

無人載具導入軍事領域之研析-以自動駕駛輪車為例

潘浚男

國防大學陸軍指參學院

摘要

隨著人工智慧 (AI) 和自動駕駛技術的快速發展，無人地面載具 (UGV) 已成為軍事作戰與後勤支援中的重要工具。本文主要探討自動駕駛輪車在現代軍事領域中的應用，包括其在防衛作戰、軍事後勤及戰場環境中的潛力和挑戰。研究指出，自動駕駛輪車可提升戰場機動性、強化情報收集、降低人員風險並優化後勤運作，尤其在當前快速變化的戰爭環境中，無人化技術的應用具有顯著優勢。

透過文獻分析，本文梳理了全球自動駕駛輪車的技術發展、應用案例與各國發展策略，並深入分析了美國、俄羅斯、中國等國在UGV領域的實戰運用經驗。特別是透過對俄烏戰爭與美伊戰爭的案例分析，突顯自動駕駛輪車在偵察、火力支援、後勤補給及戰場救援等多重任務中的關鍵作用。

然而，技術成熟度、通訊安全、自主決策能力與能源續航等問題仍是其主要挑戰。本文最後強調，隨著AI與自動化技術的進步，自動駕駛輪車將成為未來軍事作戰的重要支援工具，並對作戰模式與後勤運作帶來深遠影響。未來的發展應聚焦於AI演算法的優化、抗電子戰能力的提升及跨域整合等領域，以提升其在現代戰場中的穩定性與有效性。

關鍵詞：人工智慧 (AI)、無人地面載具 (UGV)、自動駕駛輪車、電子戰、人機協同作戰、戰場自動化

壹、前言

隨著科技進步，人工智慧 (AI) 在防衛作戰與後勤支援中的應用日益受到重視。本研究以自動駕駛輪車為例，探討如何運用 AI，在其具備自主導航、環境監測與數據分析能力的基礎上，有效提升作戰效能、支援效率與整體部隊安全性，確保作戰靈活度與資源調度效率。

現代戰爭節奏快速、交戰模式複雜，精確的情報分析與高效決策至關重要，而無人載具的發展已成為提升作戰與補給效

能、降低人員傷亡的關鍵。自動駕駛輪車作為 AI 驅動的多功能無人平台，除具備偵察、巡邏與火力支援外，更能執行後勤補給、醫療物資投送、物資回收與人員撤離等關鍵任務，在各種戰場與災難場景中皆發揮重要作用。

本研究透過文獻分析法，探討自動駕駛輪車在軍事運輸、偵察、作戰與後勤支援任務中的應用，並分析其技術背景、實際案例與未來發展趨勢，最終提出 AI 應用於自動駕駛輪車之發展建議，以支援國

防科技規劃、部隊戰術建制與後勤現代化轉型。由於該技術仍處於研發與試驗階段，資料取得與實證分析仍有一定限制，故本研究結論將以可獲資料為依據進行綜合分析。

目前，各國軍事機構正積極關注 AI 與無人載具在國防領域的應用，期望藉此克服人力短缺、任務高風險與後勤壓力等問題。此技術變革同時帶來戰力升級與風險挑戰，AI 在軍事領域扮演著「一體兩面」的角色，不僅推動裝備智慧化、作戰自動化，也衝擊傳統戰術運作與後勤思維。透過本研究的全面分析與建議，期望為我國未來在防衛作戰與智慧後勤發展上提供具前瞻性的參考依據。

貳、無人載具與自動駕駛技術概述

一、無人載具定義與分類

(一)定義：

根據經濟部無人載具科技創新實驗條例，無人載具是指車輛、航空器、船舶或其結合之無人駕駛交通運輸工具，透過遠端控制或自動操作而運行，且具備感測技術、定位技術、監控技術及決策及控制技術等技術[1]。

(二)分類：

無人載具依據用途可區分：

1. 無人航空載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)：

通常被稱為無人機，是一種不需要人類駕駛的飛行器。UAV 廣泛應用於以下領域：

- (1)軍事用途：用於偵察、監視、打擊目標等任務。
- (2)商業用途：在物流配送、農業監測、環境保護和電影拍攝等方面

發揮作用。

- (3)科研用途：用於氣象觀測、地質勘探等科學研究。

2. 無人地面載具 (Unmanned ground vehicle, UGV)：

是一種在地面運行的無人載具，主要應用於：

- (1)軍事用途：執行偵查、排雷、運輸和支援作戰等任務，能在危險環境中減少人員風險。
- (2)商業用途：在農業中用於自動化的作物監測和收割，並在物流和倉儲中進行貨物運送。
- (3)探索與救援：在災後評估和危險環境中的搜索救援任務中發揮作用。

3. 無人海面載具 (Unmanned surface vehicle, USV)：

是指在水面上運行的無人載具，主要應用於：

- (1)軍事用途：用於海上巡邏、情報收集、反潛作戰等，能夠在海上執行多種任務。
- (2)商業用途：在海洋調查、環境監測和海洋資源開發等方面發揮作用。
- (3)執法與救援：用於海上執法和自然資源保護等任務。

4. 無人水下載具 (Unmanned underwater vehicles, UUV)：

是一種在水下運行的無人載具，主要分為兩類：遙控潛水器 (Remotely operated underwater vehicle, ROV) 和自主水下載具 (Autonomous Underwater Vehicle, AUV)。其應用包括：

- (1)軍事用途：用於水下偵查、掃雷、反潛作戰等，能夠在高危險環境中

執行任務。

(2)商業用途：用於油氣探勘和海底資源調查等。

(3)研究用途：在海洋研究、沉船打撈和水下電纜維護等方面發揮重要作用。

二、自動駕駛發展歷程與現狀

(一)自動駕駛發展歷程

車輛自動駕駛技術源自航空領域，最早由美國 Sperry 公司於1912年開發飛機自動駕駛系統，並於1914年展示。1925年，一篇通訊雜誌文章中提出：「自動駕駛車是透過無線通訊進行遠端控制」[2]首次出現車輛自動駕駛概念，與當前自駕車技術的發展趨勢相符。到了1950年代，美國通用汽車公司開始投入資源開發自動駕駛車，並於1958年推出火鳥2號原型車，雖未實現量產。1980年代，卡內基大學與加州大學柏克萊分校等機構積極推動自動駕駛研究，開發出高速公路車隊控制技術並進行實車展示。2004、2005年，美國 DARPA 自駕車比賽的舉辦，促進了人工智慧技術的應用，並推動 Google 自駕車的發展。儘管 Google 自駕車依賴光學雷達 (LiDAR) 技術進行環境感知，但其高成本與可靠性問題仍是挑戰。然而，Google 自駕車隊在全球自駕車領域持續領先，並不斷突破技術瓶頸，實現顯著的里程數進展。

(二)自動駕駛發展現狀

1. 自動駕駛技術分級

根據自動化程度的不同，美國汽車工程師協會 (SAE) 將自動駕駛分成6個級別 (如圖一)。

(1)無智慧化 (Level 0)：完全手動駕

駛，駕駛者需全程控制車輛。

(2)輔助駕駛 (Level 1)：具備基本的輔助功能，如巡航控制、車道保持等。

(3)部分自動化 (Level 2)：可以同時控制車輛的轉向和加速/減速。

(4)條件自動化 (Level 3)：在特定條件下，車輛可以完全接管駕駛任務。

(5)高度自動化 (Level 4)：車輛在大多數情況下能夠實現自主駕駛，但仍需人類駕駛員在必要時進行干預。

(6)完全自動化 (Level 5)：車輛能夠在任何環境和條件下實現完全自主駕駛，無需人類駕駛員參與。

自駕車等級表		
LEVEL 0	完全由駕駛人操控	無智慧化
LEVEL 1	大部分需要駕駛人操控	
LEVEL 2	系統有多項駕駛輔助功能 仍須由駕駛人主控車輛	輔助駕駛
LEVEL 3	系統有辨識環境能力 駕駛可適當進行干涉	
LEVEL 4	在條件許可下可讓系統完全自駕 駕駛人不一定要介入操控	高度自動
LEVEL 5	任何情況下皆可由自駕系統完全操控 可被駕駛人接管	

