南京航空航天

～二〇二三 学年 第1学期《自动控制原理II》

考试日期：2023年3月29日　　试卷类型：B　　试卷代号：

班号　　学号　　姓名

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
得分										

本题分数	16
得　分	

一、已知某系统结构如图1所示，求传递函数 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 的表达式。

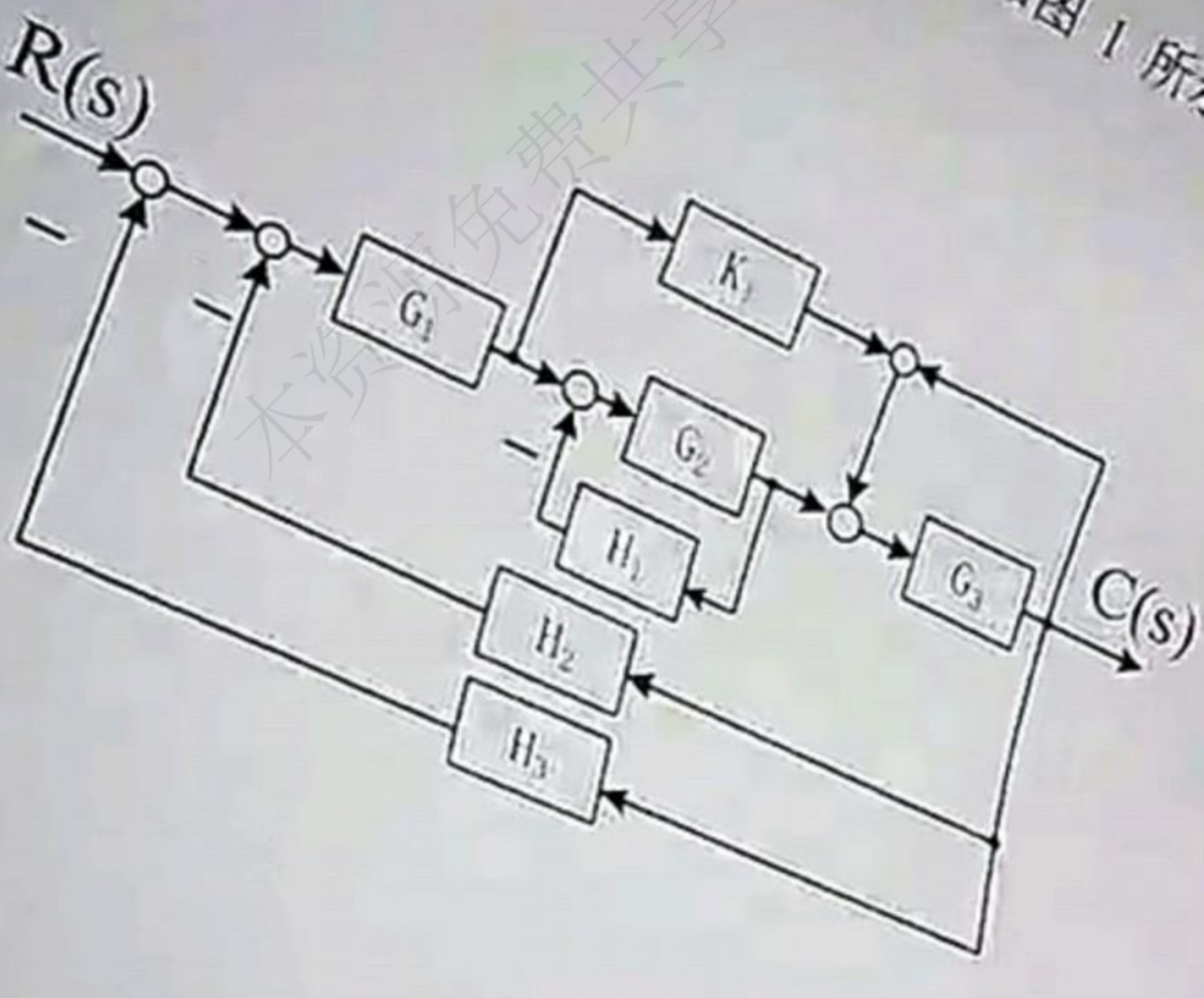


图1

本题分数	16
得　分	

二、已知闭环系统如图2所示。

1. 求使系统所有特征根实部小于-1的K_h范围；
2. 若单位斜坡输入下，系统稳态误差为0.1，确定系统调节时间t_s ($\Delta=5\%$)和超调量$\sigma\%$。

