

新能源汽车电池及管理系统

主 编 李云阳 刘艳丰 高洪一

副主编 潘 多 李 卓

北京工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源汽车电池及管理系统 / 李云阳, 刘艳丰, 高洪一主编. -- 北京: 北京工业大学出版社, 2025. 7.

ISBN 978-7-5639-8857-0

I. U469.720.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025B49B28 号

新能源汽车电池及管理系统

XIN NENGYUAN QICHE DIANCHI JI GUANLI XITONG

主 编: 李云阳 刘艳丰 高洪一

责任编辑: 赵金杨 陈雪静

封面设计: 刘志伟

出版发行: 北京工业大学出版社 <http://press.bjut.edu.cn>

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编: 100124)

010-67391722 bgdcbs@bjut.edu.cn

经销单位: 全国各地新华书店

承印单位: 廊坊市广阳区九洲印刷厂

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 18

字 数: 373 千字

版 次: 2025 年 7 月第 1 版

印 次: 2025 年 7 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5639-8857-0

定 价: 49.80 元

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题, 请寄本社发行部调换 010-67391106)



前言

新能源汽车作为 21 世纪的新兴产业，近年来在全球范围内取得了迅猛发展。作为新能源汽车的核心部件，电池及管理系统不仅决定了新能源汽车的续航里程、安全性和寿命，还直接关系到整个新能源汽车市场的健康发展。鉴于此种情况，特编写本教材，供广大相关专业的学生、教师作为教材使用，同时也为从业人员提供一份内容全面、技术先进、数据翔实的参考资料。

本教材共 8 章，内容涵盖了新能源汽车电池的基本原理、类型与结构、性能特点、测试方法、管理系统，以及实际应用等多个方面。本教材具有以下特点。

1. 内容全面，技术先进

本教材全面且深入，涵盖了新能源汽车电池及管理系统的各个方面，从基本原理到实际应用，从性能测试到热管理。同时，本教材还注重技术的先进性和前瞻性，介绍了最新的研究成果和技术发展趋势，使学生能够紧跟新能源汽车行业发展的脚步。

2. 数据翔实，案例丰富

本教材融入了大量的数据和图表，对新能源汽车电池的性能特点、市场规模、发展趋势等进行了详细的分析和展示。同时，本教材通过对多个案例的介绍和剖析，可以有效地帮助学生深入理解并灵活应用所学知识，从而增强其实战能力。

3. 理论与实践相结合

本教材不仅注重理论知识的介绍，还强调实践操作的重要性。通过试验、剖析案例等多种形式，学生能够将理论知识与实践操作相结合，从而提高其解决实际问题的能力。

4. 前瞻性探讨

本教材在深入介绍现有技术的基础上，还对新能源汽车电池及管理系统的发展趋势进行了前瞻性探讨。具体内容包括但不限于电池材料的创新、管理系统的智能化、电池回收与再利用等方面，旨在为学生提供未来技术发展的深入思考和预测性见解。

5. 配套资源丰富

本教材配套的教学资源有课件、微课、动画、自测题，以及拓展阅读和附录。

在教材编写过程中，编写团队充分参考了国内外相关领域的最新研究成果和技术资料，包括《中国新能源汽车动力电池产业发展报告（2023）》《中国新能源汽车电池产业发展研究与市场前景报告（2024—2030年）》等权威报告。

同时，编写团队还结合我国新能源汽车行业的实际情况和发展需求，有针对性地调整和补充了教材内容，力求达到国际先进水平，并紧贴我国新能源汽车行业的实际需求。

本教材编写过程中，得到了众多专家学者的支持和帮助，在此，向他们表示衷心的感谢！同时，我们也期待广大读者能够积极使用本教材，并提出宝贵的意见和建议。让我们携手共进，共同推动我国新能源汽车行业的繁荣发展！

本教材由辽宁职业学院李云阳、刘艳丰、高洪一任主编，辽宁职业学院潘多、李卓任副主编。其中，李云阳负责全书的策划和统稿，并参与编写第1章第2节、第3节、第4节，第3章；高洪一参与编写第7章第3节和第8章；刘艳丰参与编写第1章第1节、第5章和第7章第1节；潘多参与编写第2章和第6章；李卓参与编写第4章、第7章第2节和附录。

限于编者水平，疏漏之处在所难免，恳请读者不吝赐教。

编者
2024年10月



《新能源汽车电池及管理系统》微信小程序入口



目录

第 1 章 电动汽车动力电池的发展	1
1.1 电动汽车的发展历程	2
1.1.1 动力电池的发展简史.....	2
1.1.2 驱动电机发展简史.....	4
1.1.3 电动汽车的发展历程.....	6
1.2 动力电池技术及其发展趋势.....	8
1.2.1 国内外动力电池技术现状.....	8
1.2.2 动力电池的发展趋势.....	8
1.3 动力电池驱动的车辆类型.....	9
1.3.1 场地车辆.....	9
1.3.2 电动滑板车、摩托车和自行车.....	10
1.3.3 电动汽车.....	11
1.3.4 轻轨和单轨.....	13
1.4 动力电池产业市场概况	14
1.4.1 市场和产业规模.....	14
1.4.2 行业知名企业概况.....	16
第 2 章 动力电池基础知识	19
2.1 电池的工作原理及分类.....	20
2.1.1 动力电池系统组成.....	20
2.1.2 电池的能量转换.....	22
2.1.3 电池的基本构成.....	23



