

驱动电机及控制技术

薛秀丽 张刚, 郭斌 主编



电子科技大学出版社



创新型汽车专业精品教材

驱动电机及控制技术

主编◎薛秀丽 张 刚 郭 斌

图书在版编目 (CIP) 数据

驱动电机及控制技术/薛秀丽, 张刚, 郭斌主编

.—成都: 电子科技大学出版社, 2020.2

ISBN 978-7-5647-7708-1

I. ①驱… II. ①薛…②张…③郭… III. ①新能源
—汽车—驱动机构—控制系统 IV. ①U469.703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 022908 号

驱动电机及控制技术

薛秀丽 张 刚 郭 斌 主 编

策划编辑 谭炜麟

责任编辑 谭炜麟

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 三河市良远印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 14.25

字 数 385 千字

版 次 2020 年 2 月第一版

印 次 2020 年 2 月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-7708-1

定 价 42.00 元

版权所有, 侵权必究

编 委 会

主 编：薛秀丽 张 刚 郭 斌
副 主 编：戈美净 宋亚杰 张 辉 刘晓明
黄 浩 程心妍 张建伟 康予培
李克勤 汤思佳 豆建芳 高光辉
窦晨阳 张庆增 王啸东 张树刚
郑香伟 刘 静 李小风 张小青

参编单位（排名不分先后）

云南机电职业技术学院
营口职业技术学院
东营职业学院
开封科技中等职业
郑州商业技师学校
锡林郭勒职业学院
南京铁道职业技术学院
呼伦贝尔职业技术学院
四川信息职业技术学院
吉林化工学院
天津中德应用技术大学
咸宁职业技术学院
佛山职业技术学院
重庆工程学院
烟台工贸技师学院
聊城市技师学院
山东工业职业学院
长春职业技术学院
甘肃工业职业技术学院
安庆职业技术学院

前 言

当前，我国促使汽车产业节能减排的发展方向是推广和使用电动汽车，包括混合动力电动汽车、纯电动汽车和燃料电池电动汽车等类型。我国具有大量的稀土资源，这为电机业的发展提供了很好的环境，较易进入全球分工体系，如果引导得力，驱动电机完全可以发展成为优势产业。电动汽车电机控制与驱动技术的不断发展和创新，为不同类型电动汽车的推广应用奠定了坚实的技术基础。本书基于目前最新的电动汽车电机控制与驱动技术，力求突出工学相结合的原则，以面向工作任务为培养目标，可满足高职学生和电动汽车行业从业人员的需要。

本书在理论知识内容的深度上遵循“管用、够用、实用”的原则，充分体现职业性、技术性和应用性的高职教育特色；在实践教学内容的安排上以面向“工学结合”的教学模式为参照目标，努力构建一门具有高职特色的注重岗位职业能力培养的专业技术课程。

限于作者水平有限，书中难免存在不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2020 年 1 月



目 录



项目一 绪论	(1)
任务一 新能源汽车概述	(1)
任务二 电动汽车电机驱动概述	(4)
任务三 电机控制技术概述	(9)
项目二 直流电机及控制技术	(12)
任务一 直流电机的基本原理	(12)
任务二 直流电机的拖动原理	(22)
任务三 直流电机的功率变换器	(40)
任务四 直流电机的控制技术	(46)
项目三 电磁学基础知识	(58)
任务一 电磁学基本概念	(58)
任务二 电机磁路理论基础	(68)
项目四 交流同步电机及控制技术	(77)
任务一 永磁同步电机的基本结构和工作原理	(77)
任务二 永磁同步电机的电磁关系及特性分析	(80)
任务三 永磁同步电机的控制技术	(89)
任务四 永磁同步电机在电动汽车中的应用	(98)
项目五 交流电机类型及其控制技术	(102)
任务一 交流电机类型	(102)



