



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

**SY/T 5746—2009**

代替 SY/T 5746—1995

---

## 潜油电泵井动态控制图编制 和使用方法

The establishment and application methods of dynamic control  
chart for electric submersible pump well

2009—12—01 发布

2010—05—01 实施

---

国家能源局 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 术语和定义 ..... 1

3 动态控制图编制的理论依据 ..... 1

4 区域界限的确定和区域的划分 ..... 3

5 控制图绘制 ..... 4

6 使用方法和要求 ..... 5

## 前 言

本标准代替 SY/T 5746—1995《潜油电泵井动态控制图编制和使用方法》。

本标准与 SY/T 5746—1995 相比，主要修订内容如下：

- 增加了英文翻译（本版的标准英文名称和第 2 章）和排量效率的解释（本版的 2.6）；
- 修订了部分术语和单位符号 [1995 年版的 2.2, 2.3, 4.3, 式（1）～式（3）；本版的 2.2, 2.3, 4.3, 式（1）～式（3）]，限定条件（1995 年版的第 1 章；本版的第 1 章）及相关说明（1995 年版的 3.3, 4.4；本版的 3.3, 4.4）；
- 明确了界定范围（1995 年版的 4.3, 4.4；本版的 4.3, 4.4）；
- 补充了应用措施内容 [1995 年版的 6.3 中 c)；本版的 6.2 中 c)]；
- 完善了图形（1995 年版的图 3、图 5；本版的图 3、图 4）；
- 删除了部分内容（1995 年版的 5.4, 6.1 和图 4）。

本标准由采油采气专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：大庆油田有限责任公司第六采油厂、大庆油田有限责任公司开发部。

本标准主要起草人：孙洁、孟令尊、张保忠、任成锋、陈显进、张学斌、李武生。

本标准所代替的标准版本历次发布情况为：

- SY/T 5746—1995。

# 潜油电泵井动态控制图编制和使用方法

## 1 范围

本标准规定了电动潜油离心泵井（以下简称潜油电泵井）动态控制图的编制理论依据、区域界限的确定和划分以及应用方法。

本标准适用于注水开发油藏潜油电泵井动态控制图的编制和使用。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 2.1

