

青岛智和直驱电机产品介绍



内容介绍

1 DD马达基本原理

2 智和产品线

3 应用案例

4 基于不同应用案例指标分析

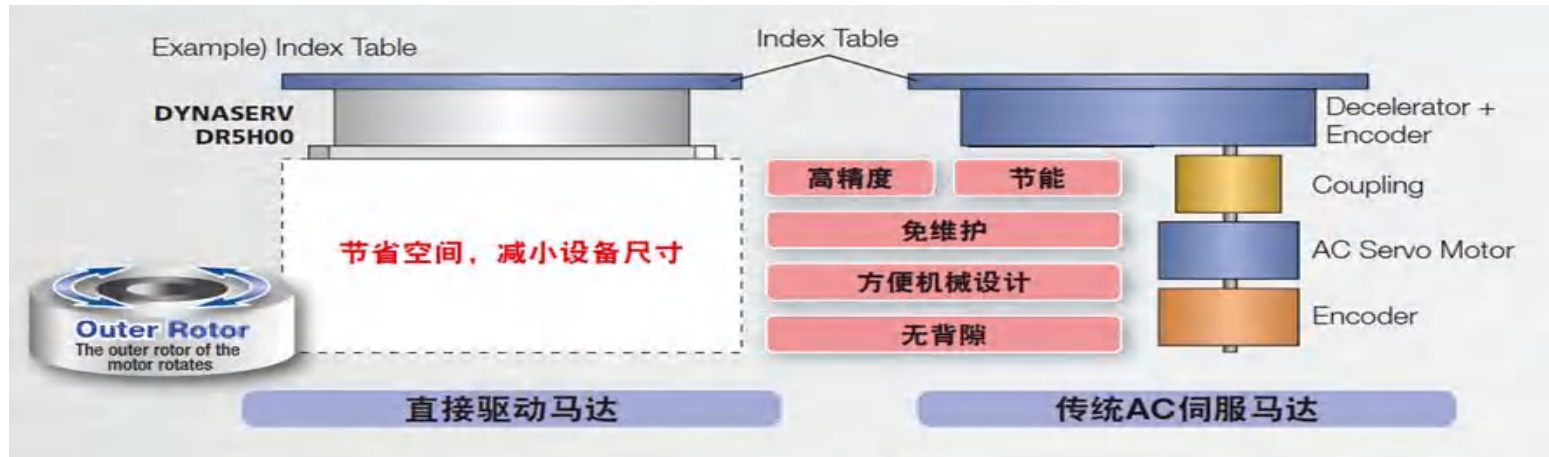
5 机械结构安装注意事项

什么是DD?

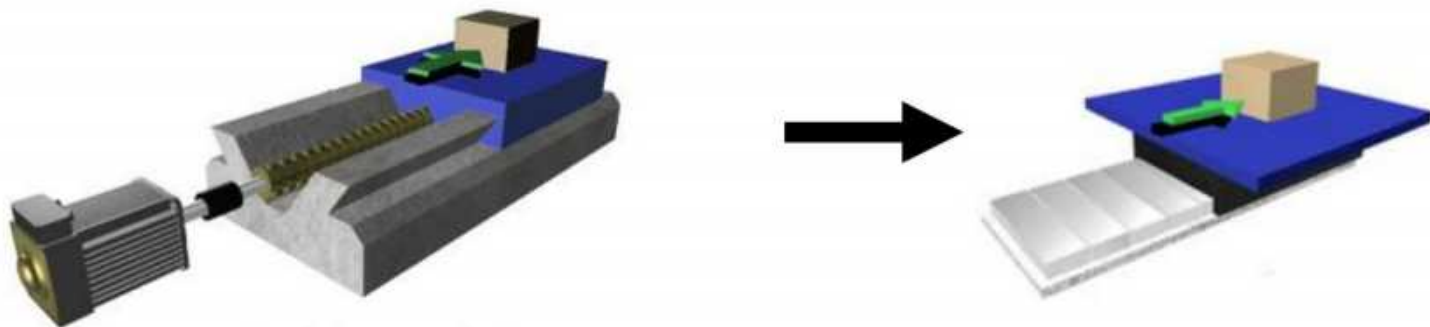
- Direct Drive = 直接驱动。
- 输出力矩大，因此也将称为力矩电机。
- 与伺服电机不同，该电机的大力矩可以直接与运动装置连接，省去如减速器，齿轮箱，皮带轮等连接机构，因此才会称其为直驱动电机。
- 配置了高解析度的编码器（部分高端品牌使用绝对值型编码器），因此使该产品可以达到比普通伺服高一个等级的精度。并且采用直接连接方式，减少了由于机械结构产生的定位误差，使得工艺精度得以保证。
- 减少由于机械结构摩擦而产生尺寸的误差和使用时的噪音等降低了很多。

DD马达基本介绍

直驱旋转DDR

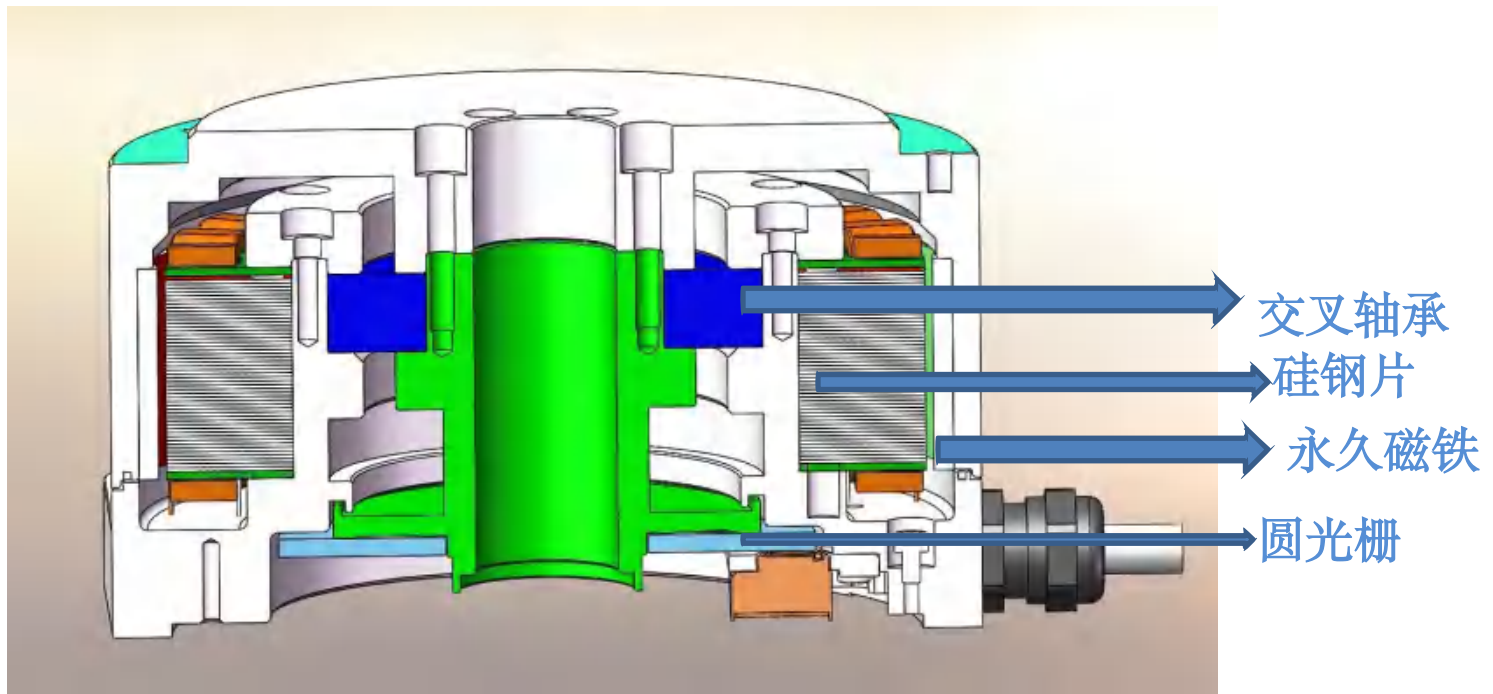


直驱直线DDL



DD马达基本介绍

结构剖面图



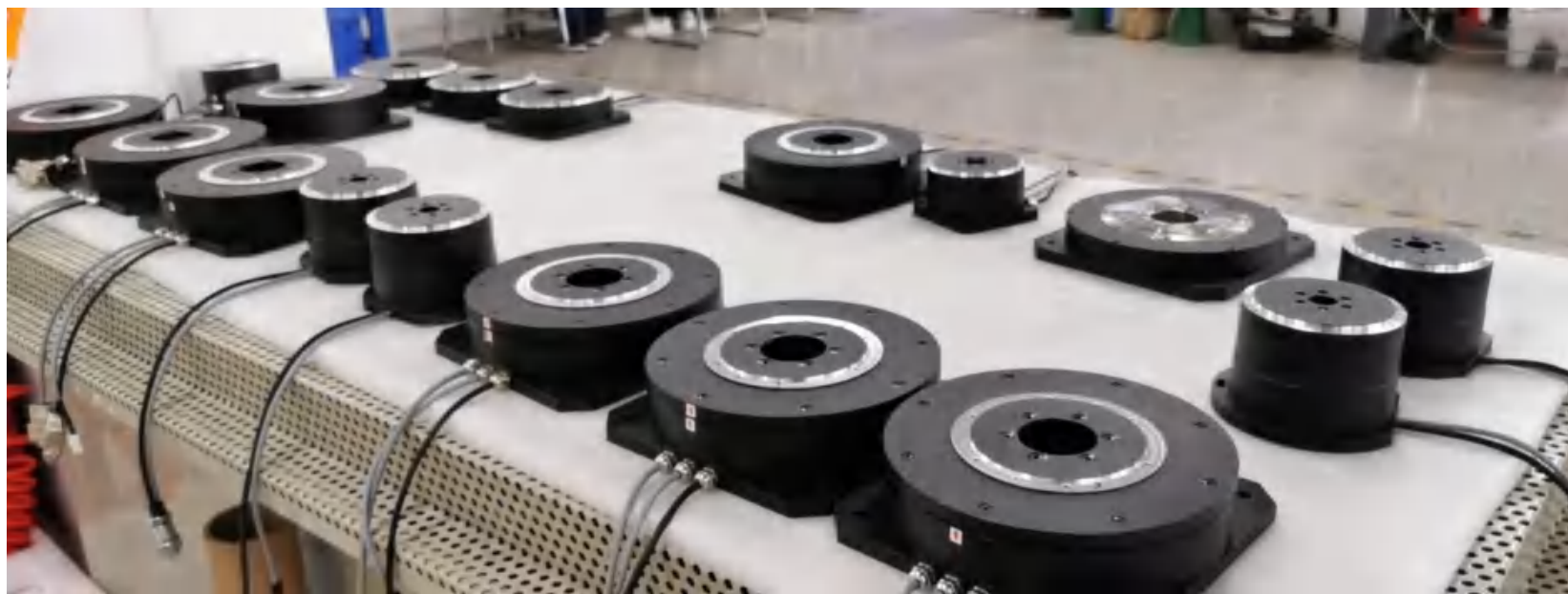
DD马达基本介绍

DD马达驱动与传统驱动方案对比

类型	机械分度盘	DD马达	伺服马达
特点	重复固定动作	根据程序动作, 柔性高	配套减速机
分度数	1-16分度, 固定	任意	任意
分度时间	0.05s, 根据凸轮决定分割角度	最快可达22.5°, 20ms	0.3S-任意
停止时间	连续旋转0.02S	任意	0.01S-任意
旋转方向	固定	自由	自由
凸轮曲线	MS,MT,MC选一	自由	S曲线
分度精度	60°(+ -30)	可达±1"以内	减速机决定
分辨率	--	圆光栅最高可达67,108,864	20bit
保持刚性	●	●	机构决定
耐负荷	扭矩保护器	过载保护	过载保护
负荷变动	●	▲	▲
空间	▲	●	▲
易用性	●	▲	▲
长期运行稳定性	Δ (精度随时间下降)	●	▲ (传动部件精度随时间下降)
价格	●	Δ	▲

