

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

無人機檢驗試飛程序說明

工研院機械所 - 陳正大 產品經理

2024年08月08日

Transfer to the next page by clicking the arrow icon. The arrow icon is located in the top right corner of the slide. The arrow icon is a blue arrow pointing to the right. The arrow icon is located in the top right corner of the slide.

Copyright © 2024 Industrial Technology Research Institute. All rights reserved. This document is confidential and for internal use only. It may contain trade secrets or other confidential information. It is not to be distributed outside the Institute without prior written permission.



檢驗試飛程序說明

1. 試飛規劃、試飛計畫內容

2. 2-25公斤無人機驗證試飛科目解析

飛行所有遙控無人機最重要的是要做到安全飛行，要知道沒有一架遙控無人機是絕對安全的，各個零部件都有可能隨時失效導致飛行器失控事件發生。
為降低失控風險，標準檢驗程序為必要之務。



試飛規劃、試飛計畫內容

試飛規劃、試飛計畫內容

- 依據民用航空法第99條之10第2項、第99條之11、第99條之17及「遙控無人機管理規則」第14條
- 飛行前需注意天候、干擾源、行人(安全顧慮環境)、整機狀況、身體狀況

AC 107-003

AC 107-009

申請 → 文件審查 → 試飛 → 驗證試飛

試飛規劃、試飛計畫內容

- 依據民用航空法第99條之10第2項、第99條之11、第99條之17及「遙控無人機管理規則」第14條
- 飛行前需注意天候、干擾源、行人(安全顧慮環境)、整機狀況、身體狀況

申請前(提交資料)

降低風險！

無人機及相關設備檢驗基準符合性聲明

無人機地面檢驗及測試資料

試飛場地之規劃、協調及申請

試飛計畫

試飛操作人資格

試飛區域之申請、安全及管理

緊急變計畫及急裝備

核准後

依試飛計畫執行

遠離風險！

試飛規劃、試飛計畫內容

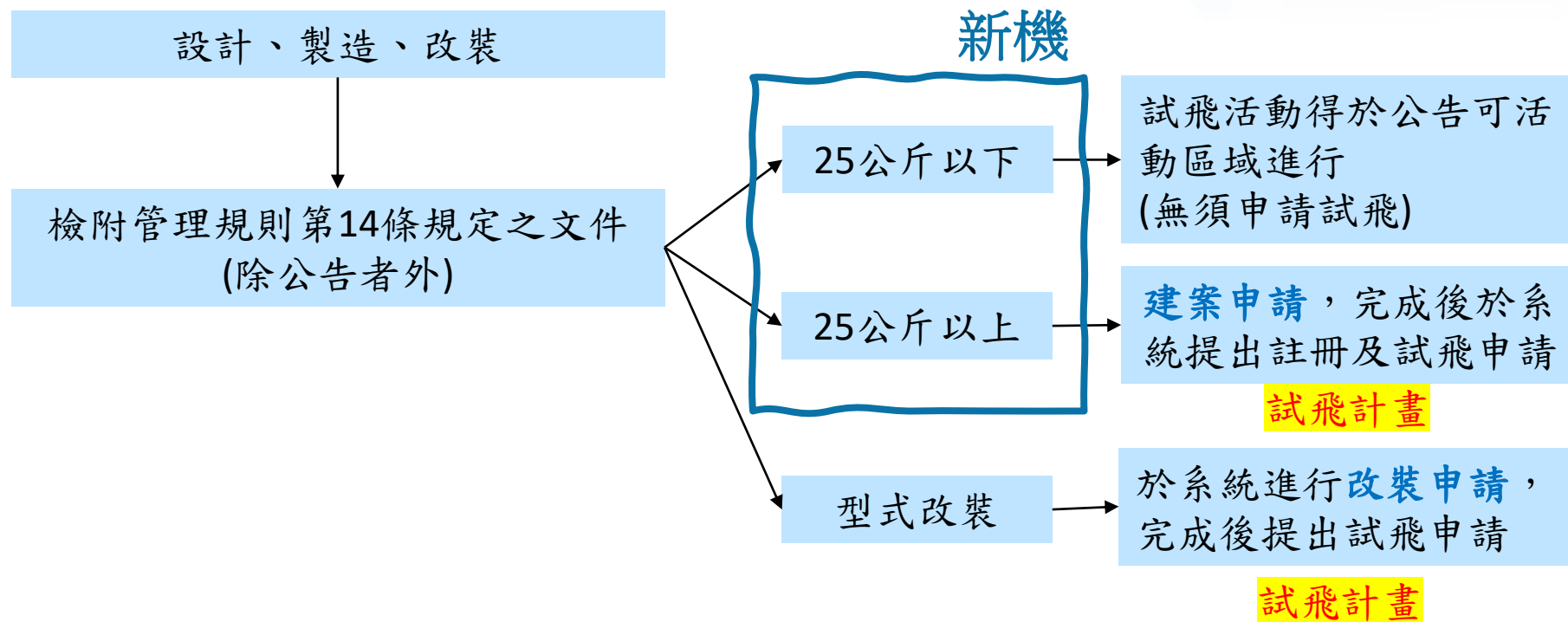
遙控無人機於設計、製造、改裝階段為檢驗性能諸元、屆期換證實體檢驗為確保無人機性能、維修後為確認操作安全性或民航局提出試飛要求等試飛，均應提出所需之試飛申請

最大起飛重量未達25公斤具導航設備之遙控無人機，或不具導航設備之遙控無人機(航空模型)，其試飛活動得於公告可活動區域進行，無須於管理系統申請試飛，但仍應先以自製遙控無人機方式進行註冊。申請型式檢驗或型式認可者，於驗證試飛前，應先至管理系統提出試飛申請，並經民航局核准後為之。

MTOW 25公斤以上具導航設備，但尚未於管理資訊系統中完成型式登錄之遙控無人機，試飛應經民航局核准。申請人應先於管理資訊系統完成該型遙控無人機之型式檢驗、型式認可或特種實體檢驗建案申請，再於該系統提出無人機之註冊及試飛申請。

如申請人規劃於一處以上場地進行無人機試飛，或因試飛項目複雜、時程等因素須分數階段實施時，申請人應先擬訂試飛規劃(Flight Test Program)，將試飛項目適當分配至各試飛階段中，並於民航局同意後據以擬訂各階段之試飛計畫(Flight Test Plan)。

