

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

P

MH/T 5010—2017

代替 MH 5010—1999

民用机场沥青道面设计规范

Specifications for asphalt pavement design of civil airports

2017-11-28 发布

2018-01-01 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—2017

主编单位：中国民航机场建设集团公司

参编单位：哈尔滨工业大学

同济大学

北京中企卓创科技发展有限公司

批准部门：中国民用航空局

施行日期：2018年1月1日

中国民航出版社

2017 北 京

中国民用航空局 公告

2017 年第 8 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—2017），自 2018 年 1 月 1 日起施行，原《民用机场沥青混凝土道面设计规范》（MH 5010—1999）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

2017 年 11 月 28 日

前 言

《民用机场沥青混凝土道面设计规范》（MH 5010—1999）自施行以来，对提高沥青道面设计质量发挥了重大作用。随着民用机场沥青道面技术水平的不断发展，部分内容已经不能满足实际要求，需进一步修订完善。编写组通过技术调查研究，总结了我国民用机场沥青道面设计建设经验，借鉴了国内外相关研究成果及标准，在广泛征求行业意见的基础上完成了修订。

本次修订的主要内容如下：

1. 将规范名称由《民用机场沥青混凝土道面设计规范》更名为《民用机场沥青道面设计规范》，并将各章节中的“沥青混凝土道面”变更为“沥青道面”。

2. 本规范由强制性标准改为推荐性标准。

3. 调整了设计年限、设计指标与标准，增加了航空交通量等级划分、气候分区等内容。

4. 针对新建道面，将以 CBR 法为核心的经验型结构设计方法调整为以道面累积损伤理论为基础的力学经验法；取消了设计飞机、当量单轮荷载、道面结构厚度的疲劳修正、设计 CBR 值等内容；增加了荷载重复作用次数计算和累积损伤因子计算等内容。

5. 增加了道面结构组合和其他功能层等内容；将“土基”变更为“道基”，并新增了“道床”的内容。

6. 增加了道基回弹模量和不停航沥青加铺设计措施等内容；调整了沥青混合料性能要求、基层和面层的结构设计参数等内容。

7. 附录中删除了沥青混凝土道面结构厚度计算的相关内容；增加了气候分区方法、结构设计参数、荷载重复作用次数和累积损伤因子计算方法、沥青道面结构设计示例以及试验方法等内容。

本规范第 1 章由苏新负责编写，第 2 章由叶松负责编写，第 3 章由陈凤晨负责编写，第 4 章由姜昌山负责编写，第 5 章由谭忆秋负责编写，第 6 章由凌建明负责

编写,第7章、附录E、附录F由赵鸿铎负责编写,第8章由袁捷、邵显智、雷晓萍、贾逸勤负责编写,附录A、附录G由徐慧宁负责编写,附录B由李洪华负责编写,附录C由杨山负责编写,附录D由董泽蛟负责编写。苏新、陈凤晨、叶青统稿。

本规范由主编单位负责日常管理,相关意见和建议请寄往中国民航机场建设集团公司科技质量部(地址:北京市朝阳区北四环东路111号;邮编:100101;传真:010-64922708;电话:010-64922037;电子邮箱:kjzlb@cacc.com.cn),以供今后修订时参考。

主编单位:中国民航机场建设集团公司

参编单位:哈尔滨工业大学

同济大学

北京中企卓创科技发展有限公司

主 编:苏 新

参编人员:凌建明 谭忆秋 陈凤晨 姜昌山 赵鸿铎 徐慧宁 袁 捷
邵显智 叶 松 杨 山 董泽蛟 贾逸勤 李洪华 雷晓萍
叶 青

主 审:朱森林 孙立军

参审人员:郝培文 孟书涛 蒋作舟 邵道杰 翁兴中 杨孟余 廖志高
郭荣昌 杨学良 姚荣学 马志刚 郑 斐 赵家麟

本规范于1999年首次发布,主编单位为中国民航中南机场设计研究院,主要起草人为叶宏富、卓乐熙、吕伟民、王星伊、朱森林、陈钦文、胡斌。本次修订为第一次修订。

目次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	6
3.1	设计年限	6
3.2	设计指标	6
3.3	设计流程	7
3.4	航空交通量等级划分	8
3.5	气候分区	8
3.6	道面分区及道面结构厚度	9
4	结构层组合设计	11
4.1	一般规定	11
4.2	道面结构组合	11
4.3	道基与垫层	12
4.4	基层	16
4.5	面层	18
4.6	其他功能层	18
4.7	道肩结构	19
5	沥青混合料设计	20
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	27
6	结构设计参数	34
6.1	交通参数	34
6.2	道基回弹模量	34
6.3	基层结构设计参数	36

6.4	面层结构设计参数	36
7	新建沥青道面结构厚度计算	38
7.1	一般规定	38
7.2	荷载重复作用次数计算	39
7.3	累积损伤因子计算	39
7.4	沥青道面结构厚度的确定	41
8	沥青加铺层设计	43
8.1	一般规定	43
8.2	旧道面检测与评价	44
8.3	加铺前旧道面的处治	45
8.4	沥青加铺道面结构组合与厚度计算	47
8.5	不停航沥青加铺设计措施	51
附录 A	气候分区方法	52
A.1	气候分区的确定与修正	52
A.2	代表性城市参考值	53
附录 B	查表法估计道基回弹模量参考取值	55
附录 C	沥青道面设计用飞机参数表	62
附录 D	结构设计参数	65
D.1	基层设计参数	65
D.2	面层结构设计参数	67
附录 E	荷载重复作用次数和累积损伤因子计算方法	68
E.1	单轴起落架构型	68
E.2	多轴起落架构型	71
E.3	复杂起落架构型	73
附录 F	沥青道面结构设计示例	74
F.1	设计背景	74
F.2	粒料或沥青稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例	75
F.3	无机结合料稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例	79
附录 G	试验方法	86
G.1	道基土设计 CBR 值的确定	86
G.2	沥青材料抗紫外老化试验	87

G.3 沥青结合类材料单轴贯入抗剪强度试验方法	89
标准用词说明	92
引用标准名录	93

1 总 则

1.0.1 为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、改建和扩建民用机场（含军民合用机场的民用部分）的沥青道面设计，其中飞行区指标Ⅱ为 A、B 的机场沥青道面设计可参照本规范。

1.0.3 设计原则

1 应根据机场用途、飞行区指标、飞机特性及运行情况，结合当地的地形、气候、水文、地质、材料以及施工条件等进行机场沥青道面设计；

2 特殊的气候、地质或使用需求等条件下的机场沥青道面设计，除符合本规范的规定外，应进行专项研究；

3 应遵循保护环境、节约资源等理念；

4 应积极推广新材料、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 冻结指数 freezing index

当年日平均温度中的负温度累计值，其中日平均温度为每日的 2 时、8 时、14 时和 20 时 4 个时刻的气温平均值。

2.1.2 设计年限 design life

满足预测飞机交通荷载所需结构承载力，并允许道面功能性维修所应具有的年代。

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，自上而下可分为上面层、中面层、下面层。

2.1.4 基层 base course

承受由面层传递下来的飞机荷载，并将荷载向下分布的结构层。

2.1.5 垫层 cushion

通过隔水、排水、防冻等改善基层和道基工作条件的功能层。

2.1.6 道基 subgrade

碾压密实、均匀稳定或者经过特殊处理达到设计要求的基础。

2.1.7 道床 pavement-bed

道基顶面以下 1.2 m (飞行区指标 II 为 E、F) 或 0.8 m (飞行区指标 II 为 A、B、C、D) 的道基部分。

2.1.8 加州承载比 California bearing ratio (CBR)

用标准圆形压头以一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。

2.1.9 改性沥青 modified asphalt

掺加橡胶、树脂、热塑性弹性聚合物等外掺剂 (改性剂)，以改善其性能而制成的沥青。

2.1.10 砂粒式沥青混合料 sand asphalt mixture

集料最大公称粒径为 4.75 mm 的沥青混合料。

2.1.11 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。

2.1.12 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。

2.1.13 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。

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

由沥青、纤维稳定剂、矿粉及少量细集料组成的沥青玛蹄脂填充间断级配的粗集料骨架间隙形成一体的沥青混合料。

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

由沥青、填料与符合规定级配的粗集料、细集料拌和制成的用于道面基层的沥青混合料。

2.1.16 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例。

2.1.17 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。

2.1.18 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。

2.1.19 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。

2.1.20 累积损伤因子 cumulative damage factor (CDF)

设计起飞架次作用下，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。

2.1.21 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。

2.1.22 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 (%) ;
 Z_{max} ——道面最大冻结深度 (mm) ;
 Z_d ——大地标准冻结深度 (mm) ;
 N_s ——设计年限内每种机型累计起飞架次 ;
 N_i ——第 i 年每种机型年起飞架次 ;
 P_i ——各机型主起落架上的单轮轮载 (kN) ;
 ρ ——主起落架荷载分配系数 ;
 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 ——道基土顶面回弹模量测试值 (MPa) ;
 E_A ——沥青混合料的抗压回弹模量 (MPa) ;
 ε_h ——沥青面层底最大水平拉应变 ;
 σ_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) ;
 RD ——沥青面层总轮辙量 (mm) ;
 T_i ——沥青道面第 i 亚层温度 (°C) ;
 N_j ——第 j 类飞机的允许荷载重复作用次数 ;
 ε_v ——道基顶面的最大竖向压应变 ;
 τ_i ——第 i 沥青亚层内部最大剪应力 (MPa) ;
 t_j ——沥青加铺层厚度 (cm) ;
 n_j ——轮辙控制的第 j 机型的荷载重复作用次数 ;
 τ_k ——第 k 亚层层中深度处的最大剪应力 (MPa) ;
 $[\tau_k]$ ——第 k 亚层沥青混合料 60°C 抗剪强度 (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/m³) ;

n_s ——C 类及以上的各类飞机的年起飞总架次；

C_0 ——旧沥青道面损坏折减系数；

f_{sp} ——劈裂强度 (MPa)。

3 基本规定

3.1 设计年限

3.1.1 民用机场沥青道面的设计年限应为 20 年。

【条文说明】美国联邦航空局建议的沥青道面的设计年限为 20 年；国内一些早期建设的机场沥青道面实际使用年限已超过 15 年，部分达到 20 年，本次修订将机场沥青道面设计年限提高到 20 年。

在沥青道面设计年限内，允许进行功能性大修。功能性大修一般指在设计年限内针对沥青道面的平整度、抗滑等使用性能的弱化而进行的整体薄层修复。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大修。

3.1.2 即将搬迁的机场和高原机场等沥青道面设计可根据特定使用要求确定设计年限。

3.2 设计指标

3.2.1 沥青道面结构设计采用累积损伤因子 (CDF) 作为设计指标。达到设计年限时的 CDF 值应不大于 1.05。

【条文说明】 CDF 是包含沥青道面力学设计指标的复合指标。当 $CDF = 1$ 时，沥青道面将在达到预期的使用寿命时损坏；当 $CDF < 1$ 时，沥青道面在达到预期的设计使用寿命时，还有剩余的使用寿命；当 $CDF > 1$ 时，沥青道面将在预期的设计寿命前损坏。在实际工程中结构设计存在一定的变异性，可允许一定的偏差，因此将 CDF 的标准确定为不大于 1.05。

3.2.2 沥青道面结构设计应针对轮辙和疲劳开裂两类损坏模式分别进行控制，根据基层类型按表 3.2.2 验算力学设计指标。

表 3.2.2 沥青道面的损坏模式 and 设计指标

基层结构类型	控制损坏模式	力学设计指标
粒料类或沥青稳定类基层	沥青层疲劳开裂	沥青层底面水平拉应变
	沥青道面轮辙	道基顶面竖向压应变
无机结合料稳定类基层	无机结合料稳定类基层疲劳开裂	无机结合料稳定类基层底面水平拉应力
	沥青道面轮辙	沥青层竖向剪应力

【条文说明】分析粒料类或沥青稳定类基层沥青道面的轮辙时，以道基顶面的竖向压应变作为设计指标，已考虑了面层和基层内轮辙的综合影响。

3.3 设计流程

3.3.1 沥青道面设计宜参照图 3.3.1 的流程进行。

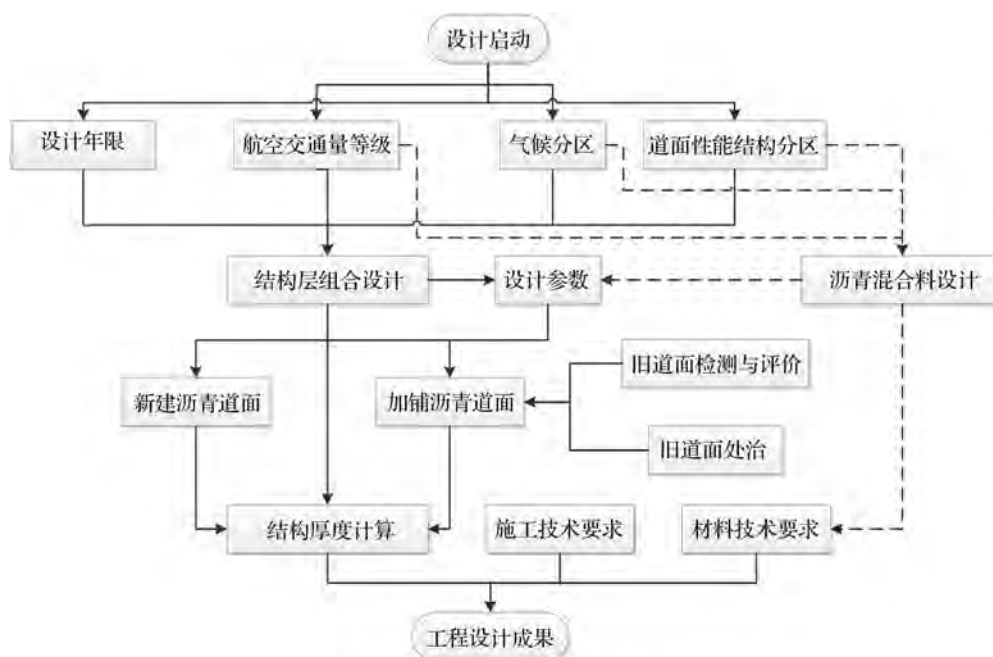


图 3.3.1 沥青道面设计流程

3.3.2 施工图设计阶段应参照沥青混合料目标配合比的成果进行设计。

【条文说明】沥青混合料材料设计是沥青道面设计的重要环节，有条件时宜从立项后进行目标配合比设计。

3.4 航空交通量等级划分

3.4.1 航空交通量等级见表 3.4.1。

表 3.4.1 航空交通量等级划分标准

航空交通量等级	单条跑道设计年限内 C 类及以上机型的年平均起飞架次 (次)
重	≥ 50000
中	15 000~50 000
轻	≤ 15000

注：两条近距平行跑道的航空交通量按照单一跑道考虑。

3.5 气候分区

3.5.1 应根据机场所在地的气候条件确定沥青道面使用性能的气候分区，具体方法见附录 A。

【条文说明】本规范气候分区参照了近 10 年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《Pavement Structural Design Training Manual》(ATR-021) (AK-77-68-300) 的有关内容。

3.5.2 机场沥青道面使用性能的气候分区以高温指标和低温指标作为分区指标；采用机场所在地最热月的日最高气温的平均值作为高温指标；采用机场所在地 99% 可靠度的冬季极端日最低气温作为低温指标。

3.5.3 气候分区应采用机场所在地或场址周边气象台站至少近 10 年的气象记录进行统计；条件不具备时可参考附录 A.2 确定。

3.5.4 高温分区标准见表 3.5.4-1；低温分区标准见表 3.5.4-2。

表 3.5.4-1 高温分区标准

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

表 3.5.4-2 低温分区标准

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，本次修订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，以机场所在地统计年限内最热月的日最高气温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%可靠度的冬季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。

3.5.5 沥青道面使用性能的气候分区宜考虑机场所在地的太阳辐射量，以该地区平均日太阳辐射强度幅值作为划分指标；太阳辐射量划分标准见表 3.5.5。

表 3.5.5 太阳辐射量划分标准

气候分区	平均日太阳辐射强度幅值 (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】本规范的修订以《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，提出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。

3.6 道面分区及道面结构厚度

3.6.1 沥青道面结构设计可分为 I、II、III 和 IV 区 4 个区域，见表 3.6.1。

表 3.6.1 沥青道面分区及道面结构厚度

沥青道面结构厚度分区	区域内容	区域道面结构厚度
I 区	跑道端部, 以及飞机全重通过的滑行道、站坪、等待坪	t
II 区	跑道中部, 快速出口滑行道	可适当减薄, 宜不低于 0.9t
III 区	过夜停机坪, 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 区	防吹坪, 道肩	防吹坪、跑道道肩一般为 0.35t~0.4t, 站坪、停机坪、滑行道的道肩一般为 0.3t