圖一 自駕車等級表[3]

2. 全球自動駕駛應用

全球汽車產業規模龐大，技術整合度高，且關聯性強，是美國、中國、日本、德國等製造業強國的重要支柱產業。自動駕駛技術作為一項顛覆性創新，直接影響各國汽車產業的競爭力與全球產業分工，因此各國政府與企業均積極投入研發，推動法規與產業政策，以保持全球競爭優勢。目前市場上的大多數車輛仍停留在 L0 至 L2 級別，而 L3 級自駕車已在歐洲與美國部分地區上市，例如德國 Mercedes-Benz L3 自駕車是全球少數符合歐盟 UN

R157法規並且取得德國、美國內華達州與加州銷售許可自駕車[4]。另一方面，L4與L5級技術仍處於測試與試點階段，許多企業正積極推動技術突破與法規適配，以加速全自駕車輛的商業化。隨著技術的成熟與市場接受度的提升，全球自駕車市場將進一步擴大，短期內ADAS、DMS與自動停車系統等技術將持續推動產業升級，而長期目標則是L4及L5級全自駕車的大規模應用，廣泛應用於城市交通、物流運輸及共享出行模式，徹底改變全球汽車產業生態。

3. 我國自動駕駛發展

(1) 無人載具創新實驗計畫與自駕車法規調適：

我國的無人載具創新實驗計畫自2019年啟動，是推動自駕車法規調適與技術驗證的重要步驟。至今，已通過審核的自駕車測試案達16案，涵蓋了自駕車輛開發、系統驗證、接駁服務等多個領域。這些計畫在不同應用場景中展現了自駕技術的潛力。例如，桃園機場的第一、二航廈以及周邊道路的接駁服務，以及針對國內業者廠區內部移動需求的「TSMC 廠區接駁」案，不僅是為了滿足台積電24小時廠區運作的需求，更是提供台積電實際觀察自駕車晶片運作的機會[4]。

(2) 我國自駕車技術發展的產業與學術支持：

我國業者積極投入自駕車領域，涵蓋感知、定位、決策與控制等關鍵技術[4]，並在未來自駕車商機中佔據一席之地，但

仍面臨較大的發展挑戰，學術界也開始進行關鍵技術的研究與開發。科技部推出的「自駕車次系統關鍵技術研發專案計畫」[5]，旨在解決國內在導航定位、環境感知、決策規劃及自主控制等領域的技術短板。

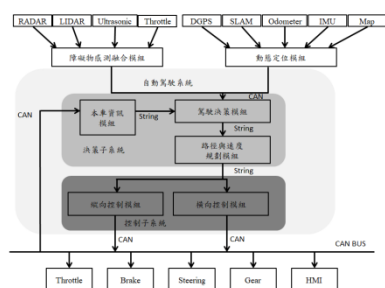
成功大學於2017年進口具線控功能的車輛並加裝感測器、定位裝置、運算裝置與通訊裝置[5]，成功開發了具備L4級自駕能力的車輛。該車輛的導航定位系統結合全球衛星導航、慣性感測技術與視覺導航，並在環境感知、決策規劃等方面取得了突破。

(3) 我國在自駕車領域的挑戰與機會：

儘管我國在自駕車領域的發展起步較晚，且面臨較少的技術誘因，但國內多個機構和學術單位正在積極合作，推動技術的創新與應用。自駕車技術具有高度的整合性，未來如果能夠成功整合現有技術，將有機會形成堅實的產業鏈與生態系。隨著更多關鍵技術的突破與市場的逐步開放，有望在全球自駕車產業中扮演重要角色。

三、自動駕駛系統架構

自動駕駛技術是一項持續進化的創新領域，依賴感知（Perception）、決策（Decision Making）、控制（Control）三大核心系統的緊密協作（如圖二）。隨著人工智慧（Artificial Intelligence, AI）的突破與機器學習技術的成熟，大幅加速自駕車發展，應用端也從高速公路邁向複雜度更高的城市道路[6]。



圖二 自動駕駛系統架構[7]

（一）感知系統

負責監測車輛周圍環境，確保決策系統獲取準確數據，進而制定最佳行駛策略。透過光達、攝影機、雷達與超音波感測器等技術的搭配，車輛能夠即時偵測交通號誌、行人、車輛與道路狀況，並利用多感測器融合技術提升環境理解能力，減少誤判風險。隨著傳感技術的不斷進步，感知系統的準確性與適應能力持續提升，使自駕車能夠在複雜環境中運行。

（二）決策系統

為自動駕駛的核心，負責根據感知數據進行分析與計算，並透過 AI 深度學習技術，不僅能感知周圍環境，還可以標記、辨識交通場景中的各種物體，例如道路標誌、其他車輛、行人，以及路況的變化，預測道路環境變化，制定安全行駛計畫，讓傳統感測器更具智慧化[8]。深度學習[9]技術能夠從大量駕駛數據中學習模式，強化學習則透過模擬環境優化駕駛策略，使車輛能夠應對各種複雜場景。動態路徑規劃與避障策略則確保車輛能夠靈活應對突發狀況，並與其他車輛或基礎設施進行協同運作，以提升交通流量與行車效率。

（三）控制系統

負責執行決策結果，確保車輛按照規劃軌跡平穩行駛。電動驅動技術的發展，

使電動車成為自動駕駛的理想選擇，具備快速反應、高精準控制與低環境影響的特性。透過即時控制系統，車輛能夠靈活調整轉向、加速與煞車，並結合智能能耗管理技術，提升續航能力與運行穩定性。

參、自動駕駛輪車對軍事領域之影響

一、軍事訓練應用

自動駕駛技術在軍事訓練領域展現出顯著潛力，可有效提升模擬演練的真實度，優化部隊的戰術與戰略訓練成效。透過無人地面載具（UGV）與無人機（UAV），部隊能在安全可控的環境中進行動態演練。例如，美軍已使用自駕戰車模擬敵方部隊行動[10]，藉此強化士兵的應變能力與作戰決策力。

此外，自駕技術可與虛擬實境（VR）與擴增實境（AR）戰術模擬系統整合，提供高度擬真的訓練場景，有助於縮短士兵對實戰環境的適應時間。自動駕駛輪車亦可應用於後勤補給訓練，模擬戰場中無人補給作業流程，提升後勤自動化效率與應變能力。若進一步結合 AI 戰術分析系統，則可即時分析訓練數據，優化指揮作為與資源配置。

進一步而言，在人機協同訓練方面，無人載具能執行偵察與火力支援等任務，協助部隊進行複合式協同作戰演練，提升部隊整體戰力整合能力，為未來無人化作戰環境預作準備[11]。

二、軍事後勤運用

自動駕駛輪車於非戰爭時期的軍事後勤運作中亦展現高度實用性，不僅有助於提升部隊日常運補效率、降低人力負擔，更能強化整體軍事基礎設施的支援能力。隨著部隊編制精簡與人力成本上升，導入

自動駕駛技術有助於優化平時後勤管理與任務執行模式。

在日常物資運補方面，自動駕駛輪車可負責營區內部與各單位間的彈藥、口糧與器材運送作業。透過自主導航與路徑規劃技術，能依任務時程精準投送，實現「即時即需」的自動化配送模式，提升物流效率並減輕人力調度負擔。對於大型軍事基地或聯合後勤區，亦可建置無人運補車隊，進行定期巡迴配送，促進後勤運作現代化。

