

南華大學社會科學院國際事務與企業學系歐洲研究碩士班

碩士論文

Master Program in European Studies

Department of International Affairs and Business

College of Social Sciences

Nanhua University

Master Thesis

消防機關執行繩索救援的體制與器材之適用性研究

—以歐洲的標準與認證為例

The Applicability of the System and Equipment to Carry
Out Rope Rescue Task by Fire Departments--A Case
Study on the European Standard and Authentication

陳詠翔

Yung-Hsiang Chen

指導教授：鍾志明 博士

Advisor: Chih-Ming Chung, Ph.D.

中華民國 108 年 7 月

July 2019

南 華 大 學

國際事務與企業學系歐洲研究碩士班

碩 士 學 位 論 文

消防機關執行繩索救援的體制與器材之適用性研究
—以歐洲的標準與認證為例

The Applicability of the System and Equipment to Carry Out
Rope Rescue Task by Fire Departments
--A Case Study on the European Standard and Authentication

研究生：

張新芳

經考試合格特此證明

口試委員：

王憶如

王憶如

鍾志明

指導教授：

鍾志明

系主任(所長)：

鍾志明

口試日期：中華民國108年6月28日

摘要

繩索救援技術自多年前由日本引入救助隊訓練，對於臺灣許多實際災害現場的救援作業中，改變了過去傳統消防人員使用繩索的知識、觀念及技術，而歐美繩索救援技術不斷在提升、進步，對於救援器材之使用標準亦非常嚴格，並擁有測試數據驗證，反觀國內消防人員的技術還呈現在經驗傳承的階段，對於相關救援知識、觀念及技術雖有基礎，卻仍無完整救援技術，有鑑於此，筆者欲藉由本論文去探討消防機關執行繩索救援體制與器材之適用性，以達成提升消防單位繩索救援能力及使用安全之目標。

本論文從繩索救援體制之研究開始，依序對繩索救援的定義、訓練方式的比較以及國內外的繩索作業規定進行分析，接著分別探討經歐美認證之救援器材的合適性，最後再訪談消防機關專業的外勤人員，藉以探討出現行繩索救援制度及裝備的改善空間。希望藉由此研究，提供消防人員於救援時多一份安全觀念，瞭解自身裝備的功能及限制，在執行人命救助任務時做出正確判斷，以期能減少救援失敗或人命傷亡的機率。

關鍵詞：繩索救援技術、編織繩、上登器、下降器、防墜器

Abstract

The rope rescue technology has been introduced to the rescue team training in Japan many years ago. In the rescue operations of many actual disaster sites in Taiwan, the knowledge, concepts and techniques of the traditional firefighters using ropes have been changed. The rope rescue technology in Europe and America is constantly improving and improving. The standards for the use of rescue equipment are also very strict, and have test data verification. In contrast, the technology of domestic firefighters is still in the stage of experience inheritance. Although there are foundations for relevant rescue knowledge, concepts and technologies, there is still no complete rescue technology. In view of this, the author wants to use this paper to explore the applicability of firefighting agencies to implement rope rescue systems and equipment, in order to achieve the goal of improving the rescue capacity and safety of firefighting units.

This paper starts with the research of the rope rescue system, and analyzes the definition of the rope rescue, the comparison of the training methods and the rope operation regulations at home and abroad, and then discusses the suitability of the rescue equipment certified by Europe and the United States. Finally, the fire department is interviewed. Professional field personnel to explore the improvement of the rope rescue system and equipment. It is hoped that through this research, firefighters will be provided with a safety concept during rescue, understand the functions and limitations of their equipment, and make correct judgments when carrying out life-saving assistance tasks, in order to reduce the chance of rescue failure or casualties.

Keywords: rope rescue technology, kernmantle rope, ascender, descender, fall arrester

目錄

摘要	I
Abstract.....	II
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VI
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究範圍與限制	3
第四節 研究方法與流程	4
第五節 名詞解釋	6
第貳章 繩索救援體制之建立與發展	11
第一節 繩索技術之意涵	11
第二節 各國繩索救援的訓練機制	13
第三節 各國繩索作業的相關規定	20
第四節 繩索救援體制在台灣의現狀	29
第參章 繩索救援器材之功能與認證	34
第一節 繩索救援器材的功能	34
第二節 繩索救援器材的 CE 認證	43
第三節 繩索救援器材的 NFPA 認證.....	55
第四節 繩索救援器材在台灣의現狀	57
第肆章 深度訪談調查	59

第一節	訪談目的	59
第二節	訪談方式	60
第三節	受訪樣本選取	61
第四節	設計專家訪談內容	65
第五節	訪談結果分析	67
第伍章	結論與建議	71
第一節	研究結論	71
第二節	研究建議	74
參考文獻	76



圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	5
圖 1.2 墜落防護效果示意圖.....	8
圖 2.1 消防人員於消防雲梯車上作業並無佩戴安全帶.....	31
圖 2.2 消防人員於消防吊臂車上作業並無確保繩.....	32
圖 4.1 本研究運用之多重研究方法.....	60
圖 4.2 Rock exotica Totem 示意圖	70
圖 4.3 Rock exotica Totem CRT 示意圖.....	70



表目錄

表 1.1 WLL 之規範範例	10
表 2.1 消防特考班救助基礎訓練建議課程時數表.....	14
表 2.2 IRATA 繩索技術評核表	17
表 2.3 RQ3 繩索訓練內容表	20
表 2.4 墜落防護標準.....	26
表 3.1 符合 CEN 認證之繩索金屬器材.....	39
表 3.2 符合 NFPA 1983 認證之繩索金屬器材.....	41
表 3.3 EN 1891 對靜力繩的規範	45
表 3.4 EN 892 對動態攀登繩的規範	47
表 3.5 EN 15151 部分認證的器材表	53
表 4.1 受訪者名單.....	64
表 4.2 消防機關外勤人員深度訪談問題.....	66

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

國內民眾遭逢高處墜落、侷限地形受困及高空作業工安意外等事故，至今仍層出不窮，2018年8月在新竹南大路巷子裡一處工地，上午突然發生塌陷意外，2名工人受傷，另外怪手傾斜後騰空在鋼筋中，駕駛站在怪手上難以脫困；¹2018年5月在嘉義區監理站前汗水下水道，2名工人在量測汗水流向工作時，在狹小的下水道空間內缺氧昏倒生命垂危；²2015年6月在雪霸國家公園，花蓮縣籍63歲曾姓婦人在施作通往雪見遊憩區司馬限林道邊坡岩栓工程時，安全繩索突然斷裂，曾婦不慎從10公尺高墜落，頭部重創送醫急救不治；³以上述事故為借鏡，倘若社會大眾不幸於各種受困待救的處所受傷、昏迷，急需消防隊到達現場方能完成搶救工作，在如此短暫時間內，如何規劃緊急搶救流程、運用適當器材等進行救援，消防人員的即時救援能力就顯的非常重要。

大多數的墜落意外及侷限空間受困都需具備高空繩索救援的技術，有鑑於此，中央政府、各縣市消防機關及協助救援的民力團體，應定期舉辦繩索救援訓練課程，強化各單位救災的應變機制並提昇救援能力，克服高空作業困難環境及狹窄空間之阻礙，快速將待救人員安全脫離險境。筆者擬從繩索救援技術改革的角度出發，對國內消防與歐、美繩索救援技術的體制與裝備標準進行了詳細的比較研究，瞭解國內消防在這一方面技術差異與改進方向，分析國內消防繩索救援技術的體制與裝備標準可以進

¹ 陳世明，〈「繩」救援！怪手傾斜卡工地 繩索搭橋助脫困〉，《TVBS NEWS》，2008.8.21，<https://news.tvbs.com.tw/world/977457>。

² 林宜樟，〈嘉義下水道作業意外 2工人缺氧昏迷送醫不治〉，《自由時報》，2018.5.18，<https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/2430383>。

³ 張勳騰，〈婦人邊坡施工墜落亡 家屬提質疑〉，《自由時報》，2015.6.21，<https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1355183>。

步的根源，指出國內消防進行繩索救援技術改革，必須積極學習並引進歐洲 CE 標準體系，以建立健全台灣消防繩索救援技術體制與裝備的標準。

台北市消防隊教官群於 1988 年赴日本參加救助隊訓練，學成歸國後撰有消防救助隊人員訓練教材供後進拜學，係為台灣繩索技術的先驅，但該教材沿用至今已近 30 年，期間少有更新繩索救援技術，其缺陷日益明顯，其中的單繩技術及無效確保已不能適應實戰所需。日本救助隊訓練與當前國際主流繩索救援技術相比，較易因人為因素而有失敗的風險，開展繩索技術的改革已刻不容緩。廣義的繩索救援技術體系包括繩索救援技術及其裝備配備標準，繩索救援技術改進牽一髮而動全身，甚至還涉及到繩索技術裝備製造工業及其產品認證，引入全新的繩索救援技術，一定會打破過時的繩索救援技術與裝備標準體系，對其造成巨大的影響與衝擊。⁴為深入瞭解國內消防繩索救援技術與裝備標準體系現狀，以及國內消防繩索救援技術改革之需求，本文對台灣消防、歐洲及北美繩索救援技術與裝備標準體系進行比較研究，以提供參考借鑒，並期待後續研究者可投入此類標準體系的討論。

第二節 研究目的

繩索救援是一場長時間的抗戰，搜救人員在這種高耐力的體力負荷下，無法永遠保持頭腦清醒、四肢靈活的狀況，故職前受過完備的教育訓練，謹記國內外繩索救援失敗的案例，熟悉裝備器材的用途，於操作時預防失手而造成傷亡，將是所有搜救人員必須面對的課題；因此筆者想探討繩索救援裝備以符合歐洲標準委員會的認證為基本條件下，來延伸如何輕量化為課題，並以文獻探討、訪問調查等方式進行研究，以期能達成以下目的：

1. 藉由文獻來分析國內與歐、美在繩索救援的訓練情形以及法律規定的差異性，

⁴ 楊汝彬，〈國內消防與歐美繩索救援技術、裝備標準體係比較研究〉，《中國科技縱橫》，13 期，2014，頁 209。

統整後再進行研究台灣日後的相關發展與限制。

2. 探討編織品與金屬器材裝備的功能，並比較經歐洲標準委員會 CEN、美國防火協會 NFPA 等單位認證的適用性。
3. 訪問在繩索救援有多年實務經驗的消防人員，在執行救援任務時，如何配置團隊的救援裝備及所運用的技術。
4. 分享筆者在繩索救援的訓練及實務上的經驗，藉以檢討理想與現況的不足之處，提出更完善的改進措施。

第三節 研究範圍與限制

繩索救援系統牽涉相當廣泛，本論文就最有研究性的議題去蒐集資料並加以分析討論，希望提供給後進學者當作一份參考的圭臬，以下分別說明研究的範圍與限制。

(一) 研究範圍

1. 訓練機構：僅討論國內消防機關訓練的基準，並研究英國 IRATA 協會以及美國 Rescue 3 international 等國際證照公司的訓練內容，分析國內外整個訓練制度的優劣之處。
2. 作業規範：說明國內對於高空繩索作業的法規，並研究歐盟及美國對於工業繩索作業及裝備的認可標準，藉由國內外對於的繩索作業的規範，來分析繩索救援的安全制度。

(二) 研究限制

1. 器材種類：繩索救援裝備的種類多達上百種，本論文僅限制於最有研究性的器材實施分析，編織品為各式編織繩，金屬品為上登器、下降器及防墜器。

2. 認證標準：器材的認證在國際上包括有國際山岳協會(UIAA)、美國保險商協會(UL)、美國防火協會(NFPA)以及歐洲標準委員會(CEN)等，本論文僅限制使用美國防火協會(NFPA)以及歐洲標準委員會(CEN)來比較差異。

第四節 研究方法與流程

本論文擬從繩索救援體制之研究開始，依序對繩索救援的定義、訓練方式的比較、國內外的繩索作業規定進行分析，接著探討繩索救援器材的合適性，最後再針對繩索救援的基本認知、救援實務經驗、繩索訓練經歷、繩索器材選用以及日後策進作為等為題目設計，訪談在消防機關有實際參與繩索救援任務之外勤人員，並針對受訪後的資料進行分析，以探討出現行繩索救援制度及裝備的改善空間。希望藉由探討繩索救援器材制度與器材的合適性，提供消防人員於救援時多一份安全觀念，瞭解自身裝備的功能及限制，在執行人命救助任務時做出正確判斷，以期能減少救援失敗或人命傷亡的機率。

(一) 研究方法

1. 文獻探討法：蒐集國內外有關繩索救援之論文、書籍、報告、及相關期刊，分別探討繩索救援的體制與器材，分析台灣與歐美訓練系統與法律規定的差異與優劣性，進而比較歐盟 EN1981、892 及 564 等規範與美國 NFPA1983 標準所認證之器材的適用性，研究其理論、特性，並加以歸納整理。
2. 訪問調查法：選定新北市、台中市、雲林縣、嘉義市等縣市工作的消防分隊，以及服務年資在 10 年左右的外勤人員，針對繩索救援的制度、訓練方式以及器材的選用等認知設計題目，進行訪查約 8 名消防人員，並將每個受訪者的意見統整，分析其原因，了解消防人員對於繩索救援制度的認知與意見，以作為日後建議改進之方向。

(二) 研究流程

本研究第貳、參兩章開始針對繩索救援的體制與相關器材的相關文獻進行探討，除了與歐美比較其差異外，更重要的是從其發展的經驗中，發掘台灣消防機關在救援方面的劣勢與待改進之處。

除了利用文獻探討對研究問題進行討論外，本研究運用對各縣市消防機關外勤人員深度訪談的方式，增加對繩索救援現況的了解，以補足第貳、參兩章中靜態文獻資料的呈現。易言之，本研究欲透過前兩章的研究所得，結合深度訪談結果，藉以提出一綜合性且具可行性的整體革新建議，其研究流程如圖 1.1。

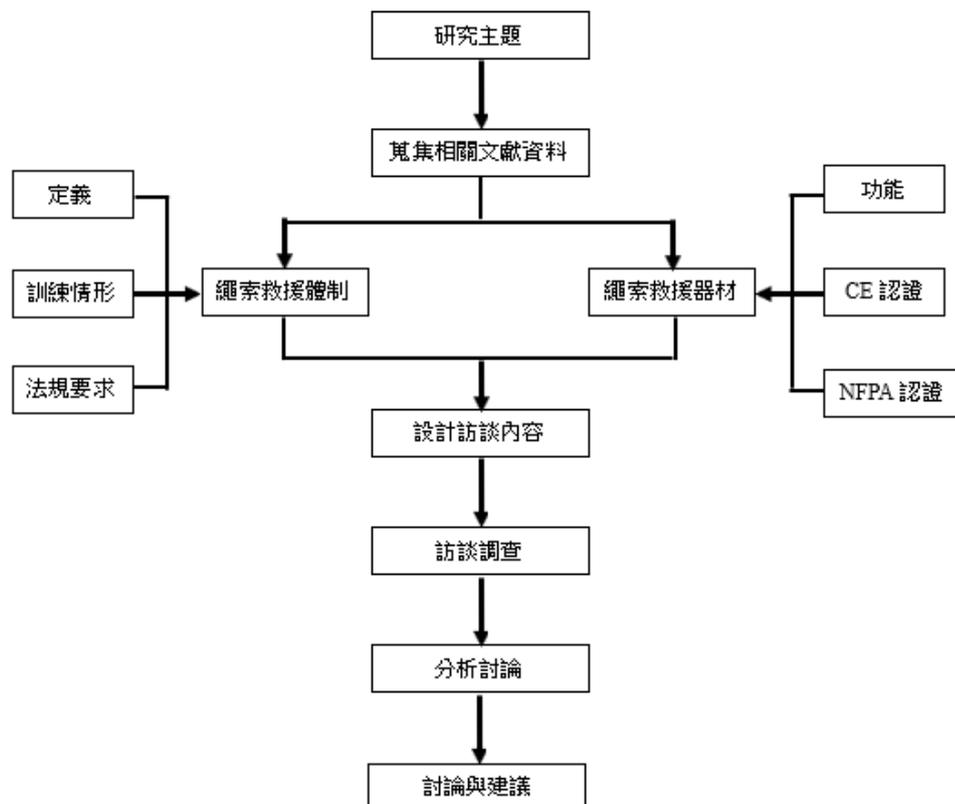


圖 1.1 研究流程圖

第五節 名詞解釋

本節所提供之名詞解釋，係方便未具備相關專業知識的讀者，在閱讀本論文時能夠了解其中繩索技術的名稱，內容如下：

1. 繩索救援技術(Rope Rescue)：繩索救援技術是指將傷者從垂直環境帶往其他安全環境的一種技術。這些技術包含將傷者在繩索上做升降、水平移動、傾斜移動等，滑輪系統的拯救以及運用技術也在繩索技術範疇的訓練範圍之內。
2. IRATA：英國工業繩索協會(Industrial Rope Access Trade Association International)，又稱 IRATA 國際，成立於 1987 年，總部設於英國，是一個著名的全球性工業繩索作業技術組織。截至 2014 年 3 月，共有會員公司 286 個，其中工程執行類會員公司 129 個，教育訓練類會員公司 157 個，各級別技術員超過 6 萬人，技術級別分為一、二、三級，每個級別累計至少工作 1 千小時，並至少 1 年時間才具有升級資格。⁵
3. NFPA：即美國防火協會(National Fire Protection Association)，成立於 1896 年，旨在促進防火科學的發展，改進消防技術，組織情報交流，健全防護裝備，減少由於火災造成的生命、財產損失；該協會是一個國際性的技術與教育組織，擁有 150 個學會、協會等組織的集體會員，75,000 名個人會員，此外，還有 80 多其他國家的會員，負責制訂防火規範、標準、推薦操作規程、手冊、指南及標準法規等；NFPA 包括建築防火設計規範、滅火救援訓練、器材相關規範(如 1006、1670、1983)等，屬於美國的消防行業標準，即全國防火規範體系(National Fire Code：NFC)，現已得到廣泛承認，並有許多標準被納入美國國家標準(ANSI)。⁶
4. 突然死亡原則(The Sudden Death Rule)：「在繩索技術操作的系統中，人必需是

⁵ 楊汝彬，同前註，頁 213。

⁶ 同上註。

系統的操作者，而決非系統的一部份」這句話代表的意義是這個系統的本身必需是經過認證而絕對地安全。而人的本身可能因昏迷、休克或突然的外傷，而發生暫時失控。這時如果人是系統的一部份，則將導致整個系統的瓦解及工人的突然墜落死亡。⁷

