

# 混合操作软件 HYBASIC 语言

刘志俊 梁慧敏

(北京控制工程研究所)

## 摘 要

HYBASIC 语言是为 HAP-2/DJS-130 混合计算机系统研制的混合操作软件,由基本 BASIC 语言扩充而成,是一种交互性的解释执行语言。它不仅保持 BASIC 语言的全部算术及逻辑处理能力,而且扩展了监视与控制模拟计算机的混合操作功能,为混合计算机的程序设计提供了一种方便、灵活的工具。本文主要介绍 HYBASIC 语言的特点及用法。

## 一、引 言

在科学研究中,特别是在自动控制系统的分析、综合和设计中,混合计算机是一种灵活的、多功能的仿真工具。它既可以作纯数学仿真,也可以和实物连接作半实物实时仿真。但是由于需要复杂而又耗费时间的程序设计工作,以致在解决仿真问题时受到了严重的限制。关于混合仿真软件的研究,国外自六十年代初开始已经做了不少工作。但是,由于发展全适应性软件过于复杂和困难,因此,迄今为止,多数软件都是只针对某专门的方面的应用<sup>[1]</sup>。

在混合计算系统中,数字计算机有两种作用:一是对模拟计算机进行全面地监控和设置;二是执行由于精度要求高或者计算复杂而不适宜用模拟计算机进行计算的那些算法。这就要求混合软件要具有算术和逻辑处理能力,以及通用的混合操作命令和快速中断处理能力。HYBASIC 语言是为 HAP-2/DJS-130 小型混合计算机系统研制的混合操作软件<sup>[2]</sup>,它的基本特点是:

(1) 保留了 DJS-130 数字计算机的基本 BASIC 语言的全部功能及优点。在源程序中,保持混合操作命令语句与原有 BASIC 语句的兼容性及定义上的相似性和直观性,源程序书写及修改简单方便。同时,扩充了对外部设备的管理能力,可以作为数字计算机软件单独使用。配合连续系统的仿真程序<sup>[3]</sup>,可以计算校验解和选择比例尺。

(2) 具有对模拟计算机进行设置和监控功能。

(3) 用户可以随时对混合系统进行干预,实现人机对话。

(4) 所需的内存容量小一般内存容量有 8K 字便能工作,解释程序仅占 5.4K 字。

(5) 只要有基本外部设备便能工作。例如只要有一台电传机便可进行操作。

(6) 可以调用由汇编程序得到的子程序段,从而提高特定程序的执行速度,便于进行数控仿真。

(7) 容易掌握使用.

## 二、HYBASIC 语言的混合操作命令语句

HYBASIC 语言源程序的书写格式及规定与基本 BASIC 语言完全相同. 下面仅对 HYBASIC 语言中的混合操作语句作一介绍.

### 1. 状态语句

```
RSET T    设置语句
COMPUT T  计算语句
HOLD T    保持语句
```

$T$  是该状态持续的时间, 可以为常数、变量或表达式. 范围从 1 毫秒到 40950 毫秒, 如果没有  $T$ , 在执行时, 该状态一直持续下去, 直到遇见新的状态语句时为止. 如果有  $T$ , 但到规定的时间后, 没有遇见新的状态语句, 这个状态也会持续下去.

### 2. 控制语句

```
CONTRO N1, X1; N2, X2; .../T
```

$N1, N2, \dots$  是控制线的编号,  $X1, X2, \dots$  是对应的逻辑状态,  $T$  是这些逻辑状态持续的时间, 其意义与状态语句相同. 如果只有 CONTRO, 表示将所有控制线的逻辑状态置零. HAP-2 共有 16 条控制线.

### 3. 逻辑语句

```
LOGIC N, XX, YY
```

$N$  是逻辑线编号,  $XX, YY$  是源程序中语句标号.  $N$  的逻辑状态是“1”, 执行  $XX$  语句; 为“0”则执行  $YY$  语句, 实现模拟式条件转移.

### 4. 数字系数器 DCU 设置语句

```
SETDCU P( $i_1$ ), P( $i_2$ ), ...
```

$P$  数组专门作为系数器的设置值, 下标变量  $i_1, i_2, \dots$  表示数字系数器的编号. 系数值可以由源程序的输入得到或计算得到, 但其值必须小于 1, 否则打印出错误信息, 要求重新给出正确的系数值. HAP-2 有 32 个数字系数器.

