

煤层气采出水集输管网模拟计算

袁甲^{1*}, 路培², 刘桂华², 雷峥², 李磊¹, 郭伟¹

(1. 中国石油管道局工程有限公司天津设计院, 天津 300457;

2. 中国石油北京天然气管道有限公司, 北京 100012;

3. 中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要:分析了煤层气集输管网建设的重要性,并根据井场正常水量及最大水量的集输要求,通过 PIPEPHASE 软件模拟计算各井口回压,合理选择集输管网管径;在集输管网超压处,设置减压阀组,并通过比选确定减压阀组阀后压力,以满足新建集输管网生产运营需求。

关键词:正常水量;最大水量;井口回压;减压阀组

中图分类号:TE45

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2017)04-0205-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.04.050

Coalbed methane produced water's gathering pipe network simulation calculation

YUAN Jia^{1*}, LU Pei², LIU Gui-hua², LEI Zheng², LI Lei¹, GUO Wei¹

(1. China Petroleum Pipeline Engineering Company Limited TianJin Design Institute, TianJin 300457, China;

2. Petrochina Beijing Gas Pipeline Co., Ltd., Beijing 100012, China;

3. China Petroleum Pipeline Engineering Company Limited, Langfang 065000, China)

Abstract: This article analyzes the construction's importance of Coalbed methane produced water's gathering pipe network; according to the well site normal water amount and the maximum water amount's gathering and transferring requirements, the wellhead back pressure will be obtained by PIPEPHASE software simulation calculation, based on the aforementioned data, designer can choose reasonable pipe diameter; In the overpressure place of the gathering pipe network, set the pressure reducing valve group; through comparing calculation, determine the downstream pressure of the pressure relief valve group, at last the new gathering pipe network can operate normally.

Key words: normal water amount; maximum water amount; wellhead back pressure; pressure reducing valve group

随着我国能源结构的升级,煤层气的开发利用也进入了全新的阶段^[1],煤层气的开发可以优化我国的能源结构^[2]、减少温室气体的排放,减轻环境污染。但是随着煤层气的深度开发,煤层气采出水水量急剧增大,而目前煤层气采出水通常存放于井场蒸发池之中,分散存放期间存在渗入地层的风险^[3],这对于绿色油田的建设,和谐人居环境的形成存在不利影响。本文中以中石油某煤层气公司煤层气集输管网设计为例,系统阐述集输管网管径选择及减压阀的设置,项目建成后将消除分散存放的煤层气采出水渗入地层的环保风险,具有重要的环保效益和社会效益。

1 新建煤层气开发区块基本参数

新建煤层气开发区块共涉及 27 座井场(共计 112 口采气井),其中 3 座井场(Y3-14、Y3-15 以及 Y3-16)生产现状不满足压力集输要求,采出水需要采用重力流外输,其余 24 座井场的采出水均采用压

力流外输。

1.1 井场水量变化分析

新建煤层气开发区块 2009—2016 年单井平均产水量统计见表 1。

表 1 2009—2016 年单井平均产水量统计表 m³/d

年份	2009	2010	2011	2012
单井平均产水量	8.86	5.20	5.90	4.53
年份	2013	2014	2015	2016
单井平均产水量	4.78	4.10	4.20	4.21

从表 1 可知,单井产水量呈总体下降并逐步趋于稳定的趋势,故进行管网管径计算时,按满足当前最大产水量集输要求进行管径选择,集输管网建成后也可满足日后集输管网运营需求。

