

# 民航机场飞行区道面病害成因分析及修复技术研究

马梁梁 刘文会

西部机场集团建设工程(西安)有限公司 陕西 西安 710000

**【摘要】**：民航机场飞行区道面病害不仅会直接威胁飞行器的起降安全，而且还会显著干扰机场的航班调度与整体运行效率。对道面病害成因进行分析，道面常规病害主要归结为环境作用、荷载影响、材料性能及施工质量等四个方面因素。而根据不同的病害类型，可分别采用灌缝、罩面、补强等相应的修复技术。本文通过对常规病害成因进行深入分析，切实研究修复技术，给机场道面的维护提供科学依据，保证机场正常运行。

**【关键词】**：民航机场；飞行区道面；病害成因；修复技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.069

## 引言

随着民航业的迅速发展，机场飞行区道面所承受的交通压力越来越大，道面病害问题也越来越突出。道面病害不但会干扰机场的正常运行，还会给飞行安全造成隐患。因此，对道面病害成因及修复技术进行研究，即可以延长机场道面的使用寿命，提高机场运营安全性，又有效保障机场的运行效率，具有重要的现实意义。

## 1 道面病害类型

### 1.1 裂缝病害

裂缝是民航机场飞行区道面最常见、分布最广的病害形式，根据形态可以分为横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝和反射裂缝，不同裂缝产生的机理和扩展规律也有所不同。横向裂缝大多垂直于跑道方向分布，间距不等，主要是由温度应力收缩、基层开裂反射和冻融循环作用所造成的，在北方季节性冰冻地区机场比较明显。纵向裂缝沿跑道延伸方向发展，多发生在道面板块接缝、施工缝和基层薄弱处，与道槽基础不均匀沉降、基层压实不够、荷载反复剪切有关。网状裂缝是由许多细小的裂缝交织在一起形成的，呈不规则的龟裂状，主要原因是道面遭受长期老化、水损害和疲劳作用共同形成的结果，表明道面结构整体性能降低。

### 1.2 坑槽病害

坑槽是机场道面局部材料脱落、碎裂、缺失形成的凹坑状缺损，属于危害性较大的结构性病害，主要分布在跑道轮迹带、滑行道转弯区和停机坪高荷载区。坑槽初期为道面表层松散、起皮、掉角，在飞机制动、转弯、起降冲击的作用下，松散处迅速扩展、骨料脱落，形成深浅不同的坑洞，严重时坑洞直径达几十厘米，深度穿透面层。坑槽形成之后，会改变道面的平整度以及受力状况，加重飞机轮胎磨损和机身颠簸，在雨天积水之后还会降低道面的抗滑性能，加大航空器侧滑的风险。机

场道面坑槽发展速度快、修复频次高、容易重复出现，如果不及时处理，就会逐渐扩大，引发周边区域碎裂、脱空等次生病害，大幅缩短道面使用寿命。

### 1.3 错台病害

错台指的是机场道面混凝土板块或者沥青层之间在接缝处出现竖向高差，是道面结构失稳的一种典型表现，多出现在板块接缝、施工缝、伸缩缝以及新旧道面搭接处。错台出现之后，道面纵向平整度明显变差，飞机经过时会遭遇强烈的冲击和震动，从而加大结构的疲劳损伤程度，并且破坏了道面的排水坡度，致使局部积水下渗，加重病害影响程度。错台高差小会降低乘坐舒适性，高差过大时会对飞机起落架造成冲击荷载，危及运行安全。错台病害在机场滑行道、联络道和停机坪等处更为常见，它的形成是不可逆的，随着荷载的反复作用，高差会不断变大，单纯依靠表面整平不能从根本上解决，必须结合基层情况做结构上的修复。

### 1.4 表面磨损病害

表面磨损是机场道面在长期飞机轮胎摩擦、制动、滑行和大气侵蚀的作用下，表层材料逐渐损耗、纹理变差、光洁度提高的渐进性病害。沥青道面骨料外露、沥青膜剥落、表面泛油、纹理深度减小，水泥混凝土道面起砂、起皮、露骨、棱角磨圆、表面光洁化。道面磨损造成表面抗滑性能下降，摩擦系数急剧降低，雨天或者湿滑时容易造成航空器制动距离变长、侧偏、打滑等安全问题。

## 2 病害成因分析

### 2.1 环境因素

环境因素是造成机场道面病害产生和发展的重要外部原因，温度变化、降水入渗、冻融循环、紫外线老化和干湿循环一起影响着道面结构的稳定性和材料的耐久性。温度升降造成

道面材料热胀冷缩,产生周期性的温度应力,长期作用下形成收缩裂缝和疲劳开裂,昼夜温差和季节温差越大,裂缝扩展速度越快。降雨形成的地表水经由裂缝、接缝、孔隙渗透到道面内部,软化基层、冲刷填料、降低结构强度,造成水损害,在荷载叠加影响之下迅速产生松散、坑槽、唧泥等病害。在季节性冰冻地区,水分在道面孔隙里结冰膨胀,融化后体积收缩,反复冻融循环造成材料疏松、开裂、剥落,大大加快了道面劣化速度。

