

关于电阻应变片结构、性能等若干名词浅释

中国运载火箭技术研究院第 702 研究所 尹福炎

【摘要】 电阻应变片在国内外应用十分普遍，无论在结构试验的应力测量还是在制作各种物理量传感器方面，都具有无可替代的地位，因此人们十分关注其现状与发展。为了便于加深对其本质的认识，以及促进国内外的学术交流，就电阻应变片结构、各种特性等方面的某些名词、术语进一步做些解释，以供参考。

【关键词】 电阻应变片；电阻应变计；应变片；应变计；应变片结构名称；应变片标准；应变片工作特性

一、前言

自从 1938 年美国西蒙斯 (E.Simmons) 和鲁奇 (A.Ruge) 发明了由金属电阻丝制成的电阻应变片，也称丝式应变片简称丝式片。从而给各种工程结构的应力测量和结构应力分析带来了极大的方便。于此同时，人们也开拓了采用电阻应变片为敏感元件，制成可以测量力、质量、压力、位移及加速度等的各种物理量的电阻应变式传感器，为工程测量和工程过程控制提供了丰富的理论和物质基础。

1953 年英国的杰克逊 (Jackson) 发明了以环氧树脂系胶粘剂为基底的，以金属电阻箔代替金属电阻丝制成的金属箔式应变片，也称箔式应变片，简称箔式片。箔式应变片的问世，一种以光学的照相制版、复印及化学蚀刻等工艺技术，代替了传统的手工机械的操作。不仅提高了生产效率，而且大大提高了应变片产品的质量。随着现代科学技术的发展，应用现代光刻技术，应变片的形状和几何尺寸的准确度都更为优化。现在箔式应变片的规格、品种已达上万种，微型箔式应变片的最小基长为 0.2mm。从上世纪七十年代以来，丝式应变片除了特殊用途 (如高温环境条件下使用) 外，都逐渐被箔式应变片所取代。

现代应变电测和传感技术，它是应用各种电阻应变片，以应变-电阻变换原理为基础，实现对工程结构的应力测量，以及制作诸如力、质量 (重量)、位移、压力和加速度等各种物理量应变式传感器，从而成为实验力学、计量测试技术以及自动检测与控制等专门学科的基本组成部分，作为一种有效的测试与转换技术，可用于进行各种机械和工程结构实验的应力分析，进行过程的优化设计；以及寿命的诊断与评估，确保工程结构和设备的使用寿命与安全；用于多种物理量的检测与计量，实现生产过程或科学实验过程的自动控制与自动测量。应变电测与传感技术在国民经济各个部

门，以及在科学技术各领域中得到极为广泛的应用。

随着应变电测和传感技术的发展，国内外交流也日益频繁。为了便于加深对电阻应变片技术的了解，促进学术交流，现把有关应变片及其结构名称、以及技术性能指标等问题做一简要的介绍，以便与大家商榷。

二、电阻应变片与电阻应变计

在我国，电阻应变片 (Electronic resistance strain gauge)，也称电阻应变计，简称应变片 (Strain gauge) 或应变计。当和其他涵义不相混淆时，也可略称为片 (Gauge)，如工作片 (Active gauge) 补偿片 (Compensated gauge)。在上世纪五十年代，我国的科技工作者，开展了电阻应变片技术的研究与开发，他们把国产的各种产品命名为“电阻应变片”，电阻丝制成的应变片称为电阻丝应变片，简称丝式片 (Wire strain gauge)；由电阻箔材制成的应变片称为箔式应变片 (Foil strain gauge)，简称箔式片。它非常形象和贴切地反映了电阻应变片的真实面貌，这种表达方式一直受国内广大科技工作者和用户的普遍赞同。在 1982 年公布的国家专业标准《电阻应变计》ZB Y117-82 中，把电阻应变计与电阻应变片这两个名词等效使用。但是，在 1992 年公布国家标准《电阻应变计》GB/T13992-92 及 2008 年修改后公布的《金属粘贴式电阻应变计》中，没有对“电阻应变片”与“电阻应变计”名词作出统一的解释，这样势必会在学术界造成一些混乱，现在科技书籍与学术界长期使用的“电阻应变片”名词及产品，是否受“电阻应变计”标准的监督，由此也往往会引起一些误会。有时人们在翻译“Strain gauge”一词时，常被误称为“应变规”或“应变仪”。为此，希望我国应变计标准制定部门和单位，今后在标准修订时，能尊重我国的传统称谓，避免不必要的混乱。

三、电阻应变片各部分名称

现今应变片的结构型式繁多，为了便于交流，人们对其结构的各组成元件都作出了相应的命名及指示标志。传统的电阻应变片，为了保证粘贴位置的准确性，往往在应变片基底上印制有各种标记如图 1 所示。图中标出了测量轴 (纵轴线)、横轴线的标志，从而确保粘贴的准确性。

为了进一步统一应变片图形的名词术语，国际法制计量组织 (OIML)，在 1985 年颁布的 OIML 国际建议 No.62 《金属电阻应变片的工作特性》 (Performance Characteristics of Metallic Resistance Strain Gauges) 中，

