

傳染病患者運輸隔離裝置 部署應用之研析

作者/劉明威

審者/周雨青、蘇遂龍

提要

- 一、世界衛生組織自2009年來，共計宣告7次「國際關注公共衛生緊急事件」。尤其近5年間即肇生5起事件，顯示全球流行傳染病正逐漸增加，對國際衛生安全造成無可避免的傷害與衝擊。
- 二、孫子兵法有云：「無恃其不來，恃吾有以待之」。政府相關部門平時即依傳染病防治法等法規執行監測、整備與緊急應變，俟疫情來襲時能降低衝擊並保持順利運作。然因應本次重創全球之嚴重特殊傳染性肺炎（Coronavirus Disease 2019, COVID-19）疫情，為保全醫療體系應變量能，必須及時調節與疏轉患者，或接運國外民眾返國接受治療，此時運輸隔離裝置即扮演重要角色。
- 三、本研究藉由蒐集國內、外文獻資料，綜整美國、新加坡、日本、中國及我國研製相關運輸隔離裝置，並分析歸納各國於疫情期間，如何透過有效部署應用運輸隔離裝置，即時載運確診病患接受治療，並確保運送途中，包括緊急救護人員、旅運人員之健康與安全。

關鍵詞：傳染病、運輸隔離裝置、生物遏制

圖片來源：shutterstock

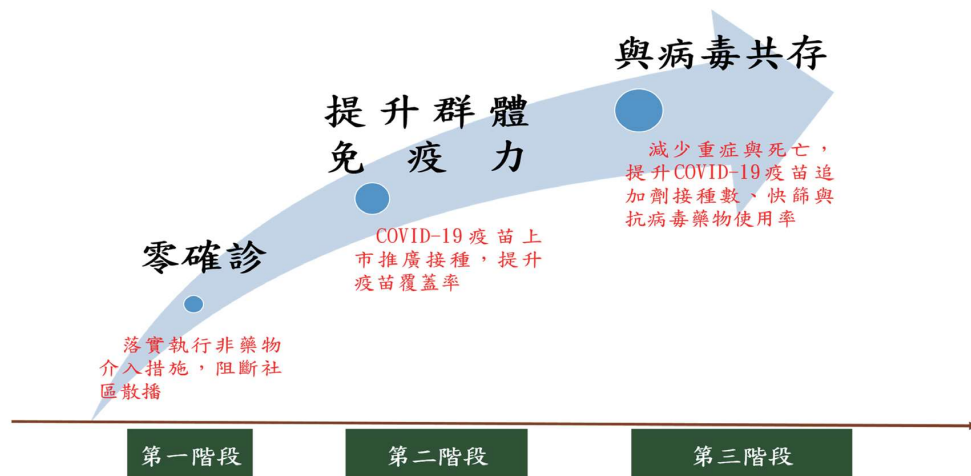


壹、前言

全球飽受嚴重特殊傳染性肺炎（以下稱COVID-19）疫情肆虐已逾3年，縱觀世界各國應處此一新興傳染病防疫作為可區分三個階段。第一階段首重阻斷社區散播，目標「零確診（Zero COVID）」。¹落實執行非藥物介入措施（Non-Pharmaceutical interventions, NPIs），包括個人衛生、邊境檢疫、疫調匡列及居家隔離等作為；第二階段係自2020年11月COVID-19疫苗問市後，即著

重於提升疫苗覆蓋率，以增加群體免疫力，持續阻斷病毒社區散播；第三階段則是在病毒變異株Omicron出現後，提升追加劑接種數、快篩與抗病毒藥物使用率等，以減少重症與死亡，朝向與病毒共存之目標（如圖一）。

我國衛生福利部（以下稱衛福部）於2020年1月15日公告，將嚴重特殊傳染性肺炎列為第五類法定傳染病，¹醫療體系依「傳染病防治法」相關指引與規範，強化渠等疾病之監測與防治。²因此，居家檢疫及居家隔離者於檢疫或隔離期間，



圖一 國際應處COVID-19三階段防疫作為

資料來源：本研究繪製

- 1 衛生福利部疾病管制署，〈疾管署公告「嚴重特殊傳染性肺炎」為第五類法定傳染病，敬請醫師配合加強通報（疾病管制署致醫界通函第393號）〉，衛生福利部疾病管制署，〈https://www.cdc.gov.tw/Category/ListContent/hNiSMcEgeNrN4_sDaRIOlw?uaid=-dA6LB5jWm-mm0e85vIQ9Q〉（檢索日期：民國112年10月30日）。
- 2 傳染病防治法（行政院），民國112年6月28日，頁1。

如遇緊急就醫需求，除佩戴醫用口罩外，亦應依規定撥打1922防疫專線或主動聯繫當地衛生局；如有生命危險，則由地方衛生主管機關派遣救護車，顯見伴隨疫情變化，救護輸具扮演調節與疏轉患者之重要角色，用以確保應變量能與韌性，進而提升整體防疫安全。

回顧疫情伊始，世界各國為安全、妥適運送海外確診個案返國醫治，無不統合國力投入資源與時間競賽。援引2020年2月停泊在日本橫濱港的鑽石公主號郵輪爆發COVID-19群聚案，美國、加拿大、澳洲等國政府先後與日本政府協商派機撤離國民。其中美國國務院承租兩架卡利塔航空(Kalitta AIR Group) 747-400ERF型貨機，飛往日本欲撤離328名美國公民時，³ 傳出當中有14人確診，使同行乘客和美方工作人員的感染風險大增。惟因兩架撤僑專機均部署「貨櫃化生物遏制系統」(Containerized Bio-Containment Systems, CBCS)，用以隔離收治14名確診個案，⁴ 方能有效隔離

其餘撤離僑民並降低機組員染疫風險。

由上述可知，部署使用運輸隔離裝置，進而確保旅運作業人員之安全與健康，係值得探究之議題。本研究目的即在於瞭解運輸隔離裝置於整體防疫應用之功效，俾供後續面臨突發新興傳染病應處之參據。

