

DSL—1型流动地震仪的动态特性研究

周 克 森

(广东省地震局)

摘 要

DSL—1型流动地震仪是一种多用途微震仪,近年来国内已广泛地应用于天然地震、人工爆破、地面脉动以及工程振动测量等方面。

本文详细研究了该系统的动态特性并给出它的解析计算式,以便于对观测波形作定量分析使用。文中还描述对该系统进行的测试研究。结果表明,本文的系统动态特性的理论结果与实验测定吻合良好。

一、前 言

DSL—1型流动地震仪系统系由短周期拾震器,电子(积分)放大器和(线性)记录笔组成。该系统适于流动性地震台网、工程测振和地震测深等项研究,是近年来国内广泛使用的一种多用途微震仪。

地震仪系统与通常的线性讯号系统一样,设输入的讯号波形为 $x(t)$,因受系统传输特性的影响至使输出(记录)波形 $y(t)$ 畸变。若以 $H(W)$ 表示系统的传输特性,相应的 $h(t)$ 表示系统的单位脉冲响应,则系统记录的讯号 $y(t)$ 与原讯号 $x(t)$ 之间有如下关系:

$$Y(W) = H(W) \times (W)$$

$$y(t) = h(t) * x(t)$$

式中“*”表示卷积, $y(W)$, $x(W)$ 分别为 $y(t)$ 与 $x(t)$ 的频谱。

由上式可见,由于地震记录系统的频带所限,实际记录的地震波形并不对应于真实的地面运动。不经处理,直接利用记录中的到时、等振相的持续或最大振幅进行一些估算时,上述系统特性的影响不甚严重,但是由不同性能的地震仪系统所得到的地动波形的明显差别(如长周期系统和短周期系统的记录)提醒我们在涉及到对记录波形的形态作定量处理和研究时必须十分慎重。近年来,由于理论地震图的研究进展,已成功地直接利用观测记录波形进行震源参数和介质结构的测定,该项研究因具有精度高,需用的记录资料数量少等优点而受重视。基于此,流动型地震观测台网将为上述研究提供十分有用的基本资料。对记录波形进行仪器系统的修正以尽可能地恢复原地动形态将是一项十分重要的基本研究。

本文拟对 DSL-1 型地震仪系统的动态特性进行分析研究, 以期为该系统记录波形的“返真”计算提供依据。文中对该系统的讯号传输特性作了详细分析, 并与实验测定作了对比。结果表明, 文中最终给出的简便计算式较好地反映了该系统的动态传输特征。

二、放大器传递函数

DSL-1 地震仪系统所用的放大器部分, 其电原理框图示于图 1, 其中各分块表示由分立元件组成的放大环节。由此, 对整个放大器可以得出其电压传递函数如下:

$$H_2(i\omega) = - \frac{(i\omega)^2 K_2}{(1+i\omega\tau)(1+i\omega A)[(i\omega)^2 C + (i\omega)D + B]} \quad (1)$$

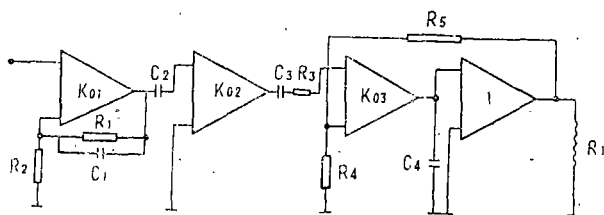


图 1 DSL-1 型地震仪放大器电原理框图

Fig. 1 Circuit diagram of Model DSL-1 seismograph amplifier.

其中,

$$A = C_2 (R_{01} + R_{02})$$

$$B = R_{03} + R_{04}$$

$$C = C_2 C_4 R_{03} R_{14} (R_{02} + R_{13} + R_3)$$

$$D = C_4 R_{03} R_{14} + C_3 (R_{03} + R_{14}) (R_{02} + R_{13} + R_3)$$

$$\tau = R_1 C_1$$

$$K_2 = K_{01} K_{02} K_{03} K_{\beta} \beta_{12} C_2 C_3 R_{12} R_{13} R_4$$

以上各式中的 R_{11} , R_{12} , R_{13} 和 R_{14} 以及 R_{01} , R_{02} , R_{03} 和 R_{04} 分别为放大环节的输入与输出阻抗; τ 为积分时间常数; K_{β} 为放大器的实际衰减比; β_{12} 为拾震器与放大器输入端之间的电压耦合系数; K_{01} 为放大器第一节无积分时的开路电压增益, 近似为 R_1/R_2 ; K_{02} 为第二节开路增益; K_{03} 为第三节加有反馈电阻 R_5 时的输出端开路电压增益, 近似为 R_5/R_4 。最后一节为射极输出, 放大倍数近似为 1。诸增益 K_{0i} ($i = 1, 2, 3$) 前的正负号视输入、输出信号取同相和反相而定。若令:

$$1/A = W_2', \quad B/C = W_2''^2$$

$$D/C = \frac{D}{\sqrt{BC}} \sqrt{\frac{B}{C}} = 2 D_2 W_2''^2 \quad (2)$$

则 (1) 式亦可改写为如下形式:

$$H_2(i\omega) = - \frac{K_2}{AD\tau} \left(\frac{1}{i\omega} \right) \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{W_2'\tau} \right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{W_2'}{W_2''} \right)^2} \sqrt{1 + \frac{1}{4 D_2^2} \left(\frac{W_2''}{W_2'} - \frac{W_2''}{W_2'} \right)^2}} \quad (3)$$

$$e^{itg^{-1} \frac{1}{W_2'\tau}} e^{itg^{-1} \frac{W_2'}{W_2''}} e^{itg^{-1} \frac{2 D_2 (W_2''/W_2')}{1 - (W_2''/W_2')^2}} e^{-i\pi/2}$$

通常情况下, 因有 $w_1' \gg \frac{1}{\tau} \gg w_1''$, 故对充分大的角频率 (特别在 w_1' 附近), 该传递函数的模近似为:

$$|H_2(iw)|_{\max} \approx \frac{K_2}{AD\tau w} \quad (4)$$

显然此时放大器对输入信号呈积分放大作用。(3)式经整理后可再改写为:

$$H_2^{(2B11)}/|H_2|_{\max} = H_2(f) e^{i\gamma_2 f} \quad (5)$$

其中幅频与相频响应 $H_2(f)$, $\gamma_2(f)$ 有如下形式:

$$H_2(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{2\pi f\tau}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{f_1'}{f}\right)^2} \sqrt{1 + \frac{1}{4D_1^2} \left(\frac{f_1''}{f} - \frac{f}{f_1''}\right)^2}} \quad (6)$$

$$\gamma_2(f) = \text{tg}^{-1} \left[\left(\frac{1}{2\pi f} \right) \frac{p(1 - qf_1''^2/f^2)}{(1 - rf_1'^2/f^2)(1 - f_1''^2/f^2) - sf_1''^2/f^2} \right] \quad (7)$$

其中:

$$p = w_1' + 2D_2w_1'' + 1/\tau, \quad q = \frac{1 + w_1'\tau + 2D_2w_1'/w_1''}{1 + w_1'\tau + 2D_2w_1''\tau},$$

$$\gamma = 1/w_1'\tau, \quad s = 2D_2(1 + w_1'\tau)/w_1''\tau$$

由(1)、(2)式可见, 若放大器元件的电阻值 R_1 、 R_2 、 R_3 和电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 与 C_4 的测值已知, 可计算参数 A 、 B 、 C 、 D 和与之相应的 D_2 、 w_1' 、 w_1'' 等参数值。最后由(6)、(7)即可计算得到放大器的频率响应。图2中的实线即为取如下基本参数值时所得到的结果:

$R_1 = 220$ 千欧, $R_2 = R_4 = 1$ 千欧, $R_3 = R_6 = 6.8$ 千欧;

$C_1 = 0.47$ 微法, $C_2 = 0.047$ 微法, $C_3 = 10$ 微法, $C_4 = 0.094$ 微法;

$A = 1.310$ 秒, $B = 21 \times 10^3$ 欧, $C = 2.02 \times 10^{-2}$ 欧秒², $D = 10676.46$ 欧秒;

$\tau = 0.103$ 秒;