产品线

目前开发的DD马达超过**300**个规格
转子类型：**内转子，外转子，无框**
直径 **40mm----708mm**
持续扭矩**1Nm---3000Nm**



外转子有框



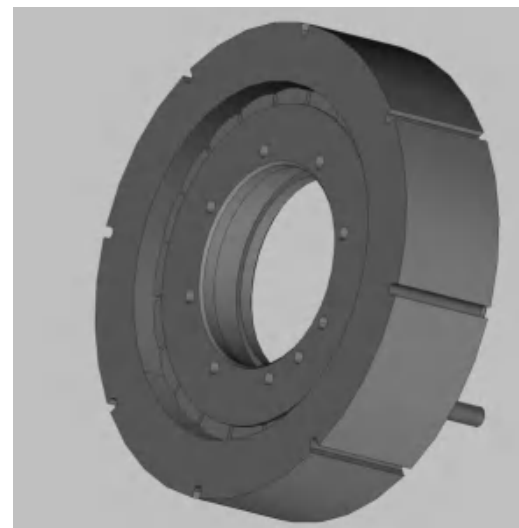
内转子有框



组合摆台

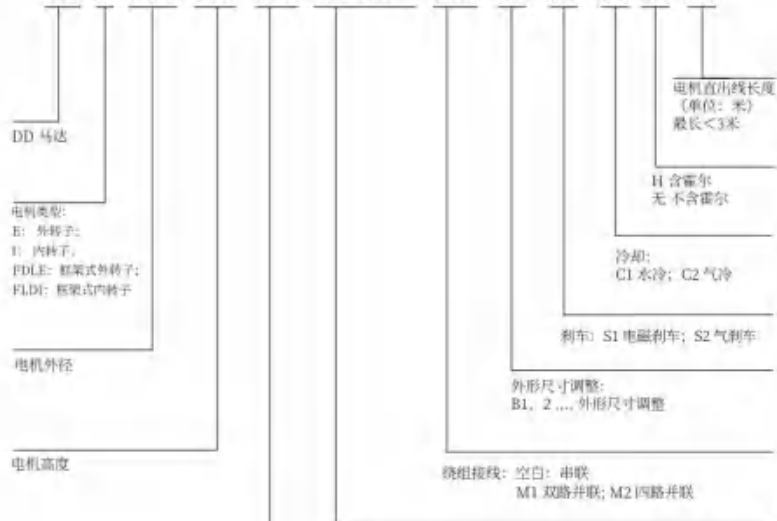


无框电机



命名规则

LD E-000 000-W1-FZLNW-M1-B1-S1-C1-H-0.3



出线方式:
W1 侧出线;
W2 底出线

反馈类型:

FA 雷尼绍Atom; FAN* Atom数字量 (细分定义见注释1);
FQ 雷尼绍QUANTIC 钢环尺; FS**B**位Biss-C绝对值时隙;
FQL QUANTIC 直线光栅尺;
FL 榕树模似量钢带; FLN* 榕树数字量钢带 (细分定义见注释2);
FEN 尼康旋编; FES 多摩川旋编;
FM 磁栅; RMR 悦鹰23位多摩川; FMR**B 悦鹰**位Biss-C;
FZLA 榕树模似量; FZLN* 榕树数字量 (细分定义见注释3);
FLJ**B**位Biss-C; FLJ**P**位松下;

注释 1

FAN 细分倍数解释		
信号定义	细分倍数	
D	4倍	
X	20倍	
Z	40倍	
W	100倍	
Y	200倍	
H	400倍	
M	1000倍	

注释 2

FZLN 细分倍数解释		
信号定义	细分倍数	
D	8倍	
X	40倍	
Z	80倍	
W	200倍	
Y	400倍	

注释 3

FLN 细分倍数解释		
信号定义	细分倍数	
C	20倍	
D	40倍	
F	200倍	
G	400倍	
H	1000倍	
I	2000倍	

背光模组组装机



人工将BLU放置在8工位转盘的模具上，8工位转盘自动旋转，完成BLU清洁、扩散膜1叠合、增光膜1叠合、增光膜2叠合、扩散膜2叠合、遮光膜叠合、遮光膜压合、下料等工序，扩散膜、增光膜、遮光膜通过送料部件实现自动撕膜、定位，叠合过程通过转载部件的精确运动来实现。

OCA全贴合



LCM手动/自动上料→自动撕膜→OCA料盒上料→OCA自动撕膜→TP人工清洁流水线入料→拍照对位→软对硬滚轮贴合→自动撕OCA重膜→TP/LCM真空贴合→自动下料到流水线

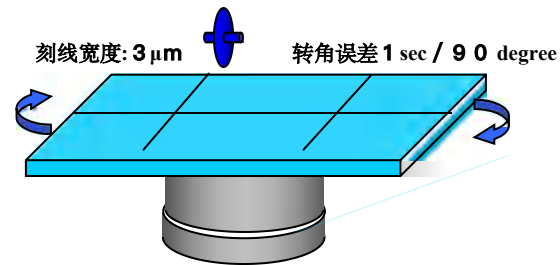
高精度DD马达用来对位以及固定工位旋转

COG FOG 视觉对位



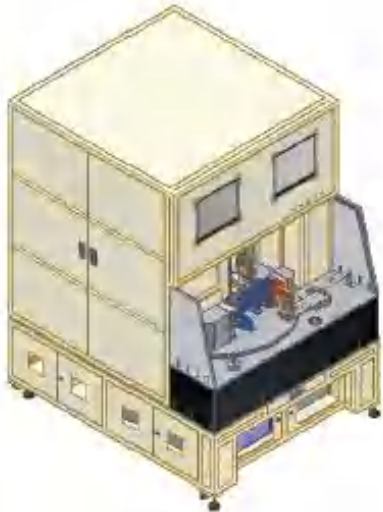
COG(Chip On Glass)对位技术，指的是运用一种包含金属颗粒的粘性膜(异方向性导电膜**ACF**)，通过预压将**IC**芯片邦定在**LCD**玻璃板上，使**IC**与**LCD**玻璃板之间的线路连通。**IC**芯片面积小，但**I/O**端数量多。要想使**IC**与**LCD**玻璃板之间的线路很好的连通，就需要对**IC**和**LCD**进行非常精确的定位，保证足够的定位精度。

玻璃切割机



玻璃自动切割机是根据**TFT-LCD**、**CSTN-LCD**等液晶产品的工艺要求设计的自动玻璃切割机。玻璃自动切割机主要针对最大尺寸为**950-850**的单层玻璃进行直线和曲线的组合切割，可一次切割任意多块相同或不相同的玻璃。通过读入**CAD**图形文件获取切割数据并可自动优化切割路径。采用视觉系统自动对位，实现高效率、高精度切割。

多工位激光焊接机



焊接工作台主要由机架，焊接平台，多工位旋转工作台，工件专用治具，专用治具可以通过**PLC**控制多个气缸完成工件的快速装夹和定位,对客户的产品实现高速有效，稳定地装夹和焊接，旋转工位上下料，焊接过程能一次自动完成。焊接完成后旋转治具退出，如此旋转循环完成几个个工位的焊接；其中一工位在焊接过程中，另外一个工位正在上下料。

背光板点亮检测



通过人工撕掉背光源上的PT膜之后把背光源放在圆盘上，机器自动亮背光源，再通过相机拍取产品图片，视觉检测系统接收并分析图片信息，根据设定值的数据来达到判别良品与不良品。

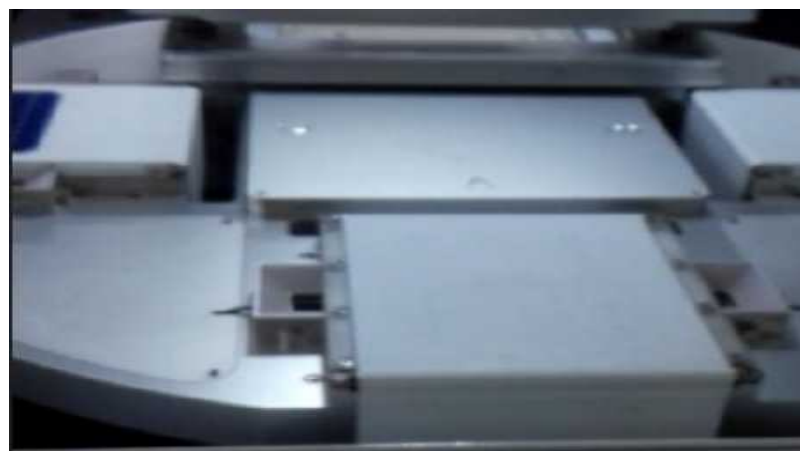
DD马达驱动器转盘做高精度固定位置定位。

全自动丝印机



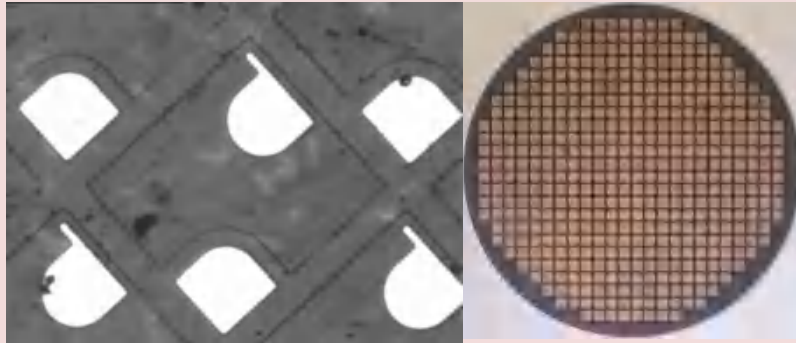
形式	4工位全自动丝网印刷机
适用规格	4~7寸 (55*120mm~120*200mm)
装盘	料盘尺寸 500*350*25
节拍	3.5s/2pcs
产能	2000~2400pcs/h
定位方式	机械定位+CCD定位
印刷精度	0.01mm
扩展	双色或多色生产线

