

# 不同转子型线的罗茨真空泵在电厂中的使用效果分析

刘忠源

江苏华电昆山热电有限公司, 中国·江苏 苏州 215333

**摘要:** 罗茨真空泵在电力中起到节能作用。但是, 罗茨真空泵的效率由罗茨真空泵转子型线决定, 所以选择合适的转子型线应用于电厂真空系统就显得极其重要。

**关键词:** 罗茨真空泵; 转子型线; 火力发电厂

## Analysis of the Effectiveness of Roots Vacuum Pumps with Different Rotor Profiles in Power Plants

Zhongyuan Liu

Jiangsu Huadian Kunshan Thermal Power Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215333, China

**Abstract:** Roots vacuum pumps play an energy-saving role in electricity. However, the efficiency of Roots vacuum pumps is determined by the rotor profile of Roots vacuum pumps, so it is extremely important to choose the appropriate rotor profile for application in power plant vacuum systems.

**Keywords:** Roots vacuum pump; rotor profile; thermal power plant

## 1 绪论

### 1.1 研究背景

在现代电厂的运行中, 罗茨真空泵作为重要的真空获得设备, 对于维持系统的正常运行起着关键作用。随着电厂规模的扩大和运行要求的提高, 对罗茨真空泵的性能也提出了更高的要求。而罗茨真空泵的转子型线是决定其性能的重要因素之一, 不同的转子型线会在电厂的使用中产生不同的效果。

### 1.2 研究目的和意义

本研究旨在深入分析不同转子型线的罗茨真空泵在电厂中的使用效果, 包括抽气性能、可靠性、能耗等方面。通过对比分析, 为电厂选择合适的罗茨真空泵提供理论依据, 从而提高电厂的运行效率和经济性。

## 2 罗茨真空泵的工作原理与转子型线基础

### 2.1 罗茨真空泵的工作原理

罗茨真空泵是一种容积式真空泵, 通过一对相互啮合的转子在泵壳内旋转, 实现气体的吸入、压缩和排出。转子的旋转使得泵腔容积周期性变化, 在进气口形成负压, 从而吸入气体, 然后将气体压缩并从排气口排出。

### 2.2 转子型线的种类及特点

#### 2.2.1 圆弧型线

圆弧型线的转子具有结构简单、加工方便的优点。其转子轮廓由圆弧组成, 在设计和制造过程中相对容易实现。然而, 这种型线的密封性相对较差, 在高真空环境下可能会出现较大的泄漏, 影响抽气效率。

#### 2.2.2 渐开线型线

渐开线型线基于渐开线原理设计。其优点是具有良好

的密封性和传动稳定性。在啮合过程中, 渐开线型线的转子能够更好地贴合, 减少气体泄漏通道。同时, 渐开线的几何特性使得转子在旋转过程中受力均匀, 有利于提高转子的使用寿命。

#### 2.2.3 摆线型线

摆线型线的转子具有独特的几何形状, 类似于摆线的轨迹。这种型线能够实现更连续的气体传输, 在吸气和排气过程中, 气体的流动更加平稳。摆线型线的罗茨真空泵在处理含有一定湿度或杂质的气体时, 具有更好的适应性。

#### 2.2.4 其他复合型线

为了综合多种型线的优点, 一些罗茨真空泵采用了复合型线。例如, 将圆弧和渐开线部分结合, 或者在摆线的基础上进行改进。这些复合型线的设计旨在提高泵的整体性能, 满足更复杂的工况要求。

## 3 电厂对罗茨真空泵的性能要求

### 3.1 真空度要求

#### 3.1.1 启动阶段的真空建立

在电厂启动过程中, 罗茨真空泵需要快速建立起一定的真空度, 以满足后续设备的启动条件。例如, 在汽轮机启动前, 凝汽器需要迅速达到较低的压力, 为蒸汽的冷凝创造条件。不同的电厂设备和工艺流程对启动真空度的要求有所不同, 但一般都要求在较短的时间内达到相应的真空水平。

#### 3.1.2 稳定运行阶段的真空维持

在电厂正常运行时, 罗茨真空泵要能够稳定地维持系统所需的真空度。对于凝汽器来说, 稳定的真空度对于提高汽轮机的效率至关重要。如果真空度出现波动或下降, 会导致汽轮机的排汽压力升高, 从而降低汽轮机的做功能力, 影

响电厂的发电效率。

### 3.2 抽气能力要求

#### 3.2.1 抽气速度

电厂中有大量的不凝结气体和少量的可凝性气体需要被抽除。罗茨真空泵需要有足够快的抽气速度,以保证系统内的气体及时被清除。抽气速度的大小直接影响到电厂设备的启动时间和运行稳定性。在一些大型电厂中,由于系统容积较大,对抽气速度的要求更高。

