

BANGANGXING JICENG
LIQING LUMIAN

半刚性基层沥青路面

同济大学道路与交通工程研究所等 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书为交通部重点科研项目“半刚性基层沥青路面的研究”的论文选集，其成果已经交通部主持的技术鉴定会审查通过，并获得国家教委科学技术进步一等奖，1990年12月又正式获得国家级科技进步二等奖。

全书内容包括：半刚性基层材料收缩机理与抗裂性能的分析、沥青面层抵抗低温收缩的评价、车辙的计算方法与参数的确定、反射性裂缝形成条件的理论分析和三维光弹性试验结果及其防止措施、试验路检验和合理结构的建议等五个方面，计23篇。前后连贯，成为一体。

本书可供公路、城市道路、厂矿道路、机场道面等工程技术人员及有关院校师生参考。

(京)新登字091号

半刚性基层沥青路面

同济大学道路与交通工程研究所等 编

插图设计: 汪萍 正文设计: 周元 责任校对: 周岫岩

人民交通出版社出版发行

(100013北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168 $\frac{1}{16}$ 印张: 10.375 字数: 269千

1991年11月 第1版

1991年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5000册 定价: 9.00元

ISBN7-114-01138-5

U·60744

目 录

一、半刚性基层沥青路面的研究成果简介	1
二、半刚性基层材料收缩机理的分析	21
三、半刚性基层材料抗裂性能研究	31
四、石灰稳定土原理及其应用	43
五、石灰、粉煤灰稳定土的早强试验研究	57
六、半刚性基层材料组成设计和质量控制	67
七、沥青混合料低温抗裂性能的研究	80
八、以松弛理论评价沥青路面的低温抗裂性能	93
九、半刚性基层沥青路面开裂模式的探讨	107
十、沥青面层集料的合理组成	117
十一、沥青路面车辙的理论计算	128
十二、车辙计算中沥青层内有效温度和作用时间的确定	143
十三、常应力单轴压缩蠕变试验确定沥青混合料的劲度 和模量	161
十四、半刚性基层沥青路面车辙的预估方法	178
十五、特种沥青混合料的研究	191
十六、半刚性基层沥青路面反射裂缝的扩展规律及应力 吸收膜的止裂作用	202
十七、半刚性基层沥青路面三维光弹性试验研究	220
十八、土工织物夹层防裂的试验研究	242
十九、广东惠州综合试验路简介	259
二十、广东惠州综合试验路常规观测	275
二十一、广东惠州试验路的实验应力分析	287
二十二、上海真南路用土工织物延缓沥青路面反射裂缝 的研究	302
二十三、半刚性基层沥青路面的设计与合理结构的建议	319

一、半刚性基层沥青路面 的研究成果简介

林绣贤（同济大学）

（一）简介

交通部重点科研项目85-65J“半刚性基层沥青路面的研究”，在交通部科技司主持下，于1989年7月在广东省惠州市召开技术鉴定会评审通过。

该项目主持单位是同济大学道路与交通工程研究所，主要参加单位有广东省公路管理局、西安公路学院、哈尔滨建筑工程学院、长沙交通学院、广东省惠州市公路局、广西交通科学研究所、沪嘉高速公路工程指挥部等。

该项目研究的指导思想是：充分发挥半刚性基层材料的优点，克服其缺点，并采用合格的沥青与合理的集料组成，压缩沥青面层厚度；必要时采取技术措施防止或延缓沥青面层的开裂和反射性裂缝的产生；控制裂纹率和车辙量在容许的范围内，使半刚性基层沥青路面的结构在技术上最为合理，在经济上最为节约，以适应我国公路事业发展的需要。

