

煤化工装置配管设计中安全间距的规范解读与工程应用

姜慧玲

山东三维化学集团股份有限公司 017000

【摘要】：煤化工设备因涉及高危介质、工艺复杂且设备密集，配管设计中的安全间距对装置的安全稳定运行至关重要。本文依托设计院在工艺安装领域的配管设计经验，以煤制油、煤制烯烃等典型项目为研究对象，详细阐述了《石油化工企业设计防火标准》和《工业金属管道设计规范》等现行标准中关于安全间距的核心要求。文章从介质性质、设备类型和操作条件等角度，探讨了管道与管道、管道与设备、管道与建筑物之间安全间距的确定方法，并通过模拟数据和实际案例分析了安全间距在配管设计中的应用要点及优化策略。研究显示，合理设置安全间距可有效降低介质泄漏和火灾爆炸等风险，为煤化工装置的长期安全运行提供保障。本文为煤化工行业配管设计人员提供了理论支持和实践指导，有助于提升配管设计的规范性和安全性。

【关键词】：煤化工设备；配管设计；安全间距；优化策略

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.081

引言

煤化工产业是我国实现煤炭清洁高效利用的重要途径，煤制油和煤制烯烃等关键技术的产业化应用推动了行业的规模化发展^[1]。工艺安装专业作为煤化工装置设计的核心环节，负责设备布置、管道敷设和管系优化等关键任务，配管设计质量直接影响装置的施工效率、运行安全性和后期维护便捷性。在配管设计中，安全间距是关键控制指标，需综合考虑工艺要求、安全规范和操作空间等因素。煤化工装置中使用的原料、中间产物和产品多为易燃、易爆、有毒或腐蚀性介质，一旦泄漏可能引发火灾、爆炸或中毒等事故。合理的安全间距可为泄漏介质的扩散提供缓冲空间，并为应急操作和救援创造条件，是实现装置本质安全的关键^[2]。尽管我国已制定多项工业管道和化工装置设计的国家标准和行业规范，但不同规范对安全间距的规定存在差异，部分条款需结合煤化工装置的工艺特点灵活应用。设计院工艺安装专业在配管设计中主要负责绘制配管图、设备布置图和管道布置图，需在满足工艺流程要求的同时严格执行安全间距标准。由于设计阶段不直接参与施工，安全间距控制尤为重要，需提前评估施工难度和运行风险，避免因间距不合理导致后期设计变更。因此，本文结合煤化工装置配管设计实践，系统梳理和解读安全间距相关标准，分析其在实际应用中的关键要点，旨在为煤化工配管设计提供科学依据，提升装置的安全运行水平。

1 煤化工装置配管设计安全间距的规范框架

1.1 核心规范分类

煤化工装置配管设计中的安全间距规范主要涵盖通用工

业管道规范与化工行业专用规范。通用规范以《工业金属管道设计规范》（GB 50316）为典型，该规范针对工业金属管道的布置间距设定了基础标准，明确了管道间、管道与建构筑物间的最小净距，适用于煤化工等各类工业管道设计场景。化工行业专用规范以《石油化工企业设计防火标准》（GB 50160）为核心，该标准针对石油化工、煤化工等高危行业特性，着重规定了易燃、易爆介质管道的安全间距，包括管道与明火设备、变配电设施、人员密集区域等关键对象的间距控制指标。同时，《煤化工工程设计防火标准》（GB 51428）作为煤化工行业专项规范，进一步细化了煤制油、煤制烯烃装置中特殊设备与管道的间距要求，为煤化工配管设计提供了更精准的依据^[3]。

1.2 规范条款的适用范围

不同规范对安全间距的规定存在适用场景的差异，设计人员需依据煤化工装置的工艺条件进行精准选择。例如，《石油化工企业设计防火标准》中关于可燃气体管道与架空电力线路的间距要求，需结合管道压力等级、介质爆炸极限进行调整；而《工业金属管道设计规范》对管道敷设高度的规定，主要考虑人员通行与设备检修需求，适用于各类介质管道。在实际设计中，若不同规范条款出现交叉或冲突，需遵循“严格优先”原则，即优先采用要求更严格的间距标准。以煤制烯烃装置中的丙烯管道为例，其与明火设备的间距需同时满足《石油化工企业设计防火标准》中可燃气体管道与明火设备的间距要求，以及《煤化工工程设计防火标准》中烯烃介质管道的专项规定，最终取较大值作为设计依据。

