

SHIYOU SHIHUA QIYE

JIENENG JIESHUI GUANLI

石油工业出版社

石油石化企业 节能节水管理

孙德刚 吴照云 等编著



内 容 提 要

本书比较系统地阐述了石油石化企业节能节水管理的基本概念、方法和要求,主要内容包
括节能节水基本知识,节能节水统计、测试和标准化,工程项目节能节水管理与经济评价,以及
节能节水技术简介等,通俗易懂,知识性、实用性都很强。

本书适合于从事石油石化系统节能节水管理及相关专业人员阅读,可作为节能节水管理
培训教材,也可供石油院校有关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

石油石化企业节能节水管理/孙德刚等编著

北京:石油工业出版社,2003.6

ISBN 7-5021-4281-9

I. 石…

II. 孙…

III. ①石油化工-工业企业-节能

②石油化工-工业企业-节约用水

IV. TEO

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042367 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油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 16 开本 16 印张 406 千字 印 2001—3500

2003 年 6 月北京第 1 版 2005 年 8 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5021-4281-9/TE·3006

定价: 60.00 元

《石油石化企业节能节水管理》

编 委 会

主 任：王海森

副主任：杨 果 王光军

委 员：(按姓氏笔画)

王学文 王建玺 祁鲁梁 孙德刚 吕正林

宋 军 陈国成 吴照云 余绩庆 余德广

黄 飞 靳 辛

主 编：孙德刚 吴照云

主 审：俞伯炎

序

党的十六大提出了到 2020 年我国要全面建设为小康社会的奋斗目标,其中的经济发展目标就是在新世纪的前 20 年内,我国的国内生产总值(GDP)要翻两番,这相当于在这 20 年里国民经济总量要保持在年均 7% 以上的速度增长。而国民经济的持续高速增长,就需有更多的能源资源、水资源的支撑。

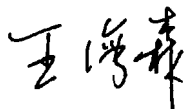
从能源资源情况来看,我国人均能源资源占有量不到世界平均水平的一半,1993 年我国成为石油净进口国,到 2002 年进口原油近 $7000 \times 10^4 \text{t}$,对国际原油市场的依存度达到 30%,到 2020 年这个比例将会提高到 50%。众多专家认为,面对能源资源拥有量少和从国家经济安全角度考虑,解决能源瓶颈问题的突破口就是继续在全社会形成大力节能、合理用能、提高能源利用效率的风尚,并在这个基础上,用能源供应翻一番来确保 GDP 翻两番目标的实现。从水资源情况来看,我国目前虽然总体上水资源拥有量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,但人均只有 2200m^3 ,仅为世界平均水平的 1/4。预计到 2030 年我国人口达到 16 亿峰值时,人均水资源量还将下降到 1750m^3 ,接近国际公认警戒线 1700m^3 。

就我国能源、水资源利用情况而言,我国能源利用效率比世界先进水平低 10% 左右,主要用能产品单位能耗比发达国家高 40%,而且我国在能源生产和消费过程中引起的生态失衡和环境污染尚未得到有效控制,目前年排放二氧化硫近 $2000 \times 10^4 \text{t}$,酸雨面积已占国土面积的 30%,二氧化碳排放量约占全球的 10%~13%;工业用新鲜水取水量虽约占全国总取水量的 20%,但取水增长快,重复利用率不到 60%,低于发达国家 20% 左右,且工业废水排放量大,水体中有害物质绝大多数来自工业废水,造成水环境状况日趋恶化,有 70% 的城市河段和很多大城市的浅层地下水受到不同程度的污染。

石油石化企业是国家能源生产重点企业,也是高耗能、高用水企业。以中国石油天然气集团公司(下称石油集团)为例,2002 年石油集团能源消耗量约 $5000 \times 10^4 \text{t}$ (标煤),这相当于石油集团一次能源产量的 25%。同时应该看到的是,石油石化企业还存在着经营粗放、“跑冒滴漏”、管理效率和生产率不高等问题,在能源和水的管理工作上,高耗、低效、浪费等现象在相当一些企业中存在。这些不合理的用能用水还在增加着企业成本,影响着企业市场竞争力的增强。

因此,加强节能节水是解决国家资源问题、环境问题,促进经济和社会可持续发展的战略措施,也是企业降低成本,提高经济效益的重要举措。石油石化企业一方面要为国家提供更多的优质能源,以适应国民经济快速发展对能源供应的需要;另一个很重要的方面就是要坚持走资源消耗低、环境污染少的新型工业化道路,努力做到自身经济增长多翻番,耗能用水不翻番、少翻番。

