

Rock Slope Engineering Analysis by Computer Methods

附
Visual Basic 6
程式光碟

岩坡工程學

戴清河 編著

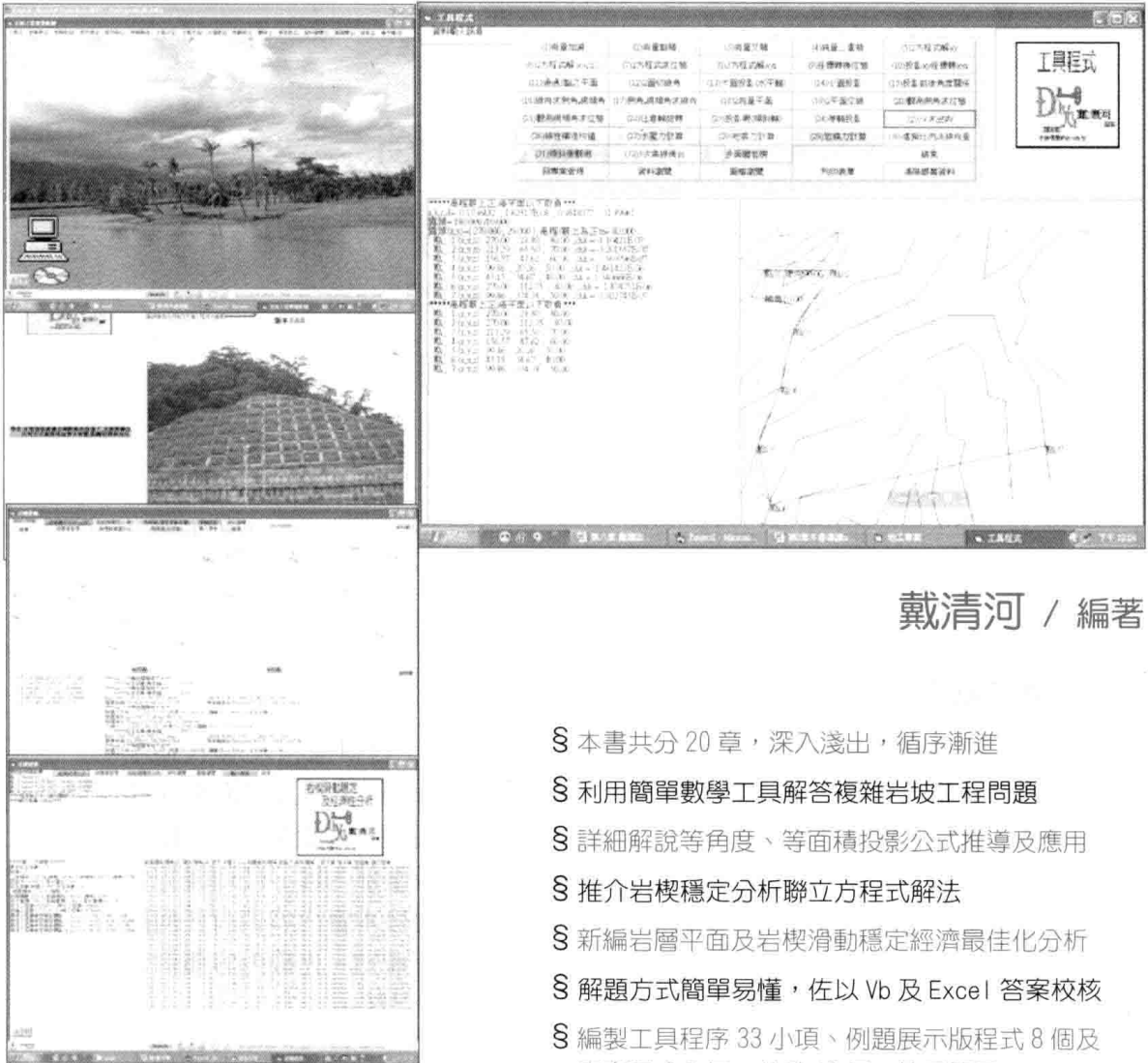
- ◆ 本書共分20章，深入淺出，循序漸進
- ◆ 利用簡單數學工具解答複雜岩坡工程問題
- ◆ 詳細解說等角度、等面積投影公式推導及應用
 - ◆ 推介岩楔穩定分析聯立方程式解法
- ◆ 新編岩層平面及岩楔滑動穩定經濟最佳化分析
- ◆ 解題方式簡單易懂，佐以Vb及Excel答案校核
- ◆ 編製工具程序33小項、例題展示版程式8個及專案程式5個，共計46個，使用簡易



