

电动自行车系列丛书

构造与 原理

崔万安 编

电 动

Electric
Bike

自 行 车



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

U484

3

自行车系列丛书

电动
Electric
Bike

自行车

构造与原理

崔万安 编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

电动自行车构造与原理 / 崔万安编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.4

(电动自行车系列丛书)

ISBN 978-7-115-17137-5

I. 电… II. ①崔… III. ①电动自行车—构造 ②电动自行车—理论 IV. U484

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第170976号

内 容 提 要

本书内容包括电动自行车整车构造、电机的构造和原理、蓄电池构造和原理、控制器构造和原理、充电器构造和原理、常用电路原理等几个部分。全书揭示了电动自行车的有关器件电路。本书适用于电动自行车专业修理人员阅读, 也可以用作专业学校相关专业的参考教材。

电动自行车系列丛书 电动自行车构造与原理

-
- ◆ 编 崔万安
责任编辑 李育民
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 25.75
字数: 475千字 2008年4月第1版
印数: 1-5 000册 2008年4月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-17137-5/TB

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010) 67133910 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

前言

近年来,全国电动自行车产量迅猛增加,制造技术得到了迅速提高和发展。电动自行车的发展对保持城市的良好环境非常有利,它作为城市中两轮燃油摩托的替代产品,减少了燃油车废气对环境的危害。以电动自行车取代普通自行车后,可使广大职工节省时间,提高出行效率。

随着电动自行车使用数量的猛增,电动自行车故障和问题陆续突显出来,但很多电动自行车的维修从业人员的修理技术还处于较低的水平。为了提高广大电动自行车修理人员的技术和知识水平,我们特编写此书。本书着重对电动自行车的构造和原理,对电动自行车用蓄电池、电机、控制器、充电器,尤其是对电动车有关电路的构造原理做了详细的介绍,希望能对广大电动车修理人员有所帮助。

在本书的编写过程中,作者根据现有电动自行车的技术,借鉴了很多精辟文献,并参考了很多电动自行车厂家现有的产品数据和资料。在此,对参考文献中的作者及从事实际工作的专家、学者表示感谢。在本书的编写过程中,秦皇岛市的陈宝昌师傅对本书的编写也给予了很大帮助,在此表示谢意。

本书由肖静岩编写第一章,许百萍编写第三章,崔万安编写其余章节,并负责整书的统一。由于水平有限,在编写过程中难免有遗漏、谬误之处,敬请指正。

作者

2008年1月

目 录

第一章 电动自行车整车构造	1
1.1 什么是电动自行车	1
1.2 整车要求和强制性规定	1
1.2.1 整车要求	1
1.2.2 强制性规定	2
1.3 家用轻型电动车分类	3
1.3.1 按结构性能分	3
1.3.2 两轮电动车	3
1.3.3 电动三轮车	6
1.3.4 电动轮椅	8
1.3.5 电动滑板	9
1.4 电动自行车的构造	9
1.4.1 整车基本构造	9
1.4.2 车架	9
1.4.3 辅助系统	12
1.4.4 转向显示系统	16
1.4.5 控制系统	16
1.4.6 蓄电池	19
1.4.7 保护系统	19
1.4.8 声光系统	20

1.4.9	照明系统	21
1.4.10	警示系统	21
1.5	电气系统和仪表显示系统	21
1.5.1	电气系统	21
1.5.2	仪表显示系统	28
1.6	助力系统	42
1.7	影响电动自行车续驶能力的因素	50
1.8	选择使用电动自行车注意事项	51
1.8.1	购买电动自行车注意事项	51
1.8.2	电动自行车三大要素的选择	52
1.8.3	选择购买要点	53
第二章	电机构造和原理	55
2.1	概况	55
2.2	车用电机种类	56
2.2.1	电机分类	57
2.2.2	电动自行车用电机	57
2.2.3	车用电机构造和机理	58
2.2.4	各种车用电机结构图	61
2.2.5	各种结构电机对比	76
2.2.6	车用电机的调制	83
2.3	电机原理	84
2.3.1	左手定则	84
2.3.2	右手定则	85
2.3.3	反电动势作用	86
2.3.4	力臂与力矩的关系	86
2.3.5	电动自行车电机的特点	88
2.3.6	电机的选择和比较	88
2.4	无刷电机位置传感器和磁钢	89

