第5卷 第3期
1988年9月

控制理论与应用
CONTROL THEORY AND APPLICATIONS

Vol.5, No.3
Sept., 1988

带有脉冲模的广义控制系统设计

王朝珠　　王恩平

（中国科学院系统科学研究所，北京）

摘　　要

本文对带有脉冲模的广义控制系统给出了一种输入输出可逆变换标准结构分解。利用这种标准结构分解，使得广义控制系统设计变得非常直观和简单。易于工程实现。

广义控制系统近年来受到国内外学者的普遍关注。在深刻地了解了广义系统解的分析结构后，人们广泛地讨论了广义控制系统的结构性质——能控性，能观性，稳定性和结构稳定性。继而讨论了广义控制系统设计——状态反馈，极点配置，正常状态观测器，正常动态补偿器和结构稳定的正常动态补偿器等。这些讨论从理论上为广义控制系统设计提供了依据。众所周知，为了工程实现，除前述理论结果外，还应有算法简单且具有数值稳定的设计方法。而控制系统设计的算法又往往与某种等价标准结构有关。事实表明，将广义控制系统分解成快、慢子系统，在理论研究时是完全必要的，而在控制系统设计时不但其计算量大，而且其数值稳定性也差。因此需寻找另外一种广义控制系统的标准结构分解。

一、带有脉冲模的广义系统的结构分解

给定广义控制系统
$$E\dot{x}=Ax+Bu,\quad y=Cx, \tag{1.1}$$

其中 $x\in R^n$ 是状态，$u\in R^r$ 是控制，$y\in R^m$ 是输出。设 $\mathrm{rank}E=n_1<n$, $\mathrm{rank}B=r$, $\mathrm{rank}C=m$，且（1.1）是正则的。

引理 1.1　对任给的带脉冲模的广义系统（1.1），总存在满秩阵 $P\in R^{n\times n}$，$Q\in R^{n\times n}$，$R\in R^{m\times m}$，$S\in R^{r\times r}$，使得（1.1）受限制等价于

$$\begin{cases}\dot{x}_1=A_{11}x_1+A_{13}x_3+B_{11}u_1+B_{12}u_2,\\ 0=x_2+B_{22}u_2,\\ 0=A_{31}x_1+B_{33}u_3,\\ y_1=C_{11}x_1,\\ y_2=C_{21}x_1+C_{22}x_2,\\ y_3=C_{33}x_3,\end{cases} \tag{1.2}$$

本文于1987年7月4日收到。1988年4月5日收到修改稿。

其中 $Q^{-1}x=[x_1^T,\ x_2^T,\ x_3^T]^T$，$Ry=[y_1^T,\ y_2^T,\ y_3^T]^T$，$S_u^{-1}=[u_1^T,\ u_2^T,\ u_3^T]^T$，当 $i=2$，3时，如果 $B_{ii}\neq 0$，则 B_{ii} 列满；如果 $C_{ii}\neq 0$，则 C_{ii} 行满。

证 证明是构造性的。下面给出由（1.1）获得（1.2）的步骤。

（1）因 $\mathrm{rank}E=n_1<n$，则存在满秩阵 $P_1\in R^{n\times n}$，$Q_1\in R^{n\times n}$，使

$$L_1=\mathrm{diag}(P_1,\ I_m),\qquad M_1=\mathrm{diag}(Q_1,\ I_r),$$

$$L_1T(s)M_1=L_1\begin{bmatrix} sI_n-A & -B \\ C & 0 \end{bmatrix}M_1=\begin{bmatrix} sI_n-\overline{A}_{11} & -A_{12} & -B_1 \\ -A_{21} & -A_{22} & -B_2 \\ C_1 & C_2 & 0 \end{bmatrix}=T_1(s).$$

（2）因（1.1）有脉冲模，则 $\mathrm{rank}A_{22}=n_2<n-n_1$ 则存在满秩阵。$P_2\in R^{(n-n_1)\times(n-n_1)}$，$Q_2\in R^{(n-n_1)\times(n-n_1)}$，使

$$L_2=\mathrm{diag}(I_{n_1},\ P_2,\ I_m),\quad M_2=\mathrm{diag}(I_{n_1},\ Q_2,\ I_r),$$

$$L_2T_1(s)M_2=\begin{bmatrix} sI_{n_1}-\overline{A}_{11} & -A_{12}^{(1)} & -A_{12}^{(2)} & -B_1 \\ -A_{21}^{(1)} & -I_{n_2} & 0 & -B_2^{(1)} \\ -A_{21}^{(2)} & 0 & 0 & -B_2^{(2)} \\ C_1 & C_2^{(1)} & C_2^{(2)} & 0 \end{bmatrix}=T_2(s).$$

