



新能源汽车技术百问百答系列

高建平 郝建国◎主编

电动汽车关键技术

200

问



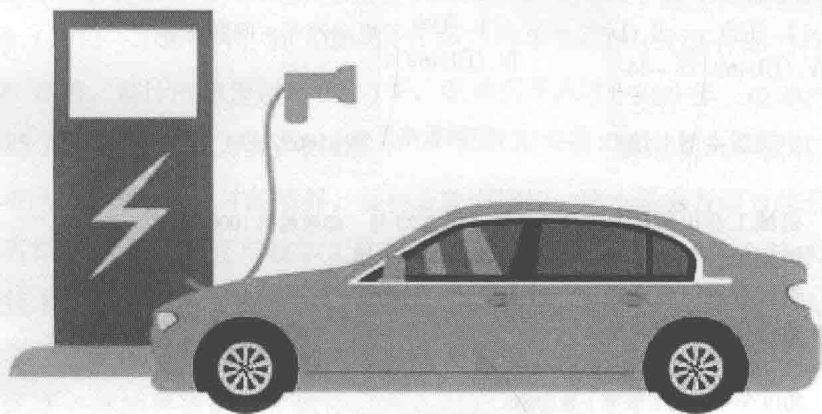
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新能源汽车技术百问百答系列

电动汽车

关键技术200问

高建平 郝建国 主编



机械工业出版社

电动汽车是采用新型动力系统的汽车,它的“三电”系统(即动力电池、电驱动和电控)是与传统汽车相区别的最核心技术。同时电动汽车中也有很多其他的核心技术需要我们了解和掌握,包括匹配与集成技术、整车辅助系统技术、整车安全技术、电磁兼容技术、轻量化技术、试验与评价技术等。本书围绕这些关键技术提出问题并进行解答、讨论,希望为从事电动汽车相关工作的一般技术人员提供一个快速、全面了解电动汽车及其核心技术的途径。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车关键技术 200 问 / 高建平, 郝建国主编. —北京:
机械工业出版社, 2019. 3
(新能源汽车技术百问百答系列)
ISBN 978-7-111-61881-2

I. ①电… II. ①高… ②郝… III. ①电动汽车—问题解答
IV. ①U469. 72—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 018692 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 何士娟 责任编辑: 何士娟

责任校对: 杜雨霏 封面设计: 马精明

责任印制: 李 昂

北京机工印刷厂印刷

2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17.5 印张 · 339 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61881-2

定价: 59.90 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

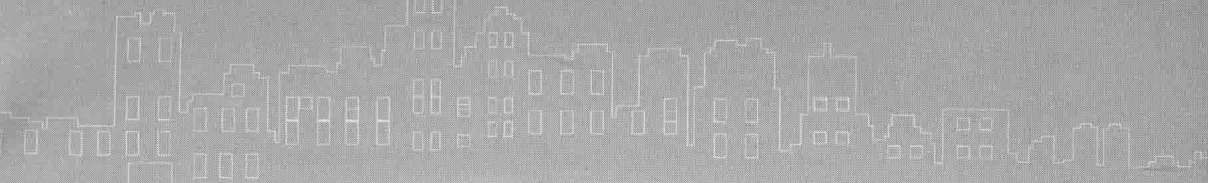
读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com



前言

面对能源和环境的挑战，电动汽车已成为世界各国的共同选择，中国在“十二五”期间正式提出并确立了“纯电驱动”的转型战略，并已连续多年成为全球电动汽车产销第一大国。

然而，电动汽车的技术链复杂，产业链很长，涉及的上下游企业及科研院所的从业人员众多，目前面临的核心问题是人才缺乏。按照《节能与新能源汽车产业发展规划》（2012—2020年）：到2020年，纯电动汽车和插电式混合动力汽车生产能力达200万辆、累计产销量超过500万辆。据此测算，到2020年，电动汽车人才总量将达85万人，缺口68万人。因此，如何让更多的人了解电动汽车及其相关技术，促进电动汽车相关技术人才的培养，显得重要而迫切。这也是编者编写此书的初衷。

编者结合自己的研究与教学工作经历，对电动汽车的三大核心技术及一些共性关键技术知识点进行了提取，以问答的方式进行阐述。本书可作为从事电动汽车相关领域研发人员、工程技术人员和技术管理人员的参考书，也可作为对电动汽车技术感兴趣的普通读者了解电动汽车的科普读本。

