

输气干线使用国产燃气轮机问题

张 友 庭

(中国石油天然气总公司四川设计院)

内容提要 国外输气干线的增压,都以燃气轮机作压缩机的动力。我国自50年代起生产了一批样机,主要用于发电。本文提出,在国内即将引进生产新型燃气轮机时,应考虑解决适用于干线增压的技术配套等问题。

主题词 燃气轮机 离心式压缩机 热效率 使用寿命 可靠性 配套

燃气轮机有占地面积少、建设周期短、启动快、自动化水平高、不耗水、可燃用管道内的气体等优点,国外输气管线都以它作压气站动力。据介绍,全世界生产的工业燃气轮机,除发电外,使用最多的是油气输送管道。其典型的型号、功率、效率及制造者如表1。

国外输气管线使用的燃气轮机 表1

燃 机 制 造 厂	代表机型	额定功率 (HP)	热效率 (%)
美 Solar	Mars	12000	32
美 Allison	571-K	8000	34
美 G. E	M5002	32500	27.5
美 G. E	LM2500	22000kW	37
美 Cooper-Bessemer	RT-121	12100	33.5
美 Ingersoll-Rand	JP-200	20000	33.3
美 Pratt & Whitney	GG-3C	14000	26
美 Waring house	W352R	37600	37.9
美 Clark	DC-990	5800	30.2
英 Ruston	TB-5000	4900	25.5
英 Rolls-Royce	Avon	12000	28
英 Rolls-Royce	RB211	26000	34
加拿大 Orenda	OT-270R	7500	31.5
法 Hispano Sulza	THM1203	7200	26.5
苏 УТМ3	ГИА-10	1000kW	27
瑞士 Sulzer	S 3	8000	27

注: 1HP=760W

在众多的厂家中,美国通用电器公司(G·E)、索拉公司(Solar)、英格索尔—兰德公司(I-R)、库柏—贝斯墨公司(C-B),和英国罗尔斯—罗伊斯公司(R-R)等生产的数量最大,应用最广,技术水平也最高。同时,与燃气轮机相配套的离心式压缩机也形成专业化、系列化生产。I-R、C-B、Clark 以及意大利的新庇隆公司是生产离心式压缩机的主要厂家。

下面着重谈一下我国燃气轮机的生产、使用及燃气轮机用于输气管线增压应解决的技术配套问题。

我国燃气轮机的生产使用概况

燃气轮机分为重型和轻型两大类。我国50年代生产燃气轮机,基本上是仿制,出厂的重型机组,主要用于发电。轻型即航空改型,从70年代开始,陆续将部分航空燃气轮机改型用于发电、注水、机车等。有关情况见表2。

除自己生产外,我国还从国外等国家引进了部分燃气轮机,多数性能可靠、技术指标先进,见表3。

国产燃气轮机规格 表2

	型 号	功率 (kW)	转速 (r/min)	热效率 (%)	制造厂家
重 型 工 业 型	R-01	200	25000	13	杭州汽轮机厂
	R-700-1	1000	11000	16.5	南京汽轮机厂
	TT-1.5-1	1500	5000	13.2	南京汽轮机厂
	RY-650-3	3000	6100	17.75	上海汽轮机厂
	65-2.2D-1	2200	6700	16.3	哈尔滨汽轮机厂
	R-620-1	6000	3682	18.7	上海汽轮机厂
	RF-20-900	20000	5100	25.5	南京汽轮机厂
轻 型 航 空 型	WZ-8	440	6000	26.8	南方发动机公司
	WZ-6G	750	31500	20.4	兰翔机械厂
	WZ-5G	1140	13000	17.8	无锡792厂
	WJ-5G	1250	15100	19	哈尔滨120厂
	WJ-6G	2000	3000	22	南方发动机公司
	WJ-6G2	2200	12000	21	南方发动机公司
	WJ-6G4	3310	12000	23.5	南方发动机公司
	WP-6G	4500	10730	20.5	黎明机械厂
	WS9G1	5000	6583	24.3	西安发动机公司

