



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114722325 B

(45) 授权公告日 2024. 10. 15

(21) 申请号 202210286370.0

(22) 申请日 2022.03.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114722325 A

(43) 申请公布日 2022.07.08

(73) 专利权人 陕西延长石油(集团)有限责任公  
司  
地址 710000 陕西省西安市高新区唐延路  
61号

(72) 发明人 梁裕如 张娟利 何鹏 胡耀强  
刘保礼 易冬蕊 艾昕宇 韩建红  
董昭 刘婷婷 张成斌 杨朝锋  
鲍文

(74) 专利代理机构 西安亿诺专利代理有限公司  
61220

专利代理师 贺珊

(51) Int.Cl.  
G06F 17/10 (2006.01)  
F17D 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 104565825 A, 2015.04.29  
CN 112214940 A, 2021.01.12

审查员 叶倚丰

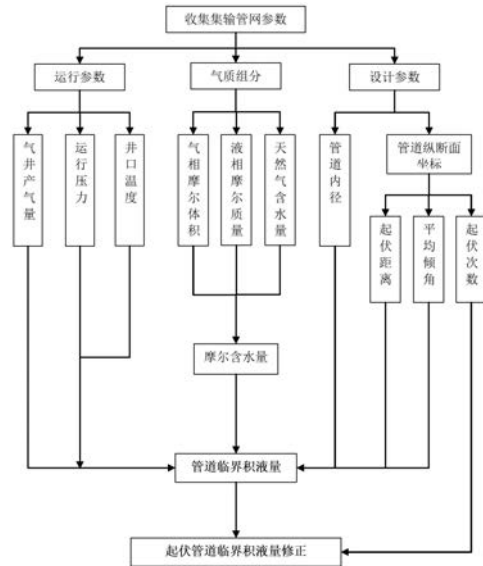
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种地面起伏管段临界积液量的计算方法

(57) 摘要

本发明涉及天然气管道积液技术领域,具体涉及一种适用于地面起伏管段临界积液量的计算方法。一种地面起伏管段临界积液量的计算方法,依据集输管道沿线地形,统计集输管道沿线地形起伏倾角分布,计算起伏管段平均倾角对应的临界积液量,并进行修正。本发明考虑了地面集输管道不同方面因素对管道临界积液量的影响,并充分考虑了地面集输管道多起伏特征,确定了不同起伏情况下临界积液量的计算方法,适用范围广,经现场数据验证,准确度较好,可为多起伏地形条件的集输管道积液量预测及清管周期的确定提供理论依据。



1. 一种地面起伏管段临界积液量的计算方法,其特征在于:依据集输管道沿线地形,统计集输管道沿线地形起伏倾角分布,计算起伏管段平均倾角对应的临界积液量,并进行修正;其中,计算起伏管段平均倾角对应的临界积液量的计算过程为:

$$Q_{AL} = \frac{37.36D^{2.82}P^{0.34}(1+18.3w)}{m^{0.55}}(1+8.02L)(1-0.02\theta_{ave})$$

式中: $Q_{AL}$ 为起伏管段平均倾角对应的临界积液量,单位为 $m^3$ ;

$D$ 为集输管道管径,单位为 $m$ ;

$P$ 为集输管道末端进站压力,单位为 $MPa$ ;

$w$ 为集输管道所输送湿天然气的摩尔含水率,无量纲;

$m$ 为天然气质量流量,单位为 $kg/s$ ;

$L$ 为起伏管段总长度,单位为 $km$ ;

$\theta_{ave}$ 为起伏管段平均倾角,单位为弧度;

修正过程为:

$$Q_{XL} = \frac{3.41Q_{AL}^{0.93}}{n^{0.41}}$$

式中: $Q_{XL}$ 为临界积液量修正值,单位为 $m^3$ ;

$n$ 为起伏管段上倾总次数,单位为次。

2. 根据权利要求1所述地面起伏管段临界积液量的计算方法,其特征在于:所述天然气质量流量 $m$ 的计算过程为:

$$m = \frac{1000MPV}{R(t+273.15)}$$

式中: $M$ 为天然气的摩尔质量,单位为 $kg/mol$ ;

$V$ 为天然气体积流量,单位为 $m^3/s$ ;

$R$ 为气体常数,单位为 $KJ/(mol \cdot K)$ ;取值 $8.314KJ/(mol \cdot K)$ ;

