



崔万安 编著

# 电动自行车

DIANDONG ZIXINGCHE



Dian dong zi xing che

Diandongzixingche



机械工业出版社  
China Machine Press

# 电动自行车

崔万安 编著



机械工业出版社

本书详细介绍电动自行车的分类和构造，车用电动机和电池的种类、结构和工作原理，以及国内外电动自行车的发展概况。本书专设一章，为一般用户讲解电动自行车的选购、使用和维护知识。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电动自行车/崔万安编著. - 北京: 机械工业出版社, 2002.2  
ISBN 7-111-09687-8

I. 电… II. 崔… III. 电动自行车 - 基本知识 IV. U484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 092668 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑: 张亚秋 版式设计: 冉晓华 责任校对: 韩 晶  
封面设计: 陈 沛 责任印制: 郭景龙  
北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2002 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷  
1 000mm × 1 400mm B5·6.75 印张·260 千字  
0 001—3 500 册  
定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677 - 2527

# 前 言

在国外有许多国家，尤其是日本，电动自行车已经风靡。政府也鼓励人们尽量使用没有污染的交通工具——电动自行车，同时限制污染环境的燃油机动车——摩托车，以改善城市的生存环境。

我国电动自行车的技术水平基本和世界同步，生产电动自行车的正规企业已经达到百家以上，产品品种多样，很多企业的产品质量符合和超过国外质量标准，并有不少企业的产品出口，受到国外用户的青睐。

电动自行车会像自行车那样，很快进入千家万户。这种新生的家用电器将成为大众的重要交通工具。但绝大多数人对电动自行车还很生疏、了解甚少，并且许多人还没有认识到发展电动自行车对环境的重要性。目前，电动自行车的修理和维护部门很少，且有关参考资料也很缺乏。为此，作者广泛收集了各种产品的有关资料，经过整理编写了这本书。

本书介绍电动自行车的由来和发展，电动自行车的结构和工作原理，及其使用、维护、故障排除等知识。编写过程中，作者尽量避免深奥的理论和专业名词，使用通俗易懂的语言向读者详细介绍了有关电动自行车的各种知识。并从环保的角度宣传和赞扬了这一新生事物。希望它能尽快在我国推广和普及。

本书主要对象是社会读者，特别是喜爱电动自行车但又对其构造、性能、使用和维护事项不太清楚的用户，与电动自行车相关的专业厂的技术人员和工人也可参考。

在编写过程中，作者参考了很多著作和新近发表的有关资料，这些新的理论和成果都是属于著述者的。本书的编写得到天津大学朱拓然教授的支持和指导，他为本书第6章“车用电池”提供很多有关铅酸电池的数据和资料。在此一并向他们表示感谢。

由于作者水平有限，谬误之处在所难免，企望广大读者指正。

2001.9.1



作者：崔万安 1957年毕业于北京矿业学院矿山建筑系，一直从事科研工作，90年代由中国煤炭工业集团进出口总公司秦皇岛分公司退休。

# 目 录

## 前言

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第 1 章 概述</b> .....       | 1  |
| 1.1 什么是电动车 .....            | 1  |
| 1.2 电动自行车的优点 .....          | 2  |
| 1.3 电动自行车的由来和发展 .....       | 4  |
| 1.4 电动自行车的前景 .....          | 5  |
| <b>第 2 章 电动自行车的分类</b> ..... | 9  |
| 2.1 分类方法 .....              | 9  |
| 2.2 按驱动力性质分 .....           | 9  |
| 2.3 按结构分 .....              | 10 |
| 2.4 按驱动方式分 .....            | 13 |
| <b>第 3 章 电动自行车的构造</b> ..... | 18 |
| 3.1 车体 .....                | 18 |
| 3.2 折叠式电动自行车 .....          | 22 |
| 3.3 操纵和显示机构 .....           | 23 |
| <b>第 4 章 车用电动机</b> .....    | 28 |
| 4.1 电动机的类型 .....            | 28 |
| 4.2 电动自行车对电动机的要求 .....      | 29 |
| 4.3 车用电动机的选择 .....          | 30 |
| 4.4 有刷直流电动机 .....           | 39 |
| <b>第 5 章 无刷直流电动机</b> .....  | 44 |
| 5.1 概述 .....                | 44 |
| 5.2 无刷直流电动机的原理 .....        | 45 |
| 5.3 无刷直流电动机的结构 .....        | 47 |
| 5.4 绕组的换流 .....             | 62 |
| 5.5 磁性材料 .....              | 69 |
| 5.6 直流电动机的调制—控制器 .....      | 76 |
| 5.7 电能反馈 .....              | 83 |