为了实测放大器的 $H_2(f)$, 可以输入一系列电压幅值与其频率成正比例的正弦信号 (由超低频信号发生器供给), 并在示波器上同时测出其相应放大后的输出值。令输入电压 $V_{in} = V_0 f$, V_0 为某个选取的固定值, 则由(4)式可知, 放大器输出电压响应的最大值为:

$$V_{\max} = H_2(f)|_{\max} V_{in} = V_0 K_2 / 2\pi AD\tau \quad (8)$$

由(3)或(5)式, 显然该组电压在任意频率 f 下的输出值为:

$$V_1(f) = \frac{V_0 K_2}{2\pi AD\tau} H_2(f) \quad (9)$$

由于 $H_2(f)$ 的频带宽而平坦, 因此 $V_1(f)$ 的测值在相当大频率范围内几乎不变。(图2中我们只测到100赫, 已足够)。令与理论传递函数 $H_2(f)$ 相应的实测值为 $H_2'(f)$, 则由上式即可得到实测的幅频响应 (规一化):

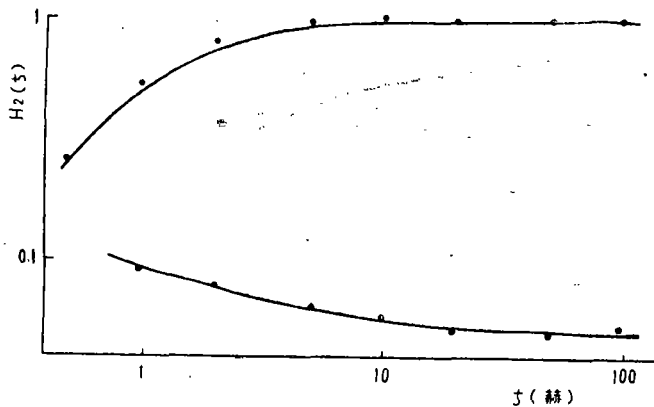


图2 放大器的幅频与相频特性曲线

Fig. 2 Response of amplitude-frequency and phase-frequency of the amplifier

—— 计算曲线
 实测曲线

$$H_2'(f) = V_2(f) / V_{sm} \quad (10)$$

放大器的相频特性可以用多种方法测量。这里我们采用了 E312 型数字频率计测定放大器输入、输出信号时间差 Δt 的办法换算其相移 (测量仪器的下限频率 $f_{\text{下限}} = 1$ 赫):

$$\gamma_2'(f) = \pi (1 - \Delta t / T_s) \quad (11)$$

其中 T_s 为输入信号的实测周期 (以区别标称值 T_B)。放大器幅频与相频特性的计算与实测结果列于表 1, 实测值在图 2 中均以圆点表示。由此可见, (1) 式所表示的理论传递函数与实测结果相当吻合。曲线在频率

100 赫以上直至大大超出整个仪器系统通频带的计算与测定值均几乎保持不变。

表 1

DSL—1 型放大器的频率响应

Table 1

Frequency response of Model DSL—1 amplifier

T_B	f_B	$H_2'(f) = V_2 / V_{sm}$	$H_2(f) = H_{21} / \frac{K_2}{2\pi f A D \tau}$	$\gamma_2'(f) = 2\pi(1 - \frac{\Delta t}{T_s})$	$\gamma_2(f) = \sum_{i=1}^3 \text{tg}^{-1} A_i(f)$
2	0.5	0.254	0.253		
1	1	0.538	0.514	0.94π	0.95π
0.5	2	0.808	0.759	0.77π	0.78π
0.3	3.33	0.923	0.883	0.69π	0.70π
0.2	5	0.969	0.953	0.61π	0.62π
0.1	10	1.015	0.987	0.58π	0.56π
0.05	20	1.000	0.996	0.51π	0.53π
0.03	33.3	1.000	0.998	0.50π	0.52π
0.02	50	1.000	0.999	0.51π	0.51π
0.01	100	1.000	0.999	0.52π	0.50π

三、系统动态分析

1. 频率响应

仪器系统的运动方程为:

$$\begin{cases} \ddot{x}_0 + 20_1 w_1 \dot{x}_0 + w_1^2 x_0 = -\ddot{x}_s \\ e_1 = s_1 \dot{x}_0 \\ L[D]e_2 = -K_2 \ddot{e}_1 / A C \tau \\ \ddot{y} + 2 p_3 w_3 \dot{y} + w_3^2 y = s_3 w_3^2 e_2 / R_L \end{cases} \quad (12)$$

其中第一式为拾震器运动方程, 第二式为摆的换能器方程, 第三式为放大器方程, 第四式为记录笔方程。 s_1 表示摆线圈的速度—电压换能灵敏度, e_1 与 e_2 分别表示摆线圈与放大器输出