**工况合理区 rational status area**

动态控制图中反映供液与采液关系协调、抽汲参数匹配合理、符合开采技术界限要求的区域。

### 2.2

**参数偏大区 larger parameter area**

动态控制图中反映井底流压低、排量效率低的区域。

### 2.3

**参数偏小区 smaller parameter area**

动态控制图中反映井底流压高、排量效率高的区域。

### 2.4

**资料核实区 data checking area**

动态控制图中反映井底流压和排量效率相矛盾的区域。

### 2.5

**生产异常区 abnormal production area**

动态控制图中反映井底流压高、排量效率偏低的区域。

### 2.6

**排量效率 delivery efficiency**

指潜油电泵的实际排量与潜油电泵特性曲线中排量—效率关系曲线最高效率点对应的潜油电泵理论排量的比值，用百分数表示。

## 3 动态控制图编制的理论依据

### 3.1 潜油电泵井的供采协调关系

#### 3.1.1 油井的流入动态

油井的流入动态用 IPR 曲线来描述。当存在气、液两相流时，IPR 曲线形状见图 1。

#### 3.1.2 潜油电泵井的采出动态

潜油电泵井的采出动态用 OPR 曲线来表示，OPR 曲线形状见图 2。

#### 3.1.3 供采协调关系

把流入、采出曲线画在同一个坐标系中，其交点即为供采协调点（见图 3）。当流入或采出曲线改变时，协调点也随之改变。

### 3.2 井底流压与压头的关系

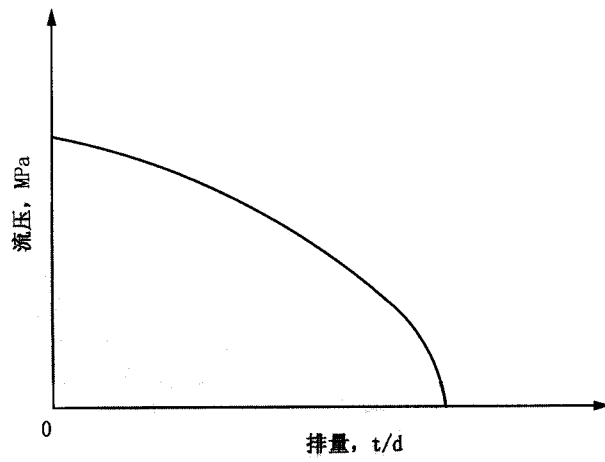


图 1 IPR 曲线

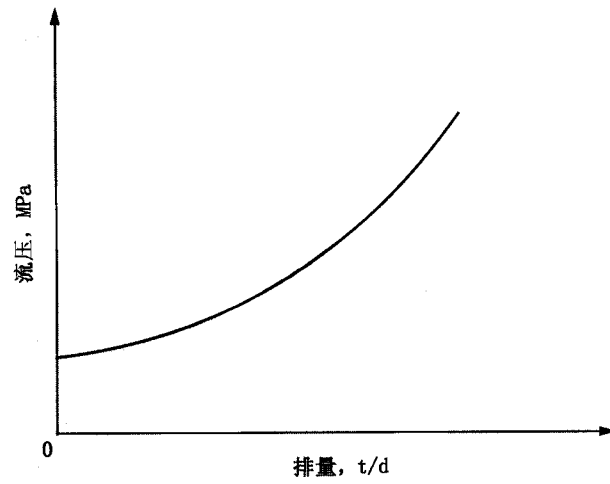


图 2 OPR 曲线

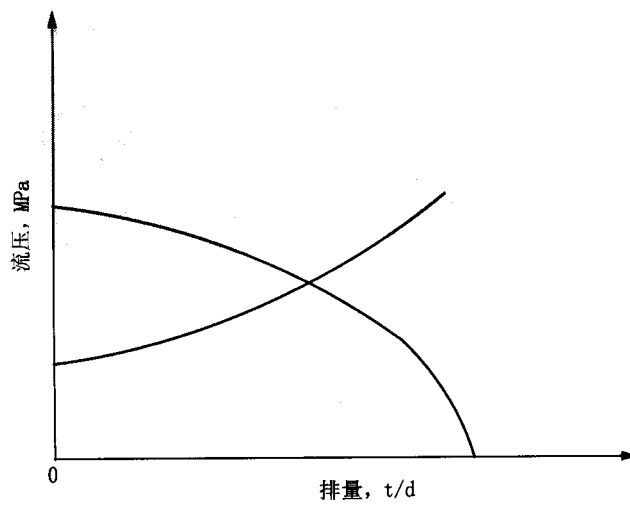


图 3 潜油电泵井供采协调关系

潜油电泵井的排量  $Q$  与总压头  $TDH$  对应关系反映在潜油电泵的排量—扬程关系曲线上。当泵的压头以压力的形式表示时，它与压力梯度  $\tau_h$  和井底流压  $p_{wf}$  的关系见式 (1)、式 (2)。

$$p_{wf} = \tau_h(H-L) + p_{twh} + (\tau_o + \xi)L - TDH \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\xi = 1.35 \times 10^{-8} Q^{1.819} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$p_{wf}$ ——井底流压，单位为兆帕 (MPa)；

