

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

P

MH/T 5010—2025

代替 MH/T 5010—2017

# 民用机场沥青道面设计规范

Specifications for asphalt pavement design of civil airports

2025-06-26 发布

2025-08-01 施行

中国民用航空局 发布

中华人民共和国行业标准

# 民用机场沥青道面设计规范

Specifications for asphalt pavement design of civil airports

MH/T 5010—2025

主编单位：同济大学

参编单位：中国民航机场建设集团有限公司

哈尔滨工业大学

民航机场规划设计研究总院有限公司

批准部门：中国民用航空局

施行日期：2025年8月1日

中国民航出版社有限公司

2025 北京

图书在版编目 (CIP) 数据  
民用机场沥青道面设计规范/同济大学主编.  
北京: 中国民航出版社有限公司, 2025. 4. —ISBN  
978-7-5128-1492-9  
I. V351. 11-65; U416. 217-65  
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025NG1015 号

中华人民共和国行业标准  
民用机场沥青道面设计规范  
MH/T 5010—2025  
同济大学 主编

---

责任编辑 韩景峰  
出 版 中国民航出版社有限公司 (010) 64279457  
地 址 北京市朝阳区十里河桥东中国民航报社二层 (100122)  
排 版 中国民航出版社有限公司录排室  
印 刷 北京金吉士印刷有限责任公司  
发 行 中国民航出版社有限公司 (010) 64297307 64290477  
开 本 880×1230 1/16  
印 张 6.5  
字 数 188 千字  
版 印 次 2025 年 7 月第 1 版 2025 年 7 月第 1 次印刷

---

书 号 ISBN 978-7-5128-1492-9  
定 价 68.00 元

官方微博 <http://weibo.com/phcaac>  
淘宝网店 <https://shop142257812.taobao.com>  
电子邮箱 [phcaac@163.com](mailto:phcaac@163.com)

# 中国民用航空局 公告

2025 年第 14 号

## 中国民用航空局关于发布《民用机场 沥青道面设计规范》的公告

现发布《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010—2025），自 2025 年 8 月 1 日起施行，原《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010—2017）同时废止。

本标准由中国民用航空局机场司负责管理和解释，由中国民航出版社出版发行。

中国民用航空局

2025 年 6 月 26 日



## 前 言

为满足民用机场建设和发展的需要，提高民用机场沥青道面设计质量和技术水平，中国民用航空局决定对《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010—2017）进行修订。修订工作由同济大学等单位承担。

本次修订总结了近年来我国民用机场沥青道面设计、施工和运维的研究进展和经验，同时吸收和借鉴了国内外机场道面、公路路面的相关标准及研究成果。本次修订的主要内容有：

- 修订了新建机场道面设计年限，新增了旧道面沥青加铺层设计年限；
- 修订了航空交通等级划分标准；
- 调整了沥青道面设计流程；
- 增加了沥青道面结构层最小厚度要求、加铺层最小厚度要求和沥青道面适用的沥青混合料类型；
- 优化了沥青道面设计指标，修订了沥青道面结构设计参数和道基模量测试计算方法；
- 修订了沥青道面累积损伤因子计算模型；
- 补充完善了道面工程材料的要求；
- 修订了道面结构设计示例。

本规范由主编单位负责日常管理工作。执行过程中如有意见和建议，请函告同济大学（地址：上海市四平路 1239 号；邮编：200092；传真：021-69583810；电话：021-69583810；电子邮箱：chl6218@tongji.edu.cn），以及民航工程建设标准化技术委员会秘书处或机场司建设处（地址：www.caecs.org.cn；电子邮箱：mhgcjsbwh@163.com），以便修订时参考。

主编单位：同济大学

参编单位：中国民航机场建设集团有限公司

哈尔滨工业大学

民航机场规划设计研究总院有限公司

主 编：孙立军 苏 新

参编人员：凌建明 谭忆秋 程怀磊 陈 长 赵鸿铎 陈凤晨 袁 捷

杨瑞康 徐慧宁 邵显智 董泽蛟 杨 山

主 审：姜昌山

参审人员：朱森林 蔡良才 郝培文 徐干成 王晓鸿 田 波 张天旺

周栋亮 薛忠军 季 节 于海臣 周 鑫 张 皓 罗 勇

本标准于 1999 年首次发布，2017 年第一次修订，2025 年第二次修订。

## 目次

<b>1</b>	<b>总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语、符号</b> .....	<b>2</b>
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	4
<b>3</b>	<b>基本规定</b> .....	<b>6</b>
3.1	设计年限 .....	6
3.2	设计流程 .....	6
3.3	航空交通等级 .....	7
3.4	气候分区 .....	8
3.5	设计指标 .....	9
3.6	道面结构分区及厚度 .....	10
<b>4</b>	<b>结构组合设计</b> .....	<b>11</b>
4.1	一般规定 .....	11
4.2	道面结构组合 .....	11
4.3	道基与垫层 .....	13
4.4	基层 .....	16
4.5	面层 .....	18
4.6	其他功能层 .....	19
4.7	道肩 .....	19
<b>5</b>	<b>沥青混合料设计</b> .....	<b>20</b>
5.1	一般规定 .....	20
5.2	材料规格及技术要求 .....	20
5.3	沥青混合料配合比 .....	26
<b>6</b>	<b>设计参数</b> .....	<b>33</b>
6.1	交通参数 .....	33
6.2	道基模量 .....	33
6.3	基层结构设计参数 .....	35

6.4	面层和沥青稳定类基层结构设计参数	37
<b>7</b>	<b>新建沥青道面结构计算</b>	<b>39</b>
7.1	一般规定	39
7.2	沥青道面结构厚度确定	40
7.3	荷载重复作用次数计算	40
7.4	允许荷载重复作用次数计算	40
7.5	累积损伤因子计算	42
<b>8</b>	<b>沥青加铺层设计</b>	<b>44</b>
8.1	一般规定	44
8.2	旧道面检测与评价	45
8.3	加铺前旧道面的处治	46
8.4	沥青加铺道面结构组合与计算	48
8.5	不停航沥青加铺设计措施	51
<b>附录 A</b>	<b>气候分区方法</b>	<b>52</b>
A.1	气候分区的确定与修正	52
A.2	代表性城市参考值	53
<b>附录 B</b>	<b>道基临界高度和模量参考表</b>	<b>55</b>
<b>附录 C</b>	<b>道面设计用飞机参数表</b>	<b>62</b>
<b>附录 D</b>	<b>重复作用次数和累积损伤因子计算方法</b>	<b>67</b>
D.1	单轴起落架构型	67
D.2	多轴和复杂起落架构型	71
<b>附录 E</b>	<b>道面结构设计示例</b>	<b>72</b>
E.1	设计背景	72
E.2	粒料或沥青稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例	73
E.3	无机结合料稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例	78
<b>附录 F</b>	<b>试验方法</b>	<b>84</b>
F.1	道基 CBR 值确定	84
F.2	沥青材料抗紫外老化试验	85
F.3	沥青混合类材料单轴贯入抗剪强度试验方法	87
	<b>标准用词说明</b>	<b>90</b>
	<b>引用标准名录</b>	<b>91</b>

## 1 总 则

**1.0.1** 为满足我国民用机场建设和发展的需要，规范民用机场沥青道面设计，制订本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建、改建和扩建运输机场（含军民合用机场的民用部分）的沥青道面设计。通用机场沥青道面设计可参照执行。

**1.0.3** 民用机场沥青道面设计应遵循以下原则：

1 根据机场用途、飞机特性及运行情况、机场所处气候条件以及道基道面材料供应情况，结合当地的地形、水文、地质、建设和养护条件以及工程经验，进行道基、道面结构和材料一体化设计；

2 遵循保护环境、节约资源和减少碳排放等理念；

3 积极推广新材料、新工艺和新技术。

**1.0.4** 民用机场沥青道面设计应包括道面结构组合设计、材料设计以及结构厚度设计等内容，并通过技术经济分析选定设计方案。

**1.0.5** 特殊气候、地质或使用需求等条件下的机场沥青道面设计，除符合本规范外，宜进行专项研究。

**1.0.6** 民用机场沥青道面设计除符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 沥青道面 asphalt pavement

置于道基上,由沥青混合料面层、基层和功能层(如设置)组成的供飞机起降、滑行和停放的铺装结构。

#### 2.1.2 设计年限 design life

在正常设计、施工、使用和养护条件下,道面不需要结构性维修的预定使用年限。

#### 2.1.3 沥青面层 asphalt mixture course

由沥青混合料摊铺碾压成型,直接承受飞机荷载作用的结构层。当为多层结构时,自上而下分为上面层、中面层和下面层。

#### 2.1.4 基层 base course

承受由面层传递下来的荷载作用,并将其向下传递的道面结构层,可分为上基层和下基层。

#### 2.1.5 道基 subgrade

基层(垫层)以下受飞机荷载作用影响的天然、人工填筑或改良的土(岩)体。

#### 2.1.6 垫层 cushion

位于道基顶部并用于改善基层和道基工作状态的填筑层或改良土层。

#### 2.1.7 道床 pavement-bed

受飞机荷载作用显著影响的道基部分,分为上道床和下道床,其厚度与航空交通等级等因素有关。

#### 2.1.8 沥青加铺层 asphalt pavement overlay

为提高旧水泥混凝土道面或沥青道面的承载力或改善道面表面功能而加铺的沥青混合料面层。

#### 2.1.9 加州承载比 California bearing ratio (CBR)

用标准圆形压头以规定的速率分别压入试验材料和标准碎石,当贯入量达到 2.5 mm 时两者所施加单位压力的比值。

**2.1.10 改性沥青 modified asphalt**

为改善性能,通过掺加橡胶、树脂、热塑性弹性聚合物等外掺剂制成的沥青。

**2.1.11 砂粒式沥青混合料 sand aggregate asphalt mixture**

集料最大公称粒径为 4.75 mm 的沥青混合料。

**2.1.12 细粒式沥青混合料 fine aggregate asphalt mixture**

集料最大公称粒径为 9.5 mm 或 13.2 mm 的沥青混合料。

**2.1.13 中粒式沥青混合料 medium aggregate asphalt mixture**

集料最大公称粒径为 16 mm 或 19 mm 的沥青混合料。

**2.1.14 粗粒式沥青混合料 course aggregate asphalt mixture**

集料最大公称粒径为 26.5 mm 或 31.5 mm 的沥青混合料。

**2.1.15 沥青玛蹄脂碎石混合料 stone matrix (mastic) asphalt (SMA)**

由沥青结合料与少量的纤维稳定剂、细集料以及较多量的填料(矿粉)组成的沥青玛蹄脂填充于间断级配的粗集料骨架的间隙,组成一体的沥青混合料。

**2.1.16 沥青稳定碎石混合料 asphalt treated base mixture (ATB)**

由沥青、填料与规定级配的粗集料、细集料拌和制成的用于道面基层的沥青混合料。

**2.1.17 沥青含量 content of asphalt**

沥青混合料中沥青质量与沥青混合料总质量的比值。

**2.1.18 马歇尔稳定度 Marshall stability**

沥青混合料进行马歇尔试验时试件所能承受的最大荷载。

**2.1.19 动稳定度 dynamic stability**

沥青混合料进行轮辙试验时,变形进入稳定期后每产生 1 mm 轮辙,试验轮行走的次数。

**2.1.20 荷载重复作用次数 cumulative loading repetition**

设计年限内,考虑起落架横向分布效应后,道面上承受的主起落架轮载累计作用次数。

**2.1.21 累积损伤因子 cumulative damage factor (CDF)**

设计年限内,各机型在道面上特定位置的实际荷载重复作用次数与容许荷载重复作用次数的比值之和。

**2.1.22 道面状况指数 pavement condition index (PCI)**

表征道面表观损坏程度的量化技术指标。

**2.1.23 结构状况指数 structural condition index (SCI)**

表征道面结构性损坏程度的量化技术指标。

## 2.2 符 号

- $B_m$ ——道基土的平均稠度 (%)；  
 $w_L$ ——不利季节道床影响深度内道基土采用 100 g 锥的实测液限 (%)；  
 $w_p$ ——不利季节道床影响深度内道基土的实测塑限 (%)；  
 $w_m$ ——不利季节道床影响深度内道基土的实测平均含水率 (%)；  
 $H_0$ ——不利季节道基相对高度；  
 $H_1$ ——干燥状态的道基临界高度 (m)；  
 $H_2$ ——中湿状态的道基临界高度 (m)；  
 $H_3$ ——潮湿状态的道基临界高度 (m)；  
 $N_s$ ——设计年限内每种机型累计运行架次；  
 $N_i$ ——第  $i$  年每种机型年运行架次；  
 $P_i$ ——各机型主起落架上的单轮轮载 (kN)；  
 $\rho$ ——主起落架荷载分配系数；  
 $G$ ——各机型飞机的重量 (kN)；  
 $n_c$ ——各机型主起落架的总轮数；  
 $q$ ——飞机主起落架轮胎压力 (MPa)；  
 $E_0$ ——道基弹模量 (MPa)；  
 $E_A$ ——沥青混合料模量 (MPa)；  
 $E_B$ ——基层模量 (MPa)；  
 $\mu$ ——泊松比；  
 $\varepsilon_h$ ——沥青面层底最大水平拉应变；  
 $\sigma_t$ ——无机结合料稳定类基层层底的最大水平拉应力 (MPa)；  
 $f_r$ ——无机结合料稳定类材料弯拉强度 (MPa)；  
 $N_j$ ——第  $j$  类飞机的允许荷载重复作用次数；  
 $\varepsilon_v$ ——道基顶面的最大竖向压应变；  
 $RD$ ——沥青面层总轮辙量 (mm)；  
 $T_i$ ——沥青道面第  $i$  分层的温度 (°C)；  
 $\tau_i$ ——第  $i$  沥青分层最大剪应力 (MPa)；  
 $t$ ——沥青道面结构厚度 (cm)；  
 $t_j$ ——沥青加铺层厚度 (cm)；  
 $n_j$ ——轮辙控制的第  $j$  类机型的荷载重复作用次数；

- $V$ ——飞机在道面上的滑行速度 (km/h);
- $[\tau]_i$ ——第  $i$  分层沥青混合料 60℃ 抗剪强度 (MPa);
- $MAAT_a$  ——年平均气温 (℃);
- $\sigma_{MAAT}$  ——年平均气温标准差 (℃);
- $f_{sp}$  ——劈裂强度 (MPa);
- $F$ ——控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数;
- $C_b$ ——旧水泥混凝土道面损坏折减系数;
- $h_e$ ——旧水泥混凝土道面厚度 (cm);
- $k_0$ ——道基顶面反应模量 (MN/m<sup>3</sup>);
- $n_s$ ——C 类及以上的各类飞机的年运行总架次;
- $C_0$ ——旧沥青道面损坏折减数。

## 3 基本规定

### 3.1 设计年限

**3.1.1** 新建民用机场沥青道面的设计年限应不小于 20 年。经专项研究和论证,设计年限可采用 30 年。

【条文说明】国外主要设计规范建议的沥青道面设计年限为 20 年。本次修订将新建机场沥青道面设计年限规定为不低于 20 年。在沥青道面设计年限内,允许进行功能性修复。功能性修复一般指在设计年限内针对沥青道面的平整度、抗滑性能或粗糙度等功能性能的衰减而进行的整体修复。预防性养护、因施工或材料原因引起的局部病害修复等不属于功能性修复。

经过专项研究和论证,包括结构专项设计、材料专项设计和严格的施工质量控制等,新建机场沥青道面的设计年限可采用 30 年。

**3.1.2** 旧道面沥青加铺层的设计年限应为 10~15 年。

【条文说明】根据我国道面加铺层的实际使用状况,新增加对沥青加铺层设计年限的规定。旧道面沥青加铺层的设计年限宜采用 15 年,以降低后续养护维修对机场运行的干扰。即将搬迁机场的旧道面沥青加铺层可根据特定使用要求经论证确定,应不小于 10 年。

### 3.2 设计流程

**3.2.1** 沥青道面设计应综合考虑航空交通需求、机场所处气候条件、飞机特性、飞机起降频次及运行情况、道基道面材料供应情况以及成本等因素,进行优化设计。

**3.2.2** 设计阶段参照图 3.2.2 所示流程进行道面设计。宜按照图 3.2.2 所示流程开展道面结构组合设计中所涉及的道面结构材料试验,根据试验结果进行道面结构和材料一体化设计。

【条文说明】沥青混合料材料性能是影响道面结构性能的重要因素。因此,沥青道面设计遵循结构、材料一体化的设计原则。有条件时宜从立项后进行材料设计,进行材料性能试验,并根据试验结果进行结构、材料一体化设计与优化。

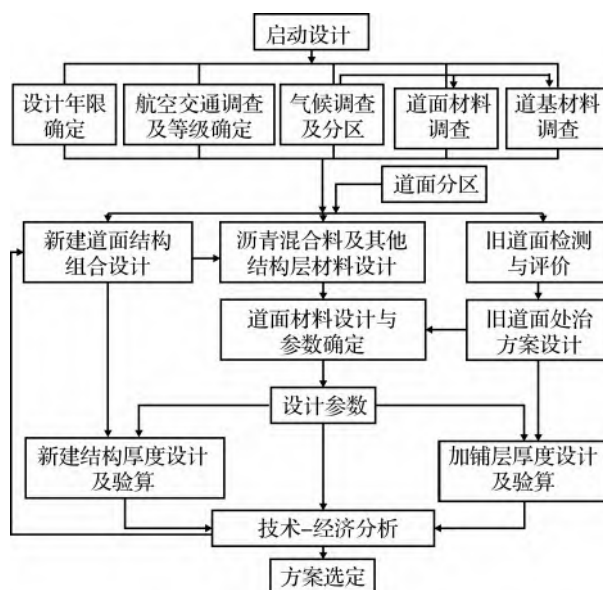


图 3.2.2 沥青道面设计流程

### 3.3 航空交通等级

3.3.1 设计年限内的航空交通量，应根据当地的经济和航空交通发展需求等因素逐年预测，并根据跑道运行方式分配到道面各部位。

3.3.2 航空交通等级应根据运行机型及设计年限内年平均运行架次，按照表 3.3.2 中的标准确定。

表 3.3.2 航空交通等级划分标准

航空交通等级	运行机型	设计年限内年平均运行架次
特轻	运行 A 类机型	—
轻	运行 B 类及以下机型	—
中	主要运行 C 类及以下机型	单条跑道 C 类机型的年平均运行架次不大于 20 000 架次
重	主要运行 C 类及以上机型	单条跑道 C 类及以上机型的年平均运行架次为 20 000~100 000 架次
特重	运行有 E 类机型	单条跑道 C 类及以上机型的年平均运行架次超过 100 000 架次

注：1 跑道运行架次包括起飞架次和着陆架次。

2 一组近距平行跑道的航空交通等级按照该组跑道的总运行架次划分。

3 滑行道按照相关跑道运行架次划分。

4 机位滑行通道及相关机坪可按照所在部位的运行架次划分。

### 3.4 气候分区

**3.4.1** 沥青道面的气候分区应根据机场所在地或场址周边气象台站最近至少 10 年的气象记录,按照附录 A 方法确定。不具备近 10 年气象记录条件时,可参考附录 A.2 相近城市数值确定。

【条文说明】本规范气候分区参照了我国民用机场沥青道面使用过程中主要病害特点及其成因,并参考了《太阳能资源测量总辐射》(GB/T 31156)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)以及加拿大民航《道面结构设计培训手册》(Pavement Structural Design Training Manual)(ATR-021)的有关内容。

**3.4.2** 沥青道面的高温分区应根据机场所在地统计年限内最热月日最高气温的平均值,按照表 3.4.2 确定。

表 3.4.2 高温分区

气候分区	统计年限内最热月日最高气温的平均值 $T$ (°C)
夏炎热区	$T > 30$
夏热区	$20 < T \leq 30$
夏凉区	$T \leq 20$

**3.4.3** 沥青道面的低温分区应根据机场所在地 99% 可靠度的冬季极端日最低气温,按照表 3.4.3 确定。

表 3.4.3 低温分区

气候分区	99% 可靠度的冬季极端日最低气温 (°C)
冬严寒区	$T \leq -37$
冬寒区	$-37 < T \leq -21.5$
冬冷区	$-21.5 < T \leq -9$
冬温区	$T > -9$

【条文说明】以机场所在地气温最低月平均气温及年降水总量两个指标作为气候分区的依据存在较多问题,本规范以温度指标作为气候分区的指标,年降水总量对沥青道面的影响通过提高沥青道面抗水损害的标准进行考虑。

参考《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 和美国 SHRP 计划沥青材料气候分区的相

关内容，确定气候分区标准时以机场所在地统计年限内最热月日最高气温的平均值作为高温分区指标，99%可靠度的极端日最高气温作为高温辅助指标；以具有99%可靠度的极端日最低气温作为低温分区指标，99%可靠度下的小时降温速率作为低温辅助指标。

**3.4.4** 基于太阳辐射量的沥青道面气候分区，宜根据该地区平均日太阳辐射强度幅值，按照表3.4.4确定。

表 3.4.4 太阳辐射量划分

气候分区	平均日太阳辐射强度幅值 $R$ ( $W/m^2$ )
太阳辐射极强烈区	$R \geq 830$
太阳辐射强烈区	$680 \leq R < 830$
太阳辐射一般区	$R < 680$

【条文说明】本规范以《太阳能资源等级总辐射》(GB/T 31155)中的太阳能资源等级划分标准为依据，采用《太阳能资源测量总辐射》(GB/T 31156)的辐射能测试技术为方法，以平均太阳辐射强度幅值作为划分工程所在地太阳辐射强烈程度的指标，根据“极丰富”与“很丰富”的临界条件计算得到日平均太阳辐射强度幅值  $830 W/m^2$ ，将我国太阳辐射区域分为太阳辐射极强烈区与太阳辐射强烈区。根据“很丰富”与“丰富”的临界条件计算得到日平均太阳辐射强度幅值  $680 W/m^2$ ，将我国太阳辐射区域分为太阳辐射强烈区与太阳辐射一般区。

### 3.5 设计指标

**3.5.1** 沥青道面结构的设计指标是累积损伤因子 ( $CDF$ )。道面结构设计时应针对表3.5.1中的道面结构控制损坏模式，根据相应的力学指标逐一计算累积疲劳损伤因子，进行结构设计。

表 3.5.1 沥青道面的损坏模式和力学设计指标

基层结构类型	控制的损坏模式	力学设计指标
粒料类或沥青稳定类基层	沥青层疲劳开裂	沥青层内最大水平拉应变
	沥青道面轮辙	道基顶面最大竖向压应变
无机结合料稳定类、贫混凝土、碾压混凝土或水泥混凝土基层	基层疲劳开裂	基层底面最大水平拉应力
	沥青道面轮辙	沥青层竖向剪应力

**3.5.2** 达到设计年限时，累积损伤因子 ( $CDF$ ) 值应不大于 1.05。

【条文说明】 $CDF$  是包含沥青道面力学性能的综合指标。当  $CDF = 1$  时，沥青道面将在达到设计

年限时损坏；当  $CDF < 1$  时，沥青道面在达到设计年限时尚未损坏；当  $CDF > 1$  时，沥青道面将在设计年限前损坏。在实际工程中，结构存在变异性，可允许一定偏差。因此，将  $CDF$  的标准确定为不大于 1.05。

### 3.6 道面结构分区及厚度

3.6.1 沥青道面结构可根据所处位置，按照表 3.6.1 分为 I、II、III 和 IV 等 4 个区域。

表 3.6.1 沥青道面结构分区及道面结构厚度

沥青道面结构分区	区域内容	区域道面结构厚度
I	跑道端部，以及飞机全重通过的滑行道、站坪、等待坪、除冰坪	全厚度 $t$
II	跑道中部，快速出口滑行道	可适当减薄，宜不低于 $0.9t$
III	过夜机坪，维修机坪，通过维修机坪的滑行道	可适当减薄，宜不低于 $0.8t$
IV	防吹坪，道肩	防吹坪、跑道道肩一般为 $0.35t \sim 0.4t$ ，站坪、停机坪、滑行道的道肩一般为 $0.3t$ ，并满足防冻厚度要求

注：1  $t$  为按实际的飞机荷载计算得到的结构厚度。

2 未设置平行滑行道的跑道，中部沥青道面结构厚度应按 I 区设计。

【条文说明】跑道端部的长度范围一般指跑道全长的  $1/5 \sim 1/4$ 。

3.6.2 沥青道面横断面结构厚度减薄应结合施工可行性和成本等因素综合考虑，并符合如下规定：

- 1 对于未设置平行滑行道的跑道，跑道端部横断面两侧沥青道面不应减薄；
- 2 跑道与滑行道的连接弯道及增补面范围内的沥青道面结构不应减薄；
- 3 沥青道面宽度 30 m 以上的跑道，其横断面中间 30 m 以外两侧道面可进行减薄设计；
- 4 季节性冰冻地区，减薄沥青道面结构区域应满足最小防冻厚度要求。

## 4 结构组合设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 沥青道面结构组合包括沥青面层和基层。
- 4.1.2 道面结构组合设计应综合考虑航空交通量、道基承载力、环境条件、当地材料供应、工程造价以及各结构层受力特点等因素，遵循道面结构、材料一体化设计原则。
- 4.1.3 道面结构层材料应结合材料特性和结构特性合理选择。道面结构相邻层的刚度应相互协调，并通过设计验算。

