

浅谈凝汽式汽轮机较高真空度对循环热效率提升的作用

赵鸿富

呼伦贝尔金新化工有限公司生产运营中心 内蒙古 呼伦贝尔 021506

【摘要】：本文介绍了提高凝汽式汽轮机真空度对循环热效率的影响。通过分析多项研究，揭示了真空度提升不仅可以降低热耗和提高效率，还对汽轮机的经济性和环境影响产生积极作用。对未来研究和实际应用进行了展望，为优化压缩机运行提供了理论支持和实践指导。

【关键词】：凝汽式汽轮机；真空度；循环热效率；热耗降低

DOI:10.12417/2811-0528.25.022.045

1 前言

现代工业生产中，凝汽式汽轮机发挥了极重要作用，其性能状态的好坏直接关系到能源的消耗与环境的保护。如何提升汽轮机的循环热效率是随着能源需求的不断增大而提升和改善其运转的重要方式。而真空度的优化是一种行之有效的提升真空度的途径，能够降低冷凝压力，将蒸汽最大程度地做功转换为热能，进而改善整体循环效率。本文将从现有方面对此内容展开简述，分析提升真空度对于凝汽式汽轮机循环热效率的影响机理。

2 凝汽式汽轮机的基本原理及真空度重要性

凝汽式汽轮机是压缩系统的重要构成，其根本是将蒸汽的热能转化成机械动能进而带动压缩机的运转。从蒸汽发生器工作，水在其中受到加热变成高热高能的蒸汽，在管道内将汽流输送到汽轮机上使其转动，汽轮机中蒸汽膨胀通过转动叶片转动带动，随着蒸汽在机器中逐渐膨胀做功，其压力降低、温度降低最终流向凝汽器。在凝汽器中，蒸汽通过冷却水冷凝成水流，此时释放出潜热，并且维持汽轮机低压端的低压状态，进而实现蒸汽在该部分形成部分真空的过程，促使蒸汽再循环。

真空度与热效率关系真空度对汽轮机组的性能有很大的影响，汽轮机组的凝汽器在真空状态下将最大化的进行蒸汽的膨胀，这样就能将更多的蒸汽进行膨胀做功。在汽轮机组实际进行运行的过程中，通过对排汽压力进行降低，能够提高汽轮机的循环效率。因为特定温度下的排汽压的降低，就会将更多的蒸汽压力进行做功。在提高真空度的情况下，将会将凝汽器中的蒸气在凝汽器中更多的膨胀做功，放热的能量会提高更多的输出，就提高了整个循环的热效率。同时可以有效的将真空度减小汽轮机的热耗损失，将更多的能量转换为机械能输出，再有效减小蒸汽阻力损失以及热量损失。提高汽轮机真空度时，也会减小汽轮机经济性较差，实现汽轮机的长期性经济、环保运行。因此合理控制真空度与保持真空度的可靠性是提高整个汽轮机组有效性能的优化目标。

3 真空度对循环热效率提升的理论分析

蒸汽质量与真空度在凝汽式汽轮机中，凝汽式汽轮机中，蒸汽的凝结作用是热机能够实现的依据，蒸汽的做功能力大小就是蒸汽被做功的程度，热效率最大必须经过高温热源和低温热源的热量传递，循环中，提高真空度使蒸汽在低温下凝结在冷凝器内，这相当于降低了冷源的温度，提高了热循环效率；在汽轮机内蒸汽通过膨胀做功的效率，取决于蒸汽的蒸汽压力越高、蒸汽的过热度越大，蒸汽对做的膨胀功就越多，从而带动汽轮机做功产生效率越高的电力输出。因此，高真空的汽轮机真空环境是保证高品质的蒸汽能够在汽轮机内充分做功的关键。

