

DA200 伺服在 LED 分光机上的应用



invt
英威腾

【摘要】本文主要介绍英威腾伺服凭借其高精度、高响应、高价值的强大功能及定制化服务，成功地应用在了 LED 分光机上，赢得了客户的高度认可。

【Abstract】 This paper mainly introduces INVT servo with its high accuracy, high response, high value and customized service, is successfully used in LED machines, it has won a high degree of customer recognition.

【关键字】英威腾伺服；位置精度；响应速度；速度观测器

【Keywords】 INVT servo; positional accuracy; response speed ; Speed observer

1 项目背景

深圳是全国 LED 的重要生产基地和贸易中心，已有较完整的产业链和配套能力，在激烈的市场竞争中，同行间都在拼价格、拼效率。在这样的背景下，深圳某公司的核心产品 SMD-LED 全自动分光机，自然就成为了革新对象，分光机的核心系统---伺服系统就成为最先要改进的部分。英威腾凭借在工业自动化领域多年累积的专业经验和知名度，DA200 伺服成功入围并在测试中取得良好成效。

在生产效率日益增长的今天，原有 40k/h 的分光机已不能满足市场需求。客户需要更快的速度及更高的稳定性满足生产需求。深入了解了客户的工艺和需求后，针对转盘惯量大、对刚性要求高的特点，英威腾技术人员通过科学精确的计算，开创性的为该行业定制了专用马达，并选用了 DA200 系列高性能伺服驱动器以满足并超过客户预期效果。英威腾伺服因其极高的响应速度，丰富的 I/O 功能、功能强大的调试软件等特点，给客户留下了深刻的印象。

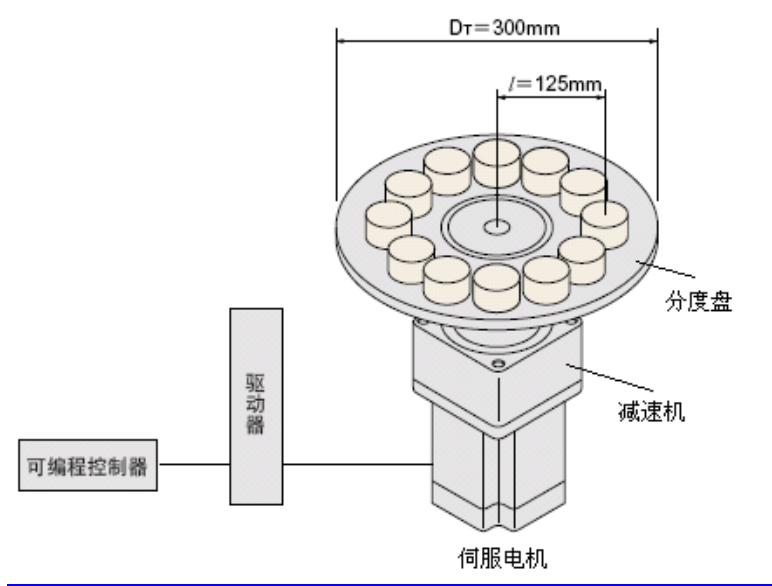
2 项目方案

2.1 伺服选型及特点讲解

LED 分光机对位置精度及响应时间要求非常苛刻。在整个机台中，关键有两个工位：转盘轴和检测轴。转盘轴要求高刚性、高速度、高响应，其他伺服品牌选送的都是 750W 轻惯量的马达，刚性提升空间有限。英威腾技术人员通过科学精确的计算，开创性的为该行业定制了专用马达，并选用了 DA200 系列高性能伺服驱动器配合先进的算法，以满足并超过客户预期效果。通过定制化的大扭矩伺服马达，使得该轴的刚性有了显著的提升，静止时（serve on）用手触摸，没有任何振感，客户对英威腾这个效果非常满意。英威腾选用的 DA200 系列伺服搭配 23Bit（8388608PPR）绝对值编码器，可以满足设备高精度定位控制和稳低速运转时的应用需求。实际调试的结果是指令时间 11.875ms，转盘轴伺服定位完成 13ms，整定时间不到 2ms,滞留脉冲为 0 个 pulse,好过客户要求的整定时间 5ms,位置误差 2 个 pulse。