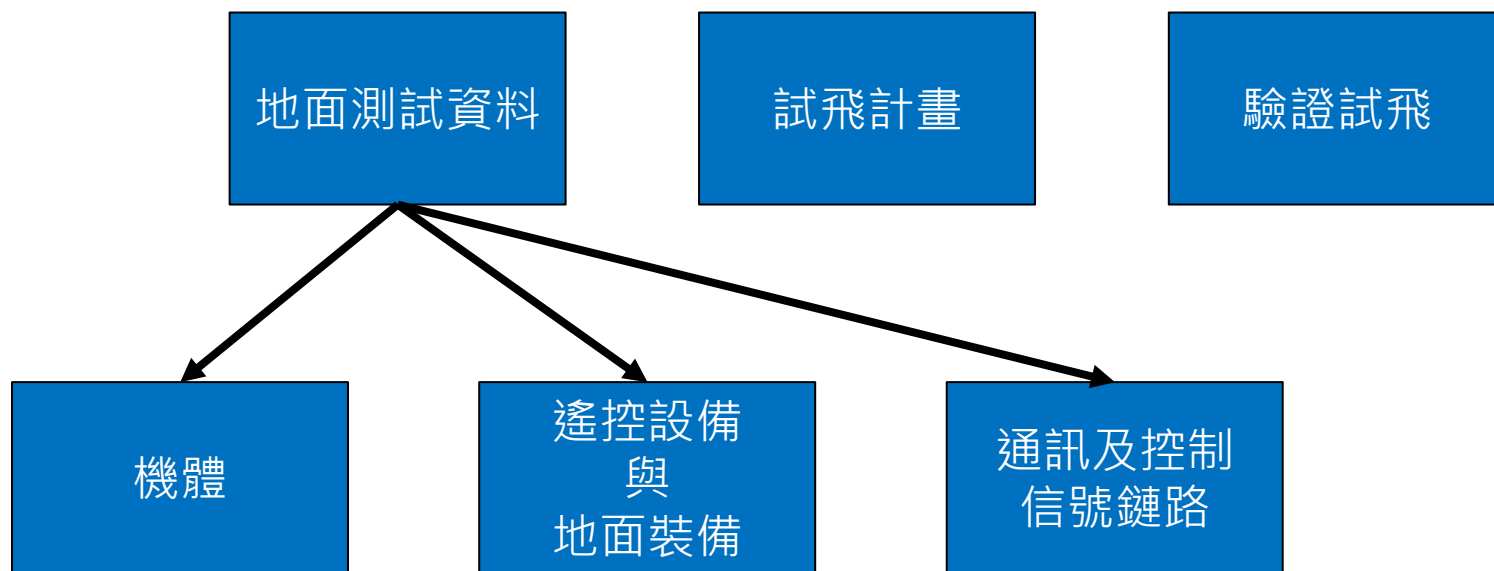
試飛規劃、試飛計畫內容



試飛區域涉及公告禁止或限制區域，或試飛項目內容涉及管理規則之操作限制排除時，申請人應先行檢附作業手冊及法人證明文件，送經民航局完成能力審查核准後，始得辦理綠區外飛行或操作限制排除之試飛作業申請。

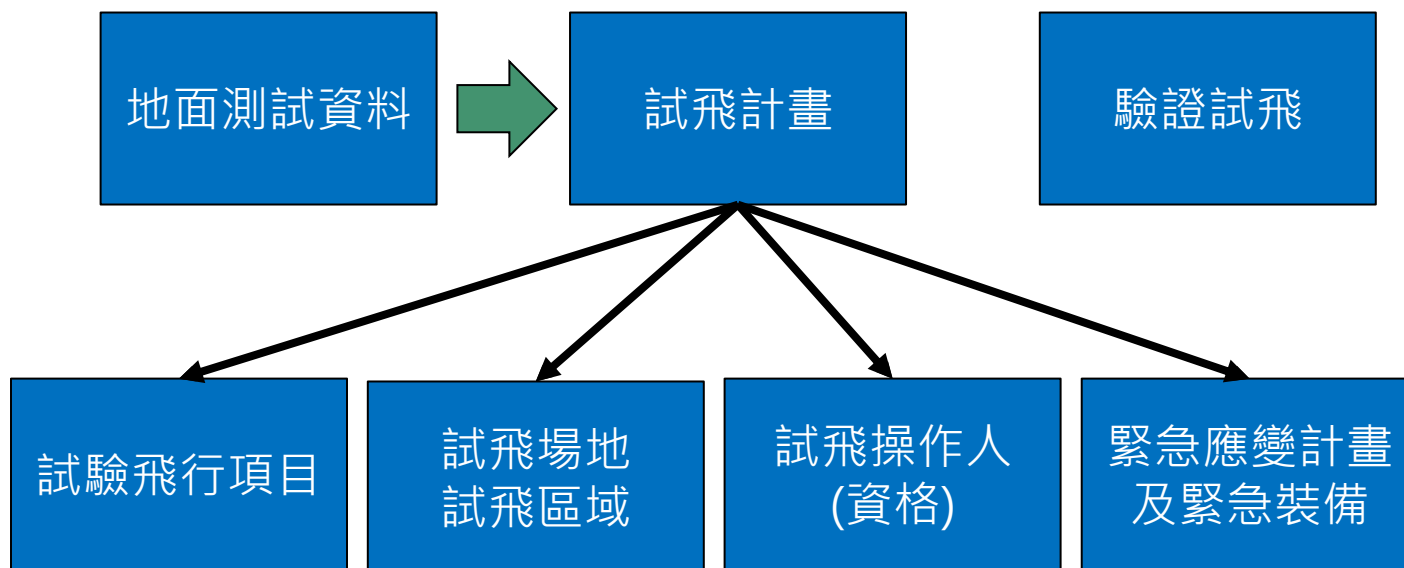
試飛規劃、試飛計畫內容

- 據民用航空法第99條之10第2項、第99條之11、第99條之17及「遙控無人機管理規則」第14條
- 飛行前需注意天候、干擾源、行人(安全顧慮環境)、整機狀況、身體狀況



