第 10 卷第 1 期
1993 年 2 月

控制理论与应用
CONTROL THEORY AND APPLICATIONS

Vol. 10, No. 1
Feb., 1993

多变量 H_∞ 控制问题的显式解
(第一部分:非退化情形)

王正志
(国防科学技术大学自动控制系·长沙,410073)

摘要:本文研究了多变量 H_∞ 控制问题的显式解法. 本文第一部分,在 s 域上,从输入输出观点给出了非退化情形的统一显式解. 本文第二部分,给出了退化情形的统一显式解. 由于 H_∞ 最优控制对应于 H_∞ 的退化解,退化情形具有十分重要的意义. 这二种情形的统一显式解,对于控制系统设计以及 H_∞ 解的性质的研究,带来很大的方便性.

关键词:Krein 空间;J-酉矩阵;位移不变最大负子空间

1 引 言

近十年来控制学者对于 H_∞ 控制问题进行了大量研究. 许多 H_∞ 控制问题可以归结为

$$\min_{H(s)\in H_\infty^{m\times r}} \|W(s)+H(s)U(s)\|_\infty. \tag{1}$$

其中 $W(s)\in H_\infty^{m\times r}$, $U(s)\in H_\infty^{r\times r}$, $W(s)$ 和 $U(s)$ 是给定的有理函数矩阵. 在求得最优范数后,用它把问题规范化,变为寻找

$$\Phi(s)=(W(s)+H(s)U(s))\cap BH_\infty^{m\times r} \tag{2}$$

的所有解. 其中 $BH_\infty^{m\times r}$ 为 $H_\infty^{m\times r}$ 空间中的单位球. 对这个问题,近年来控制文献中出现许多解法,大致可分三类. 第一类方法是在单位球内进行 J-酉扩张,逐点进行插值,最终求得满足全部插值条件的 J-酉扩张,从而得到(2)的全部解[3,4]. 第二类方法是根据算子理论,研究在不定度规 Krein 空间中最大负子空间的表示,从而得到(2)的全部解[2]. 第三类方法是在状态空间中,求解一组 Lyapunov 方程和 Riccati 方程,由此构造出(2)的全部解[10].

由于零点浓缩了控制系统的特征,第一类方法在零点上进行插值,所以本质上应该具有计算量小的优点. 但现有的第一类方法大多采用逐点插值,这就大大增加了计算量,没有发挥出此类方法应有的简单性. 第二类方法从算子理论出发,理论严谨,但解法过于抽象,数学味浓而工程味淡,工程技术人员不易掌握. 第三类方法采用状态空间法,具有明确的控制意义,而且使用了状态空间矩阵表示,便于计算机编程. 所以,虽然第三类方法出现得最晚,但由于优点明显,发展十分迅速,有取代前面二种方法的趋势.

本文逆此种势头,尝试把前面二类方法有机结合起来,采用算子理论推导统一的显式解公式,这样既增加了严谨性,又不必进行逐点插值,大大减少了计算量,从而充分发挥出频率法的简洁性和直观性. 本文用输入输出量为基本参量,比状态空间法具有更强的控制意义和工程使用价值. 由于本文给出了基于输入输出量和零点值的显式,所以给控制系统设计和研究 H_∞ 控制系统的性能,带来了方便.

本文于1991年5月21日收到. 1992年4月6日收到修改稿.

H_∞最优控制应在退化情形下求解，本文最终目的是推导出退化情形的显式解式．本文分为二部分．第一部分研究非退化情形，第二部分研究退化情形．二者有密切关系．非退化显式解也有很大的实用价值，而且是研究退化解的基础．

2 非退化情形的显式解

对于问题(2)，考虑该系统的输入输出关系

$$y(s) = (W(s) + H(s)U(s))x(s). \tag{3}$$

这里输入 $x(s)$是 r 维矢量，输出 $y(s)$是 m 维矢量．为了简化表达式，假设 $U(s)$的所有右半平面零点 $s_i, i=1,\cdots,n$，都是简单零点．而且 $U(s)$无虚轴上的零点．

$$U(s_i)x_i = 0, \quad i = 1,\cdots,n, \tag{4}$$

$$y_i = W(s_i)x_i, \quad i = 1,\cdots,n. \tag{5}$$

这里 x_i 和 y_i 分别是在 s_i 处的特征输入和特征输出．由此定义 Pick 矩阵

$$P = \left[\frac{x_i^* x_j - y_i^* y_j}{\bar{s}_i + s_j}\right]_{i,j=1,\cdots,n}. \tag{6}$$

