

动力和热力设备 节能技术

高国权 编著



轻工业出版社

动力和热力设备节能技术

高国权 编著

•
轻工业出版社出版
化工印刷厂排版
轻工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

•
787×1092毫米 32开本 10.5印张 23.6千字 印1-3,500

1986年8月北京第1版 1986年9月北京第1次印刷

书号：15391·42 定价：2.00元

内 容 提 要

本书专门叙述动力和热力设备的节能技术，主要包括：动力设备运行工况的节能优选；柴油机装置余热利用；热管换热器在节能中的应用；乳化燃料节油技术；热力设备绝热保温节能措施；节能技术改造的经济技术分析等内容。此外，对能源和节能的基础知识；有效能分析法及其在节能中的应用等，也作了简要介绍。

本书可供动力装置和热力设备的设计和运行人员、节能工作人员，以及广大机电技术工人参考。

前 言

能源是发展工农业生产和改善人民生活不可缺少的物质基础。经济越发展，人民生活水平越高，对能源的需要量就越大。建国以来，我国能源生产有了很大增长，与建国初期相比，能源总产量增加约30倍，成绩是显著的。但是能源的开发速度还远跟不上工农业生产增长的需要。例如，到本世纪末，我国工农业总产值要翻两番，按现有能耗水平，能源也该翻两番。但由于能源建设投资大、周期长，所以据有关主管部门测算，到本世纪末我国的能源生产只能在现有基础上翻一番。这表明能源供需之间还有很大差距。为了缓和这个矛盾，我国制定了“开发能源和节约能源同时并重”的方针。到本世纪末，工农业总产值翻两番所需要的能源有一半要通过节能来解决。所以节能已成为国民经济发展中带有全局性的问题，是一个长期的战略方针，而不是权宜之计。因此，应广泛开展全社会的节能宣传教育，普及节能技术知识，提高对节能战略意义的认识，增强节能的紧迫感和责任感，把节能变成每个地区、每个部门、每个单位、每个公民的自觉行动。

近几年来，由于采取了一系列措施，我国的节能工作取得了显著成绩，在能源产量增长不多的情况下，通过节能，为国民经济的持续发展创造了条件。但我国目前的能源利用率还很低，节能潜力还很大。例如，1980年每万元工业产值，消耗能源最低的上海市只需2.42 t标准煤，而能耗最高

的省却需要17.76 t，全国平均能耗是8.15 t。若同国外比较，我国的能源利用率差距更大（见第一章第二节）。因此，只要全民重视和搞好节能工作，今后发展经济的能源，一半靠节约来解决，是完全可能的。节能途径很多，但归纳起来主要有三大方面：①开展以节能为中心的技术改造；②调整经济结构和产品结构（把费能型经济逐步变为省能型经济）；③加强能源使用的科学管理。

本书重点是叙述属于上述第一个方面内容的动力和热力设备的节能技术，主要包括：各类动力设备运行工况的节能优选；柴油机装置余热利用；乳化燃料节油技术；热力设备绝热保温的节能措施；热管换热器在节能中的应用；节能技术改造中的经济技术分析等。此外，对能源和节能的基础知识，有效能分析法及其在节能中的应用等内容也作了简要介绍。

由于本书主要是针对提高广大技术工人节能知识而编写的中级科技读物，所以在其内容的叙述上，力求通俗易懂，对一些基本观点和重要概念，均附有实用算例加以说明；使具有中等文化水平的工人读者，能借助本书内容，除增加节能基础知识外，还可应用和实施某些节能技术改造项目的设计。

1984年2月27日国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。法定计量单位是以国际单位制为基础，结合我国的实际情况增加了一些非国际单位制单位构成的。它具有科学、合理、实用、简明等优点，对于发展我国国民经济，文化教育事业，推动科学技术的进步和扩大国际交流等，将起重要作用。按照国务院计划，全国80年代末，要基本完成向法定计量单位过渡。为适应这一形势需要，本

书已将原采用的工程单位制改为法定单位制；一些原用工程单位制表示的图和表，均给出了两种单位制的换算关系；在本书附录中对法定单位制的构成及有关换算表，也作了简要介绍，以帮助广大读者迅速掌握和使用我国的法定计量单位。

