

化工生产环境监测方法探讨

韩锦荣

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 宁夏 银川 750000

摘要: 化工生产流程复杂,产生的气、液、固三类污染物毒性强、危害大,规范的环境监测是污染防控与合规生产的关键。本文结合化工生产实际,阐述了污染物分类特性及监测核心原则与标准,系统探讨了气态、液态、固态污染物的传统与现代监测方法,介绍了在线监测系统的构建与应用要点。研究表明,科学选用监测方法、完善在线监测体系,可精准捕捉污染物浓度变化,为污染应急处置、工艺优化提供数据支撑,助力化工企业实现绿色低碳、合规可控生产,具有重要的实践指导意义。

关键词: 化工生产; 污染物分类; 环境监测方法;

引言: 随着化工产业快速发展,生产过程中排放的挥发性有机化合物、重金属、有毒废渣等污染物,对大气、水体、土壤环境及人体健康造成严重威胁,也给环保管控带来巨大挑战。环境监测作为化工环保工作的基础,是识别污染隐患、评估污染程度、落实防控措施的核心手段。当前,化工企业监测需求呈现多元化,传统监测方法与现代仪器监测、在线监测系统协同应用成为趋势。基于此,本文围绕化工生产环境监测相关理论、各类污染物监测方法及在线系统应用展开探讨,为提升化工环境监测水平、强化污染防控提供参考。

1 化工生产环境监测相关理论基础

1.1 化工生产环境污染物分类及特性

化工生产流程复杂,涉及多种原辅材料和反应工艺,产生的污染物种类繁多、毒性较强且稳定性各异,按物理形态可分为气态、液态和固态三类核心污染物。(1)气态污染物以挥发性有机化合物(VOCs)、有害气体为主,如苯系物、氯气、氨气等,具有扩散速度快、易被吸入、对人体呼吸道和大气环境危害显著的特性,且部分气态污染物易燃易爆,增加了化工生产的安全隐患。(2)液态污染物主要来源于化工生产废水、反应废液,含重金属离子、有机物、酸碱物质等,具有腐蚀性、难降解性,若直接排放会严重污染水体和土壤,破坏生态平衡。(3)固态污染物包括生产废渣、粉尘等,部分废渣含有毒有害成分,长期堆放易发生渗漏,粉尘则会污染空气、危害作业人员健康。

1.2 化工环境监测的核心原则与标准

化工环境监测需遵循全面性、准确性、实时性三大核心原则,全面性要求覆盖生产全流程及周边大气、水体、土壤等关键区域,确保监测无死角;准确性是监测工作的核心,需规范采样、检测流程,减少误差,保障

数据真实可靠;实时性要求及时捕捉污染物浓度变化,为污染防控和应急处置提供快速支撑。我国已出台完善的化工行业环境监测标准规范,大气污染物监测遵循《石油化学工业污染物排放标准》等,明确VOCs、有害气体的排放限值和监测方法;水污染物监测依据《污水综合排放标准》,对化工废水中COD、BOD、重金属等指标作出严格规定,同时各地结合区域化工产业特点,制定针对性地方监测标准,为化工环境监测工作提供明确的合规依据和技术指导^[1]。

2 化工生产各类污染物监测方法

2.1 化工生产气态污染物监测方法

2.1.1 传统监测方法

传统监测方法操作简便、成本低廉,无需复杂仪器,易上手推行,适合化工企业基层车间例行监测,核心包括滴定法、比色法及吸附法,具体实操如下:(1)滴定法、比色法应用:两种方法均适用于低浓度气态污染物定量检测,适配车间有毒有害气体快速筛查。滴定法主要检测氨气、氯气等水溶性污染物,实操时用吸收液采集污染物并发生反应,再用标准滴定液滴定至终点,根据消耗量计算浓度,需控制滴定速度、做好空白实验排除试剂干扰。比色法适用于二氧化硫、氮氧化物监测,利用污染物与特定试剂生成有色化合物,通过比色计测吸光度、对照标准曲线定量,需保证试剂配比精准、显色时间充足,规避光照影响。(2)吸附法采样与检测:该方法是传统监测常用采样方式,适配各类气态污染物,尤适VOCs富集检测。采样时用对应吸附剂填充吸附管,按监测点位设置0.2-0.5L/min流量,采样10-30分钟并记录温压;采后立即密封吸附管防止污染物脱附。检测时将吸附管放入热解吸仪高温解吸,结合滴定法或比色法定量。注意吸附剂需提前活化,采样时检查装置气密性、避免