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 1/7~1/5。

3.6.2 沥青道面横断面结构厚度减薄应符合以下规定:

- 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 结构层组合设计

4.1 一般规定

4.1.1 沥青道面结构组合应包括沥青面层、基层，必要时可在基层下设置垫层。

4.1.2 道面结构组合设计应综合考虑航空交通量、道基承载能力、环境条件、地材分布、工程造价等因素。

4.2 道面结构组合

4.2.1 沥青道面的基层类型可选择无机结合料稳定类基层、沥青稳定类基层和粒料类基层。

4.2.2 沥青道面结构组合可按表 4.2.2 选择。

表 4.2.2 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	重	中	轻
两层式 ≤15 cm	无机结合料稳定类	无机结合料稳定类	× (快速出口滑行道可为√)	√	√
		粒料类	× (快速出口滑行道可为√)	√	√
	沥青稳定类	无机结合料稳定类	√	√	√
		沥青稳定类	√	√	√
		粒料类	×	×	√
	粒料类	粒料类	×	×	√

续表

结构组合			航空交通量等级		
面层组合	上基层	下基层	重	中	轻
三层式 >15 cm	无机结合料稳定类	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	×	√	×

注：√表示推荐采用，×表示不推荐采用。

4.3 道基与垫层

4.3.1 道基基本要求

- 1 道基应密实、均匀、稳定；
- 2 道基应处于干燥或中湿状态，应防止地表水、地下水及冰冻对道基性能的影响。

4.3.2 道床

- 1 对于飞行区指标Ⅱ为 E、F 的机场，道床的深度应为道基顶面以下 1.2 m；对于飞行区指标Ⅱ为 A、B、C、D 的机场，道床的深度应为道基顶面以下 0.8 m；
- 2 道床填料加州承载比 (CBR) 应满足表 4.3.2-1 的要求；

表 4.3.2-1 道床填料 CBR 要求

填挖类型	道基顶面以下深度 (m)	飞行区指标Ⅱ	
		A、B	C、D、E、F
填方	0~0.3	≥6	≥8
	0.3~1.2 (0.3~0.8)	≥4	≥5
挖方及零方	0~0.3	≥6	≥8
	0.3~1.2 (0.3~0.8)	—	≥4

注：括号内的深度适用于飞行区指标Ⅱ为 A、B、C、D 的机场。

3 道床压实度应满足表 4.3.2-2 的要求。

表 4.3.2-2 道床压实度要求

填挖类型	道基顶面以下深度 (m)	飞行区指标 II	
		A、B	C、D、E、F
填方	0~0.3	≥95%	≥96%
	0.3~1.2 (0.3~0.8)	≥95%	≥96%
挖方及零方	0~0.3	≥94%	≥96%
	0.3~1.2 (0.3~0.8)	—	≥94%

注：1 括号内的深度适用于飞行区指标 II 为 A、B、C、D 的机场。

2 挖方区及零填部位，如碾压后或者处理后的道床顶面回弹模量达到 30 MPa 以上，则道床顶面以下 0.3 m~1.2 m (0.3 m~0.8 m) 的压实度可降低 1%~2%。

4.3.3 道基干湿类型

1 道基的干湿类型应根据道基土的平均稠度 (B_m) 按表 4.3.3-1 确定。

表 4.3.3-1 道基干湿类型的稠度值范围

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	$1.00 \leq B_m < 1.20$	$0.95 \leq B_m < 0.95$	$0.90 \leq B_m < 1.05$
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，液限、塑限测试方法按照《公路土工试验规程》(JTG E40) 中液塑限联合测定仪测定方法 (T 0118) 执行。

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

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 (%)。

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高度按表 4.3.3-2 确定。道基干燥、中湿和潮湿状态的水位临界高度，可根据当地资料及经验确定。当地缺乏资料时，可参照附录 B 取值。

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, 参见附录 B。

【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

1 基本要求

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 垫层材料

1) 垫层材料应就地取材, 可采用中粗砂、砂砾、碎石、工业废渣等材料, 以及水泥、石灰或石灰粉煤灰稳定各种集料或土类。过湿地段和冰冻地区的潮湿地段不宜采用石灰稳定土做垫层;

2) 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 筛孔的部分, 塑性指数应小于 6。

3 垫层厚度与压实要求

垫层厚度应不小于 150 mm, 垫层宽度应比基层每侧宽出 300 mm。垫层压实应符合表 4.3.5 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	≥ 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 防冻层厚度及材料

1 季节性冰冻地区，应根据最大冻结深度等因素，验算道面的防冻厚度。道面最大冻结深度可参照式 (4.3.6) 计算。

$$Z_{\max} = abcZ_d \quad (4.3.6)$$

式中： Z_{\max} ——道面最大冻结深度 (mm)；

Z_d ——大地标准冻结深度 (mm)；

a ——大地冻结深度范围内道基及道面各层材料热物性系数的加权平均值，材料的热物性系数参照表 4.3.6-1 确定；

b ——道基湿度系数，按照表 4.3.6-2 确定；

c ——道基断面形式系数，按照表 4.3.6-3 确定。

表 4.3.6-1 道基、道面材料热物性系数 (a)

土质类别	黏质土	粉质土	粉土质砂	细粒土质砂 黏土质砂	含细粒土质砾
热物性系数	1.05	1.10	1.20	1.30	1.35
道面材料	水泥混凝土	沥青混合料	级配碎石	无机稳定粒料基层	无机稳定道基层
热物性系数	1.40	1.35	1.45	1.40	1.35

表 4.3.6-2 道基湿度系数 (b)

干湿类型	干燥	中湿	潮湿
湿度系数	1.00	0.95	0.90

表 4.3.6-3 道基断面形式系数 (c)

填挖形式	填方高度					挖方高度			
	零填	2 m	4 m	6 m	>6 m	2 m	4 m	6 m	>6 m
断面形式系数	1.0	1.02	1.05	1.08	1.10	0.98	0.95	0.92	0.90

2 季节性冰冻地区中湿或者潮湿状态的道基，道面结构厚度小于表 4.3.6-4 规定的最小防冻厚度要求时，应设置防冻层。

表 4.3.6-4 沥青道面结构最小防冻厚度 (mm)

道基干湿类型	道基土质	道面最大冻结深度 (Z_{\max})			
		500~1000	1000~1500	1500~2000	>2000
中湿	黏质土	300~500	400~600	500~700	600~950
	粉质土	400~650	500~800	600~950	700~1200
潮湿	黏质土	400~650	500~800	600~1100	750~1300
	粉质土	500~800	600~900	800~1200	900~1500

注：冻深大或挖方及地下水位高的地段，或基层、垫层为隔温性能稍差的材料，应采用高值；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。

【条文说明】沥青道面最大冻结深度的计算方法以及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的有关规定，并根据民航的使用经验进行了相应提高。

3 防冻层宜采用粒料类材料，其通过 0.075 mm 筛孔的细粒含量不宜大于 5%。

4.4 基层

4.4.1 一般规定

1 基层按照结构层的刚度分为柔性基层、半刚性基层和刚性基层；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、碾压混凝土基层和贫混凝土基层；

2 基层应具有足够的强度、刚度和稳定性，在冰冻地区应具有良好的抗冻性。基层宜采用无机结合料稳定类、沥青稳定类和粒料类等材料；

3 飞行区指标 II 为 A、B 时，基层总厚度应不小于 150 mm。飞行区指标 II 为 C、D、E、F 时，基层总厚度应不小于 300 mm；

4 沥青稳定类和粒料类材料，压实层的最小厚度应不小于 100 mm。无机结合料稳定类材料压实层最小厚度应不小于 150 mm。

4.4.2 无机结合料稳定类基层

1 水泥稳定类材料可用于沥青道面基层。飞行区指标 II 为 C、D、E、F 时，用作基层的水泥稳定类材料宜采用骨架密实型混合料，集料最大粒径应不大于 31.5 mm，集料级配范围宜满足附录 D.1.3 的要求。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 4.4.2-1 的要求。水泥稳定类材料的水泥剂量宜为 2.5%~5.0%，强度不满足要求时应调整级配。

表 4.4.2-1 水泥稳定材料的压实度及 7 d 无侧限抗压强度

层位	飞行区指标 II 为 C、D、E、F	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
上基层	≥98	3.5~5.0
下基层	≥97	3.0~4.5

注：1 表中压实度系按重型击实试验法求得的最大干密度的百分数。

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 4.4.2-2 的要求。

表 4.4.2-2 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 (%)	抗压强度 (MPa)
≥97	≥0.8

注：表中压实度系按重型击实试验法求得的最大干密度的百分数。

4.4.3 粒料和沥青稳定类基层

1 沥青稳定碎石可用于沥青道面基层，用作基层的沥青稳定类材料宜采用骨架密实型混合料，集料级配范围宜满足表 5.3.2-3 的要求；

2 级配碎石可用于航空交通量等级为轻的上基层。采用重型击实标准时，压实度应不小于 97%，*CBR* 值应不小于 100；

3 级配碎石可用于沥青道面的下基层。采用重型击实标准时，压实度应不小于 96%，*CBR* 值应不小于 90；

4 级配砾石、级配碎砾石可用于沥青道面的下基层。采用重型击实标准时，其压实度应不小于 96%，*CBR* 值应不小于 80。

4.4.4 碾压或贫混凝土基层

1 碾压混凝土或贫混凝土可用于沥青道面基层，厚度应不小于 150 mm；

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 贫混凝土的集料公称最大粒径宜不大于 37.5 mm，水泥剂量宜不少于 170 kg/m³，7 d 抗压强度应不小于 10 MPa；

4 碾压混凝土集料公称最大粒径宜不大于 26.5 mm，水泥剂量宜不少于 280 kg/m³，7 d 抗压强度应不小于 15 MPa。

【条文说明】碾压混凝土或贫混凝土配合比设计方法见《公路水泥混凝土路面施工技术细则》

(JTG/T F30)、《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH 5004) 及相关规范。

4.5 面层

4.5.1 一般规定

面层应密实、耐久、平整、抗滑, 并应具有高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害以及防止雨水渗入基层等功能。

4.5.2 面层的沥青混合料类型可按表 4.5.2 选择。

表 4.5.2 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)	
AC	砂粒式	AC-5	9.5	4.75
	细粒式	AC-10	13.2	9.5
		AC-13	16	13.2
	中粒式	AC-16	19	16
		AC-20	26.5	19
粗粒式	AC-25	31.5	26.5	
SMA	细粒式	SMA-13	16	13.2
	中粒式	SMA-16	19	16

注: 砂粒式 AC-5 沥青混凝土主要用于应力吸收层。

4.5.3 面层的压实度应不小于 98%。

4.5.4 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。

4.5.5 沥青混合料应选择 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。

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宜设置透层。

4.6.2 无机结合料稳定类基层、碾压或贫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凝土。

4.6.3 沥青层之间应喷洒粘层油。宜采用与上层沥青混合料相同规格的基质热沥青、改性热沥青或者改性乳化沥青。

4.7 道肩结构

4.7.1 道肩结构可由面层、基层等多层结构组成，应根据具体情况设置必要的结构层，不宜少于两层。

4.7.2 道肩垫层、基层的厚度、材料与设计应符合 4.3 和 4.4 的相关规定。

4.7.3 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气候环境条件、航空交通量等级、结构功能要求、当地材料特点等因素。

5.1.2 飞机荷载作用区域沥青面层混合料宜选用改性沥青混合料。

5.2 材料规格及技术要求

5.2.1 沥青材料

1 沥青类型宜根据航空交通量等级及所在地的气候分区按照表 5.2.1-1 确定。

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)	航空交通量 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	重中	A-90, A-70	(I-B; I-C)	A-110, A-90
	轻	A-110, A-90		
夏炎热—冬冷 夏炎热—冬温 夏热—冬冷 夏热—冬温	重中	A-70, A-50	(I-C; I-D)	A-90, A-70
	轻	A-90, A-70		
夏凉—冬寒	重中	A-110, A-90	(I-B; I-C)	A-130, A-110
	轻	A-130, A-110	(I-A; I-B)	

注：沥青道面也可采用以 PE、橡胶粉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。

2 沥青技术要求应符合表 5.2.1-2 至表 5.2.1-4 的规定。

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 (℃), 不小于	40	43	45	46	49	JTG E20 T 0606
15℃延度 (cm), 不小于	100				80	JTG E20 T 0605
10℃延度 (cm), 不小于	50	50	50	50	40	JTG E20 T 0605
60℃动力粘度 (Pa·s), 不小于	60	120	160	180	200	JTG E20 T 0620
蜡含量 (蒸馏法) (%), 不大于	2.2					JTG E20 T 0615
闪点 (℃), 不小于	230		245	260		JTG E20 T 0611
溶解度 (%), 不小于	99.0					JTG E20 T 0607
旋转薄膜 (RTFOT) 或者薄膜 (TFOT) 加热试验						
质量变化 (%), 不大于	±0.8					JTG E20 T 0610 JTG E20 T 0609
残留针入度比 (%), 不小于	54	55	57	61	63	JTG E20 T 0604
15℃残留延度 (cm), 不小于	35	30	20	15	10	JTG E20 T 0605
10℃残留延度 (cm), 不小于	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
5℃延度 (cm), 不小于	45	35	25	20	60	50	40	—				JTG E20 T 0605
软化点 (℃), 不小于	55	60	65	75	45	48	52	50	52	56	60	JTG E20 T 0606
135℃运动粘度 (Pa·s), 不大于	3											JTG E20 T 0625/ T 0619
闪点 (℃), 不小于	230											JTG E20 T 0611

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	
25℃弹性恢复 (%)，不小于	60	65	70	75	—			—				JTG E20 T 0662
粘韧性 (N·m)，不小于	实测				5			—				JTG E20 T 0624
韧性 (N·m)，不小于	实测				2.5			—				JTG E20 T 0624
贮存稳定性 48 h 软化点差 (℃)，不大于	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 (%)，不大于	±0.8										JTG E20 T 0609/ T 0610	
25℃针入度比 (%)，不小于	50	55	60	65	50	55	60	50	55	58	60	JTG E20 T 0604
5℃延度 (cm)，不小于	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 (℃)，不小于	80	JTG E20 T 0606
25℃弹性恢复 (%)，不小于	80	JTG E20 T 0662
5℃延度 (cm)，不小于	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 对于太阳辐射极强烈区的沥青道面上面层，应进行抗紫外老化性能的增强设计；对于太阳辐射强烈区的沥青道面上面层，宜进行抗紫外老化性能的增强设计。应按附录 G.2 对用于上面层的沥青材料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℃) 不小于 60%。

【条文说明】原规范有两个石油沥青技术要求：“沥青道面石油沥青技术要求”和“重交通道路石油沥青”，本次修订将用于民用机场沥青道面的沥青称为“机场道面石油沥青”，并以“A”表示，修订的主要内容：

(1) 考虑气候分区及航空交通量等级两个显著影响沥青道面性能的因素，提出了机场沥青道面沥青的适用范围；

(2) 依据我国石油化工炼制工艺的发展水平及近年来我国机场沥青道面沥青应用的经验，调整了机场沥青道面石油沥青技术要求；

(3) 紫外老化是影响太阳辐射（极）强烈区沥青道面耐久性的重要因素之一，本次修订在参考国内现有研究的基础上，提出了沥青道面紫外老化试验方法与相关标准，为太阳辐射（极）强烈区民用机场的修建提供参考；

(4) 当使用本规范以外的改性沥青时，可通过试验研究制定相应技术要求；

(5) 老化试验宜采用旋转薄膜加热试验（RTFOT），也可采用薄膜加热试验（TFOT）。

5.2.2 粗集料

1 粗集料应清洁、干燥，具有足够的强度、硬度和良好的热稳定性、棱角性。其技术要求应符合表 5.2.2-1 的规定。

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（%），不大于	20	23	JTG E42 T 0316
洛杉矶磨耗值（%），不大于	28	30	JTG E42 T 0317
坚固性 ¹ （%），不大于	10	12	JTG E42 T 0304
表观相对密度 ² ，不小于	2.60	2.50	JTG E42 T 0304
吸水率（%），不大于	2.0	2.0	JTG E42 T 0314
针片状颗粒含量（混合料）（%），不大于 其中粒径大于 9.5 mm 的含量（%），不大于 其中粒径小于 9.5 mm 的含量（%），不大于	12 10 15	15 12 18	JTG E42 T 0312
水洗法小于 0.075 mm 颗粒含量（%），不大于	1	1	JTG E42 T 0310
软石含量（%），不大于	2	3	JTG E42 T 0320
磨光值（PSV），不小于	42	—	JTG E42 T 0321
集料与沥青的粘附性 ³ （级），不小于	5	5	JTG E42 T 0616

注：1 坚固性试验可根据需要进行。

2 表观相对密度试验对 S9 即 3 mm~5 mm 规格的粗集料，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 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 碎石供应有困难的地区经专项论证后可以采用破碎的砾石；破碎砾石除满足粗集料技术要求外，其中 4.75 mm 及以上颗粒的破碎面应符合表 5.2.2-3 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 E42 T 0346

