

第 9 章

调整

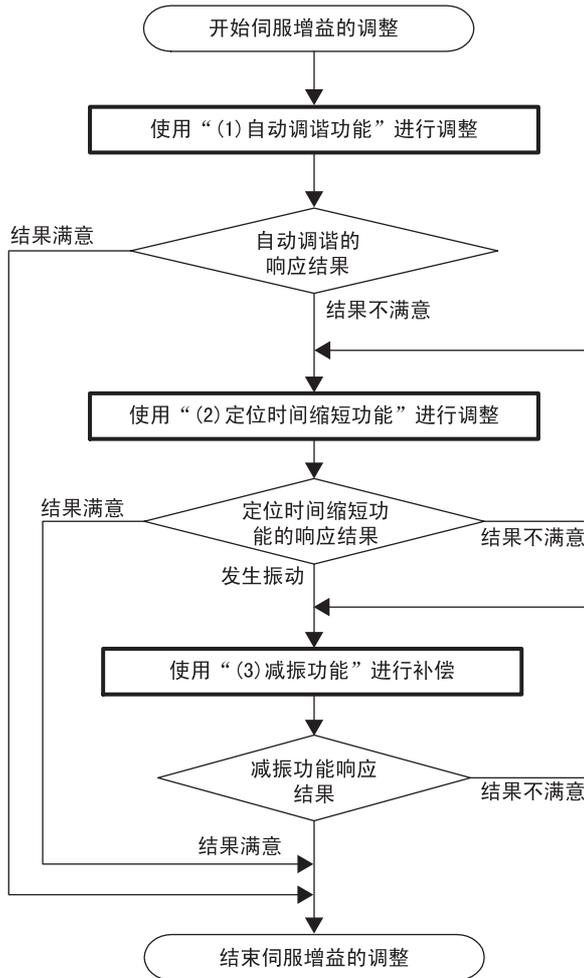
9.1	调谐	9-2
9.1.1	伺服增益的调整方法	9-2
9.1.2	伺服调整功能一览表	9-3
9.2	在线自动调谐	9-5
9.2.1	关于在线自动调谐	9-5
9.2.2	在线自动调谐的步骤	9-6
9.2.3	在线自动调谐执行方法的选择	9-7
9.2.4	在线自动调谐时的机械刚性设定	9-8
9.2.5	机械刚性设定值的变更方法	9-9
9.2.6	在线自动调谐结果的保存	9-10
9.2.7	在线自动调谐结果的保存步骤	9-10
9.3	手动调谐	9-11
9.3.1	伺服增益的说明	9-11
9.3.2	手动伺服增益调整	9-11
9.3.3	位置环增益	9-12
9.3.4	速度环增益	9-12
9.3.5	速度环积分时间参数	9-13
9.4	伺服增益调整应用功能	9-14
9.4.1	前馈指令	9-14
9.4.2	扭矩前馈功能	9-14
9.4.3	速度前馈	9-15
9.4.4	P 控制动作 (比例动作指令)	9-15
9.4.5	模式开关 (P/PI 切换)	9-16
9.4.6	速度偏移设定	9-19
9.4.7	速度反馈滤波器	9-19
9.4.8	速度反馈补偿	9-19
9.4.9	增益切换	9-21
9.4.10	扭矩指令滤波器	9-22
9.5	模拟量监视	9-23

9.1 调谐

9.1.1 伺服增益的调整方法

SERVOPACK(伺服单元)具有决定伺服响应特性的伺服增益。伺服增益由用户参数设定,如“9.1.2 伺服调整功能一览表”所示,使用的用户参数由各功能决定。

伺服增益的出厂设定为稳定的设定,客户可根据机械的状态进一步改善响应特性。缩短位置控制定位时间的伺服增益的调整方法的概略框图如下所示。为了有效地调整伺服增益,请按照该流程图进行调整。有关流程图内粗框所示的功能,请参照“9.1.2 伺服调整功能一览表”,并按照客户的目的选择调整方法。



即使按照上述“伺服增益的调整方法”进行调整也不能满足客户机械的响应效果时,可考虑是以下原因造成的。

- 自动调谐的动作设定不符合客户机械的动作条件
⇒ 请用手动调整方式调整增益。
请参照“9.3 手动调谐”。
- “定位时间缩短功能”,“减振功能”的选择不适当
⇒ 各功能的效果有时会因机械特性与运行条件而异。
请研讨其他的“定位时间缩短功能”或者“减振功能”的使用。

9.1.2 伺服调整功能一览表

(1) 自动调谐功能

自动调谐是伺服单元主体对决定伺服驱动器响应特性的负载转动惯量的计算与速度环增益 K_v (Pn100)、速度环积分时间参数 T_i (Pn101)、位置环增益 K_p (Pn102) 扭矩指令滤波器时间参数 T_f (Pn401) 等的用户参数调整进行自动设定的功能。请参照下表的说明，按目的选择自动调谐功能以及进行伺服增益调整。

功能名称与相关参数	内容	选择的大致标准	参照项目
在线自动调谐 Pn110.0 Fn001 Fn007	是自动测量机械特性并设定必要伺服增益的功能。使用该功能，即使是伺服的初学者也能很容易地进行伺服增益的调谐。 在根据客户指令进行运行的过程中计算负载转动惯量，并根据伺服刚性值 (Fn001) 设定伺服增益 (K_v , T_i , K_p , T_f)。	可利用最低必要限度的用户参数设定与通常的运行指令进行自动调谐。	9.2

(2) 定位时间缩短功能

功能名称与相关参数	内容	特征	有效的控制模式	参照
前馈 Pn109 Pn10A	对位置指令进行前馈补偿并加到速度指令中。	调整简单。 但是，如果设定较大的值，则会变得不稳定，容易发生超程与振动。	位置	9.4.1
扭矩前馈 Pn002 Pn400	速度控制时，将扭矩前馈输入到扭矩指令输入端子并加到内部扭矩指令中。		速度	9.4.2
速度前馈 Pn207 Pn300	位置控制时，将速度前馈输入到速度指令输入端子并加到内部速度指令中。		位置	9.4.3
模式开关 (P/PI 切换) Pn10B Pn10C Pn10D Pn10E Pn10F	将用户参数的伺服内部参数 (扭矩、速度、加速度、位置偏移) 作为阈值，从 PI 控制切换为 P 控制。	PI 控制与 P 控制之间的切换可简单地设定。	位置 速度	9.4.5
速度反馈补偿 Pn110 Pn111	利用观测器补偿电机速度。	由于可用 % 为单位设定补偿值，因此调整简单。 速度环增益增大时，位置环增益也随之增大。相反地，伺服刚性有时下降。	位置 速度	9.4.8
增益切换 Pn100 Pn101 Pn102 Pn104 Pn105 Pn106	利用外部信号切换速度环增益 (K_v)、速度环积分时间参数 (T_i)、位置环增益 (K_p) 的各用户参数。		位置 速度	9.4.9