貳、本文

為探究各國在疫情期間，如何部署應用運輸隔離裝置，以即時載運確診病患接受治療，並確保運送途中，包括緊急救護人員、旅運人員健康與安全之措施，本研究透過蒐整相關文獻與資訊，分析世界各國研製運輸隔離裝置、功能及相關參數，以瞭解部署應用運輸隔離裝置於世界各國整體防疫措施之功效。

一、美國運輸負壓隔離裝置沿革

近數十年來，人類遭逢新興傳染病爆發及潛藏生化戰劑攻擊等威脅，具高度傳染力風險患者之空中醫療後送需求

3 Dr. Robert Kadlec, Dr. William Walters, Carl Risch(Feb 17,2020), 〈On the Repatriation of U.S. Citizens from the Princess Diamond Cruise Ship〉, 《U.S. Department of Defense》, 〈<https://2017-2021.state.gov/on-the-repatriation-of-u-s-citizens-from-the-princess-diamond-cruise-ship/>〉 (檢索日期:民國111年9月21日)。

4 Governor's Office of Economic Opportunity(Feb 25,2020), 〈Utah Company Helps Address Coronavirus Outbreak〉, 《UTAH》, 〈<https://business.utah.gov/articles/utah-company-helps-address-coronavirus-outbreak/>〉 (檢索日期:民國111年10月14日)。

應運而生，遂逐步研改運輸負壓隔離裝置，俾符空中醫療後送提供傷病患照護及維護機組、醫護人員健康安全所需。⁵

美軍考量全球部署任務部隊之型態，以越戰經驗為鑑，因派駐官兵於熱帶區域可能暴露熱帶傳染病或敵軍使用生物戰劑之風險，故以1975年研製的「空運隔離裝置」(Air Transportable Isolator, ATI)。供當時美國陸軍傳染病醫學研究機構(U.S. Army Medical Research Institute of Infectious Disease, USAMRIID)所轄空中醫療隔離隊(Aeromedical Isolation Team, AIT)使用，惟僅能將具有高度傳染風險之患者置於單人隔離艙內，且無法於運送沿途提供醫療照護(如圖二)。⁶

後於2005年歷經「嚴重急性呼吸道症候群」(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS)疫情，美國疾病

管制與預防中心(Centers for Disease Control and Prevention)要求研改「航空醫療生物遏制系統」(Aeromedical Biological Containment System, ABCS)，整體構型為金屬支撐架構使塑膠內襯形成氣密隔離艙，使其具有前室可供醫療人員穿、脫個人防護裝備(Personal protective equipment, PPE)，並可於運送沿途直接提供病患醫療照護，該系統於2014至2015年間，執行運送感染伊波拉病毒患者任務共計38次



圖二 空運隔離裝置

資料來源：《Emerging Infectious Diseases》

5 Brian T. Garibaldi, et al. Aeromedical Evacuation (Feb 27, 2019), pp. 317–335。

6 George W. Christopher and Edward M. Eitzen, Jr. (1999), “Air Evacuation under High-Level Biosafety Containment: The Aeromedical Isolation Team.”, *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 5, No. 2, p. 242。

(如圖三)。⁷

後鑑於執行前述任務之效能與安全性明顯不足，且傳染病可能出現爆發式或大規模流行，故有必要提升前述兩項僅能運輸單人式隔離裝置之效率。為此，美國國務院與民間公司MRIGlobal合作，研發具備完整生物遏制與隔離能力的運輸醫療裝置「貨櫃化生物遏制系統」，僅費時191天，便完成電腦模式模擬、測試與驗證，並達到美國國防部的飛行安全標準，以確保結構足以抵抗碰撞荷載（即使飛機墜毀也不會洩漏）和快速失壓等

極限環境，並於2016年正式問世。

「貨櫃化生物遏制系統」外觀與普通貨櫃並無二致，係全球首款硬殼集裝箱44呎標準尺寸，符合航運物流之集裝箱標準，不僅可裝載於主流貨機，也可運用於其它貨櫃運輸工具。其分由病房（熱區，hot zone，可容納4名病患和4名醫護人員）、前室（暖區，warm zone，供醫護人員穿、脫個人防護裝備與進行消毒使用），以及休息室（冷區，cold zone，可供兩名醫護人員使用）等三間各自獨立的房間組成，並以生物遏制密封門區

隔，另配有監控與內部通話設備及艙間氣壓監測與警示系統。其排廢、供氣系統通過高效空氣微粒過濾（High-Efficiency Particulate Air, HEPA）標準，可有效過濾粒徑 ≥ 0.3 微米的空氣微粒且過濾效果達99.7%以上，並可提供長達16小時之醫用氧氣，滿足空中醫療後送沿途照護病患所



圖三 航空醫療生物遏制系統

資料來源：Popular Mechanics

7 Jacqueline Detwiler-George (Feb 18, 2020),〈The Airplanes That Rescue Ebola Patients〉,《Popular Mechanics》,〈<https://www.popularmechanics.com/flight/a28246718/the-airplanes-that-rescue-ebola-patients/>〉（檢索日期：民國111年10月10日）。

需。此外，艙間負壓環境採用密封環氧樹脂塗層，符合典型除污要求規範，另內建汽化式過氧化氫（Vaporized Hydrogen Peroxide, VHP）消毒系統，俾於使用後進行消毒，藉以提高使用效率（如圖四）。⁸

而為妥善存管及維護該系統，美國國防部與私人航空公司 Phoenix Air簽訂長期合約，由該公司負責安排人員每年進行多次測試演習，當發生重大或新興傳染病事件，可於數小時內將該系統送至離總部最近的國際機場，再透過其它承包商的飛機投放至任務目的地。