|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 5.8         | 位置传感器 .....                 | 83         |
| 5.9         | 斩波器 .....                   | 89         |
| 5.10        | 直流电动机专用集成电路 .....           | 97         |
| 5.11        | 无传感器无刷直流电动机及其驱动 .....       | 104        |
| 5.12        | 车用电动机展望 .....               | 108        |
| <b>第6章</b>  | <b>车用电池 .....</b>           | <b>114</b> |
| 6.1         | 电池的分类 .....                 | 116        |
| 6.2         | 铅酸蓄电池 .....                 | 117        |
| 6.3         | 碱性蓄电池 .....                 | 134        |
| 6.4         | 燃料电池 .....                  | 151        |
| 6.5         | 其它电池 .....                  | 156        |
| <b>第7章</b>  | <b>电动自行车的选购、使用与维修 .....</b> | <b>159</b> |
| 7.1         | 电动自行车的性能 .....              | 159        |
| 7.2         | 电动自行车的选购 .....              | 160        |
| 7.3         | 试运转 .....                   | 174        |
| 7.4         | 日常使用注意事项 .....              | 177        |
| 7.5         | 电动自行车的故障 .....              | 181        |
| 7.6         | 故障的排除 .....                 | 183        |
| 7.7         | 关于电动自行车的标准 .....            | 187        |
| <b>第8章</b>  | <b>国内外电动车的发展 .....</b>      | <b>191</b> |
| 8.1         | 国外电动车发展及其策略 .....           | 192        |
| 8.2         | 我国大陆电动车发展状况 .....           | 200        |
| 8.3         | 我国台湾省电动车发展概况 .....          | 204        |
| 8.4         | 国内外电动自行车经济对比 .....          | 205        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>                | <b>208</b> |

# 第 1 章 概 述

## 1.1 什么是电动车

什么是电动车？电动车的特点是什么？为什么要研制和推行电动车？它有哪些优越性？电动车有前途吗？现在，汽车、摩托车技术已经相当成熟和先进了，为什么又要搞电动车？电动车的发展，将来会对我国经济和工业结构产生哪些深远影响？我想，当读者拿起这本书的时候，一定会有各种各样的问号。好吧，在第 1 章中我们首先就这些问题，作一个粗略的介绍，其它章节再向读者一步步深入细致地讲述。

首先，电动车包括电动汽车 Electric-Vehicle 简称 E-V

    电动摩托车 Electric-motorcycle 简称 E-M

    电动自行车 Electric-bike 简称 E-B

上述简称，除 E-V 已被电动车界和报刊所采用外，E-M 和 E-B 是作者为本书叙述方便而临时取用的，同时也是专业杂志和很多人默认并使用的。另外也有将所有小马力电动车如两轮、三轮、四轮电动车统称为电动超轻车，简称 ESV (Electric superlight Vehicle) 或超轻型电动车，简称 SEM (Superlight Electric Moped)。

本书所讲的电动自行车，就包括在这个总简称之中，为了适应习惯和便于读者理解，同时电动自行车归轻工部门管理，归自行车类别，按国家轻工业局组织制订和提出、国家质量技术监督局颁发的“电动自行车通用技术条件” (GB17761—1999) 的规定仍然使用“电动自行车”这一名词。电动自行车仍然是一个大家族，包括两轮电动车、电动三轮客货车、老年情侣电动三轮车、残疾人轮椅、电动滑板车等交通工具。它们的最高速度在 20km/h 以下，车型轻、载重量小，实际就是用电驱动的自行车或三轮车。电动自行车是普通自行车的升级换代产品；同时电动车又是那种噪声和污染都很严重的机动摩托车在城市的换代产品。

