

Motor Foundamentals — Arrow
电机基础介绍 — Arrow

4-Oct-21

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

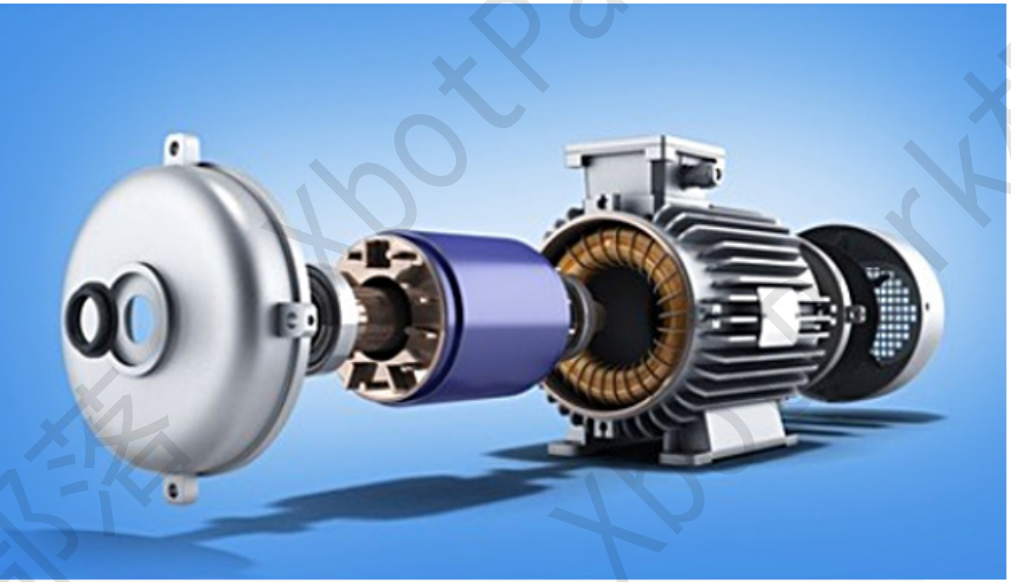
Five Years Out

什么是电动机（Motor）？

电动机（Motor）是把电能转换成机械能的一种设备，俗称“马达”

利用通电线圈（定子绕组）产生旋转磁场并作用于转子形成磁电动力旋转扭矩。

主要由定子与转子组成，工作原理是磁场对电流受力的作用，使电动机转动。







Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

电机基础介绍

1.电机的分类

1.1按照工作电源的种类

1.2按照结构和工作原理

1.3按照用途进行划分

1.4市场上主流的电机供应商

2.电机性能的测试

2.1电机驱动器的结构和运行

2.2电机性能的测量

2.3控制系统的分析

3.电机应用案例分析

3.1 高速吹风机

3.2 3D打印

3.3 ST BLDC电机方案

3.4 扫地机器人和AGV

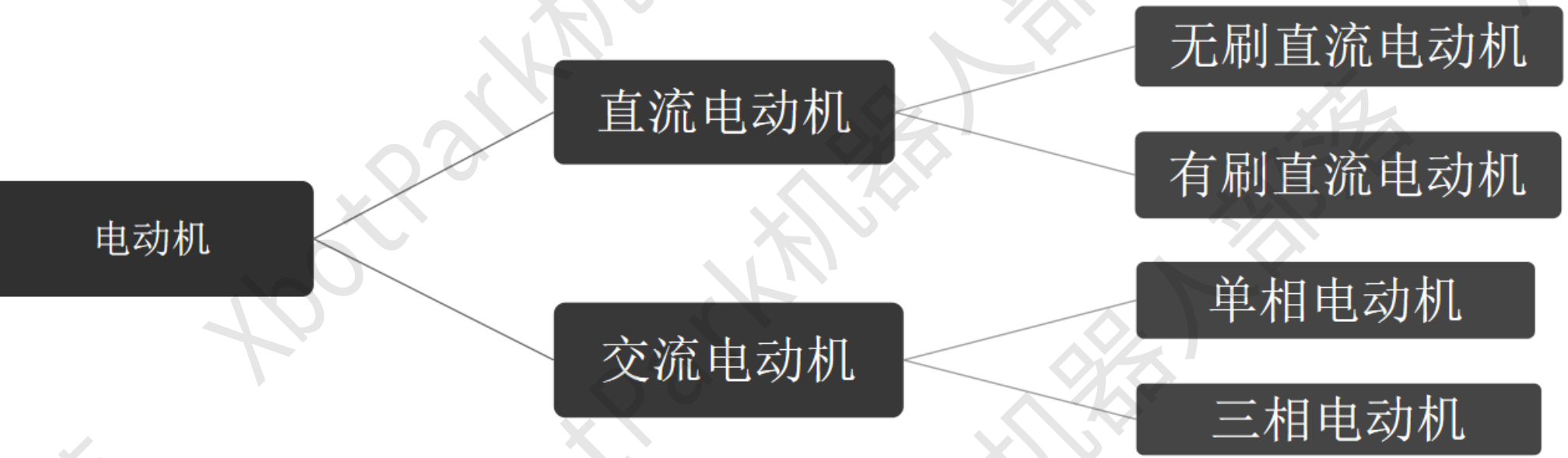




XbotPark机器人部落

1.电机的分类

1.1按照工作电源的种类

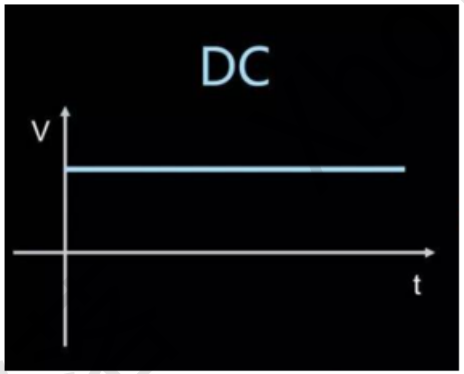


XbotPark机器人部落

1.1按照工作电源的种类

直流VS交流

单相VS三相



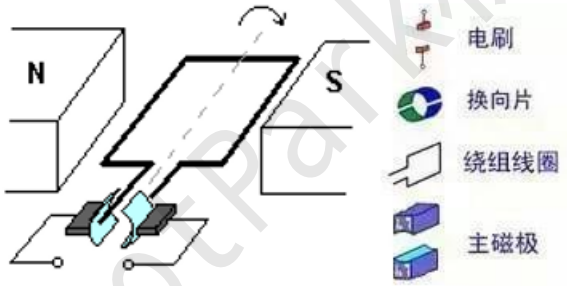
直流电

直流电动机

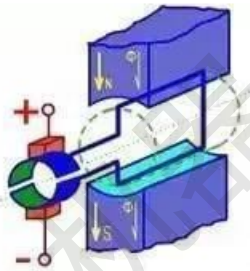
- 将直流电的电能转变为机械能的装置；
- 基本构造分为两部分：定子与转子；
- 利用通电线圈在磁场中受力转动的现象而制成的。
- 直流电通过电刷向电枢绕组供电时，

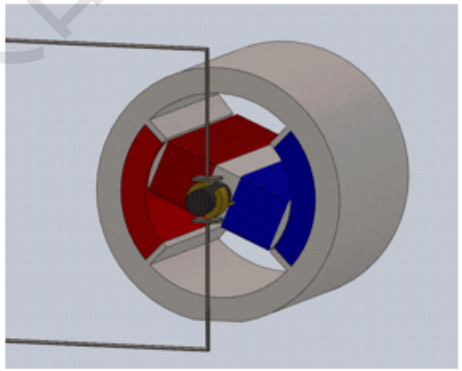
电枢表面的N极下导体可以流过相同方向的电流，根据左手定则导体将受到逆时针方向的力矩作用；

电枢表面S极下部分导体也流过相同方向的电流，同样根据左手定则，整个电枢绕组即转子将按逆时针旋转。



直流电机结构模型





直流电机动态仿真

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

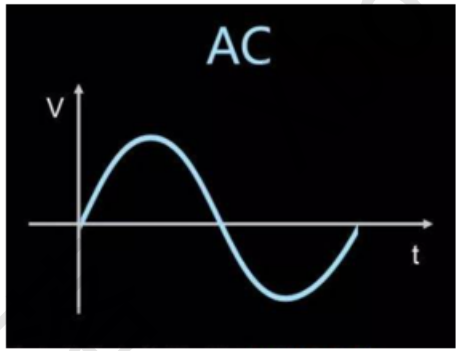
1.1按照工作电源的种类

直流VS交流

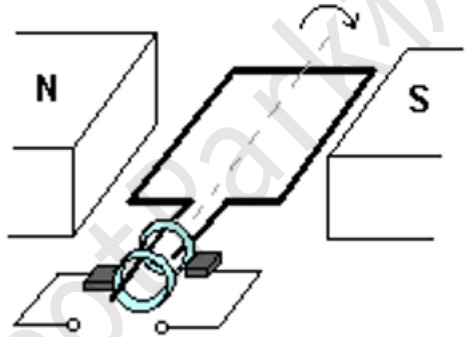
单相VS三相

交流电动机

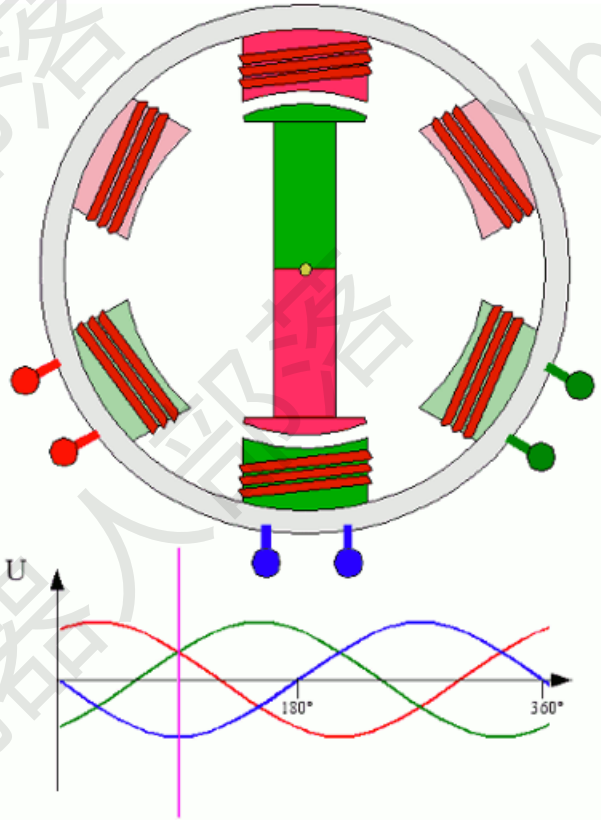
- 将交流电的电能转变为机械能的装置；
- 以产生磁场的电磁铁绕组或分布的定子绕组和一个旋转电枢或转子组成；
- 利用通电线圈在磁场中受力转动的现象而制成的。



正弦交流电



交流电动机模型



三相交流电动机动态仿真

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.1按照工作电源的种类

直流VS交流

单相VS三相

单相交流电动机

- 定子只有一相主绕组，转子采用鼠笼式转子；
- 单相正弦电流通过定子绕组时，产生交变磁场，磁场的强弱和方向随时间作正弦规律变化，但在空间方位上是固定的， 又称这个磁场是交变脉动转磁场；
- 交变脉动磁场可分解为两个以上相同转速、旋转方向互为相反的旋转磁场，当转子静止时，这两个旋转磁场在转子中产生两个大小相等，方向相反的转矩，使得合成转矩为零，所以电机无法旋转；
- 用外力使电机向某一方向旋转时（如顺时针方向旋转），这时单相交流电机转子与瞬时间旋转方向的旋转磁场间切割磁力线运动变小；转子与逆时针旋转方向的电磁转矩不再是零，转子将顺着推动方向旋转起来，要使单相交流电机能自动旋转起来。

