

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5431—1996

井身结构设计方法

1996-11-15 发布

1997-06-01 实施

中国石油天然气总公司 发布

目 次

前言

1 范围	1
2 设计原则	1
3 设计系数及取值范围	1
4 设计步骤	1
5 设计方法	2
6 套管尺寸与钻头尺寸选择	4
7 水泥返深设计	5
8 设计结果	5

井身结构设计方法

1 范围

本标准规定了石油天然气钻井工程井身结构的设计原则, 设计系数及取值范围, 设计步骤和方法, 尺寸选择和水泥返深。

本标准适用于钻井工程中常规直井井身结构设计。

2 设计原则

2.1 有利于发现、认识和保护油气层, 有效地控制异常地层压力, 保证井控作业顺利进行。

2.2 避免漏、喷、塌、卡等复杂情况的产生, 缩短建井周期, 实现安全快速完井, 使全井钻井费用最低。

2.3 探井设计要考虑加深和增下中间套管的需要。

3 设计系数及取值范围

3.1 井身结构设计的主要依据是地层孔隙压力梯度曲线和地层破裂压力梯度曲线。

3.2 在井身结构设计中除计算作用在井内的液柱压力外, 还应确定以下设计系数取值范围。

3.2.1 抽汲压力梯度 S_b 和激动压力梯度 S_g 由井下实测法求得, 也可用数学模式计算。一般 S_b 和 S_g 取 $0.00015 \sim 0.00040 \text{ MPa/m}$ 。

3.2.2 地层破裂安全增值 S_r 由地区统计资料得到。一般取 0.0003 MPa/m 。

3.2.3 井涌条件允许值 S_k 由地区统计资料得到。一般取 $0.0005 \sim 0.0010 \text{ MPa/m}$ 。

3.2.4 最大回压 p_{wh} 由工艺条件决定。一般取 $2 \sim 4 \text{ MPa}$ 。

3.2.5 正常压力地层压差卡钻临界值 Δp_n 和异常压力地层压差卡钻临界值 Δp_{ab} 由地区压差卡钻资料统计得到。一般 Δp_n 取 $12 \sim 15 \text{ MPa}$, Δp_{ab} 取 $15 \sim 20 \text{ MPa}$ 。

3.3 为了保护油气层, 实现近平衡压力钻井, 应尽可能使用最低钻井液密度 (在地层孔隙压力基础上, 油井附加 $1.5 \sim 3.5 \text{ MPa}$; 气井附加 $3.0 \sim 5.0 \text{ MPa}$)。