本书由高建平、郝建国主编，韩守亮、王印东、纪秉男、郝斌、雷朝阳、屈俊凯、宋哲、郭占正、杨晴霞、彭巧励参与了编写。此外，本书在编写过程中也参考了许多文献资料，对书中所引参考文献的作者，以及由于作者疏漏而没有列入参考文献的作者致以衷心的感谢！

由于水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

1

第1章 技术概述

问题1 电动汽车的类型及其主要技术特征是什么? / 2

问题2 电动汽车的典型结构是怎样的? / 6

问题3 电动汽车的关键技术有哪些? / 8

问题4 燃料电池汽车会是汽车产业的主流吗? / 11

问题5 电动汽车技术的变革趋势会是怎样的? / 12

2

第2章 整车技术与测试评价技术

问题6 纯电动汽车的驱动形式有哪些? / 20

问题7 纯电动汽车的性能评价指标有哪些? / 23

问题8 纯电动汽车的典型结构形式有哪些? / 24

问题9 混合动力汽车的类型主要有哪几种? / 26

问题10 混合动力汽车的关键部件有哪些? / 29

问题11 并联式混合动力汽车动力总成的组成是怎样的? / 29

问题12 并联式混合动力汽车动力总成的结构形式是怎样的? / 30

问题13 串联式混合动力汽车动力总成的组成是怎样的? / 31

问题14 串联式混合动力汽车动力总成的结构形式是怎样的? / 32

问题15 混联式混合动力汽车动力总成的组成是怎样的? / 33

- 问题 16 混联式混合动力汽车动力总成的结构形式是怎样的? / 33
- 问题 17 插电式混合动力汽车机电耦合系统的分类有哪些? / 34
- 问题 18 插电式混合动力汽车机电耦合系统的工作原理是什么? / 34
- 问题 19 插电式混合动力汽车的工作模式有哪些? / 39
- 问题 20 增程式电动汽车的工作模式有哪些? / 40
- 问题 21 如何匹配电动汽车的整车功率? / 40
- 问题 22 如何匹配电动汽车的传动系统? / 42
- 问题 23 如何匹配电动汽车的储能系统? / 42
- 问题 24 纯电动汽车的驱动电机与传动系统是如何匹配的? / 44
- 问题 25 并联式混合动力汽车的动力总成是如何匹配的? / 46
- 问题 26 串联式混合动力汽车的动力总成是如何匹配的? / 52
- 问题 27 混联式混合动力汽车的动力总成是如何匹配的? / 52
- 问题 28 电动汽车动力系统集成技术是什么? / 57
- 问题 29 本田 IMA 混合动力系统是怎样的一种混合动力系统? / 58
- 问题 30 通用双模混合动力系统是怎样的一种混合动力系统? / 60
- 问题 31 燃料电池汽车动力系统结构是怎样的? / 62
- 问题 32 燃料电池汽车整车集成有哪些关键技术? / 64
- 问题 33 电动汽车的安全隐患主要有什么? / 65
- 问题 34 电动汽车高压防护措施有哪些? / 65
- 问题 35 什么是功能安全技术与 ISO26262? / 66
- 问题 36 电动汽车为什么存在电磁兼容问题? / 67
- 问题 37 电动汽车电气系统电磁兼容性设计方法有哪些? / 68
- 问题 38 电动汽车中抑制电磁干扰的技术措施有哪些? / 70
- 问题 39 汽车轻量化的实现途径有哪些? / 71
- 问题 40 汽车轻量化工艺主要有哪些? / 72
- 问题 41 汽车用轻质材料主要有哪些? / 74
- 问题 42 电动汽车电能供给方式有哪几种? / 75
- 问题 43 什么是交流慢充和直流快充? / 76
- 问题 44 交流充电桩、充电站和电池更换站分别是什么? / 76
- 问题 45 我国动力电池的标准体系是怎样的? / 78
- 问题 46 锂离子电池测试试验项目具体包括哪些内容? / 80
- 问题 47 驱动电机及其控制器认证测试包含哪些内容? / 84