其主要研究内容是：

① 半刚性基层材料开裂机理；温缩、干缩规律；抗裂性能的评价方法；材料的最佳组成设计和改善措施；

② 沥青面层低温缩裂的机理，开裂温度的预估方法，沥青材料抗裂性能的评价方法和集料的合理组成；

③ 半刚性基层沥青路面车辙量的预估方法，包括理论计算和有关参数的确定；

④ 反射性裂缝产生条件的理论分析与三维光弹模型试验，防裂措施的途径；

⑤ 合理结构组成和必要的技术措施。

研究方法是以理论分析、室内材料性能系统试验，结构模型试验，野外综合试验路、专项试验路并举，理论计算与实践检验相结合，互相对照，得出结论。

课题组提供技术鉴定会的资料有总报告、五个分报告和24篇研究报告，本书选取精炼后的23篇汇总成集，并按研究内容分为五个方面。本文为总报告的简介，把全书内容前后联系，综合分析，以便应用，以利阅读。

(二)半刚性基层材料的研究

为充分发挥半刚性基层材料的优点并克服其缺点，首先应对半刚性基层材料本身有全面的认识。为此，西安公路学院对此类材料抗裂性能的机理作了系统的研究，提出《半刚性基层材料收缩机理的分析》一文，并对公路上常用的石灰土、灰土结集料、石灰粉煤灰（简称二灰）、石灰粉煤灰结集料、水泥结集料五种材料进行了比较系统的缩裂性能试验，提出《半刚性基层材料抗裂性能研究》一文，并进一步结合此类材料的力学强度试验结果，建议以抗裂系数为评价方法，以抗裂指数为设计方法，在材料组成方面，西安公路学院的《石灰稳定土原理及其应用》一文，作了全面的分析，同济大学《半刚性基层材料组成设计和质量控制》一文作了具体的建议。为克服此类材料早期强度的不足，西安公路学院的《石灰、粉煤灰稳定土的早强试验研究》一文，提出了几种可行的早强剂供应用。故半刚性基层材料的研究方面共选取了五篇论文。

1.半刚性基层材料的抗裂性能机理与试验结果

半刚性基层材料的缩裂分为因温度变化而造成的温缩与面含水量的变化而造成的干缩两种，均与材料的收缩系数有关，故首

先从温缩系数与干缩系数的研究入手。

1) 关于温缩系数 α_t

材料由固相、液相、气相组成，其外观温缩系数受组成其基本体的固、液、气相不同温缩性的综合效应影响。由于气相的影响很小可忽略，故可对固相部分的温缩和含水状况下的温缩分别予以研究，得出规律，再予以联系，提出设计值。

(1) 固相部分（即在干燥状况时）的温缩系数 α_{td}

从机理分析得知，影响固相部分温缩性的重要因素是组成矿物单元的含量比例、结构强度及各组成矿物单元的温缩性质，可以公式计算。

示例性试验结果证明了机理研究的结论，但干燥状况时的温缩系数 α_t 绝对值都不大，在0.00001左右。

(2) 水对半刚性基层材料温缩系数的影响

从机理分析得知，水是影响此类材料温缩性的最主要因素，特别是在非饱水状态时影响较大。相对而言，对石灰土类影响最大，对二灰类影响较小，对水泥类影响最小。

试验结果证明，对灰土类当集料在60%左右、二灰类集料在75%左右、水泥类当水泥含量在5%左右有一温缩最小值。试验结果还证明，当温度 $T = 0 \sim -10^\circ\text{C}$ 时，在最佳含水量附近，总出现最大的温缩系数。因此，此类材料温缩系数的设计值应以此状态时的测定结果为准。这正是为什么此类材料的基层施工应限制在进入冰冻前一个月竣工的原因。

试验中还得出干燥状况下的温缩系数 α_{td} 与含水状况时的温缩系数 α_{tw} 间有下式关系：

$$\alpha_{tw} = K_1 \alpha_{td} \quad (1-1)$$

式中： K_1 ——水对温缩系数的影响系数；

α_{td} ——干燥状况全温度区间温缩系数的总平均值。

如以最不利温度区间 $0 \sim -10^\circ\text{C}$ 且处于最佳含水量时的温缩系数 α_{tw} 为设计值 α_{td} ，则试验结果综合如表1-1。

