第 20 卷 第 8 期　　控 制 与 决 策　　2005 年 8 月
Vol. 20 No. 8　　Control and Decision　　Aug. 2005

文章编号: 1001-0920(2005)08-0892-05

仿射非线性奇异系统的反馈控制与稳定化

王文涛[1], 刘晓平[2], 赵　军[2]
(1. 沈阳工业大学 理学院, 沈阳 110023; 2. 东北大学 信息科学与工程学院, 沈阳 110004)

摘　要: 研究非线性奇异系统的反馈稳定化问题. 首先给出仿射非线性奇异系统反馈稳定化的概念; 然后利用零动态算法构造的局部坐标变换给出仿射非线性奇异系统的一种标准型, 并将其用于研究仿射非线性奇异系统的反馈控制和系统稳定化问题; 最后证明了对于正则仿射非线性奇异系统, 当其零动态渐近稳定时, 该系统可通过反馈控制实现系统的稳定化.

关键词: 非线性奇异系统; 反馈控制; 零动态; 稳定性
中图分类号: TP273　　**文献标识码**: A

Feedback Control and Stabilization of Affine Nonlinear Singular Systems

WANG Wen-tao[1], *LIU Xiao-ping*[2], *ZHAO Jun*[2]
(1. College of Science, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China; 2. School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: WANG Wen-tao, E-mail: wwtlxy@163.com)

Abstract: The feedback stabilization problem of affine nonlinear singular systems is studied. The concept of asymptotic stabilization via state feedback is proposed for affine nonlinear singular systems. Using zero dynamics algorithm, a coordinate transform is introduced to establish a canonical form of affine nonlinear singular systems, by which the problem of asymptotic stabilization via state feedback is discussed. Regular affine nonlinear singular systems are shown to be asymptotically stabilizable if the zero dynamics are stable.

Key words: Nonlinear singular systems; Feedback control; Zero dynamics; Stability

1　引　　言

自从 Luenberger, You, Chen, Cameron, Krishnan 等先后在经济系统、受限机械系统、机器人系统、化工过程和电力系统等发现奇异系统的特征以来, 奇异系统(广义系统、微分代数系统)的研究受到众多学者的关注[1~4]. 围绕线性定常奇异系统, 已形成了与线性系统理论平行的理论体系, 其中包括可解性、稳定性、能控性、能观性、观测器设计、解耦控制等; 对于线性时变奇异系统也取得了相当的成就[5]. 然而, 非线性奇异系统的研究却进展缓慢, 只是在系统的可解性及数值解等方面作些工作. 近 10 年, 在非线性系统微分几何理论的推动下, 非线性奇异系统的研究取得了一定的成果, 主要包括完全线性化、输入输出解耦、干扰解耦、输出跟踪、稳定性等[6,7].

系统的零动态是系统的内部动态品质, 其性质与系统的诸多性质相联系, 如稳定性等. 对于非线性系统, 关于系统零动态的研究比较完善[8]. 对于非线性奇异系统, 这方面的研究还比较少. 最近文献[9]提出了非线性奇异系统零动态的概念, 并给出了零动态算法. 文献[10]利用零动态算法构造坐标变换, 获得了非线性奇异系统的一个广义标准型. 关于非线性奇异系统零动态与系统本身的内在联系还不清

收稿日期: 2004-08-30; **修回日期**: 2004-11-15.
基金项目: 国家自然科学基金项目(60274009); 辽宁省教育厅基金项目(202062039).
作者简介: 王文涛(1956—), 男, 辽宁辽中人, 教授, 博士, 从事非线性奇异控制系统等研究; 刘晓平(1962—), 男, 黑龙江双城人, 教授, 博士生导师, 从事复杂系统、非线性系统等研究.

楚, 特别是零动态与系统稳定性的关系更是值得探讨.

本文在文献[9, 10]的基础上, 继续探讨仿射非线性奇异系统的零动态对系统本身的影响, 主要研究仿射非线性奇异系统的零动态和反馈稳定化问题.