顾名思义，电动车是用电驱动的车辆；电动自行车则是用电驱动的两轮自行车、三轮车，它可以电力驱动、也可以人力驱动、或是二者同时并用，单独电动时，速度应符合国家规定的 20km/h 速度，对人力驱动的速度则没有限制。电动三轮车、残疾人电动轮椅的驱动方法、传动技术、车用电源与电动自行车特别接近，有的完全相同。



电动自行车的特点如下：

(1) 既可以像自行车一样用脚踏驱动，也可以电动机单独驱动或二者并用。按 GB17761—1999 标准规定，电动自行车的最高车速定在 20km/h。这个速度并不快，但是比起车流高峰期间的 5~10km/h 的速度还是快了些。要知道每小时行驶 40 华里，只有年轻力壮、体力较强的人才能坚持一定的时间，其它人则只能维持极短的时间。在城市中高峰期间人流车流较密集，故车速不能再提高。下面的例子也说明这样的车速并不慢：作者常遇到这样的情况；1998 年前，电动自行车还很稀少时，本人骑电动自行车上街时曾几次遇到有人尾追，但是只有到了路口有红灯时，尾追的人才能赶上，主要是对电动自行车感到新鲜，问讯一些有关车的情况，尾追的人感到呼吸紧张。这说明电动自行车的速度和持续能力比自行车强得多。

(2) 自行车体的结构强度决定了它的行进速度，如果车速不适当地提高，车体的各结构部件会承受不了，这对驾车人是相当危险的。所以车速不宜过高，也是由车体强度来决定的。

## 1.2 电动自行车的优点

(1) 速度适中，轻便。

(2) 无排放。电动自行车行驶时，没有任何有害气体排出，它是一种清洁的符合现代环境要求的交通工具。

(3) 无噪声。电动自行车在行驶时是非常安静的，没有摩托车那种轰轰作响、车辆经过时一条街不得安宁的现象。电动自行车从你身边驶过，你会以为是一辆轻快的普通自行车。

(4) 电动自行车没有漏油、没有油污，故障率和维修量很小，不会有像摩托车修理部门前那种满地油渍斑斑的场景。

(5) 没有火灾危险，对自己和邻居都安全。没有因贮备汽油、加油及检修中不慎而酿成惨祸的危险，也不会因出车前预热弄得住宅区内的居民受有害尾气的毒害。电动自行车出车前不用预热（尤其是冬季）、不用加油（包括添加润滑油）也不用检查润滑情况。夜间充好电的电池装在车上，接通电源骑上就走（也可以不卸电池充电），比摩托车要简单多了。

(6) 节能及多种方式利用能源。电动自行车每 100km 仅消耗 1~1.2kW·h 电能，而最小的燃油机动车每 100km 也要消耗相当于 10kW·h 的能量。

电动自行车都是白天行驶、夜间充电。将来电动自行车进入千家万户，用电量是很大的，夜间充电的用电量也是很可观的。这，有利于电网的平衡。我国白天是用电高峰，而到了夜间则进入用电低谷。据统计，全国昼夜峰谷相差每天达到 1200 亿度。可见夜间电力富裕之多，为了均衡电网的峰谷差，国家甚至用建

立储能电站的方法储存夜间富裕的电能，夜间抽水蓄能、到了白天用电高峰时再用蓄能的水发电。如果电动车得到普及，对缓解电网的峰谷差会起到积极的作用，因为它充分利用了富裕的电能，这实际上也是一种节能措施。

(7) 电动自行车除电动机外，没有齿轮减速器、变速器、曲轴、传动轮，没有化油器、排气管等。因此，机械振动和机械噪声很小，这就决定了它是一个既清洁又安静、日常维修量非常少而省心的交通工具。

(8) 电动自行车是跨世纪的高技术产物。电动自行车的电动机是用 20 世纪 80 年代新产品——第三代稀土永磁材料制造的，具有体积小、重量轻、性能好、转动力矩大、转速范围宽等优点。电动机转速由集成电路及外围器件组成的控制器控制，转速控制的范围由 0 ~ 100%，电子控制电路已经采用了数字电路，具有反应迅速的特点。能实现 DC—DC 换流、给电动机电枢顺序换相、具有监视系统和自我保护功能，是一种新的智能型电气传动技术。