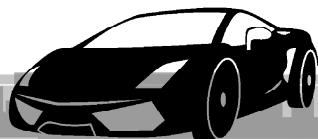
任务二	三相异步电机的构造及工作原理	(103)
任务三	异步电机工作特性分析	(109)
任务四	三相异步感应电机的转矩与功率的关系	(110)
任务五	三相异步电机变频调速的机械特性	(111)
任务六	再生制动	(111)
任务七	交流异步电机启动方式	(113)
任务八	交流异步电机交流调速控制	(114)
项目六	电动汽车能量系统的电源变换装置	(119)
任务一	DC/DC 功率变换器	(119)
任务二	DC/DC 变换器的种类与比较	(122)
任务三	DC/AC 功率变换器	(124)
任务四	AC/DC 功率变换器结构和工作原理	(125)
任务五	电力变换装置在电动汽车上的应用	(126)
项目七	轮毂电机类型及其控制技术	(128)
任务一	轮毂电机类型	(129)
任务二	轮毂电机的结构和工作原理	(132)
任务三	轮毂电机驱动系统的特点	(134)
任务四	轮毂电机控制技术	(134)
任务五	轮毂电机在电动汽车中的应用	(141)
项目八	电动汽车控制系统	(144)
任务一	电动汽车控制系统的组成	(146)
任务二	电动汽车控制系统的分类	(149)
任务三	电动汽车的控制策略	(156)
任务四	电动汽车 CAN 总线通信网络	(161)
任务五	电动汽车电气系统控制策略	(163)
任务六	电动汽车电气控制系统的应用	(167)
项目九	电动汽车再生制动控制技术	(186)
任务一	电动汽车再生制动控制系统概述	(186)



任务二 电动汽车再生制动系统的结构	(192)
任务三 电动汽车变频调速技术	(203)
任务四 电动汽车再生制动控制技术结构与工作原理	(206)
任务五 电动汽车再生制动控制技术的应用	(211)
参考文献	(217)



项目一 绪论



在新能源汽车中，一般情况下是电机取代发动机并在电机控制器的控制下，将电能转换为机械能来驱动汽车行驶。其中，在纯电动汽车、太阳能电动汽车和燃料电池电动汽车中，电机是唯一驱动装置；在混合动力汽车中，电机是主要或者辅助动力装置。新能源汽车与普通燃油汽车最主要的区别就在于电机驱动系统。

新能源汽车的电机驱动系统主要由电气系统和机械系统组成。其中，电气系统由电机、功率转换器和电子控制器三个子系统构成，机械系统则由机械传动和车轮等构成。在电气系统和机械系统的连接过程中，机械系统是可选的，有些新能源汽车的电机是装在轮毂上直接驱动车轮运动的。

任务一 新能源汽车概述

一、新能源汽车的定义及分类

新能源汽车的定义：新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进，具有新技术、新结构的汽车。

新能源汽车一般包括纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力汽车和燃料电池电动汽车等。此外，还有其他类型的新能源汽车。

1. 纯电动汽车

纯电动汽车（battery electric vehicle, BEV）是一种采用单一蓄电池作为储能动力源的汽车，它利用蓄电池作为储能动力源，通过电池向电机提供电能，驱动电机运转，从而推动汽车行驶。

2. 增程式电动汽车

增程式电动汽车是一种配有地面充电和车载供电功能的纯电驱动的电动汽车，其运行模式可以根据



需要处于纯电动模式、增程模式或混合动力模式，是介于纯电动汽车和混合动力汽车之间的一种过渡车型，具有纯电动汽车和混合动力汽车的特征，有人把它划分为纯电动汽车范畴，也有人把它划分为混合动力汽车范畴，认为它是一种插电式串联混合动力汽车。

3. 混合动力汽车

混合动力汽车 (hybrid electric vehicle, HEV) 是指驱动系统由两个或多个能同时运转的单个驱动系联合组成的车辆，车辆的行驶功率依据实际的车辆行驶状态由单个驱动系单独或多个驱动系共同提供。因各个组成部件、布置方式和控制策略的不同，混合动力汽车有多种形式。混合动力汽车一般又分为常规混合动力汽车和插电式混合动力汽车，下文不做特殊说明的混合动力汽车主要是指常规混合动力汽车。

