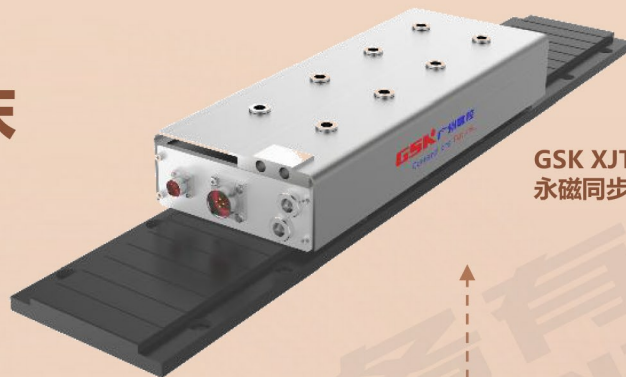


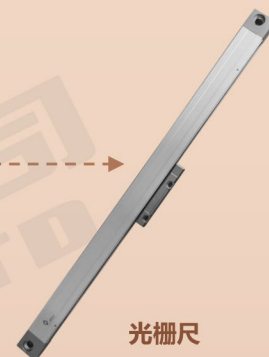
# 磁悬浮 超越精车...

**GSK** 广州数控

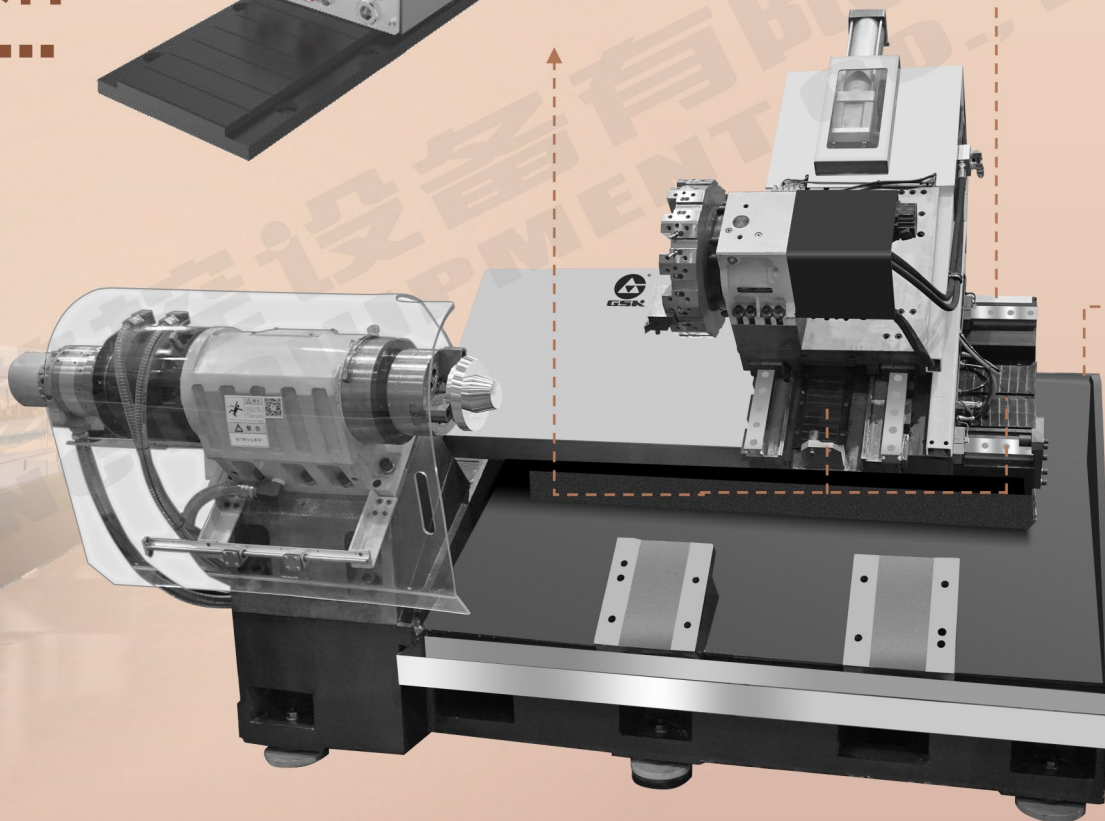
磁悬浮 直线电机配置：  
高端车铣复合机床、  
通用车、车铣复合机床  
具特异 偏心 异形螺杆  
异形锥体.火后精车...



GSK XJT系列  
永磁同步直线电动机



光栅尺



GSK 988TA  
车削中心数控系统



直线电机驱动装置

# 直线电机数控系统数控车床应用手册

Application Manual for Linear Motor CNC Lathe

|     |                                                          |     |                                            |
|-----|----------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|
| 01/ | <b>直驱技术赋能精密机床</b> -----02                                | 04/ | <b>直驱机床设计要求</b> ----- 18                   |
|     | Direct drive technology empowers precision machine tools |     | Design requirements for direct drive lathe |
| 02/ | <b>直驱机床解决方案</b> -----07                                  | 05/ | <b>应用案例</b> -----21                        |
|     | Direct drive machine tool solution                       |     | Application Cases                          |
| 03/ | <b>安装使用指南</b> ----- 12                                   |     |                                            |
|     | Installation and usage guide                             |     |                                            |

# 01直驱技术赋能精密机床

Direct drive technology empowers precision machine tools

## BC3751直驱刀塔斜车机床



### 机床参数

| 项目             | 单位    | BC3751         |
|----------------|-------|----------------|
| 床鞍布局形式         |       | 30°            |
| 床身最大回转直径       | mm    | Φ550           |
| 滑板上最大回转直径      | mm    | Φ330           |
| 最大车削长度         | mm    | 510            |
| 主轴头型式          |       | A2-6           |
| 主轴通孔直径         | mm    | Φ66            |
| 主轴电机功率         | kW    | 11             |
| 主轴转速           | r/min | 50~4500        |
| 刀架型式           |       | 8工位卧式液压刀架      |
| 快速移动进给X/Z      | m/min | 60             |
| 机床外形尺寸 (长×宽×高) | mm    | 2250×1700×1700 |

### 某厂家BC3751机床的直驱系统配置

| 项目 | 型号                                   | 单位 | 数量 |
|----|--------------------------------------|----|----|
| 系统 | GSK 988TA-H10CJMC                    | 台  | 1  |
| X轴 | GSK永磁同步直线电机\134XJT1K2M10W初级组件 (带冷却罩) | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\134XJT次级组件               | 件  | 3  |
|    | 光栅尺 (国产BISS-C协议)                     | 条  | 1  |
| Z轴 | GSK永磁同步直线电机\242XJT2K6M10W初级组件 (带冷却罩) | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\242XJT次级组件               | 件  | 5  |
|    | 光栅尺 (国产BISS-C协议)                     | 条  | 1  |
| 主轴 | 主轴伺服电机\ZJY265A-11AM-B5A2, 30.9A      | 台  | 1  |
| 驱动 | 驱动单元\GT-150-75/75-LAR-411            | 台  | 1  |
|    | 三相输入电抗器\48A/0.29mH/50Hz              | 台  | 1  |

# 01直驱技术赋能精密机床

Direct drive technology empowers precision machine tools

GSK 广州数控

## HS400 直驱刀塔斜车机床



### 机床参数

| 项目            | 单位    | HS400          |
|---------------|-------|----------------|
| 床鞍布局形式        |       | 30°            |
| 床身最大回转直径      | mm    | φ520           |
| 最大车削工件直径      | mm    | φ220轴类/φ350盘类  |
| 最大车削长度        | mm    | 300            |
| 主轴端部型式及代号     |       | A2-6           |
| X轴（直线电机推力）    | N     | 1200           |
| Z轴（直线电机推力）    | N     | 2800           |
| 主轴通孔          | mm    | φ55            |
| 中空液压卡盘直径      | mm    | φ200           |
| 主电机功率         | kW    | 14（电主轴）        |
| 主轴转速范围        | rpm   | 100 ~ 4500     |
| 刀架型式          |       | 十二工位卧式液压刀架     |
| 快速移动速度X/Z     | m/min | 60/60          |
| 机床外形尺寸（长×宽×高） | mm    | 2332×1745×1705 |
| 净重约           | kg    | 3600           |

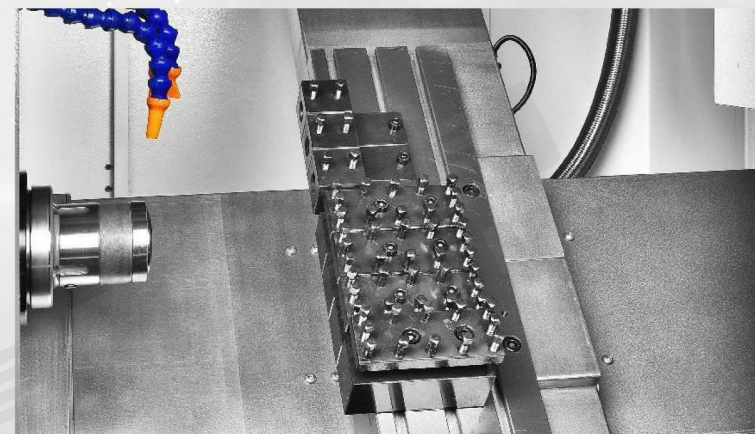
### 某厂家HS400直驱数控系统配置表

| 项目 | 型号                                  | 单位 | 数量 |
|----|-------------------------------------|----|----|
| 系统 | GSK 988TA-H10CJMC                   | 台  | 1  |
| X轴 | GSK永磁同步直线电机\134XJT1K2M10W初级组件（带冷却罩） | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\134XJT次级组件              | 件  | 4  |
|    | 光栅尺（国产BISS-C协议）                     | 条  | 1  |
| Z轴 | GSK永磁同步直线电机\182XJT2K8M05W初级组件（带冷却罩） | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\182XJT次级组件              | 件  | 5  |
|    | 光栅尺（国产BISS-C协议）                     | 条  | 1  |
| 主轴 | 电主轴电机\DZT160B-14AL-T, 42A           | 台  | 1  |
| 驱动 | 驱动单元\GT-200-75/75-LAR-411           | 台  | 1  |
|    | 三相输入电抗器\ 48A/0.29mH/50Hz            | 台  | 1  |

# 01直驱技术赋能精密机床

Direct drive technology empowers precision machine tools

## CB45A直驱机床



### 机床参数

| 项 目  | 单位        | CB45A规格参数                           |
|------|-----------|-------------------------------------|
| 加工范围 | 床身上最大回转直径 | mm $\phi 320$                       |
|      | 最大车削直径    | mm 125                              |
|      | 最大车削长度    | mm 150                              |
| 主轴   | 主轴孔径      | mm $\phi 56$                        |
|      | 主轴头型式     | A2-5                                |
|      | 可通棒料直径    | mm $\phi 45$                        |
|      | 主轴转速      | r/min 4000                          |
| 床鞍驱动 | X向电机推力    | N 600                               |
|      | X向快进速度    | m/min 60                            |
|      | Z向电机推力    | N 1200                              |
|      | Z向快进速度    | m/min 60                            |
|      | 车刀刀方/镗刀   | mm 20X20/ $\phi 25$                 |
|      | X向行程      | mm 350                              |
|      | Z向行程      | mm 220                              |
| 其它   | 电源        | kVA 10                              |
|      | 机床重量      | kg 2500                             |
|      | 机床外形尺寸    | mm 2020 $\times$ 1485 $\times$ 1760 |

