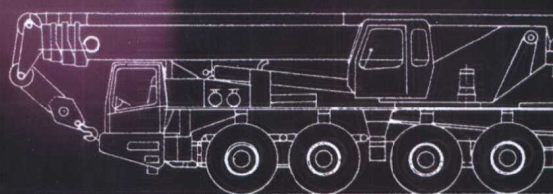
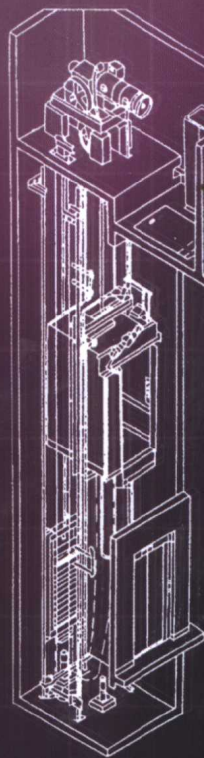
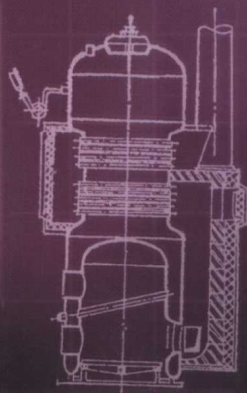
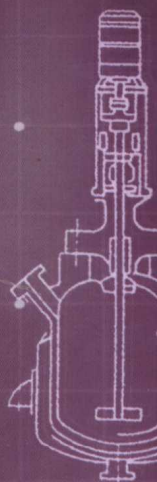


特种设备安全技术

陆廷康

陆荣根

主编



同济大学出版社

特种设备安全技术

陆廷康 陆荣根 主编

同济大学出版社

内容提要

本书是以国务院 373 号令《特种设备安全监察条例》(2003 年 6 月 1 日施行)和相关法规、标准为依据,按照国家质量技术监督局关于在全国开展锅炉、压力容器、压力管道及特种设备普查登记工作的通知要求,结合有关技术知识编写的一本通俗读物。

书中对蒸汽锅炉、热水锅炉和有机热载体炉对压力容器中的固定式和移动式压力容器、气瓶,对特种设备中的电梯、起重机械、厂内机动车辆等设备的结构、性能、安全操作等技术知识作了比较系统的阐述。

本书可作为从事特种设备工作的安全技术培训教材,也可供从事特种设备工作的管理人员、操作人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

特种设备安全技术/陆廷康,陆荣根主编. —上海:
同济大学出版社,2003.11
ISBN 7-5608-2689-X

I. 特… II. ①陆…②陆… III. 设备—安全技术
IV. X931

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 065449 号

特种设备安全技术

陆廷康 陆荣根 主编

责任编辑 缪临平 责任校对 郁 峰 封面设计 潘向葵

出 版 同济大学出版社
发 行 (上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 江苏大丰市印刷二厂印刷
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 27.75
字 数 710000
印 数 1—3000
定 价 38.00 元
版 次 2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5608-2689-X/TB·43

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

《特种设备安全技术》编委会

编委会主任 徐国建

编委会副主任 张陇平 陈纪春 江东星 杜元龙

主编 陆廷康 陆荣根

编委 丁伟杰 顾卫东 徐 光 张继新 潘建平 秦 力

李起耘 陆忻根 蒋荣奎 唐龙杰 瞿明华 陆 建

周水发 张福平 王长华 岑 琦 丁学民

前 言

锅炉、压力容器、起重机械、电梯、厂内机动车辆均属危险性较大的专用设备、特种设备。

这些年来,随着我国经济持续、快速、健康的发展,特种设备的应用范围日益扩大,数量迅猛增加,各级政府和有关部门对特种设备的监察管理不断加强。但是,仍有部分企业安全意识不强,从事特种设备管理的专业人员缺乏,操作人员的安全技术素质偏低,致使一些特种设备安全状况令人担忧。