2) 关于干缩系数 α_d

不同材料的温缩系数 α_{ts} 和 K_t

表1-1

材料种类及配比	$\alpha_{ts} = \alpha_{tw} (\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	$\alpha_{td} (\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	$K_t = \alpha_{tw}/\alpha_{td}$
石灰土(1:9)	35.5~40.4	9.7~11.0	3.67
二灰(1:4)	20.3~25.0	6.4~7.9	3.16
灰土砂砾(45:55)	20.0~21.7	9.2~10.0	2.17
水泥砂砾(5:95)	16.9~19.0	9.2~10.4	1.83
二灰砂砾(45:55)	14.9~16.7	7.7~8.9	1.92

干缩的基本原理是由于水的蒸发而发生的毛细管作用、吸附作用及分子间力的作用和材料矿物晶体或凝胶体间层间水的作用、碳化收缩作用等而引起的整体宏观体积的变化。因此,结合料(指灰土、二灰、水泥)的矿物成分和分散度影响最大;集料增加对水的作用减小;龄期增加、强度提高,可使干缩降低。可见初期养生不良或含水量太大,必将导致很大干缩。

28d龄期的试验结果证明,灰土与二灰比较,前者 α_d 平均值为 163×10^{-6} ,而后者仅 55×10^{-6} ,相差3倍。随着集料含量的增加, α_d 减小,灰土砂砾当集料为55~75%时, α_d 最小(约 110×10^{-6}),二灰砂砾当集料为75%时 α_d 最小(约 35×10^{-6}),水泥砂砾在水泥含量为5~6%时, α_d 仅 30×10^{-6} 。灰土砂砾7d以前 α_d 很大,达 300×10^{-6} ,28d后进入稳定;二灰砂砾7d后才稳定,水泥砂砾7d完全稳定。所以初期养生十分重要。

3) 弯拉模量 E_t 与弯拉强度 S

从弯拉模量 E_t 看,灰土砂砾28d时达1500MPa,而二灰砂砾、水泥砂砾7d时即达1500MPa。而在 E_t 小于1500MPa时, α_d 较大,因此符合作上基层的半刚性材料, E_t 应大于1500MPa。

从弯拉强度 S 看,二灰砂砾7d前的初期强度还不如灰土砂砾,但一个月时,其强度即相当于半年的灰土砂砾。可见提高二灰砂砾的初期强度和灰土砂砾的早期强度是十分必要的。水泥砂砾一个月强度超过二灰砂砾,但90d后二灰砂砾强度反而超过

水泥砂砾，可见二灰砂砾后劲大。水泥砂砾、二灰砂砾以三个月强度为标准可达到《公路柔性路面设计规范(JTJ014—86)》作为上基层的要求，而灰土砂砾半年强度也达不到要求，需采用水泥灰土综合稳定，或把它作为底基层。

2. 半刚性基层材料抗裂性评价与设计

1) 抗裂性评价

建议用材料耐用性系数简化式 $S/(E_t \cdot \alpha)$ 进行综合评价，式中 S 为弯拉强度， E_t 为弯拉模量， S/E_t 即弯拉应变 ε_m 。当表达式中 α 为温缩系数 α_{tw} 时，该式耐温性抗裂系数，即表示该材料可经受多大温度的变化而不开裂，以 $[T]$ 表示：

$$[T] = \frac{S}{E_t \cdot \alpha_{tw}} = \frac{\varepsilon_m}{\alpha_{tw}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1-2)$$

当表达式中 α 为干缩系数 α_d 时，该式称耐温式抗裂系数，即表示该材料可经受多大含水量变化而不开裂，以 $[W]$ 表示：

$$[W] = \frac{S}{E_t \cdot \alpha_d} = \frac{\varepsilon_m}{\alpha_d} \quad (\%) \quad (1-3)$$

