

王林,山东省交通科学研究院院长,享受国务院特殊津贴专家,中国公路学会专家委员会委员,山东省有突出贡献的中青年专家。

带领其学术团队针对沥青混合料的设计理论与方法和沥青路面结构进行了较深入的研究。提出了多级嵌挤密级配设计理论和方法。研究成果**2002**年度获得国家科技进步二等奖。研发了具有承重、排水等优良性能的新型大碎石沥青混合料**LSPM**,主持完成了青岛海湾大桥桥面铺装等研究,成果共获省部级科技进步一等奖七项。

04年起针对世界前沿课题“永久性路面”设计方法进行研究,成果在高速公路路面结构设计理论、路面受力状态检测技术和路面受力实时响应等方面实现突破,为提高高速公路的使用寿命做出了重要贡献。通过该项目**2010**年再获得度国家科技进步二等奖,同时也获得美国沥青联盟(**APA**)的“卓越贡献”奖。本人为此也获得美国联邦公路管理局(**FHWA**)的“杰出工作”奖。。

以研究成果为基础,参加交通部的行业规范《公路沥青路面设计规范》《公路沥青路面施工技术规范》和多项地方技术标准的编制工作



简介

道路全生命周期管理与技术 大讲堂

第一期

长寿命路面技术系列



王 林

山东省交通科学研究所所长

—第3讲—

4月15日 15:00-16:00

长寿命沥青路面材料与结构 的技术展望

分享要点

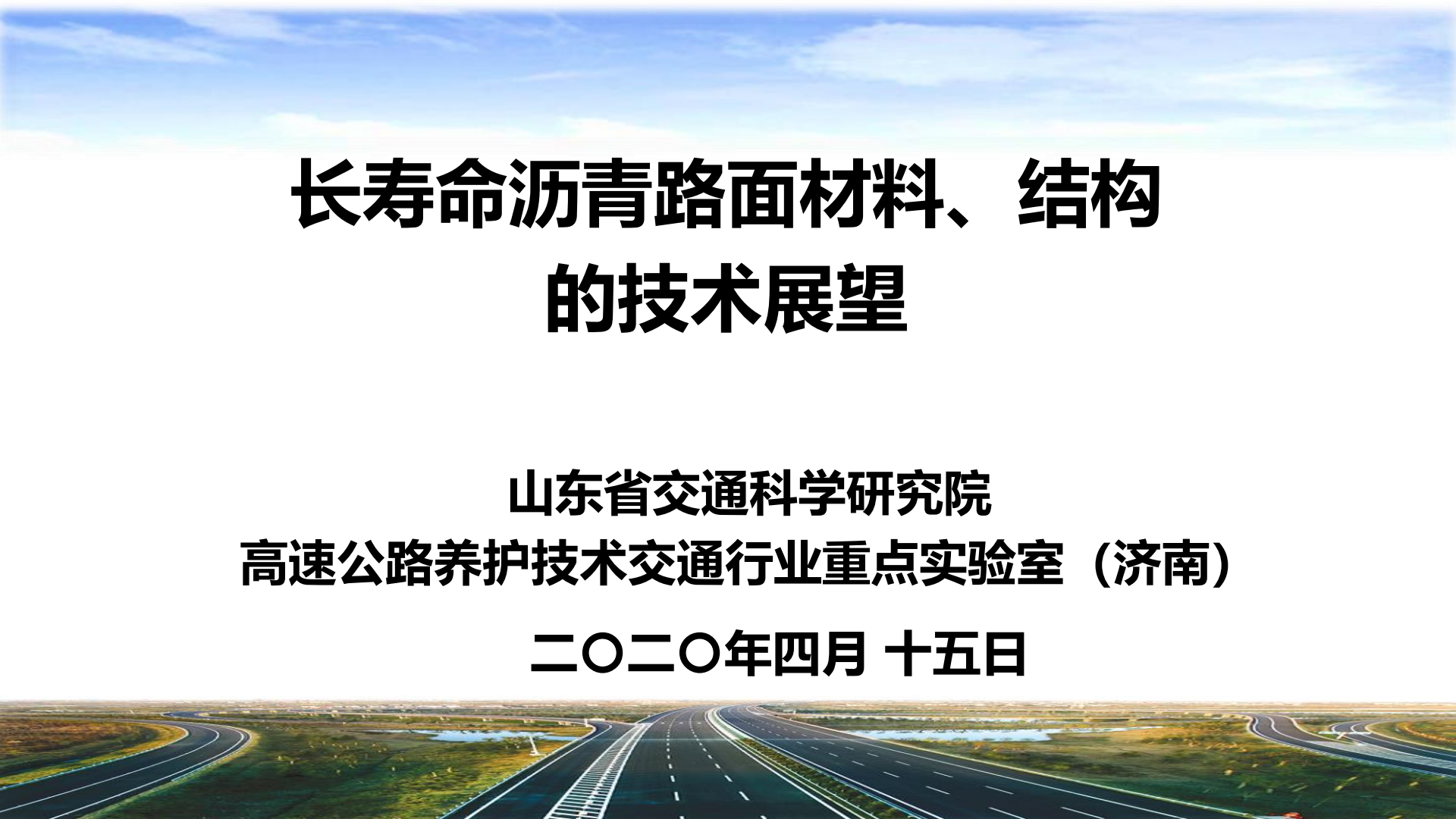
- 长寿命路面结构的比较与选择
- 高性能沥青路面材料设计及性能要求
- 路面结构力学响应与长期观测

王林,山东省交通科学研究所所长,享受国务院特殊津贴专家,中国公路学会专家委员会委员,山东省有突出贡献的中青年专家。

带领其学术团队针对沥青混合料的设计理论与方法和沥青路面结构进行了较深入的研究。提出了多级嵌挤密级配设计理论和方法。研究成果2002年度获得国家科技进步二等奖。研发了具有承重、排水等优良性能的新型大碎石沥青混合料LSPM,主持完成了青岛海湾大桥桥面铺装等研究,成果共获省部级科技进步一等奖七项。

04年起针对世界前沿课题“永久性路面”设计方法进行研究,成果在高速公路路面结构设计理论、路面受力状态检测技术和路面受力实时响应等方面实现突破,为提高高速公路的使用寿命做出了重要贡献。通过该项目2010年再获得度国家科技进步二等奖,同时也获得美国沥青联盟(APA)的“卓越贡献”奖。本人为此也获得美国联邦公路管理局(FHWA)的“杰出工作”奖。

以研究成果为基础,参加交通部的行业规范《公路沥青路面设计规范》《公路沥青路面施工技术规范》和多项地方技术标准的编制工作。



长寿命沥青路面材料、结构 的技术展望

**山东省交通科学研究院
高速公路养护技术交通行业重点实验室（济南）**

二〇二〇年四月 十五日

汇报内容



背景概述

1

2

3

4

长寿命路面结构的比较与选择

高性能沥青路面材料设计及性能要求

沥青路面结构响应规律

现状

- 沥青路面设计年限一般为10-20年，我国高速公路设计年限为15-20年。周期性维修造成大量的资源浪费和环境问题！





堆积荷载



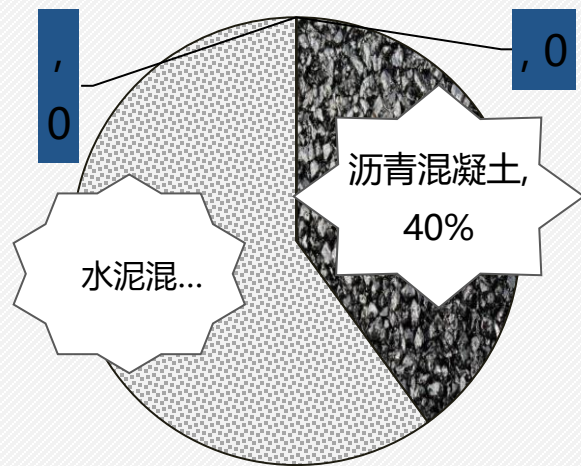
重载交通



慢速交通

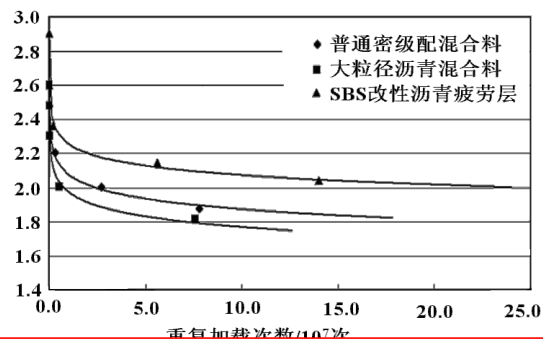


冲击荷载



荷载作用**多样化**对沥青混合料高品质提出要求





普通沥青密级配混合料: $70\mu\text{e}$



380 mm

计集料结构

TSR

2009-
2012

密水性及耐久性: 青
岛海湾大桥\复合改
性沥青

2004-



科研历程



路面主要的早期破坏形式

一 沥青路面的水损坏



第一步出现油丁



油丁发展为坑槽



坑的发展





沥青路面车辙

21 10:47 AM

谷底

車辙深度 36mm

谷峰

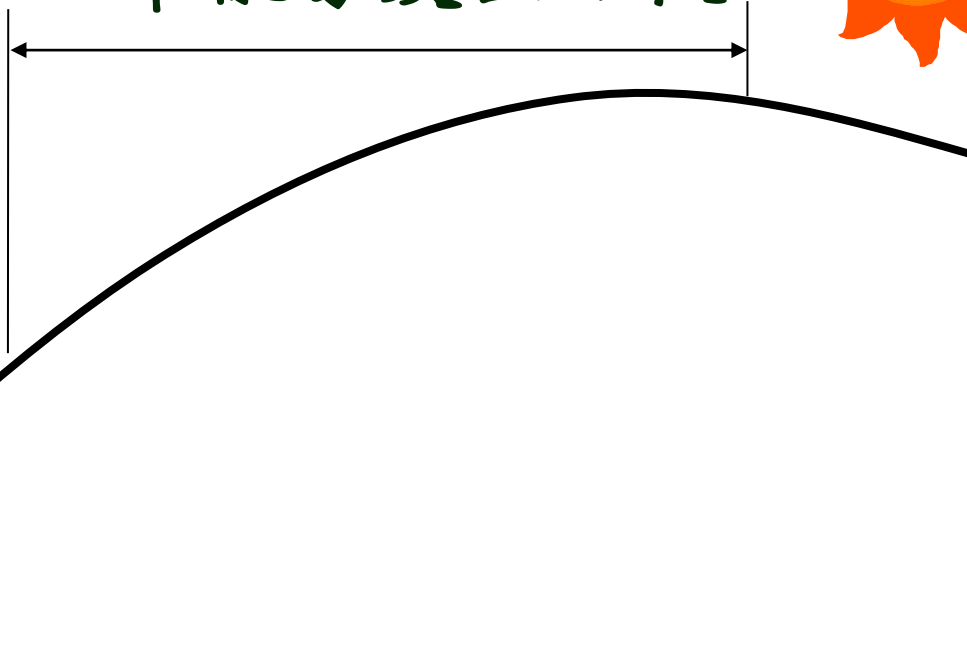
上層

中層

下層

121 + 57

车辙易发生路段





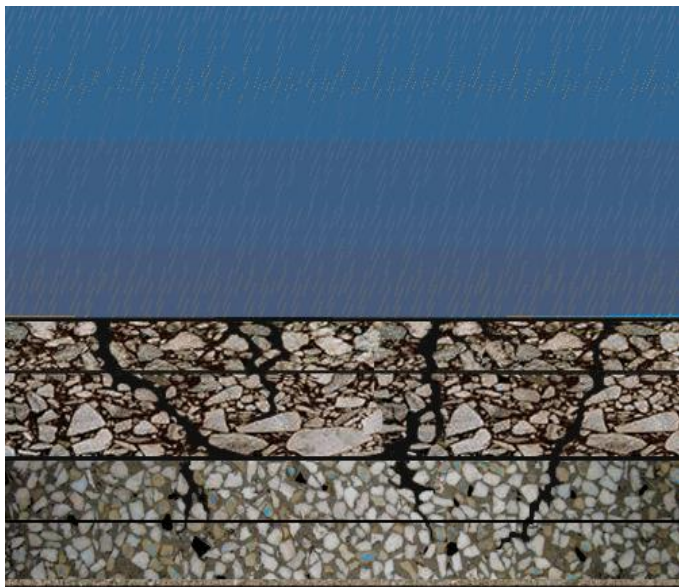
沥青路面结构性水损坏







结构损坏类型



介绍三条试验路

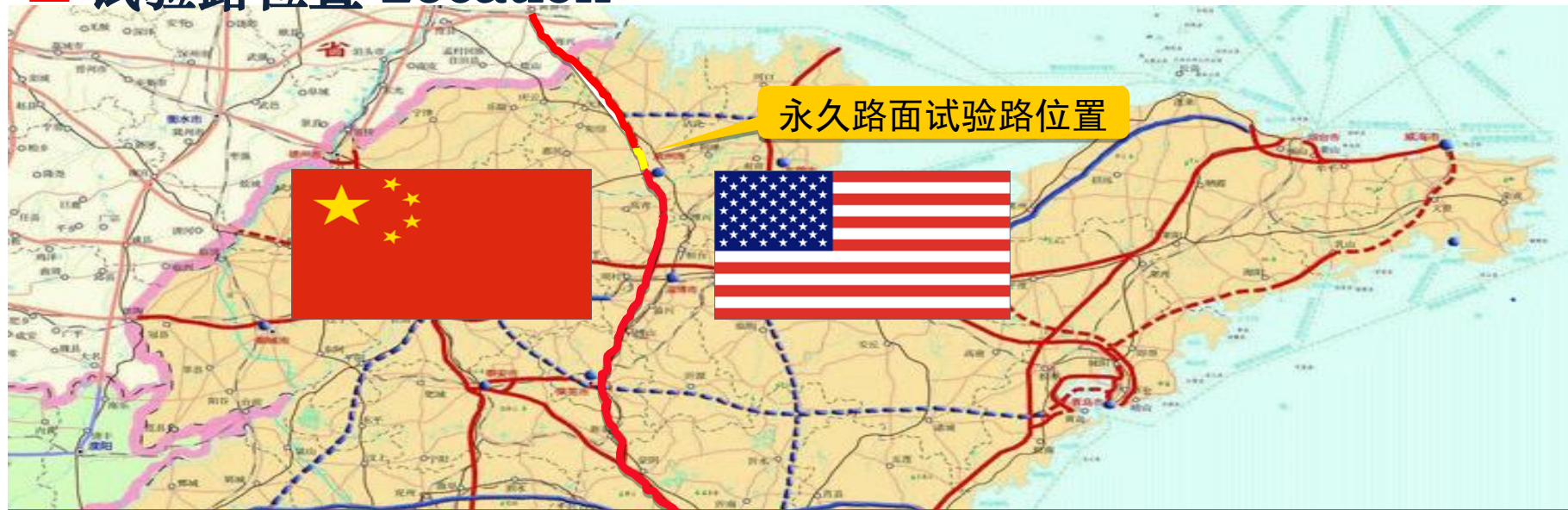
1、滨州永久路面试验路

2、济莱高速试验路

3、青临高速试验路

永久路面技术应用 Application of Perpetual Pavement

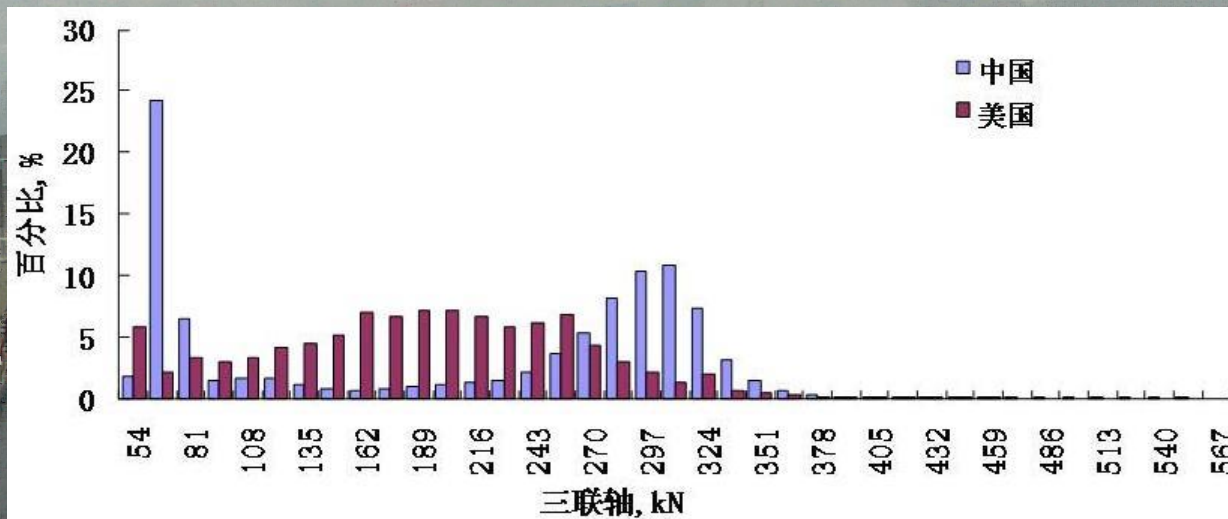
□ 试验路位置 Location



从2005年永久性沥青路面结构试验路通车，路面结构按照50年和35年设计，通过10多年长期观测验证，得出了路面结构荷载作用下的相应规律和面损伤演变的规律。

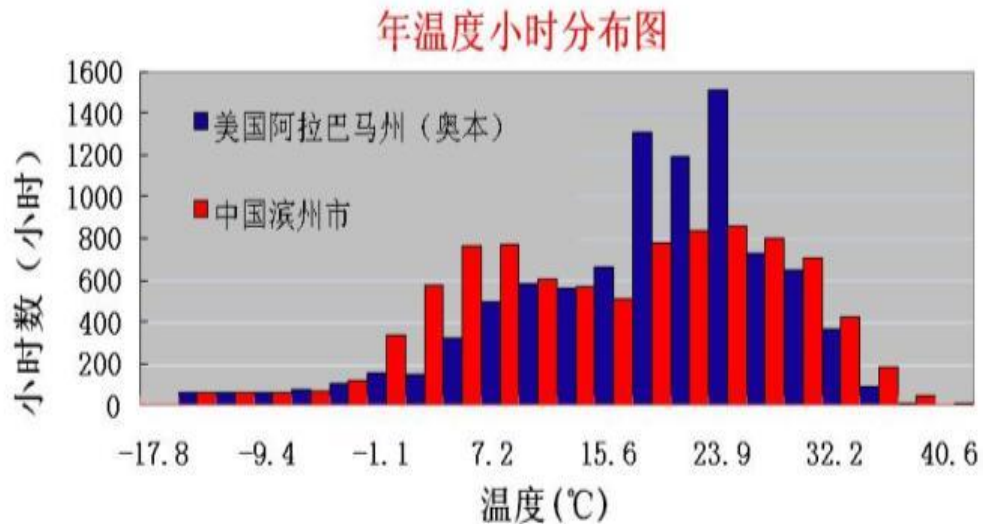
■路面工作环境条件:

•试验路与美国ME-PDG代表轴载谱的对比



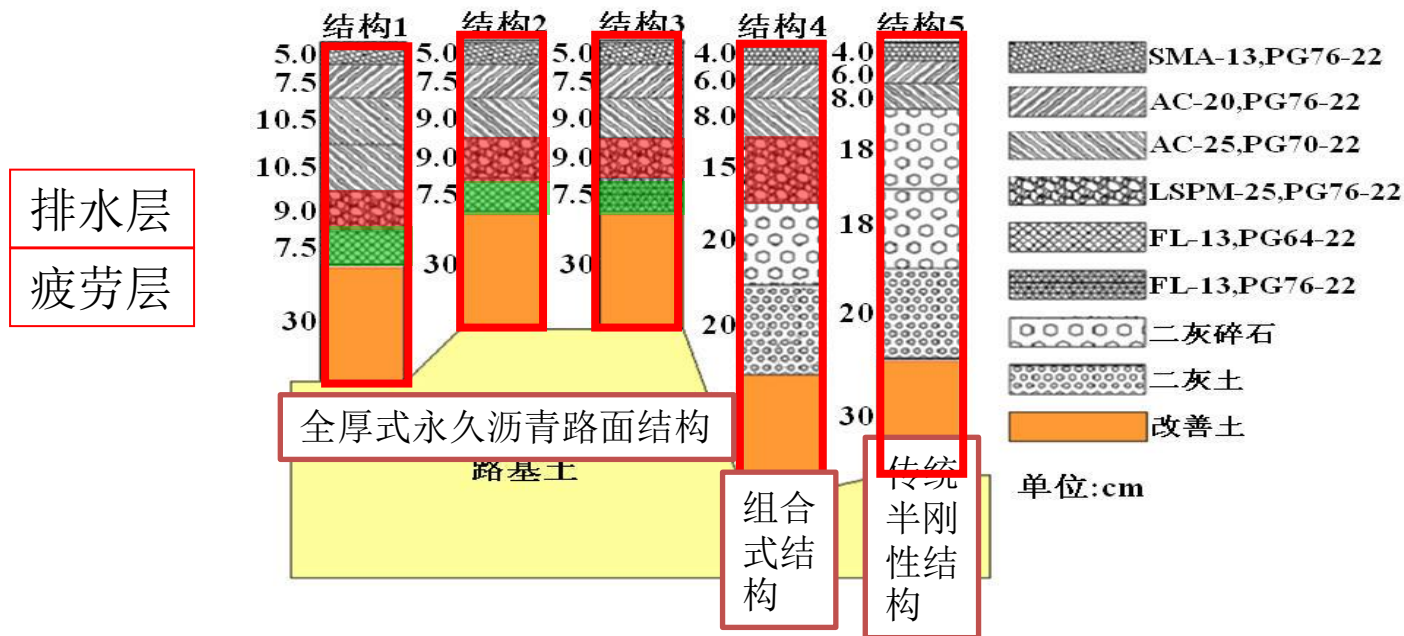
■气候环境对比对比图

35℃以上高温小时数多出80小时！



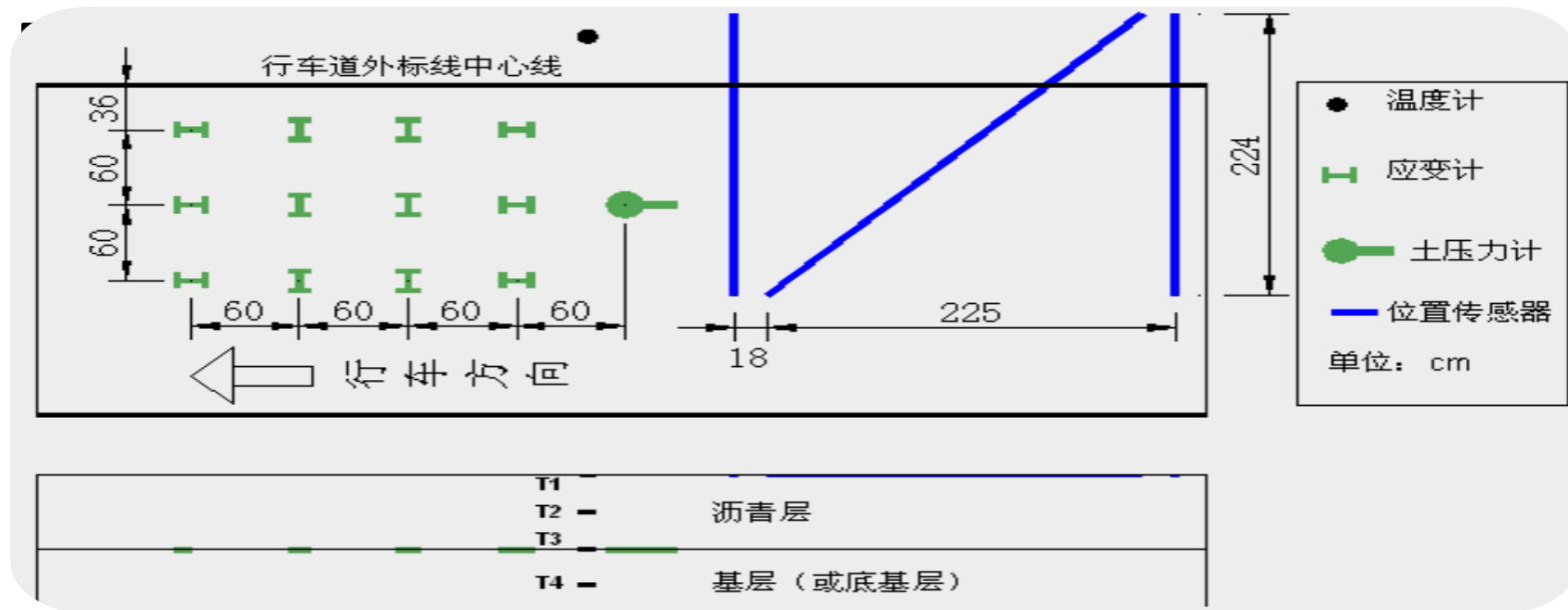
阿拉巴马

- 铺筑重载交通条件下具备路面响应实时监测和长期性能观测条件的永久性沥青路面试验路
- Perpetual Pavement Test Road was Constructed with Long-term Observation



- 开发了荷载作用、路面力学响应、交通与环境参数检测、测试系统，实现数据的准确实时采集

Load Spectrum System, Mechanical Response System and



- **实现了路面响应实时检测**

- 路面响应定期实时检测

Real-time Monitoring

► 标准轴载车检测



▲ 路面实时监测传感器

Sensors

► FWD检测



◆ 土基顶面压应力模型：

Top of the Soil Base Compressive Stress Model

$$\ln(\sigma) = aT + bL + cH + dO + eV + fE_0 + g$$

◆ 沥青层底纵向应变模型：

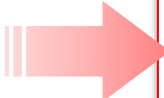
Bottom of Asphalt Layer Longitudinal Strain Model

$$\ln(\varepsilon) = aT + bL + cH + dO + eV + fE_0 + g$$

◆ 沥青层底横向应变模型：

Bottom of Asphalt Layer Horizontal Strain Model

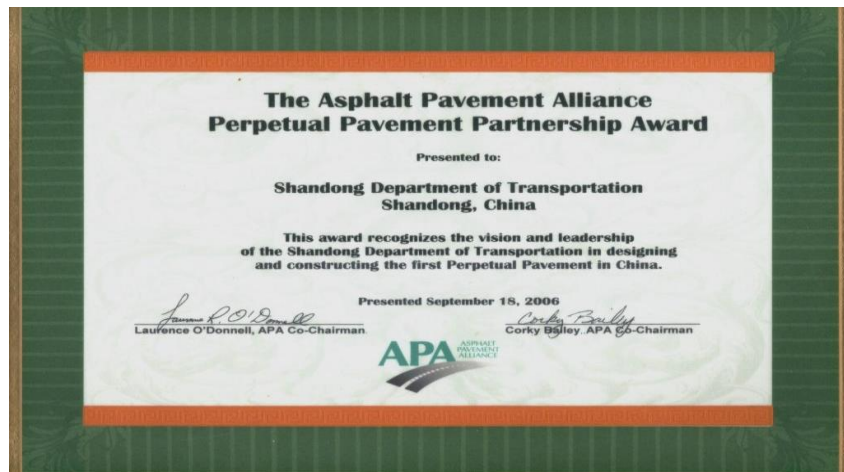
$$\ln(\varepsilon) = aT + bL + cH + dO + eV + fE_0 + g$$