端的开路电压, s_3 为记录笔头的直流偏转灵敏度, R_L 是它的线圈内阻。放大器的线性微分运算子:

$$L[D] = \left(D + \frac{1}{\tau}\right) (D + W_1') (D^2 + 2D_2 W_2'' D + W_2''^2),$$

$$D = d/\Delta t \quad (13)$$

为了求得系统的频率响应, 可对(12)式进行傅里叶变换:

$$\begin{cases} [(iW)^2 + 2D_1 W_1 (iW) + W_1^2] X_c(iW) = -(iW)^2 X_s(iW) \\ E_1(iW) = (iW) S_1 X_c(iW) \\ L[(iW)] E_2(iW) = -(iW)^2 K_2 E_1(iW) / A_c \tau \\ [(iW)^2 + 2D_3 W_3 (iW) + W_3^2] Y(iW) = S_3 W_3^2 E_2(iW) / R_L \end{cases} \quad (14)$$

解方程组(14)可得 $Y(iW)/X_y(iW)$, 即仪器系统的频率响应, 或称系统的动态放大倍数。为方便起见, 我们将(14)式中的拾震器与记录笔表示为如下传递函数的形式:

$$H_1(iW) = - \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{W_1^2}{W^2}\right)^2 + 4D_1^2 \left(\frac{W_1}{W}\right)^2}} e^{i\tau g^{-1} \frac{2D_1(W_1/W)}{1 - (W_1/W)^2}} \quad (15)$$

$$H_3(iW) = \frac{S_3}{R_L} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{W^2}{W_3^2}\right)^2 + 4D_3^2 \left(\frac{W}{W_3}\right)^2}} e^{i(\pi + \tau g^{-1} \frac{2D_3(W_3/W)}{1 - (W_3/W)^2})} \quad (16)$$

由(3), 可将整个系统的传递函数表示为:

$$H(iW) = (iW) S_1 H_1(iW) H_2(iW) H_3(iW) = \bar{V}_0 H(W) e^{i(\omega t + r)} / e^{i\omega t} \quad (17)$$

其中幅频响应函数:

$$\begin{cases} H(W) = H_1(W) H_2(W) H_3(W) \\ H_1(W) = 1 / \sqrt{\left(1 - \frac{W_1^2}{W^2}\right)^2 + 4D_1^2 \left(\frac{W_1}{W}\right)^2} \\ H_2(W) = 1 / \sqrt{\left[1 + \left(\frac{1}{W\tau}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{W_2^2}{W^2}\right)^2\right] \left[1 + \frac{1}{4D_2^2} \left(\frac{W_2^2}{W} - \frac{W}{W_2^2}\right)^2\right]} \\ H_3(W) = 1 / \sqrt{\left(1 - \frac{W^2}{W_3^2}\right)^2 + 4D_3^2 \left(\frac{W}{W_3}\right)^2} \end{cases} \quad (18)$$

相频特性:

$$\gamma(W) = \gamma_1(W) + \gamma_2(W) + \gamma_3(W) + \frac{\pi}{2}$$

$$\gamma_k(W) = \tau g^{-1} \frac{2D_k(W_k/W)}{1 - (W_k/W)^2}, \quad k=1, 3 \quad (19)$$

$$\gamma_2(W) = \tau g^{-1} \left[\left(\frac{1}{W}\right) \frac{P(1 - qW_2^2/W^2)}{(1 - \gamma W_2^2/W^2)(1 - W_2^2/W^2) - SW_2^2/W^2} \right]$$

系统总的静态放大倍数:

$$\bar{V}_0 = S_1 K_2 \beta_{23} S_3 / ADR_L \tau \quad (20)$$

其中 β_{23} 为放大器与记录笔之间的电压耦合系数, 一般情况下 $\beta_{23} \approx 1$ 。

2. 单位脉冲响应

为了求得系统的单位脉冲响应, 可以在 (12) 式中令 $X_g = g(t)$, 相应于 (14) 式中令 $X_g(iW) = 1$, 因此有:

$$y(iW) = \frac{S_1 S_2 K_2 W_3^2}{ACR_L \tau} \frac{(iW)^5}{N(iW)} \quad (21)$$

其中

$$N(iW) = [(iW)^2 + 2D_1 W_1(iW) + W_1^2][(iW) + \frac{1}{\tau}][(iW) + W_2^2] \\ [(iW)^2 + 2D_2 W_2'(iW) + W_2'^2][(iW)^2 + 2D_3 W_3(iW) + W_3^2]$$

