

Basics of Central Air Conditioning
Design for Civil Buildings

民用中央空调设计 基础知识

张 健 / 著



科学出版社

民用中央空调设计基础知识

张 健 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是作者长期实践的工作总结。全书试图以简要的方式从基本术语、设备组成、方案分类、系统问题、设计经验、工程案例、主机故障等各个方面与读者分享民用空调技术相关基本知识及经验。

本书可作为民用中央空调厂员工上岗的基础培训材料,也可作为高等院校给排水科学与工程专业、环境工程专业、环境科学专业及相关专业的本科生及环境工程领域工程技术人员的培训、学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

民用中央空调设计基础知识 /张健著. — 北京:科学出版社, 2017.10
ISBN 978-7-03-054731-6

I. ①民… II. ①张… III. ①集中空气调节系统-系统设计-基本知识 IV. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 241746 号

责任编辑:莫永国 / 责任校对:熊倩莹
责任印制:罗 科 / 封面设计:墨创文化

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>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年10月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2017年10月第一次印刷 印张:7 1/4

字数:200千字

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

1978 年开启的经济改革，帮助中国在近 40 年的时间内实现了快速工业化和城市化。有关资料显示，中国人均 GDP 到 2022 年预计将在全球 166 个国家排名中上升至第 64 位，居民的寿命以及生活质量将得到大幅度的提高。伴随经济的增长，在民用建筑中，不管是公共建筑还是居住建筑，环境控制的舒适性已经成为民用建筑最基本的需求。20 世纪 90 年代，家用空调器在居民的生活中还处于奢侈品的范畴，集中空调更是公共建筑“身份”的象征。然而，到 21 世纪初，家用空调器已经在城市中普及。最近的 10 年，由于经济水平与人均居住面积提高，小型集中空调陆续出现在居住建筑中。而对于公共建筑，问题的焦点已经变成集中空调的节能性评估。2008 年发生的南方冰雪冷冻极端天气，引发南方地区供暖方式的大讨论，国家有关单位甚至还设置了课题对南方地区冬季空调方式进行研究。

伴随人们消费观念的改变以及物质生活水平的提高，空调市场日益火热。据有关数据显示，我国规模以上空调制造工业企业主营业务收入已超过 4000 亿元。巨大的市场推动着空调设备生产企业、安装企业以及各类相关服务企业的发展。然而，由于人员素质参差不齐，设计、安装、运行等存在较多的问题。为此，提高行业整体从业人员的素质，夯实各类人员特别是施工、销售人员对“空调”基本概念的认识，成为类似该书的各类书籍陆续出版的初衷。该书由重庆格力销售公司技术总工程师张健根据自己多年从事空调行业总结而成。该书作者张健总工程师为原重庆建筑工程学院（现为重庆大学）1979 级暖通专业毕业生，曾多年在各大设计院、施工单位等不同类型的单位从事技术工作，具备扎实的专业理论基础和丰富的专业技术知识。该书内容的雏形源自作者针对格力西南地区各分公司以及相关企业从业人员编写的专业培训教材。从该书的整体内容看，基本没有“格力”品牌的痕迹，而是全面介绍空调行业的基础知识、设备构造及分类、设计与施工经验、故障形成与工程关系、空调配电系统，特别是增加了家用小型集中空调的内容。作者将自己从事空调行业近 40 年的经验和教训，以工程案例的形式穿插在各知识点中，这是难能可贵的，也是该书的亮点。所谓“往者已不及，尚可以为来者之戒”，部分失败或者整改的工程案例至少可以为从业人员提出警醒，从而保证工程质量，以期推动行业的有序发展。

该书除空调技术相关基本知识及经验外，还涉及空气质量与通风以及与空调

相关的消防知识，这是一般类似书籍所不具有的内容。另外，作者在工程应用部分采用工程语言，区别于严密的学术性著作，更能为广大的一线从业人员所接受。

从“供热通风及空调”（简称“暖通”）专业到“建筑环境与能源工程”，专业覆盖的内容在不断扩大，应该说该书的内容仅仅涉及了专业领域的部分内容。但恰恰这部分内容对于一线从业人员非常实用。

王勇

全国暖通学会热泵专业委员会副主任委员

重庆大学教授

2017年7月于重庆

前 言

随着人们生活水平的提高，大到摩天大楼，小至普通住宅，空调已成为人们生活中不可或缺的必需品。与此同时，空调专业的从业人员也在不断增加，他们甚至可能来自于其他完全不相关的专业，想必对空调相关知识有了解的渴望。

