

长输管道燃气轮机输出功率影响因素 定量分析

赫德明^{1*},周景权²,刘伟旭²,张 博¹

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司,天津 300457;

2. 中国石油管道公司(管道销售公司),河北 廊坊 065000)

摘要:通过对长输管道燃气轮机功率影响因素(环境温度、海拔高度、进气损失、排气损失、性能损失、污垢损失)的定量分析,并结合实际运行经验推导出燃气轮机输出功率的综合影响公式。此外在实际工程运行中还可根据定量数据制定燃气轮机输出功率的调整方案。

关键词:长输管道;燃气轮机;输出功率

中图分类号:TE832

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)03-0198-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.03.050

Quantitative analysis of influencing factors on gas turbine output power for long-distance gas pipeline

HE De-ing^{1*}, ZHOU Jing-quan², LIU Wei-xu², ZHANG Bo¹

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. Petrochina Pipeline Company (Pipeline Marketing Company), Langfang 065000, China)

Abstract: The quantitative analysis of influencing factors on gas turbine output power for long-distance gas pipeline is performed, including ambient temperature, altitude, inlet pressure loss, exhaust pressure loss, performance degradation, loss caused by fouling, etc. On the basis of the analysis results, a formula considering the comprehensive influencing factors is proposed in combination with practical operating experience. Furthermore, it is possible to develop adjustment plan for gas turbine output power according to quantitative data in our work.

Key words: long-distance gas pipeline; gas turbine; output power

中海石油化学股份有限公司一期化肥装置的燃气轮机(02-MT01)是从意大利新比隆公司引进的工业用燃气轮机,型号 PGT-10,该燃气轮机在 38℃、100% RH(相对湿度)时无蒸汽注入的情况下的最大输出功率为 8 750 kW,工艺压缩机需求的功率为 8 520 kW,运行一段时间当输入条件发生变化时,无蒸汽注入的情况下最大输出功率仅为 7 853 kW^[1],严重不能满足工艺压缩机需求,其主要原因为该燃气轮机选型时没有充分考虑燃气轮机机组在实际运行中的各种因素导致的功率损失,选用较小的燃气轮机,暴露出设计选型的缺陷。长输管道因地理区域跨度比较大,其燃气轮机选型更不能一概而论,因此对长输管道每座压气站场选择一款合适燃气轮机机型显得尤为重要。输出功率是燃气轮机选型首要考虑指标,因此对燃气轮机功率影响因素的定量分析至关重要,本文中根据国外相关规范及经验推荐值对影响燃气轮机功率影

响因素进行了综合定量分析,为长输管道燃气轮机选型提供理论依据。

1 燃气轮机特点

长输管道燃气轮机是利用管道本身输送的天然气的能源介质,将热能转换为机械能,因此燃气轮机可用于电力缺乏地区。同时因燃气轮机本身不需要冷却,所以更适合于在缺水干旱地区使用。并且随着气温降低燃气轮机的最大输出功率反而增大,这一特点特别适合于一般干线管道的调峰规律。

燃气轮机结构简单,体积和重量小,比较容易对其热力过程实现自动控制。燃气轮机主要特点有:①结构紧凑,重量轻,体积小,占地面积小;②启动快,从冷态启动到满负荷,通常在数分钟至半小时之间;③安装周期短,燃气轮机可以在 1~2 个月安装好并投入运营;④运行平稳,可靠性高,据统计大量机组的停机事故率仅为 1%。

2 燃气轮机现状

目前国外先进的燃气轮机厂家主要有 RR、GE、西门子、索拉等公司,其中 RR 公司航改型燃气轮机在全世界天然气管道上得到了广泛的应用,公司已累计向世界范围的用户交付了 54 000 台燃气轮机,该公司的燃气轮机功率主要在 4.1~8 MW。GE 公司燃气轮机在国内西气东输管道上已开始使用,其公司的燃气轮机功率主要在 11~130 MW。索拉公司的燃气轮机系列产品大约占据世界同等功率范围燃机市场的 60%,该公司的燃气轮机功率主要在 1~22 MW,该燃气轮机在中国用户包括中石油、中海油和中石化,燃机总数超过 180 台。西门子公司的燃气轮机在世界范围内也广泛被使用,其功率主要在 5~50 MW。