电动车这种新型交通工具体现了先进的电气传动技术的渗透，这标志着人类的交通也要进入一个新时代。电动车的传动是由智能型控制器根据给定信号和动态信息的反馈经过分析后发出指令，控制电流和电压的输出，通过导线传输给电动机，使电动机带动车轮起步、加速、行驶、减速、再生制动、后退等一系列动作。在这一系列的指令和电力传动中，既没有声息也没有摩擦，更没有废气排出和噪声，一切都在静静地进行。可以想象我们的城市中多少年来的吵吵闹闹、乌烟瘴气的景况就要彻底的改变了，那又是一种什么样的环境？建筑物的装饰不再会很快陈旧和剥落，人们的健康状况有了保障，儿童的智力和体质在良好的环境中健康的发育。

当人类的现代化交通工具都能由或绝大部分由电气传动的结构方式取代机械传动之后，在我们的社会里、在城市、在市郊的主干道路上，便只有静悄悄行驶的车辆身影，没有尾气长龙、没有震撼耳膜的隆隆声，有的只是轮胎在道路上摩擦的飒飒声。在城市交通繁忙的十字路口红绿灯交替时，不再出现大量浓度极高的有害尾气损害交通民警的身体健康。

上面的前提有了，就可以按自行车管理，而按自行车来管理，那么很多费用便可以省下来，有人想要它快一点，不过就是把自行车体结构加强、再改用一台功率大点儿的电动机不就行了吗？对，电动摩托在各方面就都胜过电动自行车，但这种车按电动自行车通用技术条件 GB1776—1999 第 5 条标准规定，它不能列入电动自行车管理。若按电动摩托管理，则一切手续、牌证、税费等就不能免了。将电动自行车按自行车管理和按摩托车管理的各项费用对比如表 1-1。

目前，电动自行车已经相当成熟，品种较多，各厂家在结构和性能上各有特色，但在市场上还处于初期阶段，生产能力强，产量也很大，出口数量多。

另外在结构、电源、驱动电动机、控制电路以及插接口等方面还都没有一个

统一的标准，各种部件还未能做到通用和互换，所以价格居高不下。一旦有了标准，部件通用互换有了灵活性，不仅生产成本立即能降到用户乐于接受的程度，而且将来维修变得容易和方便。

### 1.3 电动自行车的由来和发展

汽车、摩托车的出现，确实给人们带来不少的方便、乐趣和实惠。但不久，人们发现这些燃油的交通工具排出的气体中，含有多种对环境不利、对人类、对生物、对文物古迹、建筑物及其装饰物、农作物等的有害成分，这使人类吃了不少苦头。

为此，人类开始寻找无污染无噪声的交通工具。

电动车是燃油车的先驱，还没有发明内燃机以前，电动车就已经在运行了，它比汽车早诞生了55年。到1900年，德国柏林已经有1700辆电动车，当时绝大部分是出租车。而同期柏林却只有936辆燃油汽车。到了1910年，电动车便被汽车顶得一蹶不振、黯然失色。二战之后，得力于战争的需要，内燃机得到极大发展的同时又继续改进提高，其性能更加使人们欢欣不已，燃油机动车迅速发展，从此电动车几乎销声匿迹。这是一个必然的历史规律，因为当时的三大主要部件技术都很落后：电动机性能差、效率低、笨重；电池不仅笨重，而且性能太差、寿命和容量都很低，不能满足人们任意驰骋的欲望；控制系统的技术自然也很落后、可以采用的电子器件在当时尚未出现，电阻控速效率很低，它本身也要消耗太多的电能。

