

电工热敏双金属

[捷] F. 卡斯帕尔 著



国防工业出版社

73.811
170

电工热敏双金属

[捷] F. 卡斯帕尔 著

王全仁等 译

路 坤 校

2K598 / 12



国防工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书叙述了双金属片和双金属圆盘因加热和各种外力及力矩的作用而产生的变形的计算，同时介绍了有关双金属标准化、制造和试验，以及目前捷克斯洛伐克制和其他外国制双金属性能的比较等问题。

本书可供电气设备制造部门的工程技术人员以及从事测量和调节技术的技术人员参考。

本书译自 1961 年俄文本 ТЕРМОБИМЕТАЛЛЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ。

参加本书翻译工作的有王全仁、许文鼎、张宝珠、徐树德、黄维秋、英励昭、谢期藩等七位同志。

Kaspar František

Dvojkovy v elektrotechnice

Státní Nakladatelství Technické Literatury

Praha 2, Spálena 51

*

电 工 热 敏 双 金 属

王 全 仁 等 译

路 坤 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 20¹/₈ 468 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数：0,001—3,150 册

统一书号：15034·929 定价：(科七) 2.80 元

出版者的話

双金屬片是目前經常使用的自动元件之一。它結構簡單，价格便宜，在正确使用条件下工作时十分可靠。但是分析双金屬的工作的有关理論是很复杂的，并且其中有很多問題还只能以簡單的假設来解决。

双金屬的动作原理系以双金屬片在溫度变化下的变形为基础。在測量設備中，在保护电动机、導綫等的各种設備中，以及在某些調节器中，均可采用双金屬元件。

各种用于測量、保护或調节的机构，凡其主要构成部分为双金屬者，均称之为双金屬元件。

作为执行測量、保护或調节元件功能的双金屬的工作基础，是所研究的各种过程与双金屬元件某些部分的溫度之間的关系，以及該溫度与各种几何形状的双金屬片的变形之間的关系。

双金屬早在十八世紀就为人們所知。据说双金屬的动作原理是一位鍋炉工人偶然发现的。这位工人发现当鍋炉变冷的时候，炉門大声作响地自动打开了。經過对这一“自动化”的研究，查明炉門是用溫度綫膨脹系数不同的两块金屬板焊成的。

1766年，双金屬片第一次被用在測時計上，用以补偿周圍介质溫度变化的影响。C. E. 吉欧姆在1898~1899年間发明了“因瓦鋼”（一种溫度綫膨脹系数很小的新合金）。这种合金內含有36%的鎳和64%的鉄。双金屬的使用自此开始。目前，双金屬的生产已經有了詳尽的工艺規程，某些先进工业国的冶金工厂正在制造具有所要求的各种性能的优质双金屬材料。

本书对双金屬片的变形作了詳細的分析，較全面地計算了快速动作继电器、波紋形双金屬继电器、双金屬元件（特別是变截面的双金屬元件）的变形，恒定截面和变截面双金屬片固有机械振动頻率，并分析了多层双金屬元件的变形和应力，研究了各种几何形状的（包括已采用的和可能采用的）双金屬片的变形計算的許多范例，并附有世界各国的許多設計方案图。为了使变形計算簡化，列举了根据弯曲比和彈性模数算出的双金屬材料的常数。

根据本书所述內容，它对我国有关部門的工程技術人員具有現实的参考价值。茲譯成中文出版，敬希讀者批評指正。

緒 論

双金屬作用原理的簡要說明使用範圍及

有关問題的概述

双金屬定义和主要性能概述

双金屬是指一种金属材料，这种金属材料是将两层所謂組元金屬机械固連成一定长度的薄片、条带或长卷的螺旋。热敏双金屬之所以得到实际应用，是由于两层材料的溫度綫膨脹系数（以下簡称溫度膨脹系数）不同的緣故。

加热时，由于两层金屬的溫度膨脹系数不同，热敏双金屬截面的內应力分布不均；結果使热敏双金屬产生变形。已被采用在各种仪器和装置內的双金屬元件和机构，其形状各有不同。最常用的是矩形双金屬片。近来，双金屬圓盘也得到了广泛的采用。

