

中-低煤阶煤层气产能模式及其控制因素分析： 以淮南煤田阜康矿区为例

韩旭¹，田继军¹，杨曙光²，王海超¹

- (1. 新疆大学地质与矿业工程学院，新疆 乌鲁木齐 830047；
2. 新疆维吾尔自治区煤田地质局，新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要：基于对阜康矿区煤层气井生产动态资料分析，结合各煤层气井生产特征，建立了 3 种阜康矿区煤层气产能模式，并细分为 6 个亚类。对影响阜康矿区煤层气产量的地质因素及工程因素进行了重点研究。研究发现，地质因素中煤层气产量与煤层埋深呈正比，深度越大产量越大；而产气量与煤层厚度呈反比，分析认为与煤层非均质性及射孔范围有关；工程因素中，多层合采，层间干扰严重；产气量与压裂输出排量呈正比，输出排量越大，产能越好。

关键词：淮南煤田；阜康矿区；产能模式；生产特征；压裂

中图分类号：TD84 **文献标识码：**A **文章编号：**1004-4051(2018)12-0157-03

Analysis of productivity mode and control factors of middle-low rank coalbed methane wells: a case study of the Fukang mining area, southern Junggar coal-field

HAN Xu¹, TIAN Jijun¹, YANG Shuguang², WANG Haichao¹

- (1. School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China;
2. Xinjiang Uygur Autonomous Regional Bureau of Coalfield Geology, Urumqi 830001, China)

Abstract: Based on the analysis of the production dynamics of coalbed methane wells in the Fukang mining area, in combination with the production characteristics of gas wells in each coal seam, three types of coalbed methane production models were established in the Fukang mining area and subdivided into six subcategories. The key researches on the geological and engineering factors that affect the coalbed methane production in the Fukang mining area have been conducted. Findings are that: in geological factors, the coalbed methane production is proportional to the depth of the coal seam, and the greater the depth, the greater the yield; the gas production is inversely proportional to the thickness of the coal seam, and the analysis considers that it is related to the heterogeneity and perforation range of the coal seam; among the engineering factors, multiple layers are combined and the inter-layer interference is serious; the gas production volume is proportional to the fracturing output, and the larger the output, the better the production capacity.

Keywords: southern Junggar coal-field; Fukang mining area; productivity mode; production characteristics; fracturing

阜康矿区的国内首次低阶煤层气工业化突破，不仅确定了低阶煤层气的勘探开发价值，更丰富了低阶煤层气的勘探开发理论。淮南阜康矿区

3 000 万 m³ 煤层气示范区的建立，使得新疆地区成为国内新的煤层气开发热点地区。国内学者在淮南阜康矿区低阶煤层气方面完成了一系列卓有成效的

收稿日期：2018-06-01 责任编辑：赵奎涛

基金项目：国家自然科学基金项目资助(编号:41662010)

第一作者简介：韩旭(1993-)，男，山东东营人，硕士研究生，主要从事煤田及煤层气地质学研究，E-mail:hanxuboy@126.com。

引用格式：韩旭，田继军，杨曙光，等. 中-低煤阶煤层气产能模式及其控制因素：以淮南煤田阜康矿区为例[J]. 中国矿业，2018，27(12):157-159,166. doi:10.12075/j.issn.1004-4051.2018.12.027

工作,但研究主要集中在基础地质、煤储层物性及开采技术三个方面,未见针对阜康矿区生产特征及产能模式的系统化研究^[1-9]。因此,本文围绕煤层气生产特征及控产因素这一问题,对影响阜康矿区煤层气产量的煤层埋深、煤层厚度及工程因素等诸多因素进行研究,以期为进一步的生产管理、措施制定提供理论指导,也可为其他低阶煤层气开发提供理论依据。

1 地质概况

淮南煤田阜康矿区位于博格达山北缘逆冲推覆体的山前断裂带上,西起阜康市正南,经阜康向斜、五工煤矿、黄草沟煤矿、甘河子煤矿、白杨河煤矿,东至大黄山,北以阜康逆掩断层为界,南抵妖魔山逆断层,总面积约 1 365 km²。阜康矿区先后受到燕山运动、喜山运动的强烈改造,区内构造较为发育。

煤层气产层为下侏罗统八道湾组下段(J₁₋₂b¹),含 39 号、41 号、42 号和 44 号四层煤。生产井数据显示:39 号煤层总厚度平均 16.7 m,埋藏深度 655~890 m, $R_{o,max}$ 平均为 0.66%;41 号煤层总厚度平均 7.69 m,埋藏深度 704~1 112.87 m, $R_{o,max}$ 平均值为 0.72%;42 号煤层总厚度平均 14.8 m,埋藏深度 758.38~1 184 m, $R_{o,max}$ 平均为 0.72%;44 号煤层总厚度平均 10.17 m,埋藏深度 1 000~1 202 m, $R_{o,max}$ 平均为 0.79%。