5. 千牛頓(KN)：是一種物理單位，是力的公制單位。1KN 等於 101.97162kg 物體的重力，常用在攀岩裝備的規格中，在量測一個負載最大允許的張力及剪力時，也會用 KN 來表示。⁸

6. 墜落衝擊(Imapct Force)：是指墜落物體在墜落的狀況發生時，停止的瞬間(非撞擊地面)，此下墜能量傳到繩索以及固定點，再回傳至墜落物體的量能稱之。人體在任何時候下不應承受 6KN 或以上的下墜衝擊，會導致人體或是系統固定點的損害。⁹

7. 墜落係數(Fall Factor)：是評估在高空工作時墜落風險程度的比率，公式為墜落係數=墜落距離/挽索長度。在墜落係數為 0 的情況(例如，工人位於固定點之下，並繫縛於一條緊繃的挽索上)或墜落係數小於或等於 1 的情況下，此時工人的活動被限制於 0.6 公尺的範圍內，這樣的工作定位是安全適當的。當墜落係數大於 1，或工人活動範圍大於 0.6 公尺時，工人應使用適當的防墜和緩衝器材，包括下列技巧：

⁷ 拔山企業股份有限公司，〈北市勞工局勞檢處 課程一：繩索技術與防墜落的基本觀念〉，2009.7.20，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=99>。

⁸ 〈牛頓 (單位)〉，《維基百科》，[https://zh.wikipedia.org/wiki/牛頓_\(單位\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/牛頓_(單位))，瀏覽日期 2019.5.16。

⁹ 陳彥杰，《初級繩索技術訓練課程(雙繩技術)訓練手冊》(台北：亞陸國際工程有限公司，2011)，頁 8。

- (1) 限制(Restraint)：用器材限制工人的水平活動範圍，避免工人進入可能墜落的風險區域。例如，使用符合認證的安全吊帶(EN 361 規範)和挽索(EN 358)以限制工人的活動範圍。
- (2) 定位(Positioning)：將工人定位於安全的垂直活動範圍，避免發生大於 1 的墜落係數。例如，工人位置低於固定點，使用符合認證的安全吊帶(EN 361)和繃緊的挽索(EN 358)。
- (3) 墜落制停(Fall Arrest)：當工人自高處墜落時，必需能立刻制止並且降低墜落的衝擊力，避免衝擊力傳導到工人身體導致內傷或骨折。例如，使用墜落制停挽索(EN 361)和勢能吸收器(EN 355)。

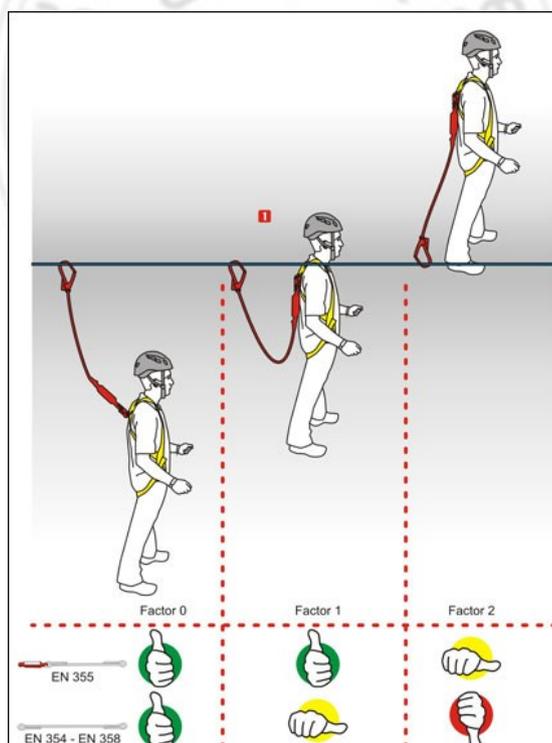


圖 1.2 墜落防護效果示意圖

參考資料：拔山企業股份有限公司，〈工安防墜的繩索技術--墜落係數(Fall Factor)〉，2008.11.6，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=88>。

8. 最低破斷強度(Minimum breaking strength, MBS)：標示於裝備上的承受力，就是我們稱之的最低破斷強度，此破斷強度用以決定此裝備最大可以接受安全範圍內的承受力稱之。¹⁰
9. 繩結：適當的運用繩結，讓你的工作效率更佳，也保護你的生命。繩結的用途包括將工人連結到主繩上(及固定點、安全繩)、繩子與繩子的連接，以及利用輔助繩結合主繩上攀等。繩子經過繩結的反覆彎曲之後，原本的強度會降低，負重的能力也會降低。例如強度 40kN(約 4000 公斤)的二條主繩，經過雙漁人結的連接之後，強度可能剩餘 70%成為 2800 公斤，此時 高空工作者使用於垂降或拖拉重物時，負重不應超過 1/10(紡織品安全係數 10:1)，即 280 公斤。否則當發生墜落衝擊力過大時，繩索在繩結處可能突然斷裂。¹¹
10. 工作負荷上限(Working load limit, WLL)：真正我們用於工作時，操作者絕對不可使用至最低破斷強度的承受力，否則工作時的側向移動所產生的拉力、少許的墜落係數所引起的墜落衝擊力，都可能導致超過最低破斷的負荷。因此，英國工業繩索協會(IRATA)對於安全係數(WLL)的建議為以下參數，其範例為表 1.1：¹²
- (1) 10:1—適用於紡織器材的安全係數(safety ratio is applied to all textile eq.)。
 - (2) 5:1—適用於金屬器材的安全係數(safety ratio is applied to all metal eq.)。

¹⁰ 陳彥杰，同前註，頁 14。

¹¹ 拔山企業股份有限公司，〈台北市勞工局勞檢處 課程三：高空工作的常用繩結〉，2009.7.20，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=101>。

¹² 陳彥杰，同上註。

表 1.1 WLL 之規範範例

裝備 (Equipment)	破斷強度 (Breaking Strength)	工作負荷上限 (WLL)	安全係數
低彈性繩 (11mm LSK)	3000 kg	300 kg	10:1
鋁製鈎環 (Carabiner)	2200~2500 kg	440~500 kg	5:1
鋼製鈎環 (Carabiner)	7200kg	1440kg	5:1
三角鋼扣 (Maillon)	4500 kg	900 kg	5:1
繩環 (Sewn Sling)	2200 kg	220 kg	10:1
Camp工作安全吊帶 上的掛接金屬D環	1500 kg	300 kg	5:1
Petzl運動安全吊帶上 的掛接扁帶D環	1500 kg	150 kg	10:1
CAMP工程雙滑輪 (Double pulley)	3200 kg	640 kg	5:1
Petzl不鏽鋼掛耳 (Bolt hanger)	2500 kg	500 kg	5:1

參考資料：陳彥杰，《初級繩索技術訓練課程(雙繩技術)訓練手冊》(台北：亞陸國際工程有
限公司，2011)，頁 14。

第貳章 繩索救援體制之建立與發展

第一節 繩索技術之意涵

「繩索技術」(Rope Access)早期發源於登山及探險領域，為了克服垂直地形的限制，以探索未知的領域，歐美人士研發精良的攀登技術與器材，以保障在垂直攀降時人們的安全，這些攀登技術已被廣泛應用在登山、攀岩、冰攀、探洞、攀樹、溯溪等領域。

自 1930 年代，歐洲工業界將這一套技術和器材導入於社會上更重要的高空工作人員的保護、災難救援、及運動保護等領域。在高聳建物林立的都市裡，經常有高空工人墜落的事務發生，佔工安事故的 50% 以上。造成許多的家庭悲劇和社會問題。此外，許多急難發生在救援者或機具無法到達之處，但是藉由繩索與攀登技術，救援者可以輕易的到達並執行救援。於是「繩索技術」走向廣義的社會及工業安全用途，歐美國家已經普遍應用於高空工作的人身保護和災難救援。¹³

繩索技術是一門利用繩索在高空環境進行從一個位置到達另一個位置的技術行為，在這類的技術運用中常見的有沿繩下降、沿繩上攀、繩索轉換以及水平繩索、傾斜繩索行進等，這些行為需要一套縝密的系統觀念予以執行，技術的穩定與安全是繩索技術最被在乎的關鍵，因此系統化的觀念在繩索技術中便扮演非常重要的角色¹⁴。

基本上溯溪、攀岩及探洞等戶外活動與繩索技術分屬兩個不同類別，前者繩索主要用作保護用途，防止下墜乃是來自於攀岩者的技術，而也只有墜落發生時攀岩者的重量才會加諸於繩索之上。但在繩索技術作業的環境中，繩索則作為技術操作人員唯一仰賴的安全來源，技術人員利用繩索執行各種不同的操作技術，以完成工作之交

¹³ 拔山企業股份有限公司，〈北市勞工局勞檢處 課程一：繩索技術與防墜落的基本觀念〉，同前註。

¹⁴ 同上註。

付。對於高空工作的夥伴，繩索技術建立唯一安全作業環境觀念的來源，而對於攀岩者架設上方確保點的過程、攀樹者的上攀與拯救技術等，繩索技術更提供了許多系統轉換的知識與安全，¹⁵國際上目前有單繩(SRT)以及雙繩(DRT)作為操作之兩大系統，就以下做細部說明。

(一) 單繩技術

單繩系統的使用者所有的行進、操作與防墜確保都在單一繩索上完成，是名符其實的「生命在一條繩索之上(Life on a line)」(書名)。由於架設簡便快速，適合大部份的架設環境。也正因無設置安全繩索，只有一條工作繩索，因此在國際上較不接受用於高空工作以及拯救任務，僅使用於戶外運動、探洞或技術行為簡單的育樂活動之中。

16

(二) 雙繩技術

雙繩技術，顧名思義是使用兩條繩索進行工作，一條為承重的工作繩索(working line/rope)，另外一條為安全繩(safety line/rope)，操作者於安全繩上安裝後備裝備(back-up device)，操作者如於工作繩索上發生特殊意外，操作者的重量將會轉移至安全繩索上不至墜落地面。因此雙繩技術經常用於高空工作環境以及拯救任務之中，尤其是拯救任務，畢竟從事拯救的團隊或個人所面臨的技術難度以及緊急性往往高過於一般高空工作，因此使用雙繩技術於拯救任務中絕屬明智。¹⁷

¹⁵ 陳彥杰，〈雙繩索技術發展〉，《勞動安全電子報》，76期，2014，
<https://epaper.lio.gov.taipei/big5/html/rw/enewindexview.asp?NO=709>。

¹⁶ 拔山企業股份有限公司，〈北市勞工局勞檢處 課程一：繩索技術與防墜落的基本觀念〉，同前註。

¹⁷ 陳彥杰，〈初級繩索技術訓練課程(雙繩技術)訓練手冊〉，同前註，頁6。

第二節 各國繩索救援的訓練機制

(一) 內政部消防署及各縣市消防機關的訓練情形

內政部消防署教官群於 1988 年左右赴日本參加救助隊訓練，學成歸國後撰有消防救助隊人員訓練教材供後進拜學，係為台灣繩索技術的先驅，以下就消防機關的訓練內容做細部分析。

1. 訓練依據：依據「直轄市、縣（市）消防機關成立消防救助隊指導要點」規定，內政部消防署（以下簡稱本署）及直轄市、縣（市）消防機關（以下簡稱消防機關）依據地區特性，遴選優秀消防人員辦理救助人員資格培訓，並透過救助進階訓練及特殊災害處理技能取得，成立專責或任務編組救助單位，積極執行因災害或火災致人命受困待救勤務，以期提昇消防戰力、強化人命救助效能。
2. 訓練內容：消防救助訓練需經八週以上的專業體技能訓練方能結業，其訓練課程內容應包含水上及急流基礎救生、救助安全管理、體能理論教育、救助器具應用、救助戰技訓練、山域基礎訓練、案例介紹及綜合訓練以及其他相關課程，期訓練項目及時數如表 2.1。
3. 訓練方式：以集中訓練方式，將受訓人員編成小組輪流施教，每員均應親自操作各項技能，並由教官及助教逐一指導動作技巧，務期熟練各項救助戰技並養成主動、積極之救助戰術觀念。受訓學員結業總成績，應由平常考核成績(10%)、體能測驗成績(40%)及技能測驗成績(50%)等合計成結業總成績，結業總成績未達 70 分以上者不發予結業證書；受訓期間違反相關訓練單位生活管理或規定者予以退訓，其體能及技能測驗項目如以下說明。¹⁸

¹⁸ 內政部消防署，〈附件一-直轄市、縣（市）消防機關消防救助人員體技能測驗基準〉，《直轄市、縣（市）消防機關成立消防救助隊指導要點》第貳點，2017。

- (1) 體能測驗項目：伏地挺身、仰臥起坐、俯臥弓身、單槓引體向上、舉重、抬腿腹肌運動、折返跑、負重爬梯、10000 公尺跑步等共 9 項。
- (2) 技能測驗項目：結索能力、橫渡架設、捲揚器低所救出架設、繩索登降操作、橫渡操作、掛梯操作。

表 2.1 消防特考班救助基礎訓練建議課程時數表

篇	章	節	時數
第一篇 (40 小時)	第一章 基礎救助訓練概要 (8 小時)	第一節 救助人員的編組與職責介紹	1 小時
		第二節 基礎救助訓練安全管理	1 小時
		第三節 救助活動現場安全管理	1 小時
		第四節 救助活動常用聯繫方式	1 小時
		第五節 直昇機搭配救災簡介	1 小時
		第六節 搜救犬簡介	1 小時
		第七節 國際人道救援簡介	2 小時
	第二章 消防人員體能理論教育 (32 小時)	第一節 肌力及體能訓練概論	8 小時
		第二節 肌力訓練實務	8 小時
		第三節 能量系統訓練實務	8 小時
第二篇 (90 小時)	第一章 基本繩索技術-上 (18 小時)	第一節 繩索基本知能美、歐、日規介紹	3 小時
		第二節 繩索輔助器材介紹	3 小時
		第三節 個人防護裝備操作	3 小時
		第四節 救助安全及確保操作	3 小時
		第五節 基本結索法(繩結)操作	3 小時
		第六節 繩索系統固定點架設	3 小時
	第二章 基本繩索技術-下 (52 小時)	第一節 繩索上登時機及注意事項	4 小時
		第二節 布魯茲克上登	8 小時
		第三節 上登器上登	4 小時
		第四節 繩索下降時機及注意事項	4 小時
		第五節 座位式下降	8 小時
		第六節 繩索下降滯空操作	16 小時
		第七節 登降系統轉換	8 小時

	第三章 傷患運送 (20 小時)	第一節 徒手搬運法	4 小時	
		第二節 急造擔架操作	4 小時	
		第三節 長背板及軀幹固定器固定法	4 小時	
		第四節 籃式擔架固定法	4 小時	
		第五節 捲筒式擔架操作(SKED)	4 小時	
第三篇 (96 小時)	第一章 基本架梯 (20 小時)	第一節 雙節梯操作	4 小時	
		第二節 掛梯操作	4 小時	
		第三節 雙節梯加掛梯操作	12 小時	
	第二章 高所救助法 (16 小時)	第一節 雙節梯應用救助	16 小時	
	第三章 低所救助法 (16 小時)	第一節 雙節梯低所救助	16 小時	
	第四章 省力拖拉技術 (16 小時)	省力拖拉技術	16 小時	
	第五章 省力拖拉系統應用 (28 小時)	第一節 橫渡架設及操作	16 小時	
		第二節 斜降架設及操作	8 小時	
		第三節 拋繩槍之使用	4 小時	
	救助課程總複習及各項測驗			30 小時
	總訓練時數			256 小時

資料來源：內政部消防署訓練中心，《消防特考班救助基礎訓練建議課程時數表》，2019。

(二) 英國工業繩索協會 IRATA 的國際證照訓練情形

國外高空繩索作業技術的發展，主要是由從事高空繩索作業的人員及提供相關服務的公司所組成的團體所推動，歐洲方面的推手不外乎成立於英國，且目前已發展為國際性組織的國際工業繩索技術作業協會，其名為「英國工業繩協會」(International Industrial Rope Access Trade Association, IRATA)，下面就 IRATA 的訓練內容做細部分析。

1. IRATA 的背景：IRATA 於 1987 年成立於英國，當時成立的主旨，是因應 1980 年代北海離岸油、氣田開採設備日常的檢查維修，數家大型的開採鑽探公司逐漸發現利用高空繩索作業可以大幅節省資源，增加維修工作的速度，遂開始大量使用，為了確保工作人員安全，成立了 IRATA 以有系統地推廣，精進此一技術，經過多年發展，IRATA 已不再局限於英國甚至歐洲，而成為一個國際性的組織，其參與的成員公司超過 360 餘家，涵蓋全球主要地區。¹⁹
2. IRATA 的運作：IRATA 的工作包括訂立業界規範，提出並不斷修訂國際性通用的安全作業守則(International Code of Practices, ICOP)，編訂訓練課程、訓練場地、教練及技術人員的考核認證，分享從業人員回報所遇到的各種影響安全的事例，並針對其重要者發布安全警訊(Safety Bulletins)，進行年度工安事件的統計與分析。此外，IRATA 也與英國的勞工安全部門(Health and Safety Executive, HSE)密切合作，協助制定相關的管制事項，英國國家標準所制定之工業用繩索作業方法的使用守則(BS 7985 Code of practice for the use of rope access methods for industrial purposes)，也大致基於 IRATA 的 ICOP，其中大部分篇幅偏重在設備的規範、檢查與維護，另一個重點是在法規面上提醒各項細目須注意依各相關法規辦理。²⁰
3. IRATA 的訓練內容：IRATA 技術人員分三個層級，Level 1 為基礎繩索作業技術員(Rope Access Technician)，能在導引下完成一系列高空繩索作業，負載裝備的管理，Level 2 為進階繩索作業技術員(Lead Rope Access Technician)，能進行裝備的假設及執行救援任務，Level 3 為督導級技術員(Rope Access Supervisor)，負責工作團隊整體安全，對相關立法及各種救援技術有完整認識等；各等級基本要求及晉升之條件為 1 年累積 1,000 工時經驗，外加 4 天的 IRATA 訓練，並通過為期 1 天的獨立考核；每一等級的執照有效期為 3 年，期滿前須

¹⁹ 沈育霖、單秋成，《繩索垂降作業人員防護及安全技術研究》(新北：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2015)，頁 2-3。

