



# 新能源汽车

主讲人：尹力卉 教授

获取更多资料 微信搜索 领星球

## 第二章

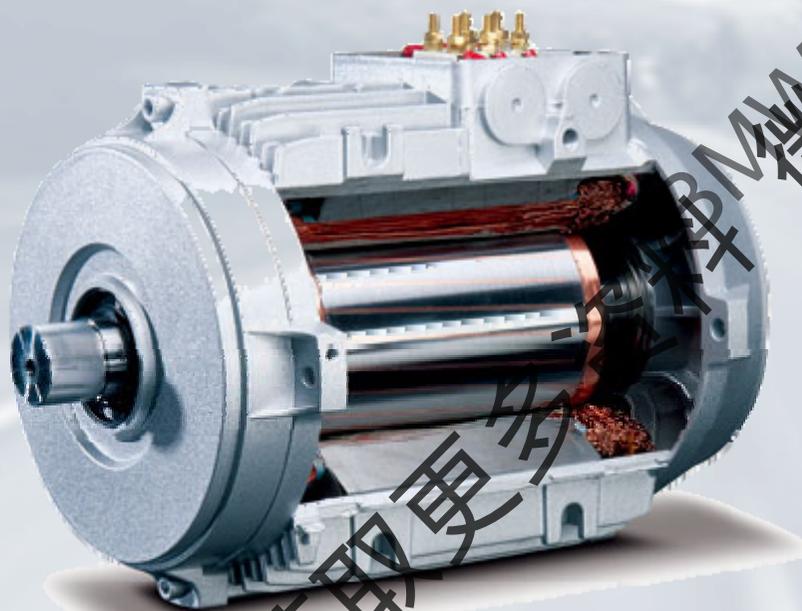
# 电动汽车基础

获取更多资料微信搜索蓝领星球

## .2 电动机



电动机 ( Motors ) 是把电能转换成机械能的一种设备。



获取更多资料请  
微信搜索 全球领星

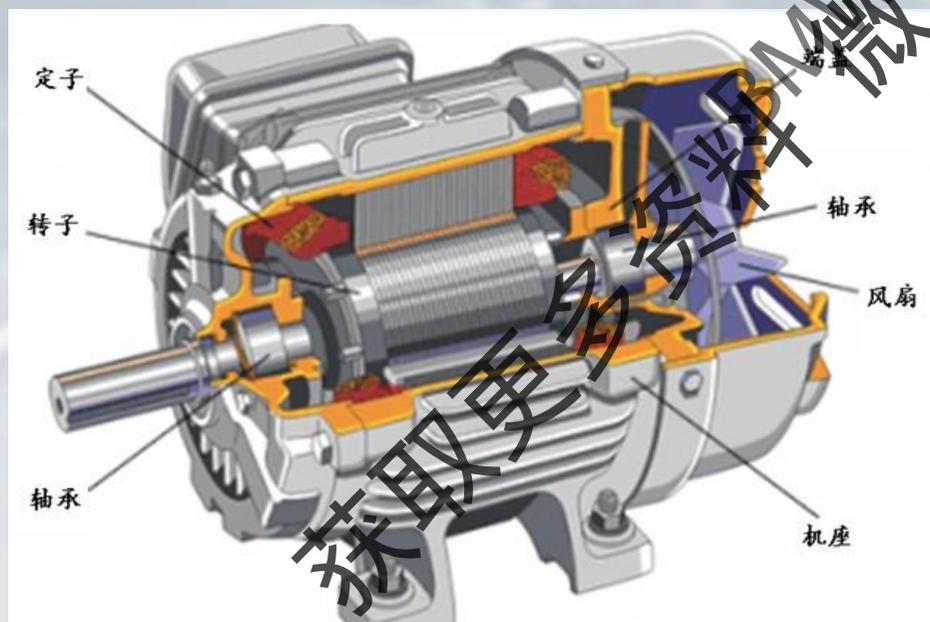
# .2 电动机



## 交流电机的原理(AC)

电动机是利用通电线圈（也就是定子绕组）产生旋转磁场并作用转子形成磁电动力旋转扭矩,使电动机转动。

电动机主要由定子与转子组成。

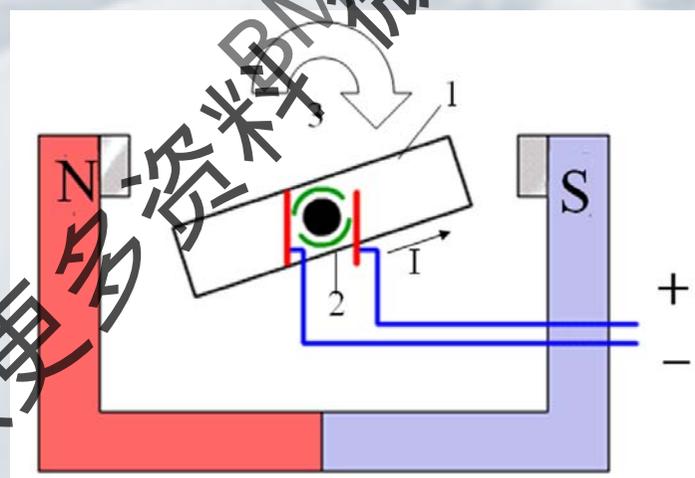
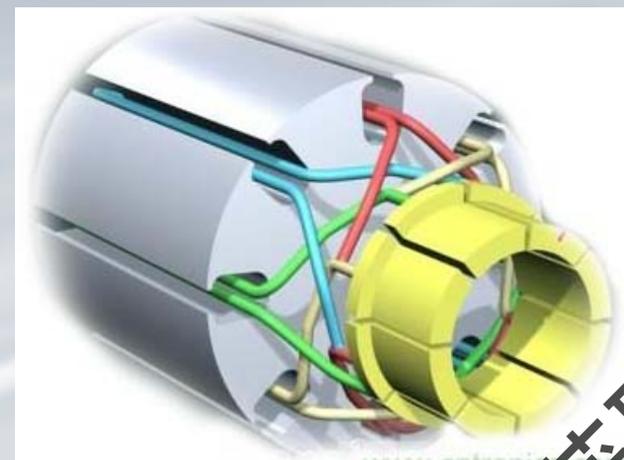


