

运输机机场 全厚度沥青道面

(美) 沥 青 研 究 院

手册编号11 (MS—11)

一九七三年一月出版

中国民用航空总局修建局设计所译印

一九七九年九月

运输机机场全厚度沥青道面

(美) 沥 青 研 究 院

手册编号11 (**MS**—11)

一九七三年一月出版

中国民用航空总局 修建局 设计所 译印

一九七九年九月

出 版 前 言

世界上大、中型机场的道面建设，因为建筑材料的来源以及自然条件的差异，多采用水泥混凝土或沥青混凝土。这两类道面，由于在投资、平坦度、耐久性、施工周期、维护工作量等方面各有优缺点，因此在数量上也是各近半数。有的国家例如法国，沥青道面甚至占机场总数的三分之二。

目前我国民航机场道面建设，除个别机场曾试用沥青混凝土加铺在破裂或强度不够的水泥混凝土跑道、滑行道外，基本上是采用水泥混凝土。由于我国幅员广阔，各地建筑材料资源和来源不同，今后是否有选择性地采用沥青混凝土来修建机场道面，是一个值得考虑的问题。关于修建机场沥青混凝土道面，可供参考的资料十分缺乏。根据“洋为中用”的原则，我们将美国沥青研究院一九七三年出版的《运输机机场全厚度沥青道面》一书译出，供从事机场场道设计、施工及其它有关方面的技术人员参考。

据了解，国外现行的沥青混凝土道面理论中，“全厚度沥青道面”和“马绍尔沥青混凝土”颇具权威。但资本主义国家，沥青与水泥常由不同的财团分别控制，彼此竞争剧烈。这些也可能反映在技术资料上，使其存在某些片面性。这方面的情况，读者注意。

本书由蔡东山同志翻译，吴问涛同志校阅。由于我们在沥青道面的实践方面经验较少，以及译者外文水平所限，在译名、译意等方面可能有不妥之处，请读者随时指正。

中国民用航空总局**修建局**
设计所

一九七九年九月十日

目 录

前言

本手册使用的符号

公制单位

第一章 引言

1.01	手册的范围	(4)
1.02	定义	(4)
1.03	全厚度沥青道面的优点	(4)
1.04	几何设计	(4)
1.05	跑道	(5)
1.06	滑行道及机坪	(5)
1.07	直升机场	(5)
1.08	短距起降机场	(5)
1.09	参考资料	(5)

第二章 机场分类

2.01	机场类型	(6)
2.02	第一级系统机场	(6)
2.03	第二级系统机场	(6)
2.04	补充级系统机场	(7)
2.05	参考资料	(7)

第一部分：全厚度沥青道面的结构设计

第三章 设计原理

3.01	设计分析	(8)
3.02	环境	(9)
3.03	材料分析	(9)
3.04	设计位置	(9)
3.05	交通分析	(9)
3.06	多层应力—应变分析	(10)
3.07	参考资料	(10)

第四章 用于设计的材料评价

4.01	材料取样及试验	(11)
	A、地基	
4.02	定义	(12)
4.03	土壤分类	(12)
4.04	压实试验	(12)
4.05	设计地基值	(12)
4.06	环境的影响	(16)
	B、沥青——集料混合料	
4.07	沥青——集料混合料的类型	(16)
4.08	配合比设计准则	(16)

第五章 机场道面的结构设计

5.01	设计步骤	(20)
5.02	设计地基模量的选择	(20)
5.03	年平均大气温度	(20)
5.04	允许交通值	(23)
5.05	予测交通值	(23)
5.06	对每种应变类型确定厚度 T_A	(29)
5.07	面层厚度	(34)
5.08	对各种地区的道面厚度要求	(34)
5.09	设计举例	(34)

第二部分：道面施工及复盖设计

第六章 施工

6.01	正确施工的重要性	(46)
6.02	排水	(46)
6.03	整坡	(46)
6.04	坡度控制	(46)
6.05	地基压实准则	(47)
6.06	地基压实	(48)
6.07	沥青混凝土的摊铺	(48)
6.08	表面平坦度的允许范围	(49)
6.09	沥青混合料压实准则	(50)
6.10	沥青混凝土的压实	(50)
6.11	接缝	(51)
6.12	质量控制	(51)
6.13	沥青混合料的评价	(52)

