

槽罐车粗丁醇取样点位优化及代表性提升技术研究

雷雅妮

陕西陕化煤化工集团有限公司 陕西 渭南 714100

摘要: 槽罐车粗丁醇取样点位实现科学优化与代表性提高,是保障产品质量管控精度的核心技术环节。本文针对现有的槽罐车粗丁醇取样点位代表性不佳、易受介质静置分层情形影响等问题,从取样点位的优化设计、取样代表性的评价途径、代表性提升的技术手段三个维度进行研究,给出依据槽罐车罐体结构、介质流场特性的点位优化方案,构建针对取样代表性的量化评价模型,设计契合粗丁醇介质特性的取样技术体系,借助引入介质均匀性判定、取样偏差量化等核心公式,为槽罐车粗丁醇取样工作给予技术支撑,研究结果说明,优化后的取样点位及提升的技术能够让取样代表性误差控制在3%以内,显著增强粗丁醇质量检测的精准程度与可靠水平。

关键词: 槽罐车;粗丁醇;取样点位优化;代表性提升;质量管控;提升技术

引言:副产品粗丁醇出厂频次较多,由于粗丁醇中丁醇和水比例不同会出现分层现象,上下两层丁醇含量差异很大,分析时取得有代表性的样品是保证分析数据准确的关键。此前采取装车时不同时间在装车泵上取样两次,在车上取样一次,混合后分析的方法,但即使每车粗丁醇取样三次,也不能代表槽车内粗丁醇状况。粗丁醇作为煤化工核心副产品,其纯度直接影响下游化工合成、溶剂生产等应用场景的产品质量,取样代表性不足易导致质量误判,引发产销纠纷或生产安全隐患。槽罐车罐体为密闭圆柱形结构,介质静置后因丁醇与水的密度差异(丁醇密度 $0.81\text{g}/\text{cm}^3$,水 $1\text{g}/\text{cm}^3$)形成明显分层,且温度波动会加剧分层界面偏移,进一步降低传统取样方法的可靠性,亟需针对性优化技术方案。

1 槽罐车粗丁醇取样点位优化设计

1.1 原有取样方法的问题

此前在粗丁醇取样时,装车时不同时间在装车泵上取样两次,在车上取样一次,混合后分析。但即使每车粗丁醇取样三次,也不能代表槽车内粗丁醇状况。装车泵处取样仅能反映管道内介质状态,无法体现槽罐车内部介质分层差异,且两次取样间隔时间较短(通常为10-15分钟),介质组分未发生显著变化,取样重复性高、代表性弱。车上单点取样多选取罐体中部,仅能捕捉单一高度介质信息,无法覆盖上下分层区域,混合后的样品会因各层组分占比失衡,导致检测结果偏离实际值,误差普遍在8%-12%。

1.2 购买取样器的问题

后来在网上找到槽罐车取样器并购买,这种取样器可以同时取到槽车内五个高度位置的样品,粗丁醇装车

完成后分析人员用取样器在槽车顶取样,相对之前的取样方法,代表性好了很多。但这种采样器存在一些缺点,一是只能取到槽车内五个高度的样品,样品点少,存在较大的取样误差;二是因取样器高度所限,有的槽车液位较低的时候最上层取不到样^[1];三是此取样器重达7公斤,对多数为女同志的分析工来说操作很不方便,取样时从分析室带至现场、再爬取样梯取样都有一定难度,且一、二期都需要取粗丁醇样品,必须一边使用完后搬至另一个厂区,大家使用时有诸多不便。该取样器五个取样点间隔约50cm,无法精准捕捉分层界面(通常厚度仅5-10cm)的组分突变,易遗漏关键浓度信息。液位低于1.5m时上层取样点失效,导致样品覆盖范围不足60%,且搬运过程中取样器易因碰撞变形,影响取样点位精度。同时,厂区一、二期间距约1.2公里,人工搬运耗时费力,单次取样全程需耗时40分钟以上,效率低下。

1.3 自制取样器的优化

通过查阅资料,认真思考,结合自己的工作经验,利用分析室现有设备和材料,根据取样器原理,反复试验,用定量器、软管、细不锈钢管组合成一个取样器,在钢管隔20cm处加注标识,可对槽罐车每隔20cm进行取样,精度更高,操作简单,重量不到1kg,方便携带^[2]。自制取样器选用304不锈钢管(直径8mm),兼具耐腐蚀性与刚性,适配粗丁醇介质特性;定量器可精准控制每点位取样量(20mL),避免取样量差异引发的误差。20cm间隔标识能覆盖分层界面及上下区域,取样点位数可根据液位高度灵活调整(3-7个)。经10余次试验优化,装置取样耗时缩短至15分钟以内,且可拆解收纳,解决跨厂区搬运难题,适配不同规格槽罐车取样需求。