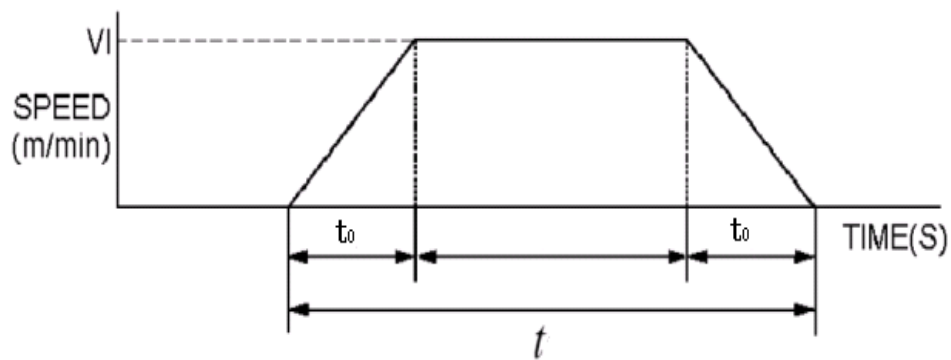
时间就是金钱，这句话在 LED 行业更能体现效率的重要性。充分利用英威腾 DA200 伺服优越的响应性能，拉高马达的频宽，使得设备的整体运行达到最佳的状态。

2.3 分度盘电机设计：



分度盘直径	$D_T =$	0.18 m
分度盘厚度	$L_T =$	0.003 m
工作物直径	$D_W =$	0.01 m
工作物厚度	$L_W =$	0.015 m
工作台材质密度	$\rho =$	2700 kg/m ³
工作物数量	$n =$	36 个
由分度盘中心至工作物中心的距离	$l =$	0.085 m
定位角度	$\theta =$	10 °
定位时间	$t =$	0.015 s
加减速时间比	$A =$	50%
减速机减速比	$i =$	1
减速机效率	$\eta_G =$	1
运行周期	$t_{cyc} =$	0.05 s

1) 决定加减速时间



加减速时间以定位时间的 50%效率最高：

$$t_0 = t \cdot A$$
$$= 0.0075 \quad s$$

2) 电机转速

减速机输出轴角加速度 $\beta_G = \frac{\frac{\theta \times 2\pi}{360}}{t_0(t - t_0)}$

$$= 3102.814815 \text{ rad/s}^2$$

减速机输出轴最大转速 $N = \frac{\beta_G \times t_0}{2\pi} \times 60$

$$= 222.2222222 \text{ rpm}$$

电机轴角加速度 $\beta_m = \beta_G \cdot i$

$$= 3102.814815 \text{ rad/s}^2$$

电机输出轴转速 $N_M = N \cdot i$

$$= 222.2222222 \text{ rpm}$$

3) 计算负载转矩

因为摩擦负载极小，故忽略：

$$T_L = 0 \quad \text{Nm}$$

4) 计算电机轴加速转矩 (克服惯量)

工作台的惯量

$$J_T = \frac{\pi}{32} \rho L_T D_T^4$$
$$= 0.000834788 \text{ kgm}^2$$

工作物的惯量

(工作物同时绕工作物中心轴旋转,
如果工作物没有自转, 可以不考虑
这部分惯量)

$$J_{W1} = \frac{\pi}{32} \rho L_w D_w^4$$
$$= 3.97609E-08 \text{ kgm}^2$$

工作物质量

$$m_w = \frac{\pi}{4} \rho L_w D_w^2$$
$$= 0.00318087 \text{ kg}$$

工作物的惯量

(按工作物体中心自转)