科技圖書

岩坡工程學

Rock Slope Engineering Analysis by Computer Methods



戴清河 / 編著

- § 本書共分 20 章，深入淺出，循序漸進
- § 利用簡單數學工具解答複雜岩坡工程問題
- § 詳細解說等角度、等面積投影公式推導及應用
- § 推介岩楔穩定分析聯立方程式解法
- § 新編岩層平面及岩楔滑動穩定經濟最佳化分析
- § 解題方式簡單易懂，佐以 Vb 及 Excel 答案校核
- § 編製工具程序 33 小項、例題展示版程式 8 個及專案程式 5 個，共計 46 個，使用簡易



科技圖書

國家圖書館出版品預行編目資料

岩坡工程學 / 戴清河編著, 初版 -- 臺北市 :
科技圖書, 2008【民 97】

面 : 19x26 公分

含 參考書目

ISBN : 978-957-655-445-2 (平裝附光碟片)

1. 土木工程 2. 工程地質學 3. 電腦應用
4. 大地工程學

441

97004141

版權所有 · 翻印必究

岩坡工程學

編 著 / 戴清河

出 版 人 / 張秉中

出 版 / 科技圖書股份有限公司

地 址 / 台北市忠孝西路一段 50 號 17 樓之 35 室

電話 : (02)23707080 · 傳真 : (02)23706160

網址 : <http://www.techbook.com.tw/>

電子郵件 : techbook@ms18.hinet.net

郵撥帳號 : 0015697-3 戶名 : 科技圖書股份有限公司

發 行 所 / 展智文化事業股份有限公司

電話電話 : (02)2251-8345 傳真 : (02)2251-8350

印 刷 / 海王印刷事業股份有限公司

地址 : 台北縣中和市中正路 800 號 11 樓之 2

初 版 / 2008 年 4 月

定 價 / 新台幣 900 元

I S B N / 978-957-655-445-2

本書如有破損、裝訂錯誤，請寄回調換



科技圖書—Since 1969

著作權聲明：

科技圖書股份有限公司與本書作者戴清河(以下合稱權利人)僅授權本書內容供合法持有者之特定使用。合法持有者除自行使用及可備份存檔外，權利人保留其他一切權利。非經權利人正式授權，嚴禁拷貝、公開展示、出租、交換、或透過網路等對外傳播其部份或全部內容。任何侵犯作者智慧財產權的行為，均須負刑事及民事責任。爾後本書內容倘有任何勘誤或修訂，權利人等不負任何通知義務，故不另行通知。光碟內容僅供合法持有者免費研練本書之使用，其他一切權益均予保留。

基於編製需要，本書所援用之圖片、商品(含商標)與參考資料，權利人等並無侵權意圖，特此聲明及致謝。

版權聲明：

Ms-Dos、Windows、Visual Basic、Excel 等是 Microsoft Corporation 的註冊商標。本書所引用之商標或畫面各分別屬所有權之公司，不再聲明。