在我国，1958年就尝试电动车的开发，80年代中期还曾与摩托车热的同时，在市场上亮相并销售了一批电动摩托，然而，还是因为三大部件不成熟而导致夭折，从市场上消失，再也未能露面。其原因除电动机技术落后、机体笨重、效率低以外，主要表现在电源上，电源采用的是普通类型的汽车起动铅酸电池，体大、笨重、不密封，漏液且有消耗。最主要的还是失败在两项技术上：一是没有电池耗电量监视系统，没有欠压保护系统，铅酸电池放电到了终止电压而不能及时受到控制，导致电池过量放电；二是充电器技术落后，需要人工监护，充足充电不足电，充电器自己不能控制，造成有时充不足、有时却过充而损坏电池极板，最后的结局是电池失效、车辆不能电动行驶，除非再花钱购买新的电池，增加用户的经济负担，对比之下，反不如购买燃油机动车合算。

20世纪70年代石油危机时期，美、英、法、日开始投巨资研制电动车。当时，我国清华大学钱伟长等教授上书总理周恩来，建议开发电动车，得到周恩来总理的支持，拨百万巨款进行研究。

随着人们对环保意识的提高和强化，以及对节能的重视，又由于电力电子技术的发展和横向渗透，新的高能永磁材料的出现，以及镉-镍电池、镍-金属氢化

物电池（简称氢-镍电池）、全密封免维护铅酸电池的出现，终于使电动车进入了一个快速发展的时代。一些国家精明的自行车厂商，迎合人们消闲郊游的时尚，开拓自己赚钱的途径，将残疾人电动轮椅的驱动系统经过改进搬到两轮自行车上来，为了能使他们的产品畅通无阻，顺利通过审查走向市场，电动自行车实际上都是助力型的，不允许具有单独电动行驶的功能。日本和美国的电动自行车技术水平胜过我国，无论从车的外观和内在质量上都堪称佳品，但其价格却令人望而生畏。

现在的电动自行车，业内人士把它称为高技术的结合体，这是很真实的描述。比如，电动机采用了第三代永磁材料钕铁硼之后，体积可以做得很小。清华大学电机系在 20 世纪 90 年代中期，试制了一台 500W 柱式无刷直流电动机，它的体积只有普通 400W 励磁有刷直流电动机的 1/5 左右；这种电动机重量轻、容易安装、节省电能、并且容易调控转速，这正是电动车所要求的电动机类型。在电动机的调速控制方面，采用了最新电力电子器件和集成电路，达到智能控制的境地。控制电路中兼有对电池电量监视系统，当电池放电达到临界点时可以自动切断电源，保护电池免受过量放电而损坏或影响寿命。电池则趋于坚实耐用，镉-镍、氢-镍电池自不必说，就是铅酸电池也可以任意放置而不必担心漏液。

经过我国技术界的专家们的努力，我国的电动车事业得到迅速的发展。我国电动车事业虽然起步较晚，但却是在一个较高的起点上开始的。目前我国可以从事电动自行车生产的企业已达上百家，车用电源专业企业不下 20 家，这还不包括随时可以转产电动自行车专用电池的厂家。所有这些厂家都有着雄厚的资金和技术家底，有着相当的生产能力和丰富的经验。

## 1.4 电动自行车的前景

电动自行车的前景与多方面因素有关，比如国家的政策导向、企业的服务宗旨、产品的质量、整车技术性能水平、耗能、价格、对人类健康和环境的影响、产品能否为人们需要及喜爱、产品本身是否符合社会发展规律、以及资源状况等许多方面都有着密不可分的关系。

欧洲产业革命以后日益发展的工业，虽然给人类带来了兴旺发达和生活的相对提高。然而污染造成的危害和破坏、资源和经济损失、人类健康方面的损失已部分抵消了工业发展带来的经济收益。

如果说，20 世纪 70、80 年代，某个城市拥有大量摩托车满城奔驰标志着这个城市的技术水平和生活水平的话，那么到了新的世纪，如果还有这种景象，就只能说明其技术水平和精神文明水平仍然停留在原来的年代而没有任何前进和提高。现在人们需要的是适合于健康生活的幽雅清静的环境。北京市早在 20 世纪 80 年代即取缔摩托车在二环路内行驶；江苏张家港市内禁行摩托车受到市民的