双金屬元件的作用原理一般是基于加热所引起的双金屬变形，而双金屬机构的作用原理，則是利用双金屬在加热时內应力的变化。

在从量上詳細分析加热对一定几何形状的双金屬变形的影响之前，我們先从质上研究一下双金屬片在加热时产生变形的过程。图 1-1 a 上示有两个等长的矩形双金屬片。两个片互不接触，具有不同的溫度膨脹系数，其整个体积內的溫度是相等的。假設在片上沒有任何外力作用并在片內沒有任何的內应力。图 1-1 b 所示为两个被加热的双金屬片，其整个体积上的溫度是相等的。因为两个片处于自由状态，并有不同的溫度膨脹系数，所以加热后其长度也将各不相同。在这种情况下两个片內將不存在任何的內应力。图 1-1 c 上所示也是同样的两个双金屬片，但是用机械方法固連在一起，并且将样件夹在两个平行导板之間，导板使样件只有纵向位移，沒有弯曲。因为两层是机械連接的，而各层的膨脹系数又各不相同，故在加热时，虽加热溫度相同，但样件长于图 1-1 b 之自由片 1，而短于自由片 2。此时，膨脹系数小的层 1 承受拉力，而膨脹系数大的层 2 承受压縮力。图 1-1 d 所示的双金屬片与图 1-1 c 的相同，但处于自由状态。根据图 1-1 c 由于在均匀加热时，层 1 产生拉伸应力而层 2 产生压縮应力，故片弯曲而呈弧形，如图 1-1 d 所示。拉伸应力和压縮应力对每层中性軸的分布，如图 1-1 d 之右图所示。

这种最理想的简单变形图只是粗略的近似情况，在实际中是不存在的。在实际条件下必須注意一些使計算工作复杂化的因素，諸如溫度沿双金屬片纵向和橫向分布不均的影响，

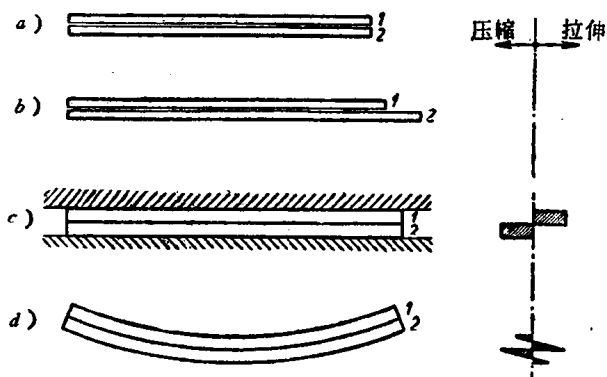


图1-1 加热时双金屬片产生应力和变形的图解。

加热和冷却时的不同特性，外力和双金属片自重的影响等等。

为使双金属元件动作准确且其性能不随时间而变化，双金属材料在工作温度范围内不应有机械迟滞●或在弹性变形极限之外工作。虽然这些条件非常便于计算（因为按虎克定律，加热温度、应力和变形之间为线性关系），但同时却对双金属材料的生产提出了严格的要求。

使用双金属的可能性

如上所述，双金属的作用原理是依据双金属随温度变化而变形的关系。所以在工作状态下，双金属不仅能反映周围介质温度的变化，并且还能反映间接影响温度变化的各种状态和过程的全部变化。因此双金属获得了广泛的应用。

利用双金属直接测量温度是使用双金属的最简单的一种情况。

双金属也可作为测量器的主要构成部分，补偿周围介质温度变化对仪器工作的影响。

双金属广泛地采用在电路过载保护装置、电动机和其它装置的热继电器和开关内，以及采用在调节系统内。作为例子可以举出日用电热装置的自动调节，双金属在照明和运输设备中的应用，以及在各种不同生产过程的调节设备中的使用。

