



国际电气工程先进技术译丛

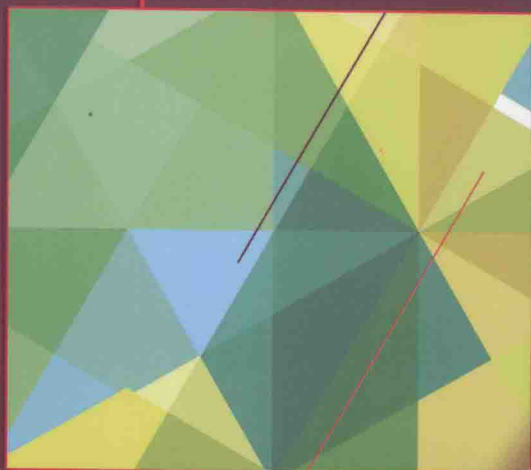


氢与燃料电池 —— 新兴的技术及其应用 (原书第2版)

Hydrogen and Fuel Cells:
Emerging Technologies and Applications
Second Edition

[丹] 本特·索伦森 (Bent Sørensen) 著

隋升 郭雪岩 李平 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际电气工程先进技术译丛

氢与燃料电池——新兴 的技术及其应用 (原书第2版)

[丹] 本特·索伦森 (Bent Sørensen) 著
隋升 郭雪岩 李平 等译



机械工业出版社

<Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications> ,
<Second Edition>

< Bent Sørensen >

ISBN: 9780123877093

Copyright © 2012 by Elsevier . All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2015 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd and China Machine Press.

All rights reserved.

Published in China by China Machine Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. . This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授予机械工业出版社在中国大陆地区（不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 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：01-2013-7259 号。

图书在版编目(CIP)数据

氢与燃料电池：新兴的技术及其应用：第2版/（丹）索伦森著；隋升等译．—北京：机械工业出版社，2015.11

（国际电气工程先进技术译丛）

书名原文：Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications, Second Edition

ISBN 978-7-111-51973-7

I. ①氢… II. ①索…②隋… III. ①氢气②燃料电池 IV. ①TQ116.2
②TM911.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 256837 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：刘星宁 责任编辑：朱 林

责任校对：陈 越 封面设计：马精明

责任印制：李 洋

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 26 印张 · 502 千字

0001—2500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-51973-7

定价：98.00 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

服务咨询热线：010-88361066 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网：www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

氢和燃料电池分别代表了理想的能源(载体)及其利用手段。本书内容丰富,系统介绍了氢气的生产、存储、运输等的各种方法,燃料电池的基础知识和燃料电池系统,未来使用场景,直接成本和生命周期成本,以及未来展望等。在每章末尾均给出了问题和讨论,其中的一些内容可以作为问题导向的小课题。

本书适合具有一定的相关知识背景,但在氢和燃料电池方面不是特别有经验的读者,读者将会从技术与政策因素、经济和环境评价等方面,全面了解整个氢和燃料电池领域的发展、挑战和机会。本书也可以作为高等院校新能源专业的教材使用。

译者序

燃料电池最早始于1839年英国人 William Grove 爵士提出的“气体电池”，他把两个铂电极浸入到稀硫酸中，先电解产生氢气和氧气。然后连接外部负载，氢气与氧气发生电化学反应，产生电流。然而，其后的发展经历十分曲折。与其同时代发明的蒸汽机已经成为一项成熟的传统技术，燃料电池至今仍被称为“新”能源技术。

近200年以来，燃料电池经历过几次发展高潮：

- 20世纪60年代初，燃料电池首次应用于 Apollo 登月飞船，带动了其在航空航天方面应用的热潮；

- 20世纪80年代后期，燃料电池在发电站和汽车等方面应用发展迅速，许多国家投入大量人力和物力进行研究开发；

- 现在，日本丰田汽车公司于2014年11月推出商业款燃料电池汽车“未来（MIRAI）”，世界主要汽车厂商纷纷把各自的燃料电池汽车商业化时刻表定在2025年之前，这预示着燃料电池开始进入了一个新的迸发时期。