### 5. 监视打印语句

```
MONIT O( $i$ ), A( $j$ ), ...
```

模拟部件和数组名字的对应关系见表 1, 下标变量  $i, j$  等是部件编号. 该语句将部件的输出通过数字电压表读入数组中, 源程序的其它部分可以引用或打印. 图 1 是检查电源输出的程序, 第 40 句作计时用, 即数字表转换稳定和观察的时间是 3 秒钟.

```
10 dim o(18)
20 for i = 1 to 18
30   monit o(1)
40   rset 3000
50 next i
60 end
```

图 1 检查 18 种电源输出的程序

表 1 模拟部件和数组名字对照表

数组名字	部件输出	数组名字	部件输出
$O(i)$	电源	$J(i)$	积分器
$D(i)$	$D/A$ 转换器	$K(i)$	开关加法器
$F(i)$	函数器	$A(i)$	加法器
$M(i)$	乘法器	$P(i)$	数字系数器
$C(i)$	反相器	$R(i)$	手动系数器

### 6. 模拟数字转换语句

ADC  $M(i)$

将第  $i$  路模拟数字转换器的输入值,化为浮点数,存入数组元素  $M(i)$  中,供源程序其他部分引用。HAP-2 模数转换器有 16 路输入。

### 7. 数模转换及控制语句

DAC  $X, n$

DAL

$X$  可以是简单变量或数组变量, DAC 语句将它的值化为定点数,送到第  $n$  路数模转换器的第一缓冲寄存器。DAL 将所有数模转换器的第一缓冲寄存器的数打入第二缓冲寄存器,成为并行的模拟输出量。数模转换器共有 8 路。

数模转换器可以作数字模拟乘法器用。

## 三、外部设备管理及汇编程序兼容功能的扩展

### 1. 在宽行打印机上列源程序清单命令 LST

语句标号 LST

前者在宽行打印机上列出所有源程序的清单,后者从指定的标号开始列清单。

### 2. 宽行打印机输出语句

LPT  $P(i), A(i)$

书写和打印格式完全和 PRINT 一样。

### 3. 数字式绘图仪绘图语句

PLOT  $X, Y, N$

$X, Y$  分别表示在  $X$  轴和  $Y$  轴方向走的步数,每步 0.1 毫米。  $N$  是功能,  $N = 0$ , 归零;  $N = 1$ , 落笔;  $N = 2$ , 抬笔。我们用这个语句编写了字符程序库,可在绘图仪上以任意比例尺及倾斜度书写字母、数字和符号。

### 4. 汇编程序插入段

ASA

ASB

ASC

通过这些语句可以直接引用由汇编程序得到的目的程序。为了在使用汇编程序段时输入、输出数据方便,又增加了两个辅助语句

IMV  $S(n)$

OMV  $W(m)$

前者将数组  $S$  的  $n$  个值传送到汇编程序指定的一段内存单元中去, 后者将汇编程序计算结果传送到  $W(0), W(m)$  中去。这样便能用 HYBASIC 语句修改汇编段的参数或输出计算结果。汇编程序段放在 HYBASIC 解释程序后, 改变 300 号内存单元的大小可以将它保护起来。

这些程序段用到的内存单元地址如下:

内存单元地址	内容
300	保护区大小
14	存放输入数据区初址
15	存放输出数据区初址
16	存放输出数据区未址
10762	存放 ASA 段入口地址
10763	存放 ASB 段入口地址
10764	存放 ASC 段入口地址

#### 四、HYBASIC 的应用

HYBASIC 的操作过程和基本 BASIC 完全一样<sup>[4]</sup>, 在执行 HYBASIC 源程序之前, 假定模拟计算机电源已接通, 排题板已按照描述系统的动态方程编排好了。当源程序输入及修改完毕时, 发出 RUN 命令, 混合计算系统按编好的程序要求运行, 进行动态仿真。

(1) 用数字计算机对模拟计算进行管理。例如对模拟计算机的数字系数器进行设置, 用 MONIT 语句测试有关部件的输出进行校验, 控制模拟计算机的状态等。

##### 例 1 HYBASIC 语言用于管理

模拟机排题图如图 2(a), 利用数字计算机控制模拟计算机的运行, 设置数字系数器, 在电传机上打印积分器  $A_1$  的输出。图 2(b) 是管理程序, 结果如图 3(c) 所示。

