

二氧化硫在线监测仪在天然气净化厂的应用

彭 云 蹇惠兰 李 飞

(中国石油西南油气田公司净化厂)

摘 要 为有效监测天然气净化厂尾气中的 SO_2 浓度,在尾气排放点设置了在线监测仪。文章对 SO_2 在线监测仪的应用环境、工作原理、结构等多个方面进行了介绍,并结合使用中取样探头腐蚀堵塞、测量室污染、处理器电路损坏、取样管路堵塞问题,对 SO_2 在线监测仪的设计、使用提出改进建议。

关键词 SO_2 ; 在线监测仪; 净化厂; 应用

中图分类号: X831

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)05-0047-03

0 引 言

随着大气污染问题的日益严峻,大气主要污染物之一的二氧化硫(SO_2)的排放与监测已成为公众关注的重点。我国已将 SO_2 列为法规控制空气污染物,并将大气中 SO_2 的浓度水平作为评价空气质量的一项重要指标。根据《“十二五”主要污染物总量减排监测办法》(环发[2013]14号),污染源化学需氧量和 SO_2 排放量的监测技术采用自动监测技术与污染源监督性监测技术相结合的方式。硫磺回收装置未完全转化回收的硫化氢等含硫化合物输送至天然气净化厂尾气灼烧炉,经过燃烧转化为 SO_2 并排放至大气,为有效监测尾气中的 SO_2 浓度,在尾气排放点设置了在线监测仪。本文主要介绍非分散红外吸收法在线监测仪在天然气净化厂 SO_2 监测中的应用。

1 应用环境

天然气净化厂主要功能是脱除原料天然气中含有的 H_2S 、 CO_2 和 H_2O ,并回收脱出气中的 H_2S ,制成高质量的单质硫。未完全回收的 H_2S 通过尾气灼烧炉进行灼烧,全部转换为 SO_2 并排放至大气。

以万州净化厂为例,设计天然气处理能力为 200 万 Nm^3/d ,原料天然气 H_2S 含量 30~60 g/Nm^3 , CO_2 含量 50~100 g/m^3 。脱硫装置通过甲基二乙醇胺(MDEA)溶液对原料天然气中的酸性组分进行脱除,并利用溶液再生时产生的酸气通过硫磺回收装置将酸气组分中的 H_2S 转化生成硫磺,设计硫磺回收率达 99.25%。未完全转化的 H_2S 通过尾气灼烧炉燃烧为 SO_2 并排入大气。虽然有较高的回收率,但因酸气量大,未完全回收的 H_2S 燃烧产生的 SO_2 量也非

常大。万州净化厂尾气灼烧炉灼烧后的高温废气主要成分见表 1。

表 1 高温废气主要成分

成分	含量/%
O_2	2.006
CO_2	15.274
N_2	25.861
H_2O	56.318
SO_2	0.152
Ar	0.389

除表 1 中的主要成分外,烟气中还含有一定量的固体粉尘,如炉膛灰以及酸气中夹带的管道腐蚀产物、催化剂粉尘等。

与常见的燃煤锅炉烟气监测相比,天然气净化厂尾气监测具有一定的特殊性:

◆ 净化厂尾气中 SO_2 含量明显高于燃煤锅炉烟气。燃煤锅炉烟气中的 SO_2 由煤炭中的硫分燃烧产生,中国煤炭资源总体含硫不高,平均硫分为 0.9%,因此燃煤锅炉烟气中的 SO_2 含量相对较低。净化厂尾气中的 SO_2 为未完全反应转化的含硫组分燃烧产生,由于酸气量大,未完全回收的硫组分燃烧产生的 SO_2 在尾气中的比例较高,约为 0.152%。

◆ 烟气中水分含量极高,接近 60%。尾气灼烧炉除对回收装置尾气进行焚烧处理外,同时处理其他装置的大量废气。例如以蒸汽作为动力抽吸出来的液硫池混合废气含有大量的蒸汽,加重了尾气的水含量。由于 SO_2 可溶于水, SO_2 和水反应会生成亚硫酸和硫酸等强酸性腐蚀物质,虽然较高的温度不利于反应向

