

V94.3A 燃气轮机隔声罩隔声设计

谭志华

(深圳中雅机电实业有限公司 2007 年)

摘要：燃气轮机隔声罩是燃气-蒸汽联合循环发电厂 (CCPP) 噪声控制的重要设备，除了要具有消声降噪的基本功能，还要考虑通风排热、快速拆卸、照明、控制等功能。燃气轮机隔声罩的设计制造在国内还是起步阶段，本文以 V94.3A 型燃气轮机隔声罩为例简述其设计过程，并着重探讨其隔声设计原理及噪声控制效果。

关键词： V94.3A 燃气轮机，隔声罩，设计

中图分类号： **文件标识码：** A

Acoustic Design for V94.3A Gas Turbine Enclosure

TAN Zhi-hua

(Industrial Acoustic Company China Ltd. , Shenzhen 518031 China)

Abstract: Gas turbine Enclosure is an important noise control installation for CCPP(Combined Cycle Power Plants). Noise control is basal capability; ventilation, quick dismantled and reassembly, illumination, measure and control etc should be also considered. Design and manufacture for gas turbine enclosure just begin in China recently. Take V94.3A gas turbine enclosure for example to discuss how to design, especially acoustic design.

Key words: V94.3A gas turbine, enclosure, design

引言

燃气轮机是燃气-蒸汽联合循环发电厂的主要设备，是一种以空气及燃气为工质、靠连续燃烧燃料做功的旋转式热力发动机。具有整体循环效率高、对环境污染小、启停快捷、自动化程度高等优点，是我国 21 世纪能源动力系统的主要发展方向。

燃气轮机运行时会产生高强度噪声，严重影响电厂工作环境，危害人体健康。燃气轮机配置隔声罩是解决其噪声问题的有效手段。

本文就 V94.3A 型燃气轮机隔声罩的设计实例探讨如何对燃气轮机进行噪声治理。

1. V94.3A 型燃气轮机隔声罩

V94.3A 型燃气-蒸汽联合循环发电厂系西门子重型燃气轮机系列产品之一，单机功率可达 270 MW，是我国首次引进并逐步实现制造国产化的大型设备。发电厂为“一拖一”即一台燃气轮机拖动一台蒸汽轮机的配置方案，燃气轮机、发电机、蒸汽轮机在厂房内依次串列排布。燃气轮机发电站厂房尺寸：长约 52 米；宽约 38 米；高约 22 米。表面积约为 4667 平方米。

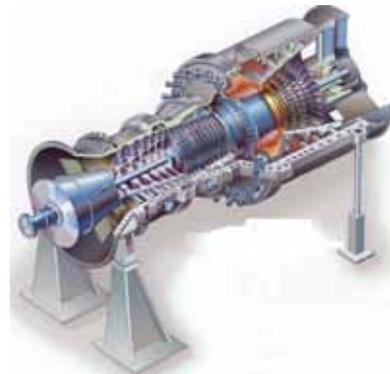


图 1 燃气轮机

1.1 声源及噪声控制要求

V94.3A 型燃气轮机可视为半径为 1.6 米，长为 12 米的圆柱体，轴心距地面高度 5.5 米。燃气轮机一端是高大的矩形进气管道，另一端与排气扩散段连接。两侧是钢结构检修平台。紧贴着燃气轮机的是辅助设备燃气模块，有数个供气管道与之连接。

燃气轮机声功率级见下表：

中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
声功率 (dB)	120	115	115	106	105	114	117	105	120

厂房内噪声控制标准：75dBA；

要求缝隙率：0.1%；

测点位置：隔声罩外 1 米处，高 1.5 米。

1.2 燃气轮机隔声罩设计简介

燃气轮机整体可视为巨大的圆柱形发声体，将其完全封闭起来是有效的噪声控制手段。确定隔声罩的整体尺寸是要注意：水平方向上要预留检修通道，竖直方向上要低于厂房行车高度。考虑到燃气轮机附近燃气模块的也存在噪声问题，可将其也封闭起来一起治理。最后，隔声罩整体尺寸可以确定了：宽 7.5 米；高 12 米；长 12 米。表面积约为 505 平方米。

