

# 新型自校正自适应原理研究 及在船舶操纵中的应用

刘思行

张炎华

(清华大学精密仪器与机械学系,北京,100084) (上海交通大学精密仪器系,200030)

张钟俊

周兆英

(上海交通大学自动控制研究所,200030) (清华大学精密仪器与机械学系,北京,100084)

**摘要:** 本文以实际工程应用为背景,在通常广义最小方差为基础的自校正自适应控制理论上建立性能更优越的新型自校正律.通过计算机仿真、比较试验及应用于最终的实船操纵系统均表明有极佳的效果.

**关键词:** 自适应控制;自校正控制器;船舶操纵;极点配置;计算机控制

## 1 概 述

自校正控制自 Kalman<sup>[1]</sup>最早提出其基本思想以后经 Åström 及 Clarke 等努力,现已成为一种应用很广、效果极佳的重要控制方法.目前自校正控制的算法由 Clarke<sup>[2]</sup>等完善的,通常有三个部分<sup>[3]</sup>:参数在线辨识器、控制算法器和系统控制器.当然控制是以系统的性能指标为基础的,目前一般较常见的是广义最小方差如下式

$$J = E\{y^2(k+m) + \lambda u^2(k)\}. \quad (1)$$

其中  $y(k+m)$  为系统输出,  $u(k)$  为系统输入,  $m$  为系统滞迟,  $\lambda$  为权因子.若被控对象有方程如下

$$A(z^{-1})y(k) = z^{-m}B(z^{-1})u(k) + C(z^{-1})e(k) + d. \quad (2)$$

其中  $A(z^{-1}), B(z^{-1}), C(z^{-1})$  均为  $n$  阶  $z^{-1}$  算子多项式,  $e(k)$  为干扰(白噪声序列),  $d$  为恒值干扰.由恒等式

$$C(z^{-1}) = D(z^{-1})A(z^{-1}) + z^{-m}E(z^{-1}). \quad (3)$$

其中

$$D(z^{-1}) = 1 + d_1z^{-1} + \dots + d_{m-1}z^{-(m-1)},$$

$$E(z^{-1}) = e_0 + e_1z^{-1} + \dots + e_{n-1}z^{-(n-1)}.$$

若  $d=0$  则对  $\frac{\partial J}{\partial u(k)}=0$  可得在  $J$  最小意义下的最佳控制律为( $b_0$  为  $B(z^{-1})$  的首系数)

$$u^*(k) = -\frac{E(z^{-1})}{B(z^{-1})D(z^{-1}) + \lambda C(z^{-1})/b_0}y(k). \quad (4)$$

自适应技术成为一个专门研究的课题始于五十年代,但由于实现上的困难故一直没有很好地广泛应用起来,这也包括船舶操纵领域.到了七十年代,由于控制理论的不断展及微型计算机应用的日益广泛,科技工作者才试图将实验室里的“自适应操舵仪”装于

实船,通过几十年的不懈努力,人们认识到自适应应用虽源于航天航空问题,但应用于船舶操纵所获的效果是明显的<sup>[4]</sup>.就自适应理论应用于船舶航向控制领域而言可分为三类型<sup>[5]</sup>: 1) 简单的自适应操纵系统; 2) 自校正自适应操纵系统; 3) 模型参考自适应操纵系统. 国外同行在此做了许多开创性的研究并取得成果. 如果就水面船舶操纵自适应研究则国内相对较多地集中于第一类并且真正能形成产品极少. 本文论述的是属于第二类,是我们在 1989 年以式(1)为性能指标的船舶自校正控制基础上<sup>[6]</sup>引入在线可变性能指标的自校正控制律,实现了实船的海试取得了成果.