5.2.3 细集料

- 1 沥青道面的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 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，不小于	2.50	JTG E42 T 0328
坚固性 ¹ (大于 0.3 mm 部分) (%), 不大于	12	JTG E42 T 0340
砂当量 ² (%), 不小于	60	JTG E42 T 0334
棱角性 (流动时间) (s), 不小于	30	JTG E42 T 0345
塑性指数，不大于	4	JTG E42 T 0354

续表

项 目	技术要求	试验方法
亚甲蓝 (g/kg), 不大于	2.5	JTG E42 T 0349
小于 0.075 mm 的颗粒含量 (%), 不大于	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。

3 细集料粒径规格应符合表 5.2.3-2 的规定。

表 5.2.3-2 细集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		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】考虑到细集料差异对沥青道面使用性能的影响, 本次修订中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

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 5.2.4-1 的规定;

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重的 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。

表 5.2.4-1 填料技术要求

项目	技术要求	试验方法
表观相对密度, 不小于	2.50	JTG E42 T 0352
含水量 (%), 不大于	1	JTG E40 T 0103-烘干法
级配范围 小于 0.6 mm (%) 小于 0.15 mm (%) 小于 0.075 mm (%)	100 90~100 80~100	JTG E42 T 0351
外观	无团粒结块	—
亲水系数, 不大于	1	JTG E42 T 0353
塑性指数, 不大于	6	JTG E42 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，少了不足以形成足够的比表面吸附沥青，填料过多又会使胶泥成团，致使沥青道面胶泥离析。

5.2.5 纤维

1 在沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜选用聚丙烯腈纤维、木质素纤维、聚酯纤维等，其技术性能应满足表 5.2.5-1 至表 5.2.5-3 的技术要求。

表 5.2.5-1 聚丙烯腈纤维技术要求

项目	指标	试验方法
密度 (g/cm ³), 不小于	1.18	—
纤维长度 (mm)	6±1.5	水溶液用显微镜观测
纤维平均直径 (mm)	0.010~0.025	纤维直径测定仪测定
弹性模量 (GPa), 不大于	17.0	纤维强伸度仪测定
熔点 (°C), 不小于	220	—
含水率 (以质量计) (%), 不大于	5	121°C 2 h 后冷却称量
耐热性	颜色、体积基本无变化	210°C 烘箱烘 2 h

表 5.2.5-2 木质素纤维技术要求

项目	指标	试验方法
纤维长度 (mm), 不大于	6	水溶液用显微镜观测
灰分含量 (%)	18±5	高温 590°C ~ 600°C 燃烧后测定残留物
pH 值	7.5±1.0	水溶液用 pH 试纸或 pH 计测定
吸油率, 不小于	纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量
含水率 (以质量计) (%), 不大于	5	121°C 2 h 后冷却称量
耐热性	颜色、体积基本无变化	210°C 烘箱烘 2 h

表 5.2.5-3 聚酯纤维技术要求

项目	指标	试验方法
纤维长度 (mm)	6±1.5	水溶液用显微镜观测
纤维直径 (mm)	0.014~0.020	纤维直径测定仪测定
抗拉强度 (MPa), 不小于	600	纤维强伸度仪测定
最大拉伸率 (%)	8~12	纤维强伸度仪测定
含水率 (以质量计) (%), 不大于	5	121°C 2 h 后冷却称量
耐热性	颜色、体积基本无变化	210°C 烘箱烘 2 h

2 纤维的掺加比例应以沥青混合料总量的质量百分率计算，宜为 0.3%~0.5%。

5.2.6 抗车辙剂或者高模量剂的性能应通过沥青混合料使用性能的试验进行评价，并应满足表 5.2.6-1 和表 5.2.6-2 的技术要求。

表 5.2.6-1 抗车辙剂技术要求

检测项目	指标	试验方法
密度 (g/cm^3)	0.9~1.1	GB/T 1033.1
吸水率 (%), 小于	0.5	GB/T 1034
熔体质量流动速率 ($\text{g}/10 \text{ min}$), 不小于 (温度 190℃, 荷载 2.16 kg)	0.3	GB/T 3682

表 5.2.6-2 高模量剂技术要求

检测项目	指标	试验方法
密度 (g/cm^3)	0.94~1.04	GB/T 1033.1
吸水率 (%), 小于	0.5	GB/T 1034
收缩率 (%), 小于	1.3	GB/T 17037.4
熔体质量流动速率 ($\text{g}/10 \text{ min}$), (温度 190℃, 荷载 2.16 kg)	1.0~4.0	GB/T 3682
热变形 (180℃烘箱内放置 60 min)	软化	目测

注：沥青混合料（掺加高模量剂）的动态模量应不小于 12000 MPa，试验方法见 JTG E20 T 0738。

【条文说明】除了动稳定度、冻融劈裂强度比、浸水马歇尔残留稳定度、低温小梁弯曲、动态模量等技术指标外，外加剂的使用性能通过沥青混合料的疲劳试验（试验方法：JTG E20 T 0739）评价。

5.3 沥青混合料配合比

5.3.1 沥青混合料类型和规格

沥青混合料的类型和规格应根据沥青道面所处区域、沥青道面结构组合、厚度、层位以及当地气候条件，按表 5.3.1 选择。沥青混合料集料最大公称粒径的选择应使各层设计厚度为最大公称粒径的 2.5~3.5 倍。

表 5.3.1 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-16、AC-13、AC-10
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-13 和 AC-10 仅用于道肩的上面层。

【条文说明】SMA-13、SMA-16 宜用于跑道、滑行道、联络道的上面层；SMA-16 也可用于高温增强区的中面层。

5.3.2 集料级配

沥青混合料集料级配范围宜符合表 5.3.2-1 至表 5.3.2-3 的规定。

表 5.3.2-1 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 5.3.2-2 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 5.3.2-3 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

5.3.3 外加剂用量

用于提高沥青混合料使用性能的抗车辙剂、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掺量，并通过沥青混合料的使用性能进行验证。

5.3.4 试验方法与标准

不同类型的沥青混合料马歇尔技术要求应符合表 5.3.4-1 至表 5.3.4-3 的规定。

表 5.3.4-1 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), 不小于		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
矿料间隙率 VMA (%), 不小于	设计空隙率 (%)	相应于以下公称最大粒径 (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 5.3.4-2 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), 不小于	6.0	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 (%), 不小于	16.5	JTG E20 T 0705
粗集料骨架间隙率 VCA _{mix} , 不大于	VCA _{dry}	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 5.3.4-3 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），不小于	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
VMA（%），不小于	12	11.5	JTG E20 T 0705
饱和度（%）	55~70		JTG E20 T 0705

5.3.5 沥青含量

不同种类沥青混合料适宜的沥青含量范围可参考表 5.3.5，最佳沥青含量应由试验确定。

表 5.3.5 沥青含量

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

5.3.6 抗高温性能

抗高温性能采用沥青混合料轮辙试验评价，应满足表 5.3.6 的要求。

表 5.3.6 轮辙试验动稳定度技术要求

项目		不小于 (次/mm)			试验方法
		夏炎热区	夏热区	夏凉区	
重交通	抗高温性能增强区	10000*	8000*	6000	JTG E20 T 0719
	其他区域	8000*	6000	5000	
中交通	抗高温性能增强区	8000*	7000*	5000	
	其他区域	7000*	5000	4000	
轻交通	抗高温性能增强区	5000	4000	3000	
	其他区域	4000	3000	2000	

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。

2 标示 * 号的标准应采用变形检测精度为±0.0005、分辨率为 0.001 mm 的车辙仪进行试验。

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。

5.3.7 抗低温性能

用于中上面层的沥青混合料破坏应变宜满足表 5.3.7 的要求。

表 5.3.7 低温小梁弯曲试验技术要求

混合料类型	破坏应变 ($\mu\varepsilon$), 不小于				试验方法
	冬严寒区	冬寒区	冬冷区	冬温区	
普通沥青混合料	2800	2500	2000		JTG E20 T 0715
改性沥青混合料	3000		2500		

5.3.8 抗水损害性能

采用浸水马歇尔残留稳定度和冻融劈裂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 5.3.8 的要求，达不到要求时应采取抗剥落措施。

表 5.3.8 水稳定性检验技术要求

技术指标		浸水马歇尔残留稳定度 (%), 不小于	试验方法
混合料类型	普通沥青混合料	85	JTG E20 T 0709
	改性沥青混合料	90	

续表

技术指标		冻融劈裂试验的残留强度比 (%), 不小于	试验方法
混合料类型	普通沥青混合料	80	JTG E20 T 0729
	改性沥青混合料	85	

5.3.9 抗渗性能

宜利用轮碾机成型的车辙试验试件，脱模架起进行渗水试验，并满足表 5.3.9 的要求。

表 5.3.9 试件渗水系数技术要求

级配类型	渗水系数要求 (ml/min), 不大于	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 结构设计参数

6.1 交通参数

6.1.1 设计年限内每种机型累计起飞架次应按式 (6.1.1) 确定。

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

式中: N_s ——设计年限内每种机型累计起飞架次;

N_i ——第 i 年每种机型年起飞架次;

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);

ρ ——主起落架荷载分配系数, 取值参见附录 C;

G ——各机型飞机的重量 (kN), 跑道结构设计时采用最大起飞重量, 取值参见附录 C;

n_c ——各机型主起落架的总轮数, 取值参见附录 C。

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力 (MPa)。

6.2 道基回弹模量

6.2.1 道基顶面回弹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。

- 1 当采用室内试验或现场试验确定道基的回弹模量时, 应进行不利季节修正;
- 2 采用类似工程调查法确定道基回弹模量时, 应经过综合分析论证, 也可根据附录 B 采用

查表法进行估算；施工阶段应通过现场测试进行复核。

6.2.2 室内试验法测定道基的回弹模量

1 采用直径 100 mm 的承载板，按照《公路土工试验规程》(JTG E40 T 0135) 的技术要求测定。道基土回弹模量测试值应按公式 (6.2.2-1) 进行修正。

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

式中： E_{0s} ——修正后的道基土回弹模量测试值 (MPa)；

λ ——试筒尺寸约束修正系数，可取 0.59；

E_0 ——道基土回弹模量测试值 (MPa)。

2 道基回弹模量设计值应考虑不利季节和道基干湿类型的影响，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} ——道基回弹模量设计值 (MPa)；

K ——考虑不利季节和道基干湿类型的综合影响系数，按表 6.2.2 取值。

表 6.2.2 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回弹模量

1 应采用《公路路基路面现场测试规程》(JTJ 059 T0943) 规定的承载板法测定既有道基的回弹模量，并按式 (6.2.3-1) 计算测点位置的道基回弹模量实测值。

$$E_{0b} = \frac{\pi D}{4} \cdot \frac{\sum P_i}{\sum L_i} (1 - \mu^2) \quad (6.2.3-1)$$

式中： E_{0b} ——道基回弹模量实测值 (MPa)；

D ——承载板直径 (cm)；

P_i, L_i ——第 i 级承载板的压力 (MPa) 及相应的回弹变形 (cm)；

μ ——道基土的泊松比，取 0.35。

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

$$E_{0D} = (\overline{E_{0b}} - Z_a S) / K_1 \quad (6.2.3-2)$$

式中： E_{0D} ——道基回弹模量设计值 (MPa)；

$\overline{E_{0b}}, S$ ——各测点道基回弹模量实测结果的平均值和标准差 (MPa)；

Z_a ——保证率系数，取 2.0；

K_1 ——不利季节影响系数，根据经验确定，取 1.2~1.4。

6.3 基层结构设计参数

6.3.1 基层材料的结构设计参数宜通过室内试验确定，也可按附录 D.1 采用查表法估计基层的抗压回弹模量（弹性模量）和弯拉强度。

6.3.2 施工阶段按附录 D.1 采用查表法估计时，宜通过室内试验进行结构参数复核。

6.3.3 通过室内试验复核基层材料的抗压回弹模量（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 抗压回弹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)
抗压回弹模量	水泥稳定类基层	JTG E51 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 E40 T 0147	—
	沥青稳定类基层	JTG E20 T 0713	—
	贫混凝土基层	JTG E30 T 0557	28
碾压混凝土基层			
弯拉强度	无机结合料稳定类基层	JTG E51 T 0851	90
	贫混凝土基层	JTG E30 T 0558	28
	碾压混凝土基层		

6.4 面层结构设计参数

6.4.1 沥青面层材料的抗压回弹模量、抗剪强度和泊松比宜按标准试验方法测定。

1 沥青面层材料的抗压回弹模量测定应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20 T 0713) 的规定；

2 抗剪强度测定应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20 T 0718) 的规定。在条件受限时，可采用单轴贯入剪切试验确定，试验方法见附录 G.3；

3 试验条件受限时，抗压回弹模量、抗剪强度、泊松比可参考附录 D.2 选取。

【条文说明】在沥青道面结构设计时，模量选取应考虑以下因素：材料选择（混合料材料组成、体积指标）、成型方式、加载应力水平、结构功能、沥青道面性能结构分区等，应在上下限范围内进行设计值的选取。

抗剪强度用于无机结合料稳定类基层的沥青层轮辙预估模型中。目前文献表明，采用三轴压缩法和单轴贯入法获取沥青结合类材料抗剪强度的试验方法需在实践中进一步完善，相应试验数据有待于进一步积累。

6.4.2 抗压回弹模量设计值

1 沥青层疲劳开裂预估模型和轮辙预估模型中的模量参数均应采用 20℃ 静态抗压回弹模量。抗压回弹模量设计值应按式 (6.4.2-1) 计算。

$$E_A = \overline{E_A} - \alpha S \quad (6.4.2-1)$$

式中： E_A ——沥青混合料抗压回弹模量设计值 (MPa)；

$\overline{E_A}$, S ——沥青混合料抗压回弹模量实测结果的平均值和标准差 (MPa)；

α ——保证率系数，取 2.0。

2 无机结合料稳定类基层疲劳开裂预估模型中的模量参数应采用 15℃ 静态抗压回弹模量。计算基层层底拉应力时应考虑模量的最不利组合，计算层以下各层的抗压回弹模量设计值应采用式 (6.4.2-1) 计算；计算层及以上各层的抗压回弹模量设计值应采用式 (6.4.2-2) 计算。

$$E_A = \overline{E_A} + \alpha S \quad (6.4.2-2)$$

【条文说明】沥青结合类材料参数包括抗压回弹模量、抗剪强度和泊松比，其中 20℃ 抗压回弹模量和 60℃ 抗剪强度为沥青道面性能预估模型中所需的基本参数。同时，抗压回弹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，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，用于沥青道面性能预估。

7 新建沥青道面结构厚度计算

7.1 一般规定

7.1.1 新建沥青道面结构厚度计算流程如图 7.1.1。

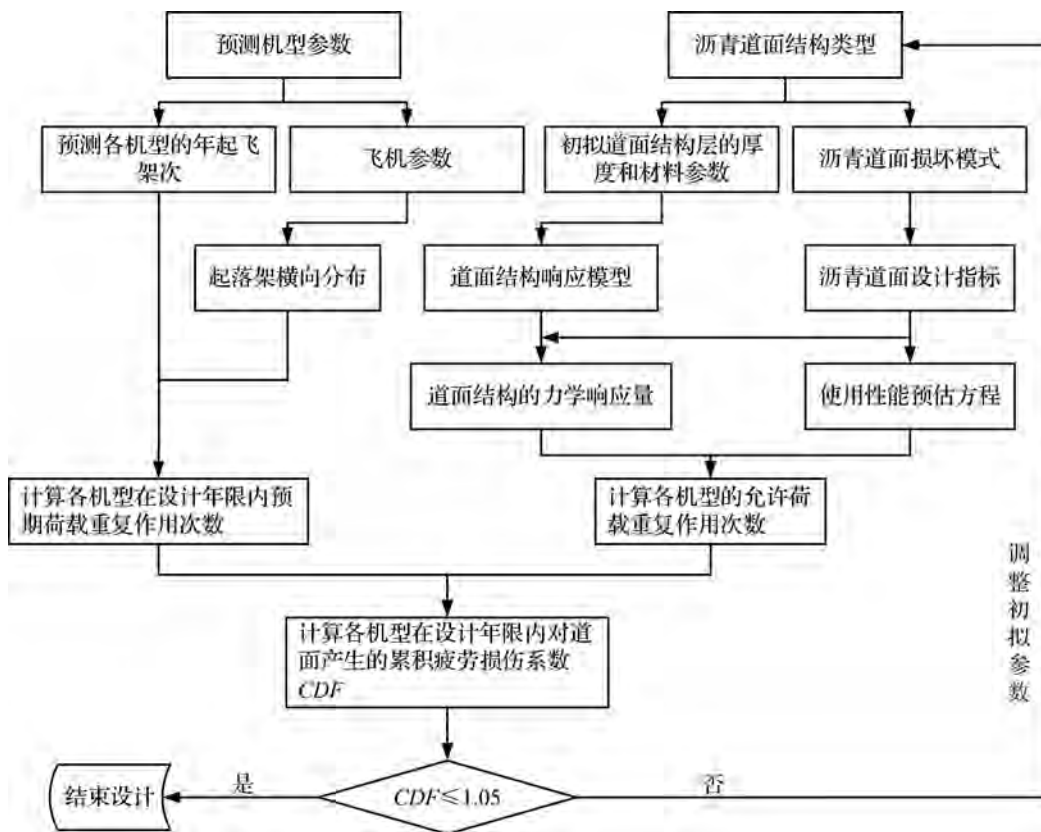


图 7.1.1 新建沥青道面结构厚度计算流程图

7.1.2 新建沥青道面结构厚度设计指标应符合本规范第 3.2 节的规定。

7.1.3 沥青道面结构的计算模型应简化为飞机荷载作用下的多层体系，采用层间连续接触的弹性层状体系理论计算沥青道面结构力学响应量。

7.2 荷载重复作用次数计算

7.2.1 荷载重复作用次数应按附录 E 进行计算，荷载重复作用次数的计算位置应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 荷载重复作用次数的计算位置

