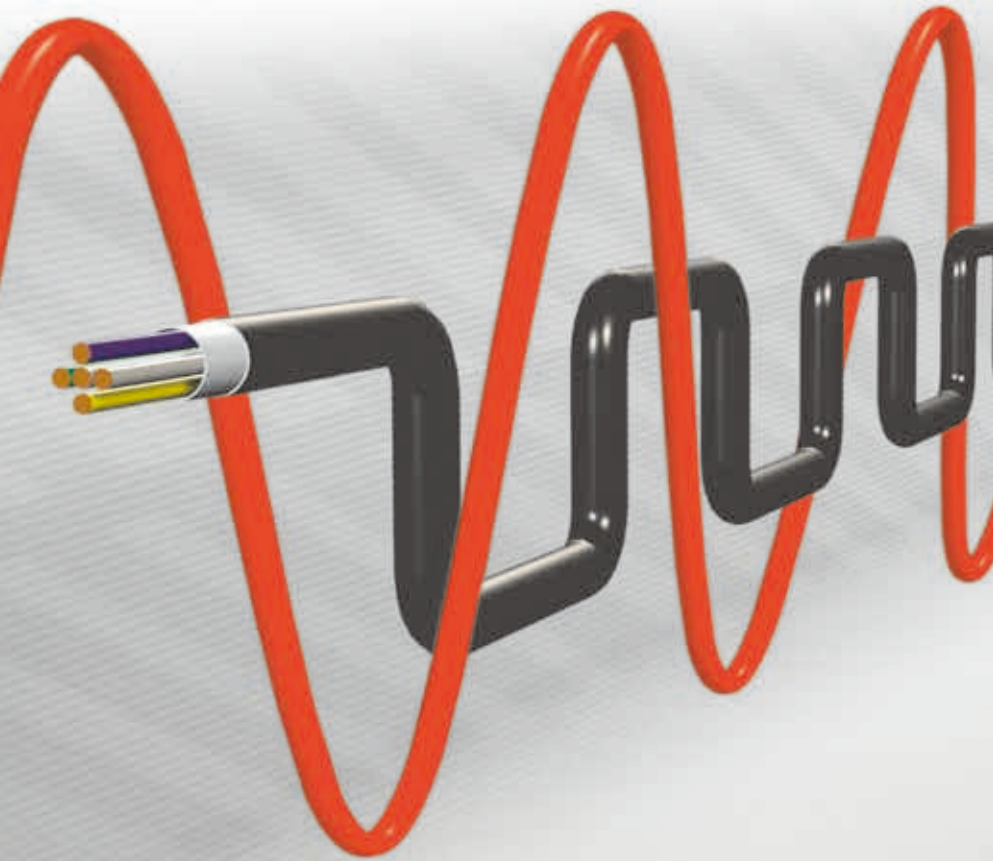




HEIDENHAIN



接口
海德汉编码器

接口

接口位于编码器与后续电子电路之间，确保信息的可靠交换。

海德汉编码器接口可连接许多常见的后续电子电路。可用的特定接口取决于编码器的测量方法和其它因素。

测量方法

对于**增量式测量方法**，通过**计算**自选定的起始点开始的每一个增量值（测量步距数）确定位置信息。要确定位置，需要用绝对参考点，因此，也需要输出参考点信号。增量式编码器通常输出**增量信号**。部分带信号转换器的增量式编码器提供计数功能：一旦完成参考点回零操作，立即生成绝对位置值并通过串行接口输出。

对于**绝对式测量方法**，直接由**测量基准的光栅**获得绝对位置信息。一旦开机启动，编码器立即提供位置值并可被后续电子电路随时读取。

注意：

特殊编码器可能还有其它接口特性（例如屏蔽功能）。

绝对式测量的编码器输出**位置值**。部分接口也提供增量信号。

绝对式编码器不需要执行参考点回零操作，因此，绝对式编码器是串联式生产系统、传送线或多轴机床应用的理想选择。而且，提供更强的抗电磁干扰性能。

信号转换器

海德汉信号转换器可灵活适配编码器信号接口，满足应用要求。根据应用要求，可处理附加信号（例如温度传感器信号）并传输给后续电子电路。



更多信息：

- www.heidenhain.com.cn/products/signal-converters
- 样本： *电缆和接头*

本样本是以前样本的替代版，所有以前版本均不再有效。
订购海德汉公司的产品仅以订购时有效的样本为准。

有关产品所遵循的标准（ISO，EN等）
仅以样本中的标注为准。

目录

串行数据传输				
串行接口	EnDat	双向接口	带增量信号	4
			不带增量信号	
	西门子	专有接口	不带增量信号	11
	发那科	专有接口	不带增量信号	
	三菱	专有接口	不带增量信号	
	安川	专有接口	不带增量信号	
	松下	专有接口	不带增量信号	
	PROFIBUS DP	现场总线	不带增量信号	12
	PROFINET IO	基于以太网的现场总线	不带增量信号	14
	SSI	同步串行接口	带增量信号	16
增量信号				
正弦信号	1 V _{PP}	电压信号，可高倍细分	18	
	11 μA _{PP}	电流信号，可细分	21	
方波信号	TTL	RS-422，典型值5 V	22	
	HTL	典型电压10 V至30 V	25	
	HTL	典型电压10 V至30 V，无反相信号		
其它信号				
换向信号	条块换向		27	
		正弦换向信号	28	
限位/回零	限位开关		29	
	位置检测		30	
更多信息				
信号转换器			32	
测试和检测设备及诊断			34	
测量原理			38	
一般电气信息			39	
电缆长度			41	

EnDat 3 成熟可靠和不断发展的接口技术

EnDat 3提供更丰富的EnDat功能和优点，满足未来数字化生产要求。为此，EnDat 3采用全新架构，保留成熟可靠的技术，并可确保优异的连续性并兼容前代接口。

EnDat 3性能：

- 复合传输电缆
- 总线拓扑
- 传感器：灵活通用的数据内容和传感器连接盒
- 功能安全特性：黑通道通信
- 更宽数据带宽
- 可定义的发送列表
- 系统安装：提供访问权限

接口	
协议	半双工模式下的数据请求和响应程序
物理层	RS-485：4线或2线
数据传输速度	12.5 Mbit/s (25 Mbit/s)
电缆长度	12.5 Mbit/s: 最长100 m / 25 Mbit/s: 最长40 m
HPF发送时间 (位置提供到主单元内)	典型时间10 μ s (参数XEL.timeHPFout表示位置值生成(锁存保存的位置值)与完整HPF传输间的持续时间(无电缆效应))
周期时间	典型值 > 25 μ s
总线型工作	菊花链
功能安全特性	设计用于安全性达SIL 3级，黑通道通信

功能	
诊断	状态监测和预防性维护
系统信息	自动配置和保存工作状态数据
访问控制	用户认证 (例如，原点平移，OEM存储器)

支持的通信类型	E30-R2	E30-R4	E30-RB
EnDat 3: 在电源供电线上调制通信信号	✓	-	-
EnDat 3: 通信 + 独立的电源供电线 (4线)	-	✓	✓
EnDat 3: 总线型工作	-	-	✓
可带传感器连接盒	-	✓	✓

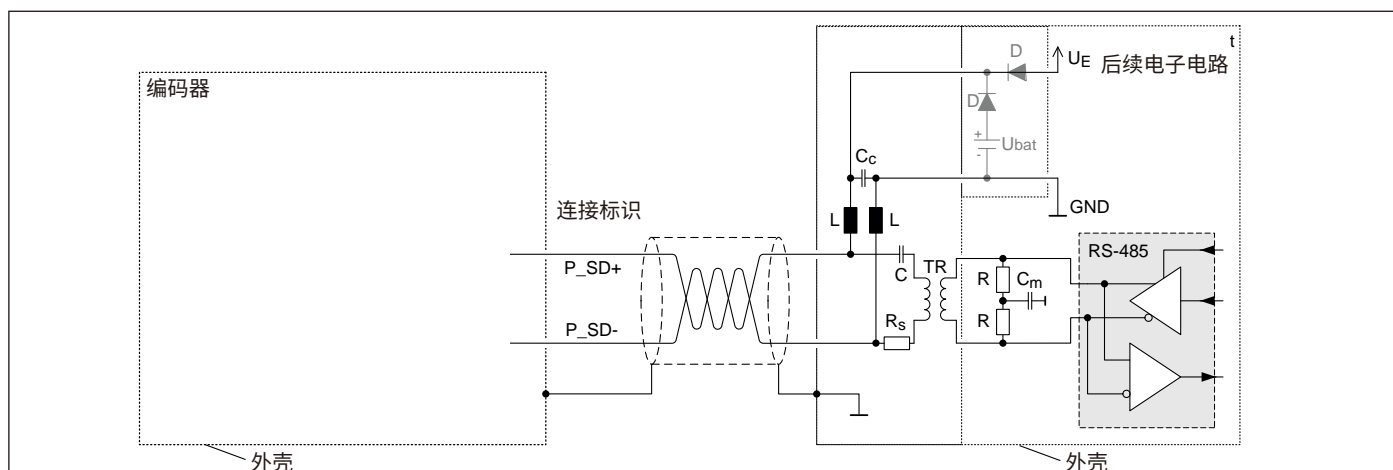
订购标识

订购标识决定主要通信性能



更多信息：

www.endat.de

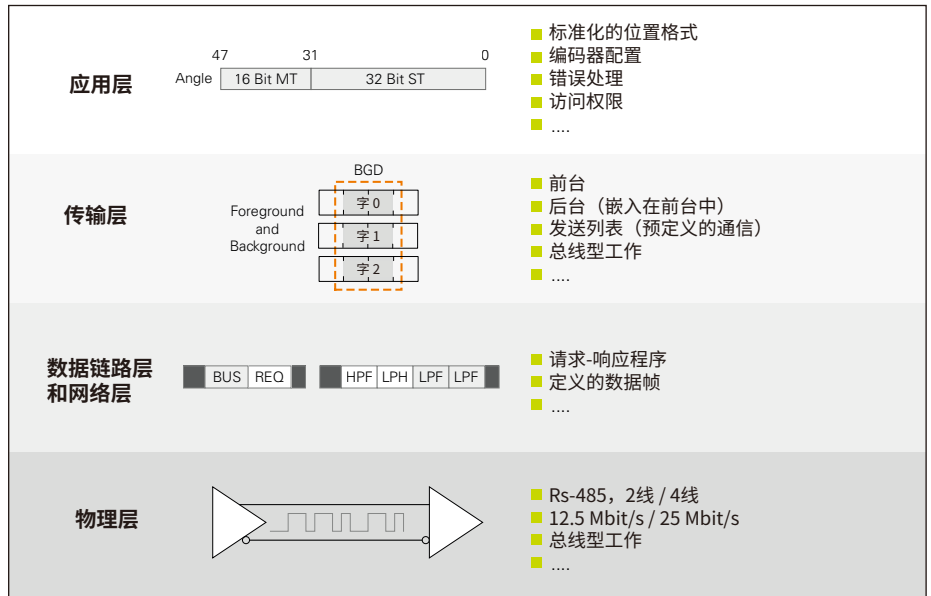


框图：2线

通信

EnDat 3需要两条导线进行通信。EnDat 3的另外两条导线通常为编码器供电。由于无直流器件，可在供电线上调制通信信号，减少导线数量，部分应用下共仅需两条导线（例如，复合电机电缆）。EnDat 3接口的技术规范遵循OSI分层模型。

接口的编码器端为从单元，后续电子电路为主单元。用半双工模式通信。通信周期含主单元数据请求和从单元响应请求。主单元与从单元间的通信分为前台通信和后台通信。



EnDat 3通信分层模型

前台通信

前台通信提供数据，必须在通信周期中提供（例如，控制单元周期）。

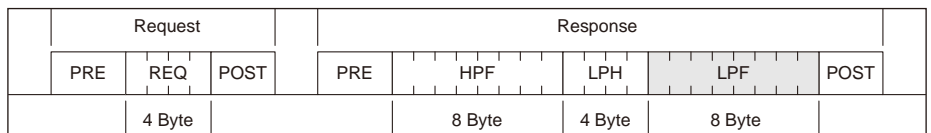
数据请求和响应被安排在已定义长度的帧中。每一次数据请求和响应都由前导码（PRE）开始并以结尾码（POST）结束。REQ数据请求帧控制与编码器的通信或在其内触发部分操作（例如，清除出错信息），因此，也能确定响应的内容。对于任何REQ帧的内容，响应帧都按照时间顺序分为高优先级数据和低优先级数据。

响应含以下元素：

- 一个HPF（高优先级帧）
HPF通常含编码器位置。根据编码器情况，也可为HPF指定其它传输的信息。
- 一个LPH（低优先级报文头）
LPH传输有关后续数据内容的状态信息。也包括有关发送列表和传输的LPF数量的信息。在发送列表指定各独立通信周期内的LPF时间顺序。
- 多达15个可选LPF（低优先级帧）
LPF可传输其它数据，例如诊断值、传感器信息或功能安全特性的冗余信息。

EnDat 3使用的LPF是基于EnDat 2.2中的附加数据。根据在编码器存储器中的发送列表配置在不同LPF间切换。后续电子电路不参与控制单元周期。每次重新启动后，可在编码器的可挥发存储器中配置发送列表，也可以在其非挥发存储器中永久配置发送列表。工作期间，发送列表规定周期之间进行响应中应包括的LPF。存储器中可保存多达8种不同的发送列表。数据请求的类型决定当前的发送列表，而后续电子电路可快速和灵活响应不同的工作状态。

下图为典型的通信周期。在一个完整的通信周期中，必然含白色字段和多达15个可选LPF（灰色）。CRC（循环冗余校验）保护REQ、HPF和LPH协议内容和每一个LPF。



通信周期

后台通信

部分任务，例如从编码器存储器进行读取和写入操作，其时间要求的优先级较低。EnDat 3将这些任务定义为后台通道。后台通信内置在前台通信中，并用前台通信帧传输数据（REQ, LPH, LPF）。因此，后台通道可在控制单元工作周期内读取和写入编码器存储器。但是，后台通道无法处理实时数据请求。

总线型工作

EnDat 3不仅支持点到点模式，还为特殊应用提供总线型操作模式。在总线型工作中，在请求帧前加入总线请求帧，因此允许多个成员在串行通信周期中发送响应。



更多信息：

- EnDat 3接口技术规范
- www.endat.de

功能安全特性

EnDat支持将编码器用在以下标准的安全应用中：DIN EN ISO 13849-1（原为EN 954-1），以及EN 61508和EN 61800-5-2。这些标准都是根据部件和子系统安装后的失效概率等因素评估高安全性的系统。这种模块式方法使制造商可以在合格的子系统基础上部署完整的系统。

EnDat 3编码器的功能安全特性满足安全性SIL 3级的要求，这是因为：

- 位置值
 - 两路独立的位置值：Pos1（高分辨率）和Pos2（根据情况，低分辨率）
 - 由安全控制单元比较Pos1与Pos2
- 强制动态采样
 - 周期性在编码器内测试监测功能
- 出错信息
 - 监测错误bit F1和F2
- 由于黑通道功能，不需要安全的EnDat主单元，因此，不是安全链的一部分
- 运动控制单元和安全控制单元的通信相互分离（例如，独立的出错信息）

小结：

易于部署，因为采用黑通道通信技术，结合标准化的位置数据格式与对编码器进行运动强制动态采样的可选功能。

诊断

EnDat提供大量编码器监测功能和诊断功能，而且无需其它连线。诊断功能提供有效数据、出错信息和报警信息，这是全套系统达到高可用性不可或缺的功能。

主要因素：

- 设备利用率规划
- 支持现场服务工程师
- 轻松评估编码器的功能冗余
- 简化修复操作中的排故操作
- 创建信息丰富的量化统计数据

为分析编码器功能，周期性地读取编码器的有效数据。有效数据提供有关编码器当前状态和功能冗余的信息。全部海德汉编码器都采用统一的标度，支持一致性分析。功能冗余并结合其它传感器数据为上层后续电子电路的状态监测和预防性维护提供基础。

系统信息

EnDat提供有关编码器和系统的信息，这就是电子ID标签中的信息：

- 第一次配置编码器所需的全部参数都保存在编码器内。
- OEM厂商或机器设备制造商可将系统参数保存在编码器的存储器中并可用密码保护。
- 在正常工作中，可将系统数据或过程状态数据，也即工作状态数据保存在编码器内；编码器自己甚至可以采集工作状态数据。

访问控制

用不同的用户认证等级保护存储区。访问权限等级为OEM1、OEM2和用户。认证中使用32-bit密码。编码器在发货时，编码器的OEM1、OEM2和用户存储区中无数据，并用不同的密码保护。

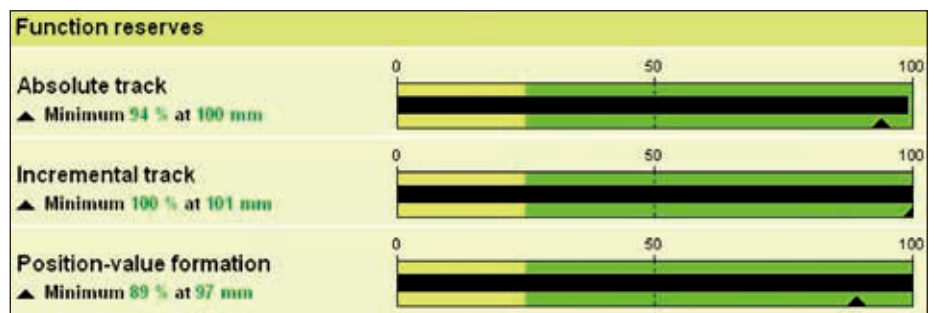
单圈和多圈信息可单独配置并被保护。典型应用：

- OEM1（电机制造商）：单圈已设置和OEM1存储区已写入。已定义密码；OEM1存储区已受保护。
- OEM2（机器设备制造商）：多圈已设置和OEM2存储区已写入。已定义单独密码；OEM2存储区已受保护。
- 用户（客户）：可写入用户存储区。已定义单独密码；用户存储区已受保护。



更多信息：

- EnDat 3的功能安全特性应用条件
- www.endat.de



功能冗余的典型显示

连接技术

纯串行EnDat接口的编码器主要使用8针M12和9针M23连接件。这是广泛使用的接头，优点包括：

- 连接成本低
- 接头尺寸小巧，电缆直径细小

由于导线数量少，EnDat 3允许更多选配，进一步减小连接尺寸并满足应用要求。

电缆

长距离高频传输需要技术过硬和高质量的电缆。为此，海德汉特别为这些应用设计开发了专用电缆。因此，我们建议用户使用海德汉电缆。

4线技术

4线版用一对导线由主单元为编码器供电，并用第二对导线与编码器通信。

2线技术 (HMC 2)

与4线版不同，2线版需要更多硬件。在此配置下，后续电子电路的电源与编码器的通信都用相同的导线对。为此，用频分网络将编码器的供电和数据相互隔离（一路在主单元，一路在从单元）。

