

火电厂节能减排 手册

能效对标与监管部分

李 青 李晓辉 编著

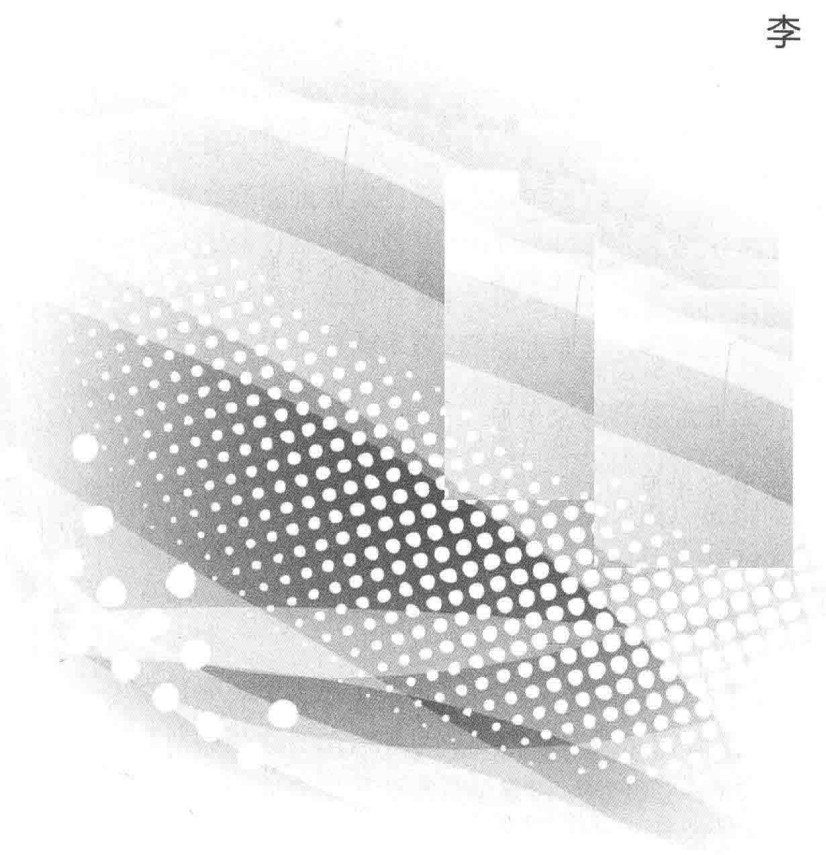


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电厂节能减排 手 册

能效对标与监管部分

李 青 李晓辉 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《火电厂节能减排手册》分册之一。本书从能源与能量基础知识入手,介绍了能源计量和统计工作要点,能源和计量网络图绘制方法,能源计量和统计工作程序及评价方法;能源审计和能效对标工作程序和方法,以及能效分析报告和能源审计报告编写方法,节能规划编制方法;节能监察与监测工作程序、执法文书编写方法和评价办法;淘汰落后产能制度、能耗限额制度、节能评估和审查制度等能效监管制度的前因后果,各种能效监管制度的实施程序。特别介绍了能效评价方法,节能评估报告编制方法;电厂能效指标的电力监管程序,热电联产机组的认证和评价方法;能源管理体系策划与实施程序;能源管理手册、主要程序文件的编制方法;能源管理体系评价与认证方法。

本书是火力发电厂能源管理与能源审计、能效对标等方面综合性较强的著作,可供火电厂运行人员、生产管理人员、生产统计人员、节能管理人员、能源管理师使用,也可作为政府节能管理和节能监察人员的工作指南用书。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂节能减排手册. 能效对标与监管部分/李青, 李晓辉编著. —北京: 中国电力出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-5123-8721-8

I. ①火… II. ①李…②李… III. ①火电厂-节能-技术手册
IV. ①TM621-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 001427 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 5 月第一版 2016 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 35.5 印张 872 千字
印数 0001—1500 册 定价 100.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

■ 前 言

能源是人类社会赖以生存和发展的基本条件之一，是保障国民经济可持续、稳定、协调发展和提高人民生活水平的重要物质基础。中国的能源、资源储量虽然丰富，但是由于目前我国企业管理、工艺及设备等较为落后，使得单位产品的能耗过高，国内生产总值约占世界的 8.6%，能源消耗却占世界的 19.3%。我国单位 GDP 能耗是世界平均水平的 2.5 倍，美国的 3.3 倍，日本的 7 倍，也高于巴西、墨西哥等发展中国家。2014 年能源利用效率为 38% 左右，与世界先进水平相比约低 8 个百分点，能耗水平过高和能源利用效率低下进一步加剧了能源的供需矛盾，从而严重制约着国民经济的发展。