（3）设 $\mathrm{rank}B_2^{(2)}=r_3$，$\mathrm{rank}C_2^{(2)}=m_3$，记 $n_3=n-n_1-n_2$，则存在满秩阵 $P_3\in R^{n_3\times n_3}$，$Q_3\in R^{n_3\times n_3}$，$R_1\in R^{m\times m}$，$S_1\in R^{r\times r}$，使

$$L_3=\mathrm{diag}(I_{n_1},\ I_{n_2},\ P_3,\ R_1),\ M_3=\mathrm{diag}(I_{n_1},\ I_{n_2},\ Q_3,\ S_1),$$

$$L_3T_2(s)M_3=T_3(s)=$$

$$\begin{bmatrix} sI_{n_1}-\overline{A}_{11} & -A_{12}^{(1)} & -A_{12}^{(2,1)} & -A_{12}^{(2,2)} & -B_1^{(1)} & -B_1^{(2)} \\ -A_{21}^{(1)} & -I_{n_2} & 0 & 0 & -B_2^{(1,1)} & -B_2^{(1,2)} \\ -A_{21}^{(2,1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -A_{21}^{(2,2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & -I_{r_3} \\ C_1^{(1)} & C_2^{(1,1)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_1^{(2)} & C_2^{(1,2)} & 0 & I_{m_3} & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

（4）设 $\mathrm{rank}B_2^{(1,1)}=r_2$，$\mathrm{rank}C_2^{(1,1)}=m_2$，则存在满秩阵 $R_2\in R^{(m-m_3)\times(m-}$

m_3), $S_2 \in \mathbf{R}^{(r-r_3)\times(r-r_3)}$ ，使

$$L_4 = \mathrm{diag}(I_{n_1}, I_{n_2}, I_{n_3-r_3}, I_{r_3}, R_2, I_{m_3}),$$

$$M_4 = \mathrm{diag}(I_{n_1}, I_{n_2}, I_{n_3-m_3}, I_{m_3}, S_2, I_{r_3}),$$

$$L_4 T_3(s) M_4 = T_4(s) =$$

$$\begin{pmatrix} sT_{n_1} - \overline{A}_{11} & -A_{12}^{(1)} & -A_{12}^{(2,1)} & -A_{12}^{(2,2)} & -B_1^{(1,1)} & -B_1^{(1,2)} & -B_1^{(2)} \\ -A_{21}^{(1)} & -I_{n_2} & 0 & 0 & 0 & -B_{22} & -B_2^{(1,2)} \\ -A_{21}^{(2,1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -A_{21}^{(2,2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -I_{r_3} \\ C_1^{(1,1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_1^{(1,2)} & C_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_1^{(2)} & C_2^{(1,2)} & 0 & I_{m_3} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

（5）记

$$P = \mathrm{diag}\left[\begin{bmatrix} I_{n_1} & -A_{12}^{(1)} + A_{12}^{(2,2)} C_2^{(1,2)} \\ 0 & I_{n_2} \end{bmatrix}, I_{n_3}\right] \begin{pmatrix} I_{n_1} & 0 & (0, \ -B_1^{(2)}) \\ 0 & I_{n_2} & (0, \ -B_2^{(1,2)}) \\ 0 & 0 & I_{n_3} \end{pmatrix}$$

$$\times \mathrm{diag}(I_{n_1}, I_{n_2}, P_3)\mathrm{diag}(I_{n_1}, P_2)P_1,$$

$$Q = Q_1 \mathrm{diag}(I_{n_1}, Q_2)\mathrm{diag}(I_{n_1}, I_{n_2}, Q_3) \begin{pmatrix} I_{n_1} & 0 & 0 \\ 0 & I_{n_2} & 0 \\ \begin{pmatrix} 0 \\ -C_1^{(1,2)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 \\ -C_2^{(1,2)} \end{pmatrix} & I_{n_3} \end{pmatrix}$$

$$\times \mathrm{diag}\left[\begin{bmatrix} I_{n_1} & 0 \\ -A_{21}^{(1)} + B_2^{(1,2)} A_{21}^{(2,2)} & I_{n_2} \end{bmatrix}, I_{n_3}\right],$$

