

页岩气集输管网压力不均衡产生倒灌的对策

耿海玲¹ 黄术² 王华斌³ 刘忠华¹ 苏堪华¹ Yin Zhang⁴

1 重庆科技学院石油与天然气工程学院 2 中国石油吉林油田分公司信息中心

3 重庆科技学院电气与信息工程学院 4 University of Alaska, Fairbanks

摘要:我国页岩气开发较晚,地面集输工艺技术还不成熟,目前国内大多非常规天然气田采用“枝上枝”管网形式布管,能在一定程度上减少建设和运营费用。在管网集输中常遇到页岩气低压单井倒灌现象,不但造成资源浪费,而且极易引发安全事故。针对这一现象,采取适时调整各单井集输压力、低压气井集输工艺,低压井口、集气阀组处设置橇装化增压装置以及单井设置止回阀等措施。随着页岩气田的发展,集气阀组会不断增多,所需橇装化增压装置也随之增加,优化管网形式和改进工艺技术才能从根本上解决管网倒灌问题。

关键词:页岩气;集输;管网;倒灌;橇装化;增压;渗流运动学

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.10.010

页岩气又称为致密气层气,是天然气开发的新领域,备受世界瞩目。我国页岩气资源蕴藏量巨大,如果将这些大量的页岩气资源开发出来,不仅能缓解当前我国天然气资源的紧缺现象,而且能在很大程度上减少我国对外矿产资源的依存度。我国页岩气开发较晚,地面集输工艺技术还不成熟,在管网集输中常遇到页岩气低压单井倒灌现象,不但造成资源浪费,而且极易引发安全事故。

1 页岩气集输管网布置

我国页岩气资源丰富,单井分布相对集中,但单井压力衰减较快,产量达到峰值后也迅速下降。页岩气管网一方面要考虑为未来接入的新井预留空间,一方面要避免资源浪费。

天然气管网布置形式^[1]主要有4种,包括放射状管网、树枝状管网、环状管网和组合式管网,如图1所示。

放射状管网是由若干口单井通过采气支线汇集到集气干线,若干集气干线再汇集到中央处理厂。这种管网形式适合在单井压力0.35 MPa左右,分布比较集中且处理厂在井场中心位置的情况下采用。树枝状管网有一条集气干线,其两侧单井由采气支线到集气支线,再接入集气干线,最后通过集气干线将天然气输送至井场外的处理厂。这种管网形式适合在单井分布均匀且呈带状的情况下采用。环状管网是将处理厂连接起来形成一条环,单井就近接

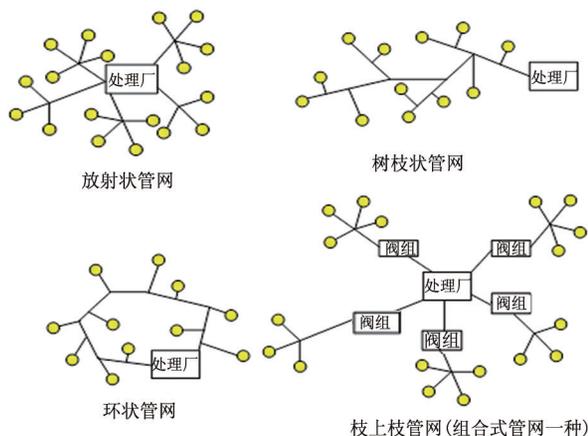


图1 天然气管网布置形式示意图

入环网。这种管网形式适合进气点压力相差不大的情况下采用。枝上枝管网是组合式管网的一种,是将两种或两种以上管网形式组合起来,以博采众长。

王荧光^[2]在苏里格气田进行地面建设优化方案时提出,管网布置采用具有集气阀组的枝上枝管网形式,将集气站改为集气阀组,单井来气就近接入集气阀组,阀组再将来气输送至处理厂进行处理。该种布管形式能节约建设和运营费用,管理、操作、维修方便,减少了土地占用面积,降低了能源消耗和人力资源,经济效益和社会效益好。页岩气集输管网多采用其提出的“多点接入,柔性集输”工艺。

2 页岩气集输管网倒灌现象

在页岩气集输管网中,页岩气在开采初期压力

基金论文:重庆市科委项目“变频驱动潜油电泵机组高效运行基础研究”(cstc2014jcyjA70001)、国家自然科学基金项目“非常规油气田微小井眼钻井连续管滑动遇阻牵引机理研究”(51374266)和“大斜度井段带螺旋槽井壁环空岩屑运移机理研究”(51404050)联合资助。



