

燃驱压缩机组 泵组技术和应用的现状及展望

吉桂明, 吴 穷, 王 冲, 吴 艳

(中国船舶重工集团公司第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150078)

摘 要: 分析了燃气轮机在 GPU(天然气泵送装置)中的应用情况, 指出燃气轮机是实现长距离输气和输油技术应用的关键设备。围绕燃气轮机在 GPU 装置中的应用, 对在我国开发并应用燃气轮机, 建立本国的燃气轮机工业提出一些设想和建议, 指出开发工业/船用燃气轮机应紧紧围绕我国的需求, 并遵循高起点、一机多用、一机广用的原则, 仔细精心地选好开发应用机组的功率档次, 采用通用性设计可达到开发研制的多用途效果。在燃驱压缩机组/泵组中使用“Aquarius”装置和 COGAS 装置能达到增加输出功率和提高效率的效果。

关键词: 天然气泵送装置; 燃气轮机; 压缩机组/泵组; 输气/输油管线

中图分类号: TK479 文献标识码: A

引 言

一条连接土库曼斯坦与中国的天然气输气管道已于 2009 年 12 月 14 日正式开通, 这条管道起点位于土库曼斯坦东部一个由中国开发的气田附近, 经乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦到达中国霍尔果斯。管道分 AB 双线铺设, 单线长 1 833 km, 按照项目计划, 2010 年双线建成通气。天然气进入中国后, 将通过西气东输二线输送到中国中西部、长三角、珠三角共 14 个省市和地区, 南端终

点为香港。

我国取得了哈萨克斯坦乌津油田的开采权, 修建了一条从该油田通往我国新疆克拉玛依的 3 800 km 长的输油管道, 每年输送 2 500 万 t 原油。该输油管线的国内延伸段将从新疆经兰州(甘肃省主要的石油化工工业中心)和河南一直到四川。陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆拥有我国石油储量的三分之一, 预期该地区将生产我国五分之一的石油产量。

3 900 km 长的西气东输管线从西部戈壁沙漠起横穿 10 个省(市)到达上海, 该管线每年能够输送 170 亿 m³ 天然气。正在建设的第二条西气东输管线的管道长 8 700 km, 到 2011 年投运时, 每年约输送 300 亿 m³ 天然气, 这大约是中国耗气量的一半。

1 国外的应用情况^[1]

对于输气管线, 每隔约 100 km 设立一个加压站。由于燃气轮机造价低、投资小、重量轻、尺寸小, 便于运输, 易于遥控和自动化, 所以国外广泛地把燃气轮机装于输气/输油管线上作为压缩机站和泵站的动力, 用来泵送天然气和石油。

以前苏联为例, 自 1964 年在输气管线安装第一台增压燃气轮机以来, 到 1993 年上半年, 沿其 220 000 km 输气管线已安装了约 5 000 台燃气轮机, 总功率约为 5 000 万 kW。业已表明, 前苏联生产的陆用燃气轮机绝大部分(约 90%)用于输气管线。

2 GPU 中的燃气轮机

2.1 GPU 应用燃气轮机的研究情况^[2~7]

应用于 GPU 的燃气轮机主要是由乌克兰“Zorya Mashproekt(曙光机械设计)”科研生产联合体、俄罗斯 NK-Engine(萨玛拉“劳动”科研生产联合体)、美国 GE Energy Oil & Gas(通用电气能源油气公司)和英国 Rolls Royce 公司研制的, 如表 1 所示。除 Zorya Mashproekt 采用专用型设计外, 其它 3 家公司均采用航改型设计^[2~7]。

从应用的情况看, 随着燃气轮机技术日臻完善, 许多高性能的燃气轮机, 诸如 UGT 10000、NK-38 ST、UGT15000、UGT25000、RB211GT61、PGT25+G4 等已日益增多地应用于新建的压缩机站, 或用于压缩机站的现代化改造。

