

自动化传感器实验报告二金属箔式应变片 ——半桥性能实验

一、实验目的

1. 了解金属箔式应变片的工作原理

金属箔式应变片作为一种常见的传感器元件，广泛应用于力学、土木、航空、汽车等领域。其工作原理基于应变片内部的金属箔材在受到拉力或压力时产生形变，这种形变会导致金属箔的电阻值发生变化。这种电阻值的变化与应变片的形变程度成正比，从而能够将力学量转化为电信号。金属箔式应变片的制造通常采用精密的机械加工工艺，将金属箔材制成细长的丝状，并按照一定的图形进行排列。当应变片受到拉伸或压缩时，金属箔材的长度和截面积发生变化，根据电阻率与长度和截面积的关系，其电阻值也随之变化。通过测量电阻值的变化，可以准确计算出应变片的应变大小，从而实现对接力学量的检测。

金属箔式应变片的结构通常包括电阻丝、基底和引线等部分。其中，电阻丝是应变片的核心部分，它由高电阻率的金属制成，如镍铬合金等。基底通常采用绝缘材料，如陶瓷、塑料等，用于固定电阻丝并提高应变片的机械强度。引线则用于将应变片的电阻信号传输到测量电路中。当应变片受到拉伸或压缩时，电阻丝的长度和截面积发生变化，从而改变其电阻值。这种电阻值的变化与应变片的应变大小呈线性关系，使得金属箔式应变片具有较好的线性响应特性。

在实际应用中，金属箔式应变片通常需要与相应的测量电路结合使用。半桥电路是一种常用的测量电路，它能够有效抑制共模干扰，提高测量精度。在半桥电路中，应变片的两端分别连接到测量电路的输入端，当应变片受到拉伸或压缩时，其电阻值的变化会引起电路输出电压的变化。通过测量输出电压的变化，可以计算出应变片的应变大小。此外，金属箔式应变片还具有响应速度快、灵敏度高、耐高温等优点，因此在各种力学量的检测中得到了广泛的应用。

2. 研究半桥电路的应变片性能

(1) 半桥电路作为一种常用的应变片测量电路，其设计原理基于将应变片的电阻变化转化为电压信号。在半桥电路中，应变片的两端电阻分别与两个固定电阻相串联，形成一个电桥。当应变片受到外力作用产生形变时，其电阻值发生变化，导致电桥失去平衡。此时，电桥的输出电压与应变片的电阻变化成正比，通过测量输出电压的变化，可以精确地

获取应变片的应变值。半桥电路的优点在于其结构简单，成本较低，且具有较高的抗共模干扰能力。

(2)

半桥电路的应变片性能研究主要包括灵敏度、线性度、温度系数和频率响应等方面。灵敏度是指应变片电阻变化引起的输出电压变化程度，是衡量应变片性能的重要指标。线性度则表示应变片电阻变化与输出电压变化之间的线性关系，线性度越高，测量精度越高。温度系数是指应变片电阻值随温度变化的敏感程度，温度系数越小，应变片的温度稳定性越好。频率响应则描述了应变片在不同频率下的响应特性，对于动态测量尤为重要。

(3) 在半桥电路的应变片性能研究中，还需考虑电路的噪声和信号放大问题。电路噪声主要来源于电源、电阻和电路元件等，会降低测量精度。因此，在设计半桥电路时，应选用低噪声的电源和高质量的电阻元件，并采取适当的滤波措施。信号放大是提高测量精度的重要环节，通过合理设计放大电路，可以有效地提高应变片输出信号的幅度，降低测量误差。此外，半桥电路的设计还需考虑应变片的安装方式、固定方式和信号传输方式等因素，以确保应变片在实际应用中的性能稳定可靠。

3. 验证应变片的线性响应特性

(1) 验证应变片的线性响应特性是评估其性能的关键步骤。这一特性反映了应变片在受到不同应变时，其电阻值变化与应变值之间的线性关系。为了验证应变片的线性响应特性，通常采用一系列已知应变值的力进行测试，并记录相应的电阻变化。通过绘制应变值与电阻变化之间的曲线，可