## 2 原 理

以式(1)为性能指标的广义最小方差自校正控制比以  $J = E\{y^2(k)\}$  为性能指标的控制要好得多,当然亦存在欠缺,对非稳、时变系统的控制缺乏解决控制稳定性问题的能力. 当采用式(4)时系统的闭环特征方程为

$$B(z^{-1}) + \lambda A(z^{-1})/b_0 = 0. \quad (5)$$

若原系统稳定则能通过选择  $\lambda$  来使式(5)有稳定特征根,因为从理论上讲  $\lambda \rightarrow \infty$  则式(5)变成  $A(z^{-1}) = 0$ . 但实际上自适应控制的对象往往都为非稳且时变的,仅调节  $\lambda$  是无法使式(5)永远具有稳定特征根,即使具有稳定根,在控制过程中随着  $A(z^{-1}), B(z^{-1})$  等的变化仍有可能使式(5)的根区域移向非稳区域. 当初 Clarke 等提出的广义最小方差自校正控制的性能指标一般形式如下<sup>[7,8]</sup>

$$J' = E\{[P(z^{-1})y(k+m) - W(z^{-1})y_c(k+m)]^2 + [\lambda(z^{-1})u(k)]^2\}. \quad (6)$$

$P(z^{-1}), W(z^{-1}), \lambda(z^{-1})$  均为权函数,  $y_c(k+m)$  是  $y(k+m)$  的设定值,一般  $y(k+m)$  以误差形式出现故  $y_c(k+m)$  取为 0, 且

$$\begin{cases} P(z^{-1}) = 1 + p_1 z^{-1} + \dots + p_{m-1} z^{-m+1}, \\ \lambda(z^{-1}) = \lambda_0 + \lambda_1 z^{-1} + \dots + \lambda_{n-1} z^{-n+1}. \end{cases} \quad (7)$$

当然权函数的确定是离线确定的,故面对时变系统很难讲永远处于最佳控制,甚至有时连最基本的稳定性和收敛性均无法保证. 所以必须从在线确定权函数入手. Hang 和 Lim<sup>[9]</sup> 等曾将式(6)中的  $\lambda(z^{-1})$  写成  $\lambda_0 \lambda'(z^{-1})$  形式,将  $\lambda_0$  确立为在线可调的,其调节律由控制系统的超调量及过渡时间等指标经双线性变换来完成的,此法仅针对系统的瞬态过程. Allidina<sup>[10]</sup>, Åström 及 Wittenmark 等以式(6)为基础的控制律根据被控对象闭环后要达到的性能,即要达到的极点位置构成闭环特征多项式,使其等于实际闭环系统的特征多项式,通过解 Diophantine 方程求出  $P(z^{-1}), \lambda(z^{-1})$  加权多项式,但在在线求 Diophantine 方程不是件易事. 但针对时变的  $A(z^{-1}), B(z^{-1})$  等又必须每一步在线调节  $P(z^{-1}), \lambda(z^{-1})$ .

本文提出的性能指标函数形式为<sup>[2]</sup>

$$J^* = E\{[P(z^{-1})y(k+m) - W(z^{-1})y_c(k+m) + R]^2 + [\lambda(z^{-1})u(k)]^2\}, \quad (8)$$

由前  $y_c$  一般为 0, 且  $P(z^{-1}), \lambda(z^{-1})$  如下式

$$\begin{cases} P(z^{-1}) = 1 + p_1 z^{-1} + \dots + p_{n-1} z^{-n+1}, \\ \lambda(z^{-1}) = \lambda_0 + \lambda_1 z^{-1} + \dots + \lambda_{m-1} z^{-m+1}. \end{cases} \quad (9)$$

这里  $P(z^{-1})$  的阶数比式(7)的要高,且对直流干流的补偿式(6)没有反映,式(8)中的  $R$  项是专为克服系统的直流(恒值)干扰而设的,因为仅依靠  $y_c(k+m)$  来克服直流干扰是不妥的. 限于篇幅仅对一种情况 ( $P(z^{-1}) = 1, y_c = 0, R = 0$ ) 讨论. 由于  $J^*$  比  $J$  复杂,故以  $J^*$  为基

