



“十二五”江苏省高等学校重点教材
高等院校应用型本科规划教材

新能源材料

(第二版)

主编◎吴其胜 副主编◎张霞 戴振华



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-1-084)

高等院校应用型本科规划教材

新 能 源 材 料

(第二版)

主 编 吴其胜

副主编 张 霞 戴振华



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

新能源材料/吴其胜主编. —2版. —上海:华东理工大学出版社,2017.6

高等院校应用型本科规划教材

ISBN 978-7-5628-5051-9

I. ①新… II. ①吴… III. ①新能源-材料 IV. ①TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第090004号

内 容 提 要

全书共分9章,首先概述了新能源技术及其材料;第2~9章从原理和微观机制、材料成分、组织结构与性能的关系等方面分别具体介绍了金属氢化物镍电池材料、锂离子电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料、半导体照明发光材料、相变储能材料、超级电容材料、非锂金属离子电池材料等新能源材料,同时对这些新能源材料的发展应用前景及趋势等进行了介绍。

本书可作为高等院校,尤其是应用型本科院校的无机非金属材料、金属材料、高分子材料与工程和材料物理、材料化学等专业高年级学生的教材,也可供相关材料科学与工程技术人员参考。

策划编辑 / 周永斌

责任编辑 / 徐知今

装帧设计 / 吴佳斐

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地址:上海市梅陇路130号,200237

电话:021-64250306

网址:www.ecustpress.cn

邮箱:zongbianban@ecustpress.cn

印 刷 / 江苏省句容市排印厂

开 本 / 787mm×1092mm 1/16

印 张 / 22

字 数 / 541千字

版 次 / 2012年4月第1版

2017年6月第2版

印 次 / 2017年6月第1次

定 价 / 55.00元

版权所有 侵权必究

序

能源和材料是人类社会赖以生存和发展的最重要物质基础。随着人类发展和社会工业化进程的推进,与人类休戚相关的石油、天然气和煤等传统能源资源日益减少,而传统能源消耗带来的环境污染却日益严重,威胁着人类的可持续发展。为了实现人类社会可持续发展的战略,必须保护人类赖以生存的自然环境与资源,这是人类进入 21 世纪面临的严重问题。为缓解和解决能源和环境危机,科学家提出资源与能源最充分利用技术和环境最小负担技术。发展新能源与新能源材料是两大技术的重要组成部分。我国历来重视新能源及其新能源材料的研究,在‘十三五’规划中新能源材料是高技术研究和产业化的重点之一。

新能源是相对常规能源而言的,一般指以采用新技术和新材料而获得的,在新技术基础上系统开发利用的能源。新能源具有资源可持续、清洁、分布均衡等特点,必将成为未来可持续能源系统的支柱。新能源产业的发展既是整个能源供应系统的有效补充手段,也是环境治理和生态保护的重要措施,是满足人类社会可持续发展需要的最终能源选择。新能源材料是实现新能源的转化利用及发展新能源技术中所用的关键材料,是发展新能源技术的核心和其应用的基础。

《新能源材料》内容系统、全面、理论联系实际,深入地阐述了新能源材料的成分、组成、结构与工艺以及基本的工作原理等。主要介绍金属氢化物镍电池材料、锂离子电池材料、太阳能电池材料和燃料电池材料等。该书的内容编排与搭配,科学、技术、理论、实验方法和应用等方面的论述都是经过反复推敲的。该书是一部非常优秀的应用型本科院校材料类专业的教科书。

时光荏苒,该书初版已达 5 年多的时间。5 年来,国内外的新能源材料又有了新的发展,出现了许多与国民经济、科研和教学等紧密相关的新材料、新理论、新技术,并取得了一系列新成果。因此,吴其胜教授等针对新能源材料新进展对原章节的内容进行了更新与补充,同时增加了超级电容器材料和钠硫、锂硫电池材料,并对原书进行了重新修订、编辑,出版该书的第二版。我相信,该书的第二版的出版对我国新能源材料的发展将起到积极的推动作用。