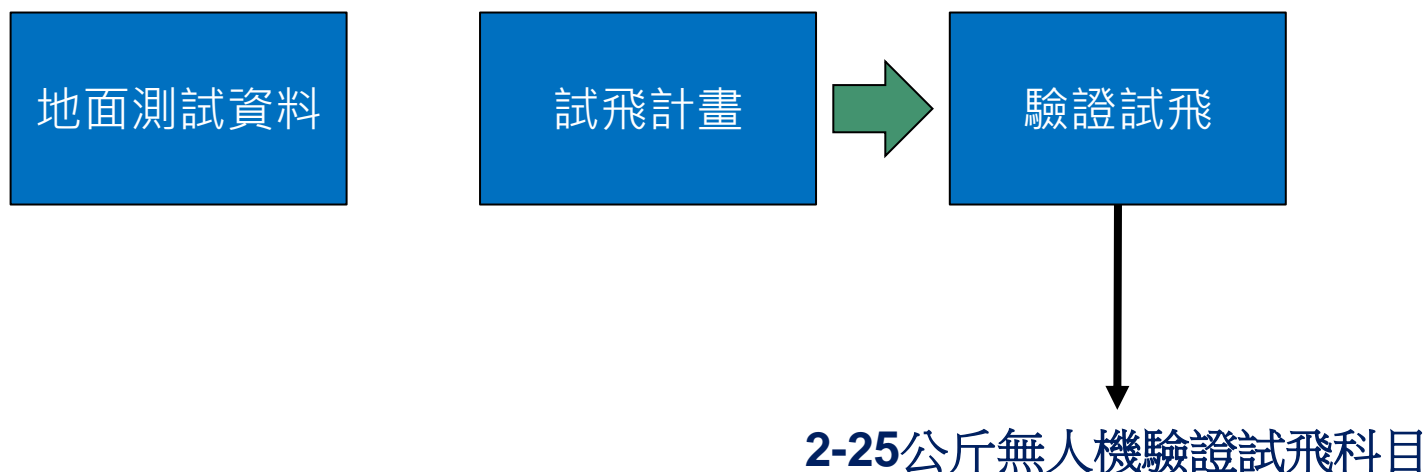
試飛規劃、試飛計畫內容

- AC 107 – 003x
- 依據民用航空法第99條之10第2項、第99條之11、第99條之17及「遙控無人機管理規則」第14條
- 飛行前需注意天候、干擾源、行人(安全顧慮環境)、整機狀況、身體狀況



試飛規劃、試飛計畫內容

- AC 107 – 003x
- 依據民用航空法第99條之10第2項、第99條之11、第99條之17及「遙控無人機管理規則」第14條
- 飛行前需注意天候、干擾源、行人(安全顧慮環境)、整機狀況、身體狀況





2-25公斤無人機驗證試飛科目解析

2-25 kg 驗證精神說明

測商品

不能飛的不穩
(不會不受控)

亂拉桿也是不能掉
(亂飛也是不行)

2-25 kg 驗證項目說明

本科目為測試廠商**宣告**無人機是否具有基本安全性，其中包含GPS模式、定高模式、姿態模式或其他模式，若無該飛行模式則免測。

無人機檢查及進行任務規劃
(目的：宣告查驗)

飛手操作飛行
(目的：確認可控)

無人機自動飛行(五邊飛行)
(目的：驗證功能正常)

無人機控制失效測試
(目的：確認保護機制)



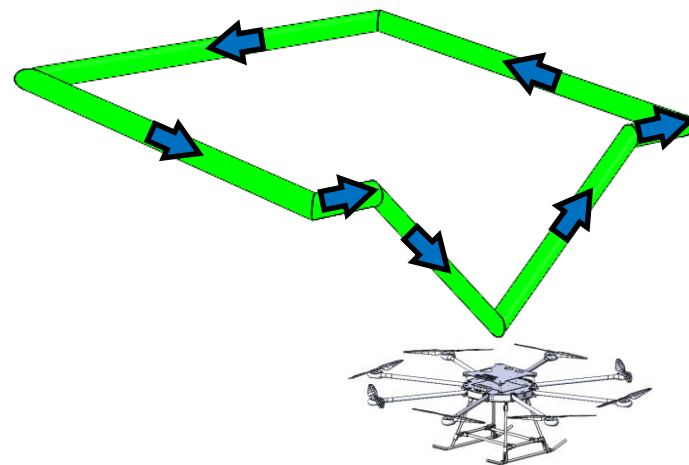
2-15公斤無人機驗證試飛科目說明

2-15 kg 驗證科目說明

- 無人機宣告 -

無人機檢查及進行任務規劃

- (1) 為宣告可變動負載之空載重量
- (2) 為固定酬載重量(包含可另重心移動之固定籌載)
- (3) 設定無人基於20米x20米，高度20米(或宣告低於20米之最高高度)，進行定頭向五邊飛行任務。

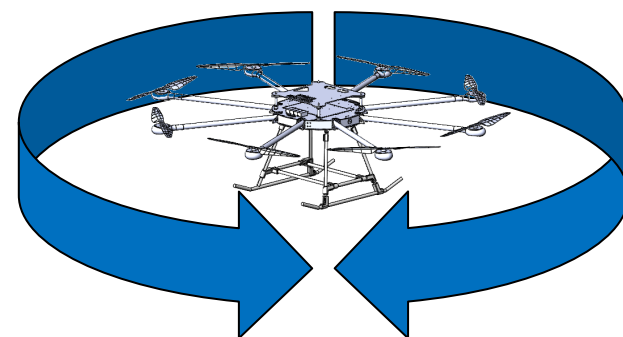


2-15 kg 驗證科目說明

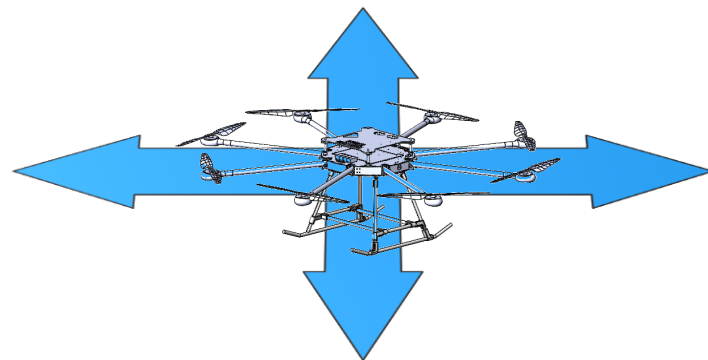
- 基礎飛行(手控、定高模式) -

(1) 基礎飛行

- A. 確認撥桿位於定高度或全手動飛行功能模式下，控制無人機緩緩起飛離地並移動至 H 點。
- B. 離地飛行期間，無人機無異常震盪與姿態變化時，控制無人機爬升至離地高度 **3-5 m AGL**，並控制無人機於穩定狀態。
- C. 待無人機穩定五秒後，確定無人機無異常震盪與姿態變化時，操作無人機進行緩慢的前、後、左、右之平移**2**米以及順時針與逆時針轉向各一圈。
- D. 保持無人機於穩定狀態，此時應保持在 **3-5**米高度間。



偏航轉動示意圖



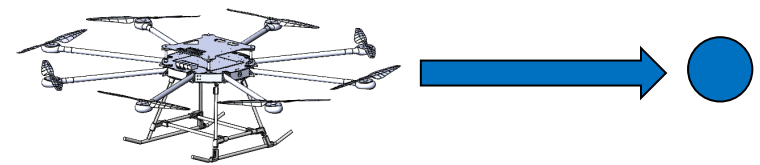
水平移動示意圖

2-15 kg 驗證科目說明

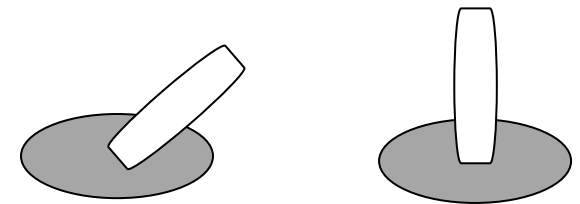
- 最大搖桿行程測試(手控、定高模式) -

(2) 最大搖桿行程測試(操作控制器搖桿最大值)

