

天然气分输站分输管道冻胀力学分析

刘家刚（江西省天然气管道有限公司，江西 南昌 330000）

摘要：在天然气分输站中，分输管道是连接输气管道和用户终端的重要通道，其设计和运行参数对天然气输送的安全和稳定起着至关重要的作用。随着气候变化和环境保护意识的增强，寒冷地区的天然气输送系统面临着冻胀问题。冻胀是指在低温条件下，土壤中的水分被冻结形成冰，导致土壤体积膨胀，从而对地下管道施加一定的力。这种力学作用会对分输管道的安全运行产生一定的影响，因此对天然气分输站分输管道的冻胀力学进行深入分析具有重要的理论和实际意义。

关键词：天然气分输站；分输管道；分输管道

1 天然气分输站概述

天然气分输站是指将从天然气生产井口输送出来的原油进行初步处理和分离，然后将其分输到不同的目的地。天然气分输站通常由一系列设备组成，包括分离器、压缩机、加热器、冷却器、储罐等。这些设备的作用是将原油中的天然气、水和杂质进行分离，然后将天然气输送到下游的管道网络中。天然气分输站在天然气输送系统中起着至关重要的作用，它们不仅可以提高天然气的利用率，还可以减少天然气的损耗和环境污染。天然气分输站的设计和运行参数对于保证天然气输送的安全和高效至关重要。在设计方面，需要考虑到天然气的输送量、压力、温度等参数，以及设备的选型和布置。在运行方面，需要对设备进行定期的检修和维护，以确保其正常运行。此外，还需要考虑到天然气的成分和性质，以及输送过程中可能出现的问题，如冻胀等。总之，天然气分输站是天然气输送系统中不可或缺的一部分，它们的设计和运行参数对于保证天然气输送的安全和高效至关重要。在本论文中，我们将重点对天然气分输站分输管道的冻胀力学进行分析，以期对天然气输送系统的设计和运行提供参考。

2 分输管道设计与运行参数

分输管道设计是天然气分输站工程中的重要环节，其设计参数直接影响着管道的运行安全和稳定性。在设计分输管道时，需要考虑以下几个关键参数：

①管道材质：分输管道通常采用钢管或者塑料管道，其选择需要考虑管道的承压能力、耐腐蚀性以及使用寿命等因素；②管道直径和壁厚：管道的直径和壁厚直接影响着管道的输气能力和承压能力，需要根据输气量和输送距离等因素进行合理选择；③管道布置方式：分输管道的布置方式包括埋地式、架空式等，

需要考虑管道的安全性、维护便捷性以及环境影响等因素；④管道输送介质：天然气分输站的输送介质为天然气，需要考虑天然气的压力、温度等参数，以及输送过程中可能产生的腐蚀、结垢等问题；⑤管道运行参数：包括管道的设计压力、设计温度、输气速度、管道的最大允许操作压力等参数，这些参数直接关系到管道的安全运行。在分输管道的设计过程中，需要综合考虑上述参数，并根据实际工程需求进行合理选择和设计。同时，在管道运行过程中，需要对这些参数进行实时监测和调整，以确保管道的安全稳定运行。因此，分输管道设计与运行参数的合理选择和管理对于天然气分输站的安全运行具有重要意义。

3 冻胀力学基础

冻胀是指在土壤中含水的情况下，当土壤遇到低温冻结时，土壤中的水分会由于结冰而膨胀，从而对周围的结构物体产生一定的力学影响。冻胀力学是研究土壤在冻结过程中的物理和力学特性以及对结构物体的影响的学科。

首先，冻胀力学的基础是土壤的冻结过程。当土壤中的水分遇到低温时，水分会逐渐凝固成冰，这个过程是一个释放热量的过程。在冻结的过程中，土壤中的水分会形成冰晶，从而导致土壤体积的膨胀。这种膨胀会对周围的结构物体产生一定的压力和影响。

其次，冻结土壤的力学特性是冻胀力学的重要基础。冻结土壤的力学特性包括土壤的温度变化、含水量、孔隙结构等因素。这些因素会影响土壤在冻结过程中的膨胀程度和力学特性，从而影响土壤对结构物体的影响。

最后，管道冻胀应力分析是冻胀力学的重要内容之一。在天然气分输站分输管道的设计与运行中，管道在冻结过程中会受到一定的冻胀应力。

综上所述，冻胀力学基础包括土壤的冻结过程、冻结土壤的力学特性以及管道冻胀应力分析。通过对这些基础知识的研究和分析，可以更好地理解天然气分输站分输管道在冻结过程中的力学特性和影响，为工程设计和运行提供科学依据。

