

炼化企业蒸汽发电机组国产化改进优化及经济效益分析

过悦峰（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：得益于国内经济和科技水平的稳步提升，各行各业的国产改造工作正逐步推行，尤其适用于蒸汽发电机组的运行调整。基于此，文章从炼化企业蒸汽发电机组的应用背景入手进行分析，结合蒸汽发电机组的运行需求及改造需要，分别从余热利用、应急维修两个工作视角入手，分析适用于炼化企业蒸汽发电机组国产化改进优化的实施路径，并利用综合对比的形式，分析机组改造后的经济效益，希望为炼化企业尽快完成蒸汽发电机组的国产化优化改进，获取更稳定的蒸汽发电机组运行效益提供帮助。

关键词：炼化企业；蒸汽发电机组；国产化；改进优化；经济效益

秉持着可持续发展的工作思想，结合双碳的工作要求，做好各行各业的节能减排工作是基于行业长期绿色持续发展需求而提出的新要求、新标准，更是目前的工作重点，也是难点。为了实现对生产过程中的余热利用，提升蒸汽发电机组的应急运转效果，炼化企业工作人员就需要对机组内部进行调整与重构。目前，饱和蒸汽依旧是蒸汽发电机组主要的应用种类，可结合应用对象制定灵活、多元化的蒸汽机组国产化改进策略，具有一定的积极作用与经济效益。

1 炼化企业中蒸汽发电机组国产化改进的应用背景

当蒸汽发电机组处于长期、高负荷运转状况下，就会出现明显的能量传递丢失问题，且在能量的转换过程中，也会产生一定量的额外损耗，降低了蒸汽机组的运行质量。除此之外，由于原有的蒸汽发电机组内部结构比较复杂，因此工作人员无法实现对内部蒸汽气压的合理把控，在后期对机组展开维修及保养工作时，也存在着明显的技术瓶颈。对此，为了响应双碳的节能减排号召，尽可能降低蒸汽发电机组运行时的能量损失，促使蒸汽气流的平稳运行，制定切实可行的压力控制方案，提升蒸汽发电机组的运行稳定性和安全性，工作人员决定对蒸汽发电机组予以国产化改进。通过前期的工作调查结果发现，原有的蒸汽发电机组内部结构存在着明显的交错现象，且机组的运行效率比较慢，甚至也存在着一些细节问题，比如内部结构中线圈的排布走向存在着明显的问题及缺陷^[1]。因此，为了逐一解决上述问题，炼化企业以国产化手段实现蒸汽发电机组的内部结构的调整，工作人员就需要对其内部线圈的排布走向方案进行调整与规划，尽可能提升蒸汽发电机组的运行效率与实际转速。在蒸汽发电机组定子构件的内侧部分，工作人员还利用

均匀绕组的方式，为机组交流电的正弦分布创造了条件，有效降低了高次谐波的发生几率。除此之外，炼化企业工作人员还对机组内部的传动机部分进行调整，除了可以利用比较传统的皮带轮进行传动机构的调整之外，还可以通过调配齿轮啮合角度的方式，以更高效的模式实现蒸汽发电机组的转动。

2 适用于炼化企业蒸汽发电机组国产化改进优化的实施路径

2.1 提升发电机组余热利用率

对蒸汽发电机组进行改造，以国产化的方式和手段完成整个机组的优化工作，可以有效提升蒸汽发电机组运行效率与运行质量，有利于尽快构建更现代化、更具国产特色的蒸汽发电机组。与传统发电技术下的蒸汽发电机组构造形态而言，将新技术、新手段、新方案融入其中，可以提供更优质的基础改进路径，其中，以低压饱和蒸汽汽轮发电为主要的技术形式，工作人员通过利用机组运行时产生的多余烟气进行加工处理，促使烟气可以尽快转变为热水，从而实现大量饱和蒸汽的提纯与获取，再将这些获取的饱和蒸汽注入汽轮机内，以膨胀为主要的做工形式，为发电机组的平稳运行提供更充足的动力条件，从而达到发电的工作总体目标。

其具体的工作流程也比较完善，工作人员可以先利用热锅炉所散发的蒸汽进行整合，利用以并网的形式将全部蒸汽直接输入至汽轮机房，再交由贮气罐对低压蒸汽进行加工脱水处理，并启停配气阀，促使汽轮机转动，再利用冷凝器直接对获取的汽水混合物进行加工处理，并通过操控流量调节装置，将加工产物注入至软化水站内，最终完成余热锅炉的重注。与其他新技术手段相比，这一技术的实施方案和工艺流程比较规范，且具有较高的发电效率，其气耗损失也比