使用热敏双金属的各种不同情况将在本书的第四章和第五章内详细叙述，本节仅为简要的概述。

双金属的有关问题

为了使读者便于了解本书的全貌，我们拟将与双金属生产和加工有关的问题，以及与双金属元件或机构的正确设计和计算有关的问题先作一概括介绍。

对双金属材料提出的主要要求是精确地保持尺寸公差和性能，并使这些性能保持稳定。如果双金属的性能不稳定，就无法保证双金属元件的工作可靠性。此外，如果尺寸不准确和性能不稳定，则制成的元件的调节和试验将具有单件生产性质，比制造还要花费更大的代价。

在双金属元件的设计和计算中，通常会遇到不少困难。例如，被研究的过程本身以及它与双金属的温度随时间变化的关系都是不固定的。双金属个别部分的温度分布复杂或温度分布未知、周围介质温度或零件温度的影响、被研究过程的温度和双金属温度的不同的变化速度、双金属的过渡状态及最初温度状况的影响，都能使计算得出不肯定的结果。

即使在一般的温度条件下，对于复杂形状的双金属也很难计算出其应力、变形和外力，有时则计算出的结果不精确。所以通常不得不用简化的方法将实际条件理想化，以得出近似的关系式。由此可见，得出的关系式首先具有质的意义，只有经过实验，方能成为量的标准。

鉴于欲分析双金属的作用，必须首先了解与加热有关的各项法则，同时，考虑到在现有的文献中对于必要的参考公式缺乏全面的叙述，所以我们在第四章内列举了与双金属元件及其所保护的装置的加热和冷却有关的关系式。为了简化和总结得出的关系式，我们所注意的不是温度，而是加热温度值。

● 如果材料变形准确地遵循机械应力的变化，而非弹性变形或塑性变形，则不存在机械迟滞现象。

目 录

出版者的話	6
緒論	7

第一章 热敏双金属力学

1-1 低溫下平直双金屬片的变形	9
1-1-1 双金屬片加热后的曲率	9
1-1-2 双金屬片的应力	10
1-1-3 中性軸的位置	11
1-1-4 双金屬片的弯曲及其截面的迴轉	15
1-1-5 双金屬片的几何尺寸关系	19
1-2 預弯曲的双金屬片的加热变形	20
1-2-1 弯曲的双金屬片的曲率	20
1-2-2 弯曲的双金屬片自由端的位移	22
1-3 受外力(或力矩)、自重和加热作用的平直双金屬片	26
1-3-1 双金屬片自由端在外力作用下的 弯曲綫轉角和位移	26
1-3-2 在自重作用下双金屬片自由端 的弯曲和截面弯曲綫的轉角	27
1-3-3 在弯曲力矩作用下双金屬片截 面上的应力	28
1-3-4 截面中性軸的位置	29
1-3-5 抗拉或抗压等效彈性模数	31
1-3-6 加热、外力矩和自重同时作用 下双金屬片自由端的位移和应力	33
1-3-7 变形功	36
1-3-8 自由放置在两个支点上的双金屬片	37
1-4 在大的溫度变化条件下平直双金屬片的变形	38
1-4-1 大的加热值下双金屬片自 由端的位移	38
1-4-2 近似式及其评价	39
1-5 矩形截面的平直双金屬片的固有机械振动頻率	40
1-6 复杂几何形状的双金屬片的变形	42
1-6-1 双金屬片与普通单金屬片 的組合体	42
1-6-2 复杂形状的双金屬片的变形	43
1-6-3 双金屬螺綫(游絲)	47
1-6-4 双金屬螺旋彈簧	49
1-6-5 双金屬膜片	52
1-7 双金屬补偿元件	52
1-7-1 平直的双金屬补偿片	54
1-7-2 复杂形状的双金屬补偿片	55
1-8 各种几何形状的双金屬片自由端的位移	57
1-9 最常用的各种形状双金屬片的基本公式和列綫图	65
1-9-1 一端固定的平直双金屬片	65
1-9-2 两个支点的平直双金屬片	67
1-9-3 弯成 180° 角的双金屬片	67
1-9-4 双金屬螺旋彈簧或游絲	67
1-10 組合的双金屬叠片	71
1-10-1 总厚度相同的組合叠片 和整体的双金屬片	71
1-10-2 初力相同的組合片和整体片	72
1-11 多层的热敏双金屬片	74
1-11-1 鍍銅的双金屬片	74
1-11-2 帶連接夹层的双金屬片	80

