

节能减排技术指南丛书

工业企业能源计量与 管理技术指南

主 编 尉忠友

副主编 楼洪才

编 者 郑灿亭 楼洪才 孙晓峰

主 审 张益民

中国环境科学出版社·北京

节能减排技术指南丛书

编委会

主 任 韩文科

副 主 任 戴彦德

执行主编 张建民

委 员 (按姓氏笔画为序)

王淑兰 叶元乔 白晓丹 向 东 孙 娟

汝方济 刘启明 刘俊华 刘海燕 吕韶阳

张 扬 张建国 张英魁 张新民 辛定国

李龙生 李晓真 李淑英 李德荣 何翠英

何耀光 林 江 杨 静 杨志荣 杨孜维

周侠平 孟昭利 高 红 贾 强 崔广林

梁志静 尉忠友 康艳兵 曾 武 童 玫

前 言

我国政府十分重视节能工作,早在 20 世纪 80 年代就提出了“开发与节约并重,把节约放在首位”的节能方针。“九五”以来,我国先后颁布实施了《节约能源法》、《电力法》、《煤炭法》和《可再生能源法》等能源专项法律;国务院颁布实施了 20 多部能源行政法规,制定了大量的能源行政规章和能源规范性文件(包括国家标准、地方性法规、规章)。从此,我国能源的开发和利用逐步走上了依法管理和规范化管理的轨道。

能源计量涵盖了社会生活的各个方面,尤其在工业生产领域,从原材料采集、运输、物料交接、生产过程控制到产品出厂都需要通过测量。能源计量涉及热工量、力学量、电学量、光学量、化学量等诸多学科参量的有机结合和相互渗透,是企业生产经营管理必不可少的基本条件,离开了计量数据的管理,就不能量化各生产环节的能源消耗,各项节能措施就无法实施。实践证明,加强能源计量管理、提高能源利用率是减少资源消耗、保护环境的有效途径,是走新型工业化道路的重要内容。进一步加强企业能源计量管理,建立和完善能源计量管理制度,对于减少能源消耗、保护环境、降低成本、增加效益具有十分重要的意义。

国家发展和改革委员会节能信息传播中心在执行 2006—2007 年国家发改委/世行/GEF 中国节能促进项目节能信息传播子项目中完成了 20 个“最佳节能实践案例”与 5 个“技术指南”的制作工作,工业企业能源计量与管理技术指南是其中的一个。

该指南的出版,得到了中国石化科技开发部、中国石化燕山分公司机械动力部、中国石化工业流量计量检定站等单位(部门)有关领导、专家的指导和帮助,在此表示感谢!

希望该指南的出版能为广大企业加强能源计量管理,推进节能降耗工作起到有益的作用。

国家发展和改革委员会节能信息传播中心

2007 年 11 月 20 日

目 录

1 能源计量基础知识

1.1 概述	1
1.2 能源计量基础知识	1
1.2.1 术语和定义	1
1.2.2 相关概念	3
1.2.3 能源计量单位	3

2 石化企业液体能源特性及其计量

2.1 原油及液体石油产品物理特性及测量特性	10
2.1.1 原油物理特性	10
2.1.2 成品油特性	11
2.1.3 原油及石油产品的流量测量特点	12
2.1.4 静态容器计量	12
2.1.5 衡器计量	26
2.1.6 动态流量计计量方法	33
2.2 水的特性及其计量	46
2.2.1 水的特性	46
2.2.2 水流量计选型	46
2.2.3 用电磁流量计测量水	47
2.2.4 用明渠流量计测量污水的计量	50