普及特种设备的安全技术知识,是提高管理人员和操作者技术水平的有效措施,是做好特种设备安全监察管理工作的基础。

本书是以国务院 373 号令《特种设备安全监察条例》(2003 年 6 月 1 日施行)和相关法规、标准为依据,按照国家质量技术监督局关于在全国开展锅炉、压力容器、压力管道及特种设备普查登记工作的通知要求,结合有关技术知识编写的一本通俗读本。对锅炉、压力容器(包括气瓶)、起重机械、电梯、厂内机动车辆等特种设备的基本知识、结构、操作技术、安全使用要求等方面作了比较详细的阐述。

本书通俗易懂,具有较强的指导性和实用性,可作为特种设备管理人员和操作人员的技术指导书,也可作为安全技术培训的教材。

由于编写水平有限,书中难免存在不足,甚至错误,恳请读者及行家批评指正。

编者

2003 年 5 月

目 录

第一篇 锅 炉

第一章 锅炉基本知识	(3)
第一节 锅炉概述.....	(3)
第二节 锅炉的主要参数.....	(5)
第三节 锅炉的规格系列与型号表示.....	(9)
第四节 燃料与燃烧	(13)
第五节 锅炉水质标准	(16)
第二章 常用的锅炉结构	(22)
第一节 锅壳式锅炉	(22)
第二节 水管锅炉	(29)
第三节 燃油锅炉	(39)
第四节 燃气锅炉	(46)
第五节 有机热载体锅炉	(48)
第六节 热水锅炉	(51)
第七节 余热锅炉	(54)
第八节 其他类型锅炉	(57)
第三章 锅炉安全附件与管道阀门	(59)
第一节 安全阀	(59)
第二节 压力表	(63)
第三节 水位表	(65)
第四节 温度仪表	(69)
第五节 排污阀	(72)
第六节 给水设备	(74)
第七节 锅炉常用阀门	(79)
第四章 锅炉的安全管理	(87)
第一节 锅炉的产品与安装质量监督	(87)
第二节 锅炉的水处理	(90)

第三节	在用锅炉的定期检验	(94)
第四节	锅炉的操作人员	(101)
第五节	锅炉房的安全管理	(102)

第二篇 压力容器

第一章	压力容器的基本知识	(109)
第一节	压力容器的含义及参数	(109)
第二节	压力容器的分类	(110)
第三节	压力容器的介质分类及特性	(114)
第四节	压力容器的材料	(118)
第二章	压力容器的结构	(121)
第一节	压力容器的结构形式	(121)
第二节	压力容器的组成	(122)
第三节	气瓶的结构与安全	(130)
第三章	压力容器的安全管理	(142)
第一节	压力容器的安全管理制度	(142)
第二节	压力容器的安全操作	(146)
第三节	压力容器的定期检验	(148)
第四节	压力容器的使用登记	(155)

第三篇 起重机械

第一章	起重机械概述	(159)
第一节	起重机械的分类	(159)
第二节	起重机械的基本参数	(159)
第三节	起重机工作级别	(162)
第二章	起重机械的构造	(164)
第一节	桥式起重机	(164)
第二节	门式起重机	(172)
第三节	流动式起重机	(178)
第四节	履带式起重机	(182)
第五节	门座起重机	(183)
第六节	塔式起重机	(188)

第七节	桅杆起重机	(192)
第三章	起重机的安全装置和主要零部件	(196)
第一节	起重机的安全装置	(196)
第二节	取物装置	(201)
第三节	滑轮和卷筒	(205)
第四节	钢丝绳	(206)
第五节	起重用短环链及卸扣	(210)
第六节	塔式起重机常用配套辅助件	(211)
第四章	起重机械的安全管理	(213)
第一节	起重机械安全使用要求	(213)
第二节	起重机械的操作和保养	(222)
第三节	起重指挥信号	(225)