作者自 1983 年大学暖通专业毕业后，先后在空调领域的设计院、安装公司和设备销售公司从事空调工程设计、工程施工及设备销售工作。本书是作者长期工作实践的总结，同时也是空调设备经销商的培训教材。本书试图以简要的方式与读者分享民用空调相关基本知识及经验。

一个优良的中央空调工程，是由高品质的设备+优秀的工程设计+过硬的工程施工构成的，三者缺一不可。本书按照基本知识、空调设备、工程设计及施工、设备故障、空调配电顺序进行阐述，最后就家用中央空调设计要点进行分析。

本书在编写过程中参考了《高层民用建筑空调设计》（潘云刚著）、《实用供暖空调设计手册》（陆耀庆著）等诸多专业书籍，并摘录了部分文献；得到许多业内专家、教授的悉心指导，尤其是得到中国建筑设计院有限公司潘云刚总工程师、重庆大学王勇教授和中国人民解放军后勤工程学院吴祥生教授的指点。此外，本书“中央空调配电基础”章节由中国人民解放军后勤工程学院张晓清教授编写。于此一并鸣谢！

限于本人水平有限，不足之处在所难免，本书旨在抛砖引玉。真心期盼广大读者和专家的指教和帮助。

愿能给本行业入门者提供些微帮助，愿过去的经验及教训能给您提供参考！来信请发电子邮箱 13908307800@163.com，谢谢！

目 录

第一章 基本知识	1
1.1 暖通与空调专业概述	1
1.1.1 暖通专业概述	1
1.1.2 暖通专业研究内容	2
1.1.3 暖通专业的发端	2
1.1.4 空调专业	3
1.2 从分子构成物质说起	3
1.2.1 分子构成物质	3
1.2.2 物质三态	3
1.2.3 温度	4
1.2.4 常识温度	4
1.2.5 人体耐受的气温	5
1.2.6 热能与热量	5
1.2.7 热能的传递方式	6
1.2.8 热力学三大定律	7
1.3 空调常用术语及单位	7
1.3.1 热量	8
1.3.2 常用冷(热)量单位	8
1.3.3 显热、潜热、全热	9
1.3.4 干球温度、湿球温度	10
1.3.5 压力	10
1.3.6 静压、动压、全压	11
1.3.7 相对湿度	11
1.3.8 露点温度与结露	12
1.3.9 比热容	13
1.3.10 蒸发与沸腾	13
1.3.11 导热系数(亦称热导率)	14

1.3.12	放热系数	14
1.3.13	传热系数	14
1.3.14	比容和密度	15
1.3.15	焓	15
1.3.16	熵	15
1.3.17	性能系数与能效比	15
1.3.18	综合部分性能负荷系数(IPLV)	16
1.3.19	热泵	16
1.3.20	变制冷剂流量系统、变风量系统、变水流量系统	17
1.3.21	得热量、冷负荷	17
1.4	常见制冷方式	18
1.4.1	常见制冷方式简介	18
1.4.2	民用空调设备常用的制冷方式	19
1.4.3	蒸气压缩式制冷原理	19
1.5	常用热源	21
第二章	蒸气压缩式制冷空调设备	23
2.1	空调设备的分类	23
2.2	空调设备快速记忆方法	23
2.2.1	商用与家用没有鸿沟	23
2.2.2	四类分类记忆法	24
2.2.3	第五类——末端装置	25
2.2.4	从小小窗机到大型机组	25
2.2.5	四类分类列表举例	27
2.2.6	小结——窗机	31
2.3	名义工况与实际工况	32
2.3.1	名义工况	32
2.3.2	实际工况	32
2.3.3	记住参数间的对应关系(甩开样本计算)	33
第三章	工程设计及施工	35
3.1	空调工程方案概述	35
3.2	空调工程需要解决的六大类问题	36
3.2.1	空调风系统	36
3.2.2	冷冻水系统	38
3.2.3	工质输配系统	38
3.2.4	空气冷凝水系统	39