发现了：重载
交通作用下路
面结构理论计
算响应与实际
不符的重大问
题

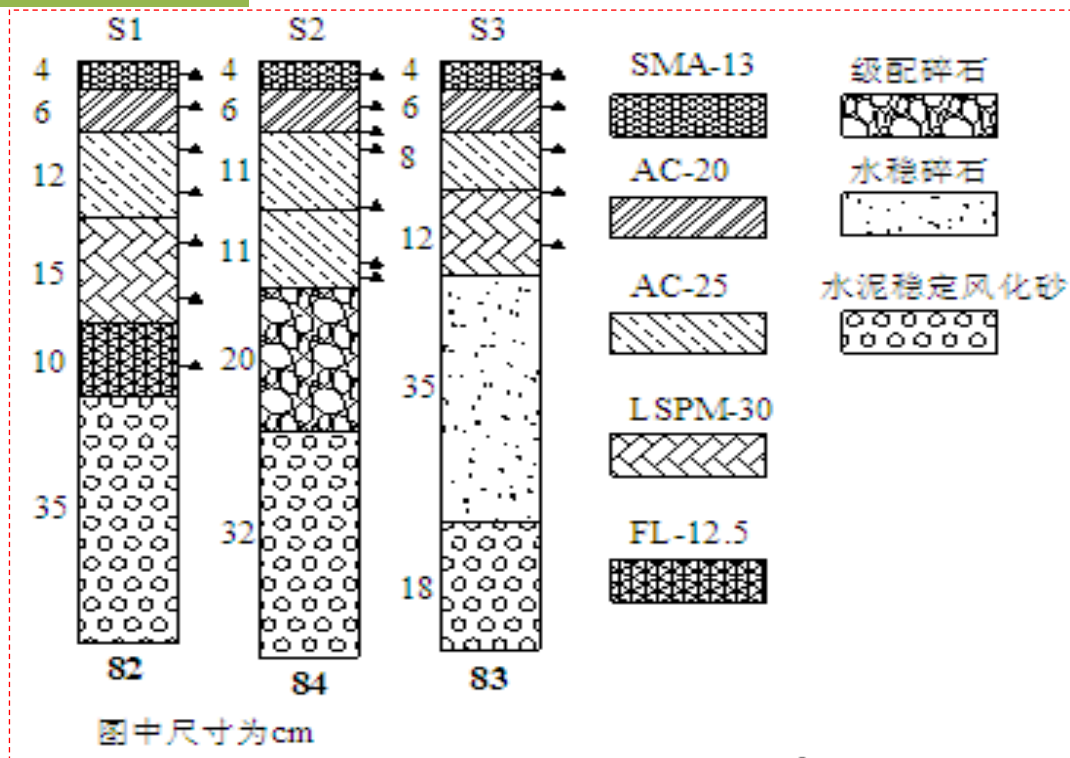
永久性沥青路面研究国际评价和国内奖励

2006年，在美国召开的“国际永久性沥青路面大会”，沥青路面联盟APA（AASHTO和NAPA）为项目组颁发“科技创新”奖，以表彰项目组**“设计并修筑了中国第一条永久性沥青路面实体工程”**，这也是APA首次向北美以外地区颁发奖章。项目2010年获得国家科技进步二等奖



济莱高速公路

Jinan to Laiwu Highway



济莱高速路面结构形式2007年

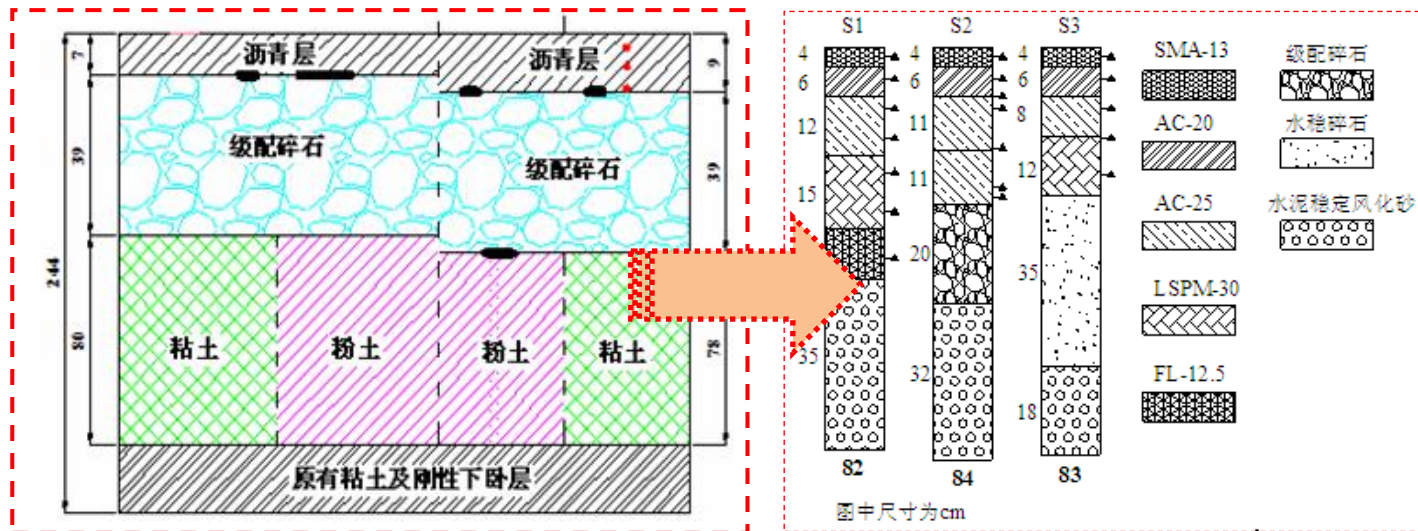
Pavement Structure of Jinan to Laiwu Highway in 2007

■研究了路面结构层反算模量温度修正新方法，得到了沥青混合料室内动态模量和现场反算模量的关系及其与温度的关系模型 Back Calculation Method of Pavement Structure Modulus

温度修正系数: $K = e^{-0.046(20-T)}$

模量修正系数 ($\lambda = E_{\text{反算}} / E_{\text{复合}}$) 与温度T关系模型 $\lambda = 1.4984e^{-0.03T}$



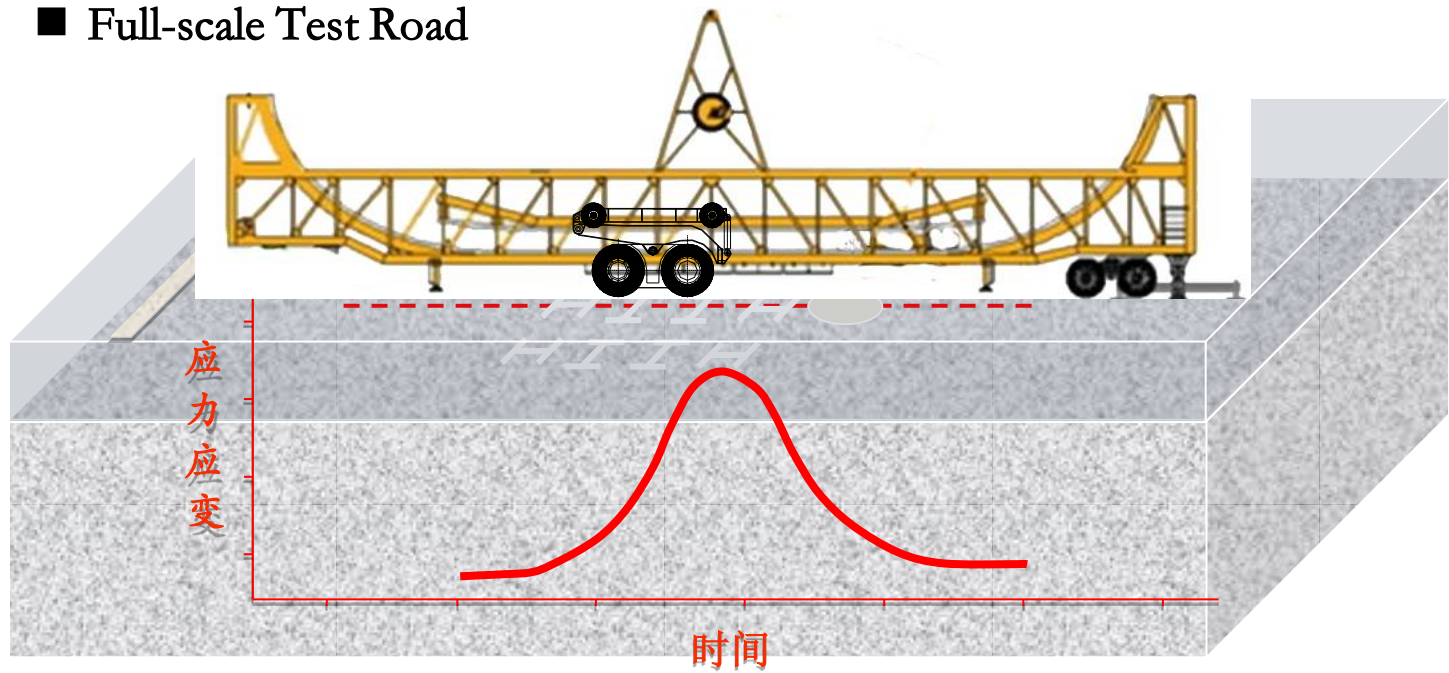


足尺路面试验路结构形式
Full-scale Test Road

实体工程试验路结构形式
Field Test Road

- 建立了足尺路面试验环境监测、动力响应、性能衰变检测与评价系统，实现了足尺路面试验与实体工程评价体系的有效对接

- Full-scale Test Road



动态称重

应变计

加速加载足尺路面完整的力学测试系统

压力计

温度传感器

■ 在力学响应、检测手段、观测方法、数据分析等多方面实现同步对接研究。



FWD

加速
加载
试验



实体
工程
试验路

●基于足尺路面试验与实体工程试验路力学响应观测，建立了重载运动车辆荷载、温度、湿度耦合作用下结构动态力学响应模型和其力学响应关系。

●Dynamic Mechanical Response Model

◆土基顶面压应力模型：

Soil-based top surface compressive stress model

$$\text{单轴: } \ln(\sigma) = 0.054T + 0.055W + 0.470$$

$$\text{三联轴: } \ln(\sigma) = 0.073T + 0.029W + 0.154$$

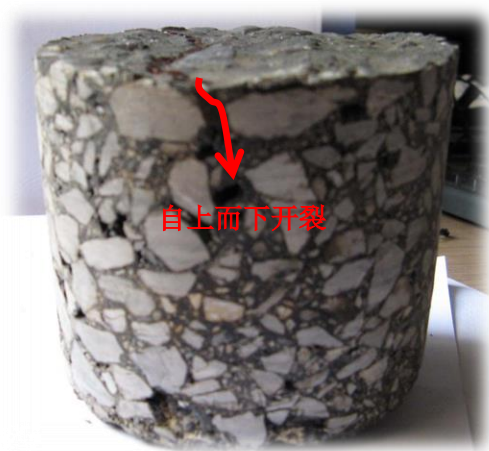
◆沥青层底纵向应变模型：

Asphalt layer bottom longitudinal strain model

$$\text{单轴: } \ln(\varepsilon) = 0.019T + 0.075W + 2.727$$

$$\text{三联轴: } \ln(\varepsilon) = 0.037T - 0.043W + 5.361$$

- 发现了在中、低温环境和荷载反复作用下，含柔性层沥青路面**两种损坏模式**：源于路表的自上而下开裂和源于沥青层层底的疲劳开裂。
- Two Damage Patterns



Top-down

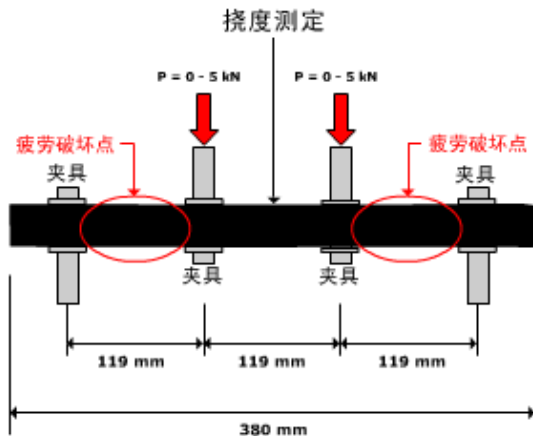


Fatigue Cracks

➤路面结构寿命设计--疲劳：对室内沥青混合料疲劳寿命预估方程，结合足尺路面验证，提出了考虑荷载横向分布的现场修正模型，室内模拟与加速加载的对接。

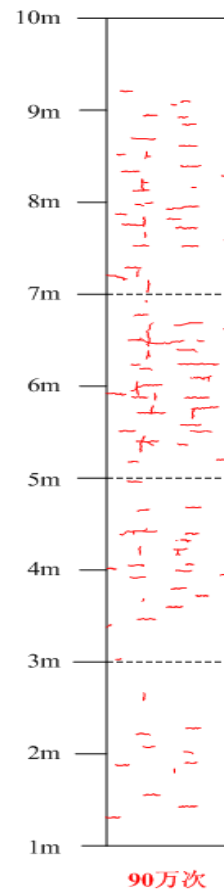
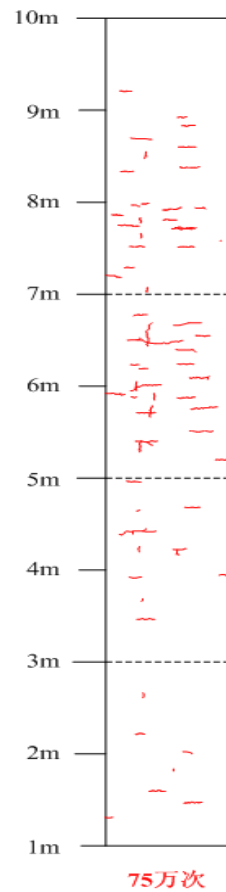
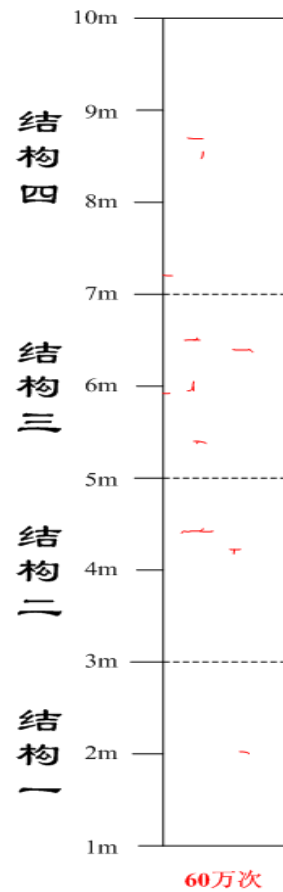
➤Field Test Modified Model

$$N_{f-field} = 7.037 \times 10^{18} \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^{3.973} \left(\frac{1}{E} \right)^{1.579} (VFA)^{2.720}$$



Cracks Development of Full Scale Test Road with ALT

足尺路面加速加载裂缝发展

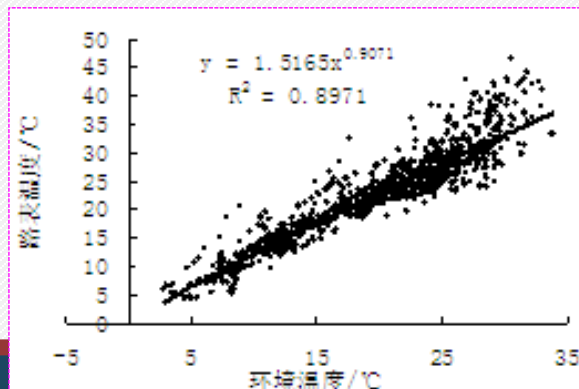
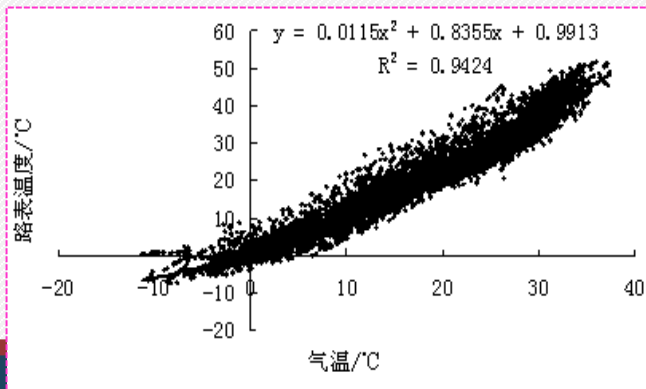


➤通过实体工程试验路温度监测，对接足尺路面试验，构建了路面自上而下开裂的当量温度预估模型和疲劳开裂的温度预估模型。

➤Temperature Prediction Model with Two Cracking Patterns

$$T_{20mm} = 0.511 + 0.007T_{a1}^2 + 0.871T_{a1} + 15.116Q_3$$

$$T_{mp} = 1.576 + 1.138T_a - 0.007T_a H + (0.06H + 0.0000383H^3)$$



省内应用推广

Application in Shandong



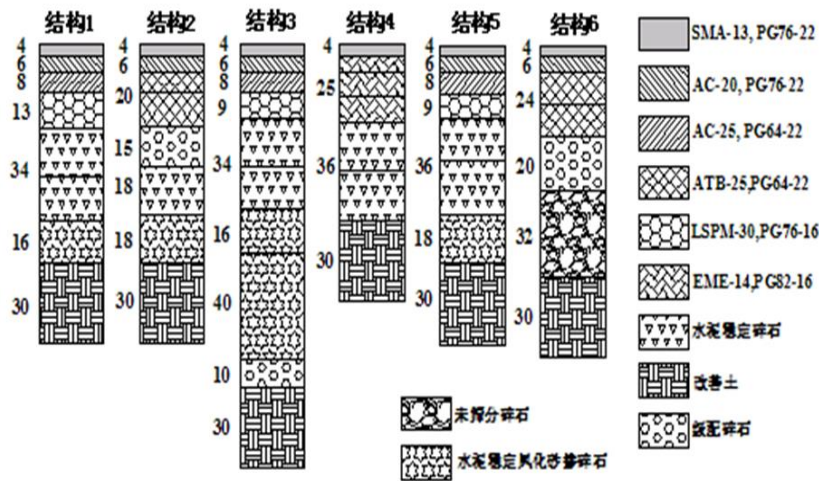
05-07年，推荐结构在山东境内新建高速公路应用763.8Km，养护大修300Km，2010年后通车的700余公里，以及目前在建与将建的高速公路。

The Application of Perpetual Pavement Structure was 763.8 Km (New Build) and 300 Km (Maintenance) in Shandong from 2005 to 2007. From 2010, 700 Km was Built.

青临高速公路 Qingzhou to Linshu Highway

● 重载交通下新型高性能水泥混凝土与高模量沥青混合料耐久性路面结构研究

High Performance Cement Concrete and High Modulus Asphalt Mixture Perpetual Pavement in Heavy Traffic

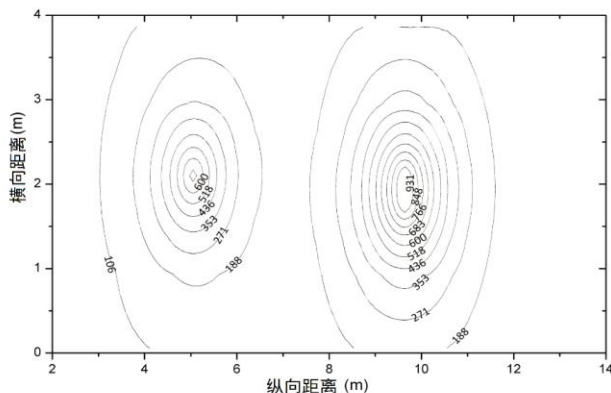


新一代耐久性路面典型结构

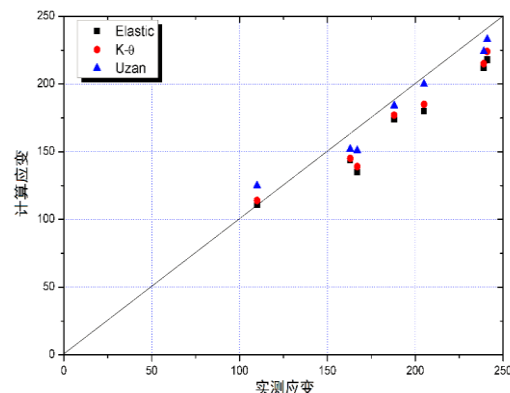
New Generation of Perpetual Pavement Structure

发现了重载交通路面结构粘弹性动力响应和微观疲劳裂缝发展规律，诠释了柔性基层沥青路面与刚性路面结构行为特性，提出了新型路面结构与设计参数，构建了路用性能全寿命期衰减模型，发展了路面结构力学经验法设计理论。

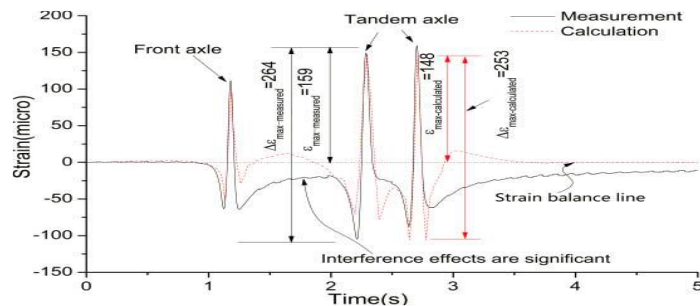
- 进一步揭示了典型路面结构应力应变分布规律与力学行为特性。
- Strain-Stress



级配碎石模量场



计算与实测应变



动态应变特征

● 研究典型路面结构应力应变分布规律与力学行为特性

不同基层类型沥青路面疲劳预估模型

Fatigue Prediction Model

基层类型	疲劳预估模型
半刚性基层沥青路面	$N_f = 1269.06 H_1^{1.609} E_1^{-0.384} H_2^{0.262} E_2^{0.286} E_3^{0.131} P^{-1.369}$
级配碎石基层水泥稳定 碎石底基层沥青路面	$N_f = 27917.25 H_1^{0.789} E_1^{-0.121} P^{-1.325}$
级配碎石基层沥青路面	$N_f = 62818.19 H_1^{0.413} E_1^{-0.128} P^{-1.364}$

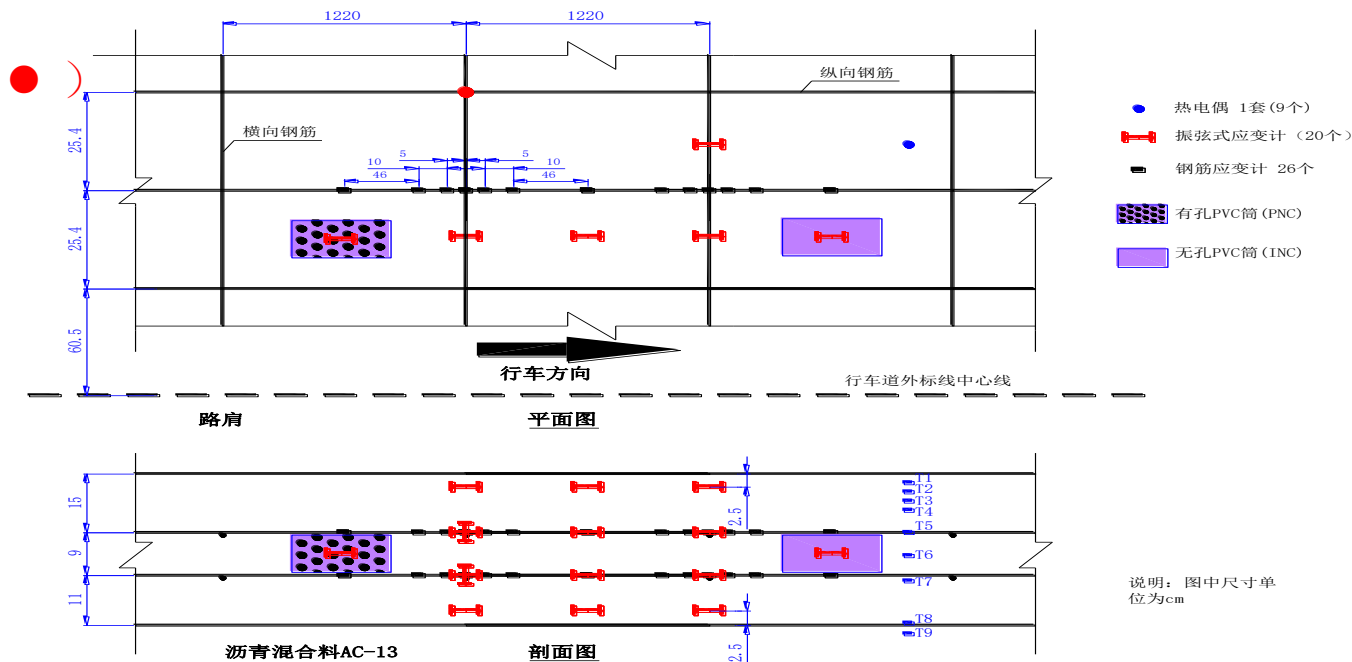
偏荷载

$$N = 254570000 \times \frac{(h_{p2}^{1.73} + h_{p3}^{536.76})}{h_b^{0.252}} \times E_p^{0.005} \times load^{-0.122} \times \varepsilon_p^{-0.11}$$

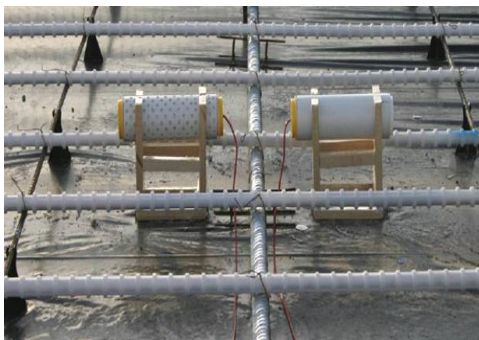
温度荷载

$$N = 3042000 \times \frac{(h_{p2}^{0.554} + h_{p3}^{3.731})}{h_b^{0.254}} \times E_p^{-0.912} \times \Delta T^{-0.785}$$

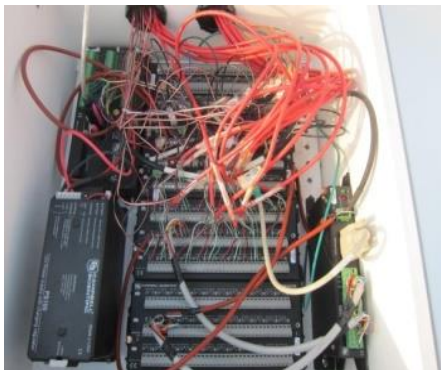
开发了CRCP钢筋应变、水泥混凝土温度及应变测试系统，
研发了线膨胀系数测试方法和设备，形成了成套CRCP力学
响应测试系统。（发明专利：ZL201210343707.3、
ZL201210343722.8）



CRCP钢筋应变、水泥混凝土温度及应变测试系统



现场温湿度耦合条件下水泥混凝土线膨胀系数测试体系
Cement Concrete Coefficient of Linear Expansion Detection System