我国引进燃气轮机规格 表3

型 号	功率 (kW)	转速 (r/min)	热效率 (%)	制造厂家	使用单位
KG-5	3000	12000	22	挪威 Kongsberg	大庆油田发电
Tornado	5500	10000	31	英 Ruston	大庆萨中处理厂
W-101	8600	6200	22.1	加 Waringhouse	辽河油田水电厂
CENTAUR	2860	14950	26.5	美 Solar	中仓线压气
QT-2100	9000	7200	21.7	加 Orenda	大庆列车电站
SK-15HE	11700	5200	33	英 R-R	大庆萨中处理厂
LM-2500	20400	3000	36	美 G.E	胜利油田发电
PG-5301	21700	5100	27	英 J.B	北京507电厂
MS-5002F	35000	4670	38.6	法 Alsthom	汕头电厂
MS-6001	36000	5100	31	美 G.E	大庆喇二电站
GT-120	40000	3000	29.8	瑞典 Sral-laval	北京热电厂
VF-93	48300	3000	27.3	西德(旧机器)	胜利油田发电

从表中可以看出,我国已开始在输气管道上使用燃气轮机增压。

国产燃气轮机的性能分析

如前所述,国产燃气轮机基本以仿制为主,多为五、六十年代的国外水平,而且基本上没有形成批量生产,缺少长期运行的考验。经过调查分析,在以下五个方面与国外机组比较,存在较大差距。

1. 热效率

国外早期工业燃气轮机的热效率为26%左右,近代新型回热式机组已达34%,简单循环的航空型已达37%,联合循环时超过40%。国产燃气轮机的热效率一般为16~22%,少数近期仿制的机组为26%。热效率低是燃气轮机在国内发展不快的原因之一。

2. 使用寿命

国外燃气轮机使用寿命一般在30年以上,大修周期3~4年,即25000~30000h,停机更换火焰筒的时间为每隔1~2年,即8000~15000h。例如我国引进的索拉半人马座机组大修周期为40000h,连续运行时间为3000h。将要与美联合生产的 FT-8型机组,连续不停机时间不少于1500h。有150多台英国 R-R 公司的燃气轮机应用于沙漠地区,其大修周期都在39000h以上。美国 G·E 公司3000系列机组单机运行时间已超过20年,仍在运行。

国产燃气轮机使用寿命一般为10年,大修周期为4000h,争取达到8000h,连续运行时间为720h。近年仿制的机组虽有改善,但因为用于备用、调峰或补充发电,尚未有长期连续运行的考验。

3. 可靠性

一般可靠率与可用率不分,在国外一般达到99.7%,这是因为燃气轮机积累了丰富的加工和运行经验,又实行无人操作的遥控管理,机组可靠性极高。

国产燃气轮机因为没有形成批量生产,可靠性较差,主要表现在:启动成功率低 RF-20-900为1/3, WZ5为1/5;连续运行时间短,计划外停机次数多;控保设备差,因控保失灵或落后,先后造成某些机器超温烧毁叶片,或出力不足,启动失灵等故障。

4. 配套

国外燃气轮机与离心式压缩机已达到标准化、系列化生产,两者的转速、润滑油和密封油系统、连接尺寸等已做到通用,用户可向燃气轮机厂定货,也可向离心式压缩机厂定货,有些厂本身既生产燃机又生产压缩机,用户配套极为方便。

国内燃气轮机、离心式压缩机、轮机控制盘及其他辅助设备,分属不同的工厂生产,配套极为不便,尤其是天然气压缩机,只是在川汉管道规划时,曾做过联合设计,但没有生产。轮机盘、空气过滤器、消声器、辅助油泵等均未专业化生产。

5. 其他

压气设备属螺旋桨负荷,要求变转速运行,用调节转速达到调节流量的目的。国外一般多用双轴机组,转速调节范围为60~105%,离心压缩机同时加装进口可转导叶。国产燃气轮机以发电为主,虽也生产过小功率的双轴机组,但与离心式压缩机相匹配以变换调节流量尚无经验。

燃气轮机的启动系统,在输气管线上多用气动马达或膨胀透平。在这方面,国内尚未生产过,缺乏设计、制造和运行经验。

此外,我们的传统设计总是考虑厂房安装、设备用机组、就地维护运行等问题,与国外集装箱式的快装、遥控和不考虑备用机组等也是一大差距。

设想与建议

就目前国产燃气轮机的性能,用于输气

干线增压是不理想的,不单是热效率低,尤其是不能连续运行,满足不了压气的要求。

据了解,国内将要与国外联合生产或引进技术生产一批具有国际先进水平的新型燃气轮机,如表4。

引进技术或合作生产的燃气轮机 表4

型 号	功率 (kW)	转速 (r/min)	热效率 (%)	合作 单位	制造 厂家
571-K	5880	11500	34	引进美 Allison 技术	株州 331厂
TB5000	3600	7950	25.5	引进英 Ruston 技术	南京汽 轮机厂
TORNADO	5500	10000	31	同上	同上
LM2500	21000	3000	36	与美 G. E 合作	同上
MS5001P	24800	5100	27.4	同上	同上
MS6001B	36000	5100	31.1	同上	同上
MS9001	109900	3000	32	同上	同上
WP-7	10000	10730	24	引进索 拉技术	黎明机 械厂
WS9G2	10000	5100	28	英 R-R 技术	西安发动 机公司
FT-8	24200	3000	38.7	美 P&W	新都机 械厂

其中, TB-5000、571-K、WS9G2、LM2500、FT-8, 都比较适合我国情况, 均可用于输气干线的压气站。这些机组的热效率、可靠性都相当高, 也经过在管线上使用的长久考验, 功率范围也较适合。

但是, 将国产燃气轮机用于输气干线尚需做好以下工作: (1) 要求燃气轮机制造厂注意与离心式压缩机的总体配套问题。因为国产机组以及与国外合作产品均没有考虑在输气管道上使用的问题。如420厂与美国 P&M 公司联合生产的、号称世界上最先进的燃气

轮机,在国内主要用于发电和船用,要用于管线拖动压缩机,需要重新提出要求,在中美合作协议中加以补充,以引进在管道上应用的技术。(2)压缩机是输气管线压气站的关键设备,但在国内尚属空白。1965年四川石油管理局曾委托沈阳鼓风机厂试制 D50-31型,1972年川汉管道使用的燃压机组,由重庆通用机器厂与上海鼓风机厂联合设计,后因川汉管道暂停而中止研制。总之国内尚未有一台管道用离心式压缩机问世。近年中仓线引进的美制 Salar 压缩机系输送油井伴生气的,为多级压缩,而输气干线用的压缩机为低压比、大排量。为此,建议尽快在国内安排落实离心式压缩机的研制厂家。据了解,沈阳鼓风机厂近期由意大利新庇隆公司引进了高压比离心压

缩机的技术。新庇隆公司是世界著名生产管道离心式压缩机的厂家,建议该厂再引进一套管道压缩机系列的技术,使其逐步成为国内离心式压缩机的生产基地。

基于以上情况,建议在国内有代表性的输气干线上建设一座试验压气站,引进一套燃压机组,燃气轮机可考虑选择国内将要生产的新机型,离心式压缩机选择较为先进的意大利新庇隆公司产品,这样既可为国内仿制提供样机,也可通过试验,摸索出燃压机组的运行经验,为今后大规模生产和国内输气干线上大规模建设压气站提供必要的准备。

(本文收到日期 1990年3月9日)

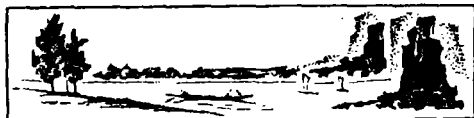
川东天然气净化总厂 用甲基二乙醇胺处理尾气节能效果好

川东天然气净化总厂,是从国外引进的具有70年代中期国际先进水平。其中斯科特尾气处理单元对高含硫气脱硫后的尾气的处理效果较好,处理后排放废气中总硫含量一直低于300ppm。在保护环境方面发挥了积极作用。