### 4.2 道面结构组合

- 4.2.1 沥青道面的面层应采用热拌沥青混合料，基层可选择无机结合料稳定类、水泥混凝土类、沥青稳定类和粒料类材料，下基层和垫层可采用无机结合料稳定类材料或粒料类材料。再生材料经论证可以用于基层、下基层和垫层。
- 4.2.2 当采用无机结合料稳定类或水泥混凝土基层时，宜通过合理设计的基层材料、合理的沥青层厚度或增设应力吸收层等措施，减缓基层的收缩开裂、道面结构的反射裂缝和轮辙。
- 4.2.3 沥青道面结构组合可按表 4.2.3 选择。

表 4.2.3 沥青道面结构组合

结构组合			航空交通量等级		
面层组合	上基层	下基层	特重、重	中	轻、特轻
两层式 ≤150 mm	无机结合料稳定类、水泥混凝土、 贫混凝土或碾压混凝土	无机结合料稳定类	×	√	√
		粒料类	×	√	√
	沥青稳定类	无机结合料稳定类	√	√	√
		沥青稳定类	√	√	√
	粒料类	粒料类	×	×	√
三层式 >150 mm	无机结合料稳定类、水泥混凝土、 贫混凝土或碾压混凝土	无机结合料稳定类	√	√	×
		粒料类	×	√	√
	沥青稳定类	无机结合料稳定类	√	√	×
		沥青稳定类	√	√	×
	粒料类	粒料类	×	√	×

注：1 √表示推荐采用，×表示不推荐采用。

2 对于两层面层式快速出口滑行道，当使用无机结合料稳定类、水泥混凝土、贫混凝土或碾压混凝土上基层时，下基层可使用无机结合料稳定类或粒料类材料。

4.2.4 沥青道面各结构层采用的最小厚度应满足表 4.2.4 要求。当航空交通等级为特轻时，结构层最小厚度可参照航空交通等级为轻时的取值，或根据实际航空交通量论证确定。

表 4.2.4 结构层最小厚度 (mm)

结构层		航空交通等级		
		特重、重	中	轻
沥青面层		200	150	100
基层	沥青稳定类基层	350	350	200
	粒料类基层	—	350	200
	无机结合料稳定类、水泥混凝土、 贫混凝土或碾压混凝土基层	300	200	150
垫层		200	200	100

### 4.3 道基与垫层

4.3.1 沥青道面的道基应密实、均匀、稳定，处于干燥或中湿状态。

4.3.2 沥青道面的道床应符合如下规定：

- 1 不同航空交通等级对应的道床厚度宜按表 4.3.2-1 确定；

表 4.3.2-1 不同航空交通等级对应的道床厚度

航空交通等级	道床厚度 (m)	上道床厚度 (m)	下道床厚度 (m)
特重	1.5	0.5	1.0
重	1.2	0.4	0.8
中	1.0	0.3	0.7
轻、特轻	0.8	0.3	0.5

- 2 道床填料的 CBR 值应满足表 4.3.2-2 中的要求；

表 4.3.2-2 道床填料 CBR 要求

填挖类型	道床分区	航空交通等级	
		特重、重、中	轻、特轻
填方	上道床	≥8%	≥5%
	下道床	≥5%	≥3%
挖方及零方	上道床	≥8%	≥5%
	下道床	≥4%	—

3 当道基材料不满足表 4.3.2-2 中的要求时，或存在排水不良、冻胀等现象时，应采用稳定处理、更换合适的道基材料等方式进行处理；

- 4 当道基土的膨胀率大于 3% 时，应采取换填、稳定和压实等措施，并加强排水设计；
- 5 道床压实度应满足表 4.3.2-3 中的要求。

表 4.3.2-3 道床压实度要求

填挖类型	道床分区	航空交通等级	
		特重、重、中	轻、特轻
填方	上道床	≥96%	≥96%
	下道床	≥96%	≥95%
挖方及零方	上道床	≥96%	≥94%
	下道床	≥94%	—

注：1 挖方区及零方部位，如碾压后或者处理后的道床顶面回弹模量达到 30 MPa 以上，则下道床的压实度可降低 1%~2%。

2 表中压实度为重型击实试验法求得的最大干密度的百分数。

#### 4.3.3 道基干湿类型应符合如下规定：

- 1 道基的干湿类型可根据道基土的平均稠度 ( $B_m$ )，按表 4.3.3-1 中的标准确定。

表 4.3.3-1 道基干湿类型的平均稠度值范围

道基干湿类型	砂质土	黏质土	粉质土
干燥	$B_m \geq 1.20$	$B_m \geq 1.10$	$B_m \geq 1.05$
中湿	$1.00 \leq B_m < 1.20$	$0.95 \leq B_m < 1.10$	$0.90 \leq B_m < 1.05$
潮湿	$0.85 \leq B_m < 1.00$	$0.80 \leq B_m < 0.95$	$0.75 \leq B_m < 0.90$
过湿	$B_m < 0.85$	$B_m < 0.80$	$B_m < 0.75$

- 2 道基土的平均稠度  $B_m$  应按式 (4.3.3) 计算。

$$B_m = (w_L - w_m) / (w_L - w_p) \quad (4.3.3)$$

式中： $B_m$ ——道基土的平均稠度 (%)；

$w_L$ ——不利季节道床范围内道基土采用 100 g 锥的实测液限 (%)，按《公路土工试验规程》(JTG 3430) 中液塑限联合测定仪测定方法 (T0118) 执行；

$w_p$ ——不利季节道床范围内道基土的实测塑限 (%)，按《公路土工试验规程》(JTG 3430) 中液塑限联合测定仪测定方法 (T0118) 执行；

$w_m$ ——不利季节道床范围内道基土的实测平均含水率 (%)。

- 3 道基的干湿类型可根据道基顶面距地下水位或地表积水水位的距离，按表 4.3.3-2 确定。

表 4.3.3-2 道基干湿类型

道基干湿类型	一般特征
干燥	$H_0 > H_1$ ，道基干燥稳定，沥青道面强度和稳定性不受地下水影响
中湿	$H_2 < H_0 \leq H_1$ ，道基上部土层处于地下水影响的过渡带区内
潮湿	$H_3 < H_0 \leq H_2$ ，道基上部土层处于地下水影响区内
过湿	$H_0 \leq H_3$ ，道基极不稳定，冰冻区春融翻浆

注：1  $H_0$ 为不利季节道基相对高度。

2 地表积水水位指不利季节积水 20 d 以上的水位。

3  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 分别为干燥、中湿、潮湿状态的道基临界高度，可根据当地资料及经验确定；缺乏资料时，可参照附录 B 取值。

【条文说明】一般情况下，宜采用平均稠度作为道基干湿类型的判别依据，对于粒料类等无法测定平均稠度的材料，采用道基顶面距地下水位或地表积水水位的高度作为判别依据。

4.3.4 道基土填料设计应按《民用机场岩土工程设计规范》(MH/T 5027) 执行。

4.3.5 垫层应符合如下规定：

1 道基处于潮湿、过湿状态的地段和季节性冰冻地区可能产生冻胀的地段，道面结构中应设置垫层。

【条文说明】垫层的主要作用是改善道基的温度和湿度状况，保证面层和基层的强度和稳定性，不受冻胀翻浆影响。按所起作用不同，垫层可分为排水层、隔离层、隔温层、防冻层等。

2 垫层宜就地取材，可采用中粗砂、砂砾、碎石或工业废渣等材料，以及水泥、石灰或石灰煤灰稳定砂砾石或土类等材料。过湿地段和冰冻地区的潮湿地段不宜采用石灰稳定土。

3 垫层材料的 CBR 值应不小于 15%，其最大粒径应不大于压实层厚的三分之一，通过 0.075 mm 筛孔的材料的塑性指数应小于 6。

4 垫层厚度应满足表 4.2.4 要求，垫层宽度应每侧比基层宽出 300 mm。垫层压实应符合表 4.3.5 中的规定。

表 4.3.5 垫层压实技术要求

材料类型	压实技术指标	压实技术要求 (%)
级配碎石	压实度	$\geq 96$
级配砾石		
无机结合料稳定集料		
工业废渣		
中粗砂	碾压后表观质量	目视无明显轮迹

**4.3.6 防冻垫层厚度及材料应符合如下规定：**

1 季节性冻土地区沥青道面应按表 4.3.6 验算防冻厚度。沥青道面结构厚度不满足表 4.3.6 规定的最小防冻厚度时，应增设防冻垫层，使其满足最小防冻厚度的要求。

**表 4.3.6 道基、沥青道面结构最小防冻厚度 (mm)**

道基干湿类型	当地标准冻深			
	500~900	900~1 300	1 300~1 800	>1 800
中湿地段	300 ~ 500	700~1 000	900~1 200	1 000~1 300
潮湿地段	600~ 900	800~1 100	1 000~1 300	1 200~1 500

注：1 冻深大或地下水位高的挖方地段，或基层、垫层为隔温性能稍差的材料，宜采用高值；冻深小或填方地段，或基层、垫层为隔温性能良好的材料，可采用低值。

2 冻深小于 0.5 m 的地区，可不设防冻垫层。

【条文说明】沥青道面最小防冻厚度的技术要求参考了现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的有关规定，并根据民航的使用经验进行了相应提高。当地标准冻深的定义参照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)，为“在地面平坦、裸露、城市之外的空旷场地中不少于 10 年的实测最大冻结深度的平均值”。

2 防冻垫层宜采用粒料类材料，其通过 0.075 mm 筛孔的细粒含量宜不大于 5%，最大粒径不超过 53 mm。

## 4.4 基 层

**4.4.1** 基层按照材料类型分为粒料类基层、沥青稳定类基层、无机结合料稳定类基层、碾压混凝土基层、贫混凝土基层和水泥混凝土基层。

**4.4.2** 基层应具有足够的强度、刚度和水稳定性，冰冻地区道面的基层应具有良好的抗冻性。当道面处于永冻区时，应采用抗冻性好的基层材料，并对季节性融沉深度进行专题论证。

**4.4.3** 无机结合料稳定类基层应符合如下规定：

1 水泥稳定类材料可用于沥青道面基层。航空交通等级为特重、重或中时，水泥稳定类基层材料宜采用骨架密实型混合料，集料最大公称粒径应不大于 31.5 mm。水泥稳定类材料的压实度、7 d 龄期无侧限抗压强度代表值应满足表 4.4.3-1 中的要求。水泥稳定类材料的水泥剂量宜为 2.5%~6.0%，强度不满足要求时应调整级配。

表 4.4.3-1 水泥稳定材料的压实度及 7 d 无侧限抗压强度

层位	航空交通等级为特重、重或中时	
	压实度 (%)	7 d 无侧限抗压强度 (MPa)
上基层	≥98	4.0~7.0
下基层	≥97	3.0~5.0

注：1 表中压实度系按重型击实试验法求得。

2 表中试验可采用静压法。

2 石灰粉煤灰稳定类粒料可用于沥青道面的下基层，其压实度、7 d 龄期无侧限抗压强度代表值应满足表 4.4.3-2 的要求。

表 4.4.3-2 石灰粉煤灰稳定类粒料的压实度及 7 d 无侧限抗压强度

压实度 (%)	7 d 无侧限抗压强度 (MPa)
≥97	≥0.80

注：表中压实度系按重型击实试验法求得。

#### 4.4.4 粒料和沥青稳定类基层应符合如下规定：

- 1 粒料和沥青稳定类基层厚度应满足表 4.2.4 和表 4.4.6 中的要求；
- 2 级配碎石用于上基层时，其压实度应不小于重型击实标准条件下的 97%，*CBR* 值应不小于 100%；
- 3 级配碎石用于下基层时，其压实度应不小于重型击实标准条件下的 96%，*CBR* 值应不小于 90%；
- 4 级配砾石、级配碎砾石用于下基层时，其压实度应不小于重型击实标准条件下的 96%，*CBR* 值应不小于 80%。

#### 4.4.5 碾压混凝土、贫混凝土和水泥混凝土基层应符合如下规定：

- 1 碾压混凝土或贫混凝土基层厚度应满足表 4.2.4 和表 4.4.6 中的要求；
- 2 碾压混凝土或贫混凝土基层掺加粉煤灰时，粉煤灰的掺入量宜为水泥质量的 20%~40%；
- 3 贫混凝土中集料的最大公称粒径宜不大于 31.5 mm，水泥剂量宜不少于 170 kg/m<sup>3</sup>，7 d 抗压强度应不小于 10 MPa；
- 4 碾压混凝土中集料的最大公称粒径宜不大于 26.5 mm，水泥剂量宜不少于 280 kg/m<sup>3</sup>，7 d 抗压强度应不小于 15 MPa；

5 水泥混凝土基层可参照现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40) 的规定执行。

**4.4.6** 基层压实最小层厚应符合表 4.4.6 的规定。当厚度超出施工设备的压实能力时, 应分层铺筑。

**表 4.4.6 基层压实最小层厚度**

材料种类	集料最大公称粒径 (mm)	基层压实最小层厚度, 不小于 (mm)
密级配沥青混合料 半开级配沥青混合料 开级配沥青混合料	19.0	50
	26.5	80
	31.5	100
	37.5	120
沥青贯入碎石	/	40
贫混凝土、碾压混凝土	31.5、26.5	120
无机结合料稳定类	37.5、31.5、26.5、19.0	150
	53.0	180
级配碎石 级配砾石 未筛分碎石、天然砂砾	37.5、31.5、26.5	100
	53.0	120
填隙碎石	37.5	100
	53.0	100
	63.0	120

## 4.5 面 层

**4.5.1** 面层应密实、耐久、平整、抗滑, 应具有抗高温轮辙、抗低温开裂、抗水损害以及防止雨水渗入基层等功能。

**4.5.2** 面层应具有与飞机荷载、自然环境相适应的结构厚度和抗力, 具有满足功能要求和承受复杂应力的能力。

**4.5.3** 面层的沥青混合料类型可按表 4.5.3 选择。AC 型混合料和 SMA 型混合料的结构层厚度宜不小于集料最大公称粒径的 2.5~3.0 倍。不同粒径沥青混合料的层厚应符合表 4.5.3 中的规定。

表 4.5.3 沥青混合料分类

沥青混合料类型		最大粒径 (mm)	最大公称粒径 (mm)	最小厚度 (mm)	
AC	砂粒式	AC-5	9.5	4.75	15
	细粒式	AC-10	13.2	9.5	25
		AC-13	16	13.2	35
	中粒式	AC-16	19	16	40
		AC-20	26.5	19	50
粗粒式	AC-25	31.5	26.5	75	
SMA	细粒式	SMA-13	16	13.2	40
	中粒式	SMA-16	19	16	50

注：砂粒式 AC-5 沥青混合料主要用于应力吸收层。

4.5.4 面层的施工压实度应不小于 98%。

## 4.6 其他功能层

4.6.1 无机结合料稳定类基层、粒料基层与沥青面层之间可设置透层和封层。

4.6.2 无机结合料稳定类基层、碾压或贫混凝土基层、水泥混凝土基层与沥青面层之间应设置封层或其他应力吸收层。封层可采用同步沥青碎石，应力吸收层可采用砂粒式沥青混合料。

4.6.3 沥青层之间应喷洒黏层油，宜采用与上层沥青混合料相同的基质热沥青、改性热沥青或者改性乳化沥青。

## 4.7 道 肩

4.7.1 道肩结构应包括面层、基层，可根据使用要求和具体情况设置。

4.7.2 道肩结构应能承受飞机气流吹蚀并防止地面物质损坏飞机发动机，跑道道肩结构还应能承受可能通行的车辆荷载。

4.7.3 道肩设计应考虑道面基层和下基层的排水，采用的基层和下基层的厚度可逐渐变薄，避免道面下积水。

4.7.4 道肩面层宜采用细粒式沥青混合料。

## 5 沥青混合料设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 沥青混合料设计应综合考虑航空交通量、道基承载力、环境条件、地方材料供应、成本以及各结构层受力特点等因素，进行设计。

5.1.2 飞机荷载作用区域沥青面层混合料宜采用改性沥青混合料。

### 5.2 材料规格及技术要求

5.2.1 沥青材料应符合如下规定：

- 1 沥青类型宜根据航空交通等级及所在地的气候分区，按照表 5.2.1-1 确定；
- 2 沥青技术要求应符合表 5.2.1-2 至表 5.2.1-4 中的规定，试验方法参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)；

表 5.2.1-1 机场沥青道面适用的沥青类型

气候分区 (高温指标—低温指标)	航空交通 等级	沥青结合料		
		石油沥青	改性沥青	
			SBS 改性沥青类等级要求	用于改性的基质沥青
夏炎热—冬严寒 夏热—冬严寒 夏炎热—冬寒 夏热—冬寒	特重、 重、中	A-90、A-70	( I-B、 I-C)	A-110、A-90、A-70
	轻、特轻	A-110、A-90		
夏炎热—冬冷 夏炎热—冬温 夏热—冬冷 夏热—冬温	特重、 重、中	A-70、A-50	( I-C、 I-D)	A-90、A-70
	轻、特轻	A-90、A-70		

续表

气候分区 (高温指标—低温指标)	航空交通 等级	沥青结合料		
		石油沥青	改性沥青	
			SBS 改性沥青类等级要求	用于改性的基质沥青
夏凉—冬寒	特重、 重、中	A-110、A-90	( I-B、I-C)	
	轻、特轻	A-110	( I-A、I-B)	
			A-130、A-110、A-90	

注：沥青道面也可采用以 SBS、PE 等高分子聚合物、废旧轮胎橡胶粉、环氧树脂等材料作为改性剂的改性沥青。改性沥青也可采用沥青 PG 分级指标。

表 5.2.1-2 石油沥青技术要求

项目	沥青标号					试验方法
	A-130	A-110	A-90	A-70	A-50	
25℃ 针入度 (0.1 mm)	120~140	100~120	80~100	60~80	40~60	JTG E20 T 0604
软化点 (℃)	≥40	≥43	≥45	≥46	≥49	JTG E20 T 0606
15℃ 延度 (cm)	≥100				≥80	JTG E20 T 0605
10℃ 延度 (cm)	≥50	≥50	≥50	≥50	≥40	JTG E20 T 0605
60℃ 动力粘度 (Pa·s)	≥60	≥120	≥160	≥180	≥200	JTG E20 T 0620
蜡含量 (蒸馏法) (%)	≤2.2					JTG E20 T 0615
闪点 (℃)	≥230		≥245	≥260		JTG E20 T 0611
溶解度 (%)	≥99.0					JTG E20 T 0607
旋转薄膜 (RTFOT) 或者薄膜 (TFOT) 加热试验						
质量变化 (%)	≤0.8					JTG E20 T 0610 JTG E20 T 0609
残留针入度比 (%)	≥54	≥55	≥57	≥61	≥63	JTG E20 T 0604
15℃ 残留延度 (cm)	≥35	≥30	≥20	≥15	≥10	JTG E20 T 0605
10℃ 残留延度 (cm)	≥12	≥10	≥8	≥6	≥4	JTG E20 T 0605

表 5.2.1-3 聚合物改性沥青技术要求

项目	SBS 类 ( I 类)				SBR 类 ( II 类)			EVA、PE 类 ( III 类)				试验方法
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	
25℃ 针入度 (0.1 mm)	>100	80~100	60~80	40~60	>100	80~100	60~80	>80	60~80	40~60	30~40	JTG E20 T 0604

续表

项目	SBS类 (I类)				SBR类 (II类)			EVA、PE类 (III类)				试验方法
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	
5℃延度 (cm)	≥45	≥35	≥25	≥20	≥60	≥50	≥40	—				JTG E20 T 0605
软化点 (℃)	≥55	≥60	≥65	≥75	≥45	≥48	≥52	≥50	≥52	≥56	≥60	JTG E20 T 0606
135℃运动粘度 (Pa·s)	≤3											JTG E20 T 0625/ T 0619
闪点 (℃)	≥230											JTG E20 T 0611
25℃弹性恢复 (%)	≥60	≥65	≥70	≥75	—			—				JTG E20 T 0662
粘韧性 (N·m)	—				≥5			—				JTG E20 T 0624
韧性 (N·m)	—				≥2.5			—				JTG E20 T 0624
贮存稳定性 48 h 软化点差 (℃)	≤2				—			无改性剂明显析出凝聚				JTG E20 T 0661
旋转薄膜 (RTFOT) 或者薄膜 (TFOT) 加热试验												
质量变化率 绝对值 (%)	≤0.8											JTG E20 T 0609/ T 0610
25℃针入度比 (%)	≥50	≥55	≥60	≥65	≥50	≥55	≥60	≥50	≥55	≥58	≥60	JTG E20 T 0604
5℃延度 (cm)	≥30	≥25	≥20	≥15	≥30	≥20	≥10	—	—	—	—	JTG E20 T 0605

表 5.2.1-4 湖沥青复合改性沥青技术要求

项目	技术要求	试验方法
25℃针入度 (0.1 mm)	30~50	JTG E20 T 0604
软化点 (℃)	≥80	JTG E20 T 0606
25℃弹性恢复 (%)	≥80	JTG E20 T 0662
5℃延度 (cm)	≥15	JTG E20 T 0605

注：湖沥青复合改性沥青为 SBS 改性沥青与湖沥青复合改性后的沥青，SBS 改性沥青和湖沥青掺配比例应根据试验确定。

3 道面位于太阳辐射极强烈区时，道面上面层沥青混合料应进行抗紫外老化性能的增强设计；道面位于太阳辐射强烈区时，道面上面层沥青混合料宜按附录 F.2 进行沥青材料抗紫外老化能力的评价。紫外老化试验后的残留延度比（15℃）应不小于 60%。

【条文说明】本次修订中进一步增加了可用于改性的基质沥青类型，以增加机场道面沥青混合料设计的灵活性。

### 5.2.2 粗集料应符合如下规定：

1 粗集料应清洁、干燥，具有足够的强度、硬度和良好的棱角性，其技术要求应符合表 5.2.2-1 中的规定，试验方法参照《公路工程集料试验规程》（JTG 3432）；

表 5.2.2-1 粗集料技术要求

指标	上面层	其他层	试验方法
石料压碎值 (%)	≤18	≤23	JTG 3432 T 0316
洛杉矶磨耗值 (%)	≤28	≤30	JTG 3432 T 0317
坚固性 (%)	≤10	≤12	JTG 3432 T 0304
表观相对密度	≥2.60	≥2.50	JTG 3432 T 0304
吸水率 (%)	≤2.0	≤2.0	JTG 3432 T 0314
针片状颗粒含量 (%)	≤12	≤15	JTG 3432 T 0312
粒径大于 9.5 mm 的含量 (%)	≤10	≤12	
粒径小于 9.5 mm 的含量 (%)	≤15	≤18	
水洗法小于 0.075 mm 颗粒含量 (%)	≤1	≤	JTG 3432 T 0310
软石含量 (%)	≤2	≤3	JTG 3432 T 0320
磨光值 (PSV)	≥42	—	JTG 3432 T 0321
集料与沥青的粘附性 (级)	≥5	≥5	JTG 3432 T 0616

注：1 坚固性试验可根据需要进行。

2 3 mm~5 mm 规格粗集料的针片状颗粒含量可不予要求。

3 粘附性试验所用沥青应以工程采用的沥青结合料为标准进行评价。若粗集料与沥青粘附性达不到 5 级，应采取添加外加剂等技术措施。用于提高集料与沥青粘附性的外加剂包括抗剥落剂、石灰、水泥等；外加剂的种类、剂量需通过试验确定。

2 粗集料的粒径规格应符合表 5.2.2-2 中的规定；

表 5.2.2-2 粗集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S1	20~40	100	90~100	—	—	0~15	—	0~5	—	—
S2	10~30	100	90~100	—	—	—	0~15	0~5	—	—
S3	10~25	—	100	90~100	—	0~15	—	0~5	—	—
S4	10~20	—	—	100	90~100	—	0~15	0~5	—	—
S5	10~15	—	—	—	100	90~100	0~15	0~5	—	—
S6	5~15	—	—	—	100	90~100	40~70	0~15	0~5	—
S7	5~10	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~5	—
S8	3~10	—	—	—	—	100	90~100	40~70	0~20	0~5
S9	3~5	—	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~3

3 在碎石供应有困难的地区，用于中下面层和基层的粗集料经专项论证后可采用轧制的砾石。轧制的砾石除满足粗集料技术要求外，其中 4.75 mm 及以上颗粒的破裂面应符合表 5.2.2-3 中的规定。

表 5.2.2-3 破碎砾石粗集料 4.75 mm 及以上颗粒破碎面的要求

沥青道面部位	具有一定数量破碎面颗粒的含量 (%)		试验方法
	1 个或 1 个以上破碎面	2 个或 2 个以上破碎面	
中下面层、基层	≥90	≥80	JTG 3432 T 0346

5.2.3 细集料应符合如下规定：

- 1 细集料应采用机制砂；
- 2 细集料应洁净、干燥、无杂质，并有适当的颗粒级配，其技术要求应符合表 5.2.3-1 中的规定；
- 3 细集料粒径规格应符合表 5.2.3-2 中的规定。

