

103

工业锅炉热工检测 与过程控制

张亮明 夏桂娟 编



天津大学出版社

工业锅炉热工检测与过程控制

张亮明 夏桂娟 编



天津大学出版社

103323

内 容 提 要

本书全面地叙述了工业锅炉生产过程热工检测的内容、检测点的分布及意义、热工检测常用仪表的结构原理,分析了工业锅炉各控制对象的动态特性,介绍了工业锅炉生产过程中常规仪表及先进的微型计算机控制系统的设计和投运后的参数整定等问题。全书结构严密,系统性强,内容较新颖,阐述清楚明了,对工业生产自动化、现代化发展有实际指导意义。

本书适于锅炉、热工、能源工程、化工机械、发电、采暖通风等专业的仪表自控工程技术人员学习使用,可作为高等工科院校上述专业仪表自控教材,还可作为锅炉、热工、仪表运行和管理人员培训或自学教材。

(津)新登字012号

工业锅炉热工检测与 过程控制

张亮明 夏桂娟 编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本: 787×1092 毫米^{1/16} 印张: $20\frac{1}{4}$ 字数: 505千字

1992年9月第一版 1992年9月第一次印刷

印数: 1—7000

ISBN 7-5618-0373-7

TK·4

定价: 11.00元

前 言

工业锅炉是工业生产的主要动力设备，在经济建设中占有重要的地位。锅炉生产的主要任务是，安全可靠、经济有效地把燃料的化学能转化为热能，进而将热能传递给水，生产出满足负荷需要的蒸汽（热水）。

锅炉生产热工参数检测，是监督操作锅炉运行在最佳状态，稳定蒸汽（热水）的压力和温度，进行计量和经济核算，保证安全操作生产必不可少的技术手段。

锅炉生产过程控制，是最大限度地提高锅炉效率，降低燃料消耗，保证经济运行，满足负荷要求，减少烟尘与噪声对环境污染，改善劳动环境，减轻操作工人劳动强度的主要途径。

本书介绍了锅炉生产主要热工参数检测的内容，论述了锅炉热工参数检测的重要意义，介绍了锅炉常用热工参数检测仪表和控制装置的作用原理，按照锅炉生产过程的不同性能，剖析其动态特性、自动控制方法和投运过程中的整定准备工作，进而介绍了工业锅炉先进的微型计算机控制。本书内容丰富，实用性强，叙述由浅入深，通俗易懂，易于自学，对推进锅炉生产技术更新，科学化管理，现代化生产，有现实的指导意义。

本书适用于锅炉、热工、能源工程、化工机械、发电、采暖通风等专业的仪表自控工程技术人员阅读参考；也可作为高等工科院校、中等技术学校的锅炉、热力设备、发电、暖通、能源、冶金、化机专业教学参考书；还可以作为锅炉、热能专业教材或技术培训教材。因水平所限，错误难免，恳请批评和提出意见。

作者

1990年3月

目 录

第一章 工业锅炉热工检测概述.....	(1)
第一节 工业锅炉生产热工检测的内容	(1)
一、锅炉生产的温度测量.....	(1)
二、锅炉生产的压力测量.....	(3)
三、锅炉生产的流量测量.....	(3)
四、锅炉生产的汽包水位测量.....	(4)
五、锅炉生产的烟气成分测量.....	(4)
第二节 锅炉生产热工检测是企业热平衡的基础	(5)
一、企业热平衡的概念.....	(5)
二、锅炉热工检测与企业热平衡的关系.....	(5)
三、企业热平衡的意义.....	(6)
第三节 锅炉生产热工检测是安全操作生产的必要手段	(7)
一、锅炉生产安全的重要性.....	(7)
二、锅炉常见事故及造成事故的原因.....	(8)
三、锅炉热工参数检测是防止事故的有效方法.....	(10)
第四节 锅炉生产热工检测是实现自动化的前提	(10)
一、工业锅炉是一个复杂的生产对象.....	(10)
二、锅炉生产热工检测是实现自动化的前提.....	(11)
三、工业锅炉生产自动化的展望.....	(11)
第二章 锅炉生产常用的温度检测仪表及变送器	(13)
第一节 温度检测仪表概述.....	(13)
一、温度检测仪表的种类.....	(13)
二、各种温度仪表的测量范围及特点.....	(14)
三、测量仪表的选择和应用.....	(14)
第二节 热电偶温度计	(16)
一、热电偶的组成及作用原理.....	(16)
二、热电偶的种类及性能.....	(17)
三、热电偶的冷端温度补偿.....	(20)
四、热电偶的测量线路及应用.....	(22)
五、热电偶的校验.....	(24)
第三节 热电阻温度计.....	(25)
一、热电阻的测温原理及常用热电阻.....	(25)
二、热电阻的组成及构造.....	(27)
三、测温热电阻的阻值测量.....	(28)
四、利用热电阻测量温度的常用线路.....	(30)