1.2 井场基本参数

由于井场产水量波动较大且受井场作业影响,因此本工程采出水集输管网设计同时考虑井场正常产水量及最大产水量。正常产水量为 338.79 m³/d,

最大产水量为 601.61 m³/d,井场产水量及高程参数详见表 2。

表 2 井场产水量及高程参数表

序号	井场号	正常产水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	最大产水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	井场高程 (黄海)/m
1	Y4-12	26.67	34.50	755.82
2	Y3-14	13.99	26	817.60
3	Y3-15	3.20	7.60	812.90
4	Y3-16	22.15	35.50	808.30
5	Y4-13	6.71	8.00	797.51
6	H4-06	47.05	75.00	879.39
7	H4-07	3.37	4.10	839.76
8	H4-25	6.49	9.00	784.75
9	H4-02	5.03	7.50	751.23
10	H4-03	4.63	9.00	759.86
11	H4-26	4.05	9.50	778.13
12	Y4-01	7.44	22.11	830.68
13	Y4-02	4.84	6.00	826.56
14	Y4-03	2.46	5.40	823.74
15	H4-09	13.63	19.20	768.31
16	H4-12	10.92	13.00	849.02
17	Y4-18	18.48	21.00	801.29
18	Y4-16	13.52	32.20	816.73
19	Y4-08	26.61	33.50	809.75
20	Y4-07	5.88	10.00	853.19
21	Y4-14	5.20	7.50	797.51
22	H4-01	4.21	12.00	809.95
23	H4-20	43.86	61.60	879.39
24	Y3-05	3.09	5.00	855.11
25	H4-23	21.08	31.00	891.53
26	Y4-05	11.83	16.70	842.18
27	HS12	2.40	3.20	864.00
28	预留	0	76.50	842.18
合计	27 座	338.79	601.61	

1.3 集输管网平面布局

根据煤层气开发区块井场的布局和处理站的位置(图 1),结合地形、交通条件、当地城乡总体规划

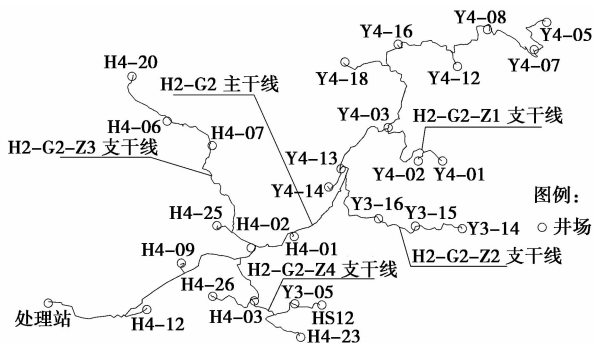


图 1 集输管网平面布置图

等具体情况,整个煤层气开发区块采用 4 条支干线 H2-G2-Z1、H2-G2-Z2、H2-G2-Z3、H2-G2-Z4,一条主干线 H2-G2 进行煤层气采出水的集输。其中井场 Y4-05 为集输管网起端,处理站为集输管网终端。

2 煤层气采出水集输管网模拟计算

2.1 集输管网流程简介

集水管网采用“串接进站”的方式进行布置,工艺流程如下:各单井产水→集水支线→集水支干线或干线→增压站→集水干线→处理站。

Y4-13 井场接收 H2-G2-Z2 支干线所辖 3 座井场重力流采出水,而其余井场的采出水均采用压力流外输,故需在 Y4-13 井场设置缓冲池^[4];同时为降低 Y4-13 井场前端各煤层气采出水井口回压,故将 Y4-13 井场前各井场产水通过集输管网输送到 Y4-13 井场缓冲池;在 Y4-13 井场设置增压泵,将进站煤层气采出水提升到下游管网。

备注:Y4-13 井场以及 Y4-14 井场产水直接进入 Y4-13 井场缓冲池,不再与 Y4-13 井场前端煤层气采出水集输管网 T 接。

2.2 集输管网工艺计算

2.2.1 设计参数

介质温度:20~30℃;井口回压:正常水量计算时≤1 200 kPa;最大水量计算时≤1 400 kPa;进站压力:≤300 kPa(假定值);管道设计压力:1 600 kPa;最大工作压力:1 400 kPa;采出水密度:1 000 kg/m³;管道内当量粗糙度:材质为 20# 无缝钢管,取值 0.2 mm;由于煤层气井产水含少量煤渣,为防止管线堵塞,各支线均采用 DN40 管线。

2.2.2 Y4-13 井场前端集输管网水力计算

Y4-13 井场前端各井场采出水通过管网集输到 Y4-13 井场缓冲池,将此段管网通过 PIPEPHASE 软件进行水力模拟,通过管径比选择合理管径以满足各个井场生产需求。

通过图 2、图 3 可知,在进 Y4-13 井场缓冲池压力≤300 kPa 前提下,采用 DN50 管线时,最大水量集输工况下 Y4-08 井场井口回压大于 1 400 kPa,不满足井场生产需求;采用 DN65 管线时,正常水量集输工况下各井场井口回压均小于 1 200 kPa,最大水量集输工况下各井场井口回压均小于 1 400 kPa;故 Y4-13 井场前端集输管网主干线采用管径规格为 DN65 的管线。