 院士

2017 年 5 月

第二版前言

《新能源材料》自 2012 年由华东理工大学出版社出版以来,已作为全国 45 所高校材料类专业本科教材或研究生教学参考书,受到广泛认同。近 5 年来,新能源材料发展日新月异,超级电容器、钠硫、锂硫电池等新能源材料的发展更是突飞猛进。

2017 年,在江苏省教育厅精品教材出版基金的支持下,为适应新能源材料的发展,我们对《新能源材料》2012 版进行了修订。本次修订主要针对新能源材料新进展对原书章节的内容进行了更新与补充,同时增加了超级电容器材料和钠硫、锂硫电池材料。本书是阐述金属氢化物镍电池材料、锂离子电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料、半导体照明发光材料、相变储能材料、超级电容器材料和钠硫、锂硫电池材料等新能源材料的成分、组成、结构、工艺过程的关系及变化规律。

本书由吴其胜教授、张霞副教授负责全书再版的统稿工作。盐城工学院吴其胜教授、张霞副教授、许剑光教授、姚为副教授、温永春博士、岳鹿博士、何寿成博士参与本书的修订与编写。具体编写分工如下:吴其胜教授修订第 1 章、第 7 章;张霞副教授修订第 2 章、第 6 章;温永春博士修订第 5 章;岳鹿博士修订第 3 章;何寿成修订第 4 章;姚为副教授新编第 8 章;许剑光教授新编第 9 章。

在修订与再版过程中,本书参考了大量的资料文献,在此向这些文献的作者们表示衷心感谢。本书涉及的知识面较广,限于编者学识水平有限,书中不足与不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

编者
2017 年 3 月

前 言

新能源与新材料,是国民经济和社会发展的命脉,广泛渗透于人类的生活之中,影响着人类的生存质量。新材料是高新技术产业发展的基础性与先导性行业,每一次材料技术的重大突破都会带动一个新兴产业群的发展,其研发水平及产业化规模已成为衡量一个国家经济发展、科技进步和国防实力的重要标志。相对于传统能源,新能源普遍具有污染少、储量大的特点,对于解决当今世界严重的环境污染问题和资源(特别是化石能源)枯竭问题具有重要意义。面对日益严峻的能源问题和环境污染问题,人类最终离不开新材料、新能源的使用,新能源材料的开发已经越来越引起世界各国研究机构的广泛重视,新的技术和成果不断涌现。可以说,新能源材料的开发和利用已成为社会可持续发展的重要影响因素。

开发新能源是降低碳排放、优化能源结构、实现人类社会可持续发展的重要途径。在新能源的发展过程中,新能源材料起到了不可替代的重要作用,引导和支撑了新能源的发展。作为材料科学与工程专业的高级工程技术人才,了解与掌握作为新材料重要组成部分且最具发展前景的新能源材料方面的知识,是时代的需要、市场的需要、材料发展的需要。

新能源材料是指支撑新能源发展,具有能量储存和转换功能的功能材料或结构功能一体化材料。新能源材料对新能源的发展发挥了重要作用,一些新能源材料的发明催生了新能源系统的诞生,其应用提高了新能源系统的效率,新能源材料的使用则直接影响着新能源系统的投资与运行成本。本书阐述了金属氢化物镍电池材料、锂离子电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料、半导体照明发光材料、相变储能材料等新能源材料的成分、组成、结构与工艺过程的关系及变化规律。

根据教育部最新颁布的本科专业目录,适应我国经济结构战略性调整、人才市场竞争力以及新材料、新能源新兴产业发展的要求,为了达到培养专业面宽、知识面广和工程能力强的应用型本科人才培养的目标,我们编写了本教材。

本书由盐城工学院吴其胜教授、张霞副教授、刘学然副教授、于方丽博士、温永春博士、王旭副教授、江苏东新能源公司董事长戴振华编写。具体编写情况如下:吴其胜教授编写第1、3、7章,并负责全书的统稿工作;张霞副教授编写第2章;王旭副教授、温永春博士编写第4章;刘学然副教授编写第5章;于方丽博士编写第6章,

