

天津翔悦

天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

燃气轮机压气机冷却技术研究

A Study on Inlet Air Cooling Technology of Gas Turbine

华北电力大学(071003) 张俊文 李洪涛

摘要: 本文详细分析了儿种常用的燃气轮机压气机冷却技术的特点, 给出了燃气轮机进气冷却方案选择的依据。

关键词: 燃气轮机 压气机 进气冷却

Abstract: This paper analyzed several kinds of gas turbine cooling methods and discussed the select of cooling projects.

Keywords: Gas turbine, Compressor, Inlet air cooling

1 前言

燃气轮机的一个特点是约三分之二透平产生的功率消耗于驱动压气机, 并且, 环境空气温度越高, 消耗于压气机的功率就越大, 从而导致燃气轮机名义功率的减小。采用燃气轮机进气冷却技术可以降低燃气轮机进气温度, 在同样的透平入口温度下, 压气机进气温度越低, 其温比就越大, 温比越大燃气轮机的输出功率就越大。同时, 降低燃气轮机的进气温度可以提高进气总空气量, 减少压气机的单位耗功, 也使燃气轮机的输出功率与热效率得到增加。

采用进气冷却技术可以有效地提高燃气轮机电厂的出力和效率, 取得良好的经济效益。对于不同地区不同运行条件的燃气轮机电厂, 应根据当地的空气相对湿度、有无低品位热能可利用或有无廉价低谷电的优惠政策来决定应该采用那种进气冷却方式。通常, 常用的燃气轮机进口空气冷却技术概括起来主要有制冷式冷却和蒸发式冷却两种。

2 制冷式冷却

制冷式冷却主要是靠安装在燃气轮机热交换道内的热交换器来降低燃气轮机进气的温度, 根据所采用的制冷系统形式的不同又可有多种类型, 如吸收式制冷冷却、压缩式制冷冷却、蒸汽喷射式制冷冷却。

2.1 吸收式制冷冷却

吸收式制冷系统是利用低位热能进行制冷的, 而不是以消耗电力作为代价进行制冷的, 对于余热相对较大的燃气轮机而言是一个突出的优点, 通常情况下吸收式制冷系统所需的热量约占燃气轮机透平余热的5%左右, 所以, 对提高机组的经济性极为有利。其另一个特点就是在制冷负荷较大时, 其效率基本维持在一个较高的水平, 这对燃气轮机的进气冷却是非常有利的, 尤其是对那些气温变化较大的地区。

吸收式制冷冷却有氨吸收式制冷冷却和溴化锂吸收式制冷冷却两种形式, 其中, 氨吸收式制冷虽然可以获得较低的制冷温度, 但其设备庞大、占地面积多、造价高且防爆等级要求较高。因此, 目前在燃气轮机进气吸收式制冷冷却系统中主要采用溴化锂吸收式制冷冷却装置。

溴化锂吸收式制冷冷却装置一般是由四个模块组成: 制冷模块、盘管模块、分配模块和电气控制模块。制冷模块单独装在底盘上, 包括制冷、散热和泵送设备, 还包括管路和各部接头。盘管模块包括冷却盘管、制冷机的供给与回流管路和进气过渡室接口设备。还有除雾器、凝结水盘和排水装置。分配与

电气控制模块包括管道、管道支架、输水管道以及连接制冷模块与盘管模块的电路和底座。电气控制模块包括所有用于控制的硬件、软件和电路。

该制冷装置一般使用联合循环电站的蒸汽作为热源，从联合循环气轮机的抽气口进行抽气，蒸汽通过散热盘管的换热使压气机进口温度下降，从而降低压气机耗功，增加了透平输出功率。另外，该制冷装置的环保性能优良，其工质对大气层无破坏作用，运动时无振动，噪音很低，已经得到了成功的应用。

2.2 压缩式冷却

压缩式冷却主要是在压气机进气喇叭口出注水，让空气冷却到接近湿饱和温度，这样就降低了压气机进口温度，使压气机效率得到提高，同时，由于水滴添加到压气机的空气流量中使压气机总空气流量增加，因而燃气轮机的输出功率增加。

另一种压缩式冷却是在压气机入口喷水，在把水喷入循环空气时，燃气轮机部件内产生的热力及气动过程是十分复杂的并具有很多特点，喷水的效果取决于压气机的结构型式及其压比、喷水量、喷水位置、燃气轮机的工况和外部空气的温度等一系列因素。由于向通流部分内喷入水，压气机内也出现了一些附加的损失：水滴的加速、水滴对工作轮的制动、由于存在液膜在附面层内损失的增加等。