# .2 电动机



## 直流电机的原理(DC)

电流通过线圈时就会产生磁场。两块磁铁（电磁铁和永久磁铁）间产生吸引力，线圈旋转。通过转换器使电流的极性每 $180^\circ$ 颠倒次，从而进行连续旋转。

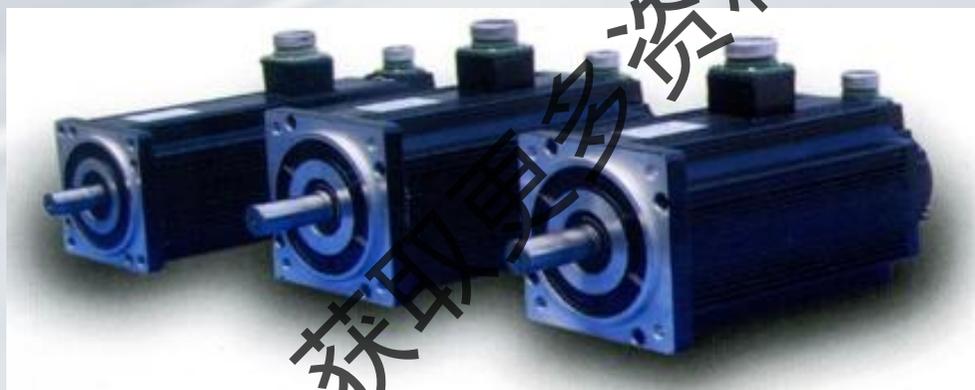


获取更多资料 微信搜索 技术星球

## 2 电动机



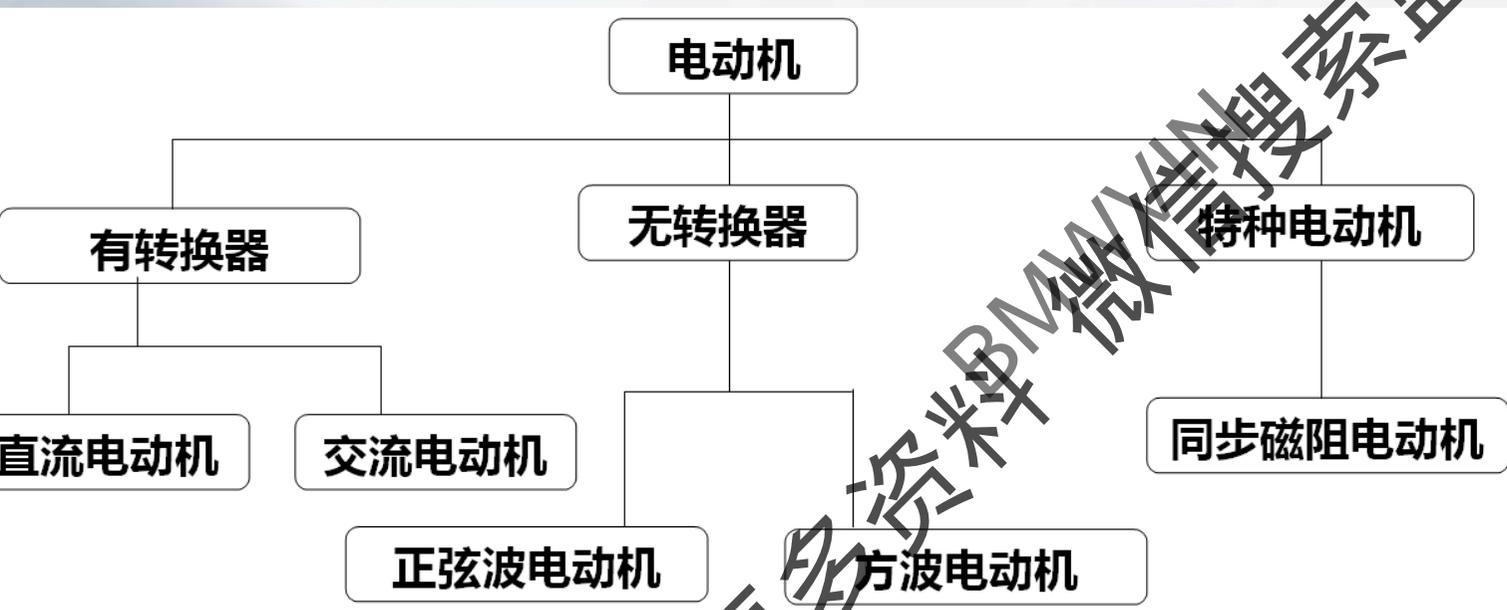
电动汽车在不同的历史时期采用了不同的电机，最早是采用了控制性能好和成本较低的直流电机。随着电子技术、机械制造技术工艺及自动控制技术的发展，电动车（混合动力汽车）性能的提高，其在高负载下转速的限制，体积大等缺点逐渐暴露，取而代之的是交流异步电机，永磁电机，开关磁阻电机以及新型的双凸极永磁电机，而上述电机在用于电动汽车上所表现出来的性能也是一个比一个优越。



# .2 电动机



## 2.1 电动汽车用电动机分类



现代电动汽车所采用的各种电动机

## 2 电动机



1. 按工作电源分类可分为直流电动机和交流电动机。交流电动机与直流电动机相比较，交流电动机的体积小、重量轻、效率高、采用变频调速技术时，调速范围宽、可靠性约为直流电动机的6倍，维护保养费低、节能等特点。



直流电动机



交流电动机

## .2 电动机



其中交流电动机还分为单相电动机和三相电动机。



单相电动机



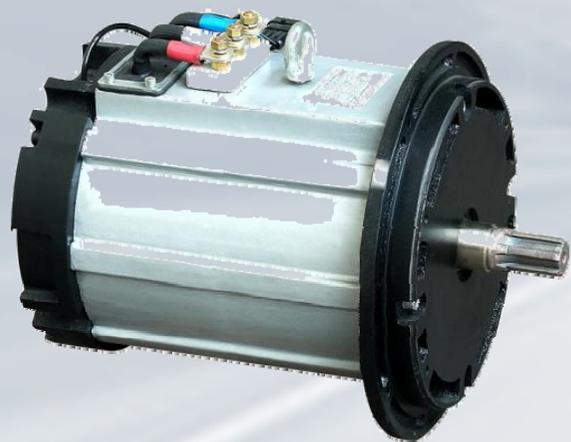
三相电动机

获取更多资料微信搜索蓝领星球

## .2 电动机



按结构及工作原理分类可分为异步电动机和同步电动机。



异步电动机



同步电动机

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 2 电动机



同步电动机还可分为永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。



永磁同步电动机



磁阻同步电动机



磁滞同步电动机

获取更多资料  
微信搜索 蔡泽领星球

## .2 电动机



异步电动机可分为感应电动机和交流换向器电动机。



感应电动机



交流换向器电动机

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## .2 电动机



交流换向器电动机又分为单相串励电动机、交直流两用电动机和推斥电动机。



单相串励电动机



交直流两用电动机



推斥电动机

获取更多资料 微信搜索 全球领星球

## 2 电动机



3. 按起动与运行方式可分为电容起动式单相异步电动机、电容运转式单相异步电动机、电容起动运转式单相异步电动机和分相式单相异步电动机。



电容起动式单相异步电动机



电容运转式单相异步电动机

## 2 电动机



电容启动运转式单相异步电动机和分相式单相异步电动机。



电容启动运转式单相异步电动机



分相式单相异步电动机

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 2 电动机



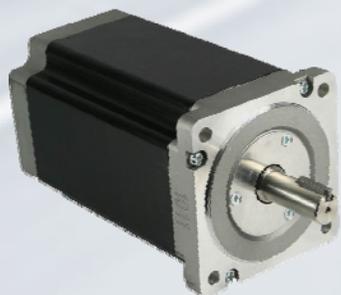
4. 按运转速度分类可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机、调速电动机。



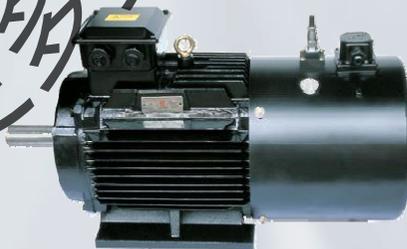
高速电动机



低速电动机



恒速电动机



调速电动机

获取更多资料微信搜索蓝领星球

## .2 电动机



按绝缘等级分为：A级、E级、B级、F级、H级、C级。

绝缘等级	Y	A	E	B	F	H	C
工作极限温度℃	90	105	120	130	155	180	>180
温升℃	50	60	75	80	100	125	

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## .2 电动机



按额定工作制分为：连续、断续、短时工作制

①连续工作制（S1）：电动机在铭牌规定的额定值条件下，保  
长期运行

②短时工作制（S2）：电动机在铭牌规定的额定值条件下，只  
在限定的时间内短时运行。短时运行的持续时间标准有四种：10  
分钟（min）、30分钟（min）、60分钟（min）及90分钟  
（min）。