自序

作者於1975年，考取公務人員公費留學，1977年自泰國亞洲理工學院水資源系碩士班畢業後，回原服務單位台北市政府工務局養護工程處任職。服務公職期間，多半是從事與土木及大地工程有關之規劃、設計工作，至於水利工程部份，則除山坡地及道路之一般排水工程外，其餘則較少有機會參與。由於本人比較喜愛工程數學及工程力學之關係，離開公職後與朋友共同經營一家土壤技術工程顧問公司，更是一頭栽進大地工程相關工作中，經常是以公司為家，閒暇時所閱讀者，則多與大地工程有關之書籍。規劃、設計、撰寫及測試電腦程式等工作，幾乎是當時日常生活的全部，所設計之大大小小Fortran程式不管常用或不常用者有數幾十種之多。直到1995年家人移居紐西蘭南島基督城後，因須經常紐西蘭、台灣往返兩地，不在台灣時公司交由同仁經營，本人也因此而能有更多時間閱讀與工作有關之書籍。

在從事大地工程工作期間，因工作需要及個人偏好也曾研讀個過，一些工程地質及大地工程相關資料及書籍，其中記憶較深者有如Billings, M. P. 之《構造地質學(Structural geology)》，Joseph E. Bowles《基礎工程分析及設計(Foundation analysis and design)》，Richard E. Goodman之《岩石力學介紹(Introduction to Rock mechanics)》，E. Hoek & J.W. Bray(1977)之《岩坡工程(Rock slope engineering)》，E. Hoek & E.T. Brown之《地下岩石開挖工程(Underground excavation in rock)》及Y. H. Huang之《土壤邊坡穩定分析(Stability analysis of earth slopes)》等書。本人在鑽研前述著作多年後，曾將一些心得及個人看法，以拋磚引玉之心情，於1986及1987年間陸續發表數篇專題，就教於專家及工程先進。其後因工作繁忙，也就暫時中止。

1998年本人正式定居紐西蘭後，家居生活十分清閒，在種花、植樹、打高爾夫球及看書之餘，有較多之空檔時間，因此決定將以前發表及未發表之文章，重新整理以為消遣。2000年底以後小兒大學畢業返台就業，本人也束裝回台。在太太及家人鼓勵下，重新戮力寫作。

2001年自我強迫退休一年多，家事幾乎全由太座負擔，本人除看書、寫稿、編寫及測試程式外，幾乎不聞世事，因此本人平生第一本著作『岩坡工程學解

析』終於在2002年2月初付梓。該書正式在出版銷售後，發現有數處文字誤植、謬誤，部份插圖也不夠清楚或有位置編排錯誤等情事，此等瑕疵雖然無損該書之價值，而且當時也編寫了勘誤表，但筆者仍感遺憾及不安，因此在分送少數親朋好友及銷售一、二十本後，斷然喊停。本人在此要向這些之前購買《岩坡工程學解析》一書之讀者致歉，希望他日本書改編重印後能夠以成本價優待回報原讀者。

新書《岩坡工程學》為《岩坡工程學解析》之修訂版，共分為20章，特將原Ms Dos版本Fortran語言編寫之電腦程式改以Windows版本Visual Basic 6重新測試修正，並佐以Excel 2000檢驗校核務求更完美更精準。

筆者在此要感謝本書所引用資料之提供者或原作者，曾經直接或間接提供協助之許多女士、先生們，其中陳文仁先生在本書插圖繪製方面提供協助，許麗敏小姐則在本書初稿文章繕打方面費心幫忙，陳金宗先生在資料收集及程式測試方面出力甚多，蔡明昌學長在文稿校刊方面鼎力協助，摯友張吉戊君、張奕魁君等提供寶貴意見及鼓勵，漢寅德教授在工程力學及基礎工程技術方面，提供很多專業之協助及寶貴改進意見，本人獲益良多，並為本書增色不少，所謂良師益友，作者特在此誌謝。

