

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	IV
目錄.....	V
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	X
第一章 前言.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究方法.....	2
1-3 論文架構.....	3
第二章 座標系統與地位模式.....	4
2-1 座標介紹.....	4
2-1-1 天球固定座標系.....	4
2-1-2 地球固定座標系.....	5
2-1-3 衛星旋轉座標系.....	6
2-1-4 衛星固定座標系.....	6
2-2 座標轉換.....	7
2-2-1 慣性座標與地固座標之轉換.....	7
2-2-2 衛星旋轉座標與慣性直角座標之轉換.....	10
2-2-3 慣性座標與衛星固定座標之轉換.....	11
2-3 地位模式.....	13

2-3-1	OSU91A 地位模式.....	14
2-3-2	EGM96 地位模式.....	14
2-3-3	CHAMP 及 GRACE 相關重力模式.....	15
第三章	數學模式.....	17
3-1	參數估計問題.....	18
3-2	變數方程.....	18
3-3	平差模式.....	20
3-4	法方程式求解.....	21
3-5	加權約制法.....	24
3-6	數值積分.....	26
3-6-1	數值積分技巧.....	26
3-6-2	積分器.....	28
第四章	相關衛星擾動力及其變數方程.....	30
4-1	地球引力擾動位.....	30
4-2	大氣阻力.....	32
4-2-1	球形衛星.....	34
4-2-2	圓柱形衛星.....	34
4-2-3	有兩側平板之圓柱本體衛星.....	36
4-3	太陽輻射壓.....	42
4-4	經驗公式.....	43
第五章	擾動力與參數之間的偏微方程.....	45
5-1	非球體擾動力.....	45
5-2	大氣阻力.....	50
5-2-1	大氣擾動加速度與衛星位置、衛星速度間的關係.....	51
5-2-2	大氣擾動加速度與空氣阻力係數間的關係.....	61

5-3	經驗公式.....	61
第六章	參數求解成果精度分析.....	66
6-1	CTODS_VE 程式.....	66
6-2	CTODS 程式.....	68
6-3	成果精度比較與分析.....	68
6-3-1	衛星軌道傾角 90 度 .....	70
6-3-2	衛星軌道傾角 72 度 .....	81
第七章	結論與建議.....	104
	參考文獻.....	108
	作者簡歷.....	111



## 表目錄

表 4-1	各參考平面之空氣阻力係數.....	33
表 5-1	500 公里以下之標準溫度多項式係數.....	54
表 5-2	500 公里以上之標準溫度多項式係數.....	55
表 6-1	中華三號衛星重要諸元一覽表.....	66
表 6-2	三天五階軌道精度比較一覽表 ( $i=90^\circ$ ) .....	73
表 6-3	一天十階軌道精度比較一覽表 ( $i=90^\circ$ ) .....	73
表 6-4	球諧係數 ( $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ ) 精度比較一覽表 ( $i=90^\circ$ ) .....	76
表 6-5	大地起伏計算精度比較值 ( $i=90^\circ$ )	
	(a) 5 階模式.....	77
	(b) 10 階模式.....	77
表 6-6	重力異常計算精度比較值 ( $i=90^\circ$ )	
	(a) 5 階模式.....	78
	(b) 10 階模式.....	78
表 6-7	起始位置估算精度比較一覽表.....	84
表 6-8	起始速度估算精度比較一覽表.....	85
表 6-9	大氣阻力係數、太陽輻射係數估算精度比較一覽表	
	(a) 5 階軌道資料估算.....	86
	(b) 10 階軌道資料估算.....	86
表 6-10	經驗係數估算精度比較一覽表	
	(a) 5 階軌道資料估算.....	87
	(b) 10 階軌道資料估算.....	87
表 6-11	球諧係數 ( $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ ) 精度比較一覽表 ( $i=72^\circ$ ) .....	88
表 6-12	大地起伏計算精度比較值 ( $i=72^\circ$ )	

	(a) 5 階模式.....	90
	(b) 10 階模式.....	90
表 6-13	重力異常計算精度比較值 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) 5 階模式.....	91
	(b) 10 階模式.....	91
表 6-14	OSU91A 軌道與 EGM96 同階軌道比較一覽表 ( $i=72^\circ$ ).....	101
表 6-15	求得軌道與 EGM96 同階軌道比較一覽表 ( $i=72^\circ$ ).....	101