戴振华参与第3章的编写工作。

在编写过程中,本书参考了大量的文献资料,在此向这些文献的作者们表示衷心感谢。

本书涉及的知识面较广,限于编者的学识水平,书中不足与不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

目 录

1 概述	1
本章内容提要	1
1.1 能源	1
1.2 新能源及其利用技术	2
1.3 新能源材料	4
1.4 新能源材料发展方向	4
1.5 新能源材料的关键技术	7
思考题	9
参考文献	9
2 金属氢化物镍(Ni/MH)电池材料	11
本章内容提要	11
2.1 金属氢化物镍电池简介	12
2.1.1 金属氢化物镍电池工作原理	12
2.1.2 储氢合金的基本特征	13
2.1.3 储氢合金电极材料的主要特征	14
2.2 储氢合金负极材料	15
2.2.1 AB ₅ 型混合稀土系统储氢电极合金	16
2.2.2 AB ₂ 型 Laves 相储氢电极合金	28
2.2.3 其他新型高容量储氢合金电极材料	31
2.3 镍正极材料	34
2.3.1 氢氧化镍电极的充放电机制	35
2.3.2 氢氧化镍在充放电过程中的晶型转换	36
2.3.3 球形 Ni(OH) ₂ 正极材料的基本性质与制备方法	36
2.3.4 影响高密度球形 Ni(OH) ₂ 电化学性能的因素	39
2.3.5 Ni(OH) ₂ 正极材料的研究动向	40
2.4 Ni/MH 电池的设计与制造	42
2.4.1 Ni/MH 电池的设计基础	42
2.4.2 Ni/MH 电池的设计步骤	44
2.4.3 Ni/MH 电池的制造	47
2.5 Ni/MH 电池材料的再生利用	48
2.5.1 Ni/MH 电池的生产和回收概况	49
2.5.2 Ni/MH 电池材料的再生利用技术	49
思考题	52
参考文献	52

3 锂离子电池材料	54
本章内容提要	54
3.1 概述	54
3.2 锂离子电池的工作原理	56
3.2.1 工作原理	56
3.2.2 特点	56
3.2.3 结构组成	57
3.2.4 与电池相关的基本概念	58
3.3 锂离子电池负极材料	58
3.3.1 金属锂负极材料	59
3.3.2 锂合金与合金类氧化物负极材料	59
3.3.3 石墨与石墨层间化合物	60
3.3.4 石墨化中间相碳微珠	62
3.3.5 热解碳负极材料	62
3.3.6 过渡金属氧化物负极材料	63
3.3.7 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 负极材料	63
3.3.8 Si 基负极材料	64
3.3.9 石墨烯基负极材料	64
3.3.10 硫化物负极材料	64
3.4 锂离子电池正极材料	64
3.4.1 正极材料的选择要求	65
3.4.2 LiCoO_2 正极材料	66
3.4.3 LiNiO_2 正极材料	66
3.4.4 LiMnO_2 正极材料	67
3.4.5 LiMn_2O_4 正极材料	67
3.4.6 $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5$ 及其锂化衍生物	69
3.4.7 橄榄石结构 LiMPO_4 正极材料	70
3.4.8 $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ 正极材料	72
3.4.9 $\text{LiNi}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}\text{O}_2$ 正极材料	72
3.4.10 $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-2x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ 正极材料	72
3.4.11 高容量高电压正极材料	73
3.4.12 石墨烯- LiMPO_4 ($M=\text{Fe}, \text{V}$ 和 Mn) 复合正极材料	74
3.5 电解质材料	75
3.5.1 非水有机液体电解质	75
3.5.2 聚合物电解质	80
3.5.3 离子液体电解质	82
3.6 隔膜材料	82
3.7 锂离子电池主要应用和发展趋势	83
思考题	84
参考文献	84