2) 抗裂设计

半刚性基层开裂是由于行车荷载和内部干、温缩总应变大于其极限拉应变所致，所以应通过各种措施，使在最不利状况下，半刚性基层内的总应变小于极限拉应变，以适应当地自然环境条件的变化，达到防裂目的。据此，把此类材料的耐用性抗裂系数与当地最不利状况时自然环境条件相联系，用抗裂指数 I 建立半刚性基层材料的设计公式。

$$I_t = \frac{\Delta T_m}{\varepsilon_m / \alpha_{tp}} = \frac{\Delta T_m}{[T]} < 1 \quad (1-4)$$

$$I_d = \frac{\Delta w_f}{\varepsilon_m / \alpha_{dp}} = \frac{\Delta w_f}{[w]} < 1 \quad (1-5)$$

原
书
缺
页

小于2mm颗粒的石灰最佳含量，然后按加权方法计算混合料的总石灰量。

至于水泥砂砾的水泥最佳含量可通过试验确定，一般以5~6%为宜。

此外，文中还对此类材料的最大密度与最佳含水量提出快速计算法供实践使用。

4. 提高灰土结集料、二灰结集料早期强度的措施

此两类材料早期强度不足是其主要缺点，提高早期强度最简易办法是采用水泥石灰综合稳定，以部分水泥代替石灰，此时水泥与石灰之比约为1:4，例如原计算结果石灰总含量为5%，则可用1%水泥与4%石灰代替，余类推。

西安公路学院还对早强剂进行了专门的研究，对灰土以NaOH和 Na_2CO_3 复合剂最好，其最佳用量为结合料灰土量的1%，单用NaOH也可。在灰土或二灰土中加入2%磷石膏，效果也佳。对二灰类的早强剂经十一种化学掺加剂及两种复合剂比较，并从技术、经济上综合考虑，以 Na_2SO_4 最好，其次是 Na_2CO_3 、 Na_2SO_3 和NaOH，并提出最佳剂量，供使用。

(三) 关于沥青面层的低温缩裂问题

低温缩裂是半刚性基层上的沥青面层的主要问题之一，本书收集了西安公路学院《沥青混合料低温抗裂性能的研究》，哈尔滨建筑工程学院《以松弛理论评价沥青路面的低温抗裂性能》和同济大学《半刚性基层沥青面层开裂模式的探讨》及《沥青面层集料的合理组成》四篇论文。

1. 预估沥青面层低温开裂温度的实验方法

沥青面层的缩裂是因温度下降时，由于面层的收缩受到基层的约束而产生温度应力，当温度应力 σ_T 超过材料的抗拉强度 R_T 时，路面就产生横向裂缝。国际上对路面内纵向拉应力 σ_T 常用

下式计算:

$$\sigma_T = \sum_{T_0}^{T_1} S_{t \cdot T} \cdot \alpha_T \cdot \Delta T \quad (1-6)$$

式中: α_T ——不同温度区间沥青混合料的线收缩系数;

ΔT ——将降温区间 $T_0 \sim T_1$ 划分为几个较小的间隔温度 ($^{\circ}\text{C}$), T_0 为计算的起始温度, 一般从 0°C 开始;

$S_{t \cdot T}$ ——在各间隔区间的代表温度时, 沥青混合料的静力拉伸劲度模量 (MPa), 并采用与 ΔT 变化范围内时间间隔相当的加荷时间。

根据上式计算得温度应力 σ_T , 绘成 σ_T 和温度 T 的关系曲线, 当该曲线与材料的抗拉强度 R_T 和温度 T 的关系曲线相交时, 其交点温度即表示可能的开裂温度, 此时 $R_T \leq \sigma_T$ 。