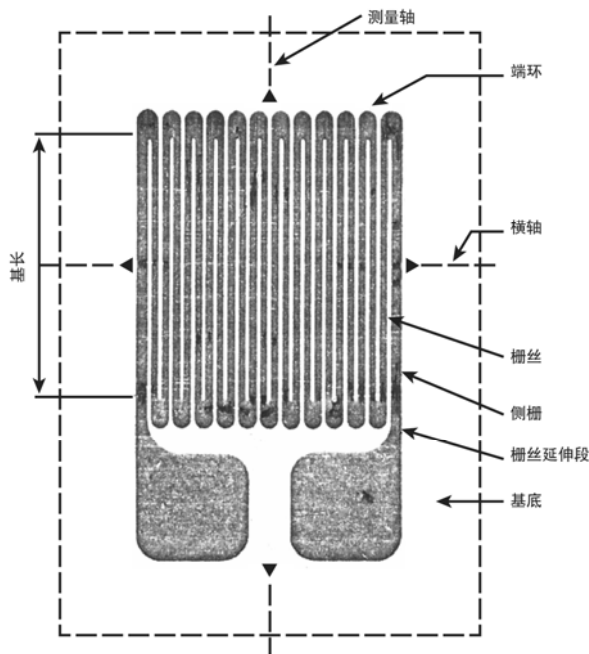
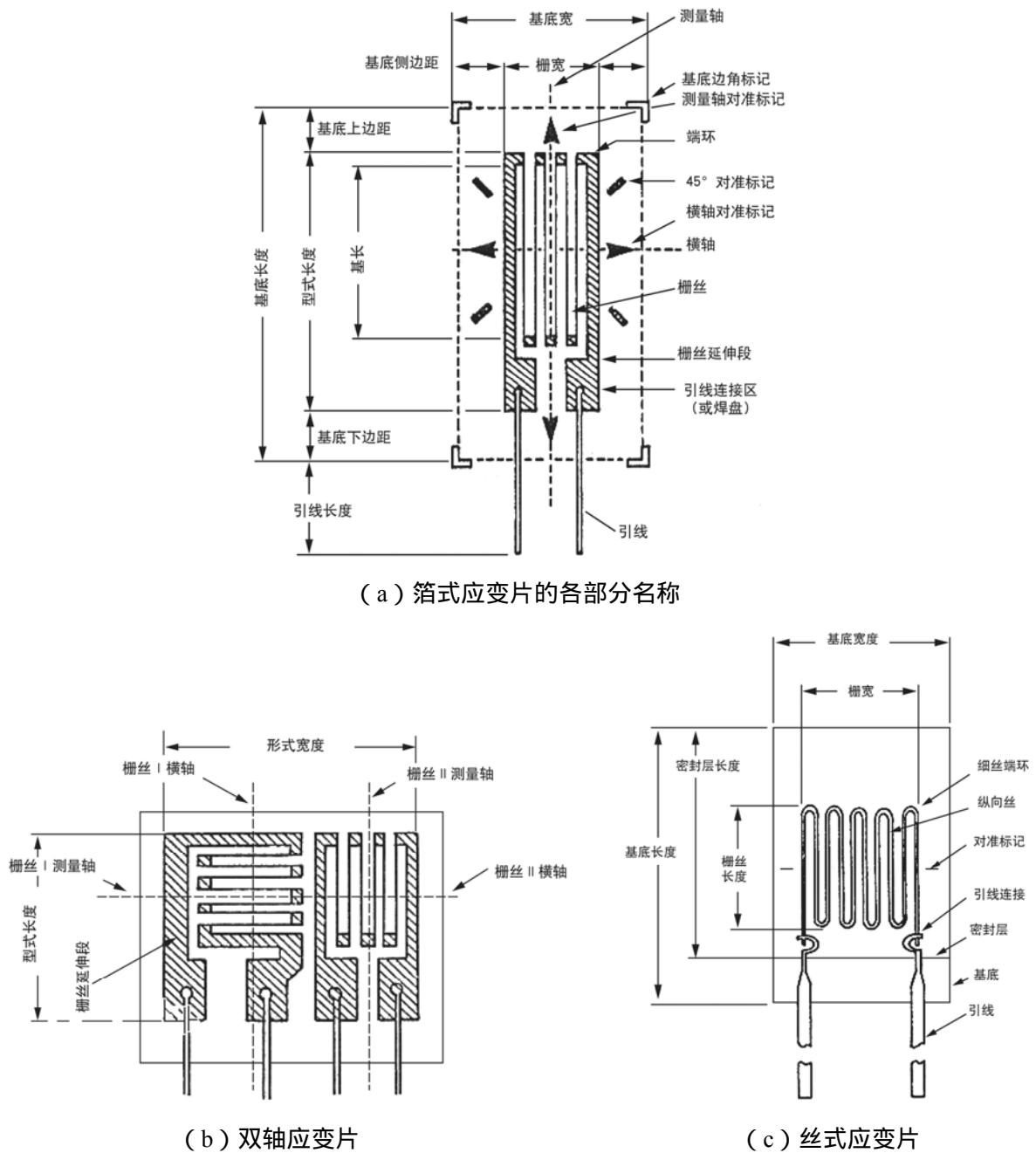


