



国际电气工程先进技术译丛

CRC Press
Taylor & Francis Group

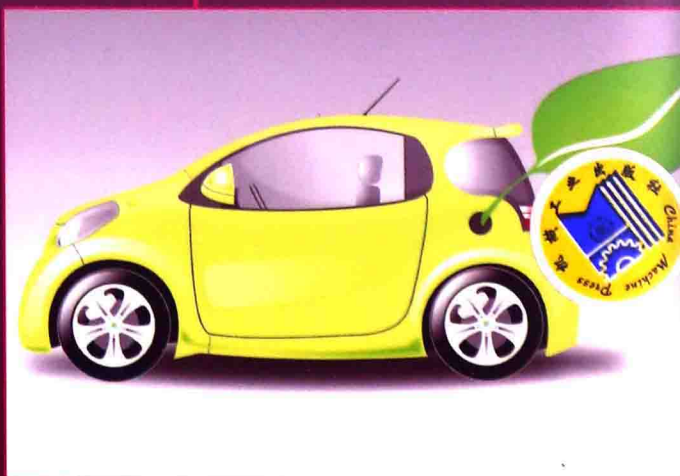
氢能源和车辆系统

Hydrogen Energy and Vehicle Systems

(美) Scott E. Grasman 主编

王青春 王典 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

氢能源和车辆系统

(美) Scott E. Grasmán 主编

王青春 王 典 等译



机械工业出版社

Hydrogen Energy and Vehicle Systems/edited by Scott E. Grasman/ISBN: 978-1-4398-2681-2.

Copyright © 2013 by Taylor & Francis Group, LLC.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All rights reserved.

本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis Sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2013-3815 号。

图书在版编目(CIP)数据

氢能源和车辆系统/(美)格拉斯曼(Grasman, S. E.)主编;王青春等译. —北京:机械工业出版社,2014.8

(国际电气工程先进技术译丛)

书名原文:Hydrogen energy and vehicle systems

ISBN 978-7-111-47636-8

I. ①氢… II. ①格…②王… III. ①氢燃料—汽车 IV. ①U469.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第183646号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:顾谦 责任编辑:顾谦 版式设计:霍永明

责任校对:纪敬 封面设计:马精明 责任印制:刘岚

北京富生印刷厂印刷

2014年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·16.75印张·314千字

0001—2800册

标准书号:ISBN 978-7-111-47636-8

定价:79.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

译者序

近年来，各大公司和研究机构都将未来发展的重点放在了新能源汽车上。各种类型的混合动力汽车、电动汽车和燃料电池汽车层出不穷，如雨后春笋一般出现在人们的视野中。

2001年以来，在世界范围内，燃料电池技术已经取得了重大的进展。氢燃料作为车辆的能源载体，其轻便、稳定的特性为其在燃料电池汽车的发展中奠定了重要的地位。同时，氢燃料汽车以其零排放、燃料经济性、发动机的高燃烧效率、运行平稳、无噪声等优势显示出的巨大优越性，引起大家更多的关注。本书对氢能源利用的燃料电池模型、氢燃料的市场应用及其安全问题进行了分析，探讨了氢能源利用的一些案例，对氢燃料汽车的进一步发展具有一定的价值。

本书由北京林业大学车辆工程系王青春博士组织翻译，王典博士、黄青青博士、李佳子硕士参加了翻译。另外，博士生王建利、丁小康、孙治博、韩东涛，硕士生樊丽、王慧、程伟、冯二萍、孔建磊、王璐、郑建业、蒲帅、李婷、黄河山等人共同参与完成了本书的翻译工作。由于书中涉及的领域众多，公众专业术语较多，限于译者的水平，译文中可能存在不妥或失当之处，敬请读者批评指正。

译者

于北京林业大学 学研中心

原 书 序

早在 20 世纪 70 年代爆发的汽油危机使普通大众对现行能源的有限性有了初步认识。自那时以来，公众、投资者和政府管理部门的积极性激增，当被视为解决发达国家和发展中国家的能源需求的“银弹”方案的各种技术出现时，人们的积极性又衰退了。在最近几年，一个更现实的概念已经被很多国家采用，就是可能没有技术“银弹”而只需要一个“上述所有”的技术方法。

