

电动自行车 实用技术

天津自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电动自行车 实用技术

中国轻工业出版社 中国轻工业信息中心 中国轻工业信息中心 中国轻工业信息中心



微機 (PIC) 自編程序

中街式汽車業計事行自事天、朱姓因案計自事由
2.8005, 特選出由辦人, 京北一, 著錄員為率家寺心
ISBN 978-7-112-17752-4

电动自行车实用技术

天津自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著

1. 中国工业百科全书·电机学 (下册), 西安交通大学电机与电器制造
2. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
3. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
4. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
5. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
6. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
7. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
8. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
9. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
10. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
11. 涂善平等, 关于电动自行车电动机效率和功率的讨论, 摩托车, 2004
12. 俞大尧编, 电工基础 (上册), 高等教育出版社, 1959.9
13. 唐任远等, 现代永磁电动机 (理论与设计), 北京, 机械工业出版社, 2004
14. Qn Seven editor MC33035 Brushless DC Motor Controller, 2004
15. 张义海, 无刷直流电动机电路等效电阻的虚拟测试, 微特电动机, 2006.6
16. 王瑞卿, 王科编著, 电动机的 DSP 控制——TI 公司 DSP 应用, 北京, 机械工业出版社, 2005.07
17. 吴晋康主编, 电动机常用材料手册, 陕西科学技术出版社, 2001.09
18. 旋转电动机, 李书编, 基础卷, 中国标准出版社, 2002.11
19. 旋转电动机, 李书编, 中国标准出版社, 2002.12

- 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
21. 孙昌志等编, 电动自行车电动机, 机械工业出版社, 1996.12
 22. 电动自行车行业生产力促进中心专家库成员 编著
 23. 《电动机》, 机械工业出版社, 主编: 谭建成
 24. 《直流无刷电动机原理及应用》, 机械工业出版社, 编著: 张琛
 25. 《电动机的单片机控制》, 北京航空航天大学出版社, 编著: 王黎明
 26. 《dsPIC 数字信号控制器 C 程序开发及应用》, 北京航空航天大学出版社, 编著: 周明德
 27. 《微型计算机硬件软件及其应用》, 清华大学出版社, 编著: 周明德

人民邮电出版社

北京 (010) 67171173, 北京 (010) 67171173, 北京 (010) 67171173

图书在版编目 (CIP) 数据

电动自行车实用技术 / 天津自行车行业生产力促进中心专家库成员编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5
ISBN 978-7-115-17725-4

I. 电… II. 天… III. 电动自行车—基本知识 IV. U484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 025467 号

内 容 提 要

本书共分 8 篇。第 1 篇绪论, 内容包括电动自行车概述、电动自行车基本结构。第 2 篇电动自行车结构设计, 内容包括车体、车轮、驱动、制动部分等的结构设计技术知识。第 3 篇电动机, 内容包括电动自行车电动机概论、永磁直流电动机、无刷直流电动机、中轴装置、电动机的性能检验、电动机的改绕、电动机的使用与维修。第 4 篇控制器, 内容包括电动机自行车控制器的原理与设计、无刷直流电动机的控制技术、控制器的可靠性保障措施、控制器的性能检测。第 5 篇铅酸蓄电池及充电器, 内容包括铅酸蓄电池原理与维修、充电器原理与故障分析。第 6 篇锂离子蓄电池及充电器, 内容包括锂离子蓄电池的发展历史、工作原理、电路保护功能、使用注意事项及保养常识。第 7 篇电动自行车组装工艺及产品检测, 内容包括电动自行车检测操作规程及判定原理。第 8 篇电动自行车选购、使用与维修。

本书读者对象为电动自行车行业生产、设计、制造人员, 电动自行车使用与维修人员, 以及电动自行车爱好者等。

电动自行车实用技术

- ◆ 编 著 天津自行车行业生产力促进中心专家库成员
责任编辑 于晓川
 - ◆ 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>
北京华正印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27.75
字数: 688 千字
印数: 1—5 000 册
- 2008 年 5 月第 1 版
2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17725-4/U