### 某厂家CB45A直驱数控系统配置表

| 项目 | 型号                                   | 单位 | 数量 |
|----|--------------------------------------|----|----|
| 系统 | GSK 988TA-H10CJMC                    | 台  | 1  |
| X轴 | GSK永磁同步直线电机\100XJT600M20W初级组件 (带冷却罩) | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\100XJT次级组件               | 件  | 6  |
|    | 光栅尺 (国产BISS-C协议)                     | 条  | 1  |
| Z轴 | GSK永磁同步直线电机\134XJT1K2M10W初级组件 (带冷却罩) | 件  | 1  |
|    | GSK永磁同步直线电机\134XJT次级组件               | 件  | 4  |
|    | 光栅尺 (国产BISS-C协议)                     | 条  | 1  |
| 主轴 | 主轴伺服电动机ZJY208A-5.5BM-B35A2, 13A      | 台  | 1  |
| 驱动 | 驱动单元\GT-100-50/50-LAR-411            | 台  | 1  |
|    | 三相输入电抗器\ 30A/0.47mH/50Hz             | 台  | 1  |

# 01直驱技术赋能精密机床

Direct drive technology empowers precision machine tools

GSK 广州数控

## HTM50-600 超精密直驱数控车床



### 机床参数

| 项目                | 单位               | HTM50-600        |
|-------------------|------------------|------------------|
| 床身上最大回转直径         | mm               | 700              |
| 最大切削长度            | mm               | 600              |
| 最大切削直径            | mm               | 500              |
| 滑板上最大回转直径         | mm               | 400              |
| 最大通过棒料直径          | mm               | φ50              |
| 双主轴对接工件（主轴法兰端面距离） | mm               | 260              |
| X轴快移速度            | m/min            | 60               |
| Z轴快移速度            | m/min            | 60               |
| 加速度               | m/s <sup>2</sup> | 10               |
| X轴行程              | mm               | 280              |
| Z轴行程              | mm               | 700              |
| 位置精度              | 定位精度             | 0.004            |
|                   | 重复定位精度           | 0.002            |
|                   | 双主轴静态对接精度        | 0.005(不含工装及卡盘误差) |
| 机床重量              | 总重               | kg               |
| 机床外型              | 长×宽×高            | mm               |
|                   |                  | 9600             |
|                   |                  | 5300×3600×2300   |

### 某厂家HTM50-600直驱数控系统配置表

| 项目   | 型号                                 | 单位 | 数量 |
|------|------------------------------------|----|----|
| 系统   | CNC控制器\GSK 988TA-V10BJDC           | 台  | 1  |
| X轴   | GSK永磁同步直线电机\242XT3K9M05W初级组件（带冷却罩） | 件  | 1  |
|      | GSK永磁同步直线电机\242XT次级组件              | 件  | 7  |
|      | 光栅尺（国产BISS-C协议）                    | 条  | 1  |
| Z轴   | GSK永磁同步直线电机\134XT1K8M10W初级组件（带冷却罩） | 件  | 1  |
|      | GSK永磁同步直线电机\134XT次级组件              | 件  | 5  |
|      | 光栅尺（国产BISS-C协议）                    | 条  | 1  |
| W轴   | GSK伺服电机\130SJTF-MZ096CH(A9II)      | 台  | 1  |
|      | 光栅尺（国产BISS-C协议）                    | 条  | 1  |
| 刀塔电机 | GSK伺服电机\80SJTA-M032EH(A9II)        | 台  | 1  |
| 主轴   | 22KW斜车动静压电主轴/GSK-YD(A2-6)-00       | 台  | 1  |
| 副主轴  | 动静压主轴\GSK-YD(A2-5)-11KW-00         | 台  | 1  |
| 驱动   | 驱动单元\GT-150-50/50/75-LAR-411（中文）   | 台  | 1  |
|      | 三相输入电抗器\48A/0.29mH/50Hz            | 台  | 1  |
|      | 驱动单元\GR3198-LS2                    | 台  | 1  |
|      | 驱动单元\GR3100-LS2                    | 台  | 1  |

# 01直驱技术赋能精密机床

Direct drive technology empowers precision machine tools

## 直驱机床领跑精密赛道

### 加工速度

| 项目     |    | 丝杆机床        | 直驱机床        | 提高幅度  |
|--------|----|-------------|-------------|-------|
| 快速运行速度 | X轴 | 6000        | 30000       | 400%  |
|        | Z轴 | 12000       | 16000       | 33%   |
| 切削运行速度 |    | 最高切削速度F8000 | 最高切削速度F8000 | 0     |
| 主轴转速   |    | 1200S       | 1200S       | 0     |
| 单件耗时   |    | 1分40秒       | 1分27秒       | 16.8% |
| 加工精度   |    | 满足          | 满足          |       |

## 02 直驱机床解决方案

Direct drive machine tool solution

### 行业痛点

快移速度不够快

加速度启动慢半拍

精度保持性不够

反向间隙大

冷热机误差大

加工效率没优势

高品质丝杆、轴承  
购买困难

### 无反向间隙

由于没有机械传动部件，直驱机床不存在反向间隙问题，确保了加工过程中运动的连续性和精确性。

### 低维护成本

直线电机无摩擦部件，减少了机械磨损，降低了维护需求和相关成本。同时，机床的使用寿命也得以延长。机床精度保持性更优。

### 高稳定性

直驱机床由于减少了机械传动系统的振动和热变形，对加工环境的适应能力更强，能在高负荷条件下长时间保持高精度。

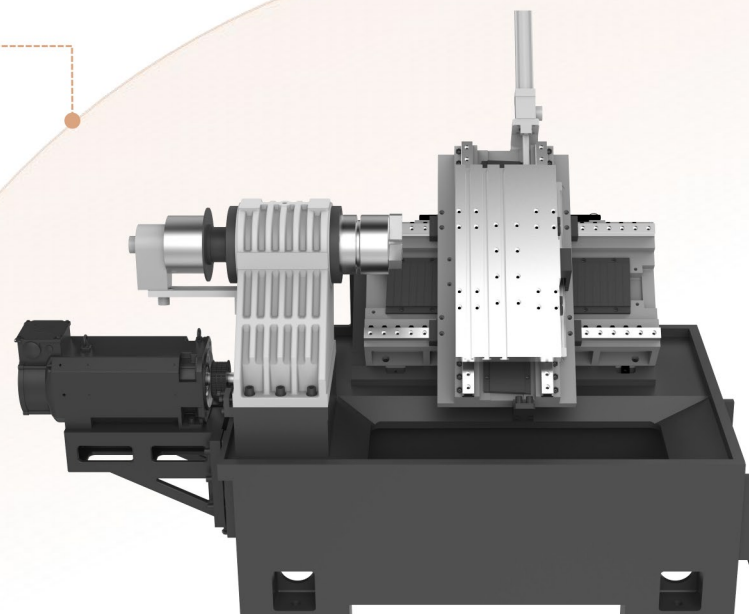
### 直驱机床优势

#### 高精度

直驱机床通过直接驱动消除了中间传动链条的误差，实现极高的定位精度。这对于需要高精度加工的行业（如模具制造、航空航天等）尤为重要。

#### 高速度

直驱机床具有极高的加速度和速度响应能力，移动速度最高可达300m/min，加速度最高可达4g，适合进行高速切削和快速移动。这大大提高了生产效率，尤其是在大批量生产中表现突出。



# 02 直驱机床解决方案

Direct drive machine tool solution

## 直线电机基础条件和优势

基础条件对照表

| 项目     | 直驱机床          | 传统伺服电机+ 丝杆   |
|--------|---------------|--------------|
| 快移速度   | 300m/min      | 36-60m/min   |
| 高加速度   | 1-4g          | 0.5-1g       |
| 定位精度   | 0.002-0.005mm | 0.005-0.01mm |
| 反向间隙   | ≈0μm          | ≥3μm         |
| 综合圆度   | 3-5μm         | 5-10μm       |
| 机床精度寿命 | 10年           | 2-3年         |
| 快移速度   | 60-120m/min   | 36-60m/min   |

某司进行零件车削量产数据统计

| 机型           | 冷热机尺寸变化(mm) | 全天修改刀偏的次数 |
|--------------|-------------|-----------|
| 某CB45A直驱机床   | 0.008       | 2-3次      |
| 某CK7150B丝杆机床 | 0.01-0.03   | 10-15次    |

某司进行键槽铣削加工时间统计

| 机型   | 加工时间    |
|------|---------|
| 直驱机床 | 2分50秒/件 |
| 丝杆机床 | 3分10秒/件 |

批量生产效率高!

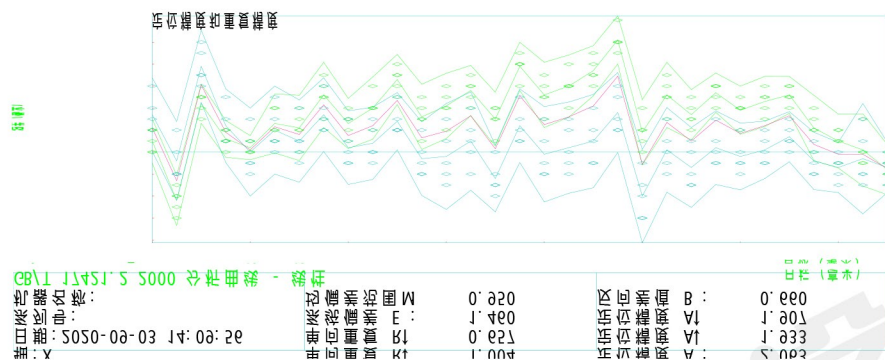
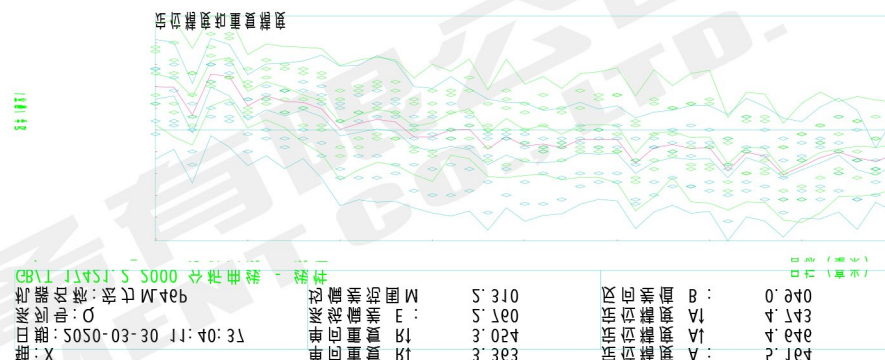
持续加工稳定性好!