图 1 典型的箔式应变片图形

列出了各种应变片的各部分名称。其中箔式应变片各部分名称如图 2 (a) 所示，而双轴箔式应变片和丝式应变片的名称分别由图 2 (b)、图 2 (c) 所示。



(a) 箔式应变片的各部分名称

(b) 双轴应变片

(c) 丝式应变片

图 2 应变片结构各部分名称

应变片结构名称：

基长或栅长 (gauge length)

栅宽 (grid width)

基底长 (matrix length)
基底宽 (matrix width)
型式长度或图形长度 (pattern length)
型式宽度或图形宽度 (pattern width)
栅丝 (grid lines)
侧栅 (side grid)
端环 (end loop)
引线 (leads)
引线长度 (lead length)
栅丝延伸段或端头延伸栅 (tabs)
引线连接区 (焊盘) (lead attachment or solder dots)
测量轴 (纵轴) (measurement axis or longitudinal axis)
测量轴对准标记 (measurement axis alignment marks)
横向轴 (transverse axis)
横向轴对准标记 (transverse axis alignment marks)
45° 对准标记 (45° alignment marks)
基底边角标记 (matrix trim marks)
基底侧边距 (side matrix margin)
基底上边距或基底顶边距 (top matrix margin)
基底下边距或基底底边距 (bottom matrix margin)

四、应变片与安装后应变片

众所周知，电阻应变片是一种能将被测试件（或弹性体）在外力作用下产生的应变，转换成电阻变化量的敏感元件，而要实现这种转换和测量，应变片必须安装（粘贴或焊接）在被测构件（或弹性体）上（如图 3 所示）。由于未安装的应变片与安装后的应变片，两者结构形式有了根本的变化。另外，应变片是一次性使用的产品，安装后不能揭下来再用。然而，应变片的各种性能特性都是以安装后的应变片形式来测定的。由前述可知，应变片主要由基底、箔栅（敏感栅）、胶粘剂、引出线及覆盖层等部分组成。基底材料是支撑敏感栅，使它保持一定的几何形状，并使敏感栅与被粘试件之间具有良好的电绝缘性；敏感栅是把弹性体应变转换为电阻变化；胶粘剂是把敏感栅与基底粘合在一起，形成一个整体；覆盖层（也称密封层）是保护敏感栅免受外界的机械损伤，并防止环境温度、湿度及尘埃等的侵蚀；引出线则是连接敏感栅与测量电路，把应变片的电信号送到测量仪器内。

就粘贴式应变片而言，安装后的应变片就是把应变片通过胶粘剂粘贴在试件（或弹性体）材料上，此时测出的性能，则不是单纯应变片本身的性能，而是应变片与试件组合而成的应变传递测量

装置，应变片的各个组成元件的性能都将直接反应应变片的各项性能特性。1963 年美国宇航协会（NAS）制定了世界上第一个电阻应变片标准（NAS-942），规定了 13 项应变片性能指标，其中只有“应变片电阻”这一项是未粘贴状态的测定值，而其它均是在应变片安装在标准试件上测定的数值。因此，所谓应变片的各个性能参数，都是指安装后应变片所反应的。因此，在研究和分析电阻应变片时，可以把“安装后应变片”可看做是一个“应变片系统（Strain gauge system）”或“应变片装置（Strain gage installation）”，或一个“应变传感器（Strain Sensor）”（如图 3 所示）。

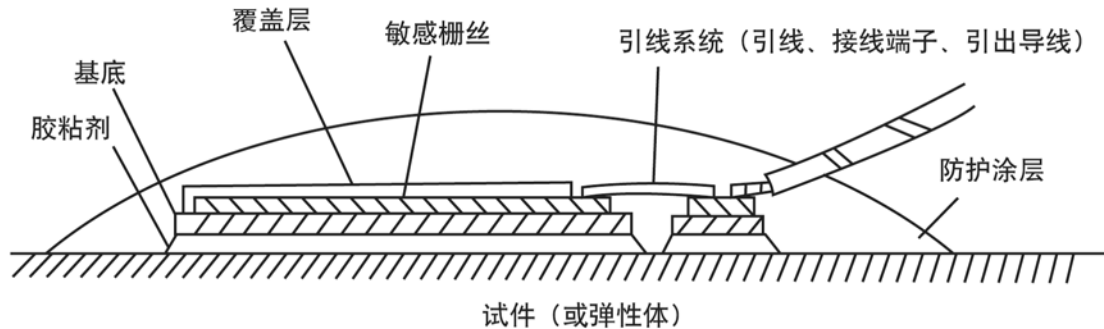


图 3 典型的应变片系统的剖面图

各种电阻应变式传感器（Strain gauge based transducer/sensor），它们都是借助于各种应变胶粘剂把应变片粘贴在弹性元件（或称弹性体）上，从而把弹性元件在外载荷作用下产生的应变传递到应变片的栅丝上，使其发生电阻变化。根据其电阻变化，可测得弹性体实际应变的大小。由图 3 可知，电阻应变式传感器，它是由弹性体、应变片、胶粘剂、防护涂层、补偿线路等部分组成的，其应变传递路径是：弹性体—胶粘剂—应变片—防护涂层，构成一个有别于应变片本身的更复杂的系统。各组成单元的功能以及相互间的影响，都将直接影响传感器的各项性能。在研究和讨论应变片及应变传递问题时，既要注意各自的特点，又要关注其相互间的联系。