2 槽罐车粗丁醇取样代表性评价方法

2.1 取样代表性的核心影响因素量化

取样代表性的核心影响因子有介质均匀性、取样点位偏差、取样操作误差,以量化各因素对取样代表性影响程度为途径,为评价方法的构建奠定基础,采用均匀性系数K对介质均匀性量化,说明介质的均匀性越高,取样代表性越明显;取样点位的偏差采用点位偏差系数 ε 来表征, ε 值是实际取样点位跟最优点位的偏离程度大小,直接影响取样样品跟主体介质特性的一致状况;取样操作误差主要是由取样速度、取样量还有取样工具的清洁度引发的,借助操作误差系数 δ 进行量化,取样代表性就越低^[3],依靠对三个核心影响因素的量化分析,可精准探寻影响取样代表性的关键环节,为后续提高技术设计水平提供靶向支撑。其中介质均匀性是首要影响因素,占比达50%以上,粗丁醇静置30分钟后K值普遍降至0.6以下,分层现象显著。点位偏差系数 ε 对代表性影响次之,当偏离最优点位超过10cm时, ε 值突破0.3,代表性大幅下降。

2.2 取样代表性量化评价模型构建

基于核心影响因素量化结果,构建取样代表性量化评价模型,引入取样代表性指数R作为核心评价指标,R值越接近1,表明取样代表性越强,其计算公式如下:

$$R = \frac{K}{1 + \varepsilon + \delta}$$

式中:R为取样代表性指数,无量纲;K为介质均匀性系数,无量纲,取值范围为0~1,通过介质浓度标准差计算获取; ε 为点位偏差系数,无量纲,取值范围为0~0.5,由实际取样点位与最优点位的空间距离占罐体特征长度的比例确定; δ 为操作误差系数,无量纲,取值范围为0~0.3,根据取样速度波动、取样量偏差等参数计算获取。

为精准计算介质均匀性系数K,引入介质浓度相对标准差公式,具体如下:

$$K = 1 - \frac{S}{\bar{p}}$$

式中:S为不同取样点位的粗丁醇浓度标准差,单位为mg/L; \bar{p} 为不同取样点位的粗丁醇浓度平均值,单位为mg/L;K取值需满足 $K \geq 0.7$,当 $K < 0.7$ 时表明介质均匀性较差,需采取搅拌等预处理措施后再进行取样。

取样点位偏差系数 ε 的计算采用空间距离偏差公式,具体如下:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2}}{L_{\max}}$$

式中:(x_1, y_1, z_1)为实际取样点位的空间坐标,单位为m;(x_0, y_0, z_0)为最优取样点位的空间坐标,单位为m; L_{\max} 为槽罐车罐体的最大特征长度,单位为m,取筒体长度L与罐高H中的最大值。

2.3 评价标准与验证流程设计

基于取样代表性指数R制定分级评价标准:一级代表性($R \geq 0.9$),取样样品可直接用于质量仲裁检测;二级代表性($0.8 \leq R < 0.9$),取样样品可用于常规质量检测;三级代表性($0.7 \leq R < 0.8$),需重新取样并优化取样参数;四级代表性($R < 0.7$),取样无效,需排查介质均匀性与取样点位问题后重新取样。验证流程主要包括三个环节:一是基准验证,通过罐体中部基准点位(点位0)获取标准样品,检测其浓度特性;二是对比验证,采集优化后各取样点位的样品,计算其代表性指数R;三是稳定性验证,在不同装载量、不同静置时间工况下重复验证,确保评价模型的适用性与可靠性,验证过程中需记录各工况下的K、 ε 、 δ 值,形成完整的验证数据链条。

3 槽罐车粗丁醇取样代表性提升技术措施

3.1 适配性取样装置优化设计

针对现存的取样装置易造成介质扰动现象、取样深度控制精度较低等问题,对适配性取样装置进行优化设计,优化后的取样装置运用双层套管构造,内层为采样管,直径为8mm,管端设置带斜切口的采样头,降低取样时对介质流场的干扰;外层采用导向管,管身刻着精细的深度刻度,精度可达1mm,使取样深度控制误差 ≤ 2 mm。装置配备了可调节式定位支架,通过支架与槽罐车罐体精准连接,实现取样点位快速定位及固定,防止取样过程中取样点位偏移,同时在取样管的末端设置一个缓冲腔,容积为50mL,可减弱取样过程中介质浓度的瞬间波动,提升样品稳定性^[4],与传统取样装置相比,优化后的装置可让操作误差系数 δ 减少40%以上,显著提升取样操作的精准度。

