



北京智明恒石油科技股份有限公司

石油百科

北京智明恒石油科技股份有限公司



(1)采油方面的开发指标计算及应用

■ 油田开发指标概述

■ 在油田开发过程中，油田开发指标具有非同寻常的意义，它是评价、衡量油田开发效果是否科学合理的重要依据与参数，因此，各项开发指标的正确计算就显得尤为重要。

■ 采油速度

■ 表示每年采出的油量占总地质储量的比值。是衡量油田开发速度的指标。用对比的方法来判断油井工作状况及评价增产措施和油田开发效果。

$$\text{折算采油速度} = \frac{\text{日产油} \times \text{日历天数}}{\text{地质储量}} \times 100\%$$

表示按当前的生产能力和生产水平所达到的采油速度

$$\text{采油速度} = \frac{\text{年产油}}{\text{地质储量}} \times 100\%$$

表示每年有多大一部分地质储量能被采出



(1)采油方面的开发指标计算及应用

■ 采出程度

■ 是油田任何时间内累积产油占地质储量的百分比。代表一个油田储量资源总的采出情况，用以检查各阶段采收率完成效果。

$$R = \frac{N_p}{N} \times 100\%$$

R — 采出程度； $\times 10^4\text{t}$
 N_p — 累积采油量； $\times 10^4\text{t}$
 N — 地质储量； $\times 10^4\text{t}$

■ 产油（液）指数

■ 指单位采油压差下油井的日产油（液）量，是表示油井生产能力大小的重要参数。用来判断油井工作状况及评价增产措施的效果。

$$\text{采油（液）指数} = \frac{\text{日产油（液）量}}{\text{（静压—流压）}} \quad \text{单位：t / MPa}\cdot\text{d}$$



(1)采油方面的开发指标计算及应用

■ 产油强度

- 单位有效厚度的日产油（液）量，是衡量油层均匀开采的指标。
- 在动态分析中，是用以分析层间矛盾的主要参数。为不同井网、层系控制合理的采油强度，延缓含水上升速度，保持地层压力提供依据。

$$\text{产油强度} = \frac{\text{日产油量}}{\text{射开有效厚度}} \quad \text{单位：t / (m} \cdot \text{d)}$$

■ 产量递减率

- 产量递减率是单位时间内产量递减的百分数。
- 油田在开采一段时间后，产量将按照一定的规律递减，这一递减规律通常以“递减率”指标进行衡量。在动态分析中常以对比的方式来衡量产量变化是否符合规律。
- 递减率分为自然递减和综合递减两大类。



(1)采油方面的开发指标计算及应用

■ 产油强度综合递减率

- 它是反映油田老井在采取增产措施的情况下产量递减速度。

$$D_t = \frac{A \times T - (B - C)}{A \times T} \times 100\%$$

■ 自然递减率

- 是反映油田老井在未采取增产措施情况下的产量递减速度。

$$D_{t自} = \frac{A \times T - (B - C - D)}{A \times T} \times 100\%$$

$D_{t自}$ — 自然递减率, % D — 老井当年1~n月的累积措施增油量, t;

式 中:

D_t — 综合递减率, %;

A — 上年末(12月)标定日产油水平, t;

T — 当年1~n月的日历天数, d;

B — 当年1~n月的累积核实产油量, t;

C — 当年新井1~n月的累积产量, t;

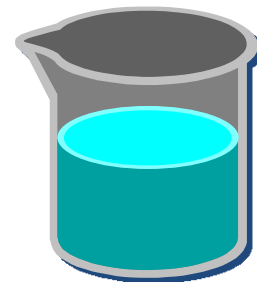


(2) 产水、注水方面的指标

■ 含水率

- 含水率是指油井采出液中水所占的重量百分数，是反映油井出水状况的指标。是注水开发的油田进行动态分析极重要的参数。
- 含水率分为单井含水率、井组(或区块)综合含水率和见水井平均含水率之分。
- 表达式分别为：

$$\text{综合含水率} = \frac{\text{生产油井产水量}}{\text{总产液量}} \times 100\%$$



$$\text{见水井含水率} = \frac{\text{见水生产井产水之和}}{\text{见水生产井总产液量}} \times 100\%$$

$$\text{单井含水率} = \frac{\text{油样中水的重量}}{\text{油样的重量}} \times 100\%$$





(2) 产水、注水方面的指标

■ 含水上升速度和含水上升率

- 含水上升速度是油田（井）含水量上升快慢的指标。是指在某一时间段内综合含水（含水率）的上升值。
- 含水上升率是每采出1%的地质储量时的含水上升值。
- 在动态分析中都可以用于对油田（井）开发效果的评价

