

# 浅谈聚丙烯装置管廊和管道设计

张 博

河南建泰化工工程设计有限公司, 河南 郑州

收稿日期: 2024年6月14日; 录用日期: 2024年7月26日; 发布日期: 2024年8月5日

## 摘 要

文章聚焦于聚丙烯装置管廊和管道设计并进行了案例分析。以某大型丙烯装置为例, 基于管廊及管道设计的基本原则和注意事项, 并结合具体的装置案例展开相关分析。从管廊平面布置、管廊参数的确定、管廊平台的确定、管道的设计及管架的设计等方面系统探讨了聚丙烯装置管廊和管道设计的核心流程及优化关键点, 强调实际设计需根据综合考量多个因素, 最后展望了聚丙烯装置管廊和管道设计未来的发展方向。

## 关键词

聚丙烯装置, 管廊, 管道设计

# A Brief Discussion on the Design of Polypropylene Pipe Racks and Pipelines

Bo Zhang

Henan Jiantai Chemical Engineering Design Co., Ltd., Zhengzhou Henan

Received: Jun. 14<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 26<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 5<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In this study, we incorporated a case analysis focus on the design of polypropylene pipe racks and pipelines. Using large-scale propylene pipe racks as an example, we conducted relevant analyses based on the fundamental principles and considerations of duct and pipeline design, further combined with a specific pipe racks case. We systematically discussed the core processes and key optimization points of the design of polypropylene pipe racks and pipelines, emphasizing the comprehensive consideration of multiple factors in the actual design. Finally, we outlined the future development direction of the design of polypropylene pipe racks and pipelines.

## Keywords

### Polypropylene Plant, Pipe Racks, Design of Pipelines

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,聚丙烯(Polypropylene)因其具有耐化学性、耐热性和其具有电绝缘性等优点被广泛的用于工业汽车、电子家电、纺织、化工设备的内衬和环境保护等多种领域[1] [2]。因此,聚丙烯装置管廊和管道的合理布局能够保证材料生产的顺利输送,并便于运行和维护管理。管廊作为石化装置的大动脉,一般是设计技术难度较大,工作内容繁多,需综合考虑管道的布局方式、走向、坡度等因素,从而最大程度地确保管道系统的有效运行[3]。本文旨在对聚丙烯装置管廊和管道设计进行系统综述,为相关领域的研究与实践提供参考。

## 2. 聚丙烯装置管廊平面布置

管廊的平面布置需在遵循相关的法规标准基础上,综合考虑输送需求、安全性、后期维护的便捷性以及环境等方面的因素[4]。在实际设计中,一般依照场地特征,在装置中能到尽可能多的联系到各个装置区,通常情况下,管廊分为盲端式、直通式、L型、T型、组合型。以某聚丙烯装置为例(图 1),

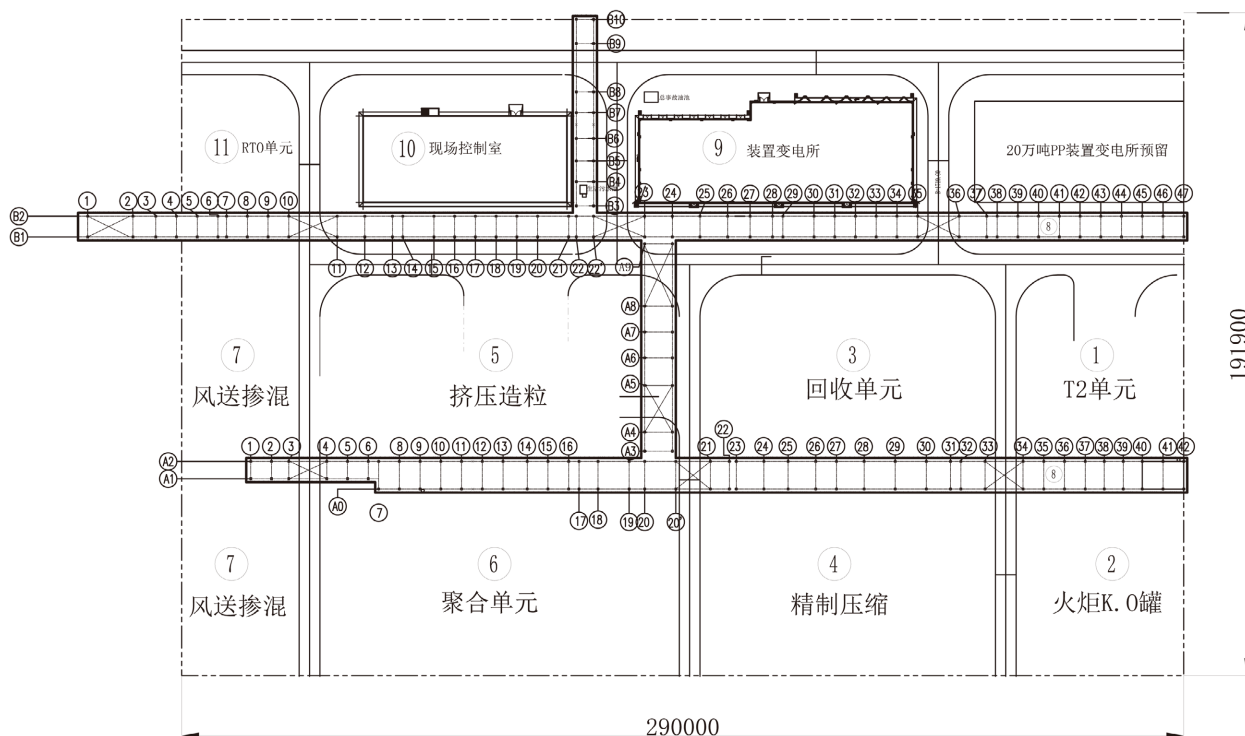


Figure 1. Layout of a polypropylene plant

图 1. 某聚丙烯装置平面布置图

其占地约 83.5 亩，长为 290 米，宽为 191.9 米，装置内有 T2 单元、火炬 K.O 罐、精制压缩、回收单元、聚合单元、挤压造粒、风送掺混、装置变电所、现场控制室等主项单元。在该装置的实际管廊设计中采用 2 个 T 型管廊，使多数管线布置合理且少绕行，从而能够满足输送管道的需求，确保输送的高效性和顺畅性。其次，考虑管廊的平面布置对厂区消防安全的影响，包括紧急疏散通道，以确保在紧急情况下的安全疏散。同时设计时需要考虑周边环境因素(地形、地质、气候等)对管廊的影响，以及设施的易于维护性。考虑管廊平面布置的灵活性和未来发展的空间，以适应可能的设施扩建、改造等需求。

### 3. 管廊参数的确定

#### 3.1. 高度的确定

依据《石油化工工艺设计布置规范》-SH3011-2018 装置内的管廊按结构形式分为独立式和纵梁式，按照材料分为钢结构、混凝土和组合型。

本次设计中考虑到安装时间和管廊的稳定性，管廊采用的是钢结构。管廊高度设置与后期交通运输、消防及检修具有密切关系。根据《石油化工工艺设计布置规范》-SH3011-2018 中规定，作为消防通道时，管廊至地面的最小净距 4.5 m，在本次设计中考虑到管道需要做 1 m 的门型支架，所以本次设计管廊距地面的净高为 5.5 m (图 2)。多层管廊的布置，在满足操作的要求下，小型装置一般上下层的间距为 1.2~2.4 m，