2 产气模式

煤层气井经过排水开始产气后,通常可划分为低产气阶段(阶段 I)、产气量上升阶段(阶段 II)、稳产阶段(阶段 III)和递减阶段(阶段 IV)四个阶段,但不同的煤层气井所处的构造位置、煤层厚度、孔隙度、渗透率、水文地质等条件不同,产气模式也不同^[19]。通过对全区生产井资料的统计分析,归纳出了 3 种产能模式。

2.1 模式 A

模式 A 多以中产气井、低产气井为主,稳产时间短,当产气量达到峰值后,很快开始递减,日产气量由峰值迅速回落,进入稳产期。此类井稳产阶段较短一般保持在 1 年左右,甚至有些井仅能保持半年稳产,然后就进入递减阶段。这类井稳产阶段较短可能与煤储层渗透率低、供气面积小、煤层含水情况等因素有关。根据其特征划分为 A-1 和 A-2 两个亚类。A-1 类生产井无阶段 I,经一段时间排水降压后,迅速进入增产阶段,但当达到产气峰值时,此类井会迅速回落进入阶段 III。在稳产阶段这类井日产气量出现频繁波动,波动幅度不大,稳产一段时间后进入阶段 IV 产气量直线下降。由于基质收缩导

致渗透率增大^[20],减产阶段会发生短期的产量回升。A-2 类生产井生产模式较 A-1 类更为复杂,A-2 类生产井存在一段较短时间的阶段 I,经过一段时间持续抽排,产气量在较短时间内迅速增加并达到产气峰值 1,自此进入稳产阶段(阶段 III)。与 A-1 不同的是,稳产一段时间后 A-2 类井产气量第二次缓慢上升(阶段 II)并在达到产气峰值 2 后迅速进入阶段 IV,产气量逐渐递减。这类井采气面积较 A-1 类更大,且储层连通性好,随着储层水被逐渐排出,产量波动上升,但由于煤储层渗透率低且含气量较小,波动上升后迅速衰减,产量不稳定。

2.2 模式 B

模式 B 多为中产气井,主要特点是低产气阶段(阶段 I),稳产时间长,即有比较长的阶段 III。当产气量达到峰值后,可稳产 2~3 年,有些井稳产时间更长。这类井煤储层一般有较高的渗透率,排水降压速率快且压降扩展范围大。根据其特征可进一步划分为 B-1 和 B-2 两个亚类。B-1 类生产井排采过程中仅经历一个 II-III 阶段,此类井无阶段 I(低产气阶段),当井排水到一定程度后,产气量迅速上升(阶段 II),当达到产气峰值时,产气量略有回落进入阶段 III(稳产阶段)。在稳产阶段这类井日产气量相对稳定,未出现波动。B-2 类生产井生产模式较 B-1 类更为复杂,B-2 类生产井经过一段时间持续抽排,产气量在较短时间内迅速增加并达到产气峰值 1(阶段 II)后进入稳产阶段(阶段 III)。与 B-1 不同的是,稳产一段时间后 B-2 类井产气量第二次缓慢上升(阶段 II),并在达到产气峰值 2 后进入第二稳产阶段(阶段 III)。B-2 类井稳产阶段产气量较 B-1 类井更高。这类井采气面积较 B-1 类更大,且储层连通性好,随着储层水被逐渐排出,产量波动上升,当排出水量与边界补给水量保持动态平衡后,产量逐渐稳定。

2.3 模式 C

模式 C 多高产井,这类井在阶段 I 往往会保持一个低产稳定期,这个稳定期一般只持续 1 个月左右,此后保持日产气量持续增高的趋势。此类井仅有阶段 I 与阶段 II。模式 C 类井控制的煤储层与模式 B 类井控制的煤储层相比,储层条件大体一致,但模式 C 类储层水动力条件较为复杂。根据其特征可进一步划分为 C-1 和 C-2 两个亚类。C-1 类生产井存在一段较短时间的阶段 I,经过一段时间持续抽排,产气量开始逐渐增加进入阶段 II。在产气量增加阶段,日产气量呈波动上升,波动幅度较大。造成此现象的原因与阜康矿区独特的水文地质

条件有关, 由于地表水通过火烧区下渗补偿造成煤储层再排水降压增产, 附近地下水向低压区补给, 储层压力上升, 抑制了甲烷解吸, 产气量发生波动。C-2 类与 C-1 类生产井最大的区别在于 C-2 类井阶段 II 增长相对稳定未出现较大波动, 增长趋势呈上凸型, 增长率逐渐减小。