$t$ 为天然气温度,单位为 $^{\circ}C$ 。

3. 根据权利要求2所述地面起伏管段临界积液量的计算方法,其特征在于:所述集输管道所输送湿天然气的摩尔含水率 $w$ 的计算过程为:

$$w = \frac{N_{water}}{N_{gas} + N_{water}}$$

其中,

$$N_{water} = \frac{m_{h20}}{M_{h20}}$$

$$N_{gas} = \frac{V_g}{V_m}$$

式中: $N_{gas}$ 为气井产出天然气的摩尔含量,无量纲;

$N_{water}$ 为气井产出水的摩尔含量,无量纲;

$m_{h20}$ 为气井产出水的质量流量,单位为 $kg/s$ ; $M_{h20}$ 为水的摩尔质量,单位为 $kg/mol$ ;

$V_g$ 为标况下天然气体积流量,单位为 $m^3/s$ ;

$V_m$ 为气井产出天然气的摩尔体积,单位为 $m^3/mol$ 。

4.根据权利要求3所述地面起伏管段临界积液量的计算方法,其特征在于:所述起伏管段平均倾角 $\theta_{ave}$ 的计算过程为:

$$\theta_{ave} = ave \left( \arcsin \frac{h_i}{l_i} \right) (i = 1, \dots, m)$$

式中: $h_i$ 为第*i*段起伏管段对应的起伏高程,单位为m;

$l_i$ 为第*i*段起伏管段对应的管线长度,单位为m。

5.根据权利要求4所述地面起伏管段临界积液量的计算方法,其特征在于:所述起伏管段总长度L的计算过程为:

$$L = \sum_{i=1}^n l_i (i = 1, \dots, n)。$$

## 一种地面起伏管段临界积液量的计算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及天然气管道积液技术领域,具体涉及一种适用于地面起伏管段临界积液量的计算方法。

### 背景技术

[0002] 湿气输送管线在多起伏地形条件下极易造成管线积液问题,管线清管措施必不可少。目前清管周期的确定方法主要有最小输气效率法、最大允许压降法以及最大积液量法。其中,最大积液量法目前运用较多,主要是通过计算管道最大积液量,将管道最大积液量与管道终端段塞流捕集器或分离器的液体处理能力进行对比判断,从而确定合适的清管周期。

[0003] 在湿气管道运行过程中,积液从入口开始积聚并逐渐向下游推进,管内积液量是逐步增加的,在运行一段时间后,管内积液量将不再发生显著变化并达到最大值,此时的积液量为临界积液量。管道临界积液量的影响因素很多,主要包括输气量、运行压力、入口温度、管道内径、管道长度、含水量等因素,都会对管道临界积液量产生影响。目前对于这方面的研究较少,主要针对管线输气量与临界积液量的关系进行规律分析及关系式拟合。开展多因素条件下起伏管段临界积液量的计算,可以为湿气管道清管周期的确定提供基本依据,为防止管线积液和维护管道安全稳定运行具有非常重要的意义。

### 发明内容

[0004] 本发明旨在针对上述问题,提出一种地面起伏管段临界积液计算方法。

[0005] 本发明的技术方案在于:

[0006] 一种地面起伏管段临界积液量的计算方法,依据集输管道沿线地形,统计集输管道沿线地形起伏倾角分布,计算起伏管段平均倾角对应的临界积液量,并进行修正;其中,计算起伏管段平均倾角对应的临界积液量的计算过程为:

$$[0007] \quad Q_{AL} = \frac{37.36D^{2.82}P^{0.34}(1+18.3w)}{m^{0.55}}(1+8.02L)(1-0.02\theta_{ave}) \quad (1)$$

[0008] 式中: $Q_{AL}$ 为起伏管段平均倾角对应的临界积液量, $m^3$ ;

[0009]  $D$ 为集输管道管径, $m$ ;

[0010]  $P$ 为集输管道末端进站压力, $MPa$ ;

[0011]  $w$ 为集输管道所输送湿天然气的摩尔含水率,无量纲;

[0012]  $m$ 为天然气质量流量, $kg/s$ ;

[0013]  $L$ 为起伏管段总长度, $km$ ;

[0014]  $\theta_{ave}$ 为起伏管段平均倾角,弧度;