菊花链模式下的4线总线

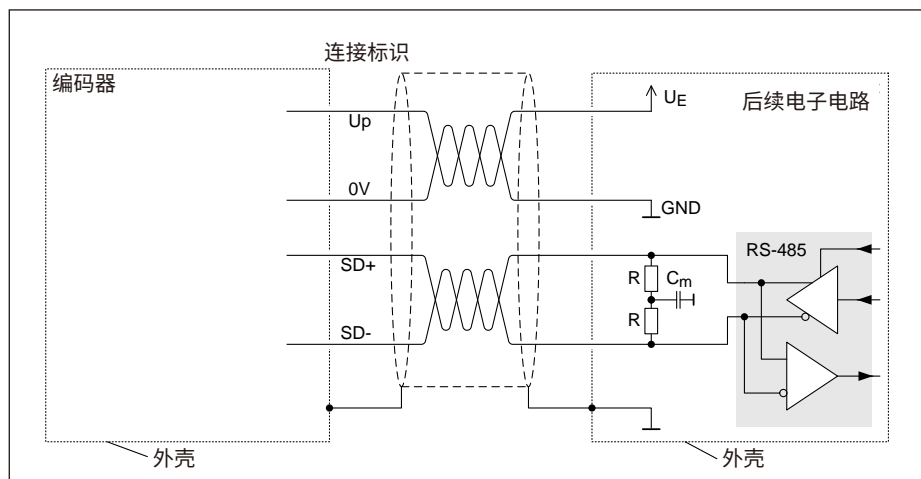
该版编码器用菊花链总线工作。与4线版不同，4线菊花链总线版需要在编码器内另提供收发支路。用附加的收发支路连接总线上的下个编码器进行数据通信。4线菊花链总线版也支持4线版。

传感器连接盒

4线版，可插入传感器连接盒。

电源

有关各编码器的供电电压和功率消耗数据，参见其技术参数。对于EnDat 3接口的编码器，推荐使用12 V (±5%) 的供电电压。



4线框图



HMC 2单电缆解决方案：
可靠连接的标准连接件



更多信息：

- EnDat 3硬件技术规范
- 样本：电缆和接头
- 产品信息文档：HMC 6
- 产品信息文档：HMC 2
- www.endat.de

EnDat 2.2 双向接口

EnDat接口是一种用于编码器的数字双向同步串行接口。可输出位置值，读取和更新保存在编码器内的信息，或在编码器中保存新信息。由于该接口采用串行传输方式，仅需四条信号线。用后续电子电路的时钟信号同步传输数据。传输数据的类型（位置值，参数，诊断信息等）也由后续电子电路发至编码器的模式指令选择。部分功能仅用于与EnDat 2.2模式指令一起使用。

历史和兼容性

EnDat 2.1接口诞生于1990年代中期，现已升级到EnDat 2.2版（建议在新应用中选用）。EnDat 2.2的通信、指令集和时间条件兼容EnDat 2.1版，但提供更明显的优势。例如，EnDat 2.2允许随位置值一起传输附加数据（传感器值，诊断信息等），无需发起单独请求。因此，这种接口支持更多类型的编码器（例如，电池后备供电的编码器，增量式编码器）。该接口协议也进行了扩展，进一步优化时间参数（时钟频率、计算时间、恢复时间）。

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

对于不同编码器类型，必须用不同的方式解读部分参数（参见EnDat技术参数），或必须处理EnDat附加信息（例如，增量式编码器或带后备电池供电的编码器）。

接口	EnDat串行双向
传输的数据	位置值，参数和附加数据
数据输入	差分线路接收器，符合EIA RS-485标准有关CLOCK、CLOCK、DATA和DATA信号要求
数据输出	差分线路驱动器，符合EIA RS-485标准有关DATA和DATA信号要求
位置值	沿箭头方向运动为增加（参见编码器的相应规格）
增量信号	取决于编码器 ~ 1V _{pp} 、TTL、HTL（参见增量信号下的各类型）

订购标识

订购标识决定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

订购标识中的第二位代表接口版本。对于新一代编码器，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。这些信号主要用于提高位置值分辨率或为第二个后续设备提供数据。当前接口版本的编码器的内部分辨率较高，因此不需要提供增量信号。订购标识提供编码器是否输出增量信号：

- EnDat01 带1V_{pp}增量信号
- EnDatH 带HTL增量信号
- EnDatT 带TTL增量信号
- EnDat21 无增量信号
- EnDat02 带1V_{pp}增量信号
- EnDat22 无增量信号

有关EnDat01/02:

信号周期保存在编码器存储器中

有关EnDatH/EnDatT:

输出内部增量信号的细分倍数在订购标识中由一个字母表示：

- a 2倍细分
- b 无细分
- c 0.5倍细分（增量式信号/2）

供电电压

编码器的典型供电电压取决于接口：

EnDat01 EnDat21	5 V ± 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

例外情况，参见技术参数。

指令集

指令集提供有关可用模式指令的信息，模式指令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，甚至在闭环控制环中可用其选择附加数据，激活存储器访问。将EnDat 2.2指令集的模式指令发给只支持EnDat 2.1指令集的编码器时，将触发出错信息。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

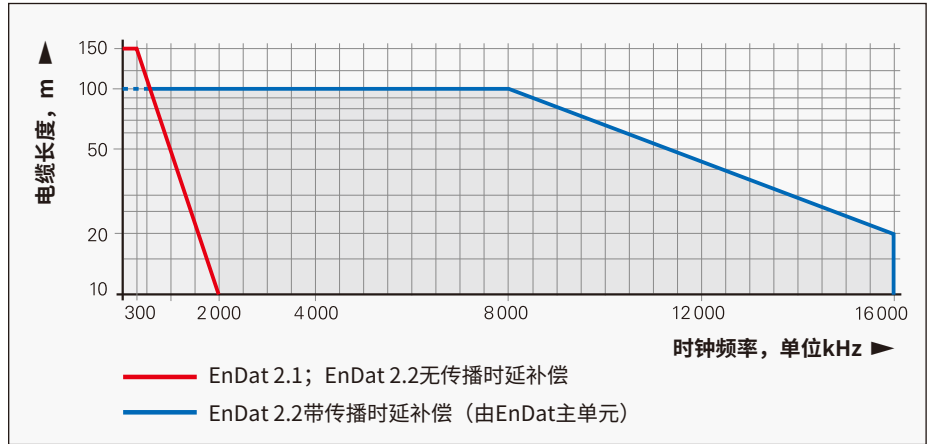
根据电缆长度（最长：150 m），时钟频率在100 kHz与2 MHz之间。在后续电子电路中补偿传播时延后，时钟频率可达16 MHz或电缆长度可达100 m。对于订购标识为EnDatx2的EnDat编码器，最高时钟频率数据保存在编码器的存储器中。对于所有其它编码器，最大时钟频率为2 MHz。仅EnDat21和EnDat22订购标识才提供传播时延补偿，对于EnDat02，参见下面的说明。

EnDat01 EnDatT EnDatH	≤ 2 MHz（参见图中“无传播时延补偿”）
EnDat21	≤ 2 MHz
EnDat02	≤ 2 MHz或 ≤ 8 MHz或16 MHz （参见说明）
EnDat22	≤ 8 MHz或者16 MHz

使用长电缆时，高达16 MHz的传输频率对电缆的技术要求很高。由于传输技术的原因，直接连接编码器的适配电缆的长度不允许超过20 m。如果使用不超过6 m的适配电缆和加长电缆可实现更长电缆。通常，必须在给定的时钟频率下设计整条传输路径。

有关EnDat02的说明

EnDat02编码器可能带一个可插式电缆组件。选择适配电缆版本时，由客户决定编码器是否使用增量信号。这也影响最高允许的时钟频率。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，时钟频率可达16 MHz。其具体数据保存在编码器的存储区中。



咨询海德汉公司后，在部分条件下，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。一旦达到 t_{cal} 计算时间后或14.5个时钟脉冲后，立即将位置值传输给后续电子电路。计算时间由编码器的最高允许时钟频率决定，但不超过8 MHz。

对于位置值，只传输需要的位数。因此，位数取决于给定的编码器和可从编码器读取自动进行参数化。

典型操作模式

操作模式EnDat 2.1: 该操作模式用于提供附加增量信号的编码器。为生成位置值，同时读取绝对位置与增量位置，都用于计算位置值。基于增量信号，在控制环中再次生成位置值。仅使用EnDat 2.1模式指令。

操作模式EnDat 2.2: 该操作模式只用于纯串行编码器。为生成位置值，编码器在每一个控制周期中都读取位置值。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。

在闭环控制环中，EnDat 2.2接口允许与位置值一起读取附加数据，可执行一定功能（例如读/写参数，重置出错信息）。

附加数据

根据传输类型（用MRS码选择），随位置值传输一项或两项附加数据。相应编码器支持的附加数据类型保存在编码器的参数中。

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

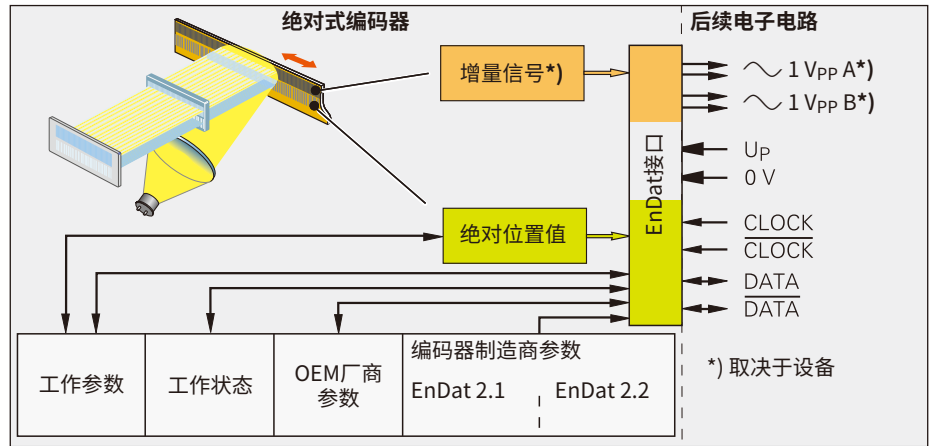
编码器提供多个用于保存参数的存储区。后续电子电路可以读取这些存储区，编码器制造商、OEM厂商甚至最终用户可写入其中部分存储区。参数数据保存在永久存储区中。该存储区只允许有限次地进行写操作，不适用于周期性地保存数据。可将部分存储区设置为写保护（只允许编码器制造商重置）。

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（报警或警告信息）

EnDat接口的**监测和诊断功能**可详细检测编码器。包括：

- 出错信息
- 报警
- 基于有效数据的在线诊断，轻松确定编码器的功能冗余
- 安装编码器的参数



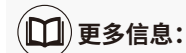
系统信息

EnDat提供有关编码器和系统的信息，这就是电子ID标签中的信息：

- 第一次配置编码器所需的全部参数都保存在编码器内。
- OEM厂商或设备制造商可将系统参数保存在编码器的存储器中。
- 系统或过程状态数据，也即工作状态数据，可在闭环工作期间保存在编码器内。

功能安全特性基础

EnDat 2.2完全支持编码器用在高安全性应用中。其所基于的标准是DIN EN ISO 13849-1（原为EN 954-1），以及EN 61508和EN 61800-5-2。根据这些标准，以一定条件评估安全系统，例如部件和子系统安装后的失效概率。这种模块式方法使制造商可以在合格的子系统基础上部署完整的系统。



更多信息：

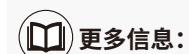
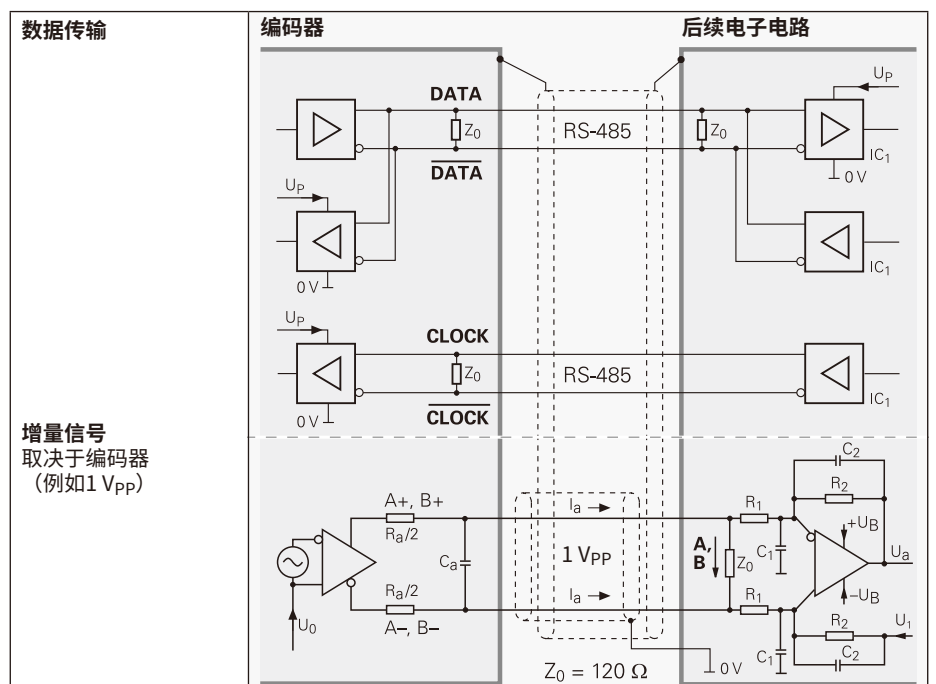
参见功能安全特性，www.endat.de

后续电子电路的输入电路设计

规格

IC₁ = RS-485差分线路接收器和驱动器

Z₀ = 120 Ω



问与答：RS-485收发器，www.endat.de

公司特有的串行接口

数控系统制造商 ¹⁾	接口	样本中的标识	订购标识	代码字母 ²⁾	注释
西门子	西门子 DRIVE CLiQ	DRIVE-CLiQ	DQ01	S	
发那科	发那科串行接口 α	Fanuc α	Fanuc02	F	常速和高速版，两对传输线
	发那科串行接口 α i	Fanuc α i	Fanuc05		高速，单对传输线，包括 α 接口 (常速和高速，双对传输线)
		Fanuc06			高速，单对传输线
三菱	三菱高速接口	三菱	Mitsu01 Mit02-4 Mit02-2 Mit03-4 Mit03-2	M	双对传输线 1代，双对传输线 1代，单对传输线 2代，双对传输线 2代，单对传输线
安川	安川 串行接口	安川	YEC02	Y	-
			YEC07		兼容YEC02
松下	松下串行接口	松下	Pana01	P	-
			Pana02		兼容Pana01

¹⁾ 有关编码器与数控系统的更多组合信息，请联系数控系统制造商

²⁾ 代码字母是海德汉编码器型号后的附加字母，例如“LC 495 S”。

位置值

PROFIBUS-DP串行接口



PROFIBUS DP

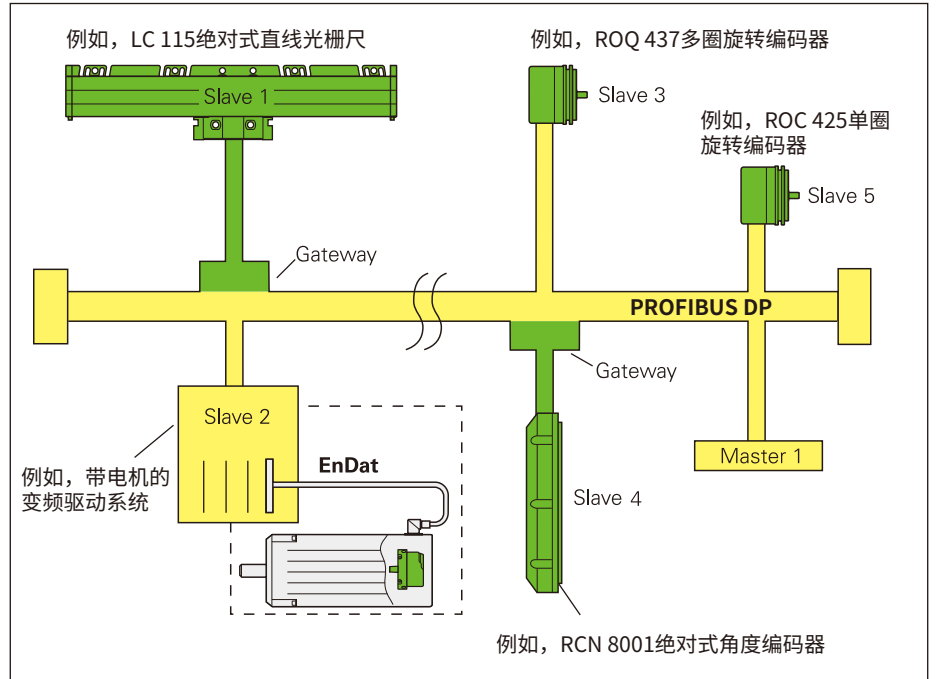
PROFIBUS是一种非专有、开放的并符合EN 50170国际标准的现场总线。用现场总线连接传感器可最大限度减少电缆和减少编码器与后续电子电路间的连线数量。

拓扑结构和总线分配

PROFIBUS DP为线性结构，传输速度可达12 Mbit/s。可构成单主单元，也可构成多主单元系统。每个主单元只服务于自己的从单元（查询方式）。从单元周期性地被主单元查询。从单元可以是传感器，例如绝对式旋转编码器或直线光栅尺，也可以是控制装置，例如变频驱动器。

物理层特性

PROFIBUS DP总线的电气特性符合RS-485标准要求。用屏蔽的双绞线电缆连接总线，其两端为有源总线端子。



PROFIBUS DP总线结构

初始设置

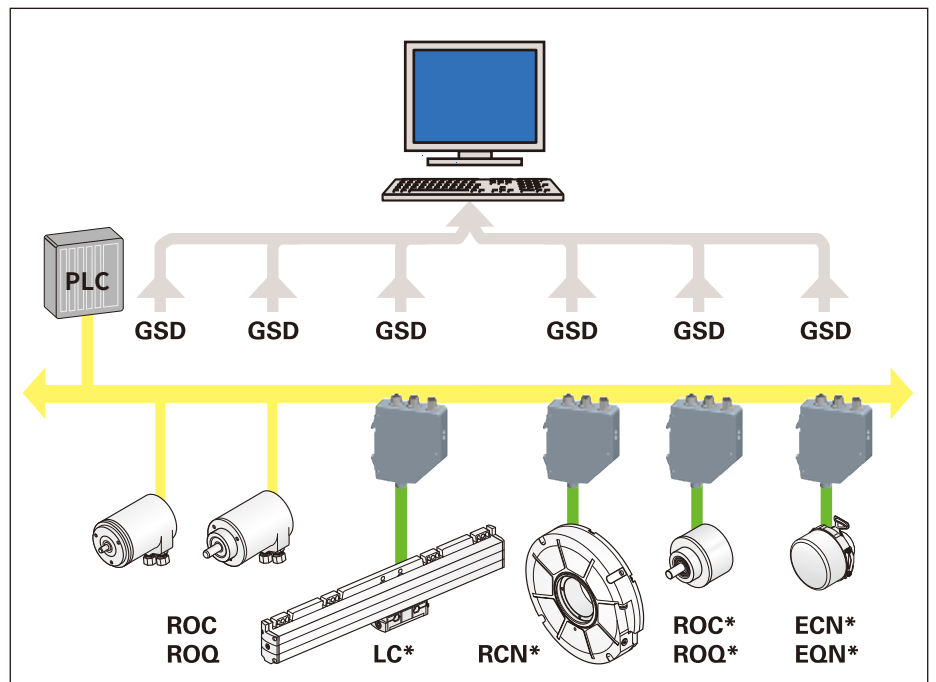
在系统配置中，可连接的海德汉编码器的数据由各编码器的电子设备数据表提供，通常将该表称为通用站点描述文件（GSD）。这些通用站点描述文件完整和准确地描述设备特点，描述格式精确，因此，可方便和应用友好地将设备接入总线系统中。

