

电动自行车控制器选用与维修

袁峰 王立华 杨国治 编著

人民邮电出版社
北 京

内 容 提 要

本书主要介绍电动自行车控制器的工作原理、选用与安装知识、故障分析方法和维修技能。本书语言通俗易懂，具有较强的实用性和可操作性，可供电动自行车用户和维修人员阅读，也可作为电动自行车维修培训班的参考教材。

前 言

电动自行车是集蓄电池技术、电动机技术、电子电力控制技术和精密传动技术于一体的新型特种自行车，因其具有无污染、低噪声、低能耗、占道小、方便快捷等特点而成为国际上流行和推广的绿色私人交通工具，并进入我国的千家万户，深受百姓的青睐。

电动自行车的电气控制系统是实现电能转换成机械能的控制单元，其核心是由电动机控制专用集成电路及外围元器件组成的控制器。控制器的品质是否优良直接关系着电动自行车能否正常工作。由于电动自行车控制器结构原理复杂，给维修人员的维修工作带来很多困难。为此，我们编写了《电动自行车控制器选用与维修》一书。

本书在简单介绍电动自行车结构、有刷和无刷直流电动机工作原理的基础上，重点阐述电动自行车控制器的工作原理、选用与维修方法。通过阅读本书，读者可以系统全面地了解电动自行车控制器的相关知识，掌握电动自行车控制器的正确选用方法以及故障诊断与维修技能。

本书在编写过程中主要依据个人实践经验和体会，并参阅了部分书籍资料，在此特向相关作者表示衷心的感谢。由于时间仓促，加之编写水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 电动自行车简介	1
第一节 概述	1
1. 电动自行车的特点	1
2. 电动自行车的主要技术性能	2
3. 电动自行车的类型	3
4. 电动自行车的型号	4
第二节 电动自行车的结构与作用	5
一、电动自行车结构的组成及其作用	5
1. 电动自行车的基本结构组件	5
2. 各部件的主要作用	7
3. 电动自行车电气部分的相互关系	8
二、常见结构不同的电动自行车	9
1. 轮毂电动机式电动自行车	9
2. 中置电动机式电动自行车	10
3. 侧挂电动机式电动自行车	10
4. 折叠式电动自行车	11
第三节 电动自行车的车体结构	12
一、车架	12
1. 后载式	12
2. 中置前立式	12
3. 中置后立式	13
4. 中置卧式	13
5. 中后置混合式	13
二、前叉	13

三、车把	14
四、车闸	15
五、车轮和轮毂	17
六、车梯	18
七、传动系统	18
第四节 有刷直流电动机的结构与原理	19
一、有刷直流电动机的结构	19
二、直流电动机的工作原理	20
三、常见的有刷直流电动机的结构形式	22
第五节 无刷直流电动机的结构与原理	24
一、无刷直流电动机的结构	25
1. 定子	25
2. 转子	26
3. 电枢绕组	28
二、无刷直流电动机的工作原理	29
三、常见无刷直流电动机的结构形式	32
1. 常见高速无刷直流电动机	32
2. 常见低速无刷直流电动机	33
第二章 电动自行车控制器原理	34
第一节 概述	34
第二节 控制器功能、类型与命名	35
一、控制器的功能	35
1. 控制器基本功能	35
2. 其他功能	36
二、控制器的类型	37
1. 控制器按结构分类	37
2. 控制器按功率分类	37
3. 按所配的电动机分类	38

三、控制器的命名	38
第三节 有刷直流电动机控制器	39
1. 直流电动机的主要驱动方式	39
2. 有刷直流电动机控制器的工作原理	42
3. MOS 管工作原理	43
4. 有刷控制器的基本功能	45
第四节 无刷直流电动机控制器	45
1. 无刷直流电动机控制器的工作原理	46
2. 无刷直流电动机控制专用集成电路	47
3. MC33033 无刷直流电动机控制器原理	49
第五节 电子换相原理	56
1. 电子换相电路	56
2. 三相星形连接全桥换相控制原理	57
第六节 PWM 调速原理	68
1. 直流电动机的转速控制	68
2. 单极性可逆 PWM 驱动系统工作原理	72
3. 双极性可逆 PWM 驱动系统工作原理	74
4. 由分立元件构成的 PWM 电路	77
第七节 位置传感器	80
1. 磁敏式位置传感器	80
2. 光电式位置传感器	84
第八节 调速转把的工作原理	86
1. 调速转把的类型	86
2. 转把的工作原理	87
第九节 断电刹把的工作原理	88
1. 刹把的类型及工作原理	88
2. 刹把信号的改制	90
第十节 控制专用集成电路应用电路分析	93
1. 有刷控制器应用电路分析	93