燃料电池技术经历如此长时间的跌宕起伏历程，仍为人们所孜孜追求，不仅表明了该技术的复杂性，更透露出该技术将对人类社会产生重大的积极影响。人类的发展离不开能源，现今广泛使用的化石能源，一方面储量有限，另一方面是使用过程中伴随着污染和二氧化碳排放问题。氢能是人类能够使用的终极清洁能源。

氢气是能源（载体），是燃料电池的最佳燃料。通过阅读本书，您会对燃料电池和与其密切相关的氢能有深入了解。

本书作者 Bent Sørensen 博士是丹麦罗斯基勒大学（Roskilde University）退休物理学教授，可再生能源开拓者，获得过包括著名的欧洲太阳能奖在内的众多奖励和荣誉。因此，Bent Sørensen 博士能够以宽阔的视野，系统全面介绍氢和燃料电池技术及其社会影响。另一方面，书中以凝练的笔锋，阐述了所涉及的一些基础知识，如电化学、量子力学、生物学和化学催化等，这将引导读者对燃料电池产生浓厚兴趣，以不同视角解决其中的科学挑战而产生积极作用。

本书由隋升统筹，其中第1、3、7章由上海交通大学隋升翻译，第2、4章由华东理工大学李平翻译，第5、6章由上海理工大学郭雪岩翻译。魏朝旭、向康、何岸等也参与了部分翻译工作。由于译者学识有限，加之书中涉及专业知识众多，译本中难免出现不准确甚至错误的地方，敬请读者谅解、批评指正。

译者

2015年9月于上海

中文版前言

氢和燃料电池都有着悠久的工业使用历史，如利用碱性电解技术来生产氢气，以及采用当地管道在工业设施之间输送氢。电解槽是逆向模式运行的燃料电池，它将电能转换成氢气。在最近几十年中，对燃料电池正向运行的兴趣，即使用氢生产电力，在不断增强，特别是由于可能在车辆中应用的原因。这一吸引力在于氢不会产生任何污染，无论是用在内燃机，还是在燃料电池中，并且燃料电池在与电动机组合使用时，会提供比内燃机更高的效率。到目前为止，有限的、使用燃料电池车辆的缺点是成本高和寿命有限。

这本书介绍了实际应用氢和燃料电池背后的基础科学和工程技术，并解释了一个很广阔应用范围内的功能作用。此外还讨论了影响环境、成本和可能会影响投入实际应用的其他因素，并与其他新兴技术做了比较，如交通领域的纯电动汽车，在这个领域人们发现，相比纯燃料电池或纯电池驱动的车辆，一个适度混合的燃料电池——电动汽车应该是最便宜的选择。

研究不同类型的燃料电池是一项高度跨学科的学问，它覆盖了从电化学电池的电解质表面的量子过程，到生物有机燃料电池的生化细节。不用于燃料电池的氢的用途也可能会有趣。在世界的许多地方，风力涡轮机和太阳电池的使用率正在迅速增加。在欧洲，在某些情况下这种现象已经导致人们开始关注太阳能和风能输入端的间歇特性问题，并且已经确定了两个补救措施：实现在一个足够大的区域内的电力传输，可以大大减少提供给用户的电力波动，地下氢存储可以处理剩余的能量平衡问题。在欧洲，国际传输电网正在迅速强化和扩大，并提出了在地下含水层或盐穴储氢的具体建议。即使燃料电池无法满足成本和耐久性标准，这些方案选项也是有效的，因为以燃氢的燃气轮机恢复电力，成本会低很多，而效率只有小幅度的下降。

在最近的一本书（Sørensen：能源的间歇性，CRC Press/Taylor & Francis），针对北美洲和中国，以这样方案安装的电源系统进行了建模，显示了以这种方式，基于可再生能源的能源系统是100%可能的。在中国，这将需要新的传输能力，从适合于风力涡轮机和太阳电池的农场的西北高原，输送到南部和东部的主要负载区域，同时利用大量的海上风力资源和现有的水电，再加上与建筑物集成的太阳能。

