

# 拉扭二軸向力感測器之設計與分析

林郁翔、劉勝安

E-mail: 360458@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究係針對二軸向力感測器的核心元件-感測彈性體進行設計與最佳化分析。二軸向力感測器係利用感測彈性體在受外力後產生變形之特性，即於彈性限度內，材料應變係與外力成正比之特性，以量測外力之大小，而做法上係將應變計黏貼於結構體之最大應變部位，形成惠斯頓電橋電路。當外力作用時，結構體變形，致應變計電橋產生一定量的電壓輸出，再利用電橋電壓輸出之數值，透過正比原理，並藉由電壓數值分析，即可估算出外力之大小。最佳化設計係以Solid Works軟體為之，透過結構體之設計，並予以應力應變分析，使結構體具有最大感測靈敏度，且不因外力作用而產生破壞，如此就可以設計出一個高靈敏度之二軸向力感測器。

關鍵詞：感測彈性體、惠斯頓電橋、有限元素分析、最佳化設計

## 目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....	iii	ABSTRACT.....	iii
..... iv 誌謝.....	iv	..... v 目錄.....	v
..... vi 圖目錄.....	vi	..... viii 表目錄.....	viii
..... xi 符號說明.....	xi	..... xii 第一章 緒論.....	xii
..... 1 1.1 前言.....	1	..... 1 1.2 研	1
究動機與目的..... 2	2	1.3 研究目標與內容..... 3	3
感測器的基本原理..... 5	5	2.1 感測器的種類..... 5	5
力學的基本理論..... 10	10	2.2 基本	10
感測器介紹..... 20	20	2.3 力感測器的基本特性..... 15	15
體之感測原理..... 31	31	2.4 力	15
力感測器之實例設計與分析..... 38	38	2.5 應變計的介紹與原理..... 22	22
分析技法..... 40	40	2.6 感測彈性	22
感測器之設計分析與性能探討..... 54	54	2.7 惠斯頓電橋迴路..... 35	35
..... 80	80	第三章 拉扭二軸向	35
..... 80	80	3.1 工程分析流程..... 38	38
..... 82	82	3.2 有限元素	38
13 圖 2.2 力感測器六軸定義與對應受力之示意圖..... 21	21	3.3 最佳化設計理論..... 48	48
形..... 23	23	3.4 拉扭二軸向力	48
繞式應變計..... 28	28	感測器之設計分析與性能探討..... 54	54
27 圖 2.4 金屬箔式應變計..... 27	27	..... 80	80
28 圖 2.6 短接式應變計..... 28	28	4.1 結論.....	80
28 圖 2.8 應變花形式.....	28	..... 81	81
29 圖 2.9.1 特殊感測體形式(一)..... 32	32	4.2 建議..... 81	81
二)..... 33	33	..... 81	81
種惠斯頓電橋電路..... 37	37	82 圖目錄 圖 2.1 低碳鋼應力應變圖.....	82
線性三角形元素..... 43	43	..... 21	21
圖 3.4 面積座標形式之三角形元素..... 44	44	圖 2.3 應變計外	21
圖..... 52	52	形..... 23	23
圖 3.6 拉扭二軸向力感測器設計分析流程圖..... 56	56	圖 2.4 金屬箔式應變計..... 27	27
圖..... 57	57	圖 2.5 絲	27
圖 3.8 拉扭二軸向力感測器元件組合圖..... 58	58	繞式應變計..... 28	28
圖..... 58	58	圖 2.6 短接式應變計..... 28	28
圖 3.10 拉扭二軸向力感測器元件組合剖面圖(二)..... 59	59	圖 2.8 應變花形式.....	28
圖..... 59	59	圖 2.9.1 特殊感測體形式(一)..... 32	32
圖 3.12 拉扭二軸向力感測器元件本體示意圖..... 60	60	二)..... 33	33
圖..... 61	61	圖 2.10 惠斯頓電橋電路..... 35	35
圖 3.14 感測器之受力示意圖..... 62	62	圖 2.11 常見數	35
圖..... 63	63	種惠斯頓電橋電路..... 37	37
圖 3.16 十字型彈性體尺寸設計圖(	63	線性三角形元素..... 43	43
一)..... 64	64	圖 3.4 面積座標形式之三角形元素..... 44	44
圖 3.17 十字型彈性體尺寸設計圖(二)..... 65	65	圖..... 52	52
圖..... 66	66	圖 3.6 拉扭二軸向力感測器設計分析流程圖..... 56	56
圖 3.19 十字型彈性體前處理之應力分布圖..... 66	66	圖..... 57	57
圖..... 67	67	圖 3.8 拉扭二軸向力感測器元件組合圖..... 58	58
圖 3.21 十字型彈性體前處理之位移分布..... 67	67	圖..... 58	58
圖..... 69	69	圖 3.10 拉扭二軸向力感測器元件組合剖面圖(二)..... 59	59
圖 3.23 設計變數W2之疊代過程.....	69	圖..... 59	59
.....	69	圖 3.12 拉扭二軸向力感測器元件本體示意圖..... 60	60
.....	69	圖..... 61	61
.....	69	圖 3.14 感測器之受力示意圖..... 62	62
.....	69	圖..... 63	63
.....	69	圖 3.16 十字型彈性體尺寸設計圖(	63
.....	69	一)..... 64	64
.....	69	圖 3.17 十字型彈性體尺寸設計圖(二)..... 65	65
.....	69	圖..... 66	66
.....	69	圖 3.19 十字型彈性體前處理之應力分布圖..... 66	66
.....	69	圖..... 67	67
.....	69	圖 3.21 十字型彈性體前處理之位移分布..... 67	67
.....	69	圖..... 69	69
.....	69	圖 3.23 設計變數W2之疊代過程.....	69
.....	69	.....	69