五、热电阻的校验	{32}
第四节 接触式测温仪表的安装及误差分析	(33)
一、管道内流体温度的测量	(33)
二、壁面温度的测量	(34)
三、高温气体温度的测量	(36)
第五节 热辐射测温技术及仪表	(38)
一、热辐射测温的基本原理	(38)
二、光学高温计	(39)
三、全辐射高温计	(41)
四、比色高温计	(43)
五、红外线测温仪	(44)
第六节 温度变送器	(45)
一、概述	(45)
二、电动温度变送器	(47)
三、气动温度变送器	(56)
四、气动电-气温度变送器	(56)
第三章 锅炉生产中常用的压力检测仪表及变送器	(58)
第一节 弹性压力仪表	(58)
一、弹性压力仪表中常用的弹性元件	(58)
二、弹性压力仪表	(61)
三、电接点压力表	(62)
第二节 压力差压变送器	(63)
一、气动压力、差压变送器	(63)
二、电动压力、差压变送器	(64)
第三节 压力测量仪表的选择和安装	(68)
一、压力测量仪表的选择	(69)
二、压力测量仪表的安装	(69)
第四节 压力测量仪表的校验和使用	(70)
一、压力表的校验	(70)
二、压力测量仪表的使用	(72)
第四章 锅炉生产中常用的流量检测仪表及变送器	(73)
第一节 测量流量仪表的类型及选用原则	(73)
一、测量流量仪表的分类	(73)
二、流量仪表的选用原则	(73)
第二节 容积式流量计	(75)
一、椭圆齿轮流量计	(75)
二、腰轮流量计	(76)
三、刮板流量计	(76)
四、容积式流量计的特性	(76)
第三节 速度式流量计	(77)
一、涡轮流量计	(77)

二、电磁流量计.....	(82)
三、激光多普勒流量计.....	(85)
第四节 差压式流量计.....	(86)
一、毕托管流量计.....	(87)
二、节流变压降流量计.....	(88)
三、靶式流量计.....	(96)
四、恒压降变截面流量计.....	(98)
第五节 质量式流量计.....	(102)
一、直接式质量流量计.....	(103)
二、推导式质量流量计.....	(103)
三、温度、压力补偿式质量流量计.....	(104)
第六节 流量测量仪表的标定.....	(106)
一、液体流量标定设备.....	(106)
二、气体流量标定设备.....	(109)
第五章 锅炉生产中常用的水位测量仪表及变送器.....	(111)
第一节 差压式水位计.....	(111)
一、平衡容器式水位传感器的改进.....	(112)
二、汽包水位信号的壓力修正.....	(113)
第二节 电接点式水位计.....	(114)
一、电接点式水位传感器的原理.....	(114)
二、电接点式水位传感器的结构.....	(115)
三、电接点式水位计的误差.....	(116)
四、电接点式水位计的信号显示.....	(116)
第三节 电极式水位测量控制器.....	(116)
一、电极式水位信号器.....	(116)
二、电极式水位控制系统.....	(116)
第六章 锅炉生产中常用的烟气成分分析仪表.....	(118)
第一节 氧化锆氧量计.....	(118)
一、氧化锆氧量计的工作原理.....	(119)
二、氧化锆氧量计的测量系统.....	(121)
三、氧化锆氧量计的使用条件和要求.....	(121)
第二节 热磁式氧量计.....	(122)
一、热磁式氧量计发送器的原理.....	(122)
二、热磁式氧量计的结构原理.....	(123)
三、热磁式氧量计的测量电路.....	(124)
四、热磁式氧量计的辅助系统.....	(125)
第三节 热导式气体分析仪.....	(126)
一、工作原理.....	(126)
二、热导池.....	(127)
三、测量线路.....	(128)
第四节 红外线气体分析仪.....	(130)

