

应用技术

植物油厂油罐氮封工艺的设计

赵勇,赵宇,张瑞洋,万辉

(无锡中粮工程科技有限公司,江苏无锡214035)

摘要:介绍了植物油厂油罐氮封系统的典型组成和工作原理,结合工程案例,对油罐项目的氮封进行了工艺改进,确定工艺操作参数,计算合理的氮气供应量。该工艺运行后效果良好,能减缓储存油脂发生氧化,降低油脂损耗和劣变情况。

关键词:油罐;氮封系统;氮气量;工艺设计

中图分类号:TS228;TS205

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2018)07-0149-05

Design of nitrogen sealing process for oil tank in vegetable oil plant

ZHAO Yong, ZHAO Yu, ZHANG Ruiyang, WAN Hui

(Wuxi COFCO Engineering Technology Co., Ltd., Wuxi 214035, Jiangsu, China)

Abstract: The typical structure and working principle of nitrogen sealing system for oil tank in vegetable oil plant were introduced. Combining with engineering cases, the process of nitrogen sealing system for oil tanks was improved, the process parameters were determined, and reasonable nitrogen supply was calculated. After operation of the project, the effect was good, the oxidation of stored oil was slowed down, and the loss and the deterioration of oil reduced.

Key words: oil tank; nitrogen sealing system; nitrogen amount; process design

一般植物油厂用来销售的油品,根据市场情况,都会在油罐中储藏一段时间,储存周期为1~6个月。而国家储备用食用植物油在油罐中储藏时间更长,一般需要2年左右。刚精炼的油脂过氧化值很低,随着储存时间的延长,油脂在温度、光线、水分、氧气、微量金属离子、脂肪酸组成等多种因素的作用下,引起劣变。而氧气是其中一个重要因素,在油脂输送、储存、灌装等过程中,空气中的氧气与油脂发生氧化反应,导致油脂的过氧化值超标,回色、回味等劣变情况^[1]。

降低油脂储存期间品质劣变速度,提高油脂储存期间的稳定性,是一个亟待解决的问题。氮气作为一种惰性气体,性质稳定,容易制取,充氮在油脂储藏方面作为一种新兴而有效的方法,用来降低油罐空间留存氧和溶于油脂中的氧,取得了良好的效果^[2]。油罐氮封可以使储藏的油品与空气中的氧

气有效隔离,减缓油脂储存期间的氧化速度,延长储存油品的安全储存时间。本文通过介绍油罐氮封系统的典型组成和工作原理,结合工程案例,对油罐项目的氮封进行工艺改进,确定工艺操作参数,计算合理的氮气供应量,达到更好的氮封设计,以期在实践中广泛应用。

1 氮封系统的组成和工作原理

在工程中,一般氮封系统包含油脂储罐、氮气过滤系统、氮封阀、泄氮阀、呼吸阀、压力检测仪表等。有时为防止氮封阀和(或)泄氮阀以及呼吸阀等装置失灵而出现储罐内超压或负压情况,可在系统中增加液封装置等安全设施。氮封系统示意图如图1所示。

氮封系统的工作原理:为储罐系统设定一个压力范围,当储罐内的油品被泵抽出或由于外界温度降低,储罐内气体冷凝或收缩,使罐内压力下降到设定值时,氮封阀打开,将氮气减压后送入储罐,待达到设定值时,氮封阀关闭。反之,在向储罐内进油或由于外界温度升高使储罐内压力高于设定值时,泄氮阀打开,将部分氮气排出待达到设定值时,泄氮阀关闭。呼吸阀主要起保护作用,在氮封阀或泄氮阀

收稿日期:2018-03-22;修回日期:2018-04-03

作者简介:赵勇(1981),男,工程师,硕士,主要从事油脂工程设计和管理工作(E-mail)wuxizhaoyong@163.com。

通信作者:赵宇,研究员(E-mail)531904987@qq.com。

出现故障,储罐压力高于或低于设定的安全压力后,呼吸阀自动打开,进行快速出气或进气。液封管内设置液封液,便于直观观察罐内压力的变化,当所有气封装置失灵的情况下,而罐内压力恰好出现超压或负压,可以通过液封的快速管进行补气或排气,保护储罐不致变形损坏。