- A. 控制無人機保持於穩定狀態並移動至測試區中心位置，此時應保持在3-5米高度間。
- B. 將俯仰控制搖桿向前推至最大行程，讓無人機持續等高度前進，於2秒後調整搖桿置中並於空中慣性往前1秒，接著將俯仰控制搖桿向後推至最大行程，讓無人機持續等高度後退，於2秒後調整搖桿置中於空中慣性往後1秒。上述動作重複執行三次。最後一次結束後，飛手穩定無人機於空中，應保持在3-5米高度間。
- C. 將滾轉控制搖桿向右推至最大行程，讓無人機持續等高度水平移動，於2秒後調整搖桿置中並於空中慣性往右1秒，接著將滾轉控制搖桿向左推至最大行程，讓無人機持續等高度水平移動，於2秒後調整搖桿置中於空中慣性往左1秒。上述動作重複執行三次。最後一次結束後，飛手穩定無人機於空中，應保持在3-5米高度間。
- D. 將偏航控制搖桿向右推至最大行程，讓無人機持續等高度順時針旋轉，於2秒後調整搖桿置中並於空中慣性轉動1秒，接著將偏航控制搖桿向左推至最大行程，讓無人機持續等高度逆時針旋轉，於2秒後調整搖桿置中於空中慣性旋轉1秒。上述動作重複執行三次。最後一次結束後，飛手穩定無人機於空中，應保持在3-5米高度間。
- E. 將油門控制搖桿向上推至最大行程，讓無人機持續上升高度，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中，將油門控制搖桿向下推至最小行程，讓無人機持續下降高度，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中。此步驟需執行三次。



無人機滾轉移動示意圖



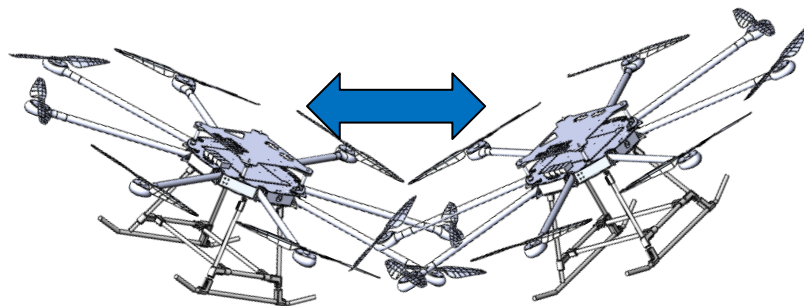
滾轉移動搖感位置示意圖

2-15 kg 驗證科目說明

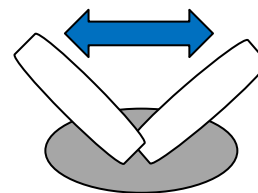
- 穩定性測試(手控、定高模式) -

(3)穩定性測試

- A. 控制無人機保持於穩定狀態並保持於測試區中心位置，此時應保持在3-5米高度間。
- B. 無人機保持高度穩定飛行，穩定後，快速撥動俯仰控制搖桿往返3次(需到達最大角度)，結束後立即放開搖桿，觀察無人機是否於測試期間無無法控制之情形及保持高度。此步驟需執行三次。每次進行間，飛手可將無人機移動至安全位置並保持3-5米高度穩定飛行。
- C. 無人機保持高度穩定飛行，穩定後，快速撥動滾轉控制搖桿往返3次(需到達最大角度)，結束後立即放開搖桿，觀察無人機是否於測試期間無無法控制之情形及保持高度。此步驟需執行三次。每次進行間，飛手可將無人機移動至安全位置並保持3-5米高度穩定飛行。
- D. 無人機保持高度穩定飛行，穩定後，快速撥動偏航控制搖桿於最大值與最小值間往返3次，結束後立即放開搖桿，觀察無人機是否於測試期間無無法控制之情形及保持高度。此步驟需執行三次。每次進行間，飛手可將無人機移動至安全位置並保持3-5米高度穩定飛行。
- E. 無人機保持高度穩定飛行，穩定後，撥動油門控制搖桿至最大值，3秒後立即調整至最小油門位置，下降至油門測試前之懸停位置後，立即調整至最大油門位置，重複上升下降3次後，於完成後，快速下降至先前懸停高度，快速將油門控制搖桿置中保持懸停。
- F. 若無人機具有定高度及全手動飛行模式，則E項須於兩項模式進行測試，其餘不需重新測試。
- G. 完成後，控制無人機回至H點並降落。



無人機滾轉擺動示意圖



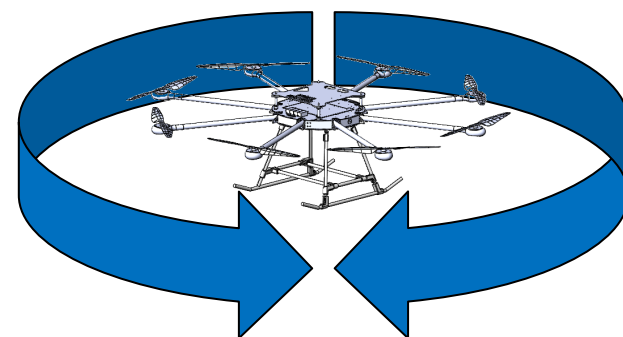
快速移動搖感示意圖

2-15 kg 驗證科目說明

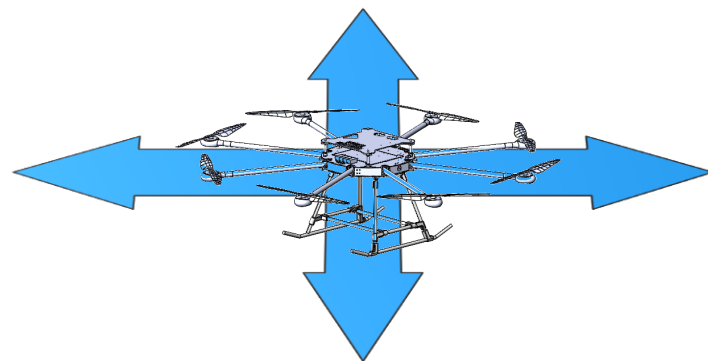
- 基礎飛行(手控、GPS模式) -

(1) 基礎飛行

- A. 確認撥桿位於GPS功能模式下，緩緩起飛離地並控制無人機移動至測試區中心位置
- B. 離地飛行期間，無人機無異常震盪與姿態變化時，控制無人機爬升至離地高度 3-5 m AGL，並保持懸停。
- C. 待無人機懸停五秒，確定無人機無異常震盪與姿態變化時，進行緩慢的前、後、左、右之平移2米以及順時針與逆時針轉向各一圈。
- D. 以上步驟不得出現異常或錯誤訊息及不自然擺動、振動。



