

实用节能技术

上海能源利用技术研究所 编

535776

上海科学技术出版社

535776

TK1101

实用节能技术

上海能源利用技术研究所 编



C0227100

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书介绍了设备和企业热平衡测试和计算方法,工业锅炉和窑炉的节能,余热利用,远红外加热技术,硅酸铝耐火纤维的应用和平焰烧嘴在加热炉中的应用。书中所介绍内容都经实践检验,比较切合实用。

本书适于工厂企业从事能源管理和技术改造的工程技术人员和工人参考。

实 用 节 能 技 术

上海能源利用技术研究所 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 浙江湖州印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.25 字数 158,000

1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷

印数: 1—18,000

书号: 15119·2285 定价: (科四) 0.69元

4107/01

前 言

当今世界各国国民经济的发展，在颇大程度上取决于能源的发展。能源问题已成为举世瞩目的重大战略问题。中央为我国制定了“开发与节约并重，近期把节能放在优先地位，大力开展以节能为中心的技术改造和结构改革”的能源方针，这是重大的战略措施和决策。为了促进节能技术交流，满足广大能源工作者的需要，从我所和上海工程热物理学会合办的《能源技术》上选择了部分实用节能技术的文章，经整理加工、改编成书。

本书由陈开澄、凌方民、葛永乐、丛日盛等同志负责选材、整理和改编。李开文、魏德于、徐守义、沈信儒、孙云程、李鸿斌、田裔强、任赞荣等同志也参加了部分改编和校对工作。本书的选编得到了所领导的大力支持。

由于水平限制，本书一定存在不少缺点和错误，希读者提出批评指正。

上海市能源利用技术研究所

一九八二年七月

目 录

第一章 设备和企业热平衡测定	1
§1-1 热平衡技术指标和计算方法	1
§1-2 热风烘干机热平衡测定	23
§1-3 瓶罐玻璃企业热平衡测定	31
§1-4 连续加热炉热平衡测定	42
第二章 工业锅炉和窑炉的节能技术	56
§2-1 工业锅炉的节能技术	56
§2-2 钢铁厂加热炉的节能技术	77
§2-3 玻璃熔窑的节能技术	93
第三章 余热利用技术	102
§3-1 工业蒸汽的余热利用——蒸汽背压发电	102
§3-2 沸腾炉余热的利用	118
§3-3 甲醛生产中的热能有效利用	123
§3-4 钢铁厂的余热利用	133
§3-5 工业余热制冷	137
第四章 远红外加热技术及其应用	149
§4-1 远红外技术在塑料成形加工中的应用	149
§4-2 高硅氧远红外灯及其应用	153
§4-3 燃气远红外技术及其应用	161
第五章 硅酸铝耐火纤维的应用技术	180
§5-1 硅酸铝耐火纤维在热处理炉上的应用	180
§5-2 硅酸铝耐火纤维在电炉上的应用	185

§5-3 硅酸铝耐火纤维使用中的几个问题	193
第六章 平焰烧嘴的应用技术	200
§6-1 平焰烧嘴在加热炉中的应用	200
§6-2 SPM 系列煤气平焰烧嘴的应用	212

第一章 设备和企业热平衡测定

§1-1 热平衡技术指标和计算方法

一、热平衡目的

为降低能源消耗、查明问题所在、提高企业和设备的经济性就必须进行设备和企业的热平衡调查。通过测定和计算热平衡,查清设备和企业的能耗现状,分析浪费原因,挖掘节能潜力,明确节能方向和制定切实可行的节能措施。企业热平衡是能源科学管理工作的基础,又是节能工作必须首先抓紧的重要一环。

二、企业热平衡内容

热能在传递和转换时遵守能量守恒定律,只有当输入输出能量平衡的情况下,才能保持稳定的能量传递和转换。对于稳定的传热和能量交换体系,热量或能量的收支一定保持平衡。企业的热平衡是各车间(或部分)的热平衡汇总,而车间热平衡又以各设备热平衡为基础。一般,设备的热平衡,如锅炉或工业窑炉,用热的目的明确,指标的计算方法和表示方法有统一的标准,企业中的其它用热设备可以参照它们进行热平衡测算。在设备热平衡的基础上,结合企业中能源进出的统计资料,可以汇总绘制全厂热流图或编制企业热平衡表。热流图直观、形象化并可避免漏项或重复;热平衡表数据清晰,便于对比和核算指标。图 1-1 和图 1-2 所示为某丝织