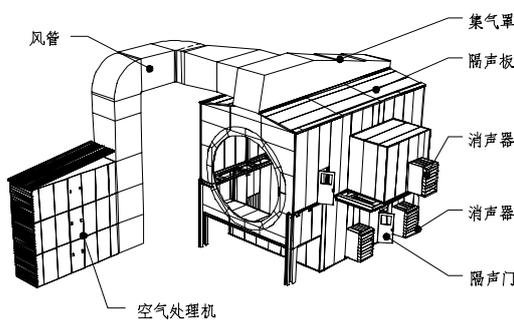


图 2 燃气轮机隔声罩

燃气轮机隔声罩的设计需要从以下几个方面考虑：

1. 隔声设计，选择合适的隔声板、隔声门和配套消声器，使隔声罩能满足噪声控制要求。
2. 通风设计，燃气轮机是个巨大的热源，增加隔声罩要考虑安装通风系统，将热量排到室外。通风系统需配置系统运行状态监控的电气控制设备。
3. 通风噪声控制，安装了通风系统，要考虑风机噪声对环境的影响。
4. 电气照明，保证维护人员在罩内正常检修，罩内需配置照明及紧急照明系统。
5. 防爆，隔声罩内为 2 区爆炸性区域，隔声罩内和通风系统使用的电气设备需要防爆功能。
6. 快速拆卸，为方便燃气轮机维护，隔声罩须有可重复、快速拆卸的功能。
7. 节点设计，隔声罩要考虑怎么与两端设备的连接配合，如何减小连接间隙。
8. 钢结构设计，校核隔声罩钢结构的刚度、强度、稳定性，选择合适的型钢。V94.3A 型燃气轮机隔声罩是个综合的

噪声控制系统，是声学、通风、电气、控制、力学等学科在工程应用的交集。

本文在此将详细介绍燃气轮机隔声罩的隔声设计。

2. 隔声设计

隔声罩作为一个整体，隔声量的计算要将影响其隔声量的所有部件都考虑进来：复合隔声板、隔声门、进排气消声器。这些隔声量不同的构件组合在一起，其隔声量为总的入射声能对各组成部分传透声能之和的比值的分贝数。可见隔声罩的声学设计是一个选择合适的隔声部件的过程。

隔声罩声学计算次序：预选某一型号的隔声板、隔声门、消声器等部件，先计算隔声罩内的噪声声压级，然后计算隔声罩隔声量，最后计算控制点噪声声压级。如不满足要求，重新选择隔声板等设备，并按上述顺序计算，直到满足要求为止。

2.1 隔声部件

隔声罩的传声损失为

$$IL=10\lg[(1+\alpha_1)/\alpha_1]$$

当隔声罩吸声系数 $\alpha_1=0$ 时传声损失 $IL=0$ ，因此罩内要有良好的吸声处理。

隔声板采用热镀锌钢板内填充岩棉的夹层结构，外层为 1.5mm 热镀锌钢板，内层为 1.0mm 热镀锌穿孔板（穿孔率：23%），中间填充 40kg/m³ 岩棉作吸声填料；并用无纺玻璃纤维毡作护面（见图 3）。

隔声板的吸声系数与传声损失：

中心频率 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
吸声系数	0.4	0.89	1.22	1.13	1.03	0.87
传声损失 (dB)	18	20	28	38	45	50