以直观地观察应变片的线性度。理想情况下，该曲线应呈现为一条通过原点的直线，表明应变片的电阻变化与应变值之间存在完美的线性关系。

(2)

在实际测试中，为了确保验证结果的准确性，需要采用高精度的力传感器和电阻测量设备。测试过程中，通过逐步增加或减少施加在应变片上的力，可以观察到电阻值的变化。对于不同类型的应变片，测试条件可能有所不同，例如，对于不同材料或结构的应变片，可能需要调整测试速度或施加力的方式。通过多次重复测试，可以验证应变片的长期稳定性和重复性。

(3) 验证应变片的线性响应特性还涉及对测试数据的分析。分析过程中，通常采用最小二乘法拟合测试数据，得到应变值与电阻变化之间的最佳线性关系式。通过计算相关系数，可以评估拟合曲线的线性度。此外，分析结果还包括应变片的灵敏度、非线性误差等参数。这些参数有助于评估应变片在实际应用中的测量精度和可靠性。在验证应变片的线性响应特性时，还需考虑环境因素，如温度、湿度等，这些因素可能对测试结果产生影响。因此，控制测试环境的一致性对于确保验证结果的准确性至关重要。

二、实验原理

1. 金属箔式应变片的工作原理

(1)

金属箔式应变片的工作原理基于金属箔材在受力时产生的电阻变化。这种应变片通常由一层或多层金属箔材制成，这些箔材被粘贴在一个绝缘基底上，并形成电阻丝。当金属箔式应变片受到拉伸或压缩力时，其内部的金属箔材将随之发生形变，这种形变会导致箔材的长度和截面积发生变化。根据金属的物理特性，这种形变将引起电阻值的变化，即电阻应变效应。这种电阻变化与施加的力成正比，从而可以将力信号转换为电信号，便于后续的测量和处理。

(2) 金属箔式应变片的电阻变化是由于金属内部晶格的变形所引起的。当金属箔材受到拉伸时，晶格沿拉伸方向拉长，晶格间隙增大，导致电阻增加；而当金属箔材受到压缩时，晶格沿压缩方向缩短，晶格间隙减小，导致电阻减少。由于金属的电阻率与其长度成正比，与截面积成反比，因此，通过测量电阻值的变化，可以计算出应变片所受的应变大小。这种基于电阻应变效应的原理使得金属箔式应变片在力学量测量领域得到了广泛应用。

(3) 金属箔式应变片的设计和制造过程要求极高的精确性。通常，金属箔材的厚度仅为几微米到几十微米，因此需要使用精密的制造工艺，如光刻、蚀刻等，来确保箔材的均匀性和稳定性。此外，为了提高应变片的灵敏度和抗干扰能力，制造过程中还会对箔材进行特殊的表面处理，如镀金、涂覆等。在安装和使用过程中，金属箔式应变片对环境条件（如温度、湿度）的敏感度也需要考虑，以确保其测量结果

的准确性和可靠性。

2. 半桥电路的工作原理

(1)

半桥电路是一种常见的测量电路，广泛应用于应变片等传感器的信号放大和转换。其工作原理基于电桥电路的基本原理，通过将一个未知电阻（如应变片）与两个已知电阻串联，形成一个半桥结构。当半桥电路的两个桥臂电阻值相等时，电路处于平衡状态，此时输出电压为零。当其中一个桥臂的电阻值发生变化时，电桥失去平衡，输出电压也随之变化。这种变化与电阻的变化量成正比，因此可以用来测量电阻值的变化，如应变片的应变变化。

(2) 在半桥电路中，应变片通常连接在其中一个桥臂上。当应变片受到拉伸或压缩时，其电阻值发生变化，导致电桥输出电压变化。为了提高测量精度和抗共模干扰能力，半桥电路通常采用差分放大器进行信号放大。差分放大器能够有效地抵消共模干扰，只放大差模信号，从而提高测量精度。在半桥电路中，差分放大器的两个输入端分别连接到半桥电路的两个输出端，通过比较两个输出端的电压差，可以放大并转换应变片的电阻变化为电压信号。

