



高职高专规划教材

热工学基础与应用

- 张培新 主编
- 吴昊 富宇莹 副主编

REGONGXUE
JICHU YU YINGYONG



化学工业出版社



高职高专规划教材

热工学基础与应用

- 张培新 主编
- 吴昊 富宇莹 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分5个单元,第1单元热工学基础知识,主要介绍热能的综合利用、热工基本参数、热学基本理论等内容。第2单元工程热力学基本理论,主要介绍热力学第一定律及第二定律的基本知识。第3单元传热学基本理论,主要介绍稳态导热、常规对流换热、辐射换热和稳定传热的基本定律及基本计算分析。第4单元常用热工装置及设备,主要介绍热质交换设备、喷管及扩压管、压缩机、制冷装置、汽轮机、内燃机、热管、太阳能利用装置等热工常用装置及设备的原理、特点及应用。第5单元热工测量,主要介绍常规热工参数测量、热工测量新技术以及建筑节能检测技术和要求等。

本教材主要针对高职教育的特点,内容上既具有较强的针对性、实用性,又有一定的前瞻性。除可作为土建类高职高专院校建筑设备类专业的教材使用外,也可作为电大、函授等相同专业教学用书,并可作为从事供热、制冷、燃气、能源等行业的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

热工学基础与应用/张培新主编. —北京:化学工业出版社, 2010.8

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-08952-6

I. 热… II. 张… III. 热工学-高等学校:技术学院-教材 IV. TK122

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第121816号

责任编辑:王文峡

文字编辑:向东

责任校对:边涛

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 字数414千字 2010年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00元

版权所有 违者必究

前 言

2010~2020年《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(以下简称《纲要》)明确提出:政府要大力发展职业教育,要把职业教育纳入经济社会发展和产业发展规划,促使职业教育规模、专业设置与经济社会发展需求相适应;要把提高质量作为重点,以服务为宗旨,以就业为导向,实行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式,并建立健全职业教育课程衔接体系。

本教材正是根据《纲要》对高职院校教材建设的要求,结合建筑设备类及相关专业高职教育的特点,并针对高职院校学生的具体情况,围绕该类专业的职业岗位范围、知识结构、能力结构、业务规格和素质要求,组织编写而成的。书中对热工学中高深的理论、高难的计算、复杂的分析等内容做了大量的删减,增加了热工装置与设备、热工检测、节能检测等有针对性、实用性的内容,尽量做到言简意赅、够用为度,便于学生掌握,方便教学。

本书的编写团队为山东城市建设职业学院市政与环境工程系暖通燃气教研室,并由山东建筑大学戎卫国教授主审。戎教授在百忙之中对本书做了全面细致的审阅,并提出很多宝贵的建议和意见。在此,全体编者表示衷心的感谢。全书由张培新(第1、16、17章)主编并统稿,吴昊(第2、3、4、5章)、富宇莹(第11、12、13、15章)任副主编,参编人员还有李卫华(第6、7、8章),孟繁晋(第10、14章),张丽娜(第9章)。

本教材在编写过程中做了一些变革和尝试,不足不当之处,请读者批评指正。

编者

2010年5月

目 录

第 1 单元 热工学基础知识

□ 第 1 章 热能综述	2
1.1 能源概述	2
1.1.1 自然界中的能源种类	2
1.1.2 新能源	2
1.1.3 我国的能源发展情况	7
1.2 热能的利用	10
1.2.1 热能利用的形式	10
1.2.2 热能利用及热工课程发展史	11
思考题及习题	12
□ 第 2 章 热工基本参数	13
2.1 温度	13
2.1.1 温度的涵义	13
2.1.2 温标	13
2.2 压力	15
2.2.1 压力的涵义	15
2.2.2 压力的单位及换算	15
2.2.3 压力的测量及应用	16
2.3 密度及比体积	17
思考题及习题	18
□ 第 3 章 热学基本理论	19
3.1 分子热运动理论	19
3.2 气体状态方程	20
3.2.1 理想气体的概念	20
3.2.2 理想气体状态方程式	20
3.2.3 理想气体的比热容	21
3.2.4 实际气体	22
3.3 混合气体	24
3.3.1 混合气体的概念	24
3.3.2 混合气体的温度	24
3.3.3 混合气体的分压力、分容积	24
3.3.4 混合气体成分的表示方法	24