2.4.1 传感器	89
2.4.2 磁钢	98
第三章 蓄电池构造和原理	101
3.1 概况	101
3.1.1 车用蓄电池及其发展	101
3.1.2 电动车用蓄电池国家标准和地方标准	104
3.1.3 一些常见专业名词和代号	106
3.1.4 电动车对蓄电池的要求	107
3.1.5 电动车蓄电池匹配原则	108
3.2 铅酸蓄电池	108
3.2.1 铅酸蓄电池标准GB/T10262—2001或JB/T10262—2001	108
3.2.2 铅酸蓄电池原理	109
3.2.3 铅酸蓄电池特点	110
3.2.4 铅酸蓄电池分类	110
3.2.5 铅酸蓄电池的内阻	115
3.2.6 铅酸蓄电池的极化	116
3.2.7 铅酸蓄电池的失效模式及补救	117
3.2.8 铅酸蓄电池的管理和检测	118
3.2.9 影响铅酸电池寿命的因素	123
3.2.10 铅酸蓄电池极板硫化机理	126
3.2.11 铅酸蓄电池的修复	127
3.2.12 铅酸电池的发展	138
3.3 锂离子蓄电池	138
3.3.1 锂离子蓄电池简介	138
3.3.2 锂离子蓄电池构造	140
3.3.3 聚合物锂离子蓄电池	145
3.3.4 锂离子蓄电池原理	146
3.3.5 锂离子蓄电池的发展及使用	147
3.3.6 锂离子蓄电池的充、放电	149
3.3.7 锂离子蓄电池的优缺点	152
3.3.8 纳米锂离子电池	153

3.3.9 锂离子蓄电池的电磁兼容性	154
3.4 镍系列蓄电池	154
3.4.1 镍系列电池共同点	154
3.4.2 金属氢化物—镍电池	155
3.4.3 锌镍电池	157
3.5 蓄电池的配组	158
3.5.1 科学配组的重要性	158
3.5.2 铅酸蓄电池配组	159
3.5.3 车用锂离子蓄电池的配组	162
3.6 各种蓄电池对比	162
3.7 其他电源	163
3.7.1 质子交换膜燃料电池	163
3.7.2 锌空气燃料电池	168
3.7.3 铝空气燃料电池	177
3.7.4 电容储能器——超级电容	180
3.7.5 飞轮储能器——飞轮电池	184
3.7.6 太阳能用于电动车	185
3.8 蓄电池组管理及其保护电路	187
3.8.1 意义	187
3.8.2 防过电压和产气保护电路	188
3.8.3 防过放电保护电路——欠压保护	190
3.8.4 大脉冲电路	191
3.9 蓄电池管理系统	192
3.9.1 管理的重要性	192
3.9.2 蓄电池管理系统BMS	194
3.9.3 管理系统简介	197

