



## 大会 — 第 42 届会议

### 技术委员会

#### 议程项目24：航空安全和空中航行优先举措

#### 制定机场道面预防性维护框架：挑战、机遇和伊朗伊斯兰共和国的经验

（由伊朗（伊斯兰共和国）提交）

#### 执行摘要

通过从被动的、基于应急的干预措施转向主动的、以数据为驱动的策略，道面预防性维护在降低道面全生命周期成本方面发挥着关键作用。鉴于机场飞行区道面建设的高额资本投入及其对机场安全和可运行性的重要作用，实施结构化预防性维护可带来很多益处，包括提升安全性、环境可持续性、成本效益和运行可预测性。本工作文件以伊朗民航局的监管实践为例，探讨实施预防性道面维护框架的挑战与机遇。虽然国际民航组织标准的附件14 — 《机场》强调了预防性管理的重要性，但缺乏具体实施指南。本文据此提出了一套为机场飞行区量身定制的全面架构。

#### 行动：请大会：

- 成立工作组，采用通用格式，制定实施道面预防性维护的框架、详细技术指南及规章；
- 由工作组开展可行性研究，强制要求机场向民航管理机构报送道面状况指数（PCI）（类似道面分类等级（PCR））和用于跑道表面状况评估和报告的全球报告格式（GRF）等；和
- 界定负责道面预防性维护人员的培训要求。

|       |                                                                                                       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 战略目标： | 本工作文件涉及每次飞行都安全和安保的战略目标。                                                                               |
| 财务影响： |                                                                                                       |
| 参考文件： | 附件14 — 《机场》第I卷 — 《机场设计和运行》<br>Doc 9157号文件：《机场设计手册》第3部分 — 《道面》<br>ASTM-D-5340-03：《机场跑道道面状况指数测量的标准试验方法》 |

## 1. 引言

1.1 本工作文件首先阐述了实施道面预防性管理做法的优势与挑战，然后介绍了伊朗民航局（CAA）为实施该方法制定的监管框架，其中包括为保障机场运行安全而明确定义的道面状况最低要求。最后，本文强调了通过预防性维护系统性收集数据所产生的附带效益。

## 2. 开展道面预防性维护的优势

2.1 安全提升。对机场飞行区进行道面预防性维护，可有效降低外来物碎片（FOD）风险，确保航空器在起飞、着陆及滑行过程中的顺畅运行，同时增强道面抗滑性能，最大限度减少打滑风险。

2.2 环境效益。预防性维护可避免大规模重建，从而减少材料的使用量，降低能耗，减少排放和建筑废料。

2.3 延长道面寿命。预防性维护通过及时处理微小裂缝和表面磨损等小问题，延缓道面退化速度，避免小问题发展成重大结构性问题。这有助于延长道面的寿命周期，通常可延长数年。

2.4 最大限度降低对机场运行的干扰。预防性维护通常可安排在非高峰时段进行，且所需时间远少于大修项目，从而有效减少对航班计划的干扰，同时避免跑道或滑行道长时间关闭。

2.5 提升资产管理水平。预防性维护做法得益于数据驱动模式，能够更精准预测维护需求，优化资源配置，并为决策者提供资金和预算编制提供依据。

2.6 道面设计寿命期内的成本效益。预防性维护措施的成本显著低于重大修复或全面重建。通过低成本投资、及时维护（如裂缝密封、表面处理），可避免因紧急抢修或道面失效产生的后续高额费用。

## 3. 开展道面预防性维护的挑战

3.1 规章要求。尽管附件 14 —《机场》第 10 章 10.2.1 强调了制定预防性维护计划的必要性，但未对实施该计划所需的框架作出清晰全面的定义，这往往会导致主观解读，甚至将被动措施误认为是预防性行动。建立基于明确规章的完善框架，有助于把道面状况评估由主观判断转向客观流程，促进所有机场的统一实施。国家规章必须明确规定道面整体性能指标可接受、可容许和不可接受的阈值，并针对各类具体损坏类型规定允许等级。

3.2 人员培训。实施预防性道面维护时，必须考虑的主要因素之一就是道面预防性维护人员的培训。该培训主要涵盖两大关键领域，即道面损坏勘测和监测（道面状况评估）以及修复措施的实施（道面维护与修复作业）。其中，勘测人员的培训尤为关键，因为其工作是预防性管理流程的第一步，后续所有措施都将完全依赖于勘测阶段采集的数据的准确性与质量。道面检查员必须接受培训，完全具备相关能力，能够准确识别各类道面损坏类型，评估损坏的损坏程度与损坏量，规范记录数据，建立基于数据的决策体系，提出合理的维修与修复方案。

3.3 设备。尽管更先进的方法需使用远程传感器或激光扫描设备，但没有此类工具并不影响道面检查工作的开展。经过专业培训的检查员依靠目视检查法（配合测距装置、照相机及简易定位装置等基础工具）即可有效完成道面表层检查，完全能够满足常规道面检查的需求。

3.4 检查期间交通流的干扰。在机动区进行道面检查与勘测时，无论采用目视检查还是道面扫描车作业，均需临时关闭相关道面。但由于此类检查每月仅一次，可安排在道面关闭时段（如因维修、其他检查、运行需要等原因关闭）或交通流量低峰期进行。此外，采用数字化道面扫描设备能显著缩短检查所需的道面关闭时间。