氢能技术能够成为综合性能源途径的一部分。虽然氢能支持者吹捧自然界中大量存在的、内在清洁的这一基本要素，但反对者指出生产、储存和大规模使用氢存在的困难和成本。而支持者和反对者之间的争论则影响政府和公众的兴趣高低。

幸好，学术界和工业界的工程师和科学家们仍然在继续进行开发和应用氢能技术的研究，来寻找更加实用的解决方案。本书提供了许多科学家和工程师在各种问题、挑战以及过去几年在氢能技术方面取得的成就上的见解。至于未来氢能技术，正如同到底杯子是半满还是半空一样，这只是一个角度的问题。然而，氢能技术似乎一定要在我们未来的能源中占据一个角色。

William R. Taylor

原 书 前 言

用途和适用对象

氢能作为能源载体和输送燃料显示出了巨大的优越性，轻便且稳定。然而，将氢能作为一种可再生能源并扩大其利用，所引起的问题和挑战将会使规划工作更加复杂化。很多组织正在研究、开发和验证氢气的途径，使之能够找到一种商业方法来进行市场应用。然而，迄今为止，仍然需要迎接研究和教育方面的挑战。

利用氢能技术能够解决与能源安全、稳定和可持续发展有关的社会问题。第一，氢气可以从本地资源来产生，从而省去了复杂的能源或燃料供应线。第二，氢气与可再生能源结合使用时，提供了一种稳定的能源或燃料生产方法。第三，从可再生能源产出的氢气能提供干净、无排放污染的能源或燃料。

氢能技术构成了一个高度跨学科领域，从材料、电化学过程、燃料处理/储存系统的基本原理延伸而来，应用到混合动力汽车和可再生能源/燃料系统的复杂的设计概念中。基础设施分析、市场转型、公共政策、安全 and 环境等也起着关键的作用。此外，可持续能源系统是一个新兴的领域，旨在开发新的及改进的能源技术、系统和服务，同时了解能源对经济和社会的影响。

氢能技术的研究包括传统的工程学科（生物、化学、电力、环保、地质、材料科学、机械系统）、自然科学（生物、化学、数学、物理）、社会科学（经济学、心理学）以及商业。因此，本书将讲述在可持续能源系统的新兴领域转型的跨学科研究，以驳斥有关氢能技术的常见误解，并证明氢能技术是种可持续的、稳定的、安全的能源基础设施的一个可行部分。

书中涉及了一种应用氢能基础技术的新的综合方法，目的是整合运输业和发电行业，同时提高两者系统的效率和可靠性。提高任何/所有阶段的整体效率和性能，可以降低成本、提高市场占有率，这是氢能技术能保持长期成功的关键。书中还提到了氢能、车辆系统、与氢能技术相关的安全和环境以及需要提供安全性的可再生能源——氢气选择的设施的智能化氢能管理计划。

本书的重要主题集中在氢燃料和燃料电池技术（包括安全和环境科学）、氢能车辆系统、氢能系统和氢能基础设施及市场推广策略中。而其他的书籍集中在氢能的具体方面（例如材料、燃料处理、燃料电池的电化学），本书的目的是在最先进水平的氢能和汽车系统的研究上进行全面评价。

将氢气作为能源载体引起了各界强烈的兴趣，现在已经获得了工业企业的支持，而且政府支持的力度也越来越大。同时，建立一个可持续的氢能经济被视为保

持长期环境和经济稳定的关键，实现这些社会福利将会在区域、国家和全球层面涉及各种利益相关者。因此，本书将做到以下两点：

- 为追求广泛的研究议程提供依据，来发展、论证、评估和促进氢为基础的技术的长期成功使用；

- 开发资源，以实现、协调、表达稳定和独立的能源效益。

本书适合于能源相关领域的研究人员和专业人士、相关学科的教师、相关专业的学生和政策制定者们阅读。它可以被用来作为从业者、大学课程或短期课程、研讨会的参考。例如，在超过 250 个相关课程项目中，这部分被认为是综合能源课程的一部分。这些课程的标题有能源系统、替代能源/燃料、氢系统、燃料电池的应用、汽车燃料电池系统以及可再生能源系统。

本书由该领域的专家撰写，将清楚、准确地为氢系统提出一个全面的描述。它从理论/技术与应用的两个角度为氢能技术做了均衡的介绍。根据氢能和车辆系统目前的研究，它通过适当的系统分析与集成，来与氢能技术进行关联，包括定量和定性因素，而且包含所有的利益相关者的观点，也包括了氢能技术的能源及环境因素。