DD马达驱动台面实现高精度
定位,印刷

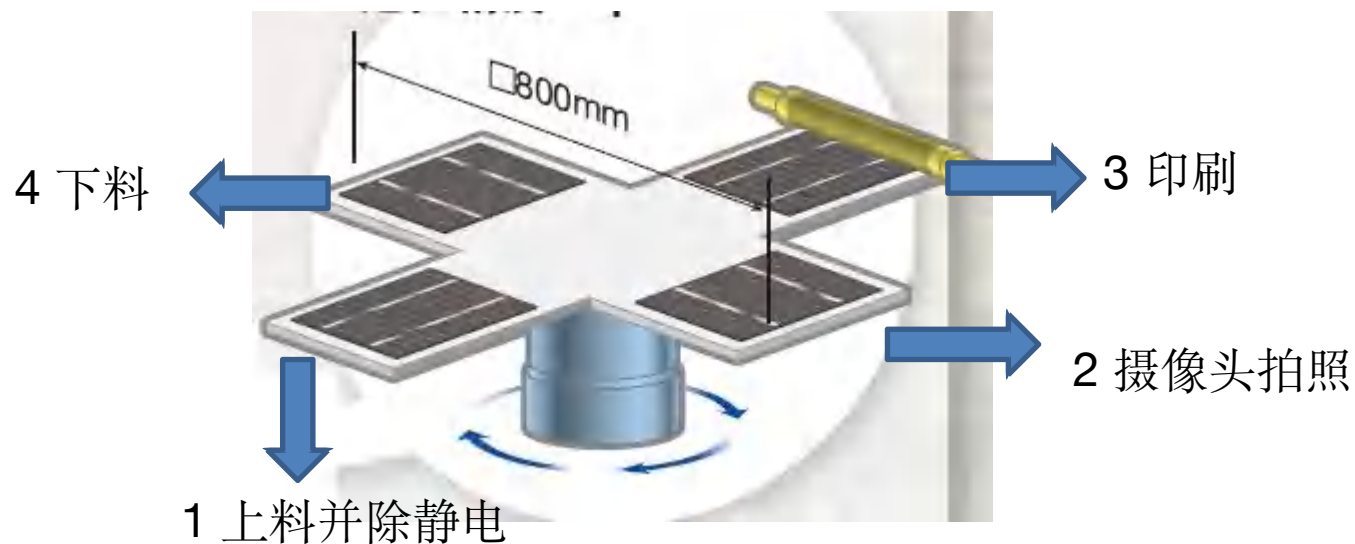


晶圆划片机

晶圆划片，属后道工序，指将做好芯片的整片晶圆按芯片大小分割成单一的芯片（晶粒）。现在普遍采用的是利用高速旋转的金刚砂轮刀片，将晶圆切割成晶粒，典型代表设备为日本DISCO公司生产的DAD321切割机型。



全自动丝印机应用DD马达技术要求解析

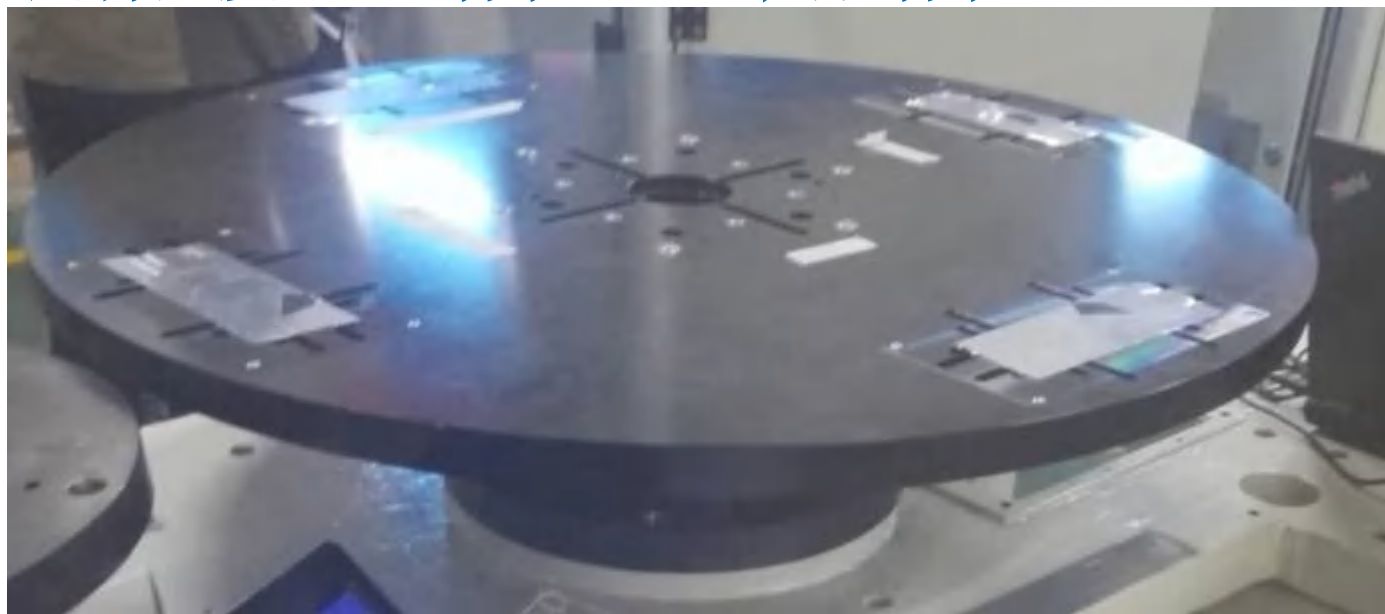


玻璃盖板丝印机DD马达技术需求

- 1 马达扭矩计算
- 2 机械精度
- 3 单向重复精度解析
- 4 绝对定位精度解析

玻璃盖板丝印机DD马达技术要求

按照4工位转台要求 负载40kg 转台直径850mm
运行角度90° 时间0.35S 印刷时间2s



惯量

计算

◆ 惯量计算
— □

档案 打印

数据输入

负荷编号

负荷形状

计算条件

材质

质量 [kg]

比重

数量

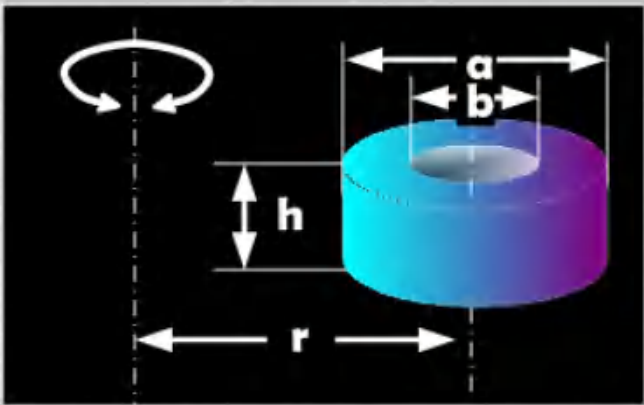
a [mm]

b [mm]

偏心量 [mm]

备注栏位

删除一行
OK



~惯量计算步骤~需要英译

【1. 负荷形状之选择】

选择负荷形状。

选择项目中，在无符合之负荷形状时，请分成几种而组合为尽可能接近之形状后加以计算。

总惯量[kgm²]

Memo
设定

负...	形状	材质	数量...	尺...	尺...	尺...	偏心...	比重	质量[...]	J1[...]	J2[...]	合计[...]	备注
1	0: 圆柱		1	850	100		0		40	3. ...	0.0000	3.6625	

扭矩

计算

负载转动惯量 $J_M=$	0.06 kg*m ²		
电机并联数 $n:$	1		
电机预选方案:			
电机型号:			
转子转动惯量 $J_m:$	0.06 kg*m ²		
转子质量 $m:$	0 kg		
轴承摩擦转矩 $T_f:$	5 Nm		
一、三角形/梯形 运动曲线规划			
规划参数	加速时间 $t_a=$	0.2 s	
	恒速时间 $t_r=$	0 s	
	减速时间 $t_d=$	0.2 s	
	停留时间 $t_{dw}=$	0 s	
	周期位移 $S=$	4.36 rad	
平均速度 $V_{avg}=$	0.65 rad/s=	6.2468315 r/min	0 m/s 切向线速度
最大速度 $V_{max}=$	7.85 rad/s=	74.961978 r/min	0 m/s $S=?$ rad
加速度 $A_m=$	39.25 rad/s ²	374.80989 rpm/s	0 m/s ² 切向加速度
减速度 $D_m=$	39.25 rad/s ²	374.80989 rpm/s	0 m/s ²
仅加速转矩 $T_{acc}=$	151.62 Nm		
恒速下转矩 $T_r=$	5.00 Nm		
仅减速转矩 $T_{dec}=$	151.62 Nm		
最大加速转矩 $T_{am}=$	156.62 Nm		
最大减速转矩 $T_{dm}=$	146.62 Nm		
保持推转矩 $T_{dw}=$	0.00 Nm		
需求 系统需求总转矩 $T_{rms}=$	0.00 Nm		
单台 连续转矩 $T_{rms}=$	61.93 Nm		以此为选型指导, 并保留>10裕量
单台 峰值转矩 $F_{max}=$	156.62 Nm		

$J=0.5*m*r^2$ ● The required cooling method

The diagram illustrates the calculation of the required cooling method based on the motor's moment of inertia J_m . It shows a velocity-time profile with phases for acceleration (t_a), constant speed (t_r), deceleration (t_d), and dwell (t_{dw}). The total displacement S is indicated as $S=?$ rad.

关于惯量比的说明

一、惯量比推荐（按应用场景）

1. 高动态、精密定位（半导体、光伏、高速分度）

推荐： $\leq 5:1 \sim 10:1$

特点：响应快、定位稳、振动小、整定时间短

2. 一般工业（转盘、检测、点到点定位）

推荐： $10:1 \sim 30:1$

特点：兼顾成本与性能，多数 **DD** 马达厂商标准上限

3. 低速重载、低动态（大转台、慢节拍旋转）

推荐： $30:1 \sim 100:1$ （部分品牌可达 $200 \sim 300:1$ ）

前提：高刚性直连 + 高性能驱动器（惯量辨识、前馈、抑振）

关于惯量比的说明

二、关键影响因素

机械刚性：直连 / 高刚性 → 可接受更大惯量比；
皮带 / 长轴 / 柔性连接 → 惯量比必须更小 ($\leq 5\sim 10$)