基层结构类型	控制损坏模式	荷载重复作用次数的计算位置
粒料类或沥青稳定类基层	沥青层疲劳开裂	沥青道面面层层底
	沥青道面轮辙	道基顶面
无机结合料稳定类基层	无机结合料稳定类基层疲劳开裂	基层层底
	沥青道面轮辙	沥青道面表面

7.2.2 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 咨询通报 AC150/5320-6F 的取值。

7.3 累积损伤因子计算

7.3.1 可将沥青道面横向划分成宽 200 mm 的条带，中心线两侧各 50 个条带。按附录 E 分别计算每一条带在不同机型作用下的累积损伤因子，按最大的累积损伤因子确定混合交通作用下沥青道面最不利荷载作用位置。

7.3.2 对粒料类和沥青稳定类基层沥青道面，轮辙和沥青层层底疲劳开裂分析时，各机型的累积损伤因子按式 (7.3.2-1) 计算；对无机结合料稳定类基层沥青道面，基层层底疲劳开裂分析时的各机型累积损伤因子按式 (7.3.2-1) 计算，沥青层轮辙分析时的各机型累积损伤因子按式 (7.3.2-2) 计算。各条带的累积损伤因子按式 (7.3.2-3) 计算，用于结构厚度控制的最大累积损伤因子按式 (7.3.2-4) 计算。

$$CDF_{ji} = \frac{n_{ji}}{N_{ji}} \quad (7.3.2-1)$$

$$CDF_{ji} = \frac{RD_{ji}}{15} \quad (7.3.2-2)$$

$$CDF_i = \sum_j CDF_{ji} \quad (7.3.2-3)$$

$$CDF = \text{Max}_{i=1 \sim 100} (CDF_i) \quad (7.3.2-4)$$

式中: n_{ji} ——第 j 类机型在第 i 条带的实际荷载重复作用次数;

N_{ji} ——第 j 类机型在第 i 条带的允许荷载重复作用次数;

CDF_{ji} ——第 j 类机型在第 i 条带产生的累积损伤因子;

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 7.3.4 确定;

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。

7.3.3 按照 7.1.3 确定的力学模型, 计算各机型作用下设计指标对应的力学响应量, 并确定该力学响应量水平的允许荷载重复作用次数。

1 粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的沥青层层底疲劳开裂控制按式 (7.3.3-1) 计算。

$$\lg N_j = -3.081 - 5 \lg \varepsilon_h - 2.665 \lg E_A \quad (7.3.3-1)$$

式中: N_j ——允许荷载重复作用次数;

ε_h ——沥青面层底面最大水平拉应变;

E_A ——沥青混合料 20℃ 的抗压回弹模量 (MPa)。

2 无机结合料稳定类基层沥青道面的基层层底疲劳开裂控制按式 (7.3.3-2) 计算。

$$\frac{\sigma_l}{f_r} = a - b \lg N_j \quad (7.3.3-2)$$

式中: N_j ——允许荷载重复作用次数;

σ_l ——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);

a 、 b ——与材料性质相关的试验参数, 在缺乏试验条件的情况下可采用 $a = 1.0$, $b = 0.11$ 。

3 粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的轮辙控制按式 (7.3.3-3) 计算。

$$\begin{aligned} \text{当 } N_j \leq 12100 \text{ 时, } N_j &= \left(\frac{0.004}{\varepsilon_v} \right)^{8.1} \\ \text{当 } N_j > 12100 \text{ 时, } N_j &= \left(\frac{0.002428}{\varepsilon_v} \right)^{14.21} \end{aligned} \quad (7.3.3-3)$$

式中: N_j ——允许荷载重复作用次数;

ε_v ——道基顶面的最大竖向压应变。

7.3.4 对于无机结合料稳定类基层的沥青层轮辙控制, 将沥青层按 1 cm 厚度划分亚层, 通过沥青道面结构弹性层状力学模型的分析, 得到每个亚层层中深度位置的最大剪应力。

1 沥青层轮辙控制按式 (7.3.4-1) 计算。

$$RD_j = 1.769 \sum_{k=1}^c 10^{-5.542 T_k} T_k^{2.542} n_j^{0.752} \left(\frac{\tau_k}{[\tau_k]} \right)^{0.468} \quad (7.3.4-1)$$

式中: RD_j ——第 j 机型产生的沥青面层轮辙量 (mm);

c ——沥青亚层总数;

T_k —— 沥青道面第 k 亚层温度 (°C)；

n_j —— 第 j 机型的荷载重复作用次数；

τ_k —— 第 k 亚层层中深度处的最大剪应力 (MPa)；

$[\tau_k]$ —— 第 k 亚层沥青混合料 60°C 抗剪强度 (MPa)。

2 沥青道面第 k 亚层温度 (T_k) 宜按照当地沥青道面或沥青路面温度预估公式计算, 条件不足时可按式 (7.3.4-2) 计算。

$$T_z = \frac{9T_a z + 114.3T_a + 30z + 279.4}{9z + 91.44} \quad (7.3.4-2)$$

式中: T_z —— 深度 z 处的道面温度 (°C)；

T_a —— 月平均温度 (°C)；

z —— 深度 (cm)。

【条文说明】当地沥青道面温度预估公式, 指根据机场当地的历史气候条件分析得到的温度预估公式; 当地沥青路面温度预估公式, 指机场所在地的公路部门推荐使用的温度预估公式。

7.4 沥青道面结构厚度的确定

7.4.1 交通荷载分析

- 1 确定设计年限；
- 2 预测机场运行飞机机型和年起飞架次以及各种机型的交通量增长率；
- 3 统计飞机参数, 包括最大起飞重量/最大滑行重量、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。

7.4.2 初拟沥青道面结构组合方案

- 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。

7.4.3 沥青道面力学响应量计算

- 1 按照 7.1.3 规定的模型对初拟的沥青道面结构进行分析计算；
- 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。

7.4.4 荷载重复作用次数和累积损伤因子的计算

按 7.3.1 所确定的条带, 分别计算每一条带的实际和允许荷载重复作用次数, 并计算 CDF。

7.4.5 结构厚度确定

当 $CDF \leq 1.05$ 时, 应根据当地工程条件进行技术经济对比分析, 确定合理的结构方案; 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。

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性补强层和功能性加铺层。结构性补强应进行加铺厚度计算；功能性加铺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 沥青加铺层设计应进行旧道面检测与评价，并开展沥青混合料目标配合比设计、加铺前旧道面处治、沥青加铺结构组合与厚度计算以及不停航条件下的特殊设计等工作。

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 沥青加铺层的设计流程应按图 8.1.4 进行。

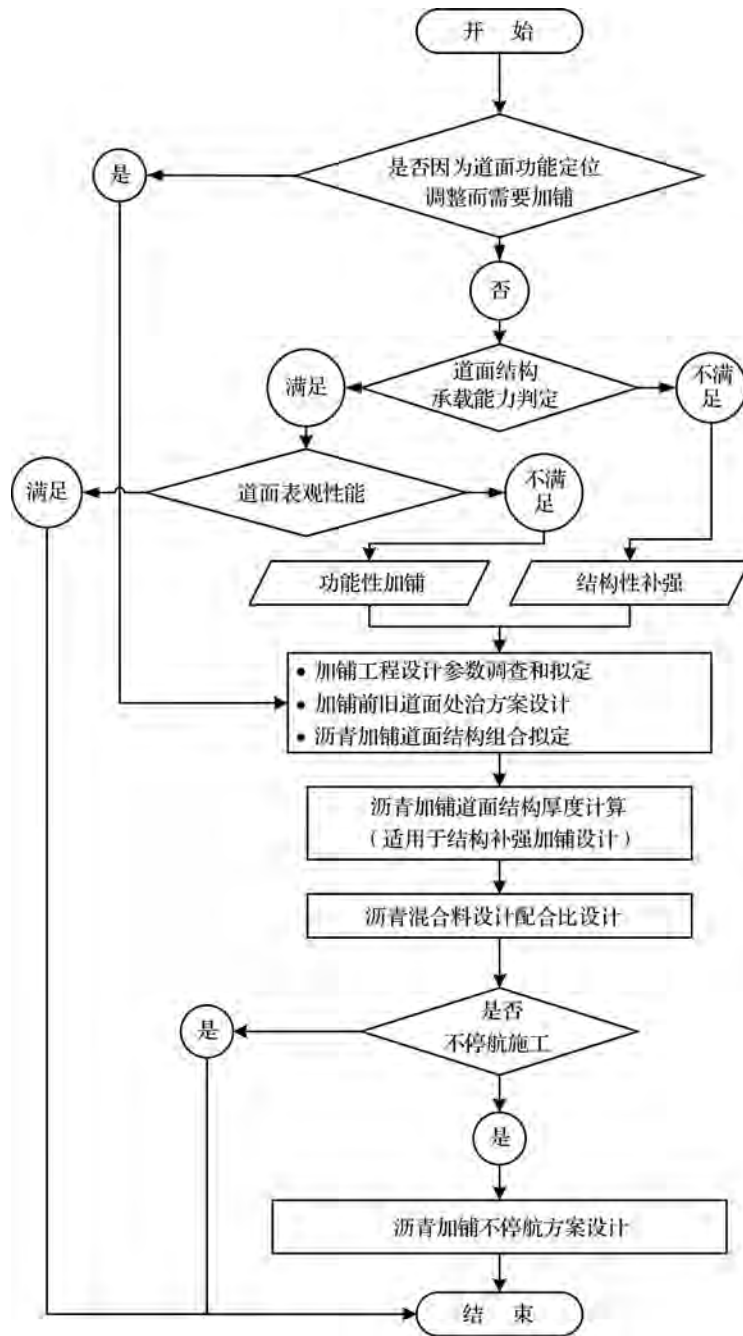


图 8.1.4 沥青加铺层设计流程

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、材料性能测试、结构厚度测试和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 旧道面损坏状况调查应采用现场目视调查的方法，道面损坏类型见表 8.2.2。

表 8.2.2 道面损坏类型

旧道面类型	损坏类型
水泥混凝土道面	裂缝类病害：纵向、横向和斜向裂缝，角隅断裂，破碎板或交叉裂缝、胀裂 接缝位置病害：填缝料损坏、沉陷或错台 补丁再次损坏：小补丁、大补丁和开挖补块
沥青道面	裂缝类病害：龟裂，不规则裂缝，纵向、横向裂缝，反射裂缝 坑槽和松散类：松散和老化、喷气烧蚀、滑移裂缝、油料腐蚀 变形类病害：轮辙、沉陷、隆起、搓板、推挤 补丁再次损坏：补丁和开挖补块

8.2.3 材料性能测试应包括旧水泥混凝土道面板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钻芯确定。同一结构区域钻芯数量宜不少于 7 个；

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。

8.2.4 结构厚度测试宜采用钻芯或探地雷达等方式进行。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，应结合钻芯方式进行厚度复核。

8.2.5 道面承载能力测试应包括道基顶面反应模量（或者道基顶面回弹模量）、道面动态冲击模量、旧水泥混凝土道面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 加铺前应对旧道面中等程度及严重程度的破损进行处治。旧道面处治分为整体性处治和局部性处治。旧沥青道面的整体性处治指铣刨重铺，旧水泥混凝土道面的整体性处治指道面基础注浆；其他病害处理为局部性处治。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 旧道面面层为沥青层时，病害区域的整体性处治宜采用铣刨重铺方案。铣刨深度视旧道

面病害的影响深度而定,铣刨后重新摊铺沥青混合料。沥青道面整体性处治一般只考虑上面层的铣刨重铺,当道面沥青混合料材料性能测试结果已经无法满足使用性能时,宜进行中下面层的整体性处治。病害区域整体性处治的技术判定指标与标准见表 8.3.2。

表 8.3.2 病害区域整体性处治的技术判定指标与标准

指标	判定标准
SCI	<80
PCI	<55
修补面积率	≥30%
轮辙	轮辙长度比率≥30%且轮辙平均深度≥15 mm

注: 1 各项技术指标中有一项满足,宜实施整体性处治方案。

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下列规定:

- 1 中等或者严重程度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 旧道面面层为水泥混凝土时,有以下情况之一应进行道面基础注浆:

- 1 板块脱空率大于 50%;
- 2 道基顶面反应模量 k_0 小于 40 MN/m³;
- 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。

【条文说明】道面基础注浆的主要目的在于:(1)减少旧水泥混凝土道面板底脱空现象,延缓沥青加铺道面反射裂缝的进程;(2)提高旧道面基础的反应模量。

8.3.5 在进行水泥混凝土道面基础注浆设计前,应进行试验段试注,以确定注浆层位、浆液强度及配比、单孔设计注浆量等设计参数,并符合以下规定:

- 1 无机结合料稳定类基层道面的注浆位置宜在基层以下,粒料类基层的注浆位置宜在面层以下;
- 2 注浆浆液宜采用水泥净浆,7 d 抗压强度应不小于 8 MPa,28 d 抗压强度应不小于 15 MPa,水灰比宜控制在 0.50~0.80;
- 3 单孔注浆量应根据现场试验段的结果确定;
- 4 平均注浆压力宜不大于 0.5 MPa,峰值注浆压力宜不大于 1.5 MPa;板块抬升量大于 5 mm 时应停止注浆;
- 5 注浆孔封孔材料宜采用速凝水泥砂浆,封孔材料厚度宜不小于 150 mm;

6 当采用其他类型浆液时，应通过现场试验确定。

8.3.6 应根据原位注浆前后动态弯沉值的对比结果评价注浆处治效果，测试时间宜在注浆完成后 14 d 进行。宜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 剔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 加铺前宜进行除胶、除漆。

8.3.9 助航灯光管线预埋应在沥青混合料摊铺前完成，并采取防反射裂缝措施，不应在摊铺后的沥青道面切槽敷设。助航灯具底座位置应符合以下规定：

- 1 旧道面为水泥混凝土时，设置在水泥道面顶面下 150 mm；
- 2 旧道面为沥青道面时，设置在旧沥青道面的无机结合料基层的顶面下 150 mm。

8.4 沥青加铺道面结构组合与厚度计算

8.4.1 沥青加铺层可采用一层或者多层结构，不停航施工条件下不宜超过 3 层。

1 道面的上面层沥青混合料宜采用 SMA-13、SMA-16、AC-16，道面的中、下面层沥青混合料宜采用 AC-16、AC-20、AC-25、SMA-13、SMA-16；

2 道肩的上面层沥青混合料宜采用 AC-10、AC-13，道肩的中、下面层沥青混合料宜采用 AC-10、AC-13、AC-16、AC-20；

3 道面单层沥青混合料的最小厚度应符合表 8.4.1 的规定。

表 8.4.1 不同类型沥青道面结构层的最小厚度

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	—	50	60	75
沥青玛蹄脂碎石混合料	40	50	—	—

4 旧道面上面层为沥青道面时, 沥青加铺层最小控制厚度不小于 50 mm; 旧道面为水泥混凝土道面时, 沥青加铺层最小控制厚度不小于 110 mm, 沥青加铺层层数宜不少于 2 层。

【条文说明】中下面层采用密级配沥青混凝土时, 为增强平行滑行道、跑道端部等位置的抗车辙能力, 推荐采用 SBS 改性沥青、湖沥青复合改性、掺加抗车辙剂、高模量剂等技术手段, 并选择粗型级配, 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、航空交通量预测结果、旧道面地势、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 应在各个结构层之间设置功能层:

1 沥青结构层之间 (包括旧沥青面层与加铺层之间) 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 APP 改性沥青油毡铺贴接缝、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 APP 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方法

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 (cm);

