

强吸气液分离器的设计 and 应用

张凤喜

(西安长庆科技工程有限责任公司, 陕西西安 710018)

摘要: 气液分离器是石油天然气行业常用的设备, 分离器的分离效果对于气田处理工艺有着非常重要的影响, 传统的分离器分离原理单一, 分离效果不很理想。文章介绍了强吸气液分离器的结构、试验结果和应用情况。强吸气液分离器是一种采用全新分离原理的分离设备, 利用一个螺旋型通道, 使气体从上至下或从下至上形成一种有序的强制旋流运动, 在离心作用、吸附作用、聚结作用和重力作用下, 使气液得到有效分离。经过试验, 分离效果达到要求, 已在国内推广使用。

关键词: 天然气; 气液分离; 分离设备

中图分类号: TE64 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2206 (2010) 02-0088-04

0 引言

从气井出来的天然气通常带有一部分液体和固体杂质, 如凝析油、凝析水、地层水、压裂砂、岩屑等。如果对这些杂质不能有效地分离, 对于天然气整个集输过程都有很大的危害性, 具体表现为:

(1) 砂、岩屑及铁锈等尘粒随气流运动, 会磨损压缩机、管道和仪表的部件, 甚至造成设备损坏, 管道刺漏, 引发火灾爆炸等严重事故; 有时还会积聚在某些部位, 影响输气的正常进行。

(2) 天然气中的水气与天然气的某些组分结合易生成水合物。在天然气集输过程中, 一旦形成水合物, 则管道两端压差增大, 输气量减少, 并且堵塞设备和仪表, 严重时可能完全堵塞管道, 对天然气的集输系统造成较大的破坏。

(3) 游离态液体或凝析液常常积聚在管道的低洼部位, 降低管道的输气能力, 增加动力消耗。

(4) 对于含有硫化氢、二氧化碳的天然气, 游离水的存在会形成酸性环境, 对管道及设备造成腐蚀、开裂等破坏。

因此, 在天然气生产过程中, 必须使用气液分离器在井场或集气站把液、固杂质从天然气中分离出来。分离器分离出杂质越多, 就意味着越节能、越安全, 经济和社会效益越好。

1 设计思路

气田常用的分离器主要有重力分离器、离心

(旋风) 分离器、过滤(聚结) 分离器等。

重力分离器是靠气体和液体的重度差使气液分离, 分离原理单一; 但是, 重力分离器仅依靠重力无法使雾状液滴沉降, 分离效果不很理想。

过滤(聚结) 分离器是流体经过丝网时由于屏蔽和碰撞等作用, 小液滴在其表面聚集成大液滴而分离。该类分离器必须在其流程前设置预分离器, 分离出气体中的固体及游离态液体, 但无法保证分离效果。另外, 设备所用滤芯需要定期更换, 生产成本高, 而且分离过程中滤芯表面聚集的液滴会被后来的气体所撞击, 液体扩散至气流中, 影响分离效果。

离心(旋风) 分离器是依靠混合物作旋转运动时产生不同的离心力使气体和液体分离; 该类分离器由于器壁对流体的碰撞, 产生离散作用又会使液滴脱离器壁“弹”回到气流中去, 影响分离效果。

美国《Perry 化学工程手册》提供的颗粒产生的大小和分离方法的选择图表明, 重力沉降分离设备只能分离颗粒直径在 100 μm 左右的粒子, 而离心分离设备能分离颗粒直径在 10 μm 左右的粒子, 大大提高了分离效果, 离心分离器是油气田分离设备未来发展的方向。但在实际运行中, 旋风气液分离器经常会出现气体中夹带液滴现象, 研究分析认为, 该问题产生的主要原因有以下 4 个方面:

(1) 液膜被气体从筒壁上剪断而引起气体中夹

带液体。

(2) 高速气流作用下大液滴被重新雾化。

(3) 在集液液面较高时，部分液体会被涡流卷起。

(4) 短路流沿气体出口管道的蠕动夹带液体。

针对上述问题，科研人员研发了全新分离原理的分离器——强吸气液分离器。该分离器是对重力分离、离心分离、吸附分离和聚结分离的综合应用。

2 结构及工作原理

该分离器由上行分离管、下行分离管、积液包、气进口、气出口和排液口等组成，结构示意图见图 1。分离管可以根据分离气量大小调整数量和规格。

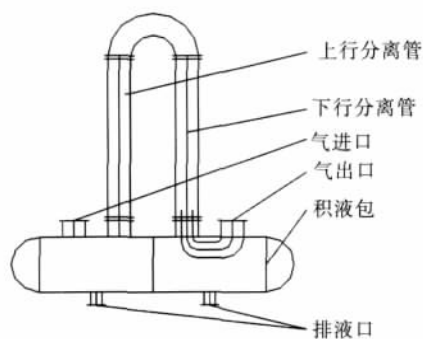


图 1 强吸气液分离器结构示意图

气液混合物从进气口进入，分离游离液滴，在上行分离管中和下行分离管中完成强制旋流吸收吸附的高效分液过程，分离后的气体从气出口流出，分离出的液滴沉入积液包，从排液管排出。

完成强吸分离功能的分离管，是由在管壳体内安装的吸收吸附层、中心立管和螺旋型隔板三部分组成。其特点在于三者形成了一个螺旋型通道，气体从上至下或从下至上流动，都是一种有序的强制旋流运动。在重力作用、离心作用、聚结作用和吸附作用下，使气液得到有效分离，其结构示意图见图 2。

3 技术特点

该分离器的结构和分离原理有别于现有各种分离器，为创新型设计，已获得国家专利，专利号 ZL 02 2 05023.X。螺旋型隔板使气流不间断地进行旋流运动，中心立管消除了旋流运动的盲区，吸收吸附层是具有良好弹性的孔网材料，可以有效地吸收经离心作用甩向外壁的液滴，同时可以有效地克

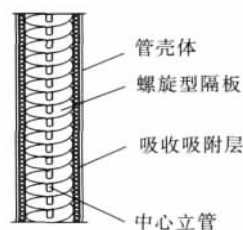


图 2 分离管结构示意图

服器壁对液滴的反作用力，降低液滴的离散作用，使旋流分离作用得到更好的发挥。细微液滴、雾状液滴以及较重组分的分子团，在不间断的多次重复旋流作用下向吸收吸附层聚集。在重力作用下，越来越大的液滴经吸收吸附层和壳体之间的间隙向下流入积液包。

与传统分离器相比，该分离器主要有以下技术特点：

(1) 对液体和固体颗粒均有较高的分离效率，可以分离 $5\ \mu\text{m}$ 的固体颗粒和 $10\ \mu\text{m}$ 以上的液体液滴。通过螺旋形通道，流体在分离元件中的流动过程更加规整，使流动过程能达到对气液、气固分离的最有利状态。流体经过分离元件时，消除了诸如液体夹带、剪切破碎、气流雾化、卷吸等因素的影响，保证了设备的分离效率。

(2) 分离弹性大，可满足设计处理量的 40% ~ 120%，满足接入端气体中颗粒分布范围 $50 \sim 200\ \mu\text{m}$ 的使用条件。传统离心分离设备对处理量的变化范围要求比较严格，但是实际工况中处理量往往变化较大，特别在气田的建产期，初期气量和设计气量往往相差数倍，能否保证较宽的工作范围是分离器实用性的一个重要指标。强吸气液分离器可通过对分离管的数量和开关控制，保证在较小的气体流量和较低的气速下，流体的流动过程仍有较强的规律性和良好的流态，从而保证了旋流分离器在较大的流量范围内仍然有很高的分离效率。

(3) 压降小，处理量大。通过使用优选的曲线对分离元件进行优化设计，使流体流经分离元件时所受的阻力减至最小。分离元件的核心部件可以根据不同的流量和工况进行调整设计，充分保证了强吸气液分离器具有较小的压降和较大的处理量。