4. 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车 (fuel cell electric vehicle, FCEV) 一般采用氢燃料电池，即利用氢气和空气中的氧在催化剂的作用下，在燃料电池中经电化学反应产生的电能作为主要动力源驱动的汽车。燃料电池电动汽车实质上是纯电动汽车的一种，主要区别在于动力电池的工作原理不同。一般来说，燃料电池是通过电化学反应将化学能转化为电能，电化学反应所需的还原剂一般采用氢气，氧化剂则采用氧气，因此，最早开发的燃料电池电动汽车多是直接采用氢燃料，氢气的储存可采用液化氢、压缩氢气或金属氢化物储氢等形式。

5. 其他新能源汽车

其他新能源汽车包括使用超级电容器、飞轮等高效储能器的汽车。

目前我国，新能源汽车主要是指纯电动汽车、增程式电动汽车、插电式混合动力汽车和燃料电池电动汽车，常规混合动力汽车被归为节能汽车，故新能源汽车通常也可称为电动汽车。

二、电动汽车的关键技术

电动汽车按动力系统的电气化水平分为两类：一类是全部或大部分工况下主要由电机提供驱动功率的电动汽车（称为“纯电驱动”电动汽车，例如纯电动汽车、插电式混合动力汽车、增程式电动汽车以及燃料电池电动汽车）；另一类是动力电池容量较小，大部分工况下主要由内燃机提供驱动功率的电动汽车（称为常规混合动力汽车）。从培育战略性新兴产业角度看，发展电气化程度比较高的“纯电驱动”电动汽车是我国新能源汽车技术的发展方向和重中之重。

1. 动力电池技术

动力电池的关键技术包括：以动力电池模块为核心，实现我国以能量型锂离子动力电池为重点的车用动力电池大规模产业化突破；以车用能量型动力电池为主要发展方向，兼顾功率型动力电池和超级电容器的发展，全面提高动力电池输入输出特性、安全性、一致性、耐久性和性价比等综合性能；强化动力电池系统集成与热—电综合管理技术，促进动力电池模块化技术发展；实现车用动力电池模块标准化、系列化、通用化，为支撑纯电驱动电动汽车的商业化运营模式提供保障；瞄准国际前沿技术，深入开展下一代新型车用动力电池自主创新研究，为电动汽车产业中长期发展进行技术储备。



燃料电池的关键技术包括：突破燃料电池关键技术和系统集成，推进工程实用化，为新一代燃料电池汽车研发与产业化奠定核心技术基础；重点推进燃料电池的工程实用化，加强燃料电池基础材料和系统集成科技创新，研发高稳定性、高耐久性、低成本的关键材料和部件；保证电堆在高电流密度下的均一性，提高功率密度，进一步增强系统的环境适应能力，为下一代燃料电池汽车研发奠定核心技术基础。

2. 电机驱动技术

电机驱动技术面向混合动力大规模产业化需求方面的关键技术是：开发混合动力发动机/电机总成和机电耦合传动总成（电机+变速器），形成系列化产品和市场竞争力，为混合动力汽车大规模产业化提供技术支撑。

电机驱动技术面向纯电驱动大规模商业化示范需求方面的关键技术是：开发纯电动汽车驱动电机及其传动系统系列，为实现纯电动汽车大规模商业示范提供技术支撑；面向下一代纯电驱动系统技术攻关，从新材料、新结构、自传感电机、IGBT 芯片封装和驱动系统混合集成、新型传动结构等方面着手，开发高效率、高材料利用率、高密度和适应极限环境条件的电力电子、电机与传动技术，探索下一代车用电机驱动及其传动系统解决方案，满足电动汽车可持续发展需求。

3. 电控系统技术

电控系统在混合动力汽车方面的关键技术包括：重点开发混合动力专用发动机先进控制算法、混合动力系统先进实时控制网络协议、多部件间的转矩耦合和动态协调控制算法，研制高性能的混合动力系统（整车）控制器，满足混合动力汽车大规模产业化技术需求。