高,之后压力很快衰减下来。由于单井初期压力不同或单井到集气阀组(集气站)的压力降不同,致使集气阀组处气体倒流进入个别低压单井。这种倒灌现象在页岩气田开发一段时间之后也会出现,主要是因为页岩气井压力衰减快,需要不断开发新井来维持管输流量,而连入管网的新井压力高,造成低压气井产生倒灌或被迫停产。

图2为软件模拟部分集输管网示意图,其中数据由第五届中国石油设计大赛产生,单井输入参数:流量为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,压力为0.5 MPa,温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 时。软件模拟结果显示,距离集气阀组处较近的页岩气单井管流速度^[3]较大,距离集气阀组较远的单井管流速度很小,产量不能全部输送出去。图3是软件模拟在生产中后期,有新井连入集气阀组的管网情况。图3显示,连入的新井压力和产量较高,导致部分老井停产或倒灌。

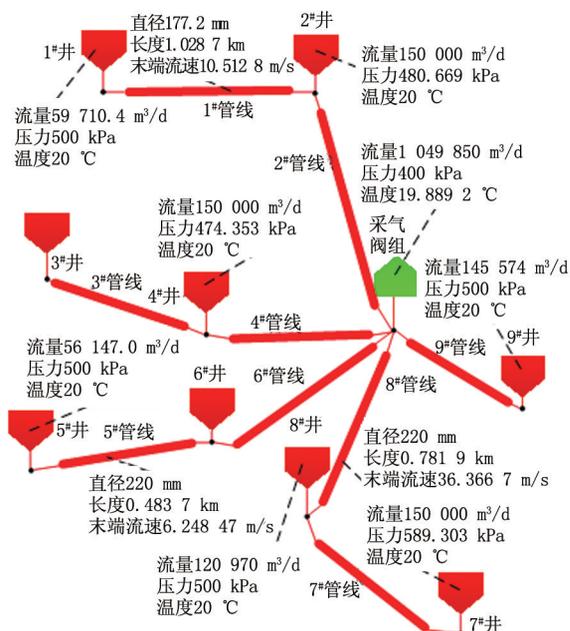


图2 软件模拟部分集输管网

3 缓解倒灌现象的措施

倒灌现象不但造成资源浪费,而且极易引发安全事故,要采取一定的措施来解决或缓解倒灌现象的发生。

(1) 适时调整各单井集输压力。页岩气井口套压在 $20 \sim 28 \text{ MPa}$ 左右,较高的压力不仅对管道阀门及其附件承压带来巨大挑战,而且压力越高,操作检修越不方便,危险性越大。所以一般在页岩气井口设置节流降压装置,以应对短时间的高压力和产量。节流后压力可降至 $0.5 \sim 0.6 \text{ MPa}$ 左右,方便气体在管道中输送。页岩气井口经一级节流,除砂加热后进行二级节流,同时设置放空装置。在生

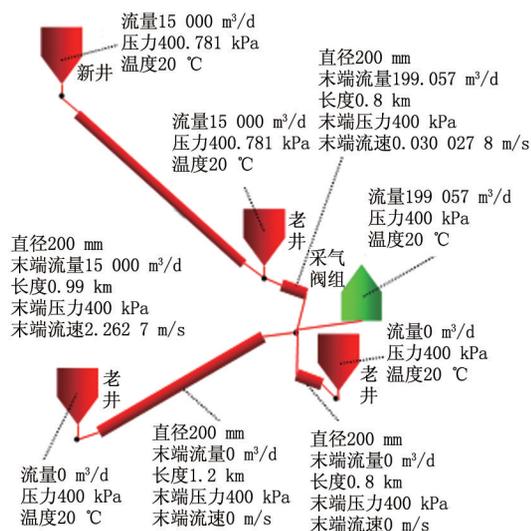


图3 软件模拟新井连入集输管网

产初期可适时调节两级节流和放空装置来控制管输压力,防止集气管网发生倒灌。但这种方法有很大的局限性,只适用于页岩气生产初期高压力的情况,一旦单井压力衰减到无需节流时,就要考虑其他方法了。

(2) 采用低压气井集输工艺。低压气井集输工艺是郑贤英^[4]于2012年提出的,这种工艺有负压集输和增压集输两种方式。负压集输由于我国研究较晚,存在很多关键性问题,国内一般不采用此种工艺。可以采用压缩机增压集输,也可采用引射器增压集输。引射器增压效率低,使用条件受到限制。采用压缩机在处理厂集中增压方法的前提是要建立低压气井集输管网,这种方法的投资建设成本较高,不推荐采用此法。低压气体在集气增压站(集气阀组)经压缩机增压后集中输送至处理厂进行后续处理,这种方法具有可操作性。另一种方法是低压气井自压或经集气站(集气阀组)增压后经低压集气干线输送至处理厂进行丙烷制冷处理。但低压气井压力过低时,采用此方法不能满足集输要求。