2　问题叙述与定义

对于仿射非线性奇异系统

$$\begin{cases} \mathring{x} = f_1(x) + p_1(x)z + g_1(x)u, \\ 0 = f_2(x) + p_2(x)z + g_2(x)u, \\ y = h(x). \end{cases} \tag{1}$$

其中: $x \in R^n$ 为可微变量, $z \in R^s$ 为代数变量, $u \in R^m$ 为输入变量, $y \in R^m$ 为输出变量, $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 分别为 n 维和 s 维光滑向量函数, $p_i(x)$ 和 $g_i(x)$ $(i = 1, 2)$ 为有适当维数的矩阵值函数, $h(x)$ 为 m 维光滑输出向量函数.

考虑状态反馈

$$u = \alpha(x) + \beta(x)v + \gamma(x)z, \tag{2}$$

其中 $\beta(x)$ 为邻域 U 内的非奇异矩阵. 对系统(1) 施加反馈(2), 可得

$$\begin{cases} \mathring{x} = f_1(x) + g_1(x)\alpha(x) + [p_1(x) + \\ \quad g_1(x)\gamma(x)]z + g_1(x)\beta(x)v, \\ 0 = f_2(x) + g_2(x)\alpha(x) + [p_2(x) + \\ \quad g_2(x)\gamma(x)]z + g_2(x)\beta(x)v. \end{cases} \tag{3}$$

定义 1　对于系统(1), 如果存在状态反馈(2) 使得闭环系统(3) 可稳定化, 则称系统(1) 可通过状态反馈实现稳定化, 或称系统(1) 的反馈稳定化问题可解.

3　零动态与系统的广义标准形

根据文献[9, 10], 利用零动态算法构造坐标变换

$$w = \Phi(x) = (\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta). \tag{4}$$

在新坐标(4) 下, 系统(1) 成为

$$\begin{aligned}
\dot{\xi}_1^1 &= \xi_2^1, \\
&\ \vdots \\
\dot{\xi}_{n_1}^1 &= a^1(x) + b^1(x)z + c^1(x)u; \\
\dot{\xi}_1^2 &= \xi_2^2 + \mu_{11}^2(a^1(x) + b^1(x)z + \\
&\quad c^1(x)u) + \sigma_1^2(x)u, \\
&\ \vdots \\
\dot{\xi}_{n_2}^2 &= a^2(x) + b^2(x)z + c^2(x)u; \\
&\ \vdots \\
\dot{\xi}_1^m &= \xi_2^m + \sum_{j=1}^{m-1}\mu_{1j}^m(a^j(x) + \\
&\quad b^j(x)z + c^j(x)u) + \sigma_1^m(x)u, \\
&\ \vdots \\
\dot{\xi}_{n_m}^m &= a^m(x) + b^m(x)z + c^m(x)u; \\
0 &= f_2(x) + p_2(x)z + g_2(x)u, \\
\dot{\eta} &= f_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta) + p_0(\xi^1, \cdots, \\
&\quad \xi^m, \eta)z + g_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta)u.
\end{aligned} \tag{5}$$

其中: $x = \Phi^{-1}(w)$; $a^i(x), b^i(x), c^i(x)$ 定义为

$$a^i(x) = L_{f_1}\xi_{n_i}^i(x), b^i(x) = L_{p_1}\xi_{n_i}^i(x),$$
$$c^i(x) = L_{g_1}\xi_{n_i}^i(x);$$