3.4 在同一井段, 有两个以上压力梯度不同的地层时, 在钻井工艺难以保证顺利钻进的条件下, 应用套管封隔。

3.5 对含硫化氢地层、严重坍塌地层、塑性盐膏层和暂不能建立压力梯度曲线的裂缝性地层等, 均应确定各层套管的必封点深度。

3.6 应根据井身结构设计的各层套管柱的最大载荷选择钻机类型。

3.7 当套管的抗拉强度不够时, 需设计下尾管, 尾管是否回接由完井设计确定。

4 设计步骤

4.1 绘制待钻井的压力梯度曲线图, 作为示例见图 1。

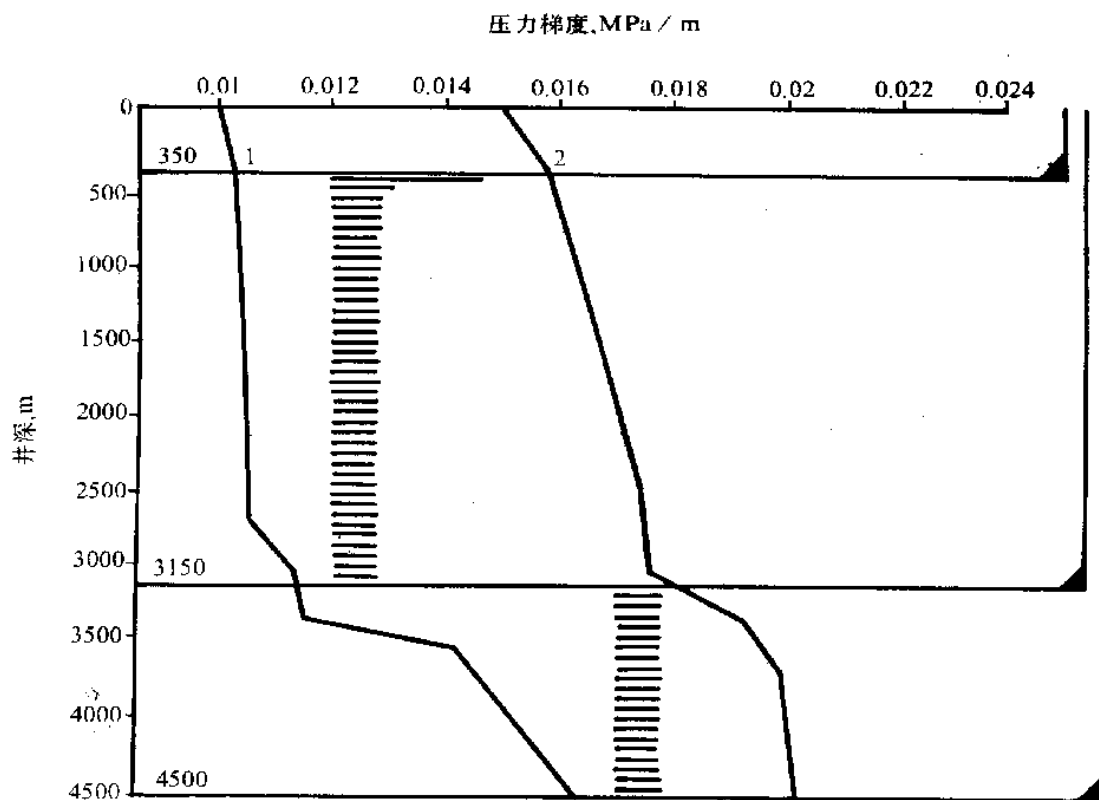
4.2 确定待钻井的井身结构设计系数。

4.3 确定生产套管的下入深度。

4.4 确定中间套管和尾管的下入深度。

4.5 确定表层套管的下入深度。

4.6 确定各层套管的尺寸和管外水泥返深及相应的钻头尺寸。



1—孔隙压力梯度线；2—破裂压力梯度线

图1 压力梯度曲线图

5 设计方法

5.1 中间套管设计

5.1.1 根据压力梯度曲线图中的最大地层孔隙压力梯度计算设计破裂压力梯度。

$$G_{\text{fl}} = G_{\text{pmax}} + (S_b + S_g + S_r) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： G_{fl} ——设计的地层破裂压力梯度，MPa/m； G_{pmax} ——压力梯度曲线图中最大的地层孔隙压力梯度，MPa/m。

5.1.2 根据设计破裂压力梯度初选中间套管下入深度。

自横坐标上找出设计的破裂压力梯度 G_{fl} ，上引垂线与破裂压力梯度线相交，交点井深即为初选中间套管下入深度 D_3 或尾管最浅下入深度。5.1.3 计算正常孔隙压力地层最大深度 D_n 处的钻井液柱压力与地层孔隙压力的差值 Δp

$$\Delta p = (\rho_m - \rho_{\text{fw}}) D_n / 102 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： Δp ——钻井液柱压力与地层孔隙压力的差值，MPa； ρ_m ——钻至初选中间套管鞋处所用钻井液密度，g/cm³； ρ_{fw} ——正常地层水的密度，g/cm³； D_n ——压力梯度曲线图中正常孔隙压力下地层最大井深，m。

5.1.4 验证初选中间套管下入深度 D_3 有无压差卡钻的危险, 确定中间套管下入深度 D_2 。

a) 若 Δp 小于 Δp_n , 则初选深度 D_3 即为中间套管下入深度 D_2 。

b) 若 Δp 大于 Δp_n , 则中间套管下入深度应小于初选深度 D_3 ; 此时需计算在 D_n 深度处压力差为 Δp_n 时允许的最大地层孔隙压力梯度 G_{p2max} 。

$$G_{p2max} = \Delta p_n / D_n + \rho_{fw} / 102 - S_b \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: G_{p2max} ——正常孔隙压力地层最大深度 D_n 处不发生压差卡钻允许的最大地层孔隙压力梯度, MPa/m。