4 燃料电池材料	85
本章内容提要	85
4.1 概述	85
4.1.1 燃料电池工作原理	86
4.1.2 燃料电池的分类	88
4.1.3 燃料电池的研究现状	90
4.1.4 前景与挑战	94
4.2 质子交换膜型燃料电池(PEMFC)	95
4.2.1 PEMFC 简介	95
4.2.2 电催化剂	96
4.2.3 气体扩散电极及制备工艺	97
4.2.4 质子交换膜	99
4.2.5 双极板材料与流场	101
4.2.6 电池组技术	102
4.3 熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)	106
4.3.1 MCFC 简介	106
4.3.2 MCFC 电极材料	107
4.3.3 电池结构与性能	111
4.3.4 MCFC 需解决的关键技术	113
4.4 固体氧化物燃料电池(SOFC)	114
4.4.1 SOFC 简介	114
4.4.2 SOFC 关键材料	116
4.4.3 SOFC 结构设计	121
4.5 碱性燃料电池(AFC)	126
4.5.1 AFC 简介	126
4.5.2 电催化剂与电极	127
4.5.3 AFC 性能影响因素	127
4.6 磷酸盐燃料电池(PAFC)	128
4.6.1 PAFC 简介	128
4.6.2 PAFC 结构材料	129
4.6.3 PAFC 性能	131
思考题	134
参考文献	135
5 太阳能电池材料	136
本章内容提要	136
5.1 太阳能电池发展概况	136
5.2 太阳能电池的工作原理	144
5.2.1 半导体的结构	144
5.2.2 太阳能电池的工作原理	148
5.3 太阳能电池的结构与特性	149

5.3.1	太阳能电池的结构	149
5.3.2	太阳能电池的特性	150
5.3.3	太阳能电池的等效电路	155
5.4	标准硅太阳能电池制备工艺	156
5.4.1	硅材料的基本性质	156
5.4.2	碳热还原法制备冶金硅	161
5.4.3	高纯多晶硅制备	161
5.4.4	太阳能电池单晶硅与多晶硅的制备	165
5.4.5	硅太阳能电池片的制备	172
5.4.6	太阳能电池组件制备	175
5.5	薄膜太阳能电池	177
5.5.1	非晶硅太阳能电池	177
5.5.2	Ⅲ-V族化合物太阳能电池	179
5.5.3	Ⅱ-VI族化合物太阳能电池	185
5.5.4	多元系化合物太阳能电池	186
5.6	其他新型太阳能电池	188
5.6.1	有机半导体太阳能电池	188
5.6.2	染料敏化纳米晶太阳能电池	191
5.6.3	钙钛矿太阳能电池	193
5.6.4	量子点太阳能电池	198
	思考题	201
	参考文献	201
6	半导体照明发光材料	203
	本章内容提要	203
6.1	发光与发光材料	203
6.1.1	光致发光与电致发光	203
6.1.2	发光材料的主要性能表征	204
6.2	LED发光材料	207
6.2.1	LED的发展概况	207
6.2.2	LED的结构及工作原理	207
6.2.3	LED光源特点	208
6.2.4	照明用LED特性	208
6.2.5	LED产业链构成	209
6.3	半导体发光材料	209
6.3.1	砷化镓(GaAs)	210
6.3.2	氮化镓(GaN)	210
6.3.3	磷化镓(GaP)	210
6.3.4	氧化锌(ZnO)	210
6.3.5	碳化硅(SiC)	211
6.4	LED用荧光粉	211