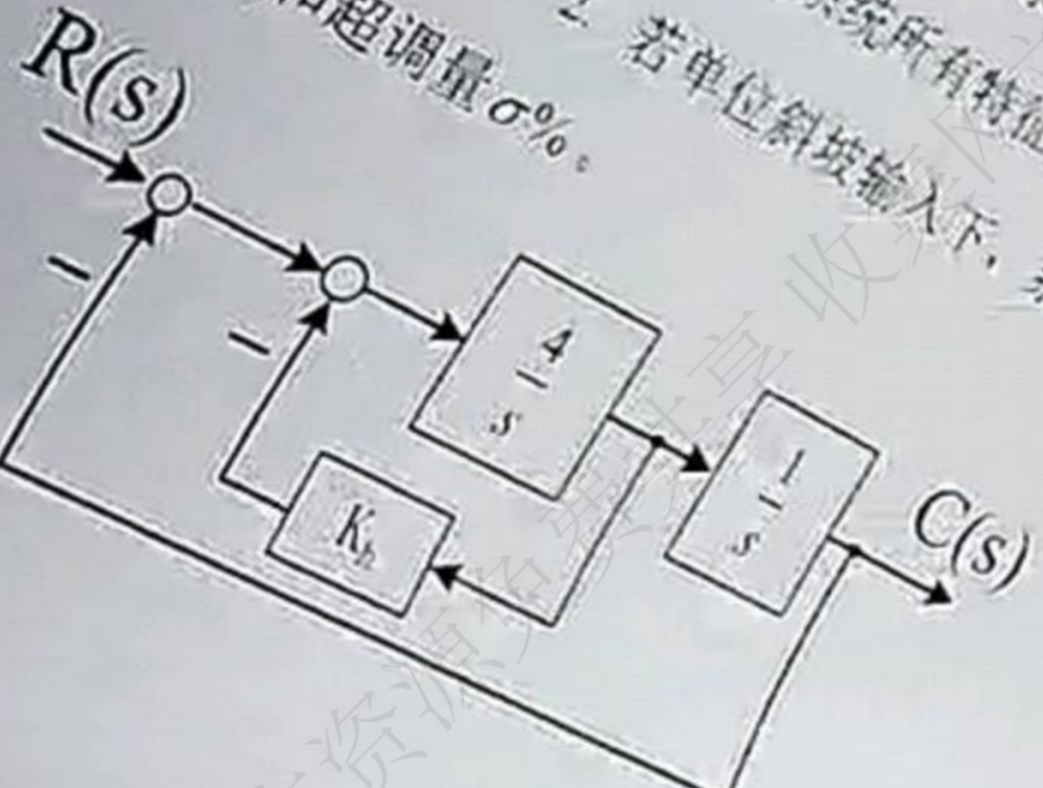


图2

本题分数	18
得分	

三、已知某系统结构图如图3所示，(1)试绘制 a 从 $0\to\infty$ 变化的闭环系统根轨迹；(2)确定使系统满足 $0<\xi<1$ 的 a 值。

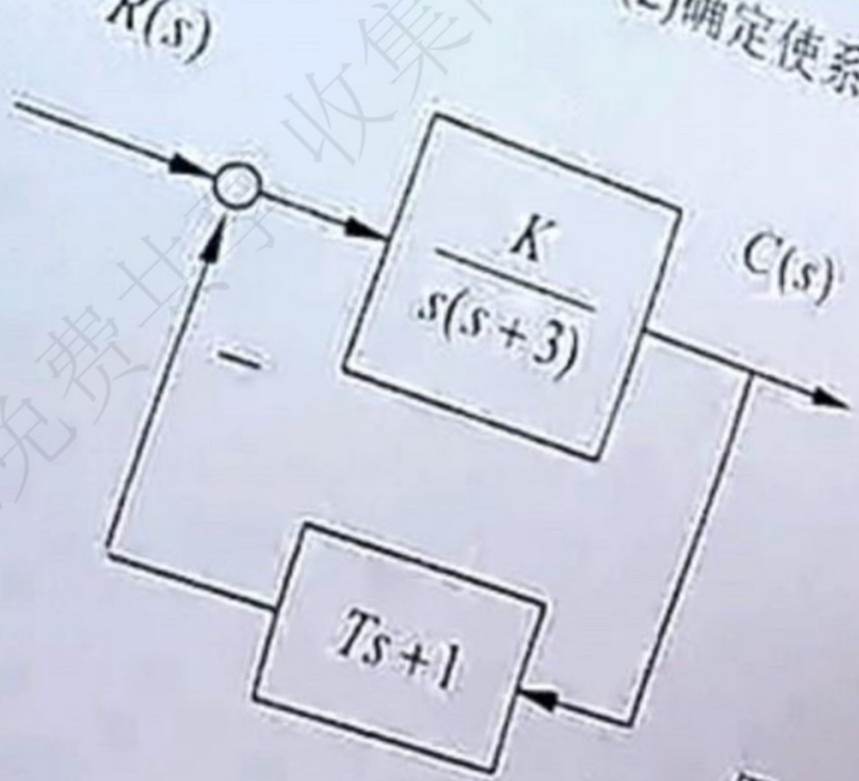


图3

本题分数	16
得 分	