《石油石化企业节能节水管理》一书,遵照国家节能节水的方针、政策和法律、法规,比较全面系统地阐述了石油石化企业节能节水管理的概念、方法和要求,并特别注重将目前通用的节能节水管理方法、节能节水技术和工程项目经济评价方法与石油石化生产经营实际紧密结合,增强了书中阐述的节能节水管理方法的针对性和实用性。相信这本书的出版发行,将对石油石化企业提高节能节水工作水平,增加节能节水效益,促进企业可持续发展,起到积极的推动作用。



2003 年 5 月

前 言

石油石化企业既是能源生产大户,也是用能用水大户。随着国家法规对节能节水 and 环境保护要求的不断提高,全社会的节能节水意识、资源意识、环境意识不断增强。同时,经济全球化使企业面临的竞争日益加剧,进一步做好节能节水工作,是国家的要求、社会的责任,也是石油石化企业实现节约、降耗、增效,提高企业竞争能力,树立企业良好形象的重要措施。

加强节能节水的科学管理是搞好节能节水工作的基础。石油石化企业在节能节水工作中认真贯彻国家“能源节约与开发并举、把能源节约放在首位”的方针,坚持“节流优先和污水处理再利用”等原则,遵守国家节能节水的法律、法规,运用现代管理方法,管理水平不断提高,在实施低成本、可持续发展战略中发挥了积极的作用。

为了进一步推进石油石化企业的节能节水工作,提高管理水平,组织编写了这本《石油石化企业节能节水管理》。全书分为7章,在比较系统地阐述节能节水管理的基本概念、要求和方法的同时,总结融入了石油石化企业节能节水管理中的经验和做法。本书第一章第一、二节由庞丽萍编写,第三、四、五节由吴照云编写;第二章由王建玺编写;第三章第一节由来现林编写,第二节由来现林、王广河编写,第三节由赵立新编写;第四章由吴照云编写;第五章由孙德刚编写;第六章第一、二、三、六节由陈国成编写,第四、五节由庞丽萍编写;第七章由张海燕编写。全书由孙德刚、吴照云统稿。本书请余德广教授级高级工程师、祁鲁梁高级工程师和栾向阳高级经济师审阅了有关章节;全书经俞伯炎教授级高级工程师审阅。在本书的编写过程中,参考了许多文献资料,得到了有关方面的大力支持。在此谨向审稿的专家、文献的作者和关心支持本书编写的领导和同志们一并致以诚挚的谢意!

限于编者水平,书中错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年5月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 能源知识	(1)
一、术语和定义	(1)
二、能的分类与性质	(1)
三、能源的分类	(3)
四、能源的计量单位及其换算	(3)
第二节 节能	(7)
一、节能概念	(7)
二、能耗、节能量与节能率	(7)
三、能源效率	(8)
四、我国的节能成效与经验	(9)
第三节 水资源知识	(11)
一、水资源概念	(11)
二、水资源的基本特征	(11)
三、全球水的储量与分布	(12)
四、我国的水资源状况	(13)
第四节 节水	(16)
一、节水常用术语	(16)
二、我国节水简况	(17)
三、节水与可持续发展	(19)
第五节 节能节水的法律、法规	(21)
一、概况	(21)
二、关于《中华人民共和国节约能源法》	(22)
三、关于《中华人民共和国水法》	(26)
四、《关于加强工业节水工作的意见》的要点	(27)
参考文献	(29)
第二章 节能节水统计	(30)
第一节 概述	(30)
一、节能节水统计任务	(30)
二、对节能节水统计工作的要求	(30)
三、用能用水统计的基本原则	(31)
第二节 节能统计指标	(31)
一、能源消耗统计	(32)
二、能源节约统计	(36)
三、单位能源消耗量统计	(37)