F —— 控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数, 为年起飞架次和道基反应模量 k_0 的函数, 计算公式参见式 (8.4.4-2), 也可根据图 8.4.4 进行选取。根据公式或者图表 F 取值大于 1.0 时, 按照 $F = 1.0$ 取值;

h —— 按照新建水泥道面确定的厚度 (cm), 计算方法见《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T 5004); 设计参数根据旧水泥混凝土道面实际弯拉强度、道基顶面反应模量、加铺工程设计期、设计起降架次确定;

h_e —— 旧水泥混凝土道面厚度 (cm);

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。

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	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： F ——控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数；

n_s ——C 类及以上的各类飞机的年起飞总架次；

k_0 ——旧道面道基顶面反应模量 (MN/m^3)。

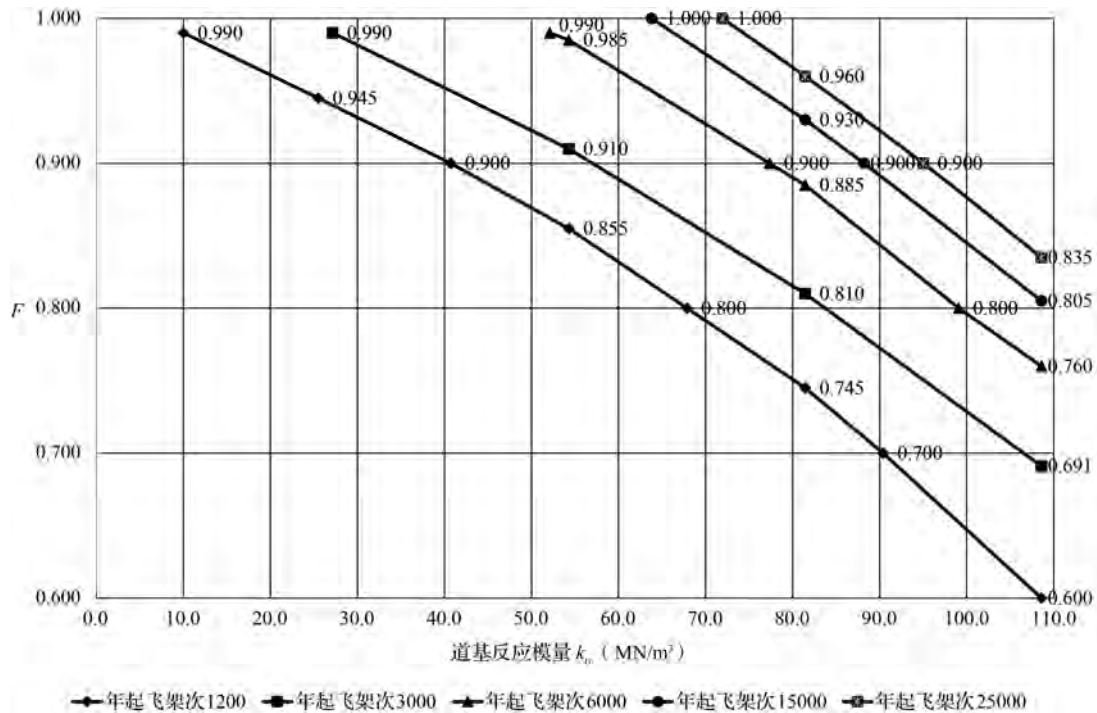


图 8.4.4 控制旧水泥混凝土道面开裂程度的系数取值

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 (cm)；

h ——根据加铺工程设计期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 (cm)，厚度计算方法见第 7 章；

h_e ——旧沥青道面厚度 (cm)；

C_0 ——旧沥青道面损坏折减系数，取值范围 0.85~1.00，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	旧沥青道面损坏折减系数 C_0
$PCI \geq 90$	0.95~1.00
$85 \leq PCI < 90$	0.90~0.95
$55 \leq PCI < 85$	0.85~0.90

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的情况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水泥混凝土道面厚度时，沥青加铺层结构厚度按照旧沥青道面上的沥青加铺层结构厚度确定方法进行计算，计算时应将旧水泥混凝土道面作为高质量的基层材料，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，旧沥青道面厚度折减系数取值参照表 8.4.4-2，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，沥青加铺层结构厚度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计算，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。

目前，旧水泥混凝土道面上加铺沥青道面的结构分析手段尚不完善，FAA 在其推荐的结构分析方法中仍然将复合道面视为弹性地基板进行考虑，结构验算指标仅为控制旧道面板底的荷载应力引起的疲劳开裂。根据沥青层内剪应力控制准则分析沥青加铺层永久变形的的方法目前基本上得到了学术界的普遍认可，但是在实际工程中用于结构分析的主要难点在于沥青加铺层内荷载作用下剪应力的理论计算方法以及沥青混合料抗剪强度的测试两个方面仍然存在一定的困难。

因此建议在特别重要的工程中，应通过专门课题研究的形式对沥青加铺层厚度进行详细的

结构分析，以确保沥青加铺层厚度能够满足设计要求。

8.4.6 结构复核时的材料设计参数取值参照以下规定：

1 道基顶面的反应模量通过现场落锤式弯沉仪测试结果反演确定，并按照 95% 保证率取值；

2 旧水泥混凝土道面上加铺沥青道面时，旧水泥混凝土道面设计弯拉强度宜根据现场取芯测试试件的劈裂强度根据式 (8.4.6) 推算，并按照 95% 保证率取值；

$$f_r = 1.87 f_{sp}^{0.87} \quad (8.4.6)$$

式中： f_r ——旧水泥混凝土道面的弯拉强度 (MPa)；

f_{sp} ——旧水泥混凝土道面的劈裂强度 (MPa)。

3 沥青加铺层应采用 20℃ 抗压回弹模量，模量取值可参照附录 D.2 并根据试验结果和工程经验确定；

4 无机结合料稳定类基层材料的模量，可参考附录 D.1 并根据试验结果和工程经验确定；

5 粒料层的模量应采用回弹模量，可参考附录 D.1 并根据试验结果和工程经验确定。

【条文说明】与新建沥青道面不同，加铺层结构厚度设计中，道基顶面反应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、过渡段设计等。

8.5.2 铣刨原有的沥青面层时，应根据铣刨深度和施工机具能力合理设置加铺层层数和厚度。当不停航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 宜在道面和道肩交接的位置设置横向临时接坡，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

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 接坡过渡段纵坡坡度应小于 1.0%；

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 4 cm。

8.5.5 道肩宽度不满足机械摊铺最小宽度时，可与道面加铺层最外一幅统一施工。

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的选择

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的计算方法

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) 计算统计年限内每月的日最高气温平均值，以日最高气温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日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) 获取当地本年10月—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 沥青道面使用性能的气候分区的修正

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

在缺乏当地气象台站的有效数据时，可参考表 A.2 确定沥青道面设计的气候分区。

表 A.2 1980—2014 年代表性城市气候统计资料

地点	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 ²)
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

续表

地点	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 ²)
西安	31	39	-13	4	535
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 查表法估计道基回弹模量参考取值

B.0.1 确定道基临界高度

临界高度指不利季节，道基分别处于干燥、中湿或者潮湿状态时，道基顶面距地下水位或地表积水水位的最小高度，可根据土质、气候条件按当地经验确定。缺乏实际资料时，干燥、中湿、潮湿状态的道基临界高度 (H_1 、 H_2 、 H_3) 可参考表 B.1 至表 B.3 选用。

表 B.1 砂质土道基临界高度参考值

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

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

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

续表

土组	粉质土					
	地下水			地表积水		
道基顶面距各水位距离	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
自然区划	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Ⅶ ₂	(2.5)	(2.1)	(1.6)	(2.2)	(1.6)	(1.1)
Ⅶ ₃	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 ₄	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(2.1)	(1.6)	(1.1)
Ⅶ ₅	(3.8)	(2.2)	(1.6)	(2.9)	(2.2)	(1.5)
Ⅶ _{6a}	(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。

B.0.2 按照 4.3.3 的要求确定道基土的平均稠度 (B_m)。

B.0.3 估计道基回弹模量设计值

根据道基土的类型、气候分区以及道基土的平均稠度，可参考表 B.4 估计道基回弹模量设计值。采用重型击实标准时，道基回弹模量设计值可较表中数值提高 20%~30%。

表 B.4 二级自然区划各土组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 ₁	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 ₂	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 _{2a}	粉质土	19.0	22.5	26.0	27.5	29.5	31.0	—	—	—	—	—
Ⅱ ₃	砂质土	21.0	23.5	26.0	27.5	29.0	30.0	31.5	34.5	37.0	45.5	—
	黏质土	23.5	27.5	32.0	34.5	36.5	39.0	41.5	—	—	—	—
	粉质土	22.5	27.0	32.0	34.5	37.0	40.0	—	—	—	—	—
Ⅱ ₄	黏质土	23.5	30.0	35.5	39.0	42.0	45.5	50.5	57.0	65.0	—	—
	粉质土	24.5	31.5	39.0	43.0	47.0	51.5	56.0	66.0	—	—	—

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 ₅	砂质土 黏质土 粉质土	29.0 26.5 27.0	32.5 32.0 34.5	36.0 38.5 42.5	37.5 41.5 46.5	39.0 45.0 51.0	41.0 48.5 56.0	42.5 52.0 —	46.0 — —	49.5 — —
II _{5a}	粉质土	33.5	37.5	42.5	44.5	46.5	49.0	—	—	—	—	—
III ₁	粉质土	27.0	36.5	48.0	54.0	61.0	68.5	76.5	—	—	—	—
III ₂	砂质土	35.0	38.0	41.5	43.0	44.5	46.0	47.5	50.5	53.5	62.0	70.0
	黏质土	27.0	31.5	36.5	39.0	41.5	44.0	46.5	52.0	57.5	—	—
	粉质土	27.0	32.5	38.5	42.0	45.0	48.5	51.5	59.0	—	—	—
III _{2a}	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 ₃	砂质土	36.0	39.0	42.5	44.0	45.5	47.0	48.5	51.5	54.5	63.0	71.0
	黏质土	26.0	30.0	34.5	36.5	38.5	41.0	46.0	47.5	52.0	—	—
	粉质土	26.5	32.0	37.0	40.0	43.0	46.0	49.0	55.0	—	—	—
III ₄	粉质土	25.0	34.0	45.0	51.5	58.5	66.0	74.0	—	—	—	—
IV ₁	黏质土	21.5	25.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—
IV _{1a}	粉质土	22.0	26.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—
IV ₂	黏质土	19.5	23.0	27.0	29.0	31.0	33.0	35.0	—	—	—	—
	粉质土	31.0	36.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—	—
IV ₃	黏质土	24.0	28.0	32.5	35.0	37.5	39.5	42.0	—	—	—	—
	粉质土	24.0	29.5	36.0	39.0	42.5	46.0	—	—	—	—	—
IV ₄	砂质土	28.0	30.5	33.5	35.0	36.5	38.0	39.5	42.0	45.0	53.0	61.0
	黏质土	25.0	29.5	34.0	36.5	38.5	41.0	43.5	—	—	—	—
	粉质土	23.0	28.0	33.5	36.0	39.0	42.0	—	—	—	—	—
IV ₅	砂质土	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
	黏质土	22.0	27.0	32.5	33.5	38.5	41.5	44.5	—	—	—	—
	黏质土	28.5	34.0	39.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—
	粉质土	26.5	31.0	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—
IV ₆	砂质土	33.5	37.0	41.0	43.0	44.5	46.5	48.5	52.0	55.0	66.5	77.0
	黏质土	27.5	33.0	38.0	41.0	44.0	46.5	50.5	—	—	—	—
	粉质土	26.5	31.5	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—
IV _{6a}	砂质土	31.5	35.0	38.5	40.0	42.0	43.5	45.0	48.5	52.0	62.0	72.0
	黏质土	26.0	31.0	35.5	38.0	40.5	43.5	46.0	—	—	—	—
	粉质土	28.0	34.5	41.0	44.5	48.5	52.0	—	—	—	—	—
IV ₇	砂质土	35.0	39.0	43.0	45.0	47.0	49.0	51.0	55.0	59.0	70.5	82.0
	黏质土	24.5	29.5	34.5	37.0	40.0	42.5	44.5	—	—	—	—
	粉质土	27.5	33.5	40.0	43.5	47.5	51.0	—	—	—	—	—
V ₁	紫色黏质土	22.5	26.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	—	—	—	—

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
		V ₂	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 _{2a}	黄壤黏质土	24.5	30.5	37.5	41.0	45.0	49.0	—	—	—	—	—
V ₃	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 ₄ (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 ₇	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 ₁	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 _{1a}	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 ₂	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 ₃	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 ₄	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 — —
VI _{4a}	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 — —	73.5 — —	81.5 — —
VI _{4b}	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 ₁	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 ₂	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 — —

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
		VII ₃	砂质土	42.5	45.5	49.0	50.5	52.5	53.5	55.0	58.0	60.5
黏质土	20.5		24.5	28.5	30.5	32.5	35.0	37.0	41.5	—	—	—
粉质土	23.5		28.0	33.0	36.0	38.5	41.0	44.0	—	—	—	—
VII ₄	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 ₅	砂质土	45.5	49.0	52.0	53.0	54.5	56.0	57.5	60.0	62.5	70.0	76.5
	黏质土	30.0	33.0	37.5	39.5	41.5	43.5	45.0	49.0	—	—	—
	粉质土	32.5	38.0	43.5	46.0	49.0	51.5	54.5	—	—	—	—
VII _{6a}	黏质土	22.0	25.5	29.0	30.5	32.5	34.5	36.0	40.0	—	—	—
	粉质土	27.5	32.5	37.5	40.5	43.0	46.0	49.0	—	—	—	—

附录 C 沥青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 ρ	主起落架间距 (m)	主起落架总轮数 n_c	主起落架轮距 (m)			主起落架构型	主起落架轮胎压力 q (MPa)
										S_t	S_{L1}	S_{L2}		
1	B737-200	567.00	564.72	485.34	430.91	289.51	0.935	5.23	4	0.78	—	—	双轮	1.26
2	B737-300	566.99	564.72	517.09	476.27	326.02	0.950	5.23	4	0.78	—	—	双轮	1.40
3	B737-400A	682.60	680.40	562.45	530.70	336.50	0.950	5.24	4	0.78	—	—	双轮	1.28
4	B737-500	607.82	605.55	498.96	464.94	320.99	0.950	5.23	4	0.78	—	—	双轮	1.34
5	B737-600	657.90	655.60	551.30	519.50	363.90	0.950	5.72	4	0.86	—	—	双轮	1.30
6	B737-700	703.30	701.00	586.20	552.20	376.60	0.950	5.72	4	0.86	—	—	双轮	1.39
7	B737-800	792.60	790.04	663.80	627.50	414.30	0.950	5.72	4	0.86	—	—	双轮	1.47
8	B737-900	792.43	790.16	663.61	636.39	429.01	0.950	5.72	4	0.86	—	—	双轮	1.47
9	A318	684.00	680.00	575.00	545.00	388.18	0.950	7.60	4	0.93	—	—	双轮	0.89
10	A319	704.00	700.00	610.00	570.00	392.25	0.926	7.60	4	0.93	—	—	双轮	0.89
11	A320	758.52	754.60	632.10	592.90	397.18	0.931	7.60	4	0.93	—	—	双轮	1.14
12	A321	834.00	830.00	735.00	695.00	476.03	0.956	7.60	4	0.93	—	—	双轮	1.36
13	MD-90	712.14	707.60	644.10	589.67	399.94	0.950	5.09	4	0.71	—	—	双轮	1.14
14	B757-200	1161.00	1156.50	952.50	853.00	593.50	0.950	7.32	8	0.86	1.14	—	双轴双轮	1.21
15	B757-200pf	1229.30	1224.70	1016.10	952.60	645.80	0.950	7.32	8	0.86	1.14	—	双轴双轮	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 p	主起落架间距 (m)	主起落架总轮数 n_c	主起落架轮距 (m)			主起落架构型	主起落架轮胎压力 q (MPa)
										S_i	S_{L1}	S_{L2}		
16	B767-200	1437.89	1428.82	1233.77	1133.98	801.27	0.950	9.30	8	1.14	1.42	—	双轴双轮	1.24
17	B767-200ER	1796.23	1791.69	1360.78	1179.34	823.77	0.950	9.30	8	1.14	1.42	—	双轴双轮	1.31
18	B767-300	1596.50	1587.50	1361.00	1261.00	860.50	0.950	9.30	8	1.14	1.42	—	双轴双轮	1.38
19	B767-300er	1873.34	1868.80	1451.50	1338.10	900.11	0.950	9.30	8	1.14	1.42	—	双轴双轮	1.38
20	A300	1659.00	1650.00	1340.00	1240.00	885.00	0.950	9.60	8	0.89	1.40	—	双轴双轮	1.16
21	A310-200	1329.00	1320.00	1185.00	1085.00	768.69	0.932	9.60	8	0.93	1.40	—	双轴双轮	1.46
22	MD-11	2871.22	2859.88	1950.48	1814.40	1320.49	0.780	10.67	8	1.37	1.63	—	双轴双轮	1.38
23	B747-200B	3791.00	3778.00	2857.00	2387.80	1706.00	0.952	11.00/3.84	16	1.12	1.47	—	双轴双轮	1.38
24	B747-300	3791.00	3778.00	2603.20	2426.30	1748.20	0.952	11.00/3.84	16	1.12	1.47	—	双轴双轮	1.31
25	B747-400	3978.00	3968.93	2857.63	2562.79	1827.21	0.952	11.00/3.84	16	1.12	1.47	—	双轴双轮	1.38
26	B747-400F	3978.00	3968.93	3020.92	2880.31	1660.54	0.952	11.00/3.84	16	1.12	1.47	—	双轴双轮	1.38
27	B747-400COMBI	3978.00	3968.93	2857.63	2562.79	1840.82	0.952	11.00/3.84	16	1.12	1.47	—	双轴双轮	1.38
28	B747SP	3188.00	3156.00	2041.00	1859.40	1479.70	0.952	11.00/3.84	16	1.10	1.37	—	双轴双轮	1.26
29	B777-200	3002.80	2993.70	2376.80	2245.30	1605.30	0.954	10.98	12	1.40	1.45	1.45	三轴双轮	1.28
30	B777-200LR	3411.00	3401.90	2231.70	2068.40	1543.10	0.938	10.97	12	1.40	1.45	1.48	三轴双轮	1.50
31	B777-300	3002.80	2993.70	2376.80	2245.30	1578.00	0.948	11.00	12	1.40	1.45	1.45	三轴双轮	1.48
32	B777-300ER	3411.00	3401.90	2512.90	2376.80	1688.30	0.936	10.97	12	1.40	1.45	1.48	三轴双轮	1.50
33	A330-200	2339.00	2330.00	1820.00	1700.00	1215.53	0.950	10.68	8	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42
34	A330-300	2339.00	2330.00	1870.00	1750.00	1294.64	0.958	10.68	8	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42
35	A340-200	2759.00	2750.00	1850.00	1730.00	1315.81	0.796	10.68	10	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42
36	A340-300	2759.00	2750.00	1920.00	1810.00	1369.29	0.802	10.68	10	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42
37	A340-500	3692.00	3680.00	2400.00	2250.00	1684.68	0.660	10.68	12	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42