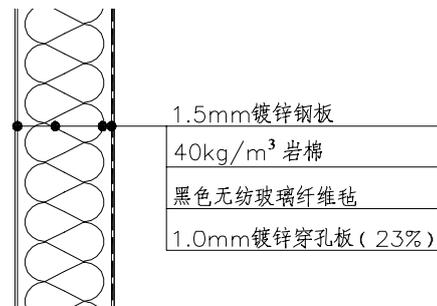


图 3 隔声板结构图

为减小隔声板配合的间隙漏声，隔声板

侧面配合处设计成台阶状，连接时安有密封胶条。

根据隔声板隔声等级，选择与之匹配的隔声门，选用 R_w 30 的简易隔声门。隔声门带有一个 600mm × 600mm的安全隔声玻璃观察窗。



图 4 隔声门

隔声罩配置消声器的插入损失要与隔声板传声损失相当。选用 1200mm 长 MS 型片式消声器。



图 5 MS 型消声器

该消声器阻力系数为：1.8；
插入损失如下：

中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
插入损失 (dB)	5	9	15	25	33	29	21	13

2.2 隔声罩内声压级

已知燃气轮机的声功率级，安装隔声罩后罩内的声压级由下式计算：

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

其中： L_p 为声源声压级，dB；

L_w 为声源声功率级，dB；

Q 为指向系数，在此为 2；

r 为声源距隔声罩距离，m；取 3.6m。

$$R \text{ 为房间常数, } R = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} \quad S \text{ 为}$$

隔声罩内表面积，这里取 505m²；

$\bar{\alpha}$ 为隔声罩内平均吸声系数。

算得隔声罩内声压级：

中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
声压级 (dB)	106	101	97	88	86	95	98	87	102

2.3 隔声罩的传声损失

根据公式 $\tau = 10^{-\left(\frac{TL}{10}\right)}$ ，分别计算隔声板及消声器的传声损失、透声系数。再根据公式

$$\overline{TL} = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau} \right) = 10 \lg \frac{\sum S_n}{\sum S_n \tau_n}$$

得出组合构件的隔声量。

其中： τ 为平均透声系数；

\overline{TL} 为隔声罩平均传声损失。

隔声量计算还要考虑隔声罩的缝隙率，按要求的缝隙率 0.1% 计算，缝隙透声系数为 1。

隔声罩的平均传声损失 (\overline{TL})

中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
传声损失 (dB)	13	17	19	26	29	30	29	26

2.4 测点声压级

$$\text{通过公式 } L_{p2} = L_{p1} - TL - 10 \lg \frac{A}{S}$$

其中： L_{p2} 为测点声压级，dB；

TL 为隔声罩传声损失，dB；

S 为隔声构件的透声面积，m²；

A 为房间内的吸声量，m²。

$A=S \times \alpha$; S为厂房面积 , 在这为 4667m^2 ; α 是厂房吸声系数 , 取 0.15。

算得隔声罩外表面声压级

中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
声压级 (dB)	92	82	77	60	56	64	68	59	74

因测点 (高 1.2m , 距离隔声罩 1m 处) 距隔声罩距离较近 , 从隔声罩外表面传递至测点声波可看作平面波 , 没有衰减 , 故测点声压级如上表 74dB(A) 。满足厂房内声压级不大于 75 dB(A) 的要求 , 说明选用的隔声板、消声器都能达到隔声罩的噪声控制要求。

3. 结束语

声学设计是燃气轮机隔声罩项目实施的第一步 , 确定了隔声板、隔声门、消声器等隔声部件的规格型号 , 为后续工作的展开奠定了基础。但最终声学效果能不能达到设计要求 , 关键还看产品制造、现场安装等项目过程的完成质量。



图 6 燃气轮机隔声罩照片

参考文献 :

- [1] 马大猷 《噪声与振动控制工程手册》, 机械工业出版社。
- [2] 杨顺虎 《燃气-蒸汽联合循环发电设备及运行》, 中国电力出版社。

第一作者简介 : 谭志华 (1981) , 男 , 广东湛江 , 助理工程师 , 本科 , 2005 年起从事燃气轮机隔声罩的设计开发、项目管理工作。
联系方式 : 深圳福田华富路航都大厦 18A ;
电子邮箱 : tzh@zyme.cn