

余热锅炉的发展

吴亦三 (杭州余热锅炉研究所)

〔提要〕 本文综述了美、日、苏及我国余热锅炉的发展近况, 并提出了发展余热锅炉的建议。

主题词 余热锅炉

一 引言

目前节约能源、提高生产工艺过程中的能量利用率和开发研究新的节能技术已成为各国研究能源利用技术的主要课题。

为保证大规模的能源供应不至中断, 在今后的15—50年内, 世界各国都将作出安排, 使日益枯竭的常规燃料能源系统逐渐过渡到可以长期得到供应的新能源系统。因此, 各国在四个领域——自然科学的基础理论、要素技术、管理技术(见图1)以及余热利用形式和相应设备(见图2), 展开了研究开发各种节能技术设备的活动, 并在近十几年中, 已研制出各种用于余热利用的节能技术设备。

但是, 随着生产工艺的改进和采用有效的节能技术设备, 一次能源利用率逐步提高, 高温余热资源的总量相应减少。因此, 余热利用技术正由高温排烟的余热回收技术转向中、低温的余热回收利用技术。本文以回顾余热锅炉的发展现状为主题, 来展望余热锅炉的前景。

二 余热锅炉的发展

为提高能源利用率和节约能源, 除采用高能效的新设备和新工艺外, 采用余热锅炉回收各类余热也是提高能源利用率的重要手段。为此, 各国先后开展了余热锅炉的研究工作, 并在节能中大力推广应用余热锅炉, 从而取得了显著的节能成果。例如, 世界发达国家利用余热发电的电量占总发电量的比例为: 荷兰在1955年占25%, 1980年降至10%, 而1985年又增至14%; 英国虽然在1973年后, 余热发电量不断下降, 但现今上升到占总发电量的6%, 其中利用工业余热所发的电量为三分之二。美国1984年利用工业余热的发电装置总电功率为 $11.8 \times 10^6 \text{ kW}$, 占美国电站总容量的2%, 1985年余热发电量达 $12.8 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$, 预计1990年余热发电量可达 $20.3 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$, 2000年将达 $31.9 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。可见利用余热发电已成为各国一项重要的节能手段。