四、主要耗能设备情况统计·····	(39)
五、节能技术措施实施情况统计·····	(41)
第三节 节水统计指标·····	(43)
一、用水情况统计·····	(43)
二、单位用水量统计·····	(44)
三、用水效率统计·····	(45)
四、节水量和节水技术措施实施情况统计·····	(46)
第四节 节能节水统计工作的主要内容·····	(46)
一、用能用水原始记录与统计台账·····	(46)
二、节能节水统计调查·····	(47)
三、节能节水统计分析·····	(47)
四、节能节水统计数据的发布·····	(50)
参考文献·····	(50)
第三章 节能节水测试·····	(51)
第一节 测量仪表与误差分析·····	(51)
一、测量仪表·····	(51)
二、误差分析·····	(58)
第二节 能量平衡测试方法·····	(64)
一、能量平衡的概念·····	(64)
二、量平衡模型与方程·····	(65)
三、能量平衡测试的一般步骤·····	(65)
四、石油石化企业主要生产系统的能量平衡·····	(67)
第三节 水平衡测试·····	(76)
一、企业水平衡的概念·····	(76)
二、评价企业合理用水的技术经济指标·····	(76)
三、企业水平衡的测试方法·····	(77)
四、石油石化企业的水平衡测试示例·····	(78)
五、水平衡测试计算中的有关问题·····	(81)
参考文献·····	(81)
第四章 节能节水标准化·····	(82)
第一节 标准化基本知识·····	(82)
一、标准化与标准·····	(82)
二、标准化的作用·····	(82)
三、标准化对象、特性与基本原则·····	(82)
四、标准的分级·····	(83)
五、标准的属性·····	(83)
六、标准的分类·····	(84)
七、标准的制定、修订及贯彻·····	(84)
八、国际标准化组织、国际标准和国外先进标准·····	(85)
九、关于《标准化法》·····	(86)

第二节 节能节水标准化基本概念	(87)
一、基本概念	(87)
二、节能标准化对节能的主要作用	(87)
三、节能标准制定、修订的基本原则	(87)
四、节能标准体系	(88)
第三节 国内外节能节水标准化	(90)
一、国外节能标准化综述	(90)
二、我国的节能标准化	(95)
三、我国节水标准化概况	(98)
第四节 国内外主要节能节水标准	(99)
一、我国的节能国家标准与石油行业标准	(99)
二、节能类国外先进标准	(101)
三、节水标准	(102)
附录 I 我国的节能类国家标准目录	(104)
附录 II 美国节能类国家标准目录	(106)
附录 III 俄罗斯节能类国家标准目录	(109)
附录 IV 日本节能类工业标准目录	(111)
参考文献	(112)
第五章 工程项目节能节水管理	(113)
第一节 概述	(113)
第二节 工程项目前期工作的节能节水管理	(114)
一、项目建议书的编报及节能节水管理要求	(114)
二、可行性研究报告的编制及节能节水管理要求	(115)
三、项目建议书和可行性研究报告的审查、评估、审批及节能节水管理要求	(116)
第三节 工程项目设计中的节能节水管理	(117)
一、初步设计中的节能节水管理	(117)
二、施工图设计中的节能节水要求	(119)
第四节 工程项目施工和竣工验收的节能节水管理	(119)
一、施工阶段的节能节水管理	(119)
二、物资供应中的节能节水管理	(119)
三、竣工验收中的节能节水管理	(120)
第五节 石油集团近期节能技术要求	(120)
一、节能技术应用的基本要求	(120)
二、主要节能技术指标	(122)
第六节 石油集团近期节水技术要求	(125)
一、节水技术应用基本要求	(125)
二、主要节水技术指标	(125)
三、执行国家炼油、发电的用水指标	(126)
第七节 节能节水项目的经济评价	(126)
一、概述	(126)

二、需要了解掌握的现代财务管理知识	(127)
三、案例计算	(137)
四、三点补充说明	(140)
参考文献	(141)
第六章 节能技术简介	(142)
第一节 用电系统的节电技术	(142)
一、从电动机角度分析用电系统节电	(142)
二、从泵或风机角度分析用电系统节电	(148)
三、从机泵系统调节角度分析用电系统节电	(150)
第二节 供配电系统的节电技术	(152)
一、概述	(152)
二、电网优化运行	(152)
三、无功补偿	(153)
四、变压器经济运行	(156)
第三节 需求方管理技术	(158)
一、概述	(158)
二、国外的一般作法	(158)
三、应用 DSM 技术的方法	(159)
第四节 供热系统的节能技术	(160)
一、热电联产	(160)
二、锅炉、加热炉节能技术	(163)
三、供暖系统的温控与计量节能技术	(168)
第五节 余热利用技术	(171)
一、余热利用	(171)
二、热泵	(174)
三、热管	(178)
第六节 生产系统节能技术	(180)
一、机械采油井系统节能技术	(180)
二、油气集输系统节能技术	(183)
三、油田注水系统节能技术	(184)
四、原油长输管道系统节能技术	(184)
五、炼化生产系统节能技术	(185)
附录 I 国家经贸委节能信息传播中心编制的节能技术案例目录	(187)
附录 II 国家经贸委节能信息传播中心编制的节能技术指南目录	(189)
参考文献	(190)
第七章 节水技术简介	(191)
第一节 废水回用节水技术	(191)
一、废水来源	(191)
二、废水回用方式	(192)
三、回用水水质指标	(193)