(3) 低压井口采用橇装化增压装置。美国页岩气在中心处理厂采用橇装化集输工艺,将脱水装置、增压装置等进行橇装化设计,根据页岩气产量可调整橇装化装置数量。可借鉴美国经验,在个别低压井口采用橇装化增压装置增压,以满足管输压力要求。当低压气井产量枯竭时,可将橇装化增压装置移至其他低压气井,这在一定程度上可缓解连入管网的气井压差过大而造成低压气井倒灌的现象。若同一时期有很多单井进入低压生产阶段,就需要更多橇装化增压装置,这样将会增加大量投资,并且安装和维修橇装化增压装置的工作量比较大,不是解决管网中低压气井倒灌现象的长久之计。



(4) 在集气阀组处设置橇装化增压装置。胡楠等人^[6]于2011年提出煤层气集输采用两级增压工艺,先在集气站进行增压使气体管输压力达到集气干线压力要求,输送至中央处理厂再进行增压以满足外输压力要求。采用该方法,在页岩气集气阀组处设置橇装化增压装置,对单井来气进行集中增压后输送到集气干线。这种方法减少了建设和运营费用,便于统一管理,并且橇装化增压装置可以在连入集气阀组的单井产量枯竭时移至别的阀组处使用。但这一方法的最大问题是要求单井自身压力能满足单井到集气阀组的采气管线的压力。

(5) 单井设置止回阀。仅仅在页岩气每口单井处设置止回阀,虽然可以解决倒灌现象,但这种做法会造成资源浪费,页岩气单井自身压力不足,不能将产量输送出去,也就意味着单井会停产,这是最不可采取的。可以将单井设置止回阀与上述几种方法结合使用,效果会更好。

4 结语

我国页岩气田多位于山地丘陵地区,地形较为复杂,地面集输管网布置要因地制宜地选择合适的管网形式,最大程度地实现低成本高效率开发。页岩气管网倒灌现象是管网形式和单井自身压力共同

作用的结果,是页岩气地面集输工程必须解决的重要问题,目前国内还没有切实有效的解决方法。在上述几种方法中,具有可实施性的就是在集气阀组处设置橇装化增压装置。但随着页岩气田的发展,集气阀组会不断增多,所需橇装化增压装置也随之增加,并不能从根本上解决倒灌问题。优化管网形式和改进工艺技术才能从根本上解决管网倒灌问题。

参考文献

- [1] 王红霞. 煤层气集输与处理[M]. 北京: 中国石化出版社, 2013: 10-12.
- [2] 王荧光. 苏里格气田苏10井区地面建设优化方案[J]. 天然气工业, 2009, 29(4): 89-92.
- [3] 齐成伟. 平面稳态流速场运动学通式[J]. 天然气技术与经济, 2013, 7(6): 27-28.
- [4] 郑贤英. 克拉美丽气田地面处理工艺的改进与优化[D]. 成都: 西南石油大学, 2012: 6.
- [5] 胡楠, 蒋皓, 邵建, 等. 煤层气田地面集输方式以及增压方式优化[J]. 煤气与热力, 2011, 31(9): 6-9.

[第一作者简介] 耿海玲: 重庆科技学院在读硕士, 主要从事油气储运流体力学、页岩气集输工程研究。

(023) 65022047、geng_hailing@163.com

收稿日期 2015-07-15

(栏目主持 杨 军)

全国数字油田高端论坛暨国际学术会议在辽河油田召开

10月15日、16日,由长安大学、盘锦市科学技术局、辽河油田等单位联合主办,辽宁辽河泰利达集团公司承办的第四届全国数字油田高端论坛暨国际学术会议在辽河油田召开。共有来自全国油田企业和IT界、DT学界、业界200余人参会进行了学术交流,国际专家10多人出席。会议的主题是“智能油田&场景时代”。智能油田是数字油田建设之后的又一个油田信息化建设的主题,是数字油田建设的新阶段。智能油田与大数据、云计算、物联网和移动互联网有着密切的关系,唯有推动智能油田建设,才能推动油田信息化的发展。

大会交流的报告集中在以下四个方面:一是信息技术战略性的研究;二是油田信息化高端技术前沿研究;三是数字油田、智能油田研究;四是辽宁辽河泰利达集团公司专业技术研究成果展示。

本次会议还举行了油田大数据、数据治理技术与方法的培训,举行了《数字油田在中国——油田数据工程与科学》专著首发仪式。这部专著集中研究了数字油田数据建设与油田数据研究问题,也是国内首部专题研究油田数据的专著,预计在石油行业内会产生积极影响。据了解,中国数字油田高端论坛是数字油田领域的一次盛会,两年一届,是中国数字油田学界、业界唯一且专业化的学术会议。

马强 报道

