

## 驱动功能

运动控制器

MC 5010

MC 5005

MC 5004

MC 5004 P STO



## 版本说明

---

版本号：  
2021 年 08 月 30 日，第四版。

Dr. Fritz Faulhaber 股份有限公司（以下简称“FAULHABER”）版权所有。  
公司地址：  
Daimlerstr. 23 / 25 · 71101 Schönaich

FAULHABER 对本文及其各语种译文保留版权。  
未经 FAULHABER 书面授权，不得将本文的全部或部分内容进行复制、转载、  
录入信息系统及任何形式的再加工或转让。

本文的编著几经审校。  
但是，FAULHABER 并不对其内容与内容的推论中，可能存在的错误担责。

因使用不当而对产品用户造成的直接、间接损失，FAULHABER 同样免责。

文中关于安全工程与干扰抑制方面的说明，请在使用软硬件产品时务必遵照。

产品规格与本说明书若有更改，恕不另行通知。

最新版说明书可从 FAULHABER 官网：  
[www.faulhaber.cn](http://www.faulhaber.cn) 下载。

# 目录

<b>1</b>	<b>关于本文档</b>	<b>7</b>
1.1	本文档的有效性	7
1.2	关联文档	7
1.3	如何使用本文档	7
1.4	缩略词列表	8
1.5	符号与标记	9
<b>2</b>	<b>驱动器概述</b>	<b>10</b>
2.1	驱动器组件	12
2.2	配置驱动器的通用流程	13
<b>3</b>	<b>设备控制器的设计</b>	<b>14</b>
3.1	驱动器的状态机	14
3.2	控制字	16
3.2.1	指令序列示例	17
3.2.1.1	使能	17
3.2.1.2	故障状态重置	17
3.2.2	设定制动信号	18
3.3	状态字	18
3.4	状态转换时的停车控制	20
3.4.1	电机停车并删除运动指令	20
3.4.2	暂停运动	20
3.5	限制运动范围	21
3.5.1	限位开关	21
3.5.2	软限位	21
<b>4</b>	<b>配置和启动驱动器</b>	<b>22</b>
4.1	驱动器联机	22
4.2	设定电机类型	22
4.3	设定控制参数和限流值	23
4.3.1	串级控制	23
4.3.2	所支持的电机范围	25
4.3.3	转矩控制器	25
4.3.3.1	配置	26
4.3.4	调速驱动器	29
4.3.4.1	配置	30
4.3.4.2	采样设置	33
4.3.4.3	监测	33
4.3.5	位置控制器	35
4.3.5.1	配置	35
4.3.5.2	设定值	35
4.3.5.3	实际值	36
4.4	配置运动规划器	40
4.5	输出电压	43

## 目录

4.6	配置传感器输入端 .....	44
4.6.1	配置电机编码器 .....	45
4.6.2	配置第二编码器 .....	47
4.6.3	校准霍尔传感器信号 .....	49
4.6.3.1	动态校准霍尔信号的示例 .....	50
4.6.3.2	静态校准霍尔信号的示例 .....	50
4.6.4	配置 PWM 信号输入端 .....	51
4.7	信源选择 .....	52
4.7.1	选定实际值信源 .....	52
4.7.1.1	实际值信源选择示例 .....	54
4.7.2	选定设定值信源 .....	54
4.7.2.1	设定值信源选择示例 .....	55
4.8	因子群 .....	58
4.8.1	位置编码器插值分辨率 ( Position Encoder Resolution ) .....	60
4.8.2	速度编码器插值分辨率 ( Velocity Encoder Resolution ) .....	60
4.8.3	速度因数 ( Velocity Factor ) .....	61
4.8.4	减速比 ( Gear Ratio ) .....	62
4.8.5	进给常数 ( Feed Constant ) .....	62
4.8.6	极性反转 ( Polarity ) .....	63
4.8.7	因子群示例 .....	63
4.8.7.1	位置转换概述 .....	63
4.8.7.2	速度转换概述 .....	64
4.8.7.3	配置有刷电机 + 增量编码器的直线主轴系统，无减速箱 .....	64
4.8.7.4	配置有刷电机 + 增量编码器 + 减速箱的直线的主轴系统 .....	65
4.8.7.5	配置带模拟霍尔传感器的直线电机 .....	66
4.9	配置数字输入输出端口 .....	67
4.9.1	配置数字输入端 .....	68
4.9.1.1	配置限位与参考点开关 .....	68
4.9.1.2	数字输入端的通用设定 .....	69
4.9.1.3	从 DigIn1 至 DigIn3 接入第二编码器的设定 .....	69
4.9.2	读取数字端口或改变数字输出端口的电平状态 .....	70
4.9.3	配置数字输出端 .....	71
4.9.3.1	指派故障信号输出端 .....	71
4.9.3.2	指派制动信号输出端 .....	71
4.9.3.3	指派诊断信号输出端 .....	71
4.9.3.4	数字输出端信号极性设定 .....	71
4.9.4	配置探头输入端 .....	72
4.10	配置模拟输入端 .....	74
4.10.1	虚拟模拟信号输入 .....	76
4.10.2	模拟输入端仿真为数字输入端 .....	77
4.11	关于安全功能的使用 .....	78
4.12	参数管理 .....	80
4.12.1	通过 Motion Manager 保存与恢复参数 .....	80
4.12.2	向驱动器写入参数 .....	80
4.12.3	恢复驱动器参数为出厂设置 .....	81
4.12.4	切换动态参数集 .....	81

# 目录

<b>5</b>	<b>工作模式选择</b>	<b>83</b>
5.1	工作模式的启用与切换	85
5.2	规划定位模式 ( PP )	87
5.2.1	基本功能	87
5.2.2	PP 模式下的状态字 / 控制字	89
5.2.3	位置控制器的架构	90
5.2.4	复合运动	91
5.2.4.1	单点定位	92
5.2.4.2	多点连续定位 ( 多点设定 )	93
5.2.4.3	多点定位的运动交接	94
5.2.5	举例 :	95
5.2.5.1	多点定位示例	95
5.2.5.2	示例 1 ( 绝对位置定位, 随后反转返回起点 )	96
5.2.5.3	示例 : 相对位置定位, 随后反转返回起点	97
5.2.5.4	示例 : 三点定位	99
5.3	规划调速模式 ( PV )	101
5.3.1	基本功能	101
5.3.2	PV 模式下的状态字 / 控制字	102
5.3.3	速度控制器的架构	103
5.3.4	举例 :	104
5.3.4.1	示例 1 ( 缓冲式回转 )	104
5.3.4.2	示例 2 ( 以新设定的加速度在运动中加速 )	105
5.4	寻零模式	106
5.4.1	寻零方式 ( Homing Method )	107
5.4.2	寻零模式下的状态字 / 控制字	114
5.4.3	设置	115
5.4.4	寻零运动的示例	116
5.5	CSP 模式	117
5.5.1	基本功能	117
5.5.2	CSP 模式	119
5.5.3	CSP 模式的控制架构	119
5.5.4	举例	120
5.5.5	循环定位控制选项	120
5.6	CSV 模式	122
5.6.1	基本功能	122
5.6.2	CSV 模式	123
5.6.3	CSV 模式的控制架构	123
5.6.4	举例	123
5.7	CST 模式	124
5.7.1	基本功能	124
5.7.2	CST 模式下的控制字 / 状态字	125
5.7.3	CST 模式的控制架构	125
5.7.4	举例	125
5.8	Voltage Mode / 纯功放模式	126
5.8.1	基本功能	126
5.8.2	VM 模式下的状态字 / 控制字	127
5.8.3	设置	127
5.8.4	举例	128

# 目录

5.9	APC 模式 .....	129
5.9.1	基本功能 .....	129
5.9.2	APC 模式下的控制字 / 状态字 .....	130
5.9.3	设置 .....	130
5.9.4	举例 : .....	131
5.9.4.1	由模拟电压确定目标位置 .....	131
5.9.4.2	由脉冲 + 方向的组合信号确定执行部件的目标位置 .....	131
5.10	AVC 模式 .....	132
5.10.1	基本功能 .....	132
5.10.2	AVC 模式下的控制字 / 状态字 .....	133
5.10.3	设置 .....	133
5.10.4	举例 .....	134
5.11	ATC 模式 .....	135
5.11.1	基本功能 .....	135
5.11.2	ATC 模式下的状态字 / 控制字 .....	136
5.11.3	设置 .....	136
5.11.4	举例 .....	137
<b>6</b>	<b>保护与监测功能 .....</b>	<b>138</b>
6.1	过热保护 .....	138
6.2	转矩或推力限定 .....	139
6.3	电源监测 .....	140
6.3.1	欠压监测 .....	140
6.3.2	过压控制 .....	141
<b>7</b>	<b>诊断 .....</b>	<b>142</b>
7.1	设备监测 .....	142
7.1.1	设备状态 0x2324.01 .....	143
7.1.2	数字输出端输出诊断信号 .....	144
7.1.3	附加字位 .....	144
7.2	错误处理 .....	145
7.2.1	按照 CiA 402 标准规范 ( 伺服驱动概述 ) 处理错误 .....	145
7.2.2	通过 FAULHABER 错误寄存器处理错误 .....	146
7.2.2.1	关闭驱动器以响应错误 .....	148
7.2.2.2	故障输出端输出故障指示信号以响应错误 .....	149
7.3	错误信息信使功能 .....	149
7.3.1	错误寄存器 0x1001 和错误日志 0x1003 .....	150
7.3.2	通信设置 .....	150
7.4	通过状态指示灯显示状态 .....	151
<b>8</b>	<b>参数说明 .....</b>	<b>152</b>
8.1	厂商定义的对象 .....	152
8.2	CiA402 协议规范下的对象 .....	169

## 关于本文档

# 1 关于本文档

## 1.1 本文档的有效性

本文包含以下方面的内容：

- FAULHABER 第三代运动控制器（以下简称“驱动器”）的控制原理
- 驱动器的配置与试车
- 驱动器的工作模式与功能

本文供电子控制设备和工业通信系统方面的技术和工程人员阅读参考。

本文适用于标准版本的驱动器。改型、定制版本的产品，敬请参阅各自的专用手册。

本文涉及驱动器的所有数据，对应驱动器的固件版本号为 J。

## 1.2 关联文档

下列手册中的相关信息，对 FAULHABER 产品的调试与使用大有裨益：

手册	说明
Motion Manager 6	FAULHABER Motion Manager 计算机软件的说明书
快速入门	驱动器的试车与入门指导
通信手册	驱动器的通信功能详解
技术手册	驱动器的安装与使用说明

上表所列的手册，可从 [www.faulhaber.com/manuals](http://www.faulhaber.com/manuals)

下载 pdf 格式文档。

访问 [www.faulhaber.com/de/support/technischer-support/steuerungen](http://www.faulhaber.com/de/support/technischer-support/steuerungen) 获取更多信息。

## 1.3 如何使用本文档

- ▶ 在配置产品之前，敬请仔细阅读本文。
- ▶ 在产品的整个使用寿命期限内，妥善保管本文。
- ▶ 请让操作员可随时取阅本文。
- ▶ 产品所有者或用户若有变更，请连同本文一起移交。

## 关于本文档

### 1.4 缩略词列表

缩写	说明
ADC	模数转换器
AES	绝对式编码器
AnIn	模拟信号输入端
APC	模拟信号定位控制
ATC	模拟信号转矩控制
Attr.	属性
AVC	模拟信号调速控制
BL	无刷
BLDC	直流无刷电机
CAN	Controller Area Network / 控制器局域网
CiA	CAN in Automation/ 一个德国注册的协会，专注于 CAN 在自动化中的应用协会
const	访问权限为“只读”的常数
CSP	位置周期同步控制
CST	转矩周期同步控制
CSV	速度周期同步控制
DC	直流电
DigIn	数字信号输入端
EMF	反电势
HW	硬件
lxx	位长为 xx 的整数
LM	直线电机
LSS	底层设置服务
PP	Profile Position / 规划定位控制
PV	Profile Velocity / 规划调速控制
ro	read only / 只读
rw	read-write/ 可读写
PWM	脉宽调制
SSI	同步串口接口的位置编码器
STO	安全转矩关闭
Sxx	位长为 xx 的有符号数据（正负数）
TTL	晶体管 - 晶体管逻辑电路
Uxx	位长为 xx 的无符号数据（正数）
VM	Voltage Mode / 纯功放模式
wo	write only / 只写
XDC	外部文档转换器
XML	Extensible Markup Language / 可扩展标记语言



### 1.5 符号与标记



#### **警告！**

中度危险警示：若不加以避免，将有可能导致重伤甚至死亡。

- ▶ 避免方法与措施



#### **小心！**

灼热表面可能导致危险。忽视可能会导致灼伤。

- ▶ 避免方法与措施



#### **注意！**

设备损坏风险。


- ▶ 避免方法与措施



进一步说明或操作技巧提示

- ✓ 达成目标的先决条件

1. 达成目标的第一步操作

-  这一步操作的结果

2. 达成目标的第二步操作

-  操作的结果

- ▶ 需要执行的单个操作步骤

## 驱动器概述

### 2 驱动器概述

驱动器集成了对直流有刷、无刷和直线伺服电机的灵活控制功能。

#### 应用领域

驱动器可以脱机工作，也可并入网络由上位机或 PLC 实施控制。

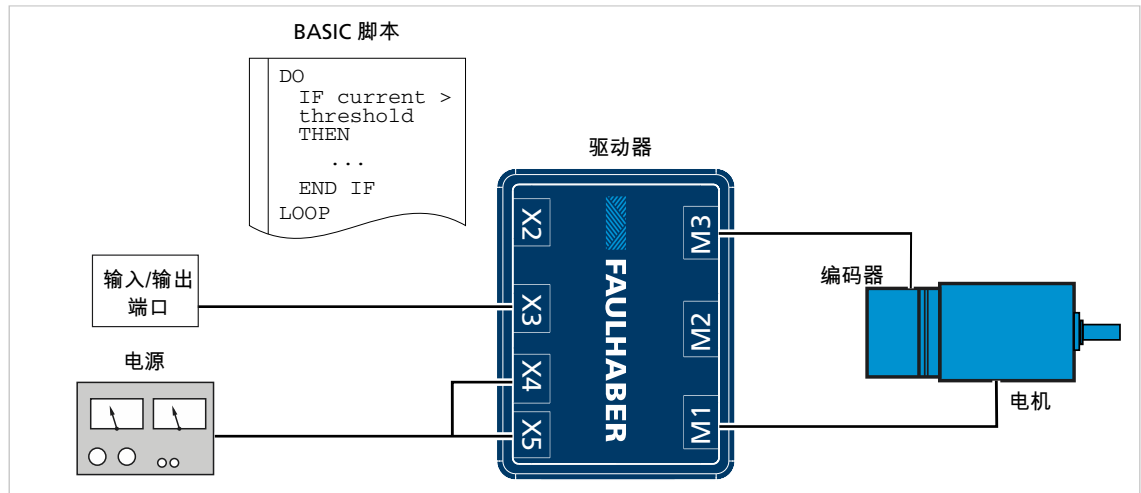


图 1: 驱动器脱机工作

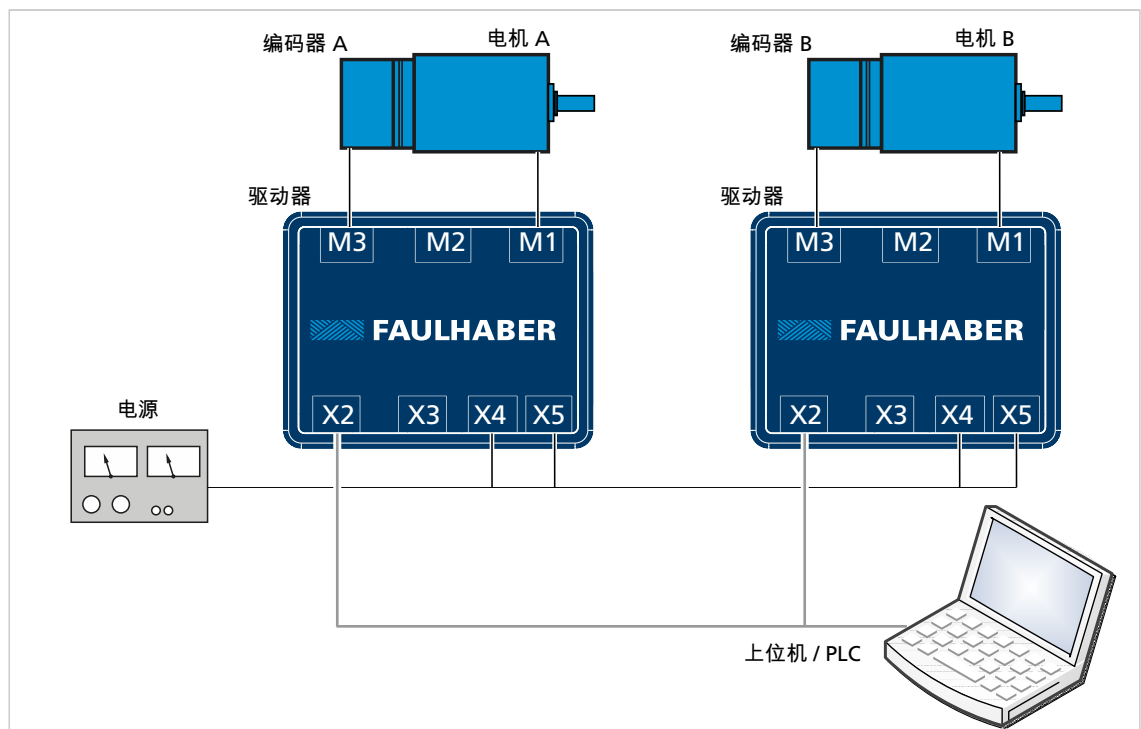


图 2: 驱动器并入网络由上位机或 PLC 实施控制

## 驱动器概述

### 驱动器的各项子功能

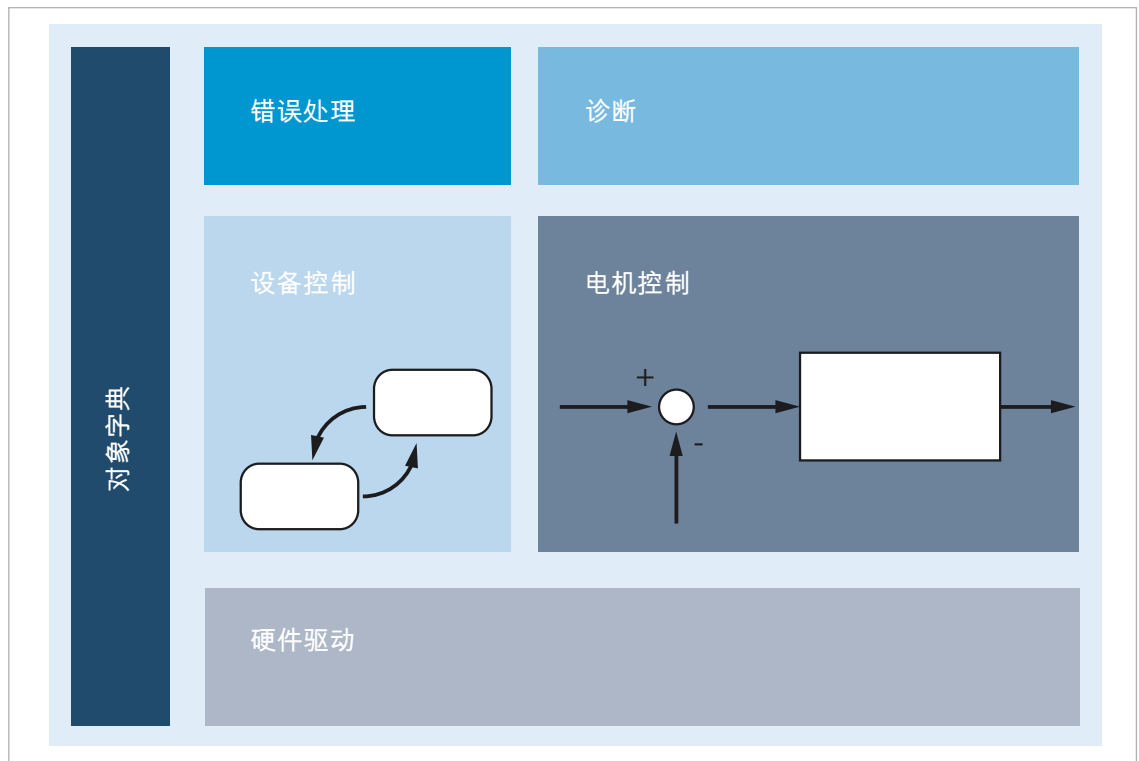


图 3: 驱动器的各项子功能

FAULHABER 驱动器具备多项子功能：

- **硬件驱动**：硬件驱动提供了访问所连接硬件设备的基本功能。相关参数包括电机和编码器等型号或数字输入端的配置。
- **设备控制**：设备控制包括了驱动器的状态机、控制功放的开闭和切换工作模式。其基本参数是驱动器的控制字、状态字与工作模式。
- **控制器**：控制器监测着所驱动电机的参数目标值与实际值。它的基本参数用于控制器和运动规划器的设置。
- **设备诊断**：设备诊断监视着驱动器和所驱动的电机的状态。它的基本参数是所驱动电机的相关数据。设备状态通过设备状态字对象表达。
- **错误处理**：错误处理负责设定各种措施，以响应所侦测到的错误。
- **对象字典**：将应用参数的设定值和实际值包罗其中，以供通信系统或基于 BASIC 编程环境的运动程序使用。

**i** FAULHABER Motion Manager 软件（以下简称“Motion Manager”）以图形化的对话框，让驱动器的配置工作变得直观而简单。固件版本为 J 的 V3.0 版驱动器，所需 Motion Manager 的最低版本为 6.5。

也可通过直接编程或使用其它配置工具来配置驱动器。

驱动器概述

- i

试车前，必须对驱动器进行初始配置以适配所驱动的电

集成式驱动器（伺服单元）出厂前已完成初始配置，但仍需根据实际应用调整应用参

数，这些参数通常包括：

  - 工作模式
  - 限流值
  - 控制参数
  - 输入 / 输出端口功能配置

2.1 驱动器组件

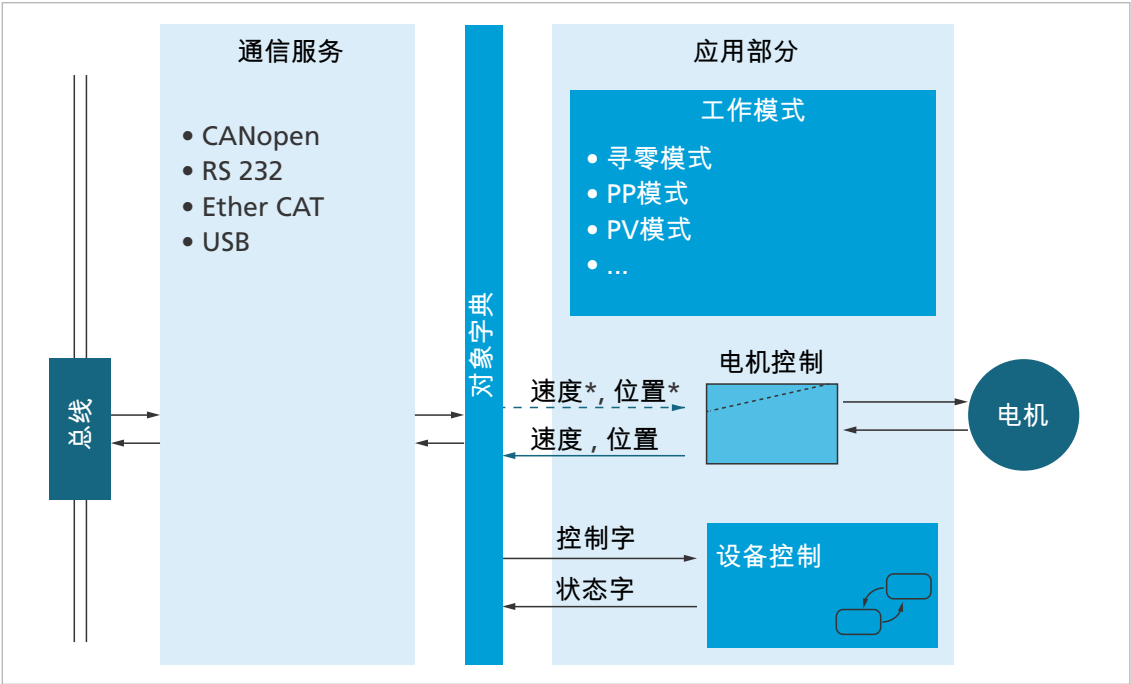


图 4: 设备控制器的设计

通信服务

上位机通过总线系统通信并使用通信服务和对象字典（参见《通信手册》）。

对象字典

对象字典作为应用部分（驱动功能）和通信服务之间架设的桥梁，包含了驱动器的参数、设定值和实际值。字典中的所有对象，都由一个 16 位索引（0x1000~0x6FFF）和 8 位子索引（0x00~0xFF）编址。

索引	对象分配
0x1000~0x1FFF	通信对象
0x2000~0x5FFF	厂商定义的对象
0x6000~0x6FFF	CiA402 协议规范下的对象

各参数的值，可通过通信端或驱动器端双向修改。

## 驱动器概述

### 应用部分

应用部分包含了符合 CiA402 协议规范的各种驱动功能：从对象字典读取参数以获取设定值并返回实际值。对象字典中的参数值决定和反映了驱动器的行为与状态。

表 1: 适用于 CiA402 协议的对象

控制对象	说明
CiA402 标准规范状态机	表现驱动器的行为（参见第 14 页第 3.1 章节）。
控制字	控制驱动器的行为（参见第 16 页第 3.2 章节）。
状态字	读取驱动器的状态（参见第 18 页第 3.3 章节）。

## 2.2 配置驱动器的通用流程



1、2、3 和 9 是驱动器试车的必经步骤。PP 和 PV 模式下，规划运动轨迹的步骤 4 也必不可少。

FAULHABER Motion Manager 6 为步骤 1-4 提供有用的试车向导。还为其它步骤提供图形对话框实现交互。

其它配置步骤也可在终端应用程序下进行。

### 试车前的初始化配置流程

- ✓ 准备一个合适的配置工具（例如 Motion Manager 或其它配置工具）。
- ✓ 正确设置通信，详情参见《通信手册》。
- 1. 驱动器联机（参见第 22 页第 4.1 章节）。
- 2. 选定电机型号与参数（参见第 22 页第 4.2 章节）。
- 3. 根据电机类型与实际应用，合理设定电机的控制参数和限流值（参见第 23 页第 4.3 章节）。
- 4. 配置运动规划器（参见第 40 页第 4.4 章节）。
- 5. 配置错误处理（参见第 142 页第 7 章节）。
- 6. 配置数字输入输出端口（参见第 67 页第 4.9 章节）。
- 7. 设定单位换算（参见第 58 页第 4.8 章节）。
- 8. 设定实际值信源（参见第 52 页第 4.7 章节）。
- 9. 选择工作模式（参见第 83 页第 5 章节）。

3 设备控制器的设计

3.1 驱动器的状态机

开关机过程中，FAULHABER 驱动器的状态机经历了几个状态转换。这些状态的转换顺序由 CiA402 协议规定，适用于所有 CANopen 驱动器。

状态转换由驱动器控制字（0x6040）控制。

状态机是驱动器的行为表现。控制字控制转换状态，状态字显示其当前状态。

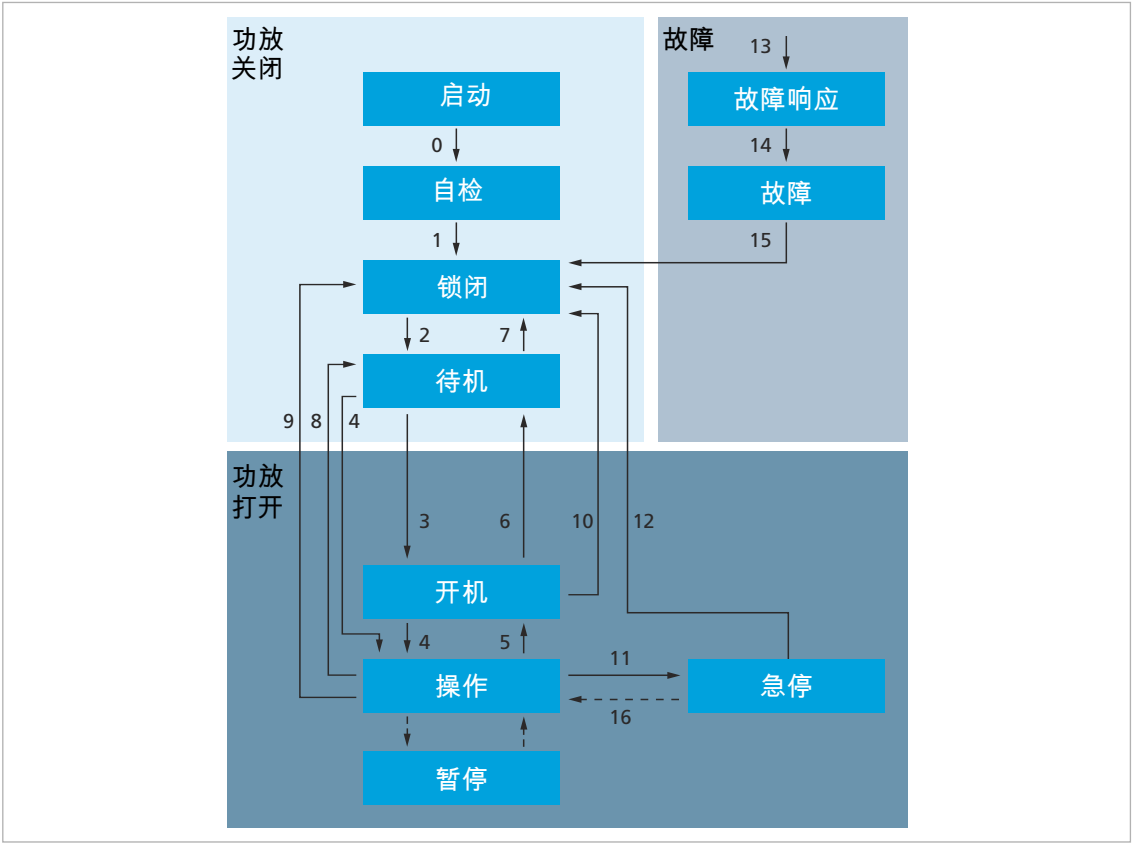


图 5: 驱动器的状态机

表 2: 指令一览

指令代码	状态转换
停机	2, 6, 8
开机	3
Disable Voltage / 关闭功放	7, 9, 10, 12
急停	11
Disable Operation / 去使能	5
使能	4, 16
故障重置	15

## 设备控制器的设计

- 驱动器上电后的自检 ( *Not Ready to Switch On* ) 状态为自动过渡进程。对象 0x2503 可设定驱动器在此进程自动校准电流测量。
- 完成自检后进入到锁闭 ( *Switch On Disabled* ) 状态。状态指示灯开始闪绿光。
- **停机**指令将驱动器转换到待机 ( *Ready to Switch On* ) 状态。指令发送后，根据对象 0x605B 的设定，驱动器的功放可即刻关闭，也可按设定的制动方式，控制电机停车后再关闭。
- **开机**指令将驱动器转换到 *Switched On* 状态。若在 *Switched On* 状态下直接使用**使能**指令，*Ready to Switch On* 状态将会自动过渡。
- **使能**指令将驱动器转换到 *Operation Enabled* 状态。仅当电源电压在允许范围内才可进入该状态。如果某数字输出端设定了输出制动信号，则在进入操作状态前，会首先解除其制动信号。
- 在 *Operation Enabled* 状态下，功放已打开，状态指示灯为绿灯常亮。此时，驱动器对电机的控制，由所设定的工作模式确定。
- **去使能**指令将驱动器返回到 *Switched On* 状态。此阶段所有未完成的运动指令都将被取消。如果设定有制动信号输出，则制动信号会在输出级关闭之前生效。指令发送后，根据对象 0x605B 的设定，驱动器的功放可即刻关闭，也可按设定的制动方式，控制电机停车后再关闭。
- **关闭功放**指令直接关闭输出级。电机不制动。如果设定有制动信号输出，则制动信号会在输出级关闭之前生效。然后，驱动器处于 *Switch On Disabled* 状态。
- **急停**指令将驱动器从 *Operation Enabled* 状态转换到 *Quick Stop Active* 状态。对象 0x605A 可设定急停指令后，电机减速停车的不同方式。进入 *Quick Stop Active* 状态后，所有尚未执行的运动指令全部废止。*Quick Stop Active* 状态下不会输出制动信号。
- 控制字中的暂停位允许驱动器在运动过程中暂停。暂停位置位时，当前和后续的运动任务将会暂停但不会废止，它们在暂停位复位后即刻继续。
- 再度发送**使能**指令以将驱动器从 *Quick Stop Active* 状态中返回。这将重置目标值，电机保持在先前所到达的位置。
- 为响应所侦测到的错误，驱动器可从任意状态进入到故障 ( *Fault* ) 状态。对象 0x605E 可设定驱动器进入故障状态时，电机减速停车的不同方式。此后，将关闭功放并输出制动信号 ( 如果设定的有 )。

## 设备控制器的设计

### 3.2 控制字

控制字在对象字典的索引为 0x6040，它的 0~3 字位用以改变驱动器状态。

#### 控制字

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6040	0x00	控制字	U16	读写	–	驱动状态的控制

表 3: 控制字 0~3 字位的组合功能

字位	功能	状态机控制指令						
		停机	开机	Disable Voltage / 关闭功放	急停	Disable Operation / 去使能	使能	故障重置
0	开机	0	1	X	X	1	1	X
1	开启功放	1	1	0	1	1	1	X
2	急停	1	1	X	0	1	1	X
3	使能	X	0	X	X	0	1	X
4	工作模式相关							
5	工作模式相关							
6	工作模式相关							
7	故障重置							0 → 1
8	暂停							
9	改变设定值 (仅 PP 模式适用)							
10	未使用							
11	未使用							
12	未使用							
13	未使用							
14	未使用							
15	未使用							

1 = 该字位置位  
 0 = 该字位置复位  
 0 → 1 = 上升沿，从 0 变为 1  
 X = 与该指令无关 (状态对指令无影响)



## 设备控制器的设计

表 4: 控制字各字位含义

字位	功能	说明
0	开机	0: 驱动器尚未处于开机状态 1: 功放电源接通
1	开启功放	0: 关闭功放 1: 功放开启
2	急停	0: 急停指令可用 1: 急停指令不可用
3	使能	0: 去使能状态 1: 操作状态
7	故障重置	0 → 1: 故障重置
8	暂停	0: 恢复暂停中的运动 1: 停机

### 3.2.1 指令序列示例

下面用于控制状态机的指令序列，其含义将在下一章节说明。

#### 3.2.1.1 使能

下述指令将驱动器置于 *Operation Enabled* 状态。

- ✓ 驱动器处于 *Switch On Disabled* 状态。
- 1. 发送停机指令（控制字 = 0x00 06）。
  - ➡ 驱动器进入 *Ready to Switch On* 状态。
- 2. 发送开机指令（控制字 = 0x00 07）。
  - ➡ 驱动器进入 *Switched On* 状态。
- 3. 发送使能指令（控制字 = 0x00 0F）。
  - ➡ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态。此时，所设工作模式生效、相关对象可用。

#### 3.2.1.2 故障状态重置

下述指令将驱动器从故障状态中返回。

- ✓ 驱动器处于 *Fault* 状态。
- 1. 发送故障重置指令（控制字 = 0x00 80）。
  - ➡ 驱动器进入 *Switch On Disabled* 状态。
- 2. 发送停机指令（控制字 = 0x00 06）。
  - ➡ 驱动器进入 *Ready to Switch On* 状态。
- 3. 发送使能指令（控制字 = 0x00 0F）。
  - ➡ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态。此时，所设工作模式生效、相关对象可用。



驱动器的当前状态（参见图 5）可通过状态字 0~6 字位读取。

只可进行指定状态间的转换。因此转换前，必须先检查状态字以确定驱动器的当前状态。

## 设备控制器的设计

### 3.2.2 设定制动信号

对象 0x2312.02 可以指派某一个数字输出端输出制动信号以控制外部刹车。制动信号在驱动器进入 *Operation Enabled* 状态时解除，功放关闭前再次输出。

对象 0x2312.03 可为制动信号的关联动作，例如功放的开关，设定一个延迟时间。

## 3.3 状态字

状态字在对象字典的索引为 0x6041，它的 0~6 字位显示了驱动器的当前状态。

### 状态字

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6041	0x00	状态字	U16	只读	–	显示驱动器的状态

表 5: 状态字 0~6 字位的组合含义

字位	功能	驱动器状态机的状态							
		自检	锁闭状态	待机状态	开机	操作状态	急停	故障响应	故障
0	待机状态	0	0	1	1	1	1	1	0
1	开机	0	0	0	1	1	1	1	0
2	操作状态	0	0	0	0	1	1	1	0
3	故障	0	0	0	0	0	0	1	1
4	接通电源 *	X	X	X	X	X	X	X	X
5	急停	X	X	1	1	1	0	X	X
6	锁闭状态	0	1	0	0	0	0	0	0
7	警告								
8	0								
9	未使用								
10	工作模式相关 (参见第 83 页第 5 章节)								
11	内部限制生效								
12	工作模式相关 (参见第 83 页第 5 章节)								
13	工作模式相关 (参见第 83 页第 5 章节)								
14	可配置								
15	可配置								

1 = 该字位置位

0 = 该字位复位

X = 与该指令无关 (状态对指令无影响)

\* = 未使用, FAULHABER 驱动器没有配备电源开关

## 设备控制器的设计

表 6: 状态字各字位含义

字位	功能	说明
0	待机状态	0 : 驱动器处于自检或锁闭状态 1 : 待机状态
1	开机	0 : 驱动器尚未处于开机状态 1 : 驱动器处于 <i>Switched On</i> 状态
2	操作状态	0 : 去使能状态 1 : 操作状态
3	故障	0 : 无故障 1 : 驱动器处于故障状态
4	主电源接通状态 <sup>a)</sup>	0 : 电源未接通 1 : 主电源已接通
5	急停	0 : 急停指令不可用 1 : 急停指令可用
6	锁闭状态	0 : 可以执行开机指令或已处于开机状态 1 : 锁闭状态
7	警告	0 : 所有温度正常 1 : 至少某一被监测部件的温度超过阈值。
8	0	未使用
9	远程	未使用
10	工作模式相关	参见各工作模式
11	内部限制生效	0 : 尚未触发内部限制 1 : 已触发内部限制 ( 例如限位开关 )
12	工作模式相关	参见各工作模式
13	工作模式相关	参见各工作模式
14	可配置	对象 0x233A.01 可设定哪些状态可在 0x2324.01 ( 设备状态 ) 中组合显示, ( 参见第 142 页第 7 章节 )。
15	可配置	对象 0x233A.02 可设定哪些状态可在 0x2324.01 ( 设备状态 ) 中组合显示, 参见第 142 页第 7 章节。

a) FAULHABER 独立型与集成式驱动器均由直流电源直接供电, 因此字位 4 不具含义。

## 设备控制器的设计

### 3.4 状态转换时的停车控制

#### 3.4.1 电机停车并删除运动指令

驱动器退出 *Operation Enabled* 状态时，可在关闭功放前先控制好电机停车。退出操作状态的可能原因包括：

- 驱动器收到 **急停** 指令，对电机仍保持着控制。
- 驱动器通过 **停机**、**关闭功放** 或 **去使能** 指令停止。
- 驱动器侦测到错误因而进入 *Fault* 状态。

当 **急停**、**停机**、**关闭功放** 和 **去使能** 指令发出后，或驱动器开始了错误处理，所有尚未执行和完成的运动指令都将全部废止。只有重新确立设定值之后，电机才能恢复运动。

表 7: 驱动器状态转换时的电机停车控制选项取值

制动过程	Quick Stop (0x605A)	Shut Down (0x605B)	Disable Operation (0x605C)	Fault (0x605E)
0 直接关闭功放	x	x	x	x
1 以规划负加速度减速停车 + 进入锁闭状态	x	x	x	x
2 以急停负加速度减速停车 + 进入锁闭状态	x	—	—	x
3 以最大电流减速停车	x	—	—	x
4 电压降至 0 减速停车 + 进入锁闭状态	x	—	—	x
5 以规划负加速度减速停车 + 状态保持	x	—	—	—
6 以急停负加速度减速停车 + 状态保持	x	—	—	—
7 以最大电流减速停车	x	—	—	—
8 电压降至 0 减速停车 + 状态保持	x	—	—	—



如果设定有制动信号输出，则会在关闭功放的前一刻输出制动信号。

#### 3.4.2 暂停运动

执行中的运动可通过控制字的暂停字位实现暂停，暂停解除后运动继续。

对暂停位的响应方式，可通过暂停停车选项对象 0x605D 配置：

- 1：以规划负加速度减速停车 + 状态保持
- 2：以急停负加速度减速停车 + 状态保持
- 3：以最大电流减速停车 + 状态保持
- 4：电压降至 0 减速停车 + 状态保持

## 设备控制器的设计

### 3.5 限制运动范围

#### 3.5.1 限位开关

驱动器的数字输入端可配置为接入限位开关信号（参见第 68 页第 4.9.1 章节）。

运动中的电机会在到达限位开关处停车。停车的方式由对象 0x2310.03 配置。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2310	0x03	限位停车选项	S16	读写	1	0：直接关闭功放 1：以规划负加速度减速停车 2：以急停负加速度减速停车 3：以最大电流减速停车 4：以最大压降减速停车



电机停车后，将锁定在当前位置。

#### 3.5.2 软限位

无需外部限位开关，电机也能通过对象 0x607D 实现限位。

对象 0x607A 所设定的目标位置须在限位区间内，即使 PP 模式下的相对定位控制，目标位置也不可超越限位区间。



对于无运动终点的定位控制，例如 PP 模式下的循环输送装置控制，必须使用位置计数区间对象（0x607B），为位置计数精确设定一个数字区间，再利用软限位界定运动区间。

软限位也可用于调速控制。当电机到达软限位的上下限时，即会按照对象 0x2310.03 的设定停车。

可以通过工作模式切换选项对象（0x233F）来设定软限位的适用范围。

- 字位 1 = 0：除定位控制以外，软限位无效
- 字位 1 = 1：定位控制之外的模式下，软限位同样等效于限位开关。

## 配置和启动驱动器

### 4 配置和启动驱动器



**注意！**  
忽略基本设置可能导致伺服系统组件损坏。

- ▶ 完全遵照基本设置的详细说明操作。



下述的各操作步骤需配合 Motion Manager 使用。

#### 4.1 驱动器联机

1. 将电机组件连接到驱动器。
2. 将电源连接到驱动器。
3. 参照《Motion Manager》和对应驱动器《通信手册》上的说明，设定通信端口并建立通信。



根据所选的通信端口，可能需要设置波特率和节点号。如果使用其它配置工具，必须进行下述设置：

- CANopen 端口：通过 LSS 协议设定驱动器节点号和波特率。这可在 Motion Manager 或其它 CANopen 配置软件下进行（参见《CANopen 通信手册》）。
- RS232 串口：通过对象 0x2400.02（波特率）和 0x2400.03（节点号）设置驱动器节点号和波特率。对象 0x2400.05 可启用 RS232 组网模式，实现多个驱动器通过单个 RS232 串口组网工作。（参见《RS232/USB 通信手册》）。
- USB 端口：通过对象 0x2400.03 设定驱动器节点号（参见《RS232/USB 通信手册》）。

#### 4.2 设定电机类型

- ✓ 须首先成功建立通信。
- ✓ 所使用的 Motion Manager 为最新版本。
- ▶ 使用 Motion Manager 的电机配型向导设定所驱动的电机电机。
  - ✎ 所设参数为能有效保护电机之必须。
  - 电机所连接的编码器系统配置完毕。
  - 控制器参数已按所选电机的空载工况预设完毕。

## 配置和启动驱动器

### 4.3 设定控制参数和限流值

控制器需要确保所需的各种设定值始终有效。因为在控制过程中，需要不断将实际值和设定值进行对比以实施调整。因子群用以将速度或位置值，在驱动器内部单位和用户单位之间换算。

实际值可能源自：

- 模拟霍尔传感器
- 数字霍尔传感器
- 增量式编码器
- 绝对式编码器
- 测速发电机

设定值信源可能源自：

- 对象字典中的设定值对象
- 模拟信号输入端
- PWM 信号输入
- 脉冲 + 方向的组合信号或正交信号确立的目标位置

#### 4.3.1 串级控制

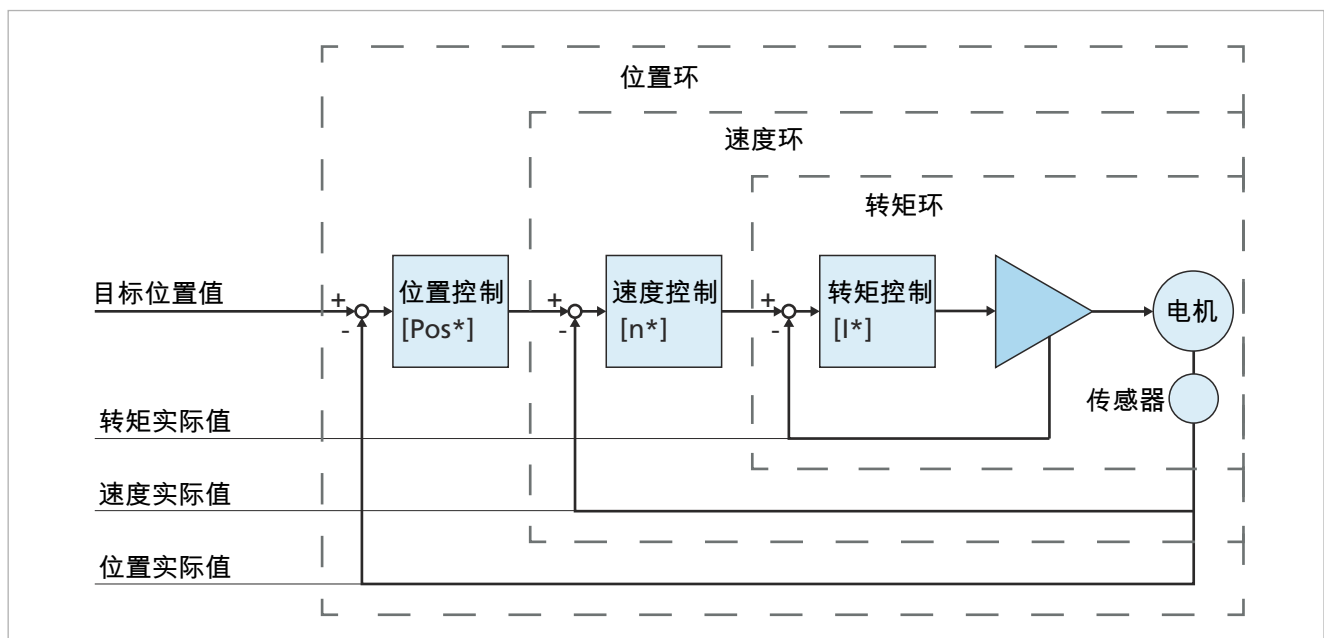


图 6: 串级控制

驱动器的串级控制结构由以下三个环路组成（参见图 6）：

#### ■ 转矩环

最内层的一个控制环路，通过控制电机电流实现转矩控制（转矩控制器）。

#### ■ 速度环

速度环位于中间，根据速度的控制偏差，需要由内嵌的转矩控制器设置一个目标转矩。

## 配置和启动驱动器

### ■ 位置环

位置环是最外围的控制环路，根据位置的控制偏差，需要由内嵌速度控制器设置一个目标速度。

串级控制结构的优势在于可以逐级单独调试，各级的目标值可直接限定。



为优化控制效果，需对各控制环路进行调节，调节顺序为从内（转矩环）至外（位置环）。优化的侧重点，视最终的预期效果而定。

### 各种预期效果

- 恒定转矩或推力输出
- 高一致性（电机速度恒定）
- 电机运转平顺（低噪音）
- 设定值改变时的高动态响应
- 对干扰的高动态响应
- 高位置精度
- 到达目标位置无过冲



任何一组给定的控制参数，都不可能同时达到所有预期效果。有关控制参数的优化说明，可参见后续章节中，各控制器的相应介绍。

### 不同工作模式下的控制行为

在 CSP、CSV 和 CST 模式下，位置、速度和转矩的目标值，由上位控制器周期性地下发给驱动器。上位控制器测算必要的介值（插值）并协调与系统中其它驱动器的联动。

在 PP、PV 模式下，驱动器内部的运动规划器，根据位置和速度的目标值，结合速度和正负加速度的限定值，自动计算并规划运动轨迹。它直接确定了以下运动参数的上限：

- 加速度和制动时的负加速度
- 速度

在 APC、AVC 和 ATC 模式下，驱动器的目标参数设定值由离散输入端，例如模拟信号输入端给定。



配置和启动驱动器

4.3.2 所支持的电机范围

FAULHABER 驱动器支持同门的有刷、无刷伺服和直线电机并针对其控制进行了优化。

- i

所有所支持的电机，都可通过 Motion Manager 电机配型向导中的下拉框直接选择。

驱动器也支持符合以下情形的第三方电机：

  - 电机带有合适的速度和 / 或位置传感器。
  - 电机的电气参数范围，与 FAULHABER 电机产品线相兼容。

i

驱动第三方电机时，须在 Motion Manager 电机配型向导中，将该电机添加入列表。  
( 参见 《Motion Manager 手册》 )。

!