$$J_W = n \times (J_{W1} + m_w l^2)$$
$$= 0.000828776 \text{ kgm}^2$$

全负载惯量

$$J_L = J_T + J_W$$
$$= 0.001663563 \text{ kgm}^2$$

5) 加速转矩

$$\text{电机惯量 } J_M = 0.000117 \text{ kgm}^2$$

负载折算到电机轴上的惯量:

$$J_{LM} = J_L / i^2$$
$$= 0.001663563 \text{ kgm}^2$$

电机轴加速转矩

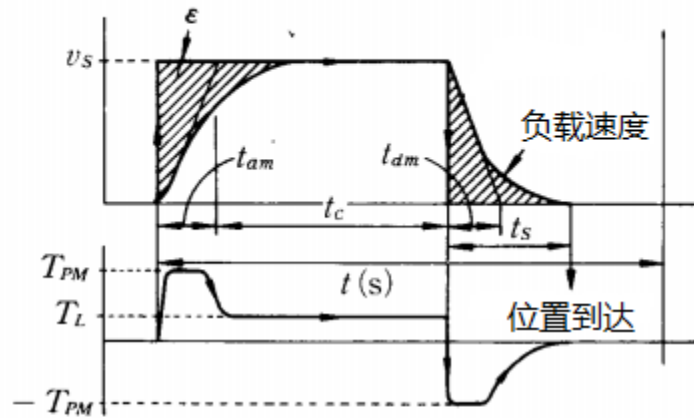
$$T_s = \frac{(J_{LM} + J_M) \beta m}{\eta_G}$$
$$= 5.52475788 \text{ Nm}$$

6) 必须转矩

*安全系数 $S=1$

$$\begin{aligned}
 T &= (T_s + T_L) * S \\
 &= 5.52475788 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

7) 额定转矩



$$\bullet T_{rms} = \sqrt{\frac{T_{PM}^2 \cdot t_{am} + T_L^2 \cdot t_c + T_{PM}^2 \cdot t_{dm}}{t}} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

T_{PM} : 瞬间最大扭矩

T_L : 马达轴换算负载扭矩

其中假定其过程只有加减速阶段，无匀速阶段，公式简化为：

$$\begin{aligned}
 T_{rms} &= \sqrt{\frac{T^2 * t_0 * 2}{t_{cyc}}} \\
 &= 3.02603415 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

8) 负荷与电机惯量比

$$\begin{aligned}
 N1 &= \frac{J_L}{J^2} / Jm \\
 &= 14.2184889
 \end{aligned}$$

根据以上数据定制专用电机，在实践应用中也证实与计算数据基本相符。

3 工艺流程

LED 分光机主要用于 LED 产品光色一致性的检测和分光,配有精密的光谱分析仪 ,具有高智能性,可自动检测出不合格产品并将之吹入废料盒,系统架构是由圆形振动盘与平行振动轨道负责送料,以吸嘴将 LED 送至转盘,经由测试站量测光电特性之后,系统会根据量测仪器的测试结果,透过分料机构将 LED 送至所属之落料盒。

