

文章编号:1009-6825(2005)05-0163-02

# 沥青路面结构设计方法比较

李东华 叶松

**摘 要:**介绍了沥青路面结构设计的三种方法,论述了各设计法的优越性、使用范围和存在的问题以及沥青路面设计法总体的一些问题,为以后沥青路面设计法的发展提供了参考。

**关键词:**沥青路面,设计方法,设计标准

**中图分类号:**U416.217

**文献标识码:**A

沥青路面设计方法大致可以分为经验法、理论分析法和半经验半理论方法三大类。经验法是人们通过大量的测试,修筑试验路对实际车辆行驶效果进行系统观察,形成了以车辆荷载作用下确保路面结构承载能力为核心的设计法。著名的经验设计法有美国 AASHTO 设计法等。理论分析法则以弹性层状体系为基础,不受经验的限制和任何新材料、新结构组合,只要符合理论分析的结果,都可以作为评价方案,在技术先进、经济合理的原则下择优选用。著名的理论分析法有英国壳牌公司 SHELL 法、美国地沥青学会 AI 法等。还有一些方法介于二者之间,统称为半经验半理论方法。例如我国的沥青路面设计方法。以下将对 AASHTO、SHELL、AI 和我国的沥青路面设计方法进行横向的比较。

## 1 AASHTO 设计法

AASHTO 设计法是典型的经验设计法,是美国各州公路工作者协会 AASHTO 所推荐的方法,根据 20 世纪 50 年代末 60 年代初在渥太华和伊利诺斯州的大规模试验路成果得到的。

基本内容是以路面耐用性的概念为依据确定交通量与路面厚度的关系<sup>[1]</sup>。

### 1.1 设计标准

AASHTO 设计法采用现时服务能力指数 (PSI) 作为衡量路面使用性能的指标,其值可通过对路面的使用性能进行客观量测和主观评价相结合的方法确定。使用性能期内路面服务能力指数的变化量  $\Delta PSI = PSI_0 - PSI_t$ ,即作为路面设计的使用性能标准。AASHTO 方法以试验路观测资料为基础,建立了  $\Delta PSI$  同路面结构数 SN 和标准轴载 (80 kN) 作用次数的经验公式。

### 1.2 设计参数

在设计中,AASHTO 方法引入了可靠度的概念(目标可靠度、可靠度指标、总标准差等)。由于引入了可靠度参数,设计时其他各项材料性质和交通参数均取平均值。

对于路基土的模量,AASHTO 采用有效回弹模量,即一年内不同时期测定的路基土的回弹模量,按它们对路面服务能力的相对损伤程度,分别赋予相应的权系数后求得平均损伤后,得到路基土的有效回弹模量。

### 1.3 优缺点

由 AASHTO 试验路成果产生的 AASHTO 设计法具有很多优点:1)首次将耐用性指数引入路面设计中,提出了不同道路等级应有不同的设计标准,使路面设计与使用要求形成密切的关系。2)建立了不同荷载间的等效关系,使荷载轻、重与交通量多少对路面的作用建立了合理的关系,特别使单后轴间的轴载换算关系被许多国家的设计法采用。3)提出了路面结构数 SN 与加

权轴载通过次数  $N$  之间关系的基本方程。4)初步确定了不同路面材料的结构层系数,还引进了地区系数的概念,对以后的设计法以有益的启发<sup>[2]</sup>。

但是这种经验设计法有很多需要改进的方面:1)强度标准不明确,耐用性的概念仅反映道路表面的现象,不能表示路面结构内部的应力应变关系。仅当条件与试验路相同或相近时,设计结果才能令人满意。未能考虑不同土基上路面的变形(弹性、塑性)以及变形累计规律的差别,对土基承载力这一重要因素的处理不合理。2)试验路所处的地区有限,其气候影响单一,不能反应各种气候条件对路面性能的要求。3)试验路车辆在固定车道上行驶,交通密集程度是单一的,与实际情况有很大的差别。4)所得成果仅停留在现象的罗列和对统计关系的依赖上,没有提高到理论认识的阶段。