#### 3.2.2 对不同气体成分的处理能力

电厂运行过程中产生的气体成分复杂,包括空气、水蒸气、氢气等。罗茨真空泵需要能够有效地处理这些不同成分的气体。不同的气体在物理和化学性质上存在差异,如水蒸气在低温下可能会凝结,影响泵的正常运行。因此,罗茨真空泵需要具备良好的适应性,确保对各种气体的抽除效果。

### 3.3 可靠性和稳定性要求

#### 3.3.1 长时间连续运行能力

电厂是连续生产的企业,罗茨真空泵通常需要长时间不间断地运行。因此,泵的可靠性至关重要。在运行过程中,要能够承受高温、高压、振动等复杂的工况条件,减少故障发生的概率,保证电厂的稳定运行。

#### 3.3.2 抗干扰能力

电厂环境中存在各种干扰因素,如电磁场、温度变化、振动等。罗茨真空泵需要具备良好的抗干扰能力,避免这些因素对其性能产生不利影响。例如,在靠近大型电机等强电磁场设备附近,罗茨真空泵的控制系统需要能够正常工作,不受电磁干扰。

## 4 不同转子型线罗茨真空泵在电厂中的使用效果对比

### 4.1 真空度建立和维持效果

#### 4.1.1 圆弧型线罗茨真空泵

在启动阶段,圆弧型线罗茨真空泵由于其结构简单,启动速度相对较快,但在达到较高真空度时,由于泄漏问题,其进一步提升真空度的能力有限。在稳定运行阶段,其维持真空度的稳定性较差,容易出现小幅波动,需要更频繁的监测和调整。

#### 4.1.2 渐开线型线罗茨真空泵

渐开线型线罗茨真空泵在启动过程中,由于其良好的密封性,能够在较短的时间内建立起较高的真空度。在稳定运行时,能够很好地维持真空度的稳定,对维持凝汽器等设备的高效运行有积极作用。其在高真空环境下的表现明显优于圆弧型线泵。

#### 4.1.3 摆线型线罗茨真空泵

摆线型线罗茨真空泵在真空度建立方面表现出较好的性能,尤其是在处理含有一定湿度的气体时。其独特的型线

结构使得气体在泵内的流动更加顺畅,有助于快速建立真空。在维持真空度方面,摆线型线泵在复杂气体环境下具有较好的稳定性,能够有效应对水蒸气等可凝性气体对真空度的影响。

#### 4.1.4 复合型线罗茨真空泵

复合型线罗茨真空泵结合了多种型线的优点,在真空度建立和维持方面表现出更出色的综合性能。它可以根据具体的工况条件,在启动和运行过程中更好地满足电厂对真空度的要求,如在一些对真空度要求极高的新型电厂工艺中,复合型线泵具有明显的优势。

### 4.2 抽气能力效果

#### 4.2.1 圆弧型线罗茨真空泵

圆弧型线罗茨真空泵的抽气速度在低真空阶段相对较快,但随着真空度的提高,由于泄漏和气体压缩比的限制,抽气速度会逐渐下降。在处理复杂气体成分时,其对水蒸气等可凝性气体的处理能力较差,容易出现积水等问题,影响抽气效果。

#### 4.2.2 渐开线型线罗茨真空泵

渐开线型线罗茨真空泵由于其良好的密封性和稳定的传动,在整个抽气过程中能够保持相对稳定的抽气速度。在处理不同气体成分时,对空气等不凝结气体的抽除效果好,但对于高湿度气体,需要配合相应的汽水分离装置,以避免水汽对转子和泵腔的损害。

#### 4.2.3 摆线型线罗茨真空泵

摆线型线罗茨真空泵在抽气速度方面表现出较好的性能,尤其是在处理含有杂质和湿度的气体时。其独特的型线结构有利于气体的吸入和排出,减少了气体在泵内的滞留时间。在处理水蒸气等可凝性气体时,摆线型线泵能够更好地实现汽水分离,提高抽气效率。

#### 4.2.4 复合型线罗茨真空泵

复合型线罗茨真空泵在抽气能力上具有很强的适应性。它可以根据不同的气体成分和工况条件,调整抽气速度和处理方式。在处理多种气体混合的复杂工况下,复合型线泵能够通过优化转子型线的不同部分来实现高效抽气,提高电厂系统内气体的清除效率。

### 4.3 可靠性和稳定性效果

#### 4.3.1 圆弧型线罗茨真空泵

圆弧型线罗茨真空泵由于结构简单,其机械可靠性在一定程度上较高,由于其密封性较差,在长期运行中,容易因泄漏导致转子和泵腔的磨损加剧。在复杂工况下,如高温、高湿度环境,其性能下降明显,故障发生率相对较高。