可以将 (21) 式分解为和式, 并注意到 (2) 和 (20), 则有:

$$y(iW) = 2D_2 W_2' W_3^2 \bar{V}_0 \sum_{k=1}^8 \frac{C_k}{(iW) - a_k} \quad (22)$$

其中

$$C_k = a_k^5 / N'(a_k)$$

由熟知的傅里叶变换对:

$$H(t) e^{a_k t} \leftrightarrow \frac{1}{(iW) - a_k}, \quad \text{Re}(a_k) > 0$$

对 (22) 式作逆傅里叶变换, 即得到系统的单位脉冲响应:

$$y_o(t) = 2D_2 W_2' W_3^2 \bar{V}_0 \sum_{k=1}^8 \frac{a_k^5}{N'(a_k)} H(t) e^{a_k t} \quad (23)$$

在诸根 a_k 中包含有二对共轭复根。改令:

$$a_1 = -W_1 D_1, \quad a_2 = W_1 \sqrt{1 - D_1^2} \\ a_3 = -1/\tau, \quad a_4 = -W_2' \\ a_5 = -W_2' (D_2 - \sqrt{D_2^2 - 1}), \quad a_6 = -W_2' (D_2 + \sqrt{D_2^2 - 1}), \\ a_7 = -D_3 W_3, \quad a_8 = W_3 \sqrt{D_3^2}$$

并省去单位阶梯函数 $H(t)$, 则 (23) 式可进一步表示为:

$$y_o(t) = 2D_2 W_2' W_3^2 \bar{V}_0 [C_{12} e^{a_1 t} \cos(a_2 t + \phi_{12}) + C_{78} e^{a_7 t} \\ \cos(a_8 t + \phi_{78}) + \sum_{k=3}^6 C_{11k} e^{a_k t}] \quad (24)$$

对于 $t < 0$, $y_o(t) = 0$, 诸系数表示如下:

$$C_{12} = \frac{[a_1(1 - A_1^2)]^{-2} [1 + (A_2^2)^{5/2}]}{\sqrt{[1 + (A_1^{2/8})^2][1 + (\bar{A}_1^{2/8})^2]} \prod_{k=3}^6 [1 + (A_2^{1/k})^2]^{1/2}} \quad (25)$$

$$C_{78} = \frac{[a_7(1 - A_7^2)]^{-2} [1 + (A_8^2)^{5/2}]}{\sqrt{[1 + (A_1^{2/8})^2][1 + (\bar{A}_1^{2/8})^2]} \prod_{k=3}^6 [1 + (A_8^{1/k})^2]^{1/2}} \quad (26)$$

$$C_{11k} = \frac{(A_8^1/a_2)^2}{[1 + (A_2^{1/1})^2][1 + (\bar{A}_2^{1/1})^2] \prod_{k=1}^6 (1 + \delta_{1k} - A_1^k)} \quad (27)$$

$$\phi_{12} = 5 \operatorname{tg}^{-1} A_1^2 - [\operatorname{tg}^{-1}(A_{11}^2) + \operatorname{tg}^{-1}(\bar{A}_{11}^2)] - \sum_{k=3}^6 \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{1}{A_{21k}^2}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (28)$$

$$\phi_{78} = 5 \operatorname{tg}^{-1} A_7^2 - [\operatorname{tg}^{-1}(A_{71}^2) + \operatorname{tg}^{-1}(\bar{A}_{71}^2)] - \sum_{k=3}^9 \operatorname{th}^{-1}\left(\frac{1}{A_{81k}^2}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (29)$$

其中引入表示符号:

$$A_{\mu}^k = a_k / a_{\mu}, \quad A_{\mu}^{ik} = (a_i - a_k) / a_{\mu}$$

$$A_{\mu}^{i1k} = (a_i - a_k) / (a_{\mu} - a_r), \quad \bar{A}_{\mu}^{i1k} = (a_i + a_k) / (a_{\mu} - a_r)$$

δ_{ik} 为克罗内克符号。

3. 典型情况

仪器系统在典型使用情况下具有较好的稳定性与一致性。特别是拾震器与记录笔部分本属一种单自由度的机械振动系统, 性能尤为稳定且容易达到设计要求。放大器部分由于受电子有源器件的影响, 其性能稍有差异。因此, 仪器内凡更换一次放大器插板, 必须重新作一次标定, 以确定系统新的静态放大倍数 $\bar{V}_0$ 。