3.2.5	冷却风系统	39
3.2.6	冷却水系统	39
3.3	设计及施工中的常见错误	41
3.3.1	直膨式多联机系统设计及施工中的常见错误	41
3.3.2	空气冷凝水设计及施工中的常见错误	43
3.3.3	冷冻水系统设计及施工中的常见错误	45
3.3.4	空调风系统设计及施工中的常见错误	50
3.3.5	冷却水系统设计及施工中的常见错误	53
3.3.6	冷却风系统设计及施工中的常见错误	55
3.4	工程案例	57
3.5	火灾案例分析	61
3.6	专题讨论	62
3.6.1	消防——空调设计及施工中的首要注意事项	62
3.6.2	新风与全面通风换气的关系	63
3.6.3	风冷式空调主机的冷(热)量修正	64
3.6.4	计算冷负荷与设备制冷量的辩证关系	64
3.6.5	设备选型经验谈	66
3.6.6	高大空间场所的空调设计	68
第四章	主机故障与工程关系	70
4.1	理论循环状态	70
4.2	实际运行状态	71
4.3	主机故障与工程关系	72
4.3.1	蒸发器	72
4.3.2	冷凝器	72
4.3.3	压缩机和节流装置	73
第五章	中央空调配电基础	75
5.1	空调配电的目的	75
5.2	中央空调配电的步骤	75
5.3	常用电缆及开关规格	75
5.4	负荷容量和电流计算	79
5.5	断路器(空气开关)和导线的选取	80
5.5.1	断路器选择	80
5.5.2	导线选择	80
第六章	家用中央空调设计要点	82
6.1	设计要点	82

6.1.1 空调方式 82

6.1.2 多联机室内机选择 84

6.1.3 多联机主机选择 86

6.1.4 多系统设计 88

6.1.5 冷凝水排放 89

6.2 施工要点 91

6.2.1 规范施工 91

6.2.2 材料介绍 95

6.3 装饰配合 100

6.4 别墅地下室通风及防止空气冷凝水 101

6.5 厨房通风设计建议 103

6.6 用户交流 103

主要参考文献 105

第一章 基本知识

1.1 暖通与空调专业概述

1.1.1 暖通专业概述

暖通专业所研究的课题涉及诸多领域。毫不夸张地说,“专业深入者”是探究物质世界内部分子层面运动规律和能量转换的“科学家”;“专业浅出者”是“魔幻般”制造冬暖夏凉人工舒适环境的众所周知的“空调工程师”。例如:家用空调、太阳能热水器、空气能热水器的广泛推广,矿山坑道内有毒气体的排除,地下公共建筑人工舒适环境的建立,各类锅炉房、虫草培养研究中心、医院开胸开颅手术室、超大规模集成电路工厂等的设计建造,均属于暖通专业工作范畴。此外,青藏铁路永冻土地基的稳定,潜海蛟龙、天宫一号、太空飞船等的生命保障系统,生命深冷冻及解冻复原技术探索,未来外太空移民工程的生命保障系统研究等,均有暖通工种参与。这些,我们也可以理解为暖通工种的应用延伸。可见,暖通专业研究课题涵盖面既广且深。

20世纪中叶,暖通作为一个独立专业在我国在大学开班设置:1952年成立之初,其全名为“供热供煤气及通风”;1958年后更名为“供热与通风”或“供热通风与空调工程”,简称暖通专业;1998年,教育部又将其更名为“建筑环境与设备工程”专业;2012年,又再次更名为“建筑环境与能源运用工程”专业。

暖通专业名称的更替轨迹,似乎已经把该专业推至建筑物室内外环境的研究与控制,同时将地球上各种能源在热能工程中合理综合利用的高度。

事实上目前为营造建筑物内部的舒适环境而使用的能源占比已经超过了用于生产的能源消耗量,占总能源消耗的 $1/3$ 以上,严重影响了经济的可持续发展。地球臭氧层屏障遭到的破坏,因温室效应而造成的厄尔尼诺现象在世界各地的肆虐,所有这些均与人类的热力活动有关联。而无论现在最为热门的节能话题还是大气环境保护,均与暖通专业密切关联且向其提出了研究课题。想想看,最近全球应对大气环境破坏的举措和国家一系列节能减排的新政:新型制冷剂的研究与运用、直流变频技术在空调机中的全面更新换代、新建建筑外墙的热工性能强制规定、高能效比空调机的研发等均与此有关。