电控系统在纯电动汽车方面的关键技术包括：重点开发先进的纯电驱动汽车分布式、高容错和强实时控制系统，高效、智能和低噪声的电动化总成控制系统（电动空调、电动转向、制动能量回馈控制系统），电动汽车的车载信息、智能充电及其远程监控技术，满足纯电动汽车大规模示范需要。

电控系统在其他方面的关键技术还包括：重点开发基于新型电机集成驱动的一体化底盘动力学控制、高性能的下一代整车控制器及其专用芯片、电动汽车智能交通系统（intelligent transport system, ITS）与车网融合技术（V2X，包括 V2G：汽车到电网的链接；V2H：汽车到家庭的链接；V2V：汽车到汽车的链接等网络通信技术），为下一代纯电驱动汽车开发提供技术支撑。

4. 混合动力汽车技术

在针对常规混合动力汽车大规模产业化需求方面，其关键技术是：开展系列化混合动力系统总成开发，协调控制、能量管理等关键技术攻关和整车产品的产业化技术研发，将节能环保发动机开发与电动化技术有机结合，重点突破产品性价比，形成市场竞争优势；突破混合动力汽车产业化关键技术，构建混合动力汽车零部件配套保障体系，开展批量化生产装备与工艺、质量管理体系以及配套的维修检测设备开发，建成混合动力汽车专用的装配、检测、检验生产线。

在中度混合动力方面，其关键技术是：突破混合动力汽车关键技术，深化发动机控制技术研究，解决动力源工作状态切换和动态协调控制，以及能源优化管理，掌握整车故障诊断技术，进一步提高整车的可靠性、耐久性、性价比，开发出高性价比、具有市场竞争力、可大规模产业化的混合动力汽车系列产品。



在深度混合动力方面，其关键技术是：突破混合动力系统构型技术及能量管理协调控制技术，开发深度混合动力新构型；开发出高性价比、可大规模批量生产的深度混合动力轿车和商用车产品。

5. 纯电动汽车技术

在小型纯电动汽车方面，其关键技术是：开发系列化特色纯电驱车型及其能源供给系统，并探索新型商业化模式；实现小型纯电动汽车（含增程式）关键技术突破，重点掌握电气系统集成、动力系统匹配和整车热—电综合管理等技术；开发出舒适、安全、性价比高的小型纯电动汽车系列产品。

在纯电动商用车方面，其关键技术是：重点研究整车 NVH（noise—噪声，vibration—振动，harshness—声振粗糙度）、轻量化、热管理、故障诊断、容错控制与电磁兼容及电安全技术。

在插电式混合动力汽车方面，其关键技术是：掌握插电式混合动力构型及专用发动机系统研发技术；突破高效机电耦合技术、轻量化、热管理、故障诊断、容错控制与电磁兼容技术、电安全技术；开发出高性价比、可满足大规模商业化示范需求的插电式混合动力轿车和商用车系列产品。

6. 燃料电池汽车技术

燃料电池汽车的关键技术是：面向高端前沿技术突破需求，基于高功率密度、长寿命、高可靠性的燃料电池发动机技术，突破新型氢—电—结构耦合安全性等关键技术，攻克适应氢能源供给的新型全电气化底盘驱动系统平台技术，研制出达到国际先进水平的燃料电池轿车和客车；掌握车载供氢系统技术，实现关键部件的自主开发，掌握下一代燃料电池汽车动力系统平台技术，研制下一代燃料电池轿车和客车产品。

任务二 电动汽车电机驱动概述

一、电动汽车用电机的使用环境与要求

1. 电动汽车用电机的使用环境

在电动汽车上，电机及其控制器是将车载电源的电能为机械能，并通过传动机构驱动车轮转动的动力装置。与工业生产机械、家用电器等电机相比，电动汽车用电机的工作环境有明显的不同。

