

实现中小型工业锅炉燃烧过程的自动 控制以节约能源

蒋锡康

在“六·五”计划中指出,一九八五年比一九八〇年我国一次能源生产总量平均每年增长1.4%,而同期工业生产平均每年增长4%的速度,其中所需能源只能靠节能和少用来实现。为此要看到能源在全面开创社会主义现代化建设新局面中的战略地位,应对节能工作给予高度的重视。所以对中小型工业锅炉实行燃烧自动调节,对节能具有重要的现实意义。

首先可直接减轻全国一次能源生产量。

据统计,全国现有各种类型的工业锅炉约20多万台,它每年耗煤约占全国用煤量的三分之一。由于大部份中、小型工业锅炉的自动化水平很低,加上锅炉本身和某些配套辅机方面也存在一些问题,因而热率效均较低,一般在55%左右。(国外高的在80%以上,甚至达90%)。假如采用必要的科学技术,应用较先进的自动化仪表来实现锅炉的燃烧过程自动控制,那么锅炉的热效率可以有较大的提高,若依提高5~10%计,一年内全国的中、小型工业锅炉一项就可为国家省煤几百万吨。

其次可实行文明生产。

由于大部份中、小型工业锅炉的自动化水平很低,全靠工人师傅凭经验,拚体力操作,劳动强度大,工作条件差。若能应用较先进的自动化仪表来代替生产工人的直接或部份劳动,就能较好地实现科学管理和文明生产。

最后可解决能源计量上的“治表不治本”的现象。

节约能源首先要加强能源管理的基础工作,计量工作又是能源管理的重要技术基础,国家要求重点耗能企业配备能源计量检测仪器仪表,各企业均要按产品制定燃料,动力消耗定额,普遍推行定额管理与计量供应、计量考核相结合的办法,这也是一项积极有效的措施,但它只能计量而已,无法按实际生产的需要量来进行自动调节。而自动化仪表既能做到较好的计量,又能按实际生产需要进行自动调节。

工业发达的国家依靠科学管理及科学技术以节约能源,如美国对工业锅炉的燃烧控制比较重视,在“仪表及控制系统”中这样评过:“1972年来,锅炉操作强调可靠性和安全性胜于锅炉效率,今天对于锅炉还必须强调效率。理由很简单,一台22吨/时的蒸气锅炉,若效率损失1%,每年要浪费一万美元的燃料费。”另据统计,美国每年有20%的能源消耗于锅炉,若锅炉采用燃烧自动控制,每年可节省能源3.5%。

近年来他们对锅炉燃烧控制进行了多方面的探讨，有锅炉液位控制；空气与燃料比率控制；烟道气成份(如氧气，一氧化碳，二氧化碳)控制等。因为任何一台锅炉在运行中都有一个效率比较高的正常状态。要做到这点，最好的办法是使用自动化仪表将过量氧气，一氧化碳，过量空气量控制在一定范围内。据美国有关报导，根据锅炉设计和实际运行的经验，过量空气量最佳控制范围如表一所示。

表一 不同燃料所需要的过量空气

燃 料	过量空气量	过 量 氧	燃 料	过量空气量	过 量 氧
天然气	5~10%	1~2%	煤	10~40%	2~6%
液体燃料	8~15%	2~3%	焦 炭	20~40%	4~6%

一氧化碳最佳控制范围为 150~250ppm，否则要造成热量损失。具体情况如表二。

表二 过量空气与能量损失的关系

氧 气 %	过 量 空 气	能量损失%[气体]	能量损失%[油]
0	0	1.5	3.5
1	5	0.5	1.5
2	10	0.0	0.5
3	15	0.5	0.0
4	20	2.5	0.5
5	30	3.5	2.5
6	40	5.0	3.5
7	50	6.5	5.0
8	60	8.0	6.5
9	70	9.5	8.0
10	80	11.5	9.5
11	90	13.5	11.5
12	100	14.5	13.0

从表二可知，假如烟道气里的氧含量从 2% 上升到 5% 造成的能量损失：气为 3.5%，油为 2.5%；反之，烟道气里的氧含量从 8% 下降到 2%，每年节约的燃料费如表三所示：

表三 烟道气的氧含量与每年节约燃料费的关系

烟道气里的氧含量(%)	8.4	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0
每年节约燃料费[万美元]	0	0.5	1.4	2.2	2.8	3.5	4.0	4.5

从美国的其它资料上同样可反映出在工业锅炉上应用了自动化仪表进行自动控制后，节能的经济效果是显著的。如：Gilco 工程公司采用了 O_2 、CO 分析烟道气里的 O_2 、CO、 CO_2 的浓度来控制燃烧状况。结果：(1)节约燃料 1~7%；(2)节约辅助动力 10~40%；(3)减少燃料气腐蚀产品为 10~20%；(4)减少 NO_x 污染 15~35%。一台 220T/h 锅炉，采用 6 号油每年节省燃料 46 万美元；一台 22T/h 锅炉，每年则节省 5.5 万美元。