表 1 输气管线使用的燃气轮机

型 号	推出年份	功率 /MW	效率 /%	研制者	说 明
UGT3000	1981	3.36	31.0	ZoryaMashProekt	1995年1台用于捷克输气管线。
501-KC7	1998	5.5	32.2	RollsRoyce	
NK-12ST	1976	6.3	26.1	NK-Engine	早期应用的航改机,共1600多台用于输气管线。
UGT6000	1978	6.7	31.5	ZoryaMashProekt	1995~2007年共有23台用于俄罗斯、乌克兰、哈萨克斯坦输气管线。
NK-14ST	1992	8.0	32.0	NK-Engine	1992年推出的新型航改机。
UGT10000	1998	10.5	36.0	ZoryaMashProekt	高效的新机组,用于新的或对老的GPU进行现代化改造。截至2005年已有7台用于乌克兰和保加利亚输气管线,其中包括1台16MW的GPU-16K ⁺ Aquarius装置。
NK-16ST	1982	16.0	29.0	NK-Engine	早期的航改机,已交付输气管线使用600多台。
NK-38ST	1995	16.0	38.0	NK-Engine	新推出的高性能航改机。
UGT16000	1989	16.3	31.0	ZoryaMashProekt	共494台,其中350台UGT16000-DR59(N _e =10MW,η _e =28%)用于俄罗斯、乌克兰、哈萨克斯坦输气管线,144台UGT16000-DR59(N _e =16MW,η _e =30%)用于俄罗斯、乌克兰、伊朗输气管线。
UGT15000	1988	16.7	35.0	ZoryaMashProekt	截至2005年共有201台用于俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦的输气管线。
UGT25000	1993	26.7	36.5	ZoryaMashProekt	截至2006年已有37台用于俄罗斯、乌克兰、伊朗的输气管线。
RB211GT62	1999	30.4	38.8	RollsRoyce	
RB211GT61	2000	33.2	40.5	RollsRoyce	截至2009年已有19台用于中国西气东输管线。
PGT25+	1996	31.4	41.1	GE Energy Oil & Gas	
PGT25+ G4	2005	34.3	41.2	GE Energy Oil & Gas	截至2009年已有22台用于中国西气东输管线。

注: ZoryaMashProekt(乌克兰); RollsRoyce(英国); NK-Engine(俄罗斯); GE Energy Oil & Gas(美国)。

2.2 GPU应用燃气轮机的功率
GPU中应用的燃气轮机的功率取决于输气管道的流量(输气量)、管线的长度(输送距离)、管道的直径、沿途的分流配气情况和压缩机站配置情况等。通常在输气管路中天然气的压力为7.5~2.5 MPa,而终端居民和工业用户所要求的压力仅为0.11~0.25 MPa。大功率燃机保证必要的输气压力,较小功率的燃机能达到灵活使用和节能的效果。

从表1看出,目前在GPU中应用的燃气轮机大体上是3挡功率:8~10.15~16.25~33 MW,而应用最多的一挡功率为16 MW。

2.3 GPU应用燃气轮机结构特点

GPU/OPU(石油泵送装置)中的燃气轮机用来驱动压缩机或输油泵,属于机械驱动型燃气轮机。区别于大多数发电用燃气轮机装置,它们往往采用分轴结构,其优点是需要的启动功率较小和对环境温度的适应性强。表1中所示的燃气轮机基本上是双轴(如PGT25+、PGT25+G4)或三轴(如UGT15000、UGT25000)结构,具有自由的动力涡轮。

鉴于它们要驱动高功率、大流量的离心式压缩机,常常希望动力涡轮转速高并具有较少的级数,以便不用增速齿轮箱而直接驱动压缩机。例如,IM2500船

用燃气轮机是从TF39/CF6型航空涡轮风扇发动机派生得到的,机械驱动用的PGT25就是基于IM2500研制的。它选用了IM2500的燃气发生器和新设计的动力涡轮,动力涡轮的级数从IM2500的6级减少为2级,转速从IM2500的3600 r/min增加到6500 r/min。

考虑到这些燃气轮机常常是在极为恶劣的地理环境(沙尘、风暴、冷热巨变等条件)下工作,往往要给这些燃气轮机加装进口空气净化(甚至加热防冰)装置,叶片采用抗腐蚀和耐磨材料等。

2.4 一型燃气轮机具有不同的改型^[8]

