

热带地区 路面设计手册

法国房屋建筑和公共工程试验研究中心编

沙庆林 译

杨祖东 校

人 民 交 通 出 版 社

热带地区路面设计手册

法国房屋建筑和公共工程试验研究中心编

沙庆林 译

杨祖东 校

人 民 交 通 出 版 社

1980年·北京

内 容 提 要

本书是法国房屋建筑和公共工程试验研究中心在热带非洲和马达加斯加对7000公里公路沥青面层调查研究后编写的。主要内容：路面结构的选择、技术标准和施工条件，路面结构层中应力的理论检验。可供公路工程援外技术人员和国内从事公路路面设计、科研、施工人员参考。

MANUEL DE DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX 1972

热带地区路面设计手册

沙庆林译 杨祖东校

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：1.875 插页：1 字数：34千

1980年8月 第1版

1980年8月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,500册 定价：0.23元

译者的话

本书是法国房屋建筑和公共工程试验研究中心在热带非洲和马达加斯加对 7000 公里公路 沥青面层 调查研究后编写的。按照土基的承载比值和交通量，从本书中有关表格中，直接查得路面各结构层（面层、底层、基层）的厚度值，既是经验性的，又与作者在调查过程中对路面使用性能的要求有关。看来，作者对路面使用性能的要求较高，因此，要求的路厚度较大。

这里首先说明翻译出版此书的目的，不是让读者直接查阅路面的厚度（只能作为一个参考），而是着重介绍本手册在设计具有沥青面层的柔性路面时的思路和特点，这对于我们的公路路面设计、施工和科研都是有益的。手册的主要特点是：对路面各个结构层的构成材料都有明确的技术和施工要求；随着交通量的增大，对路面材料的要求也就更严格、更高。因此，一种有效地用于交通量较轻的公路路面底层的材料，在重交通量的公路路面底层中就未必适用，或只能用于基层；利用弹性层状体系理论的计算结果，对于用结合料处治的具有一定刚性的路面结构层，要进行该层底部拉应力的验算和相对水平变形的检验，并验算土基顶面的垂直应力。

手册不是要求设计者机械地套用一些数值，而是要求对准备用于路面各个不同结构层的材料以及土基，分别进行一系列试验。根据规定的技术要求，首先确定某种材料能否直

注：本书中凡“底层”一词又称为“基层”，“基层”一词又称为底基层。

接应用，或需要采取什么改善措施。在用结合料稳定的情况下，则明确规定稳定材料的各项技术指标。让施工者根据沿线材料的具体情况，进行一系列试验，并根据所定的技术标准，最后确定集料的颗粒组成和结合料用量，并据此进行施工。在确定土的承载比及计算交通量后，也不是机械地照搬经验厚度表，而要根据交通组成情况，特别是根据应力检验结果，对表中厚度进行调整。译者认为，这样设计、施工出来的路面，在质量上和使用性能上是有保证的。

为了便于读者具体了解手册中提到的某些内容，译者增添了“附录二”。由于手册中只提到利用 Jones 的计算图表和参考书目，而未作更具体的介绍，为此，作为一个实例，译者在附录二中介绍了马达加斯加新路面设计规范如何利用 Jones 的计算结果对应力进行检验的程序。

本手册虽然名为“热带地区路面设计手册”，但是对于非冰冻地区的柔性路面设计，也是一本有价值的参考资料。

目 录

前 言	1
一、 导言	2
二、 基本原则	3
三、 路面结构的选择	4
(一) 路面结构层的厚度	7
(二) 使用材料的性质	8
四、 技术标准和施工条件	10
(一) 路基土	10
(二) 基层材料	14
(三) 底层材料	18
(四) 面层	20
(五) 路面附属部分的设计	24
(六) 设计和施工规定的一般说明	26
五、 路面结构层中应力的理论检验	28
(一) 试验室内材料的研究	28
(二) 交通特性的研究	29
(三) 路面结构层的定义	29
(四) 理论应力的研究方法	30
(五) 比较实际应力与可能的工作特性	
—— 选定安全系数	30
六、 结果的表示法	31
七、 结论	32