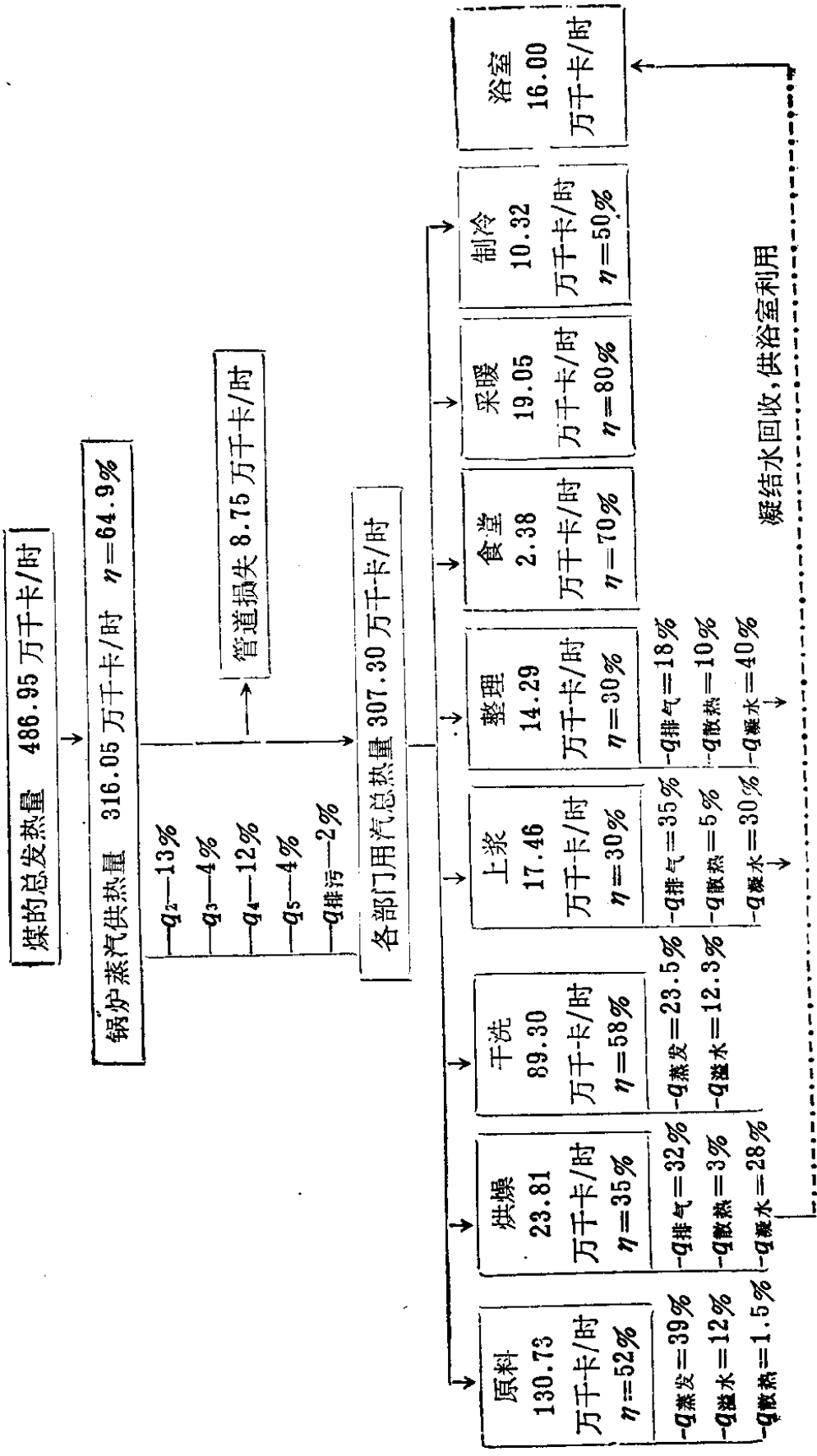


图 1-1 某丝织厂的热流图(1979 年全年平均)

