

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 6171—1995

气藏试采技术规范

1995-12-25 发布

1996-06-30 实施

中国石油天然气总公司 发布

标准下载网(www.bzxzw.com)

目 次

前言

1 范围	1
2 引用标准	1
3 试采任务	1
4 试采内容	1
5 试采管理及要求	2
6 试采资料录取	3
7 试采资料整理	4
8 编写试采总结	8
附录 A（标准的附录）试采总结附表格式	9

前 言

试采是气藏开发的一项重要工作。为使试采工作更加科学化、规范化，取得可靠的试采动态资料，以便分析研究气藏动态特征，提高气藏开发方案设计的准确性和可实施性，获得最佳秩序和经济效益，有必要制定本标准。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准由油气田开发专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：四川石油管理局勘探开发研究院、中原石油勘探局勘探开发研究院。

本标准起草人 王鸣华 孙家征 姜贻伟 王起京 陆家亮

气藏试采技术规范

1 范围

本标准规定了砂岩气藏、碳酸盐岩气藏试采任务、内容和技术要求。

本标准适用于陆上砂岩气藏、碳酸盐岩气藏及凝析气藏，不适用于气顶气藏。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

SY 5440—92 天然气井试井技术规范

3 试采任务

3.1 用动态资料分析和验证气藏地质特征。

3.2 研究气藏纵横向的连通关系及连通程度，判断断层封闭状况，确定水动力系统。

3.3 建立气井产能方程，计算绝对无阻流量，确定气井合理工作制度，研究气井生产特点、产能变化规律，分析气藏稳产条件。

3.4 室内试验分析气藏流体性质和组分，研究天然气相态特征，确定凝析油含量及平面变化，确定气藏类型。

3.5 研究气、水分布规律及地层水活动特点，确定气藏驱动类型。

3.6 用动态法核实气藏天然气储量，预测可采储量。

3.7 了解气井储层污染状况，进行完井方法的评价和优化，提出减少储层污染的有效措施。

3.8 进行酸化及压裂工艺试验，确定储层改造的最佳措施。

3.9 对出水、积液气井，开展排液采气工艺试验，确定有效排液措施。

3.10 提出合理的气井井身结构。

3.11 必要时提出钻评价井或观察井或工艺试验井，建立开发试验区，补取部分地质资料。

4 试采内容

4.1 试采井的选择。

4.1.1 试采井能反映气藏不同部位的开采特征，且能控制气藏储量。

4.1.2 试采井应包括高、中、低产气井及纯气井、气水同产井。

4.1.3 对于较大的气藏，可选择有代表性的区块或裂缝系统开辟试采区。

4.2 试采前应测定的气藏原始动态参数。

4.2.1 试采井和观察井均要实测原始地层压力和井筒静压梯度。

4.2.2 不同构造部位的试采井和观察井均应实测温度和静地温梯度。

4.2.3 试采井和观察井均应取流体样品进行分析化验，确定地下和地面油、气、水组成及物理性质。

4.2.4 对 H_2S 、 CO_2 、 N_2 含量高的气藏和凝析气藏选择有代表性的试采井进行高压取样，做 PVT 分析，研究天然气相态特征。

4.3 试井方式。

4.3.1 试采井投产后，应进行产能试井。低渗气藏应采取等时试井或改进等时试井方法，确定气井产能方程及绝对无阻流量。

4.3.2 选择有代表性的试采井进行压力降落试井和压力恢复试井，确定地层参数。

4.3.3 试采井轮流开井(激动)、开展井间干扰试井，以评价储层或裂缝系统的连通关系，确定井间储层参数。

4.3.4 对于小气藏、多裂缝系统气藏、复杂断块气藏及岩性气藏，要进行压力降落探边测试，确定气藏动态储量，评价储集规模。

4.4 建立试采动态监测系统：

a) 全气藏定期关井实测各井底静压力。

1) 试采期间全气藏关井测静压力不少于 2 次。

2) 对于井底无积液的气井可采用关井井口压力计算井底静压力，有水(液)气井、凝析气井必须下井下压力计实测井底静压力。

b) 设置气藏观察井。

1) 边底水气藏应设置气井观察井和水井观察井。