隨後美國空軍亦與民間企業合作，共同研發、改良模組化之「運輸隔離系

統」（Transportation Isolation System, TIS），其構型為金屬外支撐架構披覆塑膠內襯，便於模組化擴充（如圖五）。⁹ 復為滿足運量需求，於2020年6月完成



圖五 模組化之運輸隔離醫療裝置

資料來源：Joint Base Charleston



圖四 貨櫃化生物遏制系統CBCS模型示意圖

資料來源：MRIGlobal

- 8 〈Containerized Biocontainment System(CBCS) – Flyable Biocontainment System〉, 《MRIGlobal》, 〈<https://www.mriglobal.org/first-of-its-kind-flyable-medical-transport-unit-cbcs/>〉 (檢索日期：民國111年10月10日)。
- 9 Megan Munoz (Aug 19, 2016), 〈Air Mobility Airmen practice Ebola safety through Exercise Mobility Solace〉, 《Joint Base Charleston》, 〈<https://www.jbcharleston.jb.mil/News/Article/920760/air-mobility-airmen-practice-ebola-safety-through-exercise-mobility-solace/>〉 (檢索日期：民國111年10月14日)。

「高運量負壓式隔離貨櫃」(Negatively Pressurized Conex, NPC)之研改與測試,¹⁰將運載量提升至30名傳染性疾病患者,包括8名躺臥擔架及22名可自行坐立行走者(如圖六)。¹¹該裝置首次部署戰術任務,係為後送美軍中央司令部(U.S. Central Command, USCENTCOM)責任區內,12名確診COVID-19病患至美

軍駐德國萊姆斯坦空軍基地(Ramstein Air Base, Germany)接受治療。該裝置於COVID-19疫情期間,為美國空軍機動司令部(Air Mobility Command, AMC)執行後送任務共計44次。

近年來美國國務院與國防部等相關主管單位,透過執行相關情境模擬演練任務,蒐整應變程序所需之時空因素等

重要參數,累積應變處置之經驗,以因應未來病患安全運送及提供沿途必要照護之需求,滿足執行運送任務之即時性、機動性與應變彈性。以下為前述各式負壓運輸隔離裝置規格、性能、酬載量等構面比較(如表一)。



圖六 高運量負壓式隔離貨櫃

資料來源:U.S. Department of Defense

- 10 Air Mobility Command,〈Negatively Pressurized Conex (NPC) and NPC Lite (NPCL)〉,《Air Mobility Command》,〈<https://www.amc.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/2531813/negatively-pressurized-conex-npc-and-npc-lite-npcl/>〉(檢索日期:民國111年9月16日)。
- 11 C. Todd Lopez (July 7, 2020),〈Urgent Acquisition Effort Provides Safe COVID-19 Patient Transport in 95 Days〉,《U.S. Department of Defense》,〈<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/2266227/urgent-acquisition-effort-provides-safe-covid-19-patient-transport-in-95-days/>〉(檢索日期:民國111年10月10日)。

表一 負壓運輸隔離裝置比較

負壓運輸隔離裝置比較					
名稱 區分	空運隔離裝置	航空醫療生物 遏制系統	貨櫃化生物 遏制系統	運輸隔離系統	高運量負壓式 隔離貨櫃
規格	透明聚氯乙烯隔層及可攜式框架組。	金屬支撐架構使塑膠內襯成氣密隔離艙。	44英尺貨櫃空間區分：前室、病房及休息室。	模組化金屬外支撐架構披覆塑膠內襯。	40英尺貨櫃空間區分：前室及病房。
前室供醫護人員穿脫防護裝	無	有	有	有	有
裝載病患數	1	1	4	8	30
艙內壓	維持負壓	維持負壓	維持負壓	維持負壓	維持負壓
過濾	HEPA過濾	HEPA過濾	HEPA過濾	HEPA過濾	6道HEPA過濾
病患照護	僅執行有限度的照護。	可對病患施以醫療照護。	可對病患施以醫療照護。	可對病患施以醫療照護。	可對病患施以醫療照護。

資料來源：本研究整理

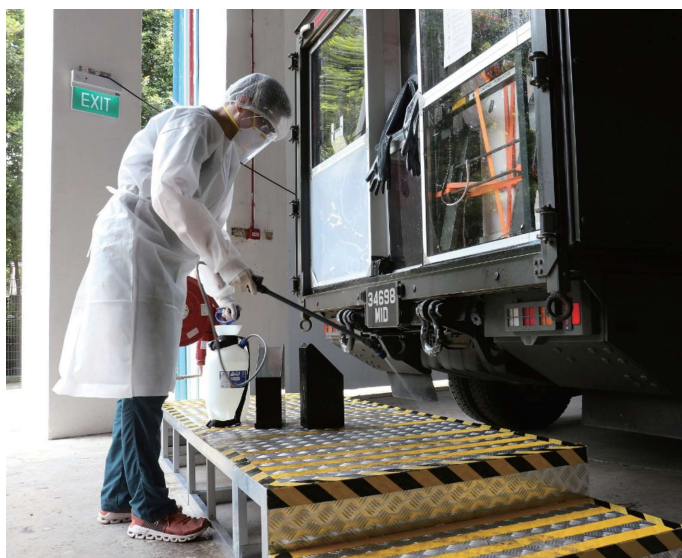
二、新加坡運輸正壓隔離裝置部署應用

新加坡政府鑑於醫護人員執行篩檢任務時，常因現地設施簡陋、環境條件不佳，而暴露於高感染風險中，故授命新加坡國防部研改所屬陸軍軍用救護車，成為「機動採檢站」（Mobile Swab Station, MSS），以降低將潛藏COVID-19患者運送至醫療院所或篩檢站之風險。

該採檢站配有生物安全等級第三級（Biosafety level, BSL-3）之防護設備，艙體經加壓形成「正氣壓」，減少外界污染的氣溶膠（aerosol）和飛沫進入艙體之

