

# 岩石气渗透系数的计算方法

A. C. 古西娃

要了解多孔性岩石的渗透性只有在一定压力差之下让液体或气体通过本身。

渗透系数是估计石油储量的一个极为重要的参数，因为他给出孔隙和油层总输出的生产率。

岩样渗透性的确定在大批的工作时其操作是非常繁复的。

渗透系数的计算通常是以达西公式为基础的。

$$K = \frac{Q\mu l \cdot 760}{F(P_1 - P_2)}$$

这里：K——渗透系数，达西；

Q——在试验条件下气体平均流量，厘米<sup>3</sup>/秒；

μ——气体的粘滞系数，厘泊；

l——样品的长度，厘米；

760——标准气压，毫米汞柱；

F——样品的横截面积，厘米<sup>2</sup>；

P<sub>1</sub>——在样品前气体的压力，毫米汞柱；

P<sub>2</sub>——在样品后气体的压力，毫米汞柱。

根据上式计算渗透系数需花去很多时间和带来很多的算术计算。利用诺谟图和适当的统计表的帮助能以较少的时间计算出K。我们建议用简单化表格的方法计算渗透系数。在全苏石油科学地质勘探学院岩层物理实验室里，在一定的渗透条件下利用5公斤/厘米<sup>2</sup>的固定的压力计来指出样品前的压力。对样品后的压力可以从带有可以摘去毛细管的流量计读出水的高度，以毫米数表示。

为了计算气体渗透系数和减轻对工作结果的检查，我们从工作中拟定了二个辅助表格，构成表格将采取著名的公式，在这公式里引入简单的，严格的确定样品前的压力。在实验的条件下通常采用平均气体流量。

$$Q' = \frac{2QP_0}{P_1 + P_2 + 2P_0}$$

这里：Q'——在实验的条件下平均的气体流量，厘米<sup>3</sup>/秒；

Q——流量计的流量，厘米<sup>3</sup>/秒；

P<sub>1</sub>——在样品前气体的压力，毫米汞柱；

P<sub>2</sub>——在样品后气体的压力，毫米水柱；

P<sub>0</sub>——气压，毫米汞柱。

实际上在实验室的条件下进口压力(P<sub>1</sub>)以压力计测量或用样品压力计刻度作单位，而出口压力(P<sub>2</sub>)用水的高度的毫米数测量。通常计算平均气体流量在实验室得到的数据必须折算为毫米汞柱。

表1是根据方程式(1)构成的。

$$\frac{2P_0}{P_1 + P_2 + 2P_0} = Z_1 \quad (1)$$

在表1所包含的Z<sub>1</sub>是在严格确定的压力P<sub>1</sub>和广泛测量P<sub>0</sub>得到的。

在表2所列的系数是从方程式(2)得到的。

$$Z_2 = \frac{\mu l \cdot 760}{P_1} \quad (2)$$

这里：μ——气体的粘滞系数，厘泊；

l——样品长度，大小是可变的，厘米；

P<sub>1</sub>——样品前的压力，严格确定的。

为了在生产上计算气渗透系数必须根据适当口径的毛细管流量计的曲线查出流量。其次在表1里查出在压力计(P<sub>0</sub>)和外加压力(P<sub>1</sub>)时的系数Z<sub>1</sub>。

查到的数值乘流量Q得到Z<sub>1</sub>×Q=Q'。从表2查出与样品长度和外加压力有关的数值Z<sub>2</sub>乘Q'得到Z<sub>2</sub>×Q'=Q̄。为了过渡到气渗透系数必须取平均流量Q̄除样品横截面积Q̄/F=K，单位为达西。

例如：

样品参数为：

d = 2.34 厘米

l = 2.40 厘米 P<sub>0</sub> = 772 1号毛细管

F = 4.30 厘米<sup>2</sup>

压力计 P<sub>1</sub> ..... 90 120 150

流量计 P<sub>2</sub> ..... 23 31 43

流量 Q ..... 0.043 0.058 0.082

从被列出的资料可以明白，在气压P<sub>0</sub>=772毫米汞柱和样品前压力为90, 120, 150样品压力计刻度情况下进行测定，为了计算气体渗透系数，根据1号毛细管流量计和上述列出数据找辅助表，从表1以P<sub>1</sub>=90和P<sub>0</sub>=770查出系数Z<sub>1</sub>=0.583。

