

舰用燃气轮机进气弯管试验研究

吴作民 潘坤元

(哈尔滨船舶锅炉汽轮机研究所)

[提要] 本文介绍了舰用燃气轮机在空气直接由弯管引入压气机的情况下对弯管中拐角叶栅几何参数作一定选择的试验方法及试验结果。通过试验研究了叶栅稠度、宽度、叶型、进出口角等对气流均匀性及流动损失的影响。试验表明,拐角叶栅可大大降低气动损失,并满足压气机的进气条件。

主题词 燃气轮机 进气弯管 试验

船用燃气轮机压气机的进气弯管主要是把空气从甲板上的进气口引入压气机,对它的性能要求是尽量减小气流流经它时的压力损失,同时要保证在压气机进口处有均匀、稳定的流场。然而,欲用计算的方法得到一个理想的进气弯管的方案是较困难的,还须通过试验来寻求一个较理想的方案。

衡量进气道性能优劣一般采用进气道的总压损失系数 ξ 及速度不均匀系数(包括气流的周向畸变指数 $D_{c_{60}}$ 、径向速度不均匀度 δ 等)。

$$\xi = \frac{P_{01} - P_{02}}{q_2}$$

其中 P_{01} ——进气弯管进口截面气流全压;

P_{02} ——进气弯管出口截面气流全压;

q_2 ——进气弯管出口截面气流动压。

$$D_{c_{60}} = \frac{\overline{P_{0_{min}}} - \overline{P_{0_{cp}}}}{q}$$

其中 $\overline{P_{0_{min}}}$ ——进气弯管出口截面任意扇形 60° 面积内气流平均总压的最低值;

$\overline{P_{0_{cp}}}$ ——进气弯管出口截面气流的平均总压;

q ——进气弯管出口截面气流的动压。

$$\delta = \frac{V'_{m_{max}} - V'_{m_{min}}}{V'_{cp}}$$

其中 $V'_{m_{max}}$ ——进气弯管出口截面径向最大气流速度;

$V'_{m_{min}}$ ——进气弯管出口截面径向最小气流速度;

V'_{cp} ——进气弯管出口截面径向平均气流速度。

本文收到日期: 1987年10月29日

$$x = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{cp}}$$

其中 V_{max} ——进气弯管出口截面气流的最大速度;

V_{min} ——进气弯管出口截面气流的最小速度;

V_{cp} ——进气弯管出口截面气流的平均速度。

进气弯管由弯管部分和进气管部分(包括整流罩)组成(图1)。

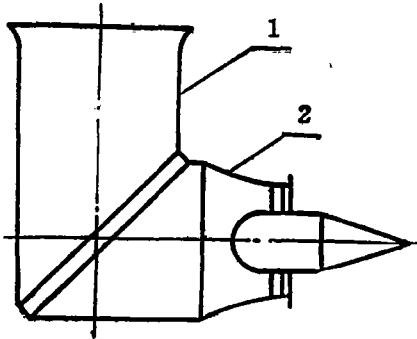


图1 进气弯管结构图

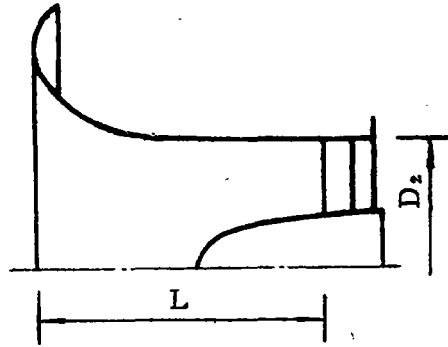


图2 进气弯管子午面通道型线图

首先进行进气管部分的气动试验,以选择一个较佳的收敛型的进气管。选择两个方案进行试验比较,两个方案进口型线均为双组线。第I方案相对长度 L/D_2 为1.0816,面积比为3.201;第II方案相对长度 L/D_2 为0.880,面积比为3.129(图2)

试验得到的性能数据见表1。

表1

| 方案 | ζ | $D_{C_{60}}$ | δ_{max} | ζ' |
|----|---------|--------------|----------------|----------|
| I | 0.00929 | 0.0073 | 0.0483 | 0.0359 |
| II | 0.00675 | 0.0026 | 0.0225 | 0.0249 |

注: ζ' 为计附面层损失时的总压损失系数

从表1中可以看出方案II型进气管的气动性能比方案I的好,轴向长度也较短,所以压气机前的进气管选用方案II。

接着把无拐角叶栅的弯管部分与方案II的进气管联接在一起进行气动试验。得到损失系数为0.1254, $D_{C_{60}}$ 为0.1637, δ_{max} 为0.1030。显然,气流流动损失大大