修改刀偏次数少!

冷热机尺寸变化小!

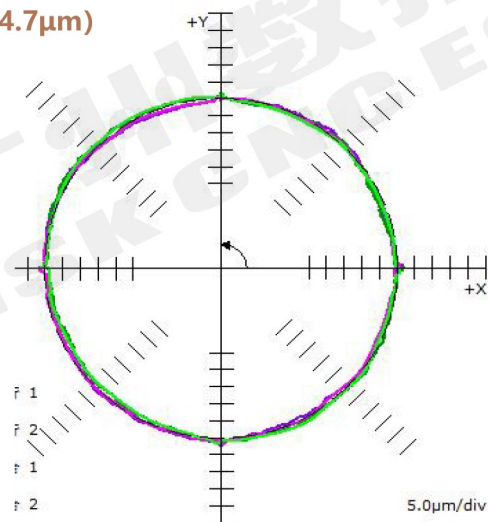
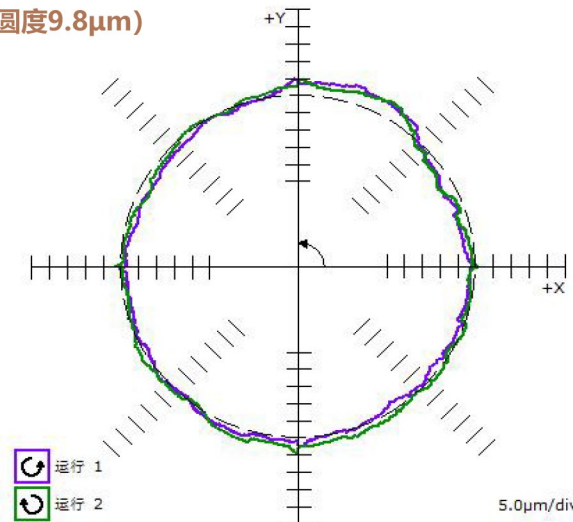
## 直线电机基础条件和优势

## 直驱技术定位精度和重复定位精度突破成果

直驱机床 (定位精度 $2.063\mu\text{m}$ )丝杆机床 (定位精度 $5.164\mu\text{m}$ )

## 直驱技术圆度精度突破成果

球杆仪条件: F3000mm/min、R100mm

直驱机床 (圆度 $4.7\mu\text{m}$ )丝杆机床 (圆度 $9.8\mu\text{m}$ )

## 02 直驱机床解决方案

Direct drive machine tool solution

**GSK** 广州数控

### 直驱数控系统配置方案

单轴直线电机滑台



双轴直线电机滑台



## 02 直驱机床解决方案

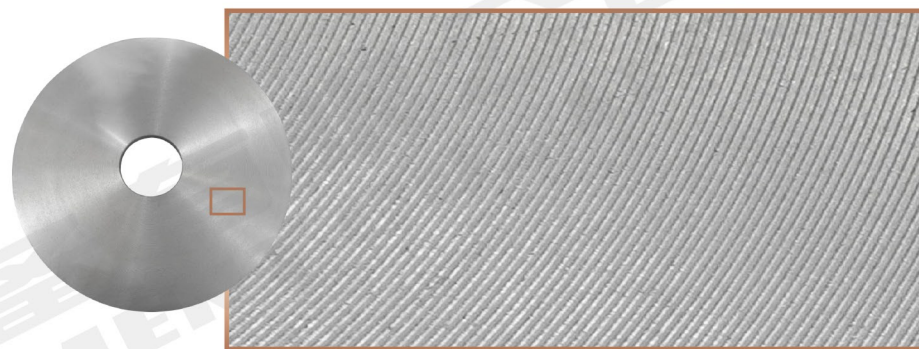
Direct drive machine tool solution

### 加工表面效果

直线电机直驱机床加工精度与丝杆机床升了一个数量级！工件上的刀纹细致入微、细腻光滑...人们说的CD纹！



汽车轮毂刀纹圆润



电饭锅发热盘盘状刀纹一致

### 广泛的加工应用

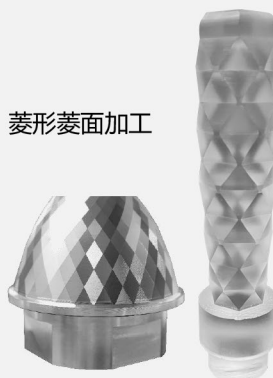


凸轮车削加工

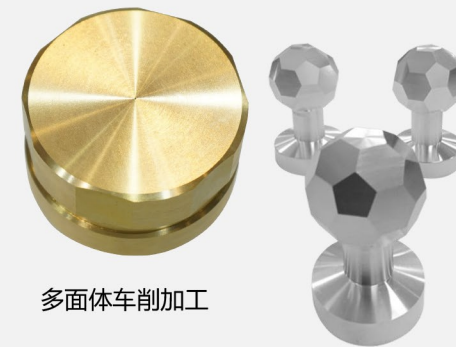


偏心轴随动车削加工

菱形菱面加工



螺纹盲尾加工



多面体车削加工

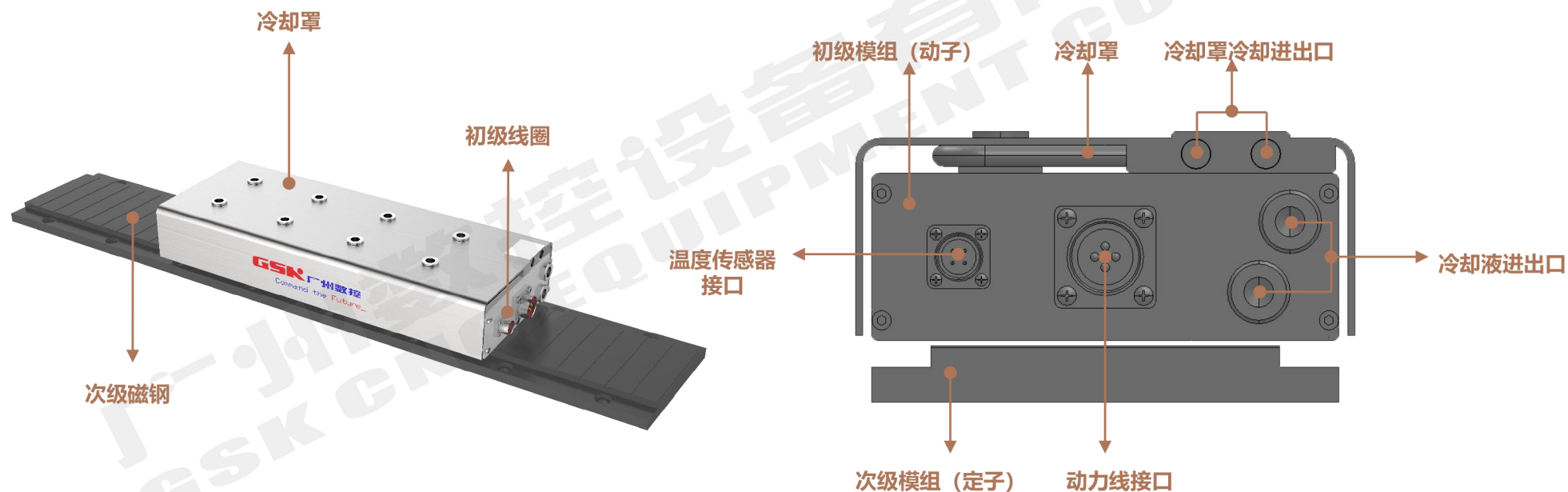
## 直线电机组成

永磁同步直线电动机主要为初级组件和次级组件组合而成。

**初级组件：**主要为直线电动机绕组、测温元件及内部冷却组件。

**次级组件：**次级为永磁体即磁钢，用于直线电动机励磁。其为多块拼接组合结构，具体长度根据行程所需确定。

**冷却罩：**冷却罩为选配件，为隔绝直线电动机热量传导至工作台面而影响到加工精度。



说明：

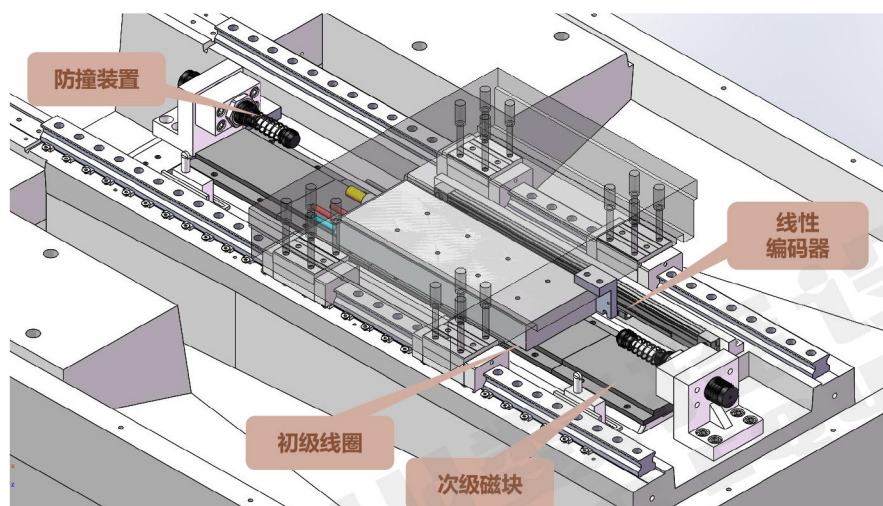
- 直线电机必须适配液冷，满载场景必须水冷，不接冷却情况下推力只有额定一半。
- 冷却罩为选配，主要作用为隔绝初级线圈热传导，对工作环境温度要求高的机床建议选配。

# 03 安装使用指南

## Installation and usage guide

### 安装结构

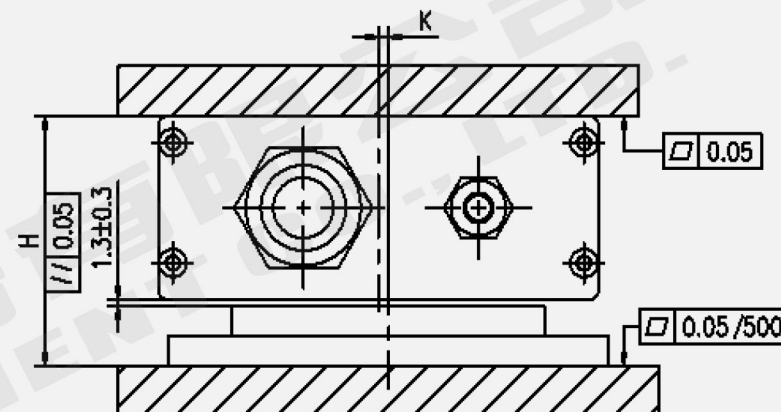
直线电动机安装使用时，除了基础的底座、拖板及导轨外，必须包含线性编码器以及必要的防撞装置。布局如图所示。



