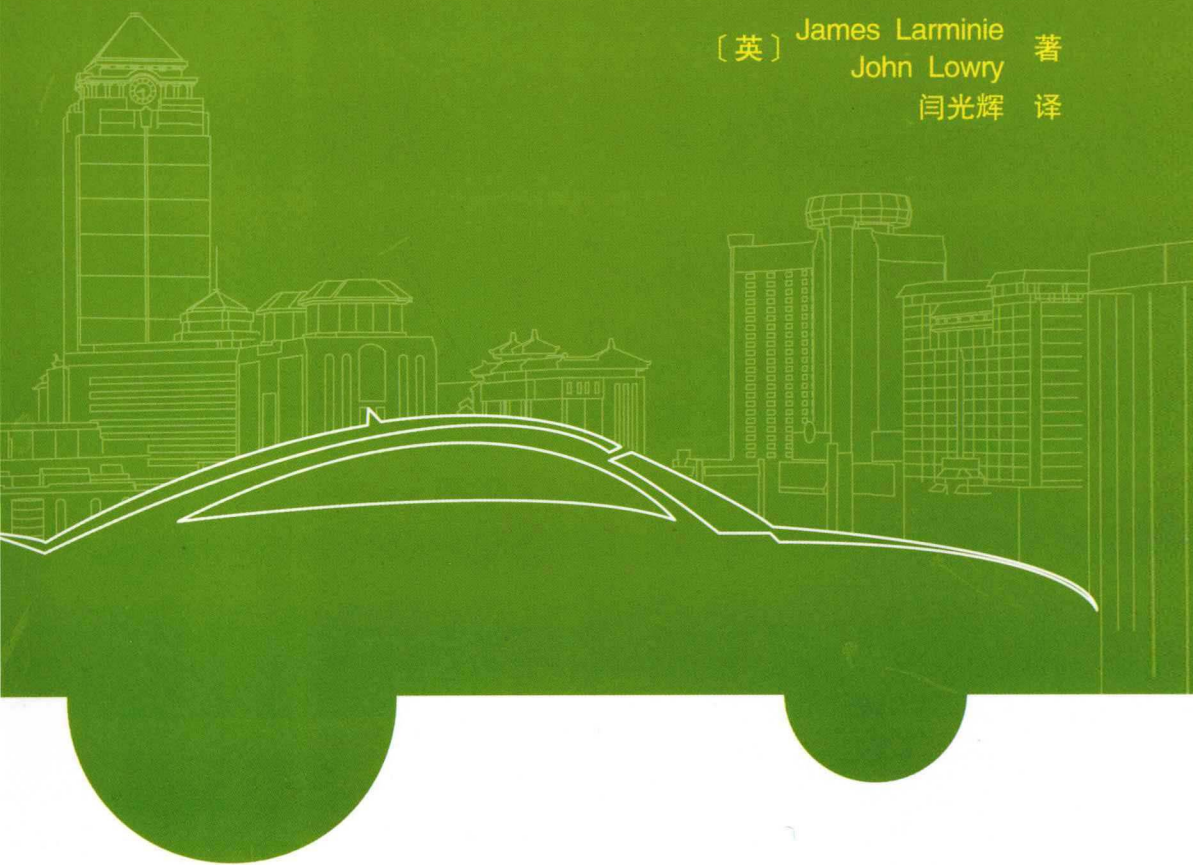


环保汽车

技术及应用

Electric Vehicle Technology Explained

[英] James Larminie 著
John Lowry
闫光辉 译



科学出版社

环保汽车技术及应用

〔英〕 James Larminie John Lowry 著
闫光辉 译

科学出版社

北 京

图字: 01-2011-4861 号

内 容 简 介

本书详细介绍环保汽车发展背后的科学和技术,主要包括电动自行车、移动辅助车、物流配送车和电动公共汽车的所有基本技术——蓄电池、超级电容、飞轮、燃料电池、电动机及其控制器、整车供电系统的设计及其优缺点,还给出许多案例和 Matlab 实例,用以解析有关车辆性能计算机预测模型的设计方法。

本书可供工院校汽车相关专业的高年级本科生和研究生阅读,亦可供汽车业界的工程师、科研人员和管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

环保汽车技术及应用/(英)James Larminie, John Lowry 著;闫光辉译.
—北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-032692-8