最後本人謹在此向我的家人說聲『謝謝』，尤其是太太Nelly，如沒有她的全力支持及包容，就不會有這本書籍之出版。

本書雖經多次校核修訂，疏漏在所難免，尚祈諸先進不吝指正是盼。

戴清河 序於
臺北新店碧瑤寓所
2008.2.20

Email: chday169@yahoo.com.tw

目 錄

自序I

第 0 章 本書導讀及電腦程式使用說明..... 0-1

(A) 本書導讀

0.1 前言 0-2

0.2 本書簡介..... 0-2

0.3 作業系統..... 0-4

0.4 本書光碟使用說明 0-4

0.4.1 隨書光碟內容..... 0-4

0.4.2 程式安裝..... 0-4

0.4.3 程式移除..... 0-5

0.5 本書導讀及建議研讀順序 0-5

(B) 電腦程式使用說明

0.6 前言 0-7

0.7 「工具程式」 0-8

0.8 「部份例題展示版」 0-13

0.8.1 岩楔滑動穩定分析 0-14

0.8.2 岩楔滑動經濟性分析 0-16

0.8.3 平面滑動穩定分析 0-18

0.8.4 平面滑動經濟性分析 0-20

0.8.5 土坡圓弧滑動穩定分析 0-21

0.8.6 土壤強度回算偏微分分析 0-23

0.8.7 鑽探取樣求岩層位態 0-26

0.9 「專案程式」 0-28

0.9.1 非線性強度岩楔滑動穩定分析 0-28

0.9.2 土坡圓弧滑動穩定偏微分分析	0-30
0.9.3 翻滾破壞穩定分析	0-33
0.9.4 等密度圖繪製	0-35
0.10 線上資料輸入	0-38
0.10.1 資料輸入方塊	0-38
0.10.2 資料輸入樣板	0-41
0.11 「資料瀏覽」程序功能介紹	0-45
0.11.1 資料快速處理	0-46
0.11.2 共同對話方塊資料處理	0-47
0.12 「圖檔瀏覽」程序功能介紹	0-49
0.13 列印表單（表單列印）或直接列印及列印功能鍵介紹	0-52

第 I 篇 數學工具、球體投影及地質調查

第1章 常用數學觀念及地質名詞介紹	1-1
(A) 常用數學觀念介紹	1-2
1.1 前言	1-2
1.2 座標系統	1-2
1.3 向量	1-3
1.4 向量加減計算	1-4
1.5 向量與純量乘積	1-5
1.6 向量點積	1-6
1.7 向量叉積	1-8
1.8 純量三重積	1-10
1.9 空間平面	1-12
1.10 三元一次聯立方程式	1-15
1.11 兩平面交線	1-16
1.11.1 聯立方程式解法	1-16
1.11.2 向量解法	1-18
1.12 岩楔交點相對位置	1-19
1.12.1 向量解法	1-19

1.12.2 聯立方程式解法	1-21
1.13 岩楔作用力在兩接觸面法線方向分解.....	1-25
1.14 三度空間向量繞任意軸旋轉	1-28
(B) 地質專有名詞介紹	
1.15 地質名詞.....	1-33
1.15.1 方向角及方位角	1-33
1.15.2 露頭.....	1-34
1.15.3 走向.....	1-34
1.15.4 傾向.....	1-35
1.15.5 正傾角.....	1-35
1.15.6 傾向向量.....	1-35
1.15.7 位態.....	1-35
1.15.8 視傾角.....	1-35
1.15.9 線向.....	1-36
1.15.10 傾沒角.....	1-36
1.15.11 側角或側傾角.....	1-36
1.15.12 不連續面.....	1-36
1.15.13 節理.....	1-36
1.15.14 層面.....	1-36
1.15.15 葉理.....	1-36
1.15.16 片理.....	1-36
1.15.17 褶皺.....	1-36
1.15.18 斷層.....	1-37
第2章 等角度投影.....	2-1
2.1 前言.....	2-2
2.2 空間平面圖像.....	2-2
2.3 等角度投影.....	2-3
2.3.1 等角度大圓投影	2-7
2.3.2 等角度小圓投影	2-9
2.4 投影圖上角度之量測	2-13

