

水域救援拋繩槍之運用發展與 研改探究

林右朗少校

提要

- 一、臺灣地區近五年來破千件溺水案件當中有超過 45% 是發生在水域，約 25% 是在海中發生，其餘則為湖泊、水塘等，可見水域溺水案佔大宗。因此，水域救援之操作技術與裝備適用性嚴重影響救援任務順遂。
- 二、工兵為戰時能作戰、平時能救災之專業部隊，就水域救援作業而言，除了配賦有合適性之拋繩槍救援裝備，更必須具備正確的預判河川水域各種危險狀況，互救援全程仰賴四項要素「訓練、練習、經驗、判斷」，保持靈敏的反應能力與判斷力及熟稔裝備之操作，才能發揮最佳救援效益，也才能符合危險水域環境災救之實際需要。
- 三、陸軍工兵部隊於民國 94 年獲撥拋繩槍裝備，迄今已逾 17 年之久，各項裝備之效能與限制影響執行任務之成效，故本研究將針對拋繩槍之發展與其救援彈研改之成效實施分析，驗證檢討拋繩槍改良之效益，以提升工兵部隊於水域救援裝備運用成效。

關鍵字：拋繩槍、水域救援、救援彈研改

前言

因應地球暖化現象，臺灣地區因惡劣氣候肇生災害之機率有逐年增加之情形，經統計臺灣每年發生水域救援案件中屬河流水域者高達 45%，可見河流救援之重要性。檢討陸軍工兵部隊現有救災裝備中，「拋繩槍」為具水域救援能力之制

式裝備，惟經歷次任務執行發現，其仍有諸多裝備限制待提升，藉由歷年小型軍品研發之成果實施探究，期能精研與突破裝備各項使用限制，提供部隊更佳裝備，應付險峻之水域災害救援。

臺灣河川水域特性

根據臺灣本島河川統計共計129條¹，因主要分水嶺雪山山脈與中央山脈較為偏東邊，故河流東短西長，多為東西流向，特徵計有河身短、坡度大、水流急等現況。河流之危險為眾多影響因素形成，每種因素都暗藏危機，能輕易奪走人命。由於河川緊密分布每逢豪大雨就有可能釀成災情，每年均有多人因人為或天然因素產生生命危害，故身為救災專業人員必須瞭解與認識水域中各項特性與危險因素，在確保自身安全基礎上實施各項水域救援。

一、河流各部名稱特性

臺灣本島之河流大多數源頭源於高山(深)處，匯集了各路泉源流水，漸漸豐富並加入各主(支)流行列進入河道。從初端至末端形成了上游、中游與下游，每一段長短各不相同，流速與各項風險因子亦不盡相同，值得深入瞭解並熟知特性。

(一)上游：上游的坡度較陡，河川窄淺，流速較急，河底性質多為大小不一石頭為主，位於上游端之流速最快，河流的

搬運能力較強，能搬運大量的砂礫，有時還能搬運相當大且重的岩石帶動至中游地區，河水溫度較為冰冷，水質清澈較不受汙染。上游之環境位處於高山上，因為流速較快，容易把河道侵蝕成深溝或峽谷地形。

(二)中游：河川流至中游部分，坡度轉為較平緩，流速逐漸變慢，河道通常較上游來的寬，對於體積較為龐大、重量重之礫石無法持續搬運，僅能堆積於中游之河道上，造成底質多為中等卵石及泥砂，河流的磨蝕力量也減少許多，兩岸較平緩，河谷漸寬廣。

(三)下游：下游之流域最為寬廣，流速最為緩慢，河床中堆滿大量之沙泥質(亦稱沙礫)，經過多年之流水變化形成常見之沙礫。

二、水流特性

水受位能影響，由高處向低處流動產生動能，不斷對地表進行侵蝕與堆積，也影響人員於水域中之安全。水流各階段產生不同之水域型態，其中位處於河川主流段常肇生多起救溺事件，身為救援人員務必多加

¹ 黃煥彰，〈第一屆河川教育工作坊〉，
http://club.tncomu.tn.edu.tw/~nature/modules/tad_book3/.pda.php?tbdsn=21，
檢索日期：西元2022年5月2日。

瞭解其環境特性。主流為河川中之主要水流，流速最慢在底部，最快在表面，遇障礙時會改變其流向。主流位於最長最寬之水道，且位居中央²，如圖1，除少部分流入分支陸地外，大部分之水系匯流入大海，當遇豪大雨或溪水暴漲期間，主流河流轉為湍急，容易導致戲水或位於河床之人員受困或遇難。