我国火力发电厂消耗了全国 50% 以上的煤炭，虽然近几年供电煤耗率连续降低，但是目前仍高于世界先进水平 50g/kWh 左右。因此，国家加强了对火电厂的能效监管，并提出重点耗能企业进行能效对标的要求。正是在这种环境下，编写了《火电厂节能减排手册 能效对标与监管部分》。

国家对火电厂进行监管的主要手段是节能监察和节能监测、能效标识和能源管理师制度、节能评估和节能审查、能源审计和节能量考核，落实淘汰落后产能制度和能耗限额制度，落实节能目标考核制度等。因此本书主要讲述了节能监察的历史和程序，常用执法文书的编写和注意事项；节能监测的程序和方法，节能监测的内容和指标标准；节能评估和节能审查的历史和程序，节能评估报告和节能评估报告表的编制方法，节能评审报告的编制方法；落实淘汰落后产能制度的历史，淘汰落后产能内容和提升电动机能效的方法；能耗限额制度的历史以及能耗限额制度的实施方法；火电企业能效指标计算和监管方法。

本书详细地论述了火电厂能源审计的类型、能源审计管理程序、能源审计的思路、能源审计的内容。结合电厂实际讲述了能源审计报告和节能规划的编写方法。在能源审计篇章中还详细介绍了能源计量审计、能源统计审计等知识。但这与节能评价中的能源计量管理细则、能源统计管理实施细则并不重复，而是各有重点。本书介绍了节能改造经济效益分析的计算方法，使读者能够全面掌握节能减排的意义。讲述了能源审计中最常用的方法——能量平衡原理和方法，企业能源网络图的绘制方法和注意事项，企业能量平衡表的编制方法和注意事项。

能源计量和统计工作是企业加强能源管理、提高能源管理水平的重要基础，是企业贯彻执行国家节能法律、法规、政策、标准，合理用能，优化能源结构，提高能源利用效率，提高经济效益和市场竞争力的重要保证，是国家依法实施节能监督管理，评价、考核企业能源利用状况的重要依据。因此本书详细讲解了能源计量器具的配备、能源计量网络图等计量知识。详细讲解了能源统计报表的编制，特别是能源利用状况报告的编制和注意事项。

对标管理是一种相对较新的企业绩效管理方法，能效对标管理是企业对标管理的一个重要方面。国家发展和改革委员会（简称发改委）会同有关部门组织开展了千家企业节能行动，在重点耗能企业开展能效对标活动，以充分挖掘企业节能潜力，提高企业能源利用效率，增强企业竞争力。2009年6月发改委出版了《重点耗能行业能效对标指南》，但是由于电力行业的特殊性，该指南并没有讲述火电厂能效对标步骤与过程。为了加强对火电厂能效对标工作的指导，本书详细介绍了对标管理的类型、对标管理的指标体系的建立、对标管理的实施步骤、对标管理的误区与难点、火电厂对标管理实施方案、能效对标分析报告的编制等。

2012年国家颁布了GB/T 23331—2012《能源管理体系要求》，并极力鼓励每个电厂建立能源管理体系。但是对于新修订的《能源管理体系要求》很少有书介绍，笔者依据我国近几年推行的其他管理体系认证的实际情况，以及在能源管理体系建立、认证、评价等方面的实践经验，系统地介绍了能源管理体系的建立与实施、能源管理体系的认证与评价理论和实践知识，介绍了能源管理手册编制方法和注意事项等。

本书第一、二、三篇由李青编写，第四、五、六、七篇由李晓辉编写，最后由李青统稿。

在编写的过程中，得到了华能山东发电有限公司、华能山东石岛湾核电有限公司和威海市节能监察支队的协助，华能沾化热电有限公司何国亮高级工程师提出许多修改建议，在此谨致谢意。

由于编者水平所限，疏误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2015年12月

目 录

前言

第一篇 能源概论

第一章 能量与能源	2
第一节 能量	2
第二节 能源	6
第二章 问题与对策	11
第一节 能源问题与对策	11
第二节 环境问题与对策	17

第二篇 能源统计计量

第三章 能源计量	28
第一节 能源计量概论	28
第二节 能源计量器具的分类	30
第三节 能源计量单位	31
第四节 能源计量器具的配备	37
第五节 能源计量的管理制度	47
第四章 能源统计	60
第一节 能源统计概论	60
第二节 能源统计的工作过程	62
第三节 能源统计原始资料和报表	66
第四节 能源利用状况报告制度	70