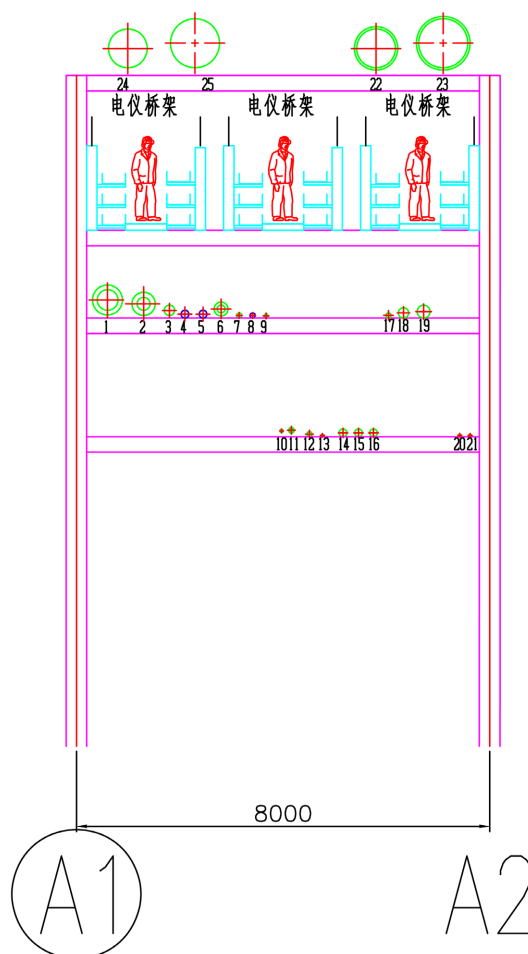


Figure 2. Piping racks elevation layout  
图 2. 管廊管道立面布置图

对于大型装置上下层的间距 2.5~3 m, 在本次设计中选用 2 m 的间距满足要求, 并且在管道少的区域可以多层管廊变为一层, 这样既可以减少钢材的使用, 又能达到提质增效的要求。

### 3.2. 宽度的确定

根据《工业管道设计与配管设计与工程应用》中, 管廊宽度设计的基本原则包括以下:

(1) 我们首先要根据工艺流程图确定管道的数量和管径、管道保温层厚度、管道间的间距等因素通常情况下要留有 10%~20% 的设计余量。

(2) 当管廊上有架空的仪表和电缆桥架时, 应及时与电仪专业沟通需要的层数和宽度, 务必确定管道留有足够的安全距离。

(3) 如果在管廊的上方布置空冷器时, 需要同时考虑支柱的跨距大小。

(4) 在管廊的下方布置泵时, 需要考虑泵的检修通道和操作的空間。

在本次设计中主管廊共有 120 根管道(图 2), 充分的考虑检修、保温、保冷和热膨胀。具体参数如下:

管道外表面距离横梁的端部不小于 100 mm, 管道距离管廊支柱不小于 100 mm, 本次设计采用 110 mm。

管道与相邻管道法兰外侧最小间距 25 mm。

斜管与直管交叉最小的间距不小于 25 mm。

管道之间外壁的最小间距 50 mm, 本次设计采用 60 mm。

从界区进入装置的管道共有 22 根, 其中 2 根的火炬管道有坡度不小于千分之三的要求, 布置在管廊的顶部, 其余 20 根管道布置在管廊底层。架空的仪表和电缆桥架经过和专业人员的沟通后放在第三层集中布置, 由于管廊的管道密度并不相同, 通常在管廊的首尾的管道数量较少, 必要时可以减少管道的层数和宽度。综合上述, 在本次设计中管廊的宽度为 8 m, 层数为 4 次, 在管道减少的情况下可以减少管道的层数。

## 4. 管廊平台的确定

操作平台不仅要满足管道的操作要求, 还应该考虑到日常的巡检的要求。操作平台一般由管道专业向结构专业提出条件, 并由结构专业进行设计。

### 4.1. 顶部平台

本次设计中由于管廊的顶部布置了一根 DN750 和一根 DN900 火炬管线两根管道的间距 60 mm, 所以在顶部布置了一个长 6 m, 宽 4 m 的一个下沉平台, 并在北侧做了一个长 6 m, 宽 1.2 m 的人员操作通道和一个直爬梯方便人员的通行(图 3(a))。

