

新款 

# 电动汽车 构造原理与故障检修

XINKUAN DIANDONG QICHE  
GOUZAO YUANLI YU GUZHANG JIANXIU



李伟 刘强 王军 等编



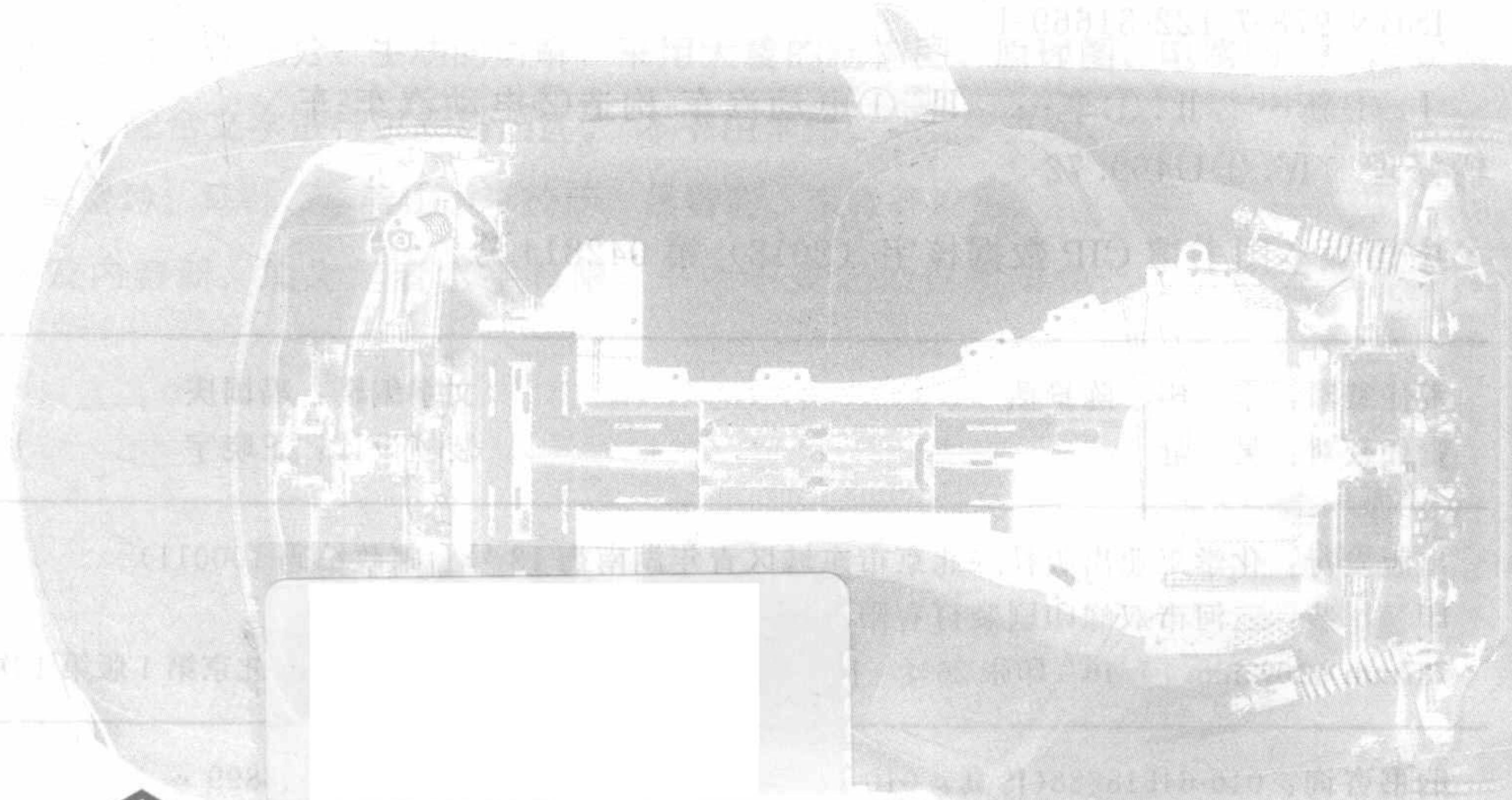
化学工业出版社

新款 

# 电动汽车 构造原理与故障检修

XINKUAN DIANZONGQICHE  
GOZAO YUAN GUZHANGJIANXIU

李伟 刘强 王军 等编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按照当前电动汽车的主流设计理念,系统地阐述了电动汽车的结构和原理知识,涉及电动汽车的能源系统、驱动系统、辅助系统、控制系统等。具体内容包括电动汽车维修安全操作、整车控制系统结构原理与检修、动力电池系统结构原理与检修、驱动电动机及控制系统结构与检修、充电系统结构原理与检修、辅助系统结构原理与检修、电动汽车拆装等。以北汽(EV160/200、EX200-EX260)、江淮、比亚迪(e6、e5)、大众(e-up)、宝马(i3)、特斯拉、中通等车型为例,采用各车型的结构图、原理图、电路图进行详细讲解,并配有故障案例,帮助读者充分学习电动汽车的各系统。

本书可作为职业院校新能源汽车和汽车维修等相关专业的教学用书,也可作为汽车企业的培训资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

新款电动汽车构造原理与故障检修/李伟等编. —北京:化学工业出版社, 2018.4

ISBN 978-7-122-31669-1

I. ①新… II. ①李… III. ①电动汽车-构造②电动汽车-车辆修理 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第042814号

责任编辑:辛田 陈景薇  
责任校对:吴静

文字编辑:冯国庆  
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市双峰印刷装订有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张26 $\frac{3}{4}$  插页3 字数701千字 2018年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究



为了解决能源短缺、环境污染等社会问题，国家相继出台了各种节能减排的法规和标准，制定了各种鼓励研发、推广新能源电动汽车的政策和措施，使新能源汽车迅速推向市场，出现了各种纯电动汽车。由于电动汽车及节能装置结构新颖，技术先进，目前大部分人还不熟悉其结构和工作原理，更不熟悉其使用与维修，急需相应的图书同步跟上。目前，我国自主品牌的新能源汽车在全球市场正高歌猛进，很多自主品牌，如北汽新能源、比亚迪等已经在新能源汽车市场取得很优秀的成绩，尤其是近年来在政府的支持下，个人购买电动汽车的数量急剧增加，新能源汽车行业前、后市场对技能人才的需求量不断增大。

本书选取目前市场主流电动汽车北汽（EV160/200、EX200-EX260）、江淮、比亚迪（e6、e5）、大众（e-up）、特斯拉、宝马（i3）、中通等车型为参考，以电动车的主流技术、故障检修、拆装、控制原理为出发点，按照汽车维修职业岗位应掌握的技能 and 知识，对电动汽车的维修知识进行全方位的讲解。

本书把电动汽车的基本原理与具体车型相结合，在讲述电动汽车共性技术的基础上，通过系统介绍各类电动汽车的结构原理，进一步讲述了各种类型电动汽车的特点和维修诊断问题。结合讲授“电动汽车结构原理与故障分析”，力求全面、系统地讲述电动汽车技术。在章节安排上，先讲述基础和共性知识，再从简单到复杂，讲述各类典型车型，由浅入深，方便学习。本书的重点是电动汽车的应用技术，车型选取主要根据该类车型市场保有量和影响来确定。本书全面系统地介绍了电动汽车的基础知识和必备知识，对电动汽车的车型进行了详细的讲解，同时注重图文结合，对内容进行了充分、生动的讲解，采用大量的结构图、原理图、电路图、故障案例及电动汽车的拆装，配合文字进行讲解与描述。本书由李伟、刘强、王军、李校航、于洪燕、于忠贵、于洪岩、姜春玲、马针、李春山、李校研、吕春影、李微等编写。

