附件二

計畫編號：**SWCB-108-210**

無人飛行載具(UAV)播種作業機具與噴植設備之精進研發

Study on unmanned aerial vehicle (UAV) seeding and hydroseeding equipment

（成果報告書）

執 行 單 位：社團法人臺灣環境綠化協會

執 行 期 間：108 年 02 月 20 日至 108 年 12 月 31 日

計畫主持人 ：張集豪 助理教授

行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國 108 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

無人飛行載具(UAV)播種作業機具與噴植設備之精進研發

摘要

本計畫係整合型計畫「無人飛行載具(UAV)播種植生工法之研究」項下之子計畫。

無人飛行載具(UAV)播種作業，於 107 年水土保持局委託之「坡地植生工法應用技術精進研發」案中，針對載具與播種裝置已有初步的研究成果。但過去試驗發現，因臺灣地區崩塌地裸露地規模、型態差異甚大，單一種載具機型或播種裝置，無法滿足多變化的山區環境之需求。因此，精進研發、收集比較出適當的載具與播種裝置是未來 UAV 播種植生作業推廣應用的核心議題之一。本計畫並配合立法院於 2018 年 4 月三讀通過《民用航空法》部分條文修正案，檢討未來航空植生執行規範，以利後續工作推動。

工作執行項目如下：

1.歸納整理現行法規與無人載具使用執行崩塌地播種時所受之規範。

2.無人載具性能之測試

(1)現有無人載具供應商之調查

(2)現有無人載具機型及性能之調查

(3)現有無人載具性能之測試

(4)提升現有無人載具之性能

3.水平播種裝置之研發（成大航空太空工程學系）

(1)現有市面上播種裝置之調查

(2)測試適合本案之播種裝置型號

(3)野外測試裝置之實用性、

重要發現及主要建議事項

1.法規的推動與實際執行仍需要時間磨合

2.UAV植生在有限的經費與環境限制下，無法吸引太多的團隊參與

3.現有植播機各項性能測試有提升的空間

4.水平撒播與噴植飛行，靠近山壁的情況下無法大面積或快速施工

5 建議需持續小規模多種試驗地持續施作，以利技術成熟.

關鍵詞：無人飛行載具、UAV、航空植生、遙控無人機、播種裝置

Study on unmanned aerial vehicle (UAV) seeding and hydroseeding equipment

Abstract

This project is a sub-project under the integrated project "Study on the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Broadcasting and Planting Method".

Unmanned aerial vehicle (UAV) sowing operation, in the case of the “Slope Land Planting Technique Application Technology R&D” commissioned by the Soil and Water Conservation Bureau in 107, preliminary research results have been carried out for the vehicle and seeding device. However, in the past, it was found that due to the large scale and type of exposed land in Taiwan, a single type of vehicle or seeding device could not meet the needs of a mountainous environment with multiple changes. Therefore, the intensive research and development, collection and comparison of appropriate vehicles and seeding devices is one of the core issues in the future promotion and application of UAV planting operations. The plan and the Legislative Yuan passed the amendments to some provisions of the Civil Aviation Law in the third reading in April 2018 to review the future aviation planting implementation specifications for the follow-up work.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, UAV, aerial planting, remote drone, seeding device

目次

摘要.....I

Abstract..... III

目次.....IV

圖次.....VI

第一章　緒論 1-1

第一節　計畫緣起 1-1

第二節　計畫目標 1-2

第三節　相關研究背景概述 1-2

第二章　工作執行步驟與方法 2-1

第一節　工作執行步驟 2-1

第二節　工作執行方法 2-2

第三章　工作進度與交付項目 3-1

第一節　計畫甘特圖 3-1

第二節　計畫交付項目 3-2

第四章　結果與討論 4-1

第一節　相關法令分析 4-1

第二節　UAV 類型比較 4-18

第三節　提昇現行中型六軸 UAV 植播機性能 4-33

第四節　水平撒播裝置研發 4-41

第五節　結論 4-51

參考文獻.....參-1

附錄.....附錄-1

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-1

附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-3

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-5

表次

表 2-1 市售常見多旋翼機型之功能屬性比較表 2-3

表 2-2UAV 六軸設備提升比較表 2-7

表 4-1 遙控無人機管理規則草案會議紀錄 4-2

表 4-2 遙控無人機人員術科測驗座談會議紀錄 4-4

表 4-3UAV 起飛前自主檢查表 4-12

表 4-4 UAV 飛行中注意事項表 4-13

表 4-5 各團隊 UAV 性能諸元表 4-18

表 4-6 現行研發展播種裝置類型分類表 4-22

表 4-7 UAV 施工作業費單價分析表 4-24

表 4-8 UAV 施工作業速率評估表 4-24

表 4-9 現有 UAV 無人載具適應環境條件分析表 4-25

表 4-10 107 年度裸露地 UAV 播種植生評估案例 4-27

表 4-11 108 年度裸露地 UAV 播種植生評估案例 4-30

表 4-12 第一階段水平撒播裝置 4-42

表 4-13 第二階段水平撒播裝置 4-43

表 4-14 地面撒播實驗設計說明表 4-44

表 4-15 試驗結果表 4-46

圖次

圖 1-1 BIOCARBON ENGINEERING 播種模擬圖 1-4

圖 1-2 DRONESEED 飛播無人機照片 1-4

圖 1-3 粒劑材料裝載槽體 1-6

圖 1-4 六軸旋翼 UAV 粒劑投擲情形 1-7

圖 2-1 工作流程圖 2-1

圖 2-2 法規架構圖 2-2

圖 2-3 UAV 六軸系統架構圖 2-9

圖 3-1 計畫甘特圖 3-1

圖 4-1 遙控無人機註冊流程圖 4-6

圖 4-2 遙控無人機檢驗流程圖 4-7

圖 4-3 遙控無人機人員操作證分類圖 4-8

圖 4-4 遙控無人機活動申請流程圖 4-9

圖 4-5 成大機型飛航申請應辦理行政項目分類圖 4-10

圖 4-6 逢甲機型飛航申請應辦理行政項目分類圖 4-10

圖 4-7 中興植播機飛航申請應辦理行政項目分類圖 4-11

圖 4-8 中興植噴機飛航申請應辦理行政項目分類圖 4-11

圖 4-9 UAV 任務流程圖 4-14

圖 4-10 無人機顆粒撒布器產品部件圖 4-36

圖 4-11 離心作用示意圖 4-41

第一章　緒論

第一節　計畫緣起

無人飛行載具(UAV)播種作業，於 107 年水土保持局委託之「坡地植生工法應用技術精進研發」案中針對載具與播種裝置已有初步的研究成果，但過去一年的試驗發現，因臺灣地區崩塌地裸露地規模、型態差異甚大，單一種載具機型或播種裝置，無法適應多變的山區環境。因此研發出適當的載具與適當的播種裝置是 UAV 播種作業未來實際推廣應用的核心關鍵之一。

2018 年也是 UAV 技術發展應用關鍵的一年，立法院於 2018 年 4 月三讀通過《民用航空法》部分條文修正案，增訂「遙控無人機」專章管理規定，民航局近期也擬定「無人機管理規則」，同時增加無人機考驗及檢驗委託辦法，預計明年 7 月上路，未來 UAV 播種作業之執行也將納入民用航空法規範，因法令規定層面甚廣，並定有相關罰則，因此需儘早研析其內容以利後續工作之推動。

本計畫希望透過更多不同團隊載具與播種裝置的開發與前期各類型崩塌地的飛行試驗，獲取更多執行的寶貴經驗，讓機具設備在未來能普遍被使用在施工可及性不佳的崩塌地，改變現今集水區上游崩塌地只能依賴自然界自然復育的囧境。

第二節　計畫目標

一、完成崩塌地應用無人飛行載具之相關法令分析

二、收集臺灣地區現行UAV載具應用類型比較

三、提升現行中型六軸UAV植播機性能

四、無人飛行載具水平噴頭裝置設計之研發與評估

第三節 相關研究背景概述

利用飛行載具進行航空植生在臺灣經驗並不多，大規模的施作為921後草屯九九峰航空植生，傳統的直升機在執行航空植生有許多飛行限制與成本考量，近10.2次/10萬小時飛行的失事率也讓決策單位有所顧忌，在2017年「看見台灣」導演齊柏林先生因直升機勘景失事，讓團隊開始思考無人載具執行任務的可能性。

本總計畫主持人林信輝教授107年度曾執行農委會水土保持局委辦「坡地植生工法應用技術精進研發」計畫，就目前坡地植生技術與其衍生之生態關注問題，曾進行UAV播種植生工法、植生粒劑製作、六軸旋翼UAV播種裝置之設計與現地播種作業之操作與初期評估。針對載具與播種裝置的研發，因時程與經費關係初期試驗的成果有限，仍需組合相關領域不同公司學校之專家學者組成一整合型之創新研究計畫團隊，期以一年期間擴大完成相關試驗研究，供後續崩塌地應用UAV植生技術推廣應用之參據。

一、UAV農業應用

過去三年 UAV 在農業或植生的應用隨著飛控技術與電池、電機的效率提升有驚人快速的發展。最早無人機運用於農業市場主要在於商業化的農藥或肥料的噴灑，但無人機播種較少人研究與使用。無人機運用於播種不過這兩年的時間。包括下列幾個公司

(一) 2015 年 9 月新創公司 BioCarbon Engineering 的創辦人 Lauren Fletcher 提出利用無人駕駛飛機取代傳統人工方式進行播種，植樹計畫如下：首先，啟動無人機探勘播種範圍及預測需要造林的面積，接著，操控無人機飛行至距離地面約兩至三公尺高度，開始快速且大量地揮灑種子，讓種子有足夠的速度滲透進土壤中，而表面包覆著營養水凝膠的種子，則有助於提升成功生長的機率。

(二) 2016 年 7 月，美、加營運的新創公司 DroneSeed 的無人機，透過壓縮空氣的裝置，以每秒三百五十呎的速度，將種子如子彈般、「噴射」進入深層泥土中。



資料來源：

https://www.sophimania.pe/tecnologia/gadgets-wearables-e-innovacion/

圖 1-1 BioCarbon Engineering 播種模擬圖



資料來源： https://dronesplayer.com/uav-news/droneseed

圖 1-2 DroneSeed 飛播無人機照片

二、現有UAV播種植生主要瓶頸在於下列幾點：

(一) 前期準備工作比較多，種子發芽的關鍵除了適當的光、溫度、水份外，最主要的預措方式與可持續性生長的條件有待相關研究支持，因飛播有機載重量限制，不像過去航空噴植，可一次攜帶 800KG 基材進行噴撒。

(二) 粒劑從料倉里給均勻地撒下，有一定難度。不像液體噴霧，噴頭直接就可以打出去。

(三) 飛播技術播種在定點滯空投擲是容易播的很密，而行進間投擲則投放裝置需更精密，才可精準控制投擲數量與速度。

(四) 如使用 Droneseed 射入土壤造林，效率應該沒有那麼高。有的地軟有的硬，要求深度也不同。飛得高射不進去，飛得低控制在山坡地有難度

英國無人機企業 BioCarbonEngineering 與美國 Droneseed 公司過去的研究與服務類似，但並無新的案例與數據結果，無人機應用最終目的不是種的快，而是存活率。

三、107、108年試驗後發現的問題

(一) 設備材料交通可及性

以 2018 年的經驗，在屏東滿洲鄉或嘉義番路鄉的投擲，車程與投放時間點需在下午氣候條件變差前完成，因此交通運輸時間過長之施工地點，需有在地的廠商配合完成。

而部份施作工區交通路況不佳，增加設備運送的難度，如起飛點設定於基地較外圍的交通可及點，其飛行距離與時間也需再評估。

(二) 合格廠商與飛行操作人員數不足

現在初期試驗僅有中興水保系植生研究室有實際第一手的操作經驗，未來需訓練操作人員，並建立合格廠商與操作人員資料庫，配合未來民航法發佈執行時，有足夠的作業機具與合格受訓過後之操作人員，才可能降低成本並普遍應用

(三) 飛行安全

107、108 年將近 120 趟的飛行次數有四趟的墜毀記錄，一次是植播機在氣候條件不佳的狀況起飛，造成飛控短路失控，另

一次是前期作業空拍機進行基地現場勘驗時飛行高度過低揚起稻草蓆綿線造成動力系統故障，第三次為視距外飛行，未注意飛行路徑之兩個山頭間的高空電線，不慎碰撞。第四次為飛行前由新手裝置電池，未注意固定導至飛行中電池脫落，無動力墜毀，因此飛行自主檢查與飛行 SOP 修正需建立，以減低飛行風險