本书在编写过程中，注意收集了国内一些成功的节能经验，并有选择地列入了本书内容。对提供这些资料和文献的作者，在此深表谢意。

限于作者水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请各位读者给予批评指正。

目 录

前言

第一章 能源及节能概论	1
第一节 能源概念及其分类.....	1
第二节 我国能源生产及其利用特点.....	10
第三节 节能概念及其分类.....	12
第四节 我国的节能潜力及其分析.....	15
第二章 节能中的工程热力学基础知识	20
第一节 工质的状态参数.....	20
第二节 热力学第一定律.....	31
第三节 基本热力过程.....	35
第四节 热力学第二定律及卡诺循环.....	41
第五节 水蒸气的热力性质及图表.....	44
第六节 能源和能量间的比例换算.....	50
第三章 有效能概念及其在节能中的应用	53
第一节 有效能概念及能量类别的划分.....	53
第二节 有效能的计算.....	55
第三节 过程的不可逆性和有效能损失.....	63
第四节 有效能分析法在节能中的应用.....	67
第四章 动力设备运行工况的节能优选	77
第一节 动力设备的运行特性.....	77
第二节 动力设备工况效益曲线的绘制.....	92
第三节 动力设备运行工况的划分与节能	

	优选·····	112
第四节	动力设备运行工况节能优选时应注意的 问题·····	122
第五章	柴油机装置的余热再利用·····	125
第一节	柴油机的热平衡·····	125
第二节	冷却水的余热再利用·····	131
第三节	排气的余热再利用·····	140
第六章	热管及板式热交换器在节能中的应用···	150
第一节	热管及其在节能中的应用·····	150
第二节	板式热交换器及其选型估算·····	174
第七章	燃料及油水乳化燃料等的节油技术·····	182
第一节	燃料·····	182
第二节	燃料燃烧计算·····	190
第三节	油水乳化燃料的节油技术·····	197
第四节	采用水质清洗剂的节油措施·····	210
第八章	热力设备绝热和传热中的节能措施·····	216
第一节	传热计算·····	216
第二节	加强散热设备的绝热保温·····	227
第三节	提高传热设备的传热能力·····	236
第九章	小型柴油机的惯性增压节能技术·····	246
第一节	柴油机的惯性增压原理·····	247
第二节	进、排气管最佳长度的估算·····	252
第三节	影响惯性增压效果的主要因素·····	254
第四节	小型柴油机惯性增压的应用和节能 效果·····	256
第十章	节能改造中的技术经济分析·····	259
第一节	技术经济分析的评价指标·····	259

第二节	经济效果的比较和评价方法·····	261
第三节	合理的节能投资标准·····	272
附表	·····	274
附表1	按压力排列的饱和水和饱和水蒸气表	274
附表2	按温度排列的饱和水和饱和水蒸气表	277
附表3	未饱和水和过热水蒸气表·····	279
附表4	20℃卡同焦耳的换算表·····	285
附表5	各种能量单位换算表·····	291
附表6	热管工质物理性质表·····	292
附表7	常用绝热保温材料的规格·····	300
附录:	法定计量单位的构成及有关换算表·····	304
主要参考文献	·····	323

第一章 能源及节能概论

第一节 能源概念及其分类

自然界有一些自然资源，它们能够提供某种形式的能量，这样一些自然资源，就叫做**能源**。

人们在各种生产活动中，广泛利用热能、机械能、电能、光能、核能等作功。具有这些能量的自然资源，都是能源。例如，作为能源的煤炭，把它加热到一定温度，就和空气中的氧化合而燃烧，放出大量的热能。我们可以直接利用这种热能取暖、加热，也可以用它来通过锅炉设备产生蒸汽，推动蒸汽机械，变成机械能；推动汽轮发电机组，变成电能、光能等等。