通常,针对特定的GPU装置

把一型燃气轮机开发成几种不同的型号。这些改型之间的差别主要在于动力涡轮具有不同的转速和旋转方向, 有时还具有不同的级数。例如“曙光机械设计”的 UGT10000 燃气轮机就派生几个不同的机型:

DN70L 具有 4 级左转动动力涡轮, 额定转速为 4 800 r/min, 额定输出功率为 10 MW;

D70P 具有 3 级右转动动力涡轮, 额定转速为 6 500 r/min, 额定输出功率为 8 MW;

D70L 具有 3 级左转动动力涡轮, 额定转速为 6 500 r/min, 额定输出功率为 8 MW;

DT70 具有 3 级右转动动力涡轮, 额定转速为 8 200 r/min, 额定输出功率为 8 MW;

DU70L 具有 4 级左转动动力涡轮, 额定转速为 4 800 r/min, 额定输出功率为 16 MW。

借助于动力涡轮不同的转速、旋转方向以及不同的输出功率, 使一型燃气轮机的不同改型能用于不同的 GPU 装置, 从而扩大了所研制燃气轮机的应用范围。

3 “Aquarius”循环装置在输气管线上的应用^[8]

蒸汽经过燃烧室头部的喷嘴喷入燃烧室(生态蒸汽回注)以及蒸汽直接喷入燃烧室内的燃烧区(动力蒸汽回注)即构成 STG(蒸汽回注式)燃气轮机, 能够达到增大功率、提高效率并显著减少 NO_x 排放的效果。由于喷入水必须是经过处理的化学水, 这样不仅运行成本很高, 而且受到水源的限制。如果注入燃气轮机的水能够在燃气轮机排气中被捕获, 则水制备的问题就能简单地予以解决。

乌克兰“曙光机械设计”燃气轮机科研生产联合体于 1995 年已开发出利用接触式冷凝器的“Aquarius(宝瓶星座)”动力装置, 如图 1 所示。

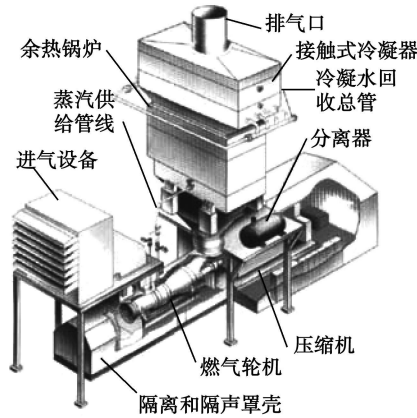


图 1 Aquarius 动力装置总布置

由于利用余热产生蒸汽并向燃气轮机回注蒸汽, 相对于原型的 UGT10000 燃气轮机, “Aquarius”型 GPU-16K 天然气泵送装置的功率从 10 MW 增加到 16 MW, 效率从 36% 增加到 43%, 如图 2 所示。在额定功率下, NO_x 排放不超过 25 mg/kg, CO 排放不超过 30 mg/kg。

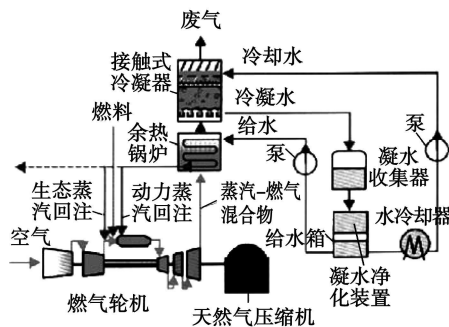


图 2 “Aquarius” GPU 装置简图

一台试验用的 25 MW “Aquarius”装置在“曙光机械设计”试验室内已累计运行 12 000 h。第一台 “Aquarius”型 GPU-16K 天然气泵送装置已于 1997 年在乌克兰 “Cherkassy TransGas”基辅

地区的 StavisshchenskaYa 压缩机站投入运行。

4 燃—蒸联合装置在输气管线上的应用^[9]

前苏联早在 20 世纪 80 年代就开始了在天然气输气管线压缩机站上应用 COGAS(燃—蒸联合装置)。与一般联合循环装置不同, 该 COGAS 装置中的汽轮机用于驱动压缩机而不是发电机。研究表明, 采用 COGAS 装置可明显加大功率并增加 GPU 装置的效率。俄罗斯中央锅炉透平研究所于 1996 年完成了用于 Донская 压缩机站的 COGAS 装置的研制工作。