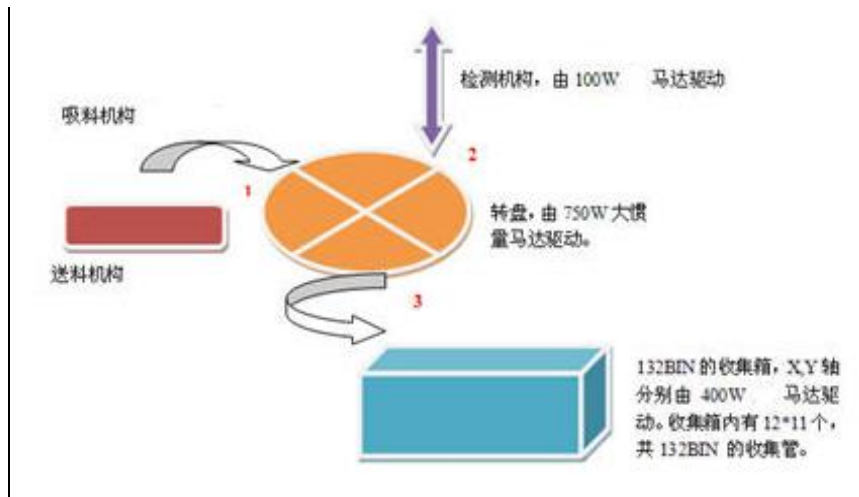


图 1 工艺流程图

送料机构把料送到固定位→吸料机构把料送到转盘上的工位 1→转盘转动一个角度把料送到工位 2→检测机构下来工作采集相关数据→转盘再把检测后的料送到工位 3→高压气枪把料吹入收集箱（收集箱会根据检测的结果，事先确定好收集管的位置）。

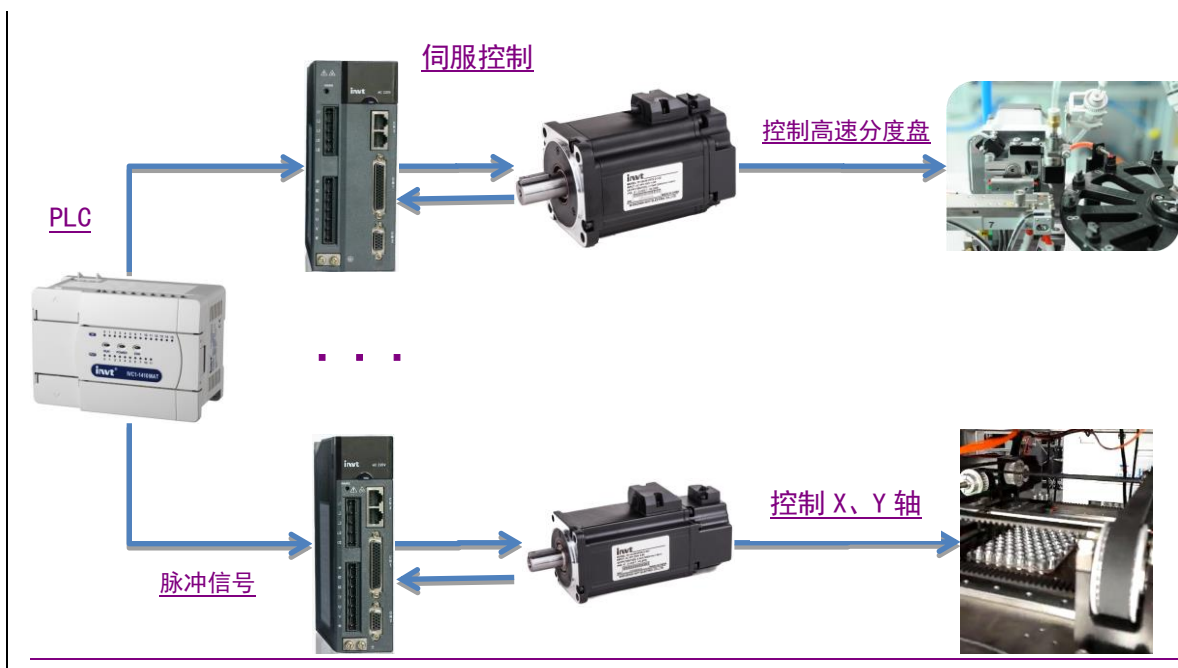


图 2 设备电控配置示意图



图 3 设备示意图

分光机产品参数

见微知著，来详细了解产品的技术参数吧

电性测试参数

序号	测量电性参数	测试条件范围	测试分辨率
1	排向电压 POL	0.001—500MA	1mV
2	正向电压 VF	0.001—500MA	1MV
3	反向电流 IR	0.1V—20V	0.1μA
4	正向电流 IF	0.1V—20V	0.01 mA
5	反向电压 VR	1-1000μA	1MV

