

时间序列和模态分析的 理论与实践导论

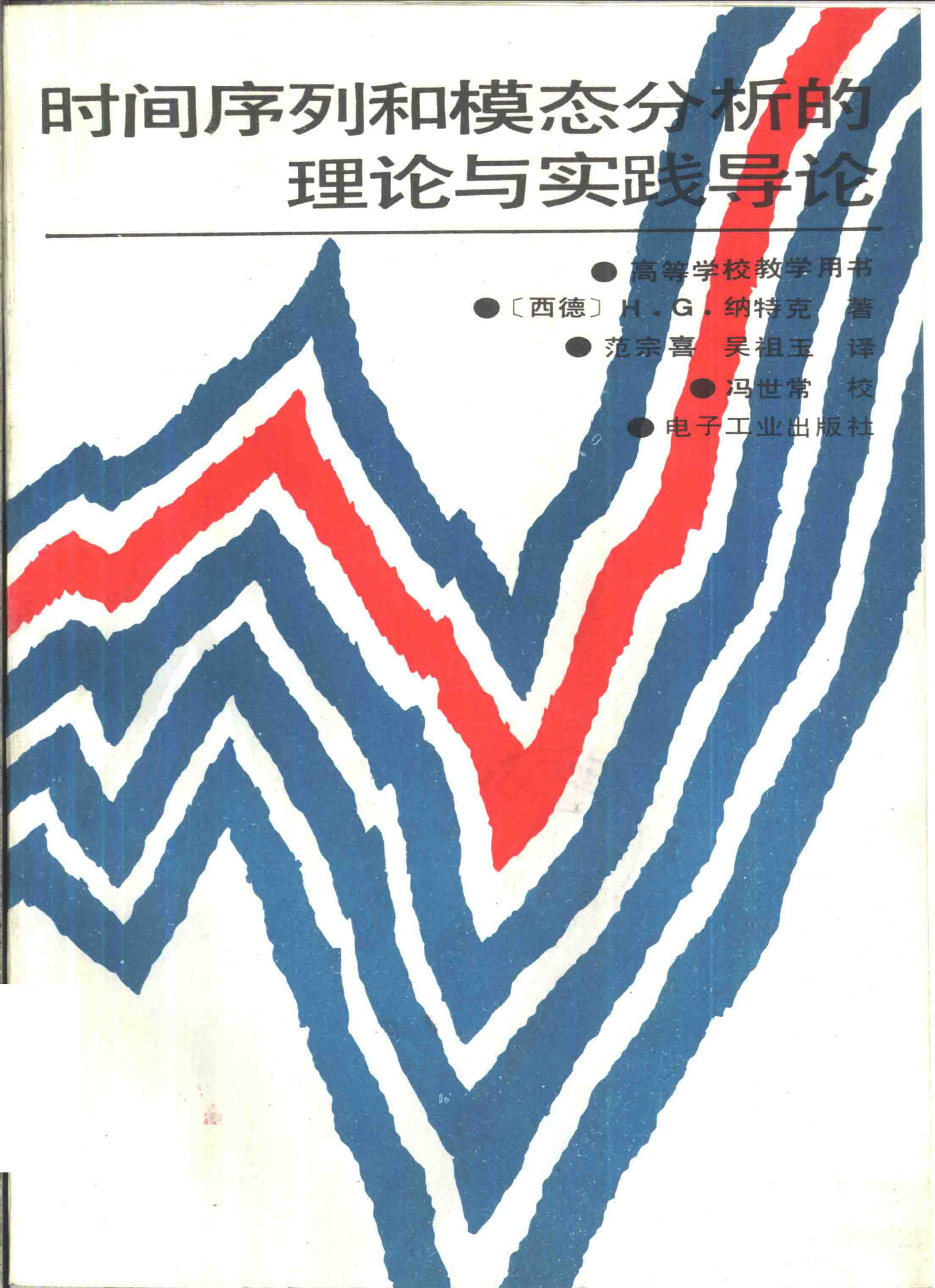
● 高等学校教学用书

● [西德] H. G. 纳特克 著

● 范宗喜 吴祖玉 译

● 冯世常 校

● 电子工业出版社



高等学校教学用书

时间序列和模态分析的 理论与实践导论

弹性机械振动系统的识别

〔西德〕H.G.纳特克 著

范宗喜 吴祖玉 译

冯世常 校

电子工业出版社

前言

关于主题

本书论述能振动的线性时不变离散弹性力学（确定性）系统的实验分析（或称为识别）。假如考虑到任何数值计算（包括测量的数字估计）都自动地包含着离散化并且形象地想象瑞利——里兹（Rayleigh-Ritz）方法，局限于离散系统并不很尖刻。

描述系统的运动坐标是依赖于时间的：时间函数，信号，样本。经过确定的诸时刻采样的信号作为有序集合构成一个序列，即所谓（离散）时间序列。还可推而广之把一个连续时间序列说成是时间函数的同义词。时间序列分析的任务是：通过对它们的适当处理寻求时间序列的统计（依赖于时间的：随机的）特性，而且是在注意到实际存在着的遭受畸变（受到干扰）的样本长度有限的情况下寻求在时域和频域中的统计特性。

模态量是系统的特征振动量，它们对于研究系统的动力学行为具有基本意义。这一称呼提供了简化，例如，以模态矩阵代替系统特征矢量矩阵。模态分析的概念包括模态量的寻求和解释。

关于内容

提供了一个与主题相对应的导论。它从一定的基础出发，发展理论上必不可少的工具，揭示各种联系，从物理上解释所得的结果，并讨论其应用。此外，给出了用于实际运用的设计和最终的切实可行的方法。

一方面基于系统识别的数学模型的内部结构可能是未知的，称之为非参数识别；另一方面描述系统行为的方程的结构可能是已知的，于是把系统识别化为寻求参数：参数识别。所论述的材料划分成几章，除导论（第一章）和基础阐述（第二、三章）外，应用方面包括：第四章的非参数识别，第五章的参数识别以及第六章的应用计算模型的识别（根据试验值校正计算模型）。

本书是根据作者1977年首次单独为德国工程师协会讲授“时间序列与模态分析”所用的讲稿（讲完之后接着就组织了多次深入的评审）以及在汉诺威大学讲课的讲义修订而成的。为了将一本书限制在其范围之内，既要剪裁又要突出重点：这第一个要求主要通过限制于线性时不变单自由度系统和被动多自由度系统来实现，而第二个要求则是通过对模态量的参数识别予以重点论述并限于对加权最小二乘法的实际统计评价来达到。对这里描述的某些课题的处理尚处在通向研究前沿的发展之中。

此外，由于只涉及数字方法，因此从可编程序的小型计算机到具有“分时”功能的过程计算机，从数字付立叶分析器到实时分析器都能应用。

关于预备知识和阐述方式

预备知识是动力学（单自由度与多自由度系统，运动方程，理想化）以及数学（常系数常微分方程，矩阵代数，统计学初步）的基础知识。所处理的论题不仅范围广泛而且难度较高。作者力求达到面向实际的阐述，这就是说，将对于物理理解几乎没有直接贡献的枯燥繁难的数学证明予以压缩而代之以文献提示。积分变换的引入是以注重实效的方式进行直接推断来实现的。经再三考虑并与同行专家讨论之后，放弃了应用分布论，也放弃了群论拓朴及测度论。有些数学基础一般假定已经掌握，也就是作为预备知识，比如函数空

