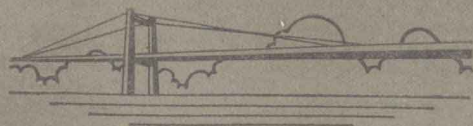




十七届世界道路会议报告汇编

III

柔性路面与刚性路面



中国公路学会
交通部科学技术情报研究所

251495

目 录

一. 柔性道路技术委员会报告	(1)
绪 论	(1)
第一章 柔性路面的实用设计	(2)
第二章 承载能力、路面寿命及加厚层设计	(15)
第三章 第 5 届国际沥青路面结构设计会议成果	(29)
第四章 沥青结合料的进一步开发	(35)
第五章 集料	(49)
第六章 用薄的和极薄的磨耗层养护	(62)
第七章 回收和再生技术	(71)
第八章 沥青混合料的振动压实	(78)
第九章 沥青路面 中使用水 硬性或火山 灰结合 料处治稳定层	(89)
总结论	(101)
二. 路面建筑与养护	(110)
绪 论	(110)
A. 一般性 问题	(111)
A.1 导 言	(111)
A.2 国 家 报 告	(114)
A.2.1 专题 详述	(114)
1. 维也纳会议以来技术的发展	(114)
2. 重车特性对路面的影响	(118)
3. 路面质量评定方法的改进	(121)

4. 噪音、滚动阻力及光照性质的考虑	(130)
5. 废品、副产品, 边角料	(131)
6. 人工集料的利用	(137)
7. 地震和洪水对路面设计概念的影响	(137)
8. 冰冻问题	(137)
9. 道路材料及其影响	(140)
A.2.2 综述	(142)
A.3 结论	(155)
A.3.1 所取得进展及能被考虑的论点	(156)
A.3.2 未解决的问题及需研究的课题	(160)
A.4 提请会议讨论的课题	(164)
B. 柔性路面	(165)
B.1 导言	(165)
B.2 国家报告	(167)
B.2.1 专题详述	(167)
1. 路面建筑与养护策略	(167)
2. 磨损层、主面层、基层和底基层传统技术的 长期性能的评定	(171)
3. 冬季路面面层的性能	(174)
4. 改性结合料及各种添加剂	(175)
5. 冷拌结合料的应用技术	(179)
6. 磨损层和主面层的新型材料	(181)
7. 用沥青结合料处治或不处治的底基层和基层	(182)
8. 柔性路面材料的回收与再生	(185)
9. 设备的制造和使用	(189)
B.2.2 综述	(191)
B.3 结论	(202)
B.3.1 所做的改进及能被考虑的论点	(202)
B.3.2 未解决的问题和希望研究的课题	(205)
B.3.3 会议讨论提出的课题	(208)

C.	水泥混凝土路面	(209)
C.1	导 言	(209)
C.2	国家报告	(210)
C.2.1	详细研究	(211)
1.	设计和使用状况	(211)
2.	混凝土的组成和特性	(222)
3.	施工和控制方法	(224)
4.	养护与加固	(228)
5.	用水硬性结合料处治的底基层和基层(混凝土路面和柔性路面)	(235)
C.2.2	综 述	(240)
C.3	结 论	(250)
C.3.1	所取得的进展和能够确认的各种论点	(250)
C.3.2	未解决的问题和所希望的研究	(252)
C.4	会议讨论	(253)
三.	公路养护技术委员会报告	(255)
O.	绪 论	(255)
1.	养护管理	(258)
2.	养护预算	(268)
3.	与大路养护有关的法律问题	(273)
4.	道路养护中心	(274)
5.	市区道路网的管理与养护	(280)
6.	绿色空间和路旁绿化带的养护	(283)
7.	交通标志、信号、道路标线和其他交通 辅助系统的养护	(290)
8.	冬季防冰雪措施	(292)
9.	环境保护	(307)
10.	结论及对进一步研究的建议	(309)
四.	路面表面特性技术委员会报告	(312)
第一章	绪 论	(312)