表 1-1 某丝织厂热平衡及热效率表

收 入 热 量		支 出 热 量		有 效 利 用 热		回 收 利 用 热		全厂燃煤 热效率 η_r %
项 目	数 量	车 间 部 门	热 量 万千卡/小时	比 例 %	有效利用 热 万千卡/小时	车间设备 热效率 $\eta_{设}$ %	回收利用 热 万千卡/小时	余热回收 利用率 $\eta_{回}$ %
煤量	885公斤/时	原料 炼制	130.73	42.54	67.86	52		
煤的热值	5500千卡/公斤	烘 燥	23.81	7.75	8.58	36	6.67	
煤的总发热量	487万千卡/时	平 洗	89.30	29.05	52.19	58		
锅炉热效率 $\eta_{锅}$	64.9%	上 浆	17.46	5.63	5.23	30	5.24	
锅炉供汽热量	316万千卡/时	整 理	14.29	4.65	4.37	30	5.72	
管道效率 $\eta_{管}$	97.24%	共 计	275.89	89.67	138.23	50	17.63*	
		采 暖	19.05	6.20	15.24	80		
		制 冷	10.32	3.36	5.16	50		
		食 堂	2.38	0.77	1.67	70		
		浴 室					16.0)	占供汽总 热量 5.2
		共 计	31.75	10.33	22.97	70		
供汽总热量	307.3万千卡/时	合 计	307.34	100	166.23	52	16.00	占煤总发 热量 3.2

注：烘燥、上浆、整理三个车间间接用汽设备的凝结水全部回收，合 17.63 万千卡/小时，除散热损耗外，浴室利用 16.00 万千卡/小时； $\eta_r = \eta_{锅} \cdot \eta_{管} \cdot \eta_{设} + \eta_{回} = 64.9 \times 0.972 \times 0.52 + 3.2 = 36\%$

表 1-2 某钢铁厂的

项 目 \ 车 间		动 力		炼 焦		炼 铁	
		收入	支出	收入	支出	收入	支出
煤		30.33		138.26		1.62	
动 力	电		19.79	0.81		0.95	
	蒸 汽		7.29	3.44		1.68	
	鼓 风		11.71			11.40	
焦 炭					92.87	92.87	
焦 粉		4.00			12.10		8.44
炼 焦 煤 气					25.28		
高 炉 煤 气		4.46		17.00		14.71	41.17
钢 铁 反 应 热							31.70
钢 铁 物理热	连续使用						7.43
	一次使用						
熔 渣 热 损 失							11.51
冷 却 水 带 走 热							0.85
排 烟 热 损 失					6.85		10.50
散 热 及 其 它 损 失					20.71		11.24
总 计		33.79	33.79	159.51	157.31	123.43	122.83
工 艺 有 效 热 量						33.74	
工 艺 热 效 率						71.8%	
产 品 及 供 出 有 效 热						30.30	
产 品 热 效 率						65%	

注: 1. 本表所列数字, 以万吨标准煤为单位, 为该厂各车间 1978 年上半年
 2. 动力能源已折算至所耗原始燃料; 其它加工能源按实际热值折算。

热平衡表(1978 年上半年度)

炼 钢		轧 钢		外 单 位		本 厂 合 计		备 注
收入	支出	收入	支出	收入	支出	收入	支出	
2.90					173.11	173.11		包括精洗煤动力煤等
2.78		3.25		12.00			12.00	包括水及氧气等
1.69		0.48						
0.31								
0.08				16.46			16.46	包括焦油粗苯
11.47		10.62		3.19			3.19	
1.81		3.19						
	5.06						36.76	产品有效热
7.43	1.85	18.5					(9.28)	9.28为工艺有效
	4.78		3.93				8.71	工艺有效
	2.03						13.54	
	5.43		1.03				7.31	
	6.75		3.25				27.35	
	2.66		11.02				45.63	
28.47	28.56	19.39	19.23	31.65	173.11	173.11	170.95	
11.69		3.93				141.46	54.75	141.46为扣除供出的收入净值
41%		20%				38.7%		
6.91						141.46	36.76	
24.3%						26%		

度能量收支总数;

厂和某钢铁厂的热流图。中小型轻纺企业都由锅炉房供汽,用热设备间关系较为简单,它的热流图与图 1-1 基本相同。钢铁厂是冶金企业的代表,它的能耗和化工等大型联合企业类似,所用的能源品种较多,各车间能量的传递和转换较为复杂(其热流图见图 1-2 所示,图中单位为万吨标准煤)。表 1-1 和表 1-2 分别表示某丝织厂和钢铁厂的热平衡及热效率表,表 1-3 为某钢铁厂炼铁车间热平衡表。