四、已知最小相角系统的开环对数幅频渐进特性见图4。

要求：(1) 写出系统的开环传递函数$G(s)H(s)$；

(2) 计算相角裕度γ，并判断系统稳定性；

若系统的截止频率不够大，可以采用什么措施提高系统的稳定裕度？

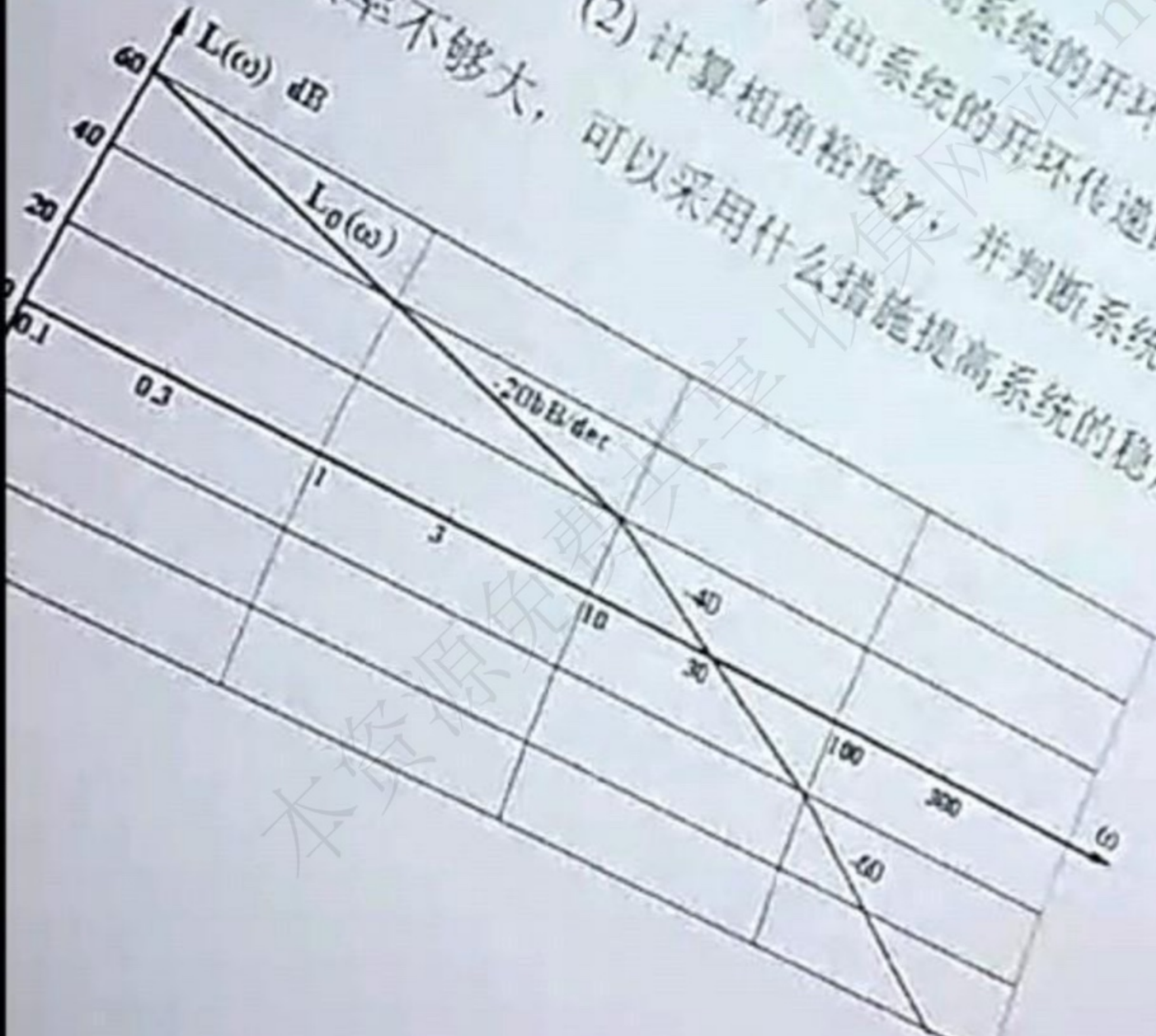
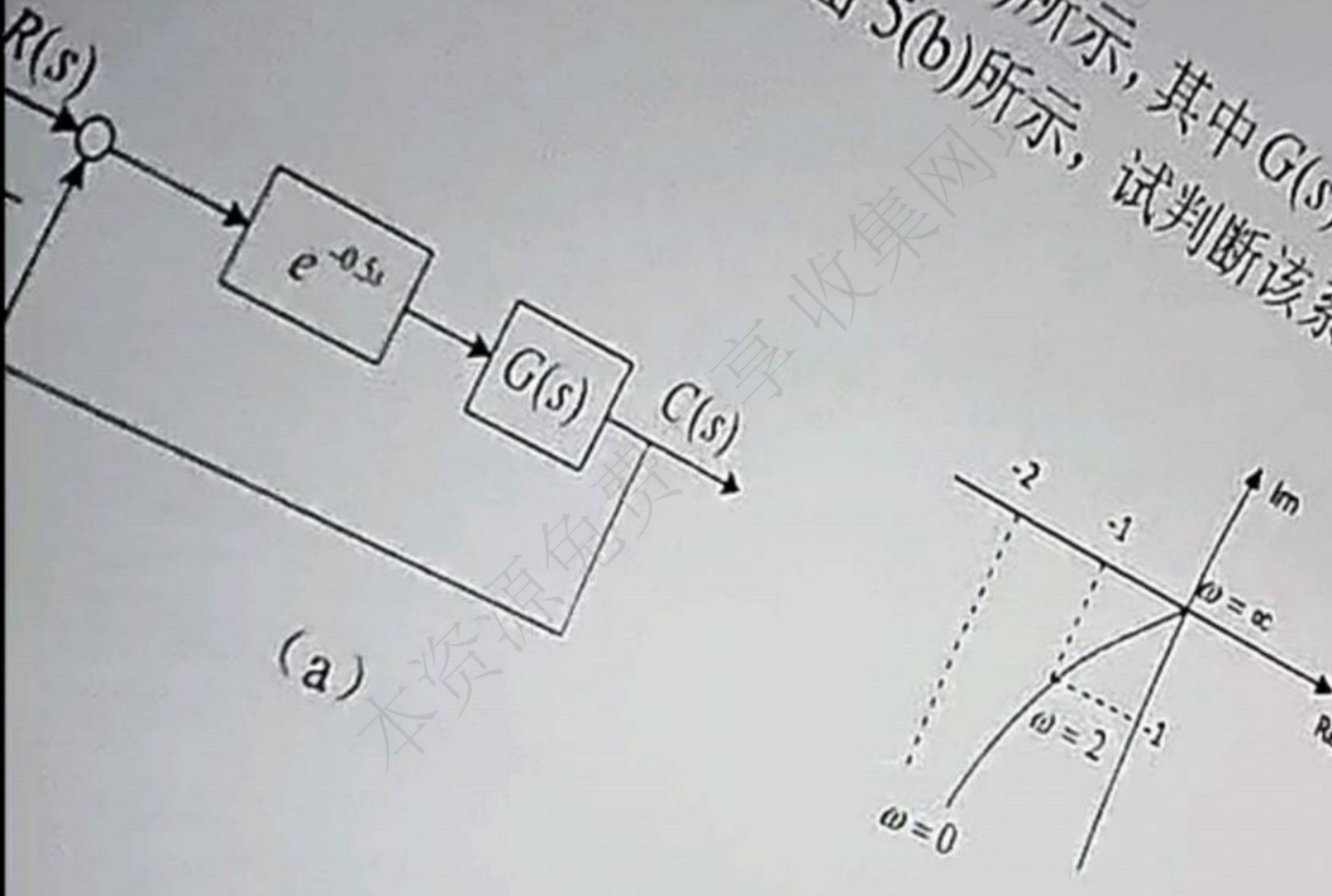


图4

五、设系统结构图如图 5(a)所示，其中 $G(s)$ 为二阶最小相位环节，且幅相曲线如图 5(b)所示，试判断该系统的闭环稳定性。



（a）　　（b）

图 5

本题分数	18
得　分	

六、某采样系统的结构图如图6所示，采样周期$T=1s$。
(1)求系统的闭环脉冲传递函数；(2)判断系统的稳定性；
(3)当$k=1$时，求单位阶跃输入下，系统稳态输出$c(\infty)$

