

# 机场道面混凝土耐久性研究

王方岩 王 专 王俊杰

中国人民解放军93125部队 江苏 徐州 221000

**摘要：**随着航空业的快速发展，机场道面混凝土的耐久性成为确保机场安全与效率的关键因素。本研究深入探讨了机场道面混凝土面临的多种耐久性问题，包括物理磨损、化学侵蚀、冻融循环等损伤因素，并分析了这些因素对混凝土性能的长期影响。通过机理研究，提出了优化配合比、提高抗冻性、增强抗磨耗性和预防化学侵蚀的有效措施。本研究旨在为机场道面混凝土的设计、施工与维护提供科学指导，确保其安全、经济和环保的使用。

**关键词：**机场道面；混凝土；耐久性

**引言：**随着全球航空业的蓬勃发展和机场交通量的急剧增长，机场道面混凝土的耐久性问题日益凸显。作为机场基础设施的重要组成部分，道面混凝土需承受重载飞机的频繁起降、极端气候条件和复杂化学环境的共同作用，其耐久性直接关系到机场的运营安全、维护成本和长期发展。因此，深入研究机场道面混凝土的耐久性问题，探索提升其耐久性的有效途径，对于保障机场的安全运行、降低维护成本及推动航空业的可持续发展具有重要意义。

## 1 机场道面混凝土耐久性的基本概念

### 1.1 耐久性的定义

混凝土耐久性是指混凝土材料在长期使用过程中，能够抵抗各种自然和人为损伤因素作用而不发生显著性能退化或失效的能力。这些损伤因素包括但不限于物理磨损、化学侵蚀、冻融循环、盐渍侵蚀以及生物作用等。耐久性的高低直接关系到混凝土结构的使用寿命、安全性能及经济效益。对于机场道面混凝土而言，耐久性更是确保其能够承受重载飞机起降、高频次摩擦以及复杂气候环境考验的关键因素。

### 1.2 机场道面混凝土耐久性的重要性

机场道面混凝土耐久性的重要性不言而喻，它对机场的正常运行和长远发展具有深远影响。（1）机场作为重要的交通枢纽，其道面混凝土需要承受频繁的飞机起降，这要求混凝土具有极高的强度和耐久性，以确保机场的运行效率和安全性。若道面混凝土耐久性不足，将直接导致道面破损、坑洼等问题，不仅影响飞机的起降安全，还会增加机场的维修成本。（2）机场道面混凝土的耐久性还关乎机场的长远发展。随着航空业的快速发展，机场的客流量和航班频次不断增加，对道面混凝土的要求也越来越高。若道面混凝土耐久性不足，将难以满足未来机场的发展需求，导致机场需要进行频繁的改

造和扩建，增加不必要的投资成本。（3）机场道面混凝土的耐久性还与其环保性能密切相关。耐久性好的混凝土能够减少因维修和更换而产生的废弃物，降低对环境的污染。因此，提高机场道面混凝土的耐久性，不仅有助于确保机场的正常运行和长远发展，还有利于环境保护和可持续发展。

## 2 机场道面混凝土耐久性损伤因素分析

### 2.1 外部因素

（1）环境因素：机场道面混凝土长期暴露在自然环境中，温度、湿度的变化以及冻融循环等都会对其产生显著影响。高温会加速混凝土内部化学反应，导致结构性能下降；湿度变化则可能引起混凝土内部应力变化，增加开裂风险。此外，腐蚀性离子如氯离子、硫酸根离子等的渗透，会加速混凝土的化学侵蚀过程，进一步削弱其耐久性。（2）荷载因素：飞机轮胎的反复冲击、磨耗和空蚀是机场道面混凝土面临的主要荷载因素。这些荷载不仅会导致混凝土表面磨损，还可能引起内部微裂缝的产生和扩展，从而降低混凝土的强度和耐久性。（3）人为因素：人为活动如化学侵蚀、风化以及腐蚀类污染等也会对机场道面混凝土造成损伤。例如，化学物质的泄漏或排放可能直接腐蚀混凝土表面；风化作用则会使混凝土表面逐渐剥落，暴露内部结构，加速老化过程<sup>[1]</sup>。

### 2.2 内部因素

（1）材料设计不良：原材料选取失当和混凝土配合比不合理是导致机场道面混凝土耐久性降低的内部因素之一。不合理的配合比可能导致混凝土内部孔隙率高，降低其抗渗性和耐久性。（2）物理化学因素：碱骨料反应、渗透性以及骨料与水泥浆热工性质的差异等物理化学因素也会对机场道面混凝土的耐久性产生影响。碱骨料反应会导致混凝土体积膨胀，产生裂缝；渗透性过高则会使混凝土易受外部侵蚀；而骨料与水泥浆热工

