

燃气轮机间冷器设计分析

宋宇

中国航发燃气轮机有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要] 文章主要针对燃气轮机中间冷器设计进行简要分析, 先介绍了燃气轮机间冷器和设计原则, 随后介绍了燃气轮机设计与性能, 最后介绍了淡水参数的影响和非设计工况下的应用性能, 希望能给相关人士提供有效参考。

[关键词] 燃气轮机; 间冷器; 设计分析

DOI: 10.33142/aem.v2i4.1981

中图分类号: TK473

文献标识码: A

Design and Analysis of Gas Turbine Intercooler

SONG Yu

AECC Gas Turbine Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: This paper mainly analyzes the design of gas turbine intercooler, first introduces the intercooler and design principle of gas turbine, then introduces the design and performance of gas turbine, finally introduces the influence of fresh water parameters and the application performance under non design conditions, hoping to provide effective reference for relevant people.

Keywords: gas turbine; intercooler; design analysis

引言

间冷循环的燃气轮机和一般的燃气轮机相比, 其运行热效率有所提升, 同时功率比大概能够提高 25%左右, 整体油耗降低 30%到 40%之间, 能够有效改善低工况条件下, 操作经济性变差问题, 这也逐渐变成燃气轮机主要发展趋势。

1 燃气轮机间冷系统设计分析

间冷回热循环主要是以简单循环条件下, 将间冷器设置于高低压气机中间, 同时在排气口设置回热器。间冷回热循环中, 相关间冷器主要设置于燃气轮机的高低压气机之间, 实施冷却处理。能够将流入高压压气机内的气流温度有效降低, 从而进一步减轻高压压气机运行功耗, 提升燃气轮机整体输出功率, 同时还能控制高压压气机出口位置的温度状况, 如此能够进一步扩大回热器液体温差, 促进回热器运行效率低的全面提升^[1]。

2 设计要求

间冷器的操作性能会对整个燃气轮机运行效果产生直接影响, 为此需要科学设计间冷器。通常在间冷器设计中需要满足下面几种条件: 第一, 在进口温度和液体流量等工作条件固定情况下, 满足相应的流体出口温度和传热量要求。第二是尽量降低流体压降, 从而控制设备运行能耗。第三是满足相关重量和尺寸要求。第四是可靠性与安全性, 满足工作温度、工作压力、应用寿命、应用性能等要求。第五是提高制造工艺的实效性, 保证选材质量, 减少初期投资规模。第六是方便进行维修、运输与安装。上述种种条件要求之间能够彼此互相制约、互相影响, 在不同条件下, 相关性要求也各不相同, 为此需要合理设计。

3 燃气轮机间冷器设计和性能

此次主要是对平直矩形翅片间冷器进行研究, 设计中, 需要对以下两种性能参数进行重点考虑, 即间冷器实际温降和压降, 需要尽量控制间冷器压降, 不然便会增加耗油率。间冷器需要保证较大的换热能力, 从而在限定空间和压降通道中获取更多热量, 促进高压压气机的运行效率。因为无法在尺寸限定范围内同步实现温降和压降两种目标, 所以应该针对间冷器相关流动参数和结构参数实施全面优化设计, 促进间冷器流动换热性能的有效提升, 进一步满足燃气轮机相关设计性能和结构要求。间冷器内介质流通渠道换热量可以通过 CFD 进行准确计算, 最终获得关于冷热介质较为详细的换热过程, 为优化设计间冷器相关结构参数体用有效的改进方向^[2]。

此次研究中的间冷器结构主要是受到安装位置影响, 间冷器主要分为机内设置和机外设置两种形式, 对于此次燃气轮机来说, 因其自身尺寸结构特征, 需要进行机内设置方式。燃气轮机相关间冷器呈现为环型模式。高压压气机相关气流输出率先流经扩压流道, 开始出现减速现象, 随后按照适合速度流入间冷器内, 随后气流收缩, 快速进入高压

压气机当中。该种设置方式,能够促进渐冷流路的全面简化,优化整体结构设计,此外还能降低渐冷流路中相关压降损失,促进高压压气机整体传输气流通流场质量的有效提升。此次主要是以多模块间冷器设计方案为主。

沿周向设置了间冷模块十个,其中以两个模块为两组,各组能够进行单独拆卸,实施有效维护,冷却介质主要是顺着中间流入,随后通过模块两端流出,和热气共同形成一种叉逆流换热方式。各个间冷模块在三种方向上外形参数并非是彼此独立的,间冷器相关气体流动宽度、流动长度以及间冷模块安装区域具有一定联系,轴向厚度会被燃气轮机轴向尺寸大小所影响。