钢筋应变检测系统
Rebar Strain Detection System

青临高速公路通车七年后



汇报内容



背景概述

1

长寿命路面结构的比较与选择

2

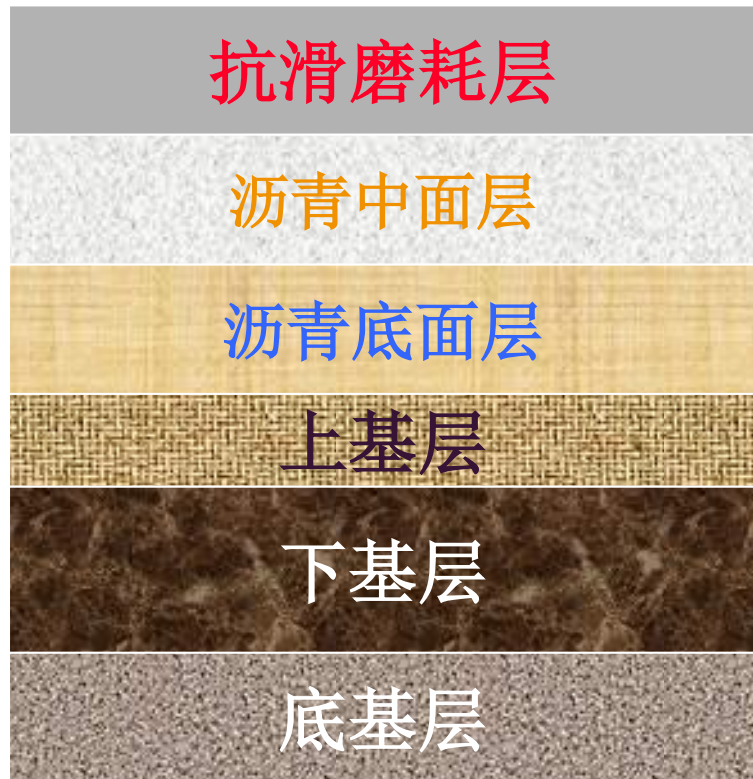
高性能沥青路面材料设计及性能要求

3

沥青路面结构响应规律

4

4cm	SMA-13
6cm	SUP-20
8cm	SUP-25
10-15cm	LSPM-30
34-36cm	水稳碎石 或二灰碎石
20cm 稳定砂砾、石灰土或二灰土	

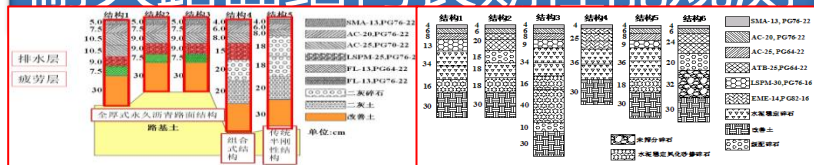


山东重载交通高速公路
Heavy Traffic Highway in Shandong Province

设计路面结构性能分析 Performance

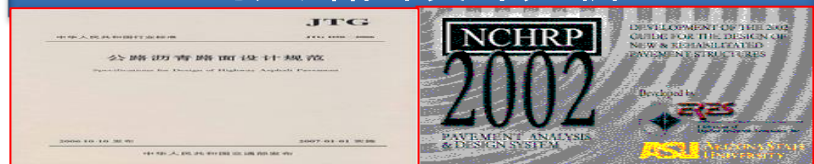
路面结构设计分析 Structure Analysis

耐久路面结构长期性能观测



基于实体工程长期观测验证分析
Long Time
Performance

耐久路面设计分析



基于规范标准设计
Pavement Design
Standard

耐久路面验证分析



基于国内外专项设计验证
Verification

路面结构组合设计

Pavement Structure Design

3、建设及养护时间缩短，提高效率

2、结构寿命大于30年

1、厚度82cm

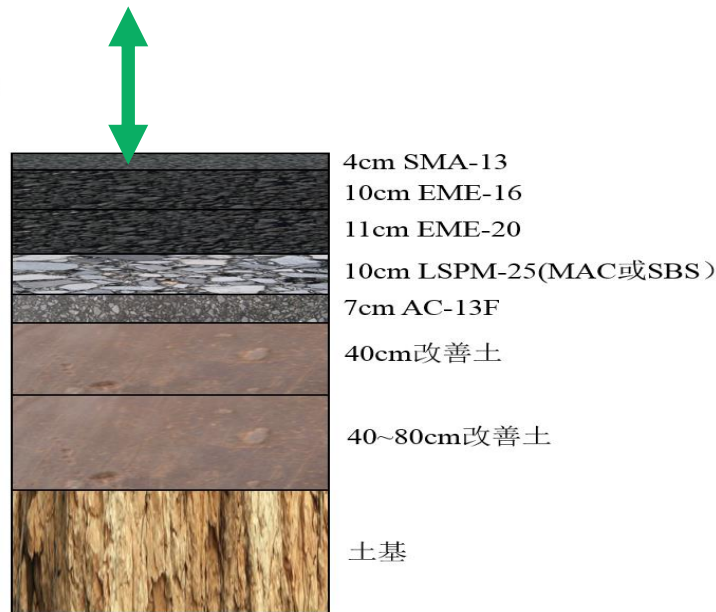


组合式基层耐久路面结构
Combined Based

结构寿命大于40年

厚度42cm

减薄40cm



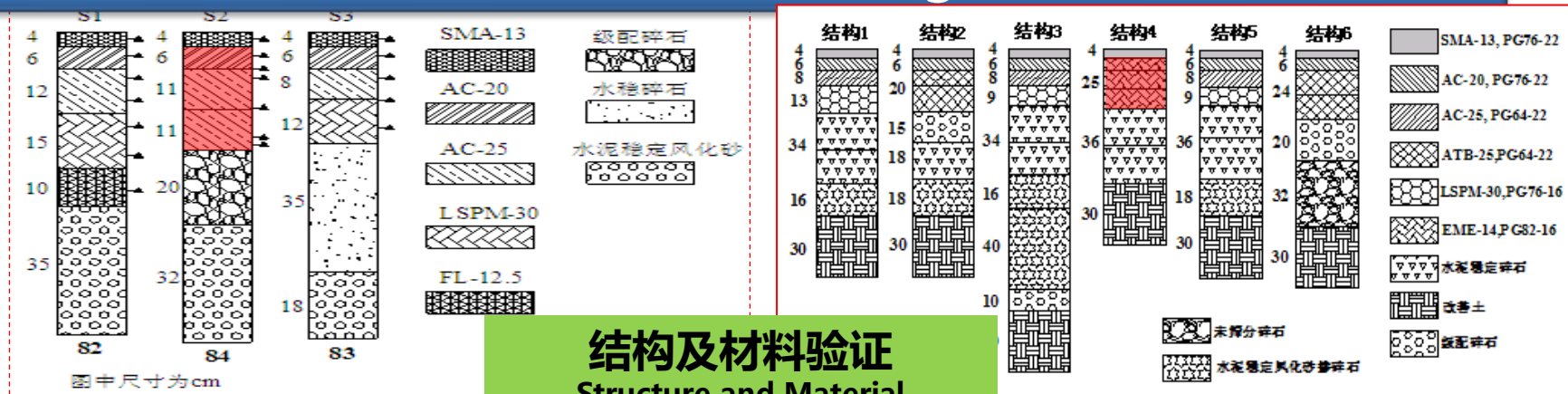
全厚式耐久路面结构
Full Depth Asphalt Pavement

3、高效安全

2、经济耐久

1、节约资源

耐久路面结构长期性能观测验证 Long-term Observation



济莱高速路面结构形式2007年

2012年青临试验路路面结构图

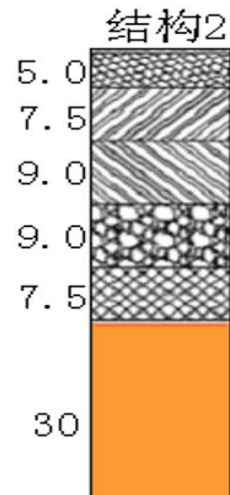
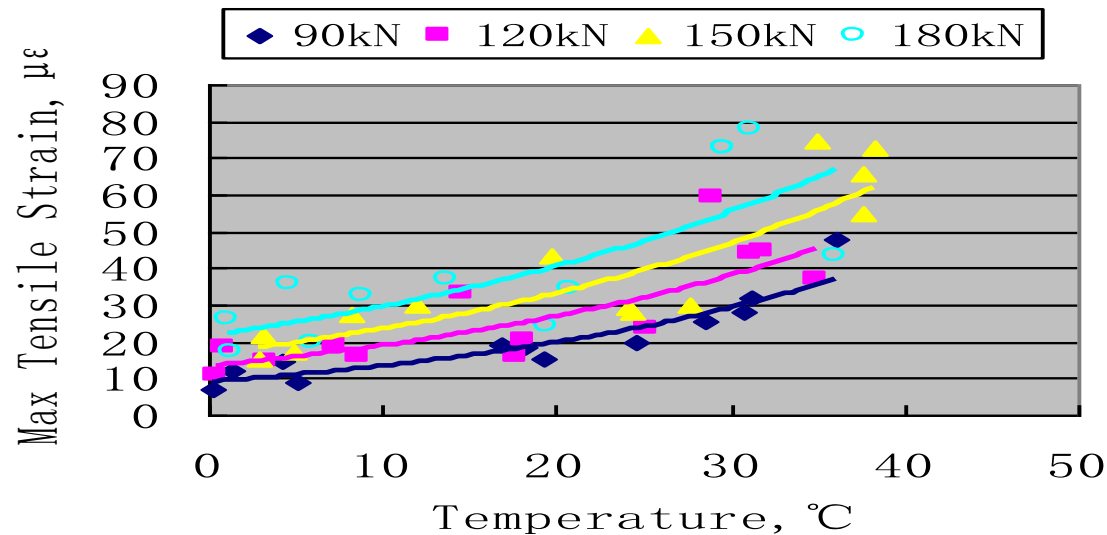
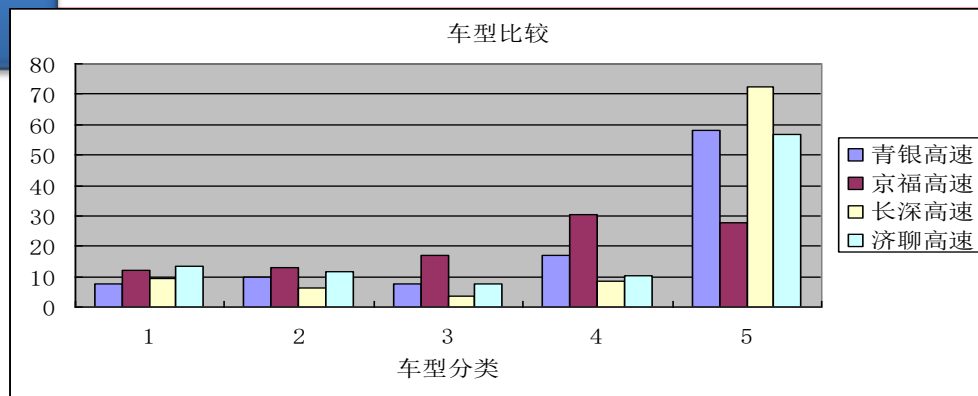
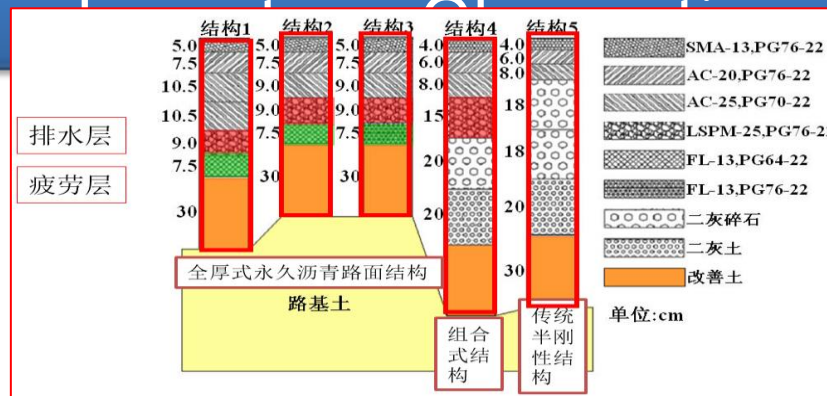


G25长深高速滨州车辙
维修段
Putting

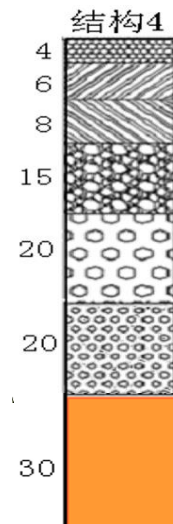
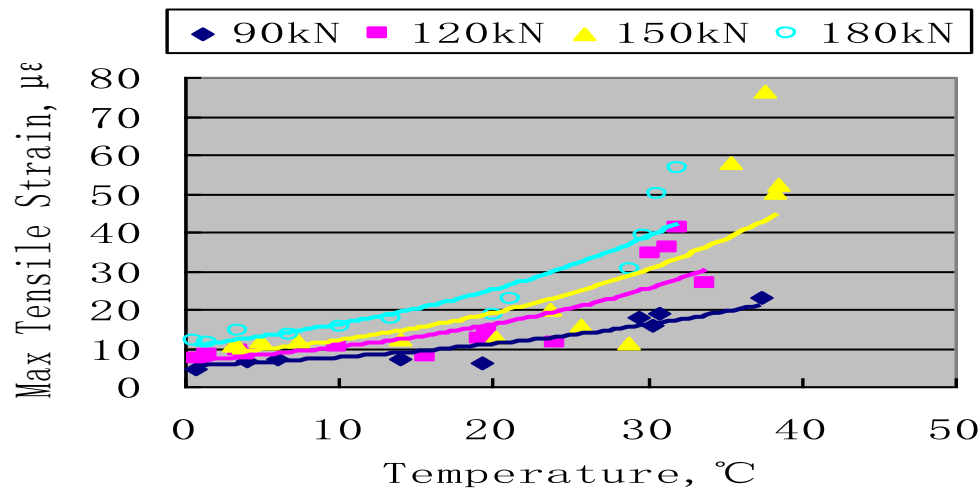
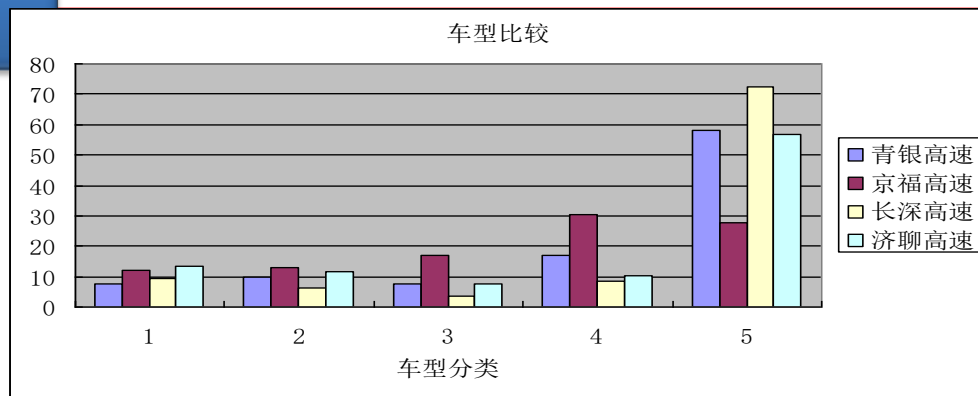
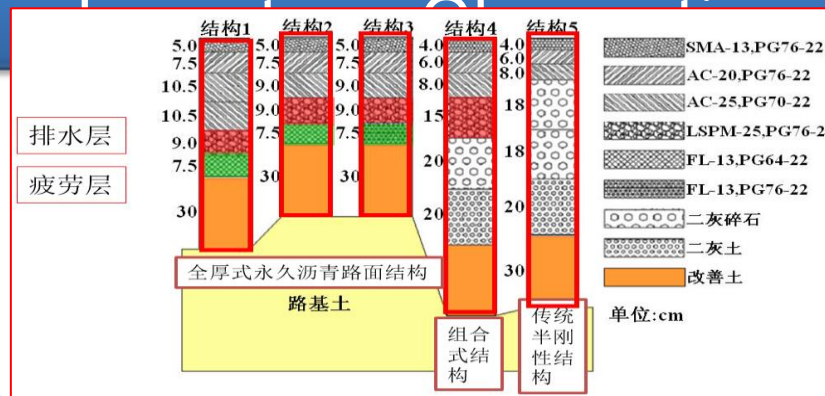
重载港口集装箱场站
站
Port

流亭国际机场
跑道
Airport

耐久路面结构长期性能观测验证

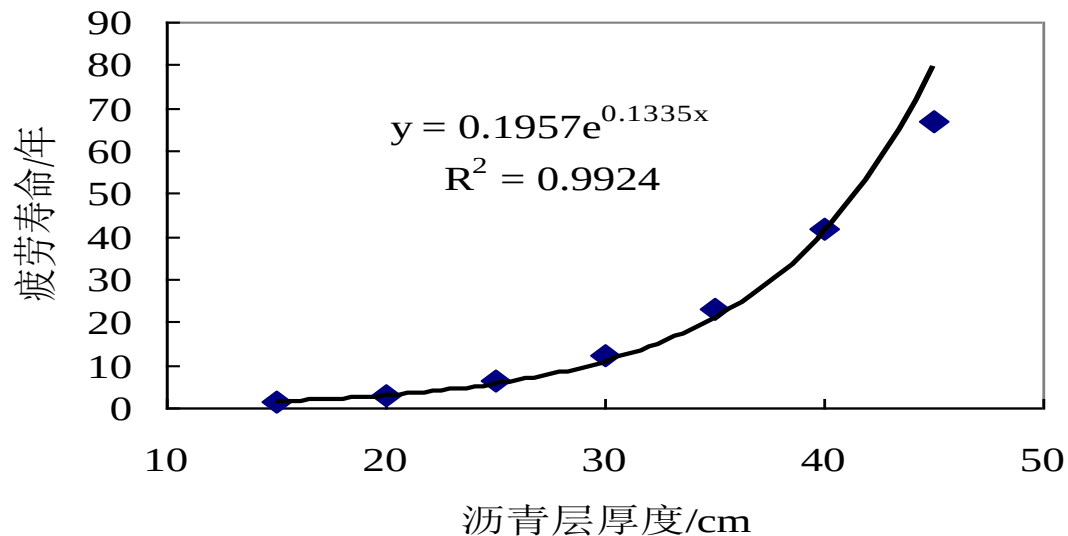


耐久路面结构长期性能观测验证



耐久路面结构长期性能观测验证

Long-term Observation



基于实测路面厚度（全厚式）分析结果
 $E_0 > 200\text{Mpa}$

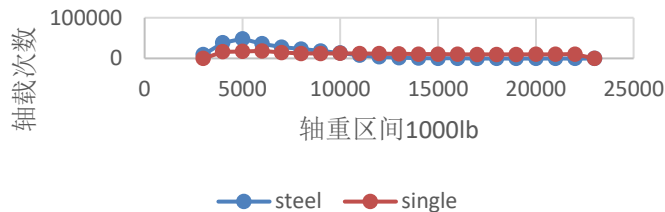
路面结构计算参数

材料类型	动态模量 @20°C, 10Hz / MPa	泊松比	备注
SMA-13	9000	0.25	SBS改性沥青
EME-16	14000	0.25	高模量沥青
EME-20	14000	0.25	高模量沥青
LSPM-25	8000	0.4	SBS改性沥青
AC-13F	8500	0.25	SBS改性沥青
路床顶面当量回弹模量	220	0.4	/

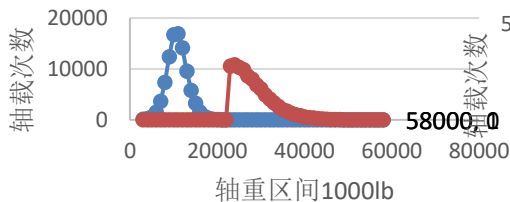
- ❑ 为提高路基路面结构的整体性能，路床处理方案为40cm（水泥掺量6%）+40~80cm（水泥掺量4%），总处理深度为120cm。
- ❑ 路床交验时的FWD实测弯沉值不大于80（0.01mm），或者路床顶面反算回弹模量不低于220Mpa。

美国MEPDG路面设计

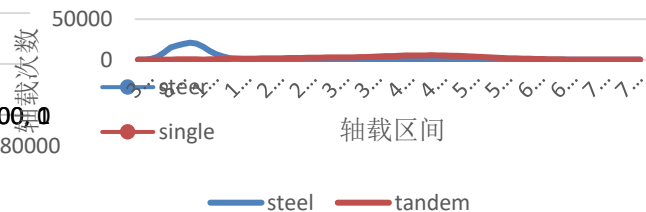
4类车轴载谱



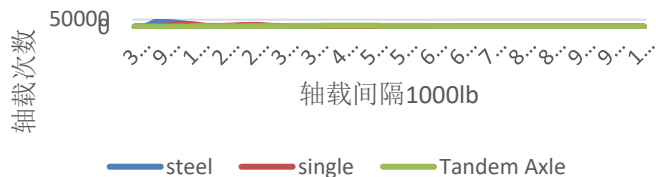
5类车轴载谱



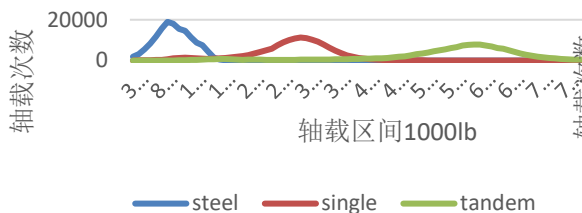
6类车轴载谱



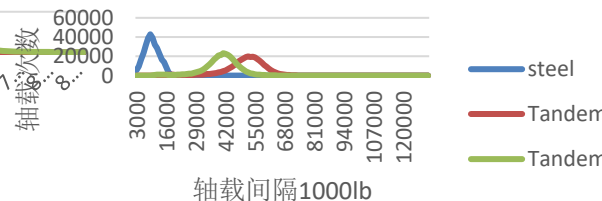
7类车轴载谱



8类车轴载谱



9类车轴载谱



10类车轴载谱

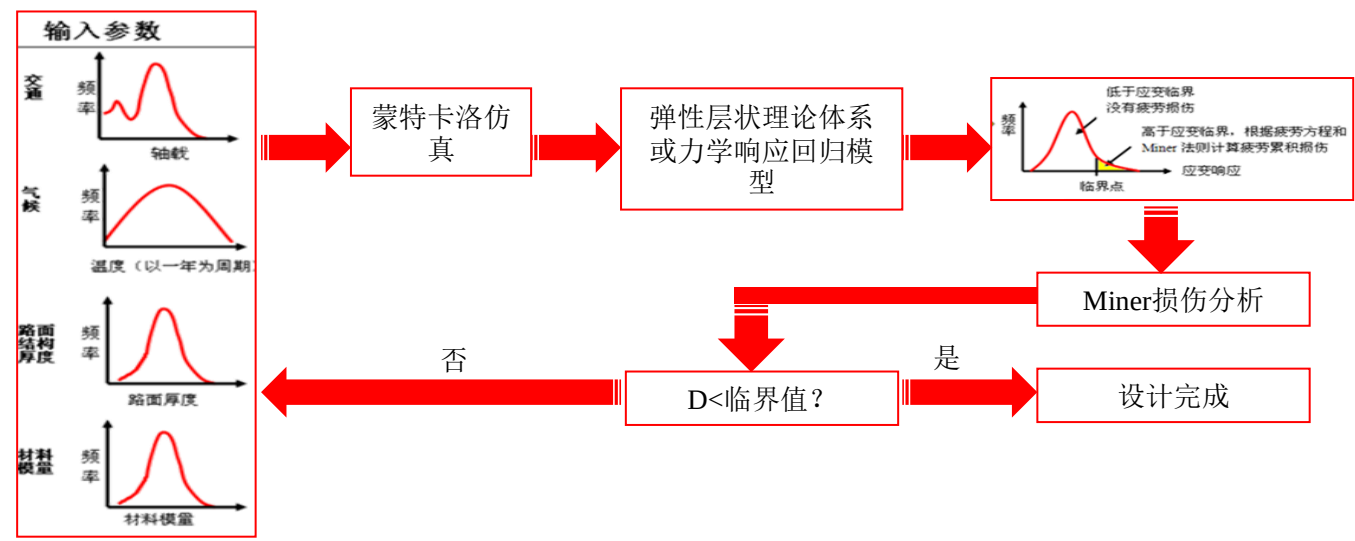


**基于京沪高速苏鲁240
万辆货车轴载数据**
Based on Beijing to Shanghai
Highway in Shandong and Jiangsu

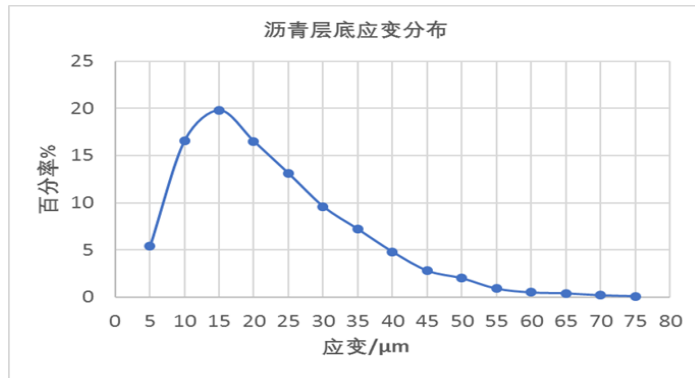
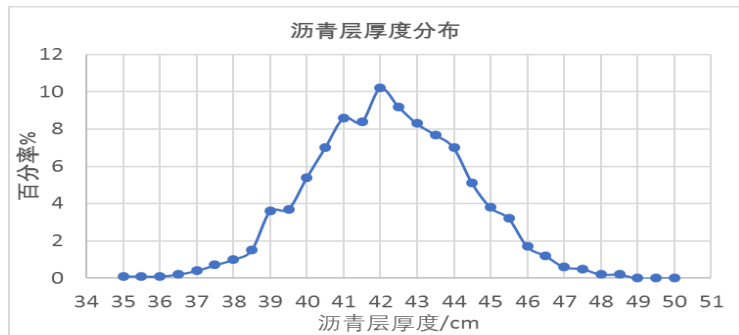
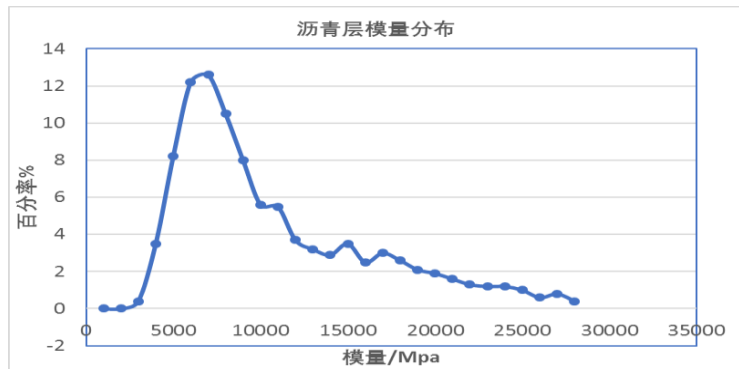
国际沥青路面联盟Peroad验证