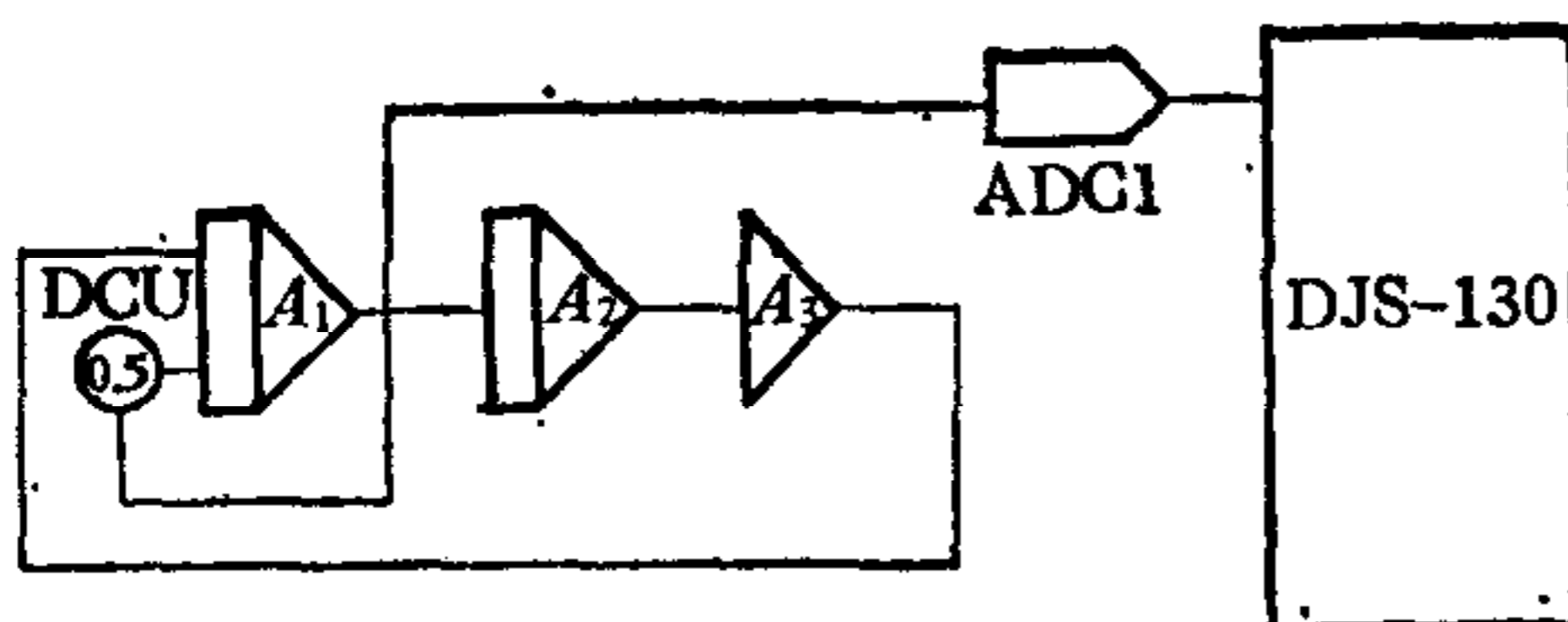


图 2(a) 模拟计算机排题图

```

10 print 'this is solution'
20 print 't: tab (0): 'a(1)':
30 print tab (17): ' +----+----+----+---+---- 0 -
40 let p(1) = .5
50 setpot p(1)
60 for i = 0 to 30
70   let t = 50 * i
80   rset 10
90   comput t
100  hold 10
110  adc m(1)
120  print t: tab (7): m(1):
130  print tab (17): 'l':
140  print tab (42 + int (m(1) * 25)): '* '
150 next i
160 end

