古典控制系统的传输环节分类

分　类	传 递 函 数	幅 频 特 性 $L(\omega)$	相 频 特 性 $\varphi(\omega)$	备　注
比例环节	$G(S)=K$	20lgK	0	
微分环节	$G(S)=S$	$20\lg\omega$	$90°$	
积分环节	$G(S)=\frac{1}{S}$	$-20\lg\omega$	$-90°$	
惯性环节	$G(S)=\frac{1}{TS+1}$	$-20\lg\sqrt{1+\omega^2T^2}$ $\omega<<1/T,0dB;\omega>>1/T,-20dB/dec$	$-arctg\omega T$ $0°\to-45°\to-90°$	低通特性 交接频率$\omega=1/T$
一阶微分环节	$G(S)=1+TS$	$20\lg\sqrt{1+\omega^2T^2}$ $\omega<<1/T,0dB;\omega>>1/T,20dB/dec$	$arctg\omega T$ $0°\to45°\to90°$	交接频率$\omega=1/T$
振荡环节	$G(S)=\frac{1}{(\frac{S}{\omega_n})^2+2\xi(\frac{S}{\omega_n})+1}$ $0<\zeta$ (阻尼比) $<1;\omega_n$:自然频率	$-20\lg\sqrt{(1-\frac{\omega}{\omega_n})^2+(2\xi\frac{\omega}{\omega_n})^2}$ $\omega<<\omega_n,0dB;\omega>>\omega_n,-40dB/dec$	$-arctg\frac{2\xi\frac{\omega}{\omega_n}}{1-(\frac{\omega}{\omega_n})^2}$ $0°\to-90°\to-180°$	幅频特性在谐振频率的地方会出现峰值，峰值大小和阻尼比有关。

系统稳定性分析

闭环系统稳定性的充要条件：闭环系统特征方程的根必须具有负的实部。

开环系统：是指断开主反馈后，前向通路和反馈通路串联组成的系统，指以 G(S)H(S)表征的系统。

判断系统稳定性的方法	叙述	优点	缺点
直接计算	解出特征方程的根		高阶时，求解工作量大
劳斯判据		可判断出方程根是否都具有负实部，还可以看出有几个正实部根	无法研究系统的参数和结构怎么变化才能改善稳定性
奈硅斯特稳定判据	根据与闭环系统对应的开环系统的幅相频率特性曲线（简称开环幅相频率特性曲线），判断系统稳定性	可以用来确定闭环系统的稳定裕度，以及研究改变参数和结构时闭环系统稳定裕度的变化	特性曲线不易绘制
对数频率稳定判据	奈奎斯特稳定判据的推广，根据开环系统的对数幅频和相频特性曲线，判断系统稳定性		容易绘制，用得较广

对数幅频相频特性判据：

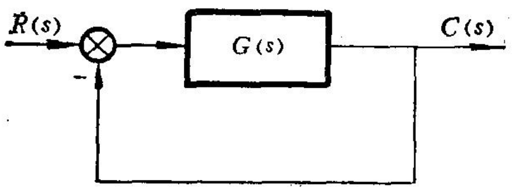


图4-72 单位反馈系统结构图

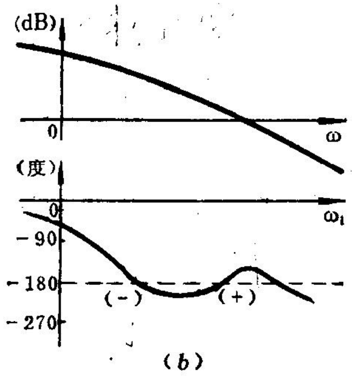
对数频率稳定判据和奈奎斯特稳定判据本质是一样的。两个判据都是根据单位反馈系统的开环频率特性曲线和开环特征方程正实部根的个数决定闭环特征方程正实部根的个数，从而判断单位反馈系统的稳定性。

对数频率稳定判据：一个单位反馈系统，其闭环特征方程正实部根的个数 Z，可以根据开环特征方程正实部根个数 P 和开环对数幅频特性为正值的所有频率范围内，对数相频特性曲线与-180 线的正负穿越之差 $N = N_{+} - N_{-}$ 确定，即：Z=P-2N

Z 为零，表明闭环系统稳定；Z 不为零，闭环系统不稳定，Z 就是闭环特征方程正实部根的个数。

N的判定：

如下图示，正负穿越数可根据开环对数坐标图上，在对数幅频特性曲线大于 0dB 的频率范围内，对数相频特性曲线穿越-180 线的次数决定：若频率增高时相角增大，那么这种穿越叫正穿越（从-180 线开始，叫半次正穿越）；而频率增高时相角减少的穿越叫负穿越（从-180 线开始，叫半次负穿越）。如图示，图中用 +， 标出正，负穿越， N+=1, N- =1, 可知 N=0