²⁰ 同上註，頁 5-6。

經過重新考核續期；另外，IRATA 建議連續半年沒有從事繩上作業，應進行複習性訓練再上繩索作業，其相關之技術內容詳如表 2.2。²¹

表 2.2 IRATA 繩索技術評核表

<p>IRATA 訓練課程基本要求</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每層級間最少要累積1,000小時經驗 2. 每層級間最少要一年 3. 直接插入高層級 (Direct Entry) 較困難 4. 教練要求 Level 3 IRATA 層級 5. 僅限IRATA認可機構可提供訓練
<p>IRATA 第一級檢定內容 (Level 1 IRATA Assessment)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 裝備的正確使用與檢查 2. 後備安全裝置(Back-up devices)應用 3. 沿繩上攀技術 4. 沿繩下降技術 5. 上升/下降轉換技術 6. 以上升器下降 7. 以下降器上升 8. 使用工作座(work seats) 9. 繩結通過 10. 繩索轉移 11. 從錨點位置改變繩索通道以避免潛在意外 12. 中間錨點增設 13. 頂端邊緣障礙通過 14. 中途保護點通過 15. 基本錨定系統安裝 16. 拯救一名於下降模式的昏迷者 17. 具墜落行程限制繫索在爬升 18. 固定錨定之移動 19. 活動錨定之移動
<p>IRATA 第二級檢定內容 (Level 2 IRATA Assessment)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 負載分攤之錨定(Y-Hangs) 2. 錨定架設(Pull through) 3. 利用額外繩索吊升 4. 交叉吊升(Cross hauling)

²¹ 沈育霖、單秋成，同前註，頁 5。

	<ol style="list-style-type: none"> 5. 傷患吊升(Casualty ascending) 6. 緊繃繩索架設 7. 水平行進技術 8. 增設中間錨點之救援 9. 繩索轉移之救援 10. 水平行進之救援 (Rescue from aid traverse) 11. 從錨點位置改變繩索通道之救援
<p>IRATA 第三級檢定內容 (Level 3 IRATA Assessment)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 風險評估 2. 作業程序撰寫 3. 團隊合作救援 4. 張力負載繩索 5. 增設長距離中間錨點之救援 6. 下降通過繩結之救援 7. 進入受高張力之繩索 8. 短距離連結間救援

資料來源：沈育霖、單秋成，《繩索垂降作業人員防護及安全技術研究》（新北：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2015），頁 11。

(三) 美國 RQ3 的國際證照訓練情形

國際繩索訓練組織在美國的部分，1979 年於加州成立的 Rescue 3 International(簡稱 RQ3)公司，在全美以及 50 個國家共培訓了 30 多萬名學生，以下就 RQ3 的訓練內容做細部分析。

1. RQ3 的背景：自 1979 年以來，RQ3 一直是全球技術救援培訓的先驅，並且是公認的水域和激流救援領導者，另外還包括繩索救援、冰上救援、救生艇駕駛、侷限空間以及院外醫療訓練，他們在全球 50 個不同的國家，共教授超過 30 萬名的學生，RQ3 以動態課程和最先進的技術而聞名，不斷開發新的創新救援技術，改進舊技術，並與製造商合作開發設備以滿足救援人員的需求。²²
2. RQ3 的運作：RQ3 擁有一支遍布全球的行業專家隊伍，他們不斷開發和完善我們的課程。所有課程均由我們的指導委員會，區域主任和一組行業專家進行審核，以確保我們正在教授最新和最新的課程和技術。另外，其擁有眾多教師和組織，在全球範圍內教授我們的課程。每個授權培訓提供商必須滿足一系列先決條件，參加培訓，並通過一系列質量保證檢查才能獲得授課能力。然後，為了保持其狀態，每個組織必須滿足一系列年度標準，其中包括質量保證審查和教師更新。²³
3. RQ3 的訓練內容：RQ3 的訓練主要分為四個主軸，第一個為水域課程，主要係激流及冰面等水域環境的救援；第二個為船艇課程，為水域課程的延伸，目的是能夠在激流及冰面等環境駕駛救生船艇進行救援；第三個為繩索課程，進行救援及工業繩索訓練，且符合 NFPA1670 技術員級別技能及 NFPA1006 救援技術專業認證標準之規範，並分有「認知(Awareness)」、「作業(Operation)」及「技術(Technician)」等三種級別；第四種則為侷限空間課程，內容為侷限空間的安全操作及緊急救援的相關訓練，詳細介紹如表 2.3。

²² “R3 – WHO WE ARE”, *Rescue 3 International*, GOBLE Inc. <https://rescue3.com/who-we-are/>, 16 May 2019。

²³ “WHAT WE DO”, *Rescue 3 International*, GOBLE Inc. <https://rescue3.com/what-we-do/>, 16 May 2019。

表 2.3 RQ3 繩索訓練內容表

RQ3 級別	訓練內容
認知級(AL) Awareness level	1.N.F.P.A 標準 2.救援指導原則及絕對守則 3.救援安全及一般危害 4.個人及團隊裝備 5.裝備檢查及保養 6.搶救計畫 7.評估 8.指揮管理 9.現場安全簡報及管理
作業級(OL) Operation level	1.繩索、繩結及技術裝備介紹 2.固定點 3.口令 4.繩索保護置放 5.系統安全檢查及執行 6.確保系統及操作 7.拉緊系統及省力系統 8.傷患捆紮及擔架固定
技術級(TL) Technician level	1.雙繩系統 2.高空下降 3.下放上拉系統、RPM(低角度) 4.運送擔架(低角度)、三人以及四人 5.擔架上拉下放(高角度)

資料來源：瑞溯客全方位安全國際有限公司，《技術繩索救援 Technical Rope Rescue-操作級 LEVEL 1》（台北：瑞溯客，2016 年再版），頁 12-13。

第三節 各國繩索作業的相關規定

(一) 國內法規探討

臺北市政府勞工局勞動檢查處在實施勞動檢查過程中發現，高空工作中採取高空繩索作業方式的比例相當高，惟高空繩索作業，實為高風險的作業方式，工作者所面

臨的最大風險為墜落意外，故應訂定法規來規範雇主必須注意勞工的作業安全，員工也必須遵守相關規定。

1. 法定高架作業：依高架作業勞工保護措施標準第 3 條所稱高架作業，係指雇主使勞工從事之下列作業：
 - (1) 未設置平台、護欄等設備而已採取必要安全措施，其高度在 2 公尺以上者。
 - (2) 已依規定設置平台、護欄等設備，並採取防止墜落之必要安全措施，其高度在 5 公尺以上者。
 - (3) 一般高空工作車皆已設置工作台及護欄，如作業高度達 5 公尺以上，屬高架作業勞工保護措施標準第 3 條所稱之高架作業，從事該作業應依該標準之規定辦理。²⁴
2. 高空繩索作業，雖為高風險的作業方式，現行法令卻僅有勞工安全衛生設施規則第 225 條第 2 項後段規定，使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鈎掛；對於高空繩索作業的作業者，所需具備的繩索強度、工作的方式以及工作者應具備之資格，均付之闕如。²⁵
3. 目前臺北市政府勞工局勞動檢查處，為能掌握市內各區域高空繩索作業的施作訊息，並及時派員實施勞動檢查，建立監督及預警之機制，要求事業單位採取安全的作業方式，避免災害發生，98 年 8 月上網公告訂定「臺北市政府勞工局勞動檢查處監督管理高空繩索作業實施要點」，針對有使勞工從事高空繩索作業的事業單位，予以行政指導正確的繩索施作方式，建立監督預警機制，規劃訓練課程內容，並設置全國第一座公部門—高空繩索作業訓練場所，以實物實作的方式，提供勞工專業訓練。²⁶

²⁴ 洪悅鐘，〈高空工作車作業安全管理與探討〉，《中工高雄會刊》，18 卷 1 期，2010，頁 16。

²⁵ 沈育霖、單秋成，同前註，頁 1。

²⁶ 同上註。

4. 高空工作的一般原則：

- (1) 限制移動：防止工人進入有下墜危險的範圍(縛帶原則)為固定點連結維持工作位置之安全帶，繩索的長度選擇是用以防止工人進入有下墜危險的範圍。
- (2) 檢查與下墜相關的危險：一個防下墜系統(確保系統)應該在制制停下墜時要衡量減低下墜幅度，吸收勢能以減低對人體的衝擊，並固定傷者的位置以減輕停頓懸吊所造成的效果。
- (3) 固定工作位置：在個人保護設備處於拉緊的狀態時，這技巧容許工人能騰空雙手操作，如果沒有飛墜的危險(例如在一個屋頂或斜坡上)，則維持工作位置安全帶和一條工作位置挽索。如果有下墜的危險(例如一個沒有緣的屋頂，沒有集體保護的屋頂，陡峭的斜坡等)，則無持工作位置和防下墜安全帶維持工作位置挽索和防下墜系統。
- (4) 繩索技術：當結構不能用作前進的時候，在繩上工作需要兩個分開的固定系統，一個前進和維持工作位置系統，一條工作用的繩索和前進維持工作位置工具(繩索抓手，下降器等)；它容許向上或向下前進，以及在工地上維持工作位置，而一個防下墜裝置是工人隨身帶著的一條安全繩和一個可攜防下墜設備組成。
- (5) 撞到物件或地面：計算淨空距離是必須的，這是在工人以下的距離，要求在下墜時不至於撞到物件，挽索或勢能吸收器必定不能超過兩公尺。下墜的距離必須減至最低，根據不同的系統，其淨空估計會有分別：確保點、勢能吸收器、防墜器、捲揚器等。²⁷

²⁷ 拔山企業股份有限公司，〈高空工作的一般原則〉，2008.10.27，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=76>。

(二) 歐盟法規探討

歐洲標準委員會 CEN(Comite Europeen de Normalisation / European Committee for Standardization)沒有針對高空繩索作業特別訂定標準，但對於從高處墜落的防護器材，歐洲標準委員會有制定一系列標準。

1. 歐盟的規範：其規定可分兩個層次，第一個層次為個人防護裝備指引(Personal Protective Equipment Directive)，這是對個人防護裝備一些原則性的要求，經由每一歐盟成員國立法通過，成為每一成員國所必須強制遵守的法律，所有牽涉到的相關產品以及歐盟的相關標準，均須與之相容；第二個層次則為各個別高處防墜落裝置的標準，為各裝置功能上的特定要求以及測試方法與標識事項與格式的規定。
2. 規範的項目：以典型的繩索作業所常用到的一些裝備，針對這些裝備與其他常用的高處防墜落裝備或系統，歐盟有以下系列的標準：安全頭盔(EN 12492 與 EN 14052)，滑輪(EN 12278)，制動制停下降器(EN 341)，防墜器(EN 353)，挽索(EN 354)，勢能吸收器(EN 355)，坐式安全吊帶(EN 358)，自動伸縮墜落鎖定器(EN 360)，全身式安全吊帶(EN 361)，連接器(EN 362)，墜落防護系統(EN 363)，墜落防護測試方法(EN 364)，墜落防護系統檢查、保養、維修、標識與包裝(EN 365)，咬繩器(EN 567)，錨定裝置(EN 795)，坐具(EN 813)，繩索(EN 1891)，繩索調整器(EN 12841)。
3. 合格的標示：根據歐盟個人防護裝備指引，繩索裝備假如要在歐盟販售，必須具備 CE 標識並標明其所滿足的相關 EN 標準，且該指引將個人防護裝備分三個類別，例如工作手套等較簡易的裝備屬於第 1 類(category I)，而對保護失效會有致命的危險的裝備屬於第 3 類(category III)，而與繩索作業相關的裝備自然而然主要屬於 category III，對 category III 裝備，假如要標上 CE 標識，個人防護裝備指引規定其必須經過歐盟核定的實驗室(notified body)測試驗證通過，

由這些獨立的實驗室發出符合 CE 的證明文件，才能標上 CE 的標示(CE marking)，而 CE 的標示後尚有 4 碼數字標示其認證的實驗室代碼。

歐盟與繩索作業相關的規定便是英國法律，其基本有兩個法令：²⁸

1. 高度工作條例(The Work at Height Regulations, 2005)：英國衛生安全署(Health and Safety Executive; HSE)有特別為此法例出版了一些通通則(guideline)，協助相關從業人員明白該條例的規定。
2. 起重作業和起重設備規範(Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations, 1998)，HSE 同樣有為此法例出版了通則(guideline)。此外與作業相關的個人保護裝備(Personal Protective Equipment at Work Regulations, 1992)，HSE 也提供了詳盡的通則。

高度工作條例(The Work at Height Regulations)要求相關工作的負責者(duty holder)在面對高處工作時應有良好的規劃，進行充份的風險評估，並採用適當的裝備與具適當能力的人員作為督導及進行工作。在選擇適當工作方式遵守相關流程，盡量避免高處工作；如不能避免，則應設法防止人員墜落；為達成防止人員墜落的目標，應首先使用現成的結構供工作人員立足，並採用適當的設備；採用防墜裝備，以控制落下之距離及減輕墜落的後果。²⁹

換言之，要進行繩索作業前，負責人員應先評估各種替代方案，選擇最安全的方式，不得已方能採用繩索作業，另如所有高處作業的要求，應先進行風險評估及規劃，另須確認所任用的技術人員及工作督導者有足夠的技術能力，並須確保採用適當的裝備。至於何謂有足夠技術能力的人員，法例沒有規定，但 HSE 的高空工作規範(Work at height guideline)提及：「行業協會和行業製定的現有培訓和認證計劃是幫助證明能力的一種方式。」(existing training and certification schemes drawn up by trade associations and industry is one way to help demonstrate competence.)。

²⁸ 沈育霖、單秋成，同前註，頁 44。

²⁹ 同上註。

(三) 美國法規探討

就繩索作業操作與技術實務，美國的一些地方政府方面如加州及紐約市配合專業繩索作業技師協會 SPRAT 的技術守則有制定一些法規，但至目前為止，尚未有專門針對高空繩索作業所制定的國家標準。不過因為高處墜落向來是工業界一個重要的勞安問題，所以美國國家標準學會(American National Standards Institute, ANSI)有針對墜落防護方面訂立一系列標準。

1. 美國的規範：美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration OSHA)隸屬於美國勞工部下屬的單位，依據職業健康與安全法(Occupational Safety and Health, OSH)，雇主需負責提供安全、健康的工作場所，而 OSHA 的任務是藉由制訂和強制執行標準，並提供訓練、推廣、教育和協助，以確保工作場所安全，且雇主必須遵守 OSHA 標準，及遵守職業健康與安全法的義務條款，而該條款要求雇主應確保其工作場所無危險；此外，ANSI 標準的開展來自私人組織，具有「自發性業界標準」的地位，然而多數 OSHA 標準都是以 ANSI 標準為基礎。³⁰
2. 制定的單位：ANSI 主要是會同美國安全工程師協會(American Society of Safety Engineers, ASSE)組成兩個委員會，其一為營建與拆卸工程委員會，針對建築業訂定一系列法規，而其中的一份 ANSI/ASSE A10.32-2004，是有關營建業墜落防護系統，另一個委員會為 Z359 墜落防護委員會，是針對營建業以外的一般工業應用，目前也就防墜落裝備出版有一系列標準。
3. 規範的項目：ANSI 的規範項目如表 2.4

³⁰ 臺灣皮爾磁有限公司，〈北美洲的法律與標準〉，<https://www.pilz.com/tw-TW/knowhow/law-standards-norms/international-standards/north-america>，瀏覽日期 2019.5.16。

表 2.4 墜落防護標準

認證字號	英文名稱	中文名稱	認證單位
ANSI/ASSE A10	Construction & Demolition Standards Package	建築與拆除標準包裝	ASSE
ANSI/ASSE A10.32-2004	Fall Protection Systems for Construction and Demolitions	建築和拆除墜落保護 系統	ASSE
ANSI/ASSE Z359.0-2007	Definitions and Nomenclature Used for Fall Protection and Fall Arrest	用於墜落防護和墜落 逮捕的定義和命名法	ASSE
ANSI/ASSE Z359.1-2007	Safety Requirements for Per- sonal Fall Arrest Systems, Sub- systems and Components	個人防墜系統、子系統 和組件的安全要求	ASSE
ANSI/ASSE Z359.2-2007	Minimum Requirements for a Comprehensive Managed Fall Protection Program	綜合管理墜落防護計 劃的最低要求	ASSE
ANSI/ASSE Z359.3-2007	Safety Requirements for Posi- tioning and Travel Restraint Systems	定位和行程約束系統 的安全要求	ASSE
ANSI/ASSE Z359.4-2007	Safety Requirements for Assist- ed-Rescue and Self-Rescue Systems, Subsystems and Components	輔助救援和自救系 統、子系統和組件的安 全要求	ASSE

資料來源：沈育霖、林義量，《防墜落器及安全帶安全性能測試研究》（新北：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2009），頁 19-25。

美國對於繩索作業沒有全國性的法規，但其勞工部職業安全與健康管理局 (Occupational Safety and Health Administration; OSHA) 針對建築業訂有通用性的法規「建築安全衛生條例」(Safety and Health Regulations for Construction, 1926)。其中部份條文涉及墜落之防護，包括：³¹

1. 1926.453：在吊籠工作時須使用安全帶。
2. 1926 Subpart M：為全面性針對墜落防護系統的規定。
3. 1926.502：規定對雇員發生墜落意外雇主須提供馬上的緊急救援，平時並應準備好救援的應變措施並加演練。
4. 1926.503：規定雇主應對有墜落風險的雇員提供適當的訓練，讓雇員能警覺墜落的風險來源，熟習防墜系統的操作與使用、檢查及維護。
5. 1926 Subpart E：則針對個人防護裝備。

美國個別地方政府如紐約市及加州則有針對繩索作業制定法規，紐約市的法規為其建築管理局(Department of Buildings)在 2006 年所制定，規定繩索作業須向建築管理局起重機部(Cranes and Derricks Unit)提交施工申請表(Notification of Use form)，此表格其實是懸吊式施工架使用申請表(Hanging Scaffolds applications)，申請人須符合紐約市建築法(New York City Building Code)，具備有效之吊重人員執照與保險證明(rigger's license and insurance)，同時符合下述規定：³²

1. 進行工作的人員應具備 SPRAT 或 IRATA 技術認證，或在後者督導下進行工作。
2. 所有索具/施工架應符合職業安全與健康管理局(OSHA)的規定。
3. 所使用的各種裝備應符合 SPRAT 或 IRATA 的工作守則。
4. 所使用的各種裝備應由經認證人員進行完整紀錄。
5. 人員懸吊時所有裝備應牢固地繫在人或束身護帶上。