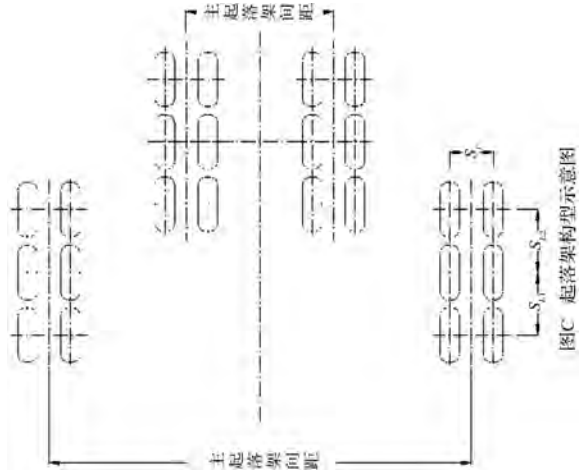
续表

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 p	主起落架间距 (m)	主起落架总轮数 n_c	主起落架轮距 (m)			主起落架构型	主起落架轮胎压力 q (MPa)
										S_i	S_{L1}	S_{L2}		
38	A340-600	3692.00	3680.00	2590.00	2450.00	1748.67	0.660	10.68	12	1.40	1.98	—	双轴双轮	1.42
39	A380-800	5620.00	5600.00	3860.00	3610.00	2774.76	0.570	5.26	20	1.53	1.70	1.70	三轴双轮	1.47
40	B787-800	2283.84	2279.30	1723.65	1610.25	1177.07	0.913	9.8	8	1.3	1.46	—	双轴双轮	1.57
41	B787-900	2517.44	2279.30	1723.65	1610.25	1177.07	0.936	9.8	8	1.52	1.51	—	双轴双轮	1.54

注：1 表中主起落架间距系指起落架之间横向中—中距离，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} 为纵向中—中距离， S_{L2} 为纵向中—中距离），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 结构设计参数

D.1 基层设计参数

D.1.1 粒料类材料的级配组成

表 D.1.1-1 级配碎石混合料的级配组成

层位	通过下列筛孔 (mm) 质量百分率 (%)														液限 (%)	塑性指数 (%)	备注
	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075			
上基层	100	90~100	79~95	60~85	53~80	48~74	40~65	25~50	18~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7	<25	<8	连续型
	—	100	90~100	75~95	66~88	59~82	46~71	30~55	18~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7			
	—	100	85~95	66~80	44~56	37~48	31~41	28~38	18~28	12~20	8~14	5~11	3~9	0~6			连续型
下基层	95~100	85~95	75~90	60~82	53~78	48~74	40~65	25~50	14~40	13~32	9~25	6~20	3~13	0~7	<25	<8	连续型
	100	85~100	65~85	—	42~67	—	20~40	10~27	—	8~20	5~18	—	—	0~10			骨架型
	—	100	80~100	—	56~87	—	30~60	18~46	—	10~33	5~20	—	—	0~10			连续型

注：1 潮湿多雨地区的基层塑性指数不大于 4%。

2 为排水与防冻层时，其 0.075 mm 通过率不超过 5%。

表 D.1.1-2 级配砾石混合料的级配组成

层位	通过下列筛孔 (mm) 质量百分率 (%)									液限 (%)	塑性指数 (%)
	37.5	31.5	26.5	19	9.5	4.75	1.18	0.6	0.075		
基层	100	90~100	—	65~85	45~70	30~55	15~35	0~20	4~10	<28	<9
	—	100	90~100	75~90	50~70	30~55	15~35	0~20	4~10		
	—	100	85~95	66~80	31~41	28~38	12~20	8~14	0~6		

注：潮湿多雨地区的基层塑性指数不大于 6%。

D.1.2 粒料类材料的回弹模量及泊松比

表 D.1.2 粒料基层回弹模量及泊松比参考值

材料类型	回弹模量 (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	

D.1.3 骨架密实型水泥稳定类的级配组成。

表 D.1.3 骨架密实型水泥稳定类集料级配范围

层位	通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分率 (%)						
	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
基层	100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0~3

D.1.4 无机结合料稳定类材料设计参数。

表 D.1.4 无机结合料稳定类材料的回弹模量、弯拉强度及泊松比参考值

材料类型	回弹模量 (MPa)	弯拉强度 (MPa)	泊松比
水泥稳定砂砾	3 000~4 200	1.1~1.3	0.25
水泥稳定碎石	3 000~4 200	1.3~1.6	
石灰粉煤灰稳定碎石	2 200~2 800	1.0~1.3	

D.1.5 沥青稳定类材料设计参数。

表 D.1.5 沥青稳定类材料静态加载抗压回弹模量、抗剪强度及泊松比参考值

材料类型	抗压回弹模量 (MPa)		抗剪强度 (MPa)	泊松比	混合料名称
	20℃	15℃	60℃		
密级配沥青碎石基层	1 000~1 400	1 200~1 600	0.4~0.9	0.25~0.30	ATB-25, ATB-30

D.1.6 其他类材料设计参数。

表 D.1.6 其他类材料的弹性模量、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	15000~25000	1.5~3.5	0.25
碾压混凝土	20000~30000	2.5~4.5	

D.2 面层结构设计参数

D.2.1 沥青面层结构设计参数包括材料静态加载抗压回弹模量及抗剪强度。

表 D.2 沥青结合类材料静态加载抗压回弹模量及抗剪强度参考值

类型	抗压回弹模量 (MPa)				抗剪强度 (MPa)	泊松比	混合料名称
	基质沥青	改性沥青	基质沥青	改性沥青			
	20℃		15℃		60℃		
密级配细粒式 沥青混合料	1200~1600	1400~2400	1400~1800	1600~2600	0.6~1.1	0.25~0.30	AC-10, AC-13
密级配中粒式 沥青混合料	1000~1400	1200~2200	1200~1600	1400~2400	0.5~1.0		AC-16, AC-20
密级配粗粒式 沥青混合料	800~1200	1000~2000	1000~1400	1200~2200	0.4~0.9		AC-25
沥青玛蹄脂 碎石混合料	1200~1600		1600~2000		0.7~1.2		SMA

注：采用外掺剂等改善措施时，材料参数可参考改性沥青选取；抗剪强度选取时，基质沥青靠近下限，改性沥青靠近上限。

附录 E 荷载重复作用次数和累积损伤因子计算方法

E.1 单轴起落架构型

E.1.1 实际荷载重复作用次数计算方法

对单轴起落架构型（包括单轴单轮和单轴双轮）的飞机，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 $f(x)$ 。飞机的轮迹横向呈正态分布，分布曲线记为 $\varphi(x)$ ，其均值为 0（分析右侧起落架中心时，均值为右侧起落架中心距离飞机中心线的距离），跑道端部和滑行道的标准差为 775 mm，跑道中部的标准差为 1550 mm，示意如图 E.1.1-1。

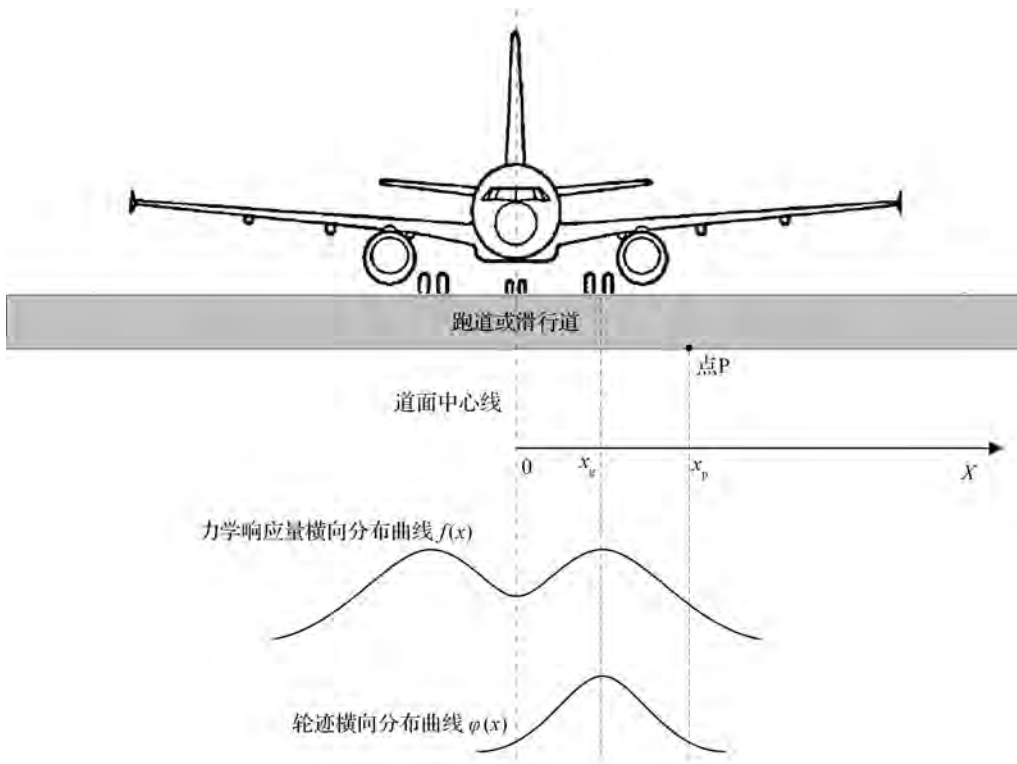


图 E.1.1-1 沥青道面结构响应和轮迹分布示意

在道面力学分析时需考察道面横断面上的每一点。现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 （坐标如图 E.1.1-1 所示）。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。当飞机的中心线与道面的中心线重合时，记图 E. 1. 1-1 中右侧起落架中心离道面中心的距离为 x_g 。把右侧起落架中心为 x_g 时飞机对道面产生的力学响应量曲线记为 $f_{c=x_g}(x)$ 。把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记为 $f_{c=x_u}(x)$ 。则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为 $f_{c=x_u}(x_p)$ 。

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。则在 $f_{c=x_g}(x)$ 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 E. 1. 1-2 可知 $x_q = x_g + x_p - x_u$ 。因此，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，如式 (E. 1. 1-1) 所示。

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

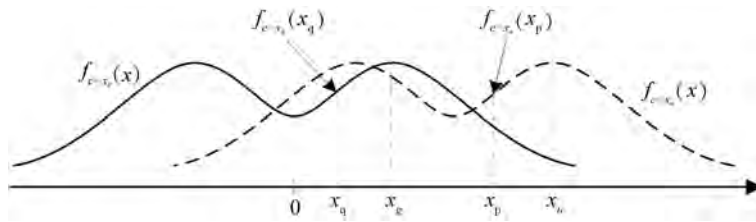


图 E. 1. 1-2 力学响应量的等效

右侧起落架轮迹的横向分布曲线为 $\varphi(x)$ (最大概率处为 $x = x_g$)，则右侧起落架的中心位于 x_u 的概率为 $\varphi(x_u)$ 。假定飞机的通行次数为 n_j ，则在 P 点产生大小为 $f(x_g + x_p - x_u)$ 的力学响应量的次数如式 (E. 1. 1-2)。

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

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。

为了便于后续计算，可将沥青道面横向划分成宽 200 mm 的条带，道面中心线两侧各 50 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。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，如图 E. 1. 1-3 所示。均值为 0 时， x 的概率密度函数如式 (E. 1. 1-3)。

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

起落架中心位于第 i 条带的概率可通过第 i 条带 ($i = 1, 2 \dots 100$) 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 0.2 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 $0.2 g(x_i)$ 。

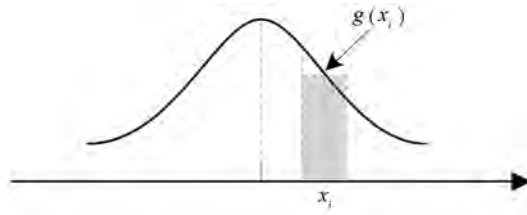


图 E.1.1-3 第 i 条带的概率和实际作用次数计算示意

从而式 (E.1.1-2) 转化为式 (E.1.1-4)。

$$n_{ji} = n_j \varphi(i) = 0.2n_j g(x_i) \quad (\text{E.1.1-4})$$

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。

E.1.2 允许荷载重复作用次数计算方法

无机结合料稳定类基层的沥青层轮辙控制不需计算允许荷载重复作用次数。

粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的轮辙控制、沥青层层底和无机结合料稳定类基层层底疲劳开裂控制时, 飞机作用在任意位置对分析点产生的力学响应均需考虑, 并以产生的力学响应量计算允许荷载重复作用次数。

将控制开裂的疲劳方程和控制轮辙的性能方程统一记为 $N(\xi)$, ξ 为力学响应量。其中疲劳方程见式 (7.3.3-1)、式 (7.3.3-2), 轮辙性能方程见式 (7.3.3-3), ξ 分别对应公式中的 ε_h 、 σ_t 或 ε_p 。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, 在力学响应量等于 $f(x_g + x_p - x_u)$ 时的允许荷载重复作用次数为式 (E.1.2-1)。

$$N_{ju} = N(\xi = f(x_g + x_p - x_u)) \quad (\text{E.1.2-1})$$

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。

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。如图 E.1.2, 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。

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。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 ξ 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 $f(x_{i'})$ 。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 (E.1.2-1) 转化为式 (E.1.2-2)。

$$N_{jk} = N(\xi) = N(f(x_{i'})) = N(f(x_{k'+i-k})) \quad (\text{E.1.2-2})$$

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。

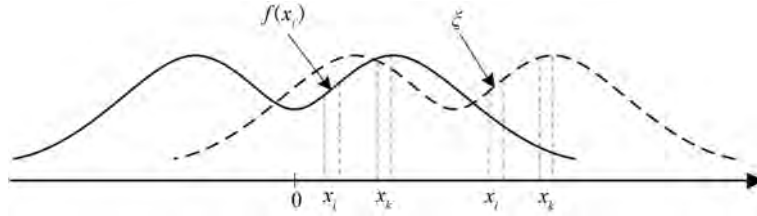


图 E.1.2 第 i 个条带的响应量和允许荷载重复作用次数计算示意

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。

E.1.3 累积损伤因子计算方法

对于粒料类和沥青稳定类基层沥青道面的轮辙控制、沥青层层底和无机结合料稳定类基层层底疲劳开裂控制, 根据式 (7.3.2-1), 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。因此, 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如式 (E.1.3-1)。

$$CDF_j = \int \frac{n_{ju}}{N_{ju}} = \int \frac{n_j \varphi(x_u)}{N(\xi = f(x_g + x_p - x_u))} \quad (\text{E.1.3-1})$$