八、附录 1	33
(一)特殊性质的路面	33
(二)贯入试验的含水量的选定	36
(三)各种相互关系	37
九、附录 2	42
(一)法国标准化协会的模数以及美、英筛号 和相应的孔径	42
(二)马达加斯加新路面设计规范进行应力 检验的方法	44
参考文献	53

前 言

本手册介绍的方法，仅用于下列情况，即在重要的线路上，考虑决定铺筑沥青面层，以降低运输费用的道路。

所以，它不适用于交通量很小的道路，特别是：

次要的运输联络线，由于在重铺时缺乏材料，才考虑铺筑沥青面层。

本手册中考虑的交通量范围，从100到6000辆/天，因此，正常地已包括发展中国家的几乎全部沥青路面公路网。事实上，我们任意假设，沥青路面最低限度相当于每天100辆左右车辆的交通强度，其中约 $1/3$ 是商用车。

对于交通量更小的道路，明显低的使用指数和寿命期应该是允许的。如果愿意的话，可以使用其质量低于本手册中道路所推荐的材料和施工规定。

交通量很小的道路，在本文的附录中有所考虑。然而，没有详尽地讨论，因为，关于这种类型路面的经验还很少。

实际上，必须有待于试验和研究的结果，然后，其结果由经济道路委员会向国际道路会议常务协会逐步报告。

一、导 言

在工业国家里，考虑到这些国家的交通条件，特殊的气候因素和舒适要求而制定的路面设计方法，同样适用于热带非洲或更普遍地所有发展中国家的经济路面的研究。

最近，美国各州公路工作者协会的试验，特别是沥青协会和公路局的新设计方法，开辟了拟订新设计方法的道路。这些现代方法，通过当量系数的渐近办法，考虑各种不同轴荷载，以及在路面结构层^①中使用的各种材料的性质或质量对路面性能的影响。这些新方法，也已用于发展中国家经济路面的设计，尽管在美国各州公路工作者协会试验说明的有关报告里，能发现如下的保留意见：在遇到与伊利诺州试验时不同的环境里，任何普及或推广这些试验成果，只能根据如下的事实和经验，那就是能清楚地证明，气候、地质、交通或施工和养护技术的特点，实际上对路面性能的影响类似于伊利诺州的情况。

然而，如果这些发展中的热带国家的气候或经济条件，明显地区别于伊利诺州的情况，那么，无论从现场实验或者理论依据，都不会得到证明，在美国各州公路工作者协会试验中得到的结果，能同样适用于热带气候的路面。

① 译注：Corps de chaussée 法国道路工业词典中指明此术语包括路基以上的各个路面结构层，即从面层到垫层。但后经法国行政 部门批准的术语定义中，此术语包括面层以外的各个结构层，即从基层到垫层，可译成路面体。但是，考虑到习惯叫法，仍译成路面结构层。在本手册中，系指面层以外的各个结构层。

因此，似乎更适宜的，那就是发展一个更特定地适用于热带条件的设计方法。从观察路面的真实性能出发，考虑路面的组成，及表示这些国家特有环境的各种不同因素，即：经济、交通量、材料资源、气候、施工技术和养护的特殊条件。

1969年，法国外交国务秘书处，借助于援助合作基金委托房屋建筑和公共工程试验研究中心，在热带非洲法语国家和马达加斯加，对7000公里沥青路面的加强问题进行了普遍的研究。在研究过程中，可能通过对道路网的详细观察所得的结果，与路面组成、变形和路龄等许多技术资料，同时也与道路网建成以来的交通性能相对照。在很多特殊情况下，通过破坏原因的分析，可以找到某些路面性能不好的解释。