可能性，並結合HEPA過濾及空調系統，確保僅經過濾之清潔空氣能進入艙體，並於執行機動採檢任務後，針對可能接觸之採檢防護屏幕、採檢袖套和壁架等表面區域進行消毒，大幅降低醫護人員的染疫風險（如圖七）。

每處機動採檢站僅需負責採檢的醫護人員、收集採樣的工作人員及駕駛各一名，且因使用比照新加坡綜合醫院採檢標準防護等級SAFE系統（Swab Assurance for Everyone, SAFE）和正氣壓，工作人員僅需配戴一次性N95口罩和手套，無需穿戴全套個人防護裝備，同



圖七 於出勤後全面消毒機動採檢站

資料來源：PIONEER



圖八 醫護人員於正壓式艙體內採檢

資料來源：PIONEER

時採符合人因工學的坐式採檢，提升工作之舒適性（如圖八）。¹²

為發揮移動採檢站的機動性與高效率，新加坡國防部亦研發並整合個人身分證明光學文字識別功能（Optical Character Recognition, OCR），消除標記採檢拭子樣本時出現的人為錯誤，優化拆卸採檢拭子試劑的操作時間，並將登記註冊時間由平均4分鐘縮短至1分鐘內，更重要的是，整體流程由30分鐘減至15分鐘，有效降低50%操作時間，不僅減少與患者接觸的時間，更降低暴露風險與提高安全性。

三、日本運輸隔離裝置輸具部署應用

日本於疫情期間，除官方宣告「緊急事態宣言」等相關行政應對外，民間業者亦投入相關產研資源共同防

12 BENITA TEO (May 13, 2020), 〈MOBILE STATION & SCANNER FOR FASTER, SAFER COVID-19 SWAB TESTING〉, 《PIONEER》, 〈https://www.mindef.gov.sg/web/portal/pioneer/article/cover-article-detail/technology/2020-Q2/13may20_news2〉 (檢索日期：民國111年10月14日)。

治。其中本田技研工業（HONDA Motor Company）為管控醫療人員執行運輸勤務時的感染風險，於2020年4月宣布提供，由旗下Odyssey與Stepwagon改裝之「負壓隔離車」，優先投入疫情嚴峻之地區，協助運送患者。本田技研工業技術團隊在前後座中間追加隔板，並應用負壓隔離病房的運作原理，修改車內空調系統，使外部空氣能獨立進入前座，並在後座追加可吸入空氣並透過過濾系統排出車外的裝置，確保後座維持負壓狀態，並藉由前後艙之壓力差確保氣流方向穩

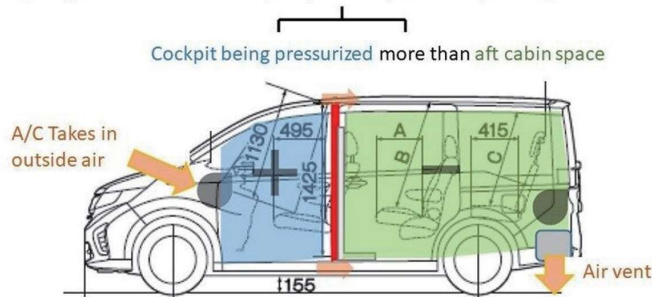
定，大幅降低交叉感染的機率，然該公司也強調這類車款僅作為載運用途，並不具備救護及醫療功能（如圖九）。¹³

四、中國負壓隔離裝置輪具應用

中國汽車技術研究中心偕同相關研究機構，於2020年啟動《負壓救護車醫療艙技術規範》（ISO/TS 17430）國際標準提案，經國際標準化組織道路車輛委員會（ISO/TC22）表決後立項，該規範明確醫療艙密封隔離、消毒滅菌等方面技術要求和試驗方法。後續規劃建立新的標準工作組，並由相關專家學者擔任召集人，推展後續研究工作。¹⁴

「負壓救護車」係由工業和信息化部結合相關單位，共同推進之研製工作，主要用於傳染病患者的安全隔離與轉運，在各類呼吸道傳染疾病控制中發揮重要作用。據研究指

- Leverage the pressure difference to prevent the driver from becoming infected through exposure to infected droplets passed by backseat passengers.



圖九 本田汽車改裝負壓隔離車示意圖

資料來源：Honda

- 13 〈Honda Activities to Support Efforts to Prevent Novel COVID-19 Infection in Japan: Specially customized vehicles designed to transport infected people Production and donation of face shields〉,《Honda》,〈<https://global.honda/sustainability/community/activities/COVID19/japan.html>〉（檢索日期：民國112年3月23日）。
- 14 郭文培（西元2022年6月16日），〈我國牽頭提出《負壓救護車醫療艙技術規範》國際標準正式立項〉，《中國經濟網》，〈http://www.ce.cn/cysc/yy/hydt/202206/16/t20220616_37763564.shtml〉，（檢索日期：民國112年3月23日）。

出，2020年2月5日至3月12日期間，量產負壓救護車之數量與新確診COVID-19之病患數呈現負相關之趨勢，顯示自負壓隔離救護車進入量產階段並投入整體疫情防堵後，COVID-19確診病患數明顯呈現下降趨勢（如圖十）。¹⁵

五、我國各式負壓隔離裝置應用介紹

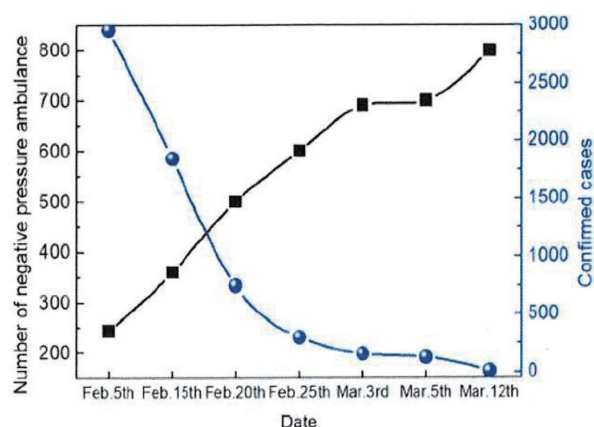
（一）正壓式檢疫亭介紹

我國為儘速發掘潛藏病例，以有效斷絕社區感染鏈，並避免民眾前往醫院篩檢造成急診雍塞，影響醫院救治急重症病患之醫療量能，自2022年5月起，中央流行疫情指揮中心委由各地方政府，

