

WJ5A 压气机改型设计及试验结果

株洲南华动力机械研究所 李金垓

【摘要】 本文简介了 WJ5A 压气机的改型设计, 对比了该压气机改型前后的试验性能。试验表明: 该压气机改型后性能得到了较大的提高。在相对折合转速 $\bar{n}_{np1}=1.00$ 的条件下, 其最大效率 η_{max}^* 增加 3.6%; $\bar{n}_{np1}=0.70\sim 0.90$ 时, η_{kmax}^* 增加 15% 以上。在各转速下, 压比和流量均有少许变化。 $\bar{n}_{np1}>1.0$ 时性能无明显变化。

一、WJ5A 压气机的改型设计

WJ5A 压气机 WJ6- K 压气机两者相似与否是关系到本方案成立与否的关键

1. WJ5A 压气机与 WJ6-K 压气机相似的论证 从表 1 可看出, 考虑到测量与计算等方面的误差时, 可认为 WJ5A 与 WJ6 两压气机在第一级进口处的轴向马赫数 $M_{a\alpha}$ 、周向马赫数 $M_{a\omega}$ 是相等的。如果两者相对应的各级叶型都满足几何形状相似, 则可保证该两压气机中的流动完全相似。为了证实这一点, 我们将这两个压气机的所有叶片, 十级转子叶片、十级静子叶片及一级进口导向叶片, 各截面座标点的离散数据分别用 Coons 曲面进行了拟合。然后将 WJ6- M 型压气机的各个叶片进行缩型, 使之与 WJ5A 压气机各对应级的叶片高度及平均弦长分别相等, 并在同一半径上分别对两者进行插值, 算得其叶片的各种型面然后将各对应型面进行对比。对比分析表明: 两者叶型完全相似。两者叶型之间的误差一般都在 0.2mm 以下, 我们认为这完全是加工及测量误差所引起的结果。故可证明 WJ5A 压气机是 WJ6 压气机的缩型。

表 1 WJ5、WJ6 进口参数比较

参 数	进口流量 G_{Bnp1}	叶尖切向速度 u_k	进口轮廓比 $\bar{d}_1$	进口速度系数 λ_{acp}
WJ5	13.05kg/s	283.80m/s	0.403	0.461
WJ6	20.00kg/s	287.90m/s	0.405	0.472

通过上述论证表明: WJ5A、WJ6- K 两压气机中的流动是相似的。

2. 叶片安装角 γ 变化的计算 WJ6 压气机由 K 型改为 M 型时, 结构上的改变主要有三大部分: (1) 第二级转子、静子叶片重新设计; (2) 改变某些级叶片的安装角; (3) 增加某些级的叶栅稠度。叶型相似的论证表明: 叶片型面虽然相似, 但某些级的叶片安装角不同。即需将 WJ5A 压气机某些级叶片的安装角改变一角度后两者叶型才能相重合。安装角变动的大小及需改变安装角的级别基本上与 WJ6 压气机由 K 型改为 M 型时所改动的情况相同。仅其中某些级少许有所差异。

本文于 1989 年 11 月收到。

根据计算分析后我们确定了本方案中叶片所需旋转的角度。其结果列于表 2。

3. 叶栅稠度的计算 WJ6 压气机由 K 型改为 M 型时，其修改内容之一即在某些级增加一定数量的叶片，以增加其叶栅稠度。为保证 WJ5A、WJ6- M 两压气机各叶栅的几何通道完全相似，则必需使两者各叶栅的稠度对应相等。为此我们对该两压气机各级转子、静子的叶栅稠度进行了计算与分析。计算与分析表明：使其叶栅稠度相等，则需对 WJ5A 压气机转子的第二、第三、第十等三级分别增加两片、三片和五片；对其静子的第六级需增加两片叶片（见表 2）。

表 2 WJ5A 改型为 WJ5A- 时其结构的差异

参 数		0 级导叶	第一级	第二级	第三级	第四级	第六级	第十级
转 子	安装角	——	5 °	重新造型	3 °	2 °	——	2 °45 ’
	叶片数	——	——	2	3	——	——	(5)
静 子	安装角	6 °	- 1 °42 ’	重新造型	——	——	——	(- 1 °)
	叶片数	——	——	——	——	——	2	——