[0015] 修正过程为:

$$[0016] \quad Q_{XL} = \frac{3.41Q_{AL}^{0.93}}{n^{0.41}} \quad (2)$$

[0017] 式中: $Q_{XL}$ 为临界积液量修正值, $m^3$ ;

[0018]  $n$ 为起伏管段上倾总次数,次。

[0019] 其中,

[0020] 所述天然气质量流量 $m$ 的计算过程为:

$$[0021] \quad m = \rho_g V_g = \frac{PMV}{RT} = \frac{1000MPV}{R(t+273.15)} \quad (3)$$

$$[0022] \quad M = \sum_{i=1}^n M_i x_i / 100 \quad (4)$$

[0023] 式中: $\rho_g$ 为湿天然气中气相密度, $kg/m^3$ ;  $V_g$ 为标况下天然气体积流量, $m^3/s$ ;

[0024]  $M$ 为天然气摩尔质量, $kg/m^3$ ;  $V$ 为天然气体积流量, $m^3/s$ ;

[0025]  $R$ 为气体常数,取值 $8.314KJ/(mol \cdot K)$ ;  $T$ 为天然气温度, $K$ ;

[0026]  $t$ 为天然气温度, $^{\circ}C$ ;

[0027]  $M_i$ 为天然气中各组分的摩尔质量, $kg/m^3$ ;  $x_i$ 为天然气中各组分的摩尔含量,%。

[0028] 其中,

[0029] 所述集输管道所输送湿天然气的摩尔含水率 $w$ 的计算过程为:

$$[0030] \quad w = \frac{N_{water}}{N_{gas} + N_{water}} \quad (5)$$

[0031] 其中,

$$[0032] \quad N_{water} = \frac{m_{h20}}{M_{h20}} \quad (6)$$

$$[0033] \quad N_{gas} = \frac{V_g}{V_m} \quad (7)$$

[0034] 式中: $N_{gas}$ 为气井产出天然气的摩尔含量,无量纲; $N_{water}$ 为气井产出水的摩尔含量,无量纲;

[0035]  $m_{h20}$ 为气井产出水的质量流量, $kg/s$ ;  $M_{h20}$ 为水的摩尔质量, $kg/mol$ ;

[0036]  $V_m$ 为气井产出天然气的摩尔体积, $m^3/mol$ 。

[0037] 其中,

[0038] 所述起伏管段平均倾角 $\theta_{ave}$ 的计算过程为:

$$[0039] \quad \theta_{ave} = ave \left( \arcsin \frac{h_i}{l_i} \right) (i = 1, \dots, m) \quad (8)$$

[0040] 式中: $h_i$ 为第 $i$ 段起伏管段对应的起伏高程, $m$ ;

[0041]  $l_i$ 为第 $i$ 段起伏管段对应的管线长度, $m$ 。

[0042] 其中,

[0043] 所述起伏管段总长度 $L$ 的计算过程为:

$$[0044] \quad L = \sum_{i=1}^n l_i (i = 1, \dots, n) \quad (9)。$$

[0045] 本发明的技术效果在于:

[0046] 本发明考虑了地面集输管道不同方面因素对管道临界积液量的影响,并充分考虑了地面集输管道多起伏特征,确定了不同起伏情况下临界积液量的计算方法,适用范围广,经现场数据验证,准确度较好,可为多起伏地形条件的集输管道积液量预测及清管周期的确定提供理论依据。

### 附图说明

[0047] 图1为地面起伏管段临界积液量计算流程示意图。

[0048] 图2为某集输管道沿线纵断面图。

### 具体实施方式

[0049] 一种地面起伏管段临界积液计算方法,以延安气田某井区集输管道为例,包括以下步骤:

[0050] 步骤1:搜集该井区天然气组分数据见表1,集输管道末端进站压力 $P$ 5.6MPa,天然气温度 $t$ 20°C,计算天然气运行工况下的密度(气相密度 $\rho_g$ )为34.47kg/m<sup>3</sup>,天然气含水量为0.6m<sup>3</sup>/万方,折合摩尔含水率 $w$ 为7.27%,产出液密度为900kg/m<sup>3</sup>。

[0051] 表1天然气组分

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	重烃	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	He	N <sub>2</sub>
92.878	0.618	0.066	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	3.803	0.148	0.048	2.428

[0053] 步骤2:搜集该集输管道管径、壁厚及管线沿程纵断面数据,集输管道沿线纵断面图见图2,确定以下基本设计参数:

[0054] (1)集输管道管径 $D$  80mm;

[0055] (2)根据各段起伏管段对应的起伏高程和管线长度计算对应的倾角,依据公式(8)确定该起伏管段平均倾角 $\theta_{ave}$ 为8.77°。

[0056] 步骤3:依据公式(1)计算得到起伏管段平均倾角对应的临界积液量为14.51m<sup>3</sup>;按照起伏次数为15次,经公式(2)得到该起伏管段临界积液量修正值为14.22m<sup>3</sup>。

[0057] 步骤3:依据公式(1)计算得到起伏管段平均倾角对应的临界积液量为14.51m<sup>3</sup>;按照起伏次数为15次,经公式(2)得到该起伏管段临界积液量修正值为14.22m<sup>3</sup>。

[0058] 以延安气田某井区7条集输管道为例,统计各集输管道末端进站压力 $P$ 、天然气质量流量 $m$ 、摩尔含水率 $w$ 、管径 $D$ 、起伏管段总长度 $L$ 、起伏管段上倾总次数 $n$ 、起伏管段平均倾角 $\theta_{ave}$ 及对应的临界积液量 $Q_{AL}$ 、临界积液量修正值 $Q_{XL}$ 等基本数据,对比结果见表2;

[0059] 表2不同管线临界积液量计算结果对比

[0060]

井号	天然气 质量流量 (kg/s)	管径 (m)	摩尔 含水率	起伏管段平 均倾角(弧 度)	输管道末 端进站压力 (MPa)	起伏管段 总长度(km)	起伏管段 上倾总次数	临界积液量 修正值 (m <sup>3</sup> )	临界积液量 实际值 (m <sup>3</sup> )
1	0.183	0.080	0.075	0.119	5.60	3.368	10	10.29	11.85
2	0.218	0.080	0.075	0.090	5.68	2.189	8	7.07	6.6
3	0.378	0.100	0.075	0.175	5.68	2.903	10	11.20	11.77
4	0.166	0.150	0.075	0.161	5.60	3.312	12	51.29	51.24
5	0.676	0.100	0.075	0.146	5.60	6.581	17	13.94	14.54
6	0.136	0.080	0.075	0.153	5.60	4.604	15	13.42	14.22
7	0.213	0.100	0.075	0.142	5.68	5.535	15	22.74	22.75

[0061] 通过对以上数据对比分析,可看出该模型计算值与现场运行实际情况吻合度较高,误差均控制在90%以上,该模型计算的临界积液量具有合理性,可以指导延安气田地面集输系统的安全生产。

