

航空发动机 强度设计试验手册

(试用本)

第二篇

第一章

测 试 技 术

第三机械工业部第六研究院

要 點 容 內

航空发动机强度设计、试验手册

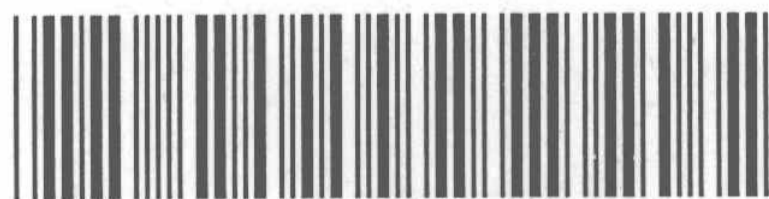
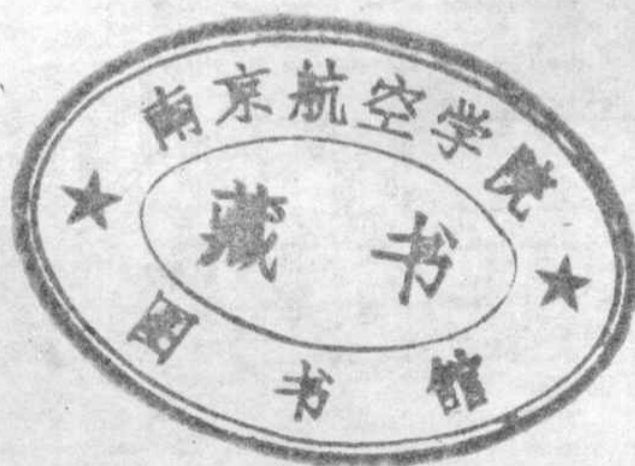
第二篇 第一章

测 试 技 术

(试用本)

主 编 高景海

主 审 屠良尧 付梦遽 云大真



30227715

第三机械工业部第六研究院

507805

出版说明

为加强航空发动机强度专业的设计和基础科研工作，总结建国以来航空发动机强度专业的工作成果，我们组织编写了“航空发动机强度设计，试验手册”（试用本），并望在今后的试用过程中，不断地加以修正、充实和提高，进而为编制我国航空发动机强度规范打下基础。

本手册分设计和试验两篇。设计篇有六章，主要介绍发动机总体结构强度和叶片、盘、轴、机匣等主要零、部件的常规强度计算方法和有限元素法，并给出了相应的计算程序，试验篇六章介绍了主要零、部件的强度试验方法、试验设备、测试技术及误差分析等内容。书中也收集了国外航空发动机强度设计计算与试验等方面的有关资料。由于手册涉及专业内容较多，故采取分章出版。每章为一分册。

本手册主要供从事航空发动机结构设计、强度计算和强度试验的人员使用；也可供教学及有关专业人员参考。

直接参加本手册编写工作的有六〇六、六〇八、六二一、六二四、六三〇所，一二〇、三三一、四一〇、四二〇、四三〇厂，〇一一基地二所，南航、北航、西工大；三院三十一所；七院七〇三所、七〇一所和上海长征机械厂。三〇一所和六二八所为本手册提供了有关资料。

本手册由于是初次编写，时间仓促，水平有限，错误和不妥之处在所难免，诚恳地希望同志们提出批评和指正。

主要符号表

A	——上辅助截面
A	——加速度响应
A ₀	——加速度响应幅值
\tilde{A}_0	——加速度响应的复幅值
A(r)	——物体上 r 点的振幅
a	——加速度
a	——平面偏振光的振幅
a	——导温系数
a ₀	——物光振幅
a _R	——参考光振幅
B	——下辅助截面
b	——反射镜的振动振幅
C	——电容
C	——模态阻尼系数
C	——材料常数
c	——阻尼系数
c	——应力光学常数
c	——纵向波长
c _p	——光弹性贴片
D	——材料常数
d	——结构(迟滞)阻尼系数
\vec{d}	——位移矢量
E	——电源电压
E	——弹性模量
e	——电动势
F	——扰动力
F	——滤波片
F	——集中力
F	——激振力
F ₀	——激振力幅值
\tilde{F}_0	——激振力的复幅值
F _r	——离心力
f	——振动频率
f	——等色线的材料条纹值
f	——相邻条纹间沿参考栅主方向的条纹间距