(3) 半桥电路的设计需要考虑多个因素，如应变片的灵敏度、线性度、温度系数以及电路的噪声等。为了确保测量精度，应变片的安装和固定方式也需要特别注意，以减少因安装不当造成的误差。此外，半桥电路的电源电压、放大倍数等参数也需要根据实际应用进行调整。在实际应用中，半桥电路常与数据采集系统、微控制器等设备配合使用，实现对力学量、压力等物理量的精确测量。通过合理设计半桥电

路,可以有效地提高测量精度和可靠性,满足各种测量需求。

3. 应变片的线性响应特性

(1)

应变片的线性响应特性是指应变片在受到一定范围内的应力时，其电阻变化与应力之间的线性关系。这种线性关系对于应变片的准确测量至关重要，因为它确保了在测量范围内，应变片输出信号的稳定性。理想的应变片应具有完全的线性响应特性，即电阻变化与应力变化之间呈现完美的直线关系。在实际应用中，大多数应变片都能在一定的应力范围内保持良好的线性响应特性，这一特性通常通过线性度指标来衡量。

(2) 线性响应特性的验证通常通过在应变片上施加一系列已知应力的测试来完成。这些应力可能来自拉伸、压缩或其他形式的机械变形。测试过程中，记录应变片在不同应力下的电阻值，并绘制电阻值与应力之间的曲线。通过分析这条曲线，可以确定应变片的线性响应范围，并评估其线性度。在实际应用中，应变片的线性响应特性受到多种因素的影响，包括材料特性、制造工艺和温度等。

(3) 为了提高应变片的线性响应特性，制造商通常会采用特殊的材料和生产工艺。例如，使用具有高电阻率的材料可以减少非线性误差，而精确控制制造过程中的温度和压力可以确保应变片的均匀性。此外，应变片的温度补偿也是提高线性响应特性的重要手段。通过在应变片上添加温度补偿元件或采用温度补偿电路，可以减少温度变化对电阻值的影响，从而提高应变片的线性度和整体性能。在实际应用中，了解和优化应变片的线性响应特性对于确保测量结果的准

确性和可靠性至关重要。

三、实验设备与材料

1. 实验仪器设备

(1) 在进行金属箔式应变片半桥性能实验时，实验仪器设备的选取和配置至关重要。实验中常用的主要仪器设备包括应变片测试仪、信号发生器、数据采集系统、万用表、力传感器、半桥电路板、电源供应器以及连接线和适配器等。应变片测试仪用于对半桥电路输出信号进行放大和测量，信号发生器则用于产生各种频率和幅度的信号，以模拟不同的工作环境。数据采集系统负责实时记录和存储实验数据，而万用表则用于测量电阻、电压和电流等基本电学参数。

(2) 力传感器是实验中测量应力的关键设备，它能够将机械力转换为电信号，从而实现对应变片应变大小的精确测量。常用的力传感器有拉力传感器、压力传感器等，根据实验需求选择合适的传感器。半桥电路板是实验的核心部分，它将应变片与测量电路连接起来，形成半桥电路，以便于信号放大和测量。电源供应器为实验设备提供稳定的电源，确保实验过程中各项设备的正常运行。连接线和适配器用于连接不同设备，确保信号的准确传输。

(3)

实验过程中，为确保数据采集的准确性和实验的顺利进行，还需配备一些辅助设备，如温度控制器、湿度控制器、机械夹具等。温度控制器用于维持实验环境的温度稳定，避免温度变化对实验结果的影响。湿度控制器则用于控制实验环境的湿度，防止水分影响应变片的性能。机械夹具用于固定应变片和力传感器，确保实验过程中设备的安全稳定。此外，实验前应对所有仪器设备进行校准和调试，确保其性能符合实验要求。通过合理配置和使用实验仪器设备，可以保证实验结果的准确性和可靠性。