5 成套装置

鉴于压缩机站和泵站的需要, 在开发燃气轮机动力装置的同时应大力开发与之配套使用的高效大流量的离心式天然气压缩机和原油输送泵, 形成 GPU 和 OPU 成套装置。

6 我国的对策

目前, 我国对石油和天然气需求的日益增加, 用管道把石油和天然气从国内外产地向国内使用地输送是一个现实而又紧迫的任务。沿输气、油管线建立天然气压缩机站、原油泵站是我们面临的一个课题。

考虑到在输气、油管线上将使用大量的燃气轮机, 仅正在建造的西气东输管线就已从 Rolls-Royce 公司和 GE Energy Oil & Gas 公司进口了 41 台燃气轮机和相关的设备, 为了满足此项需求, 我们应立足于本国生产高性能燃气轮机, 而不应该像前一阶段

发展燃气轮电站或联合循环电站那样,从国外购买燃气轮机(到目前为止,共引进国外燃气轮机近250台(不包括海上平台和船用燃气轮机))来解决此问题。

为此,我们应该考虑到这方面的需求,立即着手开发应用于GPU/ORU的燃气轮机和相关设备。

6.1 开发的途径

根据我国航空工业缺少可供改装的高性能航空发动机,因此我国燃气轮机的开发和研制很难得益于本国航空发动机的改装和航空发动机技术的移植。

过去几十年虽自行研制并生产了几型工业船用燃气轮机,但它们的性能均较落后,不能满足当代要求。所以,鉴于以往几十年的研制经验,考虑到我国的具体情况,开发研制应用于输气、油管线的燃气轮机的途径。

6.1.1 印度模式

BHEL(印度重型电气公司)从美国GE公司和德国西门子公司引进技术、许可生产燃气轮机,不仅满足本国需要,而且还出口到亚洲、非洲的许多国家,或走与造机先进的著名企业搞联合研制、设计、自行生产的道路。

6.1.2 与国外先进的造机企业建立合资企业

建议与乌克兰“曙光一机械设计”科研生产联合体建立合资企业开发研制生产可供本国应用的工业船用燃气轮机。

引进国外先进技术开发、建立我国相应工业,尤其是薄弱而又落后的工业,乃不失为一明智而又极佳的举措。

6.1.3 立足国内自行研制燃气轮机

在40多年自行研制燃气轮

机的基础上,结合取得许可从国外少量引进几型先进燃气轮机的经验,我们可以立足国内自行研制、设计、生产性能先进的用于燃驱压缩机组、泵组的燃气轮机。

为此,我们要真正消化引进机的设计技术和结构设计,为我们通过通用性设计,从性能优良的引进机派生出我们所需要功率挡次的燃气轮机奠定基础。

6.2 开发的方针

6.2.1 高起点

开发必须紧紧围绕我国输气、油管线应用的要求,供需见面、供需结合。开发、引进、研制必须坚持高起点,即要开发满足我国需要的具有当代先进性能水平的燃气轮机,一方面要有高的性能指标(高效率、长寿命、高可靠性和利用率、良好的可维护性等),另一方面其功率挡次应满足使用的要求。

6.2.2 一机多用、一机广用

考虑到我国的财力情况,不可能,也没有必要开发引进多种型号的燃气轮机,因此,开发的燃气轮机应兼顾各方面的应用。开发的燃气轮机既能应用于油气产输,也能应用于电力生产,经过船用化考虑(进气过滤,材料选择等)也能应用于船舶推进,即做到一机多用、一机广用,尽量覆盖更多的应用领域,越多越好。只有这样,才能使开发机具有足够的市场,才能使开发的燃气轮机在众多的应用中考核其可靠性,才能使其具有必要的生命力。应该强调指出,一机多用、一机广用应是我国开发应用工业船用燃气轮机的基本方针。