## 2.2 荷载因素

机场道面结构因航空器起飞降落、滑行、刹车产生的重复荷载和冲击荷载而受到的疲劳损伤、变形破坏、局部破损。飞机起落架集中荷载大、作用频率高,轮迹带位置受到持续高压和剪切作用,造成道面内部产生累积塑性变形和微裂纹,慢慢扩展成宏观裂缝和网状开裂。重型客机起降时受到的冲击荷载远大于静态荷载,对道面产生瞬间强冲击,容易造成局部碎裂、掉角、坑槽、错台。滑行道和停机坪区域车辆来回穿梭、转弯、刹车产生水平推力,加大了道面表层的磨损和接缝破坏,使错台、推移、松散病害明显增加。

## 2.3 材料因素

道面结构材料质量差、配比不合理、耐久性低、级配不均匀等都是造成道面早期病害多发、使用寿命短的根本原因。沥青混合料如果油石比不匹配、骨料级配不合理、粘结性差,就会出现松散、剥落、泛油、车辙和开裂;水泥混凝土如果水灰比太大、骨料含泥量太高、外加剂使用不当,会造成强度不够、收缩开裂、耐久性降低。基层和底基层材料的压实度不足、强度低、水稳性差,在荷载和水的作用下产生沉降、软化、脱空,造成面层反射裂缝、错台和坑槽。填缝材料质量低劣、粘结力不够、耐老化性差,容易造成开裂、脱落、失效,失去密封防水作用,造成雨水大量下渗。

## 2.4 施工因素

施工工艺不规范、质量控制不到位、工序衔接不合理都会导致道面结构先天性缺陷,给后期病害的产生埋下隐患。基层摊铺压实度不够、平整度不好、局部沉降都会造成面层受力不均,容易出现裂缝、错台、坑槽等问题。沥青混凝土拌和温度、摊铺温度、碾压遍数不达标,会造成密实度不够、空隙率过高、粘结不牢,引起水损害和松散开裂。水泥混凝土浇筑、振捣、养护不及时会造成蜂窝、麻面、强度不够、早期收缩裂缝等质量缺陷。道面接缝施工位置不准、填缝工艺粗糙、密封不严密,会丧失伸缩和防水功能,成为病害集中发生区。新旧道面搭接不妥、排水坡度不够、边缘加固缺失都会大大增加错台、积水、冲刷和破损的风险,施工质量缺陷一般会在运营期中暴露出

来。

## 3 修复技术研究

### 3.1 灌缝修复技术

灌缝修复技术是机场道面裂缝最常用、最经济的预防性养护技术,用密封胶填充裂缝来阻止雨水进入,保护基层和路基稳定,减缓裂缝的发展。施工流程为裂缝开槽、清缝、烘干、灌缝、封口、养护,关键在于选用与道面材料相容性好、高温性能稳定、粘结力强、延伸率高的专用密封胶。水泥混凝土道面多用聚氨酯、硅酮类密封胶,沥青道面多用改性沥青密封胶,以满足不同的变形要求。灌缝修补适合于宽度较小( $<3\text{mm}$ )和适中( $3\text{-}10\text{mm}$ )的纵横向裂缝,施工速度快、封闭时间短、对机场运营影响小,可以有效地阻止水损害、防止裂缝扩大,是机场道面日常养护的主要技术。

### 3.2 罩面修复技术

罩面修复技术是用新的沥青或者混凝土薄层加铺在原来的道面表层之上,使道面表面变得平整、坚固、抗滑、美观,适合于大面积的磨损、泛油、露骨、细微裂缝等表层病害。沥青道面使用超薄罩面、微表处、稀浆封层等快速罩面技术,施工速度快、开放交通快,可以快速提高抗滑性能和平整度。水泥混凝土道面用聚合物砂浆、快速修补混凝土等材料做薄层罩面,对起皮、起砂、露骨等表层损伤进行修复。罩面修复属于功能性修复,在不改变道面结构厚度的情况下可以快速提高使用性能,适合机场夜间或者短时间内封闭施工,满足高效恢复运行的需求,是机场道面周期性养护的主要技术。

### 3.3 补强修复技术

补强修复技术是针对道面结构承载力不够、局部脱空、严重裂缝、错台、沉降等结构性病害,用加固基层、恢复整体性、提高承载力来达到根治性修复的目的。对板块脱空采用高压注浆法注入水泥浆或聚合物浆液,填充底部空隙,加固基层,校正标高,消除错台和沉降。对严重裂缝和破损的板块采用切割清除、基层处理、重新浇筑快硬混凝土的方式进行整块更换,恢复结构强度。对整体承载力不够的道面,采用加铺钢筋网、聚合物加固、玻纤格栅增强等方式提高结构抗力。补强修复为结构性修复,技术要求高、施工周期长,但是修复效果彻底、耐久性好,可以从根本上消除安全隐患,恢复道面设计使用寿命。