4. WJ5A 压气机的改型设计 在 WJ5A 压气机的改型设计中，结构上所作改动如表 2 所需要说明的是：根据计算第十级转子叶片需增加 5 片叶片，考虑到强度的原因，在这次改型中没有增加；根据计算第十级静子叶片的安装角需减小 1 °：在此次改型中，考虑到第十级转子没有增加叶片，相应第十级静子叶片的安装角亦未减小。

从上可见，结构件改动量很小的。除第二级而外，其余工装几乎不变。

二、WJ5A- 压气机的试验结果及分析

WJ5A- 全台压气机试验已在所 B201 试验器上完成。此外 WJ5A 压气机的原型机亦进行了大量的试验。两者试验性能对比示于图 1 及表 3，由图 1 及表 3 可知：

表 3 WJ5A 改型为 WJ5A- 最大效率增量 $\Delta\eta_{kmax}^*$

$\bar{n}_{np1}$	0.50	0.65	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.033
$\Delta\eta_{kmax}^*$	6.4%	7.9%	17.4%	15.1%	15.7%	16.6%	9.4%	3.6%	0

- (1) 在相对折合转速 $\bar{n}_{np1}=0.70\sim0.90$ 的各转速下，WJ5A- 压气机的效率比 WJ5A 压气机的效率有较大幅度的提高。最大效率的相对增量 $\Delta\eta_{kmax}^*$ 在 15~17% 之间。
- (2) 在 $\bar{n}_{np1}=0.5\sim0.65$ 的各转速下，其效率亦有显著的增加， $\Delta\eta_{kmax}^*$ 可达 6% 以上。
- (3) $\bar{n}_{np1}=1.0$ 的转速下， $\Delta\eta_{kmax}^*$ 可达 3.6%。
- (4) 在 $\bar{n}_{np1}>1.0$ 的转速下，效率无明显变化。
- (5) 在各转速下，流量和压比均有一定的增加。

WJ5A 压气机经改型后之所以取得良好的效果，经分析认为其原因主要 (1) 减小某些级转子叶片的安装角及重新造型第二级，增大了对气流的加功量，从而提高了增压比。(2) 增加了某些级的叶栅稠度，减小了气流分离的可能性，提高了个别级的级效率。(3) 改变了压气机各级间的匹配关系，使之达到了较为合理的匹配状态，从而使得压气机的总效率得到了提高。个别级（第二级及第三级转子；第六级静子等）叶栅稠度的少许增加，虽然对该级的工作状态有所改善，但我们认为它对效率的影响不可能有如此重大的效果。根据多级轴流式

压气机特性的叠加原理可知, 在级效率不变的情况下, 改变级间匹配关系时, 可使其总效率得到提高。此次在 WJ5A 压气机的改型中, 其效率的提高起主要作用的因素是级间的匹配关系得到了改善。