I. 环… II. ①J…②J…③闫… III. 节能-汽车-设计 IV. U462

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 227975 号

责任编辑:刘红梅 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:王 珍

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时捷彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 17 3/4

印数: 1—4 000 字数: 346 000

定 价: 42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

译者序

面对当今日益恶化的环境问题和石油短缺问题,以节能、环保为最终目标的各类环保型车辆自问世以来日益受到人们的青睐,各国逐渐对环保车辆加大了研发和推广力度,越来越多的学者、科研团队和生产企业开始关注并推进环保型车辆的发展。相信在不久的将来,环保型汽车将会遍及我们的日常生活,其发展前景非常乐观。

本书全面系统地论述了各类环保型车辆的专题技术及其应用。从广度和深度上涉及蓄电池、新型能源和新型电池、混合动力电动车、新能源汽车、环境问题、储能问题、车辆设计以及能量利用效率等方面的新技术。本书为从事电动汽车、燃料电池汽车等相关环保型汽车的研发人员和工程技术人员,以及大专院校师生提供了丰富系统的技术知识、实践经验和设计数据资料。科学出版社引进这本专著可供环保车辆学术界和工程技术界借鉴参考,有助于推进我国环保车辆的发展。

在本书翻译过程中,译者得到了天津职业技术师范大学汽车与交通学院的杜峰、童敏勇、高鲜萍、王少华,以及天津机电工艺学院的张玮的大力协助,并承关志伟教授对译文内容进行细心指点和校正,谨在此致以衷心的感谢。

译文中若有专业词汇和语句不妥之处,敬请读者指正。

闫光辉

2011年10月于天津

致 谢

电动车辆这一讨论主题要比一般内燃机车辆更具有跨学科性,覆盖了科学和工程的多个方面。这一特点可通过生产公司的多样性体现出来,这些公司为本书提供了咨询、信息和图片。笔者在此对以下公司和组织机构表示感谢,正是由于他们的支持,本书才得以问世。

巴拉德动力系统公司,加拿大

戴姆勒-克莱斯勒公司,美国和德国

福特汽车公司,美国

通用汽车公司,美国

GfE Metalle und Materialien GmbH,德国

Groupe Enerstat 公司,加拿大

Hawker Power Systems 公司,美国

本田汽车有限公司

Johnson Matthey 组织,英国

MAN Nutzfahrzeuge 股份公司,德国

MES-DEA-SA 公司,瑞士

Micro Compact Car Smart GmbH(MCC Smart)汽车厂

比利欧国家汽车博物馆,英国

Parry People Movers 有限公司,英国

Paul Scherrer 学院,瑞典

标志公司,法国

Powabyke 有限公司,英国

Richens Mobility Centre,牛津,英国

Saft 蓄电池,法国

SR Drivers 有限公司,英国

丰田汽车有限公司

Wampfler GmbH,德国

Zytek Group 有限公司,英国

除此之外,还要感谢为我们提供了有价值的意见和建议的朋友和同事。最后,衷



心感谢我们的家人,在他们的无私帮助和默默支持下,我们才能有时间和精力来完成这本书。

英国牛津布鲁克斯大学 James Larminie

英国 Acenti 设计有限公司 John Lowry

英文缩写对照

AC	交流电
BLDC	无刷直流电(电机)
BOP	电池配套设备
CARB	加利福尼亚州空气资源局
CCGT	联合循环燃气涡轮机
CNG	压缩天然气
CPO	催化部分氧化反应
CVT	无级变速器
DC	直流电
DMFC	直接甲醇燃料电池
ECCVT	电控无级变速器
ECM	电子整流电动机
EMF	电动势
EPA	美国国家环境保护局
EPS	电动助力转向
ETSU	能源技术支持单位(英国的一个政府组织)
EUDC	城郊高速公路工况
EV	电动汽车
FCV	燃料电池汽车
FHDS	联邦公路行驶时间表
FUDS	联邦市区行驶时间表
GM EV1	通用汽车公司的一款电动汽车
GM	通用汽车公司
GNF	石墨纳米纤维
GTO	门极可关断晶闸管
HEV	混合动力电动汽车
HHV	高热值
ICE	内燃机发动机
IC	内燃机
IEC	国际电工委员会

