

新型过滤器结构分析及改进

李 熹, 郭 益, 米力田

(中国石油工程设计西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 天然气中的粉尘影响仪表、阀门设备正常运行。根据常用的天然气过滤方法及过滤分离设备的工作原理及过滤分离器的结构构成, 以重庆气矿的在役过滤分离器为例, 通过对其运行状况及工作过程中所存在问题的详细分析, 找出了存在的问题, 提出了新型过滤分离器内部结构的改进方案, 并且探讨了新型天然气过滤分离设备的发展方向。

关键词: 过滤器; 过滤; 结构; 滤芯; 聚结

文章编号: 1006-5539(2005)01-0007-04

文献标识码: B

天然气不仅作为清洁的能源, 而且是一种化工原料, 天然气中的粉尘含量过高是环保要求所不允许的。每立方米天然气中如果含尘量为 1 mg, 其中 $5\ \mu\text{m}$ 粉尘约有 6.1×10^6 粒。天然气中的如此大的粉尘将严重影响仪表、设备阀门正常运转, 使压缩机叶片、主轴磨损, 计量精度下降(一般为负偏差), 使生产和经济效益受到较大影响。本文对重庆气矿所使用的过滤器结构进行了分析并提出了改进意见。

1 常用过滤方法及过滤机理

过滤器是设置在流体系统中, 用于过滤流体中的粒子以控制污染的一种装置。

表面过滤: 表面过滤作用是通过固体污染物的粒子碰撞而滞留在单一平面或面上的毛孔或通路的基体上而完成的, 过滤作用仅仅发生于这一表面上。表面过滤能有效地收集大于毛孔尺寸的粒子, 但却不能收集纤维和比毛孔尺寸小的粒子。

深度过滤(又称深层过滤): 深度过滤是通过固体污染物碰撞而留在连续的(或深度的)毛孔的基体上而完成的。过滤不仅在介体表面进行, 而且还在介体的整个厚度上进行。深度过滤器能有效地收集大于最大毛孔尺寸的粒子和纤维, 同时, 凭借于其过滤介体的型式和厚度, 它也能同样收集一部分比最大毛孔尺寸小的污染物^[1]。

2 在役过滤分离器结构简介

在役过滤分离器最早使用在卧龙河引进装置上, 这批过滤分离器是从美国 PECO 公司引进的 75H 型卧式过滤分离器。20 世纪 80 年代四川石油设计院(现 CPE 西南分公司)在消化引进装置的同时, 结合我国的国情研究设计出国产过滤分离器, 并推广使用到国内外天然气净化装置上^[2]。90 年代末, 在引进撬装脱水装置时, 又同步从加拿大 MI 公司引进 F-201 型卧式过滤分离器。近年来 CPE 西南分公司与有关单位一起又对上述结构的过滤器进行了进一步改进, 使用效果较好, 其结构原理如图 1 所示。

此过滤分离器由两段组成, 第一段主要是圆筒形玻璃纤维膜压滤芯(管状 28 根)组成过滤段, 滤芯安装在有支座的管板上, 管板的每个支座都有一根 Z 形或 X 形的支撑杆, 滤芯及其封头通过支撑杆, 用螺栓牢固地固定在管板上。再用固定架将滤芯的自由端固定起来, 通过拆装固定架和螺栓, 可以拆装、清洗、更换滤芯。第二段为分离段。分离段内安装有由不锈钢金属丝网构成的高效丝网垫层分离除雾、聚结装置, 过滤段与分离段之间用管板隔开, 过滤分离器下部是一个储液罐, 此罐与过滤、分离段相对应地分成两段, 过滤段和分离段分离出的液体分别通过各自的降液管进入储液罐中。

收稿日期: 2003-11-25; 修回日期: 2004-08-03

作者简介: 李 熹(1978-), 男, 四川成都人, 助理工程师, 学士, 主要从事天然气储运研究、设计及阴极保护专业等工作。电话: (028)86014605。