在訓練支援方面，自駕輪車可投入野戰訓練場域中執行物資搬運與演訓器材配置，如運送靶材、補給裝備或模擬戰備設施，協助部隊進行高強度、長時間的訓練活動，進而減少人力負荷並提升整體訓練效能。

此外，於營區建設與維運方面，自動駕駛工程車輛可用於搬運建材、工具與維修設備，支援工兵單位執行道路整備、碉堡搭設或臨時設施興建，有效提升施工效率並減少重複性勞動。

在災害防救與民援任務中，自動駕駛輪車亦可用於第一線物資投送與區域巡查，尤其當道路受損或環境高風險時，無人車輛可減少人員進入危險區域的風險。例如，於水災或震災後，自駕輪車可進行道路通行狀況偵查，或投送緊急糧食與醫療物資，協助軍隊履行平時支援民間救災的職責。

總結而言，自動駕駛輪車於平時軍事後勤運用具高度潛力，不僅可節省人力與簡化作業流程，亦具備應對突發任務的能力，有助於建構現代化、機動化與彈性的後勤支援體系。

三、戰場環境運用

於實戰環境中，自動駕駛輪車的應用涵蓋情報偵察、火力支援、補給運輸與智能作戰系統等多個層面，已成為提升部隊作戰效率與戰場生存率的重要工具。

在偵察與情報蒐集任務中，自駕載具可搭載紅外線感測器、光學攝影機與雷達系統，長時間深入高風險區域進行監控。例如，美軍 MQ-9 Reaper 無人機可深入敵境執行情報蒐集任務，並結合 AI 模式分析功能，將戰場態勢即時回傳指揮中樞，協助指揮官掌握戰況並迅速做出決策。

在火力支援層面，Ripsaw M5 無人戰車等平台可透過遠端操控與自主導航執行前線佔領、防禦或火力壓制任務；無人機蜂群（Drone Swarming）技術則能進行多點同步攻擊，藉由 AI 協調行動，有效癱瘓敵軍指揮系統，提升作戰成功率。

此外，在戰場後勤與人員撤離任務中，自動駕駛卡車可執行彈藥與補給品運輸，並擔任傷患撤離工具，有效減少士兵暴露於敵軍火線的風險。這類無人後勤載具的導入，提升了部隊的機動性與持續作戰能力，也降低了戰場中的後勤脆弱性。

綜合來看，自動駕駛輪車已逐步整合進各軍種與作戰層級，其角色隨 AI 技術、感測裝置與能源續航能力之提升而更加關鍵，將成為現代化戰場中不可或缺的核心裝備之一。

四、各國自動駕駛輪車軍事運用現況

人工智慧技術能高效處理大量軍事數據，提升複雜戰場環境下的計算與決策能力，在軍事作戰系統中的作用日益重要。因此，各國將建設資訊化、智慧化的新型軍隊列為優先發展目標之一。

(一)美國

2017年，時任美陸軍參謀長兼代理陸軍部長密利（Mark A. Milley）上將提出六項優先現代化計畫，包括長程精準火力、下一代戰鬥車輛（NGCV）、未來直升機、陸軍網路、空中與飛彈防禦及士兵殺傷力[12]。其中，NGCV計畫預計於2035年前全面取代現役作戰車輛[13]，並強調自主操作與「有人—無人協同作戰」模式。機器人戰鬥車輛（RCV）是該計畫的核心發展項目，區分為輕型、中型和重型三種版本，與有人載具搭配運用，以提升機動性與戰場生存能力。

美軍在無人地面載具（UGV）領域的發展已有多年的歷史。早在2007年，美軍便曾將 SWORDS 機槍機器人投入伊拉克戰場，但由於操控問題未能實際運用。2017年，密西根州的軍事演習中，地面機器人成功發射50機槍彈，而2018年則於阿富汗戰場測試班級多目標裝備運輸機器人（SMET），由山地師部隊操作[14]，主要用於輔助運輸與作戰支援。目前，美軍廣泛使用的小型無人地面載具（SUGV）包括XM1216型[15]，其重量14.5公斤，可攜帶2.7公斤裝備，可執行偵察、警戒與爆破等任務，並具備6小時續航能力。

展望未來，美國陸軍將持續強化人工智慧與自駕技術，推動無人與有人載具的協同作戰，以提升戰場機動性、作戰效率與士兵生存能力。除了戰鬥車輛，美軍也積極研發士兵機器人技術，目前較成熟的設計包括帶有機械臂的履帶式機器人，可用於清除障礙物、移除爆炸物或執行偵察任務[16]。未來，美軍計畫讓士兵與機器人組成戰鬥小隊，透過語音指令進行協同

作戰，進一步強化戰場態勢感知與作戰效能。整體而言，美國陸軍的未來發展將以自動化作戰、無人載具與人工智慧技術為核心，確保其在未來戰場上的技術優勢。

(二)俄羅斯

俄羅斯在地面無人載具（UGV）領域的發展迅速，特別是在軍事應用方面，並透過持續的技術創新和實戰測試來提升無人載具的戰鬥效能。根據最新報告，俄羅斯無人地面載具市場預計到2030年將達到1.135億美元，顯示出對該技術的需求持續增長。2023年市場規模為8050萬美元，並預計在2024至2030年間以每年5%的增長率擴展，主要受到俄羅斯國防預算增加的推動。2023年國防預算達到約840億美元[17]，顯示政府對提升軍事能力的承諾。

俄羅斯在烏克蘭衝突中加強了無人地面載具的運用，這些載具在偵察、監視與戰術支援方面發揮了重要作用。例如，俄軍已將 Courier 無人地面載具整合至作戰行動中，該載具配備機槍，並可在複雜地形中運行，展現其在現代戰爭中的潛力。這些無人載具不僅能減少人員風險，還能在資源有限的情況下提供必要的火力支援。

俄羅斯的UGV技術發展模式從小型情監偵（ISR）載具逐步演進至大型戰鬥車，並以敘利亞戰場作為測試場域[11]。俄軍已投入多種無人載具實戰運行，包括M-平台與暗語型偵蒐戰鬥機器人，它們能深入敵方火力範圍執行偵察，並引導砲兵攻擊，提高作戰效率。此外，俄軍開發的阿凡達人形機器人可遙控操作交通工具，甚至執行射擊任務。俄羅斯的主要無人地面載具包括：

1. Uran-6：工兵機器人為六噸重的輕型履帶平台，用來排除敵方的地雷以及佈雷障礙物、發現以及處理未爆彈，它用遙控器來控制，最大控制距離可以達到一公里，車上裝有一個攝像機，將所見影像傳回給操作者[18]。
2. Uran-9：戰鬥系統由兩台戰鬥機器人、拖拉車輛和機動控制台所構成，它的總重量超過十噸，遙控距離可以達到三公里。自動槍塔搭載強大火力：一挺7.62釐米機槍合一門30厘米機砲、反裝甲飛彈以及防空飛彈。它可以自主運動通過各種障礙物，搜尋、鎖定、追蹤指定目標並開火攻擊[16]。
3. Platform-M無人戰車：配備7.62毫米機槍與四具手榴彈發射器，適應零下30°C至50°C環境。其自動瞄準系統無需人工介入，專用於偵察、巡邏、情報蒐集及目標消滅。配備光學、電子與無線偵察定位器，能隱蔽執行夜間作戰[19]。

在組織架構上，俄羅斯計畫在各軍區及艦隊內建立獨立的軍用機器人部隊，並在2025年使機器人裝備比例提升至武裝部隊總裝備的30%[20]。為強化自主決策能力並降低通訊干擾風險，俄羅斯國防部已成立無人地面載具技術科研實驗中心，負責標準化與技術發展，並統一各類軍用機器人規格。