线（a）和对数坐标图（b）

相角裕度和幅值裕度：

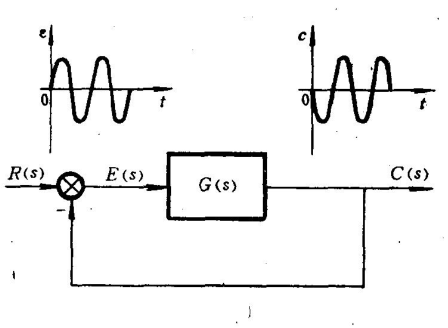


图4-91 信号中频率等于ω_c的分量的传递

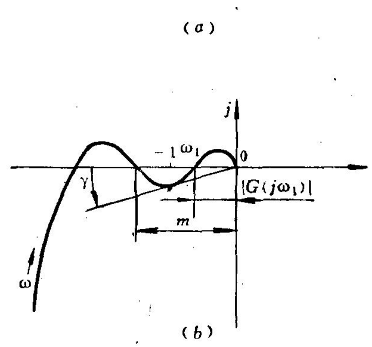


图4-92 相角裕度和幅值裕度

基于奈奎斯特判据的定义如左图示：

幅值裕度定义为幅相频率特性曲线上，相角为-180 这一点对应幅值

$G(j\omega_1)$的倒数，即 $h=\dfrac{1}{|G(j\omega_1)|}$，其物理意义为：如果系统的开环传递系数大到原来的 h 倍，那么系统就处于临界稳定状态。

相角裕度γ 定义为-180 加上幅相频率特性曲线上幅值等于 1这一点的相角，即$\gamma=180^\circ+\angle G(j\omega_0)$，$\omega_0$ 称为系统的截止频率。

γ 的物理意义是：如果系统对频率为ω_0 信号的相角再迟后一个γ 值，那么，系统就处于临界稳定状态。

基于波特图的相角裕度和幅值裕度：

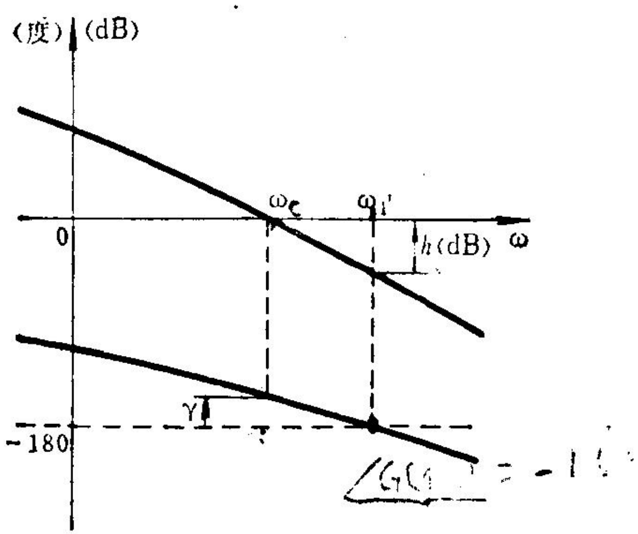


图4-93　从对数频率特性曲线求γ和 h(dB)

可以从对数幅频和对数相频特性曲线上求取，如左图示：

从图上找到与截止频率 ω_0 对应的相角 $\angle G(j\omega_0)$，再根据 Y 的计算公式，就可求得相角裕度。

如图中可以读得 $|G(j\omega_0)|(dB)$，将其反号，即得幅值裕度。因为

$$h\,(\text{dB}) = 20\lg\frac{1}{|G(j\omega_1)|} = -20\lg|G(j\omega_1)|$$

对于最小相角系统，当相角裕度大于 0 而幅值裕度大于 1(或 h(dB)>0)，则表明系统稳定，且 Y 和 h 越大则系统稳定裕度越大；若 Y 小于 0，h 小于 1，则表明系统不稳定。

注意：一阶和二阶系统的幅值裕度为无穷大，因此 ，从理论上讲系统不可能不稳定。但是，因为所谓的一阶和二阶系统常常是在忽略了一些次要因素之后得到的，如果考虑这些被忽略掉的因素，系统往往是高阶的，故实际系统的幅值裕度一般不可能为无穷大，也就是，若开环传递系数太大，系统可能变为不稳定。

由此可以得出 D2D所用反馈回路的稳定性判据（网络分析仪得出的波特图相频特性与此相差 180 ）

开环传递函数稳定性判据：

1. 相位在低频段趋向于 180度（即保证系统是负反馈系统）。
2. 在增益大于 0的区间，相位必须大于 0度。
3. 在相位等于或接近 0度时，增益必须小于 0。