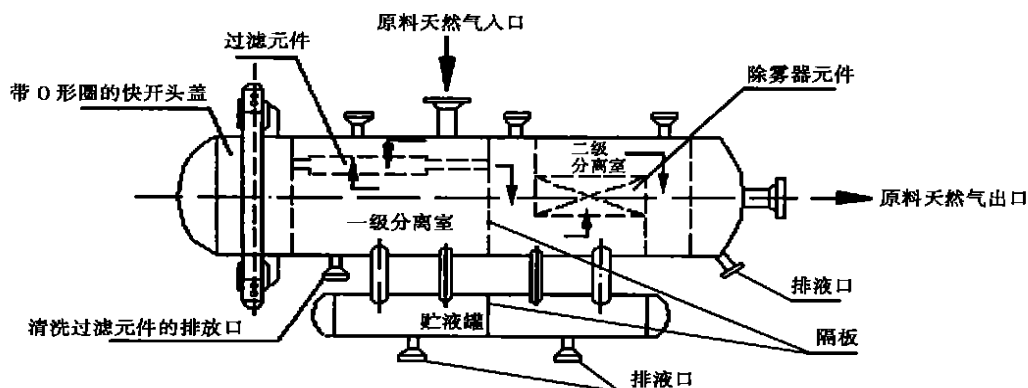


图1 过滤分离器结构示意图

此过滤分离器滤芯属于深层过滤介质。原料气中大于 $10\ \mu\text{m}$ 的固体与游离溶滴留在滤芯外表面，不能进入滤芯。留在滤芯外表面的固体微粒逐渐形成一层滤饼，在气流的脉动作用下，滤饼通常堆积并碎落到容器底部，堆积在滤芯上的固体微粒使压力降增大，当压力降达到规定值时，进行滤芯的清扫或更换。

3 在役过滤分离器运行状况

重庆气矿在役过滤分离器检修时发现，过滤下来的主要是硫化铁粉尘等固体杂质，这些污物往往堵满大半个容器。抽出来的玻璃纤维过滤元件表面粘附着厚约 $15\sim 20\ \text{mm}$ 的硫化铁粉尘等杂质，呈黑色粉末状，与空气接触很快自燃，火焰有 $3\ \text{m}$ 多高，用消防水、蒸气、氮气灭火，约 $2\ \text{min}$ 左右压住火焰，最后熄灭。

在脱水装置运转期间，过滤分离器的差压曾多次升高到 $0.015\ \text{MPa}$ ，经过切换后，一般采用过滤分离器卸压至常压并用低压蒸气短时间吹扫，再投入使用，恢复正常工作。吹扫可以将附着在元件上的滤饼脱落下来，阻力下降。但无法清除滤层中的粉尘粒子，因此吹扫只能重复 $1\sim 2$ 次，就不再起作用。

在过滤分离器的实际使用过程中，确认过滤元件被固体杂物堵塞的主要依据是过滤分离器出入口差压超过 $0.015\ \text{MPa}$ 的 75% ，这时要清洗过滤元件，壳体内部和储液罐。有必要时，更换过滤元件。

过滤分离器的切断周期受原料气的气质情况和天然气过滤量的影响。开工初期切换周期短，而后来切换周期逐渐增长。

每次清洗打开快开头盖，过滤分离器内部都较

脏，脏物堆积情况不等，有时堆满容器的 $2/3$ 高，有时较少，但过滤元件上均有一层厚度不等的滤饼，用消防水枪冲洗即能冲洗干净。

过滤分离器的清洗方法较为简单，差压达到 $0.015\ \text{MPa}$ 的 75% 时，需将其切换到备用台运行。切换后，先完成停用台的排液工作，然后将容器泄压至常压，用氮气吹扫和锅炉给水浸湿滤饼（以防打开快开盲板头盖时，硫化铁和空气接触自燃），然后打开快开盲板头盖，用 $0.5\ \text{MPa}$ 消防水冲洗过滤元件，除去储液罐和过滤元件上的杂物。清洗和更换过滤元件，组装还原。经原料气试压检漏合格，作为备用。

在清洗时，若是过滤元件只使用一次，就出现有损坏或变形现象，应更换新的过滤元件。目前进口过滤元件早已用完，改用国产过滤元件。

分离段的金属丝网除雾器的差压一直是比较固定的。装置大修拆开捕雾段检查时，曾发现除雾器金属丝网被冲坏，有的地方已经穿孔。

4 过滤分离器在使用中存在的问题

重庆气矿目前使用的国产卧式分离器，是一个技术上成熟可靠的除尘分离（雾沫夹带）设备，四川石油设计院在引进 PECO 公司使用过滤器基础上，结合国内情况作了多次改进，该设备使用于重庆净化总厂、长庆第二净化厂、川中矿区净化厂、陕京线压缩机站、靖西县压缩机组等地、伊拉克姆拉·阿布杜拉燃气能机电厂等，其使用效果良好，并长期保持正常运转。该设备在设计中，不仅保证了压力容器安全系数、技术要求，而且也保证了良好的使用性能，设备的设计是完善周全的。设计技术要求中，提