2 煤化工装置配管设计安全间距的确定依据

2.1 依据介质特性确定间距

煤化工装置管道输送的介质包括煤焦油、合成气、烯烃、芳烃等，不同介质的燃爆特性、毒性等级、腐蚀性程度差异明显，是确定安全间距的首要因素。对于易燃、易爆介质管道，安全间距需确保介质泄漏后形成的爆炸危险区域不扩散至明火源、电气设备等危险点。例如，氢气管道作为甲类易燃介质管道，其与明火设备的最小间距需不低于15m，显著高于乙类介质管道的间距要求。对于有毒介质管道，如硫化氢、氰化物等，安全间距的确定需考虑介质泄漏后的扩散范围与人员接触限值，防止泄漏介质对操作区域人员健康造成危害。同时，腐蚀性介质管道需与其他管道保持足够间距，避免管道腐蚀泄漏后对周边管道与设备造成二次损害。

2.2 依据设备类型确定间距

煤化工装置包含反应器、换热器、储罐、压缩机等多种设备，不同设备的操作工况与风险等级不同，管道与设备间的安全间距需差异化设置。对于明火设备，如加热炉、焚烧炉等，可燃介质管道需保持足够安全间距，且管道敷设需避开设备火焰喷射区域；对于压力容器，如储罐、反应器等，其进出口管道的间距需满足设备检修时的吊装空间要求，同时避免管道布置影响设备安全阀与紧急放空装置的正常运行。此外，对于泵、压缩机等转动设备，管道与设备本体的间距需考虑设备安装、拆卸与维护空间，确保操作人员能顺利开展检修作业。以煤制油装置中的加氢反应器为例，其进出口管道与反应器封头的间距需不小于1.5m，为反应器内件更换提供充足操作空间。

2.3 依据操作工况确定间距

煤化工装置存在正常操作、开停工、紧急停车等多种操作工况，确定安全间距时要综合考量各类工况。正常操作时，管道间距要满足工艺介质输送和人员巡检通行需求；开停工时，要考虑管道热胀冷缩变形量，防止因位移使间距不足；紧急停车时，要为应急切断阀操作和泄漏介质处理留出足够空间。对于高温高压管道，像煤制烯烃装置里的裂解气管道，确定间距要考虑热膨胀位移，通过设置补偿器和合理间距，防止热胀后与周边管道或设备碰撞。而低温管道，如液化天然气管道，要和其他管道保持足够距离，避免低温冷损影响周边管道。

3 安全间距在煤化工装置配管设计中的工程运用

3.1 管道与管道间安全间距的运用

在煤化工装置配管设计里，管道与管道间的安全间距要满足敷设、检修和安全防护等多方面需求。设计人员绘制配管图时，要依据管道介质类型、管径大小、保温层厚度确定最小净距。并行敷设的管道，管径小于DN100时，管道外壁净距不宜小于0.15m；管径大于等于DN100时，净距不宜小于0.2m。易燃易爆介质管道要和其他介质管道保持更大间距，且不宜和

腐蚀性介质管道并行敷设。在煤制油装置加氢单元配管设计中，加氢反应产物管道和循环氢管道并行敷设，因两种介质都是甲类易燃气体，设计时将管道外壁净距定为0.3m，还在管道间设置防火墙，提升安全防护等级。另外，多层管廊管道布置时，上下层管道间距要考虑保温层厚度和检修通道宽度，一般不宜小于0.5m，方便检修人员维护管道。

3.2 管道与设备间安全间距的运用

管道与设备间的安全间距是配管设计的关键，直接影响设备运行和检修便利性。绘制设备布置图时，设计人员要根据设备类型和操作需求，确定管道与设备本体、设备附件的间距。对于储罐类设备，进料管道和储罐壁的间距要满足管道阀门操作空间要求，不宜小于0.8m；对于反应器类设备，进出口管道要避开设备人孔和法兰连接面，防止影响设备检修。以煤制烯烃装置的丙烯精馏塔为例，塔顶回流管道和精馏塔封头的间距定为1.2m，既满足管道阀门操作需求，又为精馏塔内件检修提供足够空间。对于泵类设备，吸入管道和泵入口的间距要考虑管道柔性设计，避免对泵体产生过大附加应力，同时保证泵的检修空间不小于0.7m，方便拆卸和维护。