附Z变换表：$Z\left[\frac{1}{s+a}\right]=\frac{z}{z-e^{-aT}}$，$Z\left[\frac{1}{s}\right]=\frac{z}{z-1}$，$Z\left[\frac{1}{s^2}\right]=\frac{Tz}{(z-1)^2}$）

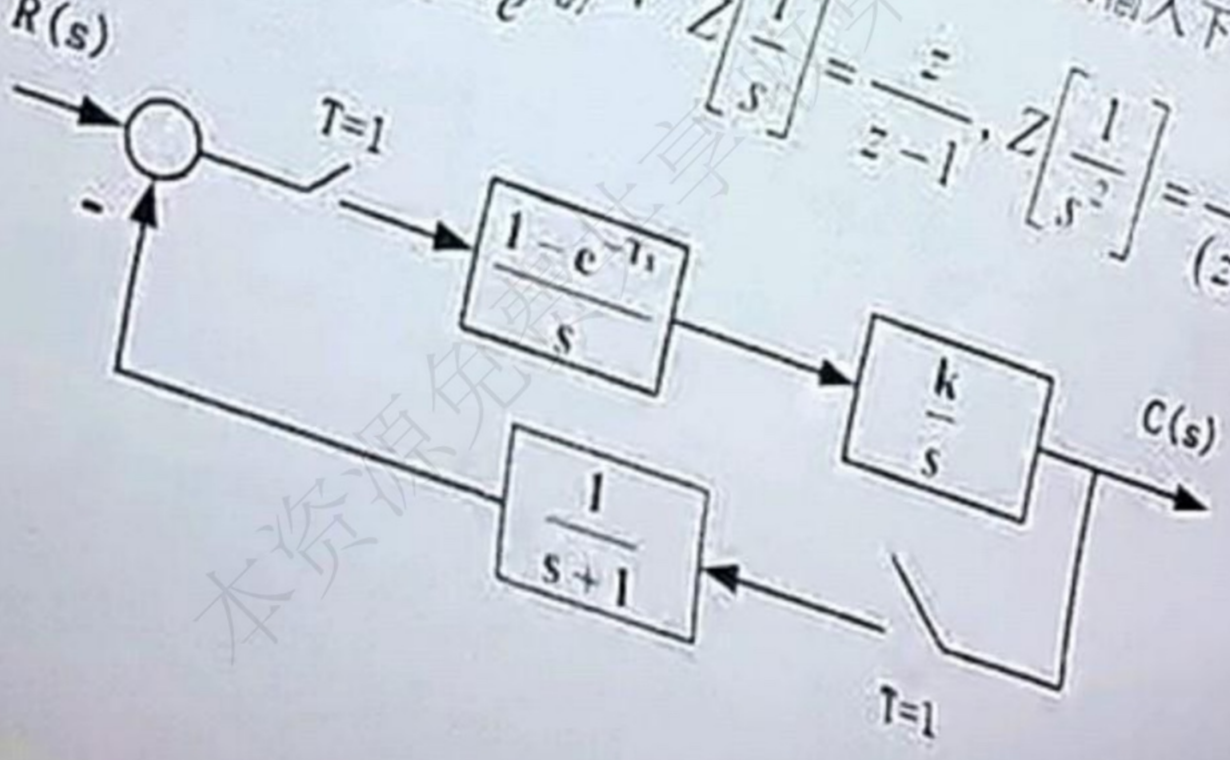
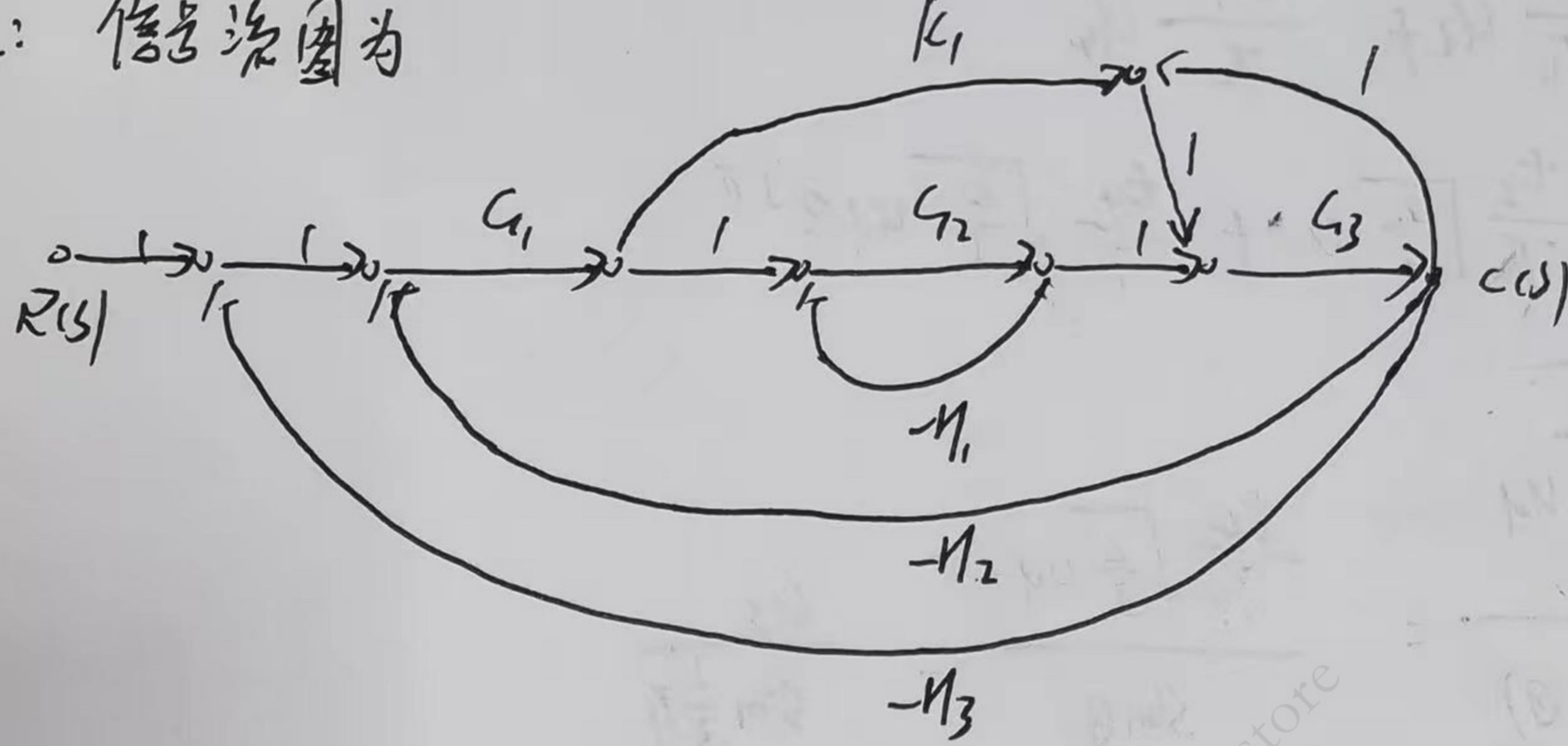