出了对除尘效率、密封面检查、以及密封面气密性试验等多项技术指标。出口到国外的产品经过环保部门检测,其除尘效率及粒度要求均达到质检标准,其主要数据如下:

对于 $8\ \mu\text{m}$ 及以上粉尘效率 $\geq 99.99\%$, $6\sim 8\ \mu\text{m}$ 粉尘效率 $\geq 99\%$, 现场检测中发现的问题,其原因主要在制造安装及使用等方面。

4.1 过滤元件问题

过滤分离器的过滤元件,采用层压玻璃纤维过滤介质,层压玻璃纤维过滤介质系相对级,其过滤精度随玻璃纤维位置移动而变化,据国外资料介绍,精度范围为 $4\sim 8\ \mu\text{m}$ 。最初试制的国产仿 28[#]FG 372 型过滤元件存在主要问题:玻璃纤维的直径达不到进口元件的精度要求,玻璃纤维没有紧密地卷在带孔的中心管上,粘结强度不够,装置运转过程中,由于差压过大使玻璃纤维之间的孔隙加大,超标尘粒从大孔隙中通过,使过滤精度降低。同时由于压差过大使滤芯中的没固定好的玻璃纤维被冲出来,在检修时发现在设备底部堆积玻璃纤维物质,这是过滤元件损坏所致。这些情况表明,最初试制的仿 28[#]FG 372 型过滤元件的质量不如进口元件,使得过滤分离器的使用效果下降。目前国产过滤元件的质量已达到国外同类产品相应水平^[3]。但是,由于 $2\ \mu\text{m}$ 以上的粉尘对计量精度有较大影响,现有过滤元件已不能满足要求,必须进行新型过滤元件的研究。

4.2 自动排水系统无法使用问题

过滤分离器储液罐设置液位指示和自动排水系统,由于随同原料气进入设备的液体较脏,流量又不稳定。造成液位指示不准确,液面不清楚,自动排水系统控制失灵无法使用。现在排水操作只能按定期间歇式进行,因估计不准,可能达到储液罐满液,对除雾丝网有一定的破坏作用。此外,由于估计不准,也有可能在排水操作中发生“窜气”情况。

4.3 过滤分离器进出口压差指示不准问题

当过滤分离器的液位失灵后自动控制,压差计引压管线经常发生液体污物堵塞。指示计上差压不能正确反映过滤分离器的堵塞情况。前已述及,差压是切换过滤分离器的唯一标准,现在只能根据经验估计,定期切换过滤分离器。因为原料气带来的固体杂质不稳定,往往会因为估计不当,造成过滤元

件因压差过大而损坏,这样直接影响过滤分离器的使用效果。

4.4 设备制造问题

由于我国旧的体制造成设备设计工作与制造工作分别由不同的单位承担,造成设备的设计环节与制造环节不能很好的衔接,制造单位往往不能准确完善地贯彻设计思想,对分离工艺、设计意图往往了解不够,缺乏专门的工艺技术、装备及检测水平。因此,造成一些设备在生成运行中使用的效果欠佳。

过滤元件性能、端口密封以及其他构件结构、安装尺寸的检测均应达到设计提出的技术要求才能保证过滤器的效率达到设计最佳值。制造厂不仅应有一套压力容器质量安全保证体系按设计文件要求施工。同时也应有一套满足设备功能性要求的制造工艺、工装和功能性的中间检查及其质量记录等^[4]。功能性等方面的检验证明文件应同压力容器厂出厂所要求的相关证书与资料,一并纳入这类设备质量证明文件。

加强设备监造工作,特别是中间制造过程的监造,不仅要监理设备的压力容器安全质量,同时也要加强设备能满足功能性方面的质量监理。

4.5 现场操作问题

过滤分离器应在额定流速范围内操作,而实际情况是经常由于调气原因,压力及流量变化,不能在额定范围内操作,从而影响过滤器分离效果。

4.6 现场检修保养问题

操作上应严格按照设计文件要求进行操作、维护、检修和及时更换过滤元件。现场检修时必须彻底清除过滤器设备内部沉积的污物,特别是过滤元件安装接口部分的污物,此外调整好过滤元件的安装预紧力也很重要,它是影响密封接合部密封性能的主要影响因素。