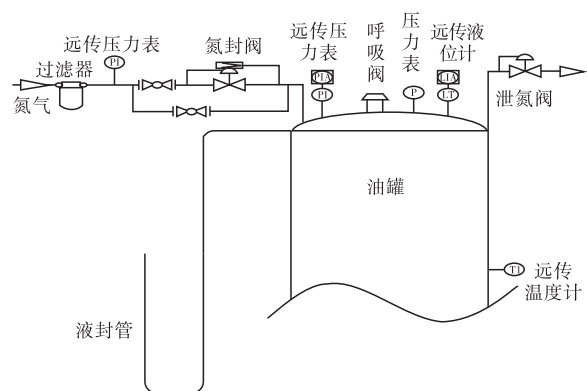


图1 氮封系统示意图

2 氮封设计标准

油脂行业中没有关于氮封的设计标准或指导手

册,可以参考石油行业进行类似设计。根据《石油化工设计手册》^[3]和HG/T 20570—1995《工艺系统工程设计技术规定》^[4]对气封装置的计算方法如下:

储罐气封装置的供气量应大于或等于由于泵抽出储罐内储存液体所需补充的气量与由于外界气温变化而产生的储罐内气体冷凝和收缩所需补充的气量之和。即: $Q \geq Q_1 + Q_2$ 。式中: Q 为氮气消耗量, m^3/h ; Q_1 为泵抽出储罐内液体所需要补充的气量, m^3/h ; Q_2 为因外界气温变化而产生的储罐内气体冷凝和收缩所需补充的气量, m^3/h 。

因气温变化而引起储罐内的气体冷凝和收缩需补充的气量 Q_2 ,在美国石油学会标准 API2000《常压和低压储罐的放空》中规定为:对容积 $\geq 3\ 180\ m^3$ 的储罐, $Q_2 = 0.6 S$, S 为储罐外壳和罐顶的表面积之和, m^2 ;对容积 $< 3\ 180\ m^3$ 的储罐, $Q_2 = 0.178V$, V 为储罐容量, m^3 。

常用储罐因外界气温变化所需的供气量见表1。

表1 气温变化储罐气封装置需气封气量

储罐容积/ m^3	气量/ (m^3/h)	储罐容积/ (m^3)	气量/ (m^3/h)	储罐容积/ m^3	气量/ (m^3/h)
10	1.8	800	143	7 000	1 030
15	2.7	1 000	178	8 000	1 140
50	9.0	1 500	267	10 000	1 250
80	14.3	2 000	356	15 000	1 630
100	17.8	3 000	534	20 000	2 020
150	26.8	4 000	684	25 000	2 300
300	53.5	5 000	800	30 000	2 600
500	89.0	6 000	920		

上述公式计算的气量可以允许罐内气体每小时温度变化 $37.8\ ^\circ C$,偏于保守。

3 工程实践

3.1 实际工程的改进

工程中,对油罐氮封系统的工艺设计主要包括工艺流程、操作条件和参数的设定、氮气量的计算、设备的选型等。参考石油行业的规范,结合油脂行业的实际,对设计进行了一些改进。

3.1.1 工艺形式

植物油厂油罐储存的主要是压榨油或精炼油,非有毒有害、易燃易爆物质,火灾危险性类别是丙类液体。氮封的主要目的是降低储存油脂氧化速度,降低油脂损耗和劣变情况。按化工规范推荐气封装置每个罐单独设置,但在工程实践中,结合植物油厂

油罐储藏油脂的特性,氮封系统创新地采用几个罐通过连通管串联的形式。改进的氮封系统示意图如图2所示。

主要优点为:

(1)减少氮封阀和泄氮阀的数量,减少投资费用。

(2)减少系统氮气的用量。当一个串联系统内部一个油罐出油或降温,另一个油罐进油或升温时,两者氮气可以相互补充,不用排入大气,减少氮气的用量。

(3)减少罐内超压或负压的情况,当几个罐串联后,罐间氮气可以相互补充,进气口和排气口增多,减少爆罐和瘪罐的风险。

此系统也有其缺点,几个罐串联后,各罐内压力更难控制,对氮封阀的要求精度更高。

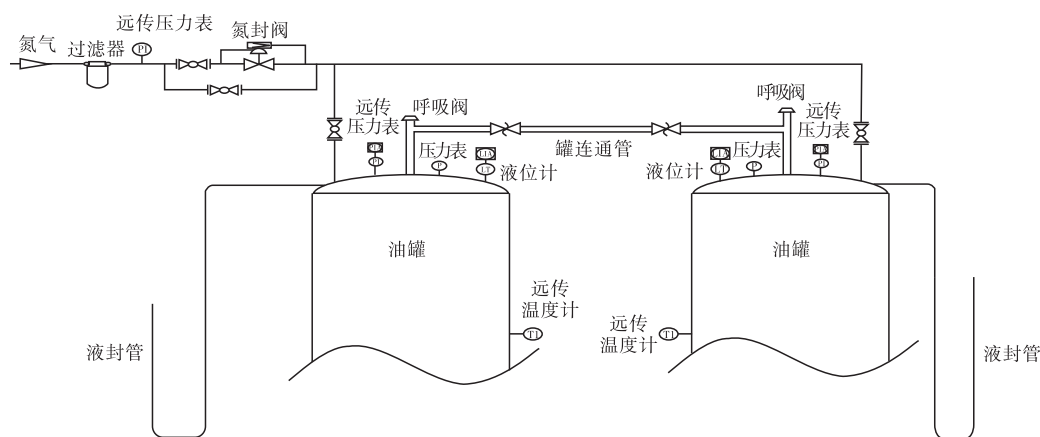


图2 改进的氮封系统示意图

3.1.2 供气量的选择

按照《石油化工设计手册》计算,1个 $1\,000\text{ m}^3$ 的油罐所需气封气量 Q_2 为 $178\text{ m}^3/\text{h}$,其是基于允许罐内气体每小时温度变化 $37.8\text{ }^\circ\text{C}$ 计算而来,这个量太大,偏于保守。

实际上气温变化对气封气量的影响主要是两个方面,一是气温变化对储存油品体积的变化 Q_{21} ,二是气温变化对所充氮气体积的变化 Q_{22} ,两者之和就是所需的 Q_2 。各个项目的条件千差万别,每小时的最高温度变化值会相差很大,不能直接套用手册的 $37.8\text{ }^\circ\text{C}$ 来考虑。而应根据项目所储存的油品、地理位置、环境温度、是否保温伴热等不同,选取合理温差进行实际计算。工程设计中,根据经验,一般保温罐或伴热罐,每小时的最高温差取 $2\sim 8\text{ }^\circ\text{C}$,非保温罐,每小时的最高温差取 $5\sim 20\text{ }^\circ\text{C}$ 。如果昼夜温差特别大或有极寒极热现象的地区以及其他调整因素时,上面每小时的最高温差值需乘以一个调整系数,作为计算的取值。

3.1.3 氮封压力的设定

一般设定的氮封压力越大,对氮封阀要求的灵敏度可以降低,控制也会更容易一些。对同时使用呼吸阀和氮封的常压油罐,设定的氮封压力一般可取 $0.000\,5\sim 0.001\,2\text{ MPa (G)}$ 。对于只有泄氮阀的常压油罐,设定的氮封压力可以更大。

在具体选用时,同时要注意以下两点:

一是由于油罐的使用年限较长,油罐设计所依据的标准不一,应根据油罐的设计压力,合理选用氮封压力值,氮封压力不能超出油罐设计压力的范围。如GB 50341—2003《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》^[5]中固定顶油罐未按附录A设计时,油罐的设计压力范围是 $-490\sim 2\,000\text{ Pa}$;按附录A设计时,油罐的设计压力范围是 $-490\sim 6\,000\text{ Pa}$;按照

GB 50341—2014《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》^[6]设计的油罐,设计压力最大可以达到 $-6\,900\sim 18\,000\text{ Pa}$ 。