本书的概述

本书所罗列的章节是由 25 个隶属于高等教育机构和/或研究中心的研究人员所撰写的。这些章节涵盖了一系列的理论和应用，并分为三个部分：

第 1 部分：氢能和燃料电池模型

第 1 章：氢能和电能：相似之处、相互作用和转化

本章讨论未来氢能经济将与电力部门互动的一些主要方式，以及运输、固定燃料部门和电力部门将会如何融合。氢能和电能都是零碳排放、灵活的、有用的和互补的能源载体，可以在各种各样的应用中提供能量。氢气因其储存特性、效率和排放被认为是轻载部门未来重要的运输燃料。此外，能源系统提升的一个重要考虑因素是竞争和利用能源资源生产氢气和电力的协同作用。

第 2 章：氢能基础设施：生产、储存和运输

本章将对氢能的生产、储存和运输技术进行回顾。根据技术状态、生产数量规模 and 环境影响，从近期和长期来看，所选的生产技术是有前途方案的代表。生产技术包括蒸气甲烷重整、气化、电解和热化学转化。压缩气体、液体、冷冻压缩、金属氢化物 and 表面吸附的储存方法是基于储氢能力的规模大小提出的。本章还对扩大的氢能基础设施的运输方法和操作特性的讨论进行了总结。

第 3 章：PEM 燃料电池基础和计算模型

本章讨论质子交换膜（PEM）燃料电池的运作原则，并将模型纳入到商业软件中。应用在文献报道中出现的相关独立数据，对该模型的适应性进行了评估，并用来预测 PEM 燃料电池的性能。这一发现建立了能够模拟 PEM 燃料电池的模型，

该模型具有合理的精确度和低强度计算的内在分析模式。将模型嵌入到软件环境中,这将会给燃料电池和混合动力汽车的设计和优化提供巨大的帮助。

第4章:动态建模与 PEM 燃料电池系统的控制

本章讨论了燃料电池的基本原理,包括不同历史和类型的燃料电池以及它们的性质、结构和应用,并特别侧重了 PEM 燃料电池。为保证 PEM 燃料电池安全、高效地运行,同时介绍了所需要的辅助设备,还给出了一些较为著名的基于控制的 PEM 燃料电池组件的动态模型。对典型的 PEM 燃料电池的模拟分析是基于动态控制为主的模型来进行的。最后,还列出了常用的控制算法,如过量氧气系数与温度调节,并使用基于控制的模型来实现。

第2部分:市场转型与应用

第5章:从早期人工燃气历史中得到的关于氢能市场转型的经验教训

本章将通过研究人工煤气行业的历史,进行比较和对比,并强调潜在有价值的类比和经验,来对未来氢能进行探讨。在两个能量系统之间进行各种比较,包括物理和化学性能、成本、生产流程和系统配置,并研究基础设施随时间的发展,回顾人工燃气历史五个主要阶段。基于历史回顾,总结了五个对氢能来说较为关键的类比或教训。

第6章:燃料电池技术示范和数据分析

本章将努力提供一个独立的第三方技术评估,该评估专注于燃料电池系统和氢能基础设施的性能、操作、维护和安全。美国政府资助的氢气和燃料电池示范项目对于这方面技术的研究和开发有着较好的支持,美国国家可再生能源实验室(NREL)的研究人员正在研究在实际应用中设置验证氢气和燃料电池系统。这些演示和应用的一个关键组成部分包括数据的收集、分析和报告。NREL 的氢气安全数据中心(HSDC)成立于2004年,作为数据分析中心位置,并为美国能源部及其燃料电池团队工作,来收集和分析这些早期应用和示范项目的数据。该分析是定期更新的,申请即可发布,将在本章中进行概述。

第7章:基于燃料电池 CHHP 联产来生产车辆用氢气:影响能源使用、温室气体排放和成本的因素

本章介绍基于平稳的高温燃料电池,使用热电、氢气和电力(CHHP)系统为氢动力汽车生产燃料的概念,它们还可以为建筑物提供电力和热能。此外,还探讨了影响 CHHP 系统各个位置的性能,以及相关联的温室气体(GHG)排放和氢气成本的因素。为支持早期氢动力汽车市场而建立的燃料基础设施,将所使用的技术中能源、GHG 和氢气的成本问题建成了相应的模型。分析采用了 FC 能源模型,这是由 NREL 开发的,并以 Excel 电子表格形式给出供下载。本章介绍了一些在 FC 电源模型中的熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)系统的基本模型假设,并回顾了能源使用总量、排放和 CHHP 系统的安装成本几个方面,将氢气的建筑和小规模生产(SMR)与传统的提供能源方式进行了比较。