性质的差异则可能引起内部应力,增加开裂风险。

### 3 机场道面混凝土耐久性损伤机理

#### 3.1 冻融破坏机理

(1) 混凝土中水结冰产生的体积膨胀对混凝土结构的破坏作用。在机场道面混凝土中,如果含有过多的自由水,当环境温度降至冰点以下时,这些水会结冰。水结冰时体积会发生显著膨胀,约增加9%,这种体积膨胀会对混凝土内部结构产生巨大的压力。当这种压力超过混凝土的抗拉强度时,混凝土内部就会产生微裂缝。随着冻融循环的不断进行,这些微裂缝会逐渐扩展并相互贯通,最终导致混凝土结构的宏观破坏。此外,冰的膨胀还会对混凝土中的骨料产生挤压,可能导致骨料与水泥浆体的粘结力下降,进一步影响混凝土的整体强度。

(2) 冻融循环对混凝土微观结构和宏观性能的影响。冻融循环不仅会导致混凝土宏观性能的下降,如抗压强度、抗折强度和耐久性的降低,还会对其微观结构产生深远影响。经过多次冻融循环后,混凝土的孔隙结构会发生显著变化,大孔数量增多,小孔数量减少,导致混凝土的密实性和抗渗性下降。此外,冻融循环还会破坏混凝土中的水化产物结构,使其变得疏松,从而降低混凝土的强度。这些微观结构的变化最终会反映在混凝土的宏观性能上,导致其使用寿命的缩短。

#### 3.2 磨耗破坏机理

(1) 飞机轮胎与道面混凝土表面的摩擦作用对混凝土磨耗性能的影响。机场道面混凝土长期承受飞机轮胎的摩擦作用,这种摩擦作用会对混凝土表面产生磨损。飞机轮胎的硬度、压力以及滑行速度等因素都会影响混凝土的磨耗性能。当轮胎与混凝土表面接触时,会产生剪切力和摩擦力,这些力会导致混凝土表面的微观颗粒脱落,形成磨痕。随着磨耗的进行,混凝土表面的粗糙度会降低,导致轮胎与道面之间的摩擦力减小,增加了飞机起降时的滑动风险<sup>[2]</sup>。(2) 磨耗过程中混凝土表面的微观变化和性能退化规律。在磨耗过程中,混凝土表面的微观结构会发生显著变化。首先,混凝土表面的颗粒会逐渐被磨平,形成更平滑的表面。随着磨耗的深入,混凝土内部的微裂缝和孔隙会逐渐暴露出来,这些区域更容易受到侵蚀和破坏。此外,磨耗还会导致混凝土表面的硬化层逐渐脱落,露出更软弱的内部结构,从而加速了混凝土的性能退化。这种退化不仅表现在表面粗糙度的降低上,还体现在混凝土抗压强度、抗折强度和耐久性的下降上。

#### 3.3 化学侵蚀机理

(1) 硫酸盐、氯化物等化学物质对混凝土侵蚀的过

程和机理。硫酸盐、氯化物等化学物质对混凝土的侵蚀是一个复杂的物理化学过程。这些化学物质可以通过混凝土的孔隙和裂缝渗透到其内部,与混凝土中的水化产物发生化学反应,生成新的化合物。例如,硫酸盐可以与水泥石中的氢氧化钙反应生成硫酸钙结晶,这些结晶在混凝土内部膨胀并产生压力,导致裂缝的形成和扩展。氯化物则可能加速混凝土的碳化过程,导致钢筋锈蚀和混凝土性能的进一步退化。(2) 化学侵蚀对混凝土性能的影响及侵蚀后的微观结构变化。化学侵蚀对混凝土性能的影响是显著的。化学侵蚀会导致混凝土的抗压强度、抗折强度和耐久性显著下降。硫酸盐侵蚀产生的膨胀性化合物会在混凝土内部形成巨大的内应力,导致混凝土开裂、剥落,甚至完全破坏。而氯化物侵蚀则会加速混凝土的碳化过程,使钢筋表面的钝化膜破坏,导致钢筋锈蚀。钢筋锈蚀不仅会降低其承载能力,还会因为体积膨胀而对周围混凝土产生压力,进一步加剧混凝土的损伤。

### 4 提高机场道面混凝土耐久性的措施

#### 4.1 优化混凝土配合比设计

(1) 合理的混凝土原材料选择和配合比设计原则。混凝土原材料的选择和配合比设计是提高混凝土耐久性的基础。在原材料方面,我们应选择质量稳定、品质优良的水泥、骨料和掺合料等。水泥应优先选择低水化热、低碱含量的品种,以减少混凝土内部的温度应力和碱骨料反应的风险。骨料则应选择质地坚硬、耐磨性好的材料,以提高混凝土的抗磨耗性能。在配合比设计方面,我们应遵循“高强度、高耐久性、低收缩、低水化热”的原则,通过合理的原材料配比和外加剂的使用,实现混凝土性能的优化。(2) 不同配合比下混凝土的耐久性能差异。不同的配合比会导致混凝土在耐久性能上产生显著差异。通过对比试验,我们可以发现,当水灰比过高时,混凝土的孔隙率增大,抗渗性降低,易受外部侵蚀;而当水灰比过低时,虽然混凝土的抗渗性提高,但会导致混凝土的工作性能下降,增加施工难度。因此,我们需要根据具体的使用环境和施工要求,选择合理的配合比,以实现混凝土耐久性与施工性能的最佳平衡<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 提高混凝土抗冻性