IGBT	绝缘栅双极型晶体管
IMA	集成电机辅助
IPT	感应能量输出
km/h	千米每小时
LH ₂	低温液态氢
LHV	低热值
LPG	液化石油气
LSV	低速车辆
MEA	膜电极电动势
MeOH	甲醇
MOSFET	金属氧化物半导体场效应晶体管
mi/h	英里每小时
NASA	美国航空航天局
Nernst	能斯特
NiCad	镍镉(电池)
NiMH	镍氢(电池)
NL	1L, 常态状况下 1L
NOX	氮氧化物
NTP	常温常压(20℃, 一个标准大气压或者 1.013 25bar)
OCV	开路电压
PEMFC	质子交换膜燃料电池/聚合物电解质膜燃料电池
PEM	质子交换膜/聚合物电解质膜(同一种物体的两种叫法, 且缩写名称相同)
PM	永磁体或颗粒物质
POX	过氧化物
ppb	十亿分之一
ppm	百万分之一
PROX	优先氧化(选择性氧化)
PWM	脉宽调制
PZEV	部分零排放车辆
SAE	美国汽车工程师学会
SFUDS	简化联邦市区行驶时间表
SL	标准公升, 标准状况下 1L
SOFC	固体氧化物燃料电池
SRM	开关磁阻电动机(可转换式磁阻电动机)
STP	标准温度与压力(同 SRS)
SULEV	超低排放车辆

TEM	透射式电子显微镜
ULEV	超低尾气排放标准
VOC	挥发性有机化合物
VRLA	阀控式密封铅酸蓄电池
WOT	节气门全开
WTT	矿井到油箱
WTW	矿井到车轮(从原料到使用)
ZEBRA	零排放电池研究协会
Zebra	钠金属氯化物
ZEV	零排放车辆

符号说明

本书引用字母来表示变量(如质量)和化学方程式中的化学符号。通常,读者可以根据语境来区别相同字母在文章中的不同含义,而且,为了方便读者阅读和明确区分,用斜体字母表示变量,用正体字母表示化学符号。示例: H 表示焓(热含量),而 H 表示氢。

当一个字母可以表示两个或两个以上变量时,文章中会加以说明。

a	加速度
A	面积
B	磁场强度
C_d	风阻系数
C	电池的安培小时容量或者电容容量
C_3	放电 3h 电池的安培小时容量,“3h 速率”
C_p	电池的佩克特(Peukert)容量,等于以 $1A \cdot h$ 电流放电时的安培小时容量
CR	电池耗电量,通常以 $A \cdot h$ 计
CS	电池供电量,通常以 $A \cdot h$ 计
d	电容器两极板间的距离或行驶距离
DoD	放电深度,从 0(完全充电)变化到 1(空)的比率
E	能量、杨氏模量或者电动势(电压)
E_b	运转中电动机的反电动势(电压)
E_s	提供给电动机的电动势(电压)
e	一个电子的电荷量, $1.602 \times 10^{-19} C$
f	频率
F	力或者法拉第常量(即 1mol 电子电荷量 $96\,485C$)
F_{rr}	克服车辆滚动阻力需要的力
F_{ad}	克服车辆风阻力需要的力
F_{la}	车辆直线加速时需要的力
F_{hc}	克服车辆下坡时的重力需要的力
$F_{\omega n}$	车辆中提供给旋转部件的旋转加速度加载在车轮上的力
F_{te}	牵引力,车轮的前进动力
g	重力加速度
G	齿轮比、刚性模量(剪切模量)或者吉布斯自由能(负热力学势)

H	焓
I	电流、惯性力矩或者截面惯性矩,可根据上下文确定
I_m	电机电流
J	截面极惯性矩
k_c	电机铜损系数
k_i	电机铁损系数
k_w	电机风阻损失系数
KE	动能
K_m	电机常数
k	佩克特(Peukert)系数
L	长度
m	质量
$\dot{m}$	质量流量
m_b	电池质量
N	阿伏伽德罗常数 6.022×10^{23} ,或者每秒转数
n	电池组中的电池数量、燃料电池组或者物质的量
P	功率或者压强
P_{adw}	克服风阻需要在车轮上加载的功率
P_{adb}	克服风阻需要的电池输出功率
P_{hc}	克服车辆下坡时的重力需要的功率
P_{mot-in}	电机的输入电功率
$P_{mot-out}$	电机的输出机械功率
P_{rr}	克服车辆滚动阻力需要的功率
P_{te}	车辆中车轮的输入功率
Q	电荷量,如电容中的电荷量
q	切应力
R	电阻或者摩尔气体常量 $8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
R_a	发动机或者发电机的电枢电阻
R_L	电阻负载
r	车轮、轴、电机转子等部件的半径
r_i, r_o	空心管的内外半径
S	熵
SE	比能量
T	温度、扭矩或电池的放电时间
T_1, T_2	在一个过程中不同阶段的温度
T_f	摩擦力矩,如电机中的摩擦力矩
t_{on}, t_{off}	斩波电路打开或关闭时间

