

采油地质图的绘制与应用

(修 订 本)

杨 寿 山 编著

石油化学工业出版社

1385

采油地质图的绘制与应用

(修订本)



200396641

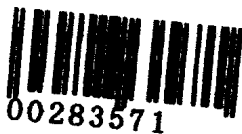
寿山 编著



00283571



石油化学工业出版社



采油地质图的绘制与应用

(修订本)

杨 寿 山 编著

*

石油化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $8^{5/8}$ 插页 1 字数189千字印数1—7,750

1978年7月北京第1版 1978年7月北京第1次印刷

书号15063·油146 定价0.70元

修 订 本 说 明

这本书的初版本是一九六三年出版的。十几年来，我国油田开发和油田管理的水平不断提高，石油工业队伍不断壮大。为了适应形势的发展，反映油田开发的新成果、新水平，对本书作了补充修订，重新出版。修订本中增加了第五类图幅，即油田开采界限图，对原有四类图幅也补充了新内容。总图幅由原来三十种增加到五十种，同时对文字说明也作了局部调整或删除，对插图作了一些完善和更换。

采油地质资料和图幅是了解油田、管好油井的主要依据，特别是在分析油田和油井动态时，采油地质图幅的作用更大。把采油地质资料整理绘制成图幅用来解决采油地质问题有许多优点。第一，形象化。如油层构造图可以反映地下油层分布状况，等压图可以反映油田不同开采阶段地下压力分布状况，形象具体，印象深刻。第二，有启发作用。如总开采曲线既反映油田各阶段的变化规律，又可预示油田的发展趋势。第三，综合性强。如油田地质图即综合了千百口井的历史数据，开采现状图全面反映油田各项生产指标的分布状况，并有数据可查。第四，工人容易掌握使用。如综合电测图、采油曲线、注水曲线等，对群众性的油水井分析和地下管理应用很方便。

采油地质图不仅是采油工人、油矿地质人员，而且是科学研究人员以及有关领导干部所经常查用的参考资料。

这本小册子主要是为了介绍采油地质图幅方面的知识而

编写的，在编写中尽量考虑了目前现场的实际情况。由于在许多书中对地面地质和钻井地质方面的图幅已有详细说明，一些基本参数的定义和简单的采油名词，在有关采油工程和油矿地质一类的书中都有介绍，本书不再重复，而主要介绍各种综合图幅。为了减少重复并便于应用，本书按照图幅的共同特征，把图幅分成五类介绍。第一类是区块特征图，这类图幅主要反映油层分区地质概况。第二类是参数等值图，主要反映油层分区数值的变化。第三类是综合曲线图，主要反映各项开采数据的连续性变化，尤其是随时间的变化规律。第四类是综合对比图，主要反映某种差别程度或突出某一问题。第五类是油田开采界限图，主要反映油田开发技术指标实施情况。分类的方式主要照顾了图幅本身的特性，这样容易对各种图幅有较系统的了解，减少对制图方法的重复叙述。每种图幅的应用都有专门的内容，这样可以根据油井和油田情况具体应用。

本书的修订工作得到了有关领导和现场同志们的大力支持和帮助，表示热诚的感谢。由于水平所限，书中仍会有缺点和错误，希读者批评指正。

目 录

一、区块特征图

(一) 开采现状图	1
(二) 注采平衡图	13
(三) 累积开采图	17
(四) 开采面积图	21
(五) 试油成果图	25
(六) 电测特征图	31
(七) 油田地质图	34

二、参数等值图

(八) 油层构造图	41
(九) 油层原始等压图	47
(十) 油层等压图	55
(十一) 基准面等压图	67
(十二) 等压差图	70
(十三) 油层等温图	71
(十四) 等渗透率图	74
(十五) 等流动压力图	95
(十六) 等采油指数图	97
(十七) 单层平面图	98
(十八) 等粘度图	105
(十九) 等流动系数图	110

三、综合曲线图

(二十) 总开采曲线.....	116
(二十一) 采油曲线.....	119
(二十二) 洗井曲线.....	135
(二十三) 注水曲线.....	139
(二十四) 注水反应曲线.....	142
(二十五) 注气反应曲线.....	144
(二十六) 增产计算曲线.....	146
(二十七) 低产井生产曲线.....	151
(二十八) 压力恢复曲线.....	152
(二十九) 水文勘探曲线.....	163
(三十) 油井系统试井曲线.....	174
(三十一) 注水井系统试井曲线.....	179