第三篇 对标管理

第五章 对标管理概述	92
第一节 对标管理的类型	92
第二节 对标管理工作的主要内容	96

第六章 对标活动的实施 101

第一节 对标管理的指标体系 101

第二节 对标管理的实施步骤 107

第三节 对标管理的误区与难点 114

第四节 火电厂对标管理实施方案 120

第七章 能效对标 127

第一节 能效对标方法 127

第二节 能效指标修正方法 136

第三节 能效对标管理措施 139

第四节 能效对标分析报告 146

—— 第四篇 节能监察与监测 ——

第八章 节能监察 156

第一节 节能监察概论 156

第二节 节能监察程序 162

第三节 节能监察常用执法文书 165

第四节 节能行政执法 169

第九章 节能监测 172

第一节 节能监测概论 172

第二节 节能监测程序 175

—— 第五篇 能效监管 ——

第十章 淘汰落后制度 186

第一节 淘汰落后制度概论 186

第二节 淘汰落后的设备和产能 191

第三节 电动机的能效与提升 196

第十一章 能耗限额制度 211

第一节 能耗限额制度概论 211

第二节 能耗限额制度的实施 217

第十二章 热电联产能效指标监管 227

第一节 热电联产机组能效指标的计算 227

第二节 热电联产机组的认证 233

第三节 供热系统的管理评价 242

第十三章 节能评估和审查 250

第一节 节能评估和审查制度概论 250

第二节 节能评估的流程 254

第三节 节能评估报告的编制 257

第四节	节能审查和能评	270
第五节	节能评估报告举例	278

—— 第六篇 能源审计 ——

第十四章	能源审计概论	286
第一节	能源审计的定义和作用	286
第二节	能源审计的形式和类型	291
第三节	能源审计的基本原则	296
第四节	能源审计管理程序	300
第五节	能源审计的思路	310
第十五章	能源管理过程审计	314
第一节	能源管理体系审计	314
第二节	能源计量和统计审计	321
第三节	淘汰落后设备情况	324
第十六章	能源物理过程审计	328
第一节	保温情况监测	328
第二节	设备热效率监测	330
第三节	企业能量平衡的测试与分析	335
第四节	企业能量平衡表的编制	346
第五节	企业能源网络图的绘制	348
第六节	企业综合能耗指标核定	354
第七节	企业节能潜力分析	358
第十七章	能源财务过程审计	360
第一节	工业增加值和产值能耗核定	360
第二节	成本核定	361
第三节	节能项目投资方案比较方法	365
第四节	经济环境效益分析	369
第十八章	企业能源审计报告	373
第一节	企业能源审计报告的编写	373
第二节	企业能源审计报告编写举例	377
第十九章	企业节能规划	404
第一节	企业节能规划的编制	404
第二节	节能措施的制定	408
第三节	企业节能规划编制举例	415

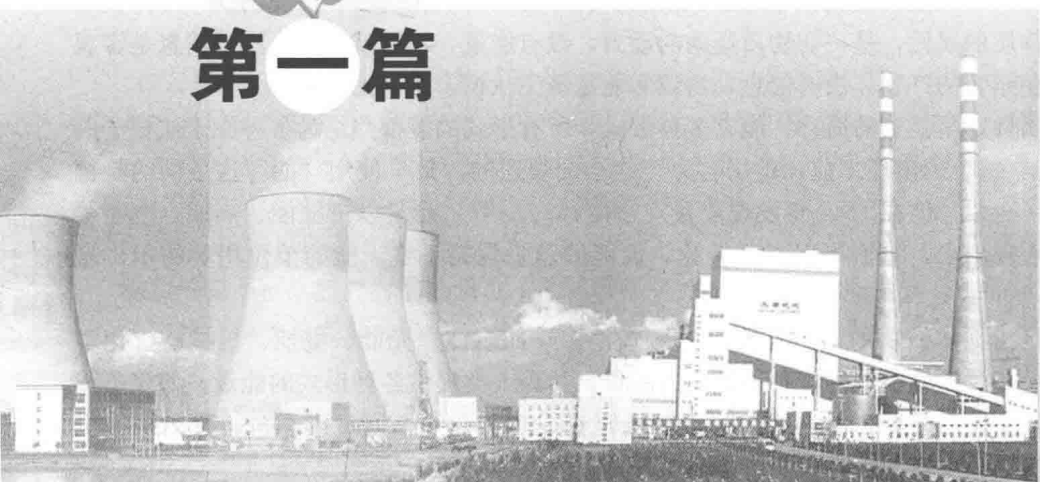
—— 第七篇 能源管理体系 ——

第二十章	能源管理体系概述	424
------	----------------	-----

第一节	能源管理体系简介	424
第二节	能源管理体系的术语与定义	429
第三节	能源管理体系策划与要求	435
第四节	能源管理手册	454
第二十一章	能源管理体系的建立与实施	478
第一节	能源评审	478
第二节	能源管理基准、目标和指标的建立	490
第三节	文件及其控制	499
第四节	合规性评价	510
第五节	能源管理体系内部审核	525
第六节	不符合、纠正和预防措施	534
第七节	能源管理体系评审	537
第二十二章	能源管理体系的认证与评价	546
第一节	能源管理体系评价	546
第二节	能源管理体系认证	549
参考文献		557