定价: 46.00 元

读者服务热线: (010)67133910 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

序

——写在天津电动自行车产业发展 10 年之际

梁肃

2008 年新年刚过,天津自行车行业协会理事长龚孝燕来看望我,并给我带来两件新年“礼物”。其中,第一件“礼物”,是过去一年天津自行车行业发展的最新成果:2007 年天津自行车产销总量达到 4 053.6 万辆;自行车出口再创新高,达到 1 496 万辆;电动自行车产销总量达到 649 万辆。这一串成果是在去年能源和原材料价格持续上涨、出口退税率不断下调、国际市场壁垒重重、国内市场震荡的不利局面下取得的,而且产销量都实现了稳步增长,继续保持全国领先水平,显示出天津自行车和电动自行车产业整体实力和综合竞争力有了进一步提高。另一件“礼物”是一部厚厚的《电动自行车实用技术》(编著稿),这是去年天津自行车行业协会专家刚刚编著完稿的新作。龚孝燕请我为这部技术专著写一篇《序》。

面对这两件“礼物”,我非常高兴。天津自行车产业的长足发展显示了天津自行车行业的硬实力,而这部电动车技术专著的编写和出版,则显示了天津自行车行业软实力的快速成长,这是尤其让我高兴的。因此,我愉快地接受了为《电动自行车实用技术》这本专著作序的任务。

阅读这部论述翔实、专业水平很高的技术专著,并为之作序,对于我来说不是件容易的事。因为我对电动自行车的核心技术只是一般了解,不可能从专业技术层面对这部专著品头论足。但是,我作为天津电动自行车产品研制开发最早的参与者,20 多年来同天津电动自行车产业发展结下了不解之缘,因此我能够从参与策划的角度对这部专著进行评论,并为其出版拍手叫好。

在电脑前敲打作《序》的过程中,我的思绪仿佛进入了时空隧道,过去 20 多年参与策划天津电动自行车产品研发试制的情景又一幕幕地闪现出来……

天津市历来就是我国最重要的自行车产业基地,天津又有新型能源——动力电池的研发能力,在这两个条件基础上开发电动自行车是顺理成章的事。早在 20 世纪 60~70 年代,天津自行车厂和原电子部第 18 研究所都着手研制过电动自行车。20 世纪 80~90 年代,天津市科学技术委员会也曾两次资助过电动自行车的研制工作,由于当时电动机、蓄电池的核心技术尚不成熟,以及企业受到当时体制改革的冲击,只是完成了样机的研制而不能全力开发投产。到了 1997 年,为加快电动自行车的研发步伐,天津市科学技术委员会采取招标办法立项,引入竞争机制,支持天津自行车研究所等 3 家企业联合开发,并取得显著效果,于 1998 年促成“爱德·鹰之杰”、“绿宝”、“悍马”3 个品牌的电动自行车产品率先上市。在此期间,经济体制改革逐步深化,一大批民营科技企业加入电动自行车研发队伍中来,为天津电动自行车产业化开发注入了新的活力,由此打开了天津电动自行车产业 10 年持续发展的良好局面,并使天津成长为国内最大的电动自行车产地。

回顾过去 20 多年天津电动自行车技术研发的艰辛历程,再看看当前天津电动自行车产业的强势发展,我作为一名参与者品尝了其中的苦辣酸甜;尤其是面前这部由天津自行车行业

生产力促进中心专家库成员自主自力编著的《电动自行车实用技术》，更让我百感交集。这部技术专著不仅运用机械、电子、电化学等多门类科技理论系统论述了电动自行车的专业技术，汇集了电动自行车核心技术的最新科技信息，成为目前国内电动自行车专业技术水平较高的理论专著，而且通过这部技术专著的编写出版，也直接展现了天津电动自行车科技队伍的成长，展示了天津电动自行车业旺盛的技术创新之势。

在当前国家经济社会快速发展，天津滨海新区扩大开发开放的良好机遇下，我坚信广大天津自行车人一定会继续发扬特别能战斗、特别能创造的优良传统，自觉贯彻科学发展观，百尺竿头，不断创新，努力推动天津自行车和电动自行车产业更好更快的发展。