$\tau_h$ ——泵吸入口至油层中部深度段混合液压力梯度，单位为兆帕每米 (MPa/m)；

$H$ ——油层中部深度，单位为米 (m)；

$L$ ——下泵深度，单位为米 (m)；

$p_{twh}$ ——油压，单位为兆帕 (MPa)；

$\tau_o$ ——油管液柱压力梯度，单位为兆帕每米 (MPa/m)；

$TDH$ ——泵的扬程 (压头)，单位为兆帕 (MPa)；

$Q$ ——潜油电泵井的日产液量，单位为吨每天 (t/d)；

$\xi$ ——液流管损系数，单位为兆帕每米 (MPa/m)。

### 3.3 井底流压与排量效率的关系及其修正

利用潜油电泵特性曲线中排量与扬程的关系，同时考虑井液黏度和气体影响，可得出井底流压与排量效率的修正关系，见式 (3)。

$$p_{wf} = \tau_h(H-L) + p_{twh} + (\tau_o + \xi)L - M \cdot \tau_w(C - A \cdot \eta^2 - B \cdot \eta) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\tau_w$ ——水产生的压力梯度，单位为兆帕每米 (MPa/m)；

$M$ ——潜油电泵特性曲线中排量—扬程关系曲线校正系数 (潜油电泵出厂时的特性曲线是以清水为介质做出的，当用于油井生产时，井液的黏度和气体都会对其产生影响，因此各油田应根据潜油电泵实际生产特性进行修正)，其值等于实测潜油电泵井平均扬程与相同排量效率下的平均理论扬程之比；

$\eta$ ——潜油电泵排量效率，用百分数表示；

$A, B, C$ ——排量效率—扬程曲线的回归系数，小数。通过式 (1)、式 (3) 导出的公式  $TDH = M \cdot \tau_w(C - A \cdot \eta^2 - B \cdot \eta)$  进行回归。

## 4 区域界限的确定和区域的划分

### 4.1 井底流压—排量效率上界限 $a$ 线的确定

取生产实际中  $H$  与  $L$  之差的最小值，取潜油电泵额定排量的最小值，利用式 (1) 和式 (3) 即可做出流压—排量效率的上界限  $a$  线 (各油田应以上述公式为依据，结合实际生产数据对公式中的相应系数进行修正调整，从而确定  $a$  线)。

### 4.2 井底流压—排量效率下界限 $b$ 线的确定

取生产实际中  $H$  与  $L$  之差的最大值，取潜油电泵额定排量的最大值，利用式 (1) 和式 (3) 即可做出流压—排量效率的下界限  $b$  线 (各油田应以上述公式为依据，结合实际生产数据对公式中的相应系数进行修正调整，从而确定  $b$  线)。

### 4.3 排量效率下限 $c$ 线的确定

根据油田使用的主要潜油电泵的特性曲线，分析计算了油田几种主要泵型的最佳排量效率范围，平均最佳区在  $\eta = 60\%$  和  $\eta = 135\%$  之间 (各油田可依据潜油电泵特性曲线和实际生产数据调整最佳排量效率范围)。在流压—排量效率的最佳排量范围的下界限  $\eta = 60\%$  的位置做一条垂线，作为划分合

理区与参数偏大区的界限，分别交  $a$ ,  $b$  线于  $A$ ,  $B$  点， $AB$  线即为控制图的排量效率下限  $c$  线。

#### 4.4 参数偏小区界限 $d$ 线的确定

在效率  $\eta = 135\%$  的位置做一条垂线，交  $a$  线于  $D$  点，从  $D$  点做法线  $d$  线，交  $b$  线于  $C$  点， $d$  线作为划分工况合理区与参数偏小区的界限。各油田可根据实际生产数据和动态变化规律修订  $d$  线，可以是曲线、直线或折线等。

做法线基于以下三点原因：一是根据油田合理开发界限要求，将合理区流压即  $C$  点限制在  $8.5\text{MPa}$  以内（各油田可根据油井流入动态和采出动态研究计算成果，确定本油田油井合理流压范围，从而确定流压上限值）；二是根据正常井分布规律，法线外边的井点密度比法线内部稀；三是法线内外的井点移位（供液能力改变）时沿垂直法线变化。

#### 4.5 区域的划分

由上述  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  四条线及控制图边框线，将潜油电泵井动态控制图划分为以下五个区域：