$R = \mathrm{diag}(R_2, I_{m_3})R_1 \quad S = S_1 \mathrm{diag}(S_2, I_{r_3})$,

则有

$$\mathrm{diag}(P,\ R)T(s)\mathrm{diag}(Q,\ S)=\begin{pmatrix} sI_{n_1}-A_{11} & 0 & -A_{13} & -B_{11} & -B_{12} & 0 \\ 0 & -I_{n_2} & 0 & 0 & -B_{22} & 0 \\ -A_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & -B_{33} \\ C_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

其中

$$A_{11}=\overline{A}_{11}-B_1^{(2)}A_{21}^{(2,2)}-A_{12}^{(2,2)}C_1^{(2)}-(A_{12}^{(1)}-A_{12}^{(2,2)}C_2^{(1,2)})(A_{21}^{(1)}-B_2^{(1,2)}A_{21}^{(2,2)}),$$

$$A_{13}=[A_{12}^{(2,1)},\ A_{12}^{(2,2)}],\ B_{11}=B_1^{(1,1)},\ B_{12}=B_1^{(1,2)}-(A_{12}^{(1)}-A_{12}^{(2,2)}C_2^{(1,2)})B_{22},$$

$$A_{31}=\begin{pmatrix} A_{21}^{(2,1)} \\ A_{21}^{(2,2)} \end{pmatrix},\quad B_{33}=\begin{pmatrix} 0 \\ I_{r_3} \end{pmatrix},$$

$$C_{11}=C_1^{(1,1)},\ C_{21}=C_1^{(1,2)}-C_{22}(A_{21}^{(1)}-B_2^{(1,2)}A_{21}^{(2,2)}),\ C_{33}=[0\ \ I_{m_3}]。$$

（1.2）称为带脉冲模的广义系统的输入输出可逆变换标准分解结构式。由它直接得知，带有脉冲模的广义系统为正则的充要条件是A_{31}行满秩且A_{13}列满秩。

由广义系统的能控（观）定义和引理1.1，得

引理 1.2

（1）带脉冲模的广义系统为强能控（稳）的充要条件是$[A_{11}\ \ (A_{13},\ B_{11},B_{12})]$为能控（稳）对，且$B_{33}$为满秩方阵。

（2）带脉冲模的广义系统为完全能控的充要条件是$[A_{11}\ \ (A_{13},\ B_{11},\ B_{12})]$为能控对，且$B_{22}$，$B_{33}$皆为满秩方阵。

引理 1.3

（1）带脉冲模的广义系统为强能观（检测）的充要条件是$[A_{11}\ (A_{13}^T,\ \ C_{11}^T,\ \ C_{12}^T)^T]$为能观（检测）对，且$C_{33}$是满秩方阵。

（2）带脉冲模的广义系统完全能观的充要条件是$[A_{11}\ \ (A_{13}^T,\ \ C_{11}^T,\ \ C_{12}^T)^T]$为能观对，且$C_{22}$，$C_{33}$皆为满秩方阵。

二、带有脉冲模的广义控制系统设计

定理 2.1 设带有脉冲模的广义系统是强能控的，对事先任给的n_1个共轭成双的

复数集合$\wedge$，则一定存在形如

$$K=S\begin{pmatrix} K_1 & 0 & 0 \\ K_2 & 0 & 0 \\ B_{33}^{-1}(-A_{31} \quad -K_3) & 0 & B_{33}^{-1} \end{pmatrix}Q^{-1}$$

的状态反馈阵，使

$$\sigma(E \quad A+BK)=\wedge.$$

证　依题设和引理1.1知存在满秩阵P、Q、R、S，使（1.1）受限制等价于（1.2）。再依引理1.2知$[A_{11}$，$(A_{13}$，B_{11}，$B_{12})]$为能控对，且B_{33}为满秩方阵，只要注意到（1.2）的结构形式易知，取

$$u_3=B_{33}^{-1}[(-A_{31} \quad 0 \quad I_{n_3})(x_1^T,\ x_2^T,\ x_3^T)^T+v_3], \tag{2.1}$$