驱动器算法：**DD** 驱动器支持惯量辨识、自适应控制、摩擦前馈，
可显著放宽惯量比

加减速时间：惯量比越大，允许的加减速应越平缓，否则易振动、
超调、过载

关于惯量比的说明

三、选型原则

先算负载惯量（转盘、工件、夹具等折算到电机轴）

查电机手册：规格书会标注惯量

设计值 \leq 推荐值的 60%~80% 留安全余量

扭矩同时校核：加速扭矩 $T=(J_m+J_L) \cdot \alpha$ ，必须小于电机峰值扭矩

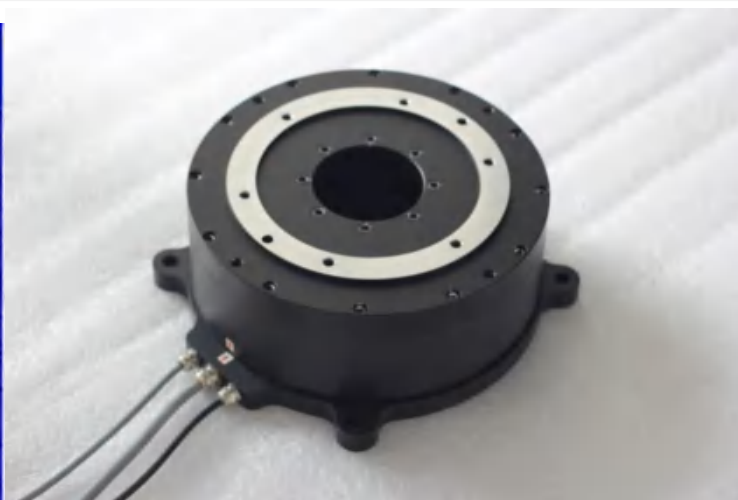
四、常见误区

只看扭矩不看惯量：扭矩够但惯量比过大 \rightarrow 振动、定位不稳、调试困难

越小越好：惯量比 1:1 响应最优，但电机体积 / 成本大幅上升

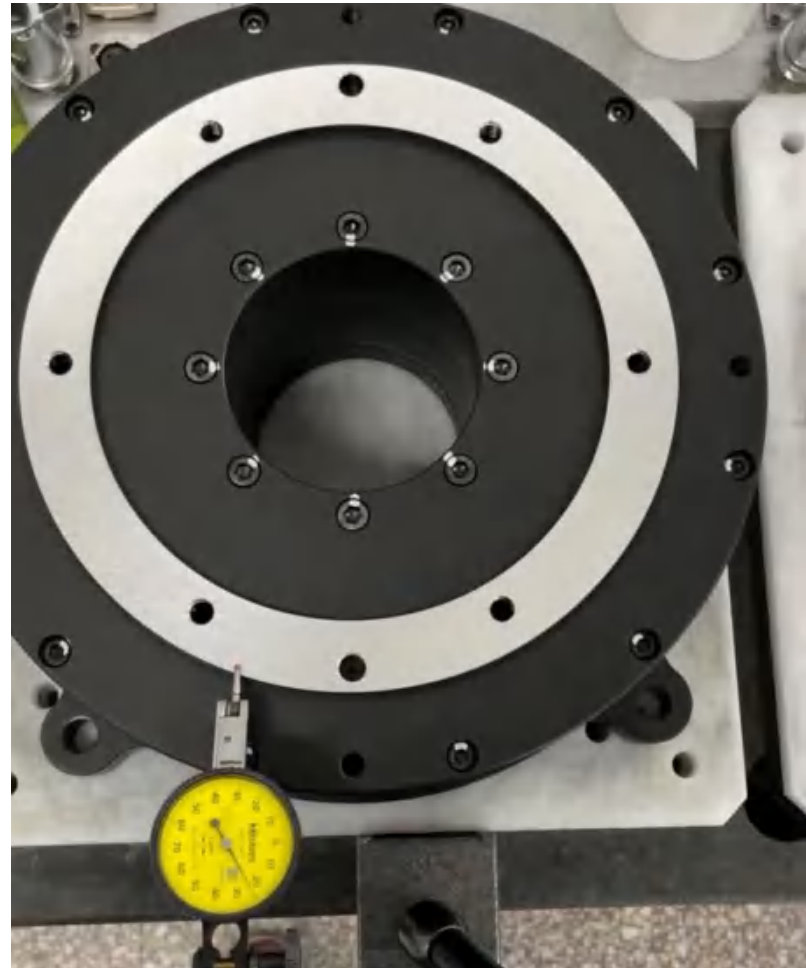
DD马达规格书

主要参数	单位	LDE-263112- W1-FA
连续转矩	N.m	95.0
连续电流	A rms	7.1
最大转矩	N.m	190
最大电流	A rms	14.2
转矩常数	Nm/A rms	13.4
电阻 (ptp)	Ohms (25°C)	2.7
电感 (ptp)	mH (25° C)	8.3
极数		40
反电势常数 (ptp)	Vrms/rad/s	10.0
最大额定功耗	W (25° C)	259.9
电机常数	Nm/√W	3.0
转动惯量	Kg.m ²	0.13
电机重量	Kg	25
最高转速	rpm	150
最大轴向载荷	N	10000
最大径向载荷	N.m	400
轴向偏差	mm	0.005

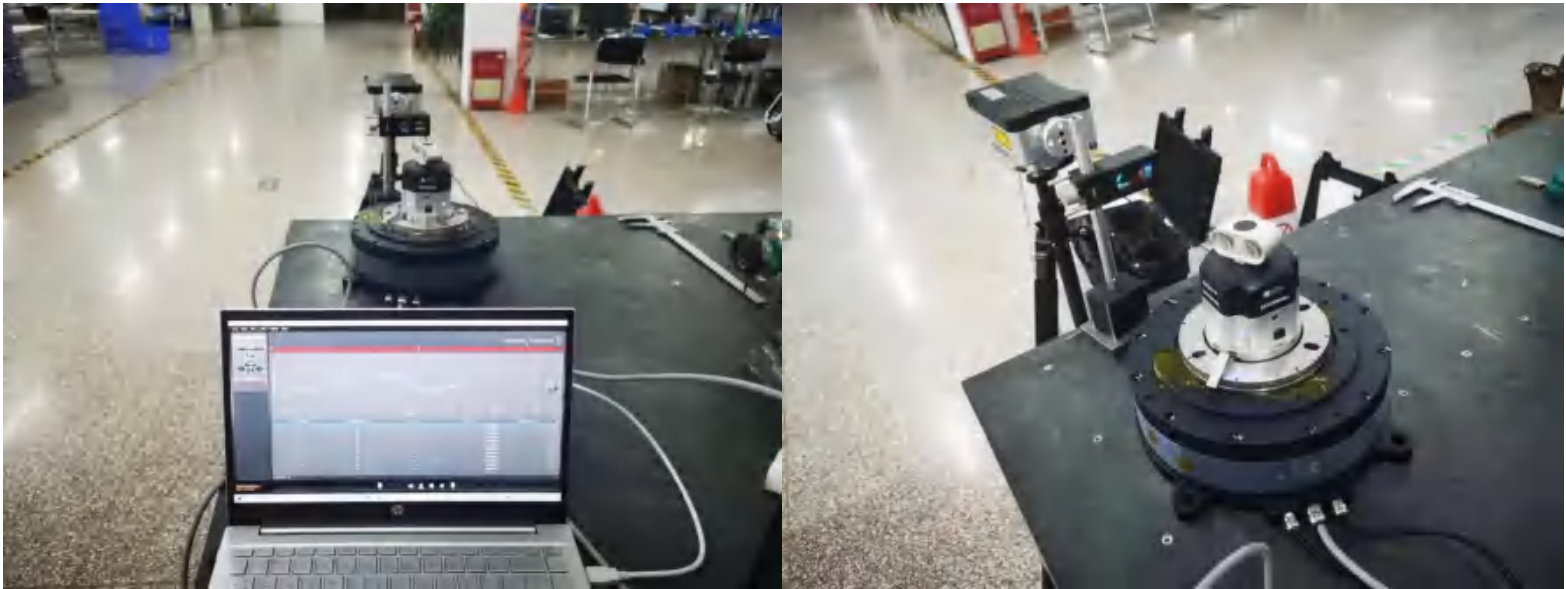


DD马达机械精度要求

安装面的跳动要求
小于5微米

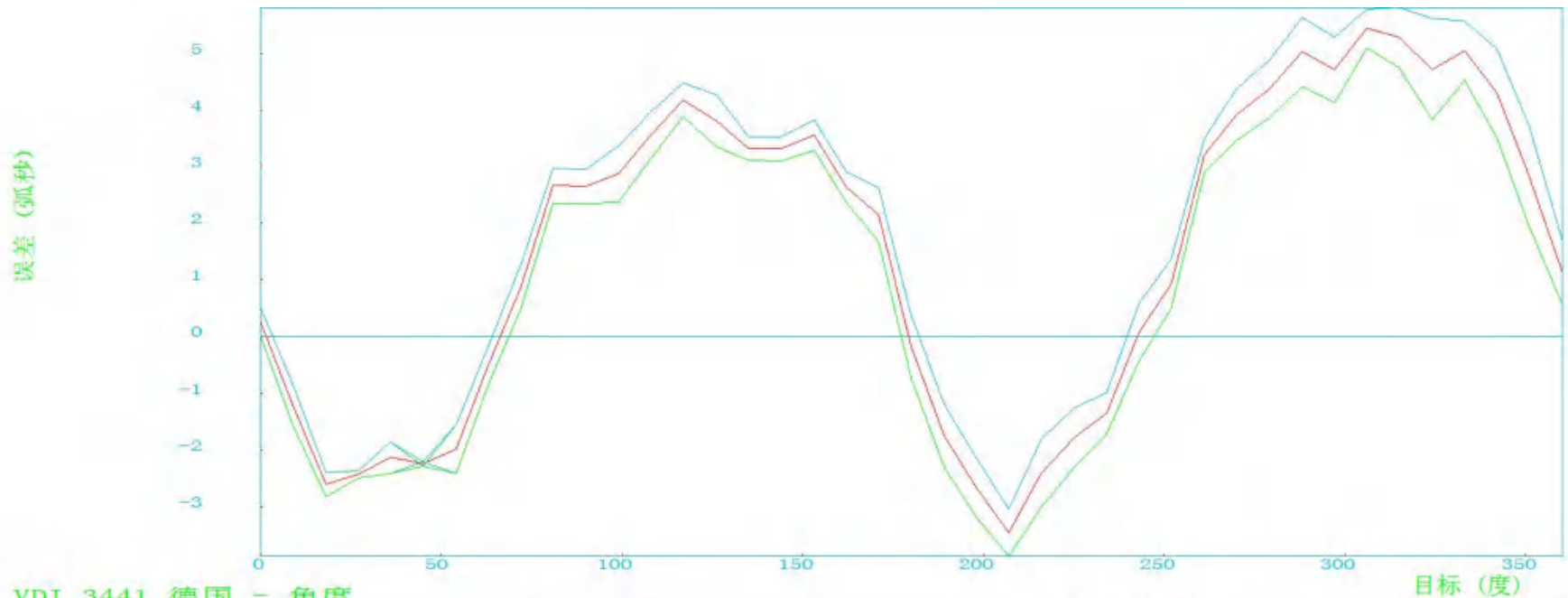


绝对精度



使用雷尼绍激光干涉仪测量40个点 往返

绝对精度测量



VDI 3441 德国 - 角度

机器名称::	轴::	反向量差:	1.79
系列号::	测量位置::	定位精度:	9.67
日期::2022-03-07T09:10:4	U 平均 :	重复精度:	0.00
试验者::ydd68	Ps 平均 :	位置偏差:	8.90