间等等，往往不明确指明而是（默默地）予以承认。只是在数学运算的有效性并非不言而喻的场合，才给出提示，使读者知道通过这些并非非法的运算得到的结果是可靠的。尽管如此，本书的阐述方式在一定程度上还是要求对必要的理论性的数学处理具有接受能力。只有这样才能够认识物理过程，最终导致深入理解，从而能在个别情况下明智而正确无误地应用必要的方法。系统理论性之关系的讨论通过对所存在的纷繁复杂的关系进行抽象和揭露而最终描绘出问题的全貌。

认真研究每章末尾给出的习题使读者能够检查他对已深入研究过的材料的理解，能够清晰地揭露在正文中仅含蓄地提到的论断，并能自己得出某些进一步的论述。为了减轻负担并便于自我检查在附录中给出了答案并在必要时给出解法提示。

在新兴交叉学科材料的统一表述方面的困难导致以不常用的符号 \hat{a} 表示真实值 a 的估计值。从而在振动技术中通常用以表示振幅值的符号 \hat{a} 得以保留下来。以符号 $E[\dots]$ 表示期望值，这样就找到了一条适当的出路。

关于目标和读者对象

在所论述的主题中（当然不仅于此）理论与实践是互相紧密结合的。理论不仅为识别的实践提供基础，而且还为实际工作者在实践和明智地使用理论知识方面提供必要的指导。反之，实践一方面对理论的继续发展提供有价值的刺激，另一方面也对考虑经济观点时的“实际可能性”指出有意义的限制。

本书的读者对象是所有工程技术专业的高年级大学生以及要与复杂构造的动力学研究打交道的研制和实验工程师。给该工作领域中的初学者提供本论题范围内的入门知识，并使他们对本学科有广泛的了解，使实际工作者能更新与此有关的物理和数学基础知识，行家和实际工作者能得到激励从而找到至今仅包含于原著中的为解决个别识别问题的一些新的启迪并由此解决互相关连的后续问题——至少作者有此希望。

致谢

在Curt - Risch 动力学、声学及测量技术研究所，我和同事们以讨论班的形式对手稿进行了精心的研究。在此谨对那些向我提出许多有价值的建议，使我避免了若干不恰当之处以及对一些习题和例题进行了核算的同事们表示感谢。工学博士 N. Cottin 先生和工学博士 H. -P. Felgenhauer 先生应称为同事们的代表，特别是 Cottin 博士，我非常感谢他对手稿进行的校对。我还要感谢我的同行，Hannover 的 S. Spierig 先生，Bochum 的 H. Unbehauen 先生，Karlsruhe 的 W. Wedig 先生和Göttingen 的 E. Breibach 博士先生，他们审阅了部分手稿，使其错误最小化。最后，我衷心感谢我的夫人 Brigitte，她不辞劳苦地多次誉写手稿，并作文字的润色。我对出版社的良好合作及对本书的装帧表示感谢。

汉斯·根特尔·纳特克
1982 年秋于汉诺威

译者序

近二十几年,由于计算机技术、微电子技术、数字信号处理技术、系统论、控制论和信息论的迅速发展,更由于各种机械工程包括飞机、导弹、航天器、船舶、汽车、铁路车辆、电气机械、电子机械、机床、工程机械、农业机械等领域的实际需要,机械振动工程中的动态特性研究和实验模态分析成为十分活跃的领域。凡是涉及机械振动问题的地方,都少不了系统动态特性的测试或进行模态分析。

我们向读者介绍的就是专门讲述这一领域的理论和实践的一本书。这是在西德很有影响的一部关于机械振动系统识别的著作。作者把系统识别理论应用于弹性机械振动系统,详细讨论了系统的非参数识别和参数识别,尤其是间接识别。它们对于任何机械工程结构的动力学设计、动态响应分析、有限元模型优化、结构修改、源识别、振动噪声控制、机械故障诊断等都具有直接的意义和核心的作用。

作者H. G. Natke是西德汉诺威大学结构动力学教授兼 CURT-RISCH 动力学、声学及测量技术研究所所长,国际理论与实验模态分析杂志及国际概率论工程力学杂志编委,在国际上享有一定声誉。本书是他为专业讲习班编写的教材,因此着重系统地阐明基本概念、理论和方法以及实践经验。这种专业讲习班每年都要在汉诺威大学举行。虽然近年来发展了不少新的模态参数识别方法,但作者认为相位共振法和相位分离法仍是被实践证明最成熟的方法,在西德应用很广。本书关于利用试验数据进行计算模型修改及关于灵敏度分析的讨论也很有特色。书中列举了大量的例题和习题,能帮助读者加深理解。

需要说明的是,本书关于时间序列分析的概念是广义的,泛指一切离散化了的时变信号的分析,并不特指 ARMA 等序列模型。我们在翻译中尽量保持德文原著的特点,原书中的一些错误已经改正。书中符号较多,阅读时应注意区分。

本书的出版得到吴沧浦教授、赵家鹏同志的大力支持。全书由冯世常教授校阅,张景绘教授也校阅过部分译稿。在此一并表示感谢!

由于译者水平有限,时间仓促,缺点错误在所难免,诚恳地希望读者批评指正。

范宗喜 吴祖玉

1988.7.22

符号说明

a	常数 参数 (确定性的, 随机的) 加速度值
\hat{a}	(随机) 参数 a 的真值
a_0	参考加速度 $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$
	付里叶系数
	差分方程的系数
a_1	} 差分方程的系数
\vdots	
a_m	
\hat{a}_1	} a 的估计值
\hat{a}_2	
\hat{a}_i	(复数的) 展开系数
\tilde{a}_r	\tilde{A} 的元素
a_j	校正参数
a_k	常数 展开系数
a_{kli}	$H_{kl}(s)$ 的部分分式的系数
a_n	付里叶系数
$a(t)$	加速度
a_v	系数
$a_{B\rho}$	a_B 的分量, 校正参数
$a_{D\rho}$	a_D 的分量, 校正参数
a_{Ki}	a_K 的分量, 校正参数
$a_{M\sigma}$	a_M 的分量, 校正参数
a	a_i 的向量, 参数向量 多维高斯分布的均值向量 随机变量的向量
$a^{(0)}$	a 的近似值
a_i	对于粘性阻尼系统的频谱展开的向量
a_B	关于 B 的校正参数向量
a_D	关于 D 的校正参数向量
a_G	关于 G 的校正参数向量
a_K	关于 K 的校正参数向量
a_M	关于 M 的校正参数向量
A	振幅值, 峰值 面积 积分常数 常数
A_1	振幅值, 峰值

	积分常数
	常数
A_i	积分常数
$A(s)$	$a(t)$ 的拉普拉斯变换
$A(t)$	功
A	多维高斯分布的自协相关矩阵的逆阵 系数矩阵, 参数矩阵 算子 系统矩阵 变换矩阵
A'	算子 A 的 Fréchet 导数
\tilde{A}	对于 A 的正交化方法的结果
A_0	} 主动粘性阻尼系统的运动方程的系统矩阵
A_1	
A_2	
A_a	一般的矩阵特征值问题 $(A_a - \lambda B_a) x_a = 0$ 的矩阵
A_K	矩阵 (缩写)
A_v	非规范化状态方程的 $\dot{x}(t)$ 的系数矩阵
A	状态空间中的矩阵 (缩写)
b	阻尼常数 (粘性阻尼) 参数
b_0	} 差分方程的系数
b_1	
\vdots	
b_m	
b_{gk}	
b_i	广义粘性阻尼 B_g 的元素
\tilde{b}_r	参数
b_n	\tilde{B} 的元素
$b(t)$	付里叶系数
$b_1(t)$	} 加速度信号
$b_2(t)$	
b_{Ei}	
b_v	有比例阻尼的被动粘性阻尼系统的第 i 个自由度的广义阻尼 B_E 的元素
b_B	系数 被动粘性阻尼系统的特征方程的阻尼系数
b	} 代数线性方程组的右向量
b_j	
b_k	
b_{k1}	
b_{k2}	
b_{Bi}	} b_k 的分向量
b_{Di}	
\tilde{b}_I	向量 (缩写)
b_K	\tilde{B} 的第 I 个列向量 向量 (缩写)