五、电阻应变片的主要工作性能

1. 电阻应变片工作特性术语

(1) 应变片电阻（R）（Gauge resistance）

这是指应变片没有安装，也不受外力作用的情况下，在室温下测量的电阻值，以（R）表示。安装后的应变片电阻（Installed gauge resistance），是指已安装的应变片，在未承受应变时，于室温下测定的电阻值，以符号（ R_{an} ）表示。

(2) 灵敏系数（K）（Gauge factor）

这是指安装在被测试件上的应变片，在其轴向受到单向应力时引起的电阻相对变化（ $\Delta R/R$ ），与由此单向应力引起的试件表面轴向应变（ ϵ ）之比，以符号（K）表示。

$$K = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \quad (1)$$

(3) 横向效应系数（H）（Transverse sensitivity ratio of strain gauge）

指在同一单向应变作用下，垂直于单向应变方向安装的应变片的指示应变 ($\varepsilon_{i\text{垂}}$)，与平行于单向应变方向安装的同批应变片的指示应变 ($\varepsilon_{i\text{平}}$) 之比。亦即在同一单向应变作用下，应变片的横向灵敏度与纵向灵敏度之比，以 (H) 为符号用百分数表示，即

$$H = \frac{\varepsilon_{i\text{垂}}}{\varepsilon_{i\text{平}}} \times 100\% \quad (2a)$$

或

$$H = \frac{K_{\text{横}}}{K_{\text{纵}}} \times 100\% \quad (2b)$$

(4) 零点漂移 (P) (Gauge zero drift)

是指已安装在试件上的应变片，在温度恒定，试件不承受应力的条件下，指示应变随时间的变化，简称零漂，以符号 (P) 表示。

(5) 蠕变 (θ) (Gauge creep)

是指已安装在试件上的应变片，在温度恒定不变环境条件下，试件承受恒定不变的外载荷作用下，指示应变随时间的变化。以符号 (θ) 表示。

(6) 机械滞后 (Z_j) (Gauge hysteresis)

指安装在试件上的应变片，在恒温环境条件下，增加或减少试件应变的过程中，对应同一机械应变量的指示应变的差数，以符号 (Z_j) 表示。典型结果如图 4 所示。

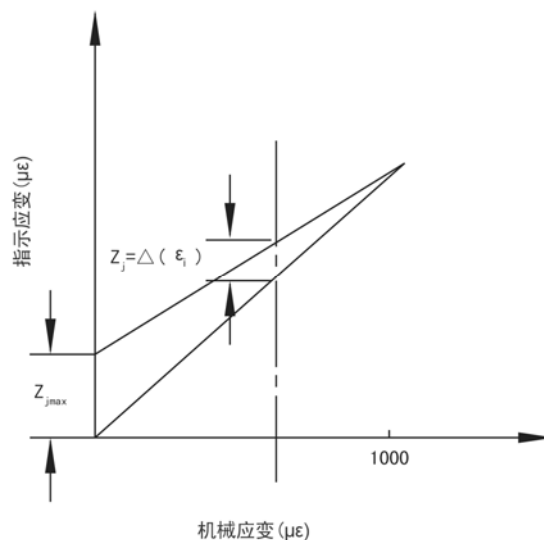


图 4 应变片的机械滞后示意图

(7) 应变极限 (ε_{lim}) (Strain limit of strain gauge)

指已安装在试件上的应变片，在恒定温度条件下，应变片不损坏所能测定的应变最大值。或是指示应变和真实应变的相对误差不超过规定数值(一般为 10%)时的最大真实应变值。以符号(ϵ_{lim})表示。

(8) 疲劳寿命 (N) (Fatigue life of strain gauge)

已安装的应变片，在恒定温度的环境条件下，在恒定幅值的交变应力作用下，连续工作到产生疲劳损坏时的循环次数。以符号 (N) 表示。

(9) 绝缘电阻 (R_m) (Insulation resistance or Leakage resistance)

是指已安装的应变片的敏感栅丝及引线与被测试件之间的电阻值。以符号 (R_m) 表示。

(10) 最大工作电流 (I_{max}) (Maximum gauge current)

对已安装的应变片，允许通过敏感栅而不影响其工作特性的最大电流值。以符号 (I_{max}) 表示。

(11) 灵敏系数随温度的变化 (K_t) (Gauge factor change with temperature)

它是指安装在标准试样上的应变片，在各个温度间隔时，保持温度恒定，并施加恒定的标准应变作用下，应变片的灵敏系数的变化，用符号(K_t)表示。它可以用灵敏系数随温度变化的曲线(K_t-t)表示；也可用各个温度间隔时的灵敏系数 (K_{ti}) 与室温时的灵敏系数 (K_0) 之比随温度的相对变化来表示。即

$$\frac{K_{ti} - K_0}{K_0} \times 100\% \quad (3)$$

并绘制成 (k_{ti}/k_0) $\times 100\% \sim t$ 曲线。

各种不同应变电阻合金制成的应变片的灵敏系数随温度的变化如图 5 所示。由图可见，不同的敏感栅材料 (应变电阻合金)，其灵敏系数随温度的变化不仅量级不同，而其变化趋势也不同。例如铜镍合金类康铜材料，其灵敏系数随着温度升高而升高的；而镍铬、镍铬改良型合金 (如卡玛、伊文等)、镍钼合金、铁铬铝合金、钽铬合金及铂钨合金等，其灵敏系数随着温度的升高而降低的，其降低的量级，则与栅丝材料种类，应变片结构尺寸、胶粘剂的种类、安装工艺条件等因素有关。