三相交流电动机

- 定子绕组基本上是三个相互隔开120度的线圈，
- 作三角形或星形联结。
- 通入三相电流时，在每个线圈中产生磁场，这三个磁场合成得到一个旋转磁场。

1.电机的分类

1.2按照结构和工作原理



XbotPark机器人部落

1.2按照结构和工作原理

有刷VS无刷

永磁VS电磁

有刷电机：

- 转子是线圈绕组，和动力输出轴相连；
- 定子是永磁磁钢；



无刷电机：

- 转子是永磁磁钢，连同外壳一起和输出轴相连；
- 定子是绕组线圈，去掉了有刷电机用来交替变换电磁场的换向电刷。

XbotPark机器人部落

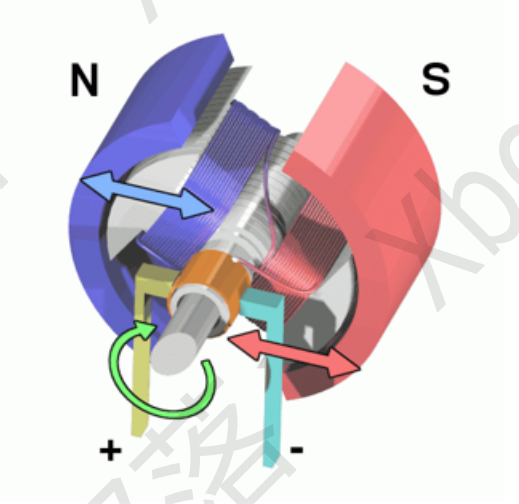
1.2按照结构和工作原理

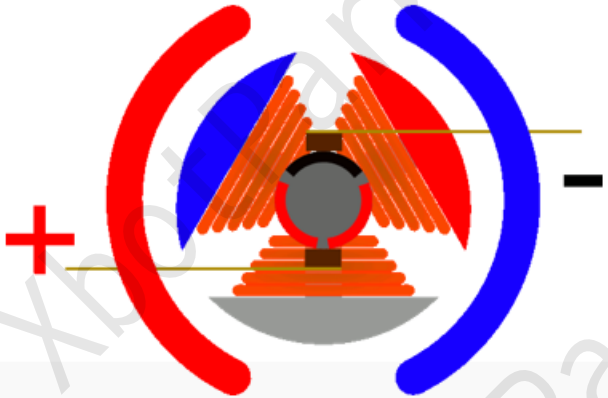
有刷电动机

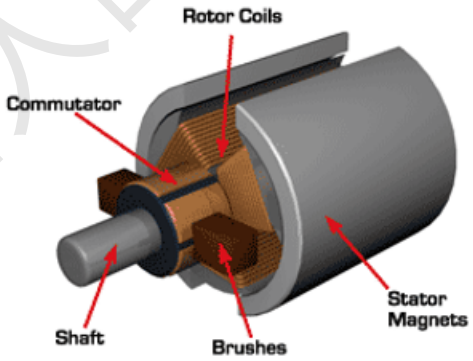
- 内含电刷装置的将电能转换成机械能（电动机）的旋转电机；
- 主要结构：定子+转子+电刷（换向器），
- 采用机械换向，磁极不动，线圈旋转；
- 通过旋转磁场获得转动力矩，从而输出动能；
- 电刷与换向器不断接触摩擦，在转动中起到导电和换相作用。

有刷VS无刷

永磁VS电磁



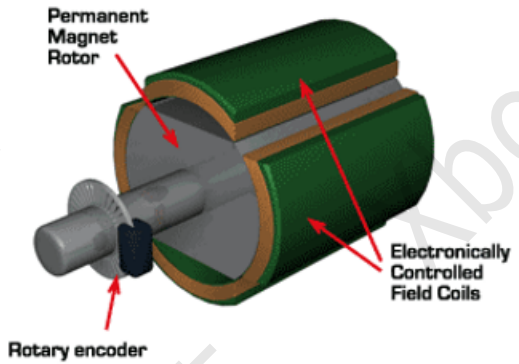




Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.2按照结构和工作原理

无刷电动机



- 用半导体电子开关器件代替传统的接触式换向器和电刷;
- 主要结构：永磁体转子、多极绕组定子、位置传感器等组成，
- 采用电子换向，线圈不动，磁极旋转。；
- 换相的工作交由控制器中的控制电路

有刷VS无刷 （一般为霍尔传感器+控制器，更先进的技术是磁编码器）来完成 。

直流无刷(BLDC)

永磁VS电磁





Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

直流无刷电动机与直流有刷电动机比较

1、使用范围

- 有刷电机：通常动力设备使用的都是有刷电机，如吹风机、工厂的电动机、家用的抽油烟机等等，另外串激电机的转速也能达到很高，但是由于碳刷的磨损，使用寿命不如无刷电机。
- 无刷电机：被使用在控制要求比较高，转速比较高的设备上，如航模、精密仪器仪表等。对电机转速控制严格，转速达到很高的要求，其电机和控制器的成本都很高，所以应用在比较高端的设备。

2、使用寿命

- 有刷电机：有刷电机的碳刷工作寿命在几百到1千多个小时，需要定期更换碳刷，不然很容易造成碳刷的磨损，引起接触不良。
- 无刷电机：通常使用寿命在几万小时这个数量级，但是由于轴承的不同无刷电机使用寿命也有很大不同。

3、使用效果

- 有刷电机：有刷电机一般恒速工作，通过调节输入电压调速，成本较低，寿命短。
- 无刷电机：通常是数字变频控制，可控性强，从每分钟几转，到每分钟几万转都可以很容易实现，噪音方面，无刷相比于有刷电机噪音小一点。

直流无刷电动机性能比较优异

1.2按照结构和工作原理

有刷VS无刷

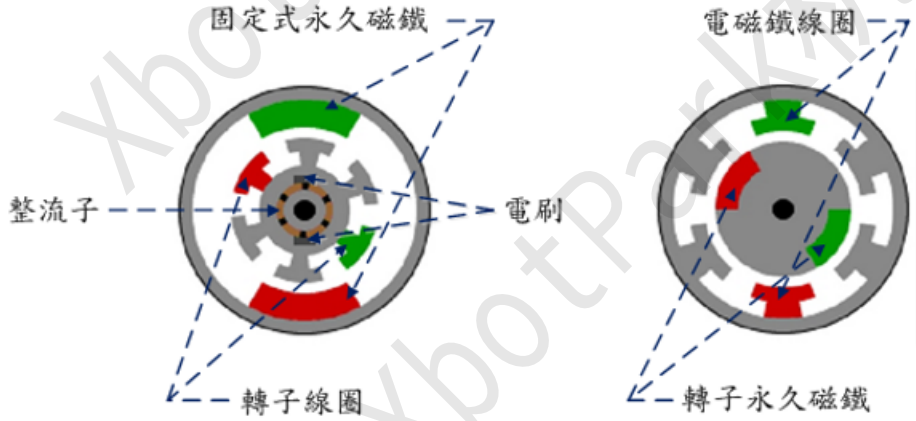
永磁VS电磁

永磁电动机

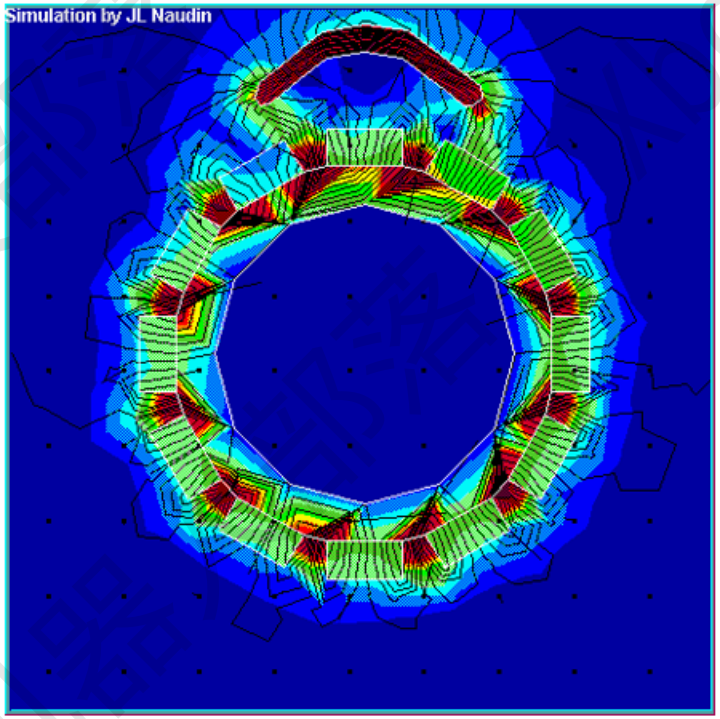
- 定子是磁铁（永磁体）做成的；
- 制成后不需外界能量即可维持其磁场。

电磁电动机

- 线圈和铁心产生磁场切割磁力线的，
- 而且磁铁线圈是转动的。



永磁电磁电动机对比

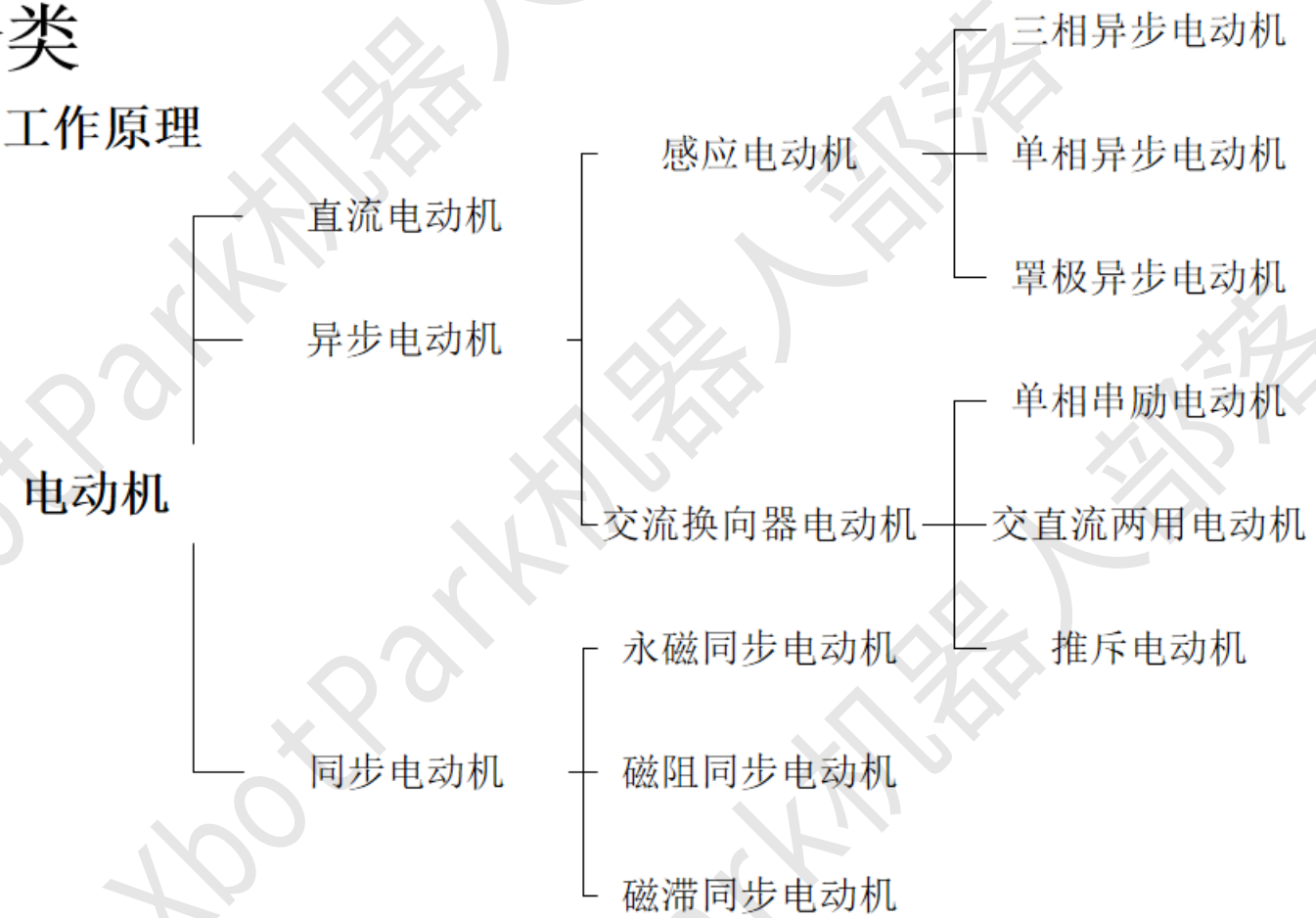


永磁电机动态仿真模型

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.电机的分类

1.2按照结构和工作原理



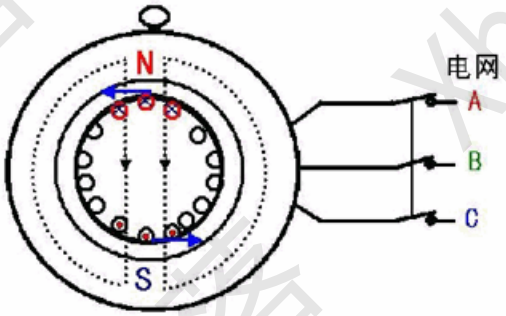
XbotPark机器人部落

1.2按照结构和工作原理

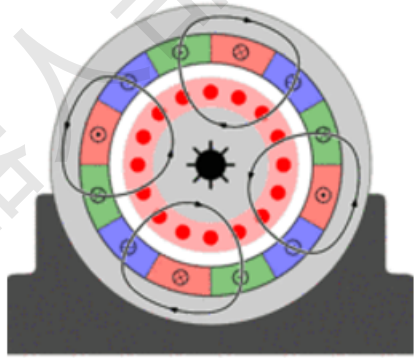
同步VS异步

异步电动机

- 由气隙旋转磁场与转子绕组感应电流相互作用产生电磁转矩，实现机电能量转换为机械能量的一种交流电机；
- 异步电动机定子绕组加对称电压后，产生一个旋转气隙磁场，转子绕组导体切割该磁场产生感应电势。由于转子绕组处于短路状态会产生一个转子电流。转子电流与气隙磁场相互作用就产生电磁转矩，从而驱动转子旋转。
- 电动机的转速一定低于磁场同步转速，因为只有这样转子导体才可以感应电势从而产生转子电流和电磁转矩。