偏航轉動示意圖



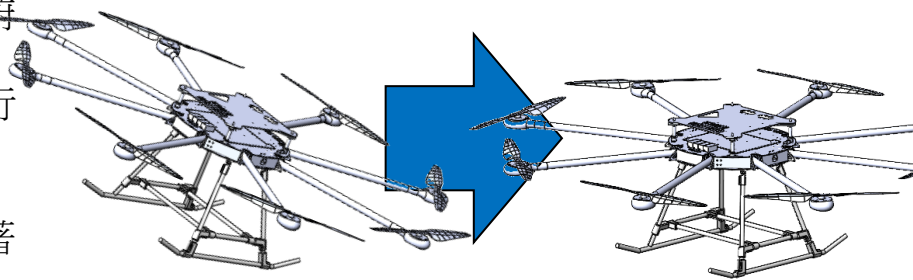
水平移動示意圖

2-15 kg 驗證科目說明

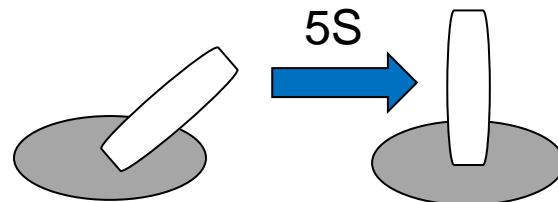
- 最大速度測試(手控、GPS模式) -

(2) 最大速度測試(廠商宣告最大值)

- A. 將俯仰控制搖桿向前推至最大行程，讓無人機持續等高度前進，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中，接著將俯仰控制搖桿向後推至最大行程，讓無人機持續等高度後退，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中。此步驟需執行三次。
- B. 將滾轉控制搖桿向右推至最大行程，讓無人機持續等高度水平側飛，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中，接著將滾轉控制搖桿向左推至最大行程，讓無人機持續等高度水平側飛，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中。此步驟需執行三次。
- C. 將偏航控制搖桿向右推至最大行程，讓無人機持續等高度自旋，於旋轉一圈後調整搖桿置中並停懸於空中，偏航控制搖桿向左推至最大行程，讓無人機持續等高度自旋，於旋轉一圈後調整搖桿置中並停懸於空中。此步驟需執行三次。
- D. 將油門控制搖桿向上推至最大行程，讓無人機持續上升高度，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中，將油門控制搖桿向下推至最小行程，讓無人機持續下降高度，於5秒後調整搖桿置中並停懸於空中。此步驟需執行三次。
- E. 以上步驟不得出現異常或錯誤訊息及不自然擺動、振動。



偏航移動示意圖

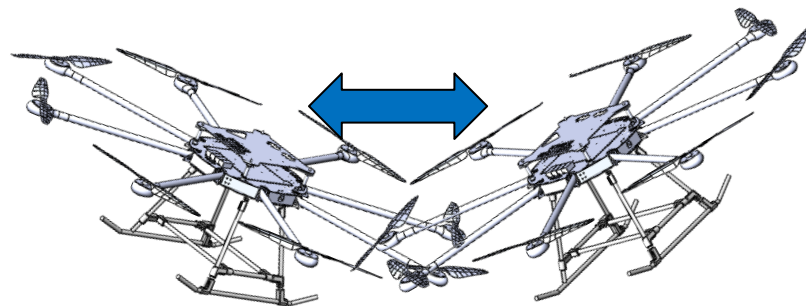


滾轉移動搖感位置示意圖

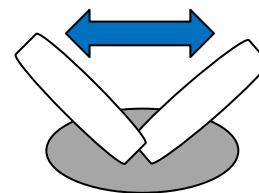
2-15 kg 驗證科目說明

- 穩定性測試(手控、GPS模式) -

測試方法如姿態模式之穩定性測試



無人機滾轉擺動示意圖



快速移動搖感示意圖

2-15 kg 驗證科目說明

- 其他酬載改變之測試 -

2. 半載及變動重心籌載飛行穩定性測試

本科目為測試廠商宣告無人機之半載或移動籌載改變無人機重心後是否具有基本安全性，當依宣告完成酬載設定後，依空載測試項目步驟進行測試

3. 全載飛行穩定性測試

本科目為測試廠商搭載宣告無人機之全載重量酬載後是否具有基本安全性，當依宣告完成酬載設定後，依空載測試步驟項目進行測試

4. 過載飛行穩定性測試

本科目為測試廠商搭載宣告無人機之全載重量**110%**酬載後是否具有基本安全性，當依宣告完成酬載設定後，依空載測試步驟項目進行測試

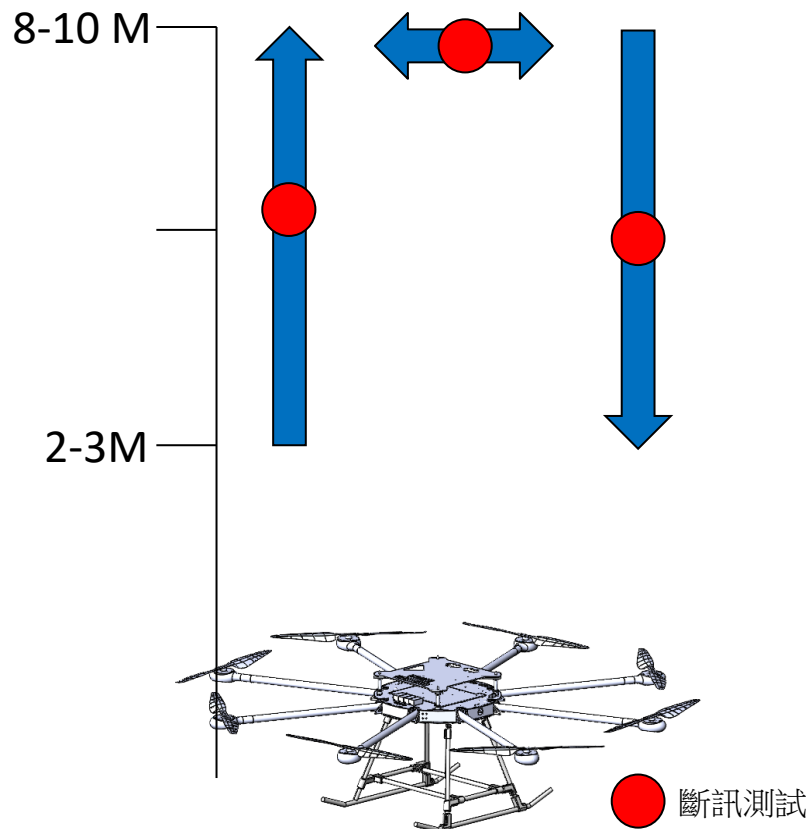
5. 重心偏移飛行穩定性測試

本科目為測試廠商宣告最大重心偏移以及偏移後可載之最大負載之無人機，於重心及重量依宣告設定後是否具有基本安全性，當完成酬載設定後，依空載測試步驟項目進行測試

2-15 kg 驗證科目說明

- 失效測試 -

控制鏈結失效保護測試 (GCS、RC)



