

汽液两相螺杆膨胀机的定熵膨胀功率特性

王维

(中国民用航空学院)

〔摘要〕 本文探讨了以汽水混合物为工质的螺杆膨胀机的定熵膨胀功率特性,提出了峰值功率膨胀比的概念,分析了进口工质参数、工质预节流等对螺杆膨胀机定熵膨胀功率的影响。

关键词 全流 螺杆膨胀机 汽液两相膨胀 功率特性

分类号 TK401

在不考虑内部损失(漏泄、动力损失)和外部损失(传热、机械摩擦等)情况下螺杆膨胀机的功率称为理论功率,理论功率即定熵膨胀功率,记为 P_w 。研究理论功率的变化规律是螺杆膨胀机实验研究的基础。因为通过实验只能确定螺杆膨胀机的内功率或有效功率,只有通过内功率、有效功率与理论功率的比较方能得出螺杆膨胀机的内效率、有效效率,进而对其热工、机械性能进行评价。下面从三个方面研究螺杆膨胀机的理论功率特性。

1 膨胀比一定时的理论功率特性

螺杆膨胀机的膨胀比 R_v 与所用工质无关,是一结构参数,且工质在其中的内膨胀受 R_v 的制约。图1示出了当膨胀比 $R_v = 8$ 、进气容积流量 $V_1 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,对于不同的进口工质参数(温度 t_1 ,干度 x_1)螺杆膨胀机的理论功率 P_w 和排气温度 t_2 。

从图1可以看出,理论功率 P_w 主要取决

于进口工质温度 t_1 。对于同样的温升 Δt_1 ,在高温区理论功率 P_w 的增长明显加快。在 t_1 一定的条件下, $x_1 = 0$ 时的理论功率 P_w 最小,当 t_1 较低时, x_1 对 P_w 的影响较小,但当 t_1 较高时,在低干度区 x_1 对 P_w 有很明显的影响,此时 $x_1 = 0$ 时 P_w 仍取最小值,但在 $0 < x_1 < 0.2$ 的干度范围内理论功率 P_w 存在一峰值 P_{max} 。值得注意的是 P_{max} 出现于低干度区,这对于螺杆膨胀机作为低干度(含液量很大)工质两相膨胀机来说非常有利。这说明,螺杆膨胀机在低干度两相区工作时与在高干度区($x_1 = 0.9 \sim 1.0$)相比其功率非但不是“先天不足”,而且是存在优势。

2 排气容积流量一定时的理论功率特性及峰值功率膨胀比

螺杆膨胀机的转子结构参数和转速一经确定,其排气容积流量 V_2 即为定值,且与膨胀比 R_v 无关。图2示出了 $V_2 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$,进口工质 $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$, $x_1 = 0.05$ 时,在不同的膨胀终了温度 t_2 (对应于不同的膨胀比 R_v)时的

理论功率值 P_{th} 。图中还绘出了膨胀比 R_v 和定熵膨胀效率 η_m 随 t_2 的变化情况。 η_m 是理论功率 P_{th} 与工质在进口状态的焓(相对于环境温度 $t_0 = 25^\circ\text{C}$)之比。

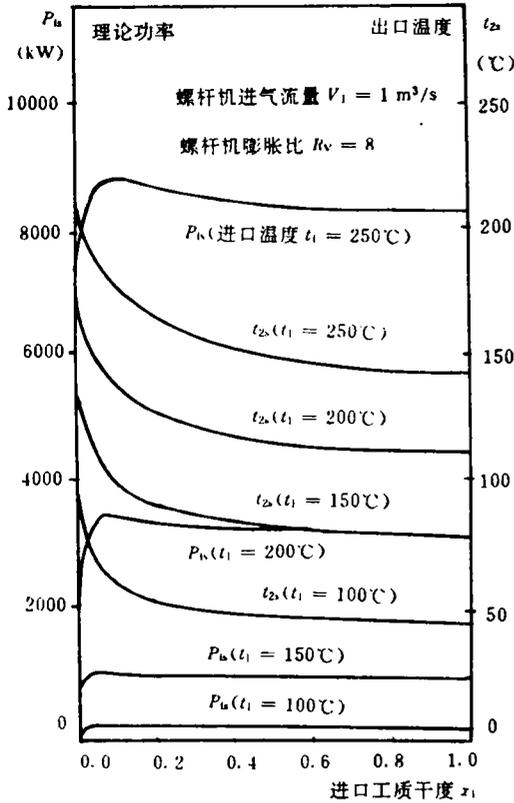


图 1

显然,在工质进口状态一定时,理论功率 P_{th} 先是随排气温度 t_2 的下降(即膨胀温降 $\Delta t = t_1 - t_2$ 的增加)而迅速上升,并在某一 t_2 值时取得最大值 $P_{th,max}$ 。然后,随 t_2 的下降理论功率 P_{th} 也下降。膨胀比 R_v 和定熵膨胀焓效率 η_m 都随 t_2 下降而单调上升。