一、红外线气体分析仪的工作原理.....	(130)
二、红外线气体分析仪的组成.....	(130)
三、红外线气体分析仪的检测器.....	(131)
第五节 气相色谱分析仪.....	(132)
一、气相色谱仪的工作原理.....	(132)
二、气相色谱仪的组成及分析流程.....	(133)
三、气相色谱仪的检测器.....	(134)
第七章 锅炉生产控制系统中常用的调节仪表.....	(136)
第一节 常用调节器的调节规律及主要参数.....	(137)
一、调节器调节规律的定义及表示方法.....	(137)
二、比例(P)调节器的特性.....	(139)
三、比例积分(PI)调节器的特性.....	(140)
四、比例微分(PD)调节器的特性.....	(141)
五、PID调节器的特性.....	(142)
第二节 电动断续作用调节器.....	(143)
一、动圈指示调节仪.....	(143)
二、TA系列调节仪表.....	(145)
第三节 电动连续作用调节器.....	(147)
一、连续输出的PID电子调节器.....	(147)
二、DTL-121调节器.....	(150)
三、DTL-321型调节器.....	(157)
四、DDZ-Ⅲ型电动调节器.....	(159)
第四节 气动调节器.....	(169)
一、气动调节器的基本元件及组件.....	(169)
二、膜片式气动调节器.....	(171)
三、波纹管式气动调节器.....	(176)
第五节 改进的调节器.....	(177)
一、最佳氧量调节器.....	(177)
二、简易采样调节器.....	(179)
第八章 锅炉生产控制系统中常用的执行器.....	(182)
第一节 执行器的种类及作用.....	(182)
第二节 电动执行机构.....	(183)
一、电动执行机构的分类.....	(183)
二、电动执行机构的构成原理.....	(183)
三、伺服放大器.....	(184)
四、伺服电动机.....	(187)
第三节 气动执行机构.....	(188)
一、气动执行机构的特点.....	(190)
二、气动薄膜式执行机构.....	(190)
三、气动活塞式执行机构.....	(190)

第四节 调节机构	(191)
一、调节机构的种类	(191)
二、调节阀的流量特性	(192)
三、调节阀的流通能力	(196)
四、调节机构与执行机构的配合	(198)
第五节 阀门定位器	(200)
一、气动阀门定位器	(200)
二、电-气阀门定位器	(201)
三、阀门定位器的使用场合	(202)
第九章 锅炉生产控制系统的基本概念	(203)
第一节 控制系统的组成及分类	(203)
一、自动控制系统的组成	(203)
二、自动控制系统中常用的术语	(204)
三、自动控制系统的分类	(204)
第二节 控制系统的过渡过程及品质指标	(206)
一、自动控制系统的静态与动态	(206)
二、阶跃干扰	(206)
三、自动控制系统的过渡过程	(206)
四、控制系统的品质指标	(207)
第三节 被控制对象的特性	(209)
一、放大系数	(209)
二、时间常数	(210)
三、滞后时间	(211)
第十章 锅炉气包水位自动控制	(213)
第一节 锅炉汽包水位控制对象的特性	(214)
一、汽包水位在给水流量作用下的动态特性	(214)
二、汽包水位在蒸汽流量作用下动态特性	(216)
第二节 锅炉汽包水位单冲量控制系统	(217)
第三节 锅炉汽包水位双冲量控制系统	(218)
第四节 锅炉汽包水位三冲量控制系统	(220)
第五节 锅炉汽包水位控制系统的投运和整定	(223)
一、汽包水位控制系统的投运准备	(223)
二、汽包水位控制系统的投运	(225)
三、汽包水位控制系统的参数整定	(225)
第十一章 锅炉过热蒸汽温度自动控制	(230)
第一节 锅炉过热蒸汽温度控制对象的特性	(231)
一、蒸汽温度在减温水量扰动作用下的动态特性	(231)
二、烟气侧热量扰动下蒸汽温度对象的动态特性	(232)
三、蒸汽流量扰动下蒸汽温度对象的动态特性	(232)
第二节 锅炉过热蒸汽温度的自动控制	(232)