2.5 等角度投影作圖法	2-16
2.5.1 作圖法原理介紹	2-16
2.5.2 等角度投影應用及例題解說	2-17
第3章 等面積投影	3-1
3.1 前言	3-2
3.2 等面積投影	3-2
3.3 小圓投影	3-8
3.4 投影圖上角度之量測	3-9
3.5 等面積球體投影應用	3-10
第4章 等角度投影與等面積投影比較及等密度圖製作	4-1
4.1 前言	4-2
4.2 等角度投影與等面積投影性質比較	4-2
4.3 β 圖製作	4-5
4.4 等密度圖製作	4-5
4.4.1 丹尼斯曲線細胞網狀計數法	4-5
4.4.2 同心圓細胞網狀計數法	4-7
4.4.3 格子點法	4-8
4.4.4 美利斯法	4-10
4.5 等密度圖電腦繪圖簡介	4-11
4.6 結論及建議	4-14
第5章 構造平面交線	5-1
5.1 前言	5-2
5.2 兩平面之交線	5-2
5.2.1 數學解法	5-2
5.2.2 等角度大圓投影圖解法	5-5
5.3 地質構造線觀測	5-9
5.4 傾斜平面上線性構造線	5-25
第6章 地質資料調查	6-1
6.1 前言	6-2

6.2 一般地表地質調查項目	6-2
6.2.1 基岩部份	6-3
6.2.2 地質構造部份	6-3
6.2.3 地表地質部份	6-3
6.2.4 水文地質部份	6-4
6.2.5 現行地質作用部份	6-4
6.3 地質探測	6-4
6.3.1 遙感探測	6-4
6.3.2 航測辨識	6-4
6.3.3 地球物理探測	6-4
6.3.4 試坑探測	6-5
6.3.5 橫坑探測	6-5
6.3.6 野外地質調查	6-5
6.3.7 鑽探及取樣	6-5
6.4 地表地質調查	6-5
6.5 地質鑽探	6-6
6.5.1 鑽探機械	6-6
6.5.2 岩心取樣	6-8
6.5.3 岩心位態	6-9
6.5.4 鑽孔孔壁探測	6-9
6.6 地質資料分析及研判	6-10
第7章 鑽探取樣求構造面位態	7-1
7.1 前言	7-2
7.2 岩心鑽探求構造面位態	7-2
7.3 鑽探位態等角度圖解法	7-6
7.3.1 夾角為岩樣層角者	7-6
7.3.2 夾角為岩樣層角餘角者	7-8
7.4 鑽探位態數學解法	7-12
7.4.1 三個鑽探孔	7-13
7.4.2 二個鑽探孔	7-20

7.4.3 層面傾角已知	7-22
第8章 露頭出露地質圖製圖原理概述	8-1
8.1 前言	8-2
8.2 切西瓜試驗	8-2
8.3 V字形法則	8-7
8.4 露頭出露地質圖製圖原理介紹	8-14
8.5 如何利用非地質專業軟體製作地質圖	8-19
8.5.1 地形圖數位化	8-19
8.5.2 建立第二個參考曲面	8-19
第II篇 岩坡規劃、力學機制、岩石強度及地下水	
第9章 岩坡工程規劃	9-1
9.1 前言	9-2
9.2 岩坡工程規劃重要性及規劃程序	9-2
9.3 岩坡工程規劃原則	9-3
第10章 邊坡破壞力學機制	10-1
10.1 前言	10-2
10.2 自重所引起之滑動	10-2
10.3 外力所引起之滑動	10-3
10.4 安全係數	10-5
10.5 彎距 (Moments) 對邊坡穩定之影響	10-5
10.6 岩坡之剝坍	10-6
第11章 岩石之剪力強度	11-1
11.1 前言	11-2
11.2 Mohr-Coulomb破壞準則	11-3
11.3 岩石節理之剪力強度	11-4
11.4 岩石礦物之摩擦特性	11-5
11.5 不風化岩石之剪力強度	11-6
11.6 岩石之尖峰剪力強度	11-7