四、综合对比图

(三十二) 油井历史图.....	186
(三十三) 气流方向指示图.....	189
(三十四) 水性对比图.....	191
(三十五) 油水边界和油气边界图.....	195
(三十六) 综合电测图.....	198
(三十七) 抽油井典型示功图.....	202
(三十八) 集中趋势图.....	210
(三十九) 油层连通图.....	214
(四十) 油砂体图.....	219
(四十一) 水线推进图.....	225
(四十二) 油层综合评价图.....	230
(四十三) 油井开采剖面图.....	233

五、开采界限图

(四十四) 流饱压差界限图.....	238
(四十五) 总压差与采出程度关系曲线.....	243
(四十六) 含水与采出程度关系曲线.....	248
(四十七) 注水强度与水线推进速度关系曲线.....	251
(四十八) 采油速度与生产指标关系曲线.....	254
(四十九) 注采比与压力变化关系图.....	257
(五 十) 自喷压力界限图.....	259

附 表

I 幂积分函数表.....	263
II 运动粘度与恩氏粘度换算表.....	265

一、区块特征图

区块特征图主要是说明区块地质特征和油层开采动态的。这类图幅具有以下共同特点：1.所有数据都分布在油层构造图上，从而可以发现在构造的不同部位上所发生的区块变化；2.用圆面积或专门符号代表分井生产数据和工作方式，必要时染有代表颜色；3.图上附有实际数据表，可使概念具体化。根据这三个特点，就可灵活掌握图幅的设计和绘制。

区块特征图包括面很广，有开采现状图、注采平衡图、累积开采图、开采面积图、试油成果图、电测特征图、油田地质图、增产效果图、注水效果图、油井存在问题现状图等，这里仅介绍前七种，其它图幅可根据矿场的需要，依上述原则即可随时设计绘制。

（一）开采现状图

开采现状图是反映油田现阶段开采情况的图幅，它可以用来了解分区产油能力、油气水的分布和动态、油井工作状况和计算油层指标、查阅其它开采情况。图1所示为开采现状图示例。