(四) 播種方式

現有播種方式有投擲與噴植兩種可能發展方向,投擲在 2018 年的研究成果裏，已有初步 20 公升投擲料倉的原型試驗成功、其裝載的粒劑可為乾式或凝膠狀,未來可再提升其投放容量或投放口開啟裝置。水平噴植裝置為今年研究重點，但需克服後座力與旋翼下方空氣下壓之問題



圖 1-3 粒劑材料裝載槽體

資料來源：本計畫



圖 1-4 六軸旋翼 UAV 粒劑投擲情形

資料來源：本計畫

第二章　工作執行步驟與方法

第一節　工作執行步驟

本計畫工作執行步驟大致分為三大階段，相關資料收集、預定工作執行、檢討分析成果，步驟如流程圖 2-4。

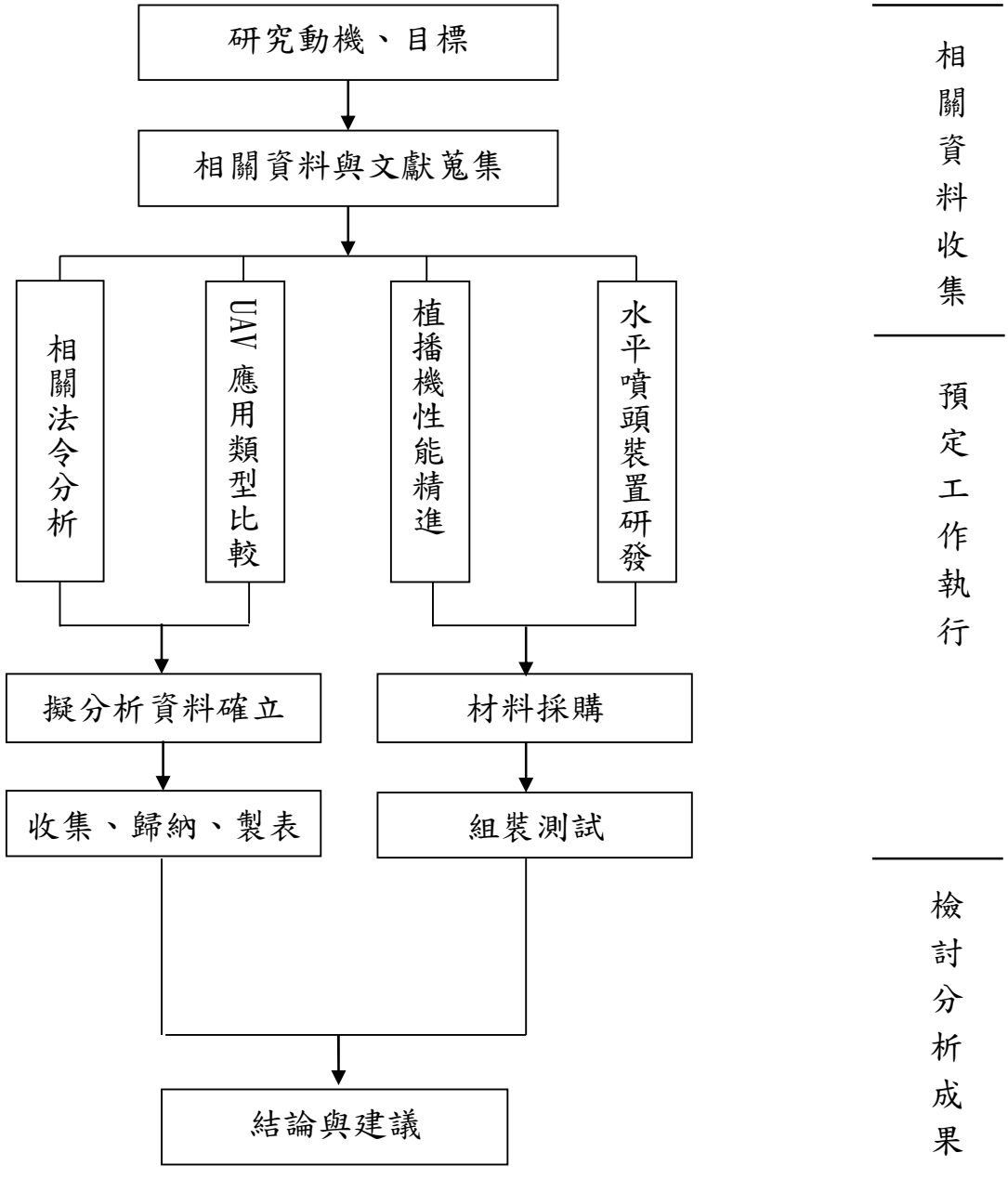


圖 2-1 工作流程圖

第二節　工作執行方法

本研究計畫主要為四大工作項目，大致工作執行為資料的調查與整理，與硬體設備的研發實驗，其各項工作執行方法描述如下：

一、完成崩塌地應用無人飛行載具之相關法令分析

無人飛行載具在臺灣的法令最主要為民航法遙控無人機專章，預訂於 2019 年 7 月 1 日正式公佈。主要針對器材及人員管理、操作限制、活動區域、罰則下列各項範圍進行管制如下圖所示

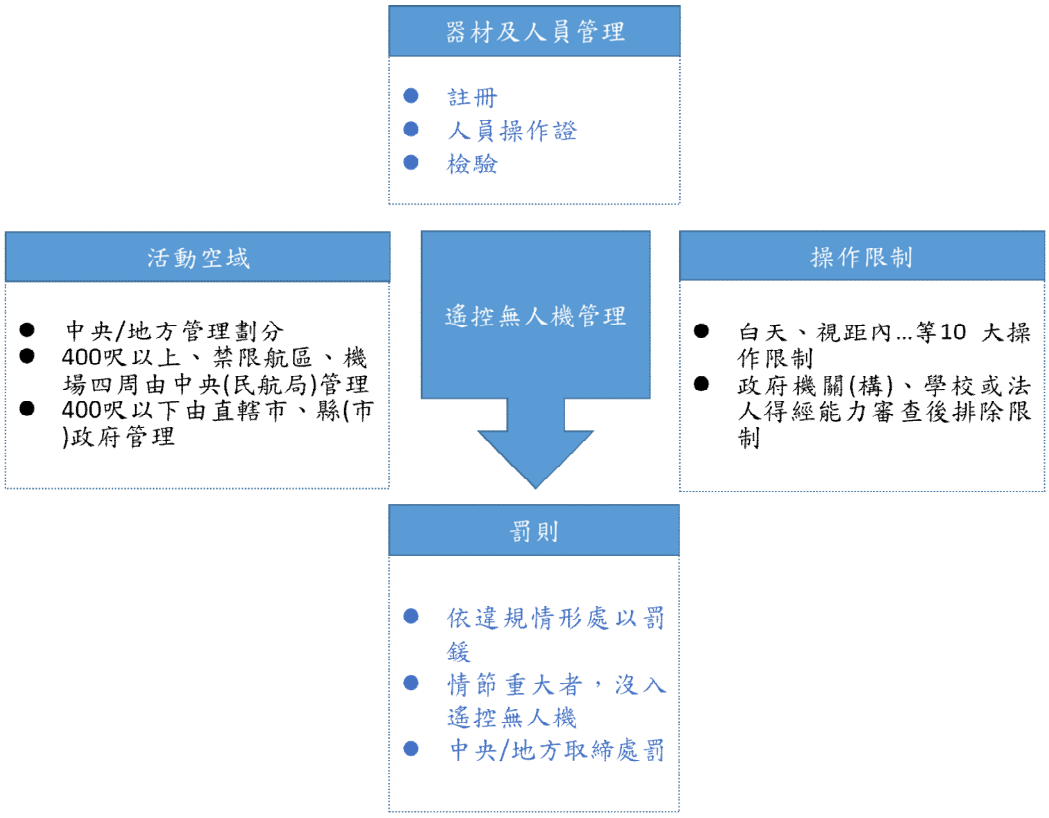


圖 2-2 法規架構圖

相關法規分析工作計畫工作項目包括

(一) 檢視民航局各項會議記錄，節錄與本計畫相關之重點，並配合建立 uav 植生作業操作 SOP， 以符合法規要求。

(二) 分析現有各團隊載具所需檢驗類型與操作證等級

(三) 不同立地條件工作模式建立，確定未來不同的工作模式其軟硬體皆能不抵觸相關法規。

二、收集臺灣地區現行UAV載具應用類型比較

現有台灣地區潛在參與 UAV 植播機團隊大致有下列幾個團隊，其載具的機型與性能諸元是否適合未來的粒劑播種還未有實際測試，但其載具特性將決定未來適合施作的地點，因此本項工作將針對這些團隊使用機型將進行彙整評估。

表 2- 1 市售常見多旋翼機型之功能屬性比較表

單位	使用機型	照片
逢甲大學	引擎單旋翼機	

成功大學	引擎單旋翼機	
陶林測量	鋰電植保機六旋翼	
中興大學	鋰電植保機六旋翼	

資料來源：本計畫

預定 UAV 載具收集資料包括下列項目：

1.旋翼數量：直昇機固定為單軸旋翼機。多軸一般有分四軸/六軸/八軸型

2.機體尺寸：機包括翼展、機身長、寬（不含槳）、高

3.主要機架材質：合金、碳纖、塑膠

4.空重：含旋翼槳、機身、油箱、電子裝備。不含電池、油料、植播裝備

5.最大起飛重量：建議安全作業重量、含油料、電池、植播裝備、植播材料

6.植播材料重量：一般安全作業可裝載植播材料重量

7.動力系統型式：一般分電動、油機

8.引擎/馬達規格：油機引擎可分 cc 數，、電機

9.能源型式：油機：木精油或 95 汽油或航空燃油，電機：鋰聚合物電池（Li-Po）、鋰鐵電池

10.能源容量：油箱容量或電池容量

11.最大起飛重量滯空時間：10 米高、風速 1.5m/s 以下，滯空時間

12.不含植播設備滯空時間：10 米高、風速 1.5m/s 以下，滯空時間

13.最大抗風等級：

14.最長作業距離：

15.飛控系統：開源系統（APM、PX4、PIXHawk、OpenPilot）封閉系統（NAZA V2、WooKong、A2、A3）

16.圖傳系統：2.4G/5.8G　傳輸距離

17.裝置重量：

18.植播型式：投放、噴出、

19.適用材料：液態、固態

20.驅動方式：艙門開啟、離心力甩出、風壓推出、幫浦氣壓、幫浦水壓

21.造價：含載具、植播裝置、軟體設定

三、提升現行中型六軸UAV植播機性能

現有中型六軸在試飛半年後發現有部份性能是可以提升，可提升的部份如表 2-2 所示標註部份

(一) 圖傳設備接收天線更新

(二) 投放式艙門多次開啟裝置測試

(三) 腹掛式水平撒種裝置測試

表 2- 2UAV 六軸設備提升比較表

項目	精進前品名規格	單位數量	精進後品名規格	單位數量
機體	zd850 機架	1 個		
	馬達座(2 紅 4 黑)	6 個		
	快拆槳夾	6 個		
	1755 槳	6 支		
	碳纖柱 20mm	6 支		
	碳纖柱 16mm	6 支		
	碳纖柱 10mm	4 支		
	電池板	1 個		
動力系統	5208/300kv 馬達	6 個		
	低電壓保護器	1		

		個		
	40a 電變	6 個		
	鋰聚電池 6s35c 5200	2 個		
	3s 2200 35c 鋰聚	1 個		
圖傳	5.8g 圖傳 1w	1 個	5.8g 圖傳 2w	1 組
	大型增益天線	0 組	大型增益天線	1 組
	N2osd	1 個		
	7 吋 dvr	1 個		
	鏡頭	1 組		
	雲台+伺服器	1 組		
投放 裝置	1.9g 伺服器金屬投 放機件	1 個	肥料種子撒播器	1 組
	15 公升箱體	1 個		
控制	1.Dji v2 飛行控制	1		

裝置	器	個	
	2.九動遙控器	1	個



圖 2-3 UAV 六軸系統架構圖

資料來源：本計畫

四、無人飛行載具崩塌地植生水平噴植酬載系統研發

由空中執行噴植的任務,必須考量物體因受重力作用而墜落地面,也因此能將植生材料留置在適當位置落地生根,發揮水土保持的功能。部份崩塌地地形過度陡峭，以垂直投放效果不佳。因此研製水平拋射設備,給予噴植材料水平移動之動能,能有 效提

升分佈均勻之目的,提高復育植生之成效。

投放裝置研發,配合中興大學水保系林信輝教授研發之植生粒劑,設計適合粒劑甩出之裝置。使甩出材料具有橫向移動的動能,綜合評估利用離心力來加速噴植材料為最經濟有效的方式。