（注：梁肃历任天津市科学技术委员会主任、天津市副市长、天津市政协副主席、天津市人大常委会副主任等领导职务）

……

本书策划及编审组成员

总 策 划：邢纪骅 王永成、孙锡强

编 写 组：张鲁生、涂翹甲、李 平、王作彦、周立新、
孔繁沧、邱瑞珍、胡文帅、肖彩英、刘振双、
石忠东、张云龙、张 琳、张维平

校 审 组：张春霖、张成振、魏建忠、徐庆国、黄合宝、
王荣生、戴乃贤、赵泉云

分章作者：

- | | | | |
|---------|------------|-----|-------------------------------|
| 第 1、2 篇 | 第 1~7 章： | 张鲁生 | 高级工程师、原天津自行车厂总工程师、国务院特别津贴专家 |
| 第 3 篇 | 第 8~14 章： | 涂翹甲 | 高级工程师、原天津电机研究所总工程师、中国机械工业科技专家 |
| 第 4 篇 | 第 15~18 章： | 李 平 | 高级工程师、精密仪器及自动化控制技术专家 |
| | | 王作彦 | 高级工程师、电子控制技术专家 |
| 第 5 篇 | 第 19 章： | 周立新 | 高级工程师、高能蓄电池专家 |
| | 第 20 章： | 孔繁沧 | 高级工程师、高能蓄电池专家 |
| 第 6 篇 | 第 21~28 章： | 胡文帅 | 工程师、高能蓄电池专家 |
| | | 邱瑞珍 | 高级工程师、国务院特别津贴专家 |
| | | 肖彩英 | 工程师、高能蓄电池专家 |
| | 第 29 章： | 刘振双 | 高级工程师、高能蓄电池专家 |
| 第 7、8 篇 | 第 30~33 章： | 石忠东 | 高级工程师、国内最早研制电动车专家之一 |
| | | 张云龙 | 高级工程师、国家自行车质量监督检验中心总工程师 |
| | | 张 琳 | 高级工程师、国家自行车质量监督检验中心标准化室主任 |

前言

《电动自行车实用技术》，是天津自行车行业生产力促进中心 13 位资深专家用半年时间编著的一部电动自行车专业技术专著。写作并出版这部专著的主要目的，是为了适应国内电动自行车产业持续发展的需要，有助于提高产业整体技术水平和广大从业人员的专业技术素质。

我国电动自行车产业是在近 10 年改革开放过程中迅速发展起来的新兴轻工产业。由于电动自行车是具有脚踏骑行功能并由电动机驱动助力的新型自行车产品，其环保节能、轻便快捷和安全省力的特性，适应了国家节能减排和建设环境友好型社会的迫切需要，满足了广大城乡居民出行代步的需求，因此成为市场热销产品，并带动电动自行车产业持续快速发展。目前国内电动自行车产业已发展成为规模巨大的产业经济体系，生产企业发展到 2 400 余家，2007 年电动自行车产销总量达到 2 000 多万辆，营销店铺布满全国，从业人员近百万，电动自行车的社会保有量也累计达到近 7 000 万辆，使我国成为世界电动自行车生产制造大国和消费大国。

由于新兴的电动自行车产业正处在成长期，产品的技术性能和制式还不适应国际市场的需要，产品的生产制造、销售和使用也需要加强规范管理。为了尽快解决这些实际问题，推动电动自行车产业做大做强，进一步打开国际市场，当前迫切需提高电动自行车产业整体技术水平和产品创新能力，迫切需提高企业员工的技术素质。因此，加强专业技术培训，加强用于培训教材的电动自行车技术理论专著的出版发行就显得十分重要。目前，国内出版界已相继出版发行了为数不少的电动车知识读物，但大部分属于科普型作品，而面向专业技术人员的专著为数不多。为弥补这方面的不足，2007 年 6 月人民邮电出版社相关编辑与天津自行车行业协会认真策划，由天津自行车行业生产力促进中心认真组织一批资深专家合作编写了这部专著，希望通过这部既有一定专业技术理论深度，又有较强实用指导价值的专著，能够充分反映当前国内外电动自行车的技术研发水平，能够对广大电动自行车从业人员特别是技术研发人员有所帮助。

