

# 采输气站场噪声分析及防治措施

陈 饒

中原油田天然气产销厂 河南 濮阳 457000

**摘 要:** 采输气站场作为天然气处理与传输的关键场所,运行过程中产生复杂噪声。本文深入分析其噪声源,涵盖机械、空气动力性及电磁噪声,明确不同噪声特性与测量要点。通过声场模拟评估传播规律及影响范围,指出对周边居民和生态的潜在危害。针对性提出声源、传播路径控制及受体保护等防治措施,并给出效果评价方法,为采输气站场噪声治理提供理论与技术支撑。

**关键词:** 采输气站场; 噪声; 防治措施

**引言:** 随着天然气产业的蓬勃发展,采输气站场的数量与规模日益扩大。然而,其在运行过程中产生的噪声问题愈发凸显,不仅对站场内工作人员的身心健康造成威胁,引发听力损伤、注意力分散等问题,还可能干扰周边居民的正常生活,破坏生态敏感区的环境平衡。深入分析采输气站场噪声的产生机理、传播规律,并探索行之有效的防治措施,已成为保障人员健康、维护社会和谐以及推动天然气产业可持续发展的重要课题。

## 1 采输气站场噪声源识别与特性分析

### 1.1 站场工艺流程与设备分类

采输气站场核心流程涵盖天然气过滤、分离、压缩、计量及输送,关键设备可分为四类:一是压缩机组,作为增压核心,包括往复式与离心式,是主要动力设备;二是阀门,含截止阀、节流阀等,用于流量与压力调控;三是输送管道,承担气液介质传输,含直管段与管件;四是分离器,如三相分离器、过滤分离器,实现气液固分离,这些设备在运行中均可能产生噪声。

### 1.2 主要噪声源分类

(1) 机械噪声:源于设备机械运动,如压缩机曲轴连杆振动、轴承摩擦磨损、齿轮啮合冲击,噪声频率随运转速度变化,具有间歇性与稳定性交织特点。(2) 空气动力性噪声:由气体流动状态改变引发,如阀门节流时气流湍流、管道泄漏产生喷射噪声、压缩机进气排气气流脉动,这类噪声强度高、传播远。(3) 电磁噪声:主要来自电机,因定子与转子电磁相互作用、铁芯磁致伸缩振动产生,频率相对固定,多伴随设备运转持续存在<sup>[1]</sup>。

### 1.3 噪声特性参数

(1) 频谱分析:低频噪声( $< 200\text{Hz}$ )多来自压缩机机体振动、管道共振;中频噪声( $200\text{--}1000\text{Hz}$ )常见于阀门气流扰动;高频噪声( $> 1000\text{Hz}$ )多为轴承摩擦、电机电磁辐射,不同频段对环境影响差异显著。(2) 声

压级分布:采用A声级反映人耳感知噪声强度,压缩机组附近A声级可达 $90\text{--}110\text{dB}$ ;等效连续声级 $\text{Leq}(1\text{h})$ 用于表征时段内平均噪声水平,站场边界 $\text{Leq}$ 通常需控制在 $55\text{--}65\text{dB}$ (昼间/夜间)。

### 1.4 噪声测量方法

(1) 现场实测方案:测点布置遵循“覆盖关键设备、均匀分布边界”原则,设备附近设 $1\text{--}3\text{m}$ 近距离测点,厂界设距围墙 $1\text{m}$ 测点;仪器选用II型及以上声级计,测量前需校准。(2) 标准依据:主要参照GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》,明确测量时段(昼间 $6:00\text{--}22:00$ ,夜间 $22:00\text{--}6:00$ )、气象条件(无雨雪、风速 $\leq 5.5\text{m/s}$ )及数据记录要求,确保测量结果合规有效。

## 2 采输气站场噪声传播规律与影响评估

### 2.1 声场分布模拟

(1) 使用声学软件(如Cadna/A、EASE)建模: Cadna/A软件可整合采输气站场设备参数(如噪声源强、频率特性)与地形数据(如坡度、障碍物分布),构建三维声场模型,模拟不同工况下噪声传播路径;EASE软件则擅长分析室内外声场叠加效应,适用于站场控制室、压缩机厂房等半封闭空间的噪声分布模拟,通过输入设备噪声频谱、建筑材料声学特性,精准输出各区域声压级数值,为后续降噪方案设计提供数据支撑。(2) 关键参数:反射、衍射、吸收效应:反射效应主要发生在站场金属管道、混凝土墙体等硬质表面,噪声经反射后会在局部区域形成声压级叠加,如压缩机厂房内壁反射可能导致厂房内噪声增强 $5\text{--}10\text{dB}$ ;衍射效应常见于设备遮挡处,噪声可绕过阀门、分离器等障碍物传播至阴影区,使原本预计的低噪声区域声压级升高;吸收效应与传播介质相关,植被覆盖区可吸收部分高频噪声(吸收量约 $2\text{--}3\text{dB}/10\text{m}$ ),而空旷场地噪声吸收作用较弱,传