3.3.5 混合气体的平均分子量和气体常数	26
3.3.6 混合气体分压力的确定	26
思考题及习题	26

第2单元 工程热力学基本理论

□ 第4章 热力学第一定律	29
4.1 热能转换的基本概念	29
4.1.1 热力学基本概念	29
4.1.2 能量守恒与转换定律	31
4.1.3 热力学第一定律	31
4.1.4 热力学第一定律的基本表达式	31
4.2 闭口系统热力学第一定律	31
4.3 开口系统热力学第一定律	32
4.3.1 开口系统与边界的能量传递	32
4.3.2 稳定流动能量方程的解析式	33
4.3.3 稳定流动能量方程的应用	35
4.3.4 理想气体内能和焓的计算	37
思考题及习题	38
□ 第5章 热力学第二定律	39
5.1 热力学第二定律的表述	39
5.1.1 循环	39
5.1.2 自发过程与非自发过程	40
5.1.3 热力学第二定律的表述	40
5.2 卡诺循环和卡诺定理	41
5.2.1 卡诺循环	41
5.2.2 逆卡诺循环	42
5.2.3 卡诺定理	43
5.3 熵	43
5.3.1 熵的导出	43
5.3.2 熵增加原理	45
思考题及习题	45

第3单元 传热学基本理论

□ 第6章 导热	47
6.1 导热基本定律	47
6.1.1 温度场	47
6.1.2 温度梯度	48
6.1.3 热流密度	48
6.1.4 傅里叶定律	48
6.1.5 热导率	49
6.2 导热微分方程及定解条件	50

6.2.1	导热微分方程	50
6.2.2	定解条件	52
6.3	一维稳态导热	54
6.3.1	通过平壁的导热	54
6.3.2	通过圆筒壁的导热	56
	思考题及习题	58
□	第7章 对流换热	60
7.1	对流换热概述	60
7.1.1	对流换热过程	60
7.1.2	对流换热过程的分类	61
7.1.3	表面传热系数和对流换热微分方程	61
7.2	对流换热过程的相似理论	62
7.2.1	相似的概念	62
7.2.2	相似准则	63
7.2.3	相似理论在对流换热中的应用	64
7.2.4	定性温度、定型尺寸和特征速度的确定	65
7.3	单相流体的对流换热	66
7.3.1	对流换热的类型	66
7.3.2	单相流体自然流动时的换热	66
7.3.3	单相流体强迫流动时的换热	69
7.3.4	单相流体综合流动时的换热	75
7.4	变相流体的对流换热	75
7.4.1	蒸汽凝结过程及其换热特点	75
7.4.2	流体沸腾时的换热	77
	思考题及习题	78
□	第8章 辐射换热	79
8.1	热辐射的基本概念	79
8.1.1	物体的热辐射特征	79
8.1.2	辐射力和辐射强度	80
8.2	黑体辐射及其基本定律	81
8.2.1	斯蒂芬-玻尔兹曼 (Stefan-Boltzmann) 定律	81
8.2.2	普朗克定律和维恩位移定律	81
8.2.3	基尔霍夫 (Kirchhoff) 定律	83
8.3	物体表面之间的辐射换热	84
8.3.1	空间热阻和表面热阻	84
8.3.2	任意两物体表面间的辐射换热计算	84
8.3.3	特殊位置两物体间的辐射换热计算	85
8.4	气体的辐射换热	87
8.4.1	气体的辐射和吸收特点	87
8.4.2	气体吸收定律	87
8.4.3	气体的吸收率和黑度	88

8.4.4 气体的辐射能力	88
8.4.5 气体与固体之间的辐射热交换	89
思考题及习题	89

□ 第9章 稳定传热 **91**

9.1 稳定传热的计算	91
9.1.1 通过平壁的传热	91
9.1.2 通过圆管的传热	92
9.1.3 通过肋壁的传热	93
9.1.4 临界热绝缘直径	94
9.2 传热的加强与减弱	94
9.2.1 传热的强化	94
9.2.2 传热的减弱	95
思考题及习题	96