坐标函数 $\xi_k^i(x)$ 和系数 $\lambda_{kj}^i(x), \mu_{kj}^i, \sigma_k^i(x)$ 满足

$$\begin{aligned}
&\xi_{k+1}^i(x) = \\
&\lambda_{k1}^i f_2(x) + \sum_{j=1}^{i-1}\mu_{kj}^i(x)a^j(x) + L_{f_1}\xi_k^i(x), \\
&[L_{p_1}\xi_k^i(x) \quad L_{g_1}\xi_k^i(x)] = \\
&-\lambda_{k1}^i[p_2(x) \quad g_2(x)] - \\
&\sum_{j=1}^{i-1}\mu_{kj}^i[b^j(x) \quad c^j(x)] + \sigma_k^i(x), \\
&\qquad 1 \le k \le n_i - 1, 2 \le i \le m.
\end{aligned} \tag{6}$$

在新坐标下, 系统(1) 的输出零化子流形为

$$Z^* = \{x \in U: \xi^i(x) = 0, 1 \le i \le m\}.$$

系数 $\sigma_k^i(x)$ 满足 $\sigma_k^i(x) = 0, x \in Z^*$. 矩阵

$$A(x) = \begin{bmatrix} p_2(x) & g_2(x) \\ b^1(x) & c^1(x) \\ \vdots & \vdots \\ b^m(x) & c^m(x) \end{bmatrix}$$

在 x^0 处非奇异. 从方程组

$$\begin{cases} f_2(x) + p_2(x)z + g_2(x)u = 0, \\ a^j(x) + b^j(x)z + c^j(x)u = 0. \end{cases} \tag{7}$$

可获得唯一的 z^* 和光滑映射 u^*, 使得向量场 $f^*(x) = f_1(x) + p_1(x)z^* + g_1(x)u^*$ 与子流形 Z^* 相切. 于是系统(1) 的零动态为

$$\begin{aligned}
&\dot{\eta} = f^*(\eta) = \\
&f_0(0, \cdots, 0, \eta) + p_0(0, \cdots, 0, \eta)z^* + \\
&g_0(0, \cdots, 0, \eta)u^*.
\end{aligned} \tag{8}$$

设系统(1) 的平衡点为 x^0, 即 $f_1(x^0) = f_2(x^0) = 0$. 由新坐标的定义得

$$\xi_k^i(x^0) = 0, 1 \le i \le m, 1 \le k \le n_i.$$

选择 η_k 满足

$$\eta_k(x^0) = 0, 1 \le k \le n - r.$$

因此得 $x^0 = \Phi^{-1}(0)$, 即在新坐标下, 系统的平衡点为 $w = 0$.

4　反馈控制与系统稳定化

假设系统(1) 是正则的, 即矩阵 $[p_2(x), g_2(x)]$ 行满秩. 则存在矩阵 $\gamma(x)$ 使得矩阵 $[p_2(x), g_2(x)\gamma(x)]$ 非奇异. 对系统(5) 施加状态反馈 $u =$

$\Upsilon(x)z + \hat{u}$, 则系统(5) 可化为

$$
\begin{aligned}
\dot{\xi}_1^1 &= \xi_2^1,\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_1}^1 &= a^1(x) + [b^1(x) + c^1(x)\Upsilon(x)]z + c^1(x)\hat{u};\\
\dot{\xi}_1^2 &= \xi_2^2 + \mu_{11}^2(a^1(x) + [b^1(x) + c^1(x)\Upsilon(x)]z + c^1(x)\hat{u}) +\\
&\quad \sigma_1^2(x)(\Upsilon(x)z + \hat{u}),\\
\dot{\xi}_{n_2}^2 &= a^2(x) + [b^2(x) + c^2(x)\Upsilon(x)]z + c^2(x)\hat{u};\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_1^m &= \xi_2^m + \sum_{j=1}^{m-1}\mu_{1j}^m(a^j(x) +\\
&\quad [b^j(x) + c^j(x)\Upsilon(x)]z +\\
&\quad c^j(x)\hat{u}) + \sigma_1^m(x)(\Upsilon(x)z + \hat{u}),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_m}^m &= a^m(x) + [b^m(x) + c^m(x)\Upsilon(x)]z + c^m(x)\hat{u};\\
0 &= f_2(x) + [p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]z + g_2(x)\hat{u},\\
\dot{\eta} &= f_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta) + [p_0(\xi^1, \cdots, \xi^m,\\
&\quad \eta) + g_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta)\Upsilon(x)]z +\\
&\quad g_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta)\hat{u}.
\end{aligned}
\tag{9}
$$