1. 图例、附表及绘制方法

开采现状图的图例主要是用圆面积来表示。为了全面反映油田的开采情况，图例中应表示出油田上目前已有的各类井及有关的生产数据，其具体表示方法如下。

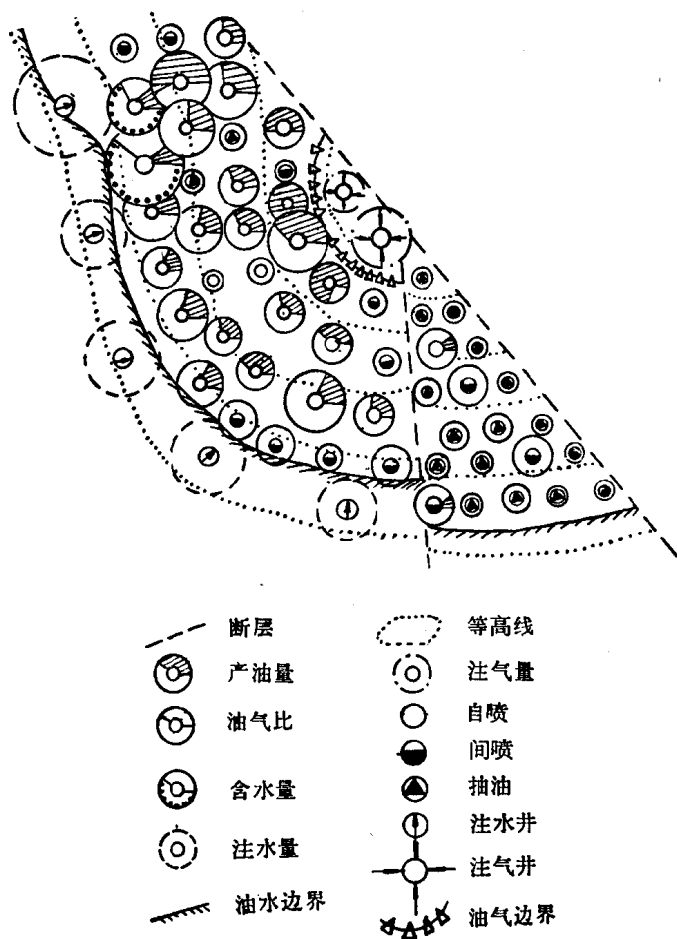
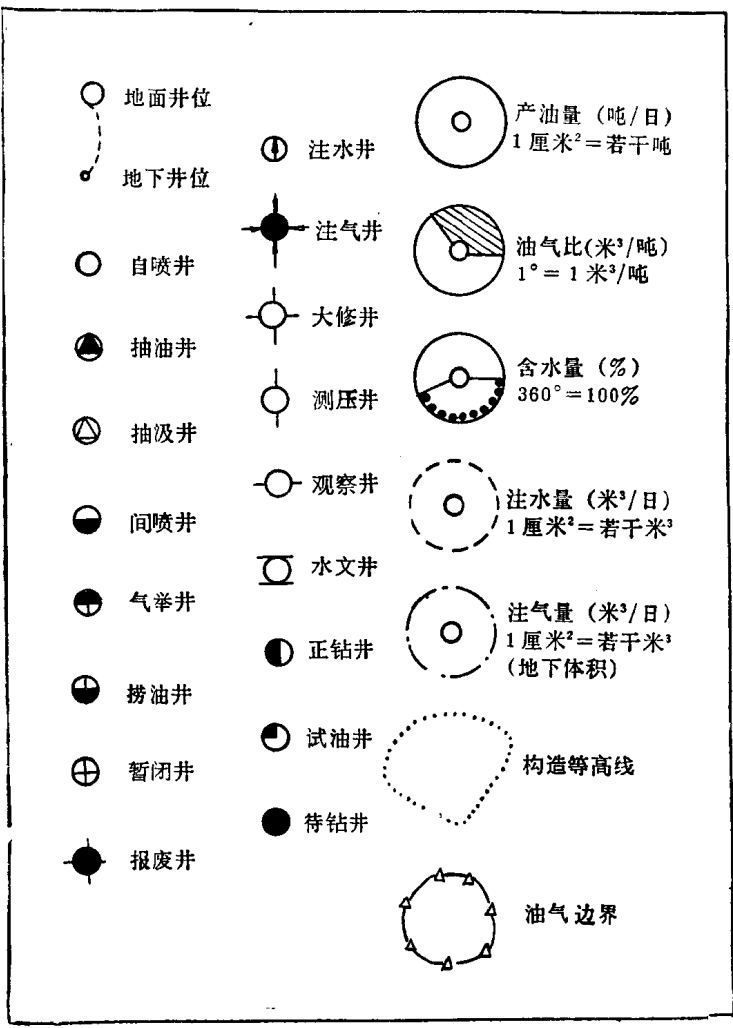
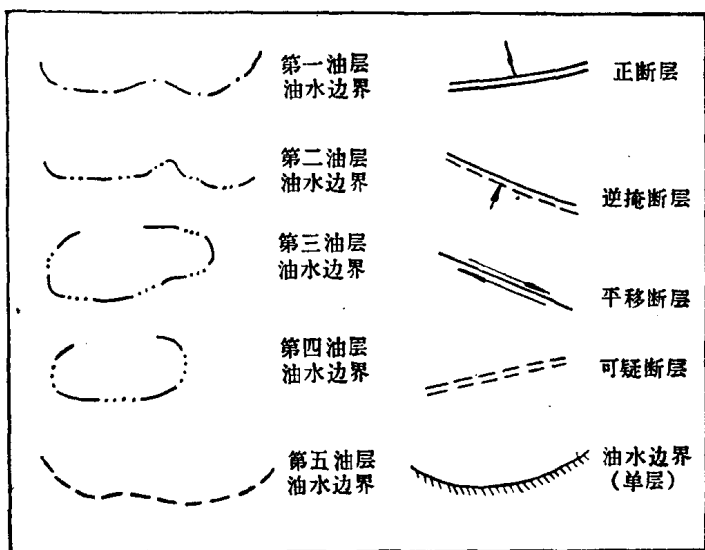


图 1 开采现状图





开采现状图附有生产数据表，通过生产数据来说明开采情况，把从图幅中得到的概念具体化，从而加强了图幅的实际意义。因此，所采用的生产数据要全、要准。图幅中的附表视油田实际情况而定，一般应包括采油井生产数据表（表1）、注水井生产数据表（表2）或注气井生产数据表（表3）。