表 5.2.3-1 细集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
表观相对密度	$\geq 2.50$	JTG 3432 T 0328
坚固性 (大于 0.3 mm 部分) (%)	$\geq 12$	JTG 3432 T 0340
砂当量 (%)	$\geq 60$	JTG 3432 T 0334
棱角性 (流动时间) (s)	$\geq 30$	JTG 3432 T 0345
塑性指数	$\leq 4$	JTG 3432 T 0354
亚甲蓝 (g/kg)	$\leq 2.5$	JTG 3432 T 0349
小于 0.075 mm 的颗粒含量 (%)	$\leq 3$	—

注: 1 坚固性试验可根据需要进行。

2 砂当量指冷料砂当量。

表 5.2.3-2 细集料粒径规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S10	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S11	0~3		100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

【条文说明】细集料主要指以破碎块石为原料并由专用制砂机轧制而得的机制砂。

#### 5.2.4 填料应符合如下规定:

1 填料应采用石灰石等碱性石料加工磨细的石粉, 原石料中的风化石、泥土杂质应剔除。填料要求干燥、洁净, 其技术要求应符合表 5.2.4 中的规定。

表 5.2.4 填料技术要求

项目	技术要求	试验方法
表观相对密度	$\geq 2.50$	JTG 3432 T 0352
含水量, 不大于 (%)	1	JTG 3430 T 0103-烘干法
粒度小于 0.6 mm 的占比 (%)	100	JTG 3432 T 0351
粒度小于 0.15 mm 的占比 (%)	90~100	
粒度小于 0.15 mm 的占比 (%)	80~100	
外观	无团粒结块	—
亲水系数	$\leq 1$	JTG 3432 T 0353
塑性指数	$\leq 6$	JTG 3432 T 0354

【条文说明】在沥青混合料中，矿质填料通常是指矿粉，其他填料如消石灰粉、水泥常作为抗剥落剂使用，但是掺量过高易引起开裂。填料在沥青混合料中起到重要的作用，填料要适量，少了不足以吸附沥青，填料过多又会使胶泥成团，致使沥青道面胶泥离析。

2 为提高沥青混合料的水稳定性，可使用水泥、消石灰粉代替部分填料，但总量不宜超过矿料总质量的 2%。

3 从沥青混合料搅拌设备集尘装置中回收的粉尘不应用作填料。

**5.2.5** 添加抗轮辙剂、高模量剂等外加剂的沥青混合料应进行性能验证，除应满足动稳定度、冻融劈裂强度比、浸水马歇尔残留稳定度、低温小梁弯曲、动态模量和单轴贯入抗剪强度等技术指标外，还应满足疲劳性能的要求。疲劳性能试验方法参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20 T 0739)。

### 5.3 沥青混合料配合比

**5.3.1** 沥青混合料配合比应符合如下规定：

1 沥青混合料配合比设计应按推荐级配范围，采用马歇尔试验法进行目标配合比设计，并应检验沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等性能指标。有条件时，可选用其他配合比设计方法进行验证。

2 沥青混合料级配确定时应选择 2~3 条级配曲线，通过混合料配合比试验确定沥青含量，对混合料进行使用性能检验，有条件时进行抗滑性能、抗油蚀性能等检验，并通过试拌试铺检验配合比的合理性。

**5.3.2** 沥青混合料类型和规格应根据沥青道面结构组合、厚度以及层位，按表 5.3.2 所列的范围选择，并满足第 4.5.3 条的要求。

表 5.3.2 沥青道面各层适宜的沥青混合料类型和规格

层位	混合料类型和规格
上面层	SMA-13、SMA-16、AC-10、AC-13、AC-16
中面层	SMA-16、AC-16、AC-20、AC-25
下面层	AC-20、AC-25
基层	ATB-25、ATB-30
应力吸收层	AC-5

注：AC-10 和 AC-13 仅用于道肩的上面层。SMA-13、SMA-16 宜用于跑道、滑行道的上面层。SMA-16 也可用于高温增强区的中面层。ATB-25、ATB-30 经论证可用于下面层。

5.3.3 沥青混合料集料级配范围宜符合表 5.3.3-1 至表 5.3.3-3 的规定。

表 5.3.3-1 AC 集料级配范围

筛孔 (mm)	不同类型沥青混合料集料通过率 (%)					
	AC-5	AC-10	AC-13	AC-16	AC-20	AC-25
31.5						100
26.5					100	95~100
19.0				100	90~100	75~90
16.0			100	95~100	75~90	62~80
13.2		100	95~100	75~90	62~80	53~73
9.5	100	95~100	65~88	58~78	52~72	43~63
4.75	90~100	55~75	35~68	42~63	33~58	32~52
2.36	55~75	38~58	25~53	32~50	23~46	25~42
1.18	35~55	26~43	15~41	22~37	18~34	18~32
0.6	20~40	17~33	12~30	16~28	12~27	13~25
0.3	12~28	10~24	8~22	11~21	7~20	8~18
0.15	7~18	6~16	6~16	7~15	4~14	5~13
0.075	5~10	4~9	4~8	4~8	3~8	3~7

表 5.3.3-2 SMA 集料级配范围

筛孔 (mm)	不同类型沥青混合料集料通过率 (%)	
	SMA-13	SMA-16
19.0	—	100
16.0	100	90~100
13.2	90~100	60~80
9.5	45~65	40~60
4.75	22~34	20~32
2.36	18~27	18~27
1.18	14~22	14~22
0.6	12~19	12~19
0.3	10~16	10~16
0.15	9~14	9~14
0.075	8~12	8~12

表 5.3.3-3 ATB 集料级配范围

筛孔 (mm)	不同类型沥青混合料集料通过率 (%)	
	ATB-25	ATB-30
37.5	—	100
31.5	100	90~100
26.5	90~100	70~90
19.0	60~80	53~72
16.0	48~68	44~66
13.2	42~62	39~60
9.5	32~52	31~51
4.75	20~40	20~40
2.36	15~32	15~32
1.18	10~25	10~25
0.6	8~18	8~18
0.3	5~14	5~14
0.15	3~10	3~10
0.075	2~6	2~6

5.3.4 用于提高沥青混合料使用性能的抗轮辙剂、高模量剂等外加剂应通过沥青混合料目标配合比确定具体剂量。

5.3.5 不同类型的沥青混合料马歇尔技术指标值应符合表 5.3.5-1 至表 5.3.5-3 中的规定。

表 5.3.5-1 AC 混合料技术要求

试验指标	技术要求	试验方法
击实次数 (双面) (次)	75	JTG E20 T 0702
试件尺寸 (mm)	Φ101.6×63.5	JTG E20 T 0702
稳定度 (kN)	≥9.0	JTG E20 T 0709
流值 (0.1 mm)	20~40	JTG E20 T 0709
空隙率 (%)	3~5	JTG E20 T 0705

续表

试验指标		技术要求						试验方法
矿料间隙率 VMA (%)	设计空隙率 (%)	相应于以下最大公称粒径 (mm) 的最小 VMA 及 VFA 技术要求 (%)						JTG E20 T 0705
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	
	2	≥10	≥11	≥11.5	≥12	≥13	≥15	
	3	≥11	≥12	≥12.5	≥13	≥14	≥16	
	4	≥12	≥13	≥13.5	≥14	≥15	≥17	
	5	≥13	≥14	≥14.5	≥15	≥16	≥18	
沥青饱和度 VFA (%)		55~70	65~75			70~85		JTG E20 T 0705

表 5.3.5-2 SMA 混合料技术要求

项目	技术要求	试验方法
击实次数 (双面) (次)	75	JTG E20 T 0702
试件尺寸 (mm)	Φ101.6×63.5	JTG E20 T 0702
稳定度 (kN)	≥60	JTG E20 T 0709
流值 (0.1 mm)	实测	JTG E20 T 0709
空隙率 (%)	3~4.5	JTG E20 T 0705
VMA (%)	≥16.5	JTG E20 T 0705
粗集料骨架空隙率 $VCA_{mix}$	不大于捣实状态下粗集料松装空隙率 $VCA_{DRC}$	JTG E20 T 0705
饱和度 (%)	75~85	JTG E20 T 0705
析漏 (%)	0.10	JTG E20 T 0732
肯塔堡飞散试验不大于 (%)	10	JTG E20 T 0733

表 5.3.5-3 ATB 混合料技术要求

项目	技术要求		试验方法
	ATB-25	ATB-30	
击实次数 (双面) (次)	75	112	JTG E20 T 0702
试件尺寸 (mm)	Φ101.6×63.5	Φ152.4×95.3	JTG E20 T 0702
稳定度 (kN)	≥7.5	≥15	JTG E20 T 0709
流值 (0.1 mm)	15~40	实测	JTG E20 T 0709
空隙率 (%)	3~6		JTG E20 T 0705

续表

项目	技术要求		试验方法
	ATB-25	ATB-30	
VMA (%)	≥12	≥11.5	JTG E20 T 0705
饱和度 (%)	55~70		JTG E20 T 0705

**5.3.6 混合料配合比与沥青含量应符合如下规定：**

- 1 不同种类沥青混合料适宜的沥青含量范围可参考表 5.3.6；
- 2 沥青混合料的配合比宜根据所选定的混合料类型、表 5.3.3-1 至表 5.3.3-3 中的级配范围和表 5.3.6 中的沥青含量范围，以及表 5.3.5-1~表 5.3.5-3 中的技术要求确定。

**表 5.3.6 沥青含量范围**

类型	SMA-13	SMA-16	AC-5	AC-10	AC-13	AC-16	AC-20	AC-25	ATB-25	ATB-30
沥青含量 (%)	5.5~6.1	5.4~6.0	4.7~5.7	4.5~5.5	4.3~5.3	4.1~5.1	3.8~4.8	3.5~4.5	3.0~4.0	3.0~4.0

**5.3.7 沥青混合料的高温性能采用轮辙试验评价，试验结果应满足表 5.3.7 中的要求。用于跑道等待位置、飞机转弯处等特殊位置的沥青混合料，可根据实际情况参照表 5.3.7 采用更高航空交通等级或更高气候分区的技术要求。**

**表 5.3.7 轮辙试验动稳定度技术要求**

项目 (分成两列)		动稳定度 (次/mm)			试验方法
		夏炎热区	夏热区	夏凉区	
特重、重	抗高温性能增强区	≥10 000*	≥8 000*	≥6 000	JTG E20 T 0719
	其他区域	≥8 000*	≥6 000	≥5 000	
中	抗高温性能增强区	≥8 000*	≥7 000*	≥5 000	
	其他区域	≥7 000*	≥5 000	≥4 000	
轻、特轻	抗高温性能增强区	≥5 000	≥4 000	≥3 000	
	其他区域	≥4 000	≥3 000	≥2 000	

注：1 抗高温性能增强区是指沥青道面结构 I 区和其他需要高温性能增强的场内区域（转弯、等待区）。

2 标示 \* 号的标准应采用变形检测精度为±5‰、分辨率为 0.001 mm 的轮辙仪进行试验。

3 道肩和非承重区沥青道面使用的沥青混合料的动稳定度一般不作要求。

【条文说明】飞机荷载的轮胎压力远高于车辆荷载，由于现有沥青混合料高温性能试验装置的限制，依然沿用 60℃、0.7 MPa 的试验标准。为满足机场沥青道面的使用要求，可采用 60℃、1.1 MPa 或 70℃、0.7 MPa 的试验条件进行轮辙试验，以积累数据。

5.3.8 上面层沥青混合料的低温性能采用小梁弯曲试验评价，试验得到的破坏应变宜满足表 5.3.8 中的要求。

表 5.3.8 低温小梁弯曲试验技术要求

混合料类型	破坏应变 ( $\mu\varepsilon$ )				试验方法
	冬严寒区	冬寒区	冬冷区	冬温区	
普通沥青混合料	$\geq 2\ 800$	$\geq 2\ 500$	$\geq 2\ 000$		JTG E20 T 0715
改性沥青混合料	$\geq 3\ 000$		$\geq 2\ 500$		

5.3.9 沥青混合料的抗水损害性能采用浸水马歇尔残留稳定性和冻融劈裂残留强度比两个指标评价，沥青混合料面层的水稳定性应满足表 5.3.9-1 及表 5.3.9-2 中的要求，达不到要求时应采取抗剥落措施。

表 5.3.9-1 浸水马歇尔残留稳定性技术要求

混合料类型	浸水马歇尔残留稳定性 (%)	试验方法
普通沥青混合料	$\geq 85$	JTG E20 T 0709
改性沥青混合料	$\geq 90$	

表 5.3.9-2 冻融劈裂残留强度比技术要求

混合料类型	冻融劈裂残留强度比 (%)	试验方法
普通沥青混合料	$\geq 80$	JTG E20 T 0729
改性沥青混合料	$\geq 85$	

5.3.10 沥青混合料的抗渗性能宜利用轮碾机成型的轮辙试验试件，脱模架起进行渗水试验，并满足表 5.3.10 中的要求。

表 5.3.10 试件渗水系数技术要求

级配类型	渗水系数要求 (ml/min)	试验方法
密级配沥青混合料	≤80	JTG E20 T 0730
SMA 沥青混合料	≤50	

## 6 设计参数

### 6.1 交通参数

**6.1.1** 道面设计年限内每种机型累计运行架次应按式 (6.1.1) 确定。

$$N_s = \sum_{i=1}^Y N_{si} \quad (6.1.1)$$

式中:  $N_s$  ——设计年限内第  $s$  种机型累计运行架次;

$N_{si}$  ——第  $i$  年第  $s$  种机型年运行架次;

$Y$  ——设计年限。

**6.1.2** 各机型主起落架上的单轮轮载, 可根据飞机参数按式 (6.1.2) 计算确定。

$$P_t = \rho G / n_c \quad (6.1.2)$$

式中:  $P_t$  ——各机型主起落架上的单轮轮载 (kN);

$\rho$  ——主起落架荷载分配系数, 可按照附录 C 取值;

$G$  ——各机型飞机的重量 (kN), 可按照附录 C 取值;

$n_c$  ——各机型主起落架的总轮数, 可按照附录 C 取值。

**6.1.3** 主起落架单轮与沥青道面之间的接触轮印可假定为圆形, 圆形轮印的直径可按式 (6.1.3) 进行计算。

$$d = 2 \sqrt{\frac{1000P_t}{\pi q}} \quad (6.1.3)$$

式中:  $d$  ——轮印直径 (m);

$q$  ——飞机主起落架轮胎压强 (MPa)。

### 6.2 道基模量

**6.2.1** 道基顶面模量宜通过室内试验或者现场试验确定, 也可采用类似工程调查法确定, 并符

合如下规定:

1 采用室内试验或现场试验确定的道基模量应进行不利季节修正;

2 采用类似工程调查法时,道基模量应经过综合分析论证后确定,也可根据附录 B 采用查表法进行估算,乘以 2.0~2.5 的系数作为道基模量设计值。施工阶段应通过现场测试进行复核。

【条文说明】采用附录 B 查表法确定的道基模量为静态模量值,应乘以 2~2.5 的系数得出道基模量设计值。

### 6.2.2 室内试验法测定道基模量应按如下规定进行:

1 采用直径 100 mm 的承载板,按照《公路土工试验规程》(JTG 3430)的技术要求测定。道基土模量测试值应按公式 (6.2.2-1) 进行修正。

$$E_{0s} = \lambda\beta E_0 \quad (6.2.2-1)$$

式中:  $E_{0s}$  ——修正后的道基土模量测试值 (MPa);

$\lambda$  ——试件尺寸约束修正系数,可取 0.59;

$\beta$  ——动态修正系数,可取 2.0~2.5;

$E_0$  ——道基土模量测试值 (MPa)。

2 道基模量设计值应考虑不利季节的影响,采用式 (6.2.2-2) 进行修正。

$$E_{0d} = 0.66E_{0s}/K \quad (6.2.2-2)$$

式中:  $E_{0d}$  ——道基模量设计值 (MPa);

$K$  ——考虑不利季节的综合影响系数,按表 6.2.2 取值。

表 6.2.2 考虑不利季节的综合影响系数  $K$

道基干湿类型	干燥	中湿	潮湿、过湿
综合影响系数 $K$	1.3	1.6	1.9

### 6.2.3 现场试验法测定道基模量应按如下规定进行:

1 应采用 FWD 测定道基模量,并按式 (6.2.3-1) 计算测点位置的道基模量实测值。

$$E_{0b} = \frac{P_d(1 - \mu_0^2)}{\pi D_r r} \quad (6.2.3-1)$$

式中:  $E_{0b}$  ——道基模量实测值 (MPa);

$P_d$  ——FWD 施加的荷载 (kN);

$D_r$  ——距荷载中心点  $r$  处的弯沉值 (0.001 mm),  $r$  可取 900 mm;

$\mu_0$  ——道基土的泊松比。

【条文说明】研究表明，根据 FWD 测定的弯沉数据计算道基模量时，采用荷载中心点弯沉值计算的道基模量受加载条件的影响较大，计算的道基模量不稳定，而采用距荷载中心点  $r = 600 \text{ mm}$ 、 $900 \text{ mm}$  或  $1200 \text{ mm}$  处弯沉值计算的道基模量稳定、一致，能够反映道基的实际性能。据此并参考国外的研究，取  $r = 900 \text{ mm}$ 。

2 道基模量设计值  $E_{0D}$  应根据各测点位置的道基模量实测值  $E_{0b}$ ，采用式 (6.2.3-2) 计算确定。

$$E_{0D} = (E_{0b} - \alpha S) / K \quad (6.2.3-2)$$

式中： $E_{0D}$  ——道基模量设计值 (MPa)；

$E_{0b}$ ， $S$  ——各测点道基模量实测值的平均值和标准差 (MPa)；

$\alpha$  ——保证率系数，取 2.0；

$K$  ——考虑不利季节的综合影响系数，按表 6.2.2 取值。

### 6.3 基层结构设计参数

6.3.1 粒料类基层的结构设计参数宜通过室内试验确定。试验条件受限时，可参照表 6.3.1 确定。采用查表法估计时，宜通过室内试验进行结构参数复核。

表 6.3.1 粒料基层弹性模量及泊松比参考值

材料类型	弹性模量 (MPa)	泊松比
连续级配的碎石基层	300~350	0.35
骨架密实型的碎石基层	300~500	
填隙碎石 (下基层用)	200~280	
未筛分碎石 (下基层用)	180~220	
天然砂砾 (下基层用)	150~200	

注：粒料类基层材料的弹性模量取值已考虑了湿度调整系数。

6.3.2 无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层的结构设计参数应按如下规定确定：

1 无机结合料稳定类基层的弹性模量宜采用《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 中规定的方法测定，模量设计值按式 (6.3.2) 计算。

$$E_B = \bar{E}_B + \alpha S \quad (6.3.2)$$

式中:  $E_B$  ——基层模量设计值 (MPa);

$\bar{E}_B$ ,  $S$  ——基层弹性模量实测值的平均值和标准差 (MPa);

$\alpha$  ——保证率系数, 计算层及以上各层模量取 2.0, 计算层以下各层模量取 2.0。

2 试验条件受限时, 无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层的结构设计参数可参照表 6.3.2-1 和 6.3.2-2 确定。采用查表法估计时, 宜通过室内试验进行结构参数复核。

表 6.3.2-1 无机结合料稳定类基层的弹性模量、弯拉强度及泊松比参考值

材料类型	弹性模量 (MPa)	弯拉强度 (MPa)	泊松比
水泥稳定砂砾	14 000~20 000	0.9~1.5	0.25
水泥稳定碎石	18 000~28 000	1.5~2.0	
石灰粉煤灰稳定碎石	14 000~20 000	0.9~1.5	

注: 无机结合料作为基层进行结构力学计算时, 模量应乘以 0.5 的调整系数。

表 6.3.2-2 贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层的弹性模量、弯拉强度及泊松比参考值

材料类型	弹性模量 (MPa)	弯拉强度 (MPa)	泊松比
贫混凝土	15 000~25 000	1.5~3.5	0.25
碾压混凝土、水泥混凝土	20 000~30 000	2.5~4.5	

注: 作为基层进行结构力学计算时, 模量应乘以 0.5 的调整系数。

6.3.3 通过室内试验复核基层的弹性模量和弯拉强度时, 试验方法应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 基层弹性模量和弯拉强度试验方法及试件龄期

项目	基层材料类型	试验方法	试件龄期 (d)
弹性模量	水泥稳定类基层	JTG 3441 T 0808	90
	石灰粉煤灰稳定基层		180
	石灰稳定类基层		—
	粒料类基层	JTG 3430 T 0147	—
	贫混凝土基层	JTG 3420 T 0557	28
	碾压混凝土、水泥混凝土基层		
弯拉强度	无机结合料稳定类基层	JTG 3441 T 0851	90
	贫混凝土基层	JTG 3420 T 0558	28
	碾压混凝土、水泥混凝土基层		

## 6.4 面层和沥青稳定类基层结构设计参数

**6.4.1** 沥青面层和沥青稳定类基层的沥青混合料模量宜采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)中规定的方法测定。计算无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层沥青道面的轮辙时,沥青混合料的模量测试温度为60℃,计算其他情况时沥青混合料的模量测试温度为20℃。模量设计值应按式(6.4.1)计算。

$$E_A = \bar{E}_A + \alpha S \quad (6.4.1)$$

式中:  $E_A$ ——沥青混合料模量设计值(MPa);

$\bar{E}_A$ ,  $S$ ——沥青混合料模量实测值的平均值和标准差(MPa);

$\alpha$ ——保证率系数,计算层及以上各层模量取2.0,计算层以下各层模量取-2.0。

**6.4.2** 沥青混合料的抗剪强度应采用附录F.3中单轴贯入剪切试验确定。

**6.4.3** 试验条件受限时,沥青混合料的模量设计值、抗剪强度可参考表6.4.3选取。计算无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层沥青道面的轮辙时,沥青混合料的模量取2 000 MPa~2 200 MPa。

表 6.4.3 沥青混合料动态模量及抗剪强度取值范围 (MPa)

沥青混合料类型	沥青种类				抗剪强度	
	A-50、A-70 基质沥青	A-90 基质沥青	A-110、A-130 基质沥青	SBS 改性沥青	基质沥青	改性沥青
SMA10、SMA13、SMA16	—	—	—	7 500~12 000	0.4~0.8	0.7~1.2
AC10、AC13	8 000~12 000	7 500~11 500	7 000~10 500	8 500~12 500	0.4~0.8	0.6~1.1
AC16、AC20、AC25	9 000~13 500	8 500~13 000	7 500~12 000	9 000~13 500	0.4~0.7	0.5~1.0
ATB25	7 000~11 000	—	—	—	0.4~0.7	—
LSPM25	6 000~9 000	—	—	—	0.4~0.6	—

注: 1 ATB25 和 LSPM25 为 5 Hz 条件下动态模量, 其他沥青混合料为 10 Hz 条件下动态模量。

2 沥青粘度大、级配好或空隙率小时取高值, 反之取低值。

**6.4.4** 密集配沥青混合料的泊松比可取 0.25。开级配、半开级配沥青混合料的泊松比可取 0.40。

【条文说明】沥青结合类材料参数包括动态模量、抗剪强度和泊松比, 其中动态模量和 60℃ 抗剪

强度为沥青道面性能预估模型中所需的基本参数。动态模量和泊松比还需作为结构参数用于计算沥青道面力学响应。沥青道面力学响应包括沥青层内部最大剪应力、沥青层层底最大水平拉应变、无机结合料稳定类基层层底最大拉应力及道基顶面最大竖向压应变。