第四篇 电 梯

第一章	电梯的基本知识	(233)
第一节	电梯的含义、分类	(233)
第二节	电梯的规格、性能、型号	(235)
第二章	电梯的构造	(239)
第一节	电梯机房	(240)
第二节	轿厢	(245)
第三节	层站部分	(249)
第四节	井道部分	(252)
第五节	自动扶梯	(255)
第三章	电梯的安全装置及安全管理	(263)
第一节	安全钳	(263)
第二节	限速器	(264)
第三节	缓冲器	(266)
第四节	电梯的电气安全保护	(268)
第五节	其他安全装置	(270)
第六节	电梯的安全管理	(272)

第五篇 厂内机动车辆

第一章 厂内运输的安全要求.....	(277)
第一节 厂内运输概述.....	(277)
第二节 对车辆的安全要求.....	(277)
第三节 对道路的要求.....	(281)
第四节 对驾驶、装载的安全要求	(283)
第二章 厂内机动车辆的安全技术.....	(287)
第一节 汽车的安全技术.....	(287)
第二节 叉车的安全技术.....	(296)
第三节 电瓶车的安全技术.....	(311)
第四节 电池铲车的安全技术.....	(314)
第五节 装载机的安全技术.....	(316)
第六节 手推车和手推叉车的安全使用.....	(318)
附录.....	(319)
一、《特种设备安全监察条例》国务院令第 373 号(2003 年 3 月 11 日)	(321)
二、《特种设备质量监督与其安全监察规定》国家质量技术监督局令第 13 号.....	(334)
三、《蒸汽锅炉安全技术监察规程》劳部发[1996]276 号	(343)
四、《热水锅炉安全技术监察规程》劳锅字[1997]74 号	(379)
五、《小型和常压热水锅炉安全监察规定》国家质量技术监督局(2000)版	(409)
六、《气瓶安全监察规程》质技监局锅发[2000]250 号	(416)
参考文献.....	(434)

第一篇 锅 炉

锅炉是一种在工业生产、人民生活设施中得到广泛使用的承压设备。由于长期处在高温下运行,并不断受到烟气和锅水中有害杂质的侵蚀和飞尘的磨损,其承压部件的受力情况比较复杂,如果使用不当,管理不严,往往会发生事故,有时甚至会发生爆炸事故,造成设备毁坏,人身伤害,使国家财产、人民安全受到不可弥补的损失。

我国和世界上许多工业国家一样,把锅炉作为一种特殊设备,由专门机构进行监管,按特定的国家监察规范进行设计、制造、安装、运行、检验,并配备了各级监察、管理人员,通过运用锅炉安全技术和管理,确保锅炉安全使用。

这里所说的锅炉是指利用各种燃料、电或者其他能源,将所盛装的液体加热到一定的参数,并承载一定压力的密闭设备,其范围规定为容积 $\geq 30\text{L}$ 的承压蒸汽锅炉;出口水压 $\geq 0.1\text{MPa}$ (表压),且额定功率 $\geq 0.1\text{MW}$ 的承压热水锅炉、有机热载体炉和额定功率 $\geq 0.35\text{MW}$ 的常压热水锅炉。

第一章 锅炉基本知识

第一节 锅炉概述

一、锅炉的定义与组成

锅炉是国民经济中重要的热能供应设备。电力、机械、冶金、化工、纺织、造纸、食品等行业以及工业和民用采暖都需要锅炉供给大量的热能。

从广义讲,锅炉是将燃料内蕴藏的热量,经过燃烧释放,把水加热到规定温度和压力的蒸汽或高温热水,供生产和生活上使用的一种热能设备。

锅炉由“锅”和“炉”以及为保证“锅”与“炉”安全运行所必需的附件、控制仪表、附属设备等几大部分组成。

锅——指锅炉中盛水和蒸汽的密封受压部分,其作用是吸收“炉”释放出的热量,从而使低温水变成高温水(热水锅炉),或者变成具有一定压力和温度的蒸汽(蒸汽锅炉)。主要包括:锅炉(汽包)、对流管束、水冷壁、集箱(联箱)、过热器和省煤器等。

炉——指锅炉中燃料进行燃烧产生热源的部分,其作用是将燃料燃烧释放出的热量供“锅”吸收。主要包括:燃烧设备、炉墙、炉拱、隔烟箱、烟囱和钢架等。燃料在“炉”内通过燃烧所产生的高温烟气,经过炉膛和各烟道向锅炉受热面放热,最后从锅炉尾部烟囱排出。