## 圖目錄

圖 2-1	傳統慣性座標系簡單示意圖.....	5
圖 2-2	地固座標系簡單示意圖.....	5
圖 2-3	衛星旋轉座標系簡單示意圖.....	6
圖 2-4	衛星固定座標系簡單示意圖.....	7
圖 2-5	座標轉換繞 X 軸旋轉部分.....	8
圖 2-6	座標轉換繞 Y 軸旋轉部分.....	8
圖 2-7	慣性座標與地固座標轉換示意圖.....	10
圖 4-1	衛星作用力向量示意圖.....	34
圖 4-2	軸向分量示意圖.....	35
圖 4-3	垂直分量示意圖.....	35
圖 4-4	太陽能板夾角示意圖 (一).....	37
圖 4-5	平板單位法向量 $\hat{N}_p$ 夾角二維示意圖.....	37
圖 4-6	平板垂直擾動速度 $V_N$ 三維示意圖.....	37
圖 4-7	圓柱本體垂直方向受力速度 $V_{\perp}$ 二維示意圖.....	38
圖 4-8	太陽能板夾角示意圖 (二).....	39
圖 4-9	太陽能板法向量 $\hat{N}_p$ 夾角二維示意圖.....	39
圖 4-10	太陽能板法向量轉動三維示意圖.....	41
圖 5-1	有效衛星橫截面積與速度向量表示圖.....	51
圖 6-1	程式執行流程圖.....	67
圖 6-2	模擬華衛三號 (一顆衛星) 三天軌道地面軌跡圖 ( $i=90^\circ$ ) (a) EGM96 ; (b) OSU91A.....	71

圖 6-3	模擬華衛三號（一顆衛星）一天軌道地面軌跡圖（ $i=90^\circ$ ）	
	(a) EGM96；(b) OSU91A.....	72
圖 6-4	五階 RTN 軌道誤差曲線圖（ $i=90^\circ$ ）	
	(a) OSU91A 三天五階軌道與 EGM96 三天五階軌道誤差.....	74
	(b) 求得三天五階軌道與 EGM96 三天五階軌道誤差.....	74
圖 6-5	十階 RTN 軌道誤差曲線圖（ $i=90^\circ$ ）	
	(a) OSU91A 一天十階軌道與 EGM96 一天十階軌道誤差.....	75
	(b) 求得一天十階軌道與 EGM96 一天十階軌道誤差.....	75
圖 6-6	求得之三天五階模式與 EGM96 五階模式二者大地起伏差等值圖（ $i=90^\circ$ ）	
	.....	79
圖 6-7	求得之三天五階模式與 EGM96 五階模式二者重力異常差等值圖（ $i=90^\circ$ ）	
	.....	79
圖 6-8	求得之一天十階模式與 EGM96 十階模式二者大地起伏差等值圖（ $i=90^\circ$ ）	
	.....	80
圖 6-9	求得之一天十階模式與 EGM96 十階模式二者重力異常差等值圖（ $i=90^\circ$ ）	
	.....	80
圖 6-10	模擬華衛三號（一顆衛星）三天軌道地面軌跡圖（ $i=72^\circ$ ）	
	(a) EGM96；(b) OSU91A.....	82
圖 6-11	模擬華衛三號（一顆衛星）一天軌道地面軌跡圖（ $i=72^\circ$ ）	
	(a) EGM96；(b) OSU91A.....	83
圖 6-12	真值與估算球諧係數至第五階之大地起伏等值圖（ $i=72^\circ$ ）	
	(a) EGM96；(b) 一天軌道資料估算；(c) 三天軌道資料估算.....	92
圖 6-13	一天五階模式、三天五階模式與 EGM96 五階模式間大地起伏差等值圖（ $i=72^\circ$ ）：(a) 圖 6-12(a) 與 6-12(b)之差值；(b) 圖 6-12(a) 與 6-12(c)之差值.....	93

圖 6-14	真值與估算球諧係數至第十階之大地起伏等值圖 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) EGM96 ; (b) 一天軌道資料估算 ; (c) 三天軌道資料估算.....	94
圖 6-15	一天十階模式、三天十階模式與 EGM96 十階模式間大地起伏差等值圖 ( $i=72^\circ$ ) : (a) 圖 6-14(a) 與 6-14(b) 之差值 ; (b) 圖 6-14(a) 與 6-14(c) 之差值.....	95
圖 6-16	一天五階模式、三天五階模式與 EGM96 五階模式間重力異常差等值圖 ( $i=72^\circ$ ) : (a) 一天軌道資料解算 ; (b) 三天軌道資料解算.....	96
圖 6-17	一天十階模式、三天十階模式與 EGM96 十階模式間重力異常差等值圖 ( $i=72^\circ$ ) : (a) 一天軌道資料解算 ; (b) 三天軌道資料解算.....	97
圖 6-18	五階估算球諧係數與 EGM96 相對誤差折線圖 ( $i=72^\circ$ ) .....	98
圖 6-19	十階估算球諧係數與 EGM96 相對誤差折線圖 ( $i=72^\circ$ ) .....	98
圖 6-20	OSU91A 五階軌道與 EGM96 五階軌道誤差曲線圖 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) 一天 ; (b) 三天.....	102
圖 6-21	OSU91A 十階軌道與 EGM96 十階軌道誤差曲線圖 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) 一天 ; (b) 三天.....	102
圖 6-22	估算模式五階軌道與 EGM96 五階軌道誤差曲線圖 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) 一天 ; (b) 三天.....	103
圖 6-23	估算模式十階軌道與 EGM96 十階軌道誤差曲線圖 ( $i=72^\circ$ )	
	(a) 一天 ; (b) 三天.....	103