基于累积损伤的永久路面设计方法

Accumulated Damage Perpetual Pavement Design



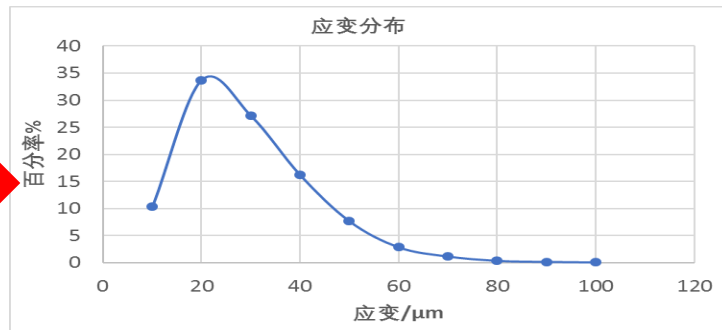
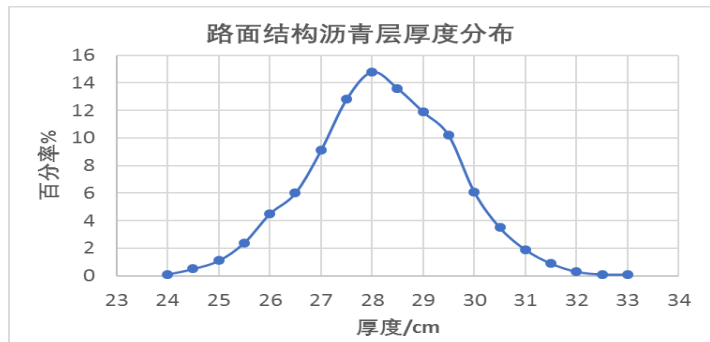
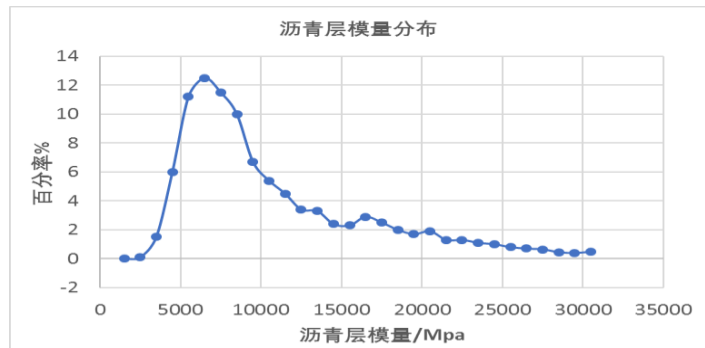
全厚式永久路面结构 Full Depth Pavement



结构
疲劳
56年

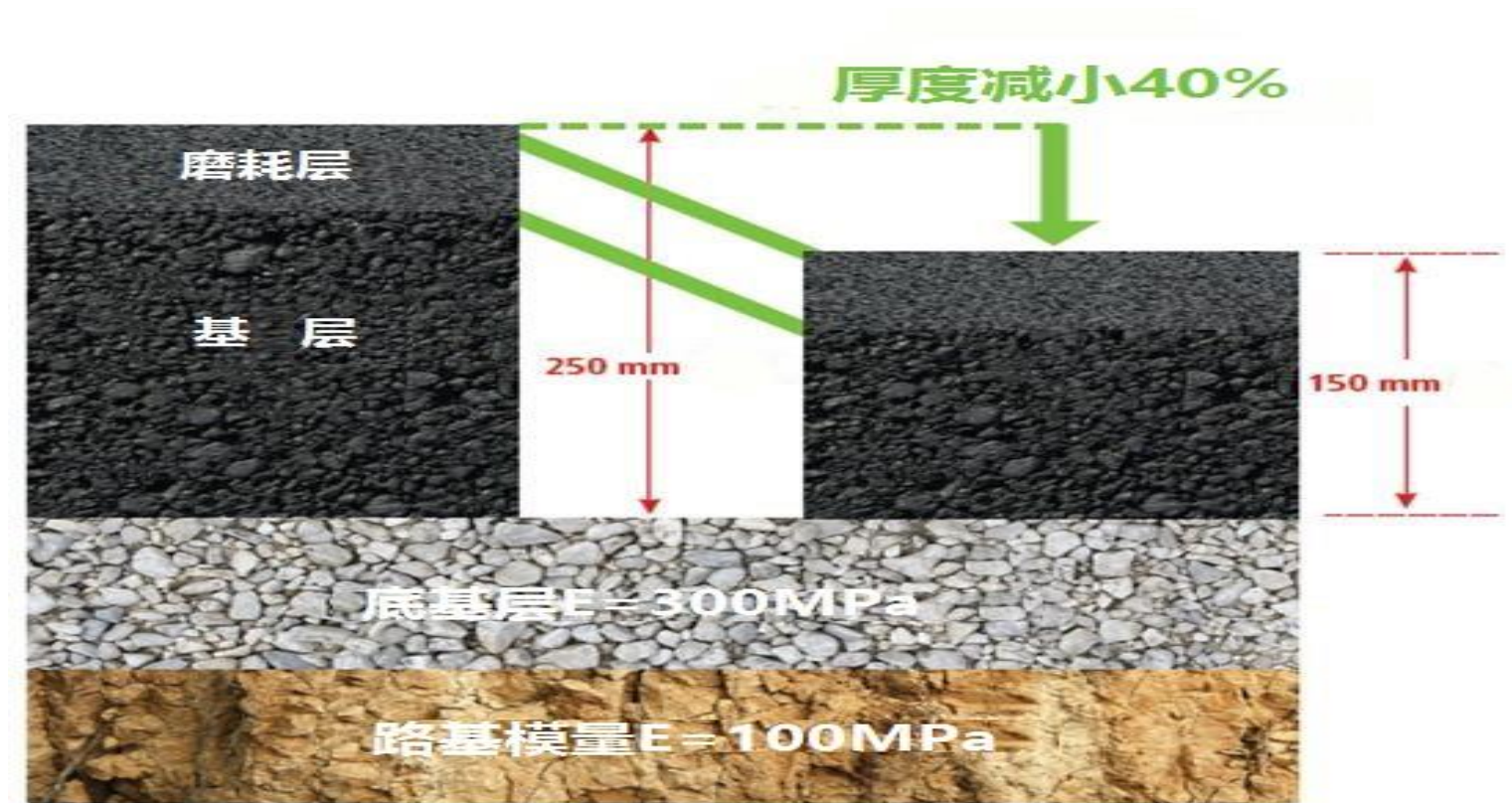
Structure
Fatigue
56 years

组合式路面结构 Combined Pavement



结构疲劳
29.6年
Fatigue
29.6

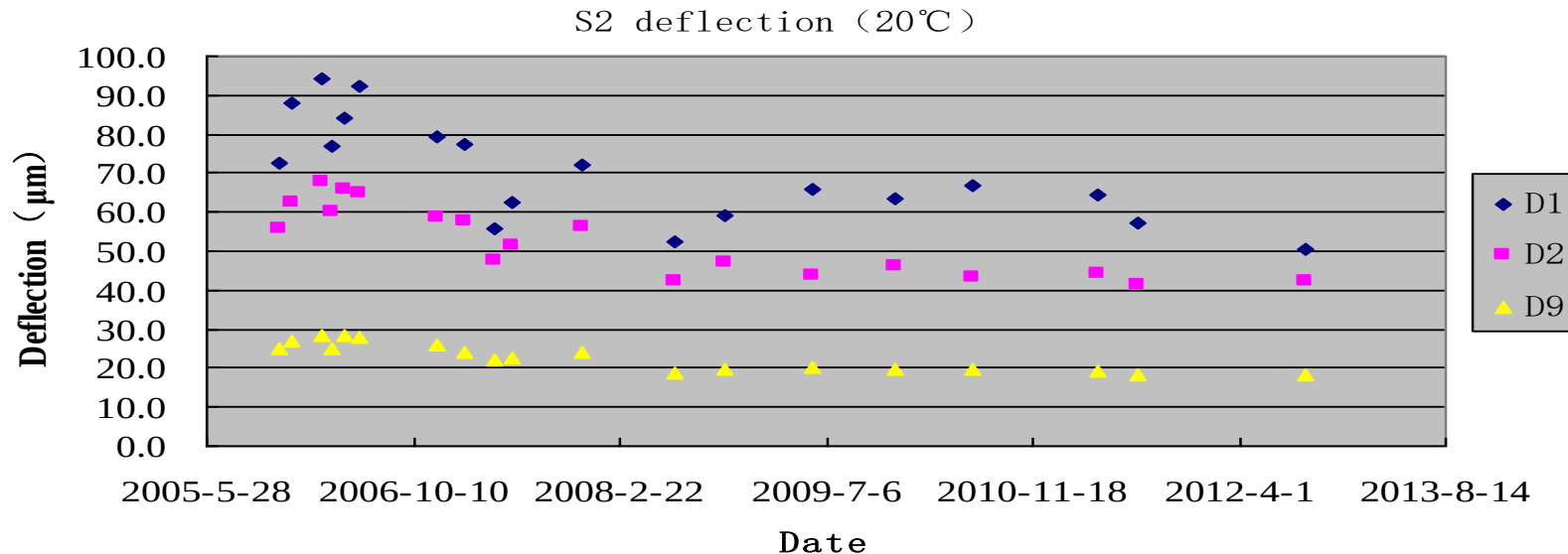
- 高速公路:



Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S2弯沉随时间变化

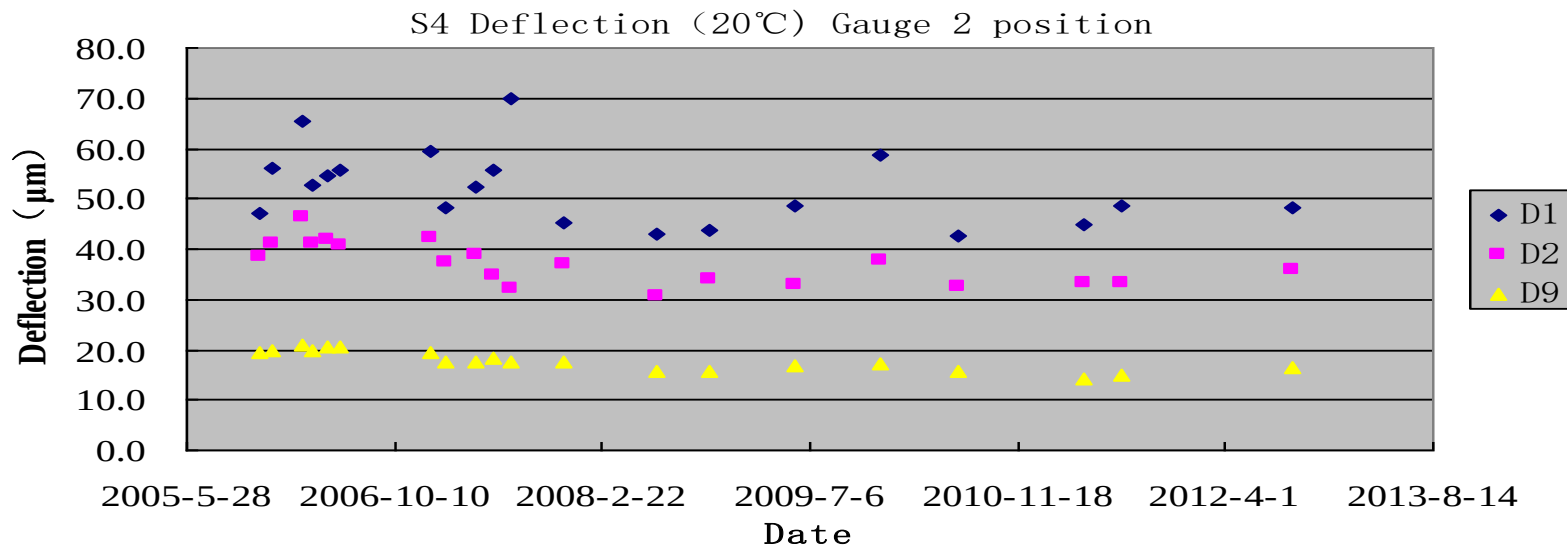


S2弯沉随时间变化 (温度修正至20°C)

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S4弯沉随时间变化



S4弯沉随时间变化（温度修正至20°C）

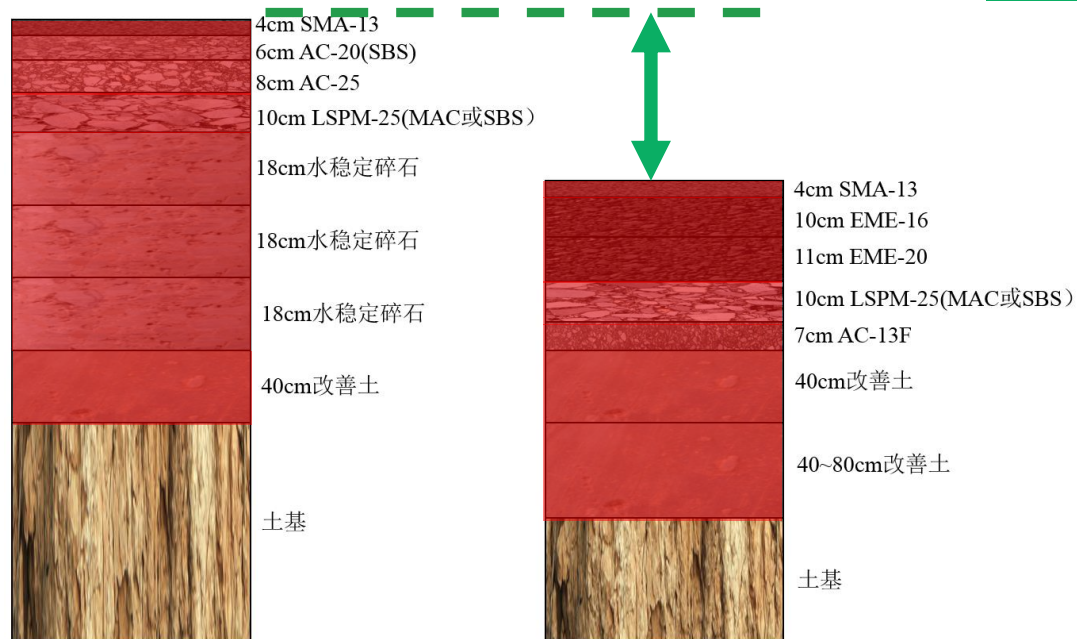
路面结构组合设计

Pavement Structure Design

- 3、建设及养护时间缩短，提高效率
- 2、结构寿命大于30年
- 1、厚度82cm

结构寿命大于40年
厚度42cm 减薄40cm

- 3、高效安全
- 2、经济耐久
- 1、节约资源



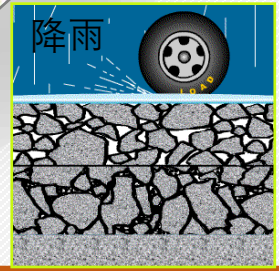
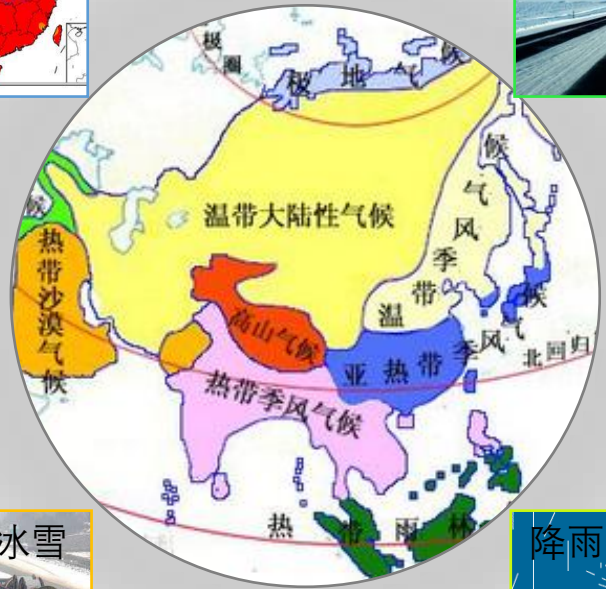
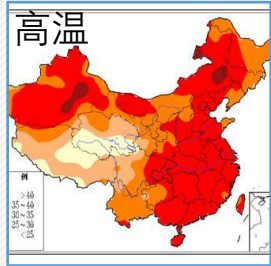
组合式基层耐久路面结构
Combined Based

全厚式耐久路面结构
Full Depth Asphalt Pavement

汇报内容



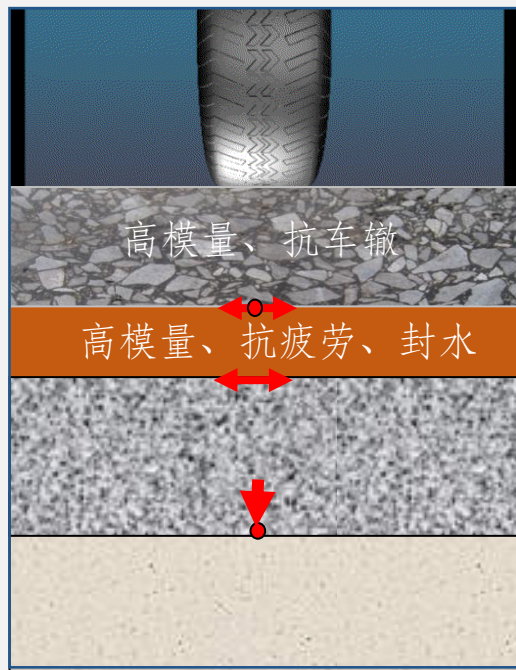
- 1 背景概述
- 2 长寿命路面结构的比较与选择
- 3 高性能沥青路面材料设计及性能要求
- 4 沥青路面结构响应规律



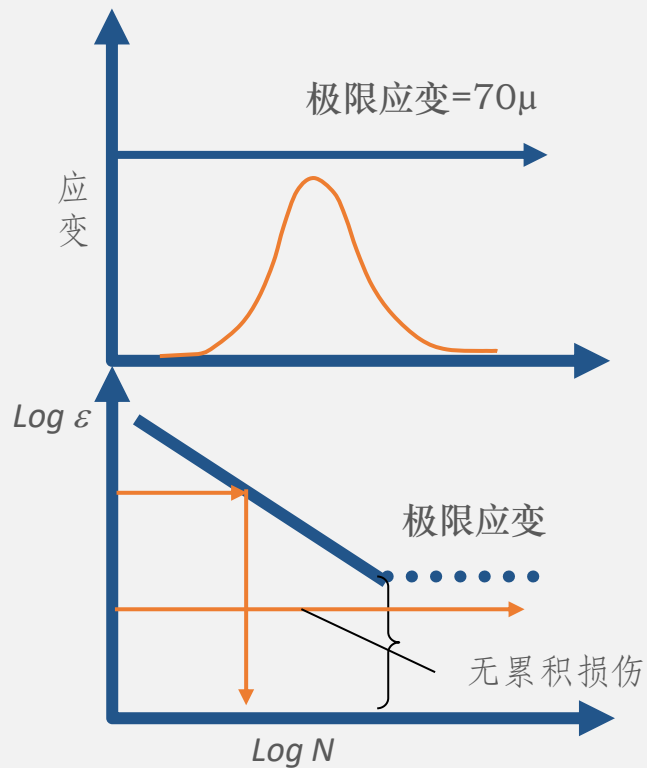
极端使用环境对沥青铺装**耐久性**提出要求



一、研究背景与总体思路



永久性沥青路面结构



新一代高品质沥青混合料设计核心

抗车辙
(高温稳定性)

抗疲劳
(长期性能)

传统沥青混合料
设计目标与核心

体积指标设计

部分性能的验证

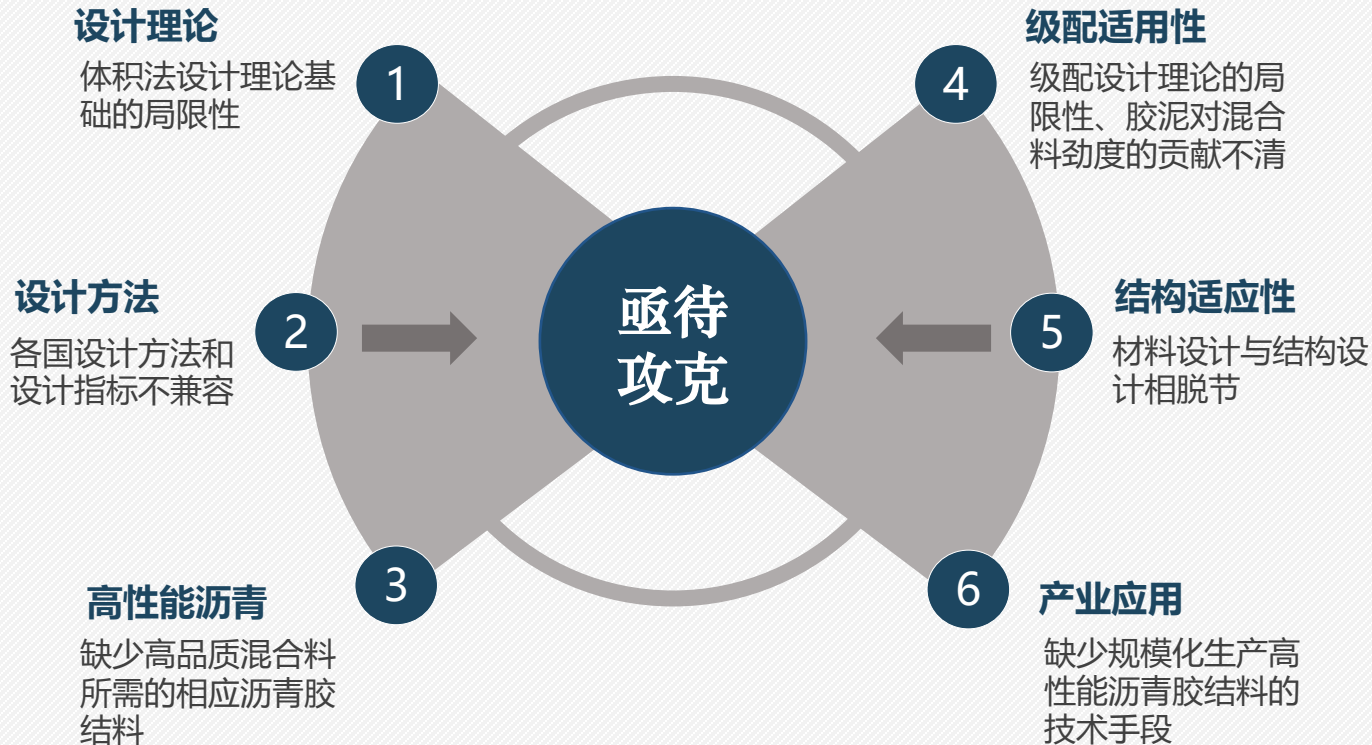
密实性

易压实
(工作和易性)

抗松散
(水稳定性)

抗开裂
(低温性能)



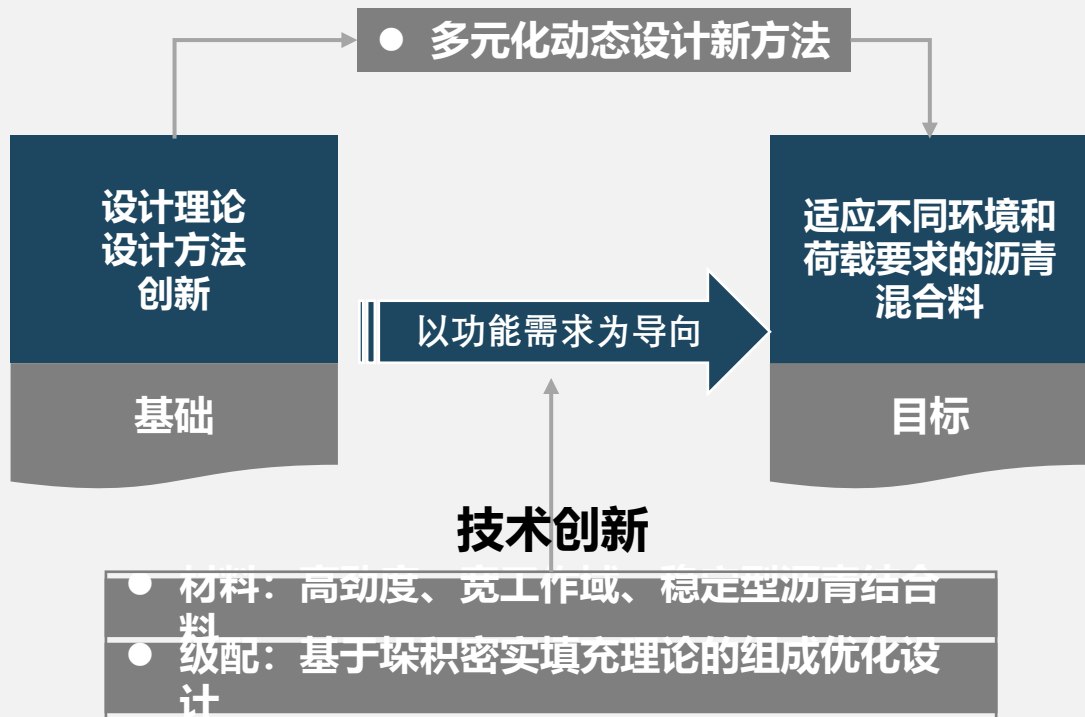


高品质沥青混合料设计六大技术瓶颈



总体思路

● 总体思路



建立了以**功能需求**为基础，新一代高品质耐久性沥青混合料设计理论与方法，攻克了沥青混合料性能全面提升技术难题，为各类严酷荷载环境下的耐久性铺面设计奠定基础。



不同交通环境对不同路面材料与结构有不同的性能要求

Performance Requirement of Different Materials and Structures in Different Traffic