第一篇



能源概论



第一章 能量与能源

第一节 能量

一、质能关系

构成客观世界的三大基础是物质、能量和信息。世界是由物质构成的，没有物质，世界便虚无缥缈；能量是物质的属性，是一切物质运动的动力，没有能量，物质就静止呆滞；信息是客观事物和主观认识相结合的产物，没有信息，物质和能量既无认识，也毫无用处。

能是物质的属性，是能量的简称，能有多种形式，所有形式的能都归结为各种原子或核子的势能或动能。“能”这个词出现之前，是用“力”这个词表述的。最早使用“能”这个词的是德国科学家罗伯特·迈尔，他在 1842 年发现能量守恒定律时阐明，能量以机械能、热能、电能等各种不同的形式表现出来，它们可以相互转化，而能的总量保持不变。能的单位用功的单位来表示。

所谓能量，是指物体做功的能力。能量的形式很多，如热能、光能、电能、机械能、化学能、重力位能等。能源物质中储存着各种形式的能量，并为人类提供各种形式的能量。如煤蕴藏着大量的化学能，通过燃烧释放出热能，即化学能转变成热能；如果通过内燃机、发电机等机械，又可以将热能进一步转变为机械能或电能，并在转化过程中做了功。

1922 年，爱因斯坦揭示了能量与物质质量之间的关系，即质能关系式

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

式中 ΔE ——物质释放的能量，J；
 Δm ——质量亏损量（转变为能量的物质的质量），kg；
 c ——光速， $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

上述公式表示的是一个很小的质量消失后，都能够产生巨大的能量。例如，一座 600MW 的燃煤发电厂，不停地工作，每小时耗标准煤 180t，每年约 158 万 t 标准煤；而一座 600MW 的核电站，也不停地工作，每年仅耗 1t 燃料铀。二者消耗的燃料量相差很大的主要原因是前者是化学反应，燃料并没有全部转化为能量；后者是核反应；同时核反应铀纯度很低，而且在消耗铀的过程中一部分能量转换为另一种形式的能量，因此实际消耗的燃料铀以吨计量。

二、能量的形式

到目前为止，人类所认识的能量储存的形式：机械能、热能、电能、辐射能（光能）、化学能、核能（原子能）共 6 种，能量储存形式存在于不同的能源中，见表 1-1。

表 1-1 能量储存形式和天然能源

能量形式		与之有关的能源
机械能	重力势能	水力、潮汐能
	弹性势能	弹簧
	动能	风力、波浪

续表

能量形式	与之有关的能源
化学能	煤、石油、天然气、柴薪（生物质能）、燃料电池
原子核能	铀、钍等核裂变燃料、氘、氚等核聚变燃料
热能	地热、高温岩体
辐射能	太阳能、激光
电能	直流电、交流电、雷电

三、能量的性质

能量的性质主要有：状态性、可加性、贬值性、传递性、转换性和做功性。

1. 状态性

自然界中存在着各种形式的物质运动，如机械运动、分子热运动、电磁运动等，每一种运动状态都有一种能与它对应，因此具有各种形式的能。能量取决于物质所处的状态，物质的状态不同，所具有的能量也不同。与机械运动对应的是机械能，与分子热运动对应的是内能。此外，与其他运动形式对应的还有电能、光能、化学能和核能等。

2. 可加性

物质的量不同，所具有的能量也不同，但是可相加。不同物质所具有的能量也可以相加，即一个体系所获得的总能量为输入该体系多种能量之和。

3. 贬值性

根据热力学第二定律，能量不仅有“量的多少”，还有“质的高低”。能量在传递和转换等过程中，由于多种不可逆因素的存在，总伴随着能量的损失，表现为能量质量和品位的降低，即做功能力的下降，可能形成废能（余热），这就是能量的贬值。

4. 做功性

利用能量来做功是利用能量的基本手段和主要目的，各种能都能够做功，而且表现为能量的转换。例如，蒸汽和燃烧气体的内能可以通过蒸汽机、内燃机等热力发动机来做功。做功的过程实际上是能的转化过程。当巨大的列车缓缓启动的时候，内能就逐渐地转化为机械能；转动的车轮由于摩擦生热，一部分机械能又转化为内能。

例如，朗肯循环系统见图 1-1。由锅炉、汽轮机、凝汽器和给水泵四部分主要装置设备组成。水在给水泵 P 中被压缩升压，再打入锅炉省煤器内，然后进入锅炉炉膛 B 中被加热汽化，再流经过热器 S 被加热变为过热水蒸气后，进入汽轮机 T 膨胀做功，做完功的低压蒸汽（乏汽）进入凝汽器 C 内被冷却凝结成水，再回到给水泵中，完成一个循环。工质在循环中进行吸热、膨胀、放热、压缩等过程使热能不断地转变为机械能，这种循环称为朗肯