第四章 控制器构造和原理

207

4.1 什么是控制器	207
4.2 控制器的使用	208

4.2.1	控制器的命名	208
4.2.2	对控制器的要求	208
4.2.3	目前控制器存在的某些缺点	210
4.3	电机驱动技术	211
4.3.1	驱动技术介绍	211
4.3.2	斩波器	218
4.3.3	驱动电路的新功能——新型控制器	222
4.4	有刷电机驱动电路	223
4.4.1	最简单的KZQ电路	223
4.4.2	以LM339做主芯片, 单MOS管有刷控制器	224
4.4.3	TL494+LM324 带电量指示有刷电机KZQ	226
4.4.4	功能全面的有刷KZQ电路	229
4.4.5	用TL494做主芯片、LM324做电量显示的有刷电机实用 驱动电路 1	229
4.4.6	用TL494做主芯片、LM324做电量显示的有刷电机实用 驱动电路2	234
4.4.7	用TL494为主芯片的有刷电机控制电路	235
4.4.8	双555和LM339、单MOS管的驱动电路	237
4.4.9	上海伟星有刷电机驱动电路	238
4.4.10	雅标牌电动车有刷KZQ	239
4.4.11	用SG3525A和LM358的有刷电机驱动电路	241
4.5	无刷电机有传感器驱动电路	244
4.5.1	电机驱动专用集成电路专用芯片MC33035	244
4.5.2	用MC33035和IR2103S无刷驱动电路	247
4.5.3	用UC3625的无刷电机驱动电路	251
4.5.4	专用驱动电路——IR2130	258
4.6	无刷无传感器电机的驱动	270
4.6.1	驱动方式	270
4.6.2	无刷无传感器电机驱动专用集成电路ML4425	271
4.6.3	电路应用	274
4.7	电动摩托和电动三轮有刷驱动电路	277

4.7.1	用555、LM339的三MOS管大功率驱动电路	277
4.7.2	用74HC14N和LM324、五MOS管的增功率KZQ电路	279
第五章	充电器构造和原理	281
5.1	充电器状况	281
5.2	对充电器产品的要求	283
5.2.1	对所有类型充电器产品的要求	283
5.2.2	铅酸蓄电池充电器	284
5.2.3	氢镍蓄电池和锂离子蓄电池充电器	285
5.2.4	充电器应具有全面的保护功能	287
5.2.5	充电器的缺点和存在的问题	289
5.3	充电器的选择	290
5.3.1	选择充电器的意义	290
5.3.2	对充电器的要求和选择原则	290
5.4	充电器电路构造和原理	292
5.4.1	充电器分类	292
5.4.2	充电方式	293
5.4.3	功能齐全的充电器	293
5.4.4	充电器构造和电路原理	294
5.5	电动自行车用充电器电路	295
5.5.1	用TL494、LM358的高频、开关式自激脉冲充电器	295
5.5.2	用TL494和HA17358的充电器电路原理	298
5.5.3	用LM324和晶闸管结合的高频开关充电器电路	300
5.5.4	用UC3842、光耦合器、TL431组成的充电器	302
5.5.5	用UC 3842、4N35和TL431组成的充电器电路	305
5.5.6	用TL494、双MOS管的开关电路充电器	307
5.5.7	用555、晶闸管、双向晶闸管、F007的充电器电路	310
5.5.8	带有智能负脉冲的豪斯莱充电器	312
5.5.9	用UC3842B、LM324和光耦合器的QSC4213型脉冲 智能充电器	316
5.5.10	用LM358和CD4017的负脉冲参考电路	319

5.5.11	用3844、LM324、P621等组成的充电电路	322
5.5.12	用UC3845、LM339的脉冲充电器	325
5.5.13	电动摩托、电动三轮车用大功率工频充电器	327
5.5.14	电动摩托、电动三轮车用快速DZ-2-48型高频智能 全自动充电器	329
5.5.15	用UC3842、LM358、4 MOS管的大功率高频脉冲 铅酸蓄电池充电器	331
5.5.16	电路简洁的大功率充电器	333
5.5.17	太阳能充电器	334
5.5.18	其他充电器参考电路	336
5.5.19	充电器总评价	336
5.6	充电器常用芯片	341
第六章	常用电路原理	345
6.1	电动车专用集成电路	345
6.1.1	文字符号和图形符号	345
6.1.2	集成电路分类	351
6.1.3	常用集成电路	362
6.1.4	微型器件、巧妙器件和电路	384
6.2	保护器件和电路	386
6.2.1	保护器件分类	386
6.2.2	检测与安全保护实施	386
6.2.3	新型热保护和过电流保护器件	388
6.2.4	温度检测电路	390
6.2.5	其他检测和保护电路	392
	参考文献	395

第一章 电动自行车整车构造

1.1 什么是电动自行车

国家技术质量监督局发布的《电动自行车通用技术条件》中规定，电动自行车就是“以蓄电池做辅助能源，具有两个车轮，能实现人力骑行、电动或电助动功能的特种自行车”。实际上，加装电动机构的普通自行车，就是名副其实的电动自行车。

