

GripTester 检测仪在机场跑道的应用案例研究

张 通, 杨彤彤

(中交一航局第一工程有限公司, 天津 300000)

摘 要 GripTester 作为一款高精度摩擦检测设备, 被广泛应用于机场跑道验收和日常维护。本文以蒙达国际机场跑道为研究对象, 探讨了 GripTester 摩擦系数检测仪在跑道摩擦性能评估中的应用。研究表明, 摩擦系数随测试速度增加而减小, 且随着跑道运营时间的增长, 摩擦系数略有增加, 增加程度受飞机起降频率影响。GripTester 在实际应用中精度高、适应性好。本研究旨在为跑道监测和维护提供技术支持, 并为类似项目的优化实施提供参考。

关键词 GripTester 检测仪; 摩擦系数; 机场跑道

中图分类号: V351.11

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.06.001

0 引言

为确保机场跑道表面具备足够的摩擦性能, 满足飞机起降安全要求, 需定期使用配备自湿装置的连续测试设备进行摩擦系数测量^[1]。GripTester 是一种高精度拖挂式摩擦检测设备, 操作简便, 可连续测量不同车速下的摩擦系数, 符合国际标准, 广泛应用于跑道验收和维护, 帮助机场管理者提升安全性和运行效率。本文基于 GripTester 在所罗门群岛蒙达国际机场的定期检测数据, 分析不同时间、速度和位置下摩擦系数的变化趋势, 探讨其在新跑道检测中的应用效果, 为跑道维护管理提供数据支持与优化建议, 并为类似机场提供参考。

国外学者对 GripTester 的研究主要集中于设备性能评估、不同应用场景及其在跑道和道路安全改善中的作用。例如, Kouchaki S 等通过分析德克萨斯州不同路面类型的摩擦与纹理数据, 验证了 GripTester 的优异性能, 显示其在不同速度下的测量具有良好重复性和可靠性, 并证实路面纹理与摩擦数据呈正相关性^[2]。国内郑州大学刘建华通过重复性试验、速度试验、水膜试验和对比试验, 验证了 GripTester 的准确性及其优越性, 并发现摩擦测量结果与运行速度及水膜厚度呈负相关^[3]。

1 GripTester 概述

GripTester 配备两个驱动轮和一个测试轮, 通过链条传动系统保持测试轮 15% 的滑移率。设备通过应变仪测量牵引力和荷载, 传感器记录测试距离。测试由软件控制, 实时显示数据并存储结果以供分析。

1.1 技术特点

摩擦系数的计算公式是:

$$f = \frac{F}{N}$$

式中: f 为摩擦系数; F 为牵引力; N 为垂直荷载。

早期摩擦测试仪假设测量轮的垂直载荷恒定且未实时监控, 导致试验结果偏差。GripTester 通过持续监控测量轮的垂直载荷, 避免了车身重量变化对测量精度的影响, 确保结果准确可靠。同时, GripTester 直接测量水平牵引力, 而非通过扭矩间接计算, 进一步减少了误差, 提升了测量精度。

1.2 配置与运行

设备由牵引车与检测装置组成, 通过牵引车拖动检测装置完成检测。运行方式包括:

一是测试速度可调, 通常为 65 km/h 和 95 km/h; 二是配合专用数据分析软件—FI Airbase, 生成摩擦系数分布图, 便于直观呈现跑道性能。

2 GripTester 工程应用

所罗门蒙达国际机场 (07-25) 长 1 800 m、宽 30 m, 面层为 AC14 沥青混凝土。为评估跑道摩擦性能, 确保其湿摩擦特性符合国际标准, 使用 GripTester 在竣工及缺陷维修期内进行了三次测试。测试分别在 65 km/h 和 95 km/h 的速度下, 沿跑道两个方向进行, 水膜厚度为 1.0 mm。测试位置距跑道中线 3 m 和 7 m, 以全面覆盖跑道全长, 确保数据的代表性和准确性^[4]。

2.1 结果分析

GripTester 将跑道划分为五部分: 高端和低端阈

值(各60 m)以及中间三个测试区域(每区600 m)。本节重点分析正式跑道区距中心线3 m和7 m左右两侧的测试数据。Run 1为25-07跑道左侧,Run 2为07-25跑道左侧。由于摩擦数据反映的是跑道表面的点对点变化趋势,离散性较大,因此需在100~150 m范围内取平均值,以匹配飞机着陆速度(约250 km/h)的实际需求,确保数据的代表性和实用性。

2.1.1 竣工时测试

测试数据曲线图如图1、图2所示。图1和图2分别展示了GripTester在65 km/h和95 km/h下对跑道不同位置的摩擦系数检测结果。

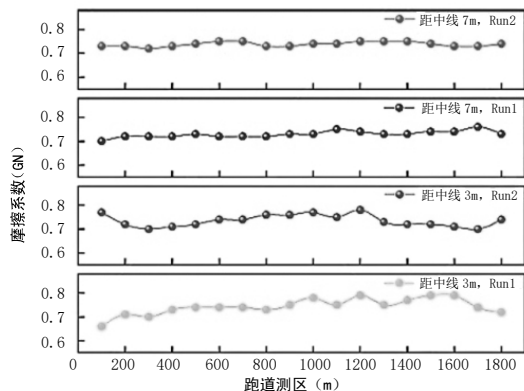


图1 摩擦系数结果(65 km/h)

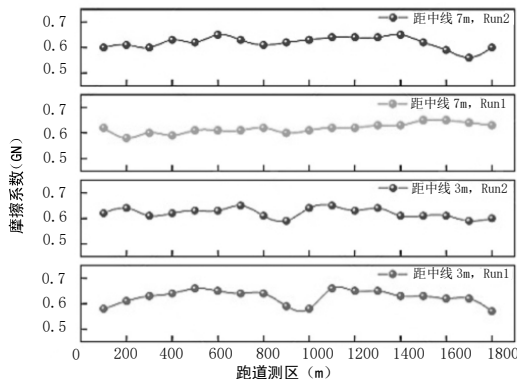


图2 摩擦系数结果(95 km/h)

分析图1、图2的摩擦数据可得出:测试结果显示,跑道摩擦系数在65 km/h下为0.60至0.80,95 km/h下为0.50至0.70,均满足规范要求的0.60(65 km/h)和0.45(95 km/h),充分保障了飞机起降阶段的摩擦力需求。这得益于跑道表层全新的状态,材料颗粒清晰且微观粗糙度高。然而,曲线显示在距跑道中线3 m处的200~300 m和800~1 000 m范围内,摩擦系数下降明显,需加强后续维护保养。总体来看,摩擦系数曲线平稳、离散程度小,进一步验证了跑道施工质量优良,为长久使用奠定了坚实的基础。

2.1.2 竣工7个月后测试

测试数据曲线图如图3、图4所示。图3、图4分

别展示了GripTester在65 km/h和95 km/h下对跑道不同位置的摩擦系数检测结果。

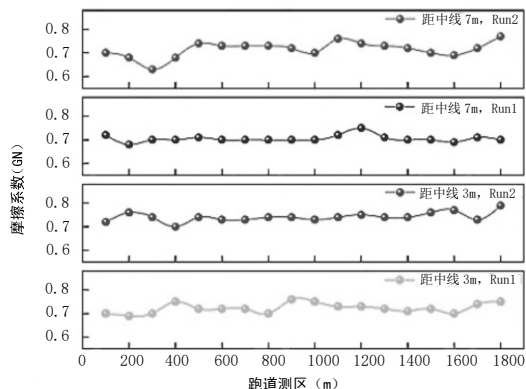


图3 摩擦系数结果(65 km/h)

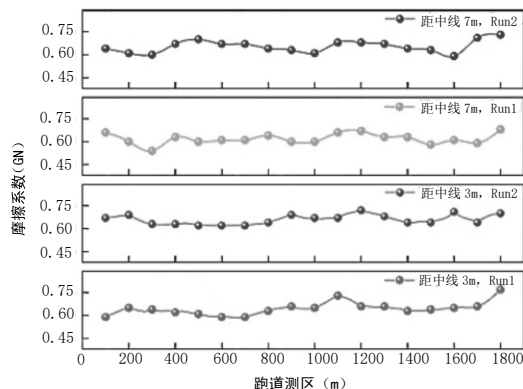


图4 摩擦系数结果(95 km/h)

分析图3、图4的摩擦数据可得出:经测试,跑道在速度65 km/h时,摩擦系数为0.65~0.75;速度95 km/h时,摩擦系数为0.55~0.70,均符合规范。运营7个月后,跑道表面微观纹理不均,局部磨损增加,特定区域需维护。不同位置摩擦系数有差异,距跑道中线3 m与7 m处摩擦趋势相似,7 m处性能更佳;同距中线的左右两侧(Run1与Run2)测试结果相近,07-25跑道左侧(Run2)局部数值稍高,摩擦性能更优。

2.1.3 竣工11个月后测试

此次测试数据曲线图如图5、图6所示。图5、图6分别展示了GripTester在65 km/h和95 km/h下对跑道不同位置的摩擦系数检测结果。

分析图5、图6的摩擦数据可得出:本次摩擦系数检测结果满足规范且整体水平高,但相比前两次,变化幅度与数据离散性显著增大。经11个月运行,跑道表面微观纹理不均匀、局部磨损差异更明显,摩擦系数升降区域增多,需加强针对性维护。测试显示,不同距中线位置的摩擦系数有别,7 m处因飞机着陆少、污物堆积少,系数普遍偏高,但不均匀程度甚于3 m处,仍需维护局部低摩擦区域,保障跑道整体性能。

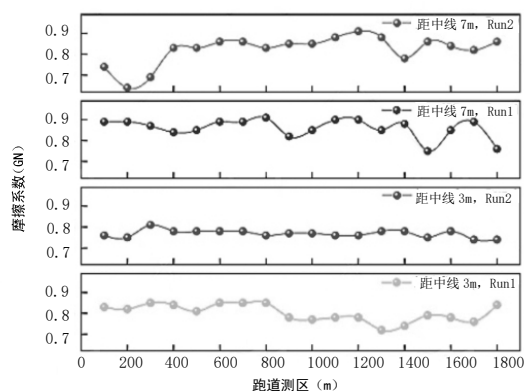


图 5 摩擦系数结果 (65 km/h)

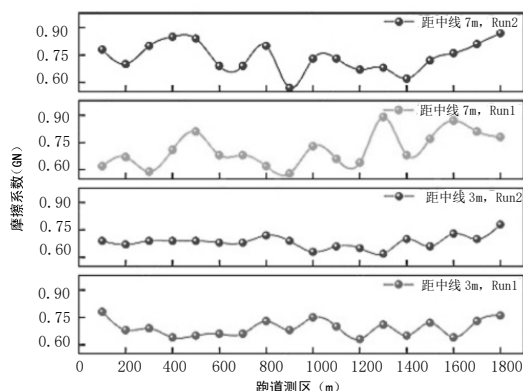


图 6 摩擦系数结果 (95 km/h)

2.1.4 摩擦系数对比分析

利用 GripTester 测得不同时期跑道摩擦系数的数据见表 1。

从测试时间看,跑道摩擦系数总体呈上升趋势。65 km/h 时,第三次测试(2024 年 8 月 9 日)较第一次测试(2023 年 9 月 21 日),摩擦系数最高增大 16%;95 km/h 时,第三次测试较第一次最高增大 23%。这是因为沥青混凝土道面摩擦力主要源于表观纹理度,橡胶堆积会填充路面微观结构,降低表观纹理度,减小摩擦力。新建跑道初次测试时,骨料被石油残留物和沥青涂层包裹,表面粗糙度降低,初始摩擦系数低。但残留物会因雨水、蒸发流失,沥青涂层也会随飞机起降磨损,使得骨料表观粗糙度在一定时间内增加,摩擦系数随之增长,增长时长取决于跑道飞机起降频率^[5]。

2.2 应用意义

定期检测能及时发现跑道因污染、磨损、橡胶堆积等造成的摩擦性能不足区域,有效防止飞机滑出跑道事故。GripTester 量化摩擦系数并生成分布图,可直观定位低摩擦区域,方便针对性维护,减少跑道停机时间,提升机场运营效率。此外,定期检测还能建立跑道性能长期数据档案,预测摩擦系数变化趋势,指导预防性维护或局部修复,优化资源配置,降低维

护成本,如依据测试结果决定是否进行局部修复,避免不必要的大规模重建。

表 1 不同时期跑道摩擦系数

速度 km/h	位置	跑道 分区	测试时间		
			2023. 9. 21	2024. 4. 24	2024. 8. 9
65	距中 线 3 m	测区 1	0.72	0.72	0.80
		测区 2	0.76	0.74	0.78
		测区 3	0.72	0.74	0.77
	距中 线 7 m	测区 1	0.72	0.70	0.80
		测区 2	0.74	0.72	0.86
		测区 3	0.74	0.71	0.84
95	距中 线 3 m	测区 1	0.62	0.64	0.70
		测区 2	0.63	0.66	0.69
		测区 3	0.61	0.67	0.69
	距中 线 7 m	测区 1	0.62	0.63	0.72
		测区 2	0.62	0.64	0.67
		测区 3	0.61	0.63	0.75

3 结论

GripTester 对蒙达国际机场跑道摩擦系数的定期检测结果表明,跑道摩擦性能总体良好,满足飞行器起降安全要求。但随着跑道使用时间增加,摩擦不均匀性显著增加,需根据数据和摩擦系数分布图进行针对性维护。GripTester 直观识别低摩擦区域的优势,有助于优化跑道维护与管理计划。本研究填补了 GripTester 在实际跑道摩擦性能测试中的研究空白,为工程应用提供了新视角和实践依据,验证了 GripTester 在高频检测中的可靠性和实用性。

参考文献:

- [1] Waddell C J. The Grip of Motorsport Surfaces[D]. Ulster University, 2021.
- [2] Kouchaki S, Roshani H, Prozzi J A, et al. Field investigation of relationship between pavement surface texture and friction[J]. Transportation Research Record, 2020, 2672(40): 395-407.
- [3] 刘建华. 路面抗滑性能检测与评价技术研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2002.
- [4] Civil Aviation Authority of New Zealand. Advisory Circular AC 139-13: Runway surface friction characteristics and friction testing[S]. 2015.
- [5] Toan D V. Runway friction performance in NZ[C]// Transit New Zealand International Conference on Surface Friction for Roads and Runways, Christchurch, New Zealand. 2023: 1-12.