目前, 国外利用余热发电的新趋势, 是单机功率小, 载热体温度低(即利用中低温余热发电)。

国内也有一些余热锅炉发电, 例如: 炭黑工业中的低热值尾气余热锅炉和硫酸工业中的

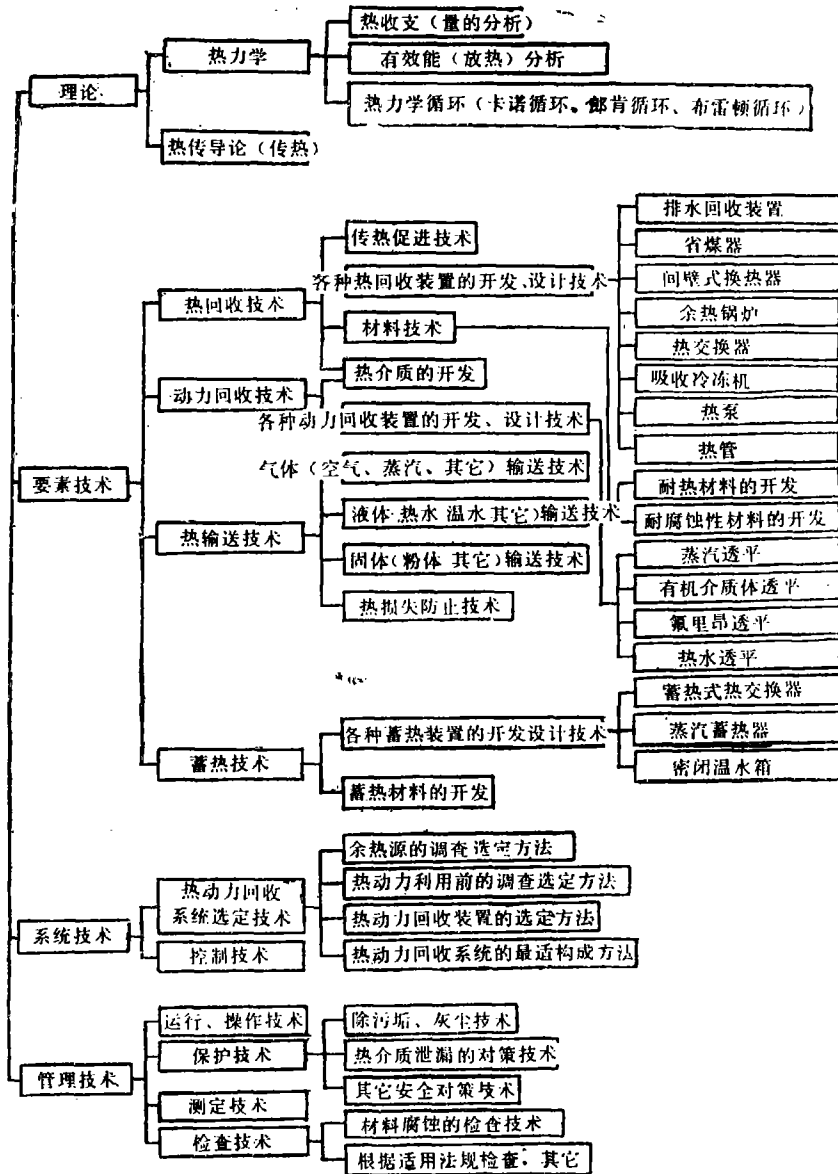


图1 余热的有效利用技术系统

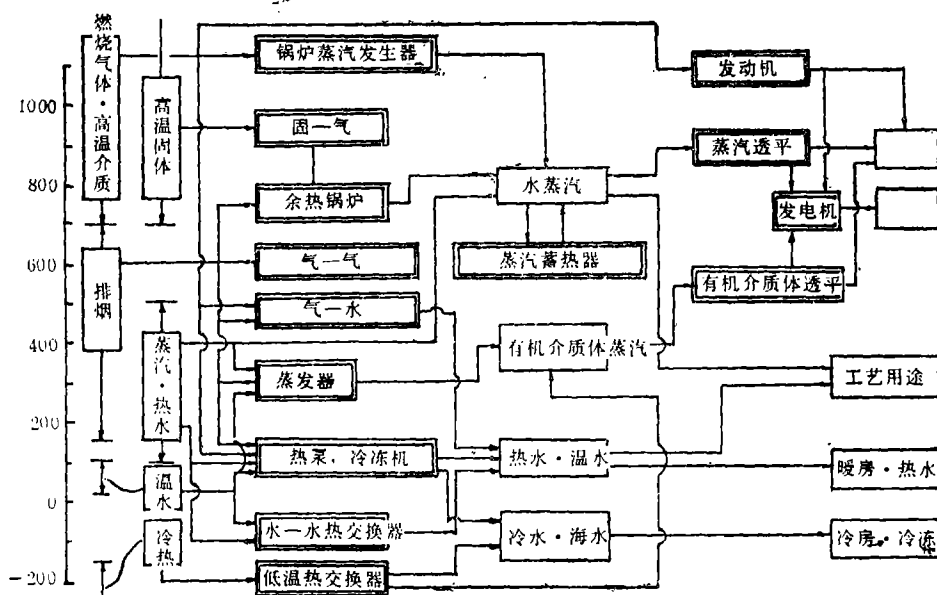


图2 余热利用形式回收设备

硫酸余热锅炉等，所发的电能主要供工厂自用。目前，已把如何利用中低温的低品位余热发电，作为开发节能新技术的重要课题。

据了解，国外余热锅炉的制造厂主要有：美国的拔白葛公司、威尔柯克斯公司、通用电气公司（GE）、燃烧工程公司（CE）、福斯特·惠勒公司；日本的三菱重工、石川岛播磨、川崎、田熊；英国的拔白葛公司、罗罗（R·R）公司；苏联的别尔戈罗德动力机械厂、列宁格勒金属厂；西德的斯密特工厂、VKW公司等。国内主要有杭州锅炉厂、鞍山锅炉厂、上海锅炉厂、上海四方锅炉厂和武汉锅炉厂等。