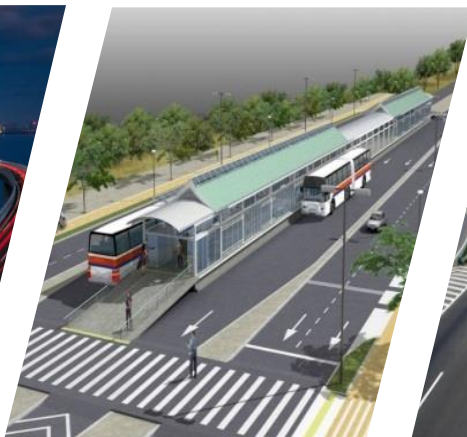
耐久道路 Perpetual Pavement



港区道路港口专用路



桥面铺装



城市道路（大容量公交专用道）

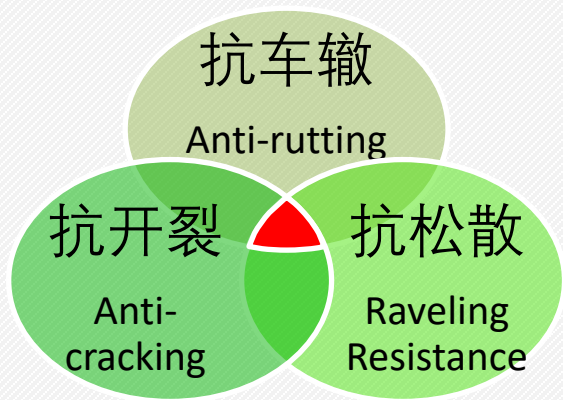


高速公路重载、长大纵坡



机场道路

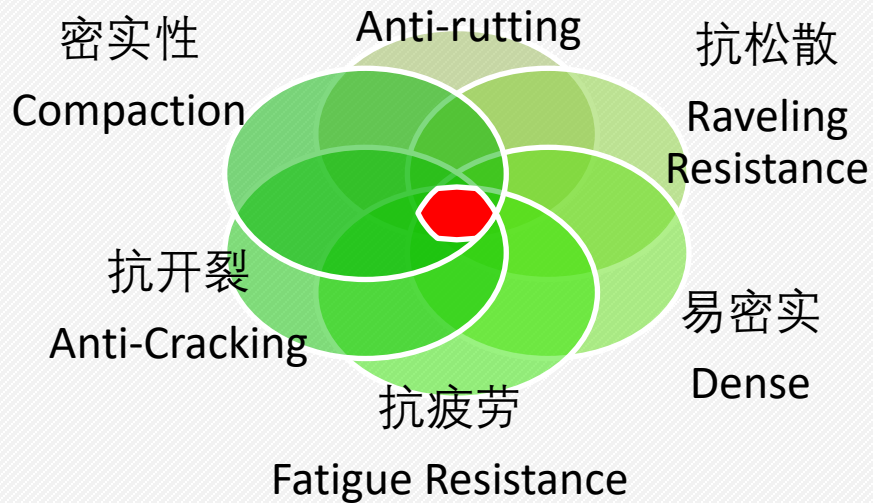
传统设计方法考虑 Traditional Design



VS

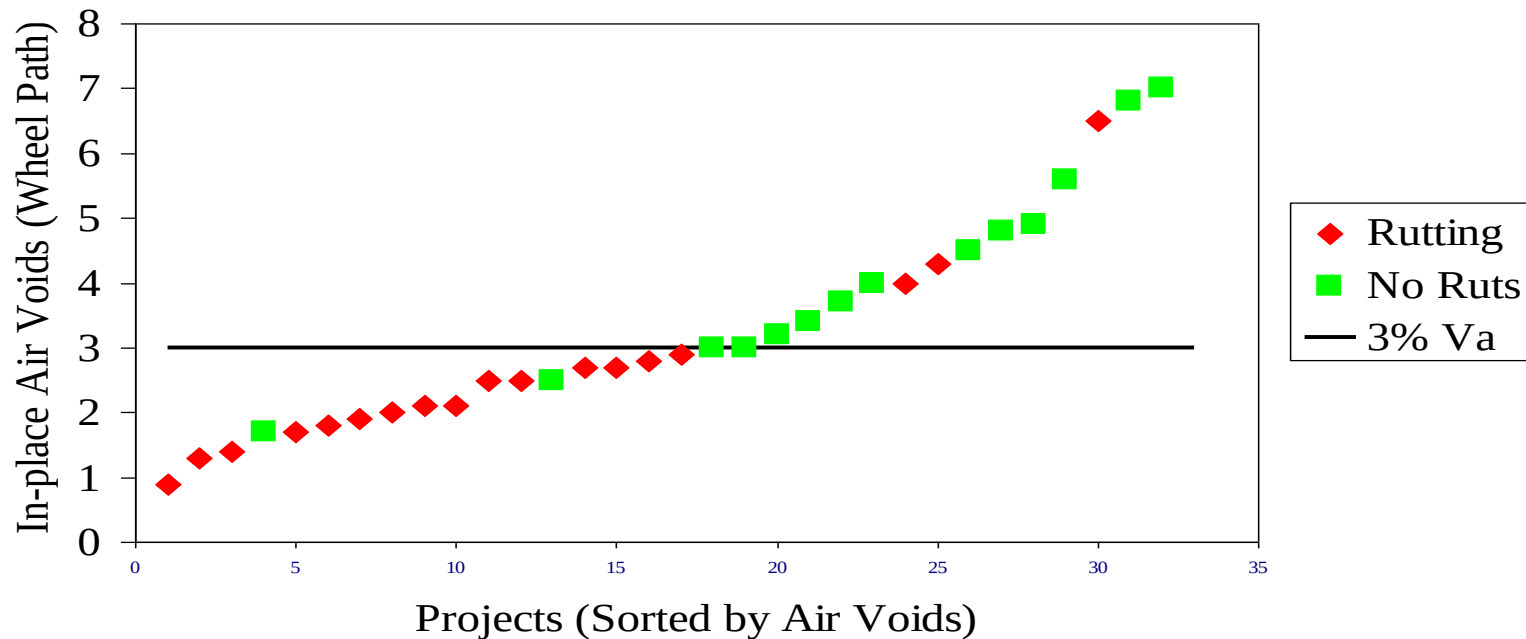
工程的需求 Engineering Requirement

抗车辙



高品质与耐久性成为沥青混合料设计的重大需求！

为什么要体积性质？



沥青路面性能要求

- 影响路面性能的主要因素：路面孔隙率



- 路面孔隙率：路面压实、设计空隙率

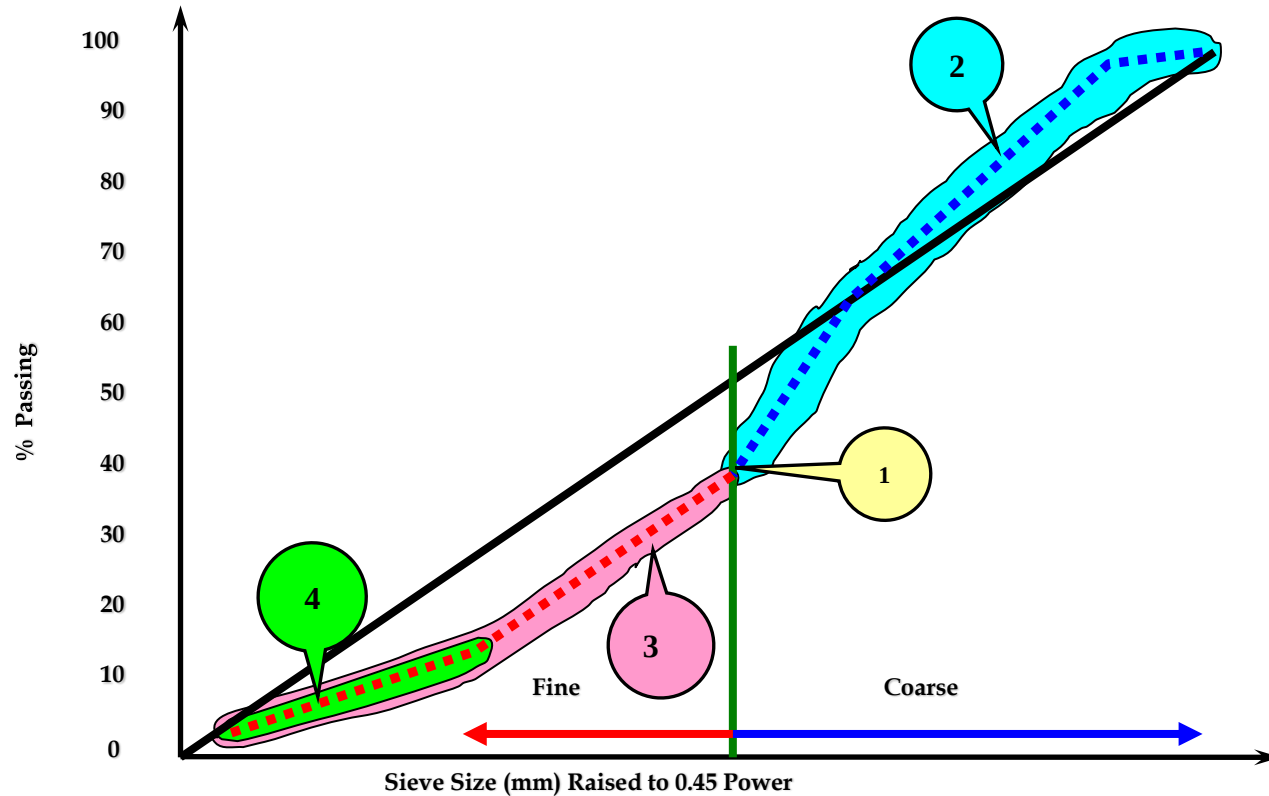


- 设计空隙率：沥青含量、VMA



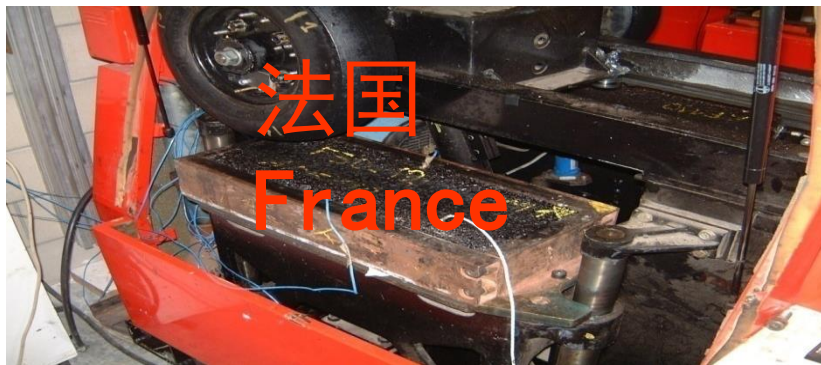
- VMA：级配、棱角性、集料强度、针片状含量

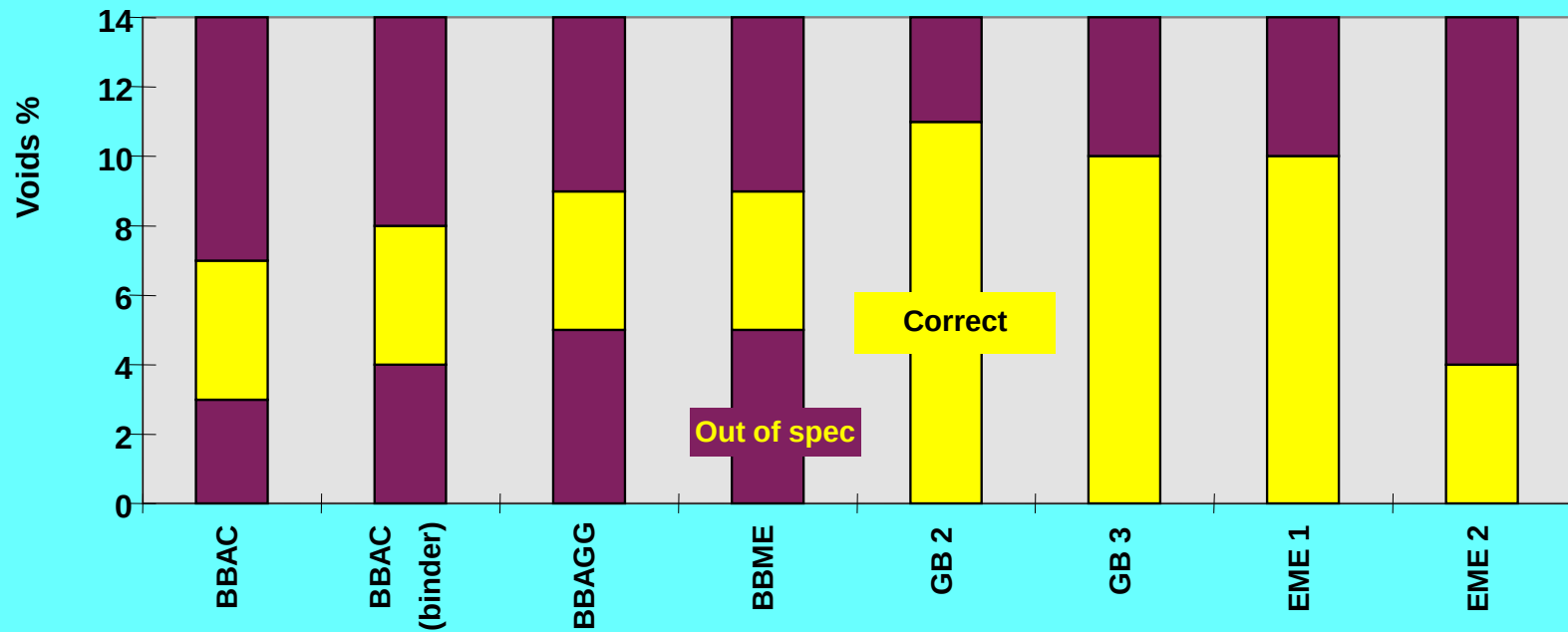
集配 (Bailey Method)



中法美沥青混合料设计方法的性能比较

Asphalt Mixture Design Methods





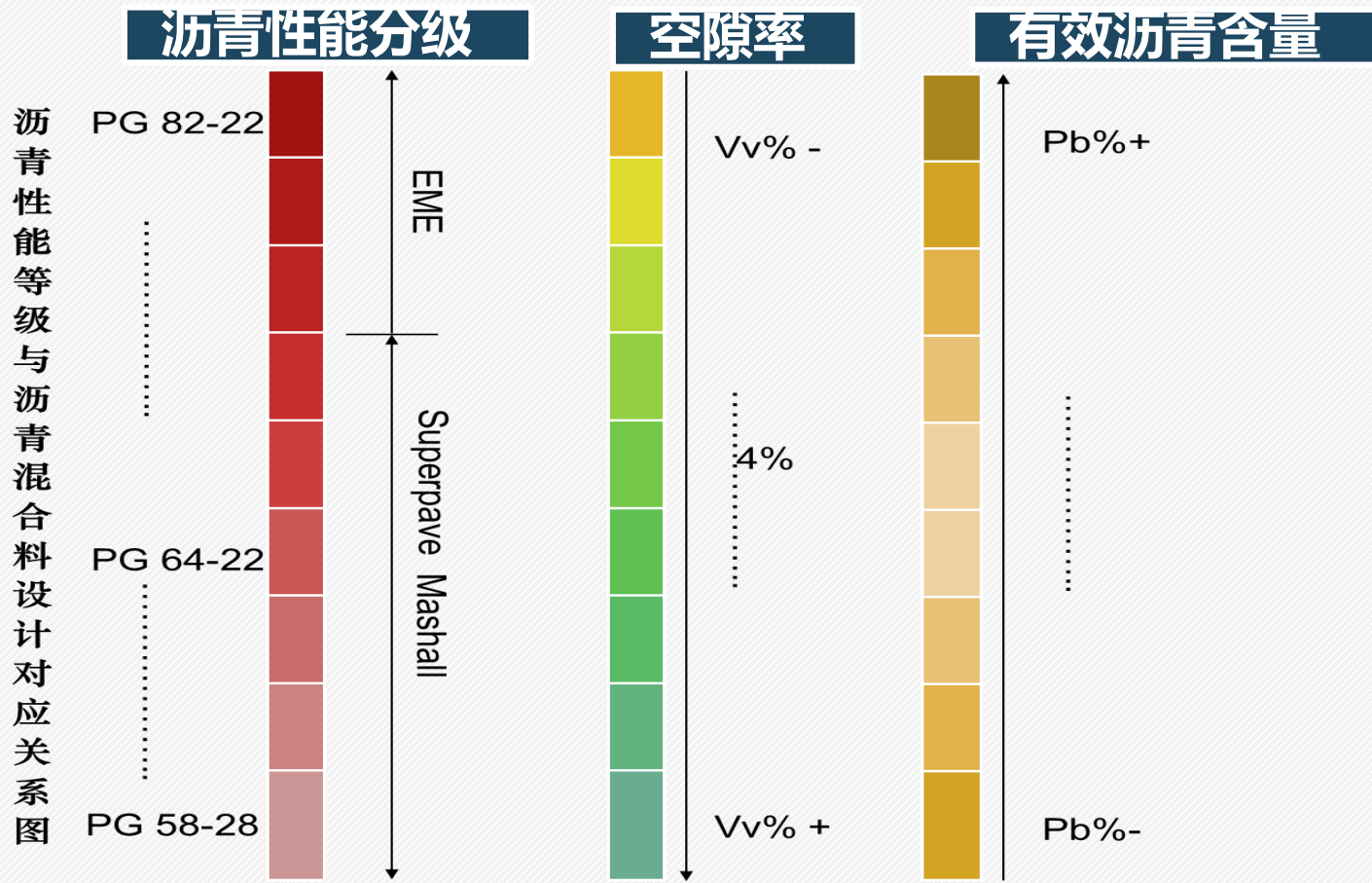
[illegible]

© 2008 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 263: 103–110

b) IMPORTANT — The supplier shall declare the reduced softening point interval, of ± 5 °C around the center of the declared interval. The whole declared interval shall be contained in the interval given in the table.

如何设计我们所需要的性能
优良的沥青混合料呢？

- 按照体积法进行设计，对性能进行验证
（软沥青）——马歇尔设计、SUPERPAVE设计
- 按照性能进行设计（硬沥青）——高模量
沥青混合料设计方法



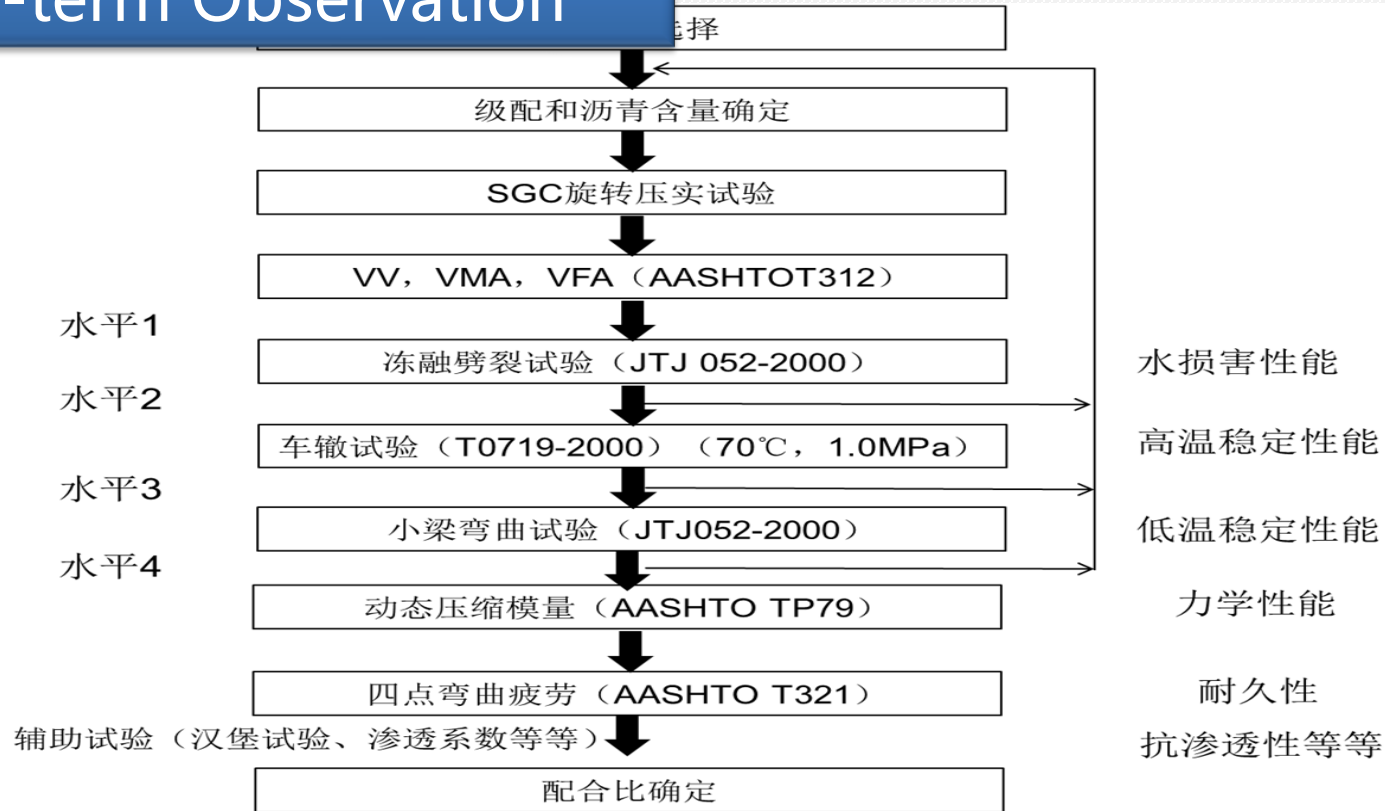
发现了不同设计方法、胶结料等级、体积指标等的关系规律

各试验方法参数比较表

Different Test Methods

试验参数		成型方法	试件尺寸	试件个数
法国	多列士试验	静压成型, 压力 (180 ± 9) KN加载 (300~305) s	Φ (119. 9~120. 3) mmh根据 质量 3500 ± 4 g 确定	不少于10个
英国	间接拉伸试验	法国旋转压实成型 压实次数50次	Φ 150mm h (35~75) mm	不少于6个
美国	AASHTO T283-07	Superpave 旋转压实仪 空隙率 $(7.0 \pm 0.5)\%$	Φ 150mm h (95 ± 5) mm	不少于6个
中国	浸水马歇尔试验	T 0702方法 双面击实各75次	Φ (101.6 ± 0.25) mm h (63.5 ± 1.3) mm	不少于6个
	冻融劈裂试验	T 0702方法 双面击实各50次	Φ (101.6 ± 0.25) mm h (63.5 ± 1.3) mm	不少于6个

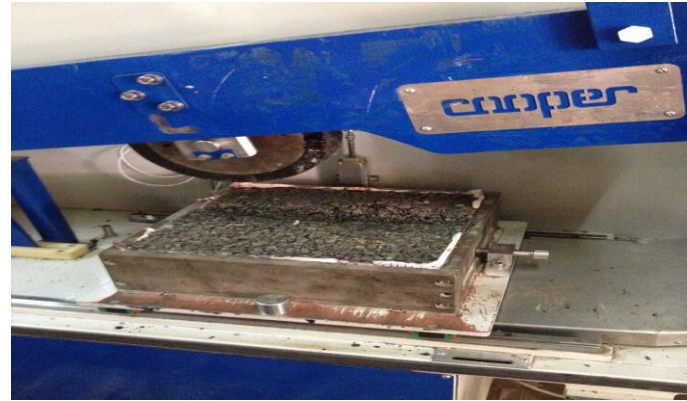
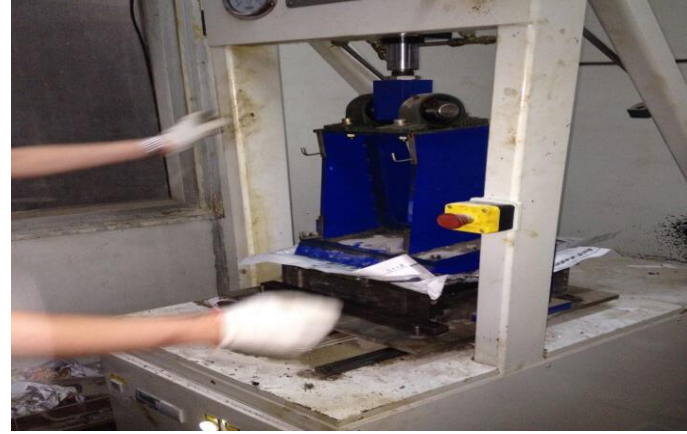
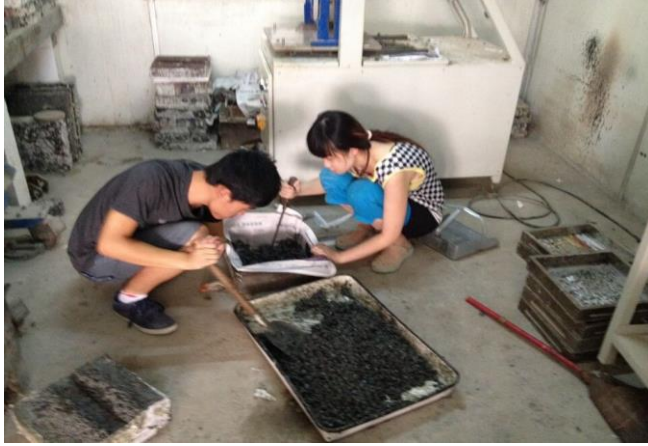
耐久路面结构长期性能观测验证 Long-term Observation



高劲度耐久性沥青混合料的设计评价指标体系
Evaluation

应用环境	性能要求	沥青要求	混合料类型
长大纵坡	● 极端高温车辙（70℃） ● 抗松散（水稳定性） ● 抗开裂 ● 模量	PG分级评价 + 针入度体系评价	HMAC-16、HMAC-20、HSMA-13、EME14
公交车专用车道、十字路口	● 极端高温车辙（70℃） ● 抗松散（水稳定性） ● 模量		
桥面铺装、	● 密水性（渗透系数） ● 高温车辙 ● 模量 ● 抗松散（水稳定性） ● 抗疲劳性能		WHMAC10、WHMAC05
机场、港口	● 极端高温车辙（70℃） ● 模量（单轴压缩蠕变、重复加载蠕变实验） ● 抗松散（水稳定性）	PG分级评价+针入度体系评价 粘韧性、韧性指标要求	HSMA、HAC-20、EME10

适应不同严酷条件的高品质耐久性混合料性能要求
Performance Requirement



坍落度试验



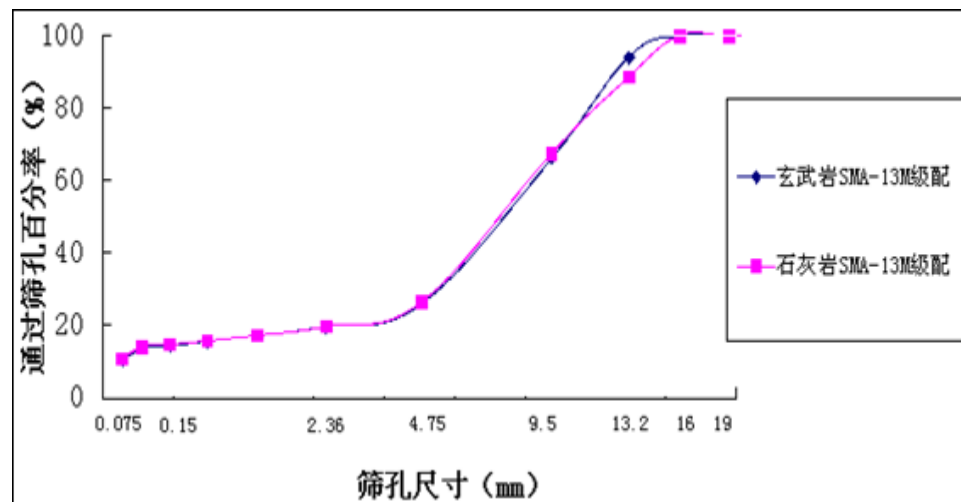


单轴贯入试验

- 试验采用的压头材质为Q235不锈钢，尺寸为 $\Phi 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。采用大马歇尔击实成型方法，试件直径为150mm，高度为100mm。选用1mm/min的加载速率，由于甘油的技术指标受温度影响不大，试验温度定为常温25℃。为更好的模拟路面受剪的状态，在这里我们采用不脱模的方式进行试验。