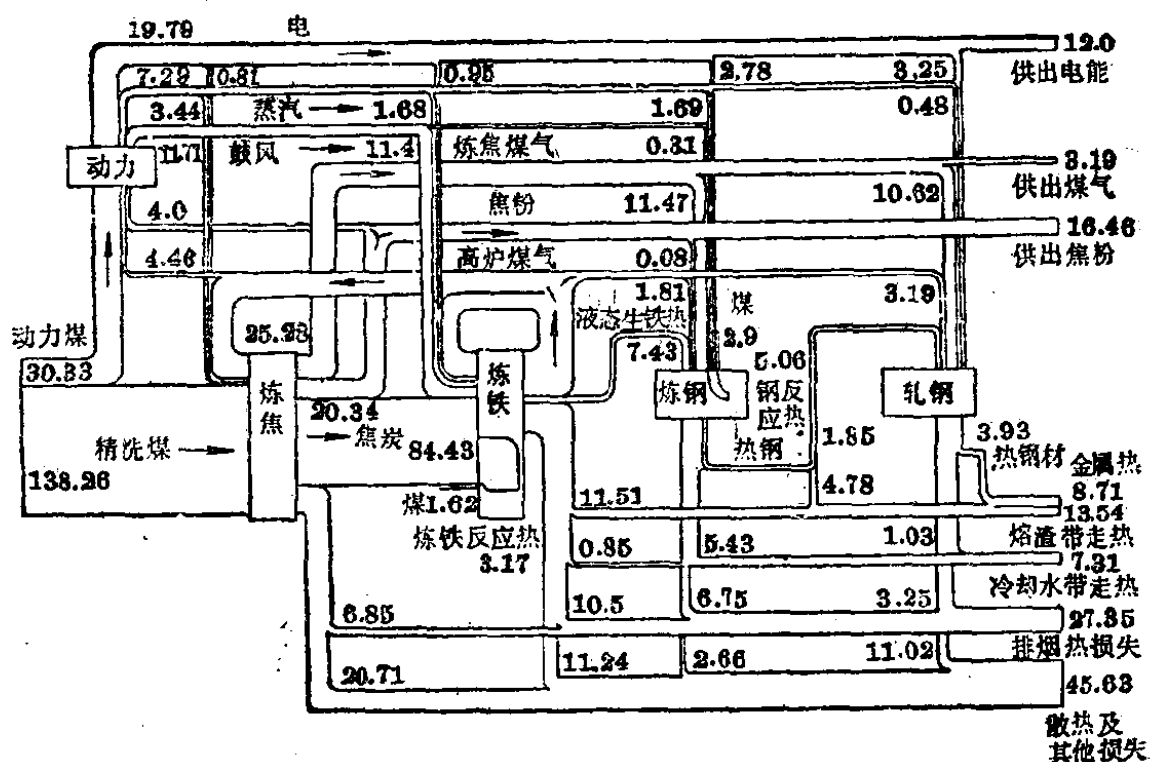


图 1-2 某钢铁厂的热流图(1978 年上半年度)

上面列举了两个厂的企业热平衡,所示的两种热流图及热平衡表,把车间到整个企业热平衡调查所要求的主要内容——有效利用热量、各种热损失和供入热量间的平衡关系,大体上都表达清楚了。图表所反映的内容和表示方法,虽不尽相同,含义也有差别,但可以从中进行对比分析。