一、改变烟气热量控制过热器出口蒸汽温度的方法	(232)
二、改变减温水的流量控制过热器出口蒸汽温度的方法	(233)
第三节 锅炉过热蒸汽温度控制系统的整定	(235)
一、过热器蒸汽温度串级控制系统的投运	(235)
二、过热蒸汽温度串级控制系统调节器的选型	(235)
三、过热器蒸汽温度串级控制系统的整定方法	(235)
第十二章 锅炉生产过程燃烧系统自动控制	(239)
第一节 锅炉生产燃烧系统自动控制的任務	(239)
一、稳定蒸汽母管的压力	(239)
二、维护锅炉燃烧的最佳状态和经济性	(239)
三、维持炉膛负压在一定范围内	(239)
第二节 锅炉燃烧系统控制对象的特性	(240)
一、燃料量改变时蒸汽压力变化的动态特性(内扰特性)	(241)
二、蒸汽流量改变时蒸汽压力变化的动态特性(外扰特性)	(242)
第三节 锅炉燃烧过程的自动控制	(244)
一、“燃料-空气”燃烧过程的自动控制	(244)
二、采用热量信号的燃烧过程自动控制	(244)
三、采用氧量计的燃烧过程自动控制	(246)
第四节 燃油锅炉燃烧系统的自动控制	(247)
一、单独运行锅炉的控制	(247)
二、并列运行锅炉的控制	(248)
第五节 锅炉燃烧控制系统的整定	(249)
一、蒸汽压力串级控制系统的整定	(250)
二、空气-燃料比值控制系统的整定	(252)
三、氧量校正控制系统的整定	(255)
四、炉膛负压控制系统的整定	(256)
五、给煤控制系统的整定	(257)
六、一次风控制系统的整定	(261)
第十三章 锅炉生产过程微型计算机控制	(262)
第一节 锅炉生产过程微型计算机控制	(262)
一、微型计算机在锅炉生产控制方面的职能	(262)
二、微型计算机在锅炉生产中的应用方式	(263)
三、锅炉生产微型计算机控制的设计原则和步骤	(265)
四、锅炉生产应用微型计算机控制的选型问题	(268)
第二节 锅炉生产微型计算机的监督控制	(269)
一、锅炉生产过程微型计算机监督控制概述	(269)
二、锅炉生产正常工况的微型计算机监督控制	(270)
三、锅炉点火启动的微型计算机监督控制	(271)
第三节 锅炉生产微型计算机的直接数字控制 (DDC)	(272)
一、直接数字控制系统的概述	(272)
二、采样器和采样定理	(273)

三、保持器.....	(274)
四、Z变换和Z传递函数	(275)
五、数字控制系统的稳定性.....	(280)
第四节 直接数字控制系统的设计	(283)
一、计算机实现PID调节规律的控制系统的的设计.....	(284)
二、具有最快响应数字控制系统的设计.....	(286)
三、具有纯延迟对象的数字控制系统的设计.....	(288)
第五节 工业锅炉汽包水位微型计算机控制	(289)
一、锅炉汽包水位三冲量微型计算机控制的设计思想.....	(289)
二、锅炉汽包水位微型计算机控制系统的硬件设计.....	(292)
三、锅炉汽包水位微型计算机控制系统的 应用软件设计.....	(293)
第六节 工业锅炉燃烧系统微型计算机控制	(295)
一、锅炉燃烧过程微型计算机控制的作用.....	(295)
二、锅炉燃烧过程微型计算机控制系统的组成及应用硬件设计.....	(296)
三、锅炉燃烧过程微型计算机控制系统的软件设计.....	(297)
四、锅炉生产微型计算机控制系统投运前的实验及性能分析	(305)
附录一、常用热电阻分度表	(309)
附录二、常用热电偶分度表	(310)
参考资料	(312)

第一章 工业锅炉热工检测概述

工业锅炉生产热工检测,是自动检查和测量反映锅炉生产过程进行情况的各种物理量、化学量以及锅炉设备工作状态的参数。以此监视工业锅炉生产过程进展的情况和发展的趋势,以指导安全操作生产,求得维护最佳运行工况。

第一节 工业锅炉生产热工检测的内容

工业锅炉生产过程热工检测的主要内容为对温度、压力、流量、液位等热工参数的测量。检测点的选取是依据工业锅炉生产工艺要求设计的。一般10t/h工业锅炉主要热工参数检测点的分布情况,如图1-1所示。