(4) 集重力分离、离心分离、聚结分离、吸附分离四大分离原理于一体，具有多功能特性，可以代替两台甚至更多台分离器，能够有效减少占地面积，降低建设和运行成本。

(5) 设备没有需要更换的部件, 维护、检修工作量小, 运行稳定。

4 试验流程和效果

4.1 分离器技术参数

试验用强吸分离器的分离管 D_N150 mm, 积液包 D_N500 mm。分离管直径与分离器进出口直径相同。设计压力 $P_N6.4$ MPa, 设计温度 $t \geq -20$ $^{\circ}\text{C}$,

最佳处理量 40 万 m^3/d 。

4.2 试验工艺流程

强吸气液分离器 2004 年在某气田集气站安装试验, 试验流程如图 3 所示。强吸分离器可以和生产分离器串联、并联运行, 方便评价其运行效果。可与双筒式生产分离器并联, 作为一级分离器试验, 也可与双筒式生产分离器串联, 作为二级分离器试验。

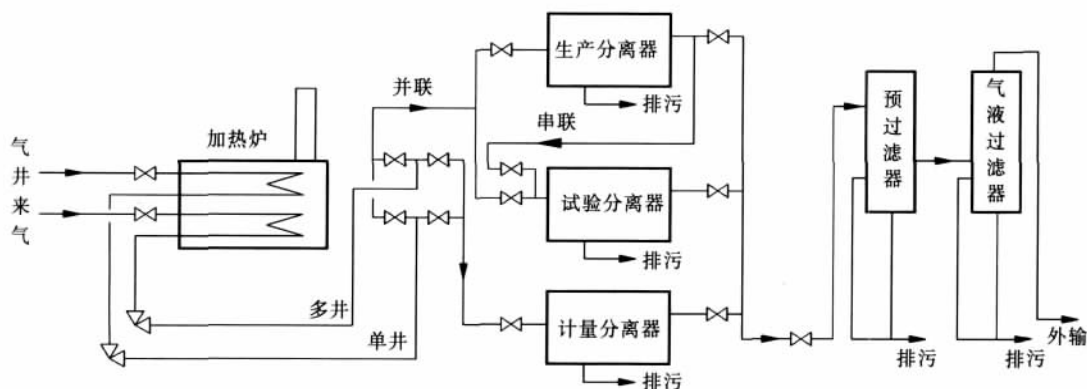


图 3 强吸气液分离器试验流程

4.3 试验效果

4.3.1 并联试验情况

做一级分离器试验时, 进行了只经过双筒式重力分离器和只经过强吸分离器的外输水露点和总分离液量对比试验, 对比数据见表 1。

表 1 分离器并联产液量

项 目	并联	只过生产分离器	只过试验分离器
外输气水露点/ $^{\circ}\text{C}$	-14	-8	-14
	-15	-12	-15
	-14	-13	-15
	-15	-15	-15
	-12	-14	-16
	-11	-15	-15
	-15	-13	-14
平均水露点/ $^{\circ}\text{C}$	-13.7	-12.8	-14.9
总分离液量/(L/d)	3 990.18	3 230.00	4 978.50
	3 984.94	4 804.50	5 046.00
	4 572.80	5 283.60	5 147.90
平均 1 万 m^3 分离液量/L	239.01	253.68	289.00

从表 1 中数据看出, 强吸分离器分离效果和控制外输气露点优于双筒式重力分离器, 1 万 m^3 气分离液量增加 14%, 平均露点下降 2.1 $^{\circ}\text{C}$ 。说明强吸分离器分离效果优于双筒式重力分离器。

4.3.2 串联试验情况

4.3.2.1 分离液量测定

各分离器分液量的日平均量 (L/d) 测定数据见表 2。

表 2 分离器串联产液量/(L/d)

日期	生产分离器	计量分离器	强吸分离器	预过滤器	聚结器	合 计
10 日	3 002.7	425.1	13.6	8.0	1.8	3 451.2
11 日	3 002.7	319.7	6.9	10.0	2.0	3 341.3
12 日	3 803.4	446.0	23.9	10.2	1.6	4 285.1
13 日	2 801.1	736.8	22.0	10.0	1.7	3 571.6
14 日	4 003.6	850.2	20.0	9.0	1.6	4 884.4
15 日	4 202.8	880.8	24.2	10.6	1.8	5 102.8
平均	3 469.4	609.8	17.9	9.6	1.7	4 108.4
1 万 m^3 产液量/L	239.9	240.1	1.24	0.57	0.10	

