

# 地源热泵系统在高速公路服务站区的设计优化与运行管理

苏鹏程

山西省交通新技术发展有限公司, 山西 太原 350000

**[摘要]**高速公路收费站、服务区一般远离市区、城镇,不便接入市政集中供热系统,须独立设置供热与制冷系统。地源热泵空调系统是一项先进的空调技术,利用大地温度相对恒定的特性,解决了冬季采暖、夏季制冷问题,属可再生能源利用技术,与采用锅炉(煤、油、电)供暖+分体空调制冷方式相比较,系统简单,运行费用低,降低能耗,不污染环境,节能、环保效果显著。

**[关键词]**地源热泵系统;高速公路服务站区;设计优化;运行管理

DOI: 10.33142/aem.v6i5.11925

中图分类号: TM7

文献标识码: A

## Design Optimization and Operation Management of Ground Source Heat Pump System in Highway Service Station Area

SU Pengcheng

Shanxi Provincial Transportation New Technology Development Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 350000, China

**Abstract:** Toll stations and service areas on highways are generally far from urban areas and towns, making it inconvenient to connect to the municipal centralized heating system. Therefore, independent heating and cooling systems must be installed. Ground source heat pump air conditioning system is an advanced air conditioning technology that utilizes the relatively constant temperature of the earth to solve the heating and cooling problems in winter and summer. It belongs to renewable energy utilization technology. Compared with using boilers (coal, oil, electricity) for heating and split air conditioning cooling, the system is simple, has low operating costs, reduces energy consumption, does not pollute the environment, and has significant energy-saving and environmental protection effects.

**Keywords:** ground source heat pump system; expressway service station area; design optimization; operation management

### 引言

随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的提高,寻找可持续、高效的能源利用技术已成为当今社会的重要任务之一。在这一背景下,地源热泵系统作为一种清洁、高效的能源利用技术备受关注,并在各类建筑物中得到广泛应用。而高速公路服务站区作为交通枢纽和人流密集地,其能源消耗量巨大,对供暖和制冷系统提出了严格的要求。地源热泵系统在高速公路服务站区的应用,不仅可以满足其多样化的能源需求,还能有效降低能源消耗、减少环境污染,具有重要的经济和环境意义。然而,要实现地源热泵系统在该领域的最佳性能,需要克服一系列挑战,包括但不限于地质条件复杂、用能需求波动大、运行管理复杂等问题。因此,本文将深入研究地源热泵系统在高速公路服务站区的设计优化与运行管理。通过对服务站区域的环境特点进行分析,探讨设计参数的选择与优化、设备的布置与选用,以及系统的运行监测与控制、故障诊断与处理、定期维护与保养等方面的问题。通过对这些方面的综合研究,旨在为地源热泵系统在高速公路服务站区的应用提供理论指导和实践经验,促进其更广泛、更有效地推广和应用,进一步推动清洁能源技术的发展和應用。

### 1 高速公路服务站区环境特点分析

#### 1.1 区域气候特点

高速公路服务站区的气候特点对地源热泵系统的设计和运行具有重要影响。这些服务站所处的地理位置和气候条件可能千差万别,从极寒的北方地区到酷热的南方地区,气温、湿度、降水量等因素都可能有所不同。在设计地源热泵系统时,需要充分考虑服务站所在地区的气候特点,以确保系统能够在各种气候条件下稳定运行并提供所需的热量或冷量。在寒冷地区,系统需要能够有效地抵御极端低温,并提供足够的供热能力;而在炎热地区,则需要保证系统在高温条件下依然能够高效运行,为用户提供舒适的室内环境。除了考虑气温和湿度外,还需要考虑气候的季节性变化以及可能出现的极端天气事件,如暴雨、暴雪等,这些都对系统的运行和性能提出了额外的挑战<sup>[1]</sup>。因此,在进行地源热泵系统的设计和优化时,必须充分考虑所在地区的气候特点,以确保系统能够在各种条件下稳定可靠地运行,从而实现能源的高效利用和环境的可持续发展。