由于本书涉及内容新，加之笔者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。



# 目录

CONTENTS

## 第一节 电动汽车的结构、组成 / 1

一、电动汽车的结构 / 1

二、电动汽车的主要部件 / 2

## 第二节 电动汽车高压检测方法 / 7

一、电动汽车高压的危害 / 8

二、作业过程 / 8

三、电动汽车高压系统绝缘性能检测原则 / 10

四、电动汽车高压系统绝缘性检测方法 / 10

五、无压状态下切换高压系统 / 12

六、高压安全防护处理及作业十不准 / 13

## 第一节 电动汽车动力电池概述 / 16

一、电芯模块、电池模组及模组布置 / 16

二、电池模组高压串联回路的连接方式 / 17

三、动力电池控制系统 / 18

## 第二节 电动汽车动力电池类型 / 22

一、镍基蓄电池 / 22

二、锂离子电池 / 23

三、飞轮电池 / 27

四、氢燃料电池 / 29

五、动力电池维修及检测 / 35

## 第三节 动力电池组管理系统 / 39

一、动力电池组管理系统简介 / 39

二、动力电池组管理系统的功能 / 41

三、蓄电池的放电管理 / 43

## 第一节 电动机类型 / 45

一、直流电动机 / 45

二、交流电动机 / 47

三、永磁电动机 / 48

四、开关磁阻电动机 / 53

## 第二节 变频器 / 56

一、变频器的功能和特点 / 56

二、变频器的种类 / 57

# 第一章

Chapter

## 电动汽车概述与 高压检测方法

1

# 第二章

Chapter

## 电动汽车 动力电池

16

# 第三章

Chapter

## 电动汽车驱 动电动机

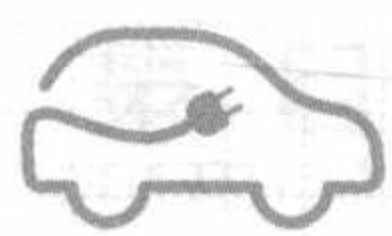
45



Chapter  
**04**  
北汽纯电动  
汽车

63

|                              |  |
|------------------------------|--|
| 第一节 北汽纯电动汽车的组成 / 63          |  |
| 一、主要部件安装位置 / 63              |  |
| 二、主要部件结构 / 63                |  |
| 第二节 驱动电动机 / 74               |  |
| 一、驱动电动机的结构 / 75              |  |
| 二、驱动电动机控制器 / 77              |  |
| 三、驱动电动机系统的工作原理 / 79          |  |
| 四、驱动电动机的工作过程 / 81            |  |
| 第三节 空调系统 / 84                |  |
| 一、电动汽车空调系统的结构组成 / 84         |  |
| 二、纯电动汽车空调系统的控制原理 / 85        |  |
| 三、北汽 EV 汽车空调电动压缩机的控制电路 / 85  |  |
| 四、电动空调压缩机的工作原理 / 86          |  |
| 五、电动压缩机常见故障原因及排除 / 87        |  |
| 第四节 制动系统 / 89                |  |
| 一、电动机制动馈能控制 / 89             |  |
| 二、真空助力制动系统 / 92              |  |
| 三、制动系统常见故障排除与诊断 / 93         |  |
| 第五节 转向系统 / 96                |  |
| 一、转向系统部件 / 97                |  |
| 二、转向系统控制策略 / 97              |  |
| 三、EPS 故障 / 98                |  |
| 第六节 北汽电动汽车故障诊断与排除 / 100      |  |
| 一、驱动电动机的故障排除 / 100           |  |
| 二、动力电池故障 / 100               |  |
| 三、充电系统常见故障及维修 / 101          |  |
| 四、高压互锁故障排查 / 101             |  |
| 五、北汽 EV VCU 损坏无法行驶 / 102     |  |
| 第七节 北汽电动汽车电路图及端子含义 / 104     |  |
| 一、整车电路图 / 104                |  |
| 二、线束端子含义 / 111               |  |
| 第八节 北汽电动汽车 EX200/EX260 / 117 |  |
| 一、高压蓄电池拆装及检测 / 117           |  |
| 二、高压控制盒 PDU 及高压线束 / 124      |  |
| 三、驱动电动机拆装及检测 / 139           |  |



# 目录

CONTENTS

|                            |  |
|----------------------------|--|
| 四、空调与暖风系统 / 149            |  |
| 五、冷却系统结构、故障检测及拆装 / 154     |  |
| 六、电动真空泵 / 158              |  |
| 七、整车控制器 / 161              |  |
| 八、换挡旋钮及能量回收系统 / 175        |  |
| 九、数据采集终端系统 / 177           |  |
| 十、VSP 行人警示系统 / 179         |  |
| 十一、充电插座控制单元 (CMU) / 181    |  |
| 十二、电路原理图 / 184             |  |
| <br>                       |  |
| 第一节 新款江淮纯电动汽车的结构 / 206     |  |
| 一、新款江淮纯电动汽车整车结构 / 206      |  |
| 二、驱动电动机 / 208              |  |
| 三、整车控制器 / 209              |  |
| 四、车辆仪表 / 209               |  |
| 第二节 江淮纯电动汽车充电与电气工作原理 / 210 |  |
| 一、江淮纯电动车运行操作与充电方法 / 210    |  |
| 二、江淮纯电动车电气系统工作原理 / 211     |  |
| 第三节 江淮纯电动汽车电动管理系统 / 213    |  |
| 一、整车控制器的功能 / 213           |  |
| 二、直流转换器 / 214              |  |
| 三、永磁无刷直流牵引电动机控制器 / 214     |  |
| 四、电池系统 / 218               |  |
| 五、高压电气系统 / 219             |  |
| 六、充电系统与蓄电池充电 / 220         |  |
| 第四节 江淮纯电动汽车故障案例 / 221      |  |
| 一、车辆无法行驶故障排除 / 221         |  |
| 二、车辆无法提速故障排除 / 223         |  |
| 三、12V 蓄电池亏电引起的车辆无法充电 / 224 |  |
| 四、充电桩不能充电故障 / 225          |  |
| 五、车辆无法充电故障 / 226           |  |
| 六、无法启动故障 / 227             |  |
| 第五节 故障检修与拆装 / 227          |  |
| 一、充电系统维修 / 227             |  |

## 第五章

# 5

Chapter

### 江淮EV纯 电动汽车

206



- 二、车载充电器的拆卸和安装 / 229
- 三、简易充电桩的维修 / 229
- 四、高压系统的维修 / 230
- 五、驱动电动机的安装 / 232
- 六、DC/DC 总成的安装及检修 / 235
- 第六节 江淮高压电池及整车控制电路 / 237

### 第一节 大众 e-up 电动汽车概述 / 242

- 一、高压系统 / 242
- 二、电气系统 / 248
- 三、车身与底盘 / 249
- 四、空调系统 / 250
- 五、制动系统 / 252

### 第二节 大众 e-up 电动汽车拆装 / 256

- 一、高压蓄电池单元拆装 / 256
- 二、拆卸和安装蓄电池调节控制单元 J840 / 260
- 三、拆卸和安装高压蓄电池充电电压控制单元 J966 / 260
- 四、电动驱动系统的功率电子装置和电子控制装置的拆卸和安装 / 261
- 五、拆卸和安装空调压缩机熔丝 S355 / 264
- 六、三相电流驱动电动机 VX54、温度传感器 G712 及转子位置传感器 1-G713 的拆卸和安装 / 265
- 七、拆卸和安装牵引电动机高压线束 PX2 / 271

### 第一节 比亚迪 e6 纯电动汽车结构原理 / 274

- 一、比亚迪 e6 纯电动汽车动力系统 / 274
- 二、动力控制系统的工作原理 / 274

### 第二节 比亚迪 e6 纯电动汽车主要部件 / 275

- 一、驱动电动机控制器 / 275
- 二、DC/DC 转换器 / 278
- 三、高压配电箱 / 279
- 四、电池管理单元 / 281
- 五、动力电动机 / 284
- 六、动力总成 / 287

## 第六章 大众e-up 电动汽车

242

## 第七章 比亚迪纯 电动汽车

274



# 目录

CONTENTS

- 七、车载充电器 / 290
- 八、漏电保护器 / 293
- 九、挡位控制器 / 293
- 十、P 挡控制器 / 295
- 十一、软关断控制器 / 297
- 十二、e6 先行者整车电器、CAN 网络系统 / 297
- 十三、e6 先行者组合仪表 / 298
- 十四、刹车深度传感器 / 298
- 第三节 比亚迪 e6 故障诊断与排除 / 300
  - 一、使用便携式交流充电器无法充电 / 300
  - 二、无法挂前进挡 / 302
- 第四节 比亚迪 e6 电路图 / 304
  - 一、高压配电图 / 304
  - 二、充电口电路图 / 304
  - 三、加速踏板、制动踏板电路图 / 305
  - 四、电池管理器电路图 / 307
  - 五、主控制器电路图 / 308
  - 六、P 挡电动机控制器电路图 / 309
  - 七、挡位控制器电路图 / 310
  - 八、DC/DC 转换器电路图 / 311
- 第一节 宝马 i3 电动汽车维修安全操作 / 312
  - 一、高电压组件的标记 / 312
  - 二、高电压系统作业 / 312
- 第二节 宝马 i3 电动汽车电动驱动装置 / 316
  - 一、技术规范 / 316
  - 二、电动机结构 / 317
  - 三、传感器 / 318
  - 四、外部特征和机械接口 / 319
  - 五、电气接口 / 320
  - 六、电动机电子装置 / 321
- 第三节 宝马 i3 电动汽车变速箱 / 328
  - 一、变速箱概述 / 328
  - 二、变速箱结构 / 329