動力源失效保護(低電量)

- 1) 確認無人機保持懸停於測試區中心位置，若更換電池，則須於測試區H點出發，並移動無人機至測試區中心位置懸停，高度維持2-3m AGL。
- 2) 等待無人機至低電量並完成低電量處置，若有多種處置模式，則須完整測試所有設定。若為非降落模式，則由飛手手動進行安全處置。
- 3) 確認無人機完成安全降落。

科目	執行步驟	正常	異常	備註
命令與控制資料鏈遺失	(1) 斷訊驗證 A. 確認機桿位於 GPS 模式下，緩緩起飛離地，離地後無異常震盪與姿態變化時，控制無人機移動至測試區中央並爬升至 2-3 m AGL。			
	B. 待無人機穩定後，使用 GPS 模式 緩慢爬升，於爬升期間關閉地面站，確認遙控器是否正常控制運作，於 8-10m AGL 高度停止爬升，確認正常後再次開啟地面站重新連線。			
	C. 待無人機穩定後，使用 GPS 模式 進行水平飛行，於飛行期間關閉地面站，確認遙控器是否正常控制運作，於 5-10 秒後停止移動，確認正常後再次開啟地面站重新連線。			
	D. 待無人機穩定後，使用 GPS 模式 緩慢下降，於下降期間關閉地面站，確認遙控器是否正常控制運作，於 2-3m AGL 高度停止下降，確認正常後再次開啟地面站重新連線。			
	E. 待無人機穩定後，於 GPS 模式 下緩慢爬升，於通過 5 m AGL 時關閉遙控器(或屏蔽遙控器訊號)，確認無人機是否進入保護模式(懸停等待)，確認進入懸停等待後，開啟遙控器重新連線(或移除屏蔽)。重新連線後，控制無人機爬升至 8-10m AGL 高度。			
	F. 待無人機穩定後，使用 GPS 模式 進行水平飛行，於飛行期間關閉遙控器(或屏蔽遙控器訊號)，確認無人機是否進入保護模式(懸停等待)，於 5-10 秒確認正常後再次開啟遙控器重新連線(或移除屏蔽)。			
	G. 待無人機穩定後，於 GPS 模式 下緩慢下降，於通過 5 m AGL 時關閉遙控器(或屏蔽遙控器訊號)，確認無人機是否進入保護模式(懸停等待)，確認進入懸停等待後，開啟遙控器重新連線(或移除屏蔽)。重新連線後，控制無人機下降至 2-3 m AGL 高度。			
	H. 於地面站及遙控器失效期間，若為多種處置設定，則須測試全部處置模式。 I. 完成後，移動無人機至測試區中心位置，並保持無人機懸停飛行。 ★★ 萬一重啟後連線失敗則無人機將於原地懸停至低電壓保護啟動後降落 ★★			



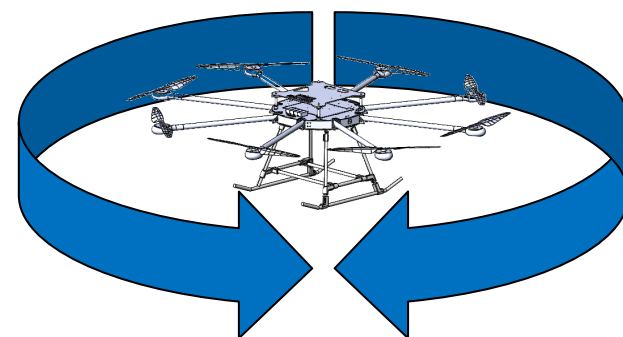
15-25公斤無人機驗證試飛科目說明

15-25 kg 驗證科目說明

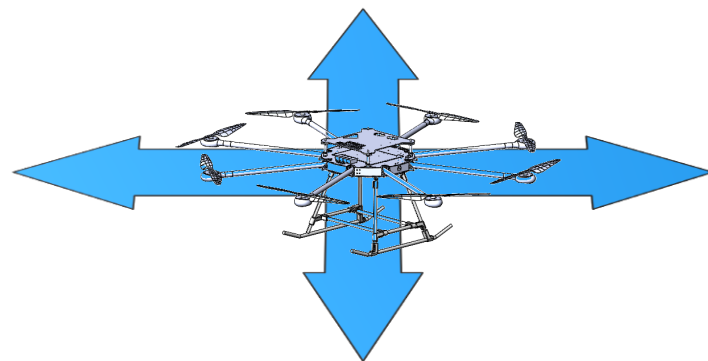
重量過載與結構及飛控性能測試科目

起飛停懸爬升

1. 確認測試用無人機重量大於最大起飛重量 5%。
2. 確認撥桿位於**姿態**模式下，將油門推至大於50%，緩緩起飛離地。
3. 離地後無異常震盪與**姿態**變化時，漸漸爬升至停懸高度2 m AGL。
4. 於停懸高度進行緩慢的前、後、左、右平移與轉向飛行，確認操控穩定無虞後，爬升至測試高度10 m AGL以上。