美国农业化学工业公司在 Verdigris 肥料联合企业两个硝酸铵溶液厂(其生产能力分别为 1000 吨/日和 1150 吨/日),采用生产 40kgf/cm² 蒸汽锅炉,并用氧分析器分析烟道气里的过氧量,使锅炉在 2% 的过氧量下运行,每年可节省 3.2 万美元的燃料费,而自动控制系统的成本只有 3 万美元。不仅节约了能源,而且不到一年的时间收回了自动化装置的投资费。

另外许多仪表创造厂家也宣称燃烧控制系统可以节约能源。如美国 Maize 产品公司采用红外分析器监控 CO、CO₂ 用氧分析器进行了多点监控过氧量,控制六台锅炉燃烧状况,每 5 分钟测一点,共 12,一小时一个循环每年能节约燃料费 56.30 万美元。美国霍尼威尔仪表公司用 TDC-2000 控制系统用于锅炉系统,锅炉效率提高 20%,在大多数情况下,一年内可以付清仪表投资费用。另有 2002 控制系统(包括一台红外分析器,就地操作台和一个中央控制台)能同时控制 4 台 25000~500,000 磅/时蒸汽锅炉,分析烟道气里的 CO、CO₂、O₂ 浓度来控制燃烧效率,结果燃料减少 4%。另外有的厂已用一组分析器监控多台锅炉用先进的数字管理控制多台锅炉的蒸汽分配。首先分配最经济、效率最高的那台锅炉的蒸汽送入生产过程。据报告这种经济管理系统,锅炉效率能达到 90%,节省燃料 3~5%。

在日本工业部门的热能设备中,目前最大的课题是节约能源和防止大气污染。

据能源厅 50 年代统计,用于工业锅炉的燃料消费量,换算成重油每年达 38,028,000 千立升。。当时虽然已有超过 85% 的高效率锅炉,而谋求节能的意义仍然是很大的,对于 85% 热效率的锅炉,假设其现有空气比 1.4,由于改善燃烧可降至 1.1,这样可节省燃料约为 3.3% 如果这个锅炉的蒸发量为 20T/h,每年平均负荷为 70%,一年运行时间为 6000 小时,若燃料单价以 63 日元/升计算,则每年使用的燃料费约达 4 亿日元,以节约 3.2% 换算成金额达 1280 万日元,能够在一年内偿还自动化仪表等设备费用。

另外日本在应用氧调节系统的锅炉低空气比燃烧控制,进行改善燃烧状况使空气比降低的试验做了不少工作。如对一台容量为 20T/h,蒸汽压力 8kgf/cm²,给水温度 20℃,使用低位发热 9700 千卡/公斤的重油,进行空气比改善的价值计算。排气中的 O₂ 由改善前的 6% 下降到改善后的 2%;排气温度由改善前的 300℃ 下降到改善后的 280℃。若该锅炉年平均负荷 70%,年运行时间 6000 小时,燃料单价 70 日元/公斤,产生一吨蒸汽时节约燃料量是 2.62 公斤,由此每年经济收益约为 1540 万日元。

为此 1979 年日本通产省发布了企业人员的判断基准,据此基准,对于蒸发量为 10~30 T/h 的锅炉,使用液体燃料时空气比的指导数为 1.2~1.3。他们认为从进一步节能考虑,这个数还是高的。

在日本中、小型工业锅炉上应用了自动化装置后的节能效果十分显著,根据 100 台锅炉燃烧系统改善实例中的五例的数据,归纳于表四。

另从日本的仪表制造厂家和其它资料同样宣称锅炉燃烧控制系统能节约能源。如:日本的中山制钢新船町工厂第一发电站的 2 号锅炉(60T/h),使用了氧分析仪配以山武—霍尼威尔(Honewell)公司的 TDCS-2000 集散系统控制燃烧和运行后,烟气中氧的含量由 2.5±1% 降到 0.5±0.4%,实现了预期的节能效果。日本东芝公司的 TOSDIC 数字控制器,配以氧分析仪所构成的燃烧控制系统,在钢铁厂的多段式连续加热炉中使用,节能效果达 4%。日本住友金属和歌山厂的均热炉用 O₂ 分析仪控制空气与燃料比,烟气 O₂ 含量从 2~5% 降到 0.5~1.5%,降低能耗 20000 千卡/吨钢板。