问题 48 电动汽车整车评价的测试方法主要有哪几种? / 86

问题 49 电动汽车整车评价的测试指标主要有哪些? / 88

3

第 3 章 储能装置与管理技术

问题 50 电动汽车动力电池系统的组成是怎样的? / 91

问题 51 电动汽车动力电池的类型有哪些? / 92

问题 52 动力电池的性能指标有哪些? / 93

问题 53 铅酸动力电池的工作特点是什么? / 94

问题 54 镍氢动力电池的工作特点是什么? / 95

问题 55 锂离子电池的分类有哪些? / 96

问题 56 锂离子电池的结构是怎样的? / 97

问题 57 锂离子电池的工作原理是什么? / 98

问题 58 锂离子电池的工作特点是什么? / 99

问题 59 未来动力电池的发展趋势是怎样的? / 100

问题 60 石墨烯电池是怎样的一种电池? / 101

问题 61 金属空气电池的常见类型有哪些? / 102

问题 62 金属空气电池的工作原理是什么? / 103

问题 63 超级电容器的分类有哪些? / 104

问题 64 超级电容器的结构是怎样的? / 105

问题 65 碳电极双电层超级电容器的工作原理和特点是什么? / 105

问题 66 金属氧化物电极超级电容器的工作原理和特点是什么? / 106

问题 67 导电高分子聚合物电极超级电容器的工作原理和特点是什么? / 106

问题 68 碳镍体系电极超级电容器的工作原理和特点是什么? / 107

问题 69 超级电容器组管理系统的主要功能是什么? / 107

问题 70 超级电容器组管理系统的组成有哪些? / 108

问题 71 飞轮电池的结构是怎样的? / 109

问题 72 飞轮电池的工作原理是什么? / 110

问题 73 什么是燃料电池? / 110

问题 74 燃料电池常见的类型有哪些? / 110

- 问题 75 碱性燃料电池的工作原理与特点是什么? / 111
- 问题 76 磷酸燃料电池的工作原理与特点是什么? / 112
- 问题 77 熔融碳酸盐燃料电池的工作原理与特点是什么? / 113
- 问题 78 固体氧化物燃料电池的工作原理与特点是什么? / 114
- 问题 79 质子交换膜燃料电池的工作原理与特点是什么? / 115
- 问题 80 质子交换膜燃料电池的基本结构是什么? / 116
- 问题 81 质子交换膜燃料电池中流场的种类有哪些? / 118
- 问题 82 质子交换膜燃料电池的热管理是什么? / 120
- 问题 83 质子交换膜燃料电池的水管理是什么? / 121
- 问题 84 燃料电池的氢气存储方法有哪些? / 122
- 问题 85 燃料电池汽车用氢是如何保证安全的? / 122
- 问题 86 什么是电池成组技术? / 123
- 问题 87 为什么要重视电池成组技术? / 124
- 问题 88 动力电池报废回收再利用的方式有哪些? / 125
- 问题 89 什么是动力电池的梯次利用? / 125
- 问题 90 什么是动力电池的拆解回收? / 125
- 问题 91 动力电池管理系统 (BMS) 的作用是什么? / 126
- 问题 92 BMS 的构成与主要功能是什么? / 127
- 问题 93 电池热管理系统的功能有哪些? / 129
- 问题 94 什么是 BMS 的电池荷电状态 (SOC) 估计? / 129
- 问题 95 什么是 BMS 的电池安全技术? / 132
- 问题 96 什么是 BMS 的电池热管理技术? / 134
- 问题 97 什么是 BMS 的电池均衡技术? / 135
- 问题 98 什么是电池均衡算法? / 135
- 问题 99 均衡电路设计有哪些类型? / 136

