

BASIC 钻井(探)工程指南

约翰·L·小格兰默

武汉地质学院探矿工程系
南南技术开发公司

BASIC 钻井(探)工程指南

约翰·L·小格兰默

微型计算机已成为钻井(探)工程极为重要的组成部分，而大多数计算机所用的主要编程序的软件为BASIC语言。现在，这本BASIC钻井(探)工程指南提供钻井工程师用这种通用语言编制他所需要的程序。

约翰·L·小格兰默用他个人的微型计算机——即具有48K RAM的Radio Shack TRS-80型——完成这本书的软件。他已经研究出包括主要的钻井工程各方面的三十个程序。从钻井成本到设备优选，格兰默以易于理解和逐步渐进的方式介绍每一个程序。

有些题目论述了储油层表面因数和渗透性、定向钻井、钻头优选、泥浆固相分析和重晶石需要量，也包括泥浆紊流段，泥浆摩擦的损失，加重水泥和水泥添加剂的需要量，井涌容许限度，井涌严重程度和井控。

这本书每章分成四部分。第一部分介绍程序的目的是技术基本情况，包括方程式和程序变量表。第二部分提供了程序流程图。第三部分给出了实例的程序运行。而第四部分以微型计算机BASIC语言列表该程序。一旦程序输入机器并进行检验，则能把它储存在盒式磁带或磁盘上供以后使用。

BASIC 钻井(探)工程指南对使用这种专门语言的钻井工程技术人员来说是必不可少的。这本书有助于工程技术人员更精通和更有把握的使用他的微型计算机，并且能够学习来编制与钻井工程有关的更为复杂的程序。

前 言

这本书的程序和这本书本身是利用我个人的微型计算机完成的。微型计算机是Radio Shack TRS-80 Model III带有48K RAM(随机存取存储器)、三个微型磁盘驱动器和一个附属的行式打印机,这个机器也具有内在能力与电话调制调节器进行接口,以便同任何一个较大的计算机网络连接。这些年来我一直用这台设备工作,我还没有遇到存储量太小的问题,但是随着我的程序编制的技术熟练,总有一天我会遇到这部机器容量的限制。此外,在该机器的语言表达能力方面,即对编制重大工程的程序方面。我没有发现缺点。

大多数微型计算机的主要编程序的软件为BASIC语言。机器只识别安装在微机内的计算机微片(Z-80,8080等等)的特定的机器语言。大多数制造厂安装一个内部的BASIC解释程序来减轻编制程序人员的工作量。但是,不同的制造厂用的BASIC语言稍微有所不同,如果使用人员对BASIC语言个别的特性不熟悉,也许会产生问题,我试图尽可能的只使用那些我所知道的所有的BASIC版本都通用的命令语句,但是,新出品的计算机的拥有者或使用者则需要识别存在的差别。

本书提供给钻井工程师的题材使他在使用他的微型计算机时能更熟悉和更有把握。我决不认为这本书中的程序是编程序技术的典范,很多步骤的省略和时间的节省的窍门加起来是可以缩短程序长度和运算时间的。但是,我觉得维持程序使之能更好地解释结构和作用要好一些。这些程序涉及最基本的钻井工程的课题,而我确信当钻井工程师更熟练地使用他的机器时,将学会编制更为复杂课题的程序。

作者注：

当阅读这个程序表时，请记住下列常规的BASIC说明。

- (a) *表示计算机上乘法，但是，在这本书中采用常规的乘法符号。
- (b) [表示取幂符号。
- (c) LOG表示自然对数符号，当要求对数以10为底时，则自然对数的值必须被除以10为底的自然对数。