6.14	施工中的安全	(53)
------	--------	------

第七章 现有机场道面的复盖

7.01	评价结构恰当性	(54)
7.02	结构恰当性的情况调查	(54)
7.03	用组成部分的分析进行评价	(54)
7.04	取样	(55)
7.05	机遇取样	(55)
7.06	地基分析	(55)
7.07	飞机交通量分析	(55)
7.08	道面结构厚度分析	(56)
7.09	结构恰当性评价的步骤	(59)

第八章 其他资料

8.01	施工规范	(61)
8.02	清洁道面表面	(61)
8.03	道面养护	(61)
8.04	灯光和标志	(62)
8.05	封闭	(62)
8.06	盖层	(62)
8.07	沥青的使用	(62)
8.08	对喷气吹袭的防护	(62)

第三部分：飞机特性和当量资料

第九章 飞机特性

9.01	概说	(63)
9.02	飞机特性	(63)

第十章 飞机当量资料

10.01	概说	(68)
10.02	对其它飞机使用当量图的方法	(68)
10.03	飞机当量图的索引	(68)

附录 A、词汇

附录 B、机遇取样计划

B.01	在道面现场选择取样位置	(139)
B.02	在运送沥青混合料的卡车上选择取样位置	(149)

B.03] 在沥青混凝土摊铺机后面选择取样位置.....	(151)
------------------------------	-------

附录 C、土壤回弹模量的试验方法

C.01 概说.....	(153)
C.02 定义.....	(153)
C.03 试验设备.....	(153)
C.04 压实及试验.....	(156)
C.05 计算和结果的提出.....	(161)

附录 D、参考资料

索引 (略)

表格	表	格
II—1	机场分类准则.....	(7)
IV—1	地基土壤试验及试样大小.....	(14)
IV—2	推荐的混合料类型.....	(18)
IV—3	建议的机场沥青道面混合料的材料要求.....	(18)
IV—4	对沥青混凝土混合料设计用马绍尔法及希维姆试验限度的建议准则.....	(19)
IV—5	矿物粒料的最小孔隙百分率 (VMA)	(19)
VI—1	对各种摊铺机速度及摊铺率推荐的压路机数.....	(50)
VI—2	推荐的最低摊铺温度.....	(52)
VI—3	对沥青—集料混合料的评价试验.....	(52)
VII—1	将现有道面组成部分的厚度换算成有效厚度 (T_e) 的换算系数.....	(56)
IX—1	飞机特性 (英制)	(插图1—2)
IX—1	飞机特性 (公制)	(插图3—4)
X—1	飞机当量图索引.....	(70)
B—1	一般取样步骤的机遇数.....	(141)

图	插	图
II—1	分类系统——国家机场系统.....	(6)
III—1	全厚度沥青道面系统中拉应变和压应变的位置及方向.....	(8)
IV—1	板承受值和弹性模量 E_s 间的大致关系.....	(17)
V—1	机场道面厚度设计流程图.....	(21)
V—2	用于确定设计厚度的步骤.....	(22)
V—3	在不同的环境下承受DC—8—63F重复荷载时, 限制地 基垂直压应变 ϵ_c 的道面厚度.....	(24)