这里 x_i^* 为 x_i 的共轭转置，$\bar{s}_i$ 为 s_i 的复共轭．定义输入输出特征基底

$$b_i = \left\{\frac{x_i^*}{s+\bar{s}_i}, \frac{y_i^*}{s+\bar{s}_i}\right\}, \quad i = 1,\cdots,n. \tag{7}$$

定义输入特征集矩阵和输出特征集矩阵分别为

$$X = \{x_1,\cdots,x_n\}, \tag{8}$$

$$Y = \{y_1,\cdots,y_n\}. \tag{9}$$

问题(2)有解的充要条件为 Pick 矩阵半正定 $P \geqslant 0$．
把 $\det P=0$的情形叫退化情形．而 P 为正定时，叫做非退化情形．

定理 1 在 $P>0$，即非退化情形时，

$$\Phi = (W + HU) \cap BH_\infty^{m\times r}, \quad H \in H_\infty^{m\times r} \tag{11}$$

的全部解为

$$\Phi = L\{\Theta\} \triangleq [\Theta C + D]^{-1}[\Theta A + B], \tag{12}$$
$$\Theta \in BH_\infty^{m\times r}.$$

其中 A,B,C,D 来自 L 的划分：

$$L = I_{r+m} - \begin{bmatrix} X \\ -Y \end{bmatrix} P^{-1} \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}, \tag{13}$$

$$L = \begin{array}{cc} \begin{bmatrix} A & C \\ B & D \end{bmatrix} & \begin{array}{c} r \\ m \end{array} \\ \begin{array}{cc} r & m \end{array} & \end{array}. \tag{14}$$

3 非退化情形显式解的证明

把 $H_2^{1\times r}$简写为 H_2^r．对于 H_2^r空间的二个元素 f_1和 g_1，定义内积

$$\langle f_1, g_1 \rangle = \frac{1}{2\pi j}\int_{-j\infty}^{j\infty} f_1(s)g_1(s)^* \mathrm{d}s. \tag{15}$$

Krein 空间 $K^{r,m}$是 H_2^r和 H_2^m的复合，它是不定度规空间，定义了不定内积

$$[f,g]=\langle f_1,g_1\rangle-\langle f_2,g_2\rangle=\langle f,Jg\rangle, \tag{16}$$

$$J=\begin{bmatrix} I_r & 0 \\ 0 & -I_m \end{bmatrix}, \tag{17}$$

$$f=\{f_1,f_2\},\quad g=\{g_1,g_2\}.$$

设 M 为 $K^{r,m}$的子空间,定义补空间 M' 为

$$M'=\{x\in K^{r,m}\mid[x,y]=0,\forall\ y\in M\}. \tag{18}$$

解决问题(11)的基本思想是把空间

$$M=H_2^{m+r}\begin{bmatrix} W & I_m \\ U & 0 \end{bmatrix} \tag{19}$$

嵌入 Krein 空间中. 空间 $M=H_2^{m+r}A(s)$的零点被定义为矩阵 $A(s)$的零点. 这样插值条件(4),(5)变为补空间 M' 由基底 $b_i,i=1,\cdots,n$ 所张成. 若 Φ 在单位球内,Φ 在 Krein 空间中的算子图象就对应于 Krein 空间的最大负子空间. 这样求问题(11)的全部解就是找 M 中的所有最大负子空间. 一个子空间叫做正、负、零性子空间,如果它的所有矢量元素 f 分别有$[f,f]\geqslant 0,[f,f]\leqslant 0,[f,f]=0$.

引理 1　在非退化情形 $P>0$时,P 的 Cholesky 分解为

$$P=U_0^*\mathrm{diag}[\gamma_1,\cdots,\gamma_n]U_0, \tag{20}$$

所有 $\gamma_i>0$,把 U_0的第 i 行记作 u_i,定义

$$B_i=\gamma_i^{-1/2}u_i[b_1^{\mathrm T},\cdots,b_n^{\mathrm T}]^{\mathrm T},\quad i=1,\cdots,n. \tag{21}$$

于是这些 B_i 构成补空间 M' 的规范化正交基.