Bent Sørensen
Gilleleje, 2015

原书第2版前言

在写本书的第1版时，人们对燃料电池和汽车工业有一种热切信念，即氢燃料电池汽车将在21世纪的第一个10年开始渗透到市场。由于多种原因，这个目标并没有实现。5年的燃料电池寿命和平均1kW批量生产成本10000美元的目标指标并不是很高，但实践证明在短期内仍然难以达到。5年的燃料电池寿命实际是偏低的，因为受到在制造和资源利用过程中担忧环境影响的刺激，目前汽车工作寿命接近20年。只有5年寿命的燃料电池汽车在寿命周期内必须更换三次，考虑到设备和更换工作，这会大大增加实际成本。同时，在目前市场评估中的另一个因素是实力竞争，竞争对手包括了电动汽车、电池和与石油燃料相结合的混合动力汽车，以及用于运输行业的新一代生物燃料。在这个新版本中，将这些竞争对手相对于氢燃料交通应用的优劣进行仔细评估，同时对其他方面的燃料电池使用也进行了类似的评估。

对于研究人员和燃料电池及相关设备制造商，暂时的挫折不只是负面的，因为它提供了一个机会，重新思考基本设计概念，并提出一些新的想法，这些也许在为达到早期目标的狂热追捧中遗留下来尚未做处理。幸运的是，虽然氢燃料电池汽车头条新闻故事相对较少，但人们并没有放慢在科学和工程方面的努力步伐，这个版本将介绍和讨论许多新的、令人振奋的进展。这个过程中伴随着对电池结构内电化学过程的基本了解，以及车辆和系统概念的发展，战胜许多挑战，通过在几个方面从传统的可操作性和现有基础设施的布局出发，引入新技术。

考虑到电池和燃料电池技术的结合，此版本扩大了混合动力系统涉及的内容，而不是着重把它们看成是相互排斥的竞争对手。这被证明是一种合适的组合，无论是使用燃料电池和先进电池的插电式混合动力汽车，或独立的概念，可以实现纯燃料电池汽车或纯电动汽车无法获得的性能和经济性。燃料电池的研发领域已经吸引了一些有经验的科学家和工程师，我希望本书可以激发这些人的研究兴趣。

Bent Sørensen
Gilleleje
2011年6月
boson@ruc.dk

原书第 1 版前言

这些年来，许多科学家和工程师进入氢和燃料电池领域是因为其令人兴奋的前景和大量资助。为了应对由于许多石油生产大国政治不稳定、资源的不确定性以及不断增加的对环境影响的关注，在未来几年内人类的目标是借助于在生产、分配和转换技术的重大变化，改变能源的供给和使用方式。

本书是为本领域的新人写的，对于那些专业上有越来越多课程的学生、已经在某些具体领域有了深入的了解和有所建树的科学家和开发者，他们是从技术到政策因素、经济和环境评价方面了解燃料电池整个领域。我的目的是向具有一定的科学背景，但在氢和燃料电池方面没有特殊经验的人们提供一个介绍，并为读者提供最新的研究和前沿知识，以便把新兴技术与常规科学领域的概念联系起来。

在每章末尾是问题和讨论，其中的一些内容可以作为问题导向的小课题。

事实上，在氢和燃料电池领域的知识发展步伐如此之快，以致本书一半的内容是基于最近一年的材料（按照写作时间），并且甚至经常是没有发表或者科技期刊显示“出版中”的材料。很高兴能够将这些非常新鲜的材料从我的同行的办公桌上选入本书。新技术可以使某些研究与写书一起进行，这在 5~10 年前是根本不可能的。

为了达到上述所讲的目标，我尽量避免专业术语，或者如果它是重要的，读者会在最新的科学期刊见到专用术语的定义和解释，书中提供具有物理、化学或者生物学基础读者熟悉的概念联系。政策的规划者和实施者会在这些领域与常规经济和环境联系，找到新的思路和方法，并制定科学计划。

