

南京航空航天大学

《自动控制原理》 第1页 (共6页)
 试卷类型: B 试卷代号: 030057

二〇二二—二〇二三 学年 第1 学期
 考试日期: 2023 年2月24日

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

本题分数	16
得分	

一、求如图1系统的传递函数 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 。

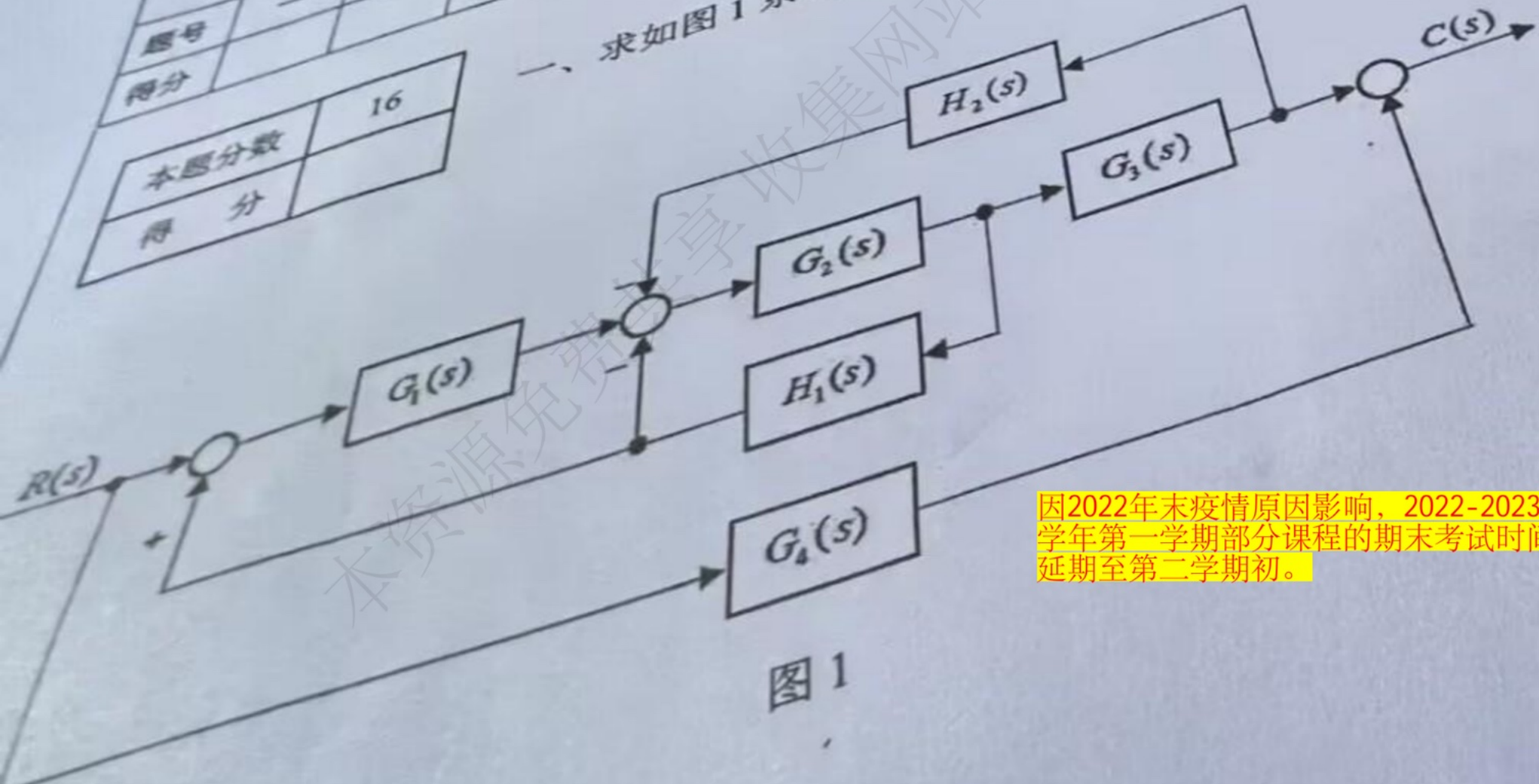


图1

因2022年末疫情原因影响, 2022-2023 学年第一学期部分课程的期末考试时间延期至第二学期初。

本题分数	18
得分	

二、某系统结构如图2所示, 当 $K_r = 0$, $r(t) = 1(t)$ 时系统的超调量为 $\sigma\% = 16.3\%$, 当 $K_r = 0$, $r(t) = t$ 时, 稳态误差 $e_{ss} = 0.25$ 。(1) 求系统的结构参数 K , K_i ; (2) 试求 $K_r = 0$, $r(t) = 1(t)$ 时系统的调节时间 t_s ($\pm 5\%$ 误差带) 及输出的最大值 c_{\max} ; (3) 设计 K_r , 使系统在 $r(t) = t$ 作用下无稳态误差。

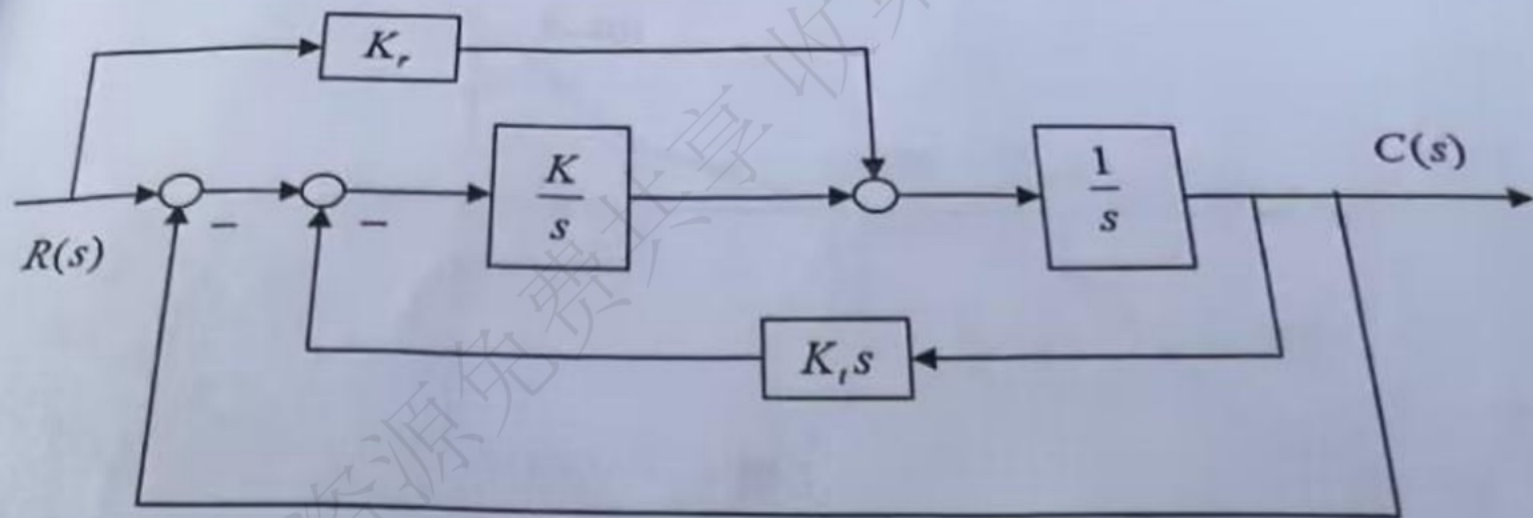


图2

本题分数	18
得分	

三、已知某系统的闭环传递函数 $\Phi(s) = \frac{4}{s^3 + 4s^2 + 4s + b}$,

- (1) 试绘制 b 从 $0 \rightarrow \infty$ 时的根轨迹图, 并确定使系统稳定的 b 值范围; (2) 试确定系统阶跃响应无超调的 b 值范围; (3) 试确定系统阻尼比 $\xi = 0.5$ 时的 b 值。

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3，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 ；(3) 概略绘出开环系统的幅相频率特性曲线，并用奈氏判据判断系统稳定性。