## 2 SHELL 设计法

SHELL 设计法是英荷壳牌公司提出的沥青路面设计方法。它的理论基础把路面当作一种多层线性弹性体系,面层材料、土基以弹性模量  $E$  和泊松比  $\mu$  表征。材料性质假定为均质、各向同性,各层水平方向为无穷大,土基在向下的深度方向为无限<sup>[3,4]</sup>。

### 2.1 设计标准

SHELL 设计法认为路面的损坏主要是开裂和车辙。前者是由于行车荷载反复作用下,对沥青类面层造成疲劳所致,后者是由于行车荷载反复作用后各层累计的永久变形而产生。所以 SHELL 法把设计标准分为三个等级,分别是主要标准、次要标准和再次要标准。

主要设计标准为:1)用路基表面荷载轴线处的垂直压应变  $\epsilon_z$  来控制路基的永久变形,以防止车辙。2)用沥青面层层内水平拉应变  $\epsilon_r$  来控制沥青面层的开裂。

次要设计标准为:1)其他有机或无机结合料稳定基层的容许水平拉应变  $[\epsilon_r]$  或拉应力  $[\sigma_r]$ 。2)路面表面总变形。这是由于行车荷载反复作用下,每一层层内累计变形引起。

再次要设计标准为:1)沥青层低温缩裂。在温度急剧变化地区,由于温度应力超过沥青层抗拉强度而引起,与荷载无关,属于沥青类的选择和沥青类面层材料组成设计问题。2)基层或底基层粒料材料最小模量值的要求<sup>[5]</sup>。

### 2.2 设计参数

SHELL 设计法采用一个圆或几个圆上的垂直和水平的均布荷载,一般采用标准的双圆荷载 ( $\delta = 210 \text{ mm}$ ),以 80 kN 为标准荷载,每轮荷载为 20 kN。层间接触条件为完全连续、完全滑动或部分连续部分滑动三种状况。而对于温度,SHELL 设计法把月

收稿日期:2004-11-09

作者简介:李东华(1976-),男,长安大学公路学院在读硕士研究生,陕西 西安 710064

叶松(1977-),男,长安大学公路学院在读硕士研究生,陕西 西安 710064

平均气温转化为加权年平均气温,依据沥青面层厚和加权年平均气温得到路面沥青层温度。

### 2.3 优缺点

SHELL 设计方法具有很多优点:1)在路面力学模型方面,虽然以弹性层状体系理论为基础,但考虑了材料的非线性和粘弹性特性,在研究过程中以非线性层状体系理论和粘弹性理论进行对比分析,对理论设计中的适用性做了大量的验证工作。2)电算程序功能齐全,可计算多层层间接触不同条件下的任意点的应力、应变和位移,又考虑了粒状材料的非线性。3)在荷载方式方面,既有垂直荷载又考虑了汽车在刹车、转弯时的水平力。4)设计指标方面采用了六项标准,用于控制各种路面破坏现象。5)设计曲线使用方便,基本不依赖试验室就可以进行设计。

其缺点:1)车辙预估模型无法说明改性沥青对减少新建路面车辙的效果。2)轴载换算以等量的轮胎接触压力为基础,因此无法解释轴载不同、构型不同而接触压力相同的情况下,路面产生的不同车辙量的现象。3)在求沥青混合料劲度时假定沥青劲度等于非弹性部分劲度,未考虑弹性部分。4)道路永久变形计算原则正确,但计算公式忽视了路基和基层部分的变形<sup>[6]</sup>。

## 3 AI 法

AI 法是美国地沥青学会推荐的理论分析法。该法用于全厚式沥青路面时采用三层连续体系,即沥青混凝土面层、沥青混凝土或乳化沥青混合料基层、土基。当其下还有粒料底基层时,采用四层连续体系。

### 3.1 设计标准

AI 法采用:1)用土基表面垂直压应变  $\epsilon_z$  来控制路基的永久变形,以防止车辙。2)用沥青面层底部的容许拉应变  $\epsilon_r$  来控制沥青面层的开裂。

### 3.2 设计参数

AI 法采用以 80 kN 为标准荷载,每轮荷载为 20 kN,考虑面层温度对混合料劲度值的影响,以沥青面层 1/3 深度的温度为沥青层的设计温度,由月平均气温和月平均路面温度设计得到。对于沥青混合料,AI 法采用动态模量,由回归方程确定。在进行轴载换算时,采用 AASHTO 试验路  $pt = 2.5$ ,  $SN = 5$  时的轴载等效系数。AI 法对于土基,采用回弹模量,由试验室重复三周试验确定或由 CBR 或 R 值估计得到。