第三章　工作進度與交付項目

第一節　計畫甘特圖

本計畫水平裝置研發甘特圖如下：。

工作項目		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
UAV相關法令分析	法規資料收集	■	■	■									
	法規資料分析				■	■							
	作業流程與法規檢核						■	■	■				
	參與民航局說明會								★				
	結論建議									■	■		
UAV載具類型比較	確定資料收集項目	■	■	■									
	各團隊提供基本數據				■	■	■	■					
	擬定各型UAV適用作業環境								■	■	■		
UAV性能提昇	評估提昇項目	■	■	■									
	材料採購				■	■							
	設備組裝製作						■	■					
	野外測試								★	■			
水平噴頭裝置研發	概念設計	■											
	繪圖作業		■										
	3D列印建模零件採購			■	■								
	組裝與干涉測試					■							
	地面撒播試驗						★						
	載具結合與質心配平							■					
	空中撒播試驗								★	■			
	現地撒播試驗										★		
	校驗成果										■	■	

★檢核點

圖 3-1 計畫甘特圖

第二節　計畫交付項目

本計畫擬交付項目如下。

一、完成崩塌地應用無人飛行載具之相關法令分析

二、收集臺灣地區現行UAV載具應用類型比較

三、提升現行中型六軸UAV植播機性能

四、大型無人飛行載具水平噴頭裝置設計之研發與評估

第四章 結果與討論

第一節 相關法令分析

一、法規沿革

於民用航空法遙控無人機專章未正式施行前，遙控無人機屬有礙飛航安全物體，依據民用航空法第 34 條第 2 項規定，在民用與軍民合用機場四周之一定距離範圍內，以遙控無人機進行飛行或空拍等活動均有妨礙航空器飛航作業之虞，應依相關規定向民航局申請。

因應遙控無人機活動漸增，為明確相關管理方式，交通部及民航局借鑒美國、歐盟、日本等國家立法經驗與國際民航組織規範，考量國內環境與利害關係人意見後，融合公共安全、社會秩序、飛航安全並兼顧產業發展，推動於「民用航空法」中增訂遙控無人機專章及相關授權法規命令修法工作。遙控無人機專章修正草案已於 107 年 4 月 3 日經立法院三讀通過、107 年 4 月 25 日經總統公布。行政院已於 108 年 6 月 10 日核定「民用航空法」第 99 條之 9 至第 99 條之 19 及第 118 條之 1 至第 118 條之 3，自 109 年 3 月 31 日施行。

二、相關會議記錄

本案將整理民航局各項相關法規會議結論重點以及與本案重要影響之決議

（一）遙控無人機管理規則草案法規說明會

表 4-1 遙控無人機管理規則草案會議紀錄

章節	提出單位	問題	民航局回覆
第二章	國立台灣科技大學	若無人機以購買零件材料組裝而成，是否也需要註冊?	凡進行室外飛航活動之無人機皆須依辦理註冊
	勝威科技農業代噴團隊	若是國外製造之無人機非透過代理商進口，是否需檢附購買證明或發票?	由「所有人」申請註冊，不需檢附來源證明。
	新北市急難救援協會	若因需求須裝載不同設備於無人機上，因故損壞致不能修復時，是否須申請註銷註冊?或可將號碼延用於其他無人機?	若機體無變動,僅裝載設備之變動,則不須重新註冊。若機體發生第 7 條應註銷之情況,則應辦理註銷。
	戴德科技有限公司	無人機廠商於設計製造時須進行試飛活動，應於何時申請?	設計、製造、改裝階段為驗證性能諸元所需之試飛活動，可以第 13 條規

			定辦理。
第三章	桃園市航模協會	第 12 條關於「改裝」之定義?	涉及機體或設備之改裝而影響性能者須重新申請型式檢驗,但不包含酬載之改變。
第四章	立法委員鍾佳濱國會辦公室	農業植保人員運用無人機進行農噴，術科測驗內容是否已規劃與農委會開會討論?	依民航法之規範,農噴須以「法人」申請，操作人須通過高級術科測驗並持有專業操作證。相關測驗內容、申請便利及農政交通資料協作等細節並將持續和農政部門協調。
第五章	勝威科技農業代噴團隊	使用無人機進行農噴時，應由法人於 15 天前申請操作限制排除進行噴藥，考量台灣氣候變化快速，恐無法於活動前 15 日提出。	建議法人若有使用無人機相關業務,應儘早準備能力審查等相關文件向民航局申請核准;以無人機農噴為例,可於計畫噴藥之季節,提早申請操作

			限制排除。

（二）遙控無人機人員術科測驗座談會議

表 4- 2 遙控無人機人員術科測驗座談會議紀錄

項目	決議事項
專業證高級考評表	(1)於考評表增列裝備性能口試為第一項科目。 (2)第一組有關夜航部分，另單列儀航程序科目，以鑑測夜間環境下受測者之精確儀器操作能力。 (3)高級測驗以任務執行能力為主，由受測者自行攜帶任務機執行；目前暫不區分內/外部操作者(IP/EP)，實際執行時如任務機須由 2 人操作，比照航空器駕駛員檢定作法，於測驗時得指定第三者陪飛。 (4)刪除「結束飛行任務」科目中有關「...不得出現 2 次(以上)彈跳」內容。 (5)資料鏈路全面失效等情況係屬系統裝備本身失效，安全邏輯(如自動進入歸航或原地盤旋模式)，爰不列入測驗範圍。
管理規則附件 14-樣機規格	附件 14 所列各級別，構型之樣機規格部分，因機翼外型、氣動力參數及起飛重量三者互相關聯，將再徵求各方意見，由(1)縮尺樣機配合較小推重比及(2)固

	定翼負荷配合不同重量等 2 案擇一實施。考量無人機管理規則草案預告時程，預告內容先做調整。
測驗場地及預考	重行規劃場地之「建議跑道長度」。明(108)年 7 月 1 日前之預考，將由民航局主政，配合測驗官標準化之推動，協調中科院提供執行協助。
其他事項	(6)有關部分公務機關表達以使用 2 公斤以下，僅具自動操作功能之無人機等實務意見，規劃增加不區分基本/高級之「0 級」，測考後以加註方式限制操作機型，或再搭配落日條款以漸進方式與制度接軌。

三、法規影響

（一）遙控無人機註冊

民航法 99 條之 10 規定，自然人所有之最大起飛重量二百五十公克以上之遙控無人機及政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機，應辦理註冊；遙控無人機管理規則第 10 條則訂定註冊有效期限為 2 年，並得於期限屆滿 30 日內向民航局申請延展期限。

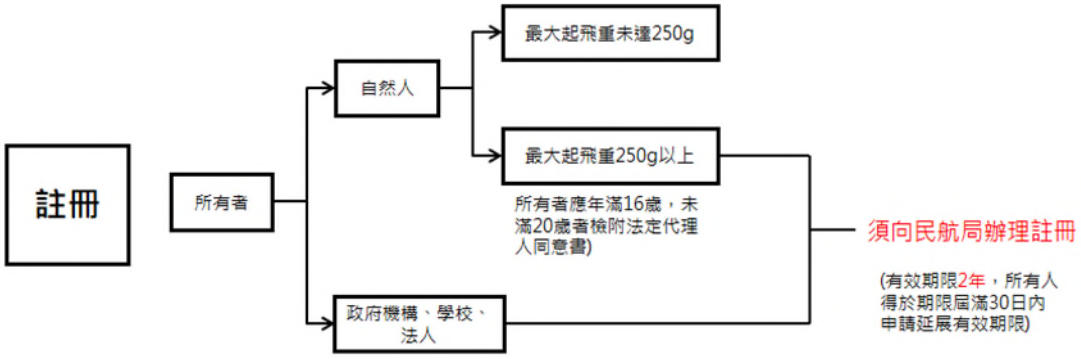


圖 4-1 遙控無人機註冊流程圖

（二）遙控無人機系統檢驗

民航法 99 條之 11 規定遙控無人機設計、製造、改裝，應向民航局申請檢驗；遙控無人機管理規則第 15 條規定最大起飛重量 25 公斤以上之遙控無人機應由所有人檢附申請書向民航局申請實體檢驗，若為自行製造、使用者，其所有人應檢附申請書，向民航局合併申請型式檢驗及實體檢驗為特種實體檢；並訂定實體檢驗合格證有效期限為三年，特種實體檢驗合格證有效期限最長不逾三年，兩者應於屆期前 30 日內向民航局申請重新檢驗。

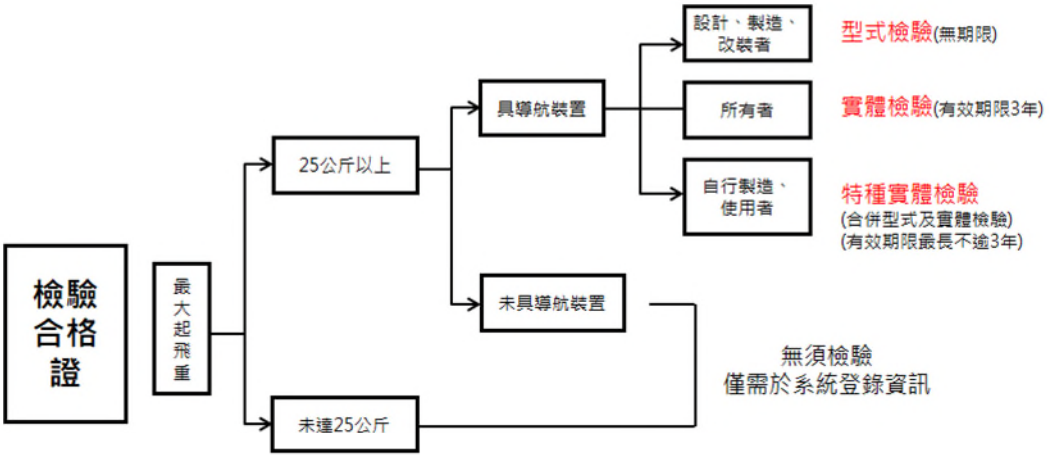


圖 4-2 遙控無人機檢驗流程圖

（三）遙控無人機操作人之測驗及給證

依據遙控無人機管理規則第 19 條:下列遙控無人機之操作人應持有民航局發給操作證後，始得操作：

1.政府機關（構）、學校或法人所有之遙控無人機。

2.自然人所有之最大起飛重量二公斤以上未達十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機。

3.自然人所有之最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機。

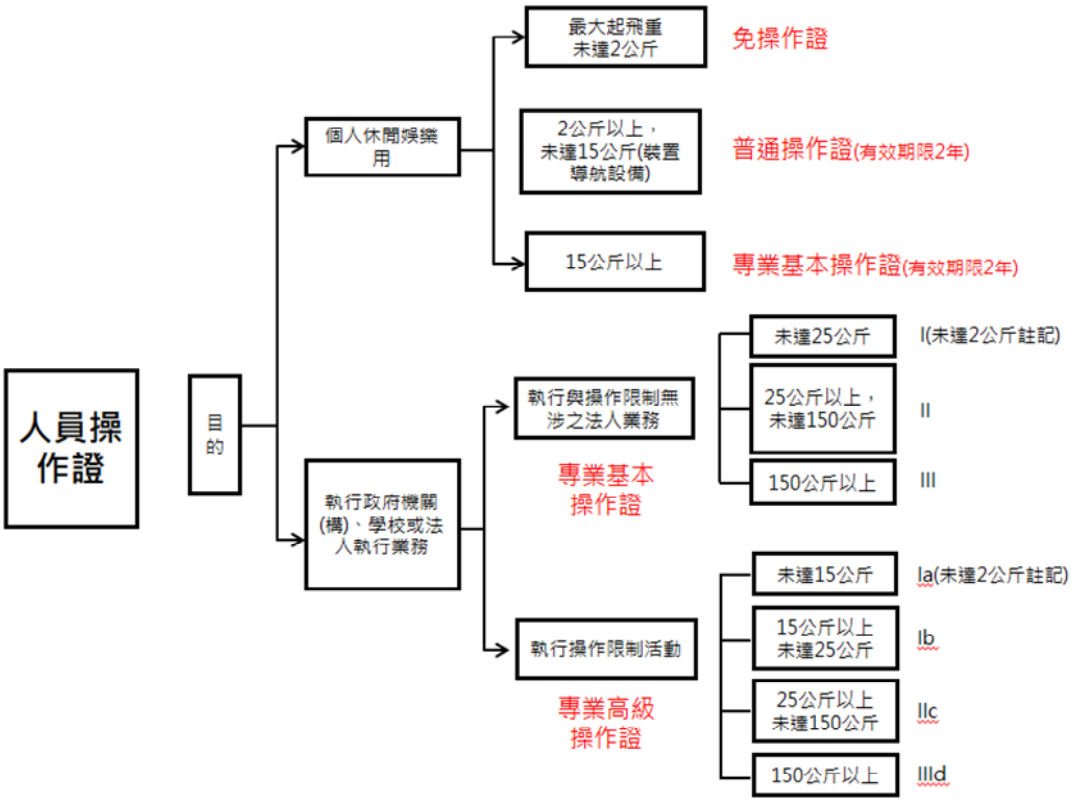


圖 4-3 遙控無人機人員操作證分類圖

（四）操作限制及活動許可

依據民航法第 99 條之 13 至第 99 條之 14，規範中與地方政府之禁止、限制區域、相關操作規定等，以及政府機關(構)、學校或法人申請程序；遙控無人機管理規則第五章第 25 條至第 35 條規範遙控無人機之飛航活動應遵循之規定；政府機關(構)、學校或法人等飛航活動申請規定。