础的控制律也显复杂,经推导最佳控制律为

$$u(k) = \frac{-E(z^{-1})}{B(z^{-1})D(z^{-1}) + \lambda_0\lambda(z^{-1})C(z^{-1})/b_0}y(k). \quad (10)$$

此时控制结构框图如图 1 所示. 此系统特征方程为

$$B(z^{-1}) + \lambda_0\lambda(z^{-1})A(z^{-1})/b_0 = 0, \quad (11)$$

则可以通过调节  $\lambda_i$  在线保证系统具有希望的极点分布. 至于  $\lambda_i$  的选择是以系统所希望的极点为基础的, 若特征根为  $\alpha_i (i=1, \dots, n)$  则通过分析可得到  $\alpha_i$  与  $\lambda_i$  的关系式<sup>[2]</sup>

$$(-1)^i \sum_{j=1}^{c_i} \alpha_j \dots \alpha_{j+1} \dots \alpha_{j+i-1} = \frac{b_i + \frac{\lambda_0}{b_0} \sum_{j=1}^i \lambda_j - a_j}{b_0 + \lambda_0^i/b_0}, \quad (i=1, \dots, n \text{ 且 } a_0=1). \quad (12)$$

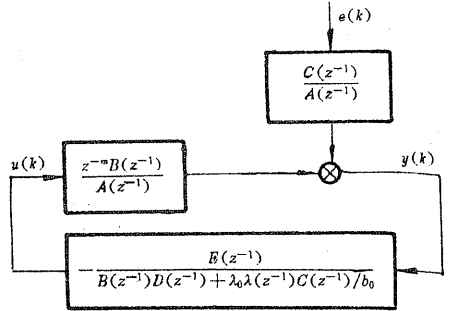


图 1 控制系统结构图

此时忽略大于  $n$  的高阶项.  $\alpha_i$  的选择是由设计者针对控制对象来定的, 由式 (12) 及对  $A(z^{-1}), B(z^{-1})$  等的辨识可在线确定  $\lambda_i$  的值, 然后再由 (10) 求出控制律. 下面将以实船的操纵来进一步说明该方案的控制效果.

### 3 实船自适应操纵的计算机仿真

仿真对象是 35000 吨经济型散装船“大明山”号轮, 其被控差分方程取三阶如下式<sup>[2]</sup>

$$y(k+1) + a_1y(k) + a_2y(k-1) + a_3y(k-2) = b_0u(k) + b_1u(k-1) + b_2u(k-2) + G[C(z^{-1})e(k+1)] + d. \quad (13)$$

其中  $y$  为航偏,  $u$  为舵角,  $e(k)$  为白噪声干扰,  $d$  为直流干扰,  $G$  为干扰增益. 在全速航行时<sup>[2,12,13]</sup>(14 节左右)

$$\begin{aligned} a_1 &= -2.328, & a_2 &= 1.705, & a_3 &= -0.3761, \\ b_0 &= 0.06243, & b_1 &= 0.00876, & b_2 &= -0.3503. \end{aligned}$$

仿真时  $C(z^{-1})=1+0.5z^{-1}+0.1z^{-2}-0.3z^{-3}$ , 从方程  $A(z^{-1})=0$  可以知道有一根为 1, 所以对船舶操纵系统而言属于非稳的. 方式  $J^*$  中闭环系统的特征根取一组为  $\alpha_1=0.4, \alpha_2=0.7, \alpha_3=0.8$ <sup>[2]</sup>再与实际在线辨识的  $A(z^{-1}), B(z^{-1})$  等即可以求出  $\lambda_i$  的值及最终求出最优舵角输出. 控制程序框图如图 2 所示, 下面根据  $e(k)$  的方差  $\sigma$  的不同对方式  $J^*$  进行计算机仿真, 并且与一般以方式  $J$  为基础的自适应操纵进行比较.

