

化工管道材料选择与应用分析

雷智毅（上海利柏特工程技术有限公司珠海分公司，广东 珠海 519000）

摘要：化工管道是化学工业中不可缺少的设施，它承担着输送介质的任务，所以，其材料的选择非常重要。不同的介质流动性质、温度、压力等要素要求管道材料具备良好的耐腐蚀、耐高温、耐压、耐磨损等性能。本文根据化工行业实际需求，分析了常用管道材料的长处和短处，并且考察了这些材料在不同用途下的适应情况，通过对不锈钢、碳钢、合金材料、塑料管道等多种材料的全面比较，得出了化工管道材料选择的关键要素。归纳了管道材料选择过程中应留意的环境因素、经济性以及未来发展走向，期望给化工企业在管道材料选择方面给予理论参照和实际操作引导。

关键词：化工管道；材料选择；耐腐蚀；耐高温

中图分类号：TQ055.8 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)033-0124-04

Selection and Application Analysis of Chemical Pipeline Materials

Lei Zhiyi (Shanghai Liberty Engineering Technology Co., Ltd. Zhuhai Branch, Zhuhai Guangdong 519000, China)

Abstract: Chemical pipelines are indispensable facilities in the chemical industry, which undertake the task of transporting media. Therefore, the selection of their materials is very important. Different media flow properties, temperature, pressure and other factors require pipeline materials to have good corrosion resistance, high temperature resistance, pressure resistance, wear resistance and other properties. This article analyzes the strengths and weaknesses of commonly used pipeline materials based on the actual needs of the chemical industry, and examines the adaptability of these materials in different applications. After a comprehensive comparison of various materials such as stainless steel, carbon steel, alloy materials, and plastic pipelines, the key elements for selecting chemical pipeline materials are identified. This article summarizes the environmental factors, economic considerations, and future development trends that should be taken into account in the process of selecting pipeline materials. It is expected to provide theoretical reference and practical guidance for chemical enterprises in pipeline material selection.

Keywords: chemical pipeline; Material selection; Corrosion resistance; high temperature resistance

化工行业里，管道系统属于物料运送的重要手段，被普遍应用到石油、天然气、化肥、精细化学品等诸多领域当中。管道材料的选择直接影响到设备的使用寿命、安全情况以及经济效益，化学工程技术不断向前推进，传统管道材料比如碳钢和不锈钢渐渐遭遇新材料的冲击。近些年来，耐高温合金材料，复合材料以及塑料材料开始逐步应用于化工管道之中，既改良了管道的使用性能，又为化工行业的可持续发展给予了保障，管道材料的选择既要顾及它对于介质的适应性，也要兼顾施工环境，经济成本以及维护难度等要素。所以，科学、合理地选取合适的管道材料，乃是保证化工生产顺利开展的关键。

1 化工管道常用材料类型与性能分析

1.1 碳钢材料

碳钢材料由于机械性能较好且成本较低，所以在化工管道中被广泛应用，碳钢管道主要应用于低温、常温、常压的环境，如煤气、蒸汽、污水等介质输送，碳钢的抗拉强度比较高，一般可以达到400-600MPa，屈服强度一般在250-350MPa左右，虽然碳钢的强度比较好，但是它的耐腐蚀性较差，尤其是在酸碱介质以及高湿环境下，容易发生腐蚀，所以需要

外防腐处。比如涂上一层防腐涂层或者镀上一层锌层，在实际应用中，碳钢管道由于价格便宜，常用于压力要求不高，对腐蚀要求不高的地方。如输送石油天然气的非腐蚀性介质、热水或低腐蚀性的流体等，使用碳钢管道是经济的。但是有些腐蚀性强或者温度高的环境就无法使用碳钢了，要选用其他更耐腐蚀的材料。

表1 碳钢管道的主要性能指标

性能参数	数值
抗拉强度	400-600MPa
屈服强度	250-350MPa
耐腐蚀性	较差
使用温度范围	-20°C 至 400°C

1.2 不锈钢材料

不锈钢材料因为有着很强的耐腐蚀性与耐高温性，所以被普遍运用到化工、石油、食品这些行业当中，尤其是输送带有腐蚀性的介质，像酸、碱之类的，不锈钢就显得非常合适，它的抗拉强度能够做到500-800MPa，屈服强度一般会处在250-400MPa这个范围，跟碳钢相比较，不锈钢的耐腐蚀性与耐高温性都要好一些，特别在氯化物等有腐蚀性的介质环境里，可以防止因腐蚀造成管道出现故障。不过，不锈钢的成本