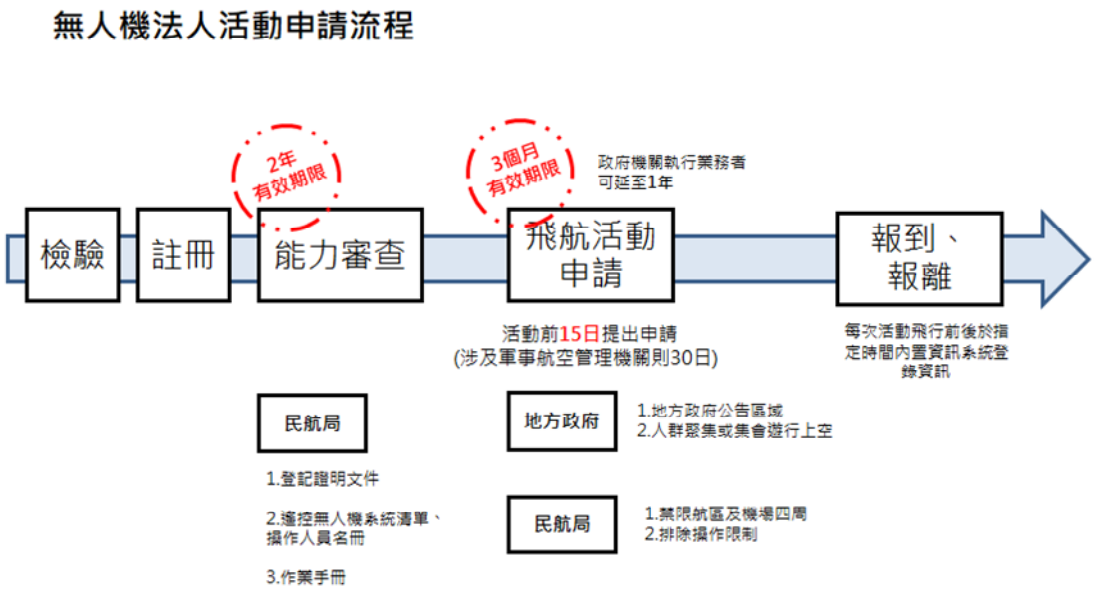


圖 4-4 遙控無人機活動申請流程圖

（五）個案檢視

本案依民航法及遙控無人機管理規則，分別檢視各學校提供之四種機型所需辦理之事項如下:

1.成功大學（無人直升機，最大起飛重 25 公斤)

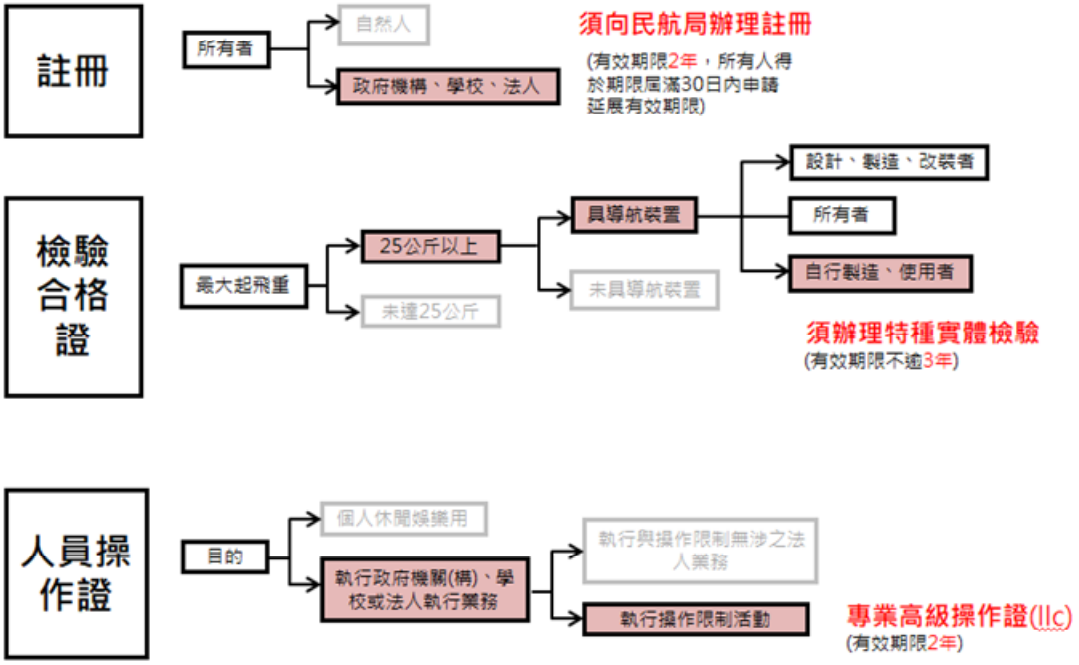


圖 4-5 成大機型飛航申請應辦理行政項目分類圖

2.逢甲大學-易圖(無人直升機，最大起飛重 28 公斤)

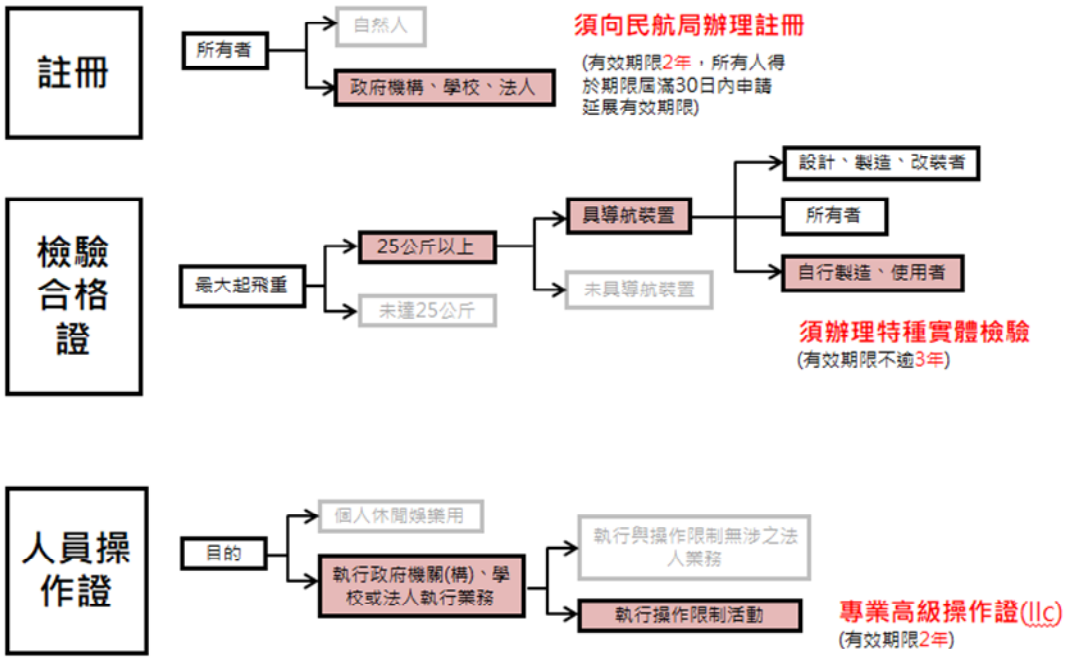


圖 4-6 逢甲機型飛航申請應辦理行政項目分類圖

3.中興大學-植播機(無人多旋翼機，最大起飛重 10 公斤)

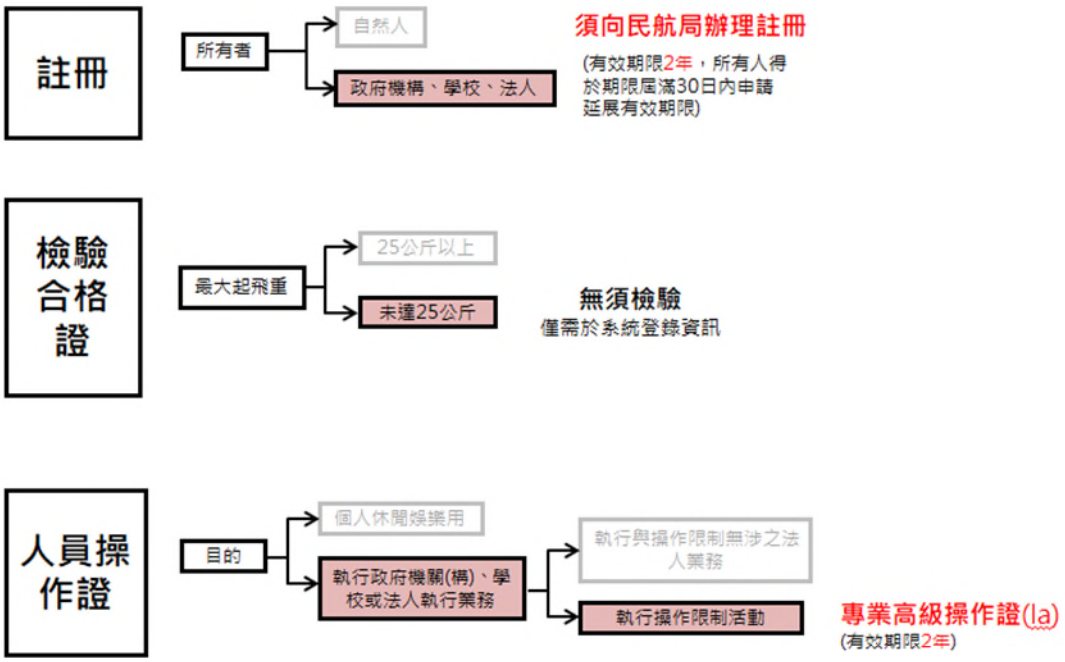


圖 4-7 中興植播機飛航申請應辦理行政項目分類圖

4.中興大學-植噴機(無人多旋翼機，最大起飛重 36 公斤)

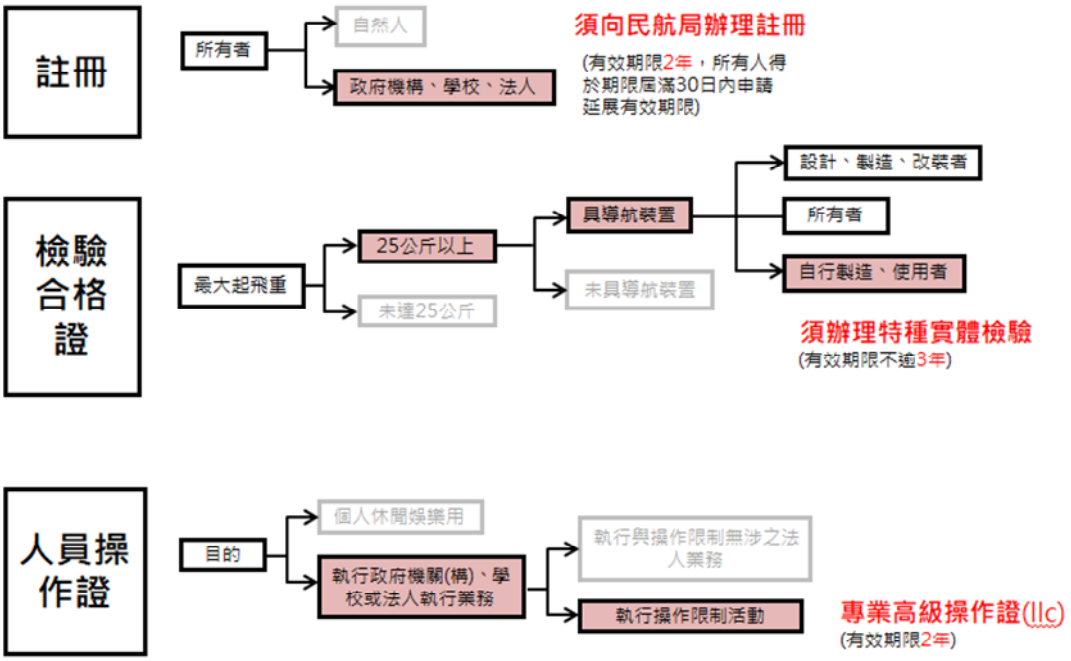


圖 4-8 中興植噴機飛航申請應辦理行政項目分類圖

四、植保機操作程序與飛行準則

（一）飛行安全操作準則與流程制定

UAV無人載具不同於一般工程設備，其任何的失誤都會造成儀器設備的重大損失，因此制定安全操作準則，提供飛行的可靠度是相當重要。其重要的準則依過去操作墜毀的經驗，包括飛行前自主檢查與飛行中注意事項等兩方面都極為重要。以確保百分之百的飛行安全，其檢查注意項目如下表所示:

表 4- 3UAV 起飛前自主檢查表

項目	符合
1.槳葉是否安裝妥當	
2.機身各零組件是否固定鎖緊	
3.電池電量充足/主電池/圖傳電池/遙控器電池	
4.雲台相機鏡頭無髒污	
5.遙控器控制正常	
6.失控返航高度設定高於飛行區障礙物 30 米以上	
7.飛行路線已確認	
8.指南針校準已完成	
9.投放裝置作動正常	

表 4- 4 UAV 飛行中注意事項表

項目	符合
1.不可空中內八或外八掰桿	
2.不能進行鏡頭向前快速倒飛	
3.超視距飛行高度需高於飛行區障礙物	
4.起飛後 GPS 定位與定高正常起動	
5.觸發返航程序需清楚	
6.低電壓需立即返航	
7.不在惡劣氣候強行飛行/雨天/5 級風以上/光線不足	
8.不在惡劣環境強行飛行/人口密集/起飛點平坦地小於 9 平方米/禁飛區/收訊干擾之水面、高壓電纜下方/障礙物過多區	

UAV任務執行如同一般民航機的飛行計畫一般，是有目的性的飛行，因此流程圖的建構將確保每次的飛行計畫可順利完成，其流程如下：

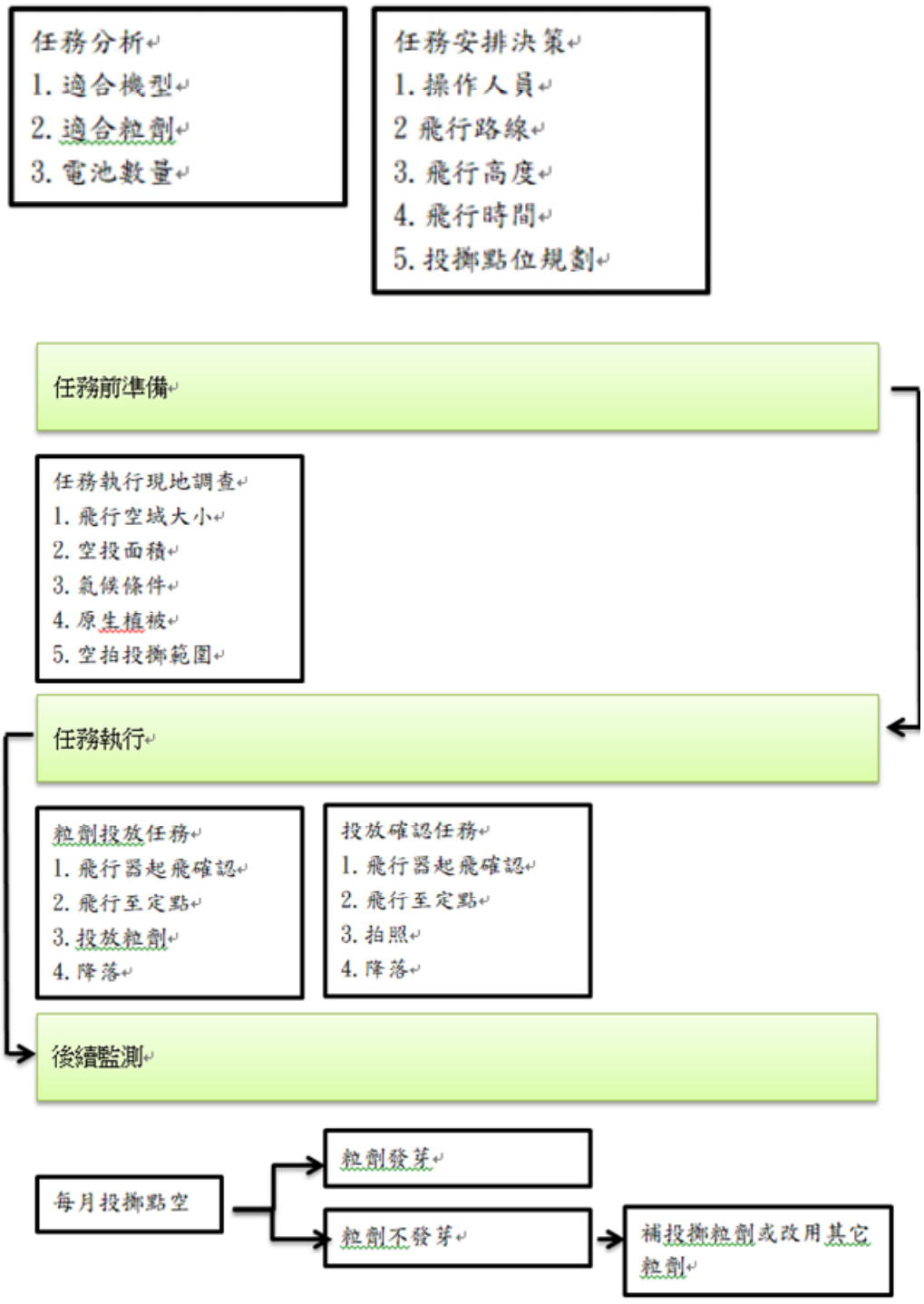


圖 4-9 UAV 任務流程圖

粒劑投放任務照片



飛行器起飛確認



飛行至定點



投放粒劑



降落

（二）錄影監測資料作業

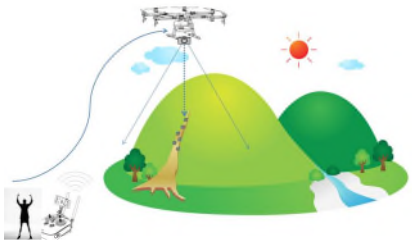
未來政府機關執行相關 UAV 無人機植生發包採購案，如何驗證其勞務執行成果，依現有經驗可以下列兩種方式驗證。

1.方法一

第一人稱視角（F.P.P, First person perspective）監測

利用植播機本身鏡頭，由輔助操作手利用圖傳手機接收機接收植播機圖傳訊號，拍攝或錄製投放作業，確認投放點掉落地點為目標區。

第一人稱監測



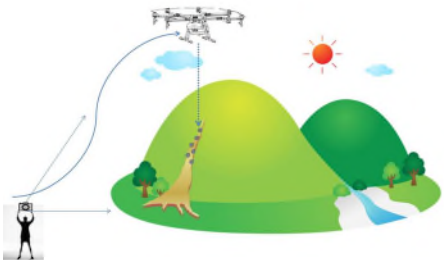
標準作業程序:操作手控制植播機起飛→飛抵目標區→通知輔助操作手開始依地面站影像進行錄影或拍照→操作手投放→輔助操作手終止攝影→返航

2.方法二

第三人稱視角（T.P.P,Third person perspective）監測

(1)在可視距離內由輔助操作手於地面拍攝投放作業

第三人稱監測-視距內



標準作業程序:操作手控制植播機起飛→飛抵目標區→通知輔助操作手開始朝作業區植播機進行錄影或拍照→操作手投放→輔助操作手終止攝影→返航

(2)在可視距離外，由輔助操作手操作另一空拍機至目標區，由空中拍攝植播機投放作業



標準作業程序:操作手控制植播機起飛，輔助操作手空拍機起飛→飛抵目標區→通知輔助操作手以空拍機開始朝作業區植播機進行錄影或拍照→操作手投放→輔助操作手終止攝影→兩機返航

第二節 UAV 類型比較

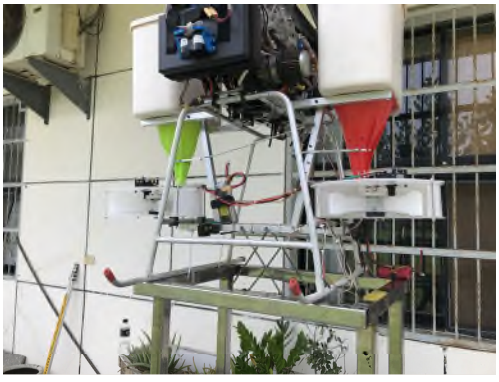
一、現行市場植播機載具性能諸元

表 4-5 各團隊 UAV 性能諸元表

		無人直昇機		無人多旋翼機	
機型		成大	逢甲易圖	植播機 10K A 型	植噴機 36K
旋翼數量		單旋	單旋	6 軸	6 軸
機體尺寸	旋翼大小	90cm	111 cm	17 吋槳	28 吋槳
	機身總寬	65cm	52 cm	106cm	170cm
	機身總長	180cm	260 cm(含槳)	106cm	170cm
	機身總高	78cm	73 cm	80cm	60cm
主要機架材質		碳纖	合金	碳纖	碳纖
空重		15 kg	15 kg	3.4kg	20kg
最大起飛重量		25kg	28 kg	10kg	36kg
植播材料重量		8kg	10-12 kg	4.5kg	5kg
燃料/電池重量		1 kg	1.6 kg	1.4 kg	3.1 kg
動力系統	型式	油機	油機	電機	電機
	引擎/馬達	100cc 四行程引擎	80cc 二行程引擎	LA5208 KV300	M10 KV120
	能源型式	95 無鉛汽油	95 無鉛預混機油	Li-Po	Li-Po
	標準油箱/電池 容量	1400cc	2200 cc	10000mah	22000mah x 2
最大起飛重量滯空時間		30 分鐘	40 分鐘	10 分鐘	10 min
不含植播設備滯空時間		50 分鐘	60 分鐘	20 分鐘	30 min
最長作業距離		2km	30 km	0.5km	3km
最大抗風等級		9 級(輕度颱風)	8 級以上	5 級	6 級
飛控系統		自行開發	自行開發	DJI V2	DJI A3

圖傳系統	型號	5.8GHZ	自行開發	5.8GHZ	2.4G/5.8G GHZ
	距離	5km	30 km	5km	5km
植播裝置	裝置重量	2kg	5-6kg	1.1	5kg
	植播型式	噴出;投放	噴出;投放	投放	噴出
	適用材料	固態,液態	固態,液態,粉狀	固態,液態	液態
	驅動方式	離心力與開艙門	開艙門或客製化	開艙門	幫浦水壓
造價		100 萬	200 萬	8 萬	20 萬
耐用年限		10 年	10 年	6 年	6 年
油耗		30 分鐘/1 公升	30 分鐘/1 公升	10 分鐘/10000mah	8 分鐘/10000mah
維修難度		難	難	中	中
飛行成本 1000 ㎡		7 萬元	7 萬 5 千元	4 萬 5 千元	6 萬元

二、載具與裝置照片

	載具	植播裝置
成大		
		

逢甲		
中興		
		
陶林		

三、現行研發中播種裝置類型

（一）依機械設備與作業方法區分

1.無動力

(1)投放式

固態或液態材料，定點利用投放口匝門開啟與關閉進行播種，材料呈自由落體下墜至目標區。在無外力影響下，依投放高度與材料特性有不同分佈範圍

(2)移動投放式

固態或液態材料，在飛行恣態移動或擺動中，利用投放口匝門開啟與關閉進行播種，材料會因慣性，呈拋物線型下墜至目標區。在無外力影響下，依投放高度、擺動幅度、飛行速度與材料特性有不同分佈範圍

2.動力

(1)氣動式

固態材料，利用強力風扇為輔助推力將槽體內材料吹出，材料呈拋物線型下墜至目標區。

(2)離心力式

固態材料，利用電力馬達帶動葉片將材料拋出，材料呈拋物線型下墜至目標區。

(3)噴植式

液態材料，利用馬達加壓氣體，將液態材料噴出，類似傳統氣壓式噴漿機

表 4- 6 現行研發展播種裝置類型分類表

	無動力		動力		
	投放式	移動投放式	氣動式(研發中)	離心力式	噴植式
適用材料	粒劑、粉劑、液態	粒劑、粉劑、液態	粒劑	粒劑	粉劑、液態
適用區域	四級坡以下	四級坡以下	五級坡以下	五級坡以下	五級坡以上
有效分佈範圍(10m 高度測試)	R=3	R=5	R=10	R=10	R=15
裝置重量	1KG	1KG	2KG	2KG	2KG