由于国家试验所各研究机构多年里在道路网上积累的经验，以及根据上述研究过程中搜集的资料，有可能对发展中的热带国家沥青路面设计研究的程序制定出一整套规定和技术规程。

在路面设计领域内，还要进行许多观察和研究，房屋建筑和公共工程试验研究中心热情希望在与本研究领域有关的所有人员的合作下，能够逐步完善或修改本手册中的观点。

二、基本原则

推荐的方法依据以下基本原则：

1. 在不包括任何刚性很小的结构层的柔性路面的情况下，采用土基承载比和交通强度确定路面结构所需的总厚度。
2. 在路面中，包括一层或几层，由于其刚性面在受拉时容易脆裂的情况下，先前的仅致力于避免土基贯入试验的设

计方法，应通过检验刚性层底部产生的实际拉应力与这些材料具有的性能相适应的分析以使之完善。

3.最后，为了减少较经常遇到的个别性质失常的危险，建议制定一系列关于材料的选择或施工的技术规定。特别是：

——路基上部有良好的密实度，并将路基上部30厘米的不稳定的或过分膨胀的材料除去，目的是减少车辆行驶引起的向下沉陷的程度，或路基土体积变化引起的变形；

——基层和底层的密实度要同样地提高，并有适当的承载能力或稳定性。这是为了减少这些材料由于交通引起的压应力和剪应力作用下发生徐变破坏的危险；

——作为构成底层或面层的集料要有足够的硬度，以减少交通作用下磨损或疲劳现象的程度；

——铺筑薄的变形性能强的面层，以组成柔性结构，它既能满足经济技术指标，同时也能满足进一步整修的需要；

——最后，路肩尽可能起到支撑作用，并由于合适的施工条件和正确选择材料，在面层和路肩的接触处，形成一个不利于渗透的隔层(垂直)，此能减少路基边缘塌陷的危险，以便于施工，或便于加宽沥青面层。

三、路面结构的选择

本设计方法主要包括两张表：

——表1提供了与交通量和土基承载能力有关的基层，底层和面层所要求的厚度；

——表2指出了与交通强度有关的，在路面结构层中考虑使用的各种不同材料的性质。

在草拟路面结构过程中，考虑了以下几点：

1. 土基承载能力

为了实用的目的，以及为了不需过分强调承载比值的确
定到不现实的精度，按照以下的承载比的间隔值，来确定并
区分路基土的承载能力：

——承载比0~5（在土基上部通常是不行的）

——承载比5~10

——承载比10~15

——承载比15~30

——承载比30~80

——承载比大于80

2. 交通量的定义

所考虑的交通量系指路面全宽范围内两个方向通行的车
辆。一般可分成四大类，并能用两种方式表示：

第一种方式，用包括各种车辆的日平均交通量表示，并
考虑15年的使用期。载重车的平均百分率，在发展中国家假
定约占全部交通量的30%，选定的交通量类别如下：

$$T_1 = 100 \sim 300 \text{ 辆/天}$$

$$T_2 = 300 \sim 1000 \text{ 辆/天}$$

$$T_3 = 1000 \sim 3000 \text{ 辆/天}$$

$$T_4 = 3000 \sim 6000 \text{ 辆/天}$$

第二种方式，由设计人员选定的使用期内的载重车累计
数表示，所谓载重车系指总荷载3吨以上的车辆。这一限制
就可不需考虑旅游车和出租汽车，这些车对路面的影响假定
可以忽略不计。

第二种交通量表示方式允许设计人员采用（如应该或需
要的话）任意载重车的百分率及任何路面的使用期。这种方
式包括以下的交通类别：

$T_1 = 10^5 \sim 5 \times 10^5$ 载重车;

$T_2 = 5 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^6$ 载重车;

$T_3 = 1.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$ 载重车;

$T_4 = 4 \times 10^6 \sim 10^7$ 载重车。

如选定使用期为15年, 以及载重车平均百分率约30%, 则此分类与前述的相同。

知道了现有交通量、交通量增长率以及预定的使用期, 根据图1可以直接计算所要求的载重车累计数量。

在前述的交通量定义中, 假设车轴最大荷载等于13吨。当轴荷载大于13吨的车辆百分率超过10%时, 宜按照第五部分中的规定, 检验路面结构层中(特别是土基顶面)产生的应力与材料性能(承载能力)相适应, 这将导致增加表1中所推荐的基层的厚度。