系统在典型情况下的参数取值:

拾震器部分: $f_1 = 1$ 赫, $D_1 = 0.45$; 记录笔 $f_3 = 20$ 赫, $D_3 = 1/\sqrt{2}$; 放大器部分同前。据此, 算得系统的典型频率响应及单位脉冲响应曲线如图 3、4 和 5 所示。图上的圆点为对仪器系统分段标定的结果。根据需要, 放大器可以采取不同的积分时间常数, 图 5 中的虚线为时间常数 $\tau = 0.22$ 秒时的反应, 为实用起见, 兹给出仪器系统在上述典型情况下 ($\tau = 0.103$ 秒) 的反应表达式:

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{1}{f^2}\right)^2 + \frac{0.81}{f^2}} \sqrt{\left(1 + \frac{2.3876233}{f^2}\right) \left(1 + \frac{1.4625535 \times 10^{-2}}{f^2}\right)}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{2.6872205 \times 10^6} \left(\frac{1.6227956 \times 10^2}{f} + \frac{f}{1.6227956 \times 10^2}\right)}} \sqrt{1 - \left(\frac{f^2}{400}\right)^2 + \frac{f^2}{200}} \quad (30)$$

$$\gamma(f) =$$

$$\operatorname{tg}^{-1} \frac{0.9/f}{1 - 1/f^2} + \operatorname{tg}^{-1} \frac{1}{2\pi f \left[\left(1 - \frac{0.1868704}{f^2}\right) \left(1 - \frac{2.6334656 \times 10^4}{f^2} - \frac{1.4016357 \times 10^6}{f^2}\right) \right]} + \operatorname{tg}^{-1} \frac{28.284271/f}{1 - (20/f)^2} + \pi/2 \quad (31)$$

$$y_8(t) / \bar{V}_0 = 8346.7048 [7.1620879 \times 10^{-4} e^{-0.118274334t} \cos(5.6110639t + 4.2229721) + 2.3575833 \times 10^{-2} e^{-0.058576751t} \cos(88.857695t + 4.8157042) - 2.1101895 \times 10^{-3} e^{-0.17087377t} - 7.9251003 \times 10^{-7} e^{-0.75986838t} + 1.1975757 \times 10^{-5} e^{-1.9669731t} + 3.5807456 \times 10^{-8} e^{-3.28559129t}] \quad (32)$$

