

# 全系数自适应控制方法的鲁棒性

解永春 吴宏鑫

(北京控制工程研究所 北京 100080)

**摘要** 研究全系数自适应控制方法对未建模动态、参数慢时变、非线性和有界干扰的鲁棒稳定性,证明了在有未建模动态及扰动情况下,采用经投影修正的梯度算法估计标称对象,黄金分割自适应控制器仍能稳定标称对象.对含乘性不确定性的线性慢时变对象及具有渐消记忆的非线性慢时变对象,分别给出了自适应控制系统鲁棒稳定的充分条件.

**关键词** 全系数自适应,鲁棒稳定性,黄金分割,时变,非线性.

## 1 引言

鲁棒自适应控制的研究始于80年代.目前已有许多重要的理论结果.对于线性定常系统,Wen和Hill证明了经投影修正的梯度算法与极点配置控制器组成的自适应控制系统的鲁棒性<sup>[1]</sup>.在此基础上,Wen又将此结果推广到离散时间慢时变参数系统<sup>[2]</sup>.由于这些结果都假设标称对象参数属于一已知的闭凸集,并且对于所有集合中的参数,冻结标称对象可稳,所以将这些结果用于实际控制工程还有一段距离.

全系数自适应控制方法自1981年首次提出至今已在五类对象的350多个具体系统中取得了成功的应用,其中包括空间环境模拟器的自适应控制、炼油厂加热炉自适应控制、啤酒发酵控制、造纸机水分基重控制、大型高维多回路瞬态热流跟踪控制和水轮机调速自适应控制等<sup>[3]</sup>.由于全系数自适应控制方法是一种很有实用价值的自适应控制方法,从理论方面研究这种控制方法的适用范围及其鲁棒性具有重大意义.

文献[4]针对线性定常二阶系统研究了黄金分割控制器对参数估计值的鲁棒性,并分析了参数估计值收敛到真值后控制系统的性能.本文进一步研究存在未建模动态及扰动情况下,黄金分割自适应控制器的鲁棒性,即研究全系数自适应控制系统的稳定性以及鲁棒性问题.

## 2 理论准备

### 2.1 有关符号及定义

$R^n$  是  $n$  维欧几里德空间,  $Z^+$  是非负整数集合.  $l_2^z$  是定义在  $R^n$  上的序列的扩展空间.  $S_k$  是  $l_2^z$  空间上的  $k$  步移位算子,这种算子以及因果算子、严格因果算子、稳定算子、增量稳定算子、局部李普希茨连续的定义参见文献[5].

记  $\varphi_{NL} \equiv \{H | H \text{ 是因果, 局部李普希茨连续, 稳定的非线性时变算子}\}$ .

记  $\varphi_L \equiv \{H | H \in \varphi_{NL} \text{ 且是线性的}\}$ .

### 2.2 反馈回路的鲁棒稳定性

反馈回路如图1所示. 设对象  $G$  和补偿器  $K$  是  $l_c^2$  空间李普希茨连续因果算子.  $u_1$  是控制输入,  $u_2$  是扰动输入,  $e_1, e_2$  是误差输出. 若对于任一  $(u_1, u_2) \in l_c^2 \times l_c^2$  都存在唯一的  $(e_1, e_2) \in l_c^2 \times l_c^2$ , 且由

$$\begin{cases} e_1 = u_1 + Ke_2 \\ e_2 = u_2 + Ge_1 \end{cases}$$

定义的映射  $\Phi(G, K): (u_1, u_2) \rightarrow (e_1, e_2)$  局部李普希茨连续因果, 则称此反馈系统是适定的. 若  $\Phi(G, K)$  是稳定的, 则称  $K$  能稳定  $G$ . 若  $\Phi(G, K)$  稳定且是渐消记忆的, 则称  $K$  能渐消记忆稳定  $G$ <sup>[5]</sup>.