## 第八章

### 宝马i3电动 汽车

312



#### 第四节 宝马 i3 电动汽车高压蓄电池 / 335

- 一、高压蓄电池概述 / 335
- 二、机械接口 / 336
- 三、电气接口 / 339
- 四、加热装置和冷却系统 / 341
- 五、高电压蓄电池单元的内部结构 / 343
- 六、高电压蓄电池充电 / 349

#### 第五节 宝马 i3 电动汽车电动制冷剂压缩机 / 356

- 一、安装位置和接口 / 356
- 二、EKK 的结构 / 357

#### 第六节 宝马 i3 电动汽车电气加热装置 / 358

- 一、安装位置和接口 / 359
- 二、工作原理 / 359

#### 第七节 宝马 i3 电动汽车增程电动机 / 361

- 一、技术数据 / 361
- 二、冷却系统 / 362
- 三、传感器 / 362
- 四、外部特征和接口 / 362
- 五、增程电动机电子装置 / 363

#### 第八节 宝马 i3 电动汽车拆装 / 367

- 一、拆卸和安装电动变速箱 I01 / 367
- 二、拆卸和安装驱动单元 / 369
- 三、拆卸和安装便捷充电系统 / 372
- 四、拆卸和安装高压蓄电池单元 / 373
- 五、拆卸和安装高压蓄电池单元 / 374

#### 第一节 特斯拉电动车概述 / 377

- 一、特斯拉三元锂离子电池结构 / 377
- 二、特斯拉电池系统 / 380

#### 第二节 特斯拉电动汽车充电技术 / 385

- 一、特斯拉 Model S 充电情况 / 385
- 二、充电方式 / 386



# 目录

CONTENTS

- 第一节 纯电动公交车结构 / 389
  - 一、纯电驱动系统的整体布置 / 389
  - 二、中通公交车纯电驱动系统的组成 / 390
  - 三、中通公交车纯电驱动系统主要零部件 / 390
- 第二节 纯电动公交车控制原理 / 401
  - 一、纯电动公交车的运行模式 / 401
  - 二、中通纯电动公交车的控制策略 / 403
- 第三节 AMT 变速器 / 404
  - 一、AMT 变速器结构 / 404
  - 二、AMT 变速器控制单元 / 405
  - 三、电子离合器执行器 (ECA) 及离合器 / 406
- 第四节 维护及故障检修 / 406
  - 一、日常维护及车辆检查 / 406
  - 二、故障诊断及检测 / 407

- 第一节 电动汽车 CAN 网络概述 / 411
  - 一、术语释义 / 412
  - 二、CAN 总线结构 / 413
- 第二节 电动汽车 CAN 报文 / 414
  - 一、CAN 报文的组成 / 414
  - 二、CAN 报文的解析 / 415
- 第三节 CAN 总线故障检修 / 415
  - 一、CAN 总线经常出现的故障 / 415
  - 二、CAN 总线检测 / 416

## 第十章

### 纯电动公交车

389

## 第十一章

### 电动汽车 CAN 总线

411



# 第一章 电动汽车概述与高压检测方法

## 第一节 电动汽车的结构、组成

### 一、电动汽车的结构

电动汽车是指以车载电源为动力，用电动机驱动车轮行驶，符合道路交通、安全法规各项要求的车辆。电动汽车的组成主要包括电源（动力电池）、驱动电动机系统、整车控制器及充电系统、空调系统、冷却系统、制动系统、转向系统和数据采集终端等，其他部分基本与传统的内燃机汽车相同，如图 1-1 所示。

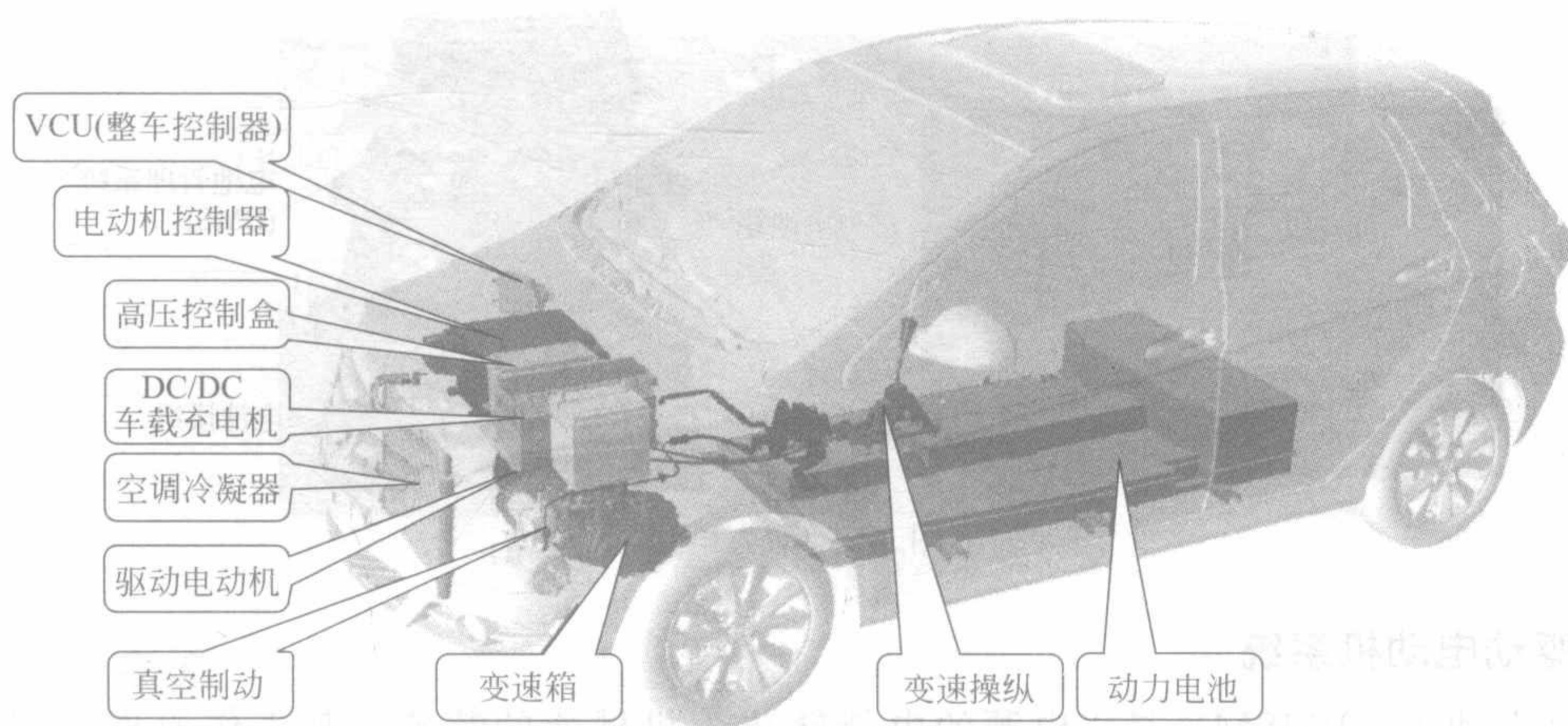


图 1-1 电动汽车结构图

从电动车的工作原理、结构和特点出发，可简单归纳出“三大电、六小电”的概念。“三大电”是指电动机控制器、电池与管理系统和整车控制器。其中电动机与控制器为新能源汽车提供驱动力；电池与管理系统提供动力源；整车控制器通过总线系统对全车各系统综合控制。“六小电”是指车载充电器、DC/DC 转换器、空调与加热系统、仪表系统、转向电动机和制动助力真空泵电动机。用于为常规汽车电器供电的低压蓄电池在车辆工作时，由高压动力电池通过 DC/DC 转换成低压直流电后充电。高压动力电池关闭后，低压蓄电池维持低压系统供电。高压动力电池接入工作后，DC/DC 转换器与蓄电池可同时为常规电器供电。电动汽车的空调由高压直流驱动电动机带动压缩机制冷；热风由高压直流电通过 PTC（热敏电阻）等加热器件发热产生热量，由热风电动机风扇吹到车内。