拥护，许多大中城市也在制定措施，逐步限制和淘汰摩托车。两轮和三轮摩托车从城市退出已为期不远。人们希望用电动自行车填补摩托车退出城市后留下的空缺。

按电动自行车的性质和发展电动自行车的宗旨，作为自行车的升级和助力摩托的换代产品，电动自行车的使用对象主要是中青年妇女和中老年人。中青年妇女上班路远的或接送宝宝上托儿所、幼儿园或接送低年级小学生，电动自行车是理想的交通工具。中老年人走亲、访友、消闲郊游、逛市场购物买菜也很方便适用。至于男青年和身强力壮者，电动自行车对他们也是适用的。所以电动自行车的市场是宽广的。

日本通产省曾经预言：电动自行车将是未来十种改变人类生活的商品之一。

电动自行车的车体轻，骑行和搬动比摩托车方便得多。整车卸掉电池后的重量比普通自行车稍重，比 28 加重自行车要轻的多，因此推行和存放的随意性强。

多数城市建在平原地带，城街道路平坦，坡度都较小，人为形成的坡道如立交道路，其坡度也不太大，这是城市道路的特点。另一方面，城市中车辆多，不允许车速过快，尤其是高峰期甚至还有点拥挤。除去特大城市以外，大部分城市人们的工作地点离家一般在 5km 以内，达到 10km 的只是少数。所有这些情况决定了对电动自行车的要求是：① 速度不可以过快，② 一次行程距离不必过长，③ 要求车上能驮带随身用品，④ 不要求过大的爬坡本领。这是对市内电动自行车的衡量标准。现在的电动自行车的行驶能力有 20km 的，还有 30 ~ 40km 的，个别的可以达到 50km。爬坡能力最低为  $4^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，一般都可以达到  $7^{\circ} \sim 8^{\circ}$  的坡度。对于上述人群阶层来讲，电动自行车完全可以满足这四个条件。

燃油设备以石油为能源，但石油的资源已经不多了，有人估计全球的石油资源还可以采 40 年。为此，科学家们早已开始了石油代用品及适合于使用代用品的机器构造的研究，如天然气、甲醇、氢等。但是除氢以外的代用品，燃烧后仍然有废气排出并有危害，不能彻底解决污染问题，同时它们大量耗氧。而这些机器的振动、噪声、磨损及效率低下等问题并没有彻底解决。

抛开污染问题，我们再看看内燃机的效率：据测定，汽油的能量为 12.8kWh/kg，（粗略地计算，1kg 汽油的发热值为 46055kJ，1kWh 电能相当于 3600kJ 的热能）而小轮助力摩托往往每百公里要消耗 2L 汽油，即耗能量为 17.9kWh。我们再看看电动自行车，经实际测定电动自行车每百公里耗能为 1kWh 左右，用 500W 直流电动机装备的电动摩托车，车速为 50km/h，百公里的电耗量为 1.25kWh（电动机效率  $\eta = 0.8$ ），若再计入充放电效率 0.8，则每百公里耗电为 1.95kWh，充分考虑未知因素也不超过 2.5kWh 的能耗。对比之下，二冲程燃油发动机的能源利用率不到同等功能电动车的 15%，它的能耗相当于电动自行车的 17 倍，电动摩托车的 7 倍，但是它的能力却达不到电动摩托的 7 倍，

也达不到电动自行车的 17 倍，甚至连电动自行车的 5 倍都达不到。可见燃油发动机的效率之低，能源的浪费之惊人。而且它浪费的部分被排出后还加重了环境的污染，危害人类的健康等一系列不良后果。

氢，燃烧后的产物是水，甚至连一氧化碳、二氧化碳都不产生，可算得上是清洁燃料。但是氢的制备、储存、成本等还都存在一定的难点。

“电能”可以取自多种其它能源。现在，火力发电、重油发电、坑口电站……只能称为传统方式了，比较新的技术为核电站、水电站、燃料电池电站，以及以风力、潮汐、海浪、地热、沼气、太阳能、生物发电等等。