正反应发展,但尾气中不可避免地会有带腐蚀性的酸性物质产生。

◆ 净化厂尾气排放温度高,平均可达 560°C 。

2 SO_2 在线监测仪工作原理

万州净化厂使用的是分体安装的非分散红外 SO_2 在线监测仪系统。非分散红外 SO_2 分析仪是整套仪器系统的核心,采用的是德国 SICK | MAIHAK 公司开发和生产的新型气体分析仪器 S720Ex 型气体分析仪器。它利用 SO_2 在红外区域 $7\ 300\ \text{nm}$ 附近的光吸收进行浓度测量,当一束恒定的 $7\ 300\ \text{nm}$ 的红外光通过含有 SO_2 气体的介质时,被 SO_2 吸收,光通量被衰减,测出衰减速光能量,即可求出 SO_2 的浓度^[1-2]。整套仪器系统是根据净化厂的样气特点设计。仪器系统由取样探头、复合取样管线、预处理系统和分析仪主机几部分组成,其结构原理见图 1。

活塞取样泵 P 将样气从尾气烟囱中抽出,进入带保温的探头。在取样探头内部,有一只可更换的不锈钢网状过滤器对样气中的尘粒子进行过滤。取样探头内部的蒸汽伴热将过滤器温度保持在 140°C 以上,样气中的水分将保持为气态,同时避免样气中含有的气体杂质液化。过滤后的样气通过样气口进入取样管线。

取样管线是复合管线,内部由不锈钢管线 1 根

(样气管线)、紫铜管线 1 根(伴热管线)组成,配有相应的保温层,外部加有防护套。蒸汽在伴热管线中流动,使旁边样气管线中的样气能够保持在 140°C 以上,防止样气中的水分冷凝、结冰或与微小尘粒共同堵塞取样管线,同时减少硫等杂质的液化、冷凝。

样气出复合取样管线后首先经过电磁阀 DC2 进入储水罐 L 中。在储水罐中,高速流动的样气经过离心结构将携带过来的水滴离心脱出。然后,进入缓冲结构内缓冲。这样,室温作用下析出的水滴和气流带动的水滴将在其中沉积,其产生的冷凝水通过电磁阀 DC5 和电磁阀 DC3 的配合,在压缩仪表气的作用下排出柜外。然后,由泵 P 将样气送至下一级涡流冷凝器脱水。

分析仪器所需要的 $0.5\ \text{L/min}$ 流量进入到涡流冷凝器,进行冷凝脱水,多余气体通过旁路流量计 F2 放空(提高响应速度)。微小流量的样气,在涡流冷凝器内部与仪表风通过热交换面充分接触,有效进行热交换。同时,流速减缓,减小了气体本身的动能,使其没有能力带走冷凝过程中产生的水滴,冷凝水滴可以在取样泵的出口压力和重力的作用下,向下排出涡流冷凝器的排水口。

经过以上预处理步骤的样气经过电磁阀 DC6(自动校准切换)、手动三通阀 ST1、精密过滤 G1,通过流量计 F1 控制,进入分析仪器。分析后的样气通过排气管排出。