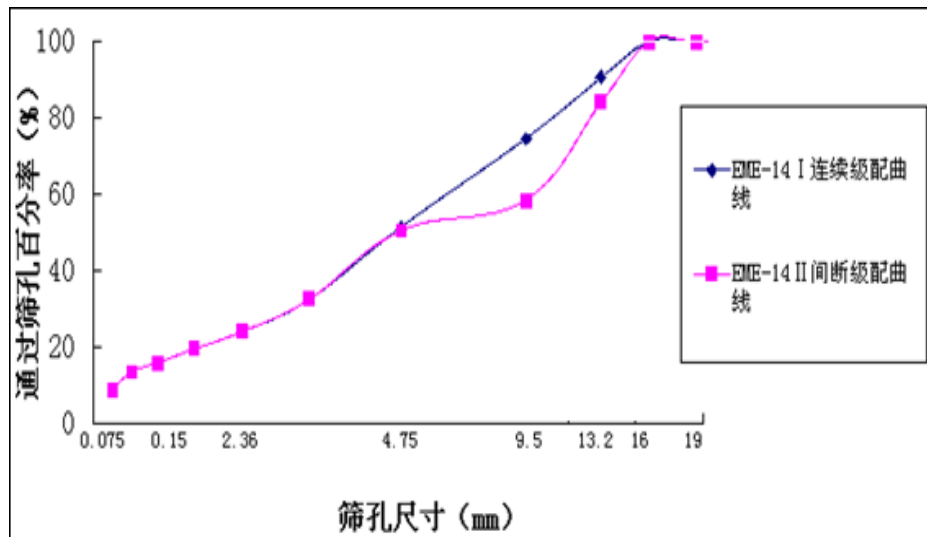


级配	以下筛孔 (mm) 通过质量百分率 (%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13M	100	100	100	93.9	66.3	26.3	19.5	17.2	15.6	14.4	13.9	10.2

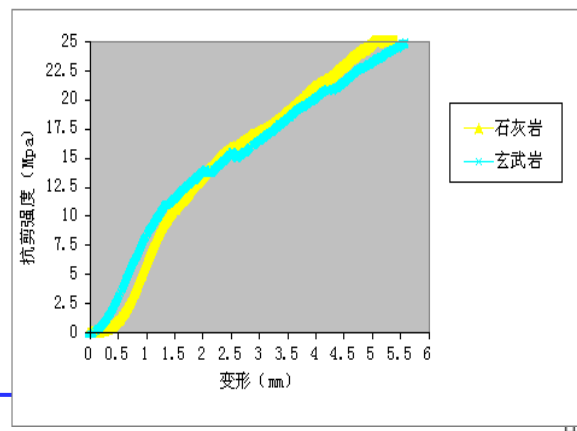
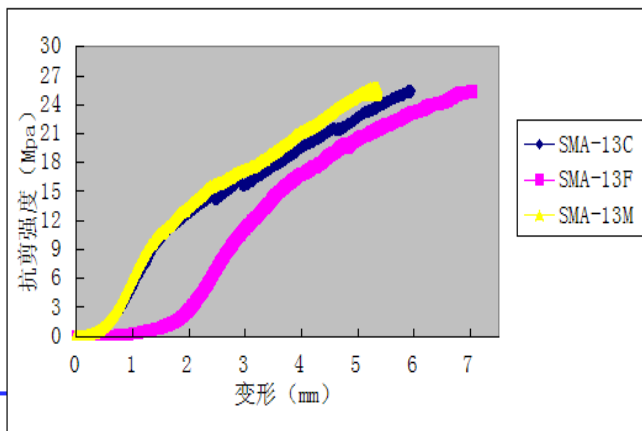
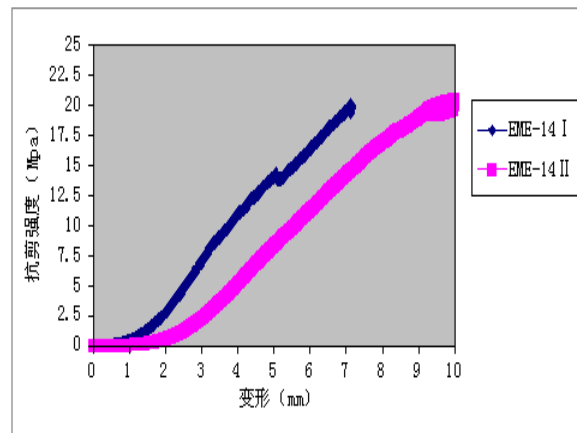
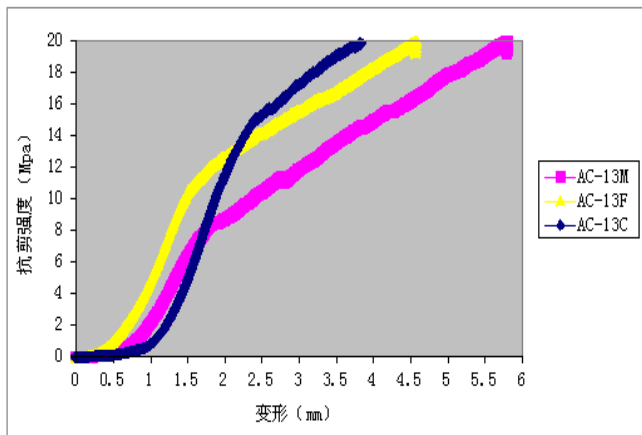


❖ EME-14(石灰岩) 连续、间断两种级配结构。

级配	以下筛孔 (mm) 通过质量百分率 (%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
EME-14I	100	100	100	90.8	74.7	51.4	32.8	24.3	19.8	15.9	13.6	9.1
EME-14II	100	100	100	84.3	58.5	50.6	32.7	24.2	19.7	15.9	13.6	9.0



三、不同的级配结构对混合料抗剪性能的影响研究



三、不同的级配结构对混合料抗剪性能的影响研究

❖ 试验结果及分析

级配	沥青膜 厚度 (mm)	合成表面 密度 (g/cm ³)	合成毛体 积密度 (g/cm ³)	空 隙 率 (%)	矿料 间隙 率 (%)	最大理论 密度 (g/cm ³)	车辙 深度 (mm)	动稳 定度 (次/mm)
AC-13C	9	2.729	2.661	7.59	14.55	2.579	23.9	269
AC-13M	9	2.728	2.659	6.47	13.84	2.573	13.8	326
AC-13F	9	2.728	2.658	4.32	12.21	2.567	24.1	360
SMA-13C	9	2.727	2.678	6.26	17.03	2.535	21.7	310
SMA-13M	9	2.727	2.676	4.29	15.77	2.527	16.5	379
SMA-13F	9	2.727	2.674	1.48	13.97	2.516	24.0	333
SMA-13M (玄武)	9	2.934	2.844	6.96	17.95	2.685	10.7	386
EME-I	9	2.727	2.657	0.30	11.71	2.522	8.6	360
EME-14II	9	2.726	2.657	0.84	12.18	2.522	9.8	393

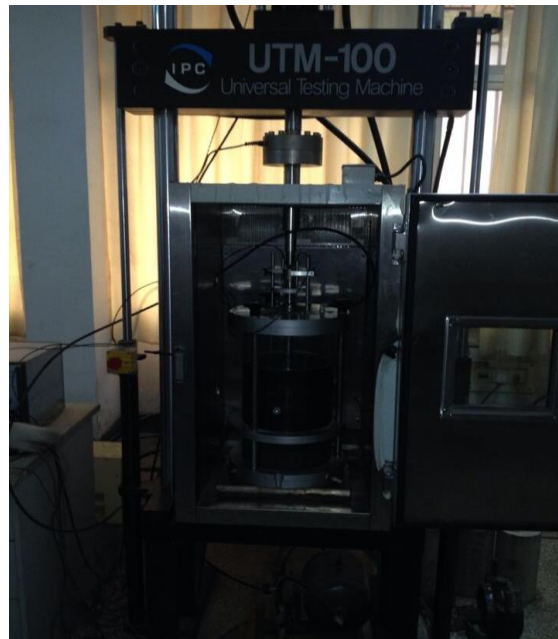
三轴压缩试验

- 采用先进的万能材料试验系统 (UTM-100)，进行三轴压缩试验，试件的制作采用振动成型，如图5.29-5.30。成型试件直径为100mm，高度为200mm，一般考虑到车辙最容易发生在高温时期，因此在进行三轴试验时常采用60℃的温度，但由于甘油的特殊性，试验选择常温下进行。根据国内外的经验，试验选择的加载速率为1.27mm/min，围压分别定为0kPa，138kPa，276kPa



四、中法美设计方法对比及三种典型级配的性能验证

❖ 三轴压缩试验

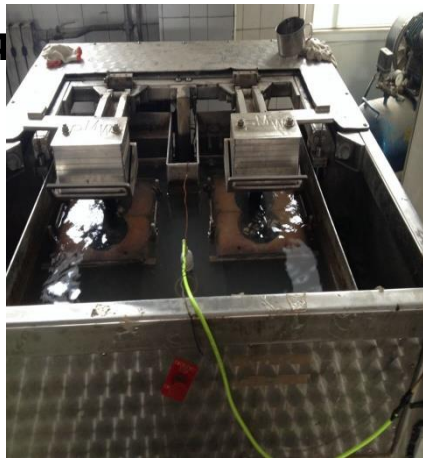


以上试验结果我们可以看到，沥青混合料粘聚力的大小排列顺序为**EME-14>SMA-13>AC-13**，内摩擦角的大小排列顺序为**SMA-13>EME-14>AC-13**。由此可见骨架结构的形成会使内摩擦角变大，低标号硬质沥青的存在会增加集料与沥青之间的粘聚力，另外，碱性石料与沥青的粘附性较好。

级配	编号	围压 (kpa)	σ_1 (kpa)	σ_3 (kpa)	P (kpa)	q (kpa)	求得抗剪指标		
							C (kpa)	φ (°)	R^2
AC-13	1	0	630	0	315	315	162.7	32.3	0.991
		138	1100.6	138	619.3	481.3			
		276	1662.3	276	965.15	697.15			
	2	0	732	0	366	366			
		138	1159.8	138	647.9	511.9			
		276	1686.2	276	931.1	755.1			
SMA-13	1	0	654	0	327	327	171.4	38.7	0.989
		138	1264	138	696	558			
		276	1578	276	977	701			
	2	0	628.8	0	314.4	314.4			
		138	1358	138	747	611			
		276	1654	276	964.5	689.5			
EME-14	1	0	634	0	317	317	189.57	35.2	0.993
		138	1258.4	138	696	562.4			
		276	1767	276	1033	734			
		0	651.8	0	325.9	325.9			
		138	1225	138	631.5	593.5			
		276	1674.8	276	935.8	739			

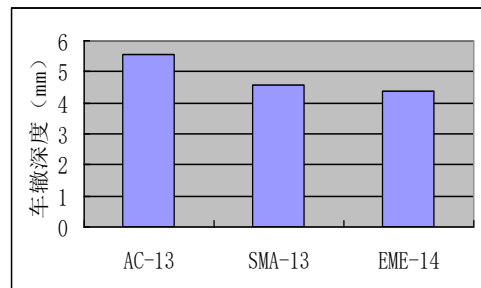
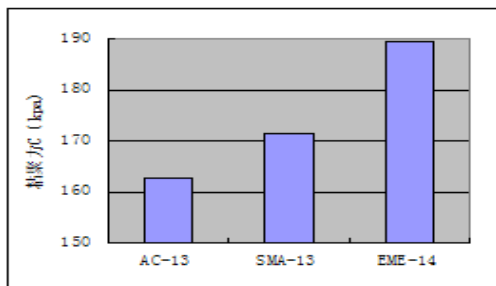
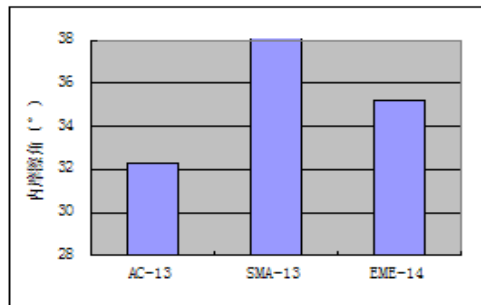
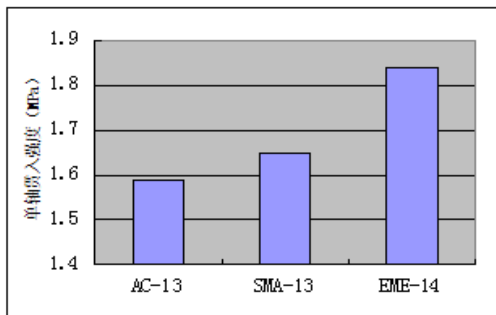
四、中法美设计方法对比及三种典型级配的性能验证

❖ 4



混合料类型	温度	编号	20000次车辙深度,mm
AC-13	60℃	1	5.59
	60℃	2	5.49
SMA-13	60℃	1	4.64
	60℃	2	4.52
EME-14	60℃	1	4.37
	60℃	2	4.41

❖ 根据国外相关研究报告关于密集配沥青混凝土与汉堡变形深度的相关性研究，汉堡试件**10000**次作用次数下车辙深度应小于等于**4mm**，**20000**次作用次数下车辙深度要小于等于**10mm**。试验结果表明，以上三种类型的混合料车辙深度都达标，但是我们可以看出**EME-14**级配混合料的车辙深度小于其他两种，其抗车辙能力较强；**AC-13**型级配混合料车辙深度最大，其抗车辙能力较弱。

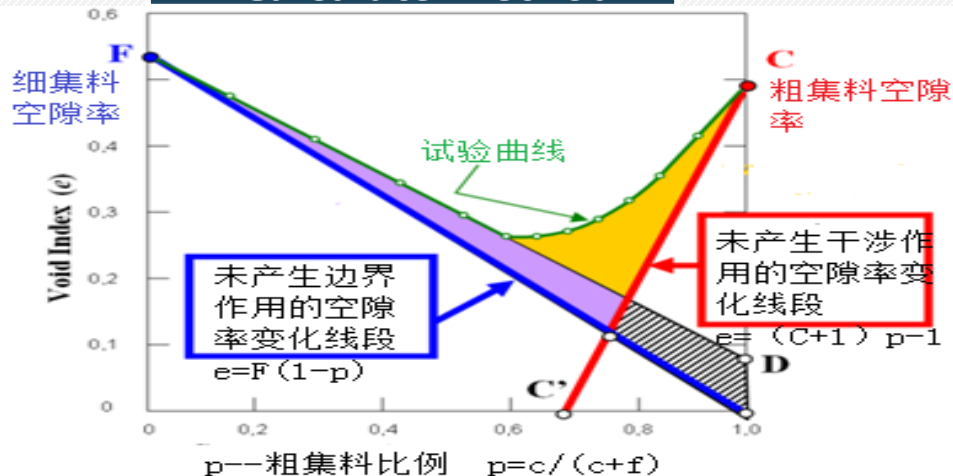


通过单轴贯入试验、三轴剪切试验以及汉堡试验，我们可以看到**EME-14**级配的各项性能都优于**AC-13**级配和**SMA-13**级配。

适应不同环境、荷载、层位及功能要求的
沥青混合料 (HMAC和WHMAC系列)

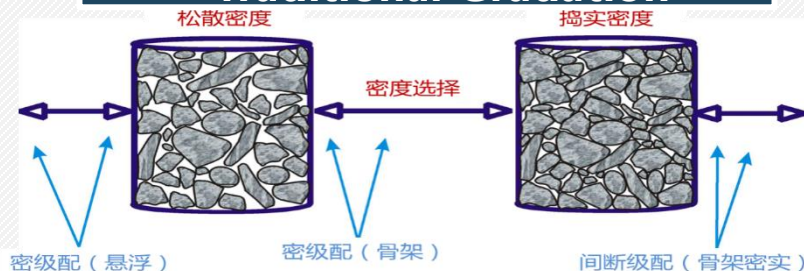
堆积密实填充计算

Calculate Method



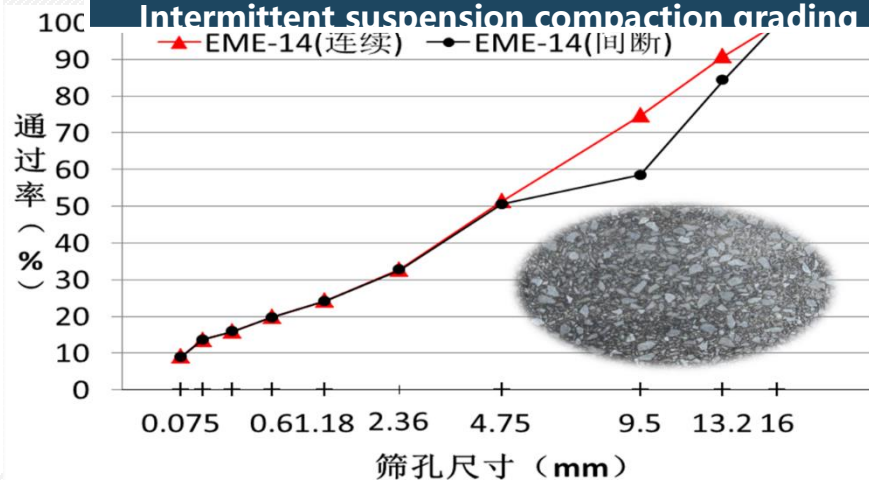
传统骨架填充级配设计

Traditional Gradation



间断悬浮密实级配

Intermittent suspension compaction grading



堆积密实填充理论设计新型悬浮间断级配高劲度沥青混合料

Compaction Fill Theory

沥青路面材料要求

Material

高模量沥青制备 Production

沥青
改性

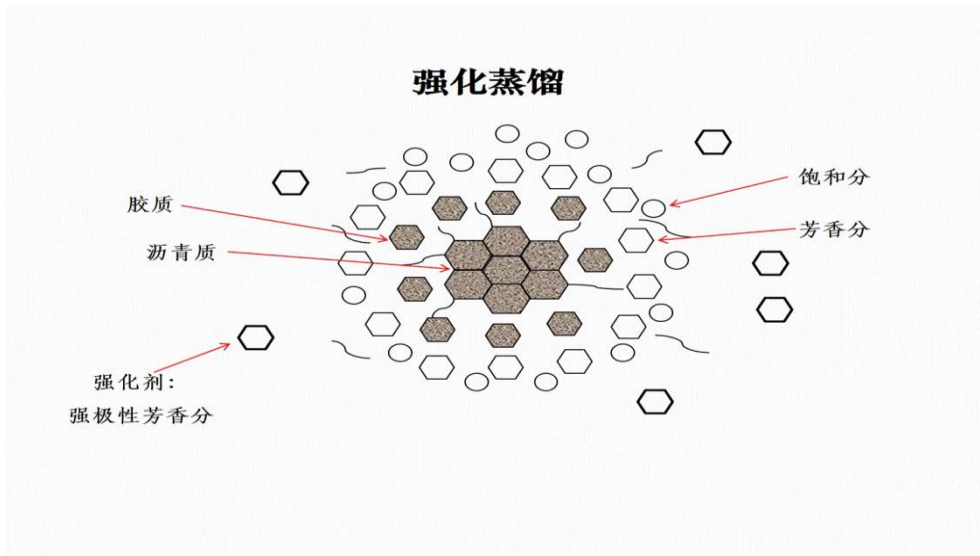
- 沥青质交联位点增多
- 交联性增强
- SBS分散良好
- 储存稳定性增强

模
量
升
级

- 强极性物质
- 打破沥青质团簇
- 分散沥青质
- 空间网络稳定
- 高温性能增强

强
化
蒸
馏

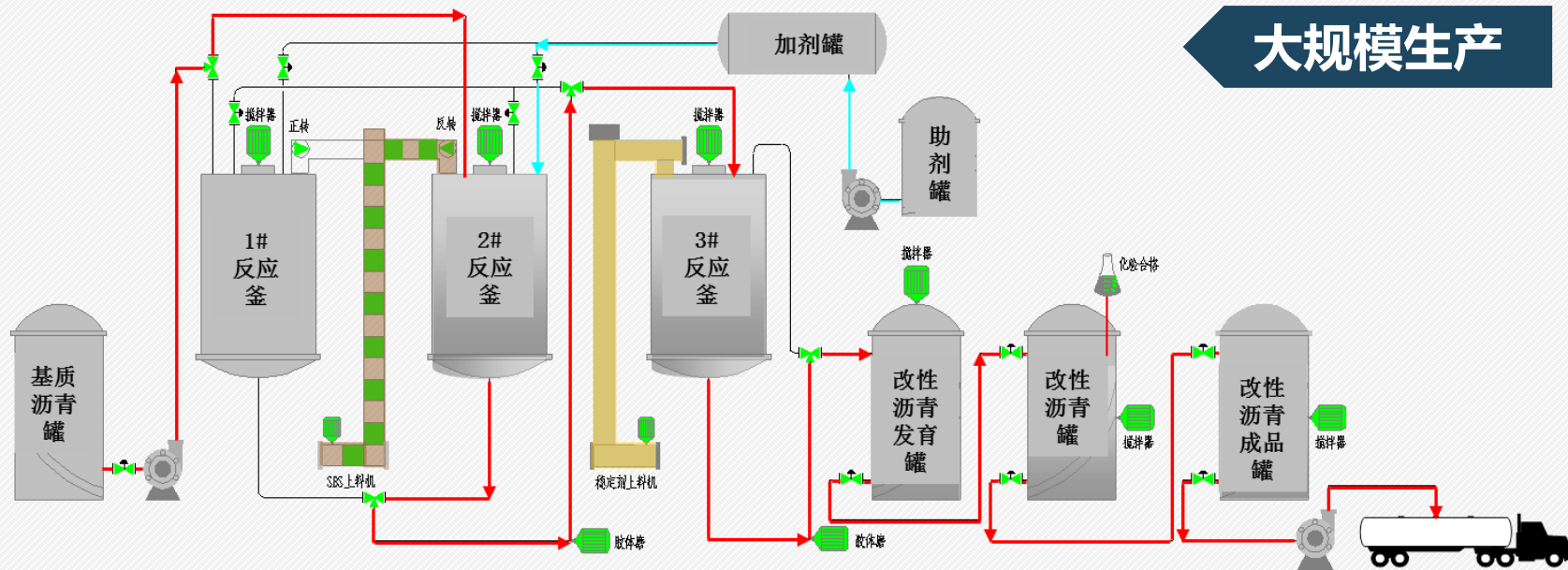
- 高真空
- 强化剂（富芳烃类物质）
- 胶体体系重组
- 降低蒸馏温度，防止裂解
- 高、低温性能提高



步骤3: 对模量梯级升级后的基质沥青进行SBS改性，制备得到性能等级PG 82-22、 $G^*_{60^\circ\text{C}} \geq 10\text{KPa}$ 的高劲度沥青胶结料，实现了SBS改性剂与沥青质的多点、多层交联，相对传统复合改性制备工艺，极大提升了改性沥青质量稳定性与均匀性。



大规模生产



规模化生产的全流程技术控制

稳定型硬质改性研制

中试

工业化生产

工程转化应用

高劲度沥青胶结料生产全过程技术控制流程



适用于不同环境、荷载要求的高劲度沥青
Suitable for high strength asphalt with different environment and load requirements

低感温性
Low Temperature Sensitivity



针入度, 0.1mm

25~35

40~50

软化点, °C

≤ 70

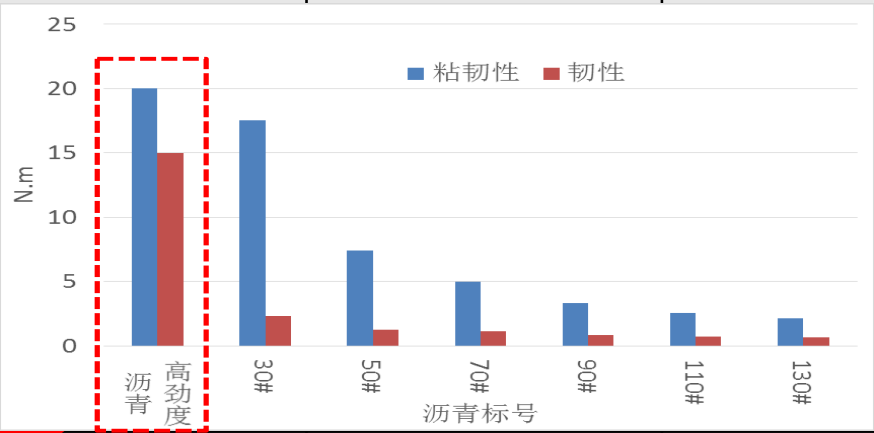
≤ 80

老化

老化

175

60°C



高稳定性
High Stability

高粘韧性
High Toughness

韧性, N.m

/

≥15

高劲度
High Stiffness

@60°C kPa

≥10

≥10

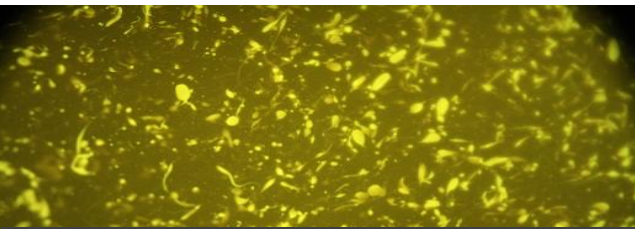
宽工作域
Wide Work Space

等级

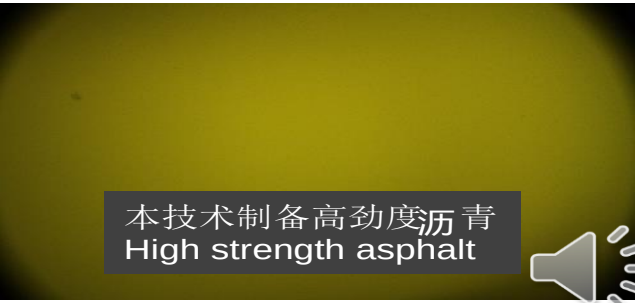
PG82-22

PG 88-22

强化蒸馏阶段富芳烃成分的加入，有效保证了沥青粘韧性和韧性指标的一致性增加，对保证机场沥青混合料的抗冲击荷载能力贡献显著。



复合改性制备高劲度沥青
High strength asphalt was prepared by composite modification



本技术制备高劲度沥青
High strength asphalt



沥青路面材料要求 Material

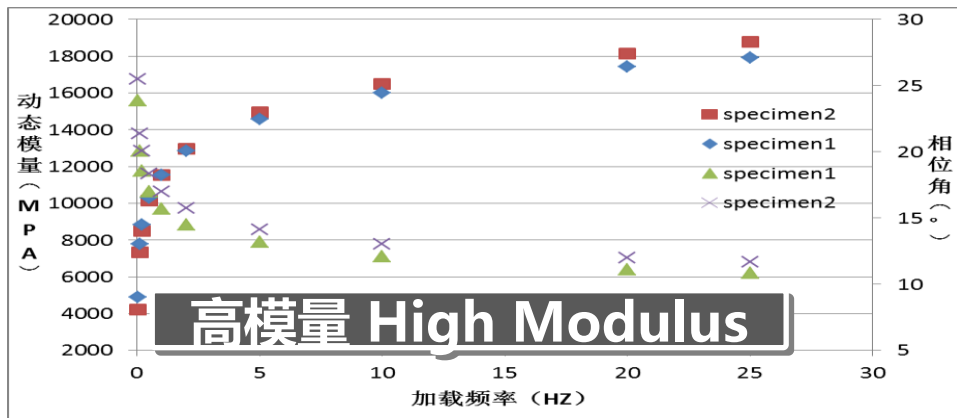
➤ 沥青要求 Bitumen

本项目采用SBS改性沥青和高模量沥青
SBS Modified and High Modulus Asphalt

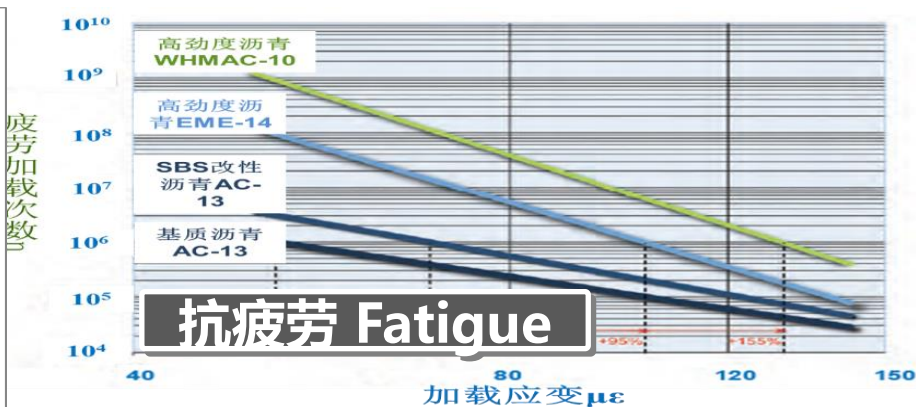
高模量沥青技术要求 Technical Requirements

指标	单位	要求值	试验方法
针入度 (25°C, 100g, 5s)	0.1mm	25-35	T0604
软化点	°C	≥70	T0606
延度10°C, 5cm/min, 不小于	cm	20	T0605
175°C粘度	Pa.s	≤1.0	T0625
闪点	°C	≥230	T0611
薄膜烘箱老化后 (RTFOT)			
质量变化, 不大于	%	实测	T0609/T0610
针入度比25°C	%	≥70	T0604
延度10°C	cm	≥10	T0605
PG分级	PG82-22		