电动助力转向是以低压直流电驱动助力电动机作为转向助力，根据车速来控制驱动电流的大小，从而调节助力的大小，实现车速高时助力小、车速低时助力大的要求。

电动助力转向现在已不是电动汽车的专有配置。现在的电动汽车制动系统多数仍以电动真空泵为动力产生真空源，辅助能量回收系统进行制动。只有部分车型采用智能制动系统，即使用全新的技术代替了原先的真空助力技术，从而彻底终结了制动系统对真空的依赖，并与其他系统结合，这将是未来电动汽车制动系统的发展方向。目前比较有代表性的是博世公司的 iBooster 和大陆公司的 MKC1。

## 二、电动汽车的主要部件

### 1. 电源（动力电池）

电动汽车的电源为化学电源，向高压动力回路提供电能。目前应用最广泛的电源是磷酸铁锂电池和三元锂聚合物电池，如图 1-2 所示。动力电池区别于普通电池有其一定的特殊性，总结如下。

- ① 电池的串并联。
- ② 电池的容量较大。
- ③ 电池的放电倍率较大。
- ④ 电池的安全性要求较高。
- ⑤ 电池的工作温度范围较宽。
- ⑥ 电池的使用寿命长，一般要求 5~10 年。

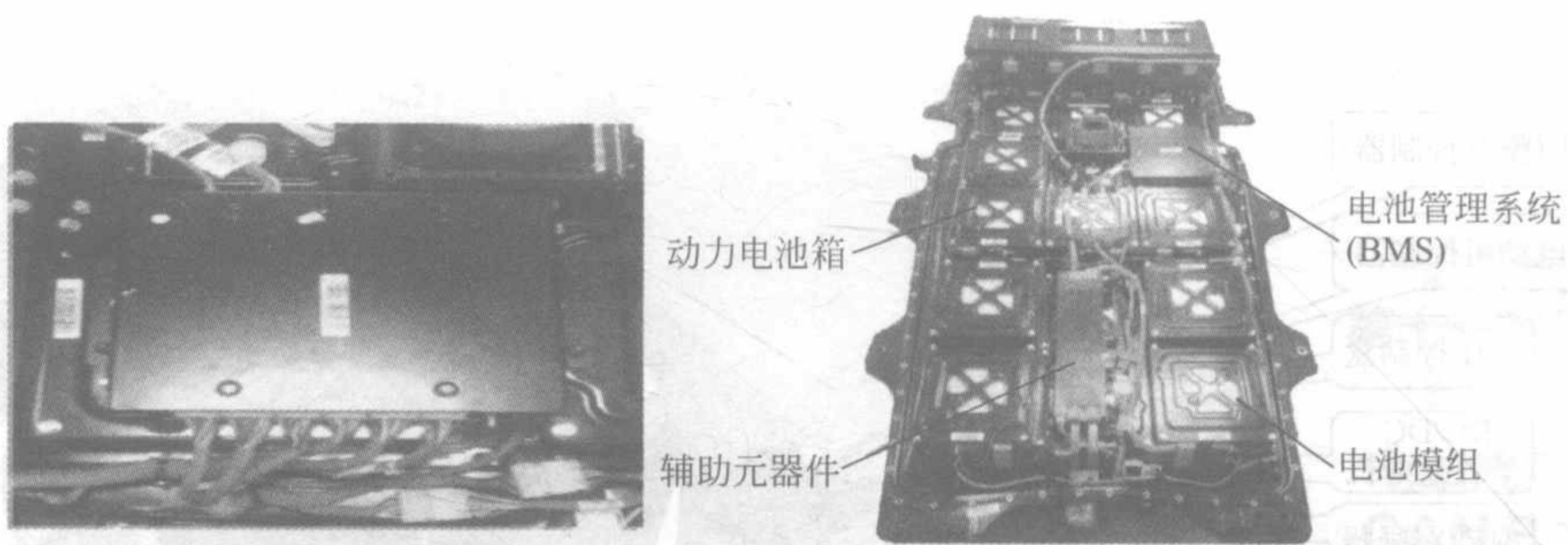


图 1-2 动力电池

### 2. 驱动电动机系统

驱动电动机（PMSM）是将电源的电能转化为机械能的装置，其工作原理如图 1-3 所示。

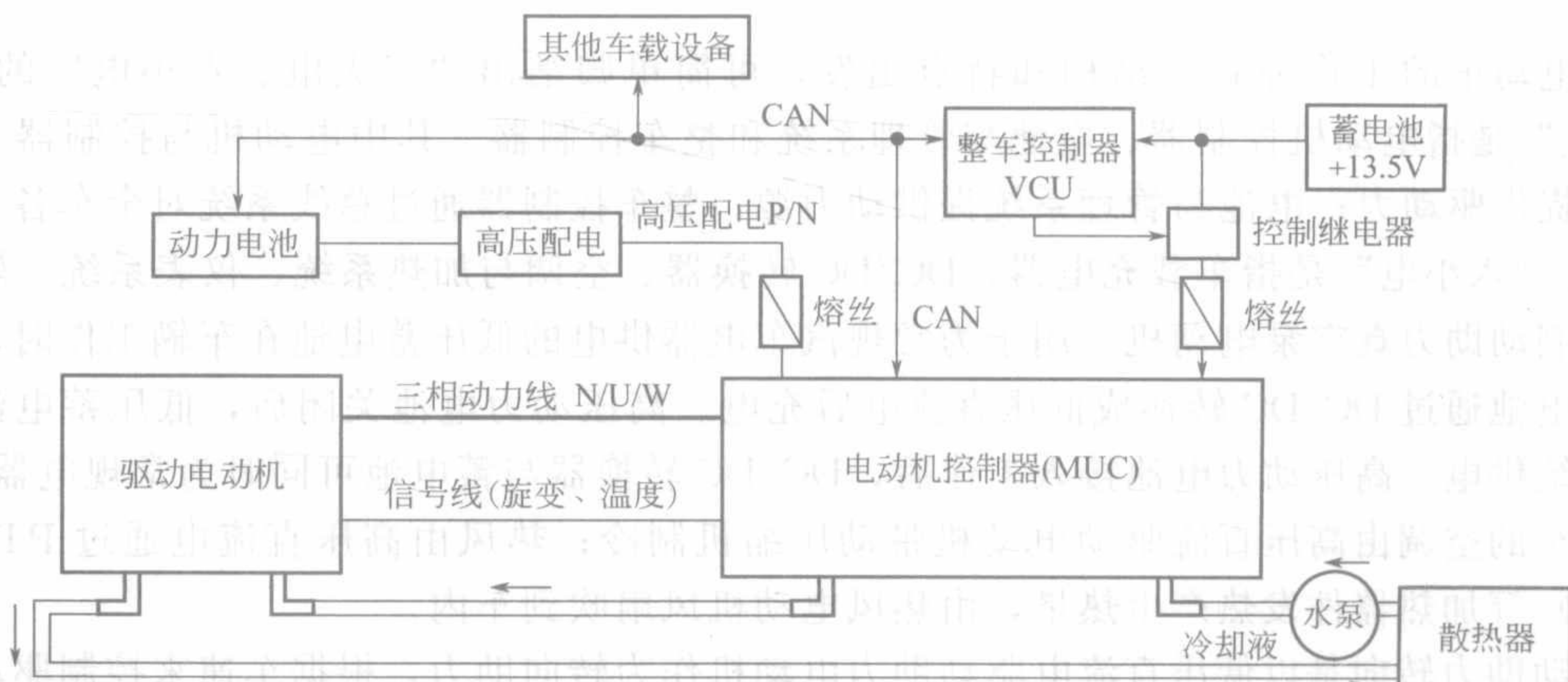


图 1-3 驱动电动机的工作原理

示。目前国内外电动汽车生产厂家应用的电动机主要有永磁同步电动机和交流异步电动机。电动机控制器将动力电池提供的高压直流电转换为三相交流电，在整车控制策略下根据驾驶员的意图控制电动机的电压或电流，完成电动机驱动扭矩、旋转方向及速度的控制。

### 3. 整车控制器

整车控制器对电动汽车动力链的各个环节进行管理、协调和监控，以提高整车能量利用效率，确保安全性和可靠性（图 1-4）。整车控制器采集驾驶员操作信号，通过 CAN 总线获得电动机和电池系统的相关信息，进行分析和运算，通过 CAN 总线给出电动机控制和电池管理指令，实现整车驱动控制、能量优化控制和制动回馈控制，具备完善的故障诊断和处理功能。

