

浅谈城市供热管线布局优化设计

文 / 刘冬冬 太原市城乡规划设计研究院

摘要：城市供热管线布局是供热系统的核心要素，直接影响热能传输效率和系统运行质量。本文围绕城市供热管线布局展开讨论，从优化设计的重要性入手，分析其布局存在的问题，给出了详细的优化策略，以为供热设计工作提供参考，提升供热管网的运行质量与效率。

关键词：城市；供热管线；设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.097

引言

在现代城市中，供热系统是满足居民日常生活和商业活动的关键基础设施。随着城市化进程的加快，对供热的需求日益增长。传统的供热管线布局模式已难以满足现代城市发展的需求。因此，对城市供热管线布局进行深入研究和科学优化，成为提升城市供热系统性能的迫切任务。

一、供热管线

供热管线是集中供热系统的关键组成部分，负责将热源产生的蒸汽或热水运输到热力用户的设施。通过高效、安全的管道网络实现热量的传递，并将回水送回热源进行再次加热。供热管线的主要构成包括以下几个方面：（1）管道。供热管道是热源与热力站以及热力站与最终用户之间的主要连接通道。（2）附件。供热管道系统中包含了一些附件，如阀门、弯头和法兰等，这些组件用于管道的连接、分流、调节和防护，确保系统的正常运作。（3）热力站。热力站作为供热管线中的一个重要环节，负责将热源的热量进行转换和分配。在热力站，蒸汽或热水经过换热器供给用户，并将返回的冷水再次加热。（4）保温层。为了减少热能损失，供热管线通常会安装保温层，确保通过管道输送的热水或蒸汽能够在到达用户时保持温度^[1]。

二、城市供热管线布局优化设计的重要性

（一）提高热能利用效率

合理的管线布局设计能够显著提高热能利用效率。通过优化管道走向，缩短热源与用户之间的输送距离，可以减少热能在传输过程中的损失。例如，将供热管道设计为直线形态，减少弯道和分支，能够让热量以更直接的方式传递到用户，确保每一份热能的有效输送。此外，采用合理的管道保温措施，可以进一步降低热能流失，提高整体供热效率。当热能利用效率提高时，不仅能满足用户的需求，还能降低热源的运转负担，从而实现经济效益的提升。

（二）降低能源消耗

在传统的供热系统中，管道布局经常导致热量的过度

损失，进而造成能源的浪费。而通过科学的布局设计，可以减少管道的长度和复杂度，降低运输过程中热量的散失。例如，直线管道相比于弯道管道，其热损失显著减少。在降低热损失的同时，优化的布局还能有效降低用户在冬季高峰期的能耗，降低整个供热系统的运行成本。最终，实现更好的经济效益，同时也符合可持续发展的目标。

（三）增强供热服务质量

良好的管线布局设计直接影响供热服务质量。合理的布局可以确保热量在各个区域间的均匀分配，防止由于供热不均引发的用户投诉和不满。同时，优化的管道系统能够提高供热的稳定性，更好地应对突发的供热需求变化。例如，在高峰期，系统能够快速反应，满足更多用户的热能需求，避免出现供热不足或过热的情况，为用户提供更为舒适的生活环境，提升用户的满意度，也能进一步提高供热企业的信誉和公众形象。

（四）适应城市发展变化

随着城市的不断发展，供热需求和环境条件也在不断变化，供热管线的布局设计必须具有灵活性和适应性。通过优化的管线布局，系统能够更容易地进行扩展和改造，适应新增用户的需求或者热能需求的变化。合理的设计能够为未来的城市发展留出足够的空间，确保供热系统能够快速反应并适应城市的变化，降低了未来改造的成本，更确保了供热系统的长期稳定性和效率，适应快速发展的城市环境^[2]。

三、城市供热管线布局存在的问题

（一）管网拓扑结构不合理

部分城市在供热管网的拓扑结构设计上存在不合理之处，直接影响了热源与用户之间的连接效率。例如，一些地区的管道布局过于复杂，绕行的现象较为严重，导致热量传输需经过较长的路径才能到达用户，不仅增加了热量在输送过程中的损失，也显著降低了传输效率。此外，缺乏系统性的设计思路使得某些区域管网的覆盖不足，致使相邻用户之间无法实现高效的热能分配，系统运行不稳定，同时也增加了维护与管理的复杂度，给热力公司带来了额外的负担。

