

文丘利燃烧器的研究

在工业锅炉上的应用

范仲华 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕介绍了文丘利燃烧器的结构特点及在工业锅炉上的应用。从试验结果中看出,文丘利燃烧器具有单独烧油和燃气的功能,节能效果显著,是一种理想的燃烧器。

关键词 油一气燃烧器 调风器 喷油器

1 前 言

文丘利燃烧器属于平流式燃烧器,它具有低氧燃烧高效的特点,为了将平流式燃烧器用于工业锅炉上,结合油田地区的使用情况和要求,研究出了RPY型、RPJ型两种油一气燃烧器。它具有单独烧油和单独燃天然气两种功能。燃油时采用蒸汽雾化喷咀(RPY型燃烧器)或机械离心雾化喷咀(RPJ型燃烧器)。烧天然气时采用枪式中心多孔喷枪;混烧时天然气采用多枪式多孔固定喷枪。国内对油燃烧器的研究是从60年代初开始的。进入70年代国内对平流燃烧器开展了大量的研制工作。目前,国内的燃烧器普遍采用了Y型蒸汽雾化喷油器及蒸汽-机械雾化喷油器配平流式调风器。这是由于Y型喷油器雾化质量好,索太尔油颗粒平均直径可达 $50\mu\text{m}$ 以下,而且喷油器在不同负荷时雾化角保持不变。哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所曾将文丘利调风器配置Y型蒸汽雾化喷嘴成功的用于某特种船上。于80年代初在30 t/h燃油锅炉上应用平流式燃烧器获得成功。近年来“颜

氏燃烧器”在加热炉改造上取得了很大成绩,在工业锅炉方面正在积极推广应用。

2 问题的提出

我国油田有大量的油、气资源,燃油锅炉和燃气锅炉应用十分普遍,油田区域大,分布分散,冬季采暖需要大量的热水、蒸汽锅炉,其中2 t/h、4 t/h、6 t/h最多,还有少量的10 t/h炉。如大庆油田,辽河油田都有这种型式的锅炉。燃油锅炉的燃烧器大部份采用的是低压空气雾化燃烧器,也有部份旋流燃烧器,还有一些锅炉采用自然引风的烧嘴。低压空气雾化燃烧器噪音大,电耗高,烧天然气时燃烧不稳定;自然引风烧嘴,由于不组织空气和燃料的混合,所以空气过剩系数极大,效率低,不经济;旋流式燃烧器在国内虽然是比较好的一种燃烧器,但是阻力损失较大。油田锅炉还普遍存在出力不足的问题,也影响了锅炉的效率。这样每年有大量的能源被浪费。迫切希望具有节能效果好的燃油、燃天然气的燃烧器取而代之。

3 工作原理及结构特点

文丘利燃油燃烧器主要由喷油器（蒸汽雾化喷油器或机械雾化喷油器及天然气喷枪）和文丘利调风器组成。燃油通过喷油器以油雾喷入炉内，它具有一定的雾化角与喷雾密度的分布。燃烧所需要的空气是通过调风器形成一定气流结构和速度分布（空气动力场）并与油雾角度、密度相匹配并强烈的混合，使火焰能连续稳定，燃烧完全。

3.1 文丘利调风器

见图1，它是由文丘利喷管，旋流器及中心支承管等组成。气流通过“渐缩—渐扩”的文丘利喷管获得高速的轴向风，其风速的大小取决于允许的调风器阻力。采用文丘利线型是为了降低其入口阻力系数。目前

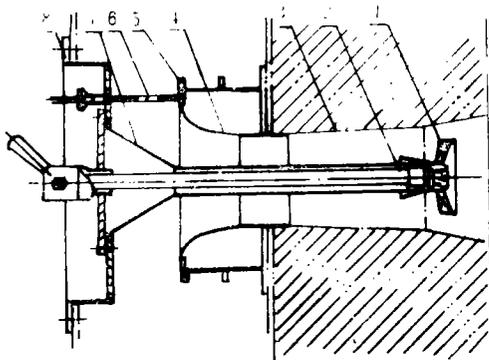


图1 文丘利燃烧器

1. 旋流器 2. 喷油器 3. 文丘利渐扩段
4. 文丘利渐缩段 5. 风门 6. 文丘利喉口静压测管 7. 中心支承管 8. 联接法兰

为油田设计的工业锅炉所配的调风器阻力约为 1.37 kPa，比现有的蜗壳式、旋流式均低。文丘利入口段（渐缩）采用的是椭圆型线的旋转体，它是按气流的线形状来设计的，入口阻力系数可降至 0.2。在喉口处有喉口静压测点，其传递的平均静压与风箱静压组成压差称为流量讯号，可以代表风量的大