圖1 河川主流之型態
資料來源：消防署訓練中心急流救生訓練教材

三、臺灣水域危險事故分析

隨著地球氣候持續暖化，溫室效應日漸嚴重，臺灣位處於亞熱帶氣候區，四季分明之氣候型態，彷彿只剩下微熱、很熱、非常熱分別，尤其時序進入夏季時節感受特別酷熱難耐，民眾特別喜歡投向大自然的懷抱及探索秘境，更多數人

選擇至河川、溪谷或沿海實施各類水上活動，消除惱人之暑氣，使得戲水活動成為民眾戶外活動的熱門首選，然而大自然所產生之流水也在每年造成許多人員生命安全遭受威脅，經統計歷年各級消防機關執行救溺勤務，其中溺水事故發生地點皆以溪河佔最多數，以下針對危險水域事故肇生之溺水概況實施分析。

(一)人員溺水數據分析³

彙整各級消防機關近 5 年執行轄內救溺勤務結果統計，其中溺水總人數(105 年 739 人、106 年 848 人、107 年 907 人、108 年 948 人、109 年 882 人，共計 4,324 人)及溺水死亡人數(105 年 464 人、106 年 498 人、107 年 507 人、108 年 558 人、109 年 572 人，共計 2,599 人)，從數據中觀察每年發生之憾事仍然未減，各年度溺水及罹難人數有逐漸增加趨勢，可見水域救援這課題值得大家關注。分析近年來臺灣經濟繁榮，生活水平提升，且政府開放山林、向海致敬等政策，帶起民眾從事水上遊憩活動的趨勢，有時民眾可能因疏

² 消防署訓練中心，〈急流救生訓練教材 Swiftwater Rescue 1.2〉，107 年 3 月。

³ 內政部消防署，〈消防機關近 5 年執行水域事故救援系統分析〉，

<http://monthly.nfa.gov.tw/article.php?id=779>，檢索日期：西元 2022 年 4 月 6 日。

忽、未注意環境危險、忽略評估身體狀況與天候急遽變化等因素，導致救援事故頻傳，除了增加教育百姓危險水域判斷及防範溺水觀念外，地區救援人員更要深知災害救援正確觀念，防範各項救援傷害發生。

(二)溺水事件原因分析

分析各級消防機關執行救溺勤務案件統計，105至109年近5年合計總人數為4,324人，其中溺水原因計區分有戲水、潛水等11項類型，統計分析又以戲水、失足、垂釣等三項產生之受困人員，無法平安脫困遭溺斃計1,065人為大宗，佔整體溺水人數24.62%，可見人員從事水域遊憩活動(戲水、垂釣、失足)有很大之危安關係。除了政府透過持續強化水域安全活動宣導，以及於經常發生溺水案件處所，協請相關場域管理機關設置簡易救生設施、設立警告標誌外，另責由消防機關完成救溺整備，並於平時即強化救援人員自救互救訓練，以健全水域救援體制。

(三)溺水地點分析

臺灣炎熱夏季，民眾前往溪河及山林溪谷等處戲水消暑

乃不可避免之情勢，分析近年來執行救溺勤務地點，均以「溪河」發生人數佔最多，為整體戲水溺水人數最高。為防杜百姓因忽略水流、水位變化、未能注意體能狀態是否足以負荷水域環境變化而慘遭溺水，除了各級機關持續將轄內溪河及戲水處所等處，列為加強水域救援作為之重點區域，並對池塘、溪流等休憩場所，豎立警告標示或設置簡易救生器具，以為因應。唯有透過各種管道加強防溺宣導，隨時隨地提醒前往「溪河」等處遊水(憩)之民眾提高警覺，才能使救溺事件逐年減少；以下綜整戲水危險之六種類型水域，提供注意防範參酌。

1.溪流深潭瀑布⁴

瀑布旁的水面，有時看似平緩，但水面下其實暗潮洶湧。因為瀑布強大的水壓落下時，會對水面造成一股向內拉的水壓力，表面上看不出來。萬一陷入這股壓力，彷彿像被拉入水中，捲在洗衣機裡持續翻滾，即使是游泳高手也難敵水流。

2.溪水暴漲

當發現溪流出現「齊頭

⁴ 梁惠明，〈戲水六大奪命不眨眼殺手 都藏在你看不出來的地方〉，
<https://www.commonhealth.com.tw/article/77547>，檢索日期：西元2022年4月6日。

水」及水面混濁、水流加速時，就是溪水即將暴漲之危險訊號，應盡快撤離水域，這個溪水暴漲前兆發生時，就在一兩分鐘時間之內，必須迅速安全逃離水域。

3.海邊離岸流

海邊戲水，如果風浪大潮水洶湧，民眾還會有些戒心，但有些地方小波小浪，水面也平靜無波，民眾容易掉以輕心，常陷入「離岸流」而不自知。

4.海灘落差

在看似寬闊平坦的沙灘，其實在海面下暗藏如懸崖般的陡峭落差，這種地形被稱為陡降型沙灘，多年來屢傳溺水意外，陡降型沙灘最可怕地方，在於遊客往往在沙灘上往前走幾步，一不小心就陷入陡峭下凹的海溝，最深達上百公尺。這樣的地形最容易形成「反捲流」，也就是浪潮接觸到水面下的深溝壁後，立即打回，很容易把陷入其中的人，直接帶往海外。