索 号 符 号 主

f_c	——“冻结”时的材料等色线条纹值	面端惠群士——	A
f_p	——等和线的材料条纹值	面端惠群士——	A
f_e	——应变条纹值	面端惠群士——	A
G	——半反射镜	面端惠群士——	A
G	——功率谱密度	面端惠群士——	A
g	——重力加速度	面端惠群士——	A
g	——损耗因数（也称为无量纲结构阻尼系数）	面端惠群士——	A
$H(\omega)$	——频响函数或叫频率响应（频响函数与机械导纳常混用）	面端惠群士——	A
$H(j\omega)$	——频响函数或叫频率响应	面端惠群士——	A
$H^T(\omega)$	——传递率（输入与输出为同一物理量时的频响函数）	面端惠群士——	(1)A
$H(s)$	——传递函数	面端惠群士——	B
h	——全息光弹性法中模型的原厚度	面端惠群士——	B
Δh	——散光法中光路相邻点的距离	面端惠群士——	B
$h(t)$	——单位脉冲响应函数	面端惠群士——	B
I	——光强	面端惠群士——	B
I	——电流（i——电流）	面端惠群士——	B
J	——转动惯量	面端惠群士——	B
j	——单位虚数	面端惠群士——	C
K	——应变计灵敏系数	面端惠群士——	C
K	——常数	面端惠群士——	C
K	——波数	面端惠群士——	C
K	——加强效应的修正系数	面端惠群士——	C
K	——传热系数	面端惠群士——	C
K	——模态刚度	面端惠群士——	C
\vec{K}_0	——照明光方向矢	面端惠群士——	D
\vec{K}_1	——衍射光方向矢	面端惠群士——	b
K	——刚度	面端惠群士——	b
L	——电感	面端惠群士——	E
L	——长度	面端惠群士——	E
L_1	——准直透镜	面端惠群士——	e
L_2	——摄影透镜	面端惠群士——	E
L_n	——主惯性轴到叶片表面的距离	面端惠群士——	F
M	——弯矩	面端惠群士——	F
M	——扭矩	面端惠群士——	F
M	——机械导纳	面端惠群士——	F
M_x	——位移导纳	面端惠群士——	F
M_v	——速度导纳	面端惠群士——	F
M_A	——加速度导纳	面端惠群士——	F
M^R	——导纳的实部	面端惠群士——	F

M^I	——导纳的虚部	虚部导纳	X
M_{11}	——点导纳(原点导纳)	点导纳	X
M_{1j}	——传递导纳(跨点导纳)	传递导纳	X
M	——模态质量	模态质量	X
m	——质量	质量	X
N	——全息光弹性法中条纹级数	全息光弹性法中条纹级数	X
N	——云纹法中条纹级数	云纹法中条纹级数	X
N	——转速	转速	X
N_m	——读数仪读得的干涉条纹数	读数仪读得的干涉条纹数	X
n	——等色线条纹级数	等色线条纹级数	X
P	——压力	压力	X
P	——单位面积分布力	单位面积分布力	X
p	——参考栅的节距	参考栅的节距	X
p'	——变形后的节距	变形后的节距	X
Q	——单位长度分布力	单位长度分布力	X
Q_R	——共振品质因数(简称品质因数)	共振品质因数	X
Q_A	——反共振品质因数	反共振品质因数	X
q	——电荷	电荷	X
R	——电阻	电阻	X
R	——光程差	光程差	X
S	——面积	面积	X
S	——灵敏度	灵敏度	X
S	——光源、物光、参考光及再现时参考光振幅平方的乘积	光源、物光、参考光及再现时参考光振幅平方的乘积	X
S_1, S_2	——主应力迹线族	主应力迹线族	X
s	——拉普拉斯算子($s = \sigma + j\omega$), 亦称复频率	拉普拉斯算子	X
T	——周期	周期	X
T_c	——“冻结”温度	“冻结”温度	X
ΔT	——温差	温差	X
t	——时间	时间	X
t_x, t_y, t_z	——小立方体沿x、y、z三个方向的厚度	小立方体沿x、y、z三个方向的厚度	X
t_c	——贴片厚度	贴片厚度	X
u	——电压	电压	X
V	——电压	电压	X
V	——线速度	线速度	X
V	——速度响应	速度响应	X
V_0	——速度响应幅值	速度响应幅值	X
\tilde{V}_0	——速度响应的复振幅值	速度响应的复振幅值	X
v	——y方向的位移	y方向的位移	X
$W(f)$	——功率谱密度	功率谱密度	X

