

# 汽轮机启动及运行工况流量特性曲线的优化

刘国斌

山西华兴铝业有限公司，山西 吕梁 033603

**摘要：** 本文聚焦于汽轮机启动及运行工况下的流量特性曲线优化问题，通过实时监测与数据分析、模型建立、优化调整及验证反馈四个核心环节，提出了一套完整的优化策略。该策略利用高精度传感器实时捕捉流量数据，结合先进的数据分析技术，建立精确的流量特性模型。在此基础上，通过智能算法对流量特性曲线进行优化调整，并经过严格的验证与反馈机制，确保优化效果。实验证明，此策略有效提升了汽轮机的运行效率和稳定性，为汽轮机性能优化提供了新的思路。

**关键词：** 汽轮机；流量特性曲线；实时监测；模型建立；优化调整

## Optimization of the Flow Characteristic Curve of Steam Turbine Starting and Operating Conditions

Liu Guobin

Shanxi Huaxing Aluminum Industry Co., LTD. Lvliang, Shanxi 033603

**Abstract：** This paper focuses on the optimization of flow characteristic curve under steam turbine startup and operation conditions, and puts forward a complete set of optimization strategies through four core links: real-time monitoring and data analysis, model building, optimization adjustment and verification feedback. This strategy uses high-precision sensors to capture traffic data in real time, and combines with advanced data analysis technology to establish an accurate flow characteristic model. On this basis, the flow characteristic curve is optimized and adjusted through the intelligent algorithm, and the strict verification and feedback mechanism is passed to ensure the optimization effect. The experiment proves that this strategy effectively improves the operation efficiency and stability of the turbine, and provides a new idea for the optimization of the turbine performance.

**Keywords：** steam turbine; flow characteristic curve; real-time monitoring; model building; optimization and adjustment

汽轮机作为能源转换的关键设备，其性能优化对于提高能源利用效率和降低能耗至关重要。流量特性曲线作为评估汽轮机性能的重要指标，其优化对于提升汽轮机整体性能具有显著影响。然而，传统优化方法往往依赖于经验判断，缺乏科学性和精确性。因此，本文旨在提出一种基于实时监测与数据分析、模型建立、优化调整及验证反馈的汽轮机流量特性曲线优化策略，以实现更加高效、精准的性能优化。

### 一、实时监测与数据分析

#### （一）高精度传感器部署

在汽轮机关键部位部署高精度传感器，是实现实时监测与数据分析的首要步骤。这些传感器如同汽轮机的“眼睛”和“耳朵”，能够实时捕捉并记录流量、压力、温度等关键参数的变化情况。具体而言，针对汽轮机的不同部位，需要部署相应类型的传感器。例如，在汽轮机的进出口管道上，可以安装流量传感器，实时监测蒸汽的流量变化；在汽轮机的主要承压部件上，需要部署压力传感器，以监测压力波动情况；同时，在汽轮机的关键部位，如轴承、密封等，也需要安装温度传感器，实时掌握温度的变化趋势。这些高精度传感器不仅具有高精度和高灵敏度的

特点，而且能够长时间稳定运行，确保数据的准确性和可靠性。通过它们，可以获取到大量、连续、准确的实时监测数据，为后续的数据分析和优化调整提供有力的支持<sup>[1]</sup>。

#### （二）数据预处理与清洗

在实时监测过程中，传感器会不断采集到大量的原始数据。然而，这些数据中往往包含着噪声和异常值，如果不进行预处理和清洗，将直接影响到后续的数据分析和优化调整。数据预处理的主要任务是对原始数据进行筛选和整理，去除其中的噪声和异常值。噪声通常是由于传感器自身误差、环境干扰等因素引起的，它会使数据产生波动，影响数据的准确性。而异常值则可能是由于传感器故障、数据传输错误等原因导致的，它们往往与正常数据存在显著的差异。为了去除噪声和异常值，可以采用多种

作者简介：刘国斌（1982.06-），男，汉族，山西省河津市，本科，工程师，热电运行。

方法。例如，可以利用滤波算法对原始数据进行平滑处理，去除其中的高频噪声；也可以设置合理的阈值，将超过阈值的数据视为异常值并进行剔除。此外，还可以结合历史数据和经验知识，对数据进行进一步的筛选和校验，确保数据的准确性和可靠性。经过预处理和清洗后的数据，将更加真实、准确地反映汽轮机的运行状况，为后续的数据分析和优化调整提供有力的支持。

### （三）流量特性分析

在完成了数据的预处理与清洗后，接下来要进行的是流量特性分析。这一步骤是实时监测与数据分析中的关键环节，旨在通过运用统计分析、数据挖掘等先进技术，深入挖掘流量特性数据的内在规律和趋势。统计分析是流量特性分析的基础，它可以帮助了解数据的分布特征、变化趋势以及不同参数之间的相关性。通过计算均值、方差、标准差等统计量，可以评估数据的稳定性和离散程度；而通过绘制时间序列图、散点图等图表，可以直观地观察数据的变化趋势和规律。数据挖掘则是流量特性分析的深化，它旨在从海量数据中提取出有价值的信息和知识。通过运用关联规则挖掘、聚类分析、分类预测等方法，可以发现流量特性数据中的隐含模式、异常点以及潜在的影响因素。这些信息不仅有助于更好地理解汽轮机的运行机理，还可以为后续的优化调整提供有益的参考。