**线性编码器：**直线电动机控制中不可或缺的组成部分，是运行控制和位置检测与反馈的关键部件。目前常用的有：光栅尺和磁栅尺。广州数控可提供成套光栅尺（国产），也可由客户自备，根据使用需求选择 Endat 协议绝对式光栅尺、SSI 协议绝对式光栅、BiSS-C协议绝对式光栅尺等。

**防撞装置：**为防止调试运行时的误操作或其他意外情况，避免或减小机械部件（特别是线性编码器）的损坏。

### 安装要求



| XJT系列  |       | 型号            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------|-------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 尺寸(mm) |       | 88XJT         | 100XJT          | 134XJT          | 182XJT          | 242XJT          | 334XJT          | 340XJT          |
| 组合高度H  | 不带冷却罩 | $50_{-0.3}^0$ | $50_{-0.3}^0$   | $65_{0}^{+0.3}$ | $67_{0}^{+0.3}$ | $65_{0}^{+0.3}$ | $67_{0}^{+0.3}$ | $67_{0}^{+0.3}$ |
|        | 带冷却罩  | /             | $62_{0}^{+0.3}$ | $77_{0}^{+0.3}$ | $79_{0}^{+0.3}$ | $77_{0}^{+0.3}$ | $79_{0}^{+0.3}$ | $79_{0}^{+0.3}$ |
| 中心线偏差K |       | 2±1           | 0±1             |                 |                 |                 |                 |                 |

说明：

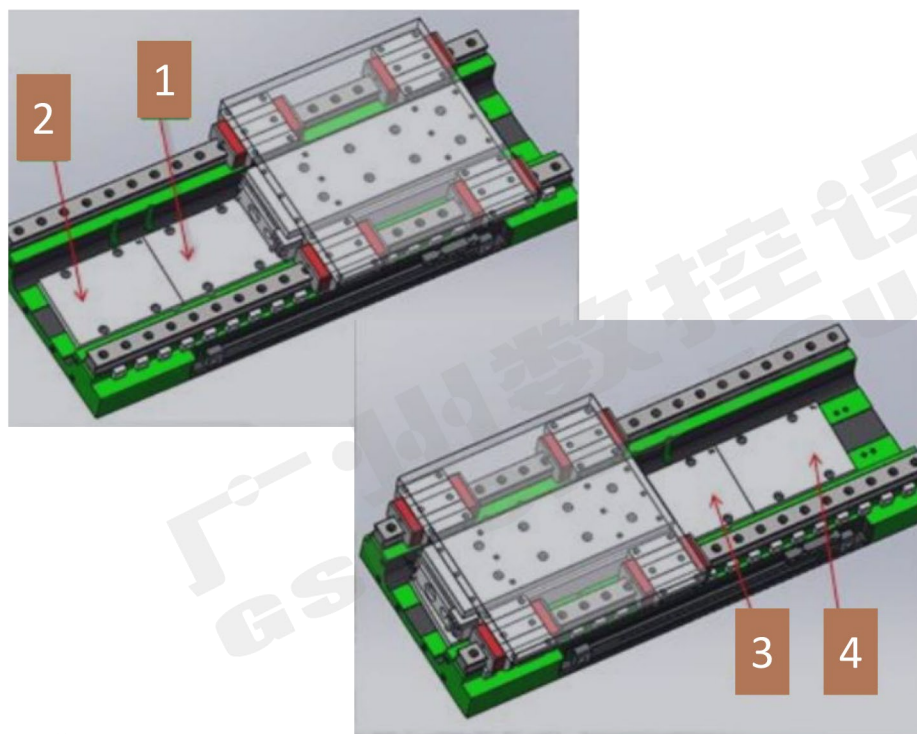
- 为避免中心线偏移过大导致单边磁拉力不平衡而引起振动，除88XJT为特意偏移2mm外，其余规格皆需控制在1mm以内。

# 03 安装使用指南

Installation and usage guide

## 安装顺序

通常情况下，先安装初级组件和精密冷却罩（选配），然后安装次级组件。  
次级组件采用分段安装法，先将滑板推向一边，在露出部分安装次级组件，  
装完后再推向另一端，安装另一端的次级组件。



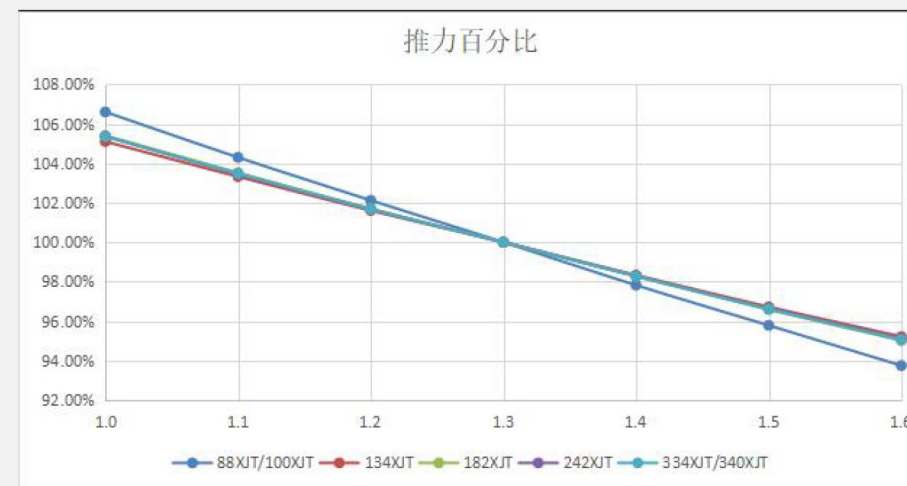
说明：

- 推动初级组件时请确保U、V、W三相电缆无短接，否则会无法推动。

## 气隙对连续推力的影响

直线电动机的推力百分比

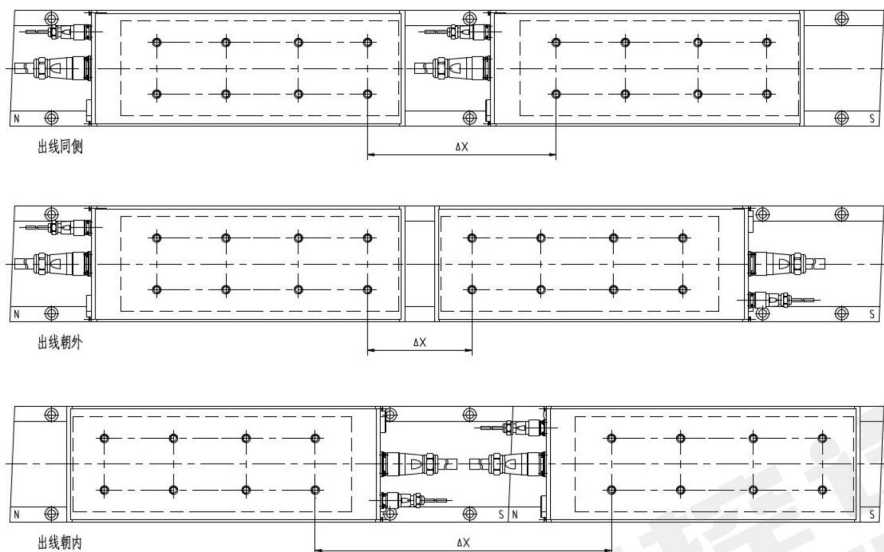
| 气隙 $\delta$ | 型号           |         |         |         |                 |
|-------------|--------------|---------|---------|---------|-----------------|
|             | 88XJT/100XJT | 1348XJT | 1828XJT | 2428XJT | 3348XJT/3408XJT |
| 1.0         | 106.60%      | 105.10% | 105.41% | 105.37% | 105.35%         |
| 1.1         | 104.30%      | 103.33% | 103.53% | 103.45% | 103.48%         |
| 1.2         | 102.13%      | 101.61% | 101.70% | 101.67% | 101.68%         |
| 1.3         | 100.00%      | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00%         |
| 1.4         | 97.83%       | 98.33%  | 98.28%  | 98.29%  | 98.28%          |
| 1.5         | 95.79%       | 96.73%  | 96.59%  | 96.65%  | 96.61%          |
| 1.6         | 93.75%       | 95.22%  | 95.02%  | 95.10%  | 95.07%          |



# 03 安装使用指南

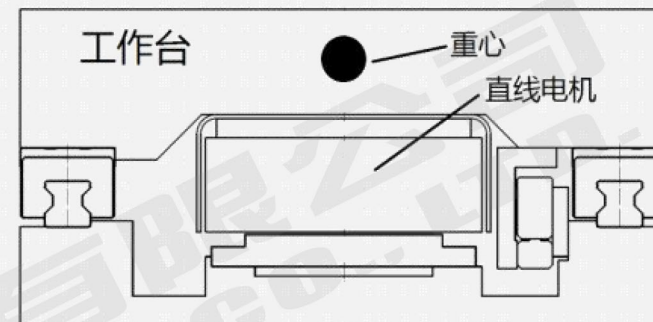
## Installation and usage guide

### 并联使用



| 相序                   |               | 出现同侧         |   |   | 出线朝外         |   |   | 出线朝内         |   |   |
|----------------------|---------------|--------------|---|---|--------------|---|---|--------------|---|---|
| 电机1                  |               | U            | V | W | U            | V | W | U            | V | W |
| 电机2                  |               | U            | V | W | W            | V | U | W            | V | U |
| 间隔<br>x<br>(mm)<br>△ | 极距<br>2τ=30mm | ≥180且为30的整数倍 |   |   | ≥90且为30的整数倍  |   |   | ≥330且为30的整数倍 |   |   |
|                      | 极距<br>2τ=46mm | ≥230且为46的整数倍 |   |   | ≥138且为46的整数倍 |   |   | ≥414且为46的整数倍 |   |   |

### 其他安装注意事项



- 工作台重心应与直线电机中心尽量重合。
- 磁性材料距次级磁板距离必须保证大于100mm。
- 不要将手表、磁性材料靠近直线电机。
- 安装、维修、维护设备时要带工作手套。
- 带心脏起搏器的人员不得在直线电机设备上工作。
- 不能将强磁体放在次级磁板附近。
- 建议在装配前再拆掉次级磁板包装箱。
- 装配时至少有2人操作。
- 次级磁板拆包装后，相互之间至少距离200mm，严禁并排、堆叠。任何面均不能直接接触。
- 螺钉拧紧扭矩要求：装配时，如未有特殊说明，螺钉最大拧紧扭矩按下表的规定；

| 强度等级 | 最大拧紧力矩(N.m) |    |    |    |     |     |     |     |
|------|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|      | M4          | M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M14 | M16 |
| 8.8  | 3           | 6  | 10 | 24 | 48  | 83  | 132 | 200 |
| 12.9 | 5           | 10 | 16 | 40 | 81  | 95  | 166 | 265 |

## 直线电动机选型

直线电动机的选型计算与旋转电动机存在较大差异，其步骤通常如下：

- 1) 结合机床结构，预估直线电动机安装空间，对直线电动机框架号进行限定；
- 2) 根据机床移动部件重量、运行速度及加速度等指标，对直线电动机进行预选定；
- 3) 根据预选定直线电动机参数复核，最终确定直线电动机型号规格。