V—4	在不同环境下, 承受DC—8—63F重复荷载时, 限制沥青混凝土水平拉应变 ϵ_t 的道面厚度	(26)
V—5	飞机交通量工作表 1	(29)
V—6	飞机交通量工作表 2, 地基垂直压应变 ϵ_c	(30)
V—7	对地基垂直压应变 ϵ_c 的允许交通值 N_a 及测交通值 N_p 的曲线	(31)
V—8	飞机交通量工作表 2, 沥青混凝土水平拉应变 ϵ_t	(32)
V—9	对沥青混凝土水平拉应变 ϵ_t 的允许交通值 N_a 及预测交通值 N_p 的曲线	(33)
V—10	机场道面厚度分区	(39)
V—11	道面不同地区的断面	(40)
V—12	飞机交通量工作表 1, 设计举例	(41)
V—13	飞机交通量工作表 2, 设计举例, 地基压应变 ϵ_c	(42)
V—14	对 ϵ_t 的允许交通值及预测的交通值曲线的设计举例	(43)
V—15	飞机交通量工作表 2, 设计举例, 沥青混凝土的拉应变 ϵ_t	(44)
V—16	对 ϵ_t 的允许交通值及预测的交通值曲线的设计举例	(45)
Ⅱ—1	处理搅拌厂产量所需的摊铺机速度	(49)
Ⅲ—1	飞机起落架组合的各种类别	(64)
Ⅲ—2	各种轮子组合	(65)
Ⅲ—3	飞机起落架的识别及位置	(66)
Ⅲ—4	L—500飞机特性概要	(67)
X—1	如何使用当量图表	(69)
X—2 至 X—65	飞机当量图表 (见表 X—1)	(71~135)
B—1	取样位置 (例)	(147)
B—2	说明批量, 试样, 子试样和试样单元的示意图	(149)
C—1	土壤回弹模量试验用设备	(154)
C—2	LVDT (线性可变微分变压器) 的夹子	(155)
C—3	用静荷载压实的设备	(159)
C—4	在压实的细颗粒土壤上进行回弹模量试验用的表格形式	(162)
C—5	回弹模量的提出	(163)

前 言

运输机机场全厚度沥青道面 (MS—11) 是对为全重大于60,000磅 (27,200公斤) 的飞机服务的机场道面设计和施工的工程指南。它代替1963年出版的, 现已废弃的机场沥青道面 (MS—11) ——由于当代和计划中的飞机重量和大小的增大和全厚度沥青道面的设计和施工的改进。

虽然本手册已包括了最新的技术知识, 但飞机设计的改变和沥青道面铺筑技术的改进将促使本手册在将来进行修订。随着改进的产生, 它们将插入以后的版本。

沥青研究院还出版了其它有关各种沥青道面设计和施工的手册。关于这些手册的情况可自载于本书后面的沥青研究院的任一工程办公室取得。

对本手册给予协助的个人、公司、单位, 负责编写本手册的工程师和编辑表示感谢。

计 算 机 程 序

本手册介绍的设计方法也有以计算机程序形式编制的, 它们可从下列单位取得: ——

沥青研究院

沥青研究院大楼

大学公园, 马里兰州20740

本手册使用的符号

- E_s ——地基土壤弹性模量
 $|E^*|$ ——沥青混凝土动态模量
 M_s ——地基土壤回弹模量
 g_m ——主起落架装置
 g_n ——前起落架装置
 G ——土壤的比重
 H_z ——赫兹 = 频率, 以周/秒表示
 lbf ——磅—力 (英国常衡制)
 lbm ——磅—质量 (英国常衡制)
 N_a ——允许交通值
 N_p ——预测交通值
 S ——饱和度, 百分率
 t ——年平均大气温度
 T_A ——制备的地基上的沥青总厚度
 T_e ——有效厚度 (按附录 A, 词汇表中的定义)
 W ——土壤含水量, 百分率
 r_d ——干土单位重量
 r_w ——水单位重量
 C_c ——垂直压应变
 C_r ——轴向压应变
 C_t ——水平拉应变
 ν ——泊桑比
 σ_1 ——主要主应力 = 总轴向应力 (施加的荷载 + 侧限压力)
 σ_3 ——次要主应力 = 侧限压力
 σ_d ——偏离应力 = $\sigma_1 - \sigma_3$ (所加动态荷载)

公 制 单 位

本手册所有重量和尺寸均同时以美国习用单位及国际单位系统 (SI) 表示。
 下表是变换系数。有关更多的资料请见由宾雪凡尼亚 19103, 费城, 赛跑街 1916
 号美国试验及材料协会所出的 ASTM 《标准公制指南》 E380—72。

从以下各项	变 为	乘 以
华氏度 (F°)	摄氏度 (°C)	0.45359
英尺	米 (m)	0.30480
英寸	毫米 (mm)	25.40000
英寸	厘米 (Cm)	2.54000
英寸	米 (m)	0.02540
千磅 (Kip)	千克、公斤 (Kg)	453.5924
美国法定英里/小时	公里/小时	1.60934
磅—力 (Ibf)	牛顿 (N)	4.44822
磅—质量 (Ibm)	千克、公斤 (Kg)	0.45359
磅—质量/英尺 ³	公斤/米 ³ (Kg/m ³)	16.01846
磅/平方英寸	千牛顿/米 ² (KN/m ²)	6.89476