3 石化企业气体能源特性及其计量

3.1 蒸汽计量特性及其计量	55
3.1.1 水蒸气特性	55
3.1.2 过热蒸汽的测量	56

3.1.3	用涡街流量计测量干饱和蒸汽	66
3.1.4	用分流旋翼式流量计测量湿蒸汽	73
3.1.5	对湿饱和蒸汽计量的建议	76
3.2	天然气特性及其计量	76
3.2.1	天然气特性	76
3.2.2	天然气测量特性	77
3.2.3	用孔板阀差压式流量计计量天然气	77
3.2.4	用气体超声波流量计计量天然气	79
3.2.5	用旋进式漩涡流量计计量天然气	82
3.3	空气特性及其计量	84
3.3.1	空气特性	84
3.3.2	用热式质量流量计测量压缩空气的质量流量	86
4	石化企业其他能源特性及其计量	
4.1	电能的特性及其计量	89
4.1.1	电能的特性	89
4.1.2	电工测量知识	89
4.1.3	电能测量	105
4.1.4	电能计量器具	108
4.1.5	电能计量	116
4.1.6	电能计量的新技术	118
4.2	水煤浆特性及其计量	119
4.2.1	水煤浆特性	119
4.2.2	水煤浆计量器具选型	119
4.3	煤的特性及其计量	120
4.3.1	煤的特性	120
4.3.2	煤的计量	121

5 石化企业能源计量管理

5.1	能源计量的作用	127
-----	---------------	-----

5.1.1 为制定能源定额奠定基础	127
5.1.2 为节能改造提供准确数据	127
5.1.3 为合理制定操作规程创造条件	127
5.1.4 为推行自动化和计算机控制奠定基础	127
5.2 石化企业能源计量的种类与范围	128
5.3 石化企业能源计量管理基本要求	128
5.3.1 基本要求	128
5.3.2 确定方针目标	128
5.3.3 明确管理职责	128
5.3.4 企业资源管理	129
5.3.5 环境	134
5.3.6 计量检测过程控制	134
5.3.7 能源计量数据的采集、处理和统计	137
5.4 企业能耗计算原则、流量计能耗与能量(功率)消耗计算方法	138
5.4.1 企业能耗计算原则	138
5.4.2 流量计能耗计算方法	139
5.4.3 能量(功率)消耗计算公式	140
5.5 企业能源计量检查考核与评价	141
6 石化企业能源计量测试状况与发展趋势	
6.1 天然气计量技术的发展趋势	145
6.2 蒸汽计量现状与发展趋势	146
6.2.1 蒸汽计量的现状及存在的问题	146
6.2.2 蒸汽计量测试的发展趋势	147
主要参考资料	149

1 能源计量基础知识

1.1 概述

能源是国民经济的基础，能源安全是关系我国经济社会可持续发展的重大战略问题，是经济社会可持续发展的重要物质基础。加强能源管理，提高能源利用效率，是提高我国经济运行质量、改善环境和增强企业市场竞争力的重要措施，也是缓解当前经济社会发展面临的能源约束矛盾、建设节约型社会、实现经济社会可持续发展的根本保障。

能源计量工作是企业加强能源管理、提高能源管理水平的重要基础。在工业生产领域，从原材料采集、运输、物料交接、生产过程控制到产品出厂，都需要通过测量控制能源的使用，离开了计量数据的管理，就不能量化各生产环节的能源消耗，各项节能措施就无法实施。

企业能源计量管理主要涉及三个方面：一是合理配置必要的能源计量器具；二是加强对能源计量器具的管理，按时检定和校准以保证其准确性；三是将能源计量器具的数据作为企业能源消耗管理的基础数据，以保证企业能源消耗数据的准确性，做到“心中有数”。为此，企业能源计量管理包括建立能源计量的组织机构、建立能源计量管理制度、明确企业领导的职责和能源计量队伍的建设等。能源计量并不仅仅是简单的进厂、出厂的能源量的计量，而是伴随在企业生产的全过程之中，通过计量的量化跟踪和量化考核发现工艺缺陷、技术潜力和管理漏洞，及时加以改进提高，促进技术进步，把节能挖潜落到实处。

1.2 能源计量基础知识

1.2.1 术语和定义

(1) 一次能源

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

某些一次能源所含的能量间接来自太阳能，由太阳能自然转换，即不通过人工形成，又称为一次直接能源。如煤炭、石油、天然气、生物质能、水能、风能、海洋能等均属此类。

(2) 二次能源

二次能源也称“次级能源”或“人工能源”，是由一次能源加工得到的其他种类或形式的能源，包括煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、重油、电力、蒸汽、热

水、氢能等。一次能源无论经过几次转换所得到的另一种能源,都被称为二次能源。在生产过程中的余热、余压,如锅炉烟道排放的高温烟气,反应装置排放的可燃气体、蒸汽、热水,密闭反应器向外排放的有压流体等也属于二次能源。