压缩式冷却技术中最常用的就是湿压缩技术了，该系统主要部件有泵组模块、电气和控制系统、罩壳、控制阀、管道、喷嘴以及支持件、排水口与内衬或涂层、修改的燃气轮机控制系统、接地刷等。该系统模块化的设计使系统的现场安装变得容易。另外，该系统的设计考虑了诸如压气机汽缸变形、压气机叶片磨蚀、水回到冷却回路、转子上产生静电荷、燃烧室动压脉动、排放量控制等方面进行了全面的考虑，所以，该系统是可靠的。

3 蒸发式冷却

蒸发式冷却技术的原理是利用水在空气中的蒸发时所吸收的潜热来降低空气温度。当未饱和的空气与水相接触时，两者之间便会发生传热、传质过程。结果使空气的散热变为水蒸发所吸收的潜热，从而使其温度降低。一般蒸发冷却有进气蒸发冷却和雾化式蒸发冷却。

进气蒸发冷却装置是在进气过滤室与进气室之间安装蒸发冷却装置，它需要一个很小的泵组，向蒸发器泵送冷却水。冷却水在蒸发器中汽化，从压气机的吸入空气中吸收热量，从而降低了压气机的进气温度。这个装置的显著特点是消耗的能量较少，在相对湿度越小的地方，对进气的冷却效果越好。该装置采用的冷却水是常温的自来水，如果使用经过制冷装置生产出来的低温制冷水作为蒸发冷却装置的冷却水，其作用将更加突出。

雾化式蒸发冷却的机理是使空气经过一个绝热加湿过程来降低其干球温度。其装置是在燃气轮机空气过滤器的下游、消音器的上游，安装一组雾化水喷嘴，用高压水泵供水，高压水在雾化喷嘴中雾化为几级微小的水滴，然后将高细度的雾化水喷入气流中，依靠细微的水滴颗粒对空气进行加湿与冷却。

为了是燃气轮机输出功率更大，Florida电力公司把雾化冷却技术改进为过量喷雾内冷却技术，这种技术通过在进气流中注入超过可蒸发量的雾化水而实现。为蒸发的雾化水滴进入压气机，并在那里蒸发和进一步冷却压缩空气，从而通过使进气降温和比重增大而增加额外的燃气轮机输出功率。

对于雾化式蒸发冷却器，其喷嘴的雾化角、雾化粒度等因素对蒸发和冷却效果有较明显的影响，当雾化角较小时，应采取逆向喷射的方案。对雾化式蒸发冷却器的喷水量应进行合理控制。喷水量过小，达不到最大蒸发冷却效果，而喷水量过大，则起不到改善的作用。超量喷雾装置的喷雾量一般控制在进气流量的0.6%~1%的范围内，这样可使轴流式压气机有一个足够的防喘振裕量。

雾化式蒸发冷却器具有空气阻力小的特点，它不受空气饱和度的限制，对空气的冷却强度较高。且系统简单，投资少，回收周期短，运行维护方便，耗功极少，但受环境空气相对湿度的限制。对于我国北方和西部地区干燥炎热的气候条件，蒸发冷却具有十分广阔的应用前景。

通过本文分析比较的多种对燃气轮机进气的冷却方式,我们得出结论,要出去进入燃气轮机的热量,采用制冷式冷却方式是最合适了,其中,溴化锂吸收式制冷机是利用燃气轮机排气余热作为动力来源的,不仅可以节约能源、提高经济效益、缩短投资回收周期,而且采用溴化锂水溶液做工质,不挥发、无污染,符合环保要求。

另外,蒸发式冷却作为压气机进气冷却的方式之一,与其它冷却方式相比(如机械压缩式制冷,吸收式制冷等)具有适用范围广(甚至包括在沿海等高湿度地区),系统简单,投资少等独特优点,其一般投资回收期仅在半年左右,尤其在相对湿度较小的地方冷却效果更佳。

5 参考文献

- [1] 尹琦岭。燃气轮机进气冷却技术及应用,化工科技市场,2004,3
- [2] 娄马宝。燃气轮机增加功率的几种途径,燃气轮机技术,2004,9,17(3)
- [3] 吉桂明,李汇文。向压气机内喷水对燃气轮机性能的影响,燃气轮机技术,1999,9,12(3)
- [4] 林 枫,李伟顺,肖东明,闻雪友,张 平。压气机进气用雾化式蒸发冷却器实验研究,热能动力工程,2000,5,15(87)
- [5] 林 枫,闻雪友。压气机的湿压缩特性及计算模型初步研究,热能动力工程,1998,13(6)
- [6] 何语平,祝耀坤。采用进气冷却技术提高燃气轮机的出力和热效率,浙江电力,2004,3

文章作者: 张俊文

发表时间: 2005-07-12 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)