第4单元 常用热工装置及设备

□ 第10章 热质交换设备 **99**

10.1 热质交换设备的分类	99
10.1.1 按工作原理分类	99
10.1.2 按照热流体与冷流体的流动方向分类	100
10.1.3 按用途分类	101
10.1.4 按制造材料分类	102
10.2 间壁式换热器	103
10.2.1 管壳式换热器	103
10.2.2 肋片管式换热器	104
10.2.3 螺旋板式换热器	105
10.2.4 板翅式换热器	105
10.2.5 板式换热器	106
10.2.6 浮动盘管式换热器	107
10.3 混合式换热器	107
10.3.1 混合式热交换器的种类	108
10.3.2 喷淋室的类型和构造	108
10.3.3 冷却塔的类型与结构	110
10.4 换热器常用的计算方法	114
10.4.1 换热器热工计算的基本公式	114
10.4.2 平均温差法	114
10.4.3 能效-传热单元数法(ϵ -NTU)	116
10.4.4 其他流动方式平均温差的计算及比较	118
思考题及习题	120

□ 第11章 喷管及扩压管 **121**

11.1 喷管及扩压管流动的基本规律	121
11.1.1 连续性方程	121

11.1.2	稳定流动能量方程	122
11.1.3	绝热过程方程	122
11.1.4	声速与马赫数	122
11.1.5	定熵流动基本特征	123
11.2	喷管及扩压管的计算	124
11.2.1	临界压力比	124
11.2.2	定熵滞止参数	125
11.2.3	喷管的正确选择	125
	思考题及习题	127
□ 第 12 章	压缩机	128
12.1	压缩机的分类及用途	128
12.2	活塞式压缩机	129
12.2.1	活塞式制冷压缩机的分类	129
12.2.2	活塞式制冷压缩机的结构	130
12.2.3	活塞式制冷压缩机的热力性能	134
12.3	回转式压缩机	135
12.3.1	螺杆式压缩机	135
12.3.2	滚动活塞式压缩机	137
12.3.3	涡旋式压缩机	138
12.4	离心式压缩机	140
12.4.1	离心式压缩机的工作原理	140
12.4.2	离心式压缩机的特性	140
12.4.3	离心式制冷压缩机的特点	141
	思考题及习题	142
□ 第 13 章	制冷装置	143
13.1	制冷换热器	143
13.1.1	冷凝器	144
13.1.2	蒸发器	146
13.1.3	其他换热器	148
13.2	节流机构	150
13.2.1	手动节流阀	151
13.2.2	浮球节流阀	151
13.2.3	热力膨胀阀	152
13.2.4	热电膨胀阀和电子脉冲式膨胀阀	154
13.2.5	毛细管	154
13.3	辅助设备	155
13.3.1	润滑油的分离及收集设备	155
13.3.2	制冷剂的贮存及分离设备	156
13.3.3	制冷剂的净化设备	157
	思考题及习题	158
□ 第 14 章	其他常用设备及装置	160

14.1	汽轮机	160
14.1.1	汽轮机的基本工作原理和类型	160
14.1.2	汽轮机的分类	162
14.1.3	汽轮机的型号	163
14.1.4	汽轮机的主要设备及系统	164
14.1.5	汽轮机的损失、效率和经济指标	165
14.1.6	汽轮机运行的监控和调节	168
14.2	内燃机	171
14.2.1	内燃机及其特点	171
14.2.2	内燃机的分类	172
14.2.3	内燃机的工作原理	172
14.2.4	内燃机动力性指标	173
14.2.5	内燃机经济性指标	174
14.3	热管	174
14.3.1	热管的组成	175
14.3.2	热管的工作原理	176
14.3.3	热管的基本特性	176
14.3.4	热管的分类	177
14.3.5	热管的相容性及寿命	177
14.4	太阳能热利用装置	178
14.4.1	太阳能集热器形式	178
14.4.2	太阳能热水系统	179
14.4.3	太阳能供暖系统	182
	思考题及习题	185

第5单元 热工测量

□ 第15章	常规热工参数测量	187
15.1	温度测量	187
15.1.1	温度测量方法及测量仪表	187
15.1.2	膨胀式温度计	188
15.1.3	热电偶温度计	188
15.1.4	热电阻温度计	191
15.1.5	非接触测温	192
15.2	湿度测量	193
15.2.1	空气湿度的表示方法	193
15.2.2	干湿球法湿度测量	194
15.2.3	露点法湿度测量	194
15.2.4	氯化锂电阻湿度传感器	195
15.2.5	高分子湿度传感器	195
15.3	压力测量	195
15.3.1	压力的检测方法	196