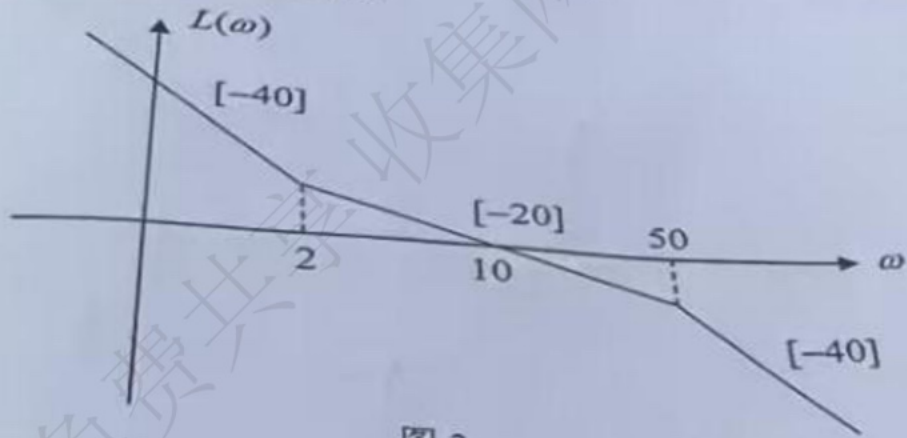


图3

本题分数	16
得分	

五、某离散系统的结构图如图4所示。(1) 判断该系统的闭环稳定性；(2) 若 $r(t) = 1(t)$ ，求 $c(2)$ 、 $c(\infty)$ 的数值。

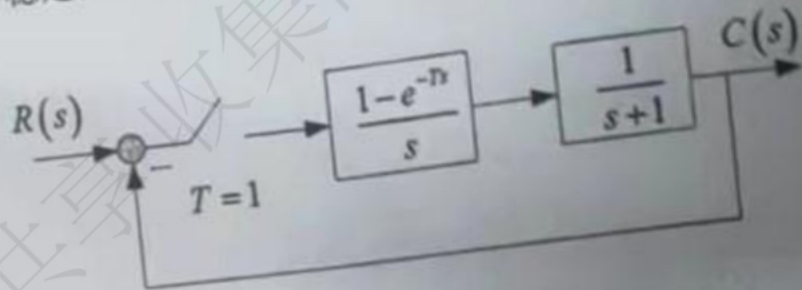


图4

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

本题分数	16
得分	

六、已知非线性系统的结构图如图 5 所示, 图中

$$N(A) = \frac{4M}{\pi A} + K \text{ 为非线性元件的描述函数, 若 } M=1,$$

$K=0.5$ 。(1) 试分析该非线性系统的稳定性, 若产生自激振荡, 则求出自振振幅 A 和自振频率 ω 以及系统输出 $c(t)$ 的表达式; (2) 若线性环节的开环增益扩大 5 倍, 再分析该非线性系统的稳定性。