15°C, 10Hz动态模量提高近1.5倍



800 $\mu\epsilon$ 下疲劳寿命提高 $10^2 \sim 10^4$ 倍



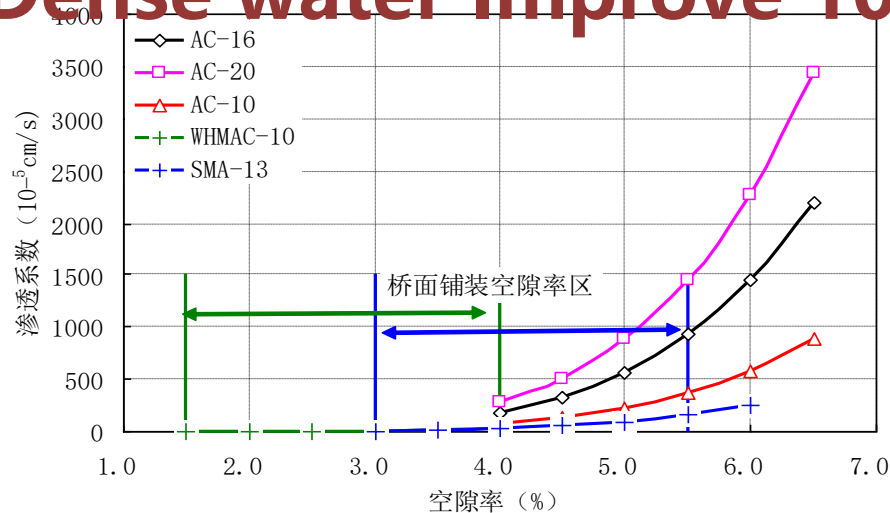
体积指标和评价指标	推荐指标	参考规范	备注
中国车辙试验, 次/mm	>3000	T0719-2000	70°C, 1.0Mpa
汉堡 (20000次最大变形)	$\leq 10\text{mm}$	ASSHTO T324-04	
动态模量(MPa, 15°C, 10Hz)	>18000	AASHTO TP79	
四点弯曲疲劳次(10°C, 25Hz, 10^6 次)	$\epsilon_6 \geq 130\mu\epsilon$	ASSHTO T321	

重载公路、高速公路长大纵坡路段
Highway

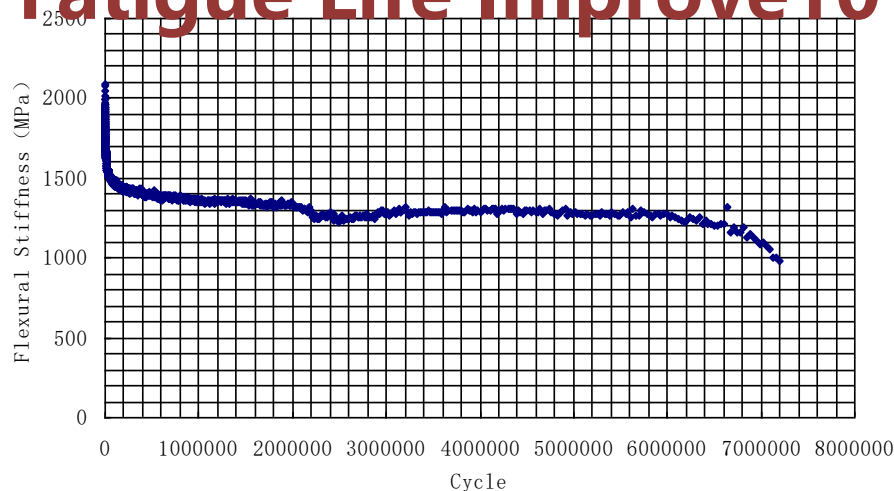


密水能力提高 10^3 倍

Dense water Improve 10^3



抗疲劳性能提高 10^6 倍



试验项目

渗透系数 (水力传导系数)

疲劳寿命 (800 μ ε, 10Hz) (两个平行试件)

高劲度改性沥青指标

<10-7cm/sec

$\geq 20 \times 10^4$ 次

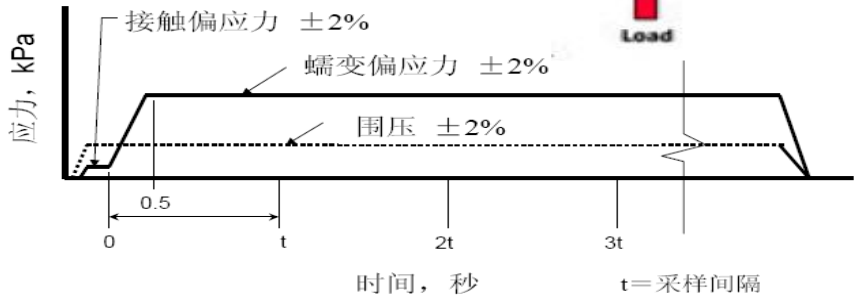
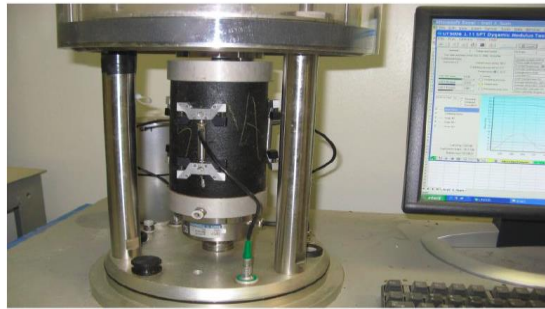
参考规范

ASTM D5084

AASHTO T321

桥面铺装 Bridge





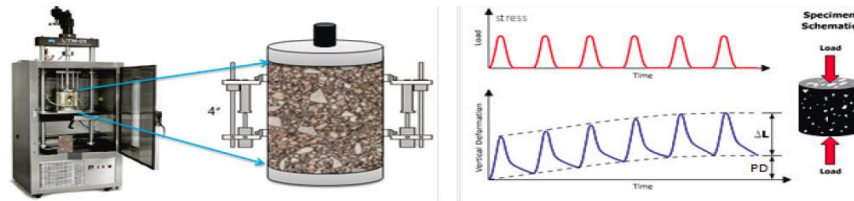
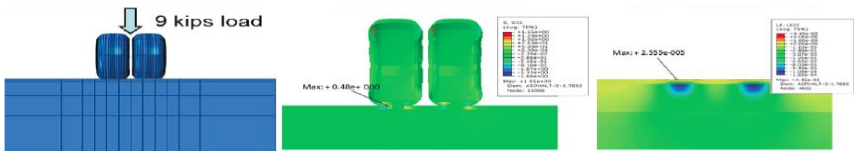
体积指标和评价指标	推荐指标	参考规范	备注
中国车辙试验, 次/mm	>3000	T0719-2000	70°C, 1.0Mpa
汉堡 (20000次最大变形)	≤10mm	ASSHTO T324-04	
动态模量(MPa, 15°C, 5Hz)	>10000	AASHTO TP79	堆载区增加静态蠕变实验Ft

港区、临港道路 Port Road





体积指标和评价指标	推荐指标	参考规范	备注
中国车辙试验，次/mm	>4000	T0719-2000	70°C, 1.0Mpa
汉堡（20000次最大变形）	≤7mm	ASSHTO T324-04	



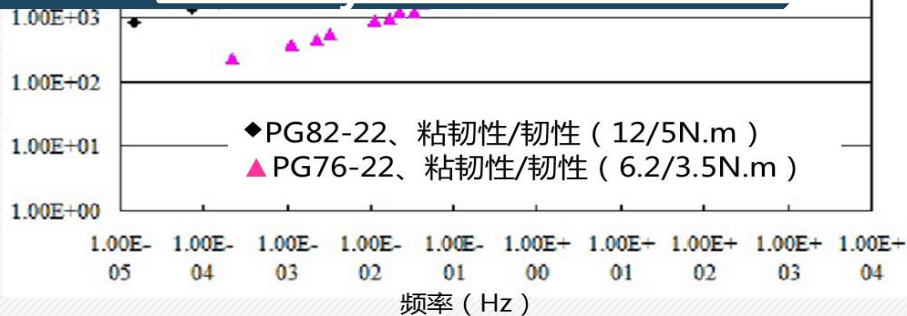
体积指标和评价指标	推荐指标	参考规范	备注
中国车辙试验, 次/mm	>4000	T0719-2000	70°C, 1.0Mpa
重复加载永久变形实验Fn	>10000次	AASHTO TP79	60°C, 0.7MPa轴压, 0.1MPa围压, 半正弦加载0.1s周期, 0.9s间隔

机场跑道 Airport



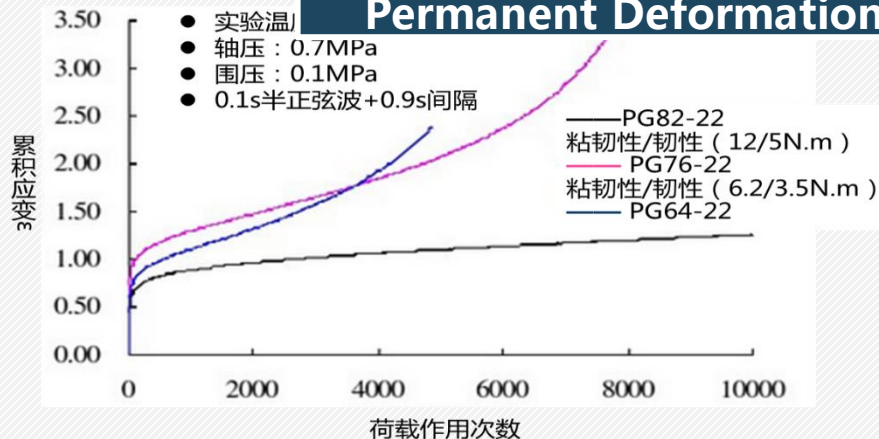
- 粘韧性增加，混合料具有更好的弹性，不易产生永久变形。
- 重复加载实验10000次后，高粘韧性沥青混合料具有良好的抗冲击荷载作用能力。
- Elasticity of Mixture
- After 10000 times Loading, High Shock Resistance of Mixture

动态模量对比 Dynamic Modulus



重复加载永久变形

Permanent Deformation



机场道面等抗冲击沥青高粘韧性的指标提出 **High Toughness**

新一代路面结构与材料

全厚式沥青路面与高品质材料创新融合

4cm SMA-13

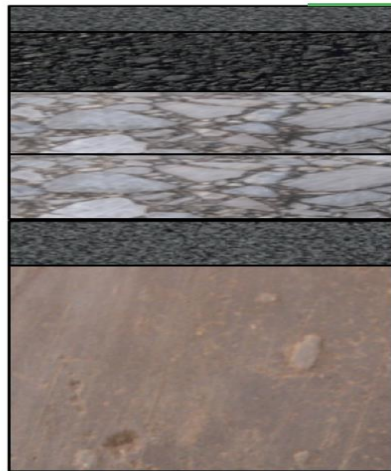
6cm GAC-20

12cm AC-25

12cm AC-25

6cm AC-13F

路面基础



计算内容	计算值	允许值
沥青层底部 ϵ_t	44.5	45.6
路面承台层顶的 ϵ_z	126.3	246.3

4cm SMA-13

10cm EME2

12cm EME2

6cm FAC-13

路面基础



路面结构厚度减薄8cm



计算内容	计算值	允许值
沥青层底部 ϵ_t	41.1	42.7
路面承台层顶的 ϵ_z	123.7	242.4

High Modulus Asphalt Concrete. The French approach

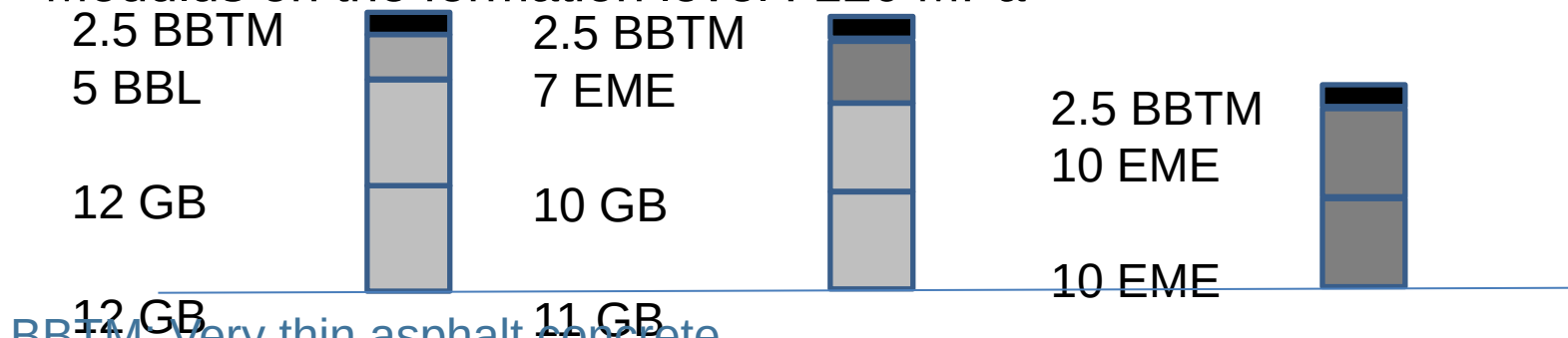
Jean-François Corté

Toll motorways catalogue (1994)

axle load 13t

HGV 1200-2000/day geometric annual growth rate 4%
over 25 years

Modulus on the formation level : 120 MPa



BBTM: Very thin asphalt concrete

BBL: Asphalt concrete for binder layer

GB : Base asphalt concrete

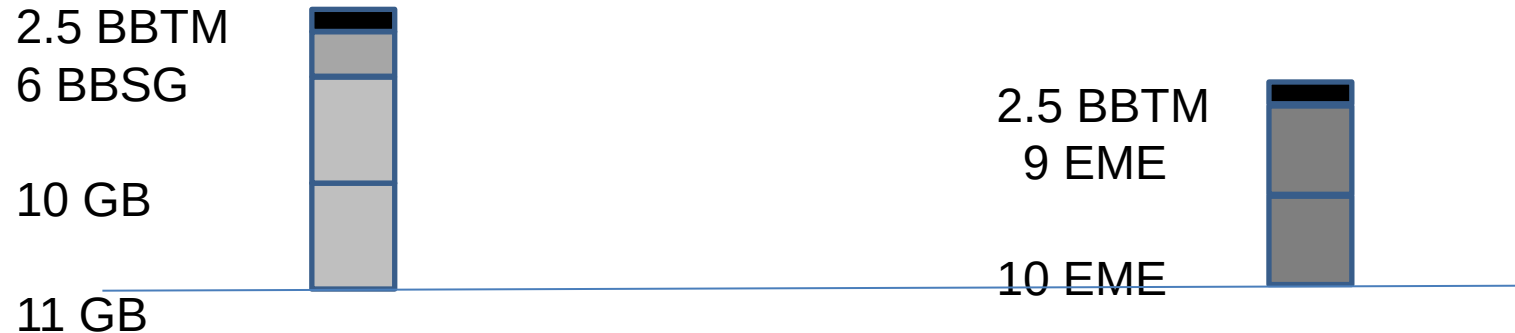
EME: High modulus asphalt concrete

National roads catalogue (1994)

axle load 13t

Cumulated traffic 6 to 14 10^6 HGV

Modulus on the formation level : 120 MPa



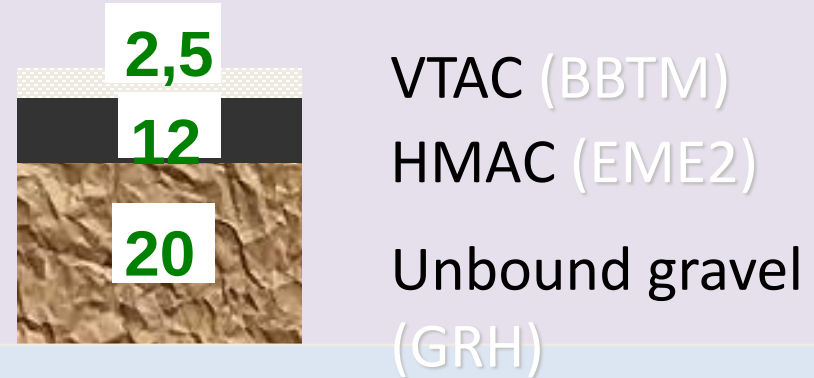
Flexible pavement

(Traffic 500 to 750 HV/day, increase 4%/year, 15 years - Sub-grade 120 Mpa)

Traditional



HMAc



Δ thickness : - 7 cm (33%)

Δ aggregate : - 33 %

Δ binder : - 24 %

Concluding remarks

Care should be taken to the following:

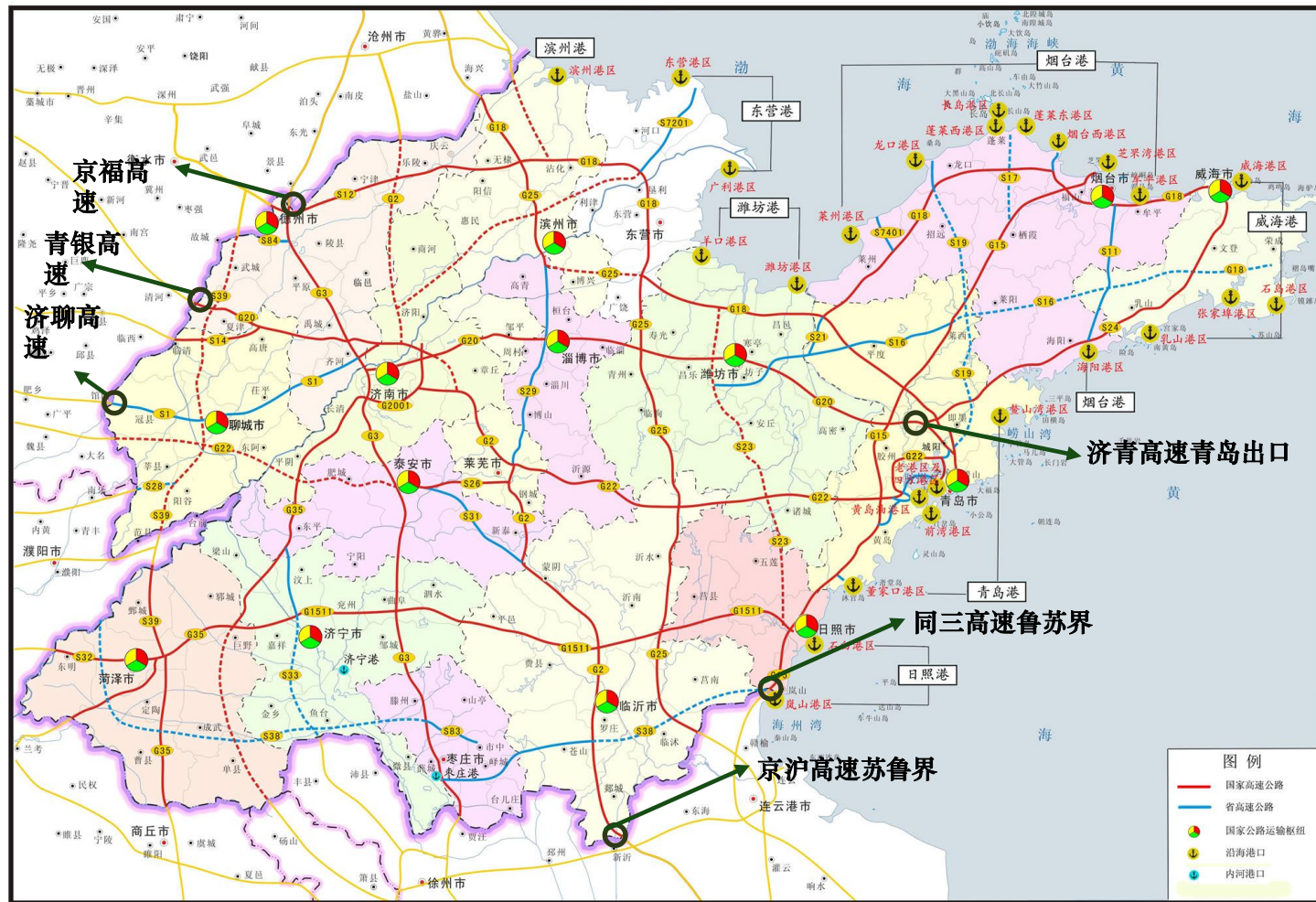
- don't use a too stiff bitumen (thermal cracking);
- always protect the HMAC layer with a wearing course;
- only lay on a stiff support (formation level at least 80 MPa or better 120 MPa);
- have a strict enforcement of the specifications regarding the homogeneity of the mix, the binder content, the flatness of the supporting layer, the thickness of each lift.

汇报内容

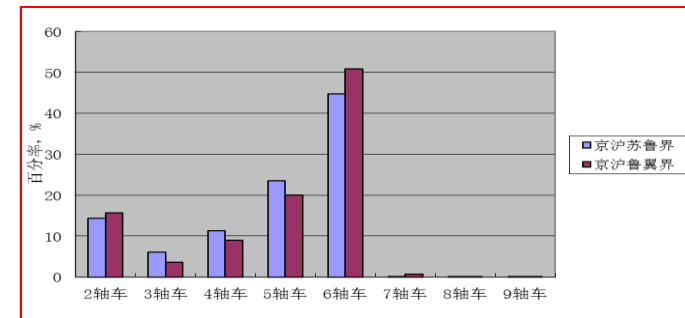
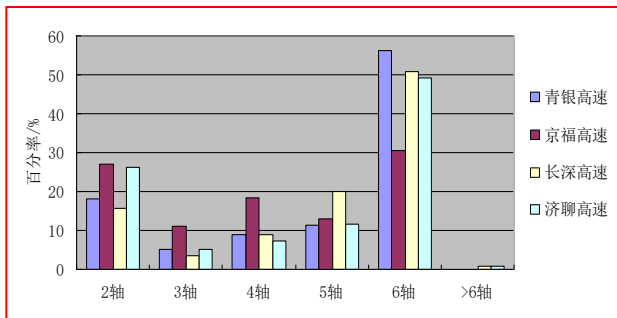
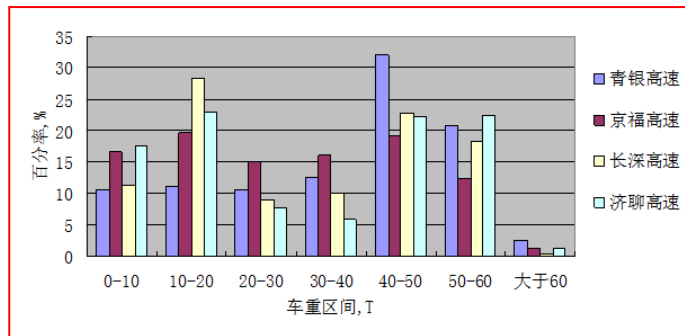


- 1 背景概述
- 2 长寿命路面结构的比较与选择
- 3 高性能沥青路面材料设计及性能要求
- 4 沥青路面结构响应规律

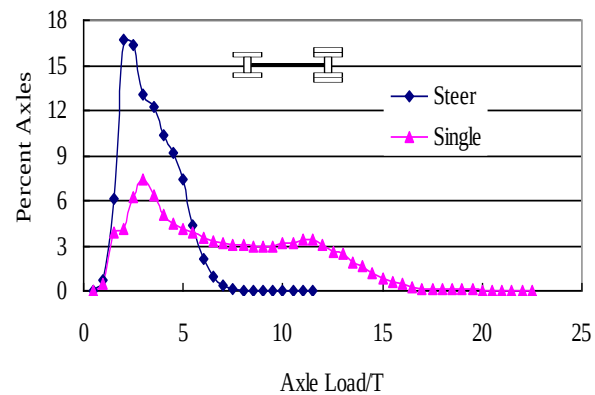
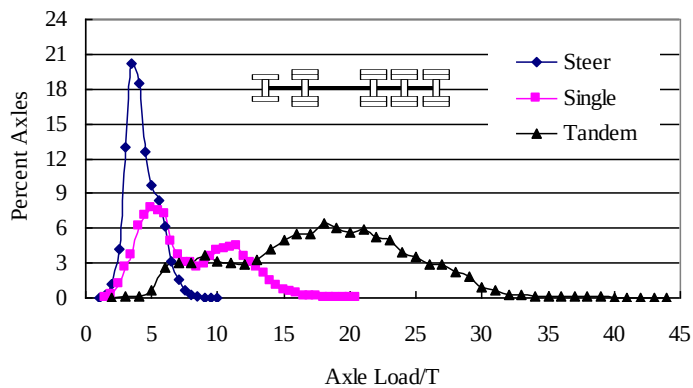
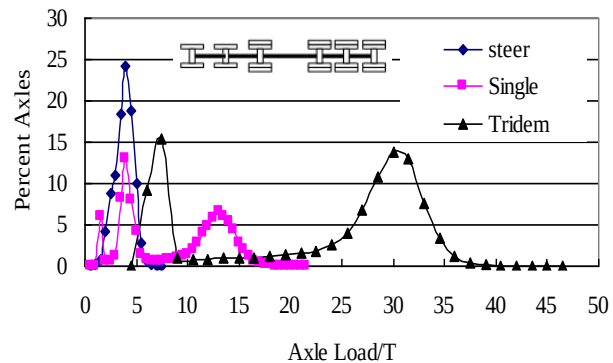
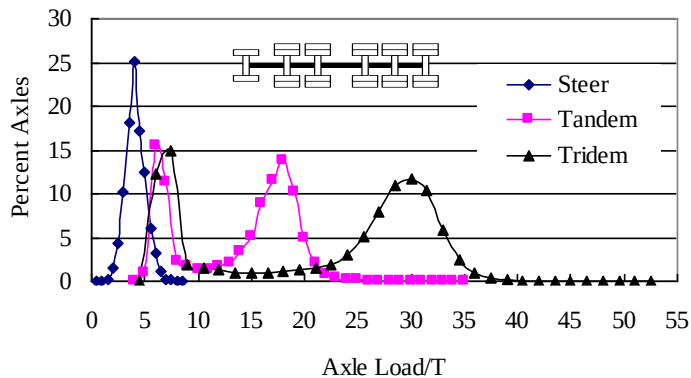
山东省交通示意图