X	——位移响应	位移响应	M
X_0	——位移响应幅值	(位移响应) 幅值	M
\tilde{X}_0	——位移响应的复幅值	(位移响应) 复幅值	M
Z	——机械阻抗	机械阻抗	M
Z_x	——位移阻抗	位移阻抗	m
Z_v	——速度阻抗	速度阻抗	N
Z_A	——加速度阻抗	加速度阻抗	N
Z_{11}	——点阻抗(原点阻抗)	点阻抗	N
Z_{1j}	——传递阻抗(跨点阻抗)	传递阻抗	N
α	——电阻温度系数	电阻温度系数	n
α	——线膨胀系数	线膨胀系数	p
α	——参考光与振动方向之间的夹角	参考光与振动方向之间的夹角	p
α_c	——应力集中系数	应力集中系数	p
β	——线膨胀系数	线膨胀系数	p
β	——临界阻尼系数	临界阻尼系数	o
β	——斜射角	(斜射角) 斜射角	o
β	——物光与振动方向之间的夹角	物光与振动方向之间的夹角	o
γ	——模型材料的比重	模型材料的比重	p
γ_{xy}	——剪应变	剪应变	r
δ	——间隙	间隙	r
δ	——两列光波的位相差	两列光波的位相差	s
δ_1, δ_2	——反射镜的振动矢量与入射光及反射光之间的夹角	反射镜的振动矢量与入射光及反射光之间的夹角	s
ε	——应变	应变	s
ε	——介电常数	介电常数	s
ε	——阻尼比	阻尼比	s
ε_x	——x方向的应变	x方向的应变	t
ε_y	——y方向的应变	y方向的应变	t
ε_s	——s坐标方向的应变	s坐标方向的应变	t
θ	——主应力方向与偏振轴之间的夹角	主应力方向与偏振轴之间的夹角	t
θ	——第一主应力与x轴的夹角	第一主应力与x轴的夹角	t
θ_x	——yz平面内的次主应力的方向角	yz平面内的次主应力的方向角	t
θ_y	——zx " " "	zx " " "	v
θ_z	——xy " " "	xy " " "	v
θ_1, θ_2	——垂直于两个斜射方向的平面内的次主应力方向角	垂直于两个斜射方向的平面内的次主应力方向角	v
θ, θ'	——云纹某点的切线倾角	云纹某点的切线倾角	v
λ	——光源的光波波长	光源的光波波长	v
λ	——导热系数	导热系数	v
λ	——频率比	频率比	v
$\lambda/4$	——1/4 波长片	1/4 波长片	(1)W

- μ ——泊松比
 σ ——应力
 σ_x ——x 方向的正应力
 σ_y ——y 方向的正应力
 $(\sigma_y)_{c.p.}$ ——正应力 σ_y 的平均值
 $(\sigma_y)_{max}$ ——正应力 σ_y 的最大值
 σ_{x_0} ——坐标原点 x 方向的正应力
 σ_p ——力学比例极限
 σ_b ——强度极限
 σ_{op} ——光学比例极限
 τ ——剪应力
 τ ——时间
 τ_{xy} ——xy 平面内的剪应力
 ϕ_0 ——物光位相
 ϕ_R ——参考光位相
 $\phi(\omega)$ ——相频特性
 $\phi_z(\omega)$ ——机械阻抗的相频特性
 $\phi_M(\omega)$ ——机械导纳的相频特性
 φ ——相位角
 ψ ——x 轴与边界法线的夹角
 ω ——圆频率
 ω ——模型旋转角速度
 ω_0 ——单自由度系统的固有频率
 $\omega_i(\omega_r)$ ——多自由度系统的第i阶(第r阶)固有频率
 ω_R ——共振频率
 ω_A ——反共振频率
 $\bar{\omega}(\lambda)$ ——频率比
 ω_a, ω_b ——半功率点处的频率($\omega_a < \omega_b$)
 $\Delta\omega$ ——半功率点带宽

ADC —— 模数转换器
 DAC —— 数模转换器
 DFT —— 离散傅里叶变换
 DR —— 动态范围
 dB —— 分贝
 det —— 行列式
 E —— 期望
 FFT —— 快速傅里叶变换
 FFA —— 快速傅里叶分析
 Q —— (面) 曲
 OCT —— 光相干层析
 PSD —— 功率谱密度

缩写英文字母表

- ADC —— 模数转换器
- adj —— 伴随矩阵
- DAC —— 数模转换器
- DFT —— 离散富里叶变换
- DR —— 动态范围
- dB —— 分贝
- det —— 行列式
- E —— 数学期望
- FFT —— 快速富里叶变换
- FFA —— 快速富里叶分析仪
- G —— 地(面)
- OCT —— 倍频程
- PSD —— 功率谱密度