B	振幅值, 峰值 信号的带宽 积分常数 常数	\hat{C}_k	付里叶系数 (复数的)
B_0	伯努利梁的弯曲刚度常数	C_n	关于复数基的 n 维向量空间
B_1	振幅值, 峰值 积分常数 常数	$C_{xx}(\tau)$	自协方差函数
B_e	有效带宽 频率分辨力	$C_{xy}(\tau)$	互协方差函数
B_{eff}	有效带宽	C	输出矩阵
B_i	积分常数		关于 x 的自协方差矩阵
$B(s)$	$b(t)$ 的拉普拉斯变换		矩阵 (缩记)
B	被动粘性阻尼系统的阻尼矩阵 被动粘性阻尼系统在状态空间的输入 矩阵 系数矩阵 算子	\tilde{C}	挠度矩阵 (G 的分段逼近)
B'	算子 B 的 Fréchet 导数 阻尼矩阵 B 的未修改部分	C_{ee}	$a-e$ 的协方差矩阵
\tilde{B}	对于 B 的正交化方法的结果	C_{nn}	干扰信号 $n(t)$ 的协方差矩阵
B^a	斜对称回转矩阵	C_α	对于激励频率 Ω_α 的矩阵 C
B_a	一般矩阵特征值问题 $(A_a - \lambda B_a) x_a = 0$ 的矩阵	\tilde{C}_α	对于 C_α 的正交化方法的结果
B_E	与 \hat{U}_0 有关的被动粘性阻尼系统的对角 广义阻尼矩阵	C_β	对于激励频率 Ω_β 的矩阵 C
B_g	与 \hat{U}_0 有关的被动粘性阻尼系统的广义 阻尼矩阵	\tilde{C}_β	对于 C_β 的正交化方法的结果
B_v	非规范化状态方程 $x(t)$ 的系数矩阵	C	状态空间中的矩阵 (缩记)
B_p	阻尼矩阵 B 的子矩阵	d	指标
c	声速 波速	d ₀	振幅值, 峰值
c_i	归一化因子	d _s	位移水平
c_r	矩阵 C 的元素	d(t)	确定性的信号
c_l	纵向波速	d' _{Dr}	与被动结构阻尼系统的 D' 和 \hat{u}_{Dr} 有关的 广义阻尼
c_n	付里叶系数	d _{Drp}	与被动结构阻尼系统的 D_p 和 \hat{u}_{Dr} 有关的 广义阻尼
\hat{c}_n	付里叶系数 (复数的)	d _{Ei}	具有比例阻尼的被动结构阻尼系统的第 i 个自由度的广义阻尼
cov(x)	关于 x 的自协方差矩阵	d	差分向量 $a^{(1)} - a^{(0)}$
cov(x, y)	x, y 的协方差	det(...)	(...) 的行列式
c_t	横向波速	diag(x _i)	具有元素 x_i 的对角矩阵
$c_{xx}(\tau)$	信号 $x(t)$ 的倒谱函数	D	自然的阻尼度
$c_{ F }(\tau)$	频率响应幅度的倒谱函数	D _{Ei}	具有比例阻尼的被动粘性阻尼系统的第 i 个自由度的阻尼度
c_R	瑞利波速	D	被动结构阻尼系统的阻尼矩阵
C_i	积分常数	D'	过渡矩阵
		D _p	阻尼矩阵 D 的未校正部分
		D _v	阻尼矩阵 D 的子矩阵
		D _{v_i}	
		D _{v_{Bi}}	
		D _{v_K}	
		D _{v_M}	
		D _{K_w}	泛函矩阵
		D _{K_λ}	
		D _{M_w}	
		D _{M_λ}	
		D _{M_λ}	

$D_{\beta k}$
 $D_{\beta m}$

e
 e_i } 随机基本事件

$\exp x$ x 的指数函数
 $e^{j\Omega_0 t}$ 函数 $e^{j\Omega_0 t}$ 的对角矩阵
 e 单位向量
 e_j 第 j 个单位向量
 E 弹性模量
 $E\{x\}$ x 的期望值
 $\dot{E}_{db}(t)$ 与粘性阻尼有关的损耗函数
 $E_{kin}(t)$ 动能
 $E_{pot}(t)$ 势能
 $E_{Dk}(t)$ 与结构阻尼有关的损耗函数
 E 矩阵 (缩写)
 f 频率, 单位 Hz
 f_0 无阻尼 (被动) 系统的固有频率
 f_{α} 三分之一倍频程的上限频率, 单位 Hz
 $f_{\alpha i}$ 被动无阻尼系统的第 i 个自由度的固有频率, 单位 Hz
 $f(e_i)$ 实随机变量, 随机基本事件 e_i 的函数
 f_g 界限频率, 单位 Hz
 f_i 频率, 单位 Hz
 f_m 三分之一倍频程的中心频率, 单位 Hz
 $f(t)$ 信号, 时间函数
 f_u 三分之一倍频程的下限频率, 单位 Hz
 $f(x)$ (随机) 变量 x 的函数, (随机) 因变量
 f_A 采样频率, 单位 Hz
 f_{Bi} 被动粘性阻尼系统的第 i 个自由度的固有频率
 f_N 卷积频率, 奈魁斯特频率, 单位 Hz
 $f(\eta)$ 乘以弹簧常数 k 的频率响应, $f(\eta) = k F(\eta)$
 \hat{f} 谐和激励 $f(t)$ 时的振幅向量
 $f(e_i)$ 随机向量, 随机基本事件 e_i 的函数的向量
 $f(t)$ 力向量, 状态空间中的激励向量
 $f_v(t)$ 非规范化状态方程的力向量
 F 频率响应 (函数)
 F_f 整形因子
 $F_f(j\omega)$ 整形滤波器的频率响应
 $F(j\Omega)$ 频率响应函数
 $F_k(j\omega)$ 由第 k 个系统点处的单位力引起的第