计算方式较为复杂，可先确定机械参数，填入本公司提供的选型分析表格进行核实分析表如图所示，黄色单元格中填入机械和运行参数信息，并选择直线电动机号，即可对直线电动机的适配性进行自动核算。

## 直线电动机配套驱动的选型

直线电动机配套GT系列驱动单元，选型原则以直线电动机峰值电流作为参考：

$$\frac{\text{驱动模块电流} \times 0.8}{1.414} > \text{直线电动机峰值电流}$$

如：134XJT1K2M10W 直线电动机，峰值电流21A，则选50A驱动，  
(50\*0.85) / 1.414 = 30 > 21，满足要求。

| 直线电机选型分析   |           |                 |       |                                              |
|------------|-----------|-----------------|-------|----------------------------------------------|
| 选型结果       |           |                 |       | 结论：<br>所选电机：134XJT1K2M10W<br>符合当前设定条件下的使用要求。 |
| 项目         | 电机参数      | 分析结果            | 比值    |                                              |
| 最快速度 m/min | 150       | 50              | 33%   |                                              |
| 峰值推力 N     | 3000      | 1653            | 55%   |                                              |
| 持续推力 N     | 1200      | 779             | 65%   |                                              |
| 项目         | 参数        |                 |       | 备注及说明                                        |
| 使用条件       | 轴移动部件重量：  | 140             | kg    | 轴移动部件质量，不含电机                                 |
|            | 行程        | 0.45            | m     |                                              |
|            | 最大运动速度    | 50              | m/min |                                              |
|            | 最大加速度     | 9.81            | m/s*s |                                              |
|            | 倾斜角       | 30              | 度     | 水平轴时填0度                                      |
|            | 摩擦系数      | 0.02            |       | 线轨0.02/硬轨0.1                                 |
|            | 阻力        | 20              | N     | 估算线缆、拖链、防护罩等阻力                               |
|            | 安全系数      | 1.2             |       |                                              |
| 倾斜或垂直轴选项   | 是否带平衡装置   | 是               |       | 下拉选择                                         |
|            | 平衡系数（平衡比） | 1               |       | 无平衡装置为0，完全平衡时为1。                             |
| 电机选择       | 电机型号      | 134XJT1K2M10W   |       | 下拉选择                                         |
|            | 电机安装方式    | 初级运动-次级固定       |       | 下拉选择                                         |
|            | 初级规格      | 134XJT1K2M10-00 |       |                                              |
|            | 次级规格      | 140XJTS4-01     |       |                                              |
|            | 次级数量      | 5               | 块     |                                              |
| 电机参数       | 额定功率      | 1.2             | kW    |                                              |
|            | 持续推力      | 1200            | N     |                                              |
|            | 峰值推力      | 3000            | N     |                                              |
|            | 磁吸力       | 6800            | N     |                                              |
|            | 最高速度      | 150             | m/min |                                              |
|            | 运动部分重量    | 12              | kg    |                                              |

## 03 安装使用指南

### Installation and usage guide

#### 水冷机选用

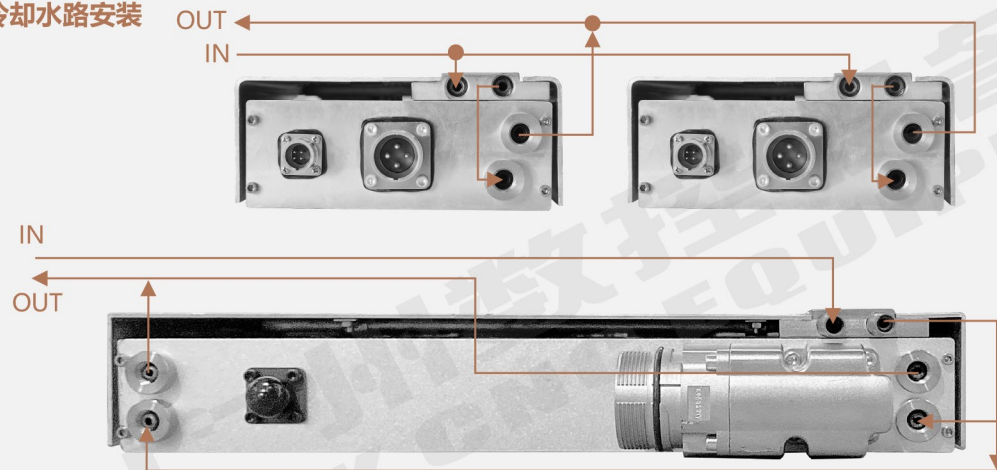
直线电机在使用时，通常采用水冷却循环的方式对其进行冷却，加水冷机，将水温控制在一定温度范围。将所有轴进行并联连接，以得相同的冷却效果。

选用水冷机的冷却功率时，通常同时考虑主轴的冷却要求，将主轴也并联入冷却回路。

冷水机的选用主要依据以下两点：

- 1) 制冷功率要大于直线电动机总发热功率： $P_{\text{制冷}} > \sum P_{Cu}$
- 2) 最小流量要大于直线电动机最小流量总和： $Q_{\text{冷水机}} > \sum Q_{\text{电机}}$

#### 直线电动机 冷却水路安装



#### 冷却液选用

- 冷却液的选用需按照水冷机厂家的要求进行，以确保系统的稳定运行和长期使用。
- 在低温环境中，添加防冻剂是必要的措施。



#### 平衡缸选型

我们推荐Z轴的直线电机设计推力要包含Z轴的结构重量，但是，如果设计时未考虑，或为增加安全性，则建议设计Z轴平衡装置（如平衡缸等）

推荐使用带锁紧的气动平衡缸，可以满足配重和刹车的双重作用。

初步推荐品牌规格如下：

| 名称    | 品牌      | 规格        | 用途               |
|-------|---------|-----------|------------------|
| 带刹车气缸 | SMC或亚德客 | MDNBB或BSC | 气缸自带刹车，可做平衡 和刹车用 |

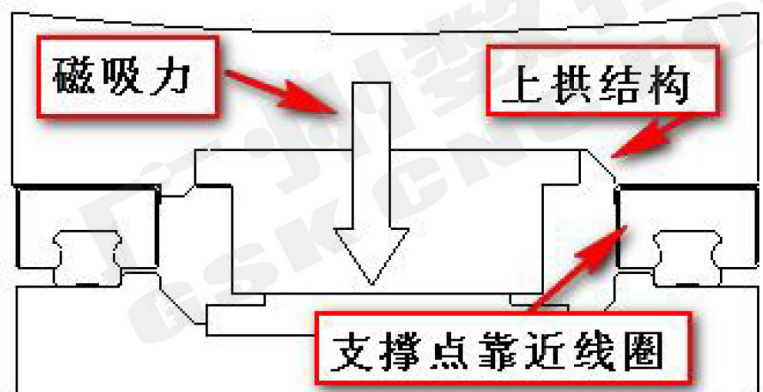
## 结构设计强度与刚性

## 高强度、高刚性材质结构

初级线圈和次级磁板之间持续存在较大的磁吸力，磁吸力一般为推力的五倍大小（如134XJT1K8M10WW，吸力为10200N）。磁吸力过大，会对铸件引起变形，导致在实际零件加工过程中，零件精度不稳定。所以工作台、鞍座、床身等设计时，抗力必须达到10200N以上，且须考虑有足够的强度和刚性。

## 高强度材质、多筋板结构

为避免移动部件时过于笨重而影响加速性能，应尽量考虑采用高强度材质，以及多筋板结构，在保证整体强度和刚性的基础上，尽量减轻整体重量。



## 次级磁板与直线导轨安装面保持一致

次级安装基面，在加工时，保证与直线导轨安装面的平行度在0.02mm以内，避免初级与次级之间的间隙不均匀，影响精度。

## 配重和刹车装置、防撞设计

### 垂直轴和倾斜轴使用配重和刹车装置

直线电机应用在垂直轴或倾斜轴时，建议增加带锁紧装置的平衡气缸，以免由于重力的作用，在未通电或直线电机无推力输出时，会发生掉落。增加平衡气缸，可以抵消部分再向上运动过程中电机推力，可以适当选配小规格电机，减小装配空间，减少整体重量，避免影响加速性能，建议对垂直轴和倾斜轴做配重平衡处理。（例如：铣床、立式加工中心Z轴，斜床身车床X轴）

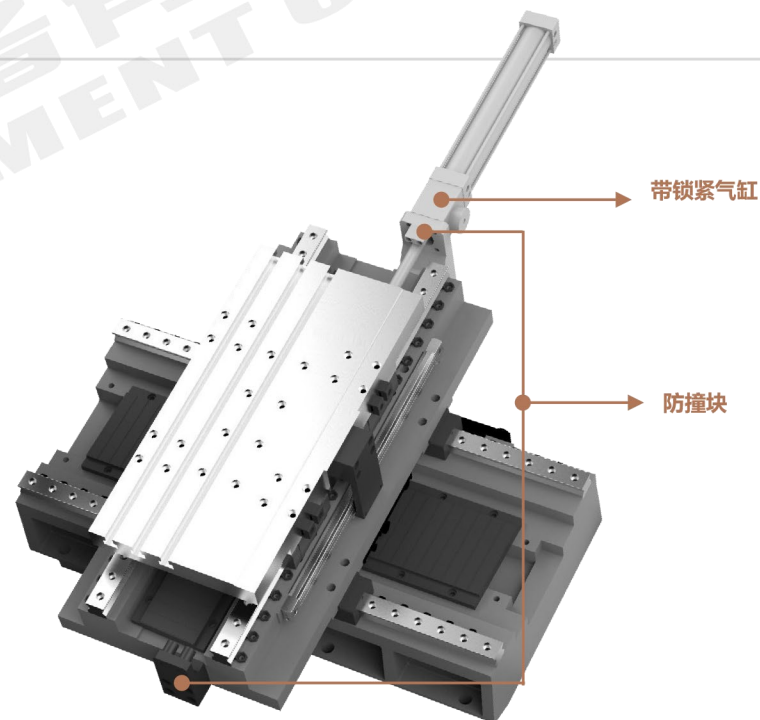
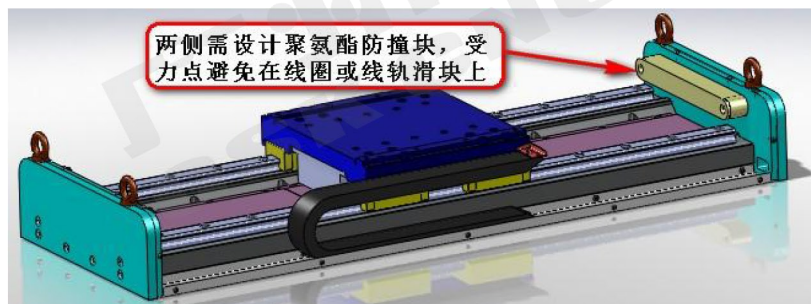
### 直线电机防护设计