```

图 2(b) 管理程序

t	a(i)	+-----+-----+-----+-----+----- 0 -----+-----+-----+-----+-----
0	-1	1 *
.05	-.645004	1 * *
.1	-.236557	1 * * * *
.15	.12207	1 * * * * *
.2	.363281	1 * * * * * *
.25	.462646	1 * * * * * *
.3	.436035	1 * * * * * *
.35	.320313	1 * * * * * *
.4	.161377	1 * * * * * *
.45	7.8125e-3	1 * * * * * *
.5	-.110336	1 * * * * * *
.55	-.174301	1 * * * * * *
.6	-.183823	1 * * * * * *
.65	-.15062	1 * * * * * *
.7	-9.32465e-2	1 * * * * * *
.75	-2.92816e-2	1 * * * * * *
.8	2.53906e-2	1 * * * * * *
.85	6.05469e-2	1 * * * * * *
.9	7.20215e-2	1 * * * * * *
.95	6.56738e-2	1 * * * * * *
1	4.61426e-2	1 * * * * * *
1.05	2.09961e-2	1 * * * * * *
1.1	-3.15857e-3	1 * * * * * *
1.15	-2.02484e-2	1 * * * * * *
1.2	-2.87933e-2	1 * * * * * *
1.25	-2.92816e-2	1 * * * * * *
1.3	-.022934	1 * * * * * *
1.35	-1.36566e-2	1 * * * * * *
1.4	-3.40271e-3	1 * * * * * *
1.45	4.39453e-3	1 * * * * * *
1.5	9.76563e-3	1 * * * * * *

图 2(c) 输出结果

(2) 利用数字计算机的逻辑判断能力,可以对大量的模拟计算结果进行分析判断.这方面最突出的例子是进行参数寻优及函数寻优和统计计算. 模拟计算机按照“设置-计算-保持”方式工作. 在保持状态数字计算机通过 A/D 将模拟计算结果读入,进行分析比较,计算新的参数值,设置系数,然后又进行下一周期的“设置-计算-保持”,直到满足给定的品质指标时,打印输出结果,停机. 显然,数字计算机和模拟计算机是“串行”地交替工作,因此,对数字计算机的速度没有严格要求.

例 2 两点边值问题

一个简单的两点边值问题的方程为:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y, \quad y(0) = 0, \quad y(T) = Y_T \tag{1}$$

$$T \approx K\pi/\omega \quad K = 0, 1, 2, \dots$$

图 3a 是模拟排题图, 图 3b 是弛张法寻优程序.

其中,  $l$  是寻优计算次数,  $n$  是用给出的步距  $x$  寻优计算的次数, 当  $n = 1$  时计算的品质指标没有改善, 不改变  $x$  的大小, 仅改变  $x$  的符号,  $n > 1$  时计算的品质指标没有改善, 则  $x$  的大小和符号同时改变. 这个程序可以自动减小步距, 加快寻优速度和精度.  $P(1)$  是所寻优的参数,  $a$  是给定的品质指标精度.