一、锅炉生产的温度测量

温度是表示物体冷热程度的参数。它是工业锅炉生产过程中最常见、最基本的热工参数之一。在锅炉生产中,燃料的燃烧,蒸汽(热水)的产生情况都和温度有关,它一般约占锅炉生产过程中全部热工检测参数的50%左右。因此,温度测量在工业锅炉生产中占有很重要的地位。

温度测量,依据工业锅炉生产过程工艺流程的要求,一般有下列方面:

1. 炉膛温度的检测指示

炉膛温度是工业锅炉生产运行的重要指标。通过对炉膛温度的检测,及时了解炉膛中的燃烧情况,从而推断燃料量、鼓风量和引风量的需求关系。由于炉膛中的燃烧分布情况是不均匀的,所以炉膛中各处的温度高低也有差别,一般情况,炉膛前部温度最高,可达1150℃左右,其他位置都要低一点。对于炉膛温度的检测,中、大型锅炉应在不同的位置多设检测点,以便全面了解炉膛中的燃烧情况。小型锅炉,由于对炉膛温度监测要求不高,所以,选一两个温度检测点即可。

2. 蒸汽温度的检测显示

蒸汽温度是生产工艺确定的重要参数,蒸汽温度过高会烧坏过热器水管,对负荷设备的安全运行带来不利因素。因为新型的蒸汽锅炉,一般金属强度的安全系数设计得比较小,超温严重还会使汽轮机或其他负荷设备膨胀过大,使汽轮机的轴向推力增大而发生事故。蒸汽温度过低会直接影响负荷设备的使用,对汽轮机来说,会影响它的效率,一般情况,进汽温度每降低5℃,效率降低1%。因此,从安全和技术经济指标上看,必须对蒸汽温度进行检测显示。蒸汽温度检测点一般设在过热器的出口处。

3. 锅炉给水温度(省煤器出口水温)的检测指示

锅炉的给水,即经过省煤器加热后供给锅炉汽包的水。省煤器的作用是利用锅炉尾部的低温烟气热量加热锅炉给水。它是由许多蛇形钢管组成,管外流动的是烟气,管内流动的是水,这样使水加热升温。对锅炉给水温度(省煤器出口水温)进行检测指示,是为了更好地了解省煤器的工作情况,防止省煤器管道结垢,发生堵塞现象和其他事故。

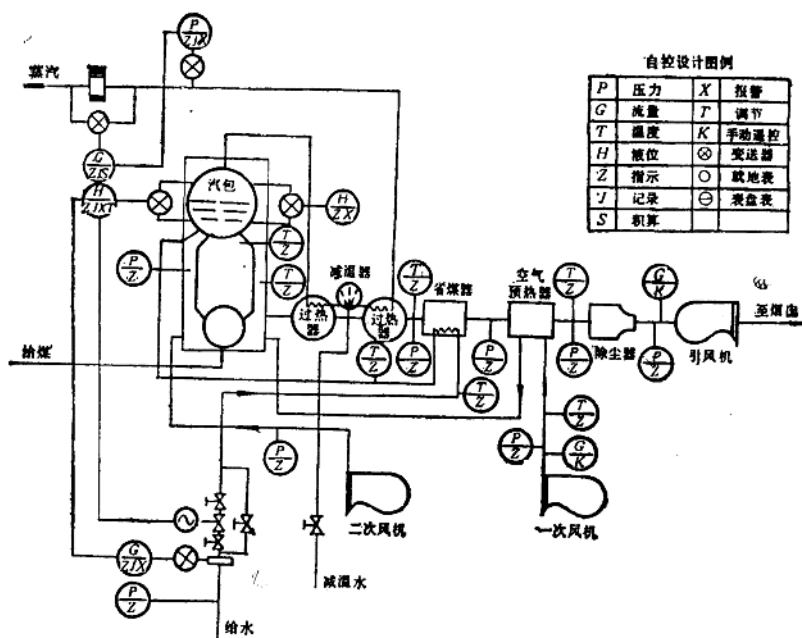


图1-1 10T/h工业锅炉主要热工参数检测点的分布

4. 省煤器进口和出口处烟气温度的检测指示

对省煤器进、出口处烟气温度的检测指示，是为了监视省煤器是否正常工作，有无发生漏水和结垢堵塞现象。同时，也是为了监测烟道是否畅通，有无发产堵灰现象，以便充分利用低温烟气余热，降低排烟温度，提高锅炉的热效率。