则闭环系统为

$$\begin{aligned} \dot{x}_1&=A_{11}x_1+A_{13}x_3+B_{11}u_1+B_{12}u_2, \\ 0&=x_2+B_{22}u_2, \\ 0&=x_3+v_3. \end{aligned} \tag{2.2}$$

由于$[A_{11} \quad (A_{13}$，B_{11}，$B_{12})]$为能控对，因此对事先给的$\wedge$必存在　$(K_3^T$，K_1^T，$K_2^T)^T$，使

$$\sigma(A_{11}+B_{11}K_1+B_{12}K_2+A_{13}K_3)=\wedge. \tag{2.3}$$

取

$$\begin{aligned} u_1&=K_1x_1, \\ u_2&=K_2x_1, \\ v_3&=-K_3x_1, \end{aligned} \tag{2.4}$$

易知将（2.4）代入（2.2）中，其闭环系统的有限极点集合恰为$\wedge$.

由（2.1）（2.4）和引理1.1知道，为使闭环系统的有限极点集合为$\wedge$，只要取

$$K=S\begin{pmatrix} K_1 & 0 & 0 \\ K_2 & 0 & 0 \\ B_{33}^{-1}(-A_{31} \quad -K_3) & 0 & B_{33}^{-1} \end{pmatrix}Q^{-1}$$

便可。

类似方法可得

推论 2.1　如果带脉冲的广义系统是强能稳的，则一定存在

$$K=S\begin{pmatrix} K_1 & 0 & 0 \\ K_2 & 0 & 0 \\ B_{33}^{-1}(-A_{31} \quad -K_3) & 0 & B_{33}^{-1} \end{pmatrix}Q^{-1},$$

使

$$\deg\ \det(sE-A-BK)=n_1,$$
$$\sigma(E\quad A+BK)\subset C^-.$$

定理 2.2 如果带脉冲的广义系统（1.1）是强能检测的，则一定存在阶数小于 $\mathrm{rank}E=n_1$ 的正常状态观测器

$$\begin{aligned}\dot{x}_c&=A_cx_c+B_cu+Gy,\\ w&=F_cx_c+Fy+Hu.\end{aligned}\tag{2.5}$$

证 依题设和引理1.3知，C_{33} 为满秩方阵，且$[A_{11}\quad (A_{31}^T,\ C_{11}^T,\ C_{21}^T)^T]$为能检测对，此时，由（1.2）直接得

$$\begin{aligned}\dot{x}_1&=A_{11}x_1+A_{13}x_3+B_{11}u_1+B_{12}u_2,\\ -B_{33}u_3&=A_{31}x_1,\\ y_1&=C_{11}x_1,\\ y_2+C_{22}B_{22}u_2&=C_{21}x,\\ x_3&=C_{33}^{-1}y_3,\\ x_2&=-B_{22}u_2.\end{aligned}\tag{2.6}$$

（2.6）表明 x_2 和 x_3 直接由量测 y_3 和控制 u_2 确定。从而知道，为了得到 x 的状态估计，只需构造 x_1 的状态观测器便可。由（2.6）直接得

$$\dot{x}_1=A_{11}x_1+A_{13}C_{33}^{-1}y_3+B_{11}u_1+B_{12}u_2,$$

$$\tilde{y}\triangleq\begin{bmatrix}-B_{33}u_3\\ y_1\\ y_2+C_{22}B_{22}u_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}A_{31}\\ C_{11}\\ C_{21}\end{bmatrix}x_1.\tag{2.7}$$

设 $\mathrm{rank}(A_{31}^T,\ C_{11}^T,\ C_{21}^T)^T=h$，则一定存在满秩阵

$$M=\begin{bmatrix}M_1\\ M_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}M_{11}, & M_{12}, & M_{13}\\ M_{21}, & M_{22}, & M_{23}\end{bmatrix}\in R^{m\times m},\ 使$$

$$M\begin{bmatrix}A_{31}\\ C_{11}\\ C_{21}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\tilde{C}_1\\ 0\end{bmatrix}\qquad \mathrm{rank}\tilde{C}_1=h.\tag{2.8}$$

记 $\bar{y}=M_1\tilde{y}\in R^h$，则（2.7）变为

$$\begin{cases}\dot{x}_1=A_{11}x_1+A_{13}C_{33}^{-1}y_3+B_{11}u_1+B_{12}u_2,\\ \bar{y}=\tilde{C}_1x_1.\end{cases}\tag{2.9}$$