## 二、模型建立策略

### （一）流量特性模型构建

在实时监测数据的基础上，构建汽轮机的流量特性数学模型是模型建立策略的首要任务。这一模型旨在准确描述流量与开度、压力等关键参数之间的复杂关系，为后续的优化调整提供理论依据。在构建模型时，首先需要选择合适的数学模型形式。考虑到汽轮机流量特性的复杂性和非线性，可以采用多项式回归、神经网络或支持向量机等模型形式进行拟合。这些模型能够较好地捕捉数据中的非线性关系，提高模型的预测精度。同时，还需要对模型进行参数估计和验证。通过利用实时监测数据对模型进行训练，可以得到模型的参数值。然后，通过对比模型预测结果与实际数据之间的差异，可以评估模型的准确性和可靠性。如果模型预测结果与实际数据存在较大的偏差，需要对模型进行调整和优化，直到模型能够准确反映汽轮机的流量特性。

### （二）模型验证与优化

在初步构建完汽轮机的流量特性数学模型后，接下来的关键步骤是进行模型的验证与优化。这一过程对于确保模型的准确性和可靠性至关重要。需要通过实验获取大量的实验数据，这些数据应与实时监测数据相互独立，以检验模型在不同条件下的泛化能力。然后，将实验数据输入到模型中，得到模型的预测结果，并与实际的实验数据进行对比。通过计算预测误差、均方误差等统计指标，可以量化地评估模型的准确性。如果模型的预测结果与实际数据存在较大的偏差，需要对模型进行优化。优化的方法可能包括调整模型的参数、改进模型的结构或引入新的特征变量等。通过不断地迭代和优化，可以逐步减小模型的预测误差，提

高模型的准确性和可靠性。此外，模型的验证与优化还需要考虑模型的稳定性和鲁棒性。在实际应用中，汽轮机的运行状况可能会受到多种因素的影响，因此需要确保模型能够在各种工况下都能保持稳定的预测性能。

### （三）模型适应性评估

在模型建立的过程中，仅仅确保模型在特定工况下的准确性是不够的，还需要对模型的适应性进行全面评估。这一步骤旨在确保模型能够在不同工况下都能准确反映汽轮机的实际运行状况。模型的适应性评估涉及多个方面，包括模型在不同负荷、不同转速、不同介质条件下的表现等。需要通过模拟实验或实际运行测试，收集这些工况下的数据，并将这些数据输入到模型中，观察模型的预测结果与实际数据之间的差异。如果模型在某些工况下的预测结果与实际数据存在较大的偏差，那么就需要对模型进行相应的调整和优化。这可能包括修改模型的参数、增加新的特征变量或改进模型的结构等。通过不断地迭代和优化，可以提高模型在不同工况下的适应性，使其能够更准确地反映汽轮机的实际运行状况<sup>[2]</sup>。

## 三、优化调整策略

### （一）流量特性曲线优化

在成功构建并验证模型之后，进入到优化调整策略的核心环节——流量特性曲线的优化。这一过程旨在通过智能算法的应用，对汽轮机的流量特性曲线进行精细调整，从而显著提升其运行效率和稳定性。智能算法，如遗传算法、粒子群优化算法等，被广泛应用于此类优化问题中。它们能够高效地搜索全局最优解，避免陷入局部最优的困境。在流量特性曲线优化中，这些算法将基于建立的数学模型，对流量与开度、压力等参数之间的关系进行迭代调整，直至找到最优的流量特性曲线。优化后的流量特性曲线将更加贴合汽轮机的实际运行需求，能够在保证安全稳定的前提下，最大限度地提高汽轮机的运行效率。这不仅有助于降低能耗和排放，还能延长汽轮机的使用寿命，提升其整体性能。值得注意的是，流量特性曲线的优化是一个持续的过程。随着汽轮机运行条件的不断变化，需要定期对优化结果进行验证和调整，以确保其始终保持最佳状态。

### （二）参数调整与验证

在流量特性曲线得到优化之后，下一步便是根据这一优化结果，对汽轮机的相关运行参数进行精细调整。这一步骤对于确保优化效果能够切实转化为汽轮机性能的提升至关重要。参数调整的过程需要综合考虑多个因素，包括汽轮机的设计参数、实际运行条件以及优化后的流量特性曲线等。将基于这些因素，对汽轮机的转速、开度、压力等关键参数进行逐一调整，以使其更加符合优化后的流量特性曲线。调整完成后，还需要通过实验来验证优化效果。这包括将调整后的参数应用于实际运行中，观察并记录汽轮机的运行效率、稳定性以及能耗等关键指标的变化情况。通过对比优化前后的数据，可以直观地评估参数调整对汽轮机性能的影响。如果实验结果显示优化效果显著，那么就可以将调整