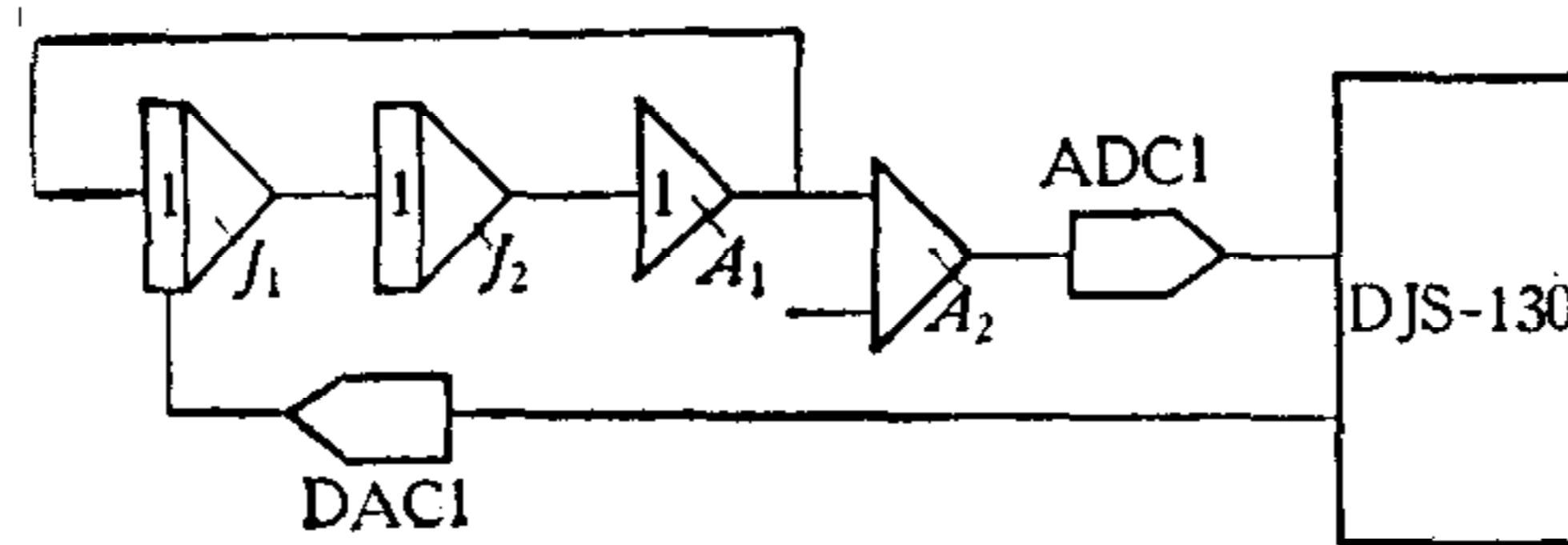


图 3(a) 简单的两点边值问题排题图

```

50 let x = .1
60 let n = 0
70 let a = .001
80 let t = 850
90 if i = 0 goto 115
110 let p(1) = p(1) + x
115 let i = i + 1
120 let n = n + 1
150 dac p(1), 2
160 dal
170 let y = abs (m(1))
180 rset 10
200 hold
210 adc m(1)
212 lpt 1, x, q, p(1), m(1)
213 if i = 1 goto 110
215 if abs (m(1)) < a goto 430
220 if y > abs (m(1)) goto 110
230 if n > 1 goto 400
240 let x = -x
250 goto 110
400 let x = -.2 * x
410 let n = 0
420 goto 110
430 end

```

图 3(b) 弛张法寻优程序

```

list
10 let i = 0
30 let p(1) = 0
40 let m(1) = 1
50 let x = .1
60 let n = 0
70 let a = .05
80 let t = 850
100 let q = (pdn(0)) - .5 * x
110 let p(1) = p(1) + q
115 let i = i + 1
150 dac p(1), 2
160 dal
170 let y = abs (m(1))
180 rset 20
190 comput t
200 hold
210 adc m(1)
212 lpt 1, x, q, p(1), m(1)
215 if abs (m(1)) < a goto 450
220 if y > abs (m(1)) goto 100
240 let p(1) = p(1) - q
250 goto 100
400 print
405 print 1, x, p(1), m(1)
450 let a = a/5
455 let x = x * .2
460 let n = n + 1
470 if n < 3 goto 100
500 end

```

图 3(c) 基本随机探索法寻优程序

基本随机探索法程序示于图 3(c), 俗称“瞎子爬山法”。如果将第 220 句的 goto 100 改为 goto 110 就成为模型随机探索法寻优程序<sup>[1]</sup>。该例说明 HYBASIC 源程序设计灵活简单, 代替了以前迭代式模拟计算机复杂的寻优机柜, 便于使用。几种寻优方法计算结果见表 2。

(3) 插入汇编程序和混合计算中的同步方法。插入汇编程序是为了提高特定程序的执行速度。有两种同步方法: 一种是程序同步。当在一个采样周期内, 完成一步计算的

表 2

寻优方法	计算次数	参数初值	参数终值	品质指标
弛张法	16	0	.281205	$2.29 \times 10^{-4}$
基本随机法	25	0	.272005	$6.10 \times 10^{-4}$
模型随机法	19	0	.278071	$2.29 \times 10^{-4}$

时间较少时采用。实现的程序如图 4 所示,采样周期为 100 毫秒。由于状态语句的定时性,每当 ASA 段程序执行完后,就转到 110 句等待时钟结束,再开始下一个循环。另一种是利用数字机的中断实现同步。在 HAP-2 上有三个中断插孔,它们的中断服务程序的入口地址分别放在: 10574; 10575; 10576。利用逻辑语句实现模拟式条件转移进行等待。模拟机处于计算状态时,逻辑线 1# 置“1”,数字机在 120 句踏步,模拟计算机利用中断信号要求数字机为它服务,模拟计算机计算结束时,逻辑线 1# 置“0”,转到 130 句,由数字机对计算结果进行善后处理。图 5 为中断同步的程序。

```

90 imv a(n)
100 for i = 1 to 560
110   comput 100
120   asa
130   goto 110
140 next i
150 omv w(m)

```

图 4 程序同步方法

```

90 imv a(n)
100 comput
120 logic 1, 120, 130
130 rset
140 omv w(m)