二是油罐有呼吸阀时,氮封压力的设定要与呼吸阀参数相匹配,为便于控制,一般设定氮气压力为呼吸阀压力的 $50\%\sim 70\%$ 。目前常用的双向呼吸阀操作压力主要有:B级,正压 980 Pa ,负压 -295 Pa ;C级,正压 $1\,765\text{ Pa}$,负压 -295 Pa 。因此,当选用B级呼吸阀时,氮封压力一般设定 $500\sim 600\text{ Pa}$;选用C级呼吸阀时,氮封压力一般设定 $1\,000\sim 1\,200\text{ Pa}$ 。

3.2 工程实例(见图3)

3.2.1 背景条件

天津某油厂 $20\,000\text{ t}$ 油罐区,其中有5个 $1\,000\text{ t}$ 油罐($1\,180\text{ m}^3/\text{个}$)和2个 $3\,500\text{ t}$ 油罐($4\,000\text{ m}^3/\text{个}$)需要添加氮封系统。进油泵2台,每台流量为 $200\text{ m}^3/\text{h}$;出油泵2台,每台流量为 $200\text{ m}^3/\text{h}$,倒罐进出油泵1台,流量 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 。当地年平均气温 $11.0\text{ }^\circ\text{C}$,极端最高气温 $39.9\text{ }^\circ\text{C}$,极端最低气温 $-18.3\text{ }^\circ\text{C}$,最高平均气温 $16.1\text{ }^\circ\text{C}$,最低平均气温 $8.7\text{ }^\circ\text{C}$ 。油罐设有保温层,保温材料为岩棉,厚度为 80 mm ,外包 0.3 mm 彩钢板。

3.2.2 氮封系统设计

在保证安全和效果的同时,尽量节省投资,设置两路氮封系统,一路含2个 $3\,500\text{ t}$ 油罐的氮封,另一路含5个 $1\,000\text{ t}$ 油罐的氮封。每路由1个氮封阀控制,每个罐上1个双向呼吸阀,每个罐设置液封管,罐与罐之间设置连通管,每路连通系统引1根吸排气安全管至泵房,压力表报警和液封管显示出现问题时,手动开启安全管,进行泄气或补气。