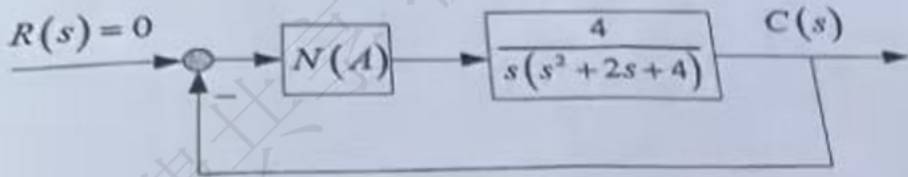
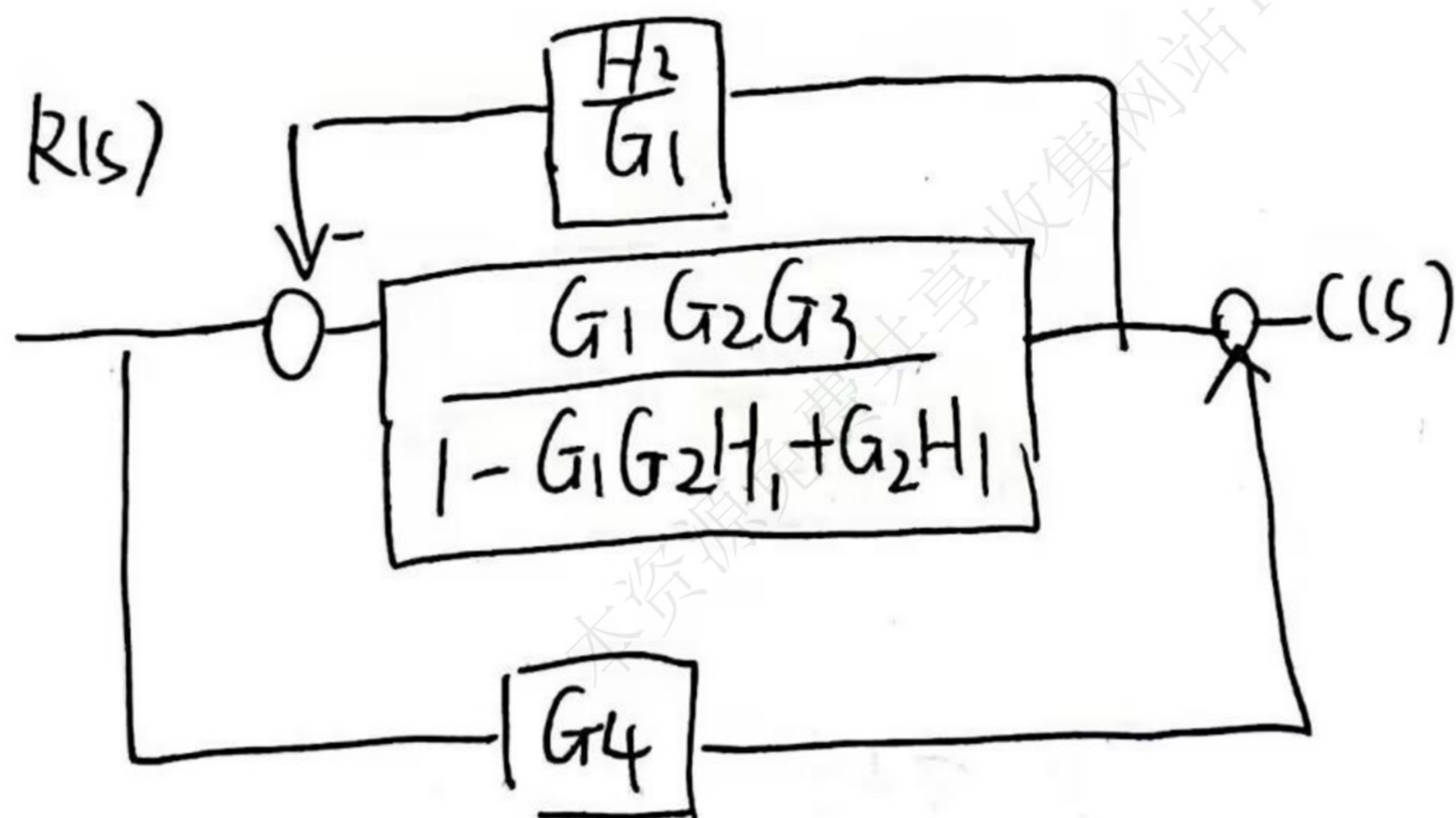