#### 1.2 用能需求分析

高速公路服务站区的用能需求分析是设计地源热泵系统的重要前提。这些服务站作为交通要道上的重要设施,承担着为车辆和行人提供各种服务的重要职责。因此,服务站的能源需求相当多样化且复杂。首先,考虑到服务站

的多功能性，比如餐饮区、商店、加油站、卫生间等，这些区域需要提供稳定的室内温度和舒适的环境，以满足用户的需求。餐饮区和商店需要保持适宜的温度以确保顾客舒适度和食品的质量，而加油站和卫生间则需要适当的供暖或制冷设施来满足用户的舒适需求。其次，服务站的能源需求还受到季节和时间变化的影响。在冬季，服务站可能需要更多的供暖能力来抵御寒冷，而在夏季，则需要更多的制冷设施来应对高温。此外，白天和夜晚的能源需求也可能有所不同，例如白天用户增加可能导致能源需求的波动。另外，周边环境因素也会对服务站的能源需求产生影响。比如，如果服务站所在地区气候较恶劣，如极端寒冷或高温，就需要相应增加供暖或制冷设备的能力。此外，交通流量的增加也会带来额外的能源消耗，因为服务站需要满足更多用户的需求。

### 1.3 地质地形特点

高速公路服务区区的地质地形特点对地源热泵系统的设计和施工至关重要。首先，地质地形特点直接影响着地源热泵系统的地热井布置和地下管道的敷设。服务区周围的地质条件可能会有所不同，有些区域可能有岩石层，而另一些可能是泥土或砂质土壤。对地下层的了解可以帮助确定地热井的深度和位置，以及管道敷设的方式，从而最大限度地利用地热能源。其次，地质地形特点也会影响地下水的流动和水质情况。在设计地源热泵系统时，需要考虑地下水的运动方向和流速，以避免对地下水环境造成不良影响。此外，地下水的水质也需要进行分析，以确保系统的运行安全和稳定性。另外，地质地形特点还会影响地下温度分布情况。不同的地质条件会导致地下温度的差异，而地源热泵系统正是利用地下恒定的温度来进行能量交换的。

## 2 地源热泵系统在高速公路服务区区的设计优化

### 2.1 设计参数选择与优化

地源热泵系统在高速公路服务区区的设计优化中，设计参数的选择与优化是至关重要的一步。首先，需要综合考虑服务站的用能需求、地质地形特点以及气候条件等因素，确定系统的设计参数，包括地热井的深度、管道的布置方式、热泵机组的规格等。在选择这些设计参数时，需要充分考虑系统的整体性能和稳定性，以确保系统能够满足服务站的实际需求，并且在各种气候条件下都能够稳定运行。其次，设计参数的优化需要通过计算和模拟等方法进行。可以利用建筑能耗模拟软件对系统进行模拟分析，评估不同设计参数下系统的能效比、运行成本等指标，从而找到最优的设计方案。在优化设计参数时，需要综合考虑系统的能源利用效率、运行稳定性以及投资成本等方面的因素，以达到系统性能的最佳平衡点。另外，设计参数的选择与优化还需要考虑系统的可持续性和环境影响。在选择地热井的深度和位置时，需要避免对地下水环境造成不良影响，同时也要考虑地源热泵系统对地下水资源的可持续利用。此外，在选择热泵机组的规格和型号时，也要考虑其能源利用效率和环境友好性，选择符合能源节约和环境保护要求的设备。

### 2.2 地热井布置优化

地热井的布置位置和深度直接影响着系统的热交换效率和性能稳定性。在进行地热井布置优化时，首先需要考虑服务区区域的地质地形特点，包括土壤类型、地下水位、地层结构等因素。通过对地下地质情况的详细分析，可以确定地热井的最佳布置位置和深度，以最大程度地利用地下恒定的温度资源。其次，需要考虑地热井之间的布置间距和排列方式。合理的地热井布置方式可以最大限度地提高系统的热交换效率，减少地下水资源的消耗，并且降低系统的运行成本。在确定地热井的布置方式时，需要综合考虑系统的整体性能和稳定性，以及对地下水环境的影响，确保系统的运行安全和稳定性。此外，地热井布置优化还需要考虑系统的日常运行维护和管理<sup>[2]</sup>。合理的地热井布置方式可以降低系统的维护难度和成本，并且延长系统的使用寿命。因此，在进行地热井布置优化时，需要考虑到系统的整体运行和维护管理情况，以提高系统的可靠性和经济性。