吸附管堵塞,样品24小时内完成检测。

2.1.2 现代仪器监测方法

现代仪器监测方法精度高、效率高,可实现快速与连续监测,适配化工园区、大型化工企业环保管控,核心包括气相色谱法与红外光谱法,具体应用如下:(1)气相色谱法(GC)检测VOCs:作为VOCs监测主流方法,原理是利用不同VOCs组分在色谱柱中保留时间差异实现分离,通过氢火焰离子化检测器(FID)将组分转化为电信号,对照标准曲线定性定量。实操时先校准仪器,设置100-150°C柱温、氮气载气等参数,导入吸附-解吸后的样品,记录保留时间与峰面积并计算浓度,检测限达0.01mg/m³,符合行业标准,操作中需定期校准色谱柱、控制进样量避免仪器过载。(2)红外光谱法快速监测:适用于有害气体实时快速监测,无需复杂预处理,原理是利用有害气体对特定波长红外光的吸收特性,通过光谱仪检测吸收强度计算浓度。实操时将采样探头对准监测点位,仪器预热后直接采集样品,1-3分钟即可出结果,适配氯气、氨气等应急与日常快速筛查。注意仪器需定期校准,监测时规避粉尘、水汽干扰,高温高湿场景做好仪器防护^[2]。

2.2 化工生产液态污染物监测方法

2.2.1 样品采集与预处理方法

样品采集与预处理是液态污染物监测的基础,直接影响检测结果准确性,需严格遵循实操规范,重点把控采样代表性与预处理有效性,具体如下:(1)采集原则与点位选择:遵循“代表性、及时性、平行性”原则,日常监测用瞬时采样法,专项监测用混合采样法;每批次采集3个平行样品(每样≥500mL),采后标注信息并0-4°C冷藏,防止污染物降解。采样点位覆盖车间排水口、总排放口、废水处理设施进出口,采样瓶深入水体10-20cm,避开浮油与沉渣。(2)预处理技术应用:核心是去除干扰成分,保障检测合规。过滤用定量滤纸去除悬浮物(SS),避免干扰COD、BOD检测;萃取选用对应萃取剂(如正己烷萃取油类),震荡分层后取有机相;消解法适配重金属监测,采用微波或电热板消解,加硝酸、高氯酸破坏有机物,释放重金属离子保证精度。

2.2.2 常规监测方法(理化检测法)

常规监测方法是化工企业废水日常监测的核心,操作简便、成本低,主要用于监测pH值、COD、BOD等常规指标,适配基层监测需求,具体实操如下:(1)pH值、COD、BOD的检测原理与操作步骤:pH值检测利用pH电极感知氢离子浓度并转化为电信号,操作时用标准缓冲液校准仪器,将电极插入预处理样品,读数稳定后记录,

误差控制在±0.1,操作后及时清洗电极。COD采用重铬酸钾滴定法,强酸条件下重铬酸钾氧化有机物,通过硫酸亚铁铵滴定剩余试剂计算浓度,操作时样品加试剂加热回流2小时后滴定。BOD采用稀释接种法,微生物分解有机物消耗溶解氧,通过测定培养前后溶解氧差值计算浓度,样品稀释后接种微生物,20°C恒温培养5天完成检测。(2)重金属离子的分光光度法检测:适用于废水中铅、镉、汞等低浓度重金属离子监测,原理为重金属离子与显色剂反应生成有色化合物,通过分光光度计测吸光度并对照标准曲线计算浓度。实操时取预处理样品加显色剂,控制反应条件使显色完全,测定吸光度后计算浓度,需保证试剂配比精准、做空白实验排除误差。

2.2.3 先进监测方法

先进监测方法精度高、抗干扰强,适用于难降解有机物、低浓度重金属等特征污染物监测,适配专项检测与深度处理需求,核心包括两种方法:(1)液相色谱法(HPLC):适用于多环芳烃、农药残留等难降解有机物分离检测,利用固液两相分配系数差异分离,紫外检测器记录峰面积定量,检测限0.001mg/L。实操需校准仪器、设置甲醇-水流动相及30-40°C柱温,定期清洗色谱柱,流动相过滤脱气。(2)质谱联用技术(LC-MS):结合液相色谱与质谱优势,适配复杂废水精准监测,具有抗干扰强、检测精度达ppb级、定性准确(可通过质谱图确定分子结构)的特点。实操需彻底预处理样品避免污染仪器,定期校准确保数据精准^[3]。

2.3 化工生产固态污染物监测方法

2.3.1 固态污染物采样与制备

采样与制备是固态污染物监测的前提,需严格控制流程,确保样品能真实反映污染特性,具体实操如下:(1)化工废渣、粉尘的采样方法与代表性控制:废渣采用多点混合采样法,根据堆放面积、高度设置5-10个采样点,每点采集50-100g样品,混合均匀后缩分,采样时需佩戴防护装备。粉尘采用滤膜称重法,玻璃纤维滤膜搭配采样器,按1-2L/min流量采样30分钟,采样后密封滤膜并编号。代表性控制需均匀布点,采集3个平行样品减少误差。(2)样品制备(粉碎、过筛、干燥)流程:核心是使样品均匀、粒径一致,便于后续检测。废渣样品粉碎后过100目标标准筛,去除大颗粒杂质;105°C恒温干燥2小时去除水分,冷却后备用;易挥发、易氧化样品采用真空干燥法,防止成分变化。