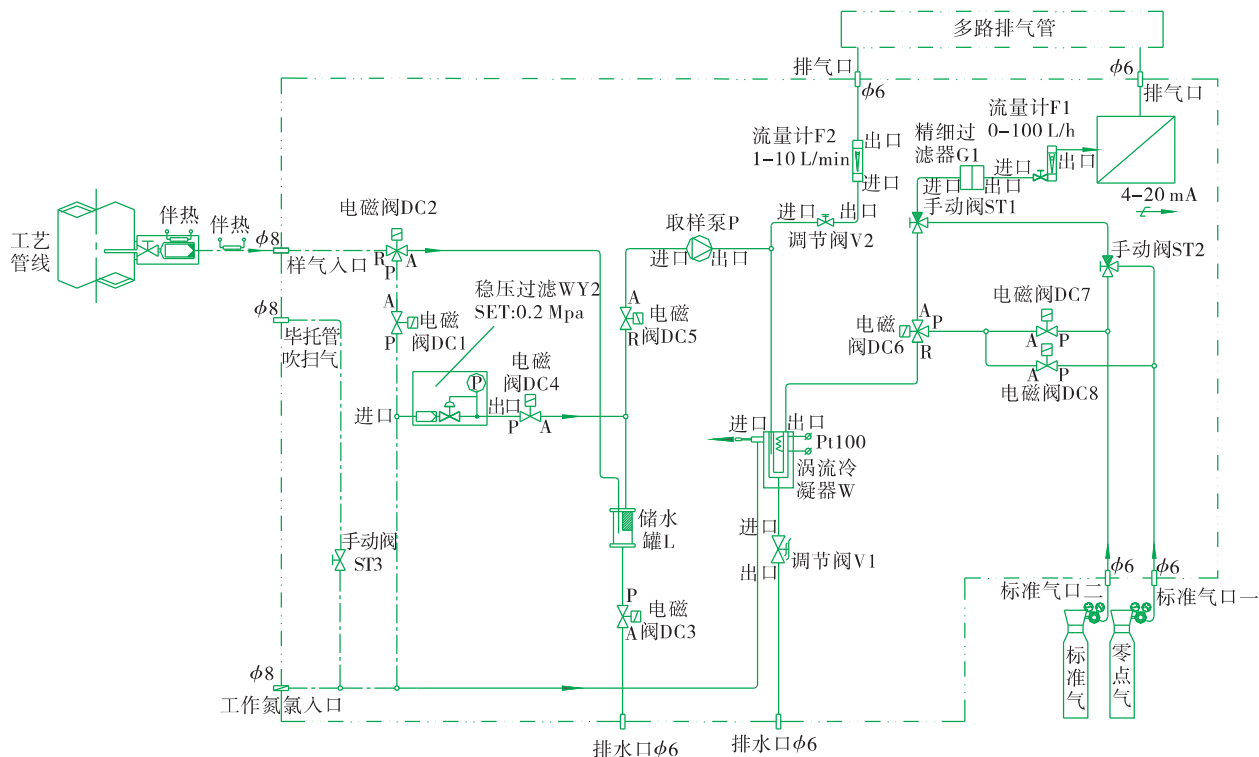


图 1 SO_2 在线监测仪结构原理

预处理系统完成了样气的高温状态过滤、伴热保温传送、室温缓冲粗脱水、涡流冷凝器精脱水及精过滤过程。在这过程中,完成了对尘粒的过滤以及对水的降温冷凝排放,使样气能够满足分析仪器的的工作条件,延长其使用寿命。仪器系统自动完成样气的高温过滤、伴热保温传送、冷凝脱水、过滤和分析的过程,自动完成预处理产生的冷凝水的排放和取样探头的吹扫维护过程,具有手动取样、取样探头反吹、冷凝水排放等维护控制功能。

3 在线监测仪应用中的常见问题及改进建议

特殊的工况条件对在线监测系统提出了更高的要求。由于监测废气中气体成分的复杂性,以及目前市场中的 SO_2 在线监测仪一般均基于锅炉废气进行设计,其在净化厂的应用中遇到了很大的困难。通过一段时间的现场应用,发现其在净化厂尾气监测实际应用中存在的一些问题,针对存在的问题,提出了改进意见和建议^[3-4]。

◆ 取样探头腐蚀、堵塞

取样探头一般采用不锈钢材料制成,并带有金属材质的过滤器,对尾气中的杂质进行粗过滤。高温尾气遇冷会冷凝,造成硫酸等腐蚀性产物产生,对取样探头造成腐蚀。冷凝产物与固体杂质混合物凝固后会造成取样探头特别是探头过滤器的堵塞。

