

石油化工装置工艺管道设计的合理性研究

董泽义（爱奇迹（深圳）创新科技有限公司，广东 深圳 518000）

张艳军^[通讯作者]（秦皇岛市生态环境监控中心，河北 秦皇岛 066000）

摘要：本文围绕石油化工装置管道的设计原则，从设计原则视角入手，进行深入剖析。再将石油化工装置工艺管道设计涉及因素与影响石油化工装置工艺管道设计的各类相关因素相结合进行系统阐述，根据专业的方法与理论不断探寻管道设计的内在关联与作用机制。最后，着力于探索石油化工装置工艺管道设计的合理性思路，构建科学合理的设计路径。本文旨在为业内相关人员提供具有实操价值的参考，助力其在石油化工装置工艺管道设计领域的工作开展。

关键词：石油化工装置；工艺管道设计；合理性分析

0 引言

在我国，石油化工装置的稳定运行依赖与之适配的石油化工装置工艺管道系统。然而，鉴于石油化工管道铺设作业与施工现场自然环境紧密相关，在实际操作过程中，必须依据具体环境条件对管道铺设方案进行针对性调整。这一客观需求，无疑增加了整个工艺流程设计与安排的复杂程度。鉴于此，本文提出，应从石油管道铺设所面临的客观条件入手，紧扣设计初衷，综合考量各类因素，通过科学合理的分析与规划，以实现石油化工装置工艺管道的科学设计与高效建设。

1 石油化工装置工艺管道设计的原则

1.1 管道设计的一般原则

在进行管道布置时，不仅需确保其呈现出整齐有序、成组成排的布局形态，同时，在规划管道布置方案的过程中，还必须考量管道支撑的可行性与合理性。以立式容器与管壳式冷换设备的配管为例，这两种布管方式既满足了设备连接的功能性需求，又在一定程度上兼顾了空间利用与整体布局的合理性，是综合考虑多种因素后所采取的科学布置策略。

在确保管道具备足够柔性，且管道作用于设备机泵管嘴的作用力与力矩均处于允许范围之内的前提下，应秉持高效经济的原则，采用管件数量最少、最短长度的连接方式，同时尽可能减少焊缝数量。这不仅有助于降低材料成本与施工复杂度，还能有效提升管道系统的整体稳定性与可靠性，减少因管件及焊缝过多引发的潜在泄漏风险与安全隐患。

在人员通行区域，为确保人员通行的便利性与安全性，管道底部与地面之间的净高应不低于2.2m。而

在车辆通行区域，需要考虑到不同类型车辆的通行需求，管底净高应该进行差异化设置。具体而言，当涉及小型检修机或小型车辆通行时，管底净高不宜小于3m；若通行的是大型检修机械或大型车辆，则管底净高不应小于4.5m。如此设置，旨在确保各类交通通行需求在管道布局下均能得到妥善满足。

并布置管道时，确定间距应考虑诸多因素，具体涵盖以下几个方面：管道的外径尺寸，此为基础考量因素，直接影响管道自身占据的空间范围；法兰管子其法兰外径大小亦不容忽视；设有隔热层的管道，隔热层的厚度同样会对管道间距产生影响，较厚的隔热层需要更大的空间间隔。此外，两管之间必须预留的净距也是关键因素之一，它关乎管道的安装、维护。

1.2 液压排放管道的布置

对于直接向大气排放的非可燃气体放空管，其高度设定需严格遵循以下规定：①设备或管道所配置的放空管口，其高度需高于邻近操作平台至少2.2m。这一做法能有效避免放空气体对操作平台上人员的健康及安全造成潜在威胁，同时防止气体排放对平台上设备运行产生不利影响。②当设备或管道紧靠建筑物、构筑物布置，或在建筑物、构筑物内部进行布置时，为了确保放空气体能够迅速扩散，避免因建筑物、构筑物的阻挡而导致气体积聚，进而降低对周边环境及建筑物内人员与设施的潜在风险。其放空口高度应超出建筑物或构筑物顶部2.2m以上。

由于受到工艺条件的客观制约，或是介质自身特性所带来的限制，部分可燃气体无法被排入火炬系统，亦或无法纳入装置处理排放系统进行处理。在此类特定情形下，若选择通过排气筒或放空管直接向大气排

放这些可燃气体，那么排气筒与放空管的高度必须严格遵循以下规定：①如果涉及连续排放情况，设置排气筒顶或放空管口的高度时应该放置在超出以其为中心、半径 20m 范围内的操作平台或建筑物顶 3.5m 以上；而对于位于该设备 20m 范围以外的操作平台或建筑物，虽未作特定高度差值要求，但整体高度设置仍需综合考虑周边环境及安全因素。②在面对气体间歇排放的情况时，排气筒顶部或放空管口的高度设置需满足高出以其自身为中心、半径 10m 区域范围内的操作平台，或至少达到高出建筑物顶部 3.5m 的要求。此规定旨在确保在间歇排放过程中，可燃气体能够安全扩散，避免因排放高度不足引发安全隐患，保证周边操作平台及建筑物内人员与设施的安全。同样，处于 10m 范围之外的操作平台或建筑物，虽无特定高度差值规定，但在确定排气筒或放空管高度时，也需对周边整体环境及安全状况进行全面考量。