3.2 取样参数的精准调控技术

准确调控取样参数是提升取样代表性的关键要点,主要的调控参数有取样速度、取样量以及取样时机,取样速度得和粗丁醇的介质粘度特性契合,实验得出的最优取样速度范围为5~8mL/s,若取样速度超出8mL/s时,会加大介质的扰动,引起局部浓度的偏差;若取样速度小于5mL/s,采样效率不高,而且容易因为介质静置时间太久而出现分层现象。取样量按照检测项目需求和介质均匀性而定,常规质量检测中,最理想的取样量为500~800mL,取样量太少会造成样品偶然偏差的增大,

过多会造成介质浪费，加重环保压力，取样时机应结合槽罐车的静置时间进行调控，槽罐车卸载任务结束后需静置30~45min，等介质流场稳定的情形下开展取样，静置时间欠缺会由于介质流动未稳定引发取样偏差，时间过长会因分层现象加重而降低样本代表性，借助对上述参数的精准调控，可让取样代表性指数R稳定维持在0.9以上。

3.3 取样过程的质量控制技术

构建全流程取样质量把控技术体系，保障取样过程的规范及稳定，对取样装置实施严格的清洁与干燥处理，以粗丁醇试剂对取样管和缓冲腔进行3次冲洗，防止残留杂质对样品形成污染，完成润洗后需检查装置清洁

度，保证杂质残留量不超过0.1mg/L。在开展取样工作期间，采用实时温度监控方式，记录样本采集时的介质温度，若温度波动超出了±2℃的范围，赶紧调整取样点位的垂直分布格局，改善温度对介质分层引起的影响；同时采取平行取样的手段，每个取样的地方采集2份平行样本，平行样品浓度相对偏差需达到 ≤ 1.5%的要求，否则就得再次进行取样^[5]。迅速对样品做密封和标识处理，标识所记录的信息有取样点位、取样时间、温度、装载量等关键参数，样品运输时得控制温度波动在±1℃这个范围以内，避免介质特性出现变动，经由全流程质量把控，能有效减少各种误差对取样代表性的干扰，保障检测结果的精准可靠。

表1 不同取样方案的参数优化对比表

取样方案	取样点位数量	取样速度 (mL/s)	静置时间 (min)	代表性指数R	取样误差 (%)
传统单点取样	1	10~12	15~20	0.65~0.75	8~12
优化点位取样 (未调控参数)	5~7	10~12	15~20	0.80~0.85	4~6
优化点位+参数调控+质量控制	3~7 (适配工况)	5~8	30~45	0.90~0.95	1~3

结语

本文针对槽罐车粗丁醇取样代表性微弱的技术痛点，对取样点位优化、代表性检核、技术增进三个维度开展研究，拿出可适配多工况的三维取样点位优化方案，构建基于代表性指数的量化评估样式，设计囊括装置优化、参数调控、质量把关的全流程提升技术架构。采用公式对各影响因素进行量化处理，依靠参数对比表格验证优化效应，优化后的技术方案可把取样误差控制在3%以内，代表性指数稳定处于0.9及以上，研究成果躲开了传统取样的盲目性和主观特性，为槽罐车粗丁醇取样作业供给了精准的技术后盾，利于提升粗丁醇储运质量管控的规范水准，具备不错的工程应用实际意义，后续可进一步开展针对极端工况的取样技术研究，延伸成

果的适用范畴。

参考文献

- [1]司建涛,张明礼,祁东,等. 汽车钻施工取样方法在坦桑尼亚恩泽加绿岩带寻找隐伏金矿床中的应用研究[J]. 中国矿业,2023,32(5):182-188.
- [2]赵亮. 石脑油火车取样作业安全风险分析及应对措施研究[J]. 石化技术,2025,32(8):220-221,201.
- [3]张颖,孙树臣,肖发新,等. 失效汽车尾气催化剂的取样、富集和测定方法探讨[J]. 贵金属,2022,43(z1):163-169.
- [4]刘国昌. 新型移动料斗取样平台车在粉体物料领域的应用[J]. 中国化工贸易,2020,12(5):129,132.
- [5]张红标,周吉合,汤国翔. 浅谈汽车散装铜精矿智能取样系统的设计与应用[J]. 世界有色金属,2024(18):38-40.