世界上能源的种类很多，但按它们的形成和来源可分为**一次能源**和**二次能源**。

自然界中现成存在的，不经过加工或转换的能源，叫作**一次能源**，它可区分为以下四类。

1. 太阳能能源

目前人类所需能量的绝大部分，都直接或间接地来源于太阳能。

太阳能以红外线和可见光线形式产生的光和热，给地球以温暖，哺育万物生长，这是直接为人们所利用的太阳能能源。各种植物通过光合作用，把太阳能转变为化学能，在植

物体内储存下来。例如，地球上的煤炭、石油、天然气等矿物燃料，就是由古代埋在地壳下面的动植物形成的。所以矿物燃料中的能量以及自然界中的风能、水能、海洋波力能、海洋动力能等，都可以看作是由太阳能间接转化出来的能源。

太阳能来自它的红外线，可见光线及称作射线的紫外线和宇宙线。因此，太阳能是无公害能源，而且它又取之不尽，用之不竭。为此，人们都普遍极力主张开发利用太阳能。

据估计，照射到地球上来的太阳辐射能量，如扣除反射回宇宙的能量，约相当于120万亿kW·h，是目前全世界能量消耗的2万倍，数量是非常巨大的。但是到达地球表面上的太阳能，只有千分之一、二被植物吸收，从而储存下来；其余绝大部分都转换成热，散发到宇宙空间去了。

当前利用太阳能主要有如下几种形式：太阳能热水器、太阳能炉、太阳能房、太阳热发电、太阳能电池和太阳能工程材料等。

太阳能热水器的结构很简单，在家庭的房顶上装一台太阳能玻璃集热器，冷水流经其中管道时，即被太阳能加热而变成50~60℃以上的热水，该热水可作为洗澡等生活杂用。太阳能热水器再进一步发展，可把白天得到的热水储存于室内保温罐内，夜间用泵使热水循环，供房间保温、取暖等应用。

太阳炉是用凸或凹透镜，把太阳能聚在它的焦点上，产生超高温的装置。太阳内部温度高达2000万℃，表面温度在7000℃以上，如用大面积的凸或凹透镜，把太阳能聚集在一点，在地球上可以得到3000~4000℃以上的高温。当把难熔

物质送至太阳炉的焦点时，会立即熔化成液体或气体。因而，太阳炉特别适用于高温技术应用。法国在比利牛斯山顶建造的大型太阳炉，是当今世界上最著名的太阳炉。

世界上正在掀起建造太阳能房的热潮，目前已建成的有10万幢，预计在1990年将增至1000万幢。这类太阳能房的取暖等大都来自太阳能，为此，它可减少采暖耗能的30~80%。

此外，美国已建成了世界最大的，功率1万kW的太阳热发电站，至今运转情况良好。苏联也正在设计30万kW的太阳热发电站等。

利用太阳能尚有许多新的设想，例如把一个方圆几公里的巨型同步人造卫星，发射到空间轨道上，吸收太阳能的光和热，而储存在卫星表面上的千千万万个太阳能单晶硅光电池中，然后利用微波把太阳能电池储存的电能，送到地球表面上，由地面接受站，把微波电力转换成的直流或交流电，输出供用户使用等等。

就当前技术水平而言，全面地利用太阳能，尚有一定困难。第一，太阳的能量虽然巨大，但投射到地面上，每天每平方米还平均不到5854J(1400卡)。用简便实用的方法，把这种分散而又微弱的太阳能，聚集到一处，是太阳能利用的首要难题。第二，纬度高，太阳能辐射密度低的地域，一般都是需要使用太阳能的地区；而赤道附近等太阳能辐射密度高的地域，一般又是不需要使用太阳能的地区。为此，如何有效地把太阳能从赤道附近地域转输到纬度高地域，是太阳能利用的第二大难题。第三，阳光照射只在白天，夜间即逝，日照强度也随气象、季节变化而有所差异。为实现太阳能的均衡利用，需研究经济实用的蓄能方法，这是太阳能

利用的第三大难题。

由国际太阳能学会组织召开的第五届世界太阳能大会，于1983年在西澳大利亚首府珀思召开。这是一次太阳能学术与工业产品交流的盛会。在下述几个方面已显示出太阳能的应用有了某些新的进展。