第一章 引言

1.01 手册的范围

本手册主要是用作全重超过60,000磅(27,200公斤)的飞机使用的全厚度沥青道面的设计和施工指南。其次,它是对于用复盖道面的办法来加强现有不足道面的指南。同时也包括了一些我们以为对机场设计有益的参考资料。

沥青研究院的另一手册——“对专业航空用全厚度沥青道面”,资料编号154(IS-154)用于全重小于60,000磅(27,200公斤)的飞机的道面设计。

1.02 定义

全厚度沥青道面——“全厚度”(FULL-DEPTH[®],由沥青研究院在美国专利局登记)一词是指该道面是在地基或改进的地基以上的每层都是用沥青混合料的。全厚度沥青道面是直接放在整备的地基上的。

“强”沥青道面

“强”(DEEP-STRENGTH[®],由沥青研究院在美国专利局登记)一词是指该道面是由在沥青基础上的沥青面层并符合沥青研究院建立的设计概念建筑的。

“厚”沥青构造

“厚”(DEEP-LIFT[®]或THICK-LIFT,由沥青研究院在美国专利局登记)一词是指这样一种构造方法,其沥青层是以一层或多层压实厚度为4英寸或大于4英寸的层铺筑的。

本手册使用的其他词载于附录A,词汇。

1.03 全厚度沥青道面的优点

全厚度沥青道面有以下优点:

- 它们没有透水的颗粒层去吸水而起破坏作用。
- 减少了施工所需时间。
- 用“厚”沥青构造(4英寸或更厚)施工季节可以延长。
- 它们提供并保持道面结构的均匀性。
- 它们不受潮湿或冰冻的影响。
- 据有限的研究,在全厚度沥青道面结构下的地基的含水量不象颗粒基础的道面那样增加,故地基强度只有小量或甚至没有减小。

1.04 几何设计

对任何地区的机场只有经过仔细规划,才能设计得满足该地区目前和将来的需要。必需收集有关的背景资料并进行分析。同时还需研究航空运输和专业航空的过去,现在的增长和将来的发展趋势。从这些资料才能确定符合联邦航空局(FAA)最低标准的机场类型和大小。

在选择一块能满足规划布局需要的地块时,必须记住三个因素,即:安全、经济、地面交通便利。影响机场选址的因素可见FAA出版的“机场选址”(见附录D)。

一个描述机场现有设施合理发展，建议所急需建设和将来的改进的布局方案是十分必要的。机场布局方案不仅是一张地图；而且它是说明所有各个组成部分的图示说明和证实文件。

这个布局方案应在现场绘制在地形图上。它应标出产权边界，跑道、滑行道、机坪、停车场、建筑物、建筑地区和机场场址所需的其他设施的位置。它应策划出改建或报废量最小的合理开发计划。

1.05 跑道

在规划运输机场时，确定对初期和将来需要的跑道长度所需的土地的要求是特别重要的。可以从FAA的“机场设计用跑道长度要求”（见附录D），查出对喷气飞机和一些活塞发动飞机基本长度的特性曲线。

1.06 滑行道及机坪

滑行道及机坪的布局，主要根据机场的类型而定。小机场可能只需短滑行道和小停机坪。而大机场则要许多滑行道和各种机坪。关于滑行道和机坪的几何设计细节见FAA“机场设计标准——运输机机场——滑行道”及“机场机坪”（见附录D）。