三、企业热平衡中常用的术语

1. 供入热

表 1-3 某钢铁厂炼铁车间热平衡表

收入项目	单 位	数量	标准煤 折算率	合标准煤 万吨	占车间 %	支 出 项 目	单 位	数量	标准煤 折算率	合标准煤 万吨	占车间 %
无 烟 煤	万吨	1.78	0.9	1.62	1.3	炼铁还原热	万亿千卡	2.22	14.3	31.70	25.6
焦 炭	万吨	97.76	0.95	92.87	75.3	生铁物理热	万亿千卡	0.52	14.3	7.43	6.0
高炉煤气	亿米 ³	11.67	1.26	14.71	12.0	高 炉 煤 气	亿米 ³	32.7	1.26	41.17	33.3
水	亿米 ³	0.64	0.72	0.46		焦 粉	万吨	9.1	0.93	8.44	6.9
电	亿度	0.11	4.2	0.46	0.8	有效热共计				88.74	71.8
氧 气	亿米 ³	0.01	3.59	0.03		液态熔渣热	万亿千卡	0.81	14.3	11.51	9.4
蒸 汽	亿吨	16.8	0.1	1.63	1.4	冷却水带走热	万亿千卡	0.06	14.3	0.85	0.7
鼓 风	亿米 ³	38.0	0.3	11.40	9.2	排烟热损失	万亿千卡	0.74	14.3	10.50	8.5
						散热及其它损失**	万亿千卡	0.79	14.3	11.83**	9.6
总 计				123.43	100	总 计				34.69	28.2
										123.43	100

* 散热及其它损失中包括电能、蒸汽、鼓风等能源的转换损失;

** 此数原为 11.24,总加后得测算误差 0.50,一并计入。

在企业热平衡调查中,热的含义有两种:一种单指热能;另一种泛指各种能量,又称总能或综合能耗。各车间收支的热量,都属于综合能耗概念。全厂的实际含能耗则应扣除供应外单位的能量。目前在一般的工矿企业,除设备本身直接消耗大量的燃料外,都还要使用外供电能、蒸汽和氧气等二次能源,它们都是从热能或电力转换而来,等于间接消耗的燃料。因此,在企业热平衡调查中,供入热一般指综合能耗,即包括燃料热能和一切由燃料热能转换来的二次能源的总量。从综合能耗可以清楚地表明工矿企业产品生产中要求国家供给的总燃料量。所以这种热平衡也称为燃料平衡。综合能耗增加了企业之间能耗量的可比性,使节能措施易于有效地落实到一次能源上。

2. 等价热值和当量热值

要综合统计燃料热能和电、蒸汽、煤气等二次能源,就必须有一个统一的计量单位,即把二次能源折算为相应的热值(单位,千卡)。通常有两种折算方法:一种用等价热值折算,另一种用当量热值折算。这两种折算热值在企业热平衡中都要用到。钢铁厂各车间所用的动力能源注明已化成能耗原始燃料,也就是已用等价热值折算过,并再折算为标准煤。丝织厂的综合能耗,除已得到的燃料热能外,尚须加上所耗电能和煤气的等价热值。一般外供电能的等价热值为每度电 3000 千卡,含 0.428 公斤标准煤。这是按凝汽式机组发电的平均效率计算出的,所耗燃煤包括电厂能源转换中的各项热损失。在单项设备的能量平衡和效率计算中间,必须应用当量热值折算。一度电的当量热值是 860 千卡。对于一个企业,如果它全部使用电能,采用高效电热设备进行生产,本身没有热损失,这个企业综合能源利用率也只能达到 $860/3000=28.7\%$ 。

电厂转换能源的损失，应当由最终的使用单位承担。在钢铁厂热平衡中，动力车间送出的电能、蒸汽、鼓风等也都已用等价热值折算，因此收支是平衡的，毫无损失。而各车间收入的动力则包含能源转换损失在内。如炼铁车间的热平衡表中便包含着从动力车间转嫁来的先天性损失，列入散热及其它损失项中。这样，才能使车间能量收支保持平衡。

3. 有效利用热

有效利用热一般是指工艺过程中所必需消耗的热量。它大致可以分为下列三方面：

(1) 工艺过程中伴有分解、合成等化学反应时需要的吸热量，如烧石灰窑，玻璃窑炉等。钢铁冶炼中的生铁还原热和炼钢反应热也属于此项有效热，热量进入产品，随产品带出企业。

(2) 工艺中一切物料的加热过程(包括固体、流体、及其在熔融、蒸发时的相变)，如锅炉、加热炉等。这里，有效热就是设备出入口被加热物的热量差，包括物理热及相变热。

(3) 为达到生产目的，必须用热量促成特定的工艺过程，如使物料干燥的烘干机，使浆料浓缩的蒸发器。这里，有效利用热为水分蒸发热及物料显热。同样，因生产需要用热量造成特定的工艺环境时，则所需热量一般也是有效热，如蒸压养护、采暖、消毒等。