(3) 减振功能

功能名称与相关参数	内容	特征	有效的控制模式	参照项目
软启动 Pn305 Pn306	阶跃速度指令输入在设定时间内变为一定的加速度、减速度。	加减速一定时，可进行平滑的运行。运行时间只延长到所设定的时间。	速度	8.5.4
加减速滤波器 Pn204 Pn207	是对位置指令输入的一次延时滤波器。	可进行平滑运行。即使指令输入结束，指令时间也只延长到滤波器的延迟时间。	位置	8.6.4
平均移动滤波器 Pn207 Pn208	是对位置指令输入的移动平均型滤波器。	可进行平滑运行。即使指令输入结束，指令时间也只延长到滤波器的延迟时间。	位置	8.6.4
速度反馈滤波器 Pn308	是标准速度反馈的一次延时滤波器。	反馈速度变得平滑。但是，如果设定过大的值，则响应性会降低。	位置 速度	9.4.7
速度指令滤波器 Pn307	是对速度指令输入的一次延时滤波器。	速度指令输入变得平滑。但是，如果设定过大的值，则响应性会降低。	速度	8.5.5
扭矩指令滤波器 Pn401	与扭矩指令串联的3级滤波器可分别按一次、二次、一次的顺序设定滤波器时间参数。	几乎在所有的频带内都有效。但是，如果设定过大的值（低频率），则响应性会降低。	位置 速度 扭矩	9.4.10
陷波滤波器 Pn409	为扭矩指令设定陷波滤波器。	主要对500~2000Hz频带内的振动有效。但是，如果设定出现偏差，则会变得不稳定。	位置 速度 扭矩	9.4.10

9.2 在线自动调谐

9.2.1 关于在线自动调谐

所谓在线自动调谐是指推算伺服单元运行过程中的负载转动惯量以达到机械刚性设定 (Fn001) 中所设定伺服增益的用户设定功能。

在下述情况下，在线自动调谐可能不会有效地进行动作。

- 负载转动惯量在 200ms 以下的时间内发生变动时
- 转速超过 100 min^{-1} ，或者加速度为慢速指令时
- 负载刚性易于产生小幅度振动的机械时或者摩擦较大时
- 速度指令为阶跃指令时

符合上述条件时或者即使执行在线自动调谐也不能进行正常动作时，请在设定 Pn103 (转动惯量比) 之后，进行手动调谐。(转动惯量比通过以机械参数为基础的计算或者本公司伺服驱动器用支持工具“SigmaWin+”的转动惯量识别功能等求出。)

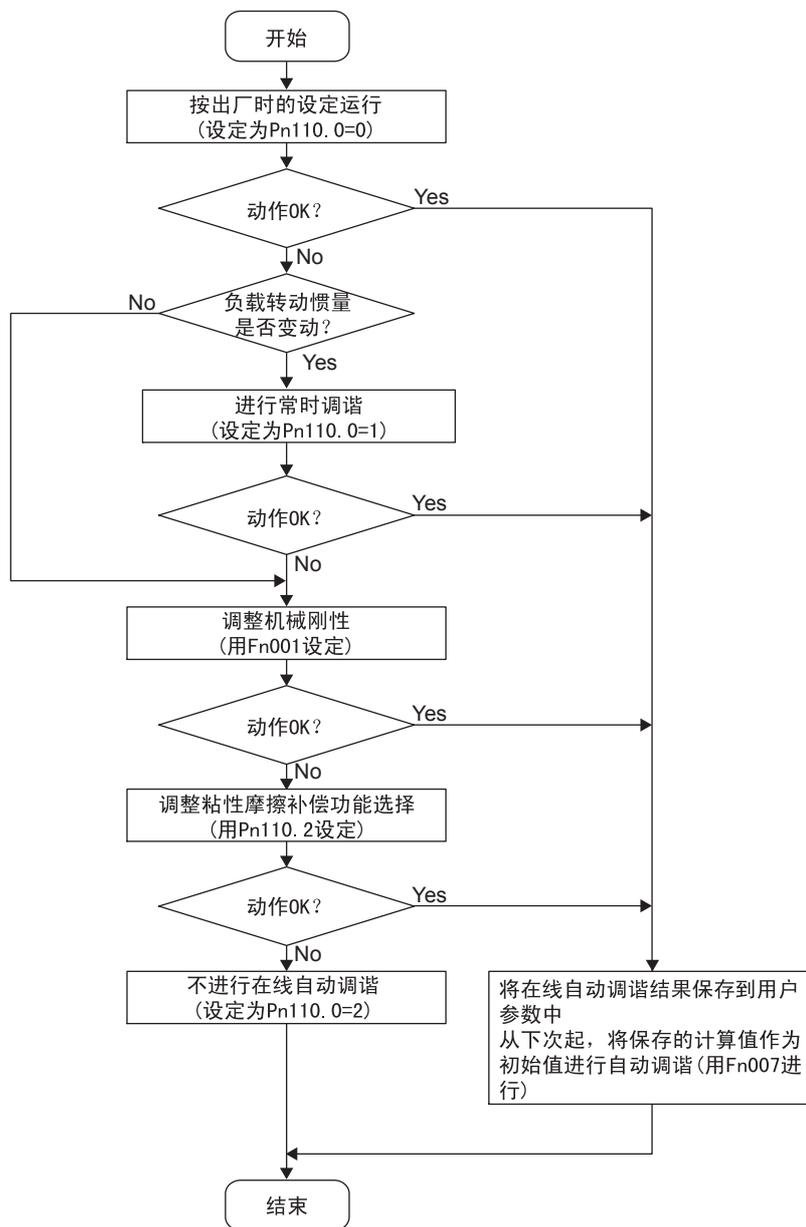
另外，在线自动调谐包括以下辅助功能。

Fn007: 将通过在线自动调谐获得的负载转动惯量运算结果另存为 Pn103，作为下次的初始运算值。

9.2.2 在线自动调谐的步骤

危险

- 由于极端的调整、设定变更会导致伺服系统的动作变得不稳定，因此请绝对不要进行。否则，可能会导致受伤或者机械损坏。
- 进行增益调整时，请逐渐改变调整值并同时确认伺服电机的动作。



9.2.3 在线自动调谐执行方法的选择

在线自动调谐的执行方法包括“仅运行初期”、“常时”、“无”3种类型。相应的选择方法如下所示。

Pn110	在线自动调谐类开关			<input type="checkbox"/> 速度	<input type="checkbox"/> 位置
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动	
	—	—	0010	需要	
	用户参数	意义			
Pn110	n. □□□0	仅在电源 ON 后的最初运行时进行在线自动调谐。 (出厂时的设定)			
	n. □□□1	进行常时在线自动调谐(计算转动惯量值)。			
	n. □□□2	不进行在线自动调谐。			
<p>出厂时的设定为“n. □□□0”。在负载转动惯量几乎没有变动的应用中，如果不知道负载转动惯量，则建议采用这一设定。在该设定的情况下，继续使用最初运行时的计算值。在这种情况下，由于转动惯量的计算结果会因最初运行的机械状态、运行指令的偏移而有一些差异，因此每次电源 ON 时，伺服单元的响应特性都可能发生变化。在这种情况下，Fn007(保存在线自动调谐结果的转动惯量比)将转动惯量比重写到 Pn103(转动惯量比)中，以后可作为 n. □□□2 中止在线自动调谐。</p> <p>在负载转动惯量常时变动的情况下使用设定“n. □□□1”。该设定即使在发生负载转动惯量变动时也可保证一定的响应特性。但是，如果负载转动惯量在 200 ms 以下的时间内发生变动，则可能会降低调谐精度，因此请通过 Pn110.0=0 或者 2 的设定进行使用。</p> <p>在不能进行在线自动调谐或者已知负载转动惯量并在 Pn103 中设定转动惯量比的状态下进行手动调整等不使用在线自动调谐功能的用途中选择设定“n. □□□2”。</p>					

9.2.4 在线自动调谐时的机械刚性设定

在线自动调谐时的机械刚性设定包括以下 10 种类型。如果选择机械刚性设定值，则自动决定伺服增益（速度环增益、速度环积分时间参数、位置环增益、扭矩指令滤波器时间参数）。机械刚性的出厂设定值为“4”。另外速度环对应于 PI 控制 / I-P 控制两者。