第 8 章：混合动力和插电式混合动力汽车

高功率和高能量密度的锂离子型电化学储能技术的引入，提供了必要的转化提升，并提前将混合动力和插电式混合动力电动汽车成为近期热点。氢气燃烧和氢能燃料电池动力系统的混合作用可提供类似于那些在传统车辆可见的好处。本章将讨论应用在氢动力技术上的各种混合动力电动汽车动力体系的好处和影响。根据对车辆输出功率的影响能力，这些体系结构在动力系统上具有不同的优点，这些影响还关系到车辆混合作用的目标。另外，混合动力汽车和插电式混合动力汽车之间的差别，代表了能量储存的变化程度，还必须结合大小、类别和车辆推进系统的意图来考虑。混合动力汽车结构的适当应用和附带的能量管理控制将会对车辆的发展起到至关重要的作用。

第 9 章：氢能储存提高风能进入电网的渗透程度

本章提供了一个风能和氢能结合的完整分析。这项研究是在 IEA 氢协议，任务 24 “风能和氢气的整合” 框架内开展活动的一部分。从研究结果可以得出，氢能主要与可再生能源相关的能源应用，如风力发电，能够与其他能量储存系统进行竞争。氢能可以被储存，用于将来再转换成电能，或者利用其能量载体特征的优势在不同的应用中使用。虽然仍有一些缺点和技术问题需要解决，但仍然提出了有关氢能未来在能源领域的乐观看法。本章还讨论了氢能的应用，如 CHP 和 CHHP。

第 10 章：氢能设计案例研究

本章讨论了氢能技术在一个氢社区中的真实应用。该应用是通用的，适用于世界各地的社区。它们包括商业氢燃料站、住宅氢燃料、氢在机场上的应用以及其他的应用。这些概念设计是密苏里科技大学的氢能学生设计团队创建的，应对燃料电池氢能协会（前身为美国氢协会）氢能学生设计竞赛。

第 3 部分：氢气安全

第 11 章：氢气的安全问题

本章讨论在“氢基础设施”中的氢能安全设置，如氢燃料站、氢气汽车的研究和开发车库、储氢和固定式燃料电池装置，每个都有不同的风险和潜在的危害。氢气具备的许多特性使得它非常独特，包括广泛的可燃性限制、低点火能量、高扩散性和低能见度的火焰。有了对这些特性的正确理解，结合经验和安全处理程序，可以让氢能在一个安全的工作环境中使用。

第 12 章：氢燃料电池汽车规定、规范 and 标准

本章介绍了氢燃料电池汽车的规定、规范和标准（RCS）。本章涵盖了主要由美国汽车工程师协会（SAE）和 CSA 标准的文件建立的国内汽车标准和主要由国际标准化组织（ISO）建立的国际标准。本章不包括美国之外的由联邦运输安全机构颁布的机动车辆安全法规。这些 RCS 的基本目的是确保以燃料电池为动力的车辆的安全运行。这些 RCS 不包括支持这些车辆所需要的基础设施。在美国，这些基础设施的要求非常高，但是它们不是本章讨论的内容。

致 谢

除各章的作者外，本书的完成还归功于几个人的努力。

主编对审稿人为改善各个章节所提出的有深刻见解的意见和建议表示感谢。每章材料需进行一个盲审过程，每章需聘请三位评审。如果没有这些努力，本书不可能完成。主编特别感谢《Green Chemistry and Chemical Engineering》丛书主编 Sung-gyu “KB” Lee、Fermin Mallor 和 William Taylor 为本书的完成所提供的帮助。

最后，但同样重要，主编要感谢 CRC/Taylor & Francis 团队的帮助，尤其是 Amber Donley 和 Allison Shatkin，他们的帮助和耐心对于本书的完成起到了非常重要的作用。