小，这对燃烧自控提供了方便条件。文丘利出口段（渐扩）分为两段组成，张角应适当，以免产生脱流。风口张角一定，从而使气流以一定的速度场与油雾进行混合。

通过位于风口处的中心旋流器的气流为一次风，旋流器内有与调风器轴线成 45° 角的直叶片或曲叶片，其叶片的遮盖度为 1.1，显然曲叶片阻力系数要小得多。一次风通过旋流器产生强烈的旋转，在旋转气流的内部形成负压，得到一个回流区，它起到稳定燃烧的作用，一次风占总风量的 20% 左右。

中心支承管上开有腰型孔，以便少量的风可进入中心管直供喷雾锥的根部，还有少量风通过旋流器内套筒和中心管的间隙提供，这两部份组成中心风，中心风（根部风）的供给是燃烧良好的重要条件。燃油初期燃烧若高温缺氧会产生高温裂解，析出碳黑，一旦形成游离碳时再燃烬就十分困难，势必增加未完全燃烧损失 (q_4)。风与油雾的早期混合可防止或减少燃油的高温热分解，适量的中心风还可以使回流区根部不与旋流器叶片相接触，可避免旋流器上的结焦。但是中心风量过大会削弱一次风的旋流强度，使高温烟气回流区缩小，并将回流区推出，对稳定燃烧是不利的，因此中心风量与一次风必须配合得当。通过旋流器得到强烈旋转的一次风形成高温回流区，是稳定燃烧的关键。

众所周知，燃烧过程是一个极为复杂的物理化学过程，它包括油的雾化、预热，蒸发、混合和化学反应等过程，组织好燃烧的关键是混合过程。强烈旋转的一次风大大促进了油与风的早期混合。而且一次风有着较大的扩散角，油雾中大部份较小的油滴跟随着一次风运动，少量大油滴被直接射入二次风层中，由于二次风的扩散角小，又具有高速平流，与旋转的扩散角大的携带着油雾的一次风相交，能形成强烈的质量和能量的交换，这就强化了混合过程，这是创造低氧燃

烧的关键。

3.2 喷油器

3.2.1 Y型蒸汽雾化喷油器

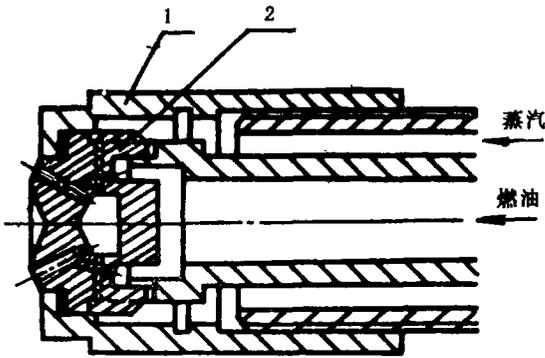


图 2 Y型蒸汽雾化喷油器

1. 压盖 2. 喷嘴

Y型蒸汽雾化喷油器是利用油流受到高速蒸汽流的冲击，扰动和撕裂的作用而被雾化；其雾化油滴粒度索太尔平均直径可达 $50\mu\text{m}$ 左右。结构见图2。它的另一优点是在不同负荷下，雾化角可保持不变，因此也就保证了在低工况下的良好燃烧，对自控要求高的用户更为适合。

3.2.2 机械雾化喷油器

机械雾化喷油器又被称为离心式喷油器（见图3），有简单机械雾化及回油机械雾化两种。燃油由雾化片中的切向槽高速切向进

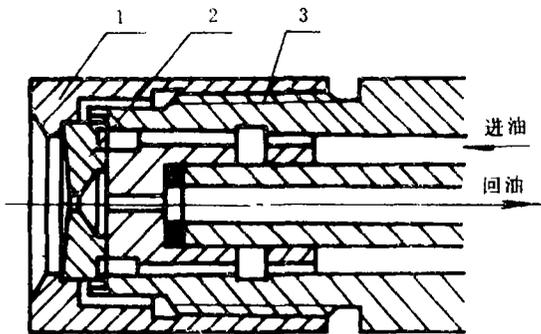


图 3 机械雾化喷油器

1. 压盖 2. 雾化片 3. 分配盘

入旋涡室，一边高速旋转，一边沿轴向从喷孔喷出，由于离心力的作用而将油膜撕裂，完成雾化。

3.2.3 天然气喷枪

天然气喷枪采用中心多孔型及固定多枪式。中心多孔型可以与燃油器互换，即单独烧天然气或单独烧油。这种喷枪与天然气管路可用不锈钢软管联接，在停炉时可置于炉外。可以在炉外点火，然后插入炉内。消除了烧天然气时由于漏气以及打气未净而引起的爆炸事故。