(3) 载能工质

载能工质是指由于本身状态参数的变化而能够吸收或放出能量的介质,即介质是能量的载体。水蒸气是最重要的载能工质。

(4) 耗能工质

耗能工质是指在生产过程中所消耗的那种不做原料使用,也不进入产品,制取时又需要消耗能源的工作物质。

(5) 能源等价值

对二次能源而言,能源等价值是指生产单位数量的二次能源所消耗的一次能源量;对耗能工质而言,能源等价值是指生产单位数量的耗能工质所消耗的一次能源量。

(6) 综合能耗

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。

(7) 计量器具

计量器具是指单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具。

(8) 能源计量器具

能源计量器具是指测量对象为一次能源、二次能源和载能工质的计量器具。

(9) 能源计量器具配备率

能源计量器具实际配备数量占理论需要量的百分数称为能源计量器具配备率。

$$R_p = N_s / N_x \times 100\%$$

式中 R_p ——能源计量器具的配备率;

N_s ——实际配备计量器具台(件)数;

N_x ——按理论要求应配备计量器具台(件)数。

能源计量器具理论需要量是指为测量全部能源量值所需配备的计量器具数量。

(10) 能源计量检测率

$$Q_p = M_s / M_x \times 100\%$$

式中 Q_p ——能源计量检测率;

M_s ——实际配备的能源计量器具计量的能源量;

M_x ——能源消耗总量。

1.2.2 相关概念

(1) 计量

实现单位统一、量值准确可靠的活动,或者说是以实现单位统一、量值准确可靠为目的的测量。

从狭义上讲,计量属于测量的范畴。它是一种为使被测量的单位量值在允许误差范围内溯源到基本单位的测量。但从广义上讲,计量是指实现单位统一、保障量值准确可靠的测量,即包含为达到测量单位统一、量值准确可靠测量的全部活动。如确定计量单位制,研究建立计量基准、标准,进行量值传递、计量监督管理等。因此,计量是一种内容特殊的测量,而且根据法制管理的要求,计量有实现对全国测量业务进行国家监督的任务。计量是国民经济的一项重要技术基础。

(2) 计量管理

计量管理是协调计量技术管理、计量经济管理、计量行政管理及计量法制管理之间关系的总称。计量管理的任务是由整个计量工作任务所确定。计量工作的任务是保障计量单位制的统一和量值的准确可靠,有利于生产、贸易和科学技术的发展,维护社会经济秩序。计量管理不仅要加强对测量设备的管理,而且还要加强对测量数据的管理,严格测量过程的控制。

(3) 流量测量

流量是指单位时间内流过管道横截面积或明渠横断面的流体量。流体量以质量表示时称质量流量,流体量以体积量表示时称体积流量。

(4) 企业能源审计

企业能源审计是一套集企业能源核算系统、合理用能的评价体系和企业能源利用状况审核考察机制为一体的科学方法。它依据企业的能量平衡、物料平衡的原理、能源成本分析原理、工程经济与环境分析原理以及能源利用系统优化配置原理,科学规范地对用能单位能源利用状况进行定量分析,对企业能源利用效率、消耗水平、能源经济与环境效果进行审计、监测、诊断和评价,从而寻求节能潜力与机会。

企业通过能源审计可以掌握本企业能源管理状况及用能水平,排查节能障碍和浪费环节,寻找节能机会与潜力,以降低生产成本,提高经济效益。所以,企业能源审计方法既适用于政府对企业用能的宏观监督与管理,更适用于企业对能源和物料的合理配置使用,节能降耗、降低成本、提高能效。

1.2.3 能源计量单位

一般来讲,应按国家规定使用法定计量单位。能源计量仪表的单位是焦耳(J)。由于能源存在形式的不同,决定了能量载体的多样性,为了照顾到人们

使用的方便和习惯,对不同寄载体的能源选用了常用的法定计量单位。

按照能源的计量方式,能源计量单位主要有三种表示方法:一是用能源的实物量来表示,如煤的吨数(t)、天然气的立方米数(m^3);二是用热功单位来表示,如焦耳(J)、千瓦·时($\text{kW}\cdot\text{h}$)等;三是用能源的标准值表示,常见的如标准煤和标准油。

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计量单位和一个国家自行规定的法定计量单位两种。下面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关系。