归根结底，我想传达氢和燃料电池领域中的丰富多彩，并提出了需要通过人类的聪明才智加倍努力的挑战，这个人就是你，亲爱的读者。

Bent Sørensen

Gilleleje

2004 年 10 月

boson@ruc.dk

单位和转换系数表

10 的幂指数 [⊖]					
前缀	符号	数值	前缀	符号	数值
atto (阿)	a	10^{-18}	kilo (千)	k	10^3
femto (飞)	f	10^{-15}	mega (兆)	M	10^6
pico (皮)	P	10^{-12}	giga (吉)	G	10^9
nano (纳)	n	10^{-9}	tera (太)	T	10^{12}
micro (微)	μ	10^{-6}	peta (拍)	P	10^{15}
milli (毫)	m	10^{-3}	exa (艾)	E	10^{18}

SI 单位		
基本单位	名称	符号
长度	米	m
质量	千克, (公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安 [培]	A
热力学温度	开 [尔文]	K
发光强度	坎 [德拉]	cd
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr
物质的量 [⊖]	摩 [尔]	mol

导出单位	名称	符号	定义
能量	焦 [耳]	J	$\text{kg m}^2/\text{s}^2$
功率	瓦 [特]	W	J/s
力	牛 [顿]	N	J/m
电荷	库 [仑]	C	A · s
电压	伏 [特]	V	J/(As)

⊖ G、T、P、E 在欧洲称作 milliard、billion、billiard、trillion，但在美国则称作 billion、trillion、quadrillion、quintillion，M 通称兆。

⊖ 0.012kg ¹²C 中含有的原子数目。

(续)

导出单位	名称	符号	定义
压力	帕 [斯卡]	Pa	N/m^2
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A
电容	法 [拉]	F	$\text{A} \cdot \text{s}/\text{V}$
磁通量	韦 [伯]	Wb	$\text{V} \cdot \text{s}$
电感	亨 [利]	H	$\text{V} \cdot \text{s}/\text{A}$
磁通量密度	特 [斯拉]	T	$\text{V} \cdot \text{s}/\text{m}^2$
光通量	流 [明]	lm	$\text{cd} \cdot \text{sr}$
光照度	勒 [克斯]	lx	$\text{cd} \cdot \text{sr}/\text{m}^2$
频率	赫 [兹]	Hz	cycle/s

转换系数

类型	名称	符号	近似值
能量	电子伏	eV	$1.6021 \times 10^{-19} \text{J}$
能量	尔格	erg	10^{-7}J (精确)
能量	卡 (热化学)	cal _{th}	4.184J
能量	英热单位	Btu	1055.06J
能量	Q	Q	10^{18}Btu (精确)
能量	quad (短尺度万亿 Btu)	q	10^{15}Btu (精确)
能量	吨油当量	toe	$4.19 \times 10^{10} \text{J}$
能量	桶油当量	bbl	$5.74 \times 10^9 \text{J}$
能量	吨煤当量	tec	$2.93 \times 10^{10} \text{J}$
能量	天然气立方米		$3.4 \times 10^7 \text{J}$
能量	甲烷千克		$6.13 \times 10^7 \text{J}$
能量	生物质气立方米	kg	$2.3 \times 10^7 \text{J}$
能量	汽油升		$3.29 \times 10^7 \text{J}$
能量	汽油千克		$4.38 \times 10^7 \text{J}$
能量	柴油升		$3.59 \times 10^7 \text{J}$
能量	柴油/汽油千克		$4.27 \times 10^7 \text{J}$
能量	1 大气压氢气立方米		$1.0 \times 10^7 \text{J}$
能量	氢气千克		$1.2 \times 10^8 \text{J}$
能量	千瓦时	kW · h	$3.6 \times 10^6 \text{J}$
能量	马力	hp	745.7W
能量	每年千瓦时	kW · h/y	0.114W

(续)