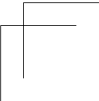
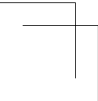
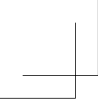
2.1.4	电池的分类	24
2.2	电池基本参数	25
2.2.1	电动势	25
2.2.2	电压	26
2.2.3	内阻	29
2.2.4	容量	30
2.2.5	能量密度	31
2.2.6	功率密度	32
2.2.7	电池状态	32
2.2.8	自放电率	33
2.2.9	循环寿命与成本	34
2.2.10	不一致性	34
2.3	电池充电方法	35
2.3.1	常规充电方法	36
2.3.2	充电发展趋势	42
第 3 章 车用动力电池的特征及测试		46
3.1	车辆对动力电池的要求	47
3.1.1	电动车辆驱动分析	47
3.1.2	车用动力电池的特征	51
3.1.3	动力电池评价参数	53
3.2	动力电池基本测试方法	54
3.2.1	测试目的	54
3.2.2	测试项目	55
3.2.3	安全测试举例	72
3.3	动力电池的典型测试设备	81
3.3.1	硬件测试设备	81
3.3.2	动力电池软件仿真工具	87
3.4	动力电池的国家标准	88
第 4 章 锂离子动力电池		92
4.1	锂离子电池概述	93
4.1.1	锂离子电池的发展	93

4.1.2	锂离子电池的优点及分类	93
4.1.3	锂离子电池的工作原理	95
4.1.4	锂离子电池的材料	95
4.2	三元和固态电池	100
4.2.1	三元锂离子电池	100
4.2.2	固态电池	103
4.3	锂离子电池性能特点	110
4.3.1	锂离子电池的充放电特性	110
4.3.2	锂离子电池的安全特性	117
4.3.3	锂离子电池的热特性	121
4.4	锂离子电池的应用	126
4.4.1	锂离子电池的应用类别	126
4.4.2	电动汽车用锂离子电池	127
第 5 章 其他动力电池及储能装置		134
5.1	铅酸动力电池	135
5.1.1	铅酸电池概况	135
5.1.2	铅酸电池的性能及影响因素	138
5.1.3	铅酸电池的应用以及面临的限制与挑战	144
5.2	镍氢动力电池	146
5.2.1	镍氢电池与镍镉电池的特性对比	146
5.2.2	镍氢电池的原理与结构	148
5.2.3	镍氢电池的特性	150
5.2.4	镍氢电池的应用	153
5.3	燃料电池	154
5.3.1	燃料电池概述	155
5.3.2	燃料电池的组成结构	157
5.3.3	燃料电池的特点及分类	158
5.3.4	燃料电池的工作特性	159
5.3.5	燃料电池系统的应用	160
5.4	其他电池与储能装置	162
5.4.1	锌空气电池	162



5.4.2	钠硫电池	164
5.4.3	锂硫电池	166
5.4.4	太阳能电池	167
5.4.5	超级电容	168
5.4.6	超高速飞轮	170
第6章 电池管理系统		174
6.1	BMS概述	175
6.1.1	BMS的基本构成和功能	175
6.1.2	数据采集方法	180
6.2	动力电池电量及其均衡管理	185
6.2.1	电量管理系统	185
6.2.2	均衡管理系统	192
6.3	动力电池热管理及安全管理	196
6.3.1	动力电池热管理系统	196
6.3.2	安全管理系统	201
6.3.3	其他实用功能	202
6.4	动力电池系统的数据通信	205
第7章 动力电池充电设施		208
7.1	电动汽车能量补给方式	209
7.1.1	换电方式	210
7.1.2	充电方式	214
7.2	电池充电特性及充电机	216
7.2.1	电池充电特性	216
7.2.2	整车电源系统	220
7.2.3	电池充电机	221
7.3	充电站的布局与运行	225
7.3.1	充电站的布局	226
7.3.2	充电站运行	231
第8章 动力电池的维护		238
8.1	动力电池系统日常保养	239

8.1.1 保养制度	240
8.1.2 保养操作	246
8.1.3 动力电池电池包拆装及处理	255
8.2 动力电池系统故障分析	259
8.2.1 故障分析方法	259
8.2.2 充电系统的常见故障	261
8.2.3 动力电池系统故障	264
8.2.4 电池的常见故障及其处理方法	268
参考文献	275
附 录	277





第1章 电动汽车动力电池的发展

知识目标	技能目标	素质目标
<ol style="list-style-type: none">1.了解电动汽车的发展历程。2.掌握动力电池技术及其发展趋势。3.了解动力电池驱动的车辆类型。4.了解动力电池产业市场概况	<ol style="list-style-type: none">1.能简述电动汽车的发展历程。2.能叙述动力电池的技术现状和发展趋势。3.能向客户介绍不同种类的电动汽车。4.能叙述目前动力电池产业的发展概况	<ol style="list-style-type: none">1.培养学生的团队协作、团队互助等意识。2.培养学生收集资料、整理资料的意识

电动汽车的问世给人们的生活带来了多方面的影响，它为人们的出行增加了一个选择。电动汽车提升了国家的能源安全和竞争力。电动汽车减少了人们对石油的需求，增加了能源的多元化和自主性，减少了能源进口的风险和成本。电动汽车减少了尾气排放，减少了空气污染和温室效应，改善了环境质量，提高了人们的健康水平，有助于实现碳达峰和碳中和的目标。电动汽车融合了电子、信息、通信、人工智能等多种先进技术，对汽车产业和交通运输行业的转型升级和创新发展具有强大的带动作用。同时，我国已经形成了较为完整的新能源汽车产业链，且拥有了一批具有自主创新能力和国际影响力的企业和品牌，在电池、电机、电控等核心技术领域取得了重要突破。

