

复杂厂房内工业管道综合排布与安装施工技术研究

丛 旭

中冶天工集团有限公司 天津 300300

摘 要: 复杂厂房空间结构繁杂, 内部管线品类繁多、立体交叉密集, 特殊空间工况对管道排布与现场施工存在较强约束, 传统施工模式容易产生排布混乱与管线干涉问题。本文结合厂房空间特征、管道功能属性与工况限制条件, 梳理排布与施工环节的常见缺陷, 通过分层分区布设、管线有序避让、空间布局优化的方式, 搭建精细化排布与标准化施工体系, 提升工业管道整体布设规整度与安装成型质量。

关键词: 复杂厂房; 工业管道; 综合排布; 管线避让; 施工技术

引言: 工业管道是复杂厂房生产运行的核心配套设施, 管线布局形态与安装质量, 直接决定厂区生产稳定性与后期运维便捷程度。复杂厂房异形结构多、可用施工空间局促, 多专业管线密集交错, 常规布设与施工手段难以适配复杂现场工况。粗放的规划方式容易造成管线空间冲突、布局杂乱、安装精度偏差。优化排布逻辑、规范施工工艺, 可适配复杂空间条件, 完善管道施工管控体系, 保障工业管网长期安全稳定运行。

1 复杂厂房工业管道施工基础特征与排布条件

1.1 复杂厂房内部空间结构与管线分布特点

复杂厂房整体空间结构形态不规则, 内部涵盖大量生产设备、承重梁柱、夹层结构及各类配套设施, 可用布设空间被多重结构分割拆解。建筑内部层高、开间尺寸存在差异化变化, 局部区域存在低矮夹层、密集立柱、设备围挡等特殊结构, 会压缩管道布设的有效空间^[1]。厂房内部承载给排水、通风、动力、工艺输送的各类管线数量繁多, 不同功能管线穿插分布在建筑顶部、墙体侧部及地面夹层等多个区域。管线分布密度整体偏高, 不同走向的管线相互交错重叠, 空间布局呈现无序化、立体化的特征。受限的空间环境与繁杂的管线布局, 对工业管道的前期排布规划与现场施工开展形成天然约束。

1.2 工业管道系统分类与功能属性

工业厂房内部管道系统可依据输送介质与作业用途划分为工艺物料管道、热力输送管道、给排水管道、压缩空气管道等多个类别。不同类型管道承担的生产功能存在明显区分, 对应工业生产的物料输送、温度调控、设备供水、动力供给等核心作业环节。各类管道的管径规格、承压等级、敷设要求存在明显差异, 适配的安

装空间与施工标准各不相同。部分管道负责输送高温、高压或特殊属性介质, 结构稳定性、密闭性要求更为严苛。功能属性的差异化, 让各类管道在排布间距、安装高度、固定方式上形成专属施工要求, 构成管道综合排布的基础依据。

1.3 复杂工况下管道排布制约条件

复杂厂房的生产运行环境, 会从多个维度限制管道排布方案的落地实施。生产设备的固定安装位置会锁定核心作业区域, 管道布设需要规避设备主体及运行活动范围。厂房内部承重结构的承载限值, 会约束管道及配套支吊架的布设点位与荷载布置。高温、潮湿、多粉尘的生产工况, 会对管道敷设路径、防护形式形成硬性约束。管线之间的安全间距、走向避让、层级划分, 也会限制整体布局规划。多重制约条件相互叠加, 大幅提升多类型管道统一规整排布的难度。

1.4 管道安装施工的基础作业特征

复杂厂房管道安装属于立体化、多维度的施工作业, 作业范围覆盖高空、夹层、狭小间隙等多种特殊施工区域。施工过程需要完成管道切割、预制、对接、固定、封堵等多道工序, 工序衔接具备较强的连续性。各类管线施工先后顺序存在固定逻辑, 无序施工极易引发管线碰撞、空间占用冲突等问题。管道安装精度要求较高, 管线坡度、对接缝隙、固定点位的细微偏差, 都会影响整套系统的运行稳定性。现场作业空间局促、施工点位分散、工序衔接紧密, 构成复杂厂房工业管道安装施工的典型作业特征。

2 复杂厂房管道排布与施工的现存问题

2.1 管道空间排布秩序混乱问题

复杂厂房管线数量繁杂、敷设空间有限,前期排布规划缺乏统一规整的布局标准,极易出现空间排布无序的问题。不同功能管线敷设路径随意性较强,水平走向与竖向分层缺乏规整规划,局部区域管线堆积密集。部分区域管线排布过于稀疏,剩余空间未能得到充分利用,整体空间资源分配失衡。管线排布未结合厂房结构轮廓与设备布局统筹规划,走向弯折、线路冗余的现象普遍存在^[2]。无序的空间布局会压缩后期检修作业空间,增加管线运维操作难度,也会让整体管线布局丧失规整性与系统性。