在压力梯度曲线图上找出最大允许地层孔隙压力梯度 G_{p2max} 值, 引垂线与地层孔隙压力梯度线相交, 交点井深即为中间套管下入深度 D_2 。

5.2 表层套管设计

考虑井涌压井条件或探井设计时, 用下述方法确定表层套管下入深度。

5.2.1 根据中间套管下入深度 D_2 处的地层孔隙压力梯度, 在给定井涌条件 S_k 下初选一个表层套管下入深度 D_1 , 用式 (4) 计算井涌关井时表层套管鞋处承受的压力梯度 G_1 。

$$G_1 = G_{p2} + S_b + \frac{D_2}{D_1} \times S_k \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: G_1 ——井涌关井时表层套管鞋处承受的压力梯度, MPa/m;

G_{p2} ——中间套管鞋处的地层孔隙压力梯度, MPa/m;

D_2 ——中间套管下入深度, m;

D_1 ——表层套管下入深度, m。

若计算结果 G_1 值与破裂压力安全增值 S_f 之和小于地层破裂压力梯度, 则满足设计要求, 该深度即为表层套管下入深度。否则, 应加深表层套管深度再进行试算。

5.2.2 设计表层套管下深时一般不进行压差卡钻校核。

5.3 尾管设计

当中间套管下入深度 D_2 小于初选深度 D_3 时需要下尾管, 并确定尾管下入深度。

5.3.1 根据中间套管下入深度 D_2 处的破裂压力梯度和设计系数计算尾管最大下入深度 D_5 处的地层孔隙压力梯度。

$$G_{p5} = G_{f2} - (S_b + S_f + S_r) \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: G_{p5} ——尾管鞋处的地层孔隙压力梯度, MPa/m;

G_{f2} ——中间套管下入深度 D_2 处的地层破裂压力梯度, MPa/m。

5.3.2 在压力梯度曲线图横坐标上找出 G_{p5} 值, 引垂线与破裂压力梯度线相交, 交点井深即为尾管最大下入深度 D_5 。

5.3.3 校核尾管在此下入深度是否有被卡的危险。

校核方法与中间套管相同, 当尾管最大下入深度 D_5 处的压差值 Δp_5 小于该井段的压差卡钻临界值 Δp_{ab} 时, 则尾管不会被卡。

5.3.4 校核尾管下入深度, 在给定井涌条件允许值 S_k 压井时, 中间套管鞋处的地层是否有被压裂的危险。

校核方法同表层套管, 用式 (6) 计算井涌关井时中间套管鞋处承受的压力梯度 G_2 。

$$G_2 = G_{p5} + S_b + \frac{D_5}{D_2} \times S_k \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: G_2 ——井涌关井时中间套管鞋处承受的压力梯度, MPa/m;

D_5 ——尾管最大下入深度, m。

当 G_2 值与破裂压力安全增值 S_f 之和小于该深度处破裂压力梯度时, 则满足设计要求。

5.4 生产套管设计

生产套管下入深度应根据完井方法和油气层位置确定。

6 套管尺寸与钻头尺寸选择

6.1 选择原则

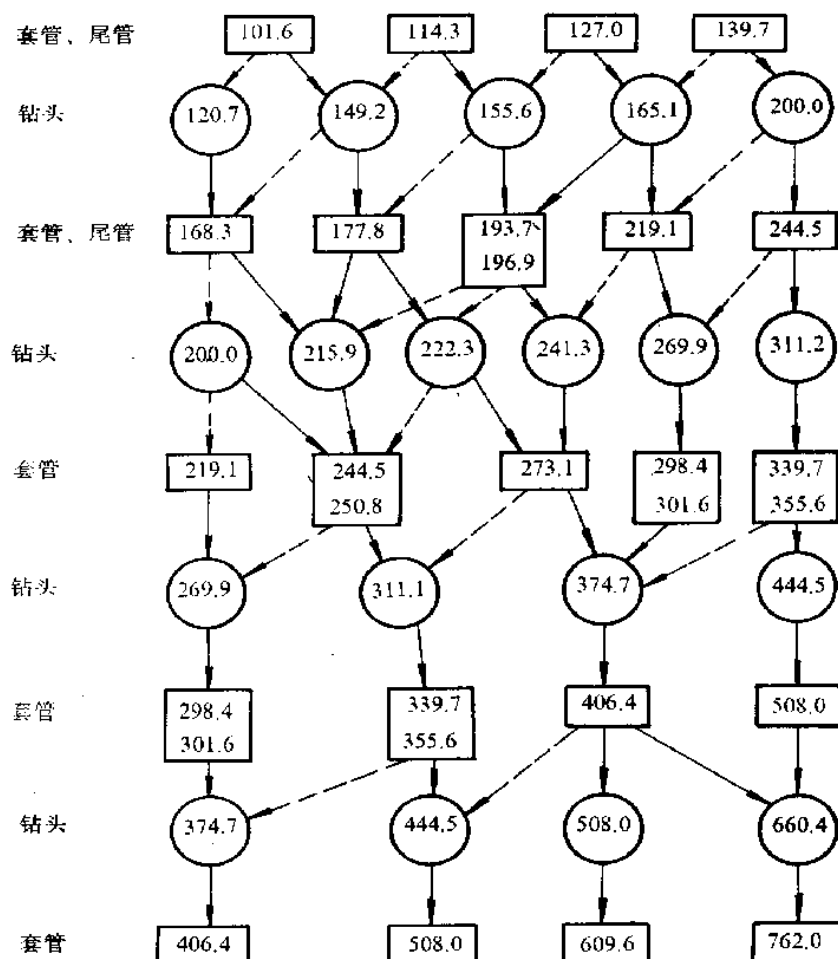
6.1.1 生产套管尺寸必须满足油田开发的需要, 根据生产层的产能、油管尺寸、增产措施和井下作业的要求来确定。