4 天然气分输站分输管道冻胀力学分析

4.1 冻胀过程模拟

冻胀过程模拟是指通过数学模型和计算方法，对天然气分输站分输管道在冻胀环境下的力学行为进行模拟和分析。

首先需要建立一个合适的数学模型，考虑到土壤、管道和天然气等因素的相互作用，以及冻胀过程中的温度变化、土壤变形等因素。

其次，需要选择合适的计算方法，如有限元法、有限差分法等，对模型进行数值计算，得到管道在冻胀环境下的应力、变形等力学参数。在冻胀过程模拟中，需要考虑到土壤的冻结过程和管道的受力情况。土壤的冻结过程会导致土壤的体积膨胀和变形，从而对管道施加一定的力。同时，管道本身的材料和结构也会在冻胀环境下发生变化，产生应力和变形。因此，冻胀过程模拟需要考虑到土壤和管道的相互作用，以及它们在冻胀环境下的力学行为。通过冻胀过程模拟，可以得到管道在冻胀环境下的应力分布、变形情况等重要参数，为天然气分输站分输管道的设计和运行提供重要参考。同时，通过对不同参数和条件下的模拟分析，可以得到管道在不同冻胀环境下的力学行为规律，为工程实践提供科学依据。

在实际工程中，冻胀过程模拟可以帮助工程师更好地理解管道在冻胀环境下的力学行为，为工程设计和施工提供指导。同时，通过对不同冻胀条件下的模拟分析，可以为工程实践提供科学依据，减少工程风险，提高工程质量。因此，冻胀过程模拟在天然气分输站分输管道的设计和运行中具有重要的意义。

4.2 冻结土壤力学特性

冻结土壤力学特性是指土壤在冻结过程中所表现出的力学性质和特点。在天然气分输站分输管道的冻胀力学分析中，了解土壤在冻结过程中的力学特性对于管道的设计和运行至关重要。

首先，冻结土壤的力学特性受到土壤类型的影响。不同类型的土壤在冻结过程中会表现出不同的力学特性，例如粘土和砂土在冻结后的强度和变形特性会有所不同。因此，在进行冻胀力学分析时，需要充分考

虑土壤类型对于力学特性的影响。

其次，冻结土壤的力学特性还受到温度和冻结速率的影响。温度和冻结速率的变化会直接影响土壤的冻结过程，进而影响土壤的力学特性。一般来说，温度越低、冻结速率越快，土壤的强度和变形特性会相应增加。因此，在进行冻胀力学分析时，需要考虑温度和冻结速率对土壤力学特性的影响。此外，土壤含水量也是影响冻结土壤力学特性的重要因素。含水量的变化会直接影响土壤的冻结过程和力学特性。一般来说，含水量越高，土壤的冻结过程会更加复杂，力学特性也会受到更大的影响。因此，在进行冻胀力学分析时，需要充分考虑土壤含水量对于力学特性的影响。

最后，冻结土壤的力学特性还受到土壤结构和孔隙度的影响。土壤的结构和孔隙度会直接影响土壤的强度和变形特性。因此，在进行冻胀力学分析时，需要充分考虑土壤结构和孔隙度对于力学特性的影响。

综上所述，冻结土壤的力学特性受到多种因素的影响，包括土壤类型、温度和冻结速率、含水量以及土壤结构和孔隙度。在进行天然气分输站分输管道的冻胀力学分析时，需要充分考虑这些因素对于土壤力学特性的影响，以确保管道的设计和运行的安全可靠。

4.3 管道冻胀应力分析

管道冻胀是指在低温环境下，管道内的介质（如天然气）温度下降，导致管道周围土壤温度下降，土壤水分冻结膨胀，从而对管道施加应力的现象。管道冻胀应力分析是研究管道在冻胀过程中所受到的应力情况，对管道的设计和运行具有重要意义。

首先，管道冻胀应力分析需要考虑管道的材料特性、尺寸和壁厚等因素。不同材料的管道在冻胀过程中会受到不同的应力影响，因此需要对管道材料的力学性能进行分析，确定其在冻胀过程中的应力变化规律。此外，管道的尺寸和壁厚也会对冻胀应力产生影响，需要进行合理的参数选择和计算。

其次，管道周围土壤的力学特性对冻胀应力也有重要影响。土壤的密度、含水量、孔隙结构等因素都会影响土壤的冻胀膨胀情况，从而对管道施加应力。因此，需要对管道周围土壤的力学特性进行分析，确定其在冻胀过程中的变形规律和对管道的应力影响。