5.瘋狗浪

瘋狗浪是臺灣民間對突來之巨浪的俗稱，又被稱為「異常波浪」，會突然威脅海邊戲水以及磯釣民眾，幾乎全年都會發生。瘋狗浪較常發生的地點

包括突出岸邊之礁岩、峭壁下之海蝕平台以及防波堤，這些地點恰巧都是釣客和遊客最喜歡造訪的地方。根據海洋專家研究，瘋狗浪的發生往往與「湧浪」有關。湧浪是從遠處傳來的波浪，具有波長很長、傳播速度快的特性。由於波長很長，相對之下坡度平緩，因此難以察覺。湧浪進入淺水區時會破碎，能量會轉變成驚人的衝擊力。

6.游泳池意外

比較大自然之突然變化，游泳池為相對較安全之水域場合，惟仍然要注意相關安全防險措施，一個不小心閃神，都會釀成意外。

四、水域救援實例分析

臺灣天候狀況每年常有梅雨季節、防汛期、熱帶性低氣壓颱風形成與豪大雨等影響，國軍會依救援程序超前部署完成汛期前整備，民間消防與搜救大隊也都在季節來臨前完成各項裝備前置準備與救援訓練。當豪大雨與天然災害發生時，豐沛之雨量將造成河川水勢湍急、水位迅速暴漲，若人員、機具未能及時撤離，則導致受困甚至慘遭沖走、滅頂命運，以下針對幾件實際案例實施分析。

(一)案例一：突遇大水來襲

1.案由：〇〇縣消防局第〇大隊〇〇分隊於〇〇〇年〇月〇〇日〇〇時〇〇分，接獲民眾報案指稱「〇〇鄉〇〇村濁水溪北堤岸〇〇號入口處」，約5名工人為搶收機具突遇大水來襲，受困於濁水溪河道上的沙洲進退兩難，值班人員立即通報，並依作業程序派遣同仁、消防車、救護車、橡皮艇與拋繩槍等器材出勤⁵，如圖2。

2.案情經過：轄區分隊救援組於〇〇時〇〇分到達現場，發現民眾自行開設的便道早已被溪水沖毀，有5名民眾受困於濁水溪沙洲的機具上，兩旁被暴漲溪水困住；且後方還有另一沙洲也有約10名民眾受困，情況相當危急；初期指揮官立即請求指揮中心派遣附近分隊及空勤直升機支援，並要求上游攔河堰停止放水，且立即發射拋繩槍，嘗試將救生器材先行送至對岸，但由於接近傍晚視線不良，且風勢逆風與距離過長，嘗試多次仍無法成功。

3.檢討分析：濁水溪中、下游處，因河蝕與河積共同作用



圖2 突遇大水來襲

資料來源：華視新聞網，〈高屏橋暴漲，5名工人受困沙洲驚險獲救〉，<http://news.cts.com.tw/cts/society/201301/201304061221116.html>，檢索日期：2022年2月8日。

之關係，於萬大大橋周邊因溪水暴漲沖刷產生河道之水域寬度漸長，部分流域產生沙洲地形，民眾受困其中，加上傍晚時分視線不良，風勢逆風，造成拋繩槍作業困難。

(二)案例二：溪水暴漲釣客受困⁶

1.案由：〇〇縣消防局接獲民眾報案指稱「一名釣客受困於南屯筏子溪橋下，溪水淹至腰際」，如圖3。

2.案情經過：消防分隊於〇〇時〇〇分到達現場，發現釣客距離岸邊約30公尺遠，救援區域初步評估無影響拋繩槍射擊作業，惟現場雨勢過大、視線不良且接近傍晚，造成拋繩槍彈體拋射過程無法精準到達

⁵ 華視新聞網，〈屏橋暴漲，5名工人受困沙洲驚險獲救〉，<http://news.cts.com.tw/cts/society/201301/201304061221116.html>，檢索日期：西元2022年2月8日。

⁶ TVBS新聞資料，〈溪水暴漲釣客來不及跑，拋繩槍涉溪救人〉，<http://news.tvbs.com.tw/local/612924>，檢索日期：西元2022年2月8日。



圖3 溪水暴漲釣客受困
資料來源：TVBS新聞資料，〈溪水暴漲釣客來不及跑，拋繩槍涉溪救人〉<http://news.tvbs.com.tw/local/612924>，檢索日期：西元2022年2月8日。