Scott E. Grasman

罗彻斯特理工学院工业及系统工程系

关于主编

Scott E. Grasman 是罗切斯特理工学院工业及系统工程学系的教授和系主任。他曾在密苏里科技大学的工程管理和系统工程系、华盛顿大学圣路易斯分校的奥林商学院的运营与生产管理系、纳瓦拉公立大学的统计及运筹学系和加泰罗尼亚的 Oberta 大学工作过。他从密歇根大学的工业和运营工程系获得工学学士、硕士和博士学位。他有相关的企业工作经验，包括合作项目和课程活动。

他的主要研究兴趣涉及定量模型的应用，专注于供应链及物流网络的设计与开发。Grasman 博士一直是一个主要或主要合作的研究者，他的项目得到了以下各界的支持，其中包括空军研究实验室、阿贡国家实验室、美国陆军工程师研究与发展中心、双州发展局、波音公司、国防后勤局、福特汽车公司、通用汽车公司、西班牙政府、英特尔研究委员会、密苏里州 DOT、密苏里州研究局、美国国家科学基金会、SAP 美国、半导体研究公司、美国教育部、美国能源部、美国国务院和美国交通运输部门、沃尔玛物流和其他。以他为作者或合作者的技术论文超过 100 篇，其中有多项最佳会议论文奖，并在各种技术期刊和书籍中担任审稿/编辑的角色。

Grasman 博士在运筹学、管理科学、供应链和物流系统等领域有着丰富的专业知识。在这些领域，他通过生成理论和重要问题的应用解决方案，开发出了协助管理决策的数学模型。他已经为随机产出的生产系统、制造工艺（如按人头分配、交叉培训和调度）、企业集成（例如集成的库存/运输系统和协同中小企业）以及连通技术进行信息共享等提供了解决方案。最近和正在进行的研究都集中在替代燃料项目、在运输上的公私伙伴关系、替代能源的基础设施建模/仿真和可持续性的供应链及物流设施上。他的研究还涉及能源/工程教育。Grasman 博士是国际教育协会 ASEE 和管理科学协会的一员。他的邮箱是 Scott.Grasman@rit.edu。

关于各章作者

Mónica Aguado 是西班牙 Sarriguren 的国家可再生能源中心 (CENER) 下属的可再生能源并网发电部门的管理者。她获得了纳瓦拉公立大学的工业工程博士学位，并在私营和公共部门作为研究员和工程师工作了 15 年。她是电力电子系统方面的专家，主要包括可再生能源两方面的电网接入和有关电力系统中的电磁暂态方面。她也是西班牙 Pamplona 纳瓦拉公立大学电气和电子工程学的教授。Aguado 是众多科学出版物的作者，并参与了大量的国内和国际专家小组和委员会。

Leslie Eudy 在 NREL 是一位资深项目负责人。她的工作包括对替代燃料、混合动力和在重载应用上燃料电池推进技术进行评估。她目前作为氢技术验证团队的一员，在 NREL 的氢能技术和系统中心工作。她的项目侧重于收集和分析氢以及燃料电池客车的操作和性能数据，以帮助确定该技术在现实世界中服务的状态。

Gabriel García 是美国可再生能源系统并网发电部门 (IRE) 和西班牙 Sarriguren CENER 的工业工程研究员。他于 2002 年在巴斯克地区大学获得工业工程师学位。他在私营部门开始了他的职业，并于 2005 年加入 CENER。他是可再生能源集成和能源储存系统 (ESS) 方面的专家，并参加了与氢能相关的几个私人项目和其他的 ESS。García 是几种科学出版物和会议资料的作者，还参加了国家和国际项目、专家小组和委员会。

Raquel Garde 从 Zaragoza 大学的无机化学专业获得博士学位，并拥有 18 年的化学和物理领域（催化、磁学、固态等）的工作经验。她曾在大学（德国和法国）和西班牙 Sarriguren CENER 开展了她最出色的研究生涯。自 2002 年以来，她一直负责 IRE 部门的能量储存小组。她的工作主要在氢燃料电池和电化学储能系统上，以及对电动车、冷仓库的能源管理等。她是大量科学出版物和会议资料的作者，并参与了大量的国内和国际项目、专家小组和委员会。

Joseph Ishaku 目前是密苏里科技大学机械和航空航天工程系的在读硕士。他于 2009 年从密苏里科技大学获得了机械工程学士学位。他曾在阿贡国家实验室举办的电子汽车比赛项目中担任控制组组长。他的研究兴趣包括建模、仿真和机电一体化系统控制、氢 PEM 燃料电池、锂离子电池以及混合动力系统集成和控制。