四、废水回用处理技术	(194)
五、回用水处理流程	(202)
六、废水回用的基本经济原则	(204)
第二节 冷却水循环利用节水技术.....	(204)
一、循环冷却水系统	(204)
二、敞开式循环冷却系统的冷却构筑物	(205)
三、循环冷却水系统的水量平衡与水质控制	(206)
四、循环冷却水处理技术	(208)
五、循环冷却水节水途径	(212)
六、循环冷却水系统技术经济分析简介	(215)
第三节 非常规水资源的开发利用技术.....	(215)
一、海水、苦咸水的开发利用.....	(215)
二、城市污水再生水的利用	(220)
第四节 水系统集成技术.....	(221)
一、水夹点技术简介	(221)
二、水夹点技术应用举例	(223)
第五节 生产系统节水技术.....	(225)
一、油田废水利用	(225)
二、炼油生产工艺节水技术	(225)
三、炼油、石化生产废水(污水)回用工艺.....	(228)
四、提高循环水浓缩倍数的技术措施	(229)
五、工业废水零排放	(232)
六、锅炉除尘水的循环利用	(233)
七、冷凝水回收技术	(234)
第六节 节水器具与设备.....	(235)
一、用水器具和设备的主要节水方法	(235)
二、流量、水位、水压控制装置	(236)
三、洗涤节水器具	(237)
附录 I 当前国家鼓励发展的节水设备(产品)目录(第一批).....	(238)
附录 II 当前国家鼓励发展的节水设备(产品)目录(第二批).....	(241)
参考文献.....	(243)

第一章 概 论

第一节 能源知识

一、术语和定义

“能源”一词经常被用来表示不同的含义,为了科学表达以及前后一致,本书统一采用以下的术语和定义。

1. 能(能量)

能是物体或物质系统做功的能力或做功的本领,是物质运动的量度。相应于不同形式的运动,能可分为许多种。当物质运动形式发生变化时,能的形式同时发生转变。能也可以在不同形式之间发生传递,这就是做功或传递热量。能的基本特点是自然界一切过程都必须服从能量守恒与转换定律,即在一定的体系内,各种形式的能的总和是一个常数,能量不能产生,也不能消灭,只能从一种形式转化为另一种形式。

2. 能源

能源是指已开采出来可供使用的自然能量资源和经过加工或转换的能量的来源。需要注意的是,尚未开发出来的能量资源只称为资源,不列入“能源”的范畴。

3. 能量资源

能量资源是指自然界中存在的可能为人类利用来获取能量的自然资源。它的范围随着科学技术的发展而扩大。能量资源按其来源大致可以分为为四类:

第一类是来自地球以外的太阳能。除了直接的太阳辐射能之外,化石资源(如煤、石油、天然气等)、生物质能、水能、风能、海洋能等资源都间接来自太阳能。

第二类是以热能形式储藏于地球内部的地热能,如地下热水、地下蒸汽、干热岩体等资源。

第三类是地球上的铀、钍等核裂变资源和氘、氚、锂等核聚变资源。

第四类是月球和太阳等星体对地球的引力,而以月球引力为主所产生的能量,如潮汐能等资源。

二、能的分类与性质

1. 能的分类

能的形态与物质的运动形式相对应,有什么样的运动形式就有什么样的能的形态。自然界中,物质的运动形式纷繁复杂,决定了能的形态多种多样。能的形态大致可归纳为下述5类。

1) 机械能

机械能是指物体或物质系统因做机械运动而具有的能。机械能与物体的位置及位置的变化有关,其大小等于物体或物质系统在某一时刻所具有的宏观动能和宏观势能的总和。固体和流体的动能、势能、弹性能、表面张力能等均为机械能,其中最常见的是动能和势能。

一物体对另一物体做功常常是通过机械能的减少来实现的。机械能的获得可以采用多种

不同的方式,例如,水轮机利用水头落差把势能转变为机械能;在热力发动机中通过燃气或水蒸气的膨胀做功过程使热能转变为机械能。

2) 内能

内能是物体因内部微观粒子的热运动而具有的能。内能与物质的热运动相联系,其大小等于宏观物体内所有分子热运动的动能,分子间相互作用的势能以及分子内原子、电子等运动的能量总和。物体系统的内能取决于温度、体积、外场等因素,所以如果要改变物体的内能,可以通过向物体传递热量以改变系统温度,做机械功以改变系统的体积,或改变外场等途径来实现。于是改变内能的途径就可以概括成两个:传递热量和做功。

