

民用機場鋪砌道面狀況應注意事項



交通部民用航空局

2004 年 4 月

目 錄

第 1 章	前言.....	1
第 2 章	通則.....	3
2.1	簡介.....	3
2.2	跑道道面抗滑特性之重要性/航機煞停績效	3
2.3	評估跑道道面狀況之需求.....	5
2.4	污染物之阻滯.....	5
2.5	名詞解釋.....	5
第 3 章	抗滑基本影響因素之評估.....	11
3.1	積水深度與其對動態水滑之影響.....	11
3.2	道面表面污染物.....	14
3.3	道面表面紋理.....	15
3.4	不平整度.....	17
第 4 章	潮濕道面抗滑能力之決定與表示.....	19
4.1	通則.....	19
4.2	檢測.....	20
4.3	呈報.....	22
4.4	低抗滑能力之說明.....	22
第 5 章	跑道抗滑檢測儀.....	25
5.1	標準化之可能性.....	25
5.2	新型抗滑檢測儀之準則.....	25
5.3	抗滑檢測儀間之相關性.....	28
5.4	與航機煞停績效之相關性.....	31
5.5	抗滑檢測儀之概論.....	31
5.6	MU-METER	32
5.7	Runway friction tester.....	34
5.8	Skidometer	36
5.9	Surface Friction tester	38
5.10	Grip tester.....	39
5.11	減速型檢測儀.....	39
第 6 章	道面表面狀態資訊之蒐集與傳播.....	45
6.1	通則.....	45

6.2	潮溼道面狀態資訊.....	45
第 7 章	胎屑清除.....	47
7.1	通則.....	47
7.2	化學藥劑法.....	47
7.3	機械處理法.....	48
第 8 章	油脂之清除.....	51
8.1	通則.....	51
第 9 章	碎屑清除.....	53
9.1	通則.....	53
9.2	移除碎屑之設備.....	54
9.3	掃除機測試.....	55

第1章 前言

機場當局應指定一個單位負責執行道面污染物之清除、道面狀況評估與定期抗滑檢測之業務以期提供道面良好抗滑能力與低滾動阻力。

- 1.1 本文件係參照國際民航組織(ICAO)「Airport Services Manual Part 2」及我國機場運作狀況，列舉民航局所轄機場及軍民合用機場供民航使用部分於訂定機場鋪砌道面清潔、維護、檢測等相關程序及作業時所應注意事項。
- 1.2 機場當局應於必要時儘速且完善地進行污染物之清除工作，避免其日漸積累，以期提供道面良好抗滑能力與低滾動阻力。
- 1.3 機場當局應於道面上之污染物無法完全清除殆盡時，進行機場道面狀況評估，並將相關資訊提供予機場相關單位。同時亦要求各機場道面應進行定期抗滑檢測，並於道面抗滑水準低於民航局所訂定之標準時，進行適當養護。
- 1.4 本手冊目標為提供相關規範，冀使各機場得採取適當方法以解決因污染物、碎屑、或氣候等因素所致之航機使用區域之道面問題。
- 1.5 不同抗滑檢測儀所得測值間相互關係推導之可能性已為討論多時之課題，ICAO於1972年批准一相關計畫針對用以量測跑道抗滑特性之儀器間所得測值之相關性加以研究。
- 1.6 於本手冊中對於「污染物」或「碎屑」之定義如下：「污染物」意指有損道面抗滑特性之堆積物體，例如雪、融雪、冰、積水、泥、塵土、砂石、油或胎屑等。「碎屑」意指不利於航機結構與引擎系統之物體鬆脫掉落部分，例如砂、石礫、紙屑、木屑、金屬碎片與道面碎屑等，此類物品若撞擊至航機機體或遭航機引擎吸入，皆將嚴重毀損航機之操作系統，碎屑對航機之破壞亦稱為「外物侵入破壞」(foreign object damage, FOD)。

第2章 通則

2.1 簡介

2.1.1 於特定狀況下，航機機輪與跑道道面間是否有足夠抗滑能力將成為航機操作之重要考量，例如在雪地、融雪、道面結冰或積水情況，尤其是當航機以高速起飛或降落時益形重要。對噴射機而言，因其煞停績效主要由航機機輪與道面間之摩擦力提供，而其起飛與降落速度高，同時部分機場跑道長度相較於噴射機所需之降落或起飛長度而言略嫌吃緊，且若於操作過程中遇側風將影響航機方向操控；因此機輪與道面間抗滑能力是否良好，對其而言更為關鍵。

2.1.2 此等情況之嚴重程度係由適航主管機關以建議航機於潮濕道面上與乾燥道面上之著陸長度需求差異而定。此外，污染物或碎屑之影響亦包括因污染物所致阻力、機身損壞或引擎吸入異物等因素而降低噴射機於融雪或潮濕道面上之起飛績效；有關噴射機於融雪或潮濕道面上起飛績效之對策乃規範於ICAO適航技術手冊（ICAO Airworthiness Technical Manual, Doc 9051）中。

2.1.3 此外，須將有關道面抗滑性質與航機煞停績效之資訊提供予航機機師與操作人員，以使其進行必要的操控技術或儀器性能調整。若跑道覆有冰雪，此時應進行跑道摩擦係數值評估，並將所得結果提供予航機機師；若跑道潮濕且濕滑，機師應對潛在危險提高警覺。

2.1.4 於詳述評估跑道道面抗滑或因氣象因素所產生之污染物（如雪、融雪、冰或積水）阻滯影響之需求與方法前，再次強調機場主管當局有責儘速且儘可能完善地清除航機使用區域內之所有對航機使用績效有不利影響之污染物，以根除任何對航機使用績效有不利影響之跑道道面狀況。

2.2 跑道道面抗滑特性之重要性/航機煞停績效

2.2.1 於許多航機衝出跑道事件案例中，皆顯示跑道道面抗滑能力或航機煞停績效不足為主要肇因，或至少為造成此類事件之有關因素。除此與飛安相關之因素外，當抗滑能力不佳時，將顯著影響航機操作之規律與效率。跑道道面之建設應考慮於跑道濕滑時仍可提供良好抗滑能力，因此，新建道面之平均表面紋理深度應大於1公釐，亦即需有某些特別表面處理方式以達到此目標。

2.2.2 跑道道面需有足夠抗滑能力之主要理由有三：

- a) 提供航機降落或放棄起飛時之減速度；
- b) 於起飛前或降落後地面滑行時之方向控制維持，此項因素於遇側風、不對稱之引擎作用或發生機械故障時尤顯重要；
- c) 航機著陸時之機輪轉速提升。

- 2.2.3 不論是對航機煞停或方向控制穩定性而言，需注意航機－即使是於地面行走時，皆受相當程度之空氣動力與其他力量作用，而此作用將影響航機煞停績效或對航機主輪造成力矩。當產生不對稱之引擎作用（如起飛時引擎故障）、二側機輪不對稱之煞停績效或遇側風時亦將對主輪造成力矩，而這些因素將嚴重影響方向控制之穩定性，於此情況下，道面之抗滑力將形成平衡此類力或力矩之至要關鍵。就航機方向控制而言，所有航機皆受可接受最大側風之限制，但若道面抗滑能力較差，則此限制亦將隨之降低。
- 2.2.4 由於航機起飛與降落時操作準則不同，故其對道面抗滑力降低之影響亦有所不同。
- 2.2.5 於航機降落時，跑道道面抗滑作用主要發揮於著陸時，使機輪轉速提高至完全旋轉，此作用對於由電子與機械控制之反鎖死煞車系統相當重要，可協助其達最適操作狀態與最佳曳引能力。此外，具有克服殘餘升力並增加空氣阻力作用的自動減速板與自動煞車唯有於機輪轉速已達適當標準後方可觸發。於實際操作中，常可見主因胎屑堆積而致之道面抗滑力不足而延遲機輪轉速之提升；最嚴重的情況為可能造成單個機輪完全無法轉動，因而造成潛在危險，並可能引起爆胎。
- 2.2.6 一般而言，現行航機績效標準與操作需求多為根據乾淨且乾燥道面情況下之抗滑能力而定，亦即為航機煞停力最大之情況，因此於道面潮濕情況下降落所需跑道長度即須增長。
- 2.2.7 為抵償因道面狀況不佳（如道面濕滑）所致之航機煞停能力降低，可採增加跑道需求長度、以及降低起飛或降落重量方式以改善航機績效。若擬抵償因相同因素所致之航機方向控制能力降低，則可降低容許側風標準。
- 2.2.8 為減輕因道面抗滑能力不足所導致之問題，原則上可採下列二種方式：
- a) 提供於道面抗滑能力/航機煞停績效現況下之可靠航機起降績效資料；
 - b) 隨時維持足夠的道面抗滑能力。
- 2.2.9 上述第一項僅可改善飛安，但對操作規律與效率並無幫助，且具有下列困難：
- a) 難以定義具有操作性之抗滑能力；
 - b) 難以界定用於量測地面與航機煞停績效之不同抗滑檢測儀間之相關性，此點於道面潮濕時尤甚。
- 2.2.10 第二項為理想的方法，其主要探討道面潮濕時之問題，而其內容則包含判定道面設計與養護之最低抗滑水準。若跑道得以依循適當標準建造與養護，則顯然可提供最佳的使用狀況，並達成其使用目標。因此，需致力

於發展與實施適當的跑道設計與養護之抗滑標準。

2.3 評估跑道道面狀況之需求

2.3.1 跑道道面抗滑/速度特性於下列情況下須予以測定：

- a) 於跑道乾燥時，僅需偶爾檢測以評估道面紋理、磨耗與養護需求；
- b) 於跑道潮濕時，需定期檢測道面抗滑狀況以確認其值高於養護規劃標準及/或最低可接受標準。需注意的是，當抗滑能力嚴重下降時，航機於道面潮濕時可能因胎屑堆積而導致黏滯性水滑。
- c) 跑道上具有相當深度積水時，此時需檢測水滑趨向；
- d) 發生異常狀況致道面滑溜時，此時需進行額外檢測；

2.3.2 於上述狀況下，機場業管單位須採取措施：

- a) 對乾燥與潮濕道面而言，若其抗滑能力低於養護標準，則須考慮採取養護改善措施；若道面抗滑能力低於最低可接受標準，必須採取養護改善措施；此外，亦須提供「當跑道潮濕時可能滑溜」之訊息。
- b) 略（冰雪覆蓋道面之處理方式）。

2.4 污染物之阻滯

2.4.1 當跑道污染物深度評估報告應用於起飛與降落時之解讀將有所不同，對起飛而言，操作人員將估計污染物之阻滯影響、可能發生之水滑現象、以及根據相關可得資訊所估計之加速—停止距離需求；對降落而言，污染物所產生之阻滯效果反而有助於航機減速。

2.4.2 對已有污染物之跑道而言，與其致力於改善量測之精準度，或彙報跑道抗滑之特性，更應清除跑道上之沈積物。

2.5 名詞解釋

2.5.1 於討論抗滑能力之量測與評估污染深度前，應先對機輪下與機輪附近之現象予以瞭解，為簡化說明，此處僅敘述其性質。

滑動百分比

2.5.2 對未配備防鎖死煞車系統之舊型航機，機師施予愈大煞車則可產生愈大煞停扭力，於煞停過程中機輪逐漸減速，若給予足夠之煞停扭力，則可完全鎖停機輪。假設某航機時速為 185 公里（100 節），且其機輪著陸時速度為 148 公里/小時（80 節），而機輪駛過地面上之速度為 37 公里/小時（20

節)，此狀況表示為 20% 滑動百分比。簡而言之，若滑動百分比為 100%，則機輪為鎖停狀態。此現象之重要之處在於：若滑動百分比不同，則機輪產生之摩擦力亦有所差異，圖 1-1 所示即為道面潮濕狀況下滑動百分比與摩擦力之關係。最大摩擦力產生於滑動百分比 10~20% 處，亦即新型煞車系統應用以提升煞停效率之原理。

2.5.3 就抗滑能力量測觀點而言，當以速度為橫軸作圖時，此關係曲線最大值（圖中標示為 μ_{\max} ）可表示跑道道面（及其上之污染物）之抗滑特性、抗滑檢測儀之檢測速度、或代表一具重現性之標準值，故此型儀器可用以量測道面摩擦係數值。針對積雪或結冰道面之量測結果可提供機師有用之參考，針對潮濕道面之檢測則可供評估道面抗滑能力之用。

鎖輪

2.5.4 「鎖輪」意指於圖 1-1 滑動百分比 100% 狀況下所測得之摩擦係數值 μ_{skid} ，需注意此值低於由最大滑動狀況下所得之 μ_{\max} ，由實驗結果得知，隨跑道狀況不同，機輪之 μ_{skid} 可介於 μ_{\max} 之 40% 至 90% 範圍。儘管如此，鎖輪式檢測儀亦曾用於道面抗滑摩擦係數值量測，於此情況下，所得測值代表機輪於著陸時轉速提升之可能（spin-up potential）。

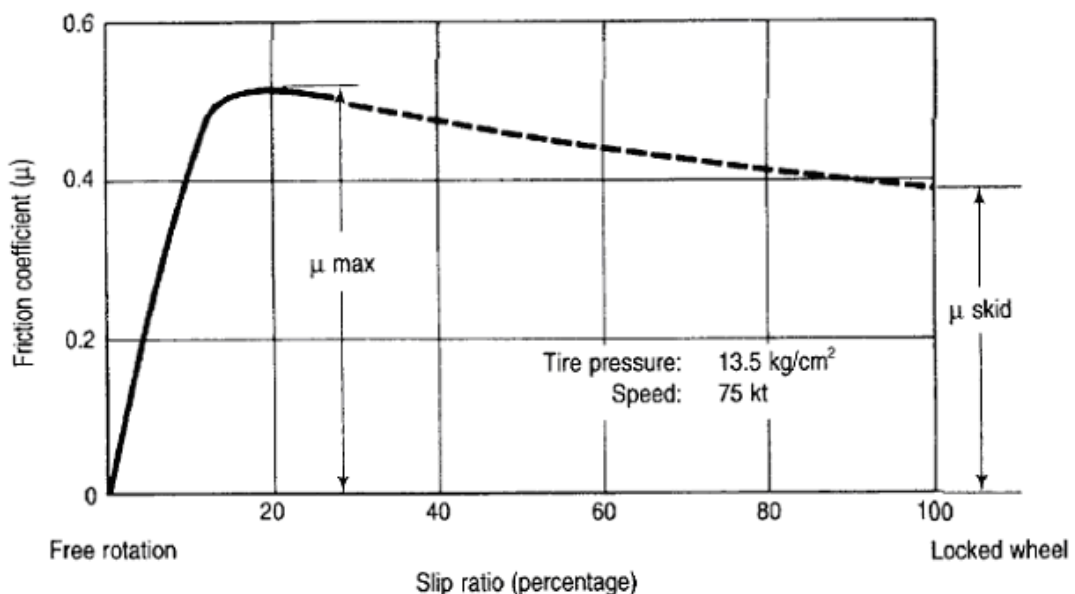


圖 2-1 Relation between percentage slip and friction coefficient on a wet runway

側向摩擦力

2.5.5 當滾動中輪轉向時，例如當車輛改變行進方向，作用於輪上之力可區分為二個方向分力，其一為沿輪平面之方向，另一為沿輪軸方向，側向摩擦係數為沿輪軸方向分力與垂直作用力之比值。若將不同偏向角之值對偏向角度繪圖，則可得如圖 2-2 結果。

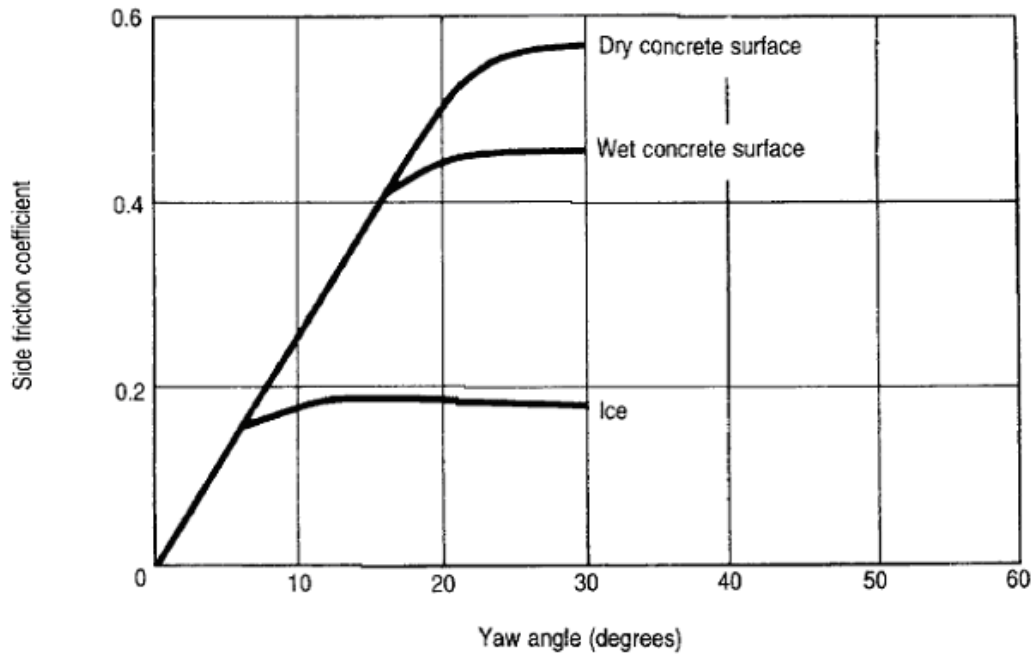


圖 2-2 Typical variation of side friction coefficient with yaw angle

2.5.6 由圖中顯示，當輪偏向角大於 20 度時，側向摩擦係數即無法表現跑道摩擦係數值；併同考慮其他因素，事實上輪將達到最大摩擦係數 μ_{max} 。因胎壓、勁度、與速度之差異，側向力與偏向角間之關係亦將有所不同。

「正常」濕摩擦係數與水滑

2.5.7 對潮濕或積水道面而言，有數個不同但相關的煞停問題。首先，「正常」濕摩擦係數係指當跑道上有水的情況下，道面摩擦係數將低於道面乾燥時之摩擦係數，此乃因道面與輪胎之間的水無法完全排出，致使輪胎僅有部分與道面接觸所致；且因此時僅有輪胎與水之接觸，故將大幅降低對抗輪胎與道面相對運動之作用力。為於潮濕或積水道面獲得較高摩擦係數，則須外力介入使水膜排除或破裂，以使輪胎得以與道面完全接觸。當速度提升，二者間之接觸時間縮短，作用時間亦隨之縮短，因此抗滑值將隨速度提升而降低，亦即高速時道面將亦顯滑溜。再者，於各種情況下最為嚴重者為水滑現象，亦即航機與道面間為大範圍液體薄膜所隔絕之現象，於此情況下，摩擦係數通常極小，而航機煞車與方向控制終將失效，有關三種主要水滑型式之說明將敘述如下，更進一步有關積水深度及其對水滑影響之準則將於 2.1 節中說明。

2.5.8 當跑道潮濕時或當航機速度提升時造成抗滑值下降之主因為黏滯/動態水壓與輪胎/道面之聯合作用。此等水壓作用造成「乾燥」接觸之部分損失，且隨速度提高而增加其範圍，當其接觸部分幾乎完全損失，摩擦係數將降至極小，水滑現象又可分為黏滯、動態、或橡膠還原 (reverted

rubber) 水滑現象。輪胎/道面接觸面不同區域面積對水滑現象之影響、及其隨速度之面積變化情況如圖 1-3 所示，此圖為根據Gough所建議之三區域概念所構成，第一區內為動態壓力，第二區內為黏滯壓力，第三區之摩擦力終將為零，但可假定其為直接接觸區；隨速度之提升，第三區面積將逐漸縮小，且摩擦係數 μ 之降低將與第三區面積成正比，若二輪速度為其水滑速度之相同比值，則可假設其各區域間面積比例一致。

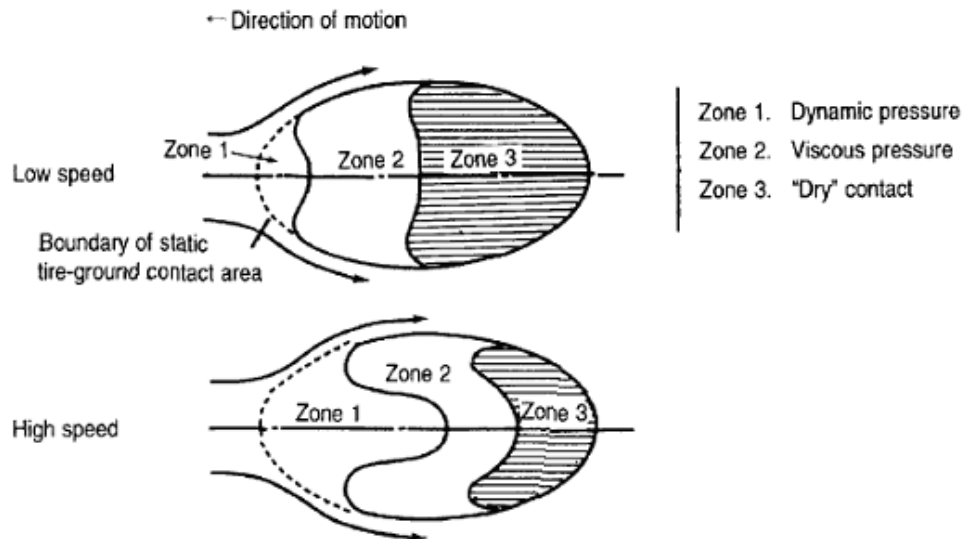


圖 2-3 Areas of tire/surface interface

2.5.9 黏滯水滑發生於相對甚低的速度下，其附著摩擦力之喪失乃因黏滯力作用而使得水無法由輪跡下排出所致，發生黏滯水滑之條件為道面呈光滑平面，且其上為輪胎胎屑所密實覆蓋，或其上已被交通荷重作用而磨光；黏滯水滑發生於潮濕、積水或潮濕的結冰道面，且一旦發生，將持續至相當低速狀況；其發生時機可能為航機擬重新起飛或降落之煞停階段。