1.1.2 暖通专业研究内容

暖通专业涉及理论与工程应用两个大的板块。

(1)理论研究。①纯理论研究：以物理学为基础，以热力学三大定律为总纲，宏观上涉及能量守恒定律以及能量种类组成；微观上研究分子级别的运动及各种能量间转换的规律；同时引入状态函数熵研究(宇宙的归宿)并确认宇宙间绝对零度不可能达到。②实用理论研究：研究流体力学特性；探究孤立气体在热力作用下由温度、压力和容积三个状态函数定义下的变换规律；探究水蒸气在大气中的演变及对人体生理及心理状态的影响；发掘各类自然冷热源研究制造人工冷热源；搜寻天然制冷工质，合成人工制冷工质，研究人工制冷工质的化学与物理特性；评价建筑外环境中热力活动对大气环境的影响；研究建筑内环境设计标准中温度、湿度、噪声、洁净度、新风卫生条件、气压等。

(2)工程应用。工程应用涉及工业通风、除尘工程，各种类型冷热源的发掘、设备的制造，各种室内环境的具体营建、控制和运营，工程材料的选择及运用，等等。

工程应用涉及的主要课程：制冷技术、空气调节、工业通风、供热工程、传热学、流体力学、工程热力学、热质交换原理与设备、锅炉房工艺与设备、流体输配管网、燃气输配、电工学、机械设计基础、建筑设备自动化等。

1.1.3 暖通专业的发端

从古人的生活轨迹到现代空间站的室内环境，我们似乎都能找到建筑环境(暖通)专业的痕迹。上古时期，我们的祖先从树上下地之后居住在洞穴内，除了躲避猛兽的袭击外，冬暖夏凉的洞穴环境也可以抵御严寒酷暑。后来人类从被动躲避至洞穴到主动建筑房屋并最终形成城镇，满足更高的生存需求。在房屋建造过程中，古人发现选址的重要性。沿着河流而建的居所，能够避开狂风的正面卷袭，然而却易遭受洪水的侵扰；盛夏，烈日将朝西的房屋烘烤得如同火炉，然而面北的房屋得不到足够的日照而阴冷潮湿，导致卫生条件不良；危岩下的房屋有泥石流的威胁，高大树木旁的房屋有断枝塌压的危险；北方古老民居用厚土做墙以保温，开窗避开北面且面积较小以避冬季凛冽的寒风，以及北方四合院的广泛运用，均饱含着人类智慧的结晶。上述种种形成了中国古老的建筑环境部分，可以说，暖通专业就是其重要组成部分。

近代，遍布全球的钢筋混凝土建筑外观时尚漂亮，大量使用明亮的玻璃。它们依靠人工空调技术维持室内舒适环境，消耗着巨量的能源，迫使我们作如下抉择：降低建筑负荷、提高空调能效、寻找清洁能源。人类文明已然渐渐发展到了新的时代，暖通专业便应运而生。

1.1.4 空调专业

空调专业是利用天然或人工冷源创造室内人工环境的一个工程应用类专业，是暖通专业中的重要内容。

室内人工环境的建造分为舒适空调和工艺空调两部分，即人员舒适以及制造工艺对温湿度、洁净度等的需求。

人工冷源种类繁多，但目前用于民用建筑空调的冷源以蒸气压缩式制冷设备为主体，故本书以该类设备作为主要研究对象。为方便起见，以夏季制冷空调方式为主来加以阐述。

1.2 从分子构成物质说起

空调专业本质上是研究热量传递与运用的专业。要研究热量的传递和运用，首先应了解其本质，这要从物质的构成说起。

1.2.1 分子构成物质

分子是能单独存在，并保持纯物质化学性质的最小粒子。犹如沙粒聚成海滩，又似水滴汇成大海，物质是由分子组合而成的。

1.2.2 物质三态

分子的运动速度，会因其所含能量的变化而有所变化。而不同的运动强度会让物质维持在不同的状态(图 1-1)。例如，液态的水是由水分子(H_2O)紧密相拥组成的。如果加热水，会令水分子能量增加，从而导致其运动速度不断增加。此时，水分子相互间的联系将减弱，水将蒸发，并最终的气体(水蒸气)的形态存在；而假如对水不断降温，让水分子运动速度减至非常缓慢，那时水可能会凝固，以固体(冰)的形态存在。