比较高，特别是那些含镍量很多，含铬量很多的高等级不锈钢，价格会比较贵，但是它在高腐蚀性环境里的使用寿命比较长，能大幅度削减维修以及替换的费用，所以在那些需要长久稳定运作的化工管道里，不锈钢还是首选。

1.3 合金材料

合金材料尤其是钛合金，镍基合金等具有耐高温、耐腐蚀的特点，在高温、高压和强腐蚀的环境中具有优势。如钛合金耐腐蚀性最好可在海水中、浓酸中使用等很长时间；镍基合金多用于高温高压、强腐蚀介质输送，常使用于化工厂、石油厂、发电厂里的高温反应器等；合金材料拉强度达到700–1000MPa、屈服强度300–500MPa；耐腐蚀性强，在极恶劣环境下也能有很长使用寿命虽然合金材料的优点很明显，但是价格高，所以一般在一些需要长时间、高温、高压、强腐蚀性的环境下才会用到。优异的性能和长寿命使其在一些特殊的工况中是无法被取代的。



图1 钛合金

1.4 塑料材料

塑料管道作为轻便、耐腐蚀、安装方便的材料被普遍地运用在低温低压环境下的液体与气体输送系统当中，常见的塑料管道材料包含聚氯乙烯（PVC），聚乙烯（PE），聚丙烯（PP）等，这些材料具备不错的耐腐蚀性能，而且安装起来十分简便，从而缩减了施工成本，聚氯乙烯（PVC）管道比较适合输送污水，气体之类的介质，聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）则常常被应用在食品，饮用水等范畴。塑料管道的抗拉强度一般为20–40MPa，屈服强度为10–30MPa，尽管塑料管道的耐腐蚀性能较好，但是塑料管道不耐高温，只能适用于一些温度较低的工作环境。塑料管道的缺点是价格便宜，经济性好，但是它的耐热性能差，不能适应高温高压工作环境，因而不能用于高温高压的输送系统。

2 化工管道材料选择的关键要素分析

2.1 介质特性

化工管道材料选择的第一要素是介质的特性，介质的化学成分、温度、压力等等，不同介质对管道材料的腐蚀性和耐高温性有着不同的要求，强腐蚀性的介质，比如硫酸、盐酸等，对管道材料的耐腐蚀性要求很高，如果选择碳钢或者不锈钢管道，一定要做好防腐处理。含有固体颗粒的介质，管道材料要具有较好的耐磨损性，常常采用合金钢材料。输送气体或者低腐蚀性的液体，塑料管道可能是个不错的选择。拿硫酸输送来说，硫酸浓度越大，腐蚀性就越强，一般而言，在高浓度硫酸环境里，用不锈钢（316L型），钛合金之类的管道比较合适，这些材料可以抵御强酸性介质的侵蚀，长时间保持较好的耐腐蚀性，至于低浓度硫酸，PVC管道由于具备不错的化学稳定性且成本较低，也是个不错的选择。

表2 介质特性对管道材料选择的影响

介质类型	适用材料	特点与要求
硫酸（浓度高）	不锈钢（316L）、钛合金	高腐蚀性，耐酸性要求强
盐酸	不锈钢、合金钢	强腐蚀性，耐酸性要求强
氯气	不锈钢、合金材料	强腐蚀性，耐氧化要求强
水、低浓度硫酸	PVC、PE、PP	腐蚀性较低，适合塑料管道应用