v	速度
V	电压
W	功
z	反应中转移的电子数
Φ	总磁通量
δ	挠度
δ_t	迭代过程中的时间步长
Δ	变化量,如 ΔH 为焓的变化量
σ	弯曲应力
ε	介电常数
η	效率
η_c	直流/直流转换器的效率
η_{fc}	燃料电池的效率
η_m	电机的效率
η_k	变速器的效率
η_0	驱动系统的总效率
θ	偏转或弯曲的角度
λ	化学计量比
μ_{rr}	滚动阻力系数
ρ	密度
Ψ	斜坡或倾斜角度
ω	角速度

目 录

第 1 章 电动汽车概述	1
1.1 电动汽车发展简史	1
1.1.1 早期发展	1
1.1.2 1910 年后电动汽车相对减少	3
1.1.3 蓄电池电动车的使用依然盛行	5
1.2 电动汽车在 20 世纪末的发展	6
1.3 当今应用的电动汽车类型	7
1.3.1 蓄电池电动汽车	7
1.3.2 内燃机 / 电力混合动力电动汽车	10
1.3.3 燃料电池汽车	14
1.3.4 使用供电轨供能的电动汽车	16
1.3.5 太阳能汽车	17
1.3.6 使用飞轮储能器或超级电容的电动汽车	17
1.4 未来的电动汽车	19
参考文献	19
第 2 章 蓄电池	21
2.1 概 述	21
2.2 蓄电池的参数	22
2.2.1 电池单元和蓄电池电压	22
2.2.2 电荷容量	23
2.2.3 能量的储存	24
2.2.4 比能量	25
2.2.5 能量密度	25
2.2.6 比功率	25
2.2.7 安培小时效率	26
2.2.8 能量效率	26
2.2.9 自放电率	26
2.2.10 蓄电池的几何尺寸	27
2.2.11 蓄电池对温度的要求	27

2.2.12 蓄电池的使用寿命和深循环的次数	27
2.3 铅酸蓄电池	27
2.3.1 铅酸蓄电池基础	27
2.3.2 铅酸蓄电池的特性	29
2.3.3 蓄电池的寿命和维护	31
2.3.4 蓄电池充电	32
2.3.5 铅酸蓄电池小结	32
2.4 镍基电池	32
2.4.1 简介	32
2.4.2 镍镉电池	32
2.4.3 镍金属氢化物电池	35
2.5 钠基电池	37
2.5.1 简介	37
2.5.2 钠硫电池	37
2.5.3 钠金属氯化物电池	39
2.6 锂电池	41
2.6.1 简介	41
2.6.2 锂聚合物电池	41
2.6.3 锂离子电池	41
2.7 金属空气电池	42
2.7.1 简介	42
2.7.2 铝空气电池	42
2.7.3 锌空气电池	43
2.8 蓄电池充电	44
2.8.1 蓄电池充电器	44
2.8.2 充电平衡	45
2.9 设计者对蓄电池的选择	47
2.9.1 简介	47
2.9.2 目前市场上在售的蓄电池	48
2.10 蓄电池在混合动力车辆中的应用	49
2.10.1 简介	49
2.10.2 内燃机/蓄电池混合动力电动汽车	49
2.10.3 蓄电池/蓄电池混合动力电动汽车	49
2.10.4 使用飞轮组	49
2.10.5 复杂的混合动力	50
2.11 蓄电池建模	50
2.11.1 蓄电池建模的目的	50