本书写作立足于国内电动自行车生产制造与技术研发的实际水平，同时注意跟踪世界电动自行车制造技术的最新发展，着重介绍电动自行车技术结构与核心电器部件设计原理等方面的专业技术理论。由于电动自行车生产制造不仅依靠自行车传统技术，而且涉及机电、电子控制、电化学及新材料、新工艺等众多科技领域，为使本书写作避免面面俱到，防止文字量过大，专家写作组制定了比较严谨的写作提纲，紧紧围绕电动自行车技术研发和产品创新的主要课题，抓住重点，精选内容，确定了重点著述的 6 个方面内容。

1. 电动自行车概论。重点介绍电动自行车的基本结构、工作原理，产品形式分类及基本特性。
2. 电动自行车车体设计。重点介绍车体结构设计、各部位零部件设计及其技术要求。
3. 电动自行车驱动控制系统设计原理。重点介绍各类专用直流电动机设计原理、性能分析与检测，电动机控制器类型及控制原理、电子电路、最新控制技术、控制器技术指标及性能测试。
4. 蓄电池及充电器等恢复保护器件设计原理。分章介绍目前普遍使用的铅酸动力蓄电池

及锂离子动力蓄电池的设计结构、工作原理、技术特性，与蓄电池匹配的充电器、保护电路等蓄电池恢复器件的技术结构、特性及蓄电池维护保养要求。

5. 电动自行车装配工艺及产品检测。重点介绍电动自行车生产装配流程及工艺要求、产品的技术标准、产品检测及检测专用设备。

6. 为使国内电动自行车产品更好地应对和引用国际标准，本书在编著时，以附录形式把日本《电动自行车安全标准——BA (JAPAN)》、欧盟《电力助动两轮车 (EPAC) 标准 (草案)》编入本书后面，以供企业和专业技术人员参考。

为使本书著述达到较高水平，天津自行车行业生产力促进中心还专门成立了专家校审组，对各篇内容进行了多次校审和修改，最后由张鲁生、涂翹甲两位资深专家和本书策划人进行修改、润色并定稿。本书在编著和修改过程中始终得到人民邮电出版社编辑人员的及时指导。

《电动自行车实用技术》的编著和出版，是天津电动自行车产业 10 年发展的一个重要成果，也是天津自行车行业生产力促进中心向国内业界献出的一份厚礼！

在《电动自行车实用技术》出版发行之际，天津自行车行业生产力促进中心谨向为这部专著编写、修改和出版做出重要贡献的专家和人民邮电出版社表示衷心感谢！

邢纪骅

目 录

第1篇 绪 论

第1章 电动自行车概述	2
1.1 电动自行车发展概况	2
1.2 电动自行车基本概念	3
第2章 电动自行车基本结构	5
2.1 电动自行车结构与工作原理	5
2.1.1 电动自行车基本结构	5
2.1.2 电动自行车工作原理	6
2.2 电动自行车的分类与形式代号	7
2.3 主要技术要求	8

第2篇 电动自行车结构设计

第3章 车体部分	10
3.1 车架结构形式与安装尺寸	10
3.1.1 车架结构形式	10
3.1.2 产品分类与产品代号	10
3.1.3 产品代号表示法	11
3.1.4 车架的安装尺寸	11
3.1.5 影响产品性能的主要因素	13
3.2 车架前叉结构参数的选择	15
3.2.1 车架、前叉几何参数的选择	15
3.2.2 车架接头的选用	23
3.3 车架、前叉受力分析	24
3.4 车架减震系统结构形式的选择	27
3.4.1 减震器类形	27
3.4.2 减震器类型对减震性能的影响	28
3.4.3 减震器形式与结构	29
3.5 蓄电池安装位置选择	31
3.6 前叉	33
3.6.1 产品结构形式	33
3.6.2 产品分类、形式尺寸与产品代号	35
3.6.3 主要技术要求	36
3.6.4 影响产品质量的因素	37