4 冷态试验

4.1 调风器冷态实验

4.1.1 风流量均匀试验

风流量均匀试验是沿风口圆取八点的风速分布来测量；从图4中看出，八点的最大值及最小值与平均速度相对偏差为5.8%，

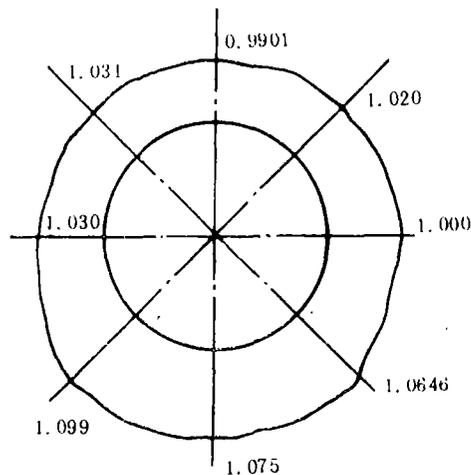


图 4 风流量均匀性分布图

由于偏差值小，从而保证气流的均匀性，消除了燃烧不稳定的一个因素。由此也可说明燃烧器安装位置及风箱气流是否合理。

4.1.2 冷态回流区的测量

回流区的测定是用直径为 8mm 的小风车进行的。图5为回流区分布图。测得结

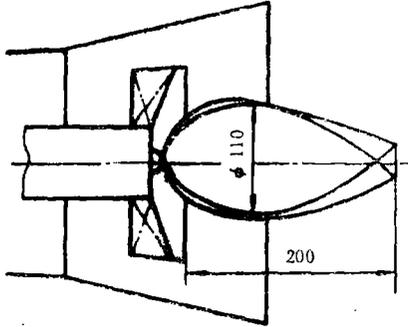


图5 回流区分布图

果最大直径为 90~110 mm, 回流区长度为 200 mm, 回流区根部与旋流器叶片距离为 20 mm。从测量结果来看, 中心风略感不足, 回流区根部与喷油器头部的小回流区已相近。在热态初试时发现喷油器头部有少量结炭也说明了此问题, 在正式热态试验时作了少许改进。

4.2 喷油器试验

4.2.1 雾化片流量特性

流量特性试验是在专用的试验台进行的。试验用混合油与燃油雾化时的粘度相同。几种条件下的流量特性见图 6、7、8。

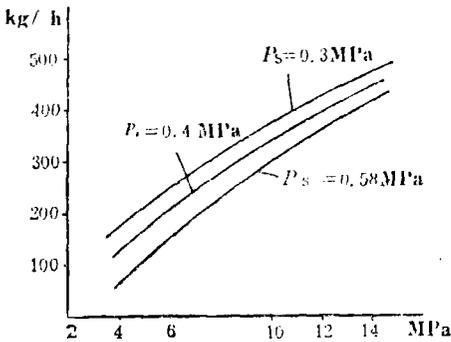


图6 y型喷嘴在不同蒸汽压力下流量与压力曲线 (P_s 为蒸汽压力)