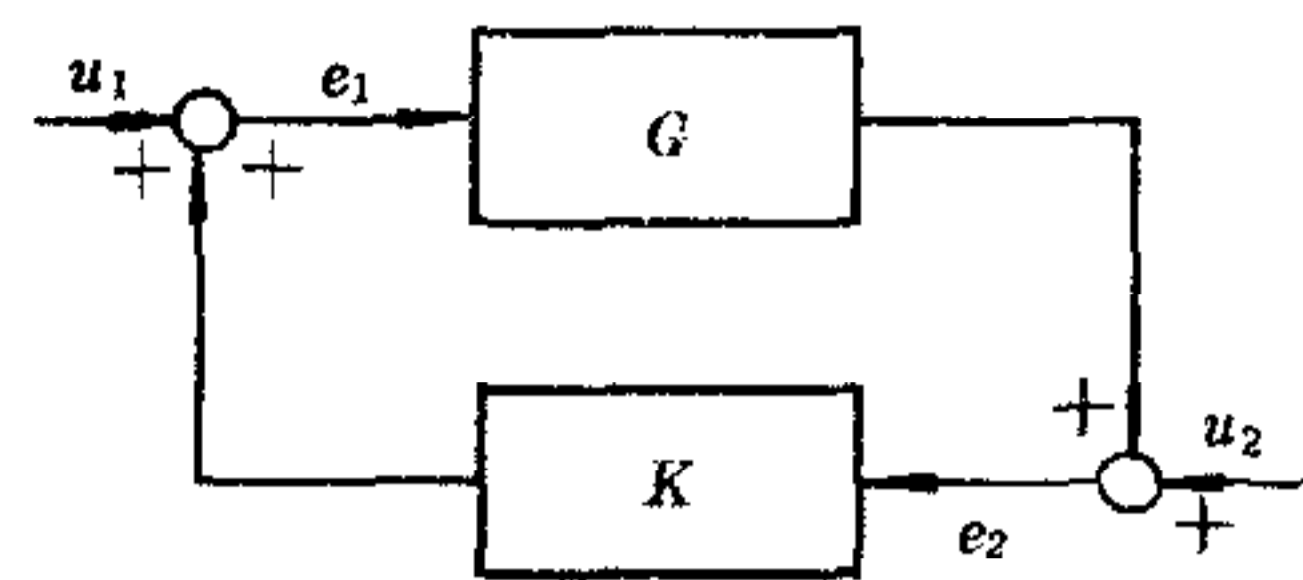


图1 反馈回路

定义对象簇

$$G_{mul} \equiv \{G : G = G_0(1 + E\Delta)\}. \tag{1}$$

假设2.1.  $G_0: l_c^2 \rightarrow l_c^2$  李普希茨连续, 严格因果.

假设2.2.  $\Delta \in \varphi_{NL}$  是严格因果渐消记忆算子,  $\|\Delta\| < 1$ .

假设2.3.  $E, E^{-1} \in \varphi_{NL}$ ,  $E$  增量稳定.

定理2.1(线性时变系统). 考虑满足假设2.1~2.3的对象簇(1), 再假设  $G_0, E, \Delta$  线性时变, 若线性时变补偿器  $K$  稳定  $G_0$ , 则  $K$  一致稳定  $G_{mul}$  的充分条件是

$$\inf_{k \in \mathbb{Z}^+} \|(I - KG_0)^{-1}KG_0ES_k\| < 1.$$

证明与文献[5]中定理的证明类似. 此处从略.

定理2.2(非线性时变系统). 考虑满足假设2.1~2.3的对象簇(1), 再假设  $G_0, E, \Delta$  非线性时变, 若线性时变补偿器  $K$  渐消记忆增量稳定  $G_0$ , 则  $K$  一致稳定  $G_{mul}$  的充分条件是

$$\inf_{k \in \mathbb{Z}^+} \|(I - KG_0)^{-1}KG_0ES_k\| < 1.$$

证明与文献[5]中定理的证明类似. 此处从略.