目標，經射擊多發拋繩槍彈體後才成功將釣客救回。

3.檢討分析：現場雨勢過大、視線不良且天色昏暗、能見度不佳。

(三)案例三：少年受困沙洲⁷

1.案由：○○縣消防局接獲民眾報案指稱「有少年至沙洲釣魚，因溪水暴漲受困且水勢湍急，少年無法自行回到岸邊」，如圖4。

2.案情經過：消防分隊於○○時○○分到達現場，發現水勢湍急，橡皮艇無法接近，立即使用拋繩槍營救，救援過程因雨勢過大、視線不良，經射擊多發拋繩槍彈體後才成功將少年救回。

3.檢討分析：大雨視線不良。



圖4 少年受困沙洲
資料來源：TVBS新聞資料，〈午後雨釀禍！男受困河床，警消拋繩槍救人〉<http://news.tvbs.com.tw/local/612924>，檢索日期：西元2022年2月8日。

五、小結

在臺灣複雜之水域環境下，每年救援事件頻繁，本次主要探討危險水域中執行拋繩槍實際救援案例分析，經分析影響拋繩槍救援成敗關鍵要素，計有夜間救援視線不良、射擊距離過長、現場風勢過大、現場照明不足與大雨影響視線等五項，其中更以救援現場夜間視線不良，為影響拋繩槍救援成敗之關鍵要素，因此，納入後續探討研改精進。

拋繩槍裝備介紹

一、拋繩槍概述

渡河及山地作戰過程中，經常受河川地形及地障限制而遲滯部隊機動，進而影響任務

⁷ TVBS 新聞資料，〈午後雨釀禍！男受困河床，警消拋繩槍救人〉，<http://news.tvbs.com.tw/local/612924>，檢索日期：西元 2022 年 2 月 8 日。

遂行。如何在任務初期第一時間內，將我方人員及裝備物資順利引渡推進至對岸，並發揚作戰或救災之持續力，經檢討拋繩槍較能符合現行部隊任務需求。因此，國軍於民國 94 年 8 月籌獲「捷克製氣壓式 PLT-RESCUE230 型拋繩槍⁸」，如圖 5，並正式配賦於工兵部隊編裝，俾強化其執行渡河作戰及災害救援能力。

二、裝備用途、諸元與特性

拋繩槍一套裝備包含有發射器組件、空氣鋼瓶組件與救援實彈(含練習彈)組件三大部分。其原理乃藉由壓縮空氣驅動之拋繩方式，由彈頭攜帶 0.3 公分中徑細繩拋射向目標區，留在我岸端之細繩可再接續 1.1 公分中徑編織繩做為主繩，在主繩之前端打一單線蛇口結，並將安全頭盔及救生衣繫固於單線蛇口結上，當主繩被牽拉至目標區後，受困人員穿戴好頭盔及救生衣並繫固主繩，我岸救難人員便可將受困人員營救回來。

(一)裝備用途

1. 平時：用於急流、河川、沙洲、水患災區、山谷地形或高樓火災等救援任務。



圖5 捷克製氣壓式PLT-RESCUE230型
資料來源：作者自行拍攝。

2. 戰時：可協助支援渡河作業及山地作戰(流籠、吊橋索道等主纜架設)，以利人員通過及裝備物資運送等任務。

(二)裝備特性

1. 操作步驟簡單，易於保養。
2. 具有保險裝置，安全性高。
3. 救援彈最大射程距離 230 公尺。
4. 練習彈最大射程距離 150 公尺。
5. 空氣鋼瓶於壓力 300BAR(巴爾)，可供發射 10 次。

(三)限制條件

1. 避免於夜間、視線不良環境下操作。
2. 針對高空障礙物、密集樹林地區等，皆不適宜使用該裝備，以免影響拋射效果。

三、限制條件與現況檢討

(一)限制條件

拋繩槍通常於日間或天

⁸ 陸軍司令部編印，《陸軍拋繩槍操作手冊》(桃園：陸軍司令部，中華民國 96 年 11 月 19 日)。

候狀況良好情況下可正常發揮其功能，但於夜間視線不良、天候影響、高空障礙物與密集樹林地等條件狀況下，皆不適合使用該裝備，將嚴重影響拋射效果與成效。

(二)現況檢討

「捷克製氣壓式 PLT-RESCUE230 型拋繩槍」自民國 94 年籌獲迄今已逾 17 年多，依據消防局資料顯示，目前國內拋繩槍 82% 主要運用於水域救援，從歷年執行教育訓練、部隊輔訪、移地測考與救援受訓（R1、R2）等任務觀察，國軍與消防救難單位所使用之拋繩槍，均存在無法於「夜間、視線不良狀況下操作」之限制條件。因此藉由歷年小型軍品研發，針對工兵部隊配賦拋繩槍之救援彈實施階段性研改，期望透過逐次的精進，以提升拋繩槍救援過程對環境的適應性。