③断续工作制（S3）：电动机在铭牌规定的额定值条件下只能  
续周期性使用，用每周期10分钟（min）的百分比表示。

# 2 电动机



## 2.2 电动汽车常用的电动机

电动汽车驱动电机主要包括直流电机和交流电机。



直流电机



交流电机

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## .2 电动机



目前广泛使用的交流电机有：交流感应电机、开关磁阻电机和永磁电机（包括无刷直流电机和永磁同步电机）。



交流感应电机



开关磁阻电机



永磁电机

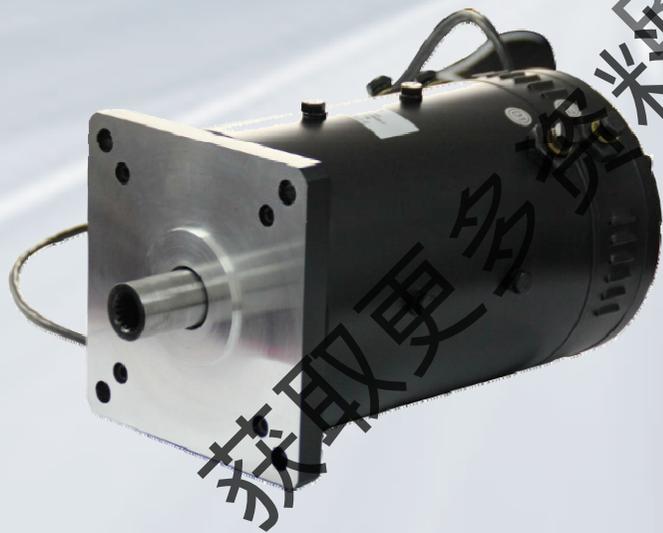
获取更多资料请搜索微信星球

## .2 电动机



### 直流电动机 (DCM)

直流电动机 (direct current motor, DC motor) 将直流电能转换为机械能的转动装置。电动机定子提供磁场, 直流电源向转子的绕组提供电流, 换向器使转子电流与磁场产生的转矩保持方向不变。



## 2 电动机



特点：

- 1) 调速性能好。直流电动机可以在重负载条件下，实现均匀、平滑的无级调速，而且调速范围较宽。
- 2) 起动力矩大。可以均匀而经济地实现转速调节。
- 3) 高速性能不佳。由于存在电刷和换向器，其高速性能及可靠性受到影响。随着电力电子技术、自动控制技术和计算机技术的发展，直流电机已逐步被交流电机替代。

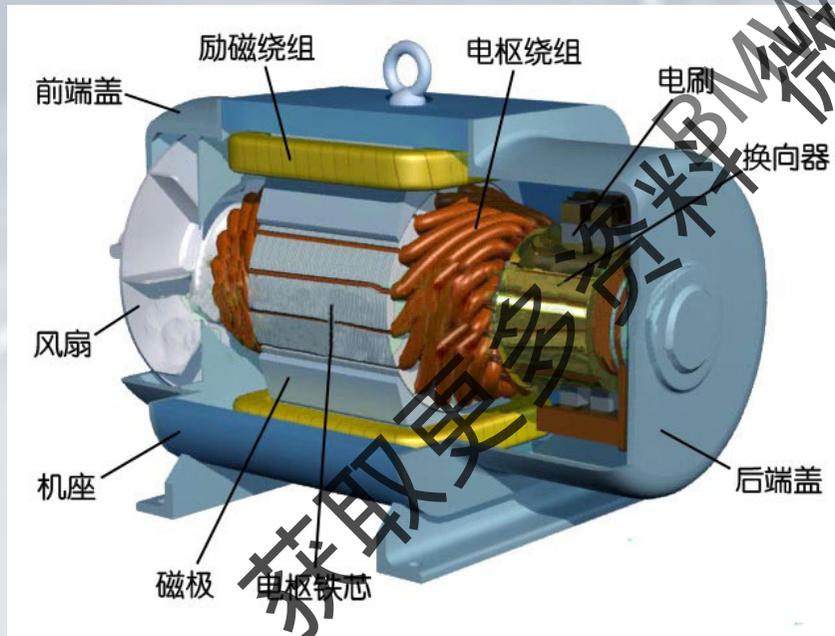
获取更多资料，请搜索蓝领星球

# 2 电动机



构造：

分为两部分：定子与转子。其中，定子包括：主磁极，机座，换向器，电刷装置等；转子包括：电枢铁芯，电枢绕组，换向器，轴和风扇等。

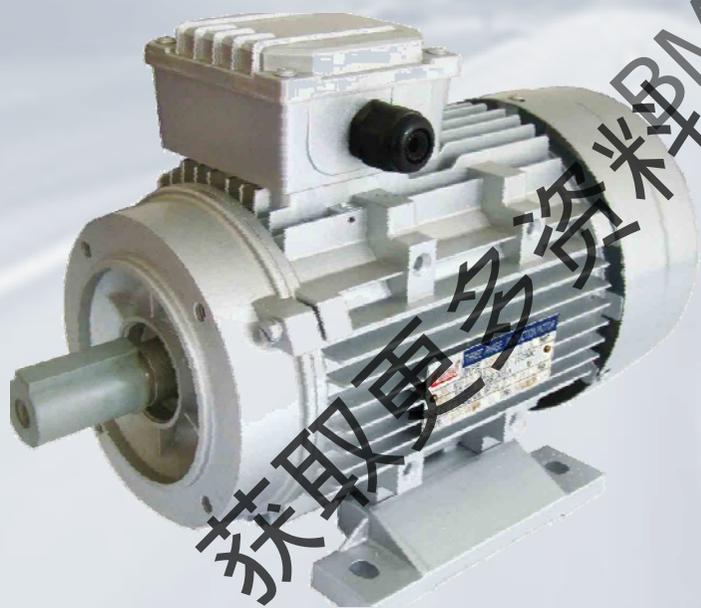


## .2 电动机



### 交流感应电动机

交流感应电动机又称交流异步电动机，由定子绕组形成的旋转磁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。



获取更多资料  
微信搜索 星球

## 2 电动机



特点：

交流感应电动机具有结构简单、坚固耐用、成本低廉、运行可靠、低转矩脉动和低噪音特点。近年来被广泛应用于汽车。最大缺点是驱动电路复杂，相对于永磁电机而言，感应电机（异步电机）效率和功率密度偏低。

获取更多资料微信搜索蓝领星球

## .2 电动机



### 工作原理：

交流感应电动机又称交流异步电动机，转子置于旋转磁场中，在旋转磁场的作用下，获得一个转动力矩，因而转子转动。



获取更多资料BM微信搜索蓝领星球

## .2 电动机



### 永磁无刷电动机

永磁电动机特别是稀土永磁电动机具有结构简单、运行可靠、体积小、质量小、损耗少、效率高，以及电动机的形状和尺寸可以灵活多样等显著优点。永磁直流无刷电动机主要由永磁电动机本体、转子位置传感器和电子换向电路组成。

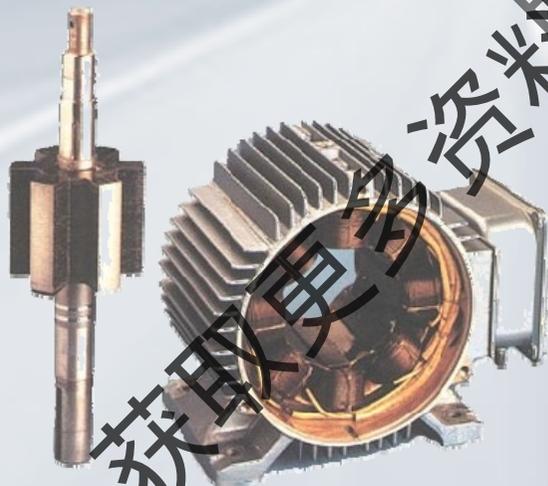


## .2 电动机



### 开关磁阻电动机

开关磁阻电动机是新一代无级调速系统，是集现代微电子技术、数字技术、电力电子技术、红外光电技术及现代电磁理论、设计和控制技术为一体的光、机、电一体化高新技术。它具有调速系统兼具直流、交流两类调速系统的优点。



