

大型汽轮机组高背压供热改造适用性分析

武江

(山西潞光发电有限公司 山西省长治市 046600)

摘要: 随着社会和经济改革的不断深入,科学技术的发展也愈发蓬勃,汽轮机的应用范围也逐步扩大,不光要承担发电的职责,还肩负着采暖地区的供热重任。现有的供热机组中,出现了很多不足,使得供热系统在实际应用过程中,难以将其效果发挥到最大化,经济效益也较为低下,这就需要进行供热改造。而大型汽轮机采用高背压余热加热的方式,减少了传统抽凝式供热对冷源的浪费,提高了机组的整体供热能力,还能起到节能减排的效果。

关键词: 汽轮机组;高背压;供热改造;适用性

高背压供热,顾名思义就是指在高背压下的运作状态下,要使汽轮机的排汽温度得以提升,进而使用排汽余热加热热网中的循环水,以此来进行供热。换句话说,就是对系统的排汽热进行有效的回收和利用,再将排汽产生的余热用来加热,提高机组的排汽压力,使其达到饱和温度,将多余的热量排放到供热系统中去,进而使其加热。本文以 350MW 空冷高背压供热改造为例,通过研究和分析,讨论了回水温度变化对高背压供热机组发电功率和最大供热力产生的影响,以及对高背压梯级供应机组的热经济性进行了分析。判断机组和热网系统的内部联系,最大限度地发挥高背压机组的供热潜能,推测其适用范围,探索并得出实际高背压机组供热改造的适用性条件。

一、高背压供热改造原理与内容

高背压供热的工作原理表现为,通过提高低压缸中的排汽压力,来提高排汽温度,利用排汽余热加热热网中的循环水温度。简而言之,就是要让凝汽器的汽能转换作用,加热水汽,再利用机组排泄的汽化潜能加热热网中的循环水。这种方式的优点就在于,可以最大限度地降低能源的损失,使机组的循环热效率得以充分提升,供热量大幅增加,供热面积也达到了最大化。在长久以来,国内常用的两种供热方式是背压式机组和抽凝式机组。通常来说,不超过 50MW 的汽轮机组供热时,选择较为宽泛,高背压机组或者可调抽汽式机组均可使用;而不低于 100MW 机组,往往对比之下会选用抽凝式供热。在相同的运行工况下,这两种供热方式发电损耗的煤量大约相差 100g 左右。相对比而言,热经济性的最大的差异在于,在进行供热时,高背压机组可以保证冷源全部被利用;而抽凝式机组则只能利用部分的抽汽,尽管汽轮机的排泄量也有所减少,但仍存在较大的能源浪费。

由汽轮机的工作原理,也不难可以看出机组背压与直接机组的发电功率有着密切的联系,具体表现为背压升高,发电功率则会降低;若采用高背压机组供热,供热量的多少,会对背压和供热系统的抽汽量产生不同程度的影响,间接引发了机组的发电功率的变化。

本文以 330MW 汽轮机组为例,通过对其供热时各项数值变化的观察和分析,可以看出高背压供热机组的发电功率和机组运作时的背压,以及抽汽量三者之间的关系。明显可以看出,在背压值不变的情况下,对抽汽供热的利用率提高时,机组的发电功率会大幅减少,这一结果与背压提高时变化一致。在冬季对采暖地区进行供热时,采用高背压供热,其排汽压力与蒸汽比容成反比,排汽压力的提高,对应的是蒸汽比容的降低,受其影响,汽轮机中的蒸汽流动速度也会发生变化,甚至会改变其入口的角度。因此,高背压隔板和转子叶片就该派上用场了,这两种设备的制造还要依赖于低压缸通流地设计。出于对纯凝工况运行效率和高背压工况的设备安全的考虑,建议在改造过程中,更多地采用双转子双背压互转方案。简单来说,就是方案交替使用,在准备对采暖地区大量供热之前,可选择使用高背压低压转子,反之则替换成纯凝低压转子,这样,相应的冷却水系统和热网也会做出对应的切换。

高背压供热改造的内容相对比较复杂,不仅包括汽轮机低压缸、凝汽器、水泵汽轮机、真空泵和发电机冷却系统的改造;同时,还包括凝结水清除盐系统、轴封加热器系统、抽汽系统的改造;除此之外,还有对供热站和热网管道的制造和改造。