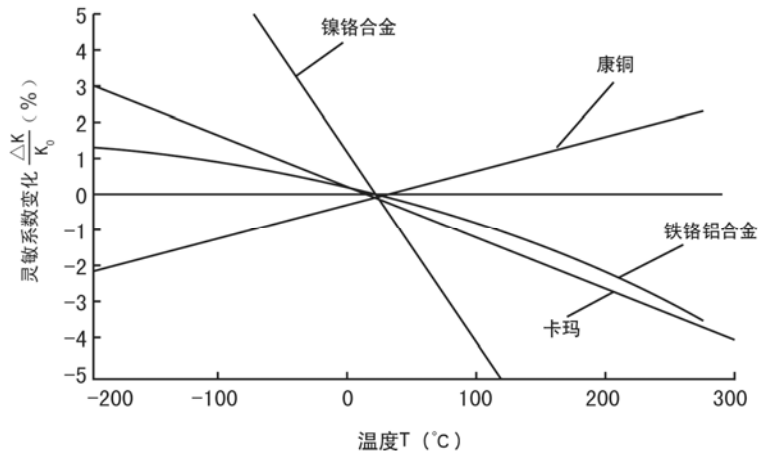


图 5 不同栅丝材料的应变片灵敏系数随温度的变化

(12) 热输出 (ε_t) (Thermal output)

这是指安装在无约束试件上的应变片，在均匀的温度场内，缓慢升（降）温时，由温度变化引起的指示应变，也称为由温度变化引起的视应变或虚假应变（Apparent strain caused by temperature range）。应变片热输出 (ε_t) 的数学表达式为：

$$\varepsilon_t = \left[\frac{\alpha_R}{K} + (\alpha_m - \alpha_g) \right] \Delta t \quad (4)$$

式中： ε_t —应变片的热输出；

α_R —应变片栅丝的电阻温度系数；

α_m —试件（或弹性体）材料的线膨胀系数；

α_g —栅丝材料的线膨胀系数；

K—应变片灵敏系数。

应变片的热输出特性是通过实测方法确定的，通常是用方程式、曲线（如图 6 所示）或平均热输出系数 C_t 来表示。平均热输出系数 C_t 为：

$$C_t = \frac{\bar{\varepsilon}_{t \max} - \bar{\varepsilon}_{t \min}}{T_m - T_0} \quad (5)$$

式中： $\bar{\varepsilon}_{t \max}$ —最大平均热输出；

$\bar{\varepsilon}_{t \min}$

—最小平均热输出；

$\bar{\varepsilon}_{t \min}$

T_m —应变片的极限工作温度；

T_0 —室温（或规定的起始温度）。

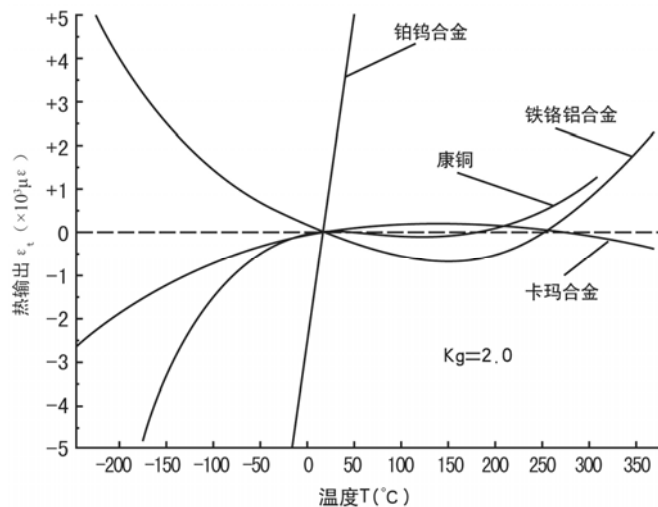


图 6 不同栅丝材料的应变片，粘贴于同一试件材料上的热输出

(13) 热滞后 (Zt) Thermal hysteresis

这是指已安装在无约束的试件上的应变片，在室温与极限工作温度之间增加与减少温度时，同一温度下指示应变的差数，用符号 (Zt) 表示 (如图 7 所示)。也可用下式表示，即

$$Z_t = |\epsilon_{t升} - \epsilon_{t降}| \quad (7)$$

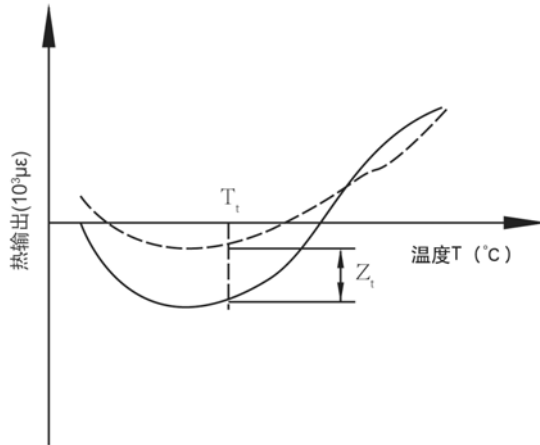


图 7 应变片热滞后的示意图

(14) 瞬时热输出 (ϵ_{st}) Transient thermal output or Transient temperature response

也称瞬时温度响应。这是指安装在无约束试件上的应变片，以一定的温升速率，快速升 (或降) 温时，由温度变化引起的指示应变。同一应变片在不同温升速率下的瞬时热输出如图 8 所示。由图可见，随着温升速率的提高，应变片热输出曲线向下移动，其间其相差值也会增大。引起这种现象的本质是由于在不同温升速率下，应变片栅丝温度与试件表面温度之间存在温差的缘故。由图可见，温升速率越高其温差也越大，其热输出的差别也越大。