本章主要介绍动力电池和电动汽车的发展历程、现状、发展趋势，以及动力电池在不同新能源汽车中的应用，最后介绍行业内的一些代表性企业。



宁德时代凭什么能够快速崛起？

1.1 电动汽车的发展历程



电动汽车的发展历程

电动汽车的发展历史可以追溯到 19 世纪末，早在 1832 年，苏格兰科学家罗伯特·安德森 (Robert Anderson) 就发明了第一辆电动汽车的原型。随后，法国科学家加斯顿·普兰特 (Gaston Planté) 在 1859 年发明了一辆真正的电动汽车，美国发明家威廉·莫里斯 (William Mossis) 在 1891 年发明了第一辆商用电动汽车。在 20 世纪初，电动汽车一度成为主流交通工具，尤其是在美国和欧洲。

目前，电动汽车已经成为汽车行业的重要发展方向，随着电池技术的不断进步和政策的支持，电动汽车将继续快速发展。

1.1.1 动力电池的发展简史

电动汽车动力电池的发展简史可大致分为以下几个阶段。

1. 铅酸电池阶段 (19 世纪下半叶至 20 世纪初期)

(1) 起源与早期应用。1859 年，加斯顿·普兰特发明了可充电的铅酸电池。随着蓄电池技术的发展，19 世纪下半叶，电动汽车在欧美得到了较为广泛的运用，形成了蒸汽、电动和内燃机三分天下的车辆市场。

(2) 特点与局限。铅酸电池具有成本低、可靠性高等优点。然而，其能量密度低，导致电动汽车续航里程受限。随着美国得克萨斯州石油的开发和内燃机技术的提高，铅酸蓄电池汽车在 1920 年之后逐渐失去了市场优势，被内燃机驱动的汽车所取代。

2. 镍氢电池阶段 (20 世纪初期至后期)

(1) 技术突破。镍氢电池由日本乐天公司于 1998 年研发成功，并随后广泛应用于电动汽车中。

(2) 优势与不足。镍氢电池相比铅酸电池具有更高的能量密度、无污染、充放电效率高、使用寿命长等优点。但是，其成本较高，且容易出现“记忆效应”，影响放电性能。同时，镍氢电池的容积大，充电和放电速度慢，还存在安全隐患。

3. 锂离子电池阶段 (20 世纪 90 年代至今)

(1) 技术革新。1991 年，日本索尼公司推出了第一块商品化锂离子电池，掀起了电池工业的第一次革命。锂离子电池因能量密度大、工作稳定性好而迅速革新了消费电子产品的面貌，并广泛应用于市场。

(2) 电动汽车行业的复苏。锂离子电池的高能量密度和良好的循环性能促使电动汽车行业开始复苏。1996 年，日产汽车公司成功研发了世界上第一辆搭载圆柱形锂离子电池的电动车 Prairie Joy EV (图 1-1)，并在恶劣的气候条件下使用了 6 年，证明了锂

离子电池在极端条件下的可用性和耐久性。圆柱形锂离子电池如图 1-2 所示。



图 1-1 Prairie Joy EV



图 1-2 圆柱形锂离子电池

(3) 商业化进程。2008 年，Tesla Roadster 问世，成为首辆使用锂离子电池的商用汽车，也是第一辆续航里程超过 390 km 的电动汽车。此后，随着特斯拉等企业的推动，锂离子电池在电动汽车领域的应用越来越广泛。

(4) 技术创新与市场发展。动力电池产业在材料创新、结构创新、集成创新和装备创新等方面不断取得突破。

磷酸铁锂电池和三元锂电池成为当前新能源汽车市场的主流电池技术路线。磷酸铁锂电池以其高安全性、长寿命和低成本的特点，在电动汽车和混合动力汽车电池中占据重要地位；而三元锂电池则凭借其高能量密度和快充性能等优势，在中高端车型上占据核心地位。随着全球新能源汽车市场的快速发展，动力电池产业也将继续迎来新的发展机遇和挑战。

综上所述，电动汽车动力电池的发展经历了从铅酸电池到镍氢电池再到锂离子电

池的演变过程。每个阶段都有其特定的技术特点和市场应用情况，而锂离子电池的崛起则标志着电动汽车行业进入了一个新的发展阶段。

1.1.2 驱动电机发展简史

电动汽车驱动电机是电动汽车的核心部件之一，其作用是将电能转化为机械能并驱动车辆行驶。驱动电机需要具备高起动转矩、制动转矩和快速转矩响应等特性，以适应不同的行驶环境和驾驶员需求。同时，驱动电机还需要在恶劣的环境下正常工作，并具备良好的耐高温、耐潮湿性能。电动汽车驱动电机系统的协同工作确保了电动汽车的平稳运行和良好性能。

驱动电机发展历程如图 1-3 所示。



图 1-3 驱动电机发展历程



驱动电机
发展简史

1. 直流电机

(1)工作原理。直流电机由定子和转子两大部分组成，定子上有磁极(绕组式或永磁式)，转子上也有磁极(绕组式)。通电后，转子上会形成磁极，定子和转子的磁极之间有一个夹角，在定转子磁极(N极和S极之间)的相互吸引下，使电机旋转。改变电刷的位置，就可以改变定转子磁极夹角(假设以定子的磁极为夹角起始边，转子的磁极为夹角结束边，由转子的磁极指向定子的磁极的方向就是电机的旋转方向)的方向，从而改变电机的旋转方向。

(2)直流电机的优点。起步加速牵引力大，控制系统较简单。

(3)直流电机的缺点。成本高、体积大、质量大、机械换向器需保养、不适合高速运转。

2. 异步电机

(1)工作原理(三相)。当异步电机接入三相交流电后，定子绕组中将产生三相对称电流，气隙中将建立一个旋转磁场，这个旋转磁场将在转子中感应出相应的电流，该电流与气隙中的旋转磁场相互作用产生电磁转矩，从而带动电机运转(简单地说，就是电磁切割磁力线产生转矩)。