光学测试参数

序号	光电测试参数	测试范围	重复测试精度
1	色度坐标 XYZ	CIE1931&1964XYZ 可见光范围标准	±0.001
2	主波 λ d	380nm-780nm	±0.3nm
3	峰值波长 λ p	350nm-1000nm 可根据客户要求配置	±0.8nm
4	半波宽 λ d	350nm-1000nm 可根据客户要求配置	±0.5nm
5	色纯度 PUR	PUR	±0.01
6	光强 MCD	可见光/红外光	±5%
7	相关色温 CCT (μrd)	1000K—40000K	±0.8%
8	光通量 ΦV (单位 mlm)	根据衰减的衰减率 和积分球内径定	±0.6%

主体技术参数

分光系统	自主研发，独立知识产权
分级能力	132BIN 或 264BIN
最大产能	40Kh
回 BIN 率	≥ 95%
测试站数	1 站
供电电源	AC220V 50Hz 10A
气压	0.45-0.50Mpa
真空来源	内置进口真空泵
功率	≤ 2.30Kw
外形尺寸	1220mm x 770mm x 1860mm

重量

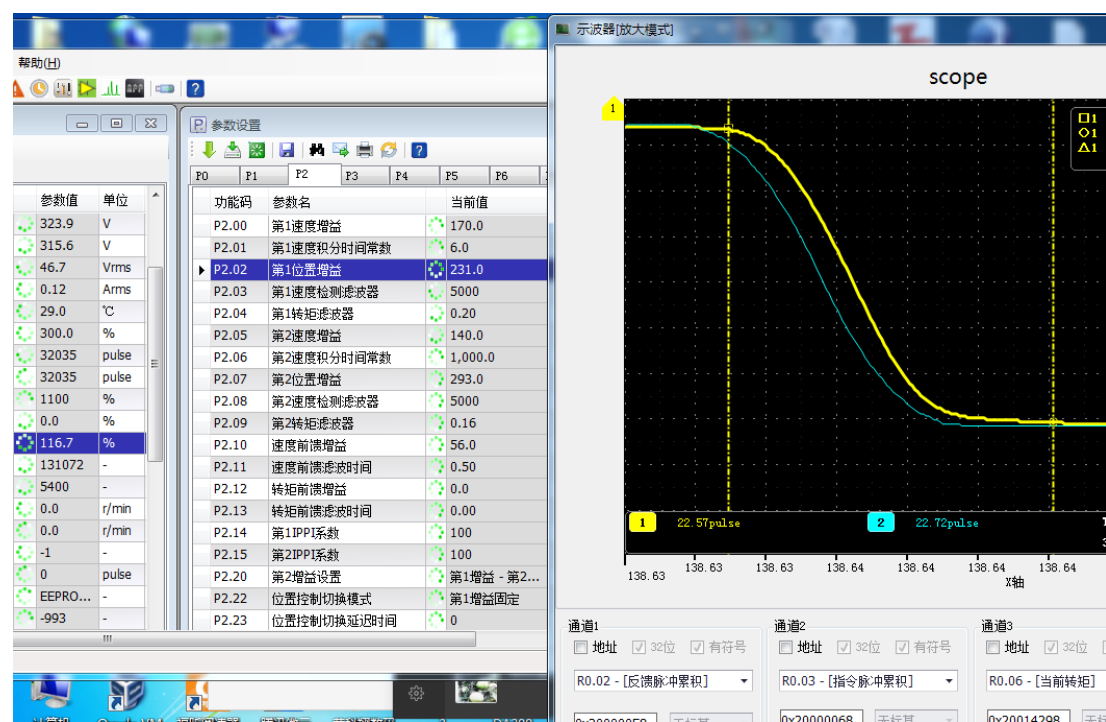
460Kg

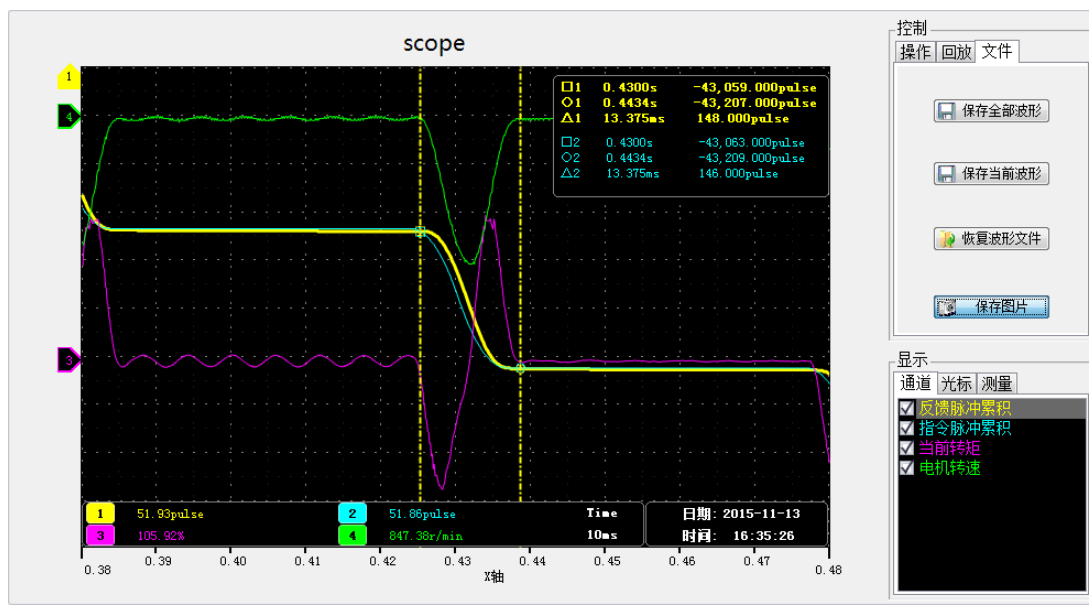
*客户希望能将最大产能提高到 65K/h 以上。

4. 伺服参数调整

A. 使用提高刚性及速度前馈版

- 1) 调整惯量，观察 R0.51 实际惯量值
- 2) 提高刚性至 21 左右
- 3) 提高速度增益。速度增益与积分乘积在 500~900 之间。
- 4) 加前馈，至 56%
- 5) 使用滤波器陷波





波形效果图

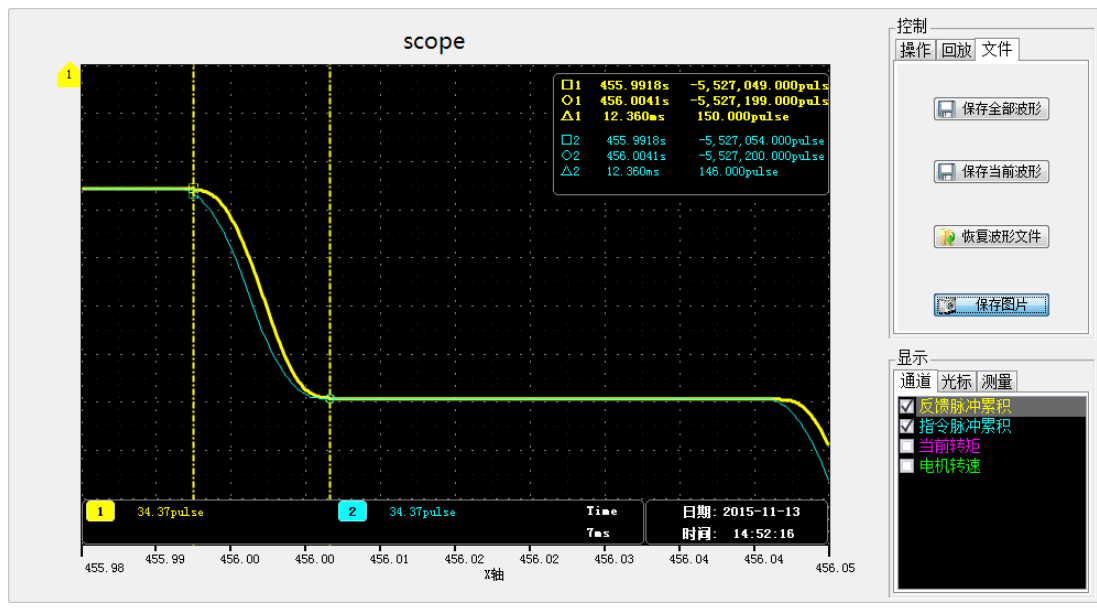
效果：比较好，但从波形上可以观察 13.3ms 完成后动作后还有波动，使用高速摄像头观测到 14ms 完成但还是会有略微的抖动。