转换系数			
类型	名称	符号	近似值
放射性	居里	Ci	$3.7 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$
放射性	贝克勒尔	Bq	1 s^{-1}
放射剂量	拉德	rad	10^{-2} J/kg
放射剂量	格瑞	Gy	J/kg
剂量当量	雷姆	rem	10^{-2} J/kg
剂量当量	希沃特	Sv	J/kg
温度	摄氏度	°C	$\text{K} - 273.15$
温度	华氏度	°F	$9/5^\circ\text{C} + 32$
时间	分钟	min	60s (精确)
时间	小时	h	3600s (精确)
时间	年	y	8760h
压力	标准大气压	atm	$1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
压力	巴	bar	10^5 Pa
压力	磅力每平方英寸	psi	6894.757Pa
质量	吨 (米制)	t	10^3 kg
质量	磅	lb	0.45359237kg
质量	盎司	oz	0.0283495kg
长度	埃	Å	10^{-10} m
长度	英寸	in	0.0254m
长度	英尺	ft	0.3048m
长度	英里 (法规)	mile	1609.344m
体积	升	L	10^{-3} m^3
体积	美加仑	US gal	$3.78541 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

目 录

译者序

中文版前言

原书第2版前言

原书第1版前言

单位和转换系数表

第1章 概述	1
1.1 燃料电池和氢能可能扮演的角色	1
第2章 氢气	4
2.1 氢气的生产	4
2.1.1 蒸汽重整	5
2.1.2 部分氧化重整、自热重整和干气重整	8
2.1.3 水电解：燃料电池的逆运行	9
2.1.4 汽化和木质生物质转化	17
2.1.5 生物法制氢	20
2.1.6 光分解	33
2.1.7 直接加热或催化水分解	41
2.2 生产规模相关的问题	41
2.2.1 集中式产氢	41
2.2.2 分散式产氢	42
2.2.3 车载燃料重整	42
2.3 氢转化概述	46
2.3.1 用作能源载体	46
2.3.2 用作能源存储介质	47
2.3.3 燃烧用途	48
2.3.4 固定式燃料电池用途	50
2.3.5 用于交通的燃料电池用途	51
2.3.6 直接使用	51
2.4 氢存储方式	52
2.4.1 压缩气体存储	52
2.4.2 液氢存储	55

2.4.3 氢化物存储	56
2.4.4 在碳材料上的低温吸附	71
2.4.5 其他化学存储方式	72
2.4.6 存储方式比较	72
2.5 氢气的运输	73
2.5.1 容器运输	73
2.5.2 管道运输	74
2.6 问题和讨论	75
第3章 燃料电池	76
3.1 基本概念	76
3.1.1 燃料电池的电化学和热力学	76
3.1.2 模型化方面	85
3.1.3 量子化学方法	88
3.1.4 在金属表面上水分解或者燃料电池的性能的应用	98
3.1.5 流动和扩散模型化	111
3.1.6 温度因素	114
3.2 熔融碳酸盐燃料电池	114
3.3 固体氧化物燃料电池	117
3.4 酸性和碱性燃料电池	130
3.5 质子交换膜燃料电池	134
3.5.1 电流收集和气体传输系统	135
3.5.2 气体扩散层	138
3.5.3 膜层	144
3.5.4 催化作用	150
3.5.5 整体性能	153
3.5.6 高温和逆运行	155
3.5.7 衰减和寿命	158
3.6 直接甲醇和其他非氢燃料电池	159
3.7 生物燃料电池	164
3.8 问题和讨论	166
第4章 系统	168
4.1 客车	168
4.1.1 可供客车选择的系统	168
4.1.2 质子交换膜燃料电池汽车	170
4.1.3 性能模拟	174
4.2 其他道路车辆	189