由此可知, 材料的抗拉强度大或造成温度应力的 $S_{t \cdot T}$ 、 α_T 小, 沥青面层就不易开裂。

因此, 解决沥青面层低温缩裂的途径, 一是提高沥青面层材料的抗拉强度, 这主要从选择沥青或改善沥青性能解决; 二是降低 $S_{t \cdot T} \cdot \alpha_T$ 值使温度应力减小, 这除与沥青有关外, 还应从改善沥青面层的集料组成入手。

在《沥青混合料低温抗裂性能的研究》一文中, 按此方法作了系统的试验研究, 证明沥青混凝土的抗裂性能优于沥青碎石, 还得到影响沥青面层开裂温度 T_b ($^{\circ}\text{C}$) 的决定因素是代表沥青低温性质的 5°C 延度 L (cm) 和代表矿料组成的矿料集中系数 C_v (指矿料体积与它与沥青体积的和之比, 以小数计) 的结论, 经部分比较试验, 得到以下统计式, 可供参考:

$$T_b = 77.6976 C_v - 0.5171 L - 81.3932 \quad (1-7)$$

当计算得开裂温度 T_b 的绝对值大于当地沥青面层低温绝对值时, 可以认为该混合料在当地能防止开裂。反之, 则应重新设计沥青混合料, 或采取必要的防裂措施, 例如某工程在面层上每 100m 长切一横缝, 便收到了良好的效果。

2. 沥青面层低温缩裂松弛理论简化计算法

哈尔滨建筑工程学院的研究认为,预估开裂温度的实验方法,实质上把受时间与温度影响的粘弹性指标的劲度模量简化为表征一定时间下不同温度的模量值,并认为即使试验时按 $-10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的不利状态降温速度处理也是不够的,一定要引入时间因素即荷载速度或降温速度的因素。为此,应以松弛理论进行温度应力的计算。

松弛理论者认为,由于沥青面层具有粘弹性,某一时刻产生的温度应力随时间推移会逐渐减小,即应力松弛。当降温速度较快时,各时刻产生的温度应力一部分松弛掉,一部分积累起来,当残余温度应力 σ_T 积累到一定程度超过路面材料的抗拉强度 R_T 时,路面就发生开裂。

他们利用滑板流变仪测得沥青在不同温度下的蠕变劲度与时间关系曲线,并通过时温换算原理得到同种沥青材料的松弛弹性模量主曲线族。据此,利用松弛理论提出了以流变指数 I 作为沥青抗裂性的评价指标

$$I = \lg t_0 \cdot \lg 10 E_{T-1} \quad (1-8)$$

式中: E_{T-1} —— $t=1\text{s}$ 时沥青的松弛弹性模量(MPa);

t_0 ——沥青材料由弹性转变为粘性流动的转折时间(s)。

经对11种沥青进行测定,以流变指数 I 作评价,其结果如表1-2。

在计算松弛温度应力时,考虑到求算实测沥青混合料的松弛模量相当困难,研究结果证明,利用劲度模量已有足够的精度。为此,他们以滑板流变仪测得沥青的劲度 S_b ,再根据沥青混合料中集料体积 V_A 、沥青体积 V_L 及空隙率 v ,用赫克洛姆(Heuklom)公式计算得沥青混合料的劲度 S_m ,再利用波茨曼(Boltzman)叠加原理,提出了在降温过程中松弛温度应力 σ_T 的计算方法,并编制了小型计算机程序,对国产的主要沥青和阿尔巴尼亚沥青,制成集料组成和沥青含量相同的沥青混合料试件,求得从 $10^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 的松弛应力累加 σ_T ,也附于表1-2。并得到沥青流变