總體而言，俄羅斯雖然在無人作戰平台領域起步較晚，但憑藉其技術積累，無人載具的發展極為迅速，展現出「後發先至」的趨勢。俄羅斯透過不斷的實戰測試

、技術研發與戰術調整，持續推動無人作戰體系的成熟，並改變未來的作戰模式與防禦策略。

(三)中國

中國近年來在地面無人載具（UGV）領域的發展取得顯著進展，涵蓋無人戰車、排雷設備、多功能無人平臺及步兵支援機器人等技術領域。儘管中國在UGV技術的投入起步較晚，但透過軍工企業的研發與軍事展覽的展示，已逐步追趕國際步伐，並持續在實戰演練中進行測試與部署。

在無人戰車方面，中國已研發多款UGV，包括直接攻擊型、輔助型和多功能型，並涵蓋大型、中型與小型平臺。這些戰車在機動性、防護性與載荷能力方面不斷提升，並逐步投入實戰演練。例如，2019年8月，解放軍陸軍第76集團軍某合成旅於崑崙山實兵演練時，已搭配UGV參與作戰，顯示該技術已開始列裝部隊。此外，2020年，共軍東部戰區透過微博宣佈已採用北方工業研發的「銳爪 I」（Sharp Claw I）UGV，該車為履帶式輕型UGV，配備光電感測器與7.62mm機槍，可執行追蹤、偵察與攻擊任務[21]。2021年1月6日，中共中央視發布「新年開訓」影片，曝光東部戰區在訓練中使用UGV與步兵部隊協同作戰的畫面。影片中的履帶式UGV裝備雙連裝35mm槍榴彈發射器及EO/IR感測系統[14]，主要用於輔助作戰，而非擔任主戰裝備。

在排雷及輔助設備領域，中國亦積極推動無人排雷技術。例如，LV 800 Pro無人地面車採用可擴展設計，能適應高達75度的陡峭地形，填補相關技術空白。此

外，在珠海航展上，中國兵器館展示多款先進地面裝備，其中 VU-T10 中型無人戰車系統尤為亮眼。VU-T10 採用模組化設計，能整合 30mm 機炮、7.62mm 機槍與反坦克導彈，具備 200 公里的續航能力，可獨立遂行或協同執行戰場偵察與火力突擊任務[22]。

此外，中國也在探索舊式戰車的無人化運用。2018 年，中共央視曾展示解放軍測試遠程遙控的 59 式主戰車 (Type 59)，並聲稱正在進行自主導航、機器感知、深度學習與遠程操控技術測試[23]。這顯示中國可能透過無人技術延續舊型作戰車輛的戰場價值，或進一步發展更大型的無人作戰平臺，以提升戰場作戰能力。

整體而言，中國的 UGV 發展已從早期的遠端操控逐步提升至具備編隊行進、戰場搜索、物資運輸、複雜環境跨越及偵察打擊等功能[24]。雖然目前中國的 UGV 仍以輔助作戰為主，尚未如俄羅斯般大規模部署重型無人戰車，但隨著技術的持續發展與實戰驗證，未來在戰場上的應用將更趨成熟，並可能成為解放軍新一代作戰模式的重要組成部分。

五、現代戰爭自動駕駛輪車運用概況

在當前的軍事行動中，智能車輛（無人地面車輛，UGV）已成為提升作戰效率的重要組成部分。以下列舉現代戰爭中智能車輛的代表性應用實例：

（一）俄烏戰爭

俄烏戰爭已經成為現代戰場無人化技術的試驗場。如今，無人駕駛飛行器（UAV）已被廣泛應用於情報、監視與偵察（ISR）、目標定位與追蹤、砲火修正、轟炸任務、作戰與後勤等方面[25]。而無

人駕駛地面車輛（UGV）則逐步擴展至戰鬥、攻擊、補給、後勤和醫療後送等關鍵領域。這些技術的發展受到烏克蘭戰場的嚴峻環境所推動，在這裡，ISR 資產（如無人機）能夠提供幾乎連續的監視，使士兵和載具的移動變得極為危險[22]。

1. 俄羅斯：

俄羅斯在戰前已有多種 UGV 研發計畫，涵蓋排雷、後勤運輸及戰鬥用途，並曾於 2016 至 2021 年間進行小規模測試。然而，這些無人載具的數量較少，且多數仍需人工遙控，影響其在戰場的實際應用。俄軍曾於 2021 年 "Zapad-2021" 戰略演習中測試 "Uran-9"（如圖三）、"Nerekhta" 和 "Platforma-M" UGV，但規模有限。2018 年，俄軍在敘利亞部署 "Uran-9"，但其戰場表現不佳。



圖三 Uran-9 無人戰鬥車輛[26]

在戰爭初期，俄羅斯主要使用 "Uran-6" 排雷車，而在 2023 年至 2024 年間，俄軍開始積極部署新型 UGV。例如 "Yozhik-R"（英語：Hedgehog-R）[22] 可執行偵察與爆炸任務，而 "SEM-350" [22] 則可用於運送物資及撤離傷員。此外，俄軍還發展出 "Kur'yer"（英語：Courier）[22] UGV，並進行有限度的戰場測試，試圖應用於前線突擊。儘管俄軍的 UGV 發展較為緩慢，但俄國政府正考慮將志願團體與國防工業的努力結合，以推動更大規模的生產與部

署。

2. 烏克蘭：

烏克蘭在無人技術的發展上迅速成長，並成立了專門的無人載具部隊。自2024年起，烏軍開始大量部署 UGV，如 "Ratel S"[27]，這款無人車可攜帶反坦克地雷，或進行自殺式爆破攻擊(如圖四)。此外，烏軍在2024年4月的一場戰役中，成功利用 UGV 進行戰術爆破。



圖 四 疑似烏克蘭的 Ratel S 型無人車在實施爆破[28]

烏克蘭還積極採購與測試國際無人車技術，例如阿拉伯聯合大公國 Milanion 集團的 "AGEMA" 無人車[29](如圖五)，該車可用於補給與醫療後送。烏軍國民近衛軍第13旅則已經在戰場上部署多種類型的 UGV，包括排雷車、神風無人機與機槍 UGV[30]，並嘗試以全機器人作戰部隊進行戰術突襲。此外，烏軍的無人機與 UGV 經常聯合作戰，以增強對俄軍的打擊能力。



圖 五 Milanion 集團旗下 AGEMA 無人車已成烏克蘭特種部隊新銳軍備[31]

烏戰爭已將無人地面載具 (UGV) 推向戰場的前線，並促使雙方不斷發展新技術，以適應這場高強度衝突。在戰術層面，UGV 已被證明可降低士兵的傷亡風險，並有效執行排雷、補給、醫療後送及戰術突擊等任務。然而，目前多數 UGV 仍以人工遙控為主，自主技術的發展仍面臨挑戰。

未來，UGV 的戰場應用將進一步擴展，並可能與 AI 技術相結合，以提高作戰效率。烏克蘭已經建立專門的無人部隊，而俄羅斯則計劃擴大 UGV 的戰場應用，並可能投入更大規模的生產。在這場戰爭的持續推動下，UGV 的技術發展與應用模式將成為未來現代戰爭的重要趨勢，影響全球軍事技術的發展方向。

(二) 美伊戰爭

無人地面載具配備感測器，可自動蒐集環境情報並透過人工或自動控制執行任務。在美伊戰爭 (2003-2011) 期間，美軍積極部署 UGV 以執行偵察、爆炸物處理、巡邏等任務，而伊拉克方面則主要依賴簡易爆炸裝置 (IED) 等非正規作戰方式，並未發展出先進的無人載具技術。