目 录

BASIC钻井(探)工程指南

前言

一、钻探成本	(1)
二、钻进时间和钻进速度	(3)
三、储气层表面因数和渗透性	(9)
四、定向钻进	(17)
五、钻头最优选配	(56)
六、钻孔平均直径	(65)
七、泵的性能/钻孔容量	(69)
八、泥浆固相分析	(86)
九、无固相淡水泥浆的重晶石需要量	(90)
十、固相淡水泥浆的重晶石需要量	(96)
十一、水力旋流器的计算	(100)
十二、离心机的计算	(103)
十三、钻井液的粘度	(109)
十四、泥浆循环起动力	(118)
十五、泥浆紊流的判据	(122)
十六、泥浆层流时摩擦损失	(142)
十七、泥浆紊流时摩擦损失	(156)
十八、泥浆等效循环密度	(172)
十九、气柱性能: 压力与平均密度	(176)
二十、气侵泥浆流体静水压性能	(181)
二十一、冲动与抽吸压力	(189)
二十二、惯性冲动压力	(200)
二十三、加重水泥需要量	(206)
二十四、水泥添加剂的需要量	(215)

二十五、盐水水泥.....	(227)
二十六、井涌容限.....	(235)
二十七、井涌的严重程度.....	(241)
二十八、井涌长度.....	(251)
二十九、井控.....	(256)
三十、设备的最佳选配.....	(263)

一、钻 探 成 本

程序名: BDRILCST

目 的: 确定在给定钻头条件下每英尺钻孔成本

输 入: 平均钻头寿命: TB(小时)

停止运转时间: TC(小时)

升降钻具时间: TT(小时)

钻探设备固定资产的成本: CR(美元/小时)

钻头成本: CB(美元)

钻头钻进的间距: DD(英尺)

输 出: 基本钻井成本: CF(美元/英尺)

方程式: 基本钻井成本:

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

变 量: TB: 平均钻头寿命(小时)

TC: 停止运转时间(小时)

TT: 升降钻具时间(小时)

CR: 钻探设备固定资产的成本(美元/小时)

CB: 钻头成本(美元)

DD: 已钻进的间距(英尺)

CF: 基本钻井成本(美元/英尺)

实 例*: BASIC DRILLING COST

基本钻井成本

WHAT IS AVERAGE BIT LIFE(HOURS)?

钻头平均寿命是多少(小时)?

? 15

WHAT IS NONROTATING TIME (HOU-

译者注: 实例为应用程序示范, 为了便于读者上机操作, 除译文外还将原文附上以便对照使用。

RS)?

(停止运转时间是多少(小时)?)

? 15

WHAT IS TRIP TIME(HOURS)?

(升降钻具时间是多少(小时)?)

? 7.5

WHAT ARE FIXED RIG COSTS (\$/HOUR)?

(钻探设备固定资产的成本是多少?)

? 450

WHAT IS THE COST OF THE BIT(\$)?

(钻头成本是多少(美元)?)

? 400

WHAT IS THE INTERVAL DRILLED(FEET)?

(钻进进尺是多少(英尺)?)

? 225

BASIC DRILLING COST IS:47.0778 \$/FEET

(基本钻井成本是: 47,0778美元/英尺)

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

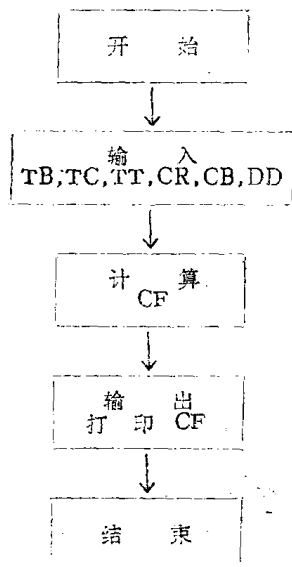
290 PRINT "WHAT ARE FIXED RIG COSTS (\$/HOUR)?"

