

# 军用机场沥青混凝土道面结构设计指标确定

孙建斌<sup>1,2</sup>, 翁兴中<sup>1</sup>

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 南空后勤部机场营房处, 江苏 南京 210018)

**摘要:**根据机场荷载和交通量特点,基于对沥青道面损坏形式和原因的分析,提出进行设计控制的指标;针对军用机场沥青道面的典型荷载和典型结构对指标进行大量计算分析,指出对沥青道面的性能要求主要是强度而不是变形,结构设计以半刚性基层、底基层的拉应力为主要设计指标,面层拉应力和剪应力作为一定条件下的验算指标。

**关键词:**道面; 沥青混凝土; 指标

**中图分类号:**V35 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2005)01-0008-03

由于历史原因,我国20世纪90年代以前修建的军用机场几乎全部采用水泥混凝土道面。沥青道面因其具有许多水泥混凝土道面不具备的优点,近几年国内采用沥青道面的新建机场和利用沥青混凝土进行加铺的机场逐年增多。然而,我国至今还没有军用机场沥青混凝土道面结构设计方法,设计单位主要借鉴国外或国际民航组织的方法,同时吸收了国内沥青路面研究的一些成果进行设计。这种做法虽然是可行的,但由于气候、土质、材料参数的取值方法和使用习惯以及使用飞机等方面存在差异,国外的方法不一定适用于国内,而且机场与公路在荷载和使用要求上也存在着差异。因此,有必要研究机场沥青道面的结构设计方法。设计指标的确定是建立设计方法中的一个重要内容。

## 1 道面应力应变状态分析

### 1.1 典型结构和代表荷载

为寻求应力、应变和位移在各类机场中的分布规律,首先选择有代表性的道面结构和飞机荷载。以军用二、三、四级机场沥青道面为典型道面结构,分别作用I、II、III3种典型飞机荷载,分析道面在单轮、双轮、双轴双轮荷载作用下的力学反应,研究各指标在不同结构参数(各结构层的厚度、刚度及界面条件)下的强度大小、反应强弱、相互关系及其与道面实际损坏联系。

各级机场采用的典型结构和代表荷载如表1所示,各结构层的计算点见图1。

表1 不同等级机场典型结构和代表荷载

项目	二级机场		三级机场		四级机场	
代表荷载	机型	I	II	III		
	胎压/MPa	1.27	0.88	1.27		
	轮半径/cm	16.79	17.6	19.64		
	轮距/cm	...	59(65)	71.4		
典型结构	轴距/cm	...	117	...		
	面层	13 cm 1 800 MPa	14 cm 1 800 MPa	18 cm 1 800 MPa		
	基层	23 cm 1 500 MPa	25 cm 1 500 MPa	35 cm 1 500 MPa		
	底基层	40 cm 500 MPa	45 cm 500 MPa	50 cm 500 MPa		
	土基	... 40 MPa	... 50 MPa	... 50 MPa		

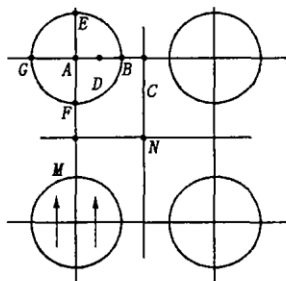


图1 各结构层计算点

收稿日期:2004-05-10

基金项目:总后科研基金资助项目(HX98501)

作者简介:孙建斌(1976-),男,湖北黄冈人,工学硕士,主要从事机场工程管理;  
翁兴中(1962-),男,浙江金华人,教授,主要从事机场工程教学和研究。

## 1.2 数据分析

通过大量的计算分析,得到了一些重要结论:对一般道面结构,回弹弯沉值一般在1~2 mm的范围内。单轮荷载作用下的弯沉在0.9~1.3 mm范围内,双轮荷载为1.4~1.8 mm,而双轴双轮荷载的弯沉一般为1.6~2.0 mm,在土基强度很低的情况下个别弯沉超过2 mm。

常温下面层底部一般只承受压应力,但低温条件下(即面层刚度很大时)面层底部要承受较高的拉应力。从图2可看到,面层弹性模量 $E_1$ 达到6 000 MPa时,I型飞机作用下的道面面层出现了0.782 MPa的拉应力,当 $E_1$ 达到7 000 MPa时拉应力接近1.0 MPa。当面层与基层结合很差时,面层底部承受的拉应力值也很高,见图3。II型飞机作用下的道面超过0.5 MPa,II型和III型的拉应力都接近0.8 MPa。这些情况都表明:尽管面层一般只承受压应力,但一旦出现上述情况,面层将要承受很高的拉应力,这个应力值已接近甚至超过沥青混合料的疲劳强度。