F_n k 个系统点的频率响应
 (与 h) 有关的离散付里叶变换
 F_s 峰值因子
 $F(s)$ 传递函数 $H(s)$
 $F_K(j\omega)$ 借助于互功率谱密度计算的频率响应值
 $F_W(j\omega)$ 借助于实功率谱密度计算的频率响应值
 $F^*(j\omega)$ 多自由度系统的频率响应矩阵
 F_{kv} 矩阵 (缩写)
 $F_v(s)$ $f_v(t)$ 的拉普拉斯变换
 $F\{x(t)\}$ 应用于 $x(t)$ 的付里叶变换
 $F^{-1}\{X(j\omega)\}$ 应用于 $X(j\omega)$ 的付里叶反变换
 g 具有与二重简化阻尼度对应的比例阻尼的被动结构阻尼系统的有效阻尼
 g_i 对于被动结构阻尼系统的第 i 个自由度的模态、有效阻尼
 $g_i(t)$ 第 i 个单自由度系统的冲击过渡函数
 $g_{kl}(t, \tau)$ 由在第 l 个系统点处的单位冲击激励引起的在第 k 个系统点处的冲击过渡函数
 $g_{qi}(t)$ 第 i 个广义单自由度系统的冲击过渡函数
 g_r 对角权矩阵的元素
 g_{rs} G 的元素
 $g(t)$ 线性时不变系统的冲击过渡函数, 权函数
 $g(t, \tau)$ 具有 $\delta(t - \tau)$ 的线性系统的冲击过渡函数, 权函数
 $g(t - \tau)$ 具有 $\delta(t - \tau)$ 的线性时不变系统的冲击过渡函数, 权函数
 $g_{xx}(\omega)$ 相对实功率谱密度
 $g[x_K(t)]$ 实现 $x_K(t)$ 的函数
 $g_N(\tau)$ 随机减量函数内部的脉冲响应
 G 剪切模量
 G 函数 $g[x_K(t)]$ 的集合
 G_0 常数
 G_{bp} 带通激励的功率谱密度
 G_{η}^v 与挠度矩阵有关的部分和
 $G_{xx}(\omega)$ 单边实功率谱密度
 $G_{xy}(\omega)$ 单边互功率谱密度
 G_{xy} 相干功率谱密度
 G 挠度矩阵
 G 权矩阵, 评价矩阵

G'	刚度矩阵 G 的未校正部分	$\text{Im } x$	x 的虚部
G_0	关于 e^{-a} 的权矩阵	x^{Im}	
G_{0l}	特殊刚度矩阵	I	单位矩阵
G_r		j	虚数单位 $\sqrt{-1}$
G_1	刚度矩阵 G 的子矩阵	j'	指标
G_s	G 的变换矩阵	J	指标
$G(t, \tau)$	线性多自由度系统的权函数的矩阵		自然数
$G(t - \tau)$	线性时不变多自由度系统的权函数的矩阵		目标函数, 损失函数
G_v	关于 v 的权矩阵	J_1	关于误差平方的 {和 时间积分
G_w	$G_v^T G_v$ 的权矩阵	J_2	关于误差模的 {和 时间积分
G_{wr}	权矩阵 G_w 的部分矩阵	J_3	关于加权误差平方的 {和 时间积分
G_{wr}^i		J_4	关于加权误差模的 {和 时间积分
G_{wr}^{ii}		J_k	
G^{zx}	伯努利梁对于弯曲 (z) 和扭转 (α) 的刚度矩阵	$J(a)$	目标函数, 损失函数
$G^{\alpha z}$		$J(v)$	
$G^{\alpha\alpha}$		k	弹簧常数
G_M	马尔科夫估计的权矩阵		指标
G_{RR}	关于主要的 (W) 和其余的 (R) 自由度的部分刚度矩阵		归一化因子
G_{RW}		k_{pi}	第 i 个自由度的广义刚度, K_s 的元素
G_{WR}		k'_{or}	关于 K' 和 \hat{u}_{or} 的广义刚度
G_{WW}		k_i	弹簧常数
G	几何矩阵	k_k	K 的元素
h	采样时间, 时间步长	k_B	被动粘性阻尼系统的特征方程的刚度系数
$h_d(\tau)$	随机减量函数内部的阶跃响应 (期望值)	k'_{Dr}	关于被动结构阻尼系统的 K' 和 \hat{u}_{Dr} 的广义刚度
$h(t)$	线性时不变系统的阶跃过渡函数	k_{Dri}	关于被动结构阻尼系统的 K_i 和 \hat{u}_{Dr} 的广义刚度
$h_N(\tau)$	随机减量函数内部的阶跃响应		
h	时间步长的向量	k_0	参数向量
$H(f)$	滤波器频率响应	k_p	
H_i	第 i 个单自由度系统的传递函数	K	常数
H_k	$H = H(s)$ 的元素, 由系统点 k 处的单位激励引起的在系统点 i 处的传递函数	K_1	
$H_k(s)$		K_s	常数
$H(s)$	传递函数	K	刚度矩阵
$H(z)$	z 域中的传递函数	K'	刚度矩阵 K 的未校正部分
H	多自由度系统的传递函数	K^s	循环矩阵 (斜对称)
$H(s)$		K_c	动力学凝缩刚度矩阵
$H_i(s)$	$H(s)$ 的第 i 个列向量	K_e	关于 \hat{U}_0 的广义刚度矩阵
i	指标	K_i	刚度矩阵 K 的子矩阵
$i(t)$	脉冲梳	K_s	参考元素的弹性夹持的刚度矩阵
I	自然数		

	\mathbf{K} 的变换刚度矩阵	$m(t)$	干扰信号
\mathbf{K}_G	近似的动力学凝缩刚度矩阵	m_B	被动粘性阻尼系统的特征方程的惯性系数
\mathbf{K}_{System}	系统刚度矩阵	m_{Di}^b	关于被动结构阻尼系统的 \hat{u}_{Di}^b 的广义质量
\mathbf{K}_{RR}	关于主要的 (W) 和其余的 (R) 自由度的部分刚度矩阵	m_{Dro}	关于被动结构阻尼系统的 M_σ 和 \hat{u}_{Dr} 的广义质量
\mathbf{K}_{RW}			
\mathbf{K}_{WR}			
\mathbf{K}_{WW}			
\mathbf{K}_r	矩阵 (缩写)	m	随机干扰的向量
l	梁长	M	自然数, 模型符号
	指标	M^{-1}	逆模型符号
l_{1i}	L_1 的列向量	M_1	部分模型的符号
l_{2i}	L_2 的列向量	M_2	
L	近似动力学凝缩的指标 (上标)	M_2^{-1}	逆部分模型的符号
	实数	M	惯性矩阵
L_a	加速度级	M'	惯性矩阵 M 的未校正部分
L_k	相干输出功率谱密度	M_c	动力学凝缩惯性矩阵
$L_{\bar{u}}$	$\bar{u}(t)$ 的平均总功率	M_g	关于 \hat{U}_0 的广义质量矩阵
L_v	速度级	M_D	关于被动结构阻尼系统的 \hat{U}_D 的广义质量矩阵
L_x	振幅级	M_G	近似的动力学凝缩惯性矩阵
L	矩阵 (缩写)	M_{RR}	关于主要的 (W) 和其余的 (R) 自由度的惯性矩阵
	下三角矩阵	M_{RW}	
L_{11}	L 的分块矩阵	M_{WR}	
L_{21}		M_{WW}	
L_{22}		M_σ	惯性矩阵 M 的子矩阵
$L_{pp}(\omega)$	$S_{pp}(\omega)$ 的 Cholesky 分解的下三角矩阵	M_{RW}	矩阵 (缩写)
$L_T(s)$	行向量 (缩写)	M_{WR}	
$L_{uu}(\omega)$	$S_{uu}(\omega)$ 的 Cholesky 分解的下三角矩阵	n	自然数, 自由度的数目
$L\{x(t)\}$	应用于 $x(t)$ 的拉普拉斯变换	n'	自然数
$L^{-1}\{X(s)\}$	应用于 $X(s)$ 的拉普拉斯反变换	n_{eff}	有效自由度的数目
$L_{n,n}$	正定矩阵空间	$n(t)$	干扰信号
$L'_{n,n}$	对称矩阵空间	n	干扰向量
L	矩阵 (缩写)	N	自然数, 采样值的数目
L_1			$n(t)$ 的付里叶变换
L_2			
m	指标	N'	自然数
	质量	$N(j\omega)$	$n(t)$ 的付里叶变换
	干扰信号	$N(s_p)$	与 $s = s_p$ 有关并在 $s = s_p$ 处取得的 $Q(s)$
m_{gi}	第 i 个自由度的广义质量, M_g 的元素	N_T	长度为 T_T 的区间 $[0, T]$ 的分区间的数目
m'_{gi}	关于 M' 和 \hat{u}_{Gi} 的广义质量	N	频域中的干扰信号矩阵
m_i	质量	iN	对角矩阵 (缩写)
m_{ik}	M 的元素	0	自然数的集合
			零矩阵, 零向量