由于 $\mathrm{rank}\,\tilde{C}_1=h$，则一定存在 $\tilde{C}_2\in R^{(n_1-h)\times n_1}$，使

$$\operatorname{diag}\left(\begin{bmatrix}\widetilde{C}_1\\ \widetilde{C}_2\end{bmatrix}, I_h\right)\begin{bmatrix}A_{11} & A_{13}C_{33}^{-1} & B_{11} & B_{12}\\ \widetilde{C}_1 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}\operatorname{diag}\left(\begin{bmatrix}\widetilde{C}_1\\ \widetilde{C}_2\end{bmatrix}^{-1}, I_{n_3}, I_{r_1}, I_{r_2}\right)$$

$$=\begin{pmatrix} A_{11}^{(1)} & A_{11}^{(2)} & C_{33}^{(1)} & B_{11}^{(1)} & B_{12}^{(1)}\\ A_{11}^{(3)} & A_{11}^{(4)} & C_{33}^{(2)} & B_{11}^{(2)} & B_{12}^{(2)}\\ I_h & 0 & 0 & 0 & 0\end{pmatrix}\begin{matrix}\}h\\ \}n_1-h\\ \}h\end{matrix} \qquad (2.10)$$

易知$[A_{11}^{(4)},\ A_{11}^{(2)}]$是检测对，因此存在$G_2\in R^{(n_1-h)\times h}$使

$$\sigma(A_{11}^{(4)}-G_2A_{11}^{(2)})\subset \mathbf{C}^-. \qquad (2.11)$$

直接验证可知，只要取

$$\left\{\begin{aligned}
&A_c=(A_{11}^{(4)}-G_2A_{11}^{(2)}),\\
&B_c=[B_{11}^{(2)}-G_2B_{11}^{(1)},\ \Phi M_{12}C_{22}B_{22}+(B_{12}^{(2)}-G_2B_{12}^{(1)}),\ -\Phi M_{11}B_{33}]S^{-1},\\
&G=[\Phi M_{12},\ \Phi M_{13},\ C_{33}^{(2)}-GC_{33}^{(1)}],\\
&\Phi=A_{11}^{(3)}-G_2A_{11}^{(1)}+(A_{11}^{(4)}-G_2A_{11}^{(2)})G_2,\\
&F_c=Q\begin{pmatrix}\begin{bmatrix}\widetilde{C}_1\\ \widetilde{C}_2\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}0\\ I_{n_1-h}\end{bmatrix}\\ 0\\ 0\end{pmatrix},\\
&F=Q\begin{pmatrix}\begin{bmatrix}\widetilde{C}_1\\ \widetilde{C}_2\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}M_{12} & M_{13} & 0\\ -G_2M_{12} & -G_2M_{13} & 0\end{bmatrix}\\ \begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & C_{33}^{-1}\end{bmatrix}\end{pmatrix},\\
&H=Q\begin{pmatrix}\begin{bmatrix}\widetilde{C}_1\\ \widetilde{C}_2\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}0 & M_{13}C_{22}B_{22} & -M_{11}B_{33}\\ 0 & -G_2M_{13}C_{22}B_{22} & G_2M_{11}B_{33}\end{bmatrix}\\ \begin{bmatrix}0 & -B_{22} & 0\\ 0 & 0 & 0\end{bmatrix}\end{pmatrix}.
\end{aligned}\right. \qquad (2.12)$$

(2.5)是系统(1.1)的n_1-h阶状态观测器。由于A_{31}行满，因而$h\geqslant 1$，从而得 $\operatorname{rank}E>n_1-h$。

注： 当 $h=n_1$ 时，带脉冲模的广义系统的正常状态观测器退化为

$$w=Fy+Hu, \tag{2.13}$$

即系统的状态直接由输出 y 和输入 u 的线性组合可得。而这种现象在正常系统中是不会出现的。

定理 2.3 如果带脉冲模的广义系统（1.1）是强能稳和强能检测，则一定存在阶数小于 $\mathrm{rank}E=n_1$ 的形如

$$\begin{cases} \dot{x}_c=A_cx_c+B_cu+Gy, \\ w=F_cx_c+Fy+Hu, \\ u=Kw \end{cases} \tag{2.14}$$