於轄區內開設篩檢站。承接之醫療院所應於開設前，進行場地、設施及動線勘查；篩檢人員則應於執勤時，穿著隔離衣及防護衣，並配戴護目鏡、防護面罩、N95口罩及乳膠手套等個人防護裝備，以確保任務遂行。惟伴隨國內氣候日趨炎熱潮濕，亦面臨熱傷害之挑戰。

為解決上述問題，經濟部工研院遂投入研製「正壓式檢疫亭」，並緊急動員相關工會與製造鏈產製70座，具有獨立冷暖空調、高效率濾網風機、LED照明系統、紫外線殺菌燈、隔離式生物採檢手套及雙向式對講機與電子式環境監控系統

之正壓採檢亭。亭內正壓差大於8（Pa），可阻斷各種污染性氣膠與病毒進入，潔淨等級達Class1000，優於醫院外科手術室，且換氣率大於每小時20次，能確保採檢人員換氣量足夠，避免二氧化碳濃度過高而影響採檢品質，大幅降低疫情對第一線醫護人員所造成之衝擊（如圖十一）。¹⁶



圖十 負壓隔離救護車產製數量與新確診COVID-19病患之關係圖

資料來源：《Elsevier》

（二）負壓隔離裝置陸路輸具介紹

我國鑑於2003年SARS疫情

15 Yizhe Chen et al. (Jul, 2021), "Influence and analysis of ambulance on the containment of COVID-19 in China. Safety Science", Elsevier, Vol.139。

16 洪敏郎、康育豪、陳廷碩，〈防疫第一線守護醫護—正壓式檢疫亭簡介〉，《台灣急診醫學通訊》，第3卷4期，西元2020年8月24日，頁3。



圖十一 工研院開發正壓式檢疫亭

資料來源：《台灣急診醫學通訊》

之經驗，於2019年12月31日迅速啟動自中國武漢直航航班登機檢疫，¹⁷嚴守邊境管制，期將病毒阻絕於境外，如於機場篩檢遇疑似症狀之個案，即迅速送至指定醫院採檢與就診，同時各醫療機構為確保維持醫療量能之穩定，均加強防堵院內感染群聚事件。

然衛福部桃園醫院於民國110年1月

因啟動「清空計畫」，疏轉風險區住院患者與陪病者而爆發群聚感染。顯見一般救護輪具無法有效管控緊急醫療救護人員之感染風險，對是否需要用「負壓隔離車」運送之疑慮與必要性相應而生。

由於緊急救護人員多處於侷限空間中，並在患者病史不明等不確定因素下，於到院前執行包含可能產生飛沫微粒（aerosol）之緊急救護，故為防範感染的發生與擴散，緊急

救護人員須穿戴全套個人防護裝備，並於負壓艙或通風良好的場所執行（如圖十二）。¹⁸爰此，執行相關救護措施與疏運病患時，應依衛福部指引，略以：「常規執行業務時，於完備風險評估、落實個人防護裝備、手部衛生等防護措施之前提下，保持車內通風即可」辦理（如圖十三）。^{19、20}

17 林佑璇等，〈臺灣COVID-19邊境檢疫措施與成果〉，《疫情報導》，第36卷15期，西元2020年8月4日，頁225。

18 衛福部，〈衛福部桃園醫院事件〉，《衛福部》，〈<https://covid19.mohw.gov.tw/ch/cp-5122-58855-205.html>〉（檢索日期：民國111年9月21日）。

19 緊急醫療救護人員載運嚴重特殊傳染性肺炎病人感染管制措施指引（行政院衛福部疾管署），民國110年2月10日修訂，頁1、3。

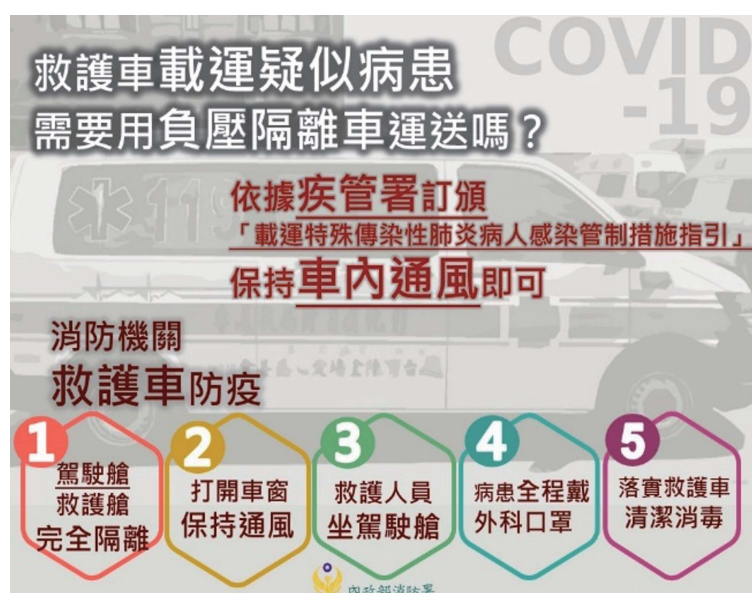
20 內政部消防署（西元2020年3月17日），〈救護車載運疑似武漢肺炎病患需要用負壓隔離車運送嗎？〉，《消防署FaceBook》，〈<https://www.facebook.com/NFA999/posts/1511954878971261/>〉（檢索日期：民國112年10月30日）。



