

含油污泥干化系统安全氧浓度的探讨

俱虎良

(中国昆仑工程有限公司)

摘 要 含油污泥在干化减量过程中伴随产生大量的有机气体,与泄漏进干化系统的空气混合后有产生爆炸的风险,如果氧气含量控制不合理极易产生爆炸。文章通过对含油污泥干化工艺过程特点的分析,从点火源、可燃物、氧含量三方面结合有机气体的爆炸限,分析和探讨在含油污泥干化过程中安全氧浓度值的选择方法。通过分析和计算,认为在大多数含油污泥干化过程中,将最大允许氧含量控制在 2.5% 以下,安全报警值控制在 5% 以下时干化操作是安全的。

关键词 含油污泥; 干化; 安全性; 氧含量

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2023.01.004

文章编号: 1005-3158(2023)01-0016-03

Discussion on Safe Oxygen Concentration in Drying System of Oily Sludge

Ju Huliang

(China Kunlun Contracting & Engineering Corporation)

ABSTRACT A large amount of organic gas is produced in the process of oily sludge drying and decrement, and there is a risk of explosion after mixing with the air leaked into the drying system. If the content of oxygen is not controlled reasonably, it is easy to produce explosion in drying system. According to the characteristic analysis of oily sludge in drying process, this paper analyzed and discussed the selection method of safe oxygen concentration in the drying process of oily sludge from the ignition source, fuel, oxygen content, and combining with the explosion limit of organic gas. By analysis and calculation, the result indicated that the maximum allowable oxygen content should be controlled below 2.5% in most drying processes of oily sludge. Dry operation was safe when the safety alarm value should be controlled below 5%.

KEYWORDS oily sludge; drying; safety; oxygen content

0 引 言

在采油、输油、存储及加工过程中会产生大量的含油污泥,需要无害化处理后方可安全填埋或处置。焚烧是目前较为彻底的含油污泥处理方案之一,一般要求含油污泥的含水率小于 30%。然而大量的罐底泥、炼化污水处理厂产生的含油污泥含水率大多在 75% 以上,经过热洗预处理后含油污泥的含水率达 85% 以上,需要将含油污泥干燥至含水率 30% 以下才能进行无害化焚烧。

干化是通过对含油污泥加热蒸发出其中的水。在蒸发过程中,含油污泥中低沸点有机物和部分水溶性有机物会随着水蒸气一起逸出形成含有大量有机物和蒸汽的气态混合物,气态混合物中还夹带了大量

无机物粉尘和油滴。干化机转动部件转动过程中因摩擦或碰撞产生火花,蒸发出来的有机物混合气在输送过程中也会因摩擦产生静电。如果此时混合蒸汽中有机物浓度高于爆炸下限或低于爆炸上限,遇到物料夹带或泄漏到系统内的氧气达到一定的浓度,同时满足爆炸的三要素,就会产生爆炸。本文探讨在含油污泥干化过程中通过控制安全氧浓度,从而避免发生爆炸。

1 含油污泥干化简介

常见的含油污泥干化是通过热风或蒸汽在 100~140℃,微负压 -1 kPa(表压)的情况下,在干化机中将含水率 80%~95% 的含油污泥干化至含水率 30%~45%,以实现含油污泥减量化的目的。进入干化机的

含油污泥含油量一般在2%~8%,个别达到20%。炼化企业生化污泥含油量较低,一般低于2%;气浮和隔油池污泥含油量较高,一般大于10%。目前有文献报道市政污泥干化后尾气的组成,尚未见到有文献报道炼化含油污泥干化尾气的组成。通过对实验现场干化尾气的检测,混合气在50%氮气量稀释的情况下,最高可燃气体浓度可达6%以上,危险性较高。

目前常见的含油污泥干化设备有薄层干化机、圆盘干化机、造粒干化机及双螺旋干化机等。

2 爆炸的要素

可燃性混合物在高于爆炸上限时,空气不足,导致火焰不能蔓延不会爆炸,但能燃烧;低于爆炸下限时由于可燃物浓度不够,过量空气的冷却作用,阻止了火焰的蔓延,因此在低于爆炸下限时不爆炸也不能燃烧。即爆炸需要一定浓度的可燃气体、一定量的氧气及足够热量点燃气体的火源,三者同时满足才能发生爆炸。因此,为了避免含油污泥干化过程中发生爆炸,需要确保3个条件中的任一条件不满足即可,不满足的条件越多,系统安全性越高。

3 干化过程分析

3.1 点火源

含油污泥干化过程中,机械摩擦和气体输送产生静电可以通过合理设计尽量避免,但无法完全避免。因此在干化系统设计时尤其要注意控制混合气流速、管道静电接地及动设备防火花。

3.2 可燃物

干化后混合气中的有机物浓度目前尚未有文献报道。通过对炼化企业污水处理厂隔油池及气浮池顶的VOCs监测,其浓度为500~40 000 mg/Nm³^[1],与来水的组成和含油量有很大关系,生化池顶的VOCs浓度一般不超过500 mg/Nm³,在实际含油污泥干化过程中也是隔油池和气浮池含油污泥干化尾气中的有机物浓度高,生化污泥干化尾气中的有机物浓度低。由于含油污泥成分复杂,干化过程是个渐进非连续过程,很难确定干化尾气中的有机物浓度,若要将混合气中的有机物浓度稳定控制在爆炸下限以下就必须充入惰性气体,使装置中有机物浓度低于爆炸下限的25%。根据常见有机气体爆炸下限25%(体积浓度)时的热值为409 kJ/kg(折算值,原文献报道为176 BTU/lb)^[2],则在干燥过程中需要实时监测,有机物混合气的热值不能高于409 kJ/kg,否则需

要充入足够的惰性气体进行稀释。由于组成的复杂,含油污泥干化过程中,有机气体的挥发速度和浓度变化较大,可从几百毫克每立方米到上万毫克每立方米,热值远超409 kJ/kg,因此该方式在实际工程中比较难以操作。

3.3 氧化剂

受干化机及干化流程的影响,在含油污泥干化过程中很难达到石化装置那样严格的密封效果,在密封面和进出料等部位会漏入少量的空气,空气中的氧作为助燃剂是混合气爆炸的一个关键因素。如果含油污泥干化过程中尾气能一直保持在爆炸下限的25%以下,则混入的空气量可不受限制;如果含油污泥含油量不稳定,干化尾气中存在超过爆炸下限50%的有机气体,则应严格控制进入干化系统的氧含量。根据对现有部分含油污泥干化装置的调研,市政污水处理厂的污泥干化过程中,尾气中的有机物浓度一般都比较低,不容易达到有机物爆炸下限以上;而炼厂含油污泥干化过程中很难保证在有机物爆炸下限以下,尤其是干化混有隔油池、气浮及罐底含油污泥等高含油的污泥。因此,在含油污泥干化过程中必须保证系统中的氧含量低于一定限值。关于含油污泥干化过程中具体应该将氧含量控制在什么数值未见文献公开报道,仅在中国石化九江分公司徐斌报道中提及,含油污泥干化过程中适宜控制干化机内部氧含量低于2.5%^[3],未提及将氧含量控制在此浓度的理由。如果氧含量控制过低,则必须充入大量惰性气体,不仅增加了惰性气体的消耗,同时由于低温气体大量进入,增加了干化机热量消耗;如果氧含量控制过高,则存在爆炸风险。因此,必须通过计算,找出一个比较安全的氧含量上限。

4 氧含量控制值

4.1 计算依据

针对含油污泥干化系统中的氧含量计算,目前未见文献报道计算方法,也没有规范明确规定氧含量的上限。张娥等认为如果可燃气体的浓度在爆炸范围内,那么只有降低氧浓度至刚好发生反应的最小氧浓度(又称最大允许氧含量)以下,才能保证不发生爆炸,并且给出了计算公式^[4]。但需要知道可燃物质的碳、氢、氧和卤素的原子数和可燃物浓度,在含油污泥干化中不太适宜。张娥的论文中还给出了部分可燃气体的临界氧含量数值,除了苯在8.5%,氢气在5.6%,环丙烯在5.0%外,其余均在10%以上。氢气和环丙烯沸点都在零下,且不溶于水,在含油污泥干化过程

中不太可能出现,因此,根据数据将氧含量控制在 8.5% 以下则可确保体系的安全。但文献中报道的有机物数量较小,像含油污泥中常见的硫化氢等都没有数据。使用时,应分析含油污泥干化排放的尾气中有机物成分和组成,再核算出氧含量的安全限值。

含油污泥干化过程中涉及的有机物成分复杂,浓度、组成变化较大,而且混合气混合了大量水蒸气,目前很难通过实验的方法获得最大氧含量的数据。但对爆炸极限的定义分析后可以得出,爆炸下限主要受混合气中有机物浓度的影响,爆炸上限受混合气体中氧浓度的影响,即只要混合气中的可燃物和氧化剂完全反应不足以迅速释放热量即不会发生爆炸。那么爆炸上限就可以认为是混合气中最大允许的氧含量数值。在工程应用中参照 VOCs 治理过程中的要求,需控制混合气中有机物浓度在 25% 以下,可将氧浓度也控制在最大允许氧浓度的 25% 范围内,最高不超过 50%。

4.2 含油污泥干化最大氧含量的选择

常见的有机物爆炸上限值^[5]见表 1。

表 1 常见有机物爆炸上限值 %(体积浓度)

物质名称	爆炸浓度	物质名称	爆炸浓度	物质名称	爆炸浓度
甲烷	15	汽油	5.9	甲醛	73
乙烷	15.5	苯	7.1	乙醛	60
丙烷	9.5	甲苯	7.1	丙醛	17
丁烷	8.5	氯乙烷	15.4	乙酸甲酯	16
戊烷	7.8	氯乙烯	33	乙酸	16
己烷	7.5	氯丙烯	11.2	乙酸乙酯	11
庚烷	6.7	二氯乙烷	16	丙酮	12.8
辛烷	6.5	环氧乙烷	100	丁酮	10
乙烯	36	甲胺	20.1	丙烯腈	28
丙烯	11.1	乙胺	14	氨气	25
丁烯	10	苯胺	11	硫化氢	45.5
丁二烯	12	二甲胺	14.4	二硫化碳	50
乙炔	100	甲醇	36	一氧化碳	74.2
环丙烷	10.4	乙醇	19	氢	75
煤油	5	正丁醇	11.2	乙醚	6.15

由表 1 可知,除乙炔、环氧乙烷、甲醛、乙醛、氢、一氧化碳外,甲烷、乙烷等有机物的爆炸上限均低于 50%,大多数有机物的爆炸上限均较低。可对不同有机物达到爆炸上限时,混合气中的氧浓度加以计算,

计算公式见式(1)。

$$C_o = (100\% - C_c) \times 20.9\% \quad (1)$$

式中: C_o 为混合气中氧的体积浓度,%; C_c 为有机物的爆炸上限(体积浓度),%;20.09%为空气中氧气的体积浓度。

通过计算,混合气中有机物浓度达到爆炸上限时,混合气中的氧浓度大多在 10.5%~19.95%,折算 50%报警值和 25%安全值最小分别为 5.25%和 2.63%,即在最极端状况下,常温时含上述有机物(除乙炔、环氧乙烷、甲醛、乙醛等)的混合气体中氧含量小于 2.63%时不在爆炸范围内。

在含油污泥干化过程中,由于乙炔、环氧乙烷、氢、一氧化碳等不溶于水,沸点也低于 0℃,常见含油污泥中不存在此类物质,干化过程中不会有此类物质逸出,也不会随水蒸气被带出来。因此,含油污泥干化过程中的混合气里大多数有机物为常温下液态或溶于水的有机物。通过计算,常温下为液体的常见有机物混合气安全氧含量在 4.8%以上,能溶于水的甲醛、乙醛、硫化氢、二硫化碳混合气安全氧含量分别为 1.24%,2.10%,2.86%,2.63%(体积浓度)。

另外,由于混合气爆炸极限受混合气压力和温度的影响,温度和压力越高混合气的爆炸极限范围越宽,即下限下移,上限上移^[6]。含油污泥干化过程属于温度高于常温、压力略低于常压的操作,一般含油污泥干化温度在 120℃左右,压力控制在 -1 kPa 以下,此操作条件下,温度对爆炸极限的影响值不超过 10%,压力对混合气体爆炸极限的影响可以忽略^[6]。另外,混合气的爆炸极限介于混合气中单一组分的最小值和最大值之间。即使干化过程中,含油污泥中含有少量的水溶性易爆有机物,其爆炸浓度一般都会在爆炸下限以下,对混合气的安全氧含量影响不大。

因此,在工程上为了便于操作,可将最大允许氧含量控制在 2.5% 以下(多数常见有机物爆炸上限的 25%,氧含量安全值大于 2.63%),报警值控制在 5% 以下(多数常见有机物爆炸的上限 50%,氧含量安全值大于 5.25%)时干化操作是安全的。

5 结 论

含油污泥在干化过程中,一般情况下可将最大允许氧含量控制在 2.5% 以下,报警值设置在 5% 以下。如果通过分析能获得尾气组成,含油污泥中的水溶性有机物甲醛、乙醛含量在蒸发后浓度低于爆炸下限的 25% 时,可以将氧含量安全值设置的更高。

(下转第 27 页)