偏航轉動示意圖



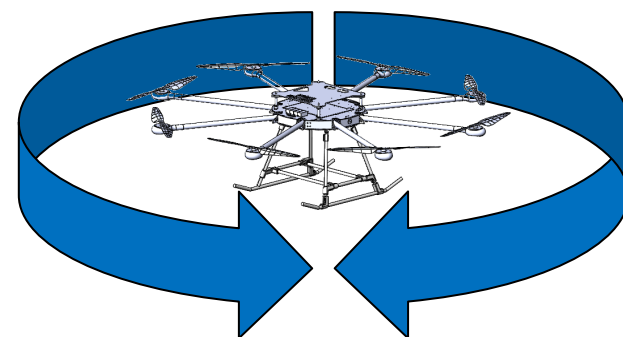
水平移動示意圖

15-25 kg 驗證科目說明

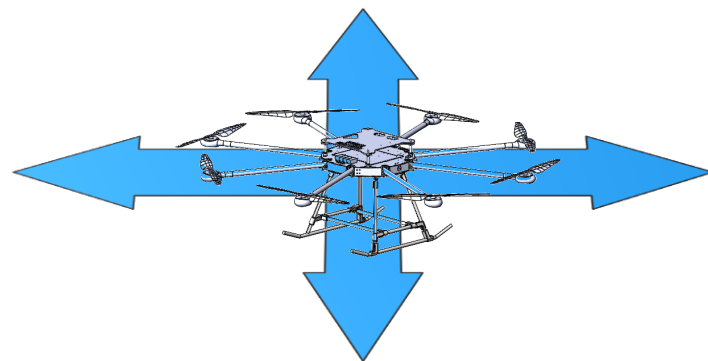
重量過載與結構及飛控性能測試科目

穩定性測試 - 1

1. 穩定性：在沒有操作者的指令輸入下，無人機能保持穩定的飛行。
2. 將無人機飛行至測試區邊緣。
3. 以大於 50% 的俯仰搖桿量向前飛行120公尺後，放開搖桿2秒後操作搖桿使無人機維穩。
4. 待無人機穩定，維持停懸5 秒，將無人機飛行至測試區對側邊緣。
5. 以大於50% 的俯仰搖桿量向後飛行120公尺後，放開搖桿2秒後操作搖桿使無人機維穩。
6. 待無人機穩定，維持停懸 5 秒，重複第2~5 項步驟進行前後飛行測試，共計三次。
7. 以大於50 % 的滾轉搖桿量，重複第2~6 項步驟進行左右平移飛行測試，共計三次。



偏航轉動示意圖



水平移動示意圖

15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

穩定性測試 - 2

8. 將無人機飛行至測試區中央。
9. 以大於50 % 的偏航搖桿量向右轉向180度後，放開搖桿**2秒後操作搖桿使飛機維穩**。
10. 待無人機穩定，維持停懸 5 秒，以大於50 % 的偏航搖桿量向左轉向180度後，放開搖桿**2秒後操作搖桿使飛機維穩**。
11. 待無人機穩定，維持停懸 5 秒，重複第9~10 項步驟進行轉向飛行測試，共計三次。
12. 以大於 50 % 的油門量向上爬升20公尺後，放開搖桿。
13. 待無人機穩定，維持停懸 5 秒，以大於 50 % 的油門量下降20公尺後，放開搖桿**2秒後操作搖桿使飛機維穩**。
14. 待無人機穩定，維持停懸 5 秒，重複第12~13 項步驟進行上下高度變換飛行測試，共計三次。
15. **切換到GPS模式。**
16. **重複第2~14 項測試。**

若有各種自主作業模式，依操作手冊程序進入各種自主飛行模式

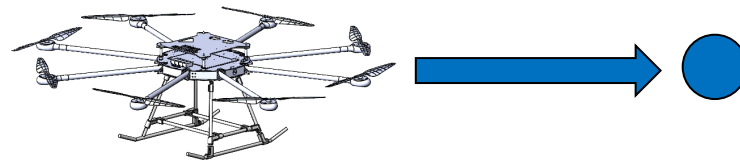
15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

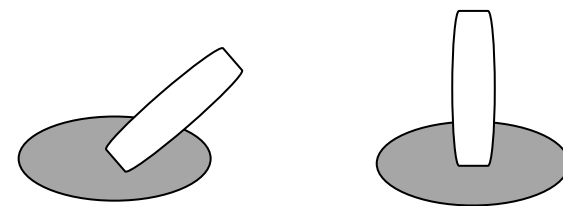
結構及飛控性能操作測試

一、左右傾斜飛行測試(5秒)

1. 將無人機飛行至測試區右側邊緣，將滾轉控制搖桿向左打至最大行程，持續5秒，紀錄最大速度並鬆開搖桿，觀察減速率以及減速所需距離，再將無人機移至測試區左側邊緣。
2. 穩定後停懸5秒。
3. 將滾轉控制搖桿向右打至最大行程，持續5秒，紀錄最大速度並鬆開搖桿，觀察減速率以及減速所需距離，再將無人機移至測試區後緣。
4. 穩定後停懸5秒。



無人機滾轉移動示意圖



滾轉移動搖感位置示意圖

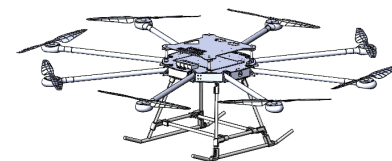
15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

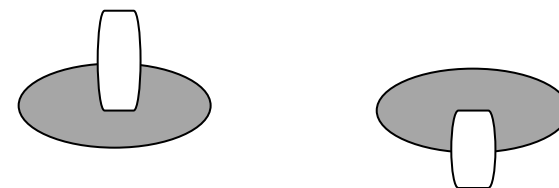
結構及飛控性能操作測試

二、前後飛行測試(5秒)

1. 將俯仰控制搖桿向前打至最大行程，持續5秒，紀錄最大速度並鬆開搖桿，觀察減速率以及減速所需距離，再將無人機前進至測試區對向側之邊緣。
2. 穩定後停懸5秒。
3. 將控制搖桿向後打至最大行程，持俯仰持續5秒，紀錄最大速度並鬆開搖桿，觀察減速率以及減速所需距離，再將無人機飛行至測試區中央。
4. 穩定後停懸5秒。



無人機滾轉移動示意圖



俯仰移動搖感位置示意圖

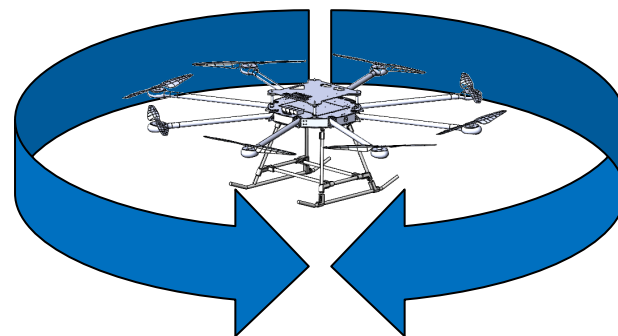
15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

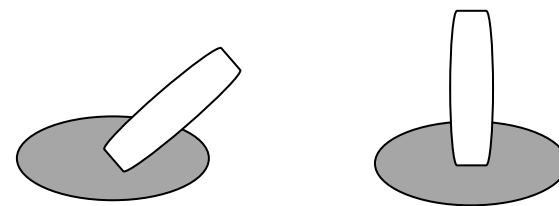
結構及飛控性能操作測試

三、偏航飛行測試(5秒)

1. 將無人機飛行至測試區中央，將偏航控制搖桿向左打至最大行程，讓無人機持續向左水平偏航，持續5秒後鬆開搖桿。
2. 穩定後停懸5秒。
3. 將偏航控制搖桿向右打至最大行程，讓無人機持續向右水平偏航，持續5秒後鬆開搖桿。