圖十二 緊急救護人員載運疑似COVID-19個案

資料來源：衛福部

因應疫情變化，消防、救災及救護等需求亦隨之增加，中央流行疫情指揮中心邀集衛福部、內政部、國防部及民間救護單位，盤點消防、國軍等單位之救護量能，以啟動國軍城市型救護車為優先，民間救護車次之，調用國軍悍馬型救護車最次，同時兼顧防疫量能與維持國軍戰備需求。²¹



圖十三 消防機關救護車防疫

資料來源：消防署Facebook

另鑑於美國、新加坡、日本等國應處疫情緊急研製相關運輸隔離裝置，涉及跨部門協調、經費挹注及產官學研合作等因素，且我國尚有金門縣、連江縣、澎湖縣、綠島、蘭嶼等外離島軍民跨海運送之需求，故建構我國自主研製能量，與動員量產所需之時間及原件能否及時供應，係滿足整體防疫安全需求刻

21 吳典叡，〈國軍救護量能挹注，支援防疫救災需求〉《青年日報》，（西元2022年5月3日）。

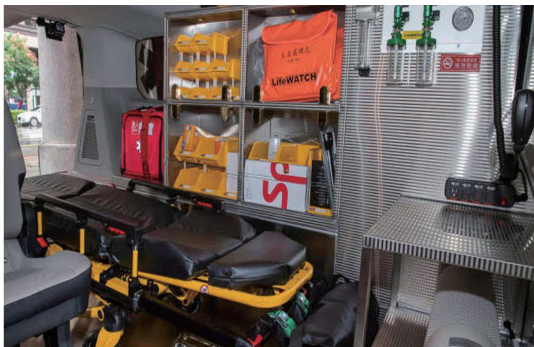
不容緩之議題。

前述議題於民國110年11月桃園市政府與民間業者合作露出曙光。當COVID-19疫情蔓延全球時，美國福特總部（以下稱美國福特）透過美商福特六和汽車（以下稱福特汽車）向臺灣採購十餘條口罩生產線，使福特員工得以獲得安全保障，確保生產任務不中斷。伴隨疫情變化，美國福特也透過福特汽車捐贈防疫物資，以實際回饋展現桃園市政府與轄內福特汽車緊密的夥伴關係；後續福特汽車更捐贈兩輛號稱「移動的N95口罩」的負壓式隔離床艙救護車，正式投入桃園市在地服務，守護市民健康。

福特汽車協同專業救護車設備廠商，以自有Ford Tourneo Custom為基礎，改裝具負壓式隔離床艙的救護車，不僅

能為車內提供清潔的空氣，還能避免帶有感染源的空氣外流，具備良好的隔離性、通風性、耐菌性、防腐性與高度彈性等特點；其方正的車室與果嶺式平整化底盤將車室空間極大化，充分展現空間機能優勢，不僅利於救護人員施行急救，也可裝載完整的急救裝備，包括符合「緊急醫療救護法」所規範之救護車標準配備，如攜帶式氧氣組、自動心臟電擊器、心電圖儀器、生理監視儀及無線電通訊裝備等，此外，該款原車標配的左右雙滑門與專屬腳踏板，也可降低醫護人員上、下車的高度落差，有利於執行裝卸載勤務（如圖十四）。²²

為達「化民力為我力，融我力於戰力」之目的，國防醫學院遵循國內「救護車裝備標準及管理辦法」等相關法令，於



圖十四 民間業者捐贈負壓隔離艙救護車

資料來源：yahoo新聞

22 Irene (西元2021年11月8日)，〈以企業公民精神服務在地！福特旅行家高規格化身負壓式床艙救護車正式服役〉，《yahoo新聞》，〈<https://tw.news.yahoo.com>〉（檢索日期：民國112年10月30日）。

民國109年11月成功執行「國軍城市型救護車負壓隔離研改案」。²³該案區分艙體隔離、負壓設計、空調系統、淨化排氣系統、電系規劃及通聯等六大工項（如表二），強化國軍城市型救護車之駕駛艙與醫療艙、側窗採封閉型式，鈑件接合縫隙密封，隔絕駕駛艙與醫療艙，形成高度密封性車體，避免交互感染，並採前後兩套獨立系統，提升負壓隔離等級（如圖十五）。

整體負壓隔離系統效能包括啟動後

15秒內，使後方醫療艙內維持負壓 ≤ -10 （pa），且不得因車輛運行速度或道路振動而影響各系統運作正常，同時經HEPA過濾、醫療級紫外線殺菌消毒，確保排出車外空氣低汙染，有效控制感染風險。其搭配之「移動式負壓隔離艙」，則具有以下優點：

1. 主體為高強度耐用軟式塑膠材質，正面為透明，開合處使用防水密封拉鍊，可消毒後重覆使用。亦可固定在擔架上，不會隨意晃動。

表二 國軍城市型救護車研改負壓隔離救護車規格需求

工項	說明
艙體隔離	1.高密封性車體：駕駛艙與醫療艙、側窗採封閉型式，鈑件接合縫隙密封。 2.負壓出風口及外部空氣進風口若需於車體結構開孔，需有防鏽處理，並避免雨水滲入。 3.於前後艙隔離板上須有密閉式透明窗，以供前後艙目視狀況。
負壓設計	進、排氣口規劃設置，整合車輛之空調系統使艙內氣流穩定。
空調系統	確保駕駛艙與醫療艙隔絕以避免交互感染，採前後兩套獨立系統，可單獨啟閉及溫控（兩套空調可共用壓縮機，惟空氣管道須獨立）。
淨化排氣系統	1.淨化排氣系統： （1）鼓風機（流量 $\geq 10\text{m}^3/\text{min}$ ）。 （2）HEPA空氣過濾、紫外線殺菌組屬醫療級UVC與檢測裝置須符合國際規範（濾芯過濾效率 $\geq 99.999\%$ ， $0.3\mu\text{m}$ ）。 2.控制及監測裝置。
電系規劃	使用車輛既有電力輸出，並出具車輛原廠之授權證明文件。
通聯設備	設置前後艙對講機，可壁掛固定在艙體上，按壓通話鍵即可擴音通話，便於人員溝通聯繫。