配置

PROFIBUS DP设备的配置和参数分配可根据用户要求进行。用GSD文件，一旦在配置工具中选择好主单元，这些设置信息将保存在主单元中。因此，每次启动网络时，都能配置PROFIBUS设备。更换设备时，无需编辑或重新输入配置数据，简化设备更换操作。

可选两种GSD文件：

- DP-V0框架的GSD文件
- DP-V1和DP-V2框架的GSD文件



* EnDat接口

PROFIBUS DP框架

PNO (PROFIBUS用户组织) 为将绝对式编码器连接PROFIBUS DP定义了一套标准、非专有的框架。使用标准化框架的全部设备都能确保高灵活性和易于配置。

DP-V0框架

可向位于德国卡尔斯鲁厄的PNO索取该框架 (订购号: 3.062)。该框架定义了两个级别: 第1级相当于最小功能范围, 第2级提供更多功能, 其中部分为可选功能。

DP-V1和DP-V2框架

可向位于德国卡尔斯鲁厄的PNO索取此框架 (订购号: 3.162)。类似地, 该框架区分两类设备:

- 第3级提供基本功能, 和
 - 第4级提供完整标度和预设功能。
- 除第3级和第4级的标准必备功能外, 还能定义选配功能。

支持的功能

在分布式现场总线系统中, 最重要的是**诊断功能** (例如, 警告和报警) 和**电子ID标签功能**, 其中含有关编码器型号、分辨率和测量范围的信息。也提供编程功能, 例如改变计数方向, **预设点/原点平移**和**改变分辨率 (标度)**。还能记录编码器的工作时间和速度。

PROFIBUS DP的编码器

内置PROFIBUS-DP接口的绝对式编码器可直接连接PROFIBUS现场总线。这些编码器的背面提供LED指示灯, 用于显示**工作状态**、供电电压和总线状态。

在总线盖下, 可轻松接近编码开关, 进行寻址 (0至99) 和用于触发终端电阻。如果旋转编码器是PROFIBUS DP现场总线上的最后一个设备和如果未使用外部终端电阻, 必须激活终端电阻。

DP-V0等级的功能

特点 数据字长	等级	旋转编码器		直线光栅尺 ≤ 31 bit ¹⁾
		≤ 16 bit	≤ 31 bit ¹⁾	
纯二进制码的位置值	1, 2	✓	✓	✓
数据字长	1, 2	16	32	32
标度功能 测量步距数/圈 总分辨率	2	✓	✓	-
	2	✓	✓	-
改变计数方向	1, 2	✓	✓	-
预设值 (输出数据: 16 bit或32 bit)	2	✓	✓	✓
诊断功能 警告和报警	2	✓	✓	✓
工作时间记录	2	✓	✓	✓
速度	2	✓ ²⁾	✓ ²⁾	-
框架版本	2	✓	✓	✓
序列号	2	✓	✓	✓

¹⁾ 数据字长 > 31 bit, 仅传输上31 bit

²⁾ 需32 bit输出数据配置和32 + 16 bit输入数据配置

DP-V1和DP-V2等级的功能

特点 数据字长	等级	旋转编码器		直线光栅尺
		≤ 32 bit	> 32 bit	
报文	3, 4	81-84	84	81-84
标度功能	4	✓	✓	-
改变计数方向	4	✓	✓	-
预设点/原点平移	4	✓	✓	✓
非周期参数	3, 4	✓	✓	✓
通过报警通道与通道 相关的诊断	3, 4	✓	✓	✓
工作时间记录	3, 4	✓ ¹⁾	✓ ¹⁾	✓ ¹⁾
速度	3, 4	✓ ¹⁾	✓ ¹⁾	-
框架版本	3, 4	✓	✓	✓
序列号	3, 4	✓	✓	✓

¹⁾ DP-V2不支持

PROFINET IO串行接口



PROFINET IO

PROFINET IO是工业通信领域的开放式工业以太网标准。它以现场工作可靠的PROFIBUS DP功能模型为基础，但使用快速以太网技术作为物理传输介质，因此，可高速传输I/O数据。该标准还允许选择传输指令数据、参数和IT功能。

PROFINET用于将分布式现场设备连接到控制单元上。也描述参数化、诊断和控制单元与现场设备间的数据交换。PROFINET为模块型设计。用户自己可选级联的功能。为满足高速要求，这些功能的主要差异在于数据交换类型。

拓扑结构和总线分配

PROFINET IO系统包括：

- **IO控制单元**（数控系统/PLC；控制自动化任务）
- **IO设备**（分布式现场设备，例如旋转编码器）
- **IO监测器**（开发或诊断工具，例如可为计算机或编程设备）

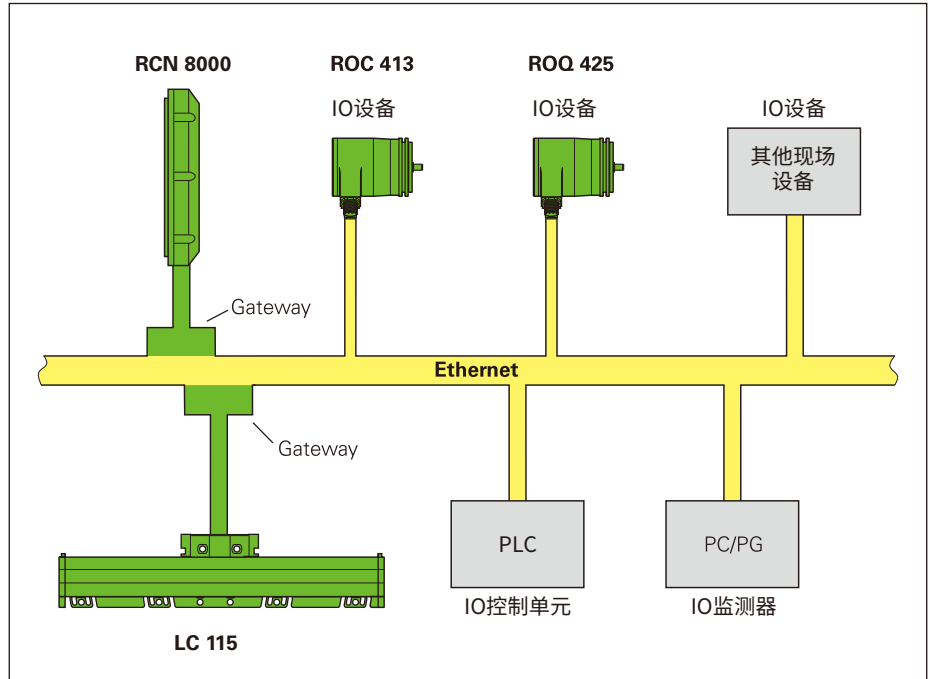
PROFINET IO遵循供方—需方模型，允许在以太网终端间通信。其优点是供方传输数据不需要通信参与方的任何请求。

物理层特性

海德汉编码器用100BASE-TX（IEEE 802.3第25条）协议和用各向一条双绞线屏蔽电缆连接PROFINET。数据传输速度为100 Mbit/s（快速以太网）。

PROFINET框架

海德汉编码器普遍满足4.2版3.162框架的定义要求。该设备框架描述了旋转编码器的功能。支持类别4功能（全标度和预设功能）。有关PROFINET的更多信息，请与PROFIBUS用户组织PNO联系。



支持的功能	等级	旋转编码器		直线光栅尺
		单圈	多圈	
位置值	3, 4	✓	✓	✓
等时同步传输模式	4	✓	✓	✓
类别4功能	4	✓	✓	✓
标度功能	4	✓	✓	-
每圈测量单位数	4	✓	✓	-
整个测量范围	4	✓	✓	-
周期性操作（二进制标度）	4	✓	✓	-
非周期性操作	4	✓	✓	-
预设点	4	✓	✓	✓
码序	4	✓	✓	✓
预设点控制G1_XIST1	4	✓	✓	✓
兼容模式 (编码器框架V.3.1)	3, 4	✓	✓	✓
工作时间	3, 4	✓	✓	✓
速度	3, 4	✓	✓	✓
框架版本	3, 4	✓	✓	✓
偏移值的永久保存	4	✓	✓	✓
标识和维护 (I和M)		✓	✓	✓
外部固件升级		✓	✓	✓

初始设置

为使配PROFINET接口的编码器正常工作，必须下载通用设备描述标识码（GSD）文件并将其导入到配置软件中。GSD文件含PROFINET IO设备工作所需的参数。

配置

框架是PROFINET功能和工作特性预定义的配置，可用于部分设备或应用，例如旋转编码器。其定义来自PROFIBUS & PROFINET International (PI)组织并由该组织发布。

框架十分重要，关系到开放性、互操作性和互换性，用于确保最终用户用标准方法可用不同制造商的类似设备。

带PROFINET的编码器或网关

带PROFINET接口的编码器或网关直接接入网络中。用PROFINET协议自动分配地址。网络中的PROFINET IO现场设备用其物理设备MAC地址寻址。编码器的两个双色LED灯用于总线和设备诊断。

最后一个设备的终端电阻不是必须的。

SSI串行接口

绝对位置值从最高有效位（MSB）开始通过数据线（DATA）以控制系统的时钟速度（CLOCK）传输数据。单圈编码器的SSI标准数据字长为13 bit，多圈编码器为25 bit。除绝对位置值外，还能传输**增量信号**。有关信号说明，参见**增量信号**部分。

用供电电压 U_P 通过接口的编程输入端激活以下**功能**：

- **旋转方向**
连续使引脚2为高电平 ($t_{min} > 1\text{ ms}$)，将升序位置值的旋转方向反向。
- **置零**（设置为零值）
将上升沿 ($t_{min} > 12\text{ ms}$) 提供到引脚5，将当前位置值设置为零（编码器必须静止）。

报警：编程的输入端必须有终端电阻（参见后续**电子电路的输入电路**）。

接口	SSI串行
订购标识	单圈：SSI 39r1 多圈：SSI 41r1
传输的数据	绝对位置值
数据输入	差分线路接收器，符合EIA RS-485标准有关CLOCK和CLOCK信号要求
数据输出	差分线路驱动器，符合EIA RS-485标准有关DATA和DATA信号要求
编码类型	格雷码
升序位置值	从法兰端看顺时针旋转（可通过接口切换）
增量信号	取决于编码器 ~ 1V _{PP} 、TTL、HTL（参见 增量信号 下的各类型）
编程输入 非有效 有效	旋转方向和置零；有关该功能信息，参见编码器文档 低电平 < 0.25 · U _P 高电平 > 0.6 · U _P
连接电缆 电缆长度 信号传播时延	海德汉屏蔽电缆； 例如，PUR [(4 × 0.14 mm ²) + 4(2 × 0.14 mm ²) + (4 × 0.5 mm ²)] 最长100 m 6 ns/m

完整数据格式的控制周期

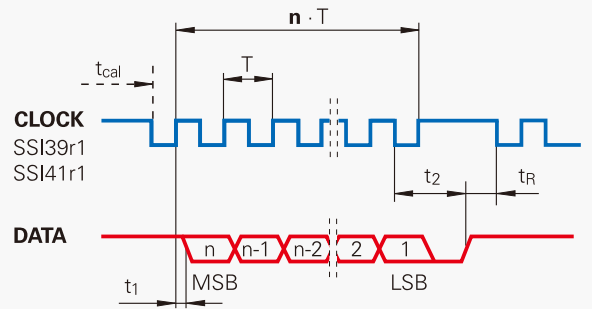
不传输时，时钟线和数据线都保持在高电平上。在时钟的第一个下降沿时保存内部、周期性生成的位置值。在时钟的第一个上升沿传输数据。

传输一个完整数据字后，数据输出线保持低电平直到编码器准备接收新测量值请求 (t_2)。SSI 39r1或SSI 41r1接口的编码器还需要一个后续暂停时钟 (t_R)。如果在该时间 (t_2 或 t_2+t_R) 内收到另一个数据输出请求 (CLOCK)，将再次输出相同数据。

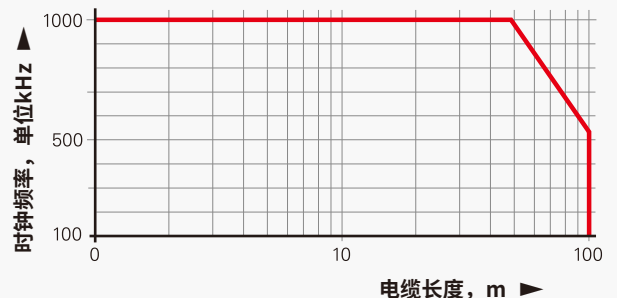
如果数据输出中断 ($t \geq t_2$ 的CLOCK = 高电平)，将在下个下降沿时保存新位置值。在下一个上升的时钟沿，后续电子电路读取数据。

数据传输

$T = 1\ \mu\text{s}$ 至 $10\ \mu\text{s}$
 t_{cal} 参见技术参数
 $t_1 \leq 0.4\ \mu\text{s}$
 （无电缆）
 $t_2 = 17\ \mu\text{s}$ 至 $20\ \mu\text{s}$
 $t_R \geq 5\ \mu\text{s}$
 $n =$ 数据字长
 ECN/ROC为13 bit
 EQN/ROQ为25 bit
 未图示CLOCK和DATA



允许的时钟频率与电缆长度的关系



增量信号

部分编码器也提供增量信号。这些信号主要用于提高位置值分辨率或为第二个后续设备提供数据。基本是 $1V_{PP}$ 增量信号。基于订购标识区分例外情况：

- SSI41H 有HTL增量信号
- SSI41T 有TTL增量信号

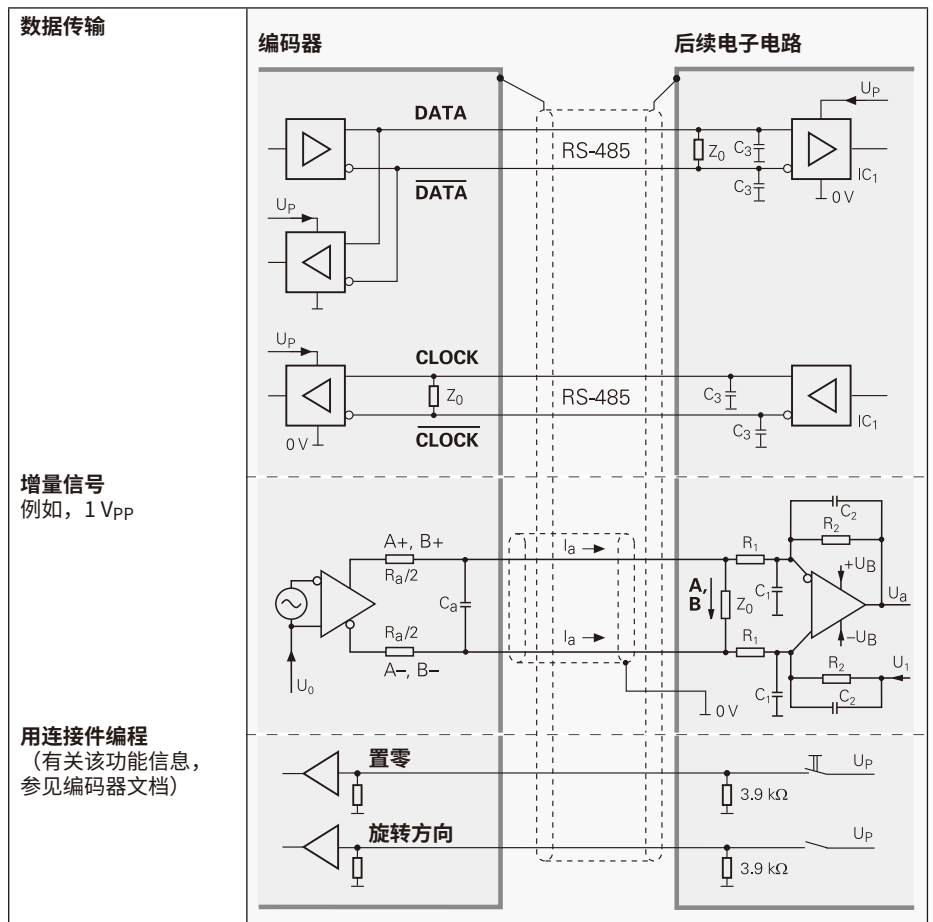
后续电子电路的输入电路设计

规格

IC₁ = 差分线路接收器和驱动器
例如, SN 65 LBC 176
LT 485

Z₀ = 120 Ω

C₃ = 330 pF (高抗噪性能)



增量信号

~ 1 V_{PP}正弦信号

~ 1 V_{PP}输出信号的海德汉编码器的电压信号支持高倍频细分。

正弦增量信号A和B的典型幅值为1 V_{PP}，相位差为90°电子角。图示的输出信号顺序，信号B滞后A，适用于尺寸图图示的运动方向。

参考点信号R的有效分量G约为0.5 V。在参考点旁，输出信号最多可减少1.7 V至静电平H。不允许由于该原因带动后续电子电路动作。即使在低静电平处，信号峰值也可达到幅值G。

给编码器供电的电压符合技术参数要求时，信号幅值有效。在120欧姆终端电阻的相应输出端之间进行差分测量确定信号幅值。信号幅值随频率的升高而降低。截止频率是指保持原信号幅值一定百分比的频率：