	(, ω)
率谱共	ω
率谱共又	ω
率谱	$(X)\omega$
(, ω) 率谱由点率谱	ω
宽带点率谱	$\omega\Delta$

序 言

随着高性能、长寿命航空发动机研制工作的不断深入发展，势必进行名目繁多的试验研究工作。实践证明，研究中欲迅速、准确而有效地获取试验数据并得出满意的分析结果，在很大程度上取决于测试技术水平如何。近年来，发动机强度、振动测试技术在国内外发展很快，且已成为航空发动机研制过程中不可缺少的一环，并对其提出越来越高的要求。显然，目前电子技术、光学技术和电子计算机技术的飞速发展，必将进一步促进航空发动机强度、振动测试技术更加日新月异的前进。因此，我们必须予以充分重视，以便将一些新技术更有效地用于今后的试验研究中去。

本书就是围绕着航空发动机强度、振动试验方面的要求，着重对各种强度、振动测试技术原理、数据采集方法、数据处理分析技术、相应的测试仪器设备以及实际应用等方面内容作一较系统的介绍。在编写过程中，力图将国内有关单位的长期工作经验与研究成果及国外最新技术，以手册形式整理出版，供从事这方面工作的人员查阅参考，指导实际工作。

本章主要包括电测技术、光测技术和机械阻抗技术等方面内容。在电测技术中介绍了应变量的测试技术和机械振动的电测技术；在光测技术中介绍了光弹性实验技术、应变分析的云纹法、全息照相干涉技术和散斑法等项内容；在机械阻抗技术中介绍了机械阻抗的基本原理、机械阻抗的测试技术和机械阻抗数据分析与应用等方面内容。

这里尚须说明一点：机械阻抗技术一节，就其性质而言应属电测技术，但随着结构动力学的深入发展，对发动机的另部件乃至整机的系统特征参数和动态响应特性的研究已日趋广泛和深化，目前机械阻抗技术是解决这方面问题的有力工具，且已自成系统。为此，特辟专节对这一新技术给予系统介绍，以利于推进国内这一工作深入开展。

受编者水平和编写时间所限，书中谬误之处在所难免，欢迎批评指正。

本章由一二〇厂、六〇六、六〇八所、北航、南航、清华大学、郑州工学院等单位共同编写。

主 编	高景海
主 审	屠良尧、付梦遽、云大真
序 言	高景海
第一节	主 编 李其汉
	参加编写 吴宗岱、盛鑫志、李永志
第二节	主 编 董本涵
	参加编写 高鹏飞、方萃长、周理查、张鸿庆
第三节	主 编 高景海
	参加编写 黄太平、张令弥

此外，尚有李永熹、仲跻生、单浩兴、王天及、丁汉权等同志曾提供不少素材，为本书编审做了许多工作，在此一并致谢。

第二篇 第一章编写小组
一九八二、十二、

目 录

序言	(1)
第一节 电测技术	(1)
概述	(1)
一、应变量的电测技术	(2)
1. 电阻应变计和电容应变计	(2)
2. 测量电路和仪器	(20)
3. 记录仪器	(29)
4. 应变测量中的几个问题	(35)
5. 旋转件的应变测量	(41)
6. 无线电遥测在应变测量中的应用	(58)
二、机械振动的电测技术	(65)
1. 振动量的电测传感器	(66)
2. 测量仪器和记录仪器	(81)
3. 频谱分析和数据处理	(85)
第二节 光测技术	(99)
概述	(99)
一、光弹性实验	(99)
1. 光弹仪及主要附件	(100)
2. 二维光弹性实验的原理及应用	(104)
3. 三维光弹性实验的原理及应用	(116)
4. 模型与原型的应力、线应变和位移的转换公式	(123)
5. 光弹性模型材料和模型制造	(125)
6. 光弹性实验的其它方法	(129)
二、应变分析的云纹法	(137)
三、全息照相术	(153)
1. 全息照相的原理和方法	(153)
2. 全息照相的实验装置	(162)
3. 全息干涉法的应用	(171)
四、散斑法	(182)
1. 用单光束散斑干涉法测位移	(182)
2. 用双光束散斑干涉法测位移	(187)
3. 用散斑剪切干涉法测位移导数	(188)
4. 散斑测振	(193)
5. 白光散斑法的概念	(195)