获取更多资料  
微信号: BM456789  
微信视频号: 领星球

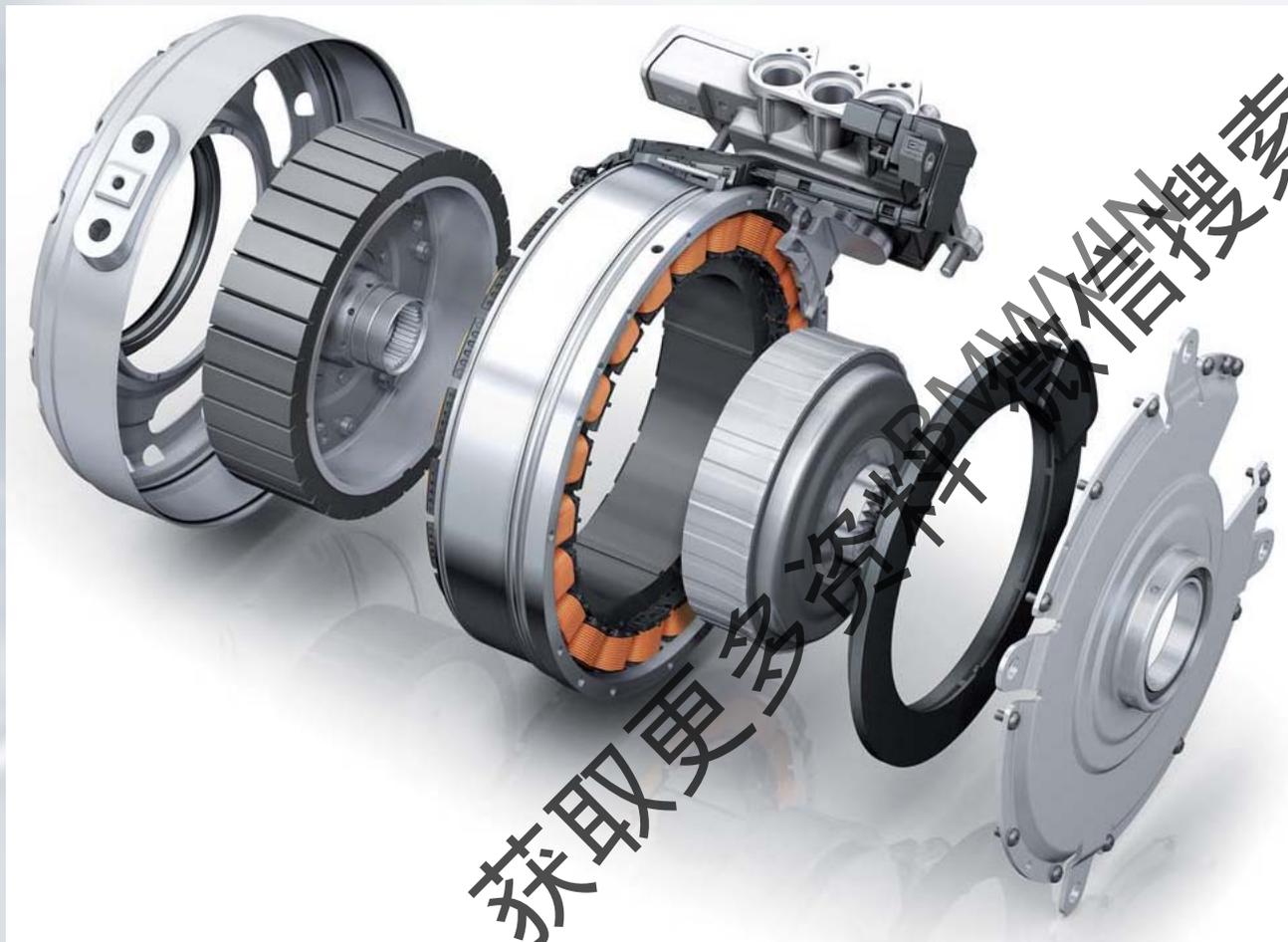
## 2 电动机



英、美等经济发达国家对开关磁阻电动机调速系统的研究起步较早，并已取得显著效果，开关磁阻电机的应用和发展取得了明显的进步，已成功地应用于电动车驱动、通用工业、家用电器和纺织机械等各个领域，产品功率范围从10W到5MW，最大速度高达100,000 r/min。



# .2 电动机



获取更多资料，微信搜索：蓝领星球

## .2 电动机



### 统特点：

开关磁组电动机调速系统之所以能在现代调速系统中异军突起，  
要是因为它卓越的系统性能，主要表现在：

①结构简单；电动机结构简单、成本低、可用于高速运转。其突  
的优点是转子机械强度极高，可以用于超高速运转（如每分钟上万  
）。在定子方面，它只有几个集中绕组，因此制造简便、绝缘结构  
单。

获取更多资料请搜索蓝领星球

## .2 电动机



② 起动优点；起动转矩大，起动电流低。控制器从电源侧吸收较小的电流，得到较大的起动转矩是本系统的一大特点。起动电流小而转矩大的优点还可以延伸到低速运行段，因此本系统十分合适那些需重载起动和较长时间低速重载运行的机械。

③ 频繁起停；适用于频繁起停及正反向转换运行。本系统具有的起动转矩、低起动电流的特点，使之在起动过程中电流冲击小，电机和控制器发热较连续额定运行时还要小。可控参数多使其制动运行能与电动运行具有同样优良的转矩输出能力和工作特性。二者综合用的结果必然使之适用于频繁起停及正反向转换运行，次数可达100次/小时。

## .2 电动机



④性能好；可控参数多，调速性能好。可以根据对电动机的运行要求和电动机的情况，采取不同控制方法和参数值，即可使之运行于佳状态（如出力最大、效率最高等），还可使之实现各种不同的功的特定曲线。如使电动机具有完全相同的四象限运行能力，并具有高起动转矩和串励电动机的负载能力曲线。

⑤效率高损耗小；效率高，损耗小。本系统是一种非常高效的调系统。这是因为一方面电动机绕组无铜损；另一方面电动机可控参多，灵活方便，易于在宽转速范围和不同负载下实现高效优化控制。通过机和电的统一协调设计满足各种特殊使用要求。

**缺点：转矩脉冲大，噪音大，相对于永磁电机而言，功率密度和率偏低。**

# 2 电动机



## 永磁电机

永磁电机包括反电动势为方波  
的无刷直流电机和反电动势为正反  
弦波的永磁同步电机。

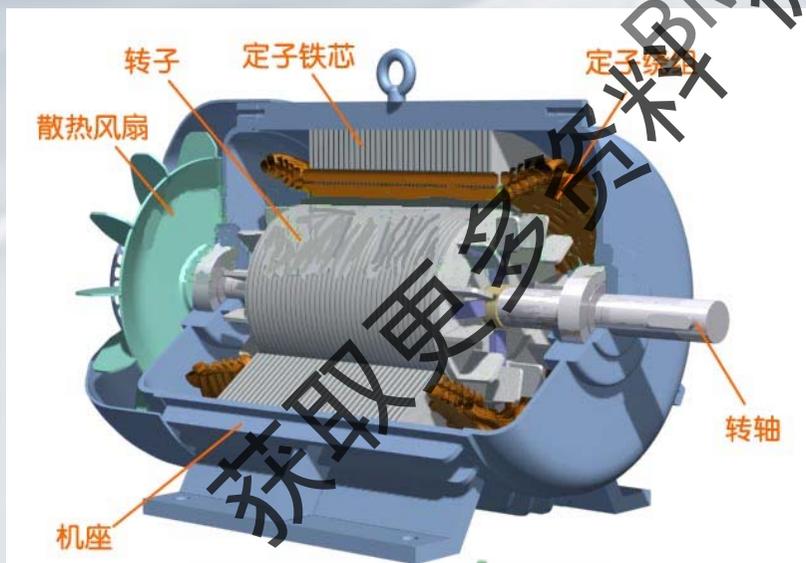


获取更多资料  
BMW 微信搜索 蓝领星球

## .2 电动机



永磁同步电动机的运行原理与电励磁同步电动机相同，但它以永磁体提供的磁通替代后者的励磁绕组励磁，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，提高电动机运行的可靠性；又因无需励磁电流，省去了励磁损耗，提高电动机的效率和功率密度。