在设备的开停工过程中，用于放空的管道可采用就地向大气排放的方式。然而，对此类放空管的高度设置，有着明确且严格的要求：其高度必须高出相应的操作平台至少 2.2m。这一规定旨在确保在设备开停工期间，放空管排放的气体不会对操作平台上的人员及设备造成不利影响。同时，从安全与防护的角度出发，放空口的朝向也需谨慎规划，禁止朝向邻近设备或者人员通行的区域。

1.3 取样布置

无论是气体管道取样还是液体管道取样，均需遵循一些共同准则。首先取样阀应设置在便于人员操作的位置，这有助于确保取样过程的便捷性与准确性，减少因操作不便而可能导致的误差或安全风险。同时，从优化工艺及保障系统运行稳定性的角度出发，设备或管道与取样阀之间的连接管段，应在满足工程实际需求的前提下，尽最大可能缩短其长度，最大程度减少样品在管段内的留存时间与可能产生的成分变化，从而保证所取样品能够真实反映设备或管道内介质的实际情况。针对取样管的布置，存在以下若干需要重点关注的事项。

1.3.1 气体管道上取样口的布置

在进行管道取样操作时，基于不同的管道形态与介质流动特性，取样口的设置有着严格要求：①为确保取样的准确性与代表性，在水平管道上，取样口的设置需精确规划，应将其准确置于管道的顶部位置。这一精准设置对于确保取样的科学性与代表性至关重要，能够有效避免因取样位置不当而导致的样本偏差。

②当介质在垂直管道内自下而上流动时，为使取样更具科学性与合理性，取样口应置于管道侧面且向上倾斜 45°。这种设置方式能够充分利用介质的流动惯性，使样品更顺畅地进入取样管，减少因取样位置不当导致的样品偏差。③对含有固体颗粒的气体管道，应考虑到固体颗粒的沉降特性以及保证取样的均匀性，取样口应设置在垂直管道上。同时需将取样管延伸至管道的中心位置。

1.3.2 液体管道上取样口的布置

在管道取样设计中，需依据管道类型、介质特性及输送方式等因素，科学合理地设置取样口，具体要求如下：①在涉及压力输送的水平管道场景中，取样口的设置需经过考量。基于工艺的科学性与实际操作的便利性，将取样口设置在管道的顶部或侧面是较为适宜的选择。针对含有固体介质的液体管道，为防止固体颗粒在取样过程中堵塞取样口或影响样品代表性，取样口应设置在管道的侧面。为获取具有代表性的样品，自流水平管道的取样口应设在管道底部。②当介质垂直管道呈现自下而上的流动状态时，从确保取样准确性与代表性的角度出发，取样口应合理设置于管道的侧面位置。此位置能够充分利用介质的流动特性，使样品顺利进入取样管，保证取样的准确性。然而，当介质在管道内呈自上而下的流动态势时，一般情况下，为确保取样的准确性与可靠性，除非存在特殊情形，即能够通过特定技术手段或装置切实保证液体始终持续充满取样管，否则不应设置取样点。这是因为在这种情况下，若取样管不能始终充满液体，可能会导致所取样品无法真实反映介质特性，从而影响分析结果的准确性。③对于极度、高度危害的介质，以及甲类可燃气体、液化烃等具有特殊危险性的介质，为确保人员安全与环境安全，应采用密闭循环取样方式进行取样。该方式能够有效避免样品泄漏，降低潜在的安全风险，保障取样过程的安全性与可靠性。

2 石油化工装置工艺管道设计的合理性建议

2.1 管道和阀门设计

在石油化工装置工艺管道设计中，确保管道与阀门设计的合理性至关重要，其中，吹扫管线位置与采样点位置的规划需高度重视。对于采样点位置的确定，需依据分支管线的连通部位来精准确定最终采样点位置，从而达成采样点的高覆盖率，确保所采集数据能够全面、准确地反映管道内介质的特性。吹扫管线主要用于蒸汽吹扫作业，主要是为了维系管道与阀门的密闭性能。在管道系统运行过程中，若某一管道出现

泄漏状况，迅速对该管道所在区域内的相关管道设备进行封闭处理，能够有效保障其他管道不受影响。这不仅是为了避免因运输延误而导致的经济损失，更是从提升整体经济效率的层面进行综合考量。如此，在确保生产安全与稳定的同时，实现经济效益的最大化。