交流异步电机



单向异步电机

XbotPark机器人部落

1.2按照结构和工作原理

同步电动机

- 定子的三相绕组中通入三相对称电流，转子的励磁绕组通入直流电流。

  在定子三相对称绕组中通入三相交变电流时，将在气隙中产生旋转磁场。

  在转子励磁绕组中通入直流电流时，将产生极性恒定的静止磁场。

  若转子磁场的磁极对数与定子磁场的磁极对数相等，转子磁场因受定子磁场磁拉力作用而随定子旋转磁场同步旋转，

  即转子以等同于旋转磁场的速度、方向旋转。

YouPark机器人部落

1.2按照结构和工作原理

同步VS异步

异步电动机

优点

具有结构简单、制造容易、价格低廉、运行可靠、维护方便、坚固耐用等一系列优点。异步电机有较高的运行效率和较好的工作特性，从空载到满载范围内接近恒速运行，能满足大多数工农业生产机械的传动要求。

缺点

与直流电动机相比，其启动性和调速性能较差；与同步电动机相比，其功率因数不高，在运行时必须向电网吸收滞后的无功功率，对电网运行不利。但随着科学技术的不断进步，异步电动机调速技术的发展较快，在电网功率因数方面，也可以采用其他办法进行补偿。

应用

作电动机，其功率范围从几瓦到上万千瓦，是国民经济各行业和人们日常生活中应用最广泛的电动机，为多种机械设备和家用电器提供动力。例如机床、中小型轧钢设备、风机、水泵、轻工机械、冶金和矿山机械等，大都采用三相异步电动机（Asynchronous Motor）拖动；电风扇、洗衣机、电冰箱、空调器等家用电器中则广泛使用单相异步电动机。异步电机也可作为发电机，用于风力发电厂和小型水电站等。

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.2按照结构和工作原理

同步VS异步

同步电动机

优点

1）功率因数高：这个优点的具备与电机的应用的工作原理有关，是因为工作原料非常科学，素以电机才能够到较高的功率因数，能够在功能方面取得很好的表现。

2）运行效率高：凭借着应用的科学工作原理，以及相对比较先进的产品技术，同步电机具备着运行效率高这个优点，这样一来电机在功能方面就非常高效，可以以高效的功能发挥，充分优化设备的运行。

3）稳定性好：在性能及结构方面都非常稳定，在能够在使用当中保持稳定结构的同时，也能够稳定发挥功能，保持统一的运行效果及功能保险。

4）转速恒定：能够在转速恒定的情况下，一直在使用当中保持稳定的运转速度，并始终保持稳定的运行效果，这样电机就会在功能方面非常稳定。

缺点

成本相比较与异步电机而言较高。

应用

小型同步电动机在变频调速系统中开始得到较多地应用。同步电机还可以接于电网作为同步补偿机。这时电机不带任何机械负载，靠调节转子中的励磁电流向电网发出所需的感性或者容性无功功率，以达到改善电网功率因数或者调节电网电压的目的。

1.电机的分类

1.3按照用途进行划分

- 驱动用电动机
  - 电动工具用电动机
  - 家电用电动机
  - 通用小型机械设备用电动机
- 控制用电动机
  - 步进电动机
  - 伺服电动机



XbotPark机器人部落

1.3按照用途进行划分

驱动用VS控制用

驱动用电动机

- 定驱动用电动机主要用来提供动力，将电能转化为机械能。



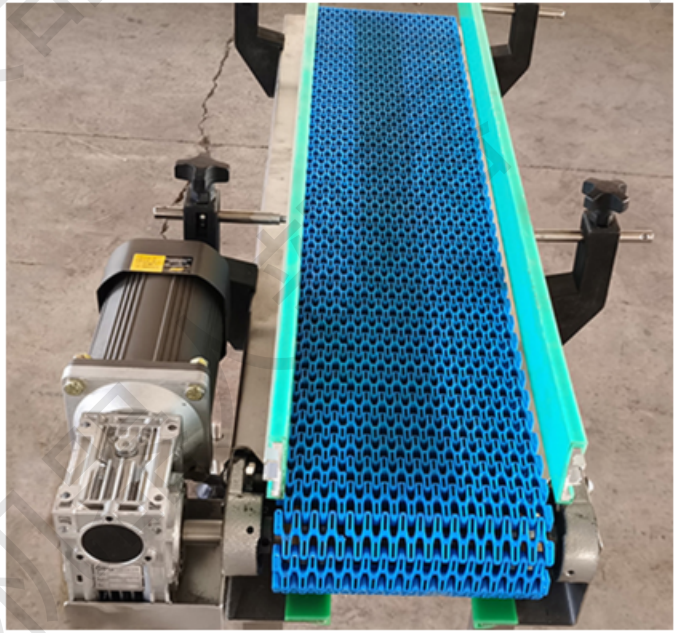
电动工具用

电动螺丝刀



家电用

电动牙刷电机



小型机械设备用

机械流水线电机

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

驱动用电动机总结

力矩电动机

- 是一种扁平型多极永磁电动机，是一种具有软机械特性和宽调速范围的特种电机；
- 具有低转速、大扭矩、过载能力强、响应快、特性线性度好、力矩波动小等特点；
- 力矩电动机的轴不是以恒功率输出动力而是以恒力矩输出动力；
- 被广泛应用于**纺织、电线电缆、金属加工、造纸、橡胶、塑料以及印刷机械**等工业领域。

直流力矩电动机

- 自感电抗很小，所以响应性很好；
- 其输出力矩与输入电流成正比，与转子的速度和位置无关；
- 在接近堵转状态下直接和负载连接低速运行而不用齿轮减速；在负载的轴上能产生很高的力矩对惯性比，并能消除由于使用减速齿轮而产生的系统误差。

交流力矩电动机

- 可分为同步和异步，目前常用的是鼠笼型异步力矩电动机；
- 具有低转速和大力矩的特点；
- 一般地，在纺织工业中经常使用交流力矩电动机，其工作原理和结构和单相异步电动机的相同，但是由于鼠笼型转子的电阻较大，所以其机械特性较软。



力矩电动机

驱动用电动机总结

开关磁阻电动机

是一种新型调速电动机，结构极其简单且坚固，成本低，调速性能优异。

是传统控制电机强有力竞争者，具有强大的市场潜力。

但目前也存在转矩脉动、运行噪声和振动大等问题，需要一定时间去优化改良以适应实际的市场应用。

完整系统主要有电机实体、功率变换器、控制器与位置检测器等部分组成。控制器内包含功率变换器和控制电路，而转子位置检测器则安装在电机的一端。

广泛应用于**家用电器、航空、航天、电子、机械及电动车辆**等领域。主要用于牵引、工业泵和家电（真空吸尘器和某些洗衣机）。



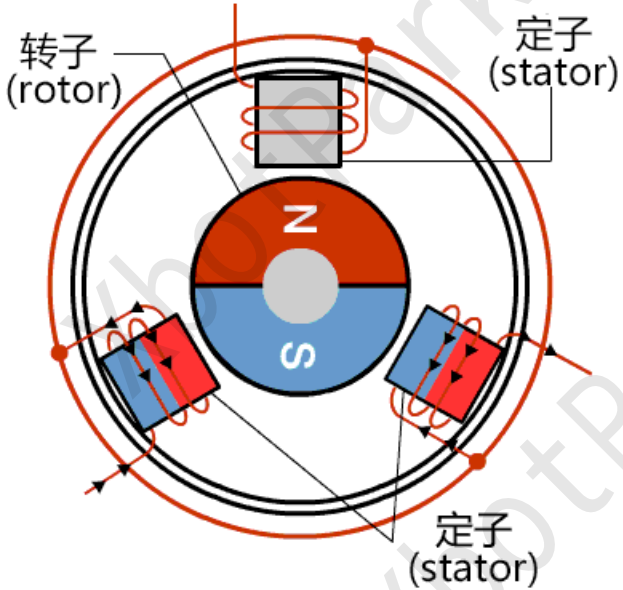
开关磁阻调速电动机

XbotPark机器人部落

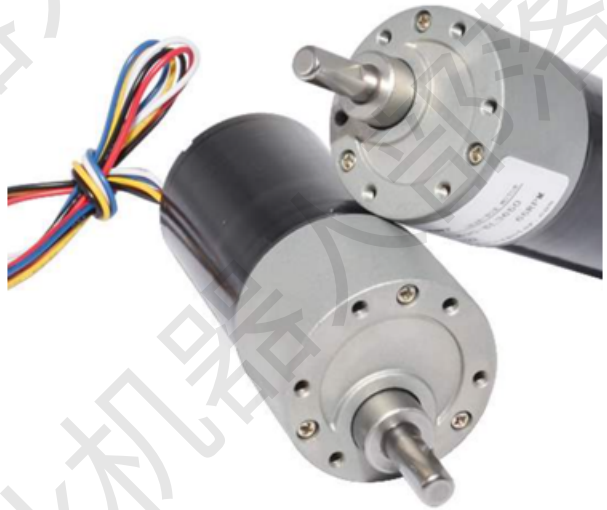
驱动用电动机总结

直流无刷电动机（BLDCM）

- 由电动机主体和驱动器组成，无刷电机是指无电刷和换向器（或集电环）的电机，又称无换向器电机；
- 定子绕组多做成三相对称星形接法，在重量和体积上要比有刷直流电机小的多，相应的转动惯量可以减少；
- 由于永磁材料的加工问题，致使无刷直流电机一般的容量都在100kW以下；
- 机械特性和调节特性的线性度好，调速范围广，寿命长，维护方便噪声小，不存在因电刷而引起的一系列问题。



直流无刷电动机运行原理



直流无刷电动机

驱动用电动机总结

直流无刷电动机（BLDCM）

广泛应用于工业领域，如机器人、阀门和医疗器械。

无刷直流电机可以分为以下三种主要用途：

- **持续负载应用：**

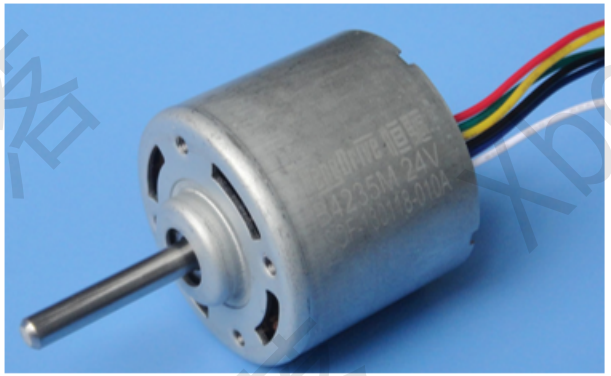
需要一定转速但是对转速精度要求不高的领域，比如风扇、抽水机、吹风机等，这类应用成本较低且多为开环控制。

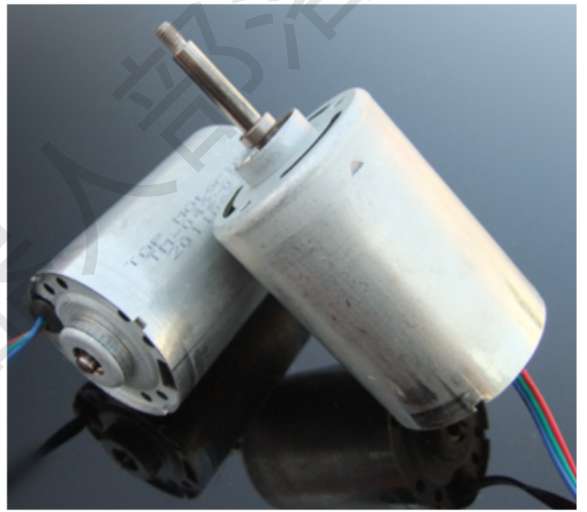
- **可变负载应用：**

是转速需要在某个范围内变化的应用，对电机转速特性和动态响应时间特性有更高的需求。如家用器具中的、甩干机和压缩机就是很好的例子，汽车工业领域中的油泵控制、电控制器、发动机控制等，这类应用的系统成本相对更高些。

- **定位应用：**

大多数工业控制和自动控制方面的应用属于这个类别，这类应用中往往会完成能量的输送，所以对转速的动态响应和转矩有特别的要求，对控制器的要求也较高。测速时可能会用上光电和一些同步设备。过程控制、机械控制和运输控制等很多都属于这类应用。