## 4. 制定预防性道面管理规章

### 4.1 损坏类型、损坏程度和损坏量的确定以及道面状况指数（PCI）的计算

4.1.1 制定预防性道面管理规章时，首先需要明确各类道面损坏的类型，并建立清晰标准，界定损坏范围和损坏程度。为此，依据 ASTM-D-5340-03 标准，已为各类损坏类型制定了判断标准，包括损坏量测量（线测量和面测量）和损坏程度分级（轻微、中等、严重）。

4.1.2 定义的损坏类型包括柔性道面 16 种（龟裂、泛油、块裂、凹凸变形、波浪状隆起、沉陷、喷气烧蚀、反射裂缝、纵向与横向裂缝、油料腐蚀、修补损坏、大块磨光、松散、轮辙、推移、风化），和刚性道面 15 种（拱胀、角断裂、耐久性裂缝、错台、接缝密封损坏、接缝碎裂、线性裂缝、网状裂缝、修补损坏、隆起、唧泥、剥落、板体断裂、收缩裂缝、表面脱落）。

4.1.3 根据拟议规章，要求强制对道面损坏情况进行全面完整的勘测，尽管美国材料与试验协会（ASTM）标准推荐使用随机抽样方法，但这种方法在本拟议规章中不被接受。开展全面勘测将有助于降低数据不确定性及相关运行风险，并能有效缩小误差范围。

4.1.4 应对每个道段进行损坏情况勘测，综合考虑损坏类型、损坏程度及损坏量，并通过计算得出 PCI，反映各道段的整体状况。

## 5. 飞行区最低运行条件标准

5.1 有必要为飞行区定义监管阈值，作为风险缓解措施，控制风险水平。既单独针对每类道面损坏设定了阈值，也集体对各道段以 PCI 的形式设定了阈值。

5.2 基于各道段 PCI 的最低运行条件。这些指数的制定综合考虑了道面区域的敏感性、类型及运行速度。依据运行速度区，指数分为以下三类：

- a) 高速区 — 包括跑道、快速出口滑行道；
- b) 中速区 — 包括滑行道；和
- c) 低速区 — 包括停机坪及停机位。

5.2.1 针对每个道段，制定了 PCI 的可接受、可容许及不可接受的阈值，如图 1 所示。该标准确保道面整体功能处于安全状态。

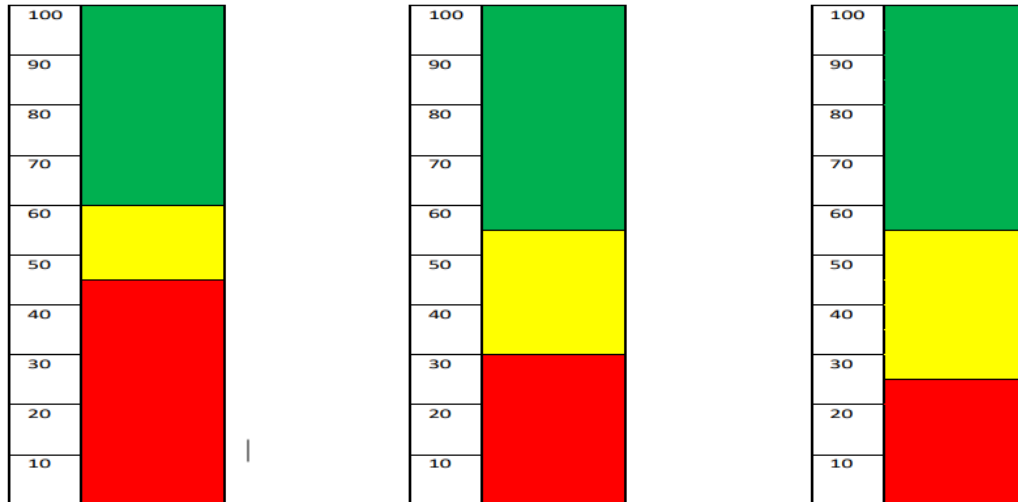


图 1 高速（左）、中速（黄色）和低速（右）道面的可接受（绿色）、可容许（黄色）和不可接受的 PCI 值

5.3 损坏程度限制。对于每种道面损坏类型，采用以下损坏程度等级：

- a) 轻微损坏：可接受；
- b) 中等损坏：可容许；和
- c) 严重损坏：不可接受。

5.3.1 这些限制条件旨在确保，除计入整体 PCI 的各类损坏及其限制外，每种损坏均能单独控制在可接受范围内，使受损道面的运行风险维持在可容许限度内。

## 6. 结论

6.1 以下两点凸显了加强推进预防性道面维护方法的迫切需求：

- a) 这些方法的高效性与多重优势：如前所述，益处包括降低维护成本与时间，提升道面性能，增加环境效益，充分体现了其战略价值。35%至 60%的维护成本削减幅度不容忽视。
- b) 这些方法本质上基于目视检查，无需先进设备或复杂技术。经过培训的人员配备基础工具即可采集关键数据，为道面维护决策提供支持。此外，目视检查方法涉及的大多数挑战均可控，并可在实践中有效解决。

6.2 在拟议方法中，现行标准与定义得到了沿用，并结合每种损坏类型的既定阈值及每个道段的总体 PCI，构建出了一套基于性能的量化评估框架。该框架使维护规划更加积极，降低了道面严重失效的风险，并直接提升了运行安全水平。

— 完 —