二、回水温度影响高背压供热机组的发电功率

通过研究和分析,可以明显观察到,回水温度对高背压的余热利用有非常大的影响。一旦回水温度发生变化,余热的利用率也会跟着发生相应的改变,这一改变导致抽汽量也会有所变化,从而影响机组的热经济性。那么,回水温度对高背压供热机组性的影响,还需结合以下分析来看:如果供热面积为 600 万平方米,那么可以计算得出,供热量就可达 288MW,用传统的未经改造的汽轮机进行抽汽供热,发电功率具体为 269.5MW。将回水温度控制在 36℃到 60℃之间,那么供回水温差为 50℃,供热量控制在一定的范围内。而使用改造后的高背压供热时,通过计算在回水温度变化的情况下,排汽余热地利用比率和相对应的汽轮机组的发电功率。最终,可以得出结论:当回水温度较低时,在同样的供热量下,

需要的供热量大,排汽余热的利用率会达到最大化,机组的发电功率也会相应提高。相反,如果回水温度升高,供热量不变的情况下,排汽余热并没有被全部利用而有剩余,伴随着机组的发电功率也会降低。其中,最关键的一部分在于,当回水温度恰好为 59°C 时,机组的发电功率会达到 269.5MW ,这和抽汽供热发电功率结果竟然一致。如果这时候,回水温度还在持续上升,那么对于排汽余热的利用率会呈现大幅下降的趋势,那么此时,高背压热经济性甚至不如改造前传统的抽汽式供热。甚至还会导致大量未被利用的多余蒸汽被排放到空冷岛使得热量损失的情况极其严重,需要投入更多的财力来弥补损失,让更多高品位的抽汽加大供热量来满足供热量需求。因此,高背压供热机组没有普适性,而是有一定的条件约束。恰恰相反,我国各地区热网差异较大,运行参数各地都不尽相同,因此,从热经济性的角度来看,如果使用高背压供热机组来取暖,其更加适用于回水温度较低的地区。

三、回水温度影响高背压供热机组的最大供热量

汽轮机排汽可为供热系统提供热量,而采用高背压机组供热更能将这种排泄的汽化潜热功能发挥至最大化,大大提高其供热能力。但这种供热量并不具有稳定性,一旦网回水温度发生变化,就会对排汽余热的利用率产生影响,进而使得整个机组的供热能力产生变化。为了探索并研究这个问题,我们可以假设,如果排汽余热的利用率达到最大,那么此时的机组能够提供的最大供热量是多少,这个最大热量就包含余热供热量和抽汽供热量两部分。如果供回水温度和抽汽量都不尽相同,就需要对其做出相应调整,计算出在回水温度不同的条件下,高背压机组最多可以提高多少热量,此时的发电功率达到多少。同时,可以看出的是,如果回水温度低于 49°C ,那么机组的最大供热量也会受到影响得到相应的提升,与之相反的是,发电功率的下降幅度也较为明显。这是由于回水温度较低,使得高背压机组的余热利用率提高,在总供热量中,余热供热量占的比重较大,那么对应的,抽汽供热量所占比重就会减少。但当回水温度回升时,余热的利用率会降低,抽汽量反倒增加,最大供热量也持续上升,此时,发电量会相应减少;如果回水温度高于 49°C ,对余热供热的利用会相对减少,主要用抽汽来承担供热任务,但碍于不限量的抽汽所带来的威胁,抽汽量有一定的限制,当达到那个界限,排汽量就会保持不变,相应的,发电功率也会固定不变;但如果回水温度不低于 49°C ,余热就不能被充分利用,存在剩余的情况,这会对冷源造成一定的损失,不能达到最大供热量;若回水温度低于 56°C 时,高背压机组的优势就会凸现出来,其最大供热量要远远高于传统最大供热量。高背压机组的一大显著优势,就在于它供热能力的增强,热电比平均水平也都高于 100% ,甚至当回水

温度达到 49°C 时,在一般工厂的用电率条件下,它的热电比仍能达到 200% ,达到事半功倍的供热效果,这大大满足了采暖地区的供热需求,不再是用热多用电少,缓和了热电转化利用矛盾,使得汽轮机组对热电的调峰能力也大大提升。

四、利用梯级供热的高背压机组的热经济性

对高背压梯级供热机组的热经济性分析,主要依据发电热效率和发电标准的煤损耗率来进行评价。由于高背压供热系统通过排汽,利用余热加热,提高其供热能力,与此同时,机组的热经济性也会随之产生变化。