1. 美國

在美伊戰爭期間，美軍與伊拉克雙方以不同方式運用無人地面載具。美軍廣泛使用 UGV 提升作戰效率與降低人員傷亡，主要應用於爆炸物處理、偵察巡邏、武裝作戰與後勤支援。例如 PackBot(如圖六) 與 TALON(如圖七) 等小型機器人，在排除簡易爆炸裝置 (IED) 與未爆彈藥方面發揮了關鍵作用。此外，MAARS 與 R-Gator 等偵察巡邏車輛也提高了情報蒐集與戰場態勢感知能力。



圖 六 美國 PackBot 無人地面載具[32]



圖 七 美國 Talon 排雷車[33]

美軍也嘗試發展武裝無人地面載具，如 SWORDS 與 Gladiator(如圖八)，以執行火力支援與突破障礙的戰術任務。然而，由於遠端控制技術仍不夠成熟，部分武裝 UGV 未能廣泛部署。儘管如此，美軍在阿富汗戰場及伊拉克境內部署超過5000輛 UGV[34]，特別是在 IED 威脅嚴重的地區，成功降低了士兵傷亡率。這些無人載具的實戰經驗，為未來無人作戰系統的發展提供了寶貴數據。



圖 八 美國角鬥士(Gladiator)戰術無人地面載具[35]

2. 伊拉克

相較之下，伊拉克方面並未擁有先進的 UGV 技術，然而，叛亂分子與武裝組織

利用遙控 IED (RC-IED) 與車輛炸彈 (VBIED) 等方式進行非正規戰爭。他們將爆炸物安裝於遙控車輛或普通汽車上，透過無線訊號觸發，以攻擊美軍基地或巡邏隊。部分武裝組織甚至改裝廢棄車輛，裝載機槍或炸彈，進行遠端操控攻擊。

這些低技術的無人戰術使得美軍在城鎮戰與巡邏任務中面臨極大挑戰，也促使美軍加速發展應對 IED 威脅的技術，如更先進的偵測系統與反 IED 載具。戰爭期間，美軍與伊拉克武裝組織在 UGV 技術運用上展現出極端的對比，一方依靠高科技裝備提升作戰效能，另一方則利用簡單但致命的無人裝置執行非對稱攻擊。

美軍在伊拉克戰爭中廣泛運用 UGV 來降低士兵風險，提升作戰效率，而伊拉克軍方及武裝組織則利用低技術的無人車載炸彈進行非對稱戰爭(如表一)。這場戰爭顯示出無人系統在現代戰場上的重要性，同時也突顯出科技優勢與戰術創新並存的必要性。未來戰場上，隨著人工智慧與自動化技術的進步，UGV 的運用將更加普及，並對軍事戰略產生深遠影響。

表 一 美伊雙方 UGV 運用的主要差異表

美伊雙方 UGV 運用的主要差異表		
項目	美軍 (美國)	伊軍 (伊拉克)
技術水準	先進的軍用 UGV 技術	簡易遙控爆炸車
主要應用	偵察、爆炸物處理、巡邏、後勤支援、武裝作戰	非正規戰術 (IED 、 VBIED 、 自殺攻擊)
典型 UGV	TALON 、 PackBot 、 SWORDS 、 MAARS	遙控 IED 、 VBIED 、 商用遙控車載炸彈
影響	提高美軍戰場生存能力，減少人員傷亡	造成美軍與伊拉克政府軍重大傷亡
戰術效果	可遠端執行危險任務，減少士兵暴露風險	低成本、高殺傷力的非對稱戰爭工具

資料來源：本研究作者整理。

肆、自動駕駛輪車發展趨勢與前景

一、自動駕駛輪車在軍事應用優劣勢

軍用自動駕駛輪車是近年來軍事技術發展的重要成果之一，結合了人工智慧 (AI)、感測技術、機器學習與通訊技術，旨在提升軍事行動的效率與安全性。這類的應用不僅能夠降低軍事行動中人員的傷亡風險，也能優化後勤補給與戰場情報收集等關鍵任務。在未來戰爭中，無人系統與人工智慧的結合將成為各國軍事發展的重要方向。

隨著人工智慧、自動駕駛技術與無人載具 (UGV) 技術的發展，這些車輛已成為現代軍事裝備的重要組成部分。UGV 可

透過自主運行或遠端操控執行偵察監視、後勤補給、戰場救援、火力支援及爆炸物處理等任務，降低人員風險，亦能減輕戰事威脅[36]，同時提高軍事行動的效率與靈活性。然而，自動駕駛技術在軍事領域的應用仍面臨諸多挑戰，包括技術成熟度、資訊安全、戰術適應性與法律倫理等問題，須持續改進以發揮最大效能。

(一)優勢分析

1. 降低人員傷亡：

軍用自動駕駛輪車可用於高風險任務，如排雷、爆炸物處理、戰場偵察與敵區滲透，減少士兵直接暴露於危險環境的機會。例如，在戰場上，可負責探測簡易爆炸裝置 (IED) 並進行拆除，避免士兵親自進入高風險區域。除此之外，亦可於敵火威脅下執行物資投送與傷患撤離等後勤支援任務，大幅減少人員傷亡風險。這類危險區域的補給與支援，若由自動駕駛輪車執行，能保障後勤任務的持續與安全性。

2. 提升戰場監視與情報收集能力：

透過高解析度攝影機、紅外線感測器及雷達，自動駕駛輪車可確保全天候監控能力，即使在惡劣天候或夜間作戰時，也能有效蒐集情報。所回傳的即時數據不僅有助於掌握敵軍動態，也能掌握補給路線的安全性與通行性，確保後勤補給能準時、安全送達。後勤指揮單位可據此調整補給時機與路線，提高整體戰場運作效率與資源調度的精準度。

3. 增強作戰與後勤支援：

軍用自動駕駛輪車在戰術與後勤領域皆具關鍵角色。它們可作為運輸載具，負責運送彈藥、燃料、醫療物資與其他補給

品至前線，減少士兵暴露於敵火的風險。透過自主導航與避障技術，可在無需人工操作下穿越複雜地形，自動完成補給任務。此外，部分系統具備武裝能力，能在運輸任務中兼具防衛或主動攻擊功能。美軍的 SWORDS[37]與 Gladiator 系統即為代表，將武裝與後勤合而為一，提高部隊的整體生存力與持續作戰能力。

4. 減少士兵作戰疲勞與人力需求：

自動駕駛輪車可長時間執行巡邏、監視與補給運輸任務，不受人員體能與作戰疲勞限制，確保任務不中斷。藉由 AI 技術，UGV 不僅能自主決策與數據分析，也可根據作戰節奏與前線需求，自動調度補給或撤離任務，減少後勤人力投入，使有限人力能更集中於核心戰鬥任務上。此外，在長時間戰備期間，自動輪車的後勤支援可減輕士兵負重與補給壓力，提升整體戰場持久力。

5. 提高戰術靈活性與適應性：

模組化設計讓自動駕駛輪車能依任務需求快速更換為偵察型、戰鬥型或後勤運輸型，靈活應對多變的戰場環境。後勤型模組可因應城市戰、山地行軍或夜間作戰等複雜條件，搭載適當資源，如彈藥、水源、醫療用品，並自動避開危險路段，精準抵達指定位置。此外，與無人機（UAV）或其他無人系統的協同操作，讓後勤支援不再只是後方任務，而是能夠與前線作戰無縫接軌，強化整體戰術靈活性與作戰續航力。

（二）劣勢分析

1. 受限於通訊與電力：

自動駕駛輪車依賴無線通訊技術進行遠端操控，容易受到敵軍電子戰干擾，如

GPS 阻斷、電磁攻擊等，可能導致導航失準、資料中斷甚至系統失控，不僅影響前線偵察與作戰功能，也危及後勤補給任務的順利執行。另一方面，自動輪車通常依賴電池或燃料驅動，在長時間、高強度的戰場運作中，對能源供應有高度依賴，若後勤無法即時補給能源，將導致系統癱瘓，形成戰場斷點，尤其在敵對或資源匱乏環境中更為明顯。