6.4.1	铈掺杂钇铝石榴石	211
6.4.2	白光 LED 发光材料的深入研究与新体系探索	218
6.4.3	硅酸盐发光材料	219
6.4.4	氮化物发光材料	231
6.5	OLED 发光材料	245
6.5.1	有机半导体	246
6.5.2	OLED 的发光原理与结构	246
6.5.3	OLED 照明	247
	思考题	249
	参考文献	249
7	相变储能材料	258
	本章内容提要	258
7.1	相变储能的基本原理	258
7.2	相变材料的分类	258
7.2.1	固-液相变储能材料	259
7.2.2	固-固相变储能材料	260
7.2.3	复合相变储能材料	261
7.2.4	相变储能材料的筛选原则	262
7.3	几种相变储能材料	263
7.3.1	无机水合盐	263
7.3.2	有机相变材料	268
7.3.3	金属及合金	272
7.4	相变储能材料的工程应用	273
7.4.1	相变储能材料在建筑节能中的应用	273
7.4.2	相变储能材料在太阳能中的应用	278
7.4.3	相变储能材料在其他方面的应用	280
7.5	总结与展望	281
	思考题	282
	参考文献	282
8	超级电容器材料	285
	本章内容提要	285
8.1	超级电容器的概述	285
8.1.1	超级电容器的基本介绍	285
8.1.2	超级电容器的一般结构	286
8.1.3	超级电容器的应用	287
8.1.4	超级电容器使用注意事项	288
8.2	超级电容器的工作原理	288
8.2.1	双电层电容存储机理	288
8.2.2	法拉第准(赝)电容存储机理	290
8.2.3	超级电容器的特点	290

8.3	超级电容器电极材料	291
8.3.1	碳材料	291
8.3.2	金属化合物	298
8.3.3	导电聚合物	303
8.3.4	复合电极材料	306
8.4	超级电容器电解液	311
8.4.1	水系电解质	311
8.4.2	有机电解质体系	313
8.4.3	离子液体体系电解质	314
8.4.4	聚合物电解质	317
8.5	超级电容器的展望	319
	思考题	319
	参考文献	319
9	非锂金属离子电池材料	321
	本章内容提要	321
9.1	引言	321
9.1.1	非锂金属离子电池的工作原理	321
9.1.2	非锂金属离子电池的种类	322
9.2	钠离子电池材料	323
9.2.1	发展概况	323
9.2.2	钠离子电池的工作原理	324
9.2.3	钠离子电池负极材料	325
9.2.4	钠离子电池正极材料	328
9.2.5	电解质材料	330
9.2.6	隔膜材料	330
9.2.7	钠离子电池主要应用和发展趋势	330
9.3	镁离子电池材料	331
9.3.1	发展概况	331
9.3.2	镁离子电池的工作原理及特点	331
9.3.3	镁离子电池负极材料	331
9.3.4	镁离子电池正极材料	333
9.3.5	电解液	334
9.3.6	镁离子电池的发展趋势	335
9.4	铝离子电池材料	336
9.4.1	概述	336
9.4.2	铝离子电池的研究现状	336
9.4.3	未来展望	337
	思考题	337
	参考文献	338



概述

本章内容提要

能源问题与环境问题是 21 世纪人类面临的两大基本问题,发展无污染、可再生的新能源是解决这两大问题的必由之路。本章介绍新能源的定义、分类,新能源与新材料的关系,以及发展新能源材料的意义及其关键技术。

能源、材料、生物技术、信息技术一起构成了文明社会的四大支柱。能源是推动社会发展和社会进步的主要物质基础,能源技术的每一次进步都带动了人类社会的发展。随着煤炭、石油和天然气等不可再生的化石燃料资源逐渐消耗殆尽,从生态环境保护的必要性角度考虑,新能源的开发变得尤为重要,它将促进世界能源结构的转变,新能源技术的日臻成熟将带来产业领域的革命性变化。

1.1 能源

能源按其形成方式不同可分为一次能源和二次能源。一次能源包括以下三大类:

- (1) 来自地球以外天体的能量,主要是太阳能;
- (2) 地球本身蕴藏的能量,海洋和陆地内储存的燃料、地球的热能等;
- (3) 地球与天体相互作用产生的能量,如潮汐能。