真空度与汽轮机余能。汽轮机的循环中需要一定的真空，真空度越高蒸汽的余能越高。余能是在蒸汽做完工作还有剩下来的能量，也就是在排蒸汽的时候剩下来的还能再次利用的。真空度越高就能尽可能多得将汽排放完，所以让排汽压力尽可能降低，在较低的低压下能把蒸汽剩余的能量利用完。提高真空度增大了蒸汽的可膨胀性，在低温低下的低压环境下，所剩下的蒸汽中还存在的能量能够转换为机械能。真空度越大，冷却水能够有效地将蒸汽迅速凝结，这个过程就节省了蒸汽的流动阻力和排汽损失，提高了整个循环过程的热效率。实现对真空度的精准控制，推动汽轮机余能的利用率提高，既提高了蒸汽的综合利用率，减少了不必要的浪费，为系统的压缩机增效降耗。

4 提高真空度面临的挑战与解决方案

真空度提高的技术问题及设备条件为了获得更高的真空度，技术上存在几方面的问题，如为获得更高的真空度，凝汽器材质及设计都要求更优，能够在更高的真空度下保持长时间稳定运行所需的更好传热系数及更耐腐蚀的性能。高真空度更容易发生漏气，需要性能较好的真空泵及真空泵辅助装置，同样设备更复杂。所有管路的密封、系统的可靠性在高真空度下更加重要，材料会发生变化，旧的密封材料很难胜任，需要新

型材料及设备更细密的精度。此外水的处理变得尤为重要,水中各气体平衡必须严格考虑,以避免气体进入系统导致真空环境破坏。所以,要达到较高的真空度,需要许多行业技术和工程技术上的综合配合,对技术要求很高。

解决真空度提升的环境影响问题真空度的提升虽然对循环热效率有显著促进作用,但同时也可能引发环境影响,需要加以解决。首先,提高真空度可能导致冷却水用量的增加,这对水资源管理提出了更高的要求。为此,必须采取更高效的冷却技术,比如采用闭式循环水冷却系统,以减少水资源的消耗。其次,高真空运行可能造成设备噪音和振动加剧,这不仅影响操作人员的工作环境,也可能对周围社区产生噪声污染。因此,使用先进的消音设备和振动控制技术是确保环境友好的必要措施。同时,在生产和处理真空设备的过程中,要关注材料的环保特性和可回收能力,以减少对环境的影响。综合来说,解决真空度提升的环境影响问题需要从水资源管理、设备噪声振动控制和材料环保性等多个方面进行系统性优化,确保高效运行和环境保护的双赢。

5 未来研究方向与应用展望

新材料、新技术用于提高真空度的方法随着技术的进步,新理论、新材料、新技术也将有望在提高系统真空度上大显神

威。展望未来,新理论主要有基于新工艺技术将纳米材料引入真空密封系统中,利用其特性更好地保护真空系统;新材料主要有可研选高强度、防腐蚀的合金、精密纳米材料等;新的制备工艺有3D打印、新制造工艺等,未来先进的制备工艺必将能够加工出更精密并能灵活多变的真空设备部件,带来真空系统部件的密封性更强、柔性更好;智能监控与控制技术的使用,可以实现对真空系统部件进行精确的实时控制,能够及时地对真空系统动态变化的进行动态分析和自动优化控制,以优化运行状态,保障系统真空度的最佳;将人工智能技术、物联网技术、大数据与大数据平台等集约在一起,将引入未来真空系统,将会形成智能可适应性真空系统,即根据真空系统周边环境的变化、变化要求自主动态优化调整以完成最佳真空度,这种方式下将会取得节能效果,同时可以充分满足产品的性能需求,系统维修成本也不会太高。

6 结语

通过上述的研究可知,提高凝汽式汽轮机真空度对于循环热效率的提高效果明显。综述中的研究也表明适当地提高真空度一方面可以大大提高效率,还可以减少压缩机组的运行费用和对环境的污染。今后的工作努力方向之一就是采用更高效可行的手段进一步提高真空度,在新材料使用及创新上进行新的突破。

参考文献:

- [1] 邓方升.汽轮机凝汽器真空度低的原因分析与处理措施[J].矿业工程,2025,23(04):102-104.
- [2] 梁亦平,王玲燕.凝汽式汽轮机通流部分节能改造技术措施研究[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(五).浙江际翔工程有限公司;浙江中联送变电工程有限公司,2025:602-606.
- [3] 孙卫华.“双碳”目标下凝汽式汽轮机低真空循环水供暖研究.[J].节能,2025,44(05):90-92.