```

图 5 中断同步方法

### 例 3 坐标转换问题

以欧拉参数表示的坐标转换方程为:

$$2(x\dot{\xi} - \xi\dot{x} - \eta\dot{\zeta} + \zeta\dot{\eta}) + 2(\xi\eta - \xi x)\omega_0 = \omega_x \quad (2)$$

$$2(x\dot{\eta} - \eta\dot{x} - \zeta\dot{\xi} + \xi\dot{\zeta}) - (\xi^2 - \eta^2 + \zeta^2 - x^2)\omega_0 = \omega_y \quad (3)$$

$$2(x\dot{\zeta} - \zeta\dot{x} - \xi\dot{\eta} + \eta\dot{\xi}) + 2(\eta\zeta - \xi x)\omega_0 = \omega_z \quad (4)$$

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 + x^2 = 1 \quad (5)$$

$$\theta = -\text{tg}^{-1} \left\{ \frac{2(\xi\zeta - \eta x) \cos \delta_\theta + (\xi^2 + \eta^2 - \zeta^2 - x^2) \sin \delta_\theta}{2(\xi\zeta - \eta x) \sin \delta_\theta + (-\xi^2 - \eta^2 + \zeta^2 - x^2) \cos \delta_\theta} \right\} \quad (6)$$

$$\varphi = -\text{tg}^{-1} \left\{ \frac{2(\eta\zeta - \xi x)}{2(\xi\zeta - \eta x) \sin \delta_\varphi + (-\xi^2 - \eta^2 + \zeta^2 + x^2) \cos \delta_\varphi} \right\} \quad (7)$$

ASA 段计算一步的时间为 90.4 毫秒。整个计算 56 秒,步长为 100 毫秒,因此采用图 4 的程序同步方法,用给定的输入进行校验时,结果和 BASIC 语言编写的程序计算结果完全一致。

以上工作得到王正中、苏梅珍同志的指导和帮助。绘图语句及其字符库是胡康同志完成的。

### 参 考 文 献

- [1] 周炎勋、王正中、邱陶国,模拟与混合计算技术,国防工业出版社,1980.
- [2] 王正中,混合仿真中系统误差对采样频率的限制,自动化学报,第六卷第二期.
- [3] 刘志俊、李宝缙,连续系统的数字仿真方法,自动化学报,第五卷第三期.
- [4] DJS-130 使用说明书, DJS-130 联合设计组.

# HYBASIC LANGUAGE OF HYBRID OPERATING SOFTWARE

LIU ZHIJUN LIANG HUIMIN

(Beijing Institute of Control Engineering)

## ABSTRACT

HYBASIC language is a hybrid operating software designed for the hybrid computer system—HAP-2/DJS-130. It is an expansion of BASIC language. HYBASIC language is an interactive interpreting language. It not only retains the ability of all BASIC statements and operation, but expands the function of the hybrid operation of monitoring and controlling the analog computer. It supplies a convenient and flexible tool for programming design of the hybrid computer too. This paper gives a description of feature and use of the HYBASIC language.



## 国际自动控制联合会 1982 年学术会议

时 间	会 议 名 称	地 点
4 月或 5 月	IFAC “适当的自动化技术”学术讨论会*)	埃 及
6 月	IFIP/IFAC “造船厂管理和船舶设计自动化中计算机的应用”国际会议*)(ICCAS 82)	美国安纳波利斯
7 月	IFAC 第九届空间自动控制学术讨论会*)	荷 兰
8 月	IFAC “运输系统的控制”第四届学术讨论会*)	西德斯图加特
9 月 13-16 日	IFAC “呼吸的调节”学术讨论会*)	美国洛杉矶
9 月 15-17 日	IFAC “多变量工艺系统的计算机辅助设计”学术讨论会*)	美国印第安纳州普度大学
9 月或 10 月	IFAC “人-机系统的分析、设计与评价”学术讨论会*)	西 德
10 月 26-28 日	IFAC/IFIP 第四届制造工艺会议*),	美国马里兰州盖特斯堡
10 月	IFIP/IFAC “船舶操纵自动化”国际学术讨论会*) (ISSOA 82)	意大利热那亚

注: 1) 带\*)号的为暂定会议, 未经最后同意.

2) 与《自动化学报》第 6 卷, 第 3 期中相同者已删去.

(孔繁铨 译)