由于$[p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]$非奇异, 从代数约束方程(9) 可得

$$
z = -[p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]^{-1}\times [f_2(x) + g_2(x)\hat{u}].
\tag{10}
$$

式(10) 代入(9), 得

$$
\begin{aligned}
\dot{\xi}_1^1 &= \xi_2^1,\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_1}^1 &= \tilde{a}^1(x) + \tilde{c}^1(x)\hat{u};\\
\dot{\xi}_1^2 &= \xi_2^2 + \mu_{11}^2(\tilde{a}^1(x) + \tilde{c}^1(x)\hat{u}) +\\
&\quad \sigma_1^2(x)(v(x) + \rho(x)\hat{u}),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_2}^2 &= \tilde{a}^2(x) + \tilde{c}^2(x)\hat{u};\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_1^m &= \xi_2^m + \sum_{j=1}^{m-1}\mu_{1j}^m(\tilde{a}^j(x) + \tilde{c}^j(x)\hat{u}) +\\
&\quad \sigma_1^m(x)(v(x) + \rho(x)\hat{u}),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_m}^m &= \tilde{a}^m(x) + \tilde{c}^m(x)\hat{u};\\
\dot{\eta} &= \tilde{f}_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta) + \tilde{g}_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta)\hat{u}.
\end{aligned}
\tag{11}
$$

其中

$$
\begin{aligned}
\tilde{a}^i(x) &= a^i(x) - [b^i(x) + c^i(x)\Upsilon(x)]\times\\
&\quad [p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]^{-1}f_2(x),\\
\tilde{c}^i(x) &= c^i(x) - [b^i(x) + c^i(x)\Upsilon(x)]\times\\
&\quad [p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]^{-1}g_2(x),\\
v(x) &= -\Upsilon(x)[p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]^{-1}f_2(x),\\
\rho(x) &= I - \Upsilon(x)[p_2(x) + g_2(x)\Upsilon(x)]^{-1}g_2(x).
\end{aligned}
$$

参照文献[11], 可证明如下引理.

引理 1 如果矩阵$A(x)$在x^0处非奇异, 则矩阵

$$
\tilde{c}(x) = [\tilde{c}^1(x) \quad \cdots \quad \tilde{c}^m(x)]^{\mathrm{T}}
$$

在x^0处非奇异.

考虑状态反馈

$$
\tilde{a}^i(x) + \tilde{c}^i(x)\hat{u} = v_i,
\tag{12}
$$

或$\hat{u} = \tilde{c}^{-1}[v - \tilde{a}(x)]$, 其中

$$
\tilde{a}(x) = [\tilde{a}^1(x) \quad \cdots \quad \tilde{a}^m(x)]^{\mathrm{T}}.
$$

对式(11) 施加反馈(12), 则式(11) 可化为

$$
\begin{aligned}
\dot{\xi}_1^1 &= \xi_2^1,\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_1}^1 &= v_1;\\
\dot{\xi}_1^2 &= \xi_2^2 + \mu_{11}^2v_1 + \sigma_1^2(x)(\tilde{v}(x) + \tilde{\rho}(x)v),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_2}^2 &= v_2;\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_1^m &= \xi_2^m + \sum_{j=1}^{m-1}\mu_{1j}^m v_j + \sigma_1^m(x)(\tilde{v}(x) + \tilde{\rho}(x)v),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}_{n_m}^m &= v_m;\\
\dot{\eta} &= \hat{f}_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta) + \hat{g}_0(\xi^1, \cdots, \xi^m, \eta)v.
\end{aligned}
\tag{13}
$$