$$Z_1 = \frac{2P_0}{P_1 + P_2 + 2P_0}$$

表 1

| $P_1$<br>$P_2$ | 10     | 15     | 20     | 30     | 40     | 60     | 80     | 90     | 100    | 120    | 150    | 180    | 200    | 240    | 280    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 730            | 0.9226 | 0.8882 | 0.8571 | 0.8000 | 0.7500 | 0.6660 | 0.6010 | 0.5710 | 0.5440 | 0.5010 | 0.4450 | 0.3980 | 0.3750 | 0.3340 | 0.3000 |
| 740            | 0.9235 | 0.8895 | 0.8579 | 0.8010 | 0.7510 | 0.6680 | 0.6020 | 0.5730 | 0.5470 | 0.5020 | 0.4460 | 0.4020 | 0.3760 | 0.3350 | 0.3010 |
| 745            | 0.9240 | 0.8902 | 0.8587 | 0.8020 | 0.7520 | 0.6690 | 0.6030 | 0.5750 | 0.5490 | 0.5030 | 0.4480 | 0.4030 | 0.3780 | 0.3360 | 0.3020 |
| 750            | 0.9244 | 0.8908 | 0.8595 | 0.8030 | 0.7540 | 0.6710 | 0.6050 | 0.5760 | 0.5500 | 0.5050 | 0.4490 | 0.4050 | 0.3800 | 0.3380 | 0.3040 |
| 755            | 0.9249 | 0.8915 | 0.8603 | 0.8040 | 0.7550 | 0.6730 | 0.6060 | 0.5780 | 0.5520 | 0.5070 | 0.4510 | 0.4060 | 0.3810 | 0.3390 | 0.3050 |
| 760            | 0.9254 | 0.8921 | 0.8611 | 0.8050 | 0.7560 | 0.6740 | 0.6080 | 0.5790 | 0.5540 | 0.5080 | 0.4530 | 0.4080 | 0.3830 | 0.3410 | 0.3060 |
| 765            | 0.9258 | 0.8928 | 0.8619 | 0.8060 | 0.7570 | 0.6750 | 0.6090 | 0.5810 | 0.5550 | 0.5100 | 0.4540 | 0.4100 | 0.3840 | 0.3420 | 0.3080 |
| 770            | 0.9263 | 0.8934 | 0.8627 | 0.8070 | 0.7590 | 0.6770 | 0.6110 | 0.5830 | 0.5570 | 0.5120 | 0.4560 | 0.4110 | 0.3860 | 0.3440 | 0.3090 |
| 775            | 0.9267 | 0.8940 | 0.8635 | 0.8080 | 0.7600 | 0.6780 | 0.6130 | 0.5840 | 0.5580 | 0.5130 | 0.4580 | 0.4130 | 0.3870 | 0.3450 | 0.3110 |
| 780            | 0.9271 | 0.8946 | 0.8642 | 0.8090 | 0.7610 | 0.6800 | 0.6140 | 0.5860 | 0.5600 | 0.5150 | 0.4590 | 0.4140 | 0.3890 | 0.3470 | 0.3120 |
| 785            | 0.9275 | 0.8952 | 0.8650 | 0.8100 | 0.7620 | 0.6810 | 0.6160 | 0.5870 | 0.5620 | 0.5160 | 0.4610 | 0.4160 | 0.3900 | 0.3480 | 0.3130 |