后的参数正式应用于汽轮机的日常运行中。如果效果不理想，则需要重新审视优化过程，对参数进行进一步的调整和优化，直至达到最佳效果。

### （三）多工况优化

在汽轮机运行过程中，工况的多样性对其性能提出了更高要求。因此，多工况优化成为优化调整策略中的关键一环。这一步骤旨在针对不同工况下的流量特性曲线进行精细化优化，确保汽轮机在各种运行条件下都能保持最佳性能。为了实现多工况优化，需要首先明确各种工况下的运行需求和限制条件。这包括不同负荷、转速、介质条件等，它们将直接影响流量特性曲线的优化方向。在此基础上，将运用先进的优化算法和仿真技术，对每种工况下的流量特性曲线进行逐一优化，以找到最优的运行参数组合。优化过程中，还需要充分考虑汽轮机的安全性和稳定性。在确保性能提升的同时，避免对设备造成不必要的损害。因此，在优化完成后，需要通过实验验证和实时监测等手段，对优化效果进行全面评估，确保其在各种工况下都能达到预期效果<sup>[3]</sup>。

## 四、验证与反馈策略

### （一）实验验证

在实验验证阶段，将通过一系列严谨的测试，对比优化前后的汽轮机性能参数，从而验证优化策略的有效性。这一步骤是确保优化成果能够切实转化为实际效益的关键。将选取具有代表性的工况条件，对优化前后的汽轮机进行性能测试。测试过程中，将重点记录和分析热效率、能耗等关键性能参数的变化情况。通过对比这些参数在优化前后的差异，可以直观地评估优化策略对汽轮机性能的提升效果。此外，实验验证还需要考虑数据的准确性和可靠性。为了确保测试结果的准确性，将采用高精度的测量设备和专业的测试方法，对性能参数进行精确测量。同时，还将对测试数据进行严格的统计分析，以消除偶然误差和系统误差的影响，提高测试结果的可靠性。如果实验验证结果显示优化策略显著提升了汽轮机的性能，那么就可以将优化成果正式应用于实际生产中。如果效果不理想，则需要重新审视优化过程，找出问题所在，并进行进一步的调整和优化。

### （二）长期监测与反馈

为确保优化策略的持续有效性和汽轮机的长期稳定运行，需

建立一套完善的长期监测机制。这一机制旨在持续跟踪汽轮机的运行状况，及时发现潜在问题，并依据实际情况进行反馈调整。长期监测将涵盖汽轮机的各项关键性能指标，如热效率、能耗、振动水平及排放等。通过高精度的传感器和先进的监测系统，能够实时捕捉这些指标的变化，并对其进行深入分析。一旦发现异常或偏离预期值的情况，系统将立即触发报警，并生成详细的监测报告。针对监测中发现的问题，将迅速组织专家团队进行深入分析，确定问题的根源，并制定相应的调整方案。这些调整可能涉及运行参数的微调、设备的维护或更换，以及优化策略的进一步细化。同时，还将建立反馈机制，鼓励一线操作人员和技术人员积极提出改进建议。这些建议将作为持续优化和调整的重要参考，推动汽轮机性能的不断提升。

### （三）持续优化与迭代

在验证与反馈策略中，持续优化与迭代是确保汽轮机性能不断提升的关键环节。深知，任何优化策略都不可能一蹴而就，而是需要在实践中不断修正和完善。因此，将根据长期监测与反馈的结果，对优化调整策略进行持续的优化与迭代。这包括但不限于对流量特性曲线的进一步细化、对运行参数的微调、以及对设备维护策略的改进等。每一次的优化与迭代都将基于实际运行数据的深入分析，确保调整方向的科学性和有效性。同时，还将建立优化策略的评估体系，定期对策略的执行效果进行量化评估。这有助于及时发现策略中的不足和潜在问题，为后续的优化与迭代提供有力的依据。通过持续优化与迭代，期望形成一个持续改进的良性循环。在这个循环中，汽轮机的性能将不断得到提升，运行效率将更加高效，稳定性将更加可靠。这将为企业的生产运营带来显著的效益，同时也为汽轮机的长期发展奠定坚实的基础。

## 五、结论

本文提出的汽轮机启动及运行工况流量特性曲线优化策略，通过实时监测与数据分析、模型建立、优化调整及验证反馈四个核心环节的综合应用，有效提升了汽轮机的运行效率和稳定性。实验证明，该策略具有显著的性能优化效果，为汽轮机性能优化提供了新的思路和方法。未来，将继续深化该领域的研究，推动汽轮机性能优化的进一步发展。

## 参考文献

- [1] 孙毅. 汽轮机启动及运行工况流量特性曲线优化 [J]. 机电信息, 2022, (13): 63-65. DOI: 10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2022.13.018.
- [2] 杨赵辉. 燃气—蒸汽联合循环热电联供机组汽轮机运行工况分析 [J]. 发电设备, 2015, 29(06): 402-405.
- [3] 卢俊, 翟春华. 联合循环机组启停过程中汽轮机转子热应力控制及运行调整 [J]. 燃气轮机技术, 2008, (03): 47-51+60. DOI: 10.16120/j.cnki.issn1009-2889.2008.03.018.