

# 经验设计体系和力学—经验设计体系的比较

冯俊杰

江门市市政设施维修处 广东 江门 529000

**摘要:** 路面结构的损坏模式是各种各样的,路面结构设计时必须是多中临界状态和多项设计标准。目前最常用的方法有经验法和力学—经验法。

**关键词:** 损坏模式、经验法、力学—经验法

## 1 引言

路面是人类修筑在自然界中的带状构造物,受多种因素的影响,破坏的形式也是多种多样的。鉴于损坏模式的多样性,路面结构设计不能象其他结构物的设计那样,仅选用一种损坏模式作为临界状态,选用单一指标作为设计标准,而必须是多种临界状态和多项设计标准。目前最常用的两种路面结构设计方法包括:经验法和力学—经验法。

## 2 路面结构的损坏模式

### 2.1 柔性路面的损坏模式

沥青路面在行车荷载的反复作用和自然因素的不断影响下会逐渐出现损坏,使其使用性能逐步恶化。由于荷载、环境、材料组成、结构层组合、施工和养活等条件的变异,损坏的形态是多种多样的。从表象来看,有各式各样的裂缝,如横向或纵向裂缝、块状裂缝和网状裂缝(龟裂)等;也有各种类型的变形,如沉陷、车辙、搓板、推移和拥起等;表层有时可能还有各种露骨、松散、剥落、坑槽和泛油等现象出现。这些损坏现象,有时单独出现,有时则几种形态同时出现,显得错综复杂。

然而,如果透过表象进一步分析造成这些损坏的原因,便可发现其中存在一定的规律性。各种损坏现象的产生,都是行车荷载和自然因素同路面相互作用的结果,随着路面工作特性和外界因素影响程度的不同而变化。

### 2.2 刚性路面的损坏模式

同样地,水泥混凝土路面在行车荷载和环境因素的作用下出现损坏,损坏可包括断裂、变形、接缝损坏、表层损坏四类。

最常见的损坏模式有下述几种:

断裂——面层板由于板内应力超过混凝土强度而出现纵向、横向、斜向或板角隅断裂裂缝。

唧泥——车辆行经接缝时,由缝内喷溅出稀泥浆的现象。

错台——接缝或裂缝两侧面层板端部出现高差。

接缝碎裂——临近横向和纵向接缝数十厘米(约 60cm)范围内,板边缘混凝土的开裂、断裂或成碎块。

拱起——混凝土面层板在热膨胀受到约束时,横缝两侧的数块板块突然出现向上拱起的屈曲失稳现象。

## 3 经验法

经验法是以已往的修建和使用经验为基础的设计方法。

长期的实践经验使人们认识到，在路基顶面铺些硬质材料，如石板、石块或碎石等，可以起到扩散荷载的作用。而荷载越重，作用次数越多，路基和所铺的材料越软弱，这一硬质材料层（即路面）的厚度就需要越大。由此而意识到，要确定路面所需的厚度，必须先评定荷载、路基承载力和路面材料强度三项参数值。为了评定后两项参数，曾提出许多可以对它们进行简单评定的试验方法；其中最有名的是美国加州承载比法（简称 CBR 法）。通过修筑大量试验路，对它们的使用效果进行实地观察，并按上述试验方法对路基和材料参数作出评定。综合这些结果，便可建立不同轴载和作用次数下所需的路面总厚度同路基 CBR 值的经验关系曲线，供路面设计使用。随着轴载 & 作用次数的不断增长，各种路面新材料的应用，这些经验曲线不断得到修正以适应新的条件。

60 年代初，美国州公路工作者协会（简称 AASHO）又修筑了大规模的试验路，通过试验观测，积累了大量有关路面结构、轴载大小和作用次数以及路面使用性能之间的关系数据。由此提出了按照用户对路面使用性能要求的满足程度（表现为现时服务能力指数，简称 PSI）来评定路面的新概念；并建立了服务能力指数同路面结构和轴载参数间的经验关系式，据此来设计路面结构。如果路面结构的材料、环境和受荷条件，同经验法制定时所依据的相似，那么按此方法设计的路面结构可以得到满意的使用结果。

然而，由于环境条件的差异，轴载和交通量迅速增长，新材料的涌现，不断提出把关系式外延的要求；而若考继续修筑试验路来实现这一点，则既费钱又费时。因此，人们开始致力于探求用力学—经验法来设计路面结构。

## 4 力学—经验法

力学经验法构建的是以结构分析为基础，计算的路面反应与经验的破坏条件之间的联系。这些关系和联系可以被用来指导路面结构设计。

1920 年代，人们已经解决了刚性路面的常规计算问题。然而，柔性路面常规计算的发展还仅仅是近几十年来的事情。这是因为在荷载作用下，柔性路面的应力计算更加复杂。1960 年代壳牌公司的技术人员应用平面层状弹性体系理论开始了柔性路面解析计算的历史。计算机技术的发展，使得路面技术人员可以将平面层状弹性体系理论作为案头的工具来计算路面中的应力。有限元计算技术的发展，又使得路面技术人员可以以空间的或立体的方式对路面进行更精确和更详细的计算和分析。