## 7 新建沥青道面结构计算

### 7.1 一般规定

7.1.1 新建沥青道面结构厚度计算应按图 7.1.1 所示流程进行。

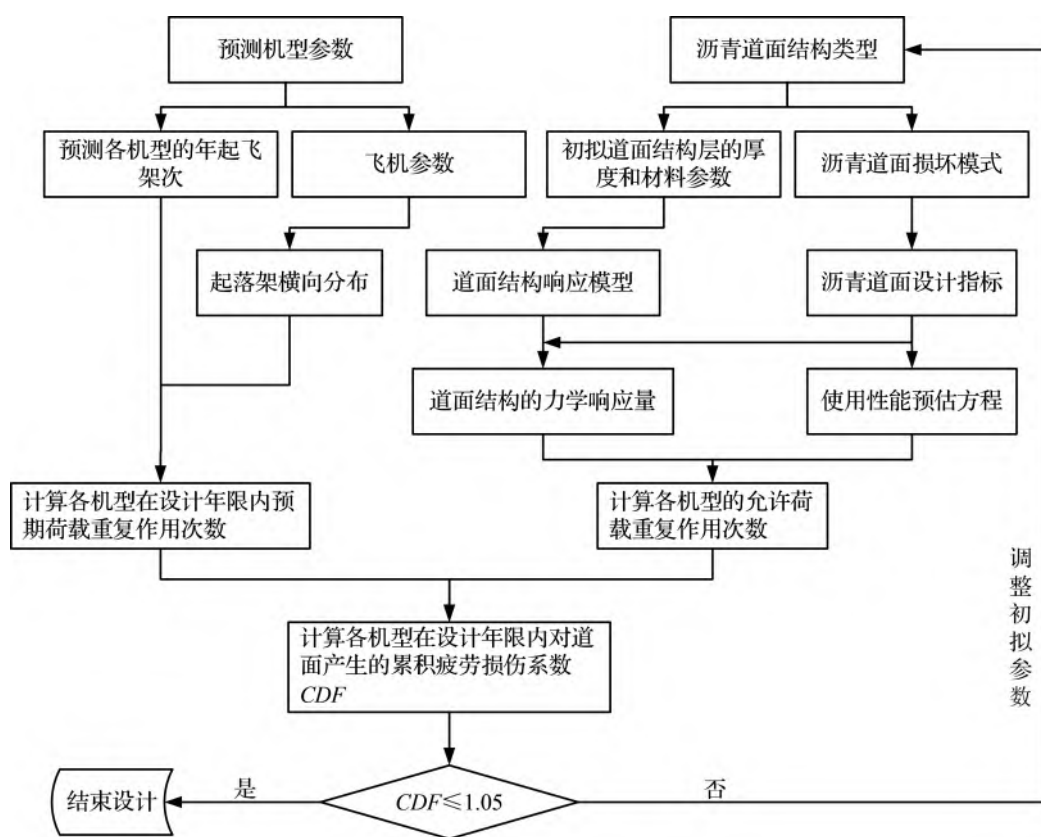


图 7.1.1 新建沥青道面结构厚度计算流程图

7.1.2 新建沥青道面结构厚度设计指标应符合本规范第 3.5 节的规定。

7.1.3 沥青道面结构计算力学模型为弹性层状理论体系，各层间接触条件为完全连续。

## 7.2 沥青道面结构厚度确定

7.2.1 道面结构厚度设计时，交通荷载分析宜按下述步骤进行：

- 1 确定设计年限；
- 2 预测机场运行飞机机型和年运行架次以及各种机型的交通量增长率，确定飞机荷载的重复作用次数；
- 3 统计飞机参数，包括最大起飞重量、胎压、起落架构型和尺寸等参数，计算飞机单轮的轮印尺寸与荷载。

7.2.2 初拟沥青道面结构组合方案应按下述步骤进行：

- 1 初步拟定沥青道面结构面层、基层（垫层）的类型与厚度；
- 2 确定沥青道面各结构层的设计参数。

7.2.3 沥青道面力学响应量计算应符合如下规定：

- 1 按照弹性层状体系理论对初拟的沥青道面结构进行力学计算；
- 2 根据拟定的道面结构组合方案，确定相应的设计指标并进行力学响应量计算，计算拟定结构方案在各机型作用下的允许荷载重复作用次数。

7.2.4 根据荷载重复作用次数和允许荷载重复作用次数计算道面累积损伤因子  $CDF$ 。当  $CDF \leq 1.05$  时，应结合当地实际进行技术经济对比分析，确定合理的结构厚度。当  $CDF > 1.05$  时，应调整结构组合、厚度或材料参数，重新计算直至满足要求。

## 7.3 荷载重复作用次数计算

7.3.1 荷载重复作用次数计算应按附录 D 进行，将沥青道面横向划分成宽 250 mm 的条带，跑道中线两侧各 40 个条带，按照不同机型作用于不同条带的概率确定飞机荷载的重复作用次数。

7.3.2 用于计算荷载重复作用次数的轮迹横向分布，按照均值为 0、标准差为 775 mm 的正态分布进行计算。

【条文说明】轮迹横向分布规律和标准差取值参考了 FAA 咨询通告 AC 150/5320-6F 的取值。

## 7.4 允许荷载重复作用次数计算

7.4.1 道面结构设计指标应按表 3.5.1 确定。

7.4.2 不同道面结构设计指标对应的允许荷载重复作用次数，应根据本规范第 7.1.3 条确定的力学模型，按照如下规定计算：

1 粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的沥青层疲劳开裂所允许的荷载作用次数按式 (7.4.2-1) 计算。

$$\lg N_j = -3.081 - 51 \lg \varepsilon_h - 2.665 \lg E_A \quad (7.4.2-1)$$

式中： $N_j$ ——允许荷载重复作用次数；

$\varepsilon_h$ ——沥青层内最大水平拉应变；

$E_A$ ——沥青混合料模量设计值 (MPa)。

【条文说明】本规范中的沥青层疲劳模型采用美国 FAA 研究报告 *AIRPORT PAVEMENT DESIGN FOR THE BOEING 777 AIRPLANE* (AC No: 150/5320-16) 中的疲劳模型。

2 无机结合料稳定类基层、贫混凝土或碾压混凝土以及水泥混凝土基层层底疲劳开裂所允许的作用次数按式 (7.4.2-2) 计算。

$$\lg N_j = \frac{a}{b} - \frac{\sigma_t}{b \cdot f_r} \quad (7.4.2-2)$$

式中： $\sigma_t$ ——基层层底的最大水平拉应力 (MPa)；

$f_r$ ——基层材料弯拉强度 (MPa)；

$a$ 、 $b$ ——材料参数， $a$  一般取 1.0， $b$  一般取 0.11。

3 粒料类和沥青稳定类基层沥青道面轮辙控制所允许的作用次数按式 (7.4.2-3) 计算。

$$\begin{aligned} \text{当 } N_j \leq 12\,100 \text{ 时, } N_j &= \left( \frac{0.004}{\varepsilon_v} \right)^{8.1} \\ \text{当 } N_j > 12\,100 \text{ 时, } N_j &= \left( \frac{0.002428}{\varepsilon_v} \right)^{14.21} \end{aligned} \quad (7.4.2-3)$$

式中： $N_j$ ——允许荷载重复作用次数；

$\varepsilon_v$ ——道基顶面的最大竖向压应变。

4 进行无机结合料稳定类基层、贫混凝土或碾压混凝土以及水泥混凝土基层沥青道面轮辙验算时，不需计算允许荷载作用次数，但应按式 (7.4.2-4) 计算不同机型产生的沥青面层轮辙量。

$$RD_j = 0.7356 \sum_{i=1}^c 10^{-7.6422 T_i^{3.7586}} [n_j / (1 + 5.5572 V^{1.2219})]^{0.8358} \left( \frac{\tau_i}{[\tau]_i} \right)^{0.6256} \quad (7.4.2-4)$$

式中： $RD_j$ ——第  $j$  机型产生的沥青面层轮辙量 (mm)；

$c$ ——按 1 cm 厚度分层所得的沥青分层总数；  
 $n_j$ ——第  $j$  机型的荷载重复作用次数；  
 $V$ ——飞机在道面上的滑行速度 (km/h)；  
 $\tau_i$ ——第  $i$  分层层中的最大剪应力 (MPa)；  
 $[\tau]_i$ ——第  $i$  分层沥青混合料 60℃ 抗剪强度 (MPa)；  
 $T_i$ ——沥青道面第  $i$  分层的温度 (℃)，宜按照当地沥青道面温度预估公式计算，条件不足时可按式 (7.4.2-5) 计算。

$$T_i = 30.8 - 0.12d + 0.92(MAAT_a + K_\alpha \sigma_{MAAT}) \quad (7.4.2-5)$$

式中： $d$ ——道面第  $i$  层的深度 (mm)；

$MAAT_a$ ——年平均气温 (℃)；

$\sigma_{MAAT}$ ——年平均气温标准差 (℃)；

$K_\alpha$ ——保证率系数，按 1.645 取值。

【条文说明】沥青层轮辙计算模型参照了《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的车辙模型形式，并根据同济大学轮辙变形方面的最新研究成果确定。沥青道面各分层的温度可根据机场当地的历史气候条件分析得到的沥青层温度预估公式预估得到，条件不足时可采用式 (7.4.2-5) 所示的 SUPERPAVE 等效温度预估模型进行计算。

## 7.5 累积损伤因子计算

7.5.1 道面结构累积损伤因子计算应符合如下规定：

- 1 对粒料类和沥青稳定类基层沥青道面进行沥青层疲劳损伤和沥青道面轮辙损伤计算；
- 2 对无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层沥青道面进行基层层底疲劳损伤和沥青道面轮辙损伤计算。

7.5.2 在进行粒料类和沥青稳定类基层沥青道面损伤计算以及其他类型道面基层层底疲劳损伤计算时，各机型累积损伤因子应按式 (7.5.2-1) 计算。各条带的累积损伤因子按式 (7.5.2-2) 计算。用于结构厚度控制的最大累积损伤因子按式 (7.5.2-3) 计算。

$$CDF_{ji} = \sum_{k=1}^{80} \frac{n_{jk}}{N_{jik}} \quad (7.5.2-1)$$

$$CDF_i = \sum_j CDF_{ji} \quad (7.5.2-2)$$

$$CDF = \max_{i=1 \sim 80} (CDF_i) \quad (7.5.2-3)$$

式中： $n_{jk}$ ——第  $j$  类机型荷载在第  $k$  条带的实际荷载重复作用次数；

$N_{jik}$ ——第  $j$  类机型荷载作用在第  $k$  条带上时，在第  $i$  条带处产生的力学响应所允许的荷载作用次数，参照附录 E 按照第 7.4.2 条的规定计算；

$CDF'_{ji}$ ——第  $j$  类机型在第  $i$  条带产生的累积损伤因子；

$CDF'_i$ ——各类机型在第  $i$  条带产生的累积损伤因子；

$CDF'$ ——沥青道面横断面上的最大累积损伤因子。

**7.5.3** 在进行无机结合料稳定类基层、贫混凝土基层、碾压混凝土基层以及水泥混凝土基层沥青道面轮辙损伤计算时，各机型累积损伤因子按式 (7.5.3-1) 计算。各条带的累积损伤因子按式 (7.5.3-2) 计算，最大累积损伤因子按式 (7.5.3-3) 计算。

$$CDF'_{ji} = \left( \frac{RD_{ji}}{10} \right)^m \quad (7.5.3-1)$$

$$CDF'_i = \sum_j CDF'_{ji} \quad (7.5.3-2)$$

$$CDF' = \max_{i=1 \sim 80} (CDF'_i) \quad (7.5.3-3)$$

式中： $RD_{ji}$ ——第  $j$  类机型在第  $i$  条带产生的轮辙量 (mm)，参照附录 E 按照第 7.4.2 条的规定计算；

$m$ ——常数，一般取 1.5~2.5；

$CDF'_{ji}$ ——第  $j$  类机型在第  $i$  条带产生的累积损伤因子；

$CDF'_i$ ——各类机型在第  $i$  条带产生的累积损伤因子；

$CDF'$ ——沥青道面横断面上的最大累积损伤因子。

**【条文说明】** 根据研究，轮辙随荷载累积作用次数的增加呈显著的非线性增长，所以本次修订时疲劳损伤因子累积采用式 (7.5.3-1) 的形式，指数项  $m$  一般取 1.5~2.5。对于航空交通等级为特重和重的机场沥青道面，指数项  $m$  可取低值 1.5，以提高设计可靠性。对于其他航空交通等级，指数项  $m$  值可取更高值。

## 8 沥青加铺层设计

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 沥青加铺层分为结构补强性加铺层和功能改善性加铺层。结构补强性加铺层应进行加铺层厚度计算，功能改善性加铺层应满足最小加铺厚度的要求。

【条文说明】 沥青加铺层从结构方面可以提高道面的承载能力，从功能方面可以恢复道面的表面状况、平整度、抗滑性能以及纵横坡度等。

**8.1.2** 沥青加铺层设计应在旧道面检测与评价的基础上进行，包括加铺前旧道面处治方案设计、沥青加铺结构组合设计与厚度计算、沥青混合料目标配合比设计以及不停航条件下的方案设计等工作。

**8.1.3** 不停航条件下加铺方案中不宜采用过多的沥青混合料类型和规格。

【条文说明】 在不停航条件下，施工时间紧张，若采用过多的沥青混合料类型和规格，不利于施工。

**8.1.4** 沥青加铺层的设计应按图 8.1.4 所示流程进行。

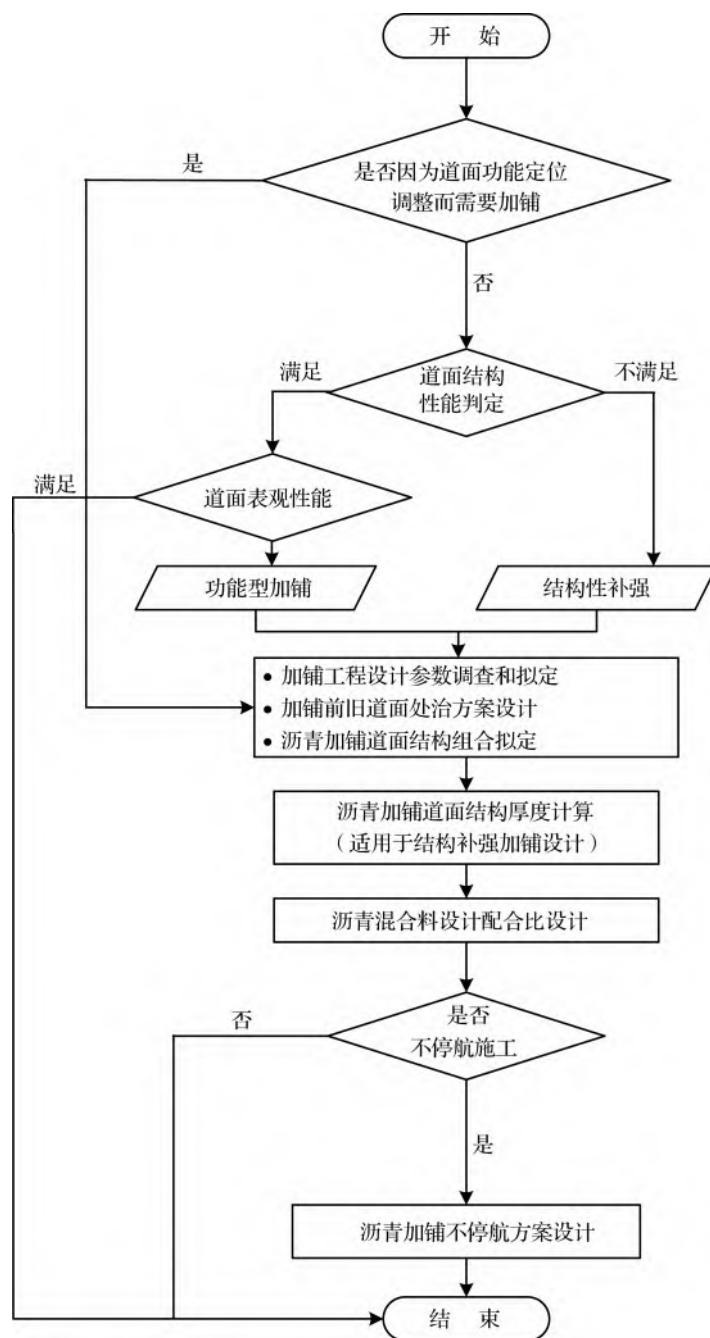


图 8.1.4 沥青加铺层设计流程

## 8.2 旧道面检测与评价

8.2.1 旧道面检测与评价应包括旧道面损坏状况调查、旧道面材料性能测试、结构厚度测试、

道基技术状况评测以及道面承载能力测试等内容。检测与评价应按照《民用机场道面评价管理技术规范》(MH/T 5024) 执行。

**8.2.2** 材料性能测试应包括旧水泥混凝土面层弯拉强度和旧沥青道面混合料性能参数等内容。

1 旧水泥混凝土道面板弯拉强度应根据现场取样试验确定, 同一结构区域取样数量宜不少于7个。当进行弯拉强度试验有困难时, 可根据现场取芯试件的劈裂强度按式(8.2.2)进行换算。

$$f_r = 1.87 f_{sp}^{0.87} \quad (8.2.2)$$

式中:  $f_r$ ——旧水泥混凝土面层的弯拉强度 (MPa);

$f_{sp}$ ——旧水泥混凝土面层的劈裂强度 (MPa)。

2 旧沥青道面混合料性能参数应包括沥青含量、空隙率、矿料级配、冻融劈裂比、肯塔堡飞散率等。同一结构区域钻芯数量宜不少于7个。

**8.2.3** 结构厚度测试宜采用钻取芯样或雷达探测等方式进行。采用钻芯时, 同一结构区域钻芯数量宜不少于7个, 并计算95%保证率条件下的厚度代表值。采用雷达探测时, 应结合钻取芯样方式进行厚度校核。

**8.2.4** 道面承载能力测试应包括道基顶面反应模量或弹性模量测试、旧水泥混凝土面层的板底脱空状况和接缝传荷能力等内容。

【条文说明】我国民用机场水泥混凝土道面脱空现象普遍, 水泥混凝土道面板底脱空在加铺前若不进行处治, 沥青加铺层反射裂缝将迅速发展。

### 8.3 加铺前旧道面的处治

**8.3.1** 加铺前应对旧道面程度中等及严重的破损进行处治。旧道面处治分为整体处治和局部处治。旧沥青道面的整体性处治指铣刨或整平, 旧水泥混凝土道面的整体处治指道面基础注浆。其他病害处理为局部处治。处治方案应根据旧道面损坏调查中所发现的病害类型、机场不停航维护的限制、道面维护水平等综合考虑。

**8.3.2** 旧沥青道面病害区域的整体性处治应根据表8.3.2进行判定。铣刨的深度视旧道面病害的影响深度而定。当沥青道面性能已经无法满足使用要求时, 宜进行中下面层的整体性处治。

表 8.3.2 病害区域整体性处治的判定标准

指标	判定标准
结构状况指数	<80
道面状况指数	<55
修补面积率	≥30%
轮辙	轮辙长度比率≥30%且轮辙平均深度≥10 mm

注：1 各项技术指标中有一项满足，宜实施整体性处置方案。

2 病害区域是指道面调查时的道面范围。

**8.3.3** 加铺前沥青道面的局部性处治应符合如下规定：

- 1 程度中等或者严重的裂缝应进行灌缝处理；
- 2 小面积的坑槽、松散、隆起、严重泛油、喷气烧蚀等病害宜采用热拌沥青混合料进行局部性处治。

**8.3.4** 对于旧水泥混凝土道面，有以下任一情况时应进行注浆：

- 1 板底存在严重脱空；
- 2 道基顶面反应模量小于  $40 \text{ MN/m}^3$ ；
- 3 基层为碎石或者块石基础，经现场取芯确认基层中土石混填现象严重或者存在积水情况。

**8.3.5** 在进行水泥混凝土道面注浆设计前，应进行试验段试注，以确定注浆层位、浆液强度、浆液配比、单孔设计注浆量等设计参数，并符合如下规定：

- 1 无机结合料稳定类基层道面的注浆位置宜在基层以下，粒料类基层道面的注浆位置宜在面层以下；
- 2 注浆浆液应根据现场试验确定，进行注浆材料设计。平均注浆压力宜不大于  $0.5 \text{ MPa}$ ，峰值注浆压力宜不大于  $1.5 \text{ MPa}$ 。

**8.3.6** 注浆处治效果应根据原位注浆前后弯沉值的对比结果进行评价，测试时间宜在注浆完成后 14 d 进行，将注浆前后弯沉减少幅度作为评价指标。

【条文说明】不同类型的基础可注性差异很大，注浆工程的实施效果取决于注浆后旧道面基础强度和道面基础强度均匀性的提高程度，注浆前后弯沉减少幅度根据试验段实测数据确定。

**8.3.7** 加铺前水泥混凝土道面的局部处治包括：

- 1 更换破碎板。
- 2 修补破损边角、裂缝等病害。
- 3 清除接缝中失效的填缝材料和杂物，并重新灌缝。旧水泥混凝土道面嵌缝材料的损坏率

大于 70% 时, 应对该区域的填缝材料进行整体更换。

4 研磨大于 10 mm 的错台。

8.3.8 加铺前应对旧道面进行除胶、除漆或其他表面清理。

## 8.4 沥青加铺道面结构组合与计算

8.4.1 沥青加铺层可采用单层或者多层结构, 不停航施工条件下宜不超过 3 层, 并符合如下规定:

- 1 加铺层的上面层宜采用 SMA-13、SMA-16、AC-16 沥青混合料, 中、下面层宜采用 AC-16、AC-20、AC-25、SMA-16 沥青混合料;
- 2 道肩的上面层宜采用 AC-10、AC-13 沥青混合料, 道肩的中、下面层宜采用 AC-16、AC-20 沥青混合料;
- 3 道面单层沥青混合料的最小厚度应符合表 8.4.1-1 的规定。

表 8.4.1-1 不同类型沥青道面结构层的最小厚度 (mm)

沥青混合料类型	集料粒径最大公称粒径 (mm)			
	13.2	16.0	19.0	26.5
密级配沥青混合料 (AC)	—	50	60	75
沥青玛蹄脂碎石混合料 (SMA)	40	50	—	—

4 旧道面为沥青道面时, 沥青加铺层最小厚度应不小于 50 mm。旧道面为水泥道面时, 沥青加铺层层数宜不少于 2 层, 加铺层最小厚度应根据当地使用经验确定, 经验不足时可参照表 8.4.1-2 确定。当航空交通等级为特轻时, 加铺层最小厚度可根据实际交通量论证确定。

表 8.4.1-2 旧水泥混凝土道面上沥青加铺层最小厚度

航空交通等级	特重、重	中	轻
加铺层厚度 (mm)	200	150	120

【条文说明】中、下面层采用密级配沥青混合料时, 为增强平行滑行道、跑道端部等位置的抗轮辙能力, 推荐采用 SBS 改性沥青、湖沥青复合改性、掺加抗轮辙剂、高模量剂等技术手段, 并选择粗级配, 提高其高温稳定性。

**8.4.2** 结构性补强沥青加铺层设计中,应根据旧道面性能评价结果、航空交通等级、旧道面坡度、施工条件等拟定沥青加铺层的结构组合,计算沥青加铺层厚度。

**8.4.3** 道面加铺结构各层之间应设置功能层,并符合如下规定:

1 沥青结构层之间应喷洒热沥青或乳化沥青,洒布量应通过试验确定。采用乳化沥青时,应充分考虑破乳时间对不停航施工的影响。

2 在旧水泥混凝土道面上加铺沥青层时,可采用以下措施:

- 1) 采用改性沥青油毡或土工合成材料铺贴接缝、裂缝和切缝;
- 2) 设置同步碎石封层;
- 3) 设置应力吸收层。

3 设置改性沥青油毡时,旧水泥混凝土道面应平整、清洁、干燥。油毡或者土工合成材料与水泥混凝土道面应良好粘结。

【条文说明】设置功能层的主要目的在于增加加铺结构层之间以及与旧道面之间的层间结合能力,同时旧水泥混凝土道面功能层还具有防水、防反射裂缝、应力吸收等功能。

**8.4.4** 沥青加铺层结构厚度计算应按下列规定进行:

1 旧水泥混凝土道面上的沥青加铺层结构厚度按式(8.4.4-1)计算。

$$t_j = 2.5(Fh - C_b h_e) \quad (8.4.4-1)$$

式中:  $t_j$ ——沥青加铺层厚度(mm),并符合第8.4.1条中第4款的规定;

$F$ ——控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数,与年运行架次和道基反应模量  $k_0$  有关,按式(8.4.4-2)计算;根据公式得到的  $F$  值大于1.0时,按照  $F=1.0$  取值;

$h$ ——按照新建水泥混凝土道面确定的厚度(mm),计算方法见《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T 5004);

$C_b$ ——旧水泥混凝土道面损坏折减系数,取值范围0.75~1.00,设计取值参考表8.4.4-1;

$h_e$ ——旧水泥混凝土道面厚度(mm)。

表 8.4.4-1 旧水泥混凝土道面损坏折减系数  $C_b$  参考取值

道面结构状况指数 $SCI$	旧水泥混凝土道面损坏折减系数 $C_b$
$SCI \geq 85$	1.00
$75 \leq SCI < 85$	0.95
$SCI < 75$	0.75~0.95

$$F = (0.08534 \frac{n_s}{100} - 0.3594 k_0 + 106.2946) / 100 \quad (8.4.4-2)$$

式中:  $n_s$ ——C 类及以上的各类飞机的年运行总架次;

$k_0$ ——旧道面道基顶面反应模量 ( $\text{MN}/\text{m}^3$ )。

2 旧沥青道面上的沥青加铺层结构厚度按式 (8.4.4-3) 计算。

$$t_j = h - C_0 h_e \quad (8.4.4-3)$$

式中:  $t_j$ ——沥青加铺层厚度 (mm), 并符合第 8.4.1 条中第 4 款的规定;

$h$ ——根据加铺工程设计年限以及设计航空交通量计算得到的新建沥青道面的结构厚度 (mm), 厚度计算方法见第 7 章;

$h_e$ ——旧沥青道面厚度 (mm);

$C_0$ ——旧沥青道面损坏折减系数, 取值范围 0.70~1.00, 设计取值参考表 8.4.4-2。

表 8.4.4-2 旧沥青道面损坏折减系数  $C_0$  参考取值

道面状况指数 $PCI$	旧沥青道面损坏折减系数 $C_0$
$PCI \geq 90$	0.95~1.00
$85 \leq PCI < 90$	0.85~0.95
$55 \leq PCI < 85$	0.70~0.85