“锅”和“炉”,一个水,一个火,一个吸热,一个放热,是一对矛盾的统一体。

锅炉附件及仪表——指安装在锅炉受压部件上用来控制锅炉安全和经济运行的一些附件与仪表装置。主要包括:安全阀、压力表、水位表、高低水位报警器、排污装置、常用阀门和有关仪表等。此外,近年来由于对锅炉的机械化和自动化要求不断提高,工业锅炉上配置机械操作和自动控制的附件及仪表也越来越多,如给水自动调节装置、燃烧自动调节装置、自动点火熄火保护装置以及鼓、引风机连锁装置等。

锅炉附属设备——指燃料的供给与制备系统,主要包括:上煤、磨粉、燃煤、燃油、燃气装置以及鼓、引风机、出渣、清灰、空气预热、除尘等装置。

二、锅炉的分类

(1) 锅炉的类型很多,分类的方法也很多,主要分类方法有:

1) 按出口介质状态分类,应用于加热水使之转变为蒸汽的锅炉称为蒸汽锅炉,也称为蒸汽发生器;应用于加热水的锅炉,称为热水锅炉;而应用于加热有机热载体的锅炉,称为有机热载体锅炉。

2) 按其用途可以分为电站锅炉、工业锅炉、船舶锅炉和机车锅炉等四类。前两类又称为固定式锅炉,因为是安装在固定基础上而不可移动的。后两类则称为移动式锅炉。

3) 按额定蒸汽压力可分为:低压锅炉 $p \leq 2.45\text{MPa}$;中压锅炉 p 为 $2.94 \sim 4.90\text{MPa}$;高

压锅炉 p 为 7.84~10.8MPa;亚临界锅炉 p 为 15.7~19.6MPa;超临界锅炉 $p > 22.1$ MPa。

4) 按水循环的方式可分为自然循环式、强制循环式、复合循环式锅炉。

5) 按燃烧方式可分为层燃式(固定炉排炉、双层炉排炉、链条炉、往复推动炉、振动炉排炉等)、室燃式(油炉、气炉、煤粉炉)、沸腾式(固定床炉、流动床炉)和明火反烧式(连续式明火反烧炉、机械下饲式明火反烧炉)锅炉。

6) 按热能的来源可分为燃煤、燃油、燃气、原子能、太阳能和废热(加热炉、冶金炉、窑炉)锅炉。

(2) 除电站锅炉外,现将工业锅炉的一般分类简介如下(图 1-1-1):

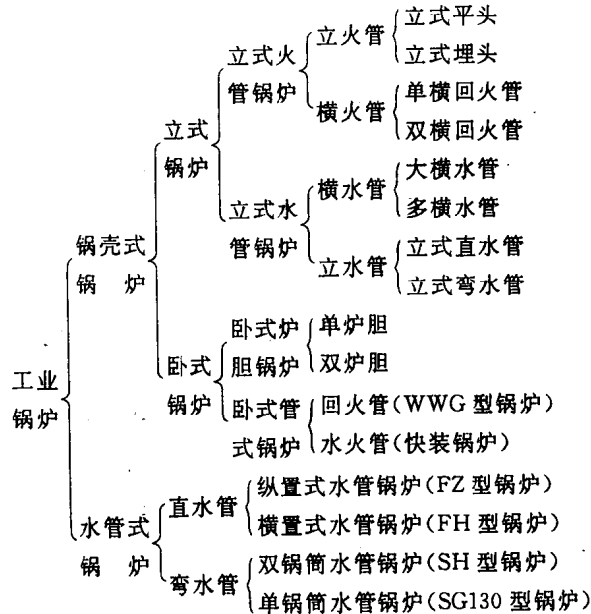


图 1-1-1 工业锅炉分类图

从工业锅炉分类图中可知,工业锅炉的结构演变大体沿着两个方向发展,基本形成了锅壳锅炉与水管锅炉两大类。

三、锅炉结构的基本要求

锅炉结构的总要求是要用最少的金属耗量,消耗最少的燃料达到规定参数(压力、温度)的蒸发量,并在运行中符合安全可靠的要求。

在结构方面,具体地说,应符合下列要求:

- (1) 要保证受压部件有足够的强度和稳定性。
- (2) 要保证锅炉结构各部分在运行时能进行自由膨胀。
- (3) 要有良好的水循环来保证受热面得到可靠的冷却。
- (4) 要根据锅炉参数(压力、温度)和燃料的适应性来选用锅炉结构。
- (5) 要合理配置鼓风机、引风机,使燃料和风量随着燃烧工况的变化保持相应的比例。
- (6) 受压部件开孔和焊缝的布置应尽量避免或减少应力集中。
- (7) 锅炉钢架在承受载荷时,应有足够的强度、刚度和抗腐蚀性。

- (8) 锅炉结构要便于安装,便于操作、检修和清洗内外部。
- (9) 要考虑安全附件和自控装置的可靠性。
- (10) 要保持炉墙结构有良好的耐热性和密封性,减少漏风,减少热损失,保持燃烧稳定。

此外,还有环保等方面的要求,如消烟除尘;对于水管锅炉水质要求严格;对于空气预热器在燃油锅炉设计方面要考虑防止二次燃烧等。

第二节 锅炉的主要参数

锅炉工作特性的基本参数,主要有锅炉产生蒸汽的数量(蒸发量)和质量(压力、温度)两个方面的指标。

一、额定蒸发量

(1) 蒸发量——锅炉每小时所产生的蒸汽量,称为这台锅炉的蒸发量,用以表示其产汽的能力。蒸发量,又称为“出力”或“容量”,用符号“ D ”表示,常用的单位是 t/h 。

(2) 额定蒸发量——是指蒸汽锅炉在额定蒸汽压力、额定蒸汽温度、额定给水温度、使用设计规定的燃料并保证效率时所规定的每小时产生的蒸汽量。新锅炉出厂时,铭牌上所标示的蒸发量,指的是这台锅炉的额定蒸发量。

表示为:锅炉蒸发量=平均蒸发率 \times 受热面积。

(3) 锅炉蒸发率——指锅炉每平方米受热面积每小时所产生的蒸发量,用符号“ E ”或“ D/H ”表示,单位是 $kg/(m^2 \cdot h)$ 。

(4) 热水锅炉受热面发热率——对于热水锅炉是用受热面发热率来衡量的,即每平方米受热面积每小时内所发出的热量,用符号“ E ”来表示,单位是 W/m^2 。

(5) 热水锅炉的额定出力——指锅炉在确定安全的前提下长期连续运行,每小时输出热水的有效供热量。热水锅炉的额定供热量用热功率表示,其单位为 MW 。

原标准中,称为锅炉的额定供热量,单位为千卡/小时($kcal/h$)。现采用法定计量单位制。两种单位的换算方法如下:

$$1 \text{ 千卡/小时}(kcal/h) = 1.163 \text{ 瓦}(W)$$

按上式换算,当热水锅炉的额定供热量为每小时 $0.6978MW$ 的热功率时,取近似值为 $0.7MW$,也就是说,额定供热量为 $0.7MW$ 热功率的热水锅炉,大约相当于蒸发量为 $1t/h$ 的蒸汽锅炉。

(6) 锅炉受热面——指锅炉盛水或蒸汽的受压元件受到火焰或烟气加热的表面积,用符号“ H ”表示,单位是 m^2 。

受热面积一般可分为对流受热面和辐射受热面。对流受热面是指在锅炉对流烟道中主要受烟气对流放热的受热面。辐射受热面是指在炉膛内直接受高温火焰辐射放热的受热面。对流受热面吸收的热量和烟气温度成正比例,而辐射受热面吸收热量是和炉膛火焰温度的四次方成正比例。锅炉受热面越大,吸收的热量越多,产生的蒸汽量也就越大。