电动自行车是电动车中的一个分支，电动车包括：①四轮电动车，也就是电动汽车，国际上用 E-V 表示；②时速超过 35km，电机功率超过 350W，载重超过 100kg，称为重型电动摩托，有三个轮和两个轮的，以 E-M 表示；③速度在 20km/h 以上至 35km，载重 100kg 以下，电机功率超过 250W，不能人力脚踏驱动，称为轻型电动摩托；④速度不超过 20km/h，包括蓄电池组在内的自重不超过 40kg，电机功率在 240W 以下，载重 75kg 的是电动自行车，用 E-B 表示。电动摩托是摩托车的换代产品，电动自行车是自行车的升代产品，电动车是为了满足环境和能源等客观要求而产生的符合自然发展规律的产物。

1.2 整车要求和强制性规定

1.2.1 整车要求

首先要完全符合国家颁布的通用技术条件的规定，同时要安全、舒适、运行平稳、操纵灵敏和节能等。

1.2.2 强制性规定

一、整车

按照国家技监局颁布的标准：GB17761。

自行车安全、性能和强度的要求应符合：GB3565—2005。

自行车装配的要求应符合：GB/T3566—1993。

自行车车架的要求应符合：QB1880—1993。

二、控制器标准

上海地方标准：DB/31—201 1997。

天津地方标准：DB12/T250—2005。

三、电机标准

《电动自行车通用技术条件》中相关条款：GB17761。

小功率电机通用技术条件：GB/T5171—2002。

控制微电机基本技术要求：GB/T7345—1994。

上海地方标准：DB/31-201—1997

天津地方标准：电动自行车用永磁直流电机技术条件标准 DB12/T 248—2005；电动自行车用无刷直流电机技术条件标准 DB12/T 249—2005。

四、电动车电源标准

机械行业标准：JB/T10262—2001。

电动道路车辆用铅酸蓄电池标准：GB/T18332.1—2001。

电动道路车辆用金属氢化物镍蓄电池标准：GB/T18332.2—2001。

电动道路车辆用锂离子蓄电池标准：GB/T18333.1—2001。

电动道路车辆用锌空气蓄电池标准：GB/T18333.2—2001。

五、充电系统标准

国家标准：GB4706.18—1999。

充电器行业标准：QB/3201GBKC01—2002。

天津市地方标准——电动自行车用铅酸蓄电池充电器技术条件：DB12/T247—2005。

电动车辆专用充电系统一般要求标准：GB/T1848.1—2001。

电动车辆传导充电系统交流 / 直流充电站标准：GB/T18487.3—2001。

1.3 家用轻型电动车分类

1.3.1 按结构性能分

- (1) 按车轮数量分为两轮车、小三轮车和小四轮车。
- (2) 按外形分为普通型电动自行车、简易型和标准型电动自行车、豪华型电动自行车、滑板车。
- (3) 按用途分为家庭车、商业车、休闲车、运动车、远程车。
- (4) 按外包装分为标准型、部分包装和简易型。
- (5) 按传动系统分为轮毂电机直驱式、链条驱动、轴传动、皮带驱动和摩擦驱动。
- (6) 按电机安装和驱动方式分为前驱、中驱、后驱、外挂。

虽然前面介绍的电动自行车的定义规定必须是两个轮的,但由于厂家的开发,产品的拓展,目前已经不仅仅是在自行车基础上实现电动化的一种形式了,还发展有电动三轮客货车、残疾人专用电动轮椅、老年情侣小型电动三轮车和非常轻便的电动滑板车。电动滑板车又分两轮、三轮、四轮等多种结构。

1.3.2 两轮电动车

一、型号和外观

最简单的两轮电动自行车,是在自行车的基础上给车轮安装一个轮毂电机,电源放在后衣架上并加以固定,控制电机转速的简易型控制器,安装在车把中间,用导线将电机、控制器、调速手柄以及电源连接起来。