69 圖 3.24 目標函數(OBJ)之疊代過程.....	69	圖 3.25 應力限制之疊代過程.....	72
圖 3.26 承受Fz方向負載時之應力圖(一).....	72	圖 3.27 承受Fz方向負載時之應力圖(二).....	73
圖 3.28 承受Fz方向負載時之應變圖(一).....	73	圖 3.29 承受Fz方向負載時之應變圖(二).....	74
圖 3.30 承受Mz方向負載時之應力圖(一).....	74	圖 3.31 承受Mz方向負載時之應力圖(二).....	75
圖 3.32 承受Mz方向負載時之應變圖(一).....	75	圖 3.33 承受Mz方向負載時之應變圖(二).....	76
圖 3.34 承受Fz負載應變計黏貼位置.....	76	圖 3.35 承受Mz負載應變計黏貼位置.....	77
圖 3.36 十字型彈性體應變計黏貼示意圖.....	77	圖 3.37 惠斯頓電橋電路之組合圖.....	78
表 2.1 各種力感測器之特性.....	20	表 2.2 電阻應變計的應用特點.....	26
表 2.3 絕緣基座材質與接著劑的組合.....	30	表 3.1 鍛造用鋁合金材料性質表.....	55
表 3.2 各設計變數最佳化前後之尺寸比較.....	70	表 3.3 十字型彈性體各設計變數最佳化過程之疊代值(一).....	70
表 3.4 十字型彈性體各設計變數最佳化過程之疊代值(二).....	71	表 3.5 十字型彈性體各設計變數最佳化過程之疊代值(三).....	71

## 參考文獻

- 【1】谷腰欣司原著，趙中興編譯，“感測器”，全華圖書股份有限公司，民100。【2】王建人著，“應變計式壓差感測器之設計與分析”，大葉大學碩士論文，民96。【3】譚小金著，“我國壓力感測器產業概況”，工業材料第90期，pp.134-138，民83。【4】Hordeski M.，“Transducers for Automation”，Van Nostrand Reinhold Company Inc.，1987。【5】李傳亮，“週邊感測器專題製作”，電子技術出版社，民85。【6】丁鴻田，“應變計式壓力感應器”，機械月刊第十五卷第十期，pp.158-162，民78。【7】陳克紹、曹永偉編譯，“感測器原理與應用技術”，全華科技圖書，民77。【8】賴耿陽，“感測器應用技術”，復漢出版社，民81。【9】夸克工作室編著，有限元素分析基礎篇，知城數位科技公司，民90。【10】吳朗，“感測與轉換-原理、元件與應用”，全欣資訊圖書，民84。【11】J.W. Dally and W.F. Riley，“Experiment Stress Analysis”，McGraw-Hill, Inc, 1989。【12】Alexander D.k.，“Transducers and Their Element”，PTR Prentice Hall, 1994。【13】Lu Yali，“Application of Strain Measurement in Static Strength Experiment”，Journal of Lanzhou Jiaotong University, 2005。【14】王志華，“應變計式金屬薄膜壓力感測器之製作”，量測資訊第三十五期，pp.25-38，民83。【15】阮志鳴，“具雙十字型結構之六軸力感測器之設計與最佳化研究”，大葉大學碩士論文，民91。【16】賴豐言，“應變計式壓力感測器最佳化設計”，大葉大學碩士論文，民87。【17】黃仕嘉，“三分量力感測器之設計與分析”，大葉大學碩士論文，民99。【18】許瑞杰，“微極彈性內凹結構波桑比之有限元素法分析”，國立中央大學碩士論文，民89。【19】王勗成、邵敏，“有限元素基本原理與數值方法”，東華書局，民79。【20】T. R. Chandrupatla, and A. D. Belegundu, “Introduction to Finite Element in Engineering”，2nd edit., 1997。【21】黃昆昇，“光碟機機體振動分析與最佳化設計”，大葉大學碩士論文，民94。【22】許原興，“油壓機機體設計之應力分析與設計最佳化”，大葉大學碩士論文，民98。【23】卓進興，“機車車體結構分析與最佳化設計”，大葉大學 碩士論文，民92。