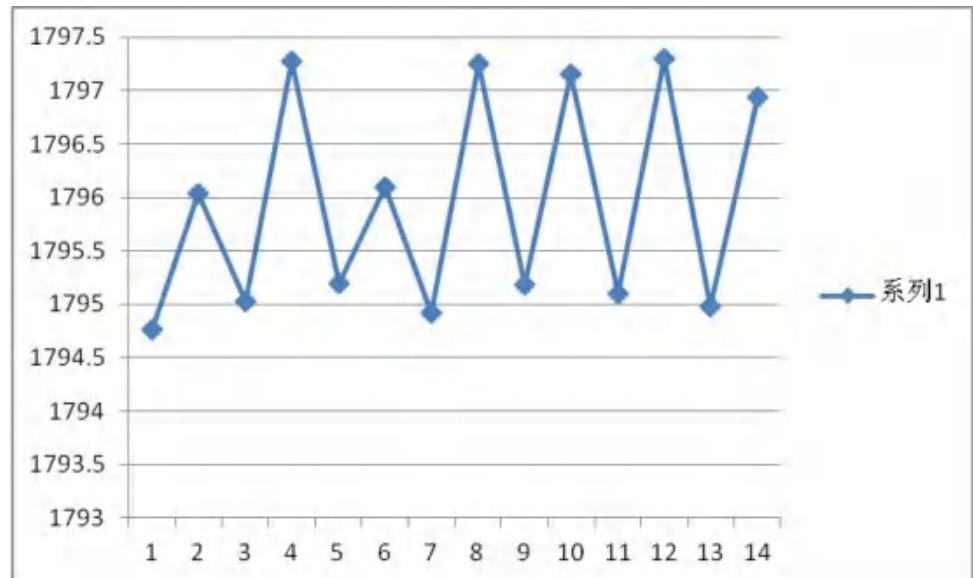
测量结果 绝对精度 $\pm 5\text{arc-sec}$

单向重复精度要求

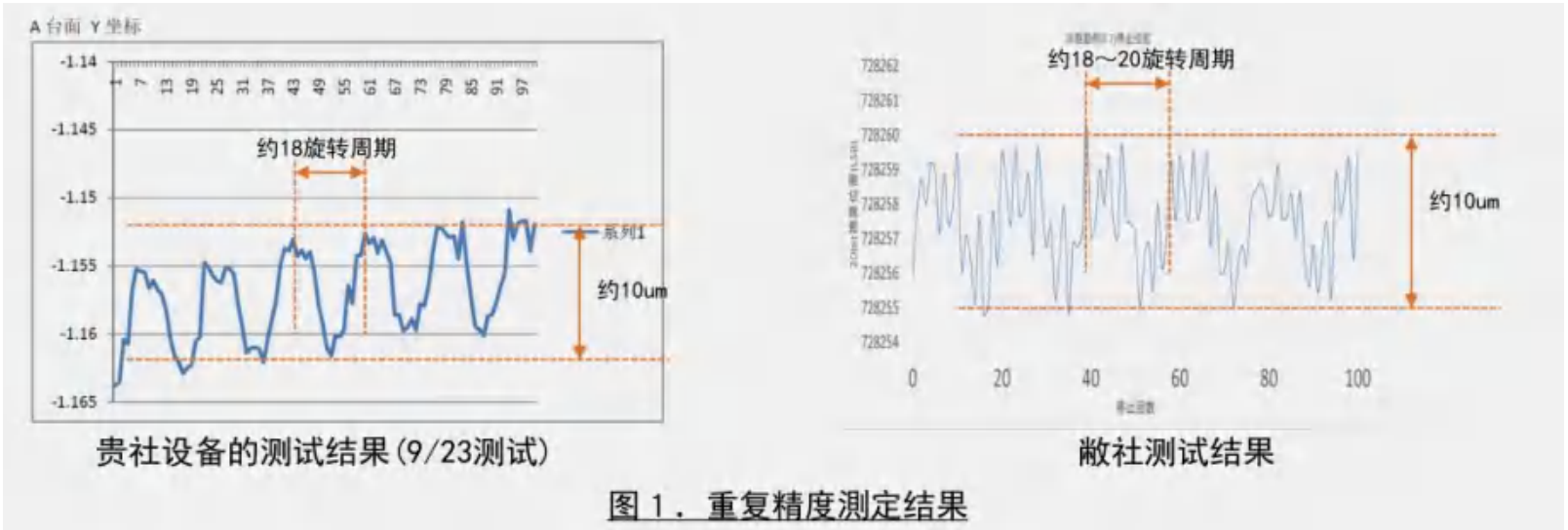


CCD对齐转台上的黑色mark标，
电机90°旋转，运行360°
拍照。对比多次拍照的位置

测试结果 延时100ms拍照
重复精度 3微米以内



反馈核心技术—双读头



上图为单读头的重复精度测量结果，偏差呈周期变化

反馈核心技术—双读头

轴承的N. R. R. O. (非重复振动精度) 相关

本电机采用交叉滚轮轴承，滚轮位置的变化示意图如下图所示。

本次的验证结果所示，轴的非周期性变化，是由于电机的输出轴转1圈之后，轴承的滚轮没回到原来的位置。根据轴承内外轮径和滚轮的公转周期的关系计算，某个滚轮回到同一位置附近的周期，对输出轴来说大约是20转(※)。

这个周期中，根据轴承内的各部件的尺寸精度不同，还会发生轴偏移。

(※)实际上根据电机的磁吸引力和螺栓的轴力等影响，公转周期可能会变化，周期也可能会发生变动。

⇒上述现象和验证结果中看出的绝对精度误差的变化(约18~20旋转周期)是一致的，
本次重复精度的变化的原因判断为轴承的偏移。

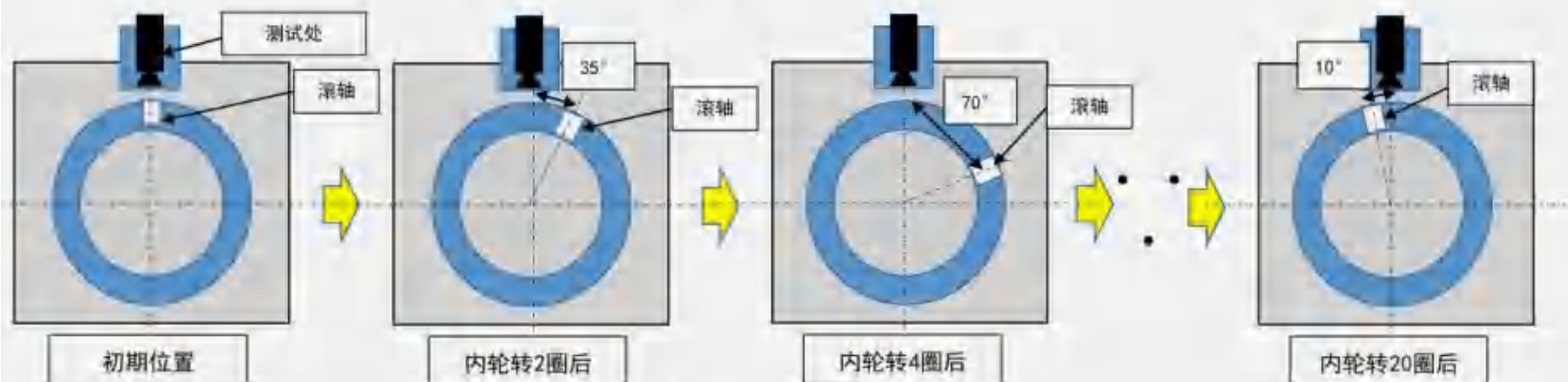
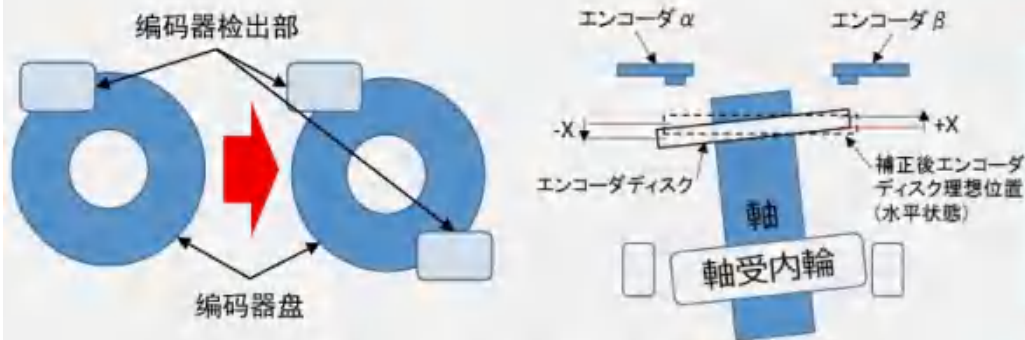


图2. 滚轮的位置变化示意图

反馈核心技术—双读头

通过对角线上配置2台编码器检出部，即使发生轴偏移，也可通过对角配置的每个光学模块反方向朝对象倾斜检出位置，通过取各自检出的位置数据的平均值，还可以始终检出消除了位置误差的位置。