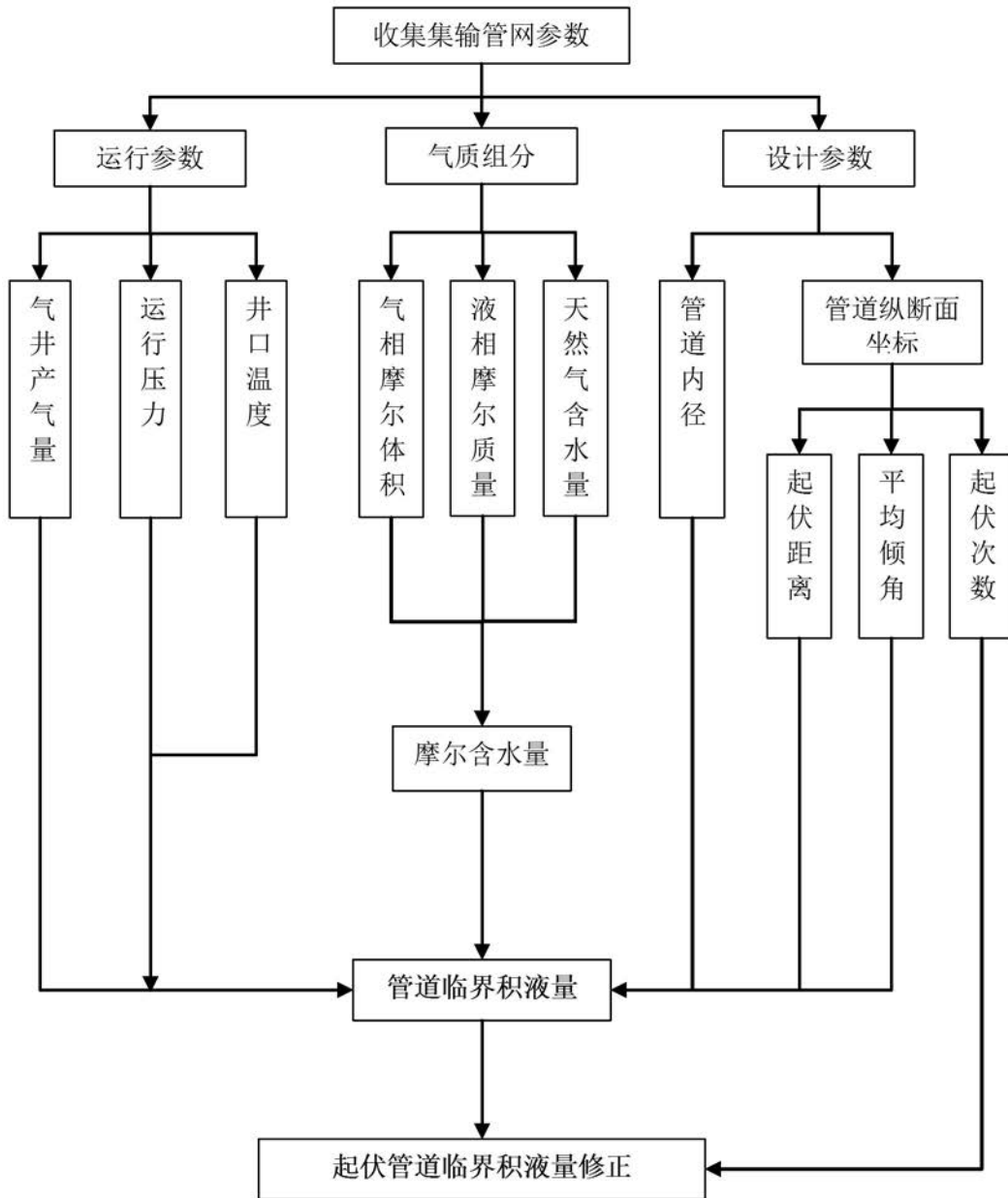


图1



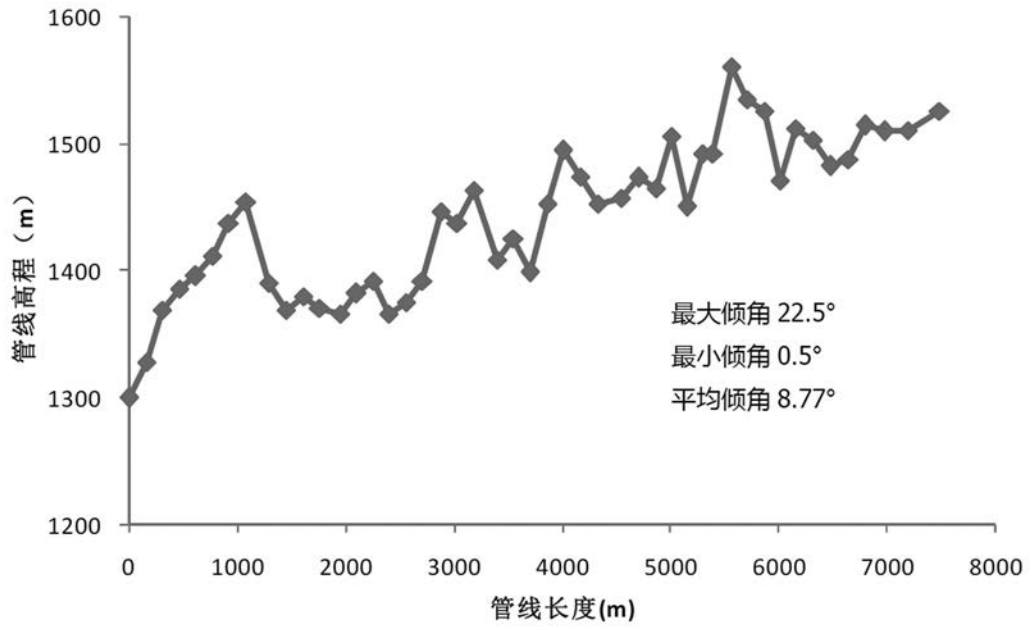


图2