- -3 dB 信号幅值的± 70 %
- -6 dB 信号幅值的± 50 %

信号描述中的参数适用于不超过截止频率-3 dB的20 %的运动。

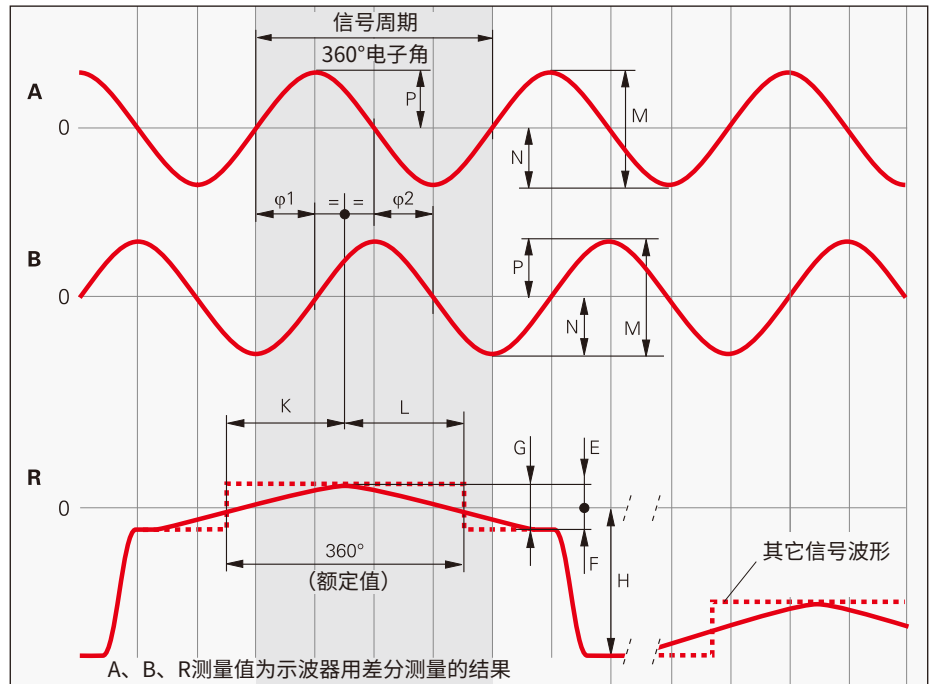
细分/分辨率/测量步距

1 V_{PP}接口的输出信号通常在后续电子电路中进行细分，以达到足够高分辨率。用于速度控制时，通常细分倍数大于1000，这样，即使在低轴速或低运动速度时，也能提供可用数据。

用于位置测量的推荐测量步距，参见技术参数。还为特殊应用提供其它分辨率。

接口	~ 1 V _{PP} 正弦电压信号	
增量信号	两路近正弦信号A和B 信号幅值M: 0.6至1.2 V _{PP} ; 典型值1 V _{PP} 非对称性 P - N /2M: ≤ 0.065 (相当于15°) 幅值比M _A /M _B : 0.8至1.25 相位角 φ ₁ + φ ₂ /2: 90° ± 10°电子角	
参考点信号	1个或多个信号峰值R 可用分量G: ≥ 0.2 V 静电平H: ≤ 1.7 V 信噪比E, F: 0.04 V至0.68 V 零点宽度K, L: 180° ± 90°电子角	
连接电缆	海德汉屏蔽电缆 例如, PUR [4(2 x 0.14 mm ²) + (4 x 0.5 mm ²)] 最长150 m 6 ns/m	

这些值用于确定后续电子电路规格。有关需限制的编码器公差，如技术参数所示。对于无内置轴承编码器，建议在初始安装中使用更小公差（参见安装说明）。



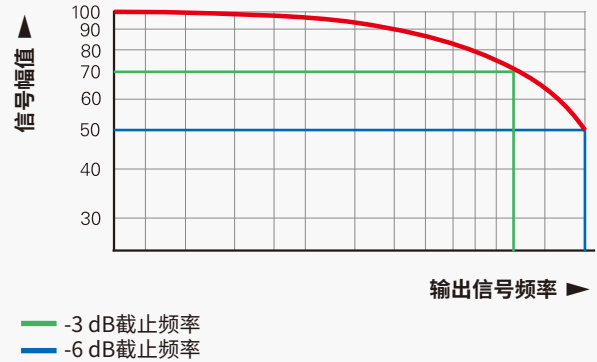
短路稳定性

输出端短路是不允许的工作条件。其例外是供电电压为DC 5 V ± 5 %的编码器，如果输出端短时与0 V或U_P短路，这些编码器不会失效。

短路发生在	20 °C	125 °C
一路输出	< 3 min	< 1 min
所有输出	< 20 s	< 5 s

截止频率

典型信号幅值与输出频率间的关系曲线（取决于旋转编码器，可能不同）



监测增量信号

建议用以下灵敏度电平监测信号幅值M:

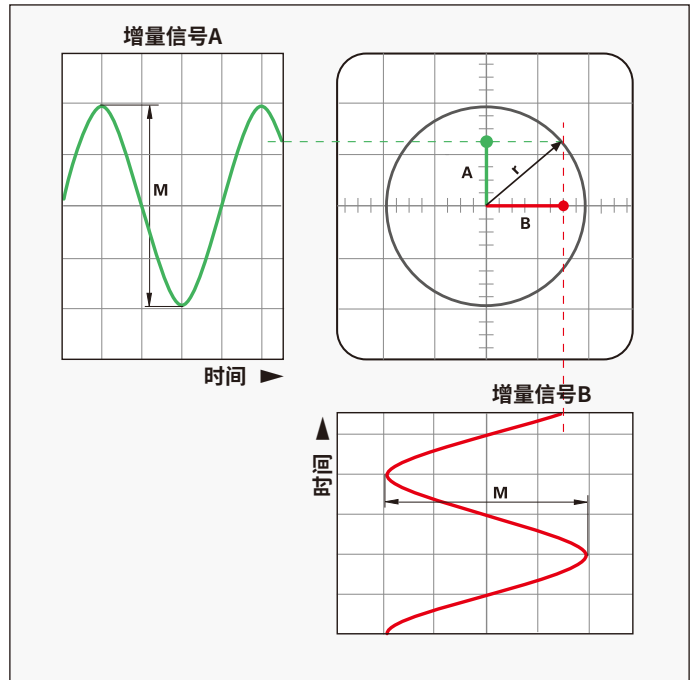
阈值下限: 0.30 V_{PP}

阈值上限: 1.35 V_{PP}

可根据位置指示箭头的长度，监测增量信号的幅值。在示波器上，输出信号A与B在XY图中显示为李萨如图形。理想的正弦信号生成直径为M的圆形。这时，位置指示r（图示）相当于1/2M。

$$r = \sqrt{A^2 + B^2}$$

其中: $0.3 \text{ V} < 2r < 1.35 \text{ V}$



后续电子电路的输入电路设计

规格

运算放大器（例如MC 34074）

Z₀ = 120 Ω

R₁ = 10 kΩ和C₁ = 100 pF

R₂ = 34.8 kΩ和C₂ = 10 pF

U_B = ±15 V

U₁ ≈ U₀

-3 dB的电路截止频率

≈ 450 kHz

≈ 50 kHz 对于 C₁ = 1000 pF
和 C₂ = 82 pF

50 kHz电路版本的带宽较小，但抗干扰性能较高。

增量信号 参考点信号

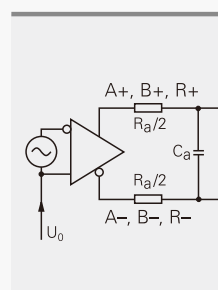
R_a < 100 Ω，典型值24 Ω

C_a < 50 pF

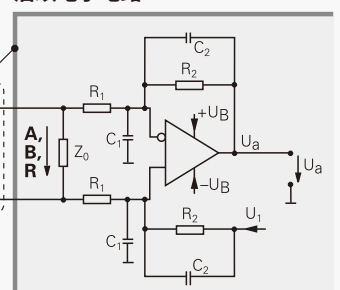
S_{Ia} < 1 mA

U₀ = 2.5 V ± 0.5 V
(相对于电源的0 V)

编码器



后续电子电路



电路输出信号

U_a = 典型值3.48 V_{PP}

增益: 3.48倍

高信号频率下后续电子电路的输入电路设计

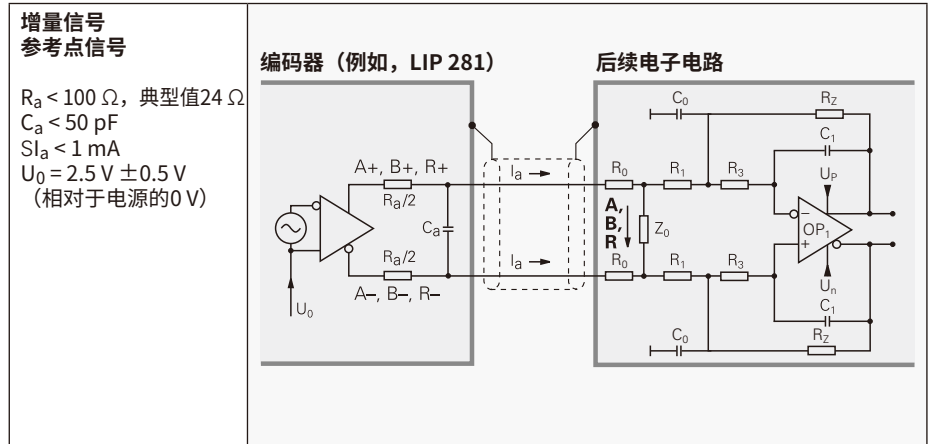
对于高信号频率的高精度编码器，需要使用特殊输入电路。

-3 dB的电路截止频率

输入电路有多种可用的电路版本，因此可用不同的截止频率。根据应用和所用的编码器，可能需要调整接收电路，以满足整个系统的最高工作性能要求。

电路输出信号

已为输入范围为 $2 V_{pp}$ 的后续A/D转换器优化了输入电路。使信号增益达到1.21倍，因此，A信号和B信号的输出电压达到 $U_a = 1.21 V_{pp}$ 。R信号的信号增益系数为0.58。



	截止频率-3 dB							
	500 kHz		2.5 MHz		5 MHz		10 MHz	
信号	A, B	R	A, B	R	A, B	R	A, B	R
U_a	0 V		0 V		0 V		0 V	
U_p	+5 V		+5 V		+5 V		+5 V	
U_n	0 V		0 V		0 V		0 V或-5 V	
Z_0^*	127 Ω	59.0 Ω	133 Ω	59.0 Ω	133 Ω	59.0 Ω	133 Ω	59.0 Ω
R_0	0 Ω	31.6 Ω	0 Ω	31.6 Ω	0 Ω	31.6 Ω	0 Ω	31.6 Ω
R_1	1.21 k Ω		681 Ω		681 Ω		681 Ω	
R_2	1.47 k Ω		825 Ω		825 Ω		825 Ω	
R_3	1.82 k Ω		464 Ω		464 Ω		464 Ω	
C_0	220 pF		100 pF		47 pF		22 pF	
C_1	68 pF		47 pF		22 pF		10 pF	
OP_1	例如, THS452x						例如, AD8138	

* 对于A信号、B信号和R信号，电路的最终有效终端电阻为 $\approx 120 \Omega$ 。

~ 11 μA_{SS} 正弦信号

~ 11 μA_{PP} 接口的海德汉编码器输出电流信号。这些编码器用于连接ND系列数显装置或海德汉EXE信号转换器。

正弦增量信号 I_1 与 I_2 的相位差为 90° 电子角，典型信号幅值为11 μA_{PP} 。图示的输出信号顺序— I_2 滞后 I_1 —适用于图中所示的运动方向（或长度计测量杆缩回运动）。

参考点信号 I_0 的有效分量 G 约为5.5 μA 。

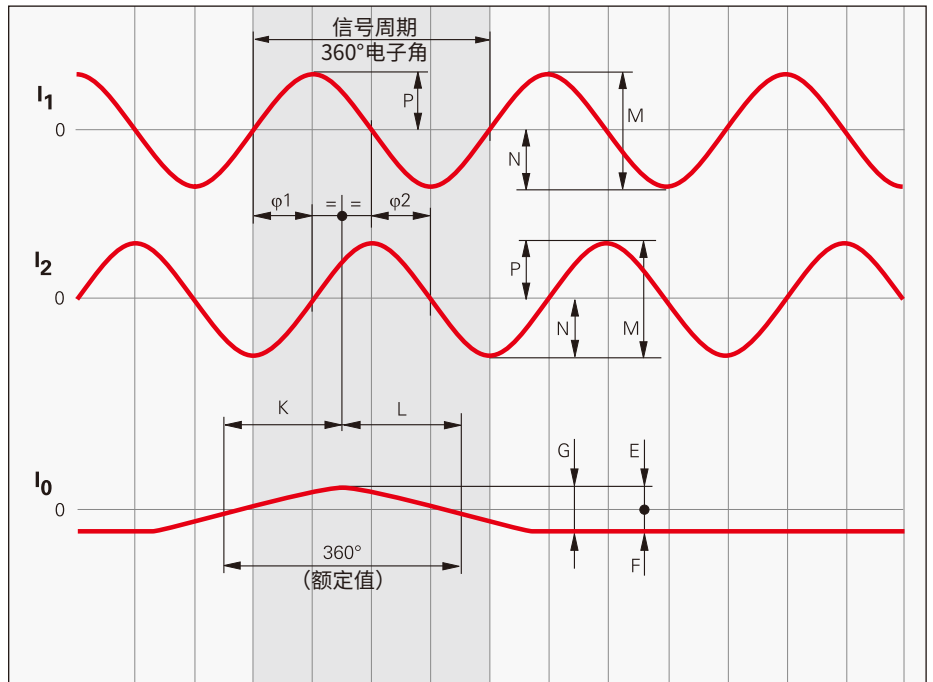
给编码器供电的电压符合技术参数要求时，信号幅值有效。这是基于在相应输出端间进行的差分测量。信号幅值随频率的升高而降低。截止频率是指保持原信号幅值一定百分比的频率：

- -3 dB截止频率：
信号幅值的70%
- -6 dB截止频率：
信号幅值的50%

细分/分辨率/测量步距

11 μA_{PP} 接口的输出信号通常在后续电子电路中进行细分（海德汉ND系列数显装置或EXE信号转换器），以达到足够高的分辨率。

接口	~ 11 μA_{PP} 正弦电流信号
增量信号	两路近似的正弦信号I_1和I_2 信号幅值 M : 7至16 μA_{PP} ; 典型值11 μA_{PP} 非对称性 $ P - N /2M$: ≤ 0.065 (相当于 15°) 幅值比 M_A/M_B : 0.8至1.25 相位角 $ \varphi_1 + \varphi_2 /2$: $90^\circ \pm 10^\circ$ 电子角
参考点信号	一个或多个信号峰值I_0 可用分量 G : 2 μA 至8.5 μA 信噪比 E, F : $\geq 0.4 \mu\text{A}$ 零点宽度 K, L : $180^\circ \pm 90^\circ$ 电子角
连接电缆	海德汉屏蔽电缆 PUR $[3(2 \times 0.14 \text{ mm}^2) + (2 \times 1 \text{ mm}^2)]$ 最长30 m 信号传播时延 6 ns/m



□ TTL方波信号

配□ TTL接口的海德汉编码器含正弦扫描信号的数字化电子电路，功能上分为带细分和不带细分电路两大类。

增量信号以相位差为90°电子角的系列方波脉冲信号 U_{a1} 和 U_{a2} 进行传输。**参考点信号**包括一个或多个参考脉冲 U_{a0} ，由增量信号选通。此外，内置的电子电路还生成其**反相信号** $\overline{U_{a1}}$ 、 $\overline{U_{a2}}$ 和 $\overline{U_{a0}}$ ，实现无噪声信号传输。图示的输出信号顺序—信号 U_{a2} 滞后 U_{a1} —适用于尺寸图图示的运动方向。

故障检测信号 U_{aS} 代表故障状态，例如电源线断路、光源失效等。例如，在自动生产中，用其关闭机器。

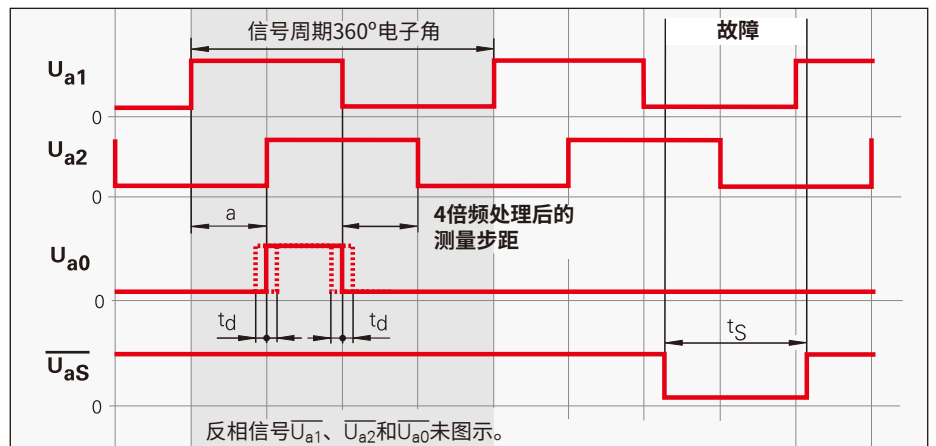
增量信号 U_{a1} 和 U_{a2} 的两个相邻沿间的距离通过1倍频、2倍频或4倍频处理后得到一个**测量步距**。

后续电子电路必须能检测到方波脉冲的每个沿。“技术参数”中所示的最小**边缘间距** a 适用于所示的输入电路和电缆长度为1 m并基于差分线路接收器输出端的测量值。为处理参考点信号，通常在信号 U_{a1} 和 U_{a2} 为高电平时，检查参考点信号电平，并在 U_{a1} 或 U_{a2} 信号沿改变时进行选通。

接口	□ TTL方波信号
增量信号	两路TTL方波信号 U_{a1} 、 U_{a2} 和其反相信号 $\overline{U_{a1}}$ 、 $\overline{U_{a2}}$
参考点信号 脉冲宽度 延迟时间	一个或多个TTL方波脉冲 U_{a0} 及其反相脉冲 $\overline{U_{a0}}$ 90°电子角（根据需要提供其它脉宽） $ t_d \leq 50 \text{ ns}$
故障检测信号 脉冲宽度	单TTL方波脉冲 $\overline{U_{aS}}$ 故障检测：低电平（根据需要：高阻抗 U_{a1}/U_{a2} ） 正常工作：高电平 $t_S \geq 20 \text{ ms}$
信号幅值	符合EIA标准RS-422的差分线路驱动器
允许负载	$Z_0 \geq 100 \Omega$ 相应输出信号间 $ I_L \leq 20 \text{ mA}$ 每路输出最大负载 $C_{load} \leq 1000 \text{ pF}$ 至0 V 保护输出端，避免与0 V短路
切换时间 (10%至90%)	$t_+ / t_- \leq 30 \text{ ns}$ （典型值10 ns） 1 m电缆和指定的输入电路
连接电缆 电缆长度 信号传播时延	海德汉屏蔽电缆 例如，PUR $[4(2 \times 0.14 \text{ mm}^2) + (4 \times 0.5 \text{ mm}^2)]$ 最长100 m ($\overline{U_{aS}}$ 最长50 m) 典型值6 ns/m

注意：

部分编码器不输出参考点信号、故障检测信号和反相信号。请参见其引脚编号。



时钟控制的输出信号通常用在5倍频细分（或更高倍数）的编码器和信号转换器中。这些信号的边缘间距 a 由内部时钟发生器确定。同时，时钟频率决定增量信号允许的输入频率（1 Vpp或11 μ A_{pp}），因此时钟频率决定最高允许的轴速或运动速度：

$$a_{nom} = \frac{1}{4 \cdot IPF \cdot f_{enom}}$$

a_{nom} 名义边缘间距
IPF 细分倍数
 f_{enom} 名义输入频率

内部时钟发生器的公差影响输出信号的边缘间距 a 和输入频率 f_e ，因此影响运动速度或轴速。

对于所示的边缘间距，已考虑这些公差为5%；在任何情况下，所示值都不是名义边缘间距，而是最小边缘间距 a_{min} 。

然而，对于最高允许的输入频率，必须考虑至少5%的公差。这意味着相应地减小最高允许的运动速度或轴速。

通常，编码器和无细分的信号转换器提供**非时钟控制的输出信号**。技术参数中提供最高允许输入频率条件下的最小边缘间距 a_{min} 。如果减小输入频率，相应增加边缘间距。

不同电缆在传播时延方面的差异使每米电缆另外减小边缘间距0.2 ns。为避免计数错误，必须考虑10%的安全裕度。后续电子电路应被设计为仍可处理结果边沿沿间距的90%。