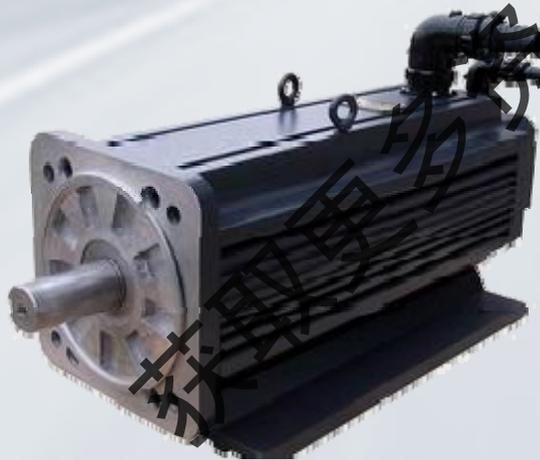


## .2 电动机



### 稀土永磁同步电机

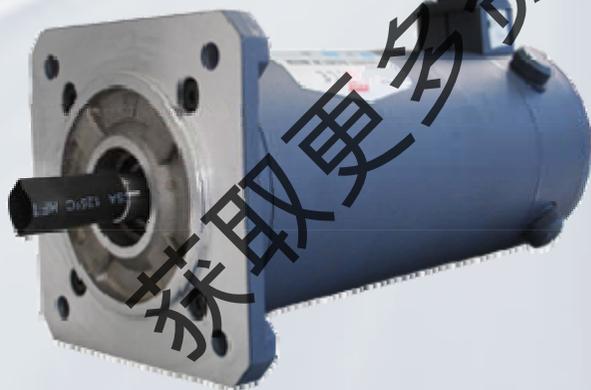
建立很强的永久磁场，用来替代传统电机的电励磁场所制成的稀土永磁电机不仅效率高，而且结构简单、运行可靠，还可做到体积小、重量轻。既可达到传统电励磁电机所无法比拟的高性能（如特高效、高速、特高响应速度），又可以制成能满足特定运行要求的特种电机，如电梯曳引电机、汽车专用电机等。



## 2 电动机



稀土永磁电机的工作原理与电励磁同步电机相同，区别在于前者以永磁体替代励磁绕组进行励磁。当永磁电机的三相定子绕组（各差 $120^\circ$ 电角度）通入频率为 $f$ 的三相交流电后，将产生一个以同步转速推移的旋转磁场。稳态情况下，主极磁场随着旋转磁场同步转动，此转子转速亦是同步转速，定子旋转磁场恒与永磁体建立的主极磁保持相对静止，它们之间相互作用并产生电磁转矩，驱动电机旋转进行能量转换。



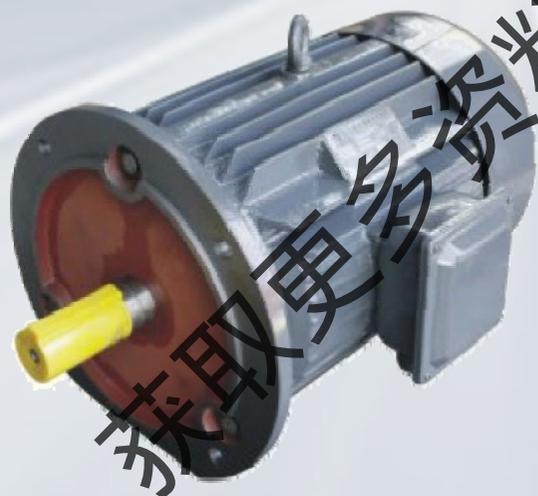
## 2 电动机



特点：

### (1) 高起动力矩、高过载能力

稀土永磁同步电机起动力矩和过载能力均比三相异步电动机高出一个功率等级，最大起动力矩与额定力矩之比可达3.6倍，而一般异步电动机仅有1.6倍。



## 2 电动机



### 2) 运行效率高、节能效果尤为明显

永磁同步电动机与感应电动机相比，不需要无功励磁电流可以显著提高功率因数（可达到1、甚至容性），减少了定子电流和定子电阻损耗，而且在稳定运行时没有转子电阻损耗！进而可以因总损耗降低而减小风扇（小容量电机甚至可以去掉风扇）和相应的风摩损耗，从而使其效率比同规格感应电动机可提高2—8个百分点。

获取更多资料，请扫描蓝领星球

# 2 电动机



## 2.3 电动汽车电动机的选用策略

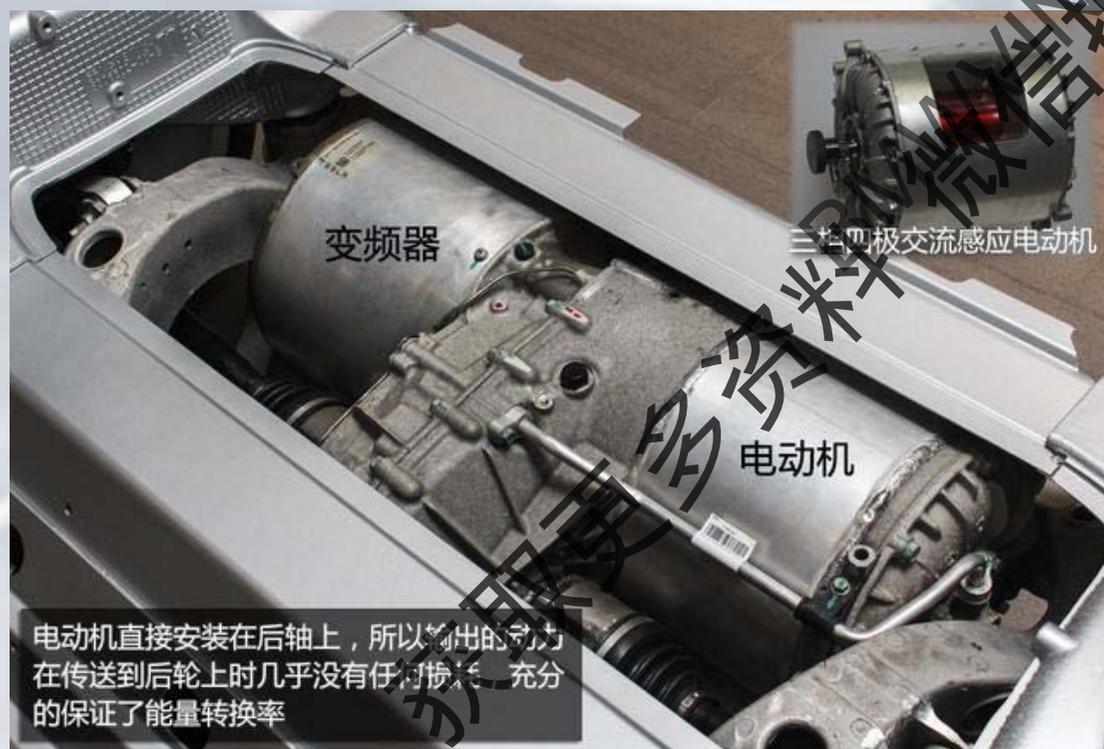
在确定电动汽车所采用的电动机时，首先应采用技术成熟，性能可靠，控制方便和价格便宜的现成的电动机。一般情况下，电动机性能必须充分满足单独用电力驱动模式行驶工况时的要求。电动机在低速时应具有大的转矩和超载能力。在高速运转时，应具有大的功率和较宽阔的恒功率范围。有足够的动力性能来克服整车的各种阻力，保证其有良好的起动，加速性能和行驶速度及实现制动时的能量回收。因此，选择合适的电动机的电动汽车的性能有着至关重要的影响。