5. 空气预热器出口空气温度、空气预热器入口处烟气温度的检测指示

空气预热器是利用锅炉尾部的烟气热量加热炉膛燃料燃烧所用空气的一种对流热交换装置。检测空气预热器出口空气温度，就能够随时了解空气预热器的预热效果和工作情况，根据预热空气温度的数值，可以推断空气预热器是否有漏风、堵塞等故障。空气预热器入口处烟气温度的检测，能够了解排烟温度是否达到了规定标准，以便采取措施，充分利用排烟余热，提高工业锅炉的热效率，达到节约能源的目的。

6. 锅炉排烟温度的检测指示

锅炉排烟温度的高低是衡量一台锅炉热效率的一项主要指标。排烟温度过高，散失热量

过多，锅炉的热效率就会降低。检测排烟温度，目的是根据排烟温度的高低，合理地布置和装设省煤器及空气预热器的设备，调节送风和引风之间的关系，使排烟温度达到规定要求（一般排烟温度应在 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 之间）。

二 锅炉生产的压力测量

压力，即垂直而作用在单位面积上的力，实际上是物理概念中的压强，在工程上称作压力。压力参数，在锅炉生产中应用广泛，影响很大。为了保证锅炉的安全生产和经济运行，在锅炉生产过程中，需要对锅炉的汽包压力、蒸汽母管压力、给水管道压力、送风压力和炉膛负压力进行检测指示。

1. 汽包压力的检测指示

汽包压力是锅炉生产正常运行的主要参数之一。它既反映了负荷蒸汽量与燃料发热量的平衡关系，又是指导锅炉安全生产的重要依据。汽包压力降低，说明负荷蒸汽的消耗量大于锅炉的蒸发量，标志着燃料量供给不足；汽包压力升高，说明锅炉的蒸发量大于负荷设备的蒸汽消耗量，这要影响锅炉和蒸汽管道的安全，必须减少燃料量和采取降压措施。汽包压力的波动还会造成“假液位”现象，既要影响锅炉水循环系统的循环过程，又要影响锅炉生产蒸汽的质量。所以，必须对锅炉汽包压力进行检测和指示，并且要按装上、下限报警装置。

2. 给水压力的检测指示

工业锅炉生产过程中要求给水压力要稳定。锅炉给水压力的变化，直接造成给水流量大小的变化，从而引起汽包水位的剧烈波动，这样，或者水位过高，影响汽水分离，使生产的蒸汽有带液现象，给负荷设备的正常工作带来损失；或者汽包水位偏低，在负荷蒸汽量突然增加时，使汽包水位有较大的变化，造成有烧干锅引起爆炸事故的危险。所以，锅炉给水压力要进行检测指示，以便进行调节。

3. 炉膛负压的检测指示

锅炉在正常运行中，炉膛压力应保持在 $10\sim 20\text{pa}$ 的负值范围之内。负压过大，漏风严重，总的风量增加，烟气热量损失增大，同时引风机的电耗增加，不利于经济燃烧；负压偏正，炉膛要向外喷火，不利于安全生产，有害于环境卫生。为了使锅炉生产运行在最佳工况，要对炉膛负压进行检测指示。

4. 一次风压（鼓风压力）的检测指示

保持燃料量和送风量的正确比值关系，是保证炉膛充分燃烧的基本条件。一次风压（鼓风压力）是反映送风量大小与是否稳定的重要依据，也是判断鼓风效果和空气预热器是否正常工作的重要参数，所以对鼓风压力要进行检测指示。

5. 省煤器、空气预热器，除尘器进出口处烟气压力的检测指示

对烟道中省煤器、空气预热器、除尘器进出口处烟气压力的测量，一方面要了解烟道是否畅通，排烟运行是否正常；另一方面可以掌握省煤器，空气预热器，除尘器的工作情况，有无出现故障。所以，在上述位置都要按装压力表、对烟气压力进行检测指示。

三、锅炉生产的流量测量

在工业锅炉生产过程中，流量的检测和控制是一个重要热工参数。流体（水、蒸汽、燃料、油、空气等）的流量直接反映设备效率、负荷高低等运行情况。因此，连续地检测和监视流体的流量，对于热力设备的安全、经济运行都具有重要的意义。