2. 自主決策能力不足：

目前 AI 演算法尚難以完全獨立處理複雜、突發的戰場情境，例如敵軍伏擊、臨時改變的補給點、突發障礙或目標轉移等。當自動駕駛輪車執行後勤補給任務時，若遭遇臨時路線改變或前線變動，系統可能無法靈活調整補給路徑或重新規劃行程，延誤補給時機，甚至造成物資錯置。再者，在識別戰場人員與載具方面，AI 誤判敵我身分亦可能誤送補給品至錯誤位置，影響戰場運作效率與安全。

3. 無法完全取代人類士兵：

雖然自動駕駛輪車在執行固定與重複性任務方面具優勢，但在應對突變情勢與動態決策上仍不及人類。例如在後勤任務中，士兵可依戰場實況調整補給方式、分批送達、臨時改道或應急處理損毀資源，然而自動系統若未預設相關應變程式則無法自主處理。此外，在極端地形（如泥濘山路或狹窄通道）中，後勤輪車容易受限，無法順利通行或載重補給，降低其實用價值。

4. 成本高昂，維護需求大：

自動駕駛輪車不僅研發與採購成本高昂，其後勤維護也相對繁瑣。這些載具依賴高敏感度感測器、導航設備與通訊模

組，一旦損壞需專業維修人員與專屬零件，在前線或資源有限地區難以快速維修或更換，導致後勤補給中斷。此外，若需部署大量車輛以支援多條戰線的補給需求，其後勤補給系統本身亦需升級（如更多能源補給站、維修站與零件儲備），造成整體作戰成本負擔顯著上升。

5. 易被敵軍利用與反制：

敵軍可能針對自動駕駛輪車的弱點進行反制，例如以電子干擾癱瘓其系統、駭入資料鏈奪取補給車控制權，甚至竄改導航數據導致物資誤送敵區。此外，低技術戰術如設置陷阱、爆破補給路線或刻意設置障礙，也足以使後勤車輛受阻，物資無法準時送達部隊，進而造成作戰斷糧、醫療中斷等風險。特別是在遊擊戰或非正規戰爭環境中，敵軍往往利用地形優勢對後勤線發動襲擊，使自動駕駛後勤系統更容易成為目標。

隨著科技的進步，無人車在未來的軍事應用將更趨智慧化與多樣化[38]。自動駕駛輪車（UGV）將持續優化，並與無人機（UAV）及無人艦艇（USV）整合，形成多維度無人作戰體系，推動軍隊數位化與自動化作戰的發展，進一步改變未來戰爭的方式與形態。

二、應對自動駕駛輪車威脅的策略與對策

自動駕駛輪車雖具備高度戰場價值與未來潛力，但其在實戰應用中所面臨的劣勢亦不容忽視。為發揮其最大軍事效益並避免潛在風險影響整體作戰效能，必須針對各項缺陷制定具體可行之對策。以下分別就通訊電力依賴、自主決策不足、取代人類限制、高維護成本及敵軍反制等五大面向，提出具策略性的應對措施：

（一）強化戰場通訊穩定與能源續航機制

針對 UGV 在高強度作戰環境中易受通訊干擾與能源限制的問題，應建立具備抗干擾能力之戰術級無線通訊網絡，如採用跳頻通訊、多頻通訊路徑或衛星中繼技術，降低敵軍電子戰破壞風險。同時，推動混合動力設計與模組化能源補給系統，如快速更換電池模組、設置戰地充電站等，以維持車輛續航力並確保任務不中斷。

（二）提升 AI 自主判斷與任務容錯能力

為克服 AI 系統對突發事件反應不及的缺陷，可導入強化學習技術，透過大量模擬戰場數據訓練其臨機應變能力。此外，應建立多選項任務資料庫與容錯決策機制，當原訂計畫無法執行時，UGV 可自動轉換為次佳方案，進行備援任務或自主返航，避免延誤補給或錯誤操作風險。路線與重要後勤節點，維持整體戰場作業穩定。

（三）建立人機協同作戰體系

由於自動駕駛系統仍難完全取代人員在臨場判斷與即時應變的角色，因此宜推動人機混合編組運作方式，使 UGV 在重複性與高風險任務中發揮優勢，而人員則專注於戰術判斷與指揮協調。並可藉由操作訓練與制度設計，讓士兵能靈活管理多輛無人車，實現「一人多機」之高效率作戰單元。

（四）推動標準化模組與前線快速維修鏈

面對 UGV 高精密結構所帶來的維護挑戰，應採用標準化平台設計，使各部件如感測器、動力模組與通訊裝置均能快速替換。前線則需設置可機動部署的維修單元與模組化備品儲區，建構「就地快修、快

速復原」機制，確保戰場支援不中斷，同時降低因維修延宕導致的作戰漏洞。

(五)強化資訊安全與敵軍反制對抗能力

UGV 系統的通訊鏈與導航資料若遭敵軍攻擊，後果將極為嚴重。因此，必須建構端對端資料加密系統與 AI 監控反制模組，阻止駭客滲透與系統操控。同時，建議於車輛內部設計自毀程序，當系統被非法存取或遺失於敵區時，能自動銷毀核心資料與晶片，避免軍事機密外洩或被逆向工程。

三、發展趨勢與前景

隨著人工智慧 (AI)、感測技術、自主導航系統的進步，地面載具自動駕駛技術在軍事領域的應用日益廣泛。各國軍方積極推動無人載具發展，以提升戰場機動性、作戰效率，並降低人員風險與後勤負擔，未來戰場的補給模式與戰術行動將更高度自動化與整合。

(一)趨勢

1. 無人戰車與裝甲載具發展加速：

全球主要軍事強國持續推動無人戰車與裝甲載具發展，利用自動駕駛與遠端操控技術，提升戰場打擊能力與生存率。無人戰車除擔任前線偵察、火力支援與突襲角色外，也可能負責高風險區域內的物資護送任務，協助後勤補給突破敵方火力封鎖。未來的戰場將出現作戰與後勤功能結合的重裝型無人載具，強化任務靈活性與後勤安全保障。

2. 無人後勤與自動駕駛運輸車：

自動駕駛技術廣泛應用於軍事後勤運輸，以提升補給效率並降低人員傷亡。無人運輸車可在高風險區域執行補給與物資回收任務，降低人員進入戰區的次數。美

軍、歐洲多國及中國正發展無人補給車、無人貨運機隊，未來戰場的補給將由 AI 系統主導規劃路線與任務排程，使補給作業具備更高精準度、穩定性與隱蔽性。

3. 偵察與巡邏無人車增強自主能力：

地面偵察與巡邏無人車的發展提升了部隊的戰場情報收集能力，透過 AI 影像辨識、紅外線監測與自動導航技術，無人車可在敵軍陣地周邊執行長時間監視，並即時回傳情報，提高指揮決策準確性。這類載具可獨立運作，也能與其他作戰單位協同作戰，強化部隊戰場態勢感知。

4. AI 戰場決策與跨域整合：

無人地面載具的進化促使戰場決策系統進入智慧化階段，AI 可整合空中、海上與地面無人系統進行數據共享，推動「多域作戰」實現。對後勤而言，這意味著補給系統可根據即時戰場資訊自動調整配送方案，例如因應敵軍封鎖而改變補給路線、選擇不同運輸方式（地面或空投），提升應變與續航能力。跨域整合也有助於補給資源的合理配置與減少重複調度。