图6

一、解：信号流图为



前向通道 $P_1 = G_1G_2G_3$ $\quad \Delta_1 = 1$

$P_2 = G_1K_1G_3$ $\quad \Delta_2 = 1$ $\quad \Delta_2 = 1+G_2H_1$

回路：$L_1 = -G_2H_1$ $\quad L_2 = -G_1G_2G_3H_2$ $\quad L_3 = -G_1G_2G_3H_3$

$L_4 = G_3$ $\quad L_1L_4 = -G_2H_1G_3$

$$\Delta = 1 - L_1 - L_2 - L_3 + L_1L_4 = 1 + G_2H_1 + G_1G_2G_3H_2 + G_1G_2G_3H_3 - G_2G_3H_1$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{P_1\Delta_1 + P_2\Delta_2}{\Delta} = \frac{G_1G_2G_3 + K_1G_1G_3(1+G_2H_1)}{1+G_2H_1+G_1G_2G_3H_2+G_1G_2G_3H_3-G_2G_3H_1}$$

二 解 (1) $G(s)=\dfrac{4/s^2}{1+\dfrac{4k_h}{s}}=\dfrac{4}{s(s+4k_h)}$

$\Phi(s)=\dfrac{G(s)}{1+G(s)}=\dfrac{4}{s^2+4k_hs+4}$

$D(s)=s^2+4k_hs+4=0$

令 $s=s_1-1$ 代入 $D(s)$ 中

$D(s)=s_1^2+(4k_h-2)s+5-4k_h=0$

列劳斯表

$$\begin{array}{lll} s_1^2 & 1 & 4k_h-2 \\ s_1^1 & 5-4k_h & \\ s_1^0 & 4k_h-2 & \end{array}$$