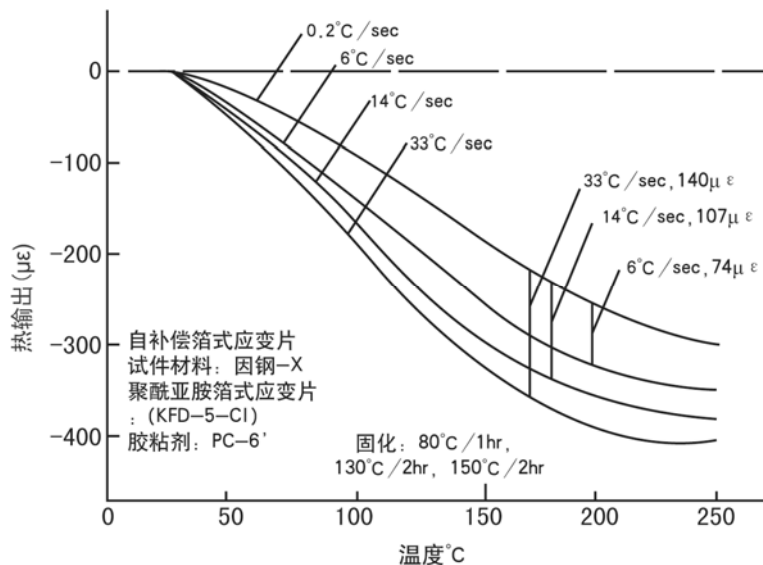


图 8 应变片的瞬时热输出

2. 世界各国应变片标准中应变片规格、特性术语

为了便于了解世界各国应变片标准中对应变片某些规格、特性术语方面的不同表达方式，现把我国应变片标准与国际法制计量组织 OIML R62-1985 标准的比较列于下表。

表 1 表示应变片性能特性的比较

GB/T13992-92	NDIS4108	ASTM E251-2009	VDI/VDE2635-2007	BS6888-1988	NAS942-1964	OIMLR62-1985
国家质量监督检验检疫总局	日本无损检测协会	美国材料试验协会	德国工程师协会	英国标准局	美国宇航局	国际法制计量组织
应变片型号 Strain gauge type	ゲ-ツ形式	Gauge type	Strain gauge type	Strain gauge type	Gage type	Gauge type
应变片类别 Strain gauge lot number	ロット番号	Lot number	Foil batch	Strain gauge lot	Lot	Lot number
应变片批次 Strain gauge batch	バッチ	Batch number	Production batch	Batch number		Batch number
基长 Gauge length	ゲ-ジ 长 Gauge length	Gauge length	Grid length	Active gauge length	Active gauge length	Gauge length
电阻值 Gauge resistance	抵抗值 Gauge resistance	Gauge resistance	Resistance	Strain resistance resistance	Gage resistance	Gauge resistance
灵敏系数 Gauge factor	ゲ-ジ率 Gauge factor	Gauge factor	Strain sensitivity k-factor	Strain gauge factor	Gage factor	Gauge factor
横向效应系数 Transverse sensitivity ratio	横感度比 Transverse sensitivity ratio	Transverse sensitivity	Transverse sensitivity	Transverse sensitivity	Transverse sensitivity	Transverse sensitivity
灵敏度温度系数 Temperature coefficient of gauge factor	ゲ-ジ率の温度系数	Temperature coefficient of gauge factor	Temperature dependence of the k-factor	Strain gauge factor change with temperature	Gage factor change with temperature	Temperature coefficient of gauge factor
热输出 Thermal output	热出力 Apparent strain caused by temperature change	Thermal output versus temperature	Thermal output	Thermal output	Thermal output	Thermal output versus temperature

3. 电阻应变片的工作特性

电阻应变片的工作特性，是标志应变片在不同工作条件下的性能。工作特性的好坏，标志着应

变片的品质。因此，对于应变片产品必须经相宜的标定以后才能使用。而评定应变片品质的依据就是由国际或国家制定的各种应变片标准。世界上首部电阻应变片标准是由美国宇航协会制定的，于1963年颁布的NAS-942《粘贴式电阻应变计》(Strain Gages, Bonded Resistance—National Aerospace Standard, NAS-942)。标准中规定了电阻应变片的14项性能指标，并把它分为A、B、C、D四级(如表1所示)。