增加,且出口速度场也变得不均匀。为了尽量减小气流的流动损失,且使出口速度场也变得均匀、稳定,必须采取一些结构改进措施。

分析气流沿弯管的流动过程。在气流拐弯时弯管的内壁和外壁处分别形成脱流区(图3),使流动损失增加。同时气流经直角弯管的转向中,管道由内壁到外壁速度和压力都不均匀。

在弯管的拐角处安装拐角导向叶栅以改善弯管的气动性能。设计了三种拐角叶栅分别装入进气弯管的拐角

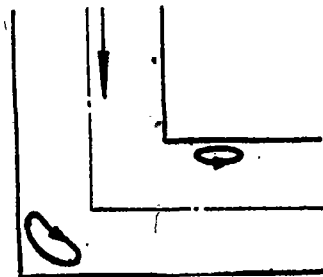


图3 气流在弯管中的流动情况

处并进行试验。三个方案叶栅的叶型及布置如图4。

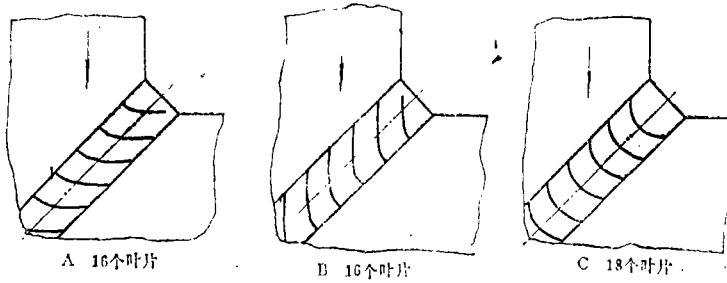


图4 拐角叶栅叶片型线及布置

试验得到各方案的气动性能如表2。

表2

| 方案 | ζ | D_{C60° | δ_{max} | α |
|-------|---------|-----------------|----------------|----------|
| 无拐角叶栅 | 0.1254 | 0.1637 | 0.1030 | 0.3238 |
| A | 0.2229 | 0.1979 | 0.2242 | 0.2114 |
| B | 1.1160 | | 0.1299 | 0.5789 |
| C | 0.0391 | 0.0043 | 0.0551 | 0.1264 |

从表2中可看出在进气弯管的拐角处安装导向叶栅可改变弯管的气动性能。当选用不同叶型的叶栅时将收到不同的效果。若选用叶型不当，则反而使弯管中的气流流动情况恶化。如方案A和方案B，加了导向叶栅后总压损失系数由无拐角叶栅时的0.1254分别增加到0.2229和1.116，且方案A出口截面气流偏向上部，而方案B出口截面气流偏向下部。主要是因为方

案A叶栅靠最外侧的那个槽道气流扩压，而方案B叶栅靠内侧的那个槽道气流扩压，使气流流动损失增加。且这二种叶型的叶栅使气流拐弯的实际宽度只占整个叶宽的二分之一左右，气流突然拐弯，势必增强了脱流。同时方案B叶栅气流进入叶栅槽道后直接冲击在叶片的正面，引起叶片强烈振动，使流动情况大大恶化，且造成很大的噪音。选用适当的叶型则能改善弯管内气流流动情况。从方案C看，装上此导向叶栅后总压损失系数下降为0.0394，约为无拐角叶栅时的四分之一。气流拐弯后压力分布也较均匀，气流速度场也较均匀，周向畸变指数由0.1637降到0.0043，径向速度不均匀度由0.1030降到0.0551。这主要是因为叶片宽度比前二方案的加宽，这样在同样的叶型下可使气流拐弯减缓，减小脱流损失，且方案C所采用叶型的气流进口角与出口角成90°，叶型为圆弧型，所以气流在槽道中逐渐拐弯，脱流损失大大减小。同时这种叶栅中气流除在第一槽道中稍有扩压外，各个槽道流动情况都相同，得以保证气流拐弯以后流动方向基本一致，速度、压力分布较均匀（图5、6）。

综上所述，无疑，方案C进气弯管气动性能较好，气流流动损失较小，出口速度场较均匀、稳定。

试验研究表明进气弯管中加入拐角导向叶栅能改变弯管的气动性能。但装入不同的导向叶栅所起的作用不同，适当的叶栅可改善弯管的气动性能，而选用不适当的叶栅则有可能恶化弯管的气动性能。今后将对此作进一步的试验研究。

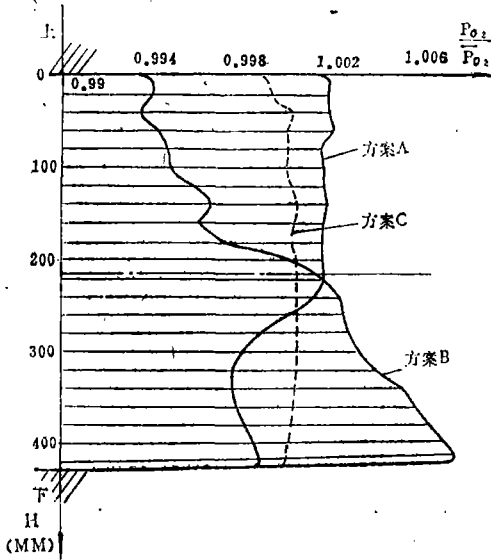


图5 气流拐弯后沿直径(上、下方向)相对全压分布

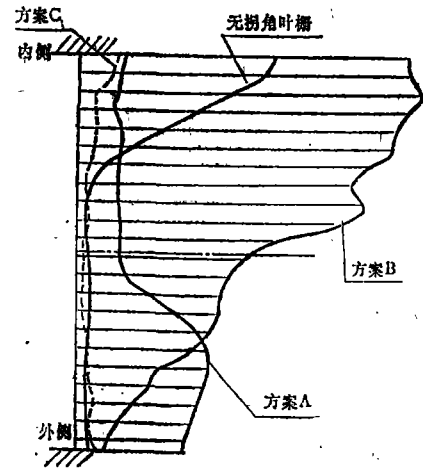


图6 出口截面气流速度场分布图

参考文献

И. И. Повх, Аэродинамический эксперимент в машиностроении

An Experimental Study on Naval Gas Turbine Inlet Bend

Wu Zuomin, Pan Kunyuan

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

A description is given of an experimental method and the results of the experiment of selecting the geometrical data for the cascade in the bend corner of a Naval gas turbine in which the air is introduced through the bend directly into the compressor. The effects of the solidity, width, profile, inlet and outlet angles, etc. of the cascade on flow uniformity and flow loss have been studied through tests which show that the corner cascade can reduce considerably the aerodynamic losses and provide inlet air under the required conditions for the compressor.

Key words: gas turbine, inlet bend, experimental