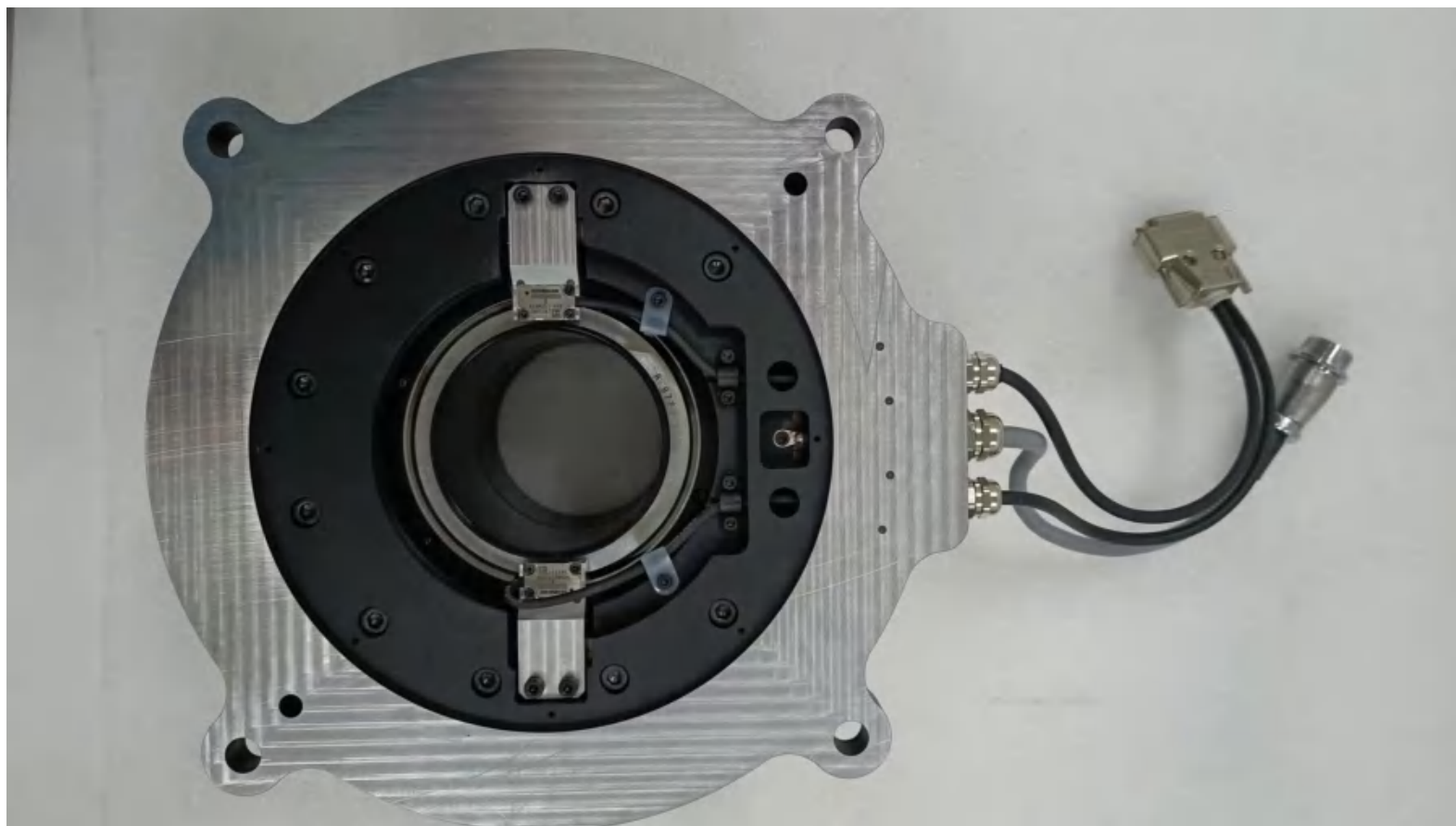


编码器 α 测的位置:A
编码器 β 测的位置:B
检出位置A, B通过驱动器侧进行数据处理,
检出无轴偏移的位置:C。
 $C = (A+B) / 2$
⇒图中的X相互抵消

图3. 编码器检出部追加示意图



反馈核心技术—双读头



视觉对位应用**DD**马达技术要求

- 1 控制分辨率
- 2 往返重复精度
- 3 小角度范围内的绝对精度
- 4 安装面的机械精度

控制分辨率

LD-112065 使用的圆光栅刻线数是
8192

通常情况下，在驱动器内部**512**倍细分

这样电机的分辨率就是
 $8192 * 512 = 4194304$ ppr



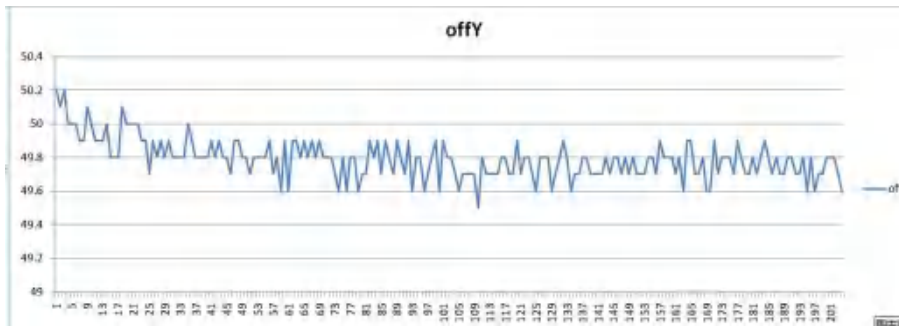
控制分辨率



图示，电机使能后，静止的时候的位置跳动为 -0.056 --- $+0.073$ 这个单位是 0.001° 也就是实测电机最小分辨率是 0.000129°

重复精度测量

往返重复精度由高精度CCD测量，并换算为旋转单位



测量半径500mm，测量100次，测量指标小于 $3\mu\text{m}$ ，计算重复精度为 $\pm 0.65\text{arc-sec}$

绝对精度

码盘尺寸 (mm)	刻线数		D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	光学直径 (mm)	A (mm)	径向公差 E (mm)		纵向公差 F (mm)	
	20 μm型	40 μm型						20 μm型	40 μm型	20 μm型	40 μm型
17	-	1 024	3.275	8.10	16.9	13.04	10.63	-	0.1	-	0.1
20	-	1 250	3.275	11.00	19.9	15.92	12.07	-	0.1	-	0.1
25	-	1 650	6.46	16.10	24.9	21.01	14.62	-	0.125	-	0.075
27	-	1 800	9.625	18.00	26.9	22.92	15.57	-	0.125	-	0.075
30	4 096	2 048	12.8	21.15	29.9	26.08	17.15	0.1	0.125	0.075	0.125
36	5 000	2 500	12.8	26.90	35.9	31.83	20.03	0.125	0.175	0.075	0.2
50	7 200	3 600	25.5	40.90	49.9	45.84	27.03	0.125	0.2	0.075	0.2
56	8 192	4 096	25.5	47.25	55.9	52.15	30.19	0.125	0.2	0.1	0.225
68	10 000	5 000	25.5	58.55	67.9	63.66	35.94	0.15	0.2	0.125	0.3
108	16 384	8 192	50.9	99.20	107.9	104.30	56.26	0.2	0.2	0.225	0.3

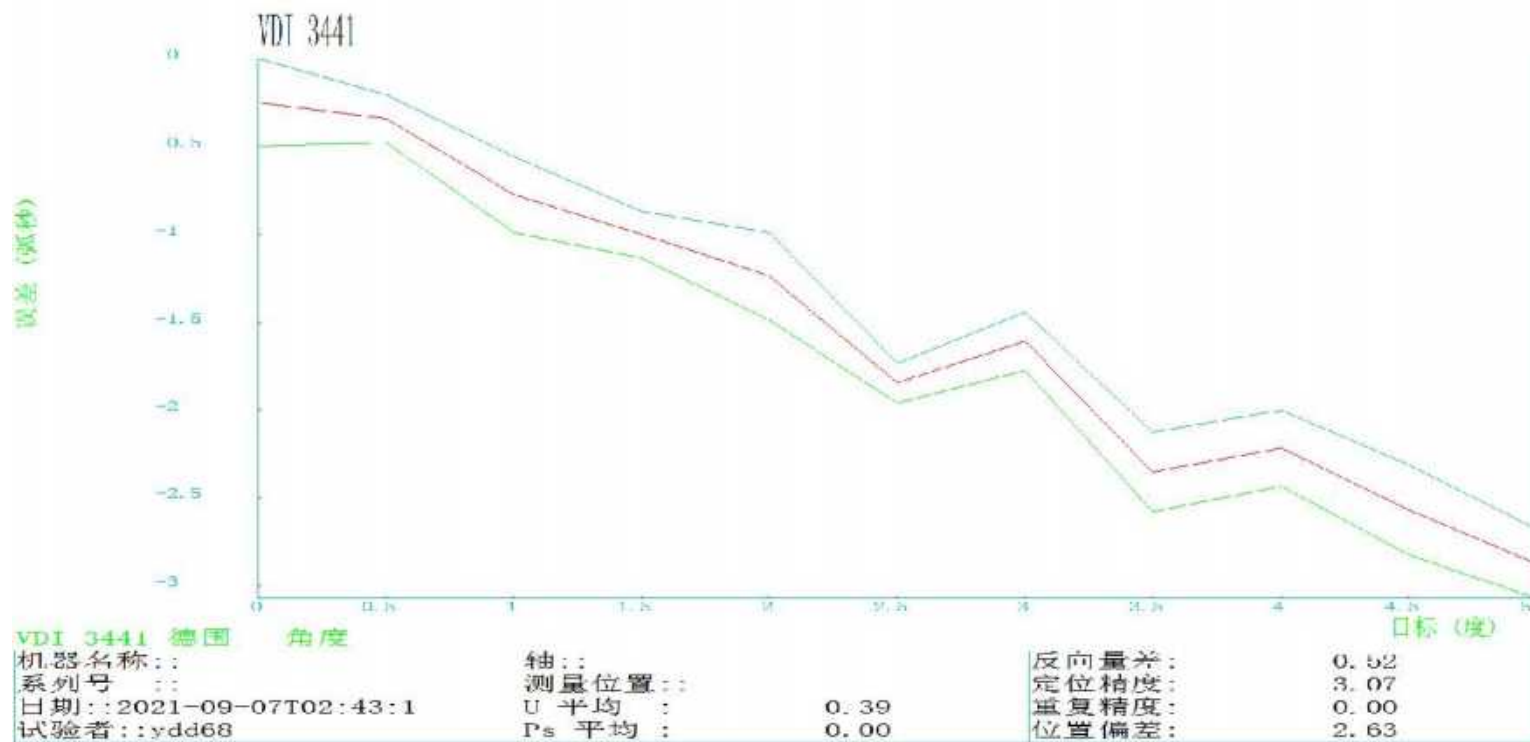
技术规格

材料	钠钙玻璃
尺寸	厚度2.3 mm
参考零位	单个参考零位
刻划精度	

码盘尺寸 (mm)	17	20	25	27	30	36	50	56	68	108
刻划精度 (角秒)	15.81	12.95	9.82	9.0	7.91	6.49	4.5	3.95	3.24	2.78