（二）管径设计不合理

在供热管道的设计中，管径的合理性影响着供热效果及资源利用。然而，部分城市在进行管径设计时未能准确预测当地热负荷需求，造成了管径过小或过大的情况。管径过小会导致在高峰供热期无法满足用户的热量需求，造成供热不足，影响用户的日常生活或生产需求。相对而言，管径过大则会导致资源的浪费，增加建设和维护成本，特别是在长时间运行后，用户的实际需求可能发生变化，大管径的设计愈发不经济。此外，不合理的管径设计可能不符合流体力学的要求，造成流速不均匀，进一步降低热能的传输效率及系统的整体性能。

（三）敷设方式选择不当

供热管道的敷设方式选择对于系统的整体性能也有显著影响。不当的敷设方式常常导致热损失增加、管道维护困难等问题。例如，在一些城市，由于选择了架空敷设却未做好保温措施，导致热量在输送过程中严重损失，进而影响了供热效果。而对地下敷设的选择，如果没有考虑地质因素，则可能影响管道的稳定性和使用寿命，增加了风险。此外，敷设方式的不当选择还会直接影响到管网的正常维护。例如，地下管道在发生故障时，检修难度较大，增加了应急响应时间，对热力公司的服务能力和响应速度造成影响^[3]。

四、城市供热管线布局优化设计

（一）优化管网拓扑结构

优化供热管网的拓扑结构是提升城市供热系统运行效率的核心环节。在设计阶段，管网的拓扑结构直接决定热能在供热系统中的流动路径，其合理性不仅影响热量的均匀分配，还直接关系到系统的稳定性和安全性。因此，设计师需要综合考虑多个复杂因素，包括城市用户的分布、供热需求的特征、未来扩展的可能性，甚至是不同气候条件对供热需求的影响，提升城市供热系统对不断变化需求的应对能力。首先，在实际设计过程中，管网的合理拓扑结构可以采用“环状”或“树状”布局。环状布局（如图1所示）具有良好的热能分配能力，能有效防止因某一管道故障导致的局部供热中断。在环状系统中，热源不仅可以从一个方向供给用户，也可以反向供给，增强了系统的灵活性和连续性，适合用户密集且热负荷变化小的区域，能够进一步提升供热的可靠性。树状布局适合用户分布广泛且需求多变的区域，能够较为方便地接入新用户。树状结构在满足用户需求的同时，还能优化热源的使用，减少管道长度，降低热能在输送过程中的损失。设计时需要注意避免局部过渡复杂的交叉与分支，以防止流量不均与热损失的增加。其次，为了进一步提升管道运行效率，设计师应考虑利用计算流

体力学（CFD）等数值模拟工具，对设计方案进行深入评估。模拟不同管径、布置方式和流量条件下的热能传输情况，精准预测流量分布和热量损失。通过CFD分析，设计师可以优化管道的布置及选择合理的管径，避免出现流动不稳定、热能损失过大的问题。CFD还可用于评估管道的抗压强度和耐久性，确保供热系统在极端条件下的安全运行。最后，在拓扑结构优化的过程中，设计师不仅应关注当前的供热需求，还应预留适当的接口和管道，以便未来城市扩展时的快速接入，提高供热系统的适应性与可靠性，确保能够及时响应社会发展和用户需求的变化。设计师可以设置备用管道、监测告警系统，以及可迅速进行检修的机制，以便在供热高峰期或故障情况下，迅速调整和优化系统表现^[4]。