最后, 假定交通量的年平均增长率是7%, 在使用15年终了时, 原定类别的路面值得加强, 使其达到高一级的水平。然而, 在使用过程中, 对路面的连续观察, 以及对偶尔破坏的真实原因的分析, 可以确定最适合的加强方法。那时就可参照《沥青路面加强手册》中所推荐的方法。

3. 路面上部各层的质量

当土基承载能力允许确定路面的总厚度(特别是基层的厚度)时, 交通强度主要决定底层和面层的质量, 以及在某种程度上也决定这两者的厚度。根据房屋建筑和公共工程试验研究所中心的意见, 没有处治的底层只适用于累计交通量 $2 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$ 量级的载重车范围。对于大于 T_4 类的交通量, 应该特别指明, 在底层中使用由水硬性结合料或有机结合料粘结的材料。然而对于轻交通量或中等交通量, 也即相当于 T_1 或 T_2 类, 以及当底层是由水泥或沥青改善的材料组成时, 可以减小表1中所指的厚度。

对于即使刚性很小的有结合料的材料，也应按照第五部分中的规定进行检验，这样减小了的厚度，一方面要与交通引起的在这些层次底部的拉应力相适应，另一方面也要与施工的可能性相适应。

(一)路面结构层的厚度

表 1 示出了路面结构层的推荐厚度。

路面结构层的厚度									表 1
交 通 量 土 基 的 承 载 比	T_1		T_2		T_3		T_4		
	基层, 厘米	底层, 厘米	基层, 厘米	底层, 厘米	基层, 厘米	底层, 厘米	基层, 厘米	底层, 厘米	
5~10	20	15	25	15	25	20	30	20	
10~15	15	15	20	15	20	20	25	20	
15~30	10	15	15	15	15	20	20	20	
30~80	0	15	0	15	0	20	0	20	
>80	0	0	0	0	0	0	0	0	
面 层 (平均厚度)	I 类 (2 厘米)		II 类 (3 厘米)		III 类 (4 厘米)		IV 类 (5 厘米)		

然而，必须注意下列两点：

1.——基层的有效铺筑厚度可为10厘米（适用于轻交通量以及土基承载比在15~30之间）。当这个施工工艺难于实现时，可以采用较大的厚度（12~15厘米）。

2.——当路基土的承载比分别大于30或80时，相应地不需要设计任何基层或底层。然而，一方面应该保证这种承载能力在所考虑的路段内是均匀的，另一方面，应该保证构成路基的材料与后面所指的对于底层和基层的另一些补充规定和技术标准相符合。

面层的各种不同类型确定如下：

推荐的形式

比较方案

I 类 单层表处、撒砂，然

3 厘米沥青砂或 2.5 厘

- | | | |
|-----|-----------------------|--------------------|
| | 后维护性单层表处 | 米密实沥青碎石 |
| I类 | 双层表处、撒砂,然后维护性单层 | 3.5厘米沥青砂或3厘米密实沥青碎石 |
| II类 | 双层表处、撒砂,然后2.5厘米密实沥青碎石 | 4厘米密实沥青碎石 |
| IV类 | 双层表处、撒砂,然后3厘米维护性沥青碎石 | 5厘米密实沥青碎石 |