1-12 变截面双金属片	82
1-12-1 变截面双金属片的几何尺寸关系	83
1-12-2 变截面双金属片的加热变形	85
1-12-3 变截面双金属片当自由端受外力作用时的变形	87
1-12-4 变截面双金属片在自重作用下的变形	89
1-12-5 变截面双金属片固有机机械振动的谐振频率	90

第二章 带双金属元件的主要机构

2-1 末端受 F 力作用的双金属片机构	93
2-2 带有双金属片的棘轮机构	95
2-3 带双金属元件的速动开关和继电器	99
2-3-1 一般概念和定义	99
2-3-2 双金属片末端刚性固定的速动继电器	101
2-3-3 双金属片末端弹性固定的速动继电器	106
2-3-4 带弹簧的双金属速动继电器	108
2-3-5 带转换机构的双金属速动继电器	114
2-3-6 带永久磁铁的双金属速动继电器	117
2-3-7 带波形双金属片的速动继电器	120
2-3-8 带双金属盘的双金属速动继电器	130

第三章 双金属元件及其保护、测量或调节的设备加热和冷却

3-1 一般概念。加热的种类和方法	134
3-2 直接加热和冷却	135
3-3 各参数与温度有关的直接加热和冷却	137
3-4 重复-短时负载下的加热和冷却	141
3-5 电动机起动时及可变负载下的加热	143
3-6 间接加热和冷却	150
3-7 双金属片的不均匀加热	154
3-8 短路时镀铜双金属片的加热	156
3-9 在不均匀加热下双金属片的变形	159
3-10 理想的直接加热式继电器的特性曲线	163
3-10-1 基本概念和加热值	163
3-10-2 用计算方法作出的继电器断开特性曲线	164
3-10-3 基于两个给定点的热继电器断开特性曲线	170
3-10-4 热继电器的冷却	171
3-11 继电器的调节	174
3-12 理想的间接加热式热继电器的特性曲线	179

第四章 双金属元件在电机和电气设备保护中的应用

4-1 一般概念	183
4-2 保护热继电器和开关的实际断开特性曲线	187
4-3 恒定负载电流下的保护	195
4-4 保护热继电器的抗短路性	198
4-5 保护继电器的误差	206
4-6 电动机的保护	208
4-6-1 一般概念	208
4-6-2 恒定电流短时负载下电动机的保护	209
4-6-3 断续负载下长时工作的电动机的保护	211
4-6-4 电动机起动的分析	215
4-6-5 最大可变负载下电动机的保护	218
4-6-6 电动机保护的特别问题	222

4-7 线路的保护	225
4-8 变压器的保护	228
4-9 各种双金属继电器设计方案	232
4-9-1 带缓动接点的双金属继电器	232
4-9-2 双金属片速动继电器	235
4-9-3 圆盘形双金属速动继电器	238
4-9-4 双金属片保护热继电器	240

第五章 双金属的应用

5-1 家庭日用的双金属恒温器	257
5-1-1 电热用具中的恒温器	257
5-1-2 电冰箱内的恒温器	261
5-2 照明设备中的双金属	263
5-3 测量设备中的双金属	266
5-4 调节设备中的双金属	271
5-4-1 调节温度用的恒温器	271
5-4-2 用恒温器调节供暖设备	277
5-4-3 输入功率的调节	282
5-4-4 固体、液体和气体介质内温度的 调节	282
5-5 运输设备中采用的双金属	284
5-6 安全设备中的双金属	286
5-7 通信设备中的双金属	288

第六章 热敏双金属的试验方法

6-1 双金属材料的标准	291
6-2 双金属材料的试验	293
6-3 热继电器的试验和检查	297

第七章 双金属的制造和加工

7-1 组元材料	300
7-2 双金属生产概述	303
7-3 双金属元件的制造	304
7-4 特殊双金属材料	304
7-5 制成的双金属及其性能	305
参考文献	316