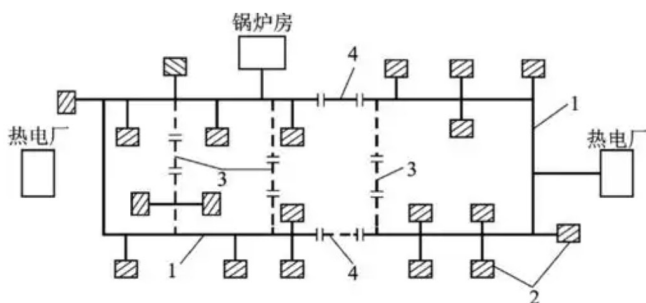


图1 环状布局

（二）合理设计管径

合理设计管径是确保城市供热管线有效运行和高效热能传导的关键要素。管径的选择直接影响供热系统的流体动力学特性，包括流速、压力损失、热传递能力等多个重要因素。因此，在设计阶段，需进行精准的管径设计以满足不同用户的热负荷需求。在进行管径设计时，首先需基于全面的热负荷分析。应考虑不同季节、气候条件以及城市发展阶段对供热需求的影响，包括历史数据的回顾，还应借助统计分析预测模型，以精确评估各个用户群体的热负荷变化特征。例如，城市中心区的商业建筑在工作日的高峰时段，热需求会显著高于周末。而住宅区在寒冷季节的供热需求在一夜之间大幅增加。因此，在这种多样化需求背景下，设计师需要根据实际的用热情况灵活选择管径，以确保在任何高峰期都能满足所有用户的热能需求。其次，在管径设计中，流动特性是一个至关重要的考量因素。设计师需要确保管道（如图2所示）内能达到适宜的流速。流速过大不仅会导致压力损失增加，还会引发水锤效应，可能对管道造成损害；反之，流速过小则会导致热量在管道内滞留，从而引发热损失和供热不足。设计师运用流体力学原理，通过雷诺数等指标评价流动特性，以确定最优的流速范围。利用计算流体力学（CFD）等数值模拟工具，设计师可以深入分析不同管径下的流量、压降、热传递能力及系统

整体效率，加深对于管道内流体行为的理解，还能通过虚拟测试不同设计方案的性能，从而选择最佳管径实现功率的最大化与热能的有效传输。最后，在城市供热需求可能随时间发生变化的情况下，采用分级管径设计，在主干管道上使用较大管径以满足高流量需求，而在支线管道中则选择适中管径以降低材料成本，提升运营效率，在需用量波动时保持系统供热的稳定性。此外，在管径设计中，成本效益分析同样不可忽视。虽然大管径能有效降低流动阻力并提高热效率，但同时也会增加初期投资和材料成本。因此，设计师需要权衡初期投资与长期运行维护成本，确保管径的选择经济性上是合理的。



图2 供热管道

（三）科学选择敷设方式

科学选择供热管线的敷设方式，利于优化城市供热系统布局。供热管道的敷设方式直接关系到管道的安装成本和维护难度，还与整个系统的热损失、可靠性和使用寿命密切相关。常见的供热管道敷设方式包括地下敷设、架空敷设和直埋敷设。对此进行深入探讨，可以更好地理解选择适宜敷设方式的原则与实践。地下敷设（如图3所示）在城市热能传输中广泛应用，尤其适合在人口密集、基础设施交错复杂的城市区域。在城市环境中，地下敷设能够避免交通流动、施工活动及其他城市活动对管道的影响，从而降低运营风险。同时，这种方式不占地面空间，有助于更好地利用有限的城市土地资源。地下环境通常具有相对恒定的温度，有助于减少热量在管道传输过程中的损失。然而，地下敷设也有其局限性，如施工投资较大、后期维护困难，对于复杂的地下环境，还需考虑排水、土壤结构等因素，以避免潜在的水淹或腐蚀问题。在选择地下敷设时，设计师需要进行充分的地质勘察，确保管道的长期稳定，并采取必要的防护措施。架空敷设适合地形较为平坦、环境影响较小的区域，便于检修和更改，能快速响应维护需求，特别是在设备升级时，可以降低维护人员的劳动强度，提升工作效率。架空管道通常暴露在外环境中，容易受到气候变化、物理损伤、动物干扰等因素影响。在极端天气或者人类活动中，架空管道更易遭受损害，可能需要频繁维护，增加运营成本。直埋敷设通过将管道深埋于土壤中，有

效形成保温层，是一种适应性强的设计选择。架空敷设时，设计师应特别重视加强保温和防护措施，以最小化对供热效果和整体运行的负面影响。直埋管道可以借助土壤的隔热能力，降低热损失，提升供热效率，适合在需要长距离传输热能的城市区域，能显著降低能源消耗。直埋管道的设计需要特别关注土壤条件，包括土壤的类型、湿度及与管道材料的相互作用，还需要评估地下水位变化所带来的影响^[5]。



图3 地下敷设

结语

综上所述，城市供热管线布局的优化设计是提升供热系统性能的关键路径。通过科学合理的管线布局，可以显著提高热能利用效率、降低能源消耗、改善供热服务质量。未来，城市供热管线的设计将更加注重系统性、前瞻性和可持续性，为城市的可持续发展提供强有力的支撑。

参考文献

- [1] 曹家豪. 城市供热管线布局优化设计研究 [J]. 建材发展导向, 2024 (10): 62-65.
- [2] 尹梦冉. 城镇供热长输管线优化设计的分析 [J]. 城镇建设, 2024 (12): 163-165.
- [3] 王超. 城市规划中道路供热管网的综合考虑与规划设计研究 [J]. 电脑爱好者 (普及版) (电子刊), 2021 (11): 461-462.
- [4] 郭立良, 郝鹏慧. 大管径长距离直埋供热管道穿越沟渠设计方案的应用与分析 [J]. 区域供热, 2023 (1): 116-121, 126.
- [5] 贺帅. 城市集中供热系统长输管线设计 [J]. 居业, 2024 (5): 120-122.