資料來源：本研究整理

23 〈國軍城市型救護車負壓隔離研改案〉，《臺灣採購公報網》，〈<https://www.taiwanbuying.com.tw/ShowCCDetailOri.ASP?RecNo=3995265>〉（檢索日期：民國111年9月21日）。

2. 內部由彈性支撐桿形成拱型，頭部至少2個縮口型輸氣口，可為病患提供輸液及輸氧治療，並於兩側附有至少8個嵌入式手套，方便救護員進行簡易醫療作業。
3. 機器開啟後於1分鐘內建立負壓 ≤ 15 (pa)，HEPA空氣過濾及檢測裝置（濾芯過濾效率 $\geq 99.999\%$ ， $0.3\mu\text{m}$ ），符合歐規EN1822標準或同等國際規範。
4. 電池充飽且未接電情況下，可連續作動4小時以上，並於隔離艙壓力不足或電力過低時以聲光警報提醒。

此外，後續將由國防醫學院衛勤訓練中心針對負壓隔離型國軍城市型救護車，規劃相關操作維保教育訓練課程。

（三）海上運輸負壓隔離裝置介紹

國造新一代油彈補給艦「磐石軍艦」交艦時，即以速度、靈活度與穩定度著稱，其中艦上醫療空間更比照野戰醫院等級，設置「負壓隔離病房」等先進設備，且一般病房均含供氧系統，俾利提供更佳醫療服務，有助執行國際人道救援任務（如圖十六）。^{24、25}



圖十五 國軍城市型救護車負壓隔離研改

資料來源：本研究提供



圖十六 海軍官兵介紹磐石軍艦負壓隔離病房

資料來源：中時新聞網

24 劉佩倩（民國104年1月25日），〈磐石軍艦性能優異，滿足任務所需〉，《中華民國國防部》，〈<https://www.mnd.gov.tw/Publish.aspx?p=64030>〉（檢索日期：民國112年3月24日）。

25 呂昭隆、陳人齊（西元2020年4月20日），〈天數最短，史上最倒楣敦睦行〉，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/newspapers/20200420000467-260118?chdtv>〉（檢索日期：民國112年3月24日）。

而在本次疫情初期，民國109年海軍敦睦艦隊肇生COVID-19群聚案，磐石軍艦負壓隔離病房便發揮收治疑似症狀個案之功能。復經中央流行疫情指揮中心調查指出36名確定病例之住宿艙間分布，並無特別群聚現象，研判可能是人員艦上活動空間狹小且密切接觸而傳播，相較美國羅斯福號或法國戴高樂號航空母艦，本次磐石軍艦疫情並未快速傳播，應與該艦落實執行全艦人員配戴口罩、每日監測體溫、分艙分流及加強環境消毒等措施有關。²⁶

(四) 空中負壓隔離裝置介紹

衛福部推動離島醫療政策係以強化在地醫療為主、空中轉診為輔，然當離島地區的緊急傷病患無法在當地獲得適當醫療處置時（如本次COVID-19疫情病患需以負壓隔離病房收治），應由衛福部空中轉診審核中心確認後，即以空中轉診方式後送臺灣本島就醫。目前依「金門、連江、澎湖三離島地區救護航空器

備勤及運送服務計畫」，²⁷相關空中醫療緊急後送部署，金門縣由飛特立航空以Phenom-300噴射定翼機執行後送任務；澎湖縣及連江縣則由凌天航空以AW-169直升機負責執行，其中連江縣政府接獲民間業者致贈乙座充氣式負壓隔離艙後，由縣政府整合當地消防隊、縣立醫院、海巡隊、空中後送醫療組員及衛福局相關人員參加操作教育訓練。²⁸

而處於離島地區的臺東縣綠島鄉及蘭嶼鄉，則是由內政部空勤總隊第三大隊以UH-60M黑鷹直升機，配合臺東縣衛生局委外民間救護車公司執行後送醫療機組派遣。黑鷹直升機依不同任務派遣模式，最多可以承載15員（包括飛行員2名、機工長2名、搜救員2名或醫療機組員2名及隨行家屬1名），主要特色係能執行高海拔與海上偵巡、運輸、觀測、救災、救護、救難等任務，惟因機體大且下洗氣流強，不宜停降狹窄地區與作業。臺東縣政府於2020年4月27日接獲民間

26 衛福部疾管署，〈敦睦艦隊群聚調查結果出爐，疫情僅止於磐石艦〉，《衛福部疾管署》，〈<https://www.cdc.gov.tw/Bulletin/Detail/ZcopDNy9TjfFRtgy8RJUTA?typeid=9>〉（檢索日期：民國112年3月24日）。

27 衛福部護理及健康照護司（民國107年7月18日），〈離島緊急醫療救護航空器駐地備勤〉，《衛福部》，〈<https://www.mohw.gov.tw/cp-16-42776-1.html>〉（檢索日期：民國111年10月8日）。

28 曹重偉（西元2020年5月29日），〈全方位、生命之星救護車公司捐贈地區空中後送充氣式負壓隔離艙，衛福局長謝春福頒發感謝狀〉，《馬祖日報》，〈<https://www.matsu-news.gov.tw/news/article/134397>〉（檢索日期：民國112年3月24日）。

救護車公司致贈「充氣式負壓隔離艙」(Inflatable Negative Pressure Isolation Chamber, INPIC)後，邀集相關單位制定作業流程，²⁹另演練黑鷹直升機結合充氣式負壓隔離艙執行飛行救護勤務，除驗證醫療組員對充氣式負壓隔離艙的組裝熟悉程度與裝載時間，以及攜帶充氣式負壓隔離艙的作業時間外，亦對裝載病人時是否遭遇其他阻礙或有其他輔助醫療裝置的需求、後續與空勤飛行組員協調是否需關車待命，以及如何使綠島衛生所與在機場待命的飛行員取得有效通聯等情境加以驗證。

