

应变式力与称重传感器非线性补偿案例

□浙江蓝箭称重技术有限公司 夏国民

【摘要】应变式力与称重传感器作为承受外载荷的主要部件，难免会出现传感器的非线性误差达不到设计要求。通过实验和分析表明，采用半导体应变片补偿可以提高传感器的非线性误差。

【关键词】传感器；半导体应变片；非线性误差

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）10-0014-02

引言

应变式力与称重传感器广泛用于工业、国防、交通等领域，主要用作各类电子衡器及生产过程控制设备的核心部件，其性能好坏直接影响到力值计量或控制的准确性。非线性误差是应变式力与称重传感器最重要的技术指标，也是高精度力与称重传感器的重要性能指标。高精度力与称重传感器主要用于力标准机检定、高精度电子衡器的核心部件及其他测量线性误差要求较高场合。有一些传感器由于其自身结构所限，非线性误差比较大，而有些传感器是在整个生产过程中可能出现各种误差，不能满足设计要求，造成传感器的非线性误差达不到设计以及客户的使用要求。特别是大量程的力与称重传感器，体积大，加工以及贴片过程都比较费时费力，比如图1所示的扭力环结构应变式传感器。在传感器的重复性误差，回零等特性都好，唯独非线性误差超差的情况下，可以通过半导体应变片和镍箔应变片实施线性补偿法进行调整。

1 传感器在非线性补偿前的测试及分析

本文分享的LRT-50应变式力与称重传感器，在测试过程中，其中有两个传感器在回零和重复性都能够满足要求，但其非线性误差超出了要求，具体测试数据见表1、表2。分析两个传感器的非线性误差曲线（见图2），是一条递减的抛物线，类似于圆柱式传感器的非线性误差，也就是说，在负载增加

的同时，输出将出现递减的趋势。

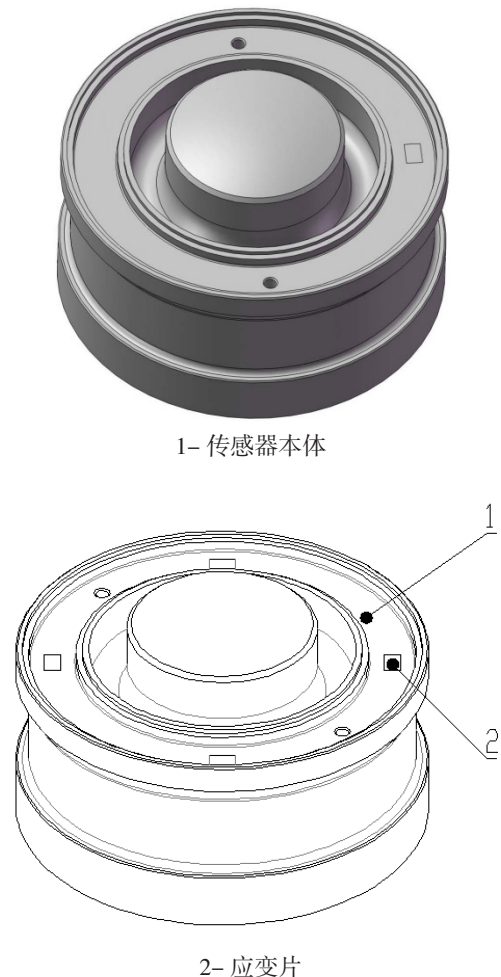
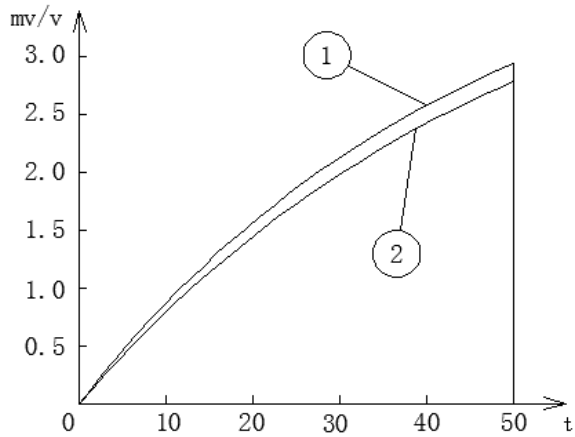


图1 LRT-50应变式扭力环传感器



1- 传感器E04 调整前输出 2- 传感器E05 调整前输出

图2 加载过程输出曲线

表1 E04传感器调整前输出

传感器型号	LRT-50	编号	E04
标准重量 (t)	测量数据 (mv/v)		
	1	2	3
	0	-0.00002	-0.00006
10	0.59906	0.59916	0.59913
20	1.19672	1.19682	1.19679
30	1.79419	1.79418	1.79414
40	2.39113	2.39106	2.39100
50	2.98771	2.98767	2.98757
0	-0.00007	0.00001	-0.00002

表2 E05传感器调整前输出

传感器型号	LRT-50	编号	E05
标准重量 (t)	测量数据 (mv/v)		
	1	2	3
	0	-0.00001	-0.0001
10	0.58819	0.58823	0.58821
20	1.17403	1.17404	1.17402
30	1.75825	1.75824	1.75822
40	2.34182	2.34182	2.3418
50	2.92494	2.92493	2.92494
0	-0.00010	-0.00012	-0.00010