直线电机次级磁板贴有永磁体，故其对铁屑有较强的吸附力，且初级与次级间间隙较小，若切屑进入容易堆积，易造成设备损坏。需采用封闭式防护设计，且考虑耐高速及防振动。

### 防撞设计

为了避免意外的撞击事故造成直线电机或机械损坏，直线电机两端必须设计防撞缓冲装置。

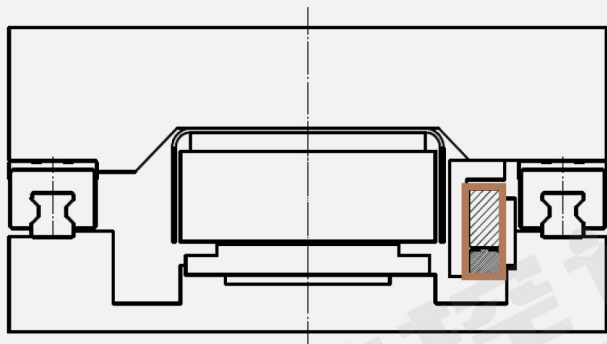
注意：缓冲装置受力点避免在初级线圈、滑块等精密元件上。



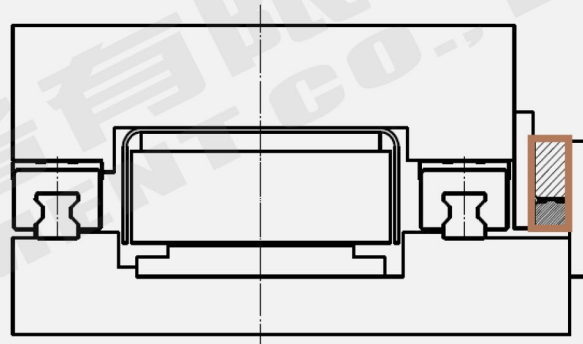
## 光栅尺的安装设计及防护

## 安装位置

1. 光栅装到托板里侧



2. 光栅装到托板外侧



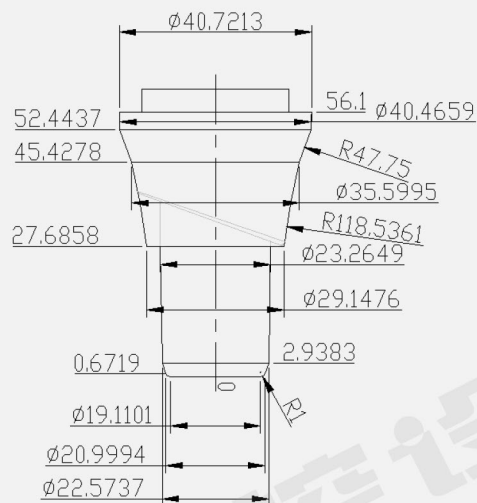
## 光栅尺的防护要求

光栅尺的安装位置尽量远离加工区域。

光栅尺的安装方向应尽量使其开口侧向或向下，开口不要正对铁屑及切削液飞溅的方向，以防止光栅尺污染。

光栅尺的外部，应有足够的防护措施，防止切削液流到尺体上。

光栅尺的安装可以加装压缩气体进行密封，但是压缩气体必须经过特别的过滤和干燥，其质量须符合光栅尺厂家规定的技术要求。



## 高档麦克风支座

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

材料: 铸铝

难点: + 需多轴联动加工;  
+ 对各轴响应配合要求高。

方案: + X/Z/C直驱技术;  
+ 高精高速控制包加工;  
+ 异形面高动态多轴随动车削模式 (C轴动态插补速度达F100000°/min)。

效果: + 效率2min;  
+ 粗糙度Ra0.8。



## 天然气阀门

系统: GSK 988TA

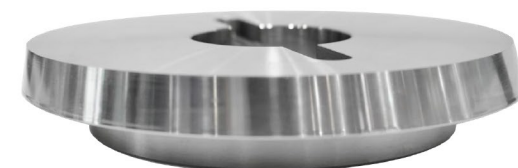
机床: 直驱机床

材料: 45#钢材

难点: + 相位角及尺寸精度要求高;  
+ 偏心斜锥面车削加工。

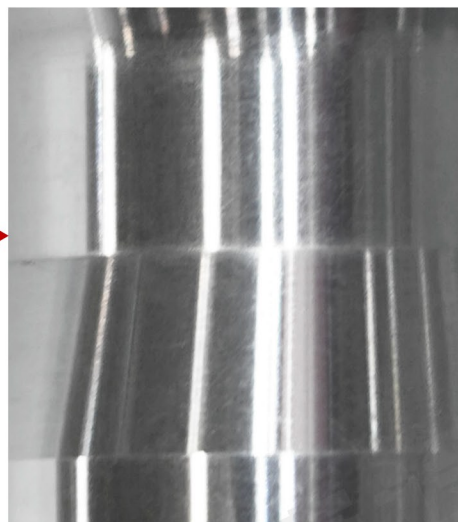
方案: + 高动态多轴联动直驱技术车削加工  
代替铣削加工。

效果: + 直径200mm, 轮廓精度0.03mm;  
+ 效率提升85%, 从铣削10min缩短至  
车削1.5min。

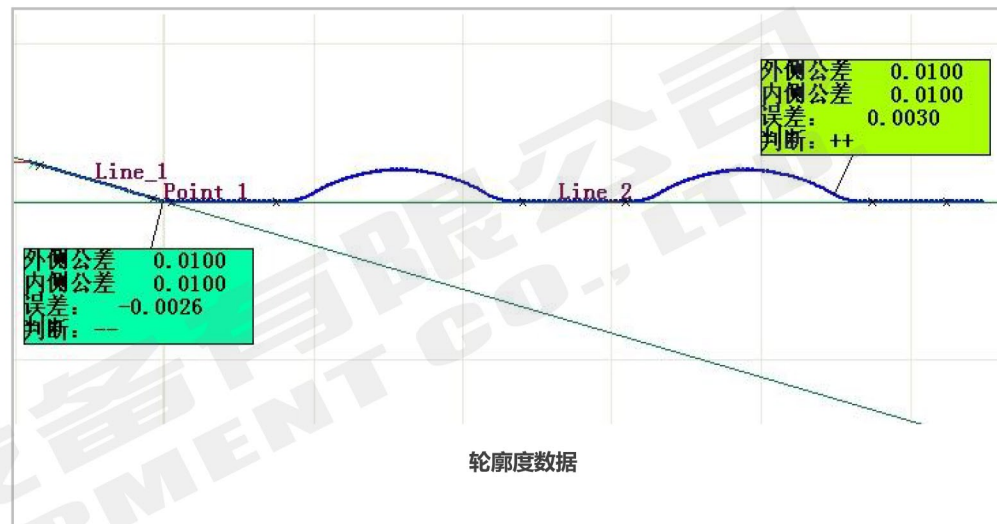


# 05 应用案例

## Application Cases



直驱机床加工精度高，圆弧无过象限痕迹



### 直线圆弧测试件1

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

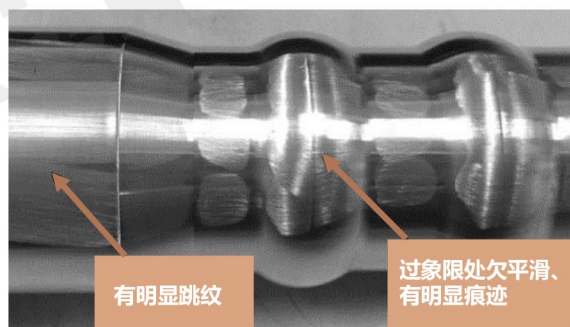
材料: 6063铝合金

难点: + 表面纹路要求高;  
+ 轮廓精度要求高 (5μm内);  
+ 圆弧表面无过象限痕迹。

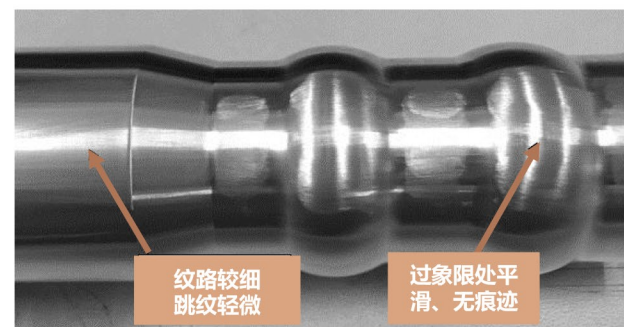
方案: + 高速高精控制包加工;  
+ 静摩擦补偿功能包加工。

效果: + 表面纹路均匀、细腻;  
+ 轮廓精度3μ;  
+ 圆弧过象限无痕迹。

### 零件加工表面效果PK



丝杆机床



直驱机床

**丝杆: 粗糙度**  
**Ra0.7550um**, 过象限处理欠平滑且有明显痕迹。

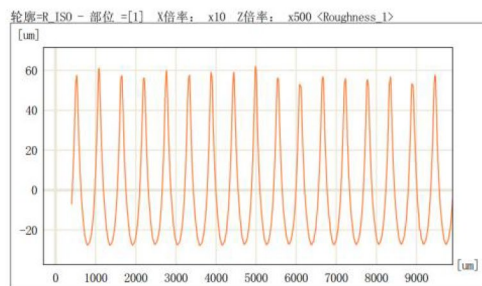
**直线电机: 粗糙度**  
**Ra0.4952um**, 过象限处理平滑无痕迹。

# 05 应用案例

## Application Cases

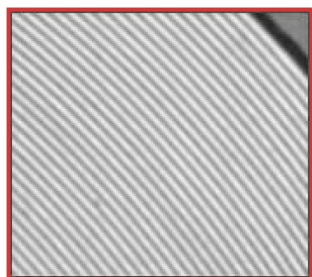
GSK 广州数控

纹路测量值

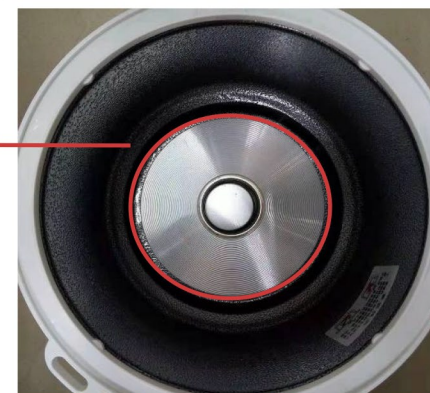
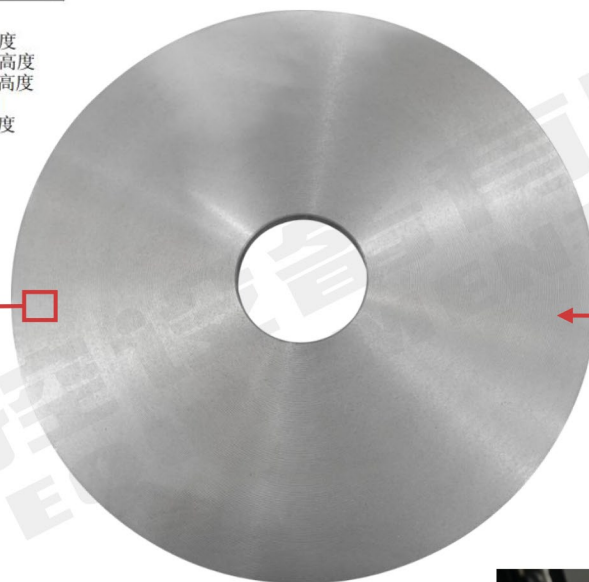


| 测量内容                | 测量值         |
|---------------------|-------------|
| 粗糙度分析(Roughness 1)  |             |
| 轮廓=R ISO - 部位 = [1] |             |
| Ra12                | 22.8488 μm  |
| Rp12                | 57.7625 μm  |
| Rv12                | 27.4498 μm  |
| Rz12                | 85.2123 μm  |
| RSm1                | 562.0000 μm |