3 燃气轮机功率影响因素分析

燃气轮机功率影响因素主要有环境温度、海拔高度、进气损失、排气损失、性能损失、污垢损失、湿度,其中湿度对热耗有影响,对功率通常不需要修正。

(1) 环境温度

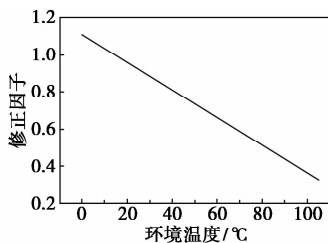


图1 温度影响燃气轮机功率修正图

对温度影响燃气轮机功率修正图(图1^[2])进行

定量处理,近似得到:

$$\eta_t = -0.00747t + 1.112119$$

式中, η_t 为温度对燃气轮机功率的修正值; t 为环境温度,°C。

由以上公式可见温度每升高 10°C,燃气轮机的功率降低约 7.47%。

(2) 海拔高度

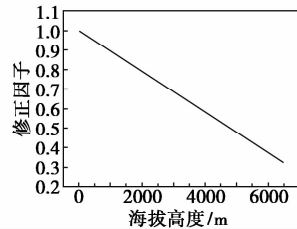


图2 海拔影响燃气轮机功率修正图

对海拔影响燃气轮机功率修正图(图2^[2])进行定量处理,近似得到:

$$\eta_h = -0.000103867h + 1$$

式中, η_h 为海拔高度对燃气轮机功率的修正值; h 为海拔高度,m。

由此可见,海拔高度每升高 100 m,燃气轮机的功率降低 1.038 67%。

(3) 进气损失

进气损失是外面空气通过入口过滤器和消音器时产生的压降。

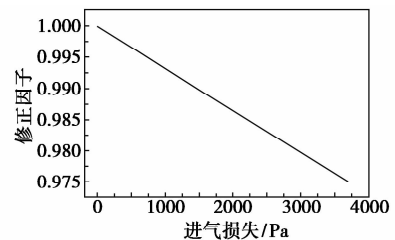


图3 进气损失影响燃气轮机功率修正图

(上接第 197 页)

参考文献

- [1] 漆萍.我国石油管道防腐技术取得新突破[J].炼油技术与工程,2013,(4):17.
- [2] 吴青.浅议油气输送管道腐蚀的原因及防腐措施[J].科技资讯,2012,(9):33.
- [3] 王玉春.绥靖油田腐蚀现状及腐蚀机理研究[J].榆林学院学报,2009,19(2):63-64.
- [4] 王平.对有阴极保护措施的埋地输油管道腐蚀现象的分析[J].油气储运,1991,10(2):33.
- [5] 王泉.以管道防腐为例浅谈防腐材料技术的新发展[J].科技创新导报,2014,(13):135.

- [6] 张绍举.石油管道硫化氢腐蚀与防护对策分析[J].石油化工设备技术,2011,(6):35-38.
- [7] 李江.石油管道勘察项目管理流程及应用[J].现代商业,2012,(21):154-155.
- [8] 王书浩,孟力沛.秦京输油管道腐蚀机理分析及腐蚀检测[J].油气储运,2008,27(2):36-39.
- [9] 胡洪宣,李明.埋地油气混输管道的腐蚀机理与防护研究[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2008,30(6):367-368.
- [10] 张宝岭,陈玉华,孟凡刚,等.管道无机非金属防腐涂层研究现状[J].管道技术与设备,2005,(2):36-38.
- [11] John E Strutt, Keith Alis opp, David Newman. Reliability prediction of corroding pipelines[J]. Pipeline Technology, ASME 1996,(5):495-509. ■