1. 给水流量的检测指示、记录和积算

给水流量是锅炉正常生产运行的极其重要的参数。给水量跟踪蒸汽量而变化,当给水量和蒸汽量达到物料平衡时,锅炉就稳定运行。如果给水量发生较大波动,就有可能给汽包造成满水或烧干事故。给水流量也是锅炉生产经济核算中不可缺少的数据。基于上述需要,为了进一步了解分析操作人员的技术水平和设备的性能,所以,要对给水流量进行检测指示、记录、积算。

2. 蒸汽流量的检测指示、记录和积算

蒸汽作为工业动力能源提供负荷设备使用。负荷设备消耗蒸汽总量的波动,直接影响着锅炉的正常运行和安全生产。如果负荷蒸汽流量突然增加,会使汽包压力发生变化,造成“虚假水位”,导致调节阀的错误动作,使汽包水位偏离给定值幅度较大,给生产造成严重影响。另外,蒸汽流量是锅炉生产经济核算和计量的主要内容。所以在锅炉生产过程中,要对蒸汽母管的蒸汽流量进行检测指示、记录和积算。

3. 燃料量的测量

燃料量对燃煤锅炉来讲,就是煤耗量。对煤耗量进行检测计量,是为了对锅炉生产进行热平衡分析,计算其效率高低,完善技术操作管理,达到合理地利用能源节约能源的目的。

四、锅炉生产的汽包水位测量

锅炉汽包水位的高度,关系着汽水分离的速度和生产蒸汽的质量,也是确保安全生产的重要参数。随着科学技术的飞速发展,现代的锅炉要向蒸发量大,汽包容积相对减小方向发展。这样,要使锅炉的蒸发量随时适应负荷设备的需要量,汽包水位的变化速度必然很快,稍不注意就容易造成汽包满水,或者烧干锅。在现代锅炉操作中,即是缺水事故,也是非常危险的,这是因为水位过低,就会影响自然循环的正常进行,严重时会使个别上水管形成自由水面,产生流动停滞,致使金属管壁局部过热而爆管。无论满水或缺水都会造成事故。因此,必须对锅炉汽包水位进行检测指示,并且装有上、下限报警装置。

五、锅炉生产的烟气成分测量

锅炉生产过程中,为了进行热平衡测试,达到经济燃烧控制,常需对烟气成份进行测量分析,确定排烟处的过剩空气系数和气体不完全燃烧的热损失。由于烟气中的含氧量和过剩空气系数 α 之间有比较稳定的关系,所以,烟气成份测量分析,主要是分析烟气中 O_2 和 CO 的含量,通过测量判断炉膛燃烧情况,进行燃料量和送风量的调节。有时为了防止尾部受热面的低温腐蚀和对环境污染问题,也分析烟气中 SO_2 的含量数值。

第二节 锅炉生产热工检测是工业热平衡的基础

一、企业热平衡的概念

企业热平衡是以企业为对象,研究其能量的收入和支出、消耗与有效利用及损失之间的平衡关系;运用系统综合的方法,采用统计、计算、测试、分析等手段,通过能量消耗、设备热效率、能源利用率和回收率等指标,来分析和掌握企业的耗能现状及用能水平,从而找出能源利用中的问题,浪费的原因,为加强能源的科学管理,改革工艺流程,改造低效设备,实现合理用能、节约用能提供科学依据。

由于热能是能量利用中的主要形成,绝大多数耗能设备都是使用燃料或利用热量的设备;同时从能量利用水平来看,热能利用水平也较低。因此,目前企业热平衡主要是研究用热设备和企业热的利用问题。

二、锅炉热工检测与企业热平衡的关系

锅炉是企业重要的能源转换设备,它把燃料的化学能转变为蒸汽(或热水)的热能。燃料在锅炉中进行燃烧、放热,形成高温烟气,烟气的热量则通过锅炉的受热面(金属壁)传递给工质(水),把水加热(热水锅炉),或把水加热到沸点使之汽化,并有时过热,形成一定数量和质量(参数)的蒸汽(蒸汽锅炉)。