2.2 工作温度和压力

化工管道系统的工作温度和工作压力对于管道材料的选取起着重要的影响，每一种管道所能够承受的耐温能力与耐压能力都是有一定的限度存在的，超过了这个限度之后就有可能会导致管道发生变形，管道发生断裂等现象发生，管道原有的一些性质会消失，不锈钢具有较强的耐高温的性能，它能够在较高的500度的环境中进行作业，但是像碳钢这样的材料，他的耐温性能通常是在200度上下，在高温高压的状况下，比如遇到高温蒸汽的输送情况，或者是类似于反应器中输送的气体，就更加适合采用合金钢以及耐高温的材料，天然气输送过程中，其工作温度往往处于常温状态，当在运输过程中，需要输送的气体会达到高温，则必须要采用耐高温的合金管道，特别是当这种高温气体在输送的时候，存在着一定的压力，那么就可以在一定程度上采用合金的材料或者是钢管的涂层，这样可以使管道具有一定的耐压性以及延长使用寿命。

2.3 机械性能要求

化工管道的机械性能要求，比如抗拉强度，屈服

强度，硬度等，决定了管道材料的耐压，耐冲击，抗裂性等特性，对于在高压，高冲击环境下工作的管道，材料的强度要达到一定标准，合金钢，碳钢，不锈钢等常用材料在这方面表现不错，可以承受一定的机械应力和冲击力，石油化工管道要能抵挡高压流体的冲击，所以常常选用抗拉强度高的碳钢或者合金钢管道，液体输送管道，尤其是抗震，抗压要求高的地方，选合金钢管道就能得到更好的抗压能力，更长的使用寿命，按照具体情况，材料的选择要在耐压的基础上，还要考虑材料的硬度，抗疲劳性等因素。

2.4 经济性

经济性是管道材料选择时不能忽略的因素，尤其是大型化工项目里，管道材料的成本占整个建设成本很大比重，所以选材料的时候要兼顾材料的初期成本，长期使用维护成本以及替换成本等诸多因素，拿不锈钢来说，它的初期成本高，不过因为长时间耐腐蚀，耐高温的特性，在很多长周期，高维护成本的管道系统当中，采用不锈钢可以削减后期维修，替换的花费，对于一般低压，常温环境，可以选用碳钢或者塑料材料，这些材料成本低，适合比较简单的管道系统，针对一些特殊环境下使用的管道，像高温，高腐蚀性介质输送系统，也许就要用到比较贵的合金材料，但是这种材料高初期投资可以凭借延长使用寿命，削减维护成本来达成经济效益的平衡。

3 管道材料在不同应用中的选择策略

3.1 石油和天然气管道

石油和天然气的输送经常会把管道置于极端的工作条件下，高温，高压，腐蚀性气体（像二氧化碳和硫化氢等），这些情况让管道材料的选择成了石油和天然气行业非常关键的决定，在这种环境下，合金钢，不锈钢以及镍基合金都是常用的管道材料，合金钢有着很好的机械性能和耐腐蚀性，所以很适合那些有硫化氢 (H_2S) 和二氧化碳 (CO_2) 这类腐蚀性气体的地方，硫化氢是油气田采掘时常见的腐蚀性气体，它对金属材料的侵蚀非常厉害，也许会导致管道失效，合金钢在这些恶劣的环境下可以给予很强的抗腐蚀性，进而有效地增长管道的使用寿命，不锈钢材料，特别是 316L 型不锈钢，由于其耐高温，耐腐蚀的优点，被普遍应用到天然气和石油管道当中。316L 不锈钢有很强的抗氧化性，可以抵御含有硫和氯化物的腐蚀，镍基合金像 Inconel 和 Hastelloy 可以承受非常高的温度和腐蚀性物质的侵蚀，镍基合金耐高温的能力很强，适合用于高温高压的管道系统，在海上油气田和深井油气开采的时候，管道要承受很高的温度和压力，这些材料虽然性能很好，但是成本很高，石油和天然气

行业的管道项目想要长久使用，就要在保障长久使用寿命的情况下，考虑前期投入和后期维护成本，所以选择合适的管道材料，不仅要考虑它的耐腐蚀性，耐高温性，还要考虑它的经济性。