式中: CDF_j ——第 j 类飞机产生的累积损伤因子。

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 ($k = 1, 2, \dots, 100$) 的所有情况, 因此式 (E.1.3-1) 可转化为式 (E.1.3-2)。

$$CDF_{ji} = \sum_{k=1}^{100} \frac{0.2n_j g(x_k)}{N(f(x_{k+i-k}))} \quad (\text{E.1.3-2})$$

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。

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 (7.3.4-1) 和式 (7.3.4-2) 计算各条带产生的轮辙量 RD_i , 进一步根据式 (7.3.2-2)、式 (7.3.2-3)、式 (7.3.2-4) 计算最大累积损伤因子即可。

E.2 多轴起落架构型

多轴起落架作用下的荷载重复作用次数计算, 可先对多轴作用下的道面结构响应进行分析, 获得道面的空间响应规律。根据空间响应规律进一步获得纵向峰值的数目。在多轴对称的情况

下 (非对称情况按照复杂起落架进行计算), 可考察 1/4 起落架的覆盖范围内 (如图 E.2 的阴影部分所示), 获得所考察力学响应量最大值所在位置 (最不利位置)。

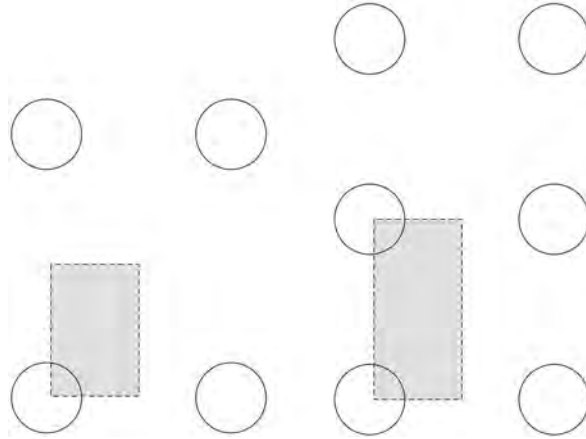


图 E.2 多轴起落架的最不利位置考察范围

通过最不利位置做纵向剖面, 获得响应量的纵向分布曲线, 记为 $l(y)$ 。根据 $l(y)$ 分别获得曲线上的相邻峰值以及峰值之间的波谷值, 分别记为 $l(y_{\max})$ 和 $l(y_{\min})$, 若 $l(y_{\min})$ 存在且式 (E.2-1) 成立, 则认为应该考虑多轴的影响。当纵向 $l(y)$ 上的峰值数等于 d 时, 计算累计损伤系数的公式 (E.1.3-1) 可改写为式 (E.2-2) 和式 (E.2-3) 的形式。

$$\left| \frac{l(y_{\min})}{l(y_{\max})} \right| < 0.90 \quad (\text{E.2-1})$$

$$CDF_d = \int \frac{n_u}{N_{du}} = \int \frac{n_j \varphi(x_u)}{N(\xi = f_d(x_g + x_p - x_u))} \quad (\text{E.2-2})$$

$$CDF_j = \sum_d CDF_{jd} \quad (\text{E.2-3})$$

式中: $l(y)$ ——通过最不利位置处的道面结构响应纵向分布曲线函数;

d ——结构响应的纵向峰值数;

N_{di} ——当起落架中心位于 x_i 时, 第 d 个峰值作用下的允许荷载重复作用次数;

$f_d(x)$ ——第 d 个峰值所在位置处的道面结构响应横向分布曲线函数;

CDF_{jd} ——第 j 类飞机第 d 个峰值所产生的累积损伤因子;

CDF_j ——第 j 类飞机产生的累积损伤因子。

为了便于计算实际荷载重复作用次数, 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, 并进一步计算累积损伤因子。

E.3 复杂起落架构型

复杂起落架需要对各个轴分别进行考虑。在分析时，应先获得全起落架作用下的道面结构响应，进而获得各个起落架下的力学响应量峰值位置和大小，然后对每个起落架按照独立方式进行考虑，分别计算后进行叠加。由于复杂起落架单侧往往不具有对称性，应该考察起落架下的所有覆盖区域，通过横向峰值轴线做横向断面获得横向分布曲线 $f(x)$ ，以及通过纵向峰值轴线获得力学响应量纵向分布曲线 $l(y)$ ，采用这些曲线按照式 (E.2-1) 至 (E.2-3) 计算复杂起落架作用对道面的累积损伤。此时，其中的 d 为单侧所有起落架的横向峰值轴数。

为了便于计算，可将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分别按 E.2 中的方法进行考虑。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。

包含 CDF 计算的道面结构设计示例见附录 F。

附录 F 沥青道面结构设计示例

F.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

所在地平均冻结指数为 0，是“未冻区”；

所在地日最高气温为 25℃，是“夏热区”；日最低气温为 3℃，是“冬温区”；

根据当地气象站监测，所在地月平均温度约为 14℃，与规范给出日最高气温与最低气温的平均值一致，故取月平均温度为 14℃。

(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) 预测机型及起飞架次见表 F.1。

表 F.1 预测机型及起飞架次

序号	机型	年平均起飞架次 (次)	设计年限内总起飞架次 (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

F.2 粒料或沥青稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例

F.2.1 初拟结构组合及材料参数

C类及以上机型年平均起飞架次为45750次，故其航空交通量等级为“中”，根据规范推荐采用的组合，拟采用三层式面层（总厚度>15cm）、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F.2.1。

表 F.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	1500	0.9	0.3
沥青混合料 AC-20	中面层	7	1400	0.7	0.3
沥青混合料 AC-20	下面层	7	1400	0.7	0.3
沥青稳定碎石 ATB-25	上基层	30	1200		0.3
级配碎石	下基层	38	480		0.35
土	道基	—	60		0.4

F.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F.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F.2.2-1。

表 F.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	主起落架总轮数	单轮荷载 (kN)	轮胎压力 (MPa)	轮印半径 (mm)
B747-400	3968.93	0.952	16	236.15	1.38	233.4
B777-300ER	3401.9	0.936	12	265.35	1.5	237.3
B767-200	1428.82	0.95	8	169.67	1.24	208.7
B767-300ER	1868.8	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	5600	0.57	20	266.00	1.47	240.0

2 荷载重复作用次数计算

令道面中心线在横断面水平方向上的坐标 x_0 为 0, 以 0.2 m 为单位宽度, 将道面横断面上距离中心线 ± 10 m 内的范围划分为 100 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:

$$g(x) = \frac{1}{0.775 \sqrt{2\pi}} e^{(-\frac{x^2}{2 \cdot 0.775^2})}$$

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 F.1 各机型的总起飞架次, 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; $i = 1 \sim 100$), 见表 F.2.2-2。

表 F.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前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
1~32	-5~-3.6	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	-3.6~-3.4	0.000	0	0	0	2	1	0	0	0	0
34	-3.4~-3.2	0.000	1	1	2	7	3	2	1	0	0
35	-3.2~-3.0	0.000	5	5	6	21	10	7	4	0	1
36	-3.0~-2.8	0.000	13	13	17	58	28	19	12	1	2
37	-2.8~-2.6	0.000	34	34	45	147	72	49	31	4	7
38	-2.6~-2.4	0.001	81	81	107	348	170	116	73	11	17
39	-2.4~-2.2	0.001	180	180	237	771	377	257	163	25	38
40	-2.2~-2.0	0.003	373	373	492	1599	781	533	338	53	79
41	-2.0~-1.8	0.005	723	723	955	3102	1515	1034	655	103	155

续表

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
42	-1.8~-1.6	0.009	1313	1313	1734	5630	2751	1876	1189	187	281
43	-1.6~-1.4	0.016	2231	2231	2945	9563	4673	3187	2021	318	478
44	-1.4~-1.2	0.025	3547	3547	4682	15204	7429	5068	3213	506	760
45	-1.2~-1.0	0.038	5278	5278	6967	22622	11055	7540	4780	754	1131
46	-1.0~-0.8	0.053	7350	7350	9703	31503	15394	10501	6657	1050	1575
47	-0.8~-0.6	0.068	9580	9580	12646	41059	20064	13686	8677	1368	2052
48	-0.6~-0.4	0.083	11686	11686	15425	50084	24474	16694	10584	1669	2504
49	-0.4~-0.2	0.095	13341	13341	17610	57177	27940	19059	12083	1905	2858
50	-0.2~0	0.102	14255	14255	18816	61092	29854	20364	12910	2036	3054
51 ~ 100	0~5	第 51 至第 100 条带与第 50 至第 1 条带关于道面中心线对称, 数值一致									

采用弹性层状体系, 计算飞机中心线与道面中心线重合时, 所有条带处的沥青层底最大水平拉应变 ε_h 和土基顶最大竖向压应变 ε_v , 示意见表 F.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 F.2.2-3 道面响应量计算内容示意

条带编号	距离道面中心距离 (m)	响应量类型	B747-400前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
15	-7.2~ -7.0	ε_h (μ)	-7.5	-44.2	-48.6	-22.5	-29.4	-6.0	-9.7	-12.9	239.0
19	-6.4~ -6.2		-12.2	171.4	238.1	-31.6	-41.1	-9.7	-15.4	-20.4	-58.7
20	-6.2~ -6.0		-13.7	202.8	161.4	-33.2	-42.9	-10.8	-17.2	-22.7	-36.0
24	-5.4~ -5.2		-21.6	91.0	4.9	159.0	200.6	-16.5	-25.6	-33.7	107.9
33	-3.6~ -3.4		-50.3	-35.3	-40.1	-32.4	-41.6	0.8	150.9	234.5	-29.1
35	-3.2~ -3.0		-31.4	-29.9	-34.2	-31.1	-40.6	130.5	59.9	11.6	-24.1
38	-2.6~ -2.4		185.7	-22.9	-26.4	-24.8	-32.4	87.0	171.0	-44.2	-17.9
43	1.6~ -1.4		188.3	-14.6	-17.0	-17.1	-22.3	-35.2	-44.5	-21.1	-11.1
15	-7.2~ -7.0	ε_v (μ)	9.9	-269.6	-344.3	-53.5	-70.1	5.3	6.2	7.9	-853.4
19	-6.4~ -6.2		9.1	-781.0	-872.0	-181.0	-237.0	1.3	-3.3	-5.2	-663.0
20	-6.2~ -6.0		7.9	-848.5	-867.3	-244.9	-320.5	-1.1	-8.3	-12.1	-702.3
29	-4.4~ -4.2		-77.4	-364.0	-487.7	-612.0	-796.0	-114.2	-238.6	-338.1	-170.6
33	-3.6~ -3.4		-270.8	-108.6	-144.5	-284.1	-371.6	-376.3	-689.8	-846.9	-46.0
35	-3.2~ -3.0		-499.4	-55.9	-76.2	-154.2	-201.9	-547.4	-764.2	-750.2	-19.0
37	-2.8~ -2.6		-784.9	-24.8	-35.9	-83.6	-109.4	-576.8	-761.3	-655.4	-3.5
43	1.6~ -1.4		-855.7	9.7	9.3	-3.9	-5.1	-198.3	-197.0	-568.8	12.1

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 E，若第 i 和第 k 条带位于道面中心线同侧，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心线重合时（此时飞机位于第 50 条带上方）第 $(50+i-k)$ 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 ε_h 、 ε_v 数值，以式 (7.3.3-1) 和 (7.3.3-3) 分别计算各条带的允许荷载重复作用次数。

F.2.3 最大累积损伤因子计算

以式 (7.3.2-1) 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 (7.3.2-3) 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 (7.3.2-4)，所有条带中的 CDF_i 最大数值即为最大累积损伤因子 CDF 。

其中沥青层疲劳控制 CDF 值很小，不予考虑。轮辙控制 CDF 为 1.01，出现在第 25 和第 76 条带位置，距离道面中线距离为 $\pm 5.0 \sim 5.2$ m。以各条带中心距道面中心线的距离为横坐标，绘出各条 CDF_i 断面分布曲线，见图 F.2.3。

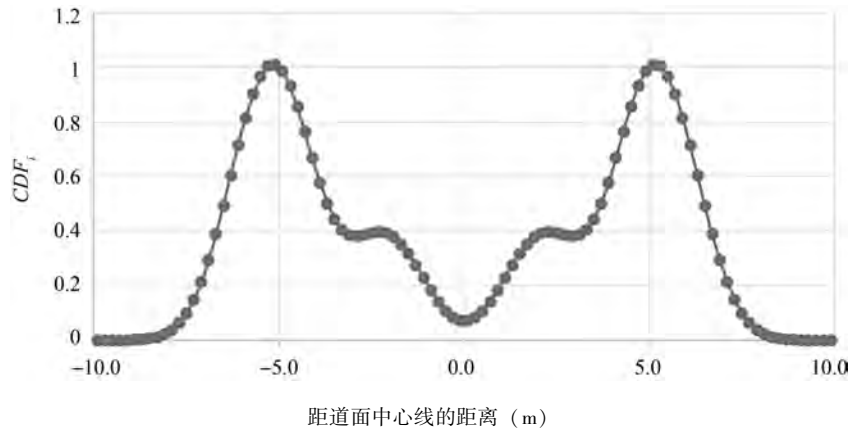


图 F.2.3 轮辙控制时各条带的 CDF_i 分布

经试算，本例拟定的结构组合安全，此时计算得到轮辙控制 CDF 值为 $1.01 < 1.05$ ，沥青层疲劳控制 CDF 值很小，可忽略不计，因此拟定结构厚度满足设计要求。

F.3 无机结合料稳定类基层沥青道面结构厚度设计示例

F.3.1 初拟结构组合及材料参数

该跑道处于“中”航空交通量等级，采用三层式面层（总厚度 > 15 cm）、基层和底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 F.3.1。

表 F.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	1500	0.9	0.3
沥青混合料 AC-20	中面层	7	1400	0.7	0.3
沥青混合料 AC-20	下面层	7	1400	0.7	0.3
水泥稳定碎石	基层	40	3500		0.2
级配碎石	底基层	20	480		0.35
土	道基		60		0.4

F.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 F.3.1 所示的结构参数，按下述内容进行结构验算。

1 交通荷载分析

根据附录 C，计算得到相关机型的飞机参数，如表 F.3.2-1 所示。

表 F.3.2-1 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	主起落架总轮数	单轮荷载 (kN)	轮胎压力 (MPa)	轮印半径 (mm)
B747-400	3968.93	0.952	16	236.15	1.38	233.4
B777-300ER	3401.9	0.936	12	265.35	1.5	237.3
B767-200	1428.82	0.95	8	169.67	1.24	208.7
B767-300ER	1868.8	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	5600	0.57	20	266.00	1.47	240.0

2 荷载重复作用次数计算

令道面中心线在横断面水平方向上的坐标 x_0 为 0，以 0.2 m 为单位宽度，将道面横断面上距离中心线 ± 10 m 内的范围划分为 100 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:

$$g(x) = \frac{1}{0.775 \sqrt{2\pi}} e^{(-\frac{x^2}{2 \cdot 0.775^2})}$$

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 F.1 各机型

的总起飞架次，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； $i = 1 \sim 100$)，见表 F. 3. 2-2。

表 F. 3. 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前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
1~32	-5~-3.6	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	-3.6~-3.4	0.000	0	0	0	2	1	0	0	0	0
34	-3.4~-3.2	0.000	1	1	2	7	3	2	1	0	0
35	-3.2~-3.0	0.000	5	5	6	21	10	7	4	0	1
36	-3.0~-2.8	0.000	13	13	17	58	28	19	12	1	2
37	-2.8~-2.6	0.000	34	34	45	147	72	49	31	4	7
38	-2.6~-2.4	0.001	81	81	107	348	170	116	73	11	17
39	-2.4~-2.2	0.001	180	180	237	771	377	257	163	25	38
40	-2.2~-2.0	0.003	373	373	492	1599	781	533	338	53	79
41	-2.0~-1.8	0.005	723	723	955	3102	1515	1034	655	103	155
42	-1.8~-1.6	0.009	1313	1313	1734	5630	2751	1876	1189	187	281
43	-1.6~-1.4	0.016	2231	2231	2945	9563	4673	3187	2021	318	478
44	-1.4~-1.2	0.025	3547	3547	4682	15204	7429	5068	3213	506	760

续表

条带编号	距离道面中心距离 (m)	条带概率	B747-400前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
45	-1.2~-1.0	0.038	5 278	5 278	6 967	22 622	11 055	7 540	4 780	754	1 131
46	-1.0~-0.8	0.053	7 350	7 350	9 703	31 503	15 394	10 501	6 657	1 050	1 575
47	-0.8~-0.6	0.068	9 580	9 580	12 646	41 059	20 064	13 686	8 677	1 368	2 052
48	-0.6~-0.4	0.083	11 686	11 686	15 425	50 084	24 474	16 694	10 584	1 669	2 504
49	-0.4~-0.2	0.095	13 341	13 341	17 610	57 177	27 940	19 059	12 083	1 905	2 858
50	-0.2~0	0.102	14 255	14 255	18 816	61 092	29 854	20 364	12 910	2 036	3 054
51至100	0~5	第 51 至第 100 条带与第 50 至第 1 条带关于道面中心线对称, 数值一致									