## 3 参数空间的一个闭凸集与黄金分割自适应控制器

### 3.1 参数空间的一个闭凸集

在设计自适应控制系统时, 为增强系统的鲁棒性, 常将参数估计值通过投影的办法限制在参数空间的一个闭凸集内. 但很少有文献指出参数空间中的闭凸集究竟如何选择. 这里给出参数空间中的一个合理的闭凸集.

设二阶线性定常对象离散化差分方程为

$$y(t) = \alpha_1 y(t-1) + \alpha_2 y(t-2) + \beta_0 u(t-1). \tag{2}$$

其中  $y(t)$  代表输出,  $u(t)$  代表输入. 当采样周期  $\Delta t$  与最小等效时间常数  $T_{min}$  之比满足  $\Delta t / T_{min} \in [1/10, 1/3]$  时, 文献[4]已证明对于稳定对象  $\alpha_1, \alpha_2$  属于凸集  $D_s$ . 即

$$D_s = \{(\alpha_1, \alpha_2) | 1.4331 \leq \alpha_1 < 1.9975, -1 < \alpha_2 \leq -0.5134, 0.9196 \leq \alpha_1 + \alpha_2 < 1\}.$$

因此在设计自适应控制系统时, 可以将参数估计值投影在  $D_s$  的一个凸闭子集  $\hat{D}_s$  内. 不

妨定义

$$\hat{D}_s \equiv \{(\alpha_1, \alpha_2) | 1.4331 \leq \alpha_1 \leq 1.9974, -0.9999 \leq \alpha_2 \leq -0.5134, 0.9196 \leq \alpha_1 + \alpha_2 \leq 0.9999\}.$$

对于确定的系统,若假设存在  $\epsilon_p (\epsilon_p > 0)$  使得原连续对象的极点总在  $S$  平面上直线  $s = -\epsilon_p$  的左面,则存在一个凸闭集  $\bar{D}_s$ , 使得  $(\alpha_1, \alpha_2) \in \bar{D}_s$  且  $\bar{D}_s \subset D_s$ .

$$\text{记 } \hat{\Omega} \equiv \{(\alpha_1, \alpha_2, \beta_0) | (\alpha_1, \alpha_2) \in \hat{D}_s, \beta_0 \in [\beta_{0min}, \beta_{0max}]\},$$

$$\hat{\Omega} \equiv \{(\alpha_1, \alpha_2, \beta_0) | (\alpha_1, \alpha_2) \in \hat{D}_s, \beta_0 \in [\beta_{0min}, \beta_{0max}]\}.$$

### 3.2 黄金分割自适应控制

**定理3.1**<sup>[4]</sup>. 设参数未知的线性定常二阶对象离散化后的差分方程为式(2),其系数  $\alpha_1, \alpha_2$  属于凸集  $D_s$ . 假设  $0.5\beta_0 \leq \hat{\beta}_0 \leq \infty, (\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2) \in D_s$ , 则对于所有  $(\alpha_1, \alpha_2) \in D_s$ , 由对象(2)和黄金分割自适应控制律

$$u(t) = - [L_1 \hat{\alpha}_1 y(t) + L_2 \hat{\alpha}_2 y(t-1)] / \hat{\beta}_0 \tag{3}$$

组成的闭环系统渐近稳定. 其中  $L_1, L_2$  为黄金分割系数.

为扩大黄金分割控制器的适用范围,对该控制律作如下改进,令  $g \equiv \beta_{0max} / \beta_{0min}$ , 则改进的黄金分割自适应控制律为

$$u(t) = - \frac{1}{r} [L_1 \hat{\alpha}_1 y(t) + L_2 \hat{\alpha}_2 y(t-1)] / \hat{\beta}_0, \tag{4}$$