無人機偏航移動示意圖



偏航移動搖感位置示意圖

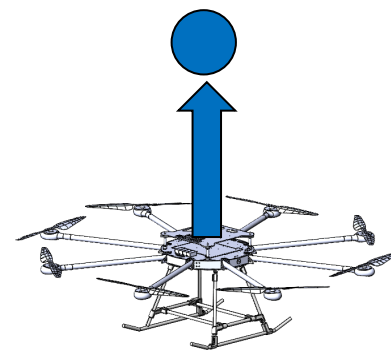
15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

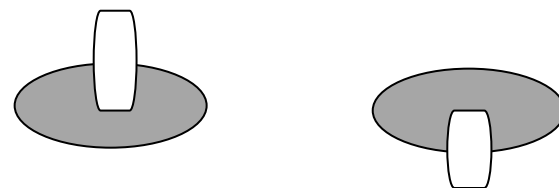
結構及飛控性能操作測試

四、爬升/下降飛行測試(5秒)

1. 下降飛行至高度約1 m AGL。
2. 穩定後停懸5秒。
3. 將油門控制搖桿上推至最大行程，於5秒時鬆開油門，觀察爬升率之減少率與過衝高度。
4. 飛行至高度約20 m AGL
5. 穩定後停懸5秒。
6. 將油門控制搖桿收至最底處，於5秒時鬆開油門，觀察下降率，注意安全高度，鬆開油門時觀察下降率與下降距離。



無人機爬升/下降移動示意圖



爬升/下降移動搖感位置示意圖

15-25 kg 驗證科目說明

重量過載與結構及飛控性能測試科目

降落

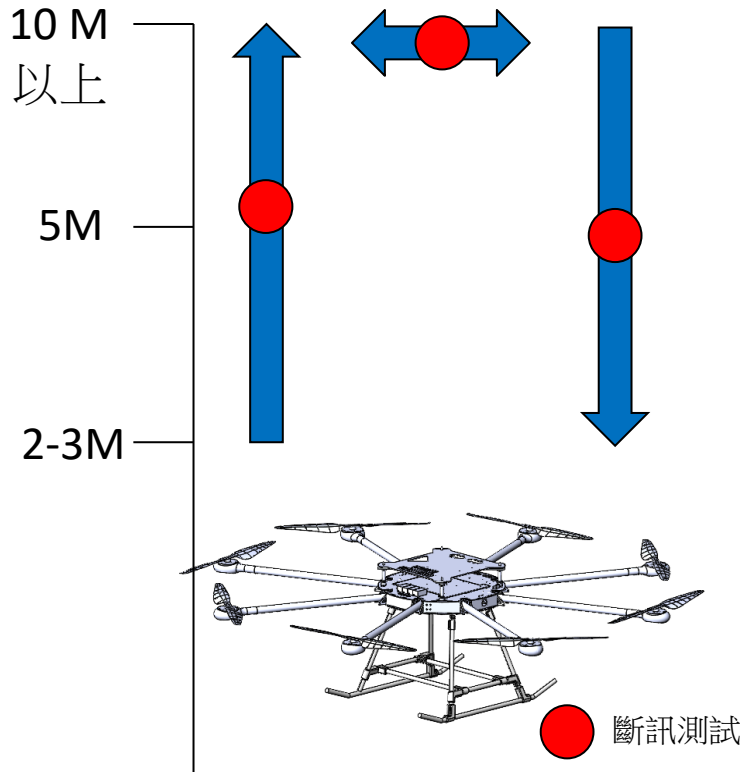
1. 飛回到降落點。
2. 將油門收至小於50%，緩慢降落。
3. 確認降落過程無下列情況：
 - (1)過度的垂直加速度。
 - (2)彈跳。
 - (3)機首著地而翻轉。
 - (4)特殊的無人機操控技能需求。

重心偏移極值與飛控性能操作測試科目

- (1) 確認測試用無人機最大酬載重心，在所有可能構型下的最極端位置。
- (2) 其餘試飛科目，同重量過載與結構及飛控性能操作測試科目 (DC01、DC30)。

15-25 kg 驗證科目說明

- 失效測試 -



控制鏈結失效保護測試 (GCS、RC)

- 1) 起飛斷訊驗證
- 2) 平飛斷訊驗證
- 3) 降落斷訊驗證

動力源失效保護(低電量)

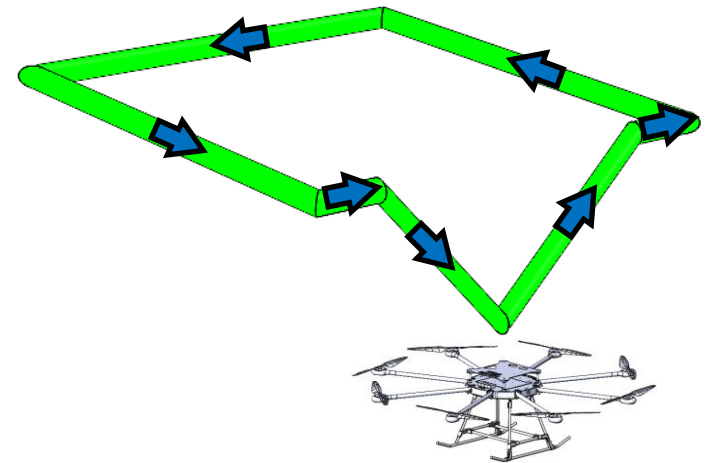
- 1) 因操作前述項目自然發生
- 2) 於驗測時，等待至低電量

15-25 kg 驗證科目說明

- 性能試飛測試科目測試 -

飛行計畫以環狀矩形方式飛行，採自動航行方式作業，設定航線長度100m、寬20m，連續飛行累積試飛時數。

1. 於地面站操作，使其自動起飛離地，無異常震盪與姿態變化，持續爬升至巡航高度。
2. 通過每個航點時，紀錄速度、高度、電量、位置，並於低電壓警告時進行自動降落更換電池
3. 自動降落，確認降落過程無異狀



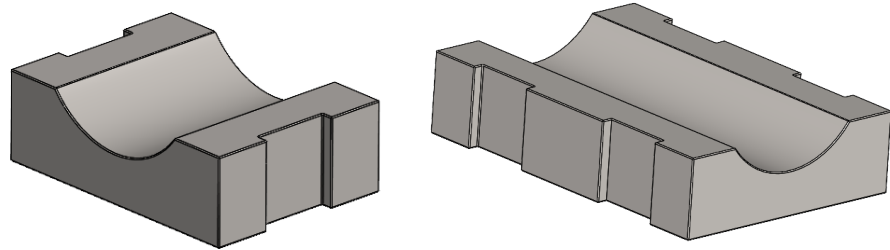
現場設備及可使用之材料



磅秤



捲尺



配重塊(100g、250g、500g、1000g)

謝謝聆聽