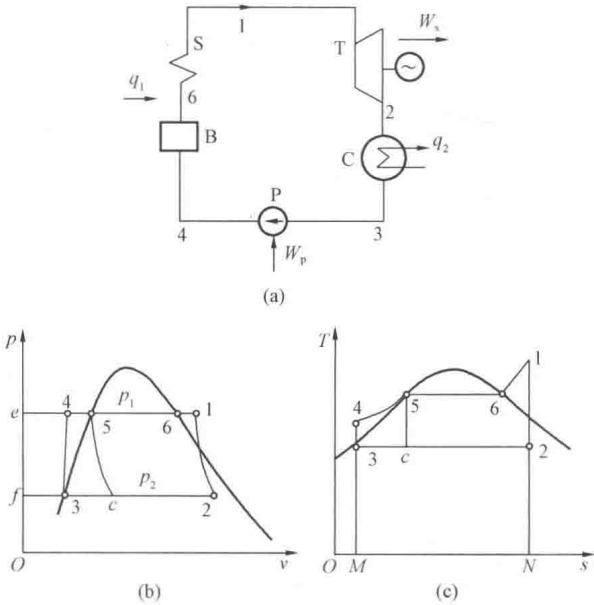


图 1-1 朗肯循环
(a) 朗肯循环设备连接系统；(b) $p-v$ 图；(c) $T-s$ 图

循环。

过程 1→2 为过热蒸汽在汽轮机内的绝热膨胀做功过程，所做功 $W_s = h_1 - h_2$ ；

过程 2→3 为乏汽向凝汽器（冷源）定压（ p_2 ）等温放热的完全凝结过程，其放热量为汽化潜热 $r_f = h_2 - h_3$ ；

过程 3→4 为凝结水通过给水泵的绝热压缩过程，所消耗的功 $W_p = h_4 - h_3$ ；

过程 4→5 为高压水在省煤器内和水冷壁的中下部定压（ p_1 ）预热的吸热过程，其吸热量 $q_1 = h_5 - h_4$ ；

过程 5→6 为高压水在水冷壁的上部等温汽化的吸热过程，所吸收的热量为汽化潜热 $r_x = h_6 - h_5$ ；

过程 6→1 为高压干蒸汽在过热器中经定压过热而成为过热蒸汽的吸热过程，所吸收的热量 $q_2 = h_1 - h_6$ 。

这 6 个过程周而复始，不断循环，从而构成朗肯循环。

不难看出，1kg 工质按照朗肯循环工作，每循环一次向外输出的净功 W 应为汽轮机输出功 W_s 与给水泵耗功 W_p 之差，或为从热源的吸热量 q_x 与向冷源的放热量 q_f 之差：

$$W = W_s - W_p = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)$$

或

$$W = q_x - q_f = (q_1 + r_x + q_2) - r_f = (h_1 - h_4) - (h_2 - h_3)$$

可见两种计算方法结果是一样的， W 从数量上即为图 1-1 (c) 上循环包围的面积的大小，朗肯循环热效率 η 为

$$\eta = \frac{W}{q_x} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4 + h_3 - h_3} = \frac{(h_1 - h_2) - W_p}{h_1 - h_3 - W_p}$$

$$\approx \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$$

式中 W ——循环中获得的有用功，kJ/kg；

q_x ——1kg 蒸汽在锅炉中吸收的热量，kJ/kg；

W_p ——给水泵耗功，kJ/kg，远小于工质所做功 W_s ，约为 W_s 的 0.8%~1.5%，可忽略不计；

q_f ——1kg 蒸汽在凝汽器内放出的热量，kJ/kg；

h_1 ——压力为 p_1 、温度为 t_1 下过热蒸汽的比焓，kJ/kg；

h_2 ——压力为 p_2 下汽轮机乏汽的比焓，kJ/kg；

h_3 ——压力为 p_2 下的饱和水的比焓，kJ/kg；

h_4 ——在给水泵压缩作用下使饱和水的比焓升高值，kJ/kg。

循环热效率说明了循环中热转变为功的程度， η 越高，说明工质从热源吸收的热量中转变为功的部分就越多；反之，转变为功的部分越少。提高朗肯循环热效率的有效途径有：

(1) 提高过热器出口蒸汽压力与温度。在一定的蒸汽初压力和排汽压力下，蒸汽在汽轮机所做的功，随过热蒸汽初温度的增加而增加。统计资料表明：初温度由 315℃ 提高到 510℃，效率可以提高 10%~14%。初压力由 1.5MPa 提高到 9MPa，效率可以提高 10%。