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

```



二、钻进时间和钻进速度

程序号: DRILTIME

目的: 在类似地层中从一口钻井现有数据点数确定钻进一口新井的钻进时间和钻进速度。

输入: 从类似井取得的数据点数: N

对于各个数据点:

在数据点处的井深: $D(1-N)$ (英尺)

在数据点处的钻进速度: $DD(M)$ (英尺/小时)

新井深度: D (英尺)

被计算的数据点数: L

输出：新井深度：SD(英尺)

钻到新井深度SD处所需的时间：TD(小时)

在新井深度SD处的钻进速度：DD(英尺/小时)

方程式：(1) 确定速度方程的系数：程序行中的340—490为指数
最小二乘方的标准方法，实际钻井数据与指数方程
式相拟合如下所示：

$$DD = K \times e^{(-A_2 \times D)}$$

此处：DD 是旧井的钻进速度

D是旧井的井深

K和A2是通过最小二乘法求得的系数

(2) 求钻到新井深处所需的时间：

$$TD = \frac{1}{K \times A_2} \times [e^{(A_2 \times SD)} - 1]$$

(3) 求新井的钻进速度

$$DD = K \times e^{(-A_2 \times SD)}$$

变量：N：从旧井得的数据点数

D(1-N)：旧井深度数据(英尺)

DD(1-N)：旧井钻进速度(英尺/小时)

ZX(1-N)：X为系数计算值

ZY(1-N)：Y为系数计算值

Z1：最小二乘方系数

Z2：最小二乘方系数

Z3：最小二乘方系数

Z4：最小二乘方系数

Z5：最小二乘方系数

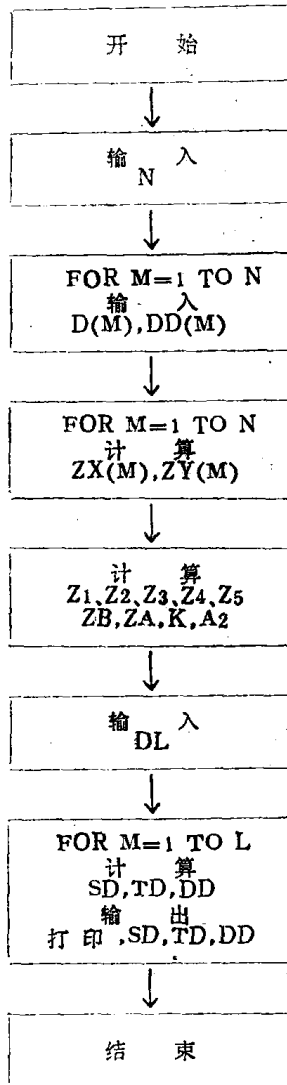
ZB：最小二乘方系数

ZA：最小二乘方系数

K：方程式系数

A2：方程式系数

D：新井深度(英尺)



L: 新井计算的次数

ID: 新井中递增的深度(英尺)

SD: 新井中现在的深度(英尺)

TD: 钻到现深度所需的时间(小时)

DD: 在现深度钻进速度(英尺/小时)

实例: WELL DRILLING TIME AND PENETRATION RATE

钻进时间和钻进速率

HOW MANY REFERENCE RATES ARE AVAILABLE?

(从类似地层的钻井中可得到的参考速度有多少个?)

? 8

WHAT IS #1 DEPTH(FEET)?

(第1个深度是多少(英尺)?)

? 500

WHAT IS CORRESPONDING PENETRATION RATE(FEET/HOUR)?

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 500

WHAT IS #2 DEPTH(FEET)?

(第2个深度是多少(英尺)?)

? 1500

WHAT IS CORRESPONDING PENETRATION RATE(FEET/HOUR)?

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 200

WHAT IS #3 DEPTH(FEET)?

(第3个深度是多少(英尺)?)

? 3600

WHAT IS CORRESPONDING PENETRATION RATE(FEET/HOUR)?

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 100

WHAT IS #4 DEPTH(FEET)?

(第4个深度是多少(英尺)?)

? 4600

WHAT IS CORRESPONDING PENETRA-

TION RATE(FEET/HOUR)?

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 75

WHAT IS # 5 DEPTH(FEET)?

(第 5 个深度是多少(英尺)?)

? 5600

**WHAT IS CORRESPONDING PENETRA-
TION RATE(FEET/HOUR)?**

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 30

WHAT IS # 6 DEPTH(FEET)?

(第 6 个深度是多少(英尺)?)

? 6000

**WHAT IS CORRESPONDING PENETRA-
TION RATE(FEET/HOUR)?**

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 30

WHAT IS # 7 DEPTH(FEET)?

(第 7 个深度是多少(英尺)?)

? 6200

**WHAT IS CORRESPONDING PENETRA-
TION RATE(FEET/HOUR)?**

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 20

WHAT IS # 8 DEPTH(FEET)?

(第 8 个深度是多少(英尺)?)

? 6500

**WHAT IS CORRESPONDING PENETRA-
TION RATE(FEET/HOUR)?**

(相对应的钻进速度是多少(英尺/小时)?)

? 10

WHAT IS TOTAL DEPTH OF NEW WELL(FEET)?

(新井总深度是多少(英尺)?)

? 10000

HOW MANY DRILLING DEPTHS NEED
DETAILING?

(需要列举? 多少个钻井深度)

? 4

DEPTH (深度)	TIME TO DEPTH (到该深度所需时间)	PEN.RATE (钻进速度)
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 PENFTRATION RATE"

220 PRINT

230 PRINT

240 PRINT "HOW MANY REFERENCE RATES ARE AVAILABLE?"

250 INPUT N

260 FOR M=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

