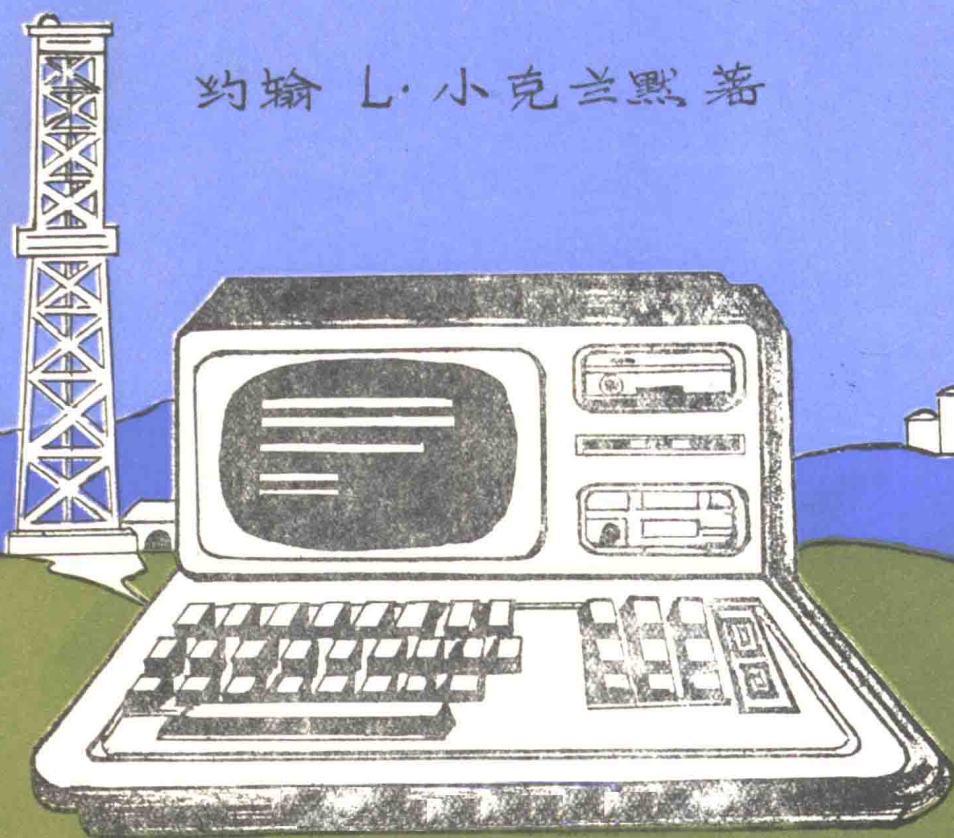


BASIC

钻井工程手册

约翰 L·小克兰默 著



地质矿产部探矿工艺研究所

张宗禄 陈岳承 译

目 录

前言

作者注释

1. 钻井成本
2. 钻井时间及进尺效率
3. 储油层趋肤因素和渗透率
4. 定向钻井
5. 钻头优化
6. 井眼平均直径
7. 泵的性能（井眼容量）
8. 泥浆固相分析
9. 重晶石需要量（不含固相）
10. 重晶石需要量（含固相）
11. 水力旋流器评价
12. 离心泵评价
13. 钻井液粘度
14. 泥浆循环所需启动泵压
15. 泥浆紊流判据
16. 泥浆摩擦损失（层流流动）
17. 泥浆摩擦损失（紊流流动）
18. 泥浆等效循环比重

19. 气柱状态、压力和平均密度

20. 气侵泥浆静压状态

21. 波动压力

22. 惯性冲击压力

23. 加重水泥条件

24. 水泥添加剂条件

25. 盐一水水泥

26. 井涌容许极限

27. 井涌严重程度

28. 井涌长度

29. 井控

30. 设备优化

译后

前 言

本书编写的程序都是在我自己的微电脑上进行调试的。微电脑的型号是Radio Shack 公司的TRS—80Ⅱ型，它的随机存贮量（RAM）为48K，配有三个磁盘驱动器和一台打机印。该机的输入接口是一可与通讯线路直接相联的调制解调装置，因此它可与任一主机网络相联。我一直是使用这种微机来编写程序，从未发生过内存贮量过小的问题。当然，随着编写程序进一步熟练，可以对它进行扩展。此外，也并未发现该微机在终端显示作图方面有不称心的地方，而这一点对于工程中某些程序来讲是很重要的。

对于大多数微型机而言，其软件所用的语言基本上是BASIC语言。而作为微处理机主机的单片机（CPU、Z—80、8080等），所配备的机器语言往往也是BASIC语言。虽说语言都一样，但各厂家所用亦非全然相同。因此，我尽最大努力以期满足多种用户的需要。当然，还不能说对于每一个人的要求均能满足，如用户发现自己的微机所配BASIC语言与书中所述有微小差异，这也是不足为奇的。