分析表 2 数据可知, 流经强吸分离器、预过滤器、聚结器分离出的液量比为 12.4 : 5.7 : 1。

这些数据表明, 强吸分离器的分液效果远胜于预过滤器与聚结器。另外, 深入分析后可发现, 预过滤器与聚结器分液量出现了极大的反常现象。

一般来说, 预过滤器分离效果较差, 聚结器是目前业界公认的分液效果最好的设备。但通过强吸分离后, 聚结器前的预过滤器的分液量却远高出聚结器的分液量, 聚结器则没有发挥出其高精设备的分液效果。这种反常现象充分说明了预过滤器分离出较多的液量, 是由于预过滤器前面的强吸分离器有超强的聚结

效果，否则预过滤器的分液和降露点的效果十分有限。也可以说，如果只用强吸分离器和预过滤器这种简单的组合，与高精分液设备聚结器相比，则分液比值为 18.1:1，聚结器分离出了少量液体。

4.3.2.2 水露点测定

试验是在停运了给预过滤器注甲醇，并运行稳定以后，测定各分离设备的水露点。生产分离器、强吸分离器、聚结器分液之后气体的水露点见表 3。

表 3 水露点测定数据/℃

日期	时间	生产分离器	强吸分离器	外输
10 日	9:00	-12	-19	-22
	13:00	-2	-6	-9
	17:00	-6	-7	-11
11 日	9:00	-7	-18	-18
	13:00	-4	-7	-7
	17:00	-12	-14	-15
12 日	9:00	-8	-9	-12
	17:00	-9	-11	-15
13 日	9:00	-8	-9	-12
	13:00	-6	-8	-10
	17:00	-15	-16	-17
14 日	9:00	-11	-14	-18
	13:00	-12	-14	-17
	17:00	-9	-15	-15
15 日	13:00	-2	-6	-11
	17:00	-6	-8	-12
平均		-8.3	-11.4	-14

表 3 数据表明，在重力式生产分离器之后，经过强吸分离器的露点降低了 3.1℃，经过预过滤器和聚结器之后又降低了 2.6℃。后者露点的进一步降低，显然不是聚结器的作用，因为聚结器分离出的液量仅是预过滤器和聚结器分离出液量的 15%。按平均值计算，其露点降也只有 0.4℃。而预过滤器分离出的液量较多，按平均值计算，其露点降约为 2.2℃。正如前述，也是由于其前面的强吸分离器超强的聚结效应的结果，否则预过滤器的分液和降露效果十分有限。

5 应用情况

从几年来的运行情况看，天然气经过强制分离器后的水露点基本能达到外输 II 类商品气质量标准要求，可以有效保护预过滤器、气液聚结器，提高外输天然气质量。目前该分离器共推广使用 100 余台。

参考文献：

[1] 王晓强. 新型天然气分离设备在榆林气田的应用[J]. 石油化工应用, 2008, 27(3): 42-45.
[2] 郭信军, 马梅. 气液高效分离器的研究开发[J]. 石油工艺技术监督, 2005, (6): 34-35.

作者简介：张凤喜（1978-），男，甘肃平凉人，工程师，2001 年毕业于辽宁工程技术大学，现从事天然气集输和长输管道设计工作。

收稿日期：2009-10-26

信息综括

北京市三一重机有限公司 VIP 俱乐部成立一周年

2009 年 3 月 27 日，北京市三一重机有限公司投入 5 000 万元人民币，正式成立了国内最大桩基础施工行业 VIP 客户俱乐部。公司立志通过这个交流平台，通过与各类专业行业协会、行业媒体组织等优势资源的整合，打造出中国桩基础行业的一个信息资源、技术优势、管理观念的交流平台，打造出桩工机械行业第一品牌的 VIP 俱乐部。