通过表1 和表2 测量数据可以得出：E05 传感器的重复性误差0.004%FS，非线性误差-0.101%FS。E04 传感器的重复性误差0.005%FS，非线性误差-0.049%FS。两只传感器的非线性误差只有0.1%FS，不能够满足要求。

2 传感器的非线性补偿及测试

根据图2 以及表1、表2 的数据分析，传感器的非线性误差是一递减抛物线，即随着载荷的增加输

出呈递减的趋势。供桥电压 U_i 恒定不变，根据电阻分压原理，补偿电阻减小，使得电桥的实际供桥电压 U_{AC} 增大。随着载荷的增大，补偿电阻的不断减小，实际供桥电压 U_{AC} 不断增加，使输出呈递增的趋势。由于传感器的输出是一递减抛物线，经过补偿以后，输出递减和递增互补，使实际输出近似为直线，具体示意图请参见图4。由于半导体应变片具有灵敏系数高，补偿范围大，补偿精度高的优点，所以采用半导体应变片的非线性补偿法。为了使电桥电路对称，提高抗干扰能力，半导体应变片应该一分为二串联在电桥电路的输入端。具体传感器的贴片位置和接线方式分别见图1 和图3。

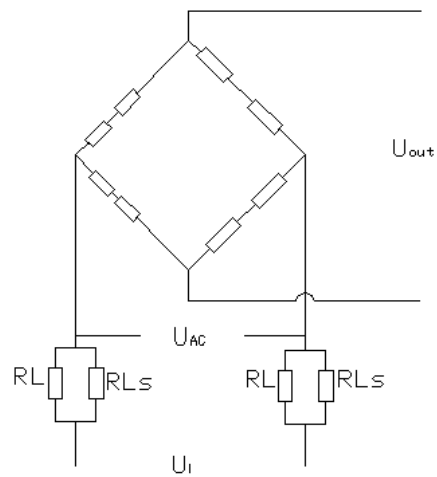
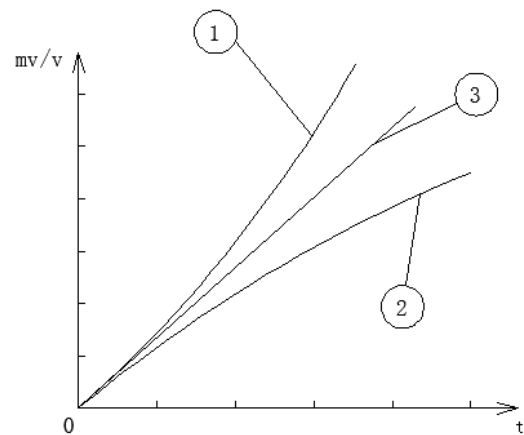


图3 传感器非线性补偿电路



1- 补偿电阻影响输出 2- 补偿前输出 3- 补偿后输出

图4 传感器补偿前后曲线对比

按照图3的调整方式，传感器E04 粘贴半导体片30 欧姆，传感器E05 粘贴半导体片60 欧姆，分别进行精准调整后。经过加载得到表3 和表4 测试数据。

表3 E04传感器调整后输出

传感器型号	LRT-50	编号	E04
标准重量(t)	测量数据 (mv/v)		
	1	2	3
0	0.00002	0	-0.00002
10	0.56766	0.56783	0.56775
20	1.13473	1.13482	1.13488
30	1.70219	1.70219	1.70220
40	2.26974	2.26974	2.26981
50	2.83759	2.83768	2.83768
0	0	-0.00002	0

表4 E05传感器调整后输出

传感器型号	LRT-50	编号	E05
标准重量(t)	测量数据 (mv/v)		
	1	2	3
0	0.00002	-0.0001	-0.00012
10	0.54545	0.54548	0.51545
20	1.08980	1.08990	1.08974
30	1.63394	1.63389	1.63387
40	2.17860	2.17855	2.17851
50	2.72400	2.72395	2.72391
0	-0.0001	-0.0001	-0.00010

通过表3 和表4 测量数据可以得出：E05 传感器的重复性误0.006%FS，非线性误差0.029%FS。

E04 传感器的重复性误差0.006%FS，非线性误差0.018%FS。两只传感器的非线性误差经过调整均达到了0.03%FS 以内，满足使用的要求。

3 结语

通过以上数据的分析，经过补偿以后的传感器，非线性误差0.1%FS 降低到0.03%FS 左右，有了很显著的改善。但是对于不同传感器进行非线性修正，还需要大量实验，固定补偿电阻的参数，为后期的量产提供方便。

参考文献

- [1] 曹立平主编，中国衡器实用技术手册，中国计量出版社，2005 年10 月。
- [2] 王云章，电阻应变式传感器应用技术，中国计量出版社，1991 年5 月。
- [3] 王洪业，传感器技术，湖南科学技术出版社，1985 年7 月。
- [4] 刘九卿，圆柱式称重传感器的非线性误差及其线性补偿，《衡器》2004 年第2 期。

作者简介

夏国民（1978-），浙江蓝箭称重技术有限公司工程师，主要研究方向：应变式传感器，衡器计量。