(2)异步电机的优点。结构简单、坚固耐用、成本低廉、运行可靠、低转矩脉动、低噪声、不需要位置传感器、转速极限高。

(3) 异步电机的缺点。驱动电路复杂，成本高；相对永磁电机而言，异步电机效率和功率密度偏低。

3. 永磁电机

(1) 工作原理。三相逆变器给电机的三相绕组供电，三相对称电流合成的旋转磁场与转子永久磁钢所产生的磁场相互作用产生转矩，拖动转子同步旋转，通过位置传感器实时读取转子磁钢位置，变换成电信号控制逆变器功率器件开关，调节电流频率和相位，使定子和转子磁势保持不变的位置关系，才能产生恒定的转矩，定子绕组中的电流大小是由负载决定的。定子绕组中三相电流的频率和相位随转子位置的变化而变化，使三相电流合成一个与转子同步的旋转磁场，通过电力电子器件构成的逆变电路的开关变化实现三相电流的换相，代替了机械换向器。

(2) 永磁电机的优点。损耗少，效率高；体积小，质量轻。

(3) 永磁电机的缺点。在环境温度较高的情况下，在出现冲击电流时，或在剧烈的机械振动时，可能产生不可逆退磁，使电机性能下降甚至无法使用。

4. 开关磁阻电机

(1) 工作原理。利用磁阻的不等，磁通总向磁阻小的路线集中，通电的定子以磁力吸引铁磁性的转子，使磁力产生切向分力，即产生对转子的转矩。定子的通电顺序是传感器检测到的转子位置相对应的最有利于对转子产生向前转动转矩的那一相定子通电，转过一定角度后又由下一个最有利于转子产生转矩的一相通电。不断变换通电的定子绕组相序，使转子连续朝一个方向转动。

(2) 开关磁阻电机的优点。结构简单，效率高，损耗少，调速范围广，可靠性好，符合电动汽车动力性能要求。

(3) 开关磁阻电机的缺点。控制系统复杂，噪声较大，输出转矩波动较大。

各种驱动电机性能对比见表 1-1。

表 1-1 各种驱动电机性能对比

种类指标	直流电机	异步电机	永磁电机	开关磁阻电机
功率密度	差	一般	好	一般
转矩转速特性	一般	好	好	好
转速范围/(r/min)	4000~6000	9000~15 000	4000~15 000	> 15 000
易操作性	最好	好	好	好
可靠性	差	好	一般	好
结构坚固性	差	好	一般	好
尺寸及质量	大、重	一般、一般	小、轻	小、轻
成本	高	低	高	低于感应电机
控制器成本	低	高	高	一般

1.1.3 电动汽车的发展历程

电动汽车的发展历程可以追溯到 19 世纪初期，其发展历程充满了技术革新与市场起伏。以下是电动汽车发展历程的简要介绍。

1. 早期发展阶段（19 世纪初期至 20 世纪初期）

（1）萌芽阶段。① 1830 年，罗伯特·安德森成功地将电动机安装在一辆马车上，这是电动汽车技术的早期尝试。② 1842 年，罗伯特·安德森与美国发明家托马斯·戴文波特(Thomas Davenport)合作，打造出世界上第一辆以电池为动力的电动汽车，这辆汽车采用的是不可充电的玻璃封装蓄电池。

（2）技术进步。① 1873 年，英国人罗伯特·戴维森(Robert Davidson)制作了世界上最初的可供实用的电动汽车，如图 1-4 所示，它采用的是铁、锌、汞合金与硫酸进行反应的一次电池。② 1880 年，可充放电的二次电池开始在汽车电源上得到应用，这是电动汽车技术的一次重大变革。



图 1-4 罗伯特·戴维森制作的世界上最初的可供实用的电动汽车

（3）商业化尝试。① 1881—1890 年，法国、美国等国开始有电动汽车的商业化尝试，如法国人古斯塔夫·特鲁夫(Gustave Trouve)展出电动三轮车，美国人摩西·法莫(Moses Famo)制造出可乘坐两人的电动汽车等。② 1899 年，德国人波尔舍(Porsche)发明轮毂电动机，并开发了 Lohner-Porsche 电动车(图 1-5)，它采用铅酸蓄电池作为动力源，由前轮内的轮毂电动机直接驱动。

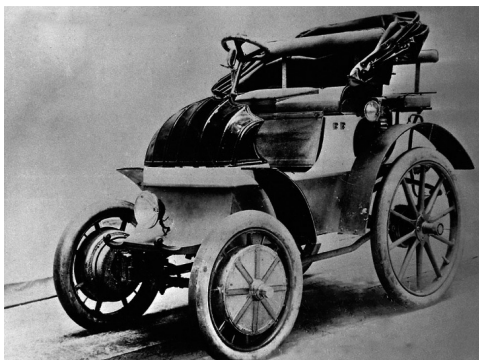


图 1-5 Lohner-Porsche 电动车

(4) 繁荣时期。① 19 世纪末至 1920 年, 电动汽车迎来一个发展高峰, 成为交通运输的重要产品。据统计, 到 1890 年全世界 4200 辆汽车中, 有 38% 为电动汽车。② 1900 年, 在美国制造的汽车中, 电动汽车的数量为 15 755 辆, 远超过蒸汽机汽车和汽油机汽车。

2. 衰落阶段 (20 世纪初期至 20 世纪中期)

(1) 内燃机汽车的崛起。① 1908 年, 福特汽车公司推出 T 型车, 并开始大批量生产, 内燃机汽车的成本大幅度下降。② 1913 年, 福特汽车公司建立了内燃机汽车装配流水线, 内燃机汽车进入了标准化、大批量生产阶段, 使得汽油机汽车价格更加低廉。