值得注意的一点是:做机械运动的宏观物体,一方面因其内部微粒做无规则运动而具有内能;另一方面又因所有这些微粒同时做有规则运动而具有机械能,所以一个宏观物体的总能量实际上是机械能和内能的总和。

3) 电磁能

电磁能是彼此相互联系的交变电场和磁场所具有的能,包括静电能、电磁能、磁能等。电磁能与其他形式的能相互转换可通过发电机、电动机等来实现。

4) 辐射能

辐射能包括电磁波、声波、弹性波、核放射线等所传递的能量。太阳能是典型的辐射能,具有温度的物体均能发出热辐射。

5) 化学能

化学能是物质系统的分子结构发生改变时释放的物质结构能,它是对物质化学运动所做的最一般的描述。化学能的大小仅取决于发生化学反应的物质系统中各种物质的分子结构及其数量,而与该物质系统的温度无关。如碳和氢的燃烧反应是人们广为利用的放热反应。

6) 核能

核能是原子核在转变过程或反应过程中释放出来的能,它是区别于化学能的另一种储能能。核能起源于将中子和质子保持在原子核中的一种特别强大的短程相互作用力,这种作用力远远大于原子核与外围电子之间的相互作用力,核反应中释放的能量比化学能大几百万倍。核能的获得有两种途径:一是重核的裂变;二是轻核的聚变。

2. 能的性质

1) 能量转换的普遍性

自然界中存在着许多运动形式,各种运动形式相互之间经常发生转换。当物质运动的形式发生转变时,能的形态同时发生转变,不同能量形态之间是可以相互转换的,即能量具有转换性。在一定条件下,任何一种类型的运动形式都可以转化为其他类型的运动形式,任何一种形态的能都可以转换为其他形态的能。

2) 能量转换在数量上的守恒性

能量转换时,能的总量守恒,既不创造,也不消失,在数量上服从能量守恒定律。在能源使用过程中,常常应用这一定律来考察并研究一个系统的能量收入、支出在数量上的平衡关系。

3) 能量转换的限制性

能量的大小是由做功能力的大小来衡量的。所有的功都能转化为能,但并非所有的能都可以转化为功。能量转换的限制性是指由于能在品质上存在差异,各种形态的能不可能无条件地相互转化。如机械能可以全部转换为热能,而热能却不可能无条件地全部转换为机械能;高温热能可以自动转换为低温热能,低温热能却不能自动转换为高温热能等。

4) 能量的传递性

能量的传递性是指在系统经历状态变化过程中,系统通过边界可以由做功或传热的方式向外界传递能量。例如,热量是由于系统和外界的温差引起的能量传递。

各种形态的能量既存在数量上的差别,又有质量上的不同。为了使能量得到充分、合理地利用,不仅要尽量减少能量在总量上的损失,而且要按质用能,使各种能量各尽其用。

三、能源的分类

能源种类繁多,性质也各不相同,因此有多种分类方法,常见的有下述 4 种分类方式。

1. 一次能源与二次能源

一次能源指从自然界取得的未经任何改变或转换的能源,如原煤、原油、天然气、生物质能、水能、核燃料,以及太阳能、地热能、潮汐能等。

二次能源指由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品,包括煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、重油、火电、蒸汽等。

2. 常规能源与新能源

常规能源又称传统能源,是指在现有经济和技术条件下,已经大规模生产和广泛使用的能源,如煤炭、石油、天然气、水能和核裂变能。常规能源是人类目前利用的主要能源。

新能源指在新技术基础上系统地开发利用的能源,是正在开发利用但尚未普遍使用的能源。新能源大多是天然的和可再生的,包括太阳能、风能、海洋能、地热能、氢能等。

常规能源和新能源的概念是相对的,随着技术的进步和生产利用的扩大,某些新能源会演变成常规能源。未来的能源将逐步过渡到以新能源为基础的持久能源系统。

3. 燃料性能源与非燃料性能源

燃料是指燃烧时能产生热能和光能的物质。燃料性能源则是指作为燃料使用以热能形式提供能量的能源。燃料性能源是人类目前和今后相当长时期内的基本能源,例如原煤、石油、天然气、木料及各种有机废物等。