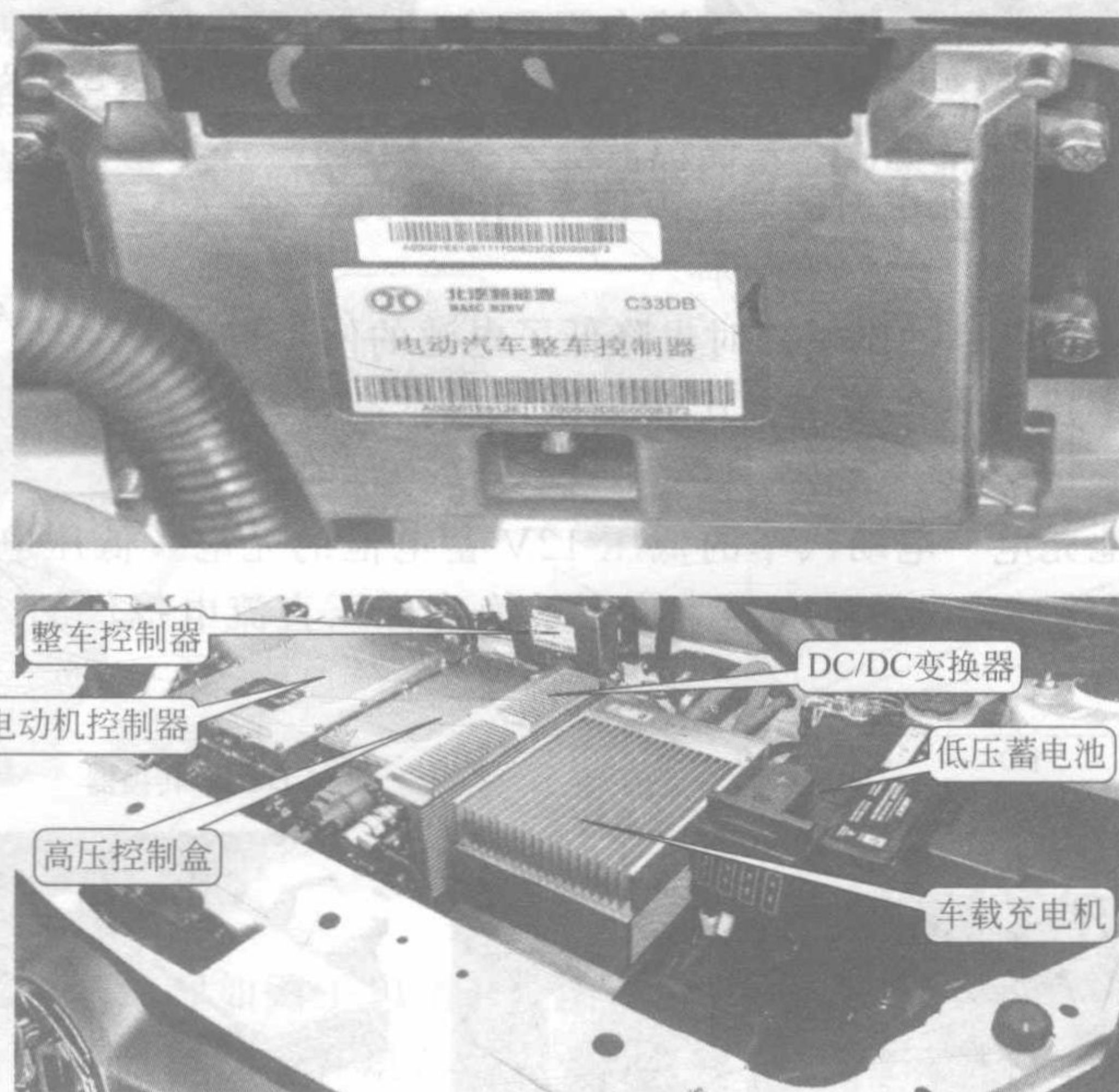


图 1-4 整车控制器结构及安装位置

### 4. 充电系统

在电动汽车上为动力电池充电有两种方式和路径：一种是交流车载充电机将家庭用的 220V 交流电转换为略高于 300V 的直流电，为动力电池充电（交流慢充）；另一种是充电桩与电动汽车高压接口连接，直接用大电流的直流电给动力电池充电（直流快充）。

(1) 交流慢充 动力电池在放电终止后，应立即充电，充电电流比较低，这种充电叫作常规充电。常规充电方法都采用小电流的恒压或恒流充电，一般充电时间为 5~8h，甚至更长。这种充电方式是利用车载充电机进行的，接 220V 交流电，如图 1-5 所示。

#### ① 慢充模式的优点

- 充电机及其安装成本比较低。
- 可充分利用电力低谷时段进行充电，降低充电成本。
- 可提高充电效率和延长电池的使用寿命。

#### ② 慢充模式的缺点

- 充电时间过长，因此当车辆需要紧急出行时难以满足要求。
- 充电时占用停车场时间过长，因此对停车位的数量和环境的要求比较高。

(2) 直流快充 动力电池常规的充电方式时间较长,给车辆出行带来很多不便。为此,又增加了直流快充的充电方式。直流快充又称应急充电,是通过充电桩以较大电流在电动汽车停车的 30~120min 内,为其提供短时间充电,一般充电电流为几十到上百安培,如图 1-6 所示。

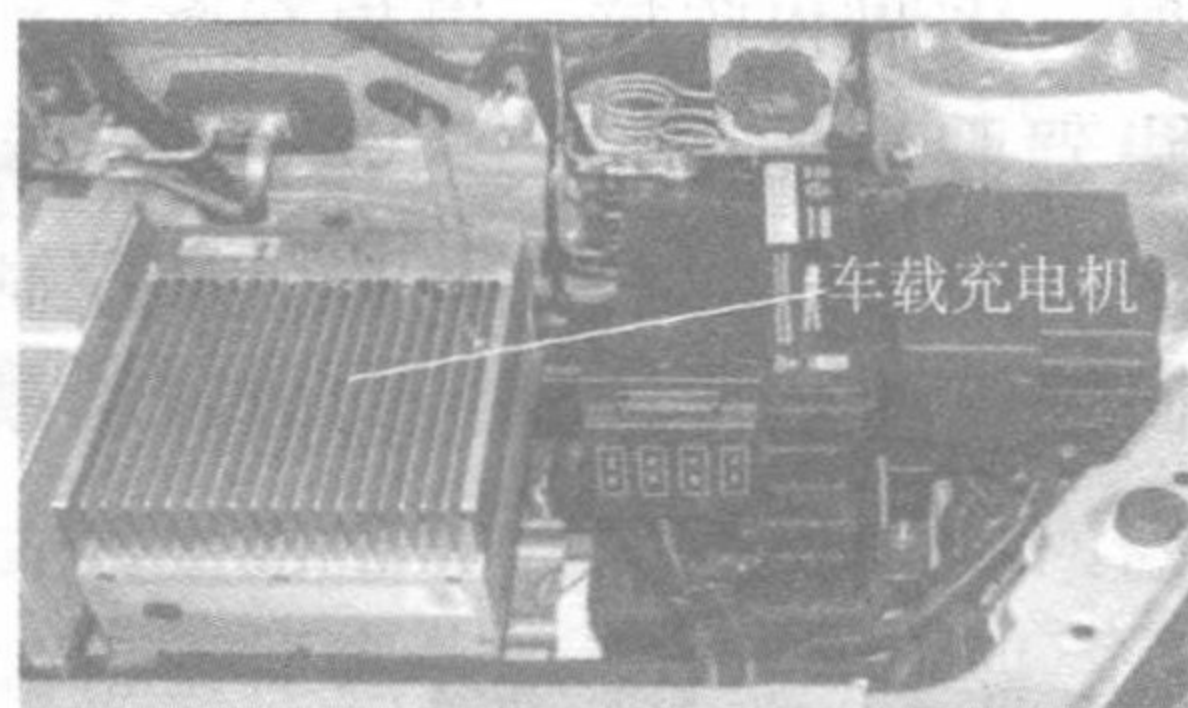


图 1-5 车载充电机



图 1-6 充电桩快速充电

① 快充模式的优点 充电时间短,方便车辆的出行。

② 快充模式的缺点

a. 增加了电网的载荷和冲击,同时也降低了电池的使用寿命。

b. 快充设备功率比较大,控制也比较复杂,成本高,安装时对接入电网的容量要求比较高。

(3) 低压蓄电池充电 电动汽车的低压 12V 蓄电池的充电及低压电气设备的辅助供电是由 DC/DC 转换器将动力电池的高压直流电转换为低压直流电提供的,如图 1-7 所示,输出范围在 14V 左右。