含水上升速度 = 当月综合含水—上月综合含水

含水上升率表达式
$$F_w = \frac{f_{w1} - f_{w2}}{R_1 - R_2}$$

式 中:

- f_{w1} — 末期综合含水，%
- f_{w2} — 初期综合含水，%
- R_1 — 末期采出程度，%
- R_2 — 初期采出程度，%

当计算年度含水上升率时
可以直接用下式：

$$\text{年含水上升率} = \frac{\text{年含水上升速度}}{\text{年采油速度}}$$



(2) 产水、注水方面的指标

■ 注采比

■ 注采比是指注入剂在地下所占的体积与采出物(油、气、水)在地下所占的体积之比。用以衡量注采平衡情况，计算公式为：

$$\text{注采比} = \frac{\text{注水量} - \text{注水井溢流量}}{\text{采油量} \times \frac{\text{体积系数}}{\text{相对密度}} + \text{油井产水量}}$$

■ 配注水量

■ 油田开采对注入需求的基本指标。在动态分析时，依据注采平衡需要，用以评估配注水量的合理性，计算、预测注水井单井、区块的注水量。

$$q_{iw} = \text{IPR} \cdot \left(q_o \cdot \frac{\beta_o}{\gamma_o} + q_w \right)$$

式中：

q_{iw} — 配注量 m^3/d

IPR — 阶段注采比

q_o — 产油量 t/d

β_o — 原油体积系数

γ_o — 原油相对密度

q_w — 产水量 m^3/d



(2) 产水、注水方面的指标

■ 吸水指数

■ 是表示在单位压差下的日注水量，单位为 $m^3 / (MPa \cdot d)$ 。是了解不同开发时间注水井和油层的吸水能力大小的指标。

$$I_W = \frac{q_{iw}}{p_w - \bar{p}}$$

■ 在没有流、静压资料时，可用测吸水指示曲线的方法求得。

$$I_W = \frac{\Delta Q_w}{\Delta p_w}$$

$$I'_W = \frac{q_{iw}}{p_{iwh}}$$

式 中：

I_W —吸水指数 $m^3/MPa \cdot d$

I'_W —视吸水指数 $m^3/MPa \cdot d$

q_{iw} —日注水量 m^3/d

p_w —井底压力 Mpa

p_{iwh} —注水井井口压力 Mpa

ΔQ_w —两种工作制度下日注量之差 m^3/d

Δp_w —两种工作制度下井底压力之差 Mpa

动态分析中，可用吸水指数来分析注水井工作状况和油层吸水能力的变化



(2) 产水、注水方面的指标

■ 吸水指数

■ 是表示在单位压差下的日注水量，单位为 $m^3 / (MPa \cdot d)$ 。是了解不同开发时间注水井和油层的吸水能力大小的指标。

$$I_W = \frac{q_{iw}}{p_w - \bar{p}}$$

■ 在没有流、静压资料时，可用测吸水指示曲线的方法求得。

$$I_W = \frac{\Delta Q_w}{\Delta p_w}$$

$$I'_W = \frac{q_{iw}}{p_{iwh}}$$

式 中：

I_W —吸水指数 $m^3/MPa \cdot d$

I'_W —视吸水指数 $m^3/MPa \cdot d$

q_{iw} —日注水量 m^3/d

p_w —井底压力 MPa

p_{iwh} —注水井井口压力 MPa

ΔQ_w —两种工作制度下日注量之差 m^3/d

Δp_w —两种工作制度下井底压力之差 MPa

动态分析中，可用吸水指数来分析注水井工作状况和油层吸水能力的变化



(2) 产水、注水方面的指标

■ 地下亏空

■ 地下亏空是指注入量所占地下体积与采出物（油、气、水）所占地下体积之差。是说明注采平衡与否的重要参数。

$$\text{地下亏空} = \text{产油量} \times \frac{\text{原油体积系数}}{\text{原油相对密度}} + \text{产水体积} - \text{注入体积}$$