$$Z_2 = \frac{\mu l \cdot 760}{P_1}$$

表 2

| $P_1$<br>$l$ | 10     | 15     | 20     | 30     | 40     | 60     | 80     | 90     | 100    | 120    | 150    | 180    | 200    | 240    | 280    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.6          | 0.1736 | 0.1158 | 0.0868 | 0.0579 | 0.0434 | 0.0290 | 0.0217 | 0.0193 | 0.0173 | 0.0145 | 0.0116 | 0.0096 | 0.0086 | 0.0072 | 0.0062 |
| 1.7          | 0.1846 | 0.1230 | 0.0923 | 0.0615 | 0.0461 | 0.0308 | 0.0231 | 0.0205 | 0.0184 | 0.0154 | 0.0123 | 0.0102 | 0.0092 | 0.0077 | 0.0066 |
| 1.8          | 0.1954 | 0.1303 | 0.0977 | 0.0651 | 0.0488 | 0.0326 | 0.0244 | 0.0217 | 0.0195 | 0.0163 | 0.0130 | 0.0108 | 0.0098 | 0.0081 | 0.0070 |
| 1.9          | 0.2063 | 0.1375 | 0.1031 | 0.0687 | 0.0516 | 0.0344 | 0.0258 | 0.0229 | 0.0206 | 0.0172 | 0.0137 | 0.0115 | 0.0103 | 0.0086 | 0.0074 |
| 2.0          | 0.2171 | 0.1447 | 0.1086 | 0.0724 | 0.0543 | 0.0362 | 0.0271 | 0.0241 | 0.0217 | 0.0181 | 0.0145 | 0.0121 | 0.0109 | 0.0090 | 0.0077 |
| 2.1          | 0.2280 | 0.1520 | 0.1140 | 0.0760 | 0.0570 | 0.0380 | 0.0285 | 0.0253 | 0.0228 | 0.0190 | 0.0152 | 0.0127 | 0.0114 | 0.0095 | 0.0081 |
| 2.2          | 0.2383 | 0.1592 | 0.1194 | 0.0796 | 0.0597 | 0.0398 | 0.0298 | 0.0265 | 0.0239 | 0.0199 | 0.0159 | 0.0133 | 0.0119 | 0.0099 | 0.0085 |
| 2.3          | 0.2497 | 0.1665 | 0.1248 | 0.0832 | 0.0624 | 0.0416 | 0.0312 | 0.0277 | 0.0250 | 0.0208 | 0.0166 | 0.0139 | 0.0125 | 0.0104 | 0.0089 |
| 2.4          | 0.2606 | 0.1737 | 0.1303 | 0.0868 | 0.0651 | 0.0436 | 0.0326 | 0.0289 | 0.0260 | 0.0217 | 0.0174 | 0.0145 | 0.0130 | 0.0108 | 0.0093 |
| 2.5          | 0.2714 | 0.1809 | 0.1357 | 0.0905 | 0.0678 | 0.0452 | 0.0339 | 0.0302 | 0.0271 | 0.0226 | 0.0181 | 0.0151 | 0.0136 | 0.0113 | 0.0097 |
| 2.6          | 0.2823 | 0.1882 | 0.1411 | 0.0941 | 0.0706 | 0.0470 | 0.0352 | 0.0314 | 0.0282 | 0.0235 | 0.0188 | 0.0157 | 0.0141 | 0.0117 | 0.0101 |
| 2.7          | 0.2931 | 0.1954 | 0.1465 | 0.0977 | 0.0733 | 0.0488 | 0.0366 | 0.0326 | 0.0293 | 0.0244 | 0.0195 | 0.0163 | 0.0147 | 0.0122 | 0.0105 |
| 2.8          | 0.3040 | 0.2027 | 0.1520 | 0.1013 | 0.0760 | 0.0507 | 0.0380 | 0.0338 | 0.0304 | 0.0253 | 0.0203 | 0.0169 | 0.0152 | 0.0127 | 0.0109 |
| 2.9          | 0.3148 | 0.2099 | 0.1574 | 0.1049 | 0.0787 | 0.0525 | 0.0394 | 0.0350 | 0.0315 | 0.0262 | 0.0210 | 0.0175 | 0.0157 | 0.0131 | 0.0112 |
| 3.0          | 0.3257 | 0.2171 | 0.1628 | 0.1086 | 0.0814 | 0.0543 | 0.0407 | 0.0362 | 0.0326 | 0.0271 | 0.0217 | 0.0181 | 0.0163 | 0.0136 | 0.0116 |
| 3.1          | 0.3366 | 0.2244 | 0.1683 | 0.1122 | 0.0841 | 0.0561 | 0.0421 | 0.0374 | 0.0337 | 0.0280 | 0.0224 | 0.0187 | 0.0168 | 0.0140 | 0.0120 |
| 3.2          | 0.3474 | 0.2316 | 0.1737 | 0.1158 | 0.0868 | 0.0579 | 0.0434 | 0.0486 | 0.0348 | 0.0289 | 0.0232 | 0.0193 | 0.0174 | 0.0145 | 0.0124 |
| 3.3          | 0.3583 | 0.2388 | 0.1791 | 0.1194 | 0.0896 | 0.0597 | 0.0448 | 0.0398 | 0.0359 | 0.0299 | 0.0239 | 0.0199 | 0.0179 | 0.0149 | 0.0128 |
| 3.4          | 0.3691 | 0.2461 | 0.1845 | 0.1230 | 0.0923 | 0.0615 | 0.0462 | 0.0410 | 0.0370 | 0.0308 | 0.0246 | 0.0205 | 0.0184 | 0.0154 | 0.0132 |
| 3.5          | 0.3800 | 0.2533 | 0.1900 | 0.1266 | 0.0950 | 0.0633 | 0.0476 | 0.0422 | 0.0380 | 0.0317 | 0.0253 | 0.0211 | 0.0190 | 0.0159 | 0.0136 |

查出系数  $Z_1$  乘流量

$$Q' = 0.043 \times 0.0583 = 0.025$$

在表 2 查出适合该外加压力和样品长度的数值。

在我们的例子里  $P_1 = 90$  和  $l = 2.40$  厘米, 根据这个数值

在表 2 查出  $Z_2$  等于 0.0289 乘上  $Q'$ ; 得到

$$\bar{Q} = Q' \times Z_2 = 0.025 \times 0.0289 = 0.00072$$

这数值除样品面积就等于气体渗透系数。

$$K_1 = \frac{0.00072}{4.30} \times 1000 = 0.17 \text{ 毫达西,}$$

以  $P_1 = 120$  结果恰恰亦和上述得到一样;