6.2.3 开发机组的功率挡次

要做到一机多用、一机广用,就应结合我国面临的使用对象,借鉴世界各国输气、油管线装用

燃气轮机的情况,仔细并精心地选择开发机组的功率挡次。

通过对国外以及我国西气东输输气管线装用燃气轮机情况的分析,我国开发机组的功率挡次应确定在10~32 MW之间。我们可以先开发3型燃气轮机,一型功率选在8~10 MW,一型选在15 MW左右,另一型选在30 MW左右。

根据分析,这3型燃气轮机的功率挡次也十分适用于船舶应用。30 MW燃气轮机适合应用于大型水面战舰,包括轻型航母、巡洋舰、驱逐舰以及大型旅游船和液化天然气运输船;15 MW燃气轮机适合应用于高性能的护卫舰;8~10 MW燃气轮机适合应用于气垫登陆艇和高速渡船。

6.3 开发的技术途径

6.3.1 通用性设计

如上所述,少量引进几型先进机组,然后采用压气机加级或比例放大(Scale up)得到功率加大型(Uprated version)机组;除去第一级压气机或比例缩小(Scale down)、或利用引进机组燃气发生器改装得到功率减小型(Derated version)机组,即利用通用性设计扩大引进成果,得到多型适合我国应用的工业船用燃气轮机。

6.3.1.1 参考的范例^[10]

IM2500一直针对市场需求,通过通用性设计得到不断地升级改造。自1969年问世以来,IM2500系列发动机家族不断壮大,从一型机组研制出多型改型机组,如表2所示。迄今已有2500多台IM2500系列发动机应用于船用和工业应用,IM2500已被证明是在它所在一挡功率中应用最多、性能最先进的发动机。

表 2 IM2500 系列 (包括 PGT25 型) 发动机

	IM2500-20	IM2500-30	IM2500	IM2500+	IM2500+G4	PGT25	PGT25+	PGT25+G4
推出年份	1978	1969	1980 年左右	1998	2005	1981	1996	2005
功率 / kW	13 130	20 515	24 618	30 213	35 338	23 275	31 384	34 316
效率 / %	34.6	36.8	37.1	39.0	39.2	37.7	41.1	41.2
燃气初温 / °C	1 100	1 100	1 170	1 205	1 205	1 170	1 205	1 205
压比	—	18	19.3	22.2	24.0	17.9	21.5	23.8
空气质量流量 / kg·s ⁻¹	56.6	65.3	70.3	85.7	92.6	68.9	84.3	89.7
涡轮输出轴转速 / r·min ⁻¹	3 000	3 600	3 600	3 600	3 600	6 500	6 100	6 100

从表 2 看到, IM2500+G4 的功率是 IM2500-20 功率的 269.1%, 效率从 IM2500-20 的 34.6% 提高到 39.2%。由此我们可以得到启示, 利用一型高性能的燃气轮机可以得到多型适合特定应用的燃气轮机, 而且能够把这些燃气轮机都设计成高性能的机组。

6.3.1.2 30 MW 机组

我国引进的某型中等功率燃气轮机, 性能先进且功率 (以柴油作为燃料, 在 ISO 条件下该燃气轮机的输出功率为 29.3 MW) 合适, 建议把它用作 GPU/OPU 的动力源。

针对 GPU 装置特定的要求, 可以如同 PGT25 那样, 重新设计该机组的动力涡轮, 建议把它改造成二级高速动力涡轮 (原型机是四级动力涡轮, 转速为 3 460 r/min, 转速提高到 5 000 ~ 6 100 r/min 这样就可以不需要增速齿轮箱直接驱动高速离心压缩机。

6.3.1.3 15 MW 机组

考虑到引进的该型燃气轮机本身就是在一型 15 MW 燃气轮机基础上, 通过采取增加“O”级压气机、适当提高压比和燃气初温等措施得到的, 建议借助于除去该引进机的第一级压气机, 再辅之以适当的修改得到 15 MW 机组。

另一个方案是通过使 30 MW 机组比例缩小得到 15 MW 机组。比例缩小的改型方法实质是减小原型机的空气质量流量, 不会影响到机组的压比, 通常能使功率降挡机组基本上保持原型机的经济性能。