2.2 多类型管线交叉干涉成因

工业厂房涵盖多种功能管线,不同管线的敷设路径、安装高程、空间占位存在差异化需求,管线之间极易产生位置冲突。各类管线规划环节独立开展,不同专业管线设计互不统筹,前期布局阶段未做好交叉点位的避让规划。部分大管径管线占据核心通行空间,挤压小型管线敷设路径,迫使小型管线被动调整走向,催生多处交叉重叠点位。管线交叉点位缺少科学的高低错落布置,近距离并行、立体交叉无避让的情况频繁出现。各类布局矛盾持续累积,造成管线相互干涉,对整体敷设质量与运行稳定性造成不良影响。

2.3 传统排布设计的适配短板

传统管道排布设计多采用固化规划思路,仅满足基础敷设与使用需求,无法适配复杂厂房多变的空间工况。设计阶段侧重单一管线的敷设合理性,忽略整套管网的整体性与关联性,难以实现多管线的统筹布局。设计方案对厂房狭小空间、异形结构区域考量不足,常规排布模式无法适配特殊空间的敷设要求。布局规划只聚焦静态安装条件,未兼顾后期设备运维、管线检修的作业需求。老旧的设计思路灵活性不足,难以适配复杂厂房管道精细化、系统化的布设发展需求。

2.4 现场安装施工的工艺缺陷

复杂厂房管道现场施工环境复杂,传统施工工艺与作业方式存在多处细节短板。管道预制加工精度把控不足,管径切口、对接端口容易出现尺寸偏差,造成现场对接缝隙不均、衔接错位等问题。支吊架安装定位精度不足,固定点位偏移、间距不均的情况时有发生,影响管线整体受力状态。施工工序安排缺乏科学统筹,部分工序施工顺序颠倒,引发管线二次拆装、返工调整等情况。细节施工管控不到位,各类工艺缺陷逐步累积,降低管道安装成型质量,影响管网长期运行的稳定性。

3 复杂厂房工业管道综合排布设计方法

3.1 管道分层分区排布设计原则

复杂厂房管道排布设计需依托科学的分层分区原则,梳理管网整体布局逻辑,化解狭小空间的布设冲突。结合厂房层高参数划分多层敷设体系,常规厂房可划分3至4个竖向敷设层级,分别适配重型工艺管道、常规输送管道、弱电桥架及检修预留空间。依据生产工艺边界划分独立布设区域,将高温介质管道、腐蚀性介质管道与普通给排水管道进行区域隔离。严格区分作业通行区域与管线敷设区域,预留不低于1.8米的竖向通行净高,满足人员日常检修作业需求^[3]。通过层级划分与区域分隔,理顺不同管线的布设秩序,规避密集管线无序堆叠的问题,提升整体布局规整度。

3.2 多专业管线避让与协调方式

多类型管线共存的复杂场景,需要建立系统化的避让与协调机制,消解管线交叉产生的空间冲突。高温管道优先布设高位区域,规避低温管道、弱电线路形成的热影响干扰。大口径管道优先确定敷设路径,小口径管道依托剩余空间适配调整,减少大管径管线的改线频次。重力自流管道保持固定敷设坡度,设置为优先通行管线,压力管道主动调整路径完成避让。管线竖向交叉位置保持不小于50毫米的安全间隙,电气管线与热力管线水平间距控制在300毫米以上。系统化的协调方式可以有效规避各类管线干涉问题,保障各系统管线独立稳定运行。

3.3 管道走向与空间布局优化思路

管道整体走向规划以短距化、规整化为核心方向,删减无效弯折与冗余管段,压缩管线整体敷设长度。结合厂房梁柱、墙体结构的分布规律,沿建筑结构轮廓规整布设管线,减少跨区域无序穿插的敷设形式。集中布设同走向、同属性管线,形成集约化管线带,释放厂房零散闲置空间。针对异形结构、狭小夹层区域,调整管线排布角度与敷设形式,适配特殊空间的结构形态。控制管线弯折数量,主干管线弯折点位不宜过多,分支管线按需分流布设。规整的空间布局能够降低介质输送损耗,提升管网整体运行的规整性与合理性。

3.4 管线附属构件一体化排布设计

管道系统运行稳定性离不开各类附属构件的配套支撑,一体化排布设计可统筹构件与主管线的空间关系。依据管线管径与荷载参数布置支吊架结构,间距按照管线规格合理调控,常规工艺管道支吊架间距控制在2至3米区间。阀门、过滤器、流量计等附属配件跟随主管线统一规划位置,集中布置在便于操作与检修的区域。管

线保温、防护结构与主体管道同步布局设计,适配厂房复杂工况的防护需求。整合零散构件的布设点位,避免附属部件无序排布占用有效空间,实现主管线与配套构件的一体化规整布设。