2. 无刷控制器应用电路分析	95
第三章 电动自行车控制器选用	102
一、控制器的选择	102
1. 控制器的选择原则	102
2. 控制器的选择方法与注意事项	104
二、控制器的安装与连接	107
1. 控制器的安装	107
2. 与控制器相连的接插件的安装	107
3. 控制器与转把、刹把和电动机的连接	108
三、控制器的使用与维护	112
1. 控制器的使用	113
2. 控制器的维护	114
第四章 电动自行车控制器故障维修	116
一、控制器故障的诊断原则和注意事项	116
1. 控制器故障诊断原则	116
2. 控制器故障检查注意事项	118
二、控制器的常见故障分析	118
1. 控制器内部电源无输出	118
2. 有刷控制器没有输出	119
3. 无刷控制器完全没有输出	119
4. 控制器工作时断时续	119
5. 功率器件损坏	120
6. 控制信号丢失	120
三、控制器故障的维修	120
1. 电动自行车接通电源后,电动机不转,且电量指示灯等 全部不亮或仪表指针无指示的检修	121
2. 电动自行车接通电源后,指示灯该亮的全亮,仪表指针	

指示正常, 但电动机不转的检修	123
3. 电动自行车打开电源即自动行驶的检修	124
4. 打开电动自行车的电源开关, 电源指示灯亮, 但转动 调速转把时电动自行车不动的检修	126
5. 电动自行车在打开电源或在骑行中, 调速转把失去作用的 检修	127
6. 电动自行车调速失灵或速度偏低的检修	129
7. 电动自行车无刷直流电动机缺相的检修	130
8. 有刷电动自行车的有刷控制器没有输出的检修	132
9. 电动自行车刹车不断电的检修	133
10. 电动自行车有电不能调速的检修	134
11. 霍尔传感器故障的检修	135
12. 电动自行车不走时, 快速判断故障位置的方法	136
13. 打开电动自行车电源开关, 控制器面板“电源”指示灯 不亮的检修	137
14. 无刷电动自行车偶尔起动困难或起动后调速不稳, 且有 停转现象的检修	137
15. 电动自行车整车没电的检修	138
16. 电动自行车时动时停的检修	139
17. 电动自行车调速转把故障的检修	140
18. 电动自行车无刷直流电动机的相位检测	140
19. 有刷电动自行车不能起动的检修	142
20. 电动自行车无刷控制器有无故障的快速判断	144
21. 电动自行车在行驶中出现停驶、时快时慢以及无力现象 的检修	145
22. 一台新旭 WMB 型 24V/280W 有刷电动自行车, 在上坡段行驶 加速中有刷电动机突然不转的检修	146
23. 一台奥文 WML36/180G 型无刷电动自行车, 骑行中搭载一人, 遇一小河沟第一次加速未冲过去; 第二次加速冲刺时间稍长, 电动机突然不转的检修	148

24. 大功率有刷电动自行车在较长的坡道上加速爬坡时, 突然失控飞车的检修	150
25. 松华电动自行车误用高压充电器对蓄电池充电后, 电动自行车起动后的瞬间即停止转动的检修	152
26. 影响控制器工作可靠的原因	154
27. 提高控制器工作可靠性的措施	154
28. 电动自行车的 EABS 系统	155
四、控制器的代换	156
1. 判断控制器的引线功能	156
2. 有刷控制器和无刷控制器的连接	158
3. 电路元器件的更换方法与注意事项	160
五、电动自行车常见故障及排除方法一览表	162
附录	167
附图 1. 48V/500W 有刷电动机控制器线路图	167
附图 2. 中功率有刷控制器线路图	168
附图 3. 带电量显示有刷控制器线路图	169
附图 4. 伟星电动自行车有刷控制器原理图	170
附图 5. 电动自行车 ZKC3615MZ 有刷电动机控制器 原理图	171
附图 6. 控制器线路图 (一)	172
附图 7. 控制器线路图 (二)	173
附图 8. 控制器线路图 (三)	174
附图 9. 控制器线路图 (四)	175