但随着卧龙河气田高含硫气的不断开采,引进装置原料气中 H_2S 含量不断下降, CO_2 含量不断上升,由此破坏了全厂蒸汽系统的热平衡,出现了冬季供热不足,尾气处理单元 H_2S 再生率逐步下降,排放废气中的总硫含量已开始300ppm左右徘徊。如不及时采取措施,不仅会给生产操作造成困难,影响经济效益,而且还会造成总硫超标排放,污染周围环境。

我厂科技干部和职工在引进、吸收、消化、改造的思想指导下,经过反复论证和技术咨询,在常压下以甲基二乙醇胺取代二异丙醇胺,新的吸收溶液投入后,经大量分析数据对比证明:以甲基二乙醇胺对天然气净化后的尾气中 H_2S 进行选择性吸收,溶液循环量由原100m³/h降为70m³/h,再生效率比原溶液提高34~42%,排放废气中总硫含量可以控制在200ppm左右。这项工艺的改造,不仅解决了蒸汽系统的热平衡和操作困难问题,并在一年内可节约蒸汽1.8万余吨,节电7万余度,降低生产成本近30万元。

成满堂



52 Development of Shallow Gas in Ziliujing Structure and Its Geological Characteristics and Realistic Significance

This paper reviews the development history of the shallow gas in Ziliujing structure, introduces the present production status in each region of the structure and elucidates the reservoir characteristics of the shallow gas. The development history over thousands years and the present exploitation status indicates that it has important social and economic significance to strengthen the development and utilization of the shallow gas in Ziliujing structure.

Subject Headings: south-western Sichuan, Ziliujing structure, shallow gas reservoir, development.

Ding Chuankai

57 Throttling Mechanics of Downhole Choke and Its Application

The relational expression for the minimum choke-running depth and the throttling model for gas and liquid phases are derived in this paper on the basis of researching throttling mechanics of downhole choke, which were applied to the design and calculation of downhole throttle for eight gas wells in Sichuan gas fields and Shengli oil field, and obtained a better result.

Subject Headings: oil and gas well, throttling model for gas and liquid phase, downhole choke, running depth.

Liu Hongwen, Liu Deping

STORAGE/TRANSPORTATION/SURFACE CONSTRUCTION

63 Some Problems about Using Gas Turbine Made in China for Main Gas Pipeline

The gas turbine is used abroad as the power of compressor for pressurizing the main gas pipeline. Since 50's, our country have produced some prototypes which are mainly applied to power generation. This paper proposes that when the new-type gas turbines are introduced and produced in our country in the near future, it must be considered to solve the problems about technologically forming a complete set suitable for pressurizing main gas pipeline.

Subject Headings: gas turbine, centrifugal compressor, heat efficiency, used life, reliability, forming a complete set.

Zhang Youlin

GAS PROCESSING AND UTILIZATION

67 Using Standard Conversion Method to Obtain the Sulfur Conversion Rate of Claus Converter

The conversion rate calculation of Claus sulfur-made converter is obtained by using the percentage content difference of dry base volume of sulfur component from inlet and outlet divided by the percentage content of dry base volume of sulfur component from inlet. Because of the change of dry gas quantity caused by the Claus reaction in the converter is not considered, the error of calculation result is about 0.9~3.7%. This paper introduces the concept of "dry refining gas" and using standard conversion method derives a sulfur conversion rate calculation formula. Comparing with the original one, its lost term is only timed $(\frac{1-A_n}{1-B_n})$ (volume correction factor) making the basis of sulfur conversion rate calculation more strict and the results more accuracy.

Subject Headings: sulfur recovery, Claus process, converter, sulfur conversion rate, calculation method.

Xu Deming