### 4.2. 界区平台

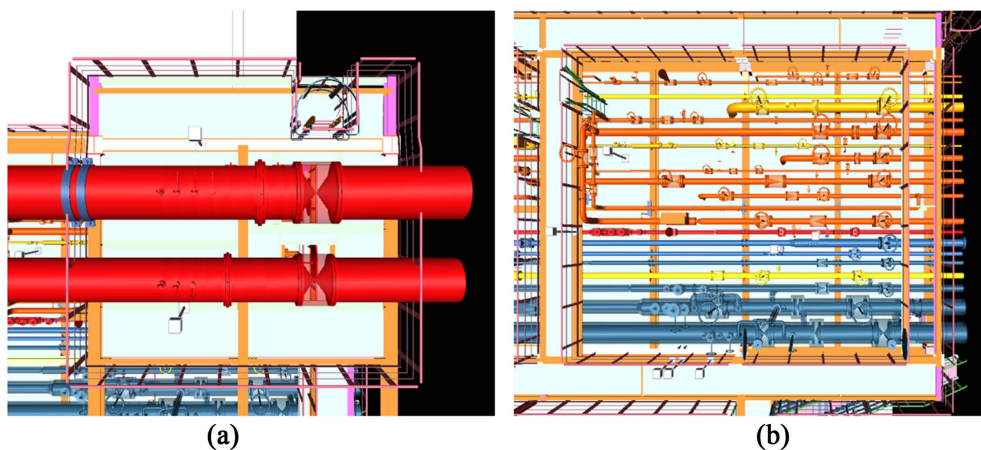
在进入界区的其余 20 根管道全部布置在一层管廊, 在此处集中布置阀门、盲板、仪表、流量计、并在两侧都布置梯子, 方便工人的操作和检修, 满足规范的要求(图 3(b))。

## 5. 管道的设计

根据《工业管道配管设计及工程应用》中管道设计的基本原则包括:

(1) 一般情况下大直径管道宜布置在管廊的两侧, 小管道、气体管道和公用物料管道应布置在管廊的中间。

(2) 需要做补偿的管道宜布置在管廊的一侧, 这样便于管道集中设置 II 弯, 方便管架统一支撑。



**Figure 3.** (a) Piping racks top platform layout; (b) Piping racks bottom platform layout  
**图 3.** (a)管廊顶部平台布置图; (b)管廊底部平台布置图

(3) 管道应在高袋处设置放空，在低袋处设置排净。

(4) 腐蚀性管道和液化烃应布置在管廊的下层，但腐蚀性管道不应布置在电动机的正上方。一旦腐蚀性管道泄漏，不会影响到其它管道，减少事故的危害。

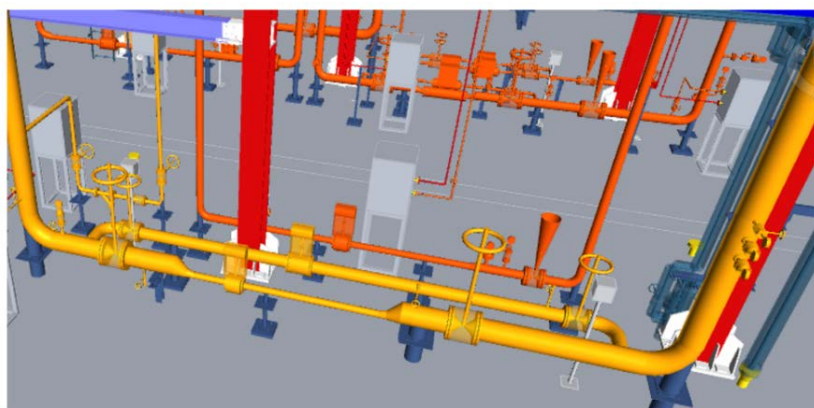
(5) 冷管道不应布置在热介质管道的正上方或者和不保温管道相邻布置。

(6) 氢气管道和其他管道相邻布置时，应布置在上层并且在外侧。

(7) 氧气管道与可燃气体管道、可燃液体管道共架敷设时应布置在一侧，不宜布置在可燃气体和可燃液体的正上方或正下方；平行布置时不应小于 500 mm，交叉布置时应不小于 250 mm。

### 5.1. 工艺管道的布置

一般情况下，工艺管道布置在下层，当工艺上要求管道上有调节阀组时，在满足工艺的条件下，考虑将调节阀组放置在地面布置或平台，方便操作和检修。在本次设计中，将调节阀组放在地面布置，这样既方便工人对阀门的经常操作又满足了日常的检修(图 4)。