³¹ 沈育霖、單秋成，同前註，頁 47。

³² 同上註，頁 47-48。

6. 單錨定點懸吊索只能用於目視檢查或非破壞檢測，不可用於建築施工或修理作業。
7. 如果人員在繩索上懸吊將超過 1 個半小時，則須使用座式支撐。
8. 每一繩索最大負荷不會超過 250 磅。
9. 現場須保留完整檔案紀錄，內含施工申請表、所有繩上工作人員之吊重人員執照、所有繩上工作人員之 IRATA 或 SPRAT 技術證照以及完整之裝備檢查紀錄。

美國加州工業關係部(Department of Industrial Relations)之職業安全與健康管理局(California OSHA)工業安全法規中(加州法規第八章, California Code of Regulations Title 8)之第四節—工業安全部門(Chapter 4. Division of Industrial Safety)的第 7 小節—一般工業安全指令(Subchapter 7. General Industry Safety Orders), 其中第 4 條—工作空間與工作區域之作業(Article 4. Access, Work Space, and Work Areas)之 3270.1, 是有關繩索作業裝備的專章, 其中的重點為:³³

1. 繩索裝備須經國家認證實驗室測試認證, 或經職業安全與健康管理局審查通過。
2. 人員應受過適當訓練, 有一套安全工作的守則; 但此處沒有指明特定守則, 故列舉出一些守則應具備的要點, 基本與 IRATA 或 SPRAT 工作守則的要點相符)。
3. 設備檢查與維護保養之規定。
4. 錨定點之規定。
5. 雇主須提供適當之個人保護裝備予雇員。
6. 繩索作業時最少有二人同時工作。
7. 作業人員應具備相當的技術認證。
8. 雇員發生墜落意外雇主須提供馬上的緊急救援。

³³ 同前註, 頁 48-49。

9. 除非能證明後備之安全繩或防墜裝置無法設置或會造成更嚴重的危險，否則須有後備之安全繩及防墜裝備。
10. 工作繩與安全繩不可固定到同一錨定點。
11. 作業範圍下方須防止交通或行人經過。

第四節 繩索救援體制在台灣的現狀

國內現行法令對規管高空繩索作業安全相當不足，無法達到保障高空繩索作業者安全的目的，而對於高空繩索作業安全的監管制度也有待建立；繩索技術能力的訓練與認證，國際所採用的制度有兩大類，一方面直接納入政府職業教育的體系，頒予國家的文憑證照，如紐西蘭及南非即採此制度，另一方面則為完全由民間協會組織自行管理，大部份國家均採此一方式；至於監管其作業安全的法規，各國一般都會針對職業安全法規，在高空作業安全性的部分進行立法管理；因此，繩索救援的體制部分，可參考國內外高空繩索作業的運作方式，進行通盤的分析與檢討。

(一) 使用單繩技術進行人命救援

消防機關的救助隊訓練，會在操作人員進行繩索上登或下降前，在其身上繫上一條確保繩，然後將餘繩在確保人員身上過轉折制動，先不論這樣的方式是否真正能夠有效確保，在實際救援的場合，消防人員備受民意與輿論壓力，通常只架設一條工作繩，並穿著簡易型安全吊帶進行救援，在各種人命救助的任務，環境與氣候幾乎都是非常惡劣的，稍不注意就容易釀成救援失敗的悲劇。

民國 98 年 5 月在新竹縣湖口鄉一名陳姓老婦人，因會車意外從機車後座摔落到大排水溝內，某消防局接獲民眾報案有人命待救，便派遣救護車前往，抵達後發現 2 名車禍患者，1 名傷患跌落大水溝，立即回報請求增派支援器材車及救護車，因跌落水溝之傷患身上有多處傷口且腿部骨折，經評估現場狀況後，決定以長背板吊掛方式

將傷患直接吊運至路面，不料，於吊掛過程中，因該傷患掙扎造成長背板傾斜，背板之固定帶無法承受其重量後，固定帶與長背板之接合處鬆脫，致使該名傷患又摔落地面³⁴。

上述案例暫不論述長背板是否適合用於吊掛作業，如果在救援當下能在患者身上綁上一條確保繩，定可在患者由固定之長背板器材脫落時，啟動功效成功將患者拖住，避免患者產生二次傷害，更能提升消防人員在救援的專業形象。

(二) 國際證照在升遷標準有加分

一個完整的國際證照訓練，時程通常都會達兩週以上，國內消防機關在職位升遷的資績分計算，³⁵會將累計兩週以上的專業證照訓練列入計算，所以許多對職涯有升遷規劃的消防同仁，通常會去攻略這些繩索的專業證照，諸如 ARATA、SPRAT、RQ3 等台灣待訓單位都有提供完整的訓練課程。

正因為有這些消防人員的涉略，挑戰了消防界對救援系統的舊有思維，原本的訓練精神強調的是反覆練習技術，再加上驚人的體能，就足以克服所有救援的環境，歐美技術則強調系統測試及器材更新，再加上有效的確保系統，才能讓救援變得更安全，也相對地降低失敗機率。

(三) 救援現場無法遵守作業規定

工作人員在高空平台車上作業時，應穿戴防止墜落的裝備，係依據勞工安全衛生設施規則第 128-1 條第七款規定，除工作台作垂直上升或下降之高空工作車外，使用高空工作車從事作業時，雇主應使該高空工作車工作台上之勞工佩戴安全帶；消防雲梯車嚴格上係屬於高空工作車，但救災為了爭取黃金救援時間，消防人員僅穿著防火裝備就升梯作業，其實已暴露在危險之中，如圖 2.1；在業界造成人員自工作台墜落

³⁴ 蔡勝凱，〈救護出勤疏失案〉，《消防電子報》，415 期，2011，<http://enews.nfa.gov.tw/one-news.asp?NewsNo=15875>。

³⁵ 桃園市政府消防局，〈桃園市政府消防局公務人員陞任評分標準表(乙表)〉，《桃園市政府消防局公務人員陞任評分標準表》，2018。

之三大主因包括不安全行為、機械故障及操作不慎，其中常見之不安全行為有二種情形，一為因作業高度不足或範圍受限，使得人員站立於工作台欄杆上或身體過度延伸於欄杆外作業，極易造成墜落災害；另一則為將高空工作車作為升降機使用，升至目的地後攀登欄杆離開工作台，在攀登及離開之過程中，身軀暴露於墜落危險狀況中，稍有不慎便易發生墜落事故。



圖 2.1 消防人員於消防雲梯車上作業並無佩戴安全帶

參考資料：胡欣男，〈驚險！3名洗窗工卡13樓外牆 北市雲梯車救援〉，《中時電子報》，2018.9.30，
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180930000996-260402?chdtv>。

另外，業界有規定移動式的起重機，不得用來吊掛重物以外的生命體，依據起重升降機具安全規則第 35 條第一項規定，雇主對於移動式起重機之使用，以吊物為限，不得乘載或吊升勞工從事作業。但從事貨櫃裝卸、船舶維修、高煙囪施工等尚無其他安全作業替代方法，或臨時性、小規模、短時間、作業性質特殊，經採取防止墜落等措施者，不在此限；消防吊臂車型態係屬於移動式起重機，容易因操作錯誤或其他不可抗力因素，造成承重的鋼纜斷裂而使人墜落，但這種利用吊臂吊掛人員的作業方式，在全台灣每一個消防局都在發生，唯一能合理這樣的作業的方法，只有在系統上再加裝一條安全繩。



圖 2.2 消防人員於消防吊臂車上作業並無確保繩

參考資料：呂健豪，〈單車騎士滑落 8 米邊坡 警消吊掛救援幸無礙〉，《蘋果日報》，2018.5.6，
<https://tw.news.appledaily.com/local/realtime/20180506/1348404/>。

(四) 消防機關體能訓練比例太重

在內政部消防署訓練中心的救助隊訓練長達九週，是同時注重技能、體力及膽識的課程，內容分為體能、技能、團體測驗及 48 小時人道救援等項目，體能的部分有伏地挺身、仰臥起坐，引體向上等 9 項，考驗的是學員在短短的九週訓練裡，如何搖身一變具有特戰人員驚人的體力；技能包含繩索登降、水兵橫渡等 6 項，內容多為個人行進技術，考驗的是身體肌耐力與操作技巧；團體測驗計有高、低所救助及架設緊繃系統救援等 3 項，讓學員了解基本的繩索架設方式及團隊合作流程。³⁶

救助隊訓練的測驗項目，體能佔的比例不少，很多學員在基本肌力還不足時，操作一些繩索技術救會抓不到技巧；舉例來說，橫渡操作的測驗標準為事先完成 20 公尺長橫渡架設，受測者從起點以水兵橫渡至中點處後，要完成自救一次再前進至另一側，返回時以倒向式橫渡抵達起點，而有部分學員因體重過重以及肌耐力不足的關係，常常無法完成自救的技術；因此，具備有良好的體能基礎相對重要，學員必須了解訓練肌肉的強度外，還要調整姿勢與肌肉記憶性的訓練，體會運動的問題與技巧在哪，方能準確的針對不同體能的學生，設計套餐來從事訓練，避免運動傷害並有效率的增強體能。³⁷

³⁶ 張嘉霖，〈救助訓特輯〉，《內政部消防署訓練中心月刊》，14 期，2016，頁 3。

³⁷ 林霽苙，〈體適能採訪〉，《內政部消防署訓練中心月刊》，14 期，2016，頁 13。

第參章 繩索救援器材之功能與認證

第一節 繩索救援器材的功能

(一) 編織品類的器材

編織繩是由「繩芯」和「繩皮」兩部份所構成，德文稱為 kernmantle，kern 代表繩芯，是主要的受力部份；mantle 代表繩皮，用以保護繩芯。繩芯的原料是尼龍纖維，纖維在經過「熱處理」之後，會變得有彈性並可以伸縮，能吸收更多能量。把尼龍纖維織成「線」，再將線捻絞成「線股」，幾束線股為一單位，依順時針或逆時針方向搓捲，成為 S 型或 Z 型的「子繩」後，將數目相同的 S 型和 Z 型子繩互相平行緊靠，成為繩芯，再將之由下往上通過繩皮編織機中央，機器四周會排上不同數目的線軸，緊緊地繞著繩芯編織。編織機上用的線軸數目多寡，會讓編出來的繩皮大異其趣，也影響繩子操作的特性。線軸數多(48 只)，軸上的每條線就細，編出的繩皮會較薄且細密，摸起來較光滑，操作較順手，價錢也比較貴。細密的繩皮也提高了繩芯所佔的比重，增加繩子的彈性。線軸數少(32 只)，繩皮較厚較耐磨，但繩芯比重減少，彈性也下降³⁸。

1. 在 CE 的標準裡，把編織繩分成三種功能，分別為：

- (1) 靜力繩/低彈性繩(Static Ropes)：彈性較低，靜力繩則很適合救援、救難、高空工作及垂降用。為「極佳的工作繩」，它具備防靜電及阻燃的功能，零繩皮滑動率、低延展性及強韌的拉力，是專為環境複雜而危險的高處工

³⁸ 拔山企業股份有限公司，〈關於繩子〉，2008.10.27，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=65>。

作或救難垂降而專門設計的高級工作繩，以保護在高處作業的寶貴生命。

39

- (2) 動力繩/彈性繩(Dynamic ropes)：攀登者墜落時，主要由核心吸收衝力；外層是編織的保護套可以保護核心被磨損。這種網織繩稱為*動力繩*，在先鋒攀登時，應該使用這種繩子；因為它在墜落時會伸展。在選擇登山繩時，最重要的考慮項目之一便是衝擊力，動態繩/動力繩的衝擊力道較低，通常越低越好。使用一條衝擊力低的登山繩表示攀登者在墜落時比較不會被遽然止住，傳導到墜落者、確保者與固定點系統的衝擊力也會較低，適合用在上方確保攀登和先鋒確保攀登上。⁴⁰
- (3) 輔助繩(Accessory Cord)：用途廣泛，只要不是系統的承種用途都可使用。

2. 美國 NFPA1983 對於繩索認證的種類及功能如下：

- (1) 個人技術用繩(Technical Use，簡稱 T-use)：Technical Use 的繩子係以 1 個人的重量去設計繩子的強度及延展性，如用在繩索救援的環境，除了自身承重的繩索以外，必須另外再架設另一條同樣是 T-use 的繩索，來當作確保繩使用。
- (2) 系統架設用繩(General Use，簡稱 G-use)：General Use 的繩子則是以 2 個人的重量去設計繩子的強度及延展性，用在繩索架設時，僅需 1 條作為自己的工作繩，並不需要第 2 條當作備援。
- (3) 火場逃生用繩(Fire Escape Rope，簡稱 E-use)：Fire Escape Rope 系消防人員用於火場緊急逃生架設用的繩索，其除了強度及延展性的要求外，另對他的高溫暴露有進行測試，在 600°C 下持續 45 秒後強度仍有 300 磅(約 136 公斤)，在 400°C 下持續 5 分鐘強度仍有 300 磅。

³⁹ 拔山企業股份有限公司，〈攀登繩/登山繩(Ropes)〉，2008.1.1，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=10>。

⁴⁰ 同上註。

- (4) 水域救生用繩(Throwline, 簡稱 L-use): Throwline 認證的繩子係用於溪流、河水、湖泊等水域環境, 實施渡河架設、繩袋拋擲或岸上確保等功用, 繩子能浮在水面上為其主要特性, 方便救援者或待救者觀察, 故顏色鮮艷, 且非常輕巧攜帶方便。

再好的繩子, 若疏於保養, 將提早老化而不堪使用。不論是個人私有或社團公家的繩子, 都該小心使用, 仔細照顧, 因為繩子是無法「修理」的。尤其社團的繩子, 經常一天內被多人重複使用, 卻乏人保養, 造成耗損率太高。雖說繩子本來就是要用的, 但適當的保養, 不但可使它延年益壽, 也等於替自己的錢包省一筆花費, 下面是保養要點:⁴¹

1. 儘量不要將自己的繩子借給他人用, 除非你要和他一起爬。也不要借他人的繩子用, 因為你對這條繩子的保養情形可能不瞭解。
2. 每條繩子都該有它的使用記錄。買一本小冊子, 從你買下它開始, 在每次使用後做簡單扼要的記錄。例如: 外觀有無異常, 承受多少次墜落, 墜落情形如何, 是否有被拉過粗糙或尖銳的地形, 有無被誰踩到(這在溯溪和冰雪地攀登時特別重要), 鉤環, 8 字環或 ATC 的表面有無磨損(它們會對繩皮造成損傷), 及其他一些你覺得重要的事。這些記錄可以讓你對繩子的狀況更能掌握, 也等於是你每次攀岩的點滴。
3. 使用繩子時, 儘量不要讓它接觸地面。最好放在一種可以完全攤平的繩袋上, 以減少砂石跑進繩子裡的機會。
4. 不論是穿襪子或光腳, 都不要踩繩子。踩它會讓一些肉眼不易看見的砂粒鑽進繩子, 隨著使用而慢慢地割斷繩皮或繩芯纖維。另外, 穿著冰爪時一定要非常小心不要踩到繩子, 因為繩子表面看不到傷痕, 裡面的尼龍纖維卻可能已經被

⁴¹ 拔山企業股份有限公司, 〈保養繩子〉, 2008.10.27, <http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=66>。

割斷。

5. 儘量避免將繩子拉過粗糙或尖銳的地形。要做垂降時，最好將繩子和岩角接觸的部份用布或繩套包住。
6. 繩子不可直接穿過吊帽(bolt)，固定點，傘帶，及縫紉扁帶(sling)，和這些東西摩擦對繩子很傷。
7. 不要將兩條繩子掛進同一個鉤環，(雙繩例外) 因為繩子會互磨。
8. 繩子不要綁在樹上，對繩子和樹都不好。
9. 在潮濕或結冰的地方攀爬，(例如溯溪或冰雪地攀登) 應使用防水處理過的繩子。濕的繩子強度減低，耗損也快。
10. 要正確地垂降，不要用電影中的方法。高速下降產生的溫度會破壞繩皮；跳躍式的垂降，則會對固定點和繩子造成非常大且不必要的負荷。如果是團體教學，最好分批垂降，每一批之間至少間隔 5 分鐘。下攀容易傷到繩子，除非必要，否則應儘量以垂降下岩壁。
11. 每次使用後要檢查繩子。最好的檢查工具就是你的手，它們對繩子上的異常處可以敏感地偵測到。例如某處突然扁下去，和其他地方粗細感覺不同，或某一段特別鬆弛等。鉤環，8 字環，上升器(jumar) 這些會直接接觸繩子的器材，也要檢查。它們的表面如果有磨損或不正常的突起，會損壞繩子。
12. 繩子應定期清洗，特別是當它用於溯溪或冰雪地攀登，這類常會弄髒繩子的活動。把繩子放在在浴缸中，用冷水和中性清潔劑(例如象牙肥皂) 稍微浸泡一下，之後不斷地攪拌，讓繩子各處都能洗到。特別髒的地方，用軟刷輕輕地刷洗。多換幾次水，確定所有清潔劑都沖掉了，再將它攤開在地上或吊起來，置於陰涼通風處自然乾燥。不能曬太陽或使用烘乾機，吹風機。

(二) 金屬類的器材

歐洲標準委員會對於金屬器材認證，會針對每一個種類的器材特別制定專用的規範，而一顆有自動制停功能的下降器，可能就同時擁有歐盟 3~5 種的認證，每一種認證都代表這個器材的功能及限制，這使政府機關在採購上會略顯方便，在標案上不需要名列器材的形式、大小、功能及限制，避免有綁標的嫌疑，下列就其所規範之設備的種類及功能，分別做詳細的說明，其外觀請參考表 3.1。⁴²