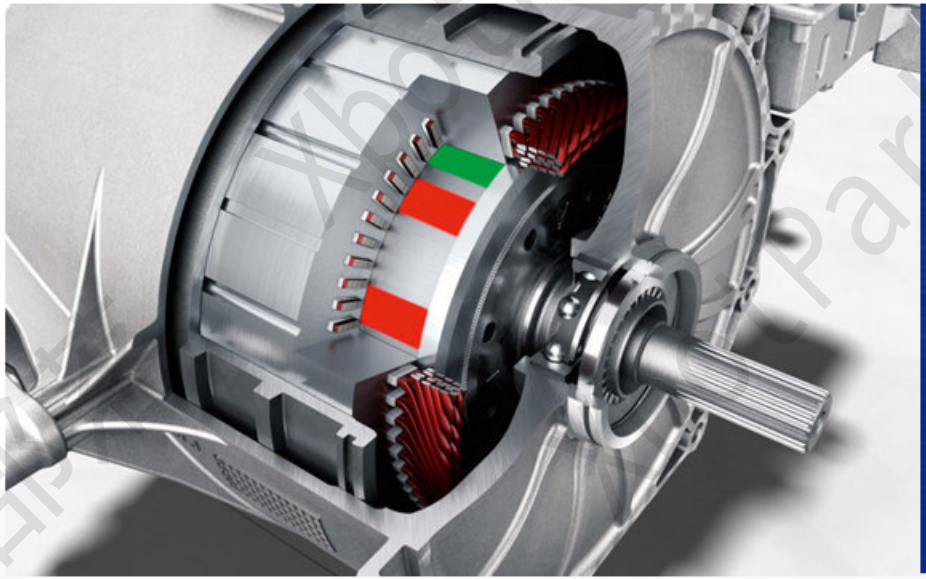
直流无刷电动机

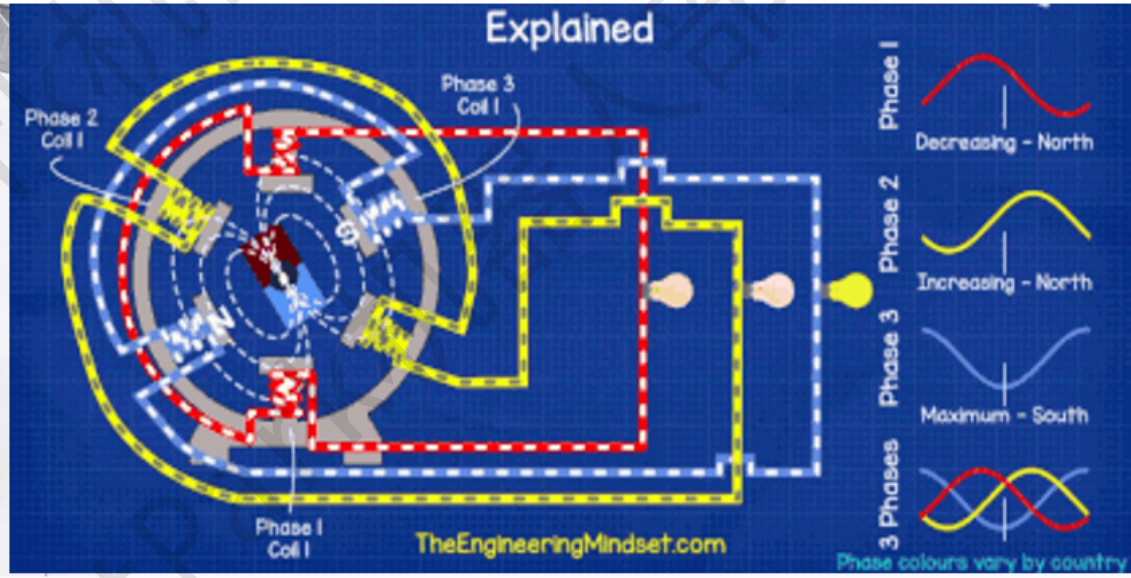
XbotPark机器人部落

驱动用电动机总结

永磁同步电机（PMSM）

- 以永磁体提供励磁，使电动机结构较为简单，降低了加工和装配费用，且省去了容易出问题的集电环和电刷，提高了电动机运行的可靠性；又因无需励磁电流，没有励磁损耗，提高了电动机的效率和功率密度。
- 是由脉冲宽度调制 （PWM）的三相桥（三个半桥）驱动，以便采用频率幅度可变的电压和电流为电机供电。
- 更高效、运行更安静、更可靠等优点，已经在冶金行业、陶瓷行业、橡胶行业、石油行业、纺织行业（倍捻机、细纱机）等行业的中、低压电动机中获得业绩，并逐步积累设计和运行经验。





驱动用电动机总结

3相感应电机(ACIM)

- 是由定子绕组形成的旋转磁场与转子绕组中感应电流的磁场相互作用而产生电磁转矩驱动转子旋转的交流电动机，属于感应马达的一种；
- 是无刷电机，定子为铜绕组，转子是典型的铝质鼠笼结构；
- 主要应用于计算机外部设备、车床系统、光电组合装置、阀门控制系统、核反应堆、平面磨床、数控机床、自动绕线机、电子钟表及医疗设备等领域中；
- 通常用于大功率 应用，驱动部分可以由功率MOSFET或带有高压栅极驱动电路的IGBT组成，或者由集成了 三个半桥和相关栅极驱动级的功率模块组成。磁场定向控制或标量（伏特/赫兹）控制算法 是在控制逆变器的微控制器中实现的。

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

驱动用电动机总结

通用型 电机（PMSM）

- 通用电机可使用交流或直流电源，广泛应用于搅拌器、风扇、吸尘器等家 用电器。
- 大多数通用电机是单向的。驱动在定子上使用两个线圈的双向电机时，只 对其中一个线圈施加电压便可使转子向相应方向转动。
- 通用电机的优点是起动扭矩大，结构紧凑，速度快。
- 使用一个低端微控制器和一个双向可控硅或交流开关便可实现一个使用交流电源的简单控制器。

XbotPark机器人部落

1.3按照用途进行划分

驱动用VS控制用

控制用电动机

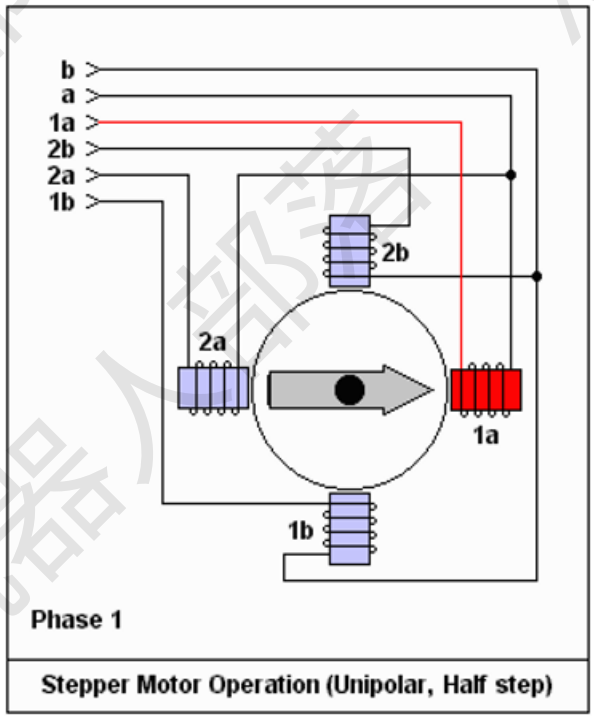
- 定控制用电动机主要是用来实现复杂的控制功能，如机器手臂的位置控制等。

步进电动机

- 一种将电脉冲转化为角位移的执行机构;
- 当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（步距角）;
- 可以通过控制脉冲的个数来控制电机的角位移量，达到精确定位的目的;
- 可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。
- 广泛用于计算机、安保、工业自动化行业的保持和定位应用中。

单极性步进电机又称为六线式步进电机，
单极性驱动电路使用四颗晶体管来驱动步进电机的两组相位。

半步：以每个脉冲0.90度（基本步距角1.80度的一半）的方式转动。



单极半步步进电动机

驱动用VS控制用

1.3按照用途进行划分

控制用电动机

- 定控制用电动机主要是用来实现复杂的控制功能，如机器手臂的位置控制等。

伺服电动机

伺服电机（servo motor ）是指在伺服系统中控制机械元件运转的发动机，是一种补助马达间接变速装置。

伺服系统（servo mechanism）

- 是使物体的位置、方位、状态等输出被控量能够跟随输入目标（或给定值）的任意变化的自动控制系统。
- 伺服主要靠脉冲来定位，伺服电机接收到1个脉冲，就会旋转1个脉冲对应的角度，从而实现位移。

伺服电机

具备发出脉冲的功能，每旋转一个角度，都会发出对应数量的脉冲，伺服电机接受的脉冲形成了呼应，或者叫闭环，如此一来，系统就会知道发了多少脉冲给伺服电机，同时又收了多少脉冲回来，这样，就能够很精确的控制电机的转动，从而实现精确的定位，可以达到0.001mm。

XbotPark机器人部落

1.3按照用途进行划分

步进电动机与伺服电动机对比

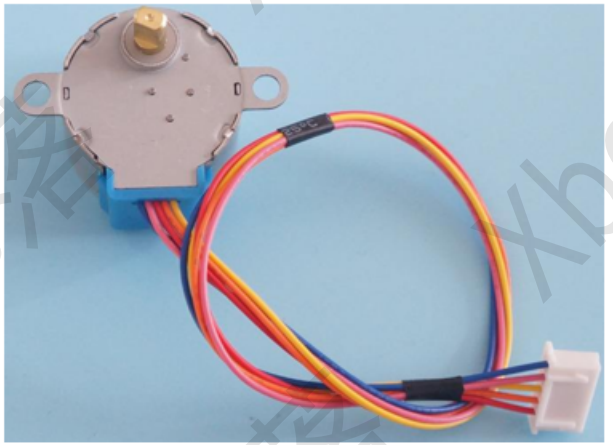
	运行性能	控制精度	低频特性	矩频特性	过载能力	速度响应性能
步进电机	开环控制，启动频率过高或负载过大易出现丢步或堵转的现象，停止时转速过高易出现过冲的现象。	相数和拍数越多，精度越高。	在低速时易出现低频振动现象，振动频率与负载情况和驱动器性能有关。	输出力矩随转速升高而下降，且在较高转速时会急剧下降。	一般不具有过载能力。	从静止加速到工作转速(一般为每分钟几百转)需要200～400毫秒。
伺服电机	闭环控制，驱动器可直接对电机编码器反馈信号进行采样，内部构成位置环和速度环，一般不会出现步进电机的丢步或过冲的现象，控制性能更为可靠。	取决于自带的编码器，编码器的刻度越多，精度就越高。一般而言，分辨率相比步进电机要高。	运转非常平稳，即使在低速时也不会出现振动现象。	伺服电机为恒力矩输出。	具有较强的过载能力。	加速性能较好，从静止加速到其额定转速3000RPM仅需几毫秒，可用于要求快速启停的控制场合。

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.3按照用途进行划分

步进电动机与伺服电动机总结

- 伺服电机在许多性能方面都优于步进电机；
- 但在一些要求不高的场合也经常用步进电机来做执行电动机；
- 要综合考虑控制要求、成本等多方面的因素，选用适当的控制电机。

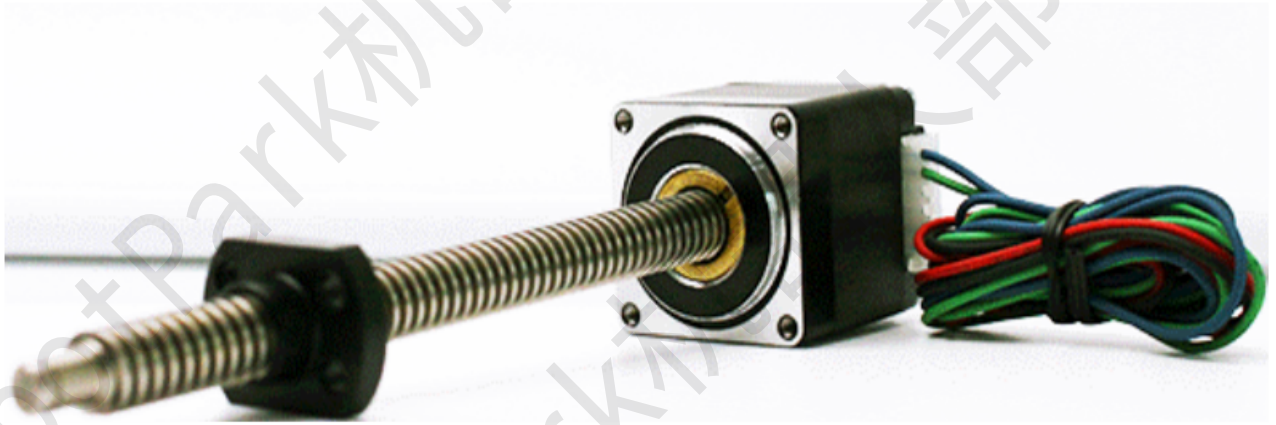


28BYJ-48步进电机

常见步进电机



57步进电机



丝杆机构中应用的步进电机

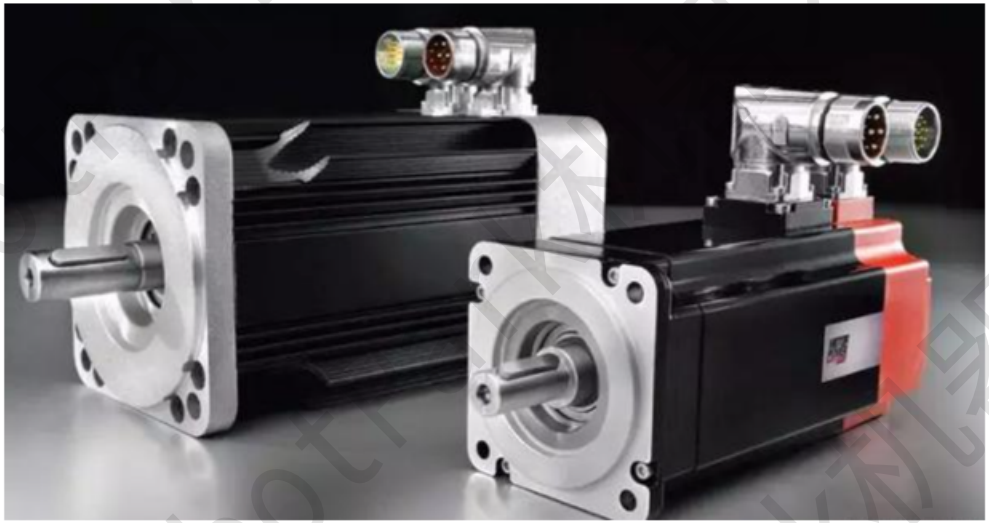
XbotPark机器人部落

1.3按照用途进行划分

步进电动机与伺服电动机总结

- 伺服电机在许多性能方面都优于步进电机；
- 但在一些要求不高的场合也经常用步进电机来做执行电动机；
- 要综合考虑控制要求、成本等多方面的因素，选用适当的控制电机。