（二）附掛播種裝置設備介紹

1.投放式

投放式播種裝置包含主要兩構件，其說明如下：

(1)作動裝置

以伺服器控制艙蓋，遙控器提供一通道進行控制，艙門可設計一次開合、多次開合或設計控制開啟角度

(2)投放容器設計

機腹附掛輕質容器，具活動式投放艙門，並設計給料口，容積依掛載重量與機腹空間設計，建議 15 公升以內。

2.氣動式

投放式播種裝置包含主要三構件，其說明如下：

(1)作動裝置

以獨立電門控制導風扇轉速，遙控器提供一通道進行控制，粒劑或粉劑經輸送管風壓送出

(2)動力裝置

3000KV 無刷馬達、30A 電子變速器，獨立控制 2.5 吋導風扇吹出

(3)材料艙容器設計

機腹附掛輕質圓桶型容器，經輸送管送達風洞管，容器並設計給料口，容積依掛載重量與機腹空間設計，建議 15 公升以內。

3.離心力式

(1)作動裝置

以獨立電門控制馬達扇轉速，遙控器提供一通道進行進料口控制，粒劑轉盤甩出

(2)動力裝置

2000KV 無刷馬達、30A 電子變速器

(3)材料艙容器設計

機腹附掛輕質桶型容器，容器並設計給料口，容積依掛

載重量設計於機腹下方或兩側空間，建議單桶容量 15 公升以內，雙桶各 8 公升以內。

四、預估未來作業單價

以現行多軸無人機投放工法，預估單價每 0.1 公頃約 8 萬元，其中含材料 3.5 萬與 uav 作業費 4.5 萬

表 4- 7 UAV 施工作業費單價分析表

工作項目：UAV施工作業費（投放式）　單位：1000㎡				
工料名稱	單位	數量	單價	複價
植生粒劑	公斤	100.000	350.00	35,000.00
技術工	工	3.000	3,000.00	9,000.00
小工	工	3.000	2,000.00	6,000.00
車輛租金	天	3.000	3,000.00	9,000.00
UAV租金	天	3.000	2,000.00	6,000.00
UAV機具折損	式	0.100	150,000.00	15,000.00
合計	1.000			80,000.00
人工： 15,000.00 機具： 15,000.00		每 1000㎡ 單價計		80,000
材料： 35,000.00 雜項： 15,000.00				

五、現地施作各型機種速率評估 1000 ㎡施作面積

以現行各機型的施作速度，燃油直升機每 1000 ㎡需 2 個工作天，植播機需 3 個工作天，植噴機需 5 工作天，評估表如下

表 4- 8 UAV 施工作業速率評估表

	載重量	飛行次數	每趟作業時間（含裝填料）	所需天數
成大	8kg	12 趟	30 分	2 天

逢甲	10kg	10 趟	30 分	2 天
中興植播機	4kg	25 趟	20 分	3 天
中興植噴機	5kg	50 趟	30 分	5 天

六、環境類型適應性

（一）現有 UAV 無人載具依照其載重與植播裝置，各適應環境條件如下表分析

表 4- 9 現有 UAV 無人載具適應環境條件分析表

	無人直昇機		無人多旋翼機	
	成大	逢甲	植播機 10KA 型	植噴機 36K
滯空能力	★★★	★★★★	★	★
載重能力	★★	★★	★	★
運輸便利	★	★	★★	★
起飛限制	★★★	★★★	★	★★
空域限制	★★	★	★	★★★
綜合說明	引擎直升機機型較大，滯空時間長，搭配撒播裝置固體粒劑，可適應五級以下陡坡，散播到預定地點。 缺點：造價昂貴，設定操作需專業人員。起飛	引擎直升機機型較大，滯空時間長，搭配投放裝置固體粒劑，可適應三級以下坡度，投放到預定地點。 缺點：造價更昂貴，設定操作需專業人員。起飛	電動多軸無人機，體機較小，客貨車可運送兩台，搭配投放裝置固體粒劑，可適應三級以下坡度，投放到預定地點。造價便宜，重量輕，可小搬運至適合起飛點 缺點：滯空時間	電動多軸無人機,搭配噴植裝置,可適應六級以上坡度,噴植到預定地點。 缺點：滯空時間短，飛行操作需專業人員,重量重,起飛與飛行地點需車輛可達。因噴植壓力距離影響,飛行撞山機率較高

	與飛行地點需車輛可達	與飛行地點需車輛可達	短，飛行操作需專業人員。	

（二）無人機播種作業系統之選擇流程

無人機播種無業系統受限於載具與播種裝置功能,於作業前需進行系統選擇確認，考慮因素包括：

(1)飛行場地條件:包含起降地點條件、風場環境、車輛設備可及性

(2)施工成本

(3)單次酬載重量:5 公斤以下、5~10 公斤、10 公斤以上

(4)負載滯空時間:10 分鐘、10~20 分鐘、20 分鐘以上

(5)坡面土壤地質條件：具土壤層厚度、岩面破碎程度

(6)坡度選擇:四級坡以下、五級坡以上

(7)材料性質:粒劑、粉劑、液態

(8)標配載具:油機、電機

1.載具選擇

飛行空域條件→施工成本→單次酬載重量→負載滯空時間

2.附掛播種裝置選擇

坡度選擇→坡面土壤地質條件→材料性質→標配載具

七、實地環境條件建議

表 4- 10 107 年度裸露地 UAV 播種植生評估案例

<table>
<tr><td>行政區</td><td>現場照片</td><td>崩塌地類型說明</td></tr>
<tr><td>嘉義竹崎</td><td></td><td>6 級以上陡坡，破碎泥岩，面層較光滑，土壤有效深度為甚淺層，禾本科與山黃麻等先驅樹種。</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td>垂直投放投影面積過小，僅下方堆積區有植生</td></tr>
<tr><td colspan="2">建議上邊坡 75 度陡坡以多軸無人機噴植工法，下方以無人直昇機植生粒劑投放工法，但需克服起飛點於 500 米外，視距外操作</td></tr>
<tr><td>嘉義番路</td><td></td><td>2 級坡，砂質壤土，，土壤有效深度為深層，原擋土下邊坡植生良好</td></tr>
</table>

		垂直投放投影面積大，空域較大
	建議以多軸無人機植生粒劑投放工法，或無人直昇機植生粒劑投放工法，唯此種 200 ㎡以對施工面積，無人直昇機作業成本過高	
嘉義中埔		5 級坡，破碎泥岩，具多處蝕溝，土壤有效深度為甚淺層，基地於農路下邊坡，禾本科與刺竹林淺山樹種。
		具足夠投影面積，但空域較小
	建議以多軸無人機植生粒劑投放工法，或無人直昇機植生粒劑投放工法	

<table>
<tr><td rowspan="3">屏東滿洲</td><td></td><td>上邊坡為五級坡，下邊整地堆積區為三級坡，主要為砂岩碎石，除禾本科外另有相思樹、野同、構樹、山黃麻等先驅樹種</td></tr>
<tr><td></td><td>具足夠投影面積，且空域較大</td></tr>
<tr><td colspan="2">建議以多軸無人機植生粒劑投放工法，或無人直昇機植生粒劑投放工法，上邊坡光滑面以多軸無人機噴植工法，上邊坡與堆積區粒劑建議以加入藤蔓植物種子</td></tr>
</table>

表 4- 11　108 年度裸露地 UAV 播種植生評估案例

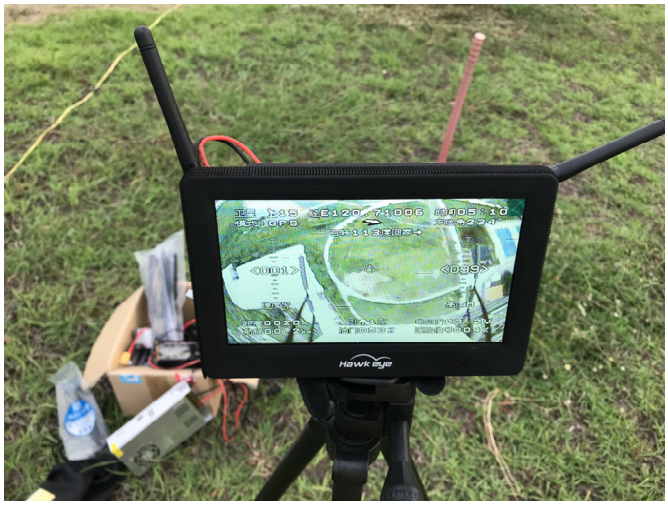
<table>
<tr><th>行政區</th><th>現場照片</th><th>崩塌地類型說明</th></tr>
<tr><td rowspan="3">嘉義阿里山</td><td></td><td>6 級以上陡坡，砂頁岩互層，部份岩面較光滑，但破碎岩帶堆積區有植生，上邊坡土壤有效深度為甚淺層下邊坡為淺層，禾本科為主。</td></tr>
<tr><td></td><td>具足夠投影面積小，但空域較大</td></tr>
<tr><td colspan="2">上邊坡光滑面以多軸無人機噴植工法，植生材料建議加入具氣根之藤蔓吸附岩壁。下邊坡較多破碎岩屑與土壤，建議以多軸無人機噴植工法加入禾本科與藤蔓植物種子</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3">嘉義阿里山</td><td></td><td>6 級以上陡坡，砂岩，上邊坡為土壤層坡度為 5 級坡，堆積區為 4 級坡，下方堆積區容易被暴漲溪水帶走</td></tr>
<tr><td></td><td>上方崩塌區與下方堆積區投影面積較大，空域也較大</td></tr>
<tr><td colspan="2">上下段可適用投放粒劑工法，中段岩層可用無人直昇機進行撒播或無人多軸機進行噴植工法</td></tr>
<tr><td>嘉義阿里山</td><td></td><td>上邊坡為土壤層坡度為 4 級坡，堆積區為 2 級坡，砂礫石深層土壤</td></tr>
</table>

		上方崩塌區與下方堆積區投影面積較大,空域也較大
	上邊坡適合植昇機撒播工法，下方適合直升機投放粒劑工法，惟起飛地點距投放點有 450 公尺，有高壓電線障礙物於航道	
南投信義		4 級坡,砂礫石深層土壤
		崩塌區區投影面積較大，空域也較大，但崩崖有喬木
	可用無人直昇機進行撒播或無人多軸機進行噴植工法，但面積過小，且人員可達，使用 UAV 植生工法較無必要性	