#### 3.1 一般情况

对船舶而言, 一个好的操纵应使航偏尽量小, 而且舵机的运动亦不是很频繁, 即  $y(k)$  与  $u(k)$  的方差  $D_y, D_u$  尽量小. 针对“大明山”号轮, 根据  $\sigma$  的不同将结果列于表 1. 对方式  $J, \lambda=0.1$ <sup>[6]</sup>.

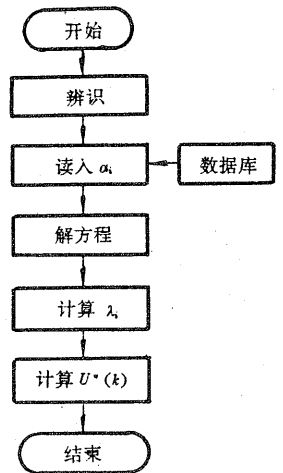


图 2 控制程序框图

表 1 一般试验

		$\lambda=0.1 \quad G=1.0 \quad d=0.0 \quad \alpha_1=0.4 \quad \alpha_2=0.7 \quad \alpha_3=0.8$									
		$\sigma=0.01$		$\sigma=0.1$		$\sigma=0.2$		$\sigma=0.3$		$\sigma=0.4$	
		方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*
$D_y$		0.04	0.022	2.598	1.865	8.323	7.699	24.28	22.685	发散	21.40
$D_x$		0.0168	0.048	2.841	2.877	16.734	11.54	43.41	38.385	发散	53.68

从表 1 可见,当  $\sigma$  较小时方式 J\*, J 差不多,但随干扰增大,方式 J\* 的操纵效果明显优于方式 J.

### 3.2 船舶动力学特性参数变化的仿真

由于船的使用年限、装载情况,船速大小及受所外界干扰大小等因素,均会导致船舶操纵特性的改变<sup>[14]</sup>.正如此,使用具有适应能力的操舵仪更具有意义.这里为方便起见,以船速变化为例进行仿真.这里将船的航行速度按全速  $v_0$ (14 节),  $\frac{3}{4}v_0$ ,  $\frac{2}{3}v_0$ ,  $\frac{1}{2}v_0$  等并与方式 J 操纵进行比较.在此由于时间间隔不长,故对被控对象的输出  $y(k)$  影响较大,故控制舵角应使航向偏差的频率  $D_y$  变化越小越好,表 2 即为方式 J, J\* 的输出方差  $D_y$  和均值  $E_y$ ,从结果看方式 J\* 更佳.

表 2 船速变化试验数据

		$\sigma=0.1 \quad G=1.0 \quad d=0.0 \quad \alpha_1=0.4 \quad \alpha_2=0.7 \quad \alpha_3=0.8$									
		$v_0$		$0.75v_0$		$0.67v_0$		$0.5v_0$		.....	
		方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*	方式 J	方式 J*
$E_y$		-0.123	-0.103	-1.152	-0.309	-0.456	-0.134	-0.013	0.1215	...	...
$D_y$		2.598	1.865	8.39	1.92	11.76	1.895	19.27	3.89	...	...

## 4 实船海试

在上述理论分析及计算机仿真基础上,并经一些必要的实验室联调<sup>[6]</sup>,最终将此控制系统安装于“大明山”船上进行海试.控制示意图如图 3 所示<sup>[15]</sup>.控制用专用微机的 CPU 为 Intel-8085A,航向从罗经仪上读取并由光-电码盘转化成数字量,  $y(k)$  便可获得.舵角  $u(k)$  可通过 A/D 从舵机上的电位器读取,则由  $y(k)$ ,  $u(k)$  可进行在线辨识,然后由  $\alpha_i$  算得  $\lambda_i$  最终得到下一步的控制舵角再由 D/A 送至舵机.