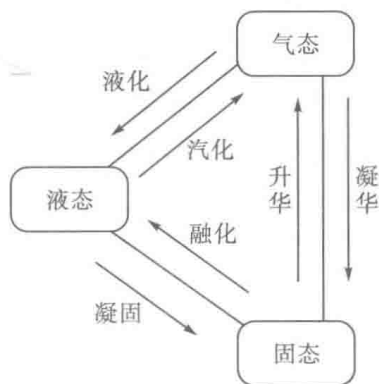


图 1-1 物质三态

与此类似,任何一种物质都会因其分子的运动强度不同,而以固体、液体、气体三种状态出现,我们称之为物质三态。这三态犹如物质的三种不同的相貌。

相貌间的相互转变被称作相变。相变发生时吸收或放出热量,称作相变热。空调主机正是利用制冷工质在蒸发器中,从液态吸收制冷介质的热量(气化潜热)变成气态,从而降低制冷介质温度来实现制冷的。

1.2.3 温度

温度是反映分子运动平均动能的物理量。分子运动的剧烈程度是可以用温度来描绘的,常采用三种温标来表述,简述如下。

(1)热力学温标:热力计算中采用这一温标。将分子绝对静止不动时的状态定义为(0K),据此推出绝对温标 K(又称开氏温标),其 1K 的刻度间距与摄氏温标相等。水的冰点为 273.15K,即 $0^{\circ}\text{C}=273.15\text{K}$ 。

(2)摄氏温标($^{\circ}\text{C}$):日常生活中常采用摄氏温标 $^{\circ}\text{C}$ 。其定义为标准大气压下,水的冰点为 0°C ,水从冰点到沸点为 100 等分,即沸点为 100°C (图 1-2)。

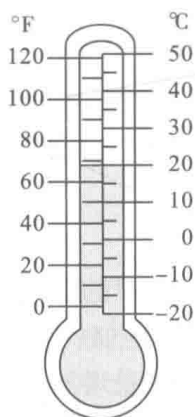


图 1-2 摄氏温标

(3)华氏温标($^{\circ}\text{F}$):其定义为 1 标准大气压下,水的冰点为 32°F ,水从冰点到沸点为 180 等分,即沸点为 212°F 。该温标仅仅在欧美国家的日常生活中使用。在这些国家旅游时,如果听天气预报为 68 度请勿惊慌失措,因为 68°F 其实为非常舒适的 20°C ,计算如下: $(68-32)/1.8=20^{\circ}\text{C}$ 。

(4)换算公式:

$$\text{摄氏温度}(^{\circ}\text{C})=\text{绝对温度}(\text{K})-273.15$$

$$\text{华氏温度}(^{\circ}\text{F})=(32+1.8\times\text{摄氏温度}(^{\circ}\text{C}))$$

1.2.4 常识温度

让我们了解一些常识温度。

(1)宇宙中的温度。宇宙最低温度接近 -273.15°C 。宇宙最高温度为 大爆炸

理论温度(无穷大)。

(2)太阳的温度。太阳表面温度约为 5500°C ；太阳中心温度约为 2000 万 $^{\circ}\text{C}$ ；日冕层温度约为 500 万 $^{\circ}\text{C}$ (图 1-3)。

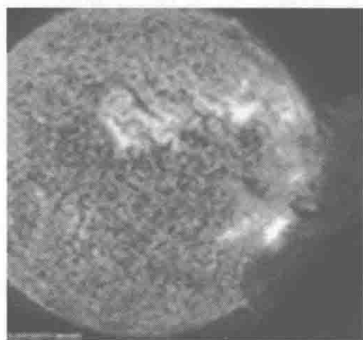


图 1-3 太阳的温度

(3)地球上的极限气温。地球上最冷的地方在南极洲，年平均气温在 -25°C 以下，绝对最低气温达 -88.3°C ，也曾出现过 -94.5°C 的历史记录。地球上最高气温出现在非洲的索马里，在那里阴影处测得的温度高达 63°C 。

(4)人类产生的最高温度为 5.1 亿 $^{\circ}\text{C}$ 。该温度是美国新泽西州的普林斯顿等离子物理实验室中的托卡马克核聚变反应堆利用氘和氚的等离子混合物于 1994 年 5 月 27 日创造出来的。