4

第 4 章 电驱动系统技术

- 问题 100 IGBT 的结构与工作原理是什么? / 138
- 问题 101 电力半导体器件驱动电路的具体形式是什么? / 139

- 问题 102 整流电路的作用是什么? / 140
- 问题 103 整流电路有哪几种类型? / 140
- 问题 104 逆变电路的作用是什么? / 141
- 问题 105 逆变电路的分类有哪些? / 142
- 问题 106 支撑电容器的作用是什么? / 142
- 问题 107 支撑电容器的类型及其特点是什么? / 143
- 问题 108 电驱动系统的特性要求是什么? / 144
- 问题 109 电驱动系统的组成有哪些? / 144
- 问题 110 电驱动系统的作用是什么? / 145
- 问题 111 电驱动系统的结构形式有哪些? / 145
- 问题 112 纯电动汽车电驱动系统的特点是什么? / 147
- 问题 113 混合动力汽车驱动系统的特点是什么? / 148
- 问题 114 驱动电机的特性要求是什么? / 149
- 问题 115 常用电机及其驱动控制系统的分类是什么? / 150
- 问题 116 永磁同步电机的结构是怎样的? / 150
- 问题 117 永磁同步电机的优点有哪些? / 151
- 问题 118 永磁同步电机的缺点有哪些? / 152
- 问题 119 永磁同步电机的工作原理是什么? / 153
- 问题 120 永磁同步电机的工作特性是什么? / 155
- 问题 121 永磁同步电机的控制方法有哪些? / 155
- 问题 122 永磁同步电机恒压频比开环控制的控制思路是怎样的? / 155
- 问题 123 永磁同步电机矢量控制的控制思路是怎样的? / 156
- 问题 124 永磁同步电机直接转矩控制的控制思路是怎样的? / 158
- 问题 125 永磁同步电机的智能控制是什么? / 158
- 问题 126 交流异步电机的结构是什么? / 159
- 问题 127 交流异步电机的特点是什么? / 160
- 问题 128 交流异步电机的工作原理是什么? / 161
- 问题 129 交流异步电机的运行特性是什么? / 162
- 问题 130 交流异步电机的调速控制方法有哪些? / 163
- 问题 131 交流异步电机恒压频比开环控制 (VVF) 的策略是怎样的? / 163

- 问题 132 交流异步电机转差控制的策略是怎样的? / 164
- 问题 133 交流异步电机矢量控制 (VC) 的策略是怎样的? / 164
- 问题 134 交流异步电机直接转矩控制的策略是怎样的? / 165
- 问题 135 开关磁阻电机的结构是怎样的? / 167
- 问题 136 开关磁阻电机的特点有哪些? / 168
- 问题 137 开关磁阻电机的工作原理是什么? / 168
- 问题 138 开关磁阻电机的运行特性是什么? / 169
- 问题 139 开关磁阻电机的控制方法有哪些? / 170
- 问题 140 开关磁阻电机的角度位置控制策略是怎样的? / 171
- 问题 141 开关磁阻电机的电流斩波控制策略是怎样的? / 172
- 问题 142 开关磁阻电机的电压控制策略是怎样的? / 172
- 问题 143 各类电机的性能比较是怎样的? / 173
- 问题 144 各类电机的应用现状是怎样的? / 174
- 问题 145 电驱动系统的发展趋势分哪几个方向? / 174
- 问题 146 驱动电机的发展方向是什么? / 175
- 问题 147 驱动电机控制技术的发展方向是什么? / 176
- 问题 148 电机控制系统的发展方向是什么? / 179

5

第5章 电控系统技术

- 问题 149 什么是电动汽车的电控系统? / 182
- 问题 150 整车控制器的组成有哪些? / 183
- 问题 151 整车控制器的功能划分是怎样的? / 184
- 问题 152 整车控制器的开发方法是什么? / 185
- 问题 153 整车控制器的开发流程是怎样的? / 186
- 问题 154 整车控制器的开发平台须具备的功能有哪些? / 187
- 问题 155 整车控制策略的流程是怎样的? / 189
- 问题 156 什么是故障诊断策略? / 190
- 问题 157 故障诊断系统是如何进行故障的识别与处理的? / 191
- 问题 158 故障诊断系统是如何进行故障信号的去抖的? / 192

- 问题 159 故障诊断系统是如何进行故障信号的自愈的? / 193
- 问题 160 故障诊断系统是如何进行故障存储管理的? / 193
- 问题 161 故障诊断系统的电控单元与测试仪之间是如何通信的? / 194
- 问题 162 测试仪的接插口规则是什么? / 195
- 问题 163 测试仪是如何与电控单元进行通信的? / 196
- 问题 164 什么是车载诊断系统 (OBD)? / 198
- 问题 165 什么是开放式诊断数据交换 (ODX)? / 199
- 问题 166 ISO26262 是如何定义汽车的功能安全的? / 200
- 问题 167 功能安全管理中安全性和可靠性的分析方法有哪些? / 201
- 问题 168 失效模式与影响分析 (FMEA) 是如何实施的? / 203
- 问题 169 功能安全管理中的改进措施有哪些? / 205
- 问题 170 什么是 CAN 标定协议 CCP? / 207
- 问题 171 CCP 协议中数据获取的方式有哪些? / 210
- 问题 172 一个完整的 CCP 标定系统软件组成是怎样的? / 211
- 问题 173 基于 CCP 协议的 ECU 标定系统的工作原理是什么? / 212
- 问题 174 基于 CCP 协议的标定工具主要有哪些? / 213
- 问题 175 CANape 的基本功能有哪些? / 214
- 问题 176 CANape 的特点是什么? / 215
- 问题 177 什么是通用型标定协议 XCP? / 216
- 问题 178 整车控制器的发展现状是怎样的? / 218
- 问题 179 我国整车控制器存在的主要问题有哪些? / 219
- 问题 180 国外整车控制器发展的基本情况是怎样的? / 219