二、额定蒸汽压力

(1) 压力——指垂直作用在单位面积上的力,通常叫压力(实际上是压强),用符号 p 表示,单位是 MPa。

换算关系:

$$1\text{kgf/cm}^2 = 0.0981\text{MPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

(2) 大气压力——指空气的重量。由于 1m^3 空气在 0°C 时重 1.29kg ,所以地球上部的大气层对地球表面有一定的压力,这个压力叫大气压力。在 0°C 时大气压力是 0.1013MPa 。

(3) 表压力——指以大气压力作为测量起点,即压力表指示的压力。表压力不是实际压力,因为当压力指针为零时实际上已受到周围一个大气压力的作用,所以压力表指的数值,是指超过大气压的部分。

(4) 绝对压力——指以压力为零作为测量起点的实际压力。其数值就是表压力加 0.0981MPa 。

表压力与绝对压力的关系:

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + (0.0981\text{MPa}) \approx p_{\text{表}} + 0.1\text{MPa}$$

$$p_{\text{表}} = p_{\text{绝}} - (0.0981\text{MPa}) \approx p_{\text{绝}} - 0.1\text{MPa}$$

(5) 负压——指低于大气压(俗称真空)的值。通常负压燃烧的锅炉在正常燃烧时,打开炉门会感觉到周围空气吸向炉膛,这是炉膛内负压的缘故。一般炉膛出口保持负压 $20 \sim 30\text{Pa}$ 。

(6) 锅炉额定蒸汽压力——指锅炉设计工作压力。它是根据所用金属材料的强度和受压元件的几何形状以及受压特点等条件,按照国家颁布的有关强度计算标准,对各个受压元件分别进行壁厚计算,然后从中选出一个所能承受该压力的最低值,作为这台锅炉的最高允许使用压力。

三、额定蒸汽温度

温度——指物体冷热的程度(通常用符号 t 表示)。测量温度常用的单位是摄氏度,用 $^\circ\text{C}$ 表示。在锅炉设计计算中,常用绝对温度单位,用开(K)表示。绝对温度的零度为摄氏零下 273°C 。如果以 T 表示绝对温度的值,以 t 表示摄氏温度的值,其转换公式为: $T = t + 273\text{K}$ 。

摄氏温度表:以水在一个大气压下面开始沸腾时的温度(即沸点)为 100°C ,水结冰时的温度(即冰点)为 0°C ,中间分成 100 格,每格为 1°C 。

锅炉额定蒸汽温度——指锅炉输出蒸汽的最高工作温度。一般锅炉金属铭牌上标明的蒸汽温度是以摄氏温度表示的。

四、常用热力参数

1. 质量与重量

质量是物质的数量,是永恒不变的,单位是 kg。

重量是地心对质量吸引力的大小,随物体所在的地理位置不同而变化,单位是 N。 1N

是 1kg 物体每秒 1m 的加速度所具有的力,即 $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ 。

重量(G)与质量(m)的关系式如下:

$$G=mg$$

2. 体积与容积

体积是固体占有空间的大小。

容积是液体或气体占据容器空间的大小。

体积和容积的单位是 m^3 ,有时也用升(L),换算式为

$$1\text{m}^3=1\times 10^3\text{L}=1\times 10^6\text{mL}$$

3. 密度与重度

密度是单位体积 V 的物质所具有的质量,单位是 kg/m^3

$$\rho=m/V$$

重度是单位体积 V 的物质所具有的重量或重力,单位是 N/m^3

$$\gamma=G/V=mg/V$$

密度和重度之间的关系为: $\gamma=\rho g$ 。

4. 比容与比热容

比容是单位质量的物质所具有的内容,单位是 m^3/kg

$$\nu=V/m$$

从定义上可知比容恰好与密度相反,因为 $\nu=V/m, \rho=m/V$,所以 $\nu=1/\rho$ 或 $\rho\nu=1$ 。

密度 ρ 和比容 ν 互为倒数或者说二者乘积等于 1。

比热容是单位质量的物体,温度升高 1°C 所需的热量,单位是 $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 或 $\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot^\circ\text{C})$ 。