(5)人体温度。人体舌下平均温度为 37.2°C ；腋下平均温度为 36.5°C 。

1.2.5 人体耐受的气温

通常，在相对湿度适宜时，人体在 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ 的气温状态下会感到比较舒适。人体在 33°C 的空气温度下连续工作两、三个小时，汗腺就会开始启动，并通过微微出汗散发所蓄积的热量。到了 35°C 时，浅静脉就会出现扩张现象，皮肤微微出汗，心跳加快，血液循环加速。身体开始报警的温度是 36°C 。这个时候，人体会通过蒸发汗水，散发热量进行“自我冷却”。 38°C 时，人体通过汗腺排汗已难以保持正常体温，肺部会急促“喘气”呼出热量，心跳速度随之加快，输出比平时多 60% 的血液至体表，参与散热。 39°C 是个危险的数字。这时人体的汗腺疲于拼命地工作，很容易出现心脏病猝发的危险。当气温达到 40°C 时，人体大脑将会发生紊乱，出现头晕眼花、站立不稳等现象。

1.2.6 热能与热量

(1)热能：物体中全部分子无规则运动的总动能被称为热能，分子的无规则运动被称为热运动，而且这部分能量与温度成正比。热能实际是内能的一部分体现。内动能、内位能及维持一定分子结构的化学能和原子核内部的原子能等一起

构成内部储存能,即内能。在一般过程中,由于热交换和机械功将引起系统参量的协同变化,我们很难区分系统内能的改变是由机械功还是热交换引起。因此,从内能中严格划分热能是不可能的。

(2)热量:在系统与外界之间,或系统的不同部分之间转移无规则热运动的能量叫作热量。热量还可以理解为温差作用下系统与外界传递的能量。

当两个物体相遇,例如铁锅烙饼时,温度高达数百摄氏度的铁锅会将常温的面饼加热烤熟甚至烙糊,此时显然发生了从高温物体向低温物体的能量传递,此部分传递的能量为热能,而其量差被命名为热量。

热量是与过程相关的过程量,而热能是取决于热力状态的状态量。因此,我们不能说系统具有多少热量,而应说系统具有多少能量。

在日常生活中,人体在不停地消耗能量,能量由食物转变得来。可以产生能量的营养素包括蛋白质、脂肪和碳水化合物,在人们健康饮食话题中所说的控制热量(卡路里)摄入即是指此。食物量对应转化的热量为:碳水化合物 4kcal/g,蛋白质: 4kcal/g,脂肪: 9kcal/g。

1.2.7 热能的传递方式

并非密切接触才能传递热量,常规传热有传导、对流换热、辐射三种方式。

(1)传导。传导是指物体各部分无相对位移,或不同物体直接接触时依靠分子、原子及自由电子等微观粒子热运动而进行的热量传递过程。热传导是固体中热传递的主要方式。在气体或液体中,热传导过程往往和对流同时发生。例如,烙铁烙印。

(2)对流换热。对流换热是液体和气体的传热方式。热能在液体或气体中,由于质点位置的移动从一处传递到另一处,使温度趋于均匀。这是液体和气体中热传递的主要方式,但也往往伴有热传导。例如,加热水时,锅中水上下翻腾传递热能的过程(图 1-4)。



图 1-4 对流换热

(3)辐射。这是指依靠物体表面对外发射可见和不可见的射线。例如,太阳照耀大地,即是靠辐射传递热能的(图 1-5)。



图 1-5 太阳辐射

1.2.8 热力学三大定律

(1)热力学第一定律：宇宙间物质所蕴含的能量既不能创生，也不能消灭，此描述称为能量守恒定律，又称为热力学第一定律。

能量只能从一种形态转变成另一种形态。例如，风力发电，是把风的动能转变为电能；水车磨坊利用水的能量转变为机械运动能。我们平时所观察到的化学反应能、机械运动能、电能、光能等，最终均可转变成热能(图 1-6)。



图 1-6 风力发电

(2)热力学第二定律：就像地球上的物体总是从高处向低处坠落一样，热量总是从高温物体向低温物体传递，这一定律被称为热力学第二定律。这一定律表明世界总是由有序向无序演变，又名熵增原理。

(3)热力学第三定律：假如物质达到了 0K ，即预示着宇宙将了无生气、归于死寂。幸运的是， 0K 不可能达到，这一定律被称为热力学第三定律。

在工程中常常用到热力学第一定律和热力学第二定律。

1.3 空调常用术语及单位

在上一节中，我们了解到物质组成及三态，热能的本质、传递方式及热力学