对不同供热面积下,高背压供热机组运行状态下,各项数值的变化进行记录,借用变工况性能法,结合研究地区高背压机组改造后供热时的实时数据,计算出各项数值的平均值。假设供回水温度为 $95/45^{\circ}\text{C}$,利用数据模型和公式运算,可以得出高背压供热机组在此条件下的最大供热量可达 489MW ,其供热面积在此时也达到了最大为 1020 万平方米。接下来,对比在供热面积不同时高背压供热机组的发电热效率呈怎样的变化趋势,煤耗量数值如何上下浮动,可以得出,供热面积和高背压供热机组的发电效率的变化成正比,相反的,与煤量损耗率成反比。还是以 330MW 机组为例,若采用高背压机组供热,假设有 1000 万平方米的供热面积下,那么机组的发电效率就是 88.7% ,而煤的耗损量仅仅为 $138.7\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。结合数值可以看出,高背压梯级供热系统可以最大限度地利用了排汽余热,使得机组效率得到极大的提升,进一步促进了节能减排目标的实现。与此同时,通过观察可以看出,随着供热面积的不断增大,更多地使用排汽余热加热的方式,这样对冷源的浪费机会就大大减少,这就是高背压梯级供热的一大显著优势,因此,在实际改造应用过程中,也要使实际的供热面积无限地贴近最大供热面积,以此来提高高背压梯级供热机组的热经济性。

除此之外,假设回水温度为 $95/45^{\circ}\text{C}$ 时,高背压梯级供热机组相对于传统的供热方式,更为明显的优势还在于,高背压梯级供热时的供热能力得到了显著的提升,大约可达 24.8% ,随之变化的还有供热面积,也增加了 203 万平方米;一般来看,如果按照 100 天来计算供热天数的话,一共可节约发电标准的煤耗量为 4.16 万吨,二氧化碳等污染物的排放量也大幅减少。就目前来说,一般将空冷供热机组的高背压项目改造完成,一共所需投入约 5000 万元,如果按当地价 28 元/ GJ ,机组所需的电费 0.32 元/ $(\text{kW}\cdot\text{h})$,而工厂普遍是 5% 的用电率。持续供热 100 天的话,同样投入一定的煤炭作为燃料,与改造之前的供热方式进行对比,大致估算出在高背压供热改造后,在不同的供热面积下,工厂的经济收益相差多少。不难看出,高背压供热改造后,随着供热面积的不

(下转第 19 页)

(上接第 16 页)
断增加,所带来的经济效益也会扩大化。

结语:

综上所述,本文以 350MW 空冷高背压供热改造为例,通过研究和分析,讨论了回水温度变化对高背压供热机组发电功率和最大供热力产生的影响,以及对高背压梯级供应机组的热经济性进行了分析,得到以下几种结论:

(1) 回水温度的高低会使高背压供热机组对排汽余热的利用,呈现出高低不同的变化。显然,对于回水温度较低的供暖地区,更适合采用高背压供热机组改造。一旦回水温度超过 59℃,高背压机组供热将会变得没有优势,甚至会造成能源的极大浪费。

(2) 高背压机组利用余热进行梯级加热,相对于传统的抽凝式供热方式,供热能力提高了约 24.8%,对应的热电比也大幅增加,区域性的热电运用方面的矛盾都得以缓解,汽轮机供热机组的调峰能力有了极大地提升。

(3) 高背压供热机组的热经济性与供热负荷有着息息相关的联系,具体可表现为:在对高背压供热机组进行改造时,高背压机组的最大实际的供热负荷一定要和其理想最大供热负荷无限接近。例如,如果要求供热机组的供热面积为 1000 万平方米时,那么其供热机组的发

电热效率就是 88.7%,但其发电所损耗的煤量仅仅只有 138.7g/(kW·h),大大地减少了资源的浪费,损耗降低,同时污染的排放量也不高。

总而言之,本文所研究的高背压供热改造的适用性,希望可以为相关工厂或行业提供可参考的建议,但切记一定不可盲目改造执行,要在进行实地调查,对采暖地区的各项数值条件,有了全面详细的了解之后,才能做出决定。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委,国家能源局,财政部,等.热电联产管理办法[Z].2016-03-22.
- [2] 戈志华,杨佳霖,何坚忍,等.大型纯凝汽轮机供热改造节能研究[J].中国电机工程学报,2012,32(17):25-30.
- [3] 邓拓宇,田亮,刘吉臻.利用热网储能提高供热机组调频调峰能力的控制方法[J].中国电机工程学报,2015,35(14):3626-3633.
- [4] 李子中,李惟毅,徐博睿,等.混合工质内置热泵有机朗肯循环冷热电联供系统性能研究[J].中国电机工程学报,2015,35(19):4972-4980.
- [5] 张学镭,陈海平.回收循环水余热的热泵供热系统热力性能分析[J].中国电机工程学报,2013,33(8):1-8.