常见伺服电机



自带编码器的伺服电机

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

1.4市场上主流的电机供应商

松下电机

- Panasonic的中文为“松下”；
- 松下电机成立于1994年，并于2002年实现了独资，
  主要负责开展家电和系统商品的批发和售后服务活动；
- 松下电机响应性更高的AC伺服马达“MINAS”系列及受欢迎；
- 主要产品有运动控制器、AC伺服电机、无刷电机、小型齿轮电机等。







MINAS A6系列产品

1.4市场上主流的电机供应商

方正电机

- 从家用电机供应商转变为新能源驱动电机供应商，并展望成为全球化的驱动电机供应商；
- 从小电机向大型驱动电机迈进；
- 新能源汽车驱动电机及定转子；
- 主要产品有微型电机（AC、DC、BLDC）、新能源汽车电机、新能源汽车电机电机驱动器等。

方正电机
FOUNDER MOTOR

雷赛电机

- 一家以步进驱动器、步进电机、多轴运动控制卡、单片机运动控制器、数字式直流和交流伺服系统等为生产项目的科技有限公司；
- 产品已成功进入电子机械、半导体机械、激光机械、纺织印刷、医疗器械等数十个行业领域应用中

雷赛智能 Leadshine



XbotPark机器人部落

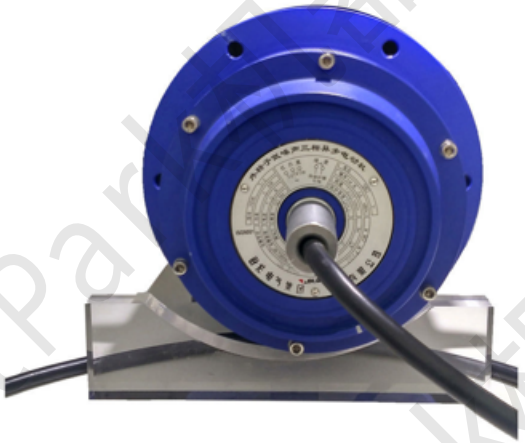
1.4市场上主流的电机供应商

卧龙电机

- 集电机与控制、输变电、电源电池三大产品链；
- 产品涵盖各类微特电机及控制、低压电机及控制、高压电机及控制、电源电池及输变设备等40大系列3000多个品种；
- 主营各类电机及控制系统，主要分家电类电机、工业类电机及控制类电机三大产品线；主导产品在国内市场占有率达20%以上。

WOLONG







XbotPark机器人部落

1.4市场上主流的电机供应商

德昌电机

JOHNSON ELECTRIC

正科电机



西门子电机



三菱电机

三菱电机
MITSUBISHI ELECTRIC

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

电机基础介绍

2.电机性能的测试

2.1电机驱动器的结构和运行

2.2电机性能的测量

2.3控制系统的分析



XbotPark机器人部落

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

2.电机性能的测试

2.1电机驱动器的结构和运行

电机驱动器：

- 又称为变频器或者变速器，是一种通过改变电机输入信号的频率和幅度来调整电机转速和转矩的控制器。
- 在很多的应用中，不需要电机始终 全速运行，要求转速和负载要求相匹配，这可以大大降低能耗，提高能源效率。

◆ 通过安装或升级电机驱动器 来优化电机控制系统，可以将设备的能耗降低多达 70%。

◆ 以最有效的速度运行电机，可以延长电机的寿命，减少维护的时间，电机驱动器将为电机提供更好的保护，防止过热过载，相位保护，欠压，过压等问题。



XbotPark机器人部落

2.电机性能的测试

2.1电机驱动器的结构和运行

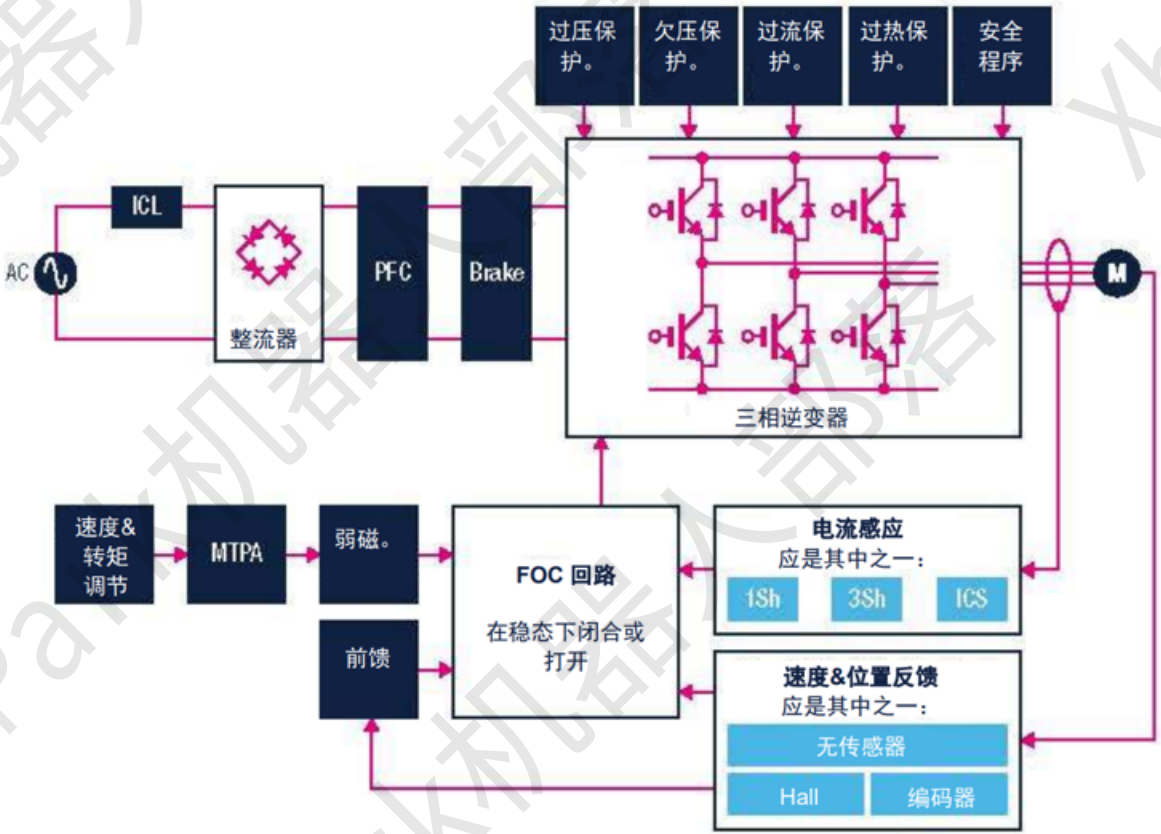
典型的电机驱动器：

主要分为3大功能模块：

- 功率转换部分、
- 电子控制系统、
- 机械电机部分，

电机驱动器主要应用

- 工业和机器人
- 纺织、缝纫和取放机械
- 舞台照明
- 打印机和3D打印机
- 安全和监视





2.电机性能的测试

2.2电机性能的测量

电机性能参数包含：

输入功率，输出功率，额定电流，堵转电流，额定转速，功率因素，效率，堵转转矩，额定转矩，最大转矩，转动惯量，相间绝缘电阻，相对地绝缘电阻等。

从电量和非电量方面可以分为

- 电量：电压、电流、功率、频率、相位、阻抗、介电强度、谐波
- 非电量：转速、转矩、温度、噪声、震动、位置跟随



XbotPark机器人部落

2.电机性能的测试

2.2电机性能的测量



要测量电机的电量参数，就要关注最基本的电量参数：电压、电流、功率、频率、相位。

这些参数是通过电子测量仪器进行测量的，根据测量项目的不同，一般会用到电压表、电流表、功率表、频率表等各种仪表。

实际上，当前的电流参数测量技术非常成熟，通常使用功率分析仪（或功率计）即可满足电机所有基本电量参数的测量需求。

功率分析仪（或功率计）









Selective Disclosure only

2.电机性能的测试

2.2电机性能的测量

功率分析仪实际上是电压表、电流表、功率表和频率表的有机融合，它实现了高精度的电压、电流、频率、相位实时采集，并实时运算出功率结果，可以为使用者提供精准的电机电量参数测试结果，且不同参数之间的采集在时基上是同步的，保证了数据的有效性。



针对这些电量参数的测试，测试仪器有对应的测试指标，如精度、带宽、采样率等，测试人员在选择测试仪器时要注意仪器的指标是否满足自身需要与相关测试标准要求。
像普通品牌的测功机里面使用到的电参数测试仪，精度只能勉强达到0.2%，无法满足一些高指标的国际测试标准要求。

XbotPark机器人部落

2.电机性能的测试

2.2电机性能的测量

日常应用过程中主要对电机输出的测量

转速/转矩/位置的测量

需要在转轴上安装各种各样的传感器，将转速/转矩 /位置信息转换为相应的电信号，对这些电信号进行数字采样，然后将数字信号转换为转速值和转矩值。



测试转速/转矩的基本过程

编码器测量速度和角度

转速传感器可以输出模拟、数字或编码的串行数据信号，根据传感器类型不同，模拟和数字转速传感器分为只能收集转速信息的、收集转速和旋转方向信 息的，或收集转速、旋转方向和转子轴绝对位置信息的。

转矩传感器几乎都是模拟设备，具有对应指定转矩值的模拟输出信号。输出信号的更新速率非常低，因为转矩传感器会进行在线处理，将检测值转换为转矩读数（“静态”转矩 传感器）。
在快速变化的条件下，很难监测转矩和报告转矩值。

电机输出端的机械功率计算为转矩 x 转速

XbotPark机器人部落

2.电机性能的测试

2.2电机性能的测量

测功机测试法

测功机也称测功器，测功机是电机的主要测量设备，

根据测功机使用电流的不同，将测功机分类为：直流测功机、交流测功机、涡流测功机。

最初测功机只是针对电机的输入电压、电流、输出转速、扭矩进行测量，计算出电机的输入输出功率和效率。

但随着电机行业的飞速发展，电机测试项目越来越多，传统的测功机已无法满足测试需求。

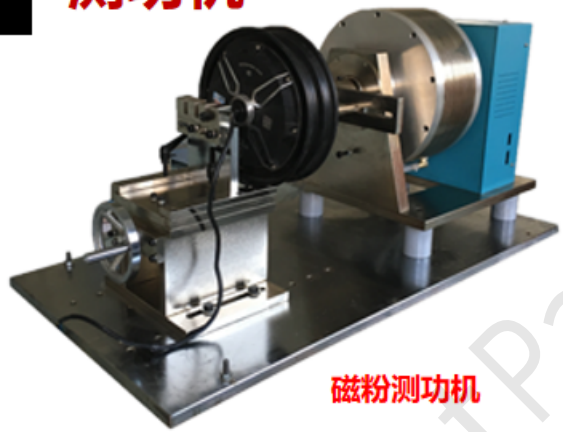


传统的测功机

XbotPark机器人部落

2.电机性能的测试

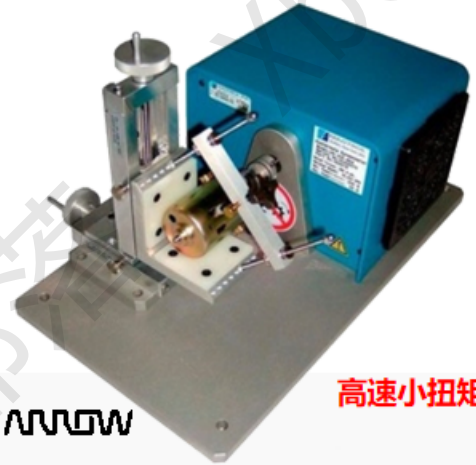
测功机



磁粉测功机



伺服测功机



高速小扭矩测功机



电涡流功机

XbotPark机器人部落

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

2.电机性能的测试

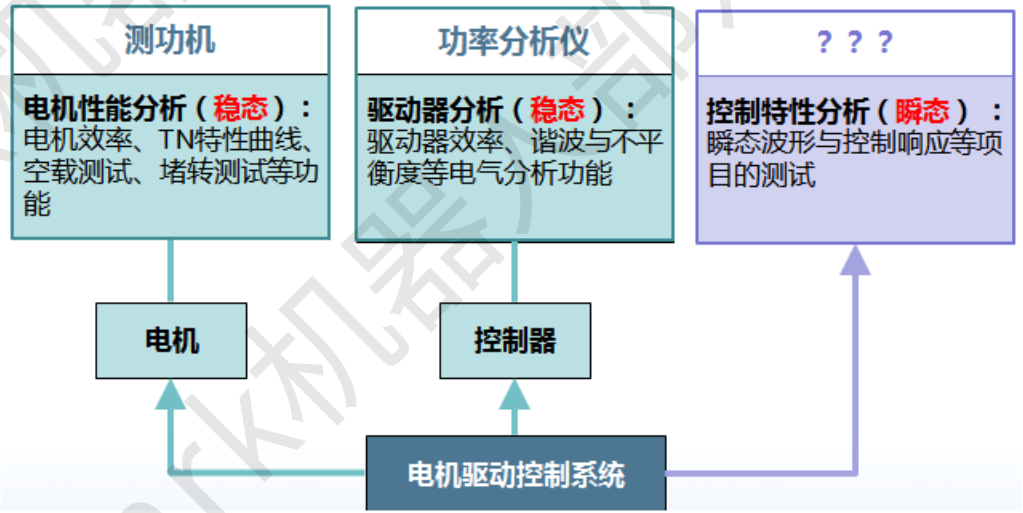
2.2电机性能的测量

当前电机测试方法

电机行业的飞速发展，电机测试项目越来越多，测功机的功能也随之丰富起来，电机行业当前需要对电机与驱动器进行完整的测试与性能分析，电机性能分析，驱动器分析以及对控制特性瞬态波形与控制响应的分析，传统的测功机是无法做到的，图为电机行业测试的新需求。