(1) 降低水灰比、提高混凝土致密度等措施对混凝土抗冻性的影响。降低水灰比是提高混凝土抗冻性的关键措施之一。通过减少用水量,可以显著降低混凝土内部的自由水含量,从而减少水结冰时的体积膨胀对混凝土结构的破坏。同时,提高混凝土的致密度,减少孔隙

数量和尺寸,也能有效阻止水分和冰晶的渗透,增强混凝土的抗冻融循环能力。这可以通过优化配合比、加强振捣和养护等措施实现。(2)掺加引气剂等外加剂对混凝土抗冻性的提升作用。引气剂是一种常用的混凝土外加剂,能在混凝土中形成微小而均匀分布的气泡,这些气泡在冻融循环中起到“缓冲”作用,吸收水结冰时产生的体积膨胀,从而保护混凝土结构不受损伤。此外,引气剂还能提高混凝土的抗渗性和耐久性,减少化学侵蚀的风险。因此,在寒冷地区或需承受频繁冻融循环的机场道面混凝土中,掺加适量的引气剂是提高其抗冻性的有效手段。

#### 4.3 增强混凝土抗磨耗性

(1)选用耐磨性骨料、提高混凝土强度等措施以增强混凝土的抗磨耗性能。骨料作为混凝土的主要组成部分,其耐磨性直接影响混凝土的抗磨耗性能。因此,应优选耐磨性好的骨料,如花岗岩、玄武岩等硬质岩石。同时,提高混凝土的强度也能显著增强其抗磨耗性能。这可以通过增加水泥用量、使用高性能掺合料和外加剂、优化骨料级配等方式实现。然而,需要注意的是,过高的强度可能导致混凝土脆性增加,不利于其长期耐久性<sup>[4]</sup>。(2)纤维增强、表面硬化处理等新技术对混凝土耐磨性能的提升效果。近年来,纤维增强技术和表面硬化处理技术在提升混凝土耐磨性能方面取得了显著成果。纤维增强技术通过在混凝土中掺入纤维材料(如钢纤维、聚丙烯纤维等),形成纤维增强混凝土,显著提高混凝土的韧性、抗裂性和耐磨性能。纤维的加入能够有效阻止混凝土内部裂缝的扩展,吸收和分散外力作用下的能量,从而提高混凝土的耐久性。特别是在机场道面等承受重载和高频次摩擦的环境中,纤维增强混凝土能够显著减少因磨耗而产生的表面剥落和裂缝,延长使用寿命。

#### 4.4 预防化学侵蚀

(1)使用耐腐蚀水泥、矿物掺合料等手段预防化学

侵蚀的方法。耐腐蚀水泥和矿物掺合料是提高混凝土抗化学侵蚀性能的有效手段。耐腐蚀水泥具有较低的水化热和碱含量,可以减少碱骨料反应的风险;而矿物掺合料(如粉煤灰、矿渣粉等)则可以与水泥中的氢氧化钙反应生成更稳定的化合物,从而降低混凝土受化学侵蚀的风险。因此,在易受化学侵蚀的机场道面混凝土中,我们应优先选择这些耐腐蚀材料。(2)混凝土表面涂层、防水层等防护措施的应用及其效果。混凝土表面涂层和防水层是预防化学侵蚀的常用防护措施。通过在混凝土表面施加一层涂层或防水层,可以隔绝外部侵蚀介质与混凝土的接触,从而降低其受化学侵蚀的风险。这些涂层和防水层可以选择具有优良耐候性、耐腐蚀性和耐久性的材料制成,如环氧树脂、聚氨酯等。同时,我们还需要注意涂层和防水层与混凝土的粘结性能和施工质量,以确保其长期有效。

#### 结束语

综上所述,机场道面混凝土的耐久性研究是一个涉及多学科、多因素的复杂课题。通过本研究,我们不仅深入了解了机场道面混凝土耐久性的影响因素和损伤机理,还提出了一系列提高耐久性的有效措施。未来,我们期待在材料科学、结构设计和维护管理等方面取得更多突破,以进一步提升机场道面混凝土的耐久性,保障机场的安全运行,促进航空业的可持续发展。这将需要科研人员、工程师和管理人员的共同努力与不断探索。

#### 参考文献

- [1]刘庆涛,王硕太,孔祥海,等.机场道面混凝土耐久性研究[J].混凝土,2019,(06):53-54.
- [2]项炳泉,廖绍锋,王爱国,等.新桥机场道面混凝土耐久性试验研究[J].安徽建筑,2019,(14):172-173.
- [3]韩康康.机场道面高性能混凝土配合比及抗折性能研究[J].山西建筑,2023,(12):162-163.
- [4]王鹏.机场道面混凝土性能提升研究[J].材料导报,2022,(20):211-212.