现有的余热锅炉按进入锅炉的介质特性，有以下主要几种型式：

（1）废烟气不需要进一步处理。例如，铜冶炼炉、铜精炼炉、平炉、玻璃熔炉、燃气轮机、加热炉等后面的余热锅炉。

（2）废烟气需要进一步处理。余热锅炉的目的是把气体温度冷却到能适合下一道工艺，例如，黄铁矿及闪速炼锌的燃烧设备，硫化氢燃烧设备和残余酸热解裂设备后面的余热锅炉。

（3）废烟气要进一步处理，且其冷却应在给定的时间内完成。此时，余热锅炉的作用是保证上道工艺的稳定性并防止进一步化学反应。最好的例子是乙烯工艺设备的裂解气冷却塔。

（4）固体显热。例如，用于赤热的烧结矿、高炉和转炉炉渣、赤热焦炭、高温压延钢材等余热源的余热锅炉。

近十几年，余热锅炉技术发展十分迅猛。例如：

1. 美国

美国发展余热锅炉已有四十年的历史，积累了丰富的经验。

七十年代末，美国Q-DOT公司开始研制Q-DOT式热管式余热锅炉，首台锅炉用于甲苯的蒸发加热。到目前为止，正在运行中的热管式余热锅炉已有数十台。

通用电气公司 (GE) 是专门设计研制燃气轮机余热锅炉的厂家。迄今已设计制造了无补燃式、补燃式和全燃气三种形式的燃气轮机余热锅炉, 并按 ASME 标准制造和组装出厂。至 1985 年, 已生产了 51 套联合循环发电机组, 总装机容量达 $85 \times 10^5 \text{ kW}$ 。其中 28 套投运, 计 $5.2 \times 10^5 \text{ kW}$ 。美国开发的余热回收型联合循环发电方式, 随着燃气轮机向高温化技术进展, 使联合循环发电效率可望达到 50% 以上。所以, 美国认为余热回收型是今后联合循环发电机组的发展方向 and 主流。

由于采用低热值煤气化联合循环发电能提供比常规燃煤蒸汽发电更高的效率, (后者发电效率为 30~32%, 而前者达到 40% 以上), 近年来, 美国致力于开发研究煤气化联合循环发电技术。目前, 美国有下列单位正在开发研制此类技术设备: GE 公司、CE 公司、WH 公司、NASA、国家煤炭局 (NCB) 等。并按加利福尼亚州的冷水煤气化 (Cool water Coal gasification) 联合循环规划建设了一套示范设备, 用冷水煤作试验, 每天耗用 1000 吨煤, 产生大约 $10 \times 10^4 \text{ kW}$ 电力。这一煤气化联合循环发电设备于 1985 年投运, 经电力研究所 (EPRI) 分析, 设备可达到 80~85% 等效利用率。

美国还致力于开发研究低沸点工质余热回收发电系统 (通常称为朗肯循环发电系统)。目前, 采用这种节能技术回收中, 低温余热的发电系统设备已商品化, 单机容量达 $5 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

美国十分重视利用城市垃圾的能源资源, 目前正在运行的垃圾焚烧炉已有 47 座 (其中 10 座出力为 272t/h), 尚有 52 座正在建造或设计中。已投入运行的垃圾余热发电站有 28 座, 装机容量达 $127 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

美国从避免浪费能源和降低单位能耗方面来确定今后节能的三个主攻方向: ①改善某些温度范围内燃烧率的技术; ②采用先进的低温差热交换器和先进的热泵技术回收利用余热; ③发展高温材料以提高过程效率。

2. 日本

1978 年起日本工业技术院开始进行节能技术 (即“月光计划”) 的开发研究, 并已研制推广如下型号的余热锅炉:

- WA 型: 用于回收高温、多粉尘的烟气余热;
- WB 型: 用于回收粉尘少的烟气余热;
- WP 型: 用于回收比 WB 型粉尘较多的烟气余热;
- WE 型: 用于回收低温小容量烟气余热;
- WF 型: 脱臭炉兼用的余热锅炉;
- WG 型: 上述以外特殊用途的余热锅炉;
- WH 型: 横向多管式余热锅炉。