本书是想通过所列程序，使钻井工程技术人员能够熟练使用微电脑，我并不认为书中所列程序已尽善尽美，读者在掌握了BASIC语言后，就可对书中所列程序进行改写，使其更加精炼，进一步缩短运标时间。为了使广大读者易于掌握，我还是不厌其烦地将每一步骤的作用解释清楚。书中所列程序都是钻井工程中最基本的程序，相信广大读者在掌握了微电脑性能后，一定能更上一层楼，根据本职工作的需要编制出更加复杂的程序。

作 者 注 释

在阅读本书程序清单时，希望能注意下面一些与传统用法不一致的符号。

(a) * 一般用来表示乘法，但本书并未采用这一传统符号，而仍用常用的标式乘号。

(b) [指数符号。

(c) LOG 自然对数。如需用以10为底的对数，只要将自然对数除以以10为底的自然对数即得。

1 钻 井 成 本

程序名：BDRILCST

功 能：确定所选钻头每进尺一呎的成本。

输入量：钻头平均寿命：TB（小时）
非钻井时间：TC（小时）
起、下钻时间：TT（小时）
钻井设备成本：CR（美元/小时）
钻头成本：CB（美元）
钻头进尺：DD（呎）

输出量：基本钻井成本：CF（美元/呎）

方 程：基本钻井成本计标公式：

$$CF = \frac{CB + CR \times (TB + TC + TT)}{DD}$$

变 量：TB——钻头平均寿命（小时）
TC——非钻井时间（小时）
TT——起、下钻时间（小时）
CR——钻井设备成本（美元/小时）
CB——钻头成本（美元）
DD——钻头进尺（呎）
CF——基本钻井成本（美元/呎）

算 例：基本钻井成本

钻头平均寿命（小时）？

？ 15

非钻井时间（小时）？

？ 0.15

起、下钻时间（小时）？

？ 7.5

钻井设备成本（美元/小时）？

？ 450

钻头成本（美元）？

？ 400

钻头进尺（呎）？

？ 225

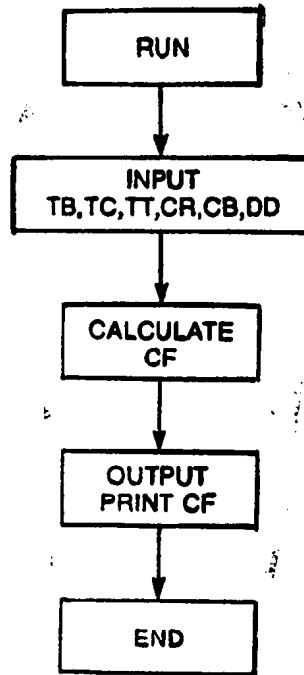
基本钻井成本：47.0778美元/呎

```
程 序：200 CLS: PRINT
210 PRINT "      BASIC DRILLING COST"
220 PRINT
230 PRINT "WHAT IS AVERAGE BIT LIFE(HOURS)?"
240 INPUT TB
250 PRINT "WHAT IS NONROTATING TIME(HOURS)?"
260 INPUT TC
270 PRINT "WHAT IS TRIP TIME(HOURS)?"
280 INPUT TT
290 PRINT "WHAT ARE FIXED RIG COSTS($/HOUR)?"
300 INPUT CR
310 PRINT "WHAT IS THE COST OF THE BIT($)?"
320 INPUT CB
330 PRINT "WHAT IS THE INTERVAL DRILLED(FEET)?"
340 INPUT DD
350 CF = (CB + (CR * (TB + TC + TT))) / DD
360 PRINT "BASIC DRILLING COST IS: ", CF, " $/FEET"
370 END
```

注 释

210	基本钻井成本
230	钻头平均寿命
250	非钻井时间
270	起、下钻时间
290	钻井设备成本
310	钻头成本
330	钻头进尺

流程图



2 钻井时间及进尺效率

程序名: DRILTIME

功能: 根据地层类似的现有钻井资料确定新井计划用工时间及进尺效率。

输入量: 类似井眼所取数据点的个数: N

对于每一数据点:

井深: D(1—N)(呎)

进尺效率: DD(M)(呎/小时)

新井井深: D(呎)

需计标的数据点个数: L

输出量: 新井数据点深度: SD(呎)

新井钻至数据点的时间: TD(小时)

新井数据点的进尺效率: DD(呎/小时)

方 程: (1) 确定进尺效率方程系数:

程序340—490行表示一标准指数最小二乘法, 用以求解根据现有钻井资料所列下面的指数方程的系数。

$$DD = K \times e^{(-A2 \times D)}$$

式内: DD—新井进尺效率。D—新井井深。K和A2均为用最小二乘法所确定的待定系数。

(2) 新井钻至数据点的时间

$$TD = \frac{1}{K \times A2} \times [e^{(A2 \times SD)} - 1]$$

(3) 新井进尺效率:

$$DD = K \times e^{(-A2 \times SD)}$$

变 量: N——已知井所取数据点的个数。

D(1—N)——已知井数据点的井深(呎)

DD(1-N)——已知井进尺效率(呎/小时)
 ZX(1-N)——X为计标待定系数的引入值。
 ZY(1-N)——Y为计标待定系数的引入值。
 Z1——最小二乘法系数
 Z2——最小二乘法系数
 Z3——最小二乘法系数
 Z4——最小二乘法系数
 Z5——最小二乘法系数
 ZB——最小二乘法系数
 ZA——最小二乘法系数
 K——方程系数
 A2——方程系数
 D——新井深度(呎)
 L——新井需计标的数据点的个数
 ID——新井增加的深度(呎)
 SD——新井数据点的深度(呎)
 TD——钻至数据点深度的时间(小时)
 DD——数据点井深下的进尺钻效率(呎/小时)

算 例： 钻井时间及进尺效率

可供借鉴的进尺效率数据的个数?

? 8

1*井深(呎)?

? 500

相应进尺效率(呎/小时)?

? 500

2*井深(呎)?

? 1500

相应进尺效率(呎/小时)

? 200

3*井深(呎)?

? 3600

相应进尺效率(呎/小时)?

? 100

4*井深(呎)?

? 4600

相应进尺效率(呎/小时)?

? 75
 5 * 井深(呎)?
 ? 5600
 相应进尺效率(呎/小时)?
 ? 30
 6 * 井深(呎)?
 ? 6000
 相应进尺效率(呎/小时)?
 ? 30
 7 * 井深(呎)?
 ? 6200
 相应进尺效率(呎/小时)?
 ? 20
 8 * 井深(呎)?
 ? 6500
 相应进尺效率(呎/小时)?
 ? 10
 新井总深度(呎)?
 ? 10000
 几个深度需要列表说明?

深度	钻至该深度的时间	进尺效率
2500	8.52959	158.896
5000	42.4672	39.9356
7500	177.499	10.0371
10000	714.763	2.52263

程 序:

```

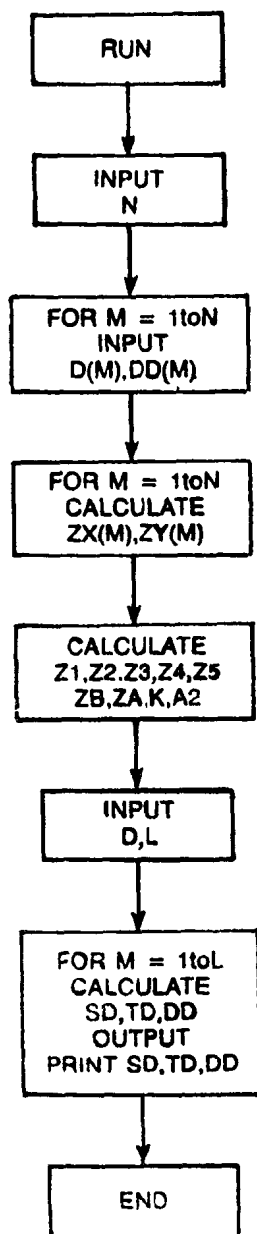
200 CLS: PRINT
210 PRINT "      WELL DRILLING TIME AND PENETRATION
      RATE"
220 PRINT
230 PRINT
240 PRINT "HOW MANY REFERENCE RATES ARE AVAILABLE? "
250 INPUT N
260 FORM = 1 TO N
270 PRINT "WHAT IS * ", M, " DEPTH(FEET)? "
280 INPUT D(M)
  
```

```

290 ZX(M) = D(M)
300 PRINT "WHAT IS CORRESPONDING PENETRATION RATE
      (FEET/HOUR)? "
310 INPUT DD(M)
320 ZY(M) = DD(M)
330 NEXT M
340 FOR M = 1 TO N
350 ZY(M) = LOG(ZY(M))
360 NEXT M
370 Z1 = 0 : Z2 = 0 : Z3 = 0 : Z4 = 0 : Z5 = 0
380 FOR M = 1 TO N
390 Z1 = Z1 + ZX(M)
400 Z2 = Z2 + ZY(M)
410 Z3 = Z3 + ZX(M) * ZX(M)
420 Z4 = Z4 + ZY(M) * ZY(M)
430 Z5 = Z5 + ZX(M) * ZY(M)
440 NEXT M
450 ZB = ((N * Z5) - (Z1 * Z2)) / ((N * Z3) - (Z1 * Z1))
460 ZA = (Z2 - (ZB * Z1)) / N
470 ZA = EXP(ZA)
480 K = ZA
490 A2 = - ZB
500 PRINT "WHAT IS TOTAL DEPTH OF NEW WELL(FEET)? "
510 INPUT D
520 PRINT "HOW MANY DRILLING DEPTHS NEED DETAILING
530 INPUT L
540 LPRINT "DEPTH      TIME TO DEPTH      PENETRATION
      RATE"
550 ID = D/L
560 SD = 0
570 FOR M = 1 TO L
580 SD = SD + ID
590 = TD(1/(K * A2)) * (EXP(A2 * SD) - 1)
600 DD = K * EXP(- A2 * SD)
610 LPRINT SD, TD, DD
620 NEXT M
630 END