2. 实验材料

(1) 金属箔式应变片是实验中的核心材料，它由高电阻率的金属箔材制成，如镍铬合金、铂金等。这些金属箔材经过精密的光刻和蚀刻工艺，形成细长的电阻丝，并按照特定的图形排列在绝缘基底上。实验中使用的应变片应具有高灵敏度、良好的线性响应特性和稳定的长期性能。根据实验需求，应变片的尺寸和形状可能会有所不同，如矩形、圆形等。

(2) 在实验中，除了应变片，还需要使用一些辅助材料，如绝缘基底、粘合剂、保护膜等。绝缘基底通常采用陶瓷、塑料等材料，用于固定电阻丝并提高应变片的机械强度。粘合剂用于将应变片粘贴在基底上，确保其牢固固定。保护膜则用于保护应变片表面，防止外界环境对其造成损害。这些辅助材料的选择和使用对实验结果的准确性和应变片的性能都有重要影响。

(3)

实验材料的选择还需考虑其耐温性和化学稳定性。由于实验过程中可能会涉及到温度变化和化学腐蚀，因此，所选材料应具有良好的耐温性和化学稳定性。例如，在高温环境下，应变片和基底材料应能够承受一定的温度而不发生变形或损坏；在腐蚀性环境中，材料应具有良好的抗腐蚀性能，以保证实验的顺利进行。此外，实验材料的成本、可获得性和加工工艺也是选择材料时需要考虑的因素。通过合理选择和使用实验材料，可以确保实验结果的准确性和实验的顺利进行。

3. 实验工具

(1) 实验工具在金属箔式应变片半桥性能实验中扮演着重要角色，它们不仅影响实验的效率和准确性，还直接关系到实验结果的质量。实验工具包括各种螺丝刀、扳手、钳子等基本工具，用于搭建和调整实验装置。这些工具需要具有足够的硬度和精确度，以确保在操作过程中不会对实验设备造成损坏。

(2) 粘贴工具是实验中不可或缺的工具之一，用于将应变片粘贴在基底或其他材料上。常用的粘贴工具包括点胶机、胶水、镊子等。点胶机用于精确地将胶水滴在应变片的指定位置，而胶水则需要选择具有良好粘结性和耐久性的类型。镊子则用于精细地操作应变片，确保其正确粘贴。

(3) 在实验过程中，还需要使用一些专业的测量工具，如千分尺、卡尺等，用于测量应变片的尺寸和形状，以及半

桥电路的物理尺寸。此外，万用表和示波器等电子测量工具用于实时监测和记录实验数据。这些工具需要具备高精度和良好的稳定性，以确保测量结果的可靠性。实验结束后，对工具进行清洁和保养也是确保实验工具长期使用和维持其性能的重要环节。通过精心选择和正确使用实验工具，可以显著提高实验效率和结果的质量。

四、实验步骤

1. 半桥电路搭建

(1) 半桥电路搭建是进行金属箔式应变片性能实验的关键步骤。首先，需要准备半桥电路板，该电路板通常包含两个电阻臂和一个未知电阻臂（应变片）。在搭建电路之前，应确保所有电阻和应变片均已正确连接到电路板上。电阻臂的电阻值需要预先设定，以确保电路能够准确放大应变片的电阻变化。连接电阻时，应注意电阻值的匹配，避免因电阻值差异导致的误差。

(2) 接下来，将应变片粘贴到基底上，确保其与基底之间的粘合牢固，并且应变片的方向与施加应力的方向一致。随后，将应变片连接到电路板的未知电阻臂上，使用焊接或压接等方式确保连接的稳定性和可靠性。在连接应变片时，还需注意保护其表面，避免因操作不当导致损坏。

(3) 半桥电路搭建完成后，需要对电路进行初步测试，以检查电路的连接是否正确，并确保电路能够正常工作。这通常包括检查电路的供电电压、电阻值、输出信号等。在测试过程中，可能需要调整电路板上的电位器或可调电阻，以优化电路的性能。测试完成后，将电路板与数据采集系统连接，准备进行后续的实验测量。整个半桥电路搭建过程需要仔细操作，以确保实验结果的准确性和可靠性。

2. 应变片粘贴

(1)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/628031124002007012>