3.6.5 前叉的选用	38
3.7 车把	41
3.7.1 产品结构形式	41
3.7.2 主要技术要求	44
3.7.3 车把的选择与使用	45
第4章 车轮部分	47
4.1 轮辋	47
4.1.1 轮辋形式与形式尺寸	47
4.1.2 轮辋接口形式	49
4.1.3 主要技术要求	49
4.1.4 影响产品质量的因素	49
4.2 前后轴	52
4.2.1 产品类型、结构及形式尺寸	52
4.2.2 主要技术要求	57
4.2.3 影响产品性能的因素	58
4.3 辐条	59
4.3.1 辐条形式、规格	60
4.3.2 主要技术要求	61
4.3.3 辐条的选用	61
4.3.4 辐条长度计算	62
4.4 车轮编织	63
4.4.1 车轮编织对传动效率的影响	63
4.4.2 车轮编织方法	64
4.4.3 车轮编织中应注意的几个问题	65
第5章 驱动部分	67
5.1 脚蹬	67
5.1.1 普通型脚蹬	67
5.1.2 自锁脚蹬	69
5.1.3 脚带式脚蹬	71
5.2 中轴、曲柄与链轮	72
5.2.1 中轴组件	72
5.2.2 曲柄链轮	75
5.3 链条	79
5.3.1 产品结构、形式尺寸及产品代号	80
5.3.2 主要技术要求	80
5.3.3 产品选择及应用时要注意的问题	81
5.4 飞轮	81
5.4.1 单速飞轮	81
5.4.2 多级飞轮	84

5.5 变速器	86
5.5.1 内变速后轴	87
5.5.2 外变速器	90
5.6 电动自行车脚踏行驶能力的基本条件	96
第6章 制动部分	99
6.1 轮缘闸	99
6.1.1 普通前、后闸	99
6.1.2 钳形闸	104
6.1.3 前触闸	112
6.2 轮毂闸	113
6.2.1 抱闸	114
6.2.2 涨闸	116
6.2.3 随动闸	120
6.2.4 脚闸	121
6.3 盘形闸	125
6.3.1 基本结构与产品分类	125
6.3.2 产品性能特点	126
6.3.3 盘形闸选购应注意的问题	127
6.3.4 盘形闸安装应注意的问题	127
第7章 镁合金在电动自行车上的应用	128
7.1 电动自行车用材料概述	128
7.1.1 电动自行车主要使用的金属材料及材料的力学性能指标	128
7.1.2 以碳纤维为主体的复合材料	129
7.2 镁合金材料在电动自行车上的应用	129
7.2.1 镁及镁合金的理化性能	130
7.2.2 镁合金在电动自行车上的应用	131
7.2.3 积极开发研制适用于自行车的镁合金材料及其加工工艺	131

第3篇 电动机

第8章 电动自行车电动机概论	136
8.1 电动自行车电动机发展简史	136
8.2 电动自行车电动机的特点	137
8.3 电动机的基本原理	138
8.4 电动自行车电动机的分类	140
8.5 低速电动机与高速电动机的性能比较	141
8.6 电动自行车电动机的有关标准和电气性能要求	143
第9章 永磁直流电动机	145
9.1 永磁电动机	145

9.2 直流电动机的结构	147
9.2.1 直流电动机的基本结构形式	147
9.2.2 直流电动机的绕组结构	148
9.2.3 直流电动机的电刷	149
9.3 电动机常数	150
9.4 转矩和功率方程	150
9.5 电动势方程	151
9.6 直流电动机的电气特性和影响性能的因素	152
9.6.1 电动机的效率	152
9.6.2 电动机的输出功率和效率的关系	153
9.6.3 气隙对电动机的影响	155
第 10 章 无刷直流电动机	157
10.1 矢量图的概念	157
10.2 无刷直流电动机的基本原理和结构	158
10.3 分数槽绕组	161
10.4 无刷直流电动机绕组排列方法	162
10.5 无刷直流电动机的电气特性	165
10.6 无刷直流电动机用的霍尔传感器	166
10.6.1 单极型霍尔传感器	166
10.6.2 锁定型霍尔传感器	166
10.6.3 双极型霍尔传感器	167
10.6.4 霍尔传感器的使用要点	167
10.7 无位置传感器无刷直流电动机	168
10.8 无刷直流电动机与有刷直流电动机的区别	169
第 11 章 中轴驱动装置	170
11.1 电动自行车的中轴驱动装置	170
11.2 中轴驱动装置的结构形式	171
11.3 转矩助力驱动及传感器	172
第 12 章 电动机的性能检验	175
12.1 电动机的常规检验	175
12.2 电动机的损耗分析法测试	175
12.3 电动机的虚拟测试	176
12.4 电动机性能的快速评估方法	178
第 13 章 电动机的改绕	181
13.1 电动机的改绕计算	181
13.2 电动机的改绕	185
13.3 电动自行车车速、电动机转速, 功率与轮径关系	185
第 14 章 电动机的使用与维修	187
14.1 电动机使用注意事项	187