笔者称一定进口工质状态下 P_{th} 达到峰值 $P_{th,max}$ 时所对应的膨胀比为峰值功率膨胀比并以 R_{vp} 记之。 R_{vp} 仅取决于工质状态,与螺杆膨胀机排气容积流量 V_2 的具体数值无关。实

际上,螺杆膨胀机的进气容积流量 V_1 决定了进入膨胀机的工质的“量”,膨胀比 R_v 则限定了工质的机内膨胀深度即比功率,理论功率 P_{th} 则是 V_1 和 R_v 的综合反映。螺杆膨胀机排气容积流量 V_2 一定,即确定了 R_v 与 V_1 的乘积,但在满足关系 $R_v \cdot V_1 = V_2$ 的条件下, R_v 和 V_1 可有許多组合。 R_{vp} 的意义在于从这众多组合中确定了使理论功率 P_{th} 达到最大值 $P_{th,max}$ 的 R_v, V_1 组合。当工质以 R_{vp} 在螺杆膨胀机中膨胀时,工质的机内焓降与膨胀终了比容的比值将达到最大。

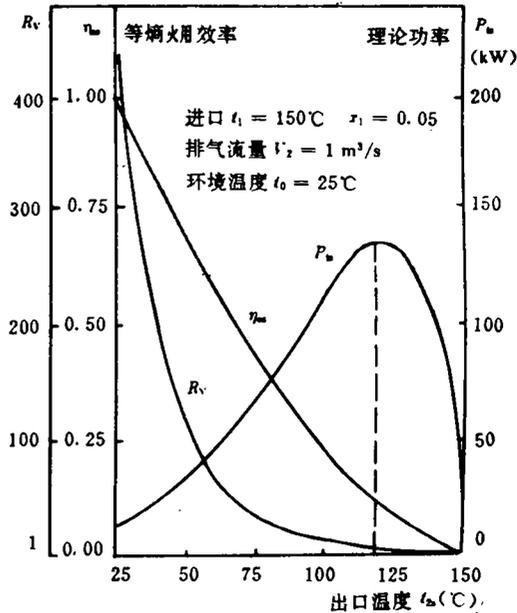


图 2

图 3 示出了峰值功率 $P_{th,max}$ 、峰值功率膨胀比 R_{vp} 与进口工质参数 t_1, x_1 的关系。经计算,水($x_1 = 0$)的 R_{vp} 值最大,并随 t_1 的上升 R_{vp} 迅速下降。 $t_1 = 100, 150, 200, 250^\circ\text{C}$ 的水所对应的 R_{vp} 值分别为 243、74、36、12。由图 3 还可看出,在 $x_1 > 0$ 的干度范围内,不同 t_1 下的 $R_{vp} \sim x_1$ 关系的变化规律乃至数值都很接近。

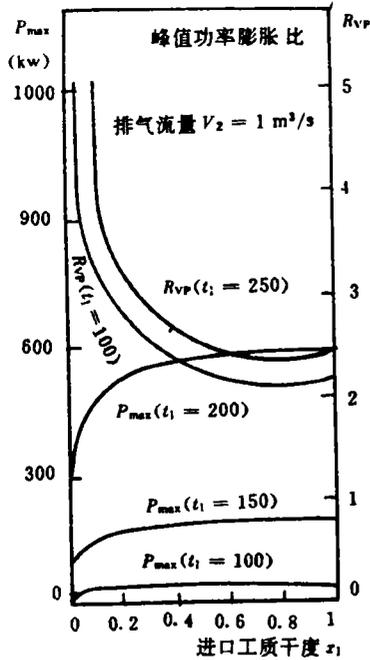


图 3

峰值功率膨胀比有很重要的实用价值。例如,在设计螺杆膨胀机或用螺杆压缩机改造为膨胀机时,如欲使其输出功率较大,则应使膨胀比尽可能与 R_{vp} 相接近,并根据 R_{vp} 和排气容积确定螺杆膨胀机的进气容积、进气角。