(1) 工况变化频繁

由于电动汽车运行时工况变化频繁，经常启动/停车、加速/减速、上坡/下坡等，电机的负载随之而变，因此，电机作为电动汽车驱动动力，其输出转矩和功率变化频繁。

(2) 在冲击、振动的环境下工作

电动汽车运行时的颠簸与振动都会传递给电机，此外，电机还要承受汽车在紧急制动、急转弯、急加速时的惯性力，因此，电动汽车用电机是在冲击、振动的环境下工作的。



(3) 车载电源能量有限

工业生产机械、家用电器等电机的电源来自电网，电能源源不断，而电动汽车的电源（动力电池、燃料电池、辅助动力单元）能量是有限的，当能量用尽时，需要停止电动汽车的运行，通过充电、添加燃料来恢复其消耗的能量。

(4) 电机本身也是负载

电机作为电动汽车行驶的驱动动力源，需要随着电动汽车一起运动，电机及其控制器本身的质量也是汽车质量的一部分，因此，电机和控制器本身也是汽车动力装置的负载，需要消耗其输出的机械能量。

2. 电动汽车对驱动电机的要求

由于电动汽车特殊的工作环境，对电动汽车用电机有比普通电机更高的要求，主要体现在以下几个方面。

(1) 电机的过载能力强

从减小电机自身的质量和确保电机的工作效率的角度考虑，电机的功率不宜过大，这就要求电机的瞬时功率和最大转矩都要大，即要求电机短时过载能力要强，以满足电动汽车起步、加速和上坡时的动力需要。

(2) 电机的调节性能好

为适应电动汽车行驶工况的频繁变化，要求电机有较宽的调速范围和理想的转矩调节特性，可实现低速恒转矩调速和高速恒功率调速。

(3) 电机的效率高、逆向工作性能好

在电机的整个运行范围内，均有很高的效率，以节约电能，提高电动汽车一次充电的续驶里程；驱动电机可在发电机状态下高效工作，以实现电动汽车制动能量回馈，进一步提高电动汽车的续驶里程。

(4) 电机工作可靠性好、结构尺寸小

要求电机在较为恶劣的环境下能长期、稳定、可靠地工作，并且使用与维护方便；电机的结构尺寸小、质量轻（是普通电机的 $1/3 \sim 1/2$ ），以利于电动汽车整车的空间布置，减轻车重，提高电动汽车的动力性和经济性。

(5) 其他要求

电机的结构简单，适合于大批量生产，价格低，运行时的噪声低等。

二、电动汽车电机驱动系统的组成与类型

1. 电动汽车电机驱动系统的组成

电机驱动系统是电动汽车的心脏，它由电动机、功率转换器、控制器、各种检测传感器和电源（动力电池）组成，其任务是在驾驶员的控制下，高效率地将动力电池的电量转化为车轮的动能，或者将车轮的动能反馈到动力电池中。图 1-1 所示为电机驱动系统的基本组成框图。

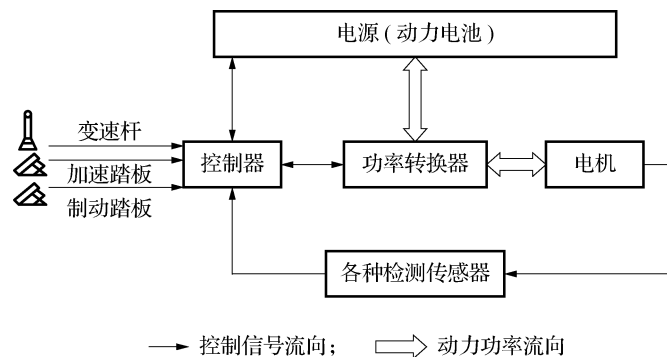


图 1-1 电机驱动系统的基本组成框图

早期的电动汽车主要采用直流电机系统，但直流电机有机械换向装置，必须经常维护。随着电力电子技术的发展，交流调速逐渐取代直流调速。现代电动汽车常用的驱动系统有 3 种：异步电机系统、永磁无刷电机系统和开关磁阻电机系统。