注:  
 Ra:算术平均粗糙度  
 Rp:最大轮廓波峰高度  
 Rv:最大轮廓波谷高度  
 Rz:波峰波谷之和  
 RSm:轮廓平均宽度



盘装刀纹



### 电饭锅发热盘

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

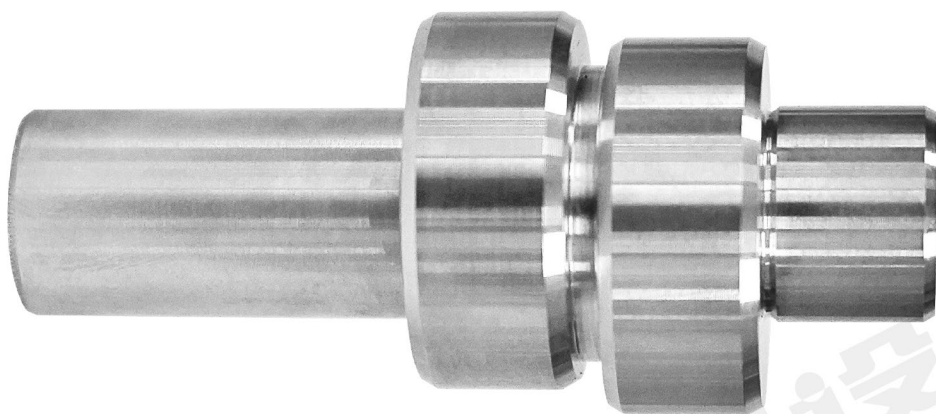
材料: 铸铝

难点: + 表面纹路均匀度要求高;  
 + 不允许有断/振纹;  
 + 高转速、高进给;  
 + 薄壁加工, 机床精度要求高。

方案: + 采用高精排刀斜车;  
 + 设计专用夹具, 保证工件刚性。

效果: + 表面纹路均匀、无断/振纹;  
 + 表面粗糙度稳定, 22μm左右;  
 + 高效车削, 用时7s。





## 减速器曲柄轴

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

材料: 20Cr钢

难点: + 相位角、偏心距及圆度要求高;

+ 需多轴联动加工。

方案: + X/Z/C直驱技术;

+ 高精高速控制包加工;

+ 异形面高动态多轴随动车削模式 (C轴动态插补速度达F180000°/min)。

+ 偏心圆高动态多轴随动车削模式

▪ C轴动态插补速度高达500rpm (优于传统丝杆机床300rpm)

▪ X轴往返运动频率高达500次/分钟

效果: + 效率提升85%, 从传统10min以上缩短至车削1.5min;

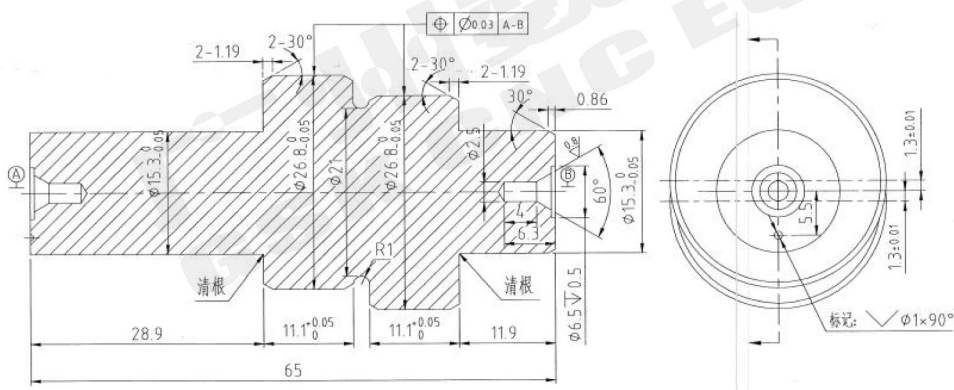
+ 偏心距误差5μ以内, 圆度0.01mm;

+ 偏心圆随动插补圆度达μ级;

+ 粗糙度Ra1.6。

## 零件加工精度

| 工件                         |                              | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
|----------------------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 偏心圆1                       | 圆度 (0.01)                    | 0.0075   | 0.0056   | 0.0064   | 0.0076   | 0.0066   |
|                            | 直径 ( $\phi 26.2^{+0.03}_0$ ) | 26.2184  | 26.2156  | 26.2173  | 26.2142  | 26.2162  |
| 偏心圆2                       | 圆度 (0.01)                    | 0.0066   | 0.0056   | 0.0073   | 0.0070   | 0.0066   |
|                            | 直径 ( $\phi 26.2^{+0.03}_0$ ) | 26.2151  | 26.2181  | 26.2171  | 26.2162  | 26.2171  |
| 偏心距1 ( $1.3 \pm 0.01$ )    |                              | 1.3048   | 1.3039   | 1.3015   | 1.2995   | 1.3052   |
| 偏心距2 ( $1.3 \pm 0.01$ )    |                              | 1.2935   | 1.2955   | 1.2969   | 1.2949   | 1.2985   |
| 偏角 ( $180 \pm 0.1^\circ$ ) |                              | 179.9793 | 179.9929 | 179.9603 | 179.9781 | 179.9431 |





## 极速螺纹高速退尾测试件

系统: GSK 988TA

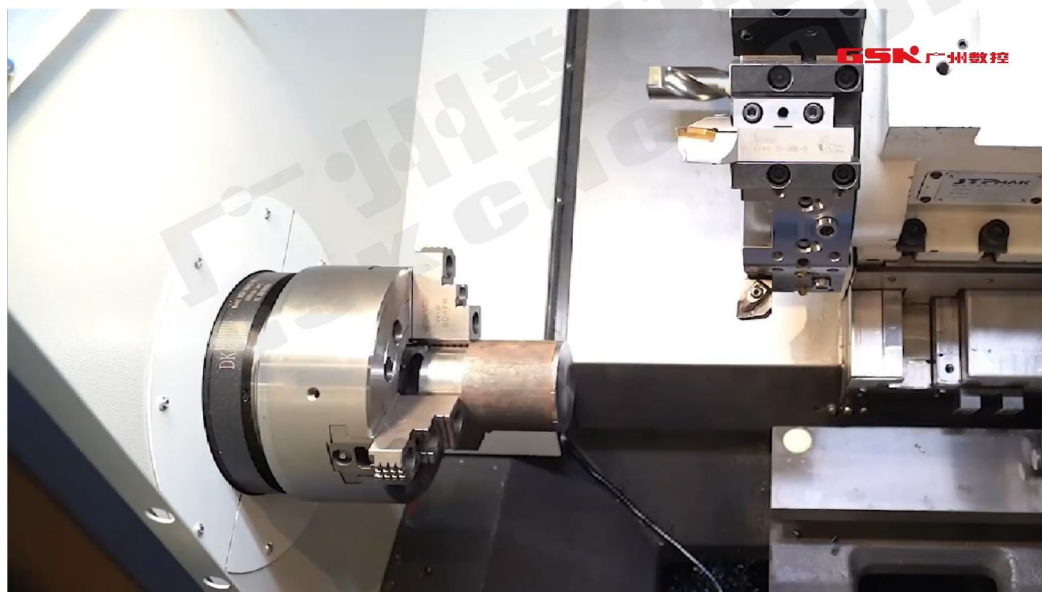
机床: 直驱机床

材料: 黄铜

难点: + 螺纹退尾要求短, 速度快;  
+ 螺纹有效距离要求高, X/Z轴插补精度要求高。

方案: + 极速螺纹控制包加工。

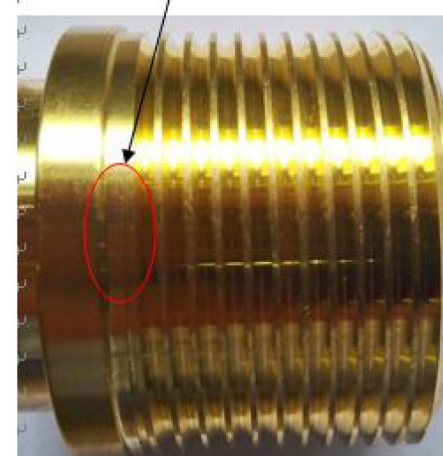
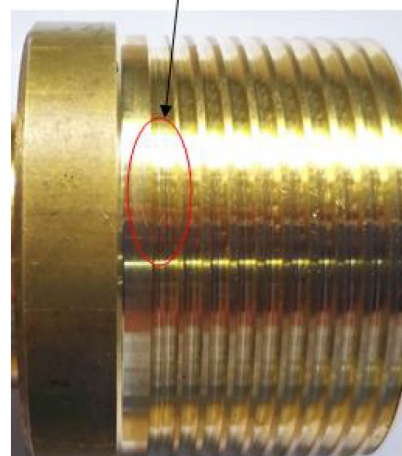
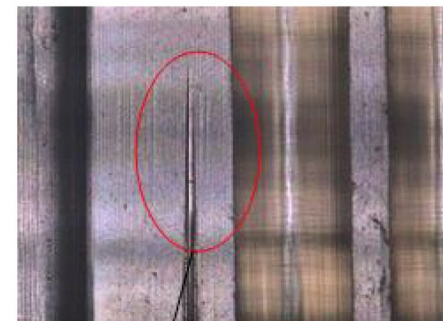
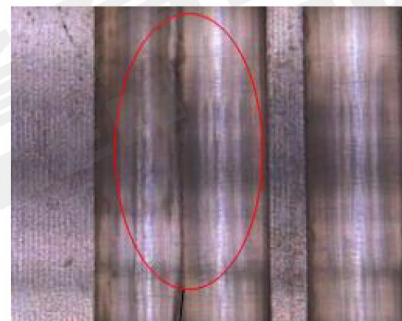
效果: + 极速螺纹S3500/F2, 退尾长度小于1/3圈;  
+ 螺纹有效距离误差小于0.5mm。