P 力, 输入量
 P_0 在 $t=0$ 处的 $p(t)$
 振幅值, 峰值 (实数的)
 \hat{P} 振幅值, 峰值
 P_i
 $P_i(t)$ } 力, 输入量, p 的元素
 $p(t)$ 力 (信号), 输入量, 激励函数
 $P_p(t)$ 周期性的激励函数
 $P_x(u)$ 分布密度函数, x 的概率密度
 $P_x(u)$ 联合分布密度函数
 $P_x(u, t_j)$ } 随机过程 $\{x(t)\}$ 在时刻 $t = t_j$ 的
 $P_x(t_j)(u, t_j)$ } 分布密度函数
 \hat{P}_{K_i} 第 i 阶固有振型的与 $e^{k_i \omega_i t}$ 有关的弹性恢复力向量
 P 力向量, 激励向量
 \hat{P} 力振幅向量
 P_0 力振幅向量 (实数的)
 $P_{\hat{a}}^N$ K_i 重激励向量 $P_{\hat{a}}$
 $P_a(t)$ 力向量, 外部负载的向量
 $P_d(t)$ 粘性阻尼力的向量
 $P_{\text{ext}}(t)$ 复数的代替力向量
 $P_s(t)$ 参考元素的弹性夹持中的弹性恢复力的向量
 $p(t)$ 力向量, 激励向量
 $P_D(t)$ 结构阻尼力的向量
 \hat{P}_{M_i} 第 i 阶固有振型的与 $e^{k_i \omega_i t}$ 有关的惯性力向量
 p_p 激励向量
 P_i P 的元素
 $P(j\omega)$ $P(t)$ 的付里叶变换
 P_{kr} $P_r(s)$ 的元素
 $P_f(j\omega)$ $p_f(t)$ 的付里叶变换
 $P_p(j\omega)$ $P_D(t)$ 的付里叶变换
 $P_r(\Lambda_{D_i})$ 多项式缩写
 $P(s)$ $p(t)$ 的拉普拉斯变换
 $P_r(s)$ $P(s)$ 的元素
 $P_x(u)$ 出现 $x < u$ 的概率, x 的分布函数
 $P_x(u)$ n 维分布函数, 联合分布函数
 $P_E(j\omega)$ 例 4.4 中代替力的付里叶变换
 $P_T(s)$ $p(t)$ 的有限拉普拉斯变换
 P 力向量
 P_0 激励向量的矩阵

$P_j(s)$ s 域中的力向量
 $P(j\omega)$ $p(t)$ 的付里叶变换
 $P(s)$ $p(t)$ 或 $f(t)$ 的拉普拉斯变换
 $P_R(s)$ s 域中根据其余坐标的外部力的向量
 $P_W(s)$ s 域中根据主要坐标的外部力的向量
 \hat{Q}_i \hat{Q} 的分量
 $q_i(t)$ 广义坐标
 $q(t)$ 粘性阻尼单自由度系统的位移坐标
 \hat{Q}_{D_i} \hat{Q}_D 的分量
 \hat{Q} 振幅向量
 \hat{Q}_0 广义坐标的向量
 $q(t)$ } 广义坐标的向量
 $q_x(t)$ } 广义坐标的振幅向量
 \hat{Q}_D 符合其余坐标的广义坐标向量
 Q_R 符合主要坐标的广义坐标向量
 Q_W 符合主要坐标的广义坐标向量
 $Q(s)$ $H_k(s)$ 的部分分式的分母多项式
 $Q(s)$ $q(t)$ 的拉普拉斯变换
 \hat{Q}_1 } 被动粘性阻尼系统的部分模态矩阵
 \hat{Q}_2 }
 $Q_x(s)$ $q_x(t)$ 的拉普拉斯变换
 Q 状态空间中的矩阵 (缩写)
 r 指标
 r 半径
 r 干扰信号
 $r_1(t)$ } 缩写
 $r_2(t)$ }
 $r_1(\tau)$ } 互相关函数 (缩写)
 $r_2(\tau)$ }
 r_x 确定性关系
 $r(t)$ 干扰信号
 r_{vi} R_v 的元素
 r_x 数值积分的误差
 r_x^L $X(s) = hX^L(s) + r_x^L$ 的数值积分的误差
 $r_N(\tau)$ 随机减量函数内部的随机部分
 R 衰减因子
 R 自然数
 $R(s)$ $r(t)$ 的拉普拉斯变换
 $Re x$ } x 的实部
 x^{re} }
 $R_{xx}(k, \tau)$ 个别的自相关函数
 $R_{xx}(\tau)$ 一个各态历过程的自相关函数
 $R_{xy}(\tau)$ 二个各态历过程的互相关函数
 R_n 关于实数体的 n 维向量空间
 R 上三角矩阵 (Cholesky 分解)

R_{11}	} R 的分块矩阵	S_{RR}	} 关于主要的 (W) 和其余的 (R) 座标的动力学刚度矩阵的部分矩阵
R_{12}		S_{RW}	
R_{22}		S_{WR}	
$R(a)$	Hesse 矩阵	S_{WW}	
R	关于 \hat{U} 的被动无阻尼系统的对角广义动力学刚度矩阵	S_k	算子
R	状态空间中的矩阵 (缩写)	S'_k	S_k 的 Fréchet 导数
s	拉普拉斯变量	t	时间变量
s_i	被动粘性阻尼系统的特征值 s 的值	t'	} 时间变量
$\sin \Omega_0 t$	具有元素 $\sin \omega_0 t$ 的对角矩阵	t''	
$s(\eta)$	轨迹曲线的弧形长度	t_0	固定的时间值
S	自然数	t'_i	积分变量
S_0	常数	t_j	} 时间插值点, 时间值
S_1	} 分系统的符号	t_k	
S_2		t_{si}	
S_3		t_B	固定的时间值
S_4		t_φ	相移时间
$S_1(\omega)$	} 功率谱密度	T	周期
$S_x(\omega)$		T'	} 信号持续时间
$S_{p_k u_i p_l}(\omega)$	条件互功率谱密度	T^*	
$S_{xx}(\omega)$	实功率谱密度	T_M	周期
$S_{xx}(\omega, T)$	周期图, 对于实功率谱密度的近似	T_p	周期
$S_{x_i x_k \cdot x_1 x_2}(\omega)$	条件互功率谱密度	T_S	振荡持续时间
$S_{xy}(\omega)$	互功率谱密度	T_T	[0, T] 的一个分区间的区间长度
$S_{xy}(\omega, T)$	周期图, 对于互功率谱密度的近似	1	算子
$S_{xy}(\omega, T, k)$	有限各别互功率谱密度	$T^{(L)}$	变换矩阵
$S_{BP}(\omega)$	带通激励的功率谱密度	T_D	T_D 的近似变换矩阵
S	动力学刚度矩阵	T_s	变换矩阵
S_c	动力学凝缩的动力学刚度矩阵	T_D	动力学凝缩的变换矩阵
$S_c^{(L)}$	近似的动力学凝缩的动力学刚度矩阵	u	响应, 输出量
$S_{pp}(\omega)$	过程 $\{p(t)\}$ 的功率谱密度的矩阵		积分变量
$S_{pu}(\omega)$	过程 $\{p(t)\}$ 和 $\{u(t)\}$ 的功率谱密度的矩阵	u	参数
$S(s)$	s 域中动力学刚度矩阵, $= H^{-1}(s)$	\hat{u}	振幅值, 峰值
$S_{u,pp}(\omega)$	功率谱密度的增广矩阵 (4.130)	u_0	当 $t=0$ 时 $u(t)$ 的值
$S_{x \cdot x}$	经变换的功率谱密度矩阵	u_{0+0}	u_0 的右极限值
S_D	关于被动结构阻尼系统的特征向量的 (复数的) 广义刚度矩阵	u_{0-0}	u_0 的左极限值
		$u_0(t)$	位移 d_s 的时间信号, $u_d(t) = u(t) - d_s$
		$\hat{u}_{0K,i}$	特征向量 \hat{u}_{0K} 的第 i 个分量
		$u_g(t)$	时间函数
		$u_h(t)$	齐次运动方程的解
		u_{h0}	在 $t=0$ 处的 $u_h(t)$
		u_i	响应, 输出量
			u 的元素