其中  $r$  是正常数,且

$$r = \begin{cases} 1, & g \leq 2, \\ g/2, & g > 2. \end{cases}$$

## 4 全系数自适应控制方法的鲁棒性

定义线性时变对象簇

$$G_{mul} = \{G: G = G_0(1 + E\Delta)\}. \tag{5}$$

对  $G$  设计自适应反馈回路如图2所示. 其中  $y(t)$  代表系统输出,  $u(t)$  代表误差输出也代表控制输入,  $r(t)$  代表参考输入,  $w(t)$  代表扰动输入,  $K$  代表黄金分割自适应控制律式(4). 设  $\eta(t)$  代表未建模动态, 则对象式(5)可以表述为

$$y(t) = \varphi(t-1)^T \theta(t-1) + \eta(t) + w(t), \tag{6}$$

其中  $\varphi(t-1) = [y(t-1) y(t-2) u(t-1)]^T, \theta(t-1) = [\alpha_1(t-1) \alpha_2(t-1) \beta_0(t-1)]^T$ , 未建模动态  $\eta(t) = \beta_0(t) z^{-1} E \Delta u(t)$ .

参数估计采用梯度算法

$$\hat{\theta}_n(t)_n = \hat{\theta}(t-1) + \frac{\alpha \varphi(t-1) g(t)}{\lambda + \|\varphi(t-1)\|^2}, \quad \hat{\theta}(t) = \pi[\hat{\theta}_n(t)], \tag{7}, (8)$$

其中  $\hat{\theta}(t) = [\hat{\alpha}_1(t) \hat{\alpha}_2(t) \hat{\beta}_0(t)]^T, g(t) \equiv e(t) \max \left\{ \frac{|e(t)| - d_\eta(t) - d}{|e(t)|}, 0 \right\}, d_\eta(t)$  是未建模