**Figure 4.** Control valve assembly layout  
**图 4.** 调节阀组布置图

### 5.2. 公用工程管道的布置

公用工程管道的设计主要是蒸汽管道的布置和冷凝水管道的布置，本次就以蒸汽管道为例，本次蒸

汽管道的设计温度为 345℃，设计压力为 1.6 MPa，长度为 270 m。经过 casear II 软件计算和调整，总共设置了 3 个  $\pi$  弯，最大热位移 300 mm。固定架设在  $\pi$  弯的中间，保证两边的位移量尽可能的做到均匀分配。

## 6. 管架的设计

基本原则：

(1) 管廊上管道架的设计一般根据管廊结构梁和柱之间的间距。对于 DN300 以上的管道依靠主梁的支撑就足够满足要求，而小管道则需要增加次梁作支撑。

(2) 当有敷设有坡度的管道，可以通过调整钢板垫枕的办法来实现，对于火炬管线应放在管廊的上层，这样可以通过调整支架的高度来支撑管道。

### 6.1. 固定架的设定

(1) 界区是装置与外界的连接点，通常在进入装置的第一个主梁上设固定架，在本次设计中与其他装置沟通将公用工程管道的固定点设置在第一个主梁，其他管线设置在装置外 17 m 处。

(2) 确定固定点的位置时，应使其有利于两个固定点之间管道的自然补偿；选用  $\pi$  型补偿器时，应将其布置在固定点的中间(主梁上)，假如条件不允许时， $\pi$  弯距离固定点的距离不能小于 1/3。

(3) 对于落地生根的阀组管道，一般需要在一端将其固定，但此时固定段不得妨碍管道的热补偿。

(4) 对于复杂管系，我们一般用固定架将其划分为几个形状简单的管段，如 L 型，U 型、Z 型等，方便进行计算和柔性分析。

### 6.2. 导向架的设定

(1) 补偿器的两端应该设置导向支架，导向架距补偿器的中心位置应为 32~40 D (按 SH/T3703 的规定)，但是 ASME B31.3 规定 40D，在实际工程的大管径不能按此标准，所以在实际设计时通常就采用 12~40 D 之间的较少值，在火炬管道设计中导向架距离  $\pi$  弯的距离为 12 m。

(2) 应当在适当的位置设置导向支架，防止管道的热位移影响其他相邻管道或其他设施。

(3) 一般情况下，管道弯头、分支处不应设置导向支架。

(4) 当管道在支承点处有轴向位移且需要限制横向位移时，应选用导向支架。

(5) 一般情况下，在遇到较长的直管段时，在本次设计中在 6~12 m 的距离设置导向架。

### 6.3. 限位架的设定

(1) 在实际工程中，在某些单位采用限位架来代替固定架，是因为在现场经常会碰到实际的固定架不满足要求的情况。

(2) 在热态情况下，当管系热膨胀方向朝向敏感方向时，应该在合适的位置设置逆热膨胀方向的止推支架。

(3) 当设备连接刚度较大的管道时，对设备管口和设备基础产生较大的推力时，可在适当位置设置止推支架。

### 6.4. 防振支架的设定

防震支架的位置除了要满足上述的基本要求以外，还应该满足下面的原则：

(1) 机械振动的管道，应设振动管卡。在本次设计中工艺管道需要从界区进入到精制压缩区域，和压缩机连接的管道设计了足够数量的防振管卡满足管系动应力分析的要求，防止了由于机械振动而引起的

共振，造成了重大损失。

(2) 有些管道有地震设防要求时，应在适当的位置设置防震支架。

(3) 对于蒸汽管道和蒸汽冷凝管线，这种两项流或有的可能发生水击等可能引起管道振动时，在适当位置设置防震管卡。

(4) 防振支架应独立设置基础，避免在厂房和设备基础上生根。

### 6.5. 不锈钢和镀锌管道管架设定

镀锌钢管：镀锌管道及需要焊后热处理管道宜用管夹式管托，避免现场焊接。对不可避免焊接的镀锌管道，应在焊接完成后，与管道一起整体热浸镀锌。

不锈钢管：不锈钢管道不允许直接放在结构上，应带有管托或托板，在实际工程中一般采用管架式管托。

### 6.6. 管托的高度设定

- (1) 当保温  $\leq 75$  mm，管托高度 100 mm；
- (2) 当保温 76~125 mm，管托高度 150 mm；
- (3) 当保温 126~175 mm，管托高度 200 mm；
- (4) 当保温 175~225 mm，管托高度 250 mm。