(2) 降低排汽压力（亦即工质膨胀终止时的压力）。排汽压力愈低热效率愈高，经计算表明：在蒸汽参数为 9.0MPa、490℃ 时，排汽温度降低 10℃，热效率增加 3.5%；排汽压力由 0.006MPa 降到 0.004MPa，热效率增加 2.2%。

(3) 改进热力循环方式，如采用中间再热循环、给水回热循环和供热循环等。

再热循环的热效率与再热压力有关。目前采用的再热中间压力为初压的 20%~30%，此时一次中间再热能提高循环效率 3%~5%；而采用二次中间再热则能在一次中间再热基础上再提高效率 0.15%。

例 1-1：蒸汽按图 1-1 的朗肯循环，蒸汽的初压 $p_1=3\text{MPa}$ ，初始温度 $t_1=490^\circ\text{C}$ ，终压 $p_2=3\text{kPa}$ 。试求：水泵和汽轮机所做的功和循环效率 η 。

解：(1) 根据 $p_1=3\text{MPa}$ ， $t_1=490^\circ\text{C}$ ，查水蒸气表得：过热蒸汽焓 $h_1=3434.1\text{kJ/kg}$ ，熵 $s_1=7.2054\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{s})$ 。

根据 $p_2=3\text{kPa}$ ，查水蒸气表 $t_s=24.1^\circ\text{C}$ ，饱和水焓 $h'=101.07\text{kJ/kg}$ ，饱和水蒸气 $h''=2544.68\text{kJ/kg}$ ， $s'=0.3546\text{kJ}/(\text{kgK})$ ， $s''=8.5758\text{kJ}/(\text{kgK})$ ， $v'=0.0010028\text{m}^3/\text{kg}$ 。

由于图 1-1 的 1→2 过程为等熵过程，有 $s_1=s_2$ ，又有 $s_2=(1-x_2)\cdot s'+x_2\cdot s''$ 可以得出干度

$$x_2 = \frac{s_2 - s'}{s'' - s'} = \frac{7.2054 - 0.3546}{8.5758 - 0.3546} = 0.833$$

由于 $h_2 = (1-x_2)\cdot h' + x_2\cdot h''$ 得出

$$h_2 = (1-0.833)\times 101.07 + 0.833\times 2544.68 = 2136.6 \text{ (kJ/kg)}$$

汽轮机做功

$$W = h_1 - h_2 = 3434.1 - 2136.6 = 1297.5 \text{ (kJ/kg)}$$

由于升压时水的比体积基本无变化，故水泵做功

$$W_p = \int v dp \approx v(p_1 - p_2) = 0.0010028 \times (3 \times 10^3 - 3) = 3.01 \text{ (kJ/kg)}$$

$$(2) \quad h_4 = h_3 + W_p = 101.07 + 3.01 = 104.1 \text{ (kJ/kg)}$$

$$q_1 = h_1 - h_4 = 3434.1 - 104.1 = 3330.0 \text{ (kJ/kg)}$$

$$W_{\text{net}} = W - W_p = 1297.5 - 3.01 = 1294.5 \text{ (kJ/kg)}$$

循环效率

$$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{q_1} = \frac{1294.5}{3330} = 0.3887$$

5. 转移性

宇宙间一切运动着的物体都有能量的存在和转化，人类一切活动都与能量及其使用紧密相关。所谓能量，也就是“产生某种效果（变化）的能力”。反过来说，产生某种效果（变化）必然要伴随能量的消耗和转换。运动是物质存在的方式，是物质固有的根本属性。没有运动的物质正如没有物质的运动一样，是不可思议的。能量则是物质运动的度量。物质存在着各种不同的运动状态，因此能量也就具有不同的形式。众所周知，各种运动形态是可以相互转化的，所以各种形式的能量之间也能够相互转换。支配能量的基本自然定律有热力学第一定律即能量守恒定律，以及热力学第二定律。

能量的转移包括传递与转换两种形式。能量转移的结果主要体现在两方面，即能量使用过程中所起的作用以及能量传递的最终去向。能量转移的最终去向通常只有两条：或转移到产品，或散失于环境，包括直接损失和用于过程后再进入环境这两种情况。

(1) 转换性（转化性）。各种形式的能在一定条件下可以发生转化。能的转换是伴随着物体

做功而表现出来的，由一种形态变为另一形态，能的形式发生了改变。通过能量转换而实现的能量传递，即做功。

各种形式的能都可以互相转换。电流通过电动机使它转动，电能就转化为机械能；在水力发电站中，水流冲动水轮机带动发电机发电，水流的机械能又转化为电能。光照射在物体表面，使物体的温度升高，光能就转化为内能；光照射在光电池板上，能够产生电流，光能就转化为电能。反过来，电流通过灯丝使它发热、发光，电能又转化为内能和光能。