PI/I-P 控制的切换：用户参数 Pn10B.1=0 时为 PI 控制，Pn10B.1=1 时为 I-P 控制。但是，要使这一切换生效，必须在用户参数设定之后重新启动电源。并且在电源 ON 之后，请务必再次执行机械刚性设定。

要在变更位置环增益（Pn102）之后进行机械刚性设定时，接近所设定位置环增益的值被显示为机械刚性值的初始值。

(1) 速度环 PI 控制时

机械刚性 设定 Fn001	位置环 增益 [s ⁻¹] Pn102	速度环 增益 [Hz] Pn100	速度环 积分时间参数 [0.01 ms] Pn101	扭矩指令 滤波器时间参数 [0.01 ms] Pn401
1	15	15	6000	250
2	20	20	4500	200
3	30	30	3000	130
4	40	40	2000	100
5	60	60	1500	70
6	85	85	1000	50
7	120	120	800	30
8	160	160	600	20
9	200	200	500	15
10	250	250	400	10

若增大机械刚性设定值。则伺服单元的环增益会提高，定位时间也会缩短。但是，如果设定值过高，则可能会因机械构成而引起振动，因此请在不发生振动的范围内，从较低的刚性值开始向较高的刚性值进行设定。

9.2.5 机械刚性设定值的变更方法

机械刚性设定值使用辅助功能执行模式的用户参数 Fn001 进行变更。变更步骤如下所示。

操作步骤	操作后的显示	手提式数字操作器	面板操作器	说明
1		 (DSPL/SET键)	 MODE/SET (MODE/SET键)	请按下 DSPL/SET 键 (MODE/SET 键)，进入辅助功能执行模式。
2				请按下 UP 键或 DOWN 键，设定 Fn001。 * 可操作的位进行闪烁。
3		 (DATA/ENTER键)	 DATA/SHIFT (DATA/SHIFT键) (1秒以上)	请按下 DATA/ENTER 键 (DATA/SHIFT 键 1 秒以上)。 显示如左图所示，变为在线自动调谐时的刚性设定模式。
4				按下 UP 键或 DOWN 键，选择刚性设定值。
5		 (DSPL/SET键)	 MODE/SET (MODE/SET键)	请按下 DSPL/SET 键 (MODE/SET 键)。 刚性设定值被变更。 结束之后，“donE” 进行大约 1 秒钟的闪烁显示。
6		大约 1 秒钟后		显示 “donE” 后，返回设定值的显示。
7		 (DATA/ENTER键)	 DATA/SHIFT (DATA/SHIFT键) (1秒以上)	请按下 DATA/ENTER 键 (DATA/SHIFT 键 1 秒以上)。 返回辅助功能执行模式的 Fn001 显示。

至此，在线自动调谐时的机械刚性设定值的变更已经完成。

9.2.6 在线自动调谐结果的保存

注意

- 不使用在线自动调谐时，请务必设定正确的转动惯量值。
如果设定错误的转动惯量比，则可能会引起振动。

进行在线自动调谐时，推算最新的负载转动惯量并调整控制参数以实现机械刚性设定值的响应。利用本功能可保存位置环增益 (Pn102)、速度环增益 (Pn100) 以及速度环积分时间参数 (Pn101)。但是，如果将伺服单元的电源置为 OFF，那么，已推算的负载转动惯量值就会丢失，在下次电源 ON 时，再次以出厂时的设定值为初始值开始调谐。

将所推算的负载转动惯量值用作下次电源起动的初始值时，请用辅助执行功能模式的用户参数 Fn007 (保存在线自动调谐结果的转动惯量比) 进行保存。通过保存，用户参数 Pn103 (转动惯量比) 被更新。另外，转动惯量比用负载转动惯量与伺服电机转子转动惯量之比 (%) 表示。

Pn103	转动惯量比				
			速度	位置	扭矩
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动	
	0 ~ 20000*	1%	0	不需要	

转动惯量比 = $\frac{\text{电机轴换算的转动惯量比}(JL)}{\text{转子转动惯量}(Jm)}$

转动惯量比的出厂设定值为 0% (伺服电机单体的无载状态)。
* 此为软件版本在 32 以上时的设定范围。

9.2.7 在线自动调谐结果的保存步骤

在线自动调谐结果的保存步骤如下所示。

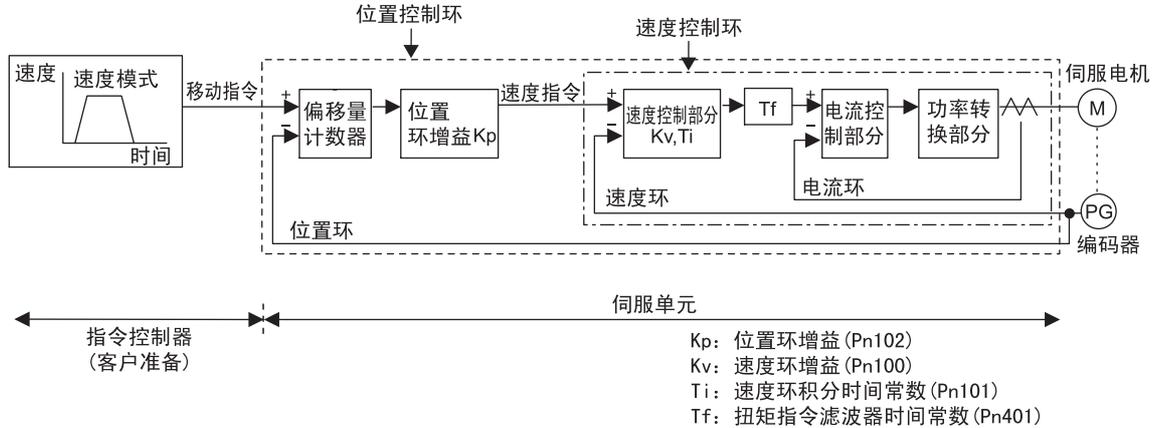
操作步骤	操作后的显示	手提式数字操作器	面板操作器	说明
1		(DSPL/SET键)	(MODE/SET键)	请按下 DSPL/SET 键 (MODE/SET 键)，进入辅助功能执行模式。
2				请按下 UP 键或 DOWN 键，设定 Fn007。 * 可操作的位进行闪烁。
3		(DATA/ENTER键)	(DATA/SHIFT键) (1秒以上)	请按下 DATA/ENTER 键 (DATA/SHIFT 键 1 秒以上)。转动惯量比为 200% 时，显示如左面所示。
4		(DSPL/SET键)	(MODE/SET键)	请按下 DSPL/SET 键 (MODE/SET 键)。转动惯量比被保存。保存结束之后，“donE” 会进行大约 1 秒钟的闪烁显示。
5		大约 1 秒钟后		显示 “donE” 后，返回转动惯量比的显示。
6		(DATA/ENTER键)	(DATA/SHIFT键) (1秒以上)	请按下 DATA/ENTER 键 (DATA/SHIFT 键 1 秒以上)。返回辅助功能执行模式的 Fn007 显示。

至此，在线自动调谐时的负载转动惯量初始值的保存已经完成。下次电源启动时使用该转动惯量比 (Pn103) 开始在线自动调谐。

9.3 手动调谐

9.3.1 伺服增益的说明

位置控制时的框图如下所示。



要手动调整伺服增益时，请在理解伺服单元构成与特性的基础上，逐一地调整各伺服增益。在大多数情况下，如果一个参数出现较大变化，则必须再次调整其他参数。为了确认响应特性，必须做好利用测量仪器观察来自模拟量监视的输出波形等的准备工作。

伺服单元由三个反馈系（位置环、速度环、电流环）构成，越是内侧的环，越需要提高其响应性。如果不遵守该原则，则会产生响应性变差或产生振动。

请客户调整位置 / 速度环增益。

9.3.2 手动伺服增益调整

伺服单元的用户参数中主要包括以下伺服增益。通过设定这些伺服增益，可以调整伺服单元的响应特性。

- Pn100: 速度环增益 (Kv)
- Pn101: 速度环积分时间参数 (Ti)
- Pn102: 位置环增益 (Kp)
- Pn401: 扭矩指令滤波器时间参数 (Tf)

以位置控制与速度控制时的情况为例，通过执行下述步骤，可提高伺服单元的响应特性。位置控制时，可缩短定位时间。

步骤	内容
1	正确地设定转动惯量比 (Pn103)。也可于在线自动调谐之后使用 Fn007。
2	在机械不产生振动的范围内尽可能地提高速度环增益 (Pn100)，同时减小速度环积分时间参数 (Pn101)。
3	调整扭矩指令滤波器时间参数 (Pn401) 并置于不产生振动的设定。
4	重复步骤 1 和 2，将已经变更的值减小 10 ~ 20%。
5	位置控制时，在机械不产生振动的范围内提高位置环增益 (Pn102)。

请在下述场合使用手动调谐。

- 想要比在线自动调谐更进一步地提高伺服增益时
- 客户要自己决定伺服增益与转动惯量比时

从伺服增益的各用户参数为出厂时设定的状态或者在线自动调谐结束时增益设定的状态开始。通过模拟量监视 (CN5) 对“扭矩指令”或“电机转速”信号进行位置控制时，请准备好使用存储记录装置等测量仪器观测“位置偏移监视”等信号。请参照“9.5 模拟量监视。”)“伺服驱动器用支持工具 SigmaWin+”也可进行同样的观测。请准备其中的一项。

9.3.3 位置环增益

Pn102	位置环增益 (Kp)			位置
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动
	1 ~ 2000	1/s	40	不需要

伺服单元位置环的响应性由位置环增益决定。位置环增益的设定越高，则响应性越高，定位时间越短。一般来说，不能将位置环增益提高到超出机械系统固有振动数的范围。因此，要将位置环增益设定为较大值，需提高机械刚性并增大机械的固有振动数。



不能将位置环增益 (Pn102) 设定得过大的机器在高速运行时，可能会出现溢出警报。此时，如果将以下用户参数的值变大，则警报的检测将变得困难。

Pn505	溢出电平			位置
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动
	1 ~ 32767	256 指令单位	1024	不需要

作为设定值的大致标准，请参考以下条件。

$$Pn505 \geq \frac{\text{最大进给速度 [指令单位/s]}}{Pn102} \times 2.0$$

9.3.4 速度环增益

Pn100	速度环增益 (Kv)			速度	位置
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动	
	1 ~ 2000	1Hz	40	不需要	

是决定速度环响应性的用户参数。由于速度环的响应性较低时会成为外侧位置环的延迟要素，因此会发生超程或者速度指令产生振动。为此，在机械系统不产生振动的范围内，设定值越大，响应性越好。而且，当正确设定 Pn103 (转动惯量比) 的值时，速度环增益与 Pn100 的值相等。

Pn103	转动惯量比			速度	位置	扭矩
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动		
	0 ~ 20000	1%	0	不需要		

$$Pn103 \text{ 的设定值} = \frac{\text{电机轴换算的负载转动惯量 (J}_L\text{)}}{\text{伺服电机的转子转动惯量 (J}_M\text{)}} \times 100 (\%)$$

用户参数 Pn103 的出厂设定值为“0”。请在进行伺服调整之前用上式求出转动惯量比在用户参数 Pn103 中设定。

9.3.5 速度环积分时间参数

Pn101	速度环积分时间参数 (Ti)			<input type="checkbox"/> 速度	<input type="checkbox"/> 位置
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动	
	15 ~ 51200 (0.15 ~ 512.00ms)	0.01ms	2000 (20.00ms)	不需要	

为使对微小的输入也能响应，速度环中含有积分要素。由于该积分要素对于伺服系来说为迟延要素，因此当时间参数设定过大时，会发生超程，延长定位时间，使响应性变差。
作为大致标准的设定值会因速度环的控制方法 (Pn10B.1) 而产生下述差异。



■ 关于速度环控制方法的选择 (PI 控制 / I-P 控制)

一般地，在高速定位以及高速、高精度加工应用中，I-P 控制更为有效。如果位置环增益比 PI 控制时还低，则可缩短定位时间以及降低圆弧半径的缩小。但是，要通过模式开关等充分利用与 P 控制之间的切换以达到上述目标时，一般使用 PI 控制。

9.4 伺服增益调整应用功能

9.4.1 前馈指令

Pn109	前馈 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定
	0 ~ 100	1%	0
Pn10A	前馈滤波器时间参数 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定
	0 ~ 6400 (0.00 ~ 64.00ms)	0.01ms	0 (0.00 ms)

伺服单元内部对位置控制进行前馈补偿以缩短定位时间。但如果设定的值过大，可能会引起机器振动。因此请设定为 80% 以下。

9.4.2 扭矩前馈功能

用户参数	意义
Pn002	n. □□□0 无
	n. □□□2 将 T-REF 端子用作扭矩前馈输入。

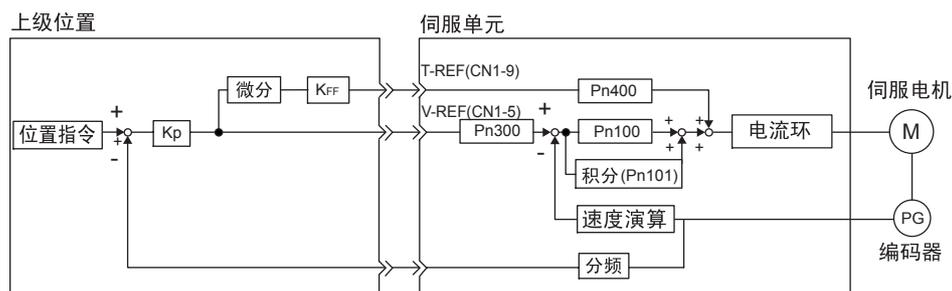
Pn400	扭矩指令输入增益 速度 位置 扭矩		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定
	10 ~ 100 (1.0 ~ 10.0V/ 额定扭矩)	0.1V/ 额定扭矩	30 (3V/ 额定扭矩)

扭矩前馈功能仅在速度控制（模拟量指令）时有效。

扭矩前馈功能是将定位时间缩短的功能。指令控制器侧对速度指令进行微分并产生扭矩前馈指令，该指令与速度指令被发送至伺服单元。

如果过分使用扭矩前馈，则会产生超程和欠程现象，因此请在观察响应性的同时，进行最佳设定。

将指令控制器的速度指令连接到 V-REF (CN1-5, 6) 上，扭矩前馈指令连接到 T-REF (CN1-9, -10) 上。



Kp: 位置环增益
Kff: 前馈增益

使用用户参数“Pn400”设定扭矩前馈值。

工厂出厂时设定为“Pn400=30”，如果输入“±3V”的扭矩前馈值，则变为“±100% 扭矩（额定扭矩）”。不能与“8.9.3 通过模拟量电压指令进行扭矩限制”一起使用。