非燃料性能源是指不作为燃料使用,直接产生能量提供给人类使用的能源,如水能、风能、热能、电能等。

4. 可再生能源与非再生能源

可再生能源指在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源、例如水能、风能、潮汐能等。

非再生能源指经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源,随着大规模地开采,其储量会越来越少,最终会导致枯竭。原煤、原油、天然气等属于非再生能源。

上述各种能源分类都是相对的,不是绝对的。任何一种具体的能源都可因为分类角度不同而兼属于各种类别,例如水能既是一次性能源,又是常规能源、非燃料性能源,还是可再生能源。

四、能源的计量单位及其换算

能源的计量单位是指为计算能源的数量而选定作为参考的量。按照能源的计量方式,能源计量单位可以有三种表示方法:一是用能源的实物量来表示,例如煤的吨数(t);二是用热功单位来表示,如焦耳(J)、千瓦时(kW·h)等;三是用能源的当量值表示,常见的如煤当量和油当量。按照能源计量单位的使用范围,可分为国际公认的国际标准单位和一个国家自行规定的法定计量单位两种。下面按照能源的计量方式介绍几种常用的国际标准计量单位和我国的法

定计量单位及相互之间的换算。

1. 能源的实物量单位

由于各种能源的形态不一,对能源实物量进行计量时,往往采用不同的计量单位,例如对固体能源采用质量单位,气体能源采用体积单位,而对同一种能源,各个国家和地区所用的计量单位也不一致。表 1-1 给出不同国家和地区对常用的能源实物量计量单位的采用情况。

表 1-1 常用能源实物计量单位及采用情况^[1]

能源形式	单位	使用国家和地区
固体能源、液体能源	吨(t)	世界各地
原油	吨(t)	中国、俄罗斯、东欧各国
	桶(bbl)	西方各国
成品油	公升(L)	中国、俄罗斯、东欧各国
	加仑(gal)	西方各国
气体能源	标准立方米(m³)	中国、俄罗斯
	标准立方英尺(scf)	西方各国
电力	千瓦时(kW·h)	世界各地

注:1.表中的吨是指公吨,1t=1000kg;

2.桶是指石油桶,1bbl≈159L;

3.加仑分美国加仑(USgal)和英国加仑(UKgal),1USgal=3.785L,1UKgal=4.546L。

2. 能量单位

能量的计量单位有许多种,具有确切定义和当量值的单位主要有以下三种,它们之间可以相互换算。

1) 焦耳(J)

焦耳的定义为 1 牛顿(N)的力作用于质点,使它沿力的方向移动 1 米(m)距离所做的功;或者用 1 安培(A)电流通过 1 欧姆(Ω)电阻 1 秒钟(s)所消耗的电能。

焦耳是《中华人民共和国法定计量单位》规定的表示能、功和热量的基本单位,用其他国际制单位表示的关系式为 $N\cdot m$;用国际制基本单位表示的关系式为 $kg\cdot m^2/s^2$ 。由于焦耳的数值很小,通常采用焦耳的倍数来表示,如千焦耳(kJ, 10^3J),兆焦耳(MJ, 10^6J),吉焦耳(GJ, 10^9J)或太焦耳(TJ, $10^{12}J$)。

2) 千瓦时(kW·h)

千瓦时是电量的计算单位,与焦耳的换算关系为:

$$1kW\cdot h=3.6\times 10^6J$$

由于千瓦时单位较小,通常采用兆瓦时(MW·h),万千瓦时($10^4kW\cdot h$)、吉瓦时(GW·h)、亿千瓦时($10^8kW\cdot h$)、10 亿千小瓦小时(GW·h)。

3) 卡(cal)

卡是热量单位,但不是我国的法定计量单位。卡的定义为 1 克(g)纯水在标准气压下,温度升高 1 摄氏度(℃)所需的热量。我国现行热量单位卡有 20℃ 卡、国际蒸汽表卡及热化学卡。

焦耳是我国热量单位的法定计量单位,也是国际制单位。卡与焦耳间的换算按下式进行:

$$1\text{卡}(20^{\circ}\text{C})=4.1816\text{焦耳}$$

$$1\text{国际蒸汽表卡}=4.1868\text{焦耳}$$

$$1 \text{ 热化学卡} = 4.1840 \text{ 焦耳}$$

1969年,国际计量委员会建议废除卡作为热量单位。采用焦耳作为热量单位对保证热量标准值准确一致的传递很有好处,既可消除因多种单位制和单位并存所造成的混乱,又可以减少大量计算和换算的麻烦。此外,采用焦耳作为热量单位,比卡作为热量单位更精确,因电能测试精度比水的比热容测量精度高。

