

# 高温环境下太阳能光热发电系统效能改进方法探讨

钱江

甘肃国能风力发电有限公司 甘肃 兰州 730000

**摘要:** 随着全球气候变化和能源需求的增长,太阳能光热发电系统在高温环境下的效能改进显得尤为重要。高温环境不仅影响集热器的性能,还可能导致热能储存与转换设备效率下降。本文探讨了通过高效集热器的设计与优化、热能储存与转换技术的创新以及系统控制与优化的智能化等方法,提升太阳能光热发电系统在高温环境下的效能。这些方法有助于提高系统发电效率,促进可再生能源技术的发展。

**关键词:** 高温环境下;太阳能光热发电系统;效能改进方法

引言:随着可再生能源技术的飞速发展,太阳能光热发电系统作为其中的一种重要形式,已在全球范围内得到广泛关注和应用。然而,高温环境对太阳能光热发电系统的性能带来了诸多挑战。为了提升系统在高温环境下的效能,本文将深入研究并分析当前面临的挑战,并提出相应的效能改进方法。这些方法的实施将有助于提高系统的整体效率,从而推动太阳能光热发电技术在高温环境下的应用和发展。

## 1 太阳能光热发电系统概述

### 1.1 太阳能光热发电系统的基本原理

太阳能光热发电系统利用太阳辐射能直接转换为热能,再利用热能产生蒸汽或驱动其他类型的热机进而产生电能。其基本原理主要包括光热转换和热能发电两个主要步骤。(1)光热转换过程是通过集热器完成的,集热器通常使用反射镜或透镜将太阳辐射聚焦到一个小的接收面上,从而提高局部温度。这种聚焦方式可以有效地将太阳能转换为热能。另一种方法是使用太阳能吸收体,如黑体,直接吸收太阳光并转换为热能。(2)热能发电过程则是利用转换得到的热能,通过传统的热力循环过程产生电能。最常见的方法是使用工作介质(如水、导热油等)在集热器中吸收太阳能产生的热能,然后将其加热至高温高压状态,推动汽轮机转动,最终通过发电机将机械能转换为电能。

### 1.2 系统的主要组成部分及其功能

太阳能光热发电系统主要由以下几个部分组成:

(1)集热器。这是光热发电系统的核心部分,负责将太阳辐射能直接转换为热能。根据其工作方式,集热器可分为槽式、塔式、碟式等多种类型。(2)热能储存系统。由于太阳光的间断性和不稳定性,热能储存系统用于在太阳光照不足或无光照时段提供热能,确保系统的连续运行。(3)热机。通常使用汽轮机或斯特林发动机

等热力设备,将热能转换为机械能。(4)发电机。将热机产生的机械能转换为电能,供给用户使用。(5)控制系统。负责监控系统的运行状态,并根据实际情况调整集热器角度、工作介质流量等参数,以优化系统性能。

### 1.3 太阳能光热发电系统的优势与挑战

**优势:** (1)清洁环保。太阳能光热发电系统不排放温室气体或其他污染物,对环境的负面影响极小。(2)资源丰富。太阳能作为一种无处不在的可再生能源,其储量极为丰富,几乎不受地域限制。(3)技术成熟。经过多年的研究与发展,太阳能光热发电技术已经相对成熟,能够实现稳定运行和较高的发电效率<sup>[1]</sup>。

**挑战:** (1)初投资成本高。与传统的化石燃料发电相比,太阳能光热发电系统的初投资成本通常更高。(2)占地面积大。为了达到一定的发电规模,太阳能光热发电系统需要占用较大的土地面积。(3)依赖天气条件。尽管太阳能是一种可靠的可再生能源,但其可利用性直接受到天气条件的影响。在阴天或多云天气下,系统的发电效率会大幅下降。(4)热能储存技术。目前高效的热能储存技术仍处在发展阶段,如何实现长期、高效、经济的热能储存是太阳能光热发电系统面临的一大技术挑战。

## 2 高温环境对太阳能光热发电系统的影响分析

### 2.1 高温环境对集热器性能的影响

在高温环境下,集热器的性能会受到多方面的影响。首先,高温会增加集热器的热损失,导致集热效率下降。这是因为集热器材料的热导率会随着温度的升高而增加,使得更多的热能通过集热器结构传递到周围环境中。其次,高温还可能导致集热器材料的热应力增加,甚至引起材料的热膨胀和变形,进而影响到集热器的光学性能和结构稳定性。此外,高温还会加速集热器中的腐蚀过程,缩短其使用寿命。为了应对高温环境对