1.07 直升机场

直升机场设计准则，见FAA的“直升机场设计指南”（见附录D）。

1.08 短距起降机场

短距起降机场是专门设计为具有短距起降性能的飞机用的。跑道长度要求和其他准则见FAA的“城市短距起降机场的规划和设计准则”（见附录D）。

1.09 参考资料

有助于规划机场的FAA出版物的名称见附录D，参考资料，D.01节，参考资料1至19。

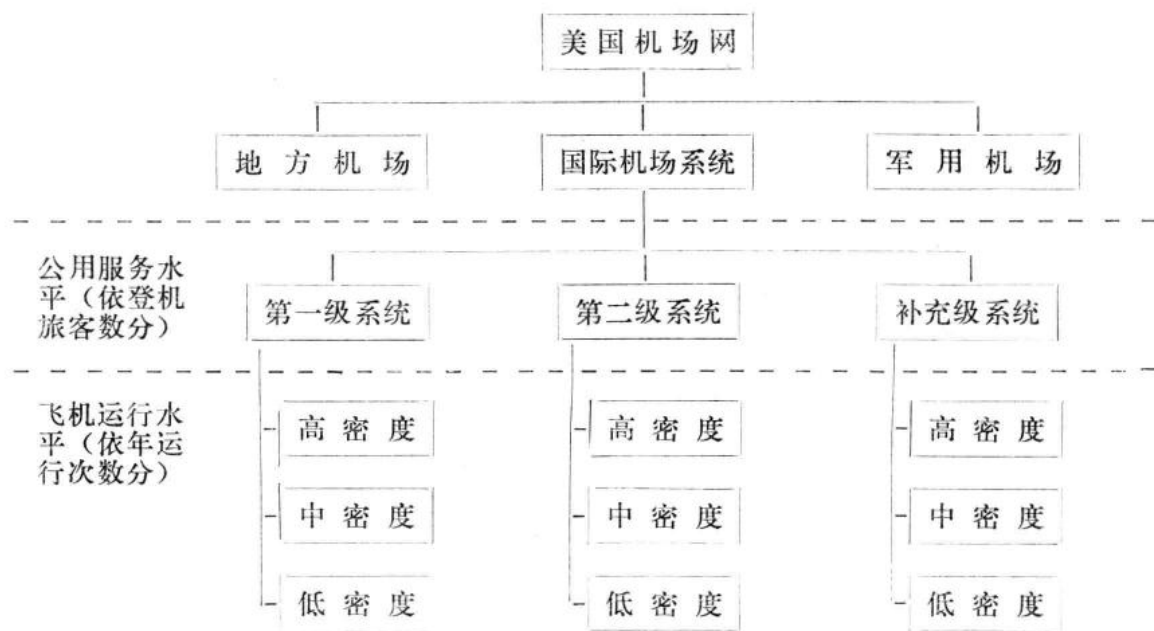
第二章 机场分类

2.01 机场类型

美国的机场网分为三个系统——国际机场，地方机场和军用机场系统。国际机场系统又以登机旅客数明显地分为三个小系统，每个小系统又根据年飞机运转数（据FAA，一个飞机运转的定义为飞机到达该机场一次或自该机场离去一次，见附录 A，词汇“飞机活动”）。图Ⅱ—1 示分类系统。

本手册只讨论全重超过60,000磅（27,200公斤）的运输机机场。地方机场在沥青研究院资料编号154（IS—154）“专用航空全厚度沥青道面中”讨论。由于军用机场的特性由它们的主管部门规定，不在本手册范围。

展示于表Ⅱ—1 的国家系统的机场分类准则，在以下几节中讨论。



图Ⅱ—1 ——分类系统——国家机场系统

2.02 第一级系统机场

第一级系统机场是年登机旅客大于1,000,000的机场。它们有为运输机和专用航空机队中最大飞机服务的设施。

这些机场又按飞机交通量密度分为三级，高、中及低。高密度的定义为每年飞机运行次数大于350,000次，中密度为每年250,000次，低密度为每年少于250,000次。运行密度的水平与该机场的跑道容量要求有关。典型的第一级跑道系统具有平行跑道布置。

2.03 第二级系统机场

第二级系统机场是年登机旅客为50,000到1,000,000的机场。这种系统与第一级系统的具有平行跑道不同,最少有一条全长度跑道(不包括侧风跑道)。其跑道长度按控制的航程而定,它可在短途至长途之间变化。

第二级系统机场也分为高、中、低密度三级。高密度的定义为每年飞机运行大于250,000次,中密度为每年100,000至250,000次,低密度为每年少于100,000次。

2.04 补充级系统机场

补充级系统机场是年登机旅客少于50,000的机场。这些机场是国家机场系统中公用服务水平最低的机场,然而大多数运输机场属于这一级。临界机型一般为短航程的DC—9及波音—737。