14.1.1 直流电动机和无刷直流电动机使用中应当注意的共同事项	187
14.1.2 直流电动机在使用中应当注意的事项	188
14.1.3 无刷直流电动机在使用中应当注意的事项	188
14.2 维修用的工具和电气仪表	188
14.3 自制的专用工具	189
14.3.1 霍尔在线检测仪	189
14.3.2 30A/0~60V 可调直流电源	190
14.3.3 快速接线板	191
14.3.4 轮毂端盖拆卸工具——起拔器	191
14.3.5 端盖装配工具	192
14.4 电动机的维修	192
14.4.1 电动自行车电动机的故障判断	192
14.4.2 电动机的维修	193
14.4.3 电动机维修后的试验	195

第4篇 控制器

第15章 电动自行车的控制器的原理与设计	198
15.1 控制器的命名方法	199
15.2 电动机的PWM调速原理	200
15.2.1 直流电动机转速与各物理量之间的关系	200
15.2.2 永磁直流电动机的PWM原理	200
15.3 直流电动机控制器	202
15.3.1 应用TL494脉宽调制专用芯片构成的直流电动机控制器	202
15.3.2 应用单片机HT46R47构成的直流电动机控制器	204
第16章 无刷直流电动机的控制技术	212
16.1 无刷直流电动机的控制原理	212
16.1.1 三相半控电路	212
16.1.2 三相星形联结全控电路	213
16.1.3 三相角形联结全控电路	216
16.2 无刷直流电动机控制专用集成电路	217
16.2.1 MC33035专用集成电路	218
16.2.2 MC33035专用集成电路应用实例	221
16.3 无刷直流电动机的数字控制技术	223
16.3.1 用单片机来实现无刷直流电动机调速、换相、正反转控制的基本方法	223
16.3.2 单片机控制器的设计实例	225
16.4 无位置传感器无刷直流电动机控制器	234
16.4.1 无霍尔无刷直流电动机控制技术的基本原理	234
16.4.2 无霍尔无刷直流电动机控制专用集成电路	235
16.4.3 单片机无霍尔控制器典例	239

16.5 无刷直流电动机控制的新技术	241
16.5.1 PWM 控制方式	242
16.5.2 能量回馈——反充电	244
16.5.3 电制动——EBS 与 EABS	245
16.5.4 无位置传感器技术	245
16.5.5 转矩助力技术与转矩传感器	246
16.5.6 提高集成度和功能集成以提高可靠性	247
第 17 章 控制器的可靠性保障措施	252
17.1 可靠性概念	252
17.2 可靠性预测	252
17.2.1 正确选取元器件	253
17.2.2 正确使用元器件	253
17.2.3 优选电路	254
17.2.4 简化线路	254
17.3 三防设计	255
17.4 其他应注意的问题	255
17.4.1 软件编程	255
17.4.2 线路板设计	255
17.4.3 制造工艺	255
17.4.4 建立健全质量保障体系	255
17.4.5 影响控制器质量可靠性的外部不利因素	255
第 18 章 控制器的性能检测	257
18.1 性能检测项目	257
18.2 控制器检测仪器	257
18.2.1 有刷控制器检测仪	257
18.2.2 无刷控制器检测仪	258
18.2.3 电动机测功机—控制器综合性能测试仪	260