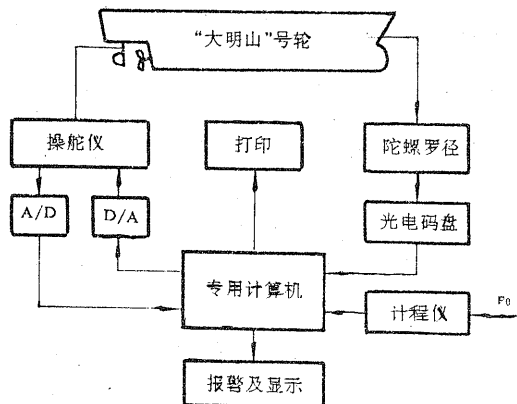


图 3 计算机实时控制图

1990 年 3 月,“大明山”由连云港出发开往广州,这里列举的海试结果为厦门港至汕头港途中一段试验,时间由 3 日 12:30 开始.将方式 J\* 的操纵进行了试验,并且与方式 J 作了比较,计算机工作时,打印机打印所

需数据. 现将结果摘录于表 3, 是方式  $J^*$  的操纵结果. 同样 14:50 开始的是方式  $J$  的操纵, 数据摘录于表 4. 由于时间、地点相似, 天气情况亦无异, 故海况相似, 从结果看方式  $J^*$  的操纵不仅能正常工作而且比方式  $J$  要好.

表 3 方式  $J^*$  下的海试结果

	$t=12:40$	$t=12:50$	$t=13:00$	$t=13:10$	...
$E_y$	0.455	0.106	0.293	0.334	...
$D_y$	0.028	0.062	0.102	0.036	...
$E_u$	-0.747	-1.338	-0.505	-0.337	...
$D_u$	0.758	0.915	1.507	1.372	...

表 4 方式  $J$  下的海试结果

	$t=15:10$	$t=15:30$	$t=15:50$	$t=16:10$	...
$E_y$	0.276	0.172	0.058	0.227	...
$D_y$	0.283	0.447	0.923	0.209	...
$E_u$	-0.420	-0.236	0.109	-0.374	...
$D_u$	2.843	3.883	8.089	2.113	...

## 5 讨论及小结

由上所述, 本文提出的方案经计算机仿真及实船海试取得了成效. 当然前面推导式 (10) 时令  $P(z^{-1})=1$ , 且做了些设定, 下面可以给出  $P(z^{-1})$  为一般情况下的控制.

$$\text{令 } P(z^{-1})C(z^{-1}) = D(z^{-1})A(z^{-1}) + z^{-m}E(z^{-1}), \quad (14)$$

$$\text{且 } \begin{aligned} D(z^{-1}) &= 1 + d_1z^{-1} + d_2z^{-2} + \dots + d_{m-1}z^{-m+1}, \\ E(z^{-1}) &= e_0 + e_1z^{-1} + \dots + \dots + e_{2n-2}z^{-2n+2}. \end{aligned} \quad (15)$$

建立恒等式 (14), 且  $D(z^{-1}), E(z^{-1})$  多项式如式 (15) 所示, 这与 (3) 中的  $D(z^{-1}), E(z^{-1})$  是不同的. 接下去可用相同的方法推出控制律. 形式与式 (10) 一致, 当然两者是根本不同的, 此时在线调节的权因子与特征根的关系如式 (16) 所示<sup>[2]</sup>, 令  $p_0=1$

$$(-1)^i \sum_{j=1}^{c_{2n-i}} a_j, \alpha_{j+1} \dots \alpha_{j+i-1} = \frac{\sum_{j=1}^i (b_j p_{i-j} + \frac{\lambda_0}{b_0} a_j \lambda_{i-j})}{b_0 + \lambda_0^2/b_0}, \quad i = 1, \dots, 2n-1. \quad (16)$$