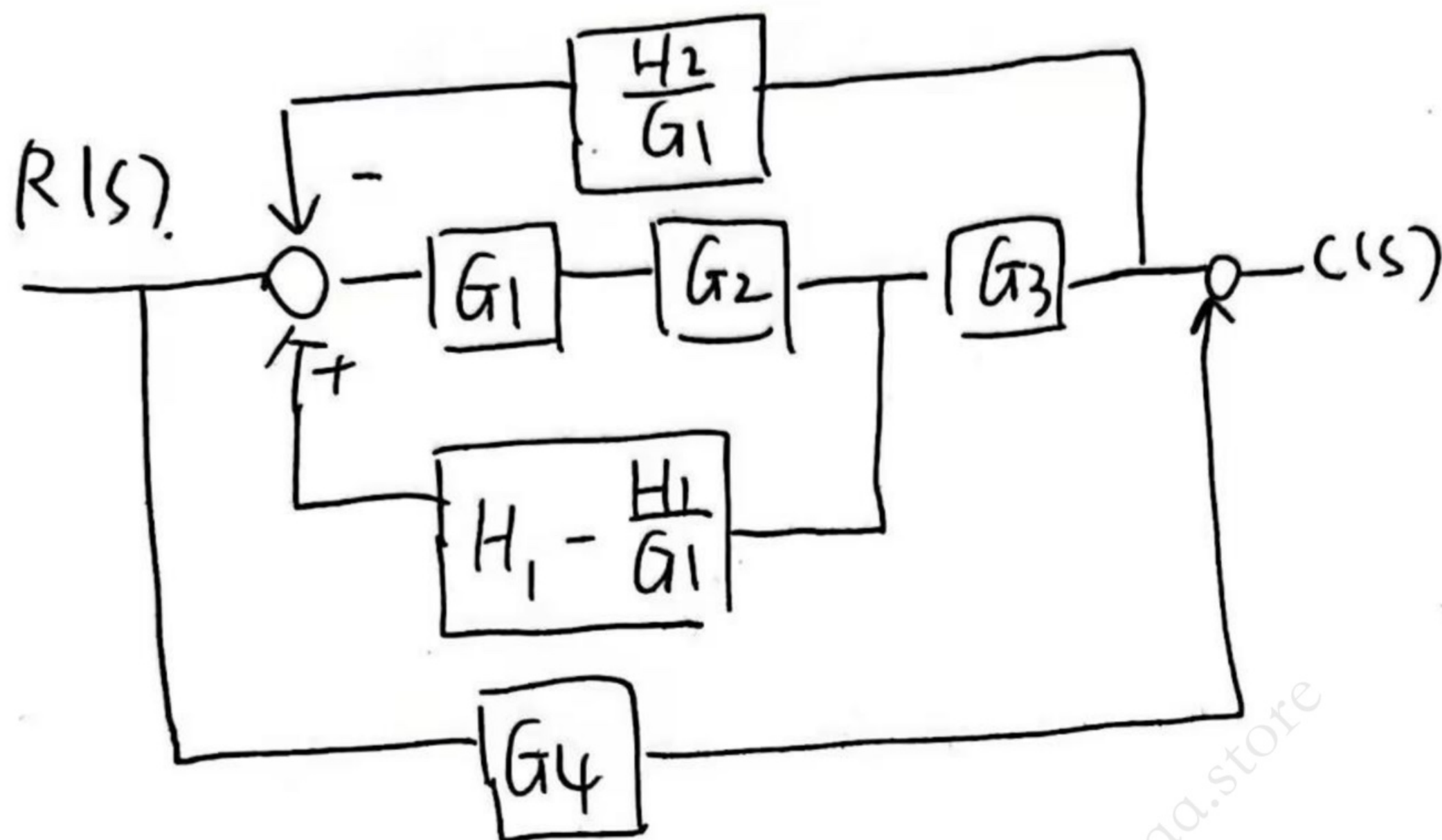