2.5.10 動態水滑發生於速度超過某臨界速度之情況下，此臨界速度值為胎壓之函數，因輪胎下壓力（膨脹壓力）無法於短暫接觸時間內排除輪跡下之水分，此水分之慣性作用將導致動態水滑。若道面粗質紋理不佳且航機速度高於臨界速度，則因積累水深足夠，將產生水滑現象；亦即需符合道面上有相當深度且大範圍之水分，且航機速度亦達臨界速度等二項條件。臨界速度與胎壓直接相關，若胎壓愈高則發生（動態）水滑之臨界速度亦愈高。但是，隨胎壓提升，於達到臨界速度範圍前，濕道面上之摩擦係數將隨之降低。動態水滑通常發生於降落或起飛之高速滑行狀態下。僅 0.5 公釐積水深度即足以令航機產生水滑現象，於大雨情況下或道面不平整所產生之小水窪即可能產生此等深度之積水。

2.5.11 對於橡膠還原水滑現象仍有尚待探知之處，依目前瞭解，輪胎與道面間產生約 200°C 的過熱蒸氣而熔化輪胎上的橡膠。某理論指出融化的橡膠形成封籤防止高壓蒸氣逸失，接著因橡膠還原作用，而於道面上形成「蒸

氣清除」的白色印記。橡膠還原水滑現象可能於輪胎非滾動（煞停或未煞停）下之任何狀況、任何速度下長時間發生，因此防止輪胎鎖死為防止橡膠還原水滑現象發生之最重要預防措施。更進一步關於黏滯/動態水滑理論之資料可參見附件一。

摩擦係數

2.5.12 摩擦係數定義為下面二項作用力之比值，其一為維持二接觸平面（航機機輪與道面表面）間保持一致相對運動所需之沿切線方向力，另一與維持二者保持接觸（航機重量平均分佈於機輪接觸面積）之正向力；摩擦係數常以希臘字母 μ 表示，意即代表道面表面之相對滑溜程度之量化水準。

煞車系統效率

2.5.13 如前所述，防鎖死煞車系統乃設計為作用於接近最大摩擦係數值（ μ_{\max} ），但航機煞車系統效率通常為此最大值之某一比例，此效率具有隨速度提升而增加之趨勢，根據某利用舊型系統於潮濕道面上所進行之試驗顯示，此值於速度 56 公里/小時情況下為 70%，而於時速 222 公里情況將提升至進 80%，亦有較新型系統聲稱可提供更高效率。對目前已配備於許多航機上之防鎖死煞車系統，其有效煞車效率 μ_{eff} 依經驗建議為：

$$\mu_{\text{eff}} = 0.2 \mu_{\max} + 0.7 \mu_{\max}^2 \quad \text{對 } \mu_{\max} \text{ 小於 } 0.7$$

$$\mu_{\text{eff}} = 0.7 \mu_{\max} \quad \text{對 } \mu_{\max} \text{ 大於或等於 } 0.7$$

滾動阻力

2.5.14 滾動阻力係因輪胎與其支撐平面間之塑性變形所致阻力，一般而言，輻射紋狀航機機輪之滾動阻力為其垂直荷重之 0.02；當輪胎滾動時，滾動摩擦係數勢必小於輪胎與道面間之摩擦係數。

摩擦力/速度曲線

2.5.15 水是橡膠表面最好的潤滑劑之一，且如同 1.5.7 所述，輪胎與道面接觸面間之水分排除與水膜貫穿皆須耗時。有數個與跑道道面參數與輪胎一道面接觸面間之排水能力相關，若跑道道面具有良好粗質紋理，可讓水分由輪胎下排除，則可使摩擦係數較不受速度之影響；反之，若道面粗質紋理不佳，則於速度提升時抗滑能力將大幅降低。另一相關參數為紋理之尖銳程度（細質紋理），基本上其決定道面之抗滑水準，如圖 1-4 所示。

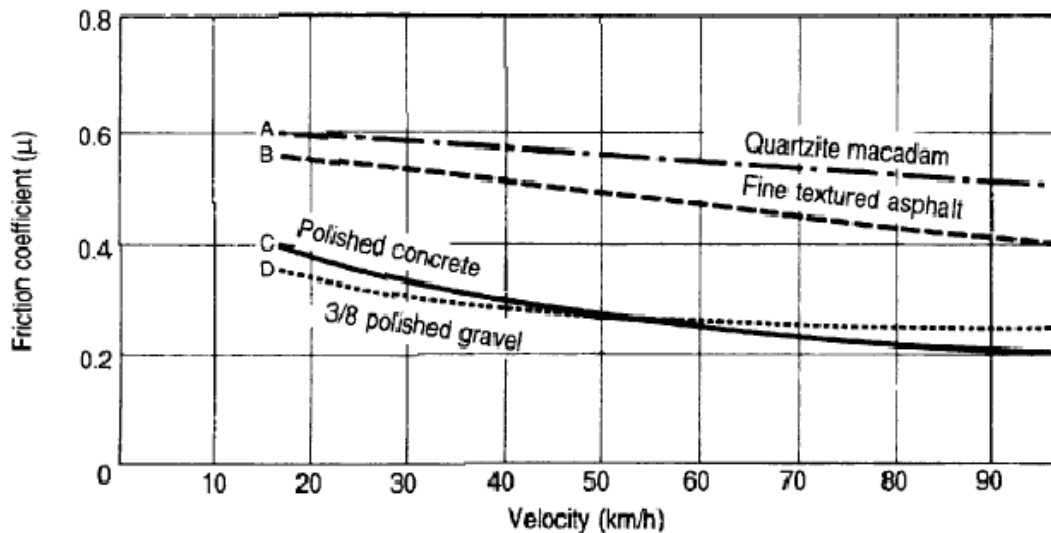


圖 2-4 Relationship between braking friction coefficient achieved with anti-skid braking on different textured surfaces at certain operating conditions

2.5.16 當速度提升時，二種開放紋理表面A與D之摩擦係數微幅下降，然而B與C之摩擦係數則有較明顯下降趨勢；摩擦力/速度曲線之斜率乃主要由粗質紋理提供，摩擦係數值之大小則由表面粗糙度決定，A與B之細質紋理較為尖銳，C與D則較為平滑。故由抗滑觀點而言，道面表面應經常保持尖銳的與開放的紋理，抗滑/速度曲線應指出潮濕道面上之摩擦係數變化，尤其應包含高速下狀況，例如，接近 130 公里/小時（70 節）或高於此值。

表面紋理

2.5.17 輪胎與跑道道面間之表面紋理受多項因素影響，包括速度、表面紋理、跑道污染物類型、污染物深度、輪胎橡膠組成、輪胎結構、輪跡型態、輪跡表面溫度、輪胎磨耗、胎壓、煞車系統效率、煞車扭力、機輪滑動比例、及季節等，部分因素間亦有相互影響，且個別因素對摩擦係數之影響亦有程度差異，其中對濕摩擦係數與摩擦係數/速度關係影響最為顯著者為跑道表面之細質與粗質紋理。關於表面粗質/細質紋理特性與輪胎摩擦績效之進一步資訊提供於附件二。

第3章 抗滑基本影響因素之評估

3.1 積水深度與其對動態水滑之影響

3.1.1 產生水滑現象之臨界速度（參見 2.5.7 至 2.5.11）取決於其如何定義，如圖 2-1 所示，若將水滑速度定義為液體阻力與速度曲線中，液體阻力最大時之速度，則此速度將與機輪停止旋轉之速度不同。機師對前者並無興趣，但須瞭解何時輪胎與道面間將因摩擦力不足而無法令轉速提升，此於無法有足夠煞車力時為抵抗滾動阻力之來源。此狀況可能產生於道面與輪胎間仍有些微接觸，但其仍不足以使機輪旋轉。當輪胎與道面完全不接觸時，此時速度將較接近液體阻力停止增加之點（即圖 3-1 實線之尖峰值）。

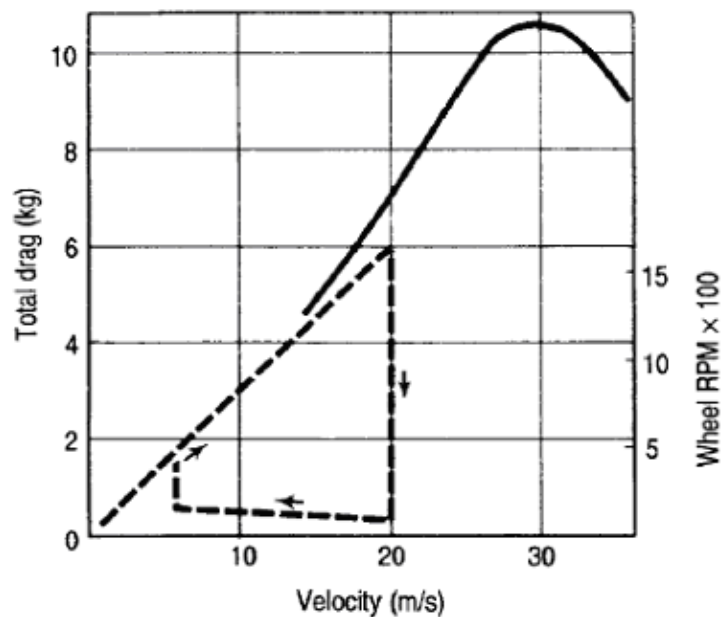


圖 3-1 Variation of total drag of a small tire with wheel RPM and speed

3.1.2 動態水滑將開始於近似於 $624[365]$ 乘以胎壓（單位為 kPa）平方根之速度（單位為公里/小時[單位為節]），此過程並未完全為人所知，係由某配有檢測儀器之航機於煞車作動時量測 $\mu=0.05$ 之摩擦係數值試驗中偶然發現的；根據機輪速度之記錄顯示，當每次自動煞車系統作用致其減速時，皆因滾動阻力不足而無法令機輪轉速提升。

3.1.3 另一個要點為，一旦發生水滑現象，須令地速低於水滑速度甚多方可再次令機輪轉動，此現象已由 Bristol 大學以 23 公分輪試驗中明白顯示，如圖 3-2 所示。

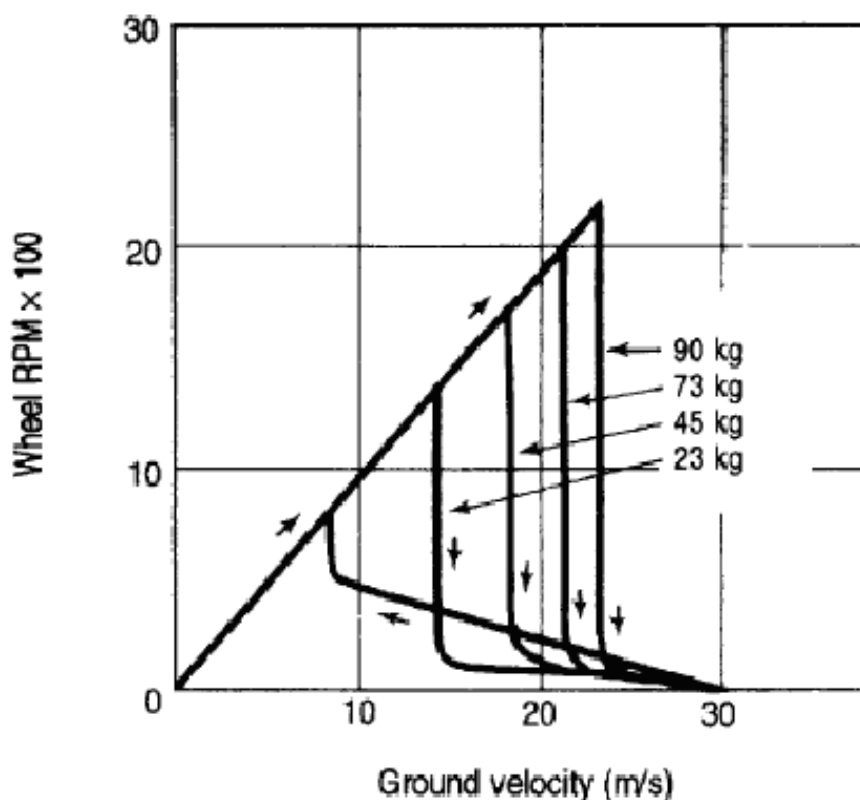


圖 3-2 Variation of wheel rotation with ground speed and load

3.1.4 值得注意的是，於胎壓 206.8kPa、荷重 90 公斤情況下，輪水滑速度約為 23 公尺/秒，但無法回復地速直至速度降至 9 公尺/秒；當輪荷重改變時，水滑速度亦將改變—若將水滑速度假定為輪轉速降低之速度。此實驗之應用為：於航機速度降低至某個遠低於水滑速度之數值前，航機機輪將無法再次觸及足以提供有效煞停力之接觸面。

3.1.5 顯然地，動態與黏滯水滑現象僅發生於跑道上具有相當深度水膜而足以阻擋水分自輪胎接觸面快速排除以獲得直接接觸時，故此現象成為排水問題，且主要為跑道粗質/細質紋理之問題，而輪跡型態之影響相對較輪跡處排水為小，若輪胎具有適當胎紋則可提供額外的排水管道，但若胎紋磨損至其容許限度下則其效果將降低。一般同意若跑道道面之粗質/細質紋理適當，則可大幅降低水滑現象發生之風險。本項於「機場設計手冊第三部分—道面」（Aerodrome Design Manual, Part 3—Pavement）中亦有介紹。

3.1.6 為決定不同道面紋理對產生水滑現象之水膜深度門檻，英國航空學院（the United Kingdom College of Aeronautics）針對掃紋（非鋼梳）與刮槽混凝土道面進行水滑試驗，於各種表面之輪跡處建水塘，並將量測設備埋入道面，因此可量測產生水滑現象之輪胎距道面高度，圖 3-3 即為根據水膜深度與輪胎高度資料繪製而成。

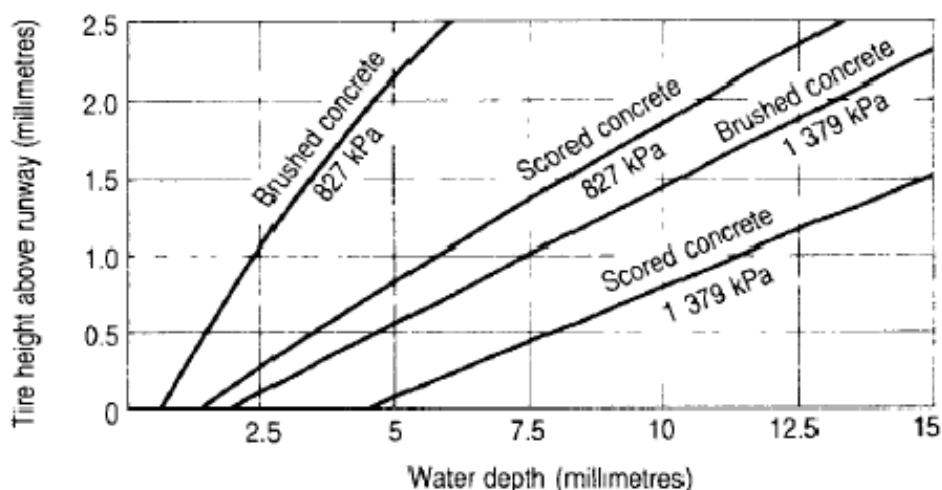


圖 3-3 Height of a tire above a runway in different water depths, surface textures and tire pressures at above aquaplaning speed

3.1.7 由圖中可發現，於胎壓 827kPa 機輪作用於掃紋道面之情境下，一旦產生水滑現象（可能於小水坑中發生），且水膜深度大於 0.6 公釐，則機輪將無法再與道面保持接觸；若胎壓愈高，則發生水滑現象之水膜深度亦愈厚。此外，若道面粗質紋理愈粗糙，則水膜深度門檻愈高。此項實驗亦發現一旦達臨界水膜深度，則水滑現象將於數毫秒鐘內發生。道面排水性能良好且具適當紋理為降低水滑現象發生風險與提高潮濕道面抗滑能力之最主要關鍵。

3.1.8 因不同道面紋理條件下水膜深度門檻亦不同，則至為重要的是將其解讀為具實用性的資訊。須採用特定方法或儀器進行紋理量測，而因骨材尺寸、形狀與稜角性皆相當重要，故亦採用數項不同方法與量測技術，各方法與技術之相關內容將於 2.3 節中介紹。

3.1.9 顯然於部分國家，目前已提供跑道水膜深度之資訊，而部分國家則採優先跑道系統，即為於道面潮濕情況下，更改降落跑道為較長且/或側風較小的跑道。

3.1.10 亦曾考慮是否可以水膜深度量測取代跑道抗滑檢測。為達此目標，曾執行以「釐清水膜量測儀之功能需求」為目的之研究，由其結果顯示，該儀器須符合下列需求：精確、使用簡易、操作快速、至少可量測 10 公釐水膜深度範圍，且其佔用跑道時間須減至最低，而其讀值不可受跑道水層之鹽分濃度影響。目前國內外機場所採用之儀器無一可符合上述條件，盡管其中至少有一台儀器以研究目的而言可滿足需求條件，但顯然地，開發一台滿足上述所有需求條件之儀器是不可行的，主要原因即為：與其開發水膜深度量測儀器，致力於改善道面紋理與跑道排水應更有助益。該儀器僅對罕見之極大雨勢有些重要性，且儘管符合上述需求條件之儀器已成功開發，另一難題為跑道上佈設之儀器數量與位置。綜上所述，以量測道面抗滑特性為目的而標準化水膜量測儀器是不可行的。

3.1.11 其他考量：水膜深度僅為考量項目之一，其密度與黏滯性為更重要因素，對任何可量測深度之水膜而言，其密度、黏滯性、道面紋理、輪跡設計/磨耗、以及跑道污染物等因素皆須於進行任何評估前納入考量。

3.2 道面表面污染物

3.2.1 若跑道道面出現液態污染物(如濕雪、融雪、或積水等)，將對航機操作產生嚴重影響。因不同污染物之本質差異與其深度之關鍵影響，形成完整評估沈積物阻抗之困難。有關自融雪或積水跑道起飛之操作對策介紹於ICAO適航技術手冊。

3.2.2 當航機於積有相當深度液體之跑道上操作時，尤其當抗滑值已相當低且有可能發生水滑現象之條件存在時，阻礙機輪自由滾動之力量即稱為「沈積物阻力」。更具體而言，沈積物阻力可區分為下列因素：

- a) 流體排除阻力、
- b) 機輪減速旋轉特性、
- c) 機輪噴濺型態與流體噴濺阻力。基於實機測試與地面運作測試結果顯示，沈積物阻力大小為下列變數或其組合之函數，即地速平方、垂直荷重、胎壓、液體密度、液體深度、及機輪位置。

3.2.3 當未減速輪胎於積有流體之跑道上滾動時，此運動中的機輪接觸並排除跑道上的積水，液體之動量變化產生作用於輪胎與道面表面之流體壓力，此壓力之水平分力稱為「流體排除阻力」或是前進阻力，垂直分力則稱為「流體排除升力」或是導致動態水滑潛能與機輪減速旋轉傾向之作用力。沿前進方向之流體作用力包括「流體噴濺阻力」與「流體噴濺升力」，其發生於機輪所排除之部分液體以噴霧型態濺出並撞擊於航機其他部分，例如輪胎、起落架、高度升阻裝置、與後置引擎等。

3.2.4 流體排除阻力為航機起飛加速時不可或缺之重要因素，同時亦對航機減速過程有所影響，然而，其對航機減速之助益為其對摩擦係數之衰減與對水滑現象之潛在發生可能所抵銷。

3.2.5 如前所述，因表面污染物所產生阻力而導致之問題將影響航機起飛，而沈積物阻力之增加與速度平方成正比，當沈積物阻力與側向壓力相等時，將達到其臨界速度；若航機速度低於其起飛速度，航機將無法脫離地面。除速度以外，沈積物阻力將隨其深度與密度而變，該二項因素—尤其是深度—於跑道全段中並非均一，故可得知該問題之複雜性。此外，對航機而言沈積物阻力可分為二個主要部分，即遭機輪排開之污染物，以及遭機輪揚起而致敲擊航機之物體，此亦表示，沈積物阻力將因機型而異。