参数 (实数内)

\hat{u}_i 振幅值, 峰值

\tilde{u}_i 对于 u_i 的近似

$u_k(t)$ 在第 k 个系统点处的响应

$u_{kf}(t)$ 由在第 l 个系统点处的激励引起的在第 k 个系统点处的响应

$u(r, t)$ 球面波的位移函数

$u(t)$ 响应, 输出量

$\hat{u}_{B2s+k, \nu}$ \hat{u}_{B2s+k} 的第 ν 个分量

$u^M(t)$ 测得的输出量

u 响应向量

参数向量

\hat{u} 振幅向量

\hat{u}_0 } 被动无阻尼系统的特征向量

\hat{u}_{0i} }

\hat{u}_{0i}^N }

\hat{u}_{0i}^{N1} }

\hat{u}_{0i}^{N2} }

\hat{u}_c 对一个确定激励的响应向量

$u_{\text{era}}(t)$ 复数的代替响应向量

u_j 对于 $u(t_j)$ 的缩写

$u_j(\Delta t)$ 对于 $u(t_j + \Delta t)$ 的缩写

$u_j(2 \Delta t)$ 对于 $u(t_j + 2 \Delta t)$ 的缩写

$u(t)$ 响应向量

\hat{u}_v }

\hat{u}_{vi} }

\hat{u}_B }

\hat{u}_{B1} }

\hat{u}_{B1}^N 处于确定归一化的被动粘性阻尼系统的特征向量

\hat{u}_D }

\hat{u}_{Di} }

u_{Di}^b }

\hat{u}_{Di}^c }

\hat{u}_{Di}^N }

u^M $u^M(t_k)$ 中的列向量

\hat{u}_{Rech} 综合响应向量

\hat{u}_R 符合次要座标的特征向量

$\hat{u}_R^{(L)}$ 符合次要座标的近似特征向量

\hat{u}_W 符合主要座标的特征向量

$\hat{u}_W^{(L)}$ 符合主要座标的近似特征向量

$U_0(j\omega)$ 例 4.4 中的付里叶变换的缩写

U_i U 的元素

$U(j\omega)$ $u(t)$ 的付里叶变换, 频域中的响应向量

$U_k(j\omega)$ $u_k(t)$ 的付里叶变换

$U(s)$ $u(t)$ 的拉普拉斯变换

U_F 频率离散信号

$U_F(j\omega)$ 自由振动的付里叶变换

$U_T(s)$ 有限拉普拉斯变换

U 响应向量 $u(t_j)$ 的矩阵

\hat{U} 振幅响应矩阵

\hat{U}_0 被动无阻尼系统的模态矩阵

\hat{U}_0^N 特征向量 \hat{u}_{0i}^N 的模态矩阵

\hat{U}_v 特征向量 \hat{u}_{vi} 的矩阵

\hat{U}_B 被动粘性阻尼系统的模态矩阵

主动粘性阻尼系统的右向量矩阵

\hat{U}_{B1} }

\hat{U}_{B2} }

\hat{U}_D 被动结构阻尼系统的模态矩阵

U_D^N 特征向量 \hat{u}_{Di}^N 的模态矩阵

$U_R(s)$ s 域中其余座标的向量

$U_R^{(L)}$ 向量 $U_R(s)$ 的近似

$U_W(s)$ s 域中主要座标的向量

$U_W^{(L)}$ 向量 $U_W(s)$ 的近似

\hat{U}_α 对 Ω_α 响应向量的矩阵

\hat{U}_β 对 Ω_β 响应向量的矩阵

$U_{\Delta t}$ 具有 $u_j(\Delta t)$ 的矩阵

$U_{2\Delta t}$ 具有 $u_j(2 \Delta t)$ 的矩阵

v 积分变量

参数

v_0 参考速度 $5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ (DIN 45630)

初始速度

$v_1(t)$ }

$v_2(t)$ }

$\text{var}(x)$ x 的变量

v_s 速度值

$v(t)$ 速度, 振动速度

快速

误差函数

v 误差向量

v_i 误差向量, 残差向量

v_B }

v_{Bi} }

误差向量, 残差向量

主动粘性阻尼系统的左特征向量

v_{Di} }

v_ρ }

误差向量, 残差向量

$V(j\omega)$	$v(t)$ 的付里叶变换 频域中的误差	\tilde{x}	x 的近似, 受干扰的 x
V_k	对于 $V(s_k)$ 的缩写	x^*	x 的共轭复数值
$V(s)$	$v(t)$ 的拉普拉斯变换 s 域中的误差	$ x $	x 的绝对值
$V(\Omega)$	变形 (放大) 函数	$\ x\ $	x 的范数
V	误差矩阵	\hat{x}	振幅值, 峰值
$V_{k\nu}$	误差向量	x^K	被修改的计算模型的量 x
\hat{V}_B	左特征向量 v_{Bi} 的矩阵	x^M	测得的量 x
$w_i(t)$	评价函数, 时间窗	x_0	振幅值, 峰值 参考位移 $0,8 \cdot 10^{-11} m$ 当 $t=0$ 时 $x(t)$ 的值
w_{kr}	W 的元素	$x_1(t)$	} 信号, 时间函数
$w(r-ct)$	球面波的位移函数	$x_2(t)$	
$w(t)$	评价函数, 时间窗	$x_d(t)$	断续信号, 一个理想采样的描述
$w(x, t)$	梁位移的垂直坐标	$x(e_i)$	(实数的) 随机变量
$w_T(t)$	评价函数, 时间窗	x_{eff}	$x(t)$ 的有效值
w	特征向量	$x_g(t)$	偶时间函数
$w_s(t)$	在与物体固定的坐标系平行的空间固定的坐标系中参考元素的位移向量	x_i	对于 $x(t_i)$ 的缩写, 时间离散信号 复数 (实数的) 变量
$w(t)$	在空间固定的坐标系中的位移向量	\hat{x}_i	脉冲序列的值 振幅值, 峰值, \hat{x} 的元素
w_p	W 的列向量	x_{ir}	缩写
$W_i(f)$	作为 f 的函数的 $w_i(t)$ 的付里叶变换	$x_i(t)$	样本函数, 实现
$W_i(j\omega)$	$w_i(t)$ 的付里叶变换	x_m	$x(t)$ 的幅值信号的代数均值
$W(j\omega)$	$w(t)$ 的付里叶变换	x_{max}	$ x(t) $ 的极大值
W_n	离散付里叶变换的分序列的元素 (缩写)	$x_p(t)$	周期性的时间函数
W_t	t 的值域	$x_q(t)$	量化的时间连续信号
$W_T(j\omega)$	$w_T(t)$ 的付里叶变换	$x_q(t_k)$	量化的时间离散信号
$W\{a \leq x < b\}$	区间概率	x_s	界限值
$W\{x(e) < u\}$	出现 $x < u$ 的概率	x_{sp}	峰值
$W\{x_i < u_i, i = 1, 2, \dots, n\}$	联合分布函数	$x_{sp/sp}$	二倍峰值
W	矩阵 (缩写) 辅助变量的矩阵	$x(t)$	信号, 时间函数 (确定性的) 依赖参数 t 的随机变量
W_{11}	} 矩阵 (缩写)	$x(t_k)$	在 $t = t_k$ 处的 $x(t)$
W_{12}		$x_u(t)$	奇时间函数
W_M	辅助变量的优化矩阵	x_D	时间离散和值离散信号
x	随机变量 x_i 的样品 变量	$x_K(t)$	样本函数, 实现, 随机过程的样本 调幅信号
$x \cap x(a)$	x 不是 a 的函数	$x_M(t)$	差拍的包络
\bar{x}	$x(t)$ 的均值	$x_S(t)$	具有时限 T 的信号
		$x_T(t)$	负载信号
		x	特殊的矩阵特征值问题的特征向量 随机变量向量 状态向量