3 旧水泥混凝土道面上再次加铺沥青道面时, 应根据旧沥青加铺层厚度考虑再次加铺沥青道面的厚度计算方法:

1) 当沥青加铺层厚度大于或等于旧水泥混凝土道面厚度时, 沥青加铺层结构计算应按照旧沥青道面上的沥青加铺层结构厚度确定方法进行, 将旧水泥混凝土道面作为基层材料, 实际加铺厚度为计算加铺厚度减去旧沥青加铺道面的折减厚度, 按式 (8.4.4-3) 计算;

2) 当沥青加铺层厚度小于旧水泥混凝土道面厚度时, 沥青加铺层结构计算应按照旧水泥混凝土道面上的沥青加铺层结构厚度的计算方法, 实际加铺厚度为计算加铺厚度减去旧沥青加铺道面的折减厚度, 旧沥青道面厚度折减系数取值参照表 8.4.4-2, 旧水泥混凝土道面损坏折减系数  $C_b$  取值参考原设计取值, 厚度按式 (8.4.4-1) 计算。

**8.4.5** 旧水泥混凝土道面上加铺沥青道面时, 宜根据弹性地基板理论对沥青加铺层厚度计算结果进行验算与复核。旧沥青道面上加铺沥青道面时, 宜根据弹性层状力学体系对沥青加铺层厚度计算结果进行验算与复核。

【条文说明】旧水泥混凝土道面上加铺沥青道面属于典型的复合道面结构形式, 我国机场实际沥青加铺工程病害调查表明, 旧水泥混凝土道面进行沥青加铺后的主要工程技术问题包括: (1) 沥青加铺层出现过量的永久变形, 表现为轮迹位置的轮辙以及飞机加减速位置的“搓板”现象; (2) 道面因为结构承载能力不足导致旧水泥混凝土道面出现疲劳开裂; (3) 旧水泥混凝土道面

接缝位置的反射裂缝；(4) 沥青面层在飞机转弯位置出现的滑移裂缝；(5) 沥青道面局部出现的松散、掉粒等。

#### 8.4.6 结构复核时的材料设计参数取值宜参照如下规定：

1 旧道面的道基顶面反应模量、基层模量和面层模量可通过现场落锤式弯沉仪测试结果反演确定；

2 沥青加铺层的模量取值参照本规范第 6.4 节的规定确定；

3 旧水泥混凝土道面的设计弯拉强度参照本规范第 8.2.2 条的规定确定。

【条文说明】与新建沥青道面不同，加铺层结构厚度设计中，旧道面的道基顶面反应模量、基层模量、面层模量以及旧水泥混凝土道面的设计弯拉强度应通过现场道面测试确定。

## 8.5 不停航沥青加铺设计措施

8.5.1 不停航沥青加铺措施应包括临时加铺设计、临时接坡设计和过渡段设计等。

8.5.2 铣刨原有的沥青面层时，应结合铣刨深度和施工机具能力合理设置加铺层层数和厚度。当停机时间过短且铣刨深度较大时，可临时采用中面层材料摊铺至上面层。待施工条件具备后，再按照上面层设计厚度铣刨临时面层并进行重新摊铺。

8.5.3 在道面和道肩交接的位置宜设置横向临时接坡，临时接坡应设置在道肩范围内，横向坡度宜不大于 1:2。

8.5.4 接坡过渡段应满足如下规定：

1 在每次摊铺长度的末端，应在全幅宽度范围内做接坡过渡段设计；

2 接坡过渡段纵坡相对于原道面坡度应小于 0.5%；

3 接坡过渡段的坡脚应采取铣刨成槽的方式嵌入已有结构，铣刨深度应不小于 40 mm。

8.5.5 道肩宽度不满足机械摊铺最小宽度时，其采用的材料和厚度可与道面加铺层设计一致，并可与道面最外一幅统一施工。

## 附录 A 气候分区方法

### A.1 气候分区的确定与修正

**A.1.1** 沥青道面使用性能的气候分区指标按下述规定选择：

1 高温指标：机场所在地统计年限内最热月的日最高气温平均值作为表征沥青道面高温性能的气候因子，99%可靠度的极端日最高气温作为高温辅助指标；

2 低温指标：机场所在地统计年限内的具有99%可靠度的冬季极端日最低气温作为表征沥青道面低温性能的气候因子，99%可靠度下的小时降温速率作为低温辅助指标。

**A.1.2** 沥青道面使用性能的气候分区指标按下述规定计算：

1 高温指标应按以下步骤确定：

1) 获取当地每月份逐日最高气温；  
2) 计算统计年限内每年每个月日最高气温月平均值，以日最高气温月平均值最高的月份作为该年的最热月；

3) 计算统计年限内年最热月日最高气温的平均值，作为气候分区的高温指标；

4) 根据统计年限内日最高气温的统计数据，计算99%可靠度下的日最高气温作为高温辅助指标。

2 低温指标应按以下步骤确定：

1) 获取当地统计年限内每年10月至次年3月的日最低气温；  
2) 根据统计年限内日最低气温的统计数据，计算99%可靠度下的冬季极端日最低气温作为气候分区的低温指标；

3) 根据统计年限内逐时温度的统计数据，计算降温过程的小时降温速率，以99%可靠度下的小时降温速率作为低温辅助指标。

3 太阳辐射指标按以下步骤确定：

1) 获得统计年限内的日太阳辐射强度逐时数据；  
2) 统计逐日太阳辐射强度幅值；  
3) 计算统计年限内的日太阳辐射强度幅值的平均值，作为太阳辐射分区指标。

**A.1.3** 确定沥青道面使用性能的气候分区时，宜根据各个辅助指标值按以下方法对计算的气候分区进行修正：

- 1 对高温辅助指标值超过 38℃ 的地区或特重、重交通量等级的机场，可将高温气候分区提高一级或两级；
- 2 对低温辅助指标值高于 5℃/h 的地区或易发生寒潮及寒流降温迅速的地区，可将低温气候分区降低一级。

## A.2 代表性城市参考值

A.2.1 在缺乏当地气象台站的有效数据时，可参考表 A.2.1 确定沥青道面设计的气候分区。

表 A.2.1 代表性城市气候统计资料

城市	高温指标 (℃)	高温辅助指标 (℃)	低温指标 (℃)	低温辅助指标 (℃/h)	日太阳辐射强度幅值 (W/m <sup>2</sup> )
漠河	25	33	-46	10	548
嫩江	27	33	-41	6	586
哈尔滨	26	35	-34	5	588
沈阳	28	33	-31	3	622
北京	32	37	-16	4	625
银川	30	35	-22	4	743
杭州	33	39	-6	4	570
武汉	32	38	-6	3	658
成都	31	36	-3	3	402
香港	32	35	6	4	605
广州	33	37	2	—	591
贵阳	27	32	-6	3	484
昆明	25	30	-8	3	736
格尔木	24	32	-18	3	875
拉萨	23	28	-19	4	948
克拉玛依	32	42	-20	3	702
乌鲁木齐	29	39	-38	3	633
阿拉尔	31	38	-22	4	683
和田	31	38	-25	3	738
呼和浩特	28	35	-23	5	735
济南	31	38	-14	4	603
西安	31	39	-13	4	535

续表

城市	高温指标 (℃)	高温辅助指标 (℃)	低温指标 (℃)	低温辅助指标 (℃/h)	日太阳辐射强度幅值 (W/m <sup>2</sup> )
长沙	32	38	-4	3	493
兰州	27	34	-14	4	490
南京	30	37	-7	3	455
合肥	30	37	-6	3	453
西宁	24	30	-21	4	701
郑州	29	37	-9	4	504
上海	31	37	-5	4	471
南宁	33	36	2	3	479
固原	24	31	-22	6	563
天津	31	36	-13	4	496
昌都	24	30	-15	7	614
满洲里	26	34	-37	7	—
阿拉善左旗	28	33	-20	3	—
延吉	26	33	-25	6	472
南昌	32	37	-3	3	561
厦门	31	35	4	3	—
大连	26	31	-14	4	565
太原	29	34	-18	5	468
石家庄	32	38	-11	4	—
福州	33	38	3	3	—

## 附录 B 道基临界高度和模量参考表

表 B-1 砂质土道基临界高度参考值

自然区划	道基顶面距各水位距离					
	地下水			地表积水		
	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)
Ⅱ <sub>3</sub>	1.9~2.2	1.3~1.6				
Ⅱ <sub>5</sub>	1.1~1.5	0.7~1.1				
Ⅲ <sub>2</sub>	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9
Ⅲ <sub>3</sub>	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9
Ⅲ <sub>2a</sub>	1.4~1.7	1.0~1.3				
Ⅳ <sub>4</sub>	1.0~1.1	0.7~0.8				
Ⅳ <sub>6</sub>	1.0~1.1	0.7~0.8				
Ⅳ <sub>7</sub>				0.9~1.0	0.7~0.8	0.6~0.7
V <sub>1</sub>	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9
Ⅵ <sub>1</sub>	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.0)
Ⅵ <sub>1a</sub>	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.0)
Ⅵ <sub>2</sub>	1.4~1.7	1.1~1.4	0.9~1.1	1.1~1.4	0.9~1.1	0.6~0.9
Ⅵ <sub>3</sub>	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.9)	(1.5)	(1.1)
Ⅵ <sub>4</sub>	(2.2)	(1.8)	(1.4)	(1.9)	(1.5)	(1.2)
Ⅵ <sub>4a</sub>	(1.9)	(1.5)	(1.1)	(1.6)	(1.2)	(0.9)
Ⅵ <sub>4b</sub>	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.0)
Ⅶ <sub>1</sub>	(2.2)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.6)	(1.3)
Ⅶ <sub>3</sub>	1.5~1.8	1.2~1.5	0.9~1.2	1.2~1.5	0.9~1.2	0.6~0.9
Ⅶ <sub>4</sub>	(2.1)	(1.6)	1.3	(1.8)	(1.4)	1.0
Ⅶ <sub>5</sub>	(3.0)	(2.4)	1.9	(2.0)	(2.0)	1.6

表 B-2 黏质土道基临界高度参考值

自然区划	道基顶面距各水位距离					
	地下水			地表积水		
	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)
Ⅱ <sub>1</sub>	2.9	2.2	—	—	—	—
Ⅱ <sub>2</sub>	2.7	2	—	—	—	—
Ⅱ <sub>3</sub>	2.5	1.8	—	—	—	—
Ⅱ <sub>4</sub>	2.4~2.6	1.9~2.1	1.2~1.4	—	—	—
Ⅱ <sub>5</sub>	2.1~2.5	1.6~2.0	—	—	—	—
Ⅲ <sub>2</sub>	2.2~2.75	1.7~2.2	1.3~1.7	1.75~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3
Ⅲ <sub>3</sub>	2.1~2.5	1.6~2.1	1.2~1.6	1.6~2.1	1.2~1.6	0.9~1.2
Ⅳ <sub>1</sub> 、Ⅳ <sub>1a</sub>	1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9	—	—	—
Ⅳ <sub>2</sub>	1.6~1.7	1.1~1.2	0.8~0.9	—	—	—
Ⅳ <sub>3</sub>	1.5~1.7	1.1~1.2	0.8~0.9	0.8~0.9	0.5~0.6	0.3~0.4
Ⅳ <sub>4</sub>	1.7~1.8	1.0~1.2	0.8~1.0	—	—	—
Ⅳ <sub>5</sub>	1.7~1.9	1.3~1.4	0.9~1.0	1.0~1.1	0.6~0.7	0.3~0.4
Ⅳ <sub>6</sub>	1.8~2.0	1.3~1.5	1.0~1.2	0.9~1.0	0.5~0.6	0.3~0.4
Ⅳ <sub>6a</sub>	1.6~1.7	1.1~1.2	0.7~0.8	—	—	—
Ⅳ <sub>7</sub>	1.7~1.8	1.4~1.5	1.1~1.2	1.0~1.1	0.7~0.8	0.4~0.5
V <sub>1</sub>	2.0~2.4	1.6~2.0	1.2~1.6	1.6~2.0	1.2~1.6	0.8~1.2
V <sub>2</sub> 、V <sub>2a</sub> (紫色土)	2.0~2.2	0.9~1.1	0.4~0.6	—	—	—
V <sub>3</sub>	1.7~1.9	0.8~1.0	0.4~0.6	—	—	—
V <sub>2</sub> 、V <sub>2a</sub> (黄壤土, 现代冲积土)	1.7~1.9	0.7~0.9	0.3~0.5	—	—	—
V <sub>4</sub> 、V <sub>5</sub> 、V <sub>5a</sub>	1.7~1.9	0.9~1.1	0.4~0.6	—	—	—
Ⅵ <sub>1</sub>	(2.3)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.3)
Ⅵ <sub>1a</sub>	(2.2)	(1.9)	(1.5)	(2.0)	(1.6)	(1.2)
Ⅵ <sub>2</sub>	2.2~2.75	1.65~2.2	1.2~1.65	1.65~2.2	1.2~1.65	0.75~1.2
Ⅵ <sub>3</sub>	(2.4)	(2.0)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.4)
Ⅵ <sub>4</sub>	2.4	2	1.6	(2.2)	(1.7)	(1.3)
Ⅵ <sub>4a</sub>	(2.2)	(1.7)	(1.4)	(1.9)	(1.4)	(1.1)
Ⅵ <sub>4b</sub>	(2.3)	(1.8)	(1.4)	(2.0)	(1.6)	(1.2)
Ⅶ <sub>1</sub>	2.2	(1.9)	(1.5)	(2.1)	(1.6)	(1.2)
Ⅶ <sub>2</sub>	(2.3)	(1.9)	(1.6)	1.8	1.4	1.1
Ⅶ <sub>3</sub>	2.3~2.85	1.75~2.3	1.3~1.75	1.75~2.3	1.3~1.75	0.75~1.3
Ⅶ <sub>4</sub>	(2.1)	(1.6)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.1)
Ⅶ <sub>5</sub>	(3.3)	<u>(2.6)</u>	(2.1)	(2.4)	(2.0)	(1.6)
Ⅶ <sub>6a</sub>	(2.8)	<u>2.4</u>	<u>1.9</u>	<u>2.5</u>	2.0	1.6

表 B-3 粉质土道基临界高度参考值

自然区划	道基顶面距各水位距离					
	地下水			地表积水		
	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)
II <sub>1</sub>	3.8	3	2.2			
II <sub>2</sub>	3.4	2.6	1.9			
II <sub>3</sub>	3	2.2	1.6			
II <sub>4</sub>	2.6~2.8	2.1~2.3	1.4~1.6			
II <sub>5</sub>	2.4~2.9	1.8~2.3				
III <sub>1</sub>	2.4~3.0	1.7~2.4				
III <sub>2</sub>	2.4~2.85	1.9~2.4	1.4~1.9	1.9~2.4	1.0~1.9	1.0~1.4
III <sub>3</sub>	2.3~2.75	1.8~2.3	1.4~1.8	1.8~2.3	1.4~1.8	1.0~1.4
III <sub>4</sub>	2.4~3.0	1.7~2.4				
III <sub>1a</sub>	2.4~3.0	1.7~2.4				
III <sub>2a</sub>	2.4~3.0	1.7~2.4				
IV <sub>1</sub> 、IV <sub>1a</sub>	1.9~2.1	1.3~1.4	0.9~1.0			
IV <sub>2</sub>	1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9			
IV <sub>3</sub>	1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9	0.9~1.0	0.6~0.7	0.3~0.4
IV <sub>5</sub>	1.79~2.1	1.3~1.5	0.9~1.1			
IV <sub>6</sub>	2.0~2.2	1.5~1.6	1.0~1.1			
IV <sub>6a</sub>	1.8~2.0	1.3~1.4	0.9~1.1			
V <sub>1</sub>	2.2~2.65	1.7~2.2	1.3~1.7	1.7~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3
V <sub>2</sub> 、V <sub>2a</sub> (紫色土)	2.3~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7			
V <sub>3</sub>	1.9~2.1	1.3~1.5	0.5~0.7			
V <sub>2</sub> 、V <sub>2a</sub> (黄壤土, 现代冲积土)	2.3~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7			
V <sub>4</sub> 、V <sub>5</sub> 、V <sub>5a</sub>	2.2~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7			
VI <sub>1</sub>	(2.5)	(2.0)	(1.6)	(2.3)	(1.8)	(1.3)
VI <sub>1a</sub>	(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.2)	(1.7)	(1.2)
VI <sub>2</sub>	2.3~2.15	1.85~2.3	1.4~1.85	1.85~2.3	1.4~1.85	0.9~1.4
VI <sub>3</sub>	(2.6)	(2.1)	(1.6)	(2.4)	(1.8)	(1.4)
VI <sub>4</sub>	(2.6)	(2.2)	<u>1.7</u>	<u>2.4</u>	1.9	1.4
VI <sub>4a</sub>	(2.4)	(1.9)	<u>1.4</u>	<u>2.1</u>	1.6	<u>1.1</u>
VI <sub>4b</sub>	(2.5)	<u>1.9</u>	1.4	(2.2)	(1.7)	(1.2)

续表

自然区划	道基顶面距各水位距离					
	地下水			地表积水		
	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$H_3$ (m)
Ⅶ <sub>1</sub>	(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.4)	<u>1.8</u>	1.3
Ⅶ <sub>2</sub>	(2.5)	(2.1)	(1.6)	(2.2)	(1.6)	(1.1)
Ⅶ <sub>3</sub>	2.4~3.1	2.0~2.4	1.6~2.0	(2.0~2.4)	(1.6~2.0)	(1.0~1.6)
Ⅶ <sub>4</sub>	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(2.1)	(1.6)	(1.1)
Ⅶ <sub>5</sub>	(3.8)	(2.2)	(1.6)	(2.9)	(2.2)	(1.5)
Ⅶ <sub>6a</sub>	(2.9)	(2.5)	<u>1.8</u>	(2.7)	2.1	<u>1.5</u>

- 注：1 表中  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  分别为道基干燥、中湿、潮湿状态时的临界高度。道基顶面至地下水位高度小于  $H_3$  时为过湿道基，须处治后方能铺筑道面。
- 2 有下横线“    ”者，表示实测资料较少。临界高度带括号“( )”者表示没有实测资料，根据规律推算。
- 3 缺少资料的二级区可论证后参考相邻二级区数值。
- 4 自然区划按现行的《公路自然区划标准》(JTJ 003) 执行。

表 B-4 道基回弹模量参考值 (MPa)

自然区划	稠度 参考值 土质类型	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
		Ⅱ <sub>1</sub>	黏质土、粉质土	19.0 18.5	22.0 22.5	25.0 27.0	26.5 29.0	28.0 31.5	29.5 33.5	31.0	—	—
Ⅱ <sub>2</sub>	黏质土、粉质土	19.5 20.0	22.5 24.5	26.0 29.0	28.0 31.5	29.5 34.0	31.5 36.5	33.5 —	—	—	—	—
Ⅱ <sub>2a</sub>	粉质土	19.0	22.5	26.0	27.5	29.5	31.0	—	—	—	—	—
Ⅱ <sub>3</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	21.0	23.5	26.0	27.5	29.0	30.0	31.5	34.5	37.0	45.5	—
		23.5	27.5	32.0	34.5	36.5	39.0	41.5	—	—	—	
		22.5	27.0	32.	34.5	37.0	40.0	—	—	—	—	
Ⅱ <sub>4</sub>	黏质土、粉质土	23.5	30.0	35.5	39.0	42.0	45.5	50.5	57.0	65.0	—	
		24.5	31.5	39.0	43.0	47.0	51.5	56.0	66.0	—		
Ⅱ <sub>5</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	29.0	32.5	36.0	37.5	39.0	41.0	42.5	46.0	49.5	59.0	69.0
		26.5	32.0	38.5	41.5	45.0	48.5	52.0	—	—	—	
		27.0	34.5	42.5	46.5	51.0	56.0	—	—	—	—	

续表

自然 区划	稠度 参考值 土质类型	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
		II <sub>5a</sub>	粉质土	33.5	37.5	42.5	44.5	46.5	49.0	—	—	—
III <sub>1</sub>	粉质土	27.0	36.5	48.0	54.0	61.0	68.5	76.5	—	—	—	—
III <sub>2</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	35.0	38.0	41.5	43.0	44.5	46.0	47.5	50.5	53.5	62.0	70.0
		27.0	31.5	36.5	39.0	41.5	44.0	46.5	52.0	57.5	—	—
		27.0	32.5	38.5	42.0	45.0	48.5	51.5	59.0	—	—	—
III <sub>2a</sub>	砂质土	37.0	40.0	43.0	44.5	46.0	47.5	49.0	52.0	54.5	62.5	70.0
III <sub>3</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	36.0	39.0	42.5	44.0	45.5	47.0	48.5	51.5	54.5	63.0	71.0
		26.0	30.0	34.5	36.5	38.5	41.0	46.0	47.5	52.0	—	—
		26.5	32.0	37.0	40.0	43.0	46.0	49.0	55.0	—	—	—
III <sub>4</sub>	粉质土	25.0	34.0	45.0	51.5	58.5	66.0	74.0	—	—	—	—
IV <sub>1</sub>	黏质土	21.5	25.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—
IV <sub>1a</sub>	粉质土	22.0	26.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—
IV <sub>2</sub>	黏质土、粉质土	19.5	23.0	27.0	29.0	31.0	33.0	35.0	—	—	—	—
		31.0	36.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—	—
IV <sub>3</sub>	黏质土、粉质土	24.0	28.0	32.5	35.0	37.5	39.5	42.0	—	—	—	—
		24.0	29.5	36.0	39.0	42.5	46.0	—	—	—	—	—
IV <sub>4</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	28.0	30.5	33.5	35.0	36.5	38.0	39.5	42.0	45.0	53.0	61.0
		25.0	29.5	34.0	36.5	38.5	41.0	43.5	—	—	—	—
		23.0	28.0	33.5	36.0	39.0	42.0	—	—	—	—	—
IV <sub>5</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	24.0	26.0	28.0	29.0	30.0	30.5	31.5	33.5	35.0	40.0	44.5. 皖浙赣
		22.0	27.0	32.5	33.5	38.5	41.5	44.5	—	—	—	—
		28.5	34.0	39.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—
		26.5	31.0	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—
IV <sub>6</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	33.5	37.0	41.0	43.0	44.5	46.5	48.5	52.0	55.0	66.5	77.0
		27.5	33.0	38.0	41.0	44.0	46.5	50.5	—	—	—	—
		26.5	31.5	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—
IV <sub>6a</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	31.5	35.0	38.5	40.0	42.0	43.5	45.0	48.5	52.0	62.0	72.0
		26.0	31.0	35.5	38.0	40.5	43.5	46.0	—	—	—	—
		28.0	34.5	41.0	44.5	48.5	52.0	—	—	—	—	—

续表

自然 区划	稠度 参考值 土质类型	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
		IV <sub>7</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	35.0 24.5 27.5	39.0 29.5 33.5	43.0 34.5 40.0	45.0 37.0 43.5	47.0 40.0 47.5	49.0 42.5 51.0	51.0 44.5 —	55.0 — —	59.0 — —
V <sub>1</sub>	紫色黏质土	22.5	26.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	—	—	—	—
V <sub>2</sub>	紫色粉质土、 黄壤黏质土	22.5 25.0	27.5 29.0	33.5 33.0	36.5 35.5	40.0 37.5	43.0 40.0	— 42.0	—	—	—	—
V <sub>2a</sub>	黄壤黏质土	24.5	30.5	37.5	41.0	45.0	49.0	—	—	—	—	—
V <sub>3</sub>	黏质土、粉质土	25.0 24.5	29.0 30.5	33.0 37.5	35.5 41.0	37.5 45.0	39.5 48.5	42.0 —	—	—	—	—
V <sub>4</sub> (四川)	红壤黏质土、 红壤粉质土	27.0 22.0	32.0 27.0	38.0 32.5	41.0 35.5	44.0 38.5	47.0 41.5	50.5	—	—	—	—
V <sub>7</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	27.5 27.0 28.5	31.5 32.0 34.0	35.5 37.0 40.0	37.5 39.0 43.0	39.5 42.5 46.0	41.5 45.5 49.5	43.5 48.0 52.5	48.0 54.0 59.5	52.0 60.0 —	65.0 — —	78.5 — —
VI <sub>1</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	51.0 33.5 34.0	54.0 37.0 38.0	57.0 41.0 42.0	58.5 42.5 44.0	60.0 44.0 46.0	61.0 45.5 48.0	62.0 47.2 50.0	64.5 50.5 —	67.0 — —	73.5 — —	80.0 — —
VI <sub>1a</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	52.5 27.0 31.5	55.0 31.0 36.5	58.0 34.5 41.5	59.0 36.0 44.0	60.5 38.0 46.5	61.5 40.0 49.0	62.5 42.0 51.5	65.0 45.5 —	67.0 — —	73.0 — —	79.0 — —
VI <sub>2</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	42.0 27.0 25.5	45.5 30.5 30.5	49.0 33.5 35.5	50.5 35.0 38.0	52.0 37.0 41.0	53.5 38.0 43.5	55.5 40.0 46.0	58.5 43.0 52.0	61.5 46.5 —	69.0 — —	78.0 — —
VI <sub>3</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	46.0 29.5 29.5	50.0 33.5 35.0	53.5 37.5 41.0	55.0 39.5 43.5	56.5 44.0 49.5	58.5 44.0 49.5	60.0 46.8 52.5	63.0 50.0 —	66.0 — —	75.0 — —	83.0 — —
VI <sub>4</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	51.0 28.5 30.5	53.5 32.0 34.5	56.5 36.0 39.0	57.5 37.5 41.0	59.0 39.5 43.5	60.0 41.5 45.5	61.0 43.5 48.0	63.5 47.5 —	65.5 — —	72.0 — —	77.5 — —