获取更多资料请加QQ群：308147414 蓝领星球

## .2 电动机



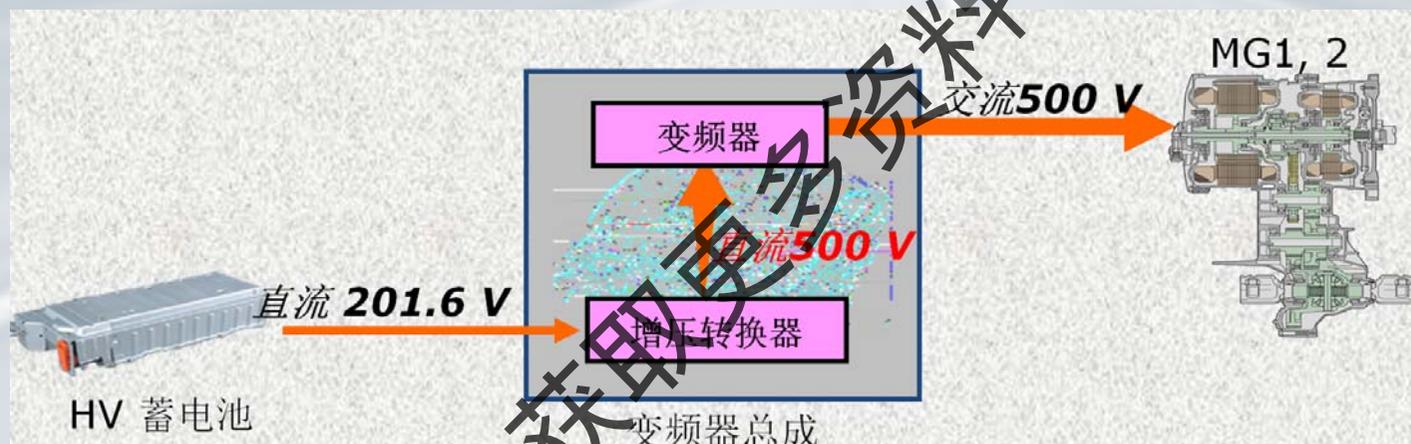
电动汽车上所使用的电动机往往要求频率启动，频率加减速以及作模式的频繁切换，这对电动机的响应性提出了更高的要求。



## 2 电动机



高电压。在允许的范围内，尽可能采用高电压，可以减小电动机尺寸和导线等装备的尺寸，特别是可以降低逆变器的成本。丰田Prius由THS的201.6V提高到THSII的500V，在尺寸不变的情况下，最大功率由33kW提高到50kW，最大扭矩由350Nm提高到400Nm。



## 2 电动机



由于汽车内部空间紧张，往往要求电动机系统体积小，重量轻，  
及具有较高的功率密度和工作效率等性能要求。



获取更多资料 微信搜索 星球

## 2 电动机



相对于传统电动机相比，电动汽车所使用的电动机系统的工作环境更加恶劣，干扰更大，从而要求它具有更高的可靠性，抗震性和抗干扰性。需要有4~5倍的过载，以满足短时加速行驶与最大爬坡的要求。一般的工业电动机只要2倍即可。



## .2 电动机



现在混合动力汽车上，主要采用能够实现变频、调速的高转速电机，高速电机的转速可以达到1万~1.2万r/min，在高速运转时，更大的功率和有较宽阔的恒功率范围，体积较小和质量较小，但要装置高精度的高速轴衬，需要用高品质的材质来制作，并要保证高效率的冷却。



## 2 电动机



三用驱动电机应满足如下要求：

- . 体积小，质量轻
- . 在整个运行范围内的高效率。
- . 低速大转矩特性及宽范围恒功率特性
- . 良好的环境适应性和高可靠性。
- . 价格低。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 2 电动机



电动机的使用和控制非常方便，具有自启动、加速、制动、反转等能力，能满足各种运行要求；电动机的工作效率较高，又没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也较小。由于它的一系列优点，所以在工农业生产、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电器设备等各方面广泛应用。

获取更多资料  
BIMBAI  
蓝领星球

## 2 电动机



### 2.4 电动机应用实例：

#### 丰田普锐斯电动汽车电动机

TOYOTA普锐斯电动汽车油电混动系统的电动机中采用了交流异步电动机。该装置一直到高转速都可高效地产生高扭矩，并可任意控制转数和产生的扭矩。

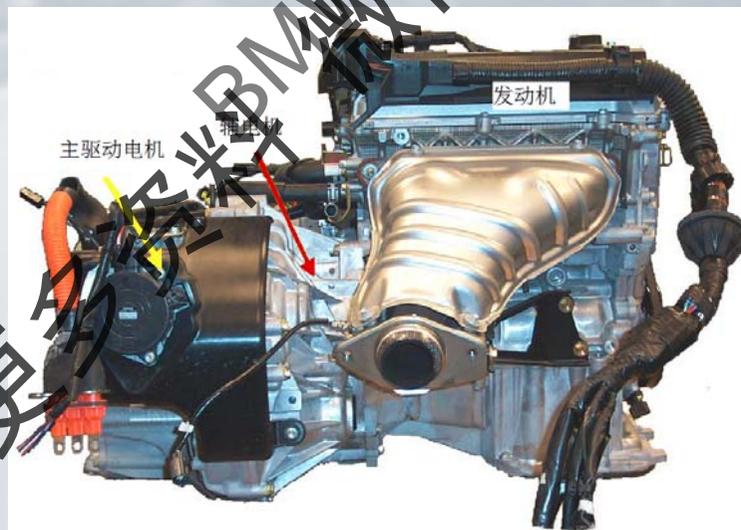
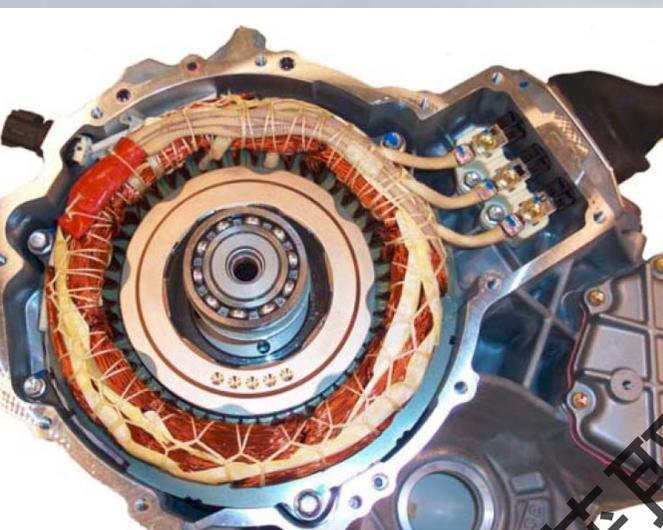
另外它还拥有小型、轻量、高效等特点，具有优秀的动力性能，可进行顺畅的启动、加速等各种操作。



## 2 电动机



TOYOTA普锐斯电动汽车电动机采用三相交流方式。根据行驶情况准确地控制旋转磁场和旋转磁石的角度。将转子内的永久磁石排成理想的V字形。丰田普锐斯电动机的最大电压为500V，最大输出功率为50KW，最大扭矩为400Nm。