各连通管上设置球阀,在油罐清理时,关闭相应罐的连通管。

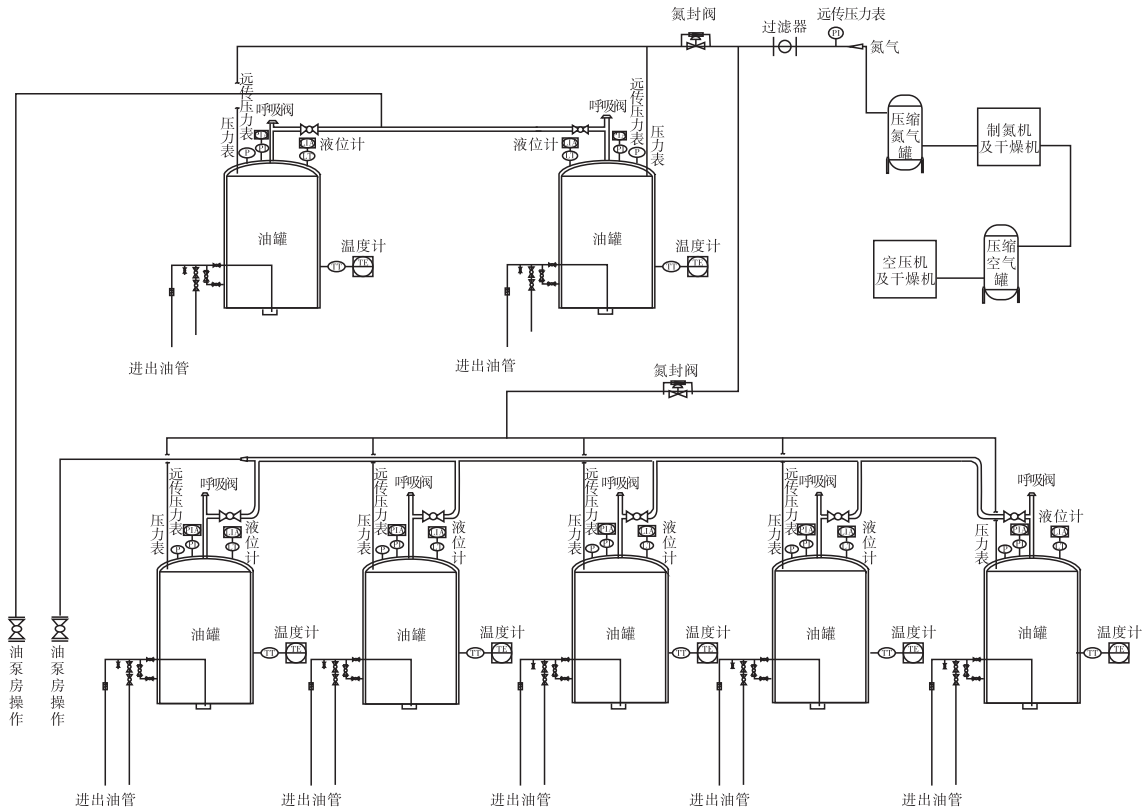


图3 工程实例工艺流程简图

3.2.3 运行参数设置

(1) 该油罐区是2009年建设,油罐按照GB 50341—2003《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》设计,设计压力为 $-490 \sim 2\,000$ Pa。

(2) 氮封阀设置压力为500 Pa,即罐内正常压力维持在200~800 Pa内。

(3) 罐顶双向呼吸阀选用B级,正压力980 Pa,负压力 -295 Pa。当罐内压力大于980 Pa时,呼吸阀正向开通,向外排氮气;当压力小于 -295 Pa时,呼吸阀负向开通,向罐内补充空气。

(4) 罐与罐之间设置连通管,用于各个罐之间的压力平衡。

(5) 罐顶安装远传压力表,当压力超过设定值时报警,报警设定的正压为1 800 Pa,设定的负压为 -400 Pa,报警后,开启安全管阀门,并及时检查产生的原因。

3.2.4 氮气量的计算

(1) 泵出油补气量

由于倒罐是在同罐型内进行的,而相同罐型的罐在一个氮封系统内,因此在计算泵出油的补气量时,只考虑2台出油泵的流量,倒罐泵流量不考虑。

$$Q_1 = 200 + 200 = 400 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(2) 油品体积变化引起的氮气补气量

由于油罐采用保温,油罐内的油品温度变化比

较平缓。结合当地的气温情况,假设罐内油品最大温降为 $4^\circ\text{C}/\text{h}$,由 20°C 降到 16°C ,以油罐储存大豆油为例,取储罐容积的50%进行计算。 $4\,000 \text{ m}^3$ 罐大豆油体积变化引起的氮气补气量为 $V(1 - \rho_1/\rho_2) = 4\,000 \times 50\% \times (1 - 920.6/923.3) = 5.85 \text{ (m}^3/\text{h)}$ 。

式中: V 为体积, m^3 ; ρ_1 、 ρ_2 分别为温度 T_1 、 T_2 下的油品密度, kg/m^3 。

$1\,180 \text{ m}^3$ 罐大豆油体积变化引起的氮气补气量为 $V(1 - \rho_1/\rho_2) = 1\,180 \times 50\% \times (1 - 920.6/923.3) = 1.73 \text{ (m}^3/\text{h)}$ 。

$$\text{因此: } Q_{21} = 5.85 \times 2 + 1.73 \times 5 = 20.35 \text{ (m}^3/\text{h)}。$$

(3) 温降气体变化引起的氮气补气量

由温度变化导致的氮气补气量, $4\,000 \text{ m}^3$ 罐(取储罐容积的50%进行计算)为 $nR(T_1 - T_2)/P = 4\,000 \times 50\%/22.4 \times 8.314 \times 4/101.8 = 29.17 \text{ (m}^3/\text{h)}$ 。

式中: R 为 $8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$; n 为标准状态下氮气量, mol ; P 为设定的油罐内压力 101.8 kPa ; T_1 、 T_2 为计算时的温度, K 。

$1\,180 \text{ m}^3$ 罐为 $nR(T_1 - T_2)/P = 1\,180 \times 50\%/22.4 \times 8.314 \times 4/101.8 = 8.60 \text{ (m}^3/\text{h)}$ 。

$$\text{因此: } Q_{22} = 29.17 \times 2 + 8.60 \times 5 = 101.34 \text{ (m}^3/\text{h)}。$$

