压缩空气储能向心涡轮内部流动及磨损特性研究获进展

压缩空气储能系统是促进可再生能源大规模应用的关键技术，我国的风能、太阳能等可再生能源主要分布在西部地区，这使得压缩空气储能装置常年工作在西部风沙环境下。向心涡轮是压缩空气储能系统关键做功部件，具有“工质流速高、叶轮转速高”的特点，其内部粉尘有可能对壁面产生磨损，影响向心涡轮的使用寿命。近日，中国科学院工程热物理研究所储能研发中心开展了压缩空气储能系统向心涡轮内部流动及磨损特性方面的研究，取得新进展。

研究人员在考虑向心涡轮内部流动的基础上，进一步引入粉尘对固体壁面磨损效应，最终建立了向心涡轮“气-固”多相流三维数值模型。通过耦合求解全三维Navier-Stokes流体力学控制方程以及Tabakoff & Grant磨损量半经验公式，在完成模型验证的基础上，进一步研究了不同叶轮叶顶间隙尺寸和膨胀比下，向心涡轮静叶、动叶、轮毂和轮盖壁面上的磨损量分布特征，粉尘在向心涡轮内部的运动轨迹，以及与之对应的向心涡轮内部气流分布结构（见图1）。最终获得了向心涡轮壁面最大磨损量分布区域随叶顶间隙和运行膨胀比的变化规律，进一步确定了综合气动效率和磨损量条件下最佳叶轮叶顶间隙变化范围和最佳运行膨胀比值。

研究结果表明，静叶尾缘、动叶前缘及二者间的轮毂和轮盖表面的磨损量最大。随着叶顶间隙增加，叶片壁面磨损量具有“先减少、后增大”的变化特征，当叶顶间隙在2%出口叶高附近时，磨损量最低（见图2），确定了综合考虑气动效率和磨损量影响下向心涡轮最佳叶顶间隙取值范围；当向心涡轮膨胀比逐渐增加至2.02时，涡轮出口区壁面开始受粉尘影响，但叶轮前缘磨损范围显著缩小，此时向心涡轮等熵效率与最高值相比仅减小0.1%左右。基于上述研究成果，可以为向心涡轮防磨技术的工程应用提供指导，同时为压缩空气储能向心涡轮设计参数的确定提供参考。