4 复杂厂房工业管道标准化安装施工技术体系

4.1 管道施工前期预处理技术

复杂厂房工业管道正式施工前的预处理工作,是保障后续安装精度与施工质量的基础环节,能够从源头规避多数安装偏差与工艺隐患。管道进场后需要开展系统化外观筛查,排查管壁锈蚀、壁厚不均、端口变形等各类质量缺陷,筛选达标管材投入预制施工。结合现场排布方案与实测空间尺寸,完成管材精准下料,按照施工区段划分管材规格、长度及使用点位,杜绝随意裁切造成的材料浪费。管材切割完成后,对端口毛刺、不规则切面进行打磨修整,保证管口平整顺滑,为后续对接施工创造良好条件。针对不同输送介质的管道,按需开展除锈、防腐、清洁处理,清除管壁附着的粉尘、油污与氧化层^[4]。对需要保温、防护的管道构件,提前完成预处理加工,减少高空及狭小区域的作业工作量,提升整体施工推进效率。

4.2 管道精准就位与对接施工工艺

管道就位与对接是安装施工的核心工序,施工精度直接决定管网成型后的密闭性与稳定性。前期依据排布设计图纸,在厂房结构梁柱、墙面、顶面精准标记管线敷设轴线、安装标高及固定点位,为管道就位提供精准参照。提前完成支吊架预装校准,保证支撑结构平整牢固,受力状态均匀稳定,杜绝后期管线沉降变形。管道吊装与就位过程采用分段作业模式,按照主干管、分支管的施工顺序依次布设,逐步完成管线整体拼接。对接施工中严格把控管口间隙、同轴度等关键参数,修正细微偏移偏差,让管道端口贴合均匀规整。焊接、法兰连接等对接工序遵循标准化作业流程,严控施工细节质量,规避虚焊、漏缝、连接松动等工艺问题。稳定规范的对接工艺,能够有效保障管道连接强度与密封性能,满足工业管网长期运行要求。

4.3 复杂节点与交叉位置施工处理技术

复杂厂房管线密集交错,各类节点、交叉位置是施工管控的重点区域,也是工艺隐患的高发点位。施工开展前,对所有管线交叉、转折、汇流节点进行全面梳理,明确各管线的敷设层级与避让顺序,确定最优施工顺序。针对竖向交叉点位,按照管线高低排布方案调整敷设高度,预留充足安全间隙,消除管线挤压、摩擦隐

患。异形节点、多管交汇区域采用集约化施工方式,统一规整管线走向,减少无序弯折与杂乱穿插。节点施工优先保障重力管道、高温高压工艺管道的成型精度,普通管线根据现场空间灵活适配调整。对节点附属的阀门、转接件、密封构件精细化安装固定,保证构件贴合紧密、受力均衡。针对性的节点处理技术,可有效化解复杂空间施工难题,提升管网整体规整程度^[5]。

4.4 管道安装成型规整性管控方式

管道安装成型后的规整性管控,贯穿全程施工环节,能够有效规避管线歪斜、间距失衡、布局杂乱等成型问题。施工过程中阶段性开展精度校核,逐段检查管线标高、走向、坡度及间距参数,及时修正施工偏差,避免误差累积。规范支吊架安装间距与固定形式,保证全线管线支撑均匀,杜绝局部悬空、受力不均的情况。统一管线弯折弧度、走向角度,让整体管网布局整齐统一,规避局部管线突兀变形、随意偏移的问题。施工收尾阶段开展全面规整排查,梳理管线杂乱点位、冗余管段及不合理布局,完成精细化整改优化。成型管控工作聚焦细节质量,持续规范管网整体形态,保障复杂厂房工业管道安装施工的标准化、规范化落地。

结束语

复杂厂房独特的空间结构与生产工况,大幅提升工业管道排布与安装的实施难度,传统施工模式存在明显适配短板与工艺缺陷。分层分区的科学排布方式、系统化的管线协调机制,能够有效消解管线空间冲突,优化整体布局形态。标准化的施工流程与节点管控手段,可提升管道安装成型精度。精细化的设计与施工管控体系,能够适配复杂施工条件,提升工业管网布设规范性与运行稳定性。

参考文献

- [1] 唐恩民,张媛媛,丁静,等.余热回收装置中管道排布对气固换热特性影响[J].工程热物理学报,2022,43(4):1021-1027.
- [2] 邱少丹,张玉平,罗灿,等.BIM技术在大型工业厂房工艺管道安装中的应用[J].石材,2023(4):108-110.
- [3] 陈维维.大型工业厂房内工业管道安装技术[J].建材与装饰,2024,20(3):133-135.
- [4] 郭飞.大型工业厂房工业管道安装施工技术分析[J].河南建材,2024(9):91-93.
- [5] 陈勇.化工厂内工艺管道安装的施工工艺分析[J].化工设计通讯,2024,50(10):126-128.