(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完全一致。表 1-1 为不同国家和地区的常见能源实物量计量单位使用情况。

表 1-1 常见的能源实物量计量单位及采用情况

能源形式	单 位	使用国家和地区
固体能源	吨/t	世界各地
液体能源	吨/t	世界各地
原油	吨/t	中国、独联体、东欧各国
	桶/bbl	西方各国
成品油	升/L	中国、独联体、东欧各国
	加仑	西方各国
	标准立方米/ m^3	中国、独联体、东欧各国
气体能源	标准立方米/ m^3	中国、独联体、东欧各国
	标准立方英尺/scf	西方各国
电力	千瓦·时/($\text{kW}\cdot\text{h}$)	世界各地

注:①表中桶是指美制石油桶,约等于 159 L。

②加仑分美国加仑(USgal)和英国加仑(UKgal),1 USgal=3.785 L,1 UKgal=4.546 L。

在计算石油产、供、销数量时,国际上主要采用两种方法:一是按容积计算,主要以桶(bbl)为单位,英制 1bbl 合 163.654 L,或 42.71 UKgal;美制 1 bbl 合 158.987 L,或 42 USgal;二是按质量计算,主要以吨(t)为单位。计算原油日产量、出口量等习惯用 bbl,计算年产量、消费量则习惯用吨(t)。

国际上将沙特阿拉伯产 340 API(相对密度 0.855)的轻质原油定为国际标

准原油。作为能源量单位,1bbl 国际标准原油的概念等同于 1bbl 油当量,简记为 boe。两种单位的折算,一般以国际标准原油密度为准,这种油每吨折合 7.33 桶。

(2) API 度

API 度是美国石油学会为测定原油重度所采用的标度。API 度的范围 0.0 ~ 100.0(与 4℃时的水相比,相当于相对密度范围 1.076 ~ 0.6112)。API 度与原油密度(ρ)有如下关系:

$$\rho = 141.5 / (131.5 + \text{API})$$

根据原油的密度和 API 度,对原油分类如下:

重质原油: ρ 为 1 000 ~ 920 kg/m³, API 度为 10 ~ 22.3;

中质原油: ρ 为 920 ~ 860 kg/m³, API 度为 22.3 ~ 33.1;

轻质原油: $\rho < 860$ kg/m³, API 度大于 33.1。

由于 API 度与原油品质关系密切,国际原油市场价格与 API 度有密切的关系,但通常以产地来区分原油的种类。

(3) 能量单位

能量的计量单位有多种,但具有确切定义的单位主要有 3 种,它们之间可以相互换算。

1) 焦耳(J):表示能、功和热量的基本单位,该单位具有专门名称的国际单位制导出单位,也是我国的法定计量单位,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,即 $1\text{J}=1\text{N}\cdot 1\text{m}=1\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$;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;用国际单位制基本单位表示的关系式为 $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ 。由于焦耳的数值很小,通常采用焦耳的倍数来表示,如兆焦耳(MJ, 10^6J)、吉焦耳(GJ, 10^9J)或太焦耳(TJ, 10^{12}J)。

2) 千瓦小时(kW·h):表示电量的计量单位。 $3.6 \times 10^6\text{J}$ 等于 1 kW·h,用国际单位制基本单位表示的关系式为 $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ 。由于千瓦·时单位较小,通常采用兆瓦·时(MW·h)、万千瓦·时($10^4\text{kW}\cdot\text{h}$)、吉瓦·时(GW·h)、亿千瓦·时($10^8\text{kW}\cdot\text{h}$)、10 亿千瓦·时($10^9\text{kW}\cdot\text{h}$)。

3) 卡(cal):表示热量的单位。定义为 1 克(g)无空气之水在 101.325 kPa 恒定压力下,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。