其中

$$
\tilde{v}(x) = v(x) - \rho(x)\tilde{c}^{-1}\tilde{a}(x), \tilde{\rho}(x) = \rho(x)\tilde{c}^{-1}.
$$

记

$$
A_{ii} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 0 & 0 & \cdots & 1\\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}, b_i = \begin{bmatrix} 0\\ \vdots\\ 0\\ 1 \end{bmatrix},
$$

$$
D_{ij}(x) = \begin{bmatrix} \mu_{1j}^i(x)\\ \vdots\\ \mu_{n_i-1}^i(x)\\ 0 \end{bmatrix}, S_i(x) = \begin{bmatrix} \sigma_1^i(x)\\ \vdots\\ \sigma_{n_i-1}^i(x)\\ 0 \end{bmatrix},
$$

$$
2 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq m-1.
$$

由此得

$$
\begin{aligned}
\dot{\xi}^1 &= A_{11}\xi^1 + b_1v_1,\\
\dot{\xi}^2 &= A_{22}\xi^2 + b_2v_2 + D_{21}(x)v_1 +\\
&\quad S_2(x)(\tilde{v}(x) + \tilde{\rho}(x)v),\\
&\vdots\\
\dot{\xi}^m &= A_{mm}\xi^m + b_mv_m + \sum_{j=1}^{m-1}D_{mj}(x)v_j +
\end{aligned}
$$

$$S_m(x)(\tilde{v}(x)+\tilde{\rho}(x)v),$$
$$\dot{\eta}=\hat{f}_0(\xi^1,\cdots,\xi^m,\eta)+\hat{g}_0(\xi^1,\cdots,\xi^m,\eta)v. \quad (14)$$

当 $x\in Z^*$ 时, $\alpha_k^i(x)=0$, 由此知当 $x\in Z^*$ 时, $S_i(x)=0$. 特别地, $S_i(0)=0$, $\tilde{v}(0)=0$, 因此方程(14) 前 m 个方程在 $w=0$ 处的线性近似方程为

$$\dot{\xi}^1=A_{11}\xi^1+b_1v_1,$$
$$\dot{\xi}^2=A_{22}\xi^2+b_2v_2+D_{21}(0)v_1+\overline{f}_2(w)+\overline{g}_2(w)v,$$
$$\vdots$$
$$\dot{\xi}^m=A_{mm}\xi^m+b_mv_m+\sum_{j=1}^{m-1}D_{mj}(0)v_j+\overline{f}_m(w)+\overline{g}_m(w)v. \quad (15)$$

当 $w=0$ 时, $\overline{g}_i(w)=0$, $\overline{f}_i(w)=0$, 且有

$$\left[\frac{\partial\overline{f}_i(w)}{\partial w}\right]_{w=0}=0,\ 2\leq i\leq m.$$

因此, 方程(14) 的前 m 个方程在 $w=0$ 处的线性近似方程可写成 $\dot{\xi}=A\xi+Bv$. 其中

$$A=\begin{bmatrix}A_{11}&0&\cdots&0\\0&A_{22}&\cdots&0\\\vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\0&0&\cdots&A_{mm}\end{bmatrix},$$

$$B=\begin{bmatrix}b_1&0&\cdots&0\\D_{21}(0)&b_2&\cdots&0\\\vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\D_{m1}(0)&D_{m2}(0)&\cdots&b_m\end{bmatrix}.$$

由 A 和 B 的结构可知 (A,B) 为可控对.

记 $\xi=\mathrm{col}(\xi^1,\cdots,\xi^m)$, 则方程(14) 可写成更紧凑的形式

$$\begin{cases}\dot{\xi}=A\xi+Bv+\overline{f}(\xi,\eta)+\overline{g}(\xi,\eta)v,\\\dot{\eta}=q(\xi,\eta)+p(\xi,\eta)v.\end{cases} \quad (16)$$

零动态为 $\dot{\eta}=q(0,\eta)$.

