

化工管道节能设计与具有隔热性能材料的选用

陈晓宜（广东政和工程有限公司，广东 广州 510000）

摘要：本文聚焦化工管道节能设计与隔热性能材料选用研究，深入剖析当前化工管道设计与材料选用中存在管道布局不合理、隔热材料选用、节能设计标准不统一等问题，提出优化管道布局、选用优质隔热材料、统一节能设计标准等策略以提升节能效果。同时展望未来发展趋势如开发新型高效隔热材料、运用数字化技术优化设计、加强管道系统智能化管理、推动绿色环保理念深入应用于管道设计与材料选用等，旨在为化工行业管道节能提供有益参考促进可持续发展。

关键词：化工管道；节能设计；隔热材料；可持续发展

中图分类号：TQ055.8 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)028-0118-03

Energy saving design of chemical pipelines and selection of materials with thermal insulation properties

Chen Xiaoyi (Guangdong Zhenghe Engineering Co., Ltd., Guangzhou Guangdong 510000, China)

Abstract: This article focuses on the energy-saving design of chemical pipelines and the selection of materials with thermal insulation properties. In depth analysis was conducted on the current problems in the design and material selection of chemical pipelines, such as unreasonable pipeline layout, selection of insulation materials, and inconsistent energy-saving design standards. Strategies such as optimizing pipeline layout, selecting high-quality insulation materials, and unifying energy-saving design standards have been proposed to enhance the energy-saving effect of chemical pipelines. At the same time, prospects were made for future development trends, including the development of new and efficient insulation materials, the use of digital technology to optimize design, the strengthening of intelligent management of pipeline systems, and the promotion of the deep application of green environmental protection concepts in pipeline design and material selection. The aim is to provide useful references for the chemical industry in pipeline energy conservation and promote the sustainable development of the chemical industry.

Keywords: chemical pipeline; Energy saving design; Thermal insulation materials; sustainable development

作为国民经济重要支柱产业的化工行业在生产过程中消耗大量能源，而作为输送各类化工介质关键载体的化工管道，其节能设计与隔热材料选用对降低能耗、提高生产效率、减少环境污染至关重要。合理的管道节能设计及优质隔热材料使用既能有效减少能源损失、降低生产成本，又能提升化工生产安全性与稳定性，可目前化工管道在节能设计与隔热材料选用方面存在诸多问题亟待深入研究解决以适应绿色发展时代需求推动化工行业可持续进步。

1 化工管道节能设计与隔热材料选用现状及问题

1.1 管道布局不合理导致能源浪费

在化工生产复杂的体系中，管道布局宛如人体脉络，其合理性直接关乎整个生产流程的“健康”与能耗状况。部分企业在管道布局规划上，缺乏系统性与前瞻性思维。在项目初期，未对工艺流程进行深度剖析及在工艺配管中未能优化管道的布局，例如，对于一些具有腐蚀性、高粘度或易燃易爆特性的物料，需要考虑管道运行过程中对管件的耗损，对管道的整体走向及布局进行合理的优化，同时需要满足不同介质间的安全距离，而不是简单采用常规布局模式。以

高粘度介质为例，在设计过程中疏忽物料的粘度，选用的管道直径过小或在配管过程中采用的弯头过多，流体在管道中流动时会产生较大的流动阻力，提供动力的设备为克服流体的流动阻力，而降低了设备正常运行的工作效率，长期下来，增加了企业的能耗。

从空间规划角度看，企业常因对厂区未来发展预估不足，在管道铺设时未预留足够的管道空间及空间整体布局。随着企业业务拓展、设备更新，新增的管道只能利旧现有的管道空间，使得管道布局不合理。在一些老化工厂区，不同时期建设的管道相互交错，管道间的间距过小，流向也相对复杂。这种混乱的布局不仅增加了流体的流动阻力，还会产生一定的安全隐患。

在企业扩建或改造项目中，新老管道连接问题也最为突出。部分企业在进行改造时，未对原有管道系统重新进行检查、检验和试验，未考虑因标准更新而需要采用较高的管道等级的管道与旧管道的连接方式。这可能导致管道间的连接处密封不严，从而产生泄漏，引发安全事故。企业因产能的增加，原有的管道管径无法满足，且现有改造无法满足更换管径的条

件，只能对局部进行扩径会使改造后的管道系统的流量分配失衡，原有部分的管道运行过载，增加设备的能耗，影响生产效率。不合理的管道布局，从介质输送的起始端到终端，在各个环节都埋下了能源浪费的隐患，严重制约了化工生产的节能与高效发展。

1.2 隔热材料性能欠佳影响节能效果

隔热材料作为化工管道节能的“防护衣”，其性能优劣直接决定了节能成效。当前，部分化工企业在隔热材料选用上存在诸多误区。企业与总包单位为了降低项目的成本，会选择降低隔热材料的成本，忽视了隔热材料的关键性能指标，选用领界值适用的隔热材料，导热系数是衡量隔热材料隔热性能的核心指标，导热系数高意味着热量能够快速通过材料传递。在高温管道隔热中，若选用此类隔热材料，管道内的热量会迅速流失。例如，在高温蒸汽管道上使用了导热系数较高的普通泡沫隔热材料，蒸汽的热量大量流失，不仅使得蒸汽输送过程中的温度下降过快，影响后续生产工艺的正常运行，还导致大量热能白白浪费，企业需要消耗更多的能源来维持蒸汽的温度与压力。