表1 NAS-942 应变片的工作特性及精度等级

序号	工作特性	数据说明	等级			
			A	B	C	D
1	应变计电阻	对标准名义值的偏差(±%)	0.5	2	5	10
		对平均名义值的公差(%)	0.1	0.2	0.5	1.0
2	应变灵敏系数	对平均名义值的公差(%)	1	2	3	5
3	机械滞后	指示应变(με)	25	50	100	200
4	疲劳寿命	要求的循环次数(次)	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴
5	横向效应系数	在1000με的横向应变时指示应变的百分数(%)	0.3	0.5	2.0	5.0
6	室温下的应变极限	应变极限(%)	2	1	0.5	0.25
7	极限工作温度下的应变极限	应变极限(%)	2	1	0.5	0.25
8	热输出	对标称名义值的偏差(με/°F)	0.2	0.5	1	2
		对平均名义值的公差(με)	25	100	500	1000
9	热滞后	视应变的最大差数(με)	5	10	50	100
10	漂移	70%的最高工作温度(με/小时)	2	10	100	1000
		100%的最高工作温度(με/小时)	5	25	250	2000
11	绝缘电阻	室温(MΩ)	50k	10k	2k	0.5k
		70%的最高工作温度(MΩ)	20k	2k	500	100
		100%的最高工作温度(MΩ)	1k	200	30	5
12	瞬时温度响应	当10°F/s时,指示应变差数(με)	5	100	300	500
		当25°F/s时,指示应变差数(με)	10	200	500	1000
		当60°F/s时,指示应变差数(με)	25	500	1500	2500
13	应变灵敏系数随温度的变化	在70%极限工作温度下,平均变化(%/100°F)	0.2	1	3	5
		在70%极限工作温度下,相对于室温应变灵敏系数变化公差(%/100°F)	±0.05	±0.2	±1.0	±3.0
		在100%极限工作温度下,平均变化(%/100°F)	0.4	2	6	10
		在100%极限工作温度下,相对于室温应变灵敏系数变化公差(%/100°F)	±0.05	±0.2	±1.0	±3.0
14	蠕变	在室温下,指示应变(με)	鉴别不出	5	10	25
		在70%极限工作温度下,指示应变(με)	10	20	35	60
		在100%极限工作温度下,指示应变(με)	20	30	50	100

我国于2008年新修订的电阻应变片标准《金属粘贴式电阻应变计》(GB/T13992-2010)用于替代《电阻应变计》GB/T13992-1992,其中把应变片精度等级分为A、B、C三级。根据应变片使用情况,把它分为应力分析用应变片和传感器用应变片两类,并分别制定了相应的性能指标,分别列于表2与表3。由表中可见,应力分析用应变片共有12项性能指标,对于瞬时热输出一项可根据实际需要而定。表3中列出了传感器用应变片的8项指标,这些都为选择各种应变片时提供了有利的技术支持。

表 2 GB/T13992-2010 中应力分析用应变片的单项技术指标

序号	工作特性	说 明			级 别		
					A	B	C
1	应变计电阻	对平均值的允差	单栅	±%	0.3	0.5	0.8
			双栅		0.7	1.0	1.5
			多栅		0.8	1.0	1.5
		对称称值的偏差		±%	1.0	1.5	2.0
2	灵敏系数	对平均值的分散		±%	1	2	3
3	机械滞后	室温下的机械滞后		μm/m	3	5	8
		极限工作温度下的机械滞后		μm/m	10	20	30
4	蠕变	室温下的蠕变		μm/m	3	5	10
		极限工作温度下的蠕变		μm/m	20	30	50
5	横向效应系数	室温下的横向效应系数		±%	0.5	1	2
6	灵敏系数的温度系数	工作温度范围的平均变化		±%/100℃	1	2	3
		每一温度下灵敏系数对平均值的分散		±%	3	4	6
7	热输出	平均热输出系数		μm/m/℃	1.5	2	4
		对平均热输出的分散		± μm/m	60	100	200
8	漂移	室温下的漂移		μm/m	1	3	5
		极限工作温度下的漂移		μm/m	10	25	50
9	热滞后	第一工作温度下		μm/m	15	30	50
10	绝缘电阻	室温下的绝缘电阻		MΩ	10 ⁴	2×10 ³	10 ³
		极限工作温度下的绝缘电阻		MΩ	10	5	2
11	应变极限	室温下的应变极限		μm/m	2×10 ⁴	10 ⁴	8×10 ³
		极限工作温度下应变极限		μm/m	8×10 ³	5×10 ³	3×10 ³
12	疲劳寿命	室温下的疲劳寿命		循环次数	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵
		极限工作温度下的疲劳寿命		循环次数			

注：根据用户需要，瞬时热输出可给出具体测试数据或曲线。

表 3 GB/T13992-2010 中传感器用应变片的技术性能

序号	工作特性	说 明			级 别		
					A	B	C
1	应变计电阻	对平均值的允差	单栅	±%	0.2	0.3	0.6
			双栅		0.7	1.0	1.5
			多栅		0.8	1.0	1.5
		对称称值的偏差		±%	0.5	0.8	1.5
2	灵敏系数	对平均值的分散		±%	1	2	3
3	机械滞后	室温下的机械滞后		μm/m	3	5	8
		极限工作温度下的机械滞后		μm/m	10	20	30
4	蠕变	蠕变对平均值的分散		± μm/m	3	5	10
		极限工作温度下的蠕变		μm/m	无	30	50
5	灵敏系数的温度系数	工作温度范围的平均变化		±%/100℃	1	2	3
		每一温度下灵敏系数对平均值的分散		±%	3	4	6
6	热输出	平均热输出系数		μm/m/℃	1.5	2	4
		对平均热输出的分散		± μm/m	30	100	200
7	漂移	室温下的漂移		μm/m	1	3	5
		极限工作温度下		μm/m	10	25	50
8	疲劳寿命	室温下的疲劳寿命		循环次数	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴
		极限工作温度下的疲劳寿命		循环次数			