3 工质预节流对理论功率的影响

螺杆膨胀机的膨胀比一般要有所限制,以防机内损失过大。若进口工质是不含蒸汽的热水,因膨胀比 R_v 的限制,工质在螺杆膨胀机内的膨胀焓降会非常之小,致使系统效率很低。预节流对热水作功能力的影响并不大。根据计算,当热水温度为 $150\text{ }^\circ\text{C}$,节流

温降分别取 $10、30、50\text{ }^\circ\text{C}$ 时,工质焓损率分别为 $0.4\%、4.0\%、11.9\%$ 。但工质预节流对螺杆膨胀机的理论功率影响如何呢?

图 4 示出了对于 $t_1 = 150\text{ }^\circ\text{C}$ 的饱和水,当膨胀比 R_v 分别取 $4、8$,排气容积流量 $V_2 = 1\text{ m}^3/\text{s}$ 时,理论功率 P_n 、定熵膨胀效率 η_m 与节流后工质干度(即螺杆机进气干度) x_1 的关系。

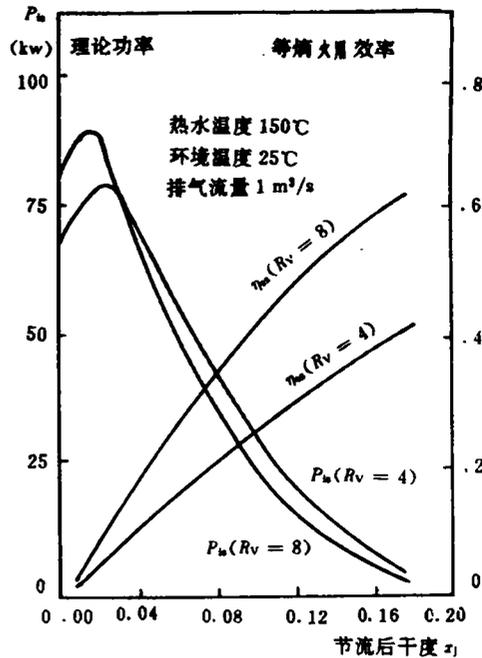


图 4

由图 4 可见,若对热水微作节流,即节流后工质干度较小,则对增加理论功率 P_n 是有利的,且在某一较小干度处 P_n 取得最大值 $P_{n,max}$ 。 $P_{n,max}$ 所对应的节流后干度 x_1 随膨胀比 R_v 的增加而减小。若节流幅度较大,则 P_n 会随 x_1 的增加而很快下降,此是进气质量流量锐减所致。定熵膨胀效率 η_m 当 x_1 增加时单调上升,这是因为在一定的膨胀比限制下,对水预节流愈甚,其相应的机内膨胀焓降愈大。

4 结 论

(1) 对于膨胀比一定的螺杆膨胀机,以汽水混合物为工质时,其理论功率主要取决于工质进口温度。低干度区螺杆膨胀机的理论功率大于高干度区,且工质进口温度愈高愈明显。

(2) 当螺杆膨胀机排气容积一定时,对于一定的进口工质状态,存在一峰值功率膨胀比 R_{vP} ,当膨胀机膨胀比 $R_v = R_{vP}$ 时,膨胀机理论功率达到最大值。 R_{vP} 对螺杆机结构参数确定有重要指导意义。

(3) 热水在进入螺杆膨胀机前预先微作节流不仅有助于增加系统效率,且有助于增加理论功率。但若节流幅度过大,则会使理论功率减小。

参 考 文 献

- 1 王维. HSE-TUR 复合地热发电系统研究. 天津大学研究生论文, 1988
- 2 House P A. Helical screw expander. UCRL-52043, 1976
- 3 斯米特 E. 格里古尔 U. 国际单位制水和水蒸汽性质. 水力电力出版社, 1983

(李乡复 编辑)

作者简介: 王维, 男, 1960 年生, 1988 年获天津大学工程热物理专业硕士学位。从事过工业锅炉、集中供热、空气调节、热工节能和新能源等方面的教学和科研工作。现为中国民航学院讲师。(300300 天津市东丽区跃进路福阳东街 2 条 9 号 301 信箱)

(上接 384 页)

(2) 镍基合金喷溶层不仅具有较高室温和高温硬度,而且具备良好的抗弯曲开裂能力和结合性能。

(3) A1、A2、A1+35%WC、A2+35%WC 和 A1+50%WC 的抗氧化能力分别约比 20 钢提高了 106、105、56、54 和 48 倍。

(4) 喷溶层中软质基体相被冲击粒子“锻打”产生疲劳剥落,削弱了基体相对硬质相的粘接力,造成硬质相粒子脱落,是导致冲蚀磨损的主要原因。

(5) 45°攻角时,镍基合金喷溶层比 20 钢抗高温冲蚀能力提高 4~5 倍。

参 考 文 献

- 1 李诗卓等. 材料的冲蚀磨损与微动磨损. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 2 邓世均. 国外热喷涂技术发展的特点及趋势. 材料保护, 1985, 1(5), 27~29
- 3 刘少光, 郭新成. 镍基和铁基合金喷溶层组织与性能的研究. 安徽工学院学报, 1993, 12(3), 1~5
- 4 Alan V. levy. The solid particle erosion behaviour of steel as a function of microstructure. Wear, 1981, 68(3), 269~287

作者简介: 刘少光, 男, 1964 年生。讲师, 1984 年毕业于浙江大学, 1988 年安徽工学院硕士毕业, 现在安徽工学院从事电厂锅炉防腐措施研究及教学工作。(230069 安徽省安徽工学院 131 信箱)

(李乡复 编辑)

attaining the above-mentioned aim and has practical significance for engineering applications. Key words: turbine rotor, high-temperature fatigue, service life evaluation

用工程方法考虑流动损失的跨音速透平级全三元流场的计算—Computation of a Transonic Turbine Stage Full Three-dimensional Flow Field with Flow Loss Being Taken Account of by a Engineering Method [刊, 中] / Huang Diangui (Southeastern University), Jiaog Zikang (Qinghua University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1995, 10(6). 393~396

Presented in the paper is a full three-dimensional flow field computational method for a transonic turbine stage with flow losses by the use of a time marching method. The flow losses are calculated by using the flow loss model proposed by Harbin Turbine Works. The full three-dimensional flow field computation results with flow losses being taken into account have been compared with those with the neglect of flow losses. It is found that in the case of flow losses being considered there emerged a certain enhancement in the degree of reaction with a slight change in speed triangle, indicating that the consideration of flow losses is essential to the further improvement of turbine stage design. The method recommended in the present paper is suitable for use in engineering designs. Key words: turbine, full three-dimensional, transonic.

汽液两相螺杆膨胀机的定熵膨胀功率特性—The Power Characteristics of a Two-phase Helical Screw Expander During Its Isentropic Expansion [刊, 中] / Wang Wei (Tianjin Urban Construction Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1995, 10(6). -397~400

The power characteristics of a helical screw expander during its isentropic expansion was studied in detail with the concept of expansion ratio of peak power being proposed. Also analysed was the effect of inlet working medium (steam-water mixture) parameters and the said medium pre-throttling on the power characteristics of the helical screw expander. Key words: total flow, helical screw expander, two-phase expansion, power characteristics.

水平管内气—液两相流流型及其转换特性研究—Gas liquid Two phase Flow Pattern in a Horizontal Pipe and the Study of its Conversion Characteristics [刊, 中] / Zhou Yunlong, Xia Guolong, Chen Xiaoshan, Jiang Anzhong, Li Hongyuan, Li Xuewu (Northeast Electrical Power Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1995, 10(6). -401~404

An experimental study was conducted of an air-water two phase flow pattern in a horizontal circular pipe. A flow pattern figure plotted on the basis of the test results was compared with that obtained through conventional test results, indicating the presence of analogous specific features. As a result, proposed was a flow pattern conversion relation with a greater forecast capability. Key words: horizontal pipe, gas-liquid two phase flow, flow pattern, conversion characteristics

Edited and Published by Harbin Marine
Boiler & Turbine Research
Institute and Editorial Staff
of this Journal

Printer: Printing House of Harbin Institute
of Technology

Address: P. O. Box 77, Harbin China

Cable: 6511, Harbin China

Post Code Number 150036

ISSN 1001-2060
Periodical Registration:
CN23-1176/TK

Distributed by China International
Book Trading Corporation,

P. O. Box 399, Beijing, China