### 3.4 再生修复技术

再生修复技术具有环保节能、循环利用的特点,对破损老化道面材料进行现场再生处理,实现资源循环利用和结构修复一体化,适合大面积中度病害的修复。沥青道面现场热再生技

术是加热、耙松、加入再生剂、拌和、摊铺、碾压,使老化沥青恢复性能,同步修复裂缝、松散、车辙等病害。冷再生技术不需要高温加热,施工更安全、方便,适合基层和面层的综合修复。再生修复能大幅度削减新材料的耗费,缩减运输费用和碳排放,施工品质可靠,对机场环境影响较小,契合绿色机场创建的需求,在大中型机场道面大修工程当中应用日渐普遍。

## 4 修复效果评估

### 4.1 强度评估

强度评价是检验道面修复质量的主要指标,直接体现修复后结构的承载能力和安全性,一般用现场无损检测和实验室试验相结合的方式评定。沥青修复层用无核密度仪、落锤弯沉仪检测密实度、回弹模量和弯沉值,判断结构强度是否符合设计要求。混凝土修复区用回弹仪、超声波检测仪检测抗压强度和完整性,保证达到设计强度等级。注浆补强及板块更换区用弯沉试验、荷载反应试验来检测结构承载力的恢复状况。强度评定应在修复养护期满之后进行,比较修复前后数据的变化,判断是否达到飞机运行荷载的要求,强度不达标的地方应及时返工处理,保证运行安全。

### 4.2 平整度评估

平整度是决定飞机运行舒适性、安全性的重要指标,修复之后要达到机场道面严格的平整度控制标准。使用三米直尺、连续式平整度仪或者激光平整度测试仪来测定道面纵向和横向平整度指标,计算国际平整度指数。裂缝灌缝、坑槽修补、错台整治之后,接缝及修补处要平顺无高差,轮迹带处不得有明显的起伏。罩面和再生修复后的全断面平整度要均匀一致,不能有波浪、坑洼、台阶等缺陷。平整度不达标会造成飞机冲击振动加大,加速道面二次破损,影响起降安全,所以平整度的评定要覆盖整个区域,重点检测接缝、修补点、新旧搭接处,保证符合民航机场运行标准。

## 参考文献:

- [1] 韩亚雄,初良勇,冯广洪,等.民航机场飞行区安全事件致因分析的 DEMATEL-ISM-BN 模型[J].交通信息与安全,2025,43(05):57-69.
- [2] 邢晓彤,王长久.民航机场飞行区班组安全管理水平评价指标体系研究[J].民航学报,2022,6(S1):77-79+43.
- [3] 郭超.基于安全标准下的民航机场施工管理[J].大众标准化,2022,(07):165-167.
- [4] 高培培.民航机场飞行区改扩建工程不停航施工实例分析[J].民航学报,2022,6(02):14-17+80.
- [5] 王硕.浅谈民航机场飞行区交叉建设项目与关系[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(12):133.

### 4.3 抗滑性能评估

抗滑性能评价直接影响到航空器的制动、滑行安全,是道面修复之后必须检测的重要性能指标。使用摆式摩擦系数测定仪、纹理深度测定仪、激光纹理测试仪等仪器对修复过的道面进行摩擦系数、构造纹理深度检测,评价湿滑状态下抗滑性能。对磨损修复、罩面施工、微表处处理后的表层纹理和摩擦系数进行检查,必须符合机场道面规范的要求,轮迹带区域应达到更高的标准。抗滑性能不好会大大增加制动距离,加大雨天侧滑的危险性,不合格的评定必须重新做表面处理或者纹理恢复施工,保证达到民航安全运行的要求。

### 4.4 耐久性评估

耐久性评价是对修复工程的长期稳定性和使用寿命进行评判的过程,依靠对病害复发状况、结构性能衰减规律、环境适应能力等各方面展开综合评价。灌缝密封效果用雨季观察渗水情况、冬季监测开裂率来评价,密封胶不开裂、不脱落、不渗水为合格。罩面和再生层的耐久性,依据裂缝、松散、泛油、磨损等道面病害的发展速度进行评定;若能长期保持结构完整、无明显缺陷,则评定为优良。补强修复区的耐久性用沉降、错台、脱空复发来评价,结构稳定无复发为合格。耐久性评价要持续追踪一个完整的冻融周期或者更长的时间,将环境改变和荷载影响的成果纳入考量范围之内,从而全面评判修复品质的可靠程度,给后续的养护措施规划赋予可靠的支撑。

## 5 结语

本文通过对民航机场飞行区道面病害的成因进行分析,并对病害相应的修复技术进行研究,给机场道面维护工作提供一定的指导方向。通过现场实际应用调研,采取有针对性的修复措施,可以有效改善道面使用工况,提高机场运行的安全性、可靠性。未来要继续加强研究,不断提升机场道面病害防治体系,不断改进病害防治施工工艺,保障机场道面运行效率。