较低,适用于炼化企业的生产活动。

但是这一技术方案也具有一定的局限性,它对于机组的运行条件也具有较高的要求和标准,且汽轮发电技术在实施过程中大量的过热蒸汽会加重系统运行时的水分含量容易对一些精密零件,例如汽轮机叶片等造成明显的损伤和破坏,为了尽快解决这一工作难题,实现汽轮机发电技术的改进与调整,工作人员选择对现有的汽轮机结构进行优化和调整,以增加汽水分离器为手段,在过量蒸汽的输入端接口,初步对蒸汽湿度进行分离处理及加工,避免汽轮机叶片因蒸汽湿度过大而造成的结构破坏^[2]。除此之外,工作人员还依据蒸汽的流通情况以及机组的内部构造,选择增加一定数量的输水沟槽,并在隔板处增设环形水槽,进一步加强除湿效果。与此同时,由于汽轮机叶片等依旧会受到一定量残余蒸汽的影响,因此,炼化企业工作人员还针对叶片的原材料选择进行调整,重点对一二级叶片进行硬化处理,以此提升硬片的环境适应性和蒸汽承受负荷。

为充分发挥这一蒸汽汽轮机组的发电效果,实现余热资源的充分利用,技术人员还秉持着提升机组生产能力和运行效果的工作理念,将这一蒸汽发电机组与某石油项目相联系,建立复合式的低压保和蒸汽发电机组项目,并为其配备了与之相对应的运转设备,利用调试参数、细化设计细则等方式,确保蒸汽发电机组与石油加工的工艺要求相吻合,从而提升蒸汽发电机组的运行稳定性。与传统的发电机组技术方案相比,这一技术转变也具有更高的经济价值,其使用模式和管理需求也比较清晰,蒸汽机组的后期维修工作也比较简便。

在设计与石油提炼相对应的蓄热器系统时,工作人员需先对锅炉工运行时产生的最高压力值作为判断依据,同时结合机组运营时产生的固定阻力数值,合理制定相应的放热压力值^[3]。由于在该项目中炼化企业主要承担着石油的提纯工作,而这一工作的性质较为特殊,具有周期性的运转特点,使用饱和蒸汽技术方案主要是对缺氧环节进行重组和调整,且结合实地勘察情况来看,该系统运行时的余热呈现着阶段性的特点,因此其稳定性较差,对其配备相应的蓄能器可以以定量的方式对余热蒸汽进行排空处理,再通过蓄能器的蓄积作用,对蒸汽的传递方式及热源变化予以科学控制,可以确保机组余热的充分回收与利用,具有较好的改良效果。

在选择该项目的汽轮机型号及运行参数时,技术人员经过综合比对,最终选择马氏体不锈钢为主要的叶片加工材料与其他种类不锈钢相比,马氏体不锈钢具有更优秀的抗蒸汽侵蚀能力,更适合高温环境中的蒸汽发电机组运转需求。在发电机组原有的运行状态下,往往会因为各种各样的原因而产生出一定数量的凝结水,凝结水的大量留存,也会导致汽轮机液压的额外损伤工作人员为了尽快排出机组内的多余凝结水,尽可能延长叶片的使用周期,就通过利用改变叶片外部形态结构的方式,增设了一定数量的疏水槽,提升了叶片的使用性能,同时为了满足石油提炼的运行需求,炼化企业工作人员还对汽轮机的超负荷空间予以扩增处理,进一步巩固了蒸汽发电机组的优化成果。

2.2 调整发电机组应急维修方案

通过对蒸汽发电机组的余量蒸汽进行回收加工再利用,可以有效提升整个机组的运行效率,尽可能减少额外资源的浪费或消耗,但是在高负荷的运转状态下,蒸汽机组容易因为内部或外部因素而出现比较严重的运行故障,一旦没有早期对故障问题诊断及治疗,就需要更长的修理时间对机组运行状态进行调整。从机组现有的运行状况来看,一旦蒸汽发电机组呈现比较严重的故障问题,就需要至少三个月,甚至更长时间进行加工维修,对于加工及生产运转效率具有一定的负面干扰和影响,因此针对蒸汽发电机组的运行需求与运行环境,工作人员可以通过设立应急维修方案的形式,初步缓解机组的运行问题,尽可能消除设备停机而造成的负面损伤与影响^[4]。通过对蒸汽发电机组的内部构造进行分析,工作人员发现传统的发电机组供油系统分布十分紧密,除了常规设置的主油泵供油管线之外,还存在着油压变送器以及减压法冷的精密仪器。其中主油泵的存在主要是承担着整个蒸汽发电机组运行时的游离供应工作,并通过辅助油泵的配合,而以低速或暖机等方式,直接对指定位点的润滑油供给工作,一旦机组完成暖机工作后,辅助油泵就会自动停止运行状态,且主油泵也会作出相应的转变,以相对独立的方式完成油量供给。当蒸汽发电机组处于标准运行状态时,主油泵可以为整个机组的运转提供比较稳定的油力支撑,参数以0.7MPa为主,同时在机组内部还可以以紧急切断法调节装置的形式,控制通平机的运转需求,并尽快将油压压缩减至0.24MPa以下,实现油压得到动态调整,此时机组内部油压依