播衰减主要依赖距离衰减。

## 2.2 影响范围预测

(1) 站场边界噪声超标区域分析: 结合GB12348-2008标准, 通过声场模拟与现场实测数据对比, 可确定站场边界超标区域。通常压缩机组附近边界为主要超标区, 若设备未采取降噪措施, 边界噪声可达70-75dB(昼间)、60-65dB(夜间), 超标幅度5-10dB; 阀门组集中区域因空气动力性噪声传播远, 也可能形成局部超标带, 超标范围多集中在边界线向外50-100m区域。(2) 对周边居民区、生态敏感区的影响: 若站场距居民区不足500m, 未衰减的噪声会导致居民区昼间声压级达55-60dB, 夜间45-50dB, 超出居民生活适宜噪声范围(昼间 $\leq 50$ dB, 夜间 $\leq 40$ dB), 影响居民睡眠与日常生活; 对生态敏感区(如鸟类栖息地)而言, 高频噪声( $> 1000$ Hz)会干扰鸟类觅食、繁殖行为, 低频噪声则可能影响土壤中无脊椎生物活动, 导致局部生态系统稳定性下降<sup>[2]</sup>。

## 2.3 健康与安全风险

(1) 长期暴露噪声的听力损伤阈值: 根据职业卫生标准, 工作人员长期(每日8h)暴露于85dB噪声环境中, 听力损伤风险显著增加; 当噪声强度达90dB时, 每年听力阈值可能上升2-3dB, 长期暴露易引发永久性听力下降; 若短期暴露于110dB以上突发噪声(如阀门紧急关闭产生的喷射噪声), 可能直接导致爆震性耳聋。(2) 噪声引发的设备疲劳与故障风险: 长期噪声振动会使设备部件产生疲劳损伤, 如压缩机轴承因持续振动, 使用寿命可能缩短30%-50%; 管道因噪声引发的共振, 可能导致焊缝开裂、法兰密封失效, 增加气体泄漏风险; 此外, 噪声干扰还可能影响工作人员对设备异常声响的判断, 延误故障排查, 进一步扩大事故隐患。

## 3 采输气站场噪声防治技术措施

### 3.1 声源控制技术

(1) 设备选型优化: 在设备采购阶段优先选用低噪声型号, 如离心式压缩机比往复式压缩机运行噪声低10-15dB, 可将其作为站场增压系统核心设备; 阀门选择采用迷宫式阀芯或多孔节流结构的静音阀门, 这类阀门通过优化气流通道减少湍流噪声, 相比传统阀门噪声可降低8-12dB。同时, 需结合站场实际工况核算设备噪声源强, 确保选型设备在满负荷运行时, 噪声排放符合GB/T25749-2010《往复式天然气压缩机》等行业噪声标准要求。(2) 维护保养: 建立设备定期维护制度, 对压缩机轴承、齿轮箱等运动部件每3个月进行润滑检查, 选用高粘度指数润滑油, 减少机械摩擦噪声, 经实测维护后

轴承噪声可降低3-5dB; 针对管道法兰、阀门密封面等易泄漏部位, 采用超声泄漏检测技术每月排查, 及时更换老化密封件, 避免气体泄漏产生喷射噪声, 若发现泄漏点及时处理, 可消除15-20dB的异常噪声源。

### 3.2 传播路径控制

(1) 隔声措施: 对压缩机、风机等强噪声设备加装全封闭隔声罩, 罩体采用双层钢板(内层厚度3mm、外层厚度5mm), 中间填充50mm厚离心玻璃棉, 隔声量可达25-30dB; 在站场边界与居民区之间设置隔声屏, 选用混凝土基础+金属声屏障结构, 高度不低于3m, 长度覆盖超标区域, 结合地形设计成弧形以减少声绕射, 可使屏后噪声衰减15-20dB, 确保边界噪声达标。(2) 吸声处理: 在压缩机厂房、阀门室等封闭空间内墙面, 铺设30mm厚岩棉吸声板(降噪系数NRC=0.8), 顶棚采用穿孔石膏板+50mm玻璃棉吸声结构, 可降低室内混响噪声8-12dB; 对于露天设备平台, 在护栏内侧加装吸声屏障, 选用防水型玻璃棉复合板, 避免雨水影响吸声效果, 有效吸收设备辐射的高频噪声<sup>[3]</sup>。(3) 消声器安装: 在压缩机进气口、排气口安装复合式消声器, 前端采用抗性腔室抵消低频噪声, 后端采用多孔吸声材料吸收高频噪声, 消声量可达20-25dB; 在管道放空阀出口安装阻性消声器, 选用不锈钢穿孔管+陶瓷纤维吸声材料, 适用于高温高压工况, 消声量约15-18dB; 对于阀门节流噪声, 在阀门前后管道加装抗性消声器, 通过扩张室与共振腔组合, 针对性降低中频噪声。