第三节 机械阻抗技术	(197)
概述	(197)
一、机械阻抗法的基本原理	(198)
1. 机械阻抗的定义	(198)
2. 机械阻抗的表示方法	(202)
3. 理想机械元件的机械阻抗	(206)
4. 简单振动系统的机械阻抗	(211)
5. 集中参数系统的机械阻抗	(236)
6. 连续参数系统的机械阻抗	(244)
7. 复杂结构系统的机械阻抗	(252)
二、机械阻抗的测试技术	(257)
1. 稳态正弦激振测试技术	(257)
2. 稳态正弦激振测试中的若干问题	(267)
3. 宽频带激振测试技术	(274)
4. 宽频带激振测试中的若干问题	(277)
5. 不同激振方法的机械阻抗测试技术比较	(282)
三、机械阻抗测试数据的分析与应用	(286)
1. 机械阻抗特性曲线的一般特性	(286)
2. 振动模态参数识别的图解法	(289)
3. 振动模态参数识别的计算机方法	(309)
附 录 I: 关于力——电流类比的机械	(315)
(001) 网络中质量要“假接地”的原因解释	(315)
附 录 II: 最小二乘法圆弧拟合方程	(316)
附 录 III: 单自由度系统的传递函数	(318)
主要参考文献	(319)
(251)	
(251)	
(731)	
(831)	
(831)	
(831)	
(831)	
(171)	
(281)	
(281)	
(781)	
(881)	
(881)	
(881)	
(881)	

第一节 电测技术

概 述

在航空发动机零、部件和整机的设计、研制和排故工作中，一方面应根据载荷和使用条件进行强度和振动计算分析；另一方面则需根据实际或模拟条件进行实验应力分析及结构振动和响应特性的实验分析，两者相辅相成。有时，当计算分析困难或精度达不到时，则主要靠实验研究分析提供可靠的依据。

实验应力分析方法很多，而以应变计电测法应用最广。该方法的主要优点是测量范围广，精度高，可以在比较复杂或恶劣环境中进行测量，便于与计算机联用，实现自动控制、测量和数据处理。其缺点是测量构件内部的应变困难，当应力梯度大时，测量精度较差。

现在已有用于不同环境和条件下的各种类别的电阻应变计，其应用范围还在不断扩大，同时，电容应变计等其它种类的应变计也正得到应用和发展。

随着计算机技术的发展，数字应变仪和高速数据采集系统在应变测量中的应用已日益广泛。

同样，振动量的测量方法也很多，而振动量电测法是应用最广的一种。振动量电测传感器是进行振动测量的重要环节。国内，特别是适用于航空发动机零、部件和整机振动测量用的各种类型传感器已有一定发展，但较落后；随着计算机技术的发展，数字量谱分析技术和数字式信号分析系统已得到了迅速的发展。国内虽还处于研制阶段，但其发展趋势必然会逐步取代模拟量的分析方法。

航空发动机应力和振动测量的最主要特点是高速旋转和高温下的测量。高速旋转和高温，一方面对传感器的敏感元件和结构本身、对传感器的安装防护、对连接电缆的焊接、安装和防护等均提出了一些特殊的问题和要求；另一方面对信号传递装置（如引电器和无线电遥测系统）也带来不少特殊的问题和要求。此外，航空发动机的整机振动，由于激振源复杂，再加上噪音，所以其振动特点实际是一宽带随机振动，因而对其振动数据的处理必须采用谱分析技术。总之，如何针对航空发动机的特点，迅速、可靠而准确地解决其应力和振动测量，尚需作大量的研究和推广工作，这也正是我们今后不断努力的方向。

一、应变量的电测技术

1. 电阻应变计（电阻应变片）及电容应变计

1) 电阻应变计的结构和种类

电阻应变计一般由敏感栅、基底，粘结剂和引线构成。电阻应变计的性能与这些组成部分的材料类型和形式等有关。

常用的电阻应变计有a) 丝式、b) 箔式和c) 半导体三种（图1-1），其中丝式应变计又分a) 绕线式和b) 短接线式二种（图1-2）。还有临时基底型应变计（图1-3），系在制造时将敏感栅粘于临时基底，使用时用粘结剂将敏感栅固定在试件上，并将临时基底去掉。