功率转换器按所选电机类型，有 DC/DC 功率转换器、DC/AC 功率转换器等形式，其作用是按所选电机驱动电流的要求，将动力电池的直流电转换为相应电压等级的直流、交流或脉冲电源。

检测传感器主要对电压、电流、速度、转矩以及温度等进行检测，其作用是为了改善电机的速度与转矩的调节特性，对于永磁无刷电机或开关磁阻电机还要求有电机转角位置检测。

控制器的作用是按照驾驶员操纵变速杆、加速踏板和制动踏板等，输入相应的前进、倒退、起步、加速、制动等信号，以及各种检测传感器反馈的信号，通过运算、逻辑判断、分析比较等适时向功率转换器发出相应的指令，使整个驱动系统有效运行。

2. 电动汽车驱动装置的类型

在纯电动汽车、混合动力电动汽车及燃料电池电动汽车上所用的驱动装置均有不同的结构。

(1) 按驱动装置形式分类

按照驱动装置形式分，电动汽车驱动装置有机械驱动方式、半机械驱动方式和纯电力驱动方式等。

1) 机械驱动方式。这种驱动方式的驱动装置除电机外，通常还包括变速器、传动轴、后桥和半轴等传动部件。这种驱动方式在并联或混联式混合动力电动汽车上有较多的应用。纯电动汽车采用这种驱动方式的优点是对电机的调速控制要求相对较低；缺点是机械传动有能量损失，驾驶操作复杂，维修的工作量大。因此，纯电动汽车和燃料电池电动汽车较少采用机械驱动方式。

2) 半机械驱动方式。半机械驱动方式取消了传动效率低、操作烦琐的齿轮变速器，只采用了减速齿轮、差速器、半轴等一部分机械传动装置来传递动力。半机械驱动方式可充分利用电机的无级变速和调速范围宽的特点。

3) 纯电力驱动方式。纯电力驱动方式无机传动机构，驱动装置由左右两个双联式电机或轮毂式电机组成，分别直接驱动左右两个驱动车轮。纯电力驱动方式的传动效率高，可利用的空间大，驾驶操作简便，但对电机控制器的要求较高。



(2) 按驱动电机数量分类

按驱动装置所用电机的数量分, 电动汽车驱动装置有单电机驱动系统和多电机驱动系统两种。

1) 单电机驱动系统。驱动系统只用一个电机, 能最大限度地减小电机部分的体积、质量及成本, 但必须配备机械传动机构。

2) 多电机驱动系统。采用多个电机, 每个电机单独驱动一个车轮。多电机驱动系统能降低单个电机的电流和额定功率, 效率较高, 容易均衡电机的尺寸和质量, 但必须安装电子差速器或采用电子控制系统实现差速, 因而成本较高。

3. 电动汽车用驱动电机的类型

电机是电动汽车驱动装置的核心部件。应用于各种电动汽车上的电机的结构类型有多种, 现按不同的分类方法予以概括。电机本身具有可逆性, 可以作为电动机使用, 也可以作为发电机使用。本书中, 如没有特殊说明, 电机一般表示电动机。

(1) 按电机的工作电源分类

按电机工作电源的不同, 电动汽车用电机可分为直流驱动电机、交流驱动电机和方波驱动电机三类。

1) 直流驱动电机。输入电机的电流方向不变。直流驱动电机有励磁式和永磁式两种。励磁式直流驱动电机的磁极有励磁绕组, 通入电流后产生方向不变的磁场; 永磁式直流驱动电机的磁极为永久磁铁, 这种形式的电机在电动汽车上很少应用。

2) 交流驱动电机。通过控制器将电源的直流电转换为正弦波交流电, 输入定子绕组后产生旋转磁场。交流驱动电机有交流异步电机和永磁同步电机两种类型。

3) 方波驱动电机。通过控制器将电源的直流电转换为方波交流电或脉冲直流电。由交流方波或脉冲电压驱动的电机有永磁直流无刷电机和开关磁阻电机两种类型。

(2) 按电机的结构与工作原理分类

按电机的结构与工作原理不同进行分类, 可将电动汽车电机驱动系统所选的电机分为直流电机、无刷直流电机、异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机等。

