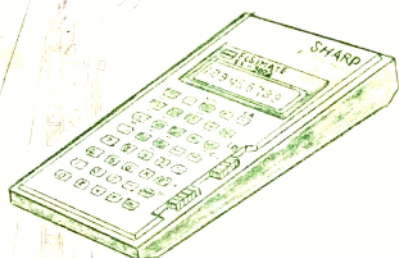


可编程序小型计算机 在钻井现场的應用



江苏石油勘探局

可编程序小型计算器 在钻井现场的应用

江苏石油勘探指挥部



A875756

内 容

一、概述.....	1
二、钻井现场实用计算程序.....	2
三、小型计算器使用固体软件.....	12
四、日本夏普EL—5002型计算器说明书	15

一、概述

随着钻井工艺技术水平不断地提高和电子计算技术的广泛应用，石油钻井现场已开始逐渐地扩大电子计算机的使用。

科学研究、生产管理、现场计算及人员培训都在采用电子计算技术，特别是七十年代以来，最优化钻井技术的发展，朝着用电子计算机直接监控钻井过程的方向迈进。

但是，最优化钻井技术并未全面推广，国外大部分钻井公司和钻井承包商在实际钻井生产中全面采用电子技术，应用大型电子计算机的例子不多。象数据采集和分析系统（DATA），仅在一些大型的钻机上配备，约为50台，这和全世界每年开动近5,000台石油钻机相比是很少的。

然而，近年来，可编程序小型计算器却在钻井生产中得到了广泛地应用，並已成为必备的工具之一。现场的钻井工程师、泥浆工程师、井队长、技术员及部分工人几乎人手一件，将这种小型计算器发给现场人员的钻井公司和承包商的数目与日俱增。国外资料报道，一些没有配小型计算器的钻井公司由于从业人员不能发挥出全部的智慧与力量，在公司之间的竞争中处于不利地位，蒙受了不小的经济损失。

可编程序小型计算器的主要优点：

- 1、便宜。一台价值200~400美元（400—800多元人民币）的小型计算器，即可满足钻井现场所需要做的绝大部分计算的要求。

- 2、容易掌握。一般工程技术人员，按说明书稍加培训或自学，即可掌握並可根据钻井生产中的计算问题编程序。

3、快速、准确，节约时间，提高效率。如优选喷嘴直径，仅需几分钟时间，即可编出程序，输入计算器，得出多组组合，实现优选，速度可提高十来倍。

4、可代替目前使用的各种计算尺、图表、诺模图及经验方法等，并能解许多过去难解的复杂工程计算。

目前，在地质部门石油普查钻井系统已开始使用可编程程序小型计算器，在现场进行喷射钻井水力计算中已成功地编出各种应用程序。如：优选喷嘴组合、宾汉、双常数指数、卡松三种模式的流变参数，d指数和dc指数，临介雷诺数、临介返速及Z值，压耗等等。各钻井应用程序均收到了满意的效果。

在国外，除了钻井应用程序外，还有许多专用计算程序，如：测井解释、油气储量估计、无硫天然气压缩系数、天然气供应量、油井递减曲线等。

近来，美国一些技术服务公司，研究出更有效的方法，即将各种程序记在程序磁卡片上或制成固态软件，即做成专用程序硅片。如因科（IMCO）技术服务公司销售价值150美元的硅片式钻井液程序组件；奥布瑞—戈因斯（O'Brien—Goins）工程公司咨询部出售价值100美元一套的磁卡片程序，内容有：钻井工程、测井解释、定向钻井、油管弯曲和水力学。壳牌石油公司出售钻机搬迁程序。将这些专用程序与小型计算器配套，即可完成各项现场应用计算。

二、钻井现场实用计算程序。

江苏第六普查勘探大队4014钻井队和3502钻井队，进行

喷射钻井设计，采用日本夏普EL—5002型可编程序小型计算机，编制了一系列计算程序。现仅举几例说明：

1、优选喷嘴组合。

①公式：

$$d_c = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$$

②程序步：

→ “LRN”

F		CA
---	--	----

(		[X]		10		x ²		+		[x]
---	--	-------	--	----	--	----------------	--	---	--	-------

10		x ²		+		[x]		10		x ²
----	--	----------------	--	---	--	-------	--	----	--	----------------