1. 繩索確保裝置(Safety line adjustment device): 經歐洲標準委員會規範認證之「繩索確保裝置」，必須與確保繩連結使用，在進行繩索上登、下降或滯空作業發生意外時，瞬間啟動墜落制停的功能，其使用位置應維持於作業人員肩部以上，才能避免承受過多的墜落傷害，人體不能承受超過 6KN 的墜落衝擊能量，而防墜器的用途就是在釋放過多的墜落能量。
2. 繩索上升裝置(Working line ascender)：經歐洲標準委員會規範認證之「繩索上升裝置」，係用於工作繩上的裝備，提供繩索作業人員在執行上登技術或中途休息時，便會啟動咬繩制動功能，使得繩索上登作業可以持續進行，以及在操作省力拖拉技術時，作為定滑輪處制動及動滑輪處夾繩等用途，依其功能又可細分成手持式上升器、腹式上升器及夾繩器。
3. 繩索下降裝置(Working line descender)：經歐洲標準委員會規範認證之「繩索下降裝置」，用於工作繩上的裝備，繩索作業人員欲從上方到達下方工作位置，需一手操作放繩的手把控制速度，另一手握下方鬆弛的繩索，讓繩索摩擦金屬表面控制下降速度，並有自動制停的功能，避免因為使用者恐慌而導致操作的不當，提供更高的安全保護，故又稱為「自動制停下降器」，通常這類的器材也有防墜的認證。

⁴² 臺北市勞動檢查處，〈高空繩索作業個人防護具（PPE）圖說〉，2017.4.27，<https://epaper.lio.gov.taipei/big5/html/Epapertpl/images63/knowledge1.pdf>。

表 3.1 符合 CEN 認證之繩索金屬器材

器材種類	器材圖片	廠牌與名稱
<p>繩索確保裝置 (Safety line adjustment device)</p>		<p>Petzl ASAP LOCK</p>
<p>繩索上升裝置 (Working line ascender)</p>		<p>Petzl ASCENSION</p>
<p>自動制停下降器 (Working line descender)</p>		<p>Petzl I'D</p>

參考資料：拔山企業股份有限公司，〈攀登器材批發團購法國 PETZL〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=80>，瀏覽日期：
 2019.6.15。

美國 NFPA1983 對於金屬器材的認證，通常以器材的用途來區分，例如下降器可能分為戶外運動、工業用途及救援使用，但在 NFPA1983 的規範裡，通常會把這些器材歸類在下降控制裝置(Descent Control Devices, DCDs)，故從器材所標示的認證標籤，是無法辨別該器材的相關功能及限制，這會造成消防機關採購的盲點，其認證的種類及功能如下，其外觀請參考表 3.2：⁴³

4. 下降控制裝置(Descent Control Devices, DCDs): 包含 EN 12841 type C 及 EN 341 所認證的下降器，都有可能被 NFPA 1983 的 DCDs 所認可，相同處為各種下降器都有受過拉力機的破斷測試，差別是 EN341 認證的下降器並沒有受過墜落衝擊的測試，且沒有制動制停及防恐慌等裝置，萬一失手會發生重大傷亡事故。
5. 系統確保裝置(Belay Device): NFPA 1983 所規範之系統確保裝置，與 EN 12841 type A 規範的功能類似，都必須與確保繩連結使用，在進行繩索上登、下降、滯空作業，或系統進行重物拖拉的過程發生意外時，瞬間啟動墜落制停的功能，其使用位置應維持於作業人員肩部以上，才能避免承受過多的墜落傷害，因人體若遭受 6KN 以上的墜落衝擊能量時，可能造成不可逆的傷害，故防墜器的用途就是在釋放及緩解過多的墜落能量。
6. 咬繩及上登裝置(Rope Grab & Ascending Devices): 許多經 EN 12841 type B 認證的裝備都有經過 NFPA 1983 的 Rope Grab & Ascending Devices 認可，但唯一不一樣的是，NFPA 1983 認為上登裝置，因含有利齒構造，容易因承載過重而損壞繩子，因此被禁止使用在拖拉系統的制動裝置。

⁴³ CMC RESCUE, *Rope Rescue Manual*, 5th ed(Goleta, CA: CMC RESCUE. 2019), p. 61.

表 3.2 符合 NFPA 1983 認證之繩索金屬器材

器材種類	器材圖片	廠牌與名稱
<p>下降控制裝置 (Descent Control Devices)</p>		<p>CT SPARROW200R</p>
<p>系統確保裝置 (Belay Device)</p>		<p>CMC MPD</p>
<p>咬繩及上登裝置 (Rope Grab & Ascending Devices)</p>		<p>CMC ASCENDER</p>

參考資料：拔山企業股份有限公司，〈攀登器材批發團購美國 ROCK EXOTICA〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=69>，瀏覽日期：
 2019.6.15。

下降器的使用及保養注意事項：⁴⁴

1. 使用時一定要確認其與安全吊帶、繩子、鉤環的聯接是否正確，並做雙重確認。安全無虞，再開始進行下降。
2. 每次使用後檢查：表面有無裂痕粗糙的地方，或是尖銳的角。
3. 沾到雜物一定要清乾淨。
4. 檢查樞紐部份有無變形或缺少零件。若是用久了，覺得開關不順，先將鉤環清乾淨，於樞紐處塗上潤滑劑（例如 WD40），再開關幾次即可。記得擦掉多餘的潤滑劑。
5. 如果下降器曾自 6 公尺高的地方掉下來，就要停止使用。因為外表雖無傷痕，內部可能已嚴重受損。
6. 注意其他器材上的銳利或不平處，它們會磨傷下降器。
7. 鹽分對下降器也有侵蝕作用，如果去海邊或高鹽分的工作場合，記得定期清潔（用濕布即可）。
8. 下降器應避免接觸腐蝕性物質或酸液（例如工程廢料）。
9. 下降器應收在乾燥通風處，不要和濕掉的繩子、吊帶、鉤環和等包在一起。

防墜器的使用及保養注意事項：⁴⁵

1. 定期對掛繩進行清潔保養，並對其操作性能進行檢查。
2. 不可對裝備添加任何潤滑油。
3. 對裝備的功能及制動裝置進行檢查。
4. 將防墜器懸掛儲存在通風且乾燥的地方。
5. 確保外殼內沒有異物。

⁴⁴ 綠野山房，〈維持你位置的好伙伴-下降器〉，《Xuite 日誌》，2007.10.26，<https://blog.xuite.net/greenpoint.outdoor/883/13976212-維持你位置的好伙伴-下降器>。

⁴⁵ Tim Chen，〈北市政府消防局捲揚器教案〉，2012.10.5，<https://www.slideshare.net/timchen86/ss-14604259>。

上登器的使用及保養注意事項：⁴⁶

1. 上登器於架設時必須注意其施力的方向性，並試拉上登器是否受力。
2. 檢查維護時，應觀察凸輪部分有無裂開、歪曲、磨損、尖角等現象。
3. 上登器內部與繩索接觸的部分是否已被磨滑、插銷是否彎曲、其他配件是否磨損。
4. 清潔直接以肥皂水清洗即可。

第二節 繩索救援器材的 CE 認證

歐盟規定繩索架設的系統強度為 200 公斤，理由是受困者重量 80 公斤，救援者重量 80 公斤，裝備重量 40 公斤，抑或是直接吊掛起兩位各 100 公斤的受困者，故產品在認證上面，通常以此為基準去設計強度。⁴⁷

(一) 編織品類的器材

有關 EN1891、892 及 564 的規範如下：⁴⁸

1. EN 1891 對於靜力繩(Static ropes)的規範與測試如下列說明，其比較表請參考表 3.3：
 - (1) 直徑(diameter)：測量靜力繩直徑是將繩子負重 10 公斤，繩直徑應介於最小 8.5mm 至最大 16mm。
 - (2) 靜態延伸率(Static Elongation)：靜態延伸率是讓靜力繩受重 150 公斤，延伸率不得超過 5%。
 - (3) 靜態強度(Static strength)：隨著繩子的直徑與所用的材料而不同，EN 1891

⁴⁶ Tim Chen，同前註。

⁴⁷ 瑞溯客全方位安全國際有限公司，同前註，頁 92。

⁴⁸ British Standards Institution; BSI, *EN 1891:1998, Personal protective equipment for the prevention of falls from a height. Low stretch kernmantel ropes*(London: BSI, 1998), pp. 10-15.

要求 A 類繩索的靜態強度最低 22kN，B 類繩索的強度最低 18KN。製造商必需在繩索上的標籤上顯示。

- (4) 製造材質的要求：EN 1891 要求，製造靜力繩所用的材質的熔點必需高於攝氏 195°C。製造商不應以聚乙烯(polyethylene)及聚丙烯(polypropylene)作為原料。
- (5) 繩皮(鞘)滑動(Sheath slippage relative to the core)：這個數值對於使用靜力繩作垂降時非常重要。如果繩皮滑離繩芯太多，產生繩皮隆起阻礙了垂降制動(剎車 brake)，可能危及垂降者的安全。合格的靜力繩(繩直徑 12mm 以下)，每 2 公尺不應滑動超過 40mm(A 類繩)或 15mm(B 類繩)。TENDON 靜力繩已經作到了零滑動率。
- (6) 動態表現(Dynamic performance)：如圖右，以 2 公尺的靜力繩作測試，兩端繩尾綁 8 字結各別固定確定點及負重。A 類繩負重 100kg，B 類繩負重 80kg，再以墜落係數 1(fall factor=1)進行 5 次墜落。合格的靜力繩必需禁的起 5 次均為係數 1 的墜落。
- (7) 繩結靈活性(Knotability)：繩結靈活性是對於攀登繩相當重要的一項要求，如何來衡量呢？將一段繩打一個單結，再讓它承受 10 公斤的重量(右圖)，再測量繩結內直徑。將繩結內直徑除以繩直徑就得到了靈活性係數。對於靜力繩來說，這個係數不能大於 1.2。一條靈活性不佳(係數大於 1.2)的靜力繩，不容易作繩結。

表 3.3 EN 1891 對靜力繩的規範

項目	A類繩(Rope type A)	B類繩(Rope type B)
繩直徑 (Rope diameter)	8.5-16mm	
繩結靈活係數 (Knotability)	Max. 1.2	Max. 1.2
繩皮(鞘)滑動 (Sheath slippage)	Max.40mm	Max.15mm
延伸率 (Elongation)	Max.5%	Max.5%
衝擊力 (Impact force)	Max.6kN	Max.6kN
墜落次數 (墜落係數 f=1)	Min.5	Min.5
無繩結的強度 (Strength without knots)	22kN	18kN
有繩結的強度 (Strength with knots)	Min.15kN (3分鐘)	Min.12kN (3分鐘)

資料來源：拔山企業股份有限公司，〈EN 1891 對於靜力繩(Static ropes)的規範與測試.pdf〉，
2008.10.23，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=63>。

2. EN892 對於動力繩(Static ropes)的規範與測試如下列說明，其比較表請參考表

3.4：⁴⁹

- (1) 直徑(diameter): 測量攀登繩直徑的準則是當單繩負重 10 公斤，半繩負重 6 公斤以及雙子繩負重 5 公斤時以量徑尺測量。
- (2) 重量(weight): 繩重是以 1 公尺的繩長的重量來標示，單繩的重量通常在 52 至 88 公克，半繩約 50 公克，雙子繩約 42 公克。繩芯佔全繩的重量不應低於 50%。

⁴⁹ British Standards Institution; BSI, *EN 892:2012, Mountaineering equipment. Dynamic mountaineering ropes. Safety requirements and test methods*(London: BSI, 2012), pp. 8-12.

- (3) 標準墜落次數(Number of standard fall)：EN892 要求單繩在承重 80 公斤或半繩承重 55 公斤的情況下至少能承受 5 次的墜落；而雙子繩的二條繩子同時負重 80 公斤的情況下至少要能承受 12 次的墜落。繩子在受測時抵抗墜落的次數是繩子的安全邊際 margin of safety(或稱強度 strength)的直接測量方法。實務上，新的繩子良好的情況與正確的使用之下，不可能因瞬間受重衝擊而斷裂。繩子唯有當尼龍老化或因為受損傷才會逐漸降低它的強度及失去安全性。潮濕也會使尼龍纖維受損而降低繩子的強度。
- (4) 最大衝擊力(Max Impact force)：最大衝擊力指的是在設定的情況下繩子發生的首度墜落使得繩索所吸收的力道。在測試時，繩子每增加一次的墜落，衝擊力會不斷增加，增加的速率決定了繩索的可承受墜落次數。可承受的墜落次數愈多，繩子的使用壽命便愈長。繩子在實務上的攀登或訓練上與實驗室的情況有很大的不同。在實驗測試時，繩尾是被固定著，但在實際的攀登時，繩索可在確保系統中滑動，確保者動態的制停墜落。這種動態確保吸收了部份的墜落時的動能，因此降低了衝擊力。因此，動態確保對於攀登運動或工作是很重要的。
- (5) 繩皮(鞘)滑動(Sheath slippage)在實驗室採用一種特別的機器讓繩索承受重量後，測量繩皮滑離繩心的距離(如右圖)。EN892 認證要求測試繩索在延伸 1930mm 情況下，繩皮滑離繩芯不應超過 40mm。在實際攀登時，如果繩皮滑動過度，將產生凸塊。如果繩尾並未適當地密封處理，繩芯將滑出繩皮變成鬆散，或繩皮延伸超過繩芯。
- (6) 靜態延伸率(Static Elongation)：靜態延伸率是讓繩索受重 80 公斤後計算繩子伸長的比率。EN892 要求單繩及雙子繩(雙繩同時受測)的延伸率不得超過 10%。而半繩不得超過 12%。
- (7) 動態延伸率(Dynamic Elongation during a first drop)：動態延伸率是測量繩子在首度標準墜落時的延伸比率。EN892 要求不得超過 40%。

- (8) 繩結靈活性 Knotability：將一段繩打一個單結，再讓它承受 10 公斤的重量，再測量繩結內直徑，將繩結內直徑除以繩直徑就得到了靈活性係數。這個係數不能大於 1.1。

表 3.4 EN 892 對動態攀登繩的規範

項目	要求值		
	單繩(Single rope)	半繩(Half rope)	雙子繩(Twin rope)
繩直徑	未定義	未定義	未定義
繩重	未定義	未定義	未定義
繩鞘滑動 (Sheath slippage)	±20mm	±20mm	±20mm
靜態延伸率 (Static Elongation)	10%*	12%*	10%**
動態延伸率 (Dynamic Elongation)	40% +	40%***	40% ++
衝擊力 (Impact force of first fall)	12kN +	8kN***	12kN ++
墜落次數 (No. of standard fall)	Min. 5 +	Min.5***	Min.12 ++
*以一股繩測試。 **以二股繩測試。 ***以一股繩加負重 55kg 測試。 +以一股繩加負重 80kg 測試。 ++以二股繩加負重 80kg 測試。			

資料來源：拔山企業股份有限公司，〈EN892 對於攀登繩的規範與測試〉，2008.10.23，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=62>。

3. EN564 對於輔助繩(Accessory Cord)的規範與測試：⁵⁰

- (1) 直徑(diameter) 測試：輔助繩的方式與攀登繩及靜力繩類似，只是較為寬鬆。輔助繩直徑必需是 4、5、6、7 及 8mm。較小的直徑(2mm 和 3mm) 不受 EN 564 的規範。
- (2) 強度(Strength)：
 - a. 直徑 4mm 的輔助繩強度：3.2KN。
 - b. 直徑 5mm 的輔助繩強度：5.0KN。
 - c. 直徑 6mm 的輔助繩強度：7.2KN。
 - d. 直徑 7mm 的輔助繩強度：9.8KN。
 - e. 直徑 8mm 的輔助繩強度：12.8KN。

(二) 金屬類的器材

歐洲標準委員會對於上登器、下降器及防墜器，除了 EN12841 包含了這三項器材的規範外，對於細部的功能都有其特定的規範，分別做詳細的說明：

1. 上登器的相關規範與測試：

(1) EN 567 為「咬繩器」(Rope Clamps)之規範：

EN 567 所規範的上升器包括鋼齒式上升器或夾繩式上升器，這二類上升器不論使用於攀山或工業均非常普遍。用途上包括上升、防墜、拖拉等。

- a. 齒式上登器可使用於 11~13mm 直徑的繩索，其 MBS 約 5KN，故需要注意的是，該上登器承受約 4KN 受力時，繩索將受損，約 5KN 受力時，繩索外皮將可能剝落造成危險，故此類上登器被規範 WLL 只能在 140kg 以下，無法承受兩人的重量。⁵¹

⁵⁰ British Standards Institution; BSI, *EN 564:2014, Mountaineering equipment. Accessory cord. Safety requirements and test methods*(London: BSI, 2014), pp. 9-10.

⁵¹ Tim Chen，同前註。

- b. 夾繩式上登器可使用於 9~13mm 直徑的繩索，承受約 4KN 受力時會開始滑動，去警告操作者負荷過高，而不是直接造成繩索斷裂，因此被規範 WLL 可在 200kg 以下，能承受兩人的重量。⁵²
- (2) EN 12841 type B 為「個人防墜落設備/繩索連接系統/繩索調節裝置—工作繩上的上升設備」(Personal fall protection equipment/ Rope access systems/ Rope adjustment devices- Working line ascender)之規範：⁵³
- a. 最低作業強度：防墜器可以承受最大額定負荷再加 1KN 的總值，持續 3 分鐘後，滑動不得超過 10 公分，且裝置不得變形，測試用繩不得斷裂。
 - b. 最低靜態強度：防墜器在固定點上測試時，應可承受 15KN 的受力長達 3 分鐘。
 - c. 裝置的最大額定負荷設計，單人乘載時至少 100 kg，雙人乘載時至少 200 kg。
 - d. 當使用 100kg 重物進行測試時，裝置的衝擊力量低於 6KN，且墜落距離在 2m 內立即停止。

2. 下降器的相關規範與測試：

- (1) EN 341 為「個人防止墜落裝備—救援專用的下降裝置」(Personal fall protection equipment- Descender devices for rescue)之規範：

EN 341 所規範的下降器，最重要的是自動制停(Self-braking/ Auto-braking)功能，當使用者在任何原因(如暫停、撞擊、驚慌...)導致操作鬆手時，下降系統會呈現自動剎車然後靜止的狀態，即可安全地懸掛於該位置，騰出雙手進行工作或其它處理，而當使用者再度按壓下降器手柄時，方能繼續垂降，因產品的需求不同共分成 A、B、C、D 四種類型。

⁵² Tim Chen，同前註。

⁵³ British Standards Institution; BSI, *EN 12841:2006, Personal fall protection equipment. Rope access systems. Rope adjustment devices*(London: BSI, 2006), pp. 5-15.