日本世仓机械制造厂 1980 年与美国的热管制造厂 (Q-DOT 公司) 合作制造热管式余热锅炉 (Q-管余热锅炉), 并已成批生产。

川崎重工业公司为钢铁工业制造的余热锅炉的排烟情况列于表 1。

在日本, 干法熄焦余热锅炉目前已成为钢铁企业中实用化节能效果显著的高温余热回收设备, 现已向高参数和以发电为主要目的的大型化余热锅炉发展。但是, 这一技术设备是从引进和消化苏联设备和专利基础上发展起来的。

表 2 列出钢铁工业中干法熄焦设备和余热锅炉的使用情况。

表 1

用 户		烟 温 ℃	灰 份 kg/m	SO _x 浓度	备 注
黑 色	炼钢转炉	1500—1550	20—40	极微量	间断作业
	干法熄焦	800—900	5—20	30—50ppm	根据炉子 所用燃料
	钢材加热炉	300—600	0.05—0.5	10—200ppm	
	烧结矿冷却	300—400	0.1—1	几乎没有	
有 色	镍闪速熔炼炉	1350—1400	100—150	5—20%	间断作业
	铜闪速熔炼炉	1200—1350	100—150	5—20%	
	炼铜转炉	700—800	40—70	5—15%	
	锌矿焙烧炉	850—950	200—300	5—15%	

表 2

公 司		新 日 铁				日本钢管		川崎炼铁		住友金属
钢 铁 厂		八幡	室兰	名古屋	君津	广畑	京 滨	千 叶		鹿岛
焦 炉		No2	No5	No4	No1—3 1982.10	No3—4	No1	No2	No6, 7A	No2C, D
投 产 时 间		1976.2	1981.7	1982.2	1983.8	1983.11	1976.9	1979.7	1977.1	1981.2
设备能力 (吨焦/ 小时) × 组		56 × 1	85 × 1 (改108 × 1)	110 × 1	95 × 3	110 × 1	70 × 5	70 × 3	56 × 3	100 × 2
设 备 规 格	预冷室容积, m ³	150	180	220	200	220	280	280	120	280
	冷却室容积, m ³	250	330	430	370	390	330	330	250	480
	锅炉能力、蒸汽 t/h	25	50	53	50	55	38.5	46.5	30	54
	循环气量 (× 10 ³ m ³ /h)	98	140.25	143	130	137.5	105	105	90	150
蒸汽压力, MPa		3.9	6.7	11.2	9.1	3.4	1.9	1.5	2.0	5.1
蒸汽温度, ℃		440	490	530	520	425	280	260	228	436
能源回收形式		蒸汽	电力	电力	电力	电力	蒸汽	蒸汽	蒸汽	电力

干法熄焦余热锅炉回收的能量用于发电的发展比率为: 1982年3月为46%, 同年底达53%, 全年发电量达2亿度, 到1983年底达62%。

回收利用烧结矿工艺过程中的中温余热的事例见表3。

至1981年日本已建成垃圾余热发电站49座, 装机容量达 125×10^4 kW。

日本政府根据国情、国力和能源消费结构, 确定了今后的节能技术开发的主攻领域。大致可归纳为: ①磁流体 (WHD) 联合循环发电; ②高效率燃气轮机联合循环发电; ③余热、余能发电技术, 如低温热管、中低温热水发电技术、低沸点工质余热回收发电技术设备; ④回收利用高炉炉渣、转炉炉渣等固体显热的余热锅炉。

3. 苏联

苏联于1950年在钢铁企业中安装了34台余热锅炉, 1967年达268台 (最大蒸发量40t/h)。1971—1975年期间又装了391台, 并改造了143台旧式余热锅炉。1978—1980年安装