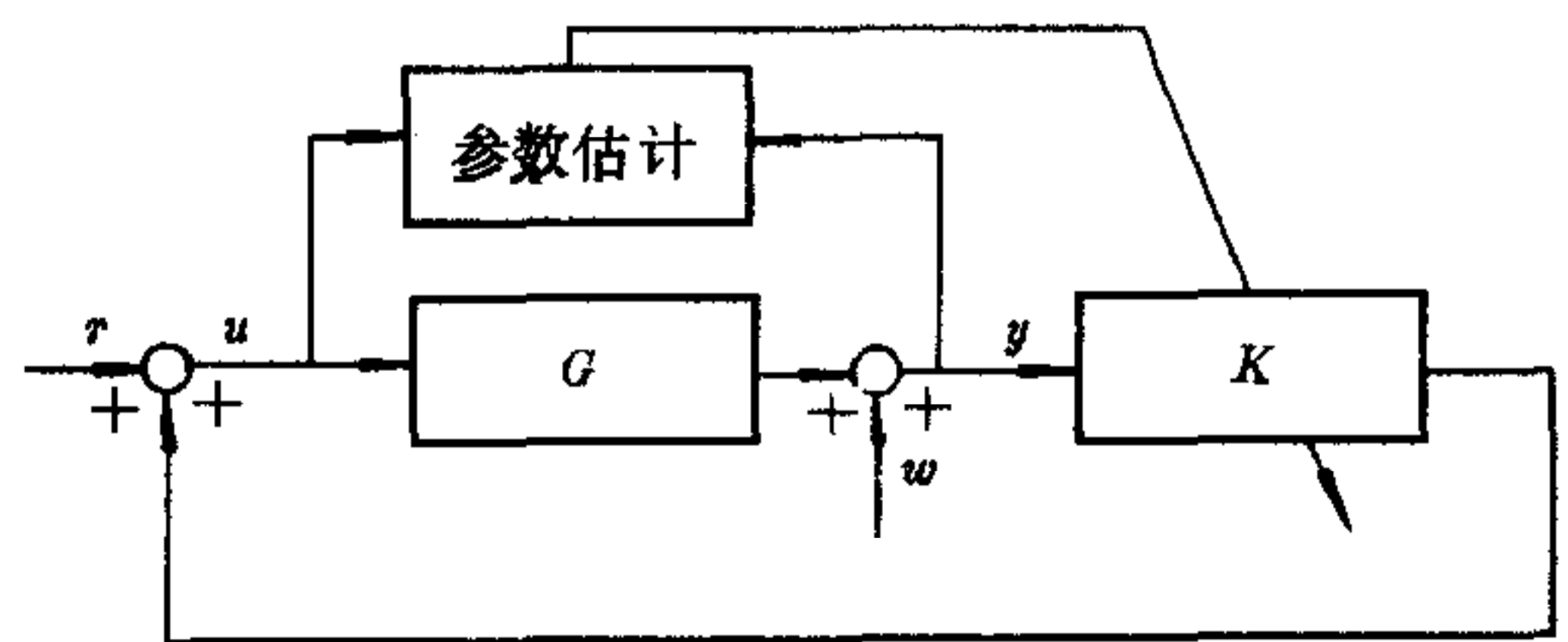


图2 自适应反馈回路

动态的上界,其定义将在后面给出,  $e(t) = -\varphi^T(t-1)[\hat{\theta}(t-1) - \theta] + \eta(t) + w(t)$ ,  $\alpha, \lambda$  为正常数,且  $\alpha \in (0, 1)$ ,  $\pi(x)$  代表  $x$  到  $\hat{\Omega}$  的正交投影. 显然  $\forall \theta \in R^3, \theta_0 \in \hat{\Omega}$ , 有  $\|\pi(\theta) - \theta_0\| \leq \|\theta - \theta_0\|$ .

记  $\|\theta_1 - \theta_2\| \leq k_\theta, \quad \forall \theta_1, \theta_2 \in \bar{\Omega} \cup \hat{\Omega}$ .

下面分别就线性慢时变对象和非线性慢时变对象研究黄金分割自适应控制器对未建模动态及有界扰动的鲁棒性.

#### 4.1 线性时变系统的鲁棒稳定性

条件4.1.

$$G_0 = \frac{\beta_0(t-1)z^{-1}}{1 - \alpha_1(t-1)z^{-1} - \alpha_2(t-1)z^{-2}}, (\alpha_1(t-1), \alpha_2(t-2), \beta_0(t-2)) \in \bar{\Omega},$$

其中  $z^{-1}$  代表一步后移算子, 即  $z^{-1}x(t) = x(t-1), \forall t \in Z^+$ .

条件4.2.  $\Delta \in \varphi_L$  严格因果,  $\|\Delta\| < 1$ .

条件4.3.  $E, E^{-1} \in \varphi_L$ .

条件4.4. 对于所有  $t \in Z^+$ , 存在非负常数  $\nu_0, \nu_1$ , 使

$$\sum_{\tau=t_0}^{t-1} \|\theta(\tau+1) - \theta(\tau)\| \leq \nu_0 + \nu_1(t - t_0).$$

条件4.5. 存在正常数  $\varepsilon_\eta \geq 0$  和  $\sigma_\eta \in [0, 1)$ , 使

$$|\eta(t)| \leq \varepsilon_\eta \sup_{0 \leq \tau \leq t} \{e^{-\sigma_\eta(t-\tau)} \nu[\varphi(\tau)]\} \equiv d_\eta(t),$$

其中  $0 \leq \nu(x) \leq \|x\|, \forall x \in R^3$ .

条件4.6.  $|w(t)| \leq d, \quad \forall t \in Z^+$ .

引理4.1. 将估计器式(7), (8)用于满足条件4.1—4.6的系统式(5), 式(5)的一种等价形式是式(6), 则有

$$\begin{aligned} \sum_{\tau=t_0+1}^t \|\hat{\theta}(\tau) - \hat{\theta}(\tau-1)\| &\leq \sqrt{\alpha} k_\theta (t - t_0)^{\frac{1}{2}} + \sqrt{5\alpha k_\theta \nu_0} (t - t_0)^{\frac{1}{2}} \\ &+ \sqrt{5\alpha k_\theta \nu_1} (t - t_0), \quad t \geq t_0 + 1. \end{aligned}$$

证明与文献[6]中的定理的证明类似. 此处从略.

定理4.1. 对于由满足条件4.1—4.6的线性时变对象式(5)、参数估计器(7), (8)和黄金分割自适应控制律式(4)组成的自适应控制系统, 存在正实数  $\nu_1^*$ , 当标称对象参数变化率  $\nu_1 \leq \nu_1^*$  时, 有

1)  $K$  能稳定  $G_0$ .