按照《中华人民共和国法定计量单位》的规定,为保证信息传递的一致性和准确性,在能源计量工作中应认真执行国家有关规定,采用法定计量单位。

3. 当量单位

不同能源的实物量是不能直接进行比较的。由于各种能源都有一种共同的属性,即含有能量,且在一定条件下都可以转化为热。为了便于对各种能源进行计算、对比和分析,可以首先选定某种统一的标准燃料作为计算依据,然后用各种能源实际含热值与标准燃料热值比,即能源折算系数,计算出各种能源折算成标准燃料的数量。所选标准燃料的计量单位即为当量单位。

国际上习惯采用的标准燃料有两种:一种是标准煤;另一种是标准油。由于我国能源结构是以煤为主,煤炭在全国的使用比较普遍和广泛,最常用的单位是标准煤。下面就从能源热值的概念和标准燃料的规定开始,介绍标准煤和标准油的含义及能源实物单位与标准煤、标准油的换算关系。

1) 燃料热值

燃料燃烧会释放出一定数量的热量,单位质量(指固体或液体)或单位体积(指气体)的燃料完全燃烧,燃烧产物冷却到燃烧前的温度(一般为环境温度)时所释放出来的热量就是燃料热值,也叫燃料发热量。

燃料热值有高位热值和低位热值两种。高位热值是指燃料完全燃烧,且燃烧产物中的水蒸气凝结成水时的发热量,其数值由测量获得。低位热值是指燃料完全燃烧,燃烧产物中的水蒸气仍以气态存在时的发热量,它等于从高位热值中扣除水蒸气凝结热后的热量,其值由计算获得:

$$Q_{dw} = Q_{gw} - \gamma W_{H_2O} \quad (1-1)$$

式中 Q_{dw}, Q_{gw} ——分别为燃料的低位与高位热值, kJ/kg ;

γ ——水蒸气凝结热, kJ/kg ;

W_{H_2O} ——燃料燃烧产物中的水蒸气含量, kg/kg 。

由于燃料大都用于燃烧,各种炉窑的排烟温度均超过水蒸气的凝结温度,不可能使水蒸气的凝结热释放出来,所以在能源利用中一般都以燃料的应用基(即实际所应用的燃料)低位热值作为计算依据。

2) 当量热值与等价热值

当量热值是指某种能源本身所含的热量。具有一定品位的某种能源,其当量热值是固定不变的,如汽油的当量热值是 42054 kJ/kg ,电的当量热值即是电本身的热功当量 $3600 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{h)}$ 。

等价热值是指为了获得一个度量单位的某种二次能源(如汽油、柴油、电力、蒸汽等)或耗能工质(如压缩空气、氧气、各种水等)所消耗的以热值表示的一次能源量。耗能工质是指生产过程中所消耗的,不作原料使用,也不进入产品,制取时又需要消耗能源的工作介质。只有作为能量形式使用的耗能工质才具有等价热值和当量热值。

由于等价热值,实质上是除当量热值外,加上了能源转换过程中的能量损失,因此等价热值是个变动值,它与能源加工转换技术有关。随着技术水平的提高,等价热值会不断降低,而

趋向于二次能源所具有的能量。等价热值可由下面的计算公式求得：

$$\text{等价热值} = \text{当量热值} \div \text{转化效率} \quad (1-2)$$

严格地说,等价热值应按实测数据计算。在无实测数据时,可取一些参考数据。

3) 标准煤与标准油

标准煤(又称煤当量)是指按照标准煤的热当量值计算各种能源量时所用的综合换算指标。标准煤迄今尚无国际公认的统一标准,1kg 标准煤的热当量值,联合国、中国、日本、俄罗斯和西欧部分国家等按 29.3MJ(7000kcal)计算,而英国则是根据用作能源的煤的加权平均热值确定的,一般按 25.5MJ(6100kcal)计算,所以同样是标准煤,由于热当量值的计算方法不同,差别相当可观。

我国的 GB 2589-1990《综合能耗计算通则》规定,应用基低(位)发热量等于 29.3076MJ(兆焦)的燃料,称为 1kg(千克)标准煤。在统计计算中可采用 t(吨)、kt(千吨)、Mt(兆吨)标准煤等做单位。

标准油(又称油当量)是指按照标准油的热当量值计算各种能源量时所用的综合换算指标。与标准煤一样,到目前为止国际上也没有公认的油当量标准。中国采用的油当量(标准油)热值为 41.87MJ/kg(10000kcal/kg)。常用单位有吨油当量和桶油当量。