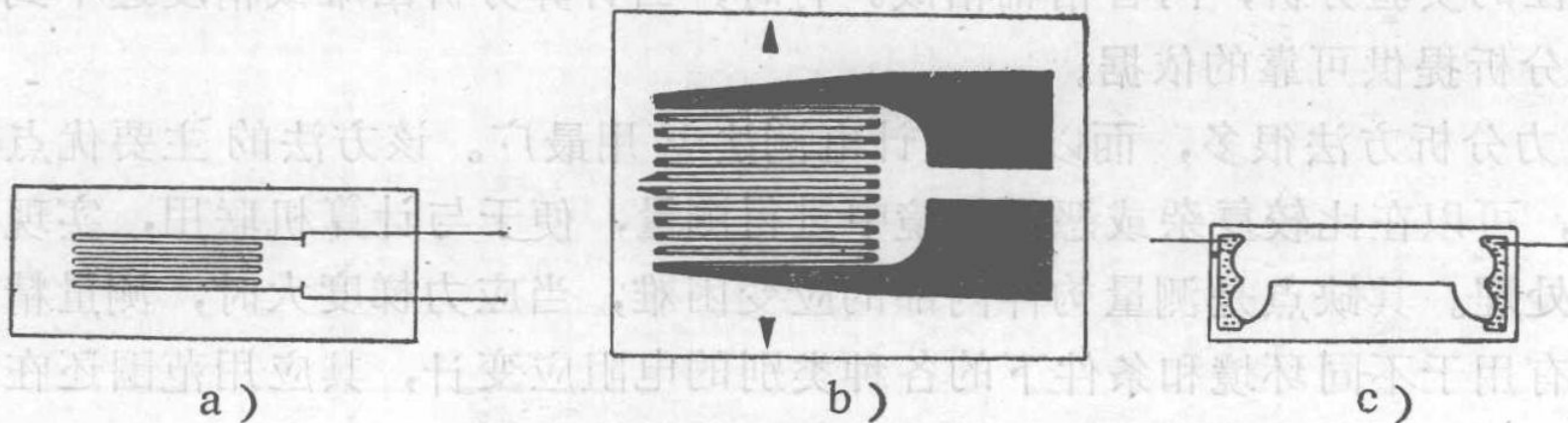


图1-1 各种类型的电阻应变计

a) 丝式应变计 b) 箔式应变计 c) 半导体应变计

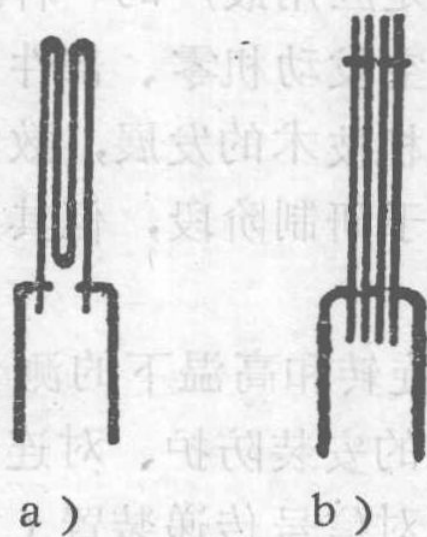


图1-2 绕线式和短接线式应变计

a) 绕线式 b) 短接线式

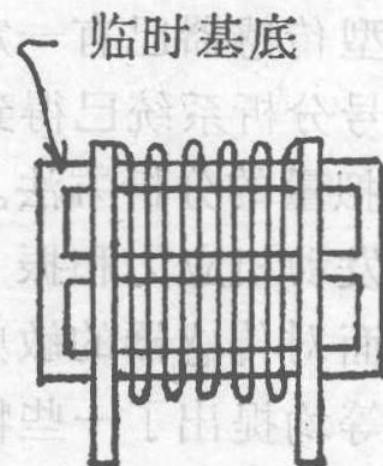


图1-3 临时基底型应变计

半导体应变计的敏感栅系用锗或硅等半导体材料制成，可分为体型半导体应变计（敏感栅由单晶硅或锗等半导体材料切割后经腐蚀等方法制成）和扩散型半导体应变计（敏感栅系将杂质扩散在半导体材料上制成）。

尚有一种薄膜应变计系用真空蒸发等方法将金属（或合金）或半导体材料沉积在基底材料（如表面有绝缘层的金属薄板、有机绝缘材料或玻璃、石英、云母等无机绝缘材料）上形成一层薄膜作为敏感栅。

如图1-1、图1-2和图1-3所示，每一应变计只有一个敏感栅，系用于单向应变测量。还可制成各种型式的应变花，具有两个以上的敏感栅，用于平面应力场的应变测量。图1-4为金属丝制成的应变花，图1-5为金属箔制成的应变花。