第二章	路面表面特性对费用与节能的关系	(313)
第三章	表面特性与养护方针的制定	(347)
第四章	轮胎与路面的接触噪音	(366)
第五章	用路者对车行道及其环境的视力感觉	(391)
第六章	透水性沥青面层的表面特性	(404)
第七章	机场跑道的表面特性	(422)
第八章	特殊问题	(435)
第九章	结论	(443)
五.	混凝土道路技术委员会报告	(445)
绪论		(445)
(一)	用薄层水泥结合式混凝土罩面层重铺混凝土路面	(447)
(二)	双车道混凝土干道	(452)
(三)	混凝土块料路面	(463)
(四)	混凝土路面下用水硬性结合料处治的基层与底基 层	(472)
(五)	混凝土板—底基层—路肩交界面处的排水与冲刷	(479)
(六)	那慕尔 试验路.....	(492)
(七)	软弱和压缩性土上的混凝土路面设计	(503)
(八)	填缝施工和填缝料	(519)
(九)	次要的混凝土道路	(530)
(十)	第二届国际混凝土路面设计会议	(540)
(十一)	国际混凝土道路讨论会——伦敦, 1982年9月	(555)

柔性道路技术委员会报告

绪 论

如同前几次会议，有必要从与柔性路面相关的大量课题中加以摘录，以记述近期的技术经济成果。选题均以为第16届会议（维也纳，1979）准备的《柔性路面技术委员会报告》中拟定的推荐书，以及在该次会议上得出的结论为依据。

为避免内容的重复，对“技术委员会报告”及关于问题II，即“路面建筑和养护”的总报告中涉及到的课题，除非该题目所论之处具有特别的重要性，例如使用薄层和极薄层的养护技术以及再生和回收技术，都由执行委员会做了删节。也有一些曾在以前的会议上接触过的内容在这里重新提到，这是因为它们在技术或经济方面的重要性有所增长。此外，其它一些旧课题（例如结合料领域的发展趋势）因为发现了新的价值又被重新加以研究。对使用勉强够格的材料、废料和工业副产品这类问题也给予了强调。

在路基和基层方面，用水硬性结合料处治的结构层，由于此类材料当前在经济方面的重要性而显得很突出。

在结构设计方面，对已提出的各种模型给予了特别的重视。对与路面养护和加强有关的问题也有所关注。在文章中，提出了确定养护期限（决定期限）方面的内容。最后的结果参考了第五届国际沥青路面结构设计会议（Delft, 1982）上以及 Trondheim 论文集（1982）中得出的关于路面结构承载能力的结论。

在以前的会议（墨西哥，1975和维也纳，1979）上曾涉及到的关于碳氢结合料和高质量粒料材料有效性的问题，又进一步考虑了环境因素的影响。

考虑到养护问题的重要性有所增长，厚度和表面构造问题再次得到关注，这个问题曾在前三次会议上讨论过，特别研究了薄层

和极薄层问题，对以前会议中讨论过的再生和回收技术又作了讨论，以引入罗马 OECD 会议（1981）以及 Cannes Euro-bitumen 论文集（1981）中得出的结论。

在沥青层的抗车辙方面，对由使用更刚性，因而更不易处理的混合料而引起的压实问题特别关注，本文谈到了振捣夯的使用。

一个重要的趋势是越来越多的人使用以水硬性材料处治的基层和底基层。虽然涉及到的技术与全混凝土路面结构的原理有很大关系，但是这一类结构层的应用范围正在向含有碳氢结合料处治面层的路面发展。因此，专辟一章讨论在第15届和第16届会议后修筑的这类结构层。柔性路面和混凝土路面委员会已初步建立起一个研究联合体。鉴于这种情况，Sydney 会议后建议成立一个隶属于该两个委员会的联合委员会以增强在这一领域的合作。

在该委员会中，每个课题在工作小组协助下，通过由预备报告和问题质询组成的基本文件，由一个报告者提出。

第一章 柔性路面的实用设计

1. 引言

本章介绍柔性路面各结构层厚度的现代实用设计方法。还试图根据结构设计领域内的研究结果确定其意义，并考察所用方法在怎样的范围内得到实验验证。

文中给出了国际道路会议常设委员会20个成员国现有方法的一个综合材料。这些国家是：澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克斯洛伐克、丹麦、联邦德国、芬兰、法国、意大利、象牙海岸、日本、墨西哥、摩洛哥、波兰、西班牙、瑞典、瑞士、荷兰和英国。这是一个总的综合材料，本章最后列出完整的参考文献以便于对技术细节有兴趣的读者查阅。这个综合材料是由提