电机自动测试监控系统（测试发展趋向）

- 由控制模块、系统控制测试模块和被测电机组成，
- 控制模块通过测试设备对被测电机的温度监控、扭矩、转速、功率、母线电流（电压)、基波含量、电机的数据如功率（输出功率）等数据的实时采集、自动记录，
- 对其进行数据处理、二次分析并可实时显示：系统效率、驱动器效率、电机效率、反转电势系数、力矩系数等电机参数。
- 该系统只需要用户在终端电脑上就可以对电源、功率分析仪和测功机三者进行监控，该系统大大的节约了人力资源，提高了实验效率。

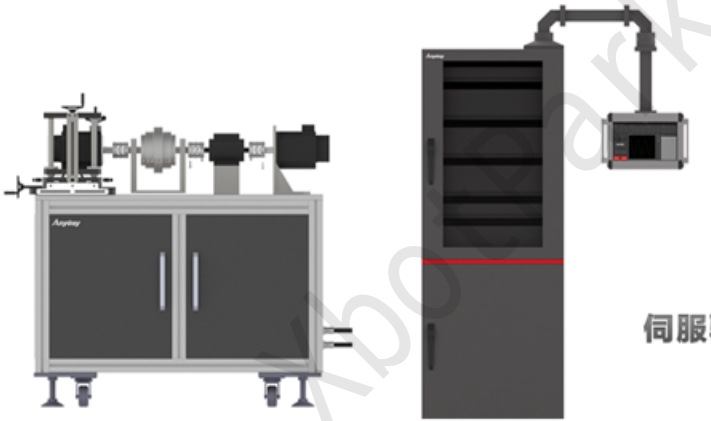


电机行业测试新需求

2.2电机性能的测量

伺服电机性能测试

伺服电机性能测试主要应用伺服电机测试系统进行测试，即伺服电机综合性能测试仪。



伺服驱动综合测试仪

伺服驱动综合测试仪
由电机试验平台、综合测试柜和上位机软件三部分组成。

- 电机试验平台集成被试伺服电机、加载电机及高精度扭矩传感器等设备，
- 综合测试柜集成电枢电感测试单元、在线直流电阻测试单元、绝缘电阻及介电强度测试单元、输入和输出主电量测试单元、变频电源、伺服驱动器等设备。

伺服系统主要由伺服驱动器、加载装置和伺服电机三部分组成，主要用于实现精确的位置控制、速度控制和转矩控制。对伺服系统的基本要求有稳定性、高精度和快速响应性。

伺服系统最初用于国防军工, 如火炮的控制, 船舰、飞机的自动驾驶,导弹发射等，后来逐渐推广到国民经济的许多部门,如自动机床、无线跟踪控制等。

XbotPark机器人部落

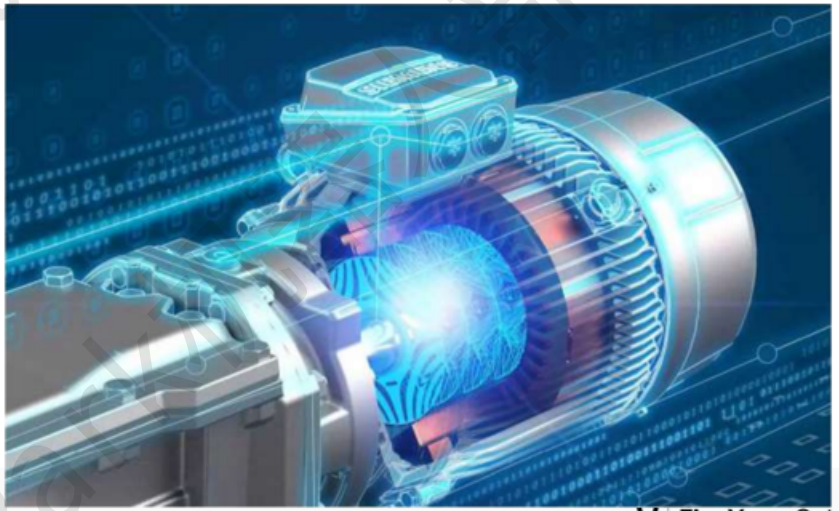
2.电机性能的测试

2.3控制系统的分析

电机驱动的控制系统：

- 根据应用的要求，调整输出信号的电压幅度和频率，来调整电机的转速和转矩；
- 同时实时的处理从电机反馈回来的信号，它本身就是一个典型的嵌入式系统，对它的分析，典型的工具就是示波器，用示波器来调试各种总线

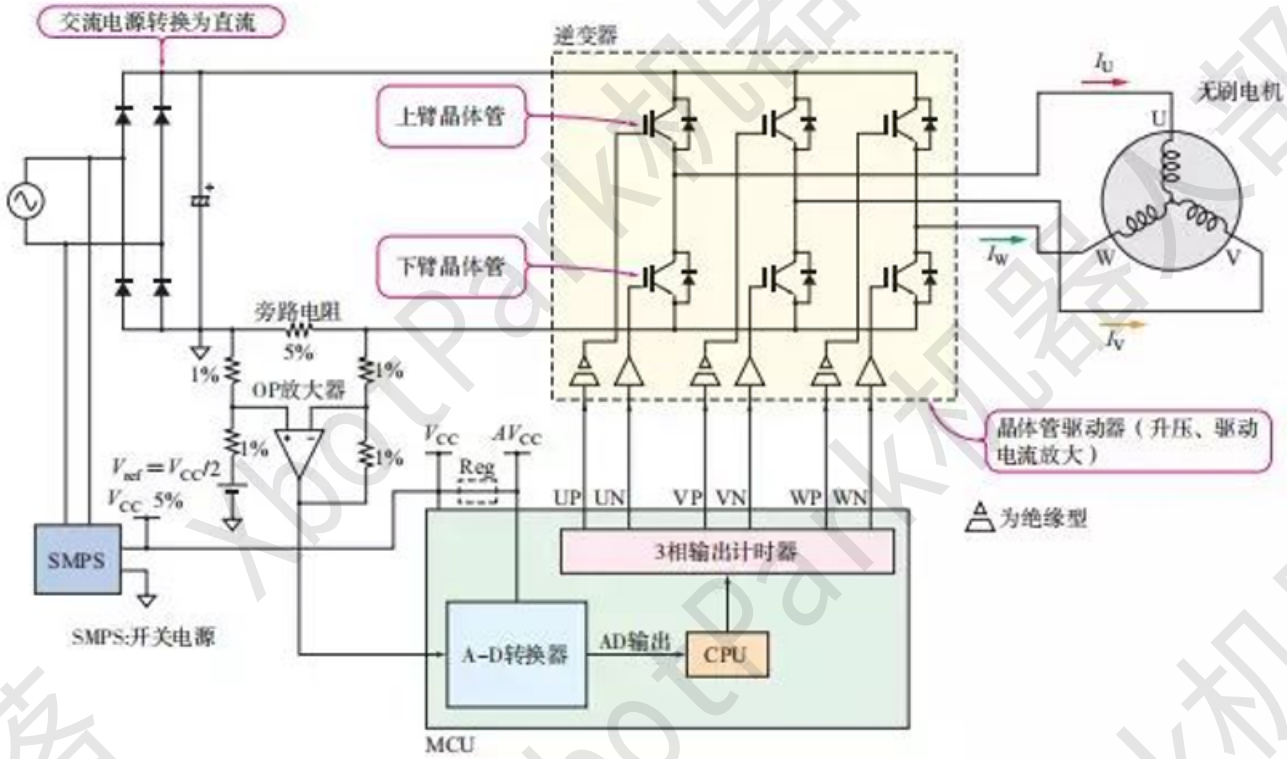




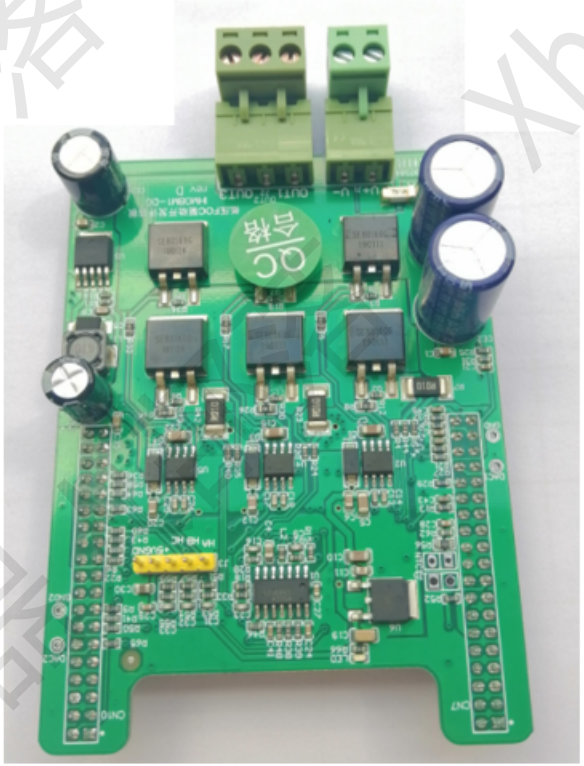
Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