73.811
170

电工热敏双金属

[捷] F. 卡斯帕尔 著

王全仁等 译

路 坤 校

2K598/12



国营工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书叙述了双金属片和双金属圆盘因加热和各种外力及力矩的作用而产生的变形的计算，同时介绍了有关双金属标准化、制造和试验，以及目前捷克斯洛伐克制和其他外国制双金属性能的比较等问题。

本书可供电气设备制造部门的工程技术人员以及从事测量和调节技术的技术人员参考。

本书译自 1961 年俄文本 ТЕРМОБИМЕТАЛЛЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ。

参加本书翻译工作的有王全仁、许文鼎、张宝珠、徐树德、黄维秋、英励昭、谢期藩等七位同志。

Kaspar František

Dvojkovy v elektrotechnice

Státní Nakladatelství Technické Literatury

Praha 2, Spálena 51

*

电 工 热 敏 双 金 属

王 全 仁 等 译

路 坤 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张 20 $\frac{1}{8}$ 468 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数：0,001—3,150 册

统一书号：15034·929 定价：(科七) 2.80 元

目 录

出版者的話	6
緒論	7

第一章 热敏双金属力学

1-1 低溫下平直双金屬片的变形	9
1-1-1 双金屬片加热后的曲率	9
1-1-2 双金屬片的应力	10
1-1-3 中性軸的位置	11
1-1-4 双金屬片的弯曲及其截面的迴轉	15
1-1-5 双金屬片的几何尺寸关系	19
1-2 預弯曲的双金屬片的加热变形	20
1-2-1 弯曲的双金屬片的曲率	20
1-2-2 弯曲的双金屬片自由端的位移	22
1-3 受外力(或力矩)、自重和加热作用的平直双金屬片	26
1-3-1 双金屬片自由端在外力作用下的 弯曲綫轉角和位移	26
1-3-2 在自重作用下双金屬片自由端 的弯曲和截面弯曲綫的轉角	27
1-3-3 在弯曲力矩作用下双金屬片截 面上的应力	28
1-3-4 截面中性軸的位置	29
1-3-5 抗拉或抗压等效彈性模数	31
1-3-6 加热、外力矩和自重同时作用 下双金屬片自由端的位移和应力	33
1-3-7 变形功	36
1-3-8 自由放置在两个支点上的双金屬片	37
1-4 在大的溫度变化条件下平直双金屬片的变形	38
1-4-1 大的加热值下双金屬片自 由端的位移	38
1-4-2 近似式及其评价	39
1-5 矩形截面的平直双金屬片的固有机械振动頻率	40
1-6 复杂几何形状的双金屬片的变形	42
1-6-1 双金屬片与普通单金屬片 的組合体	42
1-6-2 复杂形状的双金屬片的变形	43
1-6-3 双金屬螺綫(游絲)	47
1-6-4 双金屬螺旋彈簧	49
1-6-5 双金屬膜片	52
1-7 双金屬补偿元件	52
1-7-1 平直的双金屬补偿片	54
1-7-2 复杂形状的双金屬补偿片	55
1-8 各种几何形状的双金屬片自由端的位移	57
1-9 最常用的各种形状双金屬片的基本公式和列綫图	65
1-9-1 一端固定的平直双金屬片	65
1-9-2 两个支点的平直双金屬片	67
1-9-3 弯成 180° 角的双金屬片	67
1-9-4 双金屬螺旋彈簧或游絲	67
1-10 組合的双金屬叠片	71
1-10-1 总厚度相同的組合叠片 和整体的双金屬片	71
1-10-2 初力相同的組合片和整体片	72
1-11 多层的热敏双金屬片	74
1-11-1 鍍銅的双金屬片	74
1-11-2 帶連接夾層的双金屬片	80

1-12 变截面双金属片	82
1-12-1 变截面双金属片的几何尺寸关系	83
1-12-2 变截面双金属片的加热变形	85
1-12-3 变截面双金属片当自由端受外力作用时的变形	87
1-12-4 变截面双金属片在自重作用下的变形	89
1-12-5 变截面双金属片固有机机械振动的谐振频率	90