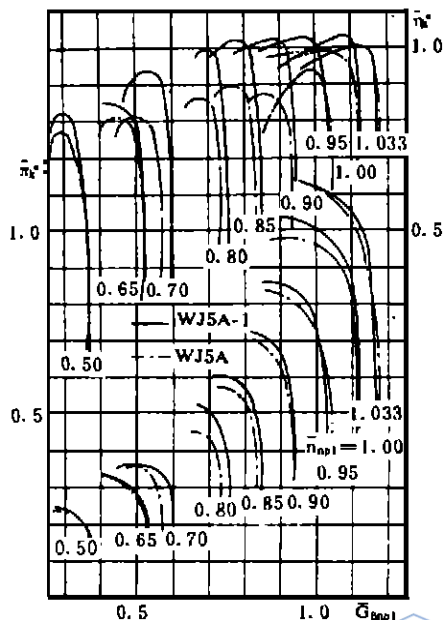


图1 WJ5A-1 与 WJ5A 特性对比

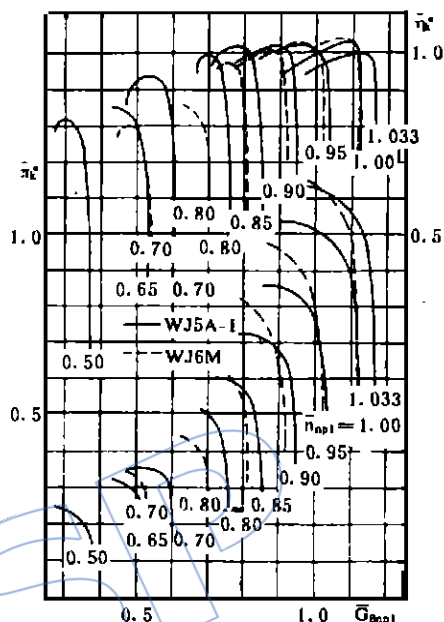


图2 WJ5A-1 与 WJ6-M 特性对比

上面已经指出, 采用本方案对 WJ5A 压气机进行改型时, 我们利用的是 WJ6 压气机改型的成功经验, 走的是 WJ6-M 缩型的套路。改型后 WJ5A- 的性能理应与 WJ6-M 的性能完全相似。但实际情况并非如此, WJ5A- 与 WJ6-M 两者特性的对比示于图 2。由图 2 可, WJ5A- 在高转速下没有达到预期效果, 在低转速下却超过了预期的效果, 超过了 WJ6-M 的性能。产生上述现象的原因, 主要是由于在改型设计中, 在结构上并没有完全按照计算结果进行修改叶片安装角及叶片数的缘故。

根据上述现象, 我们认为如果对 WJ5A- 再作一些小小的改动, 使安装角、稠度与计算结果完全一致, 即与 WJ6-M 型压气机完全相似, 此时, 进一步提高 WJ5A- 在高转速下的效率, 使之与 WJ6-M 的性能完全一致, 这是有可能的。

参加该项设计工作的还有殷作民、于兰、张秀英等。

OPTIMIZATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF VENTILATING FANS

Jiang Zhenliang (*Nanjing Aeronautical Institute*)

ABSTRACT

Centrifugal and axial ventilating fans are optimized by using different objective functions, different variables of design, different constraint forced conditions, different methods of optimization. The results show that they have common features. The efficiency of the optimized design is 5–10% higher than the traditional design. If the static pressure total-effectiveness is chosen as the objective function, the results will be more satisfactory. This procedure of optimization may be modified easily to be applicable to a blower and a compressor.

TECHNICAL NOTES

WJ5A MODIFICATION AND EXPERIMENTAL RESULTS

Li Jinghai (*Nanhua Power Plant Research Institute*)

ABSTRACT

WJ5A compressor has been modified. The performance data obtained in testing prior to and after the modification of the compressor are compared. Test results indicate that the performance of the modified compressor is greatly improved. In the case of the relative corrected speed $N_{np1} = 1.0$, the maximum isentropic efficiency of the modified compressor $\eta_{\max}$ is increased by 3.6%. When $N_{np1} = 0.70 \sim 0.90$, $\eta_{\max}$ is increased by over 15%. The pressure ratio and the mass flow are changed only a little at all speeds. When $N_{np1} > 1.0$, there is no evident variation in the compressor performance.

A POWER CORRECTION FORMULA FOR PISTON AEROENGINES

Lu Ziyang (*Nanhua Power Machinery Company*)

ABSTRACT

A new formula to correct the power for piston aeroengines is presented. It has the advantage of considering the influence of humidity on power in the simplified calculation. Theoretical analysis and test data show that this new formula is more accurate than that used before.

SIMULATION CALCULATION AND ANALYSIS OF STEADY ERRORS IN A NONLINEAR SPEED CONTROL SYSTEM

Hu Shiming (*Nanjing Aeronautical Institute*)

ABSTRACT

A method of the digital simulation is used to analyse the steady characteristics of the nonlinear speed control system with dead zone and saturation in detail. The correlations of the system steady errors with the dead zone, ramp segment, saturation and disturbance are considered separately. It is pointed out that the steady errors are essential in the nonlinear control system substantially. According to the characters of the system in the whole control process. There are three feedbacks: First is proportion/velocity/proportion feedback, second is proportion and velocity feedback, third is only direct feedback, when disturbance is small.