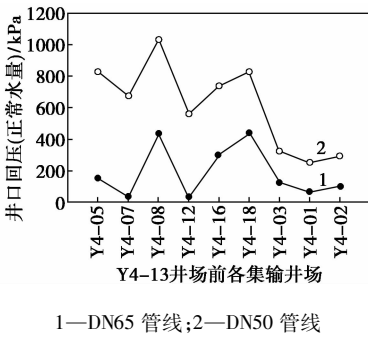


图2 正常水量时Y4-13井场前端各井口回压

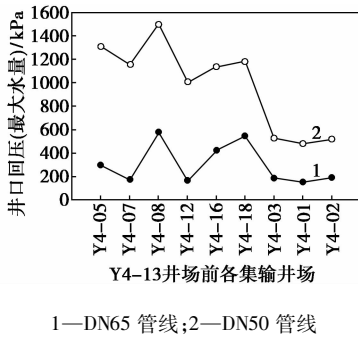


图3 最大水量时Y4-13井场前端各井口回压

2.2.3 Y4-13井场后端集输管网水力计算

通过图4可知,在进处理站压力 ≤ 300 kPa前提下,采用DN65管线时,正常水量集输工况下Y3-05井场以及H4-02井场井口回压均大于1 200 kPa,不满足井场生产需求。

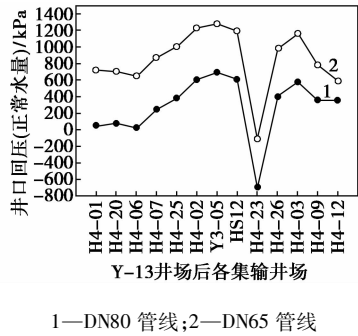


图4 正常水量时Y4-13井场后端各井口回压

通过图4、图5可知,采用DN80管线时,正常

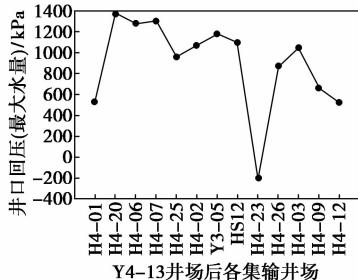


图5 最大水量时Y4-13井场后端各井口回压

水量集输工况下各井场井口回压均小于1 200 kPa,最大水量集输工况下各井场井口回压均小于1 400 kPa,故Y4-13井场后端集输管网主干线采用管径规格为DN80的管线。

备注:图5中H4-23井场井口回压为负值,实际生产中井口回压必然为正值,故H4-23井场接入集输管网处需设置减压阀组调节管网压力,以满足整个管网及井场生产需求。

3 减压阀组设置

3.1 减压阀组设置

井场H4-23接入H2-G2-Z4支干线处,设置先导式可调节减压阀组,此减压阀组阀后压力可调,受阀前进口压力及流量变化影响较小,可满足集输管网生产要求。

将减压阀组阀后压力分别定为600、300 kPa,通过PIPEPHASE软件进行水力模拟,校核各井场井口回压是否满足集输管网生产要求。

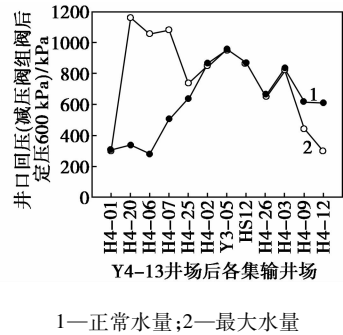


图6 减压阀组阀后定压600 kPa时Y4-13井场后端各井口回压

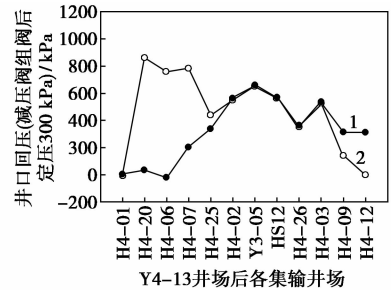


图7 减压阀组阀后定压300kPa时Y4-13井场后端各井口回压

通过图6、图7可知,减压阀组阀后定压300 kPa时,正常水量集输工况下,H4-06井场井口回压为负值,最大水量集输工况下,H4-12井场井口回压为负值,均不满足集输管网生产要求;减压阀组阀后