按照工业生产上的惯例，如果生产中所需热量包括上列两种以上情况，如水泥窑，则有效热就是水泥原料加热反应吸热量及水份蒸发热之和。对于不须从高温中取出而是冷却后取出的物料，如退火炉、陶瓷及制砖的窑炉，则有效热仍以最高温度时被加热物具有的热量和装入时热量的差值计算。

上述有效利用热实质上是工艺要求用热的概念，除第一

项化学反应热较为明确外,其余两项都有一定的相对性,概念比较含混,给热能利用调查,带来了一些困难,有待在实践中进一步解决。由于热能调查的目的是为了减少燃料热能损失、提高有效利用热,因此,把工艺用热设备作为结算企业有效利用热的共同终点,把在工艺上发挥过作用的热作为企业工艺有效热较为适当;它和未发挥作用的热损失是不能混淆的。

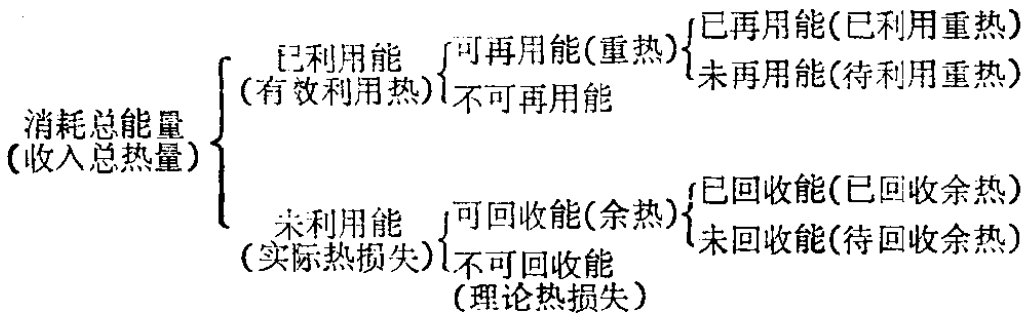
在用热设备以后,热损失尚可回收利用;用过的工艺有效热也还可重复利用。这些可以回收的余热,是节能潜力所在,是提高热能利用的重要途径。丝织厂将凝结水回收供浴室利用;钢铁厂相当一部分金属物理热供后继工序连续使用,都使企业的能源利用率得到提高。因此企业的热流图和热平衡表必须把余热回收和重复利用的热量继续表示清楚。钢铁厂的热流图要表明企业能耗的最终去向和各种损耗的比重,以供拟订进一步节能措施时参考。

四、热平衡技术指标和计算方法

热平衡技术指标应围绕掌握企业用能情况、加强能源的科学管理和节能的基本目的。

1. 热平衡的能量分析

热平衡的能量分析可列表简明表示:



一般说来,体系(指设备或企业)消耗的总能量,即体系收

入的总热能(均以热量计),它支出时分成两部分:一部分是已经被利用的,俗称有效利用热(简称有效热);一部分是没有被利用的,就是实际上的热损失。由于技术上有困难,或经济上不合理,或用途不明确,在实际热损失中,并不是全部都可以回收利用的,总有一部分不能够或不值得回收利用,这就是理论上必须的热损失。而可回收的部分才是真正的余热。同样,在已利用的有效热中,也不是全部都可以再重复利用的,只有可再利用的部分(称为重复利用热,简称重热)可以利用。引出重热这个概念,并且与余热区别开,这是由于重热与余热是两个不同的概念:余热是指未用能中可回收的部分;重热则是指已用能的可再利用部分(如热焦炭,热钢锭等高温产品的热量再利用,这是在能的品质上的再利用)。区分余热和重热的目的是,使我们对用能的构成更加明确,避免计算上的错误,而且有利于分析企业的用能水平和设备及工艺状况。

2. 技术指标的分析

进行企业用能情况分析,应抓住以下四点,即企业耗能数量的多少,用能水平的高低,节能潜力的大小和省能效果的好坏。这四者是互相联系的。综合分析之后,可用下面三类指标加以概括和反映:

第一类指标:能耗,主要用来反映一个企业消耗能量的数量和构成;

第二类指标:利用率,用来反映一台设备、一个装置以及一个企业的用能水平;

第三类指标:回收率,主要用来反映企业节能潜力和省能效果。

(1) 能耗

能耗主要包括单耗和综合能耗,也可采用可比能耗。