- a. EN 341 所規範的下降裝置分類如下：
- (a) Class A：下降能量在 $7.5 \times 10^6 \text{J}$ (焦耳)以上。
 - (b) Class B：下降能量在 $1.5 \times 10^6 \text{J}$ 以上。
 - (c) Class C：下降能量在 $0.5 \times 10^6 \text{J}$ 以上。
 - (d) Class D：只能承載一人重量，且下降能量取決於最大下降高度和最大額定負載。⁵⁴
- b. 最大額定負荷(Maximum rated load)由製造商規定，但至少 100kg 以上。⁵⁵
- c. 分別在乾燥、潮濕和寒冷的條件下，進行測試的結果必須符合以下規定：
- (a) 應能保持 0.5 米/秒至 2 米/秒的連續下降速度。
 - (b) 一但操作失手或啟動防恐慌裝置時，速度不得超過 2 米/秒。
 - (c) 下降過程不得產生超過 48°C 的高溫。⁵⁶
- d. 靜態測試應符合以下規定：
- (a) 第一次試驗：Class A、B、C 應能承受最大額定負荷 10 倍的試驗力長達 3 分鐘，且至少 12kN；Class D 應能承受動態試驗中最大衝擊力(Maximum impact force)兩倍的試驗力，並達到最大額定負荷 5 倍的試驗力 3 分鐘。
 - (b) 第二次試驗：Class A、B、C 和 D 級應能承受最大額定負荷 5 倍的試驗力長達 3 分鐘，且至少 6KN。⁵⁷

⁵⁴ British Standards Institution; BSI, *EN 341:2011, Personal fall protection equipment- Descender devices for rescue*(London: BSI, 2011), pp. 5-6.

⁵⁵ *Ibid.*, p.6.

⁵⁶ *Ibid.*, p.8.

⁵⁷ *Ibid.*, p.9.

(2) EN 12841 type C 為「個人防墜落設備/繩索連接系統/繩索調節裝置—安全繩上的調整設備」(Personal fall protection equipment/ Rope access systems/ Rope adjustment devices- Safety line adjustment device)之規範：

- a. 最低作業強度：防墜器可以承受最大額定負荷再加 1KN 的總值，持續 3 分鐘後，滑動不得超過 10 公分，且裝置不得變形，測試用繩不得斷裂。
- b. 最低靜態強度：防墜器在固定點上測試時，應可承受 15KN 的受力長達 3 分鐘。
- c. 裝置的最大額定負荷設計，單人乘載時至少 100 kg，雙人乘載時至少 200 kg。
- d. 當使用 100kg 重物進行測試時，裝置的衝擊力量低於 6KN，且墜落距離在 2m 內立即停止。⁵⁸

(3) EN 15151：長久以來，攀岩的下降及確保器都只有各廠商自行的測試，並沒有像是吊帶、鉤環等等有歐盟的 CE 認證，但在 2012 年已開始針對攀岩的確保器和下降器進行正式的認證，並給予 EN 15151 的一個認證編號，圖片請參考表 3.5。

- a. EN15151 分成-1 及-2 兩大類，其下並再分成 type 1~8 種：
 - (a) EN15151-1：為「登山設備—制動裝置—具有輔助鎖定、安全要求和試驗方法的制動裝置」(Mountaineering equipment- Braking devices- Braking devices with assisted locking, safety requirements and test methods.)之規範。
 - (b) EN15151-2：為「登山設備—制動裝置—具有安全要求與試驗方法之手動制動裝置」(Mountaineering equipment- Braking devices-

⁵⁸ British Standards Institution; BSI, *EN 12841:2006, Personal fall protection equipment. Rope access systems. Rope adjustment devices, op. cit.*

Manual braking devices, safety requirements and test methods.)之規範。

59

- b. EN15151-2 無自動鎖死功能(即手動確保器)係以下降與確保以及是否能調整摩擦力來區分，其認證種類如下：
- (a) type1：下降器，無法調整摩擦力，如一般 8 字環。
 - (b) type2：確保與下降器，無法調整摩擦力，如 BD 的 ATC、Petzl 的 Verso、BD 的 ATC XP。
 - (c) type3：下降器，可調整摩擦力，如鯊魚頭。
 - (d) type4：確保與下降器，可調摩擦力，如 Petzl 的 Piranha。⁶⁰
- c. EN15151-1 有自動鎖死功能(即手持自動確保器)係以有無防慌張功能來區分，其認證種類為：
- (a) type5：下降器，無防慌張功能，如：Petzl 的 Stop。
 - (b) type6：確保與下降器，無防慌張功能，如：Petzl 的 Grigri。
 - (c) type7：下降器，有防慌張功能。
 - (d) type8：確保與下降器，有防慌張功能，如：Camp 的 Matik、Petzl 的 ID。⁶¹

⁵⁹ iClimb 風城攀岩館，〈EN 15151 攀岩確保及下降器認證介紹〉，《Facebook》，2016.3.22，[https://www.facebook.com/notes/iclimb 風城攀岩館/en15151-攀岩確保及下降器認證介紹/1517059068603942/](https://www.facebook.com/notes/iclimb-風城攀岩館/en15151-攀岩確保及下降器認證介紹/1517059068603942/)。

⁶⁰ iClimb 風城攀岩館，同前註。

⁶¹ 同上註。

表 3.5 EN 15151 部分認證的器材表

認證種類	圖片	廠牌與名稱
EN 15151-2 type2		<p>Kong 八字環</p>
EN 15151-2 type4		<p>CT DOBLE V-ROW 俗稱豬鼻子</p>
EN 15151-1 type5		<p>Petzl Stop</p>
EN 15151-1 type6		<p>Petzl GriGri</p>
EN 15151-1 type8		<p>Petzl IDs</p>

參考資料：拔山企業股份有限公司，〈確保器/下降器 Belay devices/Descenders〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=9>，瀏覽日期：
 2019.6.15。

3. 防墜器的相關規範與測試：

(1) EN 12841 type A 為「個人防墜落設備/繩索連接系統/繩索調節裝置—安全繩上的確保設備」(Personal fall protection equipment/ Rope access systems/ Rope adjustment devices- Safety line adjustment device)之規範：

- a. 最低作業強度：防墜器可以承受最大額定負荷再加 1KN 的總值，持續 3 分鐘後，滑動不得超過 10 公分，且裝置不得變形，測試用繩不得斷裂。
- b. 最低靜態強度：防墜器在固定點上測試時，應可承受 15KN 的受力長達 3 分鐘。
- c. 裝置的最大額定負荷設計，單人乘載時至少 100 kg，雙人乘載時至少 200 kg。
- d. 當使用 100kg 重物進行測試時，裝置的衝擊力量低於 6KN，且墜落距離在 2m 內立即停止。⁶²

(2) EN 355 為「防止高空跌落的個人防護設備—能量吸收器」(Personal protective equipment against falls from a height- Energy absorbers)之規範：

- a. 為下墜制停系統的重要組件。
- b. 包括勢能吸收包在內，整個制停系統不得超過 2 公尺長。
- c. 上勢能吸收器加上挽索及連接器的總長度，必須要有 3.9 公尺以上的高度。⁶³

⁶² British Standards Institution; BSI, *EN 12841:2006, Personal fall protection equipment. Rope access systems. Rope adjustment devices, op. cit.*

⁶³ British Standards Institution; BSI, *EN 355:2002, Personal protective equipment against falls from a height. Energy absorbers*(London: BSI, 2002), pp. 8-10.

第三節 繩索救援器材的 NFPA 認證

美國 NFPA 1983 的規定，通常以火場中消防人員於繩索作業上的需求重量，包含穿著消防衣及攜帶空氣呼吸器等裝備，因此，單人作業為 300 磅(約為 136 公斤)，雙人作業為 600 磅(約為 272 公斤)，通常以這樣的基準讓業者去設計產品的強度⁶⁴。

(一) 編織品類的器材

NFPA 1983 標準對於繩索性能要求只有最低破斷強度、延展率及耐高溫性能等 3 項技術指標，其規範如下：

1. 個人技術用繩(Technical Use)：

- (1) 最低破斷強度低於 20 kN (4,496 lbf)。
- (2) 當負荷達到最小破斷強度的 10%時，繩索延伸率為 1-10%。
- (3) 繩徑在 9.5mm(3/8in)到 12.5mm(1/2in)範圍內

2. 系統架設用繩(General Use)：

- (1) 最低破斷強度低於 40kN (8,992 lbf)。
- (2) 當負荷達到最小破斷強度的 10%時，繩索延伸率為 1-10%。
- (3) 繩徑在 11mm(7/16in)到 16mm(5/8in)範圍內

3. 火場逃生用繩(Fire Escape Rope)：

- (1) 最低破斷強度低於 13.5kN (3,034 lbf)。
- (2) 當負荷達到最小破斷強度的 10%時，繩索延伸率為 1-10%。
- (3) 繩徑在 7.5mm(19/64in)到 9.5mm(3/8in)範圍內
- (4) 高溫暴露試驗：在溫度 600°C 下維持 45 秒以及在 400°C 下維持 5 分鐘，其強度都必須有 300 磅。

⁶⁴ 瑞溯客全方位安全國際有限公司，同前註，頁 92.

4. 水域救生用繩(Throwline)：

- (1) 最低破斷強度低於 13kN(2,923lbf)。
- (2) 繩徑在 7.5mm(19/64in)到 9.5mm(3/8in)範圍內
- (3) 在水中浸泡 24 小時後，Throwline 的整個長度必須在 1 分鐘內漂浮至水面。

65

NFPA 慣例是四捨五入到最接近的 0.5 毫米 (1/64 英寸)。2006 年版為通用生命安全繩索引入了較低的最小直徑。今天，纖維技術不存在製造 7/16 英寸通用生命安全繩，但委員會希望保持門打開這種輕質，高強度的繩索。

2006 版還引入了標籤要求用戶提供有關指定工作負荷下伸長率的信息。這將極大地幫助用戶確定哪種產品最符合他們的要求。

(二) 金屬類的器材

1. 下降控制裝置(Descent Control Devices)：最低破斷強度在 T-use 的時候不得低於 13.5 kN (3,034 lbf)，在 G-use 的時候不得低於 22 kN (4,946 lbf)，在 E-use 的時候不得低於 13.5 kN (3,034 lbf)。
2. 系統確保裝置(Belay Device)：重物墜落產生的最高墜落峰值在 15KN 以內，另系統的總體延展不超過 1 公尺的條件下，在 T-use 的時候必須能承受 136kg (300 lbf)，在 E-use 的時候必須能承受 272kg (600 lbf)。
3. 咬繩及上登裝置(Rope Grab & Ascending Devices)：最低破斷強度在 T-use 的時候不得低於 13.5 kN (3,034 lbf)，在 G-use 的時候不得低於 22 kN (4,946 lbf) ⁶⁶。

⁶⁵ CMC RESCUE, “NFPA 1983 – Life Safety Rope Performance Requirements”. 2013.3.25.
<https://www.cmcpro.com/nfpa-1983-life-safety-performance-requirements/>

⁶⁶ CMC RESCUE, “NFPA 1983 – Hardware Performance Requirements”. 2013.3.25.
<https://www.cmcpro.com/wp-content/uploads/2013/03/HardwarePerf.pdf>

第四節 繩索救援器材在台灣의現狀

繩索一般應用於城市、市郊、橋梁或山域等環境，其技術包括救援危險地形之通過、人員確保及高低所救出之吊掛患者等，救援者對於繩索救援器材運用的熟練與否，除了影響救援時效也關係著自己及待救者的安危，如何靈活應用現有裝備以應付各種災害現場，除了經驗累積外更應藉由狀況想定搭配實際演練來提升，以下就繩索救援裝備及器材，在現今台灣消防機關的發展情形，以及所受到的限制實施通盤的分析。

67

(一) 器材老舊不曾更新

消防機關的裝備器材，經常用到的部分會擺放在消防車輛上，並於每日進行檢查及保養，不常用到的部分可能就會被收納至倉庫，繩索救援器材就屬於後者，放在倉庫裡就無法被妥善照顧；另外，依據「內政部消防署強化各級消防機關救災能力評比考核規定」，⁶⁸每位消防人員都熟練習橫渡架設以及捲揚器低所救出應用繩結架設，且必須在 4 分鐘內完成，受測人員為了搶快，通常會將金屬器材重摔在地，而這些器材只是被定位於訓練及測驗使用，但如果有案件需要用到繩索器材來救援，有許多消防單位因欠缺供救災使用的器材，就轉而拿訓練器材去應急運用，增加救援失敗的風險。

(二) 案件數少器材不熟

繩索救援技術是操作者本身利用繩索及制停裝備，架設於穩固的固定點上，再由操作者自行於其上移動至待救者位置，或由一團隊將待救者從垂直、水平、傾斜等狀

⁶⁷ 內政部消防署，〈第三十章 操作各種繩索安全指導原則〉，《消防人員救災安全手冊》（新北：內政部消防署，2016），頁 1。

⁶⁸ 內政部消防署，《內政部消防署強化各級消防機關救災能力評比考核規定》，第肆點，2012。

況，以穩定、安全、省力的方式救出，因此要克服不計其數的狀況，唯有不斷學習、不斷練習正確的技術及觀念，才能在安全的狀況下，完成一次又一次的救援任務。⁶⁹

(三) 採購偏向 CE 認證

歐洲 CE 標準的起草是受到嚴格監管的，一個專家委員會授命編寫適用於 PPE 範疇的健康和安全標準，這些專家要由歐盟成員國任命，都來自獨立實驗室或製造商，代表各國、各領域。而國內消防救援技術與裝備標準的製定，主要由消防行政主管部門主導，託付各部門、研究機構的消費者標準委員會來製定，沒有社會參與，也很少考慮製造商的利益和產業的發展。

(四) 美式器材價格昂貴

北美的繩索救援技術標準包含在 NFPA1006《救援技術專業資格標準》和 NFPA1670《事故技術搜救操作與培訓標準》當中，這兩個救援技術標準規範了繩索、結構性倒塌、車輛與機械、水域、野外、狹小空間、溝渠等七種救援技術的操作、教育培訓、專業資格評定等內容與要求，其中繩索救援技術屬於基礎性、通用性的救援技術，其他事故救援都會用到繩索救援技術，其重要性不言而喻。這兩個標準規範和促進了北美繩索救援技術以及其他救援技術的發展，任何美國消防隊員都必須通過基礎繩索救援技術培訓，繩索救援技術的培訓往往需要伴隨其它科目的訓練。

⁶⁹ 內政部消防署，〈第三十章 操作各種繩索安全指導原則〉，同前註，頁 10。

第肆章 深度訪談調查

本論文從繩索救援體制之研究開始，依序對繩索救援的定義、訓練方式的比較、國內外的繩索作業規定進行分析，接著藉由歐美的規範來探討繩索救援器材的合適性。除了以文獻分析來探討繩索救援體制與器材之外，並將針對前述探討重點擬定訪談問題，對國內消防機關有實際救援經驗的消防人員進行深度訪談。

訪談欲針對繩索救援的基本認知、救援實務經驗、繩索訓練經歷、繩索器材選用以及日後策進作為等為題目設計，對象為在繩索救援工作有相當歷練之消防人員，並針對受訪後的資料進行分析，以探討出現行繩索救援制度及裝備的改善空間。

第一節 訪談目的

本研究第貳、參兩章分別探討了繩索救援的體制與相關器材的相關文獻，除了與歐美比較其差異外，更重要的是從其發展的經驗中，發掘台灣消防機關在救援方面的劣勢與待改進之處。

除了利用文獻探討對研究問題進行討論外，本研究運用對各縣市消防機關外勤人員深度訪談的方式，增加對繩索救援現況的了解，以補足第貳、參兩章中靜態文獻資料的呈現。易言之，本研究欲透過前兩章的研究所得，結合深度訪談結果，藉以提出一綜合性且具可行性的整體革新建議。

由於本研究使用文獻探討與深度訪談等研究方法，所以在對消防機關外勤人員的深度訪談部分，將不以量取勝，而是藉由立意抽樣(purposive sampling)的方式，找尋可提供研究者適切資訊，且符合研究目的的消防人員與受訪對象。

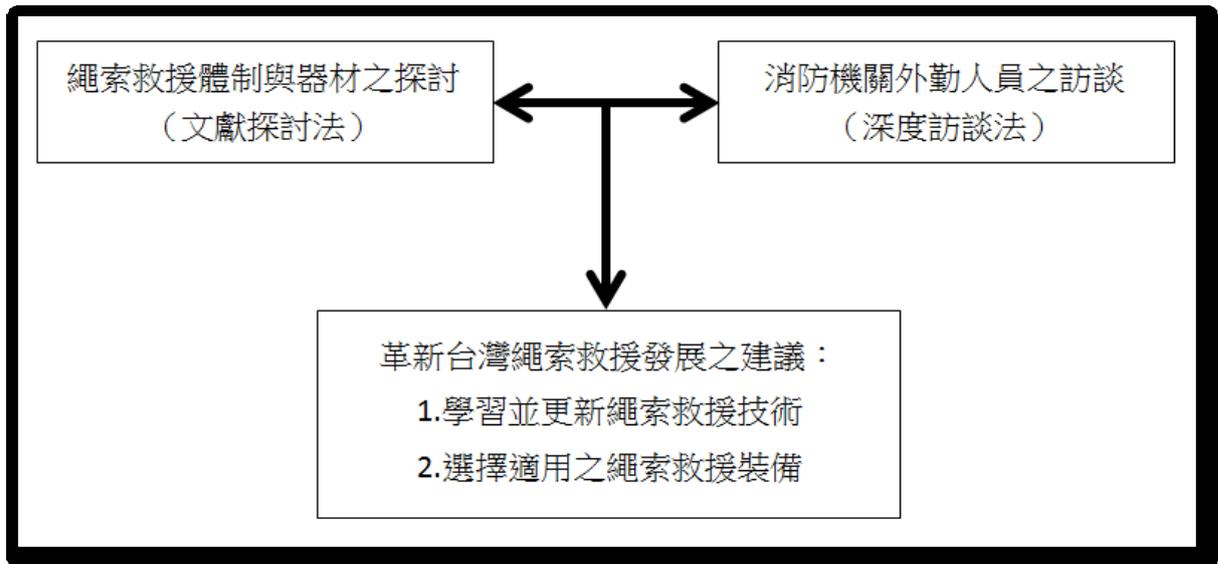


圖 4.1 本研究運用之多重研究方法

第二節 訪談方式

(一) 訪談結構類型

本研究以半結構訪談作為深度訪談的方式，使研究者對訪談的結構具有一定的控制作用，同時也讓受訪者能積極參與，以本研究設計之研究問題為主線，並根據訪談的具體情況對訪談的程序和內容作靈活的調整，⁷⁰以掌握更多資料，希冀藉由較為輕鬆的氣氛，引導受訪對象進行不拘泥於形式的自由討論。