9.4.3 速度前馈

用户参数		意义
Pn207	n. □□0□	无
	n. □□1□	将 V-REF 端子用作速度前馈输入。

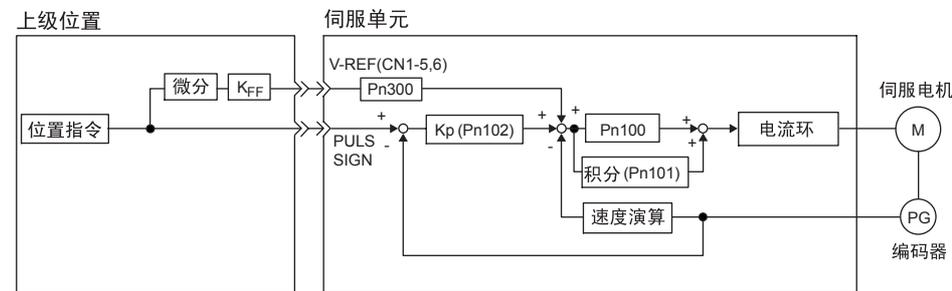
Pn300	速度指令输入增益		速度	位置	扭矩
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重启动	
	150 ~ 3000 (1.50 ~ 30.00V/ 额定速度)	0.01V/ 额定速度	600 (6V/ 额定扭矩)	不需要	

模拟量电压速度前馈功能仅在位置控制时有效。

前馈功能是将定位时间缩短的功能。指令控制器侧对位置指令进行微分并产生前馈指令，然后将该指令与位置指令发送至伺服单元。

如果过分使用前馈，则会产生超程和欠程现象，因此请在观察响应性的同时，进行最佳设定。

将指令控制器的位置指令连接到 PULS, SIGN (CN1-7, 8, 11, 12) 上，速度前馈指令连接到 V-REF (CN1-5, 6) 上。



Kp : 位置环增益
KFF: 前馈增益

使用用户参数“Pn300”设定速度前馈值。

工厂出厂时，设定为“Pn300= 600”，如果输入“± 6V”的速度前馈值，则变为“额定速度”。

9.4.4 P 控制动作（比例动作指令）

如下所述，如果将用户参数“Pn000.1”设为 0 或 1，输入信号“/P-CON”将成为速度环的“PI 控制 / P 控制”的切换开关。

- “PI 控制” = “比例 · 积分控制”
- “P 控制” = “比例控制”

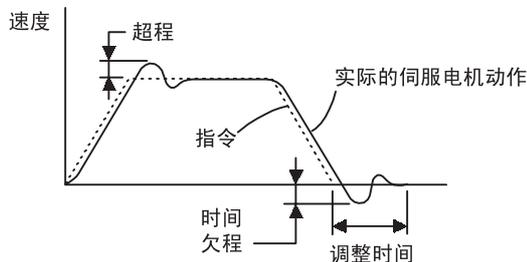
用户参数		控制方式				
Pn000	n. □□0□	速度控制	是一般的速度控制或位置控制。 将 /P-CON (CN1-41) 用作 PI 控制 / P 控制的切换信号。			
	n. □□1□	位置控制	<table border="1"> <tr> <td>CN1-41 为 OFF (H 电平)</td> <td>PI 控制</td> </tr> <tr> <td>CN1-41 为 ON (L 电平)</td> <td>P 控制</td> </tr> </table>		CN1-41 为 OFF (H 电平)	PI 控制
CN1-41 为 OFF (H 电平)	PI 控制					
CN1-41 为 ON (L 电平)	P 控制					

- 指令控制器向伺服单元发出速度指令，并同时运行时，只有在特定的条件下，才从指令控制器选择“P 控制”模式运行。用该方法可消除超程，并可缩短稳定时间。有关特定条件，请参考“9.4.5 模式开关 (P/PI 切换)”的切换条件，输入 P-CON 信号。
- 当速度指令中有指令偏移时，如果用 PI 控制模式运行，则即使发出“0”速度指令，有时运行也不会停止，而仍以微速旋转。此时，如果选择 P 控制模式，则会停止运行。

9.4.5 模式开关 (P/PI 切换)

模式开关 (P/PI 切换) 是在以下场合使用的功能。

- 在速度控制中, 想降低加减速的超程时。
- 在位置控制中, 想控制定位动作时的欠程, 缩短稳定时间时。



模式开关是在伺服单元内部的状态量高于或低于用户参数设定的检测点时自动将速度控制模式从PI控制切换为 P 控制¹ 的功能。

重要

1. 特别是为了高速定位, 需最大限度地发挥伺服驱动器的性能时, 使用模式开关的功能。为了调整, 需要观测速度响应波形。
2. 在通常使用时, 根据用自动调谐操作设定的速度环增益及位置环增益, 可进行充分的控制。另外, 即使发生超程或欠程, 也可通过设定指令控制器的加减速时间参数、伺服单元的软起动时间 (Pn305, Pn306) 或位置指令加减速时间参数 (Pn204) 来控制这种现象。

(1) 模式开关的选择

伺服单元有以下四种模式开关可供选择。请通过下述用户参数 (Pn10B. 0) 进行选择。

用户参数		模式开关的选择	设定检测点的用户参数	设定单位
Pn10B	n. □□□0	将扭矩指令作为检测点。 (出厂时的设定)	Pn10C	相对于额定扭矩的 %
	n. □□□1	将速度指令作为检测点。	Pn10D	伺服电机的转速 min^{-1}
	n. □□□2	将加速度作为检测点。	Pn10E	伺服电机的加速度指令 $10 (\text{min}^{-1})/\text{s}$
	n. □□□3	将偏移脉冲作为检测点。	Pn10F	指令单位
	n. □□□4	不使用模式开关。	-	-

选择模式开关 (P/PI 切换) 的执行条件。(不需要重新启动电源。)

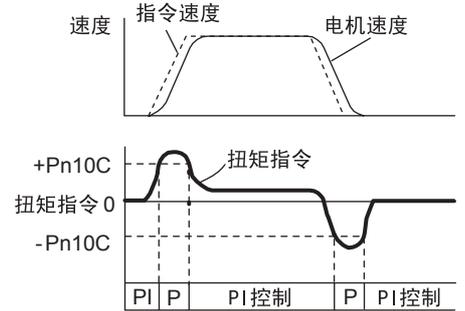
用语?