的动态补偿器，使得闭环系统稳定。其中 K 为

$$K=S\begin{pmatrix} K_1 & 0 & 0 \\ K_2 & 0 & 0 \\ B_{33}^{-1}(-A_{31}-K_3) & 0 & B_{33}^{-1} \end{pmatrix}Q^{-1}, \tag{2.15}$$

而 A_c，B_c，G，F_c，F，H 由（2.12）给出。

证 依题设和推论2.1知存在状态反馈 $u=Kx$，使

$$\begin{cases} \deg\ \det(sE-A-BK)=\mathrm{rank}E=n_1, \\ \sigma(E\quad A+BK)=\sigma(A_{11}+B_{11}K_1+B_{12}K_2+A_{13}K_3)\subset C^-, \end{cases} \tag{2.16}$$

其中 K 如（2.15）。

依系统（1.1）的强能检测性，和定理2.2必存在 n_1-h 阶的状态观测器（2.5）。其中 A_c，B_c，G，F_c，F，H 由（2.12）给出，且 $\sigma(A_c)\subset C^-$。

现取

$$u=Kw,$$

则

$$\begin{aligned} &\dot{x}_c=A_cx_c+B_cu+Gy, \\ &w=F_cx_c+Fy+Hu, \\ &u=Kw, \end{aligned} \tag{2.17}$$

便是使得闭环系统稳定的 n_1-h 阶动态补偿器。

事实上，该闭环系统为

$$\begin{cases} E\dot{x}=Ax+Bu, \\ 0=-y+Cx, \\ \dot{x}_c=A_cx_c+B_cu+Gy, \\ 0=u-Kw, \\ 0=w-F_cx_c-Fy-Hu. \end{cases} \tag{2.18}$$

只要注意到（2.11）（2.12）和

$$\begin{pmatrix} P & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix}\begin{pmatrix} E & A & B \\ C & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} Q & 0 & 0 \\ 0 & Q & 0 \\ 0 & 0 & S \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} I_{n_1} & 0 & 0 & A_{11} & 0 & A_{13} & B_{11} & B_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{n_2} & 0 & 0 & B_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & B_{33} \\ C_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

可得

$$\det\begin{pmatrix} sE-A & 0 & 0 & -B & 0 \\ -C & I_m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -G & sI-A_c & -B_c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -I_r & K \\ 0 & F & F_c & H & -I_n \end{pmatrix}$$

$$= \beta\det(sI_{n_1}-A_{11}-B_{11}K_1-B_{12}K_2-A_{13}K_3)\det(sI-A_{11}^{(4)}+G_2A_{11}^{(2)}),$$

其中　$\beta \neq 0$.

注： 当 $h=n_3$ 时，虽然(2.14)退化为

$$w = Fy + Hu,$$
$$u = Kw,$$

但在一般情况下由于难于选到 H，K 使 $I_r - HK$ 满秩，因而仍不能成为纯输出反馈.

参 考 文 献

〔1〕 Cobb, D., Feedback and Pole Placement in Discroptor Variable Systems, INT. J. Control 33:6, (1981).

〔2〕 Yip, E. L and Sincovec, R. F., Solvability Controllability and Observability of Continous Discriptor Systems, IEEE Trans., AC-26: 3, (1981).

〔3〕 EL-ToHami, M. V. Lovass-Nagy and Mukundan, R., Qn the Design of Observers for Generalized State Space Systems Using Singular Value Decomposition INT. J. Control, 38:3, (1983), 673-683.

〔4〕 王朝珠、戴立意，广义系统的正常状态观测器，系统科学与数学，6:4(1986)，307—313.

〔5〕 戴立意、王朝珠，广义系统的结构稳定的正常动态补偿器，系统科学与数学，7:1，(1987)，89—93.

〔6〕 王朝珠、戴立意，广义控制系统状态观测器的结构，应用数学学报，10:1，(1987)，121—124.

The Control System Design for Singular Systems with Impulse Model

Wang Chaozhu, Wang Enping

(Institute of Systems Science Academia Sinica, Beijing)

Abstract

In this paper, for singular system with impulse model a standard structural decomposition has been given first, then by neans of this standard structural decomposition the control system design schemes have been discussed for singular system with impulse model. The results indicate that the design schemes are not only quite simple but also physically intuitive.