$a_j, b_j=0 (j \geq n+1), \lambda_j, p_j=0 (j \geq n)$ .  $P(z^{-1}) \neq 1$  使系统特征方程阶数提高, 如果不做某些设定则会给控制带来复杂的因素, 但做了某些设定又会有一定程度的不利影响, 在此可以通过将  $A(z^{-1}), B(z^{-1})$  进行在线因式分解, 使闭环系统的特征方程的阶数降低既可避免上述矛盾, 又有利于控制性能的提高, 限于篇幅不做详细讨论<sup>[2]</sup>. 同样  $J_2$  中  $R \neq 0$  可一样讨论<sup>[2]</sup>. 应该讲自校正自适应原理的应用所取得的成就是巨大的. 但在线控制的稳定性还不能讲目前已很好解决<sup>[16]</sup>, 这势必限制其进一步的应用范围. 当然这个问题的解决是综合性的, 且又是多方面的, 引入智能控制概念进入自适应领域的要求及趋势越来越强烈和明朗<sup>[17]</sup>, 作者也正积极开展这方面工作<sup>[2,5]</sup>. 本文仅仅从系统内部去分析, 应用范围更广的变权因子性能指标来建立自校正控制律, 并通过实践表明这些研究是有益的.

## 参 考 文 献

- [1] Harris, C. J. and Billings, S. A. . Self-Tuning and Adaptive Control-Theory and Applications. UK. Peter Peregrinus Ltd., 1981
- [2] 刘思行. 自适应理论研究及在船舶操纵中应用. 上海交通大学博士学位论文, 1991
- [3] Clarke, D. W. . Introduction to Self-Tuning Controllers. Chapter I of [1].
- [4] Åström, K. J. . Theory and Application of the Adaptive Control; A Survey. Automatica, 1983, 119:471-486
- [5] 刘思行, 张炎华, 张钟俊. 自适应理论在船舶操纵中的应用. 上海交通大学学报, 1992, 26(3):88-95
- [6] 张炎华, 刘思行. 一种自适应自动操舵系统. 中国造船, 1991, 113:72-78
- [7] Clarke, D. W. and Gawthrop, P. J. . Self-Tuning Regulators. Proc. IEE, 1975, 122(9):924-934
- [8] Clarke, D. W. ect. Self-Tuning Control. Proc. IEE, 1979, 126:633-639
- [9] Hang, C. C., Lim, K. W. and Ho, W. K. . Generalized Minimum Variance Stochastic Self-Tuning Controller with Pole Restriction. IEE Proceedings-D, 1991, 138(1):25-32
- [10] Allidina, A. Y. and Hughes, F. M. . Generalized Self-Tuning Controller with Pole Assignment. IEE. Proc. 127(1):13-18
- [11] Åström, K. J. and Wittenmark, B. . Self-Tuning Controller with Pole Assignment. IEE Proceeding-D, 1980, 127(3):120-130
- [12] 冯铁城. 船舶摇摆与操纵. 北京:国防工业出版社, 1981
- [13] 吴秀恒等. 船舶操纵性与耐波性. 北京:人民交通出版社, 1988
- [14] Mort, N. and Linkens, D. A. . Self-Tuning Controllers for Surface Ship Course-Keeping and Manoeuvring. Chapter X of [1].
- [15] Zhang, Y. H. and Liu, S. X. . A Kind of Adaptive Automatic Steering System for Ship. Selected Papers of the Chinese Society of Naval Architecture and Marine Engineering, 1991, 6:132-141
- [16] 贺国光. 自适应控制系统. 天津:天津大学出版社, 1988
- [17] 李清泉. 自适应控制系统理论、设计与应用. 北京:科学出版社, 1990

## The Research on a New Kind of Self-Tuning Adaptive Control and Its Application to Ship's Steering

LIU Sixing

(Department of Precision Instruments, Tsinghua University • Beijing, 100084, PRC)

ZHANG Yanhua

(Department of Precision Instruments, Shanghai Jiao Tong University • Shanghai, 200030, PRC)

ZHANG Zhongjun

(Institute of Automation, Shanghai Jiao Tong University • Shanghai, 200030, PRC)

ZHOU Zhaoyin

(Department of Precision Instruments, Tsinghua University • Beijing, 100084, PRC)

**Abstract:** With the background of the application of control theory to engineering field, this paper presents a new kind of self-tuning adaptive control method on the basis of the generalized minimum-variance self-tuning control. A better performance has been shown in comparison to the traditional control method through the design of

adaptive autopilot and the actual tests in the sea.