我国节能的潜力也是相当大的,就拿工业基础较好,工艺装备较先进,技术力量较雄厚的上海市来看,近几年来加强能源的科学管理和向科学技术要能源,效果是显著的。如图 1

表四

日本五家中小型锅炉节能控制改造效果一览表

用 户 用户的工业类型		Su 社	Ko 社	Ni 社	Ta 社	Tc 社	
		化 工	建筑机械	医 药	化 工	造 纸	
锅炉型式	—	SCM-160	PD-10DE	SC-90-Ⅱ	SCM-200	SC-16A	
最大蒸发量	吨/小时	16	10	6	12~20	20	
年平均负荷	%	50	75	45	75	45	
年运行时间	小时	5700	6300	8000	8400	6000	
使用燃料种类	—	C 重油	灯油	C 重油	A 重油	C 重油	
燃料单价	日元/升	65	75	62	70	60	
燃烧器型式	—	NFK- COEN U-85NF	NFK- COEN U-95NF	NFK- COEN C-41-NF	NFK- COEN U-6FNF	NFK- COEN U-65-NF	
氧调节采用机种	—	M-01	C-01	M-01	L-01	L-01	
改造前 数据	平均负荷时排烟氧量	%	6.0	6.6	8.6	8.0	6.0
	平均负荷时排烟温度	℃	245	277	220	237	256
改造后 数据	平均负荷时排烟氧量	%	2.9	2.0	3.0	2.0	2.0
	平均负荷时排烟温度	℃	219	260	188	232	219
效 果	锅炉热效率提高	%	3.4	3.6	5.1	3.1	2.4
	年回收金额	万日元	84.50	1300.0	566.0	1970.0	593.0
设备投资费用	万日元	680.0	950.0	650.0	780.0	770.0	
偿还期限	月	10	9	14	5	15	

〔注〕：设备投资费包括全部的仪器仪表设备，改造工程，调整运转，运输的概算金额。

上海市最近五年工业总产值与能源消耗增长的比较：

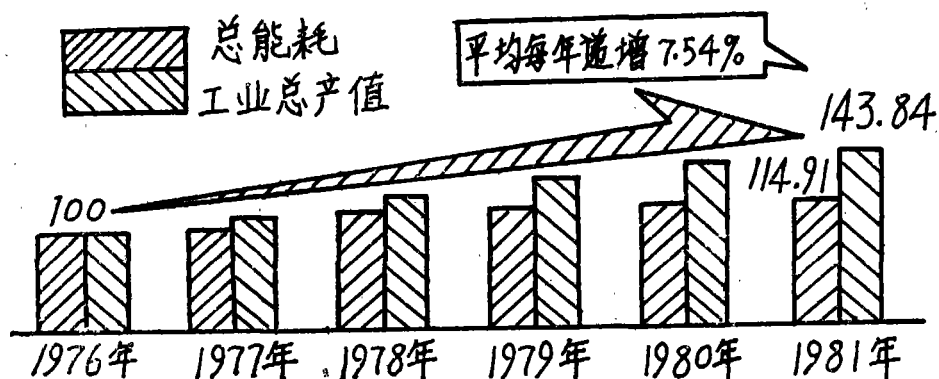


图 1 上海市最近五年工业总产值与能源消耗增长的比较

所示。如五年来上海市能源生产率仅提高四分之一。假如节能的势头仍和近五年一样继续保持下去，其经济效益是相当可观的。目前国内不少中、小型工业锅炉，应用自动化装置对锅

炉水位及燃烧系统的自动控制，也收到了良好的经济效益。如广东江门甘蔗化工厂的锅炉，蒸发量为 50T/h，压力为 40kgf/cm² 的沸腾炉，在采用了沸腾床温度、料层厚度、汽鼓水位，炉膛负压等自动调节系统后，锅炉效率提高了 6.57%，若将应用自动化装置作一改革前后的情况进行对照，就更能说明问题了。

表五 广东江门甘蔗化工厂锅炉应用自动化装置改革前后情况对照

时 间	参 数	平的负荷 T/h	平均汽温 °C	平均汽压 kg f/cm ²	马安煤热值 大卡/公斤	煤耗 标准煤 公斤/吨汽
改革前	78年二月	32.4	430	38.6	2324	139.5
改革后	78年12月	35.4	448	38.6	2510	131
	81年一季度平均	45.3	440	38.6	3664	129.4

从表五可知，每吨蒸汽煤耗降低了约 9~10 公斤标准煤。若以锅炉的蒸发量为 40T/h 年运行时间以 300 天计，一年可节约煤 2880 吨标准煤折原煤(以 3000 大卡/公斤) 6720 吨。再如首都钢铁公司新二号炉热风炉，使用了氧气分析仪进行了闭环燃烧控制，配以极值调节器，据称即使按保守的估计，光煤气费用一年就可节约 20 万元人民币，又如杭州糖瓷厂一号搪烧炉，在安装了配有氧化锆分析的 O₂ 闭环控制系统以后，烟气中氧含量由 5% 下降到 2% 以下，节省能源达 6%。

但是，全国大多数中、小型工业锅炉仍未实现燃烧过程的自动控制，节能方面与美、日等国比较，差距仍较大，建议通过试点，总结经验，把这项工作搞上去。

参 考 文 献

- [1] “化工自动化及仪表” 1982.NO: 4;
- [2] 张峻岭摘译 日本“化学装置” 1981.NO: 6;
- [3] Energy management in minerals processing《Mining Engineering》, 1980, No.8.