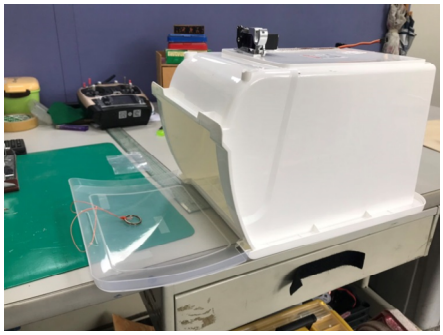
第三節 提昇現行中型六軸 UAV 植播機性能

一、 圖傳設備接收天線更新

		原有天線僅 100 米容易受雜訊干擾圖傳
		新購大型平板天線
		阿里山現地實測

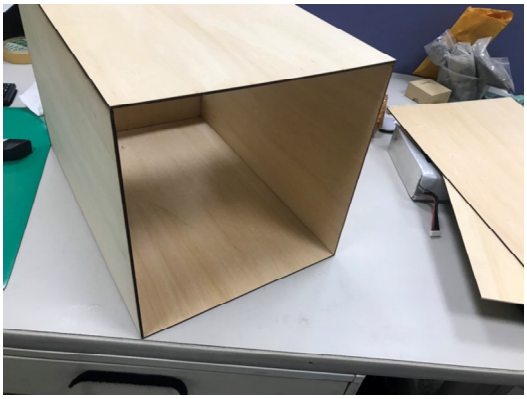
		空投區離接收區360米依然清楚

二、　投放式艙門多次開啟裝置測試

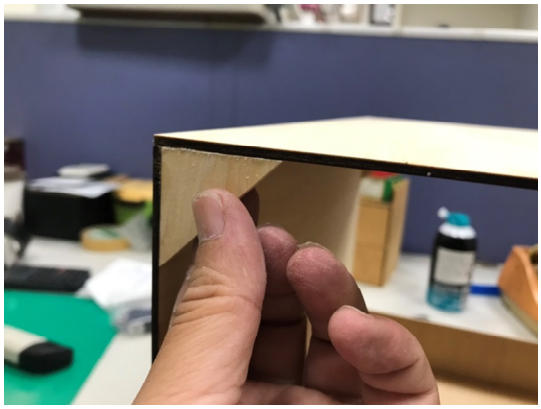
	現有六軸投放裝置	自動開啟投放裝置
		
重量	780g	1030g
容量	15L	36L
艙門開啟	單次	多次



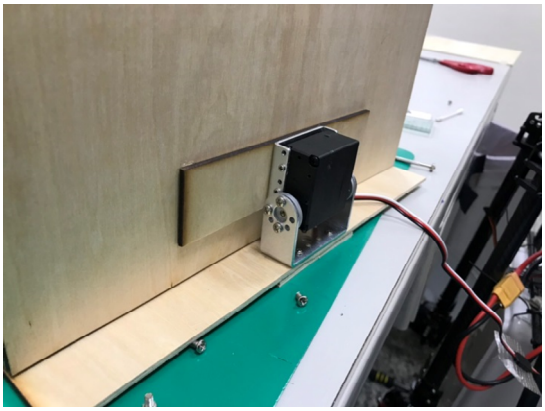
黏著



固定



補強結構



開關伺服器

三、 腹掛式水平撒種裝置測試

FS2513 無人機顆粒撒布器為一款農業應用無人機開發的產品，適應於顆粒肥料、農藥、飼料以及其他顆粒物撒布使用。

此產品設計可調節艙門開度及可調節撒布盤轉速。通過設置遙控器相應通道的旋鈕可無極變速及調節艙門開度。

撒布盤採用多角度設計，提高撒布均勻性，保證撒布寬度，提高作業效率。

實際試驗結果發現粒料大小與形狀需控制，超過 1cm 直徑之非圓形顆料容易送料不順。

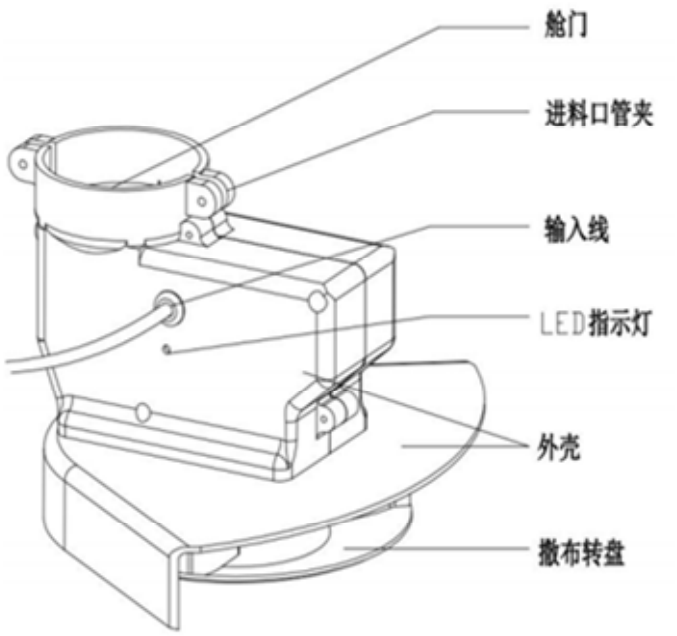


圖 4-10 無人機顆粒撒布器產品部件圖

	
套裝撒種裝置	裝置於現有載具
	
撒播飛行測試	撒播飛行測試

四、 **名間鄉投放試驗**

108 年 10 月 11 日，上午 10 點半至下午 1 點進行 8 次任務飛行，過程重點如下：

1.本次預灑播點位為崩塌地中間段位置(約距離起飛地點 260~320 公尺)之範圍，預灑播趟數 10 趟，每次灑播 3 公斤，共灑播 30 公斤。

2.前三次灑播作業順利完成，視距外飛行，每次飛行時間約 6 分鐘，飛行距離約 300 公尺，第四次飛行時，因風速過大，導至瞄準時間過長，飛行滯空時間已超過 5

分鐘，電壓已接近 22.8v 低電壓，為確保飛行安全，因此回到起飛點位更換電池。

3.更換電池後，再次起飛執行第五次任務，順利灑播完成。

4.第六次任務執行時，飛機飛至約 200 公尺時，電池未固定妥當導致脫落，飛機墜機。

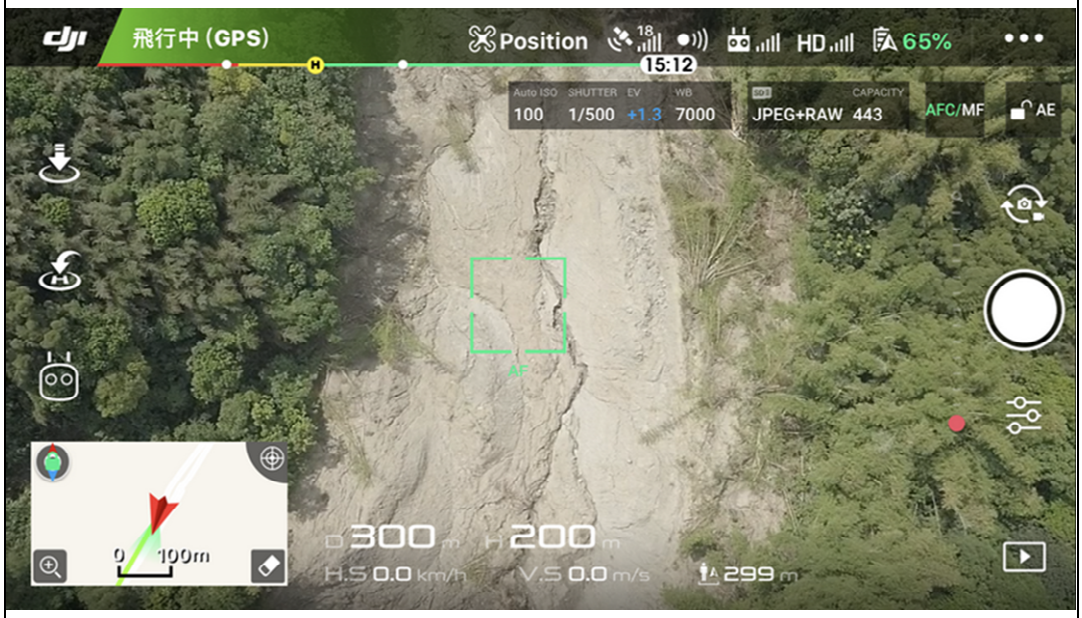
5.第七次任務，順利灑播完成。

6.第八次任務起飛時發現 UAV 有不正常抖動，因此降落檢查，發現螺旋槳螺絲有鬆動，因此停止施工。

7.故本次實際飛行趟數共 7 次(其中一次灑播失敗)，每次灑播 3 公斤，共灑播 18 公斤。



鳥瞰照片，發生段往堆積段視角

全區鳥瞰圖

主要投放區於開闊之輸送段

五、　　墜機原因分析

植播機自 107 年飛行至今約執行 120 次飛行，共發生 3 次墜機，原因如下表：

	
地點：阿里山 高度：30m 距離：200m 飛行中勾中電線	地點：名間 高度：120m 距離：250m 飛行中電池脫落
	
地點：仙湖 高度：20m 距離：30m 下雨天飛行失控	一般高空墜毀，毀壞程度大約 70%以上

第四節 水平撒播裝置研發

水平撒播裝置研究經兩階段嘗試，發展出最終試驗的水平撒播裝置，並已完成地面撒播測試，預訂於 8 月底進行空中撒播測試，九月中進行現地撒播測試。

一、研發裝置說明

作用原理:

將粒劑材料經供料管流放於旋轉的圓盤上藉由離心力(圖 2-2)作用水平拋射至目標區,動力來源暫且由電力供應馬達旋轉,待自行開發之大型直昇機(圖 2-3)具備多附屬功能規劃目標酬載 20kg 完成可利用直昇機引擎供應動力降低設備重量提升攜運量

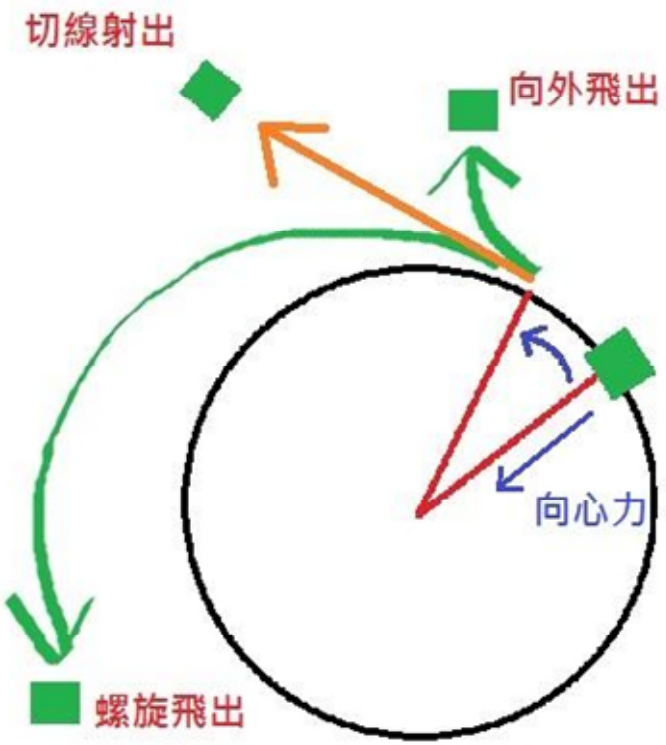


圖 4-11 離心作用示意圖

表 4- 12 第一階段水平撒播裝置

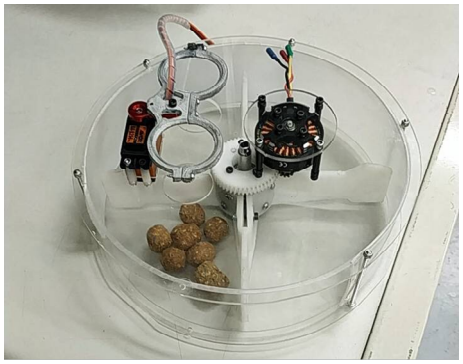
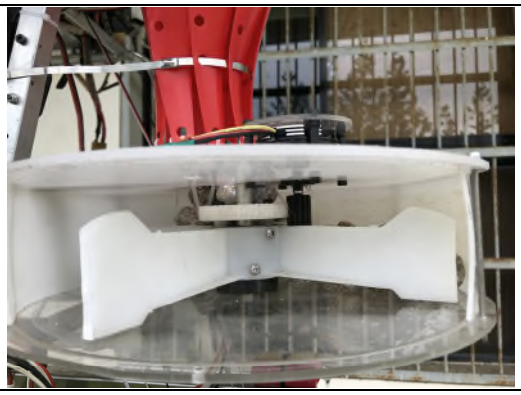
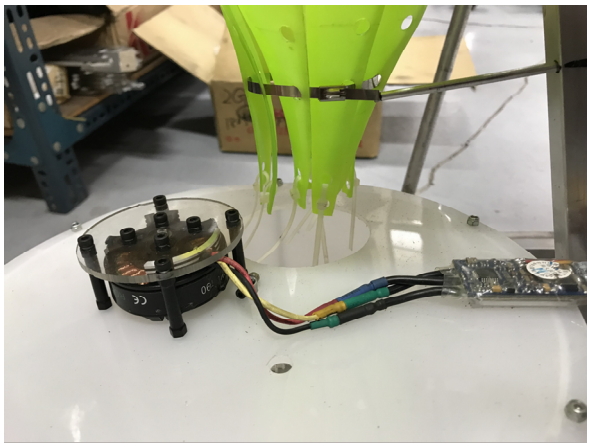
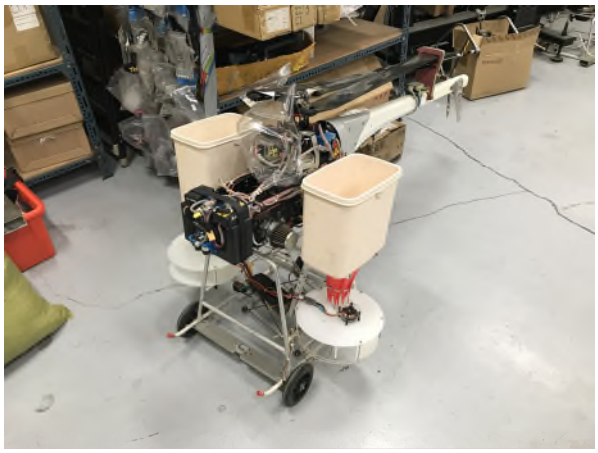
	照片	說明
轉盤		第一次利用研發裝置利用離心力由電動馬達驅動，並加減速齒輪，增加扭力，但進料口過小易卡住
進料漏斗		漏斗以小型直排輪安全錐改裝，但因下方開口容易因粒糙粒料卡住

表 4- 13 第二階段水平撒播裝置

	照片	說明
轉盤		第二階段研發改變轉盤尺寸增大
進料控制		進料口增加，並利用轉盤拍擊束帶產生進料漏斗口震動，減少粒劑卡在洞口機率
裝置裝設於載具		撒播裝置搭載於機體兩側，共可搭載 10 公斤粒料