利用水、风、太阳能、潮汐等发电不仅资源丰富，而且它们都是清洁的，这种电站具有一次性投资加日后少量投入管理、维修费用，即可源源不断地得到并输出电力的特点，动力源是免费的，这就等于我们把设备放在那里等待自然向设备里灌入能源。我国水利资源全球第一，而我们的水力发电却排在全球第四位，我国水力发电实际成本为 0.06 ~ 0.08 元/kWh。截至 1999 年初全球风力发电产值已经达到每年 20 亿美元、并以每年 25% 的速度增长，是发展速度最快的。日本人到 2000 年的风力发电能力可以达到 10 万 kW。太阳能是发展速度为第二的能源，1997 年建站投资为 4000 美元/kW，10 年以后的建站投资将降至 1000 美元/kW。

地球表面每年从太阳获得的热能为  $5.61 \times 10^{21}$  J，这个数字相当于燃烧 20 亿吨标准煤量，又相当于我国目前平均年产煤量的 5 亿倍。专家估计到 2025 年全球耗能将达  $7.54 \times 10^{17}$  J，那也只是地球得到的太阳能总量的 7000 分之一。仅我国领土上每年即可获得太阳能  $4 \times 10^{16}$  J，是 1430 亿吨标准煤的发热量，也是我国目前平均年产煤量的 3000 多倍。这样丰富的自然资源如果不能充分地利用，实在是可惜。

陆地占地球表面的 1/3，在任何可以利用的地方都可以建立光伏电站和太阳热能发电站。海洋上占 2/3 的太阳能，则可以通过形成的空气流动和水分蒸发后，在陆地上形成的风能和水利资源进行风力和水力发电。

由上述可见，电是无穷无尽的、用之不竭的。

“汽车维修”杂志上题为“中国该不该发展电动车”的文章中写道：“我国汽车技术一直是落后的，寻求霸主的希望是没有的，然而我国的电动车技术并不落后，争雄有望，1994 年世界第 12 届电动汽车国际会议上，美国专家曾指出：中、法两国不仅需要、而且有条件发展电动车”。

由于电动车没有污染危害及其带来的环境管理费用和资源损失，所以它应受到鼓励，得到倾斜的政策、优惠和补贴。国外已经这么做了，我国有关部门也非常重视电动车的发展，不久，有关的相应政策一定会相继出台。

我国目前个人拥有的自行车已经超过 5 亿辆，摩托车估计在 1 亿辆左右。如

果更新换代量占总数的 5%，那么，每年应有 3000 万辆的需求，根据中央电视台第二套节目统计并在 2001 年 4 月 3 日晚的报道，实际上仅自行车每年更新的需要量即为 5000 万辆。这个数字是目前摩托车年产 1500 万辆的两倍。全国专业厂和随时可以转产电动自行车的厂家按 100 个平均计算，他们每家的产量应达到 30 万辆的生产能力。

如果电动自行车发展运作正常迅速，电源产业成果有大的突破，那么包括电动自行车、电动摩托、电动汽车在内的电动车业会有一个突变的局面。全国自行车厂的大部、摩托车制造厂及另配件厂的一大部分、每年 200 万辆汽车产量的 130 个整车正规厂、600 多个汽车改装厂及 3000 多个汽车零配件厂家，便会有些及时转产。相应地还会产生出大量的与电动车有关的生产和服务行业，电池业会一时成为热门。原有的企业间合作伙伴关系有一部分瓦解，同时重新组合形成另一种新的协作网络。车用电动机业会非常红火。新兴的以集成电路及功率开关器件为主的电气传动技术工业将与电动车、电池共同成为各国工业的重要支柱。