**注意！**  
参数设置不当，可能损坏电机或驱动器。

▶ 确保各项参数设置正确。

4.3.3 转矩控制器

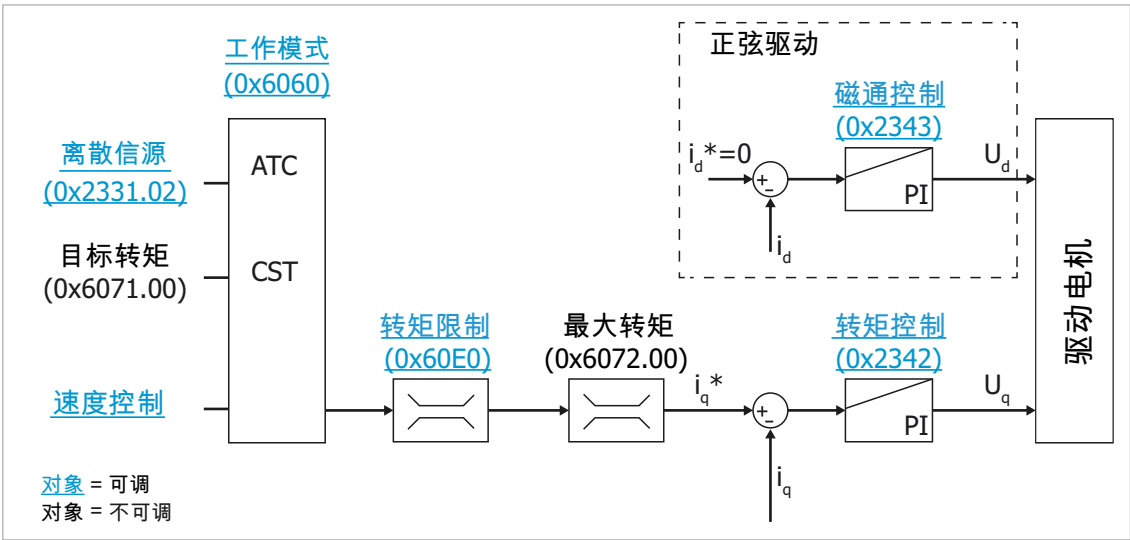


图 7: Motion Manager 的转矩控制器方框图

对于有刷电机，转矩控制器控制电机的电流。对于正弦驱动力的无刷电机，则分别控制其交轴电流  $I_q$  与直轴电流  $I_d$ 。产生转矩的  $I_q$  与电机电动势同相；产生磁场的  $I_d$  与转子磁场同相。对于方波驱动的无刷电机，则采用电流限幅的方式控制。

电流控制的输出值，对于有刷电机和方波驱动力的无刷电机来说，就是电机的电压值；而对于正弦驱动力的无刷电机，还附加有电压的相位信息。

## 配置和启动驱动器

### 4.3.3.1 配置

#### 转矩控制器

转矩控制器采用 PI（比例和积分）控制方式，控制电机工作电流或产生转矩的交轴电流  $I_q$ 。

相关参数包括控制器的积分时间  $T_{N,I}$ （0x2342.02）和增益  $K_{P,I}$ （0x2342.01）。

表 8: 转矩控制参数设定 (Torque Control Parameters)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2342	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain $K_{P,I}$	U32	读写	a)	控制器增益 [mΩ]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	读写	a)	控制器积分时间 [μs] 150~2600 μs

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

Motion Manager 会在电机配型向导中，根据所选电机，自动设定转矩控制器各参数的优化值。

#### 磁通控制器

对于正弦驱动力的无刷电机，与转子磁场同相的直轴电流  $I_d$  是单独控制的。对应控制器的参数由对象 0x2343 设定，各项目与转矩控制器类似。

表 9: 磁通控制参数设定索引 (Flux Control Parameters)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2343	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain $K_{P,I}$	U32	读写	a)	控制器增益 [mΩ]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	读写	a)	控制器积分时间 [μs] 150~2600 μs

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

#### 设定值

- CST 模式下，转矩控制器的设定值直接由上位机通过通信系统给定。而在 ATC 模式下，则由离散信源，例如模拟输入端给定（参见第 67 页第 4.9 章节 或 第 52 页第 4.7 章节）。
- 各种工作模式下，如果速度控制器已启用，则转矩目标值都由速度控制器给定。
- 控制通过相关变量调节。变量值 1,000 对应所驱动电机的额定转矩。
- 产生磁场的直轴电流  $I_d$  的设定值通常为 0，因为绕组和磁铁间有气隙的小电机，弱磁扩速不可用。
- 如果电机电压超过了所设的限定值，则磁通控制器需要一个非零的设定值，这可以耗散短期峰值电流而不影响电机的动态性。

## 配置和启动驱动器

### 实际值

转矩控制器通过对比设定值和实际值来控制电机电流。实际值是指电机的工作电流，它由驱动器内部的电路测定。



要达到最佳控制效果，电机的额定电流应大于驱动器额定电流的 30%（参见表 10）。

表 10: 以 3564K024 B 电机（额定电流 2.5 A）为例的驱动器型号推荐表

运动控制器	持续电流	适当性
MC 5010	10 A	可用
MC 5005	5 A	建议
MC 5004	4 A	建议

### 限定

转矩控制器的设定值受对象 0x60E0（正转矩限定值）和 0x60E1（负转矩限定值）的限定。此外，设定值还受限流值的限定：起初以最大峰值电流值为限，如果电机的负载较大导致绕组温升较高，限定标准就会降至最大持续电流值。

Motion Manager 会将所选电机的持续和峰值电流标称值（参见电机参数表）作为预设。它们必须根据实际应用进行调整（参见第 138 页第 6.1 章节）。

表 11: 正转矩限定值

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	读写	6000	最大正转矩的限定值 <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

表 12: 负转矩限定值

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	读写	6000	最大负转矩的限定值 <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

## 配置和启动驱动器

### 控制系统的优化

Motion Manager 通过试车向导，按当前运动参数对转矩控制器做了预设。软件还为手动优化参数提供了相关工具。



手动优化转矩控制器参数时，设定值即刻用于电机的停车和制动控制，同时通过对象 0x2342.01 和 0x2343.01 相应地调整转矩与磁通控制器增益  $K_{P, I}$ 。（参见图 8）。

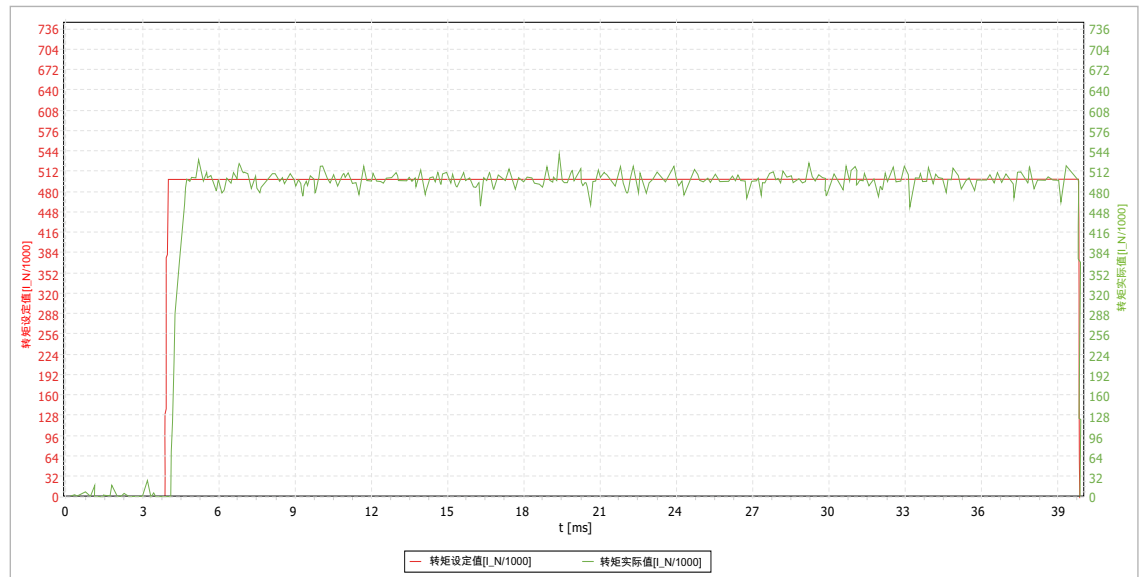


图 8: 转矩控制器的设定值生效

## 配置和启动驱动器

### 4.3.4 调速驱动器

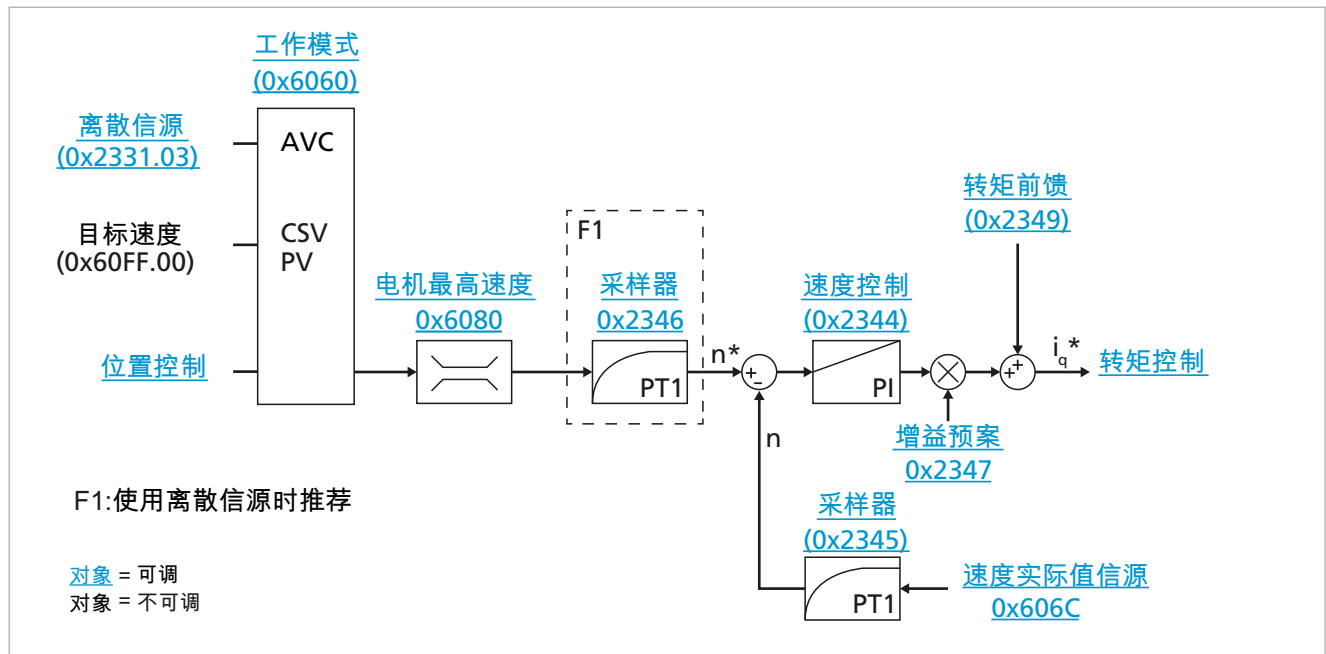


图 9: Motion Manager 的速度控制器方框图

按需设定并优化之后的转矩控制器，为速度控制器调速所用。速度控制器通过调整转矩，以使速度实际值跟定目标值，而所需转矩，则由速度控制偏差随时间的推移而确定。如果没有其它限定，速度控制器所需的转矩，即为转矩控制器的目标转矩。

速度控制器的参数取决于所驱动电机的负载情况：

- 负载的转动惯量或质量
- 电机的转动惯量
- 电机与负载之间的连接弹性

## 配置和启动驱动器

### 4.3.4.1 配置


#### 调速驱动器

速度控制器为 PI（比例和积分）控制，相关参数包括控制器的积分时间  $T_{N,I}$ （0x2344.02）和控制器增益  $K_{P,I}$ （0x2344.01）。

表 13: 调速参数设定 (Velocity Control Parameters)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	只读	6	对象条目总数
	0x01	Gain $K_P$	U32	读写	a)	控制器增益 [As 1e <sup>-6</sup> ]
	0x02	Integral Time $T_N$	U16	读写	a)	控制器重置时间 [100μs]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	读写	65535	所允许的最大速度偏差
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	读写	100	速度偏差超过阈值的最长允许时间
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	读写	30000	所设定的电机超速的界定值，参见对象 0x2324.01 第 21 字位
	0x06	积分选项	U8	读写	0	配置速度控制环路： 0：积分分量生效 1：在位置窗口中停止积分分量（在 PP 模式中） 2：积分分量已停用

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

 在 Motion Manager 电机配型向导中，选定某款 FAULHABER 电机后，将会自动载入其空载适用的预设参数。

在参数整定向导中，可根据负载情况，自动或手动优化控制器参数。


#### 设定值

■ CSV 和 PV 模式下，速度设定值直接由上位机通过通信系统给定对象 0x60FF）。而在 AVC 模式下，则由离散信源，例如模拟输入端给定（参见第 67 页第 4.9 章节和第 52 页第 4.7 章节）。

■ 各种工作模式下，如果位置控制器已启用，则速度目标值都由位置控制器给定。

#### 实际值

多种传感器可用于速度实际值的测定和反馈（参见第 52 页第 4.7 章节）。当使用霍尔传感器或编码器时，驱动器自动测定实际速度；当使用支持功能配置的输入端，（例如模拟输入端）的信号时，则需手工设定反馈值与速度的对应转换比例。

 当电机端和负载端都有传感器（例如安装于减速箱出轴上的增量式编码器）时，速度实际值必须由电机端传感器反馈。负载端传感器可用于定位控制。

#### 限定

目标速度受限于对象 0x6080 所设定的电机最高速度。在使用运动规划器的工作模式中，目标速度还受限于所设的最高规划速度（参见第 40 页第 4.4 章节）。

表 14: 电机最高速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6080	0x00	Maximum Motor Speed	U32	读写	32767	电机的最高限速 [用户单位]

## 配置和启动驱动器

### 控制系统的优化

Motion Manager 的配置向导，可根据工况来确定速度控制器参数。所必须的惯量因数  $K_J$ ，可手动输入或通过自动整定来确定。

$$K_J = \frac{J_M + J_L}{J_M}$$

对于刚性连接的负载，速度控制器的增益与采样时间，Motion Manager 可根据惯量因数  $K_J$  直接确定。如果电机与负载间使用了弹性联轴器或存在间隙（例如使用皮带轮传动或加装了减速箱），必要时需降低增益。



对于动态负载，惯量因数  $K_J$  宜以 4 为上限。当  $K_J > 4$  时，控制器的动态性能将受到影响。

$K_J > 10$  时，标准控制参数下的驱动器噪声将显著增大。因为此时，实际速度的微小变动，也将引发驱动器的大幅调整而出现振荡。



### 小心！

**灼热表面可能导致危险。**

$K_J > 10$  时，驱动器的发热将会增大。

- ▶ 确保驱动器可以充分散热。
- ▶ 无防护措施下，不要触摸驱动器。



$K_J > 10$  时，电机转矩可能无法达到额定值，因为驱动器的温升可能会触发过热保护（参见第 138 页第 6 章节）。

要让电机平顺运转，又尤其是当  $K_J$  较高时，可能需要增大实际速度的采样时间（0x2345.01），控制器积分时间（0x2344.02）亦需同比增大，而增益（0x2344.01）则需降低。

Motion Manager 通过试车向导，已为速度控制器预设了参数。使用 Motion Manager 动态整定工具，可优化动态运行的控制参数。



手动优化速度控制器参数时，可将设定值直接发送给驱动器并相应调整其增益（参见图 10 或图 11）。

## 配置和启动驱动器

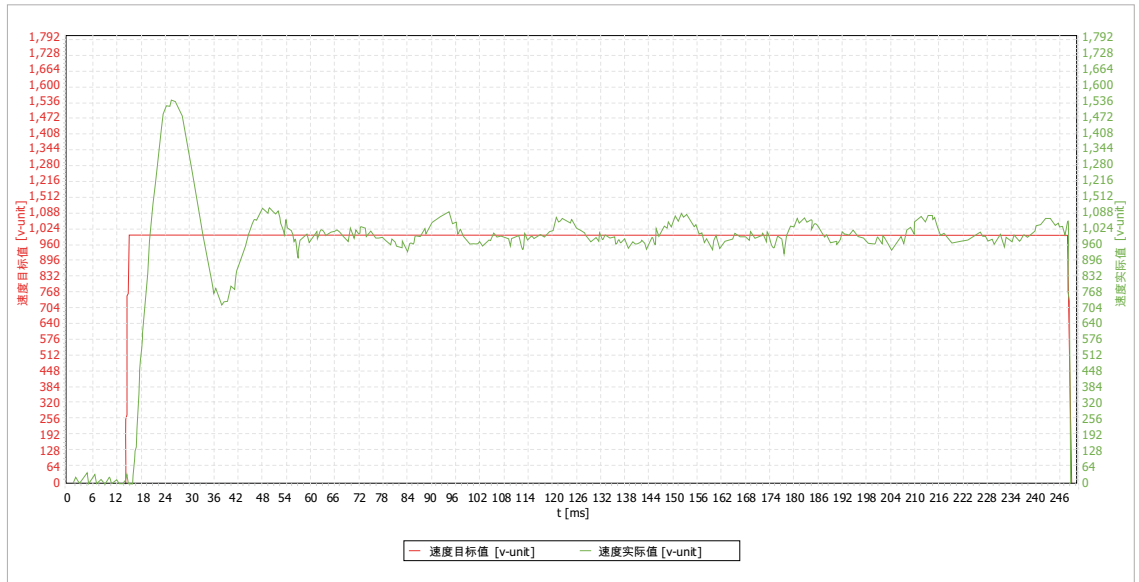


图 10: 速度控制器的设定值生效

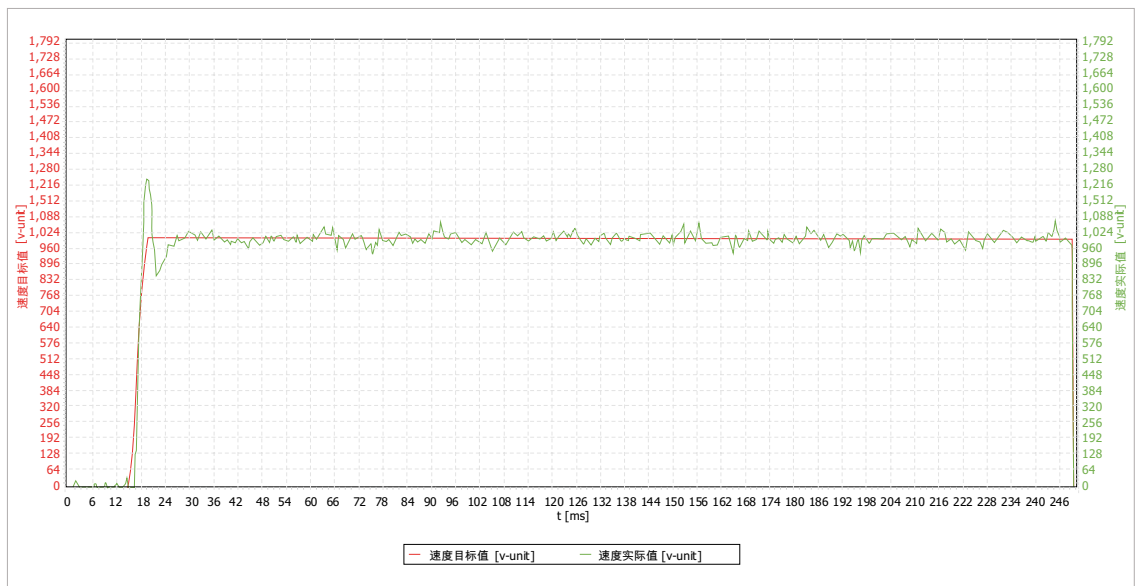


图 11: 优化速度控制器的设定值生效



## 配置和启动驱动器

### 4.3.4.2 采样设置

#### 速度实际值采样时间

速度控制器为实际速度启用了—个可调采样器。采样时间可根据以下说明调整：

- 若使用高质量和高分辨率的传感器，可缩减采样时间。
- 若速度传感器分辨率不够精细（例如数字霍尔传感器或低分辨率增量式编码器），则必须加大采样时间。
- 负载质量或惯量大时，需加大采样时间。否则实际速度的微小变动，也将引发驱动器的大幅调整而出现振荡。


 Motion Manager 在电机配型向导过程中会初步设好采样时间。

表 15: 速度设定值采样参数设定 (Velocity Filter Parameters)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2345	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Actual Velocity Filter $T_F$	U16	读写	a)	实际速度的采样时间 $T_F$ [100 $\mu$ s]
	0x02	Display Velocity Filter	U16	读写	20	实际速度换算值的采样时间 [100 $\mu$ s]

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

#### 速度设定值采样器 (0x2346)

设定值采样器用以削减目标速度的瞬时变化幅值。这可以降低速度控制器的过冲量。为此，设定值的采样时间应与速度控制器的积分时间一致。

仅在 APC 或 AVC 模式下且设定值为进阶式输入时时，才建议启用设定值采样器。

表 16: 速度设定值采样参数设定 (Setpoint Velocity Filter Parameters)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2346	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Setpoint Velocity Filter $T_F$	U16	读写	a)	实际速度的采样时间 $T_F$ [100 $\mu$ s]
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	读写	0	0：不启用 1：启用

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

### 4.3.4.3 监测

速度控制器有四路监测。它们监测着电机是否静止（速度为零）以及在 PV 模式下，电机是否达到了目标速度。

表 17: 速度监测

名称	说明	参数
零速阈值	监测电机是否静止	0x606F, 0x6070
速度窗口	监测电机转速是否达到目标值	0x606D, 0x606E
速度偏差窗口	监测电机转速偏差是否超限	0x2344.03, 0x2344.04
标定速度	监测电机是否超过标定速度	0x2344.05

监测相关的参数包括速度窗口和速度窗口时间。

## 配置和启动驱动器

### 速度窗口 ( Velocity Window ) ( 0x606D )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606D	0x00	Velocity Window	U16	读写	32	速度区间半径 [ 用户单位 ]

### 速度窗口时间 ( Velocity Window Time ) ( 0x606E )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606E	0x00	Velocity Window Time	U16	读写	48	速度值在窗口内的最短持续时间 [ms]

### 零速阈值 ( Velocity Threshold ) ( 0x606F )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606F	0x00	Velocity Threshold	U16	读写	32	零速度区间的半径

### 零速阈值时间 ( Velocity Threshold Time ) ( 0x6070 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6070	0x00	Velocity Threshold Time	U16	读写	48	若速度值超越了零速区间且持续时间超过该值，则报告速度不为零。[ms]

除此之外，速度控制器的控制偏差也在监测之中，监测着速度偏差是否超过了阈值 ( 0x2344.03 ) 与时限 ( 0x2344.04 )。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	只读	6	对象条目总数
	0x01	Gain $K_p$	U32	读写	a)	控制器增益 [As 1e <sup>-6</sup> ]
	0x02	Integral Time $T_N$	U16	读写	a)	控制器重置时间 [100μs]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	读写	65535	所允许的最大速度偏差
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	读写	100	速度偏差超过阈值的最长允许时间
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	读写	30000	所设定的电机超速的界定值，参见对象 0x2324.01 第 21 位
	0x06	积分选项	U8	读写	0	配置速度控制环路： 0：积分分量生效 1：在位置窗口中停止积分分量（在 PP 模式中） 2：积分分量已停用

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

## 配置和启动驱动器

### 4.3.5 位置控制器

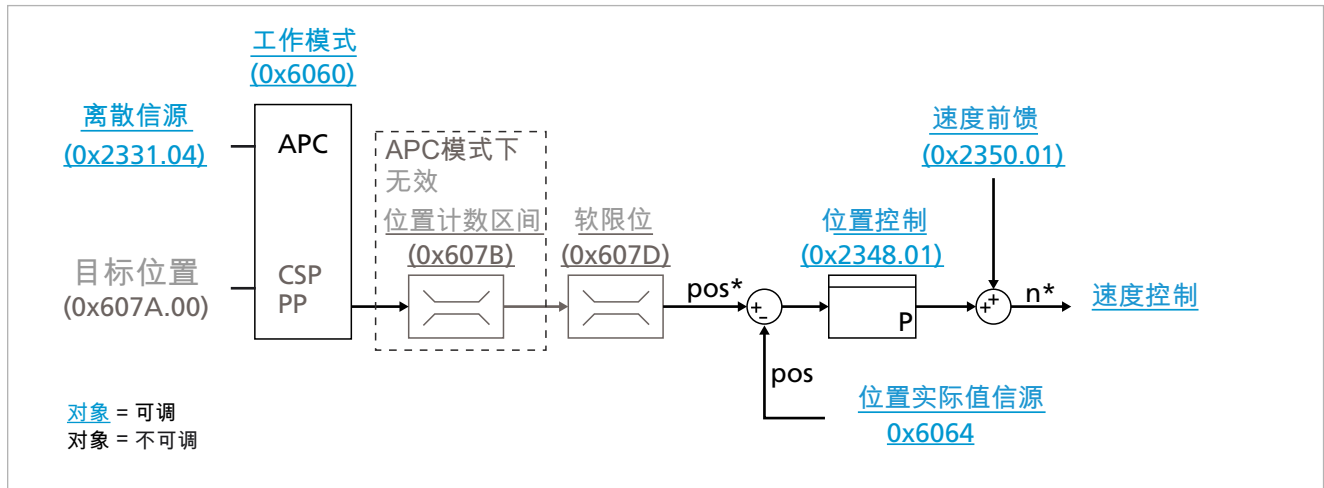


图 12: Motion Manager 的位置控制器方框图

位置控制器是驱动器最外层的一个控制环路。它通过不断地比较位置的设定值和实际值来计算运动速度，完成剩余距离的运动。

#### 4.3.5.1 配置

位置控制器采用比例 (P) 调节。因此只有增益  $K_v$  一个参数可调，它在对象 0x2348 中。

##### 位置控制器增益 (Position Control Parameter Set) (0x2348)

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2348	0x00	Number of Entries	U8	只读	1	对象条目总数
	0x01	Gain $K_v$	U8	读写	a)	控制器增益 [1/s]，范围：1~255

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

**i** 在 Motion Manager 电机配型向导中，选定某款 FAULHABER 电机后，将会自动载入其空载适用的预设参数。

在参数整定向导中，可根据负载情况，自动或手动优化控制器参数。

#### 4.3.5.2 设定值

PP 和 CSP 模式下，位置的设定值直接由上位机通过通信系统，由对象 0x607A.00 给定。

APC 模式下则由离散信号给定（参见第 67 页第 4.9 章节 页第 52 页第 4.7 章节）。

## 配置和启动驱动器

### 4.3.5.3 实际值

多种传感器可用于位置实际值的测定和反馈（参见第 52 页第 4.7 章节）。常用的传感器系统包括：

- 适配无刷或直线电机的模拟霍尔传感器信号
- 适配无刷电机的增量式或基于通信协议的绝对式编码器（AES 或 SSI）
- 适配有刷电机的增量式编码器
- 模拟电压，例如位置反馈电位计

**i** 驱动器内部使用增量作为位置单位，它的大小取决于所用位置传感器的插值分辨率。模拟霍尔传感器的插值分辨率为 4,096/ 圈。

因子群（参阅第 58 页第 4.8 章节）用以将内部单位换算成实际使用的物理单位，例如换算为度（°）或 mm。

#### 限定

设定目标位置 0x607A 时，首先要考虑位置计数区间和软限位的限制。

位置计数区间对目标位置与实际位置均适用。位置值超出所限定的区间时，从区间的另一端重新开始计数。

#### 举例

位置计数区间的限定如下：

- 起点，低端点（0x607B.01）= - 2048
- 终点，高端点（0x607B.02）= 2047

在速度模式下电机正向运动时，当实际位置到达 2,047 时，下一步的位置值就变成了 - 2,048。

由此可见，绝对位置的设定值不能超出计数区间。PP 模式下设定值也可采用相对位置。因此在任一方向上的任意位置均可达到。

例如，电机带动皮带轮单向周期性等距移动。目标位置即为单次移动的距离。可使用 PP 模式下的相对位置定位控制，目标位置即为单次移动的距离。

软限位界定了电机的运动区间。无论使用相对还是绝对，目标位置均不可在软 Software Position Limits 限位区间之外。

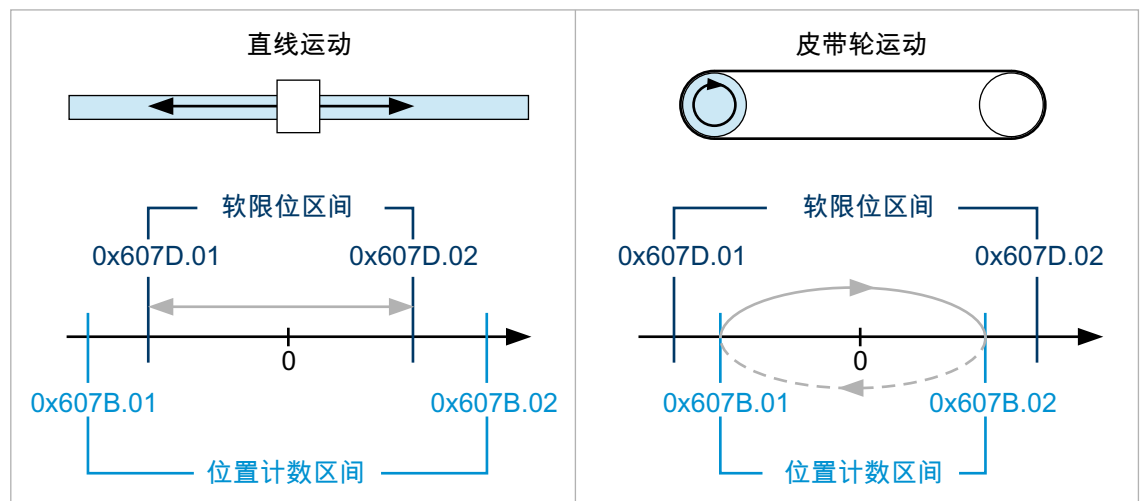


图 13: 直线运动和皮带轮运动系统中，位置计数区间限定和软限位的示意图

## 配置和启动驱动器

### 控制系统的优化

对动态性能而言，位置控制器与其下层的调速环路一脉相承。仅当电机的控制急剧变化时，位置控制器才需较高的增益。

Motion Manager 通过试车向导，已为位置控制器预设了参数。

使用 Motion Manager 动态整定工具，可进一步优化控制参数。

要优化位置控制器，需为其指定目标位置并在运动过程中调整其增益（参见图 14 或图 15）。

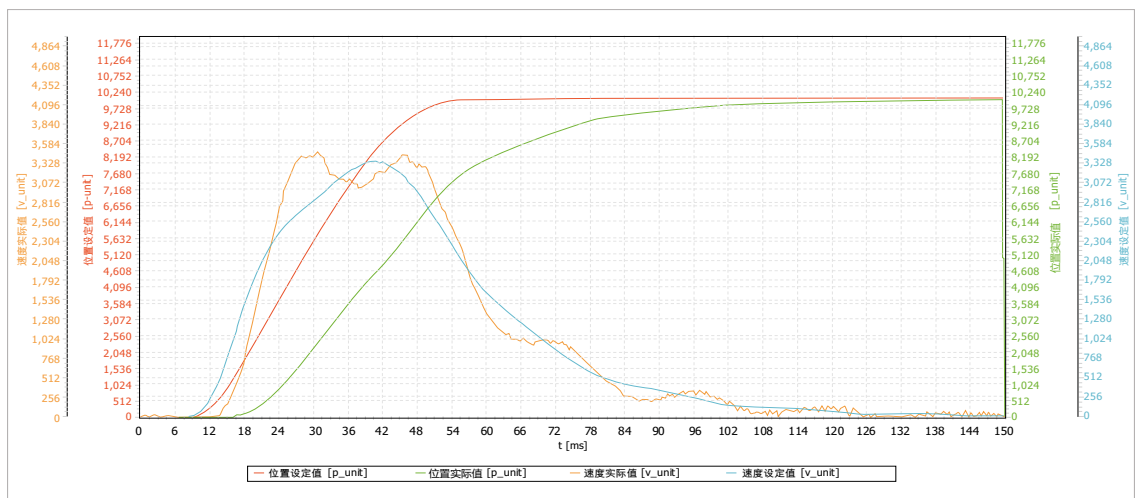


图 14: 位置控制器控制电机到达目标位置

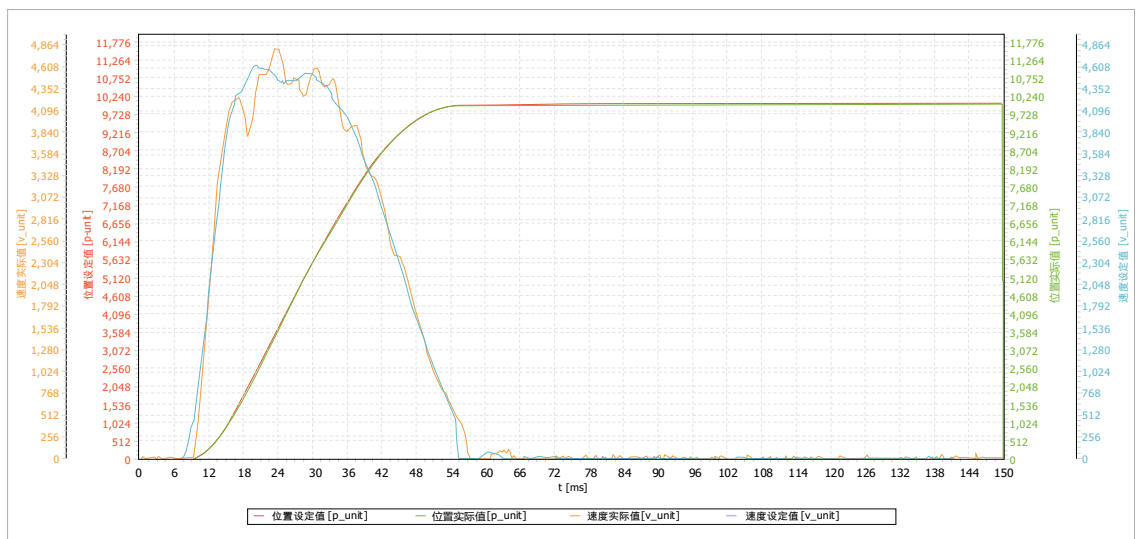


图 15: 优化后的位置控制器控制电机到达目标位置

## 配置和启动驱动器

### 增益预案

电机进入目标位置窗口后，速度控制器的作用效果可根据需要做出相应调整，具体由增益预案对象 0x2347 设定。

$K_{rel}$  定义了位置窗口内，速度控制器增益的增减变化幅度。该因数的作用效果与位置偏差成正比。

最大调整幅度为  $\pm 100\%$ 。

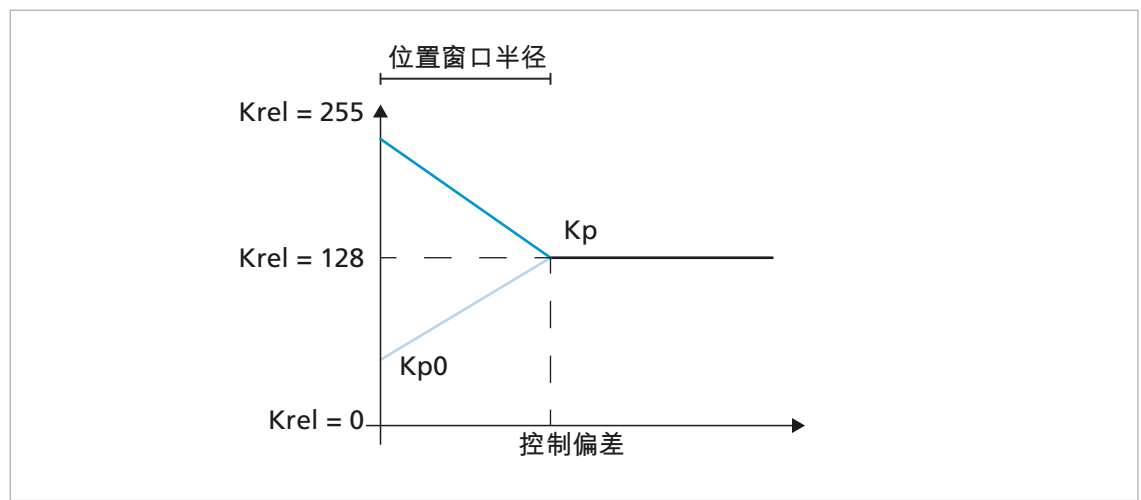


图 16: 速度控制器增益的自适应调整

- $K_{rel} < 128$  时，速度控制器的增益在电机进入位置窗口后降低。
- $K_{rel} = 0$  时，进入位置窗口后的增益降到零。
- $K_{rel} = 128$  时，进入位置窗口后的增益保持不变。
- $K_{rel} > 128$  时，进入位置窗口后的增益提高， $K_{rel}$  取最大值 255 时，增益提高至初始设定值的两倍。

### 速度增益预案 ( Gain Scheduling ) ( 0x2347 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2347	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain Factor $K_p$	U8	读写	128	增益因数（基数为 PP 模式下，速度控制器的增益系数 $K_p$ ） 0：进入位置窗口后增益降为零 128: 增益无变化 255: 在目标中增益加倍
	0x02	Gain Factor $K_v$	U8	读写	128	增益系数（在 PP 模式下应用于 $K_v$ ） 0：进入位置窗口后增益降为零 128: 增益无变化 255: 在目标中增益加倍

## 配置和启动驱动器

### 举例

欲在位置窗口内，提高速度控制器的缓冲作用，以实现尽量平稳地到达目标位置，可使用对象 Position Window (0x6067) 设定好目标位置区间的半径，单位为增量或用户定义。然后再通过对象 0x2347.01，设定速度控制器的增益的降低限度。

### 速度设定值采样器

如果在 APC 模式下的目标位置由步频信号确立，则速度设定值采样器（0x2346）可用于优化定位效果，它的取值大小与位置过冲量有很大关系。

### 其它设置

位置控制器有两路监测。一路在 PP 模式下监测电机是否到达了目标位置。另一路监测跟随错误，即跟随误差。

表 18: 监测位置控制器的对象

名称	说明	参数
位置窗口	监测电机是否抵达了目标位置	0x6067, 0x6068
跟随错误窗口	监测是否出现了跟随错误	0x6065, 0x6066

位置窗口和位置窗口时间，是用于实际位置监测的两个参数。PP 模式下，判定电机已到达目标位置须满足两个条件：进入了位置窗口且在窗口内驻留的时长，大于位置窗口时间。

### 位置窗口（Position Window）（0x6067）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6067	0x00	Position Window	U32	读写	32	目标位置区间半径 [ 用户单位 ]

### 位置窗口时间（Position Window Time）（0x6068）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6068	0x00	Position Window Time	U16	读写	48	PP 模式下判定到达目标位置，电机须在目标位置窗口内的最短驻留时长。

### 跟随错误窗口（FollowingError window）（0x6065）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6065	0x00	FollowingError Window	U32	读写	32	界定位置控制器是否出现控制偏差的位置区间半径

### 跟随错误判定时限（FollowingError Time Out）（0x6066）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6066	0x00	FollowingError Time Out	U16	读写	48	若实际位置与目标位置的偏差超越了跟随错误窗口的限定且持续时间超过该值，则报告跟随错误

## 配置和启动驱动器

### 4.4 配置运动规划器

**i** 运动规划器的功能仅在 PP 和 PV 模式下有效。在 CSP、CSV 和 CST 模式下，设定值会直接应用于控制。

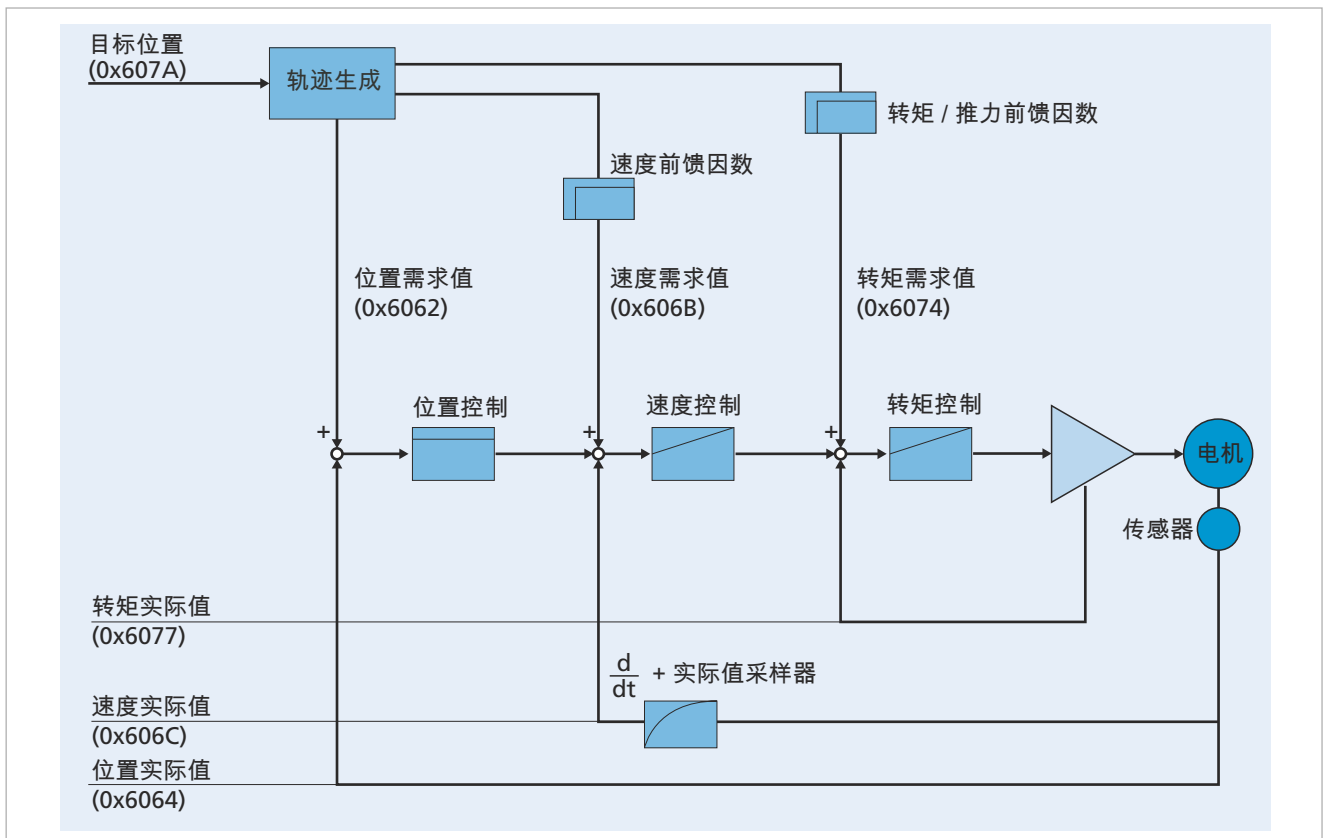


图 17: 运动规划器的逆向控制环路

在 PP 和 PV 模式下，运动规划器根据以下参数来计算位置  $\text{Pos}(t)$ 、速度  $v(t)$  和加速度  $a(t)$ ：



## 配置和启动驱动器

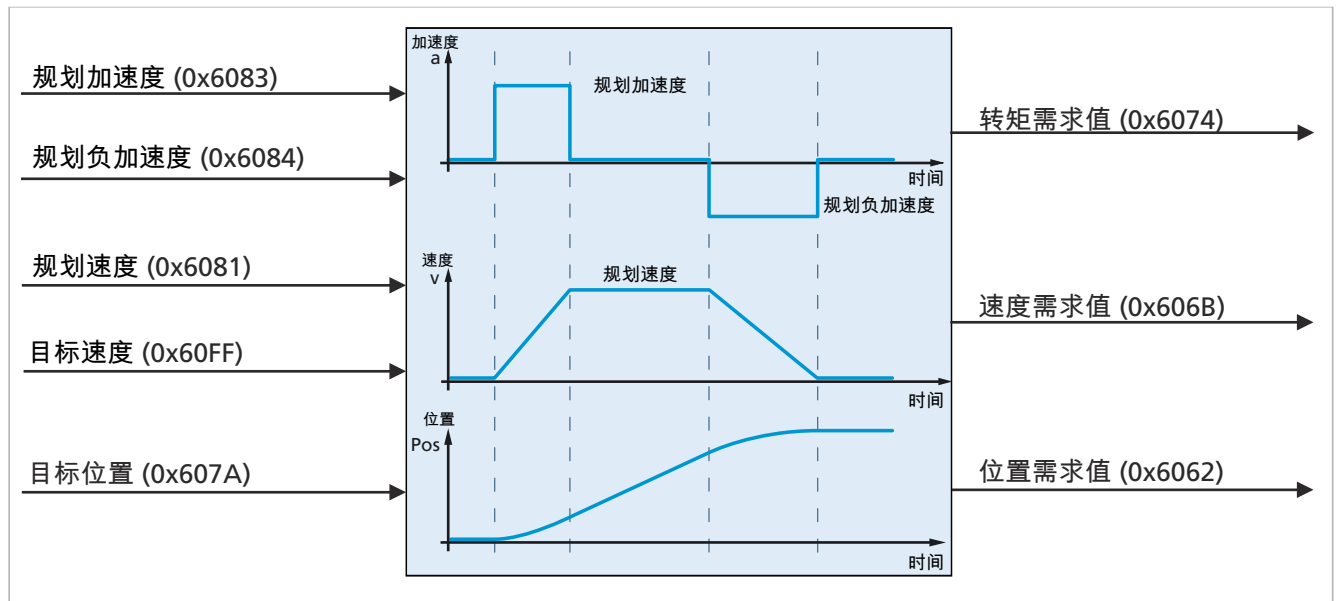


图 18: 计算速度曲线

对象 0x6086 用以选择运动曲线的轮廓类型。

所支持的类型如下：

- 直线加速：加速度直接生效，速度曲线呈梯形。这种运动只受加速度控制，与加加速度无关。
- 正弦加速度：加速度按正弦方式导入，速度因而呈正弦的平方曲线状。这种运动同时受到加速度和加加速度的控制。

**i** 直线加速适用于刚性机构，它是到达目标位置或速度的最快方式。正弦加速度适用于弹性连接机构。理论上，正弦加速度会让到达目标位置的耗时略长，但它所产生的振荡较低，所以整定时间有可能反而比直线加速更短。

控制系统的设定值始终由运动规划器确立，控制系统还可引入预控参数。速度和转矩 / 推力的预控作用程度，可由参数设定。此外，预控作用的生效时间，还可由采样器设定延迟。

表 19: PP 或 PV 模式下的目标或设定值

工作模式	目标位置	目标速度	目标转矩
PP	由运动规划器确立	可作为预控参数引入	可作为预控参数引入
PV	-	由运动规划器确立	可作为预控参数引入

### 速度前馈控制参数 ( Velocity Feedforward Parameters ) ( 0x234A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x234A	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Velocity Feedforward Factor	U8	读写	0	转矩或推力控制相关因数 0：预控作用 0% 128: 预控作用 100%
	0x02	Velocity FeedForward Delay	U16	读写	0	作用延迟时间： 0：无延迟 1：延迟一个采样周期激活

## 配置和启动驱动器

### 转矩 / 推力前馈控制参数 ( Torque/Force Feedforward Parameters ) ( 0x2349 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2349	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Current FeedForward Factor	U8	读写	0	转矩或推力控制相关因数 0 : 预控作用 0% 128: 预控作用 100%
	0x02	Current FeedForward Delay	U16	读写	0	作用延迟时间 : 0 : 无延迟 1 : 延迟一个采样周期激活

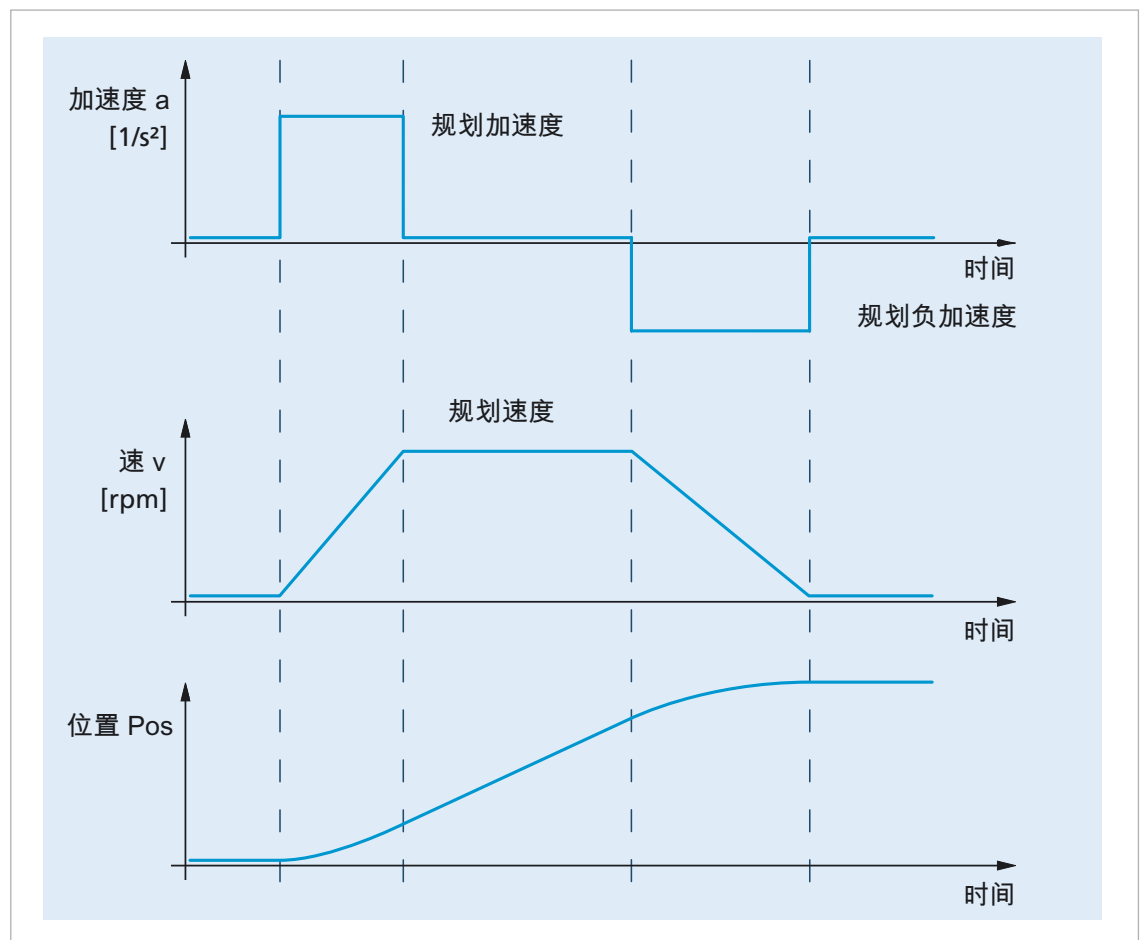


图 19: 直线加速方式下的目标位置与速度



为使规划能够顺利实施，各所需参数的设定，须结合运动部件的实际物理性能。

直流有刷与无刷电机，加速度典型值上限可达  $7,500 \text{ 1/s}^2$ ，直线电机则可达  $30,000 \text{ 1/s}^2$  甚至更高。



可以通过运动规划器，顺序设定多个目标值。相关信息在 PP 模式的详细说明中（参见第 91 页第 5.2.4 章节）。



在 Motion Manager 下，试车向导可为所选电机及负载匹配规划参数。

## 配置和启动驱动器

### 4.5 输出电压

对象 0x2340.01 用以定义和查询输出电压的类型。不同类型的代码含义如下：

- 0：无输出
- 1：有刷电机
- 2：方波驱动的无刷电机
- 3：正弦驱动在无刷或直线电机

对象 0x2340 下的更多子索引项，用于读取各种输出电压的值，单位为 10mV。



仅当驱动器在 *Switch On Disabled* 状态下才可改变电机类型。

方波驱动仅支持带数字霍尔传感器的无刷电机。

表 20: 不同种类的电机与编码器组合表

电机	DC	方波驱动	正弦驱动
DC	编码器 <sup>a)</sup>	—	—
BL	—	数字霍尔传感器 <sup>b)</sup>	数字霍尔传感器 + 编码器 或 模拟霍尔信号 或 绝对式编码器

a) 有刷电机不是电子换向方式。

b) 方波驱动至少需要数字霍尔传感器来提供换向信号。要进行调速或定位控制，应当附加一个增量式编码器。

#### 常规参数 ( General Parameters ) ( 0x2340 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2340	0x00	Number of Entries	U8	只读	8	对象条目总数
	0x01	Commutation Type	U8	读写	3	电机换向类型 0：无输出 1：有刷电机 2：方波驱动的无刷电机 3：正弦驱动在无刷或直线电机
	0x02	Motor Output Voltage DC	S16	读写	-	直流电压 <sup>a)</sup>
	0x03	Motor Output Voltage BL Block	S16	读写	-	电机端的方波驱动电压 <sup>a)</sup>
	0x04	Motor Output Voltage $X_d$	S16	读写	-	电机端的直轴电压 $X_d$ <sup>a)</sup>
	0x05	Motor Output Voltage $X_q$	S16	读写	-	电机端的交轴电压 $X_q$ <sup>a)</sup>
	0x06	Sinus Output Voltage $U_a$	U16	只读	-	电机 A 相的相电压 $U_a$ <sup>a)</sup>
	0x07	Sinus Output Voltage $U_b$	U16	只读	-	电机 B 相的相电压 $U_b$ <sup>a)</sup>
	0x08	Sinus Output Voltage $U_c$	U16	只读	-	电机 C 相的相电压 $U_c$ <sup>a)</sup>

a) 所有电压均以 10 mV 为单位

## 配置和启动驱动器



在 Motion Manager 电机配型向导中，选定某款电机后，换向类型会自动匹配。

### 4.6 配置传感器输入端

数字输入端支持的功能如下：

- 传感器端口：
  - 接入三路模拟霍尔传感器作为电机位置传感器，反馈速度和位置并还用于电机换向
  - 接入三路数字霍尔传感器作为电机位置传感器，反馈速度并用于电机换向
  - 接入两路模拟霍尔传感器（正弦 / 余弦）作为电机位置传感器，反馈速度和位置并还用于电机换向
- 编码器端口：
  - 接入两通道或三通道增量式编码器
  - 接入 12 位 AES 编码器（单圈）
  - 接入最高 30 位的 BiSS-C 接口编码器（单圈或多圈）
  - 接入最高 30 位的 SSI 接口编码器（单圈或多圈）

以反馈所控制电机的速度或位置实际值，或作为目标速度或位置的设定值。
- 模拟输入端（AnIn1 或 AnIn2）：
  - 输入  $\pm 10\text{ V}$  的模拟电压作为目标位置、速度或转矩的设定值
  - 接入  $\pm 10\text{ V}$  的模拟电压作为位置、速度或转矩实际值的反馈信号
- PWM 信号输入（DigIn1 或 DigIn2）：
  - 输入 PWM 信号作为目标位置、速度或转矩的设定值
  - 接入 PWM 信号作为位置、速度或转矩实际值的反馈信号
- 第二编码器接入（DigIn1 至 DigIn3）
  - 接入两通道或三通道增量式编码器。
  - 从 DigIn1 和 DigIn2 输入脉冲 + 方向的组合信号实现定位控制。



MCS 系列伺服单元的传感器端口，已在内部连接完毕，因此不在外部端口中。

## 配置和启动驱动器

表 21: 数字输入端口的特殊功能

	2 通道编码器	3 通道编码器	目标值 脉冲 + 方向的 组合信号	目标值 正交信号	探头功能	PWM
DigIn1	通道 A	通道 A	脉冲信号	通道 A	–	通道 1
DigIn2	通道 B	通道 B	方向信号	通道 B	探头 1	通道 2
DigIn3	–	索引	–	–	探头 2	–
数字输入端 4...8	–	–	–	–	–	–

### 4.6.1 配置电机编码器

编码器端口可接入增量式或基于通信协议的 AES 或 SSI 编码器。支持单端或差分信号。所支持的编码器类型的详细信息，请参见应用笔记 158。对象 0x2315 用以设置电机编码器参数。

表 22: 电机编码器规格设定

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2315	0x00	Number of Entries	U8	只读	9	对象条目总数
	0x01	Operation Mode	U16	读写	0	所选编码器的类型
	0x02	IE Resolution	U32	读写	0x0800	编码器标称分辨率的四倍值
	0x03	Motor Encoder Position (unscaled)	S32	只读		编码器的当前位置示数值
	0x04	Gain	S32	只读	0x40004000	对应比例的分子 / 分母
	0x05	Motor Encoder Position (scaled)	S32	读写		单位换算后的第二编码器位置值
	0x06	Absolute Encoder Bits	U32	读写	0x000C	绝对编码器的分辨率，如前所述的多圈和单圈分辨率位数
	0x07	Encoder Status	U8	只读	0	BiSS-C 接口编码器的状态字位和校验码

表 23: 对象 0x2315.01 ( 所支持的编码器类型 ) 字位的含义

字位	说明
0	增量式编码器 ( 单端或差分信号 )
1	有索引信号
2	索引信号为正脉冲
3~7	系统保留
8	BiSS-C 接口绝对式编码器 ( 单端或差分信号 )
9	SSI 接口绝对式编码器 ( 单端或差分信号 )
10	格雷码
11	系统保留
12	多圈编码器
13~15	系统保留

## 配置和启动驱动器


### 设定为带正索引脉冲的三通道增量式编码器的示例

- ▶ 对象 0x2315.01 写入 **0x00 07** (分子在左边高位, 分母在右边低位)。  
✎ 设定完毕。

### 设定为 12 位 AES 编码器的示例

- ▶ 对象 0x2315.01 写入 **0x01 00** (分子在左边高位, 分母在右边低位)。  
✎ 设定完毕。


### 示例：配置分辨率为 512 线的增量式编码器

 对于增量式编码器, 必须明确其每圈线数的标称分辨率。通过正交法倍频后, 所得到的插值分辨率为其标称值的四倍。

- ▶ 按正交信号计算增量式编码器的插值分辨率：
  - 插值分辨率 =  $4 \times 512 = 2048$
- ▶ 对象 0x2315.01 写入 **0x00 07** 以设置编码器类型。
- ▶ 对象 0x2315.02 写入 **2048** 以设置插值分辨率。  
✎ 增量式编码器的分辨率已设为 512 线。