定理 1　对于仿射非线性奇异系统(1), 假设 x^0 是零动态算法的正则点, 且 x^0 是系统(1) 的零动态的渐近稳定平衡点, 则存在状态反馈

$$u=\alpha(x)+\gamma(x)z+\beta(x)v,$$

使得对应的闭环系统在平衡点 x^0 为可稳定化系统.

为使定理 1 证明更加清晰, 首先引入如下引理:

引理 2[8]　考虑控制系统

$$\dot{\xi}=A\xi+f(\xi,\eta),\ \dot{\eta}=q(\xi,\eta). \quad (17)$$

对于 $\eta=0$ 某邻域内所有的 η, 设有 $f(0,\eta)=0$, $\frac{\partial f}{\partial\xi}(0,0)=0$. 如果 $\dot{\eta}=q(0,\eta)$ 有渐近稳定的平衡点 $\eta=0$, 且矩阵 A 的所有特征值均有负实部, 则系统(17) 有渐近稳定的平衡点 $(\xi,\eta)=(0,0)$.

定理 1 证明　根据上述推导可知, 通过施加状态反馈

$$u=-\tilde{c}^{-1}(x)\tilde{a}(x)+\gamma(x)z+\tilde{c}^{-1}(x)v,$$

系统(1) 可转化为系统(16), 由前面讨论知 (A,B) 为可控对, 故存在矩阵 F, 使得矩阵 $(A+BF)$ 的特征值均有负实部. 对系统(16) 施加线性反馈 $v=F\xi$, 可得

$$\begin{cases}\dot{\xi}=(A+BF)\xi+\overline{f}(\xi,\eta)+\overline{g}(\xi,\eta)F\xi,\\\dot{\eta}=q(\xi,\eta)+p(\xi,\eta)F\xi\end{cases} \quad (18)$$

由假设知系统(18) 的零动态 $\dot{\eta}=q(0,\eta)$ 有稳定的平衡点 $\eta=0$. 记

$$f(\xi,\eta)=\overline{f}(\xi,\eta)+\overline{g}(\xi,\eta)F\xi,$$

由前面讨论知, $f(\xi,\eta)$ 满足引理 2 的条件, 故系统(18) 有渐近稳定的平衡点 $(\xi,\eta)=(0,0)$, 即系统(1) 可通过状态反馈实现稳定化. □

5　结　论

通过本文的讨论, 反馈稳定化的概念可推广到仿射非线性奇异系统, 并可借助于零动态算法构造的局部坐标变换, 给出仿射非线性奇异系统的一种标准型, 进而研究系统的反馈稳定化问题. 对于一个正则仿射非线性奇异系统, 当其零动态渐近稳定时, 该系统可实现反馈稳定化.

需要进一步研究的问题是: 以零动态算法为工具, 探讨仿射非线性奇异系统的转化问题; 借助于零动态算法及其给出的标准型, 研究仿射非线性奇异系统的解耦控制及输出跟踪问题等.

参考文献(References)

[1] Luenberger D G. Singular Dynamic Leontief Systems [J]. *Enconometrica*, 1977, 45(5): 991-995.

[2] You L S, Chen B S. Tracking Control Designs for Both Holonomic and Non-holonomic Contrained Mechanical Systems[J]. *Int J of Control*, 1993, 58(4): 587-612.

[3] Gani R, Cameron I T. Modelling for Dynamic Simulation of Chemical Process [J]. *Chemistry Engineering and Society*, 1992, 47(7): 1311-1313.

[4] Krishnan H, McClamroch N H. Tracking in Nonlinear Differential-algebraic Control Systems with Applications to Constrained Robot Systems[J]. *Automatica*, 1994, 30(10): 1885-1897.

[5] Campbell S L, Nichols N, Terrell W J. Duality, Observability and Controllability for Linear Time-varying Descriptor Systems[J]. *Circuits, Systems and Signal Process*, 1991, 10(3): 455-470.