注：操作温度大于 120℃ 的裸管不得直接与结构接触，保冷管道支吊架，应采取隔冷措施以防止出现冷桥。无保冷冷管宜采取无保冷管架，隔冷块厚度不小于 50 mm。

对于无隔热层的大口径管道，不宜直接将管子放置在支撑梁上，应带有管托或托板。其管托高度应符合如下要求：

- (1) 当  $400 \leq DN \leq 750$ ，管托  $\geq 100$  mm；
- (2) 当  $750 \leq DN \leq 1150$ ，管托  $\geq 150$  mm；
- (3)  $DN > 1150$ ，管托  $\geq 200$  mm。

### 6.7. 管托的长度设定

- (1) 当管道热位移  $\geq 60$  mm，管架的长度  $L = 200$  mm；
- (2) 当管道热位移(61~100)，管架的长度  $L = 300$  mm；
- (3) 当管道热位移(101~150)，管架的长度  $L = 450$  mm；
- (4) 当管道热位移(151~200)，管架的长度  $L = 600$  mm；

## 7. 管廊上管道支架易碰撞的位置

(1) 蒸汽管道按照规定，应设置积液包。积液包应与支承梁(管架)保持合适的距离，避免发生热位移与梁发生碰撞。

(2) 大口径管道在做 II 弯时，当受到层高限制时，应采用 45°弯头连续拐弯敷设的方案。

在本次中压蒸汽管道设计中，在进入界区设置一个积液包，其他在 120 m 范围内设置积液包，积液包距离支撑梁的间距为 500 mm，避免因为热位移与梁发生碰撞，在做 II 弯时，采用 45°弯头拐弯敷设的方案。

## 8. 结束语

综上所述，大型聚丙烯综合管廊是石化装置的大动脉，往往是设计难度比较大、工作量最大的内容

之一。相比于前人研究,本文结合实际案例出发,较为全面且系统地对聚丙烯装置管廊和管道设计进行剖析,并提出以下建议:

(1) 设计人员在设计过程中,应结合工艺流程图的要求,加强与各个分区的沟通,接点管道及时调整,并且及时向下游专业提条件,保证管廊的荷载满足要求,争取使管廊整体布置合理。

(2) 未来的发展方向可考虑将数字化和智能化技术应用引入用于智能监测、预测性维护,实现对管道系统运行状态的实时监测和分析,提高管道系统的运行效率,提高生产线可靠性和安全性[5]-[7]。

(3) 该领域未来发展应该与国家绿色发展一致,强调可持续发展,降低能耗且减少环境污染,针对不同工程需求,提供更加个性化的设计方案,满足特定工艺条件下的需求,提高管道系统的适用性和灵活性。

## 参考文献

- [1] 颜安,翁长永,刘毓敏. 聚丙烯改性技术及其产品应用进展[J]. 现代化工, 2022, 42(S2): 58-61.
- [2] 邵灵芝,李术,符茂华,等. 聚丙烯在汽车内外饰方面的研究进展[J]. 汽车实用技术, 2022, 47(10): 184-187.
- [3] 张军. 石化工厂全厂管廊设计的要点分析[J]. 石河子科技, 2023(6): 7-8.
- [4] 王瑞杰,李佳琳,陈亚南. 浅谈石油化工管廊及其管道的布置[J]. 中国石油和化工标准与质量. 2023, 43(1): 104-106.
- [5] 胡建冬. 综合管廊在城市更新中的设计实践[J]. 福建建材, 2024(2): 84-87+103.
- [6] 曹鉴思,吴宝荣,陈家焯. Dynamo 可视化编程在综合管廊设计中应用的研究[C]//中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会.第九届全国 BIM 学术会议论文集. 上海: 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2023: 6.
- [7] 熊科,杨世琪,龚浩. 基于多因子量化分析的综合管廊规划布局研究[J]. 市政技术, 2024, 42(3): 134-140.