集热器性能的影响, 研究者们正在探索使用具有高抗热性能的材料来制造集热器, 并优化其结构和光学设计。例如, 采用具有高反射率和高抗热性能的涂层材料, 以提高集热器的集热效率并减少热损失; 同时, 通过改进集热器的结构设计, 如采用空气冷却或水冷却等方式, 来降低集热器的运行温度, 减少热应力和腐蚀问题。

### 2.2 高温环境对热能储存与转换设备的影响

在太阳能光热发电系统中, 热能储存与转换设备是关键组成部分, 用于将集热器捕获的热能转换为电能。然而, 在高温环境下, 这些设备同样会受到影响。对于热能储存设备来说, 高温环境会加速储热材料的热降解和老化过程, 导致储热性能下降。此外, 高温还可能引起储热材料内部的热应力增加, 进而产生裂缝和破损, 影响储热设备的长期稳定运行。为了应对这些问题, 研究者们正在开发具有高抗热性能和长寿命的储热材料, 并优化储热设备的结构设计, 以提高其耐高温性能和储热效率。对于热能转换设备来说, 高温环境会对其中的热机、涡轮机等热力设备产生不利影响。高温会导致热力设备的材料性能下降, 如强度降低、蠕变增加等, 进而影响到设备的运行效率和稳定性。此外, 高温还可能引起热力设备中的热应力分布不均, 导致设备损坏或失效。为了应对这些挑战, 研究者们正在研发具有更高抗热性能的材料和技术, 以提高热力设备的耐高温能力和运行效率。

### 2.3 高温环境对系统整体效率的影响

高温环境对太阳能光热发电系统整体效率的影响是多方面的。首先, 高温环境下集热器和热能储存与转换设备性能的下降会导致系统整体能量转换效率降低。其次, 高温还会增加系统中的热损失和散热量, 进一步降低系统效率。此外, 高温还可能引起系统中各部件之间的热膨胀差异增大, 导致密封性能下降和漏热问题加剧, 进而影响系统效率。为了提高太阳能光热发电系统在高温环境下的整体效率, 研究者们正在从多个方面入手进行研究和改进。一方面, 他们致力于研发具有更高性能和抗热能力的集热器、热能储存与转换设备以及系统控制技术; 另一方面, 他们也在探索优化系统整体结构设计的方法, 以降低高温环境下的热损失和散热量, 提高系统的能量转换效率和运行稳定性。同时, 研究者们还注重加强系统维护和管理, 及时发现和解决潜在问题, 确保系统在高温环境下能够长期稳定运行并保持良好的发电效率。

## 3 高温环境下太阳能光热发电系统效能改进方法

### 3.1 高效集热器的设计与优化

在太阳能光热发电系统中, 集热器扮演着至关重要的角色, 它是将太阳辐射能直接转换为热能的关键部件。因此, 在高温环境下, 对集热器的设计与优化显得尤为关键, 这不仅关系到集热器本身的性能, 还直接影响到整个光热发电系统的效能。首先, 材料的选择是优化集热器性能的基础。为了应对高温环境, 集热器的制造材料应具备高抗热性能、低导热系数以及高反射率等特点。这样的材料可以有效地减少热损失, 提高集热效率。例如, 某些先进的陶瓷材料和高分子复合材料就具备这些特性, 它们在高温环境下能够保持较好的稳定性和热性能。此外, 随着科技的进步, 复合材料和纳米技术也为集热器的制造提供了新的可能。复合材料通过组合不同材料的优点, 可以在抗热性、强度和耐腐蚀性等方面实现更好的性能。而纳米技术则可以在材料表面形成特殊的纳米结构, 进一步提高反射率和吸热性能, 从而增加集热器的集热效率。除了材料选择外, 集热器的结构和光学设计也是优化的重点。合理的结构设计可以保证太阳光的高效聚焦和均匀照射在集热器表面, 从而提高集热效率。例如, 通过优化反射镜或透镜的形状和排列, 可以将更多的太阳光聚焦于集热器中心, 减少光的散射和损失<sup>[2]</sup>。同时, 集热器的热传导结构也需要进行优化, 以减少热阻, 提高热能传递效率。这可以通过优化热管布局、增加导热材料等方式实现。在光学设计方面, 集热器的表面涂层和反射层也起着重要作用。这些涂层和反射层可以增加太阳光在集热器表面的反射次数和吸收率, 进一步提高集热效率。通过研究和开发新型的高反射率、高吸收率涂层材料, 可以有效提升集热器在高温环境下的性能。