雾化气流量的偏差, 除了计算以外往往加工质量和精度也均受到很大影响, 所以对雾化片要进行逐个标定和目测观察来进行质量控制。

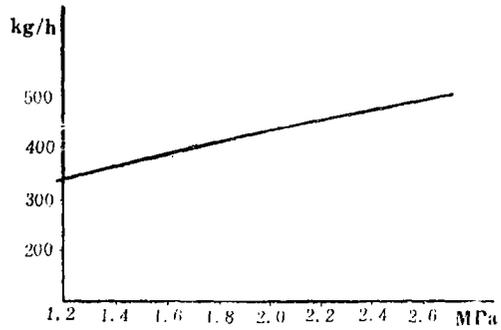


图7 简单机械雾化流量与压力曲线

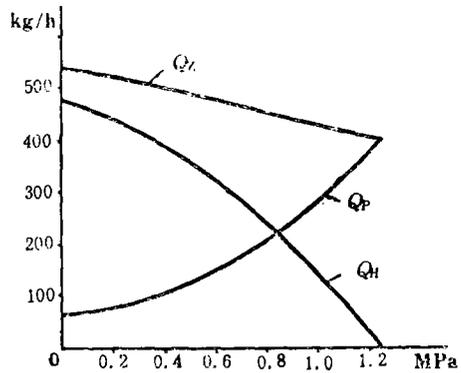


图8 供油压力2.3 MPa时中心回油流量与回油压力关系曲线
 Q_t 总供油量 Q_p 喷油量 Q_H 回油量

4.2.2 雾化角

雾化角一般均指条件雾化角, 就是在离喷嘴一定距离情况下的油雾的角度。当然Y型喷嘴的角度是一定的, 它是根据圆周布置喷射孔与轴线夹角所决定。PRY型及RPJ型燃烧器均配置平流式文丘利调风器, 扩散角比较小, 所以RPY型中Y型喷油器的喷射孔夹角为 55° , 雾锥角在 60° 左右, RPJ型中机械雾化喷油的雾化角在 $58\sim 60^\circ$ 。多次试验表明, 该角度与调风器空气动力场是相匹配的, 火焰燃烧正常, 油雾与风的混合良好。油雾角度过大, 则在火焰中间将出现黑圈、这是大量较大的油滴穿透二次风层, 在二次风层外继续燃烧, 燃烧时会出现火星, 造成水冷

壁或炉墙上结焦。雾化角过小，会使火焰中心发黑，空气与油雾混合不良，燃烧不完全，空气过剩系数大，并且冒黑烟。

天然气低位发热值 37 681 kJ/Nm³ 而设计的。试验中燃料热值按实际分析数据。

5 热态试验

热态试验结果表明，空气过剩系数比原型燃烧器低， $\alpha \leq 1.15$ 左右，燃烧完全，燃烧效率提高 3 % 左右，锅炉效率提高 (5~7) %。

燃烧器热态试验结果见热态试验汇总表。
燃烧器燃油量按燃油低位发热值 4 860 kJ/kg，

热态试验汇总表

名 称	单 位	RPJ型	RPJ型	RPJ型	RPJ型	RPJ型	RPJ型	RPJ型
		天然气	燃 油	燃 油	天 然 气	天 然 气	燃 油	燃 油
锅炉出力	t/h	2.1	3.1	18.8	6	4.3	5.9	4.2
锅炉负荷率	%	35	52	94	100	72.1	99.1	69.7
燃料耗量	kg/h, m ³ /h	182.5	238	1464	453	318	373	267
燃烧器负荷率	%	38	55	94	99	70	98	71
锅炉正平衡效率	%	82.3	82.8	87	88.9	90.2	89.7	88.3
CO	%	0.6	0.4	0.2	0.18	0.19	0.2	0.05
α		1.15	1.35	1.21	1.15	1.14	1.12	1.14
q_3	%	2.78	1.73	0.77	0.66	0.69	0.71	0.18
燃烧效率	%	97.2	98.3	99.2	99.3	99.3	99.3	99.8
排烟温度	°C	188	197	194	196	180	193	176
q_2	%	9.79	9.72	8.53	8.34	7.42	8.85	7.29
q_5	%	3	3	1.4	2.1	2.4	2.1	2.4
锅炉反平衡效率	%	84.4	85.5	89.3	88.9	89.5	88.3	90.2

6 结 论

的需要。如果是热水锅炉或不具备蒸汽源地点可采用 RPJ型燃烧器，其锅炉负荷的变化可用更换雾化片的办法来实现。

1. 文丘利燃烧器在工业锅炉上应用取得了明显的效率，不但使锅炉出力达到了设计指标，而且锅炉效率均有明显的提高。

5. 配置了天然气喷枪，给用户带来了方便、天然气得以充分利用，节省燃油。

2. 燃烧器阻力小，一、二次风配置合理，空气与油雾混合良好，燃烧完全，消除了水冷壁及炉墙结焦现象，节能效果明显。

3. 结构简单，操作使用方便，无噪音、改造费用低，便于推广应用。

4. 在具有蒸汽源的地方采用 RPY型燃烧器，效果尤为明显，能适应锅炉负荷变化

参 考 文 献

- 1 燃油锅炉燃烧设备及运行编写组. 燃油锅炉燃烧设备及运行. 水力电力出版社, 1976.10
- 2 湖北省电力设计院等编写组. 电厂燃油设计. 湖北省电力设计院, 1975.12

(孙显辉 编辑)

(下转第174页)

The Reliability Prediction of a Gear Transmission unit at the Preliminary Design Stage

Qiu Dacheng

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

The author has made an exploratory study of some issues related to the forecast of marine gear unit reliability at the preliminary design stage with a practical example being given of the CODOG gear unit reliability prediction.

Key words: *gear transmission, preliminary design, reliability forecast*

(孙显辉 编辑)

(上接第156页)

A Study of Venturi Burner for Use in Industrial Boilers

Fan Zhonghua

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

Described in this paper are the design features of a venturi burner and its application in industrial boilers. The test results have shown that the said burner capable of firing oil and gas independently is a ideal one with significant energy saving potentialities.

Key words: *oil-gas burner, air regiser, oil sprayer*