相关研究受到国家自然科学基金（51806211）、北京市自然科学基金（3184063）的支持。研究成果已被国际期刊Energy 收录。

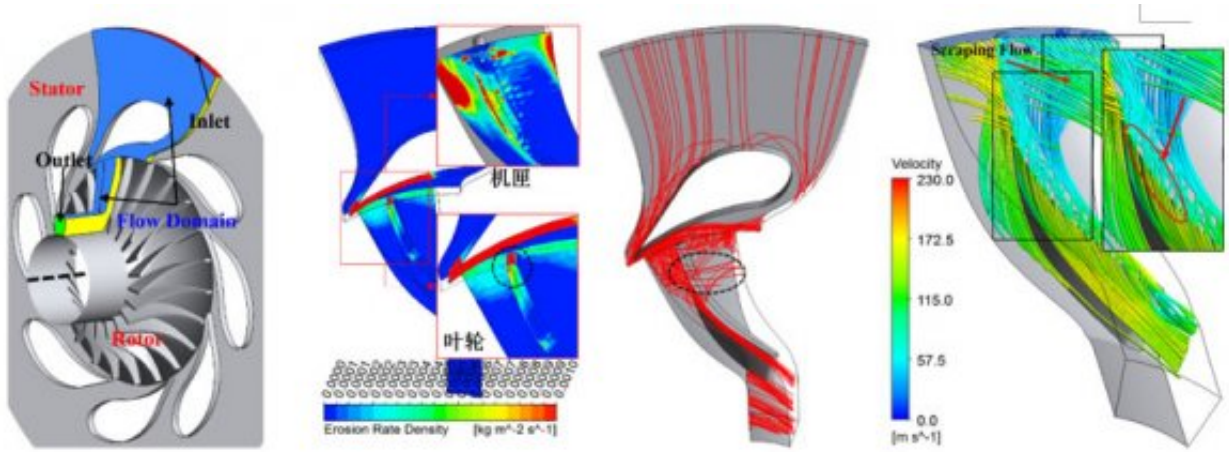

图1（a）“空气-粉尘”多相流求解域（b）向心涡轮壁面磨损量分布（c）向心涡轮内粉尘运动轨迹（d）向心涡轮内气流线分布

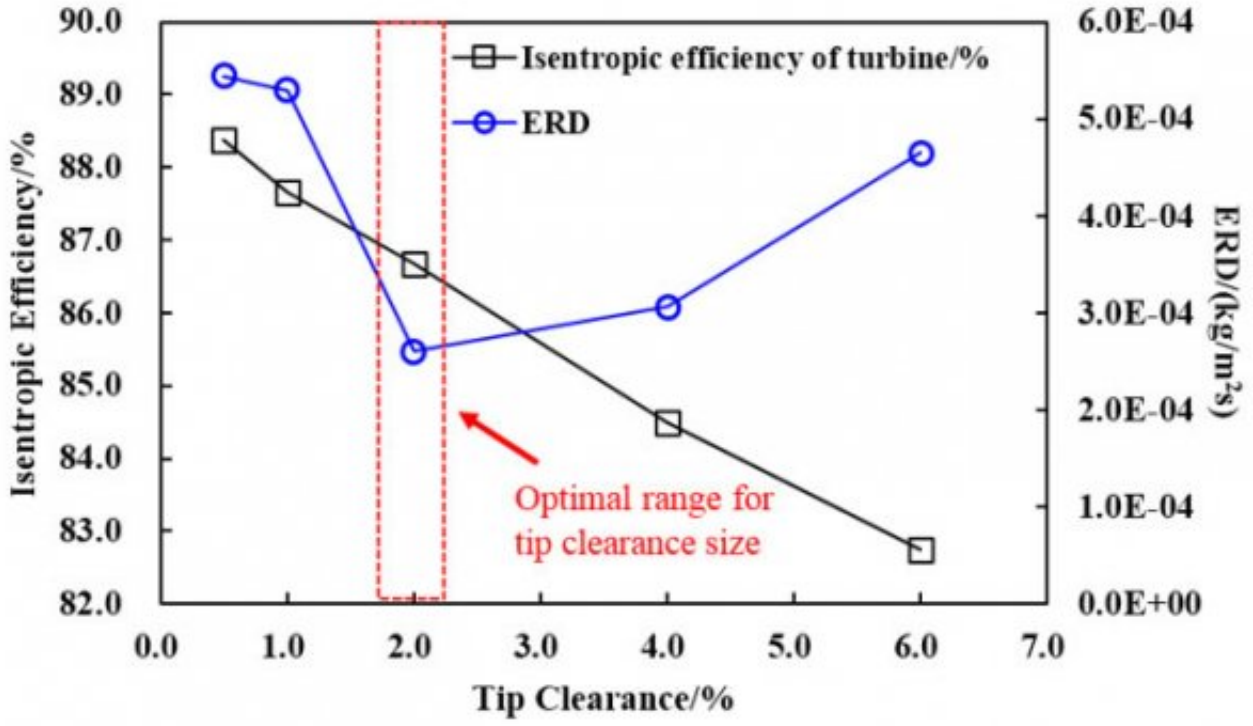

图 2 磨损量与气动效率随叶顶间隙变化曲线

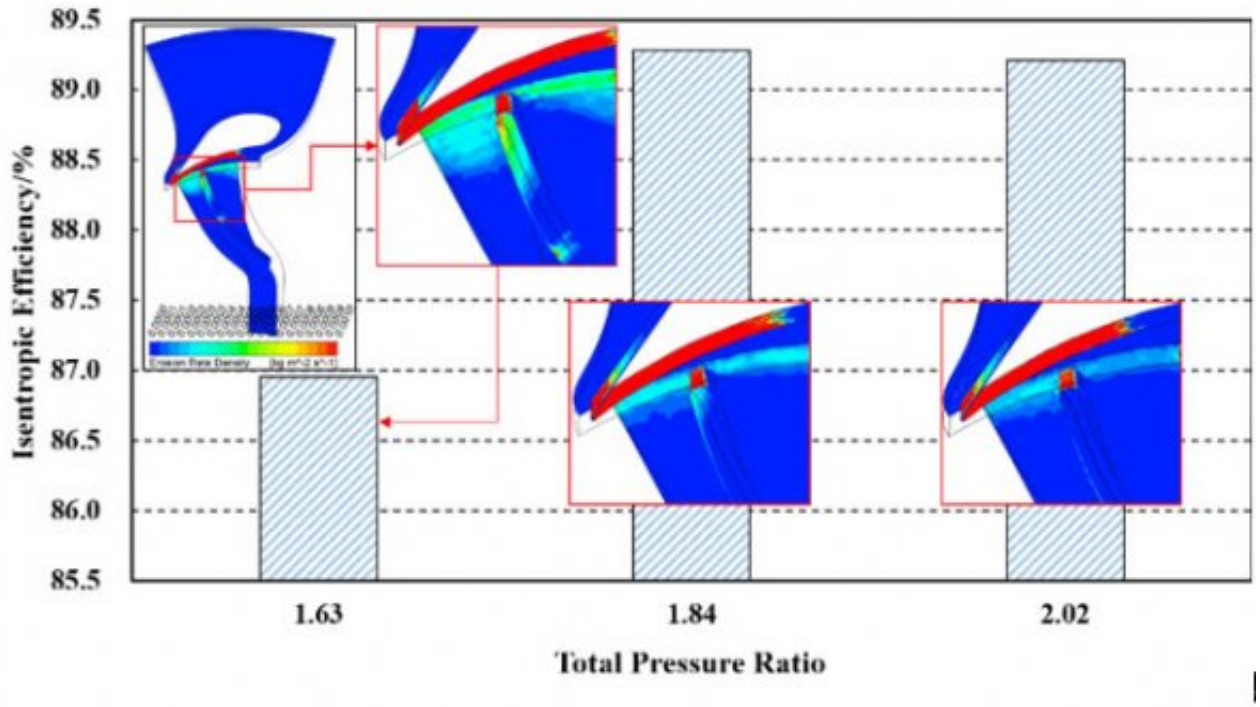

图 3 不同膨胀比下向心涡轮等熵效率值及叶片前缘磨损量分布

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/143171.html