(二)技術瓶頸與挑戰

1. 地形適應與環境感知受限：

複雜地形如城市巷戰區、山地或極端氣候仍對自動駕駛系統構成挑戰，影響其導航與定位準確性。這不僅限於作戰用途，後勤補給車輛在運輸時也可能因道路狀況或感測誤判而延誤補給、錯誤投放或迷航，導致前線物資短缺。未來無人補給車須整合多重感測模組與即時路線判讀功能，強化環境適應性。

2. 人工智慧自主決策的倫理與風險：

若後勤型無人車具備自主避障與任務

執行能力，未來也可能涉及「是否投送特定物資」等決策問題，這引發在非軍事區域、民用空間內補給行動的合法性與道德界線問題。如何在確保效率的同時尊重戰場規範與國際人道法，將是後勤 AI 發展的另一倫理課題。

3. 網路安全與電子戰風險：

無人補給系統同樣面臨通訊中斷與資訊被竊風險，若敵方癱瘓我方後勤載具的資料鏈，可能導致補給路線暴露、物資被奪或車輛被敵軍接管。這不僅損失戰力，也可能造成錯誤的資源配置與戰場混亂。因此，後勤無人系統需具備抗干擾、加密通訊與失聯自動返回等安全設計。

4. 動力與續航力問題：

補給型無人載具長距離、高載重運行對能源續航提出高度要求，若缺乏有效的補充機制或燃料基礎設施，將限制其行動半徑與任務頻率。後勤系統未來可能須配合建置「戰術充電站」或「無人加油平台」等模組，以維持無人補給系統的長期作業能力。

5. 部隊適應與戰術整合挑戰：

部隊需調整傳統補給模式與人力配置，將 AI 無人補給車納入作戰計畫與後勤鏈中，並建立新型的物流作業程序，完成人機一體化協作[39]。若未妥善整合，可能出現補給資源無法即時接收或操作不當導致延誤。推動部隊訓練以熟悉後勤無人化運作流程，是確保實際應用效益的關鍵。

(三) 前景

1. 人機協同作戰 (MUM-T) 成為主流：

未來戰場將廣泛採用人機協同作戰 (MUM-T) 模式，有助於確保機器學習的

準確性、操作靈活性和連續性[40]，也能在複雜戰場中提高機器與人員間的協同效率。後勤方面，AI 無人車可與作戰部隊協同作業，實現高效的物資運送與戰術調整。未來將進一步推動人機協作系統，增強補給無人車的智能判斷與即時反應能力，實現補給任務的自動化與動態調整。

2. AI 自主決策能力提升：

隨著 AI 技術的進步，後勤車輛將能在複雜與動態環境中進行更為精準的決策。例如，無人補給車將根據即時的戰場情況，自主選擇最安全與隱蔽的運送路徑，並根據前線消耗情況調整物資投送順序。這將大大提升後勤運作的靈活性和反應速度，使其更好地適應高強度的作戰需求。

3. 無人後勤系統規模化：

未來將建構一個高度自動化的無人補給系統，包含自動駕駛運輸車、無人補給機、智能倉儲系統及後方物流管理 AI，形成全鏈式無人補給模式。這將能大幅降低補給人員的風險，並提高後勤支援的效率與作戰穩定性。無人後勤系統將成為未來軍事力量的核心基礎設施，對現代軍隊作戰模式帶來深遠影響。

4. 自動駕駛戰車成為未來戰場核心裝備：

未來的自動駕駛戰車將不僅限於攻擊任務，還將在戰場上擔任重要的後勤支援角色。這些車輛可在火線後方提供火藥、砲彈、能源等資源支援，迅速彌補戰場資源消耗，並在高風險區域執行重型補給護送任務。自動駕駛戰車將大幅提升部隊的戰場生存率與持續作戰能力，並在戰術上提供更大的靈活性。

5. 小型戰術無人車普及：

隨著技術的發展，小型 AI 無人車將在戰場上發揮「點對點」快速投送功能，特別適合於城市戰、建築物內或山地等複雜地形的戰場環境。這些微型後勤車輛將能提供彈性、迅速的補給方案，並能在不易進入的區域執行任務，提升部隊在特殊戰場環境中的持久作戰能力。小型戰術無人車的普及將使得後勤支援更為靈活與高效，並進一步增強作戰部隊的自給自足能力。

伍、結論

自動駕駛輪車在軍事領域的應用，尤其是無人地面載具（UGV），在提升戰場機動性、加強情報蒐集、降低人員風險及優化後勤運作方面，顯示出顯著的潛力。這些無人載具在未來的無人化作戰體系中將扮演關鍵角色，並有望大幅提升作戰效率與安全性。人工智慧武器系統的發展是一個不可避免的、值得關注的過程，它將徹底改變未來的武裝衝突[41]，特別是在無人載具的應用上。

隨著人工智慧與自動駕駛技術的發展，軍事行動將逐步邁向智能化與自動化，尤其在後勤支援與作戰模式上，無人載具將發揮越來越重要的作用。雖然技術成熟度、通訊安全、自主決策能力及能源續航等挑戰仍待解決，但這些問題的突破將進一步推動無人載具在戰場上的應用。

本研究結果為我國國防科技規劃與智慧後勤建設提供了前瞻性參考，特別是在提升後勤效率與戰術靈活性方面，無人載具的應用可對作戰模式

和資源調度產生深遠影響。

然而，本研究也面臨一些限制，包括資料收集範圍和部分技術尚未成熟。未來可深入探討無人載具在不同戰場環境下的應用，並著重於 AI 演算法優化、抗電子戰能力和跨域整合等方面。此外，隨著技術的進步，應對無人載具協同作戰模式的研究將成為未來的重要課題。

參考資料：

- [1]經濟部，〈無人載具科技創新實驗條例〉，《經濟部主管法規查詢系統》，第1章第3條。
〈<https://law.moea.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000727>〉
- [2]李綱，〈國際車輛自動駕駛技術發展〉，《土木水利》，46(2)，pp.12，2019。
- [3]張克銘，〈看懂自動駕駛5等級，解放雙手要到這一階段〉。
〈<https://esg.ettoday.net/news/2185994>〉
- [4]陳鈺紋、林雅潔，〈全球自駕車發展現況與未來趨勢〉，《ARTC》。
〈<https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/13760>〉
- [5]莊智清，〈臺灣學術界之自駕車發展與國際合作〉，《臺灣發展自駕車之挑戰與影響- 產業發展之挑戰》，pp.1-44，2018。
- [6]陳鈺紋，〈國際車廠於自動駕駛技術布局概況〉，《ARTC》。
〈<https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/13760>〉
- [7]翁國樑、李玉忠、柯明寬、徐錦衍，〈自駕車發展趨勢與關鍵技術〉，《工程》，第04期92卷，pp.28，2019。
- [8]陳鈺紋，〈從感知到控制，AI領航自動駕駛系統革新〉，《ARTC》。
〈<https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/13760>〉
- [9]V Lindholm，〈Unmanned Ground Vehicles in Urban Military Operations—A case study exploring what the potential end users want〉，《Linköping University | Department of Computer and Information Science Master's thesis》，Computer Science 22，pp.9，2022。
- [10]李思平，〈戰爭機器手技術演進：自行了解計畫目標，只詢問人是否要接戰…〉，《尖端科技軍事雜誌社》。
〈<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=969>〉
- [11]Dr.Jean-Marc Rickli，〈Human-Machine Teaming in Artificial Intelligence-Driven Air Power: Future Challenges and Opportunities for the Air Force〉，《The Air Power Journal》。
〈<https://theairpowerjournal.com/human-machine-teaming-in-artificial-intelligence-driven-air-power-future-challenges-and-opportunities-for-the-air-force/>〉
- [12]劉宗翰，〈評析美國陸軍現代化戰略〉，《陸軍砲兵季刊》，194，pp.84，2021。
- [13]許智翔，〈美國陸軍協會2019年會新式無人載具觀察〉，《國防安全雙週報》，70，pp.38，2019。
- [14]歐錫富，〈美俄地面無人載具發展現況〉，《國防安全雙週報》，61，pp.13-14，2019。
- [15]Projects，〈XM1216 Small Unmanned Ground Vehicle (SUGV)〉，《Army Technology》。
〈<https://www.army-technology.com/projects/xm1216-small-unmanned-ground-vehicle-sugv/?cf-view>〉
- [16]陳懷瑾，〈陸軍的新戰爭概念 美軍現