第一章 电动自行车简介

电动自行车以其低噪声、低能耗、低污染、占道小、方便快捷的优势而成为国际上流行和大力推广的绿色交通工具。随着社会的发展和人们生活水平的提高,作为“绿色产品”的电动自行车,正步入我国的千家万户,受到广大使用者的青睐。

第一节 概 述

1. 电动自行车的特点

电动自行车是以蓄电池作为辅助能源,具有两个车轮,能人力骑行、电动或电力与脚踏并用的绿色环保交通工具。电动自行车是集蓄电池技术、电机技术、电子控制技术和精密传动技术于一体的机械设备。电动自行车操作简单,骑行舒适省力,速度适中,安全可靠,是短途代步理想的私人交通工具。

目前,市场上电动自行车的款式新颖,且不断推出新品。部分电动自行车的外形如图 1-1 所示。



图 1-1 电动自行车外形图



图 1-1 电动自行车外形图(续)

电动自行车是普通自行车的延伸产品,有以下主要特点。

(1) 电动自行车采用蓄电池作辅助动力能源,在行驶中不排放有害气体,不会漏油,对环境不会造成污染。

(2) 电动自行车行驶时非常安静,不产生噪声或只有轻微的低噪声。

(3) 电动自行车多是白天行驶、夜间充电,它能均衡电网的昼夜峰谷差,对建设节约型社会起到了积极的作用。

(4) 电动自行车轻捷、简便,使用省时省力。

(5) 电动自行车运行费用及能耗成本低,充一次电一般可行驶 40~50km,能量高的可达 60km。每百千米耗电在 1 度($1\text{kW}\cdot\text{h}$)左右。

(6) 电动自行车除需定期更换蓄电池外,几乎不需保养,故障率低,使用寿命比常规燃油车辆长。

(7) 电动自行车易修理,部分配件与普通自行车通用。

(8) 电动自行车在非机动车道上行驶,速度适中,机动灵活,操作容易,安全性好。

2. 电动自行车的主要技术性能

国家标准《电动自行车通用技术条件》的主要条款对电动自行车

车的技术性能规定如下。

(1) 最高车速：电动自行车最高车速应不高于 20km/h 。

(2) 整车质量：电动自行车的整车质量应不大于 40kg 。

(3) 脚踏行驶能力：电动自行车必须具有良好的脚踏骑行功能， 30min 的骑行距离应不大于 7km 。

(4) 续驶里程：电动自行车一次充电的续驶里程应不小于 25km 。

(5) 最大骑行噪声：电动自行车以最高车速作电动匀速骑行时(电助动的车以 18km/h 速度电助骑行)的噪声应不大于 $62\text{dB}(\text{A})$ 。

(6) 百千米电耗：电动自行车以电动骑行(电助动的车以电助骑行)时， 100km 的电能消耗应不大于 $1.2\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

(7) 电动机功率：电动自行车的电动机额定连续输出功率应不大于 240W 。

(8) 制动性能：电动自行车以最高车速电动骑行(电助动的车以 20km/h 的车速电助骑行)时，其干态制动距离应不大于 4m ，湿态制动距离应不大于 15m 。

(9) 制动断电：电动自行车应有制动断电装置，在制动时能自动切断电源。

3. 电动自行车的类型

电动自行车按驱动性质、整车结构和电动机驱动方式的不同可分成各种类型，由于目前尚未制定出公认的分类方法，只能按常规进行分类。

(1) 按驱动-传动方式分：有由驱动电动机上的摩擦轮直接作用于后轮的摩擦轮传动型，驱动电动机安装在自行车中轴的中轴链轮传动型，驱动电动机安装在车轮后轴轮毂里的轮毂驱动型。