万州净化厂应用中的改进:针对取样探头金属过滤器腐蚀,选用了更耐腐蚀的不锈钢过滤器。

建议:采用不锈钢材质的探头过滤器,对取样探头进行蒸汽保温,定期清洗过滤器。

◆ 测量室污染

光测量室进气必须为无固体杂质和冷凝物的混合气体,如果过滤器过滤精度不够或设置的过滤级数不够,冷凝水未完全分离或者排水不畅都会造成测量室镜片污染。

在万州净化厂应用中的改进:

①针对样气中水含量高,预处理系统未能将水分充分分离,导致测量室进水的问题,在涡流冷凝器前增加了一级冷凝储水罐 L_2 ,其功能与 L_1 一致。冷凝水滴依靠取样泵的出口压力和重力的作用,连续向下排出。

②针对冷凝水排水不畅,经分析是由于泵 P 的出口压力低,冷凝罐 L_2 及涡流冷凝器 W 的连续排水口仅依靠泵压和重力的作用无法确保冷凝水顺畅排出仪器。对此,将仪器增加了两个连续排水口进行定时压力排水,采用具有更高压力的仪表风强行将冷凝水排出仪器。

建议:①设置多级精细过滤器,滤除样气中的粉

尘等杂质;②选用漩渦冷凝器或压缩机冷凝器与多级分离罐组合对样气中的水分进行分离,保证分离效果;③设置自动除、排水系统,保证样气中的水分全部冷凝、分离并全部排出,防止带入测量室;④采用可更换的过滤组件。可更换的过滤组件使仪器的维护工作更为简便,并能随时检查过滤组件的性能。

◆ 处理器电路损坏

处理器电路损坏主要发生于一体式安装分析仪,一体式安装造成分析仪与高温尾气直接接触,同时高温尾气未经过较大幅度降温就进入仪器,造成仪器温度超高。若开大降温仪表风,则会造成样气在仪器内部冷凝,进而腐蚀、堵塞仪器。分析仪处理器电路长期工作在较高的环境温度下,电路寿命缩短,容易损坏。

建议:采用采样、分析分体式结构,将分析仪处理器等电路部分远离高温环境。根据净化厂尾气烟囱的特点,取样点通常在距地面 15 m 以上的高处,分体式安装还可以将分析仪主机放置在更适于日常巡检、维护的地面。

◆ 取样管路堵塞

取样管路堵塞常见于分体式安装。由于保温故障造成管线样气冷凝堵塞管道。

建议:测量管线宜采用蒸汽伴热复合管。净化厂有稳定的低压蒸汽系统,只要保证蒸汽压力和疏水功能正常即能确保样气在测量管线中不冷凝。同时,与电伴热相比,蒸汽保温可以达到更高的保温温度。

4 结束语

在线检测仪选型应充分考虑天然气净化厂的实际工况,加强对 SO_2 在线监测仪实际应用中保温、过滤、冷凝等环节的日常维护。 SO_2 在线监测仪在净化厂的成功应用不仅提供了污染物外排的监测数据,还为装置操作提供了重要的参考依据,对提高硫回收率、减少污染物排放起到了很好的促进作用。

参考文献

- [1] 温维丽,黄济民.碘量法与非分散红外吸收法测定 SO_2 浓度的对比[J].环境研究与监测,2009,9(3):51-53.
- [2] 李红民,周涛,邱历军,等. SO_2 的紫外光谱测量数据修正方法[J].传感器技术学报,2009,22(7):928-933.
- [3] 中国仪器仪表学会.中国仪器仪表学会 2007 学术年会智能检测控制技术及仪表装置发展研讨会论文集[C].北京,2007.
- [4] 向洪. SO_2 自动监测中影响测试准确度原因简析[J].三峡环境与生态,2009,2(3):39-42.

(收稿日期 2013-08-03)

(编辑 李煜)