1kg 物体,温度升高(或降低) 1°C 时所吸收(或放出)的热量,称质量热容,用符号 c 表示,单位为 $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

1 标准立方米的气体,温度升高(或降低) 1°C 时所吸收(或放出)的热量,称容积比热。以符号 c' 表示。单位为 $\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ 。

5. 流量与流速

流量是指工质流动过程中单位时间内通过流通断面上流体的数量,表明设备流通容量的大小。在工程中,有两种表示方法,即质量流量和容积流量。质量流量(G)是指单位时间内流过的质量,单位是 kg/h ,一般用于液体。容积流量(V 或 Q)是指单位时间内流过流体的容积,单位是 m^3/h ,一般用于气体。

流速是指工质流动过程中通过流动断面上单位面积所流过的容积流量,单位是 m/s 。可由下式计算:

$$w=\frac{Q}{3600F}$$

式中 Q ——容积流量, m^3/h ;

F ——流通断面面积, m^2 。

流速是反映流体流动特性的基本物理量,也是锅炉工作过程中一个主要参数。如受热面和管道中的水流速度、汽流速度、烟气速度等,对锅炉工作的安全和经济有密切关系。

6. 热量和热功率

热量是热能的一种度量,用符号“ Q ”来表示。物体含热量的多少,不但与温度有关,而且与其质量(重量)和性质(比热容等)有关。

热功率是衡量热工设备在单位时间内所产生或传递热量的数值,单位是 kW ,这是由于单用热量不能说明热工设备产热或传热能力的大小,故引出热功率。热量与热功率的关系相当于功与功率的关系。

功率与热功率之间的换算关系是:

$$1\text{kW}=4.19\times 860\text{kJ/h}$$

7. 汽化热(又叫汽化潜热)

按照水和水蒸气的特性,水在一定的压力下,不断加热,则温度不断上升,最后达到饱和温度(即沸点),称为饱和水。如果继续加热,饱和温度并不上升,但水逐渐汽化为蒸汽。每千克水维持在饱和温度条件下,由液态的水全部变为近似于气态水蒸气的整个汽化过程中所需的热量叫做汽化热,单位是 kJ/kg 。汽化热随压力的变化而变化,饱和水在吸收汽化热后变成的水蒸气,称为饱和蒸汽。

8. 过热与过热蒸汽

在一定的压力下,饱和蒸汽的温度是恒定的,要在这一压力下,提高蒸汽的温度,可以在锅炉上另装过热器,将饱和蒸汽再通过过热器,继续增加热量,使饱和蒸汽过热而成为过热蒸汽,这个过程称为过热。一般将超过饱和温度的蒸汽称为过热蒸汽。过热蒸汽具有较饱和蒸汽为多的热量,即有较大的能量,且过热蒸汽干燥不含水分,使比容大大增加,故适用于作动力用。

9. 湿度或干度

饱和蒸汽中或多或少带些微量的水分,故饱和蒸汽实际上是蒸汽和水的混合物。一般称为湿蒸汽。过热蒸汽中则不含水分,通称干蒸汽,饱和蒸汽中含水分的质量百分数叫做湿度,用符号“ W ”表示。在湿饱和蒸汽中不含水分的干饱和蒸汽百分比叫做干度,用符号“ X ”表示。

10. 焓

焓或叫热焓,又叫含热量,用符号“ H ”表示,单位是 kJ/kg 。焓是指在流体中总的含热量,实质上是流体内部分子内能和流动压力能的总和。用公式表示:

$$H=U+pV$$

式中 U ——流体的内能, kJ/kg ;

pV ——流体的流动压力能, kJ/kg 。

11. 熵

热力学中,常把热力过程中工质热量的变化,用绝对温度与工质状态参数变化的乘积来表示: $dq=TdS(\text{kJ/kg})$ 。

这样一个工质状态参数的物理量,叫做熵,用符号“ S ”表示,单位是 $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。其意义是每一千克的工质在单位温度所含热量的数值,是由热量和温度导出的工质状态参数。