表 3

制造厂名	烧结机篦 面积 m ²	烟气量标 m ³ /h	烟气温度 入口/出口 ℃	回收设备及其参数	运行 年/月
新日铁室兰	460	最大108000	300	点火炉 + 预热烧结法	76/1
釜石	470			点火炉	78/6
君津	500	690000	345 ± 25/115	发电: (氟乙醇85), 最大14000kW, 正常 12500kW	81/9
八幡	600	350000	350/120	发电: (热水扩容) 热水137.7t/h, 4903kPa, 249℃ 最大发电量, 5700kW, 正常发电量4400kW。点火炉	79/12
日本钢管	450	600000	450/150	蒸汽: 强制循环, 最大73t/h 1961kPa 270℃ 正常60h/t。	78/12
京浜					
福山	550	600000	320/178	蒸汽: 强制循环, 最大60t/h, 1961kPa 230℃ 正常吨40t/h。点火炉	80/7
住金鹿岛	600	500000	388/150	蒸汽: 强制循环, 最大59t/h, 正常43t/h, 981kPa (饱和)	80/13
	500	500000	350/170	蒸汽: 强制循环, 最大43.7t/h, 981kPa (饱和)	81/12
	500	270000	290/175	蒸汽: 强制循环, 最大14.8t/h, 1177kPa (饱和)	81/12
和歌山	189	200000	330/150	蒸汽: 自然循环, 正常16t/h 785kPa (饱和)	79/3
	122	150000	270	蒸汽: 强制循环, 最大16.5t/h 1177kPa (饱和)	81/9
小仓		71600	375	发电: 冷凝透平 (4900千瓦), 蒸汽17.1t/h, 1373kPa 240℃	81/9
	222	300000	303/178	与线材余热锅炉一起 (29.5t/h, 1373kPa)	
	222	110000	380/214	蒸汽: 自然循环, 11.5t/h, 883kPa, 273℃	81/11
神钢、加	262			点火炉 + 保热炉 + 脱硫后排烟	78/6
古川	262	143000	225/165	蒸汽: 4.5t/h, 490kPa (表压) (饱和)	81/6
中山炼钢	100			点火炉	79/4

了173台余热锅炉,并向大型化发展,如干法熄焦余热锅炉采用约100t/h的KCT-400型和平炉采用KV-150B的新型平炉余热锅炉。目前,苏联冶金工业中约有68%的平炉,83%的转炉,78%的退火炉,53%的加热炉均配备了余热锅炉。现正在加快研制排烟温度为130~150℃,参数较高供发电之用的新一代黑色冶金用余热锅炉。

在有色冶金工业中正在运行的余热锅炉型号有:БКЗ-50-39У、УККС-6/40、ТКС-4/40、УКЦМ-25/40、КУКП-10/40、ТОП-35/40、СТЕРЛИНГ-四锅筒;三锅筒、РКК-20/40等等有色冶炼余热锅炉。

表4为苏联的有色冶炼厂使用余热锅炉的情况。目前,正在研究的有色冶炼余热锅炉有配焙烧矿出力400吨/天和1000吨/天的沸腾焙烧炉余热锅炉;配直径5.5m、长110m的大型威尔兹余热锅炉;配高出力氧焰炉的余热锅炉等。

苏联的别尔戈罗德动力机械厂虽然能生产任何工艺过程中所需的余热锅炉,但为了减少余热锅炉的型号,始终把烟管式余热锅炉作为主要型号以满足烟流量(3000~6000m³/h)和烟温(≤1200℃)范围的不同用户的要求。为此,按锅炉机组热力计算和锅炉设备空气动力计算的方法,算出了高温烟气余热锅炉的主要设计数据。

苏联在1975年由动力和电力机械部所属工厂开始研制焚烧城市垃圾的实验余热锅炉,并在1984年制造出厂,投入使用。现正在制造焚烧能力为5、10、15和20t/h垃圾的批量标准