1) 直流电机。直流电机具有启动加速时驱动力大、调速控制简单、技术成熟等优点。但是直流电机的电枢电流由电刷和换向器引入, 换向时产生电火花, 换向器容易烧蚀, 电刷容易磨损, 需经常更换, 维护工作量大。接触部分存在磨损, 不仅使电机效率降低, 还限制了电机的工作转速。新研制的电动汽车基本不采用直流电机。

2) 无刷直流电机。无刷直流电机也可称为直流无刷电机, 是一种高性能的电机, 它既有交流电机的结构简单、运行可靠、维护方便等诸多优点, 又具备运行效率高、无励磁损耗、运行成本低和调速性能好等特点。因此, 它在电动汽车上的应用日益广泛。

3) 异步电机。异步电机在电动汽车上得到广泛应用是因为其采用变频调速时, 可以取消机械变速器, 实现无级变速, 使传动效率大为提高。另外, 异步电机很容易实现正反转, 再生制动能量的回收也更加简单。当采用笼型转子时, 异步电机还具有结构简单、坚固耐用、价格便宜、工作可靠、效率高和免维护等优点。



4) 永磁同步电机。永磁同步电机的结构与无刷直流电机相似，不同之处在于它采用正弦波驱动，所以在具备无刷直流电机优点的同时，还具有噪声低、体积小、功率密度大、转动惯量小、脉动转矩小、控制精度高等特点，特别适用于混合动力电动汽车电机驱动系统，可以达到减小系统体积、改善汽车加速性能和行驶平稳等效果，因此，永磁同步电机受到了全世界各大汽车生产厂家的重视。

5) 开关磁阻电机。开关磁阻电机是一种新型电机，因其结构简单、坚固、工作可靠、效率高，调速系统运行性能和经济指标比普通的交流调速系统好，而且具有很大的潜力，被公认为一种极有发展前途的电动汽车驱动电机。

随着电子技术和计算机技术的飞速发展，新的电机理论与控制方式层出不穷，推动新的电机驱动系统迅猛发展。高密度、高效率、轻量化、低成本、宽调速电机驱动系统已成为各国研究和开发的主要热点。

电动汽车用驱动电机的分类如图 1-2 所示。

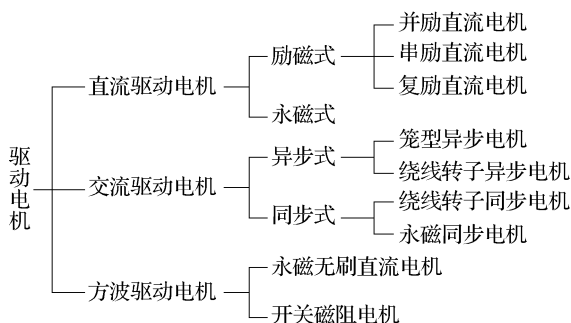


图 1-2 电动汽车用驱动电机的分类

四种典型电动汽车用电机的性能比较见表 1-1。

表 1-1 四种典型电动汽车用电机的性能比较

典型电机 \ 性能	直流电机	交流异步电机	永磁同步电机	开关磁阻电机
功率密度	低	中	高	较高
力矩转速性能	一般	好	好	好
转速范围/(r/min)	4 000~6 000	9 000~15 000	4 000~10 000	>15 000
功率因数/%	—	82~85	90~93	60~65
峰值效率/%	85~89	94~95	95~97	85~90
过载能力/%	200	300~500	300	300~500
电机质量	重	中	轻	轻
电机外形尺寸	大	中	小	小
可靠性	一般	好	优	好
结构坚固性	差	好	一般	优
控制操作性能	最好	好	好	好
控制器成本	低	高	高	一般