```

流程图



注 释

- 210 钻井时间和进尺效率
- 240 可供借鉴的进尺效率数据个数
- 300 相应的进尺效率
- 500 新井总井深
- 520 需要列出多少个数据点的深度

3 储油层趋肤因素和渗透率

程序名: PERMSKFA

功能: 从一敞喷井试验的结果来确定储油层的渗透性和趋肤因素。

输入量: 测试点个数: N

对于每一测试点:

测试点所耗时间: T(1—N)(小时)

井底压力: P(1—N)(磅/吋²)

出油率: Q(1—N)(每昼夜千立方呎)

储油层初始压力: P(0)(磅/吋²)

井眼半径: RW(呎)

岩层孔隙率: PP(%)

岩层厚度: H(呎)

油的粘度: MG(厘泊)

总的可压缩度: CT(1/吋²)

含油层体积系数: BG(立方呎/立方呎)

输出量: 渗透率: K(毫达西)

趋肤因素: S

方程: (1) 总流量:

$$SQ(M) = SQ(M) + \frac{Q(L) - Q(L-1)}{Q(M)} \times \log [T(M) - T(L-1)]$$

$$M = 1, 2, \dots, N \quad L = 1, 2, \dots, M$$

(2) 分压:

$$PP(M) = \frac{P(0) - (PM)}{Q(M)}$$

(3) 方程系数

用最小二乘法确定下面方程系数M和B。

$$PP(M) = M \times SQ(M) + B$$

程序460~550行表示系数的最小二乘解。

(4) 渗透率:

$$K = \frac{28,958 \times MG \times BG}{H \times M}$$

(5) 趋肤因素:

$$S = 1.151 \times \left[\frac{B}{M} - \log \left(\frac{K}{PO \times MG \times CT \times RW \times RW} + 3.23 \right) \right]$$

变 量: N——测试点个数

T(0—N)——每个测试点所耗时间(小时)

P(1—N)——井底压力(磅/吋²)

Q(0—N)——出油率(每昼夜千立方呎)

P(0)——储油层初始压力(磅/吋²)

SQ(1—N)——总流量

PP(1—N)——分压

Z1——最小二乘系数

Z2——最小二乘系数

Z3——最小二乘系数

Z4——最小二乘系数

Z5——最小二乘系数

M ——方程斜率

B ——方程截距

RW——井眼半径(呎)

PP——岩层孔隙率(%)

PO——岩层孔隙率(以小数表示)

H ——岩层厚度

MG——油的粘度(厘泊)

CT——总的可压缩度(1/吋²)

BG——含油层体积系数(立方呎/立方呎)

K ——渗透率(毫达西)

AA——趋肤因素方程之一

AB——趋肤因素方程之一

S ——趋肤因素

算 例： 渗透率；趋肤因素

可利用的测试点个数？

？ 4

第一个测试点所耗时间（小时）？

？ 1.0

相应井底压力（磅/吋²）？

？ 1690

相应出油率（每昼夜千立方呎）？

？ 1000

测试点 2 所耗时间（小时）？

？ 2.0

相应井底压力（磅/吋²）？

？ 1675

相应出油率（每昼夜千立方呎）？

？ 2000

测试点 3 所耗时间（小时）？

？ 3.0

相应井底压力（磅/吋²）？

？ 1640

相应出油率（每昼夜千立方呎）？

？ 4000

测试点 4 所耗时间（小时）？

？ 4.0

相应井底压力（磅/吋²）

？ 1615

相应出油率（每昼夜千立方呎）？

？ 5000

储油层初始压力（磅/吋²）

？ 1700

井眼半径（呎）？

？ 0.25

岩层孔隙率（%）？

？ 17

岩层厚度（呎）？

？ 50

油的粘度（厘泊）？

？ 0.018

总的可压缩度 ($1/\text{吋}^2$) ?

? 0.0007

含油层体积因素 (立方呎/立方呎) ?

? 0.009

渗透率; 4.37692 (毫达西)

趋肤因素: - 4.39588

流程图