各种沥青的流变指数和沥青

混合料的松弛温度应力

表1-2

优劣序号	沥青	沥青流变指数 I	沥青混合料松弛温度应力 σ_T (MPa)	备注
1	欢喜岭-100	9.6	0.4	表中 σ_T 为 10°C 至 -20°C 降温过程累加 值
2	克拉玛依-90	28.5	0.8	
3	阿油-60	30.4	1.0	
4	单家寺-90	33.3	1.2	
5	茂名60-甲	33.8	1.4	
6	胜利-100	43.1	2.2	
7	胜利-140	50.3	1.4	
8	胜利-100+5%橡胶粉	53.4	2.7	
9	胜利半氧化-60	57.1	2.4	
10	锦西-60	77.6	4.0	
11	氧化渣油-100	86.5	3.5	

指数 I 与沥青混合料松弛温度应力 σ_T 间的统计关系式:

$$\sigma_T = 0.0482I - 0.2991 \text{ (MPa)} \quad (1-9)$$

从表1-2知:欢喜岭-100的流变指数 I 和松弛温度应力 σ_T 均远小于阿油-60; 克拉玛依-90和单家寺-90的 I 值和 σ_T 与阿油-60接近, 应可作为重交通道路沥青使用; 茂名-60甲的 I 值与单家寺-90接近, 但 σ_T 大一些, 品质还是较好的; 胜利-140 和胜利-100 的 I 值较阿油-60大65~42%, σ_T 较阿油大40~120%, 已很难避免开裂。胜利半氧化-60 和胜利-100+5%橡胶粉也未见有改善作用, 而锦西-60和氧化渣油-100, 其 I 值较阿油大1.6~1.8倍, σ_T 大2.5~3倍, 当然要严重开裂。评价结果与实践经验是符合的, 这就揭开了某些国产沥青脆点虽低, 开裂反而严重的原因。

3. 关于面层与基层开裂先后模式的探讨

既然沥青面层预估开裂温度的方法是以下式为判别式

$$\sigma_{T\text{面}} = \sum_{T_0}^{T_1} S_{t,T} \cdot \alpha_T \cdot \Delta T \geq [\sigma_{T\text{面}}] \quad (1-10)$$

那么, 半刚性基层也可用同样的方法预估低温开裂温度, 但应考虑基层与面层温度的不同, 这是由于沥青面层中实际存在着温度坡降, 当沥青面层的平均温度下降到 T_1 时, 基层的平均温度仅下降至 $T_1 + dT$, 式中 $dT = -\frac{1}{2}(h\tau_1 + H\tau_2)$, 其中 h 、 H 分别为沥青面层和半刚性基层的厚度, τ_1 、 τ_2 分别为面层和基层内的平均温度坡降, 与气温下降速率有关。这样半刚性基层预估开裂温度的判别式为:

$$\sigma_{T_{基}} = \sum_{T_0}^{T_1 + dT} E_{基}(T) \cdot \alpha_{基}(T) \cdot \Delta T \geq [\sigma_{T_{基}}] \quad (1-11)$$

如判断结果造成基层开裂的温度 $T_{基}$ 的绝对值小于造成面层开裂温度 $T_{面}$ 的绝对值, 则基层先开裂, 反之面层先开裂。

至于基层开裂后是否会使面层产生非荷载型的反射裂缝, 应是在面层的温度应力加上因基层开裂传递给面层的附加应力之和大于面层的容许拉应力时才可能产生。

文中作了示例性的计算, 可供参考。

4. 沥青面层的集料合理组成

半刚性基层上的沥青面层, 既有抗裂问题, 又有抗车辙的问题, 因此首先在选用沥青时要兼顾这二者的矛盾, 其次在集料组成方面也要兼顾这个矛盾。集料级配偏细, 对抗裂有利, 对抗车辙则不利; 反之, 对抗车辙有利, 抗裂则不利。鉴于高等级的沥青路面总得有面层和磨耗层两层, 故权衡利弊后, 分别提出其集料合理组成的计算方法。

1) 面层

建议用连续级配的中粒式或粗粒式沥青混凝土, 以承担疲劳、耐久、防渗等主要任务, 并建议以 k 法计算。

$$P_x = P_0 \left(1 - \frac{k^x - 1}{k^n - 1} \right) \times 100(\%) \quad (1-12)$$