供给第5届国际沥青路面结构设计会议的文件完成的（见本文第三章）。包括八个方面：

（1）实用设计方法：经验法、半理论法和理论法；规范和（或）建议；表达方式。

（2）道路寿命末期状态的定义。

（3）考虑交通量的方法：车轮荷载大小，标准荷载和重复次数；荷载横向分布。

（4）材料特性：路面各结构层及土基力学特性的确定及这些特性的变化。

（5）车轮荷载在土基和路面各层中引起的应力和应变：参数确定、计算方法。

（6）实验验证：方法和结果。

（7）待解决的主要问题。

（8）实践及研究的结论。

2. 实用设计方法的类型

对一些国家的考察表明，现在使用的实用设计方法可分为三类：

A. 经验法。

B. 半理论法。该方法以对实际路面状态的观测为基础并将此经验外推到其它路面结构。使用外推法的依据是弹性层状体系理论和各层的力学特性（例如路面层的模量、疲劳开裂抗力和永久变形抗力）的测定。

C. 理论法。是一种以力学模型为基础的方法。这类方法仍需要实际验证。

使用最广泛的是半理论方法，这种方法见诸于各国的建议或规范中。为实用方便，它们常常根据不同级别的土壤强度（承载力）和交通量（车辆数）以路面结构一览表的形式给出。

利用路面结构设计领域内的研究成果，有可能将经验法逐步过渡为半理论法。

3. 道路寿命末期的定义

给道路寿命末期状态下一个简单定义是不可能的。工程师将根据多种因素、(如交通量、路面结构、剩余路面强度、路面病害类型、养护间隔等)来做出判断。

一条公路的使用寿命末期现在通常不是根据一个参数(如现有耐用性指数、抗滑性)来定义,而需要考虑更多的独立参数。最常见的是:路面强度、裂缝等级、车辙深度、纵断面、不平整度及表面粗糙度。

确定道路寿命末期时,肉眼观察起着主要的作用。路面状态无破损检测这一高效率方法应用越来越广泛。用该方法可测定路面结构及其表面的结构损坏。

应该强调指出,一定不能把使用寿命末期标准与养护标准混同起来。

4. 设计中的交通量计算

以下三个参数,有的国家全部使用,有的国家不全使用,这三个参数是:

(1) 在使用期间预期通过该公路的商业车辆的数量(此数量是不同交通类型的总和);

(2) 标准轴载数(当量交通量),其损坏效应与实际交通中轴载分布相同;

(3) 荷载的横向分布。

设计计算中所用的商业车辆数量一般应通过交通量调查来确定,并通过行车荷载之间的等效原理将它换算成等效标准轴载,其确定公式如下:

$$\left(\frac{P_j}{P_0}\right)^v = \frac{N}{N_j}$$

式中: P_0 ——标准荷载的大小;

N ——其破坏效应等效于大小为 P_j 的 N_j 个荷载的标准荷

载 P_0 的数量。

v ——系数，一般取为4。

在所有调查到的国家中，只有比利时和法国对含有水泥处治层的路面结构，取了不同的 v 值：比利时取为33，法国取为12，这数值由室内疲劳试验得出。通过公路上行驶的少量超重荷载证明，水泥处治层的值比其它结构层大。

各国采用的标准荷载 P_0 有8吨、10吨、12吨、或13吨几种。但是，对一定的设计方法标准荷载 P_0 的选择并不以任何方式影响所需要的厚度。这是因为对一定的实际交通量，无论采用怎样的标准荷载 P_0 ，等效交通量 (P_0, N) 总有着相同的损坏效应。不能将计算中所用的标准轴载与正常轴载的最大值混同起来。

在一个车道内或在不同车道之间的荷载横向分布一般都不予考虑，而是假定交通量沿横向均匀分布。当考虑横向分布时，常将设计计算中使用的车辆数量表示为整个预期使用期间通过路面的商业车辆总数的某一百分比。这个百分比不仅随公路的重要性和宽度改变，而且不同国家之间取值也不同。下面给出一些比值。

意大利：单向商业车辆总数的80%；

法国：对轻交通量公路，当公路宽度小于5米时，为双向商业车辆总数的100%；当公路宽度在5~6米时，为双向车辆总数的75%。对车道宽度为3.5米的公路，为双向商业车辆总数的50%。

荷兰：当车道宽度为2.75米时，为单向商业车辆总数的100%；当车道宽度为3.5米时，为单向商业车辆总数的40%。

瑞典：对双车道道路为双向商业车辆总数的50%；对四车道公路为双向商业车辆总数的45%。

在路面设计中，商业车辆数量的选择很重要。然而，必须注意，不要过高估计这种选择的重要性。考虑到路面层厚度与公路使用期限内商业车辆数量之间的关系，商业车辆数量的较大变化仅对路面厚度产生不大的影响；（稍许过于安全的设计将大大增加使用寿命，稍许欠安全的设计将大大减少使用寿命）。

