

# 燃气轮机单管燃烧室试验台消声器

张明炎

[提要] 本消声器较好地解决了燃气轮机单管燃烧室试验(具有高温 $1000^{\circ}\text{C}$ 、高压 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 、高噪声 $123\text{dB}(A)$ 的特点)的消声问题,其降噪量为 $55\text{dB}(A)$ 。同时亦解决了烟气分析采样的技术问题。

主题词: 燃气轮机 燃烧室试验 消声器

燃气轮机燃烧室试验,是舰船,航空及工业燃气轮机研制工作中必不可少的试验项目之一。燃烧室试验的排气具有高温 $1000^{\circ}\text{C}$ 、高压 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 、高噪声 $123\text{dB}(A)$ 的特点,它对环境的污染十分严重。因此必须加以控制。

## 一、噪声源的特性

燃烧室试验产生的高温、高压气流直接排至室外,其噪声源主要是气流喷射噪声。当排放的高速气流冲击静止的气体时,使周围的空气产生涡流,这些涡流由于粘滞力的作用,又分裂成一系列的小涡流,使空气受到扰动,产生噪声,污染环境。其次是试验室内较高的噪声 $105\text{dB}(A)$ ,通过窗及窗缝辐射出来而污染环境。噪声源的频谱是一个宽频带的连续谱。燃烧室试验排气噪声频谱,见图1。

由图可见,低频带声压级比较低,高频带声压级比较高,在倍频程 $250\text{Hz}\sim 8\text{KHz}$ 的范围内声压级都超过 $100\text{dB}$ 以上。计权声级: $123\text{dB}(A)$ 、 $122\text{dB}(B)$ 、 $122.5\text{dB}(C)$ 、 $122\text{dB}(L)$ 。

距噪声源 $15\text{m}$ 处的环境噪声为 $98\text{dB}(A)$ 。见图2。

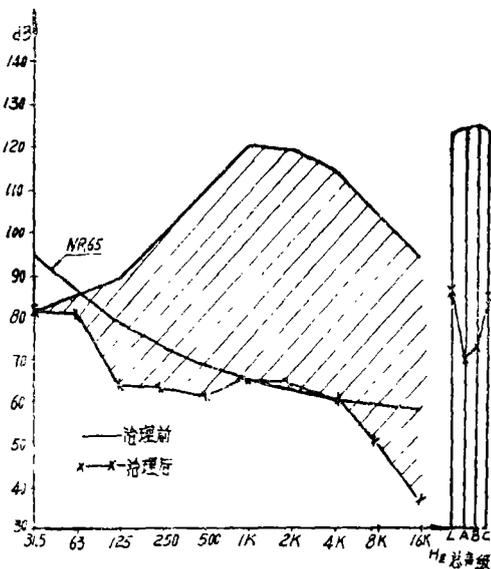


图1 燃烧室试验排气噪声频谱

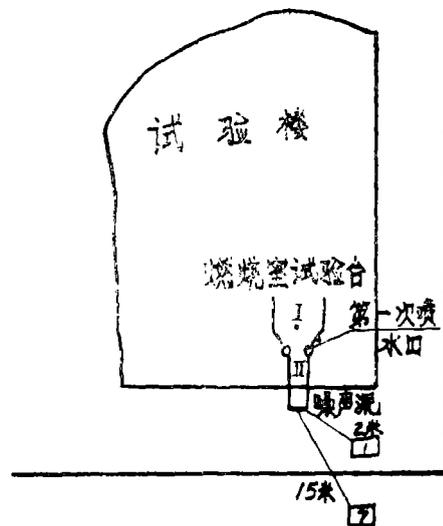


图2 噪声源及环境噪声测点平面图

□ I、□ II——噪声测点

I——燃烧室 II——排气管

## 二、設計性能和指标

根据燃烧室试验台的特点和噪声源的频谱特性,本消声器的设计性能指标如下:

(一) 根据我国“城市区域环境噪声标准——GB3096——82”的要求,消声器出口处的噪声值应满足环境噪声污染标准即 $\leq 65dB(A)$ 等效声级。

(二) 鉴于排气具有很高的温度,为进行烟气分析采样,消声器应有效率相同的两套喷淋降温装置,使消声器出口排气温度不大于 $300^{\circ}C$ ,此外在选材上也应选用具有一定耐温性能的材料。