续表

自然 区划	稠度 参考值 土质类型	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
		VI <sub>4a</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	45.5 31.0 33.0	49.0 34.5 38.5	52.5 38.0 44.0	54.0 40.0 47.0	56.0 42.0 50.0	57.5 44.0 52.0	59.0 45.5 56.0	62.0 49.5 —	65.0 — —
VI <sub>4b</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	49.5 30.0 31.0	52.5 33.0 35.5	55.5 36.5 40.5	57.0 38.0 43.0	58.5 39.5 45.5	59.5 41.0 48.5	61.0 42.5 51.0	63.5 45.5 —	65.5 — —	72.5 — —	78.5 — —
VII <sub>1</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	52.0 26.5 30.5	55.0 31.5 37.0	58.0 36.5 44.0	59.5 39.5 47.5	61.0 42.0 51.5	62.0 45.0 55.0	63.5 48.0 59.0	66.0 54.0 —	69.0 — —	76.0 — —	82.5 — —
VII <sub>2</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	48.0 25.5 28.0	51.0 29.5 33.5	54.0 33.0 39.0	55.0 35.0 42.0	56.5 37.0 45.0	58.0 39.0 48.5	59.0 41.5 51.5	61.5 45.5 —	64.0 — —	71.0 — —	77.0 — —
VII <sub>3</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	42.5 20.5 23.5	45.5 24.5 28.0	49.0 28.5 33.0	50.5 30.5 36.0	52.5 32.5 38.5	53.5 35.0 41.0	55.0 37.0 44.0	58.0 41.5 —	60.5 — —	68.5 — —	76.5 — —
VII <sub>4</sub>	砂质土	47.0	50.0	53.0	54.5	56.0	57.0	58.5	61.0	63.5	70.5	77.0
VII <sub>5</sub>	砂质土、黏质土、 粉质土	45.5 30.0 32.5	49.0 33.0 38.0	52.0 37.5 43.5	53.0 39.5 46.0	54.5 41.5 49.0	56.0 43.5 51.5	57.5 45.0 54.5	60.0 49.0 —	62.5 — —	70.0 — —	76.5 — —
VII <sub>6a</sub>	黏质土、粉质土	22.0 27.5	25.5 32.5	29.0 37.5	30.5 40.5	32.5 43.0	34.5 46.0	36.0 49.0	40.0 —	— —	— —	— —

附录 C 道面设计用飞机参数表

表 C 沥青道面设计用飞机参数表

序号	机型	最大滑行重量 (kN)	最大起飞重量 (kN)	最大着陆重量 (kN)	最大无燃油重量 (kN)	空机重量 (kN)	主起落架荷载分配系数 $\rho$	主起落架间距 (m)	主起落架个数 $n_c$	主起落架轮距 (m)			主起落架构形	单个主起落架的轮子数 $n_w$	主起落架轮胎压力 $q_1$ (MPa)
										$S_i$	$S_{L1}$	$S_{L2}$			
1	A318	684.00	680.00	575.00	545.00	388.18	0.950	7.60	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	0.89
2	A319	704.00	700.00	610.00	570.00	392.25	0.926	7.60	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	0.89
3	A320	768.32	764.40	646.80	612.50	404.19	0.929	7.59	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	1.44
4	A320neo	689.92	686.00	649.74	615.44	401.80	0.940	7.59	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	1.28
5	A321	834.00	830.00	735.00	695.00	476.03	0.956	7.60	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	1.36
6	B737-200	567.00	564.72	485.34	430.91	289.51	0.935	5.23	2	0.78	—	—	单轴双轮	2	1.26
7	B737-300	566.99	564.72	517.09	476.27	326.02	0.950	5.23	2	0.78	—	—	单轴双轮	2	1.40
8	B737-400A	682.60	680.40	562.45	530.70	336.50	0.950	5.24	2	0.78	—	—	单轴双轮	2	1.28
9	B737-500	607.82	605.55	498.96	464.94	320.99	0.950	5.23	2	0.78	—	—	单轴双轮	2	1.34
10	B737-600	657.90	655.60	551.30	519.50	363.90	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.30
11	B737-700	703.30	701.00	586.20	552.20	376.60	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.39
12	B737-800	792.60	790.04	663.80	627.50	414.30	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.47
13	B737-900	792.43	790.16	663.61	636.39	429.01	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.47

续表

序号	机型	最大滑行重量 (kN)	最大起飞重量 (kN)	最大着陆重量 (kN)	最大无燃油重量 (kN)	空机重量 (kN)	主起落架荷载分配系数 $\rho$	主起落架间距 (m)	主起落架个数 $n_c$	主起落架轮距 (m)			主起落架架构形式	单个主起落架的轮子数 $n_w$	主起落架轮胎压力 $q$ (MPa)
										$S_i$	$S_{L1}$	$S_{L2}$			
14	B737-8	807.69	805.46	679.22	646.33	441.69	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.45
15	B737-9	867.70	865.48	728.56	695.67	—	0.950	5.72	2	0.86	—	—	单轴双轮	2	1.59
16	C919	739.90	735.98	664.44	633.08	447.86	0.950	7.62	2	0.93	—	—	单轴双轮	2	1.29
17	ARJ21-700 STD	405.80	405.00	376.65	338.90	249.55	0.950	4.68	2	0.73	—	—	单轴双轮	2	0.93
18	ARJ21-700 ER	435.80	435.00	404.55	338.90	249.55	0.950	4.68	2	0.73	—	—	单轴双轮	2	0.99
19	MD-90	712.14	707.60	644.10	589.67	399.94	0.950	5.09	2	0.71	—	—	单轴双轮	2	1.14
20	A300	1 659.00	1 650.00	1 340.00	1 240.00	885.00	0.950	9.60	2	0.89	1.40	—	双轴双轮	4	1.16
21	A310-200	1 329.00	1 320.00	1 185.00	1 085.00	768.69	0.932	9.60	2	0.93	1.40	—	双轴双轮	4	1.46
22	A330-200	2 339.00	2 330.00	1 820.00	1 700.00	1 215.53	0.950	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
23	A330-300	2 339.00	2 330.00	1 870.00	1 750.00	1 294.64	0.958	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
24	A340-200	2 759.00	2 750.00	1 850.00	1 730.00	1 315.81	0.796	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
		2 759.00	2 750.00	1 850.00	1 730.00	1 315.81	0.140	—	1	0.97	—	—	单轴双轮	2	1.09
25	A340-300	2 759.00	2 750.00	1 920.00	1 810.00	1 369.29	0.802	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
		2 759.00	2 750.00	1 920.00	1 810.00	1 369.29	0.110	—	1	0.97	—	—	单轴双轮	2	1.09
26	A340-500	3 692.00	3 680.00	2 400.00	2 250.00	1 684.68	0.660	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
		3 692.00	3 680.00	2 400.00	2 250.00	1 684.68	0.235	—	1	1.18	1.98	—	双轴双轮	4	1.53
27	A340-600	3 692.00	3 680.00	2 590.00	2 450.00	1 748.67	0.660	10.68	2	1.40	1.98	—	双轴双轮	4	1.42
		3 692.00	3 680.00	2 590.00	2 450.00	1 748.67	0.230	—	1	1.18	1.98	—	双轴双轮	4	1.53
28	A350-900	2 809.00	2 800.00	2 070.00	1 957.00	1 418.06	0.932	10.60	2	1.74	2.04	—	双轴双轮	4	1.71

续表

序号	机型	最大滑行重量 (kN)	最大起飞重量 (kN)	最大着陆重量 (kN)	最大无燃油重量 (kN)	空机重量 (kN)	主起落架荷载分配系数 $\rho$	主起落架间距 (m)	主起落架个数 $n_c$	主起落架轮距 (m)			主起落架架构形式	单个主起落架的轮子数 $n_w$	主起落架轮胎压力 $q$ (MPa)
										$S_i$	$S_{L1}$	$S_{L2}$			
29	B747-200B	3 791.00	3 778.00	2 857.00	2 387.80	1 706.00	0.476	11.00	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
		3 791.00	3 778.00	2 857.00	2 387.80	1 706.00	0.476	3.84	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
30	B747-300	3 791.00	3 778.00	2 603.20	2 426.30	1 748.20	0.476	11.00	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.31
		3 791.00	3 778.00	2 603.20	2 426.30	1 748.20	0.476	3.84	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.31
31	B747-400	3 978.00	3 968.93	2 857.63	2 562.79	1 827.21	0.476	11.00	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
		3 978.00	3 968.93	2 857.63	2 562.79	1 827.21	0.476	3.84	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
32	B747-400F	3 978.00	3 968.93	3 020.92	2 880.31	1 660.54	0.476	11.00	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
		3 978.00	3 968.93	3 020.92	2 880.31	1 660.54	0.476	3.84	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
33	B747-400 COMBI	3 978.00	3 968.93	2 857.63	2 562.79	1 840.82	0.476	11.00	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
		3 978.00	3 968.93	2 857.63	2 562.79	1 840.82	0.476	3.84	2	1.12	1.47	—	双轴双轮	4	1.38
34	B747-8	4 490.56	4 476.96	3 120.72	2 952.89	2 201.28	0.474	11.00	2	1.19	1.44	—	双轴双轮	4	1.52
		4 490.56	4 476.96	3 120.72	2 952.89	2 201.28	0.474	3.84	2	1.19	1.44	—	双轴双轮	4	1.52
35	B747-8F	4 490.56	4 476.96	3 460.91	3 297.62	1 971.31	0.472	11.00	2	1.19	1.44	—	双轴双轮	4	1.52
		4 490.56	4 476.96	3 460.91	3 297.62	1 971.31	0.472	3.84	2	1.19	1.44	—	双轴双轮	4	1.52
36	B747-SP	3 188.00	3 156.00	2 041.00	1 859.40	1 479.70	0.476	11.00	2	1.10	1.37	—	双轴双轮	4	1.26
		3 188.00	3 156.00	2 041.00	1 859.40	1 479.70	0.476	3.84	2	1.10	1.37	—	双轴双轮	4	1.26
37	B757-200	1 161.00	1 156.50	952.50	853.00	593.50	0.950	7.32	2	0.86	1.14	—	双轴双轮	4	1.21
38	B757-200 PF	1 229.30	1 224.70	1 016.10	952.60	645.80	0.950	7.32	2	0.86	1.14	—	双轴双轮	4	1.24
		1 437.89	1 428.82	1 233.77	1 133.98	801.27	0.950	9.30	2	1.14	1.42	—	双轴双轮	4	1.24

续表

序号	机型	最大滑行重量 (kN)	最大起飞重量 (kN)	最大着陆重量 (kN)	最大无燃油重量 (kN)	空机重量 (kN)	主起落架荷载分配系数 $\rho$	主起落架间距 (m)	主起落架个数 $n_c$	主起落架轮距 (m)			主起落架架构形式	单个主起落架的轮子数 $n_w$	主起落架轮胎压力 $q$ (MPa)
										$S_i$	$S_{L1}$	$S_{L2}$			
40	B767-200 ER	1 796.23	1 791.69	1 360.78	1 179.34	823.77	0.950	9.30	2	1.14	1.42	—	双轴双轮	4	1.31
41	B767-300	1 596.50	1 587.50	1 361.00	1 261.00	860.50	0.950	9.30	2	1.14	1.42	—	双轴双轮	4	1.38
42	B767-300 ER	1 873.34	1 868.80	1 451.50	1 338.10	900.11	0.950	9.30	2	1.14	1.42	—	双轴双轮	4	1.38
43	B787-8	2 283.83	2 279.30	1 723.65	1 610.25	1 179.34	0.913	9.80	2	1.30	1.46	—	双轴双轮	4	1.57
44	B787-9	2 546.92	2 540.11	1 927.76	1 814.36	1 270.05	0.925	9.80	2	1.52	1.51	—	双轴双轮	4	1.56
45	B787-10	2 546.92	2 540.11	2 018.48	1 927.76	1 360.77	0.933	9.80	2	1.52	1.51	—	双轴双轮	4	1.56
46	MD-11	2 871.22	2 859.88	1 950.48	1 814.40	1 320.49	0.780	10.67	2	1.37	1.63	—	双轴双轮	4	1.38
		2 871.22	2 859.88	1 950.48	1 814.40	1 320.49	0.170	—	1	0.95	—	—	单轴双轮	2	1.24
47	A350-1000	3 169.00	3 160.00	2 360.00	2 230.00	1 557.39	0.932	10.73	2	1.40	1.40	1.40	三轴双轮	6	1.52
48	A380-800	5 620.00	5 600.00	3 860.00	3 610.00	2 774.76	0.380	12.46	2	1.35	1.70	—	双轴双轮	4	1.50
		5 620.00	5 600.00	3 860.00	3 610.00	2 774.76	0.570	5.26	2	1.53	1.70	1.70	三轴双轮	6	1.47
49	B777-200	3 002.80	2 993.70	2 376.80	2 245.30	1 605.30	0.954	10.98	2	1.40	1.45	1.45	三轴双轮	6	1.28
50	B777-200 LR	3 411.00	3 401.90	2 231.70	2 068.40	1 543.10	0.938	10.97	2	1.40	1.45	1.48	三轴双轮	6	1.50
51	B777-300	3 002.80	2 993.70	2 376.80	2 245.30	1 578.00	0.948	11.00	2	1.40	1.45	1.45	三轴双轮	6	1.48
52	B777-300 ER	3 411.00	3 401.90	2 512.90	2 376.80	1 688.30	0.936	10.97	2	1.40	1.45	1.48	三轴双轮	6	1.50

注：1 表中主起落架间距系指起落架之间横向中—中的距离，表中有两个数据时，前者为离飞机鼻轮较近的两个主起落架之间的横向中—中的距离。主起落架轮距  $S_i$  为主起落架轮子之间横向中—中距离， $S_{L1}$ 、 $S_{L2}$  为纵向中—中距离（其中  $S_{L1}$  离飞机鼻轮较近），如图 C 所示。

2 同一机型有多个最大重量时，表中选录的是各最大重量的最大值，机场道面厚度计算时，应区分使用的是同一机型何种配置，并综合考虑机场特定条件，选用或计算飞机重量。

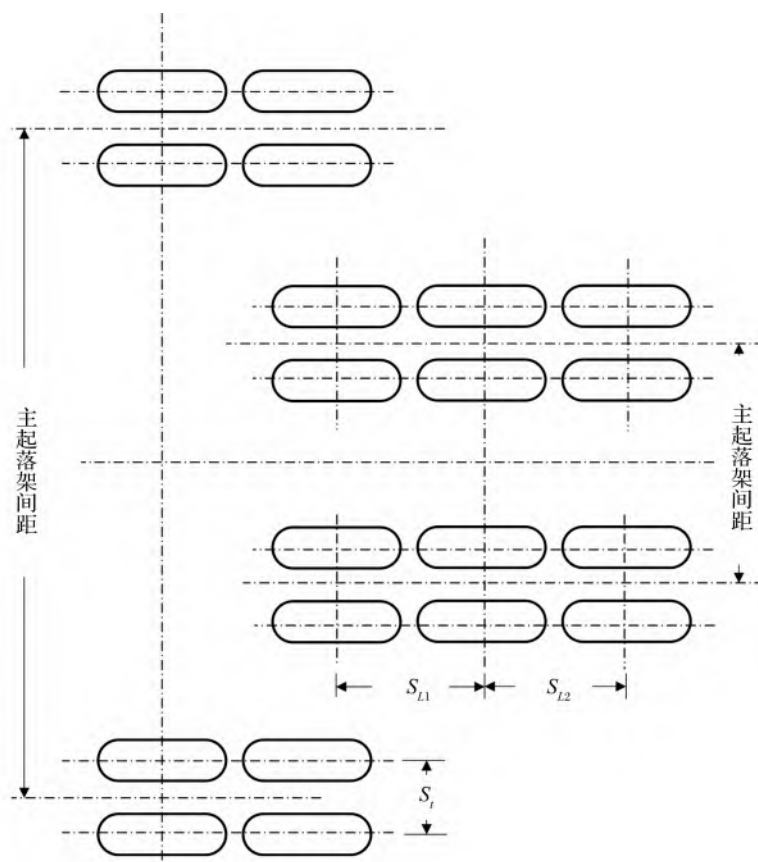


图 C 起落架构型示意图

## 附录 D 重复作用次数和累积损伤因子计算方法

## D.1 单轴起落架构型

D.1.1 单轴起落架构型，包括单轴单轮和单轴双轮。

D.1.2 单轴起落架构型实际荷载重复作用次数计算方法应按照如下规定：

- 1 在全部主起落架作用下，假定设计指标对应的力学响应量的横向分布曲线为  $f(x)$ 。
- 2 飞机的轮迹横向呈正态分布，分布曲线记为  $\varphi(x)$ ，示意图如图 D.1.2-1。

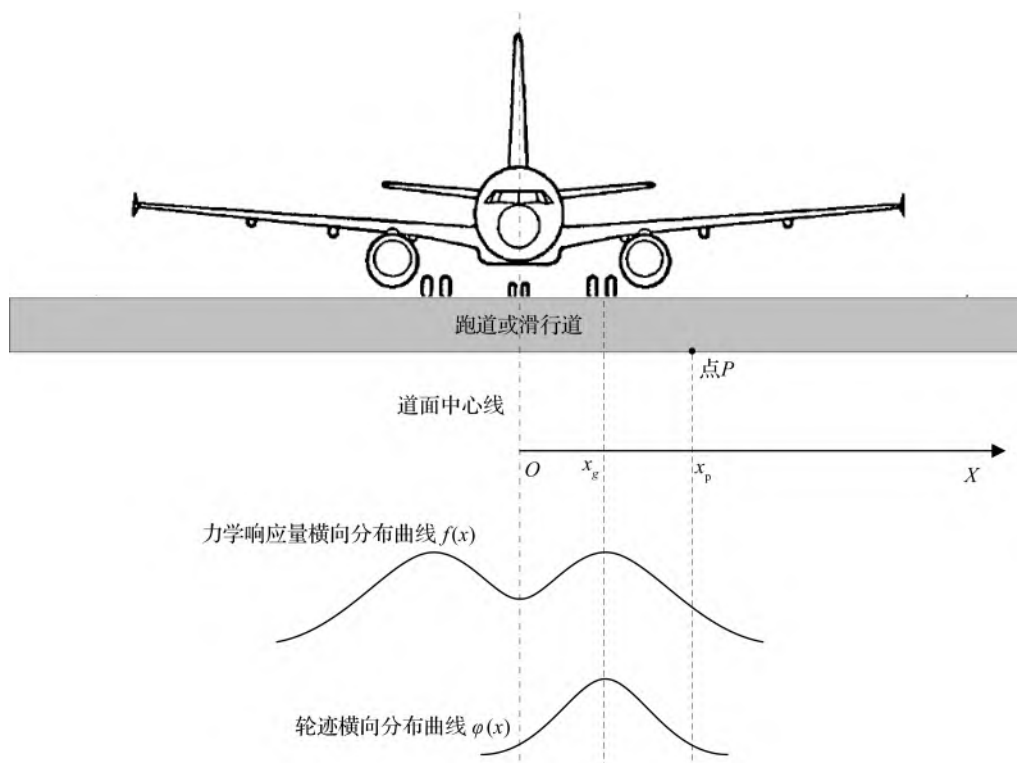


图 D.1.2-1 沥青道面结构响应和轮迹分布示意

3 道面力学分析时应考察道面横断面上的每一点。

1) 选择道面横断面上的任意一点  $P$  作为分析点，假定该点离道面中心的距离为  $x_p$  (图 D.1.2-1)；

2) 在起落架荷载的作用下, 在  $P$  点会产生力学响应, 起落架的横向位置不同, 产生力学响应的大小也不同。

4 假定起落架在任何位置对道面产生相同规律的结构响应, 即力学响应量的横向分布曲线的形状相同, 示意图如图 D. 1. 2-2。

1) 当飞机的中心线与道面的中心线重合时:

$x_g$  为右侧起落架中心离道面中心的距离;

$f_{c=x_g}(x)$  为右侧起落架中心为  $x_g$  时飞机对道面产生的力学响应量曲线;

$f_{c=x_u}(x)$  为飞机右侧起落架中心位于其他任意位置  $x_u$  时的道面力学响应量曲线;

$f_{c=x_u}(x_p)$  为对于道面上的分析点  $P(x=x_p)$ , 某一起落架位置在该点产生的力学响应量。

2) 在  $f_{c=x_g}(x)$  曲线上必然存在一点  $Q(x=x_q)$ , 使得  $f_{c=x_g}(x_q) = f_{c=x_u}(x_p)$ , 由图 D. 1. 2-2 可知  $x_q = x_g + x_p - x_u$ 。

3) 当起落架中心位于  $x_u$  时, 其对道面  $P$  点产生的力学响应量等价于飞机中心线与道面中线重合时, 在坐标为  $(x_g + x_p - x_u)$  的  $Q$  点产生的力学响应量按式 (D. 1. 2-1) 计算。

$$f_{c=x_u}(x_p) = f_{c=x_g}(x_g + x_p - x_u) = f(x_g + x_p - x_u) \quad (\text{D. 1. 2-1})$$

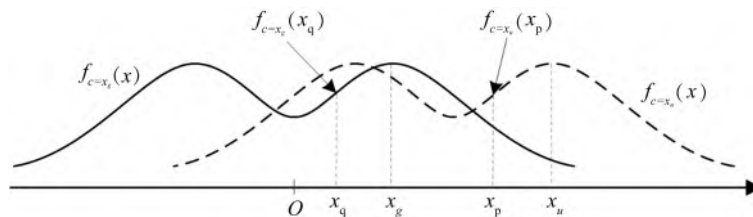


图 D. 1. 2-2 力学响应量的等效

5 在  $P$  点产生大小为  $f(x_g + x_p - x_u)$  的力学响应量的次数按式 (D. 1. 2-2) 计算。

$$n_{ju} = n_j \varphi(x_u) \quad (\text{D. 1. 2-2})$$

式中:  $n_{ju}$ ——第  $j$  类飞机起落架中心位于  $x_u$  时的实际荷载重复作用次数;

$n_j$ ——第  $j$  类飞机的通行次数;

$\varphi(x_u)$ ——起落架中心位于  $x_u$  时的概率。

6 将沥青道面横向划分成宽 250 mm 的条带, 道面中线两侧各 40 个条带, 并近似认为各条带上各点的荷载重复作用次数和力学响应量数值均相等。

7 若设计区域在跑道端部, 则飞机中心线在横断面上的位置  $x$  (单位: m) 呈正态分布, 示意图如图 D. 1. 2-3。均值为 0 时,  $x$  的概率密度函数按式 (D. 1. 2-3) 计算。

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 0.775} e^{\left(-\frac{x^2}{2 \times 0.775^2}\right)} \quad (\text{D. 1. 2-3})$$

式中： $g(x)$  ——  $x$  处的概率密度函数。

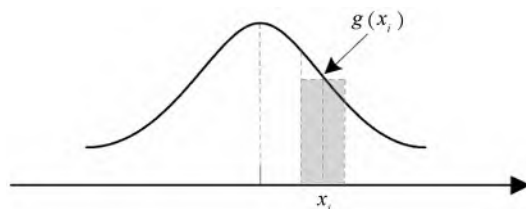


图 D. 1. 2-3 第  $i$  条带的概率和实际作用次数计算示意

8 起落架中心位于第  $i$  条带的概率可通过第  $i$  条带 ( $i=1, 2, \dots, 80$ ) 在正态分布曲线上所占面积求得。记第  $i$  条带其中心坐标为  $x_i$ ，则该条带的宽度为 0.25 m，平均高度可近似用  $g(x_i)$  代替，则所求概率近似等于图中矩形阴影部分的面积  $0.25g(x_i)$ 。从而式 (D. 1. 2-2) 转化为式 (D. 1. 2-4)。

$$n_{ji} = n_j \varphi(i) = 0.2n_j g(x_i) \quad (\text{D. 1. 2-4})$$

式中： $n_{ji}$  —— 第  $j$  类飞机起落架中心位于第  $i$  个条带上的实际荷载重复作用次数；

$n_j$  —— 第  $j$  类飞机的通行次数；

$g(x_i)$  —— 平均值为 0，标准差为 0.775 m 的正态分布概率密度函数在  $x_i$  点处的函数值。

### D. 1. 3 基于力学响应量计算允许荷载重复作用次数应按照规定：

1 与实际荷载重复作用次数计算中的对应，对道面中的分析点  $P$ ，在力学响应量  $\xi = f(x_g + x_p - x_u)$  时的允许荷载重复作用次数按式 (D. 1. 3-1) 计算。

$$N_{ju} = N(\xi = f(x_g + x_p - x_u)) \quad (\text{D. 1. 3-1})$$

式中： $N_{ju}$  —— 第  $j$  类飞机起落架中心位于  $x_u$  时的允许荷载重复作用次数；

$N(\xi)$  —— 控制开裂或轮辙的性能方程，见式 (7. 4. 2-1)、式 (7. 4. 2-2) 和式 (7. 4. 2-3)；

$\xi$  —— 式 (7. 4. 2-1)、式 (7. 4. 2-2) 和式 (7. 4. 2-3) 中对应的力学响应量。

2 对道面进行条带划分后，认为各条带上的力学响应量均等于条带中点处的响应量，允许荷载重复作用次数计算时需选取随飞机移动的某点作为参考点，示意图如图 D. 1. 3-1。