(2) 电动汽车的衰落。随着石油资源的不断开发和内燃机技术的不断提高, 燃油汽车逐渐占据了主导地位, 电动汽车因续航里程短、充电时间长等问题逐渐失去了竞争优势。1935 年, 电动汽车几乎在市场上消失。

3. 复兴阶段 (20 世纪 60、70 年代至今)

(1) 重新关注。20 世纪 60、70 年代, 石油危机的爆发引发了人们对能源和环境问题的关注, 电动汽车因其环保、节能等优点重新进入人们的视野。

(2) 技术进步。电池技术得到一系列发展, 电池容量、能量密度和循环寿命等性能显著提高。电机、电控等关键技术也不断取得突破, 电动汽车的续航里程和性能得到了大幅提升。

(3) 商业化进程。① 2003 年, 特斯拉汽车公司成立, 推出了多款高性能电动汽车, 如 Tesla Roadster (图 1-6)、Tesla Model S 等, 引领了电动汽车行业的复兴。② 自 21 世纪以来, 全球新能源汽车市场快速发展, 大量汽车厂家开始投入资金研发电动汽车, 推动了电动汽车技术的不断进步和商业化进程。



图 1-6 Tesla Roadster

电动汽车的发展历程经历了从萌芽、繁荣, 到衰落, 再到复兴的曲折过程。随着全球对环保和可持续发展的重视以及技术的不断进步, 电动汽车有望在未来成为交通运输领域的重要力量。

1.2 动力电池技术及其发展趋势

动力电池的革新可以追溯到 20 世纪末期和 21 世纪初期。最初的动力电池是铅酸电池，虽然成本低，但能量密度低，导致电动汽车的续航里程有限。随后，镍氢电池和锂离子电池的出现提高了电动汽车的续航里程，并成为主流动力电池。随着技术的不断进步，目前动力电池正在不断革新，包括固态电池、果冻电池、钠离子电池等新型电池技术正在研发和试验中。这些新电池技术有望进一步提高电池的能量密度和安全性，从而进一步推动电动汽车的发展。

1.2.1 国内外动力电池技术现状

钴酸锂电池是第一代运用在电动汽车领域的电池，虽然其产业成熟度高并有着在数码领域运用的经验，但是其本身有着制造成本高、循环充放电次数少、安全性能差等缺陷，于是被逐渐淘汰。



国内外动力电池
技术现状

锰酸锂和磷酸铁锂电池是第二代动力电池，磷酸铁锂电池比较有代表性，更广泛运用于新能源汽车。磷酸铁锂电池的正极材料为磷酸铁锂 (LiFePO_4)，负极材料为石墨。国内厂商中，比亚迪公司的磷酸铁锂电池技术近两年有所突破，该公司运用在电动叉车上的一套磷酸铁锂电池系统，电池在使用寿命上有所延长，可以循环充放电 4000 次。同时，其也克服了磷酸铁锂电池下易威胁安全运行的缺点，在 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 下也能正常工作，并且拥有快速充电系统。

第三代动力电池以三元材料电池为代表，三元材料是指电池正极有三种金属元素如镍、钴、锰等，这三种金属元素之间存在明显的协调效应，因此是目前主流比较看好的新型正极材料之一。纵览 2018 年的热门车型，更可以看出这样的趋势，主流的北汽、蔚来、比亚迪的多款新型纯电动汽车均使用三元材料电池。

第四代动力电池以燃料电池为代表。以氢燃料电池为例，该类型电池以氢气为燃料，其化学反应的唯一产物是水，不会产生一氧化碳、氮氧化物、硫氧化物、粉尘颗粒等对人体与环境有害的气体与物质。除了对环境友好，其能量密度高、体积小、容量大的优势也使其成为新能源汽车厂商追捧的对象。

1.2.2 动力电池的发展趋势

随着全球能源结构的转变，电动汽车和可再生能源的兴起，动力电池技术正面临着巨大的发展机遇和挑战。下面将从降低成本、提高能量密度、延长寿命、提升充电速度，以及强化安全性能等方面探讨动力电池技术的现状与未来的发展趋势。

1. 降低成本

动力电池是电动汽车的重要组成部分，其成本直接影响了电动汽车的售价和普及程度。因此，降低动力电池的成本是当前的重要任务。降低成本的主要方向包括提高电池的制造效率、使用更低成本的原材料，以及优化电池的设计和制造过程。

2. 提高能量密度

提高电池的能量密度可以增加电动汽车的续航里程，是电动汽车发展的关键。当前，科研人员正在研发各种新型电池技术，如固态电池，以期提高电池的能量密度。

3. 延长寿命

延长电池的寿命不仅可以延长电动汽车的使用寿命，还可以减少因更换电池带来的成本。电池寿命的延长主要通过改进电池的材料和设计，以及优化使用条件来实现。

4. 提升充电速度

快速充电技术是推动电动汽车普及的重要因素。当前，电动汽车的充电时间较长，对用户的便利性造成了一定的影响。因此，研发更快的充电技术是未来的发展趋势。

5. 强化安全性能

随着电动汽车的普及，电池的安全问题也引起了公众的关注。强化电池的安全性能是电动汽车发展的必要条件。主要的强化安全性能的方向包括使用更安全的材料、优化电池的设计，以及建立完善的电池管理系统。

1.3 动力电池驱动的车辆类型

1.3.1 场地车辆



电动场地车辆

1. 电动场地车辆

电动场地车辆是指在场内使用的电动车辆，包括电动高尔夫球车、电动观光车、电动巡逻车、电动代步车等。这些车辆通常由电池驱动，具有环保、节能、高效等优点，可以用于场地内的货物搬运、人员运输、安全巡逻等任务。电动场地车辆的操作简单，可以快速充电，适用于各种场所，如机场、车站、物流中心、工厂等。