不过这样不十分美观,因为所有的线路都得露在外边,还容易被刮断。由于导线可以活动和摇摆,在线的基部又容易折断,所以厂家的正规产品,都将导线穿入车架的管道内,有的则包裹在线盒内,既保护了导线,又美观大方。

目前,商品两轮电动自行车的外观都相当漂亮,有各种花色和各种造型,品牌有上百种,车型也较多,厂商还给它们冠以各种美丽的名称。

此外,还有轻型折叠式电动自行车,这对建筑面积不太宽余的家庭,比较实用。

各国电动自行车以前轮驱动和中轴驱动为主,后轮驱动较少,这是考虑到助力的方便、解放后轮使后轮具有能驱动和变速的功能,便于修理。

二、传动方式

按驱动方式分为前驱、中轴驱动和后驱 3 种。

按具体的传动方法分为轮毂电机直接驱动车轮，圆柱形电机通过链轮驱动后轮的大飞轮，圆柱形电机通过伞形减速齿轮直角传动后轮，圆柱形电机在中轴部位或通过直角减速、或直接通过齿轮带动链条驱动后轮，圆柱形电机通过摩擦滚直接驱动后轮等。

图 1-3-1 (a) 为 BLC24-1/BLC26-1 型电动自行车，其参数如下。

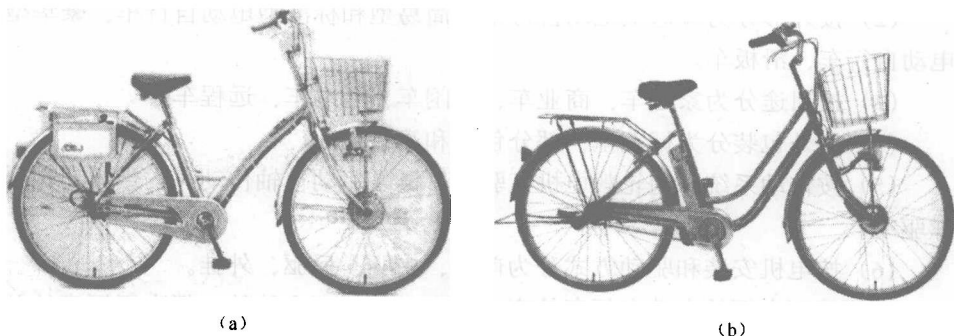


图 1-3-1 日本两款电动自行车

轮径：610/660mm。

整车重量：23/24kg。

电机：有刷轮毂前轮驱动，额定功率 200W。

电池：镍—金属氢化物后悬挂式，3.2A·h，充电时间 2.2h。

续驶里程：普通道路标准模式 28km，节能模式 38km。

日本国内售价：包括充电器 66 800 日元（约合人民币 5344 元）。

图 1-3-1 (b) 为 CY-SJ243D 型，2003 年 3 月由三洋电机公司投放市场，其参数如下。

轮径：610/660mm。

车重：22.2kg。

助力速度范围：0 ~ 15km/h 增助力，15 ~ 24km/h 范围减速助力。

电机：无刷轮毂前轮驱动，250W。

电池：镍—金属氢化物，2.8A·h，充电时间 2h。

充电后续驶能力：平坦路面节能模式 65km，标准模式平坦路面 39km。

日本国内售价：包括充电器 89 800 日元（约合人民币 7184 元）。

图 1-3-2 是德国 JOE 助力、电动、变速电动自行车，前轮电动可以单独驱动，后轮脚踏驱动，后轴设内星形轮变速器，在市郊可以变成大传动比，以提高车速和节省电能，在市内拥挤路段变成小传动比，完全脚踏骑行，达到安全、省力、省电。国外提倡和发展前后两轮双驱动方式，对运行的平稳和可靠比较有保证。