### 设定为单圈分辨率 13 位、圈数 12 位的多圈绝对式 BiSS-C 编码器的示例

- 电机已连至驱动器且根据电机配型向导设置好相关参数。
- 首先选择编码器规格为 AES。
- ▶ 在编码器类型对象 0x2315.01 中选择：
  - 字位 8 (BiSS-C)
  - 字位 12 (多圈绝对式)
- ▶ 在对象 0x2315.06 中设写入 **0x0C0D** 以设置编码器分辨率。
- ▶ 将以上配置写入驱动器。
- ▶ 重启驱动器以使上述设置生效。

 修改位置编码器的分辨率之后, 应检查因子群的标准设定。  
进给量对象 0x6092.01, 通常应与编码器的单圈分辨率相对应。

## 配置和启动驱动器

### 4.6.2 配置第二编码器

数字输入端还可接入带或不带索引脉冲的增量式编码器，或脉冲 + 方向的组合信号。此时，对象 0x2310.08 的触发电平规格设定依然有效。对象 0x2316 用以配置第二编码器。

表 24: 第二编码器规格设定

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2316	0x00	Number of Entries	U8	只读	5	对象条目总数
	0x01	Operation Mode	U16	读写	0	所选编码器的类型
	0x02	IE Resolution	U32	读写	2048	编码器标称分辨率的四倍值
	0x03	Reference Encoder Position (unscaled)	S32	只读	0	编码器的当前位置示数值
	0x04	Gain	S32	读写	0x40004000	对应比例的分子 / 分母
	0x05	Reference Encoder Position (scaled)	S32	读写	0	编码器的当前位置换算值。

**i** 第二编码器提供的参考信号个数（分子），与驱动器内部的位置增量个数（分母）之间，通过对象 0x2316.04 建立适当的对应比例。

表 25: 对象 0x2316.01（所支持的第二编码器类型）字位的含义

字位	说明
0	增量式编码器
1	有索引信号
2	索引信号为正脉冲
3~7	系统保留
8	脉冲 + 方向的组合信号进行定位控制
9~15	系统保留

#### 设定为带正索引脉冲的三通道增量式编码器的示例

▶ 对象 0x2316.01 写入 **0x00 07**（分子在左边高位，分母在右边低位）。

✎ 设定完毕。

**i** 数字输入端接入第二编码器的接线规则如下：

- DigIn1：编码器信号通道 A
- DigIn2：编码器信号通道 B
- DigIn3：编码器索引信号

## 配置和启动驱动器

### 脉冲 + 方向的组合信号进行定位控制的示例

- ▶ 对象 0x2316.01 写入 **0x0100** ( 分子在左边高位, 分母在右边低位 )。
- ✎ 设定完毕。



使用脉冲 + 方向的组合信号进行定位控制时, 接线规则如下:

- DigIn1: 脉冲信号
- DigIn2: 方向信号
  - 0: 逆向运动
  - 1: 正向运动

### 通过第二编码器设定目标位置的示例

假定为带模拟霍尔传感器的无刷电机, 需要参照第二编码器的信号 ( 16,384 线每圈 ) 旋转一整圈。通过模拟霍尔信号, 内部位置分辨率为电机每转 4096 个增量。

- ▶ 计算目标位置:
  - 内部增量单位值 = 第二编码器信号值  $\times$  ( 4,096 / 16,384 )
- ▶ 设定对应比例:
  - 对象 0x2316.04 写入 **0x10 00 40 00**。
- ✎ 目标位置的内部增量单位, 与第二编码器信号的对应比例已设为 1/4



如果第二编码器也用作反馈速度实际值, 对象 0x2316.02 必须按每圈的增量数来设置分辨率。

IE3-256 的示例:

- 256 每圈线数
- 该分辨率对应着 1024 增量每圈



## 配置和启动驱动器

### 4.6.3 校准霍尔传感器信号

在设置驱动器之前，应校准带有模拟霍尔传感器的电机。这可以实现更平滑的电机运行和更高的位置精度。调整只需执行一次。

**i** 使用 Motion Manager 时，可在 Motion Manager 电机配型的过程中校准霍尔传感器信号。或者，也可以通过更高级别的控制来执行校准（参见动态校准霍尔信号的示例）。

对象 0x2318 用于选择传感器类型和校准程序。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2318	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Hall Sensor Type	U8	读写	0	以位编码形式选定传感器类型（参见第 49 页第 4.6.3 章节）
	0x02	Enable Adaption	U8	读写	0	0：停用静态校准（即选用动态校准） 1：启动静态校准
	0x03	Adaption Threshold Speed	U32	读写	1000	动态校准时，电机的最低速度 [min <sup>-1</sup> ]。
	0x04	Digital Hall Settings of Non-Faulhaber Motors	8	读写	0	字位 0： <ul style="list-style-type: none"> <li>0x00：霍尔相序为 A-C-B（FAULHABER）</li> <li>0x01：霍尔相序为 A-B-C</li> </ul> 字位 7： <ul style="list-style-type: none"> <li>0x00：直接利用霍尔信号</li> <li>0x80：反转霍尔信号</li> </ul> 参见 FAULHABER 产品应用笔记 155。

霍尔传感器的校准，可在电机运动中动态进行，也可进行静态校准。

**i** 对于四磁极电机，对应两对磁极的校准将同时完成。

**i** 动态校准 BX4 与 BP4 电机时，电机先启动并以恒定低速旋转，然后开始校准。

一次性校准霍尔信号之后，还可在使用条件变化后再度校准，例如为了补偿因温度变化而引起的波动。此外，动态校准时可使用对象 0x2318.03 设定一个速度下限。校准将在电机速度高于下限值时开始。

1. 使用对象 0x2318.01 选定传感器类型与校准程序：

- 字位 0：校准程序选择
  - 0：动态校准：随着电机的运动，对霍尔信号的幅值进行渐进补偿以校准。直线电机不适用该方法。
  - 1：静态校准：当霍尔信号处于某合适状态的时候，对其幅值进行补偿校准，其余的状态则据此按比例补偿。
- 字位 1：传感器类型
  - 0：三路霍尔信号，相角互为 120°
  - 1：两路霍尔信号，相角差为 90°。
- 字位 2~7：系统保留

2. 执行校准（参见下例）。

## 配置和启动驱动器

### 4.6.3.1 动态校准霍尔信号的示例

在电机运动中动态校准霍尔信号。

✓ 传感器类型和校准程序已选定。

1. 以恒定低速启动电机。
2. 启动校准时，为对象 0x2318.02 设定一个大于 0 的值。
3. 允许电机自由运动数秒。
4. 结束校准时，将对象 0x2318.02 的值设为 0。
5. 以指定速度启动电机，速度须高于 0x2318.03 的限定。
6. 允许电机自由运动数秒。

🔧 校准完成，可控制电机停车并保存校准参数。

### 4.6.3.2 静态校准霍尔信号的示例

静态校准特别适用于电机不能在较大范围内持续运动的情况，例如直线电机。

✓ 传感器类型和校准程序已选定。

1. 启动校准时，为对象 0x2318.02 设定一个大于 0 的值。
2. 让电机在最大允许范围内运动。
3. 结束校准时，将对象 0x2318.02 的值设为 0。



如果电机的实际运动范围大于一对磁极的区间（例如直线电机的磁极距），静态校准将会成功。



要在最短运动行程内完成霍尔的静态校准，可先开始校准，然后再启动电机。

## 配置和启动驱动器

### 4.6.4 配置 PWM 信号输入端

使用对象 0x2317 配置数字输入端后，可从 DigIn1 或 DigIn2 输入 PWM 信号，读入的信号在控制系统中作为目标值设定或实际值反馈。

表 26: PWM 信号输入

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2317	0x00	Number of Entries	U8	只读	7	对象条目总数
	0x01	Digital Input Pin	U8	读写	0	PWM 信号输入： 1 : DigIn1 = PWM 信号输入 2 : DigIn2 = PWM 信号输入
	0x02	PWM Input Frequency	U32	只读		输入 PWM 信号的频率
	0x03	Duty Cycle Raw Value	S16	只读		输入 PWM 信号的物理占空比
	0x04	Duty Cycle Gain (Numerator / Divisor)	U32	读写	0x7FFF8000	PWM 原始值与换算值之间的对应比例（分子 / 分母）
	0x05	Duty Cycle Offset	S16	读写	0	PWM 信号占空比的偏置量设定
	0x06	Duty Cycle Scaled Value	S32	只读		占空比按比例换算后的换算值
	0x07	Resolution As Encoder	S16	读写	1000	输入 PWM 信号用作编码器的插值分辨率

**i** 物理占空比的范围为 0 ( 0% ) 至 32,767 ( 100% )。使用占空比对应比例和偏置量设定，可将测得的物理占空比转换为驱动器内部的变量值。

**i** 关于通过模拟输入端输入设定值实现控制的示例，请参见第 52 页第 4.7 章节。

配置和启动驱动器

4.7 信源选择

4.7.1 选定实际值信源

电机速度和位置的实际值可从不同的信源获取。无刷和直线电机的实际值还包括换向角，它同样可从单独的信源获取。

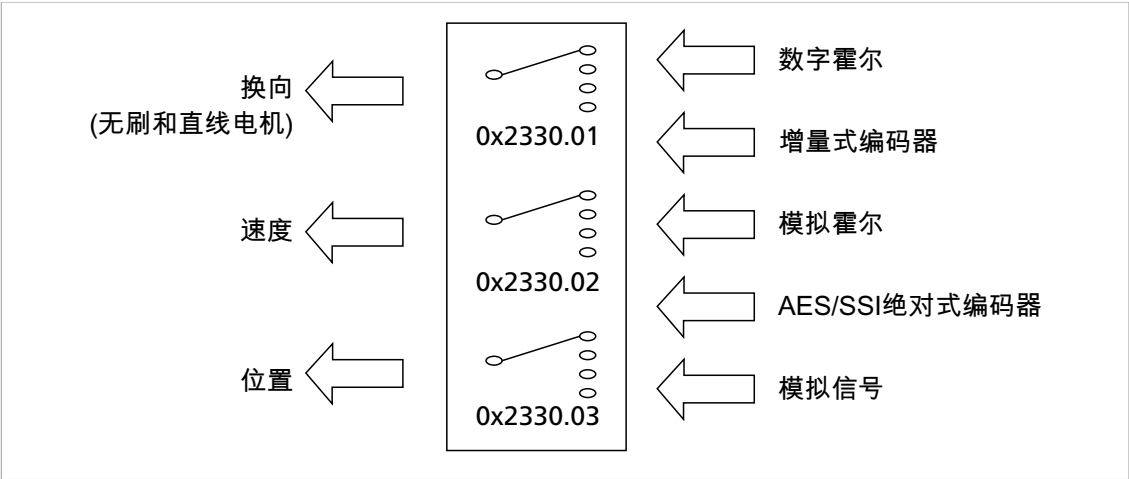


图 20: 各实际值所支持的信源

使用模拟霍尔传感器或 AES 编码器时，无刷电机的位置、速度和换向角信息，均源自同一信源。



使用数字霍尔传感器可用于提供换向信号。

- 使用数字霍尔传感器提供换向信号时，推荐外加增量式编码器来反馈速度。
- 位置控制时，则必须外加增量式编码器。

换向角、速度和位置值可由直接安装在电机上的编码器所记录；位置值还可由安装在终端负载的第二编码器记录。

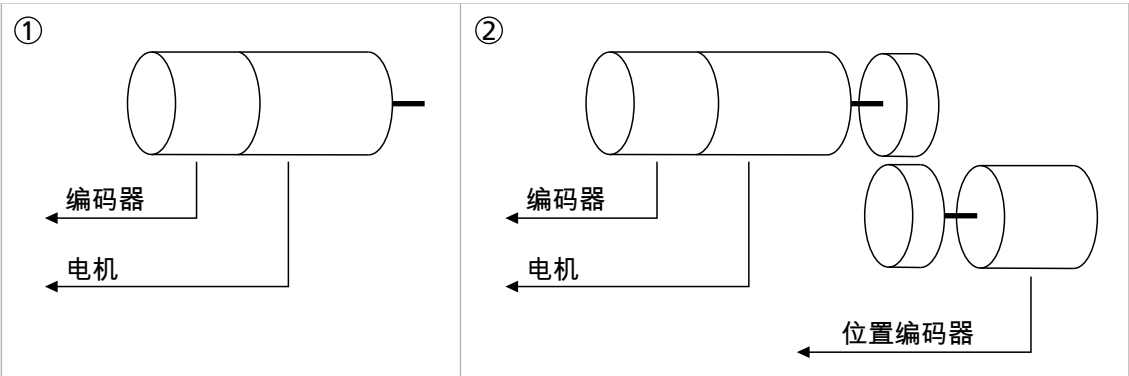


图 21: 编码器用于位置和速度反馈

- 1 位置和速度的单闭环控制      2 位置和速度的双闭环控制

对于有刷电机，通常使用与电机装配为一体的增量式编码器反馈位置与速度。而对于无刷电机，位置则可选由安装在终端负载的第二编码器反馈。



如果位置编码器安装于减速箱或其它传动机构之后，则必须通过对象 0x2319 正确设定传动比，否则不能正确计算电机速度与位置之间的对应关系。

## 配置和启动驱动器

### 终端位置编码器传动比 ( Reduction Ratio, external position encoder ) ( 0x2319 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2319	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Numerator	U32	读写	1	减速比分子，例如 3696
	0x02	Divisor	U32	读写	1	减速比分母，例如 289

对象 0x2330 用以设置传感器系统，为各实际值选择信源。



在 Motion Manager 电机配型向导中，参数会在选定电机与传感器系统之后自动设定。

表 27: 对象 0x2330 ( 实际值信源选择 ) 代码表

数据	换向角 (0x2330.01) <sup>a)</sup>	转速 ( 0x2330.02 )	定位 ( 0x2330.03 )
00		未选择	
01		模拟霍尔传感器 <sup>a)</sup>	
02		数字霍尔传感器 <sup>b)</sup>	
03	数字霍尔传感器 + 电机编码器	增量式编码器 ( 编码器端口接入 )	
04		AES/SSI 编码器 ( 编码器端口接入 )	
05	不支持	增量式编码器 ( 编码器端口接入 )	
06	不支持	增量式编码器 ( 输入 / 输出端口接入 )	
07	不支持		AnIn1 <sup>c)</sup>
08	不支持		AnIn2 <sup>c)</sup>
09~12	不支持		系统保留
13	不支持		PwmIn <sup>c)</sup>

a) 仅适用于无刷或直线电机。

b) 如果仅有数字霍尔传感器而没有增量式编码器，则只支持方波驱动。

c) 模拟输入端和 PWM 输入端的输入信号，必须通过用户定义的比例，转化为适当的实际值。

表 28: 配置传感器系统

位置编码器	对象	说明
数字霍尔传感器	0x2318	第 49 页第 4.6.3 章节
模拟霍尔传感器	0x2318	第 49 页第 4.6.3 章节
电机编码器	0x2315	第 45 页第 4.6.1 章节
第二编码器	0x2316	第 47 页第 4.6.2 章节
PWM	0x2317	第 51 页第 4.6.4 章节
模拟信号输入端	0x2313	第 74 页第 4.10 章节

## 配置和启动驱动器

### 4.7.1.1 实际值信源选择示例

选定 AES 编码器为换向角和速度实际值的信源：

- ▶ 对象 0x2330.01 写入 04。
- ▶ 对象 0x2330.02 写入 04。

✎ 选定 AES 编码器为换向角和速度实际值的信源。

选定测速发电机为速度实际值信源：

测速发电机可用于反馈实际速度，假定电机转速为  $5,000\text{min}^{-1}$  时，测速发电机输出电压为 10 V。默认设置下，模拟输入端的 10 V 电压对应着转换值 10,000。

**i** 模拟信号必须转换为适当的数字值才能为速度控制器所用。驱动器内部转换比例对应的速度单位为  $[\text{min}^{-1}]$ 。

✓ 测速发电机已连至 AnIn1 或 AnIn2。

▶ 计算模拟输入端的换算比例：

- 模拟输入端对应的原始数值 / 10 V 电压的内部对应转换值 =  $5,000/10,000 = 1/2$

▶ 将计算结果写入对象 0x2313：

- 根据所用的模拟输入端口，对象 0x2313.01 或 0x2313.11 写入 0x00 01 00 02
- 如果所用的模拟输入端口没有偏置量，对象 0x2313.02 或 0x2313.12 写入 0x00。
- 根据所选的模拟输入端口，对象 0x2330.02 写入 0x07 或 0x08。

✎ 设定完毕。

### 4.7.2 选定设定值信源

在 ATC、AVC 和 APC 与 VM 模式下，需使用对象 0x2331 为设定值信源选定一个模拟输入端。必须先做选定、再接入信号。

表 29: 对象 0x2330 (设定值信源选择) 代码表

数据	电压设定值 (0x2331.01)	转矩设定值 (0x2331.02)	速度设定值 (0x2331.03)	位置设定值 (0x2331.04)
00			未选择	
01			AnIn1 <sup>a)</sup>	
02			AnIn2 <sup>a)</sup>	
03~06			系统保留	
07			Pwmln <sup>a)</sup>	
08	不支持	不支持		电机编码器
09	不支持	不支持		第二编码器 <sup>b)</sup>
10			系统保留	

a) 模拟输入端和 PWM 输入端的输入信号，必须通过用户定义的比例，转化为适当的实际值。

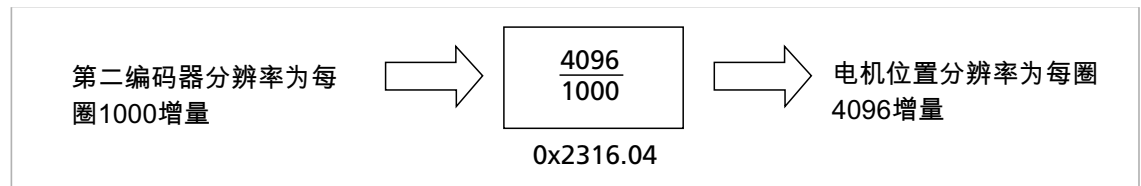
b) 可通过对象 0x2316.04 设定的用户定义比例，转化为适当的位置实际值

## 配置和启动驱动器

### 4.7.2.1 设定值信源选择示例

#### 选定增量式第二编码器为位置设定值信源（电子齿轮模式）

插值分辨率为 4,096 线的模拟霍尔传感器作为实际值编码器。目标位置由第二编码器输出的正交信号设定。假定第二编码器 1,000 增量对应着电机转动一圈，亦即对应着模拟霍尔传感器的 4,096 增量。



- ✓ 通过对象 0x2316 设定了第二编码器为增量式编码器（参见第 44 页第 4.6 章节）。
- ✓ 第二增量编码器的信号通道 A 和 B 分别接入 DigIn1 和 DigIn2，适当的高低电平阈值已正确设置。
- ▶ 确立设定值的比例（分母 = 4,096，分子 = 1,000）：
  - 对象 0x2316.04 写入 0x10 00 03 E8。
- ▶ 设定工作模式为 APC：
  - 对象 0x6060.00 写入 -2。
- ▶ 选定第二编码器作为位置设定值的信源：
  - 对象 0x2331.04 写入 09。
- 🔧 设定完毕。



在第二编码器规格的比例对象（0x2316.04）的分子前加入负号，可改变第二编码器的计数方向。

#### 选定脉冲 + 方向的组合信号为位置设定值信源（步进模式）

插值分辨率为 4,096 线的模拟霍尔传感器作为实际值编码器。假定 1,000 脉冲对应电机转动一圈，亦即对应着模拟霍尔传感器的 4,096 增量。

- ✓ 通过对象 0x2316 设定了第二编码器为脉冲 + 方向的组合信号（参见第 44 页第 4.6 章节）。
- ✓ 脉冲信号接入 DigIn1。
- ✓ 方向信号接入 DigIn2。
- ✓ 适当的高低电平阈值已正确设置。
- ▶ 确立设定值的比例（分母 = 4,096，分子 = 1,000）：
  - 对象 0x2316.04 写入 0x10 00 03 E8。
- ▶ 设定工作模式为 APC：
  - 对象 0x6060.00 写入 -2。

## 配置和启动驱动器

- ▶ 选定第二编码器作为位置设定值的信源：

- 对象 0x2331.04 写入 09。

✎ 设定完毕

### 模拟量设定值

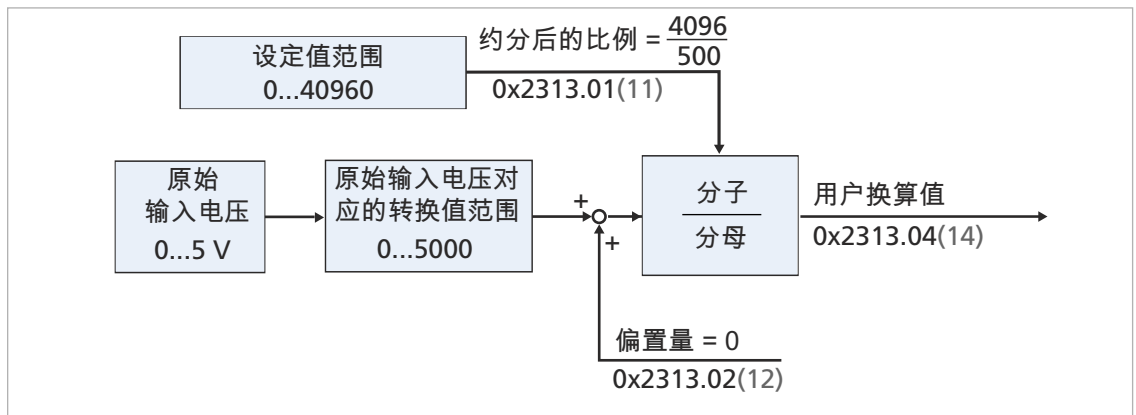


图 22: 选定一个模拟输入端作为设定值信源

使用电位计输出的模拟电压作为位置设定值信源。电压最低为 0 V、最高为 5 V。默认设置下，该电压范围对应的转换值范围为 0~5,000。电机位置的实际值由插值分辨率为 4,096 线的增量式编码器确定。要控制电机在 10 圈范围内转动，则设定值范围即为 0~40,960。

- ▶ 确立换算比例。

- 将所用模拟输入端口的偏置量设定为零，对象 0x2313.02 或 0x2313.12 写入 0x00。
- 在对象 0x2313.01 或 0x2313.11 中设定比例：

比例 = 位置设定值的最大值 / 原始转换值的最大值 = 40,960 / 5,000，必须进行约分以缩减分子、分母的值，例如缩减为：4,096/500

- ▶ 对象 0x6060.00 写入 -2。

✎ APC 模式设定完毕。

- ▶ 选定位置设定值的信源：

- AnIn1 为信源时，对象 0x2331.04 写入 0x01；
- AnIn2 为信源时，对象 0x2331.04 写入 0x02。

✎ 设定完毕。



方向信号可由各模拟输入端输入，对象 0x2313.x8 用于控制输入信号的极性。当转向控制信号为低电平时，输入端的信号极性将会翻转。



## 配置和启动驱动器

### 选定模拟信号作为速度设定值信源

设定 0~5 V 的模拟电压对应着  $\pm 3000 \text{ min}^{-1}$  的速度设定值范围。

- ▶ 对象 0x2313.02 写入 **-2500** 作为偏置量。  
原始值范围为 0~5000，从而 2500 ( 2.5 V ) 对应着速度 0。因此偏置量须设为 -2500。
- ▶ 在对象 0x2313.01 中输入 **6000/5000** 作为对应的比例。  
输出值范围与输入值范围的比值即为所需比例值。
  - 作为分子的输出值范围： $-3000 \text{ min}^{-1} \sim +3000 \text{ min}^{-1} \rightarrow = 6000$
  - 作为分母的输入值范围： $0 \sim 5000 \rightarrow = 5000$
- ▶ 对象 0x6060.00 写入 **-3** 以设定工作模式为 AVC。
- ▶ 对象 0x2331.03 写入 **1** 以选定 AnIn 1 作为速度设定值信源输入端。

### 选定模拟信号作为位置设定值信源

设定 0~5 V 的模拟电压对应着位置范围 -2048~+2047 ( 模拟霍尔传感器一圈 )。

- ▶ 对象 0x2313.02 写入 **-2500** 作为偏置量。  
原始值范围为 0~5000，从而 2500 ( 2.5 V ) 对应着速度  $0 \text{ min}^{-1}$ 。因此偏置量须设为 -2500。
- ▶ 在对象 0x2313.01 中输入 **4096/5000** 作为对应的比例。  
输出值范围与输入值范围的比值即为所需比例值。
  - 作为分子的输出范围： $-2048 \text{ 增量} \sim +2047 \rightarrow = 4096$
  - 作为分母的输入值范围： $0 \sim 5000 \rightarrow = 5000$
- ▶ 对象 0x6060.00 写入 **-2** 以设定工作模式为 APC。
- ▶ 对象 0x2331.04 写入 **1** 以选定 AnIn1 作为位置设定值信源输入端。

### 选定 PWM 信号作为速度设定值信源

设定占空比为 10~90% 的 PWM 信号对应着  $\pm 5000 \text{ min}^{-1}$  的速度设定范围。

- ▶ 对象 0x2317.05 写入 **-16384** 作为偏置量。  
原始值范围为 0~32767 ( 0~100% )，从而 16384 ( 50% ) 对应着速度 0。因此偏置量须设为 16384。
- ▶ 在对象 0x2317.04 中输入 **10000/26214** 作为对应的比例。  
输出值范围与输入值范围的比值即为所需比例值。
  - 作为分子的输出范围： $-5000 \text{ min}^{-1} \sim +5000 \text{ min}^{-1} \rightarrow = 10000$
  - 作为分母的输入范围： $32767 \rightarrow \text{的 } 80\% = 26214$
- ▶ 对象 0x6060.00 写入 **-3** 以设定工作模式为 AVC。
- ▶ 对象 0x2331.03 写入 **7** 以选定 PWM 信号作为速度设定值信源。
- ▶ 对象 0x2317.01 写入 **1** 以选定 DigIn 1 作为 PWM 信号输入端。

## 配置和启动驱动器

### 4.8 因子群

因子群用以将位置或速度值，在驱动器内部单位和用户单位之间进行换算。

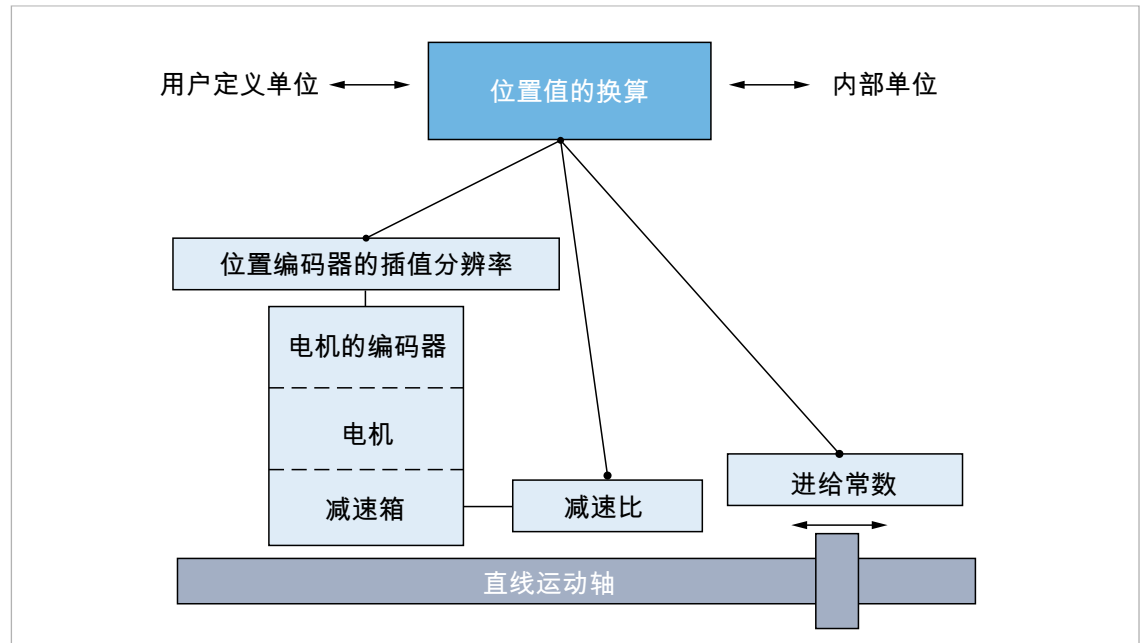


图 23: 因子群的计算示意图

因子群会自动结合位置编码器所设的分辨率。

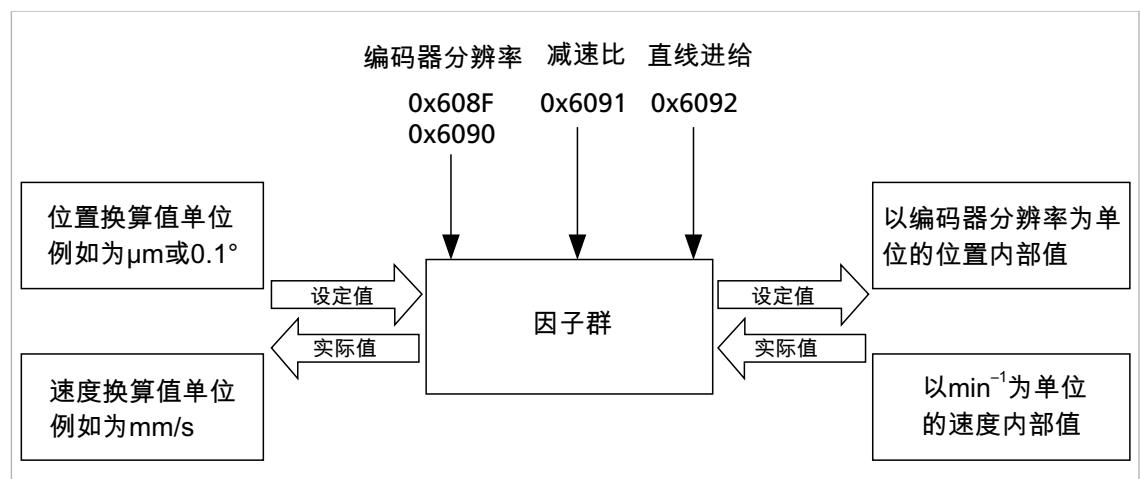


表 30: 位置的用户单位典型设置

单位	说明	配置
默认值	无设置，内部位置单位，即编码器分辨率直接用作外部单位	进给常数（0x6092）：位置编码器分辨率。 减速比（0x6091）：1 : 1
μm	适用于直线运动	进给常数（0x6092）：直线进给的螺距，例如 1500 对应丝杠每圈进给 1.5 mm。
0.1°	适用于旋转运动	进给常数（0x6092）：3600 对应着每圈 3600 x 0.1°

## 配置和启动驱动器

- i** 除了位置设定值和实际值之外，以下参数值也使用用户单位：
- 位置监测（位置窗口）与跟随错误
  - 限位与位置计数区间
  - 零位偏置（Homing Offset）
  - 探针触发的位置点（从固件版本 K1 开始）

表 31: 速度的用户单位典型设置

单位	说明	配置
默认值	无设置，内部速度单位 $\text{min}^{-1}$ 直接用作外部单位	速度因数（0x6096）：编码器分辨率的倒数 速度因数 = （编码器分辨率） $^{-1}$
mm/s	适用于直线运动	速度因数（0x6096）：参见表 32 速度因数（60 x 1000） $^{-1}$

- i** 除了速度设定值和实际值之外，速度监测（速度窗口、零速阈值、速度偏差窗口）也使用用户单位。

位置内部值与换算值之间的关系公式如下（蓝色部分的值可修改）：

$$\text{位置换算值} = \text{位置内部值} \times \frac{\text{进给常数}}{\text{位置编码器插值分辨率} \times \text{减速比}}$$

速度内部值与换算值之间的关系公式如下：

$$\text{速度换算值} = \text{速度内部值} \times \frac{\text{进给常数}}{\text{减速比}} \times \text{速度因数}$$

各参数的含义如下：

- 速度内部值：电机的速度，单位为  $\text{min}^{-1}$ 。
- 位置编码器插值分辨率：系统中，用于位置反馈的编码器的插值分辨率。
- 减速比：电机所带减速箱的传动减速比。
- 进给常数：减速箱（无减速箱时则为电机）输出轴转动一圈，与用户单位下进给量之间的比值。
- 速度因数：为速度所设定的缩放比例值，它与位置无关。

- i** 若未使用减速箱，减速比须设为 1 : 1（默认值）。

- i** 当因子群导致位置换算值和内部值的单位尺度不同时，必须根据所需重设位置计数区间，因为先前的区间端点可能无法再到达。

## 配置和启动驱动器

### 位置尺度不同的示例


内部位置的最大范围，为有符号 32 位数值（±2,147,483,647）的区间。

假定电机带有减速比为 14 : 1 的减速箱，那么电机需要转动 14 圈，减速箱输出端才旋转 1 圈。

- ✓ 首先需要设定编码器插值分辨率（例如为 2,048 线每圈）。
- ✓ 在因子群中设定减速比 14 : 1。
- ▶ 设定一个新的目标值为 1,000 增量。
  - ✚ 将驱动电机旋转 14,000 增量，因为设定值始终针对减速箱（如果有）输出端。
- 内部位置值将可能会达到 32 位数值的 14 倍，从而超过了最大范围。
- ▶ 调整软限位区间。


### 4.8.1 位置编码器插值分辨率（Position Encoder Resolution）

$$\text{位置编码器插值分辨率} = \frac{\text{编码器增量计数}}{\text{电机转数}}$$

 上面公式中各值均无量纲。

#### 位置编码器插值分辨率（Position Encoder Resolution）


索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x608F	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Encoder Increments	U32	只读	4096	编码器增量计数
	0x02	Motor Revolutions	U32	只读	1	对应的电机转数

 上表涉及的是位置编码器（参见第 44 页第 4.6 章节）。系统中用于位置反馈的编码器，由对象 0x2330.03 设置（参见第 52 页第 4.7 章节）。

### 4.8.2 速度编码器插值分辨率（Velocity Encoder Resolution）

Velocity Encoder Resolution (0x6090) 对象确定了编码器增量计数与电机转数之间的关系。

$$\text{速度编码器插值分辨率} = \frac{\text{编码器增量计数/秒}}{\text{电机转数/秒}}$$

 上面公式中各值均无量纲。

#### 速度编码器插值分辨率（Velocity Encoder Resolution）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6090	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Encoder Increments	U32	只读	4096	所设置的位置编码器插值分辨率
	0x02	Motor Revolutions	U32	只读	1	编码器增量计数为子索引 0x01 所设数值时，电机转动的圈数

## 配置和启动驱动器

**i** 上表涉及的是位置编码器（参见第 44 页第 4.6 章节）。系统中用于速度反馈的编码器，由对象 0x2330.02 指定（参见第 52 页第 4.7 章节）。

### 4.8.3 速度因数（Velocity Factor）

速度因数用于速度内部值和换算值之间的比例调整，它的计算公式如下：

$$\text{速度因数} = \frac{\text{速度使用的位移单位}}{\text{位置单位}} \times \frac{\text{分钟}}{\text{用户时间单位}}$$

速度因数由两部分组成：

$$\frac{\text{速度使用的位移单位}}{\text{位置单位}} \quad \text{转换速度和位置的不同的参考单位（参见第 63 页第 4.8.7 章节）。这里的位移包括直线位移和角位移。}$$

$$\frac{\text{分钟}}{\text{用户时间单位}} \quad \text{将内部速度所用的时间单位（分钟），转换为用户时间单位。}$$

**i** 在 Motion Manager 电机配型向导中，进给常数和速度因数的预设值按如下公式计算：

$$\text{进给常数} = \frac{\text{位置编码器插值分辨率}}{1}$$

$$\text{速度因数} = \frac{1}{\text{位置编码器插值分辨率}}$$

因此，预设的位置和速度换算值单位，与驱动器内部值单位是一致的，为增量和 min<sup>-1</sup>。

### 速度因数（Velocity Factor）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6096	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Numerator	U32	读写	1	分子
	0x02	Divisor	U32	读写	4096	分母

表 32: 速度因数的典型设定值

驱动器类型	进给量	进给速度单位 / 进给位置单位	分钟 / 用户时间单位	速度因数（Velocity Factor）
旋转	编码器插值分辨率（例如 4096）	1/4096	1	1/4096
直线电机（例如 LM1247）	磁极距 [μm]（例如 18,000）	1/1000	1/60	1/（1000*60）
直线主轴（例如 BS 22 1.5）	螺距 μm（例如 1500）	1/1000	1/60	1/（1000*60）

## 配置和启动驱动器

### 4.8.4 减速比 ( Gear Ratio )

减速比对象 ( 0x6091 ) 确定了电机转数与减速箱输出转数之间的关系：

$$\text{减速比} = \frac{\text{电机转数}}{\text{减速箱输出转数}}$$



上面公式中各值均无量纲。

#### 减速比 ( Gear Ratio )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6091	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Motor Shaft Revolutions	U32	只读	1	减速箱输入端转动的圈数
	0x02	Driving Shaft Revolutions	U32	读写	1	减速箱输出端转动的圈数

### 4.8.5 进给常数 ( Feed Constant )

进给常数对象 ( 0x6092 ) 确定了进给量与减速箱输出转数之间的关系：

$$\text{进给常数} = \frac{\text{进给量}}{\text{减速箱输出转数}}$$



进给量为用户单位；减速箱输出转数的值无量纲。

#### 进给常数 ( Feed Constant )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6092	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Feed	U32	读写	4096	进给量
	0x02	Shaft Revolutions	U32	读写	1	减速箱输出端转动的圈数

## 配置和启动驱动器

### 4.8.6 极性反转 ( Polarity )

极性反转对象 ( 0x607E ) 通过位编码方式，将速度或位置设定值乘以 + 1 或 - 1 反转。0x80 表示位置值反转；0x40 表示速度值反转。

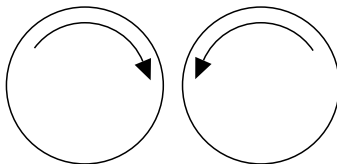


在 PP、PV 和 CSV 模式下，极性反转对象对速度和位置的设定值与实际值均有效。

#### 极性反转 ( Polarity ) ( 0x607E )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607E	0x00	Polarity	U8	读写	0	位编码

#### 举例



例如在某个应用中，两个运动轴的动作完全相反。则可以由上位机向驱动器写入相同的设定值，然后在其中一个轴所对应的驱动器内，使用极性反转对象来改变电机转向。



参考运动过程中，极性反转对象无效。

### 4.8.7 因子群示例

#### 4.8.7.1 位置转换概述

在驱动器内部，位置单位的尺度取决于所用的位置编码器。电机转动一圈的位置计数，就等于编码器的插值分辨率。

因子群可将驱动器内部与实际应用中的度量单位进行换算，例如以  $\mu\text{m}$  作为位置单位。

在圆周运动系统中，因子群可用于统一各运动子系统的位置单位（例如为  $0.1^\circ$ ），使其值与位置编码器分辨率无关、也与减速箱无关。

下述计算过程用以将内部位置值转换为应用所需的换算值：

$$\text{位置换算值} = \text{极性} \times \frac{\text{进给量}}{\text{减速箱输出转数}} \times \frac{\text{减速箱输出转数}}{\text{电机转数}} \times \frac{\text{电机转数}}{\text{编码器增量计数}} \times \text{位置内部值}$$

参数说明如下：

- 减速箱输出轴转动一圈所对应的进给量，即为进给常数：

$$\text{进给常数} = \frac{\text{进给量}}{\text{减速箱输出转数}}$$

- 减速比：

$$\text{减速比} = \frac{\text{电机转数}}{\text{减速箱输出转数}}$$

- 位置编码器插值分辨率（上面公式所乘的，是插值分辨率的倒数）：

$$\text{位置编码器插值分辨率} = \frac{\text{编码器增量计数}}{\text{电机转数}}$$

从右往左看公式可知，位置值首先由内部单位转换成电机转数，然后纳入减速箱、通过减速比值转换为减速箱输出转数，最后通过进给常数换算，得到测定运动距离的换算值。

## 配置和启动驱动器

### 4.8.7.2 速度转换概述

FAULHABER 驱动器内部的速度单位是  $\text{min}^{-1}$ 。

速度单位同样可以转换，转换所用到的参数，与位置转换大同小异（参见第 63 页第 4.8.7.1 章节）：

$$\text{速度换算值} = \text{极性} \times \frac{\text{进给量}}{\text{减速箱输出转数}} \times \frac{\text{减速箱输出转数}}{\text{电机转数}} \times \text{速度因数} \times \text{速度内部值}$$

此处用到了速度因数（参见第 61 页第 4.8.3 章节）。

### 4.8.7.3 配置有刷电机 + 增量编码器的直线主轴系统，无减速箱

系统要素如下：

- 直线主轴系统中，需使用  $\mu\text{m}$  作为位置单位、 $\text{mm/s}$  作为速度单位。
- 使用带增量式编码器的有刷电机。
- 编码器标称分辨率为 512 线。
- 无减速箱。
- 直线主轴的螺距为 1.5 mm。
- ✓ 电机类型通过对象 0x2329 或在 Motion Manager 中确定。
- ✓ 使用对象 0x2315，设置插值分辨率为 2,048（参见第 44 页第 4.6 章节）
- ✓ 使用对象 0x2330，将此增量式编码器指定为位置和速度编码器。



在 Motion Manager 电机配型向导中，参数会在选定电机与传感器系统之后自动设定。



编码器插值分辨率可从因子群中的下列对象中读取。

- 位置编码器：
  - 0x608F.01=2048
  - 0x608F.02 = 1
- 速度编码器：
  - 0x6090.01 = 2048
  - 0x6090.02 = 1



编码器的正交信号通过四倍频处理后，插值分辨率可以达到标称值的四倍。

- ▶ 通过对象 0x6092 设定进给量：
  - 对象 0x6092.01 写入 **0x05DC** ( 1,500 )，该值为直线主轴的螺距。
  - 对象 0x6092.02 写入 **0x0001( 1 )**，该值为 1,500 的进给量所对应的减速箱输出转数。



## 配置和启动驱动器

- ▶ 通过对象 0x6096 设定速度因数：
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) 与位置单位 (  $\mu\text{m}$  ) 的比值 = 1,000
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) = 1
  - 分钟与用户时间单位 ( s ) 的比值 = 60

✎ 设定完毕。

### 4.8.7.4 配置有刷电机 + 增量编码器 + 减速箱的直线的主轴系统

系统要素如下：

- 直线主轴系统中，需使用  $\mu\text{m}$  作为位置单位、mm/s 作为速度单位。
- 使用带增量式编码器的有刷电机。
- 编码器标称分辨率为 512 线。
- 减速箱的减速比为 14 : 1。
- 直线主轴的螺距为 1.5 mm。
- ✓ 电机类型通过对象 0x2329 或在 Motion Manager 中确定。
- ✓ 使用对象 0x2315，设置插值分辨率为 2,048 ( 参见第 44 页第 4.6 章节 )
- ✓ 使用对象 0x2330，将此增量式编码器指定为位置和速度编码器。



在 Motion Manager 电机配型向导中，参数会在选定电机与传感器系统之后自动设定。



编码器插值分辨率可从因子群中的下列对象中读取。

- 位置编码器：
  - 0x608F.01=2048
  - 0x608F.02 = 1
- 速度编码器：
  - 0x6090.01 = 2048
  - 0x6090.02 = 1



编码器的正交信号通过四倍频处理后，插值分辨率可以达到标称值的四倍。

- ▶ 通过对象 0x6091 设定减速比值：
  - 对象 0x6091.01 写入 **0x000E (14)**，该值为减速箱输出一转时，对应的电机转数。
  - 对象 0x6091.02 写入 **0x0001 (1)**，该值表示减速箱输出转数。
- ▶ 通过对象 0x6092 设定进给量：
  - 对象 0x6092.01 写入 **0x05DC ( 1,500 )**，该值为直线主轴的螺距。
  - 对象 0x6092.02 写入 **0x0001( 1 )**，该值为 1,500 的进给量所对应的减速箱输出转数。

## 配置和启动驱动器

- ▶ 通过对象 0x6096 设定速度因数：
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) 与位置单位 (  $\mu\text{m}$  ) 的比值 = 1,000
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) = 1
  - 分钟与用户时间单位 ( s ) 的比值 = 60

↩ 设定完毕。

### 4.8.7.5 配置带模拟霍尔传感器的直线电机

系统要素如下：

- 直线运动系统中，需使用  $\mu\text{m}$  作为位置单位、mm/s 作为速度单位。
- LM1247 直线电机的磁极距为 18 mm。
- 模拟霍尔传感器用以反馈以下实际值：
  - 换向角
  - 转速
  - 定位

✓ 电机类型通过对象 0x2329 或在 Motion Manager 中确定。

✓ 设定模拟霍尔传感器用以反馈各实际值。



在 Motion Manager 电机配型向导中，参数会在选定电机与传感器系统之后自动设定。



编码器插值分辨率可从因子群中的下列对象中读取。

- 位置编码器：
  - 0x608F.01 = 4096
  - 0x608F.02 = 1
- 速度编码器：
  - 0x6090.01 = 4096
  - 0x6090.02 = 1
- ▶ 通过对象 0x6092 设定进给量：
  - 对象 0x6092.01 写入 **0x4650 (18000)**，该值为以  $\mu\text{m}$  为单位的磁极距。
  - 对象 0x6092.02 写入 **0x0001 (1)**，该值为进给量 18,000 所对应的电机磁极距数。
- ▶ 通过对象 0x6096 设定速度因数：
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) 与位置单位 (  $\mu\text{m}$  ) 的比值 = 1,000
  - 速度 ( mm/s ) 使用的位移单位 ( mm ) = 1
  - 分钟与用户时间单位 ( s ) 的比值 = 60

↩ 设定完毕。

## 配置和启动驱动器

### 4.9 配置数字输入输出端口

FAULHABER 驱动器的数字输入输出端口，其功能可灵活配置。

**数字输入端支持的功能如下：**

- 接入限位开关
- 接入参考点开关
- 从 DigIn1 或 DigIn2 输入 PWM 信号作为目标值设定或实际值反馈
- 从 DigIn1 至 DigIn3 接入两 / 三通道正交信号的第二编码器
- 从 DigIn1 和 DigIn2 输入脉冲 + 方向的组合信号实现定位控制
- 收到触发信号时记录位置实际值（触发式探头功能）
- 在驱动器的运动程序中作为自由输入端
- 作为模拟输入量的极性开关（例如模拟量调速时用以控制电机转向）

**数字输出端支持的功能如下：**

- 输出故障指示信号
- 直接控制刹车的开合
- 输出诊断信号，诊断内容可自由配置，例如指示：
  - 驱动参数中的受限项目
  - 温度警告
  - 静止状态（速度为零）
  - 目标位置已到达
- 在驱动器的运动程序中作为自由输出端

## 配置和启动驱动器

### 4.9.1 配置数字输入端

#### 4.9.1.1 配置限位与参考点开关

- ▶ 使用对象 0x2310.01 中的位掩码，指派低限位开关所接入的数字输入端。

Tab. 33: 0x2310.01 (低限位开关) 的位掩码，低位在右

0x2310.01	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ 使用对象 0x2310.02 中的位掩码，指派高限位开关所接入的数字输入端。

Tab. 34: 0x2310.02 (高限位开关) 的位掩码，低位在右

0x2310.02	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ 到达限位开关后，电机的停车动作，可通过对象 0x2310.03 设定。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2310	0x03	限位停车选项	S16	读写	1	0：直接关闭功放 1：以规划负加速度减速停车 2：以急停负加速度减速停车 3：以最大电流减速停车 4：以最大压降减速停车

- ▶ 要将参考点开关接入某个数字输入端，直接将端口序号写入对象 0x2310.04 即可。

✎ 设定完毕。

**i** 如果同时指派了多个端口接入低限位或高限位开关，则所设定的动作，在首个限位开关触发时即生效。

**i** 不同型号的驱动器，可用的数字输入端口数量有可能不同。

**i** 仅可指派单个数字输入端用以接入参考点开关，不支持复选。

## 配置和启动驱动器

### 4.9.1.2 数字输入端的通用设定

#### 触发电平极性设定

- ▶ 对象 0x2310.10 用于设定触发极性，即设定输入端翻转为高电平还是低电平时触发。
  - 输入端位掩码 = 0：输入电平未反转（高电平有效，端口的逻辑状态与物理状态一致）
  - 输入端位掩码 = 1：输入电平反转（低电平有效，端口的逻辑状态与物理状态相反）

Tab. 35: 0x2310.10 (输入端逻辑状态) 的位掩码，低位在右

0x2310.10	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

🔧 设定完毕。

#### 触发电平规格设定

- ▶ 对象 0x2310.11 用于设定数字输入端的触发电平规格，可选 TTL/5 V 兼容或 PLC/24 V 兼容。
  - 0x2310.11 = 0：所有数字输入端的电平规格均为 TTL 兼容
  - 0x2310.11 = 1：所有数字输入端的电平规格均为 PLC 兼容



当数字输入端接入第二编码器时，所设定的触发电平规格同样有效。

🔧 设定完毕。

#### 数字输入端信号的滤波设定

- ▶ 对象 0x2310.12 用于设置数字输入端的信号滤波。
  - 输入端位掩码 = 0：未启用滤波（默认设置）
  - 输入端位掩码 = 1：启用滤波

Tab. 36: 0x2310.12 (输入端逻辑状态) 的位掩码，低位在右

0x2310.12	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



启用滤波后，触发信号须持续至少 4ms，才能被可靠识别。

### 4.9.1.3 从 DigIn1 至 DigIn3 接入第二编码器的设定



如果通过对象 0x2316.01，将第二编码器设置成了脉冲 + 方向的组合信号，或两 / 三通增量式编码器，则对应输入端将自动完成配置。



启用接入第二编码器后，对象 0x2316 或 0x2317 对数字输入端的功能指派依然有效。所以，为避免出现故障，接入编码器的数字输入端，不可指派接入限位或参考开关。



接入第二编码器时，对于各数字输入端，对象 0x2310.11 的触发电平规格设定依然有效；对象 0x2310.10 触发电平极性设定失效。

- ▶ 使用对象 0x2316.01 来设置所用的第二编码器（参见第 47 页第 4.6.2 章节）。

## 配置和启动驱动器

### 4.9.2 读取数字端口或改变数字输出端口的电平状态

- ▶ 可通过对象 0x2311.01 读取各数字输入端的逻辑状态。逻辑状态与对象 0x2310.10 设定的触发极性有关。

表 37: 0x2311.01 (输入端逻辑状态) 的位掩码, 低位在右

0x2311.01	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ 可通过对象 0x2311.02 读取各数字输入端的物理状态。位掩码置位表示该端口为高电平。

表 38: 0x2311.02 (输入端物理状态) 的位掩码, 低位在右

0x2311.02	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ 可通过对象 0x2311.03 读取各数字输入端的物理状态。位掩码置位表示该端口为高电平。
- ▶ 对象 0x2311.04 用以控制数字输出端信号的输出、清除或状态翻转。

**举例：**翻转 DigOut3 的电平

- ▶ 对象 0x2311.04 写入 0x00 EF (对应二进制数 11 10 11 11 为位码组合)。

✎ 数字输出端 3 的状态翻转。

其余数字输出端的状态不变。

表 39: 位码组合对照表

0x2311.04	DigOut4		DigOut3		DigOut2		DigOut1	
	B1	B0	B1	B0	B1	B0	B1	B0

B1|B0 = 00 : 清除输出信号

B1|B0 = 01 : 输出信号

B1|B0 = 10 : 状态翻转

B1|B0 = 11 : 状态不变

## 配置和启动驱动器

### 4.9.3 配置数字输出端

#### 4.9.3.1 指派故障信号输出端

- ▶ 使用对象 0x2312.01，为故障信号指派一个数字输出端。
- ▶ 在对象 0x2321.03 中使用位掩码来选定，哪些内部错误将会触发故障信号 ( 参见第 142 页第 7 章节 )。
- ✎ 设定完毕。

#### 4.9.3.2 指派制动信号输出端

- i** 如果配有刹车，可能有必要为驱动器功放的开关设定一个延迟时间，以期刹车在功放打开后才解除、关闭前就制动、确保电机的止动可靠。
- ▶ 使用对象 0x2312.02，为制动信号指派一个数字输出端。
  - ▶ 使用对象 0x2312.03，为制动信号的关联动作，设定一个延迟时间。
  - ✎ 设定完毕。

#### 4.9.3.3 指派诊断信号输出端

要将数字输出端配置为诊断信号输出，须将设备状态对象 0x2324.01 中对应项目的位掩码，链接到各数字输出端 ( 参见第 142 页第 7 章节 )。

**i** 诊断项目与设备状态中项目的位掩码相链接，当诊断项目的位掩码运算值  $> 0$ ，亦即出现了对应状态时，对应数字输出端输出诊断信号。

**举例：**通过 DigOut2 指示电机处于静止状态

1. 对象 0x2312.08 写入 0xFE ( 0x02 )。
    - ✎ DigOut2 指派为诊断信号输出端。
  2. 将位掩码 0x00 00 00 01 作为数据写入对象 0x2312.09。
    - ✎ 仅当电机静止 ( 速度为零 ) 时，才输出诊断信号。
- ✎ 电机静止时，设备状态对象 0x2324.01 的字位 0 ( 对应项目为零速监测 ) 置位。该字位对应的掩码链接到了对象 0x2312.09，DigOut2 因而输出诊断信号。

#### 4.9.3.4 数字输出端信号极性设定

- ▶ 对象 0x2312.10 用于设定触发极性。
  - 输入端位掩码 = 0：信号输出时跳转为接地，端口测量结果为低电平。
  - 输入端位掩码 = 1：信号输出时跳转为高阻抗。当端口与电源端外接有上拉电阻时，端口测量结果为高电平。