Umit O. Koylu 是密苏里科技大学 (Missouri S&T) 机械和航空航天工程系的教授。他从密歇根大学安娜堡分校航天工程系获得硕士和博士学位，并从伊斯坦布尔理工大学航天工程系拿得了学士学位。他的研究方向包括传统能源（燃烧、内燃机、燃煤电厂、流体和热传输）、替代能源（固体氧化物燃料电池的特性、PEM 电池的模型、氢能技术、替代燃料、干净煤炭技术）、环境科学与技术（空气污染

物、颗粒物、测量技术) 以及其他领域(合成纳米粒子、激光诊断、消防安全、热力工程)。

Jennifer Kurtz 是 NREL 的氢能技术验证团队中的高级工程师。作为这个团队的一员, Kurtz 对跨越多个燃料电池市场, 如汽车、叉车、固定和备用电源的燃料电池项目的真实世界数据进行处理、分析和报告。她于 2007 年进入 NREL, 并在联合技术动力公司工作了 6 年, 主要是做燃料电池系统的设计和组件。Kurtz 从乔治亚理工学院获得机械工程硕士学位, 并从瓦特堡学院获得她的物理学学士学位。

Robert G. Landers 目前是密苏里科技大学机械工程系副教授, 并在机械和航空航天工程系担任研究生事务副主任。他于 1997 年在密歇根大学获得了机械工程博士学位。他的研究和教学兴趣是建模、分析、监控以及制造过程和替代能源系统的控制, 他的技术类学术论文超过 100 篇。他于 2004 年拿到了制造工程协会的 M. Eugene 商业类杰出青年制造工程师奖, 是 ASEE 和 ASME 的一员, 也是 IEEE 和中小型企业高级会员。Landers 现为 IEEE 控制系统技术学报、ASME 动力系统测量与控制杂志和 ASME 制造科学与工程期刊的副主编。

Nima Lotfi 目前是密苏里科技大学机械和航空航天工程系的博士生。他于 2006 年从伊朗大不里士市的阿库雷技术大学获得了电气工程学士学位, 并于 2010 年从伊朗德黑兰市的伊朗谢里夫理工大学获得电子工程硕士学位。Lotfi 的研究兴趣包括非线性控制和估算设计、建模和替代能源系统的控制, 包括被混合动力电动汽车采用的 PEM 燃料电池和锂离子电池。

Kevin B. Martin 是北伊利诺伊大学的学习环境及可持续发展研究所和能源与技术部门的副教授。他于 2009 年在密苏里科技大学获得了工程管理及系统工程系博士学位。Martin 分别于 2002 年和 2005 年在密苏里科技大学罗拉分校获得化学工程系的学士学位和硕士学位。他的主要研究兴趣包括定量方法在研究氢能供应链中的应用。Martin 担任密苏里科技大学电子汽车比赛队的队长, 这个团队主要是研发、设计、开发和测试全尺寸燃料电池的插电式混合动力电动汽车。他还曾经参与过由美国自由贸易协定、美国能源部、美国 DLA、美国 DOT-RITA 和美国空军研究实验室资助的研究项目。

Andrew Meintz 于 2007 年在密苏里科技大学拿到了他的电子工程学士学位。他作为美国能源部的教育 GAANN 研究员在密苏里科技大学继续攻读博士。他的研究兴趣有电力电子、电化学能量储存系统和混合动力电动汽车。2008 年和 2009 年, 他在桑迪亚国家实验室实习, 首先研究插电式混合动力汽车对电网的影响, 然后研究其对独立电网的高光伏渗透稳定性的影响。从 2009 年开始, 他参与了能源部门赞助的电子汽车比赛: 下一个挑战, 就是在三年内设计和建造节能型汽车, 并与其他大学竞争。由于是挑战者的一员, 他负责设计、建造和测试燃料电池插电式混合动力汽车。这些经历使他能胜任在汽车、能量管理控制设计以及车辆模拟器方面的工作。自从他于 2011 年 12 月拿到了学士学位, Meintz 就在通用汽车公司的高电压