)		F		√		=		→ “COMP”
---	--	---	--	---	--	---	--	----------

③计算喷嘴组合：

d₁ d₂ d₃ d_c

comp	10	comp	10	comp	10		comp	17.32	comp
------	----	------	----	------	----	--	------	-------	------

comp	10	comp	10	comp	9		comp	16.76	comp
------	----	------	----	------	---	--	------	-------	------

comp	10	comp	9	comp	9		comp	16.18	comp
------	----	------	---	------	---	--	------	-------	------

comp	9	comp	9	comp	9		comp	15.59	comp
comp	9	comp	9	comp	8		comp	15.00	comp
comp	9	comp	8	comp	8		comp	14.45	comp
comp	8	comp	8	comp	8		comp	13.86	comp
comp	8	comp	8	comp	7		comp	13.30	comp
comp	8	comp	7	comp	7		comp	12.72	comp
comp	7	comp	7	comp	7		comp	12.12	comp

④根据d 进行优选:

根据已知的d, 优选计算出来的d, 选二者相近的, 那一组 (d₁, d₂, d₃) 即是优选出来的喷嘴组合。

2、d指数计算。

①公式:

$$d = \frac{\log \frac{R}{60N}}{\log \frac{12W}{10^5 D}}$$

其中: R钻速, 英尺/小时

N转速, 转/分

W钻压, 磅

D井径, 英寸

②程序步:

→ "LRN"

F	CA
---	----

(	[x]	15	+	60	+
---	-------	----	---	----	---

60	)	F	Log	+	(
----	---	---	-----	---	---

12	×	30,000	÷	10 ⁸	÷	8.5
----	---	--------	---	-----------------	---	-----

)	F	log	=	→ "COMP"
---	---	-----	---	----------

③列表计算:

R	N	W	D	d
comp 15	60	30,000	8.5	comp 1.73 comp
comp 12	"	"	"	comp 1.80 comp
comp 11	"	"	"	comp 1.83 comp

R		N	W	D	d		
comp	10	60	30,000	8.5	comp	1.86	comp
comp	9	"	"	"	comp	1.89	comp
comp	8	"	"	"	comp	1.93	comp
comp	7	"	"	"	comp	1.97	comp
comp	6	"	"	"	comp	2.02	comp
comp	9	"	"	"	comp	1.89	comp
comp	10	"	"	"	comp	1.86	comp
comp	11	"	"	"	comp	1.83	comp

R		N	W	D	d		
comp	12	60	30,000	8.5	comp	1.80	comp
comp	13	"	"	"	comp	1.77	comp

上面计算是为了简明说明程序编制方法，所以将、N、W、D三个变量假设为常量，这样所编程序只按一个变量R（钻速）计算。同理，可分别编二个、三个、四个变量的程序，即R、N、W、D均可作为变量；还可按泥浆比重修正，即求出dc指数，只是再增加变量。虽然，程序可无限地扩大编下去，但受到计算器容量限制，要视计算器的程序步数、存储寄存器数量而进行设计考虑。如：EL-5002型的程序步为39，存储寄存器为6；Casio FX-502P型的程序步为256，存储寄存器为22。

3、计算卡松模式的流变参数。

①卡松（Casson）流变模式方程：

$$\begin{aligned}\eta^{\frac{1}{2}} &= \eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} + \tau_0^{\frac{1}{2}} \gamma^{-\frac{1}{2}} \\ &= \eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} + C \gamma^{-\frac{1}{2}}\end{aligned}$$

其三个流变参数为：

i) 剪切稀释参数

$$C = 59.14 \left(\eta_{300}^{\frac{1}{2}} - \eta_{600}^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$= 59.14 \left[\phi_{300}^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\phi_{600}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

ii) 钻头水眼粘度 (无穷大剪切速率下的粘度)

$$\eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} = 3.44 \eta_{600}^{\frac{1}{2}} - 2.44 \eta_{300}^{\frac{1}{2}}$$

$$= 3.44 \left(\frac{\phi_{600}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} - 2.44 \phi_{300}^{\frac{1}{2}}$$

iii) 静切力 (在 1 转/分下的粘度)

$$\eta_1^{\frac{1}{2}} = \eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} + C$$