(三) 消声器设置喷淋冷却水的排水系统。

(四) 消声器的气体通流能力应不小于 $6kg/s$ 。

(五) 具有温度监控报警系统。

## 三、消声器方案及主要结构

(一) 考虑到燃烧室试验台排气噪声的特点以及上述性能指标,经过反复比较决定采取下列组合方案:

1. 试验台排气口采用小孔喷注节流降压消声器。

2. 小孔喷注消声器后,采用阻性消声段。小孔喷注具有节流降压和移频的作用,对后段的阻性消声将起到增益作用。

阻性消声段采用对中,高频噪声有较大吸声系数的岩棉(YLB—100型),采用小孔喷注消声结构与阻性消声结构和膨胀室抗性结构相组合的这种消声方案,将会收到显著的消声效果。经估算它的消声量约为 $53dB(A)$ 左右。

(二) 主要结构

本消声器的主要结构,见图(3)

1. 小孔喷注消声器:

为二级节流、降压结构,原排气管直径为 $300mm$ 。第一级消声器外径 $\phi 400mm$ ,长 $1100mm$ 流通面积 $S_{m1} = 431cm^2$ ,小孔直径 $d_1 = 10mm$ ,550个孔,孔心距 $L_1 = 50mm$ ;第二级消声器外径 $\phi 600mm$ ,长 $1200mm$ 其流通面积 $S_{m2} = 667cm^2$ ,小孔直径 $d_2 = 3mm$ ,9450个孔,孔心距 $L_2 = 15mm$ 。两级间通过法兰连接,可拆卸,易清理污垢。

2. 阻抗性消声部分:

由膨胀室、片式及竖井消声段三大部份组成。排气出口速度约 $240m/s$ ,到消声器出口排气速度降至 $4m/s$ 。

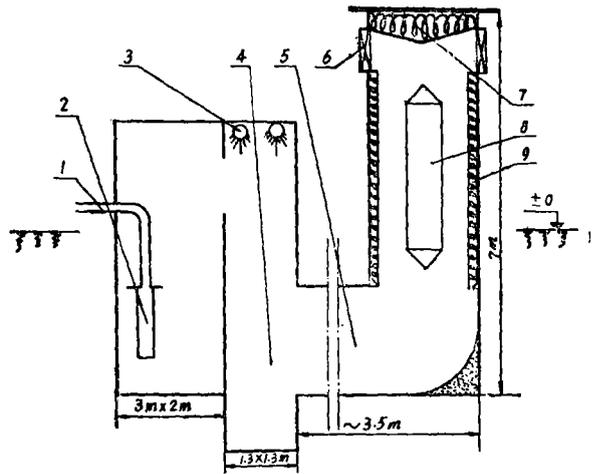


图3 燃气轮机单管燃烧室试验台消声器示意图

1. 排气管; 2. 小孔喷注消声器; 3. 喷水器  
4. 水池; 5. 片式消声段; 6. 百叶窗消声器  
7. 吸音锥体; 8. 消音筒(元件) 9. 吸音层

### 3. 冷却水喷淋降温系统:

原试验台排气管内设有两排喷水杆(称一级喷水), 可把高温燃气从1000℃降至200℃~300℃, 然后进入消声器。但试验台在进行烟气采样时要求停止喷水。因此, 消声器本身必须具有喷水降温装置(称二级喷水)。第二级喷水装置为四支离心式压力雾化器, 它位于膨胀室之后。

### 4. 温度监控报警系统:

除试验台本身在第一级喷水冷却后设有一组监控电偶外, 在消声器内尚设置二组电偶。

第一组设在二级喷水降温装置后,

第二组设在消声器出口处。

所有电偶均接到一个多点转换开关上, 然后共用一个高温可调节式毫伏计(型号为XCT—101)。毫伏计与报警器相连, 当指示温度超过给定的温度值时, 则报警器自动报警。

## 四、消声器性能测量及结果分析

(一) 试验系统和测点布置见图(2)所示。

(二) 测量仪器

消声器性能测量使用:

丹麦B·K公司的2203精密声级计; 1613 1/1倍频程滤波器。

环境噪声测量使用

丹麦B·K公司的2203精密声级计。

(三) 测试方法

用“穿透损失”法进行, 即试验参数调到压力 $P=4.4\text{kg}/\text{cm}^2$ , 流量 $Q=3.7\text{kg}/\text{s}$ , 温度 $T=1000^\circ\text{C}$ , 运行稳定后, 分别测得噪声源喷射气流轴向 $45^\circ$ 角 $2\text{m}$ 处与消声器排气口百叶窗外 $45^\circ$ 角 $1\text{m}$ 处的噪声值的相对差值, 这个差值就是本消声器总的消声量。