采油井生产数据表

表 1

[illegible]

注水井生产数据表

表 2

井 号	注水层位	工作天数	井口压力 大气压	平均日 注水量 米 ³	月注水量 米 ³	静止压力 大气压	备注

注气井生产数据表

表 3

井 号	注气层位	工作天数	井口压力 大气压	平均日 注气量		月注气量 (地 面) 米 ³	静止压力 大气压	备注
				地面 米 ³	地下 米 ³			

表内开采层位、注气层位、注水层位是指某一油层组中的分层（如M层的 $M_{1,2}$ ），油井工作方式是指自喷、间歇、抽油或气举等。

产量表示方法有两种，一种是用纯油量表示，另一种是用油水总产液量表示，但以用纯油量表示为好，因为开采的对象是油，纯油算出后，产水量也可算出。流动压力、油气比、含水量均用算术平均值，这样计算简单，基本上可以代表实际情况。

注水井修井时，为了不用泥浆压井，有时用喷水的方法降压，因而在求月的或日的纯注水量时，必须从注水量中减去自水层喷至地面的一部分水量。

注气量和采油量不同，气体的地面体积和地下体积相差很大，为了反映油层中的真实情况，须折算成地下体积。折算时将地面体积乘以气体的体积系数即可。由于这个系数是

小数，应用不方便，往往应用气体体积系数的倒数去除地面体积。这个倒数叫做“气体密度常数”。其它数据都可直接取得，不需解释。在绘制上要注意，画含水量要从第四象限开始，由横轴向下顺时针方向画；画油气比则要从第一象限开始，由横轴向上逆时针方向画。在画油气比时会碰到 $360\text{米}^3/\text{吨}$ 以上的数值，这样就需要把圆的半径延长一倍，同样沿弧度再画高于 $360\text{米}^3/\text{吨}$ 的油气比。如果超过 $720\text{米}^3/\text{吨}$ ，则还需把圆的半径延长一倍画油气比，以此类推。

开采现状图需一月做一次，井数不多的油田，可以等到月底数据备全后做出。井数很多的油田，如等到月底再做，图幅绘出很迟，赶不上生产需要，为了赶一点时间，可采取每月1~25日的数据作图。这对正常井并无影响，对变化大的井则有影响，因而到月底必须同不正常井的数据核对一下，作个别修改。例如某井25日前未出油，25日以后出油两天，就必须由暂用井改为生产井，同时画上产油量。

由于油田构造形状不同，图例和附表在图上的位置，以使整个图幅紧凑、匀称为好，但一般习惯把图例放在右上角，附表放在左下角。由于图上附有数据表，在图上可不写生产数据，避免把图搞得太复杂。有的油田上不列附表，而把日产油量、含水量、油气比等数据标在图案旁边，并把流动压力、饱和压力、总压差等用长柱高度表示，画在井点旁第一象限内。

2. 面积半径曲线的作法和使用

过去曾用圆的半径表示产油量、注水量和注气量，使表示数值和半径成比例，数值大的半径大，数值小的半径小。这种表示方法，不能代表实际情况。因为图上画的是圆，而圆的面积和半径的平方成比例，这样就使数值小的画不出

来，数值大的圆又大得难看，无形中把数值的差别成倍地扩大了。以后又用圆半径的平方根来表示数值差别，才消除了大小数值过分悬殊的缺点；但仍不能得出定量的正确关系，因为圆面积和半径的平方相差一个比例常数3.1416，不能成整数倍。

最后我们才改用圆的面积表示产量，其比例按整数倍调整，再根据整数面积要求对应的半径，因而在图上表示的圆面积大小，即代表产油量、注水量、注气量的大小。

为了简化由面积求半径的复杂计算，作成面积半径曲线。以 S 代表圆面积，以 Q 代表产油量、注水量或注气量，以 r 代表圆的半径， K 代表 S 与 Q 的比例常数，则得关系式如下：

$$\begin{aligned} Q &= KS = Kr^2\pi \\ &= Kr^2 \times 3.1416 \quad (1) \end{aligned}$$