稳定则

$$\begin{cases} 5-4k_h>0 \\ 4k_h-2>0 \end{cases}$$

$\frac{1}{2}<k_h<\frac{5}{4}$

(2) $K_v=\lim\limits_{s\to 0} sG(s)=\dfrac{4}{4k_h}=\dfrac{1}{k_h}$

$e_{ss}=\dfrac{1}{K_v}=k_h=0.1$

$\Phi(s)=\dfrac{4}{s^2+0.4s+4}$

$$\begin{cases} 2\omega_n\xi=0.4 \\ \omega_n^2=4 \end{cases} \qquad \begin{cases} \omega_n=2 \\ \xi=0.1 \end{cases}$$

$t_s=\dfrac{3}{\xi\omega_n}=15s \quad (\Delta=\pm5\%)$

$\sigma\%=e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}}\times100\%=72.94\%$

三 解. $G(s)=\frac{K(Ts+1)}{s(s+3)}$

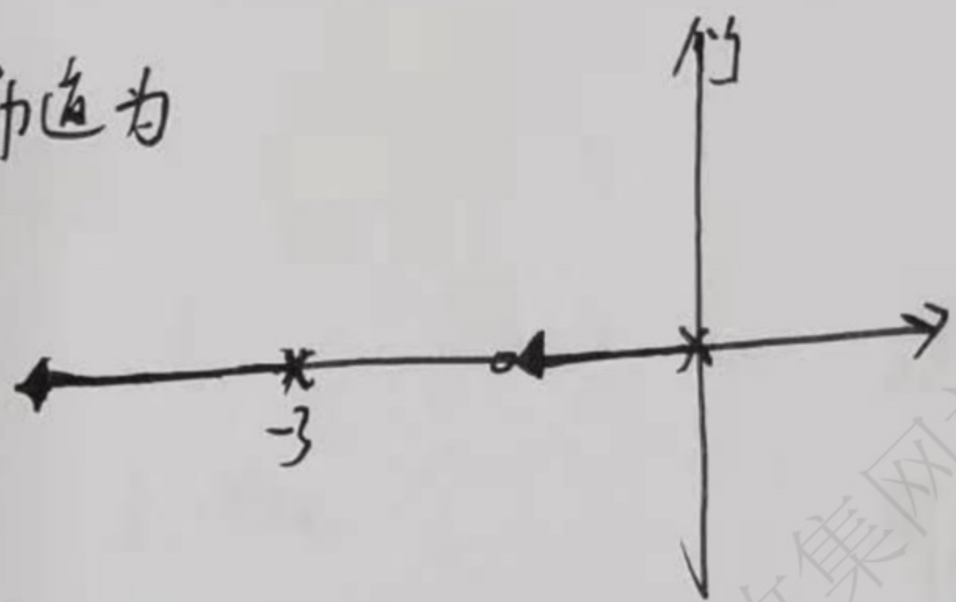
(1) $-\frac{1}{T}>-3$ 时 ~~$0<T$~~ $T>\frac{1}{3}$ 时

① $n=2$, $m=1$. $n-m=1$. 根轨迹有两条分支

起点 $p_1=0$, $p_2=-3$, 终点 $z_1=-\frac{1}{T}$ 和无穷远处

② 实轴上的根轨迹 $(-\infty,-3)$ $(-\frac{1}{T},0)$

根轨迹为



$0<T<\frac{1}{3}$ 时.

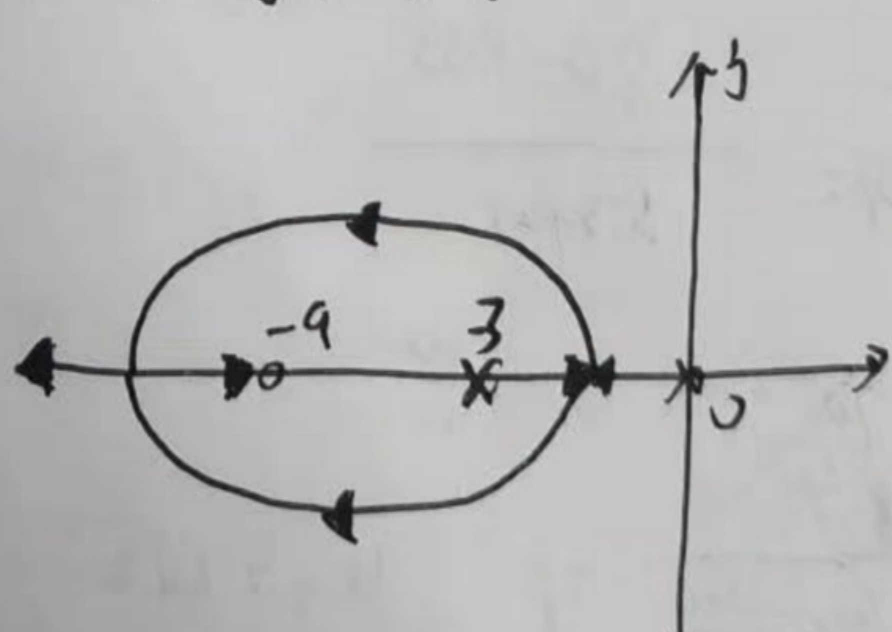
② 实轴上的根轨迹为 $(-\infty,-\frac{1}{T})$ $(-3,0)$