2) 气井、水井观察井数量可根据气藏含气面积、储量大小、地质复杂情况和边底水活跃程度而适当增减，一般可设置 1~2 口。对小气藏则无必要设置观察井。

3) 可将老井转为观察井，必要时应补钻观察井。

c) 对有代表性的试采井进行生产测井，了解产气及产液剖面。

d) 气藏新完钻的气井和观察井，目的层段要进行重复地层测试(RFT)，以了解地层压力剖面及储量动用状况。

e) 流体监测：对 H_2S 、 CO_2 、 N_2 含量高的气藏及凝析气藏应定期(一般可间隔半年至一年)取样进行全组分分析。

4.5 进行增产措施试验及评估：

a) 对井底污染较严重的试采井，应采取措施排除污染。

b) 对低渗储层开展酸化或压裂改造试验。

c) 对实施的储层改造措施进行效果评价，选出最优工艺措施。

4.6 对井底积液严重的试采井应开展排液工艺试验，以选择合适的工艺技术措施。

5 试采管理及要求

5.1 试采管理及配套工艺设施要求：

a) 试采井必须严格按试采方案录取各项资料，应有专人负责对录取的资料进行质量审查，定期编制试采月报。

b) 地面集输、处理装置必须符合油气田地面建设规范，适应试采及定期试井的要求。

c) 地面流程必须考虑油、气集输同步配套，符合防腐、防污染的要求，尽量回收轻烃。

5.2 在完成气藏试采任务的前提下，应尽量缩短试采时间，一般应在 1~2a 内完成，必要时可根据储量大小做具体规定。

试采期间采出程度不应低于 5%，凝析气藏试采期末地层压力不低于气藏露点压力。

5.3 试采井产量安排：

a) 试采期间气井配产必须满足试采工作的需要。

b) 气驱气藏或地层水不活跃的气藏，以气井绝对无阻流量的 20%~25% 配产，最大不应超过 30%；凝析气井井底流压一般应控制在气藏露点压力之上。

c) 气水边界附近的气井或压裂投产井，以气井绝对无阻流量的 15%~20% 进行配产。

d) 底水较活跃的气藏, 试采井配产除满足 5.3c) 外, 还应以不引起底水锥进为原则。

5.4 试采期间采气速度宜采用 2%~5%。

6 试采资料录取

6.1 试采井基础数据:

- 钻井基本数据;
- 地层分层数据;
- 储层物性数据;
- 井身结构数据;
- 气井小层数据及射孔数据;
- 试井资料及成果。

6.2 生产制度:

- 气嘴尺寸或针形阀开度;
- 流量计类型及孔板大小。

6.3 油、气、水产量资料:

- 试采井要单独计量油、气、水产量;
- 试采井产气量应采取连续计量方式, 误差不应大于 5%;
- 凝析油和水产量每 8h 计量一次, 每天计算一次日产量。

6.4 压力资料:

- 井口油、套压每 2h 记录一次, 每 24h 计算一次平均压力;
- 分离器压力、上流压力、集气站外输压力每 2h 记录一次, 每 24h 计算一次平均压力;
- 每隔 3~6 个月实测一次井底静压和井筒静压梯度;
- 纯气井每 3 个月实测一次井底流压和井筒流压梯度; 气、水同产井每月实测一次;
- 气井观察井每天定时记录井口油、套压一次, 每月定时下压力计实测井底压力和井筒压力梯度;
- 水井观察井每月定时下井底压力计实测液面或井底压力;
- 地面各种压力测量应采用精度等级高于 0.5MPa 的标准压力表, 井下压力测量应采用精度等级高于 0.1MPa 的压力计, 各种压力表应定期检定。

6.5 录取温度资料:

- 每 2h 记录一次天然气井口气流温度、上流温度, 同时记取当时的大气温度;
- 每次测井底流压或静压时, 要同时测井筒相应的压力、温度梯度;
- 选择有代表性的试采井, 关井后每隔 0.5, 1, 3, 7, 13d 测井筒温度梯度, 建立关井后井筒平均温度与时间的关系式。

6.6 录取油、气、水样分析资料:

- 正常试采井每月取地面油、气、水样一次进行全分析; 当气井有产水迹象时, 加密取水样的次数;
- 试采井在进行井下作业前后, 都应取地面油、气、水样进行分析对比。
- 油、气、水分析内容见表 A4~表 A7。

6.7 录取高压物性资料:

- 干气藏选择代表性气井进行井口高压取样, 分析天然气组分以及天然气偏差系数、体积系数随压力、温度变化的关系;
- 凝析气藏须进行井下高压取样或地面配样, 进行全组分分析及相态实验。

6.8 生产测井资料录取:

——气藏主要试采井及气井观察井试采早期要进行生产测井，建立产出剖面，有条件的井投产后每6~12个月测一次以便对比；

——进行增产措施前后应进行生产测井，以了解产出剖面及产量的变化，进行措施效果对比。

6.9 试井资料录取：

——试采井试采期间至少要进行1~2次产能试井，2~3次不稳定试井；

——试采井增产措施前、后均应进行产能试井或不稳定试井；

——试井资料录取及整理参照SY 5440执行。

6.10 录取试采井增产措施施工资料，其主要内容见表A9、表A10。

7 试采资料整理

7.1 回归整理井筒温度资料，分段列出温度与井深的关系式。

$$T_R = a + bD_w \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： T_R ——温度，℃；

D_w ——井深，m；

a 、 b ——回归系数。

7.2 将由井口压力计算的井底压力与实测的井底压力进行对比分析，如果误差超过测压仪表的精度，则必须对井底压力的计算公式进行修正。

7.3 气井的地层压力一般折算到气藏中部深度（折算面），以便井间对比。

7.4 编制天然气主要成分在构造上的分布图。

7.5 编制单井综合采气曲线和气藏试采综合动态曲线。

7.6 编制气、水观察井的压力随时间变化曲线及压力随气藏累计产量的关系曲线。

7.7 计算气藏气水界面位置。

7.7.1 公式计算：

a) 当气、水井原始地层压力为已知时，采用式（2）计算：

$$D_1 = \frac{100p_A + L\rho_w - 100p_B}{\rho_w - \rho_g} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： D_1 ——气水界面至测压点的高度，m；

L ——测量气、水井地层压力的两测压点A、B间的高差，m；

p_A 、 p_B ——气井、水井井底A点、B点间的压力，MPa；

ρ_w ——地层水的密度，g/cm³；

ρ_g ——地层条件下天然气的密度，g/cm³。

b) 当气藏尚未探到边水，水层压力未知时，气水界面用式（3）计算：

$$D_b = D_g - \frac{\eta_g - \rho_g}{\eta_b - \rho_g} \cdot D' \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中： D_b ——气水界面井深，m；

D_g ——产气井产层中部井深，m；

η_b ——气水界面处的压力系数（通常按照邻区气水界面处压力系数统计而得）；

η_g ——已知产气井的压力系数;

D' ——气井产层中部井深, m。

7.7.2 图解法计算: 将气、水井的地层压力标在图 1 中, 气、水压力梯度线的交点即为所求的气水界面位置。

7.8 试井计算按 SY 5440 的规定进行下列计算:

——产气方程式;

——气井无阻流量 q_{AOF} ;

——地层系数 C ;

——能效渗透率 K ;

——井底表皮系数 S ;

——封闭断层到井的水平距离 L_c ;

——探测半径 r_p ;

——平均地层压力 $\bar{p}_R$ 。

如试井曲线有裂缝反映, 则计算裂缝长度及裂缝导流能力。

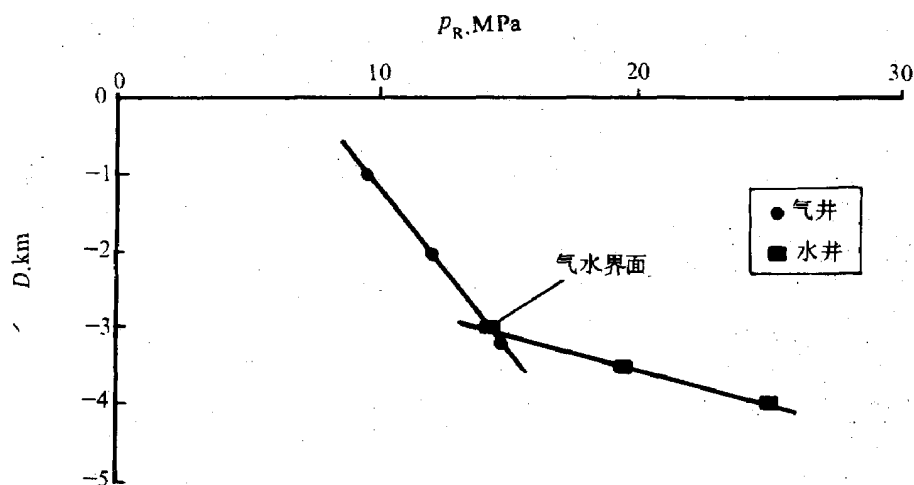


图 1 气水井地层压力梯度

7.9 编制气藏地层系数(C) 等值线图。

7.10 编制不同时期的地层压力等值线图和压力纵、横剖面图。

7.11 计算气藏平均地层压力:

a) 气藏储层比较稳定、均质性好时, 采用算术平均法计算:

$$\bar{p}_R = \sum_{i=1}^n p_{Ri} / n \quad \dots\dots\dots(4)$$

b) 气藏储层平面上连通性比较好、纵向上厚度变化比较大时, 采用有效厚度加权平均法计算:

$$\bar{p}_R = \frac{\int_0^H p_{Ri} dH}{\int_0^H dH} \approx \frac{\sum_{i=1}^n H_i p_{Ri}}{\sum_{i=1}^n H_i} \quad \dots\dots\dots(5)$$

c) 气藏储层平面连通性比较好, 且气藏 ϕ 、 H 分布均匀时, 采用面积加权平均法计算:

$$\bar{p}_R = \frac{\int_0^{A_g} p_{Ri} dA_g}{\int_0^{A_g} dA_g} \approx \frac{\sum_{i=1}^n p_{Ri} A_{gi}}{\sum_{i=1}^n A_{gi}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

d) 气藏参数变化比较大时, 采用有效孔隙体积加权法计算:

$$\bar{p}_R = \frac{\int_0^{V_p} p_{Ri} dV_p}{\int_0^{V_p} dV_p} \approx \frac{\sum_{i=1}^n p_{Ri} H_i A_{gi} \phi_i}{\sum_{i=1}^n H_i A_{gi} \phi_i} \quad \dots\dots\dots(7)$$

e) 气藏静态参数缺少, 气藏处于视稳态生产阶段时, 采用累计产量加权平均法计算:

$$\bar{p}_R \approx \frac{\sum_{i=1}^n G_{pi} p_{Ri}}{\sum_{i=1}^n G_{pi}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: $\bar{p}_R$ ——气藏平均地层压力, MPa;

p_{Ri} ——单井平均地层压力, MPa;

H_i ——单井气层有效厚度, m;

A_{gi} ——单井控制含气面积, m^2 ;

ϕ_i ——单井气层有效孔隙度;

G_{pi} ——单井累计产气量, $10^8 m^3$;

V_p ——单元体有效孔隙体积, m^3 ;

n ——测压井数。

7.12 气藏动态储量计算内容见表 A14。

a) 公式法计算:

1) 气驱气藏按式 (9) 计算:

$$G = \frac{G_p \cdot (p_i / Z_i)}{\frac{p_i}{Z_i} - \frac{p}{Z}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

2) 弹性水驱气藏按式 (10) 计算:

$$G = \frac{G_p \cdot B_g - (W_e - W_p \cdot B_w)}{B_g - B_{gi}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: G ——天然气原始地质储量, $10^8 m^3$;

G_p ——累计产气量, $10^8 m^3$;

p_i/Z_i ——气藏原始视地层压力, MPa;

p/Z ——气藏采出 G_p 气量后的视地层压力, MPa;

B_{gi} ——气藏原始体积系数, m^3/m^3 ;

B_g ——气藏目前体积系数, m^3/m^3 ;

B_w ——地层水体积系数, m^3/m^3 ;

W_e ——累计侵入气藏水量, $10^8 m^3$;

W_p ——累计产水量, $10^8 m^3$ 。

b) 图解法计算 (对气驱气藏): 以气藏平均视地层压力 p/Z 为纵坐标, 累计产气量 G_p 为横坐标, 在坐标内标出不同时期视地层压力和累计产量 (如图 2 所示), 连线外推至横坐标, 其交点所对应的累计产气量即为气藏的压降储量。

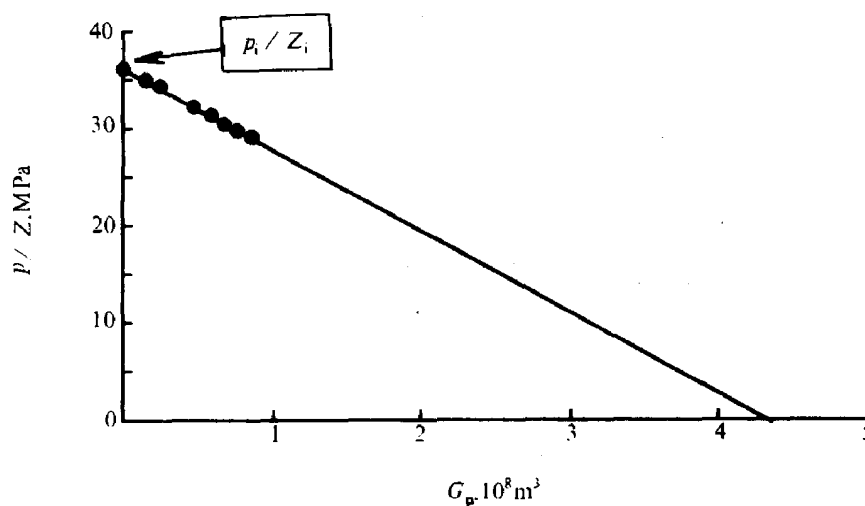


图 2 压降储量图

7.13 压力降落探边测试计算储量公式:

$$G_{gr} = \frac{2q_g p_R p_a}{\beta \frac{1}{B_g}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$G = G_{gr} + G_p \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: G_{gr} ——剩余天然气地质储量, $10^8 m^3$;

G ——原始天然气地质储量, $10^8 m^3$;

G_p ——压降测试开井前的累计产气量, $10^8 m^3$;

q_g ——视稳定阶段平均日产气量, $10^4 m^3/d$;

p_R ——目前气藏压力, MPa;

β ——井底压力平方降落曲线直线段斜率, MPa^2/d ;

p_a ——大气压力, MPa;

B_g ——气藏目前体积系数, m^3/m^3 。

注: 储量计算出现异常时, 必须对气藏类型和储层特征重新进行分析研究。

8 编写试采总结

8.1 编写内容

- 勘探简况;
- 气藏特征;
- 试采目的、任务和内容;
- 试采工作进展情况;
- 试采动态特征认识;
- 试采成果总结和下步工作建议。

8.2 主要附图

- 试采现状图;
- 储层综合图;
- 试采井综合采气曲线;
- 各种试井方法基本图件;
- 试采动态综合曲线;
- 原始和目前气藏地层压力分布图;
- 气藏压降储量图及其他动态法计算储量图;
- 单井及气藏压力剖面图。

8.3 主要附表

- 气、水井基础数据表格式见表 A1;
- 气、水井电测解释及射孔数据表格式见表 A2;
- 气、水井完井试气成果表格式见表 A3;
- 天然气性质分析数据表格式见表 A4;
- 凝析油物理性质分析数据表格式见表 A5;
- 凝析油化学性质分析数据表格式见表 A6;
- 地层水性质分析数据表格式见表 A7;
- 气、水井测压综合数据表格式见表 A8;
- 气井酸化施工数据及效果对比表格式见表 A9;
- 气井压裂施工数据及效果对比表格式见表 A10;
- 气井试井数据表按 SY 5440 的规定执行;
- 气井动态参数表格式见表 A11;
- 气井试采动态综合数据表格式见表 A12;
- 气藏动态综合数据表格式见表 A13;
- 气藏压降储量计算数据表格式见表 A14;
- RFT 测压数据表格式见表 A15;
- 生产测井成果表格式见表 A16。

试采总结附表格式

表 A1 ×× 气田×× 气井基础数据表

钻 井 基 础 数 据					地层分层数据			井身结构示意图
地理位置					时代	井段 m	厚度 m	
构造位置								
平面坐标								
地面海拔 m		补心海拔 m						
开钻日期		完钻日期						
完钻层位		完钻井深 m						
套管程序 mm× m		方入 m						
完井方法			实际人工 井底 m					
油补距 m			最大井斜					
钻开油层 钻井液 性能	相对密度		交井时 钻井液 性能	相对密度				
	粘度			粘度				
	失水			失水				
钻井液 浸泡时间			试油层位					
措施次数			试油结论					
备 注								

填表人: 审核人: 日期:

表 A10 ×××气田××井压裂施工数据及效果对比表

[illegible]

填表人:

审核人:

日期:

表 A13 $\times \times$ 气田 $\times \times$ 气藏动态综合参数表[illegible]

填表人:

审核人:

日期:

表 A15 × × 气田 × × 井 RFT 测压数据表

序 号	层 号	深度 m	压力 MPa		压力系数		渗透率估算 $10^{-3}\mu\text{m}^2$							
			地层	泥浆	地层	泥浆	第一次测试			第二次测试			平均渗透率	
							q_1 cm^3/s	Δp_1 MPa	K_{D_1} $10^{-3}\mu\text{m}^2$	q_2 cm^3/s	Δp_2 MPa	K_{D_2} $10^{-3}\mu\text{m}^2$		K_D $10^{-3}\mu\text{m}^2$
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														

填表人: 审核人: 日期:

表 A16 ×××气田××井生产测井成果表

[illegible]

斷日

审核人:

填表人: