

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5334—1996

套管扶正器安装间距计算方法

1996-12-15 发布

1997-06-30 实施

中国石油天然气总公司 发布

前 言

本标准是 SY 5334—88 的修订版本。此版本与原版本 SY 5334—88 的重要技术差别在于:

- 1 修改了套管最大偏心距的计算方法;
- 2 增加了刚性扶正器安装间距的计算方法;
- 3 删掉了原版中的附录 A (补充件):“套管扶正器安装间距便查图及使用方法”。

本标准于 1988 年 9 月首次发布, 本次修订是第一次修订。

本标准从生效之日起, 同时代替 SY 5334—88。

本标准的附录 A 和附录 B 都是提示的附录。

本标准由石油钻井工程专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位: 西南石油学院。

本标准主要起草人 邓建民 刘崇建

套管扶正器安装间距计算方法

1 范围

本标准规定了套管扶正器安装间距计算方法。

本标准适用于直井、定向井和水平井中的弹簧片型套管扶正器和刚性扶正器的安装间距计算。

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 5024—93 套管扶正器

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 套管扶正器安装间距

相邻两套管扶正器中点间的套管长度。

3.2 同心环空间隙

井眼半径与套管外半径之差。

3.3 套管偏心距

套管轴线偏离井眼轴线的距离。

3.4 套管最大偏心距

相邻两套管扶正器间中点处的套管偏心距。

3.5 套管许可偏心距

套管最大偏心距的许可值。

4 符号及代号

本标准所用符号及代号见表 1。

表 1

序 号	代 号	含 义	单 位
01	B	计算过程中的过渡参数	N / m
02	C	计算过程中的过渡参数	N / m
03	D_{ci}	套管内径	cm
04	D_{co}	套管外径	cm
05	D_h	井眼直径	cm
06	D_{rc}	刚性套管扶正器外径	cm

表 1(完)

序 号	代 号	含 义	单 位
07	E	套管钢材弹性模量	N/m^2
08	e	套管偏心距	cm
09	$e_{\max}$	套管最大偏心距	cm
10	$[e]$	套管许可偏心距	cm
11	g	重力加速度	m/s^2
12	H	下扶正器处井眼垂深	m
13	H_b	套管柱下入垂深	m
14	J	套管横截面惯性矩	m^4
15	K	弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性系数	cm/N
16	L	套管扶正器安装间距	m
17	P	复位力	N
18	S	弹簧片型套管扶正器压缩变形量	cm
19	T	下扶正器处套管轴向力	N
20	u	同心环空间隙	cm
21	W_a	单位长度套管在空气中的重力	N/m
22	W_c	单位长度套管在钻井液中的浮重	N/m
23	α	井眼井斜角	$(^\circ)$
24	$\bar{\alpha}$	L 长度井段对应的平均井眼井斜角	$(^\circ)$
25	$\Delta\alpha$	L 长度井段对应的井眼井斜角变化量	$(^\circ)$
26	β	平均井斜全角变化量	$(^\circ)$
27	ρ_m	注水泥前井内钻井液密度	kg/m^3
28	ρ_s	套管钢材密度	kg/m^3
29	φ	井眼方位角	$(^\circ)$
30	$\Delta\varphi$	L 长度井段对应的井眼方位角变化量	$(^\circ)$
31	$F(P)$	弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性曲线函数式 (即复位力为 P 时的压缩变形量)	cm
32	s	下角标,表示平均井斜狗腿平面	—
33	v	下角标,表示铅垂面	—
34	1	下角标,表示下扶正器	—
35	2	下角标,表示上扶正器	—

5 套管扶正器安装间距确定原则

套管扶正器安装间距的确定原则是：套管最大偏心距小于或等于套管许可偏心距，即：

$$e_{\max} \leq [e] \quad \dots\dots\dots(1)$$

在安装间距设计计算时取临界条件，即：

$$e_{\max} = [e] \quad \dots\dots\dots(2)$$

套管许可偏心距建议取值为同心环空间隙的 1/3，即：

$$[e] = u/3 = (D_h - D_{co})/6 \quad \dots\dots\dots(3)$$

6 套管最大偏心距计算公式

6.1 弹簧片型套管扶正器

6.1.1 精确公式

$$e_{\max} = (e_v^2 + e_s^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$e_v = F(P_v) + 200P_v / C \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$e_s = F(P_s) + 200P_s / C \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$P_v = |W_e L \sin \bar{\alpha} - (2T + W_e L \cos \bar{\alpha}) \operatorname{tg}(\Delta \alpha / 2)| \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$P_s = (2T + W_e L \cos \bar{\alpha}) \operatorname{tg}(\beta / 2) \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$C = 8\pi^4 EJ / L^3 + \pi^2 (2T + W_e L \cos \bar{\alpha}) / L \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\beta = \arccos(\cos^2 \bar{\alpha} + \sin^2 \bar{\alpha} \cos \Delta \varphi) \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\bar{\alpha} = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$\Delta \alpha = \alpha_1 - \alpha_2 \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$T = W_e (H_b - H) \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$W_e = W_a (1 - \rho_m / \rho_s) \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$E = 2.06 \times 10^{11} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$J = \pi(D_{co}^4 - D_{ci}^4) \times 10^{-8} / 64 \quad \dots\dots\dots(17)$$

6.1.2 简化公式

$$e_{\max} = (K + 200/B) \{ (W_e L \sin \bar{\alpha})^2 + 4T^2 [\operatorname{tg}^2(\Delta\alpha'/2) + \operatorname{tg}^2(\beta/2)] - 4TW_e L \sin \bar{\alpha} \operatorname{tg}(\Delta\alpha/2) \}^{1/2} \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$B = 8\pi^4 EJ / L^3 + 2\pi^2 T / L \quad \dots\dots\dots(19)$$

该简化公式基于下述两点:

a) 套管扶正器压缩变形量按近似公式 $S = KP$ 计算。其精确公式为 $S = F(P)$ 。

b) T 值远大于 $(W_e L \cos \bar{\alpha}) / 2$ 。

6.2 刚性套管扶正器

6.2.1 精确公式

当相邻两扶正器全为刚性扶正器时:

$$e_{\max} = (D_h - D_{rc}) / 2 + 200(P_v^2 + P_s^2)^{1/2} / C \quad \dots\dots\dots(20)$$

当相邻两扶正器一只为刚性扶正器, 一只为弹簧片型扶正器时:

$$e_{\max} = [(D_h - D_{rc}) / 2 + (e_v^2 + e_s^2)^{1/2} + 200(P_v^2 + P_s^2)^{1/2} / C] / 2 \quad \dots\dots\dots(21)$$

6.2.2 简化公式

当相邻两扶正器全为刚性扶正器时:

$$e_{\max} = (D_h - D_{rc}) / 2 + (200/B) \{ (W_e L \sin \bar{\alpha})^2 + 4T^2 [\operatorname{tg}^2(\Delta\alpha/2) + \operatorname{tg}^2(\beta/2)] - 4TW_e L \sin \bar{\alpha} \operatorname{tg}(\Delta\alpha/2) \}^{1/2} \quad \dots\dots\dots(22)$$

当相邻两扶正器一只为刚性扶正器, 一只为弹簧片型扶正器时:

$$e_{\max} = (D_h - D_{rc}) / 4 + (K/2 + 200/B) \{ (W_e L \sin \bar{\alpha})^2 + 4T^2 [\operatorname{tg}^2(\Delta\alpha'/2) + \operatorname{tg}^2(\beta/2)] - 4TW_e L \sin \bar{\alpha} \operatorname{tg}(\Delta\alpha/2) \}^{1/2} \quad \dots\dots\dots(23)$$

7 计算公式使用说明

7.1 计算步骤

在进行全井或某一井段的套管扶正器安装间距设计计算时, 从下往上逐跨进行设计计算。

本标准的计算公式是套管扶正器安装间距的隐函数表达式, 因此在进行某一跨的间距设计时, 需采用逐步逼近的试算法。计算步骤为 (以弹簧片型套管扶正器精确公式为例): 先试取一个间距 L 值, 计算出上扶正器处的井眼井斜角 α_2 和方位角 φ_2 (注意: 这时下扶正器处的井眼井斜角 α_1 和方位角 φ_1 及轴向力 T 均是已知的), 然后从式 (13) 至式 (4) 逆向逐式计算直至计算出套管最大偏心距 $e_{\max}$, 将其与套管许可偏心距 $[e]$ 进行比较, 当 $e_{\max}$ 小于 $[e]$ 时, 适当增大 L 再计算, 反之减少 L 再计算 (注意: 改变 L 时 α_2 , φ_2 均要重新计算), 直到 $e_{\max}$ 与 $[e]$ 的相对误差满足工程精度要求 (通常为 5%) 为止, 这时的 L 值就作为确定的该跨套管扶正器安装间距值。

附录 A (提示的附录) 为套管扶正器安装间距计算示例。

7.2 弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性曲线函数式

精确公式中套管扶正器压缩变形弹性曲线函数式 $F(P)$ ，应根据不同井眼一套管尺寸组合按 SY 5024—93 的 6.3 给出的方法测定套管扶正器的复位力—压缩变形量数据，然后据这些数据回归得出。套管扶正器压缩变形弹性曲线示例见附录 B（提示的附录）。

7.3 弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性系数

简化公式中套管扶正器压缩变形弹性系数 K ，可按 7.2 给出的方法测定出来的套管扶正器复位力—压缩变形量数据线性回归得出，参见附录 B（提示的附录）。

套管扶正器安装间距计算示例

139.7mm($5\frac{1}{2}$ ") 套管柱 (单位长度套管在空气中的重力 248.1N / m) 下入 215.9mm ($8\frac{1}{2}$ ") 井眼。套管柱下入深度 3000m(垂深 2800m)。在 1500m 至 1600m 井段井眼井斜变化率 $2^{\circ} / 25\text{m}$ (增斜), 平均井斜全角变化率 $2^{\circ} / 25\text{m}$ 。井深 1600m 处 (垂深 1570m)井斜角为 25° 。注水泥前井内钻井液密度 $1200\text{kg} / \text{m}^3$ 。使用的 139.7mm($5\frac{1}{2}$ ")弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性曲线函数式为:

$$S = F(P) = 2.79 \times 10^{-5} P + 7.14 \times 10^{-8} P^2 - 4.81 \times 10^{-12} P^3$$

计算的套管扶正器安装间距如下 (表 A1)。

表 A1

扶正器号	安装井深 m	α ($^{\circ}$)	L m	T N	P_v N	P_s N	$c_{\max}$ cm
1	1600	25.00	—	258514	—	—	—
2	1590.76	24.26	9.24	260282	2541	3347	1.269
3	1581.57	23.52	9.19	262060	2591	3351	1.276
4	1572.44	22.79	9.13	263823	2596	3352	1.270
5	1563.37	22.06	9.07	265595	2645	3352	1.274
6	1554.35	21.34	9.02	267352	2648	3356	1.269
7	1545.39	20.62	8.96	269117	2696	3356	1.273
8	1536.48	19.91	8.91	270868	2697	3359	1.269
9	1527.63	19.20	8.85	272625	2745	3358	1.272
10	1518.83	18.50	8.80	274365	2744	3361	1.267
11	1510.09	17.80	8.74	276112	2790	3359	1.271
12	1501.40	17.10	8.69	277867	2836	3361	1.277

弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性曲线示例

图 B1 所示为某一弹簧片型套管扶正器压缩变形弹性曲线。

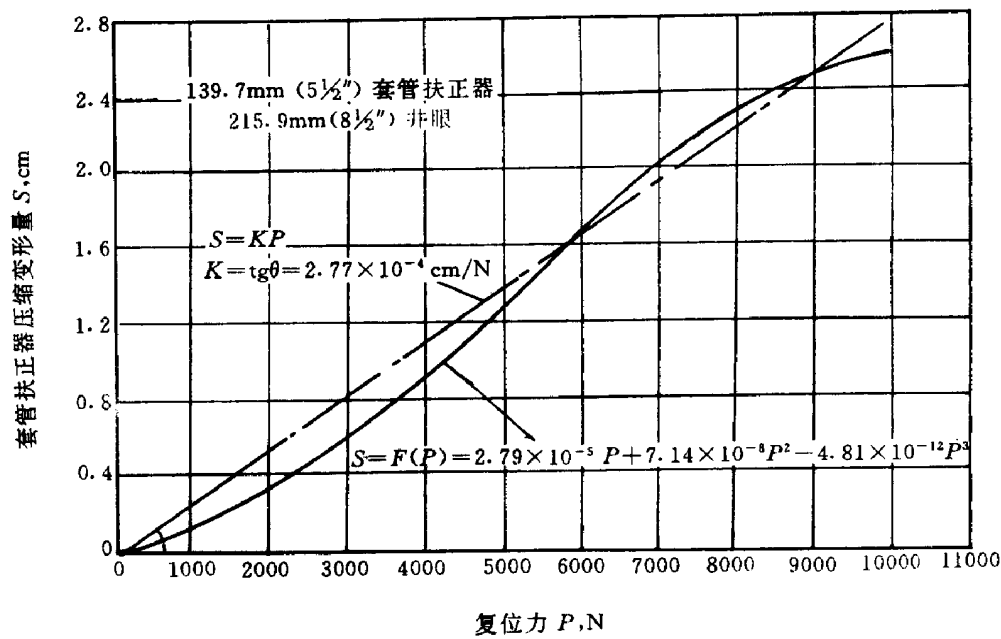


图 B1 套管扶正器压缩变形弹性曲线