3.2.6 測量液體深度的方法之一為以尺規或其他設備讀取多個讀數後平均，若液體深度平均則可得甚佳結果，然於實際上均勻深度液體之發生機率甚低。

3.2.7 機師須瞭解特定液態污染物於允許起飛範圍內之最大深度，且需有

以三分間距列示之跑道狀況報告，其中第二與第三區段狀況為最重要的。

3.3 道面表面紋理

3.3.1 道面表面紋理為提供潮濕跑道抗滑能力之主要來源，跑道道面表面紋理可區分為粗質與細質紋理，粗質紋理為由骨材或其他人為紋理（如刮槽）所致之粗糙表面，為道面排水之主要管道，其可以多種方法量測。細質紋理為單一骨材表面之紋理表現，可經接觸感受但無法直接量測，主要功能為貫穿極薄水膜。亦即粗質紋理以其提供大量排水之功能減低動態水滑現象發生機率，細質紋理則藉其貫穿極薄水膜之功能減低黏滯水滑現象發生機率。因二種紋理對抗滑能力皆有其重要性，故歸納得知，可僅以量測粗質紋理獲得一大致趨勢，且據目前已有資料顯示，粗質紋理較明顯者確可增加潮濕道面之抗滑能力。ICAO 第 14 號附約內敘明新建道面之平均粗質紋理深度不應低於 1 公釐，以於道面潮濕時提供良好抗滑能力。儘管小於 1 公釐之粗質紋理仍可提供良好排水，但因跑道隨開放使用將逐漸損壞，故當跑道新工時應要求其紋理深度大於最小值，若否，則完工後可能即須進行養護。

3.3.2 因此，藉由測量道面表面粗質紋理方法評定摩擦係數/速度曲線梯度為一合理方法。為獲得平均紋理深度，需於跑道全區抽調具代表性的樣本，抽樣數量則取決於道面表面紋理之差異狀況。未達此一目的，於進行道面表面粗質紋理量測前，應先行進行道面目視檢測以瞭解道面表面之顯著變化情況。

3.3.3 一般咸認測量道面表面紋理深度之最適用方法為油脂塗布法與鋪沙法，此二種方法以及其他可用方法之介紹說明如下。

鋪沙法與油脂塗布法

3.3.4 將已知體積之油脂或細沙鋪滿於已知面積上，直至填滿所有空隙，將此已知體積除以已知之塗布面積，則可得空隙之平均深度。所得結果僅可得知摩擦係數/速度曲線之速度影響，但此法已由實驗方法驗證（參見 1.5.15）。

3.3.5 鋪沙法與油脂塗布法之量測實例介紹如下。

油脂塗布法

A. 實驗設備需求

1. 兩端開口之金屬套筒，其內體積約為 16,000 平方公釐，儘管可確實得知，但套筒之實際體積並不重要。適合之套筒尺寸為內直徑 25.4 公釐、長度為 32.3 公釐。
2. 油灰刀。
3. 與套筒密合之搥棒，以由套筒中擠出油脂。

4. 寬 30~40 公釐、橡膠表面之鋁製或木製刷帚。
5. 遮蔽膠帶。

B. 實驗步驟

1. 用油灰刀於套筒中裝滿任何一種一般用途油脂，需注意應避免產生氣泡，其尾端以油灰刀刮平。以遮蔽膠帶在跑道上貼出兩道相距約 10 公分的平行線，第三道遮蔽膠帶則貼在此兩道平行線之任一端，需與兩平行線成直角。以搥棒將套筒中的油脂擠出，塗布於兩平行線間所構成之矩形測試區域上，填滿道面表面所形成之空隙，並使其頂端與道面表面之峰點齊平。應注意不應有任何油脂殘留於遮蔽膠帶或刷帚上。
2. 量測套筒體積與油脂塗布面積，平均表面空隙深度（以公釐為單位）可由下式求得：

$$\text{表面紋理指標} = \frac{\text{油脂體積（立方公釐）}}{\text{塗布面積（平方公釐）}}$$

於完成實驗後，應清除所有跑道上之油脂。

鋪砂法

A. 實驗設備需求

1. 內深度 86 公釐、內直徑 19 公釐之金屬套筒。
2. 直徑 64 公釐的扁平木盤，一側黏有 1.5 公釐厚的硬橡膠盤，另側則有把手。
3. 形狀為圓形顆粒之自然乾砂，可通過 300 號篩，但無法通過 150 號篩。

B. 實驗步驟

1. 乾燥量測表面，並以軟質刷子清掃；於套筒中裝滿砂粒，輕敲套筒底部三次以確實壓實，刮平砂粒表面使之與套筒頂端齊平。將砂粒倒放成堆於量測表面上，以扁盤於量測表面上鋪平砂粒，扁盤應維持水平，並以畫圓方式移動以將砂粒伸展為一圓形面，將砂粒填滿表面窪地並使其與表面峰點齊平。
2. 量測鋪砂圓形面之直徑，並以最近似之 5 公釐表示，平均紋理深度為 $31000/D^2$ ，D 為鋪砂圓形面直徑，單位為公釐。

3.3.6 下列方法亦可用於量測表面紋理：

- a) 直接量測道面：量測此道面表面之實際長度。
- b) 立體攝影法：以特別製造之立體照相機拍攝此區域之部分影像，由拍攝結果繪出輪廓線，並量測其長度。
- c) 柵欄法：將一 0.3 公尺長排之針齒柵欄垂直放置於道面上，當壓緊時，針齒頂端將與道面表面貼合，並藉此描繪出道面表面之剖面，故可量測其長度。
- d) 拓印法：以某種硬化材料（如塑膠黏土）拓印道面表面，當表面剖面顯現，則可量測其長度。
- e) 複寫法：以複寫紙將一部分道面表面拓印於便條紙上，由此即可量測剖面長度。
- f) 水流量測法：此方法為準備大量水，計算於特定時間內自放置於道面上之扁平圓筒底部流出之水（水位高度）。

3.3.7 利用上述方法可測得一近似的道面糙度指標。對於採體積量測者，砂粒或油脂所涵蓋面積即為一種指標；而其體積與面積之比值則稱為平均紋理深度；長度量測所測得之沿道面表面剖面長度與基準線長度之比值則稱為剖面度（profile metalling）。經查詢以確認是否已發展剖面比值與修正糙度值間之關係，結果顯示該二項因素間尚無關係式之發展，僅可得知對於粗糙道面該比值將大於 1.05。

3.3.8 用以鋪築跑道道面之礦石應於使用前先經實驗室實驗其抵抗磨光特性，此外，於交通荷重作用底下抵抗碎裂之健度亦為實驗重點，有關跑道道面紋理之內容詳見機場設計手冊第三部份一鋪面。

道面細質紋理量測

3.3.9 如前所述，於工程上迄今尚無法直接量測以決定單一骨材於細微尺度之糙度要求標準。然而，因不良的細質紋理將導致跑道道面抗滑能力之降低，故須強調其重要性。細質紋理因交通荷重與天候作用將逐漸剝蝕，且其速率較之於粗質紋理所需時間為快。

3.4 不平整度

儘管跑道施工者已致力於完成符合橫斷面剖面要求之平坦跑道，但由於壓實作用發生，跑道剖面將逐漸改變，並產生「水塘」區，這些區域於雨後將明顯可見，因跑道其餘區域已排乾而留下水塘。當水塘深度已大於水滑可能發生之臨界深度（約 3 公釐），則須採取養護措施，且一旦發生水滑現象，則航機可能於較低深度水膜情況下亦維持該狀況。此外，於氣溫低於冰點時，水塘將形成

冰屑（ice patch），而將使航機嚴重操作困難。而水塘中過多的積水亦可能被引擎吸入而導致引擎熄火。養護措施多需重鋪道面以有效消除因水塘導致的問題。

第4章 潮濕道面抗滑能力之決定與表示

4.1 通則

4.1.1 對潮濕時將變得濕滑的跑道道面而言，提出相關資訊是有其操作上之必要。為達此一目的，應定期量測跑道道面之抗滑能力以確保其值未低於可接受標準。潮濕跑道道面之抗滑特性指標可由抗滑檢測儀獲得，然而，需由更進一步依經驗建立儀器量測結果與航機煞停績效之相關性；儀器量測結果涉及多項變數，包括跑道溫度、胎壓、測試速度、輪胎操作模式（鎖輪式、滑動式）、防鎖死煞車系統效率、檢測速度與水膜深度等。

4.1.2 摩擦係數之量測已被肯定為決定道面抗滑狀況之最佳基準，道面摩擦係數於機輪煞車作動但仍處滾動狀況下之某個滑動百分比時將達最大值。目前已有數種方法應用於摩擦係數之量測上，基於實務考量，對特定機場而言通常將選擇其最適用方法。實際操作上要求評估道面抗滑能力所採用方法需具有一致性，若該儀器可沿跑道全線連續量測最大摩擦係數（滑動率介於 10%~20%），則所得結果將更具參考價值。

4.1.3 現有技術尚不允許直接且立即轉換抗滑檢測儀所測得之潮濕跑道道面抗滑能力為航機煞停績效，然而，潮濕跑道道面之抗滑能力已被發現將維持一致，而僅隨時間有緩慢降低趨勢，其降幅隨使用頻率而異。此項發現有助於減低持續進行潮濕道面抗滑檢測之需求。由試驗結果顯示，於相似污染狀況下，抗滑檢測儀與航機之有效煞停並非直接相關，但具間接關連性。經由於不同粗質/細質紋理道面、以數種速度所進行之試驗結果亦顯示，抗滑檢測儀之檢測結果確可提供機場主管當局作為辨別跑道道面抗滑能力良窳之依據。因此，總結上述，以定期檢測方式確保跑道道面抗滑能力維持於可接受標準之上，得以取代對潮濕道面上抗滑能力操作基準之呈報。

4.1.4 進行定期量測之目的有二，其一為鑑定訂出低於標準之跑道，並且需將該區域位置提供予機師；其二為提供機場主管當局有關跑道道面狀況之質化訊息，使當局得據以客觀地提出養護計畫並調配預算。

4.1.5 理論上道面潮濕時抗滑能力之優劣須參考航機適航檢定準則，然而，目前國際間並無關於潮濕道面上航機適航檢定準則之協定；儘管如此，部分國家具有應用特定儀器於檢測道面潮濕時抗滑能力不佳跑道之程序的實務經驗，其所獲得之經驗亦對其他國家建立其各自之檢測程序有所助益；雖此程序與航機績效之關係並非十分精確，但所得結果仍適於鑑別跑道道面抗滑能力之優劣。

4.1.6 機場用以評估跑道道面之標準應公佈於飛航指南（aeronautical information publication, AIP）中；當發現道面狀況已不符合此標準，則於改善措施實施前，應將此資訊公布於飛航公告（Notice to Airman, NOTAM）中。

4.1.7 此外，對新建或重鋪道面，得檢測其抗滑/速度特性以確認是否達

到其設計目標。此項檢測以具自動釋水系統之抗滑檢測儀以二至數個速度進行，檢測道面潮濕但清潔狀態下之抗滑值，進而求算全段跑道於每一檢測速度之平均值。因局部檢測之抗滑檢測儀可能提供錯誤訊息，於此檢測中採用可連續量測之檢測儀應較合適。此項量測結果提供一使用中的數值，其檢測結果為跑道全段綜觀之抗滑水準，因其檢測範圍包含跑道中段相當長、不受胎屑堆積影響的區域。

4.2 檢測

4.2.1 檢測潮濕道面抗滑能力之理由有下列數項：

- d) 確認新建或重鋪道面之抗滑能力；
- e) 評估跑道道面之滑溜程度；
- f) 當跑道排水能力不佳時，判定其對道面抗滑能力之影響；
- g) 因異常狀況致使跑道變得滑溜時，檢測其抗滑能力。

4.2.2 應於跑道新建完工或重鋪道面完工後進行評估，以瞭解道面潮濕時之抗滑能力，儘管隨跑道開放使用，抗滑值將逐漸降低，但此值可代表跑道中段不受胎屑堆積影響之相當範圍區域的抗滑水準，因此為一具使用意義的數值。進行評估檢測時道面需保持清潔，若無法於檢測前清潔跑道，則為提出初始報告，可以於跑道中段之部分區域進行檢測。

4.2.3 抗滑值為檢測儀量測結果之平均值，若跑道主要部分之抗滑能力有顯著差異，則可分別求算每一區段之抗滑值，對於抗滑值之決定，採 100 公尺為區段長度應可具有代表意義。

4.2.4 對既有道面而言，應定期進行抗滑檢測以掌握跑道潮濕時之低抗滑水準狀況，機場當局應訂定可容許之最低抗滑標準，其值應高於跑道被歸屬於濕滑狀態之抗滑值，並將此值公佈於民航局之飛航指南（AIP）中，當發現跑道整體或其中部分區域之抗滑值小於此標準時，則應將此資訊以飛航公告（NOTAM）方式公佈。機場當局亦應建立養護計畫標準，當抗滑值低於此值時，應採取適當改善養護措施以提升抗滑水準，而當跑道整體或其中部分區域之抗滑值小於最低抗滑標準時，應立即進行改善養護措施。抗滑檢測間距應足以於跑道抗滑狀況低落前確認其需進行養護或特殊表面處理。檢測間距乃依據下列因素決定，包括航機機型與使用頻率、氣候狀況、道面類型、道面服務與養護需求等。

4.2.5 為提供各跑道間一致而資以比較之基準，對於既有、新建或重鋪道面之抗滑檢測應採用配有光面胎之連續式抗滑檢測儀；檢測儀需有自動釋水能力，以於進行抗滑檢測時提供至少為 1 公釐深度水膜。

4.2.6 當懷疑跑道道面抗滑能力因不適當的剖面斜率或道面凹陷所致之排水不良而導致抗滑能力降低時，應增行道面抗滑檢測，然而此時為於自然天候，亦即局部降雨狀況下進行；此項檢測與前述檢測不同，於降雨狀況下所進行者，其排水不良區域之水膜深度通常較大，因此較之於採自動

釋水狀況所行檢測，更可反應出因抗滑值偏低而具有水滑現象發生可能之問題區域。若無法於自然降雨狀況下進行檢測，則亦可採模擬方式進行此項檢測。

4.2.7 即使當抗滑水準高於機場管理單位所定義之跑道滑溜狀況，亦有可能因異常狀況發生而致使跑道濕滑。此狀況已知發生於特定地區，於長期乾季後所降下之初場降雨將使得跑道呈現非常濕滑狀態，而並非典型的潮濕跑道整體抗滑能力不足現象，這種狀態為暫時性的現象，且於持續降雨沖洗跑道後即會自動改善。目前相信此現象乃導因於跑道污染物之乳化現象，而該類污染物可能為由鄰近工業複合物所產生。類似現象亦於沙漠或沙地地區之跑道上發現，此外，於潮濕熱帶氣候地區，可能因微真菌而導致此種現象發生。當機場跑道發生此類現象而懷疑跑道可能變得濕滑時，應儘速進行抗滑檢測，並持續檢測直至濕滑現象自動改善。

4.2.8 當前述檢測結果發現僅有部分區域道面滑溜，應發佈相關訊息並採取改善措施。

4.2.9 需注意當於潮濕道面上進行抗滑檢測時，與積雪或結冰道面狀況不同的是，潮濕道面上之抗滑值將因檢測速度之提升而降低，是故當以較高速度進行檢測時，抗滑值之變化速率將形減小。於影響摩擦係數的輪胎與道面因素中，紋理為相當重要的一項因素，若道面具有良好粗質紋理，得以讓水由胎面或輪胎下順利排出，則抗滑值可較不受速度之影響。反之，若道面粗質紋理較差，當速度增加時抗滑值之降幅將較大。因此，不論是否需採行樣戶措施，進行道面抗滑檢測時須以數種速度檢測以獲知其摩擦係數/速度變化關係。

4.2.10 當進行潮濕道面之抗滑檢測時，若可於可行範圍內將相關因素予以準確量測，則可獲得準確之檢測結果。其相關因素如抗滑檢測儀之校估、檢測儀之可靠度、輪胎型式、設計、狀況、胎壓、滑動率、道面水量等，皆將對特定跑道之抗滑值有顯著影響，因此，需對檢測技術採最嚴格控制。

4.2.11 機場當局應備有之抗滑標準包括：

- a) 設計標準：為新工或重鋪道面之最低抗滑標準；
- b) 養護標準：若道面抗滑能力低於此值則須考慮採取養護措施；
- c) 最低標準：若道面抗滑能力低於此值則須提供「跑道於潮濕時可能滑溜」之警訊，並立即採取養護改善措施。

根據不同抗滑檢測儀之使用經驗，表 3-1 提供數國使用中之抗滑設計、養護與最低標準。

4.2.12 同時建議採用數個速度進行潮濕道面之抗滑檢測以獲取跑道抗滑能力之足夠資訊，就此方面而言，需注意當跑道潮濕時，若僅採單一速度進形減測，可能無法發現道面粗質紋理或細質紋理不佳之影響。

4.2.13 因摩擦係數受道面紋理影響甚鉅，而道面紋理可能因建材來源與建

造方法而異，且跑道道面使用率不一，或有不等程度之胎屑堆積，皆將影響道面之基礎抗滑值。因此，跑道全段皆應納入檢測範圍內，橫向檢測位置則應包括二道軌跡，亦即跑道中心線兩側距中心線 3 公尺或主要航機行經位置，對供混合廣體與窄體客機使用的跑道而言，檢測位置應位於距中心線 5 公尺處。

4.2.14 為降低因採用不同道面紋理終飾技術所致之抗滑檢測結果差異，抗滑檢測應雙向進行並取其平均值，若雙向檢測結果差異甚大，則應探討其差異產生原因；此外，若於距道面邊緣 5 公尺處進行抗滑檢測，則可提供未經磨耗或遭異物污染表面測值可供比較跑道中心航機使用區域之結果。

4.2.15 連續式抗滑檢測儀（例如 Mu-meter, Runway Friction Tester, Skiddometer 或 Surface Friction Tester）可用以量測潮濕道面之抗滑值，他型抗滑檢測儀若可符合 5.2 節所述規範內容，並與上述至少一型儀器具相關性，則亦可採用。於無抗滑檢測儀情況下估計抗滑值之方法介紹於附錄 5¹。

4.3 呈報

跑道中心二分之一寬度範圍出現積水時應提出報告，同時需對積水深度提出評估，為提高跑道狀況描述之準確性，應採用下列定義與相關敘述：

微濕（Damp）—道面表面因濕氣而變色。

潮濕（Wet）—道面表面濕潤但未出現積水。

局部積水（Water patch）—可觀察到局部積水現象。

氾濫（Flooded）—可觀察到大範圍積水現象。

4.4 低抗滑能力之說明

4.4.1 若因抗滑能力不佳，而使跑道或其中部分區域於道面潮濕時將顯滑溜，且可能對航機之煞停績效與方向控制皆有顯著損傷，則應提出相關資訊。

4.4.2 建議確認跑道濕滑狀態下之降落跑道長度需求，如航機飛航手冊中所訂定，且需低於可用之降落跑道長度。若將拒絕起飛之發生機率納入考慮，須進行定期檢測以確認可能用於緊急煞停之道面部分其抗滑能力是否足夠。如發現航機於可用跑道長度與其他限制條件下，自 V_1 （決策速度）開始減速之安全煞停距離不足，則可能需降低起飛重量或需延遲起飛直至狀況改善。

¹ 譯註：應為附件 5 之誤。

表 4-1. 跑道道面抗滑標準

檢測儀器	新建跑道 道面設計 標準*	跑道道面 養護規劃 標準*	跑道道面 最低抗滑 標準*	估計供 水深度 (公釐)	抗滑檢測速度 (公里/小時)	檢測輪 胎壓 (千帕)
Mu-meter						
方法 1	0.72	0.52	0.42	1.0	65	70
	0.66	0.38	0.26	1.0	95	70
方法 2	0.68	0.47	0.42	0.5	65	70
	0.65	0.45	0.39	0.5	130	70
Skiddometer	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.74	0.47	0.34	1.0	95	210
Surface						
Friction Tester	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.74	0.47	0.34	1.0	95	210
Runway						
Friction Tester	0.82	0.60	0.50	1.0	65	210
	0.72	0.54	0.41	1.0	95	210

*此值為跑道或其中某段之平均值。

第5章 跑道抗滑檢測儀

5.1 標準化之可能性

目前於各國機場所採用之抗滑檢測儀具有多種型式，其應用多種原理，並有不同基本技術與操作特性，如將於 5.3 節所述，由多個有關不同抗滑檢測儀相關性之研究計畫中顯示，於人為浸濕的道面上，各儀器測值間可獲得令人滿意之相互關係，然而於潮溼道面上則尚未獲得一致且可靠相關性，於積雪與/或結冰道面上之檢測結果則顯示，雖仍未臻完美，但亦可獲得優於潮溼道面之相關性。於人為浸濕道面上之量測結果僅可作為養護決策目的下之建議資訊，不應據以預測航機煞停績效。

5.2 新型抗滑檢測儀之準則

第八屆航空研討會（the Eighth Air Navigation Conference）建議 ICAO 發展跑道抗滑檢測儀之基本技術與操作特性準則，為回應此項建議，相關準則已建立並傳達予各國，相信此資料對有意發展新型抗滑檢測儀的國家應有助益；然而各國亦被告知，對於依據此建議準則所發展之新型抗滑檢測儀以獲知潮溼道面抗滑值與航機煞停績效間之相關性則仍有不確定性。此準則於 1991 年覆閱並更新，其內容概述如下，準則目標為標準化新型抗滑檢測儀之設計參數，並擬提供彈性與容許值以避免排除未來於此領域中技術發展之可能。