\hat{x}	振幅向量		标准化的正态分布的随机变量
$\left. \begin{matrix} x_0 \\ x_{0i} \end{matrix} \right\}$	经变换的特征向量 \hat{u}_0	$\left. \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \end{matrix} \right\}$	来自环境的干扰信号
x_a	一般矩阵特征值问题的特征向量	$z_k(t)$	信号
$x(e_i)$	随机变量向量	z_l	对于 x_{2l+1} 的缩写
$x(t)$	状态向量	z	经变换的特征向量 x_a
$\left. \begin{matrix} \hat{x}_v \\ \hat{x}_{vi} \end{matrix} \right\}$	振幅状态向量	z_{ri}	向量 (缩写)
$x^M(t)$	测得的状态向量	Z_n	分序列 W_n 内部的缩写
$X_b(f)$	带限信号 $x(t)$ 的付里叶变换	Z	矩阵 (缩写)
$X_{bp}(f)$	$X_b(f)$ 的周期性延拓	Z_{11}	
$X_d(j\omega)$	$x_d(t)$ 的付里叶变换	Z_{12}	
$X_g(j\omega)$	$x_g(t)$ 的付里叶变换	$Z\{x_k\}$	应用于 x_k 的 z 变换
X_i	X 的元素	$Z^{-1}\{X(z)\}$	应用于 $X(z)$ 的 z 反变换
$X(j\omega)$	$x(t)$ 的付里叶变换	α	粘性阻尼系统的有效阻尼 ($\alpha = D$), 阻尼度常数 (> 0)
$X(j\omega, T)$	$x(t), x_T(t)$ 的有限付里叶变换		相角
$X(s)$	$x(t)$ 的拉普拉斯变换	α_i	被动粘性阻尼系统的第 i 个自由度的 阻尼度
$X_u(j\omega)$	$x_u(t)$ 的付里叶变换	α_{ri}	缩写
$X(z)$	$x(t)$ 的 z 变换	$\alpha_{rk}^{(0)}$	按照向量 u_{ok} 对于 ξ_{ri} 的展开因子
$X_L(s)$	(与 h) 有关的近似 (由于使用矩形 法则进行数值积分引起的) 拉普拉斯 变换	$\hat{\alpha}_N(x)$	估计函数
$X_T(j\omega)$	$x(t), x_T(t)$ 的有限付里叶变换	α	系统量向量
$X_s(j\omega)$	对于 $F(1(t))$ 的缩写	α_0	计算模型的系统量向量
X	矩阵 (缩写)	β	与初始条件有关系的缩写 常数
	频域中的状态向量	$\beta_{rk}^{(0)}$	按照向量 \hat{u}_{ok} 对于 η_{ri} 的展开因子
X_0	向量 \hat{x}_{0i} 的矩阵	β	参数向量
$X(s)$	$x(t)$ 的拉普拉斯变换	β_0	计算模型的参数向量
\hat{X}_v	向量 \hat{x}_{vi} 的矩阵	γ	与初始条件有关系的缩写
y	响应, 输出量		指标
	随机变量 y_i 的样品		斜的
	状态变量	γ_i	被动结构阻尼系统的有效阻尼, $\Lambda_{Di}^m / \Lambda_{Di}^r$
\hat{y}	振幅值, 峰值		hg_k 的缩写
y_i	响应, 输出量	γ_k	hg_k 的缩写
	复数	$\gamma_{xy}^2(\omega)$	相干函数
$y(t)$	信号, 时间函数, 测量量	$\gamma_{\xi, p}^2(\omega)$	多重相干函数
$y(t)$	测量量向量		
Y_n	离散付里叶变换的分序列的元素 (缩 写)	$\gamma_{x_\alpha x_\beta \cdot x_1}^2(\omega)$	1 阶偏相干函数
Y	频域中的响应矩阵		
$Y(s)$	$y(t)$ 的拉普拉斯变换	$\gamma_{x_i x_k \cdot x_1 x_2}^2(\omega)$	2 阶偏相干函数
	s 域中的响应矩阵		
z	z 变换的自变量		
	随机变量		