时至今日，VIP 俱乐部运营已整整一年。在这一年里，俱乐部会员发展到 500 余人，白金卡会员和金卡会员分别占到总会员人数的 9%和 18%。除了日常的积分兑换配件等服务外，VIP 俱乐部还为会员提供工程信息及二手设备交易信息，为 150 余名会员解决了燃眉之急。组织参与了“品质改变世界 责任铸就未来——全国巡检活动”及“走进清华 智慧中国——中国首个桩工行业人才培养”等活动，为会员提供了超值的服务，努力地践行着 VIP 俱乐部启动时向客户做出的承诺。

2010 年，VIP 俱乐部将继续开展去年的服务项目，并在此基础上为会员提供更全面的服务，包括操作手俱乐部、“三一标段”等活动，通过 VIP 俱乐部提供的培训与服务职能，提升整个桩工机械行业机手的操作水平、项目经理的管理能力和老板的投资运营水平，创新经济增长模式，不断探索桩工行业发展新模式，整合行业资源，一切为了客户。

本刊报道

Key words: oilfield construction; standardization; modularization

(80) Discussion on Surface Design for Low Permeability Oil Reservoir of Changqing Oilfield

ZHANG Jian-xiao (Xi'an Changqing Technology Engineering Co., Ltd., Xi'an 710018, China), XIA Zheng, MU Dong-ling, *et al.*

Abstract: According to the characteristics of complex loess plateau topography and the requirements of large scale rolling and rapid construction, as well as based on the geological features, oil properties and production management needs, a set of techniques to optimize and simplify the surface design for ultra low permeability oil reservoir of Changqing Oilfield are adopted. They include the large cluster well pattern; the small station pattern of integrated wells and station; the two-level station distribution gathering process of dynamometer diagram metering, dendritic gathering without heating and oil and gas mixed transmission; the water injection process of integrated water source for water supply and injection and small station supercharging injection; the water treatment process of drifting sand continuous filtration and backwash. In addition, the standardized design, modularized construction, digital management, market operation and socialized service are carried out to control surface construction investments effectively.

Key words: ultra low permeability oil reservoir; optimization; simplification; investment control

(86) Standardization Design of Supercharging Station in Changqing Oilfield

GUO Jing (Xi'an Changqing Technology Engineering Co., Ltd., Xi'an 710018, China), FAN Yuan-bo, HE Yi, *et al.*

Abstract: Combined with the standardization design of supercharging station in Changqing Oilfield, this paper describes the characteristics and contents of the design and summarizes its application situation and effect. The standardization design work on supercharging station follows the principle of standardized design, achieves large scale purchase and modularized construction, which improves greatly the efficiency and quality of design and construction in oilfield surface engineering.

Key words: oilfield; standardization; supercharging station; module; design

(88) Design and Application of Strong Suction Gas-oil Separator

ZHANG Feng-xi (Xi'an Changqing Technology Engineering Co., Ltd., Xi'an 710018, China)

Abstract: Gas-oil separator is the common equipment in petroleum industry. The separation efficiency of the separator has a very important influence on gas treatment process. Traditional separators have single working principle and dissatisfied separating effects. The working principle of the strong suction gas-oil separator is brand-new, which utilizes a helical passage to enforce gas moving up-down to form ordinal forced helical movement and separates gas and oil effectively under the actions of centrifugal effect, sorption, coalescence and gravity. Tests prove that the gas-oil separator has a satisfactory separation effect and has been promoted to domestic application.

Key words: natural gas; gas oil separation; separator

(92) Optimization Technique of Long-distance Hot Oil Pipeline Operation

ZHANG Wei-zhi (Xi'an Changqing Technology Engineering Co., Ltd., Xi'an 710018, China), WANG Lan-hua, PAN Yan-hua, *et al.*

Abstract: For long-distance hot oil closed transmission pipeline, its operation scheme optimization objective is to seek the optimal combination of increased temperatures and pressures at heating stations and pumping stations of whole line under states of steady transmission volume and stable oil properties in order to minimize the whole line energy consumption costs. Combined with the operation practice of Panjin Pipeline, the optimal operation scheme is obtained through the following steps: establishing optimization mathematical model of