抗滑檢測儀之基本技術規範

1. 檢測方法：於移動中連續檢測。
2. 維持校準能力：儀器應設計為可承受粗暴使用，並須維持校準，以確保結果之可靠且一致。
3. 煞車型式：抗滑檢測可採：
 - a) 固定滑動式：抗滑檢測輪應為連續煞停並維持介於 10%~20% 之固定滑動率；
 - b) 側向力型式：角度（單輪）應維持於 5° 至 10° 範圍。
4. 過大震動：儀器設計應於檢測過程中，排除任何避震或非避震物體於檢測速度範圍內所可能產生之垂直震動，尤其應避免檢測輪之震動。
5. 穩定性：儀器應於所有操作狀態下均維持順向之穩定性，包括有時於離開跑道可能必須採取之高速轉彎時。
6. 摩擦係數值範圍：所記錄之摩擦係數值範圍應為 0~至少 1.0。
7. 檢測結果輸出：儀器應可提供連續跑道抗滑值軌跡圖示之永久記錄，並可處理調查資料以記錄任何觀察現象、資料與記錄時間等（參見圖 5-1）。
8. 可接受誤差範圍：儀器所測得資料應有一致重現性，所有摩擦係數應介於 95.5% 信賴區間 ± 6 （或二個標準差）。
9. 檢測與記錄參數：

- a) 對固定滑動式儀器，所記錄之抗滑值應與縱向摩擦力予正向輪荷重之比值成比例。
- b) 對側向力式儀器：所記錄之抗滑值應與側向力與輪荷重之比值成比例。
- 10. 速度範圍：儀器速度範圍應介於 40～至少 130 公里/小時。
- 11. 平均 間距：儀器應可就下列條件提供 平均值：
 - a) 跑道頭前段 100 公尺；
 - b) 跑道每 150 公尺區間；
 - c) 跑道每三等分區段。
- 12. 水平尺度：為縮小不同抗滑檢測儀之尺度差異，儀器製造商應至少提供 25 公釐：100 公尺之比例尺，如此可於同一機場內使用二部以上抗滑檢測儀情況下簡化資料比較工作。
- 13. 標準胎壓與胎面：位於自然潮溼或人為浸濕拽下進行測試，偏搖式抗滑檢測儀之檢測輪需為光面胎，胎壓應為 70 千帕；煞停－滑動式檢測儀之檢測輪需為光面胎，胎壓應為 210 千帕。若擬採用固定煞停－滑動式檢測儀於鬆散、濕雪、乾雪或積雪與/或結冰道面上檢測，則需採用紋面胎，胎壓需為 700 千帕。
- 14. 輪胎容許差異：為縮小因檢測輪尺寸與輪胎成分所致之差異，輪胎製造商應遵循附件 3 之相關要求，抗滑檢測儀所使用之檢測輪成分相當嚴格，需確保其可信且可提供一致而可靠之檢測結果，抗滑檢測儀與其輪胎之績效與可靠度評估程序將於 5.3 節中介紹。
- 15. 任何天候操作：抗滑檢測儀應設計為可於任何時間、任何天候下正常使用。
- 16. 儀器維護：儀器維護應可達到確保儀器於檢測與運輸過程中之安全使用之目標。
- 17. 人工浸濕：若擬用於量測潮溼跑道道面之抗滑特性，抗滑檢測儀需可自動釋水，以於控制水膜深度為至少 1 公釐狀況下進行抗滑檢測。

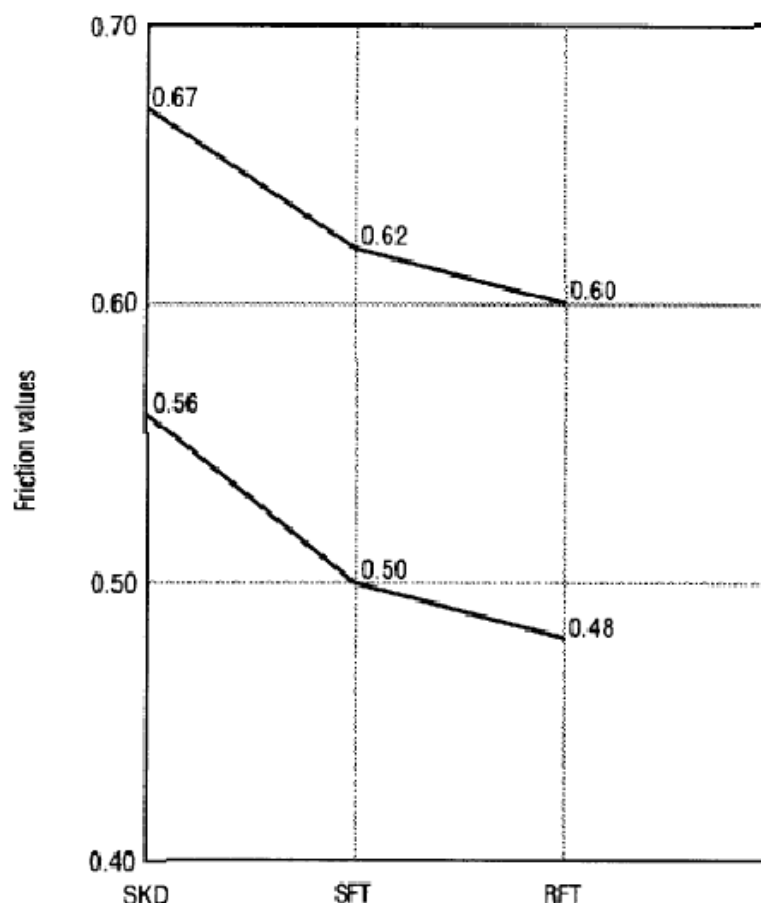
儀器型式	時間	地點	計畫編號			
檢測日期	風向	方向				
天氣	檢測前狀況					
跑道						
表面狀況描述						
表面紋理試驗	油脂（公釐）	水（秒）				
位置 1 位置 2 位置 3						
輪胎磨耗測試	胎屑損失（克）					
左側 右側						
總計						
檢測者	拖車（若有必要）					
浸濕方法	水膜深度（公釐）					
檢測長度	檢測速度					
起點位置	迄點位置					
檢測橫向距離						
檢測結果						
速度 公里/小時	32	65	95	130	145	160
第 1 個三等分段 中間的三等分段 第 3 個三等分段						
特定單一測試與速度之參考數值與方法記錄表：						
速度 公里/小時	32	65	95	130	145	160
跑道距中心線 45 公尺之摩擦係數 最低區段 （包括道面標線）						

註：原始記錄表或其副本附於此表

圖 5-1 檢測報告格式

5.3 抗滑檢測儀間之相關性

5.3.1 多年來，數個國家已就發展不同抗滑儀間相關性之可能性進行多項測試。於1989年，美國進行一項以發展可用以確認輪胎績效與人工浸濕道面狀況可靠度標準為主題之計畫，而後亦以四種抗滑檢測儀進行相關性測試（參見圖5-2）。



Notes:

1. Test speed 65 km/h; water depth 1 mm.
2. Mu-meter value of 0.50 used as base in the correlation. The range quoted is \pm two standard deviations.

圖 5-2 Correlation chart for friction measuring devices on compacted snow- or ice-covered surface

5.3.2 此測試採用四種抗滑檢測儀，其中Runway Friction Tester、Surface Friction Tester與Skiddometer等三種為固定滑動式檢測儀，Mu-meter則為側向力式檢測儀。各儀器之相關性結果如表3-1。

5.3.3 曾於1985-1986年間冬季於緬因州之Brunswick 海軍機場當局進行一項關於積雪與/或結冰道面上輪胎績效與抗滑儀相關性建立之計畫，此計畫為FAA/NASA跑道抗滑計畫之一部分，除配有儀器之NASA B-737 與FAA B-727 航機外，下列檢測儀亦用於該計畫檢測中，包括Mu-meter、

Runway Friction Tester、BV-11 Skiddometer、Tapley Meter、Bowmonk Brakemeter、與Surface Friction Tester。因於融雪與鬆雪道面上所蒐集之資料不足，並未獲得合理的相關性。圖 5-3²僅顯示抗滑檢測儀於積雪與/或結冰道面上之相關性，此跑道冬季大氣溫度介於-15°~0°C，擬對更低溫度狀態進行抗滑檢測以確認現有資料相關性。

5.3.4 由研究資料顯示，於積雪與/或結冰道面狀況上，跑道表面溫度、大氣溫度與道面污染物類型皆將影響抗滑讀值，當溫度於冰點時，跑道道面抗滑狀況取決積雪或冰之剪力強度，而該強度將隨溫度降低而提高，因此，當冰雪溫度降低時，跑道抗滑水準將提高。當溫度接近積雪或冰之融點時，於其表面將產生薄層水膜，此時將因潤滑與黏滯水滑作用而降低跑道抗滑水準。雖然抗滑檢測速度介於 32 至 95 公里/小時，但資料顯示高於此速度之抗滑值接近常數（速度影響甚小）。

5.3.5 儘管不同連續式抗滑檢測儀使用不同輪胎、不同的固定滑動率、或採偏搖滾動測試原理，但由資料顯示當使用自動釋水系統以控制期於檢測輪前的釋水量時，不論其檢測速度為定速或高於某速度範圍，不同檢測儀讀值間仍可靠且具相關性。但若應用於降雨而致跑道潮溼狀況之檢測時，則其間相關性則較不可靠，此乃因不同道面表面所致之水深不一而造成。因此，於進行養護目的之跑道等級分類時，應嚴格控制水膜深度。於道面積雪與/或結冰狀況下，由於煞停作用並非速度相關，故其抗滑值較不受交互作用的變數影響。

5.3.6 不同抗滑檢測儀於積雪與/或結冰道面上之檢測結果相關性圖示於圖 5-3，係採用下列檢測條件而得：

A. 連續式抗滑檢測儀（如 Mu-meter, Grip Tester, Surface Friction Tester, Runway Friction Tester, 或 Skiddometer）

檢測速度 65 公里/小時，於結冰道面上則採用較低速度。

B. 減速型檢測儀（如 Tapley Meter, Brakemeter-Dynometer）

1. 車輛規範

a) 重量：約為 1 至 2 公噸數量級

b) 輪胎：冬季輪胎但不加裝防滑釘，胎壓以製造商建議為準，輪胎磨耗程度不得高於 75%。

c) 煞車：四組，且經適當調校確保其作用平衡

d) 車輛須盡量降低其顛簸可能，並維持其於煞車時之良好方向控制能力。

2. 減速型檢測儀需於原廠指導下安裝於車輛上，且需安置於車輛上，以避免其遭機場人員或車輛移動之干擾或移置，減速型檢測儀需依原廠建議

² 譯註：應為圖 5-2 之誤。

進行維護與校估。

3. 煞車作用速度：約 40 公里/小時。

4. 抗滑量測技術

a) 煞車需充分作用於所有的四組車輪上並迅速放開，車輪鎖死時間應不超過 1 秒鐘。

b) 使用減速型檢測儀時，須於檢測期間記錄或維持其最大減速煞車力

c) 隨機出現之過高或過低數值可於計算平均值時予以剔除。

5.3.7 減速型檢測儀之主要缺點為，由於其須以檢測車輛加速至特定速度，因此需佔用部分長度，因此其用以檢測之區間長度勢必大於採用連續式抗滑檢測儀之所需，故其僅可用於單點抗滑檢測。

5.3.8 以下範例說明如何應用圖 5-3：

以 BV-11 Skiddometer 或 Surface Friction Tester 測得之抗滑讀值 0.45 (A 點)
相當於：

以 Mu-meter 測得之 0.42 (B 點)

以 Runway Friction Tester 測得之 0.40 (C 點)

以 Tapley Meter 測得之 0.40 (D 點)

以 Brakemeter-Dynamometer 測得之 0.37 (E 點)

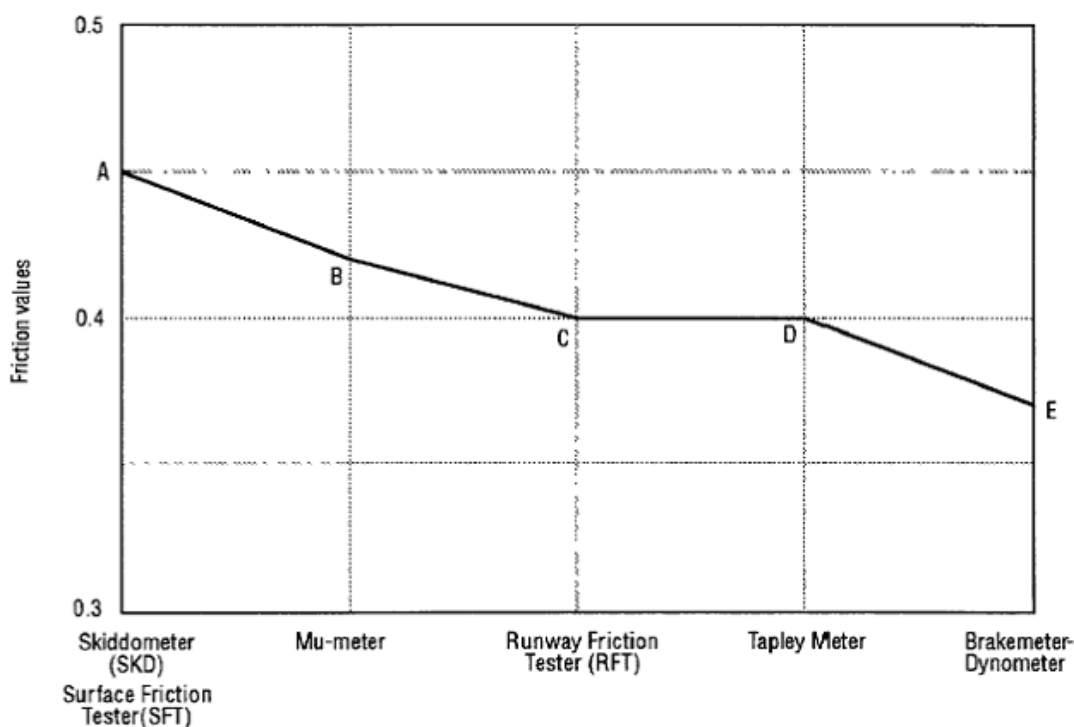


圖 5-3 Correlation chart for friction measuring devices on artificially wetted dry surfaces

5.4 與航機煞停績效之相關性

5.4.1 為使檢測有操作上之意義，首要之務為決定抗滑檢測儀所測得讀值與不同機型航機有效航機煞停績效間之相關性，一旦於航機地面操作速度範圍間之關係確立，航機機師可併同考量其他因素，以確定於特定跑道降落時之航機煞停績效，此稱其他因素包括著陸速度、風力狀況、壓力、高度與航機重量、以及其他對煞停績效有顯著影響之因素。目前一般認為相較於較複雜且多變之潮溼跑道狀況而言，對於積雪與/或結冰道面狀況之掌握較佳，因影響其抗滑作用之影響變數較少。

5.4.2 逾 1984 年美國進行一項五年計畫，計畫主題為研究航機輪胎煞停績效與地面抗滑檢測結果之相關性，評估數種道面狀況，包括乾燥、貨車潮溼輪跡、降雨浸溼、覆蓋冰、雪與融雪等道面，計畫中所採用之抗滑檢測儀包括斜煞車輛、Runway Friction Tester、Mu-meter、BV-11 Skiddometer、Surface Friction Tester，以及二種減速型檢測儀（Tapley Meter 與 Brakemeter-Dynometer）。此研究結果顯示，於潮溼道面上檢測儀量測結果並不與航機輪胎有效煞停摩擦力直接相關，然而結合黏滯/動態水滑理論則可獲得協議。（參見附件 1）

5.5 抗滑檢測儀之概論

5.5.1 全世界目前所採用之抗滑檢測儀包含數種型式，二種減速型檢測儀（Tapley Meter 與 Brakemeter-Dynometer）用以進行積雪與/或結冰道面之

單點檢核，其他五種儀器（Mu-meter、Grip Tester、Runway Friction Tester、Skiddometer、與Surface Friction Tester）則用以提供長期之連續軌跡測值，並以長條圖方式呈現整體跑道長度之檢測結果。

5.5.2 儘管不同連續式抗滑檢測儀之操作模式有所差異，但於部分組件之操作上具有相同方式。當執行養護計畫中之抗滑量測時，皆採用光面檢測輪，尺寸為 4.00—8（16×4.0，6 股，RL2）（參見附件 3），僅 Grip Tester 則採用光面檢測輪，尺寸為 10×4.5-5。Mu-meter 檢測輪胎壓為 70 千帕，Grip Tester 檢測輪胎壓為 140 千帕，其餘三型儀器檢測輪胎壓則為 210 千帕。各型儀器皆採相同之摩擦係數尺度範圍，為 0.00 至 1.00，且皆提供跑道長度 150 公尺區段之平均值，並如 4.5.5 所述提供跑道三等分區段之平均抗滑值。除 Mu-meter 與 Grip Tester 外，其餘三型儀器皆提供選擇性的高胎壓量測，檢測輪胎壓 700 千帕、尺寸 4.00—8（16×4.0，6 股，RL2）（參見附件 3）、並有光面胎與直紋胎二種型式可供選擇，直紋胎僅應用於使用目的之檢測，於道面結冰與/或積雪狀況下使用。Mu-meter、Runway Friction Tester、與 Surface Friction Tester 備有鍵盤可供選用，以使儀器操作者用以記錄抗滑檢測時所觀察到的相關指令、訊息、或附註。各型連續式抗滑檢測儀皆配備有自動釋水系統以於檢測輪前提供特定深度水膜，檢測速度則可高達 130 公里/小時。5.6 至 5.11 節分別就 5.5.1 節所述之各型儀器詳細說明。

5.5.3 抗滑檢測之成敗主要取決於儀器操作人員，若於操作、維護與抗滑檢測程序方面進行合適的人員訓練，則確保所得抗滑資料之可靠性；定期指導亦是必要的，藉此可更新並確認儀器操作人員維持於一高熟練度水準，若未執行此項指導，則人員可能無法長期維持相同之操作水準，亦無法學習於校估、維護與操作技術新發展。所有抗滑檢測儀必須定期校估以確保其維持於原廠規定之容許誤差範圍內；配備有自動釋水系統之抗滑檢測儀亦須定期校估其釋水系統以維持其釋水率於原廠規定之容許範圍內，維持特定水膜深度下出水量之一致，並於車輛檢測速度範圍內保持其於檢測輪前分佈之平均。

5.6 MU-METER

5.6.1 Mu-meter 為一台 245 公斤重之拖車，設計為藉由檢測輪偏向角 15 度以量測其行經道面之側向摩擦係數，該拖車為建造成三角形支架，於其上安置二檢測輪與一後輪，後輪裝置目的為保持檢測過程中拖車之穩定，圖 5-4 為儀器全貌。藉由各檢測輪上之避震器產生垂直荷重 78 公斤，其抗滑檢測輪之作用相當於滑動率 13.5%。除二檢測輪外，Mu-meter 之後輪型式為壓紋胎，尺寸為 4.00—8（16×4.0，6 股，RL2），胎壓 70 千帕。因 Mu-meter 為拖車型式儀器，需配有曳引車輛，若需採用自動釋水系統，則其水箱需裝置於拖車上，並以噴嘴供水。

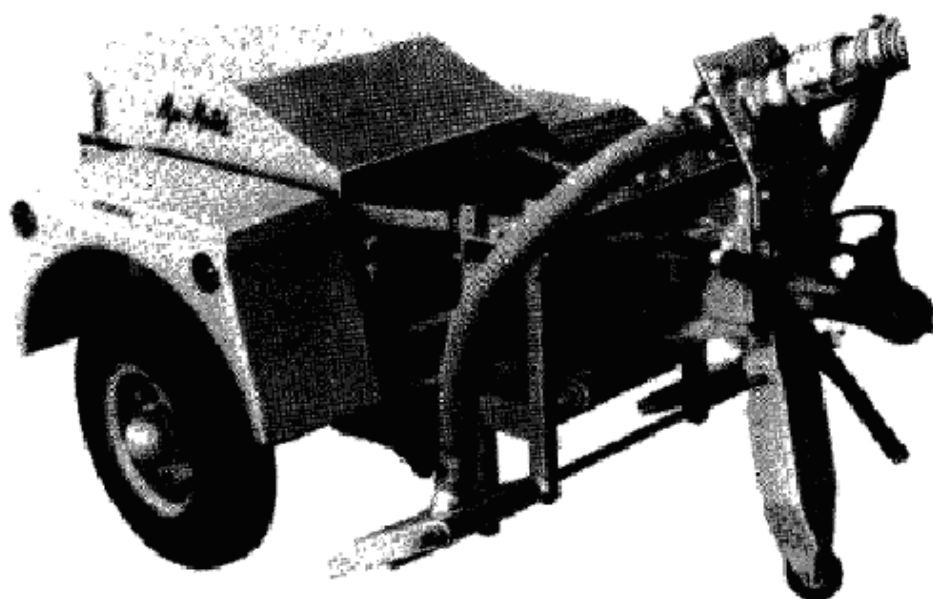


圖 5-4 Mu-meter trailer

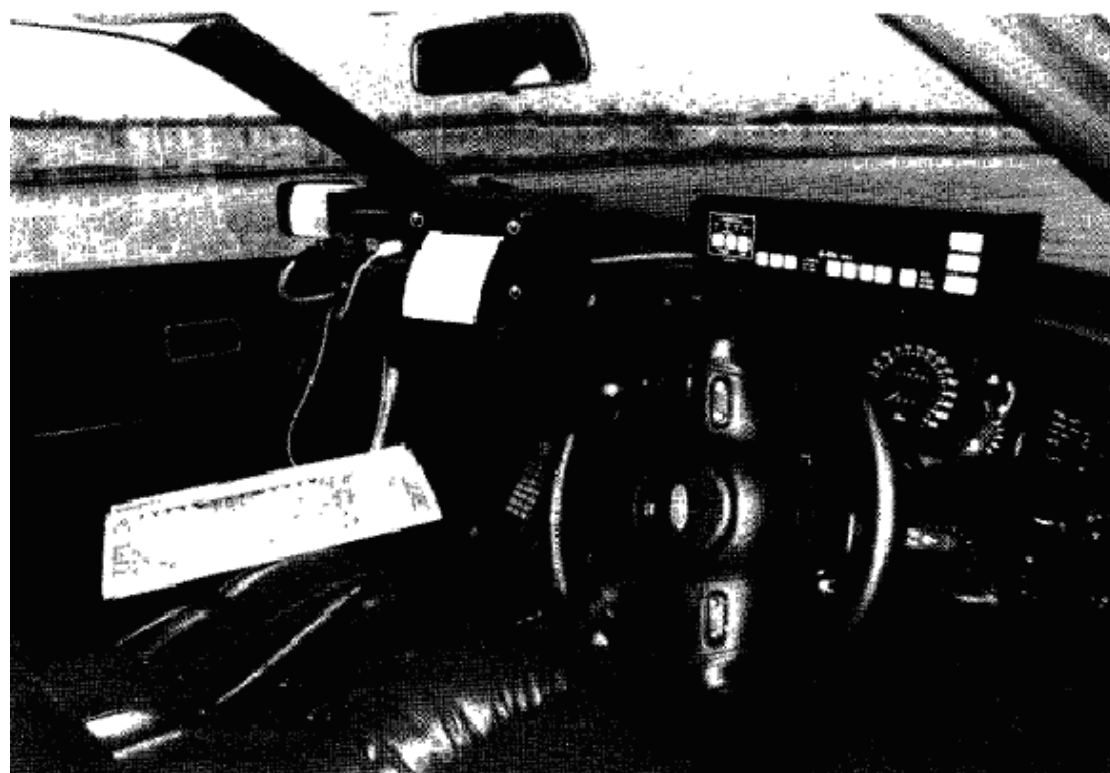


圖 5-5 Processor unit and keyboard for Mu-meter trailer

5.6.2 其距離感應器係一裝置於拖車後輪之光電編碼器，後輪每轉一次感應器讀取 1000 個數位脈衝，傳輸至訊號調節器並每隔 1 公尺計算一次，荷重單元則由抗滑檢測輪上讀取微小的張力變化。訊號調節器裝置於支架上，其作用為將由荷重單元接收之類比 μ 資料與距離感應器所接受之數位資料擴大。由後輪上之距離感應器所獲得之訊號除用以量測距離外，亦配合時間間距量測進行速度計算。裝置於曳引車上之電腦稱為處理器，其以二部微處理器以展示、計算、儲存與處理由荷重單元與距離感應器所接收之 μ （參見圖5-5）。由圖中亦可見具有指令與功能鍵之鍵盤，可用以選擇功能選單。處理器提供列示跑道全長抗滑值之連續圖表，操作者可選擇以下列比例尺印出圖表，於圖上之25公釐相當於約20公尺、40公尺、85公尺、170公尺與340公尺，較大的比例可用於可疑區域之小範圍調查。

5.7 Runway friction tester

5.7.1 Runway Friction Tester為廂型車型式，以第五輪連接後軸並以齒鍊傳動，圖 5-6 為廂型車全貌，該廂型車為前輪驅動並配以有力引擎，抗滑檢測輪設計為以固定滑動率 13%執行檢測。檢測儀以雙傳力軸量測作用於檢測輪上之拉力與正向力，此方法消除因車輛偏移與輪胎磨耗影響所需之濾過分析，故可即時量測動態摩擦力。藉由加諸於雙避震彈簧組合上之重量於檢測輪上產生 136 公斤之垂直荷重。Runway Friction Tester配備有自動釋水系統與水箱。



圖 5-6 Runway Friction Tester (T6810) van

5.7.2 車輛速度與行駛距離量測為由數位電腦計算光學編碼器所提供之脈衝訊號，作用於檢測輪上之拉力與正向力則由附有應變計雙傳力軸感應

量測，經放大後輸入數位電腦。數位電腦以每公尺約五次之頻率進行取樣，並計算其動態摩擦係數，摩擦係數伴隨車輛速度（亦可選擇出水率）之資料儲存於數位電腦之記憶體中。圖 5-7 為其真空螢光顯示單元，包括所有功能選單與鍵盤，所有選單選項與功能皆由鍵盤輸入數位電腦中。



圖 5-7 The vacuum florescent display unit and keyboard for the Runway Friction Tester van

5.7.3 當進行抗滑檢測時，資料處理與傳送至印表機以提供記錄有 μ 值與速度之連續長條圖，平均 μ 值亦列印於圖表之側邊，儀器將會持續以適當間距印出資料直至完成跑道全長之記錄。圖表具有三種比例尺可供使用者選擇，於圖上之 25 公釐相當於約 30 公尺、90 公尺、與 300 公尺。

5.8 Skiddometer

5.8.1 BV-11 Skiddometer檢測儀為拖車型式，其檢測輪設計為以介於 15～17%之固定滑動率操作，滑動率為依檢測輪型式調整。圖 5-8 為重達 360 公斤之拖車全貌，其包含一由二個獨立懸吊車輪支撐之四邊緊密焊接的支架，三個車輪間以鍊條滾子與練齒輪互相連接，並以齒比控制中央車輪以所設定之滑動率滾動，藉由彈簧與避震器產生施加於抗滑檢測輪上之垂直荷重 105 公斤。因Skiddometer為拖車型式儀器，需配有曳引車輛，若需採用自動釋水系統，則其水箱需裝置於拖車上，藉由供水管線以噴嘴供水於BV-11 Skiddometer檢測輪之前方。



圖 5-8 Skiddometer BV-11 trailer

5.8.2 應用於抗滑檢測輪之扭力為以特殊扭力轉換器量測，拖車速度則以由鍊條滾子帶動之轉速表量測，拖車與曳引車間之傳輸線將類比訊號傳輸至位於曳引車內之長條圖記錄器中，圖 5-9 為 Skiddometer MI-90 型電腦。於檢測中所得資料以一數位電腦處理，並以連續軌跡將跑道全長抗滑值記錄於長條圖上，操作者可選擇以四種比例尺表示量測距離，即於圖上之 25 公釐相當於約 112 公尺、225 公尺、450 公尺、與 900 公尺。

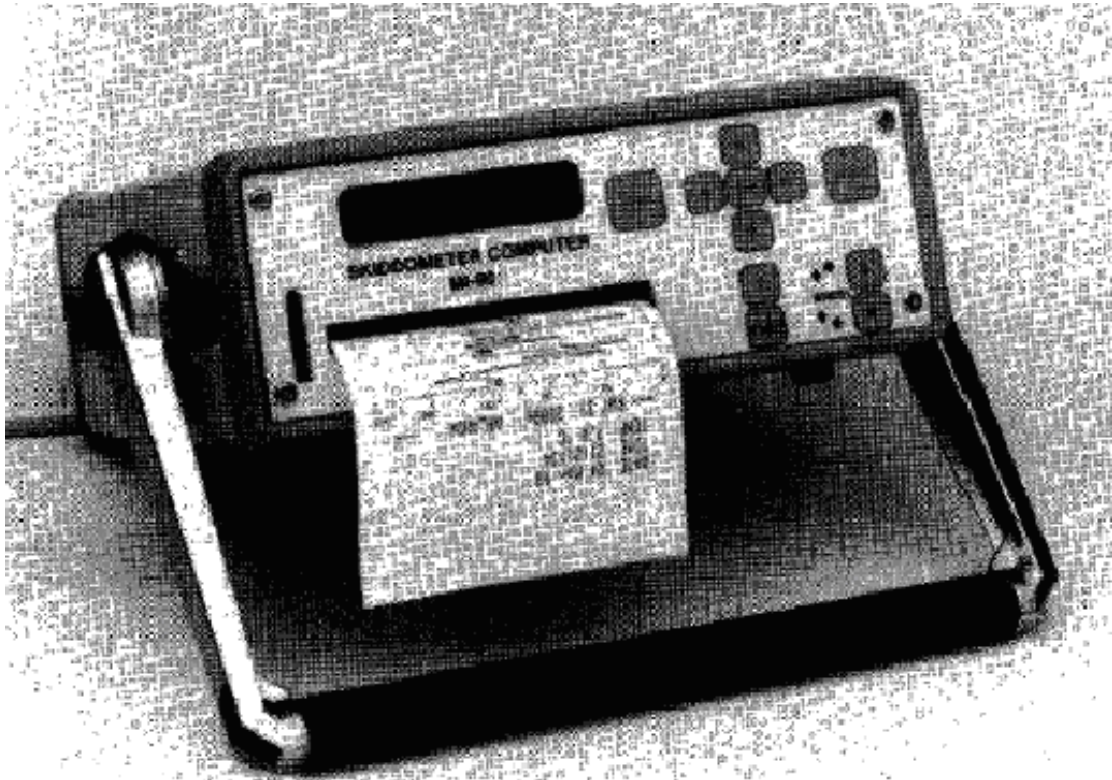


圖 5-9 MI-90 computer for Skiddometer BV-11 trailer

5.9 Surface Friction tester

5.9.1 Surface Friction Tester為以位於行李箱之第五輪量測摩擦係數之小型車型式檢測儀，圖 5-10 為Surface Friction Tester之整體構造，該小型車配備以前輪驅動與一可選購之渦輪增壓引擎。其抗滑檢測輪設計為以 10 ~12%固定滑動率操作，滑動率為依檢測時所採用之輪型而定，檢測輪連接於自由滾動之後輪軸上，以鍊條傳動並可以液壓收起，藉由彈簧與避震器產生施加於抗滑檢測輪上之垂直荷重 140 公斤，Surface Friction Tester 配備有自動釋水系統，而其水箱狀況於車輛後座空間。



圖 5-10 Surface Friction Tester automobile

5.9.2 將施加於抗滑檢測輪上之扭力與行駛距離資料輸入數位電腦中，並由電腦將其轉換為摩擦係數形式。當傳動鍊條有微小張力變化時，將會影響流經檢測輪上扭力感應器內配備應變計之電流量，故數位電腦藉由此電流量變化之量測並將類比訊號轉換為摩擦係數資料，即可掌握任何摩擦力之變化。 μ 值連續記錄於數位電腦中，於完成檢測後則將以長條圖圖示跑道全長之 μ 值連續軌跡，檢測過程中之檢測速度與檢測資料將一併記錄於長條圖上，量測結果之輸出比例尺為 25 公釐相當於 100 公尺，亦有鍵盤

可供使用者選用。

5.10 Grip tester

Grip Tester為重量 83 公斤之輕型三輪拖車，可用車輛曳引或手推型式操作，其操作方式為以單個光面輪藉由與兩主輪輪軸之鍊條傳動造成前進速度之 14.5% 滑動，感應器裝置於單一檢測輪軸上，並由拖車上之檢測儀錶顯示連續資料，所得資料亦傳輸至小型微電腦上，此電腦一般攜帶於曳引車內，此微電腦可以單點數值、某區間平均值、三等分區段平均值、跑道全段平均值等方式顯示抗滑讀數，亦可以抗滑讀數對行駛距離之方式呈現。此圖示可列印出以供永久記錄，亦可下載至個人電腦。Grip Tester之外貌如圖 5-11。



圖 5-11 Grip Tester

5.11 減速型檢測儀

通則

5.11.1 當跑道積雪或結冰時，減速型檢測儀可提供最可靠的資訊，減速型檢測儀不可用於潮濕道面，當跑道為深度超過 51 公釐之鬆雪、乾雪、或超過 13 公釐之融雪所覆蓋時，皆不應用減速型檢測儀進行檢測。

5.11.2 因減速型檢測儀須安裝於車輛內，對該車輛亦有特定要求以確保檢測結果之可靠與一致，可用車輛包括大型轎車、載貨廂型車、中或大型小客車、公用或客貨兩用貨車等，採用前輪或四輪驅動，與後軸配有防鎖死

煞車系統車輛。

5.11.3 車輪將顯著影響抗滑量測，因此，需皆採用紋面胎，且磨耗不超過 50%，且胎壓需隨時維持於原廠建議值。

5.11.4 車輛煞車需隨時維持良好調校以確保車輛之平衡，車輛需有最小顛簸傾向，且於煞車情況下亦可維持方向控制之穩定。

5.11.5 減速型檢測儀應放置於車內以避免因車輛行駛而移位，減速型檢測儀應依原廠指導完成安裝，同時，其需依原廠建議進行維護與校估。

5.11.6 檢測時應取得某特定數量讀數以獲得跑道道面狀況之合理評估，三等分跑道全長以將跑道劃分為三區—即著陸區、中央區與滑跑區，應以 35 公里/小時速度於每區至少進行三次檢測，平均 MU 值應沿航機著陸方向紀錄。

5.11.7 執行抗滑檢測時應依循下列程序：

- a) 煞車需充分作用於所有的四組車輪上並迅速放開，車輪鎖死時間應不超過 1 秒鐘。
- b) 使用減速型檢測儀時，須於檢測期間記錄或維持其最大減速煞車力
- c) 隨機出現之過高或過低數值可於計算平均值時予以剔除。

5.11.8 減速型檢測儀之主要缺點為，由於其須以檢測車輛加速至特定速度，因此需佔用部分長度，因此其用以檢測之區間長度勢必大於採用連續式抗滑檢測儀之所需，故其僅可用於單點抗滑檢測。

Brakemeter-Dynamometer

5.11.9 Brakemeter-Dynamometer 包含一精細的平衡擺錘，其將自由反應任何速度與角度變化，由象限儀齒輪系統推動指針沿轉盤移動（參見圖 5-12）。轉盤以量測加減速之可接受標準“g”之百分比進行校估，為排除所有震動，儀器內以對溫度變化不敏感之液體填滿。該需藉由車輛行駛之儀器應以水平狀態施測，且僅可應用於積雪與/或結冰道面，並不建議用於潮溼道面，執行抗滑檢測程序如 5.11.7 所示。

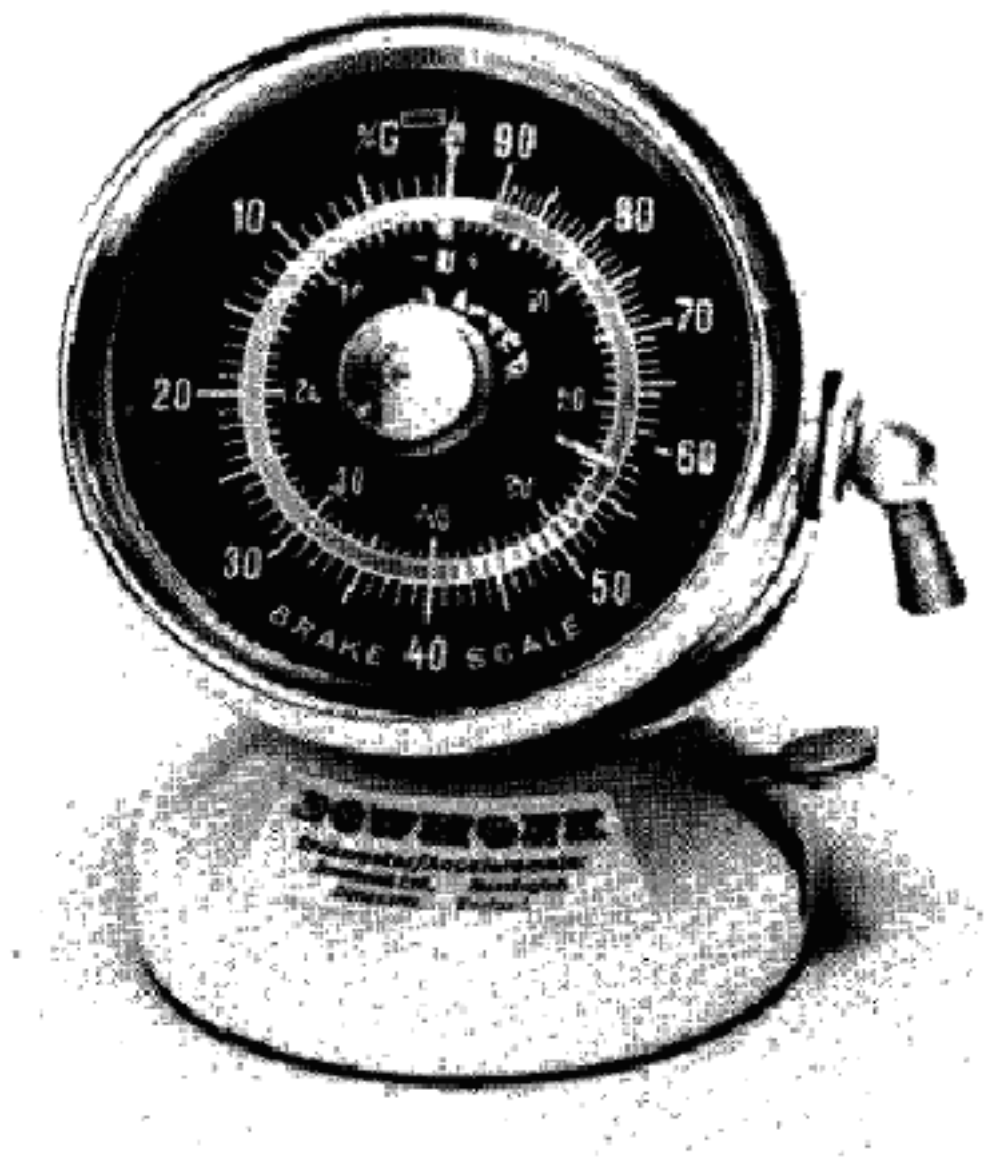


圖 5-12. **Brakemeter-Dynometer**

Tapley Meter

5.11.10 市場上可取得之Tapley Meter共有兩型，原始Tapley為標準的機械減速型檢測儀，新型的則為Tapley Electronic Airfield Friction Meter。皆須賴車輛行駛，僅建議使用於積雪與/或結冰道面，並不建議用於潮溼道面。

Mechanical decelerometer

5.11.11 機械型為小型擺錘式減速型檢測儀，包含一置於密封室內之動態校估油壓擺錘，圖 5-13 為其近視圖，其擺錘為以磁力接合於輕型齒輪裝置，其所連結之週界尺規則標示出”g”百分比之數值。設計有一輕型棘齒以留住其整體檢測中最大尺規變形量，整體儀器裝置於一鋁製盒內，尺

規處則覆以玻璃表面，儀器藉由叉狀組件固定於鑄造的基座上，每一檢測儀於給予校估認證前皆經靜態測試與動態校估。當用於抗滑檢測時，需將儀器置於車輛底板，資料需以目視讀取並由操作者記錄，三等分區段之平均值亦需由操作者心算與記錄，執行抗滑檢測程序如 5.11.7 所示。



圖 5-13 Tapley Standard Mechanical Meter

Electronic decelerometer

5.11.12 Tapley Electronic Airfield Friction Meter提供於抗滑檢測中之資料記錄，包括三等分區段之平均值，圖 5-14 為儀器之構造，該儀器為擺錘作用、半自動、可記錄的減速型檢測儀，其操作原理與原始的Tapley Mechanical Decelerometer相同。當準備進行抗滑檢測前，操作者放置儀器於檢測車輛底板，啟動把手與煞車踏板連結，指令單元則以吸盤裝於車窗上，其位置可為駕駛者面前或其他操作者便於讀取位置，電源導線連接於車輛電池與外接電池上，完成連接後即可進行檢測。電子檢測儀於廠內與標準Tapley Meter進行比對測試，此型儀器僅可應用於積雪與/或結冰道

面，執行抗滑檢測程序如 5.11.7 所示。

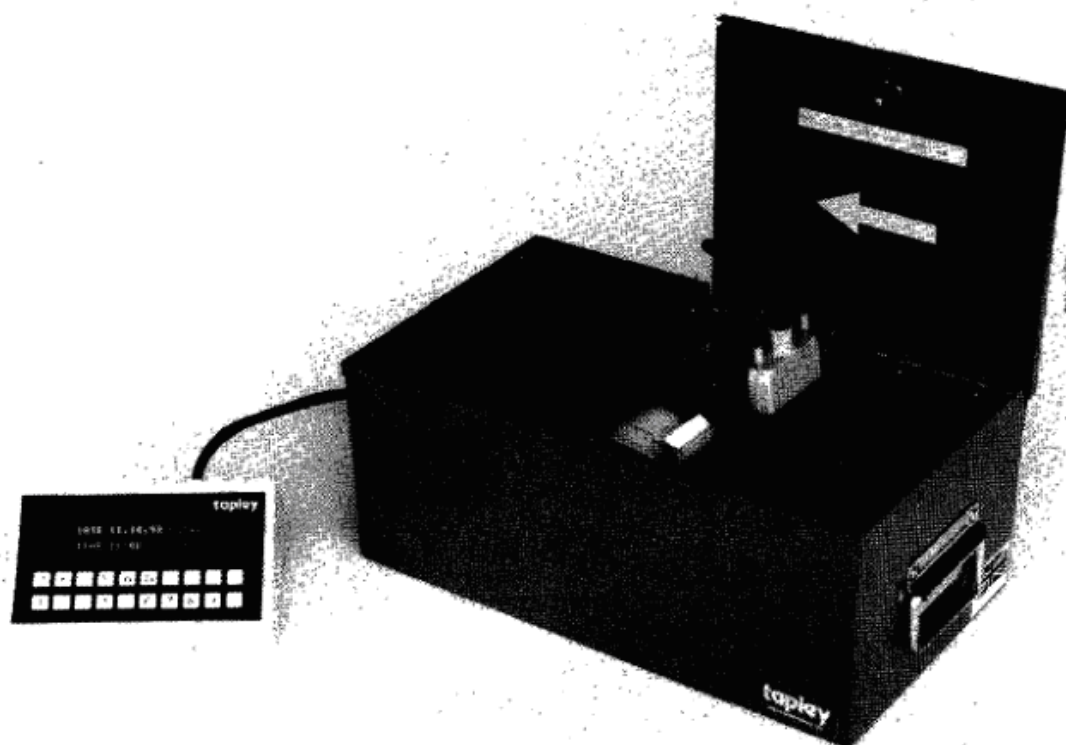


圖 5-14 Tapley Electronic Airfield Friction Meter

第6章 道面表面狀態資訊之蒐集與傳播

6.1 通則

6.1.1 不論是否可能完全清除跑道污染物，適當主管機關應評估跑道狀況，並使相關資訊可為機場適當單位所使用。此外，依據第 15 號附約（Annex 15 5.1.1.1 r），航機移動區域因雪、融雪、冰或水之出現、移除或其他顯著變化等有害狀況皆應公佈於飛航公告（NOTAM）上，此資訊可以SNOWTAM（如圖 6-1）方式發佈。

6.1.2 蒐集與傳播跑道表面狀態資訊之有效系統應依下列程序建立（此假設道面表面不可能隨時達到並維持一清潔且乾燥狀態）。

6.1.3 獲取資訊須視為機場整體狀況描述之一部分，其可作為機師起飛或降落前須知之操作輔助，於許多情況下，由於可取得之起飛或降落長度、順風或側風、能見度與不佳之抗滑狀況等負面影響將使起飛或降落格外困難。

6.1.4 為使航機營運者與機師得以迅速評定並使用所得資訊，必須使資訊呈現方式標準化，此外，需以正面敘述格式呈現，報告需盡可能完整。此將循序產生大量訊息，故需有標準編碼以精簡通信程序，尤其當大範圍地區籠罩於惡劣天候下時。快速更新亦是報告要務。

6.1.5 資料蒐集必須快速、全面且精確，為達精確要求需以特殊協助與儀器量測不同參數，以避免採取主觀判斷。

6.1.6 資訊傳播必須迅速、規律且定時，亦即需及時將未過時的資訊送予機師以供其使用，因此種情況致使多數資料勢必僅為暫時性的。藉由飛航公告（NOTAM）與飛航指南（AIP）所發佈關於以維持機場良好營運狀況所執行量測之通報準則，如第 15 號附約（5.1.1.1 g）與 r）、5.3.3、5.3.7、7.1.1.2 a）、8.1.2.1，及其附錄 1 之 2.0 5)與 6)、2.2 25)與 30)，以及其附錄 2)所要求，包含於航空情報業務手冊（*Aeronautical Information Service Manual*）（Doc 8126）第四章、第五章與附錄 A 中，關於國家層級發佈於 NOTAM 第二級與 AIP 之範例亦提供於 AIS 手冊之附錄 G。

6.1.7 機場內與航機操作相關之業務單位皆應計畫以期及時提供航空情報業務之所需資訊，於飛航系統引入改變前，均需由負責此類改變之單位適當估算航空情報業務所需之準備、完成與提出相關公佈資料之時間，因此相關單位一包括航空情報業務單位間之適時與密切的協調，將可確保及時提供航空情報業務所需資訊。

6.2 潮溼道面狀態資訊

6.2.1 如前所述，跑道應定期檢測以確認其抗滑能力位於可接受水準之上，此外，若跑道抗滑能力低於最小可接受水準，則需予以標註並同時通知機師，為達此一目標，用以供機場當局評估跑道道面抗滑狀況之準則需於飛航指南中公佈，其內容需包括所使用之抗滑檢測儀類型與機場當局自

訂之最小可接受標準。

6.2.2 當發現跑道抗滑能力小於機場當局自訂之最小可接受水準時，應發佈NOTAM，且應持續發佈直至採取改善措施；機場當局應安排航空站間直接交換SNOWTAM之計畫。

6.2.3 除 621 節所述之定期跑道抗滑檢測外，當得知於異常狀況下跑道滑溜時，亦應於發生此等狀況時增行檢測，且當此增行檢測顯示跑道或部分道面變得滑溜時，跑道道面抗滑狀況資訊需提供予合適單位。

第7章 胎屑清除

7.1 通則

7.1.1 由降落航機機輪所產生之橡膠胎屑沈積於著陸區將掩蓋標線，且當潮溼時將於跑道上產生格外光滑區域，現有胎屑清除技術主要以下列方法：

- a) 化學溶劑；
- b) 高壓水柱；
- c) 化學溶劑與高壓水柱；
- d) 熱壓縮空氣。

7.1.2 於評估任何胎屑清除系統之有效性時，其目標需予以釐清，其目標為於潮溼時保持良好摩擦係數，以提供所有航機安全使用狀況。依據表面顏色改變可能嚴重誤導，例如波特蘭水泥混凝土由黑色轉變為灰色，因即使少量橡膠殘留於道面孔隙內，如一般清理狀況將出現者，將皆使抗滑值低落。

7.1.3 一般而言，高壓水柱對於輕度沈積區域有適度效果，但其效用隨沈積深度增加而降低，依據交通型態與數量，每年需進行二次清理作業。較先進技術為以化學溶劑溶解橡膠胎屑，再以高壓水柱清洗，惟民航局為考量機場跑道道面摩擦係數值，常因不當使用水刀壓力，造成道面摩擦力大幅降低嚴重影響機場飛安與服務品質，有關道面胎屑清除事宜，詳如

7.2.1。

7.1.4 為決定道面上須移除以提供一可接受道面狀況之橡膠量，建議先利用測試區域決定可產生此等可接受道面之水壓與行進速率。根據觀察，高壓水柱法之生產力於正常步行狀況約為每小時 278 單位平方公尺；再裝滿水箱約需佔八小時輪班制之二小時，因此，一個 900x24 公尺著陸區約需 100 單位小時。

7.1.5 高壓氣體技術可用於波特蘭水泥混凝土與瀝青混凝土跑道，此技術採用高溫氣體燒灼由機輪脫落之胎屑以使其脫離道面，其主張因此方法未於道面上使用任何機械作業，故其對表面材料鬆散與由此而導致之FOD影響甚小。

7.2 化學藥劑法

7.2.1 「跑道胎屑清洗藥劑」使用須知：

- a) 清洗胎屑藥劑應為水溶性其 PH 值應在 9 以上。
- b) 應具有國內外機場使用藥劑實績證明，經證實其效果佳者。
- c) 清洗胎屑後之放流水排放標準，須符合行政院環保署頒定 91 年

排放水標準，並經該署認可之機構代為檢驗，其檢驗項目及限值標準如下：

- 1) 化學需氧-100 毫克/公升。
- 2) 懸浮固體-30 毫克/公升。
- 3) 總磷-20 毫克/公升。
- 4) 陰離子界面活性劑-100 毫克/公升。
- d) 採機械方式施作，清洗率每小時不得少於 300 平方公尺。
- e) 清洗之藥劑不得傷害道面及助航燈光電纜線。

7.2.2 化學溶劑已成功使用於波特蘭水泥混凝土與瀝青混凝土跑道之胎屑清除，於剛性道面上所使用之化學藥劑採用甲酚酸基（雜酚之衍生物）與苯之混合物，配以合成清潔劑以浸濕道面；於柔性道面之胎屑清除則使用鹼性化學藥劑。

7.2.3 對於具有揮發性與毒性之清洗藥劑應於使用中與使用後均予以**額外注意**，若化學藥劑停留於道面上之時間過長，則標線與可能部分道面亦將被損壞。當將化學藥劑自道面表面洗除時，需將其稀釋致不至於傷害周邊植被、排水系統或野生動物、或污染其他水源。

7.2.4 其施作程序包括將溶劑溶液噴灑於沈積區域、等候約一小時時間、而後清洗並掃除，一 900x24 公尺著陸區幾乎可於一八小時班內處理完成。如前所述，較先進之胎屑清除技術為以化學溶劑溶解胎屑再以高壓水柱清洗。

7.3 機械處理法

7.3.1 高壓水柱法。此設備規模範圍自一單人手動操作噴嘴（或噴槍），配以幫浦與水車供水；至複雜之自走式半聯結車結合幫浦、22700 公升容量水箱與振動高壓水柱散佈棒（圖 7-1），壓力一般介於 350 至 700 公斤/平方公分。

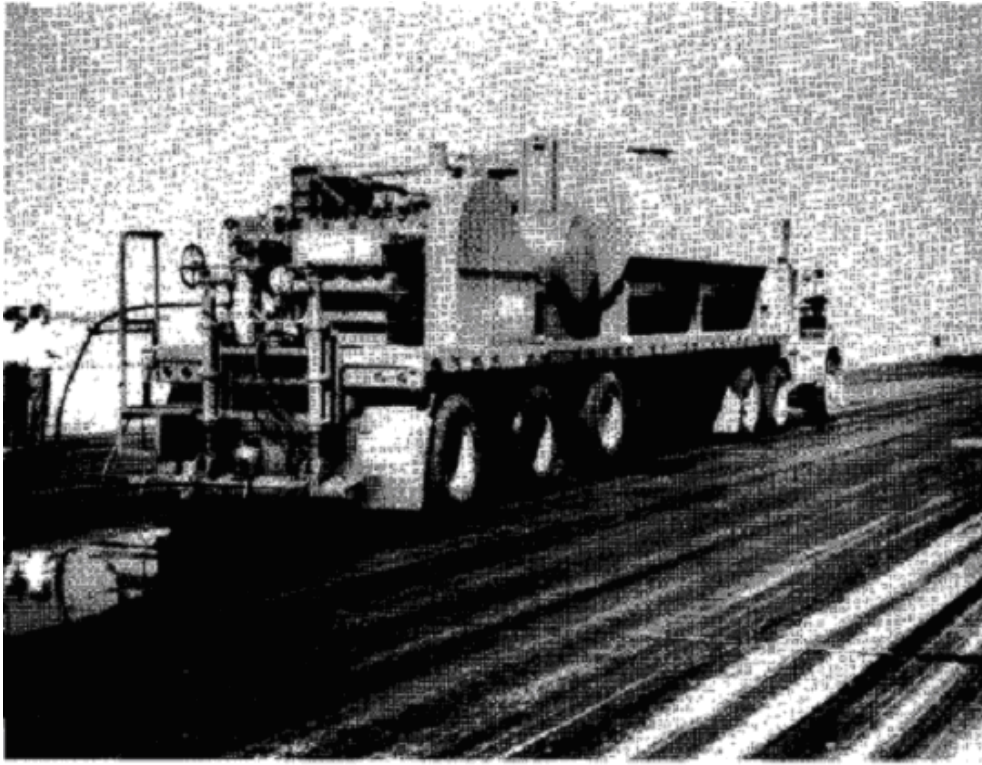


圖 7-1 Oscillating high pressure water vehicle

7.3.2 熱壓縮空氣法。此機器操作空氣/非空氣氣體混合灌入燃燒室，而後以 400 公尺/秒速度、約 1200°C 溫度自孔洞直接排出於道面上，此氣體將軟化並使橡膠顆粒脫離。於剛性道面使用此項技術將產生少量碳化沈積物，其可用多數機場已有之一般固定於曳引車或貨車上之掃除機自道面表面掃離；若使用於柔性道面上，將產生輕微更新道面，其被宣稱為正面影響。

第8章 油脂之清除

8.1 通則

8.1.1 此類物質若可自由移動，則可用抹布、鋸屑、砂等將起吸起，其殘餘物再以清潔劑配合旋轉動力掃帚刷洗乾淨，被油浸透的柔性道面可能由於部分道面被移除而破壞，則需予以修補或填補。

8.1.2 剛性道面上被油滲入與污損區域清洗以移除嵌入物質以矽酸鈉清潔劑、合成樹脂肥皂、與水清洗，並以動力掃帚清洗乾淨。柔性道面則可使用吸濕劑或具吸收力材料，如鋸屑或砂結合粉狀鹼性脫脂劑。

第9章 碎屑清除

9.1 通則

9.1.1 ICAO 第 14 號附約內明確要求停機坪、滑行道、與跑道道面應清除所有鬆動石頭或其他可能破壞航機或其引擎或損害航機系統操作之物體，噴射引擎尤其易受此類FOD損壞之影響，航機之其他組件亦容易受損傷，部分機師曾有因滑流、噴射氣體或輪胎作用所逐出之鬆動石頭或其他碎屑導致之推進器刻痕與航機表面損傷所造成之事故經驗。

9.1.2 雖然航機之損壞主要與引擎吸入有關，於所有問題中對機輪之嚴重損傷亦為重要構面，與尖銳物體、未處理接縫、或損壞的道面邊緣接觸所致之切痕或缺口將降低輪胎壽年並為輪胎提早報廢之主因，尤其是於起飛時輪胎爆胎，將使相鄰輪胎因荷重過重破壞而產生迫切危險，因而嚴重影響放棄起飛。

9.1.3 碎屑構成對航機操作之潛在危險，且於以往經驗將使航機中斷起飛或需迫降，除安全考量外，不定期之損壞部分置換將涉及大量不利於經濟效應之支出。

9.1.4 引進引擎安裝位置較靠近地面之新型航機將使問題惡化，因此跑道整體道面之清理將成為機場主管當局不斷關切與注意之課題。

9.1.5 基於操作經驗，下列數項因素為於發展合適清除計畫時不應忽略的，該計畫為以達成並維持待清除區域之目標水準為目的。

9.1.6 噴射引擎航機使用經驗指出，減少碎屑問題之最有效方法之一為經常檢查並掃除移動區域，包括使用具磁性附屬設備之掃除機。當航機使用於延伸航線時，有時難以精確指出損壞發生地點，但對於定期執行檢查與清掃之機場，其可疑性與所負責任將較低。

9.1.7 機場官方與機師推薦代表共同執行定期檢查已為許多機場之認可程序，且可形成定期機場檢查報告中證明清除計畫效果之基礎，此類聯合檢查之安排（應允許其進入所有操作區域，包括跑道、滑行道與鄰接的停機坪）與合適報告格式之發展可於徵詢機師代表後實施。國外部分機場曾以此方法建立一清除優先順序/頻率計畫，其中包括碎屑分析以確認其來源，因此最易出現碎屑地區可予以獨立，且增加其清除作業次數；一旦瞭解碎屑來源，亦可採取相應改善措施。伴隨此計畫，亦將具道面區域劃分為便於作業面積—20 公尺乘以 20 公尺—以協助精確指出碎屑發現位置。

9.1.8 碎屑產生之可能來源，尤其於停機坪上，顯然起源於航機操作者本身之航機操作或服務過程，航空公司人員接受訓練且屢次提醒其對於停機坪清潔之注重，但機場主管當局亦協助提供數量足夠之合適有蓋容器以供廢棄物與其他碎屑丟棄，此類容器亦應於所有車輛經常使用之航機移動區域提供，不論其所有權為何。

9.1.9 其他停機坪使用者，例如航機空廚業者、油料提供者、貨運代理、

與搬運代理，並非於營運者之直接監督下作業，機場主管當局需注意此類承包提供服務業者亦須採取措施灌輸其員工有關防止亂扔與丟棄廢棄物之觀念。於空廚服務、航機維護、以及臨時貨物或組件天候防護中，廣泛使用聚乙烯袋與聚乙烯布，大幅增加引擎吸入此類物體之可能，進而導致引擎故障之發生。於停機坪用於清理滴漏燃油或油料之砂為另一項可能導致渦輪引擎與推進器損壞之導因，需於使用後立即且有效清除。

9.1.10 貨物區，基於其處理業務特性，特別容易產生膠帶、鐵釘、紙張與木材等廢棄物，其來源可能為自貨物處理過程中板條箱或其他容器拆卸而得，於貨物區可發現之其他異物包括自貨物繫網鬆脫之帶扣、鬆脫的鬆緊螺旋扣、以及大張的聚乙烯布。搬運業者於此區域作業時，機場主管當局應要求其確實負起保持環境良好之責任。若夜間作業頻繁，則需配合良好照明以維持此區域之清潔。

9.1.11 於滑行道、超越區、與停機位或於跑道上，若因相鄰地區侵蝕所致而出現石頭或其他碎屑可能造成問題，關於預防措施之準則，包括跑道與滑行道道肩之封層，請參見IACO Airport Design Manual Part 2。適當封層之需求於引進具有更大引擎突出翼之大型噴射航機後更加予以強調，於跑道與滑行道道肩加以適當封層前，應小心確保植被與割斷的草不致出現突出引擎之吸入問題。此外，對於緊鄰於具鋪面與封層表面之區域亦應接受定期檢查並注意確保碎屑未出現，其可能主要被發現於更臨界區域。

9.1.12 承載表面本身損壞而產生之鬆散的砂、混凝土與瀝青碎片為另一項可能異物。若混凝土接縫未確實填縫，則可形成碎屑之優良陷阱，此類接縫應予以填縫以有效清除異物。亦有另一項為由移動中航機油箱口溢出煤油於滑行道與跑道之瀝青上，造成表面損壞與引擎吸入問題，此類區域應經常檢查並於需要時即刻進行維修以避免道面進一步破碎。

9.1.13 於施作改善道面於結冰狀況下抗滑能力後殘留於跑道上之砂與塵土所形成之碎屑應於其需求原因消失後儘速移除。

9.1.14 當機場中有工程進行時，機場主管當局應於可能範圍內限制承商車輛使用移動區域，或至少採標線限制以縮小其使用範圍，尤其當這些車輛負責運輸可能滲漏物質，例如建築廢棄物、砂石、與填料等，此類車輛車輪所夾帶之砂土亦可能掉落而成為使用同一區域航機之危害。當建築工程位置接近行駛區域，應提供某些型式圍籬以防止砂與小石頭被大風或引擎噴氣吹進行駛區域中。於完工後，承商需自周圍環境移除所有碎屑，且不可留下廢棄物堆、瓦礫堆等於機場道面。

9.2 移除碎屑之設備

9.2.1 清理機場道面之不同方法已由全世界機場主管當局開發，碎屑清除作業通常利用機械設備完成，例如動力掃帚與真空或壓縮空氣掃除機，其操作於待清除道面上。

9.2.2 磁桿拖車。此設備為一雙輪拖車，設計為拖曳於跑道上以利用磁力自道面上撿拾脫落的金屬物，將永久磁鐵固定於附有刷頭之桿上，此桿降至掃除位置，磁鐵吸引金屬物質，將其由道面表面吸附；然而亦發現使用

動力掃帚對移除此類物體更為有效。

9.2.3 機械掃除機之性質可由於規定操作速度單趟通過所移除最大可能碎屑量定之，例如對散佈於道面表面之薄層細砂，於超過 16 公里/小時速度下，可達到單趟通過移除超過 98%之目標；對小的含鐵金屬碎屑，磁桿拖車可於規定操作速度下單趟操作中達 100%清除率；若機械碎屑清除設備操作於行駛區域內之活動地區，須要求其具有高速操作能力以使其與航機衝突降至最低。某些較先進的固定於貨車上之掃除機具有最高可於 40 公里/小時掃除之能力，通常此為機械設備之特性，但當操作速度提高時，其撿拾效率將明顯降低。

9.3 掃除機測試

9.3.1 掃除機應定期進行績效測試，下列為國外某機場之績效測試實施方法實例：

- a) 選擇一平坦平滑之瀝青混凝土區域並於道面上標示出一 6 公尺x2 公尺之選擇區域。
- b) 匯集 0.45 公斤混合物，其由相等分量之數種乾燥材料，包括中/細礫石、粗砂與中/細砂。
 - 1) 中/細礫石。此材料級配為 100%通過 9.5 公釐篩，且通過 2.4 公釐篩比例不得超過 2%。
 - 2) 粗砂。此材料級配為 100%通過 2.4 公釐篩，且不得通過 0.6 公釐篩。
 - 3) 中/細砂。此材料級配為 100%通過 0.6 公釐篩，且不得通過 0.3 公釐篩。
- c) 取得八個直徑 50 公釐之圓形石塊，以及下列項目各一：6 公分鐵釘、直徑 12 公釐軸承鋼珠、50 公釐方塊 1.2 公釐厚鋁片、以及 12 公釐螺帽。
- d) 均勻散佈中/細礫石、粗砂與中/細砂之混合物於測試區域上，沿其中一個對角線等距放置八個石塊，另一個對角線則等距放置鐵釘、軸承鋼珠、鋁片、及螺帽。
- e) 掃除機應正常操作，且須於 16 公里/小時操作速度下通過測試區域，應於此等狀況下撿拾並持有 98 砂石與 100%石塊與其他各項異物。

9.3.2 若掃除機無法達成績效測試，則應採取行動以使掃除機回復可接受操作績效標準，掃除機測試頻率主要依據設備使用狀況而定，一般多定期每週執行此項測試一次。

附錄 1

決定最小抗滑標準之方法

1. 歷史上，「最小抗滑標準」(MFL) 係有關於道面潮溼時確保航機操作安全之觀念，於此所介紹方法嘗試發展一合理方法以解決定義 MFL 之問題，為使潮溼道面上之 MFL 與航機潮溼降落績效—亦即 FAA 所定義之潮溼降落場域長度—相等。
2. 航機之乾燥降落場域長度決定於經認證之煞停測試，其為於如圖 A1-1 所示之乾燥道面上所進行，對潮溼道面操作而言，其場域長度則需增加 15%。因此，所有經認證航機乾燥降落距離之三等分段—空中距離、漸進距離與煞停距離—乘以二個因子 $1.667 \times 1.15 = 1.92$ 以獲得航機潮溼降落場域長度。實際上，國外如美國航空管制規定 (Federal Air Regulations, FAR) 允許由航機所發展之潮溼跑道道面煞停摩擦係數值降低為約乾燥跑道道面煞停摩擦係數值之半，或是潮溼/乾燥煞停距離比為 1.92。

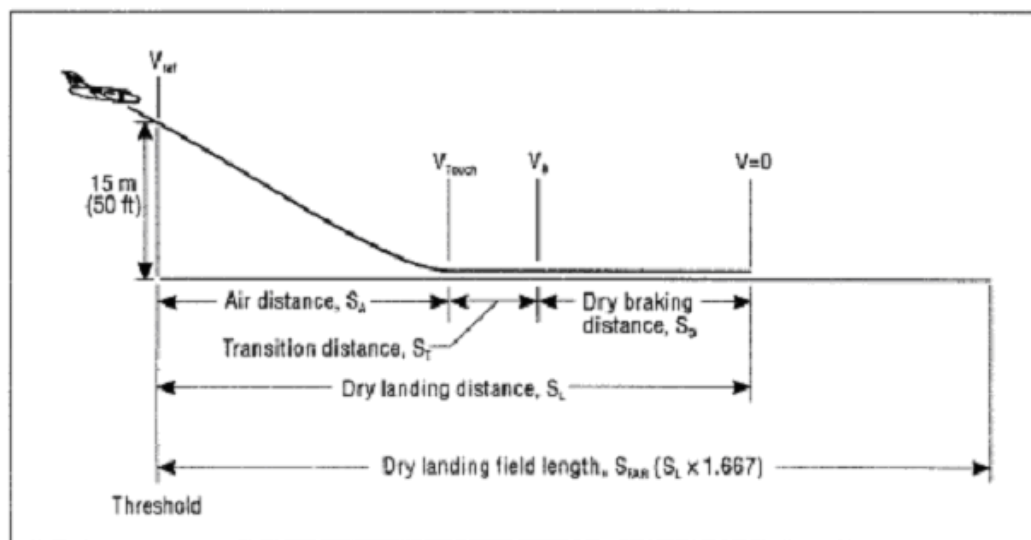
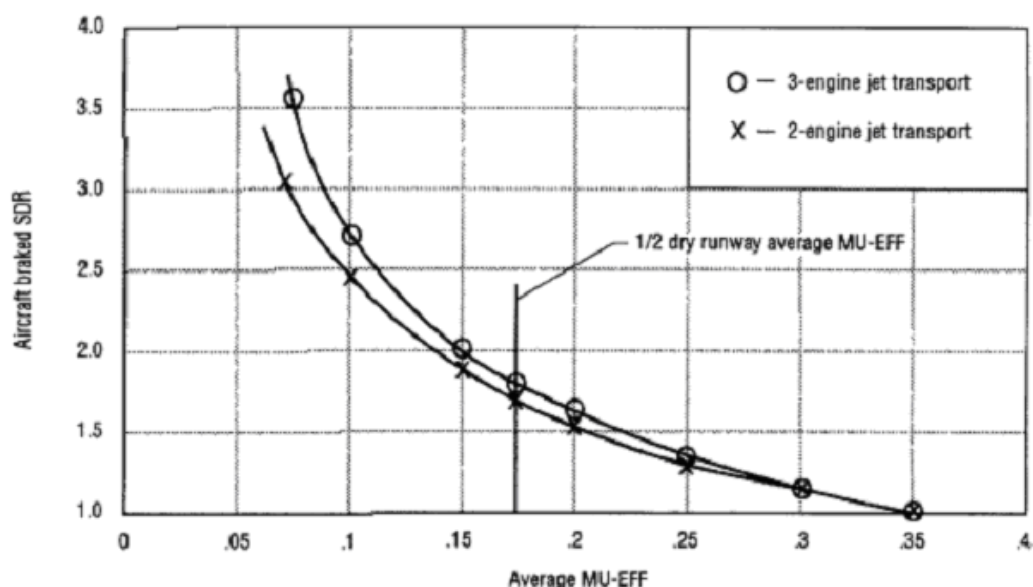


圖 A1-1 Aircraft landing terminology

3. 圖 A1-2 為典型雙引擎窄體與三引擎廣體噴射機之潮溼/乾燥煞停距離比對平均潮溼跑道煞停摩擦係數值之差異，圖 A1-2 曲線顯示乾燥跑道 MU-EFF 之半，即潮溼/乾燥煞停距離比 (SDR) 對雙引擎窄體機為 1.68，對三引擎廣體機為 1.77，需注意此 SDRs 因航機空氣動力阻抗、輪胎滾

動阻力與輪胎煞停力—即每一航機之煞停績效等因素，而小於 1.92。目前跑道抗滑檢測儀所設定之最小潮溼道面摩擦係數值為基於大量經驗與少數跑道抗滑檢測結果任意選擇，並無既有方法可供決定是否這些數值將較由平均航機乾燥跑道煞停 MU-EFF 所取得之航機潮溼乾燥煞停 SDR 更高或更低。



Antvik Aircraft SDR/Average MU-EFF correlation equation:

$$SDR = A/MU-EFF + B/MU-EFF^2 + C/MU-EFF^3 + D/MU-EFF^4 + E/MU-EFF^5$$

A = +0.447126	A = +0.411922
B = -4.29469E-2	B = -2.6458E-2
C = +4.05005E-3	C = +2.05336E-3
D = -2.34017E-4	D = -1.01815E-4
E = +5.61025E-5	E = +2.22342E-5

圖 A1-2 Aircraft wet/dry braked stopping distance ratio versus average MU-EFF (reverse engine thrust not used during landing)

4. 此建議方法採用 NASA 聯合黏滯/動態水滑理論以將 Runway Friction Tester 之 MFL 轉換為航機煞停 MU-EFF 當量值，如此便可計算平均潮溼跑道煞停 MU-EFF 值，此根據 Runway Friction Tester 之 MFL 計算而得之 MU-EFF 值將輸入圖 A1-2 中以決定抗滑檢測儀之 MFL 與航機煞停績效相較為保守或不保守數值。
5. 計算程序。NASA 聯合黏滯/動態水滑理論（參見本附錄末參考文獻 1 與 2）建議針對不同輪胎尺寸、輪胎成分、與胎壓發展潮溼道面之抗滑/速度曲線可以抗滑值（MU/MU-ULT）與速度（V/VC）之無因次比值

正規化，採用此方法，下列公式已被導出以計算由 Runway Friction Tester 於潮溼、積水或融雪覆蓋跑道檢測中所發展之航機有效煞停係數 (MU-EFF)。

6. 潮溼跑道校正公式

預測航機機輪(MU-MAX)_A：

$$(MU-MAX)_A = (MU_T)(MU-ULT)_A / (MU-ULT)_T \quad (1)$$

預測航機煞停(MU-EFF)_A：

$$(MU-EFF)_A = 0.2(MU-MAX)_A + 0.7143(MU-MAX)^{A2} \quad (2)$$

預測航機速度(V)_A：

$$(V)_A = (V)_T(VC)_A / (VC)_T \quad (3)$$

水滑速度特徵值(VC)：

$$\text{航機：}(VC)_A = 6.35\sqrt{p}, \text{ 公里/小時}$$

$$p = \text{胎壓，單位為千帕} \quad (4)$$

檢測儀：(VC)_T 需由積水道面之實際檢測而決定 (表 A1-1)

摩擦係數特徵值(MU-ULT)：

$$\text{航機：}(MU-ULT)_A = 0.93 - 0.0011p_a \quad (5)$$

檢測儀：

(MU-ULT)_T 需由實際乾燥道面之低速 (1.6-3.2 公里/小時) 檢測而決定 (表 A1-1)

(MU)_T 由潮溼道面抗滑檢測儀檢測資料而得

(VT)_T 為獲得(MU)_T 之抗滑儀檢測速度

P_A 航機胎壓，千帕

下標：A = 航機；T = Runway Friction Tester

7. 計算範例。Runway Friction Tester 之最小抗滑標準 (MFL) 於 65 公里/小時為 0.5，於 95 公里/小時為 0.41 (參考本附錄末之參考文獻 3)，以下將逐步轉換此抗滑與速度值為 MU-EFF 當量值，而雙引擎噴射機之速度值列示於表 A1-2。此 MU-EFF 值將平均為航機煞停速度 0-278 公里/小時 (0-150 節) 範圍，得此航機適用於表 A1-2 之數值並獲取其煞停 SDR 值，以與由乾燥跑道航機 MU-EFF 之半所得 SDR 值比較。因此，

可決定於跑道潮溼情況，對雙引擎噴射機而言，抗滑檢測儀於 65 公里/小時與 95 公里/小時檢測速度下之 MFL 值為保守或不保守。

步驟 1. 以公式(1)與表 A1-1 計算於二種抗滑儀檢測速度 65 公里/小時與 95 公里/小時下此航機(MU-MAX)_A。

$$\text{對 65 公里/小時：}(\text{MU-MAX})_A=0.5(.76)/1.0=0.38$$

$$\text{對 95 公里/小時：}(\text{MU-MAX})_A=0.41(.76)/1.0=0.312$$

注意—上述所指(MU-MAX)_A 為於航機無煞停作用時，機輪於此最小抗滑水準下可得之最大潮溼跑道角摩擦係數。

步驟 2. 以公式(2)計算於二種抗滑儀檢測速度下此航機之 MU-EFF 值。

$$\text{對 65 公里/小時：}(\text{MU-EFF})_A=0.2(.38)+0.7143(0.38)^2=0.179$$

$$\text{對 95 公里/小時：}(\text{MU-EFF})_A=0.2(.312)+0.7143(0.312)^2=0.132$$

步驟 3. 以公式(3)與表 A1-1 計算相當於檢測儀檢測速度 64 公里/小時與 96 公里/小時³之航機速度。

$$\text{對 65 公里/小時：}(\text{V})_A=65(207.5)/91.2=147.9 \text{ 公里/小時}$$

$$\text{對 95 公里/小時：}(\text{V})_A=95(207.5)/91.2=216.15 \text{ 公里/小時}$$

步驟 4. 利用線性迴歸式 $(\text{MU-EFF})_A = m(\text{V})_A + b$ ，以及由步驟 2、3 所得之 $(\text{MU-EFF})_A$ 與 $(\text{V})_A$ 值，以發展並解出聯立方程式。

$$0.179 = 147.9m + b$$

$$0.132 = 216.15m + b$$

$$m = (0.179 - 0.132) / (147.9 - 216.15)$$

$$m = 0.00068$$

$$b = 0.179 - 147.9(0.00068)$$

$$b = 0.280$$

$$(\text{MU-EFF})_A = 0.280 - 0.00068(\text{V})_A \quad (6)$$

於降落煞停過程中，煞停作動速度 V_B 所對應之平均 MU-EFF 值為速度等於 $V_B/\sqrt{2}$ ，或對 $V_B=278$ 公里/小時（150 節）時為 196 公里/小時（106 節）。

以(6)式可得於 $(\text{V})_A=196$ 公里/小時（106 節）之平均 MU-EFF 值。

³ 譯註：應為 65 公里/小時與 95 公里/小時

$$(MU-EFF)_A = 0.280 - 0.00068 = 0.1468^4 \quad (6)$$

平均潮溼 MU-EFF = 0.1468

步驟 5. 以圖 A1-2 之雙引擎噴射機曲線找出平均潮溼 MU-EFF 值 = 0.1468 所對應之預測潮溼/乾燥煞停距離比，或使用圖 A1-2 中之 Antvik 校正公式。

$$SDR = .447126/.1468 - 4.29469E-2/.1468^2 + 4.05005E-3/.1468^3 - 2.34017E-4/.1468^4 + 5.61025E-6/.1468^5$$

$$SDE = 1.91$$

比較此 SDR 值 (1.91) 與航機潮溼/乾燥 SDR = 1.68 (由圖 A1-2)，可知抗滑檢測儀 Law Runway Friction Tester 對潮溼跑道之 MFL 數值為合理。

結論。採用 MFL 方法以相似計算步驟針對雙引擎與三引擎噴射機於煞停作動速度 278 公里/小時 (150 節)、259 公里/小時 (140 節)、241 公里/小時 (130 節)、與 222 公里/小時 (120 節) 進行計算，其結果列示於表 A1-2，由計算結果建議煞停作動速度 278 公里/小時 (150 節) 較可代表一位於或接近 V_1 速度放棄起飛狀況，而較低煞停作動速度則較可代表典型航機量狀況，由表 12 中可發現較低煞停作動速度顯示其估計值 (由 MFL 法) 與實際航機潮溼/乾燥煞停 SDR 值較之於煞停作動速度 278 公里/小時 (150 節) 而言，其值較接近。

表 A1-1 抗滑檢測儀/航機煞停輪狀況

抗滑檢測儀/航機	檢測輪胎壓 (千帕)	摩擦係數特徵值 (MU-ULT)	水滑速度特徵值 VC (公里/小時)
Runway Friction Tester	207	1.0	91.2
Surface Friction Tester	207	1.1	91.2
Skidometer	207	1.15	91.2
Mu-meter	69	1.1	80.5
雙引擎噴射機	1069	0.76	207.5
三引擎噴射機	1207	0.738	220.5

表 A1-2 煞停作動速度對實際與以 MFL 法估計
航機潮溼/乾燥煞停距離比之影響

⁴ 譯註：應為 $(MU-EFF)_A = 0.280 - 0.00068 \times 196 = 0.1468$

煞停作動速度 (公里/小時(節))	*RFT 估計航 機 MU-EFF	*RFT 估計航 機濕/乾 SDR	**計算航機 濕/乾 SDR	航機類型
278 (150)	0.1467	1.91	1.63	雙引擎噴射機
259 (140)	0.1552	1.84	1.73	
241 (130)	0.1637	1.77	1.76	
222 (120)	0.1722	1.71	1.78	
(150)	0.1469	2.04	1.76	三引擎噴射機
(140)	0.1547	1.96	1.80	
(130)	0.1624	1.89	1.83	
(120)	0.1702	1.82	1.86	

* 由 MFL 法

** 以潮溼平均 MU-EFF = 1/2 乾燥平均 MU-EFF

附錄 2

渦輪噴射航機作業機場儀降跑道於無抗滑檢測設備時 之養護調查程序

抗滑調查程序

1. 當機場無抗滑檢測設備可用時，操作者可執行定期目視養護調查以確保道面表面為航機操作可接受程度，操作者應於所有執行目視檢測之使用車輛上配備適當的通訊設備與頻率，此為確保航機操作人員，包括受管制與不受管制設施，可適當監督地面控制與/或機場監督頻率。於執行目視養護調查應遵循下列程序。
2. 跑道目視調查頻率。服務渦輪噴射航機之所有機場皆應定期執行跑道目視調查以確保跑道道面表面潮溼時將不至於低於建議最低標準，表 A2-1 可做為跑道目視調查排程準則，其基於每日每一跑道端噴射航機作業數量，提供執行抗滑調查之建議頻率。
3. 年度道面表面狀況調查。於執行跑道目視調查時，亦需同時記錄道面表面狀況，以註記堆積於道面之胎屑範圍與數量、道面紋理型態與狀況、排水問題跡象、表面處理狀況與道面結構不足證據等。表 A2-2 列示目視估計著陸區胎屑積累狀況之方法，調查者應以手敲打著陸區道面表面數個地點，以做為估計胎屑覆蓋道面紋理百分比之輔助；表 A2-2 所列之 Mu 值表示由固定滑動式連續式抗滑檢測儀所得。表 A2-3 說明道面刮槽狀況編碼之方法，表 A2-4 則為道面表面類型之編碼方法，此編碼為提供準備道面表面狀況記錄時之簡便方法。
4. 道面紋理量測頻率。當噴射航機每日每跑道端降落次數大於 31 架次時，每年至少應進行三次道面紋理深度量測，最低限度之三次量測需各針對跑道著陸區、中央區、與滑行區進行，每一區之平均紋理深度應予以記錄，不論是否進行抗滑檢測，此記錄皆應納入為例行機場跑道表面狀況檢查之一部分。此量測可做為評估道面表面紋理因沈積物累積與或因航機煞停而磨損/磨光作用之損壞狀況，對刮槽道面，紋理深度量測

應於無刮槽區域進行，例如接近接縫或燈光設備處。

5. 道面表面紋理量測。以下程序對量測道面粗質紋理深度為有效的，但無法量測道面表面細質紋理特性，沿跑道長邊紋理深度平均需達至少 0.625 公釐方具有良好抗滑能力，為獲取平均紋理深度，需於跑道道面全區選擇具代表性樣本點，樣本數量需求取決於表面紋理差異。有關設備、量測方法與計算方法等說明如下：

設備。於圖 A2-1 左側為量測油脂體積之套筒，其體積為 15 立方公分；右側為將油脂由套筒內擠出之搥棒，中央為橡膠刮刀，用於將油脂壓入跑道道面孔隙中，刮刀上之橡膠片固定於一片鋁片上以便使用，任何一般用途油脂皆可使用。為便於選擇量測套筒長度，圖 A2-2 提供內體積 15 立方公分套筒之內直徑與長度關係圖，搥棒可用軟木塞或其他剩餘料製作，但須與量測用套筒緊密接觸。

量測。以簡單工具，例如油灰刀，將已知體積油脂灌滿量測用套筒，應小心避免氣泡產生，其尾端如圖 A2-3 所示刮平。紋理量測程序之一般狀況如圖 A2-4 所示，由遮蔽膠帶於道面表面貼出相距約 10 公分之線段，將油脂以搥棒由套筒中擠出，並置於遮蔽膠帶所構成之線間，而後以橡膠刮刀壓入跑道道面表面孔隙中，應注意不應有油脂殘留於遮蔽膠帶或刮刀上，量測沿遮蔽膠帶所貼出範圍長度，即可計算出其覆蓋面積。

計算。於完成面積計算後，下列公式可用於計算道面表面平均紋理深度。

$$\text{紋理深度 (公分)} = \frac{\text{油脂體積 (立方公分)}}{\text{油脂覆蓋面積 (平方公分)}}$$

$$\text{平均紋理深度} = \frac{\text{單一試驗結果}}{\text{總試驗數}}$$

表 A2-1 跑道目視調查頻率

每日每跑道端渦輪噴射航 機降落架次	每跑道段年航機重量 (千公斤)	最小抗滑調查頻率
小於 15	小於 447	每年一次
16 到 30	448 到 838	每六個月一次

31 到 90	839 到 2404	每三個月一次
91 到 150	2405 到 3969	每個月一次
151 到 210	3970 到 5535	每二週一次
大於 210	大於 5535	每週一次

注意－於根據附錄五程序完成前二欄計算後，機場營運者應選擇具最高值之欄，並自最末欄選擇合適數值

表 A2-2 目視估計跑道胎屑積累狀況之檢查方法

胎屑累積 程度等級 劃分	胎屑覆 蓋比例	狀況描述	估計著陸區平 均 150 公尺區 間 Mu 值範圍	建議養護策略
非常輕微	小於 5%	鋪面上出現間歇性輪跡，95%之紋理露出	0.65 以上	無須養護
輕微	6~20%	間歇性輪跡互相重疊，80~94%之紋理露出	0.55 到 0.64	無須養護
輕微~ 中等	21~40%	跑道中心線左右 3 公尺內之區域已被胎屑覆蓋；60~79%之紋理露出	0.50 到 0.54	密集監測
中等	41~60%	跑道中心線左右 6 公尺內之區域已被胎屑覆蓋；40~59%之紋理露出	0.40 到 0.49	120 天內需進行胎屑清除
中等~ 嚴重	61~80%	跑道中心線左右 7.5 公尺內之區域已被胎屑覆蓋，30~69%之胎屑有硬化現象並黏附跑道表面，20~39%之紋理露出	0.30 到 0.39	90 天內需進行胎屑清除作業
嚴重	81~95%	70~95%之胎屑有硬化現象並黏附於跑道表面，清除不易；胎屑沈積處表面光滑且有光澤；5~19%之紋理露出	0.20 到 0.29	60 天內需進行胎屑清除作業
非常嚴重	96~100%	胎屑完全硬化並黏附於跑道表面，清除不易；胎屑沈積處表面光滑且有光澤；0~4%之紋理露出	小於 0.19	30 天內或儘速進行胎屑清除作業

注意－對胎屑累積而言，機場營運者亦應其他因素：如鋪面類型與壽齡、每年氣候狀況、時間、使用該跑道之廣體機數量、與跑道長度等，故所建議作業條件可能因機場狀況而異。上表中所示之 Mu 值範圍為根據固定滑動式抗滑檢測儀所得，當可取得檢測儀時，機場營運者應進行跑道抗滑檢測以建立實際胎屑分類標準。

表 A2-3 刮槽狀況之字母數字編碼

道面表面處理	字母編碼	數字編碼與描述
刮槽類型	H	0—無 1—鋸縫式 2—塑型式
刮槽狀況	G	0—全道面具有均勻深度 1—10%刮槽無效 2—20%刮槽無效 3—30%刮槽無效 4—40%刮槽無效 5—50%刮槽無效* 6—60%刮槽無效 7—70%刮槽無效 8—80%刮槽無效 9—90%刮槽無效

*若超過此程度，機場營運者應採取改善措施以提高刮槽績效

表 A2-4 道面表面類型之字母數字編碼

道面表面類型	字母編碼	數字編碼與描述
瀝青混凝土 道面	A	0—乳化瀝青封層 1—新工，瀝青覆蓋骨材，黑色 2—細質紋理，75%細骨材，骨材顏色 3—混合紋理，50-50 中細骨材，骨材顏色 4—粗質紋理，75-100%粗骨材 5—磨損表面，粗骨材突出與/或磨損 6—開放級配面層，多孔隙摩擦層 7—薄層瀝青封層 8—薄層橡膠瀝青封層 9—其他
波特蘭水泥 混凝土道面	C	0—條紋終飾 1—細質紋理，主要為細骨材 2—粗質紋理，主要為粗骨材 3—磨損表面，粗骨材突出與/或磨損 4—粗麻布刮紋 5—掃紋 6—鋼梳 7—鋼齒 8—鏟刀刮槽 9—其他

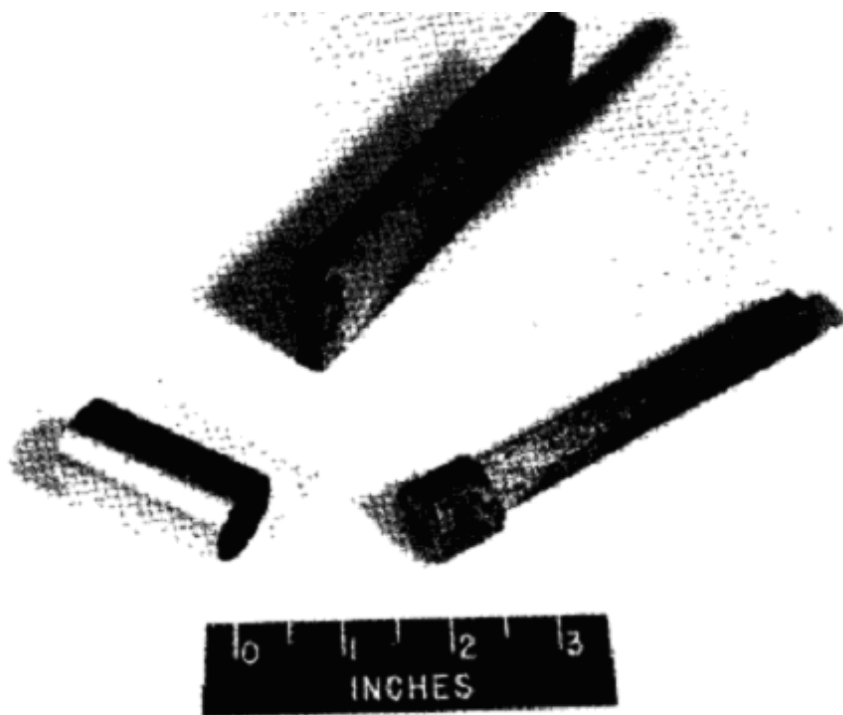


圖 A2-1 Grease-volume measuring tube, plunger and rubber squeegee

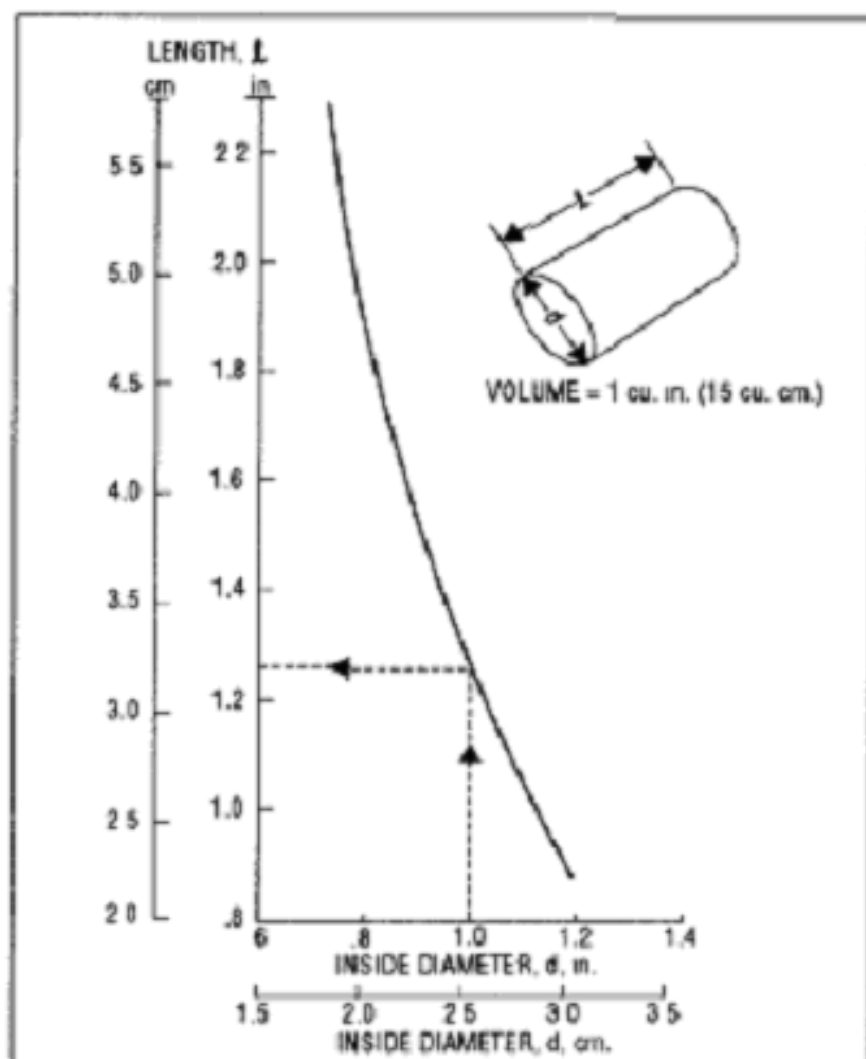


圖 A2-2 Measuring tube dimensions to measure one inch or fifteen cubic centimeters



圖 A2-3 Measuring tube filled with grease



圖 A2-4 Illustration of apparatus used in grease application technique
for measuring runway surface texture depth

附錄 3

以固定煞停滑動連續式抗滑檢測儀配合自動釋水洗統 進行輪胎可靠度、績效、與一致性測試

目標

1. 本附錄描述各批製造輪胎之測試程序，以建立其可靠度、績效、與一致性。

認證

2. 輪胎製造商應於各批輪胎生產時證明已完成測試。
3. 製造商可轉包認證測試公司以依此程序執行測試與認證。
4. 測試輪應以經合適校估的 Mu-meter 進行。

輪胎樣本

5. 為使各批輪胎間之可能超額差異盡量減小，測試輪應於各批新輪胎製造時取得，隨機選擇之測試輪胎數量應決定於輪胎批次規模數量，如表 A3-1 所提供。
6. 批次規模決定於輪胎製造商每批輪胎數量，一旦批次規模確立，輪胎樣本數量可由表 A3-1 決定。為確保所選擇測試輪為合適的，輪胎製造商應將每批輪胎區分為數個小組，組數應與表 A3-1 所需輪胎數量一致；而後，輪胎製造商由各小組中隨機選擇一個輪胎為測試輪，此將確保輪胎測試結果具代表性。每一經選出的輪胎皆應適當以批次序號標號並以選擇順序註記。
7. 製造商應自前一批次保留並妥善儲存需求數量之隨機選擇輪胎。
8. 除此批選擇輪胎用於進行與前一批次輪胎之對照測試外，製造商應自此批次另保留並妥善儲存需求數量之隨機選擇輪胎，以於未來進行與下一批次生產輪胎之對照測試。此將永遠使隨機輪胎樣本數量需求為表 A3-1 所示對此批次輪胎需求之二倍。

表 A3-1 由輪胎批次規模所定隨機樣本數量已決定接受/失敗標準

輪胎批次規模	測試輪隨機抽樣數		若失敗輪胎數 小於或等於此值 將可接受		若失敗輪胎數 等於或大於此值 將為拒絕	
	輪胎	對	輪胎	對	輪胎	對
51 到 150	10	5	2	1	4	2
151 到 500	16	8	4	2	6	3
501 到 1200	26	13	6	3	8	4

9. 範例。若輪胎批次規模為 200 個，則由表 A3-1，製造商應自此批次中隨機選擇 16 個輪胎以供測試。其中此批次之八個輪胎將進行測試並與前一批次之八個輪胎測試結果進行比對；此批次剩下的八個輪胎將予以保存以於下一批次生產時供後續績效評估。此測試程序將可提供機場營運者由製造商所生產之各批次抗滑檢測輪間可靠度、績效與一致性之保證。

測試表面

10. 所需測試表面有四：

測試表面 A：Mu 值介於 0 到 16 間。

測試表面 B：Mu 值介於 28 到 44 間。

測試表面 C：Mu 值介於 56 到 72 間。

測試表面 D：Mu 值大於 84。

注意－此 Mu 值為根據檢測速度 65 公里/小時，以固定煞停滑動連續式抗滑檢測儀所得。

11. 負責進行測試單位應嘗試選擇平均 Mu 值盡量接近其代表範圍之中值之測試表面。
12. 為減小各次測試間可能之道面誤差，每一測試表面之平均 Mu 值不應落於其代表範圍之外，且不應較前次測試各測試表面之平均 Mu 值超出 ± 3 。
13. 為減小大氣溫度對抗滑值之影響，應於此次測試所選擇基礎溫度之 ± 6 °C 範圍期間進行測試。

測試

14. 製造商或認證測試公司應自此批次樣本中選擇一個輪胎，以及自前次批次樣本中選擇一個輪胎以進行批次間之對照測試。
15. 需進行至少六次測試，分別針對二個速度—65 與 95 公里/小時、如第 10 段所述之每一測試表面、如第 14 段所述之測試輪。
16. 每批次剩餘之隨機選擇輪胎樣本應於第 10 段所述之每一測試表面、於二個速度—65 與 95 公里/小時測試一次。
17. 測試應於原始乾燥測試表面上，採用一合格的固定煞停滑動連續式抗滑檢測儀配以自動釋水系統進行，水膜厚度應為 1 公釐，釋放於抗滑檢測輪之前。
18. 每一測試表面應具有至少 150 公尺長度，以適於應用固定煞停滑動連續式抗滑檢測儀之電子 μ 值平均計算程式。

測試資料分析

19. 當測試完成，應進行統計分析以發展線性迴歸直線以建立此批次輪胎與前一批次輪胎之可靠度、績效與一致性，第 24 至 27 段詳細介紹用以進行統計分析之參數。
20. 前一批次輪胎對此批次輪胎之每一隨機輪胎樣本，於每一速度所進行所有測試之平均 μ 值應介於估計值之一個標準誤差或線性迴歸直線之 ± 3 。
21. 每批次剩餘之隨機選擇輪胎樣本應於第 10 段所述之每一測試表面、於每一測試速度測試一次。對每一剩餘隨機輪胎樣本於每一測試表面、二種測試速度下，其平均 μ 值應介於估計值之一個標準誤差或統計計算出之線性迴歸直線之 ± 3 。

再測試

22. 當任一輪胎無法符合第 24 至 27 段所給予之三種參數組合之一時，此輪胎將為不合格。若輪胎數量等於或超過表 A3-1 拒絕欄所提供數量，則整批輪胎將為不合格。於製造商完成徹底檢查輪胎規範要求將不進行任何進一步測試；當製造商認為新製造之輪胎符合輪胎規範要求時，將再行安排認證測試。

23. 當任一輪胎無法符合第 20 或 21 段所提要求，輪胎應予以再測試，進行此額外測試目的為確保進行測試輪選取中、或於測試程序、設備校估、或於統計分析過程中沒有不可解釋之不一致性發生。

統計分析參數

24. 下列段落詳述進行統計分析時應符合之三種組合。
25. 截距組合。此組合參數區分為三個部分：
- 截距位於 $X=0$ 。此截距下容許誤差參數為一個估計標準誤差之 ± 3 。
- 線性迴歸直線斜率。當迴歸直線斜率為 1000 時可建立完美相關直線，與此線之容許差異為 ± 0.080 ，或一斜率範圍覬覦 0.920 至 1.080。
- 截距位於 $X=100$ 。此截距下容許誤差參數為一個估計標準誤差之 ± 5 。
26. 係數組合。此組合參數區分為二個部分：
- 相關係數。相關係數之最小可接受值為 0.980。
- 判定係數。確定係數之最小可接受值為 0.960，判定係數為相關係數之平方。
27. 估計標準誤差組合。僅包括一個部分，即為估計標準誤差，此組合之參數為一個估計標準誤差之 ± 3 。

精確度與偏誤

28. 固定煞停滑動連續式抗滑檢測儀所得資料之分析，由具經驗操作者所進行，指出重複試驗將顯示重現性或平均 μ 值 ± 3 範圍內之一致性，由同一操作者、同一測試狀況下所得之輪胎抗滑資料除非其差異大於 5%，否則不應視為可疑資料。

附錄 4

決定抗滑養護計畫參與機場之指示

表 A4-1 (圖表 A)

1. 決定機場每一渦輪噴射航機機型年航機到場量，將此資料填入[B]欄。
2. 決定各型航機年總航機降落重量，將此資料填入[C]欄。
3. 決定年總航機到場量[D]。
4. 決定年總航機降落重量[E]。

表 A4-2 (圖表 B)

5. 至圖表 B 並遵循下列指示。決定所有渦輪噴射機使用跑道每一跑道端之[H]與[K]值。

表 A4-3 (圖表 C)

6. 比較由圖表 B 所決定之[H]與[K]值與圖表 C 所決定之[H]與[K]值，可決定所有渦輪噴射機使用跑道每一跑道端之最小抗滑[M]與最小胎屑清除頻率[N]。

表 A4-4 (圖表 D)

7. 輸入[G]、[H]、[K]、與[M]值於圖表 D。
8. 每一機場每年應負責進行上述計算一次，每年航空公司改變某一機場之機場位置、航機類型與每日起降架次，每年進行上述計算將可確保機場管理掌握航機於機場活動之最新資料，尤其當廣體機使用日漸增加，將導致胎屑累積與道面磨耗之速度加快。
9. 提供予機場營運者之計算表格如表 A4-1 至 A4-4。

表 A4-2 計算程序表格－圖表 B

所有跑道每日降落架次：

$$\frac{\text{所有跑道年航機降落架次}}{[D]} \div \text{每年 365 天} = \frac{\text{所有跑道每日降落架次}}{[F]}$$

所有跑道年航機到場之平均年航機重量：

$$\frac{\text{年航機降落重量}}{[E]} \div \frac{\text{年航機降落架次}}{[D]} = \frac{\text{所有跑道年航機到場之平均年航機重量}}{[J]}$$

跑道_____

每日降落架次：

$$\frac{\text{所有跑道每日航機降落架次}}{[F]} \times \frac{\text{航機降落於跑道()之百分比}}{[G]} = \frac{\text{跑道()每日降落架次}}{[H]}$$

跑道_____之年航機到場架次：

$$\frac{\text{航機降落於跑道()之百分比}}{[G]} \times \frac{\text{所有跑道年到場架次}}{[D]} = \frac{\text{跑道()每年到場架次}}{[I]}$$

跑道_____之年航機降落重量：

$$\frac{\text{跑道()每年到場架次}}{[I]} \times \frac{\text{所有跑道每一到場航機之平均年航機重量}}{[J]} = \frac{\text{跑道()年航機重量}}{[K]}$$

表 A4-3 依每一跑道端渦輪噴射機使用架次決定之抗滑養護計畫排程－

圖表 C

每跑道端每日 渦輪噴射機 降落架次 [H]	每跑道端年航機重 量 (千公斤) [K]	最小抗滑 調查頻率 [M]	最小胎屑 清除頻率 [N]
小於 15	小於 447	每年一次	每二年一次
16 到 30	448 到 838	每六個月一次	每年一次
31 到 90	839 到 2404	每三個月一次	每六個月一次
91 到 150	2405 到 3969	每個月一次	每四個月一次
151 到 210	3970 到 5535	每二週一次	每三個月一次
210 以上	大於 5535	每週一次	每二個月一次

注意：

1. 對每日渦輪噴射機到場架次超過 31 架次之機場而言，由於航機活動增加而胎屑堆積所致之抗滑能力衰退較為嚴重。
2. 除每一跑道端每日渦輪噴射機到場架次外，機場營運者於決定胎屑清除頻率時所應考量之其他因素包括道面類型與壽齡、年氣候狀況、時間、使用跑道之廣體機數量、與跑道長度等。
3. 參考[H]與[K]欄：於計算出[H]與[K]後，機場營運者應選擇具有較高值之欄，而後於[M]與[N]欄中選擇合適數值。

表 A4-4 綜合表格—圖表 D

機場：_____

跑道 編碼	航機降落 於每一 跑道之 百分比 [G]	估計每一 跑道每日 降落架次 [H]	每一跑道每 年航機降落 重量分佈 ($\times 10^6$ 公斤) [K]	跑道 道面 類型	表面 處理 類型	總跑道 長度 (公尺)	估計抗 滑調查 頻率[M]	估計胎 屑清除 頻率[N]

附錄 5

無抗滑檢測儀可用時量測或評估煞停行動之方法

藉由貨車或小客車煞車至完全停止量測煞停行動

1. 當機場無特殊量測設備可用時，量測跑道摩擦係數的方法之一為量測一貨車或小客車自給定速度以煞車完全鎖死狀態減速至完全停止所需距離與/或時間。
2. 此所需距離與時間將可分別依據下列公式導出二個摩擦係數值， μ 距離與 μ 時間：

$$\mu_{\text{距離}} = \frac{V^2}{2gS}$$

$$\mu_{\text{時間}} = \frac{V}{tg}$$

其中， V ＝煞車作動時速度，公尺/秒

S ＝停止距離，公尺

t ＝停止時間，秒

g ＝重力加速度，公尺/秒²

3. 一般而言，由於具有較煞車作用時略微提早開始計時之傾向，故基於時間所計算之摩擦係數將略微偏低；另一方面，基於停止距離所計算之摩擦係數則略微偏高，因於車輪開始滑動前貨車已有煞車作用。
4. 所得之 μ 值為一滑動值，而呈報時須提出 μ 最大值，為獲得一 μ 最大值之近似值，需將由此方法所得結果乘以某數值，若 μ 滑動值大於 0.3，則需乘以 1.3；若所得滑動 μ 值較低，則需乘以 1.2。尤其是當抗滑值低時， m 滑動值與 m 最大值間之乘數將因特定狀況而異，但上述乘數將可提供可接受結果。煞車作動速度與此方法煞停測試所採用速度，將與 4.4.2 節所述將減速型檢測儀安裝於貨車或小客車上量測煞停作用方法中所採速度相同，用於記錄與處理測試結果之表格範例提供於圖 A5-1。

氣象觀察（關於跑道為冰雪覆蓋狀況）

5. 氣象觀察係與先前跑道狀況，於許多情況下，大量煞停作用估計容許條件之知識相關，下列資料為基於挪威與瑞典經驗。
6. 於未處理（例如以砂處理）之冰雪覆蓋道面，摩擦係數變動範圍至低為 0.05 至 0.30，精確描述跑道狀況如何與為何改變相當困難。然而，若煞停作用相當良好，當溫度降低時亦將維持於相似水準；但若溫度升至冰點或其上，則煞停作用將急速降低。煞停作用受溫度影響極大，尤其當溫度接近冰點時。有時即使是溫度遠低於冰點，但當潮溼空氣凝結於結冰跑道上時，亦將發生摩擦係數值相當低狀況。
7. 部分可預期將影響煞停作用之不同狀況敘述如下：
 - a) 摩擦係數介於 0.10 至 0.30：
 - 1) 冰雪覆蓋道面上有融雪或雨；
 - 2) 溫度自冰點以下提升為高於冰點；
 - 3) 自溫暖轉變為寒冷（非一定發生）；
 - 4) 於長期寒冷後所形成的冰；
 - 5) 結成薄冰：
 - i) 溫度於 0°C 或其上，結冰地面暴露於潮溼或降雨；
 - ii) 於輻射作用時（亦即天氣晴朗時），跑道表面溫度降至冰點以下，且低於露點（此時冰之形成將急速發生，且發生於大氣溫度報告將維持於冰點下數度時）。
 - b) 摩擦係數介於 0.25 至 0.35：
 - 1) 溫度恰低於冰點之降雪狀況；
 - 2) 溫度低於冰點，暴露於陽光下之積雪道面。
 - c) 摩擦係數介於 0.35 至 0.45：

未曾暴露於溫度高於約 -2°C 至 -4°C 之積雪道面。

注意—此分類僅為一準則且僅為指示於不同狀況下可預期之煞停作用水準，當可行時，建議採用量測摩擦係數方法評估煞停作用。

機場					跑道 區域				
日期			時間			溫度			
距跑道端距離	跑道中心線以東 約 10 公尺*				跑道中心線以西 約 10 公尺**				附註
	停止時間(秒)	μ_T	停止距離(公尺)	μ_D	停止時間(秒)	μ_T	停止距離(公尺)	μ_D	

時間： $T = \frac{\mu_{T東} + \mu_{T西}}{\text{觀測數量}}$

距離： $D = \frac{\mu_{D東} + \mu_{D西}}{\text{觀測數量}}$

平均： $\frac{\mu_T + \mu_D}{2}$

* 對 09/27 跑道北側

** 對 09/27 跑道南側

圖 A5-1 範例圖表用於記錄貨車滑動輪自 40 公里/小時
至完全停止之抗滑測試