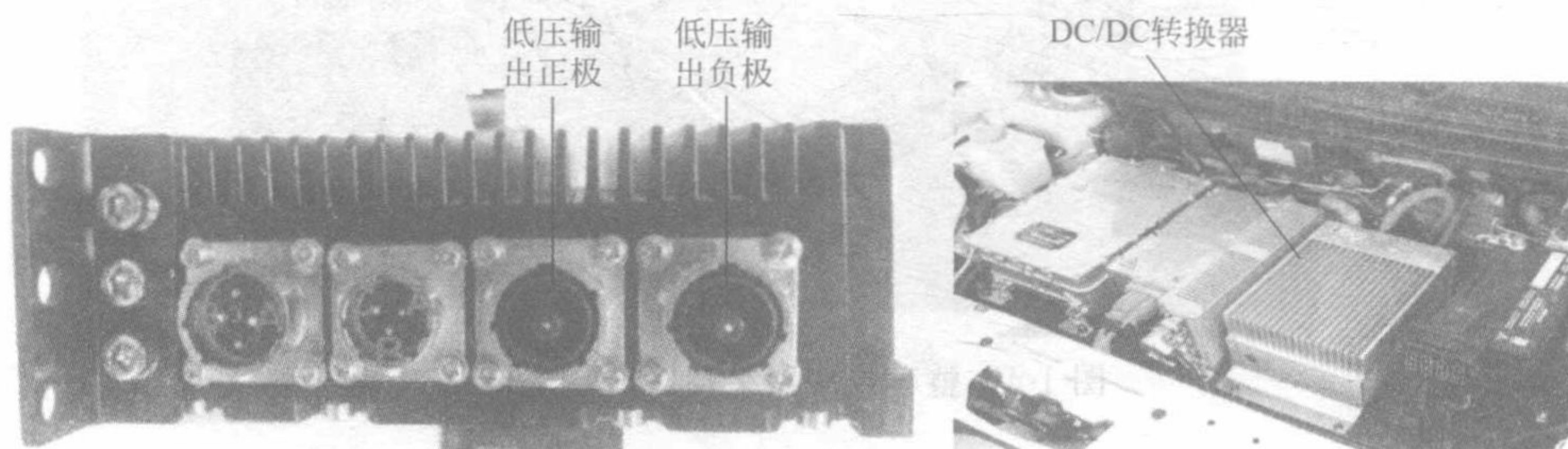


图 1-7 DC/DC 转换器

## 5. 空调系统

电动汽车空调系统(图 1-8)与传统汽车空调最大的不同就是压缩机和暖风。电动汽车的压缩机多采用电动涡旋式压缩机,通过高压电来驱动,这一点区别于传统汽车空调压缩

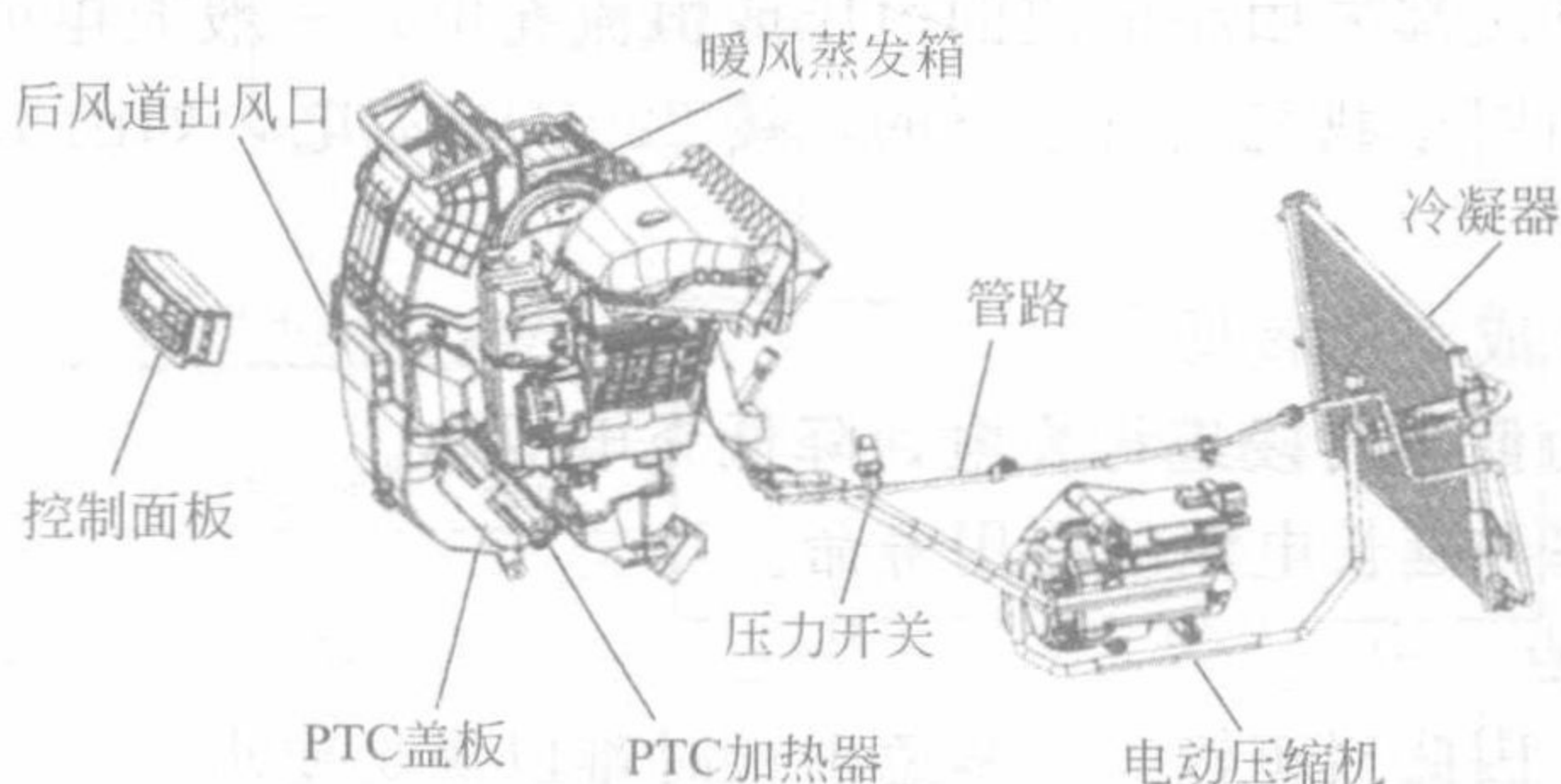


图 1-8 空调系统的组成

机；暖风功能是 PTC 加热器通过将高压电转化为热能实现的，所以，当开启空调的制冷或制热时，消耗的是动力电池的电量，电动汽车空调的响应速度比较快，效率高，在启动空调后很短时间内就会达到设定温度。

### 6. 冷却系统

电动汽车的冷却系统比较简单，冷却系统由散热器、储液罐、12V 电子水泵、电动机水道、电动机控制器水道、PDU 水道及水管组成，主要是给大功率用电设备和大功率开关电源器件进行散热，加注的冷却液类型与传统汽车一样。电动水泵的位置如图 1-9 所示。

### 7. 制动系统

目前国产电动汽车大部分为并联制动，并联制动制动力分配原理如图 1-10 所示。与串联制动不同，并联制动按一个固定的比例分配再生制动力和机械摩擦制动力。由于没有充分发挥再生制动力的作用，因此其回收的能量没有串联制动高。但并联制动对传统机械摩擦制动系统的改动少，结构简单，只需增加一些控制功能即可，成本低。