γ	具有分量 γ_k 的向量		
Γ	常数	$\Delta\hat{\Phi}(\omega)$	率的差
$\Gamma(i)$	参数值, 常数	ϵ	被估计的相位频率响应的误差
Γ	矩阵, 对于 $B^{-1}A$ 的缩写	ϵ_0	正实数
$\tilde{\Gamma}$	最小二乘法对于 Γ 的结果	$\left. \begin{matrix} \epsilon_0 \\ \epsilon_i^{\dagger} \end{matrix} \right\}$	例 2.10 中的缩写
Γ_r	Γ 的列向量	ϵ_i	斜度角
$\tilde{\Gamma}_r$	$\tilde{\Gamma}$ 的列向量	ϵ_{kr}	残差
δ	衰减常数	ϵ	动态响应的以 n_{eff} 截断的谱展开的误差向量
$\delta(f)$	频域中的狄拉克函数, $\delta(f) = 2\pi\delta(j\omega)$		
δ_i	衰减常数		
$\delta_{\mathbf{k}}$	Kronecker 符号	$\epsilon_{\mathbf{r}}$	$\left. \begin{matrix} \epsilon_{\mathbf{r}} \\ \tilde{\epsilon}_{\mathbf{r}} \\ \epsilon_{\text{pr}} \\ \epsilon_{\mathbf{r}} \\ \epsilon_{\text{Dr}} \end{matrix} \right\}$ 残差向量
$\delta(j\omega)$	频域中的狄拉克函数	$\tilde{\epsilon}_{\mathbf{r}}$	
$\delta(t)$	单位冲击, 狄拉克函数	ϵ_{pr}	
δA	虚功	$\epsilon_{\mathbf{r}}$	
$\delta_{B_{s+k}}$	被动粘性阻尼系统的第 $(s+k)$ 个自由度的衰减常数	ϵ_{Dr}	
δ_{Ei}	具有比例阻尼的被动粘性阻尼系统的第 i 个自由度的衰减常数	ξ_i	缩写
δ_F	相对频率响应误差	$\xi_{\text{r}\sigma}$	导数向量 $\partial\hat{u}_{\text{Or}}/\partial a_{M\sigma}$
δE_{pot}	虚势能	$\xi_{B\text{r}\sigma}$	导数向量 $\partial\hat{u}_{B\text{r}}/\partial a_{M\sigma}$
δ	增量向量	$\xi_{D\text{r}\sigma}$	导数向量 $\partial\hat{u}_{D\text{r}}/\partial a_{M\sigma}$
$\delta u(t)$	虚位移向量	η	两个估计的效率
$\delta w_s(t)$	$w_s(t)$ 的虚位移		频率比 Ω/ω_0 , 调谐, 相对激励频率
$\delta_{\Delta}(t)$	矩形冲击函数	η_0	相对固有频率 $\omega_0, \eta_0 = 1$
$\left. \begin{matrix} \Delta f \\ \Delta f' \end{matrix} \right\}$	频率步长	$\left. \begin{matrix} \eta_a \\ \eta_b \end{matrix} \right\}$	频率响应实部的相对极值横坐标
$\Delta g(t)$	权函数的误差	η_i	缩写
$\Delta k_{g,i,k}$	ΔK_g 的元素	$\eta_{\text{im R}}$	频率响应虚部的相对极值横坐标
$\Delta m_{g,i,k}$	ΔM_g 的元素	η_D	阻尼系统的相对固有频率
$\Delta(p_0, \Omega)$	指示器函数	$\eta_N(\tau)$	随机减量函数
$\Delta F(j\omega)$	频率响应误差	η_R	振幅谐振的相对频率
ΔK_g	关于 \hat{u}_{0i} 的广义附加矩阵 ΔK	η_{ri}	导数向量 $\partial\hat{u}_{\text{Or}}/\partial a_{Bi}$
ΔM_g	关于 \hat{u}_{0i} 的广义附加矩阵 ΔM	$\eta_{B\text{r}\rho}$	导数向量 $\partial\hat{u}_{B\text{r}}/\partial a_{B\rho}$
$\Delta P(j\omega)$	$\Delta p(t)$ 的付里叶变换	ϑ	对数减量
$\Delta p(t)$	$\tilde{p}(t)$ 的误差	Θ	角函数的自变量, 平滑法则
Δt	时间步长	ι	指标
Δu	参数步长	κ	指标
Δu_i	分响应	κ_{Or}	λ_{Or} 的倒数
$\Delta u(t)$	$\tilde{u}(t)$ 的误差	λ	特征值
$\Delta R_{p\tilde{u}}(\tau)$	$R_{p\tilde{u}}(\tau)$ 的误差	λ_0	无阻尼系统的特征值
$\Delta U(j\omega)$	$\Delta u(t)$ 的付里叶变换		波数
$\Delta \tau$	时间步长	λ_{0i}	被动无阻尼系统的第 i 个自由度的特征值
$\Delta \omega_n$	一个付里叶级数的项的两个相邻角频	$\lambda_{\text{OR},k}$	被动无阻尼系统符合第 k 个其余自由度的特征值

λ_B	粘性阻尼系统的特征值	φ_k	随机变量 φ_k 的样品
λ_{Bi}	粘性阻尼系统的第 1 个自由度的特征值	φ_n	付里叶级数的第 n 个谐波的初始相位角
λ_D	被动结构阻尼系统的特征值 Λ_D 的平方根	$\varphi_{B2s+k, \nu}$	\hat{u}_{B2s+k} 的第 ν 个分量的相移角
λ_{Di}	特征值 Λ_{Di} 的平方根	φ_R	参考信号的初始相位角
$\lambda^{(L)}$	近似动力学凝缩问题的特征值	$\varphi(\eta)$	相位频率响应
Λ_r	对于 Ω_r^2 的缩写	$\varphi(\tau)$	缩写
Λ_{Di}	被动结构阻尼系统的第 i 个自由度的特征值	Φ_ν	时域中的相位角
Λ_0	特征值 λ_{0i} 的对角矩阵	$\Phi_{\nu i}$	特征值
Λ_B	特征值 λ_{Bi} 的对角矩阵	$\Phi_{xx}(\tau)$	第 i 个自由度的特征值
Λ_D	元素 Λ_{Di} 的对角矩阵	$\Phi_{xy}(\tau)$	平稳过程 $\{x(t)\}$ 的自相关函数
μ	指标	$\Phi_{BP}(\tau)$	平稳过程 $\{x(t)\}$ 和 $\{y(t)\}$ 的互相关函数
μ_0	伯努利梁的恒定质量分布	$\Phi_{IT}(\tau)$	宽带激励的自相关函数
μ_i^2	对于 $\Lambda_{Di}^0/\Lambda_{Di}^c$ 的缩写	$\Phi_{2T}(\tau)$	$\Phi_T(\tau)$ 的分量
μ_x	x 的线性均值	$\Phi_T(\tau)$	低通噪声的自相关函数
ν	指标	$\Phi(\omega)$	频域中的相位角
	泊松 (Poisson) 数	Φ	$\Phi_2\Phi_1^{-1}$ 的缩写
ν_i	频率比 ω_{0i}/ω_{0i}	$\hat{\Phi}$	特殊归一化矩阵 Φ_ν
ν_r	已降低的速度	Φ_1	联结矩阵
ξ	积分变量	Φ_2	矩阵 (缩写)
ξ^2	对于 Ω^2/Λ_{D1}^0 的缩写	Φ_ν	$\Phi_{\nu i}$ 的对角矩阵
ξ_i	缩写	ψ_k	在第 k 个测量点处的相移角
ξ_{ri}	导数向量 $\partial \hat{u}_{0r}/\partial a_{Ki}$	$\psi(\tau)$	时域中的相位角
ξ_{Bri}	导数向量 $\partial \hat{u}_{Br}/\partial a_{Ki}$	ψ_{i1}	特征向量
$\pi(s)$	s 域中力向量的矩阵	$\Psi(\omega)$	频域中的相位角
ρ	密度	Ψ_1	矩阵 (缩写)
	指标	Ψ_2	矩阵 (缩写)
ρ_{xy}	相关系数	ω	角频率 (可变的)
$\rho_{xy}(\tau)$		ω_0	固定的频率值
σ	指标	ω_{0i}	被动无阻尼系统的固有 (角) 频率
$\sigma_{i\dots j}$	$[\dots]$ 的标准偏差		被动无阻尼系统的第 i 个自由度的固有 (角) 频率
$\sigma_p \cdot \bar{u}$	局部标准偏差	ω_a	固定的频率值
σ_x^2	x 的方差	ω_b	
σ_{xy}^2	x 和 y 的协方差	ω_g	极限 (角) 频率
Σ	矩阵 (缩写)	ω_i	选择频率, 频率值
τ	时间变量	ω_n	频率值
	固定的时间值		付里叶级数的第 n 个谐波的角频率
	积分变量	ω_p	角频率 $2\pi/h$
τ_0	延迟时间, 时间位移	ω_{B2s+k}	被动粘性阻尼系统的第 $(s+k)$ 个自
τ_i	时间值		
τ_t	起始时间		
φ	初始相位角		