采用弹性层状体系, 计算飞机中心线与道面中心线重合时, 所有条带处的基层底最大水平拉应力 σ_i ; 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竖向剪应力 τ_k , 相关示意见表 F.3.2-3, 表中仅列出了各响应量的最大数值及所在条带位置, 其中剪应力提取位置为 9.5 cm 深度处。

表 F.3.2-3 道面结构响应量计算内容示意

条带编号	距离道面中心距离 (m)	响应量类型	B747-400前起落架	B747-400后起落架	B777-300ER	B767-200	B767-300ER	B737-300	B737-800	A380-800前起落架	A380-800后起落架
15	-7.2~-7	σ_t (kPa)	-42.1	-19.4	12.5	-70.0	-91.4	-31.8	-49.7	-65.9	705.4
20	-6.2~-6		-69.4	666.4	615.0	15.7	21.7	-49.7	-74.7	-98.1	247.0
24	-5.4~-5.2		-96.5	525.6	362.2	491.5	631.5	-62.2	-85.9	-110.6	471.4
26	-5.0~-4.8		-108.7	586.3	714.9	274.6	362.8	-62.7	-77.7	-97.0	74.4
33	-3.6~-3.4		-45.9	-93.1	-91.1	40.5	54.5	161.6	519.1	681.0	-105.9
34	-3.4~-3.2		12.9	-100.3	-103.4	-9.5	-11.6	321.6	569.4	563.2	-103.8
35	-3.2~-3		124.8	-103.1	-109.6	-39.1	-50.7	430.0	464.2	329.6	-100.1
38	-2.6~-2.4		607.3	-97.1	-108.2	-76.1	-99.3	396.1	555.7	204.5	-84.6
14	-7.4~-7.2		τ_k (kPa)	0.5	20.8	26.7	4.0	5.3	0.3	0.3	0.4
18	-6.6~-6.4	0.5		132.1	369.1	13.9	18.3	0.0	0.4	0.6	18.3
21	-6.0~-5.8	0.1		272.8	65.1	35.0	45.7	0.7	1.9	2.6	133.2
23	-5.6~-5.4	0.6		15.6	9.8	286.4	290.7	1.7	3.9	5.4	61.0
32	-3.8~-3.6	21.0		15.4	20.6	41.3	54.4	29.9	124.9	337.5	7.0
34	-3.4~-3.2	39.2		8.4	11.2	22.3	29.2	297.4	98.9	291.1	3.6
37	-2.8~-2.6	139.3		3.2	4.3	9.0	11.7	4.8	291.0	2.7	1.1
42	-1.8~-1.6	308.8		0.3	0.6	1.9	2.5	29.0	29.0	334.3	0.2

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。

根据附录 E, 若第 i 和第 k 条带位于道面中心线同侧, 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心线重合时 (此时飞机位于第 50 条带上方) 第 $(50 + i - k)$ 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 σ_l 的数值, 以式 (7.3.3-2) 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 (7.3.3-2) 中 a 、 b 、 f_r 分别取 1.0、0.11、1.55。对于轮辙控制不需计算允许荷载重复作用次数。

F.3.3 无机结合料稳定类基层疲劳开裂控制

以式 (7.3.2-1) 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 (7.3.2-3) 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 (7.3.2-4), 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 1.01, 出现在第 25 和第 76 个条带, 距离道面中线距离为 $\pm 5.0 \sim 5.2$ m。以各条带中心距道面中心线的距离为横坐标, 绘出各条带 CDF_i 断面分布曲线, 见图 F.3.3。

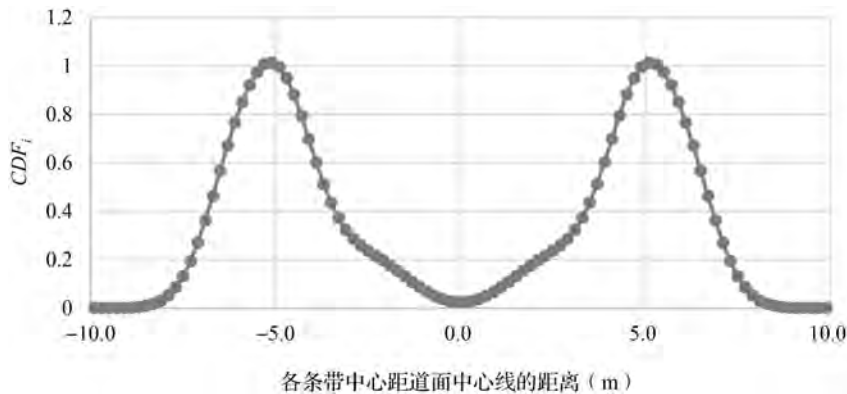
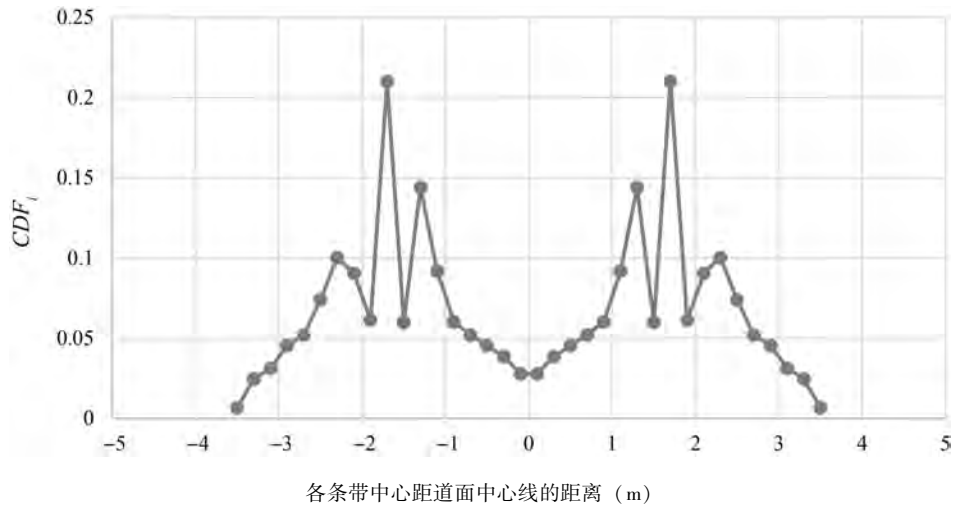


图 F.3.3 基层疲劳控制时各条带 CDF_i 分布

F.3.4 轮辙控制

以式 (7.3.4-2) 计算各亚层温度后, 根据式 (7.3.4-1) 计算各条带的轮辙。以式 (7.3.2-2) 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 (7.3.2-3) 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 (7.3.2-4), 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 0.21, 出现在第 42 和 59 个条带, 距离道面中心线距离为 $\pm 1.6 \sim 1.8$ m。以各条带中心距道面中心线的距离为横坐标, 绘出道面横断面上的各条带 CDF_i 曲线, 见图 F.3.4。

图 F.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 $1.01 < 1.05$ ，沥青层轮辙控制 CDF 值为 $0.21 < 1.05$ ，因此拟定结构厚度满足设计要求。

附录 G 试验方法

G.1 道基土设计 CBR 值的确定

G.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。应查明最小的道基厚度,根据设计荷载为:F类飞机取 250 mm;E类飞机取 200 mm;D类飞机取 150 mm;C类以下飞机取 100 mm。

G.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,将土样分三层装试模。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三个试验。

2 道基顶面单点综合 CBR

算出每点各土层的 CBR 试验平均值,用这些数值按公式 (G.1.2-1) 求出全部道基厚度的综合 CBR 值。应注意,如果某层的 CBR 较下层的 CBR 为小,此层的厚度要把下一层厚度加上。被加的那一层就不作为一层参与计算了。

$$CBR_m = [(h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} \cdots h_n CBR_n^{1/3})/h]^3 \quad (G.1.2-1)$$

式中: CBR_m ——某点的综合 CBR;

CBR_1 、 CBR_2 ... CBR_n ——第 1、2... n 层的 CBR;

h_1 、 h_2 ... h_n ——第 1、2... n 层的土层厚度;

$h_1 + h_2$... h_n ——道基厚度。

计算综合 CBR 时,如果自然地基的地层厚度不足 200 mm,可比照其他土层而省略之;不足 300 mm 的换土厚度、隔离层都不参与计算。

3 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三个试验。

如果试验时道基并非全年中最不利状态，可用式 (G. 1.2-2) 对现场 CBR 值加以修正。

$$CBR_r = \frac{CBR_w}{CBR_o} CBR_c \quad (\text{G. 1.2-2})$$

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)。

4 确定设计 CBR

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的填方区来分类；分别计算各区的平均 CBR 用于设计，其设计 CBR 按式 (G. 1.2-3) 计算。

$$\text{设计 CBR} = \text{各点 CBR 的平均值} - [(\text{CBR}_{\max} - \text{CBR}_{\min})/d'_2] \quad (\text{G. 1.2-3})$$

式中： d'_2 是一个系数，具体取值见表 G. 1.2。

表 G. 1.2 求设计 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。

G. 2 沥青材料抗紫外老化试验

G. 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，评定沥青的抵抗紫外老化性能。

G. 2.2 仪器与材料技术要求

1 沥青紫外老化环境箱：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 r/min

±1 r/min;

2 紫外老化灯管：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 G.2.2 所示；

表 G.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 mm±5 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 mm±1 mm，深度为 10 mm±1 mm；

4 分析天平：感量不大于 1 mg；

5 其他：干燥器、计时器、温度计等。

G.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℃±5℃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。盛样皿的数量应能满足试验需要，通常不少于 10 个；

2) 依据 JTG E20-2011 T0610 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 g±0.500 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 (G.2.3) 计算沥青加速紫外老化时间。

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

式中： T ——沥青累计接收紫外辐射 27 kJ/cm²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 (W/cm²)。

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°；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 r/min±1 r/min 速度转动。同时启动温度控制器，使温度恒定在 20℃±0.5℃，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 (m_2)，准确至 1 mg；

4) 将盛样皿放至 163℃ 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。

G.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 JTG E20-2011 T0605 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。

G.2.5 计算

1 沥青加速紫外老化后，质量变化按 JTG E20-2011 中式 (T 0609-1) 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 G.2.5 计算。

$$K_D = \frac{D_2}{D_1} \times 100 \quad (\text{G.2.5})$$

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。

G.3 沥青结合类材料单轴贯入抗剪强度试验方法

G.3.1 适用范围

用于测定沥青结合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，亦可用于沥青结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结合类材料试件和现场取芯试件的抗剪强度测试。

G.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 不锈钢,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 G.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。

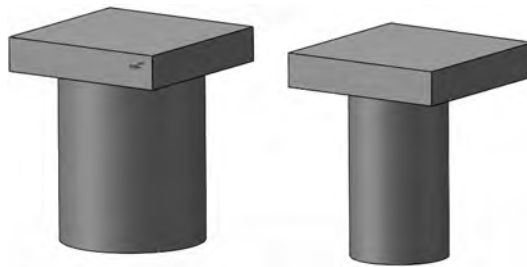


图 G.3.2 贯入试验压头

G.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 mm±0.5 mm;当混合料最大公称粒径不大于 16 mm 时,试件直径可采用 100 mm±0.5 mm。试件高度均为 100 mm±0.5 mm;

2) 当在拌合场取样时,混合料需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《沥青与沥青混合料试验规程》(JTG E42)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 h;改性沥青混合料试件,放置时间以 48 h 为宜。且试件的放置时间不得超过 7 d。

2 试验步骤

1) 将试件置于 60℃ 的烘箱中,控制环境温度稳定在 60℃±0.2℃,保温不小于 5 h,但不得超过 12 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 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 kN。启动加载,加载速度为 1 mm/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,如图

G.3.3 所示。

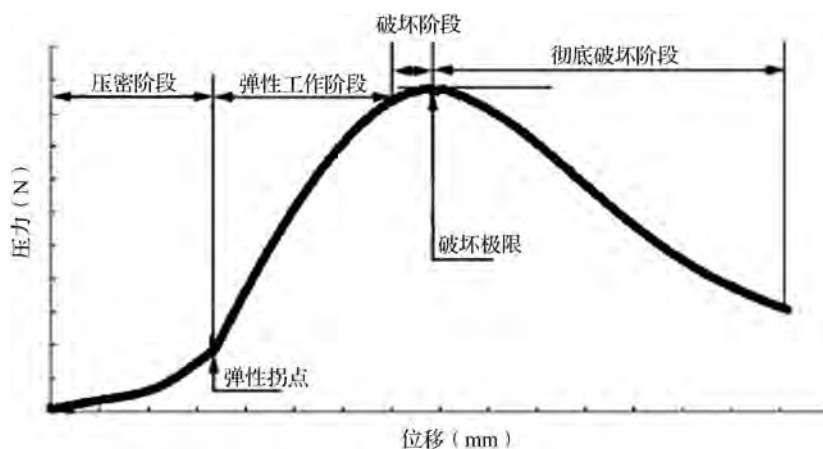


图 G.3.3 典型单轴贯入抗剪强度试验的压力—位移图

G.3.4 数据处理

- 1 从压力—位移图中读取最大压力值 F ，准确到 1 N；
- 2 沥青混合料的抗剪强度按式 (G.3.4-1) 和式 (G.3.4-2) 计算。

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

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \quad (\text{G.3.4-2})$$

式中： $[\tau]$ ——抗剪强度 (MPa)；

σ_p ——贯入强度 (MPa)；

P ——最大压力值 (N)；

A ——压头横截面面积 (mm^2)；

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

G.3.5 报告

- 1 同一种沥青结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

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- [1] 《太阳能资源测量总辐射》（GB/T 31156）
- [2] 《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）
- [3] 《Pavement Structural Design Training Manual》（ATR-021）（AK-77-68-300）
- [4] 《太阳能资源等级总辐射》（GB/T 31155）
- [5] 《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）
- [6] 《民用机场水泥混凝土道面设计规范》（MH/T 5004）
- [7] 《公路土工试验规程》（JTG E40）
- [8] 《公路工程集料试验规程》（JTG E42）
- [9] 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）
- [10] 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51）
- [11] 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG E30）
- [12] 《民用机场道面评价管理技术规范》（MH/T 5024）
- [13] 《民用机场岩土工程设计规范》（MH/T 5027）

民用机场建设工程行业标准出版一览表

序号	编号	书名（书号）	定价（元）
1	MH/T 5003—2016	民用运输机场航站楼离港系统工程设计规范（0409）	20.00
2	MH 5006—2015	民用机场水泥混凝土面层施工技术规范（0265）	45.00
3	MH 5007—2017	民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准（0474）	55.00
4	MH 5008—2017	民用运输机场供油工程设计规范（0424）	60.00
5	MH/T 5009—2016	民用运输机场航站楼楼宇自控系统工程设计规范（0386）	20.00
6	MH/T 5010—2017	民用机场沥青道面设计规范（0500）	55.00
7	MH 5013—2014	民用直升机场飞行场地技术标准（0189）	38.00
8	MH/T 5015—2016	民用运输机场航班信息显示系统工程设计规范（0385）	20.00
9	MH/T 5017—2017	民用运输机场航站楼安防监控系统工程设计规范（0510）	30.00
10	MH/T 5018—2016	民用运输机场信息集成系统工程设计规范（0387）	20.00
11	MH/T 5019—2016	民用运输机场航站楼时钟系统工程设计规范（0408）	10.00
12	MH/T 5020—2016	民用运输机场航站楼公共广播系统工程设计规范（0411）	20.00
13	MH/T 5021—2016	民用运输机场航站楼综合布线系统工程设计规范（0410）	20.00
14	MH/T 5027—2013	民用机场岩土工程设计规范（0145）	68.00
15	MH 5028—2014	民航专业工程工程量清单计价规范（0218）	98.00
16	MH 5029—2014	小型民用运输机场供油工程设计规范（0233）	25.00
17	MH/T 5030—2014	通用航空供油工程建设规范（0204）	20.00
18	MH 5031—2015	民航专业工程施工监理规范（0242）	48.00
19	MH/T 5032—2015	民用运输机场航班信息显示系统检测规范（0266）	20.00
20	MH/T 5033—2017	绿色航站楼标准（0430）	30.00
21	MH 5034—2017	民用运输机场供油工程施工及验收规范（0435）	70.00
22	MH/T 5035—2017	民用机场高填方工程技术规范（0429）	50.00
23	MH/T 5036—2017	民用机场排水设计规范（0486）	40.00

续表

序号	编号	书名 (书号)	定价 (元)
24	MH/T 5111—2015	特性材料拦阻系统 (1580110 · 354)	50.00