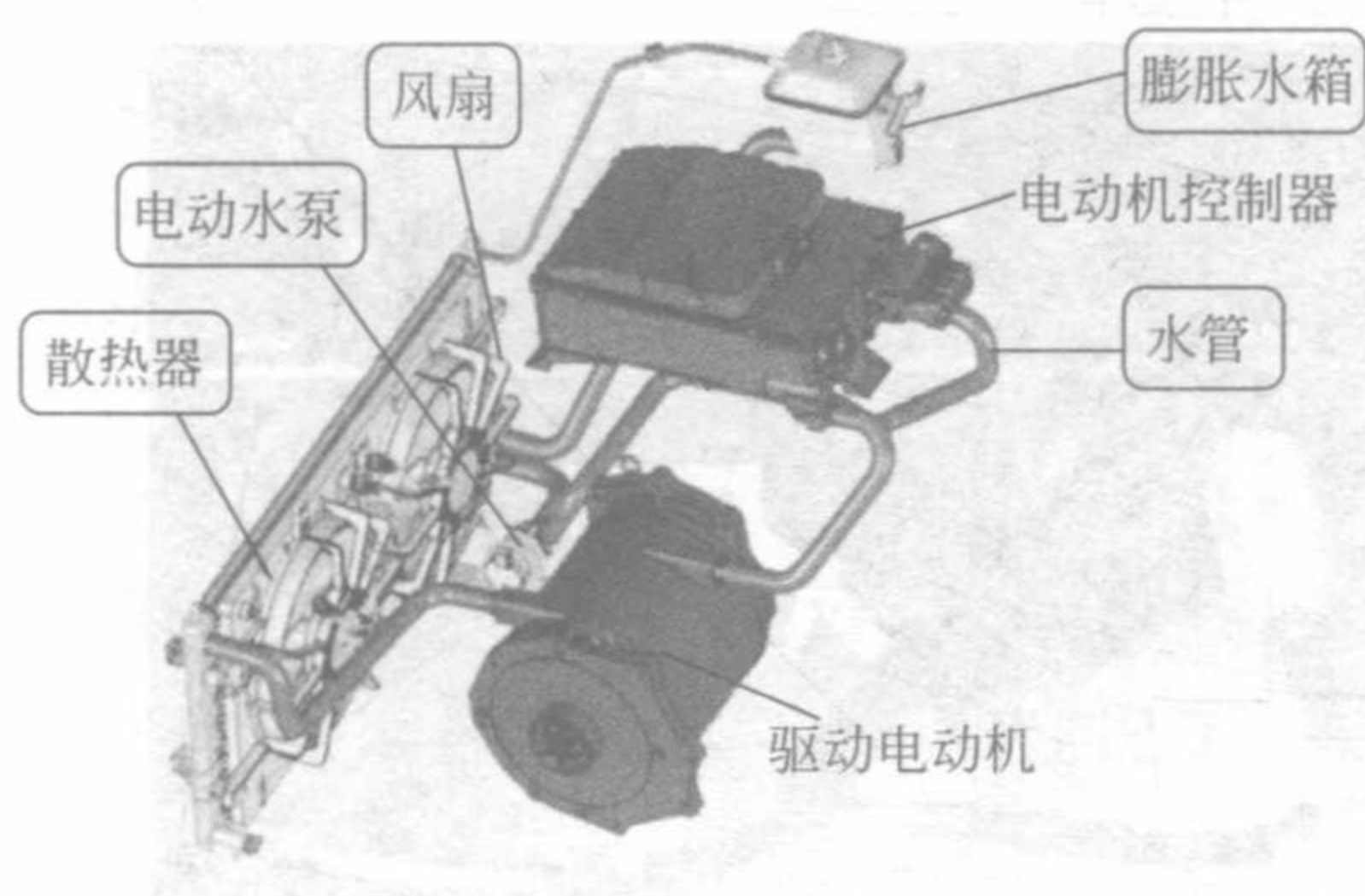


图 1-9 电动水泵的位置

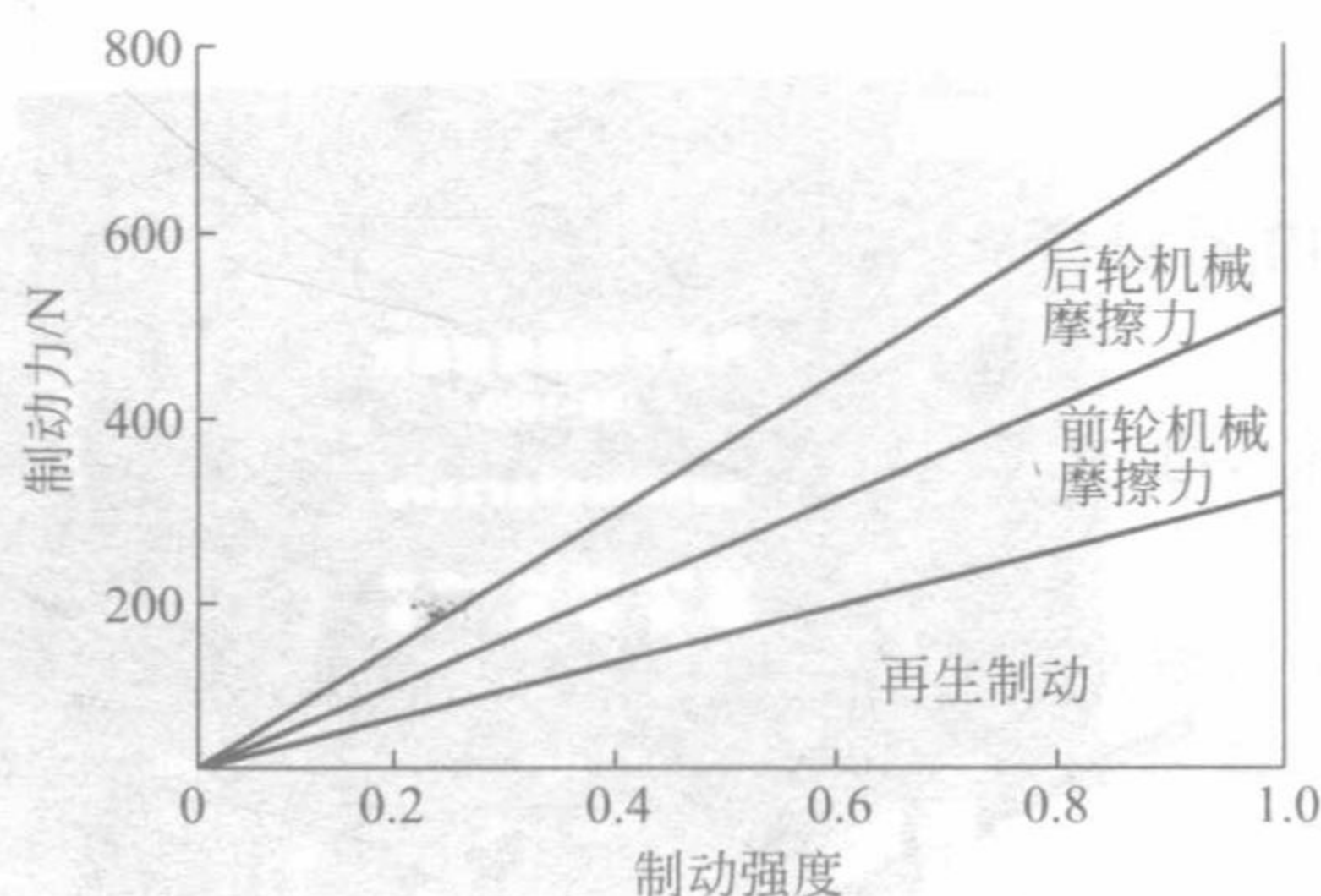


图 1-10 并联制动系统制动力分配原理

并联制动系统的控制原理如图 1-11 所示。根据驾驶员的命令，电动机控制器确定需要加在液压制动基础上的电动机制动转矩，其大小由液压主缸压力确定。同样，电动机制动转矩是电动机转速的函数。因此能够加在液压制动基础上的电动机制动力要根据汽车的静态制动力分配关系、电动机扭矩特性、驾驶员的感觉和轮胎与路面附着极限综合确定。很明显，由于缺乏主动制动控制功能，在电动机制动和液压制动系统之间不能进行协调控制，因此，并联制动对电动机制动转矩使用不充分，能量回收率低。