化工生产环境复杂多变，对隔热材料的耐久性提出了极高要求。强腐蚀环境下，部分隔热材料的化学稳定性不足，易与化工介质发生化学反应，导致材料结构破坏，隔热性能丧失。在一些生产硫酸、盐酸等强酸的化工车间，若使用不耐腐蚀的隔热材料，短时间内材料就会被腐蚀穿孔，失去隔热作用。高湿度环境同样对隔热材料不利，一些材料在吸收大量水分后，其隔热性能会大幅下降。例如，传统的纤维类隔热材料在潮湿环境下，纤维间的空隙被水分填充，热量更容易通过水分传导，使得隔热效果大打折扣。

此外，化工生产存在火灾风险，隔热材料的防火性能至关重要。部分企业选用的隔热材料防火等级低，在遇到火灾时，不仅自身容易燃烧，还可能加速火势蔓延。在一些储存易燃易爆化工产品的仓库，若管道隔热材料防火性能不足，一旦发生火灾，管道上的隔热材料可能迅速燃烧，成为火灾扩大的帮凶，严重威胁生产安全与人员生命财产安全。

1.3 节能设计标准不统一阻碍行业发展

化工管道节能设计缺乏统一标准，犹如在黑暗中航行的船只没有灯塔指引，导致行业发展陷入混乱与低效。不同企业在节能设计理念上大相径庭，部分企业受传统观念束缚，将成本控制置于首位，认为节能设计投入会增加前期成本，忽视了长期的能源消耗成本。

在项目建设时，为降低初期投资，减少管道的保温、隔热等节能措施。一些小型化工企业在建设管道

时，直接选用价格低廉的钢管并无考虑保温层，未考虑管道在运行过程中的热量损失与能源消耗。这种行为，虽然短期内降低了建设成本，但长期来看，高昂的能源费用远超初期节省的成本，且因管道散热导致的环境温度升高，还可能影响周边设备的正常运行。

设计单位在化工管道节能设计中也存在诸多问题。由于缺乏统一标准的约束，部分设计单位在设计过程中，未充分结合化工生产的特点进行针对性设计。化工生产涉及多种复杂的工艺流程与介质特性，不同介质对管道的材质、隔热要求、压力承受能力等各不相同。然而，一些设计单位在设计时，采用“一刀切”的模式，未针对每个项目的具体情况进行深入分析。在设计输送高温高压介质与常温常压介质的管道时，采用相似的节能设计方案，导致节能效果不佳。而且，设计单位之间缺乏有效的沟通与经验共享机制，先进的节能设计技术与理念难以在行业内广泛传播。一些设计单位研发出了高效的管道节能设计方案，但由于没有统一的标准平台进行交流推广，其他设计单位仍在重复低能效的设计工作。

2 化工管道节能设计与隔热材料选用策略

2.1 优化管道布局，减少能源损耗

在化工企业管道设计阶段运用系统工程方法对工艺流程深度剖析，通过详细梳理化工介质理化性质、流量、压力及输送要求等参数构建精准输送模型，确定最佳输送路径时充分考虑厂区地形地貌、建筑物布局及未来发展规划等因素。对于输送量大且距离长的介质优先规划直线管道布局以减少不必要的弯道，若因厂区空间限制无法采用直线布局则选用大曲率半径弯头来降低介质输送过程中的阻力，研究表明相比直角弯头大曲率半径弯头可使介质流动阻力降低约30%–40%从而有效减少泵等输送设备能耗。

合理规划不同温度管道间距这一关键在于减少热量相互干扰。依据热力学原理通过计算不同温度管道热辐射范围及对流换热影响区域来确定安全合理间距，对于高温管道与低温管道要确保其间距足够大以避免高温管道热量传至低温管道造成能量浪费，如在某化工园区管道改造项目中通过合理调整不同温度管道间距每年可减少约15%的热量损耗。

针对新建项目应制定全面且具前瞻性的管道系统规划，于项目规划初期联合工艺设计、设备选型以及土建工程等多专业团队共同商讨管道布局方案，充分考虑未来企业可能的产品结构调整、产能扩充等因素预留充足管道铺设空间并设置合理的管道支架与桥架以方便后期管道的维护与检修。

2.2 选用优质隔热材料，提升隔热性能

企业在选用隔热材料时，需综合考量化工管道的使用环境与具体要求。对于高温管道，陶瓷纤维与硅酸铝纤维等隔热材料是理想选择。陶瓷纤维具有极低的导热系数，在高温环境下能有效阻止热量传递，其最高使用温度可达 $1200^{\circ}\text{C} - 1400^{\circ}\text{C}$ ，可显著减少高温管道的热量散失。硅酸铝纤维同样具备良好的耐高温性能与隔热性能，且化学稳定性强，在高温下不易与化工介质发生反应。在某高温蒸汽管道项目中，采用硅酸铝纤维隔热材料后，管道表面温度降低了约 $30^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ ，能源损耗明显减少。