请注意：

严禁超过最大允许**轴速**或**运动速度**，即使是短时间也不允许，原因是可能造成不可修正的计数错误。

计算示例1

LIDA 400直线光栅尺

要求：显示步距：0.5 μ m；运动速度：1 m/s；
输出信号：TTL；连接后续电子电路的电缆长度：25 m。
后续电子电路必须可处理的最小边缘间距是多少？

选择细分倍数

20 μ m栅距：0.5 μ m显示步距 = 40倍细分
后续电子电路处理 4倍
细分 10倍

选择边缘间距

运动速度 60 m/min（相当于1 m/s）
+ 公差值：5% 63 m/min

在技术参数中选择：

下个LIDA 400版 120 m/min（技术参数数据）

最小边缘间距 0.22 μ s（技术参数数据）

确定后续电子电路必须处理的边缘间距

减去不同电缆传播时延的差异 每米0.2 ns
如果电缆长度为25 m 5 ns
得到边缘间距 0.215 μ s
减去10%安全余量 0.022 μ s
后续电子电路的最小边缘间距 0.193 μ s

计算示例2

32 768线的ERA 4000角度编码器

要求：测量步距0.1"，TTL输出信号（需IBV外部信号转换器）；
IBV到后续电子电路的电缆长度：20 m；
后续电子电路可处理的最小边缘间距：0.5 μ s（输入频率：2 MHz）。
轴的旋转速度可多少？

选择细分倍数

32 768线相当于 40"信号周期
40"信号周期：0.1"测量步距 = 400倍细分
后续电子电路处理 4倍
IBV内细分 100倍

计算边缘间距

后续电子电路允许的边缘间距 0.5 μ s
这相当于**结果边缘间距的90%**
因此：结果边缘间距 0.556 μ s
减去不同电缆传播时延的差异 每米0.2 ns
如果电缆长度为20 m 4 ns
IBV 102的最小边缘间距 $\geq 0.56 \mu$ s

选择输入频率

对于IBV 102，输入频率，也即边缘间距 a 可根据产品信息文档调整。

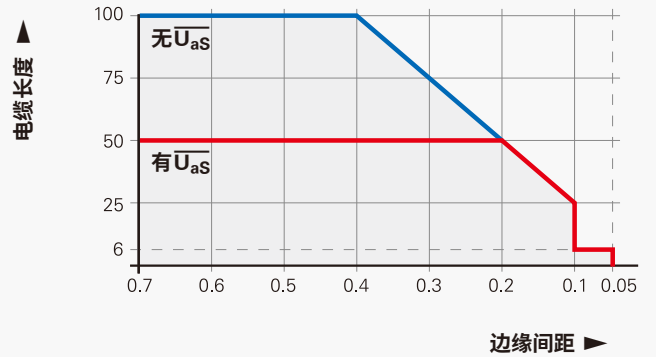
下个适用的边缘间距 0.585 μ s
100倍细分时的**输入频率 4 kHz**

计算允许的轴速

减去5%公差 3.8 kHz
每秒3800个信号或每分钟228 000个信号。
ERA 4000的线数为32 768，因此：
最高允许轴速 6.95 rpm

TTL方波信号传输给后续电子电路所允许的**电缆长度**取决于边缘间距 a 值。最大电缆长度为100 m或故障检测信号的最大电缆长度为50 m。必须为编码器提供要求的供电电压（参见技术参数）。用传感线监测编码器电压并根据需要用适当调节设备调整电压（远程传感电源）。

允许的电缆长度与边缘间距的关系

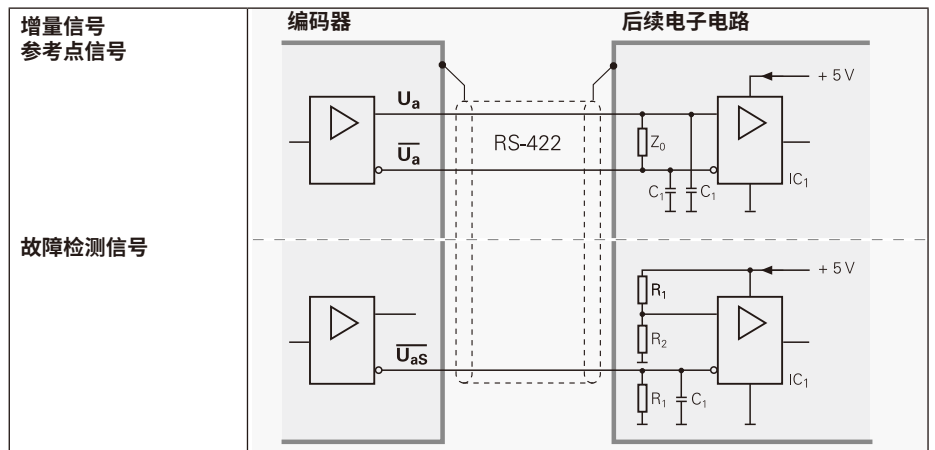


后续电子电路的输入电路设计

规格

IC_1 = 推荐的差分接收电路:
 DS 26 C 32 AT
 仅限 $a > 0.1 \mu s$:
 AM 26 LS 32
 MC 3486
 SN 75 ALS 193

$R_1 = 4.7 k\Omega$
 $R_2 = 1.8 k\Omega$
 $Z_0 = 120 \Omega$
 $C_1 = 220 pF$ (用于提高抗噪性能)



HTL方波信号

HTL输出信号的海德汉编码器自带正弦扫描信号的数字化电子电路，分为带和不带细分电路两大类。

增量信号以相位差为90°电子角的系列方波脉冲信号 U_{a1} 和 U_{a2} 进行传输。**参考点信号**包括一个或多个参考脉冲 U_{a0} ，由增量信号选通。此外，内置电子电路还生成其**反相信号** $\overline{U_{a1}}$ 、 $\overline{U_{a2}}$ 和 $\overline{U_{a0}}$ ，实现无噪声信号传输（不适用于HTL信号）。图示的输出信号顺序—信号 U_{a2} 滞后 U_{a1} —适用于尺寸图图示的运动方向。

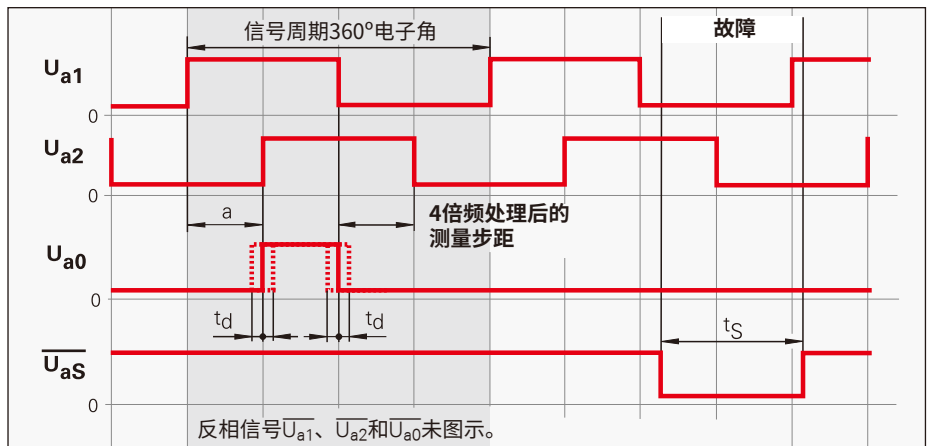
故障检测信号 $\overline{U_{aS}}$ 代表故障，例如光源失效。例如，在自动生产中，用其关闭机器。

增量信号 U_{a1} 和 U_{a2} 的两个相邻沿间的距离通过1倍频、2倍频或4倍频处理后得到一个**测量步距**。

后续电子电路必须能检测到方波脉冲的每个沿。技术参数中的最小**边缘间距a**是指在所示差分输入电路的输出端处的测量值。为避免计数错误，后续电子电路的设计需满足90%边缘间距a可被处理的要求。

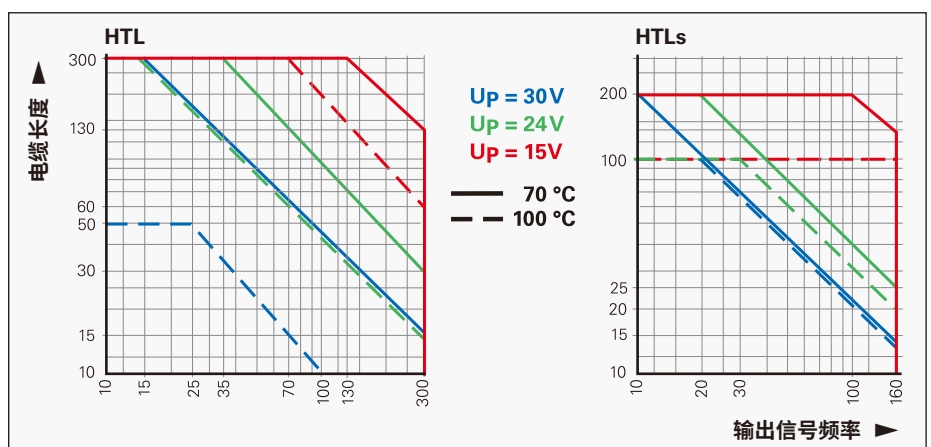
严禁超出最高允许**转速或运动速度**。

接口	HTL, HTL 方波信号
增量信号	两路HTL方波信号 U_{a1} , U_{a2} 和其反相信号 $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$ (HTLs无 $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$)
参考点信号 脉冲宽度 延迟时间	一路或多路HTL方波脉冲 U_{a0} 和其反相脉冲 $\overline{U_{a0}}$ (HTL无 $\overline{U_{a0}}$) 90°电子角 (根据需要提供其它脉宽) $ t_d \leq 50 \text{ ns}$
故障检测信号 脉冲宽度	一路HTL方波脉冲 $\overline{U_{aS}}$ 故障: 低电平 正常工作: 高电平 $t_S \geq 20 \text{ ms}$
信号电平	$U_H \geq 21 \text{ V}$, $-I_H = 20 \text{ mA}$ 时 供电电压 $U_L \leq 2.8 \text{ V}$, $I_L = 20 \text{ mA}$ 时 $U_P = 24 \text{ V}$, 无电缆
允许负载	$ I_L \leq 100 \text{ mA}$ 每路输出最大负载 (不含 $\overline{U_{aS}}$) $C_{load} \leq 10 \text{ nF}$ 相对0V 输出端可短路至0V和 U_P 最长不超过1分钟 (不含 $\overline{U_{aS}}$)
切换时间 (10%至90%)	$t_r/t_f \leq 200 \text{ ns}$ (不含 $\overline{U_{aS}}$) 1 m长电缆和指定的输入电路
连接电缆 电缆长度 信号传播时延	海德汉屏蔽电缆; 例如, PUR [$4(2 \times 0.14 \text{ mm}^2) + (4 \times 0.5 \text{ mm}^2)$] 最长300 m (HTL最长100 m) 6 ns/m

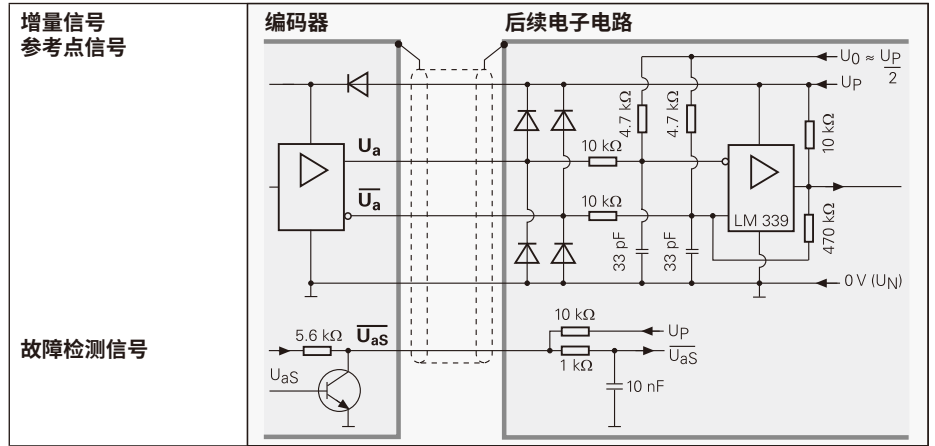


HTL信号的增量式编码器允许的**电缆长度**取决于编码器的输出频率、所供电压和工作温度。

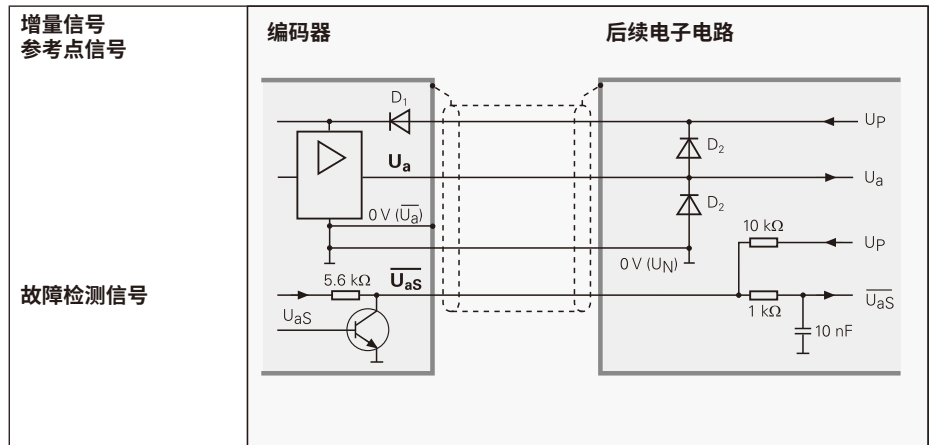
HTL输出信号的编码器**电流消耗**取决于输出频率和连接后续电子电路的电缆长度。



后续电子电路的输入电路设计
HTL



HTL



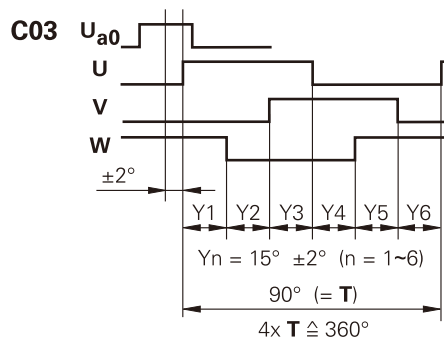
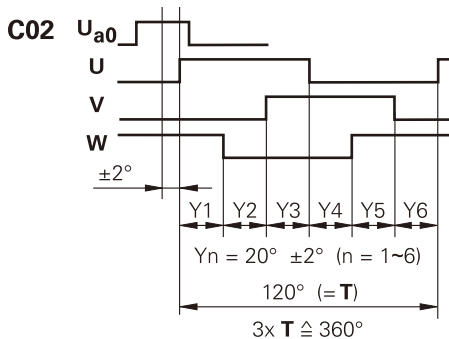
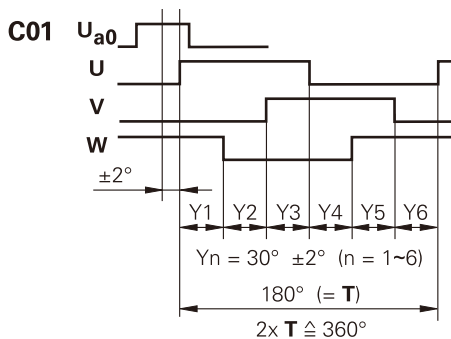
其它信号

条块换向的换向信号

条块换向信号U、V和W分别由三个独立刻轨提供。全部采用TTL电平方波信号传输。

接口	□ TTL方波信号
换向信号 脉宽 信号电平	三路方波信号U、V、W和其反相信号 \bar{U} 、 \bar{V} 、 \bar{W} 2x180°机械角, 3x120°机械角或4x90°机械角 (如需其它, 可提供) 参见 增量信号 □ TTL
增量信号	参见 增量信号 □ TTL
连接电缆 电缆长度 信号传播时延	海德汉屏蔽电缆 例如, PUR [6(2 x 0.14 mm ²) + (4 x 0.5 mm ²)] 最长100 m 6 ns/m

换向信号 (机械角度值)

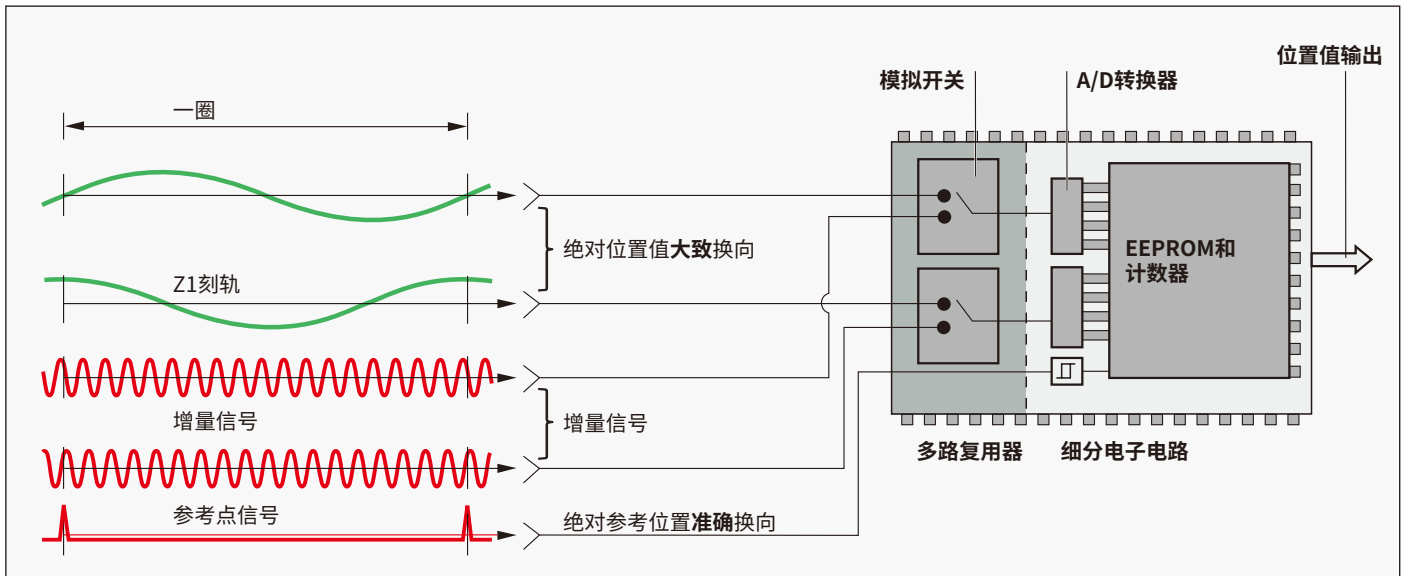


正弦换向的换向信号

换向信号C和D由Z1刻轨提供，相当于每转一圈一个正弦周期或一个余弦周期。1 kΩ电阻值时的典型信号幅值为1 V_{PP}。后续电子电路的输入电路设计与~ 1 V_{PP}接口的设计相同。然而，终端电阻Z₀要求1 kΩ，而非120 Ω。

接口	~ 1 V _{PP} 正弦电压信号
换向信号	两路近正弦信号C和D 有关信号电平信息，参见增量信号~ 1 V _{PP}
增量信号	参见增量信号~ 1 V _{PP}
连接电缆	海德汉屏蔽电缆； 例如，PUR [4(2 x 0.14 mm ²) + (4 x 0.14 mm ²) + (4 x 0.5 mm ²)]
电缆长度	最长150 m
信号传播时延	6 ns/m