为了协调世界各国生产的各种应变片的品质的统一的监管,国际法制计量组织(OIML)于1985年公布的OIML国际建议No.62《金属电阻应变片的工作特性》(Performance characteristics of metallic resistance strain gauges)中,规定了6项应变片工作特性,即:

(1)电阻;(2)应变片灵敏系数;(3)横向效应系数;(4)应变片灵敏系数的温度系数;(6)热输出。

OIML国际建议No.62中还要求应变片生产厂各种应变片产品的包装盒内应提供(最低限度的)下述数据:即

- (1)应变片型号;
- (2)类别;
- (3)批(次)号;
- (4)附有不确定度的应变片电阻值;
- (5)附有不确定度的应变片灵敏系数;
- (6)附有不确定度的横向效应系数;
- (7)在所推荐的温度范围内,应变灵敏系数的温度系数(用附有不确定度的数字或图解表示);
- (8)与温度有关的热输出(用附有不确定度的数字或图解表示)。一种用图解或数字表示的典型格式:

例如:包装上的数据有:

应变片型号:RLX-25PB-8764;

类别:36D91L;

批号:6148

序号	工作特性	数值
1	在24和50%RH时应变片电阻 在24和50%RH时,应变片灵敏系数	350Ω ± 0.2%
2		2.05 ± 1%
3	在24和50%RH时,横向效应系数	(-0.6 ± 0.2)%
4	应变片灵敏系数的温度系数	(+0.9 ± 0.2)%/100
5	以(μm/m) ⁻¹ 来表示热输出(用数字表示)。粘贴在铝合金(2028-73)上。温度变化和 data 是连续的。	-45.1+3.32T-6.76 × 10 ⁻² T ² +3.20 × 10 ⁻⁴ T ³ -2.86 × 10 ⁻⁷ T ⁴ μm/m , ± 0.22 (μm/m) × ⁻¹

第 4、5 项的曲线图列于图 9。

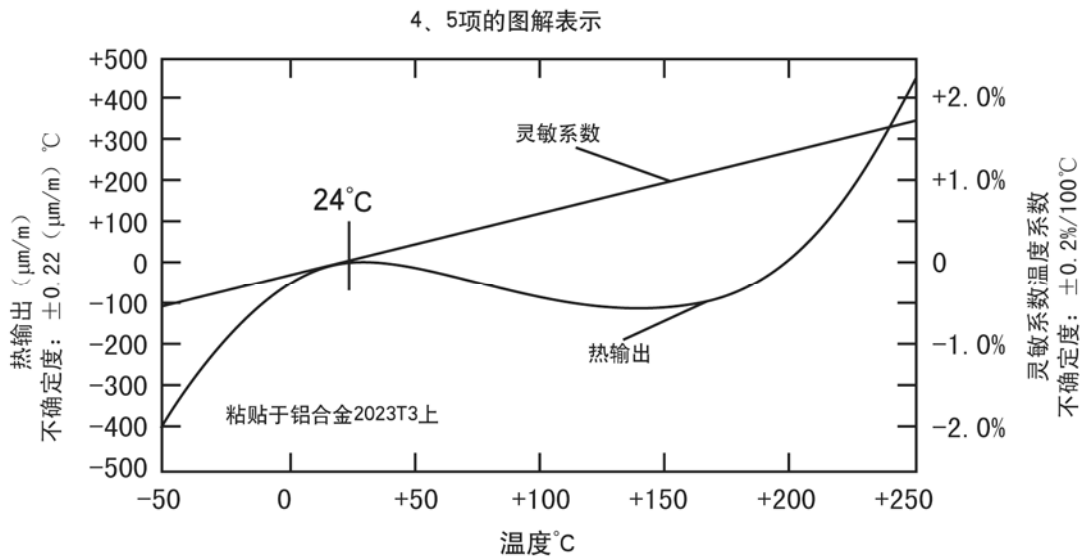


图 9 应变片的热输出及灵敏系数随温度的变化

六、结语

上面简要介绍了一些有关电阻应变片结构、工作特性等方面的一些名词术语方面的浅释，以供大家参考，不妥之处，敬请批评指正。

参考资料

1. 《电阻应变计》 ZB Y117-82
2. OIML R62-1985 performance characteristics of metallic resistance strain gauges
3. 高山博光：应力-ひずみ测定专门别委员会からの报告，《非破坏检查》第 62 卷 6 号，2013.6
4. National Aerospace Standard (NAS-942) Strain gages, Bonded Resistance 31. Jan. 1963
5. 《电阻应变计》 GB/T13992-1992
6. 《金属粘贴式电阻应变计》 GB/T13992-2010
7. 尹福炎：应变片与传感器丛书：《航空-航天飞行器结构试验与应变测量技术一本通》，国防工业出版社，2013.1.