表 40: 0x2312.10 ( 数字输出端信号极性 ) 的位掩码，低位在右

0x2312.10	Out8	Out7	Out6	Out5	Out4	Out3	Out2	Out1
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

## 配置和启动驱动器

### 4.9.4 配置探头输入端

将数字输入端指派为触发式探头后，在数字触发信号的上升或下降沿，可记录电机或第二编码器的当前位置值。触发的次数也能记录。

表 41: 涉及的对象概览

索引	说明	属性	类型
0x60B8	触发式探头功能的配置	读写	U16
0x60B9	触发式探头的工作状态	只读	U16
0x60BA	记录探头 1 输入端在上升沿触发时，电机的实际位置值	只读	S32
0x60BB	记录探头 1 输入端在下降沿触发时，电机的实际位置值	只读	S32
0x60BC	记录探头 2 输入端在上升沿触发时，电机的实际位置值	只读	S32
0x60BD	记录探头 2 输入端在下降沿触发时，电机的实际位置值	只读	S32
0x60D5	记录探头 1 输入端在上升沿的触发次数	只读	U16
0x60D6	记录探头 1 输入端在下降沿的触发次数	只读	U16
0x60D7	记录探头 2 输入端在上升沿的触发次数	只读	U16
0x60D8	记录探头 2 输入端在下降沿的触发次数	只读	U16

#### 配置探头输入端

使用对象 0x60B8，至多可指派两个数字输入端为触发式探头。

	标准	选项	对象 0x60B8 中的对应字位
探头 1	DigIn2	编码器索引	U8 ( 字位 7~0 )
探头 2	DigIn3	编码器索引	U8 ( 字位 15~8 )

表 42: 对象 0x60B8 ( 触发式探头功能配置 ) 各字位的含义

探头 1 字位	探头 2 字位	说明
0	8	探头功能的启停 0: 停用触发式探头功能 1: 启用触发式探头功能
1	9	触发模式 0: 仅记录首次触发 1: 连续记录并累计触发次数
3 2	11 10	触发信源 00: 数字输入端接收触发信号 01: 对象 0x2330.03 所选定的位置编码器的索引信号作为触发信号 10: 未使用 11: 未使用
4	12	下降沿触发设定 0: 上升沿触发无效 1: 上升沿触发有效
5	13	上升沿触发设定 0: 下降沿触发无效 1: 下降沿触发有效
7 6	15 14	触发时保存的位置值选择 00 01: 电机当前位置值，每 100 μs 刷新一次。 10: 第二编码器的当前位置值，随第二编码器的计数自动刷新 11: 未使用



## 配置和启动驱动器

### 探头输入端的状态

两个探头可并行使用，它们的状态信息合并显示在一个对象中。

表 43: 对象 0x60B9 ( 探头状态 ) 各字位的含义

探头 1 字位	探头 2 字位	说明
0	8	探头功能的启停 0：已停用 1：已启用
1	9	上升沿记录 0：尚未记录到上升沿 1：至少记录到了一个上升沿
2	10	下降沿记录 0：尚未记录到下降沿 1：至少记录到了一个下降沿
5 4 3	13 12 11	系统保留 000
7 6	15 14	未使用 00

### 限制说明

- 探头 1 从 DigIn2 接收触发信号，因此不能同时使用第二编码器（须占用 DigIn1 和 DigIn2）。
- 探头 2 也可结合参考编码器使用。
- 两个探头不能使用相同的触发信源，可用的组合方式如下：

表 44: 两个探头触发信源的可用组合方式

探头 1	探头 2
数字信号输入端 ( DigIn 2 )	数字信号输入端 ( DigIn 3 )
索引	数字信号输入端 ( DigIn 3 )
数字信号输入端 ( DigIn 2 )	索引

## 配置和启动驱动器

### 4.10 配置模拟输入端

驱动器模拟输入端所能处理的电信号，其电压范围为  $\pm 10\text{ V}$ 。驱动器将整个范围进行  $\pm 10,000$  等分并数字化。数字化后的信号原始值，与换算值之间可由对象 0x2313 设定对应比例。端口值的采样周期为 1 ms。

**i** 如果模拟输入端接入了设定值或实际值编码器，端口的数值必须转换为合适的物理变量。

**i** 模拟输入端的原始值在进一步处理前，可进行一阶低通滤波处理。

**i** 滤波处理后的原始值可通过以下对象读取：

- AnIn1 : 0x2314.07
- AnIn2 : 0x2314.08

按对应比例换算后的换算值，可通过对象 0x2313.04 或 0x2313.14 读取。

如果输入信号有极性，则适用以下法则：

- 逻辑电平为高，原始值乘以 + 1
- 逻辑电平为低，原始值乘以 - 1

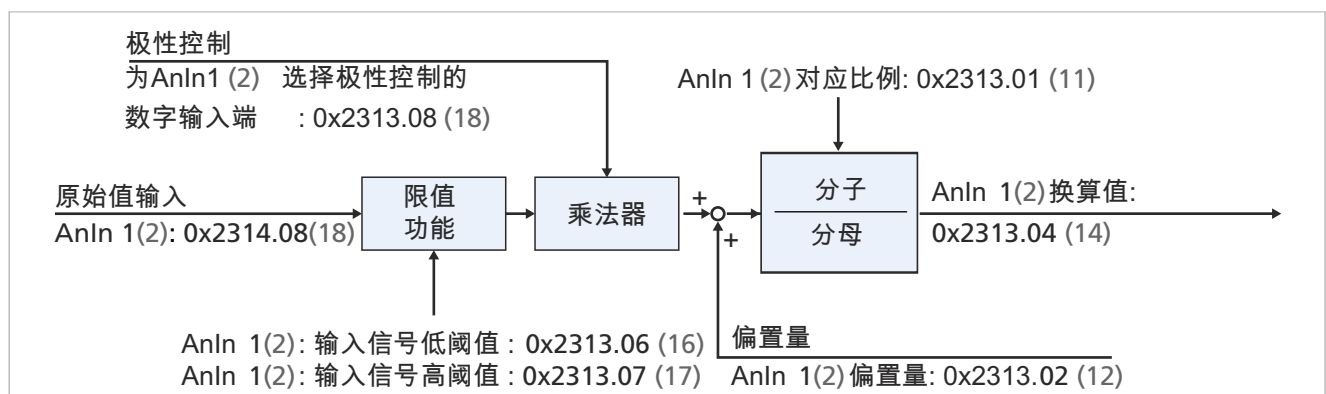
表 45: 用于 AnIn 端口的用户定义参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2313	0x00	Number of Entries	U8	只读	21	对象条目总数
	0x01	AnIn 1 Gain (Numerator/ Divisor)	S32	读写	0x7FFF8000	AnIn 1 原始值与换算值之间的对应比例（速度因数的分子 / 分母） <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 字节 0~15：分子</li> <li>■ 字节 16~31：分母</li> </ul>
	0x02	AnIn 1 Offset	S16	读写	0	AnIn 1 偏置量
	0x03	AnIn 1 Filter Time	U16	读写	0	AnIn 1 的信号滤波时间 100 $\mu\text{s}$
	0x04	AnIn 1 User Scaled Value	S32	只读	-	AnIn 1 的输入按比例换算后的换算值
	0x05	AnIn 1 Resolution as Encoder	U16	读写	1000	AnIn 1 信号用作编码器时插值分辨率
	0x06	AnIn 1 Min Input Limit	S16	读写	-32768	AnIn 1 信号原始值的低阈值
	0x07	AnIn 1 Max Input Limit	S16	读写	32767	AnIn 1 信号原始值的高阈值
	0x08	AnIn 1 Select Dir Pin	U8	读写	0	AnIn 1 的信号极性翻转控制： <ul style="list-style-type: none"> <li>0：未使用极性翻转控制</li> <li>1~8：数字输入端 1~8 控制极性翻转</li> </ul>
	0x09	AnIn 1 Virtual Input Value	S16	读写	0	AnIn 1 的虚拟输入值
	0x0A	AnIn 1 Enable Virtual Input	U8	读写	0	AnIn 1 启用虚拟输入功能

## 配置和启动驱动器

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
	0x11	AnIn 2 Gain (Numerator/ Divisor)	S32	读写	0x7FFF8000	AnIn 2 原始值与换算值之间的对应比例（速度因数的分子 / 分母） <ul style="list-style-type: none"> <li>字节 0~15：分子</li> <li>字节 16~31：分母</li> </ul>
	0x12	AnIn 2 Offset	S16	读写	0	AnIn 2 偏置量
	0x13	AnIn 2 Filter Time	U16	读写	0	AnIn 2 的信号滤波时间 100 μs
	0x14	AnIn 2 User Scaled Value	S32	只读	-	AnIn 2 的输入按比例换算后的换算值
	0x15	AnIn 2 Resolution as Encoder	U16	读写	1000	AnIn 2 信号用作编码器时插值分辨率
	0x16	AnIn 2 Min Input Limit	S16	读写	-32768	AnIn 2 信号原始值的低阈值
	0x17	AnIn 2 Max Input Limit	S16	读写	32767	AnIn 2 信号原始值的高阈值
	0x18	AnIn 2 Select Dir Pin	U8	读写	0	AnIn 2 的信号极性翻转控制： <ul style="list-style-type: none"> <li>0：未使用极性翻转控制</li> <li>1~8：数字输入端 1~8 控制极性翻转</li> </ul>
	0x19	AnIn 2 Virtual Input Value	S16	读写	0	AnIn 2 的虚拟输入值
	0x1A	AnIn 2 Enable Virtual Input	U8	读写	0	AnIn 2 启用虚拟输入功能

### 设定模数转换后的（ADC）结果值的示例



**i** 根据所设的对应比例，输出值可以超过有符号 32 位值的限制（±2,147,483,647）。超出后将从范围的另一端开始重新计数。

要避免出现此情况，须合理设定输入阈值。

对象 0x2313.01 和 0x2313.11（AnIn 对应比例）用以将模拟输入端信号的原始值，转换为使用驱动器内部单位的数值。

## 配置和启动驱动器

对象 0x2313.02 和 0x2313.12 ( AnIn 偏置量 ) 用以为输入信号指定偏置量。

- 过程值与结果值为有符号 32 位变量。
- 原始值，偏置量值和分母为有符号 16 位变量。
- 分子为无符号 16 位变量。

**设定 AnIn1 输入的 ADC 原始值滤波时间为 2.5 ms 的示例**

- ▶ 在对象 0x2313.03 中设定 **25** ( 单位为 100 $\mu$ s )。
- ↳ 设定 AnIn1 输入的 ADC 原始值滤波时间为 2.5 ms。



关于通过模拟输入端输入设定值实现控制的示例，请参见第 52 页第 4.7 章节。

### 4.10.1 虚拟模拟信号输入

通过对象 0x2313.xA 启用虚拟输入后，在 0x2313.x9 中写入数值即可虚拟输入对应的模拟量。

#### 配置

- 设定虚拟输入量：

端口号	对象	取值范围
AnIn1	0x2313.09	S16
AnIn2	0x2313.19	S16

- 启用虚拟模拟信号输入：

端口号	对象	取值范围
AnIn1	0x2313.0A	= 0 : 不启用
AnIn2	0x2313.1A	> 0 : 启用虚拟输入功能

**举例：利用 AnIn1 测试模拟信号调速控制**

- ✓ 工作模式已设为 AVC
- ✓ AnIn1 已设置为目标值信源且对应比例已设好
- ✓ 驱动控制正常且功放输出已打开
- ▶ 若有必要，可使用以下对象将输入值控制在所需范围内：
  - 0x2313.06 ( 下限 )
  - 0x2313.07 ( 上限 )
- ▶ 设定虚拟的模拟电压输入范围。
  - ↳ 电机将以虚拟的模拟信号输入值所对应的转速转动。

## 配置和启动驱动器

### 4.10.2 模拟输入端仿真为数字输入端

驱动器的模拟输入端可以仿真为数字输入端使用。

#### 配置

- 启用模拟输入端仿真：

仿真端口数目设定对象 0x2300.04 用于启用仿真功能。

0x2300.04	DigIn4	DigIn5
0	–	–
1	AnIn1 仿真数字输入端	–
2	AnIn1 仿真数字输入端	AnIn2 仿真数字输入端

- 电平电压阈值：

对象 0x2310.05 用以分别设定各仿真端口的电平电压阈值。

字位 7	字位 6	字位 5	字位 4	字位 3	字位 2	字位 1	字位 0
–	–	–	–	–	–	AnIn2	AnIn1

对应字位的值	电平规格兼容	电平电压阈值
0	TTL	低：0.5 V 高：2.0 V
1	PLC	低：4.0 V 高：7.5 V

#### 应用领域

仿真数字输入端的采样周期为 1 ms。可用作限位开关或自定义功能的数字输入端。

## 配置和启动驱动器

### 4.11 关于安全功能的使用

本章节信息仅适用于带安全功能的驱动器。具备该功能的驱动器，其名称包含 STO。（例如 MC 5004 P STO CO）



#### 警告！

不合理的驱动系统设计，可能存在损害风险。

仅凭驱动器驱动器的安全功能，还不足以达成与驱动系统的交互安全性。

▶ 在设立驱动系统之前，请确保其没有危险。

利用 STO IN 1 和 STO IN 2 这两个输入端，可激活驱动系统的冗余安全功能。

驱动器上的两个发光二极管指示灯与两个 STO 数字输出端相连，用于状态与无错误显示。发光二极管的安装位置与状态组合含义说明，请参见技术手册。



STO 功能相关输入输出端的连接说明，请参见 MC 5004 P STO 的技术手册，

对象 0x2390.01 用于重置安全功能的状态；通过对象 0x2390.02 进行重置，即可触发状态机的激活。

错误状态与响应，和紧急对象之间的对应关系，可参照表 71 中。关于错误处理请参见第 146 页第 7.2.2 章节。

#### 安全对象 ( Safety Objects ) ( 0x2390 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2390	0x00	Number of Entries	U8	常数	2	对象条目总数
	0x01	STO State	U8	只读	–	STO 安全功能（安全转矩关断）状态 0：STO 功能启用 1：错误 16：STO 功能关闭 17：电源已关闭
	0x02	STO Reset	U8	wo	–	故障后重新进入操作状态时的 STO 重置脉冲 1：启用

#### 打开功放输出端

✓ 设备已按照技术手册中的说明完成了电气连接。

✓ 设备处于 *Error* 状态（对象 0x2390.01 = 01），例如两个输入端（STO IN 1 和 STO IN 2）都未激活。

1. 对象 0x2390.02（STO 重置）写入 0x01（位编码 00 00 00 01）

✚ 通过写入对象触发重置脉冲。

设备状态切换为 *STO ON*（对象 0x2390.01 = 00）。

2. 两个端口：STO IN 1 和 STO IN 2 都激活（参见技术手册）。

✚ 设备状态切换为 *STO OFF*（对象 0x2390.01 = 10）。

激活的输出端 *No-Error* 反映着设备状态，输出端 *Status* 处于未激活状态。

✚ 设备已可通过状态机和对象 0x6040 实现控制。

配置和启动驱动器

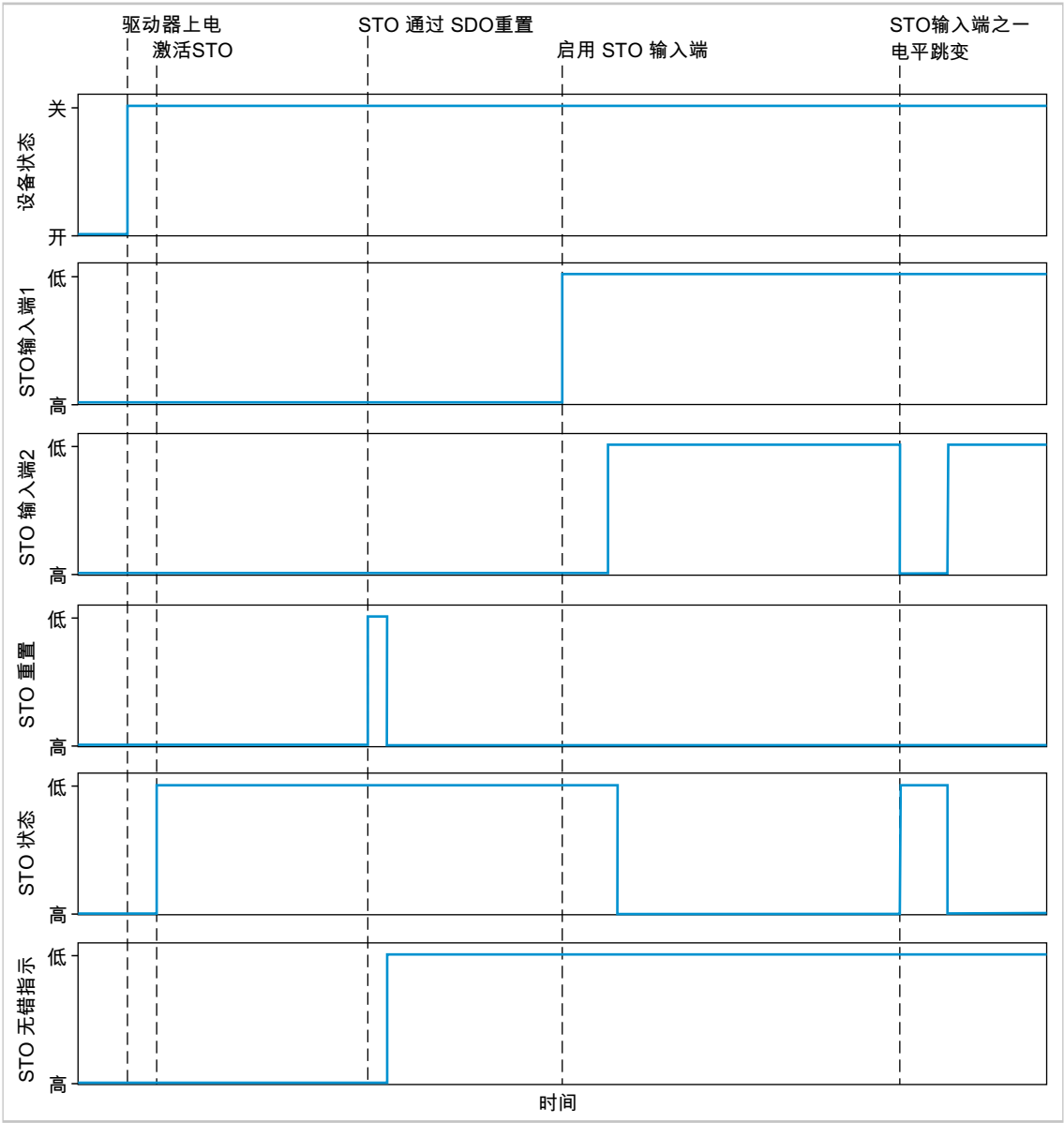



图 24: 激活安全功能

有关安全功能的更多信息，请参见技术手册。

## 配置和启动驱动器


### 4.12 参数管理

 在 Motion Manager 中所进行的配置可写入驱动器。写入后的配置参数，会在驱动器启动时自动载入。

#### 4.12.1 通过 Motion Manager 保存与恢复参数


**写入参数：**


驱动器的配置参数可保存为配置文件以用作备份，或导入到其它驱动器。

 可通过 Motion Manager 的对象浏览器，读取驱动器的当前配置并保存为 XDC 文件（XML 设备配置文件）。

**载入参数到驱动器：**

Motion Manager 可以在对象浏览器中打开和修改存于电脑中的 XDC 文件并载入到驱动器。

 save 指令可将当前配置参数写入驱动器，写入的配置参数不会因驱动器断电而丢失。

 当 XDC 文件载入驱动器时，传输内容说明如下：

- 文件所包含的 CANopen 通信对象标识符（COB-ID）将会传输。驱动器原先的参数可以在此创建一个备份。
- 文件所包含的节点号不会发送给驱动器。
- 如果载入文件是为了在系统中配置另一个分配有新节点号的驱动器（驱动器 2 复制驱动器 1 的配置参数），则须在对象浏览器中，手动调整 CANopen 通信对象标识符（COB-ID）。
- 对于独立型驱动器（MC5010、MC5005 和 MC5004），文件中包含的霍尔信号补偿参数会一并传输。这意味着更换驱动器后无需重新校准电机。

#### 4.12.2 向驱动器写入参数

通过写入对象 0x1010.xx，可选择性地将全部或部分参数写入驱动器存储区。写入后的配置参数，会在驱动器启动时自动载入。

- ▶ 将“save”对应的十六进制码值，逐字符逆序（0x65，0x76，0x61，0x73）写入对象 0x1010 的各子索引中（参见《通信手册》）：
  - .01：写入所有参数
  - .02：仅写入通信参数
  - .03：仅写入应用参数



## 配置和启动驱动器

### 4.12.3 恢复驱动器参数为出厂设置

对象 0x1011 的写入用于重置参数。重置后的驱动器在下次启动时，将载入各参数的出厂默认值。

- ▶ 将“load”对应的十六进制码值，逐字符逆序（0x64，0x61，0x6F，0x6C）写入对象 0x1011 的各子索引中（参见《通信手册》）：
  - .01：重置所有参数
  - .02：仅重置通信参数
  - .03：仅重置应用参数
  - .04：载入上次所写入的应用参数

### 4.12.4 切换动态参数集

部分控制参数可存储为 App1 和 App2 两组预设值。载入指令通过对象 0x1011 实现两组预设值之间的动态切换。

#### 举例

夹取控制的应用中，夹取动作使用一组动态参数（App1），夹取之外的运动则使用另一组（App2）。

相关对象可以存储两组取值

表 46: 电机和应用参数

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x2329	0x0A	Load Inertia / Load Mass	U32	–

表 47: 调速驱动器

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x2344	0x01	Gain $K_P$	U32	a)
	0x02	Integral Time $T_N$	U16	a)
0x2345	0x01	Actual Velocity Filter $T_F$	U16	a)
0x2346	0x01	Setpoint Velocity Filter $T_F$	U16	a)
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	0
0x2347	0x01	Gain Factor $K_P$	U8	128
	0x02	Gain Factor $K_V$	U8	128

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

表 48: 位置控制器

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x2348	0x01	Gain $K_V$	U8	a)

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

## 配置和启动驱动器

表 49: 转矩 / 推力前馈控制参数

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x2349	0x01	Current FeedForward Factor	U8	0
	0x02	Current FeedForward Delay	U16	0
0x234A	0x01	Velocity Feedforward Factor	U8	0
	0x02	Velocity FeedForward Delay	U16	0

表 50: 通用配置

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x234B	0x01	Display Motor Current Filter TF	U16	200
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	1000
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	1000
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	6000
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	6000

表 51: 设定工作模式与速度规划参数

索引	子索引	名称	类型	默认值
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	0
0x6081	0x00	Profile Velocity	U32	32767
0x6083	0x00	Profile Acceleration	U32	30000
0x6084	0x00	Profile Deceleration	U32	30000
0x6086	0x00	Motion Profile Type	S16	0

工作模式选择

5 工作模式选择

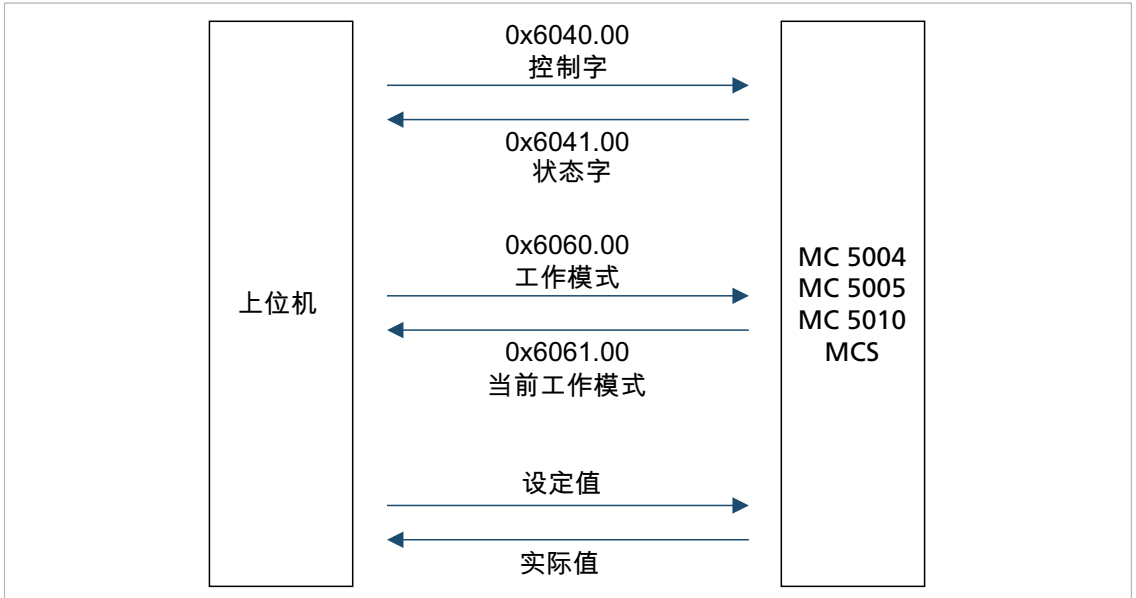
V3.0 代系列驱动器支持定位、调速和转矩或推力控制。设定值可通过以下方式给定：

- 由上位机通过通信系统给定
- 本机输入：
  - 模拟电压
  - PWM 信号
  - 脉冲信号（步进模式）
  - 正交信号（电子齿轮模式）

表 52: 工作模式与设定值给定一览表

控制对象	速度曲线由驱动器运动规划器确立	速度曲线由上位机计算	模拟信号控制
定位	PP	CSP	APC
转速	PV	CSV	AVC
推力 / 转矩	-	CST	ATC
参考运动	寻零	-	-
输出电压	-	Voltage Mode / 纯功放模式	Voltage Mode / 纯功放模式

驱动器有多种工作模式可选，对象 0x6061 用以查看当前工作模式。



此外，在 PP 和寻零模式下的运动，还受控制字的其它字位控制。

## 工作模式选择

### 工作模式

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	读写	0	选择驱动器的工作模式 -4：ATC（模拟信号控制转矩） -3：AVC（模拟信号调速） -2：APC（模拟信号定位） -1：VM（纯功放）模式 0：驱动功能尚未激活 1：PP（规划定位）模式 3：PV（规划调速）模式 6：寻零模式 8：CSP（位置周期同步）模式 9：CSV（速度周期同步）模式 10：CST（转矩周期同步）模式

### 当前工作模式

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6061	0x00	Modes of Operation Display	S8	只读	–	显示驱动器当前的工作模式

所支持的工作模式与各自的特性如下：

- 定位控制模式：
  - PP 模式：通过运动规划器，规划并实现运动轨迹以到达目标位置。
  - CSP 模式：位置周期同步控制
  - APC 模式：位置设定值由模拟信号给定
- 调速控制模式：
  - PV 模式：通过运动规划器，规划并实现速度轮廓。
  - CSV 模式：速度周期同步控制
  - AVC 模式：速度设定值由模拟信号给定
- 转矩控制模式
  - CST 模式：转矩周期同步控制
  - ATC 模式：转矩设定值由模拟信号给定
- 参考运动模式：
  - 寻零模式：驱动电机到达某个参考位置点
- 直驱模式：
  - VM 模式：由通信端口或模拟输入端的给定量，直接控制功放的输出占比来驱动电机。

## 工作模式选择

### 5.1 工作模式的启用与切换



具备安全选项的驱动器需要额外的配置步骤。

#### 进入各工作模式的初始化动作

状态机已进入“操作”状态	状态机尚未进入“操作”状态。
	
	可以选定工作模式。 尚未开始控制。
	
选定工作模式后，即刻开始按新模式控制。	状态机一旦进入“操作”状态，即刻开始控制。
	
APC、AVC、ATC 和 VM 模式	所选信号源所确立的设定值即刻生效。
CSP、CSV 和 CST	将 0 (CST 或 CSV) 或当前位置 (CSP) 作为基准设定值。 直到工作模式切换后才载入设定值。
PP 和 PV 模式	0 (PV) 或当前位置 (PP) 作为基准设定点。 直到工作模式切换后才载入设定值。

#### 切换工作模式后的基准设定值

控制对象	速度曲线由驱动器规划	速度曲线由上位机规划	模拟信号控制
定位	当前位置	当前位置	<ul style="list-style-type: none"> <li>电子齿轮与步进模式：当前位置</li> <li>模拟信号输入：模拟量设定值</li> </ul>
转速	$n^* = 0$	$n^* = 0$	模拟量设定值
推力 / 转矩	$T^* = 0$	$T^* = 0$	模拟量设定值
参考运动	$n^* = 0$	—	—
输出电压	—	0 V	模拟量设定值

## 工作模式选择

### 切换工作模式后的初始化动作

切换工作模式后，驱动器的初始化动作可通过工作模式切换选项（0x233F），以位编码的形式设定。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x233F	0x00	OpMode Options	U16	读写	0x0001	位编码

字位 0 - 工作模式切换时是否应用基准设定值（*Set Point Reset on Change of Operation Mode*）：

- 0：切换时不应用基准设定值。这种情况下，尤其是切换到周期同步控制（CSx）模式时，之前所收到的最后一个设定值将直接生效并用于控制。切换到 PP 和 PV 模式时，则需要写入新设定值后才正式进入到新工作模式并启动控制。
- 1：切换时应用基准设定值，各基准值如下：
  - CST 模式：转矩设定值 = 0
  - CSV 和 PV 模式：速度设定值 = 0
  - CSP 和 PP 模式：位置设定值 = 当前位置值

字位 1：调速模式下是否启用软限位（*Use position limits as limits in speed mode*）：

- 0：0x607D 的软限位设定，仅在定位控制模式下，对 0x607A 设定的目标位置有效。
- 1：调速和转矩控制模式下，0x607D 的限定等同于限位开关，电机将在到达限位时停车。

字位 2 - 驱动器启动后是否自动打开功放输出端（*Auto Enable Power Stage*）：

- 0：驱动器启动后，CiA402 标准规范的状态机自动进入 *Switch On Disabled* 状态。
- 1：驱动器启动后，尝试直接进入 *Operation Enabled* 状态。该状态下，即使没有运动程序或上位机的控制，也可直接激活 APC、AVC 和 ATC 模式。

字位 3 - 是否以电机当前位置作为参照点（*Immediate References are Relative to Actual Position*）：

- 0：即使设定值更替字位处于置位状态，相对位置的设定值（启动指令），也会以所收到的上一个位置设定值作为参照起点。
- 1：如果设定值更替字位处于置位状态，则相对位置以当前位置为参照起点。

字位 4 - 寻零过程中是否根据因子群的设定调整软限位范围（*Ignore Position Limits during homing*）：

- 0：当使用因子群而出现位置值超出限位范围时，自动调整位置值到范围内。
- 1：参考运动过程中，忽略软限位的设置。

字位 5 - 工作模式切换时是否应用基准设定值（*Use homing torque limits during homing*）：

- 0：参考运动过程中，转矩限制值沿用电机额定值或当前值的设定。
- 1：参考运动过程中，转矩限定值由对象 0x2350.00 和 0x2351.00 设定。这种针对性的设置，对于挡停寻零尤为适用。

## 工作模式选择

### 5.2 规划定位模式 ( PP )

#### 5.2.1 基本功能

PP 模式下驱动器对电机实施定位控制。目标位置由上位机或本地运动程序写入对象 0x607A。通过因子群所设定的，设定值与实际值之间的比例与驱动器的规划参数有效。

当控制字字位 4 上跃为 1 时，启动一个新的定位运动。

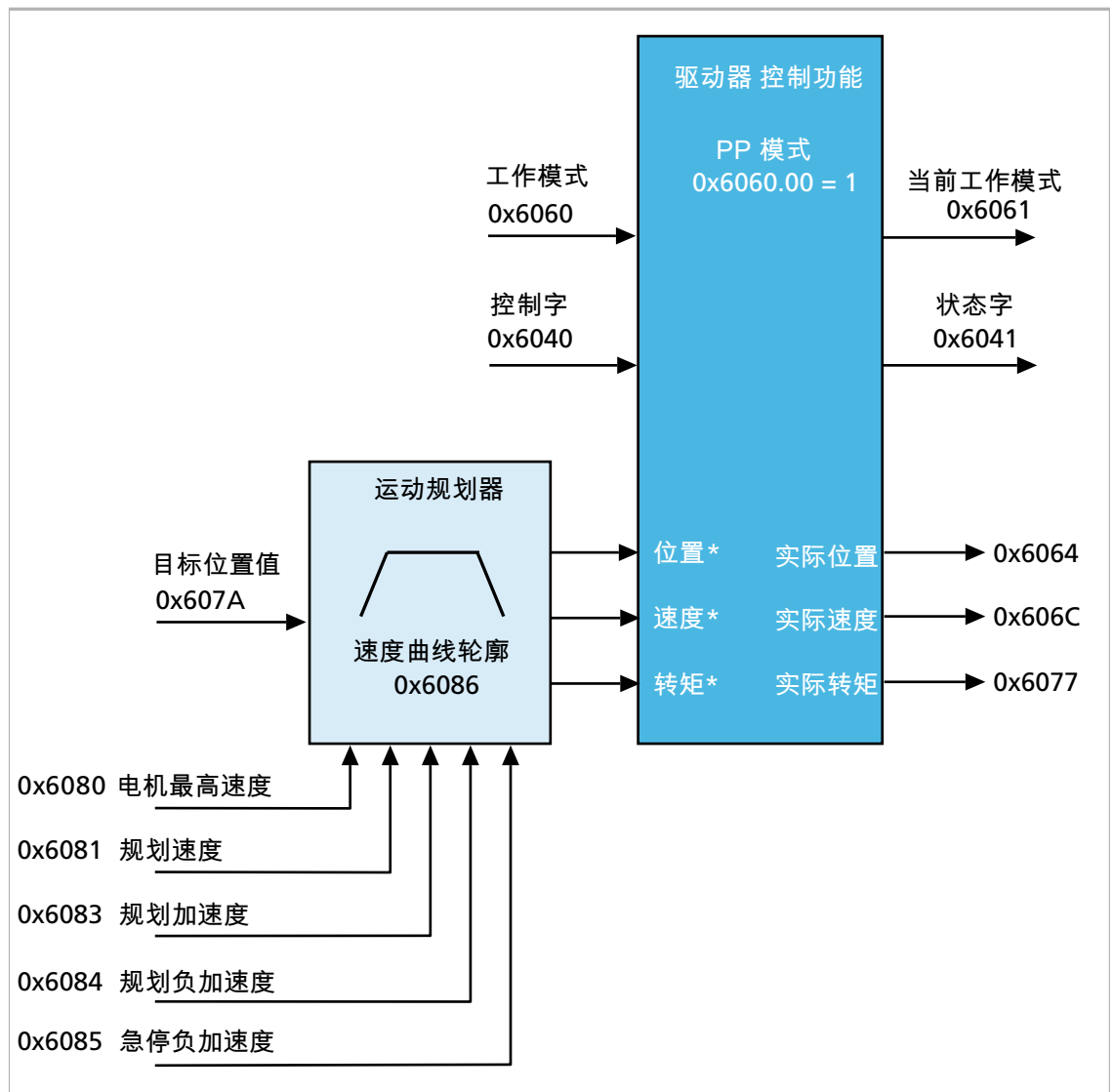


图 25: PP 模式示意图

位置设定值有以下两种定义方式：

- 绝对位置设定值：直接设定目标位置
- 相对位置设定值：设定需要运动的距离

## 工作模式选择

### 启动定位控制

1. 新的定位运动在控制字字位 4 上跃为 1 时启动。
2. 驱动器的运动规划器根据目标位置和所设的规划参数，生成整个运动过程的速度曲线。
3. 根据规划生成的需求值，渐次作为控制所需的设定值。
4. 速度与转矩的预控参数也可包含在规划参数中并可在控制中启用。它的作用在于可以显著减小跟随误差等。
5. 当到达目标位置且到达时间超过位置窗口时间（对象 0x6068）的设定后，驱动器将通过状态字报告。

### 设定值选项

选项	说明
设定值更替	选择立即载入新的设定值（即使当前正在定位运动中），还是等待当前运动完成后再载入。当定位运动正在进行时，至多还能处理三个设定值。
运动交接方式	标准情况下，电机抵达目标位置后就会停车，然后再启动向新的目标位置运动。但利用 <i>Change On Setpoint</i> 控制，可让电机抵达目标位置时不停车，而是掠过当前目标位置、直接向下一个目标位置进发。向新的目标位置进发时，规划参数可根据需要改变。
暂停	可以暂停执行中的运动。当撤回挂起信号后，运动继续执行。

### 有效的子功能

- 设定值通过运动规划器确立
- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机位置
- 实际值的测量
- 监测运动过程中的速度偏差和跟随错误
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围



## 工作模式选择

### 5.2.2 PP 模式下的状态字 / 控制字

PP 模式下，需要用到控制字和状态字中的工作模式相关字位。

**i** 控制字字位 4 从 0 上跃到 1 时，如果没有进行中的定位运动则启动一个。如果定位运动正在进行中，则驱动器将执行表 54 所列的控制动作。

表 53: PP 模式下控制字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
4	预载设定值	0: 不启动定位控制运动。 1: 参见表 54。
5	设定值更替	0: 按旧值完成当前运动后，再按新值向新目标位置进发。 1: 设定值即刻更替，新值覆盖旧值，向新目标位置进发。
6	绝对 / 相对判别	0: 设定值为绝对位置值。 1: 设定值为相对位置值。
9	运动交接方式	0: 到达先前目标位置并停车后，再以新参数向新目标位置进发。 1: 掠过先前目标位置时不停车，同时以新参数向新目标位置进发。

表 54: PP 模式下控制字字位 4、5、9 的含义

字位	字位 5	字位 4	说明
0	0	0 → 1	完成当前运动（到达目标位置）后，再向新的目标位置进发。
x	1	0 → 1	设定值即刻更替，新值覆盖旧值，向新目标位置进发。
1	0	0 → 1	当前运动继续，掠过目标位置时不停车，同时以新的设定值向新目标位置进发。

1 = 该字位置位  
0 = 该字复位  
0 → 上升沿，从 0 变为 1  
X = 与该指令无关（状态对指令无影响）

表 55: PP 模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	目标已达到	0: 控制字字位 8（暂停）= 0: 尚未到达目标位置。 0: 控制字字位 8（暂停）= 1: 驱动控制暂停。 1: 控制字字位 8（暂停）= 0: 已到达目标位置。 1: 控制字字位 8（暂停）= 1: 电机保持静止。
12	设定值（已收到的）确认	0: 先前设定值已改变或先前目标位置已到达。 1: 已预载入新的设定值。
13	跟随错误	0: 位置实际值与需求值之间的偏差在设定的允许范围内。 1: 位置实际值与需求值之间的偏差超过了设定的允许范围。

运动曲线的详细设定，可参见第 91 页第 5.2.4 章节。

## 工作模式选择

### 5.2.3 位置控制器的架构

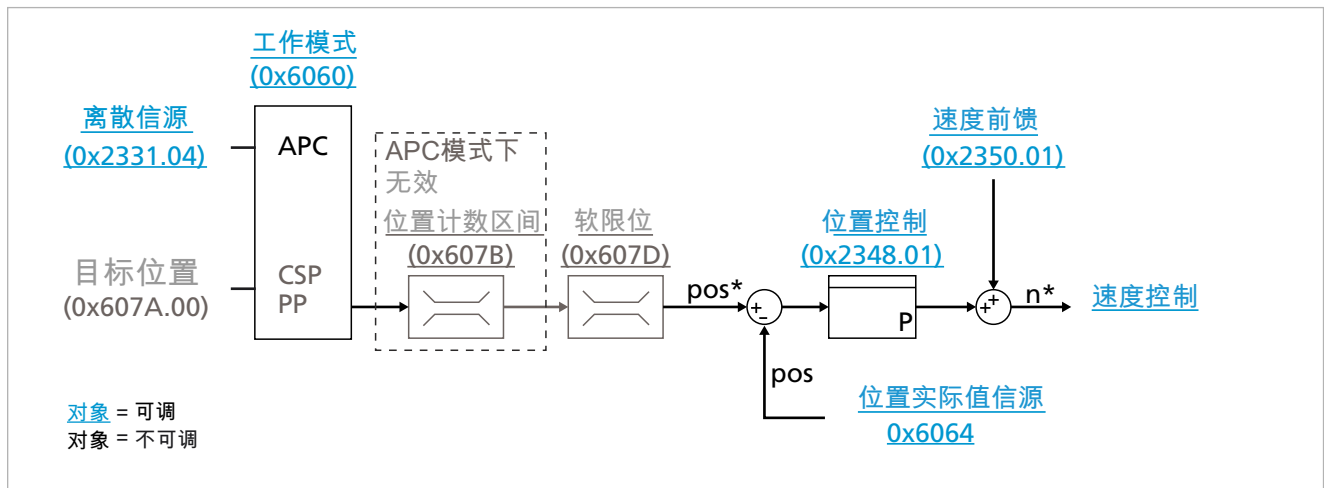


图 26: Motion Manager 的 PP 模式控制方框图

#### PP 模式的配置步骤

- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
  - ✓ 运动监测相关参数（位置窗口、跟随错误窗口）已根据所需设置完成
  - ✓ 工作模式已设为 PP（0x6060 = 0x01）
  - ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
1. 根据第 40 页第 4.4 章节 设定规划参数。
  2. 将目标位置写入 0x607A.00。
  3. 定位控制在控制字字位 4 上跃为 1 时启动。与控制相关的其它字位也可同时一并设置。
- ✎ 驱动器通过状态字字位 12（设定值确认）来确定目标位置并启动定位控制。到达目标位置后，由状态字字位 10（到达目标值）报告。

#### 选项

若要减小设定位置和实际位置之间的控制偏差（跟随误差），可以针对机械结构调节速度规划参数并激活前馈控制。

# 工作模式选择


## 5.2.4 复合运动

PP 模式下，多段运动可衔接为一，从而能够以不同的规划参数，依次抵达多个目标位置。使用控制字中的特定字位，可选定以下方案：

- 类似单段运动的控制一样，逐步发送各目标位置值。
- 新的目标位置值与规划参数在发送后即刻生效。
- 新的目标位置值与规划参数发送后，在到达前一目标位置时立即生效，前后无缝衔接。

表 56: 预载新的目标位置时，控制字相关字位的含义

字位	功能	说明
字位 4	预载设定值	在该字位的上升沿，预先载入包括各规划参数在内的设定值。
字位 5	设定值更替	当前设定值（旧值）和新设定值（新值）的更替时刻选择： 字位 5 = 1：新值即刻更替旧值，立即向新目标位置进发。 字位 5 = 0：按旧值完成当前运动后，再按新值向新目标位置进发。
字位 6	绝对 / 相对判别	目标位置的参照可以是绝对或相对。当在字位 4 的上升沿预载设定值时，如果字位 6 = 1，则认为目标位置为相对位置。
字位 9	运动交接方式	新运动的承前衔接方式。 字位 9 = 0：到达先前目标位置并停车后，再向新目标位置进发。 字位 9 = 1：掠过先前目标位置时不停车，即刻向新目标位置进发。

-  控制字由上位机写入。作为响应的状态字则由驱动器给出，状态字的相关字位如下：
- 字位 10：目标位置到达
  - 字位 12：设定值（已收到的）确认

## 工作模式选择

### 5.2.4.1 单点定位

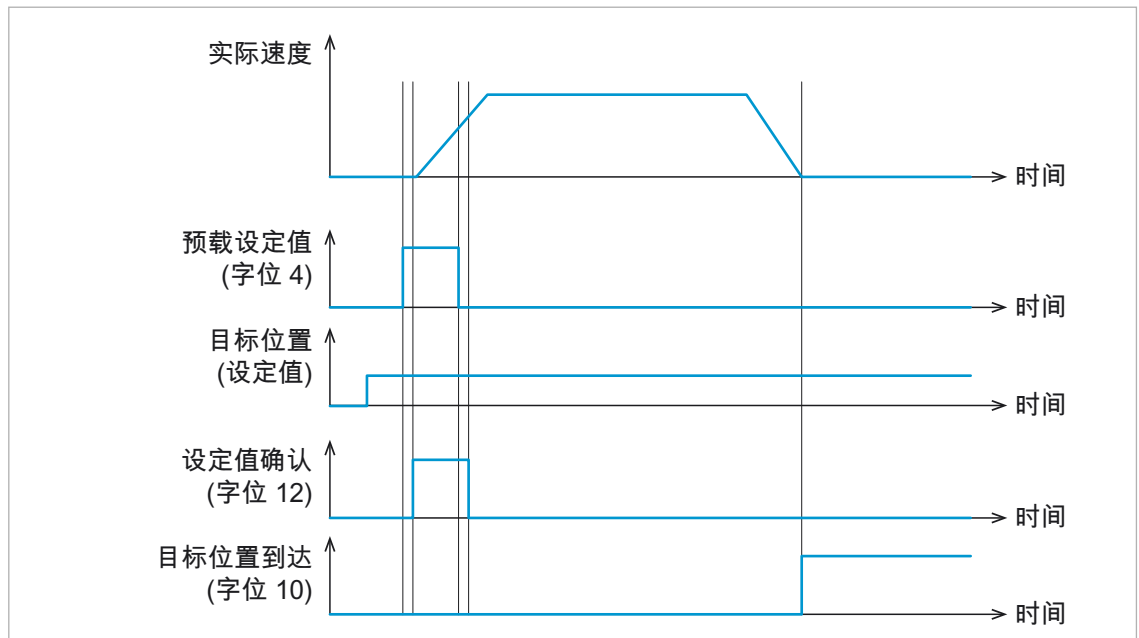


图 27: 设定值的预载和生效过程

- PP 模式下，直到控制字字位 4（预载设定值）出现上升沿时，驱动器才会预载设定值。因此，上位机将目标位置值写入对象 0x607A 后，需要置位控制字字位 4。



通过 CANopen 控制时，如果控制字和目标位置映射到了同一过程数据对象（PDO）中，则会首先将后者写入对象 0x607A，再处理控制字。

- 驱动器确认能否预载设定值。状态字字位 12（设定值确认）置位 = 1，即表示先前预载的设定值已写入（生效）。只能在这之后，上位机才能复位控制字的预载设定值字位。如果驱动器可提前接收下一组新的设定值，状态字字位 12 将被复位。
- 到达目标后，如果驱动器没有收到新的设定值，将置位状态字字位 10（目标位置到达）。

## 工作模式选择

### 5.2.4.2 多点连续定位（多点设定）

在当前设定值的处理进程中（电机运动中，亦即驱动器尚未指示目标位置到达），还可继续预载下一组设定值。这需要用到控制字字位 4（预载设定值）和状态字字位 12（设定值确认）。

控制字字位 5（设定值更替）为 0 时，预载的设定值，需要等到当前运动完成后方能生效。

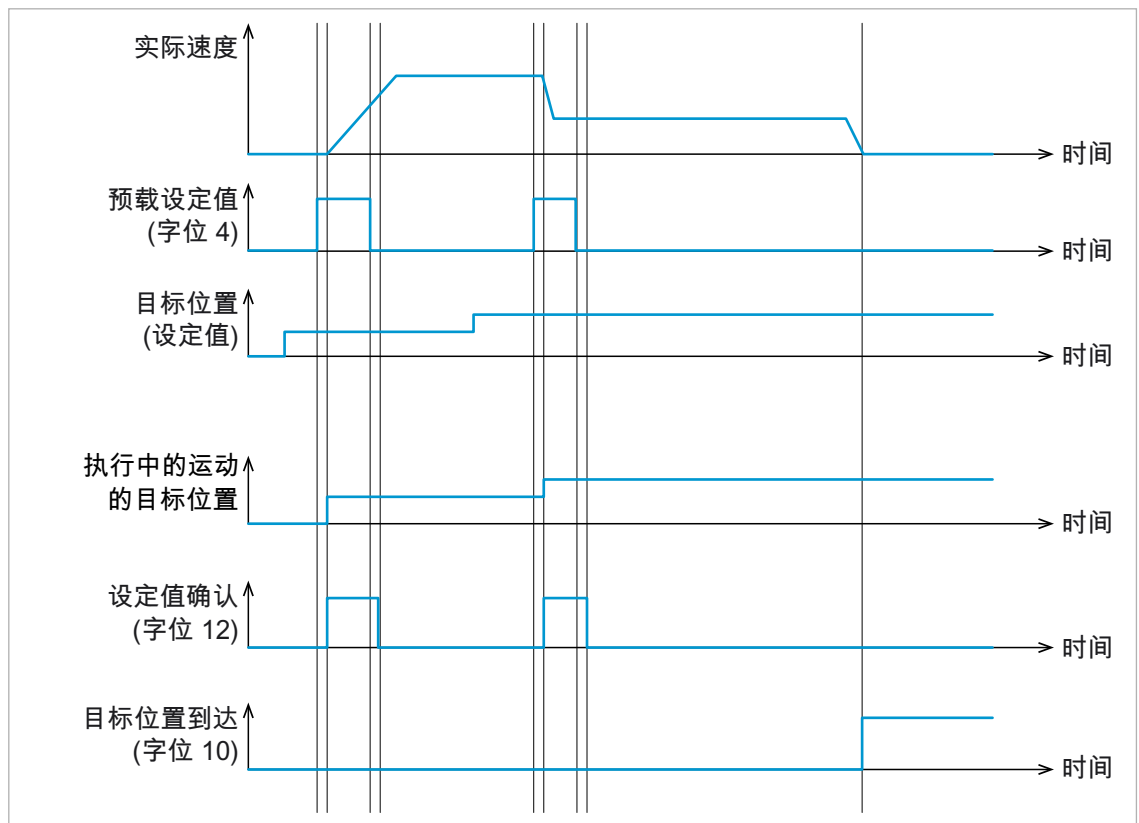


图 28: 多点设定值的握手处理过程，各设定值均即刻预载

- PP 模式下，直到控制字字位 4（预载设定值）出现上升沿时，驱动器才会预载设定值。因此，上位机将目标位置值写入对象 0x607A 后，需要置位控制字字位 4。

**i** 通过 CANopen 控制时，如果控制字和目标位置映射到了同一过程数据对象（PDO）中，则会首先将后者写入对象 0x607A，再处理控制字。

- 驱动器确认能否预载设定值。状态字字位 12（设定值确认）置位 = 1，即表示先前预载的设定值已写入（生效）。只能在这之后，上位机才能复位控制字的预载设定值字位。如果驱动器可提前接收下一组新的设定值，状态字字位 12 将被复位。
- 向驱动器发送下一设定值时，根据控制字字位 5（设定值更替）的不同设置，会有以下两种不同的响应：
  - 设定值更替字位 = 1：即刻写入新设定值、向新目标位置进发。
  - 设定值更替字位 = 0：完成当前运动后，再按新设定值向新目标位置进发。驱动器因此会在两段运动之间停车片刻，直到它确认先前目标位置已经到达后再启动（参见第 94 页第 5.2.4.3 章节）。
- 到达目标后，如果驱动器没有收到新的设定值，将置位状态字字位 10（目标位置到达）。

## 工作模式选择

**i** 示例（参见图 28）中，新的加速度或速度值指令，随新的目标位置一并发送，速度曲线（实际速度）的变化即为体现。

### 5.2.4.3 多点定位的运动交接

控制字字位 5（设定值更替）为 0 时，预载的设定值，需要等到当前运动完成后方能生效。

如果控制字字位 9（运动交接方式）= 0，会到达先前目标位置并停车、再向新目标位置进发。而如果该字位为 1，则掠过先前目标位置时不停车，即刻向新目标位置进发。这对需要多点连续定位、且各点规划参数不尽相同的应用尤为适用，例如两轴联动的铣床或 3D 打印机。

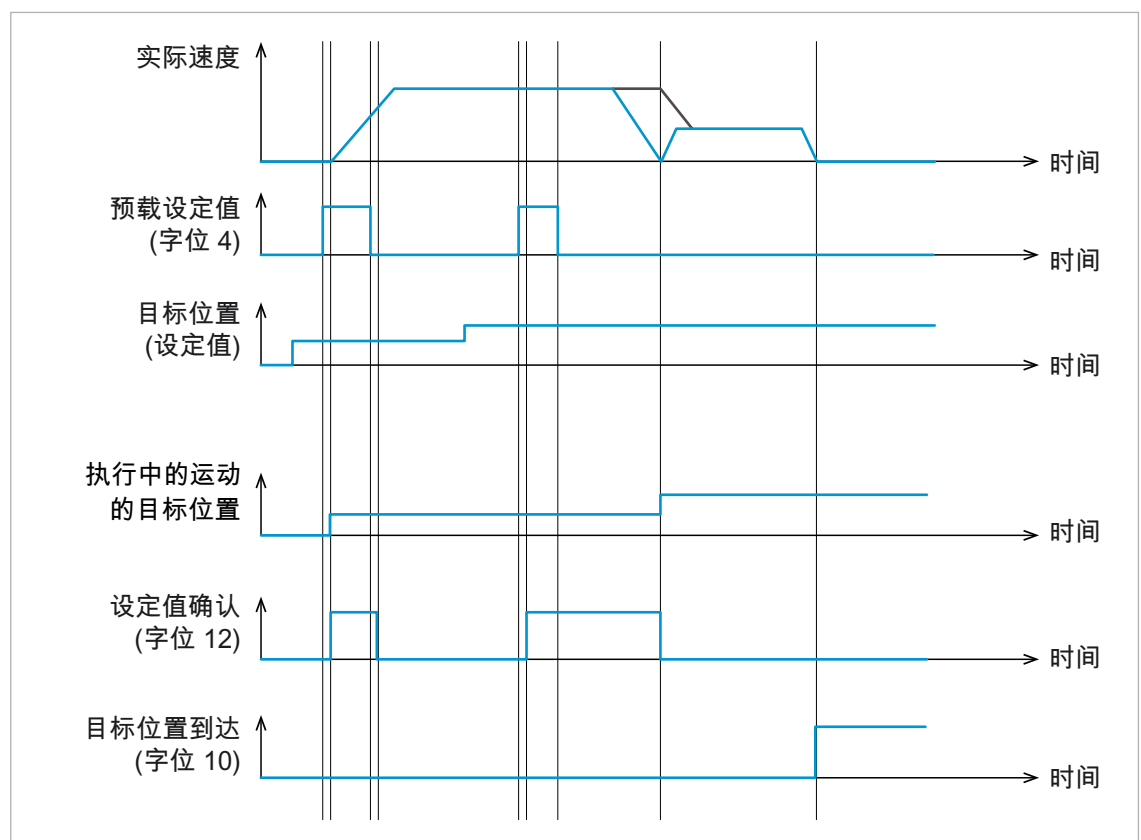


图 29: 运动交接过程示意图

- PP 模式下，直到控制字字位 4（预载设定值）出现上升沿时，驱动器才会预载设定值。因此，上位机将目标位置值写入对象 0x607A 后，需要置位控制字字位 4。