企业热平衡是从企业生产活动中的能量收支平衡出发,分析企业用能情况,得出产品的能耗指标和企业能源利用率,并通过与本企业历史最好水平以及国内外先进企业水平的对比,分析能耗高利用率低的原因,找出生产中浪费能源的环节,明确节能方向,制定近期的节能措施和长远的节能规划。企业热平衡的基础是设备热平衡,即以设备为体系,研究进入设备的能量和离开设备的能量在数量上的平衡关系(可用热平衡方程式、热平衡表或热流程图表示之),并用热效率指标来体现设备的用能水平。

目前我国节能工作中,主要对企业动力锅炉进行诊断(热平衡)。所以,搞好工业锅炉热工检测,是当前企业热平衡的主要内容和基础。

工业锅炉热平衡,就是通过锅炉不同部位的温度、压力、流量等热工检测,计算锅炉的燃料总输入热量(以 Q_r 表示),被锅炉中的水和汽所吸收的热量,叫做有效利用热量(以 Q_1 表示),锅炉的损失热量主要有排烟损失(以 Q_2 表示)、气体不完全燃烧损失(Q_3)、固体不完全燃烧损失(Q_4)、散热损失(Q_5)和灰渣物理热损失(Q_6)等。

显然,在锅炉稳定运行时,燃料量的输入热量 Q_r 应和锅炉的有效利用热量及各项热量损失之和相平衡,即:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (1-1)$$

锅炉热平衡是对1公斤固体和液体燃料,或1标准米³气体燃料,在稳定工况下建立的。因此,锅炉的热平衡方程式可写为:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \text{ Kcal/kg} \quad (1-2)$$

式中 Q_r ——随燃料进入锅炉的热量(Kcal/kg)

Q_1 ——有效利用热量(Kcal/kg);

Q_2 ——排烟损失的热量(Kcal/kg);

Q_1 ——气体不完全燃烧损失热量 (Kcal/kg) ;

Q_2 ——固体不完全燃烧损失热量 (Kcal/kg) ;

Q_3 ——散热损失的热量 (Kcal/kg) ;

Q_4 ——灰渣物理热损失热量 (Kcal/kg)

将式 (1-2) 各项除以 Q_r 并乘以 100%, 则其热平衡方程式为:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \quad (1-3)$$

式中

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q_r} \times 100\% ;$$

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_r} \times 100\% ;$$

.....

$$q_6 = \frac{Q_6}{Q_r} \times 100\% ;$$

其中 q_1 为锅炉有效利用热量占燃料输入热量的百分数, 数值上等于锅炉的热效率 η 。 q_2 、 q_3 、 q_4 、 q_5 、 q_6 则为各项热损失的热量占燃料量输入热量的百分数。

通过热平衡计算可以看出燃料的热量有多少被有效利用了, 有多少成为损失, 以及这些损失分别表现在哪些方面和降低热损失应采取的措施。根据锅炉热平衡的测试结果, 可以判断锅炉的设计和运行水平, 求出锅炉的效率, 并发现缺陷予以改进, 寻求节约燃料、合理利用能源的途径。

锅炉效率即锅炉有效利用热量 (水和蒸汽吸收的热量) 与随燃料输入锅炉热量的比值, 即锅炉中输入热量的利用程度, 以百分数表示时为:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_r} \times 100\% = q_1\% \quad (1-4)$$

或

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)\% \quad (1-5)$$

三、企业热平衡的意义

企业热平衡是研究能源科学管理的一种尝试, 也是科学管理原理在用能方面的具体应用, 通过企业热平衡可促进经济发展, 降低能耗, 减少浪费现象, 缓解在经济快速发展中的能源供应紧缺问题。

1. 摸清能耗状况

通过热平衡测试、统计、计算等手段, 摸清能源构成及其来龙去脉, 初步了解能源的消耗、利用、损失和回收情况及它们之间的相互关系, 为制定或核定能源定额, 使工艺能耗定额和企业燃料供应定额更合理、科学, 作为检查评比的标准。

2. 掌握用能水平

通过企业热平衡工作, 掌握主要用能设备的热效率和整个企业的能源利用率, 编制整个企业的热平衡表和绘制热流图, 形象直观地反映企业用能情况和水平, 促使领导和职工始终把节能工作放在重要位置。

3. 制定节能规划, 改进生产工艺

通过企业热平衡对主要用能设备的测试、分析, 找出热损失大和企业能源利用率低的原因, 调整不合理的工艺, 调整不合理的管理岗位和制度, 调整不合理的生产安排。在此基础上制