(2) 按助力方式分：有普通电动型、智能助力型和混合型。

(3) 按电动机类型分：有无刷直流电动机型、有刷有齿直流电动机型及有刷无齿直流电动机型。

(4) 按骑行方式分：有骑行者只要接通电源，电动机即能驱动自行车行驶的电动型、集人力与电力为一体的助力型。

(5) 按轮径大小分：有 406mm(16 英寸)、457mm(18 英寸)、508mm(20 英寸)、559mm(22 英寸)及 610mm(24 英寸)等。

(6) 按自动化(智能化)程度分：有既可脚踏骑行又能电动骑行的标准型，采用特殊智能化传感器使车辆依其行驶速度自动调节驱动电动机输出功率的智能型。

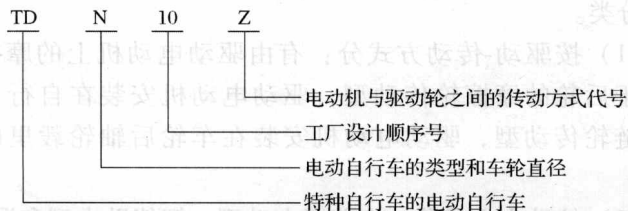
(7) 按整车结构分：有两轮电动自行车、电动三轮车、电动轮椅以及电动滑板。

(8) 按功能款式分：有经济型电动自行车，增加了前叉避震装置、鞍座避震装置、前照灯、电喇叭等的多功能型电动自行车，整车配备有速度、温度、电量、里程、行驶时间、电压和电流等显示仪表盘以及前后减震系统、智能提示、红外防盗钥匙与货箱等的豪华型电动自行车。

4. 电动自行车的型号

根据中华人民共和国国家标准 GB 17761—1999《电动自行车通用技术条件》的规定，电动自行车按电动机与驱动轮之间的传动方式分为：轴传动(代号为 Z)、链条传动(代号为 L)、皮带传动(代号为 P)、摩擦传动(代号为 M)及其他传动(代号为 Q)。

一般电动自行车型号的编制由 4 部分组成：



第二部分表示的电动自行车的类型、车轮直径与代号的对应关系见表 1.1。

表 1.1 电动自行车的类型、车轮直径和代号对应关系

类 型	轮 径 代 号	车 轮 直 径 系 列 (mm)						
		710 (28 英寸)	660 (26 英寸)	610 (24 英寸)	560 (22 英寸)	510 (20 英寸)	455 (18 英寸)	405 (16 英寸)
男 式		A	E	G	K	M	O	Q
女 式		B	F	H	L	N	P	R

例如：电动自行车的型号为 TDE10Z，则该电动自行车是车轮直径为 660mm，男式车架、轴传动、工厂设计序号为 10 的电动自行车。

又如：TDF15L 型号的是车轮直径为 660mm、女式车架、链条传动、工厂设计序号为 15 的电动自行车。

第二节 电动自行车的结构与作用

一、电动自行车结构的组成及其作用

电动自行车是在普通人力自行车的基础上，以电池作为辅助能源，安装电动机、控制器、转把、刹把等操作部件和显示仪表系统的机电一体化私人交通工具。由于各制造厂家设计和选用电气配套部件的不同，电动自行车的外形、功能、性能以及制造成本各异，但它们的基本结构组件和各部分作用是相同的。

1. 电动自行车的基本结构组件

电动自行车通常由动力部分、传动部分、行车部分、操纵制动部分以及电气仪表部分等组成，如图 1-2 所示。

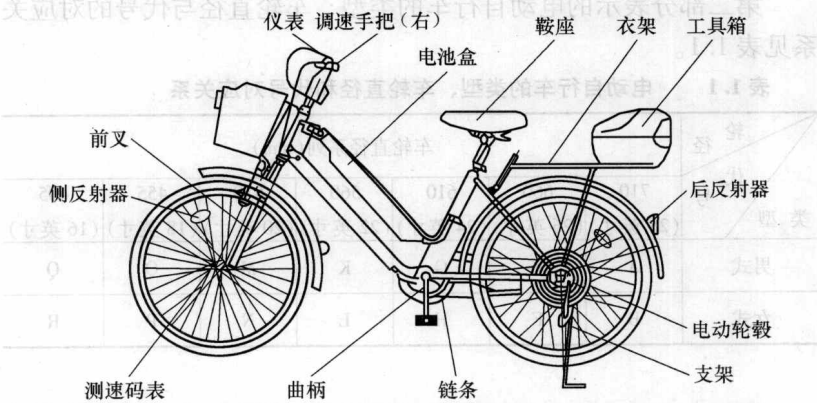


图 1-2 电动自行车的结构组件

(1) 动力部分。电动自行车的动力部分一般由蓄电池和电动机组成，它是电动自行车的动力源。

(2) 传动部分。电动自行车的传动部分将动力部分输出的动力传递给驱动轮，驱动电动自行车行驶。传动部分通过变速器或调速器，改变电动自行车行驶所需的驱动力和速度，以确保电动自行车的平稳起步与停车。它主要由变速器和后传动装置等组成。