最后，管道冻胀应力分析还需要考虑外部环境因素对管道的影响。例如，气候条件、地质条件、管道埋设深度等因素都会对管道的冻胀应力产生影响，需

要进行综合考虑和分析。

综上所述,管道冻胀应力分析是一个复杂的工程问题,需要综合考虑管道材料特性、土壤力学特性和外部环境因素等多方面因素。通过对管道冻胀应力的深入分析,可以为管道的设计和运行提供重要的参考依据,保障管道的安全运行。因此,对管道冻胀应力的研究具有重要的理论和实际意义。

4.4 影响因素分析

在天然气分输站分输管道冻胀力学分析中,影响因素是非常重要的。这些因素可以直接影响到管道的冻胀应力,进而影响到管道的安全运行。因此,对这些影响因素进行深入分析是十分必要的。在寒冷的气候条件下,土壤和管道的温度会降低,导致土壤的冻结和管道的冻胀。因此,环境温度的变化会直接影响到管道的冻胀应力。不同类型的土壤具有不同的热传导性和热容量,这会影响到土壤的冻结速度和冻结深度。因此,对于不同类型的土壤,需要进行详细的热物理性质分析,以确定其对管道冻胀力学的影响。不同材料的管道具有不同的热膨胀系数和强度特性,这会直接影响到管道的冻胀应力。而管道的尺寸则会影响到管道的表面积和体积,进而影响到管道与土壤的热交换过程。

最后,管道的埋设深度也是一个重要的影响因素。埋设深度的不同会导致土壤的温度变化和冻结深度的不同,进而影响到管道的冻胀应力。因此,对于不同埋设深度的管道,需要进行详细的分析,以确定其对管道冻胀力学的影响。

综上所述,环境温度、土壤的热物理性质、管道的材料和尺寸以及管道的埋设深度是影响天然气分输站分输管道冻胀力学的重要因素。对这些因素进行深入分析,可以为管道的设计和运行提供重要的参考依据。

5 对策及建议

在天然气分输站及分输管道的冻胀力学分析中,影响因素包括环境温度、管道材料、管道埋设深度等。针对这些因素,建议在设计和建设过程中,应充分考虑当地气候条件,选择合适的管道材料和保温措施,以及合理的埋设深度,以减小冻胀力学对管道的影响。为了减小冻胀力学对天然气分输站及分输管道的影响,建议在设计和建设过程中,应采取以下对策和建议:

①选择合适的管道材料,如具有良好抗冻性能的

材料,以减小冻胀对管道的影响;②在管道埋设过程中,应根据当地气候条件和土壤特性,合理确定管道的埋设深度,以减小冻胀力学对管道的影响;③在设计和建设过程中,应考虑采取保温措施,如在管道周围设置保温层,以减小冻胀力学对管道的影响;④在管道使用过程中,应定期进行检测和维护,及时发现和处理冻胀力学对管道的影响,以保障管道的安全运行。通过以上对策和建议的实施,可以有效减小冻胀力学对天然气分输站及分输管道的影响,保障管道的安全运行,为天然气输送提供可靠保障。

6 结论

在天然气分输站分输管道冻胀力学分析的研究中,还有许多可以深入探讨和完善的方向。可以进一步研究不同材料和结构的分输管道在冻胀条件下的力学特性,以及不同环境条件下的冻胀行为。也可以结合实际工程案例,对分输站和分输管道的冻胀力学进行更加深入的分析,以验证理论模型的准确性和可靠性。此外,还可以探讨冻胀力学与其他力学性质的关联,如温度变化、地质条件等因素对冻胀力学的影响,从而为天然气分输站和分输管道的设计和施工提供更加全面的参考依据。

最后,可以结合新材料和新技术的发展,探讨在冻胀条件下的分输站和分输管道的新型设计和施工方法,以提高其抗冻胀能力和安全性。通过对这些方向的深入研究,可以为天然气分输站和分输管道的冻胀力学问题提供更加全面和深入的解决方案,为相关工程的设计和施工提供更加科学和可靠的依据。

参考文献:

- [1] 李锴,王志方,项卫东,等.天然气分输站分输管道冻胀力学分析[J].油气储运,2011,30(8):652-656.
- [2] 李欣泽.多年冻土区埋地输气管道冻胀灾害与防控对策研究[D].北京:中国科学院大学,2022.
- [3] 徐庚.天然气分输管线冻胀研究[D].北京:中国石油大学,2009.
- [4] 吕志伟.地基冻胀的场站管道应力监测与分析[D].四川:西南交通大学,2021.
- [5] 程兵.天然气调压站埋地管道冻胀治理方法研究[D].北京:中国石油大学,2009.
- [6] 荣海伦,黄新,孟凡星.天然气分输站管道基础防冻胀数值模拟研究[J].石油工程建设,2017,43(5):4.
- [7] 杨康.天然气管道分输站场调压系统研究[J].石化技术,2018,25(10):1.