充氣式負壓隔離艙係由石東生等6名專家研發創立，並於2005年得到我國研發專利。其結構為一體成型的透明長方體塑膠結構，四周運用空氣充填的氣柱支撐，平時因體積小方便收納儲存；用時則可快速充氣及組裝濾灌和負壓動力系統，且為符合飛行安全要求，艙體底部具備固定帶的設計（壓力扣帶），便於固定於長背板及空用擔架上；隔離艙體上附有嵌入式手套，使醫療人員便於照護病人進行簡易醫療處置；艙體頂部下方

預留呼吸器連接管，氧氣導管及點滴管出入口，另於艙體進氣端安裝符合N95規範之HEPA過濾器，用以過濾並控制進入袋體的空氣量；艙體排氣端則安裝符合N95-NIOSH42CFR84或FFP2-EN149標準之通用型濾罐，並與負壓動力系統相連結，使艙體內部空氣經由濾罐過濾後，始能排放至外圍周邊環境（如圖十七），適合運送傳染病患者（尤其傳染途徑為空氣或飛沫傳染）。³⁰歸納其優點特性如下：

1. 通用性：可通用於多種主要形式的傷患移置設備，如長背板、擔架床、推床或空用擔架。
2. 輕巧性：架設前尺寸與收納完成的睡袋相同；架設完成後適合承載大多數成年病人（體積為210cm*60cm*60cm）。
3. 時效性：依據驗證結果，醫療人員只須事前完成安裝訓練，即可在7分鐘內完成架設。
4. 可照護性：醫療人員可應用艙體頂部下方的預留連接孔，完成配置呼吸設備或輸液設備，提供病患照護

29 臺東縣政府新聞傳播科（民國109年4月27日），〈全國第一個負壓隔離艙27日啟用，饒縣長頒感謝狀，可降低空中緊急後送執勤人員受傳染病威脅〉，《臺東縣政府》，〈https://www.taitung.gov.tw/News_Content.aspx?n=13370&s=57919〉（檢索日期：111年9月21日）。

30 徐克強，〈臺東離島空中醫療緊急轉送新進展：黑鷹直升機&充氣式負壓隔離艙〉，《臺灣醫界》，第63卷10期，西元2020年，頁42-45。



圖十七 充氣式負壓隔離艙

資料來源：本研究提供

所需處置。

5. 可拋棄性：設計為單次使用式，建議於完成使用後艙體依生物醫療廢棄物方式採取焚化處理，不建議重複使用。

經由驗證可知，充氣式負壓隔離艙係臺灣目前可迅速取得且有效方便之個人用隔離設備，將其配置於空中醫療緊急後送小組，可減低運送傳染病患者所造成之群眾恐慌及事後清消作業的成本。

借鏡美國、新加坡與日本等國家在面臨本次COVID-19疫情，急需研改優化運輸隔離裝置為例，各國政府機關、公營事業及企業團體無不通力合作，藉由整合民間研改人力、技術與資源，以有效部署應用運輸隔離裝置，即時載運確診病患接受治療，進而降低運送途中，包括緊急救護人員、旅運人員之感染風險，證實「運輸隔離裝置」確為整體防疫措施中不可或缺的重要戰略物資。

而我國在歷經2003年SARS疫情肆虐後，因國內當時並未建立跨部會整合機制，故由中央政府透過修訂「傳染病防治法」明定，如遇疫情而需統籌整合國內

參、結論與建議

一、結論

各項資源及人力時，衛福部可報請行政院同意成立中央流行疫情指揮中心，由指揮官統一指揮、督導及協調各級政府機關、公營事業與民間組織執行防疫工作，強化政府與民間之合作關係，以期厚植我國自主研製能量，建構敏捷、韌性之防疫應變體系，方能有效因應未來新興挑戰。

二、建議

回顧COVID-19疫情初始，他國因面臨載運確診病患返國接受治療之迫切需要，不惜成本投入跨部門資源研製運輸隔離裝置之際，我國確診數與醫療量能，相較他國的疫情發展較為可控，故影響我國在此方面投入時機略遲，且後續部署應用實例不足。然交通便捷不僅縮短世界距離，卻也擴大傳染病原傳播速度與範圍，對國際衛生安全形成無可避免的傷害與衝擊，面對新興與再現性傳染病發生頻率逐漸增加，為維持醫療體系應變量能與韌性，更須妥適部署應用「運輸隔離裝置」即時調節、疏轉患者，導入平戰轉換制度之靈活性與彈性，相關建議如後：

- (一) 建議國軍相關學研機構，如國防醫學院預防醫學研究所、國防大學化學及材料工程學系等團隊，與民間產學合作，協力投入研究經費、資

源與計畫，朝向建構我國自主研改運輸隔離裝置能量之目標。

- (二) 前述研改運輸隔離裝置之成果，建議結合年度「自強演習」驗證物力動員計畫之可行性，包括緊急投入平常即已儲備於民間之物資，並規劃後續動員並擴大量產之演練。
- (三) 政府統籌設置防疫科技資訊平臺資料庫，期能即時投入部署相關應用（如經濟部工研院研製「正壓式檢疫亭」），並能優化各主管機關執行效能，包括設置許可、專利申請等行政流程。

相信未來面臨潛藏未知新興傳染病或猝然之生物恐攻、生物病原災害等威脅時，汲取前述之經驗與教訓以有效應處，俾利滿足整體防疫安全需求，有效降低所受衝擊，確保民眾生命財產之安全。

作者簡介

劉明威中校，國防醫學院公共衛生學系研究所碩士畢業，聯合後勤學校正規班98年班、美國陸軍軍醫指揮部軍正班105年班。曾任教官、主任、專員，現為國軍桃園總醫院行政組組長。