為了讓受訪者能對本研究進行之目的有一定程度的了解以提供適切的資訊，在正式進行訪談前，由研究者事先將訪談問題寄送給訪問對象，讓受訪者則在事前獲知問題的準備下，提供研究者充分資訊。

⁷⁰ 陳向明，《社會科學質的研究》（台北：五南出版社，2002），頁 229-230。

(二) 訪談問題類型

由於本研究採半結構的訪談方式進行訪問，因此在訪談問題類型的設計，也傾向於以「開放型」問題允許受訪者作出多種回應，並讓受訪者能用自己的語言表達自我想法。此外，並盡量以「具體型」的問題使研究問題清晰，以幫助受訪者能明確了解問題核心所在，藉以提供研究者正確的資訊。⁷¹

(三) 訪談紀錄方式

訪問紀錄在本研究中佔相當重要的位置，將藉由訪問所得之資訊來建構研究結果，以提出具體之建議，因此訪談過程將以錄音方式做現場錄音，並現場作筆記。在現場筆記紀錄部分，採「內容型紀錄」方式，⁷²以紀錄訪談現場中，訪談者與受訪者所產生之對話內容。

第三節 受訪樣本選取

(一) 立意抽樣

1. 研究範圍

我國消防機關外勤人員佔總消防人員數有 7 成以上，有接受過救助隊訓練的人員又佔總外勤人員約 8 成以上，是消防機關內主要執行繩索救援的人員。考量本研究之探討主題為消防機關執行繩索救援的體制與器材之適用性，因此，訪談樣本將以「各直轄市、縣市政府消防局現役的外勤人員，並有實際執行繩索救援經驗者」為母體，因此，諸如台灣樂山協會山域搜救隊、迅雷救援協會、中華民國紅十字會、中華民國水上救生協會等民間救難團體者，均不列入母體範圍。

⁷¹ 陳向明，同前註，頁 247-254。

⁷² 同上註，頁 239-240。

2. 立意抽樣

深度訪談部份採用立意抽樣方式選取訪談對象的原因在於，希望可找尋與本研究目的符合的消防人員進行互動，以有助於提供本研究需要獲得之相關資訊，了解各個直轄市、縣市消防機關體之現況，與對繩索救援之未來規劃等，希望從具有意義及代表性的訪談樣本中，提出有助於我國繩索救援體制與器材革新之建議。

(二) 樣本選取標準

本研究根據前述研究目的擬定以下二項抽樣原則，作為消防人員樣本選取標準，以挑選出能符合本研究目的之資訊提供者：

1. 服務地區在不同縣市之消防人員：為了解直轄市及各縣市消防機關，在繩索救援的現行制度、訓練以及相關使用的器材部分，是否有城鄉差距之分，以供資源缺乏之消防機關做為參考。
2. 服務年資有年輕資深差別之消防人員：資深的消防人員，都在早期就接觸過繩索訓練，期間少有再複習技術或接觸新知，但較年輕的消防人員受完訓不久，對於繩索技術及器材是否比較熟練，值得藉由訪談中研討分析。

根據原則一，本研究挑選新北市、台中市、雲林縣及嘉義市四個縣市的消防機關外勤人員為受訪對象。依據「直轄市縣市消防車輛裝備及其人力配置標準」規定，以直轄市、市、縣轄市、鄉、鎮等行政區域人口數規劃配置消防車輛、裝備及消防人力數量，但考量各直轄市、縣(市)區域特性不同，且人口數及城鄉差距頗大，如高樓林立地區可配置雲梯車，巷道狹窄地區可配置小型水箱車，在科學園區或工業區附近可配置化學消防車等；依此概念配置消防資源時，人口充沛的直轄市絕對可以拿到更多數量的裝備器材，因此，避免數量配發過多的情形發生，於 2016 年已通過修法，讓

其他縣市消防機關可彈性調整及充分運用有限消防資源，期縮短車輛、裝備及人力配置的城鄉差距。⁷³

根據原則二，本研究挑選出服務年資 10 年與未滿 10 年之外勤人員為受訪對象。服務年資久的消防人員，救災經驗豐富，但距離上次繩索訓練的時間可能比較久遠，如果期間未曾在接受新知或複訓，技術恐會落後或生疏許多，雖然資深學長救災力求迅速，但對安全的要求日趨減少；反觀剛破殼而生的消防蛋，才結束繩索救援訓練不久，對於系統的架設、任務的分配以及器材的使用，一定會比較有概念，雖然實務經驗不足，但是依照訓練的 SOP 操作，安全性比較高。

綜合以上所述，本研究以立意抽樣方式所選取的訪談對象，包含了新北市、台中市、雲林縣及嘉義市等 4 個縣市消防機關，分別各 2 名外勤人員，而這 2 位又分別為服務年資滿 10 年跟未滿 10 年者，且必須有實際執行繩索救援的經驗者。

(三) 受訪者選取

由於訪談主題乃針對消防機關繩索救援體系之革新，牽涉層面甚廣，包含繩索訓練的單位分析、高空作業的法規探討、歐美認證的器材適用以及台灣的現行發展與相關限制等，因此，在受訪者選取方面，將選擇負責繩索救援之救災工作以及教育訓練等，具有策略性之外勤消防人員為主要受訪對象，由其工作經驗與專業知識，提供研究者較為全面的資訊。

而在實際進行訪談之前，筆者先與預定名單內共 16 位外勤消防人員進行初步聯繫，再就其服務的消防機關之結構進行分析，有以下三點發現，並據此發現，來決定最後合適的 8 位受訪對象：

1. 工作環境相仿者：消防機關的科、室、大(分、小)隊等單位眾多，分工清楚，內勤單位有火災預防科、緊急救護科、災害搶救科、火災調查科、教育訓練科、

⁷³ 內政部消防署，〈有效運用救災資源 地方依需求規劃消防車輛配置〉，《內政部消防署全球資訊網》，2017.8.1，https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=113&article_id=516。

災害管理科、勤務指揮中心、行政室、人事室、會計室以及政風室等，外勤單位有消防大(中、分、小)隊、專責救護隊、專責安檢隊以及特種搜救隊等；為了挑選工作性質相近之外勤單位，便以負責人命救助案件之特種搜救隊成員為預定訪談對象，由其提供整體且具系統性之資訊。

2. 最基層的工作者：外勤消防單位裡面，分隊的主管都稱為分隊長，為中央警察大學畢業才能分發擔任該職務；其次則為小隊長約 2 至 4 位，該職都由工作歷練長久、專業訓練紮實、功獎累積眾多的優秀隊員陞任；最後則為隊員，看各縣市的配額約 10 至 30 位左右，是消防組織內最基層的工作者；隊員負責的工作項目比較傾向實際操作，因此便以其為預定訪談對象。
3. 受過繩索救援訓練者：筆者與各縣市消防機關連繫過程中，接洽者表示，本研究之訪談問題涉及繩索救援的專業，如跨領域的訪問具有一定的難度；因此，直接選定有經過繩索救援訓練的消防人員，讓本研究的精隨得以彰顯。

實際受訪者將依筆者與各消防機關連繫以及相關協商過程而決定。經過筆者與受訪單位接洽後，受訪者之名單列如表 4-1。

表 4.1 受訪者名單

消防機關名稱	受訪者姓名	服務年資	訪談日期
新北市政府消防局	李先生	10	2019.5.30
新北市政府消防局	張先生	3	2019.5.30
台中市政府消防局	楊先生	11	2019.5.31
台中市政府消防局	馮先生	4	2019.5.31
雲林縣消防局	朱先生	18	2019.6.1
雲林縣消防局	陳先生	4	2019.6.1
嘉義市政府消防局	吳先生	16	2019.6.2
嘉義市政府消防局	許小姐	2	2019.6.2

第四節 設計專家訪談內容

本研究第一章詳述了研究動機與目的，在於提出台灣繩索救援領域之革新；第二章中針對繩索救援體制在國內與歐美之間，對於訓練方式及法律規範等進行論述與比較；第三章中則針對繩索救援器材在歐美之間的優劣情形進行分析。綜合前述幾章的論述，並依據本研究之理論建構與現況案例之探討，釐清通篇之研究要旨。

本章針對消防機關有實際執行繩索救援實務的外勤人員，所設計的深度訪談問題，乃根據上述理念架構，以及我國繩索技術執行層面之優劣分析法(SWOT 分析)所研擬，藉以了解目前繩索救援體制的實際情形、在繩索救援裝備使用趨勢的發展、所面臨的問題與困境，以及對未來的規劃等。

研究問題主要以「體系」的觀點，針對繩索救援制度的發展進行設計。包含對消防機關實際執行繩索救援之外勤人員所服務的年資、曾經參訓過的繩索證照、在救援上的實務經驗、對於現今體制的檢討分析、救援器材的使用經驗，以及未來改進的寶貴意見等共七部份，每一部份包含一至二個題項，所擬問題如表 4.2 所示。

「訪談導引法」是指訪談所要含括的主題係於事先以綱要的形式明定，訪談者於訪談進行中決定問題的順序及字組，優點是綱要可增進資料的綜合性，並使對每一位反應者所作的資料蒐集較有系統。但缺點是重要的且實顯的主題，可能會因疏忽而遺漏。「標準化開放式訪談」是問題呈現精確的字組和順序，係於訪談事前所決定。所有受訪者均被詢問以相同次序呈現的相同的基本問題，問題則以完全開放的形式來擬定，優點是反應者回答相同的問題，因而增進了反應的可比較性。但缺點是訪談對於特殊個人和環境所具有的彈性極小，問題的標準化字組，可能限制了問題和回答的自然性和關聯性。⁷⁴

結合這兩個訪談的方法，即是事先根據「標準化開放式」的訪談精神設計相關的問題—在訪談過程中，再將這些問題由訪員自己判斷引導受訪者自由的回答。

⁷⁴ 同前註，頁 260。

表 4.2 消防機關外勤人員深度訪談問題

消防機關外勤人員深度訪談問題	
一、服務資歷	
(一)	請問您在消防工作已經服務多久了呢？
(二)	除了一般的消防分隊以外，你有在特種搜救隊任職過嗎？
二、證照訓練	
(一)	除了救助隊訓練以外，你還有參加過其他相關的繩索救援訓練嗎？
(二)	你覺得每一位消防人員都要定期接受繩索救援訓練嗎？
三、實務經驗	
(一)	你有執行過人命救助勤務，是需要繩索架設才能救出受困者的嗎？
(二)	在你的印象中，你執行過最令你印象深刻的繩索救援勤務是哪一場？
四、體制檢討	
(一)	消防機關所實施的繩索技術訓練，僅有救助隊訓練而已，但該訓練師承日本至今已 30 年都未曾改過課綱，你覺得我們有甚麼部分可以改進的？
(二)	將繩索救援勤務都交給特種搜救隊處理，你覺得這樣的勤務派遣合適嗎？
五、器材使用(限討論編織繩、下降器、咬繩器及防墜器)	
(一)	貴單位有配發哪些繩索救援裝備呢？大概多久會使用一次？
(二)	你們在確保系統的架設部分，會使用什麼形式的防止墜落裝備呢？
六、未來規劃	
(一)	你覺得如果要改變救助隊訓練的模式，應該從哪部分開始著手呢？
(二)	現在山難事故的救援，是消防勤務中最需要使用到繩索器材的，你覺得跟城市搜救部分比較不同的地方在何處？
七、補充事項	
(一)	最後，請問您還有需要補充的嗎？
(二)	訪問過程有需要改進的地方嗎？

第五節 訪談結果分析

學者陳向明提出資料進行歸類和分析的方式有二，分別為類屬分析和情境分析。類屬分析是指在資料中找尋反覆出現的現象，以及可以解釋這些現象概念的一個過程，並在此一過程中，將具有相同屬性的資料歸入同一類別。情境分析則指將資料放置於研究現象所處的自然情境中，按照故事發生的時序，對有關事件跟人物進行描述性的分析，情境分析強調對事務作整體且動態的展現，就訪談資料的情境分析而言，可將一次訪談的內容寫成一個情境片段，也可將對幾個人訪談的故事連成一體，組成一個綜合個案。⁷⁵

在資料陳述方面，類屬分析是將相同的資料內容放在一起，以進行分門別類的陳述；而情境分析是在歸類的基礎上將內容濃縮，再以一個完整的敘事結構呈現。雖然這兩種分析方式不盡相同，但在實際分析中，可將兩種分析方式結合並用，一個類屬可以擁有自己的情境和敘事結構，而一個情境故事也可以表現出一定的主題。情境分析可增添類屬分析內容上的意義，而類屬分析則可以增加情境分析的意義層次與結構。⁷⁶

因此，本研究針對消防機關外勤人員的訪談資料，同時採類屬分析與情境分析並用的方式，先對訪談內容進行整體性的情境性分析，再從歸納整理過的資料，進行相關概念及類屬的建構與分類，最後，再對其中的概念、類屬，進行總結性的分析討論。筆者在訪談過程中，得到不少超出本研究所探討的方向，另可加深本文所研究的論點，以下論述訪談所得之有利資訊：

(一) 繩索救援任務應該設立專責單位負責

受訪者李先生表示，各縣市消防局因應消防署的要求，都設有特種搜救組織負責特殊災難的救援，人力充足的縣市有設置實質消防單位，其餘都為任務編組居多，而

⁷⁵ 陳向明，同前註，頁 394-398。

⁷⁶ 同上註，頁 402-404。

繩索救援案件相對於緊急救護或火災搶救等，比較不常發生，如果要每一個消防人員都具備繩索系統的架設、救援任務的分配以及相關器材的使用等專業，會徒增一般外勤人員的負擔。

桃園市政府消防局於 2014 年間，將所屬 4 個特種搜救隊的特搜人員，與一般外勤單位的人員互換，目的係為了讓所有消防人員都學會繩索救援技能，但 2015 年發生的新屋大火以及 2018 年的敬鵬大火，共奪走 12 名消防人員的性命，反應了一般消防人員所需具備的，是對於火災的應變及搶救技能，不適合再加諸其他專業性的救援訓練。

(二) 繩索救援訓練應考量侷限空間環境

受訪者馮先生表示，救助隊訓練中，侷限空間的課程只有半天，且大部分的時間都在教導立坑三腳架的使用，其完整的處理程序有機會在化學災害搶救基礎班訓練出現，但侷限空間救援必須用到繩索技術，應該放在救助訓裡面，或獨立成為一門課程。

侷限空間救援環境，充斥著許多複雜危害因子，且救援人員專業技術要求較高，美國於 1982 年成立 CMC 救援學院 (CMC RESCUE School)，由各種具救援專長的現職及退休消防人員所組成，致力於實際勤務之教學、救援器材之研發與技術研究。消防署派員赴美，除學習該國救援學院目前實務救援方式，並實際操作該國侷限空間救援器材，學習侷限空間救援課程系統化授課方式，以期對我國未來救援技術及傳承有所提升。⁷⁷

(三) 體能訓練應參考科學化功能性訓練

受訪者朱先生表示，救助隊訓練課程裡，體能要求的比例太重，很多學員身上帶有大小不等的運動傷害，為預防此類情事發生，應該引進何立安教授的「肌力與體能訓練」，該訓練的方針為「功能性訓練」。功能性訓練最早是由物理治療師或是復健師

⁷⁷ 周滢渝，〈消防月刊出刊囉！〉，《消防電子報》，762 期，2018，
<http://enews.nfa.gov.tw/V4one-news.asp?NewsNo=24299>。

所使用的一種觀念、方法，他們希望透過某些肌力與體能訓練來使其患者恢復其受傷部位之功能，也就是讓這些受傷的部分能夠恢復足以讓患者執行其符合個人需求之任務或工作的能力。⁷⁸

功能基本上就是目的，功能性訓練就是目的明確的訓練，應用在運動訓練上，是指透過目標明確、系統性的計畫與訓練，強化運動員的基礎運動能力，而非僅只是體型更大或是力量更大，功能性訓練還包含降低運動傷害與增進運動表現的作用。我們可以或許可以說，功能性的訓練，是一種針對特定目的或任務，在符合人體自然條件下，增加或培養完成該項特定任務能力的訓練方式。

(四) TOTEM 是高山繩索救援的一大利器

受訪者吳先生表示，偏遠山區的就援，通常是車輛到不了的地方，許多裝備都要自己背上山，輕量化是最主要的課題；有賴於繩索救援器材的進化，Rock exotica 公司之產品 Totem 問世，一顆器材同時涵蓋許多功能，相對將減少許多器材重量的負擔。

Totem 結合分力板與下降器的多樣功能，可作為分力板、8 字環、雙孔確保環、自鎖裝置等，並且能衍生多種配置方式，原始設計為探洞使用，如今被應用於各種繩索技術領域，包括攀岩、技術攀登、峽谷探險、垂降與救援等，可說是山域搜救追求輕量化的一大利器，其外觀示意圖如圖 4.2。⁷⁹

Totem CRT 圖騰加強版，獨特且多功能的設計，集合下降器、上升器、確保器、分力盤等器材於一身，結構簡單，適合用於峽谷探險、溯溪、攀樹、繩索救援、岩壁攀登、等繩索技術活動。比起 Totem 原型，Totem CRT 多了三孔分力盤以及可以調整控制速度的側耳。發揮創意，可以有多種使用方式，其外觀示意圖如圖 4.3。

⁷⁸ Ivan Hsu, 〈什麼是功能性訓練？〉,《運動星球》, 2016.12.28, <https://www.sportsplanetmag.com/article/desc/16122816063519908>。

⁷⁹ 百岳戶外裝備, 同前註。



圖 4.2 Rock exotica Totem 示意圖

參考資料：百岳戶外裝備，〈Rock Exotica F10 Totem Rig & Rappel 下降器兼分力板〉，https://shop.100mountain.com/product_view.php?id=37197，瀏覽日期 2019.6.1。



圖 4.3 Rock exotica Totem CRT 示意圖

參考資料：台北山水，〈Rock Exotica Totem CRT 下降器/8 字環/制動器/溯溪/峽谷垂降 F10 CRT〉，《PChome》，<https://www.pcstore.com.tw/tpshanshuic/M41228125.htm>，瀏覽日期 2019.6.1。