5 过滤分离器的改进方案

过滤分离器的改进主要分为两个方面,其一是滤芯改进;其二是结构形式改进。对于结构形式改进主要是把滤芯由卧装改为立装,让过滤芯子外面结成的粉尘滤饼有可能靠重力与滤芯分离掉到集污腔内。

5.1 滤芯改进方案(见图 2)

滤芯的改进主要是将现有过滤介质层压在圆筒外壁的圆筒形的滤芯改为过滤介质折叠在圆筒外的结构形式。折叠形式过滤面积远远大于圆筒形式过滤面积,但是折叠形式要求更加精细的过滤介质。

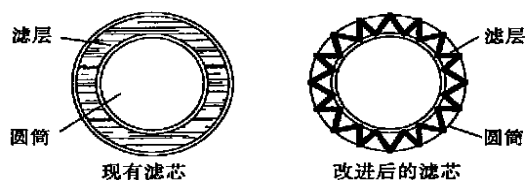


图 2 滤芯改进方案图

5.2 立式过滤分离器

立式过滤分离器的设计思想是让气流方向与被分离出来的固体粉尘及液体运动方向垂直,减少气流对被分离出来的物质的干扰^[5]。被分离出来的物质可以是结在滤芯外壁的滤饼,和通过滤芯和层压丝网垫层集聚起来的液滴。由于时间关系本课题仅对立装式过滤器作了设计(见图 3),还没有来得及对立装丝网垫层(或其它聚集器)作研究。

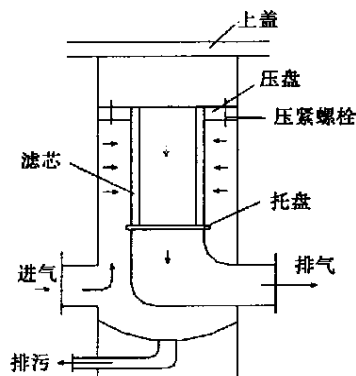


图 3 立式过滤器结构图

图 3 仅是一个单滤芯过滤器结构图,滤芯垂直安装在过滤器下部的托盘上,滤芯上部靠压盘密封压紧,天然气从滤芯外侧进入过滤介质,从内筒排出,滤饼及污物在滤芯外壁掉下来进入收集筒。

6 新型分离过滤设备发展方向探讨

目前重庆气矿使用的分离过滤设备基本上都是 20 世纪 90 年代以前的产品。在现场调查和检测中发现这些设备分离过滤效果达不到干气输送工艺要求,有必要对现有设备进行改进提高,并在此基础上

进行新型高效分离过滤设备的研究工作,现将新型高效分离过滤设备研究方向及方法设想如下:

a) 新型高效分离过滤设备应从分离过滤的工艺研究开始,研究工艺完善、效率高、处理量大的新型高效设备,具体要求是效率应尽量接近当前国际先进水平,分离过滤设备出口天然气质量应符合干气输送要求,分离过滤设备体积要小,重量要轻。

b) 解放思想,突破原有引进设备和多年科研方向线路的框架,引进其他行业的先进经验和技能,发展新型分离过滤设备。

c) 新型高效分离过滤设备应是一种联合装置,对分离器而言,既有初分段,又有精分段,对过滤器而言既有初滤段,又有精细过滤段,这种新型设备能把以前要由几个分离过滤设备完成的分离过滤工艺过程,集中在一起,由 1 台联合装置完成。

d) 新型分离过滤设备的技术关键是易拆装的分离过滤元件及内构件,对于不同工况只要更换相应的内构件及分离过滤元件就可以达到改变工况的能力。

e) 研究工作组织形式。新型分离过滤设备的研究工作应是一个打破条块限制的联合体,即由科研设计、加工制造和用户三家组成的联合体。有分工有合作,以科研设计为先导,以生产厂家为基地,以矿区为主体。科研设计单位提出的方案,完成的设计,要在工厂进行厂内试验,合格后到现场试验,然后再投入批量生产。这个联合体要有长期的活动计划和经费来源。生产厂家应是专业分离过滤设备生产厂家。随着体制改革深化,这个联合体度过原始积累阶段后可以发展成为专业公司,向国际分离过滤设备公司的科学管理及结构形式靠拢,使我国的分离过滤设备研究工作上一个台阶。

参考文献:

- [1] 郭福明, 张学礼. 油气分离器原理设计与计算[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1998. 112-121.
- [2] 米力田, 李 熹, 张维臣, 等. 在役天然气分离除尘效果分析研究[J]. 成都: 中油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 2002, 1-96.
- [3] 霍肖男, 关昌伦. 膜分离技术在天然气净化领域内的应用[J]. 天然气与石油, 1993, 11(1): 18-21.
- [4] 中国石油天然气总公司. 油气分离器规范[S]. 北京: 中国石油天然气总公司, 1998, 1-8.
- [5] 熊建嘉, 李治民. 干气输送天然气管线粉尘检测与防治方案[J]. 重庆: 西南油气田分公司重庆气矿, 2001, 5-15.