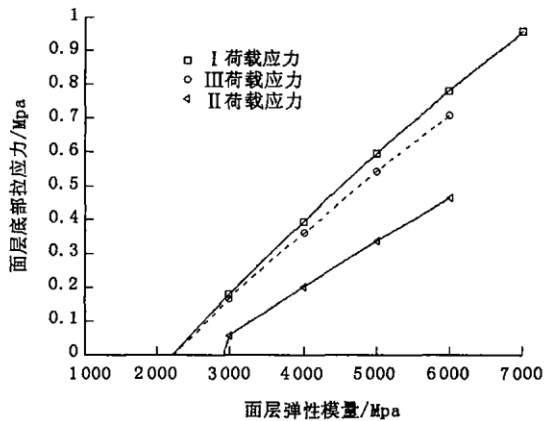


图2 面层拉应力与面层刚度的变化关系

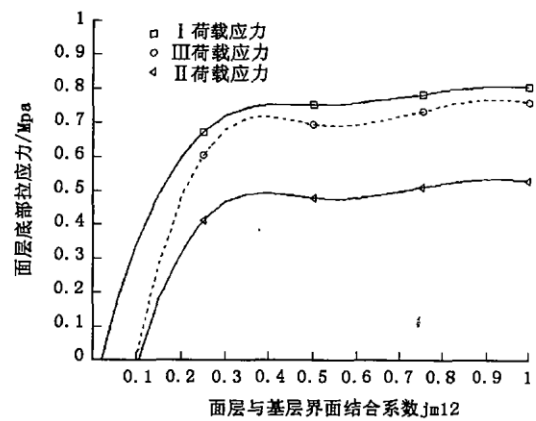


图3 面层拉应力与界面条件的变化关系

基层和底基层底部的拉应力水平都很高,见表2。单轮、双轮荷载作用下的基层拉应力 $\sigma_2$ 和双轮、双轴双轮荷载作用下的基层拉应力 $\sigma_3$ 在一般情况下的应力水平与材料的疲劳强度非常接近,对结构安全已经构成威胁。当基层与底基层结合很差时, $\sigma_2$ 还有很大的增长空间,如I型、III型可超过0.6 MPa,当面层与基层结合很差时, $\sigma_3$ 也可以达到0.18~0.20 MPa,在这些特殊条件下基层和底基层的拉应力已经和材料的劈裂强度相差无几了。因此,基层和底基层因强度不足而发生疲劳破坏的概率很大。

表2 半刚性基层、底基层的拉应力水平

分析指标	单轮I型	双轮III型	双轴双轮II型
基层拉应力幅值/MPa	0.26~0.42	0.28~0.39	0.22~0.28
底基层拉应力幅值/MPa	0.13~0.15	0.125~0.185	0.12~0.18

土基顶面压应变 $\varepsilon_4$ 都很小,一般在0.45~0.78( $\times 10^{-3}$ )之间,平均值在0.55~0.65( $\times 10^{-3}$ )之间,此值对机场道面而言是可以接受的。对照 $\varepsilon_4$ 和 $\sigma_2$ 发现, $\varepsilon_4$ 的高值都是在半刚性结构层已破坏或临近破坏的情况下取得的,因此只要控制住半刚性结构层的拉应力,土基顶面的压应变就不会对结构安全构成威胁。

即使在常温条件下,仅作用垂直荷载,面层的剪应力仍比较大。其中I、III型作用下道面的剪应力超过了0.4 MPa,这个值比同条件下面层底部的拉应力要大得多,它表明常温下面层受剪切破坏的机会比拉裂破坏大很多。当有水平力参与对道面作用的情况下,面层的剪应力是相当大的,如I型飞机作用下道面面层剪应力接近0.8 MPa,而III型作用下的道面面层剪应力出现了超过0.9 MPa的高值,这说明常温下面层承受的剪应力比拉应力大得多,面层受剪切破坏的概率很大。

## 2 极限状态与设计指标

### 2.1 极限状态

道面勉强满足飞机运行的强度要求,无法保证道面在设计寿命末期在预定飞机荷载的作用下不发生强度破坏,道面表面已出现较多的纵横向裂缝或局部网裂,变形明显<sup>[1-2]</sup>。