在有腐蚀风险的环境中，酚醛泡沫隔热材料展现出独特优势。酚醛泡沫具有闭孔结构，能有效抵御化学腐蚀，同时其导热系数低，隔热性能优良。在化工生产中，部分区域存在酸、碱等腐蚀性介质，酚醛泡沫隔热材料可在这种恶劣环境下长期稳定工作，减少因隔热材料腐蚀损坏导致的频繁更换，降低维护成本。

对于防火要求高的区域，岩棉与玻璃棉等不燃或难燃隔热材料成为首选。岩棉以天然岩石为原料，经高温熔融制成，具有不燃、防火性能优异的特点，且隔热性能良好。玻璃棉则是由玻璃制成的纤维状隔热材料，同样具备不燃、防火、隔热等特性。在化工生产车间等火灾风险较高的区域，使用岩棉或玻璃棉作为隔热材料，可有效降低火灾发生时的火势蔓延风险，保障生产安全。

选用隔热材料后，至关重要的是把控施工工艺，在施工过程中要确保隔热材料紧密贴合管道表面且避免出现缝隙与空洞，需采用如钢带、保温钉等专业固定装置将其牢固固定在管道上，对于管道的弯头、阀门等特殊部位要进行精细化施工并采用定制的隔热材料配件以确保这些部位隔热性能与整体管道一致，通过严格控制施工工艺来充分发挥隔热材料性能优势以有效提升化工管道隔热效果与节能水平。

2.3 统一节能设计标准，规范行业行为

相关部门与行业协会联合组建涵盖化工工艺专家、节能技术专家、材料工程师以及设计单位代表等成员的专业标准制定团队，通过广泛调研国内外化工管道节能设计的先进经验与技术成果并结合我国化工行业的实际发展状况来制定统一的化工管道节能设计标准。

在节能设计指标方面，明确规定管道的保温厚度需依据管道内介质温度、环境温度以及允许的热损失率等因素通过精确的热传导计算来确定，像输送高温介质的管道在不同环境温度下其保温厚度要满足相应热损失控制要求以确保能源损耗处于合理范围；隔热性能要求以导热系数作为核心指标，针对不同类型管

道规定其选用隔热材料的导热系数上限；同时依据化工生产的工艺特点与实际能耗情况制定能源损耗允许范围来确定各类管道在正常运行状态下的最大能源损耗值。

规范化化工管道设计流程，要求承接项目的设计单位严格依循标准规定步骤，即先详细分析化工生产工艺以确定管道输送介质特性与要求，再据节能设计指标选合适管道材料、隔热材料及管道布局方案，且在设计过程运用余热回收技术、优化的管道保温结构设计等先进节能技术，同时建立节能设计评估机制，成立专门评估小组对提交的节能设计方案严格审查，从节能效果、设计合理性、材料选用合规性等多维度评估，对不符标准要求的责令整改直至通过审查，以此通过统一节能设计标准规范行业行为，促进化工行业管道节能设计规范化、标准化发展，提升行业节能水平与竞争力。

3 结束语

化工管道节能设计与隔热材料选用对于化工行业的可持续发展至关重要。尽管当前面临管道布局不合理、隔热材料性能欠佳、节能设计标准不统一等问题，但通过优化管道布局、选用优质隔热材料、统一节能设计标准等策略的实施，以及开发新型高效隔热材料、运用数字化技术、加强智能化管理、推动绿色环保理念应用等未来发展趋势的引领，有望提升化工管道的节能水平，降低能源消耗，减少环境污染。化工企业、设计单位和相关部门应共同努力，积极探索创新，为化工行业在管道节能方面取得更大突破，推动化工行业向绿色、高效方向持续发展。

参考文献：

- [1] 侯利燕. 探讨化工设计过程中管道材料的选用 [J]. 现代盐化工, 2022, 49(01):32-33.
- [2] 牟元生. 化工工程的设备布道与管道材料优化设计 [J]. 化学工程与装备, 2021, (12):177-178.
- [3] 常杰. 化工装置管道材料的设计及应用 [J]. 化工设计通讯, 2021, 47(10):63-64.
- [4] 邢嘉欢. 化工工程的设备布置与管道材料优化设计 [J]. 辽宁化工, 2023, 52(11):1627-1629+1638.
- [5] 刘俭. 化工设计过程中管道材料的选择策略 [J]. 生物化工, 2023, 9(04):131-133+148.
- [6] 杨永宁. 化工管道保温层性能提升的研究 [J]. 化工管理, 2019, (07):174-175.

作者简介：

陈晓宜 (1995.11.10), 女, 汉, 广东汕头, 本科, 初级工程师, 研究方向: 化工管道的设计及材料选用。