### 2.3 系统管路布置与优化

首先，需要充分考虑服务站的用能需求和建筑结构特点。根据服务站的布局 and 建筑结构，合理规划管路的布置路径和连接方式，以最小化管路的长度和阻力，减少能量损失。其次，需要考虑管路的绝热设计和保温措施。通过采用绝热材料和保温层，可以减少管路的热损失，提高系统的能源利用效率。此外，还可以采取管路埋地或埋地深度增加的方式，利用地下恒定的温度来降低管路的能量损失。另外，需要考虑管路的布置方式和连接方式。合理的管路布置方式可以减少管道的弯曲和阻力，提高流体的流动效率。同时，采用高质量的连接件和密封材料，可以减少漏水和泄漏的风险，确保系统的安全稳定运行。最后，需要考虑管路的维护和管理问题。合理的管路布置方式可以降低系统的维护难度和成本，延长系统的使用寿命。因此，在进行系统管路布置与优化时，需要考虑到系统的整体运行和维护管理情况，以提高系统的可靠性和经济性。

### 2.4 设备选择与优化

首先，需要考虑地源热泵机组的选择。合适的热泵机组应根据服务站的用能需求和热负荷进行选择，并考虑到系统的整体运行效率和稳定性。热泵机组的额定容量和性能指标需要与服务站的实际热负荷相匹配，以确保系统能够满足日常运行需求，并且在各种气候条件下都能够稳定运行。其次，需要考虑地热井和地下管道的选择。地热井和地下管道是地源热泵系统的重要组成部分，直接影响着系统的热交换效率和性能稳定性。合适的地热井和地下管道应根据地质地形特点和地下水环境情况进行选择，并采用高质量的材料和工艺，以确保系统的安全稳定运行。另外，还需要考虑附件设备的选择，如水泵、循环泵、换热器等。这些附件设备的选择应根据系统的实际需要和运行条件进行优化，以提高系统的运行效率和能源利用效率。最后，设备选择与优化还需要考虑到设备的维护和管理问题。选择高品质、可靠性好的设备可以降低系统的维护难



度和成本,并延长设备的使用寿命。因此,在进行设备选择与优化时,需要充分考虑到系统的整体运行和维护管理情况,以提高系统的可靠性和经济性。

### 3 地源热泵系统运行管理

#### 3.1 系统运行监测与控制

地源热泵系统的运行监测与控制是确保系统高效、稳定运行的关键。通过系统运行监测,可以实时监测系统各个部件的运行状态、能源利用情况以及环境参数等信息。这包括监测地热井的温度变化、热泵机组的工作状态、地下管道的流体流速等。运行监测数据可以通过传感器和监控设备实时采集,并传输到监控中心或控制系统中进行处理和分析。一旦发现系统运行异常或故障,即可通过系统运行控制进行相应调整和处理。例如,当地热井温度异常波动时,可以通过调节热泵机组的运行参数来稳定系统运行;当地下管道出现堵塞或漏水时,可以及时调度维修人员进行处理。通过系统运行监测与控制,可以及时发现和解决系统运行中的问题,保障系统的稳定性和安全性。此外,系统运行监测与控制还可以用于优化系统的运行策略和调整系统的工作参数,以提高系统的能源利用效率和运行效率。通过对运行数据的分析和评估,可以发现系统运行中存在的潜在问题和改进空间,并采取相应的措施进行优化调整,从而实现系统的长期稳定运行和性能提升。