- 代化新戰略揭祕（下）》，《大紀元》。
〈 <https://www.epochtimes.com/b5/19/12/5/n11703671.htm> 〉
- [17] 〈 Russia Unmanned Ground Vehicle Market is Expected to Reach USD113.5 Million by 2023 〉，《 NMSC 》
〈 <https://www.nextmsc.com/news/russia-unmanned-ground-vehicle-market> 〉
- [18] 朱子建，〈 俄羅斯軍用機器人發展現況與趨勢 〉，《 科技產業資訊室 》。
〈 <https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=12933> 〉
- [19] 〈 2022 年最強軍事機器人大揭密！臺灣戰機必備 | ROBOTICS 〉，《 Toolify 》
〈 <https://www.toolify.ai/tw/ai-news-tw/2022%E5%B9%B4%E6%9C%80%E5%BC%B7%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E5%A4%A7%E6%8F%AD%E5%AF%86%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%88%B0%E6%A9%9F%E5%BF%85%E5%82%99-robotics-2463033> 〉。
- [20] 邱俊璋，〈 輔助戰鬥利器—無人地面載具發展現況之研究 〉，《 步兵季刊 》，267，pp.13，2018。
- [21] 舒孝煌、許智翔，〈 共軍無人載具發展 〉，《 2021 國防科技趨勢評估報告—中共新世代軍事科技評估 》，pp.124，2021。
- [22] 林宸誼，〈 無人機、無人車統統都有！大陸發布8款最新地面裝備 〉，《 經濟日報 》。
〈 https://money.udn.com/money/story/5603/8357564?utm_source=chatgpt.com 〉
- [23] 舒孝煌、許智翔，〈 共軍無人載具發展 〉，《 2021 國防科技趨勢評估報告—中共新世代軍事科技評估 》，pp.125，2021。
- [24] 林昭安，〈 從近年中共軍事演訓中探究其無人載具之運用 〉，《 化生放核防護半年刊 》，117，pp.18，2021。
- [25] Samuel Bendett, 〈 Russian UGV developments influenced by Ukraine War 〉，《 ESD 》。
〈 <https://euro-sd.com/2024/06/articles/38818/russian-ugv-developments-influenced-by-ukraine-war/> 〉
- [26] 〈 俄媒：「天王星-9」戰鬥機器人將首次亮相大型軍演 〉，《 俄羅斯衛星通信社 》。
〈 <https://big5.sputniknews.cn/20210903/1034397298.html> 〉
- [27] 淵亭國防，〈 俄烏衝突中的無人車：下一階段的新熱點？ 〉，《 騰訊網 》
〈 https://news.qq.com/rain/a/20241224A05WVB00?suid=&media_id= 〉
- [28] 〈 俄烏衝突中的無人車：下一階段的新熱點？ 〉，《 騰訊網 》。
〈 https://news.qq.com/rain/a/20241224A05WVB00?suid=&media_id= 〉
- [29] 涂鉅旻，〈 救護、運補一把罩！烏特種部隊獲阿聯 AGEMA 無人車助拳 〉，《 自由時報 》，
〈 <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4547951> 〉
- [30] James Halpin, 〈 BOTS GO TO BATTLE Dramatic footage emerges of world's first all-ROBOT battle force 〉

- assaulting Russian positions on Ukraine frontline 〉，〈《THE SUN》〉
 〈https://www.thesun.co.uk/news/32473755/ukraine-russia-robot-fight-video/?utm_source=chatgpt.com〉
- [31] 〈PackBot 525〉，〈《FARRWEST》〉。
 〈<https://farrwest.com/product/packbot-525/>〉
- [32] 〈救護、運補一把罩！烏特種部隊獲阿聯 AGEMA 無人車助拳〉，〈《自由時報》〉。
 〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4547951>〉
- [33] 〈軍事機器人：降低未來戰爭中的人類參與？〉，〈《世界論壇網》〉。
 〈<https://www.wforum.com/news/weapons/2024/06/19/447207.html>〉
- [34] 邱俊璋，〈輔助戰鬥利器—無人地面載具發展現況之研究〉，〈《步兵季刊》〉，267，pp.7，2018。
- [35] 〈美國「角鬥士」無人車〉，〈《個人圖書館》〉。
 〈http://www.360doc.com/content/25/0130/19/79697889_1145598235.shtml〉
- [36] 陳飛帆，〈人工智慧於軍事應用與展望〉，〈《陸軍後勤季刊》〉，pp.6，2020。
- [37] 光明網，〈各國正爭相研發軍用機器人〉，〈《壹讀》〉，
 〈<https://read01.com/N7Mxx0.html>〉
- [38] 〈軍用無人車未來發展趨勢〉，〈《黨建頭》〉，
 〈<https://www.djttw.com/m/view.php?id=978038>〉
- [39] 郭文彬，〈無人地面載具發展推進陸戰轉型〉，〈《青年日報》〉，
 〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1665175>〉
- [40] 〈What is Manned-Unmanned Teaming?〉，〈《BAE SYSTEMS》〉
 〈<https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-is-manned-unmanned-teaming>〉
- [41] Janar Pekarev，〈Attitudes of military personnel towards unmanned ground vehicles (UGV): a study of in-depth interview〉，〈《Springer Nature Link》〉，Volume 3, article number 24. pp.13. 2023.

Autonomous Vehicles in the Military Field: A Study on Autonomous Ground Vehicles (AGVs) with Emphasis on Self-Driving Wheeled Vehicles

Jun-Nan Pan

National Defense University, Army Command and Staff College

Abstract

With the rapid development of Artificial Intelligence (AI) and autonomous driving technologies, Unmanned Ground Vehicles (UGVs) have become crucial tools in military operations and logistical support. This paper primarily explores the application of autonomous driving vehicles, particularly self-driving cars, in modern military fields, including their potential and challenges in defense operations, military logistics, and battlefield environments. The study points out that autonomous driving vehicles can enhance battlefield mobility, strengthen intelligence gathering, reduce personnel risks, and optimize logistics operations, with significant advantages in the rapidly changing warfare environment due to their unmanned capabilities.

Through literature analysis, this paper reviews the technological development, application cases, and strategies of UGVs globally, focusing on the experiences of countries such as the United States, Russia, and China in UGV combat operations. In particular, the case studies of the Russia-Ukraine conflict and the US-Iraq war highlight the critical role of autonomous driving vehicles in reconnaissance, fire support, logistics supply, and battlefield rescue tasks.

However, challenges such as technological maturity, communication security, autonomous decision-making capabilities, and energy endurance remain significant hurdles. The paper concludes by emphasizing that with the advancement of AI and automation technologies, autonomous driving vehicles will become an essential support tool in future military operations, bringing profound impacts on operational modes and logistics. Future development should focus on optimizing AI algorithms, enhancing anti-electronic warfare capabilities, and cross-domain integration to improve their stability and effectiveness on the modern battlefield.

Key words : Artificial Intelligence (AI), Unmanned Ground Vehicles (UGVs), Self-Driving Wheeled Vehicles, Electronic Warfare, Human-Machine Collaborative Combat, Battlefield Automation.