1) 记飞机的中心线与道面的中心线重合时，飞机的位置为参考位置，此时各条带响应量数值在第  $k'$  个条带出现最大值，选取该条带中点  $x_{k'}$  作为参考点；

2) 飞机作用在虚线位置时, 此时第  $k$  条带出现最大响应数值, 该条带中点  $x_k$  与参考点  $x_{k'}$  对应;

3) 计算此时第  $i$  个条带的响应量和允许荷载重复作用次数, 需以几何关系  $i' = k' + i - k$  确定第  $i'$  个条带的位置, 则飞机在虚线位置时第  $i$  个条带的响应数值  $\xi$  等于飞机位于参考位置时, 第  $i'$  个条带中点  $x_{i'}$  的响应数值  $f(x_{i'})$ 。

3 响应数值确定后, 代入控制开裂的疲劳方程和控制轮辙的性能方程中, 则式 (D. 1. 3-1) 转化为式 (D. 1. 3-2)。

$$N_{jk} = N(\xi) = N(f(x_{i'})) = N(f(x_{k'+i-k})) \quad (\text{D. 1. 3-2})$$

式中:  $N_{jk}$ ——第  $j$  类飞机起落架中心位于第  $k$  个条带时, 第  $i$  个条带的允许荷载重复作用次数;

$x_{k'+i-k}$ ——第  $k'+i-k$  个条带的中点坐标, 其中第  $k'$  个条带中点为选取的参考点。

其中, 上述参考点的位置 ( $k'$  值) 可在一定范围内根据便利性任意选取, 飞机起落架位置 ( $k$  值) 和计算点 ( $i$  值) 也包括所有条带位置, 由此可得飞机作用于任意条带时, 每一条带的允许荷载重复作用次数。

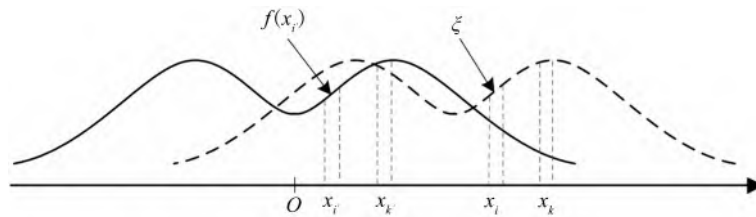


图 D. 1. 3 第  $i$  个条带的响应量和允许荷载重复作用次数计算示意

#### D. 1. 4 累积损伤因子计算方法应按照如下规定:

1 对于粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的轮辙控制、沥青层和无机结合料稳定类基层疲劳开裂控制, 根据式 (7. 5. 2-1), 各个条带的累积损伤因子可由实际荷载作用次数与允许荷载作用次数的比值确定。

1) 对道面分析点  $P$ , 在飞机右侧起落架中心位于  $x_u$  时, 飞机通过  $n_{ju}$  次后产生的累积疲劳损伤因子计算按式 (D. 1. 4-1) 计算。

$$CDF_j = \int \frac{n_{ju}}{N_{ju}} = \int \frac{n_j \varphi(x_u)}{N(\xi = f(x_g + x_p - x_u))} \quad (\text{D. 1. 4-1})$$

式中:  $CDF_j$ ——第  $j$  类飞机产生的累积损伤因子。

2) 对道面进行上述条带划分后, 第  $i$  个条带的累积损伤因子应考虑飞机起落架位于不同条带 ( $k=1, 2, \dots, 80$ ) 的所有情况, 因此式 (D. 1. 4-1) 可转化为式 (D. 1. 4-2)。

$$CDF_{ji} = \sum_{k=1}^{100} \frac{0.2 n_j g(x_k)}{N(f(x_{k'+i-k}))} \quad (\text{D. 1. 4-2})$$

式中： $CDF_{ji}$ ——第  $j$  类飞机位于不同条带时对第  $i$  个条带产生的累积损伤因子。

2 对于无机结合料稳定类基层的沥青层轮辙控制，对于任一条带仅考虑飞机作用在此条带上的实际作用次数，按式 (7.4.2-4) 计算各条带产生的轮辙量  $RD_i$ ，进一步根据式 (7.5.3-1) 计算最大累积损伤因子即可。

## D.2 多轴和复杂起落架构型

**D.2.1** 为便于计算，双轴起落架可按照单轴计算的结果乘以轴数 2 考虑，三轴起落架也可近似地按照单轴计算的结果乘以轴数 3 考虑，并参照 D.1 节的规定进一步计算累积损伤因子。

**D.2.2** 为便于计算，复杂起落架按前后顺序分成数组起落架，并根据每组起落架构型按双轴和三轴起落架构型的方法进行分析。例如，将 A380 型飞机分成前后两组起落架，分别为双轴和三轴构型；将 B747 型飞机分成前后两组起落架，均为双轴构型等。划分后独立进行计算即可。

## 附录 E 道面结构设计示例

### E.1 设计背景

某机场拟新建一条跑道，结构拟采用沥青道面形式，其设计宽度为 60 m，以最大起飞重量计算跑道端部厚度。

1. 设计年限：20 年。

2. 气候分区：

所在地高温指标为 32℃，是“夏炎热区”。低温指标为-16℃，是“冬冷区”。

根据当地气象站监测，2000 年到 2009 年平均气温为 12.95℃，温度标准差为 0.22℃。

3. 道面分区：

因设计区域在跑道端部范围，故道面结构厚度分区为 I 区，结构厚度不进行折减；

道面设计宽度为 60 m，可在横断面两侧道面适当考虑减薄设计；

各飞机轮迹横向分布按标准差为 775 mm 的正态分布考虑。

4. 预测机型及运行架次见表 E.1。

表 E.1 预测机型及运行架次

序号	机型	年平均运行架次	设计年限内总运行架次
1	B747-400	3 500	70 000
2	B777-300ER	3 080	61 600
3	B767-200	15 000	300 000
4	B767-300ER	7 330	146 600
5	B737-300	10 000	200 000
6	B737-800	6 340	126 800
7	A380-800	500	10 000
总计		45 750	915 000

## E.2 粒料或沥青稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例

### E.2.1 初拟结构组合及材料参数

C类及以上机型年平均运行架次为45 750次，故其航空交通等级为“重”，根据规范推荐采用的组合，拟采用三层式面层（总厚度>15 cm）、上基层为沥青稳定类基层、下基层为粒料基层。初拟结构组合及材料参数见表 E.2.1。

表 E.2.1 初拟结构组合及材料参数

材料类型	层位	厚度 (cm)	模量 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	泊松比
沥青混合料 SMA-13	上面层	5	7 500	0.9	0.3
沥青混合料 AC-20	中面层	7	7 500	0.7	0.3
沥青混合料 AC-20	下面层	7	7 500	0.7	0.3
沥青稳定碎石 ATB-25	上基层	30	10 000		0.3
级配碎石	下基层	38	400		0.35
土	道基	—	120		0.4

### E.2.2 结构验算

该结构为粒料、沥青稳定类基层沥青道面，根据规范，应计算道基顶面变形而产生的轮辙和沥青碎石层底的疲劳损伤。采用表 E.2.1 所示的结构参数，按下述内容进行结构验算。

#### 1 交通荷载分析

根据附录 C 计算得到相关机型的飞机参数，见表 E.2.2-1。

表 E.2.2-1 设计用飞机参数表

机型	最大起飞重量 (kN)	主起落架荷载分配系数	主起落架轮数	单轮荷载 (kN)	轮胎压力 (MPa)	轮印半径 (mm)
B747-400 前主起落架	3 968.93	0.476	8	236.15	1.38	233.4
B747-400 后主起落架	3 968.93	0.476	8	236.15	1.38	233.4
B777-300ER	3 401.9	0.936	12	265.35	1.5	237.3
B767-200	1 428.82	0.95	8	169.67	1.24	208.7

续表

机型	最大起飞重量 (kN)	主起落架荷载分配系数	主起落架轮数	单轮荷载 (kN)	轮胎压力 (MPa)	轮印半径 (mm)
B767-300ER	1 868.8	0.95	8	221.92	1.38	226.2
B737-300	564.72	0.95	4	134.12	1.4	174.6
B737-800	790.04	0.95	4	187.63	1.47	201.6
A380-800 前主起落架	5 600	0.38	8	266.00	1.50	237.6
A380-800 后主起落架	5 600	0.57	12	266.00	1.47	240.0

## 2 荷载重复作用次数计算

令道面中线在横断面水平方向上的坐标  $x_0$  为 0, 以 0.25 m 为单位宽度, 将道面横断面上距离中心线  $\pm 10$  m 内的范围划分为 80 个条带。根据 7.2.2 规定, 飞机中心线在断面上的位置  $x$  (单位: m) 的概率密度函数为:

$$g(x) = \frac{1}{0.775 \sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{x^2}{2 \times 0.775^2}\right)} \quad (\text{E. 2. 2-1})$$

计算每条带在  $g(x)$  上的面积, 求得飞机中心线作用于各条带上的概率, 结合表 E. 1 各机型的总运行架次, 对双轴和三轴起落架按照单轴次数乘以轴数 2 和 3 进行简化处理, A380-800 和 B747-400 都分成两组起落架考虑, 可计算得到各条带的实际荷载重复作用次数  $n_{ji}$  ( $j=1\sim 7$ , 共 7 类机型。  $i=1\sim 80$ ), 见表 E. 2. 2-2。

表 E. 2. 2-2 各机型在各条带上的实际荷载重复作用次数

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400 前主起落架	B747-400 后主起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800	
										前主起落架	后主起落架
1~24	-10~-4	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	-4~-3.75	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	-3.75~-3.5	0.000	0	0	0	1	1	0	0	0	0

续表

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400 前主 起落架	B747-400 后主 起落架	B777- 300ER	B767- 200	B767- 300ER	B737- 300	B737- 800	A380-800	
										前主 起落架	后主 起落架
27	-3.5~-3.25	0.000	1	1	2	6	3	2	1	0	0
28	-3.25~-3	0.000	5	5	7	22	11	7	5	1	1
29	-3~-2.75	0.000	17	17	23	74	36	25	16	2	4
30	-2.75~-2.5	0.000	53	53	70	227	111	76	48	8	11
31	-2.5~-2.25	0.001	146	146	193	626	306	209	132	21	31
32	-2.25~-2	0.003	365	365	481	1 562	763	521	330	52	78
33	-2~-1.75	0.006	821	821	1 084	3 519	1 719	1 173	744	117	176
34	-1.75~-1.5	0.012	1 670	1 670	2 205	7 159	3 498	2 386	1 513	239	358
35	-1.5~-1.25	0.022	3 070	3 070	4 052	13 157	6 429	4 386	2 781	439	658
36	-1.25~-1	0.036	5 097	5 097	6 729	21 846	10 675	7 282	4 617	728	1 092
37	-1~-0.75	0.055	7 647	7 647	10 094	32 772	16 015	10 924	6 926	1 092	1 639
38	-0.75~-0.5	0.074	10 365	10 365	13 681	44 420	21 707	14 807	9 387	1 481	2 221
39	-0.5~-0.25	0.091	12 694	12 694	16 756	54 403	26 585	18 134	11 497	1 813	2 720
40	-0.25~0	0.100	14 048	14 048	18 543	60 206	29 421	20 069	12 723	2 007	3 010
41 ~80	0~10	第 41 至第 80 条带与第 40 至第 1 条带关于道面中线对称, 数值一致									

采用弹性层状体系, 计算飞机中心线与道面中线重合时, 所有条带处的沥青层底最大水平拉应变  $\varepsilon_h$  和土基顶最大竖向压应变  $\varepsilon_v$ , 示意见表 E. 2. 2-3, 表中仅列出了各响应量的最大数值及所在条带位置。

表 E. 2. 2-3 道面响应量计算结果示意

条带编号	距离道面中心距离 (m)	响应量类型	B747-400 前主起落架	B747-400 后主起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800	
										前主起落架	后主起落架
16	-6.25~-6	$\varepsilon_h$ ( $\mu$ )	104.5	3.8	<b>113.2</b>	29.9	39.0	3.5	6.0	94.7	8.1
18	-5.75~-5.5		98.3	5.7	92.4	54.9	71.3	5.3	9.2	<b>114.5</b>	12.4
20	-5.25~-5		<b>106.5</b>	8.7	102.2	79.1	101.6	8.2	14.4	79.3	19.4
24	-4.25~-4		46.2	20.8	58.8	79.2	<b>101.6</b>	20.9	38.7	26.2	53.6
28	-3.25~-3		17.2	58.1	21.0	28.5	37.2	67.1	<b>96.8</b>	10.7	104.0
31	-2.5~-2.25		9.1	111.3	11.0	13.8	18.1	<b>73.8</b>	93.7	5.8	91.6
33	-2~-1.75		6.1	102.0	7.4	9.1	11.9	53.1	55.4	4.0	<b>113.7</b>
35	-1.5~-1.25		4.3	<b>115.0</b>	5.2	6.3	8.2	29.9	32.9	2.9	76.6
57	4~4.25		46.2	20.8	58.8	<b>79.2</b>	101.6	20.9	38.7	26.2	53.6
14	-6.75~-6.5	$\varepsilon_v$ ( $\mu$ )	-197.1	3.6	-234.3	-53.9	-70.5	0.4	-1.3	<b>-320.5</b>	-1.9
17	-6~-5.75		<b>-309.7</b>	0.2	-312.9	-128.0	-167.2	-4.8	-11.6	-319.0	-15.8
21	-5~-4.75		-292.5	-17.1	<b>-315.5</b>	-220.9	-288.3	-25.7	-51.1	-185.5	-68.7
23	-4.5~-4.25		-196.7	-37.8	-240.5	<b>-221.3</b>	<b>-288.7</b>	-48.9	-93.8	-105.0	-125.6
29	-3~-2.75		-30.8	-230.6	-40.1	-67.6	-88.4	-199.7	<b>-275.0</b>	-11.5	-284.6
30	-2.75~-2.5		-20.8	-279.7	-27.5	-49.5	-64.8	<b>-204.1</b>	-272.0	-6.2	-277.7
33	-2~-1.75		-3.2	-311.2	-5.4	-16.8	-22.0	-152.8	-169.3	2.4	<b>-301.4</b>
34	-1.75~-1.5		-0.1	<b>-316.9</b>	-1.5	-10.6	-13.9	-119.4	-129.2	3.8	-270.5

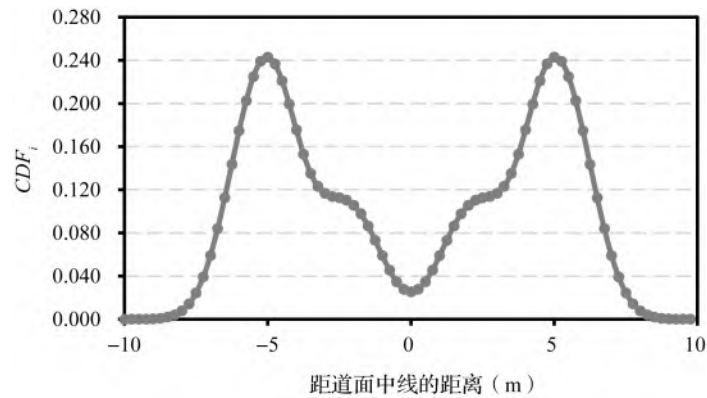
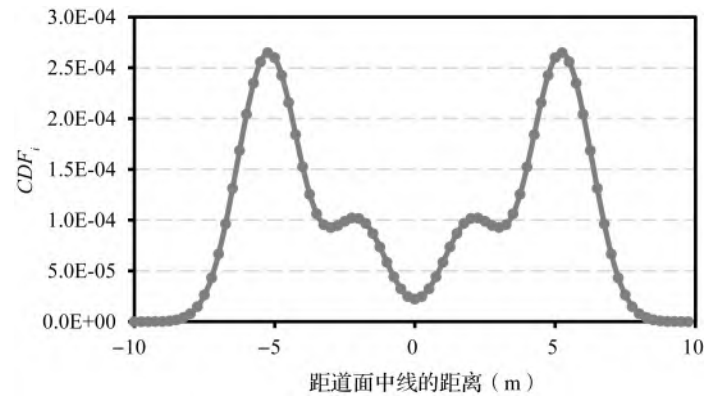
注：表中加粗字为此机型作用下所有条带中的最大响应量。

根据附录 D，若第  $i$  条和第  $k$  条带位于道面中线同侧，则飞机作用于第  $k$  条带上方时，第  $i$  条带的响应数值应等于飞机中心线与道面中线重合时（此时飞机位于第 40 条带上方）第  $(40+i-k)$  个条带的响应数值。根据飞机作用于不同条带上方时每个条带的  $\varepsilon_h$ 、 $\varepsilon_v$  数值，以式 (7.4.2-1) 和式 (7.4.2-3) 分别计算各条带的允许荷载重复作用次数。

### E. 2. 3 最大累积损伤因子计算

以式 (7.5.2-1) 计算不同飞机作用于各位置时每个条带的累积损伤因子  $CDF_{ji}$ 。以式 (7.5.2-2) 累加不同机型作用于不同位置处的累积损伤因子，得到第  $i$  条带的总累积损伤因子  $CDF_i$ 。根据式 (7.5.2-3)，所有条带中的  $CDF_i$  最大数值即为最大累积损伤因子  $CDF$ 。

其中疲劳控制  $CDF$  为 0.243，出现在第 21 条和第 61 条带位置，距离道面中线距离为  $\pm 4.75$  m~5 m。沥青层轮辙控制  $CDF$  值为  $2.6 \times 10^{-4}$ ，出现在第 21 条和第 61 条带位置，距离道面中线距离为  $\pm 4.75$  m~5 m。以各条带中心距道面中线的距离为横坐标，绘出各条  $CDF_i$  断面分布曲线，见图 E. 2. 3-1 和图 E. 2. 3-2。

图 E. 2. 3-1 疲劳控制时各条带的  $CDF_i$  分布图 E. 2. 3-2 车辙控制时各条带的  $CDF_i$  分布

经试算，本例拟定的结构组合安全，此时计算得到疲劳控制  $CDF$  值为  $0.243 < 1.05$ ，车辙控制  $CDF$  值为  $2.6 \times 10^{-4} < 1.05$ 。因此拟定结构厚度满足设计要求。

可知，当 ATB-25 柔性基层厚度为 30 cm 时，疲劳控制远没有达到阈值。因此，这里将基层厚度从 30 cm 调整为 20 cm 进行开裂和轮辙验算。

疲劳和车辙的验算结果见图 E. 2. 3-3 和图 E. 2. 3-4。

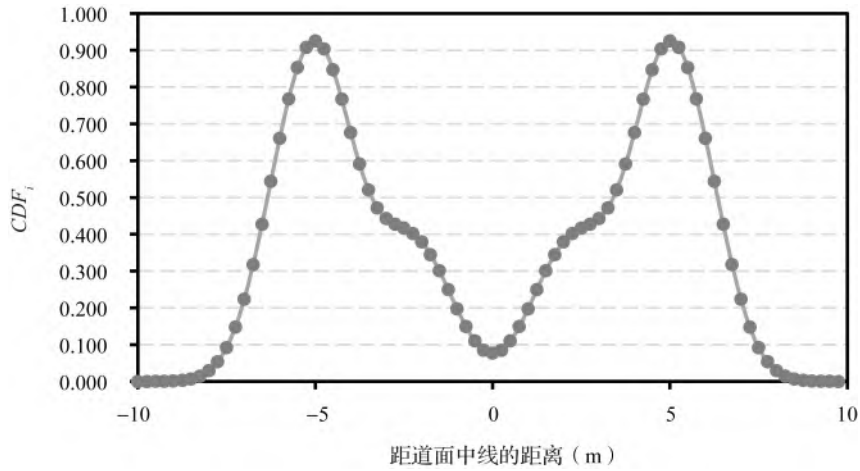


图 E. 2. 3-3 调整后疲劳控制时各条带的  $CDF_i$  分布

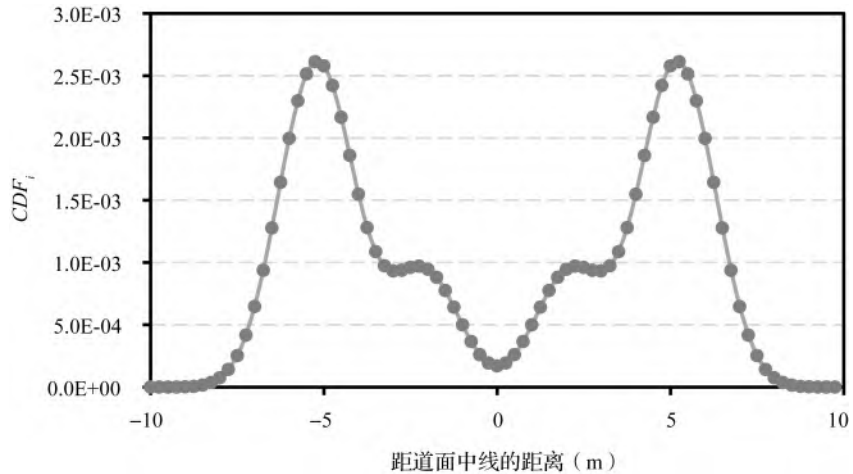


图 E. 2. 3-4 调整后车辙控制时各条带的  $CDF_i$  分布

可知，当 ATB-25 柔性基层厚度为 20 cm 时，疲劳验算  $CDF$  值为  $0.926 < 1.05$ ，轮辙验算  $CDF$  值为  $2.6 \times 10^{-3} < 1.05$ ，满足要求。

### E. 3 无机结合料稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例

#### E. 3. 1 初拟结构组合及材料参数

该跑道航空交通等级为“重”，采用三层式面层（总厚度  $> 15$  cm）、基层和下基层为无机结合料稳定类材料的结构组合。初拟道面结构组合及材料参数见表 E. 3. 1。基层模量在进行结构计算时进行了 0.5 倍折减。

表 E.3.1 初拟道面结构组合及材料参数

材料类型	层位	厚度 (cm)	模量 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	泊松比
沥青混合料 SMA-13	上面层	5	8 000 (2 100)	0.9	0.3
沥青混合料 AC-20	中面层	7	9 000 (2 100)	0.7	0.3
沥青混合料 AC-20	下面层	7	9 000 (2 100)	0.7	0.3
水泥稳定碎石	基层	50	10 000		0.25
级配碎石	底基层	20	480		0.35
土	道基		120		0.4

注：括号中数字为进行轮辙验算时沥青层的模量取值。

### E.3.2 结构验算

该结构为无机结合料稳定类基层沥青道面，根据本规范要求，需计算因沥青面层变形而产生的轮辙和无机结合料稳定类基层底的疲劳损伤。采用表 E.3.1 所示的结构参数，按下述内容进行结构验算。

- 1 交通荷载与表 E.2.2-1 保持一致；
- 2 荷载重复作用次数计算如下：

令道面中线在横断面水平方向上的坐标  $x_0$  为 0，以 0.25 m 为单位宽度，将道面横断面上距离中心线  $\pm 10$  m 内的范围划分为 80 个条带。根据 7.2.2 规定，飞机中心线在断面上的位置  $x$  (单位：m) 的概率密度函数为：

$$g(x) = \frac{1}{0.775 \sqrt{2\pi}} e\left(-\frac{x^2}{2 \times 0.775^2}\right) \quad (\text{E.3.2-1})$$

计算每条带在  $g(x)$  上的面积，求得飞机中心线作用于各条带上的概率，结合表 E.1 各机型的总运行架次，对双轴和三轴起落架按照单轴次数乘以轴数 2 和 3 进行简化处理，A380-800 和 B747-400 都分成两组起落架考虑，可计算得到各条带的实际荷载重复作用次数  $n_{ji}$  ( $j=1\sim 7$ ，共 7 类机型。 $i=1\sim 80$ )，见表 E.3.2-1。

表 E.3.2-1 各机型在各条带上的实际荷载重复作用次数

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400 前主起落架	B747-400 后主起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800	
										前主起落架	后主起落架
1~24	-10~-4	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	-4~-3.75	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0