补充级系统机场也分为高、中、低密度三级。高密度的定义为每年运转次数大于100,000次,中密度为每年20,000至100,000次,低密度为每年少于20,000次。

即使专业航空的活动多于运输机活动的机场通常仍根据运输机进行设计。

2.05 参考资料

对最新的国家系统机场的分类要向FAA核对。也请见附录D,参考资料D.01节,20至21。

表 II—1

机 场 分 类 准 则

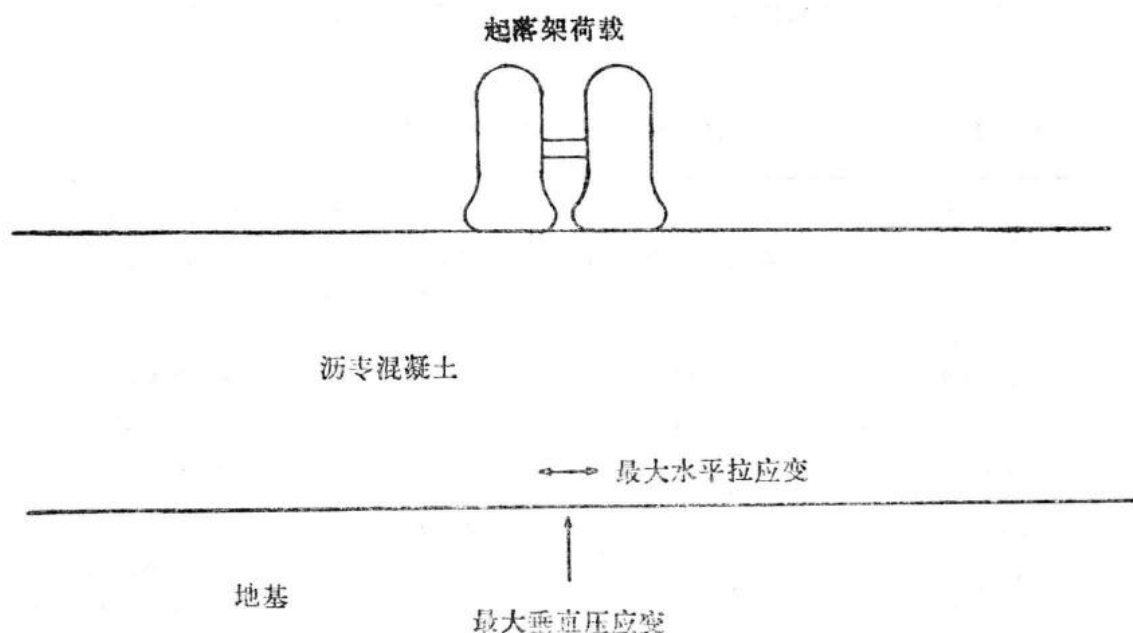
机 场 等 级	国际机场系统分类 方案 (NASP) 代码	公 用 服 务 水 平 (年登机旅客数)	航 行 运 转 密 度 (年飞机运转数)
第一级系统		大于1,000,000	
高密度	(P1)		大于350,000
中密度	(P2)		250,000至350,000
低密度	(P3)		小于250,000
第二级系统		50,000至1,000,000	
高密度	(S1)		大于250,000
中密度	(S2)		100,000至250,000
低密度	(S2)		小于100,000
补充级系统		小于50,000	
高密度	(F1)		大于100,000
中密度	(F2)		20,000至100,000
低密度	(F3)		小于20,000

第一部分：全厚度沥青道面的结构设计

第三章 设计原理

3.01 设计分析

本手册详细叙述的设计方法是根据全厚度沥青道面为多层弹性系统理论。因此对道面施加荷载产生两个关键性的弹性应变。它们是水平拉应变 ϵ_t ，位于沥青混凝土层的底部，和垂直压应变 ϵ_v ，位于地基层的顶部。在设计分析中，需将它们分别验证。这些应变的位置及方向示于图Ⅲ—1。