6.3.1.4 8~10 MW 机组

该型机组可以从两个方案考虑派生。方案一是所得到的 15 MW 机组比例缩小得到功率减小型机组, 使功率降挡到 8~10 MW; 方案二是通过引进的 30 MW 机组的燃气发生器改装得到 8~10 MW 机组, 即利用引进机的燃气发生器并把它的低压涡轮作为动力涡轮, 但是此方法通常会使得效率明显降低。

为了利用引进的燃气轮机, 借助于通用性设计得到适合我们应用的不同功率挡次的燃气轮机, 我们必须系统地进行引进机的反设计, 即根据燃气轮机进、出口工质参数、设计转速和结构参数反演热力计算、气动力计算和强度计算, 真正吃透引进机的设计技术和结构设计, 为通用性设计能够从性能优良的引进机派生出两挡较小功率的燃气轮机奠定基础。

6.3.2 升级改进^[10]

为了保持机组的先进性及其市场的竞争能力, 要定期地对已

推出的燃气轮机进行升级改进。增加空气质量流量是升级改进最常用、保守、低风险而有效的方法, 常常采用给压气机增加零级并调整相应级叶片设计的方法。

7 结 论

(1) 面对我国输气 油管线的的应用, 应立即研制并生产作为其动力源的燃气轮机, 并应开发与之配套使用的大流量、高效率的离心压缩机和原油输送泵。

(2) 开发、引进、研制输气 / 油管线的燃气轮机 (乃至我国的工业 船用燃气轮机) 应紧紧围绕石油工业 (综合应用) 的需求, 遵循高起点、一机多用、一机广用的原则。

(3) 少量引进几型高性能的燃气轮机, 针对具体的应用, 围绕引进机, 立足国内采用通用性设计开发出引进机的功率加大型和功率减小型机组, 扩大引进成果可达到开发研制的高效果。

(4) 针对 GPU 的应用, 仔细地选择好开发机的功率挡次, 建议开发 8~10、15 和 30 MW 的三挡功率燃气轮机。

(5) 在 GPU/OPU 装置中使用“Aquarius”装置和 COGAS 装置能达到增加输出功率和提高效率的效果。

参考文献:

[1] FULTON K Russian bomber and transport jets groomed for gas pipeline pumping [J]. Gas Turbine World 1993 23 (3) : 26—32

[2] 吉桂明.前苏联的燃气轮机 [J]. 苏联科学技术, 1993(6): 1—8

[3] 吉桂明.输气/油管线燃气轮机潜在的市场 [J]. 燃气轮机技术, 1998 11 (4): 13—16

[4] FARMER R GE oil & gas sets record pace on west to east pipeline [J]. Gas Turbine World 2008 38(6): 8

[5] FARMER R RollsRoyce adds compressor set on west-east gas pipeline [J]. Gas Turbine World 2008 38(4): 4

[6] FARMER R Mechanical drive OEM design ratings [J]. Gas Turbine World 2009 27 96—103

[7] FARMER R GE compression gear chosen for second leg of west to east pipeline [J]. Gas Turbine World 2009 39 (2): 4

[8] ZORYA MASHPROEKT Gas turbine engines for gas pipelines [R]. Ukraine “ ZoryaMashProekt” Gas Turbine Research & Production Complex 2008

[9] КАСИНВ В Ф. Паро-взду рбинные Установки для компрессорной станции [J]. Тяжелое Машиностроение, 1997 43(9): 18—20

[10] 王冲,金洁敏,田广,等.不断升级改进的 LM2500燃气轮机 [J]. 热能动力工程, 2007 22 (2): 138—141

(编辑 伟)

新技术、新工艺

燃气轮机的腐蚀机理

据《Turbomachinery International》2010年3~4月号报道,在上一期中, Solar Turbines(索拉透平公司)的专家们介绍了燃气轮机的腐蚀并探讨了腐蚀的一些类型。在这一期中他们更多地探讨腐蚀的机理。