图 5



$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_2 H_1 - G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2} + G_4$$

$$K_t = 0, H(t) = 1(t)$$

$$\sigma\% = e^{\frac{-\kappa^2}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \times 100\% = 16.3\%$$

$$\zeta = 0.5$$

$$K_t = 0 \text{ 时 } H(t) = t$$

$$G(s) = \frac{\frac{k}{s^2}}{1 + \frac{k k_t s}{s^2}} = \frac{k}{s(1 + k k_t)}$$

$$e k_v = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot G(s) = \frac{1}{k_t}$$

$$e_{ss} = \frac{1}{k_v} = k_t = 0.25$$

$$\begin{cases} 2\zeta\omega_n = k k_t \\ \omega_n^2 = k \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_t = 0.25 \\ k = 0.25 \end{cases}$$

$$(2) t_s = \frac{3.5}{\zeta\omega_n} = 14$$

$$\frac{C(\max) - C(\infty)}{C(\infty)} \times 100\% = 0.163 \times 100\%$$

$$\Rightarrow C(\max) = 1.163$$

$$(3) \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{k + k_t s}{s^2 + k k_t s + k} \quad \bar{E}(s) = \frac{s^2 + k k_t s - k_t s}{s^2 + k k_t s + k}$$

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{1}{s^2} \cdot \frac{\bar{E}(s)}{R(s)} = 0 \Rightarrow$$

$$k_t = k k_t$$

三.

$$\Phi(s) = \frac{4}{s^3 + 4s^2 + 4s + b}$$

$$\frac{1}{2} G(s) = \frac{b}{s(s+2)^2}$$

$$D(s) = s^3 + 4s^2 + 4s + b$$

$$= \frac{b}{s(s^2 + 4s + 4)} + 1$$

开环极点: $p_1 = 0, p_2 = p_3 = -2$

无开环零点:

实轴: $(-\infty, 0]$

$$\text{渐近线: } \begin{cases} \sigma_a = \frac{0-2-2}{3} = -\frac{4}{3} \\ \varphi_a = \frac{\pm 120^\circ + 180^\circ}{3} = \pm 60^\circ, 180^\circ \end{cases}$$

$$\text{分离点: } 3s^2 + 8s + 4 = 0 \Rightarrow s_1 = -0.67$$

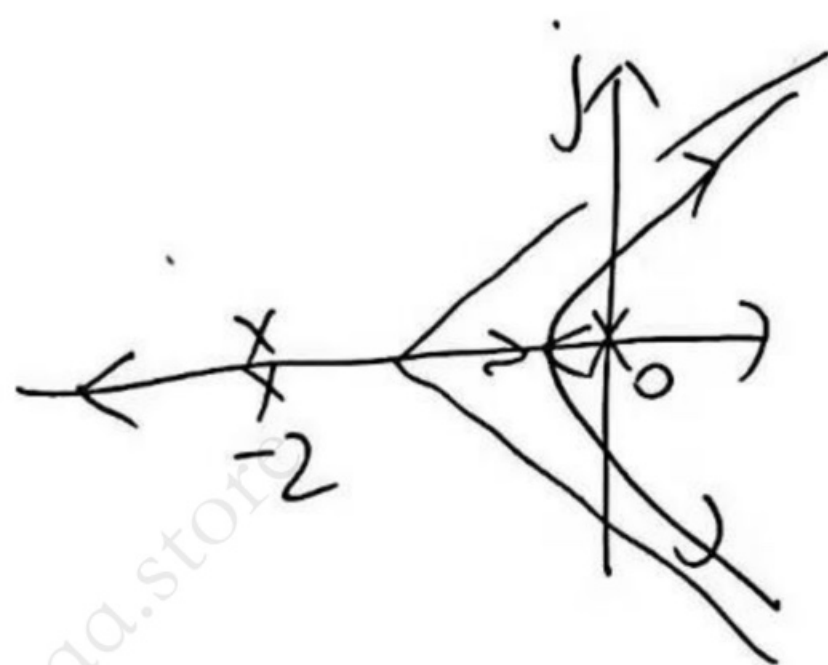
$$\text{与虚轴交点: } \begin{cases} -w^3 + 4w = 0 \\ -4w^2 + b = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} w^2 = 4 \\ b = 16 \end{cases}$$

$0 < b < 16$ 稳定

(2) $s_1 = -0.67$ 时 $b = 1.2$. $b > 1.2$ 系统超调

(3) $\zeta = 0.5$ 时 $\beta = \arccos \zeta = 45^\circ$

$$\text{7. } b = 8$$



□□.

$$(1) \quad G(s)H(s) = \frac{K(\frac{1}{2}s+1)}{s^2(\frac{1}{50}s+1)} \quad \omega_c = 10$$

$$|G(j\omega_c)H(j\omega_c)| = 1 \Rightarrow \frac{K \cdot \frac{1}{2}\omega_c}{\omega_c^2} = 1 \Rightarrow K = 20$$