### 3.3 优缺点

AI 法吸收了各国有关路面设计方法的重大研究成果,把结构使用性能和功能特性(PSI)结合起来。设计中采用了材料的动态弹性模量,与实际相符。但未考虑各项指标的叠加效果,没有一个综合的指标,仅考虑了温度对材料的影响,未考虑湿度的影响。且当沥青层较薄,交通量小时,设计结果较保守,所以 AI 法适用于较厚的混凝土层。

## 4 我国的设计方法

我国的沥青路面设计方法是半经验半理论的设计法,它采用

了双圆垂直荷载作用下的多层弹性连续体系理论,以设计弯沉值为结构整体刚度的设计指标,来确定路面厚度。且对高速、一级和二级公路的沥青面层、整体性粒料基层进行层底拉应力的验算<sup>[7]</sup>。

### 4.1 设计标准

我国的沥青路面设计法采用:1)控制路基面结构的总变形,防止沉陷、车辙等整体强度不足的损坏。2)采用弯拉指标验算来防止沥青混凝土和整体性粒料基层疲劳开裂。

### 4.2 设计参数

以双轮组单轴载 100 kN 作为标准荷载,每轮荷载为 25 kN。层间接触采用完全连续条件进行计算。计算弯沉、层底拉应力时,材料模量采用抗压回弹模量,抗拉强度采用劈裂强度。以上设计值可以通过混合料配合比设计或可行性研究等进行确定。对荷载的换算,考虑了不同轴数和不同轮数的影响。土基采用土基静载回弹模量,可根据地区划分,通过查表法、室内试验法、换算法确定不同状况的设计值。为了解决用整层确定的材料模量或分层反算模量方法确定的材料模量进行计算得到的理论弯沉值与实测弯沉值不吻合的情况,引入了弯沉综合修正系数,即实测弯沉值与理论弯沉值的比值。

### 4.3 优缺点

我国的沥青路面设计方法具有很多优点:1)结构计算和验算采用多层弹性体系理论编制的程序进行计算,简单易掌握。2)根据地区划分,土基类型划分,确定土基回弹模量。

需要改进的方面:1)材料设计与结构设计分离,未考虑环境因素、路面结构组合等对路面性能的影响。2)此方法以弯沉及路面结构拉应力为控制标准,以控制车辙的深度、路面的开裂,但未考虑路面结构在多种综合损坏条件下的设计控制标准。3)路面材料在车辆荷载作用下实际处于动态反应状态,而设计中采用了材料的静态参数,与实际不符。4)设计弯沉为静态指标,而实际弯沉为动态参数。5)弯沉综合修正系数  $F$  不能很好地修正材料模量的试验室值和实际工作状态数值的差异。

### 参考文献:

- [1] JTJ 014-1997,公路沥青路面设计规范[S].
- [2] 沙庆林.高速公路沥青路面早期破坏现象及防治[M].北京:人民交通出版社,2001.23-27.
- [3] 林绣贤.柔性路面结构设计方法[M].北京:人民交通出版社,1988.68-69.
- [4] 邓学钧,黄晓明.路面设计原理与方法[M].北京:人民交通出版社,2001.122-143.
- [5] 朱照宏,许志鸿.柔性路面设计理论和方法[M].上海:同济大学出版社,1987.15-51.
- [6] 沈金安.对我国沥青路面结构的思考[J].公路建设市场,2002(18):19-21.
- [7] 谢海燕,曹勇,陈子健.柔性路面面层厚度设计的再认识[J].中南公路工程,2000(6):29-31.

## The comparison of asphalt pavement design method

LI Dong-hua YE Song

(Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** The design method of asphalt pavement include: mechanistic method, empirical method and mechanistic-empirical method. This paper mainly compare the AASHTO, SHELL, AI and the asphalt pavement design method of our country, which is famous in asphalt pavement design method, and discuss their merit, the region they fit and the problems they have. Base on this discuss, we can know the problems that the asphalt pavement design method face and it can give advice to the new asphalt pavement design method.

**Key words:** asphalt pavement, design method, design level