图Ⅲ—1 全厚度沥青道面系统中拉应变和压应变的位置及方向

已经确立了以这两种关键性应变的最大允许值为根据的设计准则，并用以作为选择全厚度沥青道面厚度 T_A 的基础。沥青混凝土的模量 $|E^*|$ （或应力和应变的关系）与温度有关，因此在不同的地理位置，一年中对道面起最大潜在破坏作用的季节是不同的。当沥青混凝土的模量低时（即道面温度高时），地基的垂直压应变——地基永久形变的指示器最大。反之，当沥青混凝土的模量高时（即寒冷时），沥青混凝土层的底部的水平拉应变是关键，而在重复荷载时道面能产生裂缝。

对厚度设计，这两种应变（ ϵ_t 和 ϵ_v ）都要在给定的范围内根据它们对道面作用的影响予以评价。但因设计得使这两种应变都要在给定的范围内，就可能得出两个不同的厚度要求。故最后的设计厚度选用其中较大的厚度。

3.02 环 境

全厚度沥青道面设计的两个关键准则如上所述是：在高温度（低沥青混凝土模量）时找出的地基垂直压应变 ϵ_v ，和在低温度（高沥青混凝土模量）时找出的沥青混凝土层的水平拉应变 ϵ_t 。由于全厚度沥青道面的应力—应变分布特性受温度的影响极大，对不同环境所需克服某一破坏所需厚度将随之变化。

详细的分析确立了对每一设计准则的年平均气温与厚度的要求之间的关系。当平均年气温越热，就增加道面厚度以满足地基压应变准则。另外一方面，在寒冷的环境增加道面厚度是为了满足沥青混凝土拉应变准则。

设计厚度受环境（年气温）的影响，在第五章，“机场道面的结构设计”中的设计曲线中作了考虑。

3.03 材料分析

由于设计方法是以弹性理论为根据的，地基和沥青混凝土层的性质用传统的“弹性模量”和“泊桑比”描述。地基的弹性模量 E_s 的确定在第四章，“设计用的材料评价”中介绍。

沥青混凝土层的模量 $|E^*|$ 依混合料类型、温度及荷载速度而定。沥青研究院及其他单位进行的大量稠密级沥青混凝土模量实验室试验，确定了典型混合料的模量—温度—频率关系。道面厚度设计方法采用的模量关系是由设计频率2赫兹〔四轮小车式起落架以每小时10~20英里（16~32公里）速度行进时的典型数字〕推演出来的。

3.04 设计位置

任何机场都有某些道面受到较别处为多的交通。这些道面受到更多的飞机活动，更大的飞机重量（离去时），较低的滑行速度和更大程度的渠化交通。每个这种因素都对道面厚度要求有复杂而直接的影响。这个地区就应该选作该机场确定最大道面厚度的设计位置。对运输机场来说，设计地点不变的总是滑行道。因此，这里介绍的设计方法以承受最多离去和到达次数（以机场的总运行数的百分率表示之）的滑行道作为关键的设计位置。

在设有多条跑道的机场里，通常有一条跑道（及其滑行道）承受较其它跑道为多的交通量。此时，对每一跑道—滑行道系统分别进行道面厚度设计比较经济。

同样，对任一道面来说，一个影响横向厚度要求的重要因素是飞机在道面上进行的横向分布影响。例如，对跑道或滑行道来说，中央部份会更可能承受较边部为多的应力（或应变）重复。由于厚度要求直接与应变的重复相关，用有变化的断面（不等厚断面）可能实现巨大的节约。

对任一机场道面地区（滑行道，跑道，机坪）的不等厚断面设计，可借助厚度百分率予以确定。先求出关键（滑行道）地区的全厚度沥青道面厚度，然后乘以所论道面地区规定的折减系数得出各该地区的厚度。

3.05 交通分析

以上两种设计分析的最重要的概念之一就是一个既定的道面系统。在它的堪用之年里能承受一定次数的重复应变。施加在道面上的重复应变是飞机类型，起落架重量，飞机经过的次数和飞机在设计地区上纵向或横向游动的特征等的函数。最适宜的厚度或设计厚度就是该道面在设计期限内可以承受的，在予期的交通量所施加的应变情况的厚度。

由各种类型飞机混合施加在道面上的重复应变的影响被认为是积累的。交通分析方法