- a) I——工况合理区；
- b) II——参数偏大区；
- c) III——参数偏小区；
- d) IV——资料核实区；
- e) V——生产异常区。

区域界限的确定和区域的划分见图 4。

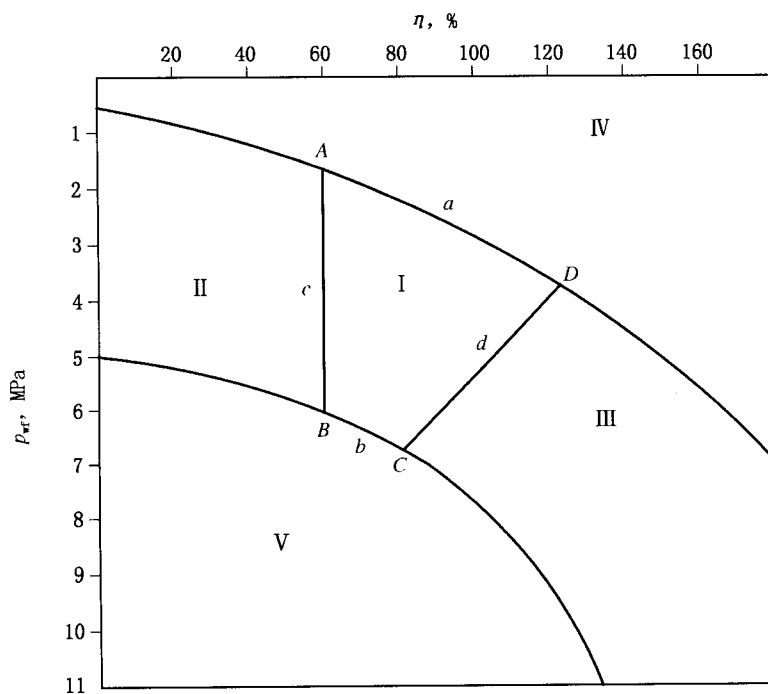


图 4 潜油电泵井动态控制示意图

### 5 控制图绘制

5.1 根据油田平均油层中部深度与平均下泵深度的关系、潜油电泵特性曲线、原油物性等相关数据，选定潜油电泵的最大排量效率  $\eta$  和油井的最大井底流压  $p_{wf}$ ，确定出框图的大小，确定坐标名称（纵坐标为井底流压，横坐标为排量效率），标出坐标的刻度及单位。

5.2 根据 4.1~4.4 的理论方法，画出  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  线，确定五个区域。

5.3 根据每口井的排量效率和井底流压画出其相应的坐标点，进行统计分析，个别离散的井点要标

明井号，以便核实数据。

**5.4** 根据前述框图各线具体要求和说明，理论计算并结合现场实际生产情况修正各条界限线，画图。在生产中试用、修改，绘制出适合本油田的动态控制图。

## **6 使用方法和要求**

**6.1** 潜油电泵井动态控制图是一种宏观管理的工具，位于同一区中的绝大多数潜油电泵井都具有相同的生产特点，但在具体分析某一口井时（特别是区域分界线附近的井），则要根据具体情况综合分析，以保证措施的科学性和合理性。

**6.2** 对位于潜油电泵井动态控制图中不同区域的井，为达到供采协调的目的，应根据其特点采取以下相应的管理措施：

- a) 对位于生产异常区中的井要重点诊断，待判断清楚后通过检泵等措施使其恢复正常；
- b) 对资料核实区中的井，在规定时间内对产量、含水、液面、油套压等相关资料进行核实；
- c) 对参数偏小区、参数偏大区中的井要通过调整油嘴、安装变频装置或调整相应水井的注水量等措施，使其尽量达到注采协调，如以上措施难以实施，则利用检泵的机会重新进行方案优化；
- d) 对工况合理区中的井要制定出日常维护管理措施；
- e) 对井点在各区的分布规律及变化规律应做宏观分析，并应指出主要变化趋势及下一步应重点加强的管理工作。

**6.3** 应根据各油田开发特点、采出液物性、井深、泵挂等参数的变化，修正潜油电泵井动态控制图中各条曲线的位置。

---