#### 4.3.2 渐开线型线罗茨真空泵

渐开线型线罗茨真空泵的转子在运行过程中受力均匀,且密封性好,减少了因气体泄漏对转子和泵腔的腐蚀和磨损。在长期连续运行中,其可靠性较高,能够承受电厂正常运行时的工况条件。但在极端工况下,如突然的压力冲击或

温度骤变,可能会对其渐开线的啮合精度产生一定影响。

### 4.3.3 摆线型线罗茨真空泵

摆线型线罗茨真空泵的独特型线结构使其在运行过程中具有较好的稳定性。其对气体的平稳传输减少了振动和冲击,有利于延长泵的使用寿命。在面对复杂的气体环境和一定程度的工况变化时,摆线型线泵表现出较好的适应性,故障发生率较低。

### 4.3.4 复合型线罗茨真空泵

复合型线罗茨真空泵综合了多种型线的结构特点,在可靠性和稳定性方面具有更优的表现。它可以通过合理的型线组合来应对不同的工况变化,减少单一型线在特定情况下的弱点。在长期运行中,复合型线泵能够更好地适应电厂复杂的运行环境,保障电厂的稳定生产。

## 5 影响不同转子型线罗茨真空泵使用效果的因素分析

### 5.1 电厂工况条件

#### 5.1.1 温度和湿度

电厂不同部位的温度和湿度差异很大。在高温环境下,罗茨真空泵的材料性能和润滑效果会受到影响。对于湿度较高的区域,如靠近冷却塔或存在大量水蒸气的工艺环节,泵对水蒸气的处理能力成为关键。不同转子型线的罗茨真空泵在不同温度和湿度条件下的性能表现不同,如摆线型线泵在高湿度环境下可能更具优势。

#### 5.1.2 气体成分和压力

电厂中存在多种气体成分,不同的气体在物理和化学性质上有很大差异。一些气体可能具有腐蚀性,或者在特定压力下会发生相变。此外,系统内的压力变化范围也会影响罗茨真空泵的工作性能。例如,在高压差的情况下,对转子的强度和密封性要求更高,渐开线型线泵在这种情况下优势可能更加明显。

### 5.2 维护保养水平

#### 5.2.1 日常检查和维护内容

定期的检查包括转子的磨损情况、泵腔的清洁度、密封件的状态等。对于不同转子型线的罗茨真空泵,维护重点有所不同。例如,圆弧型线泵由于其密封性较差,需要更频繁地检查密封情况和转子磨损,及时更换磨损部件。而渐开线型线泵则需要重点关注渐开线的啮合精度在长期运行后

的变化。

### 5.2.2 润滑和冷却系统

良好的润滑对于罗茨真空泵的正常运行至关重要。不同转子型线的泵对润滑油的要求和消耗速度可能不同。同时,冷却系统的效果也会影响泵的工作温度和性能。在一些高温环境下运行的罗茨真空泵,需要有效的冷却措施来保证润滑油的性能和泵的整体可靠性。

## 6 结论与展望

### 6.1 结论

通过对不同转子型线的罗茨真空泵在电厂中的使用效果分析,我们可以得出以下结论:

①不同转子型线的罗茨真空泵在真空度建立和维持、抽气能力、可靠性和稳定性等方面存在明显差异。渐开线型线、摆线型线和复合型线罗茨真空泵在多数性能指标上优于圆弧型线泵。

②电厂的工况条件和维护保养水平对不同转子型线罗茨真空泵的使用效果有重要影响。在选择罗茨真空泵时,需要综合考虑电厂的实际运行环境、气体成分、温度湿度等因素,以及自身的维护能力。

### 6.2 展望

未来,随着电厂技术的不断发展和对真空设备性能要求的进一步提高,罗茨真空泵的转子型线设计将朝着更加优化的方向发展。一方面,将进一步研究新型的转子型线,结合先进的计算机模拟和优化算法,开发出性能更卓越的罗茨真空泵。另一方面,在现有型线的基础上,通过改进制造工艺和材料,提高罗茨真空泵在复杂工况下的适应性和可靠性,为电厂的高效稳定运行提供更有力的支持。同时,对于罗茨真空泵在电厂中的使用效果评估方法也将不断完善,以便更准确地指导泵的选型和使用。

### 参考文献:

- [1] 刘林林,初嘉鹏,胡建中.罗茨真空泵转子型线的研究[J].机械设计,2007(3):64-67.
- [2] 张永宇,杨飞龙,周万春,等.罗茨鼓风机转子渐开线型线设计与加工[J].郑州工业大学学报(工学版),1999,20(3):87-89.

作者简介:刘忠源(1971-),男,中国江苏常州人,助理工程师,从事发电厂运行研究。