[6] Liu X P, Celikovsky S. Feedback Control of Affine Nonlinear Singular Control Systems[J]. *Int J of Control*, 1997, 68(4): 753-774.

[7] Liu X P. Local Disturbance Decoupling of Nonlinear

Singular Systems[J]. *Int J of Control*, 1998, 70(5): 685-702.

[8] Isidori A. *Nonlinear Control Systems*[M]. Third Edition. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

[9] Wang W T, Liu X P, Zhao J. The Zero Dynamics of Nonlinear Singular Control Systems[A]. *Proc of the American Control Conf* [C]. Anchorage, 2002: 3564-3569.

[10] Wang W T, Liu X P, Zhao J. The Zero Dynamics of Nonlinear Singular Control Systems and Their Applications[A]. *Proc of the American Control Conf* [C]. Denver, 2003: 1554-1559.

[11] 王文涛, 李媛, 刘晓平, 等. 非线性奇异系统非交互控制的反馈实现[J]. *控制与决策*, 2004, 19(1): 31-35.
(Wang W T, Li Y, Liu X P, et al. Feedback Realization of Non-interacting Control for Nonlinear Singular Systems[J]. *Control and Decision*, 2004, 19(1): 31-35.)

第 17 届中国控制与决策学术年会在哈尔滨召开

本刊讯 2005 中国控制与决策学术年会(17th CDC), 于 6 月 25 日至 28 日在哈尔滨市黑龙江大学召开。来自国内部分高等院校和科研院所的 180 多名代表参加了本届年会。

6 月 25 日上午举行了大会开幕式。CDC 年会程序委员会主任委员张嗣瀛院士致开幕辞, 黑龙江大学副校长闫鹏飞教授致欢迎辞, 哈尔滨市委常委、副市长王世华同志到会讲话。中国航空学会自动控制分会主任申功勋教授, 黑龙江省科技厅厅长孙尧同志等, 分别向会议发来贺信; 俄罗斯科学院院士瓦西列夫教授向大会表示祝贺。

本届年会邀请 6 位著名专家学者作了专题大会学术报告。大会报告人及报告题目分别是: 日本东京 Denki 大学 21 世纪 COE 工程中心主任古田胜久教授: Control of Pendulum from Human Adaptive Mechatronics; 香港城市大学混沌控制与同步研究中心主任陈关荣教授: Modelling, Control and Synchronization of Complex Networks; 中国科学院院士、东北大学博士生导师张嗣瀛教授: 控制论、系统工程、复杂系统与复杂性科学——复杂系统的定性研究; 长江学者特聘教授、哈尔滨工业大学博士生导师段广仁教授: Generalized Sylvester Matrix Equation in Control System Theory; 黑龙江大学博士生导师韩志刚教授: 工程应用控制系统设计中某些问题的探讨; 国家自然科学基金委员会徐孝涵教授: 如何提高基金申报的成功率。这些报告从不同方面分别介绍了最新研究成果和未来发展方向, 受到与会代表的热烈欢迎和一致好评。

会议期间发行了《2005 中国控制与决策学术年会论文集》。本届年会论文集共收入各方面来稿 574 篇, 分为上下两卷出版和发行。在分组交流中, 代表们分别宣读了论文, 介绍了各自的研究工作, 并对一些感兴趣的问题作了深入研讨。整个交流活动进行得热烈而有序, 充满了浓厚的学术气氛。在广泛交流和深入研讨的基础上, 本届年会评选出 22 篇优秀学术论文。

第 17 届 CDC 年会由《控制与决策》编辑委员会、中国航空学会自动控制分会、中国自动化学会应用专业委员会、中国运筹学会决策理论及应用专业委员会、中国兵工学会自动控制专业委员会联合主办, 黑龙江大学具体承办。

经 CDC 年会程序委员会和组织委员会研究决定: 第 18 届 CDC 年会由河北工业大学具体承办, 将于 2006 年夏季在天津召开。