2.3控制系统的分析

电机控制简单分析



BLDC/PMSM电机控制芯片模块分析



BLDC/PMSM电机控制板

电机基础介绍

3.电机应用案例分析

3.1 高速吹风机

3.2 3D打印

3.3 ST BLDC电机方案

3.4 扫地机器人和AGV



Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

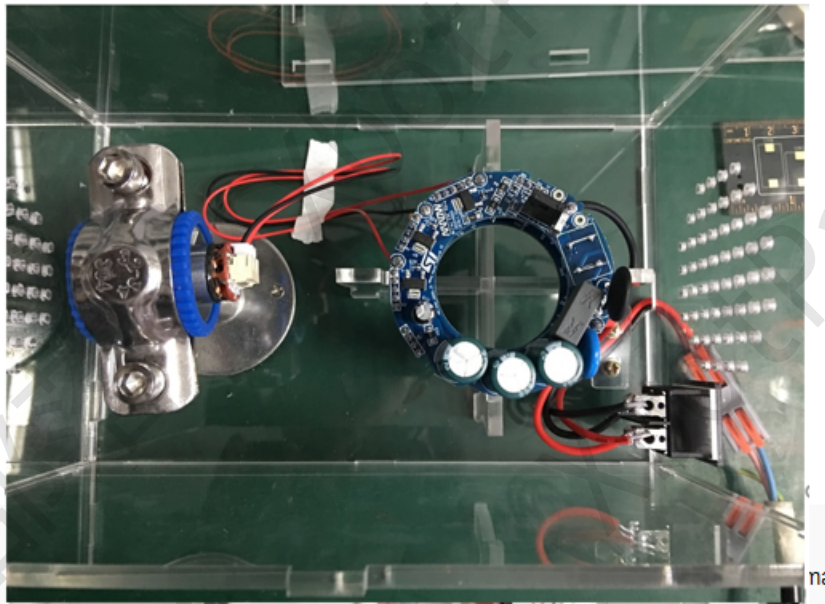
3.电机应用案例分析

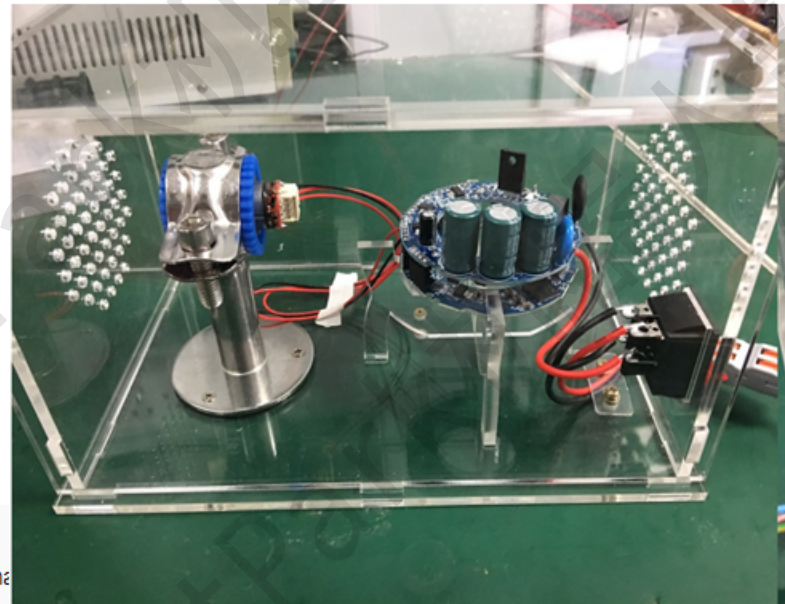
3.1 高速吹风机

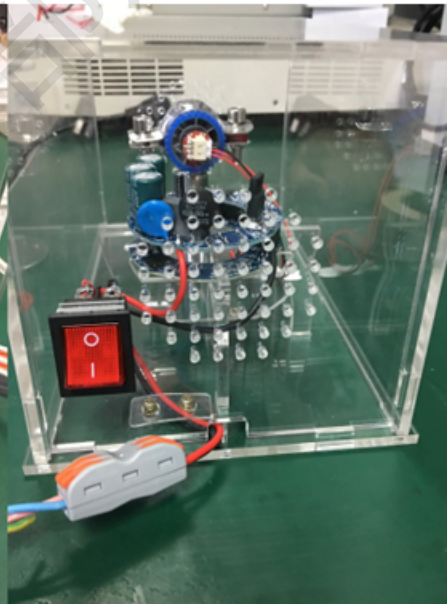
高速吹风机应用的是高速电机，高速电机（High speed motor）通常是指转速超过10000r/min的电机。

- 转速高，体积远小于功率普通的电机
- 高速电机转动惯量小等原因， 具有电机功率密度高，传动效率高等
- 有效的节约材料，传动效率高，噪音小，动态响应快等优点。

ARROW高速吹风机（无传感器高速吹风机）研发案例：



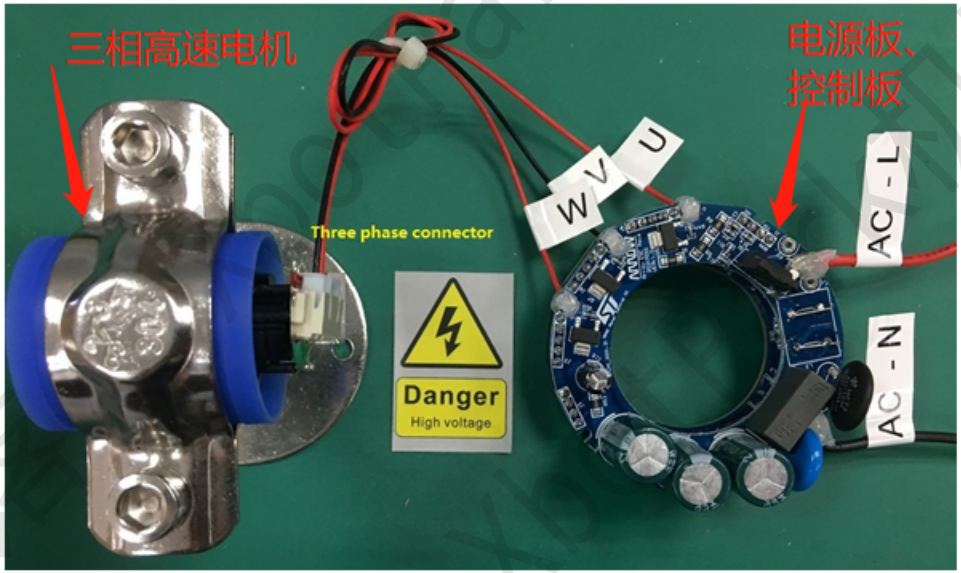




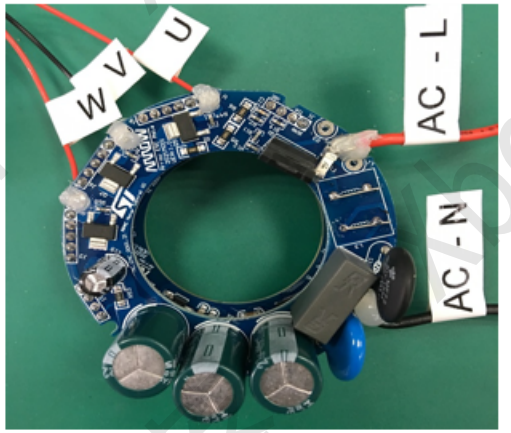
3.1 高速吹风机

ARROW高速吹风机（无传感器高速吹风机）研发案例：

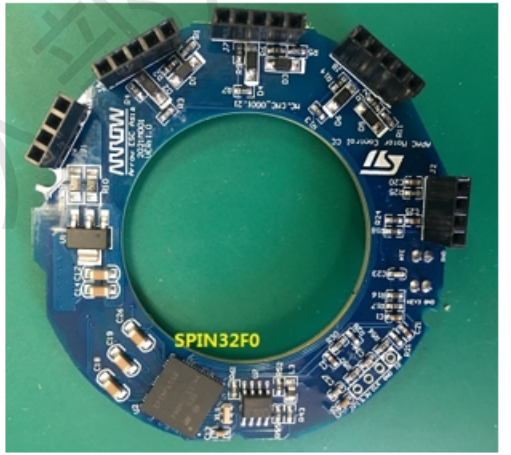
- 转速可达11万RPM，经常将其应用于吹风机，可产生强风。
- 高速吹风机是一种高效、快速启动和稳定的电机控制系统。
- 使用 STSPIN32F0 作为控制芯片，包括辅助电源和 MOSFET。
- FW 的调试和配置可以通过可分离的 STLINK调试器使用标准 STM32 工具执行。
- 性能高、速度闭环控制、过电阻、快速启动、体积小、成本低



吹风机系统



吹风机电源板

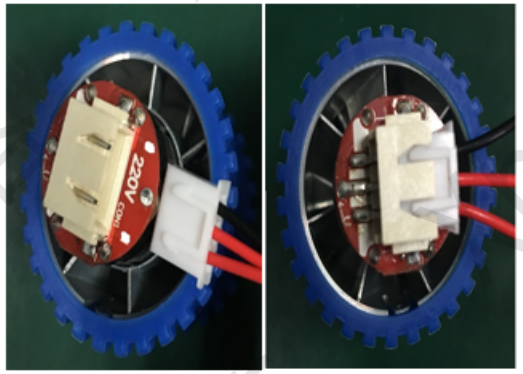


吹风机控制板

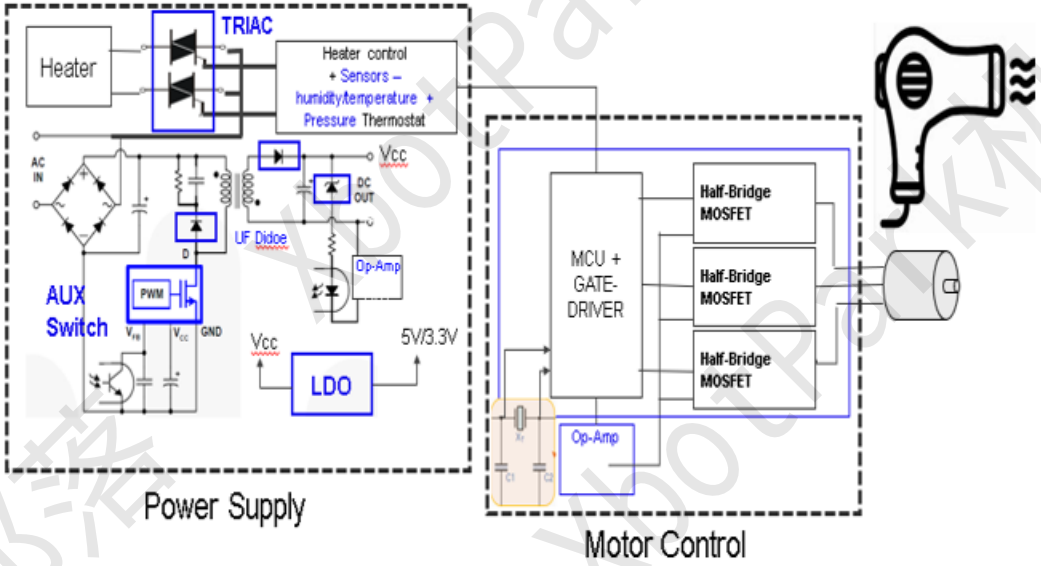
3.1 高速吹风机

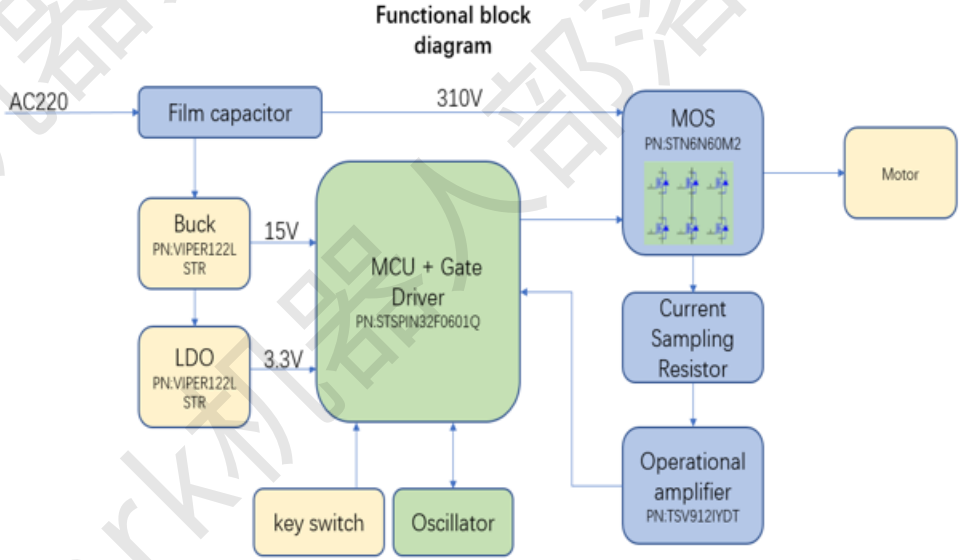
ARROW高速吹风机（无传感器高速吹风机）研发案例：

- 板是基于STSPIN32F0601 控制器的 3 相完整逆变器，
- 它嵌入了 3- 相 600 V 门驱动程序和 Cortex ®- M0 STM32 MCU。
- 控制芯片主要负责检测环路信号和控制输出PWM信号。



电机布线链接





开发框架图

吹风机电源板

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

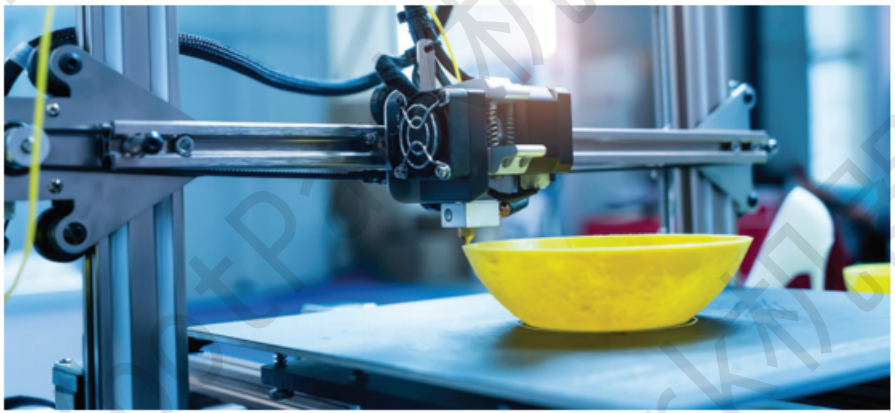
3.电机应用案例分析

3.2 3D打印

3D打印机里最常用的就是步进电机了，用步进电机，可以精确的控制移动的距离和位置。

- 步进电动机是开环控制的电动机，它把电脉冲信号(PWM)转换成角位移或步位移。
- 就是在收到一次脉冲信号后，转过的角度，这个角度称作步距角。步进电机的步距角一般为0.9度，步距为1.8度。