科学工作者经过长期的探索，发现自然界的各种现象不是孤立的，而是互相联系的。用能量的观点可以反映这种联系。大量事实证明，任何一种形式的能在转换为其他形式的能的过程中，能的总量是保持不变的。自然界中的一切物质都具有能量。能量既不能被创造，也不能被消灭，而只能从一种形式转换为另一种形式，在转换中，能的总量保持不变。这就是能量守恒定律，是自然界最普遍、最重要的基本定律之一。大到天体，小到原子核，也无论是物理学的问题还是化学、生物学、地理学、天文学的问题，所有能量转化的过程，都服从能量守恒定律。能量守恒定律是人类认识自然、利用自然、保护自然的有力武器。

(2) 传递性。传递是某种形态的能量从一地转移到另一地，从一物体转移到另一物体上，能的形式并没有变化。能量传递是有条件的，即在有能量密度差的条件下，能量总是从能量密度大的物质或能量集中的地方，向能量密度小的物质或地方传递；总是从集中到分散并逐步达到平衡。传热——由温差引起的能量交换，这是能量转移的微观形式。通过能量转移而实现的能量传递，即传热，传热的三种基本方式是热传导、热对流和热辐射。

第二节 能 源

一、能源的定义

能源与能量是不同的概念。什么是能源？顾名思义，是能量的来源或源泉。是可以从自然界直接取得的具有能量的物质，如煤炭、石油、核燃料、水、风、生物体等；或从这些物质中再加工制造出的新物质，如焦炭、煤气、液化气、煤油、汽油、柴油、电、沼气等。因此可以说，能源是能够提供某种形式能量的物质，即能够产生机械能、热能、光能、电磁能、化学能等各种能量的资源。根据世界能源会议的规定，“能源是使一系统能够产生对外部活动的的能力”。通俗地说，能源即是能量的来源或源泉。确切地说，在自然界中可以被人类用来获取上述各种形式能量的自然资源就是能量资源，简称能源。

尽管人类利用能源已经有漫长的历史，能源技术的发展也取得了长足的进步，但目前人类的能源消费结构远远没有达到可持续发展的要求，且不说世界上有 1/3 的人口根本没有电力供应，1/3 人口电力供应非常不稳定，就是在能源供应非常充足的地区，能源消费结构也非常不合理，远远没有达到人类理想的能源消费结构。

能源具有两个重要的特征：一是能源是自然界存在的资源的一种，是可以被人类开发利用的自然资源；二是能源可以提高人类生产生活所必需的各种能量，其表现形式多种多样，包括热能、光能、化学能和核能等。

能源与能量的区别如下：能源的总量是不断变化的，它随着人类的开发利用而逐渐减少；能量的总量是不会改变的，它在人类的开发利用过程中转换为其他的不可利用的能继续存在。能量是可以计算的，如机械能可以用动能、势能表示，可以通过物理公式计算出来；能源的储量只能估算，能源的消费量可以精确统计。能源与能量的联系如下：能源是能量的来源，能源通过能量表现出来。

二、能源的评价

能源多种多样,各有优缺点,为了正确选择和使用能源,必须对各种能源进行正确的评价,通常包括以储量的多少、储能的可能性、供能的连续性、能量的密度、能源的地理分布、开发费用和利用能源的设备费用、运输费用与损耗、能源的可再生性、能源的品位、对环境的影响等10个方面。

1. 储量的多少

储量多少是能源评价中的一个非常重要的指标。作为能源的一个必要条件是储量要足够丰富。在考察储量的同时还要对能源的地理分布做出评价。例如,我国煤炭资源多在西北,在东部很少;水能资源多在西南,在北部很少;我国主要工业区却在东部沿海,能够直接获得的能源相对较少,因此能源的地理分布对使用很不利。评价储量有多种指标:

(1) 能源储量。能源储量是指在目前技术和经济条件下能够取得的能源资源量。对能源储量有不同的理解:一种观点认为是能源资源量,对化石燃料而言,是指地质资源量(地质储量);对新能源而言是指资源总量。另一种理解是指探明储量或可采储量。

(2) 地质储量。地质储量是指按照能源的地质储藏、形成与分布规律推算出的储量,地质储量是根据地质勘探报告统计而计算出的储量。在现阶段条件下,能源储量明显大于地质储量。地质储量也叫能源总储量。如石油、天然气地质储量是指在地层原始条件下,具有产油(气)能力的储层中原油和天然气的总量。

(3) 探明储量。探明储量又称实测储量,它是指经过地质勘探的能源资源储量,一般指已做过不同程度的勘探工作,已探明地层范围及蕴藏确切数量,并已提出地质勘探阶段报告而计算的储量。它是能源资源储量统计中的一个最基本的指标,是制订中、长期能源计划与国民经济计划的基础。