续表

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400 前主起落架	B747-400 后主起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800	
										前主起落架	后主起落架
26	-3.75~-3.5	0.000	0	0	0	1	1	0	0	0	0
27	-3.5~-3.25	0.000	1	1	2	6	3	2	1	0	0
28	-3.25~-3	0.000	5	5	7	22	11	7	5	1	1
29	-3~-2.75	0.000	17	17	23	74	36	25	16	2	4
30	-2.75~-2.5	0.000	53	53	70	227	111	76	48	8	11
31	-2.5~-2.25	0.001	146	146	193	626	306	209	132	21	31
32	-2.25~-2	0.003	365	365	481	1 562	763	521	330	52	78
33	-2~-1.75	0.006	821	821	1 084	3 519	1 719	1 173	744	117	176
34	-1.75~-1.5	0.012	1 670	1 670	2 205	7 159	3 498	2 386	1 513	239	358
35	-1.5~-1.25	0.022	3 070	3 070	4 052	13 157	6 429	4 386	2 781	439	658
36	-1.25~-1	0.036	5 097	5 097	6 729	21 846	10 675	7 282	4 617	728	1 092
37	-1~-0.75	0.055	7 647	7 647	10 094	32 772	16 015	10 924	6 926	1 092	1 639
38	-0.75~-0.5	0.074	10 365	10 365	13 681	44 420	21 707	14 807	9 387	1 481	2 221
39	-0.5~-0.25	0.091	12 694	12 694	16 756	54 403	26 585	18 134	11 497	1 813	2 720
40	-0.25~0	0.100	14 048	14 048	18 543	60 206	29 421	20 069	12 723	2 007	3 010
41~80	0~10	第 41 至第 80 条带与第 40 至第 1 条带关于道面中线对称, 数值一致									

采用弹性层状体系, 计算飞机中心线与道面中线重合时, 所有条带处的基层底最大水平拉应力  $\sigma_t$ , 相关示意见表 E. 3. 2-2。以 1 cm 厚度对沥青层划分亚层, 采用弹性层状体系计算不同机型作用于不同位置时, 各条带的各亚层层中深度位置处的最大剪应力, 相关示意见表 E. 3. 2-3。表中以条带编号 40 为例, 列出了各亚层剪应力的最大数值。

表 E.3.2-2 道面基层底最大水平拉应力  $\sigma_l$  计算内容示意 (kPa)

条带编号	距离道面中线 距离 (m)	B747-400 前起落架	B747-400 后起落架	B777- 300ER	B767- 200	B767- 300ER	B737- 300	B737- 800	A380-800	
									前主 起落架	后主 起落架
13	-7~-6.75	121.5	-73.1	180.4	-26.1	-33.9	-45.7	-65.5	<b>723.6</b>	-89.2
16	-6.25~-6	<b>653.7</b>	-89.1	<b>710.4</b>	62.4	82.3	-51.7	-70.6	439.3	-96.7
24	-4.25~-4	115.0	-71.4	189.5	<b>484.2</b>	<b>626.2</b>	13.6	82.1	-20.4	123.3
27	-3.5~-3.25	-35.9	45.1	-25.4	106.9	140.9	231.9	532.5	-81.7	<b>655.6</b>
28	-3.25~-3	-58.7	144.7	-55.0	41.6	55.0	377.4	<b>556.2</b>	-90.3	534.0
29	-3~-2.75	-74.5	325.0	-75.9	1.3	2.0	<b>420.8</b>	502.5	-95.4	353.6
31	-1.5~-1.25	-101.4	<b>606.6</b>	-113.7	-82.9	-108.4	33.4	-2.2	-94.2	236.0

注：表中加粗字为此机型作用下所有条带中的最大响应数值。

表 E.3.2-3 道面最大剪应力  $\tau_k$  计算内容示意 (kPa)

条带编号	距道面 表面的 深度 (cm)	B747-400		B777- 300ER	B767- 200	B767- 300ER	B737- 300	B737- 800	A380-800	
		前起落架	后起落架						前主 起落架	后主 起落架
40	0.5	176.4	187.6	198.6	177.7	182.8	229.5	215.1	197.0	209.6
40	1.5	305.3	309.2	329.5	293.7	311.2	362.5	354.1	329.1	326.0
40	2.5	356.0	358.9	385.1	333.7	360.3	397.2	399.9	384.8	379.9
40	3.5	369.8	372.2	400.8	340.9	372.6	397.3	407.1	400.6	395.3
40	4.5	368.0	370.4	399.4	335.7	369.7	386.5	400.2	399.2	394.1
40	5.5	360.2	362.5	391.2	328.8	361.1	404.7	392.8	391.1	386.1
40	6.5	356.4	367.2	391.2	349.2	366.9	428.3	417.3	389.1	392.6
40	7.5	373.6	384.1	409.5	365.0	384.3	445.6	436.3	407.5	410.1
40	8.5	386.7	396.9	423.6	376.7	397.4	456.8	450.1	421.5	423.4
40	9.5	396.0	405.9	433.4	384.3	406.5	462.5	458.8	431.4	432.7
40	10.5	401.3	410.9	439.1	388.2	411.5	462.4	462.9	437.2	438.0
40	11.5	402.8	412.1	440.7	387.5	412.8	457.2	461.5	438.9	439.4
40	12.5	400.6	409.6	438.4	383.0	409.5	447.2	455.4	436.6	437.0
40	13.5	394.2	402.8	431.5	374.6	402.3	447.6	444.6	429.8	430.2
40	14.5	383.9	392.2	420.6	362.3	391.0	423.5	429.1	419.0	419.4
40	15.5	369.8	377.9	405.6	346.2	375.9	396.2	424.8	404.1	404.8
40	16.5	352.1	359.8	386.7	343.5	356.8	365.5	395.6	385.3	386.3

续表

条带 编号	距道面 表面的 深度 (cm)	B747-400		B777- 300ER	B767- 200	B767- 300ER	B737- 300	B737- 800	A380-800	
		前起落架	后起落架						前主 起落架	后主 起落架
40	17.5	330.7	338.1	363.9	315.2	356.7	330.8	362.3	362.7	364.2
40	18.5	322.0	328.9	352.0	283.0	322.5	291.6	324.4	352.5	354.8

根据附录 D, 若第  $i$  和第  $k$  条带位于道面中线同侧, 则飞机作用于第  $k$  条带上方时, 第  $i$  条带的响应数值应等于飞机中心线与道面中线重合时 (此时飞机位于第 40 条带上方) 第  $(40+i-k)$  个条带的响应数值。根据飞机作用于不同条带上方时每个条带的基层底最大水平拉应力  $\sigma_i$  的数值, 以式 (7.4.2-2) 计算各条带的允许荷载重复作用次数。本例中, 根据室内疲劳试验结果, 式 (7.4.2-2) 中  $a$ 、 $b$ 、 $f_r$  分别取 1.0、0.11、1.60。对于轮辙控制不需计算允许荷载重复作用次数, 但是需要计算各条带的累计轴载作用次数。

### E.3.3 无机结合料稳定类基层疲劳开裂控制

以式 (7.5.3-1) 计算不同飞机中心线位于任一条带时各个条带的累积损伤因子  $CDF_{ji}$ 。以式 (7.5.3-2) 累加不同机型作用于不同位置处的累积损伤因子, 得到第  $i$  条带的总累积损伤因子  $CDF_i$ 。根据式 (7.5.3-3), 所有条带中的最大数值即为最大累积损伤因子  $CDF$ 。

其中基层疲劳控制  $CDF$  为 0.815, 出现在第 21 和第 61 个条带, 距离道面中线距离为  $\pm 4.75 \text{ m} \sim 5 \text{ m}$ 。以各条带中心距道面中线的距离为横坐标, 绘出各条带  $CDF_i$  断面分布曲线, 见图 E.3.3。

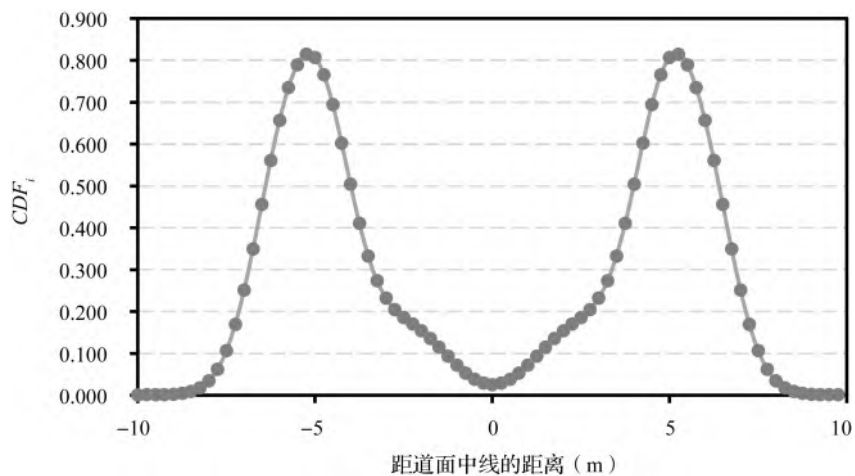


图 E.3.3 基层疲劳控制时各条带  $CDF_i$  分布

### E.3.4 轮辙控制

计算各个条带的累计轴载作用次数，以式 (7.4.2-5) 计算各亚层温度后，根据式 (7.4.2-4) 计算各条带的轮辙。以式 (7.5.3-1) 计算不同机型在各个条带上的累积损伤因子  $CDF_{ji}$ ， $m$  值取 1.5。以式 (7.5.3-2) 累加不同机型作用于不同位置处的累积损伤因子，得到第  $i$  条带的总累积损伤因子  $CDF_i$ 。根据式 (7.5.3-3)，所有条带中的最大数值即为最大累积损伤因子  $CDF$ 。

其中沥青层轮辙控制  $CDF$  为 0.684，出现在第 21 和第 61 个条带，距离道面中线距离为  $\pm 4.75 \text{ m} \sim 5 \text{ m}$ 。以各条带中心距道面中线的距离为横坐标，绘出道面横断面上的各条带  $CDF_i$  曲线，见图 E.3.4。

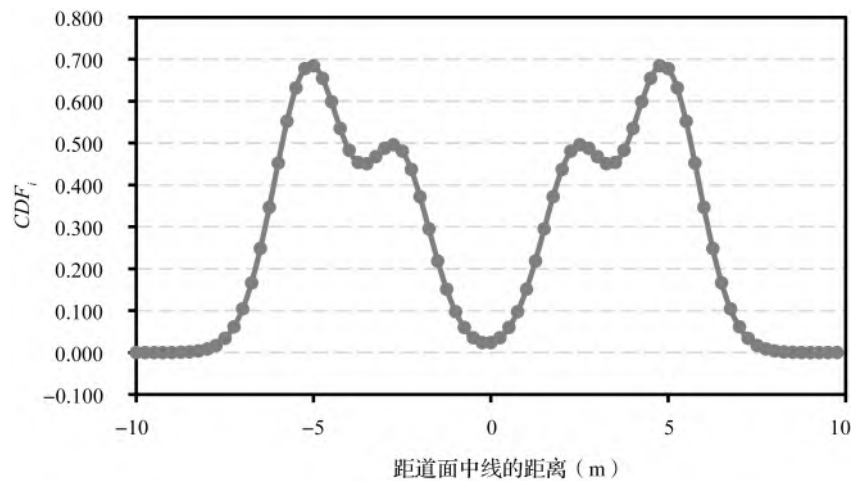


图 E.3.4 沥青层轮辙控制时各条带的  $CDF_i$  分布

经试算，本例拟定的结构组合安全，此时计算得到无机结合料稳定类基层疲劳开裂控制轮辙控制  $CDF$  值为  $0.815 < 1.05$ ，沥青层轮辙控制  $CDF$  值为  $0.684 < 1.05$ ，因此拟定结构厚度满足设计要求。

## 附录 F 试验方法

### F.1 道基 CBR 值确定

#### F.1.1 预备性调查

根据设计需要查明地形、土层断面、各土层的物理性质、强度以及地下水位等资料。

#### F.1.2 室内 CBR 试验

##### 1 现场取样

取样应避开雨季和融冰期,道基为单一土质时,填方用土应在取土场天然表面 500 mm 以下取样。如果已完成填方,则应在道基顶面 500 mm 以下取样。在挖方区取样,应在道基顶面 500 mm 以下取样。取样要取扰动土。对数层不同土质组成的道基,要逐层分别取样,但厚度不足 200 mm 的土层省略不取,可参照上下土层的数值。

试验时将土样中大于 38 mm 的颗粒去掉。在天然含水量状态下,将土样分 3 层装试模。各层均锤击 45 次,求浸水 4 d 后的 CBR。试验用荷载根据设计荷载分类采用(设计荷载为 D、E、F 类飞机时,试验用荷载 0.15 kN。C 类飞机时为 0.10 kN)。同一点的每层土应做 3 个试验。

##### 2 现场道基顶面单点综合 CBR 值试验

此试验应在一年中道基最湿润的季节进行。不同地点、不同土质的各层都要逐一试验。试验荷载根据设计荷载分类采用,与室内 CBR 试验相同,每一点的每一土层做 3 个试验。

如果试验时道基并非全年中最不利状态,可用式 (F.1.2-1) 对现场 CBR 值加以修正。

$$CBR_r = \frac{CBR_w}{CBR_o} CBR_c \quad (\text{F.1.2-1})$$

式中:  $CBR_r$ ——修正后 CBR 值;

$CBR_c$ ——现场 CBR 值;

$CBR_w$ ——非扰动的试件浸水 4 d 的 CBR 值 (3 个平均);

$CBR_o$ ——非扰动的试件不浸水的 CBR 值 (3 个平均)。

##### 3 确定设计 $CBR_{\text{design}}$

在同一道面厚度的铺筑地区,可以根据拟建道面区的挖方区和填方区来分类。分别计算各区的平均 CBR 用于设计,其设计  $CBR_{\text{design}}$  按式 (F.1.2-2) 计算。

$$CBR_{\text{design}} = CBR_{\text{average}} - [(CBR_{\text{max}} - CBR_{\text{min}})/d_2'] \quad (\text{F. 1. 2-2})$$

式中： $CBR_{\text{average}}$ 为各点  $CBR$  的平均值； $d_2'$ 是一个系数，具体取值见表 F. 1. 2。

表 F. 1. 2 设计  $CBR$  系数  $d_2'$  值

$n$	$d_2'$	$n$	$d_2'$	$n$	$d_2'$	$n$	$d_2'$	$n$	$d_2'$	$n$	$d_2'$
2	1.694	6	3.801	10	4.617	14	5.111	18	5.460	22	5.729
3	2.547	7	4.059	11	4.760	15	5.208	19	5.534	23	5.787
4	3.089	8	4.271	12	4.887	16	5.298	20	5.603	24	5.843
5	3.489	9	4.455	13	5.004	17	5.382	21	5.667	25	5.897

注： $n$  是点数。

## F. 2 沥青材料抗紫外老化试验

### F. 2. 1 目的及适用范围

本方法用于评价民用机场沥青道面用石油沥青、聚合物改性沥青抵抗紫外老化的能力。根据紫外老化前后沥青的延度变化，评定沥青抵抗紫外老化的性能。

### F. 2. 2 仪器与材料技术要求

1 沥青紫外老化环境箱具有双层壁和温度自动调节器，可保持环境箱内温度恒定在  $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。环境箱内部安放可转动的圆盘架、温度传感器及高压汞灯等部件。转盘中心由一垂直轴连接在转盘底部，由电机驱动转盘水平转动，转动速度为  $5.5 \text{ r/min} \pm 1 \text{ r/min}$ 。

2 选择高压汞灯作为加速紫外老化设备的光源，其具体参数如表 F. 2. 2 所示。

表 F. 2. 2 紫外光源的主要技术参数

功率 (kW)	光源主波峰 (nm)	电极	管压 (V)	工作电流 (A)
1~5	365	高纯汞电极	130~900	5.0~8.5

注：紫外老化灯管在转盘中心正上方  $350 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 。

3 盛样皿可由不锈钢或玻璃制成，不少于 10 个。盛样皿应为圆形，内壁光滑。其内径尺寸为  $140 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ，深度为  $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 。

4 分析天平感量不大于  $1 \text{ mg}$ 。

5 其他仪器包括干燥器、计时器、温度计等。

### F.2.3 方法及步骤

#### 1 准备工作

1) 用汽油或三氯乙烯洗净盛样皿后, 置温度  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干, 并在干燥器中冷却后编号, 称量其质量 ( $m_0$ ), 准确至 1 mg。

2) 依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 的试验方法对沥青试样进行短期老化试验。

3) 短期老化后, 立即将沥青试样分别注入已称质量的盛样皿中, 其质量为  $15 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ , 并形成厚度均匀的沥青薄膜。放入干燥器中冷却至室温后称取质量 ( $m_1$ ), 准确至 1 mg;

4) 将紫外辐照计置入沥青加速紫外老化环境箱中的圆盘架盘位处, 测量其 320 nm~400 nm 波长范围的辐射强度 ( $A_0$ )。依据式 (F.2.3) 计算沥青加速紫外老化时间。

$$T = \frac{7.5}{A_0} \quad (\text{F.2.3})$$

式中:  $T$ ——沥青累计接收紫外辐射  $27 \text{ kJ}/\text{cm}^2$  条件下所需的老化时间 (h);

$A_0$ ——320 nm~400 nm 波长范围内的辐射强度 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )。

#### 2 试验步骤

1) 将沥青加速紫外老化环境箱调整水平, 转盘与水平面的倾斜角不大于  $3^{\circ}$ 。将称量完后的全部盛样皿放入圆盘架的各个盘位中, 关上烘箱门后开启圆盘架转动开关, 以  $5.5 \text{ r}/\text{min} \pm 1 \text{ r}/\text{min}$  速度转动。同时启动温度控制器, 使温度恒定在  $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 恒温 3 h。

2) 启动高压汞灯, 并开始计时。

3) 到达时间后, 停止圆盘架转动及高压汞灯的照射, 立即逐个取出盛样皿, 如需要测定质量变化, 随机取两个盛样皿放入干燥器中冷却至室温后, 分别称其质量 (mg), 准确至 1 mg。

4) 将盛样皿放至  $163^{\circ}\text{C}$  的烘箱中加热 15 min; 取出试样, 并迅速将试样倒入一洁净的容器内混合均匀, 以备进行紫外加速老化试验后的沥青性质的试验。

### F.2.4 沥青抗紫外老化能力评价

沥青抗紫外老化能力采用紫外老化前后沥青的 15℃ 延度比进行评价。取经紫外老化后的沥青残留物, 依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 进行延度试验, 计算残留物延度比。残留物延度比以残留物延度占原样延度的百分比计算。

### F.2.5 计算

1 沥青加速紫外老化后, 质量变化参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 计算, 准确至 3 位小数 (质量减少为负值, 质量增加为正值)。

2 沥青加速紫外老化后, 残留物延度比按式 (F.2.5) 计算。

$$K_D = \frac{D_2}{D_1} \times 100 \quad (\text{F. 2. 5})$$

式中： $K_D$ ——沥青加速紫外老化后，残留物延度比（%）；

$D_1$ ——沥青加速紫外老化前，沥青试样延度（cm）；

$D_2$ ——沥青加速紫外老化后，残留物延度（cm）。

【条文说明】试验温度的确定是机场沥青材料抗紫外老化试验的关键。目前，国内外的相关研究主要采用 20℃ 和 60℃ 两个温度开展。在本规范的修订中，一方面，考察附录 A 中代表性城市气候统计数据可见，处于太阳辐射极强烈区的城市，其统计年限内最热月的日最高气温平均值均低于 30℃，气温偏低。另一方面，试验温度过高极易产生热氧老化，而对紫外光老化试验结果产生显著的影响。因此，综合上述两方面原因，确定以 20℃ 的环境温度作为机场沥青材料抗紫外老化试验的标准温度。

2000 年以来，同济大学、哈尔滨工业大学、中国民航机场建设集团公司相继在 20℃ 条件下开展了沥青材料抗紫外老化的试验研究，相关成果应用于拉萨机场沥青道面大修等工程实际中，取得了宝贵的经验与良好的使用效果，并积累了大量的前期数据，为在 20℃ 环境温度条件下开展机场沥青材料抗紫外老化试验提供了有力的支持。

### F. 3 沥青混合类材料单轴贯入抗剪强度试验方法

#### F. 3. 1 适用范围

用于测定沥青混合料类材料的单轴贯入抗剪强度，供机场沥青道面结构设计参数使用，亦可用于沥青混合类材料设计或施工质量的检验参考。本方法适用于室内成型的沥青混合类材料试件和现场取芯试件的抗剪强度测试。

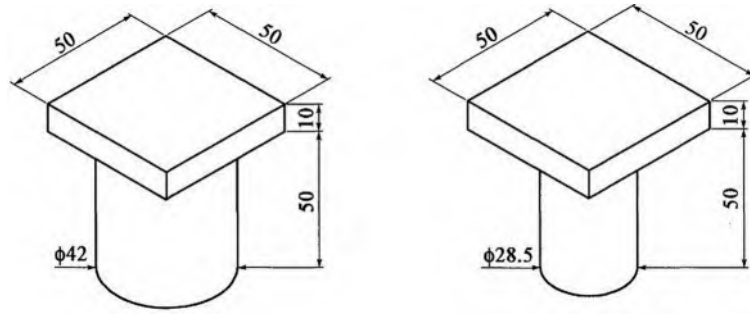
#### F. 3. 2 试验设备及试件准备

##### 1 加载系统

采用液压或气压伺服材料试验系统，测量精度 1% 以内，加载速度由系统自动控制，最大量程宜为 100 kN。需配备环境箱，试验温度控制精度 0. 2℃。

##### 2 贯入压头

压头材质选用 Q235 钢材，其洛氏硬度为 10~30。压头上部为薄板形，尺寸为 50 mm×50 mm×10 mm。下部为圆柱体，尺寸分别为  $\Phi 42$  mm×H50 mm（用于直径 150 mm 试件）和  $\Phi 28. 5$  mm×H50 mm（用于直径 100 mm 试件），如图 F. 3. 2 所示。压头上、下表面应为平整的平面，加载时将压头的圆柱部分与试件上表面接触。



(a) 大压头

(b) 小压头

图 F.3.2 贯入试验压头 (单位: mm)

### F.3.3 方法与步骤

#### 1 试件准备

1) 试件可室内成型,也可现场钻取芯样后室内切割成型。试件标准直径为  $150\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 。当混合料最大公称粒径不大于  $16\text{ mm}$  时,试件直径可采用  $100\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 。试件高度均为  $100\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 。

2) 当在拌和场取样时,混合料须放置在保温桶中保温,在混合料温度下降至成型温度前迅速成型试件。不得将冷却后的混合料二次加热制作试件。

3) 试件脱模后按《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》(JTG E20)规定的方法测定密度及空隙率等各项物理指标。

4) 基质沥青混合料试件,在常温下放置时间不少于  $12\text{ h}$ 。改性沥青混合料试件,放置时间以  $48\text{ h}$  为宜。且试件的放置时间应不超过  $7\text{ d}$ 。

#### 2 试验步骤

1) 将试件置于  $60^\circ\text{C}$  的烘箱中,控制环境温度稳定在  $60^\circ\text{C} \pm 0.2^\circ\text{C}$ ,保温不小于  $5\text{ h}$ ,但不得超过  $12\text{ h}$ 。

2) 将试件置于试验台上,并调整试件位置,使压头位于试件的正中。粗调压头位置,使其与试件上表面的距离在  $1\text{ mm}$  左右,然后微调压头位置,使其与试件上表面接触,直至接触压力读数接近但不超过  $0.05\text{ kN}$ 。启动加载,加载速度为  $1\text{ mm}/\text{min}$ ,记录压力和位移,当压力值降为压力极值点的  $90\%$  以下,试验停止。取压力极值点对应的应力值作为混合料的贯入强度。

### F.3.4 数据处理

1 从压力-位移曲线中读取最大压力值  $F$ ,准确到  $1\text{ N}$ ;

2 沥青混合料的抗剪强度按式 (F.3.4-1) 和式 (F.3.4-2) 计算。

$$[\tau] = f\sigma_p \quad (\text{F.3.4-1})$$

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \quad (\text{F. 3. 4-2})$$

式中：[  $\tau$  ] ——抗剪强度 (MPa)；

$\sigma_p$  ——贯入强度 (MPa)；

$P$  ——最大压力值 (N)；

$A$  ——压头横截面面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$f$  ——剪应力系数。直径 150 mm 试件， $f=0.35$ ；直径 100 mm 试件， $f=0.34$ 。

### F. 3. 5 报告

- 1 同一种沥青混合类材料或同一路段的道面取芯，平行试件不少于 5 个；
- 2 试验报告应注明试件尺寸、试件成型方式、试验温度、试件密度、空隙率、加载仪器类型和试验结果等。

## 标准用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 本规范中指定按其他有关标准、规范或其他有关规定执行时，写法为“应符合的规定”或“应按的规定执行”。非必须按所指定的标准、规范和其他规定执行时，写法为“可参照……”。

## 引用标准名录

下列标准对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本标准。

- [1] 《太阳能资源测量总辐射》（GB/T 31156）
- [2] 《太阳能资源等级总辐射》（GB/T 31155）
- [3] 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）
- [4] 《民用机场水泥混凝土道面设计规范》（MH/T 5004）
- [5] 《民用机场道面评价管理技术规范》（MH/T 5024）
- [6] 《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）
- [7] 《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）
- [8] 《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）
- [9] 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）
- [10] 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）
- [11] 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）
- [12] 《公路工程集料试验规程》（JTG 3432）
- [13] 《公路土工试验规程》（JTG 3430）
- [14] 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG 3441）
- [15] 《Pavement Structural Design Training Manual》（ATR-021）