第 6 章 电动化底盘平台技术

- 问题 181 电动汽车的底盘有哪些特点? / 221
- 问题 182 电动助力转向系统 (EPS) 的特点是什么? / 223
- 问题 183 EPS 的类型有哪些? / 224
- 问题 184 EPS 的组成有哪些? / 224
- 问题 185 EPS 的工作原理是什么? / 226

- 问题 186 电动汽车空调制冷调节方式有哪几种? / 227
- 问题 187 热电偶空调系统的工作原理是什么? / 227
- 问题 188 余热制冷空调系统的工作原理是什么? / 228
- 问题 189 电动压缩机空调系统的工作原理是什么? / 230
- 问题 190 什么是电液复合制动技术? / 231
- 问题 191 电液复合制动系统与传统液压制动系统的区别有哪些? / 231
- 问题 192 电液并联复合制动系统的结构是怎样的? / 232
- 问题 193 电液并联复合制动系统的控制策略是什么? / 233
- 问题 194 完全可控电液复合制动系统的结构是怎样的? / 236
- 问题 195 完全可控电液复合制动系统的控制策略是什么? / 237
- 问题 196 电动汽车上采用的总线有哪些类型? / 239
- 问题 197 CAN 总线有哪些特点? / 240
- 问题 198 LIN 总线有哪些特点? / 241
- 问题 199 FlexRay 总线有哪些特点? / 242
- 问题 200 CAN 总线组合仪表系统是什么? / 243

7

第7章 智能网联技术

- 问题 201 什么是智能电网? / 246
- 问题 202 智能电网的特点有哪些? / 246
- 问题 203 智能电网的关键技术有哪些? / 247
- 问题 204 什么是电动汽车入网技术 (V2G)? / 248
- 问题 205 V2G 的核心思想是什么? / 249
- 问题 206 V2G 技术的功能有哪些? / 249
- 问题 207 电动汽车与电网互动的关键技术有哪些? / 251
- 问题 208 电动汽车充放电装置的设计方案有哪些? / 251
- 问题 209 智能测量和通信系统的设计方案是什么? / 253
- 问题 210 电动汽车与电网互动的控制策略有哪些? / 254
- 问题 211 电动汽车与电网互动的商业模式有哪些? / 254
- 问题 212 什么是车联网? / 255

- 问题 213 车联网系统的架构是怎样的? / 256
- 问题 214 车联网具有哪些特征? / 256
- 问题 215 车联网的关键技术有哪些? / 257
- 问题 216 什么是智能交通系统 (ITS)? / 258
- 问题 217 什么是智能网联汽车? / 258
- 问题 218 V2X 技术与车联网有什么不同? / 259
- 问题 219 什么是 DSRC? / 260
- 问题 220 什么是 LTE-V / 261
- 问题 221 DSRC 与 LTE-V 的技术比较是怎样的? / 262
- 问题 222 什么是电动汽车远程监控系统? / 263
- 问题 223 电动汽车远程监控系统包含哪些组件? / 263
- 问题 224 电动汽车远程监控系统的功用有哪些? / 264
- 问题 225 电动汽车远程监控系统的工作模式有哪些? / 264
- 问题 226 电动汽车远程监控系统的主要技术有哪些? / 265

参考文献



第1章

技术概述





问题 1 电动汽车的类型及其主要技术特征是什么？

电动汽车是主要以动力电池或超级电容为能量源、全部或部分由电机驱动的汽车。按照目前技术状态和车辆驱动原理，电动汽车主要可分为纯电动汽车（BEV）、燃料电池电动汽车（FCEV）和混合动力电动汽车（HEV）三种类型。