带Z1刻轨的电子换向



限位开关

带限位开关的编码器，例如LIDA 400，有两个限位开关，用于检测限位位置和用作回零轨。限位开关由不同的粘性磁条触发，可以精确地切换左限位开关或右限位开关。可成串地配置磁条使其成为回零轨。

限位开关信号通过独立信号线传输，因此直接提供限位开关信号。

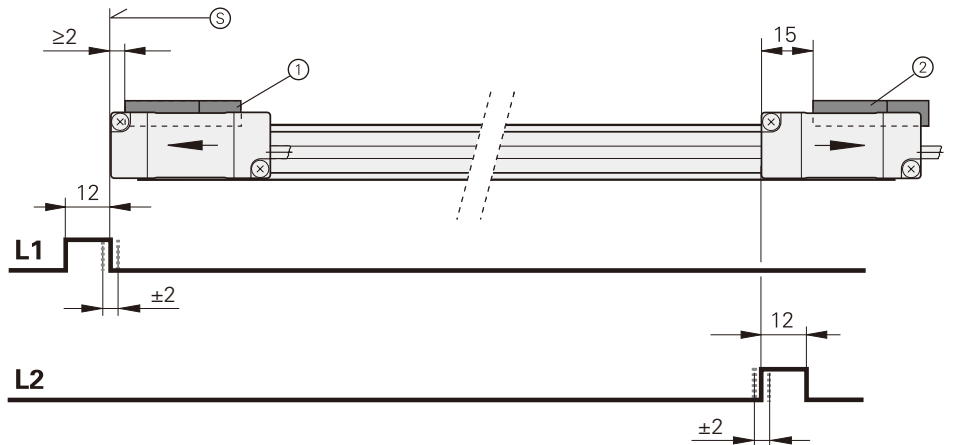
	LIDA 4xx
输出信号	限位开关L1和L2的每一个1 TTL方波脉冲的HIGH 高电平/LOW低电平
信号幅值	在5 V电压下，集电极的负载电阻为10 kΩ
允许负载	$I_{aL} \leq 4 \text{ mA}$ $I_{aH} \leq 4 \text{ mA}$
切换时间 上升时间 (10%至90%) 下降时间	$t_+ \leq 10 \mu\text{s}$ $t_- \leq 3 \mu\text{s}$ 用3 m电缆和推荐的输入电路设计的测量
允许的电缆长度	最长20 m

mm

 Tolerancing ISO 8015
 ISO 2768 - m H
 $\leq 6 \text{ mm}: \pm 0.2 \text{ mm}$

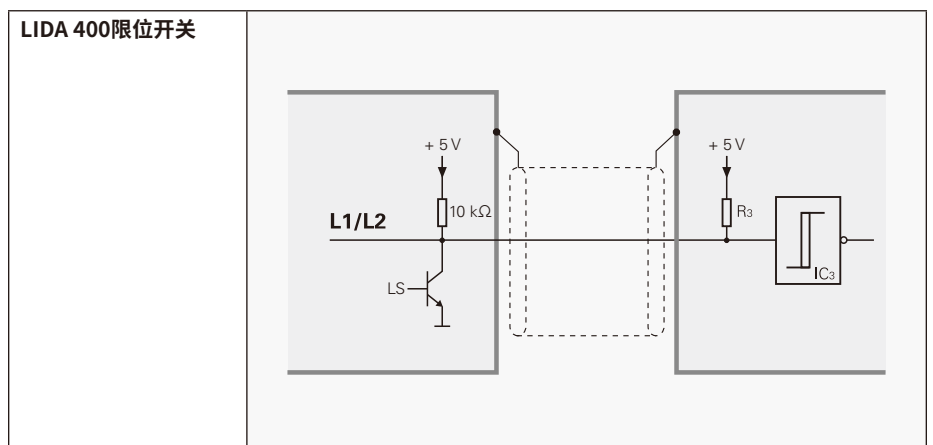
L1/L2 = 限位开关1和2的输出信号
 开关沿的公差: $\pm 2 \text{ mm}$

Ⓢ = 测量长度ML的起点
 1 = 限位开关1的磁条N
 2 = 限位开关2的磁条S



后续电子电路的输入电路设计

规格
 IC_3 (例如, 74AC14)
 $R_3 = 1.5 \text{ k}\Omega$



位置检测


带位置检测功能的编码器，例如LIF 4x1/LIP 60x1，不仅提供增量信号，还提供回零轨和检测限位位置的限位开关。

该信号在单独信号线H和L中用TTL电平传输，因此，直接提供该信号。

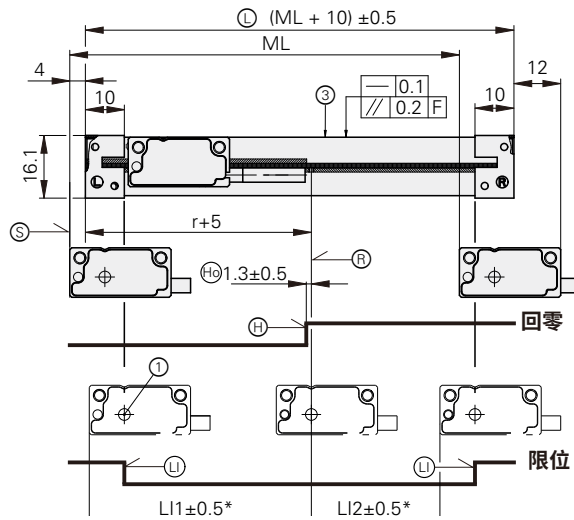
对于LIP 60x1，可用PWM 21精确地调整限位/回零位置。

	LIF 4x1/LIP 60x1
输出信号	回零轨H和限位开关L各一个TTL脉冲信号
信号幅值	TTL $U_H \geq 3.8 \text{ V}$, $-I_H = 8 \text{ mA}$ 时 $U_L \leq 0.45 \text{ V}$, $I_L = 8 \text{ mA}$ 时
允许负载	$R \geq 680 \Omega$ $ I_L \leq 8 \text{ mA}$
允许的电缆长度	最长10 m；对于LIP 60x1，用PWM 21调试期间，最长3 m


LIP 60x1

mm

 Tolerancing ISO 8015
 ISO 2768 - m H
 $\leq 6 \text{ mm}$: $\pm 0.2 \text{ mm}$

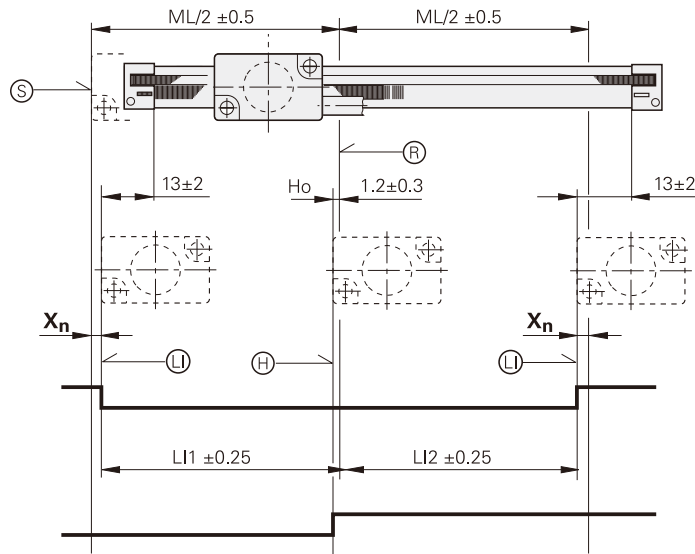
- ⊕ = 参考点位置
- Ⓢ = 测量长度ML的起点
- Ⓣ = 限位标志，可调
- ⊕ = 回零轨开关
- Ho = 回零触发点



LIF 4x1

mm

 Tolerancing ISO 8015
 ISO 2768 - m H
 ≤ 6 mm: ±0.2 mm

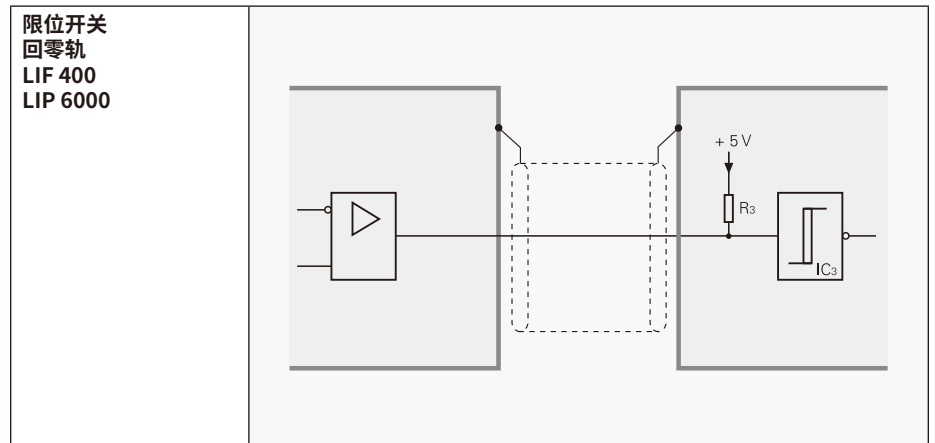
Ⓜ = 参考点位置
 Ⓢ = 测量长度ML的起点
 ⊕ = 限位标志, 可调
 ⊕ = 回零轨开关
 Ho = 回零触发点



$X_n =$
 Var. 01 $X_1 = 2$ mm
 Var. 02 $X_2 = 14$ mm
 Var. 03 $X_3 = 22$ mm

后续电子电路的输入电路设计

规格
 IC_3 (例如, 74AC14)
 $R_3 = 4.7$ k Ω



更多信息

信号转换器

海德汉信号转换器可灵活适配接口信号，调整编码器信号，满足应用要求。根据应用要求，可处理附加信号（例如温度传感器信号）并传输给后续电子电路。

信号转换器的输入信号

海德汉信号转换器可连接 $1 V_{PP}$ 正弦信号（电压信号）或 $11 \mu A_{PP}$ 正弦信号（电流信号）的编码器。EnDat或SSI串行接口的编码器也能连接不同的信号转换器。

信号转换器的输出信号

信号转换器为后续电子电路提供以下接口：

- TTL方波脉冲信号序列
- EnDat 2.2
- DRIVE-CLiQ
- 发那科串行接口
- 三菱高速接口
- 安川串行接口
- PROFIBUS

正弦输入信号的细分

信号转换器不仅可以转换信号，还可以细分编码器正弦信号。因此，支持更细小的测量步距和提高控制质量和优化定位特性。

位置值的形成

不同的信号转换器带计数器功能。从最后一个设定参考点开始，每当读数头移过参考点时，生成一个绝对位置值并输出给后续电子电路。

盒式



接头式



电缆型



顶盖安装轨



输出		输入		结构设计 - 防护等级IP	插补 ¹⁾ 或细分	型号
接口	数量	接口	数量			
□ TTL	1	~ 1 V _{PP}	1	盒式 - IP65	5/10倍	IBV 101
					20/25/50/100倍	IBV 102
					无细分	IBV 600
					25/50/100/200/400倍	IBV 660 B
				插头式 - IP40	5/10倍	IBV 3171
					20/25/50/100倍	IBV 3271
		~ 11 μA _{PP}	1	盒式 - IP65	5/10倍	EXE 101
					20/25/50/100倍	EXE 102
□ TTL/ ~ 1 V _{PP} (可调)	2	~ 1 V _{PP}	1	盒式 - IP65	2倍	IBV 6072
					5/10倍	IBV 6172
					5/10倍和 20/25/50/100倍	IBV 6272
EnDat 2.2	1	~ 1 V _{PP}	1	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 192
				插头式 - IP40	≤ 16384倍细分	EIB 392
			2	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 1512
DRIVE-CLiQ	1	EnDat 2.2	1	盒式 - IP65	-	EIB 2391 S
				电缆式 - IP65	-	EIB 3392 S
发那科串行接口	1	~ 1 V _{PP}	1	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 192 F
				插头式 - IP40	≤ 16384倍细分	EIB 392 F
			2	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 1592 F
三菱高速接口	1	~ 1 V _{PP}	1	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 192 M
				插头式 - IP40	≤ 16384倍细分	EIB 392 M
			2	盒式 - IP65	≤ 16384倍细分	EIB 1592 M
安川串行接口	1	EnDat 2.2	1	插头式 - IP40	-	EIB 3391 Y
PROFIBUS DP	1	EnDat 2.2	1	顶盖安装轨	-	PROFIBUS 网关
PROFINET IO	1	EnDat 2.2	1	顶盖安装轨	-	PROFINET 网关

¹⁾ 可切换

测试和检测设备及诊断

海德汉编码器为编码器的初始设置、监测和诊断提供全部所需信息。提供的信息类型取决于增量式或绝对式编码器以及所用的接口。

增量式编码器使用1 V_{pp}、TTL或HTL接口。TTL和HTL信号的编码器在内部监测信号幅值并生成简单的故障检测信号。对于1 V_{pp}信号，只能用外部测试设备或用后续电子电路（**模拟诊断接口**）的计算资源分析输出信号。

绝对式编码器用串行方式传输数据。根据接口类型，可输出1 V_{pp}的附加增量信号。在编码器内广泛监测这些信号。监测结果（特别是有效数据）与位置值一起通过串行接口（**数字诊断接口**）传输给后续电子电路。提供以下信息：

- 出错信息：位置值不可靠
- 警告：已达到编码器的内部功能极限
- 有效数据：
 - 有关编码器功能冗余的详细信息
 - 所有海德汉编码器的统一标准
 - 可周期地读取

后续电子电路可轻松评估编码器的当前状态，包括在闭环模式中。

为分析这些编码器，海德汉提供相应的PWM检测仪和PWT测试设备。根据这些设备的连接方式，可进行两种类型的诊断：

- 编码器诊断：直接将编码器连接测试或检测设备，因此可以详细地分析编码器的功能。
- 监测模式：将PWM检测仪接入闭环控制环中（根据需要，使用适当测试适配器）。因此，可在工作中实时诊断机器或设备。可用的功能范围取决于接口。



用PWM 21和ATS软件诊断



用PWM 21和ATS软件初始设置

一览表		PWM 21		PWT 101
接口	输出信号 (选择)	编码器诊断	监测模式	编码器诊断
EnDat 2.1 (带增量信号)	位置值 增量信号	有 有	无 有	有 有
EnDat 2.2 (无增量信号)	位置值 有效数据	有 有	有 ¹⁾ 有	有 有
DRIVE-CLiQ	位置值 有效数据	有 有	无 无	无 ⁷⁾ 无 ⁷⁾
发那科	位置值 有效数据	有 有	有 有	有 ⁸⁾ 有 ⁸⁾
三菱	位置值 有效数据	有 ⁵⁾ 有	有 ^{1) 5)} 有	有 ⁸⁾ 有 ⁸⁾
松下	位置值 有效数据	有 有	有 ¹⁾ 有	有 ⁸⁾ 有 ⁸⁾
安川	位置值 有效数据	有 ⁶⁾ 有	无 ⁷⁾ 无 ⁷⁾	有 ⁸⁾ 有 ⁸⁾
SSI	位置值 增量信号	有 有	无 有	无 无
1 V _{pp}	增量信号	有	有	有
11 μA _{pp}	增量信号	有	有	有
TTL	增量信号 扫描信号	有 ⁴⁾ 有	有 无	有 ⁴⁾ 有 ⁴⁾
HTL	增量信号	有 ²⁾	无	无 ⁷⁾
换向信号	条块换向 正弦换向信号	有 ²⁾ 有	无 有	有 ³⁾ 有

1) 控制系统必须要求和传输的信息

2) 用适当的信号适配器

3) 只适用于条块换向的编码器（参见编码器文档）

4) 如果编码器支持（PWT功能）

5) 不适用于订购标识为Mitsu01的编码器

6) 不适用于EIB 3391Y

7) 尚不可用的功能

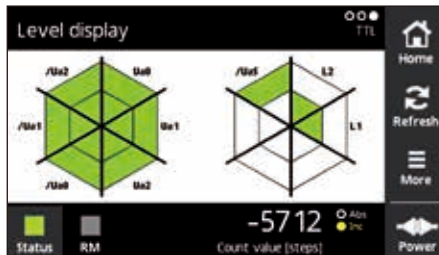
8) 需要双对传输（更多信息，参见PWT 100/PWT 101文档）

PWT 101

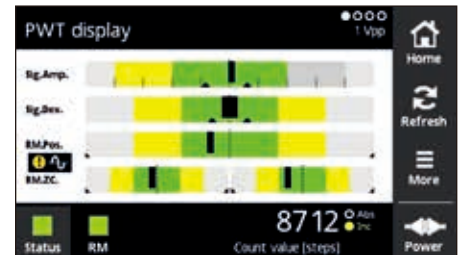
PWT 101是测试设备，用于测试和调试海德汉增量式和绝对式编码器的功能。PWT 101结构紧凑、坚固耐用，是便携式应用的理想选择。



	PWT 101
编码器输入 仅限海德汉编码器	<ul style="list-style-type: none"> • EnDat 2.1或EnDat 2.2 (带或不带增量信号) • 发那科串行接口 • 三菱高速接口 • 松下串行接口 • 安川串行接口 • 1 V_{pp} • 11 μA_{pp} • TTL
显示屏	4.3英寸触控屏
供电电压	DC 24 V 功率消耗：最大15 W
工作温度	0 °C至40 °C
防护等级EN 60529	IP20
尺寸	约145 mm x 85 mm x 35 mm



电平显示



PWT显示

安装向导

安装敞开式或多段式直线光栅尺或模块型角度编码器时，建议使用PWM 21及调试和测试软件（ATS）。如果编码器接口支持PWT 101，也能在一定范围内使用。

编码器*	PWT 101可用于
LIC 21xx, LIC 31xx, LIF 4xx, LIF 1xx, LIDA 4xx, LIDA 2xx, ERM 2xxx	✓
LIC 41xx, LIP 3xx, LB 3xx, LC 2xx, PP 281, ECA 4xxx, ECM 24xx, ERA 4xxx, ERA 7xxx, ERA 8xxx, ERP 880	适用范围有限：为达到理想安装质量，请使用PWM 21及ATS调试和测试软件
LIP 2xx, LIP 6xxx, ERP 1xxx, ERO 2xxx	需要PWM 21和ATS调试和测试软件

*请阅读编码器文档中的说明

PWM 21

PWM 21相位角测量仪和所含的ATS调试和测试软件是一套调试和测试套件，可诊断和调试海德汉编码器。



更多信息，参见PWM 21，ATS软件“产品信息”文档。

	PWM 21
编码器输入	<ul style="list-style-type: none">• EnDat 2.1或EnDat 2.2 (带或不带增量信号)• EnDat 3 (可能需要信号适配器)• DRIVE-CLiQ• 发那科串行接口• 三菱高速接口• 安川串行接口• 松下串行接口• SSI• 1 V_{PP}/TTL/11 μA_{PP}• HTL (通过信号适配器)
接口	USB 2.0
供电电压	AC 100 V至240 V或DC 24 V
尺寸	258 mm × 154 mm × 55 mm