第五章 結論與建議

為深入瞭解國內消防機關繩索救援技術與裝備標準體系現狀，探討繩索救援技術改革之需求，分析歐洲及北美繩索救援技術與裝備標準體系，本論文從繩索救援體制之研究開始，依序對繩索救援的定義、訓練方式的比較、國內外的繩索作業規定進行分析，接著探討繩索救援器材的合適性，最後再針對繩索救援的基本認知、救援實務經驗、繩索訓練經歷、繩索器材選用以及日後策進作為等為題目設計，訪談在消防機關有執行繩索救援工作之外勤人員，並針對受訪後的資料進行分析，以探討出現行繩索救援制度及裝備的改善空間。希望藉由探討繩索救援器材制度與器材的合適性，提供消防人員於救援時多一份安全觀念，瞭解自身裝備的功能及限制，在執行人命救助任務時做出正確判斷，以期能減少救援失敗或人命傷亡的機率。

第一節 研究結論

經由本研究利用文獻探討的結果發現，國內消防機關繩索救援技術，雖以日本救助隊訓練為大綱，但民間訓練機構及工業繩索技術的影響，已經有歐美的繩索技能，漸漸加入消防正規訓練之中，而各縣市消防機關在採購繩索救援器材，也多傾向於必須符合 CEN 或 NFPA 認證；再者，利用訪談調查的結果證明，繩索救援是一項專業的技術，必須交由專業的單位去執行；希望透過本研究資料，提供消防機關更加重視繩索救援技術及訓練的更新，並落實繩索救援裝備的汰舊換新，縮短各直轄市、縣市消防單位的城鄉差距，以下提供幾點論述為本研究結論：

1. 勿再使用單繩技術進行人命救援：消防人員在救援現場，時常備受民意與輿論壓力，通常只架設一條工作繩，並穿著簡易型安全吊帶進行救援，稍不注意就容易釀成救援失敗的悲劇。民國 98 年 5 月在新竹縣湖口鄉一名陳姓老婦人，

因會車意外從機車後座摔落到大排水溝內，消防人員以長背板吊掛方式將傷患直接吊運至路面，不料於吊掛過程中，固定帶與長背板之接合處鬆脫，致使該名傷患又摔落地面。「避免萬一失足，勝過於百戰百勝」，如果在救援當下能在患者身上綁上一條確保繩，定可在患者由固定之長背板器材脫落時，啟動功效成功將患者拖住，避免患者產生二次傷害

2. 考取國際繩索救援證照有利於技術的更新：一個完整的國際證照訓練，時程通常都會達兩週以上，許多對職涯有升遷規劃的消防同仁，通常會去攻略這些繩索的專業證照，諸如 ARATA、SPRAT、RQ3 等台灣待訓單位都有提供完整的訓練課程。正因為有這些消防人員的涉略，挑戰了消防界對救援系統的舊有思維，歐美技術強調系統測試及器材更新，再加上有效的確保系統，才能讓救援變得更安全，也相對地降低失敗機率。
3. 救援現場應參考高空作業規定：消防雲梯車嚴格上係屬於高空工作車，消防救災人員在高空平台車上作業時，應穿戴防止墜落的裝備，避免暴露於危險之中。另外，消防吊臂車型態係屬於移動式起重機，業界有規定移動式的起重機，不得用來吊掛重物以外的生命體，但這種利用吊臂吊掛人員的作業方式，在全台灣每一個消防局都在發生，唯一能合理這樣的作業的方法，只有在系統上再加裝一條安全繩。
4. 應具備良好的體能基礎再進行繩索訓練：在內政部消防署訓練中心的救助隊訓練長達九週，是同時注重技能、體力及膽識的課程。其結訓的測驗項目中，體能佔的比例不少，很多學員在基本肌力還不足時，操作一些繩索技術救會抓不到技巧。因此，具備有良好的體能基礎相對重要，學員必須了解訓練肌肉的強度外，還要調整姿勢與肌肉記憶性的訓練，體會運動的問題與技巧在哪，方能準確的針對不同體能的學生，設計套餐來從事訓練，避免運動傷害並有效率的增強體能。
5. 器材應勤保養並汰舊換新：消防機關的裝備器材，經常用到的部分會擺放在消

防車輛上，並於每日進行檢查及保養，不常用到的部分可能就會被收納至倉庫，繩索救援器材就屬於後者，放在倉庫裡就無法被妥善照顧。老舊或受損的器材，應該被定位於訓練及測驗使用，不應該用來執行救援任務，容易增加救援失敗的風險。

6. 器材應該定期訓練及反覆練習：繩索救援技術是操作者本身利用繩索及制停裝備，架設於穩固的固定點上，再由操作者自行於其上移動至待救者位置，或由一團隊將待救者從垂直、水平、傾斜等狀況，以穩定、安全、省力的方式救出，因此要克服不計其數的狀況，唯有不斷學習、不斷練習正確的技術及觀念，才能在安全的狀況下，完成一次又一次的救援任務。
7. 應購置適當繩索救援器材：國內繩索救援器材的購置，規格幾乎都僅符合 CE 認證即可，只因為規範清楚明瞭，不容易買錯，但美式器材多由美國防火協會所認證，比較貼近消防人員使用的場合。個消防機關的採購人員，應與外勤單位，找出適當的器材配置方式。
8. 繩索救援任務應交由專責單位負責：各縣市消防局因應消防署的要求，都設有特種搜救組織負責特殊災難的救援，如果要每一個消防人員都具備繩索系統的架設、救援任務的分配以及相關器材的使用等專業，會徒增一般外勤人員的負擔。近年來消防人員殉職的案件不斷頻傳，反應了一般消防人員更需具備的，是對於火災的應變及搶救技能，不適合再加諸其他專業性的救援訓練。
9. 推動國內繩索救援器材的認證機制：由主管單位指定國外的相關標準的適用性，例如防墜器、上升器及下降器，可以指定業界使用最為普及的歐盟 EN 12841 之標準，繩索可以指定 EN 1891 之標準，採用此法因為不用逐條標準條文撰寫討論，時效遠高於制定新的國家標準；同時對同一類型的裝備，可以指定不同國家的標準，使合格適用的國外產品比較多元化，使用者比較多選擇。

第二節 研究建議

本研究因受限於人力、時間之因素，訓練機構僅探討英國 IRATA 協會以及美國 Rescue 3 international，作業規範僅研究國內對於高空繩索作業的法規，並與歐盟及美國規定的標準施作比較，器材種類則針對最有研究性的編織繩、上登器、下降器及防墜器做細部分析，其它如 CMC 救援學校、日本的高空作業規定以及鉤環以及滑輪等常見繩索器材等，均不考慮在內，並針對 4 個直轄市、縣市消防機關共 8 名外勤消防隊員進行訪問調查，分析研究後僅提供以下幾點建議，提供給各消防機關參考：

1. 繩索課程應重視侷限空間訓練：侷限空間救援環境，充斥著許多複雜危害因子，且救援人員專業技術要求較高，美國於 1982 年成立 CMC 救援學院（CMC RESCUE School），由各種具救援專長的現職及退休消防人員所組成，致力於實際勤務之教學、救援器材之研發與技術研究。消防署派員赴美，除學習該國救援學院目前實務救援方式，並實際操作該國侷限空間救援器材，學習侷限空間救援課程系統化授課方式，以期對我國未來救援技術及傳承有所提升。
2. 體能訓練引進科學化之功能性訓練：救助隊訓練課程裡，很多學員因體能訓練項目負荷太大，身上帶有大小不等的運動傷害，為預防此類情事發生，應該引進何立安教授所提倡的「肌力與體能訓練」，該訓練的方針為「功能性訓練」。功能性訓練就是目的明確的訓練，應用在運動訓練上，是指透過目標明確、系統性的計畫與訓練，強化運動員的基礎運動能力，而非僅只是體型更大或是力量更大，功能性訓練還包含降低運動傷害與增進運動表現的作用。

3. 高山繩索救援的器材應該輕量化：偏遠山區的就援，通常是車輛到不了的地方，許多裝備都要自己背上山，輕量化是最主要的課題；有賴於繩索救援器材的進化，Rock exotica 公司之產品 Totem 問世，一顆器材同時涵蓋許多功能，相對將減少許多器材重量的負擔。其結合分力板與下降器的多樣功能，可作為分力板、8 字環、雙孔確保環、自鎖裝置等，並且能衍生多種配置方式。
4. 訓練設施應設置多樣化場景：訓練的場景應該豐富多樣，包含橫坑、立坑、斜坑、彎曲管道、直立儲槽、橫向儲槽、地下儲槽、人孔、油罐車、水平貓道、垂直爬梯、建材料斗、供電開關等設計，可於同一位置進行多樣訓練。另設施應極為擬真，和現行工業作業繩索救援環境近乎相同，在訓練效率上，定能看出顯著的成果。訓練設施的建置，往往使用時間短則十多年，長則三、四十年或著更久，因此一定需要具救援專業及訓練專業的人員來設計，如此始能確保所建構出的訓練設施能夠符合訓練第一線救災人員所需。反觀現行各消防機關救助訓練塔，雖為消防救助訓練所建置，惟設計均多為單調，以一個塔柱可使用的面多僅有一面而以，大量浪費塔柱的可利用性，而單調的設施所延伸出的即是單調的訓練。因此，期望我國未來各級消防單位在建置訓練設施時，能多徵詢第一線救災與訓練人員意見，建講出真正符合繩索救援需求的訓練場地。

參考文獻

(一)中文文獻

1. 〈牛頓 (單位)〉，《維基百科》，[https://zh.wikipedia.org/wiki/牛頓_\(單位\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/牛頓_(單位))，瀏覽日期 2019.5.16。
2. Chen, Tim，〈北市政府消防局捲揚器教案〉，2012.10.5，<https://www.slideshare.net/timchen86/ss-14604259>。
3. Hsu, Ivan，〈什麼是功能性訓練？〉，《運動星球》，2016.12.28，<https://www.sportsplanetmag.com/article/desc/16122816063519908>。
4. iClimb 風城攀岩館，〈EN 15151 攀岩確保及下降器認證介紹〉，《Facebook》，2016.3.22，<https://www.facebook.com/notes/iclimb-風城攀岩館/en15151-攀岩確保及下降器認證介紹/1517059068603942/>。
5. 內政部消防署，〈有效運用救災資源 地方依需求規劃消防車輛配置〉，《內政部消防署全球資訊網》，2017.8.1，https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=113&article_id=516。
6. 內政部消防署，〈附件一-直轄市、縣（市）消防機關消防救助人員體技能測驗基準〉，《直轄市、縣（市）消防機關成立消防救助隊指導要點》第貳點，2017。
7. 內政部消防署，〈第三十章 操作各種繩索安全指導原則〉，《消防人員救災安全手冊》。新北：內政部消防署，2016，頁 1-10。
8. 內政部消防署，《內政部消防署強化各級消防機關救災能力評比考核規定》，第肆點，2012。
9. 內政部消防署訓練中心，《消防特考班救助基礎訓練建議課程時數表》，2019。

10. 台北山水，〈Rock Exotica Totem CRT 下降器/8 字環/制動器/溯溪/峽谷垂降 F10 CRT〉，《PChome》，<https://www.pcstore.com.tw/tpshanshuitc/M41228125.htm>，瀏覽日期 2019.6.1。
11. 百岳戶外裝備，〈Rock Exotica F10 Totem Rig & Rapple 下降器兼分力板〉，https://shop.100mountain.com/product_view.php?id=37197，瀏覽日期 2019.6.1。
12. 呂健豪，〈單車騎士滑落 8 米邊坡 警消吊掛救援幸無礙〉，《蘋果日報》，2018.5.6，<https://tw.news.appledaily.com/local/realtime/20180506/1348404/>。
13. 沈育霖、林義量，《防墜落器及安全帶安全性能測試研究》（新北：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2009），頁 19-25。
14. 沈育霖、單秋成，《繩索垂降作業人員防護及安全技術研究》，新北：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2015，頁 1-49。
15. 周滢渝，〈消防月刊出刊囉！〉，《消防電子報》，762 期，2018，<http://enews.nfa.gov.tw/V4one-news.asp?NewsNo=24299>。
16. 拔山企業股份有限公司，〈EN 1891 對於靜力繩(Static ropes)的規範與測試.pdf〉，2008.10.23，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=63>。
17. 拔山企業股份有限公司，〈EN892 對於攀登繩的規範與測試〉，2008.10.23，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=62>。
18. 拔山企業股份有限公司，〈工安防墜的繩索技術--墜落係數(Fall Factor)〉，2008.11.6，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=88>。
19. 拔山企業股份有限公司，〈北市勞工局勞檢處 課程一：繩索技術與防墜落的基本觀念〉，2009.7.20，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=99>。
20. 拔山企業股份有限公司，〈台北市勞工局勞檢處 課程三：高空工作的常用繩結〉，2009.7.20，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=101>。
21. 拔山企業股份有限公司，〈保養繩子〉，2008.10.27，<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=66>。

22. 拔山企業股份有限公司，〈高空工作的一般原則〉，2008.10.27，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=76>。
23. 拔山企業股份有限公司，〈確保器/下降器 Belay devices/Descenders〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=9>，瀏覽日期：
2019.6.15。
24. 拔山企業股份有限公司，〈攀登器材批發團購法國 PETZL〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=80>，瀏覽日期：
2019.6.15。
25. 拔山企業股份有限公司，〈攀登器材批發團購美國 ROCK EXOTICA〉，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=69>，瀏覽日期：
2019.6.15。
26. 拔山企業股份有限公司，〈攀登繩/登山繩(Ropes)〉，2008.1.1，
<http://www.alpinedirect.com.tw/ProductList.asp?KindHeadID=10>。
27. 拔山企業股份有限公司，〈關於繩子〉，2008.10.27，
<http://www.alpinedirect.com.tw/BoardShow.asp?id=65>。
28. 林宜樟，〈嘉義下水道作業意外 2 工人缺氧昏迷送醫不治〉，《自由時報》，
2018.5.18，<https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/2430383>。
29. 林霽苡，〈體適能採訪〉，《內政部消防署訓練中心月刊》，14 期，2016，頁 13-15。
30. 洪悅鏜，〈高空工作車作業安全管理與探討〉，《中工高雄會刊》，18 卷 1 期，2010，
頁 14-24。
31. 胡欣男，〈驚險！3 名洗窗工卡 13 樓外牆 北市雲梯車救援〉，《中時電子報》，
2018.9.30，[https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180930000996-260402?](https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180930000996-260402?chdtv)
chdtv。
32. 桃園市政府消防局，〈桃園市政府消防局公務人員陞任評分標準表(乙表)〉，《桃
園市政府消防局公務人員陞任評分標準表》，2018。

33. 張嘉霖，〈救助訓特輯〉，《內政部消防署訓練中心月刊》，14 期，2016，頁 3-7。
34. 張勳騰，〈婦人邊坡施工墜落亡 家屬提質疑〉，《自由時報》，2015.6.21，
<https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1355183>。
35. 陳世明，〈「繩」救援！怪手傾斜卡工地 繩索搭橋助脫困〉，《TVBS NEWS》，
2008.8.21，<https://news.tvbs.com.tw/world/977457>。
36. 陳向明，《社會科學質的研究》。台北：五南出版社，2002，頁 229-404。
37. 陳彥杰，〈雙繩索技術發展〉，《勞動安全電子報》，76 期，2014，
<https://epaper.lio.gov.taipei/big5/html/rw/enewindexview.asp?NO=709>。
38. 陳彥杰，《初級繩索技術訓練課程(雙繩技術)訓練手冊》。台北：亞陞國際工程
有限公司，2011，頁 8-14。
39. 楊汝彬，〈國內消防與歐美繩索救援技術、裝備標準體係比較研究〉，《中國科
技縱橫》，13 期，2014，頁 209-213。
40. 瑞溯客全方位安全國際有限公司，《技術繩索救援 Technical Rope Rescue-操作
級 LEVEL 1》。台北：瑞溯客，2016 年再版，頁 12-92。
41. 綠野山房，〈維持你位置的好伙伴-下降器〉，《Xuite 日誌》，2007.10.26，
[https://blog.xuite.net/greenpoint.outdoor/883/13976212-維持你位置的好伙伴-下
降器](https://blog.xuite.net/greenpoint.outdoor/883/13976212-維持你位置的好伙伴-下降器)。
42. 臺北市勞動檢查處，〈高空繩索作業個人防護具（PPE）圖說〉，2017.4.27，
<https://epaper.lio.gov.taipei/big5/html/Epapertpl/images63/knowledge1.pdf>。
43. 臺灣皮爾磁有限公司，〈北美洲的法律與標準〉，
<https://www.pilz.com/tw-TW/knowhow/law-standards-norms/international-standards/north-america>，瀏覽日期 2019.5.16。
44. 蔡勝凱，〈救護出勤疏失案〉，《消防電子報》，415 期，2011，<http://enews.nfa.gov.tw/one-news.asp?NewsNo=15875>。

(二)英文文獻

1. “R3 – WHO WE ARE”, *Rescue 3 International*, GOBLE Inc. <https://rescue3.com/who-we-are/>, 16 May 2019。
2. “WHAT WE DO”, *Rescue 3 International*, GOBLE Inc. <https://rescue3.com/what-we-do/>, 16 May 2019。
3. British Standards Institution; BSI, *EN 12841:2006, Personal fall protection equipment. Rope access systems. Rope adjustment devices*. London: BSI, 2006, pp. 5-15.
4. British Standards Institution; BSI, *EN 1891:1998, Personal protective equipment for the prevention of falls from a height. Low stretch kernmantel ropes*. London: BSI, 1998, pp. 10-15.
5. British Standards Institution; BSI, *EN 341:2011, Personal fall protection equipment- Descender devices for rescue*. London: BSI, 2011, pp. 5-9.
6. British Standards Institution; BSI, *EN 355:2002, Personal protective equipment against falls from a height. Energy absorbers*. London: BSI, 2002, pp. 8-10.
7. British Standards Institution; BSI, *EN 564:2014, Mountaineering equipment. Accessory cord. Safety requirements and test methods*. London: BSI, 2014, pp. 9-10.
8. British Standards Institution; BSI, *EN 892:2012, Mountaineering equipment. Dynamic mountaineering ropes. Safety requirements and test methods*. London: BSI, 2012, pp. 8-12.
9. CMC RESCUE, “NFPA 1983 – Hardware Performance Requirements”. 2013.3.25. <https://www.cmcpro.com/wp-content/uploads/2013/03/HardwarePerf.pdf>
10. CMC RESCUE, “NFPA 1983 – Life Safety Rope Performance Requirements”. 2013.3.25. <https://www.cmcpro.com/nfpa-1983-life-safety-performance-requirements/>
11. CMC RESCUE, *Rope Rescue Manual*, 5th ed. Goleta, CA: CMC RESCUE. 2019.