(四) 测量结果与分析

1. 测量结果, 见表1

表1

类别	频率 (HZ)													
	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	A	B	C	L
(1) 噪声源	82	85	89	99	111	119	118	114	104	93	123	122	122.5	122
(2) 膨胀室出口	84	96	96	96	106	110	112	104	92	78	115	115	115	114
(3) 膨胀室消声量 $\Delta L=(1)-(2)$	-2	-11	-7	3	5	9	6	10	12	15	8	7	7.5	8
(4) 消声器出口	83	81	64	63	63	65	64	60	50	36	68	73	84	88
(5) 阻声段消声量 $\Delta L=(2)-(4)$	1	15	32	33	43	45	48	44	42	42	47	42	31	26
(6) 消声器消声量 $\Delta L=(1)-(4)$	-1	4	25	36	48	54	54	54	54	57	55	49	38.5	34

由表(1)中(3)可以看出小孔喷注,膨胀室消声段对中、高频有9dB—15dB的消声量。低频消声效果较差,在125HZ以下不但没有消声量,而且声压级有所提高。

由表(1)中(6)可以看出本消声器在最大工况时可获得55dB(A)的消声量。显然它具有良好的消声效果。

燃烧室试验台喷射气流的高噪声经本消声器后的噪声频谱特性见图1。

在500HZ~16KHZ范围内,中、高频带内有48dB~57dB的消声量。平均声级:

$$\bar{L}_p = 10 \text{Lg} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{pi}} \right) = 54.17 \text{dB}$$

在125HZ~250HZ,低频带内有25dB~36dB的消声量。平均声级:

$$\bar{L}_p = 33.32 \text{dB}$$

因此在125HZ—16KHZ频带内平均消声量  $\bar{L}_p = 51.2 \text{dB}$ 。在63HZ 频带以下虽然消声量较小;但是人耳对低频率的噪声反映迟纯,因此取得了良好的消声效果。

### 2. 消声器的响度效益

噪声源安装消声器后,其响度与响度指数(son),亦有明显的效益,见表2。

表2 治理前与治理后响度级与响度指数对比

响度指数son 类别	频率(HZ)									响度级 (方)
	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
治理前	5.0	9.4	16.4	41	130	278	320	298	148	132.5
治理后	5.4	7.2	3.2	4.1	4.9	6.6	7.4	7.0	4.6	83
Δson	-0.4	2.2	13.2	36.9	125.1	271.4	312.6	291	143.4	49.5
下降百分比	-8	23.4	80.5	90	96.2	97.6	97.7	97.7	96.9	37.4

详见燃烧室排气噪声响度指数频谱(图4)。

### 3. 消声器的环境效益

测点在工厂院内马路中心,距噪声源15m处,其背景噪声:昼间62dB(A)—68dB(A);夜间51dB(A)—56dB(A)。做试验时治理前噪声污染为98dB(A),安装消声器后,为64dB(A),低于“GB3096—82”环境噪声污染所规定65dB(A)的标准,因而获得了显著环境效益和社会效益。

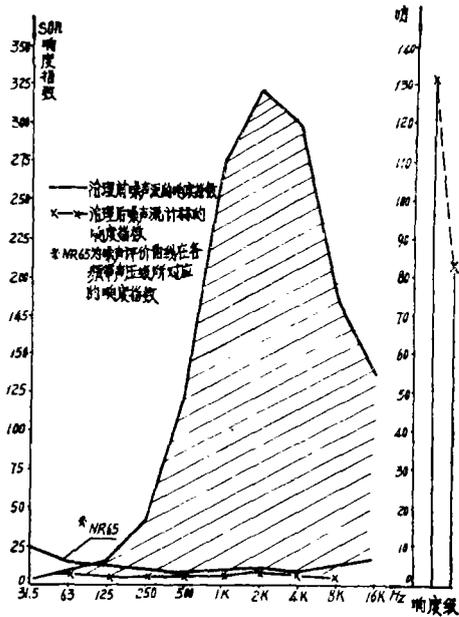


图4 燃烧室试验排气噪声响度指数频谱

## 六、结束语

本消声器流体阻力损失小 $\Delta h = 74\text{mmH}_2\text{O}$ ，消声效果显著，消声量 $\Delta L = 55\text{dB}(A)$ ，且不影响试验的正常运行，具有较高的环境效益。燃气轮机单管燃烧室试验排气消声器的研制，在国内是一次新的尝试。本消声器除适用于燃烧室试验台高温、高压、高噪声的消声外，还可以推广应用于治理其它具有固定性的喷射气流的噪声污染。