2.2 设计塔管

在塔筒与集装箱的设计过程中，需深度考量介质特性与工艺原理的独特性，并据此精心开展相应的布置与设计工作。在布局设计环节，应着重强化对分馏器、汽提塔以及回流罐的合理布置。通常情况下，需在汽提塔与分馏器之间设置阀组，且该阀组应紧邻汽提塔安装。这一布局旨在优化工艺流程，确保各设备间的高效协同运作，提升系统的整体性能与稳定性。当采用热旁路控制塔顶分馏塔压力时，应尽可能缩短热旁路的长度。缩短热旁路不仅有助于减少系统压降，提升压力控制的响应速度与精度，还能有效降低能量损耗。与此同时，热旁路还应具备良好的保温性能，以防止因温度变化导致介质液化。因为一旦产生液体，可能会影响热旁路的压力调节功能，进而干扰整个分馏塔的稳定运行。

2.3 设计泵

确保泵的平稳运行，是石油化工装置工艺管道设计合理性的关键要素之一。在开展相关作业前，需要明确吸料管的安装规范及安全使用准则，要着重防范液体进入泵体而诱发涡流漂移现象，合理地对液体流量进行平衡分配，并对水头的安装位置予以优化。通过以上举措，有效降低气体对液体流动造成的阻碍，确保系统运行的稳定性与高效性。切实落实这些防护措施，不仅能显著提升泵的使用效能，延长其使用寿命，还可有效降低资金投入。为此，在设计石油化工装置工艺管道时，通常会在泵的入口位置安装直管，旨在减轻泵所承受的直接冲击。然而，具体的管道形状设计需依据泵的类型而定，不同类型的泵需要适配不同的管道形式来缓冲冲击。

2.4 设计冷却设备管道

在对管道系统进行阀门或调节器的安装作业时，调节器以及热换器周边的管道，应采用平行布置的方式。恒温器作为传热管道中的关键部件且为了确保管道系统内流体的稳定传输与热交换效率，其安装位置宜选择在靠近通道阀与管道处以便及时调节管道内介质的热传递过程，保障整个系统运行的稳定性与高效性。该设计主要是为了便于工作人员对其进行观测，并依据观测结果及时开展相应操作。此外，设计人员

务必高度重视，在设计法兰与气缸时，应确保二者之间以及它们与管道相关部件间保持足够的距离。这是因为若距离不足，可能对管道正常运行产生不利影响，甚至引发安全事故，威胁整个系统的安全稳定运行。

2.5 冷换设备

换热器、冷凝器与冷却器统称为冷换设备。在压力与温度较高的工况下，冷换设备借助冷热介质，于导管内部实现冷热交换，这对于维持化工生产环境压力建立的稳定性具有重要意义。为确保化工生产的安全性与合规性，换热器管道的韧性应符合国家相关标准。鉴于换热器的固有特性，诸如压力表、阀门、元件、组件以及温度计等部件，其安装位置应尽量靠近维修通道。在管道设备的进出设计环节，需在分界处优先设置闸门与阀门，并额外增设盲板与孔板，确保各部件之间保持连通状态。这样一来，当管道出现故障或需要维修时，能够有效隔离故障区域，确保石油化工原料的正常运输不受影响，保障管道运输工作的连续性与稳定性。

3 结束语

在石油化工管道的设计进程中，存在诸多影响因素。石油化工管道作为石油化工厂物料输送的关键专用设备，其重要性不言而喻。鉴于用途与操作条件的差异，管道类型丰富多样。优质的管道设计涵盖多个维度，不仅涉及管道布置、应力分析以及支吊架选择，还包括现场施工支持、材料采购等诸多环节。故而，石油化工厂工艺管道的设计要求，需建立在通用技术要求、相关设计准则与规范的基础之上。本文对部分工艺管道的设计原则及维护要点进行简要阐述，以期为管道设计工作提供参考依据。

参考文献：

- [1] 邵宇, 黄佳民, 岑旭江. 石油化工装置工艺管道设计的合理性研究 [J]. 工程技术, 2023(1):46-48.
- [2] 雷林. 石油化工装置工艺管道设计的合理性研究 [J]. 石化技术, 2021(6):185-186.
- [3] 李坤坤. 石油化工装置工艺管道设计技术合理性分析 [J]. 工程技术, 2023(12):66-68.
- [4] 岳明明. 石油化工装置工艺管道设计的合理性研究 [J]. 爱情婚姻家庭, 2022(4):22-24.
- [5] 孙涛. 石油化工装置工艺管道设计的合理性探讨 [J]. 工程建设, 2020(09):53-55.

作者简介：

董泽义 (1989-) , 汉族, 河北邢台人, 硕士学历, 石油化工工程师, 研究方向: 化工设计等。