证　由(4),(5),(7),(19)可得

$$[M,b_i]=0,\quad i=1,\cdots,n. \tag{22}$$

所以 b_i 是 M'的基底. (21)把 $b_1,\cdots,b_n$ 进行规范正交化.

引理 2　$$[b_1^{\mathrm T},\cdots,b_n^{\mathrm T}]^{\mathrm T}J[b_1^*,\cdots,b_n^*]=\mathrm{diag}\left[\frac{1}{s+\bar s_i}\right]P+P\mathrm{diag}\left[\frac{1}{-s+\bar s_j}\right]. \tag{23}$$

证　这是一个直接计算. 注意 $b_i(s)^*=b_i^*(-s)$,

$$(23)\ 左边=\left[\frac{x_i^*x_j-y_i^*y_j}{(s+\bar s_i)(-s+s_j)}\right]_{i,j=1,\cdots,n}$$

$$=\left[\frac{x_i^*x_j-y_i^*y_j}{(s+\bar s_i)(\bar s_i+s_j)}+\frac{x_i^*x_j-y_i^*y_j}{(\bar s_i+s_j)(-s+s_j)}\right]_{i,j=1,\cdots,n}$$

$$=(23)\ 右边.$$

引理 3　(13)式中 L 为 J-酉的,

$$LJL^*=J. \tag{24}$$

证　把 L 的表示式(13)代入和乘开,

$$LJL^*=J-\begin{bmatrix} X \\ -Y \end{bmatrix}P^{-1}[b_1^{\mathrm T},\cdots,b_n^{\mathrm T}]^{\mathrm T}J-J[b_1^*,\cdots,b_n^*]P^{-1}[X^*,-Y^*]$$

$$+\begin{bmatrix} X \\ -Y \end{bmatrix}P^{-1}[b_1^{\mathrm T},\cdots,b_n^{\mathrm T}]^{\mathrm T}J[b_1^*,\cdots,b_n^*]P^{-1}[X^*,-Y^*].$$

对于上式第四项应用引理2,立即可以看出第四项与第二、三项相抵消。

引理 4　$$M=H_2^{r+m}L. \tag{25}$$

证 由于(22)，M 属于$[b_1,\cdots,b_n]'$. 又由(19)知，M 的全部右半平面零点就是 U 的右半平面零点，这 n 个零点 s_i 已全部在$[b_1,\cdots,b_n]$中考虑，故有

$$M=[b_1,\ \cdots,\ b_n]'. \tag{26}$$

另一方面，由 L 表示式(13)和 b_i 表示式(7)易证

$$[\mathrm{H}_2^{r+m}L,\ b_i]=0,\quad i=1,\cdots,n.$$

又由 L 结构可知它仅有 n 个零点，所以有

$$\mathrm{H}_2^{r+m}L=[b_1,\ \cdots,\ b_n]'. \tag{27}$$

比较(26)和(27)，可知(25)成立.

引理 5 Krein 空间有如下正交分解

$$K^{r,m}=CB_1\oplus\cdots\oplus CB_n\oplus\mathrm{H}_2L_1\oplus\cdots\oplus\mathrm{H}_2L_{r+m}. \tag{28}$$

其中 $CB_1,\cdots,CB_n,\mathrm{H}_2L_1,\cdots,\mathrm{H}_2L_r$ 都是正性子空间；$\mathrm{H}_2L_{r+1},\cdots,\mathrm{H}_2L_{r+m}$都是负性子空间.

证 $K^{r,m}=M'\oplus M$. 引理1给出了 M'的正交化分解 $M'=CB_1\oplus\cdots\oplus CB_n$，其中 C 表示纯数，它们各自变化张成空间. 由于$[B_i,B_j]=\delta_{ij}$，所以各子空间都是正性的. 把(25)按 L 的各行 L_i 写出，再注意(24)，可得(28)式各正性子空间和负性子空间.