四、高識度救援彈簡介

(一)第一代高識度救援彈研發概述

1.研發動機

本軍自 94 年採購「捷克製氣壓式 PLT-RESCUE230 型拋繩槍」，主要運用於流籠、吊橋索道架設與急流水域、沙洲水上救援，然本裝備經多次救

災使用及部隊訓練經驗累積發現，拋繩槍配發之救援彈本體並無明顯之輔助標示設計，如遇夜間或視線不良等作業環境，即無法順利識別，進而錯失作戰或救援時機，另救援彈要價新台幣 1 萬元，發射一次即斷裂損壞，並無法回收再利用，因此提出第一次研發精進構想。

2.研發目的

救災為國軍主要核心任務之一，執行救災為達成任務，需不分晝夜分秒必爭進行，因此救災裝備的良窳，成為影響救援成敗最大關鍵，藉檢討研改，解決拋繩槍受天候、環境與成本之限制。

3.裝備組成

彈頭、發光器、緩衝管、結合座、彈尾、裝填尾管，如圖 6。

4.裝備效能

(1)高識度：彈體 LED 發光器亮度高達 200 流明，人員



圖6 第一代高識度救援彈
資料來源：作者自行拍攝。

可於 100 公尺對岸即可清晰識別彈體飛行路線與落點方位。

(2)高分貝：蜂鳴器開啟 10 公尺範圍內可達到 70 分貝，有利辨識彈體落點位置。

(3)可回收：彈體拋射後，經回收檢整，可再行使用，回收率達 90%，重複使用降低維護成本。

(4)易組裝：組裝與分解容易，操作人員僅需實施簡單訓練，即可實施操作。

5.諸元介紹

(1)尺寸：長度 120 公分×寬度 6 公分×高度 9.5 公分。

(2)重量：3.5 公斤/組。

(二)第二代高識度救援彈研發概述

1.研發動機：第一代高識度救援彈研發完成後，結合相關教學訓練驗證及部隊輔訪回饋意見綜整計有該裝備射程不如預期、結構強度不佳、識別裝置容易脫落等問題缺陷，常造成無法順利完成任務，若能再加以研改精進，必能再提升拋繩彈使用效益。