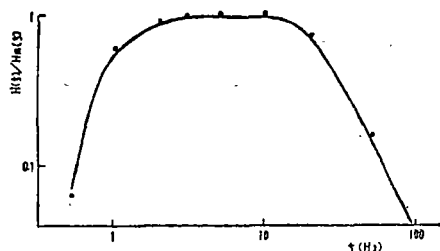


图3 DSL—1型微震仪幅频特性

Fig. 3 Amplitude-frequency response of Model DSL—1 seismograph

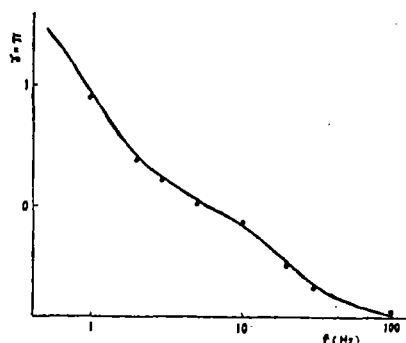


图4 DSL—1型微震仪相位频率特性

Fig. 4 Phase-frequency response of Model DSL—1 seismograph

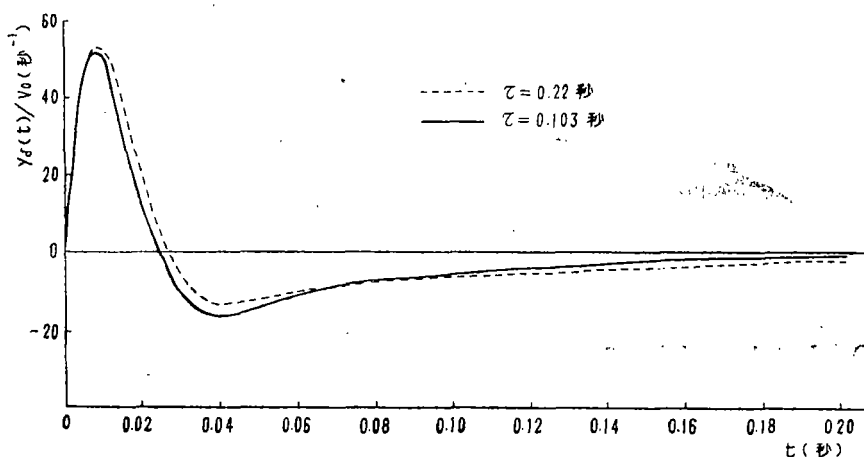


图5 DSL—1型流动仪的单位脉冲响应

Fig. 5 Unit-impulse response of Model DSL—1 seismograph

..... $\tau = 0.22$ 秒 (sec) — $\tau = 0.103$ 秒 (sec)

四、讨 论

本文从地震记录图的“返真”计算以及其它实际要求出发,对DSL—1型短周期流动地震仪系统的动态特性作了详细分析。经实测结果表明,理论分析(包括与之相应的时域响应)反映了系统总的动态特性,为不同的使用目的提供了所要求的计算反应式。实际使用的地震仪种类繁多,性能各异,因此对具体使用的仪器应作具体分析,以提供不同的计算反应式。

对于电子放大微震仪系统,由于其中拾震器与记录笔部分比较典型,性能也比较稳定、一致(特别是动力学特性)。因此,重要的是对放大器部分综合出一个较为合理的传递函数,以尽可能准确地反映放大器的滤波特性。

放大器部分对整个仪器系统的“插入”影响主要有二方面:一是静态放大倍数 $\bar{V}_0$,二是幅频与相频响应 $H(f)$ 与 $\gamma(f)$ 。由于电子器件,特别是晶体管这类有源器件参数一致

性的差异, 随时间的老化或更换新的部件等都会改变它的插入影响。但是, 可以看到, 这种影响将主要是静态的, 而动态特性的影响小得多。由图 5 中的单位脉冲响应曲线(动态) 清楚可见, 即使当放大器的时间常数(或 W_1) 变化一倍时, 其曲线变化也很小, 但此时系统的静态放大倍数 $\bar{V}$ 则相应成倍地改变, 对于放大器的其余二个参数 D_2 、 W_2 , 一般说来受晶体管影响变化是不大的。即使由此带来放大器通频带的某些改变, 对整个系统动态特性的影响同样也将是十分有限的。影响系统静态特性的则主要是放大器各级增益、拾震器与记录笔的灵敏度等, 而它们与系统的动态特性无关。将系统的静态与动态特性分开表示是有意义的, 因为在实际应用中只需要给定一个待定值 $\bar{V}_0$, 其余部分均可按典型参数计算。诚然, 精确测定每个元件的参数, $\bar{V}_0$ 值亦可根据 (20) 式理论算得, 但方便的办法莫过直接标定。公式 (17)、(30)、(31) 和 (32) 正是这样给出的半理论、半实验的表达式。仪器在出厂前或改变新的部件后, 值一经测定, 其余均可按式中给定的数值取用。这样, 不仅满足实际分析的精度要求, 而且亦给计算工作带来很大方便。

本文在完成过程中与李幼铭同志进行了有益的讨论。廖元盛同志参加了部分实测工作, 谨此致谢。

(本文1983年8月1日收到)

参 考 文 献

- [1] 陈运泰等, 巧家、石棉的小震震源参数的测定及其地震危险的估计, 地球物理学报, 19, 3, 1976.
- [2] E.O. Brigham, The Fast Fourier Transform Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
- [3] A.Papoulis, The Fourier integral and its Applications, New York: Mc Graw-Hill, 1962.

A STUDY OF THE DYNAMIC RESPONSE OF MODEL DSL—1 PORTABLE SEISMOGRAPH

Zhou Kesen

(*Seismological Bureau of Guangdong Province*)

Abstract

Model DSL—1 Portable Seismograph is a system of microseismic detection designed for various purposes by which the natural earthquakes, man-made explosions, ground micro-tremors and other engineering vibrations have been recorded in the recent years.

In order to interpret quantitatively seismograms, We have deduced the analytic expressions of dynamic response of the system, and calibrated its frequency-response characteristics as well. It is shown from the given expressions that the computed curves of dynamic characteristics are consistent with the results of calibration.