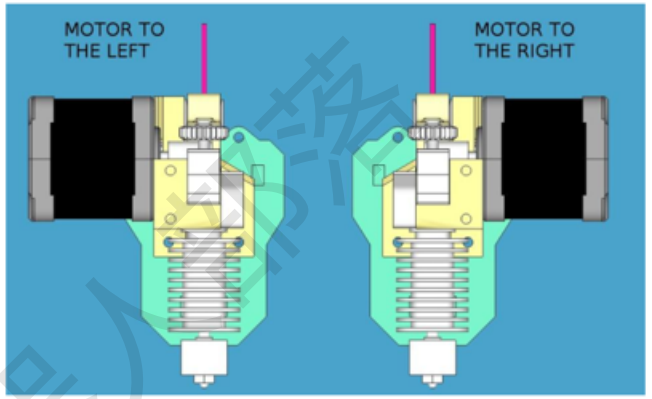


3.电机应用案例分析

3.2 3D打印

- 步距角:步进电机的旋转是靠脉动信号来驱动的，接收到一个脉冲信号，就会转动一个固定的角度。
- 最常见的有三种步距角：0.9°，1.8°和7.5°。
  这三种步距角，也就对应了步进电机每旋转一周（360°），需要的脉冲信号个数为400个、200个以及48个。

在3D打印机中，
打印头的移动和热床的移动都是有步进电机进行控制，
丝杆驱动最典型的应用就是Z轴的抬升,左右两边步进电机控制丝杠的运动精度。





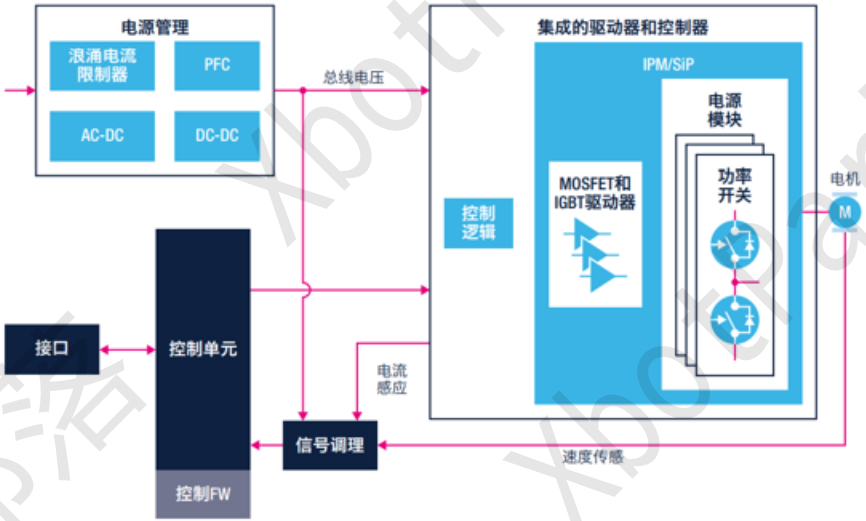


3.电机应用案例分析

3.3 ST BLDC电机方案

BLDC电机即直流无刷电机，也为三相永磁电机。

- 三相永磁电机（BLDC、PMSM或PMAC）都是由脉冲宽度调制 （PWM）的三相桥（三个半桥）驱动，以便采用频率幅度可变的电压和电流为电机供电。
- 为了提供最高水平设计灵活性，ST的产品组合包括面向高压和低压应用的特定产品，如单片驱动IC、功率MOSFET、IGBT、栅极驱动器、功率模块和专用微控制器，用于满足广泛 的应用需求。



ST BLDC电机方案主要包涵的模块：

- 电源管理
- 集成驱动器和控制器
- 控制单元
- 信号调理单元

Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

3.3 ST BLDC电机方案

ST的产品模块细分

- 集成的驱动器和控制器：• STSPIN2系列 • STSPIN8系列 • STSPIN32F0系列 • L62系列
- 控制单元：• STM32系列 • STM8系列
- 智能功率模块（IPM/SiP）：• SLLIMM第二系列 • SLLIMM-nano等
- MOSFET和IGBT驱动器：• L649系列 • L639系列 • STGAP系列
- SiC和GaN驱动器：• STGAP2SiC系列 • STDRIVEG系列
- 电源模块：ACEPACK
- 功率开关：• IGBT M系列 • IGBT S系列 • IGBT H系列
- 浪涌电流限制器：600 V、800 V和1200 V 高Tj SCR
- 信号调理：• TSV9系列 • TSC2系列

ST BLDC电机方案集成产品



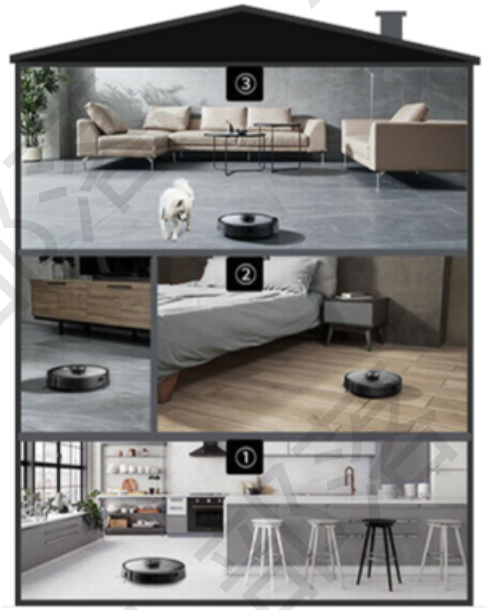
Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

3.电机应用案例分析

3.4 扫地机器人和AGV

扫地机器人核心部件：电机

电机决定了扫地机器 人的吸力大小，电机性能的优劣直接影响到扫地机器人的清洁能力和效率。考量电机好坏的标准主要有转速、吸力、使用寿命、噪音大小。



扫地机器人常用的电机分为有刷电机和无刷电机两种。

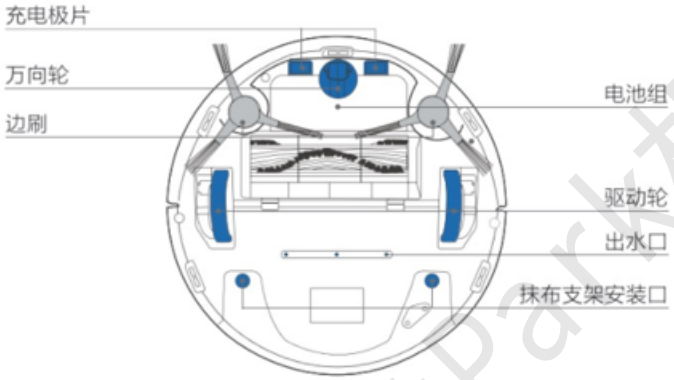
有刷电机又称碳刷电机，这种电机工 作声音大、耗电量大，寿命短（约 5000 小时），正常使用大约是 2-3 年，后期更换频率高。

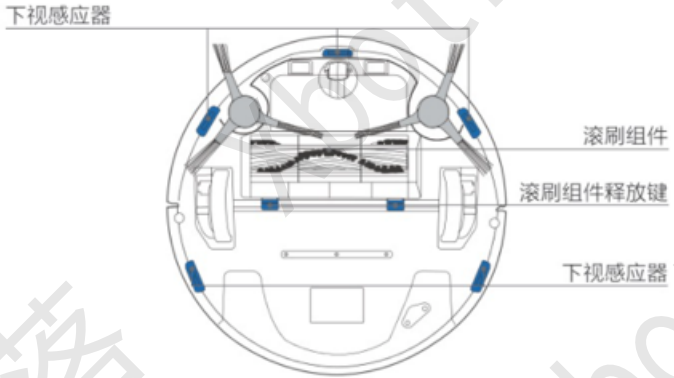
无刷电机又称直流电机，具有转速高、吸力大、寿命长（工作 20000 小时左右，可以正常使用 7-10 年） 的特点。使用寿命长后续维护成本也将大大减少。且无刷电机更省电，仅为有刷电机耗电量的 1/3。 但同时无刷电机的成本费用要显著高于有刷电机。



Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

3.4 扫地机器人



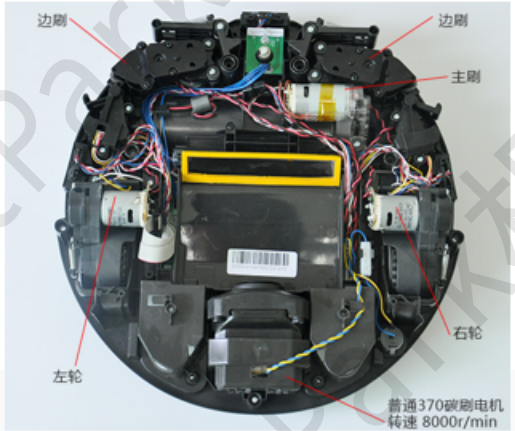


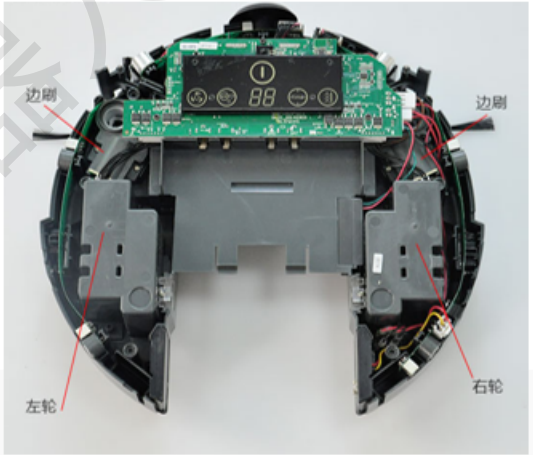
扫地机器人主要包括以下四部分：

1. 个行走驱动轮及驱动电机；
2. 清扫机构；
3. 扫地机构；
4. 擦地机构；

扫地机器人电机应用的部分：

- 个行走驱动轮及驱动电机：左轮和右轮；
- 清扫机构：用电机带动两个清扫刷，使左面清扫刷顺时针转动，右面逆时针转动，这样就可以在清扫灰尘时将灰尘集中于吸风口处，为扫地机构的工作做准备；





Arrow proprietary information – Selective Disclosure only

3.4 AGV机器人

AGV即Automated Guided Vehicle，自动导引运输车或是无人搬运车等。



AGV的驱动系统主要由驱动电源、电机和减速装置组成。

电机作为一种将电能转换为机械能的元件，在AGV小车中扮演着重要的角色，电机的性能参数及减速装置的规格型号的确定直接决定整车的动力性，即车辆的运动速度和驱动力直接决定整车的动力特性。

在AGV中主要用到的电机包括4种：
直流有刷电机、直流无刷电机、直流伺服电机、步进电机。

直流有刷电机

在AGV中，如果需要控制电路简单，对电机使用寿命没有过高要求的场合，可以选用直流有刷电机。

直流无刷电机

直流伺服电机

AGV的行走电机常采用的直流伺服电机或直流无刷电机，在对精度要求较高的场合，常采用直流伺服电机。



XbotPark机器人部落

3.4 AGV机器人

Kinco步科

MOONS'

SYNTRON森创

zyk 运控电子 YUNKONG ELECTRONIC

- 总体而言，从控制精准度上说，则伺服调速精度最高，步进次之，直流有刷及无刷电机最低。
- 伺服电机一般都是被使用在精度要求高的场合，而无刷电机就只用在精度不是特别高的地方了，步进电机居中，但步进电机的转速没有无刷电机快。

- **对于AGV智能小车所用的电机，用户可以从出法点、侧重点来考虑进而选择合适的电机。**如果侧重于对设备实现精准控制的话就用伺服电机，如果AGV智能小车对调速不是很精准的话，可以用无刷电机。因为不同产品之间的价格也是相差悬殊的：伺服电机价格最高，无刷电机价格最低。

在厂家的选择上，目前伴随着AGV行业的日益发展，列举了几家具有代表性的电机厂商，供参考！

1.步科——极智系列低压伺服电机

AGV专用低压伺服电机、低压伺服一体机、低压伺服电机模组、AGV机器自动化与物联网控制方案、电商AGV运动控制方案等。

2.和利时电机--超短系列低压伺服电机

3.鸣志电机——集成式低压伺服电机

4.运控电子——低压伺服系列

AGV驱控一体化设计被认为是未来的发展方向。驱控一体就是把驱动器，控制器，编码器，电机这些东西全部集成到一起，形成一个高度集成和智能化的设备，不仅能够帮助提高产品的各项性能，也能够进一步降低成本。

电机各种应用

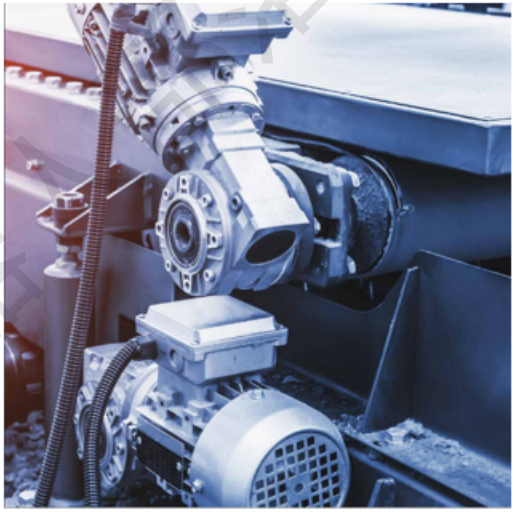


机械臂的应用





泵体的应用



大型机械设备的应用

Xbot Park 机器人部落

Thank You



Arrow proprietary information – Selective Disclosure only