- 其中:
- η —— 任意剪切速率下的粘度, 厘泊。
 - η_{∞} —— 钻头水眼处的粘度, 即在无穷大剪切速率下的粘度, 厘泊。
 - η_1 —— 静切力, 在 1 转/分下的粘度。
 - C —— 剪切稀释参数
 - γ —— 剪切速率, 转/分
 - η_{300} —— 在旋转粘度计 300 转/分下的粘度, 厘泊
 - η_{600} —— 在旋转粘度计 600 转/分下的粘度, 厘泊
 - ϕ_{300} —— 旋转粘度计 300 转/分的读数
 - ϕ_{600} —— 旋转粘度计 600 转/分的读数

② 求剪切稀释参数 C :

i) 程序步

→ "LRN"

F	CA
---	----

59.14	×	(	[x]	34	F
-------	---	---	-----	----	---

√	-	(	[x]	52	÷	2	)
---	---	---	-----	----	---	---	---

F	√	)	=	→ "COMP"
---	---	---	---	----------

ii) 计算

ϕ_{300}

ϕ_{600}

C

comp	34	comp	52	comp	43.3	comp
------	----	------	----	------	------	------

comp	32	comp	50	comp	38.8	comp
------	----	------	----	------	------	------

comp	32	comp	48	comp	44.8	comp
------	----	------	----	------	------	------

comp	30	comp	44	comp	46.5	comp
------	----	------	----	------	------	------

comp	28	comp	40	comp	48.5	comp
------	----	------	----	------	------	------

③求钻头水眼处粘度 η_{∞}

i) 程序步

→ "LRN"

F	CA
---	----

(	3.44	x	(	[x]	52
---	------	---	---	-------	----

+	2	)	F	√-	-	2.44
---	---	---	---	----	---	------

x	[x]	34	F	√-	)
---	-------	----	---	----	---

X→M	=	F	look	R M	x ²
-----	---	---	------	-----	----------------

= → "COMP"

ii) 计算

ϕ_{600} ϕ_{300} $\eta_{\infty}^{\frac{1}{2}}$ η_{∞}

comp	52	comp	34	comp	3.31	comp	10.98
------	----	------	----	------	------	------	-------

comp	50	comp	32	comp	3.40	comp	11.54
------	----	------	----	------	------	------	-------

comp	48	comp	32	comp	3.05	comp	9.30
------	----	------	----	------	------	------	------

comp	44	comp	30	comp	2.77	comp	7.68
------	----	------	----	------	------	------	------

comp	40	comp	28	comp	2.47	comp	6.12
------	----	------	----	------	------	------	------

④求静切力 η_1

i) 程序步

→ "LMN"

F		CA
---	--	----

(		[x]		3.31		+		[x]		43.3
---	--	-------	--	------	--	---	--	-------	--	------

)		X-M		=		F		look		R M
---	--	-----	--	---	--	---	--	------	--	-----

x ²		=		→ "COMP"
----------------	--	---	--	----------

ii) 计算

$\eta_{\infty}^{\frac{1}{2}}$

C

$\eta_1^{\frac{1}{2}}$

η_1

comp	3.31	comp	43.3	comp	46.6	comp	2172
------	------	------	------	------	------	------	------

comp	3.40	comp	38.8	comp	42.2	comp	1780
------	------	------	------	------	------	------	------

comp	3.05	comp	44.8	comp	47.8	comp	2289
------	------	------	------	------	------	------	------

comp	2.77	comp	46.5	comp	49.2	comp	2427
------	------	------	------	------	------	------	------

comp	2.47	comp	48.5	comp	50.9	comp	2597
------	------	------	------	------	------	------	------