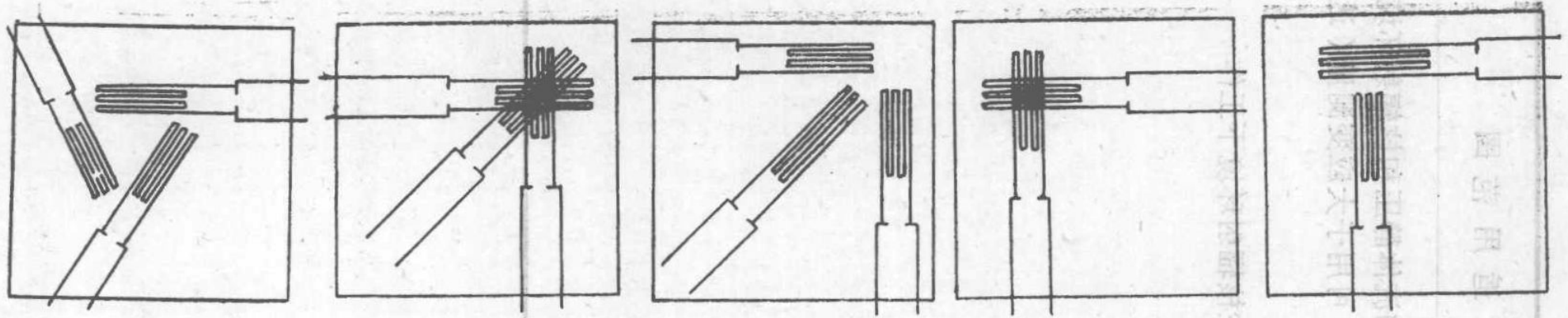


图 1-4 丝式应变花

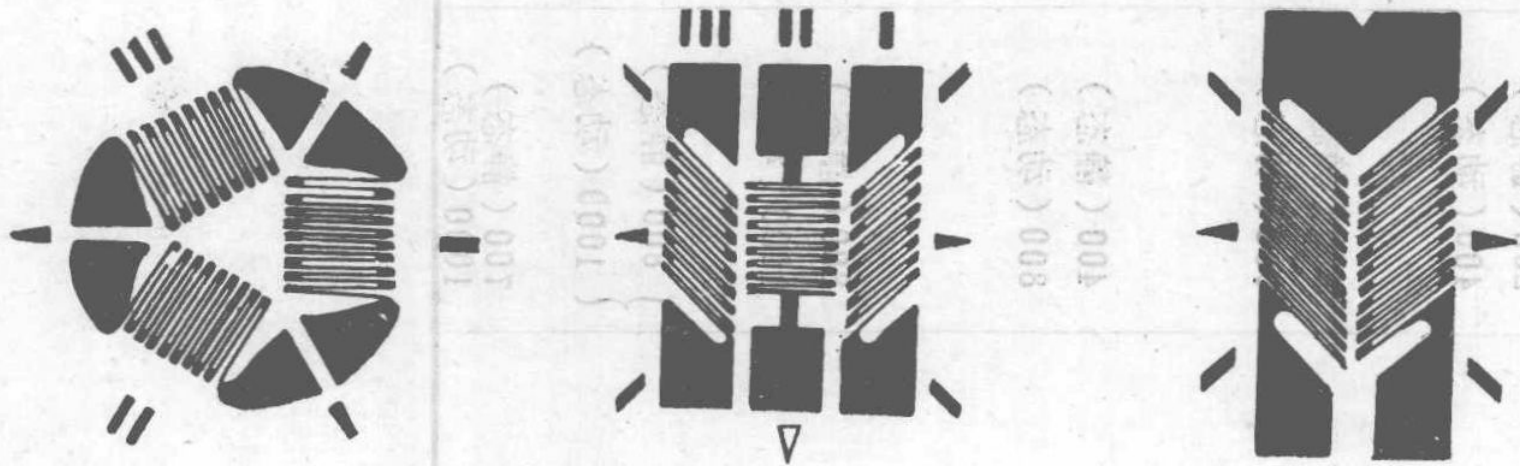


图 1-5 箔式应变花

除上述常用的电阻应变计外，还有高疲劳寿命应变计、温度自补偿应变计、大变形应变计等以适应各种应变测量的要求。此外，还有利用制造箔式应变计的工艺制出特种用途的敏感元件，如应力计、疲劳寿命计、裂纹扩展计、测温计等。

2) 常用应变电阻合金

对应变电阻合金的主要性能要求是：灵敏系数大；具有高的和稳定的电阻率；在工作温度范围内，电阻温度系数的数值要小，分散性也要小，与温度成线性关系，多次温度循环时的重复性要好；有高度的金相稳定性，抗氧化、耐腐蚀、蠕变和机械滞后小；机械强度高，焊接性能好，与引线材料的热电势小；并具有良好的加工性，价格低廉等。

常用应变电阻合金的主要性能及其适用范围见表1-1。

3) 常用粘结剂及基底

对粘结剂的主要性能要求是：粘结力强，能有效地传递试件的变形；绝缘性能好；固化方便，固化内应力小；耐老化性好，对温度、湿度、化学药品或特殊介质的稳定性好；蠕变小，滞后现象小；对被粘结的材料不起腐蚀作用；对使用者没有毒害或毒害小；易于长期保存；用于长期动应变测量时，应具有良好的耐疲劳性能等。