15.3.2	压力测量仪表的分类	196
15.3.3	液柱式压力计	196
15.3.4	弹性式压力计	197
15.4	流量测量	199
15.4.1	流量测量原理	199
15.4.2	孔板流量计	200
15.4.3	文丘里流量计	202
15.4.4	转子流量计	203
15.5	热量测量	204
15.5.1	热流密度的测量	204
15.5.2	热量及冷量的测量	205
15.5.3	蒸汽热量的测量	206
15.6	气体成分分析	207
15.6.1	一氧化碳和二氧化碳的测量	207
15.6.2	氧量的测量	208
	思考题及习题	210
□ 第 16 章	热工测量新技术	211
16.1	超声波测量技术	211
16.1.1	超声波测量原理	211
16.1.2	超声波流量计	211
16.1.3	超声波物位计	214
16.1.4	超声波探伤仪	215
16.1.5	超声波在其他测量方面的应用	216
16.2	激光传感测量技术	217
16.2.1	激光测量原理	217
16.2.2	激光测距	218
16.2.3	激光测速	219
16.2.4	激光的载波测温	221
16.3	光纤传感测量技术	221
16.3.1	光纤传感技术综述	221
16.3.2	光纤温度传感器	222
16.3.3	光纤压力传感器	223
16.3.4	光纤液位传感器	224
16.3.5	光纤流量传感器	225
16.4	虚拟仪器测量技术	226
16.4.1	虚拟仪器综述	226
16.4.2	虚拟仪器的硬件	227
16.4.3	虚拟仪器的软件	228
16.4.4	虚拟仪器在热工测量中的应用	229
	思考题及习题	230
□ 第 17 章	建筑节能检测	231

17.1	建筑节能检测综述	231
17.1.1	建筑节能检测的主要参数及术语	231
17.1.2	建筑节能检测方法	234
17.1.3	建筑节能达标的判定	234
17.2	居住建筑节能检测	235
17.2.1	室内平均温度检测	235
17.2.2	外围护结构热工缺陷检测	236
17.2.3	热桥温度检测	237
17.2.4	围护结构传热系数检测	238
17.2.5	外围护结构隔热性能检测	239
17.2.6	外窗气密性能检测	239
17.2.7	遮阳设施检测	240
17.3	公共建筑节能检测	241
17.3.1	室内温度、湿度检测	241
17.3.2	外围护结构热工检测	242
17.3.3	采暖空调水系统性能检测	243
17.3.4	空调风系统性能检测	245
17.3.5	建筑物年采暖空调能耗及年冷源系统能效系数检测	246
17.3.6	监测与控制系统性能检测	246
17.4	供热系统热工性能检测	247
17.4.1	室外管网水力平衡度检测	247
17.4.2	系统补水率检测	248
17.4.3	室外管网热损失率检测	248
17.4.4	锅炉运行效率检测	249
17.4.5	耗电输热比检测	250
	思考题及习题	251

□ 附录 **252**

附录 1	热工常用单位换算表	252
附录 2	用于构成十进倍数和分数单位的词头	253
附录 3	常用气体的热工参数表	253
附录 4	空气的热工参数表	253
附录 5	饱和水的热工参数表	254
附录 6	饱和水蒸气的热工参数表	255
附录 7	常用制冷剂(液态)的热工参数表	256
附录 8	常用建筑及保温材料的密度和热导率	258

□ 参考文献 **259**

第 1 单元

热工学基础知识

第 1 章 热能综述

第 2 章 热工基本参数

第 3 章 热学基本理论

第 1 章 热能综述

1.1 能源概述

1.1.1 自然界中的能源种类

能源是指可向人类提供各种能量和动力的物质资源。迄今为止，由自然界提供的主要能源有：水能、风能、太阳能、地热能、潮汐能、核能、各种燃料的化学能以及其他一些形式的能量。能源可以根据来源、形态、使用程度和技术、污染程度以及性质等进行分类。