2)  $K$  一致稳定  $G$  的充分条件是  $\inf_{k \in Z^+} \|(I - KG_0)^{-1} KG_0 E S_k\| < 1$ .

证明. 1) 首先证明在未建模动态  $\eta(t)$  和扰动  $w(t)$  存在的情况下, 采用经投影修正的梯度算法(7), (8)估计标对象  $G_0$ , 黄金分割自适应控制器  $K$  能稳定标称对象  $G_0$ .

将式(4)代入标称对象  $G_0$  的表达式  $y(t+1) = \varphi(t)^T \theta(t)$  有

$$y(t+1) = \left[ \alpha_1(t) - L_1 \frac{\beta_0(t) \hat{\alpha}_1(t)}{r \hat{\beta}_0(t)} \right] y(t) + \left[ \alpha_2(t) - L_2 \frac{\beta_0(t)}{r \hat{\beta}_0(t)} \hat{\alpha}_2(t) \right] y(t-1). \quad (9)$$

令  $\varphi_y(t+1) = [y(t+1) y(t)]^T$ ,

$$\bar{A}(t) = \begin{bmatrix} \alpha_1(t) - L_1 \frac{\beta_0(t)}{r \hat{\beta}_0(t)} \hat{\alpha}_1(t) & \alpha_2(t) - L_2 \frac{\beta_0(t)}{r \hat{\beta}_0(t)} \hat{\alpha}_2(t) \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

则式(9)可写成如下状态方程:

$$\varphi_y(t+1) = \bar{A}(t)\varphi_y(t). \quad (10)$$

由于  $\theta \in \bar{\Omega}$ ,  $\hat{\theta} \in \hat{\Omega}$ , 又由定理3.1可知  $|\lambda_j(\bar{A}(t))| < 1, \forall t \in Z^+, j=1,2$ , 所以存在  $\sigma_c \in [0,1)$  使  $\max_j |\lambda_j(\bar{A}(t))| \leq \sigma_c, \forall t \in Z^+, j=1,2$ . 利用文献[7]的结果有

$$\|\bar{A}(t)^i\| \leq c_v \sigma_c^i, \quad \forall t \in Z^+, i \in Z^+,$$

其中  $c_v$  是与  $\sigma_c$  有关而与  $t$  无关的正常数, 且  $c_v > 1, \sigma_v = (\sigma_c + 1)/2$ . 又由于

$$\begin{aligned} \|\bar{A}(\tau) - \bar{A}(\tau-1)\| &\leq |\alpha_1(\tau) - \alpha_1(\tau-1)| + |\alpha_2(\tau) - \alpha_2(\tau-1)| \\ &+ \frac{2L_1\alpha_{1\max} + 2L_2\alpha_{2\max}}{\beta_{0\min}} |\hat{\beta}_0(\tau) - \hat{\beta}_0(\tau-1)| + 2L_1 |\hat{\alpha}_1(\tau) - \hat{\alpha}_1(\tau-1)| \\ &+ 2L_2 |\hat{\alpha}_2(\tau) - \hat{\alpha}_2(\tau-1)| + \frac{L_1\alpha_{1\max} + L_2\alpha_{2\max}}{r\beta_{0\min}} |\beta_0(\tau) - \beta_0(\tau-1)| \\ &< \max\left\{\frac{4.79}{\beta_{0\min}}, 2.15\right\} \|\hat{\theta}(\tau) - \hat{\theta}(\tau-1)\| \\ &+ \max\left\{\frac{2.40}{r\beta_{0\min}}, 1.74\right\} \|\theta(\tau) - \theta(\tau-1)\|. \end{aligned}$$