上式为一抛物线方程式，代入不同的 r 值，即可求得不同的 S 值，作成面积半径曲线。

如果 S 值 1 厘米² 代表 Q 1 吨或 1 米³，那么求 Q 为 3 吨或 3 米³ 时的对应半径，可用圆规直接按虚线方向，平行于 r 轴，量出半径，直接画圆。如果 S 与 Q 的比

例在图上不合适，则可任意定出 K 值使 S 轴的座标数字变大

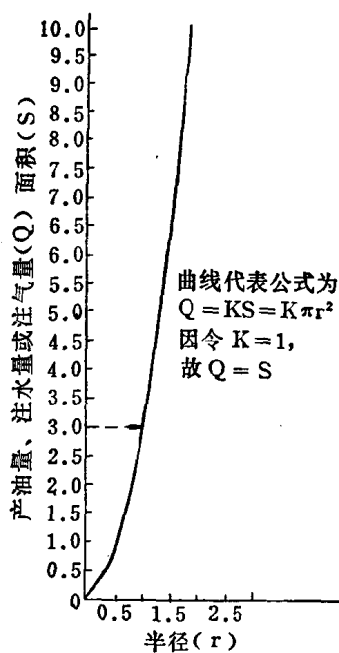


图 2 面积半径曲线

或变小。K值的合理标准为：第一，各圆间尽量减少交错现象，越清楚越好；第二，数字小的尽量设法表示出来，数字大的也要使圆与图幅相衬。

使用此种曲线的优点是，节省计算时间，不容易错，调整比例灵活，一个曲线图只要把S值乘一个系数，改写一下就行了。

3. 气体密度常数的计算

将注气量由地面体积折算成地下体积时，要除以气体密度常数，因此必须学会此项计算。对于理想气体，其体积受压力和温度的影响而变动。根据波义尔-马略特定律，在一定温度下，气体的体积与压力成反比；根据给吕萨克定律，在一定压力下，气体体积的增加与温度的增加成正比；根据查理定律，在一定体积下，气体压力的增加与温度的增加成正比。也就是说同样质量的气体，压力愈大，体积愈小；温度愈高，体积愈大。把上述理想气体的基本定律结合起来，即可得出克拉贝朗方程式：

$$V = V_0 \times \frac{T}{273} \times \frac{1}{P} \quad (2)$$

式中 V——气体在温度T、压力P时的体积；

V_0 ——气体在标准状况下的体积（T为摄氏零度或绝对温度273°K，p为1大气压）；

T——绝对温度（标准温度加表温，273+t），标准温度为摄氏零度或绝对温度273°K；

P——绝对压力（标准大气压加表压，1+p），标准大气压为1大气压。

以 V_0 为单位体积时，即 $V_0 = 1$ 时， $V = V_1$ ，即代表在温

度 T 、压力 P 时理想气体的体积系数。以公式表示则为:

$$V_1 = \frac{T}{273} \times \frac{1}{P} \quad (3)$$

但是所有的真实气体 (包括天然气在内) 和这些定律都有一定偏差, 而且压力、温度变化愈大, 偏差也愈大。天然气注入地层后是处在高温、高压下的, 偏差就更大, 因而必须改用新关系式:

$$V_2 = Z \times \frac{T}{273} \times \frac{1}{P} \quad (4)$$

式中 Z ——气体的压缩系数 (即偏差系数);

V_2 ——天然气的体积系数;

T ——绝对温度 (注气区域内地层温度 $t + 273$);

P ——绝对压力 (注气区域内地层压力 $p + 1$)。

压力和温度可根据试井资料求得。气体的压缩系数可以在试验室中求得, 也可以由试验曲线近似求得。一般是由曲线查出的。试验曲线中的 Z 值, 取决于折比压力和折比温度。所谓折比压力和折比温度, 就是气体的绝对工作压力、绝对工作温度与加权临界压力、加权临界温度的比值。由于用气体各种成分的分子量进行计算相当麻烦, 而且有时没有气体分析资料, 常利用天然气的比重 (对空气的比重), 由关系曲线求出近似的临界压力和临界温度, 用以代替加权临界压力和加权临界温度, 然后求出压缩系数。其步骤如下:

第一步: 根据天然气的比重由图 3 上求出近似临界压力 P_k 和近似临界温度 T_k 。

第二步: 根据注气区域油层绝对压力和绝对温度代入公式 (5)、(6), 求折比压力 P_* 和折比温度 T_* 。