NATURAL GAS AND OIL SELECTED ABSTRACTS

(QUARTERLY)

Vol. 23 No. 1 Mar. 2005

OIL & GAS TRANSPORTATION AND STORAGE

Design of Natural Gas Pipelines in Planned Suburb

Zhang Lei(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(1): 1-3

ABSTRACT: Combined with the requirements in relative specifications and local conditions described are the route selection, strength design, safety requirements and station design of gas transportation and distribution pipelines passing through planned suburb. Some differences exist in design and construction of gas transportation and distribution pipelines passing through planned suburb in different cities. In specific design and construction, local rules and regulations as well as requirements by relative authorities shall be followed strictly if reasonable.

KEY WORDS: Gas pipeline; Gas distribution pipeline; Planned suburb; Engineering

Discussion on Adaptive Improvement of Fuchengzhai Gas Field

Zhang Li(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(1): 4-6

ABSTRACT: Described are the problems existing in separation and liquid drainage system, gas venting and waste water discharge system, duct system, station resistance, corrosion inhibitor and chemicals injection systems and the problems existing in gathering & transmission pipelines and pig receivers and launchers as well as the problems existing in compressor systems in Fuchengzhai Gas Field, adaptive improving options are put forward to increase output of the gas field, which are instructive for alteration of other old gas fields.

KEY WORDS: Summary on Fuchengzhai Gas Field; Existing problems; Adaptive improvements; Guidance

Analysis and Improvement of New-style Filter Structure

Li Xi; Guo Yi; Mi Litian(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(1): 7-10

ABSTRACT: The dust in natural gas severely affects regular operation of instruments and valves. Through expounding filtration methods of natural gas and operational principles of filtration equipments in common use, and taking the filter in service in Chongqing Gas Well Company as an example, analyzed in details are its operation conditions and the emergent problems during operation, improving options are proposed for internal structure of new-style filter separator, and discussed are the development orientation of new-style natural gas filtration and separation equipment.

KEY WORDS: Filter; Filtering; Structure; Cartridge; Coalescence

CORROSION AND CORROSION PROTECTION

Research on Detrimental Intermetallic Phase Test of Duplex Stainless Steel

Jiang Fang(Sichuan University Chemical College, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(1): 11-13

ABSTRACT: Detecting detrimental intermetallic phase is the most important test of product quality in duplex stainless steel. ASTM A 923 is a standard for the experimental test. Analyzed are Method B in ASTM A 923 and the common steel V notch impact test as well as Method C in ASTM A 923 and the usual pitting test. The conclusion is that there are differences between Method B in ASTM A 923 and the common steel V notch impact test in test objectives, test temperatures, check and acceptance criteria, and surface conditions of specimen and there are differences between Method C in ASTM A 923 and the usual pitting test in calculation methods of corrosion rates, test temperatures, test time and check and acceptance criteria. The conclusion is referable for detrimental intermetallic phase experimental test of duplex stainless steel.

KEY WORDS: Duplex stainless steel; Detrimental intermetallic phase; Experimental test

OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

Study on Application of SiW₁₂ Heteropoly Acid Salt to C₄ Alkylate Reaction

Liu Zhigang; Liu Zhichang; Liu Yaofang(China Petroleum University Heavy Oil Processing State Key Lab, Beijing, 102200, China) **NGO**, 2005, 23(1): 17-19

ABSTRACT: Studied are the effect of different catalysts and heteropoly salts with different amounts and types of positive ions on the alkylation reaction in supercritical liquid conditions, the results show that Cs⁺ heteropoly salts have the highest reaction activity when the amounts of positive ions are 2.5, and Cs⁺ heteropoly salts have higher activity and better selectivity than K⁺, NH₄⁺ heteropoly salts when the amounts of positive ions are 2.5. But SiW₁₂/SiO₂ has better selectivity and activity than Cs⁺ in the alkylation reaction.

KEY WORDS: SiW₁₂ heteropoly acid; Alkylation; Activity; Selectivity