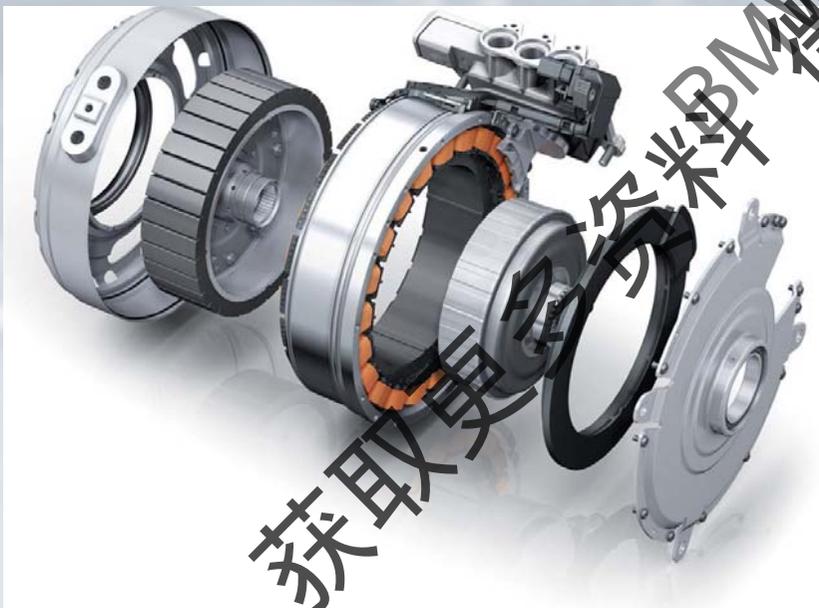


## .2 电动机



### 奥迪Q5混合动力

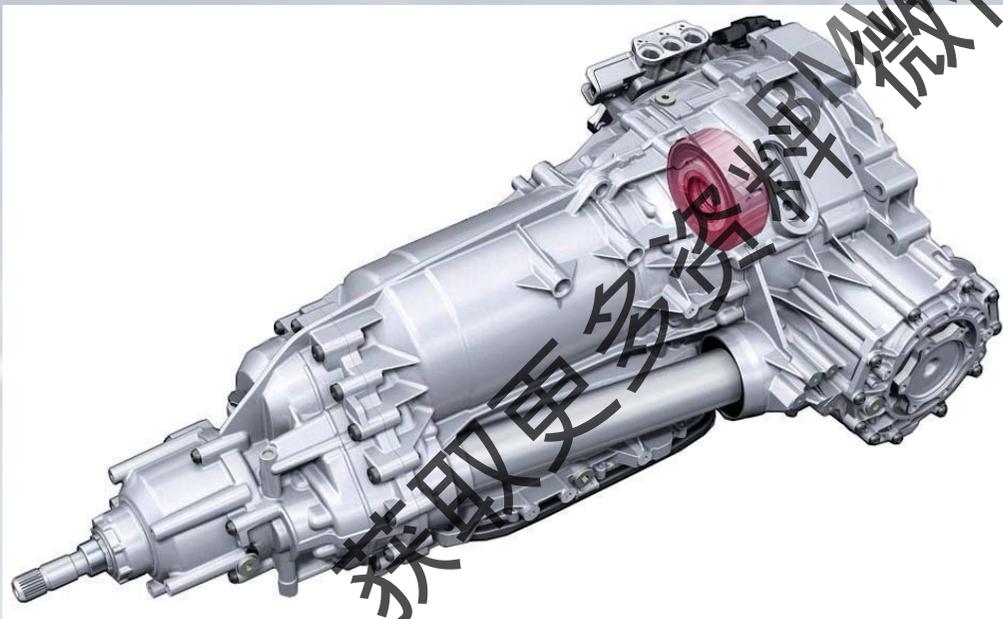
电驱动装置的电机安装在2,0l-TFSI-发动机和8-挡自动变速器之间的空隙处（取代了变扭器）。该电机是永久激励式同步电机，由三相电来驱动。



## .2 电动机



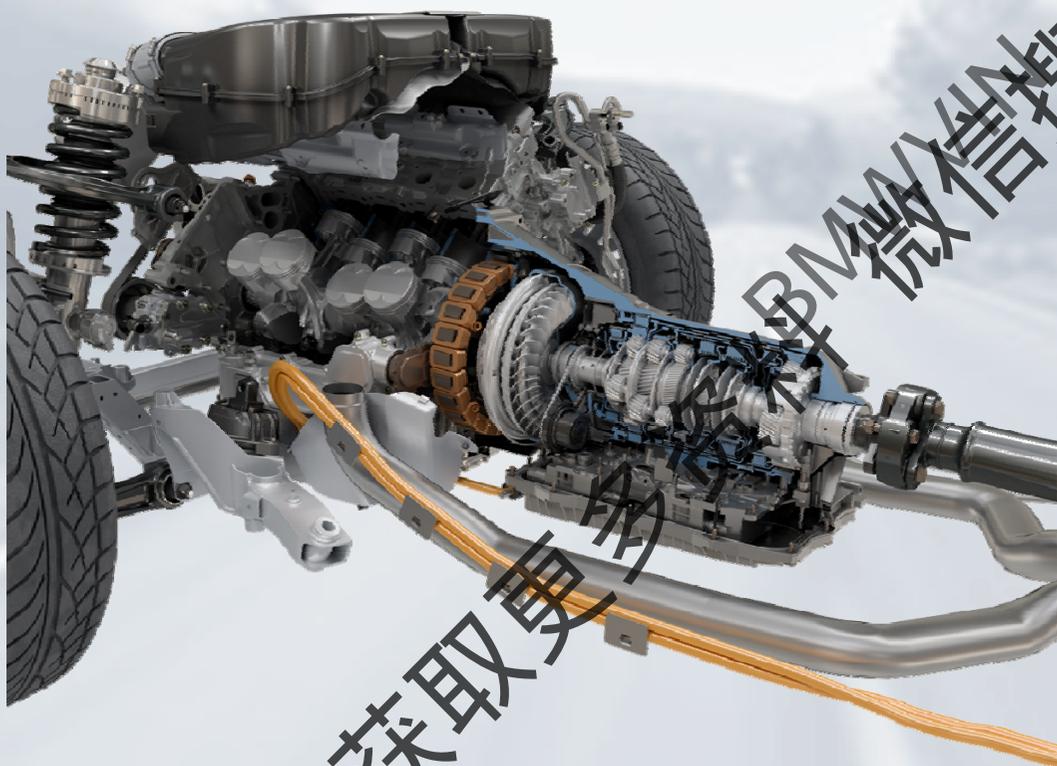
采用多片式离合器与电机合成为一个模块，该模块取代了变扭器，安装在自动变速器的结构空间处，并不显眼。这个多片式离合器在油池中工作，它用于将内燃机与电机断开或连接上。