5. 材料特性

建立一种以半理论或理论计算为基础的实用设计方法，要知晓土和各路面层的力学特性（模量和强度值）。尽管确定路面材料模量和强度值的方法各国不尽相同，但是有某些一般的趋向，即：

（1）土的模量可由承载板测定，也可由CBR（加利福尼亚承载比）值的经验公式确定，还可由重复荷载三轴试验得出。

（2）当土的强度沿公路长度改变时，要选择均匀的路段进行测定。土强度的季节性改变也应考虑。这两种变化都有其统计模型。

3）粒料材料的模量一般用与测定土的模量相同的方法确定。

（4）沥青或水泥处治材料的模量在实验室内确定。沥青层的模量值在各个季节随温度而变化。这些材料的性质常常以在实验室确定的疲劳关系（荷载重复作用下的断裂抗力）来描述。由温度改变及不同荷载引起的模量变化通常用Miner假说予以考虑。

（5）为抵抗车辙产生，一方面限制行车传到土基的应力值，另一方面采用合适的结构层（其稳定性由混和料组成及某些成分特性的适当选择来保证）。

（6）为抵抗开裂产生，而限制与行车有关的处治层底部动应变值。

许多实用设计手册给出了在道路建筑中用到的每种材料的模量或其取值范围，其具体阐述一般由相当明确的规范给出。

有时也用预估关系确定模量和强度值，这些关系由实验室试验得出，并使得根据材料组成及其成分的某些特性预估力学性质成为可能。

6. 荷载在土基和路面层中引起的应力和应变

在以半理论或理论计算方法为依据的实用设计方法中，土基

及路面各层中应力和应变通常按照 D.M. Burmister 弹性状层体系理论计算。

由于计算的复杂性,需要编制计算机程序才能使用这一理论。其中一些程序为:

BISAR程序(意大利,荷兰,联邦德国);

BISTRO程序(意大利,联邦德国);

ALIZE III程序(法国,象牙海岸);

CHEVRON5L程序(西班牙,澳大利亚);

LAYMED程序(捷克斯洛伐克);

MECDEI程序(澳大利亚);

MTC93程序(比利时);

DELSAN 4 程序(丹麦);

VESTRA程序(意大利,粘—弹性模型);

LR160和373(英国)。

7. 实验验证

许多参加国已在实验路段及模拟路面(如环道试验)上检验了所用的实用设计方法。目的是检验由理论模型计算的应力和应变以及整个设计方法。虽然得到的结果是令人鼓舞的,但还不能说明所用的实用方法绝对可靠。

由于时间和资金的不足,仅在一定场合证明了实验的可靠性,还不能代表实际使用情况。而且,这些实验常常用于改进所应用的模型,这些改进后的模型仍需要进一步独立实验验证。这就是该领域需要进一步研究的一个主要原因,这一点已由一些文章,特别是由第5届国际沥青路面结构设计会议论文所证实。

有必要提请注意以下几点:

(1) 对一系列不同类型和厚度的路面理论模型需要进行实验验证,但不包括那些为提出这种模型作过试验的公路。

(2) 需要试验验证疲劳开裂计算模型,以保证实验室数据能正确地解释实际路面特性。

(3) 需改进古典模型,以便预估土基,粒料材料以及水泥处治材料收缩裂缝附近的应力和应变。

8. 实用设计方法中尚未解决的主要问题

一般在设计中存在的缺陷较少,这是由于各国都改进了它们的设计方法。报告中提到的缺陷主要有:

- (1) 水泥处治材料收缩开裂及沥青层反射开裂。
- (2) 在具有未处治底基层的路面中车辙明显。
- (3) 由于沥青混合料设计不当而产生的车辙。
- (4) 由于膨胀土而产生的路面裂缝。
- (5) 带钉轮胎引起磨损及抗滑阻力损失。

9. 实践与研究的结论和建议

(1) 柔性路面实用设计方法还没有完全成熟到经验阶段。然而,由于结构设计方面的研究成果,设计方法正在迅速发展。这表现在日益大量使用一种半理论法,即由试验得出的可能结果出发,随后证实或修改这个原来结果,使之适合于理论模型的设计状态。

这种理论模型(一般是以弹性层状理论和位移模式为依据的)当使用新材料(如用改良结合料的沥青混合料)时,也是特别适合的。

(2) 实用设计方法已为各国列入建议或规范中。

通常将设计以路面结构一览表的方式表示。手册中常引用所用材料的模量值,一般可在材料的组成和构造规范中找到。

为保证实用设计方法使用满意,应使使用者了解它的依据,给出:

①该方法所依据的基本原理;

②输入参数(交通量,土基强度,气候)及其确定方法的说明;

③路面层(面层,基层,底基层)及其力学特性(现场获

取)的确定;

④材料和土基的力学性质及其影响它们的气候因素(沥青材料温度、土基含水量、及冻融);

⑤有几个可能设计方案时,还应包括经济分析。

针对不同的交通条件(特别是轴载),土基,气候,以及不同的施工和养护方案,建立了各种实用设计方法。各方法间的比较和转换也必须考虑上述这些因素。

(3) 道路寿命末期不可能下简单明了的定义。如果不考虑各种性能标准以及实际条件(交通量,结构类型,裂缝比例,车辙深度,强度,气候影响等)的相对影响,就不能判断出道路寿命末期。

还应指出,虽然高效率无损检测设备日益开发和大量使用(用以评价路面状态,强度,纵断面,车辙深度,抗滑力),但肉眼观察还起着重要作用。重要的是不要将使用寿命末期的标准与养护标准混同起来。

(4) 研究工作要从以经验为基础继续向广阔的设计实践中开展。为达到这一点,要努力扩大理论模型可靠性实验验证的领域。也还需要改进计算土基及水泥处治材料中裂缝附近的应力及初始应变的理论模型。

参 考 文 献

澳大利亚

- 1 Pavement Thickness Design, Department of Main Roads, N.S.W., M.R. Form No 76 (Revised Oct. 1981)
- 2 Interim Manual for Design of Flexible Pavements, Queensland Main Road Department, June 1981

奥地利

Guidelines and Specification RVS 3.631, 1975

比利时

- 3 Economies dans les travaux routiers—Normes et directives Circulaire BRA/850 n°181/08054 du 11.8.1981
- 4 J.Verstraeten, V.Veverka and L.Francken, Rational and Practical Designs of Asphalt Pavement to avoid Cracking and Rutting. 5th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Delft 1982

加拿大

- 5 Pavement Management Guide, Roads and -Transportation Association of Canada. Pavement Management Committee, 1977

捷克斯洛伐克

- 6 I.Gschwendt and I.Poliacek. Pavement Design Optimisation by an Analytical Method, 5th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Delft 1982

丹麦

- 7 R.N.Stubstad
Description of HP-41C/HP97 Program“Delsanfor Elastic Layered Pavement Structure-4”s, Statens Vejlaboratorium Laboratorierapport 49A, 1981

法国

- 8 Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire, Direction des Routes et de la Circulation Routière

- 9 Chaussées neuves à faible trafic—Manuel de Conception
Ministère des Transports—Direction Générale des Transports
Intérieurs—Direction des Routes et de la Circulation Routière—LCPC—SETRA, juillet 1981
- 10 Catalogue des structures pour les voiries rurales CEMAGREF—Ministère de l'Agriculture
- 11 Guide Technique pour l'entretien préventif du réseau routier national—SETRA—LCPC, 1979, 1981

意大利

- 12 F. Giannini and G. Camomilla
Procedure for the Structural Design of Pavement used in Italian Motorways.
4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, 1977
- 13 G. Battiato and C. Verga
The AGIP Viscoelastic Method for Asphalt Pavement Design, 5th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Delft, 1982

象牙海岸

- 14 Manuel pour la conception, et le dimensionnement des chaussées Neuves Catalogue de Structures Types, République de Côte d'Ivoire, Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics, Septembre 1977

15 G.Liautaud

La Recherche Routiere en Cote d'Ivoire, Presentation du Manuel pour la Conception et le Dimensionnement des chaussees, Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics n°388 Nov.1980, Serie, Travaux Publics ISSN 0020-2568, n°186

16 G.Liautaud

Presentation de Catalogue des Structures de Chaussees en Cote d'Ivoire, IRF, IVe Conference Routiere Africaine, Nairobi, Kenya, janvier 1980

日本

- 17 Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement, Japan Road Association, 1980

墨西哥

18 S.Corro

Recommendations for the Structural Design of Flexible Pavements.
Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 1978

摩洛哥

- 19 Catalogue de structures types de chaussee pour chaussees neuves—1977—Direction des Routes
- 20 Rapports generaux de synthese des etudes de renforcement entrant dans le cadre des Programmes Generaux de Renforcement executes