以LDE-112065-W1-FA为例，使用的是**56mm**直径的码盘，刻线精度是**3.95arc-sec**

绝对定位精度检测数据



上图测试结果 是整 5° 10个点的测量结果

重复精度 ± 0.25 arc-sec

绝对精度 ± 1.3 arc-sec

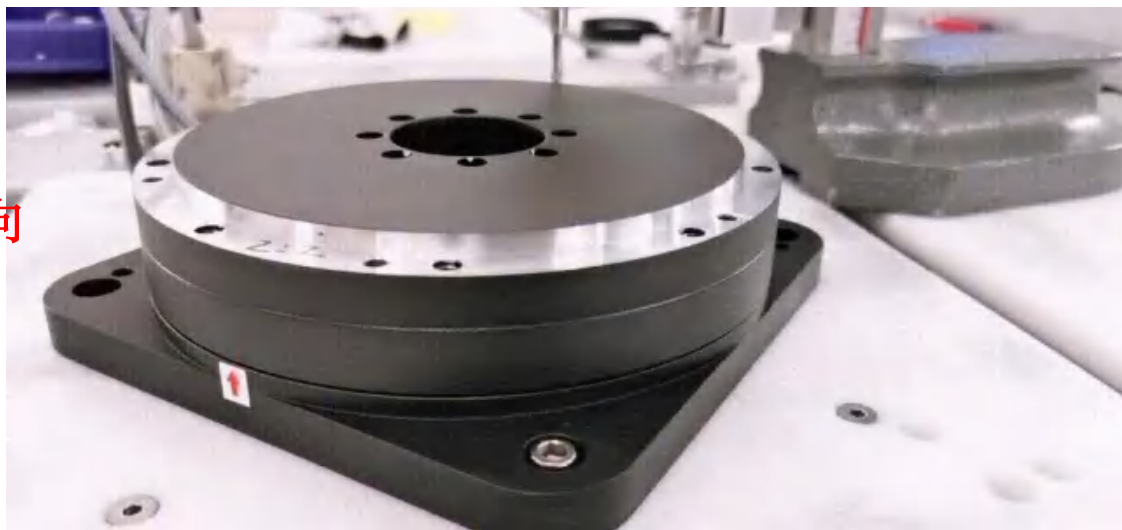
小角度情况下，由于影响绝对位置偏差的因素大大降低，因此测量的数据指标非常高

轴向跳动检测

测量型号: LD-170050

万分表测量负载安装轴向
面跳动小于 $2\mu\text{m}$

一般规格书标注 $5\mu\text{m}$



径向跳动检测

测量型号: LD-170050

千分表测量负载安装径向
面跳动小于 $1\mu\text{m}$

有的电机上表面安装没有
法兰, 这个指标就不做标
注了



平面度、平行度指标检测

千分表测量负载安装平面度小于 $5\mu\text{m}$



通常情况下平行度指标不做要求，特殊应用情况下再特殊加工，右图为加工前后的底面对比

对位应用DD马达选型要求

对位的应用，小角度，速度低，因此扭矩不作为必要条件

需确认以下要求

- 1 安装结构（正装、倒装）
- 2 负载情况（结构、尺寸、重量）
- 3 是否有外力、什么类型的外力
- 4 控制方式

共振概论

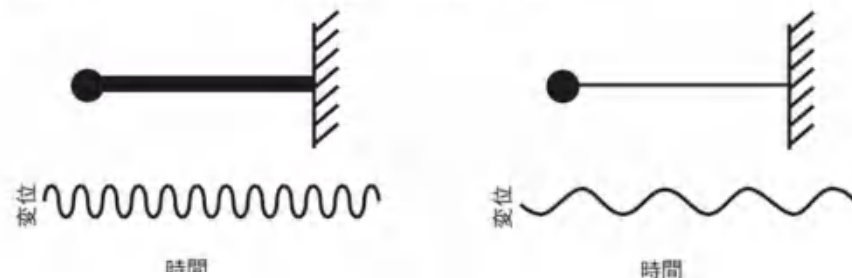
DD 马达的速度控制频率(ZERO CROSS 点也称为穿越频率点)都是 100Hz 以下,直线马达可能更低,机械的速度控制频率本来很低。如果上述的共振点是在这个 ZERO CROSS 点之内的话,伺服系统可以实现控制,但是共振点超过 ZERO CROSS 点的话,控制系统不稳定。

以下是简单的机械结构的例子。圆形的点是表示机器的质量,中间的线是表达了机器的刚性(发条)。共振点的频率根据这两个因素来决定。

■ 质量小,共振点的频率高了。质量大,共振点的频率低。



■ 刚性高,共振点的频率提高。刚性低,共振点的频率降低。

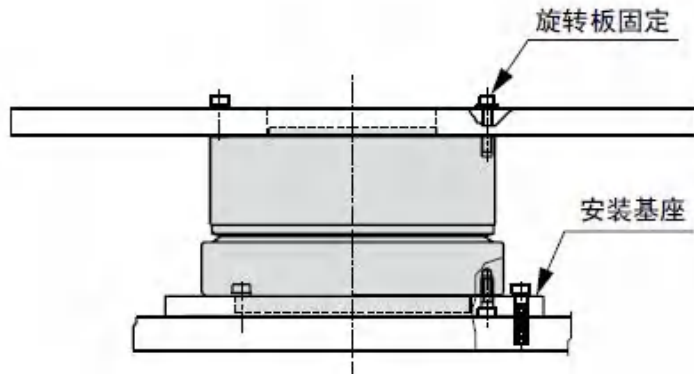


“音叉”是根据两股部分的质量与长度决定的共振点(固有振动频率)。

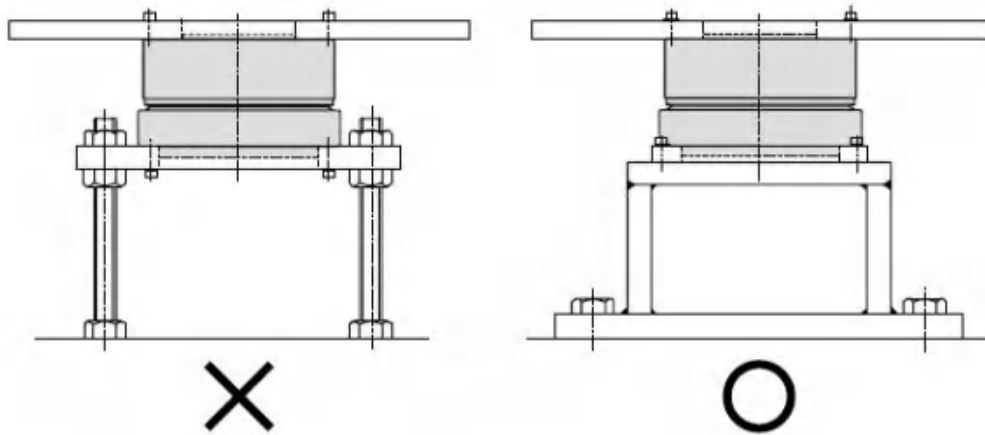


一般来说发生共振点的时候用数字滤波器功能调节共振点的增益。这个时候最关键的是共振点的频率,如果这个频率超过 500Hz 以上的话可以用滤波器都去除,因为 500Hz 以上,一般不需要那么高领域的增益。最难调的是在 100Hz 以下的共振点的对应,如果在低频域设定滤波器的话,和速度环互相干涉,就是减少速度环的位相充裕,这样的只能再重新考虑设计机械方面的结构。

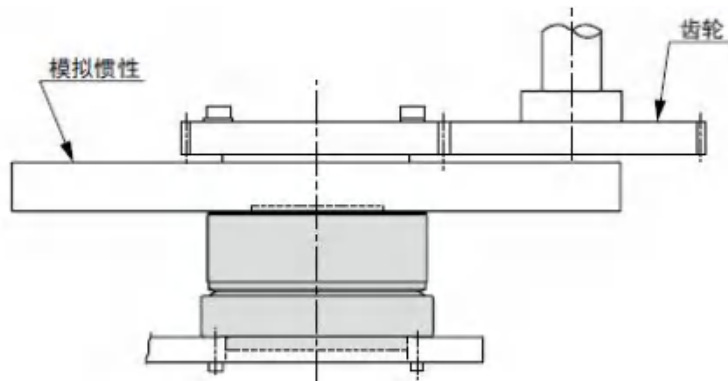
DDR安装注意事项



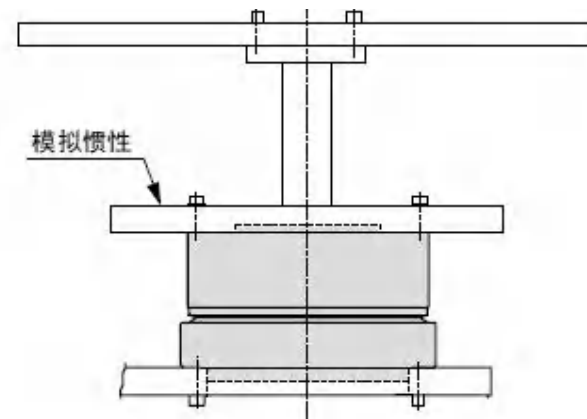
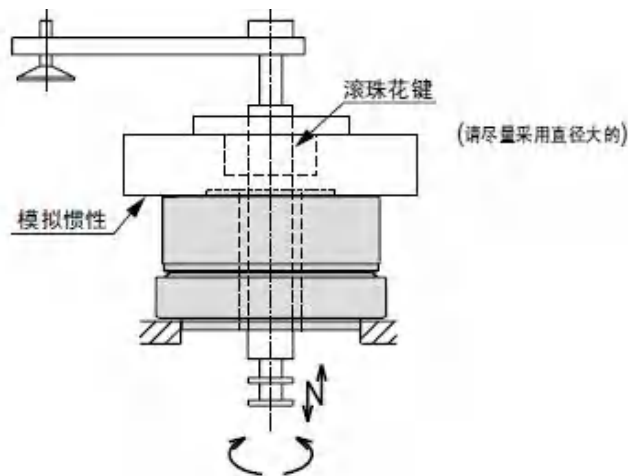
为了充分发挥DD马达的能力，设计的机械装置应具有尽量高的刚性。这是因为负载装置和机台的机械特性固有频率比较低（但在大约200~300Hz以下）时，DD马达与负荷装置、台架会发生共振。请紧固定旋转板和主体的安装螺栓，切勿使之松弛，以确保充分的刚性。



DDR安装注意事项

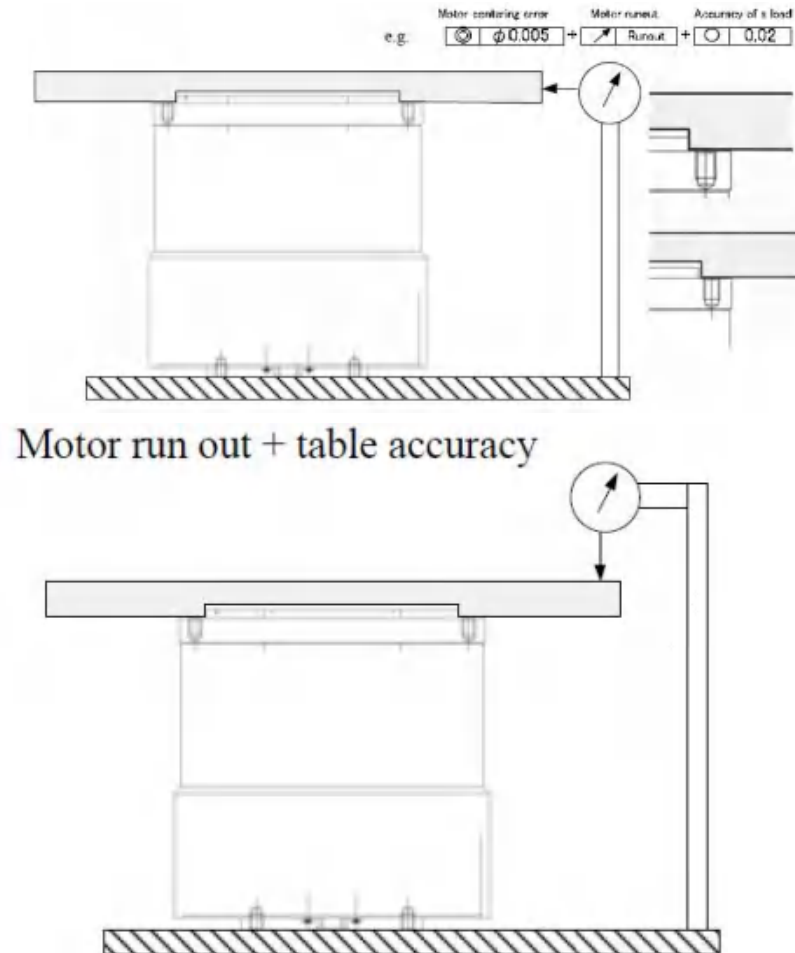
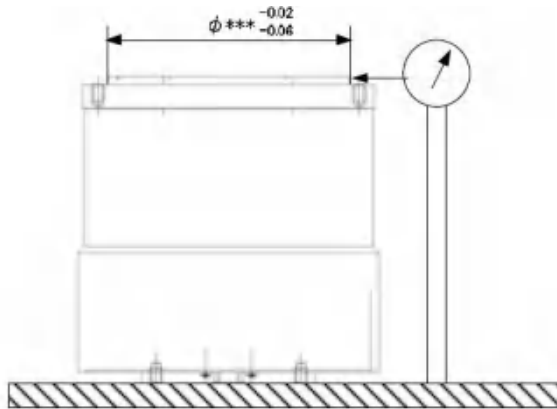