对进气损失影响燃气轮机功率修正图(图3^[2])进行定量处理,近似得到:

$$\eta_{ip} = -0.000\ 016\ 07ip + 1$$

式中, η_{ip} 为进气损失对燃气轮机功率的修正值; ip 为进气损失,Pa。

由此可见当进气损失为1 000 Pa,燃气轮机的功率降低1.607%。

(4) 排气损失

排气损失是废气通过排气烟囱、消音器和能在燃气轮机上形成背压的热回收设备所产生的压降。

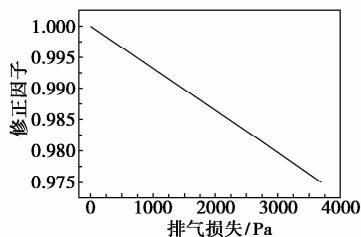


图4 排气损失影响燃气轮机功率修正图

对排气损失影响燃气轮机功率修正图(图4^[2])进行定量处理,近似得到:

$$\eta_{ep} = -0.000\ 006\ 83ep + 1$$

式中, η_{ep} 为排气损失对燃气轮机功率的修正值; ep 为排气损失,Pa。

由此可见当排气损失为1 000 Pa,燃气轮机的功率降低0.683%。

(5) 性能损失

燃气轮机按照20年使用寿命计算,燃气轮机功率损失 η_p 为7%^[3]。

(6) 污垢损失

根据相关运行经验,污垢对燃气轮机的功率损失 η_f 为2%。

此外燃气轮机在进行功率选型时还应考虑设计余量 η_m ,设计余量为4%^[4]。由以上分析可知,环境温度、海拔高度、进气损失、排气损失、性能损失、污垢损失因素对燃气轮机功率均有影响,其中影响最大的为环境温度。燃气轮机总的功率修正系数等于环境温度修正系数×海拔高度修正系数×进气压力损失修正系数×排气压力损失修正系数×性能损失修正系数×污垢损失修正系数×设计余量修正系数。即:

$$\eta = \eta_t \times \eta_h \times \eta_{ip} \times \eta_{ep} \times (1 - \eta_p) \times (1 - \eta_f) \times (1 - \eta_m)$$

燃气轮机最小ISO选型功率:

$$\min P_{ISO} = P/\eta$$

式中, $\min P_{ISO}$ 为燃气轮机最小选型功率; P 为工艺所需输出功率。

例如在巴基斯坦拟建的瓜达尔-纳瓦布沙输气管道项目中,纳瓦布沙环境最高温度为50℃,海拔高度为34 m,大气压力为0.100 917 MPa,进气压力损失与排气压力损失均按照980.665 Pa计算,此时燃气轮机总的功率修正系数为74.7%×99.6%×98.5%×99.1%×(1-7%)×(1-2%)×(1-4%)=63.53%,此时假定所需燃气轮机输出功率为10 MW,则燃气轮机的最小ISO选型功率为10÷63.53%=15.74 MW。

4 结语

燃气轮机选型时首先考虑环境温度、海拔高度、进气损失、排气损失等因素影响,此外还应考虑工艺工况变化,包括流量、压力、相对分子质量发生变化等。结合工程实例、国外规范及经验数值对燃气轮机选型提出了综合计算公式,对实际工程中燃气轮机选型有一定的指导意义,但上述综合公式的计算值仅为理论值,各种影响因素的修正参数会因不同厂家燃气轮机特性曲线的不同而稍微不同。

通过对燃气轮机输出功率影响因素的定量分析,不仅可以为实际工程燃气轮机选型提供理论依据,同时也为实际工程中已选定燃气轮机输出功率提供了调整对策方向。

参考文献

- [1] 陈忠伟. 燃气轮机功率影响因素分析及对策[J]. 燃气轮机技术, 2007, 20: (2): 70-72.
- [2] Gas Processors Suppliers Association, Engineering Data Book[M]. 12th Edition, Tulsa, Oklahoma: Gas Processors Suppliers Association, 2004.
- [3] Boyce M P. Gas Turbine Engineering Handbook[M]. 2th Edition. Boston: Gulf Professional Publishing, 2001.
- [4] API 617—2014, Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors for Petroleum[S]. USA: Chemical and Gas Industry Services, 2014. ■