## 零件退尾效果PK

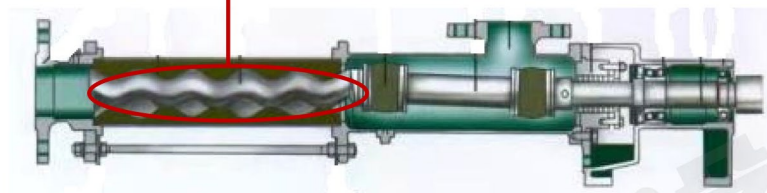
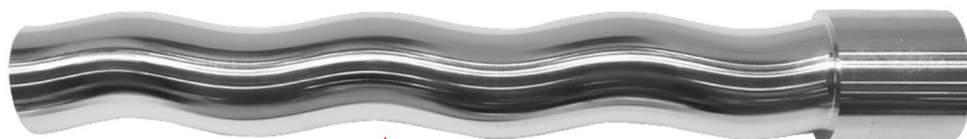
普通退尾

高速退尾



退尾终点与上一圈牙重叠, 乱牙

退尾终点清晰可见, 螺纹退尾长度小于1/3圈



## 螺杆泵芯轴

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

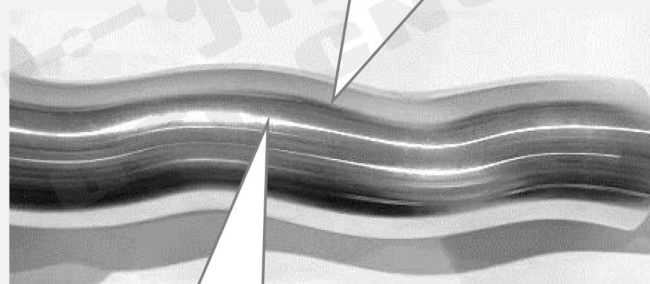
材料: 不锈钢

难点: + 需多轴联动加工  
+ 对各轴配合响应要求高。

方案: + X/Z/C直驱技术  
+ 高精高速控制包加工  
+ 异形曲轴高动态多轴随动车削加工 (C轴动态插补速度达500rpm)。

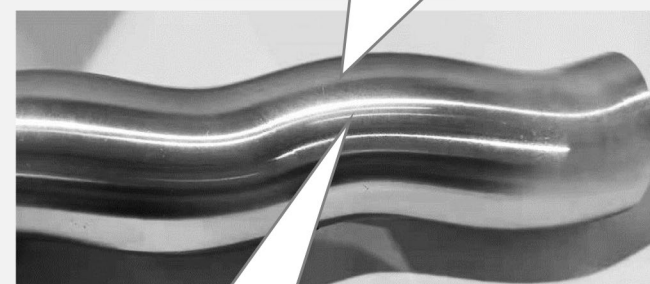
效果: + 配置直线电机、电主轴加工效果: Ra0.8。

## 加工效果



配置直线电机、电主轴  
加工效果: Ra0.8

工件表面无明显过象  
限痕迹

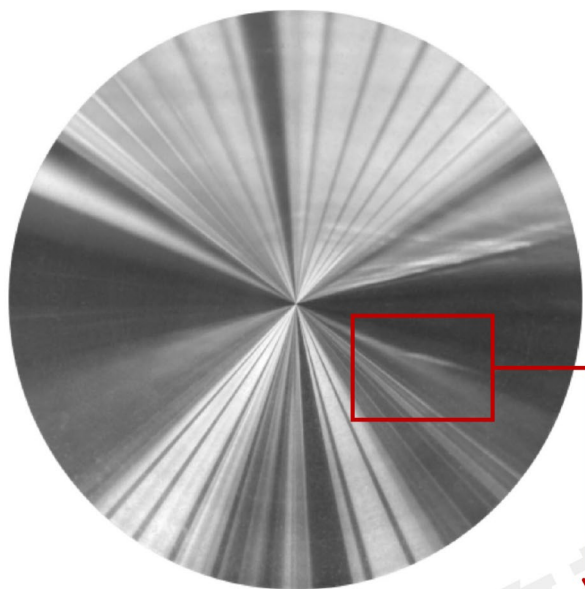


配置伺服电机、伺服主  
轴加工效果: Ra1.6

工件表面有过象限痕迹

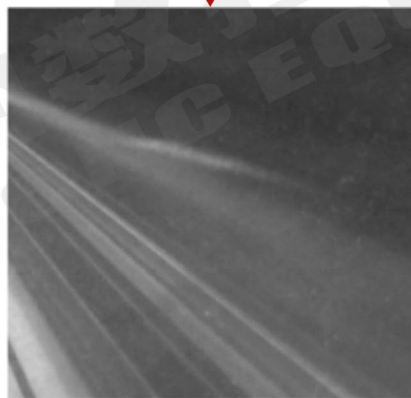
## 05 应用案例

Application Cases



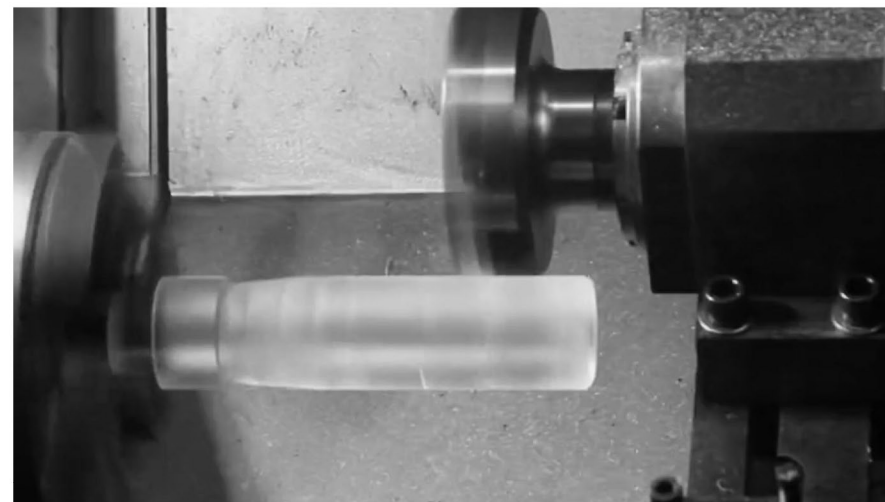
### 圆盘件

系统: GSK 988TA  
机床: 直驱机床  
材料: 6063铝合金  
效果: + 粗糙度Ra0.5662μm;  
+ S800、进给F0.06;  
+ 纹路清晰、无跳纹和乱纹。



### 菱形菱面试件

系统: GSK 980TDi  
机床: 直驱机床  
难点: + 多边形车削方式加工;  
+ 车方面面积一致;  
+ 车削、车方一次性装夹加工。  
方案: + 采用高精数控车;  
+ 高速高精控制包加工;  
+ 车方加工模式。  
效果: + 表面纹路均匀、车方平面无拉丝;  
+ 高效车削。





## 汽车凸轮轴

系统: GSK 988TA

机床：直驱机床

材料：45#钢

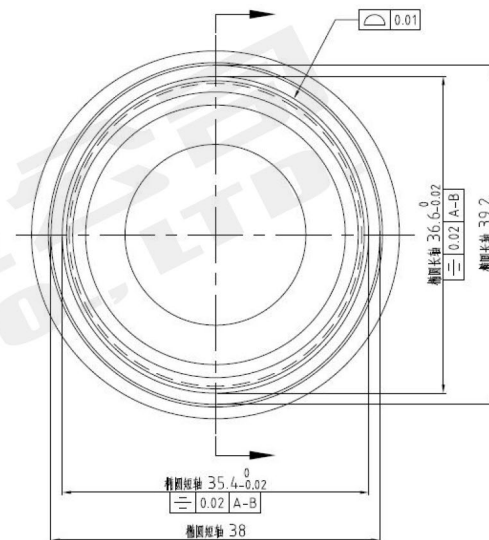
**难点：**+ 相位角、偏心距及圆度精度要求高  
+ 需多轴加工。

方案：+ 偏心圆随动车削加工模式代替传统多定位车削加工

+ 高精高速控制包加工。

效果：+ 偏心距误差 $5\mu$ 以内

+ 偏心圆随动插补圆度达 $\mu$ 级。



## 凸轮轴

系统: GSK 988TA

机床：直驱机床

材料: 20Cr

难点: + 椭圆车削;  
+ 效率要求高。

方案：+ 椭圆高动态随动车削加工。

效果：+ 效率提高50%；  
+ 多轴随动车削精度达到 $\mu$ 级。



## 高光端面试件

系统: GSK 988TA  
 机床: 直驱机床  
 尺寸:  $\Phi 200\text{mm}$   
 材料: 6061铝合金  
 效果: + 高光切削;  
 + 表面粗糙度Ra0.0728。



## 足球模型

系统: GSK 988TA  
 机床: 直驱机床  
 材料: 6063铝合金  
 难点: + 多边形车削方式加工;  
 + 车方面积一致;  
 + 车削、车方一次性装夹加工。  
 方案: + 采用高精数控车;  
 + 高速高精控制包加工;  
 + 车方加工模式。  
 效果: + 表面纹路均匀、车方平面无  
 拉丝;  
 + 高效车削。



## 直线圆弧测试件2

系统: GSK 988TA  
 机床: 直驱机床  
 尺寸:  $\Phi 50\text{mm}$   
 材料: 7075航空铝/黄铜  
 效果: + 高光切削;  
 + 表面粗糙度Ra0.088。



## 直线圆弧测试件3

系统: GSK 988TA  
 机床: 直驱机床  
 材料: 304不锈钢  
 效果: + 高刚性, 高稳定性;  
 + 系统具备高精度直线圆弧  
 插补;  
 + 高精度, 精度达到IT6级。



## 六方

系统: GSK 988TA  
 机床: 直驱机床  
 材料: 45#钢  
 效果: + 端面钻孔攻牙;  
 + 六边形车削, 加工面平直。



## 注塑机顶针丝杆

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

尺寸:  $\Phi 50 \times 362\text{mm}$

材料: GCR15

效果: + 车削后硬度保持在HRC 60;  
+ 表面粗糙度Ra0.0728 $\mu\text{m}$ 。



## 半球

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

效果: + 工作圆度0.0034mm;  
+ 粗糙度Ra0.5366 $\mu\text{m}$ ;  
+ 过象限无痕迹、圆弧与圆弧衔接处过渡平滑;  
+ S800、进给F0.06。

## 曲轴

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

尺寸:  $\varphi 45\text{mm} \times 150\text{mm}$

材料: V6061铝棒料

效果: + 系统具备多轴联动功能;  
+ C/X轴联动插补;  
+ 高速小线段插补功能切削参数;  
+ 切削参数F144000mm/min 切量0.2mm。



## 国际象棋小兵

系统: GSK 988TA

机床: 直驱机床

尺寸:  $\Phi 42\text{mm}$

材料: 6061铝合金

效果: + 高光切削  
+ 表面粗糙度Ra0.081





**广州数控设备有限公司**  
**GSK CNC EQUIPMENT CO., LTD.**

**营销中心**

地址：广州市黄埔区观达路22号 邮编：510530

总机：400-0512-028

邮箱：Machinesales@gsk.com.cn

网址：www.gsk.com.cn

销售热线：(020)81990819

(020)81986922

服务热线：020-81798010（一号多线）

传 真：(020)81993683



@广州数控GSK



@广州数控



@广州数控GSK



gzgsk.1688.com



@广州数控设备有限公司