11.7 節理有填充物時之剪力強度	11-9
第12章 地下水	12-1
12.1 前言	12-2
12.2 土(岩)層中之地下水	12-2
12.3 土(岩)樣透水係數	12-4
12.4 節理透水係數	12-4
12.5 現場透水試驗	12-5
12.5.1 變水頭透水試驗	12-5
12.5.2 定水頭透水試驗	12-6
12.6 流線網	12-6
12.7 地下水水位量測	12-7
12.7.1 開口式水壓計或觀測井	12-8
12.7.2 豎管水壓計	12-9
12.7.3 閉口式水壓計	12-9
12.7.4 氣動式水壓計	12-10
12.7.5 電子式水壓計	12-11
12.8 地下水排放及控制	12-12
12.8.1 坡面縱橫向截水溝	12-13
12.8.2 斜向排水管	12-13
12.8.3 坡頂或坡面抽水井	12-13
12.8.4 地下排水廊道	12-14

第III篇 破壞模式力學分析

第13章 平面破壞模式分析	13-1
13.1 前言	13-2
13.2 岩層破壞模式分類	13-2
13.3 岩層平面滑動破壞之幾何條件	13-5
13.4 平面滑動破壞模式	13-6
13.5 平面滑動破壞模式分析	13-7
13.6 張力裂縫臨界點位置	13-10

13.7 向量解法介紹.....	13-35
13.8 無因次表格解法介紹	13-39
13.9 圖解法法介紹.....	13-43
13.10 Excel試算表解法介紹.....	13-46
13.11 岩層單位重、凝聚力、水壓力、摩擦角、節理傾角 及坡高對邊坡穩定影響	13-50
第14章 楔形破壞模式分析	14-1
14.1 前言	14-2
14.2 楔形滑動力學分析介紹	14-2
14.3 分析步驟概述.....	14-4
14.4 岩楔之幾何性質.....	14-4
14.5 岩楔之作用力.....	14-6
14.5.1 自重(W)	14-6
14.5.2 水壓力(V_C)與上舉力 U_1 與 U_2	14-7
14.5.3 外加荷重 (集中載重 Q_L)及變化荷重 $Q(x,y,z)$	14-9
14.5.4 地震力(E)	14-9
14.5.5 岩錨力(B)	14-9
14.6 安全係數.....	14-9
14.6.1 $F=0$ 時之安全係數	14-10
14.6.2 $F \neq 0$ 時之安全係數解法	14-11
14.7 向量解法介紹.....	14-13
14.8 聯立方程式解法介紹	14-23
14.9 岩塊楔形滑動向量表格解法介紹.....	14-42
14.10 岩塊楔型滑動圖解法介紹.....	14-49
14.11 岩塊楔型滑動Excel試算表解法介紹.....	14-60
14.12 非線性岩石剪力強度岩塊楔型滑動分析介紹	14-67
14.12.1 安全係數最小時之地震力作用力方向.....	14-67
14.12.2 安全係數已知時之最經濟岩錨力及方向	14-68
第15章 翻滾破壞模式分析	15-1
15.1 前言	15-2

15.2 翻滾破壞模式分類	15-2
15.2.1 彎曲型翻滾破壞模式	15-2
15.2.2 區塊型翻滾破壞模式	15-3
15.2.3 區塊彎曲型翻滾破壞模式	15-3
15.2.4 次要翻滾破壞模式	15-4
15.3 翻滾破壞模式運動學概述	15-6
15.4 翻滾破壞之極限平衡分析	15-7
15.5 翻滾破壞Excel試算表解法介紹	15-21
15.6 翻滾破壞之安全係數	15-24
第16章 圓弧破壞模式分析	16-1
16.1 前言	16-2
16.2 土壤邊坡之破壞及其原因	16-2
16.3 土壤斜坡破壞之種類	16-3
16.3.1 半無限長坡破壞模式	16-3
16.3.2 有限長坡破壞模式	16-3
16.4 安全係數之意義及選擇	16-5
16.5 張力裂縫深度	16-5
16.6 圓弧破壞之極限平衡理論	16-6
16.6.1 一般極限平衡理論介紹	16-6
16.6.2 一般圓弧切片法	16-7
16.6.3 Bishop修正法	16-9
16.6.4 Bishop & Morgenstern 圖表解法	16-14
16.7 Bishop修正公式微積分解法	16-22
16.7.1 破壞模式	16-22
16.7.2 圓弧滑動破壞(i, j, θ)初始解之選擇	16-32
16.7.3 Bishop修正公式微分解法Excel試算表製作	16-34
16.8 土壤圓弧破壞剪力強度回算分析	16-43
16.8.1 破壞模式	16-43
16.8.2 土壤強度回算分析Excel試算表製作	16-47
16.9 AutoCad 輔助圖解法	16-55