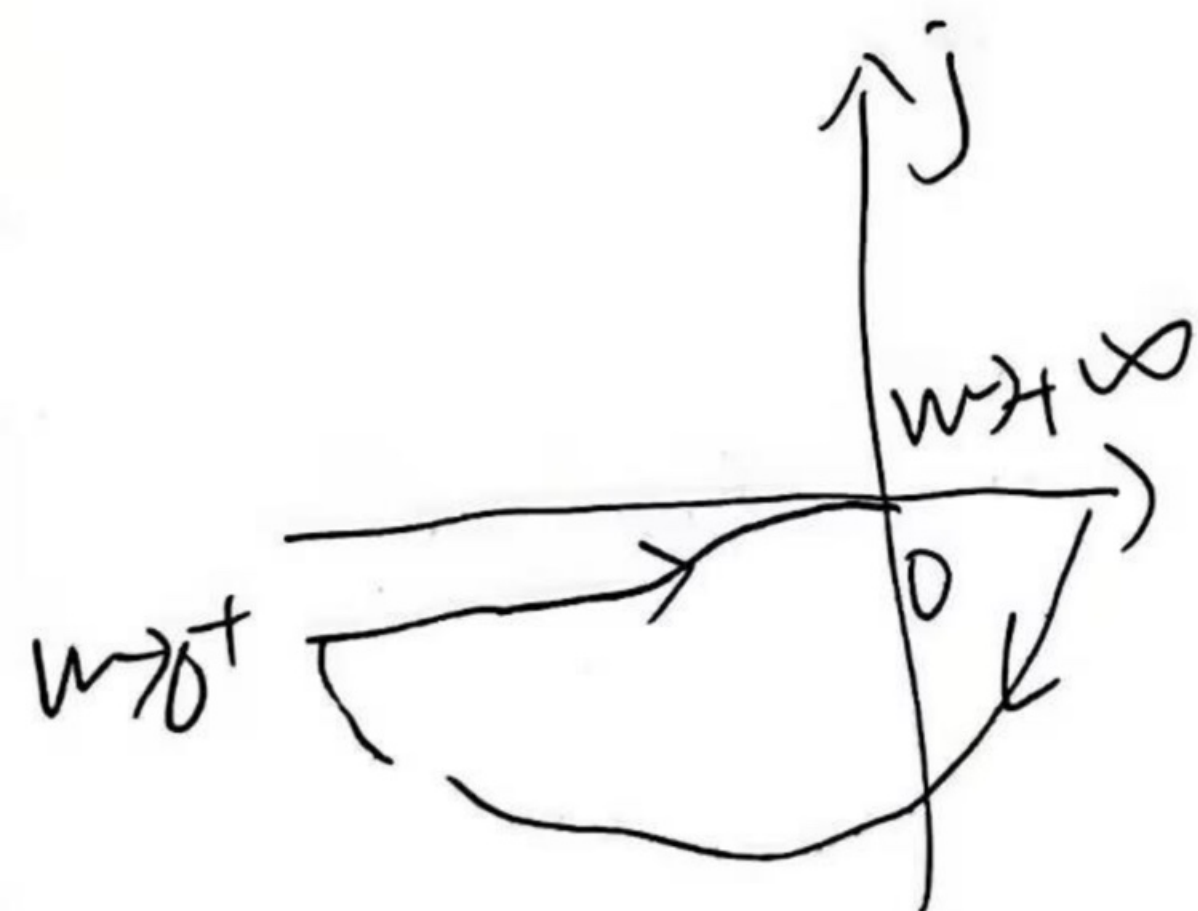
$$(2) \quad \gamma = 180^\circ - 180^\circ + \arctan \frac{1}{2}\omega_c - \arctan \frac{1}{50}\omega_c \\ = 67.4^\circ$$

$$(3) \quad \varphi(\omega) = -180^\circ + \arctan \frac{1}{2}\omega - \arctan \frac{1}{50}\omega$$

$$A(\omega) = \frac{20 \sqrt{\frac{1}{4}\omega^2 + 1}}{\omega^2 \sqrt{\frac{1}{2500}\omega^2 + 1}}$$

$$\omega \rightarrow 0^+ \quad \varphi(\omega) = -180^\circ \quad A(\omega) = \infty$$

$$\omega \rightarrow \infty \quad \varphi(\omega) = -180^\circ \quad A(\omega) = 0$$



$$N_+ = 0, N_- = 0$$

$$Z = P - 2(N_+ - N_-)$$

$$= 0$$

稳定

$$\begin{aligned}
 (1) \quad G(z) &= \frac{z-1}{z} \cdot z \cdot \left[\frac{1}{s(s+1)} \right] \\
 &= \frac{z-1}{z} \cdot \left(\frac{z}{z-1} \cdot \frac{z}{z-e^{-T}} \right) \quad T=1 \\
 &= \frac{0.632}{z-0.368}
 \end{aligned}$$

$$D(z) = z + 0.264 = 0 \quad z = -0.264$$

$|z| < 1$ 稳定

$$(2) \quad \Phi(z) = \frac{G(z)}{1+G(z)} = \frac{0.632}{z+0.264}$$

$$C(z) = \frac{0.632z}{(z-1)(z+0.264)}$$

$$c(k) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}(-0.264)^n$$

$$c(k) = 0.46$$

$$c(\infty) = \frac{1}{2}$$



$\frac{1}{A}$

$$(1) -\frac{1}{N(A)} = -\frac{\pi A}{4M + \pi AK} = -\frac{\pi A}{4 + \frac{1}{2}\pi A}$$