2. 体育、娱乐类场地车辆

高尔夫球车是一种场地车辆，主要用于在高尔夫球场上运送球员、行李、球具等物品。它具有小巧、灵活、方便等特点。除了高尔夫球场，高尔夫球车还用于公园、景区、小区等场所的短距离代步和物品运输。高尔夫球车如图 1-7 所示。



图 1-7 高尔夫球车

高尔夫球车通常使用铅酸电池或锂电池作为动力电池。其中，铅酸电池较为常见，具有可靠性高、寿命长、价格低廉等优点；而锂电池则具有更高的能量密度和更长的工作时间，但价格较高。根据所需电压和容量的不同，电池的型号和规格也有所不同。

1.3.2 电动滑板车、摩托车和自行车

1. 电动滑板车

电动滑板车(图 1-8)是以传统人力滑板为基础，加上电力套件的交通工具。电动滑板车一般分为双轮驱动和单轮驱动，最常见的传动方式分别为轮毂电机和皮带驱动，其主要电力来源为锂电池组。电动滑板车的控制方式与传统电动自行车相同，因此这种操作方式容易被驾驶者学习。而且电动滑板车配备可拆装、可折叠的车座，比传统电动自行车结构简单、车轮小、轻巧便携，能节省大量的社会资源。近年来，锂电池的电动滑板车快速发展，催生了新的需求和态势。



图 1-8 电动滑板车

2. 电动摩托车

电动摩托车(图 1-9)也属于电动车的一种,用蓄电池来驱动电机行驶。电动摩托车的其他装置基本与内燃机的相同。按照最大速度或电机功率可分为电动轻便摩托车和电动普通摩托车两种类型。



图 1-9 电动摩托车

电动摩托车的组成包括电力驱动及控制系统、驱动力传动等机械系统、完成既定任务的工作装置等。电力驱动及控制系统是电动车的核心,也是与内燃机驱动车最大的不同点。电动摩托车的电池有多种类型,包括铅酸电池、锂离子电池等。

3. 电动自行车

电动自行车(图 1-10)是指以蓄电池作为辅助能源在普通自行车的基础上,安装了电机、控制器、蓄电池、转把、闸把等操纵部件和显示仪表系统的交通工具。



图 1-10 电动自行车

电动自行车的电池主要有铅酸电池、锂离子电池、镍镉电池和镍氢电池等类型。

1.3.3 电动汽车

电动汽车的种类繁多,根据动力来源和技术的不同,主要分为以下几类。

1. 纯电动汽车

纯电动汽车是仅由电力驱动的汽车,它们完全依赖可充电电池(如锂离子电池)来

提供动力。这种汽车的优势在于零排放、低噪声，以及相对较低的维护成本。然而，其续航里程受到电池容量和充电基础设施的限制。为了缓解这一问题，许多纯电动汽车都配备了快充技术，能够在较短时间内为电池充入大量电能。其代表车型包括荣威ERX5、比亚迪EV、帝豪EV，以及特斯拉的Model系列等。纯电动汽车如图 1-11 所示。



图 1-11 纯电动汽车

2. 混合动力汽车

混合动力汽车结合了燃油发动机和电动机两种动力源。它们可以在不同驾驶条件下灵活切换动力源，以达到节能减排的目的。根据动力分配方式的不同，混合动力汽车又可以分为普通混合动力汽车、插电式混合动力汽车，以及增程式混合动力汽车。混合动力汽车如图 1-12 所示。



图 1-12 混合动力汽车

(1) 普通混合动力汽车。普通混合动力汽车主要依靠发动机驱动，电动机在车辆启动、低速行驶或急加速时提供辅助动力。这类汽车不需要外接充电，但纯电续航里程相对较短。

(2) 插电式混合动力汽车。插电式混合动力汽车既能加油也能外接充电。其拥有更大的电池组，可以支持更长时间的纯电行驶。当电池电量耗尽时，可以切换到燃油模式继续行驶。

(3) 增程式混合动力汽车。增程式混合动力汽车的发动机只用于为电池充电，不直接驱动车轮。这类汽车始终由电动机提供动力，纯电续航里程较长，且能够享受新能源汽车的相关优惠政策。

3. 燃料电池汽车

燃料电池汽车以氢气为燃料，通过氢燃料电池将化学能转化为电能来驱动电动机。这类汽车的优点在于排放物仅为水，真正实现了零排放和零污染。此外，燃料电池的能量转换效率也远高于内燃机。然而，目前燃料电池汽车的发展还面临着氢气制取、储存和运输等方面的挑战。丰田推出的 Mirai 等车型是燃料电池汽车的代表。燃料电池汽车如图 1-13 所示。

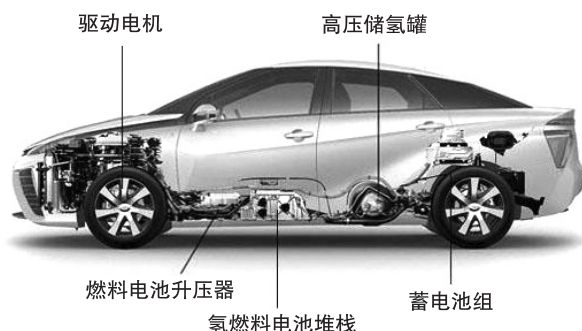


图 1-13 燃料电池汽车

综上所述，电动汽车涵盖了纯电动汽车、混合动力汽车（包括普通混合动力汽车、插电式混合动力汽车和增程式混合动力汽车），以及燃料电池汽车等多种类型。每种类型都有其独特的技术特点和市场定位，它们共同推动了电动汽车产业的快速发展。