3.3 管道与建构筑物间安全间距的运用

管道与建构筑物间的安全间距要满足防火防爆和结构安全要求。依据《石油化工企业设计防火标准》，可燃气体管道和建筑物外墙最小间距不宜小于5m，和变配电所外墙间距不宜小于15m。在煤化工装置管廊设计中，管廊和控制室、变配电所等重要建构筑物的间距要严格执行规范，同时避免管道跨越人员密集区域^[4]。在煤制油装置中央控制室周边配管设计中，所有可燃介质管道都避开控制室外墙敷设，和控制室间距保持在20m以上，还在管道和控制室间设置防火隔离带。对于跨越道路的管道，敷设高度要满足车辆通行要求，一般不宜小于4.5m，同时在管道下方设置防撞保护装置，防止车辆碰撞损坏管道。

4 煤化工装置配管设计安全间距的优化方法

4.1 基于模拟数据的间距优化

在煤化工装置配管设计中，可借助管道应力分析软件和泄漏扩散模拟软件对安全间距进行量化优化。通过管道应力分析软件，模拟高温高压管道在不同工况下的位移量，据此调整管道间距，避免热胀变形后与周边设施干涉。通过泄漏扩散模拟软件，模拟可燃介质管道的泄漏范围，根据模拟结果确定管道与明火设备、建构筑物的最小安全间距，实现精准控制。以煤制烯烃装置的乙烯管道为例，利用FLUENT软件模拟乙烯介质泄漏后的扩散范围，结果显示风速为2m/s时，乙烯泄漏形成的爆炸危险区域半径为8m。据此，设计人员将乙烯管道和明火设备的间距定为10m，既满足安全要求，又避免因间距过大增加装置占地面积。

4.2 基于空间集约化的间距优化

煤化工装置具有设备密集、管道复杂的特点，在满足安全规范的前提下，可通过空间集约化设计优化管道间距。采用管廊分层布置的方式，将不同介质、不同压力等级的管道分层敷设，提高管廊空间利用率；对于管径较小的管道，采用共架敷设的方式，在保证间距的前提下减少管廊的占地面积。

在煤制油装置的加氢裂化单元配管设计中，设计人员将工艺管道、公用工程管道、仪表管道分层布置在管廊上，工艺管道布置在管廊上层，公用工程管道布置在中层，仪表管道布置在下层，各层管道间距满足规范要求，同时实现了空间的高效利用。此外，对于并行敷设的同介质管道，采用管束化布置的方式，减小管道之间的间距，降低配管设计的复杂度。

5 结论

煤化工装置配管设计中的安全间距是保障装置本质安全

的核心要素，其设置需严格遵循现行国家标准与行业规范，并结合介质特性、设备类型、操作工况等实际因素综合确定。设计院工艺安装专业在配管图、设备布置图及管道布置图的绘制过程中，需充分发挥设计主导作用，通过规范解读与模拟分析，实现安全间距的科学设置与优化^[5]。

依据介质特性、设备种类以及操作工况来确定安全间距的原则，可显著增强配管设计的合理性。同时，掌握管道与管道、管道与设备、管道与构筑物之间间距的控制要点，能为实际工程提供明确指引。借助模拟数据量化分析和空间集约化设计等优化手段，在保证安全要求的基础上，能提升装置的空间使用效率，减少工程投资费用。

未来，煤化工装置的配管设计应更深入地融合智能化设计技术，通过广泛运用三维建模软件和模拟分析工具，达成安全间距的动态优化和全程管理，有力推动煤化工行业安全、高效、绿色地发展。

参考文献:

- [1] 蔡瑞春,柳俊,聂新辉.我国煤炭清洁高效利用发展路径研究[J].煤炭经济研究,2024,44(12):100-105.
- [2] 周青.煤化工仪表安装质量控制措施研究[J].工程建设与设计,2019(20):87-88.
- [3] 马辉,林其聪,杨同飞.浅析《煤化工工程防火设计标准》对煤化工工程设计的影响[J].中氮肥,2024(06):6-8+29.
- [4] 徐红林.石油化和精细化工防火规范差异述评[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(19):9-10.
- [5] 程鸿博,申家君,夏健楠,韩超,邹晓敏.煤化工装置长周期运行管理措施研究[J].氮肥技术,2025,46(02):44-47.