	ATS
语言	德语，英语，法语，意大利语，西班牙语，韩语，简体中文，繁体中文
功能	<ul style="list-style-type: none">• 位置显示• 连接对话• 诊断• 安装向导，EBI/ECI/EQI，LIP 200，LIC 4000等• 其它功能 (如果编码器支持)• 存储器内容
系统要求和建议	计算机 (双核处理器 > 2 GHz) RAM > 2 GB 操作系统: Windows 7、8和10 (32-bit / 64-bit) 500 MB可用硬盘空间

DRIVE-CLiQ是西门子公司 (Siemens AG) 的注册商标。

测量原理

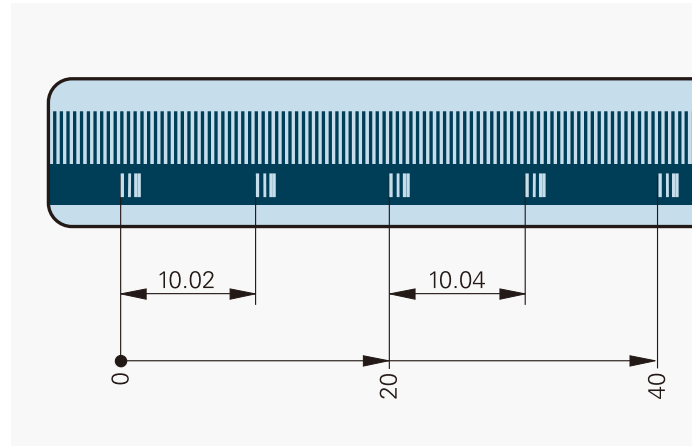
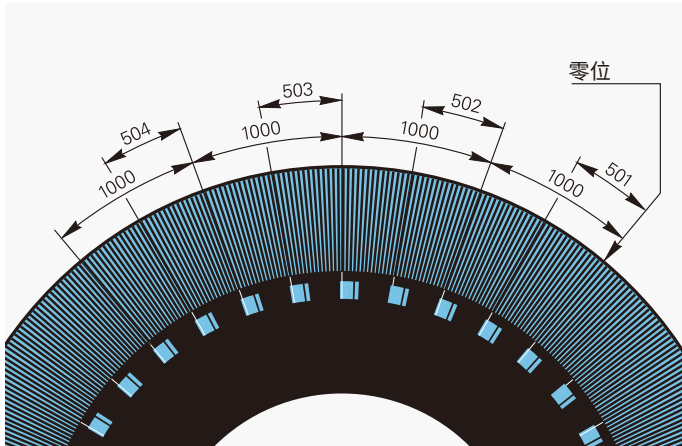
增量测量法

增量测量法的光栅由周期性栅线组成。计算自选定原点的每一个增量数（测量步距）获得位置信息。轴速或运动速度通过一定时间内的位置变化用数学计算确定。由于需要绝对参考点确定绝对位置，测量基准上提供另一条含一个或多个参考点的刻轨。测量基准的绝对位置由参考点确定，可精确到一个测量步距或信号周期。因此，必须扫描参考点才能建立绝对基准或确定最近选择的原点。部分不理想情况下，可能需要机床移动测量范围的较大部

分。为简化回零操作，许多海德汉编码器都提供距离编码器参考点：参考点刻轨上提供多个参考点，彼此相距不同定义的距离。单方向移过两个相邻参考点后，后续电子电路可在较短运动距离内确定绝对基准。距离编码参考点的栅鼓或编码器在型号后用字母“C”表示（例如，TTR ERM 2200 C和ERA 4200 C角度编码器和LS 487 C直线光栅尺）。对于距离编码参考点，绝对参考点的位置由两个参考点间的增量数和以下公式计算确定。

绝对测量法

绝对测量法是指光栅尺或编码器在通电时立即提供位置值并供后续电子电路随时读取。因此，无需点动运动轴进行参考点回零操作。绝对位置信息由测量基准读取，在测量基准上刻有串列编码的栅线。为得到位置值，细分单独的增量信号刻轨。



角度编码器：

$$\alpha_1 = (\text{abs } A - \text{sgn } A - 1) \times \frac{N}{2} + (\text{sgn } A - \text{sgn } D) \times \frac{\text{abs } M_{RR}}{2}$$

和：

$$A = \frac{2 \times \text{abs } M_{RR} - N}{GP}$$

定义：

- α_1 = 第一个参考点相对零点位置的绝对角度位置，单位度
- abs = 绝对值
- sgn = 代数符号（“+1”或“-1”）
- M_{RR} = 移过的参考点间的被测值，单位度
- N = 两个固定参考点间的名义增量值（见表）
- GP = 栅距（ $\frac{360^\circ}{\text{线数}}$ ）
- D = 旋转方向（+1或-1）
按照配合尺寸的旋转为“+1”

直线光栅尺：

$$P_1 = (\text{abs } R - \text{sgn } R - 1) \times \frac{N}{2} + (\text{sgn } R - \text{sgn } D) \times \frac{\text{abs } M_{RR}}{2}$$

和：

$$R = 2 \times M_{RR} - N$$

定义：

- P_1 = 第一个移过的参考点位置，信号周期数
- abs = 绝对值
- sgn = 代数符号（“+1”或“-1”）
- M_{RR} = 移过的两个参考点间的信号周期数
- N = 两个固定参考点间的名义增量值，信号周期数（见下表）
- D = 运动方向（+1或-1）。读数头向右运动（正确安装时）等于+1

一般电气信息

适用范围

一般电气信息适用于海德汉编码器、信号转换器和电缆。有关其它方面信息，参见技术参数。在“一般电气信息”中，“编码器”是指海德汉编码器和海德汉信号转换器。

电源

只能将海德汉编码器连接由PELV系统供电的后续电子电路（有关相关术语的定义，参见EN 60204-1）。

如果由可满足第3版IEC 61010标准9.4节要求的限能辅助电路供电（低电压，限能），或由可满足UL1310¹⁾标准要求的2类辅助电路供电，编码器满足IEC 61010-1标准要求。

如合格证上所示，如果由相应DVC A级电压的辅助电路供电，功能安全特性认证的编码器也满足IEC 61800-5-3标准的要求。

需要用**稳压的直流电压 U_P** 为编码器供电。有关电压和电流消耗或功率损失信息，请

参见相应的技术参数。有关直流电源的电压波动，需满足以下参数要求：

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

然而，电源供电的限制不能受谐波成份影响。

在编码器端必须满足电压值要求。对于带电缆组件的编码器，必须考虑电缆组件中的电压下降。根据需要，必须从编码器文档中查询其它信息（例如，电源导线的横截面）。如果有**传感线**，可用传感线监测和调整给编码器的电压。如果无可调供电电源，与相应的供电线并联传感线，以减小压降。

设计电源时，使用技术参数中的最大电流或功率消耗数据。

为了比较和检测，还为典型供电电压或额定电压给出了典型环境条件下和空载（只连接供电电压）工作条件下的典型电流消耗或功率消耗。该信息不具约束力，如有变更，恕不另行通知。

计算编码器的电流消耗和功率消耗时，应考虑编码器端实际得到的电压 U_P 。该电压为后续电子电路的供电电压 U_E 减去电源线的压降 ΔU 。

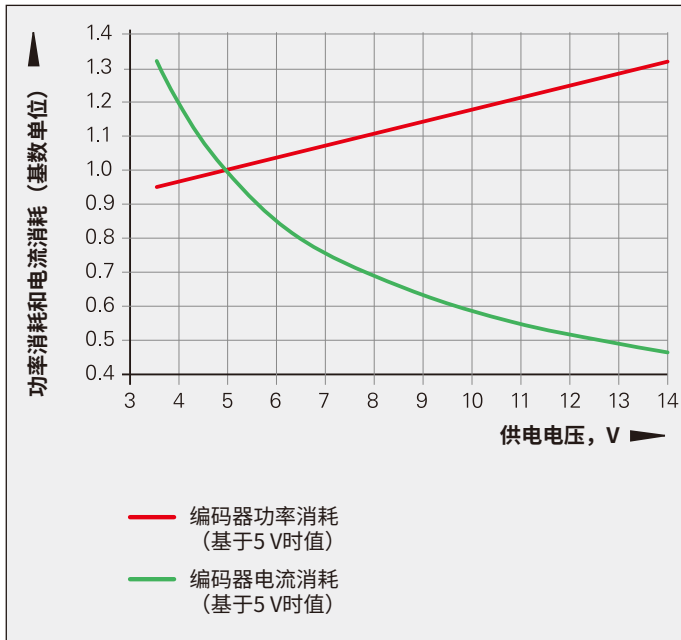
供电电压的要求取决于编码器接口。需要区分非宽电压供电的编码器（例如DC 5.0 V \pm 0.25 V）与宽电压供电的编码器（例如，DC 3.6 V至14 V）。

宽电压供电的编码器

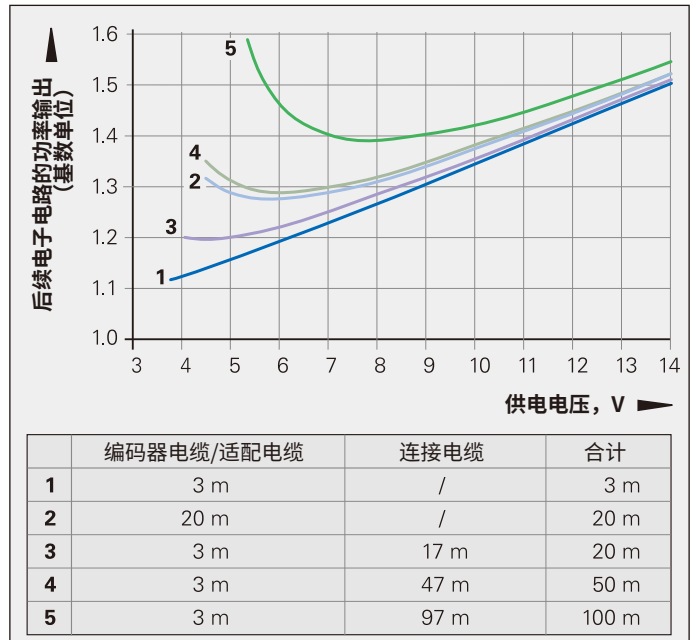
对于宽电压供电的编码器，电流消耗与供电电压之间为非线性关系。然而，编码器的功率消耗曲线近似为线性（参见功率消耗和电流消耗图）。

¹⁾ 也可用DIN EN 61010-1、EN 61010-1、UL 61010-1和CAN/CSA-C22.2第61010-1号标准的相应内容取代第3版IEC 61010-1第9.4节。

电流消耗和功率消耗与供电电压间的关系（举例）



电缆长度对后续电子电路功率输出的影响（举例）



为此，技术参数提供最低供电电压和最高供电电压时的最大功率消耗值。在最大功率消耗中，考虑以下因素：

- 推荐的接收器电路
- 电缆长度1 m
- 老化因素和温度影响
- 需正确使用有关时钟频率和周期时间的编码器

对于宽电压范围供电的编码器，计算电源线压降 ΔU 时必须考虑非线性的电流消耗。三个步骤：

第1步：供电线的电阻

用以下公式计算电源线的电阻值（适配电缆和连接电缆）：

$$R_L = 2 \cdot \frac{1.05 \cdot L_C}{56 \cdot A_P}$$

第2步：压降计算的系数

$$b = R_L \cdot \frac{P_{Mmax} - P_{Mmin}}{U_{Pmax} - U_{Pmin}} + U_E$$

$$c = P_{Mmin} \cdot R_L + \frac{P_{Mmax} - P_{Mmin}}{U_{Pmax} - U_{Pmin}} \cdot R_L \cdot (U_E - U_{Pmin})$$

第3步：根据系数b和c计算压降

$$\Delta U = 0.5 \cdot (b - \sqrt{b^2 - 4 \cdot c})$$

宽电压供电的编码器

对于非宽电压供电的编码器（典型供电电压：DC 5 V），用下面公式计算供电线的压降 ΔU ：

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{1.05 \cdot L_C}{56 \cdot A_P} \cdot I_M \cdot 10^{-3}$$

如果已知压降值 ΔU ，可计算编码器和后续电子电路的以下参数：编码器端的电压、编码器的电流消耗、编码器的功率消耗、后续电子电路应提供的功率。

编码器端的电压：

$$U_P = U_E - \Delta U$$

编码器的电流消耗：

$$I_M = \frac{\Delta U}{R_L}$$

编码器的功率消耗：

$$P_M = U_P \cdot I_M$$

后续电子电路的功率输出：

$$P_E = U_E \cdot I_M$$

如果海德汉编码器经海德汉信号转换器由后续电子电路供电，那么，必须将编码器的功率消耗和信号转换器的功率消耗相加，以确定功率消耗结果。

根据信号转换器，可能必须考虑接口信号转换器开关电源工作效率的补偿因素（参见相应产品信息文档）。

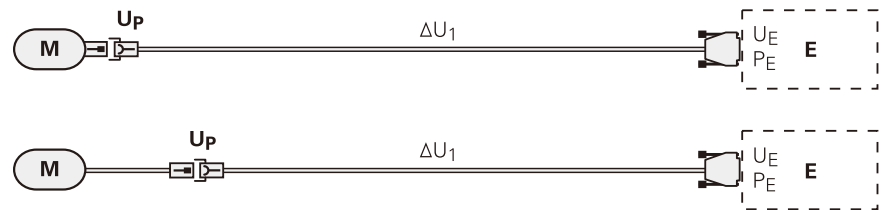
定义：

- U_P 编码器端电压，单位V
- I_M 编码器的电流消耗，单位mA
- P_M 编码器的功率消耗，单位W
- U_E 后续电子电路供电电压，单位V
- P_E 后续电子电路的功率输出，单位W
- ΔU 电缆压降，单位V
- L_C 电缆长度，单位米
- A_P 供电线截面积，单位 mm^2 （参见电缆）
- 2 输出线和输入线

- 1.05 双绞线长度系数
- 56 铜线电导率
- R_L 供电线电阻（双向），单位ohm
- P_{Mmin} , P_{Mmax} 最小或者最大供电电压时的最大功率消耗，单位W
- U_{Pmin} , U_{Pmax} 编码器的最小或最大供电电压，单位V

编码器M到后续电子电路E：

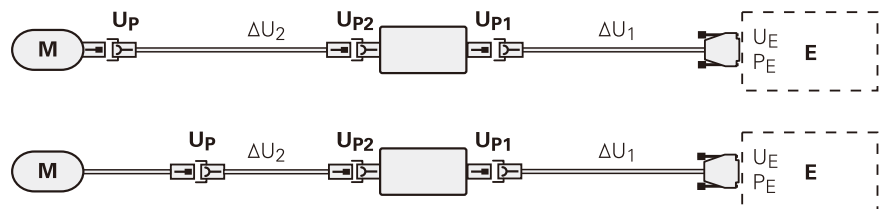
$$U_P = U_E - \Delta U_1$$



编码器M与后续电子电路E间的信号转换器：

$$U_P = U_{P2} - \Delta U_2$$

$$U_{P1} = U_E - \Delta U_1$$



电缆长度

最大电缆长度

“技术参数”中的电缆长度仅适用于海德汉电缆和为后续电子电路推荐的输入电路设计。最大允许的电缆长度受以下关键因素限制：

- 遵守编码器供电电压要求
- 数据传输技术的限制（例如，纯串行接口协议的设计和制造商专用接口的技术参数）

请注意：必须分别检查各项限制并满足其要求。

下表为预组装电缆的最大总长度。

EnDat 3	100 m
HMC 2	100 m
EnDat 2.2	100 m
HMC 6	100 m
DRIVE-CLiQ	100 m
发那科, 松下	30 m ¹⁾
三菱, 安川	30 m
EnDat 2.1	150 m
SSI	100 m
1 V _{PP}	150 m
11 μA _{PP}	30 m
TTL	100 m

¹⁾ 根据编码器，电缆长度可达50 m

请考虑特定编码器的技术参数。

遵守编码器供电电压要求

压降可导致供电电压低于最低允许电压，特别是电缆长度较长和编码器对电流要求较高时，例如绝对式直线光栅尺和角度编码器。因此，后续电子电路中应选择尽可能高的供电电压U_P。以下措施可减小压降：

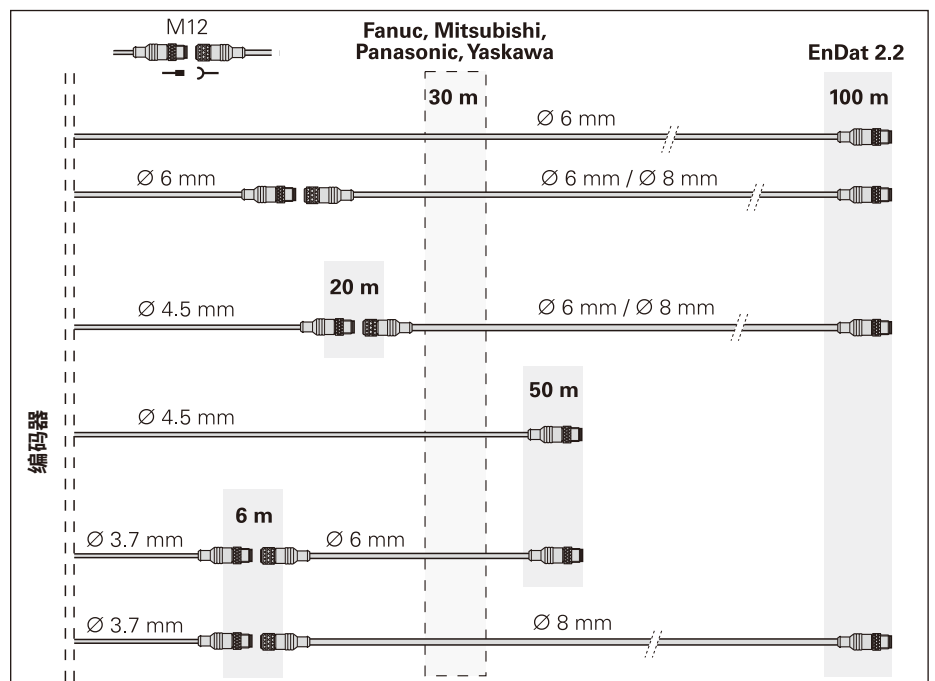
- 尽可能缩短小截面细电缆的长度
- 较大电缆长度时，选用更大横截面的导线
- 对于无可调供电电源的后续电子电路，并联连接供电线与传感线。以此将可用的截面积增加一倍

数据传输技术

预组装电缆的数据传输性能、接口协议性能和其它技术参数影响电缆长度的设计。

对于数据传输频率达16 MHz的纯串行接口，如果电缆长度较长，那么电缆需要达到较高的技术要求。海德汉为这些应用特别设计的电缆充分满足这些要求。为此，海德汉建议使用海德汉原厂电缆。