这类设计方法的特征是：

- (1) 选择一合适的力学模型来代替现实的路面结构，寻求此模型中应力、应变和位移方程的解；
- (2) 表征各结构层中的材料在相应的环境和加载条件下的力学性质；
- (3) 定义以基本的应力、应变和位移量表示的设计标准（或指标）；
- (4) 用简单的方式表示设计体系和步骤。

力学是关于物体相互作用力和机械运动规律的科学。这样，力学的方法实际上就是在参考物理原因的基础上寻找现象的合理解释。在路面设计过程中，所谓现象就是路面结构中的应力、应变和弯沉。一个合适的力学模型可以很好地描述这些现象和它们的物理原因（荷载）之间的关系。有许多种力学模型可以被使用，最常用的是层状弹性模型。

在力学方法中，经验的部分体现在对路面破坏的定义。也就是说，当计算的应力、应变和弯沉值为什么样的数量水平时，应当定义路面为破坏。这部分工

作通过建立物理现象和路面破坏间的关系来实现，既用一个经验公式来计算荷载作用至路面破坏的次数（最典型的例子是疲劳方程： $N=f(\sigma)$  或  $N=f(\epsilon)$ ）和设计弯沉值的计算公式  $L_d=a/N^b$ ）。

近30年来，世界各国在建立力学—经验法方面做了大量的研究工作。随着计算方法和技术的迅速发展，路面结构分析的理论和方法也取得了很大的进展。同时有关荷载、环境（温度和湿度）、路基支承条件、材料性状和经济等因素对路面结构的影响，也累积了丰富的认识。在此基础上，已提出了一套较完善的路面结构设计体系。图1所示为这些方法所采用的基本分析框架。

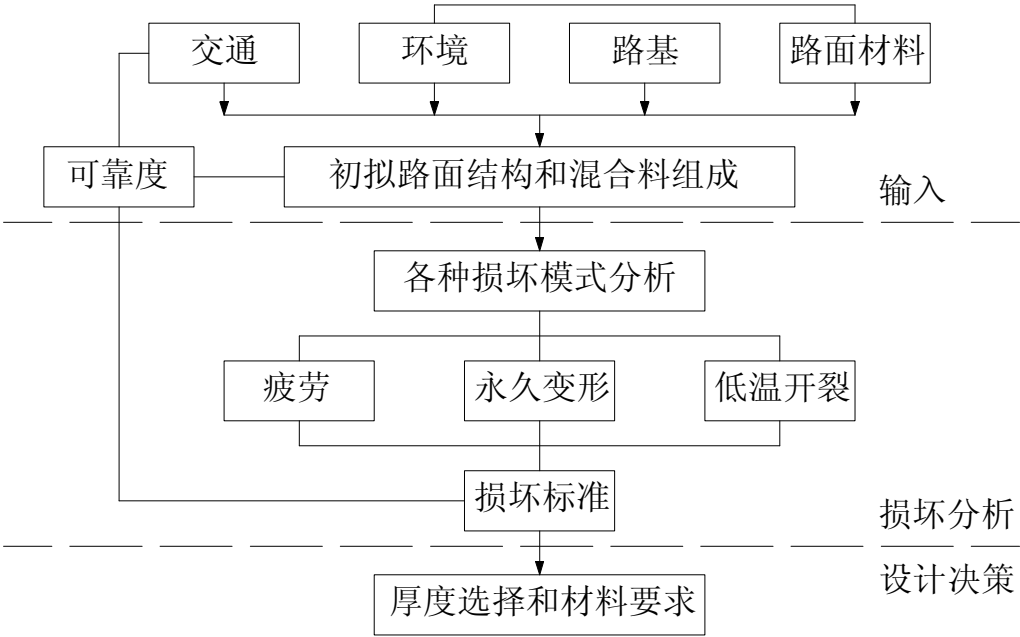


图 1

## 5 结语

和纯经验法相比，路面设计的力学经验法的优点为：

- (1) 力学经验法不仅可以用于新路的设计，也可以用于旧路的维修设计；
- (2) 可以很好地适应车轮荷载类型的变化；
- (3) 可以更好地表现材料的特性；
- (4) 更好地利用材料；
- (5) 更好地适应新材料；
- (6) 使材料的性质更好地贴近于实际路面的性能；
- (7) 提供更加可靠的路面性能预测；
- (8) 更好的定义和评价施工；
- (9) 更好地适应环境和材料老化的影响。

使用力学经验法的好处还在于方便对旧路的评价和利用。应用无损检测和快速检测手段（FWD 等）对旧路面实施弯沉等方面的检测，通过反算的途径确定路面结构的承载条件和残余寿命。这些信息可以使路面维修和重建设计具有更高的可靠度和针对性及现实性。