① 20℃卡 (cal_{20}),是指 1g 无空气之水在 101.325 kPa 恒定压力下,从 19.5℃加热到 20.5℃所需的热量。

$$1\text{cal}_{20} = 4.1816\text{J}$$

② 国际蒸汽表卡(cal_{IT}),在 1956 年伦敦第五届国际水蒸气性质大会上所采用的定义是:

$$1\text{cal}_T = 4.186\ 8\ \text{J}$$

$$1\text{M}_{\text{cal}_T} = 1.163\ \text{kW}\cdot\text{h}(\text{准确值})$$

③ 热化学卡(cal_h),是在1910—1948年,考虑到以往人们使用卡的习惯,继续保留卡的名称,人为地规定了1卡等于多少焦耳,但不再与水的比热容有关系,故称作热化学卡,用卡表示,与焦耳的换算关系为:

$$1\text{cal}_h = 4.184\ \text{J}(\text{准确值})$$

能量单位换算关系见表1-2。

表1-2 能量单位换算

能量单位	焦耳 / J	千瓦·时 / ($\text{kW}\cdot\text{h}$)	国际蒸汽表 千卡 / kcal_T	热化学 千卡 / kcal_h	20℃千卡 / kcal_{20}
焦耳 /J	1	2.778×10^{-7}	$2.388\ 5 \times 10^{-4}$	$2.390\ 1 \times 10^{-4}$	$2.391\ 4 \times 10^{-4}$
千瓦·时 /($\text{kW}\cdot\text{h}$)	3.6×10^6	1	$8.598\ 5 \times 10^2$	$8.604\ 2 \times 10^2$	$8.609\ 1 \times 10^2$
国际蒸汽表千卡 / kcal_T	$4.186\ 8 \times 10^3$	$1.163\ 0 \times 10^{-3}$	1	1.000 7	1.001 2
热化学千卡 / kcal_h	$4.184\ 0 \times 10^3$	$1.162\ 2 \times 10^{-3}$	0.999 33	1	1.000 6
20℃千卡 / kcal_{20}	$4.181\ 6 \times 10^3$	$1.161\ 6 \times 10^{-3}$	0.998 76	0.999 43	1

按照中华人民共和国法定计量单位的规定,焦耳(J)和千瓦·时($\text{kW}\cdot\text{h}$)是法定计量单位,卡(cal)是不允许使用的非法定计量单位。

(4) 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,首先选定某种统一的标准燃料作为计算依据,然后通过各种能源实际含热值与标准燃料热值之比,即能源折算系数,将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。由于我国能源结构以煤为主,煤炭在全国的使用比较普遍和广泛,所以最常用的单位是标准煤。下面从能源热值的概念和标准燃料的规定,说明标准煤和标准油的含义、能源实物单位与标准煤及标准油的换算关系。

1) 低位热值与高位热值:燃料燃烧会释放出一定数量的热量,单位质量(固体或液体)或单位体积(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。燃料高位热值和低位热值的关系可由下式表述:

$$Q_{dw} = Q_{gw} - rW_{H_2O}$$

式中 Q_{dw} 、 Q_{gw} ——燃料的低位热值与高位热值, kJ/kg;

r ——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低位热值作为计算依据。

燃料的应用基是指以使用状态的燃料为基准的表示方法。如煤的应用基低位热值就是从处于使用状态的煤中取出具有代表性的煤样作为应用煤样,用一定量的这种煤样作低位热值的测定,所得之值就是该煤样以应用基表示的低位热值。

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 42 054 kJ/kg,电的当量热值是电本身的热功当量 3 600 kJ/(kW·h)。

等价热值,是指为了获得某一个计量单位的某种二次能源(如汽油、柴油、煤油、焦炭、煤气、电力、蒸汽等)或耗能工质(如压缩空气、氧气、水等)所消耗的,以热值表示的一次能源量。其中,耗能工质只有在作为能量形式使用时才具有等价热值和当量热值。

由于等价热值实质上是当量热值与能源转换过程中能量损失之和,因此等价热值是一个变动值,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。例如,电的等价热值就是在不断变化的,我国 1978 年发电煤耗(标准煤)为 0.429 kg/(kW·h),每千克标准煤为 29 308 kJ,这时电的等价热值为 12 573 kJ/(kW·h)。随着发电效率的不断提高,1983 年的发电煤耗(标准煤)下降为 0.404 kg/(kW·h),表明电的等价热值已下降为 11 840 kJ/(kW·h)。有些国家选取固定的数值,如日本发电效率较高,取发电煤耗(标准煤)为 0.35 kg/(kW·h)。目前我国的发电煤耗量(标准煤)取 0.404 kg/(kW·h)也是比较固定的。这里还需要强调指出,由于电的当量热值为 3 600 kW/(kW·h),相当于标准煤 0.122 9 kg/(kW·h),电力的当量热值与等价热值相差约 3 倍。等价热值可由下面的计算公式求得:

$$\text{等价热值} = \text{当量热值} / \text{转化效率}$$

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,1 kg(千克)标准煤的热当量值,联合国、中国、日本、西欧和独联体诸国按 29.3 MJ(7 000 kcal)计算,而英国则是根据用做能源的煤的加权平均热值确定的,一般按 25.5 MJ(6 100 kcal)计算,所以同样是标准煤,由于热当量值的计算方法不同,差别也很大。国家标准 GB 2589—1990《综合能耗计算通则》规定,应用基低位发热量等于 29.307 6 MJ(兆焦)的燃料,称为 1 kg(千克)标准煤。在统计计算中可采用 t(吨)标准煤做单位,用符号表示为 tce。

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。与标准煤相类似,到目前为止,国际上还没有公认的油当量标准。中国采用的油当量(标准油)热值为 41.87 MJ(10 000 kcal/kg),常用单位有标准油(toe)和桶标准油(boe)。

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,首先要计算该种能源的折算系数,能源折算系数可由下式求得:

$$\text{能源折算系数} = \text{能源实际含热值} / \text{标准燃料热值}$$

然后再根据该折算系数,将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:

$$\text{能源标准燃料数量} = \text{能源实物量} \times \text{能源折算系数}$$

各种能源的实物量折算成标准煤或标准油数量的方法相同,下面仅以标准煤折算方法为例加以说明。

按照国家标准 GB 2589—1990《综合能耗计算通则》的规定,任一规定的体系实际消耗的燃料能源均应按低位发热量为计算依据,折算成标准煤量。任一规定的体系实际消耗的二次能源及耗能工质均按相应的能源等价值折算为一次能源。在计算消耗量时,能源标准煤折算系数(以下简称折标煤系数)要分别采取当量计算和等价计算两种方法。

① 燃料能源的当量计算方法。即以燃料能源的应用基低位发热量为计算依据。例如,我国原煤 1 kg 的平均低位发热量为 20 910 kJ(5 000 kcal),则:

$$\text{原煤的折标煤系数} = 20\,910 \div 29\,307.6 = 0.714\,3$$

如果某企业消耗了 1 万 t 原煤,折合为标准煤即为:

$$10\,000 \times 0.714\,3 = 7\,143(\text{tce})$$

② 二次能源及耗能工质的等价计算方法,即以等价热值为计算依据。例如,目前我国电的等价热值为 11 825.08 kJ(2 828 kcal),则:

$$\text{电的折标煤系数} = 11\,825.08 \div 29\,307.6 = 0.404(\text{kgce/kW}\cdot\text{h})$$

如果某单位消耗了 $1 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 电量,折算成标准煤即为:

$$10\,000 \times 0.404 = 4\,040(\text{kgce})$$

又如某厂以压缩空气作为耗能工质, 假设 1 m^3 压缩空气的等价热值为 $117\,2.3\text{ kJ}$, 则:

$$\text{该压缩空气的折标煤系数} = 1\,172.3 \div 29\,307.6 = 0.040\,0$$

如果该厂消耗了 $5\,000\text{ m}^3$ 压缩空气, 折算成标准煤即为:

$$5\,000 \times 0.040\,0 = 200(\text{kgce})$$

需要注意的是, 二次能源及耗能工质的等价计算方法主要应用于计算能源消耗量, 在考查能量转换效率和编制能量平衡表时, 所有能源折算为标准煤时都应以当量热值为计算依据。

2 石化企业液体能源特性及其计量

石化企业常见液体能源主要有原油、成品油及各种水。

2.1 原油及液体石油产品物理特性及测量特性

2.1.1 原油物理特性

(1) 外观特征

未经炼制加工的石油即原油,大都呈流体或半流体状态,颜色大多是黑色或深棕色,但也有透明、黄色及赤褐色。具有特殊气味。原油中含胶质和沥青质越多、颜色越深、气味越浓,含硫化物和氮化物多时则气味发臭。