由于采用一些新技术、新工艺、新方法，提高了产品质量，降低了成本。许多厂家生产的单晶硅光电池平均价格，由上届（1981年）大会上每瓦10美元降到现在每瓦5美元。澳大利亚新南威尔士大学研究生产的单晶硅光电池效率已达18%。

用于供应生活热水及空调装置用的真空管集热器，经过长期运行证实，其性能约为普通平板集热器的1.3~2.0倍。荷兰、英国、日本三家公司展出了新型的热管式真空管集热器（热管换热原理见第六章）。这类集热器利用热管的特性，可把热流密度很低的太阳能，转化为供实际需要的高热流密度输出。新型热管式真空管集热器，虽成本还有待降低，但由于它具有上述独特优点，所以专家们估计今后5~10年内，这类真空管集热器将会有很大发展。

目前，许多国家都在大力提倡，鼓励开发利用太阳能。由于安装太阳能装置一次性投资较大，因此有的国家就在税收政策上对购买者给以优惠，以利推广使用。

我国在太阳能热利用（太阳能热水器、太阳灶、太阳能干燥器等）、被动式太阳能房、太阳能电池等方面已取得了很大进展。据有关资料估计，全国约有15万 m² 的太阳能热水器，3.5万台太阳灶，用于粮食、木材、橡胶等的太阳能干燥器已取得明显经济效益；太阳能电池在我国已有商品生产，从改进制备单晶硅太阳能电池的工艺技术到多晶硅、非

晶硅薄膜电池的研究以及硫化镉、砷化镓电池等探索性研究都在进行；被动式太阳能房是利用太阳能采暖的一种简单、经济、有实效的项目。我国已建立了45幢试验楼，情况良好。在华北地区被动式太阳能房大约可节省采暖煤的70~80%，而相应造价仅提高15~20%。

但我国的太阳能利用还应大力作好科研、示范与推广以及降低成本，提高经济效益等方面的工作。

2. 地热能源

地球是个大热库，随着从地面向下深度的增加，温度也不断增加。平均每深50m增温一度。若向地下钻井深1000m，就增温20度。在地球的任何地区，只要钻井深度达到3000~4000m，如通过管道把冷水输入井内，再引出来就会变成高温热水。另外，从地下喷出的温泉和火山爆发时喷出的岩浆，都是地热能的体现。按目前可以到达的10000m深度钻井技术估计，地热能的总储量，约相当于世界能源全年消耗量的四百多万倍。所以地热能是仅次于太阳能的第二大能源。

据有关资料介绍，现在世界上已有80多个国家证实有地热能源。六十多个国家已在开发利用。截至1983年6月止，全世界14个国家中已安装了地热发电机组137台，总容量为319万kW。其中美国、菲律宾、意大利、日本和墨西哥较多，分别为128、59、46、23、20万kW。目前世界上最大的地热电站是美国的盖瑟斯地热电站，共有17台机组，总容量113.6万kW。

据统计，1920至1978年，全世界地热发电装机容量年平均增长8.3%；1978年后平均增长15.5%；而1983年却比前一年增长24%。由此可见，地热发电的发展速度正在逐渐加

快。近年来，直接利用地热采暖、利用地热水洗澡等，已逐步引起重视。为此，大多数专家认为，今后地热能源的利用，将会有更大发展。

目前，地壳深部的奥秘尚未被完全揭示出来。大部分地区地下喷出来的蒸汽温度过低，蒸汽中含有硫化氢或氯化氢等腐蚀性气体，热水中含有硫酸等酸类，都会对涡轮机和金属输送管道产生腐蚀。这些是利用地热需要解决的问题。

我国地热资源丰富，全国除上海、黑龙江以外，其它各省市自治区均有分布。我国西藏羊八井利用地热发电，每年可提供电能613万度，并向拉萨每年输送电能438万度，为西藏用电开辟了一条新途径。

3. 原子核能源

它是原子核裂变和聚变反应时放出来的能量。铀原子核裂变释放的原子能，是原子弹或原子能发电的原动力。目前原子能发电站大都使用铀原子裂变时放出来的热量，把水变成蒸汽，再用蒸汽象火力发电一样，进行发电。