(本消声器于一九八四年六月通过技术鉴定，并建议推广应用)。

## 参 考 文 献

1. 《空气动力性噪声与消声器》 方丹群
2. 《工厂工业噪声控制》 北京经济学院
3. 《高压鼓风机排气消声器技术报告》 中船总七院七〇三所张明炎
4. 《骚音对策と消音设计》(日)福田基一、奥田襄介



## 产 品 介 绍

# 密封旋转接头

代培明 李金玲

目前，在大量的旋转加热，烘干等设备中，静动管道联接部位的接头还是使用盘根填料式的密封装置，这种密封装置摩擦面积，装配压力都大，引起发热量大及严重磨损，而导致泄漏，因此要经常停机更换，造成损失很大。针对这一问题，703所研制了2吋，1 1/2吋，1吋三种规格的密封旋转接头，经过有关厂家试用，密封效果良好。

密封旋转接头是一个完整的单体产品，图1所示：其内部结构采用了球面旋转摩擦付，两球体之间装一只既起支承作用又起密封作用的圆柱轴承，使球面密封摩擦件自动浮起，在固定球面体的外管与密封环之间装有弹性元件（弹簧比压的大小根据介质的压力与润滑性而选定），使密封环磨损后能够自动补偿，并始终保持着密封状态。为提高旋转接头的使用寿命，对于密封材料应具有

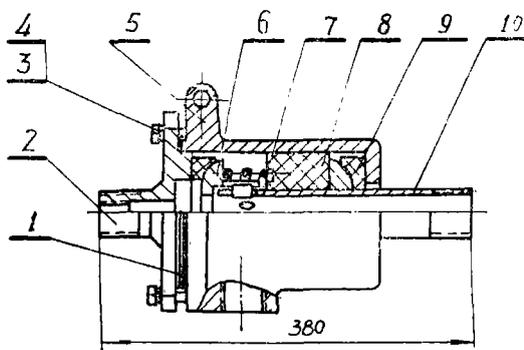


图1 旋转接头的结构

1. 密封垫片；2. 盖；3. 螺栓；4. 垫圈；
5. 壳体；6. 球头；7. 弹簧；8. 支承环；
9. 密封环；10. 输出管

1.自润滑性,2.抗磨性,3.抗腐蚀性,4.要有较高的抗压强度,5.摩擦系数小,6.散热性好,7.磨合性好一些的特性。这种新型旋转接头具有结构简单,不泄漏、无噪音、装机及维修方

have a relatively adequate power is also discussed in this paper.

6. Advanced inlet-air treatment improves gas-turbine performance ..... (23)
7. Effects of Tip Endwall contouring on the Three-Dimensional Flow Field in an Annular Turbine Nozzle Guide Vane; Part I—Experimental Investigation ..... (27)

#### STEAM TURBINE

8. The characteristic features of a thermal nuclear steam turbine regulation system and an exploratory investigation of a technical solution ..... *Zhao Yongpo* (31)

#### Synopsis

This paper describes the design features of a thermal nuclear saturated steam turbine regulation system on the basis of the author's practical experience. Such features include, for example, the use of throttle regulation for high pressure cylinder inlet steam to minimize pressure loss, the prevention of excessive speed after load rejection, and load adjustment patterns, etc. In addition, concrete versions for their attainment are discussed.

9. Condenser vibration analysis by microcomputer ..... (36)

#### BOILER

10. Initial experience with the hard coal-fired slag tap furnace of the 300MW unit at Elektromark's Elverlingsen power station, ..... (41)

#### ENVIRONMENTAL PROTECTION EQUIPMENT

11. A silencer for the single can-type combustion chamber test bed of a gas turbine ..... (48)

#### Synopsis

The noise attenuation relating to the testing of a gas turbine single can-type combustion chamber (high gas temperature of 1000°C, high pressure of 6 kg/cm<sup>2</sup> and high noise level of 123 dB(A)) has been successfully attained by a silencer proposed by the author. The noise reduction has been estimated at 55 dB (A). In addition, the technical problem of exhaust gas sampling for analysis has also been solved.

#### PRODUCTS

12. Sealed rotary joint ..... *Dei Peiming, Li Jinling* (52)

#### ABSTRACTS

13. Maintenance experience of industrial steam turbines ..... (53)  
Power plant spray cooling; design and performance studies ..... (53)