(1) 根据能源是否是由自然界直接提供分

① 一次能源——可以直接从自然界获取的能源，如化石燃料（煤、石油、天然气等）、太阳能、风能、水能、地热能、核能、潮汐能等。

② 二次能源——不能从自然界直接获取，必须通过消耗一次能源才能获得的能源。如电能、燃气等。

(2) 根据能源是否可以再生分

① 可再生能源——可以从自然界源源不断地得到的能源，如太阳能、风能、水能等。

② 不可再生能源——一旦消耗就很难再生的能源，如煤、石油、天然气、核燃料等。

注意：这里的可再生能源和不可再生能源都是针对一次能源而言的。

(3) 根据人们利用能源的时间长短分

① 常规能源（传统能源）——目前已大规模生产和广泛利用的能源，如水能、煤炭、石油、天然气等。

② 新能源——由于技术、经济等因素而迄今尚未大规模使用的能源，如太阳能、核能、潮汐能、地热能等。

(4) 根据对环境污染的程度分

① 清洁能源——对环境无污染或污染很小的能源，如太阳能、水能、风能、燃气等。

② 非清洁能源——对环境污染较大的能源，如煤、石油等。

1.1.2 新能源

新能源又称非常规能源，是指传统能源之外的刚开始开发利用或正在积极研究、有待推广的能源。因此，煤、石油、天然气以及大中型水电都被看作常规能源，而把太阳能、风能、现代生物质能、地热能、海洋能以及核能、氢能等作为新能源。随着技术的进步和可持续发展观念的树立，过去一直被视作垃圾的工业与生活有机废弃物被重新认识，作为一种能源资源化利用的物质而受到深入的研究和开发利用，因此，废弃物的资源化利用也可看作是

新能源技术的一种形式。

联合国开发计划署 (UNDP) 把新能源分为以下三大类：①大中型水电；②新可再生能源，包括小水电 (small-hydro)、太阳能 (solar)、风能 (wind)、现代生物质能 (modern biomass)、地热能 (geothermal)、海洋能 (ocean)；③传统生物质能 (traditional biomass)。

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。同时，由于很多新能源分布均匀，对于解决由能源引发的战争也有着重要意义。

目前，国内外应用较多的新能源形式主要有以下几种。

(1) 太阳能 太阳能是最重要的基本能源，生物质能、风能、潮汐能、水能等都来自太阳能，太阳内部进行着由氢聚变成氦的原子核反应，不停地释放出巨大的能量，不断地向宇宙空间辐射能量，这就是太阳能。太阳内部的这种核聚变反应可以维持很长时间，据估计约有几十亿至几百亿年，相对于人类的有限生存时间而言，太阳能可以说是取之不尽、用之不竭的。

太阳能的总量很大，整个太阳每秒钟释放出来的能量高达 3.826×10^{33} 尔格或 37.3×10^6 兆焦，相当于每秒钟燃烧 1.28 亿吨标准煤所放出的能量。太阳辐射到达地球陆地表面的能量约为 17 万亿千瓦，仅占到达地球大气外层表面总辐射量的 10%。即使这样，它也相当目前全世界一年内能源总消耗量的 3.5 万倍。我国的太阳能资源十分丰富，全国有 2/3 以上的地区，年辐照总量大于 502 万千焦/米²，年日照时数在 2000 小时以上。

太阳能作为一种新能源，它与常规能源相比有三大优点：

第一，它是人类可以利用的最丰富的能源，在过去漫长的 11 亿年中，太阳仅消耗了它本身能量的 2%，可以说是取之不尽、用之不竭；

第二，太阳能无处不在，可以就地开发利用，不存在运输问题，尤其对交通不发达的农村、海岛和边远地区更具有利用的价值；

第三，太阳能是一种洁净的能源，在开发和利用时不会产生废渣、废水、废气，也没有噪声，更不会影响生态平衡。

当然，太阳能的利用有它自身的弱点：一是能流密度较低，日照较好的地面上 1 平方米的面积所接受的能量只有 1 千瓦左右，因此需要相当大的采光集热面才能满足使用要求，从而使装置的面积大、用料多、成本增加；二是大气影响较大，给实际应用带来不少困难。

目前，人类直接利用太阳能主要有三大技术领域，即光热转换、光电转换和光化学转换。太阳能技术的产品很多，如太阳能热水器、开水器、干燥器，太阳能采暖和制冷，太阳能温室与太阳房，太阳灶和高温炉，太阳能发电系统，太阳能电池、灯具、手表，太阳能海水淡化装置、水泵、热力发电装置及太阳能医疗器具等。