## 第2章 电动自行车的分类

### 2.1 分类方法

电动自行车以其驱动力性质、整车结构及电动机驱动方式的不同，可以分成各种类别。现在尚未制定出一个公认的分类方案，本书暂时按读者阅读方便将其分为三类：

按驱动力性质分：有电动型和助力型两种。

按整车结构分：有两轮、三轮、电动轮椅三种。

按电动机形式及驱动方式分：有直驱车轮的轮毂式直流电动机、中轴链式驱动的柱式直流电动机、电动箱式驱动的柱式和盘式直流电动机。

上述各种结构，在我国都已经有产品，并已上市出售，其构造的细节在下面做详细介绍。

### 2.2 按驱动力性质分

#### 2.2.1 电动车

电动车又称电动型电动自行车。这种车可以由电动机单独驱动自行车行驶，驾车的人象驾驶摩托车一样，不必用脚踏动自行车链轮，这种方式可以行驶在平路上或允许坡度的上坡路段。当某路段的坡度超过允许的角度、或平路段有较强的风力使车速变慢时，就用脚踏动链轮助力以保证车速。在路面开阔车辆稀少的路段，也可间断用脚踏动链轮助力来提高车速。在狭窄车多的路段或高峰拥挤时，最好关闭电源改为脚踏骑行，防止发生随时可能来自前后左右的互相碰撞，避免事故。

到野外郊游时，可以根据自己的体力情况，用脚踏、电动、或两者结合的方式交替进行，这样不仅锻炼了身体、节省了电力，还延长了里程。所以电动型的电动自行车可以用三种方式驱动。如果电池的电能耗尽，控制器的保护功能切断了电源，这时它便成为一辆普通自行车，骑行起来并不比带一个两周岁的儿童费劲。说明电动型的电动自行车的机动性较大，有足够的余地让你选择不同骑行方式。

#### 2.2.2 助力车

助力车又称助力型电动自行车，简称助力自行车。与电动型自行车的不同点在于，驱动电动机只起助力作用，以驾车人脚踏为主，电动机助力为辅。顾名思义



义，是“助你一臂之力”。这种车型都设有速度和力传感器，传感器可以将自检信息传送给控制中心，综合车的速度和驾车人用力情况控制电流的输出，控制电动机出力与否或出多大的力和达到多少转速。脚踏力多大和车速多快时电动机助力应处于什么状态，是预先设定的。按助力车的设计思想和管理部门对自行车速度规定的要求，一般是车速在5~15km/h时，脚踏力越大、电动机助力越大。车速一旦超过15km/h时，则脚踏力越大助力反而越小，由原来的正比例助力变为反比例助力。当车速超过25km/h时，控制中心发出指令停止向电动机供电，电动机不再助力。这是以15km/h为助力大小的界限、以25km/h为是否助力的界限。

助力车也有不同的设定概念，比如有的设定概念，是在限定速度15km/h以下时，助力值与脚踏力的比例为1:1，帮助骑行者驱动车辆，而车速超过15km/h以后，则按比例递减助力。思路虽不同但结果都差不多，都是以规定车速为准则。这样看来，助力型电动自行车更接近于普通自行车，人不踏车不走，只是骑行时省去了一半体力。

## 2.3 按结构分

电动车结构可分为两轮车、三轮车和电动轮椅。三轮车、残疾人轮椅和自行车有着一定的亲缘关系，而电动化以后，它们的电气驱动系统原理和两轮电动自行车基本是一致的，只是电动轮椅的速度更低些。电动三轮车在速度上与两轮车速度相当，原有车体结构除加强外基本不变，电动三轮车的电动机功率和电压比两轮车的要高些，电池的容量大。它们装载电池的位置都在车厢内或车厢（座位）下边。

### 2.3.1 两轮车

两轮车就是电动型和助力型电动自行车。

### 2.3.2 电动三轮车

电动三轮车现在只有前驾式，驱动方式有轮毂电动机直驱车轮和柱式电动机通过链条驱动两种。车速为20km/h以下。三轮车在速度较高时的稳定性不如两轮车，过快容易发生意外。

电动三轮车的用途，可以是座椅车厢，用来乘坐人员（图2-1a）；可以是平板或货箱式的，用来装载货物（图2-1b）。电动三轮车的电池比两轮车容易装载，可以置放于客车的座椅下面或货车的箱体内，由于它的空间大些，所以可多带一组备用电池，以备替换使用，或装载大容量电池。

可望电动车厂商将来拓宽电动三轮的结构品种，如侧驾式、后驾式。后驾式即沈阳称之为“倒骑驴”的那种，车厢在前驾车人在后的形式。这种车主要用于街头流动售货，一边叫卖一边骑行，不下车即可售货。侧驾式则主要用于乘人，便于