1.3.4 轻轨和单轨

1. 轻轨

轻轨是城市轨道交通的一种重要形式，也是当今世界上发展最为迅猛的轨道交通形式。轻轨的机车质量和载容量要比一般列车小，因此称为“轻轨”。轻轨如图 1-14 所示。



图 1-14 轻轨

轻轨列车通常采用的电池类型包括锂离子电池、镍氢电池等，其中锂离子电池因其高能量密度、长寿命和较强的安全性，成为当前的主流选择。

2. 单轨

单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道运输系统，其轨道梁不仅是车辆的承重结构，同时也是车辆运行的导向轨道，为城市轨道交通线路制式的一种。

单轨系统的类型主要有两种：一种是车辆跨骑在单片梁上运行的方式，称为跨座式单轨系统(图 1-15)；另一种是车辆悬挂在单根梁上运行的方式，称为悬挂式单轨系统。



图 1-15 跨座式单轨系统

单轨的电池通常使用的是锂离子电池，这种电池具有高能量密度、长寿命、环保等优点。

1.4 动力电池产业市场概况

1.4.1 市场和产业规模

全球动力电池市场规模高速扩张，2020年1月—2022年4月中国动力电池产量数据如图 1-16 所示，行业内参与企业众多，竞争较为激烈，但行业排名前列的企业占据较高的市场份额，行业整体市场集中度较高。目前，我国部分企业已具备国际竞争力，在全球市场具备一定的竞争优势。

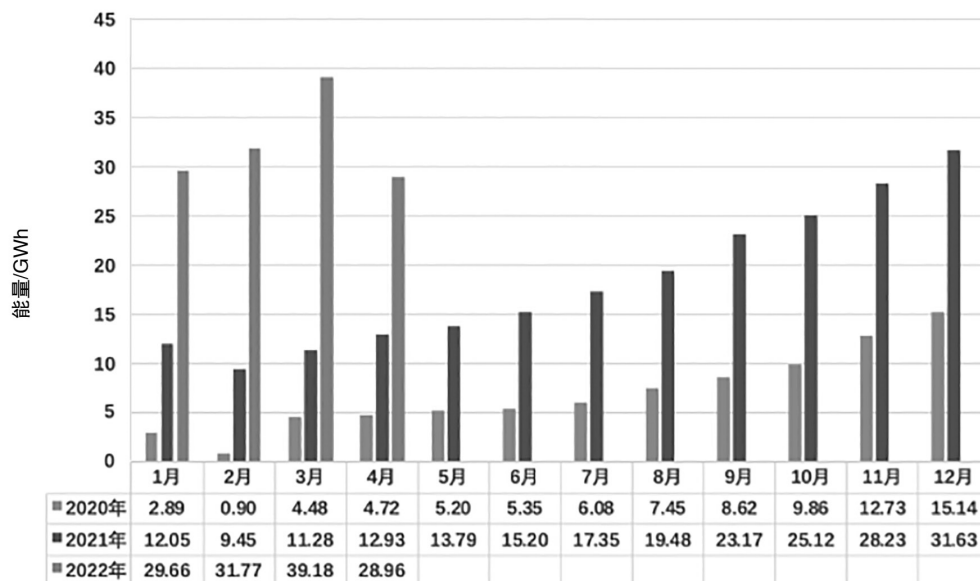


图 1-16 2020 年 1 月—2022 年 4 月中国动力电池产量数据

1. 当前市场规模

2023 年，全球汽车动力电池市场规模已经达到 992.51 亿美元。这一数字显示了全球动力电池市场的巨大潜力和快速增长的趋势。

2. 未来市场预测

在预测期内（2024—2030 年），全球动力电池市场将以 26.96% 的复合增长率高速扩张。预计到 2030 年，全球动力电池市场规模将达到 5277.60 亿美元。这一预测基于全球电动化趋势的加速以及新能源汽车市场的不断扩张。

3. 市场增长驱动因素

(1) 电动化趋势。全球范围内对环保和可持续发展的重视，推动了电动汽车的普及和动力电池市场的增长。

(2) 政策支持。各国政府为鼓励新能源汽车的发展，纷纷出台了一系列补贴和政策支持措施，进一步促进了动力电池市场的增长。

(3) 技术进步。动力电池技术的不断创新和进步，提高了电池的能量密度、安全性和循环寿命，降低了成本，推动了市场的扩张。

(4) 市场需求。随着消费者对电动汽车接受度的提高，以及新能源汽车在性能和价格上的不断优化，市场需求持续增长。

4. 市场竞争格局

目前，全球动力电池市场呈现出高度集中的竞争格局。宁德时代、比亚迪等中国企业在市场中占据主导地位，市场份额不断提升。同时，LG 新能源、松下、SK On 等韩国和日本企业也是市场中的重要参与者。这些企业通过技术创新、产能扩张和市场

拓展等手段，不断提升自身的竞争力。

5. 中国市场的表现

中国作为全球最大的电动汽车市场和动力电池生产国，在动力电池市场中占据举足轻重的地位。中国企业在技术创新、产能扩张和市场份额等方面均表现出色，推动了全球动力电池市场的快速发展。