2.研發目的：藉由研發第二代高識度救援彈，可有效改善第一代各項缺陷，更符合我工兵部隊支援任務，並期能推

廣至各配賦「PLT-RESCUE 230型拋繩槍」之工兵部隊。

3.裝備組成⁹：彈頭、控制器總成、彈尾、裝填尾管，如圖 7。

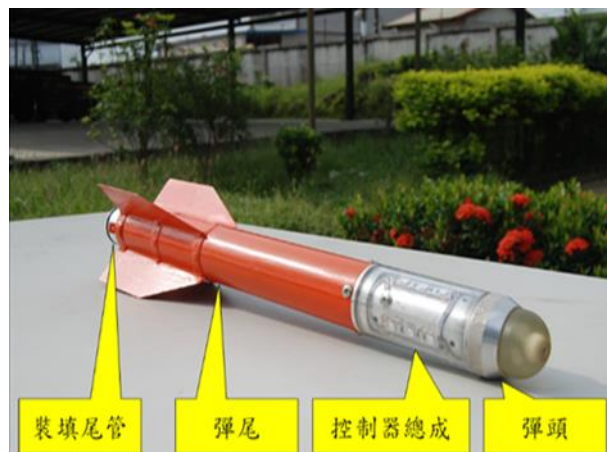


圖7 第二代高識度救援彈
資料來源：作者自行拍攝。

4.裝備特性

(1)高識度：彈體 LED 發光器亮度可連續開啟達 30 分鐘，高達 1000 流明，人員可於 300 公尺對岸清晰識別彈體飛行路線與落點方位。

(2)高分貝：蜂鳴器開啟 20 公尺範圍內可達到 100 分貝，有利辨識彈體落點位置。

(3)可回收：彈體拋射後，經回收檢整，可再重複使用，回收率達 90%，降低維護成本，大大提升成本效益。

(4)易組裝：組裝與分解容易，操作人員僅需實施簡單訓練，即可實施操作。

⁹ 陸軍工訓練中心 108 年小型軍品研發「第二代高識度救援彈」操作手冊，中華民國 108 年 9 月，頁 5。

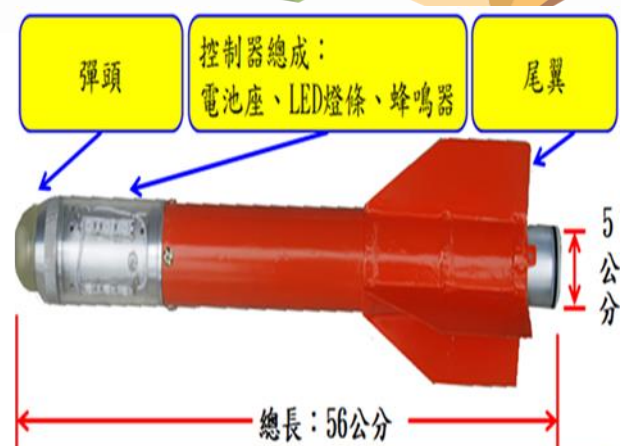


圖8 第二代高識度救援彈諸元圖示
資料來源：作者自行拍攝。

(5)改良彈體，縮短尺寸、重量，增加拋射距離。

5.諸元介紹

(1)尺寸：長度 56 公分×寬度 5 公分×高度 13 公分，如圖 8。

(2)重量：835 公克/組。

高識度救援彈研改、運用探究

拋繩槍最前端所發射之彈體稱為「高識度救援彈」，它是利用本體鋼瓶壓力推擠產生之運動現象，並拋射至預想位置之貫性動作。在瞭解其設計與發射原理後，透過研改設計將所影響救援之因素、條件予以克服，經過多次試驗與測評加以精進改良，提升拋繩槍運用效益。

一、救援彈研改效益分析

救援彈研改參酌原配賦

「PLT-RESCUE230 型拋繩槍」之救援彈彈體，從各項功能、特性與參數實施分析，完成第一代研改，第一代完成品雖已優於原配賦彈體，惟仍存在重量重與體積大問題，待精進提升；在第二代研改中修正不足之處，優化完成各項功能，以下針對最後研改之第二代救援彈，從聲響效果、燈光裝置、發射距離等三項重點項目，測評成效分析如下¹⁰：

(一)聲響效果：本研改測試採 80 分貝之聲響，可傳遞約 100 公尺之距離為測試標準，本裝置經實測蜂鳴聲響分貝數值可達 100 分貝，實測照片如圖 9，符合研改之測試標準，並依 1 公尺、5 公尺、10 公尺距離測試，蜂鳴器開啟後由三個不等距離條件，測得實際分



圖9 蜂鳴器分貝值
資料來源：作者自行拍攝。

¹⁰ 陸軍工兵訓練中心 108 年小型軍品研發「第二代高識度救援彈」結案報告，中華民國 108 年 12 月，10 頁。

貝數均達 80 分貝以上，測試判定結果均優於原始之救援彈與第一代高識度救援彈，更適合於複雜水域環境下，藉由高分貝聲響，有利於救災人員輕易識別位置，並於第一時間尋獲救援彈目標，爭取救援時間。

(二)燈光裝置：設計標準之 LED 燈光開啟須有能夠持續恆亮、閃爍與連續急閃等 3 種模式，並能供電長達 20 分鐘時間。測試結果，在燈光裝置模式與恆亮時間均可達成，亦優於原始之救援彈與第一代高識度救援彈之發光效果與時間，經實測發光效果在新裝電池下，可有效連續開啟 30 分鐘，如圖 10。有利於昏暗複雜水域環境下，藉由其明亮度，快速尋獲，有效縮短救援時間。

(三)發射壓力設定：鋼瓶採乾燥壓縮空氣，依設定不同壓力巴(BAR)數值，可產生發射距離長短不同，在既有發射本體、壓力與拋射角度相同情況下，能影響發射距離長短，則為救援彈本體設計之體積、重量與配重，以下針對第二代研改後之救援彈，依不同發射壓力實施測遠，綜合檢視測評發射距離結果是否符合標準值，測評分析如下：(詳如表 1)



圖10 連續開啟30分鐘
資料來源：作者自行拍攝。

1.採 50BAR 發射壓力，射擊角度以 45 度角為基準，距離達 80 公尺為合格，經三次測試數據取平均值為合理參酌數值。

(1)平均距離：83.3 公尺。

(2)測試標準：50BAR 達到 80 公尺。

(3)判定結果：測試判定【合格】。

2.採 60BAR 發射壓力，射擊角度以 45 度角為基準，距離達 120 公尺為合格，經三次測試數據取平均值為合理參酌數值。

(1)平均距離：121.8 公尺。

(2)測試標準：60BAR 達到 120 公尺。

(3)判定結果：測試判定【合格】。

表1 50、60、70BAR發射壓力測試距離數據成果表

項次	發射壓力 設定	合格距離	第一次 測試距離	第二次 測試距離	第三次 測試距離	綜和平均 距離	判定 結果
1	50BAR	80公尺	85.2公尺	83.4公尺	81.3公尺	83.3公尺	合格
2	60BAR	120公尺	118.6公尺	124.8公尺	121.9公尺	121.8公尺	合格
3	70BAR	150公尺	157.8公尺	158.1公尺	156.7公尺	157.5公尺	合格