```

三、储气层表面因数和渗透性

程序名: PERMSKFA

目 的: 从自喷气井试验结果确定岩层渗透性和表面因数

输 入: 试验数据点数: N

对于每个数据点:

试验点经过的时间: $T(1-N)$ (小时)

孔底压力: $P(1-N)$ (绝对压强 磅/平方英寸)

生产率: $Q(1-N)$ (千立方英尺/每昼夜)

初始储层压力: $P(o)$ (绝对压强 磅/平方英寸)

井眼半径: RW (英尺)

岩层孔隙率: $PP(\%)$

岩层厚度: H (英尺)

气体粘度: MG (厘泊)

总压缩系数: $CT(1/\text{磅}/\text{平方英寸})$

含气层容积系数: BG (立方英尺/立方英尺)

输出: 渗透系数: K (毫达西)

表面因数: S

方程式: (1) 求总流量:

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

每个 M 值从1到 N , 方程式是从1到 M 的 L 值之总和

(2) 求压力的分量:

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

(3) 求公式中的系数: 在下列公式用最小二乘方法的解来确定系数 M 和 B

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

460~550程序行表示最小二乘法求出系数

(4) 求渗透率:

$$K = \frac{28.958 \times MG \times BG}{H \times M}$$

(5) 求表面因数:

$$S = 1.151 \times \left[\frac{B}{M} \right]$$

$$-\log\left(\frac{K}{PO \times MG \times CT \times RW \times RW}\right) + 3.23 \Big]$$

变 量: N: 试验数据点数

T(O-N): 数据点从所经历的时间(小时)

P(1-N): 孔底压力(绝对压强 磅/平方英寸)

Q(O-N): 流量(千立方英尺/每昼夜)

P(O): 初始的储层压力(绝对压强 磅/平方英寸)

SQ(1-N): 总流量

PP(1-N): 压力分量

Z1: 最小二乘方系数

Z2: 最小二乘方系数

Z3: 最小二乘方系数

Z4: 最小二乘方系数

Z5: 最小二乘方系数

M: 方程式斜距系数

B: 方程式截距系数

RW: 井眼半径(英尺)

PP: 岩层孔隙率(%)

PO: 岩层孔隙率(化为小数点的)

H: 岩层厚度(英尺)

MG: 气体粘度(厘泊)

CT: 总压缩率(1/磅/平方英寸)

BG: 含气层容积系数(立方英尺/立方英尺)

K: 透渗系数(毫达西)

AA: 表面因数方程式的运算代码

AB: 表面因数方程式的运算代码

S: 表面因数

实 例: PERMEABILITY:SKIN FACTOR

渗透性: 表面因数

HOW MANY TEST POINTS ARE AVAIL-
ABLE?