其中，混合动力电动汽车一般可以分为普通混合动力汽车、插电式混合动力汽车（PHEV）以及增程式混合动力汽车（E-REV）等。同时，混合动力电动汽车（HEV）又有很多种形式。根据内燃机和驱动电机的布置结构和动力耦合方式，混合动力电动汽车又可以细分为四种类型：串联式混合动力汽车（SHEV）、并联式混合动力汽车（PHEV）、混联式（串并联）混合动力汽车（SPHEV）和复合式混合动力汽车（CHEV）等，如图 1-1 所示。

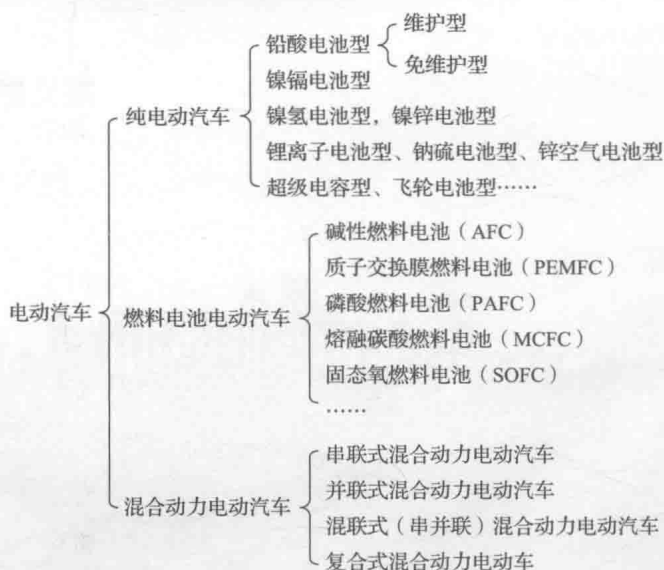


图 1-1 电动汽车的分类

根据混合度的不同，混合动力电动汽车可再细分：①弱混合型，也称微混合型， $H < 10\%$ ；②轻度混合型， $H < 20\%$ ；③中度混合型， $H < 30\%$ ；④重度混合型，也称全混合、强混合型， H 一般为 50% ；⑤插电式混合型包括增程式电动汽

车动力系统, $H > 50\%$ 。混合类型不同, 节油效果不同, 所需的电池容量和电压也不同。其分类如图 1-2 所示。

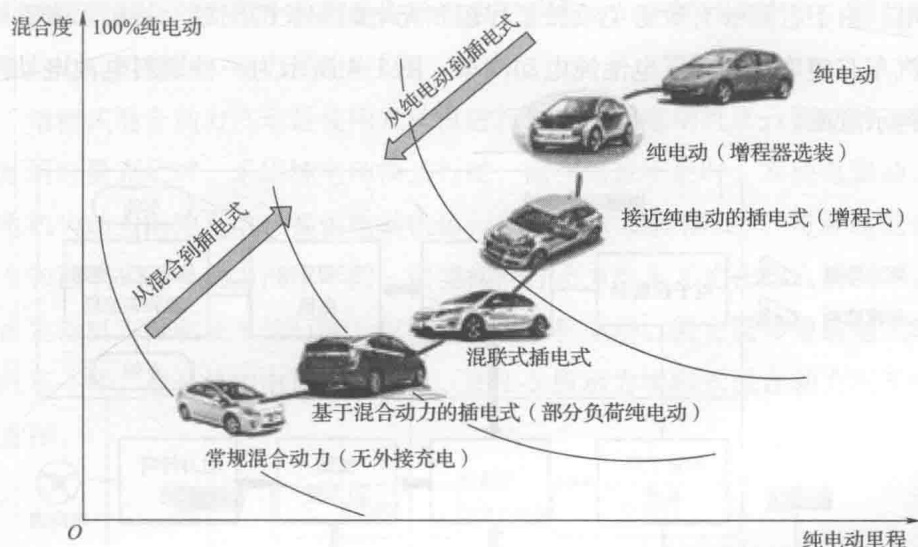


图 1-2 按照混合度分类的车型

还有一些新型电动汽车, 主要是利用一些新型能源进行车载发电, 全部或部分由电机驱动的汽车。目前应用到车上的新型能源主要有太阳能、风能等可再生能源以及核能等, 相应地新型电动汽车主要包括太阳能汽车、风能汽车和核能汽车等。