### 3.2 热能储存与转换技术的创新

热能储存与转换技术在太阳能光热发电系统中扮演着承上启下的角色, 其效能直接影响着光热发电的整体性能。因此, 在这一领域进行技术创新, 对于提升系统效能至关重要。(1) 高温相变材料的研发与应用。相变材料是一种独特的热能储存媒介, 能够在特定温度下吸收或释放大量热能。在太阳能光热发电系统中, 高温相变材料的应用具有巨大潜力。这些材料能够在高温下稳定工作, 储存大量的热能, 并在需要时释放出来供系统使用。为了进一步提高系统的发电效率, 研究者们正在致力于研发具有更高热稳定性和更大储热容量的高温相变材料。通过优化材料的组成和结构, 可以使其在更高温度下仍然保持良好的性能, 从而有效减少高温环境下的热损失。(2) 热电转换技术的改进。热电转换技术是一种直接将热能转换为电能的技术, 具有高效、环保等

优点。在太阳能光热发电系统中，通过改进热电转换材料的性能和提高其转换效率，可以将更多的热能直接转换为电能，从而提高整个系统的效率。为了实现这一目标，研究者们正在深入研究新型的热电转换材料，并尝试通过各种手段提高其转换效率。同时，他们还致力于开发新型的热电转换结构和技术，以适应高温、高辐射等极端环境下的工作需求<sup>[1]</sup>。（3）智能热能管理系统的开发。除了上述两种技术创新外，智能热能管理系统的开发也是提高太阳能光热发电系统效能的关键。这一系统可以实时监测系统的热能分布和流动情况，并根据实际需要智能地调配热能储存与转换设备的工作状态，从而实现热能的高效利用。通过集成高温相变材料、改进热电转换技术和开发智能热能管理系统，我们可以期待太阳能光热发电系统在未来能够实现更高的发电效率和更好的环境适应性。这不仅有助于推动可再生能源技术的发展，还将为应对全球气候变化和环境问题提供有力支持。

### 3.3 系统控制与优化的智能化

随着科技的不断发展，智能化控制已经成为现代工业系统的重要发展方向。在太阳能光热发电系统中，实现智能化控制对于提高系统效率、优化运行策略以及应对各种复杂环境条件具有至关重要的意义。（1）预测模型的建立与应用。预测模型是智能化控制的核心之一。通过建立基于历史数据和天气预报的预测模型，可以实现对系统发电量和运行状态的准确预测。这种预测不仅能够提供对系统未来运行情况的深入了解，还能够为系统的调度和控制提供重要依据。为了建立高效的预测模型，需要收集大量的历史数据，包括系统发电量、环境温度、太阳辐照度等。同时，结合天气预报数据，可以预测未来的太阳辐照情况和环境温度变化，从而预测系统的发电量和运行状态。这些预测结果可以用于制定系统的运行策略，如调整集热器的角度、优化热能储存与

转换设备的运行等，以最大化地利用太阳能并减少热损失。（2）智能调度与控制策略的研究。智能调度与控制策略是实现系统高效运行的关键。通过研究和应用先进的控制算法和优化算法，可以实现对系统的智能调度和控制。例如，在高温时段，可以自动调整集热器的角度和工作状态，以最大化地利用太阳能并减少热损失。同时，可以优化热能储存与转换设备的运行策略，以确保系统的稳定运行并提高整体效率。为了实现智能调度与控制，需要建立强大的控制系统，实现对系统各个组成部分的实时监控和控制。通过集成先进的传感器和执行器，可以实现对系统关键参数的实时测量和调节，从而实现系统的精确控制。此外，还需要研究和应用先进的人工智能算法，如深度学习、强化学习等，以实现系统行为的自主学习和优化。这些算法可以通过对系统历史数据的分析和学习，自动优化系统的运行策略，进一步提高系统的效率和稳定性。

### 结束语

通过本文对高温环境下太阳能光热发电系统效能改进方法的深入研讨，我们已经看到众多具有潜力的解决方案。随着技术的进步与创新，我们相信这些改进策略能够显著提升系统的整体效率，降低对环境的影响，并在未来推动太阳能光热发电技术的广泛应用。展望未来，我们期待太阳能光热发电在应对全球能源和环境挑战中发挥更大的作用。

### 参考文献

- [1] 李晓飞. 高温环境下太阳能光热发电系统性能优化研究[J]. 太阳能学报, 2022, 33(6): 65-72.
- [2] 张志勇. 高温环境下太阳能集热器效率提升技术研究[J]. 太阳能, 2021, (11): 28-33.
- [3] 刘强. 高温条件下太阳能光热发电系统智能控制策略的研究[J]. 太阳能学报, 2022, 33(5): 48-55.