对上式求和并应用引理4.1有

$$\begin{aligned} \sum_{\tau=t_0+1}^t \|\bar{A}(\tau) - \bar{A}(\tau-1)\| &< \max\left\{\frac{4.79}{\beta_{0\min}}, 2.15\right\} \left[ \sqrt{ak_\theta}(t-t_0)^{\frac{1}{2}} + \sqrt{5ak_\theta\nu_0}(t-t_0)^{\frac{1}{2}} \right. \\ &\left. + \sqrt{5ak_\theta\nu_1}(t-t_0) \right] + \max\left\{\frac{2.40}{r\beta_{0\min}}, 1.74\right\} [\nu_0 + \nu_1(t-t_0)], \quad t \geq t_0 + 1. \end{aligned}$$

对于固定的  $\mu \in (\sigma_v, 1)$ , 存在正实数  $\nu_1^*$  和正整数  $N_1$ , 使得当  $\nu_1 \leq \nu_1^*$  时式

$$\max\left\{\frac{4.79}{\beta_{0\min}}, 2.15\right\} \sqrt{5ak_\theta\nu_1} + \max\left\{\frac{2.40}{r\beta_{0\min}}, 1.74\right\} \nu_1 < \frac{\mu/\sqrt{c_v} - \sigma_v}{N_1 c_v},$$

成立. 根据文献[8]关于慢时变系统的稳定性定理可知系统(10)即系统(9)渐近稳定.

由于  $K$  和  $G_0$  都是线性算子, 所以由图2可知  $\Phi(G_0, K)$  可以表示为

$$\begin{cases} u = r + K(I - G_0K)^{-1}G_0r + K(I - G_0K)^{-1}w, \\ y = (I - G_0K)^{-1}G_0r + (I - G_0K)^{-1}w. \end{cases}$$

系统(9)渐近稳定意味着  $(I - G_0K)^{-1}$  是稳定算子. 又由于  $K$  是线性稳定控制器, 且对于调节器,  $r(t) = 0$ . 所以  $K$  能稳定  $G_0$ .

2) 由于  $K$  能稳定  $G_0$ , 所以应用定理2.1可知  $K$  一致稳定  $G$  的充分条件是

$$\inf_{k \in Z^+} \|(I - KG_0)^{-1}KG_0ES_k\| < 1.$$

证毕.

## 4.2 非线性时变系统的鲁棒稳定性

**条件4.7.**  $\Delta \in \varphi_{NL}$  是严格因果渐消记忆算子,  $\|\Delta\| < 1$ .

**条件4.8.**  $E, E^{-1} \in \varphi_{NL}$ ,  $E$  增量稳定.

**定理4.2.** 对于由满足条件4.1、条件4.4—4.8的非线性时变对象式(4.9)、参数估计器(7)、(8)和黄金分割自适应控制律式(4)组成的自适应控制系统, 存在正实数  $\nu_1^*$ , 当标称

对象参数变化率  $\nu_1 \leq \nu_1^*$  时,有

1)  $K$  能稳定  $G_0$ .

2)  $K$  一致稳定  $G$  的充分条件是  $\inf_{k \in \mathbb{Z}^+} \|(I - KG_0)^{-1} KG_0 E S_k\| < 1$ .

**证明.** 应用定理2.2,类似定理4.1的证明,即证得定理4.2.

## 5 结论

本文研究了全系数自适应控制方法对未建模动态、参数慢时变、渐消记忆非线性和有界干扰的鲁棒稳定性.证明了在有未建模动态及扰动的情况下,采用经投影修正的梯度算法估计标称对象,黄金分割自适应控制器仍能稳定标称对象.同时对含乘性不确定性的线性慢时变对象及具有渐消记忆的非线性慢时变对象,分别给出了自适应控制系统鲁棒稳定的充分条件.对于含有加性不确定性的系统也可以得到类似的结果.

本文从理论方面研究了全系数自适应控制方法的适用范围及其鲁棒性,为该方法在实际控制工程中的应用提供了重要理论依据.以本文的理论结果为指导,设计的充液卫星姿态的自适应控制系统已于1993年底通过航天工业总公司五院的鉴定.