能源按其循环方式不同可分为不可再生能源(化石燃料)和可再生能源(生物质能、氢能、化学能源);按使用性质不同可分为含能体能源(煤炭、石油等)和过程能源(太阳能、电能等);按环境保护的要求可分为清洁能源(又称绿色能源,如太阳能、氢能、风能、潮汐能等)和非清洁能源;按现阶段的成熟程度可分为常规能源和新能源。表 1-1 为能源分类的方法。

表 1-1 能源分类的方法

项 目		可再生能源	不可再生能源
一次能源	常规能源	商品能源	化石燃料(煤、油、天然气等); 核能
		传统能源 (非商品能源)	
	非常规能源	新能源	
二次能源	电力、煤气、沼气、汽油、柴油、煤油、重油等油制品,蒸汽,热水,压缩空气,氢能等		

1.2 新能源及其利用技术

新能源是相对于常规能源而言,以采用新技术和新材料而获得的,在新技术基础上系统地开发利用的能源,如太阳能、风能、海洋能、地热能等。与常规能源相比,新能源生产规模较小,适用范围较窄。如前所述,常规能源与新能源的划分是相对的。以核裂变能为例,20世纪50年代初开始把它用来生产电力和作为动力使用时,被认为是一种新能源。到80年代世界上不少国家已把它列为常规能源。太阳能和风能被利用的历史比核裂变能要早许多世纪,由于还需要通过系统研究和开发才能提高利用效率、扩大使用范围,所以还是把它们列入新能源。联合国曾认为新能源和可再生能源共包括14种能源:太阳能、地热能、风能、潮汐能、海水温差能、波浪能、木柴、木炭、泥炭、生物质转化、畜力、油页岩、焦油砂及水能。目前各国对这类能源的称谓有所不同,但是共同的认识是,除常规的化石能源和核能之外,其他能源都可称为新能源或可再生能源,主要为太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能、氢能和水能。由不可再生能源逐渐向新能源和可再生能源过渡,是当代能源利用的一个重要特点。在能源、气候、环境问题面临严重挑战的今天,大力发展新能源和可再生能源是符合国际发展趋势的,对维护我国能源安全以及环境保护意义重大。

新能源的分布广、储量大和清洁环保,将为人类提供发展的动力。实现新能源的利用需要新技术支撑,新能源技术是人类开发新能源的基础和保障。

1. 太阳能及其利用技术

太阳能是人类最主要的可再生能源,太阳每年输出的总能量为 3.75×10^{26} W,其中辐射到地球陆地上的能量大约为 8.5×10^{16} W,这个数量远大于人类目前消耗的能量的总和,相当于 1.7×10^{18} t标准煤。太阳能利用技术主要包括:太阳能—热能转换技术,即通过转换装备将太阳辐射转换为热能加以利用,例如太阳能热能发电、太阳能采暖技术、太阳能制冷与空调技术、太阳能热水系统、太阳能干燥系统、太阳灶和太阳房等;太阳能—光电转换技术,即太阳能电池,包括应用广泛的半导体太阳能电池和光化学电池的制备技术;太阳能—化学能转换技术,例如光化学作用、光合作用和光电转换等。

2. 氢能及其利用技术

氢是未来最理想的二次能源。氢以化合物的形式储存于地球上最广泛的物质中,如果把海水中的氢全部提取出来,总能量是地球现有化石燃料的9 000倍。氢能利用技术包括制氢技术、氢提纯技术和氢储存与输运技术。制氢技术范围很广,包括化石燃料制氢技术、电解水制氢、固体聚合物电解质电解制氢、高温水蒸气电解制氢、生物制氢技术、生物质制氢、热化学分解水制氢及甲醇重整、 H_2S 分解制氢等。氢的储存是氢利用的重要保障,主要技术包括液化储氢、压缩氢气储氢、金属氢化物储氢、配位氢化物储氢、有机物储氢和玻璃微球储氢等。氢的应用技术主要包括燃料电池、燃气轮机(蒸汽轮机)发电、MH/Ni电池、内燃机和火箭发动机等。