資料來源:作者自行彙整。

3.採 70BAR 發射壓力，射擊角度以 45 度角為基準，距離達 150 公尺為合格，經三次測試數據取平均值為合理參酌數值。

(1)平均距離：157.5 公尺。

(2)測試標準：70BAR 達到 150 公尺。

(3)判定結果：測試判定【合格】。

4.經測評第二代高識度救援彈透過原拋繩槍發射器，分別以 50BAR、60BAR、70BAR 發射壓力，以同樣之射擊角度 45 度，發射測評照片紀實如圖 11，統計各發射壓力三次之平均值，測評結果均符合標準，具備有效於狹小或寬廣水域複雜環境下，彈性運用發射壓力調整預想拋射距離，精準命中目標區。

5.就原配賦救援彈、第一代與第二代高識度救援彈研改綜合整體運用效益分析，探究各項諸元與性能改良精進，項目計有尺寸、重量、材質、燈

光與亮度等 12 項內容，各項性能數據均更加精進，符合部隊需求之最佳救援彈構型規格，分析如圖 12。

二、拋繩槍水域救援運用狀況演練

(一)一般狀況

00 年 00 月 00 日 00 時受中度颱風「芭瑪」外圍環流影響，高屏溪上游因豪雨不斷造成溪水暴漲，經通報高屏橋以西 2 公里處，發現種菜婦人受困沙洲等待救援。

(二)特別狀況

連長受命後，於任務地區完成作業人員任務賦予後，即派遣偵察人員對救援地區實施偵察。

(三)偵察回報與演練事項

偵察人員：「報告連長，經偵察結果：種菜婦人困於沙洲上岸際高處求救，高屏溪目前水流持續高漲，且有可能淹沒沙洲，救援現場天色已逐漸昏暗，建議迅速以拋繩槍搭配高識度救援彈實施救援」。

(四)狀況處置程序(如表 2)



三、檢討與建議

第二代高識度救援彈設計構想，依原有救援彈與第一代高識度救援彈之性能、規格與尺寸研改，強化各部件性能，

增加整體強度、縮小體積與重量，並透過 LED 燈光與聲響裝置，優於第一代研改裝備，歷經教學訓練與實況操作驗證，相關檢討建議如下：

(一)考量第一代之彈體各部

效益分析	原配賦 救援彈 	第一代 高識度救援彈 	第二代 高識度救援彈 
尺寸 長x寬x高(mm)	120x6x9.5	120x6x9.5	勝 56x5x13
重量	1.2公斤	3.5公斤	勝 0.85公斤
材質	PVC	PVC、壓克力	勝 鋁合金、PVC
燈光	無燈光	LED燈泡	勝 LED燈泡
亮度	0流明	200流明	勝 1000流明
燈光可視距離	0公尺	100公尺	勝 300公尺
聲響	無響聲(0分貝)	蜂鳴器(70分貝)	勝 蜂鳴器(100分貝)
聲響有效距離	0公尺	10公尺	勝 20公尺
緩衝設計	無緩衝設計	具緩衝設計	勝 具緩衝設計
回收設計 (回收率)	無(0%)	可回收設計 (90%)	勝 可回收設計 (100%)
本體成本	10,000元	10,000元	勝 9,000元
訓耗成本(次)	10,000元	3000元	勝 100元

圖12 研改高識度救援彈與原救援彈效益分析

資料來源：陸軍工兵訓練中心108年小型軍品研發「第二代高識度救援彈」結案報告，中華民國108年12月，頁13。

件結構較厚實，發射後為達到耐撞擊及可回收之目標，而導致本體設計重量偏重，第二代修正彈體體積與重量之問題，經測評第二代救援彈本體相較第一代彈體重量減少 2.65 公斤，亦比原救援彈減輕 0.35 公斤，彈體零件改良結構輕量化(減輕 115%)與彈體縮小化(縮小 315%)，後續如能再加以改良調整彈體配重問題，在一定空氣壓力拋射下，本體拋射距離將可再增長，達到效能提

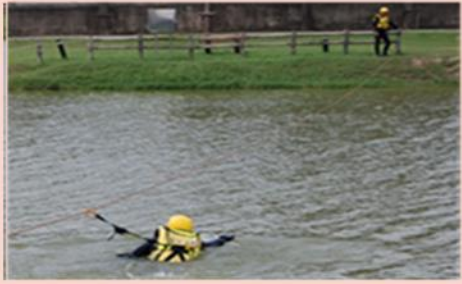
升，創造更遠之拋射距離。

(二)第二代救援彈借鏡第一代發射落地後電池容易脫落，且彈體易於落地後撞擊造成結構損壞(近 30%射擊後彈體產生斷裂，發光器內建電池撞擊後脫落，致發光器與蜂鳴器失效)。經測評第二代研改已精進本體設計，歷經 9 次實測驗證，均無第一代類似問題，性能狀況均穩定妥善，惟仍有發現彈體與發射器結合之組裝密合度問題，未來組合如能再