■ 存水率

■ 存水率是未产出的注入水与注入水量的比值。是衡量注入水利用率的重要指标，在动态分析中，用于对水驱效率的评价，存水率越高，注入水的利用率越高。

$$\text{存水率} = \frac{\text{注水量} - \text{产水量}}{\text{注水量}}$$



(3) 油田压力指标

■ 总压差

- 原始地层压力与目前地层压力的差值称为总压差。
- 它表示地层压力的水平,同时反映了油田的注采平衡状况。是动态分析中不可缺少的主要参数之一。

$$\text{总压差} = \text{目前地层压力} - \text{原始地层压力}$$

■ 生产压差

- 目前地层压力与油井生产时所测得的流压的差值称为生产压差,也叫采油压差。
- 一般情况下,生产压差越大,产量越高。但不能无限放大,造成脱气。

$$\text{生产压差} = \text{目前地层压力} - \text{流压}$$



(3) 油田压力指标

■ 地饱压差

- 目前地层压力与原始饱和压力的差值。
- 表示原油是否在地层中脱气的指标。是衡量油层弹性能量的指标，地饱压差越大弹性能量越大。地层压力低于饱和压力，原油在油层中就开始脱气，会增加原油粘度，开发效果变差。

$$\text{地饱压差} = \text{目前地层压力} - \text{饱和压力}$$

■ 流饱压差

- 流动压力与饱和压力的差值。
- 它是表示原油是否在井底脱气的指标。流动压力如低于饱和压力，原油在井底开始脱气，增加原油粘度和气油比，造成油井产量下降。

$$\text{流饱压差} = \text{流动压力} - \text{饱和压力}$$



(3) 油田压力指标

■ 注水压差

- 注水井注水时的井底压力（流压）与地层压力之差。
- 注水压差的大小，反映了注水井的注水量的大小。

$$\text{注水压差} = \text{注水井流动压力} - \text{注水井地层压力}$$

■ 注采井动压差（注采大压差）

- 注水井流压与采油井流压之差，又称为注采大压差。
- 注采大压差反映了驱油能力的大小。动力压差越大则水的驱动力越大。

$$\text{注采大压差} = \text{注水井流动压力} - \text{采油井流动压力}$$

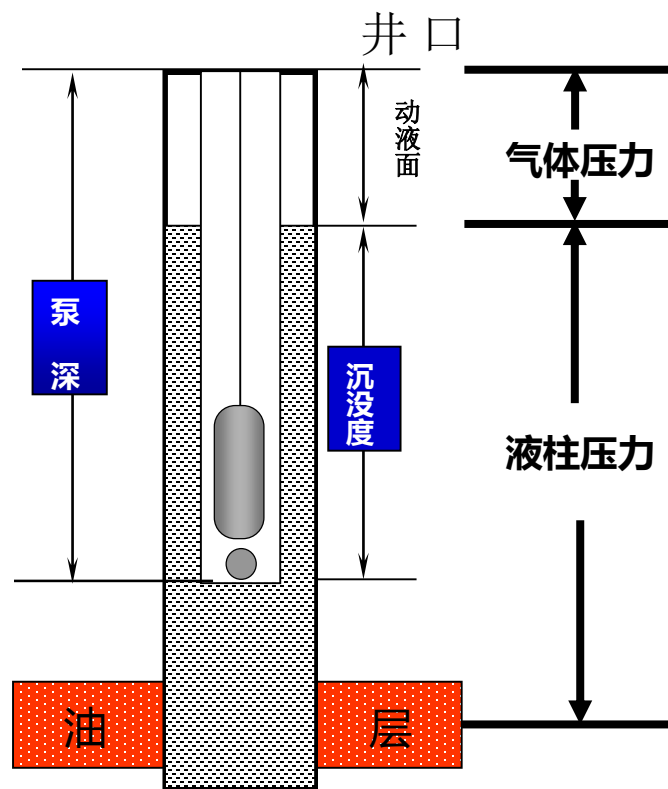


(3) 油田压力指标

■ 油水混合液密度