综上所述，全球动力电池市场规模庞大且增长迅速，未来将继续保持高速发展的态势。中国企业在市场中占据主导地位，并有望在未来进一步巩固和提升自身的市场份额。

1.4.2 行业知名企业概况

中国是全球最大的新能源汽车市场，也就意味着动力电池行业竞争激烈。2021年中国动力电池市场份额如图1-17所示。下面将介绍一些行业内部具有代表性的企业。



行业知名企业概况

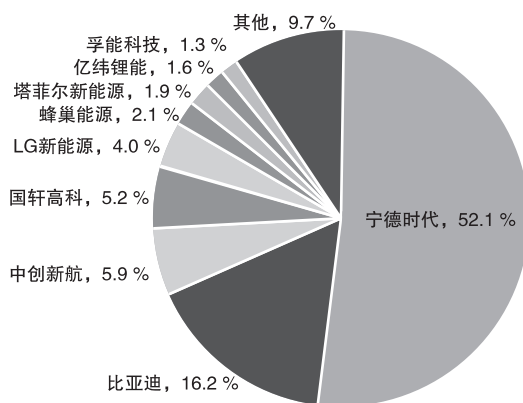


图 1-17 2021 年中国动力电池市场份额

1. 宁德时代

宁德时代是全球动力电池行业的领头羊。2023年，其全球动力电池使用量市占率为36.8%，连续7年位居全球第一；同时，全球储能电池出货量市占率为40%，也连续3年排名全球第一。宁德时代拥有广泛的电池产品线，包括凝聚态电池、三元高镍电池、三元高压中镍电池、M3P电池、磷酸铁锂电池，以及钠离子电池等，能满足快充、长寿命、长续航、高安全、宽温度适应性等多种功能需求。其发布的神行电池、M3P电池、麒麟电池等产品广受市场好评。

2. 比亚迪

比亚迪在动力电池领域的市场份额持续增长。在国内市场，比亚迪的动力电池装机量市场份额稳居前列；在全球市场上，比亚迪也成功跻身全球动力电池装机量第二的位置。比亚迪长期致力于磷酸铁锂电池的研发，并通过推出刀片电池等技术革新，有效提高了磷酸铁锂电池的能量密度，满足了广大用户的实际需求。比亚迪的磷酸铁锂

电池以价格实惠、寿命长久和高安全性著称，在市场上具有显著的竞争优势。

3. 中创新航

中创新航是中国第三方动力电池企业中的佼佼者。按 2021 年装机量计，中创新航在中国第三方动力电池企业中排名第二；在全球动力电池企业中排名也较为靠前。中创新航具有全方位自主研发能力，并能独立完成动力电池生产。公司率先推出了高电压三元电池、“弹匣”电池、全极耳叠片电池和“One-stop battery”电池等创新产品，满足了新能源车与储能系统产品高安全、高能量密度、长寿命的关键需求。

当然，动力电池行业内部具有代表性的企业还有很多，这些企业在技术创新、市场份额、产能扩张等方面均表现出色。未来，随着新能源汽车市场的不断扩张和技术的不断进步，这些企业将继续发挥引领作用，推动动力电池行业的健康发展。

拓展阅读



半固态电池

核心要点总结

1. 电动汽车的影响与发展

(1) 提升能源安全与竞争力：电动汽车减少对石油的依赖，增强国家能源安全和竞争力。

(2) 改善环境质量：减少尾气排放，降低空气污染和温室效应，有助于实现碳达峰和碳中和目标。

(3) 推动产业转型升级：融合多种先进技术，带动汽车产业和交通运输行业的创新发展。

2. 电动汽车的发展历程

(1) 早期发展阶段(19 世纪初期至 20 世纪初期)：电动汽车技术初步成型，并在商业化上有所尝试。

(2) 衰落阶段(20 世纪初期至 20 世纪中期)：内燃机汽车的兴起导致电动汽车逐渐衰落。

(3) 复兴阶段(20 世纪 60、70 年代至今)：石油危机引发对电动汽车的重新关注，技术突破和政策支持推动其快速发展。

3. 动力电池的发展简史

(1) 铅酸电池阶段：成本低但能量密度也低，逐渐被淘汰。

- (2) 镍氢电池阶段：能量密度高于铅酸电池，但成本较高且存在记忆效应。
- (3) 锂离子电池阶段：高能量密度、良好循环性能，成为主流动力电池技术。

4. 动力电池技术及其发展趋势

(1) 国内外动力电池技术现状：磷酸铁锂电池、三元材料电池等主流技术各有优劣，燃料电池作为新一代电池技术备受关注。

(2) 动力电池的发展趋势：降低成本、提高能量密度、延长寿命、提升充电速度、强化安全性能。

5. 动力电池驱动的车辆类型

- (1) 场地车辆：如电动场内车辆（电动叉车、电动牵引车等）、高尔夫球车等。
- (2) 电动滑板车、摩托车和自行车。其特点是轻便、环保，适合短途出行。
- (3) 电动汽车：包括纯电动汽车、混合动力汽车（普通混合动力汽车、插电式混合动力汽车、增程式混合动力汽车）、燃料电池汽车等。
- (4) 轻轨和单轨：使用锂离子电池等高效能电池，提供稳定动力支持。

6. 动力电池产业市场概况

(1) 市场和产业规模：全球动力电池市场规模持续增长，预计未来几年将保持高速增长态势。

(2) 市场竞争格局：宁德时代、比亚迪等企业占据主导地位，市场竞争激烈。


(3) 行业知名企业概况：介绍了宁德时代、比亚迪、中创新航等行业领军企业的技术实力、市场地位和发展策略。

本章详细介绍了电动汽车的发展历程、动力电池的技术演变及市场现状，并展望了未来的发展趋势。随着技术进步和政策支持，电动汽车及其动力电池产业将迎来更加广阔的发展前景。



知识图谱与 AI 辅助

思考与练习

在线测试	思考题
 扫一扫 测一测	<ol style="list-style-type: none">1. 电动汽车的发展历史是怎样的？2. 动力电池的发展趋势会是怎样的？3. 目前电动汽车应用的动力电池有哪些种类？4. 电动汽车有哪些主要类型？5. 你还知道哪些动力电池行业知名企业？