第二章 带双金属元件的主要机构

2-1 末端受 F 力作用的双金属片机构	93
2-2 带有双金属片的棘轮机构	95
2-3 带双金属元件的速动开关和继电器	99
2-3-1 一般概念和定义	99
2-3-2 双金属片末端刚性固定的速动继电器	101
2-3-3 双金属片末端弹性固定的速动继电器	106
2-3-4 带弹簧的双金属速动继电器	108
2-3-5 带转换机构的双金属速动继电器	114
2-3-6 带永久磁铁的双金属速动继电器	117
2-3-7 带波形双金属片的速动继电器	120
2-3-8 带双金属盘的双金属速动继电器	130

第三章 双金属元件及其保护、测量或调节的设备加热和冷却

3-1 一般概念。加热的种类和方法	134
3-2 直接加热和冷却	135
3-3 各参数与温度有关的直接加热和冷却	137
3-4 重复-短时负载下的加热和冷却	141
3-5 电动机起动时及可变负载下的加热	143
3-6 间接加热和冷却	150
3-7 双金属片的不均匀加热	154
3-8 短路时镀铜双金属片的加热	156
3-9 在不均匀加热下双金属片的变形	159
3-10 理想的直接加热式继电器的特性曲线	163
3-10-1 基本概念和加热值	163
3-10-2 用计算方法作出的继电器断开特性曲线	164
3-10-3 基于两个给定点的热继电器断开特性曲线	170
3-10-4 热继电器的冷却	171
3-11 继电器的调节	174
3-12 理想的间接加热式热继电器的特性曲线	179

第四章 双金属元件在电机和电气设备保护中的应用

4-1 一般概念	183
4-2 保护热继电器和开关的实际断开特性曲线	187
4-3 恒定负载电流下的保护	195
4-4 保护热继电器的抗短路性	198
4-5 保护继电器的误差	206
4-6 电动机的保护	208
4-6-1 一般概念	208
4-6-2 恒定电流短时负载下电动机的保护	209
4-6-3 断续负载下长时工作的电动机的保护	211
4-6-4 电动机起动的分析	215
4-6-5 最大可变负载下电动机的保护	218
4-6-6 电动机保护的特别问题	222

4-7 线路的保护	225
4-8 变压器的保护	228
4-9 各种双金属继电器设计方案	232
4-9-1 带缓动接点的双金属继电器	232
4-9-2 双金属片速动继电器	235
4-9-3 圆盘形双金属速动继电器	238
4-9-4 双金属片保护热继电器	240

第五章 双金属的应用

5-1 家庭日用的双金属恒温器	257
5-1-1 电热用具中的恒温器	257
5-1-2 电冰箱内的恒温器	261
5-2 照明设备中的双金属	263
5-3 测量设备中的双金属	266
5-4 调节设备中的双金属	271
5-4-1 调节温度用的恒温器	271
5-4-2 用恒温器调节供暖设备	277
5-4-3 输入功率的调节	282
5-4-4 固体、液体和气体介质内温度的 调节	282
5-5 运输设备中采用的双金属	284
5-6 安全设备中的双金属	286
5-7 通信设备中的双金属	288

第六章 热敏双金属的试验方法

6-1 双金属材料的标准	291
6-2 双金属材料的试验	293
6-3 热继电器的试验和检查	297

第七章 双金属的制造和加工

7-1 组元材料	300
7-2 双金属生产概述	303
7-3 双金属元件的制造	304
7-4 特殊双金属材料	304
7-5 制成的双金属及其性能	305
参考文献	316

出版者的話

双金屬片是目前經常使用的自动元件之一。它結構簡單，价格便宜，在正确使用条件下工作时十分可靠。但是分析双金屬的工作的有关理論是很复杂的，并且其中有很多問題还只能以簡單的假設来解决。