2.3.2 主要监测方法

主要监测方法用于固态污染物总量与成分监测,适配废渣、粉尘的日常监测需求,核心包括重量法、X射线

荧光光谱法、热重分析法,具体应用如下:(1)重量法在粉尘浓度监测中的应用:常规方法,原理为通过称量采样前后滤膜重量差,结合采样体积计算浓度(浓度=(滤膜后重量-滤膜前重量)/采样体积)。实操时采样前称量滤膜重量,采样后干燥30分钟冷却再称量,代入公式计算,需用0.1mg精度分析天平,确保滤膜无破损污染。(2)X射线荧光光谱法检测废渣中有害元素:适用于废渣中铅、镉、铬等有害元素快速总量监测,原理为X射线激发有害元素发射特征荧光光谱,通过光谱强度定量计算含量。实操时将样品压片放入仪器,5-10分钟即可得出结果,无需消解、效率高,操作中需定期校准仪器。(3)热重分析法对固态污染物成分的定性定量分析:适用于成分定性分析与定量分析,原理为测定样品程序升温条件下的重量变化,分析热稳定性与成分含量。实操时取样品放入仪器,设置10°C/min升温速率、室温至800°C升温范围,通入氮气防止氧化,根据重量变化曲线判断成分、计算含量,需控制升温速率均匀^[4]。

3 化工生产环境在线监测系统构建与应用

3.1 化工生产环境在线监测系统构建

系统构建需立足化工生产污染物特性,遵循“精准采样、高效检测、稳定传输”原则,核心分为硬件搭建与软件配置两部分,贴合企业实际管控需求。硬件方面,重点配置采样单元、检测单元与数据传输单元,采样探头选用耐腐蚀材质,适配化工高温、高湿、含尘的排放场景,精准采集气、液、固三类污染物样品;检测单元根据污染物类型选型,搭配VOCs在线分析仪、水质多参数检测仪等设备,确保检测精度达标;数据传输单元采用无线加密传输模式,实现监测数据实时上传至企业管控平台与环保部门系统。软件方面,搭建数据处理与预警平台,具备数据统计、异常报警、历史查询等功能,可设置污染物浓度限值,超标时自动触发声光报警,便于工作人员快速处置。

3.2 化工生产环境在线监测系统应用

该系统广泛应用于化工园区及各类化工企业,核心

实现实时监控、应急处置与合规管控三大功能,贴合实际生产需求。在日常管控中,系统24小时连续监测各排放口污染物浓度,自动记录监测数据,生成日报、周报,为企业环保自查提供依据,避免人工监测的滞后性与误差。在应急处置中,当污染物浓度超标时,系统快速报警并定位超标点位,工作人员可及时排查泄漏、反应异常等问题,采取停产、治理等措施,降低污染扩散风险。系统上传的数据可满足环保部门在线监管要求,实现企业环保合规管控,减少环保处罚风险,通过长期监测数据积累,还能为企业优化生产工艺、提升污染治理效率提供数据支撑,助力企业绿色低碳生产^[5]。

结束语:化工生产环境监测是保障生态环境安全、推动企业合规发展的重要举措,贯穿生产全流程,需兼顾科学性、准确性与实时性。本文系统梳理了化工污染物监测的理论基础、具体方法及在线监测系统的构建与应用,明确了不同监测方法的适配场景与实操要点。当前监测工作仍需结合化工产业升级需求,优化监测技术、完善监测体系。未来,应推动传统监测与现代技术深度融合,提升监测精准度与效率,为化工企业污染治理、工艺优化提供更有力的数据支撑,助力化工行业实现绿色可持续发展。

参考文献:

- [1]薛梅.化工环境监测数据质量控制方法分析[J].化工管理,2025(20):61-63.
- [2]林玲,黄显达,潘建武.环保监测在化工行业污染源监管中的应用探讨[J].石油石化物资采购,2025(20):154-156.
- [3]王瑞芳.化工园区环境监测中挥发性有机物的检测方法优化[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(11):058-061.
- [4]孙龙飞,相名申.化工园区生产环境监测技术研究[J].华东纸业,2025,55(9):76-78.
- [5]李豪杰,陈迎.化工分析技术在环境监测中的应用[J].石油石化物资采购,2025(7):97-99+247.