表 4

型 号	企 业	制 造 厂	工 作 条 件			锅 炉 参 数			
			排烟量 10 ³ 标 米 ³ /时	烟温℃ 进口/出 口	烟气含尘 克/标米 ³	压力 kPa	出力 t/h	蒸汽温度 ℃	工作寿命 (天)
沸 腾 焙 烧 炉									
TKC—4/40	乌克兰锌厂	别尔戈洛德 动力机械厂	10—12	$\frac{850}{310-400}$	至350	3923	3.5	270	无限制
УККС—6/40	列宁格勒锌厂 ЛГМК锌厂	别尔戈洛德 动力机械厂	15.6	$\frac{880}{450}$	272	3432	5.6	430	至90
15/40	北方镍厂	别尔戈洛德 动力机械厂	32.6	$\frac{1100}{400}$	250	3923	15—20	饱和	至190
氧 焰 熔 炼 炉									
КУКП—10/40	ЛГМК铜厂	同 上	12	$\frac{1300}{370-420}$	至500	3923	11—13	350	与炉龄同
反 射 炉									
БКЗ-50-39У	СУМЗ	巴尔瑙尔锅炉厂	—	$\frac{1200}{210}$	30	2157	25	250	270
БКЗ-50-39У	БГМК	巴尔瑙尔锅 炉	60—70	$\frac{1150}{230}$	50	2452	28	420	150
ТОП—35-40	红色乌拉尔 炼铜联合企业	别尔戈洛德 动力机械厂	110—120	$\frac{900}{240}$	20	3923	至20	420	无限制
《Стерлинг》 4 锅筒	红色乌拉尔 炼铜联合企业	列宁格勒金属厂	12	$\frac{1100}{200}$	7	1275	3.5	365	300
《Стерлинг》 4 锅筒	基洛夫格勒 炼铜联合企业	列宁格勒金属 厂	60	$\frac{1200}{260}$	10	1471	15	400	300
阳 极 炉									
(Стерлинг) 3锅筒	乌拉尔电炼铜厂	列宁格勒金属厂	30	$\frac{1100}{400}$	7	392—588	6	饱和	350
线 锭 炉									
(Стерлинг), 3锅筒	乌拉尔电炼铜厂	列宁格勒金属厂	35	$\frac{1100}{400}$	7.5	392—588	4—6	饱和	350
转 炉									
РКК—20/40	北方镍厂	别尔戈洛德 动力机械厂	56	$\frac{850}{420}$	—	3923	15	250	—

续表 4

型 号	企 业	制 造 厂	工 作 条 件			锅 炉 参 数			
			排烟量 10 ³ 标 米 ³ /时	烟温℃ 进口/出 口	烟气含尘 克/标米 ³	压力 kP	出力 t/h	蒸汽温度 ℃	工作寿命 (天)
威 尔 兹 回 转 窑									
乌拉尔有色金属 动力厂结构	УКЦИК	乌拉尔有色金属 动力厂	35	$\frac{750}{280}$	160	785	10.5	饱和	与炉龄同
矿渣烟化炉									
УКЦИМ-40/14	УКЦИК	别尔戈洛德 动力机械厂	40	$\frac{1150}{350}$	170	1373	40	饱和	与炉龄同
УКЦИМ-35/40	桑赞有色金属厂	塔岗洛克锅炉厂	35	$\frac{1200}{300}$	150	3923	29	450	300

垃圾余热锅炉。

4. 国内

七十年代初我国着手并开始实施发展余热锅炉的规划。从1974年到1980年,先后投资扩建余热锅炉研究和制造基地,现已形成具有一定的余热锅炉研制能力以及雄厚的科研基础。至今已开发并制造了涉及15个类别、74个品种、101个规格的余热锅炉2000余台。表5为余热锅炉产品系列分类表。

表 5 中国余热锅炉产品系列分类表

序号	系 列	规格	品种	形 式
1	水泥窑余热锅炉	6	9	烟道式
2	工业炉窑B型余热锅炉	4	7	烟道式
3	工业炉窑L型余热锅炉	8	10	烟道式
4	隧道窑余热锅炉	4	6	烟道式
5	有色冶金行业余热锅炉	9	13	烟道式
6	炼钢平炉余热锅炉	4	5	烟道式
7	转炉余热锅炉	3	3	烟道式
8	化铁炉余热锅炉	3	3	烟道式
9	低热值尾气余热锅炉	2	5	烟道式
10	燃气轮机余热锅炉	2	2	烟道式
11	硫酸余热锅炉	5	6	烟道式
12	化肥厂余热锅炉	3	3	烟道式
13	造纸黑液余热锅炉	11	17	烟道式
14	裂解炉余热锅炉	6	8	管壳式
15	化肥余热锅炉	4	4	管壳式

这些产品多数是高温烟气余热回收设备,并多为小型低压余热锅炉,高压的管壳式余热锅炉较少。

我国余热锅炉产品的技术水平,除少数接近或达到国际上同类产品的先进水平外,大多数相当于国外五、六十年的水平,其主要差距反映在以下几个方面:

1. 热(焓和熵)利用率低;
2. 自控水平落后;
3. 积灰率高和清除效果差(特别是有色冶炼工艺中的余热锅炉)。

三 余热锅炉需求及发展前景

实践证明,余热锅炉在各企业的节能中发挥了相当有效的作用,获得了较好的经济效益,其投资一般可在3—4年内回收。余热锅炉的作用现已超越了单纯的余热利用。事实上它的作用与工艺流程现代化和防止环境污染方面的作用已无法截然分开,所以各种类型的余热锅炉相继问世。我国近几年产量每年约在400~500蒸吨之间,尚不能满足市场的需要。据预测,1990年,全国余热锅炉需要量在1000蒸吨/年以上。

随着技术的进步,今后工业部门将普遍采用高能效的先进工艺流程,这样能源的有效利用率提高,高温余热资源总量相应减少,而中、低温余热资源相应增长。因此,余热利用技术将由高温余热回收技术转向中、低温和固体显热的余热回收利用技术,但“七五”期间仍以发展高温余热回收的锅炉产品为主。如干法熄焦余热锅炉、化铁炉余热锅炉等。当然,也必须为今后开发中、低温和固体显热回收的余热利用技术开展一些科研工作。

目前,有关单位正在研制的余热锅炉有:

1. 干法熄焦余热锅炉

干法熄焦的技术设备是国外钢铁工业中炼焦工艺广泛采用的新技术之一。如日本,干法熄焦工艺技术已是钢铁界实用化节能效果显著的高温余热回收设备。而国内,除上海宝钢引进日本四台干法熄焦余热锅炉外,迄今为止还是空白。最近,杭州锅炉厂为宝钢二期工程配套的余热锅炉正处在设计和制造阶段,预计在近二、三年内可投入运行,并与汽轮机配套发电。

2. 燃气轮机余热锅炉

国内已着手自行研制燃气—蒸汽联合循环设备,设计与多型燃气轮机配套的余热锅炉。早在1982年哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所和杭州锅炉厂就联合研制用于科研试验的船用燃气—蒸汽联合循环系统中的余热锅炉,但仅用于科研而远未达到实用。而在联合发电方面,迄今为止尚处空白,从电力供需现状和本世纪内发电的能源构成比重将转向以煤为主的趋势出发,有必要加快研究开发燃煤或煤气化燃气—蒸汽联合循环。为此在研制胜利油田二期工程的燃气轮机余热锅炉的基础上,加快设计、制造各种容量和参数的余热锅炉(现已开始设计自然循环的燃气轮机余热锅炉),以满足未来市场的需求。

四 结 束 语

余热锅炉是机械产品及余热发电设备的一个重要组成部分,因此发展余热锅炉,振兴余热锅炉行业,也是振兴机械工业和电力工业,促进产品上质量、上品种和上水平不可缺少的环节。为实现上述目的,建议采取以下措施:

1. 改进老式产品,开发新产品,赶上世界先进水平;
2. 在产品开发中,科研设计要与推广应用相结合;
3. 加强与国外的技术交流,借鉴国外的先进经验;
4. 制定必要的技术和经济政策,发挥科研人员的工作积极性。 (下转第48页)

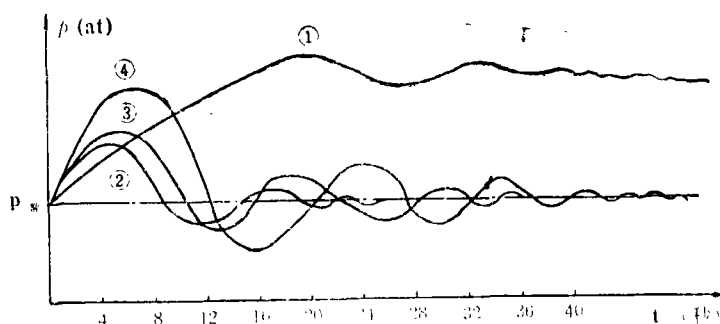


图1 主蒸汽压力控制特性

②)。

系统调试好后,工作一段时间,对象的内、外部条件都将发生一些变化,使系统控制飘离最佳点。假设对象 T_n 变大10%,但考虑到单片机的容量和速度,在采样周期 T 内对 K_p 、 T_i 和 T_d 进行寻优修正是无法实现的。采用固定 T_i 、 T_d 不变,用搜索法按 ITAE* 准则对 K_p 进行修正,既可实时控制,又简单、方便、可靠,其效果相当显著(见图1中曲线③)。图1中曲线④为 T_n 变化后未对 K_p 进行修正的曲线。