$$Q' = Q \times Z_1 = 0.058 \times 0.512 = 0.0297$$

$$\bar{Q} = Q' \times Z_2 = 0.0297 \times 0.0217 = 0.000644$$

$$K_2 = \frac{0.000644}{4.30} \times 1000 = 0.15 \text{ 毫达西}$$

以  $P_1=150$  在表 1 查出  $Z_1=0.456$ , 而在表 2 查到  $Z_2=0.0174$

$$Q'=Q \times Z_1=0.082 \times 0.456=0.0374$$

$$\bar{Q}=Q' \times Z_2=0.0374 \times 0.0174=0.00065$$

$$K_3=\frac{0.00065}{4.30} \times 1000=0.15 \text{ 毫达西}$$

将查表和气渗透系数的计算结果以表格的形式记录下来得如下形式:

|                             |                       |                        |                        |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| $P_1$ —样品压力计划度              | 90                    | 120                    | 150                    |
| $P_2$ —毫米水柱                 | 23                    | 31                     | 43                     |
| Q—流量, 厘米 <sup>3</sup> /秒    | 0.043                 | 0.058                  | 0.082                  |
| $Q'=Q \times Z_1$           | $0.043 \times 0.058$  | $0.058 \times 0.512$   | $0.082 \times 0.456$   |
| $\bar{Q}=Q' \times Z_2$     | $0.025 \times 0.0289$ | $0.0297 \times 0.0217$ | $0.0374 \times 0.0174$ |
| $K=\frac{Q}{F} \times 1000$ | 0.17                  | 0.15                   | 0.15                   |

用记录的方法计算渗透系数较本来计算是经济的, 根据表格的方法, 在一天内能够分析计算三十多个。

### 参考文献(略)

(地球化学文集 №.7. 1961 許河源譯)

## 岩石、矿物和有关物质的光谱分析

O. I. 久安修 J. H. 修尔

### 引言

有时, 在对有些矿物作化学全分析时, 不易获得足够的试样。常常需要采用一个可靠而又正确的方法来分折大量的试样。在下面的报导中介绍了一些由前辈作者在前一时期所采用过的技术资料。对于少量样品而言, 这些分析方法已被修改, 因此产生了要求从变化较大的地质材料中, 了解其高含量元素和低含量元素的分析方法的精确度。对于直流电弧, 采用了由凯咽泊<sup>[1]</sup>设计并改进了的史塔瓦达型吹风机<sup>[1]</sup>, 使分析成果有了很大的进展。二氧化碳被用来代替空气方面而熔化技术采用了汉斯勒和巴兰<sup>[2]</sup>所描述的相似的分法。二氧化碳—史塔瓦达电弧的优越性可参阅文选<sup>[1]</sup>而很少采用文选<sup>[3]</sup>中所描述过的类似的方法。这是事实, 就是在使用二氧化碳时, 某些元素的灵敏度是不高的, 而当采用适量的氯和氧的混合物或氩气时<sup>[6-8]</sup>, 某些元素的灵敏度可以提高很多。尽管这样, 现用的二氧化碳的方法已被发展于 0.01 到 100% 这一浓度范围。

### 实验

#### 试样制备:

在岩石分析中, 不必过分考虑合理采样的重要性。收到试样即压碎之并在玛瑙研钵中研磨至 200 孔

大小, 随后反复混和, 对于光谱化学分析而言, 应该采取的粉末至少为 50 毫克, 因为少量的副矿物例如锆石、钛铁矿、铬铁矿和金红石在它们的硬度和高比重的作用下, 很容易被孤立少量的试样中, 这对相应元素会给出不稳定的和错误的结果。当对合成试剂或矿物进行工作时, 由于它们通常是均匀的, 故常可取用很少量的试样(采样问题也可避免), 这时, 完成一个光谱化学全分析, 取 3 或 4 毫克是可能的。

假使试样中含有硫化物或自然元素, 例如黄铜矿或铜, 就应该先以 500℃。焙烧(为使试样完全熔化, 这是必要的)。不采取这个预防方法, 自然元素和硫化物将以单个的微粒状保留于熔化了的产品中, 分析结果的再现性, 将会非常不好。分析的测定值可以依靠研究重量的变化和计算正确值来校正。可以改用一个氧化剂来焙烧试样, 例如将硝酸钾加到熔熔混合物中, 这也将使硫化物和自然元素氧化。

#### 步骤:

试样与内标混合物和无水硼酸锂或硼砂以 1:1:5 的比率混和后熔化。内标混合物由具有 7% 四氧化三铁的偏硼酸锂组成, 但是这一四氧化三铁的量值并不是临界值, 选择 7% 是因为当二氧化硅约为 60% 时(这一个百分数在硅酸盐岩石和矿物中通常可以发现), Co 2532.175 和 Si 2532.38 两线具有相等强度之故。