4.3 船、火车和飞机	192
4.4 发电厂和独立系统	197
4.5 建筑集成系统	200
4.6 便携式和其他小规模系统	202
4.7 问题和讨论	206
第5章 实施远景方案	207
5.1 基础设施的需求	207
5.1.1 用于储氢的基础设施	207
5.1.2 输送设施	209
5.1.3 本地分布	210
5.1.4 充气站	211
5.1.5 建筑集成的概念	212
5.2 安全和规范问题	213
5.2.1 安全问题	213
5.2.2 安全要求	214
5.2.3 国家标准和国际标准	218
5.3 基于化石能源的远景方案	219
5.3.1 远景方案技术和需求建模	219
5.3.2 全球清洁化石能源的前景	231
5.4 基于核能的远景方案	239
5.4.1 历史和现实的关注	239
5.4.2 安全核技术	240
5.5 基于可再生能源的远景方案	251
5.5.1 全球可再生能源前景	251
5.5.2 详细的国家可再生能源前景	254
5.5.3 新区域远景方案	281
5.6 问题和讨论	286
第6章 社会影响	287
6.1 成本预期	287
6.1.1 制氢成本	287
6.1.2 燃料电池成本	288
6.1.3 储氢成本	292
6.1.4 基础设施成本	293
6.1.5 系统成本	294
6.2 对环境和社会影响的寿命周期分析	296
6.2.1 寿命周期分析的目的和方法	297

6.2.2 氢生产的寿命周期分析	299
6.2.3 燃料电池的寿命周期分析	303
6.2.4 传统的乘用车和燃料电池乘用车的寿命周期比较	307
6.2.5 其他运输车辆的寿命周期评估	319
6.2.6 氢存储及其基础设施的寿命周期评估	320
6.2.7 氢系统的寿命周期分析	321
6.3 各种不确定性	322
6.4 问题和讨论	323
第7章 总结：有条件的出路	325
7.1 机遇	325
7.2 障碍	326
7.3 竞争	328
7.4 前进之路	337
7.4.1 在可再生能源系统中氢的存储	337
7.4.2 燃料电池汽车	338
7.4.3 与建筑集成的燃料电池	339
7.4.4 在移动设备中的燃料电池	340
7.4.5 集中式发电的燃料电池	340
7.4.6 效率问题	341
7.5 改变能源结构我们还要多长时间	347
7.6 结束和开始	349
参考文献	351

第1章 概述

1.1 燃料电池和氢能可能扮演的角色

机动车辆所排放的污染物（尤其在城市地区）对现在人们的居住、旅游或工作，变得越来越难以接受。机动车行业在该问题上的不当处理饱受批评，与此同时，人们对零排放车辆的需求应运而生。减少污染物排放最简单的办法是生产更高效的车辆。这条路线被几个欧洲的汽车制造商所采纳，他们将轻的车体结构，小的空气阻力，在消耗较少燃料情况下高功效的内燃机（例如共轨柴油机），制动能量回收，计算机最优化变速操作，空载时关闭发动机等一系列方法结合起来。现阶段，这样的技术对于标准的四人乘用车的燃料消耗量为每 100km 大约消耗 3L 柴油或者是 4~5L 汽油（如果采用低效奥托机的话）。每 100km 3L 柴油相当于 0.1GJ 或 1MJ/km。从燃料到轮子的动力转换效率比目前全球乘用车（效率为 27%，而不是 17%）大约高 60%，然而总的从燃料到给终端用户提供运输服务的工作效率，例如用运输的人次数量乘以行驶里程来衡量的话（见 6.2 节），优于现在车型的平均值（每升汽油 12~13km，比柴油机能量含量低大约 10%）的 2.3 倍。现阶段乘用车的平均效率，中国和美国最低，欧洲最高。这是消费者见到的普遍盛行的燃油价格所带来的直接结果（包含补助和税收）。