### 3.3 受体保护措施

(1) 个人防护装备: 为站场巡检、设备维护人员配备符合GB/T23466-2009标准的个人防护装备, 降噪耳塞选用泡沫材质(降噪值SNR=25dB), 耳罩采用头戴式结构(降噪值SNR=30dB), 根据作业环境噪声强度选择单用或组合使用, 如进入压缩机厂房(噪声95-100dB)需同时佩戴耳塞与耳罩, 确保人员耳旁噪声降至85dB以下安全阈值。(2) 操作室隔音设计: 站场中央控制室采用声学封装设计, 墙体采用双层轻质隔墙(间距100mm, 内填75mm岩棉), 门窗选用隔声性能等级为RW40的隔音门窗, 整体隔声量达35-40dB; 地面采用浮筑地板结构, 基层与面层之间设置50mm厚橡胶减振垫, 减少设备振动通过地面传递的固体声, 使室内背景噪声控制在40dB以下, 符合GB/T50076-2012《民用建筑隔声设计规范》要求。

### 3.4 智能监控与主动降噪

(1) 噪声在线监测系统部署: 在站场关键设备附近(如压缩机、阀门组)及厂界敏感点布设噪声监测终

端,采用物联网技术实时采集A声级、 $L_{eq}$ 等参数,数据通过4G/5G网络传输至云端平台,当监测值超出预设阈值(如厂界昼间55dB)时,系统自动发送预警信息至管理人员手机;同时,监测终端具备频谱分析功能,可识别噪声超标频段,为降噪措施优化提供数据支持。(2)有源噪声控制(ANC)技术可行性探讨:针对压缩机周期性振动噪声(频率50-200Hz),可尝试采用有源噪声控制技术,在噪声传播路径上安装次级声源与误差麦克风,通过自适应算法生成与原始噪声相位相反的声波,实现主动抵消,实验室测试表明该技术对低频噪声抵消量可达10-15dB;但在站场复杂声场环境中,需解决多声源干扰、环境适应性问题,建议先在局部区域(如压缩机厂房)试点应用,验证技术稳定性后再逐步推广。

#### 4 采输气站场降噪效果评价与优化建议

##### 4.1 评价方法

(1)主观评价:针对站场操作人员、周边居民两类群体设计差异化问卷,操作人员侧重工作时段噪声对注意力、沟通效率的影响,如“是否因噪声需提高音量交流”“长时间工作后是否出现耳鸣、烦躁”;周边居民聚焦日常生活干扰,如“夜间是否因站场噪声难以入睡”“室外活动时是否受噪声困扰”。采用5分制评分(1分为无影响,5分为严重影响),样本量覆盖80%以上操作人员及周边300米内居民,通过统计平均分与意见反馈,综合判断降噪措施对人员主观感受的改善效果。

(2)客观指标:以降噪措施实施前后的实测数据为依据,计算关键区域声级降低量,如压缩机附近噪声需降低15-20dB、厂界噪声需从超标值降至GB12348-2008标准限值以下(昼间 $\leq 55$ dB、夜间 $\leq 45$ dB)。同时开展频谱分析,对比低频(<200Hz)、中频(200-1000Hz)、高频(>1000Hz)噪声成分占比变化,若高频噪声占比下降10%以上、低频噪声无明显反弹,说明频谱分布更趋合理,降噪措施对不同频段噪声的控制效果达标<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 优化方向

(1)轻量化隔声材料的研发:当前站场隔声罩、隔声屏多采用厚重金属板材,存在安装不便、增加设备承重的问題,需研发密度 $\leq 1.5\text{g/cm}^3$ 、隔声量 $\geq 25\text{dB}$ 的轻量化材料,如纳米复合隔声板材,通过添加阻尼层提升隔声性能,同时降低材料厚度(控制在5-8mm),减少对设备布局的限制,尤其适用于小型阀门、管道附件的噪声控制。(2)模块化降噪装置的标准化设计:针对压缩机、阀门等核心设备,设计可快速组装的模块化降噪装置,如压缩机隔声罩分为顶板、侧板、检修门等标准模块,尺寸根据常见设备型号统一规格(如适配10-30kW压缩机的通用模块),模块间采用卡扣式连接,安装时间缩短50%以上;消声器、吸声组件也制定标准化接口,便于后期更换维护,降低不同站场降噪工程的设计与施工成本。

##### 结束语

采输气站场噪声问题关乎人员健康、环境和谐与行业长远发展。本文系统剖析了噪声源特性、传播规律及影响,针对性提出声源控制、传播路径优化、受体保护等防治策略,并探讨了智能监控等创新方向。实践证明,综合应用多项措施可显著降低噪声污染。未来需持续研发新型降噪材料与技术,完善标准体系,强化全生命周期管理,推动采输气站场向绿色、安静、可持续方向迈进。

##### 参考文献

- [1]王董祥.输气站场设备风险分析及管理建议[J].化工管理,2024,(13):111-112.
- [2]许继星,潘小冬,刘宏亮.浅谈天然气调压设备的安全管理应对措施[J].山东工业技术,2021,(04):56-58.
- [3]杨涵.天然气站场设备管理与安全管理措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,(11):59-60.
- [4]曹展涛.天然气场站设备及安全管理路径分析[J].中国设备工程,2022,(09):62-64.