电池系统工程师的位置开始了他的职业生涯。

Marc Melaina 是美国能源部的 NREL 的氢能基础设施分析团队的领导者。在 2007 年加入 NREL 之前, Melaina 在加州大学的戴维斯分校的运输研究所担任轨道研究总监。他还曾在阿贡国家实验室、美国国家科学院、橡树岭国家实验室的交通研究中心工作过。Melaina 在密歇根大学的天然资源与环境学院拿到了他的博士学位, 并拥有土木工程学的软件工程硕士学位和物理学的学士学位。

Vijay Mohan 于 2008 年 7 月隶属于印度贝尔高姆的 Visveswaraya 理工大学的 PES 技术学院获得机械工程学士学位。他于 2009 年秋季进入密苏里科技大学攻读机械工程硕士。他曾作为 2010 年和 2011 年燃料电池和氢能协会 (FCHEA) 举办的氢能学生设计竞赛参赛的一员在 John W. Sheffield 博士手下工作, 同时还在密苏里科技大学的电子车大赛—下一个挑战队工作过。Mohan 于 2011 年 12 月拿到了他的科学硕士学位。

Todd Ramsden 专门从事燃料电池系统的技术经济分析, 并支持科罗拉多州戈尔登 NREL 的氢能基础设施建设。他目前专注于汽车燃料电池系统的性能和市场潜力、材料处理应用和能源使用生命周期的评估、各种潜在的氢能产品的温室气体影响以及分配途径。Ramsden 在交通运输业、分析能源、温室气体和空气污染问题上具有丰富的经验。目前, 他在 NREL 的氢能技术和系统中心工作。在去 NREL 工作之前, 他曾在美国交通运输部、福特汽车公司和美国环境保护局任过职。

Carl H. Rivkin 是科罗拉多州戈尔登 NREL 规范和标准项目组的主管。NREL 的规范和标准项目用来支持配置替代燃料所需的法规、规范和标准的颁布。Rivkin 在安全与环境工程方面有超过 25 年的经验, 并曾在监管机构工作过。在加入 NREL 之前, 他曾任职于美国国家消防协会, 研究替代能源代码项目。他也是美国消防协会的气体安全指导手册的主编, 该书于 2005 年出版, 其中有几章专讲氢气和可燃气体的安全。Rivkin 拥有密歇根大学化学工程的学士学位和巴尔的摩大学的工商管理硕士学位。他是有执照的专业工程师 (PE) 和认证安全专家 (CSP)。

Steven F. Rodgers 持有密苏里科技大学机械工程的硕士学位和学士学位。他的研究主要集中在模拟 PEM 燃料电池上。

John W. Sheffield 是密苏里科技大学机械和航空航天工程系的教授和国立大学交通研究中心的副主任。Sheffield 在德克萨斯大学奥斯汀分校获得工程科学学士学位, 在北卡罗来纳州立大学拿到了工程力学硕士学位, 并在北卡罗来纳州立大学工程科学与力学系获得博士学位。这些年, 他在密苏里科技大学担任了多个职位。Sheffield 还担任了许多其他研究职位。最近, Sheffield 于 2005 年期间担任联合国工业开发组织 (UNIDO) 的氢能技术国际中心 (ICHET) 副总监, 后来还为 UNIDO 的 ICHET 试点项目担任顾问。目前, Sheffield 在由美国空军研究实验室、DLA、国防部、交通部、RITA、自由贸易协定以及美国能源部资助的密苏里科技大学的氢能技术先进汽车技术项目中担任重要职位。

Sam Sprik 是 NREL 氢能技术验证的高级工程师。作为氢能技术和系统中心的一员，他把大部分精力用在分析和开发软件工具上，用来分析和计算技术验证项目中的大量数据。在分析氢能之前，他为 NREL 的运输技术与系统中心的混合动力电动汽车分析并建立仿真代码。通过努力开发出的一种工具被命名为先进的汽车驾驶模拟器或 ADVISOR。在密歇根大学的研究生院，他以研究助理的身份在克莱斯勒公司的制造工艺质量控制统计部门任职。

Darlene Steward 于 2007 年 1 月成为了 NREL 的工作人员。她是氢能技术和系统中心的一位高级工程师，该系统中心主要专注于生命周期成本、能源和系统分析。她在科罗拉多大学博尔德分校获得化学工程系的学士学位和硕士学位。她的擅长领域是环境分析和生命周期成本建模。她目前的研究领域包括成本、基于热电的燃料电池的能源分析、采用燃料电池动力模型的动力系统和基于能源储存系统的氢能分析。