硫化是金属和含氧含硫介质之间形成硫化物和氧化物的反应。硫化侵袭使金属的性能迅速下降。

燃气轮机中的氧化和热腐蚀问题典型地与燃烧室和涡轮部分内的高温有关。压气机涂层可以有效地保护压气机叶片免受水溶性腐蚀。氧化通常不是一个需要关注的主要问题。

点蚀是一种被限制于局部的腐蚀机理,它导致在金属表面上形成小而深的孔眼,这些孔眼常常不易被察觉;因此,它们具有产生意想不到的故障的危险,非常值得注意。

经常在燃气轮机压气机叶片上发现由于传导性杂质,如盐水,侵入金属表面造成的表面裂纹的点蚀。这是由于在长期的停机过程中,工作后的叶片表面上形成凝水,溶解了叶片上盐的沉积物,然后进入微小的表面裂纹,激发点蚀过程。

为了防止压气机叶片的点蚀,应该使用防腐蚀的叶片涂层,在轴流压气机延长停机期间以前应彻底地用水清洗压气机,进气过滤系统应被设计成使盐的侵入减到最小。

缝隙腐蚀的物理过程类似于点蚀,但不是发生在金属表面裂纹的内部。缝隙裂纹发生在预先存在的密封间隙内,如零件之间的接触区域、在密封和垫片的下面、或在变硬的污垢或叶片污物的下面。

因为在不拆卸的情况下不容易检查这些部位,缝隙腐蚀表现出灾难性故障大的危险。在叶片被拆卸(除非燃气轮机被修理或大修,通常不会这样做),或叶片支承破坏以及叶片掉入通流部分以前,好多年都未能发现在动叶底部和轮盘槽之间高应力配合表面处的缝隙腐蚀。

(吉桂明 摘译)

燃驱压缩机组 泵组技术和应用的现状及展望 = Status Quo and Prospects of Gas Turbine-driven Compressor Set/Pump Group Technologies and Their Applications [刊, 汉] JIGuim ing WU Qiong WANG Chong et al (CSC Harbin No. 703 Research Institute Harbin China Post Code 150078) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2011, 26(3). — 259 ~ 264

Analyzed was the current status concerning applications of gas turbines in natural gas pump units (GPU). It is noted that gas turbines constitute the key equipment items for realizing applications of long distance gas and oil transmission technologies. Around such applications, some imaginations and suggestions were given for China to develop and apply them in gas turbines and establish China's own gas turbine industry. It is also pointed out that industrial marine gas turbines should be developed by tightly focusing on the demands of China, the principles of starting from a high start point, one machine for multiple purposes and wide applications followed, and a proper power grade for the unit under development for applications, carefully chosen. The adoption of a generalization design can achieve multiple purposes. The use of an "Aquarius" device together with a COGAS one in a gas turbine-driven compressor set/pump group can attain the aim of enhancing both the power output and efficiency. Key words: natural gas pump unit, gas turbine, compressor set/pump group, gas/oil transmission pipeline

应用遗传算法优化设计微型燃气轮机原表面换热器 = Optimized Design of the Original Surface Heat Exchanger of a Micro Gas Turbine by Using the Genetic Algorithm [刊, 汉] LIANG Hong-xia SUO Jian-qin (College of Power and Energy Source, Northwest Polytechnic University, Xi'an, China, Post Code 710072), WANG Qiu-wang (College of Energy Source and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2011, 26(3). — 265 ~ 270

A method combining the thermal performance design with the genetic algorithm-based searching process was presented for optimizing in structure the herringbone staggered corrugated plate type original surface heat exchanger of a 100 kW micro gas turbine. With the lightest weight and the maximum heat exchange compactness degree/weight serving as the target functions respectively, the overall dimensions of the core and the structural dimensions of the heat exchange surfaces of the heat exchanger in question, employed as the optimization variables of which the optimum values were to be sought, were optimized. The genetic algorithm-based program adopted the binary coding, championship choice, uniform crossover, single point variation, share technology and best choice strategy in a niche. The optimization results show that compared with the original data, the weights and heat exchange compactness degrees under the two target functions decrease and increase respectively to various extents, and the total pressure drops at both sides somewhat decrease compared with the original ones. It has been found through a comparison of the optimization results obtained by using the two target functions that the optimization method with the maximum compactness degree/weight serving as the target function can achieve an effectiveness better than that with the lightest weight serving as the target function. Key words: micro gas turbine, herringbone staggered corrugated sur-