3 影响产能的主要因素

3.1 煤层埋深

当煤层埋深小于 1 100 m 时, 日产气量随煤层埋深增大而增大; 当煤层埋深大于 1 100 m 后, 日产气量随煤层埋深增大而逐渐减小 (图 1)。分析认为, 煤储层的后期构造改造是造成这一现象的主要因素。阜康矿区煤储层受多期构造运动改造, 煤储层变形程度较高, 阜康矿区渗透率较高排采期的排水降压可顺利进行。其次, 由于多期构造运动的改造浅部煤层裂隙、断层较发育, 煤层气保存条件较差。而当煤层埋深超过 1 100 m 后, 煤储层趋于饱和, 含气量趋于一致, 同时埋深增大使得保存条件较好。此时, 随着埋深增加上覆地层压力逐渐增大, 使得煤储层渗透率逐渐减小导致产气量逐渐减小。

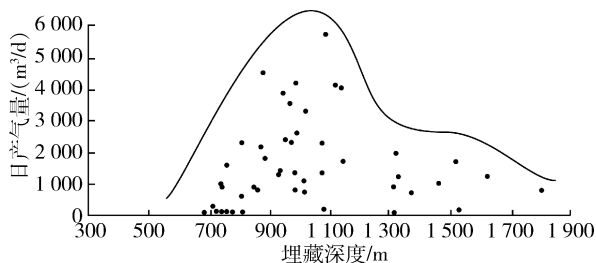


图 1 煤层埋深与日产气量关系图

3.2 煤层厚度

一般认为, 煤层越厚, 供气能力越强, 产量越大^[24]。阜康矿区煤层气主力产层为下侏罗统八道湾组 39 号、41 号、42 号、44 号煤层。各井射孔层位不同, 单层产层厚度介于 2~15 m, 平均为 7.25 m 左右。分析发现: 煤层厚度是控制煤层气产量的重要因素之一, 两者呈正相关关系 (图 2), 煤层厚度越大, 产气量越大。

3.3 多层合采

阜康矿区多层合采分 39 号、41 号、42 号三层合采及 41 号、42 号两层合采, 同时也对 41 号、42 号及 44 号进行单层排采。39 号煤层储层压平均为 5.154 MPa, 临界解吸压力平均为 3.11 MPa; 41 号煤层储层压力平均为 7.09 MPa, 临界解吸压力平均为 2.63 MPa; 42 号煤层储层压力平均为 6.71 MPa,

临界解吸压力平均为 2.84 MPa; 44 号煤层储层压力平均为 8.47 MPa, 临界解吸压力平均为 5.708 MPa。三层合采井单层平均产气量为 443.59 m³/d; 两层合采井的单层平均产气量为 1 402.2 m³/d; 单层排采井的平均产气量 1 726 m³/d。由此可见, 由于 39 号、41 号、42 号、44 号煤层间储层压力及临界解吸压力存在较大差值, 导致层间干扰严重。

3.4 压裂输出排量

根据实际压裂过程中取得的平均输出排量数据绘制而成的输出排量与产气量的关系图 (图 3) 可知: 日产气量与输出排量呈线性正相关关系, 输出排量越大, 日产气量越大。

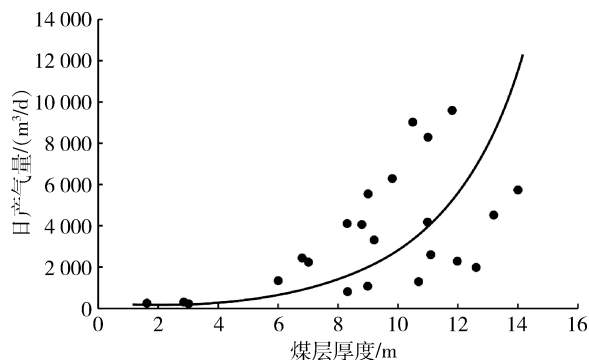


图 2 煤层厚度与日产气量关系图

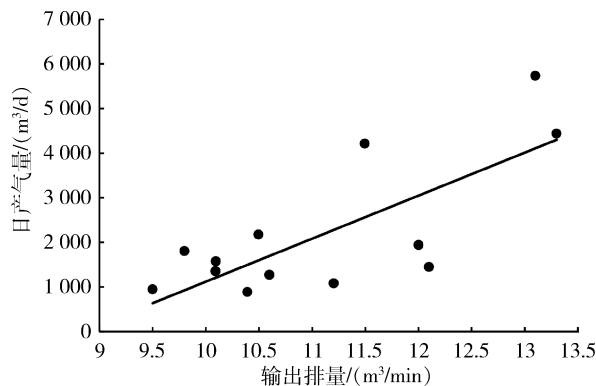


图 3 输出排量与日产气量关系图

4 结 语

基于对阜康矿区煤层气井生产动态资料分析, 建立了 A、B、C 3 种煤层气产能模式, 根据生产周期内产气量变化趋势细化分为 A-1、A-2、B-1、B-2、C-1、C-2 共 6 个亚类。对影响阜康矿区煤层气产量的地质因素及工程因素进行了重点研究。研究发现: 煤储层厚度及煤层埋深是阜康矿区主控地质因素, 层间干扰及压裂效果是主控工程因素。