花键结构、长轴结构以及皮带结构如果选用DD马达的话必须增加模拟负载，为转动负载的1~2倍左右



DDR安装注意事项

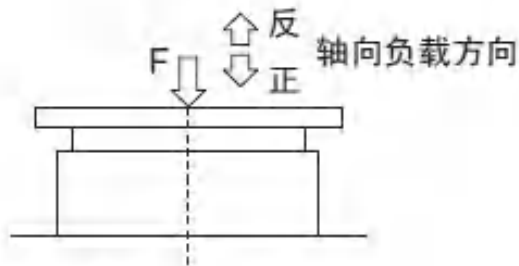
通过安装位置的调整
转台的机械精度



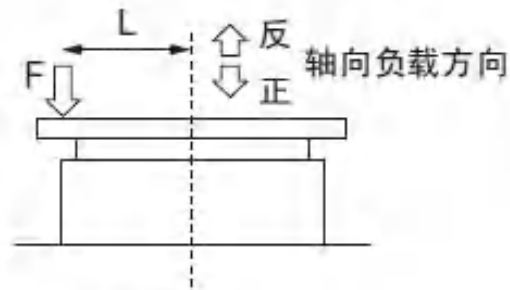
DDR安装注意事项

电机运行时承受的轴向负载、力矩负载的典型示例如下图所示。
容许负载值为单向的静载荷。
设计时的容许负载值，根据负载种类不同，分别为乘以下述安全系数的值。

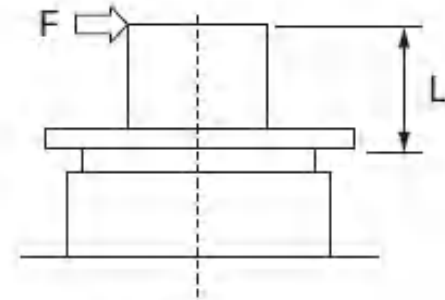
- 无冲击的平滑运行 1/3
- 轻度重复负载 1/5
- 冲击负载 1/10



假设F为外力
轴向负载 = $F + \text{负载的质量}$
力矩负载 = 0



假设F为外力
轴向负载 = $F + \text{负载的质量}$
力矩负载 = $F \times L$



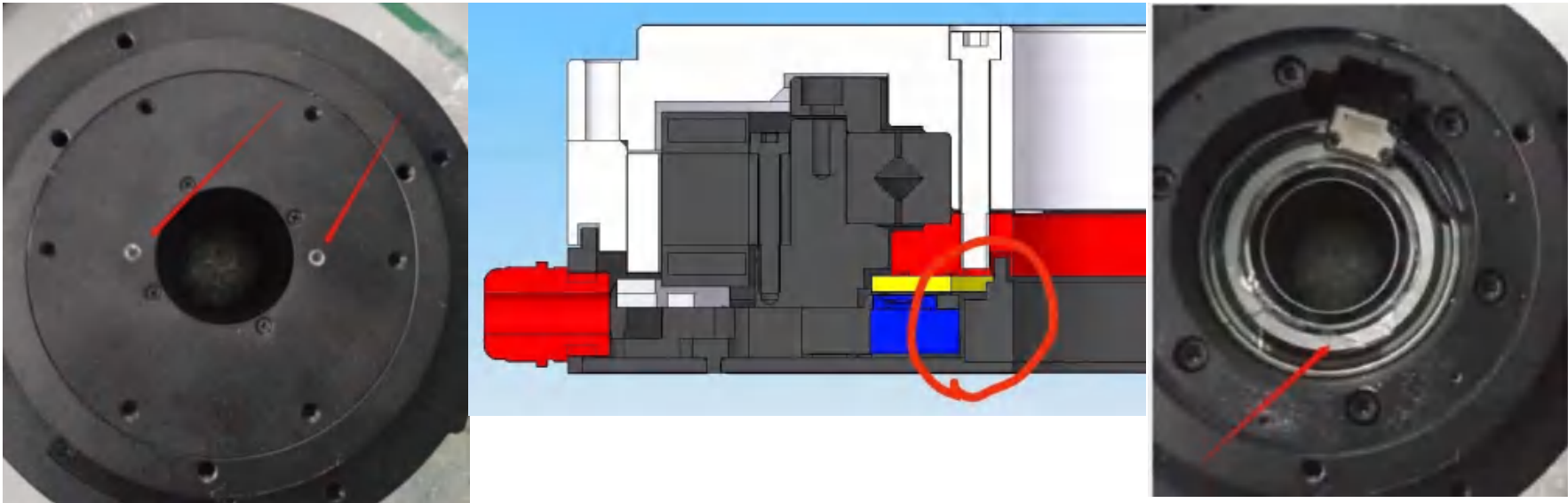
假设F为外力
轴向负载 = 负载的质量
力矩负载 = $F \times L$

DDR安装注意事项



- 1 安装后将马达的动力线与编码器线用扎带固定在下方链接杠上
- 2 避免动力线，编码器线与气缸接头刮到，旋转DD马达确认
- 3 机器未安装完成前，只要DD马达转动，都必须确认马达动力线编码器线固定在下方连接柱上，不会与气缸接头发生干涉

DDR安装注意事项



电机安装的时候有外部螺钉顶住底部的光栅外罩，极端情况下，外力过大导致光栅的损坏

错误的安装案例



负载并未按照**DD**马达安装要求与精度面契合，导致安装螺钉悬空，刚性降低

错误的安装案例



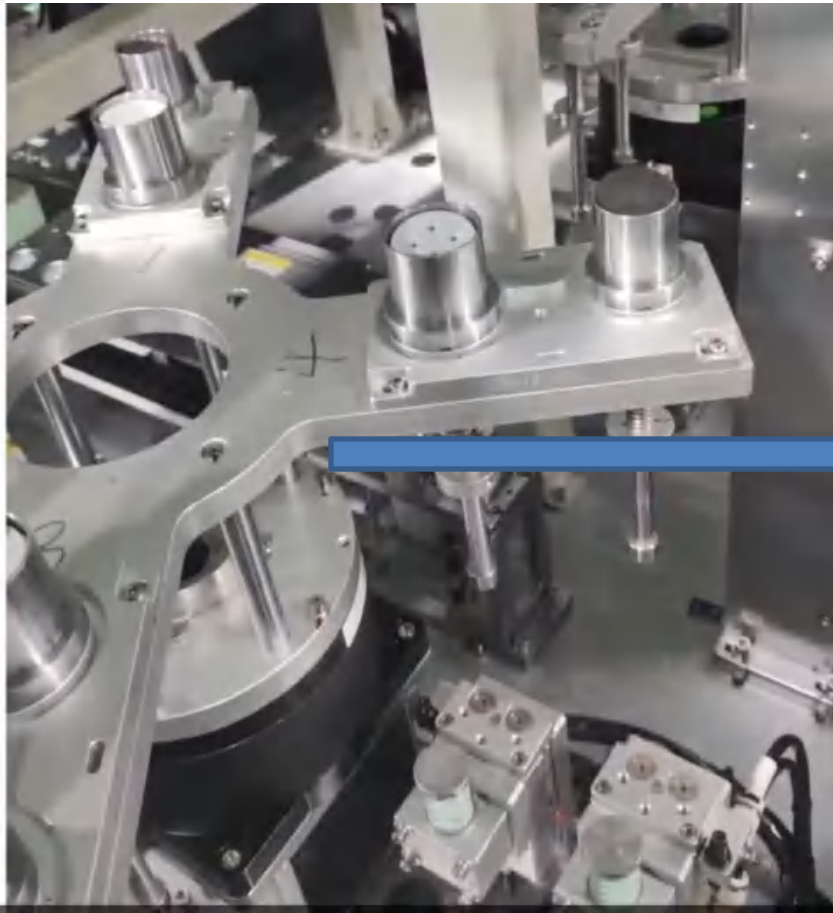
负载台面与DD马达之间非刚性连接，导致纠偏运行的时候有扰动，整定时间加长，整体刚性低，响应慢

错误的安装案例



负载台面与**DD**马达之间长轴连接，
导致纠偏运行的时候有扰动，整定时间
加长，整体刚性低，响应慢

错误的安装案例



负载台面与**DD**马达之间细柱连接，导致分度运行的时候有机构扰动，运行过冲，整定时间加长，整体刚性低，到位慢

错误的安装案例

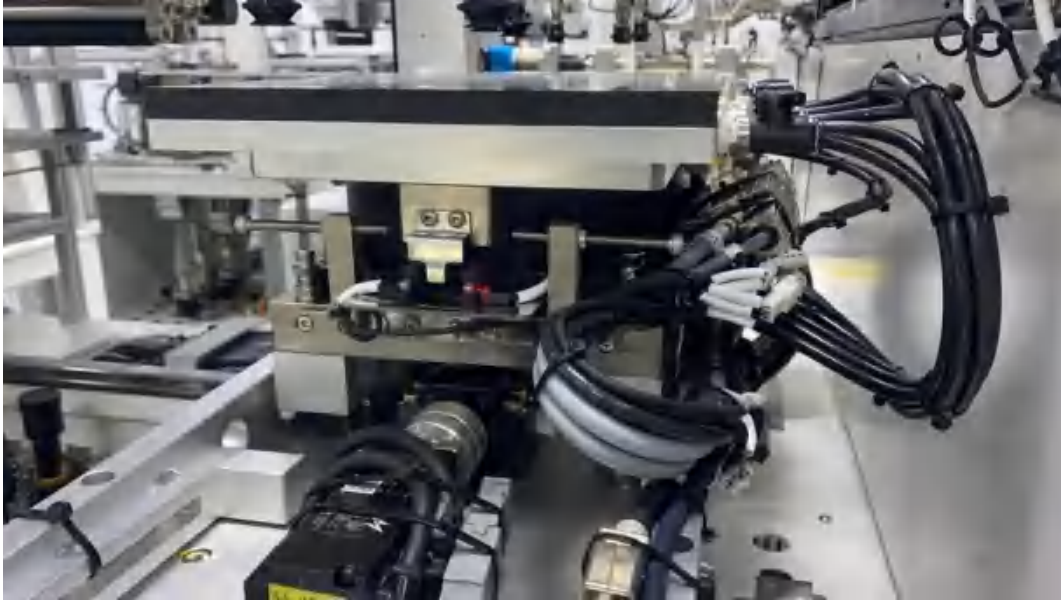


负载台面与电机轴连接，电机底座与台面通过杆挂在基板上，错上加错！



此机构电机无法调试，临时焊接了加固板

正确的安装案例



对位台负载台面与电机紧密契合安装，机构刚性好，电机保持刚性好，到位更快，整定时间短

正确的安装案例



负载惯量比较大的大台面，增加支撑板，相当于与电机惯量一体，提高整体刚性。

正确的安装案例



倒装的台面采用刚性机构连接，提高机构强度，缩短运行整定时间

ZCOE