表2 狀況處置程序一覽表

項次	狀況處置	模擬圖
救援編組	1.指揮官1員 (負責救援作業指揮與管制) 2.救援手兼拋繩槍作業手6員 (負責從事實際救援工作及拋繩槍之組裝與射擊) 3.上游安全手1員 (負責上游100-200公尺處管制河道，不讓其餘人員或船隻進入救援作業區) 4.安全手2員 (負責在下游處，以拋繩或攔截網等方式執行救援任務)	 救援編組
流程(一)	災民：救命啊!!快來救我。 立即下達救援命令。 救援手：手持大聲公(擴音器)向受困民眾高喊，不要緊張，請注意!!我們等一下會拋射有閃光及聲響的高識度救援彈到你周邊附近，請於彈體落地後把它撿起，協助將彈體細繩穩固在旁固定物或牢固於身體上。	 等待救援
流程(二)	救援手： 1. 以測距儀先行完成目標區距離量測。 2. 判斷現場風向與雨勢。 3. 完成施打壓力值計算 4. 實施裝填高識度救援彈，並開啟燈光與蜂鳴器。 5. 完成氣體加壓及瞄準實施發射。 災民：閃燈?有，我看到了。但它好像掉到附近的草叢裡消失了?	 完成射擊作業
流程(三)	救援人員：請你注意，彈體會發出聲音與閃爍燈光，循聲音與亮光就可以找到它了。 災民：有、有、有，我找到了。 救援人員：我把救生衣等物資綁在粗細繩交接處，你收繩後將救生衣與防護具穿戴身上，並將粗繩緊緊牢固在身上。	 遞送救生衣



項次	狀況處置	模擬圖
流程 (四)	災民：我穿好了，快救我!! 救援人員： 1. 若婦人能自行穿戴救生衣並完成繩索繫固，則以拖拉之方式將人員施救上岸 2. 若待救援人員無法自力完成，則由施救者前往協助救援。待救人員將救生衣、頭盔等防護具穿戴完成後，並將主繩繫固在固定點(樹幹或岩石上)或其餘同仁身體上，依手握住主索往待救援方向前進(水域流速許可下則以游泳方式前往)施救。 (若水流研判流速湍急，人員易遭沖離，則不可冒然下水施救，易生危安，應採其他方式救援。)	 將人員拉救上岸
		 前往施救
		 人員直接泳渡或遞送救援器材救援
流程 (五)	救援人員：依救生員訓練之救援程序，將人員平安救援上岸。報告連長，人員已救援完成。 現場指揮官：請立即攙扶婦人帶至醫護站。 救援人員：報告連長，收到。 災民：謝謝你們大家，辛苦了。	 人員營救

資料來源：作者自行拍攝及彙編。

朝向精密穩固，必能更加提升優化彈體效能。

(三)經實測第二代彈體，測試期間共發射 9 次，彈體落地，

尾翼結構輕微變形，導致後續使用飛行軌跡呈不規則狀，探究第二代尾翼製作屬不鏽鋼材質，且與彈體本身以鉚釘方式

連接，變形後不易更換，將納入後續研改精進。

(四)為改善研發相關缺失，透過技術諮詢研討後，綜整改善建議高識度救援彈彈體部分，未來朝密合度與公差方向精進，讓整體組裝品質更加精準密合；尾翼部分產生損壞、變形之問題，後續研改朝改變尾翼材質及調整安裝固定方式，使尾翼受撞擊後不易變形，及容易實施更換之特性，以提升救援彈使用壽命與效能。

進，以符合小型軍品研發「小投資、大效益」之目的，並期待成品穩定後量產納入部隊推廣運用，以全面提升本軍水域救援效益。

結語

本研究以拋繩槍救援彈體之研改，依據驗證參數評估「第二代高識度救援彈」取代「PLT-RESCUE230型拋繩槍-救援彈」可行性與成效分析，經測評結果第二代救援彈可有效解決夜間或視線不良環境下，不利拋繩槍操作之相關限制條件。由各測評項目參數顯示，均可有效提升人員於高識度救援彈發射過程中，掌握拋物線與達到高識別目的，同時研改後之彈體結構也具備足夠之耐衝擊能力，有利於回收再次利用達到降低裝備成本，惟尚有重量配比須調整、本體密合度與尾翼改良相關項目待精進，未來持續朝第三代研改精