第 5 篇 铅酸蓄电池及充电器

第 19 章 铅酸蓄电池	264
19.1 铅酸蓄电池的基本知识	264
19.1.1 铅酸蓄电池的定义	264
19.1.2 铅酸蓄电池的分类	264
19.1.3 铅酸蓄电池的结构	264
19.1.4 铅酸蓄电池的型号	266
19.2 铅酸蓄电池的工作原理	266
19.3 铅酸蓄电池的性能	266
19.3.1 蓄电池的内阻	266
19.3.2 蓄电池的端电压和充放电特性	267

19.3.3 蓄电池的容量和能量	268
19.3.4 蓄电池的储存性能	269
19.3.5 蓄电池的使用寿命和耐久能力	269
19.3.6 影响蓄电池容量和使用寿命的因素	269
19.4 铅酸蓄电池的检测	270
19.5 铅酸蓄电池的使用和维护	271
19.5.1 蓄电池的存放保管	271
19.5.2 蓄电池使用中的日常维护	271
19.6 铅酸蓄电池的故障和修理	272
19.6.1 故障的排查	272
19.6.2 蓄电池检查	273
第 20 章 铅酸蓄电池充电器	277
20.1 充电器的基本原理	277
20.1.1 线性电源充电器	277
20.1.2 开关电源充电器	277
20.1.3 智能充电器	279
20.2 电动自行车充电器的要求	279
20.2.1 安全要求	279
20.2.2 充电方式的要求	280
20.2.3 电动自行车充电器应具有充电状态指示功能	281
20.3 充电器的主要参数	281
20.4 充电器参数的检测	282
20.4.1 检验电路及设备	282
20.4.2 检验步骤	282
20.5 电动自行车充电器	283
20.5.1 采用 TL494PWM 集成电路作为控制器的电动自行车充电器	283
20.5.2 UC3842 PWM 型电动自行车充电器	286
20.6 影响充电效果的几个问题	291
20.6.1 脉冲式充电	291
20.6.2 温度对充电的影响	292
20.7 电动自行车充电器的故障分析	292
20.7.1 产生硬故障的原因主要是使用不当和充电器的元器件失效	292
20.7.2 软故障一般是指充电器参数发生变化,造成欠充或过充	293

第 6 篇 锂离子蓄电池及充电器

第 21 章 锂离子蓄电池的发展历史	296
第 22 章 锂离子蓄电池的基础	298
22.1 基础知识	298
22.1.1 锂离子蓄电池的分类	298

22.1.2 蓄电池命名	298
22.2 专业术语	300
第 23 章 锂离子蓄电池的工作原理及其性能特点	303
23.1 锂离子蓄电池的工作原理	303
23.2 锂离子蓄电池作为电动自行车用电源的性能特点	304
23.2.1 锂离子蓄电池的优势	304
23.2.2 锂离子蓄电池的不足	305
第 24 章 电动自行车用锂离子蓄电池体系的选择	306
24.1 正极材料	306
24.1.1 LiCoO_2	307
24.1.2 LiNiO_2	307
24.1.3 尖晶石型 LiMn_2O_4	307
24.1.4 橄榄石型 LiFePO_4	308
24.1.5 复合氧化物	309
24.1.6 正极材料对比	309
24.2 负极材料	310
24.2.1 MCMB	310
24.2.2 石墨	311
24.3 隔膜材料	311
24.4 电解液	312
第 25 章 电动自行车用锂离子动力蓄电池结构	314
25.1 蓄电池结构	314
25.2 蓄电池设计	315
25.2.1 蓄电池设计基础	315
25.2.2 蓄电池的结构与装配	316
25.2.3 蓄电池设计的基本步骤	316
25.2.4 评价蓄电池性能的主要指标	319
25.2.5 锂离子蓄电池的制造	319
第 26 章 锂离子动力蓄电池的组合及电路保护功能	322
26.1 动力蓄电池的组合方式	322
26.2 保护板的功能	322
26.2.1 过充保护	323
26.2.2 过放保护	323
26.2.3 过流保护	323
26.3 常用的保护电路	324
第 27 章 电动自行车用锂离子动力蓄电池的电性能	325
27.1 充电方式	325
27.2 锂离子动力蓄电池的放电特性	325