引理 6 $K^{r,m}$中位移不变最大负子空间具有形式

$$\theta=\mathrm{H}_2^m\{\Theta,I_m\},\quad \Theta\in\mathrm{BH}_\infty^{m\times r}. \tag{29}$$

证 由于 H_2^m空间具有在位移算子 $\sigma=\frac{s-a}{s+a}$作用下不变的基本性质($a>0$)，故 θ 也是位移不变的，由于 Θ 在单位球内，故 θ 是负性空间. (29)中 I_m 使得 θ 的负性部分与 $K^{r,m}$的负性部分 H_2^m一样大，所以 θ 是 $K^{r,m}$中的一个最大负子空间.

反之，设 θ 为 $K^{r,m}$中任一最大负子空间，对于任何 $g\in\mathrm{H}_2^m$，可以找到它在 θ 中的对应的上半部分 f，把这种对应关系记作

$$f=g\Theta.$$

由于 θ 是位移不变的，这导致上述对应关系是矩阵乘法关系，于是有

$$\theta=\{g\Theta,g\}\quad\forall\ g\in\mathrm{H}_2^m.$$

于是(29)得证. 而且 θ 为负子空间要求 Θ 在单位球内.

引理 7 M 中位移不变最大负子空间 φ 具有形式

$$\varphi=\mathrm{H}_2^m\{\Theta,I_m\}L,\quad \Theta\in\mathrm{BH}_\infty^{m\times r}. \tag{30}$$

证 由(24)有$[hL,hL]=[h,h]$，$\forall\ h\in K^{r,m}$. 所以由(13)和(25)定义的映射 $L:K^{r,m}\to M$ 是保范同构映射. 所以 M 中位移不变最大负空间 φ 必是 $K^{r,m}$中的某个位移不变最大负子空间 φ 映射而来. 由引理6可知 θ 具有形式(29)，从而 φ 具有形式(30).

定理一的证明 对于任何 $\Phi=W+HU$，$H\in\mathrm{H}_\infty^{m\times r}$，如果 Φ 在单位球 $\mathrm{BH}_\infty^{m\times r}$内，那末 Φ 在 $K^{r,m}$中的算子图象

$$\varphi=\mathrm{H}_2^m\{\Phi,I_m\}, \tag{31}$$

就是 $K^{r,m}$中的位移不变最大负子空间. 由于有 $\Phi=W+HU$，所以 φ 在 M 内，故 φ 也是 M 中的位移不变最大负子空间. 由引理7，φ 表示为

$$\varphi=\mathrm{H}_2^m\{\Theta,I_m\}L,\quad \Theta\in\mathrm{BH}_\infty^{m\times r}. \tag{32}$$

再注意到 L 的划分(14)，可以把(32)改写为

$$\varphi = H_2^m\{((\Theta C + D)^{-1}(\Theta A + B), I_m\}. \tag{33}$$

比较(31)和(33)可知

$$\Phi = (\Theta C + D)^{-1}(\Theta A + B) = L\{\Theta\}, \quad \Theta \in BH_\infty^{m\times r}. \tag{34}$$

定理一的正方向已得证. 下面要证其逆方向. 为此我们反过来考虑,对于任何 $\Theta\in BH_\infty^{m\times r}$,由(32)定义了 φ,由引理7知 φ 是 M 的位移不变最大负子空间,再注意到 $P>0$时,由引理5知 M' 是正性子空间,所以 φ 也是 $K^{r,m}$ 中的位移不变最大负子空间,从而它可以表示为(31)和(33)的形式,而且 $\Phi=L\{\Theta\}$ 在 $BH_\infty^{m\times r}$ 中. 又因为 φ 是 M 的子空间,M 由(19)所定义,所以对于表示为(31)式的 φ 中的任何矢量 $\{h\Phi, h\}$, $\forall\ h\in H_2^m$,由(19)可知它在 M 中表示为 $\{hW+\tilde{h}U, h\}$,其中 $\tilde{h}\in H_2^r$. 把 $\tilde{h}$ 和 h 的对应关系表示为 $\tilde{h}=hH$.

由于 φ 是位移不变的,故上述对应关系也是位移不变的,于是 H 是一个乘性矩阵. 又由于对于所有 $h\in H_2^m$, $\tilde{h}=hH$ 均在 H_2^r 中,所以 H 应该在 $H_\infty^{m\times r}$ 中. 这样我们找出 $H\in H_\infty^{m\times r}$,使得

$$h\Phi = h(W + HU), \forall\ h \in H_2^m.$$

这样就证明了,对任何 $\Theta\in BH_\infty^{m\times r}$,总能找到 $H\in H_\infty^{m\times r}$,使 $\Phi=L\{\Theta\}=(W+HU)\cap BH_\infty^{m\times r}$.