(4) 总气量

$$Q = Q_1 + Q_{21} + Q_{22} = 400 + 20.35 + 101.34 = 521.69 \text{ (m}^3/\text{h)}。$$

氮气储罐工作压力为0.7 MPa,工作温度为常温,1小时所需的体积近似为74.5 m³,实际氮气储罐作为调峰用,一般为5~10 min的量,因此采用10 m³的氮气储罐。

由于采用油罐串联形式和氮气储罐的调峰作用,改造工程选用一套500 Nm³/h制氮机,氮气纯度99.9%,配1 MPa的10 m³压缩氮气罐。实际运行4年以来,氮封系统运行正常。工程实际与化工设计标准对比见表2。

表2 工程实际与化工设计标准对比

项目	按化工设计标准	工程实际
氮封阀/个	7	2
泄氮阀/个	7	0
液封装置/个	7	7
紧急管/个	0	2
制氮机量/(m ³ /h)	2 932 ¹	500

注:上标1表示温度按本文表1罐内气体每小时温度变化37.8℃选取。

4 结论

植物油厂油罐氮封工艺设计过程中,应根据项

目的气温条件、油罐的结构形式和保温隔热措施,确定适合的工艺流程,同时确定合理的工艺操作参数和氮气量。

项目运行后整套设备运行平稳、效果良好,减缓储存油脂发生氧化,降低油脂损耗和劣变情况。

参考文献:

- [1] 彭小虎,杨光. 氮气在油脂储藏方面的应用[J]. 中国油脂,2007,32(6):67-68.
- [2] 胡智佑,陆峰,库勇,等. 植物油脂充氮气调储藏试验研究[J]. 中国油脂,2012,37(10):81-83.
- [3] 王松汉. 石油化工设计手册:第4卷 工艺和系统设计[M]. 北京:化学工业出版社,2002:545-550.
- [4] 化工部工艺系统设计技术中心站. 工艺系统设计技术规定:HG/T 20570—1995[S]. 北京:化工部工程建设标准编辑中心,1996:461-464.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范:GB 50341—2003[S]. 北京:中国计划出版社,2003:10,73-76.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范:GB 50341—2014[S]. 北京:中国计划出版社,2014:4,93-107.

· 广告 ·

《中国油脂》杂志社专业书籍目录

1002 谢文磊主编《粮油化工产品化学与工艺学》	45.00	1037 刘珍主编《化验员读本:仪器分析》(下册)第4版	40.00
1012 何东平主编《浓香花生油制取技术》	30.00	1040 倪培德等编《油料加工与操作技术问答》	78.00
1016 倪培德主编《油脂加工技术》(第二版)	41.00	1041 梁少华主编《植物油料资源综合利用》(第二版)	66.00
1021 陈洁主编《油脂化学》	23.00	1043 周瑞宝主编《特种植物油料加工工艺学》	106.00
1022 十五粮食科技发展报告	100.00	1044 韩丽华主编《油脂工厂设计》	35.00
1024 8种食用油国标(大豆油、菜籽油、花生油、棉籽油等)	65.00	1045 《中央储备粮代储资格认定办法实施细则》解读	48.00
1025 浸出油厂防火安全规范(全套)	30.00	1046 何东平等主编《油脂工厂设计手册》(第二版)	1030.00
1026 中国油脂工业发展史	45.00	1047 吴德荣主编《化工工艺设计手册》(上)	210.00
1027 李桂华主编《油料油脂检验与分析》	40.00	1048 吴德荣主编《化工工艺设计手册》(下)	170.00
1028 何东平主编《油脂精炼与加工工艺学》	40.00	1049 王静等主编《粮油食品质量安全检测技术》	45.00
1035 油菜籽标准	12.00	1050 何东平等主编《油脂工厂综合利用》	52.00
1036 刘珍主编《化验员读本:化学分析》(上册)第4版	30.00	1051 刘大川等编《植物蛋白工艺学》	60.00

邮购地址:陕西省西安市劳动路118号

收款人:《中国油脂》杂志社 潘亚萍

订购热线:029-88653162

传 真:029-88625310

邮 编:710082