### 2.2 容许指标值

在半刚性基层的支撑下,面层底部一般只承受压应力或较小的拉应力。只有在面层和半刚性基层处于滑动状态时或低温季节才产生较大的拉应力。从面层拉应力指标的分析可知,这个值可达到0.7~0.8 MPa,甚至更高。由于沥青面层的下部一般由粗、中粒沥青混凝土铺筑,15℃时其劈裂强度一般为0.8~1.0 MPa,考虑疲劳作用其容许拉应力只有0.4~0.5 MPa,尽管低温下沥青混凝土的强度有所提高,但由于疲劳作用面层仍存在因疲劳强度不足而开裂的危险。因此,面层底部拉应力应作为一个验算指标,对低温下面层底部的拉应力要进行验算。

半刚性结构层是道面的主要承重结构层,其底部承受较大的拉应力,对普通的道面结构,这个应力值在0.11~0.45 MPa之间。

半刚性材料的劈裂强度一般在0.3~0.8 MPa之间,考虑疲劳作用及一定的安全储备,取安全系数为2,则材料的容许拉应力在0.15~0.4 MPa之间。从应力和抗力的比较来看,两者十分接近,说明半刚性结构层因疲劳强度不足而破坏的概率很大,而半刚性结构层作为主要持力层,其强度必须得到保证。所以,对半刚性结构层底部的拉应力必须进行控制,半刚性结构层底部的拉应力应作为结构设计的主要指标。

在各种情况下,只要满足了基层和底基层底部的拉应力,土基的压应变均没有超过容许值。因此,土基顶面压应变不应作为设计指标。

水平力系数在0.2~0.35范围内,剪应力一般在0.4~0.75 MPa之间,当水平力进一步增大,面层发生剪切破坏的概率是很大的。因此,对于跑道端部、弯道等水平力较大的部位应验算面层的抗剪强度,面层剪应力应作为验算指标。

### 2.3 设计指标

1) 主要指标。半刚性基层、底基层底部的拉应力,要求满足 $\sigma_i \leq [\sigma_{Ri}]$ 式中: $\sigma_i$ 为半刚性基层、底基层底部的最大拉应力; $[\sigma_{Ri}]$ 为半刚性基层、底基层的容许拉应力。

2) 次要指标。①低温下面层底部的拉应力,要求满足 $\sigma_1 \leq [\sigma_{R1}]$ 。式中: $\sigma_1$ 为低温下面层底部的最大拉应力; $[\sigma_{R1}]$ 为低温下面层的容许拉应力,低温值取机场所在地区冬季多年平均气温。②面层剪应力。对跑道端部、弯道等水平力较大的部位,验算面层在全部垂直荷载和实际水平荷载作用下产生的剪应力,要求 $\tau_\alpha \leq [\tau_{R\alpha}]$ 。式中: $\tau_\alpha$ 为面层某一可能破坏面上的实际剪应力; $[\tau_{R\alpha}]$ 为面层某一可能破坏面上容许剪应力。

## 3 结束语

①机场道面特有的大荷载小交通量重复作用的疲劳特点,决定沥青道面的性能要求主要是强度而不是变形,结构设计的主要任务应是保证强度而不是控制变形。②沥青道面结构设计以半刚性基层、底基层的拉应力为主要设计指标,面层拉应力和剪应力作为一定条件下的验算指标。③所建立的设计指标已被“军用机场沥青道面技术规范”所采用。

### 参考文献:

- [1] 冷培义,翁兴中,蔡良才. 机场道面设计[M]. 北京:人民交通出版社,1995.
- [2] 黄仰贤. 路面分析与设计[M]. 余定选,齐诚. 北京:人民交通出版社,1998.

(编辑:姚树峰)

## Research on Structure Design Criteria of Asphalt Concrete Pavement for Military Airport

SUN Jian-bin<sup>1,2</sup>, WENG Xing-zhong<sup>1</sup>

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Airport & Barracks Division, Department of Logistics of Nanjing Army Group Air Force, Nanjing 210018, China)

**Abstract:** According to the characteristics of the airport loading and traffic volume, the design control criteria based on the analysis of the cause of asphalt pavement damage is put forward, then, a large amount of calculation and analysis under the typical structure and loading is done. It is pointed out that the quality requirements for the asphalt pavement mainly refers to bearing strength instead of deflection. For the structure design, the cleavage stress of the semi-rigid base and that of the sub-base course are taken as the main design criteria. And it demands verifying the cleavage stress of the surface course under the low temperature. To some heavy horizontal loading areas, it also demands verifying the shear stress of the surface course.

**Key words:** pavement; asphalt concrete; design criteria