2.11.2	蓄电池等效电路	50
2.11.3	模拟蓄电池的容量	52
2.11.4	以设定的功率模拟蓄电池	56
2.11.5	计算佩克特系数	59
2.11.6	估计蓄电池的规格	60
2.12	总 结	61
	参考文献	62
第 3 章	可替代的新型能源及其存储	63
3.1	概 述	63
3.2	太阳能	63
3.3	风 能	64
3.4	飞 轮	66
3.5	超级电容	68
3.6	供电轨	71
	参考文献	72
第 4 章	燃料电池	75
4.1	燃料电池是理想的选择吗?	75
4.2	氢燃料电池的基本原理	77
4.2.1	电极反应	77
4.2.2	不同的电解液	78
4.2.3	燃料电池电极	80
4.3	燃料电池热力学简介	82
4.3.1	燃料电池的效率及效率极限	82
4.3.2	效率和燃料电池电压	85
4.3.3	燃料电池的实际电压	86
4.3.4	压力及气体浓度的影响	87
4.4	串联电池单元——双极板	88
4.5	质子交换膜燃料电池的水管理	92
4.5.1	水问题简介	92
4.5.2	质子交换膜燃料电池的电解质	93
4.5.3	保持质子交换膜的含水性	95
4.6	质子交换膜燃料电池的热管理	96
4.7	完整的燃料电池系统	98
	参考文献	99
第 5 章	氢气的供应	101
5.1	概 述	101



5.2 燃料重整	103
5.2.1 燃料电池的要求	103
5.2.2 蒸汽重整	104
5.2.3 部分氧化和自热重整	105
5.2.4 燃料的进一步处理:一氧化碳的清除	106
5.2.5 移动设备应用中实际燃料的处理过程	107
5.3 氢的储存方式 I:以氢气形式储存	108
5.3.1 问题介绍	108
5.3.2 安全性	109
5.3.3 以压缩气体形式储存氢	110
5.3.4 以液态形式储存氢	111
5.3.5 以可逆金属氢化物的形式储存氢	113
5.3.6 碳纳米纤维	115
5.3.7 储氢方式的比较	115
5.4 氢的储存方式 II:化学方法	115
5.4.1 简介	115
5.4.2 甲 醇	116
5.4.3 碱性金属氢化物	118
5.4.4 硼氢化钠	119
5.4.5 氨 气	123
5.4.6 储存方式的比较	125
参考文献	125
第 6 章 电动机及其控制器	127
6.1 “有刷”直流电动机	127
6.1.1 工作原理	127
6.1.2 转矩速度特性	129
6.1.3 有刷直流电动机的控制	132
6.1.4 直流电动机磁场的提供	133
6.1.5 直流电动机的效率	134
6.1.6 电动机的损失和电动机的尺寸	135
6.1.7 电动机的制动作用	137
6.2 直流调控和电压转换	138
6.2.1 开关装置	138
6.2.2 降压稳压器或切换式降压稳压器	141
6.2.3 升压稳压器或升压开关稳压器	142
6.2.4 单相换流器	144
6.2.5 三相电流	147

6.3 无刷电动机	148
6.3.1 简介	148
6.3.2 无刷直流电动机	149
6.3.3 开关磁阻式电动机	151
6.3.4 感应电动机(异步电动机)	153
6.4 电动机的冷却、效率、尺寸和质量	155
6.4.1 提高电动机效率	155
6.4.2 电动机的质量	157
6.5 混合动力汽车中的电动机	158
参考文献	160
第 7 章 电动汽车建模	161
7.1 概述	161
7.2 牵引力	162
7.2.1 简介	162
7.2.2 滚动阻力	162
7.2.3 空气阻力	163
7.2.4 爬坡力	163
7.2.5 加速力	163
7.2.6 总牵引力	165
7.3 模拟汽车加速	165
7.3.1 加速性能参数	165
7.3.2 模拟电动车的加速性能	166
7.3.3 模拟一辆小汽车的加速情况	170
7.4 模拟电动汽车的续驶里程范围	172
7.4.1 驾驶循环	172
7.4.2 蓄电池电动汽车的续驶里程模拟	176
7.4.3 等速续驶里程范围模拟	181
7.4.4 其他用途的模拟	182
7.4.5 燃料电池车的续驶里程范围模拟	183
7.4.6 混合动力电动汽车的续驶里程范围模拟	186
7.5 模拟:小结	186
参考文献	187
第 8 章 设计因素	189
8.1 概述	189
8.2 空气动力学因素	189
8.2.1 空气动力学和能量	189