以每个原子核释放 2 亿eV（电子伏）的能量计算，若 1 kg铀全部分裂，约相当于 3000 t 煤全部燃烧所产生的热量。

在核反应堆装置中，被裂变的铀必须是可以自由控制的，使它一点一点地裂变，只有这样，才有可能用它的热量来发电。核反应堆配有蒸汽锅炉，用核裂变释放的热量，使锅炉产生蒸汽，推动汽轮发电机组发电，这就是原子能发电站。

在核反应堆中，如每天裂变 1 kg 铀235，它将产生相当于2500万kW·h电能的热量（每小时约相当于100万kW·h电能的热量）。如将此热量供入锅炉，取汽轮发电机组的总效率为20%，则它约相当于一座20万kW·h容量的火力发电站。

一座20万kW·h的火力发电站，每天要烧用约3000t煤，这3000t煤，如用火车运输，约需100节货车；而1kg铀，只有三个火柴盒那么大。

因而在原子能发电站中，核燃料消耗极少，同时既无烟，又不产生大量煤气，这些都是原子能发电站的优点。但应用这类能源时，要特别考虑其放射性对环境的污染问题，还要考虑妥善解决放射性核裂变产物大量积蓄后的废弃方法问题。

在地球上已经实现的核聚变反应，就是氢弹。氢弹的威力要比原子弹大千倍甚至几千倍。

核聚变使用的燃料不是普通的氢，而是重氢，又叫氘，此外还有超重氢，又叫氚。

太阳所产生的巨大能量，来源于什么呢？科学家们较普遍认为的认为，这是氢核聚变反应的结果。因为构成太阳的元素，约有一半是氢，剩余一半几乎都是氦。

目前世界上许多国家，都已建立了和平利用核聚变反应的研究中心。从五十年代起到1982年底，全世界已有24个国家和地区建成273座核电站，总装机容量达1.7亿kW左右，约占总发电量的8%。据有关方面预测，到2000年，全世界核电站的总装机容量将达6亿kW左右，约占总发电量的30%。我国政府已决定在沿海一带建设核电站和核热电站，以解决工业集中地区的供电和大型重点企业的供热问题。

据估计，海洋里可供核聚变的氘，所释放出来的能量，按目前世界能源消耗水平计算，可以供给使用1000亿年以上。原子核聚变放出能量之大是十分惊人的，只要人类掌握了核聚变技术，就将会从根本上解决能源问题。

4. 潮汐能源

潮汐能是因地球、月亮、太阳三者间相对位置周期性变化，从而产生引力，使海水涨落形成的。人们可利用海洋水面每天定时涨落的潮汐能，进行发电。

我国海洋面积辽阔，海岸线曲折而漫长，潮汐能资源相当丰富，据初步估算，全国可供开发利用的容量约为2000多万kW，相当年发电量580多亿度。如能将这些潮汐能开发，等于每年增加2000多万t标准煤。世界正在运行中的潮汐电站，我国占有70%左右，这些电站主要分布在浙、粤、鲁、苏沿海，其总装机容量约为7000kW，大多已并网正常供电。其中规模较大，且较为著名的有浙江江厦潮汐试验电站、山东乳山县白沙口潮汐电站和广东顺德县竹滩洪期发电站等。

由于潮汐降落时的潮水流速不高，所以对这类水轮机组技术应用，乃至经济效益等，都尚有若干问题。因此在潮汐发电方面走在前面的法国，它所建立的潮汐发电站也仅是试验性的。

潮汐能同上面三类能源相比，其数量是很少的。

由一次能源经过加工，转换后的能源产品，如蒸汽、焦炭、煤气、电力、热水，以及汽油、煤油、柴油、重油等石油制品，称作**二次能源**。在生产过程中排出的余能、余热，如高温烟气、可燃气、蒸汽、热水，有压流体等也属于二次能源。

随着科学技术的发展，在能源消耗结构中，直接使用一次能源的比重将不断降低，而使用二次能源的比重将日益增大。

太阳能和由其转化而来的水能、生物质能、海洋波力能、海洋动力能、风能等都可以循环再生，重复利用，这叫