(4) 可采储量。可采储量又称经济可采储量,是指在最近或将来不仅技术上可行,而且经济上也合理的储量。能源的探明储量是蕴藏在大自然中的财富,由于地质构造的复杂程度不同,资源埋藏深度不等,分布不均以及技术和经济水平的限制,其资源不可能全部开采。可采储量反映的是可取得的能源资源量,是编制开发方案,确定开发建设投资决策的重要依据。

(5) 剩余可采储量。剩余可采储量是指经开采后到报告期末止,地下尚剩余的储量。它是可采储量与累计采出量之差,计算公式为

$$\text{剩余可采储量} = \text{可采储量} - \text{累计采出量}$$

(6) 储采比。储采比是指剩余可采储量与能源年产量的比值。其计算公式为

$$\text{储采比} = \frac{\text{年末剩余可采储量}(t)}{\text{实际(或计划)年产量}(t)}$$

储采比表明尚存的储量,如按当前实际或计划开采水平继续开采,尚可开采多少年。它是反映国家或地区能源后备资源是否充足的一个重要指标。

(7) 资源开发程度。资源开发程度是指一个国家(或地区)或一个矿区的矿藏总储量中,已采出量所占的比重,计算时可采用已采出量与可采储量进行对比,计算公式为

$$\text{资源开发程度} = \frac{\text{已采出量}(t)}{\text{可采储量}(t)} \times 100\%$$

资源开发程度可分别按能源种类计算,如石油(气)的“采出程度”指标,煤矿的“煤炭开发程度”指标,“水利资源开发程度”指标等。

2. 储能的可能性

储能的可能性是指能源不用时是否可以储存起来,需要时是否又能立即供应。在这方面,化

石燃料容易做到，而太阳能、风能、电能则比较困难。

由于在大多数情况下，用能是不均衡的，比如白天用电多、深夜用电少，冬天需要热、夏天却需要冷，因此在能量利用中，储能是很重要的一环。

按照储能功率的大小，又可以分为动力储能和规模储能，动力储能主要是指用于充当电力源的小功率储能形式，而规模储能则主要指服务于发电站等的较大功率储能形式。

3. 供能的连续性

供能的连续性是指能否按需要和所需的速度连续不断地供给能量。显然太阳能和风能就很难做到供能的连续性，故常要储能装置来保证供能的连续性。

4. 能量的密度

能量密度是指在一定空间或面积内，从某种能源中所能得到的能量。显然，如果能量密度很小，就很难用作主要能源。太阳能和风能的能流密度就很小，各种常规能源的能量密度都比较大，核燃料的能量密度最大。不同能源的能量密度见表 1-2。

表 1-2 不同能源的能量密度

能源类别	能量密度 (kW/m ²)	能源类别	能量密度 (kJ/kg)
风能 (风速 3m/s)	0.02	天然铀	5.0×10 ⁸
水能 (流速 3m/s)	20	铀-235	7.0×10 ¹⁰
波浪能 (波高 2m)	30	氘	3.5×10 ¹¹
潮汐能 (潮差 2m)	100	氢	1.2×10 ⁵
太阳能 (晴天平均)	1	甲烷	5.0×10 ⁴
太阳能 (昼夜平均)	0.16	汽油	4.4×10 ⁴

5. 能源的地理分布

能源的地理分布和使用关系密切。若分布不合理，则开发、运输、基本建设等费用都会大幅度增加。例如，我国煤炭资源多在西北，水能资源多在西南，而用电量大的工业区却在沿海，带来“北煤南运”“西电东送”、“南水北调”等诸多问题。

6. 开发费用和利用能源的设备费用

各种能源的开发费用以及利用该种能源的设备费用相差悬殊。太阳能、风能不需要任何成本即可得到。各种化石燃料从勘探、开采到加工都需要大量投资。但利用能源的设备费用则正好相反，太阳能、风能、海洋能的利用设备费按每千瓦计费远高于利用化石燃料的设备费。核电站的核燃料费远低于燃油电站，但其设备费却高很多。

在对能源进行评价时，开发费用和利用能源的设备费用是必须考虑的重要因素，并需进行经济分析和评估。同时还应考虑开发能源对环境的影响，由表 1-3 可以看出，不同的能源开发对环境污染的治理，成本相差很大。

表 1-3 中国各种能源总成本构成表 元/t 标准煤

能源品种		建设成本	运行成本	生产环境控制成本	环境保护成本	总成本
煤炭	大型矿	420	90	126	10 024	1640
	小型矿	180	35	54	1002	1271
原油		3830	254	—	550	4634
天然气		2486	88	0	200	2774