目前, 我国将插电式混合动力汽车 (PHEV, 包含 E-REV)、纯电动汽车 (BEV) 和燃料电池汽车 (FCEV), 分别对应过渡、中期和长期的汽车节能环保技术路线; 将普通的混合动力汽车 (HEV) 认定为节能型汽车。这些新能源车型的主要技术特征总结如下:

① 纯电动汽车以车载电源为动力, 以电机作为驱动系统, 省去了油箱、发动机、变速器、冷却系统和排气系统, 动力系统的布置大大简化, 而且能量转换效率更高, 同时相对传统汽车对环境的影响更小, 但目前面临着电池成本高、续航里程短、充电时间长等问题。图 1-3 所示为一种典型的纯电动汽车结构示意图。

② 燃料电池汽车以燃料电池作为动力源, 通过将化学能转化为电能, 并将电能转化为机械能, 作为动力驱动汽车前进。燃料电池电动汽车和普通电动汽车

有基本一致的电力驱动构造。它们之间的主要区别在于，燃料电池汽车的电池是一个小型发电设备，依靠氢与某种氧化物的化学反应产生驱动电能，而无须从电网充电。由于它能够有效避免续驶里程短和充电时间长的的问题，从长远来看燃料电池汽车有望取代锂离子电池纯电动汽车。图 1-4 所示为一种燃料电池电动汽车的结构示意图。

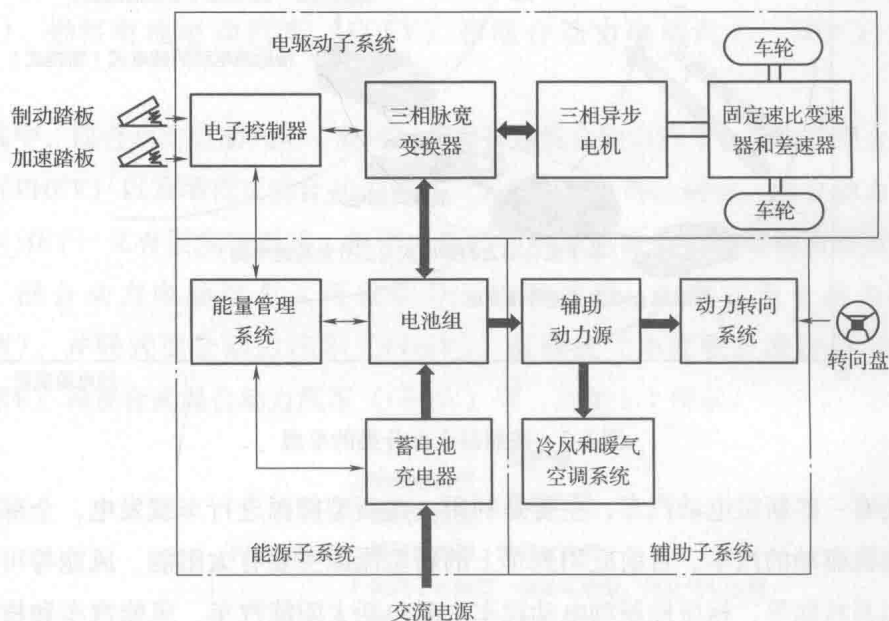


图 1-3 典型的纯电动汽车结构示意图

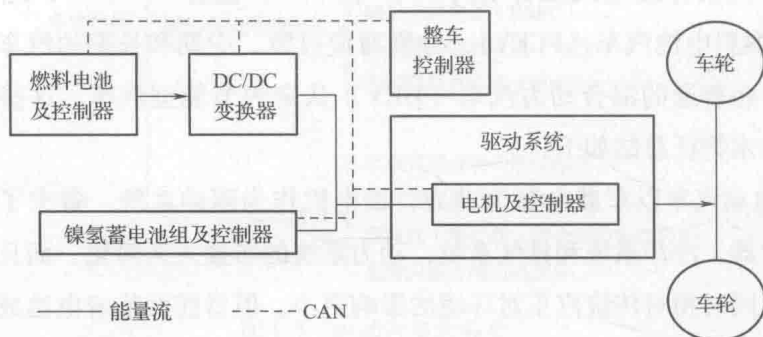


图 1-4 燃料电池电动汽车的结构示意图

③ 普通混合动力汽车在正常行驶过程中，主要依靠发动机驱动。而在电量充足的条件下，车辆起动或者低速行驶时完全依靠电动机驱动，但是续驶里程极