3. 核能及其利用技术

核能是原子核结构发生变化放出的能量。核能技术主要有核裂变和核聚变。核裂变所用原料铀1 g就可释放相当于30 t煤的能量,而核聚变所用的氘仅仅用560 t就可能为全世界提供一年消耗所需的能量。海洋中氘的储量可供人类使用几十亿年,同样是取之不尽,用之不竭的清洁能源。自20世纪50年代第一座核电站诞生以来,全球核裂变发电迅速发展,核电技术不断完善,各种类型的反应堆相继出现,如压水堆、沸水堆、石墨堆、气冷堆及快中子堆等,其中,以轻水

(H_2O)作为慢化剂和载热剂的轻水反应堆(包括压水堆和沸水堆)应用最多,技术相对完善。人类实现核聚变并进行控制其难度非常大,采用等离子体最有希望实现核聚变反应。

4. 生物质能及其利用技术

生物能目前占世界能源中消耗量的14%。估计地球每年植物光合作用固定的碳达到 2×10^{12} t,含能量 3×10^{21} J。地球上的植物每年生产的能量是目前人类消耗矿物能的20倍。生物质能的开发利用在许多国家得到高度重视,生物质能有可能成为未来可持续能源系统的主要成员,扩大其利用是减排 CO_2 的最重要的途径。生物质能的开发技术有生物质气化技术、生物质固化技术、生物质热解技术、生物质液化技术和沼气技术。

5. 化学能源及其利用技术

化学能源实际是直接把化学能转变为低压直流电能的装置,也叫电池。化学能源已经成为国民经济中不可缺少的重要组成部分。同时化学能源还将承担其他新能源的储存功能。化学电能技术即电池制备技术,目前以下电池研究活跃并具有发展前景:金属氢化物-镍电池、锂离子二次电池、燃料电池和铝电池。

6. 风能及其利用技术

风能是大气流动的动能,是来源于太阳能的可再生能源。估计全球风能储量为 10^{14} MW,如有千万分之一被人类利用,就有 10^6 MW的可利用风能,这是全球目前的电能总需求量,也是水利资源可利用量的10倍。风能应用技术主要为风力发电、如海上风力发电、小型风机系统和涡轮风力发电等。

7. 地热能及其利用技术

地热能是来自地球深处的可再生热能。全世界地热资源总量大约 1.45×10^{26} J,相当于全球煤热能的1.7亿倍,是分布广、洁净、热流密度大、使用方便的新能源。地热能开发技术集中在地热发电、地热采暖、供热和供热水等技术。

8. 海洋能及其利用技术

海洋能是依附在海水中的可再生能源,包括潮汐能、潮流、海流、波浪、海水温差和海水盐差能。估计全世界海洋的理论或再生量为 7.6×10^{13} W,相当于目前人类对电能的总需求量。潮流能利用涉及很多关键问题需要解决,例如,潮流能具有大功率低流速特性,这意味着潮流能装置的叶片、结构、地基(锚泊点或打桩桩基)要比风能装置有更大的强度,否则在流速过大时可能对装置造成损毁;海水中的泥沙进入装置可能损坏轴承;海水腐蚀和海洋生物附着会降低水轮机的效率和整个设备的寿命;漂浮式潮流发电装置也存在抗台风问题和影响航运问题。因此,未来潮流能发电技术研究要研发易于上浮的坐底式技术,以免影响航运,并且易于抗台风和易于维修,还要针对海洋环境的特点研究防海水腐蚀、海洋生物附着的技术。

9. 可燃冰及其利用技术

可燃冰是天然气的水合物。它在海底分布范围占海洋总面积的10%,相当于4000万平方公里,它的储量够人类使用1000年。但是可燃冰的深海开采本身面临众多技术问题,另一方面就是开采过程中的泄漏控制问题,甲烷的温室效应要比二氧化碳强很多,一旦发生大规模泄漏事件,对全球气候变化的影响不容忽视,因此相关开采研究有很多都集中在泄漏控制上面。