第IV篇岩坡強固、工程經濟及監測

第17章 岩坡強固、坡面保護、落石防治及邊坡檢修	17-1
17.1 前言.....	17-2
17.2 岩坡強固.....	17-3
17.2.1 削坡補強工法.....	17-3
17.2.2 注入補強工法.....	17-4
17.2.3 擋土牆補強工法.....	17-5
17.2.4 邊坡排水及水壓降低工法.....	17-25
17.3 坡面保護.....	17-26
17.3.1 坡面植生.....	17-26
17.3.2 蛇籠護坡.....	17-28
17.3.3 噴凝土護坡.....	17-28
17.3.4 預鑄或場鑄鋼筋混凝土框條護坡.....	17-29
17.4 落石防治.....	17-30
17.5 邊坡檢修.....	17-34
17.5.1 邊坡檢修項目.....	17-36
17.6 結論及建議.....	17-37
第18章 岩坡工程經濟性分析	18-1
18.1 前言.....	18-2
18.2 影響岩坡開發工程費用因素.....	18-2
18.2.1 工址地質問題.....	18-2
18.2.2 地下水.....	18-2
18.2.3 岩坡坡度.....	18-2
18.2.4 災害能承受之程度.....	18-2
18.2.5 施工機具及材料費.....	18-3
18.3 規劃方案比較.....	18-3
18.4 岩坡工程經濟性分析.....	18-3
18.5 傳統平面破壞模式工程經濟性分析.....	18-3
18.6 平面破壞模式工程經濟近最佳化分析.....	18-8
18.7 楔形破壞模式工程經濟近最佳化分析.....	18-25

18.7.1 降坡或（及）削坡後岩坡位態.....	18-25
18.7.2 岩楔破壞工程經濟性分析步驟.....	18-26
18.8 結論及建議.....	18-40
第19章 邊坡儀器量度及監測.....	19-1
19.1前言.....	19-2
19.2 監測功能及範疇.....	19-2
19.2.1 已破壞邊坡地區監測.....	19-3
19.2.2 有破壞潛能地區監測.....	19-4
19.3 監測種類.....	19-4
19.4 邊坡移動量監測.....	19-5
19.4.1 傳統測量方式.....	19-5
19.4.2 電子光學測距儀.....	19-7
19.4.3 攝影觀測.....	19-7
19.4.4 裂縫、節理及斷層觀測.....	19-8
19.4.5 地表伸張儀觀測.....	19-9
19.4.6 沉陷計觀測.....	19-11
19.4.7 鑽探孔內伸張儀觀測.....	19-12
19.4.8 傾斜計（儀）觀測.....	19-13
19.5 地下水位及水壓觀測.....	19-16
19.5.1 水力式水壓計.....	19-16
19.5.2 壓氣式水壓計或氣動式水壓計.....	19-17
19.5.3 電子式水壓計.....	19-17
19.6 土（岩）壓及錨碇支撐荷重計觀測.....	19-18
19.6.1 土壓計觀測.....	19-18
19.6.2 支撐荷重計觀測.....	19-20
19.7 地面振動觀測.....	19-21
19.8 監測資料測讀、擷取系統及訊號傳輸.....	19-23
19.9 自動化監測系統.....	19-25
附錄A1：等軸投影.....	A-1