双金屬的动作原理系以双金屬片在溫度变化下的变形为基础。在測量設備中，在保护电动机、導綫等的各种設備中，以及在某些調节器中，均可采用双金屬元件。

各种用于測量、保护或調节的机构，凡其主要构成部分为双金屬者，均称之为双金屬元件。

作为执行測量、保护或調节元件功能的双金屬的工作基础，是所研究的各种过程与双金屬元件某些部分的溫度之間的关系，以及該溫度与各种几何形状的双金屬片的变形之間的关系。

双金屬早在十八世紀就为人們所知。据说双金屬的动作原理是一位鍋炉工人偶然发现的。这位工人发现当鍋炉变冷的时候，炉門大声作响地自动打开了。經過对这一“自动化”的研究，查明炉門是用溫度綫膨脹系数不同的两块金屬板焊成的。

1766年，双金屬片第一次被用在測時計上，用以补偿周圍介质溫度变化的影响。C. E. 吉欧姆在1898~1899年間发明了“因瓦鋼”（一种溫度綫膨脹系数很小的新合金）。这种合金內含有36%的鎳和64%的鉄。双金屬的使用自此开始。目前，双金屬的生产已經有了詳尽的工艺規程，某些先进工业国的冶金工厂正在制造具有所要求的各种性能的优质双金屬材料。

本书对双金屬片的变形作了詳細的分析，較全面地計算了快速动作继电器、波紋形双金屬继电器、双金屬元件（特別是变截面的双金屬元件）的变形，恒定截面和变截面双金屬片固有机械振动頻率，并分析了多层双金屬元件的变形和应力，研究了各种几何形状的（包括已采用的和可能采用的）双金屬片的变形計算的許多范例，并附有世界各国的許多設計方案图。为了使变形計算簡化，列举了根据弯曲比和彈性模数算出的双金屬材料的常数。

根据本书所述內容，它对我国有关部門的工程技術人員具有現实的参考价值。茲譯成中文出版，敬希讀者批評指正。

緒 論

双金屬作用原理的簡要說明使用範圍及

有关問題的概述

双金屬定义和主要性能概述

双金屬是指一种金属材料，这种金属材料是将两层所謂組元金屬机械固連成一定长度的薄片、条带或长卷的螺旋。热敏双金屬之所以得到实际应用，是由于两层材料的溫度綫膨脹系数（以下簡称溫度膨脹系数）不同的緣故。

加热时，由于两层金屬的溫度膨脹系数不同，热敏双金屬截面的內应力分布不均；結果使热敏双金屬产生变形。已被采用在各种仪器和装置內的双金屬元件和机构，其形状各有不同。最常用的是矩形双金屬片。近来，双金屬圓盘也得到了广泛的采用。

双金屬元件的作用原理一般是基于加热所引起的双金屬变形，而双金屬机构的作用原理，則是利用双金屬在加热时內应力的变化。

在从量上詳細分析加热对一定几何形状的双金屬变形的影响之前，我們先从质上研究一下双金屬片在加热时产生变形的过程。图 1-1 a 上示有两个等长的矩形双金屬片。两个片互不接触，具有不同的溫度膨脹系数，其整个体积內的溫度是相等的。假設在片上沒有任何外力作用并在片內沒有任何的內应力。图 1-1 b 所示为两个被加热的双金屬片，其整个体积上的溫度是相等的。因为两个片处于自由状态，并有不同的溫度膨脹系数，所以加热后其长度也将各不相同。在这种情况下两个片內將不存在任何的內应力。图 1-1 c 上所示也是同样的两个双金屬片，但是用机械方法固連在一起，并且将样件夹在两个平行导板之間，导板使样件只有纵向位移，沒有弯曲。因为两层是机械連接的，而各层的膨脹系数又各不相同，故在加热时，虽加热溫度相同，但样件长于图 1-1 b 之自由片 1，而短于自由片 2。此时，膨脹系数小的层 1 承受拉力，而膨脹系数大的层 2 承受压縮力。图 1-1 d 所示的双金屬片与图 1-1 c 的相同，但处于自由状态。根据图 1-1 c 由于在均匀加热时，层 1 产生拉伸应力而层 2 产生压縮应力，故片弯曲而呈弧形，如图 1-1 d 所示。拉伸应力和压縮应力对每层中性軸的分布，如图 1-1 d 之右图所示。