**致谢.** 本文得到了杨嘉墀先生、屠善澄先生的热心指教,得到了张国富研究员、邹广瑞研究员、吕振铎研究员、刘良栋研究员的大力帮助,在此表示衷心的感谢.同时还要感谢张洪华博士给予的有益启发.

## 参 考 文 献

- [1] Wen C, Hill D J. Global boundedness of discrete-time adaptive control just using parameter projection. *Automatica*. 1992, **28**(2):1143—1158.
- [2] Wen C. A robust adaptive controller with minimal modification for discrete time varying systems adaptive control just using parameter projection. In: Proc. 3th CDC, Tuscon, 1992.
- [3] 吴宏鑫著. 全系数自适应控制理论及其应用. 北京:国防工业出版社, 1990. 188—311.
- [4] 解永春, 吴宏鑫. 黄金分割在自适应鲁棒控制器设计中的应用. *自动化学报*. 1992, **18**(2):177—185.
- [5] Shamma J S. The necessity of the small-gain theorem for time varying and nonlinear systems. *IEEE Trans. Aut. control*. 1991, **36**(10):1138—1147.
- [6] Middleton R H, Goodwin G C. Adaptive control of time-varying linear systems. *IEEE Trans. Aut. Control*. 1988, **33**(2):150—155.
- [7] Vesoer C A. Slowly varying discrete system  $x_{i+1} = A_i x_i$ . *Electronics Letters*. 1970, **6**(11):339—340.
- [8] Kreisselmeier G. Adaptive control of a class of slowly time-varying plants. *Systems & Control Letters*. 1986, **8**:97—103.

## THE ROBUSTNESS OF THE ALL-COEFFICIENT ADAPTIVE CONTROL METHOD

XIE YONGCHUN WU HONGXIN

(Beijing Institute of Control Engineering, Beijing 100080)

**Abstract** The robust stability of the all-coefficient adaptive control method with respect to

unmodeled dynamics, parameter slowly-varying, non-linearity and bounded disturbance is studied. It is proved that in the presence of unmodeled dynamics and bounded disturbances, the golden section adaptive controller still can stabilize a nominal plant when a gradient update law modified by parameter projection is used to estimate the nominal plant. For systems with multiplicative uncertainty, sufficient conditions are presented for linear slowly varying plants and nonlinear slowly-varying plants with fading memory, respectively.

**Key words** All-coefficient adaption, robust stability, golden section, time-varying, nonlinearity.

### 中国自动化学会1997年部分学术活动

项 目 名 称	时 间	联 系 人
第三届自控系统及仪表装置选型和技术发展研讨会	4月	上海市漕宝路103号 吴斌昌 邮编:200233
制造技术专业委员会工作会议	5月	北京德外机械部自动化所 章以钧 邮编:100011
第3届全国计算机应用联合学术会议	5月	同 上
全国(第三届)自动化应用技术交流暨成果推广会	6月	北京919信箱 张振华 邮编: 100071
计算机技术的发展对仿真技术及仿真方法学的影响研讨会	2季度	合肥中国科技大学自动化系 屠仁寿 邮编:230026
名词工作委员会工作会议	2季度	北京白石桥路北京理工大学自 控系 范瑞霞 邮编:100081
第10届全国遥感技术交流会	2季度	北京9200信箱74分箱 王玉璞 邮编:100076
智能建筑研讨会	2季度	北京北三环西路明光北里6-3- 502 朱蕴珍 邮编:100088
中国自动化学会北方地区学术交流会	7月	太原工业大学自动化系 张忠 怀 邮编:030024
中国自动化学会华东地区学术交流会	3季度	合肥工业大学南村497信箱405 室 邮编:230009
DCS 应用技术和现场总线学术研讨会	3季度	上海市漕宝路103号 吴斌昌 邮编:200233
电气传动学术研讨会	3季度	沈阳市东北大学134信箱 满 永奎 邮编:110006
电控配电设备小型技术交流会	3季度	上海电器成套厂 林峰 邮 编:200092
集成化系统及其应用研讨会	3季度	北京北三环西路明光北里6-3- 502 朱蕴珍 邮编:100088

(待续)