③ 分离点 $\frac{1}{d}+\frac{1}{d+3}=\frac{1}{d+a}$

$d^2+2ad+3a=0$ ~~$d_{1,2}=$~~

$d_{1,2}=-a\pm\sqrt{a^2-3a}$

根轨迹为



(2). $0<\xi<1$ 时 $a>3$

⑩解：(1) 由图可知，低频段斜率为 $-20dB/dec$

系统有1个积分环节

$\omega_1=10$ 处，斜率为 $-40dB/dec$，此处有1个惯性环节

$\omega_2=100$ 处，斜率为 ~~-60dB~~ $-60dB/dec$，此处有1个惯性环节

$$20\lg\frac{K}{0.1}=60 \qquad K=100$$

$$G(s)H(s)=\frac{100}{s\left(\frac{s}{10}+1\right)\left(\frac{s}{100}+1\right)}$$

(2) $$|G(j\omega_c)H(j\omega_c)|=\frac{100}{\omega_c\frac{\omega_c}{10}}=1 \qquad \omega_c=31.62$$

$$\gamma=180^\circ-90^\circ-\arctan\frac{\omega_c}{10}-\arctan\frac{\omega_c}{100}=0^\circ$$

临界稳定

(3) 采用超前校正

五解、由图知. $\omega=0$. $|G(j\omega)|=\infty$ $\angle G(j\omega)=-90^\circ$

$\omega=\infty$ $|G(j\omega)|=0$ $\angle G(j\omega)=-180^\circ$

$$G(s)=\frac{k}{s(s+a)}$$

令 $s=j\omega$ $G(j\omega)=\frac{k}{j\omega(j\omega+a)}=\frac{-(kaj+k\omega)}{\omega(a^2+\omega^2)}$

$$u(\omega)=\frac{-k}{a^2+\omega^2}$$

$$v(\omega)=\frac{-ka}{\omega(a^2+\omega^2)}$$

$$u(0)=\frac{-k}{a^2}=-2$$

$$u(2)=\frac{-k}{a^2+4}=-1$$

$$v(2)=\frac{-ka}{2(a^2+4)}=-1$$

$a=2$. $k=8$

$$G(s)=\frac{8}{s(s+2)}$$

$$G_1(s)=e^{-0.5s}G(s)=\frac{8e^{-0.5s}}{s(s+2)}$$

$$\angle G_1(j\omega)=e^{-0.5\omega}-90^\circ-\arctan\frac{\omega}{2}$$

$$|G_1(j\omega_c)|=\frac{\cancel{8}4}{\omega_c\frac{\omega_c}{2}}=1 \quad \omega_c=2\sqrt{2}$$

$\gamma=\pi-0.5\times2\sqrt{2}-\frac{\pi}{2}-\arctan\frac{\omega}{2}=-0.15<0$, 不稳定

六解：(1) $G(z) = Z\left[\frac{K(1-e^{-Ts})}{s^2}\right] Z\left[\frac{1}{s+1}\right]$

$$= K(1-z^{-1})\, Z\left[\frac{1}{s^2}\right] Z\left[\frac{1}{s+1}\right]$$

$$= K(1-z^{-1}) \frac{Tz}{(z-1)^2} \cdot \frac{z}{z-e^{-T}}$$

$$= \frac{Kz}{(z-1)(z-0.368)}$$

闭环脉冲传递函数为

$$\Phi(z) = \frac{G(z)}{1+G(z)} = \frac{Kz}{z^2+(K-1.368)z+0.368}$$

(2) $D(z) = z^2 + (K-1.368)z + 0.368$

由朱利判据，稳定时

$D(1) = K > 0$

$D(-1) = 2.736 - K > 0 \quad K < 2.736$

$0 < K < 2.736$

(3) 由终值定理

~~$c(\infty) = \lim_{z\to 1}(z-1)$~~

$$c(\infty) = \lim_{z\to 1}(z-1)\Phi(z)\frac{z}{z-1} = 1$$