三、小型计算器使用固体软件。

可编程序小型计算器尽管有上述那些优点，但是在实际应用时，也出现了一些不足之处。

1、程序编好后，可开着计算器延续使用，计算器关掉后或输入另一程序时，原输入的程序即遭清扫。无法永久性存储，只好将存好的程序记在本上，再用时重新输入。

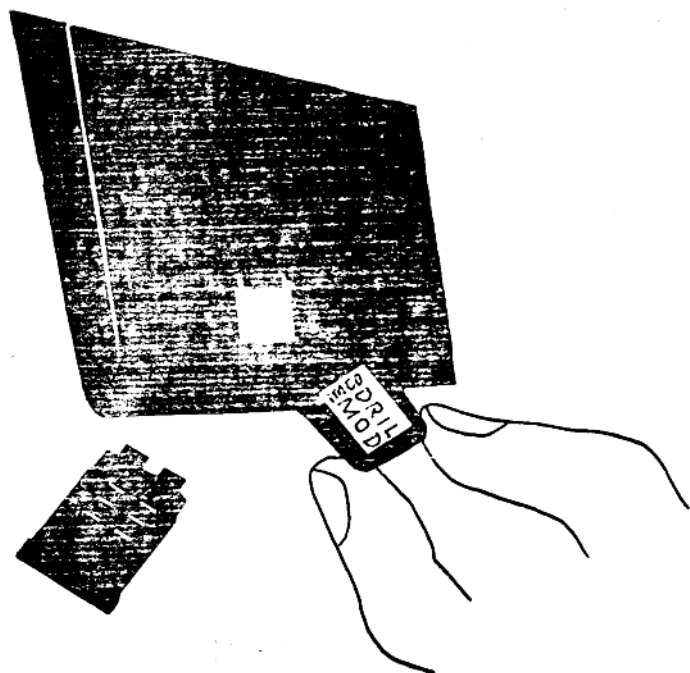
2、程序步和存储寄存器有限。如日本夏普EL—5002型计算器，程序步为39，6个存储寄存器。目前地质部门配备的大部分是这种计算器，也是国内市场广为提供的一种可编程序计算器。这样，在计算流变性能时，若想将宾汉模式、指数模式、卡松模式统统编在一套程序里是不能实现的，从而影响计算速度。因而，就更谈不上把喷射钻井的全部计算编在一套程序里。

如果采用程序磁卡片的计算器，虽然可解决程序的永久储存，但一则价贵，二则磁卡片读出器困难，三则每个磁卡片上的存储量也有限。

再就是于计算器设计时，就将这些专用程序编入计算器本身中去，永远固定在计算器内，这样又会降低计算器的通用性。

为解决这些矛盾，最近美国的有些公司将程序库做成半永久性的，标准化插入式计算器程序组件，即固体软件。美国得克萨斯仪器公司的TI—57型、TI—58型、TI—59型计算器，海利特——帕卡德（Hewlett—Parkard）公司的HP—25型、HP—67型、HP—97型计算器，可使用这些固态软件。这些程序组件，实质上是带有程序的小硅片，如同换电池一样，需要时可方便地放入计算器内，随时

又可取出更换，能永久保存，（如照片所示）



若需要，还可选配上一台TI—PC—100A型打印机，这样可将计算过程和结果及时打印出来。

配有硅片式固态软件或程序组件的小型计算器，与没有这种组件的可编程序小型计算器相比较，前者除兼有后者的一切优点外，还使钻井工作者摆脱了自编程序所需要花费的

时间，更加方便。

总之，这种计算器更能够实现安全、优质、快速、低耗地钻井。

这里选因科公司的硅片式钻井程序组件予以介绍。这种程序组件有5,000个指令存储，放入TI—58型或TI—59型计算器中以后，实际上使这些小型计算器变成了相当有效的专用计算机了。

该钻井程序组件包括16种钻井程序：

1—2，井涌。二种独立的程序，一种是为循环掉浸入井内的地层流体，预计需要的压井泥浆比重和立管压力。另一种井涌程序是专门为定向井和使用阶梯尺寸钻具（钻具尺寸从上向下分段减小）的井设计的。

3，井眼几何条件。将井眼和钻柱的数据转化成环空的，并存储起来以便其它程序使用。

4，水力学。计算钻头压降，水马力，冲击力，喷射速度，环空返速。

5，最优水力状况，选择喷嘴尺寸。

6，等效循环比重。计算循环和起下钻状态下的等效循环比重。

7，定向井的造斜与稳斜。计算在定向井的造斜与稳斜设计中的最终井斜角资料和沿斜井井身测量的深度。

8，d指数。计算d指数和dc指数（即修正的d指数）。

9，成本。计算每英尺钻井成本

10，流变学。计算n值和k值，在不同剪切速率下的剪切应力。