旧处于持续递减状态。当油压降至 0.60MPa 时, 辅助油泵则会立即接收信号, 并以自动启动的方式完成零件运转。一旦在蒸汽机组运行过程中出现蒸汽压力过低, 例如持续低于 3.2MPa 时, 就会加重机组关停的发生风险, 只有尽快设立出相应的应急维修方案, 才可以确保蒸汽发电机组获取比较稳定的中气供应。

炼化企业工作人员在对发电机组进行启动操作时, 需要先实现透平机的平稳控制, 再通过操换程序内容关停辅助油泵, 确保主油泵可以获取比较稳定的油压供给。在正式进行机组零件的切换操作时, 工作人员需要时刻观察机组内部润滑油的压力数值变化, 一旦压力值小于 1.2MPa, 则必须要紧急启动机组停车预案, 并对现场情况进行排查与分析。必要时可以将辅助油泵自动控制转变为人为干预形式, 利用相对独立的控制程序再次启动油泵, 从而准确判断出故障发生的根本原因及具体范围。如果机组的实际转速比较低, 且辅助油泵的油压变化也比较明显, 则可以证明蒸汽机组的主油泵存在着明显的运行障碍, 经过一段时间观察后, 如果发现主油泵外壳温度有所上升, 且可以听到比较明显的金属状声响, 则可以证明主油泵出现了明显的损伤, 无法承受机组的正常运转负荷。此时, 工作人员就可以考虑对蒸汽发电机组进行关停处理, 重点检查主油泵。如果发现过滤器进出口端存在着明显的较为堵塞或者油泵磨损问题, 则需要立即清除堵塞物, 更换新型油泵本体。如果现场没有存在备用油泵, 则应当立即对该机组的运行条件予以应急改造, 通过转变辅助泵运转条件、封堵主油泵、更换其他型号油泵等方式, 完成对蒸汽发电机组运行故障的应急处理^[5]。

3 炼化企业中蒸汽发电机组国产化改进的经济效益分析

根据对现有发电机组进行国产化改进与调整后, 其经济效益得到了明显提升。

第一, 从炼化企业蒸汽发电机组的运行效率来看, 当改进后的蒸汽发电机组属于长期运转状态下, 以 7200h 为运行时间参数, 以 5500kW 为为机组的实际发电功率, 以 0.5 元电价进行经济效益计算, 获取 1800 万余元的发电成本, 而从既往的蒸汽机组发电成本平均数值来看, 这一数额明显有所减少, 因此可以证明予以国产化改进后的蒸汽运行机组具有更优质的发电效益, 且其发电成本花费更低。

第二, 从炼化企业蒸汽发电机组的节能效益分析

结果来看, 国产化改造后的蒸汽发电机组的原材料使用量明显降低, 因此改造后的机组还具有一定的节能效果。

第三, 从环保效益方面来看, 原有的蒸汽发电机组工具形式往往会消耗大量的不可再生资源, 且当机组处于长期运转环境下, 会向外界释放出一定量的有害气体, 例如二氧化碳等, 会造成周边环境的严重污染及影响, 而通过推广低压饱和蒸汽发电机组可以最大限度地减少机组运行时所产生的二氧化碳排放总量, 依据最终蒸气余量的折算结果, 最高可以减少约 4.96 万 t 原材料的消耗, 对于环境保护和经济成本具有一定的积极作用。

第四, 从炼化企业蒸汽发电机组国产化改造项目的投资结果来看, 在对该项目进行投资成本预算时有 2200 万余元的成本花费, 当项目正式完成搭建后, 经计算, 平均每年可以实现约 1800 万余元的机组运行收入, 除去建设成本及运行投入, 项目的回收期不足两年, 因此在两年内, 可以实现项目成本投资的回收。

4 结论

综上所述, 与其他机组的运行条件相比, 将蒸汽发电机组作为主要的节能减排应用对象, 可以尽可能减少机组运行时对周边环境的负面影响或干扰, 有利于尽快落实行业双碳转变的总体目标。在后续的机组改良过程中, 工作人员依旧可以将文章中所提及的炼化企业国产化改进思路予以转变利用, 通过完善蒸汽发电机组余量蒸汽的利用模式, 增加机组的应急抢修方案等手段, 不断提升蒸汽发电机组的应用效果从而获得更稳定的经济效益, 共同助力炼化企业的绿色、可持续发展。

参考文献:

- [1] 张磊, 王宇. 熔盐蓄热式过热蒸汽发电技术研究 [J]. 冶金设备, 2023(06):14-19.
- [2] 秦文戈. 低温余热回收发电技术在芳烃联合装置中的应用 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2023, 40(05):41-45.
- [3] 魏大伟. 炼化企业公用系统节能技术应用 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(06):185-187.
- [4] 闫天一, 杜涛, 孙竞超, 邱梓洋. 基于(火用)分析的钢铁企业蒸汽系统优化 [J]. 材料与冶金学报, 2023, 22(03):287-295.
- [5] 叶飞. 浅析饱和蒸汽发电工程的节能环保措施及效益 [J]. 冶金管理, 2023(02):60-63.