这种最理想的简单变形图只是粗略的近似情况，在实际中是不存在的。在实际条件下必須注意一些使計算工作复杂化的因素，諸如溫度沿双金屬片纵向和橫向分布不均的影响，

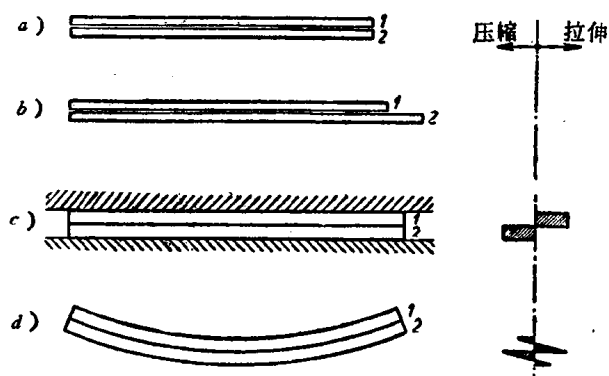


图1-1 加热时双金屬片产生应力和变形的图解。

加热和冷却时的不同特性，外力和双金属片自重的影响等等。

为使双金属元件动作准确且其性能不随时间而变化，双金属材料在工作温度范围内不应有机械迟滞●或在弹性变形极限之外工作。虽然这些条件非常便于计算（因为按虎克定律，加热温度、应力和变形之间为线性关系），但同时却对双金属材料的生产提出了严格的要求。

使用双金属的可能性

如上所述，双金属的作用原理是依据双金属随温度变化而变形的关系。所以在工作状态下，双金属不仅能反映周围介质温度的变化，并且还能反映间接影响温度变化的各种状态和过程的全部变化。因此双金属获得了广泛的应用。

利用双金属直接测量温度是使用双金属的最简单的一种情况。

双金属也可作为测量器的主要构成部分，补偿周围介质温度变化对仪器工作的影响。

双金属广泛地采用在电路过载保护装置、电动机和其它装置的热继电器和开关内，以及采用在调节系统内。作为例子可以举出日用电热装置的自动调节，双金属在照明和运输设备中的应用，以及在各种不同生产过程的调节设备中的使用。

使用热敏双金属的各种不同情况将在本书的第四章和第五章内详细叙述，本节仅为简要的概述。

双金属的有关问题

为了使读者便于了解本书的全貌，我们拟将与双金属生产和加工有关的问题，以及与双金属元件或机构的正确设计和计算有关的问题先作一概括介绍。

对双金属材料提出的主要要求是精确地保持尺寸公差和性能，并使这些性能保持稳定。如果双金属的性能不稳定，就无法保证双金属元件的工作可靠性。此外，如果尺寸不准确和性能不稳定，则制成的元件的调节和试验将具有单件生产性质，比制造还要花费更大的代价。

在双金属元件的设计和计算中，通常会遇到不少困难。例如，被研究的过程本身以及它与双金属的温度随时间变化的关系都是不固定的。双金属个别部分的温度分布复杂或温度分布未知、周围介质温度或零件温度的影响、被研究过程的温度和双金属温度的不同的变化速度、双金属的过渡状态及最初温度状况的影响，都能使计算得出不肯定的结果。

即使在一般的温度条件下，对于复杂形状的双金属也很难计算出其应力、变形和外力，有时则计算出的结果不精确。所以通常不得不用简化的方法将实际条件理想化，以得出近似的关系式。由此可见，得出的关系式首先具有质的意义，只有经过实验，方能成为量的标准。

鉴于欲分析双金属的作用，必须首先了解与加热有关的各项法则，同时，考虑到在现有的文献中对于必要的参考公式缺乏全面的叙述，所以我们在第四章内列举了与双金属元件及其所保护的装置的加热和冷却有关的关系式。为了简化和总结得出的关系式，我们所注意的不是温度，而是加热温度值。

● 如果材料变形准确地遵循机械应力的变化，而非弹性变形或塑性变形，则不存在机械迟滞现象。