二、地面撒播測試說明

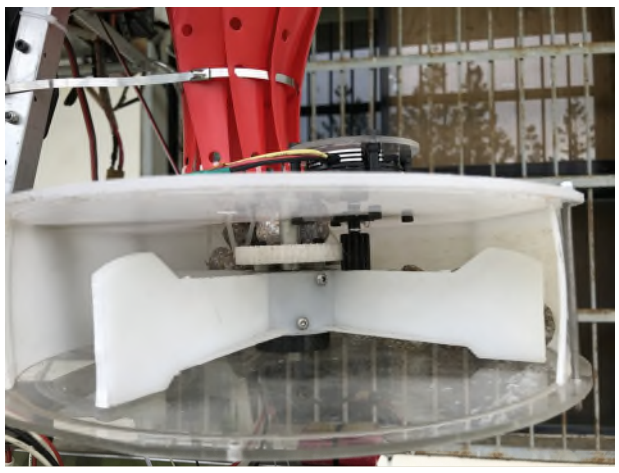
撒播測試分兩種，利用電壓不同提供轉盤不同轉速，控制甩出力量，一種電壓為 22.2v，一種電壓為 44.4v

表 4- 14 地面撒播實驗設計說明表

	照片	說明
		撒播裝置設於離地 2.5m 高平台
		單邊各裝填 2 公斤粒劑，約 360 顆

		裝填粒劑
		地面繪制標線
		甩出粒劑

表 4- 15 試驗結果表

	照片	說明
22.2 v		70%粒劑集中落於 4~8 米處，呈 75 度角擴散分佈
44.4 v		70%粒劑集中落於 6~10 米處，呈 75 度角擴散，且更為分散，測試時單邊齒輪脫落
44.4 v		因 44.4v 轉速過快，齒輪脫落，空轉

以現有地面測試，水平撒播裝置可行，為開口需再微調方向，因粒劑在近 120 度開口範圍中，於前方 30 度就已甩出，所以載具正前方反而無粒劑分佈。

三、空中撒播試驗說明

經過 108/7/4 日的地面撒播實驗，檢討較適合之電壓應該為 11.1v，本次試驗重點為驗証在不同飛行高度，撒播的粒劑不會因主旋翼下壓氣流造成撒播距離過近。

表 4- 16 空中撒播實驗設計說明表

	照片	說明
測風		確認地面風速小於 20m/sec
填料		單邊各裝填 2 公斤粒劑，約 360 顆

定線		地面繪制標線
甩出		甩出粒劑

表 4- 17 空中撒播試驗結果表

	照片	說明
高 度 10m		粒劑集中落於 12~16 米處，呈 60 度角擴散分佈

高 度 20m		粒劑集 中落於 16~20 米處， 呈 60 度 角擴散

四、現地撒播試驗說明

經過 108/9/20 日的空中撒播試驗，檢討撒出轉盤的開口應較提前 15 度，向內集中。

表 4- 18 現地撒播試驗設計說明表

	照片	說明
檢驗		確認載具設備

起飛		單邊各裝填 4 公斤粒劑，約 720 顆
準備起飛		地面清場
甩出		甩出粒劑

表 4- 19 現地撒播試驗結果表

	照片	說明
高度 15m 距離 50m		粒劑集中落於 50 ㎡ 範圍
高度 40m 距離 250m		粒劑集中落於 80 ㎡ 範圍

第五節 結論

Uav 飛行載具播種技術在臺灣以經過二年的試驗，對於可能性的評估也以証明技術可行，但過程中仍可發現眾多的問題需各領域團隊的專家再持續性的投入克服，不管是在粒劑研發、載具精進、投放或噴植裝置系統的改良與不同基地環境植生材料的研究與生態監測，以臺灣的特殊環境特性，應會在此領域有好的研究與技術發展成果。

參考文獻

1. 國立中興大學，坡地植生工法應用技術精進研發，行政院農業委員會水土保持局，2018。
2. 王研任，碩士論文，多旋翼無人飛行載具高負重設計之研究，樹德科技大學，2016
3. 彭珺得，碩士論文，農用無人機共享經濟化之可行性研究-以 A 公司為例，國立中山大學，2017
4. 陳宣霈，碩士論文，農用噴灑多旋翼載具，國立虎尾科技大學，2018

網頁資料

1. 交通部民用航空局/民航業務/無人機專區. 上網日期 2019 年 7 月 10 日. 網址 https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=188&lang=1

附錄

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	P.2-1第二章工作執行方法與步驟說明內容,應針對第二節工作執行步驟(移第一節)說明執行方法,每項目標說明不需重複說明(一)工作說明(二)工作執行方法,提高說明邏輯性及深入性。	已調整章節順序
2	P.2-1相關法令分析，有那些相關法令或草案應事先深入瞭解，對UAV噴植作業相關規定及因應對策。	已於 p2-2 說明未來應辦事項，並於 8/8 日參與民航局地方政府說明會，針對 UAV 作業規定與民航局標準組溝通
3	P.2-2現行UAV類型比較，無各類型、規格內容之評估宜性說明。	已於 p2-5 說明收集資料評估類型
4	P.2-4六軸UAV植播性能提升,以提升馬力效比與拉力，其三個方法如何進行，無說明。	就已現行機架評估後，馬力提升需更換更大電機馬達與電子變速器及機架，其所需費用超過原規劃，因此暫緩此項升級。但仍精進圖傳距離、投放裝置等設備。
5	P.2-7,水平噴頭之設計研發，內容無具體。	已於 p2-12 提供研發初期裝置雛型
6	P.1-2 頁首「資料倉儲中心」等有誤，請修正。	已修正
7	P.1-6 播種方式有投擲與噴植兩種，由計畫名稱來看，似乎包含投擲的作業機具，請補充說明投擲作業機具預計研發方向。	投擲作業機具為提昇原有單次開啟艙門與增加容量，如 p2-7
8	P.2-2 收集台灣地區現行UAV載具應用類型比較，目前只收集UAV應用在植播相關的機型，建議納入其他應用的機型，可作為自主研發UAV之參考。	UAV 應用類型發展快速,除現行收集之 UAV 類型外，應用於各行業別之機型較難聚焦，可參考民航局定義機型，或未來資料庫中登錄的型號資料庫

項次	審查意見	回覆辦理情形
9	P.2-5 表 2-2 建議將 UAV 原有設備與可提升的部份放置於不同欄位，以比較差異性。	遵照辦理
10	P.2-12 建議補充說明 UAV 播種作業機具與噴植設備性能精進後，如何分析、評估其改良程度。	有實測效果圖片說明
11	P.3-1 計畫甘特圖目前只涵蓋水平裝置研發進度，應增加其他工作項目之進度。	已補充
12	投放裝置係利用重力作用，改良後可開啟關閉，請確認在植生資材滿載下可否順利關閉。	改裝後艙門經實測後關閉密合度不高，且發現原有投放箱大小已足夠使用，過大投放箱，現有載具無法負荷
13	1.水平噴頭之植生粒劑噴出後速度為何？是否足夠到達崩塌地？	約十秒可噴出 360 顆約 2 公斤，正常單邊搭載 4 公斤二十秒噴完，距離依電壓有所不同，大致可達 8 米遠
14	UAV操作限制中，政府機關、學校或法人得經能力審查後排除限制，此能力審查部份建議納入流程考量中。	遵照辦理，以納入法規檢討，但操作仍需取得操作証與設備檢驗
15	法令相關蒐集部份，除民用航空法之法規外，農業單位亦評估將UAV納入農機具項目管理，建議納入研析。	依 8/8 號說明會訊息得知，農業單位與民航局無共識，植保機代噴業者抗議中，
16	以UAV進行植生作業，全球先進國家皆發展中，建議納入國外植生機具的研究(外國以類似空氣槍原理將植生材打入壤中)。	已於 P1-3 補充
17	日本已發展農業資材(農粒劑、肥料等)以UAV進行灑播，建議評估以此概念發展成自己的植生技術。	遵照辦理，有採購套裝撒播設備試驗中
18	本計畫為整合型計畫之一，期望透過團隊各領域人才共同研發得具體成果。	謝謝委員提示
19	各類型載具播種之效能及費用支出於期程結束時，宜列出供參。裝載移動方便性及維修、材料供應及時效性併請比較。	遵照辦理

項次	審查意見	回覆辦理情形
20	簡報之工作進度與報告中表3-1工作進度時程表內容不一致。又二者與P.參-2計畫交付項目不盡相同。本計畫預期內容與目標值宜確定，俾利後續工作順利推動達成。	已修正補充各項目進度
21	建議就新舊法規之差異性,研析崩塌地無人載具使用之相關規範，分析課題及解決方案。	會於法規中特別補充說明
22	機具及設備朝商業運轉的方向研發,廠商培養及量能提昇。	遵照辦理，結論建議中會論述
23	報告書中針對組裝與干涉測試成果請再將簡報內容補充。	遵照辦理，會後續補充
24	本計畫有六軸UAV的精進，但又選擇汽油直升機來研究，兩者之間適用於那些情境、狀況再請補充說明。	油機、電機、多軸、單軸各有優缺點，會於後續補充說明

附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	UAV類型比較，建議增加價格、耐用、油耗、維修等說明。	已在比較表補充說明，詳p.17
2	法規面，建議提供SOP。	遵照辦理，詳p.17，一切依民航法規定建立SOP
3	施工成本,建議加入設置成本及施工過程損耗。	詳單價析表p.42，有估算載具折舊費
4	UAV可否加入植生粒劑試驗。	植生粒劑發芽試驗與監測主要以子計畫三為主
5	本計畫與詹教授及唐教授是否能夠整合,讓成果更豐碩。	已配合唐教授飛行阿里山試驗地

項次	審查意見	回覆辦理情形
6	簡報P.25,實地環境條件建議之標準依據來源為何？是由文獻而來,抑或是實際案例之經驗,若是實際案例,建議增加不同案例之植生成效評估結果，是否以達預期成效。	全部皆為實際經驗為主，唯後續植生成效評估需時參考子計畫 3
7	水平噴頭改良後之噴出速度為何？是否能與崩塌地保持一定距離，以保證飛行之安全。	水平噴頭之研發以子計畫四為主，依據現場觀測,uav操作手需目視飛行，噴頭離山壁最少需5米距離，十分危險。
8	以電壓做為水平噴頭之輸出動能,載具能否提供足夠電壓完成噴植作業。	相關數距以子計畫四為主，其電力是可以完成噴植作業
9	補充計畫執行項目進度檢核點內容(配合P.17甘特圖說明)。	遵照辦理，詳p.17
10	P.19,相關法令分析內容，建議與詹教授計畫(P.6~9)相關部分，合併整合陳述。	本計畫針對各機型的法規進行大架構的檢討。未來整合需配合技術手冊要能看出全貌
11	P.55,地面撒播測試，只有圖片，無測試結果量化數據說明比較。	已補充，地面撒播測試不同電壓下距離與分佈範圍詳 p.60
12	請評估今年進行實地噴植或撒播,並統計現地施作的速率，可行性等。	遵照辦理，詳 p.42
13	水平撒播部分應用時機與條件為何？	詳p.43，表4-9
14	是否可採用更大載重之機具？	可用更大載具，但會依據經費與飛行環境有差別。起飛降落條件需要空曠場所

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	對 UAV 載具做水平之播種，因粒劑材料之自重及風力影響,如何控制其噴植之角度及固著之落點。	現階段水平噴植的準確度仍受外部環境影響頗大，需近距離噴出
2	甩出機制有無可能直接把種子拋到飛機螺旋槳，造成UAV 損壞。	螺旋槳下方有下沉氣流，並無此可能性
3	植生單價 80 元/m2，算屬經濟實惠。	謝謝委員指教，未來成本會因面積與技術成熟度再降低
4	坡度陡峭與否作為 UAV 粒劑及噴植要件，坡度有無限制。	坡度是航空植生機型選擇與工法選擇重要因子，噴植五級坡以上可行，投擲四級坡以下較佳
5	UAV 植生與其飛行路線及飛行高度有關,如有可能飛行高度不宜太高下,是否還能執行作業。	民航法的規範高度四百呎為禁飛區，航空植生一般控制在二百呎以下，並不會抵觸。
6	為因應陡峭地形而採水平拋射,水平雖可投擲至較陡坡面,惟粒劑如何停留固著在目標坡面？	還需再研發不同型狀粒劑，現在陡坡建議以噴植液態為主
7	本研究報告之結論請再詳細補充。	已補充於P.70
8	建議未來可以實驗組及對照組比對,以得知精進後的成效。	謝謝委員指教，未來如有機會會再精進研究方法