为了进一步降低降低低热气一侧的流动压降,可以采用简化处理工艺,间冷器相关两侧冷热介质全部选择平直翅片,考虑间冷器内部通道中的传热流动特征,发现需要消耗大量资源。借助换热器、传热单元相关设计方法,准确分析计算间冷器传热流动性能。结合介质沿程温度波动变化设计冷热介质平均温度,相关物性参数计算主要是通过内置数据库插值获得。

通过中等功率燃气轮机相关参数条件,对间冷器换热性实施合理设计,相关设计参数主要是 ISO 标准下燃气轮机运行状态为准。间冷器热侧气体相关进口温度是 161 摄氏度,而整体流量是每秒 75 千克,整体压力为 0.35MPa,冷却介质主要是选择淡水,流量是每秒 90 千克,温度状态为 20 摄氏度。相关约束条件是限制间冷器流道外径最大值是 1025 毫米,轴向尺寸厚度最大值是 360 毫米。基于结构尺寸限制内,可以针对间冷器参数实施全面的优化设计,可以选择铜镍合金等材料制作间冷器。

当下在铜镍合金板翅可行加工条件下,通过系统分析板翅间距、厚度等参数,明确翅片与板片相关结构参数。在 ISO 标准状况下,燃气轮机运行中,相关间冷器运行效率应该大于 0.8。为了在轴向尺寸和燃气轮机高度等条件限制下,对间冷器相关结构进行优化设计,需要在间冷器外径极限尺寸下,对所在区域内部直径进行调整,在翅片间距和板间距保持不变条件下,获得间冷器侧出口温度变化和总压恢复系数。对间冷器总压恢复系数以及出口温度进行综合考量,明确其对于燃气轮机操作性能的影响,得到间冷器结构参数。

4 淡水参数的影响

燃气轮机在设计间冷器时,需要重点关注经过间冷器的压降以及气体温降,如果间冷器相关结构尺寸为固定状态,则可以通过扩大间冷器的流通淡水流量控制出口气体温度。从气液换热角度分析,气侧相关对流换热系数远远低于液侧换热系数,为了进一步提升换热效率,需要适当增加注气侧的换热系数,但因为此次燃气轮机中的间冷器尺寸受限,而气侧压降过高会影响燃气轮机整体应用性能,甚至远远超出气体温降的影响。所以在尺寸限制和有限压降提高气侧换热效果基础上,可以适当扩大液侧换热系数,从而强化间冷器整体换热性能。液侧换热效果跟随流量提高而不断扩大,并逐渐呈现出一种渐变效果。如果液侧流量扩大,则渐冷系统液侧管道尺寸也将不断扩大。所以想要优化间冷器操作性能,需要合理设计液体流量。

以某个符合设计要求尺寸的间冷器为例,系统研究液体流量波动对于间冷器运行效果的影响。通过分析图示内容可以发现,在液体流量不断扩大条件下,间冷器运行效率逐渐提升,速度变快,但在液体流量扩大到某种条件后,继续增加,则间冷器运行效率会逐渐平缓下来。综合分析后,此次研究的燃气轮机相关间冷器液体流量确定为每秒 90 到 100 千克。

5 非设计工况下主要性能

燃气轮机实际操作性能要求非设计点和设计点的操作都需要满足基础性能要求。了解燃气轮机在非设计点中的操作性能,并提出某种运行参数下,非设计点操作性能下燃气轮机的压力恢复系数以及换热系数波动。在确定液侧流动参数和间冷器尺寸结构后,联系非设计状况下,燃气轮机的流动参数条件,联系间冷器选定的结构尺寸参数,合理分析计算间冷器尺寸与结构参数,了解间冷器压力恢复状况和运行效率变化。

6 结语

综上所述,在非设计工况下,燃气轮机中的具体流量则成为影响间冷器应用性能的主要元素,所以进行设计时,需要对设计点运行工况进行全面优化设计,针对非设计点相关间冷器明确具体性能参数,方便对燃气轮机整体操作性能进行掌握。

[参考文献]

- [1]曹辉,刘荫泽.1次表面换热器在舰船燃气轮机间冷系统中的应用[J].航空发动机,2017(03):38-42.
 - [2]龚昊.间冷回热涡扇发动机循环参数优化及间冷回热器设计方法研究[D].西安:西北工业大学,2016.
- 作者简介:宋宇(1987.8-),男,毕业院校:北京理工大学;现就职单位:中国航发燃气轮机有限公司。