(2) 地热能 地热能是来自地球深处的可再生热能。它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地下水的深处循环和来自极深处的岩浆侵入到地壳后，把热量从地下深处带至近表层。在有些地方，热能随自然涌出的热蒸汽和水而到达地面，自史前起它们就已被用于洗浴和蒸煮。通过钻井，这些热能可以从地下的储层引入水池、房间、温室和发电站等。这种热能的储量相当大，据估计，每年从地球内部传到地面的热能相当于 100×10^{15} 瓦时。

人类很早以前就开始利用地热能，例如利用温泉沐浴、医疗，利用地下热水取暖、建造农作物温室、水产养殖及烘干谷物等。但真正认识地热资源并进行较大规模的开发利用却是

始于20世纪中叶。地热能的利用可分为地热发电和直接利用两大类，而对于不同温度的地热流体可能利用的范围如下：

- ① 200~400℃，直接发电及综合利用；
- ② 150~200℃，双循环发电、制冷、工业干燥、工业热加工；
- ③ 100~150℃，双循环发电、供暖、制冷、工业干燥、脱水加工、回收盐类、罐头食品；
- ④ 50~100℃，供暖、温室、家庭用热水、工业干燥；
- ⑤ 20~50℃，沐浴、水产养殖、饲养牲畜、土壤加温、脱水加工。

近年来，国外对地热能的非电力利用，也就是直接利用，十分重视。因为进行地热发电，热效率低，温度要求高。而地热能的直接利用，不但能量的损耗要小得多，并且对地下热水的温度要求也低得多，从15~180℃这样宽的温度范围均可利用。在全部地热资源中，这类中、低温地热资源是十分丰富的，远比高温地热资源大得多。

目前，国内对地热能的直接利用发展也十分迅速，已广泛地应用于工业加工、民用采暖和空调、洗浴、医疗、农业温室、农田灌溉、土壤加温、水产养殖、畜禽饲养等各个方面，收到了良好的经济技术效益，节约了能源。

未来随着与地热利用相关的高新技术的发展，将使人们能更精确地查明更多的地热资源；钻更深的钻井将地热从地层深处取出，因此地热利用也必将进入一个飞速发展的阶段。

(3) 风能 风能是地球表面大量空气流动所产生的动能。由于地面各处受太阳辐照后气温变化不同和空气中水蒸气的含量不同，因而引起各地气压的差异，在水平方向高压空气向低压地区流动，即形成风。风能的利用主要是以风能作动力和风力发电两种形式，其中又以风力发电为主。

我国风力资源丰富，可开发利用的风能储量达10亿千瓦。对风能的利用，特别是对我国沿海岛屿，交通不便的边远山区，地广人稀的草原牧场，以及远离电网的农村、边疆，作为解决生产和生活能源的一种可靠途径，具有十分重要的意义。

但是，风能在利用中还存在一些问题，如风速不稳定导致产生的能量大小不稳定，风能利用受地理位置限制严重，风能的转换效率较低等。因此，无论是从成本还是从技术上比较，风电同传统的火电、水电相比还有较大的差距，因而风电的快速发展需要国家政策的大力扶持。纵观风电发展迅速的国家如德国、西班牙、印度，无一例外地都给予风电产业巨大的政策优惠。中国对风电的政策支持由来已久，力度也越来越大，政策支持的对象也由过去的注重发电转向了注重扶持国内风电设备制造。国家的政策支持将是风能充分利用的根本保障，随着中国国产风机设备的自主制造能力不断加强，国家的政策支持力度也将越来越大，风能利用将面临难得的历史发展机遇。

(4) 生物质能 生物质能是蕴藏在生物质中的能量，是指直接或间接地通过绿色植物的光合作用，把太阳能转化为化学能后固定和储藏在生物体内的能量。它是一种唯一可再生的碳源，可转化成常规的固态、液态和气态燃料。目前生物质能的主要应用形式有沼气、压缩成型固体燃料、气化生产燃气、气化发电、生产燃料酒精等。