**Key words:** adaptive control; self-tuning adaptive control; computer control; ship's steering

### 本文作者简介

**刘思行** 1963年生. 分别于1986年, 1988年, 1991年在上海交通大学获精密仪器专业学士学位, 仪表自动化控制专业硕士学位, 自动控制理论及应用专业博士学位. 现在清华大学精密仪器系仪器仪表博士后流动站从事博士后科研工作. 研究兴趣为自适应理论研究及应用, 计算机实时过程控制, 神经网络系统及模糊控制等.

**张炎华** 1935年生. 副教授. 1958年毕业于浙江大学电机系, 1958年始至今一直在上海交通大学从事导航与控制, 控制理论与技术, 仪表自动化控制等方面的科研和教学工作. 目前研究兴趣为自适应控制理论及应用, 仪器仪表自动控制技术等.

**张钟俊** 1915年生. 1934年毕业于国立交通大学电气工程系, 1935年及1938年获美国麻省理工学院电机系硕士和博士学位. 历任武汉大学, 重庆大学, 中央大学教授. 1942年起任国立交通大学电信研究所主任, 自动控制系主任, 计算机科学与电气工程系主任, 自动化研究所所长. 曾任中国自动化学会副理事长, 中国系统工程学会副理事长, 中国微电脑应用协会名誉理事长等职. 目前主要兴趣是: 工业大系统, 工业过程控制, 非线性控制及智能控制系统等.

**周兆英** 1937年生. 1961年毕业于清华大学精密仪器系, 现在清华大学精密仪器系任教授、博士生导师、系主任. 1961年至今, 曾从事导航与控制, 光盘存贮技术, 精密测试技术和信号处理方面的科研和教学工作, 并在瑞典Lund大学进行过自适应控制理论和算法研究. 目前兴趣为测试技术与仪器, 控制理论与技术, 微型机械与系统控制等.

## “何潘清漪优秀论文奖”征文启事

“何潘清漪优秀论文奖”征文1993年继续由本刊办理. 请应征作者注意:

1. 文章必须是用中文正式发表过的. 因此, 寄来的文章应是该文在所发表的刊物的抽印页或复印页.
2. 文章需一式五份.
3. 请在应征稿的首页左上方注明“何潘清漪优秀论文奖征文”字样.

《控制理论与应用》编辑部

美国哈佛大学教授何毓琦(Y. C. Ho)先生为了庆贺其母亲何潘清漪老太太九十岁生日特设此奖, 借以纪念她的母爱, 以及她为了支持何先生的事业所付出的辛劳.

### 授奖对象:

离散事件动态系统(DEDS)方面优秀中文论文的作者.

### 目的:

选拔、奖励、促进和宣扬中国在DEDS领域内得到国际承认的重大成果.

### 条例与机构:

1. 由何毓琦先生提供的何潘清漪奖金总额为5000美元, 每次授奖金额1000美元, 连续颁发5次(每两次之间间隔至少为一年). 5次之后, 有可能追加基金继续颁发.
2. 世界各地用中文发表的关于DEDS方面的论文都有资格申请奖金.
3. 论文由国际专家小组甄别和最终评定.

专家小组成员: 曹希仁、陈翰馥、李伯天、谈自忠(组长)、饶大维、郑应平.

4. 如果某年度无合适的论文, 该奖可以不颁发, 但至少会颁发5次.
5. 1992年截稿日期为1993年12月31日, 授奖时间为1994年5月, 申请者可将论文寄到《控制理论与应用》编辑部(地址: 广州市五山华南理工大学 邮政编码: 510641).
6. 鼓励获奖者将其论文译成英文, 为其发表提供帮助, 借此促进在DEDS领域内工作的中国研究人员的国际合作.