6.1.2 中间套管和尾管尺寸的选择要考虑钻井周期、工艺水平和完井方法的要求。

6.2 套管与钻头尺寸的配合

6.2.1 由下而上, 由里而外, 确定各层套管和相应的钻头尺寸。

6.2.2 套管与井眼的间隙应设计合理, 间隙值宜大于或等于 19mm。套管和钻头尺寸亦可按图 2 来选择。



注:

1 数据的单位均为毫米;

2 实线箭头代表常用配合, 虚线箭头表示不常用配合。

图 2 套管和钻头尺寸选择图

7 水泥返深设计

7.1 对于油层，生产套管的管外水泥返深至少应在油层顶部 200m 以上；对于气层，生产套管的管外水泥返深至少应在气层顶部 300m 以上。

7.2 中间套管的管外水泥返深至少应在复杂层或大断层 100m 以上。

7.3 尾管的管外水泥应至少返至尾管悬挂器以上。

7.4 表层套管的管外水泥应返至地面。

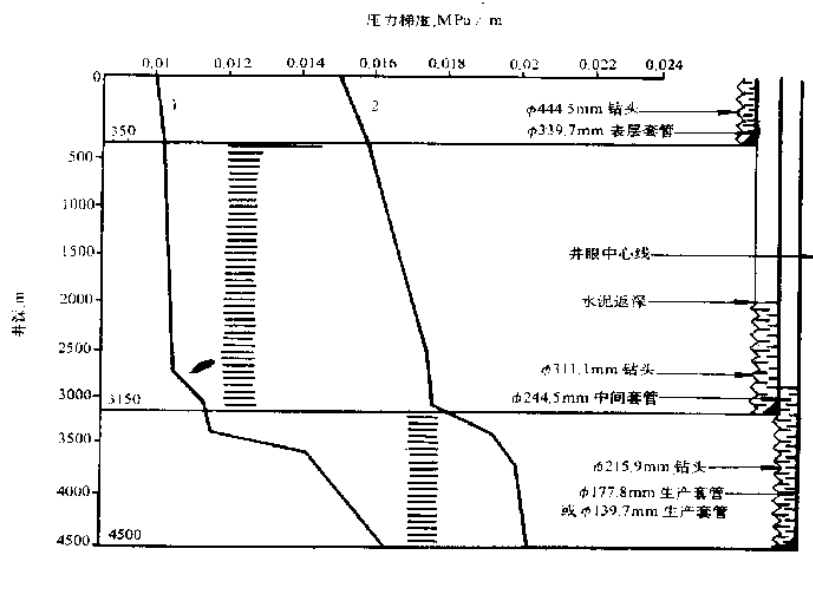
8 设计结果

8.1 井身结构设计表见表 1。

表 1 井身结构设计表

套管程序	下入深度 m	套管尺寸 mm	钻头尺寸 mm	水泥返深 m	备注
表层套管					
中间套管					
尾管					
生产套管					

8.2 井身结构设计图示例见图 3。



1—孔隙压力梯度线；2—破裂压力梯度线

图 3 井身结构设计图