¹ 由 PI 控制切换为 P 控制

PI 控制表示比例、积分控制, 而 P 控制则表示比例控制。从 PI 控制切换为 P 控制后, 有效伺服增益下降, 伺服系统趋向稳定。

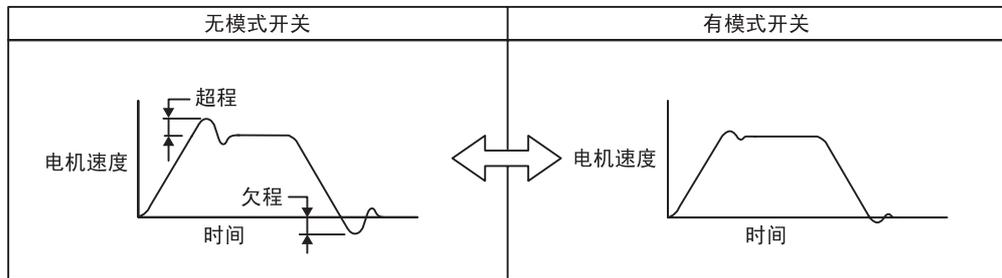
将模式开关的检测点作为扭矩指令时（出厂时的设定）

当扭矩指令超出用户参数“Pn10C”中设定的扭矩时，速度环变为P控制。伺服单元将该模式作为标准设定，在出厂时进行设定。扭矩指令电平被设定为200%。



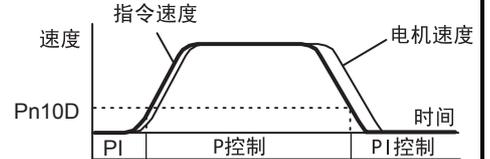
■使用实例

不使用模式开关、常时为PI控制时，加减速时的扭矩饱和，电机速度出现超程或欠程状况。通过使用模式开关，抑制了扭矩的饱和，消除了电机速度的超程和欠程。



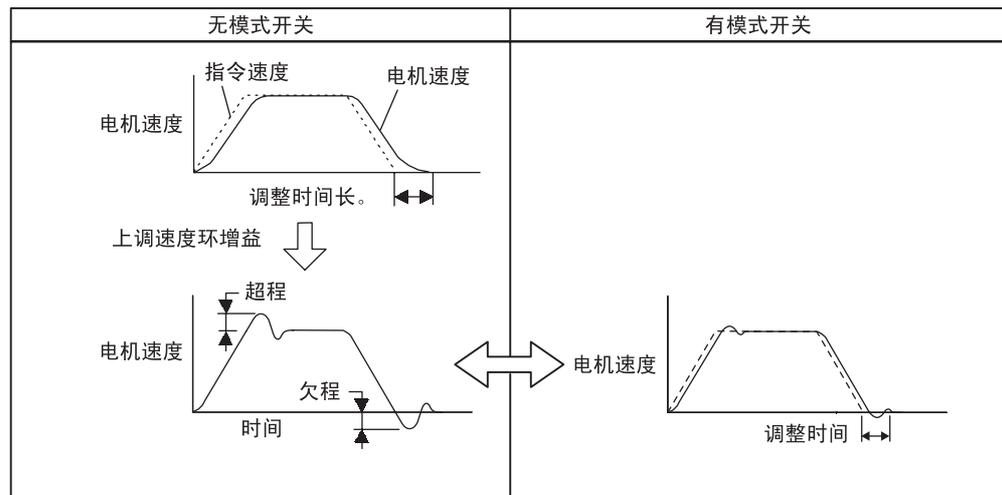
将模式开关的检测点作为速度指令时

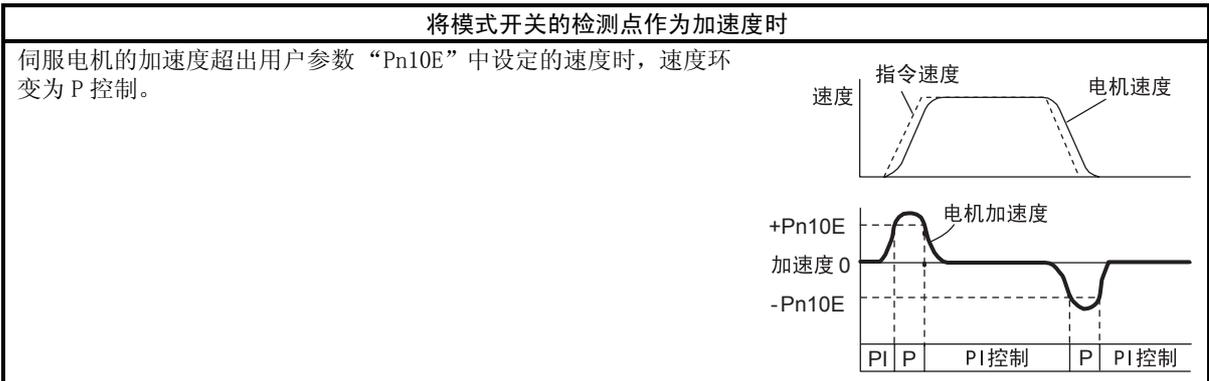
当速度指令超出用户参数“Pn10D”中设定的速度时，速度环变为P控制。



■使用实例

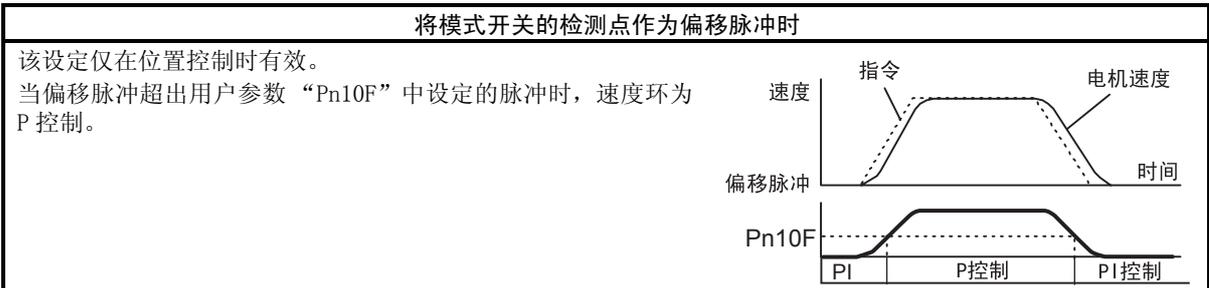
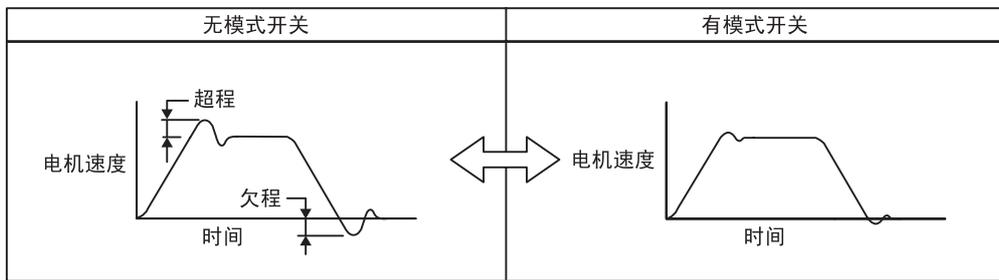
用于缩短调整时间。一般来说，为了缩短调整时间，需要提高速度环增益，但此时却控制超程或欠程。





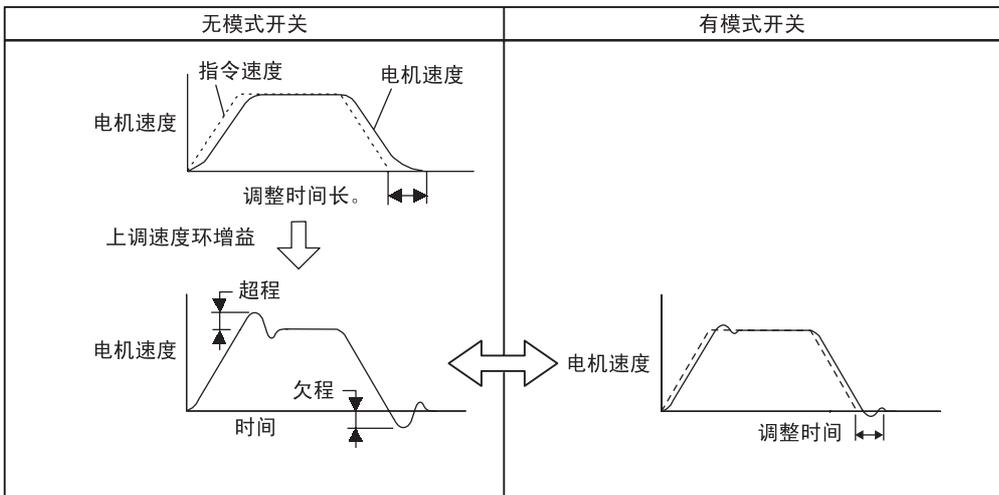
■使用实例

不使用模式开关、常时为 PI 控制时，加减速时的扭矩饱和，电机速度出现超程或欠程状况。通过使用模式开关，抑制了扭矩的饱和，消除了电机速度的超程和欠程。



■使用实例

用于缩短调整时间。一般来说，为了缩短调整时间，需要提高速度环增益，但此时却控制超程或欠程。

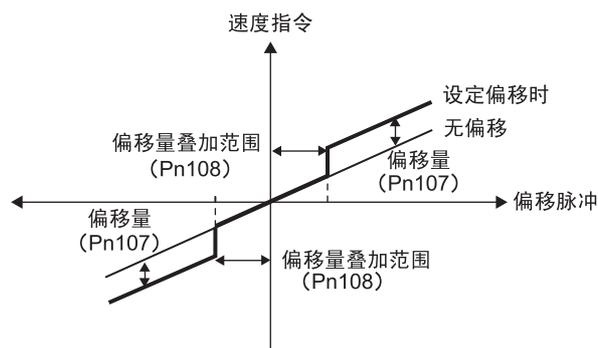


9.4.6 速度偏移设定

设定以下用户参数，通过给伺服单元内部的速度指令部以偏移，可缩短定位控制时的稳定时间。

Pn107	偏移	<input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	0 ~ 450	1min^{-1}	0	不需要
Pn108	偏移叠加范围	<input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	0 ~ 250	1 指令单位	7	不需要

想缩短定位时间时，请根据机械条件进行设计。偏移量叠加范围 (Pn108) 是以偏移脉冲表示叠加偏移量 (Pn107) 的定时。偏移脉冲超过偏移量叠加范围的设定值时，偏移量将被叠加。



9.4.7 速度反馈滤波器

Pn308	速度反馈滤波器时间参数	<input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	0 ~ 65535 (0.00 ~ 655.35ms)	0.01ms	0 (0.00 ms)	不需要

在速度环的速度反馈中设定 1 次延迟的滤波器。反馈速度变得平滑，振动减小。如果输入较大的值，则会成为延迟要素而降低响应性。

9.4.8 速度反馈补偿

如果使用速度反馈补偿，则可达到抑制振动、提高速度环增益的效果。如果提高速度环增益，则位置环增益也随之提高，结果可缩短稳定时间。

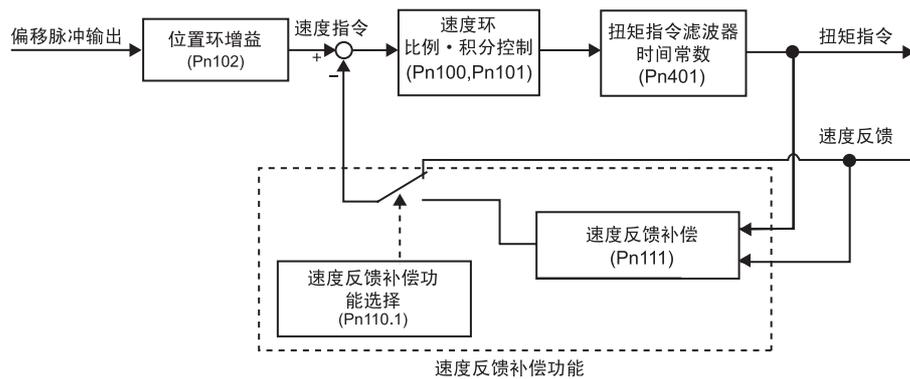
Pn110	在线自动调谐类开关	<input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	-	-	0010	需要

Pn111	速度反馈补偿	<input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 位置		
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	1 ~ 500	1 %	100	不需要

用户参数	内容	
Pn110	n. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	使用速度反馈补偿。
	n. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	不使用速度反馈补偿。(标准速度反馈)

重要

使用该功能是以正确设定转动惯量比 (Pn103) 的值为前提。请正确设定转动惯量比。



• 调整方法

下面就由于机械系的振动而不能提高速度环增益时的调整方法进行说明。在进行速度反馈补偿时，请务必用模拟量监视（参照“9.5 模拟量监视”）对位置偏移及扭矩指令进行观测，同时调整伺服增益。下面对调整步骤进行说明。

1. 将用户参数 Pn110 设定为“0002”，使设定满足下述两个条件。

- 使用速度反馈补偿
- 不使用在线自动调谐功能

2. 利用 PI 控制将速度环增益 (Pn100) 慢慢上调的同时，速度环积分时间参数 (Pn101) 的值逐渐变小。此时，速度环增益 (Pn100) 与位置增益 (Pn102) 的设定值相同。

速度环增益与积分时间参数之间的关系如下所示。

速度环积分时间参数 (Pn101) 的设定值请以通过下式求出的值作为大致标准。

$$\text{速度环积分时间常数 (Pn101)} = \frac{4000}{2\pi \times \text{Pn100 的设定值}}$$

速度环增益的设定单位：[Hz]

设定速度环积分时间参数 (Pn101) 时，请确认其单位。Pn101 的设定单位为：[0.01ms]

另外，虽然速度环增益与位置环增益的设定单位分别为 [Hz] 和 [1/S]，但其设定数值相同。

3. 重复步骤 2.，一边用模拟量监视的位置偏移来观测稳定时间和因扭矩指令而发生的振动情况，一边上调增益。发生颤音及振动变大时，请将扭矩指令滤波器时间参数 (Pn401) 的值逐渐加大。
4. 仅位置环增益可逐渐上调。如果增益提高到接近限界的程度，则进入下一步。
将速度反馈补偿 (Pn111) 从 100% 降到 90%。在此状态下，重复上述步骤 2. 和 3.。
5. 将速度反馈补偿从 90% 再向下调，重复步骤 2. ~ 4.，缩短稳定时间。但如果速度反馈补偿值下调过度，则响应波形将变为振动性。
6. 用模拟量监视所观测到的位置偏移及扭矩指令波形，在未变成振动性的不稳定状态时，寻找最短稳定时间的条件。
7. 当定位时间短缩到无法再短的时候，伺服增益的调整完成。

重要

使用速度反馈补偿功能，通常都能上调速度环增益及位置环增益。当速度环增益及位置环增益处于已经上调完毕的状态，补偿值发生极大变化时，或设定为“无速度反馈补偿功能”时，（设定为 Pn110.1=1 时）机械可能会出现大幅度振动。这可能导致机械损坏。

9.4.9 增益切换

SGDM 型伺服单元可通过外部输入信号进行切换。例如，要在伺服电机运行及停止时改变增益设定时，设定不同的第 1 增益和第 2 增益值，用来自外部的信号对增益进行切换。

(1) 增益切换输入信号

种类	信号名称	连接器针号	设定	意义
输入	/G-SEL	需要分配	OFF=H 电平	第 1 增益有效
			ON=L 电平	第 2 增益有效
要使用本输入信号，必须通过用户参数 Pn50D 进行输入端子的分配。请参照“7.3.2 输入电路的信号分配”。				

(2) 切换增益的组合

通过增益切换信号 (/G-SEL) 的 ON/OFF 如下切换增益。

增益切换信号 (/G-SEL)	OFF=(H 电平)	ON=(L 电平)
速度环增益	Pn100	Pn104
速度环积分时间参数	Pn101	Pn105
位置环增益	Pn102	Pn106

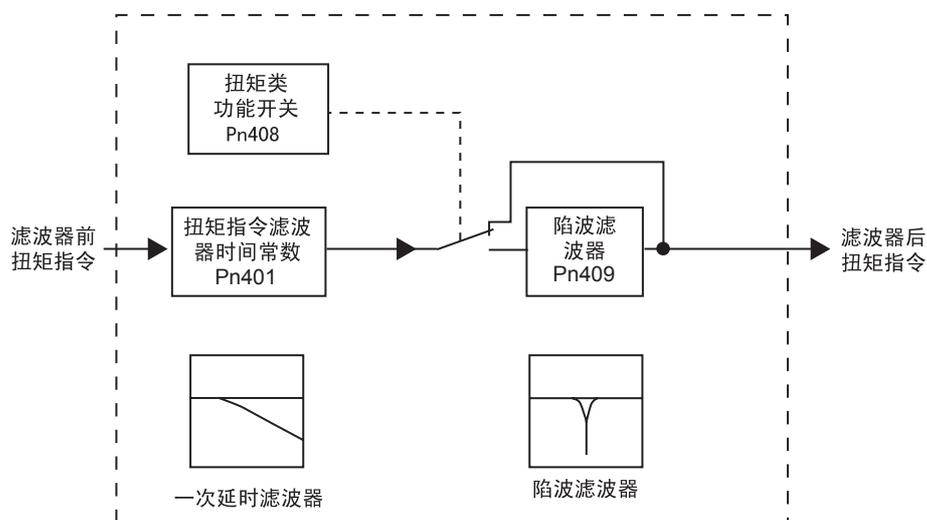
(3) 相关用户参数

用户参数	内容
Pn50A	n. □□□1
可自由设定顺序用输入信号的分配。	
在将增益切换信号 (/G-SEL) 分配给某个输入端子时设定。	

Pn100	速度环增益	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	1 ~ 2000	1Hz	40	不需要
Pn101	速度环积分时间参数	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	15 ~ 51200 (0.15 ~ 512.00 ms)	0.01ms	2000 (20.00 ms)	不需要
Pn102	位置环增益	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	1 ~ 2000	1/s	40	不需要
Pn104	第 2 速度环增益	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	1 ~ 2000	1Hz	40	不需要
Pn105	第 2 速度环积分时间参数	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	15 ~ 51200 (0.15 ~ 512.00 ms)	0.01 ms	2000 (20.00 ms)	不需要
Pn106	第 2 速度环增益	<input type="text" value="速度"/>	<input type="text" value="位置"/>	<input type="text" value="扭矩"/>
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动
	1 ~ 2000	1/s	40	不需要

9.4.10 扭矩指令滤波器

如下图所示，扭矩指令滤波器以串联方式配置了扭矩指令滤波器时间参数 (Pn401) 与陷波滤波器频率 (Pn409)。陷波滤波器可通过参数选为有效 / 无效。



(1) 扭矩指令滤波器

当机械产生可能由于伺服驱动器所引起的振动时，请对以下滤波器时间参数进行调整。这样可能会消除振动。数值越小，越能进行响应性好的控制，但受机械条件的制约。

Pn401	扭矩指令滤波器时间参数			<input type="checkbox"/> 速度	<input type="checkbox"/> 位置	<input type="checkbox"/> 扭矩
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动		
	0 ~ 65535 (0.00 ~ 655.35ms)	0.01ms	100 (1.00 ms)	不需要		

(2) 陷波滤波器

如果针对由于滚珠丝杠的轴共振等产生的特定振动频率成分使用陷波滤波器，则有可能消除这一成分，减小振动。

用户参数	意义
Pn408	n. □□□0 陷波滤波器无效
	n. □□□1 使用陷波滤波器

将使用的陷波滤波器置为有效。(不需要重新启动电源)

将机械的振动频率设定为所用陷波滤波器的用户参数。

Pn409	陷波滤波器第一段频率			<input type="checkbox"/> 速度	<input type="checkbox"/> 位置	<input type="checkbox"/> 扭矩
	设定范围	设定单位	出厂时的设定	电源重起动		
	50 ~ 2000	1Hz	2000	不需要		

重要

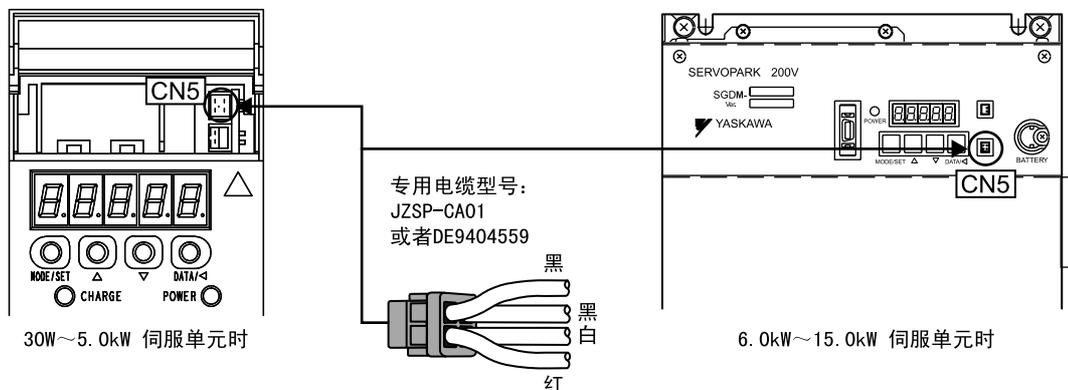
1. 必须充分注意陷波频率的设定值。请勿将陷波频率 (Pn409) 设定为速度环的响应频率左右。请至少设定为速度环响应频率的 4 倍以上的频率。否则可能损坏机械。另外，请将速度环响应频率考虑为转动惯量比 (Pn103) 设定为正确值时的速度环增益 (Pn100)。
2. 请务必在电机停止期间变更陷波滤波器频率 (Pn409)。如果在动作过程中进行变更，则可能会导致振动。

9.5 模拟量监视

可用模拟量电压指令监视各种信号。

请通过 CN5 连接器，用专用电缆（JZSP-CA01 或者 DE9404559）来观测模拟量监视信号。

另外，模拟量监视信号可通过用户参数 Pn003.0 与 Pn003.1 的设定变更监视内容。



针号	电缆颜色	信号名称	监视内容
1	红	模拟量监视 2	电机转速：1 V/1000 min ⁻¹
2	白	模拟量监视 1	扭矩指令：1 V/100% 额定扭矩
3, 4	黑色 (2 根)	GND (0V)	—

(1) 相关用户参数

可观测以下监视信号。

(a) Pn003: 功能选择应用

用户参数	用户参数		内容		
	监视 1	监视 2	监视信号	观测增益	备注
Pn003	n. □□□0	n. □□0□	电机转速	1V/1000min ⁻¹	监视 2 的出厂设定
	n. □□□1	n. □□1□	速度指令	1V/1000min ⁻¹	
	n. □□□2	n. □□2□	内部扭矩指令	1V/100% 额定扭矩	监视 1 的出厂设定
	n. □□□3	n. □□3□	位置偏移*	0.05V/1 指令单位	
	n. □□□4	n. □□4□	位置偏移*	0.05V/100 指令单位	
	n. □□□5	n. □□5□	指令脉冲频率 (min ⁻¹ 换算)	1V/1000min ⁻¹	
	n. □□□6	n. □□6□	电机转速×4	1V/250min ⁻¹	
	n. □□□7	n. □□7□	电机转速×8	1V/125min ⁻¹	
	n. □□□8	n. □□8□	预约 (请勿设定)	—	
	n. □□□9	n. □□9□			
	n. □□□A	n. □□A□			
	n. □□□B	n. □□B□			
	n. □□□C	n. □□C□			
	n. □□□D	n. □□D□			
	n. □□□E	n. □□E□			
n. □□□F	n. □□F□				

* 速度控制、扭矩控制时，位置偏移的监视信号变为“不定”。

补充

模拟量监视的输出电压为±8V(最大)。超过±8V时，用±8V反转输出。