(a) 德国 JOE GO 后轴内变速



(b) 德国 JOE FLY 后轴内变速

图 1-3-2 前驱电动自行车

三、功能

按功能分为驱动功能、显示功能和安全功能 3 种。

驱动功能有电动和助力两种。有的企业产品具备电动和助力两种功能，并且可以互相转换。

显示功能则多种多样，依豪华程度和不同要求而定，厂家为用户准备了不同层次、不同显示水平的显示功能。

显示是借助仪表盘实现。最简单的仪表盘只装置发光二极管，显示电源有无、电量的大小和速度的大小三个项目，没有具体数值；性能稍提高一点儿的仪表盘，其发光管的数量增加了，提高了显示的精度，但也只能分出级别，仍然不能显出数值；级别再高一点的仪表盘显示项目明显增加，如电源、转向、速度、电量以至电池是否处于欠压状态等都有专用发光管指示，速度和电量采用指针式仪表，指示数值比较具体；豪华型仪表盘显示项目和数值更具体、细致、全面，除上述项目外，还有行驶里程、欠电压、过载等，采用了指针加数字式里程速度表、指针式电压表，表盘美观豪华，有一种“三表太子头”仪表组，特别显示车的豪华气派，俨然是一辆高级机动车。

安全功能是最重要的。车辆是为人类各种活动提供便利的交通工具，以提高生活质量、工作效率，安全快速为第一位。车架强度、操作便利、制动可靠、状态显示明了等各方面都应能保证安全，在骑行中若车架解体、制动失灵，其危险性是可想而知的。

四、蓄电池及其驮载方式

蓄电池的驮载方式较以前又增加了一些不同的方式，除前置、中置、后置等几种方式外，很多车采用了底置的方式，这种方式使重心移到最下部，提高了车的平稳度和安全性。

蓄电池安装位置确定的原则是：车的前后轮载荷负担合理，车架内力分布均匀，占用空间最小，给用车者提供最大的使用空间；行车平稳，停放安全；电源线路最短，损耗最小，电路简单，接触可靠，防松防跌落，防止被盗，不影响整车结构的合理性，特别是车把、车座、中轴布局关系合理，骑行舒适、轻松、安全；不影响其他系统，如操作系统、制动系统、传输线路等的合理布设；根据不同蓄电池品种做适合该种电池特性的安装位置。

后置：蓄电池在盒内一字排开，互相并列，箱体呈长形，固定在车的后衣架上，这时后衣架应当是专用的，车架不用做任何处理和改形。对于铅酸蓄电池，这种安装位置重心最高，是一种最不稳定的方式，同时也占据了衣架空间。但这种方式适合于高能轻型电池组，特别是锂电池，也可适用于电压低、容量小的镍系列电池组。

底置：底置式的优点是蓄电池在车架的下部，重心较低，动态和静态的稳定性都较好。有两种方式，一是将车架重新设计，电池架作为车架结构的一部分，蓄电池一字排开放在长条电池盒内，再固定于车架上；另一种方法是采用踏板车架，将中轴部位做得比较宽敞，并设计成盒状，里面可以装载电池组，不用另外做电池盒，摆放两块或三块电池。这也是一种不错的方式，是重心最低的一种，里面同时还可摆放控制器、充电器，走到哪里都可随时充电，车架前后空间较大，踏板不仅可以放脚，还可携带些体积不大或数量不多的物品，有一定的优点。但存在两个问题：①中轴部位宽了，中轴需要加长，两侧的脚踏距离变得很宽；②由于中轴部位被电池组占据了较大面积，尤其是前后的长度加大，把中轴挤得向后推移，脚踏几乎到了车座的下面，改变了原来自行车设计的脚踏力最佳角度。因此，这两种情况都不便于脚踏骑行，长距离脚踏骑行几乎变得困难。

1.3.3 电动三轮车

电动三轮车是电动车的一个类别，但不包括在电动自行车标准规范内。

一、分类

电动三轮车按用途可分为货运电动三轮车和客运电动三轮车两种。

二、货运电动三轮车的特点和结构

1. 特点

货运三轮车主要用于城市非主要街区的少量货物材料的运送，如商店需要的货物，用户购买的家具、电器设备或大宗物品，电话预约送货上门等，对它