10. 海洋渗透能及其利用技术

在江河的入海口,淡水的水压比海水的水压高,如果在入海口放置一个涡轮发电机,淡水和海水之间的渗透压就可以推动涡轮机来发电。海洋渗透能是一种十分环保的绿色能源,它既不产生垃圾,也没有二氧化碳的排放,更不依赖天气的状况,可以说是取之不尽,用之不竭。而在盐

分浓度更大的水域里,渗透发电厂的发电效能会更好,比如地中海、死海、中国盐城市的大盐湖、美国的大盐湖。当然发电厂附近必须有淡水的供给。据挪威能源集团的负责人巴德·米克尔森估计,利用海洋渗透能发电,全球范围内年度发电量可以达到 16 000 亿度。

1.3 新能源材料

能源材料是材料学科的一个重要研究方向,有的学者将能源材料划分为新能源技术材料、能量转换与储能材料和节能材料等。综合国内外的一些观点,新能源材料是指实现新能源的转化和利用以及发展新能源技术中所要用到的关键材料,它是发展新能源技术的核心和新能源应用的基础。从材料学的本质和能源发展的观点看,能储存和有效利用现有传统能源的新型材料也可以归属为新能源材料。新能源材料覆盖了镍氢电池材料、锂离子电池材料、燃料电池材料、太阳能电池材料、反应堆核能材料、发展生物质能所需的重点材料、新型相变储能和节能材料等。新能源材料的基础仍然是材料科学与工程基于新能源理念的演化与发展。

材料科学与工程研究的范围涉及金属、陶瓷、高分子材料(如塑料)、半导体以及复合材料。通过各种物理与化学的方法来发现新材料、改变传统材料的特性或行为使它们变得更有用,这就是材料科学的核心。材料的应用是人类发展的里程碑,人类所有的文明进程都是以他们使用的材料来分类的,如石器时代、铜器时代、铁器时代等。21 世纪是新能源发挥巨大作用的年代,显然新能源材料及相关技术也将发挥巨大作用。新能源材料之所以被称为新能源材料,必然在研究该类材料的时候要体现出新能源的角色。既然现在新能源的概念已经涵盖很多方面,那么具体的某类新能源材料就要体现出其所代表的该类新能源的某个(些)特性。

1.4 新能源材料发展方向

新能源新材料是在环保理念推出之后引发的对不可再生资源节约利用的一种新的科技理念,新能源新材料是指新近发展的或正在研发的、性能超群的一些材料,具有比传统材料更为优异的性能。新材料技术则是按照人的意志,通过物理研究、材料设计、材料加工、试验评价等一系列研究过程,创造出能满足各种需要的新型材料。

1. 超导材料

有些材料当温度下降至某一临界温度时,其电阻完全消失,这种现象称为超导电性,具有这种现象的材料称为超导材料。超导体的另外一个特征是:当电阻消失时,磁感应线将不能通过超导体,这种现象称为抗磁性。一般金属(例如:铜)的电阻率随温度的下降而逐渐减小,当温度接近于 0 K 时,其电阻达到某一数值。而 1919 年荷兰科学家昂内斯用液氮冷却水银,当温度下降到 4.2 K(即 $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$)时,发现水银的电阻完全消失,

超导电性和抗磁性是超导体的两个重要特性。使超导体电阻为零的温度称为临界温度(TC)。超导材料研究的难题是突破“温度障碍”,即寻找高温超导材料。以 NbTi、Nb₃Sn 为代表的实用超导材料已实现了商品化,在核磁共振人体成像(NMRI)、超导磁体及大型加速器磁体等多个领域获得了应用;SQUID 作为超导体弱电应用的典范已在微弱电磁信号测量方面起到了重要作用,其灵敏度是其他任何非超导的装置无法达到的。但是,由于常规低温超导体的临界温度太低,必须在昂贵复杂的液氮(4.2K)系统中使用,因而严重地限制了低温超导应用的发展。高温氧化物超导体的出现,突破了温度壁垒,把超导应用温度从液氮(4.2K)提高到液氮(77K)温