为突出。依据目前国内的技术水平微机控制完全可以实现,本文的讨论和仿真结果也证明了这一点。目前已有类似的系统进行了陆上联调。进一步的完善将是总系统和各子系统的目标泛函的选择和提高优化方法的运算速度,以期在实舰运用时能在整个系统优化运行的原则下对各调节器参数进行整定,使整个系统成为能在线辨识和参数整定的实时最佳集控系统,使舰用锅炉装置的控制达到一个新的水平。

参 考 文 献

- [1] 杰奎沃特 R.G.: 现代数字控制系统, 科学出版社, 1987
- [2] 塞奇·怀特: 最优控制系统, 水利电力出版社, 1985
- [3] 陈佳兵, 欧阳玲: 微机控制与微机自适应控制, 电子工业出版社, 1987

(孙显辉 编辑)

五 结 论

舰用蒸汽动力装置采用微机控制具有很大的现实意义, 在提高动力装置的机动性、可靠性和经济性方面, 有较明显的优点, 特别是采用集散系统和单回路可编程调节器更

(上接第35页)

参 考 文 献

- [1] “省エネルギー”一时代10年の見直レ(第10回)《省エネルギー》38 (8) 1986
- [2] “余热锅炉”机械工业出版社 1986
- [3] “杭州市机械系统特色优势产品的现状与展望—余热锅炉”杭州锅炉厂余热锅炉研究所馆藏
- [4] “省エネルギー”“一技惜閑究の课题”《省エネルギー》30(10) 1978
- [5] “国外节能的主攻方向—技术节能”《信息》杭州市情报研究所
- [6] “争取合理利用资源—合理利用有色冶金业的二次能源”Цветные Металлы (2) 1980

(渠源沥 编辑)

4. Comprehensive utilization of gas turbine power station in petroleum refineries.....Ye Zide (17)

Abstract

This paper is devoted to a preliminary study of the combined operation of a gas turbine power station and heating furnaces during the process of petroleum refining. Also discussed in this paper are certain aspects concerning its economy, feasibility and some possible problems which may arise in connection with the operation of the combined unit.

Key Words: gas turbine power generation, heating furnace, combined unit, economy, feasibility

5. Development of marine reversible gears.....Zheng Dingtai(22)

Abstract

This paper gives a description of the development worldwide of marine reversible gears during the last 30 years or so, with a detailed discussion of astern adjustable torque converter coupling and its advantages.

Key Words: gear transmission unit, astern running, hydraulic torque converter

6. The development prospects of waste-heat boilers

.....Wu Yisan(27)

Abstract

A comprehensive review is given in this paper of the recent developments in waste-heat boilers in the USA, Japan, USSR and China, with some proposals being put forward for their further growth and development.

Key Words: waste-heat boiler

7. The design and operation of SHW₃₆₀⁶ - 10/160 - H(A) steam/Water boiler

.....Dong Shan, Ling Renbin(36)

Abstract

This steam/water boiler is capable of supplying steam and hot water simultaneously, and also operates solely as a steam boiler or hot water boiler. Switching between these three operation modes can be easily conducted and the supply ratio of steam and hot water changed at will. The water temperature can be adjusted as required to within 20℃ of the saturation temperature at the corresponding pressure, with the ranging of regulation being between 95℃ and 160℃. It offers special convenience for users who are in need of both hot water for space heating and a steam supply source.

Key Words: steam/water boiler, tilting reciprocating grate, brown coal and bituminous coal

8. Dynamic mathematical model and digital simulation of 35t/h fluidized bed

Abstract

Key Words: fluidized bed boiler, dynamic model, digital model

.....Wu Yiliang, Miao Yongmao, Zhou Bing(45)

Abstract

Key Words: marine boiler, microcomputer

Abstract

Key Words: steam wetness, evaporating surface nondimensional load