其他的选择包括纯电动汽车和燃料电池汽车，也包括这些技术或是其他技术的混合应用。如果初始燃料从化石中提取，那么它对于环境的污染取决于总的提供运输服务所消耗的能量。对于纯电动汽车，假设其发动机效率为 80%，转化效率为 98%，参照现阶段发电厂最高水准的 40% 燃料到电能的转化效率，最终包含电池循环损失后计算的转化为动力的效率为 26%。对于燃料电池汽车，氢燃料到动力的转化效率大约是 36%（见 6.2 节），这其中包含有 25% 的转化效率来自于天然气生产氢气，通过质子交换膜（Proton Exchange Membrane, PEM）燃料电池和电动机，带动轮子，构成一个混合驱动循环。

在纯电动汽车中，所产生的污染相当于从街道移到了当地的发电厂中，也就是这些发电厂使用化石燃料，并能够更好地清洁尾气，通常在这个更高的利用层面上就不可能产生像目前通常的汽车产生那样高度集中的污染。如果可再生能源（例如风能、太阳能等）能用来发电，就不存在运行阶段的污染问题。当然，目前也存在这样一个问题，相对于现阶段使用传统化石燃料的热机，只提升简单的

效率，纯电动汽车和燃料电池汽车的高成本在很多情况下是很难承受的，因此纯电动汽车和燃料电池汽车实际情况是强烈依赖于对于非化石燃料使用的需求。当然，这并不排除基于一定时期内，化石燃料产氢在燃料电池汽车中的应用，因为在该段时期，基于可持续能源制氢的技术还不能得到应用。

考虑利用可再生能源（例如风能）制氢，取现阶段风电场的最大转换效率85%，对于燃料电池汽车来说，从初始燃料到动能的转化效率约为25%，但是这种情况下没有产生污染。对于仅仅依靠电池驱动的汽车，相应的效率约为50%，但是考虑到所需要电池的重量（即使利用锂离子电池组）通常高于燃料电池的重量，这也适用于那些包含储能电池的系统。如果电池和燃料电池技术都达到经济可用性，最佳的方案是在系统的重量与花费最小成本所能得到的发动机之间做出平衡。然而，今天这两项技术都不具备经济实用性，所以一个关于燃料电池角色的主要问题是：尽管燃料电池与储能电池具有某种程度上的技术相似性，是否减少燃料电池的成本比减少储能电池的成本更加容易。选用一系列可能的混合动力的成本将在第6章中讨论。

一旦当来自发动机的污染物中所包含的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等通过过滤和催化装置被有效减少时（这些污染物引起了最大最直接的社会、健康和环境冲击），温室气体就上升到未来我们所不能忍受的污染物名单上，因为气候的变暖和它所带来的不可忽视的后果将破坏全球气候的稳定性，特别是对那些脆弱的区域（Sørensen, 2011a）。现阶段，气候的变暖似乎已经成为停止使用化石燃料最主要的原因。不久以前，供电安全和资源耗竭被视作开发可持续的替代能源的主要原因。这种担心暂时减少的原因是呈现指数增长的能源利用停止了。这种停止得益于1973年和1979年石油供应危机，使得人们开始协商提高能源利用效率。尽管世界上最发达的工业国家在过去30年内并没有明显地增加总的能源使用量，取而代之的是持续增长的经济和高收入群体的出现，但是世界上大多数的运输部门持续增加能源使用量，仅仅在空间加热上减少了能源的用量，而其他领域似乎比汽车、船舶、飞机更需要提升能源使用效率。上述例子显示，车辆等交通工具的能源使用效率的提升不是技术上解决不了的问题，并且，这样努力的效果的确正在慢慢呈现。

众所周知，资源问题将是永远不能逃避的问题。化石燃料的生产（特别是石油）预计将在未来10年或20年内达到峰值，然后其产量就将下降，发现新油田的数量也会持续下降。这将必然导致石油价格的上升，尽管可能是不规律的上升。这是由于事实上在某些地区石油开采成本依然很低，特别是在中东地区，所以价格依赖于每天的市场变化和政策，例如卡特尔产量上限和产油区的战争。这些情况使得开发可替代能源极具吸引力，既有经济上的原因，也是考虑到能源供应的安全性。尽管可再生能源排除需要传输，或是交易电能、燃料，或是开发合