生物质能一直是人类赖以生存的重要能源，它是仅次于煤炭、石油和天然气而居于世界能源消费总量第四位的能源。根据生物学家估算，地球陆地每年生产1000亿~1250亿吨干生物质，海洋年生产500亿吨干生物质。生物质能源的年生产量远远超过全世界总能源需求量，相当于目前世界总能耗的10倍。我国可开发为能源的生物质资源到2010年可达3亿

吨。随着农林业的发展，特别是炭薪林的推广，生物质资源还将越来越多。

目前，生物质能技术的研究与开发已成为世界重大热门课题之一，受到世界各国政府与科学家的关注。许多国家都制定了相应的开发研究计划，如日本的阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划等，其中生物质能源的开发利用占有相当的比重。目前，国外的生物质能技术和装置多已达到商业化应用程度，实现了规模化产业经营，以美国、瑞典和奥地利三国为例，生物质转化为高品位能源利用已具有相当可观的规模，分别占该国一次能源消耗量的4%、16%和10%。在美国，生物质能发电的总装机容量已超过10000兆瓦，单机容量达10~25兆瓦；美国纽约的斯塔藤垃圾处理站投资2000万美元，采用湿法处理垃圾，回收沼气用于发电，同时生产肥料。巴西是乙醇燃料开发应用最有特色的国家，实施了世界上规模最大的乙醇开发计划，目前乙醇燃料已占该国汽车燃料消费量的50%以上。

我国是一个人口大国，又是一个经济迅速发展的国家，很长一段时期内将面临着经济增长和环境保护的双重压力。因此改变能源生产和消费方式，开发利用生物质能等可再生的清洁能源资源对建立可持续的能源系统，促进国民经济发展和环境保护具有重大意义。

生物质能高新转换技术不仅能够大大加快村镇居民实现能源现代化进程，满足农民富裕后对优质能源的迫切需求，同时也可在乡镇企业等生产领域中得到应用。由于我国地广人多，常规能源不可能完全满足广大农村日益增长的需求，而且由于国际上正在制定各种有关环境问题的公约，限制CO₂等温室气体排放，这对以煤炭为主的我国是很不利的。因此，立足于农村现有的生物质资源，研究新型转换技术，开发新型装备既是农村发展的迫切需要，又是减少排放、保护环境、实施可持续发展战略的需要。

(5) 核能 核能是人类最具希望的未来能源。目前人们开发核能的途径有两种：一是重元素的裂变，如铀、钍的裂变；二是轻元素的聚变，如氘、锂等。重元素的裂变技术已得到实际性的应用；而轻元素聚变技术，也正在积极研制之中。

据估计，地球上铀和钍的储量分别约为490万吨和275万吨，这些裂变燃料足可以用到聚变能时代。轻元素氘和锂大量存在于海洋中，1升海水能提取30毫克氘，在聚变反应中能产生约等于300升汽油的能量，即“1升海水约等于300升汽油”，地球上海水中有40多万亿吨氘，足够人类使用百亿年。地球上的锂储量有2000多亿吨，锂可用来制造氘，足够人类在聚变能时代使用。况且以目前世界能源消费的水平来计算，地球上能够用于核聚变的氘和氚的数量，可供人类使用上千亿年。因此，有关能源专家认为，如果解决了核聚变技术，那么人类将从根本上解决能源问题。

核能发展的历史与动力堆的发展历史密切相关。动力堆的发展最初是出于军事需要。1954年，原苏联建成世界上第一座装机容量为5兆瓦（电）的核电站。英国、美国等国也相继建成各种类型的核电站。到1960年，有5个国家建成20座核电站，装机容量1279兆瓦（电）。由于核浓缩技术的发展，到1966年，核能发电的成本已低于火力发电的成本，核能发电真正迈入实用阶段。1978年全世界22个国家和地区正在运行的30兆瓦（电）以上的核电站反应堆已达200多座，总装机容量已达107776兆瓦（电）。20世纪80年代因化石能源短缺日益突出，核能发电的进展更快。到1991年，全世界近30个国家和地区建成的核电机组为423套，总容量为3.275亿千瓦，其发电量占全世界总发电量的约16%。我国的核电起步较晚，80年代才动工兴建核电站，中国自行设计建造的30万千瓦（电）秦山核电站在1991年底投入运行，大亚湾核电站于1987年开工，于1994年全部并网发电。