**i** 通过 CANopen 控制时，如果控制字和目标位置映射到了同一过程数据对象（PDO）中，则会首先将后者写入对象 0x607A，再处理控制字。

- 驱动器确认能否预载设定值。状态字字位 12（设定值确认）置位 = 1，即表示先前预载的设定值已写入（生效）。只能在这之后，上位机才能复位控制字的预载设定值字位。如果驱动器可提前接收下一组新的设定值，状态字字位 12 将被复位。
- 在向先前目标位置运动的过程中，向驱动器发送的新设定值（设定值更替字位 = 0）会预载，但仅当到达先前目标位置后才生效、向新的目标位置进发。

## 工作模式选择

- 控制字字位 9（运动交接方式）决定了两段运动之间的动态衔接方式（参见图 29）：
  - 运动交接方式字位 = 0：到达先前目标位置并停车后，再向新的目标位置进发。
  - 运动交接方式字位 = 1：掠过先前目标位置时不停车，同时以新参数向新目标位置进发。
- 到达目标后，如果驱动器没有收到新的设定值，将置位状态字字位 10（目标位置到达）。

### 5.2.5 举例：

#### 5.2.5.1 多点定位示例

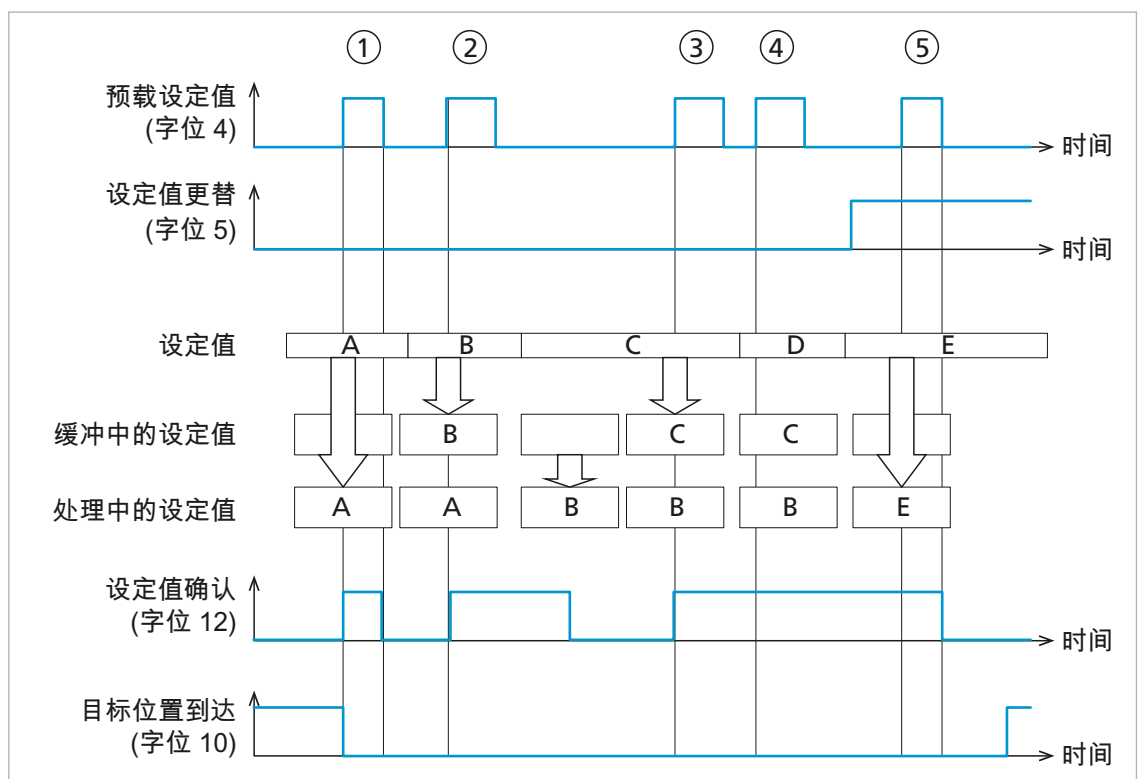


图 30: 向至多有两个暂存位的驱动器发送多点设定值

- ① 令驱动器预载设定值 A。状态字字位 12（设定值确认）从初始值 0 上跃为 1。因为驱动器可继续接收设定值，所以当控制字字位 4（预载设定值）重置后，状态字字位 12 也尽快复位。
- ② 令驱动器预载设定值 B。状态字字位 12（设定值确认）又 0 从上跃为 1。此时驱动器无法再接收更多设定值，因此状态字字位 12 保持为 1，直到到达设定值 A 的目标位置、完成该段运动后才复位。
- ③ 令驱动器预载设定值 C。状态字字位 12（设定值确认）又 0 从上跃为 1。此时驱动器无法再接收更多设定值，因此状态字字位 12 没有复位。
- ④ 令驱动器预载设定值 D。由于设定值 C 尚在缓冲区内，驱动器无法接收设定值 D，因此状态字字位 12 保持为 1。
- ⑤ 令驱动器预载设定值 E。因为此时控制字字位 5（设定值更替）由先前的 0 更改成了 1，所以驱动器即刻写入设定值 E、向新目标位置进发，之前的所有设定值全部废止。



除了处理中的设定值之外，FAULHABER 驱动器支持再缓存两组设定值，亦即合计三个暂存位。

## 工作模式选择

### 5.2.5.2 示例 1（绝对位置定位，随后反转返回起点）

驱动电机移动 12,000 增量，稍作停顿后返回起点。正负加速度为  $1000 \text{ 1/s}^2$ 。

- ✓ 设备在 *Operation Enabled* 状态。
- ✓ 通过寻零运动，电机当前的实际位置为 0。
- ✓ 位置计数区间和软限位必须位于范围 0 ... 12,000 之外。

1. 选择 PP 模式：

- 对象 0x6060.00 写入 01。

2. 确立各设定值：

- 对象 0x607A.00 写入 12000。
- 对象 0x6083.00 写入 1000。
- 对象 0x6084.00 写入 1000。

3. 将位置设定值标记为绝对位置并启动电机：

- 对象 0x6040 写入 0x00 1F。

设定值预载后，驱动器置位状态字字位 12（设定值确认，0x6041 = 0x1027）。

4. 复位控制字中的运动启动字位。

- 对象 0x6040 写入 0x00 0F。

驱动器复位状态字的设定值确认字位（0x6041 = 0x0027），准备接收下一组设定值。

电机向目标位置运动，当电机进入位置窗口且驻留时间大于位置窗口时间时，将置位状态字字位 10（目标位置到达，0x6041 = 0x0427）。

电机运动了 12,000 增量。

5. 确立目标位置设定值为 0，以期电机返回起点。

- 对象 0x607A.00 写入 00 00 00 00。

6. 重复第 3、4 步。

电机运动了 12,000 增量后，再返回到起点。



当使用上位机通过现场总线控制时，执行下一步控制前，必须检查驱动器的状态字。



## 工作模式选择

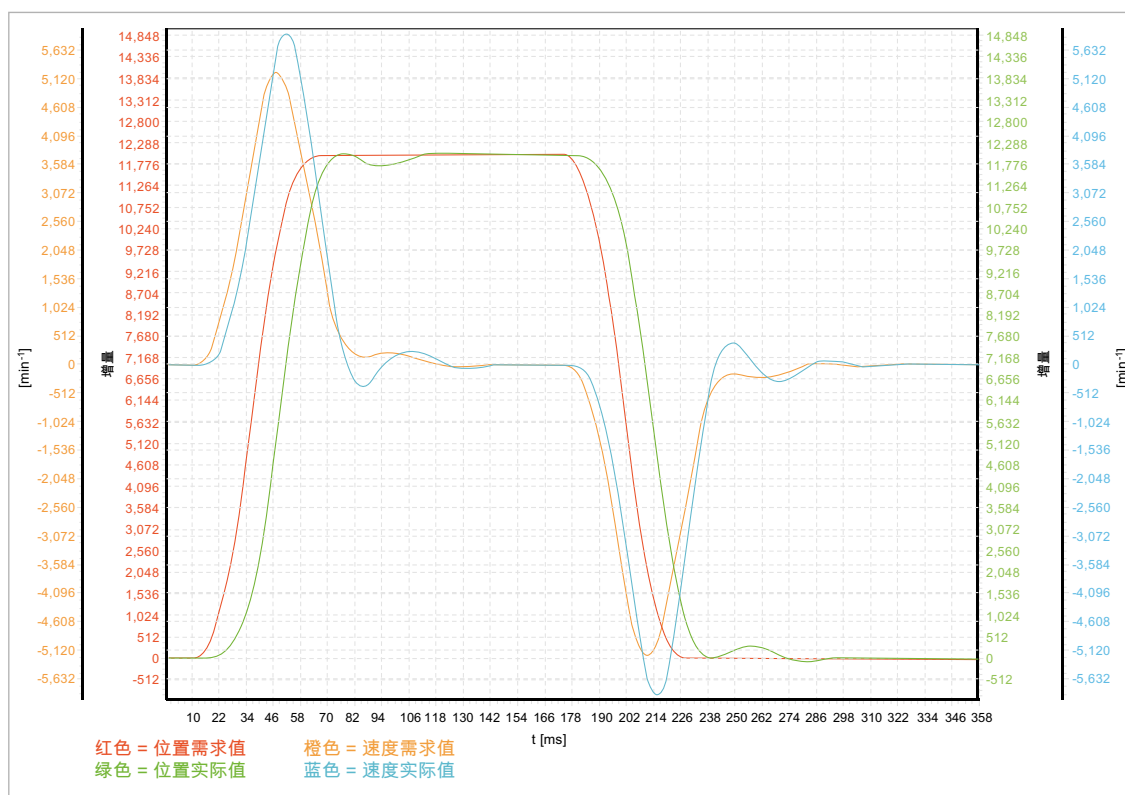


图 31: 运动到绝对位置设定值，随后再返回起点的速度曲线

### 5.2.5.3 示例：相对位置定位，随后反转返回起点

电机以当前位置为参照点，向前移动 12,000 增量。

为避免弹性连接引发振荡，加速度被限定得较低以期平缓加速。此外，还选择了正弦加速度运动曲线。加速度和负加速度为  $100 \text{ 1/s}^2$ 。

- ✓ 设备在 *Operation Enabled* 状态。
- ✓ 以当前位置点为中心，软限位范围在正负方向均必须大于 0 ~ 12,000。

#### 1. 选择 PP 模式：

- 对象 0x6060.00 写入 01。

#### 2. 确立各设定值：

- 对象 0x607A.00 写入 12000。
- 对象 0x6083.00 写入 100。
- 对象 0x6084.00 写入 100。
- 对象 0x6086.00 写入 1。

#### 3. 将位置设定值标记为相对位置并启动电机：

- 对象 0x6040 写入 0x00 5F。

设定值预载后，驱动器置位状态字位 12（设定值确认，0x6041 = 0x1027）。

## 工作模式选择

### 4. 复位控制字中的运动启动字位。

- 对象 0x6040 写入 0x00 0F。

驱动器复位状态字的设定值确认字位 (0x6041 = 0x0027)，准备接收下一组设定值。

电机向目标位置运动，当电机进入位置窗口且驻留时间大于位置窗口时间时，将置位状态字字位 10 (目标位置到达，0x6041 = 0x0427)。

电机相对初始位置，运动了 12,000 增量。

### 5. 确立目标位置设定值为 0，以期电机返回起点。

- 对象 0x607A.00 写入 -12000。

### 6. 重复第 3、4 步。

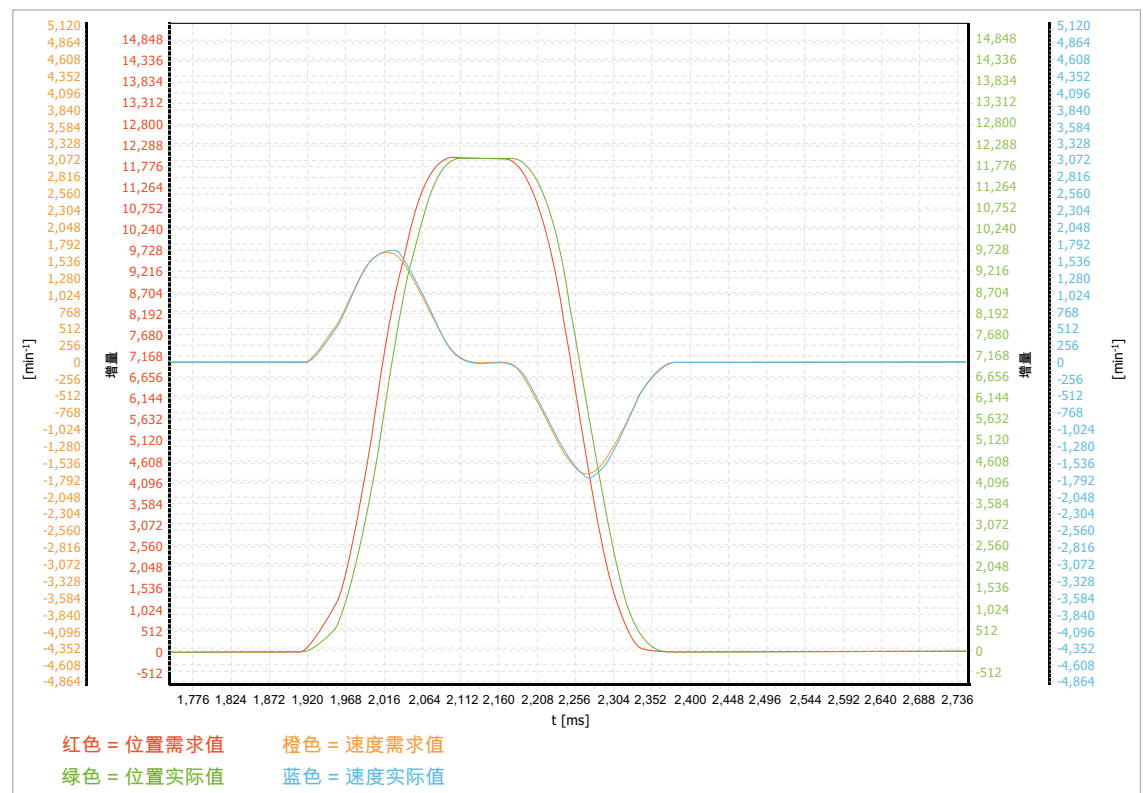


图 32: 运动到相对位置设定值，随后再返回起点

## 工作模式选择

### 5.2.5.4 示例：三点定位

向一个方向移动 32,678 增量，之后立即移动到位置点 34,816，最后返回零位。

为避免弹性连接引发振荡，加速度被限定得较低以期平缓加速。此外，还选择了正弦加速度运动曲线。

- ✓ 设备在 *Operation Enabled* 状态。
- ✓ 通过寻零运动，电机当前的实际位置为 0。
- ✓ Software Position Ranges 和 Software Range Limits 位于范围 0 ... 34816 之外。

1. 选择 PP 模式：

- 对象 0x6060.00 写入 **01**。

2. 确立各设定值：

- 对象 0x607A.00 写入 **32678**。
- 对象 0x6083.00 写入 **100**。
- 对象 0x6084.00 写入 **100**。
- 对象 0x6086.00 写入 **1**。

3. 根据应用调整 Position Window Time：

- 对象 0x6068.00 写入 **100**。

4. 将位置设定值标记为绝对位置并启动电机：

- 对象 0x6040 写入 **0x00 1F**。

设定值预载后，驱动器置位状态字字位 12 ( 0x6041 = 0x1027 )

电机由第一段运动的指令启动。

5. 复位控制字中的运动启动字位。Controlword

- 对象 0x6040 写入 **0x00 0F**。

驱动器复位状态字的设定值确认字位 ( 0x6041 = 0x0027 )，准备接收下一组设定值。

6. 写入第二组设定值：

- 对象 0x607A.00 写入 **34816**。
- 对象 0x6040.00 写入 **0x00 1F**。

设定值预载后，驱动器置位状态字字位 12 ( 0x6041 = 0x1027 )

7. 复位控制字中的运动启动字位。Controlword

- 对象 0x6040 写入 **0x00 0F**。

驱动器复位状态字的设定值确认字位 ( 0x6041 = 0x0027 )，准备接收下一组设定值。

8. 写入第三组设定值。

- 对象 0x607A.00 写入 **0**。
- 对象 0x6040.00 写入 **0x00 1F**。

设定值预载后，驱动器置位状态字字位 12 ( 0x6041 = 0x1027 )

## 工作模式选择

### 9. 复位控制字中的运动启动字位。Controlword

- 对象 0x6040 写入 **0x00 0F**。

Set Point Acknowledge Bit ( 字位 12 ) 不能复位，驱动器无法再接收新的设定值。

第一目标位置现已到达。驱动器启动第二段运动，释放一个设定值暂存位。驱动器通过复位 Set Point Acknowledge Bit ( 0x6041 = 0x0027 )，表示可继续接受新设定值。但尚有新的目标位置没到达。

第二目标位置现已到达。驱动器启动第三段运动。当监测到电机进入位置窗口且驻留时间大于 Position Window Time 时，将置位状态字字位 10 ( 0x6041 = 0x0427 )，表示已经到达目标位置。

电机现已重新回到零位。

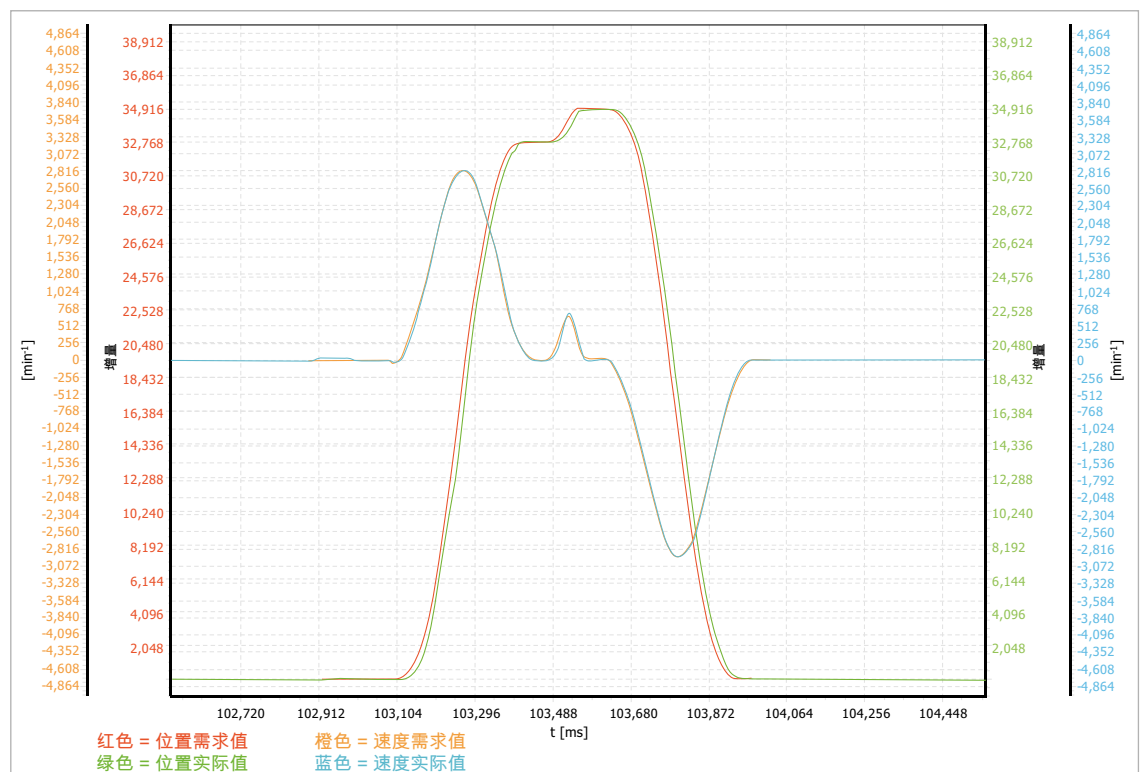


图 33: 多点绝对位置设定值定位，随后再返回零位

## 工作模式选择

### 5.3 规划调速模式 ( PV )

#### 5.3.1 基本功能

PV 模式下驱动器对电机实施调速控制。目标速度由上位机或本地运动程序写入对象 0x60FF。通过因子群所设定的，设定值与实际值之间的比例有效。

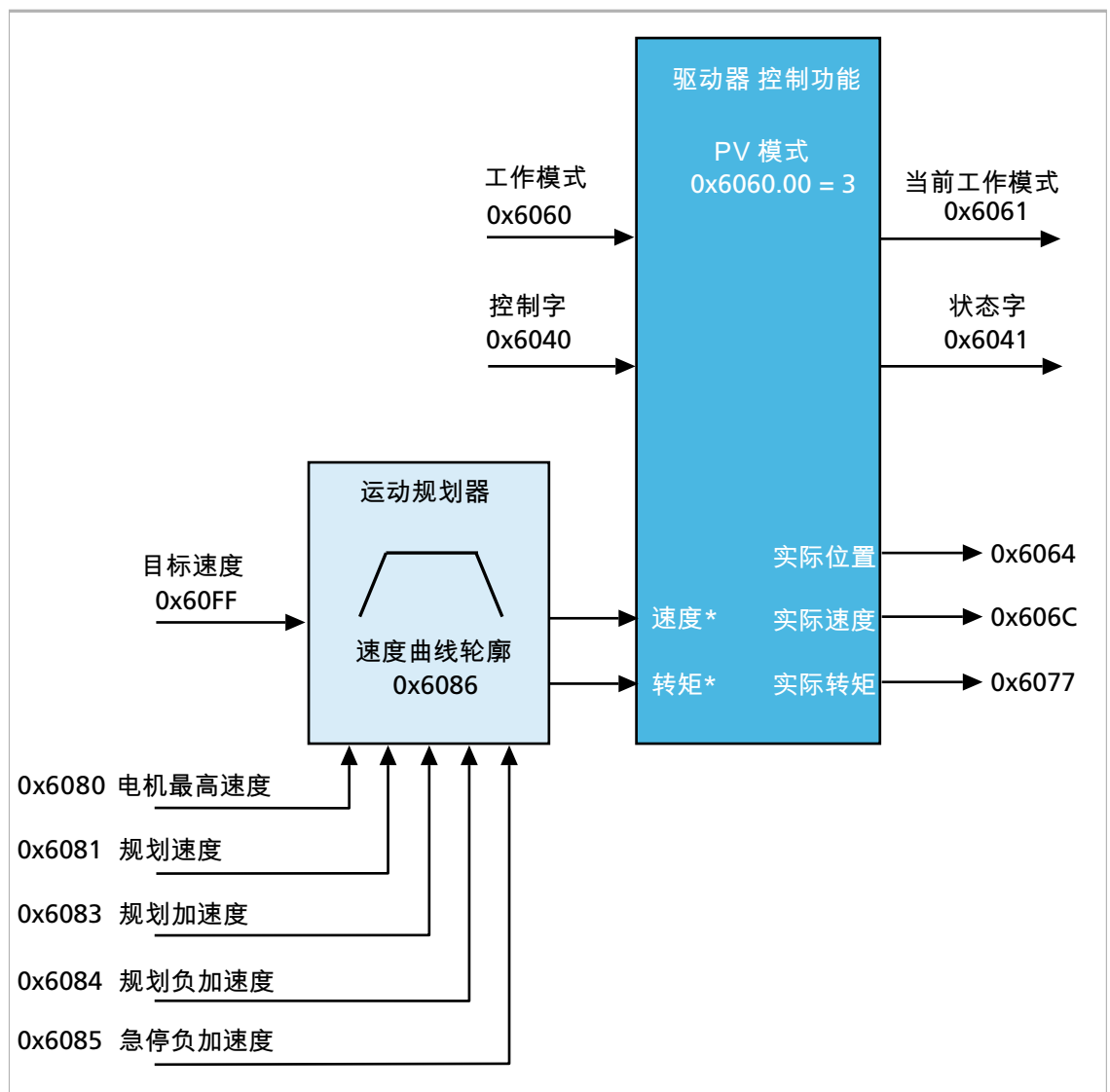


图 34: PV 模式示意图

#### 设定值与操作说明

- 当驱动器功放打开时，设定值即刻生效。驱动器的规划参数对每一个新设定值均有效。
- 运动规划器通过设定值计算并生成适当的目标速度。
- 通过规划参数实施控制时，还可选择加入转矩前馈控制。
- 当达到目标速度且持续时长超过速度窗口时间（对象 0x606E）的设定后，驱动器将通过状态字报告目标值已达到。
- 此外，当零速阈值和零速阈值时间监测到电机静止时，也会通过状态字报告。

## 工作模式选择

### 有效的子功能

- 设定值通过运动规划器确立
- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机速度。
- 实际值的测量
- 监测运动过程中的速度偏差
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

### 5.3.2 PV 模式下的状态字 / 控制字

PV 模式下，需要用到状态字中的工作模式相关字位。

表 57: PV 模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	目标已达到	0：控制字字位 8（暂停）= 0：尚未到达目标位置 0：控制字字位 8（暂停）= 1：驱动控制暂停 1：控制字字位 8（暂停）= 0：已到达目标位置 1：控制字字位 8（暂停）= 1：电机保持静止
12	n = 0	0：电机运动中 1：电机保持静止
13	速度偏差超限	0：速度实际值与需求值之间的偏差在设定的允许范围内 1：速度实际值与需求值之间的偏差超过了设定的允许范围。

PV 模式下，没有用到控制字的工作模式相关字位。

## 工作模式选择

### 5.3.3 速度控制器的架构

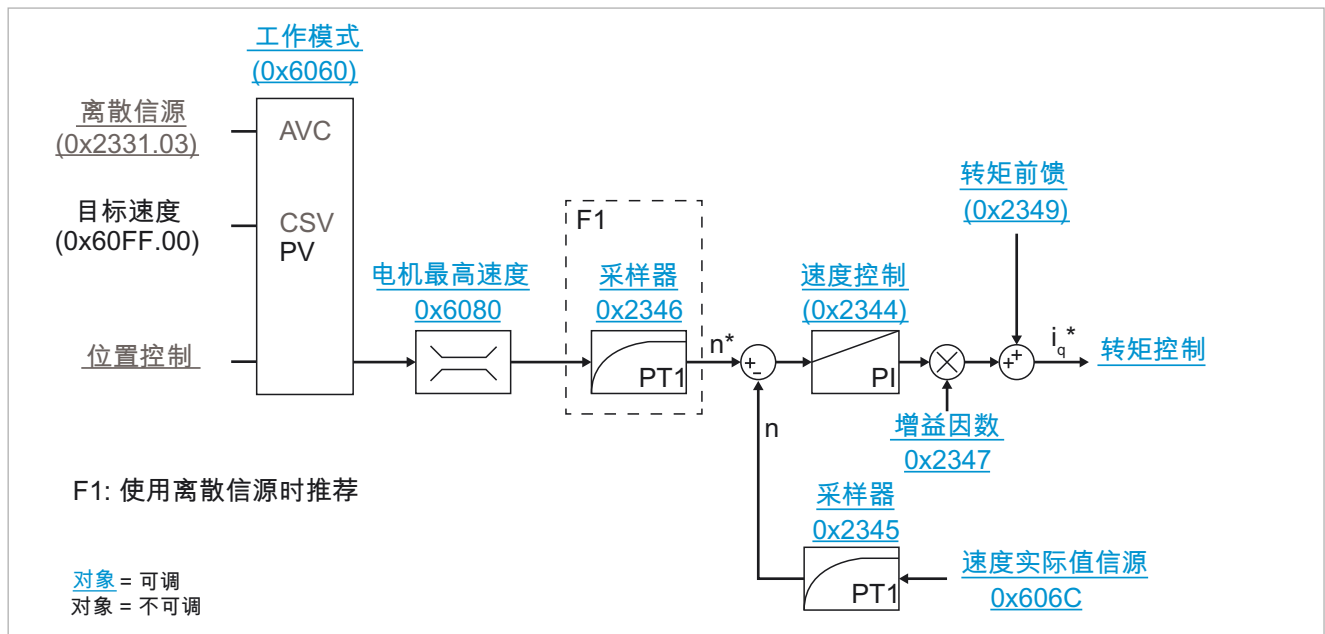


图 35: Motion Manager 的 PV 模式控制方框图

#### PV 模式的配置步骤

- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 运动监测相关参数（速度窗口、零速阈值）已根据所需设置完成
- ✓ 工作模式已设为 PV（0x6060=3）
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- 1. 根据第 40 页第 4.4 章节 设定规划参数。
- 2. 从 0x60FF.00 写入目标速度。
- 🔗 驱动器即刻驱动电机加速到目标速度。当达到目标速度时，将会通过状态字位 10（到达目标值）报告。

#### 选项

若要减小设定值和实际速度之间的控制偏差（速度偏差），可以针对拆卸结构调节速度规划参数并激活前馈控制。

## 工作模式选择

### 5.3.4 举例：

#### 5.3.4.1 示例 1（缓冲式回转）

弹性连接的负载的速度，从  $+4,096\text{min}^{-1}$  切换到  $-4,096\text{min}^{-1}$ 。为避免弹性连接引发振荡，正负加速度被限定得较低以期平缓加减速。此外，还选择运动曲线为正弦加速度。

✓ 驱动器状态机已处于操作状态且在 PV 模式下。

✓ 目标速度值为  $4,096\text{min}^{-1}$ 。

1. 设定正负加速度：

- 对象 0x6083 的值设为 100。
- 对象 0x6084 的值设为 100。

2. 选择正弦加速度运动曲线：

- 对象 0x6086 写入 1。

3. 确立新的速度设定值：

- 对象 0x60FF 的值设为 4096。

电机停车并立即反转。



图 36: 缓冲式回转运动



## 工作模式选择

### 5.3.4.2 示例 2（以新设定的加速度在运动中加速）

刚性连接的负载从  $1,000\text{min}^{-1}$  加速至  $5,000\text{min}^{-1}$ 。

✓ 驱动器状态机已处于操作状态且在 PV 模式下。

✓ 目标速度值为  $1,000\text{min}^{-1}$ 。

1. 设定加速度：

- 对象 0x6083 的值设为 1000。

2. 选择直线加速运动曲线（梯形速度）：

- 对象 0x6086 写入 0。

3. 确立新的速度设定值：

- 对象 0x60FF 的值设为 5000。

电机加速至  $5,000\text{min}^{-1}$ 。

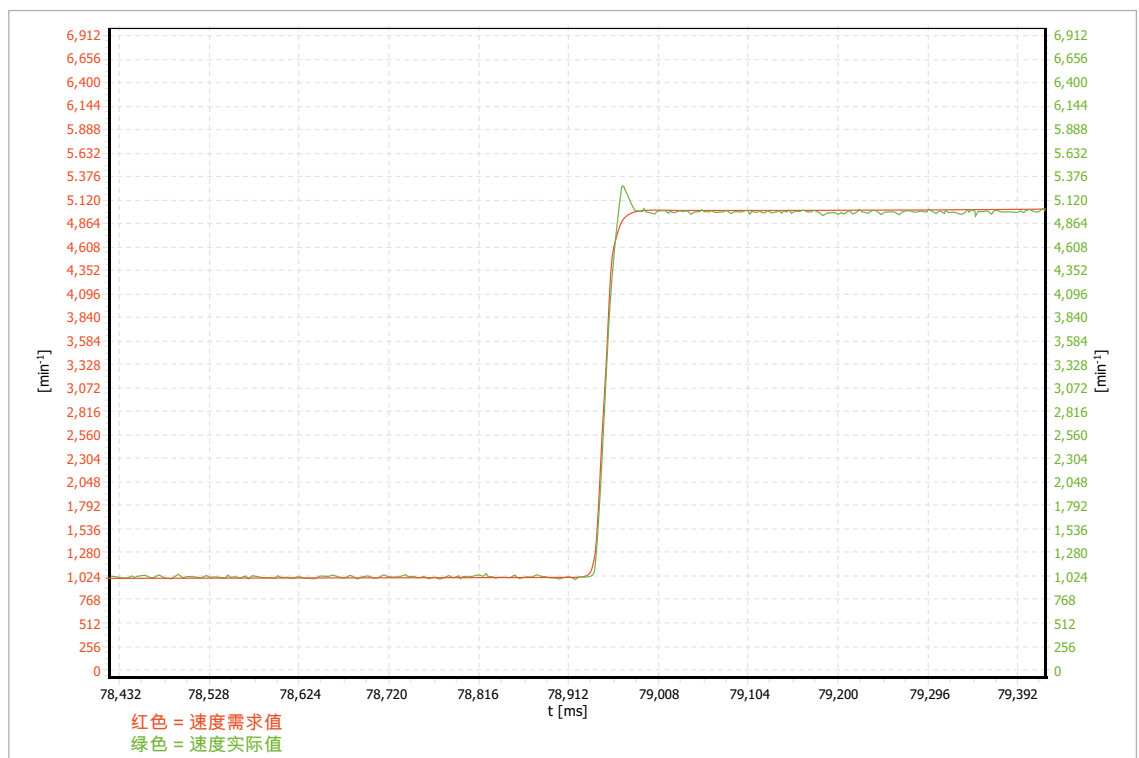


图 37: 以新设定的加速度在运动中加速

工作模式选择

5.4 寻零模式

大多数情况下，在定位控制前首先都需要执行一个参考运动，以便电机找准机械零位。

以下为所支持的、基于 CiA402 协议的寻零方式：

- 方式 1~34：寻零过程中使用一个限位开关或零位开关。
- 方式 37：将当前位置设为零位。
- 方式 -1~-4：挡停寻零。将遇到机械障碍的位置设为零位。

**i** 限位开关用以界定运动范围（正 / 负位置限位开关），但同时也可兼作零位的参考开关。

而零位开关则是零位的专用参考开关。

**i** 结合使用索引脉冲信号，能提高寻零精度。对象 0x2310 用于指派限位或零位开关所接入的输入端（参见第 68 页第 4.9.1 章节）。

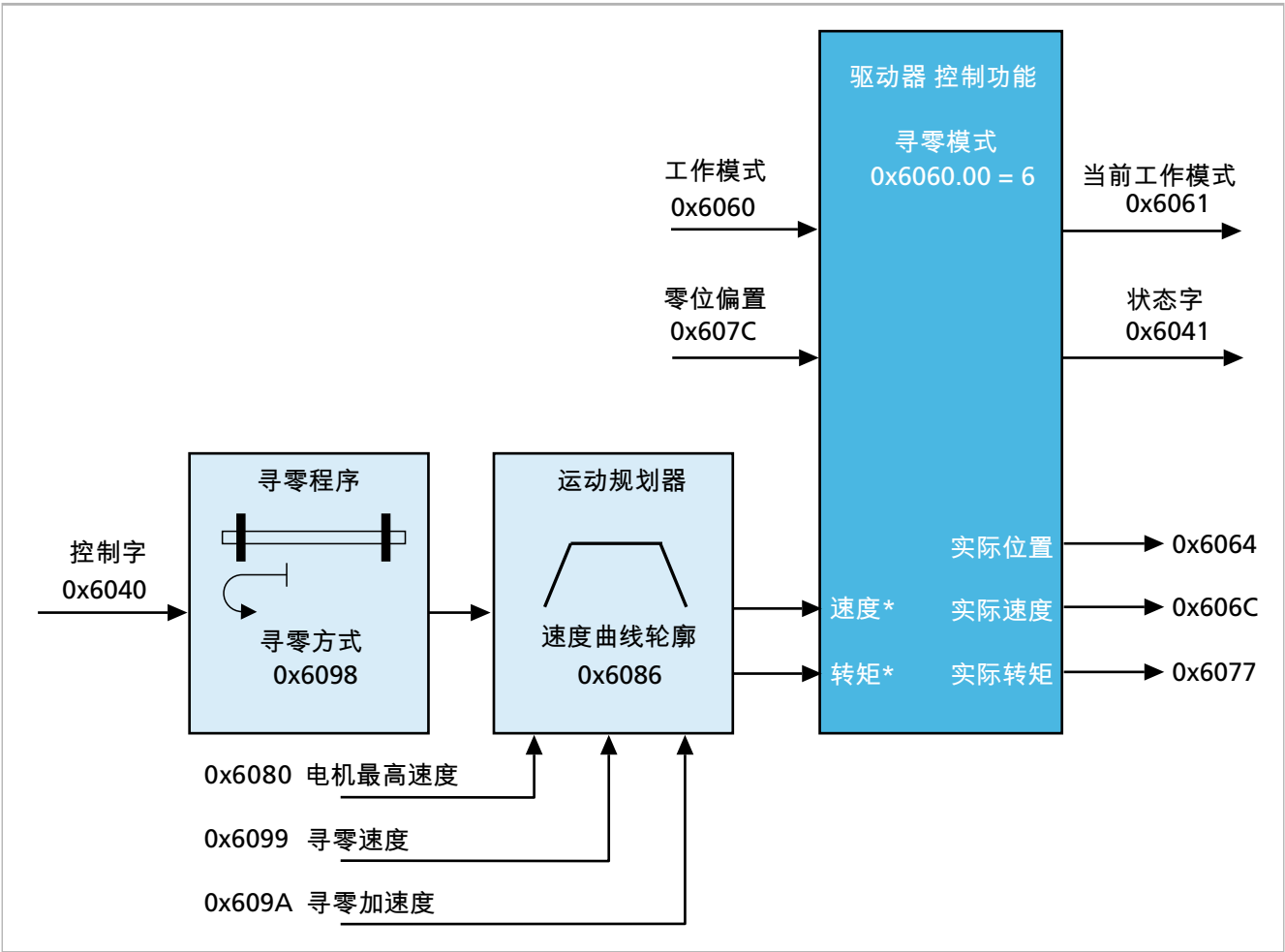


图 38: 寻零模式示意图

**i** 寻零过程中，驱动器工作于速度控制模式下并应用一组单独的规划参数。

## 工作模式选择

**i** 如果寻零过程中抵达了与预期相反的限位开关，电机也会停车，但限位开关状态仍会保留。这种情况下必须中断寻零并检查配置参数。

### 5.4.1 寻零方式（Homing Method）

#### 寻零方式 1 和 17

向负限位（低限位）开关方向寻零（反转寻零）：

- 如果限位开关未激活，则驱动器首先沿低限位开关的方向移动，直到检测到其上升沿。限位开关激活后，驱动器将向上移动远离限位开关，直到检测到下降沿。在方法 1 下，驱动器进一步移动到下一个索引脉冲，零位设置在该索引脉冲处。

#### 寻零方式 2 和 18

向正限位（高限位）开关方向寻零（正转寻零）：

- 如果限位开关未激活，则驱动器首先沿高限位开关的方向移动，直到检测到其上升沿。限位开关激活后，驱动器将向下移动远离限位开关，直到检测到下降沿。在方法 2 下，驱动器进一步移动到下一个索引脉冲，零位设置在该索引脉冲处。