$$A \rightarrow 0^+ -\frac{1}{N(A)} = -\frac{1}{4}$$

$$A \rightarrow \infty -\frac{1}{N(A)} = -2$$

$$G(s) = \frac{4}{s(s^2 + 2s + 4)}$$

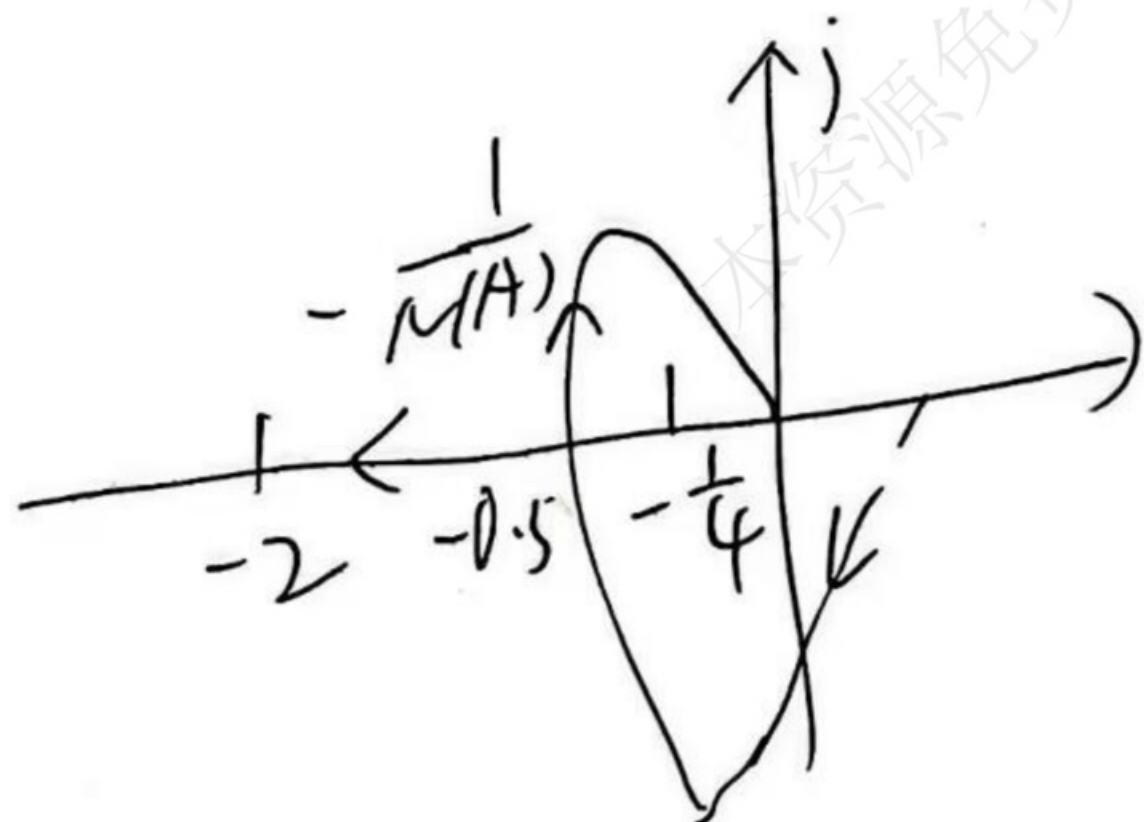
$$\varphi(\omega) = -90^\circ - \arctan \frac{2\omega}{4 - \omega^2} \quad \omega^2 < 4$$

$$\omega > 0^+ \quad \left| \begin{array}{l} 180^\circ - \arctan \frac{2\omega}{\omega^2 - 4} \quad \omega^2 > 4 \end{array} \right.$$

$$\varphi(\omega) = -90^\circ$$

$$\omega \rightarrow \infty \quad \varphi(\omega) = -270^\circ$$

与负实轴交点: -0.5



$$\frac{1}{A} \text{ 处. } \omega = 2. \quad -\frac{A\pi}{4 + \frac{1}{2}A\pi} = -0.5$$

$$2 + \frac{1}{4}A\pi = A\pi \Rightarrow A = \frac{8}{3\pi}$$

(2). 增大 5 倍

与负实轴交点: -2.5

故不稳定