## .2 电动机

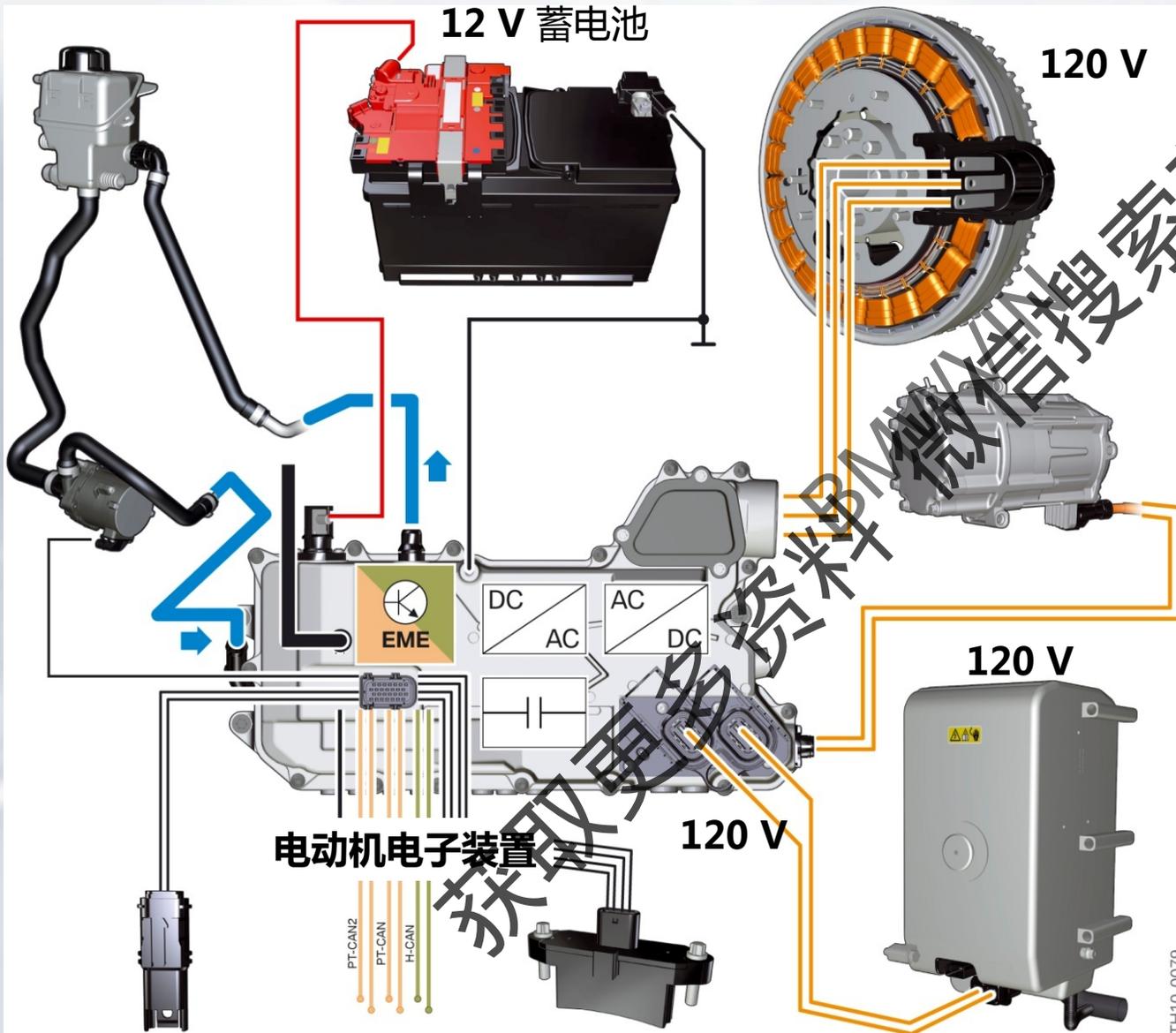


### 宝马F04电动机



获取更多 BMW 资料 微信搜索 蓝领星球

# .2 电动机

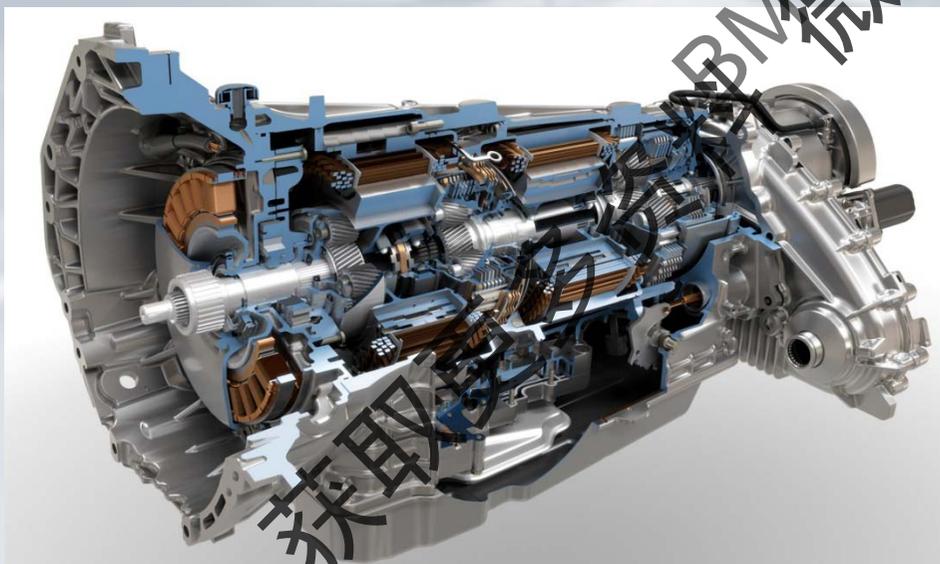


## .2 电动机

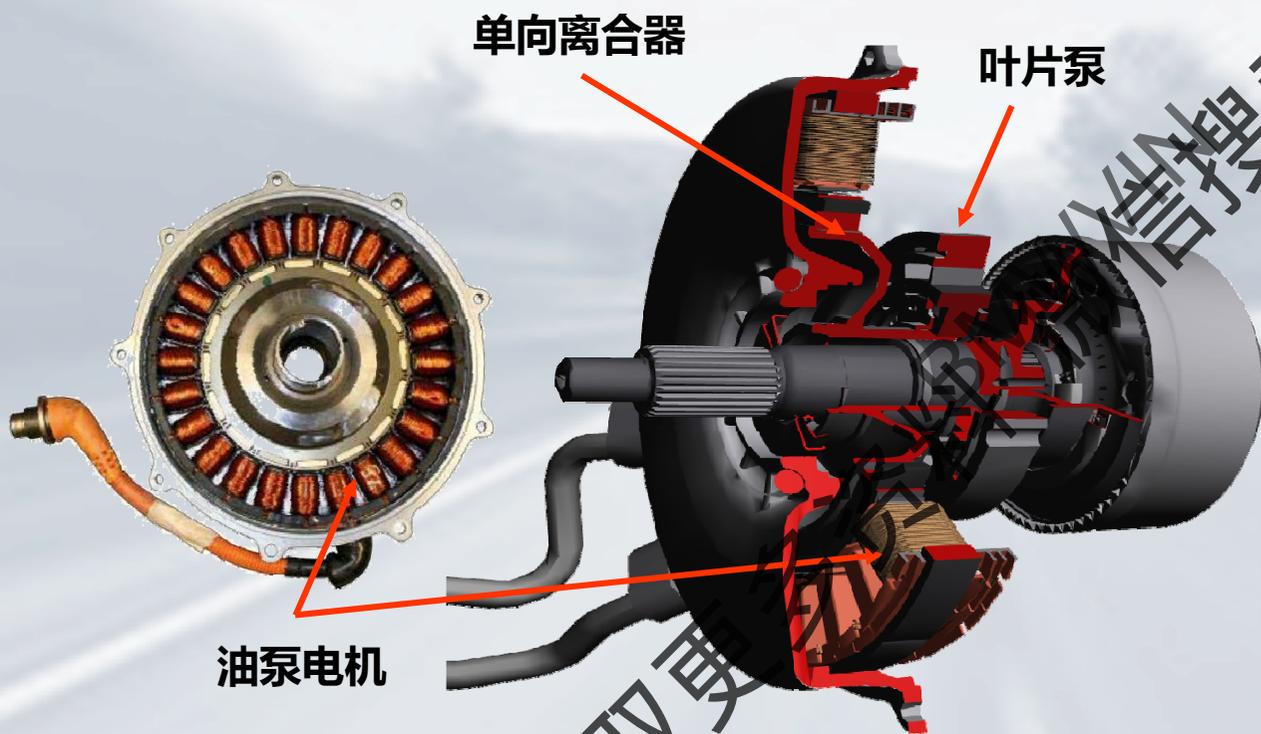


### 宝马E72电动机

采用双模式主动变速箱，通过集成在主动变速箱内的两个电动机传动比进行电动调节。因此这两种模式也称为“ECVT”，其中“E”表“电动”。



# .2 电动机

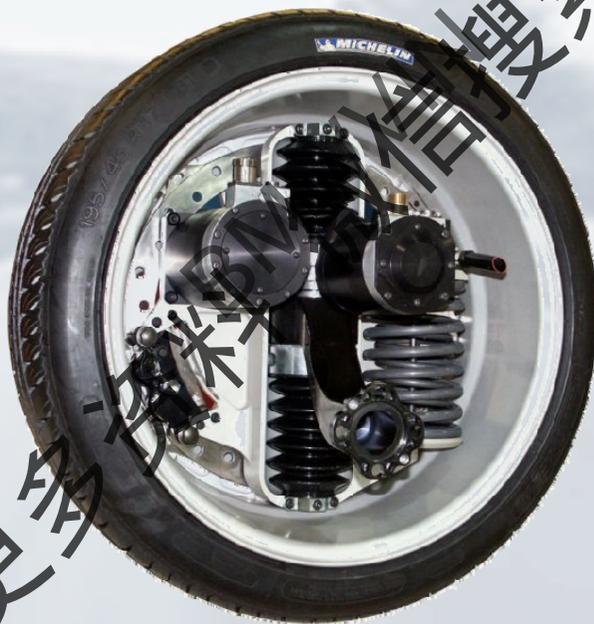


获取最新信息搜索蓝领星球

# .2 电动机



Michelin.com



Michelin.com

获取更多信息 访问专家蓝领星球

謝謝觀賞

获取更多资料BIMU微信搜索蓝领星球