式中: p_x ——级数为 x 时的集料通过百分率(%);

$$x = 3.321g \frac{D}{d_x}$$

其中: D ——集料最大粒径;

d_x ——任一粒径, 应小于施工结构层厚度的1/2;

n ——总级数, $n = 3.321g \frac{D}{d_n}$, d_n 为最小粒径 (0.005 mm);

k ——各级粒径的通过量递减率, 为达到最佳组成, 兼顾抗裂与抗车辙, 一般北方用0.75, 南方用0.7 计算中线, 以 ± 0.05 计算范围线;

p_0 ——最大粒径 D 时, 通过量百分率, 中线取97.5, 范围线分别为100和95。

2) 防滑耐磨层

除提高其摩擦系数、构造深度外, 还应兼顾防车辙, 建议用折断型级配沥青混凝土, 计算时采用变 k 法, 即 $x < 2$ 时, $k = 0.6 \pm 0.05$, 仍按式(1-12)求得 p_1 、 p_2 后, $x > 2$ 以下仍用连续级配, 并取 $k = 0.7$, 如下式:

$$p_x = p_2 \left(1 - \frac{0.7^{x-2} - 1}{0.7^{n-2} - 1} \right) \quad (1-13)$$

按以上方法得到的面层可兼顾抗裂、抗车辙、防水、耐久, 按以上方法得到的磨耗层可抗滑、耐磨。

如果在二级路上采用单层的沥青混凝土路面, 则 x 在2级以前 $k = 0.65 \pm 0.05$, $x > 2$ 以下 $k = 0.75$, 使其兼有面层与磨耗层的功能。

(四) 半刚性基层沥青路面的车辙问题

车辙是半刚性基层上沥青路面的另一主要问题, 对一般路面而言, 车辙包括沥青面层、基层、土基的永久变形三部分, 但对半刚性基层的沥青路面, 土基和半刚性基层的永久变形已很小,

关键的是沥青面层的永久变形。

本书选了同济大学、哈尔滨建筑工程学院、广西交通科学研究所合写的《沥青路面车辙的理论计算》，同济大学的《车辙计算中沥青层内有效温度和作用时间的确定》、《常应力单轴压缩蠕变试验确定沥青混合料的劲度和模量》、《半刚性基层沥青路面车辙的预估方法》和《特种沥青混合料的研究》等五篇论文。

1. 基本原理与理论计算方法

分析了国内外的现状与参数测定的可能性，决定采用基本符合高温时沥青混合料特性的弹粘性体系理论，作为计算车辙的理论基础。

根据此法，沥青路面永久变形的计算值 R_L 等于加载时累积的总变形 $W(\infty)$ 减去卸载后的回弹变形 $W(0)$ ，它有计算机程序可供使用。

2. 计算参数的确定

本法最主要的参数是沥青混合料的劲度模量 S_{mix} 和回弹模量 E ，此二者为沥青混合料的有效温度与行车作用时间的函数，有了沥青层的有效温度值，即可在该温度下进行沥青混合料的单轴蠕变试验，并根据加载过程总变形与作用时间的关系曲线，按行车作用时间定劲度模量 S_{mix} ，根据卸载时的变形与作用时间关系曲线，以 $t = 0.02s$ 代入定回弹模量。

1) 沥青面层内有效温度 T_{eff} 的确定

所谓有效温度，是指全部车辆在该温度时行驶造成的车辙与这些车辆在多年不同季节行驶积累的车辙量相等时的温度。

(1) 年有效气温 $MAAT_{eff}$ 的确定

利用气象台多年月平均气温 $MMAT$ 作为 T 代入式(1-14)求得各月的沥青表层有效粘滞度 η_i 。

$$\lg \eta = 9.648 - 0.187T \quad (1-14)$$

将各月的 η_i 代入式(1-15)，求得年有效粘滞度 η_{eff} 。