#### 3.2 故障诊断与处理

在系统运行过程中,可能会出现各种故障,如地热井堵塞、热泵机组故障、管道漏水等。及时有效地诊断和处理这些故障,对于系统的正常运行至关重要。首先,需要建立完善的故障诊断体系。这包括建立系统的故障诊断流程和标准,确定故障诊断人员的职责和权限,以及配备必要的故障诊断工具和设备。通过建立完善的故障诊断体系,可以提高故障诊断的效率和准确性。其次,需要采用多种手段进行故障诊断。可以通过实时监测系统运行数据、检查设备运行状态、进行现场调查等方式,快速准确地诊断故障原因。在诊断故障时,需要综合考虑系统各个部件之间的关联性和可能存在的问题,以找到故障的根源。一旦故障被诊断出来,就需要及时采取相应的处理措施。这包括修复或更换故障部件、调整系统工作参数、优化系统运行策略等。通过及时有效地处理故障,可以最大限度地减少系统停机时间,保障系统的稳定运行。最后,需要进行故障分析和总结。对于系统出现的故障,需要进行详细的分析和总结,找出故障发生的原因和可能的改进措施,以避免类似故障再次发生。通过持续不断的故障分析和总结,可以不断提高系统的稳定性和可靠性。

#### 3.3 定期维护与保养

通过定期维护和保养,可以有效预防系统的故障和损坏,延长设备的使用寿命,保障系统的性能和效率。首先,定期维护与保养包括对系统各个部件的定期检查和清洁。这包括地热井、热泵机组、地下管道、换热器等各个部件

的检查和清理,以确保其正常运行和良好状态。定期检查可以发现潜在问题,并及时采取措施修复或更换受损部件,防止故障发生。其次,定期维护与保养还包括对系统运行参数的定期调整和优化。通过定期调整系统的运行参数,可以保持系统的运行效率和性能稳定性,并最大限度地利用地源热能资源。优化系统运行策略可以进一步提高系统的能源利用效率,降低运行成本。另外,定期维护与保养还包括对系统的记录和文档管理。及时记录系统的运行数据、维护记录和维修情况,可以为系统的日常管理和故障排除提供重要参考,同时也有助于对系统运行状况进行监测和评估,及时发现问题并采取措施解决。最后,定期维护与保养需要进行专业的维护人员进行,他们具有丰富的经验和专业知识,能够对系统进行全面、系统的检查和维护<sup>[3]</sup>。同时,维护人员还应定期接受培训和学习,不断提升自己的维护技能和水平,以适应系统不断发展和变化的需求。

### 4 结语

在高速公路服务站区的设计优化与运行管理中,地源热泵系统作为一种清洁、高效的能源利用技术,展现了巨大的潜力和优势。通过本文对该领域的深入研究和探讨,我们深入了解了地源热泵系统在高速公路服务站区的应用现状、面临的挑战以及解决方案。首先,我们对高速公路服务站区的环境特点进行了全面的分析,深入了解了其用能需求、地质地形特点等因素。其次,通过对地源热泵系统设计参数选择与优化、设备选用与布置等方面的研究,我们提出了一系列可行的技术方案和优化策略,旨在提高系统的能效比、稳定性和经济性。同时,我们还探讨了系统运行监测与控制、故障诊断与处理、定期维护与保养等方面的管理策略,以确保地源热泵系统在高速公路服务站区的长期稳定运行。在未来的研究和实践中,我们应继续加强对地源热泵系统技术的研究和创新,不断提高系统的性能和稳定性。同时,还需加强对运行管理的监测和控制,及时发现并解决系统运行中的问题,保障系统的稳定运行和可靠性。我们相信,通过不懈的努力和持续的创新,地源热泵系统在高速公路服务站区的应用将会取得更加显著的成效,为实现清洁能源利用和可持续发展做出积极贡献。

#### [参考文献]

- [1]蔡金霞,鲍卫国.地源热泵技术在某高速公路中的应用及效益分析[J].江西建材,2020(9):256-257.
  - [2]李林林.地源热泵系统在高速公路建筑中的节能减排效果[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(4):291-293.
  - [3]岳丛俊.高速公路地源热泵土壤温度场监测系统的设计[J].山西交通科技,2019(4):5-7.
- 作者简介:苏鹏程(1988.9—),毕业院校:西安工程大学,所学专业:建筑环境与设备工程,当前工作单位:山西省交通新技术发展有限公司,职称级别:工程师。