- 油水混合液:原油和水组成的液体。
- 当混合液含水 f_w 为0时,混合液密度就是原油密度。
- 当混合液含水 f_w 为100%时,混合液密度就是水密度。

$$\text{油水混合液密度} = \text{原油密度} + (1 - \text{原油密度}) * f_w$$



■ 流压计算方法

$$\text{流压} = \text{套压} + (\text{油层中深} - \text{动液面}) * \text{油水混合液密度} * \text{重力加速度} / 1000$$



(4) 其他指标

■ 沉没度

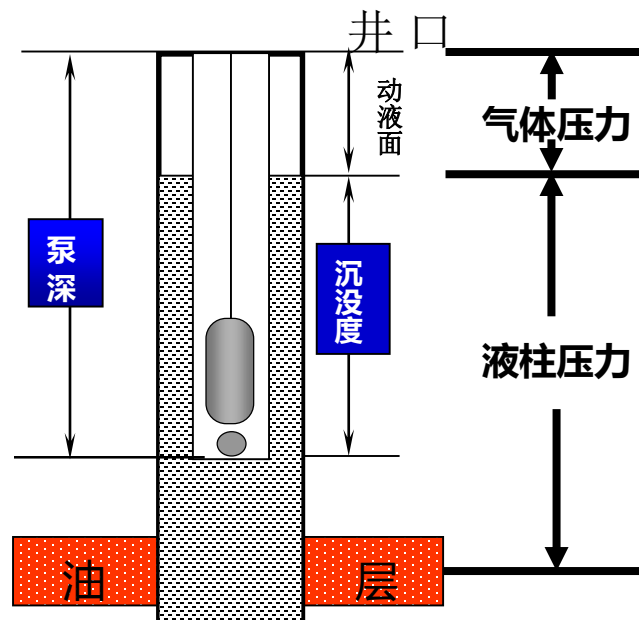
- 是指抽油泵固定凡尔到动液面之间的距离，即泵沉没在动液面以下的深度。
- 沉没度是反映油井生产潜力、分析抽油泵工作状况的主要参数指标，一般情况下，原油粘度愈大、流动阻力愈大，沉没度要求相对大一些，反之要求小一些。

$$\text{沉没度} = \text{泵挂深度} - \text{动液面深度}$$

■ 泵效

- 指抽油泵的实际排量与理论排量之比。是反映抽油泵工作状况的参数指标。
- 动态分析中，常以这一参数来说明泵的工作状况和油藏的供液能力。泵效达到70%以上为高效，正常情况下泵效在40%~70%之间。影响泵效的因素很多，常见的有冲程损失、气体侵入、漏失、泵筒未充满等。

$$\text{泵效} = \frac{\text{日产油}/\text{原油密度} + \text{日产水}}{\text{理论排量}} \times 100\%$$





(4) 其他指标

■ 水驱控制程度

- 是注水井与采油井射开连通厚度与注水井射开油层总厚度之比。
- 水驱控制程度是直接影响采油速度、含水上升率、储量动用程度、最终采收率的主要因素。研究各类油层水驱控制程度是油田调整挖潜的主要依据。

- 表达式为：

$$E_W = \frac{h}{H_o} \times 100\%$$

式中：

E_W — 水驱控制程度

h — 与采油井连通厚度

H_o — 油层总厚度

■ 生产气油比

- 生产气油比是指每采1t原油伴随产出的天然气量。是间接反映地下原油粘度的变化的指标，气油比过高说明地下原油性质发生了变化，流动条件变差。

$$\text{生产气油比} = \text{月产气量} / \text{月产油量}$$