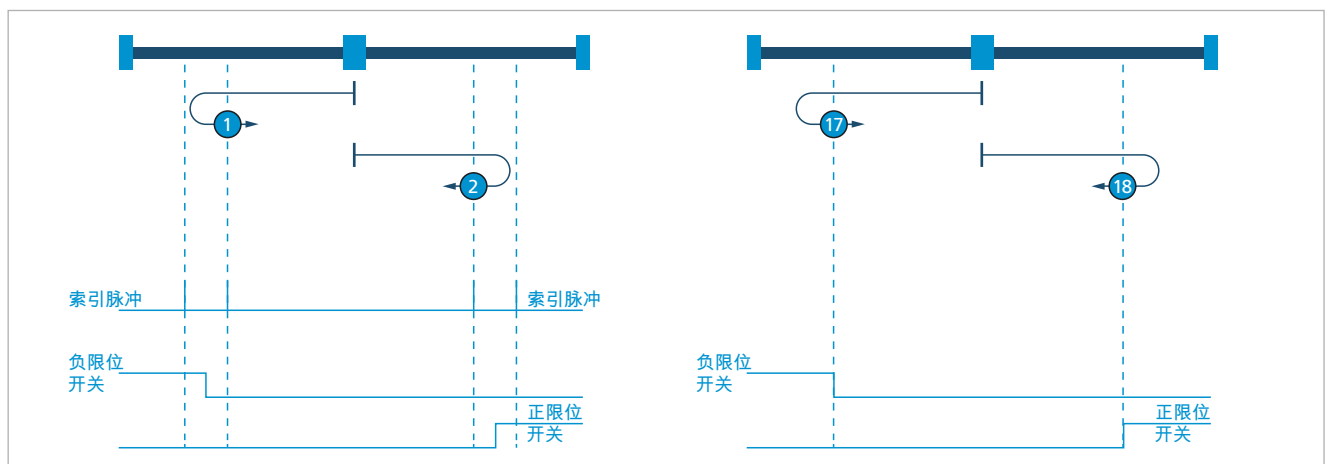


图 39: 寻零方式 1、2、17 和 18

方式 17 和 18 不检测索引脉冲，下降沿对应的位置点即为零位。

## 工作模式选择

### 寻零方式 3、4 和 19、20

#### 正向零位开关寻零

电机转向由零位开关的初始电平状态确定，知道下降沿（3、19）或上升沿（4、20）出现。在高位限位开关方向，零位开关只会出现一个上升沿。

零位开关状态切换所对应的位置点即为零位。

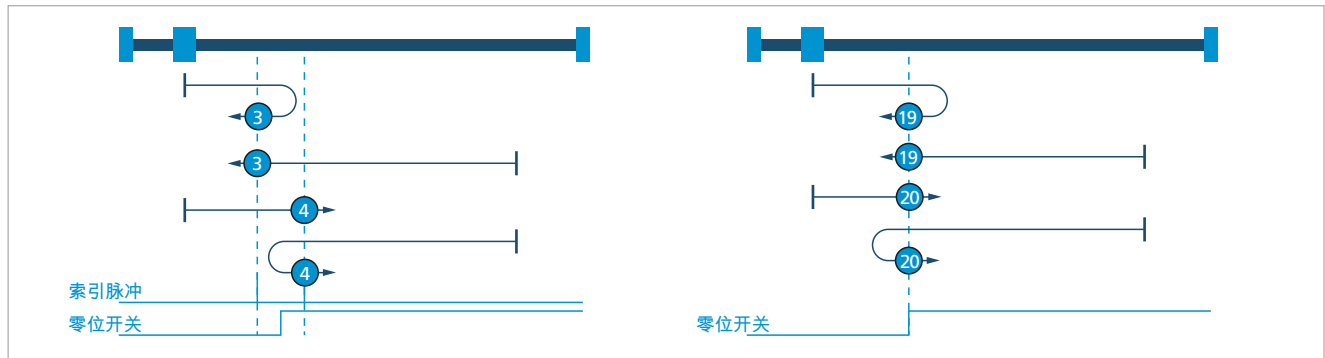


图 40: 寻零方式 3、4、19 和 20

### 寻零方式 5、6 和 21、22

#### 负向零位开关寻零

电机的初始运动方向取决于另外开关的状态。零位开关状态切换所对应的位置点即为零位。寻零过程中如果电机转向改变，则始终在零位开关状态切换时进行。

零位开关状态切换所对应的位置点即为零位。

方式 21 和 22 不检测索引脉冲，零位开关的信号边沿对应的位置点即为零位。

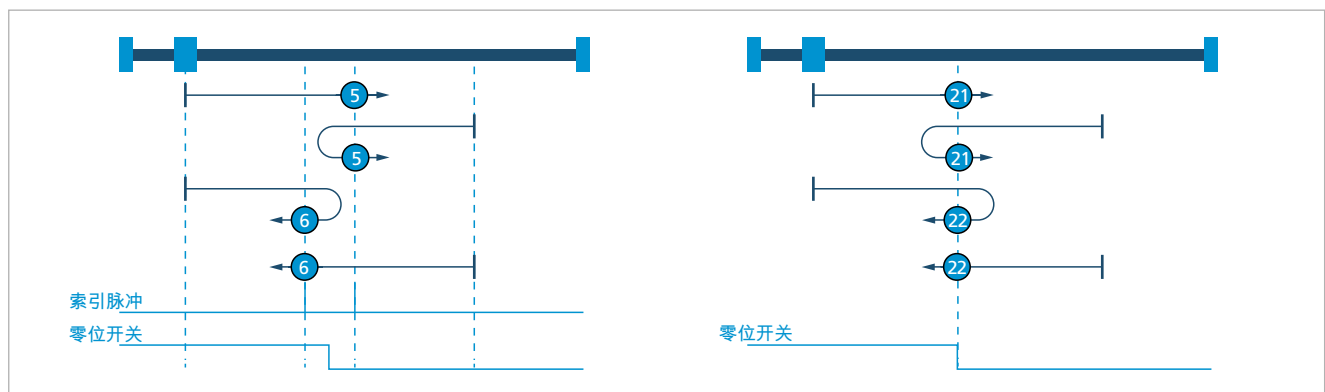


图 41: 寻零方式 5、6、21 和 22

## 工作模式选择

### 寻零方式 7 到 14 和 23 到 30

在零位开关处位置置零

如果零位开关在特定行程内能保持状态，则这类寻零方式适用。电机对零位开关的上升和下降沿都需要做出响应。

对于方式 7 到 14，检测到边沿信号后，电机继续运动到随后的索引脉冲到来时才停，索引脉冲对应的位置点为零位。

方式 23~30 不检测索引脉冲，零位开关状态切换所对应的位置点即为零位。

#### ■ 方式 7 和 23：

启动时若零位开关尚未触发（低电平）则电机正转。

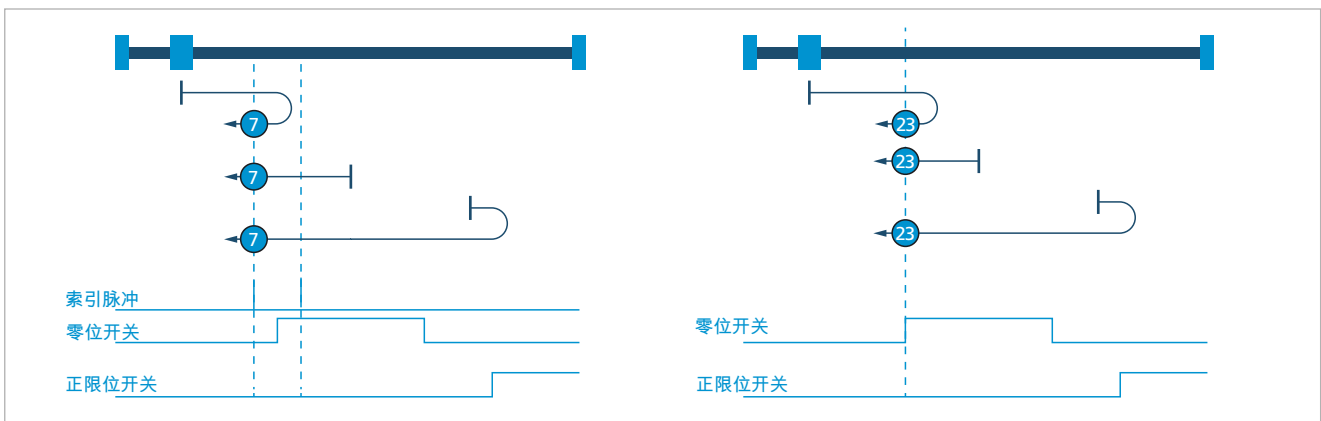


图 42: 寻零方式 7 和 23

#### ■ 方式 8 和 24：

启动时若零位开关尚未触发（低电平）则电机正转。

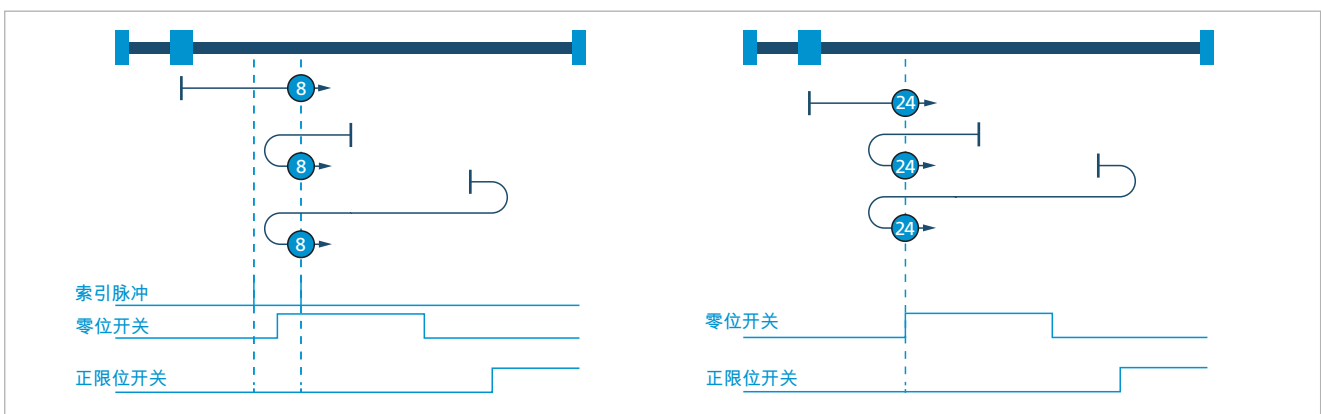


图 43: 寻零方式 8 和 24

## 工作模式选择

### ■ 方式 9 和 25 :

无论零位开关是否触发，启动时电机都正转。

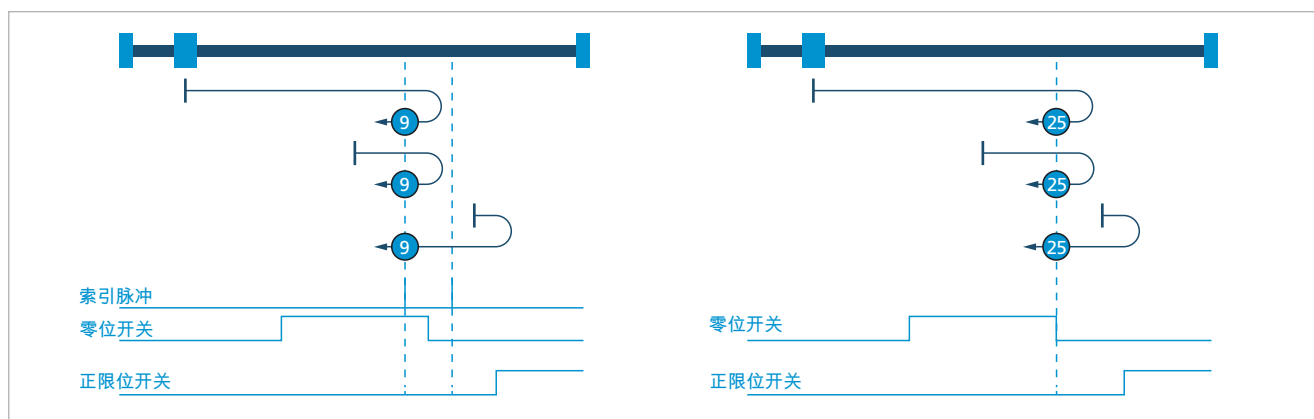


图 44: 寻零方式 9 和 25

### ■ 方式 10 和 26 :

无论零位开关是否触发，启动时电机都正转。

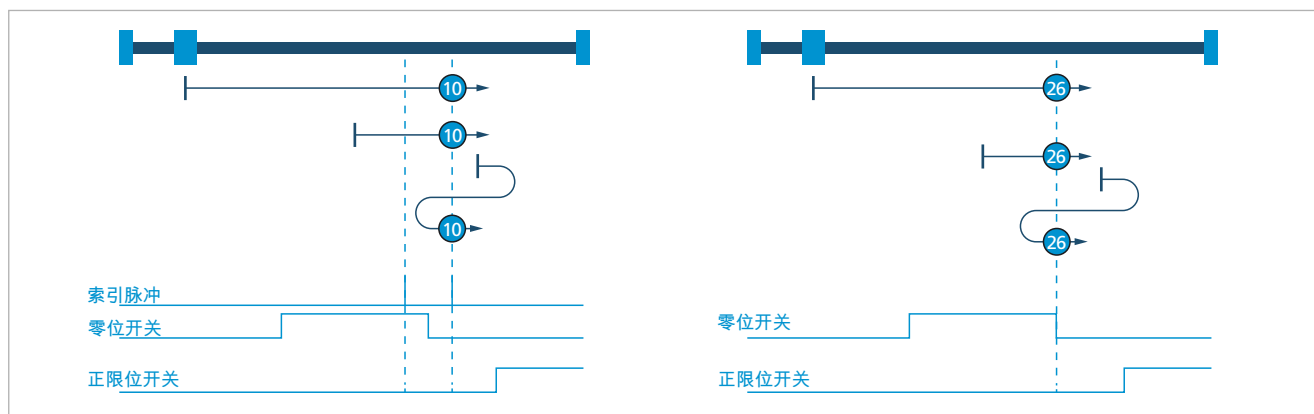


图 45: 寻零方式 10 和 26

## 工作模式选择

### ■ 方式 11 和 27 :

启动时若零位开关尚未触发（低电平）则电机反转。

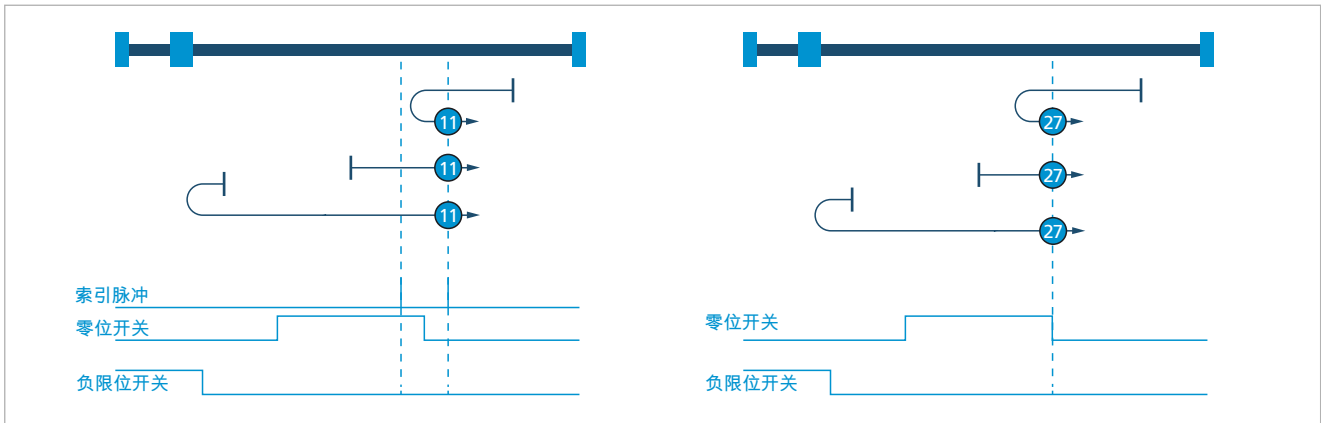


图 46: 寻零方式 11 和 27

### ■ 方式 12 和 28 :

启动时若零位开关尚未触发（低电平）则电机反转。

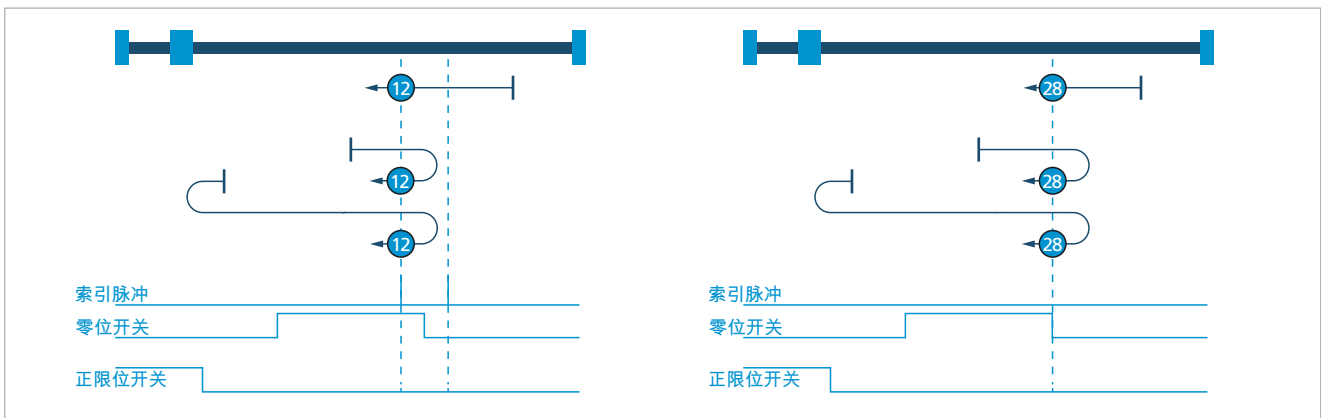


图 47: 寻零方式 12 和 28

## 工作模式选择

### ■ 方式 13 和 29：

无论零位开关是否触发，启动时电机都反转。

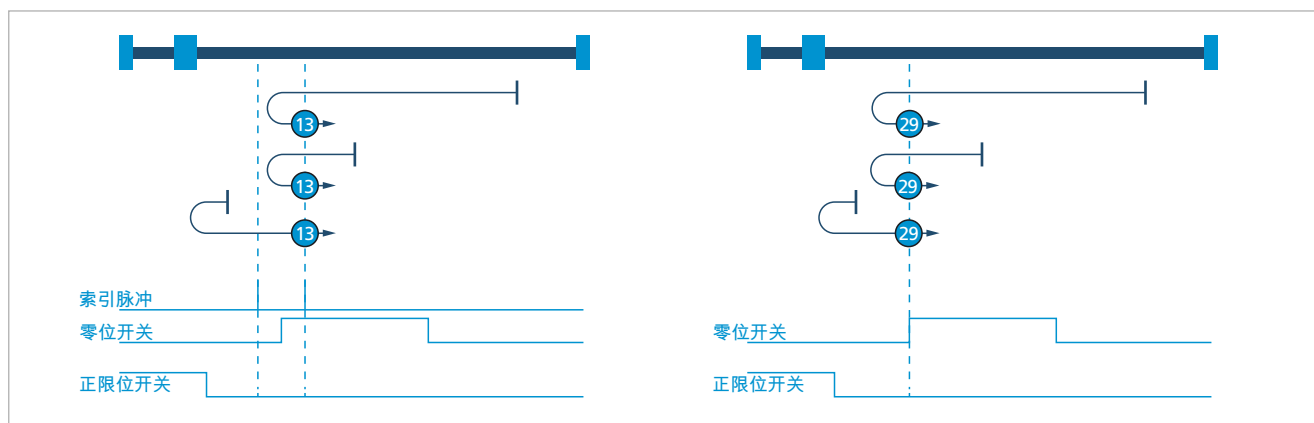


图 48: 寻零方式 13 和 29

### ■ 方式 14 和 30：

无论零位开关是否触发，启动时电机都反转。

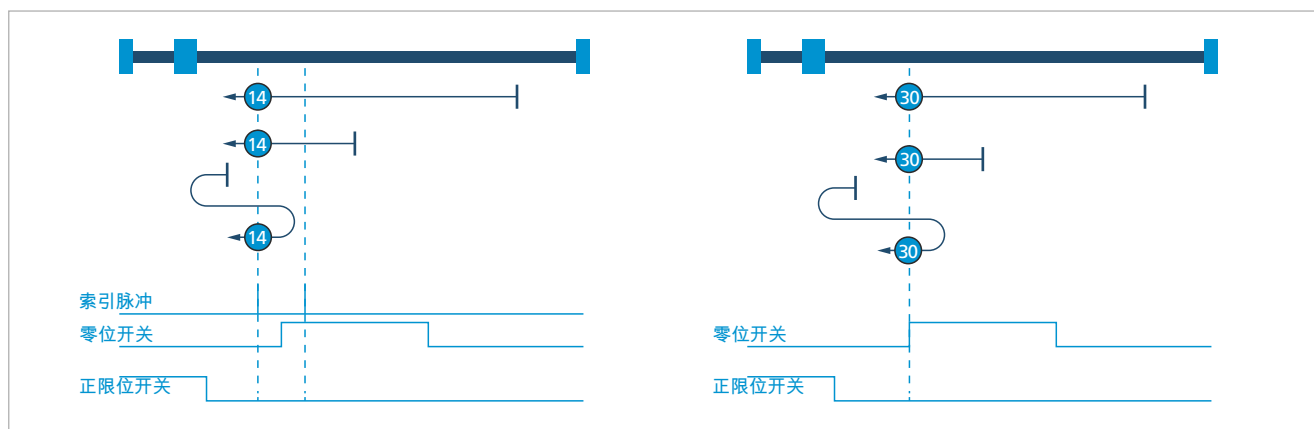


图 49: 寻零方式 14 和 30

### 寻零方式 33 和 34

利用索引脉冲信号寻零。启动电机反转（方式 33）或正转（方式 34），直至随后的索引脉冲到来。索引脉冲对应的位置点为零位。

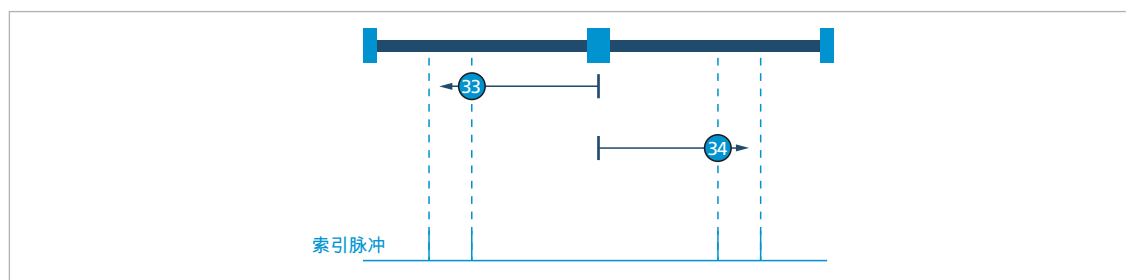


图 50: 寻零方式 33 和 34

### 寻零方式 37

将电机当前的位置设为零位。



## 工作模式选择

### 方式 -1 和 -3

负向挡停：

- 启动时电机反转，直到遇到障碍物。
  - 方式 - 3：以遇到障碍物的位置为零位。
  - 方式 - 1：遇到障碍物后电机正转，直至随后的索引脉冲到来。索引脉冲对应的位置点为零位。



这种挡停方式寻零完成后，需确保电机不再需要较大的工作电流来保持机械张力，因此需要在完成寻零后让电机正转一小段距离。

### 方式 -2 和 -4

正向挡停：

- 启动时电机正转，直到遇到障碍物。
  - 方式 - 4：以遇到障碍物的位置为零位。
  - 方式 - 2：遇到障碍物后电机反转，直至随后的索引脉冲到来。索引脉冲对应的位置点为零位。



这种挡停方式寻零完成后，需确保电机不再需要较大的工作电流来保持机械张力，因此需要在完成寻零后让电机反转一小段距离。

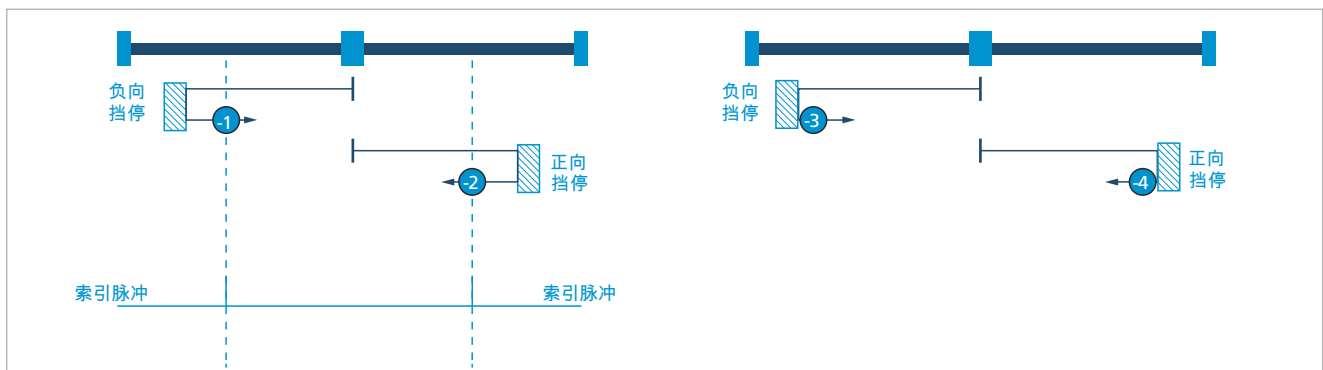


图 51: 寻零方式 - 1、- 2、- 3 和 - 4

### 挡停寻零的补充说明

当输出电压或电流达到所设的上限值时，驱动器会判定电机处于堵转状态。

为防止电机堵转，通过对象 0x60E0 和 0x60E1 限定最大扭矩。

从固件版本 J 开始，新增了对对象 0x2350 和 0x2351 用以设定寻零过程中的转矩限制。该功能可通过工作模式切换选项对象 0x233F，以位编码的形式写入字位 5 来启用。

通过对象 0x2324.02 可设置一个延迟时间。仅当大于所设时间后，驱动器才会判定电机堵转，这可以防止电机在缓慢运动时被误判为堵转。



### 注意！

转矩限定值设置过大可能引起机械损坏。

- ▶ 调整转矩限定值后再运行挡停寻零。

## 工作模式选择

### 5.4.2 寻零模式下的状态字 / 控制字

寻零模式下，需要用到控制字和状态字中的工作模式相关字位。

表 58: 寻零模式下控制字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
4	启动寻零	0 : 不启动 0 → 1: 启动寻零

表 59: 寻零模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	目标已达到	0 : 尚未到达零位 1 : 到达零位
12	寻零进程状态	0 : 寻零尚未结束 1 : 已结束寻零
13	寻零出错	0 : 寻零过程中未发现出错 1 : 寻零过程中发现出错

表 60: 寻零模式下，状态字字位 10、12、13 的组合含义

字位 13	字位 12	字位 10	说明
0	0	0	寻零已启动
0	0	1	寻零尚未启动或已终端
0	1	0	寻零已结束，但电机速度尚不为零
0	1	1	寻零已成功结束
1	0	0	寻零出错，电机速度不为零
1	0	1	寻零出错，电机速度为零
1	1	X	系统保留



使用模拟霍尔传感器时，电机运动每经过一对磁极，就会生成一个内部索引信号。  
使用 AES 或 SSI 编码器时，电机每转一圈，就会生成一个内部索引信号。

## 工作模式选择

### 5.4.3 设置

#### 寻零方式 ( Homing Method )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6098	0x00	Homing Method	S8	读写	0	寻零方式 ( Homing Method )

#### 零位偏置 ( Homing Offset )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607C	0x00	Homing Offset	S32	读写	0	零位相对于参考点开关的位置偏移量 [ 用户单位 ]

#### 寻零速度 ( Homing Speed )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6099	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Switch Seek Velocity	U32	读写	400	寻找限位或参考点开关时的电机速度
	0x02	Homing Speed	U32	读写	400	寻找零位位置点的电机速度

#### 寻零加速度 ( Homing Acceleration )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x609A	0x00	Homing Acceleration	U32	读写	50	寻零过程中的电机加速度

#### 限位抵达判定延迟时间 ( Limit Check Delay Time )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2324	0x02	Limit Check Delay Time	U16	读写	10	判定挡停的持续时间 [ms]

#### 寻零转矩限定 ( Homing Torque Limits )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	读写	1000	参考运动转矩限上限值，单位为电机额定转矩的 1/1000
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	读写	1000	参考运动转矩限下限值，单位为电机额定转矩的 1/1000

## 工作模式选择

### 5.4.4 寻零运动的示例

- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ✓ 工作模式已设为寻零模式 ( 0x6060 = 0x06 )
- ✓ 为下述对象写入适当值：
  - 零位与限位开关 ( 0x2310 )
  - 寻零方式 ( 0x6098 )
  - 寻零速度 ( 0x6099 )
  - 寻零加速度 ( 0x609A )
- ▶ 置位控制字字位 4 ( 启动寻零 )。
- ↻ 驱动器复位状态字字位 10 和字位 12。
- ↻ 驱动器启动寻零。
- ↻ 当到达零位、完成寻零后，驱动器将置位状态字字位 10 和字位 12。



若要再次启动寻零，则必须先复位控制字字位 4，这用以将状态字字位 12 复位。



如果寻零没有完成且状态字字位 13 指示了出错，通常是因为没有通过对象 0x2310 指派必要的输入端。

## 工作模式选择

### 5.5 CSP 模式

#### 5.5.1 基本功能

CSP 模式下驱动器对电机实施定位控制。目标位置由上位机或本地运动程序写入对象 0x607A。通过因子群所设定的，设定值与实际值之间的比例有效。

与 PP 模式不同之处在于，速度曲线由上位机（主站）规划而不是驱动器（从站）。驱动器的规划参数在此无效。

CSP 模式特别适合与工控主机组合，实现多轴的插补联动：主机在短间隔内周期性下发目标位置，驱动器据此实现转矩、速度和位置控制。

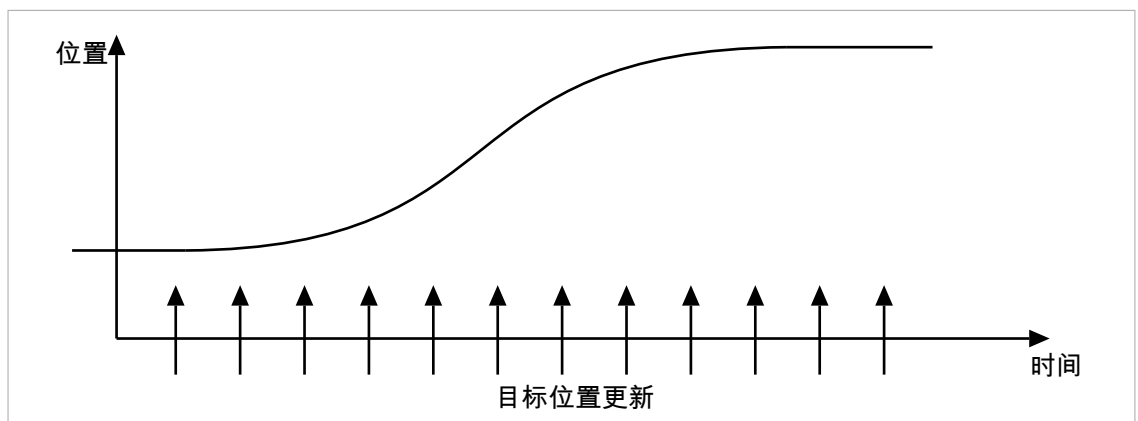


图 52: 设定值的周期性更新

此外，主机还可同步下发速度和转矩前馈控制参数。

## 工作模式选择

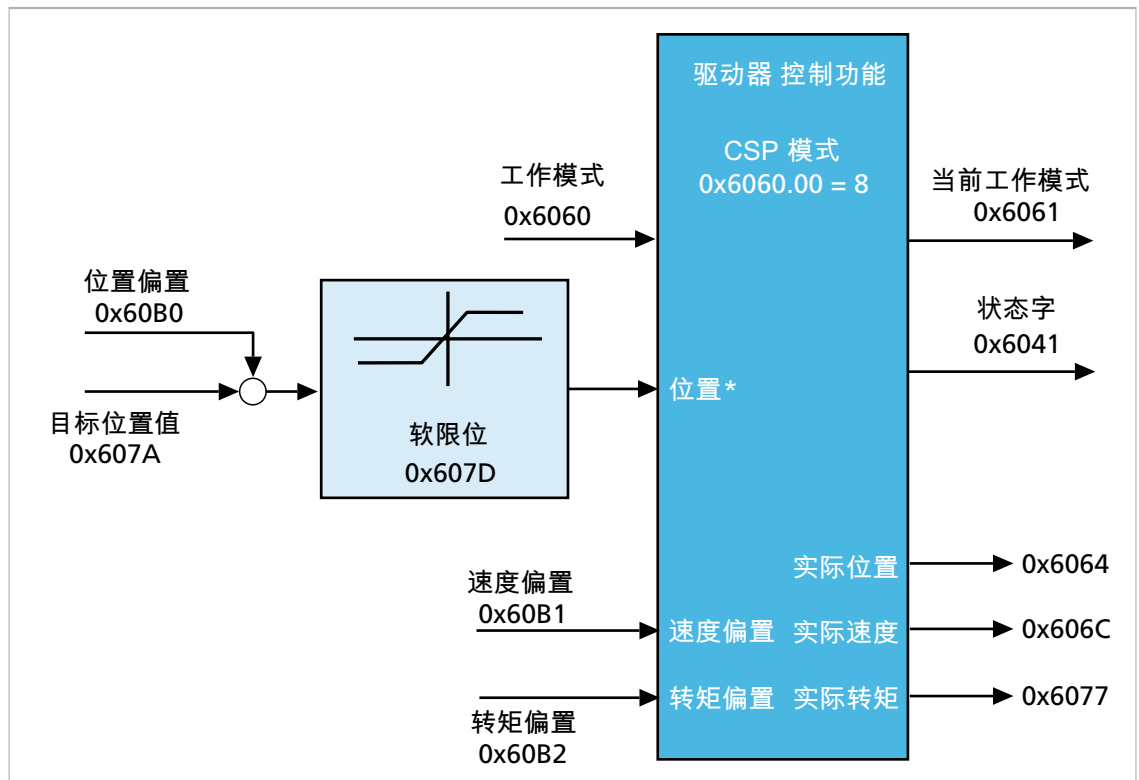


图 53: CSP 模式示意图

位置设定值有以下两种定义方式：

- 绝对位置：

CSP 模式下设定值应逐步生成，作为绝对位置处理。需要到达的目标位置即为下一个设定值。

- 循环位置：

对于转台运动，可通过位置计数区间设定位置值始终在一圈之内。结合捷径选择代码对象 0x60F2，可设置抵达下一个目标位置的捷径。

### 启动定位控制

- 各个新接收到的目标位置即刻发送给驱动器作为设定值。各段运动过程没有明确的起始点。
- 除了位置设定值之外，如果上位机同步计算了速度和转矩的前馈参数，那么通过速度偏置对象 0x60B1 和转矩偏置对象 0x60B2，可以减小跟随误差。
- 驱动器提供在循环间隔的两个连续设定值之间进行内插的可能性。这能够使运动明显变得平滑。要激活此选项，请检查上位机的刷新率，并相应地将对象 0x2332 设置为 100 μs 的倍数。

## 工作模式选择

### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机位置
- 实际值的测量
- 监测运动过程中的速度偏差和跟随错误
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

### 5.5.2 CSP 模式

CSP 模式下，没有用到控制字的工作模式相关字位。用到状态字的工作模式相关字位如下。

表 61: CSP 模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	系统保留	0：系统保留
12	电机受控判定	0：电机未受控于指令，目标位置值已被忽略 1：电机已受控于指令，目标位置值已接受
13	跟随错误	0：位置实际值与需求值之间的偏差在设定的允许范围内 1：位置实际值与需求值之间的偏差超过了设定的允许范围

### 5.5.3 CSP 模式的控制架构

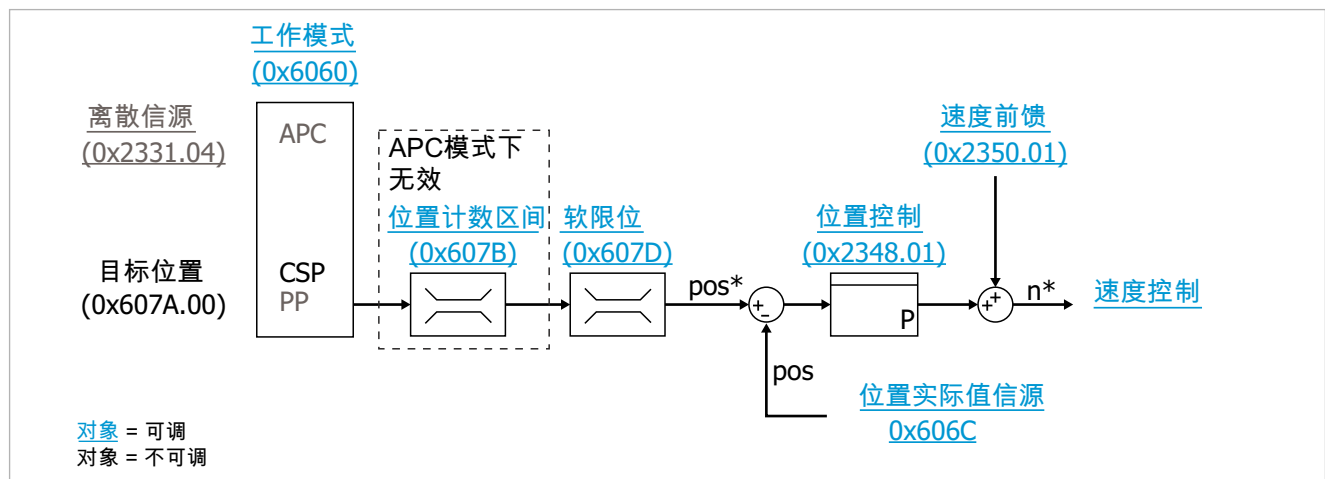


图 54: Motion Manager 的 CSP 模式控制方框图

## 工作模式选择

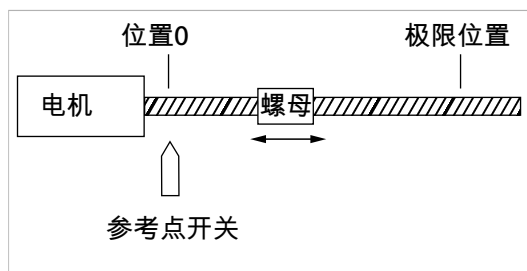
### 5.5.4 举例

在伺服控制中，目标位置由上位机确定。

- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 跟随错误相关参数（跟随错误窗口）已根据所需设置完成。
- ✓ 工作模式已设为 CSP（ $0x6060 = 0x08$ ）。
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ▶ 将目标位置写入对象  $0x607A$ 。
- 🔗 驱动器即刻启动电机向目标位置运动。如果出现跟随错误，将在状态字位 13 作出指示。

### 5.5.5 循环定位控制选项

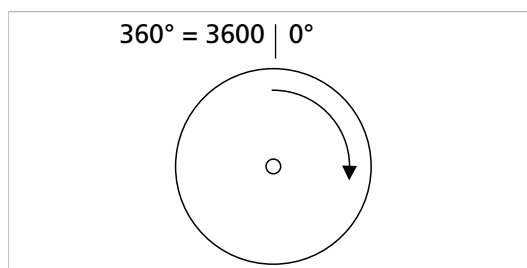
#### 两点间的直线定位



位置（包括设定值和实际值）始终在固定的起点和终点之间。可通过软限位对象永久性地（ $0x607D$ ）限定起点与终点。

当下一个设定值确立后，运动的方向一目了然

#### 转台上的圆周运动



通过位置计数区间限定，可将实际位置与一圈，例如  $0^\circ \sim 360^\circ$  的绝对位置相对应。即便转动了多圈，这种对应依然有效。

标准设置下，可先由跟随错误值的符号判定运动方向，然后再启动运动。例如从  $350^\circ$  到  $10^\circ$ ，运动距离为  $-340^\circ$ 。

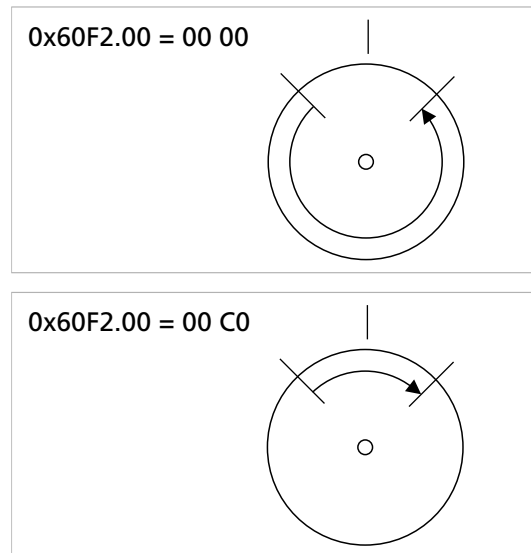
**i** 如果转台和电机之间有减速箱，则可通过因子群中的减速比参数，自动将转台位置和电机位置相对应。然后，位置设定值与实际值以及限位设定，都将以减速箱输出端的转台位置为参照。



## 工作模式选择

### 选项

使用捷径选择代码对象（0x60F2），可以配置圆周运动中的优选运动路径。



标准路径：

运动方向由跟随误差值的符号确定，与位置计数区间的设置无关。

捷径：

当确立设定值之后，会结合位置计数区间的设置，选择最短距离的路径。这需要设置运动允许超过软限位的限制。

### 举例

- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
  - ✓ 跟随错误相关参数（跟随错误窗口）已根据所需设置完成
  - ✓ 工作模式已设为 CSP（0x6060 = 0x08）。
  - ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
1. 捷径选择代码对象 0x60F2.00 写入 00C0。
  2. 调整位置计数区间：
    - 0x607B.01 = 0
    - 0x607B.02 = 3599
  3. 对象 0x607A.00 写入值范围为 0~3599。
- ➡ 驱动器即刻启动电机向目标位置运动。如果出现跟随错误，将在状态字位 13 作出指示。

## 工作模式选择

### 5.6 CSV 模式

#### 5.6.1 基本功能

CSV 模式下驱动器对电机实施调速控制。目标速度由上位机或本地运动程序写入对象 0x60FF。通过因子群所设定的，设定值与实际值之间的比例有效。

与 PV 模式不同之处在于，速度曲线由上位机（主站）规划而不是驱动器（从站）。驱动器的规划参数在此无效。

CSV 模式特别适合与工控主机组合，实现多轴的插补联动：主机在短间隔内周期性下发目标速度，驱动器据此实现转矩和速度控制。

此外，主机还可同步下发转矩前馈控制参数。

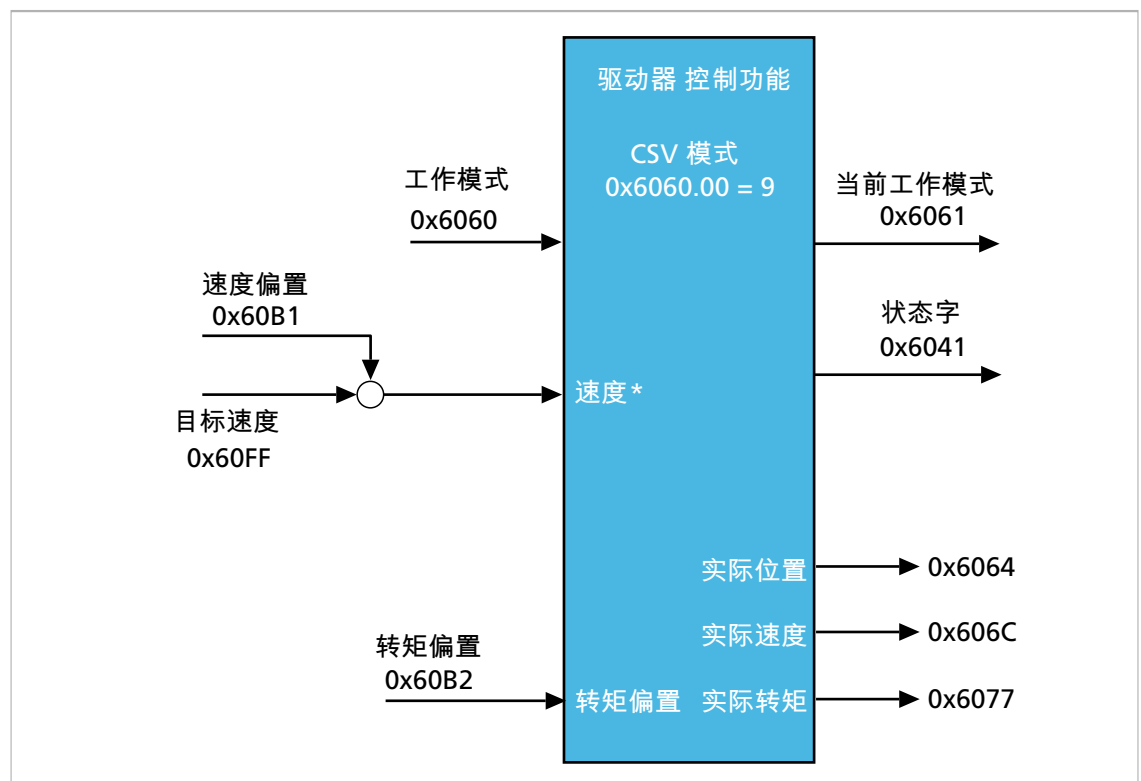


图 55: CSV 模式示意图

#### 设定值与操作说明

驱动器的规划参数在此无效。当功放打开时，设定值即刻生效。

驱动器提供在循环间隔的两个连续设定值之间进行内插的可能性。这能够使运动明显变得平滑。要激活此选项，请检查上位机的刷新率，并相应地将对象 0x2332 设置为 100 μs 的倍数。

#### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机速度
- 实际值的测量
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

## 工作模式选择

### 5.6.2 CSV 模式

CSV 模式下，没有用到控制字的工作模式相关字位。用到状态字的工作模式相关字位如下。

表 62: CSV 模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	系统保留	0：系统保留
12	电机受控判定	0：电机未受控于指令，目标速度值已被忽略 1：电机已受控于指令，目标速度值已接受
13	系统保留	0：系统保留

### 5.6.3 CSV 模式的控制架构

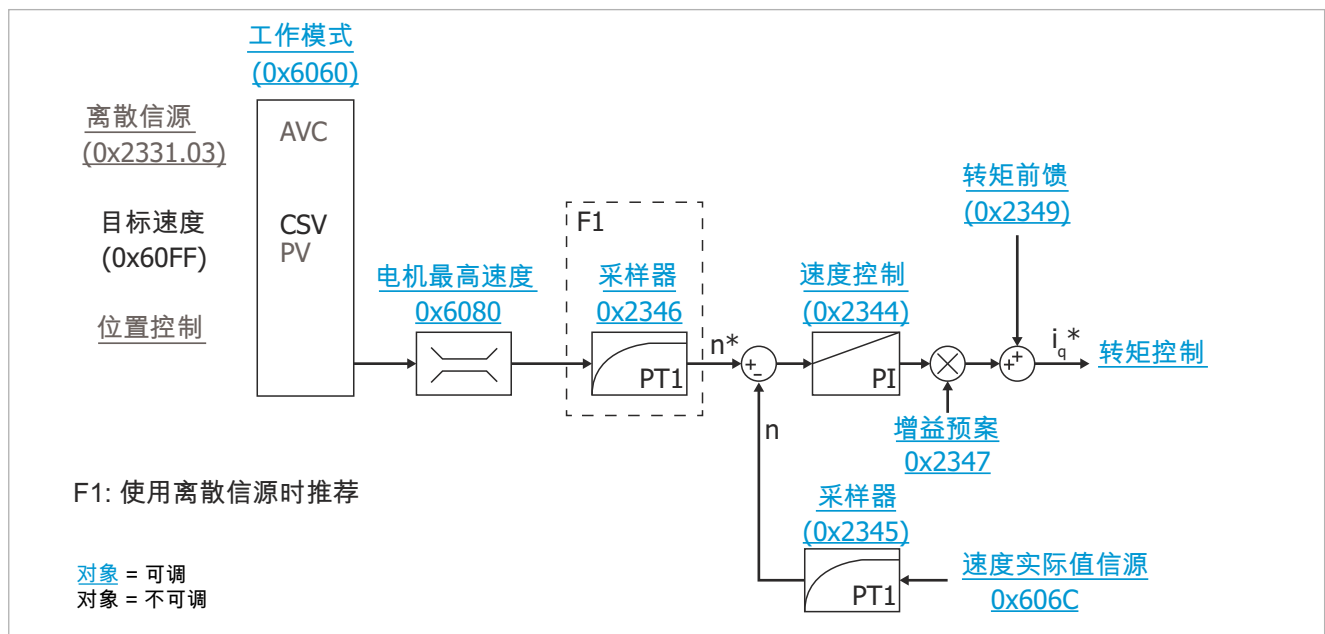


图 56: Motion Manager 的 CSV 模式控制方框图

### 5.6.4 举例

- ✓ 驱动器 and 上位机已联机
- ✓ 已根据第 22 页第 4 章节 的说明设置完毕
- ✓ 工作模式已设为 CSV ( 0x6060 = 9 )
- ▶ 让驱动器状态机进入 *Operation Enabled* 状态。
- ▶ 将目标速度写入对象 0x60FF。
- ✎ 驱动器将驱动电机以目标速度运动。

## 工作模式选择

### 5.7 CST 模式

#### 5.7.1 基本功能

CST 模式下，驱动器控制电机的转矩或推力。转矩或推力的目标值由上位机或本地运动程序写入对象 0x6071。驱动器的规划参数在此无效。

CST 模式特别适合与工控主机组合，实现多轴的插补联动：主机在短间隔内周期性下发目标转矩，驱动器据此实现转矩控制。

CST 模式下驱动器不会对电机限速。当电机速度超过标定速度（对象 0x2344.05）时，会在错误侦测中生成记录（参见第 142 页第 7 章节）。

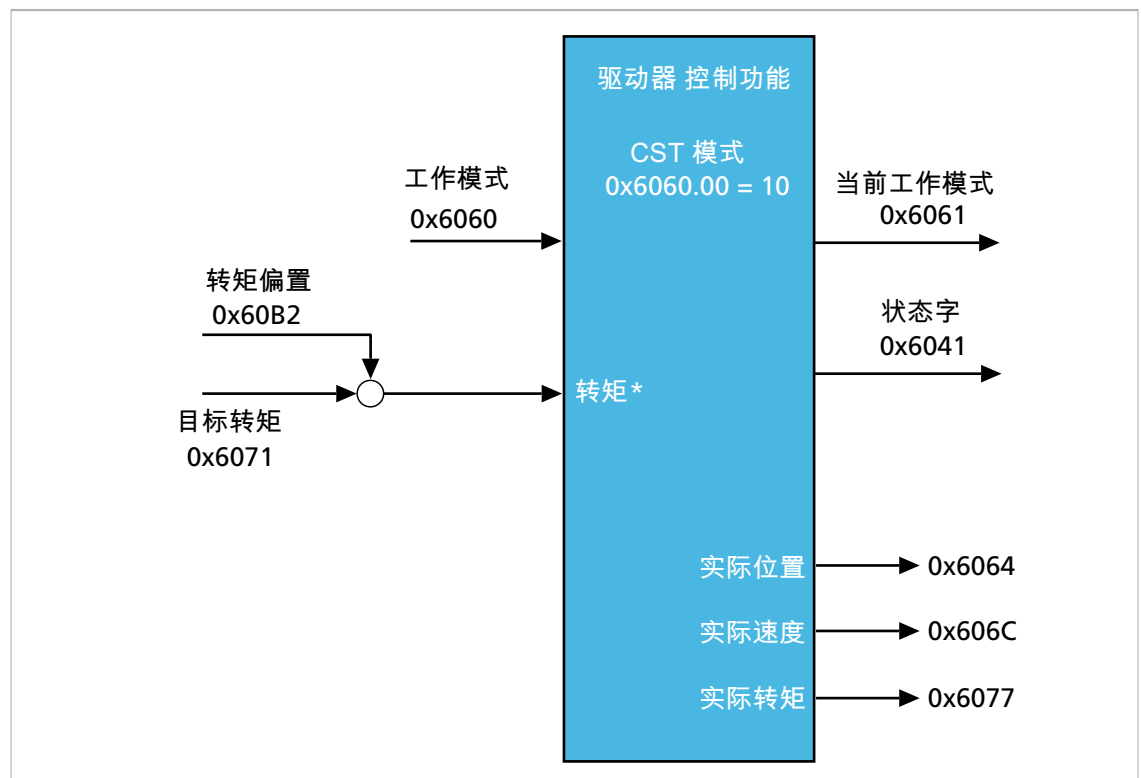


图 57: CST 模式示意图

#### 设定值与操作说明

驱动器的规划参数在此无效。当功放打开时，设定值即刻生效。

#### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机转矩或推力
- 实际值的测量
- 选项：限定转矩或推力
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围
- 选项：以所设的最高速度为参照监测电机速度

## 工作模式选择

### 5.7.2 CST 模式下的控制字 / 状态字

CST 模式下，没有用到控制字的工作模式相关字位。用到状态字的工作模式相关字位如下。

表 63: CST 模式下状态字的工作模式相关字位

字位	功能	说明
10	系统保留	0：系统保留
12	电机受控判定	0：电机未受控于指令，目标转矩值（对象 0x6071）已被忽略 1：电机已受控于指令，目标转矩值（对象 0x6071）已接受
13	系统保留	0：系统保留

### 5.7.3 CST 模式的控制架构

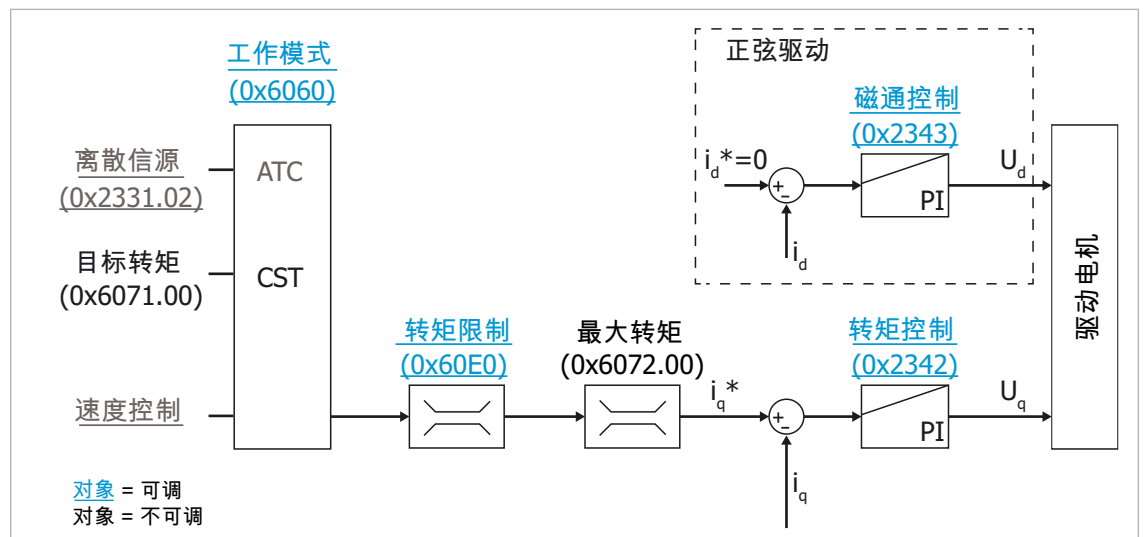


图 58: Motion Manager 的 CST 模式控制方框图

### 5.7.4 举例

- ✓ 驱动器和上位机已联机
- ✓ 已根据第 22 页第 4 章节 的说明设置完毕
- ✓ 工作模式已设为 CST (0x6060 = 10)
- ▶ 让驱动器状态机进入 *Operation Enabled* 状态。
- ▶ 将目标转矩写入对象 Target Torque (0x6071)。
- ✎ 驱动器将控制电机以目标转矩值运动。



如果负载转矩小于目标转矩，电机将会一直加速到所限的最高速度。

## 工作模式选择

### 5.8 Voltage Mode / 纯功放模式

#### 5.8.1 基本功能

VM 模式往往配合上位机使用。该模式下驱动器纯粹用作功率放大器，限流功能依然有效。驱动器输出到电机上的电压，由设定值或离散信源的控制信号确定。

设定值可通过上位机写入对象 0x2341，离散信源则可选择模拟电压。

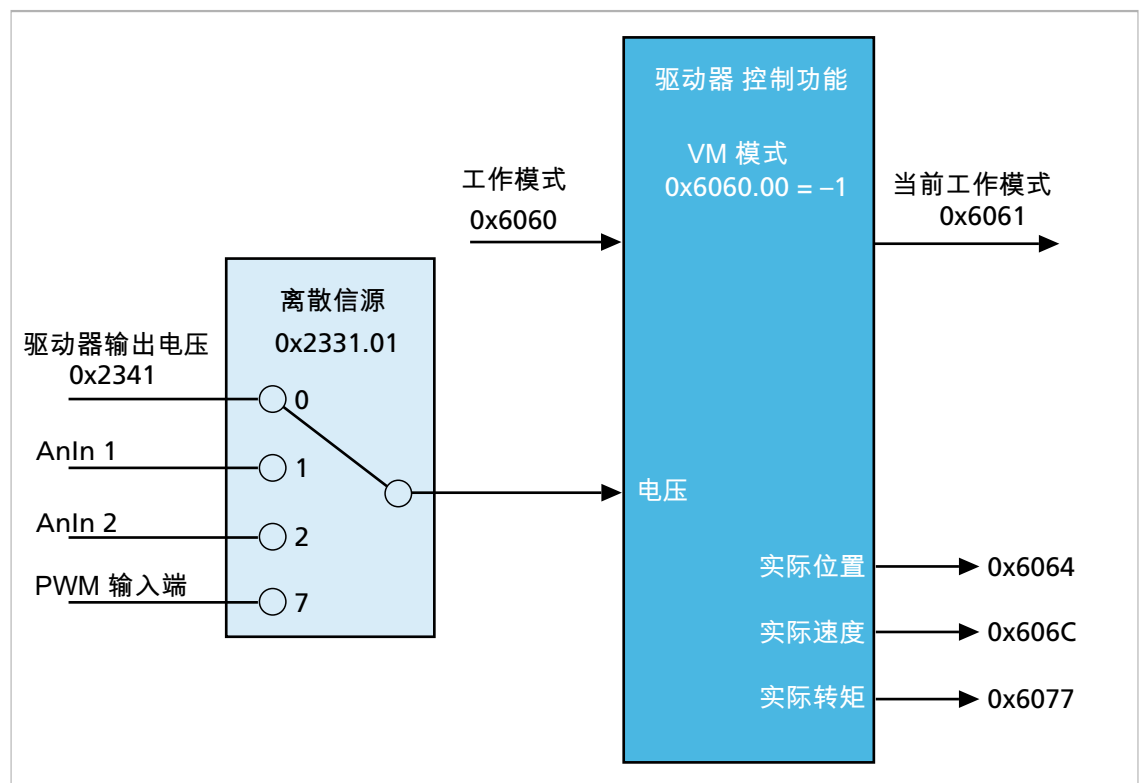


图 59: VM 模式示意图

#### 设定值与操作说明

设定值单位为 10 mV。当驱动器功放打开时，设定值即刻生效。



#### 注意！

**如果模拟输入端的设置不正确，有可能引起机械损坏！**

模拟输入端 AnIn 1 和 AnIn 2 的默认设置范围为  $\pm 10,000 = \pm 10 \text{ V}$ 。

- ▶ 在设置模拟电压为设定值信源前，需要为输入值设定适当的比例（参见第 67 页第 4.9 章节 和第 52 页第 4.7 章节）。

#### 有效的子功能

- 根据第 23 页第 4.3 章节 通过电流控制器实现限流控制
- 实际值的测量
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

## 工作模式选择

### 5.8.2 VM 模式下的状态字 / 控制字

VM 模式下，没有用到控制字和状态字的工作模式相关字位。

### 5.8.3 设置

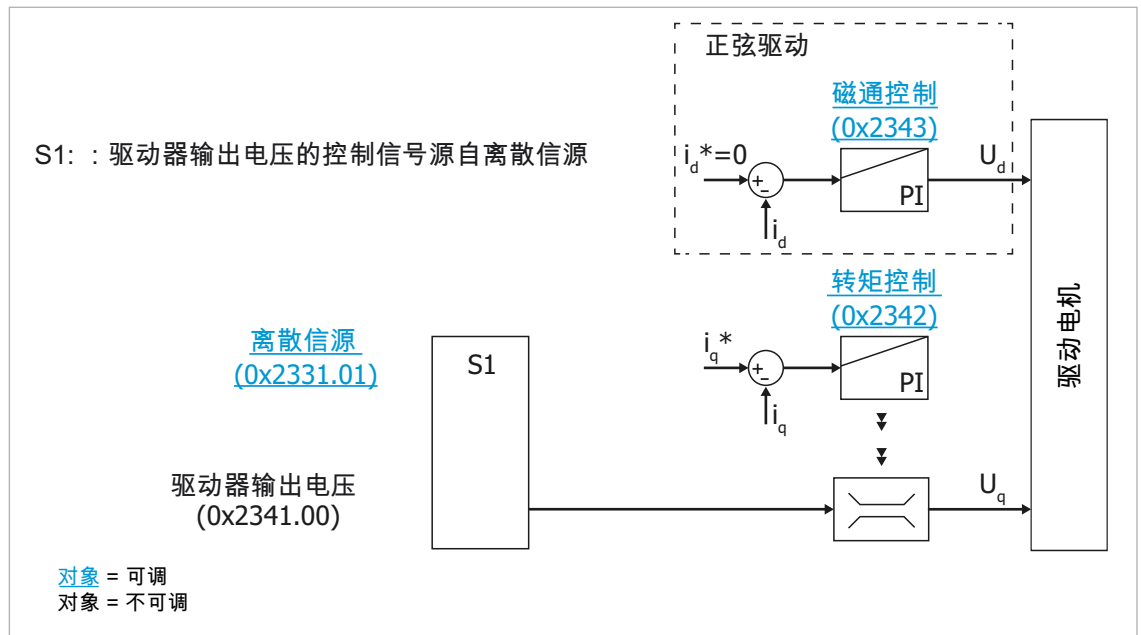


图 60: Motion Manager 的 VM 模式控制方框图

该工作模式下，下述对象必须设置：

- 工作模式 ( 0x6060=-1 )
- 控制驱动器输出电压的离散信源 ( 0x2331.01 )
- 可选：通过对象 0x2341 直接设置驱动器的输出电压


#### 驱动器输出电压 ( Voltage Mode Reference )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2341	0x00	Voltage Mode Reference	S16	读写	0	VM 模式下，设定驱动器的输出电压 [10 mV]

#### 设定值信源选择 ( Discrete Source for Ref-Voltage )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2331	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Target Voltage Source	U8	读写	0	选定电压设定值的信源
	0x02	Target Current Source	U8	读写	0	选定转矩设定值的信源
	0x03	Target Velocity Source	U8	读写	0	选定速度设定值的信源
	0x04	Target Position Source	U8	读写	0	选定位置设定值的信源

## 工作模式选择

 若未通过对象 0x2331.01 选定离散信源，则驱动器的输出电压自动由对象 0x2341 的值确定。

离散信源的可选设定及各自的含义，可参见第 54 页第 4.7.2 章节。

### 5.8.4 举例

- ✓ 驱动器和上位机已联机
- ✓ 已根据第 22 页第 4 章节 的说明设置完毕
- ▶ 工作模式已设为 VM 模式 ( 0x6060 = -1 )
- ▶ 通过对象 0x2341 设定驱动器输出电压，或通过对象 0x2331.01 为驱动器的输出电压选定一个离散信源。
  - 如果要由上位机通过通信系统，由对象 0x2341 设定驱动器输出电压，须将对象 0x2331.01 的值设为 0
  - 如果使用离散信源控制驱动器的输出电压，可参见第 54 页第 4.7.2 章节。
- ▶ 让驱动器状态机进入 *Operation Enabled* 状态。
- ▶ 使用上位机控制时，将输出电压目标值写入对象 0x2341
- ✚ 驱动器将按所设定的输出电压来驱动电机。电机的电流、速度和位置均不受控，它们由驱动器的输出电压和负载所确定。



工作模式选择

5.9 APC 模式

5.9.1 基本功能

APC 模式下，驱动器对电机进行定位控制，目标值由输入端输入的离散信源直接确立，驱动器的规划参数在此无效。

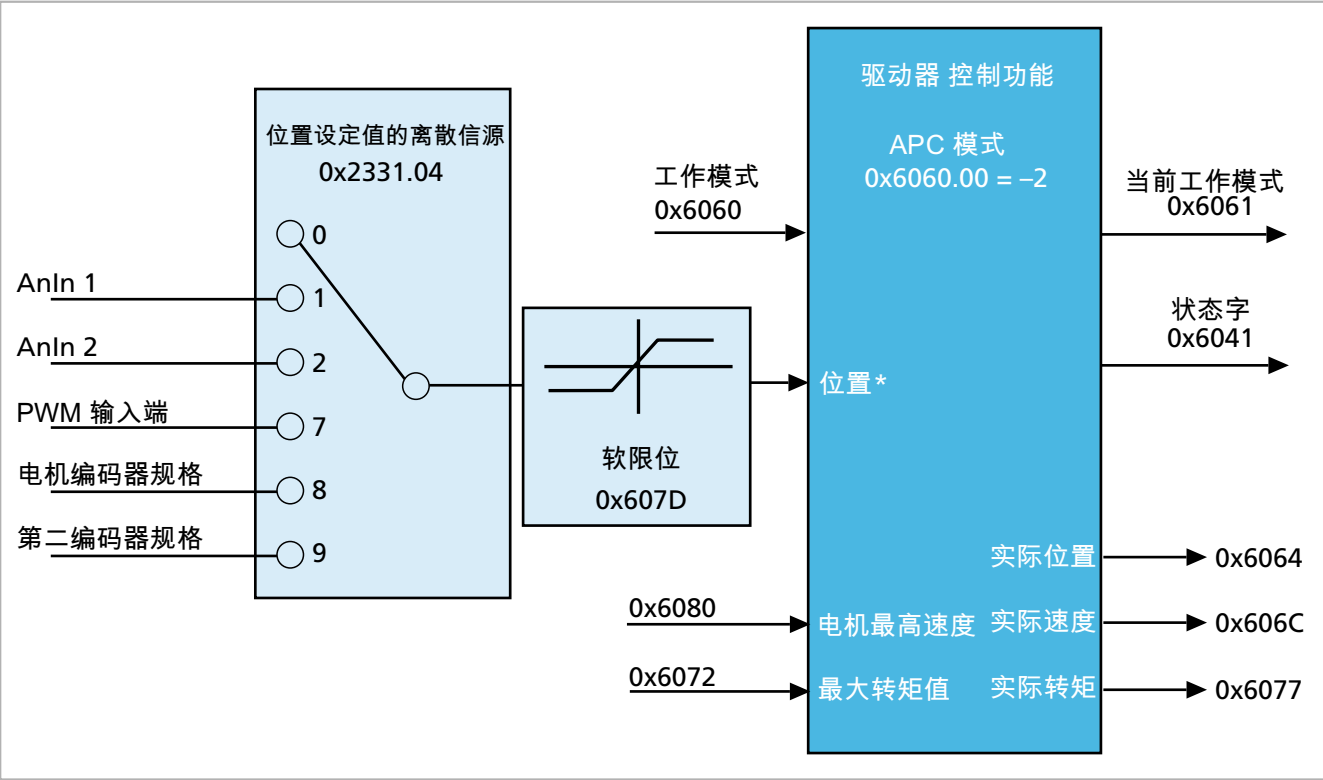


图 61: APC 模式示意图

设定值与操作说明

设定值单位与位置编码器的增量数对应。当驱动器功放打开时，设定值即刻生效。

表 64: 设定值信源

信源	设定值范围
<ul style="list-style-type: none"><li>模拟电压（从 AnIn1 或 AnIn2 输入）</li><li>PWM 信号输入</li></ul>	确立绝对目标位置。
<ul style="list-style-type: none"><li>通过正交信号（电机编码器或第二编码器）确立目标位置</li><li>脉冲 + 方向的组合信号</li></ul>	切入 APC 模式后开始对正交脉冲计数来确立目标位置。因此设定值确立了电机还需运动的距离，亦即目标位置为相对位置。



注意！

如果设定值的比例设置不正确，有可能引起机械损坏！

- ▶ 启动前确保已正确设置了设定值比例。

## 工作模式选择

表 65: 调整设定值信源比例 ( ( 参见 第 44 页第 4.6 章节 ) )

输入端	参数
模拟信号输入端	对象 0x2313 中的比例与偏置
PWM 信号输入	对象 0x2317 中的比例与偏置
电机编码器的正交信号	对象 0x2315 中的比例
参考编码器的正交信号	对象 0x2316 中的比例
脉冲 + 方向的组合信号	对象 0x2316 中的比例

### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机位置
- 实际值的测量
- 监测运动过程中的速度偏差和跟随错误
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

## 5.9.2 APC 模式下的控制字 / 状态字

APC 模式下，没有用到控制字和状态字的工作模式相关字位。

## 5.9.3 设置

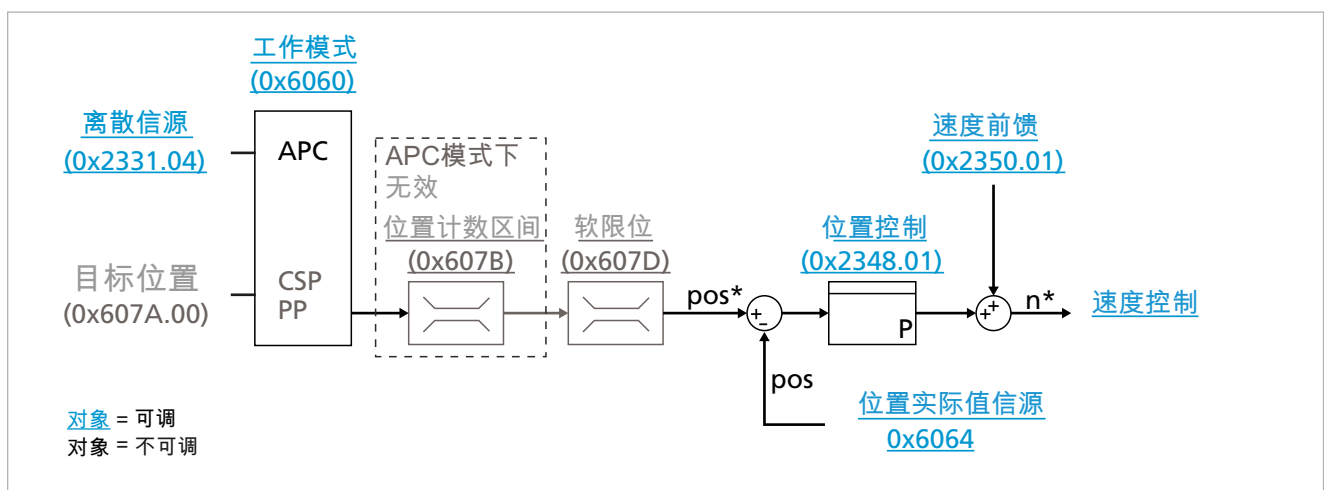


图 62: Motion Manager 的 APC 模式控制方框图

该工作模式下，下述对象必须设置：

- 工作模式 ( 0x6060=-2 )
- 位置设定值的离散信源 ( 0x2331.04 )

## 工作模式选择

### 5.9.4 举例：

#### 5.9.4.1 由模拟电压确定目标位置

- ✓ 已通过 Motion Manager 选定电机型号
- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 作用于位置控制器的设定值信源与比例，已根据第 52 页第 4.7 章节 设定完毕
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ▶ 选项：执行寻零，例如使用 BASIC 脚本实现在启动后立即开始寻零
- ▶ 工作模式已设为 APC ( 0x6060=-2 )。
- ✎ 设定完毕。



在工作模式切换选项对象 ( 0x233F.00 ) 中按位编码格式置位字位 2，可实现驱动器上电后自动打开功放输出端。



可以通过 BASIC 脚本来实现驱动器上电后首先自动执行寻零。在《编程手册》中有相关示例。

#### 5.9.4.2 由脉冲 + 方向的组合信号确定执行部件的目标位置

带模拟霍尔传感器 ( 4096 增量每圈 ) 的无刷电机作为执行部件，每 500 个脉冲驱动电机转动一圈。

- ✓ 已通过 Motion Manager 选定电机型号
- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 第二编码器已配置为脉冲 + 方向的组合信号 ( 参见第 67 页第 4.9 章节 )
- ✓ 对象 0x2331.04 写入 9，选定在 APC 模式下，第二编码器作为位置设定值的信源
- ✓ 脉冲信号已接入 DigIn 1，方向信号已接入 DigIn 2，信号阈值的对应比例已设好。
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ▶ 通过对象 0x2316.04 设定对应比例：
 
$$\text{目标位置} - \text{当前实际位置} = \text{脉冲数} * \frac{4096}{500}$$
- ▶ 选项：执行寻零。
- ▶ 工作模式已设为 APC ( 0x6060 = -2 )。
- ✎ 设定完毕。

工作模式选择

5.10 AVC 模式

5.10.1 基本功能

AVC 模式下，驱动器对电机进行调速控制，离散信源输入的控制信号作为目标速度的设定值。驱动器的规划参数在此无效。设定值直接用于控制。

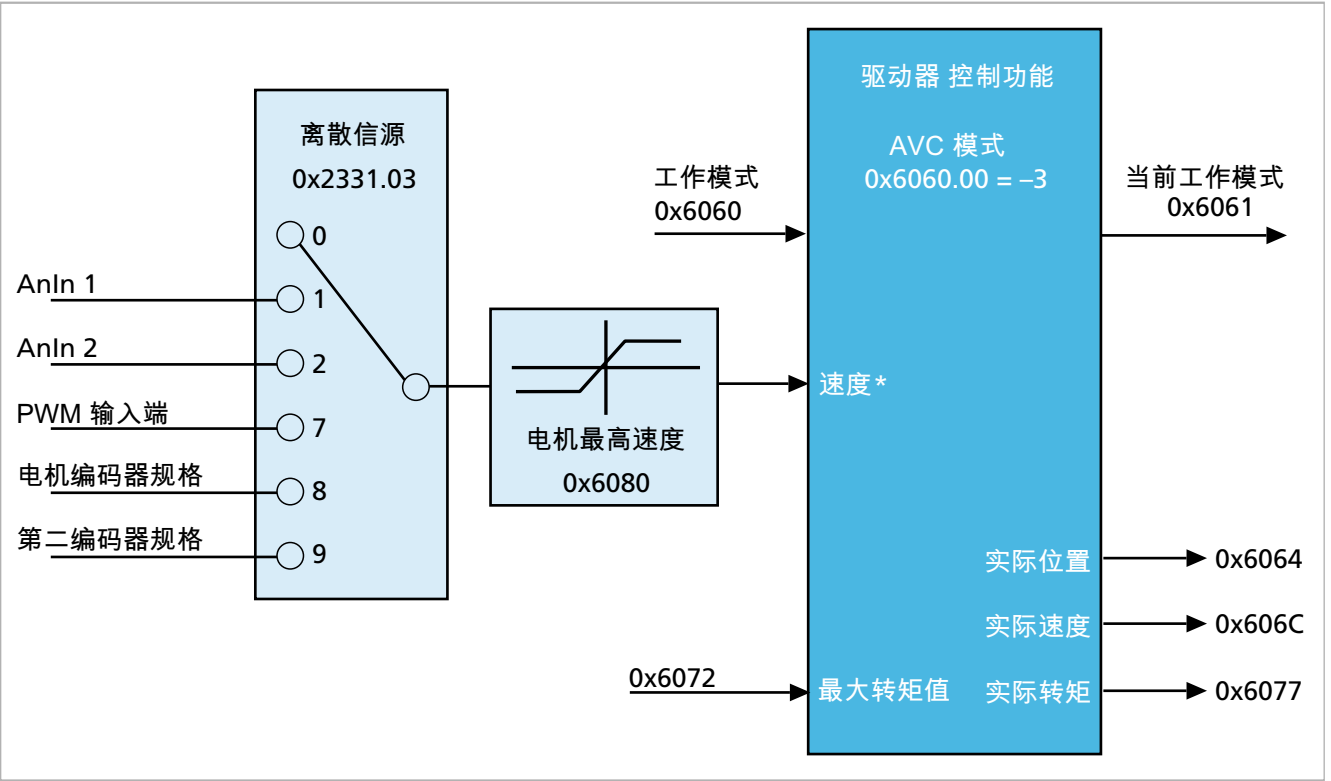


图 63: AVC 模式示意图

设定值与操作说明

当功放打开时，设定值即刻生效。设定值的单位为  $\text{min}^{-1}$ 。

表 66: 设定值信源

信源	设定值范围
<ul style="list-style-type: none"><li>模拟电压（从 AnIn1 或 AnIn2 输入）</li><li>PWM 信号输入</li></ul>	必须使用偏置和比例参数，将原始值范围调整为和驱动器所支持的范围一致。
<ul style="list-style-type: none"><li>通过正交信号（电机编码器或第二编码器）确立目标速度</li></ul>	目标速度由电机编码器或参考编码器的脉冲计数确定，它只与所设的编码器分辨率有关，无需进行其它换算。

表 67: 调整设定值信源比例（（参见第 44 页第 4.6 章节）

输入端	参数
模拟信号输入端	对象 0x2313 中的比例与偏置
PWM 信号输入	对象 0x2317 中的比例与偏置
电机编码器的正交信号	对象 0x2315 中的电机编码器分辨率
电机编码器接口接入的 BiSS-C 或 SSI 协议编码器信号	对象 0x2315 中的绝对编码器位数
参考编码器的正交信号	对象 0x2316 中的第二编码器分辨率
脉冲 + 方向的组合信号	对象 0x2316 中的第二编码器分辨率

## 工作模式选择

### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电机速度
- 实际值的测量
- 监测运动过程中的速度偏差
- 选项：限定电机转矩与速度
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

### 5.10.2 AVC 模式下的控制字 / 状态字

AVC 模式下，没有用到控制字和状态字的工作模式相关字位。

### 5.10.3 设置

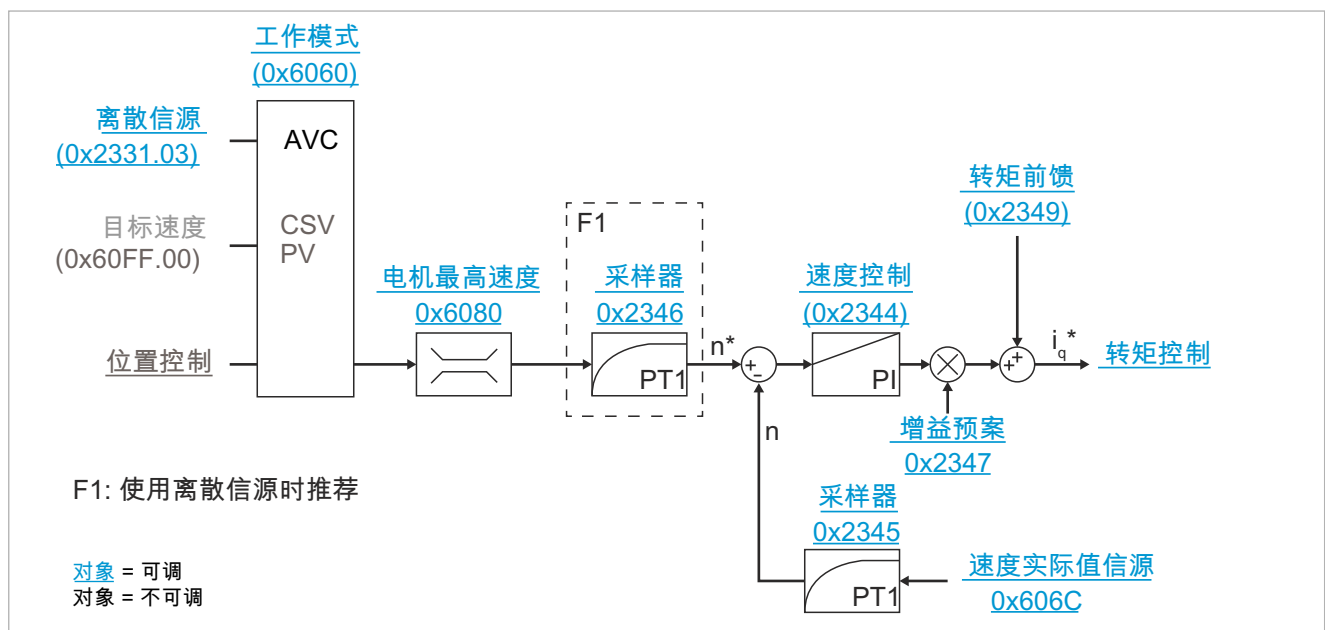


图 64: Motion Manager 的 AVC 模式控制方框图

该工作模式下，下述对象必须设置：

- 工作模式 ( 0x6060=-3 )
- 速度设定值的离散信源 ( 0x2331.03 )

## 工作模式选择

### 5.10.4 举例

在一个速度由电位计控制的皮带轮传动机构上，电位计电源电压为 5 V 并接入 AnIn 1。调节电位计时，电机的速度范围为 0~3000 min<sup>-1</sup>。

- ✓ 已通过 Motion Manager 选定电机型号
- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 设定对象 0x2331.03 = 1 以选定 AnIn 1 为目标速度信源。
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ▶ 适当设定 AnIn 1 的比例（参见第 67 页第 4.9 章节）：
  - $0 \text{ V} \triangleq 0 \text{ min}^{-1} \rightarrow \text{偏置} = 0$
  - $5 \text{ V} \triangleq 3000 \text{ min}^{-1}$
  - 比例 = 3000/5000

$$\text{设定值} = (\{\text{原始值}\} + \text{偏置}) * \text{比例} = \{0 \dots 5000\} * \frac{3000}{5000}$$

- ▶ 工作模式已设为 AVC（0x6060 = -3）。
- ↩ 设定完毕。

工作模式选择

5.11 ATC 模式

5.11.1 基本功能

ATC 模式下，驱动器控制电机的转矩或推力。目标值由输入端输入的离散信源直接确立，驱动器的规划参数在此无效。

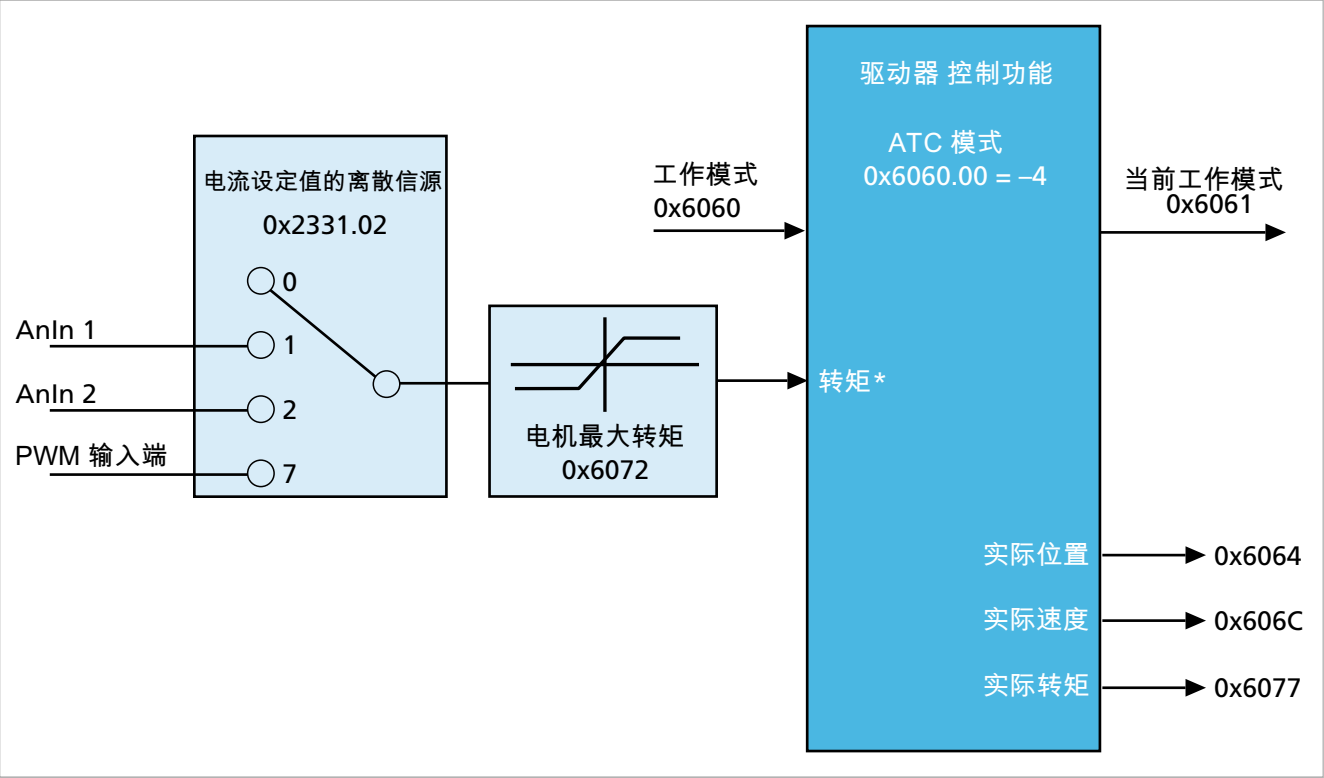


图 65: ATC 模式示意图

设定值与操作说明

当驱动器功放打开时，设定值即刻生效。设定值的单位为额定值的 1/1000，例如 500 就对应着电机额定转矩的 50%。

表 68: 设定值信源

信源	设定值范围
▪ 模拟电压（从 AnIn1 或 AnIn2 输入）	必须使用偏置和比例参数，将原始值范围调整为和驱动器所支持的范围一致。
▪ PWM 信号输入	

表 69: 调整设定值信源比例 ( ( 参见 第 44 页第 4.6 章节 ) )

输入端	参数
模拟信号输入端	对象 0x2313 中的比例与偏置
PWM 信号输入	对象 0x2317 中的比例与偏置

**i** 驱动器通过限流方式控制电机转矩或推力。设定值 1,000 对应着电机的额定电流。作为设定值的输入端信号必须据此设置适当的缩放比例。

## 工作模式选择

### 有效的子功能

- 驱动器根据第 23 页第 4.3 章节 的设定控制电流
- 实际值的测量
- 选项：限定电机转矩和推力
- 估算电机和驱动器功放输出端温度并据此实现过热保护
- 选项：通过软限位和限位开关来限定运动范围

### 5.11.2 ATC 模式下的状态字 / 控制字

ATC 模式下，没有用到控制字和状态字的工作模式相关字位。

### 5.11.3 设置

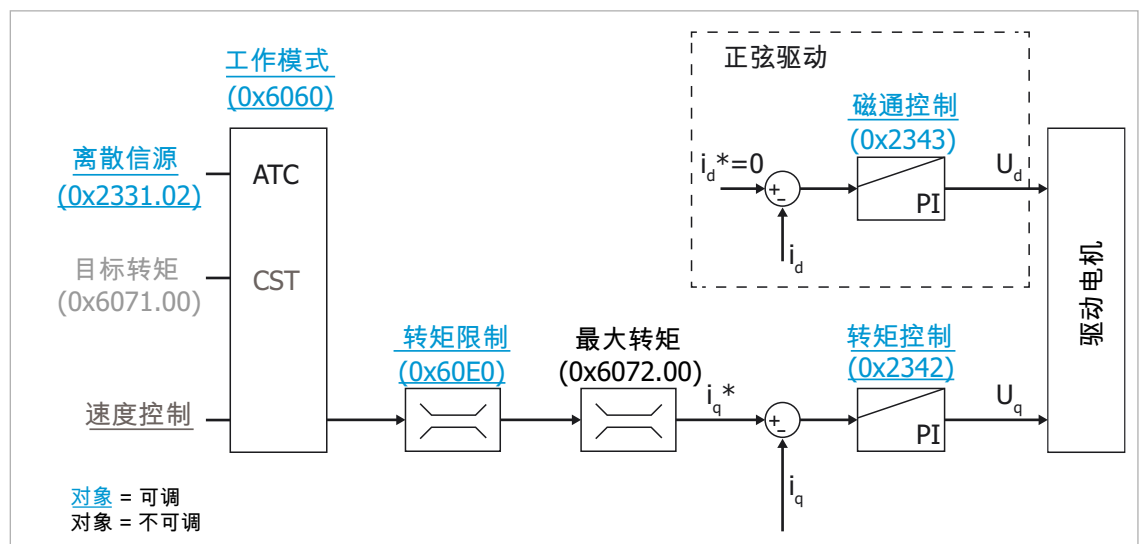


图 66: Motion Manager 的 ATC 模式控制方框图

该工作模式下，下述对象必须设置：

- 工作模式 ( 0x6060=-4 )
- 电流设定值的离散信源 ( 0x2331.02 )



## 工作模式选择

### 5.11.4 举例

在一个拉力由电位计控制的绕线机上，电位计电源电压为 5 V 并接入 AnIn 1。调节电位计时，拉力对应的转矩在电机额定转矩的 0~80% 之间变化。为预防拉断，应对电机速度进行监控。

- ✓ 已通过 Motion Manager 选定电机型号
- ✓ 驱动器参数已参照第 23 页第 4.3 章节 的说明设置完毕
- ✓ 设定对象 0x2331.02 = 1 以选定 AnIn 1 为目标电流值信源。
- ✓ 通过对象 0x2344.05 设定标定速度。
- ✓ 根据错误掩码 0x2321 在 FAULHABER 错误寄存器 0x2320 中，设定针对动态性受限错误的响应对策（例如关机）。
- ✓ 驱动器处于 *Operation Enabled* 状态
- ▶ 适当设定 AnIn 1 的比例（参见第 67 页第 4.9 章节）：
  - $0\text{ V} \triangleq 0\% \rightarrow \text{偏置} = 0$
  - $5\text{ V} \triangleq 80\% = 800$
  - 比例 = 800/5000
$$\text{设定值} = (\{\text{原始值}\} + \text{偏置}) * \text{比例} = \{0 \dots 5000\} * \frac{800}{5000}$$
- ▶ 工作模式已设为 ATC（0x6060 = -4）。
- ↩ 设定完毕。

## 保护与监测功能

### 6 保护与监测功能

FAULHABER 驱动器针对功放和所驱动的电机电，具有多重保护措施：

- 驱动器功放和所驱动电机的温升发热模型
- 通过电流控制器实现的电流和转矩限定
- 电机制动时的过压控制
- 欠压监测

#### 6.1 过热保护

小功率驱动器通常没有测量电机绕组温度的传感器。通过发热模型估算绕组温度，可以保护电机避免过载，同时又能最大限度发挥电机的动态特性。此外，估算对象还包括了驱动器功放的温度：

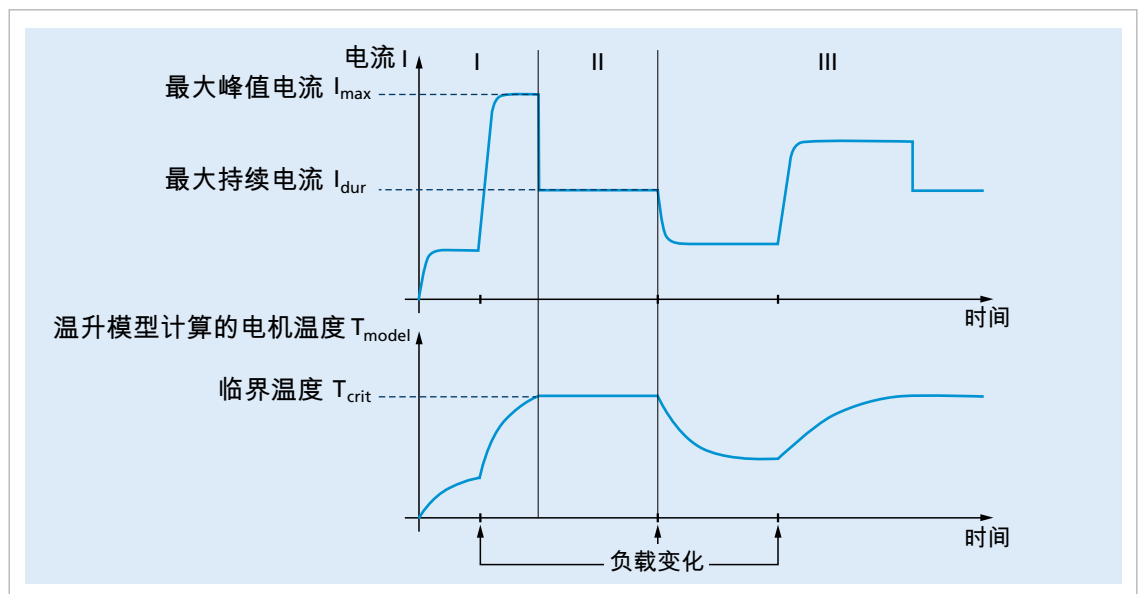


图 67:  $P_t$  限流功能示意图

阶段	说明
I	当电机在尚未发热的情况下启动时，驱动器的初始限流值为所设的最大峰值电流（阶段 I）。
II	温升发热模型随电机的启动同步开始工作，实时计算着发热量所引起的温升。当温度计算值超过临界值时，限流值降至所设的最大持续电流，电机工作电流以此为上限（阶段 II）。
III	仅当负载降低、温度计算值低于临界值时，驱动器才会重新以最大峰值电流作为限流值。如果温度计算值再次超过临界值，则又会以最大持续电流作为限流值（阶段 III）。



在室温下，对于 S2 工作模式（间歇工作），峰值电流可持续时长的典型值为数百毫秒。

## 保护与监测功能



### 小心！

由于安装方式和环境温度各异，驱动器所计算出的电机绕组温度，可能与实际温度不同。

- ▶ 若有必要，可将最大持续电流值适当降低，使其低于电机参数表上的额定电流值。
- ▶ 仅在防护措施下才可触摸电机表面。



### 注意！

最大持续电流值的设定与电机的安装方式有关。设定不当可能导致电机过热继而损毁绕组。

- ▶ 热阻值的缩减比例与最大持续电流值，需根据安装情况来确定。
- 测得或估算的温度，以及各自的极值，存放于对象 0x2326 中。
- 电机的模型参数在对象 0x232A 中。驱动器的模型参数，则会在 Motion Manager 电机配型向导过程中写入。对于集成驱动器的伺服单元，各模型参数已在出厂时预置完毕。
- 下述参数可根据安装方式适当调整。
  - 环境温度（0x232A.08）
  - 不同安装方式下的热阻缩减比例（0x232A.09）
  - 热容许的持续电流（0x2329.02）



对象 0x2329.02 默认值为参数表所给出，热容许条件下的电机持续电流最大值。视电机安装情况的不同而可能需要修改。该参数为电机在特定应用下，不会导致电机或（集成的）驱动电路损坏的安全电流值。因此如果散热条件良好，该值可以加大，反之则应减小。

当温度超过预警限定值时，设备状态会输出信号。一旦任意部件的温度估算值超过对象 0x2326 所设的预警阈值，则驱动器将限流值降低为最大持续电流值，电机的动态性能因此受限。直到过热的部件充分冷却后，才又恢复为按最大峰值电流值限流。

## 6.2 转矩或推力限定

驱动器的电流控制器可以限定旋转电机的输出转矩或直线电机的推力。这可避免减速箱输入级齿轮的过载。

对象 0x60E0 和 0x60E1 分别用于电流控制器的正负设定，用以限定两个方向的输出转矩或推力。

## 保护与监测功能

### 6.3 电源监测

FAULHABER 驱动器实时监测着自身和电机的电源端。

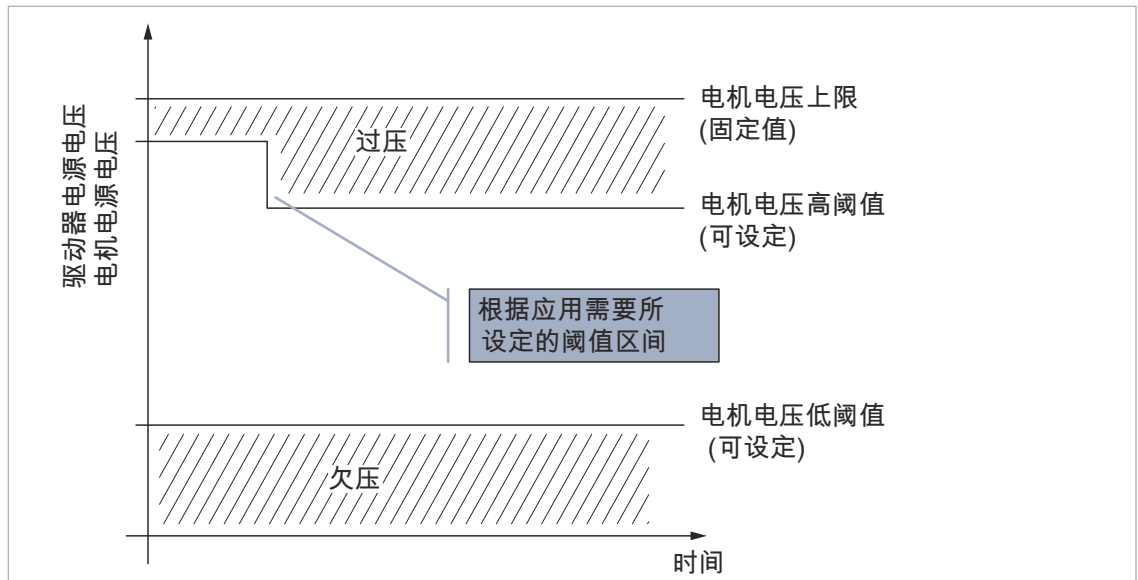


图 68: 电源监测

电源的限定值和当前值，可在对象 0x2325 中查看：

- 设备所能承载的电机电压上限（0x2325.03）和驱动器电压下限（0x2325.01）为固定值。
- 电机电压低阈值（0x2325.02）可根据应用所需设定（参见第 140 页第 6.3.1 章节）。
- 对象 0x2325.05 用以设定输出对应故障指示时，电压异常所需持续的时长（第 140 页第 6.3.1 章节）。
- 电机电压高阈值（0x2325.04）最高可为电机电压上限（0x2325.03）。
- 初始电压如果在阈值区间之外，则驱动器无法进入 *Operation Enabled* 状态。
- 动态工作中的电机在制动时，会向电源反输再生能量。电源电压可能因此而升高，甚至超过所设的高阈值，此时将会激活过压保护。因此，若有必要，需降低电机的制动功率（第 141 页第 6.3.2 章节）。

FAULHABER 的 MC 5010、MC 5005 和 MC 5004 驱动器带有发光二极管的电源指示灯。当电压在所设范围内时，指示灯绿色常亮。

如果电源电压超出所设范围且持续时长超过所设阈值，则设备状态相关字位将被置位、电源指示灯熄灭。

#### 6.3.1 欠压监测

如果驱动器电源电压低于对象 0x2325.01 的设定值，设备状态字（0x2324.01）第 19 字位将输出故障指示、功放即刻关闭。需注意电压恢复正常后，功放并不会自动重新打开。

当电机电源电压低于对象 0x2325.02 设定的低阈值，且持续时长超过对象 0x2325.05 的限定后，设备状态字（0x2324.01）第 20 字位将输出欠压故障指示。与驱动器电源欠压一样，功放也会即刻关闭。



如果对象 0x2325.02 为 0，则不会对电机电源电压进行欠压监测。

## 保护与监测功能

### 6.3.2 过压控制

电机处于制动或发电状态时，会向电源反输再生能量，而电源通常却无法接受。在这种情况下，电源电压可能会因此而升高。

为避免电源等组件因此而损坏，FAULHABER 驱动器在驱动无刷电机时，一旦电压超过对象 0x2325.04 所设定的高阈值，就会调整驱动电流相角，通过降低功效来加大能耗。此外，在必要时，所有类型电机的制动功率都应降低。



#### 注意！

默认设置下，FAULHABER 驱动器并不限制再生能量的反输，除非电压升高到超过了高阈值的默认值。因此，对于电压上限为 50 V 的驱动器而言，50 V 以内峰值电压不会影响到电机的动态特性。如果系统电源电压为 24 V，那么需要注意，反输的再生能量所引起的电压升高，可能会导致系统中的其它设备出现故障甚至损毁。

- ▶ 将电机电压高阈值适当调低。



重载工况时，要让电机即使在制动状态下，也能充分发挥动态性能，则应在直流电源和驱动器之间并入制动斩波器。

## 7 诊断

### 7.1 设备监测

FAULHABER 驱动器的诊断组件，对设备状态进行循环监测。

监测对象包括：

- 电源电压
- 温度
- 动态驱动状态

检测结果以位编码形式存储于设备状态对象 0x2324.01 中。此外，各限位开关 的状态也在设备状态中集中更新。

设备状态可通过通信端口查询。另外，还可选择设备状态的各项目，将其映射至指派的某个数字输出端，实现项目状态的数字信号指示。

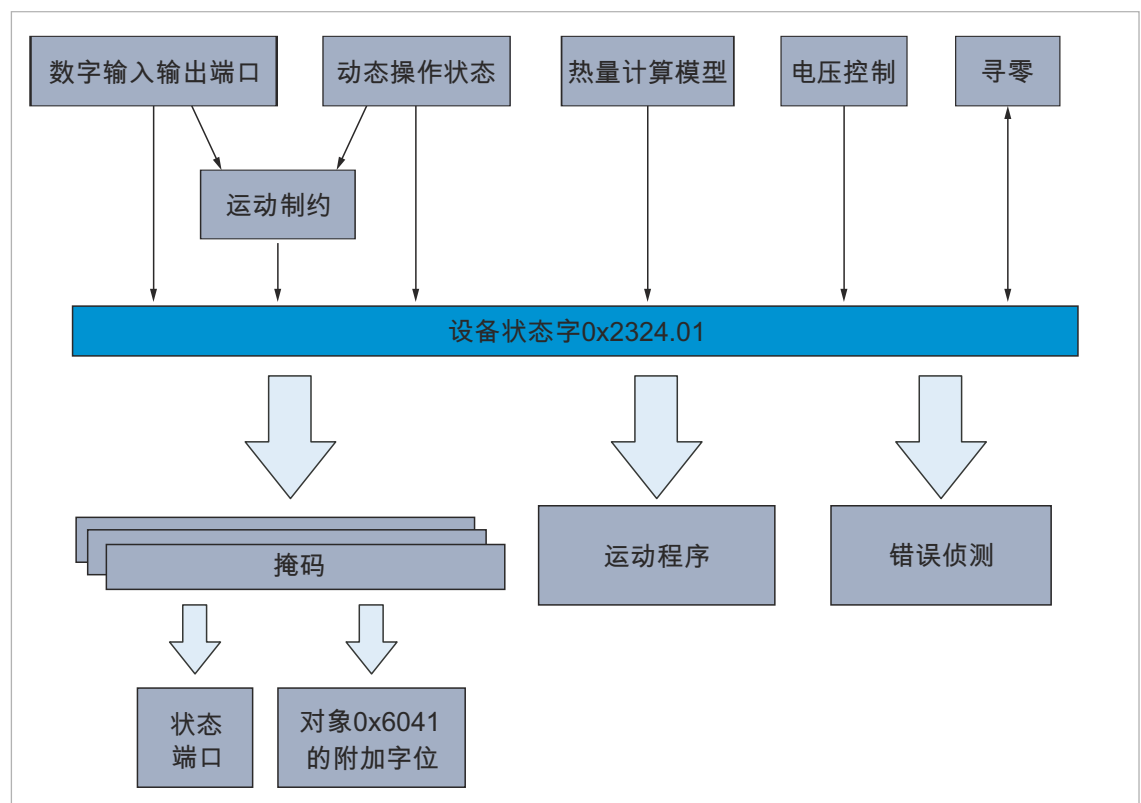


图 69: 设备状态的方框图

**i** 驱动器前 8 个数字输入端的状态，显示于设备状态的高 8 位中。这意味着改变各输入端的状态，即可对运动程序实施控制。

## 诊断

### 7.1.1 设备状态 0x2324.01

表 70: 设备状态各条目含义一览表

字位	掩码	说明	说明
0	0x 00 00 00 01	n=0 监测	电机实际速度在零速度窗口内，即认定为静止。
1	0x 00 00 00 02	目标速度已达到	电机实际速度在目标速度窗口内（仅 PV 模式适用）。
2	0x 00 00 00 04	速度偏差超限	速度控制器的控制偏差（设定值对比实际值）超过了对象 0x2344.03 的限定，且这种状态的持续时长超过了对象 0x2344.04 的限定。
3	0x 00 00 00 08	目标位置已达到	电机实际位置在目标位置窗口内（仅 PP 模式适用）。
4	0x 00 00 00 10	掠过位置设定点	电机掠过了设定值对应的位置点（仅 PP 模式适用）。
5	0x 00 00 00 20	偏差超限的跟随错误	位置控制器的控制偏差（设定值对比实际值）超过了对象 0x6065 的限定，且这种状态的持续时长超过了对象 0x6066 的限定。
6	0x 00 00 00 40	正限位开关触发	正限位开关已触发。
7	0x 00 00 00 80	负限位开关触发	负限位开关已触发。
8	0x 00 00 01 00	到达软限位上限	电机实际位置大于或等于软限位区间的上限值。
9	0x 00 00 02 00	到达软限位下限	电机实际位置小于或等于软限位区间的下限值。
10	0x 00 00 04 00	检测到参考输入信号 <sup>a)</sup>	所配置的参考输入端已检测到输入信号。
11	0x 00 00 08 00	检测到编码器索引脉冲 <sup>a)</sup>	所配置的编码器已检测到索引信号。
12	0x 00 00 10 00	参考运动已完成	驱动器至少成功完成了一次参考运动（寻零）。
13	0x 00 00 20 00	电压受限	输出至电机的电压受限（受功放的限定）。
14	0x 00 00 40 00	转矩受限	输出至电机的电流受限（受设定值的限定）。
15	0x 00 00 80 00	速度受限	电机的速度受限（受设定值的限定）。
16	0x 00 01 00 00	温度达到预警限定值	所监测部件之一的温度超过了预警限定值。驱动器将限流值降低为最大持续电流值。
17	0x 00 02 00 00	温度达到关机限定值	所监测部件之一的温度超过了关机限定值。
18	0x 00 04 00 00	电源电压过高	所监测的电压之一超限： <ul style="list-style-type: none"> <li>驱动器电源电压 &gt; 电压上限值</li> <li>电机电源电压 &gt; 高阈值</li> </ul> 过压控制器可能已跳闸切断电源。
19	0x 00 08 00 00	驱动器电源欠压	驱动器电源电压低于对象 0x2325.01 的限定。
20	0x 00 10 00 00	电机电源欠压	电机电源电压低于对象 0x2325.02 的限定。
21	0x 00 20 00 00	电机超速	电机速度高于对象 0x2344.05 的标定。
22	0x 00 40 00 00	安全监测	具备 STO 功能驱动器的 STO 状态监测
23	0x 00 80 00 00	系统保留	-
24	0x 01 00 00 00	DigIn01	DigIn01
25	0x 02 00 00 00	DigIn02	DigIn02
26	0x 04 00 00 00	DigIn03	DigIn03
27	0x 08 00 00 00	DigIn04	DigIn04
28	0x 10 00 00 00	DigIn05	DigIn05
29	0x 20 00 00 00	DigIn06	DigIn06
30	0x 40 00 00 00	DigIn07	DigIn07
31	0x 80 00 00 00	DigIn08	DigIn08

a) 仅参考运动（寻零）中有效

## 诊断

### 7.1.2 数字输出端输出诊断信号

通过对象 0x2312，可将设备状态中的一个或多个项目，任意组合为诊断组。诊断组可映射至驱动器的某个数字输出端口以输出诊断信号。映射数字输出端口时，至多能设定 4 组诊断组。

可为各诊断组指派一个数字输出端。值 0，则表示该诊断组不会通过端口输出诊断信号。

设备状态的各字位（项目）均有唯一掩码。诊断组内各选定字位的掩码之和称为诊断组值。组内任意一个或多个字位一旦置位，该组所对应的数字输出端就会输出诊断信号。可用公式表达为。

诊断信号输出 = ( 诊断组值 & 组内的设备状态字位值 ) > 0 ( 具体值与对应位掩码链接 )

参数	诊断组 1	诊断组 2	诊断组 3	诊断组 4
端口指派	0x2312.08	0x2312.0A	0x2312.0C	0x2312.0E
诊断组值 ( 无符号 32 位 )	0x2312.09	0x2312.0B	0x2312.0D	0x2312.0F

### 7.1.3 附加字位

除了映射到数字输出端之外，设备状态中的一个或多个项目所组合成的诊断组，还可以映射到状态字 (0x6041) 的附加字位：字位 14 和 15 以输出诊断信号。它支持两组诊断组，与两个附加字位的逻辑值相对应：

当诊断组值不为零且组内至少一个字位置位时，附加字位就会置位。可用公式表达为。

附加字位置位 = ( 诊断组值 & 组内的设备状态字位值 ) > 0 ( 具体值与对应位掩码链接 )

反之，附加字位复位。

参数	状态字字位 14	状态字字位 15
诊断组值 ( 无符号 32 位 )	0x233A.01	0x233A.02



## 7.2 错误处理

FAULHABER 驱动器和伺服单元，有两种错误处理机制：

### ■ 按照 CiA402 协议（伺服驱动概述）处理错误：

允许对 CANopen 和 EtherCAT 网络中的通信错误做出响应。当通信中断或出现故障时，可让驱动器停机或关闭。

另外，在通信设置对象 0x2400.04 Communication Settings 中，可设定是否对某一可用的通信总线进行错误监测。

### ■ 通过 FAULHABER 错误寄存器（0x2320）处理错误：

对通信错误、设备故障和应用均可做出响应。

### 对通信错误的响应

下表显示了两种错误处理机制，对各种错误的响应支持。

错误类型	错误	CiA402 标准规范 <sup>a)</sup>	FAULHABER 错误寄存器（0x2320） <sup>b)</sup>
协议错误	PDO 长度错误	–	✓
低级错误	总线关闭	✓	✓
	缓冲区溢出	–	✓
状态的意外改变	退出 <i>Operational</i> 状态	✓	–
节点保护或心跳信号错误	–	✓	✓

a) 根据 CiA 402 标准规范确定响应方式，参见第 145 页第 7.2.1 章节

b) 根据 FAULHABER 错误寄存器确定响应方式，参见第 146 页第 7.2.2 章节

### 7.2.1 按照 CiA 402 标准规范（伺服驱动概述）处理错误

符合 CiA 402 标准规范的伺服驱动器，对通信错误的响应，可在对象 0x6007.00 中定义。

数据	对通信错误的响应
0	无响应，驱动器继续根据设定值实施控制。
1	驱动器 CiA 402 状态机进入故障状态。 <ul style="list-style-type: none"> <li>驱动器控制电机，按照对象 0x605E（故障停车选项）设定的方式减速停车。</li> <li>如果设定有制动信号输出，则制动信号生效。</li> </ul>
2	作为对 <b>关闭功放</b> 指令的响应，驱动器的 CiA 402 状态机进入到 <i>Switch on Disabled</i> 状态。 <ul style="list-style-type: none"> <li>驱动器的功放可即刻关闭，也可在控制电机按规划负加速度减速停车后再关闭。</li> <li>如果设定有制动信号输出，则制动信号生效。</li> </ul>
3	驱动器 CiA 402 状态机进入 <i>Quick-Stop</i> 状态，所有尚未执行的运动控制任务全部取消。根据对象 0x605A（急停停车选项）的设定，驱动器可能的响应包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>驱动器控制电机按设定的方式减速停车。</li> <li>驱动器控制电机保持静止或关闭功放。</li> </ul>

## 7.2.2 通过 FAULHABER 错误寄存器处理错误

从设备诊断、通信端口和硬件驱动收集到的错误，包罗于 FAULHABER 错误寄存器（0x2320）中。对象 0x2321 中的掩码，用于定义系统如何响应所侦测到的错误。

在 CiA301 / CiA402 协议中，除了紧急对象之外，还为各种错误分配了一个错误编码。

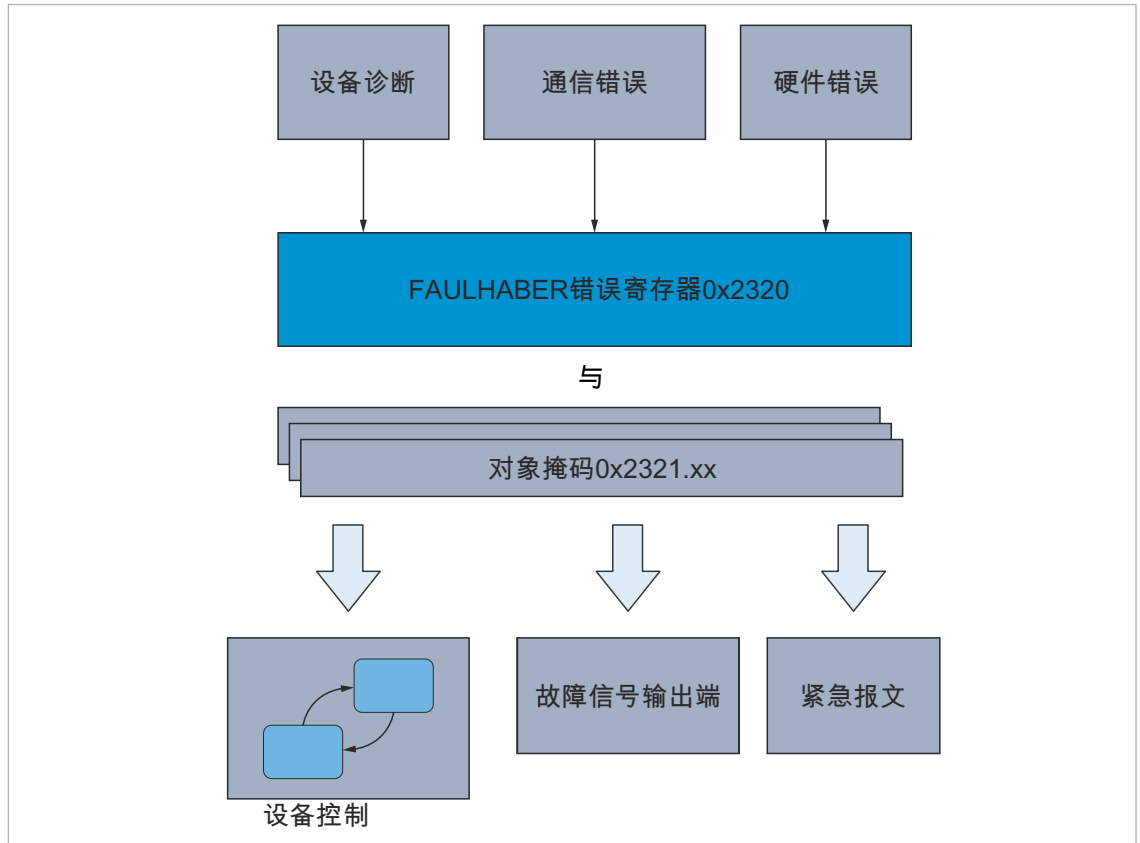


图 70: 错误侦测方框图

## 诊断

表 71: FAULHABER 错误寄存器中各对应 CiA 402 条目的含义

字位	掩码	说明	CiA402 协议的对应代码		说明
0	0x 00 01	速度偏差超限	0x84F0	速度偏差超限	设备诊断监测到速度偏差超限。超限判定条件通过对对象 0x2344 设定。
1	0x 00 02	跟随错误	0x8611	跟随错误	设备诊断监测到跟随错误（位置设定值和实际值之间偏差过大）。跟随错误判定条件通过对对象 0x6065 和 0x6066 设定。
2	0x 00 04	过压	0x3210	过压	驱动器或电机电源之一过压。驱动器因此而关闭功放。
3	0x 00 08	欠压 <sup>a)</sup> 。	0x3220	欠压	驱动器或电机电源至少之一欠压。
4	0x 00 10	温度警报	0x2310	启动限流	热模型将最大电流限制为最大持续电流限制值。
5	0x 00 20	温度错误	0x4310	过热	温度监测对象至少之一超过了关机限定值。驱动器因此而关闭功放。
6	0x 00 40	编码器错误	0x7300	编码器错误	<ul style="list-style-type: none"><li>模拟霍尔传感器：至少一个霍尔传感器的信号幅值在周期内不够均衡，这将导致电机抖动。</li><li>数字霍尔传感器：检测到无效的霍尔传感器信号组合。</li><li>AES 绝对值编码器：CRC 校验出错。</li></ul>
7	0x 00 80	内部硬件错误	0x5410	输出端 / 数字输出端错误	至少一个数字输出端未达预期电平状态而被动返回原先状态。
8	0x 01 00	系统保留	—		
9	0x 02 00	电流测量出错	0x7200	电流测量错误	电流测量出错。三相电流值之和不等于零。 可能的原因： <ul style="list-style-type: none"><li>绕组与外壳短路引起的电流故障</li><li>电机额定电流与驱动器电流测量范围不兼容</li></ul>
10	0x 04 00	系统保留	—		
11	0x 08 00	通信错误	0x8110	CAN 网通信溢出	CAN 总线报告接收缓冲区溢出。
			0x8130	CAN 节点保护失效	CAN 节点保护或心跳信号出错。
			0x8140	CAN 总线再生	经过短暂关闭后，CAN 通信的驱动器重新并入总线。
			0x8141	CAN 总线关闭	CAN 通信的驱动器脱离总线。当接收到过多的错误帧后，会出现这种状况。
			0x8210	PDO 长度错误	接收到了与映射长度不兼容的 PDO。
			0x8310	RS232 网通信溢出	RS232 堆栈无法保存信息。
			0x8101	CAN 网初始化错误	CAN 堆栈无法启动。
12	0x 10 00	计算错误	0xFF20	软件错误	BASIC 脚本运行过程中出错。
13	0x 20 00	动态性受限	0x84FF	速度控制器出错	电机速度超过了对对象 0x2344 所设的标定速度。
14	0x 40 00	安全监测出错	0x5480	功放输出端关闭	功放输出端被 STO 功能关闭。
15	0x 80 00	系统保留	—		
—	—	—	0x0000	无错误	驱动器处于无故障的正常状态

a) 仅当输入 > 0 V 时，才会根据对象 0x2325.02 限定的低阈值监测电机电源电压

表 72: 错误响应的设置一览表

对象	掩码
0x2321.01	紧急对象掩码：使用掩码和，选择触发发送紧急报文的错误。 默认值：0xFFFF
0x2321.02	故障状态掩码：使用掩码和，选择触发状态机进入 <i>Fault</i> 状态的错误。 默认值：0x0000
0x2321.03	故障信号输出掩码：使用掩码和，选择触发故障输出端输出信号的错误。 默认值：0x0000
0x2321.04	强制关闭功放掩码：使用掩码和，选择触发驱动器强制关闭而非进入故障状态的错误。例如过压和过热等。它们由厂商设定，用户不可更改 默认值：0x4024 对于具备 STO 功能的驱动器，当 STO 出错时，也将从软件层面强制关闭功放输出。
0x2321.05	关闭功放掩码：使用掩码和，选择触发驱动器关闭而非进入故障状态的错误，用户可配置。 默认值：0x0000
0x2321.06	急停掩码：使用掩码和，选择使状态机进入到 <i>Quick Stop</i> 状态的错误。遵照急停选项代码的设定。

## 7.2.2.1 关闭驱动器以响应错误

对于检测到的每个错误，状态机会逐一确定是否需要或必须做出响应。

当前错误以位掩码之和的形式记录在 FAULHABER 错误寄存器（0x2320）中。当对象 0x2321 中所定义的错误掩码，至少有一条与 FAULHABER 错误寄存器匹配时，就会触发响应动作。匹配检测按如下次序进行：

优先级	说明	对象	默认值
1	强制关闭功放掩码	0x2321.04	0x 40 24
2	强制关闭功放掩码	0x2321.05	0x 00 00
3	急停状态掩码	0x2321.06	0x 00 00
4	错误掩码	0x2321.02	0x 00 00

**i** 强制关闭功放掩码由厂商预置，用户不可更改。它适用于下列情形之一：

- 驱动器或电机二者之一的电源电压，超过了对象 0x2325.04 所设定的高阈值且持续时长超过对象 0x2325.05 的限定。
- 驱动器电源电压低于对象 0x2325.01 所设定的低阈值且持续时长超过对象 0x2325.05 的限定。
- 温度监测部件对象之一的温度超过了关机限定值。
- 驱动器或电机二者之一的电源电压，超过了对象 0x2325.03 限定的电机电压上限 30% 以上。
- 对于具备 STO 功能的驱动器，通过 STO 功能关闭了功放。

出现上述情形时，驱动器功放会被强制关闭，不再受控于运动规划器。如果设定有制动信号输出，则制动信号生效。

**i** 需要关闭功放的故障在续存期间，驱动器将无法进入开机状态（参见下例）。

## 诊断

### 举例

- ✓ 已配置为出现欠压错误时，关闭驱动器功放（掩码）。
- ✓ 电机源压低于所设定的阈值。
- ✗ 在侦测到欠压的期间内，驱动器无法进入开机状态。

### 7.2.2.2 故障输出端输出故障指示信号以响应错误

在对象 0x2321.03 中写入各项的错误掩码之和，即完成了选择触发故障输出端输出指示信号的错误类型。默认设置下，所有错误都不会触发指示信号。



用于输出故障指示信号的数字输出端口，由对象 0x2312.01 指派。默认设置下，没有为故障指示信号指派输出端。

## 7.3 错误信息信使功能

错误信息包括：

- 标准错误寄存器（0x1001）
- CiA 标准规范的错误编码
- FAULHABER 错误寄存器（0x2320）

异步发送的紧急对象报文为 8 字节定长，它用以向主站报告错误而无需请求。

字节 8							
错误编码字节 0 (LB)	错误编码字节 1 (HB)	错误寄存器当前值	FAULHABER 错误寄存器字节 0 (LB)	FAULHABER 错误寄存器字节 1 (HB)	0	0	0

紧急报文的用户数据构成：

- 错误 0 (LB) / 错误 1 (HB)：16 位错误代码
- 错误寄存器当前值：错误寄存器（对象 0x1001 的内容，参见第 150 页第 7.3.1 章节）
- FE0(LB)/FE1(HB)：16 位 FAULHABER 错误寄存器（对象 0x2320 的内容，参见第 150 页第 7.3.1 章节）
- 字节 5 到 7：未使用（0）。

错误寄存器识别错误类型。单个错误类型带有位编码并且被分配给相应的错误代码。对象 0x1001 包含错误寄存器的最后一个值。

关于紧急对象，在通信手册中有详细说明。

在 0x2321.01 中选择紧急对象掩码，可选定触发通过通信系统发送紧急对象的错误类型。默认设置下所有错误都会触发。



异步发送的紧急对象无需上位机的请求。所使用的报文类型取决于通信系统。对象 0x2400.04 用以选择发送紧急对象和异步应答的通信端口。



RS232 组网模式不支持异步通信，因此无法通过串口发送紧急对象。这种情况下，也不会以其它方式自动发送关于出错的报文。

## 诊断

### 7.3.1 错误寄存器 0x1001 和错误日志 0x1003

错误寄存器的分配，遵照 CiA 301 标准规范的定义。

**错误寄存器 ( Error register ) ( 0x1001 )**

字位	说明	对象 0x2320
0	一般性错误	任意故障位置位后，则字位 0 置位。
1	电流错误	字位 4：温度警报
2	电压错误	字位 2：过压或 字位 3：欠压
3	温度错误	字位 5：温度错误
4	通信堆栈错误	字位 11：通信错误
5	驱动定义的错误	字位 0：速度偏差超限或 字位 1：跟随错误
6	未使用	-
7	厂商定义的错误	所有的硬件错误 ( 字位 6~9 和 12、13 )

**预定义错误字段 ( Pre-defined error field ) ( 0x1003 )**

最近的 8 帧紧急对象报文在驱动器中保存为错误日志，可通过对象 0x1003 读取。日志中所存的紧急对象报文数目，由对象 0x1003.00 查看。

### 7.3.2 通信设置

通信设置对象 0x2400.04 用以设定不同的通信端口下，所能发送的报文类型。

索引	字节 3	字节 2	字节 1	字节 0
0x2400.04	系统保留	RS232 报文设定	USB 报文设定	CANopen 报文设定

通信设置为位编码形式：

位编码	名称	说明
0x00 00 00 01	CAN-NMT mandatory	在 CANopen 或 EtherCAT 网络中，驱动功能只有在通过 NMT 让状态机进入 <i>Operational</i> 状态后才能启用。在这之后，可以根据 CiA 402 标准规范处理通信丢失错误。
0x00 00 00 02	Transmit async PDOs and EMCys via CAN	CiA 402 状态机状态改变时，允许发送异步应答和发送紧急对象。
0x00 00 01 00	Transmit EMCys via USB	允许通过 USB 端口发送紧急对象。
0x00 00 02 00	Transmit async messages via USB	CiA 402 状态机状态改变时，允许通过 USB 端口发送异步应答。
0x00 00 80 00	Suppress boot message via USB	允许通过 USB 端口发送启动报文。
0x00 01 00 00	Transmit EMCys via RS232	允许通过 RS232 串口发送紧急对象。 组网模式 ( 多个驱动器通过一个 RS232 串口联机 ) 下，无法发送紧急对象。
0x00 02 00 00	Transmit async messages via RS232	CiA 402 状态机状态改变时，允许通过 RS232 串口发送异步应答。 组网模式 ( 多个驱动器通过一个 RS232 串口联机 ) 下，无法发送异步应答。
0x00 80 00 00	忽略校验码	忽略所接收报文中的校验码。这让使用第三方上位机时的试车变得简单化。



对象 0x2400.04 的设定，对于两种错误处理机制均有效。

## 7.4 通过状态指示灯显示状态

状态指示灯的显示，因驱动器状态不同而异。

表 73: 通过状态指示灯显示状态

颜色	状态	说明
绿色	闪烁	驱动器待机。但状态机尚未进入 <i>Operation Enabled</i> 状态。控制器和输出级已关闭。
绿色	常亮	功放已打开，驱动器就绪。
红色	连续闪烁	驱动器已切换到故障状态。输出级将关闭或已关闭。
红色	闪码	引导过程失败。请联系 FAULHABER 技术支持。
红色	常亮	驱动器处于引导模式。

## 参数说明

### 8 参数说明

#### 8.1 厂商定义的对象

##### 输入输出端口数 ( Number of I/Os ) ( 0x2300 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2300	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Number of Digital Inputs	U8	只读		数字输入端口数
	0x02	Number of Digital Outputs	U8	只读		数字输出端口数
	0x03	Number of Analog Inputs	U8	只读		模拟输入端口的数量
	0x04	Number of Emulated Digital Inputs	U8	读写	0	仿真数字输入端口数

##### 数字输入端 ( Digital Input Settings ) ( 0x2310 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2310	0x00	Number of Entries	U8	只读	18	对象条目总数
	0x01	Select Lower Limit Switch Inputs	U8	读写	0	选择接入低限位开关信号的输入端
	0x02	Select Upper Limit Switch Inputs	U8	读写	0	选择接入高限位开关信号的输入端
	0x03	Limit Switch Option Code	S16	读写	2	限位停车选项
	0x04	Select Reference Switch Input	U8	读写	0	选择接收参考点开关信号的输入端
	0x05	Emulated Input Threshold Level	U8	读写	0	位编码，参见第 77 页第 4.10.2 章节
	0x10	Input Polarity	U8	读写	0	设定输入端的触发极性
	0x11	Input Threshold Level	U8	读写	0	设定所有输入端的触发信号规格： <ul style="list-style-type: none"> <li>0：5V，兼容 TTL</li> <li>1：24V，兼容 PLC</li> </ul>
	0x12	Input Filter Active	U8	读写	0	以位掩码形式，设定 8 个输入端是否启用输入信号滤波。 <ul style="list-style-type: none"> <li>0：不启用</li> <li>1：启用</li> </ul>

数字输入端的位掩码说明，参见表 33



## 参数说明

### 数字输入 / 输出端口状态 ( Digital I/O Status ) ( 0x2311 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2311	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Digital Input Logical State	U8	只读	0	数字输入端的逻辑状态
	0x02	Digital Input Physical State	U8	只读	0	数字输出端的物理状态
	0x03	Digital Output Status	U8	只读	0	数字输出端的电平状态
	0x04	Write Digital Outputs	U16	读写	0	直接设置或翻转数字输出端电平状态。

数字输入端的位掩码说明，参见表 33

### 数字输出端 ( Digital Output Settings ) ( 0x2312 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2312	0x00	Number of Entries	U8	只读	16	对象条目总数
	0x01	Select Fault Output Pin	U8	读写	0	指派输出故障指示信号的端口。
	0x02	Select Brake Control Pin	U8	读写	0	指派输出制动信号的端口
	0x03	Brake Delay time	U8	读写	0	为制动信号的关联动作所设定的延迟时间
	0x08	DiagOutput 1 Pin Selection	U8	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x09	DiagOutput 1 Mask	U32	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0A	DiagOutput 2 Pin Selection	U8	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0B	DiagOutput 2 Mask	U32	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0C	DiagOutput 3 Pin Selection	U8	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0D	DiagOutput 3 Mask	U32	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0E	DiagOutput 4 Pin Selection	U8	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x0F	DiagOutput 4 Mask	U32	读写	0	参见第 71 页第 4.9.3.3 章节
	0x10	Output Polarity	U8	读写	0	设定数字输出端输出的信号极性

## 参数说明

### 模拟输入端 ( Analog Inputs ) ( 0x2313 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2313	0x00	Number of Entries	U8	只读	21	对象条目总数
	0x01	AnIn 1 Gain (Numerator/ Divisor)	S32	读写	0x7FFF8000	AnIn 1 原始值与换算值之间的对应比例 ( 速度因数的分子 / 分母 ) <ul style="list-style-type: none"> <li>字节 0~15 : 分子</li> <li>字节 16~31 : 分母</li> </ul>
	0x02	AnIn 1 Offset	S16	读写	0	AnIn 1 偏置量
	0x03	AnIn 1 Filter Time	U16	读写	0	AnIn 1 的信号滤波时间 100 $\mu$ s
	0x04	AnIn 1 User Scaled Value	S32	只读	-	AnIn 1 的输入按比例换算后的换算值
	0x05	AnIn 1 Resolution as Encoder	U16	读写	1000	AnIn 1 信号用作编码器时插值分辨率
	0x06	AnIn 1 Min Input Limit	S16	读写	-32768	AnIn 1 信号原始值的低阈值
	0x07	AnIn 1 Max Input Limit	S16	读写	32767	AnIn 1 信号原始值的高阈值
	0x08	AnIn 1 Select Dir Pin	U8	读写	0	AnIn 1 的信号极性翻转控制 : 0 : 未使用极性翻转控制 1~8 : 数字输入端 1~8 控制极性翻转
	0x09	AnIn 1 Virtual Input Value	S16	读写	0	AnIn 1 的虚拟输入值
	0x0A	AnIn 1 Enable Virtual Input	U8	读写	0	AnIn 1 启用虚拟输入功能
	0x11	AnIn 2 Gain (Numerator/ Divisor)	S32	读写	0x7FFF8000	AnIn 2 原始值与换算值之间的对应比例 ( 速度因数的分子 / 分母 ) <ul style="list-style-type: none"> <li>字节 0~15 : 分子</li> <li>字节 16~31 : 分母</li> </ul>
	0x12	AnIn 2 Offset	S16	读写	0	AnIn 2 偏置量
	0x13	AnIn 2 Filter Time	U16	读写	0	AnIn 2 的信号滤波时间 100 $\mu$ s
	0x14	AnIn 2 User Scaled Value	S32	只读	-	AnIn 2 的输入按比例换算后的换算值
	0x15	AnIn 2 Resolution as Encoder	U16	读写	1000	AnIn 2 信号用作编码器时插值分辨率
	0x16	AnIn 2 Min Input Limit	S16	读写	-32768	AnIn 2 信号原始值的低阈值
	0x17	AnIn 2 Max Input Limit	S16	读写	32767	AnIn 2 信号原始值的高阈值
	0x18	AnIn 2 Select Dir Pin	U8	读写	0	AnIn 2 的信号极性翻转控制 : 0 : 未使用极性翻转控制 1~8 : 数字输入端 1~8 控制极性翻转
	0x19	AnIn 2 Virtual Input Value	S16	读写	0	AnIn 2 的虚拟输入值
	0x1A	AnIn 2 Enable Virtual Input	U8	读写	0	AnIn 2 启用虚拟输入功能

## 参数说明

### 厂商定义的模拟输入端信号换算值 ( Manufacturer Scaled Analog Input Values ) ( 0x2314 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2314	0x00	Number of Entries	U8	只读	12	对象条目总数
	0x01	AnIn 1 Scaled Value (IA)	S16	只读	-	电机 A 相电流的换算值 <sup>a)</sup>
	0x02	AnIn 2 Scaled Value (IB)	S16	只读	-	电机 B 相电流的换算值 <sup>a)</sup>
	0x03	AnIn 3 Scaled Value (IC)	S16	只读	-	电机 C 相电流的换算值 <sup>a)</sup>
	0x04	AnIn 4 Scaled Value (Hall A)	S16	只读	-	霍尔传感器 A 电压换算值
	0x05	AnIn 5 Scaled Value (Hall B)	S16	只读	-	霍尔传感器 B 电压换算值
	0x06	AnIn 6 Scaled Value (Hall C)	S16	只读	-	霍尔传感器 C 电压换算值
	0x07	AnIn 7 Scaled Value	S16	只读	-	端口 7 ( AnIn1 ) 输入信号的换算值
	0x08	AnIn 8 Scaled Value	S16	只读	-	端口 8 ( AnIn2 ) 输入信号的换算值
	0x09	AnIn 9 Scaled Value	S16	只读	-	端口 9 输入信号的换算值
	0x0A	AnIn 10 Scaled Value0	S16	只读	-	端口 10 输入信号的换算值
	0x0B	AnIn 11 Scaled Value	S16	只读	-	端口 11 输入信号的换算值
	0x0C	AnIn 12 Scaled Value	S16	只读	-	端口 12 输入信号的换算值

a) 数值 1,000 对应对象 0x2327.01 所设定的电机额定电流。

### 电机编码器规格 ( Motor Encoder ) ( 0x2315 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2315	0x00	Number of Entries	U8	只读	9	对象条目总数
	0x01	Operation Mode	U16	读写	0	所选编码器的类型
	0x02	IE Resolution	U32	读写	0x0800	编码器标称分辨率的四倍值
	0x03	Motor Encoder Position (unscaled)	S32	只读		编码器的当前位置示数值
	0x04	Gain	S32	只读	0x40004000	对应比例的分子 / 分母
	0x05	Motor Encoder Position (scaled)	S32	读写		单位换算后的第二编码器位置值
	0x06	Absolute Encoder Bits	U32	读写	0x000C	绝对编码器的分辨率，如前所述的多圈和单圈分辨率位数
	0x07	Encoder Status	U8	只读	0	BiSS-C 接口编码器的状态字位和校验码

## 参数说明

### 第二编码器规格 ( Reference Encoder ) ( 0x2316 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2316	0x00	Number of Entries	U8	只读	5	对象条目总数
	0x01	Operation Mode	U16	读写	0	所选编码器的类型
	0x02	IE Resolution	U32	读写	2048	编码器标称分辨率的四倍值
	0x03	Reference Encoder Position (unscaled)	S32	只读	0	编码器的当前位置示数值
	0x04	Gain	S32	读写	0x40004000	对应比例的分子 / 分母
	0x05	Reference Encoder Position (scaled)	S32	读写	0	编码器的当前位置换算值。

### PWM 输入端 ( PWM Input ) ( 0x2317 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2317	0x00	Number of Entries	U8	只读	7	对象条目总数
	0x01	Digital Input Pin	U8	读写	0	PWM 信号输入 : 1 : DigIn1 = PWM 信号输入 2 : DigIn2 = PWM 信号输入
	0x02	PWM Input Frequency	U32	只读		输入 PWM 信号的频率
	0x03	Duty Cycle Raw Value	S16	只读		输入 PWM 信号的物理占空比
	0x04	Duty Cycle Gain (Numerator / Divisor)	U32	读写	0x7FFF8000	PWM 原始值与换算值之间的对应比例 ( 分子 / 分母 )
	0x05	Duty Cycle Offset	S16	读写	0	PWM 信号占空比的偏置量设定
	0x06	Duty Cycle Scaled Value	S32	只读		占空比按比例换算后的换算值
	0x07	Resolution As Encoder	S16	读写	1000	输入 PWM 信号用作编码器的插值分辨率

## 参数说明

### 霍尔传感器 ( Analog Hall Configuration ) ( 0x2318 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2318	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Hall Sensor Type	U8	读写	0	以位编码形式选定传感器类型 ( 参见第 49 页第 4.6.3 章节 )
	0x02	Enable Adaption	U8	读写	0	0 : 停用静态校准 ( 即选用动态校准 ) 1 : 启动静态校准
	0x03	Adaption Threshold Speed	U32	读写	1000	动态校准时, 电机的最低速度 [min <sup>-1</sup> ]
	0x04	Digital Hall Settings of Non-Faulhaber Motors	8	读写	0	字位 0 : <ul style="list-style-type: none"> <li>0x00 : 霍尔相序为 A-C-B ( FAULHABER )</li> <li>0x01 : 霍尔相序为 A-B-C</li> </ul> 字位 7 : <ul style="list-style-type: none"> <li>0x00 : 直接利用霍尔信号</li> <li>0x80 : 反转霍尔信号</li> </ul> 参见 FAULHABER 产品应用笔记 155。

### 终端位置编码器传动比 ( Reduction Ratio, external position encoder ) ( 0x2319 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2319	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Numerator	U32	读写	1	减速比分子, 例如 3696
	0x02	Divisor	U32	读写	1	减速比分母, 例如 289

### FAULHABER 错误寄存器 ( FAULHABER Error Register ) ( 0x2320 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2320	0x00	FAULHABER Error Register	U16	只读	0	通过 FAULHABER 错误寄存器处理错误 ( 参见第 142 页第 7 章节 )

### 错误掩码 ( Error Mask ) ( 0x2321 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2321	0x00	Number of Entries	U8	只读	6	对象条目总数
	0x01	Emergency Mask	U16	读写	0xFFFF	选择触发发送紧急对象的错误
	0x02	Fault Mask	U16	读写	0x0000	选择触发状态机进入 <i>Fault Reaction Active</i> 状态的错误
	0x03	Error Out Mask	U16	读写	0x0000	选择触发故障输出端输出信号的错误
	0x04	Disable Voltage Mask	U16	只读	0x4024	定义必须关闭驱动器的错误。它们由厂商设定, 用户不可更改
	0x05	Disable Voltage User Mask	U16	读写	0x0000	选择关闭驱动器的错误, 用户可配置
	0x06	Quick Stop Mask	U16	读写	0x0000	选择触发状态机进入 <i>Quick Stop Active</i> 状态的错误

## 参数说明

### 设备状态字 ( Device Status ) ( 0x2324 )

通过 Device Status (0x2324) 对象监测当前设备状态。

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2324	0x00	Number of Entries	U8	只读	1	对象条目总数
	0x01	Device Status Word	U32	只读	0	设备状态
	0x02	Limit Check Delay Time	U16	读写	10	判定挡停的持续时间 [ms]

### 电压监测 ( Voltage Monitor ) ( 0x2325 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2325	0x00	Number of Entries	U8	只读	7	对象条目总数
	0x01	Device Supply Lower Threshold	U16	只读	1200	驱动器的电源电压最低值, <sup>a)</sup>
	0x02	Motor Supply Lower Threshold	U16	读写	1200	所设定的电机电压最低允许值 <sup>a)</sup>
	0x03	Motor Supply Max Threshold	U16	只读	5200	驱动器所能承载的电机电压值上限 <sup>a)</sup>
	0x04	Motor Supply Upper Threshold	U16	读写	5200	所设定的电机电压最高允许值 <sup>a)</sup>
	0x05	Voltage Error Delay Time	U16	读写	200	以 ms 为单位, 限定电压异常所持续的最短时间, 超时后报告电压错误
	0x06	Device Supply Voltage	U16	只读	-	驱动器电源电压的实际值
	0x07	Motor Supply Voltage	U16	只读	-	电机电源电压的实际值

a) 电压均以 10mV 为单位

## 参数说明

### 设备温度 ( Device Temperature ) ( 0x2326 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2326	0x00	Number of Entries	U8	只读	9	对象条目总数
	0x01	CPU Temperature	S16	只读	0	驱动器内部的处理器温度 [°C]
	0x02	Power Stage Temperature	S16	只读	0	驱动器功放输出器件温度 [°C]
	0x03	Winding Temperature	S16	只读	0	电机绕组的温度 [°C]
	0x04	CPU Temperature Shutdown Threshold	S16	只读	115	触发驱动器关机的 CPU 温度上限 [°C]
	0x05	CPU Temperature Warning Threshold	S16	只读	105	触发警报的 CPU 温度上限 [°C]
	0x06	Power Stage Temperature Shutdown Threshold	S16	只读	140	触发驱动器关机的功放温度上限 [°C]
	0x07	Power Stage Temperature Warning Threshold	S16	只读	135	触发警报的功放温度上限 [°C]
	0x08	Winding Temperature Shutdown Threshold	S16	读写	125	触发驱动器关机的绕组温度上限 [°C]
	0x09	Winding Temperature Warning Threshold	S16	读写	115	触发警报的绕组温度上限 [°C]

### 设备数据 ( Device Data ) ( 0x2327 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2327	0x00	Number of Entries	U8	只读	3	对象条目总数
	0x01	Device Nominal Current	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器的额定输出电流
	0x02	Device Peak Current	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器的峰值输出电流
	0x03	Device Nominal Voltage	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器的额定电压

## 参数说明

### 设备发热模型 ( Device Data Thermal Model ) ( 0x2328 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2328	0x00	Number of Entries	U8	只读	9	对象条目总数
	0x01	Controller Type	U8	只读	由驱动器型号所确定	0 : 独立型驱动器 1 : 伺服单元
	0x02	Power Stage $R_{dson}$	U8	只读	由驱动器型号所确定	驱动器功放打开时的阻抗 [mOhm]
	0x03	Power Stage LossFactor	U16	只读	由驱动器型号所确定	内部计算功放损耗的因数
	0x04	Power Stage $R_{th1}$	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器功放的热阻值
	0x05	Power Stage Time Constant 1	U16	只读	由驱动器型号所确定	功放端热时间常数
	0x06	Power Stage $R_{th2}$	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器功放的热阻值
	0x07	Power Stage Time Constant 2	U16	只读	由驱动器型号所确定	功放端热时间常数
	0x08	Power Stage $R_{th3}$	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器功放的热阻值
	0x09	Power Stage $R_{th4}$	U16	只读	由驱动器型号所确定	驱动器功放的热阻值

### 电机和应用参数 / 电机控制 ( Motor- and Application Data / Motor Control ) ( 0x2329 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2329	0x00	Number of Entries	U8	只读	13	对象条目总数
	0x01	Rated Current	U16	读写	—	所驱动电机的额定电流 [mA]
	0x02	Continuous Current	U16	读写	—	所驱动电机的最大持续电流 [mA]
	0x03	Peak Current	U16	读写	—	所驱动电机的最大峰值电流 [mA]
	0x04	Torque Constant / Force Constant	U32	读写	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>旋转电机 : 旋转电机转矩常数 <math>k_m \backslash [mNm/A \times 1e^{-3}]</math></li> <li>直线电机 : 直线电机推力常数 <math>k_f \backslash [N/A \times 1e^{-3}]</math></li> </ul>
	0x05	Terminal Inductance	U16	读写	—	所驱动电机的终端电感 $L_A[\mu H]$
	0x06	Inductance $L_d$	U16	读写	—	所驱动电机的纵向电感 $L_d[\mu H]$ 若无特殊说明, $L_d$ 与 $L_A$ 取值一样
	0x07	Number of Pole Pairs	U8	读写	—	所驱动电机的磁极对数
	0x08	Phase Angle Offset	S16	读写	0	相角偏置量, $32,767 = 180^\circ$ 电角度
	0x09	Rotor Inertia / Rod weight	U32	读写	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>旋转电机 : 转子转动惯量 <math>J_{Motor} [gcm^2 \times 1e^{-3}]</math></li> <li>直线电机 : 推杆重量 <math>m_{Motor}[g]</math></li> </ul>



## 参数说明

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
	0x0A	Load Inertia / Load Mass	U32	读写	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>旋转电机： 负载传递至电机的惯量 [<math>\text{gcm}^2 \times 10^{-3}</math>]</li> <li>直线电机： 负载传递至电机 的质量 [g]</li> </ul>
	0x0B	Motor Type	U8	读写	0	0：旋转电机 1：直线电机
	0x0C	Magnetic Pitch of Linear Motor	U8	读写	–	直线电机相邻磁极之间的距离 [mm]
	0x0D	相滤波电感	U8	读写	0	各相滤波电感 [ $\mu\text{H}$ ]

### 电机和应用参数 / 电机发热模型 ( Motor- and Application Data / Thermal Motor Model ) ( 0x232A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x232A	0x00	Number of Entries	U8	只读	9	对象条目总数
	0x01	Terminal Resistance	U32	读写	a)	所驱动电机的终端电阻 [ $\text{m}\Omega$ ]
	0x02	Friction	U32	读写	a)	所驱动电机的静摩擦转矩 [ $\text{mNm} \times 10^{-6}$ ] 对应参数为无刷电机 C0 或有刷电机 MR
	0x03	Friction, dynamic	U32	读写	a)	所驱动电机的动摩擦转矩，仅无刷电机适用 [ $\text{mNm/rpm} \times 10^{-9}$ ]
	0x04	Thermal Resistance 1	U16	读写	a)	所驱动电机的热阻值 1 [ $\text{mK/W}$ ] 绕组对外壳
	0x05	Thermal Resistance 2	U16	读写	a)	所驱动电机的热阻值 2 [ $\text{mK/W}$ ] 外壳对环境
	0x06	Thermal Time Constant 1	U16	读写	a)	所驱动电机的热时间常数 1 [s] 绕组对外壳
	0x07	Thermal Time Constant 2	U32	读写	a)	所驱动电机的热时间常数 2 [s]
	0x08	Ambient Temperature	U8	读写	a)	所驱动电机所处环境的温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
	0x09	Reduction of Thermal Resistance 2	U8	读写	a)	所驱动电机热阻值 2 ( 外壳对环境 ) 的缩减比例 [%]

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定

### 实际值信源选择 ( Switch Position for Actual Values ) ( 0x2330 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2330	0x00	Number of Entries	U8	只读	3	对象条目总数
	0x01	Actual Commutation Angle Source	U8	读写	1	选定换向角传感器
	0x02	Actual Velocity Source	U8	读写	1	选定速度值传感器
	0x03	Actual Position Source	U8	读写	1	选定位置值传感器

## 参数说明

### 设定值信源选择 ( Discrete Sources ) ( 0x2331 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2331	0x00	Number of Entries	U8	只读	4	对象条目总数
	0x01	Target Voltage Source	U8	读写	0	选定电压设定值的信源
	0x02	Target Current Source	U8	读写	0	选定转矩设定值的信源
	0x03	Target Velocity Source	U8	读写	0	选定速度设定值的信源
	0x04	Target Position Source	U8	读写	0	选定位置设定值的信源

### 循环模式插值率 ( 0x2332 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2332	0x00	Cyclic Mode Interpolation Rate	U16	读写	1	控制器插值率为主机刷新率 100μs 的倍数

### 厂商定义的字位 ( Manufacturer Specified Bits ) ( 0x233A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x233A	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Bit Mask for Bit 14	U32	读写	0x0	以位编码形式，选择将在设备状态对象 0x2324.01 显示状态的项目
	0x02	Bit Mask for Bit 15	U32	读写	0x0	以位编码形式，选择将在设备状态对象 0x2324.01 显示状态的项目

### 工作模式切换选项 ( Operation Mode Options ) ( 0x233F )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x233F	0x00	OpMode Options	U16	读写	0x0001	位编码

参见第 85 页第 5.1 章节。

## 参数说明

### 常规参数 ( General Parameters ) ( 0x2340 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2340	0x00	Number of Entries	U8	只读	8	对象条目总数
	0x01	Commutation Type	U8	读写	3	电机换向类型 0 : 无输出 1 : 有刷电机 2 : 方波驱动的无刷电机 3 : 正弦驱动的无刷或直线电机
	0x02	Motor Output Voltage DC	S16	读写	-	直流电压 <sup>a)</sup>
	0x03	Motor Output Voltage BL Block	S16	读写	-	电机端的方波驱动电压 <sup>a)</sup>
	0x04	Motor Output Voltage $X_d$	S16	读写	-	电机端的直轴电压 $X_d$ <sup>a)</sup>
	0x05	Motor Output Voltage $X_q$	S16	读写	-	电机端的交轴电压 $X_q$ <sup>a)</sup>
	0x06	Sinus Output Voltage $U_a$	U16	只读	-	电机 A 相的相电压 $U_a$ <sup>a)</sup>
	0x07	Sinus Output Voltage $U_b$	U16	只读	-	电机 B 相的相电压 $U_b$ <sup>a)</sup>
	0x08	Sinus Output Voltage $U_c$	U16	只读	-	电机 C 相的相电压 $U_c$ <sup>a)</sup>

a) 所有电压均以 10 mV 为单位

### 驱动器输出电压 ( Target Voltage ) ( 0x2341 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2341	0x00	Voltage Mode Reference	S16	读写	0	VM 模式下, 设定驱动器的输出电压 [10 mV]

### 转矩控制参数 ( Torque Control Parameters ) ( 0x2342 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2342	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain $K_{P,I}$	U32	读写	<sup>a)</sup>	控制器增益 [mΩ]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	读写	<sup>a)</sup>	控制器积分时间 [μs] 150~2600 μs

a) 由电机参数确定, 在电机配型向导中, 会根据所选电机自动设定。

### 磁通控制参数 ( Flux Control Parameters ) ( 0x2343 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2343	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain $K_{P,I}$	U32	读写	<sup>a)</sup>	控制器增益 [mΩ]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	读写	<sup>a)</sup>	控制器积分时间 [μs] 150~2600 μs

a) 由电机参数确定, 在电机配型向导中, 会根据所选电机自动设定。

## 参数说明

### 调速参数 ( Velocity Control Parameters ) ( 0x2344 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	只读	6	对象条目总数
	0x01	Gain $K_p$	U32	读写	a)	控制器增益 [As $1e^{-6}$ ]
	0x02	Integral Time $T_N$	U16	读写	a)	控制器重置时间 [100 $\mu$ s]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	读写	65535	所允许的最大速度偏差
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	读写	100	速度偏差超过阈值的最长允许时间
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	读写	30000	所设定的电机超速的界定值，参见对象 0x2324.01 第 21 字位
	0x06	积分选项	U8	读写	0	配置速度控制环路： 0：积分分量生效 1：在位置窗口中停止积分分量（在 PP 模式中） 2：积分分量已停用

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

### 速度实际值采样器参数 ( Velocity Filter Parameters ) ( 0x2345 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2345	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Actual Velocity Filter $T_F$	U16	读写	a)	实际速度的采样时间 $T_F$ [100 $\mu$ s]
	0x02	Display Velocity Filter	U16	读写	20	实际速度换算值的采样时间 [100 $\mu$ s]

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

### 速度设定值采样器参数 ( Setpoint Velocity Filter Parameters ) ( 0x2346 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2346	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Setpoint Velocity Filter $T_F$	U16	读写	a)	实际速度的采样时间 $T_F$ [100 $\mu$ s]
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	读写	0	0：不启用 1：启用

a) 由电机参数确定，在电机配型向导中，会根据所选电机自动设定。

## 参数说明

### 速度增益预案 ( Gain Scheduling ) ( 0x2347 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2347	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Gain Factor $K_p$	U8	读写	128	增益因数 ( 基数为 PP 模式下, 速度控制器的增益系数 $K_p$ ) 0 : 进入位置窗口后增益降为零 128: 增益无变化 255: 在目标中增益加倍
	0x02	Gain Factor $K_v$	U8	读写	128	增益系数 ( 在 PP 模式下应用于 $K_v$ ) 0 : 进入位置窗口后增益降为零 128: 增益无变化 255: 在目标中增益加倍

### 位置控制器增益 ( Position Control Parameters ) ( 0x2348 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2348	0x00	Number of Entries	U8	只读	1	对象条目总数
	0x01	Gain $K_v$	U8	读写	a)	控制器增益 [1/s], 范围 : 1~255

a) 由电机参数确定, 在电机配型向导中, 会根据所选电机自动设定。

### 转矩 / 推力前馈控制参数 ( Current Feedforward Parameters ) ( 0x2349 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2349	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Current Feedforward Factor	U8	读写	0	转矩或推力控制相关因数 0 : 预控作用 0% 128: 预控作用 100%
	0x02	Current Feedforward Delay	U16	读写	0	作用延迟时间 : 0 : 无延迟 1 : 延迟一个采样周期激活

### 速度前馈控制参数 ( Velocity Feedforward Parameters ) ( 0x234A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x234A	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Velocity Feedforward Factor	U8	读写	0	转矩或推力控制相关因数 0 : 预控作用 0% 128: 预控作用 100%
	0x02	Velocity Feedforward Delay	U16	读写	0	作用延迟时间 : 0 : 无延迟 1 : 延迟一个采样周期激活

### 电机电流示值滤波参数 ( Current Filter Parameters ) ( 0x234B )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x234B	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Display Motor Current Filter TF	U16	读写	200	电机电流示值滤波时间 [100 $\mu$ s]
	0x02	扭矩示值滤波	U16	读写	20	扭矩示值滤波时间 [100 $\mu$ s]

## 参数说明

### 寻零正转矩限定 ( Positive Torque Limit Homing ) ( 0x2350 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	读写	1000	参考运动转矩限上限值，单位为电机额定转矩的 1/1000

### 寻零负转矩限定 ( Negative Torque Limit Homing ) ( 0x2351 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	读写	1000	参考运动转矩限下限值，单位为电机额定转矩的 1/1000

### 实际值 ( Actual Values ) ( 0x2360 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2360	0x00	Number of Entries	U8	只读	8	对象条目总数
	0x01	Motor Current $I_d$ Actual Value <sup>a)</sup>	S16	只读	-	驱动无刷电机的直轴电流 $I_D$ 的实际值
	0x02	Motor Current $I_q$ Actual Value <sup>a)</sup>	S16	只读	-	驱动无刷电机的交轴电流 $I_q$ 的实际值
	0x03	Motor Current IBlock Actual Value <sup>a)</sup>	S16	只读	-	无刷电机方波驱动电流 Iblock 的实际值
	0x04	Motor Current IDC Actual Value <sup>a)</sup>	S16	只读	-	驱动有刷电机的直流电流 IDC 的实际值
	0x05	Velocity Actual Internal Value	S16	只读	-	电机实际速度的内部单位值 [ $\text{min}^{-1}$ ]
	0x06	Position Actual Internal Value	S32	只读	-	电机实际位置的内部单位值 [ 增量 ]

a) 数值 1,000 对应对象 0x2327.01 所设定的电机额定电流

## 参数说明

### 数据采集的选采配置 ( Trace Configuration ) ( 0x2370 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2370	0x00	Number of Entries	U8	只读	10	对象条目总数
	0x01	Trigger Source	U32	wo	0	触发信源
	0x02	Trigger Threshold	S32	读写	0	触发阈值
	0x03	Trigger Delay Offset	S16	读写	0	触发生效的延迟时间
	0x04	Trigger Mode	U16	读写	0	触发模式
	0x05	Buffer Length	U16	读写	100	暂存数据的缓冲区的长度
	0x06	Sample Time	U8	读写	1	数据的采集频率 1：与驱动器采样周期同步
	0x07	Trace Source of Channel 1	U32	wo	0	参数源 1 的对象索引和子索引
	0x08	Trace Source of Channel 2	U32	wo	0	参数源 2 的对象索引和子索引
	0x09	Trace Source of Channel 3	U32	wo	0	参数源 3 的对象索引和子索引
	0x0A	Trace Source of Channel 4	U32	wo	0	参数源 4 的对象索引和子索引

### 采集缓冲区 ( Trace Buffer ) ( 0x2371 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2371	0x00	Number of Entries	U8	只读	5	对象条目总数
	0x01	Trace State	U16	只读	0	数据采集的状态
	0x02	Trace Value of Channel 1	可视字符串	只读	—	缓冲区中参数源 1 的内容
	0x03	Trace Value of Channel 2	可视字符串	只读	—	缓冲区中参数源 2 的内容
	0x04	Trace Value of Channel 3	可视字符串	只读	—	缓冲区中参数源 3 的内容
	0x05	Trace Value of Channel 4	可视字符串	只读	—	缓冲区中参数源 4 的内容

## 参数说明

### 安全对象 ( Safety Objects ) ( 0x2390 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2390	0x00	Number of Entries	U8	常数	2	对象条目总数
	0x01	STO State	U8	只读	–	STO 安全功能 ( 安全转矩关断 ) 状态 0 : STO 功能启用 1 : 错误 16 : STO 功能关闭 17 : 电源已关闭
	0x02	STO Reset	U8	wo	–	故障后重新进入操作状态时的 STO 重置脉冲 1 : 启用

### 通信参数 ( Communication Parameter ) ( 0x2400 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2400	0x00	Number of Entries	U8	只读	7	对象条目总数
	0x01	CAN Rate	U8	读写	9	CAN 通信波特率, 自动侦测
	0x02	RS232 Rate	U8	读写	3	RS232 波特率
	0x03	Node ID	U8	读写	1	驱动器节点地址
	0x04	Communication Settings	U32	读写	0x00 03 03 02	以位编码形式设置通信参数: 0x00 00 00 01 : CAN 网络管理的必须内容 0x00 00 00 02 : CAN 端口发送过程数据对象 ( PDO ) 的异步应答和紧急对象 ( EMCY ) 0x00 00 01 00 : USB 端口发送紧急对象 0x00 00 02 00 : USB 端口发送异步应答 0x00 01 00 00 : RS232 串口发送紧急对象 0x00 02 00 00 : RS232 端口发送异步应答 0x00 80 00 00 : 忽略所收报文的校验码
	0x05	RS232 Net Mode	U8	读写	0	RS232 组网模式
	0x08	Explicit Device ID	U16	读写	0	驱动器的识别码

### 内部采样参数 ( Internal Filter Parameters ) ( 0x2502 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2502	0x00	Number of entries	U8	只读	13	对象条目总数
	0x01	Filter Time Actual Velocity	U16	读写	256	采样时间, 对对象 0x2360.05 有效。

### 启动选项 ( Boot Options ) ( 0x2503 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x2503	0x00	Boot Options	U16	读写	1	0 : 不校准电流测量功能 1 : 系统启动时校准电流测量功能



## 参数说明

### 8.2 CiA402 协议规范下的对象

#### 通信中止预案 ( Abort Connection Option Code ) ( 0x6007 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6007	0x00	Abort Connection Option Code	S16	读写	1	驱动器通信终止后： 0：不采取任何措施 1：进入故障状态 2：进入 <i>Switch On Disabled</i> 状态 3：进入 <i>Quick-Stop</i> 状态

参见第 145 页第 7.2.1 章节。

#### 控制字 ( Controlword ) ( 0x6040 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6040	0x00	Controlword	U16	读写	0	控制字


参见第 16 页第 3.2 章节。

#### 状态字 ( Statusword ) ( 0x6041 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6041	0x00	Statusword	U16	只读	0	状态字

参见第 18 页第 3.3 章节。

#### 急停停车选项 ( Quick Stop Option Code ) ( 0x605A )

 驱动器退出 *Operation Enabled* 状态时电机可先行停车。驱动器状态转换时，电机的停车方式由对象 0x605A 至 0x605E 提供选项（参见《CiA402 标准规范》和第 20 页第 3.4 章节）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x605A	0x00	Quick Stop Option Code	S16	读写	2	响应急停指令的停车选项

#### 停机停车选项 ( Shut Down Option Code ) ( 0x605B )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x605B	0x00	Shut Down Option Code	S16	读写	0	响应停机指令的停车选项

参见第 20 页第 3.4 章节。

#### 去使能停车选项 ( Disable Operation Option Code ) ( 0x605C )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x605C	0x00	Disable Operation Option Code	S16	读写	1	响应去使能指令的停车选项

参见第 20 页第 3.4 章节。

#### 暂停停车选项 ( Halt Option Code ) ( 0x605D )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x605D	0x00	Halt Option Code	S16	读写	1	响应控制字暂停位置位的停车选项

参见第 20 页第 3.4 章节。

## 参数说明

### 故障停车选项 ( Fault Reaction Option Code ) ( 0x605E )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x605E	0x00	Fault Reaction Option Code	S16	读写	2	驱动器进入故障状态时的停车选项

参见第 20 页第 3.4 章节。

### 工作模式选择 ( Modes of Operation ) ( 0x6060 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	读写	0	选择驱动器的工作模式 -4 : ATC ( 模拟信号控制转矩 ) -3 : AVC ( 模拟信号调速 ) -2 : APC ( 模拟信号定位 ) -1 : VM ( 纯功放 ) 模式 0 : 驱动功能尚未激活 1 : PP ( 规划定位 ) 模式 3 : PV ( 规划调速 ) 模式 6 : 寻零模式 8 : CSP ( 位置周期同步 ) 模式 9 : CSV ( 速度周期同步 ) 模式 10 : CST ( 转矩周期同步 ) 模式

参见第 83 页第 5 章节。

### 当前工作模式 ( Modes of Operation Display ) ( 0x6061 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6061	0x00	Modes of Operation Display	S8	只读	–	显示驱动器当前的工作模式

参见第 83 页第 5 章节。

### 位置需求值 ( Position Demand Value ) ( 0x6062 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6062	0x00	Position Demand Value	S32	只读	–	位置设定值 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 实际位置内部值 ( Position Actual Internal Value ) ( 0x6063 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6063	0x00	Position Actual Internal Value	S32	只读	–	位置实际值 [ 内部单位 ]

### 位置实际值 ( Position Actual Value ) ( 0x6064 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6064	0x00	Position Actual Value	S32	只读	–	位置实际值 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

## 参数说明

### 跟随错误窗口 ( FollowingError Window ) ( 0x6065 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6065	0x00	FollowingError Window	U32	读写	32	界定位置控制器是否出现控制偏差的位置区间半径

参见第 83 页第 5 章节。

### 跟随错误判定时限 ( FollowingError Time Out ) ( 0x6066 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6066	0x00	FollowingError Time Out	U16	读写	48	若实际位置与目标位置的偏差超越了跟随错误窗口的限定且持续时间超过该值，则报告跟随错误

参见第 83 页第 5 章节。

### 位置窗口 ( Position Window ) ( 0x6067 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6067	0x00	Position Window	U32	读写	32	目标位置区间半径 [ 用户单位 ]

参见第 83 页第 5 章节。

### 位置窗口时间 ( Position Window Time ) ( 0x6068 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6068	0x00	Position Window Time	U16	读写	48	PP 模式下判定到达目标位置，电机须在目标位置窗口内的最短驻留时长。

参见第 83 页第 5 章节。

### 速度需求值 ( Velocity Demand Value ) ( 0x606B )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606B	0x00	Velocity Demand Value	S32	只读	—	速度设定值 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 速度实际值 ( Velocity Actual Value ) ( 0x606C )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606C	0x00	Velocity Actual Value	S32	只读	—	速度实际值 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 速度窗口 ( Velocity Window ) ( 0x606D )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606D	0x00	Velocity Window	U16	读写	32	速度区间半径 [ 用户单位 ]

参见第 29 页第 4.3.4 章节。

### 速度窗口时间 ( Velocity Window Time ) ( 0x606E )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606E	0x00	Velocity Window Time	U16	读写	48	速度值在窗口内的最短持续时间 [ms]

参见第 29 页第 4.3.4 章节。

## 参数说明

### 零速阈值 ( Velocity Threshold ) ( 0x606F )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x606F	0x00	Velocity Threshold	U16	读写	32	零速度区间的半径

参见第 29 页第 4.3.4 章节。

### 零速阈值时间 ( Velocity Threshold Time ) ( 0x6070 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6070	0x00	Velocity Threshold Time	U16	读写	48	若速度值超越了零速区间且持续时间超过该值，则报告速度不为零。[ms]

参见第 29 页第 4.3.4 章节。

### 目标转矩值 ( Target Torque ) ( 0x6071 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6071	0x00	Target Torque	S16	读写	0	规划运动中的转矩设定值 <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

参见第 124 页第 5.7 章节。

### 最大转矩值 ( Maximum Torque ) ( 0x6072 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6072	0x00	Maximum Torque	U16	读写	6000	最大转矩限定值 [ 相对值 ] <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

参见第 83 页第 5 章节。

### 转矩需求值 ( Torque Demand ) ( 0x6074 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6074	0x00	Torque Demand	S16	只读	0	规划运动中的转矩设定值 [ 相对值 ] <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 转矩实际值 ( Torque Actual Value ) ( 0x6077 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6077	0x00	Torque Actual Value	S16	只读	0	转矩实际值 <sup>a)</sup>

a) 1,000 对应所驱动电机的额定转矩

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 电流实际值 ( Current Actual Value ) ( 0x6078 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6078	0x00	Current Actual Value	S16	只读	0	电流实际值 <sup>a)</sup>

a) 1,000 对应所驱动电机的额定电流

## 参数说明

### 目标位置值 ( Target Position ) ( 0x607A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607A	0x00	Target Position	S32	读写	0	位置设定值 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 位置计数区间限定 ( Position Range Limit ) ( 0x607B )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607B	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Min Position Range Limit	S32	读写	-2147483648	位置计数区间起点，低点 [ 用户单位 ]
	0x02	Max Position Range Limit	S32	读写	2147483647	位置计数区间起点，高点 [ 用户单位 ]

参见第 83 页第 5 章节。

### 零位偏置 ( Homing Offset ) ( 0x607C )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607C	0x00	Homing Offset	S32	读写	0	零位相对于参考点开关的位置偏移量 [ 用户单位 ]

参见第 106 页第 5.4 章节。

### 软限位 ( Software Position Limit ) ( 0x607D )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607D	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Min Position Limit	S32	读写	-2147483648	位置计数区间起点，低点 [ 用户单位 ]
	0x02	Max Position Limit	S32	读写	2147483647	位置计数区间起点，高点 [ 用户单位 ]

参见第 83 页第 5 章节。

### 极性反转 ( Polarity ) ( 0x607E )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x607E	0x00	Polarity	U8	读写	0	位编码

参见第 63 页第 4.8.6 章节。

### 电机最高速度 ( Maximum Motor Speed ) ( 0x6080 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6080	0x00	Maximum Motor Speed	U32	读写	32767	电机的最高限速 [ 用户单位 ]

参见第 29 页第 4.3.4 章节。

### 规划速度 ( Profile Velocity ) ( 0x6081 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6081	0x00	Profile Velocity	U32	读写	32767	规划模式下电机最高限速 [ 用户单位 ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

## 参数说明

### 规划加速度 ( Profile Acceleration ) ( 0x6083 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6083	0x00	Profile Acceleration	U32	读写	30000	加速度 [1/s <sup>2</sup> ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 规划负加速度 ( Profile Deceleration ) ( 0x6084 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6084	0x00	Profile Deceleration	U32	读写	30000	电机减速时的最高负加速度 [1/s <sup>2</sup> ]

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 急停负加速度 ( Quick Stop Deceleration ) ( 0x6085 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6085	0x00	Quick Stop Deceleration	U32	读写	30000	急停控制时电机最高负加速度 [1/s <sup>2</sup> ]

参见第 145 页第 7.2.1 章节。

### 运动曲线轮廓类型 ( Motion Profile Type ) ( 0x6086 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6086	0x00	Motion Profile Type	S16	读写	0	速度曲线类型： 0：直线加速 1：正弦加速度

参见第 40 页第 4.4 章节。

### 位置编码器插值分辨率 ( Position Encoder Resolution ) ( 0x608F )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x608F	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Encoder Increments	U32	只读	4096	编码器增量计数
	0x02	Motor Revolutions	U32	只读	1	对应的电机转数

参见第 60 页第 4.8.1 章节。

### 速度编码器插值分辨率 ( Velocity Encoder Resolution ) ( 0x6090 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6090	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Encoder Increments	U32	只读	4096	所设定的位置编码器插值分辨率
	0x02	Motor Revolutions	U32	只读	1	编码器增量计数为子索引 0x01 所设数值时，电机转动的圈数

参见第 60 页第 4.8.2 章节。

## 参数说明

### 减速比 ( Gear Ratio ) ( 0x6091 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6091	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Motor Shaft Revolutions	U32	只读	1	减速箱输入端转动的圈数
	0x02	Driving Shaft Revolutions	U32	读写	1	减速箱输出端转动的圈数

参见第 62 页第 4.8.4 章节。

### 进给常数 ( Feed Constant ) ( 0x6092 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6092	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Feed	U32	读写	4096	进给量
	0x02	Shaft Revolutions	U32	读写	1	减速箱输出端转动的圈数

参见第 62 页第 4.8.5 章节。

### 速度因数 ( Velocity Factor ) ( 0x6096 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6096	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Numerator	U32	读写	1	分子
	0x02	Divisor	U32	读写	4096	分母

参见第 61 页第 4.8.3 章节。

### 寻零方式 ( Homing Method ) ( 0x6098 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6098	0x00	Homing Method	S8	读写	0	寻零方式 ( Homing Method )

参见第 106 页第 5.4 章节。

### 寻零速度 ( Homing Speeds ) ( 0x6099 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6099	0x00	Number of Entries	U8	只读	2	对象条目总数
	0x01	Switch Seek Velocity	U32	读写	400	寻找限位或参考点开关时的电机速度
	0x02	Homing Speed	U32	读写	400	寻找零位位置点的电机速度

参见第 106 页第 5.4 章节。

### 寻零加速度 ( Homing Acceleration ) ( 0x609A )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x609A	0x00	Homing Acceleration	U32	读写	50	寻零过程中的电机加速度

参见第 106 页第 5.4 章节。

## 参数说明

### 位置偏置 ( Position Offset ) ( 0x60B0 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60B0	0x00	Position Offset	S32	读写	0	位置值的偏置量 [ 用户单位 ]

参见第 117 页第 5.5 章节。

### 速度偏置 ( Velocity Offset ) ( 0x60B1 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60B1	0x00	Velocity Offset	S32	读写	0	速度值的偏置量 [ 用户单位 ]

参见第 117 页第 5.5 章节 和第 122 页第 5.6 章节。

### 转矩偏置 ( Torque Offset ) ( 0x60B2 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60B2	0x00	Torque Offset	S16	读写	0	转矩值的相对比例偏置量

参见第 117 页第 5.5 章节、第 122 页第 5.6 章节 和第 124 页第 5.7 章节。

### 探针输入端 ( Touch Probe Function ) ( 0x60B8 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60B8	0x00	Touch Probe Function	U16	读写	0	配置探针输入端功能

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探头状态 ( Touch Probe Status ) ( 0x60B9 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60B9	0x00	Touch Probe Status	U16	只读	0	探头状态

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探针 1 上升沿位置 ( Touch Probe 1 Positive Edge ) ( 0x60BA )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60BA	0x00	Touch Probe 1 Positive Edge	S32	只读	0	探针 1 上升沿触发时系统的位置信息 [ 用户单位 ]

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探针 1 下降沿位置 ( Touch Probe 1 Negative Edge ) ( 0x60BB )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60BB	0x00	Touch Probe 1 Negative Edge	S32	只读	0	探针 1 下降沿触发时系统的位置信息 [ 用户单位 ]

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探针 2 上升沿位置 ( Touch Probe 2 Positive Edge ) ( 0x60BC )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60BC	0x00	Touch Probe 2 Positive Edge	S32	只读	0	探针 2 上升沿触发时系统的位置信息 [ 用户单位 ]

参见第 72 页第 4.9.4 章节。



## 参数说明

### 探针 2 下降沿位置 ( Touch Probe 2 Negative Edge ) ( 0x60BD )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60BD	0x00	Touch Probe 2 Negative Edge	S32	只读	0	探针 2 下降沿触发时系统的位置信息 [ 用户单位 ]

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 最大加速度 ( Maximum Acceleration ) ( 0x60C5 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60C5	0x00	Maximum Acceleration	U32	读写	30000	PP 或 PV 模式下电机的最大加速度限定 [ $1/s^2$ ]

### 最大负加速度 ( Maximum Deceleration ) ( 0x60C6 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60C6	0x00	Maximum Deceleration	U32	读写	30000	PP 或 PV 模式下电机的最大负加速度限定 [ $1/s^2$ ]

### 探头 1 上升沿计数 ( Touch Probe 1 Positive Edge Counter ) ( 0x60D5 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60D5	0x00	Touch Probe 1 Positive Edge Counter	U16	只读	–	对探头 1 上升沿触发次数的计数

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探头 1 下降沿计数 ( Touch Probe 1 Negative Edge Counter ) ( 0x60D6 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60D6	0x00	Touch Probe 1 Negative Edge Counter	U16	只读	–	对探头 1 下降沿触发次数的计数

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探头 2 上升沿计数 ( Touch Probe 2 Positive Edge Counter ) ( 0x60D7 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60D7	0x00	Touch Probe 2 Positive Edge Counter	U16	只读	–	记录探头 2 输入端在上升沿的触发次数

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

### 探头 2 下降沿计数 ( Touch Probe 2 Negative Edge Counter ) ( 0x60D8 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60D8	0x00	Touch Probe 2 Negative Edge Counter	U16	只读	–	记录探头 2 输入端在下降沿的触发次数

参见第 72 页第 4.9.4 章节。

## 参数说明

### 正转矩限定值 ( Positive Torque Limit Value ) ( 0x60E0 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	读写	6000	最大正转矩的限定值 <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

参见第 139 页第 6.2 章节。

### 负转矩限定值 ( Negative Torque Limit Value ) ( 0x60E1 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	读写	6000	最大负转矩的限定值 <sup>a)</sup>

a) 数值 1,000 = 电机的额定转矩

参见第 139 页第 6.2 章节。

### 位置选项代码 ( Position Option Code ) ( 0x60F2 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60F2	0x00	Position Option Code	U16	读写	0	圆周运动的路径规划

参见第 120 页第 5.5.5 章节。

### 跟随偏差实际值 ( FollowingError Actual Value ) ( 0x60F4 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60F4	0x00	FollowingError Actual Value	U32	只读	0	位置设定值和实际值之间的偏差

参见第 117 页第 5.5 章节 和第 129 页第 5.9 章节。

### 数字输入端状态 ( Digital Inputs ) ( 0x60FD )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60FD	0x00	Digital Inputs	U32	只读	–	位编码： 字位 0~1：系统保留 字位 2：参考输入端的状态 字位 3~15：系统保留 字位 16~23：DigIn1~8 的状态

### 目标速度 ( Target Velocity ) ( 0x60FF )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x60FF	0x00	Target Velocity	S32	读写	0	速度设定值 [ 用户单位 ]

### 电机型号名称 ( Motor Catalogue Number ) ( 0x6403 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6403	0x00	Motor Catalogue Number	可视字符串	读写	0	电机型号名称

## 参数说明

### 支持的工作模式 ( Supported Drive Modes ) ( 0x6502 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6502	0x00	Supported Drive Modes	U32	只读	位编码, 参见 CiA402 协议	驱动器所支持的工作模式

### 驱动器铭牌名称 ( Drive Catalogue Number ) ( 0x6503 )

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	说明
0x6503	0x00	Drive Catalogue Number	可视字符串	常数	0	FAULHABER 的驱动器标识号