B. 专家调试-使用速度观测器版

- 1) 先调惯量，把惯量比设定好，可以实时观察 R0.51 进行调整。
- 2) 然后将速度环增益向上调，调至出现振动了,观察转矩波动可以得到振动频率，使用陷波滤波器抑制。（超过 1KHz 以上可以把深度加深为 0，Q 值为 1）
- 3) 转矩稳定后，把速度观测器打开。逐步提高速度观测器增益（不振为止）。
- 4) 速度观测器增益提高之后，速度环增益就可以大幅上调了，可以 50Hz 往上加，直至不振为止。
- 5) 提高了速度增益后，提高位置增益，让最后几个脉冲快速收尾。一般速度增益提高之后位置增益在 1.5 倍范围内提高。

参数设置										
P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	PtP0	PtP1	PtP2	不同参数
常用参数										
功能码	参数名	当前值	保存状态	单位	最小值	最大值	默认值	读写属性	生效方式	
P0.00	电机型号	2500		-	0	9999999	2300	RW	RST	
P0.22	电机旋转一圈所需脉冲数	10800		pulse	0	1048576	10000	RW	RST	
P1.01	第1惯量比	1451		%	0	10000	250	RW	INST	
P1.29	第3陷波频率	1951		Hz	50	5000	5000	RW	INST	
P1.30	第3陷波Q值	1.00		-	0.5	16	1.00	RW	INST	
P1.31	第3陷波深度选择	0		%	0	100	0	RW	INST	
P1.03	机器刚性设定	13		-	0	31	13	RW	INST	
P2.00	第1速度增益	400.0		Hz	0	3276.7	27.0	RW	INST	
P2.01	第1速度积分时间常数	1.8		ms	0.1	1000	21.0	RW	INST	
P2.02	第1位置增益	650.0		1/s	0	3276.7	48.0	RW	INST	
P2.03	第1速度检测滤波器	5000		Hz	100	5000	5000	RW	INST	
P2.04	第1转矩滤波器	0.16		ms	0	25	0.84	RW	INST	
P2.60	速度观测器是否有效	速度补偿		-	0	2	无效	RW	STOP	
P2.61	速度观测器增益	175		Hz	1	1000	100	RW	INST	
P3.11	开关量2输出配置	0x103		-	0	287	0x003	RW	RST	

部分参数



波形效果图（滞留脉冲）

5 项目总结：

使用速度观测器后：

- 增益得到极大提高，响应快，整定时间只有 2ms；
- 噪声减小，声音明显变得清脆；
- 负载率变低，电机温度明显下降；
- 每小时最大速度达 72K（还可以更高），超过其机械速度上限；

经过两个多月的测试，设备运行情况良好，产品成品率高,设备的工作效率提高了 80% (从 40K 提高至 72K)。英威腾 DA200 伺服以其高精度、高应答、高价值的强大功能，赢得了客户的高度认可。随着 LED 市场需求的进一步加大，LED 制造设备的需求量也会同比增长, 英威腾伺服在分光机上的成功应用，为英威腾更多产品进入这个行业奠定坚实基础。