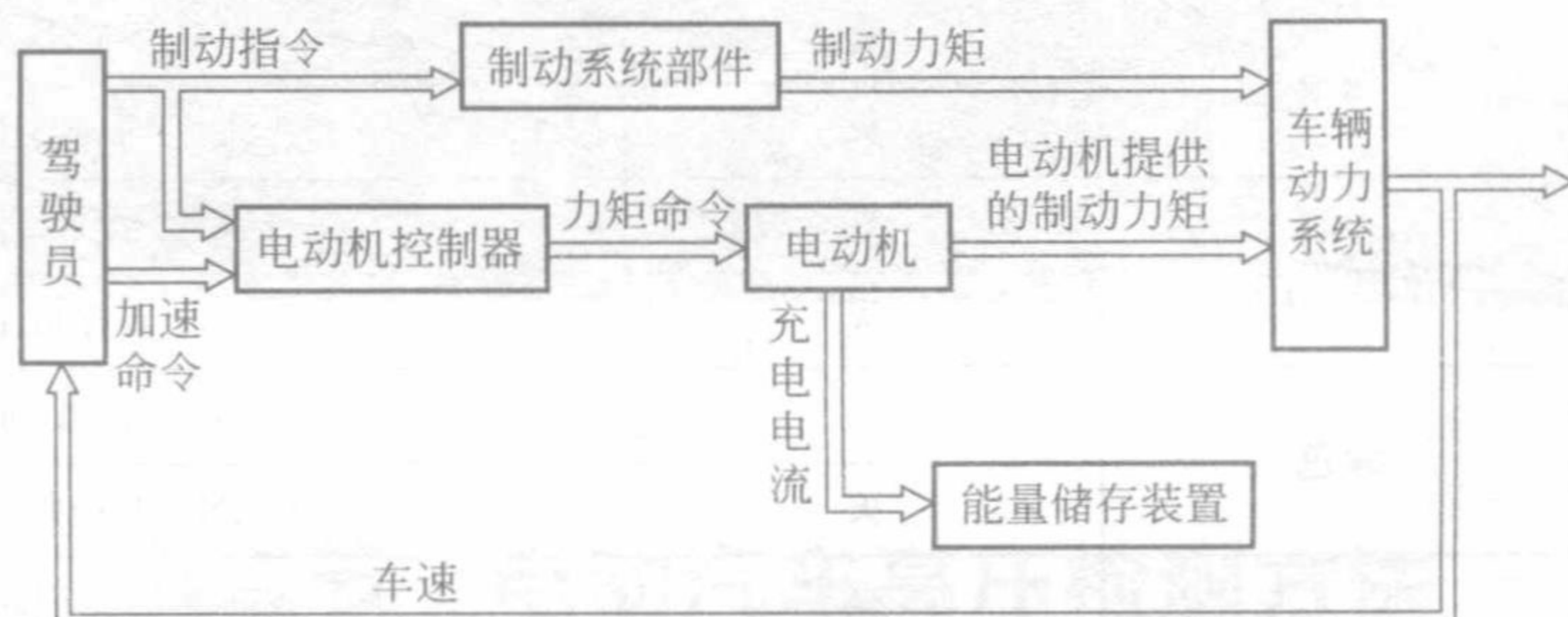


图 1-11 并联制动系统的控制原理

### 8. 转向系统

目前 1.3t 以内的中小型电动汽车多采用小齿轮式电动助力转向系统 (P-EPS)，这种转

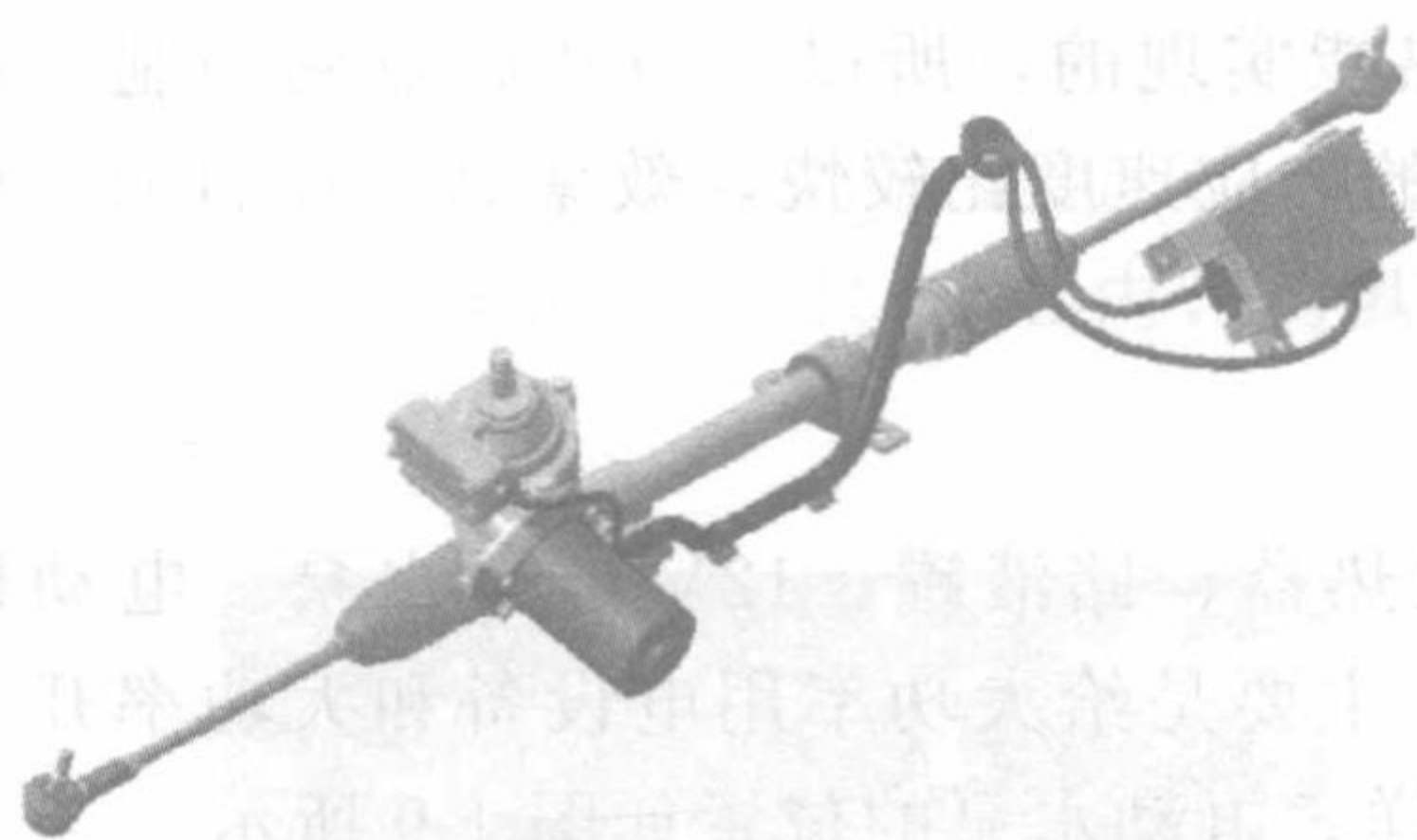


图 1-12 电动助力转向系统

向助力系统在传统汽车上也有应用,主要由机械转向部分和电控系统组成,如图 1-12 所示。该转向系统的特点如下。

① 助力扭矩通过转向器放大,因此要求电动机的减速机构的传动比也相对较小。

② 由于电动机的安装位置距离驾驶员有一定距离,因此对电动机的噪声要求不是太高。

③ 电动机的扭矩波动不容易传到方向盘上,驾驶员手感适中。

④ 助力扭矩不通过转向管柱传递,因此对转向管柱的刚度和强度要求较低。

## 9. 数据采集终端

数据采集终端由一根天线和一个数据记录仪(图 1-13)组成,数据记录仪指示灯说明如表 1-1 所示,其作用如下。



图 1-13 数据记录仪

表 1-1 数据记录仪指示灯含义

| 项目   | 颜色 | 状态     | 含义                   |
|------|----|--------|----------------------|
| RUN  | 红色 | 闪烁,1Hz | 终端运行正常               |
|      |    | 其他     | 终端运行故障               |
| GPRS | 绿色 | 亮      | GPRS 已登陆             |
|      |    | 灭      | GPRS 未登陆             |
| GPS  | 绿色 | 亮      | GPS 已定位              |
|      |    | 灭      | GPS 未定位              |
| CAN1 | 绿色 | 亮      | CAN1 接收到数据           |
|      |    | 灭      | CAN1 未接收到数据          |
| CAN2 | 绿色 | 亮      | CAN2 接收到数据           |
|      |    | 灭      | CAN2 未接收到数据          |
| SD   | 绿色 | 亮      | SD 卡正在记录数据           |
|      |    | 闪烁,1Hz | SD 卡暂停数据记录           |
|      |    | 闪烁,2Hz | 插入的 SD 卡未格式化或容量已满    |
|      |    | 灭      | 无 SD 卡,或者 SD 卡加锁(只读) |