(2) 沸点与馏程

在常压下,任何液体加热达到足够的温度时,都会发生沸腾现象。沸腾时的温度称为“沸点”。沸点与液体的组成和大气压有关。石油及其产品都是由多种烃类组成的混合物,每一种成分各有其沸点。当油品在蒸馏塔和特定条件下进行加热蒸馏时,从汽凝管流出第一滴油时的气相温度称为初馏点,蒸馏达到的最高气相温度称为终馏点或干点。自初馏点到干点之间的温度范围,即称为该油品的馏程或沸程,一般以馏出温度及在此温度下馏出物体积百分数来表示。

石油炼制加工是把原油分成几个不同的沸点范围加以利用。原油中沸点在 40 ~ 205℃ 范围的馏分可做车用汽油;在 180 ~ 300℃ 范围的馏分可做煤油;在 250 ~ 350℃ 范围的馏分可做柴油;在 350 ~ 520℃ 范围的馏分可做润滑油;大于 520℃ 以上的馏分可做重质燃料油。

(3) 原油流量测量特性

原油体积和密度随温度而变化,也是属物体热胀冷缩特性。

基于上述原油特性,原油测量特点主要是:

1) 黏度大:黏度应是计量方法及计量器具选用的重要参数之一。

2) 计量精确度要求高:用于贸易结算的原油计量,必须达到规定的准确度,以保证供需双方的利益。GB 17167 规定,进出企业结算用原油计量应达到 0.35%R 准确度,而在大宗油品计量中,计量准确度的要求更高,意义更大。国标 GB/T 9109 规定管输原油计量流量计测量准确度要达到 0.2 级以上。

2.1.2 成品油特性

(1) 易燃

石油产品具有容易燃烧的特点,因而也就潜在发生火灾的危险性。其危险程度由油品的闪点、燃点和自燃点的高低来评定。

1) 闪点:闪点指的是在规定条件下,加热油品所逸出的蒸气和空气组成的混合物与火焰接触发生瞬间闪出火花并立即熄灭时的最低温度。此时的瞬间燃烧称“闪燃”,闪燃不能使液体燃烧,其原因是在闪点温度下,液体蒸发缓慢,来不及蒸发补充可燃蒸气,故闪燃瞬间就熄灭。根据这一特点可知,闪点越低,燃烧起火的可能性越大。在油品中汽油的闪点最低,在 $-50\sim 28^{\circ}\text{C}$,即其在大于 -50°C 的任何温度下均能挥发出大量的油蒸气,只需遇到极小的明火即可点燃,着火的危险性最大。煤油和轻柴油的“闪点”也较低,也容易着火。闪点高于 45°C 的油品在常温情况下,发生火灾的危险性较小。

2) 燃点:燃点是指在规定条件下,加热油品所逸出的蒸气和空气组成的混合物与火焰接触立即着火并继续燃烧的最低温度。燃点比闪点高 20°C 左右。

3) 自燃点:自燃点是指物质在没有外部火花或火焰的条件下,能自动引燃和继续燃烧的最低温度。对于成品油来讲,密度越大,闪点越高,而自燃点却越低。因此,从自燃点的角度看,重质油料比轻质油料的火灾危险性大。

(2) 易爆

当石油蒸气和空气混合达到一定比例时,遇火就会发生爆炸。这个遇火即爆炸的浓度范围称作爆炸浓度极限,通常用体积百分数来表示。产生爆炸的最低混合比叫爆炸下限(低限);产生爆炸的最高混合比叫爆炸上限(高限)。如某油品蒸气爆炸下限为 1.7% ,爆炸上限为 7.2% ,那么当该油品的油蒸气在空气中的含量达到上述范围($1.7\%\sim 7.2\%$ 体积量)之内时,遇明火将会引起爆炸。

当油品蒸气与空气混合时,油蒸气的体积含量低于爆炸下限时,遇火不会燃烧,亦不会爆炸;当油蒸气的体积含量高于爆炸上限时,遇火则会燃烧不会爆炸。

(3) 易蒸发

蒸发是液体表面分子汽化的现象。液体汽化后一旦进入大气就很难再收回,这种现象尤以轻质油品为显著,其蒸发速度最快,甚至可被完全蒸发。

由于易蒸发这种现象存在,常常导致油品在数量上缺斤短两,并且还会造成油品质量降低。更严重的是它产生的油蒸气易引起着火、爆炸,既污染环境又损害工作人员的健康,甚至危及生命。因此,很有必要采取一切有效措施杜绝油品的蒸发。