3.2 化肥生产管道

化肥生产时，管道常接触大量腐蚀性介质，氨，硝酸，磷酸等强酸，碱，化肥生产厂区环境复杂，高温，高湿，腐蚀性介质并存，管道系统既要耐腐蚀，又要承受高压，机械冲击等。304 型、316 型的不锈钢材料由于有耐腐蚀特性以及较好的卫生效果，在化肥生产过程中酸碱环境下的管道系统中得到广泛采用，这些不锈钢材料对像氨以及硝酸这样的强腐蚀介质具有良好的抵抗能力，特别是在处理含有氨气流体时，可以显著提升管道使用期间的耐用程度和安全性，而合金钢及钛合金在某些高温与强腐蚀性环境下表现突出，并且通常会用到氨气输送管道系统当中。在一些寒冷低压的化肥生产用管中也常会见到一些使用聚乙烯、聚丙烯制作而成的塑料管道，因为塑料管道的费用较低，并且具有良好的耐腐蚀性能，所以在化肥生产过程中所处的低温和低压环境下，均可以使用塑料管。而且因为其材料的柔软，可以承受一定限度的外力冲击和弯曲，所以对于一些不同管道摆放情况下的管道，都可以使用它。

3.3 食品和制药行业管道

食品以及制药行业对于管道材料的选择十分严苛，特别是卫生层面的要求，管道系统需达到较高的卫生标准，保证无污染并符合食品安全标准，食品与制药管道不仅要承受液体，气体以及化学品的输送，还要保障这些介质的纯净性，所以，管道材料常常重视耐腐蚀性，易清洁性以及无毒无害性。不锈钢管道是食品和制药行业里首选的材料，特别是 304 型和 316 型的不锈钢，它们能抵御大部分食品加工过程中会遇到的腐蚀性物质，比如酸性或碱性的溶液，而且这类材料还具有比较强的耐温能力，而且，不锈钢材料表面光滑，便于清理，符合食品安全标准，PVC 和 PE 这种材料在低温，低压的情况下也得到了广泛的应用，特别是用来输送水，果汁之类的液体，因为它们的成型工艺比较简单，成本比较低，而且具有不错的抗腐蚀性能，所以常常被用在一些不是特别重要的管道系统上。食品与制药行业的管道系统往往需要材料能通过无菌处理，避免污染物混入产品里，所以设计和维护期间，管道需符合清洗、消毒标准，以维持无菌环境。

3.4 污水处理管道

污水处理管道经常接触有机物以及腐蚀性物质，

所以管道的耐腐蚀性以及抗菌性是管道材料选取的关键，塑料管道尤其是PP以及PVC材质，因为其具备优良的抗腐蚀能力，维护成本低且价格便宜，成为污水管道系统首选，塑料管道耐酸碱特性使其能承受污水处理过程中的复杂腐蚀性介质。PVC管道多应用于输送含有有机物的污水，尤其是常温低温水，PP管道多使用于温度较高的水，耐高温性能好，可处理高温90℃水。PE管道使用于一部分低压、低温水，安装方便，经济成本低，使用于中小型水系统。污水处理管道的选择，要顾及所用的材料是否耐腐蚀，也要顾及所用的材料是否够便宜，因为污水处理的过程中可能就会存在长时间管道堵塞，长时间管道破损的现象，所以我们一定要选择那种维护简便，使用寿命比较长的污水处理管道。

4 结束语

化工管道的材料选择是保证生产安全、高效运行的基础，随着科技的发展和行业需求的变化，新型管道材料的不断出现使管道系统更高效、耐用，选择合适的管道材料可以提高设备的使用寿命，降低维护成

本，为化工企业创造更多的经济价值。随着环保法规的日趋严格，绿色环保材料的应用在未来化工管道系统中将发挥更重要的作用。在不断发展的化工行业中，科学合理的材料选择将为行业的可持续发展提供有力的支持。

参考文献：

- [1] 管杰文. 化工管道材料选择与腐蚀防护研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(11): 23-25.
- [2] 马云龙, 饶丹骄. 化工配管布局管道材料选择与耐腐蚀性能研究 [J]. 化学工程与装备, 2025, (04): 120-122.
- [3] 刘九竹, 孙沛, 唐伟. 化工管道设计风险和优化方法分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(13): 17-19.
- [4] 卞学吉. 化工工程中设备及管道布置技术研究 [J]. 石化技术, 2024, 31(04): 147-148+71.
- [5] 朱寅森. 化工管道设计中材料的选用分析 [J]. 工业C, 2016, 000(06): 84-84.

作者简介：

雷智毅（1997-），男，汉族，广东省佛山市人，本科，助理工程师，从事化工工艺管道设计。