(3) 行车部分。行车部分是指由车架、前叉(前减震器)、前后轮及座垫等组成的自行车整体，它用来支撑全车的总重量，并将传动部分传递的扭矩转换成驱动电动自行车行驶的驱动力，同时承受吸收和传递路面作用于车轮上的各种作用力，以保证电动自行车正常、安全的行驶。

(4) 操纵制动部分。操纵制动部分由车把、调速手柄及制动装置等组成，用来控制行驶方向、行驶速度以及制动等。

(5) 电气仪表部分。电气仪表部分由数据显示装置以及附属的充电器等组成，它用来显示电动自行车的运行状态，对骑行车能适时地进行有效的控制。

2. 各部件的主要作用

(1) 电动机。电动机将电池的电能转换成机械能，驱动电动自行车车轮转动。在电动自行车上使用的直流电动机，其机械结构、转速范围和通电形式多种多样。常用的有无刷无齿轮毂电动机、无刷有齿轮毂电动机、有刷有齿轮毂电动机、有刷无齿轮毂电动机及侧挂电动机等。

(2) 控制器。控制器是电动自行车电气系统的核心，也是控制直流电动机转速和各种控制信号处理的核心部件，具有欠电压、限流和过电流等保护功能。智能型控制器还具有多种骑行模式及整车电气部件的自检功能。

(3) 蓄电池。蓄电池用来向电动自行车提供随车能源，确保电动自行车在规定时间内能不间断地正常行驶。用于电动自行车的蓄电池主要有小型密封式免维护铅酸电池、镍镉电池及镍氢电池 3 种。目前电动自行车主要是选用小型密封式免维护铅酸蓄电池组合，这种电池因容量大、使用成本低而被国内企业普遍采用。

(4) 转把、刹把、助力传感器。它们是控制器的信号输入部件。当电动自行车进行速度控制时，转把将呈线性变化的信号电压送给控制器实现速度控制；当电动自行车制动时，刹把内部的电子电路输出一个高(或低)的电平信号给控制器，则控制器即令实现断电刹车。当电动自行车处于助力状态时，助力传感器将检测到的骑行脚踏转矩或脚蹬速度信号送至控制器，则由控制器根据信号的大小，分配给电动机不同的电驱动功率，以达到人力与电力的自动匹配，共同驱动电动自行车的行驶。

(5) 灯具、仪表。仪表是用来显示蓄电池电压、骑行状态、整车速度、灯具状态以及整车各电气部件等是否有故障存在(智能型仪表具备)的装置。灯具则是起照明作用，并兼指示电动自行车动态的部件。

(6) 充电器。充电器是用来给蓄电池充电的专用电器, 它将交流电转换成直流电, 并控制其电流和电压的大小, 将电量充入蓄电池储存起来。充电器的输入电压为 220V, 输出端接蓄电池, 在充电过程中先以大电流脉冲充电补充电能, 之后以恒流、恒压、浮充方式充电。充电器具有输出短路保护、输出过电压保护、过电流保护以及过充保护等功能。

充电器有二阶段充电模式和三阶段充电模式。二阶段充电模式是先恒压充电, 充电电流将随蓄电池电压的上升而逐渐减小, 待蓄电池电量补充到一定程度后, 蓄电池电压会升至充电器的设定值, 此后转换为涓流充电。

三阶段充电模式是充电开始时, 先恒流充电, 迅速给蓄电池补充能量; 待蓄电池电压上升后, 转为恒压充电, 此时蓄电池能量缓慢补充, 蓄电池电压将继续上升; 蓄电池电压达到充电器的充电终止电压时, 转为涓流充电, 来维持蓄电池的充电状态和供给蓄电池的自放电电流。

3. 电动自行车电气部分的相互关系

在电动自行车的电气系统中, 电动机、控制器、蓄电池和充电器是四大件。其中:

蓄电池是电动自行车的动力源、能源载体, 用于驱动电动机和向相关电气部分供电。

电动机将蓄电池的化学能(就是产生的电能)转换成机械能, 驱动电动自行车车轮转动。

控制器控制蓄电池的输出电压、电流, 从而控制电动机的转动和转速(即车速)。

充电器用于给蓄电池充电, 即将市电转换成直流电, 充入蓄电池储存起来, 补充蓄电池存储的电能。

电动自行车电气部分的相互关系如图 1-3 所示。