(下转第209页)

型、凝析气藏型地下储气库(如大张坨、板876、板中北高点、板中高点等),还是干气藏型地下储气库(如相国寺),均主要采用J-T阀+注乙二醇工艺来实现水、烃露点的控制。由于设备尺寸大小及装置对气量适应范围的限制,单套处理规模一般不超过750万 m^3/d 。对于大型储气库,均采用多套并联的方式^[4],详见表2,该种设置方式占地面积大、能耗高且流程复杂,运行管理难度高。

表2 国内已建储气库采气装置设置情况

项目名称	总采气规模/ (万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	采气装置	
		单套采气能力/ (万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	套数
江苏刘庄	200	200	1
大港板南	400	400	1
辽河双六	1500	750	2
西南相国寺	1390/2855	600	4
华北苏桥	2100	700	3
新疆呼图壁	2800	700	4

1.2 国外储气库采气处理工艺现状

据调研,国外储气库采出气处理同样采用固体吸附剂脱烃/脱水、三甘醇脱水、J-T阀膨胀制冷三大主流工艺。对于大规模储气库,例如德国Lesum储气库、奥地利Haidach等采用硅胶脱水工艺,工艺流程简单,生产压差小,单套处理能力大。单套处理能力可达2500万 m^3/d ,操作弹性大,通常为10%~110%设计能力。具体如表3所示。

对于储气库采出气硅胶吸附处理技术,目前国内尚无相似的应用。相比于传统的膨胀制冷工艺,

表3 采气硅胶吸附分离工艺的海外应用情况

库名	国家	类型	采气规模/ (万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	水露 点/ $^{\circ}\text{C}$	吸附 工艺
Lesum	德国	盐穴型	864	-15	3塔/2套
Haidach	奥地利	油气藏	2640	-8	4塔/2套
Nam	荷兰	凝析气藏	2000	-3	3塔/2套
South Sumatra	印尼	油气藏	2605	-5	3塔/2套
Fronhofen	法国	油气藏	85	0	3塔/2套
Hunter Elmworth	加拿大	油气藏	210	-9	3塔/2套

其优缺点如表4所示。

表4 硅胶吸附工艺与传统膨胀制冷工艺对比表

	硅胶吸附工艺	膨胀制冷工艺
优点	①天然气压降小;②可同 时脱除水、烃,效果好;③操 作灵活性高,组分适应性 好;④适用于各类型气藏	①燃料气消耗小;②低 CO_2 和 NO_x 排放;③控制系 统简单
缺点	再生时燃料气将产生少 量 CO_2 和 NO_x	①装置开车初期产品不合 格;②甘醇再生系统会产生 醇类挥发;③对进气组成敏 感;④需要较高的入口压力; ⑤适应操作范围较小

如表4所示,硅胶吸附工艺对采气压力、气量变化适应性较好,操作灵活,单套处理能力大,更适用于储气库大规模采气脱水、脱烃处理,对其吸附原理及工艺进行研究,有助于储气库大规模采气地面配套设施的建设。

(上接第207页)

定压600 kPa时,最大水量及正常水量集输工况下,各个井场井口回压均满足生产要求。通过比选可知,将先导式可调节减压阀组阀后压力定为600 kPa时,可满足集输管网生产要求。

4 结论

(1) Y4-13井场前端集输管网采用DN50管线, Y4-13井场后端集输管网采用DN80管线,既可满足正常水量集输工况下井口回压 ≤ 1200 kPa的要求,也可满足最大水量集输工况下井口回压 ≤ 1400 kPa的要求。

(2) H4-23井场接入H2-G2-Z4支干线处,设置先导式可调节减压阀组,阀后定压600 kPa时,可满足集输管网生产运营需求。

参考文献

- [1] 陈义龙. 煤层气采出水中重金属含量分析[J]. 油气田环境保护, 2009, (4): 37-40.
- [2] 潘红磊. 煤层气勘探开发和利用的环境影响分析[J]. 油气田环境保护, 1996, (2): 33-36.
- [3] 毛建设. 煤层气采出水处理技术探讨[J]. 中国煤层气, 2014, (6): 31-35.
- [4] 中华人民共和国国家标准. GB 50428—2015. 油田采出水处理设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015. ■