4) 标准煤和标准油折算方法

要计算某种能源折算成标准煤或标准油的数量,首先要计算这种能源的折算系数,能源折算系数可由下式求得：

$$\text{能源折算系数} = \frac{\text{能源实际含热值}}{\text{标准燃料热值}} \quad (1-3)$$

然后再根据该折算系数,计算出具有一定实物量的该种能源折算成标准燃料的数量。其计算公式如下：

$$\text{能源标准燃料数量} = \text{能源实物量} \times \text{能源折算系数} \quad (1-4)$$

表 1-2 给出了常用的能源折算标准煤参考系数。一般而言,各类能源的折算系数,应以实测确定为准,无法提供实测值时,可按国家统计局公布的折算系数进行折算。

表 1-2 能量单位换算的关系表

能源名称	平均低位发热量	折算标准煤系数
原煤	20934 kJ/kg	0.7143
焦炭	28470 kJ/kg	0.9714
原油	41868 kJ/kg	1.4286
汽油	43124 kJ/kg	1.4714
煤油	43124 kJ/kg	1.4714
柴油	42705 kJ/kg	1.4571
重油	41868 kJ/kg	1.4286
天然气	38979 kJ/m ³	1.3300
炼厂干气	46055 kJ/kg	1.5714
液化石油气	50160 kJ/kg	1.7143
电力	3600 kJ/(kW·h) (当量)	0.1229
	11840 kJ/(kW·h) (等价)	0.4040

第二节 节 能

一、节能概念

《中华人民共和国节约能源法》中定义,节能是指加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施,减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费,更加有效、合理地利用能源。其中,技术上可行是指在现有技术基础上可以实现;经济上合理就是要有一个合适的投入产出比;环境可以接受是指要节能,还要减少环境污染,其指标要达到环保要求;社会可以接受是指不影响正常的生产与生活水平的提高;有效就是要降低能源的损失与浪费。节能是我国可持续发展的一项长远战略方针。

节能分为广义节能和狭义节能。狭义节能是指节约煤、油、电、气等能源;广义节能是指除狭义节能内容之外,还包括节约原材料、运力、人力、资金、提高作业效率等各个方面。

就狭义节能的内涵而言,包含了从能源资源的开发、输送分配、转换(电力、蒸汽)或加工(成品油、煤气)为二次能源,直到用户的消费等各个环节,都有节约能源的具体问题,又可分为直接节能和间接节能两种方式。

直接节能是指通过加强能源的科学管理和推动技术进步,在满足生产和生活同等需要的条件下,直接减少的能源消耗量。技术进步是直接节能的主要动力,它主要是在技术经济全面权衡的基础上,采用先进合理的节能工艺、技术、设备、材料,在满足生产要求的条件下,降低单位产品的能耗。我国在推进节能技术进步上,积累了很多经验,许多节能技术效益显著,如推广热电联产、集中供热、余热余气回收利用、风机水泵调速节电、绿色照明工程等。各行各业也根据各自的生产特点,开发了许多节能的先进技术,如石油行业推广不加热油气集输工艺和轻烃回收技术;化工行业氮肥厂实现一段炉低水碳比操作、四级闪蒸,采用新型活化剂、催化剂,小型合成氨厂的蒸汽自给和两水闭路循环系统等,对降低单位产品产量(工作量)能耗起了重要作用。

间接节能是相对直接节能而言的,具体反映在除直接节能原因外的单位产值能耗的降低上。其范围很广,主要包括调整经济结构(如产业结构、企业结构、产品结构和能源消费结构),合理组织生产,节约原材料及其他消耗品,提高资源综合利用效益等方面的内容。此外,合理组织运力、进口高耗能产品等也属于间接节能。

二、能耗、节能量与节能率

1. 能耗^[2,3]

能耗是指规定的体系在一段时间内所消耗的能源数量,称能源消耗量,简称能耗。例如一台设备(或装置),其能耗称设备(或装置)能耗,对车间(或部门)称车间(或部门)能耗,对项目(企业)称项目(或企业)能耗。

能耗可以分为实物能耗和综合能耗。

实物能耗是指规定的耗能体系在一段时间内实际所消耗的各种能源实物量。

综合能耗是指规定的耗能体系在一段时间内实际消耗的各种能源实物量按规定的计算方法和单位分别折算为一次能源后的总和。GB 2589—1990《综合能耗计算通则》要求,计算综合能耗时,各种能源分别折算为一次能源的规定的统一单位为 t(标准煤)。