以上我们证明了定理一,给出了非退化时的显式解式(13),其中 L 的表示式中各项的控制意义和数学意义很明确,对于控制系统设计十分方便. 下节中我们将举例说明这个显式解式对于研究 H_∞ 解的性质带来的方便.

4　虚轴上有零点时 H_∞ 问题的解例

虚轴上有零点的 H_∞ 问题是个十分困难的问题,迄今尚未得到完善的解决. Francis 和 Zames 在文献[1]中曾研究过这个问题. 他们引入

$$\Phi_k(s) = V_k(s)\Phi(s). \tag{35}$$

其中 $\Phi(s)$ 处在单位球内并满足全部右半开平面的插值条件,这可通过正常的方法求得. 而 $V_k(s)$ 用以拟合虚轴上的插值条件. 为此,他们构造了 $V_k(s)$,使它满足虚轴上各零点的插值条件,且在 $\Phi(s)$ 的各右半开平面插值点上有 $V_k(s)=1$,并且 $V_k(s)$ 满足如下要求

$$\lim_{k\to\infty}\|V_k(s)\|_\infty = 1.$$

由此可见,$\Phi_k(s)$ 能同时满足虚轴和右半开平面上的插值条件,但并不一定处在单位球内. 只有在 $k\to\infty$ 时,才能保证 $\Phi_k(s)$ 落入单位球内. 总之,Francis 和 Zames 只构造出这个问题的一个特解,而且这个特解是用极限方式而不是用显式给出的,它是 $\Phi_k(s)$ 在 $k\to\infty$ 时的极限.

本节表明,统一的显式解式(13)将为虚轴上有零点的 H_∞ 问题求解开辟途径. 注意(13)式中的 P 矩阵为(6)式. 当零点 $s_1=j\omega_1$ 出现在虚轴上时,P_{11} 的分母变为零. 如果有 $W^*(j\omega_1)W(j\omega_1)=1$,亦即 $x_1^*x_1=y_1^*y_1$,P_{11} 的分子和分母均变为零,P_{11} 作为二个无穷小之比仍可能存在. 如果有 $x_1^*x_1\neq y_1^*y_1$,这时 P_{11} 变为无穷大,H_∞ 问题求解比较困难,本文不研究这种情况. 本文仅研究在虚轴上有零点 $s_1=j\omega_1$ 时有 $W^*(j\omega_1)W(j\omega_1)=1$ 时的 H_∞ 问题. 由于我们前面得到的显式解式(13)是对于零点全部在右半平面的,所以我们考虑零点 $s_1=\sigma_1+j\omega_1$, $\sigma_1>0$,并考虑 $\sigma_1\to 0^+$ 的极限情形. 把 $\Phi(\sigma_1+j\omega_1)$ 在 $j\omega_1$ 处展开得到(Φ' 为 Φ 的导数)

$$y_1 = (W(j\omega_1) + \Phi'(j\omega_1)\sigma_1)x_1, \tag{36}$$

从而有
$$y_1^* y_1 \doteq x_1^* x_1 + 2\sigma_1 \mathrm{Re}(x_1^* W^*(j\omega_1)\Phi'(j\omega_1)x_1).$$

记
$$\gamma = -\mathrm{Re}(x_1^* W^*(j\omega_1)\Phi'(j\omega_1)x_1),$$

于是 $\sigma_1 \to 0^+$ 时 P_{11} 为
$$P_{11} = \gamma.$$

这样我们可以用 $\sigma_1 \to 0^+$ 得到的 L 来解 $W^*(j\omega_1)W(j\omega_1)=1$ 时的虚轴上有零点 $s_1=j\omega_1$ 的 H_∞ 问题.

