

分子筛脱水工艺简述

胡晓敏, 陆永康, 曾亮泉

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 分子筛脱水是目前国内外应用较广泛, 技术较成熟的脱水工艺。脱水后干气含水量可低至 10^{-6} 。该法操作简单, 占地面积小, 对进料气的温度、压力和流量变化不敏感。天然气分子筛工艺一般分为两塔流程、三塔或多塔流程。总结了天然气分子筛脱水装置的一些重要操作参数, 供工程设计参考。

关键词: 分子筛; 脱水; 流程; 操作参数

文章编号: 1006-5539(2008)01-0039-03

文献标识码: A

0 概述

目前国内外应用较广泛, 技术较成熟的天然气脱水工艺有: 低温分离、固体吸附和溶剂吸收三种方法。而固体吸附法中以分子筛脱水的应用最广泛, 技术最成熟可靠。

分子筛脱水是一个物理吸附过程。物理吸附主要由范氏引力或扩散力所引起, 气体的吸附类似于气体的凝聚, 一般无选择性, 是可逆过程, 吸附热小, 吸附所需的活化能小, 所以吸附速度快, 较易达到平衡。

分子筛脱水一般适用于下列场合^[1]:

a 要求天然气水露点低于 -40°C 的场合, 例如使用膨胀机的 NGL 回收装置的原料气脱水。

b 同时脱水脱烃以满足水露点、烃露点销售要求的烃露点控制装置——适用于贫的高压天然气的烃露点控制。

c 天然气同时脱水 and 净化。

d 含 H_2S 的天然气脱水, 当 H_2S 溶解在甘醇中引起再生气的排放问题时。

e LPG 和 NGL 脱水同时要脱除微量的硫化物 (H_2S , COS , CS_2 , 硫醇 等)。

1 分子筛脱水工艺流程

目前天然气工业用的脱水吸附器主要是固定床吸附塔, 为保证装置连续操作, 至少需要两个吸附塔。分子筛工艺一般分为两塔流程、三塔或多塔流程。在两塔流程中, 一塔进行脱水操作, 另一塔进行吸附剂的再生和冷却, 然后切换操作。在三塔或多塔流程中, 受进料条件等因素影响切换程序可以有多种选择, 例如三塔流程可采用一塔吸附、一塔再生、另一塔冷却或二塔吸附、一塔再生及冷却的切换程序。

1.1 两塔流程

两塔流程由装填有分子筛的两个塔组成, 假设塔 2 在进行干燥, 塔 1 在进行再生。在再生期间, 所有被吸附的物质通过加热而被脱吸, 为该塔的下一个吸附周期作准备。

湿原料气一般经原料气过滤分离器, 除去携带的液滴后自上而下地进入分子筛脱水塔 (塔 2), 进行脱水吸附过程。脱除水后的干气一般经产品气粉尘过滤器除去分子筛粉尘后, 作为本装置产品气输送出去。

收稿日期: 2007-05-11

作者简介: 胡晓敏 (1979-), 女, 四川广安人, 工程师, 双学士, 2001 年毕业于中国石油大学 (华东), 主要从事天然气净化的研究与设计工作。电话: (028) 86014138

再生循环由两部分组成——加热与冷却。在加热期间,再生气由再生气加热器加热到 $200 \sim 315^{\circ}\text{C}$ 后,自下而上地进入分子筛脱水塔(塔 1)进行分子筛再生过程。分子筛脱水塔(塔 1)顶出来的再生气经过再生气冷却器冷却后,再进入再生气分离器分离出凝液,之后再再生气可返回到湿原料气中,也可掺入产品气中,还可进入工厂燃料气系统中。一旦分子筛床层被再生完全后,再生气将走再生气加热器旁通,进入分子筛脱水塔(塔 1)以使床层冷却下来,当冷吹气出口温度低于 50°C 时,冷却过程即可停止。

1.2 三塔或多塔流程

分子筛脱水装置的设计要素之一是塔的个数,多数大规模的天然气分子筛脱水装置采用两个以上的塔才是最佳和经济的。采用三塔或多塔的方式有:

1.2.1 两塔平行吸附操作,第三个塔再生和冷却

如图 1 所示三塔,塔 1、塔 2 内的阴影区表示在床层或部分床层上吸附水的过程,在阴影区中床层基本上被水饱和,而在阴影区以下,分子筛可吸附更多的水。阴影区的底部表示吸附区前端随着时间而向下移动通过整个床层。床层 1 的吸附前端低于床层 2 因为床层 1 通过气流的时间长,当这个前端的前沿到达出口时,床层切换为再生,而床层 2 和床层 3 进行吸附,这样任何时候均有两个脱水塔处于不同程度的饱和状态,当床层 2 准备再生时,床层 1 必须准备好返回到吸附态。

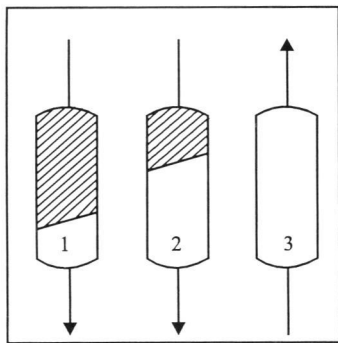


图 1 三塔流程

三塔吸附的操作程序是:

1 和 2 2 和 3 1 和 3 1 和 2……无限次循环。

类似的安排可用于四个塔,在同一时间有三个塔处于吸附。显而易见,流动安排影响到循环周期的选择。

对上述两塔平行吸附操作,第三个塔再生和冷却的切换程序,适用于再生时间相对较短,进料气含水量很低的情况。

1.2.2 一塔吸附、一塔加热、一塔冷却

这种流程常用于短循环周期的装置或者需要同时脱除 C_2^+ 和水的轻烃回收装置。在这类装置里,吸附周期有时少于 1 h 这样一来,就没有足够的时间在一个塔的再生期间去完成加热和冷却过程,因而需要分别在两个塔内完成。

各种工艺流程均有自己的优缺点,可根据各种工艺方案的设备投资、再生气用量和操作费用等方面进行比较,以选择最佳工艺流程和操作周期。

2 装置操作参数

2.1 吸附操作

2.1.1 操作温度

为使分子筛能保持高湿容量,原料气温度不宜高于 50°C ,但也不能低于其水合物形成温度^[2]。

2.1.2 操作压力

压力对分子筛湿容量影响甚微,主要由输气管道压力决定。但是操作过程中应避免压力波动,如果脱水塔放空太急,床层截面会产生局部气速过高,引起床层移动和摩擦,甚至分子筛颗粒会被气流夹带出塔。

2.1.3 分子筛使用寿命

分子筛使用寿命一般为 3~5 a,其使用寿命主要取决于原料气的气质、吸附和再生过程的操作情况等。

为防止上游装置的缓蚀剂、胺类及其他液体、固体杂质随原料气进入吸附器床,所以必须充分重视原料气的分离和过滤。从而要延长分子筛的使用寿命。

2.1.4 操作周期

操作周期通常采用 8 h 也可采用 16 h 和 24 h

2.1.5 原料气流向

吸附操作时塔内气体流速最大,塔内气体从上向下流动。吸附操作时可允许较大的流速但不能造成分子筛床层扰动。

2.2 加热操作

2.2.1 再生气来源

再生气来源主要有以下几种:

a 原料气。当用原料气作为再生气时,在冷却期会涉及到床层一定程度的再饱和,限制了床层的有效能力,并且如果是向上流动冷却,则脱除水后的天然气可达到的水露点最小。适用于脱水深度不很高的场合。

b 脱水后的产品干气。

c 工厂其它装置的干净化气。

2.2.2 加热方式

加热有热载体加热、加热炉加热和电加热这三种加热方式。采用何种方式应考虑各种因素,对大型连续加热的流程,加热炉有优势,电加热和热载体加热的操作控制灵活,间断加热有优势。

2.2.3 再生温度

再生温度主要取决于使用的分子筛和被脱吸物质的性质,一般为 $200 \sim 315^{\circ}\text{C}$ ^[3]。使用较高的再生温度可提高再生后分子筛的湿容量,但会缩短其有效使用寿命。

2.2.4 再生压力

2.2.4.1 降压再生

低压气有较高的携水能力,并且对于相同质量流率有较高的再生气速度通过床层,这就使得与高压再生相比再生气流量较低。低压再生时,切换程序必须考虑系统压力与床层压力相平衡的问题,以避免切换时由于气流的剧烈流动而对分子筛床层造成损坏。

2.2.4.2 不降压再生

如果允许的话再生气可直接掺入产品气中,而且由于再生和吸附压力几乎相同,切换程序不必考虑系统压力与床层压力相平衡的问题。

2.2.5 再生气流量

再生气流量通常为总处理量的 5% ~ 15%,由具体操作条件而定。再生气流量应足以保证在规定时间内将分子筛的再生温度提高到规定的温度。

2.2.6 再生需要的时间

使再生吸附器出口气体温度达到预定的再生温度所需的时间约为总周期时间的 $1/2 \sim 5/8$ 。若采用吸附周期为 8 h 对于双塔流程,则加热再生吸附床层时间约为 4.5 h 冷却床层时间约为 3 h 备用与切换时间约为 0.5 h^[4]。

2.2.7 再生气流向

2.2.7.1 气体从下向上流动

一方面可以脱除靠近进口端被吸附的污染物,并且不使其流过床层;另外,还可使床层底部分子筛得到完全再生,因为床层底部是湿原料气吸附干燥过程最后接触的部位,直接影响流出床层的干天然气的质量。再生时气体采用和吸附操作时相反的流向会增加切换阀门和配管。

2.2.7.2 气体由上至下的流动

在短周期操作时,由于床层上部脱附的水有助于床层下部烃类的脱附,故再生时气体一般采用与吸附操作时相同的流向。

2.3 冷却操作

2.3.1 冷却气流量

冷却气流量通常与再生气流量相同。

2.3.2 冷却气流向

2.3.2.1 气体从上向下流动

如果冷却气含水,最好采用此种流动方式,以使冷凝下来的水留在床层顶部,这样,在吸附周期水分就不会对干燥后的天然气水露点产生过大影响。

2.3.2.2 气体从下向上流动

如果冷却气不含水,可采用该种流动方式,这样可节省两个开关阀(利用未加热的再生气)。

2.3.3 冷却终温

冷却终温为 $40 \sim 55^{\circ}\text{C}$,通常为 50°C 。

2.4 切换操作

吸附与再生进行切换时,降压与升压速度宜小于 $0.3 \text{ MPa}/\text{min}$ ^[4]。

参考文献:

- [1] John M. Campbell. GAS CONDITIONING AND PROCESSING Volume 2: The Equipment Modules (8th Edition) [M]. Oklahoma U. S. A. John M. Campbell and Company 2004
- [2] 四川石油管理局. 天然气工程手册 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984
- [3] 坎贝尔 JM 天然气预处理和加工(第二卷)(第五版) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- [4] SY/T0076-2003 天然气脱水设计规范 [S].