(二)使用材料的性质

下表确定使用于路面结构层的材料性质。

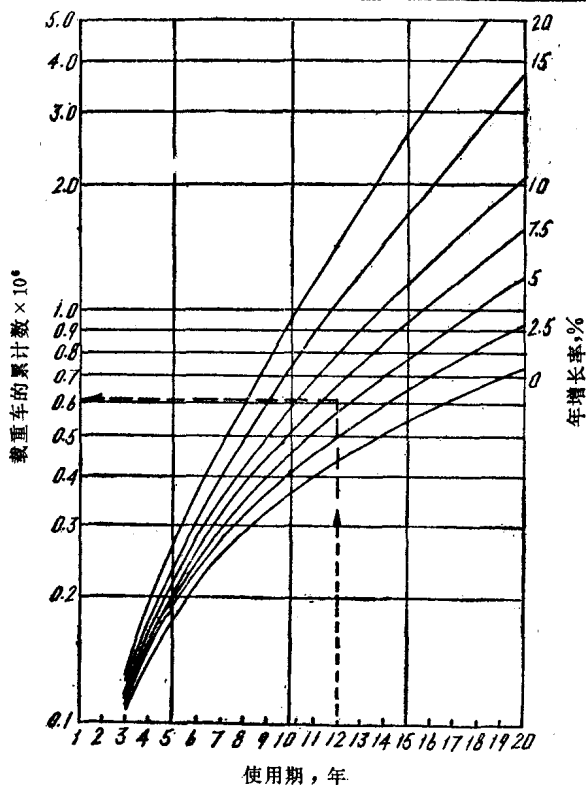
可用材料的性质

表 2

交 通	基 层	底 层
T_1	红土砾石。 就地粒料改善的粘土质砂。 矿渣和火山熔岩。 煤灰和火山灰。 岸滩贝壳。 砂砾石。 0~60毫米的未筛分碎石。	红土砾石或经改善(用水泥,碎石或石灰)的非红土砾石。 移动式拌和机拌制的沥青土。 石灰土,水泥土。 经选择的矿渣和熔岩。 用沥青改善的贝壳。 0~40毫米的未筛分碎石。
T_2	红土砾石(必要时进行改善)。 矿渣和熔岩。 用沥青改善的贝壳。 沥青处治土。 石灰或水泥处治土。 0~60毫米的未筛分碎石。	质量很好的红土砾石(必要时进行改善)。 沥青土(在中心站拌和)。 改善的矿渣和熔岩。 0~40毫米的未筛分碎石。 石灰或水泥处治土。
T_3	质量好的红土砾石(必要时进行改善)。 在中心站拌和的沥青土。 改善的矿渣和熔岩。 改善的贝壳。 0~60毫米的未筛分碎石。 石灰或水泥处治土。	质量优良的红土砾石(最好进行改善)。 0~40毫米的未筛分碎石。 在中心站改善的细颗粒土。

续上表

交 通	基 层	底 层
T_1	质量优良的红土砾石（最好进行改善）。 0~60毫米的未筛分碎石。 在中心站拌和的沥青土。 在中心站拌和的石灰或水泥处治土。	在中心站改善的红土砾石。 0~40毫米的未筛分碎石（最好用水泥或沥青改善）。 沥青砾石或水泥砾石。



例：第一年，300辆重车/天，选定的使用期为12年，增长率为6%；载重车的累计数 $0.61 \times 3 \times 10^5 = 1.83 \times 10^6$

载重车的累计数，使用期及交通量年增长率之间的关系，第一年使用期内的平均交通量为100辆重车/天。

图 1

在底层和基层中所推荐的各种解答不是严格相同的。由于缺少以非州经验为依据的当量系数的准确资料，正如本部分所指的那样，对于 T_1 、 T_2 类交通和用水泥或沥青在中心站改善的材料，考虑将前表推荐的厚度减小 5 厘米是合理的。然而，应该保证减小后的厚度能够有效地铺筑，并与这类交通所产生的应力相适应。

此外，要注意此表中的材料不是详尽的。因此，在经验许可的条件下，可以考虑利用另一些非传统的材料。

四、技术标准和施工条件

(一)路基土

1. 材料的性质

在路基上部，即路堤上层 30 厘米，要避免用承载比（在后面规定的条件下测定）小于 5 的土填筑。

为了达到这个条件，可以求助于正确地定红线（即高程设计线）的位置（当几何设计的要求允许时），或填筑路堤时，填一层经选择的材料，还可以将土基材料进一步压实。在某些情况下，还特别指明对路堤上部改善级配组成或进行机械稳定。

通常，认为具有下列土质特性的土是不稳定的，并不利于构筑路基：

液限	70 以上
塑性指数	40 以上
线膨胀	3 %（在承载比试模内测定）以上。

然而，可能存在选用材料资源短少，以及不可能经济地