Lie Tang 目前是密苏里科技大学的机械和航空航天工程系的博士后研究员。他分别于 2001 年和 2005 年在中国南京的河海大学电气工程专业获得了他的学士学位和硕士学位。他于 2009 年获得了密苏里科技大学机械工程系的博士学位。他的研究兴趣包括建模、仿真和机电一体化系统的控制、制造工艺和氢能燃料电池。

Mathew Thomas 来自印度喀拉拉邦的戈德亚姆。他在密苏里州的密苏里科技大学罗拉分校获得了机械工程和工程管理学的硕士学位。他一直是氢能项目的积极参与者，他参与了密苏里州第一个加氢站的设计、建设和管理。他是 2008 年和 2010 年的氢气教育基金会举办的氢气设计大赛获奖小组的组长。2009 年，他在意大利都灵举办的氢能系统方面的青年科学家世界大会上，获得了氢能系统的最佳论文奖。他于 2012 年 5 月拿到了他的工程管理学博士学位。

Warren Santiago Vaz 是密苏里科技大学机械工程系的博士生，他还拥有核工程系的学士学位和硕士学位。他研究、分析先进汽车动力传动系统的生命周期和总成本。

Karen Webster 在炼油、氢分析和工程、交通运输的温室气体减排分析领域工作，目前工作重点主要是在生物质燃料和生物化学方面。Karen Webster 持有加州大学伯克利分校化学工程学士学位。

Keith Wipke 是 NREL 的氢能分析高级工程师和管理者，他在那里的先进车辆领域工作了近 20 年。当他开始领导 NREL 参与控制氢团队和基础设施的示范和验证项目（也称为学习演示）时，便于 2003 年的时候开始了他在氢燃料电池车方面的研究。NREL 的技术验证小组评估燃料电池技术的多方面应用，包括汽车、公交车、叉车、备用电源和固定电源。他还领导了氢能分析小组和技术验证人员，其中氢能分析主要包括氢基础设施的分析。Wipke 在斯坦福大学获得机械工程硕士学位，是 NREL 与美国加州燃料电池合作的代表，还是燃料电池和氢能协会（FCHEA）的董事。

Christopher Yang 是加州大学戴维斯分校的交通运输研究所办的可持续交通能源途径 (STEPS) 项目的一名研发工程师。他是基础设施系统分析研究小组的协作领导者, 他的研究兴趣在于认识先进车辆和燃料的作用, 并通过基础设施和系统建模来帮助减少交通运输中温室气体的排放。他从事氢能基础设施系统、车辆和电网的相互作用和长期减少交通运输中的温室气体排放的情景模拟的研究。Yang 在普林斯顿大学拿到了机械工程博士学位, 在斯坦福大学环境科学与工程系拿到了他的学士学位和硕士学位。

Jarety Zuboy 是一位自由研究人员、分析师和技术作家。他专注于可再生能源, 并在 10 年时间里为 NREL 的氢/燃料电池、太阳能、运输方案项目作出了贡献。他还曾在公用事业能源效率、土地和水资源保护及医学方面工作。他拥有科罗拉多州立大学地质学学士学位。

目 录

译者序	
原书序	
原书前言	
致谢	
关于主编	
关于各章作者	

第 1 部分 氢能和燃料电池模型

第 1 章 氢能和电能：相似之处、相互作用和转化	1
1.1 简介	1
1.1.1 氢气和燃料电池的标准观点	1
1.1.2 氢气和电力的综合观点	2
1.2 氢和电对比	4
1.2.1 产生资源	4
1.2.2 混合发电	5
1.2.3 分布和基础设施	5
1.3 互补和聚合	6
1.3.1 互补属性和应用	6
1.3.1.1 车辆	6
1.3.1.2 发电设备	8
1.3.2 原料竞争	9
1.3.3 联合	9
1.3.3.1 大型热化学协作生产	9
1.3.3.2 小至中等规模的能源站	11
1.3.4 互变	12
1.3.4.1 间歇性可再生能源电力储存	12
1.3.4.2 非高峰期电解	12
1.3.4.3 中央氢气和电力生产（具有 CCS 的发电厂）	13
1.3.4.4 中央氢气生产和分布式电力生产（FCV、MobileE 和 V2G）	13