例 求解
$$\Phi = \left(\frac{1}{s+1} + Hs(s-1)/(s+1)^2\right) \cap BH_\infty.$$

解 这里有零点 $s_1=0$ 在虚轴上，另一个零点为 $s_2=1$. 在 $s=0$ 处的输入输出对为 $x_1=1, y_1=1$. 在 $s_2=1$ 处的输入输出对为 $x_2=1, y_2=1/2$. 由(13)式可知，在 $\sigma_1 \to 0^+$ 时，它的极限为

$$L = \frac{1}{(3\gamma-2)s(s+1)} \begin{pmatrix} (3\gamma-2)s^2 + (-5\gamma+3)s + 1 & (3-4\gamma)s + 1 \\ (-3+4\gamma)s + 1 & (3\gamma-2)s^2 + (5\gamma-3)s + 1 \end{pmatrix}.$$

由(12)得全部解为

$$\Phi = \frac{[(3\gamma-2)s^2 + (-5\gamma+3)s + 1]\Theta + [(-3+4\gamma)s + 1]}{[(3-4\gamma)s + 1]\Theta + [(3\gamma-2)s^2 + (5\gamma-3)s + 1]}, \quad \Theta \in BH_\infty.$$

这里 $P>0$ 的要求体现在要求 $\gamma > \frac{2}{3}$.

由此看到，我们求得了这个虚轴上有零点的 H_∞ 问题的全部显式解，比 Francis 和 Zames 的方法要好得多.

参 考 文 献

[1] Francis, B. A. and Zames, G.. On H∞ Optimal Theory for SISO Feedback Systems. IEEE Trans., Automat. Contr., 1984, AC-29(1):9—16

[2] Francis, B. A., Helton, J. W. and Zames, G.. H∞ Optimal Feedback Controllers for Linear Multivariable Systems. IEEE Trans., Automat. Contr., 1984, AC-29:888—900

[3] Chang, B. C. and Pearson, J. B.. Optimal Disturbance Reduction in Linear Multivariable Systems. IEEE Trans., Automat. Contr., 1984, AC-29:880—888

[4] Wang, Z. Z. and Pearson, J. B.. Regulation and Optimal Error Reduction in Linear Multivariable Systems. Preprints, 9th IFAC World Congress, Budapest, Hungary, 1984, 9:1—4

[5] Sarason, D.. Generalized Interpolation in H∞. Trans. AMS. 1967, 127:179—203

[6] Ball, J. A. and Helton, J. W.. A Beurling-Lax Theorem for the Lie Group $u(m,n)$ which Contains Most Classical Interpolation Ttheory. J. Operator Theory. 1983, 9:107—142

[7] Francis, B. A.. A Course in H∞ Control Theory. Springer Verlag, 1987

[8] Glover, K. and Doyle, J.. State-Space Formulae for All Stabilizing Controllers That Satisfy an H∞ Norm Bound and Relation to Risk Sensitivity. Systems and Control Letters, 1988, 11:167—172

[9] Bernstein, D. S. and Haddad, W. M.. LQG Control with an H∞ Performance Bound: A Riccati Equation Approach. IEEE Trans. Automat. Contr., 1989, AC-34(3):293—305

[10] Doyle, J. C., Glover, K., Khargonekar, P. and Francis, B. A.. State-Space Solutions to Standard H_2 and H∞ Control Problems. IEEE Trans. Automat, Contr., 1989, AC-34(8):831—847

[11] 夏道行，严绍宗. 线性算子谱理论. 科学出版社，1987

Explicit Solution Expressions of the Multivariable H_∞ Control Problems

WANG Zhengzhi

(Automatic Control Department, National University of Defence Technology·Changsha, 410073)

Abstract: This paper gives the explicit solution expressions of the multivariable H_∞ control problem in s domain. The first part gives the unified explicit solution expressions for non-degenerate case from the input and output point of view. The second part gives the unified explicit solution expressions for degenerate case which is very important, since the H_∞ optimal control is corresponding to the degenerate case. These unified explicit expressions bring convenience to the design of control systems and the research on the properties of the solutions of H_∞ control.

Key words: Krein space; J-unitary matrix; shift invariant maximal negative subspace

本文作者简介

王正志　1945年生. 1967年毕业于哈尔滨军事工程学院自动控制专业. 1981年到1984年在美国 Rice 大学电气工程系进修,并获得博士学位. 现任国防科技大学自动控制系控制理论及应用教研室主任及教授. 研究领域为H_∞控制,自适应控制,经济控制,神经网络及智能机器人.

"何潘清漪优秀论文奖"征文启事

"何潘清漪优秀论文奖"征文1992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1992年12月31日,授奖时间为1993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.