常用粘结剂可分为有机粘结剂和无机粘结剂两大类，其主要成分和使用条件见表1-2。

用作应变计基底的常用材料有：

(1) 纸 用纸作应变计基底，具有柔软、易于粘贴，应变极限大和价格低廉等优点，但耐湿性和耐久性差，多用于常温。也可将纸浸含酚醛树脂类粘结剂，以提高其耐湿性、耐久性和使用温度。

(2) 胶膜 环氧树脂、酚醛树脂、聚酯树脂和聚酰亚胺等有机粘结剂均可制成薄膜，用作应变计基底，各具有该类粘结剂的特点。胶膜基底柔软，耐湿性和耐久性均比纸好。

(3) 玻璃纤维布 无碱玻璃纤维布能耐高温（ $400^{\circ}\sim 450^{\circ}\text{C}$ ），多用作中温或高温应变计的基底。用它制成的应变计，其刚度比胶膜基底的大。

表1-1

常用应变电阻合金性能表

合金类型	牌号或成分	电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{M}$)	电阻温度系数 ($10^{-6}/^\circ\text{C}$)	灵敏系数	对金铜热电势 ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	最高使用温度 ($^\circ\text{C}$)	适用范围
铜镍合金	Ni45Cu55 (康铜)	0.45~0.54	± 20	1.9~2.1	43	250 (静态) 400 (动态)	可在高的流体静压和核辐射环境下工作, 可用于大应变测量 (达20%)
镍铬合金	Cr20Ni80	1.0~1.1	110~130	2.1~2.3	3.8	450 (静态) 800 (动态)	可在核辐射环境下工作
	6J22 (卡玛) (Ni74%, Cr20% A13%Fe3%)	1.24~1.42	± 20	2.4~2.6	3	400 (静态) 800 (动态)	
	6J23 (伊文) (Ni75%, Cr20% A13%, Cu2%)						
铁铬铝合金	Cr26%Al5.4%, V2.6% Ti0.2%, Y0.3%, Fe余量	1.5	-7	2.6		800 (静态) 1000 (动态)	
贵金属合金	铂钨合金	0.62	191	3.7~4.2		800 (静态) 1000 (动态)	
	铂钨铱镍 (Pt91.5%W8.5%)	0.77	171	3.2		700 (静态) 1000 (动态)	

表1-2

常用粘结剂主要成分和使用条件表

粘结剂类型	主要成分	牌号	适于粘结的 应变计基底	最低固化条件	固化压力 (kg/cm ²)	使用温度 范围(°C)	使用说 明
硝酸纤维素 粘结剂	硝酸纤维素(或 乙基纤维素)、溶剂	①	纸	室温10小时或 60°C2小时	0.5~1	-50 +80	由于溶剂挥发而变硬,耐湿性和耐久性较差。如需 较长期使用,粘贴应变计后,应加防潮处理。
氰基丙烯酸酯 粘结剂	氰基丙烯酸酯	501② 502②	纸、胶膜 玻璃纤维布	室温1小时	粘贴时指压	-50 +80	吸收空气中微量水分而固化,固化时收缩小。粘贴 应变计的蠕变、零点漂移性能好。耐溶剂、耐药品、耐 油性好。耐湿性差。应在密封和10°C以下保存。
环氧树脂 类粘结剂	环氧树脂、聚硫、酚 酮胺固化剂	914③	胶膜、玻 璃纤维布	室温2.5小时	粘贴时指压	-60 +80	粘结强度高、能粘结各种金属与非金属材料。固化 时,收缩率小。耐水、耐油和耐化学药品,绝缘性能 好。914及509需在使用前调合配制
	酚醛环氧、无机填 料、固化剂	503④	胶膜、玻璃纤 维布	200°C2小时	粘贴时指压	-100 +250	
	环氧树脂酚醛树脂、 间苯二酚石棉粉等	J06-2⑤	胶膜、玻璃纤 维布	150°C3小时	2	-60 +250	
	聚酰胺酸—环氧树 脂、填料	J-25⑤	胶膜、玻璃纤 维布	350°C40分	粘贴时指压	-60 +350	
	环氧树脂、磷苯二 胺、间苯二酚等	J-37⑤	胶膜、玻璃纤 维布	80°C6小时	粘贴时指压	+150 -150	
	环氧树脂、环氧化 物、4,4'-二氨基二 苯基甲烷、醋酸乙 酯、2-乙基、4-甲 基咪唑	NE-13④	胶膜玻璃纤 维布	160°C2小时	0.5	-30 +80	NE-13适于高精度传感器用
	环氧树脂2-乙基、4- 甲基咪唑	NE-10④	胶膜,玻璃纤 维布	室温48小时	0.5	-30 +20	