直接连接编码器的适配电缆的长度有一定限制。要使用更长的电缆，选用适配电缆和截面积更大的附加连接电缆。



纯串行接口电缆长度

编码器	功率消耗, $U_P = 3.6\text{ V}$ 或 14 V	附加连接电缆		
		适配电缆 $\varnothing 4.5\text{ mm}$ $A_P = 2 \times 0.16\text{ mm}^2$	预组装电缆 $\varnothing 6\text{ mm}$ $A_P = 2 \times 0.16\text{ mm}^2$	预组装电缆 $\varnothing 8\text{ mm}$ $A_P = 2 \times 0.35\text{ mm}^2$
LC/RCN/ ROC	$3.6\text{ V} \leq 1100\text{ mW}$ $14\text{ V} \leq 1300\text{ mW}$	20 m 6 m 1 m	15 m 29 m 34 m	35 m 66 m 77 m
ECN 1325	$3.6\text{ V} \leq 600\text{ mW}$ $14\text{ V} \leq 700\text{ mW}$	0.3 m	电机壳内输出 电缆	65 m
EQN 1337	$3.6\text{ V} \leq 700\text{ mW}$ $14\text{ V} \leq 800\text{ mW}$	0.3 m		55 m
AK LIC 41x	$3.6\text{ V} \leq 950\text{ mW}$ $14\text{ V} \leq 1050\text{ mW}$	3 m 1 m	编码器的输出 电缆	37 m 39 m

纯串行接口的最大电缆长度（基于DC 4.9 V供电电压确定）

影响可获得的最大电缆长度的主要因素是后续电子电路的供电电压。在供电电压为DC 12 V（±10%）时，海德汉连接电缆允许表中编码器的电缆总长达100 m。表中的选定值4.9 V代表商品化后续电子电路供电电压的下限。该表中的示例为不同编码器的适配电缆长度组合（ $\varnothing 4.5\text{ mm}$ ）以及连接电缆的最大电缆长度。表中数据适用于并联传感线与供电线。可获得的总长度是适配电缆与连接电缆长度之和。

备注：

- 这些数据适用于后续电子电路的供电电压 $U_P = 4.9\text{ V}$
- 电缆长度可能受编码器接口版本的限制（参见相应样本中的编码器数据；最大值 = 100 m）

- 所示的功率消耗值仅适用于当前版本的海德汉编码器接口样本。有关当前有效的功率消耗值，请参见相关产品样本中的技术参数。
- 还请考虑后续电子电路制造商有关编码器供电电压和最大允许电缆长度的信息。

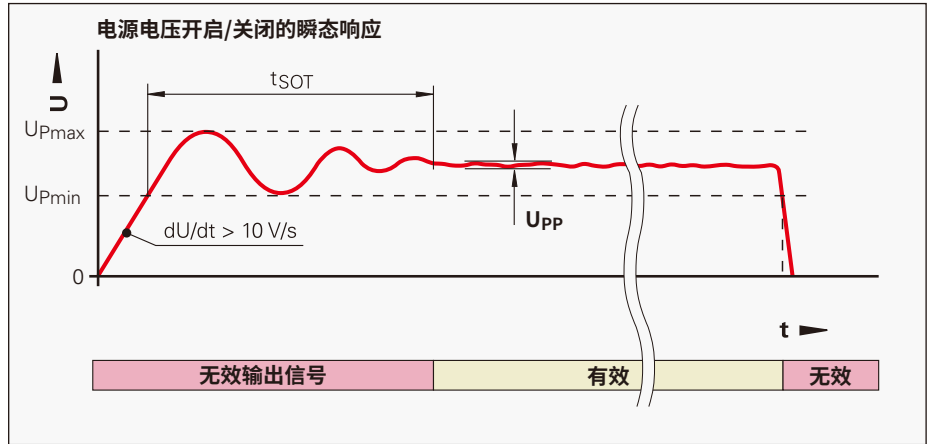
注意：

根据编码器的不同，可能还有其它长度限制。更多信息，参见相应编码器样本和“产品信息”文档。

编码器开启/关闭特性

开启时间 t_{SOT} 后提供有效输出信号。在时间 t_{SOT} 期间，输出信号达到表中的最高电压值。开启时间 t_{SOT} 的长短取决于接口。

接口	开启时间	最大电压
1 V _{PP}	1.3 s	5.5 V
11 μA _{PP}		
TTL		
HTL		
EnDat		
SSI		U_{Pmax}
PROFIBUS DP	2 s	5.5 V
PROFINET	10 s	U_{Pmax}



如果将电源关闭，或如果供电电压低于 U_{Pmin} ，输出信号也无效。而且，还必须考虑接口本身的开启/关闭特性。如果海德汉编码器使用中间的海德汉信号转换器工作，也必须考虑信号转换器的开启和关闭条件。

这里不涉及海德汉支持的其它专用接口。

有关后续电子电路电源的设计信息

选择后续电子电路的电源

选择尽可能接近公差上限的电源。考虑电缆长度导致的电压压降 ΔU 。电源应在公差的上限范围内，特别是供电电压为DC 5 V \pm 0.25 V和DC 5 V \pm 0.5 V的编码器。对于DC 3.6 V至14 V和带功能安全特性的编码器，建议供电电压为DC 12 V。

后续电子电路的功率输出

对于宽电压供电的编码器，必须考虑技术参数中的最大功率消耗。特别是DC 5 V供电电压的编码器，必须注意所示电流消耗的功率其标注为**空载**。因此，需要注意接收电路的设计可能增加电流消耗。必须考虑适配电缆和连接电缆中的消耗。

开启时瞬间的最大电流消耗

在设计电源规格时，必须考虑更大的电流消耗。为此，海德汉建议采用限电流的电源。推荐的限电流值为400 mA，但至少需要达到编码器在静态状况下最大电流消耗的1.2倍。

在设计关闭时电流监测的规格时（特别是触发阈值和触发速度），必须确保在开机的瞬间可承受更大的电流消耗。

数据有效期

由于信号传播时延，与编码器的当前物理位置可能不同

- 编码器中
(串行接口)
和
- 后续电子电路中
(增量式接口)。

合计后的不同信号传播时延称为数据有效期。其可产生所确定的位置与编码器当前物理位置值间的速度相关偏差。

数据有效期由编码器和后续电子电路的模拟和数字信号处理过程中的信号传播时延和传输路径上的传播时延决定。由于接口的工作特性，数据有效期可能有积极作用，也可能有消极作用。

更多信息，根据需要，参见编码器的技术参数（请根据需要联系海德汉）。

电气允许的轴速或运动速度

编码器的最高允许轴速或运动速度取决于：

- 机械允许轴速或运动速度和
- 电气允许轴速或运动速度。

对于正弦输出信号的增量式编码器，电气允许轴速或运动速度受-3dB/-6dB截止频率或后续电子电路允许的输入频率限制。对于方波信号的增量式编码器，电气允许轴速或运动速度受以下限制：

- 编码器的最高允许扫描/输出频率 f_{\max} 和
- 后续电子电路最小允许的边缘间距 a 。

角度或旋转编码器

$$n_{\max} = \frac{f_{\max}}{z} \cdot 60 \cdot 10^3$$

直线光栅尺

$$v_{\max} = f_{\max} \cdot SP \cdot 60 \cdot 10^{-3}$$

定义：

n_{\max}	电气允许轴速，rpm
v_{\max}	电气允许运动速度，m/min
f_{\max}	编码器最高扫描频率/输出频率或后续电子电路的输入频率，kHz
z	角度或旋转编码器每圈的信号周期数
SP	直线光栅尺信号周期数， μm

适用范围

除一般电气信息外，另为配专用接口的海德汉编码器提供以下补充信息。有关其它方面信息，参见技术参数。

DRIVE-CLiQ接口的编码器

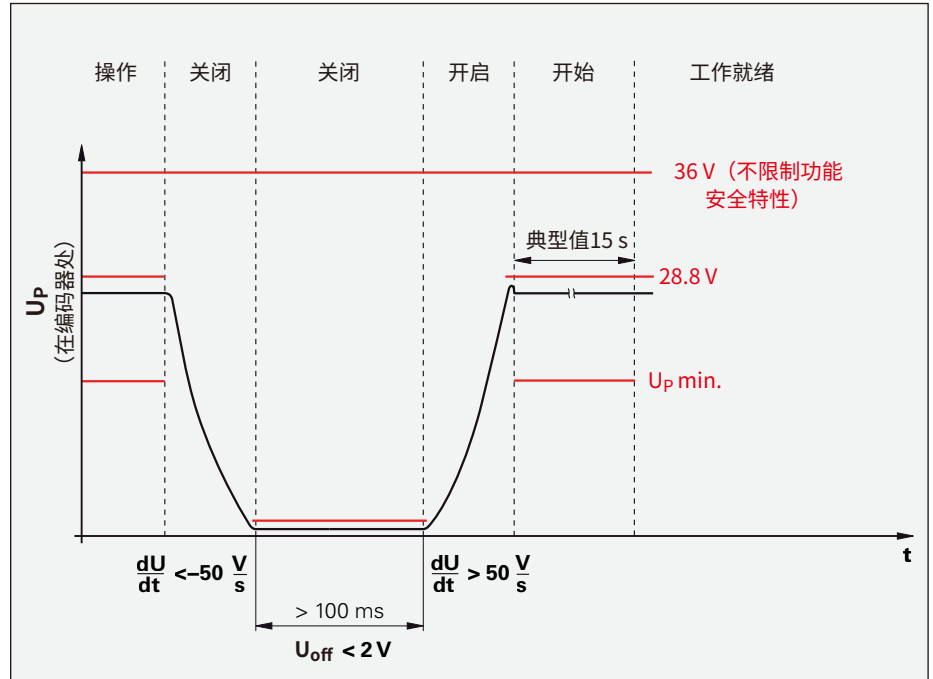
电源

DRIVE-CLiQ接口的编码器设计使用DC 24 V名义电压。后续电子电路制造商指定供电电压的公差为DC 20.4 V至28.8 V。

DRIVE-CLiQ接口的编码器允许更大电压范围（参见技术参数）。允许在工作中电压短时间达到DC 36.0 V。电压在DC 28.8 V至36.0 V之间时，功率消耗可能较大。

开启/关闭特性

DRIVE-CLiQ接口的编码器设计用于如右上图所示的开启/关闭特性。



DRIVE-CLiQ接口的海德汉编码器的开启/关闭条件

电缆长度

“技术参数”中的电缆长度仅适用于海德汉电缆和为后续电子电路推荐的输入电路设计。

DRIVE-CLiQ接口允许的最大电缆长度为100 m，但多个因素可减小此值：

- DRIVE-CLiQ连接器的断点数
- 适配器或连接电缆长度系数
- 编码器的插入式适配电缆
- 带补偿系数的海德汉适配电缆长度

DRIVE-CLiQ的最大允许电缆长度由以下确定：

$$n_{MG} \cdot 5 \text{ m} + \frac{4}{3} \cdot L_{AC} + \sum_i k_i \cdot L_i + n_C \cdot 5 \text{ m} \leq 100 \text{ m}$$

定义：

n_{MG} ：通过可连接的适配电缆的编码器影响，例如； $n_{MG}=1$

4/3：海德汉适配电缆长度补偿系数

L_{AC} ：海德汉适配电缆长度，m

k_i ：信号线的长度补偿系数¹⁾

(4/3：海德汉电缆)

L_i ：信号线的总长¹⁾，m

n_C ：断点数

通过输出电缆（AGK）连接的DRIVE-CLiQ接口的编码器另有长度限制。由于输出电缆的传输特性，最大允许电缆长度的计算公式限制为40 m。该限制适用于全部输出电缆，其在电缆一览表的“使用”列中标识为“DQ01”。

¹⁾ 参见后续电子电路制造商的技术参数

注意：

根据编码器的不同，可能还有其它长度限制。更多信息，参见相应编码器样本或“产品信息”文档。

DRIVE-CLiQ是西门子公司（Siemens AG）的注册商标。

电气安全

海德汉编码器必须由PELV系统供电（有关术语的解释，参见EN 60204-1）；因此，满足IEC 61010-1、UL 61010-1和CAN/CSA-C22.2标准第61010-1号的要求。

如合格证上所示，如果由相应DVC A级电压的辅助电路供电，功能安全特性认证的编码器也满足IEC 61800-5-3标准的要求。

编码器外壳与内部电子电路间无电气连接。必须用保护盖保护电子电路暴露在外的编码器，避免损坏和外部污物和液体渗入。

电磁兼容性

电气干扰源

主要的电气干扰源来自电容耦合或电感耦合。导线及设备输入和输出可产生电感耦合。

典型的电气干扰源包括：

- 变压器、制动器和电动机的强磁场
- 继电器、接触器和电磁阀
- 高频设备、脉冲装置和开关电源供电的杂散磁场
- 上述设备的电源电缆和供电线

相符性

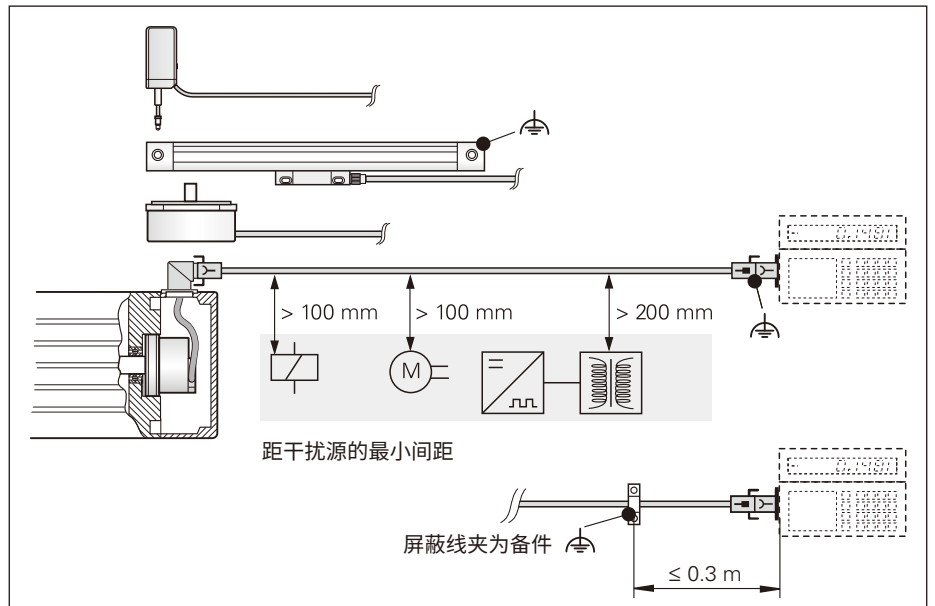
如果满足下列措施要求，海德汉编码器满足EMC指令2014/30/EU有关给定应用领域通用标准的要求：

• 抗干扰

具体标准如下：

- 静电放电 EN 61000-4-2
- 电磁场 EN 61000-4-3
- 瞬变 EN 61000-4-4
- 浪涌 EN 61000-4-5
- 传导干扰 EN 61000-4-6
- 工频磁场 EN 61000-4-8
- 电压骤降，短暂断电 EN 61000-4-11

• 辐射



措施

根据EMC指令要求，无需EMC专业知识就能无干扰地工作。以下措施用于确保无干扰可工作的程度（根据需要，请咨询海德汉）：

- 按照安装说明的要求，正确进行系统安装或编码器安装。
- 只能用海德汉原厂电缆。遵守相应接口的最大允许电缆长度的要求。如果用于非标准应用（信号与接头间的分配关系），整机系统制造商必须确保相符性。
- 严禁将电缆安装在干扰源附近（电感类设备，例如接触器、电机、变频器、电磁线圈等）
 - 必须将带干扰信号的电缆充分退藕，为此，空间间隔距离通常需达到100 mm，或将电缆穿入金属管中，接地隔离。
 - 需要与开关电源中的储能电感的距离至少保持200mm。
- 避免屏蔽层（例如，接头）与其它金属零件的意外接触。
- 对于内屏蔽和外屏蔽电缆，将内屏蔽连接后续电子电路的0 V（例外：海德汉复合电机电缆；参见复合电机电缆文档）。禁止外屏蔽与内屏蔽连接在一起。
- 使用带金属外壳的连接件（例如，接头或端子盒）。这些连接件可能只能用于相连编码器的信号和供电电压（例外：海德汉复合电机电缆）。
- 用电缆屏蔽层相互连接编码器外壳、连接件和后续电子电路。在全圆周（360°）大面积地连接屏蔽层。如果编码器的电气连接数量在一个以上，参见相应产品的文档。
- 将外露电子电路或塑料壳的编码器安装在全封闭的金属外壳中。如果其它信号和干扰源将流过外壳，需要电磁兼容性（EMC）专业知识，和整机系统制造商必须确保相符性。
- 按照安装说明的要求，连接（外）屏蔽层与功能地。
- 如果设备和电缆组件使用塑料接头或未大面积连接屏蔽层的接头，在靠近接头附近大面积地连接（外）屏蔽层与功能地（屏蔽线夹；如图所示）。严禁附近存在任何干扰源。
- 对于可选择连接外部传感器的编码器（例如，温度传感器），符合EMC指令要求的相符性仅适用于无外部传感器的操作。
 - 对于使用外部传感器的操作（例如，温度传感器），要达到无干扰工作，需要丰富的电磁兼容性（EMC）专业知识和整机系统制造商必须确保相符性：
 - 在大多数应用中，由于作用在传感器上的干扰很小，因此可无干扰工作
 - 此外，此类系统可能发生触电危险，因此，必须考虑传感器的电气绝缘要求。
- 如果需要在整机系统中补偿电流，必须提供单独等电位连接导线。不能将屏蔽层用作等电位导线。
- 对于编码器，提供高频、低阻的地线连接（参见EN 60204-01中的电磁兼容性（EMC）部分）。

约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司

地址：北京市顺义区天竺空港工业区 A 区天纬三街 6 号

邮编：101312

电话：010-80420000

传真：010-80420010

Email: sales@heidenhain.com.cn

上海分公司

地址：上海市长宁区淞虹路 207 号明基商务广场 B 栋 1 楼 01-04 单元

邮编：200335

电话：021-23570988

传真：010-80420191 021-23570989

Email: shanghai@heidenhain.com.cn

深圳办事处

地址：广东省深圳市龙华区新区大道
与中梅路安宏基天曜广场 1 栋 A 座
32 层 C2 D2 单元

邮编：518131

电话：0755-33223861

传真：010-80420187

Email: shenzhen@heidenhain.com.cn

东莞办事处

地址：广东省东莞市长安镇猫山东路 99 号
东莞理工学院先进制造学院(长安)一
号楼 301 室

邮编：523858

电话：0769-81158071

传真：010-80420187

Email: shenzhen@heidenhain.com.cn

武汉办事处

地址：湖北省武汉市武昌区中南路 7 号
中商广场写字楼 A 座 2102 室

邮编：430071

电话：027-59826948

传真：010-80420197

Email: wuhan@heidenhain.com.cn

成都办事处

地址：四川省成都市人民南路一段 86 号
城市之心 19 楼 F 座

邮编：610016

电话：028-86202155

传真：010-80420185

Email: chengdu@heidenhain.com.cn

西安办事处

地址：陕西省西安市翠华路与雁南五路交汇处曲江环球中心
7 层 A10706 号单元

邮编：710061

电话：029-87882030

传真：010-80420192

Email: xian@heidenhain.com.cn

沈阳办事处

地址：辽宁省沈阳市沈河区惠工街 10 号
卓越大厦 2904 室

邮编：110013

电话：024-22812890

传真：010-80420193 024-22812892

Email: shenyang@heidenhain.com.cn

公司网址：www.heidenhain.com.cn



1078628-Z3·10·03/2023·H·中国印刷·样本信息如有更新，恕不另行通知，所有技术参数均以订货合同为准。



欢迎关注海德汉官方微信