Axle Load Spectrum

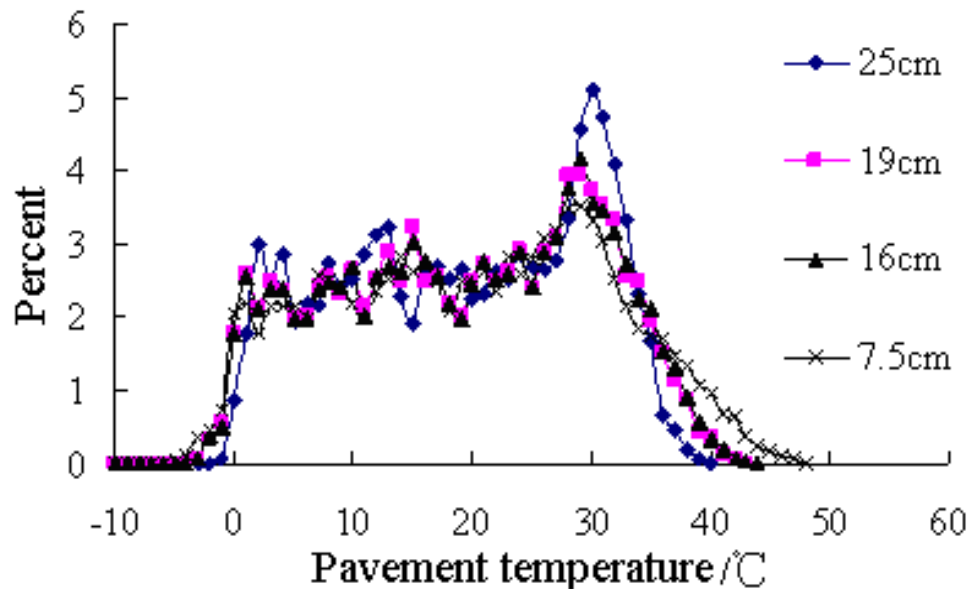


Axle Load Spectrum



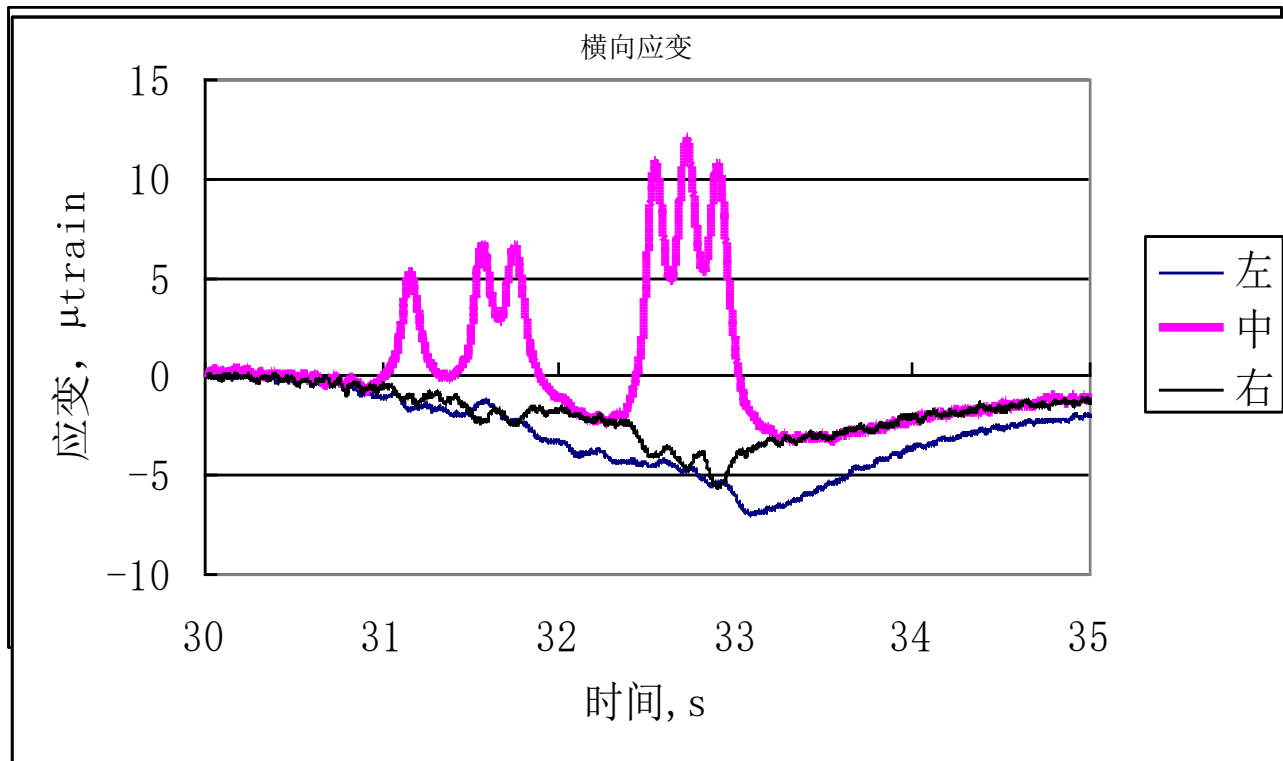
□路面结构温度分布

Pavement Temperature Distribution



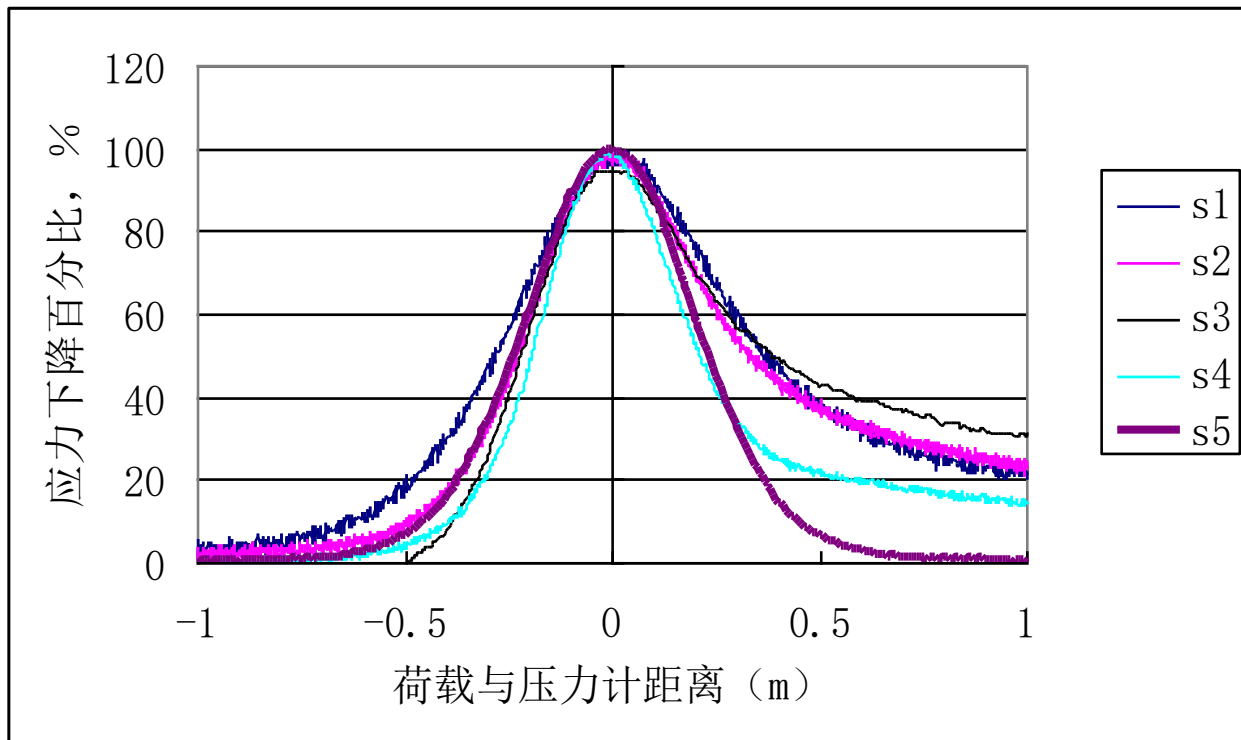
Pavement temperature distribution

■动态应变信号特征 Dynamic Strain Signal Feature

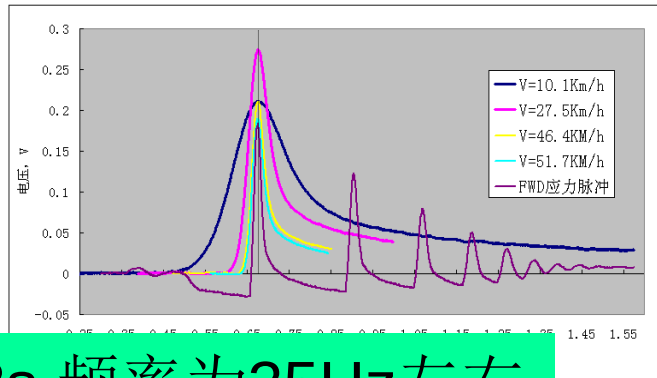
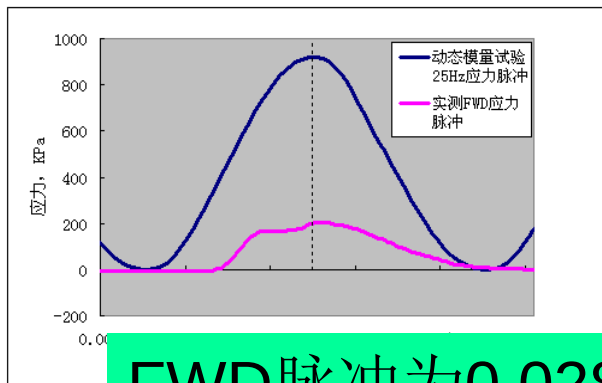


Mechanical Response

■ 动态应力信号特征 Dynamic Stress Signal Feature



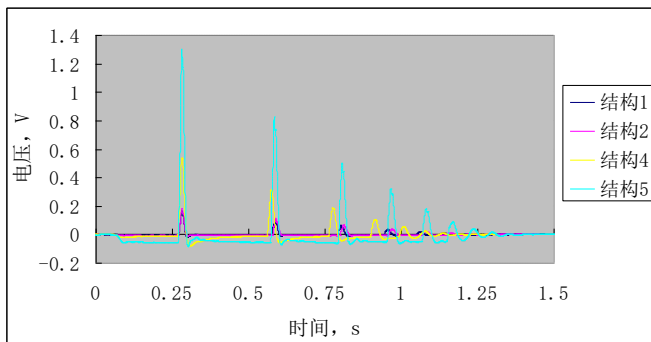
Mechanical Response



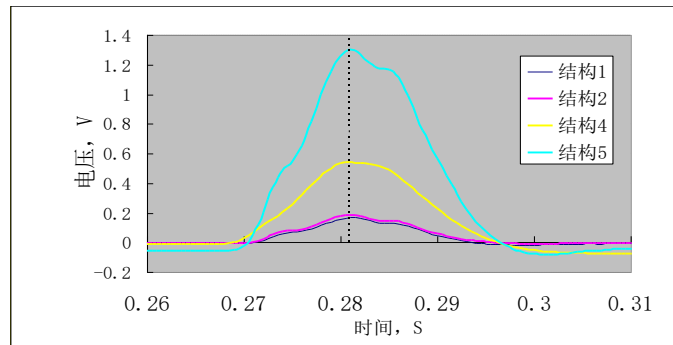
FWD脉冲为0.028s,频率为35Hz左右

动态模量脉冲与实测FWD脉冲

不同速度轴载与FWD荷载作用时间比较



FWD脉冲比较

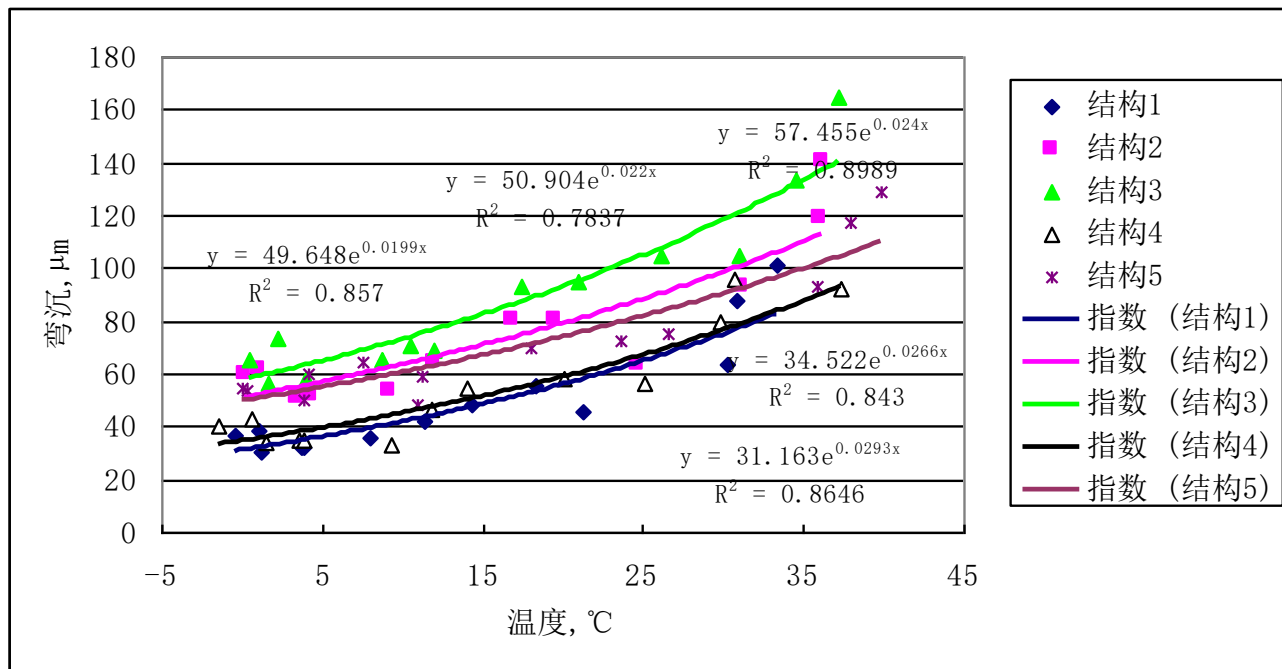


FWD荷载持续时间

■ 荷载脉冲时间 Load Pulse Time

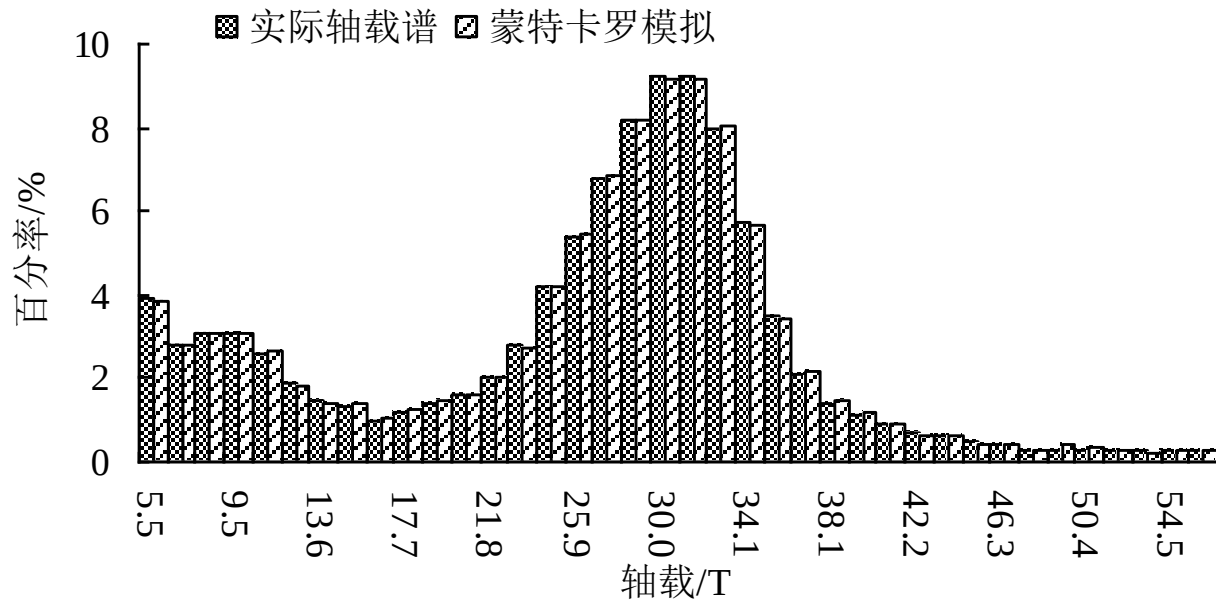
Mechanical Response

□ FWD荷载响应

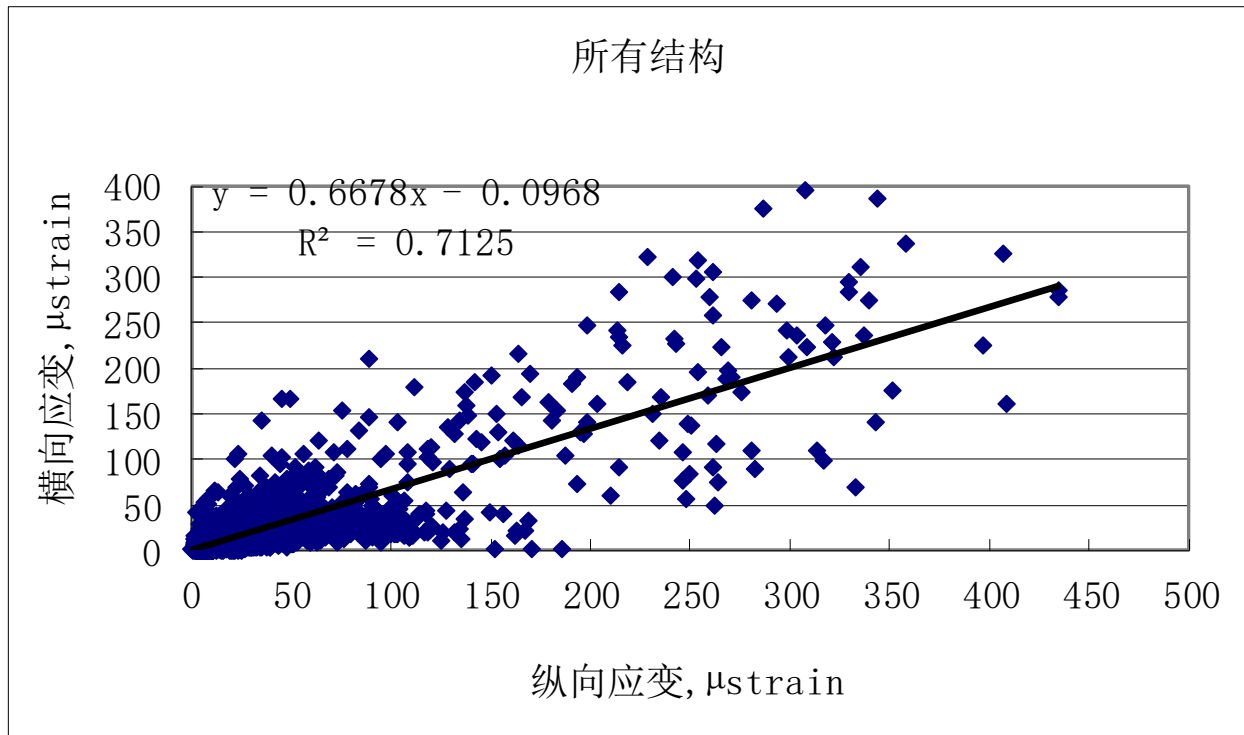


Mechanical Response

路面结构实际应变分布模拟 Real Strain Distribution



■ 纵向与横向应变关系

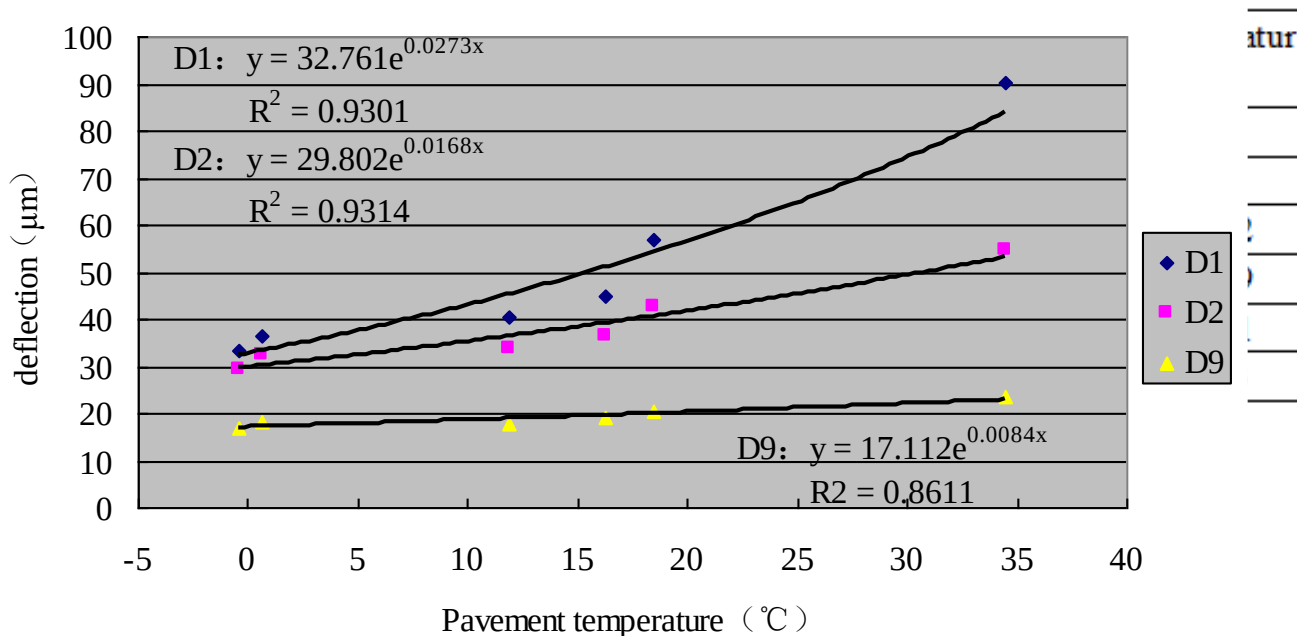


Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S1弯沉温度修正模型构建 Temperature modified model

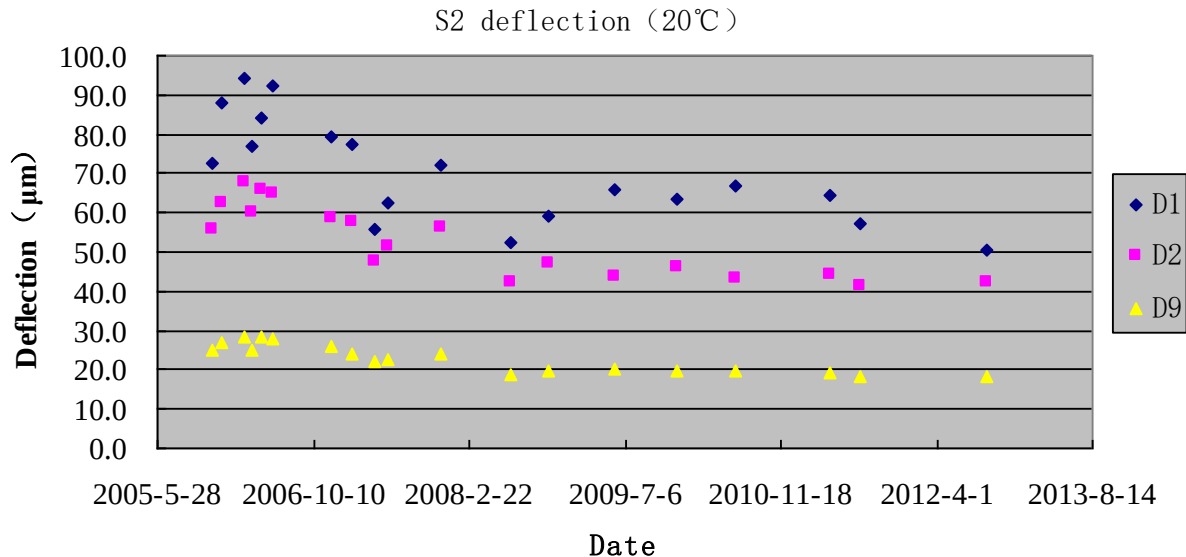
$$CF = e^{\beta(T_r - T)}$$



Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S2弯沉随时间变化

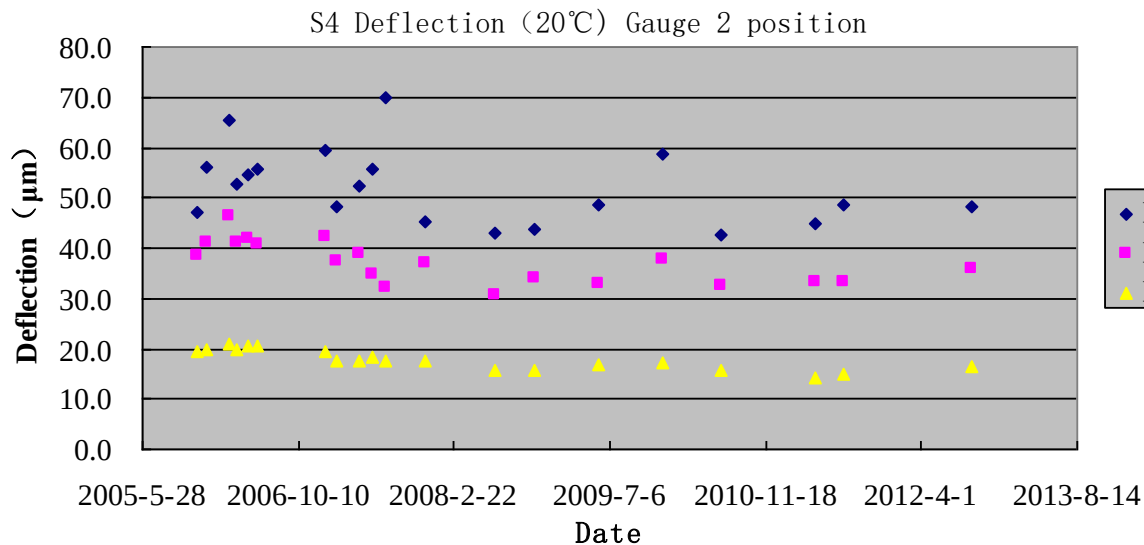


S2弯沉随时间变化（温度修正至20℃）

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S4弯沉随时间变化



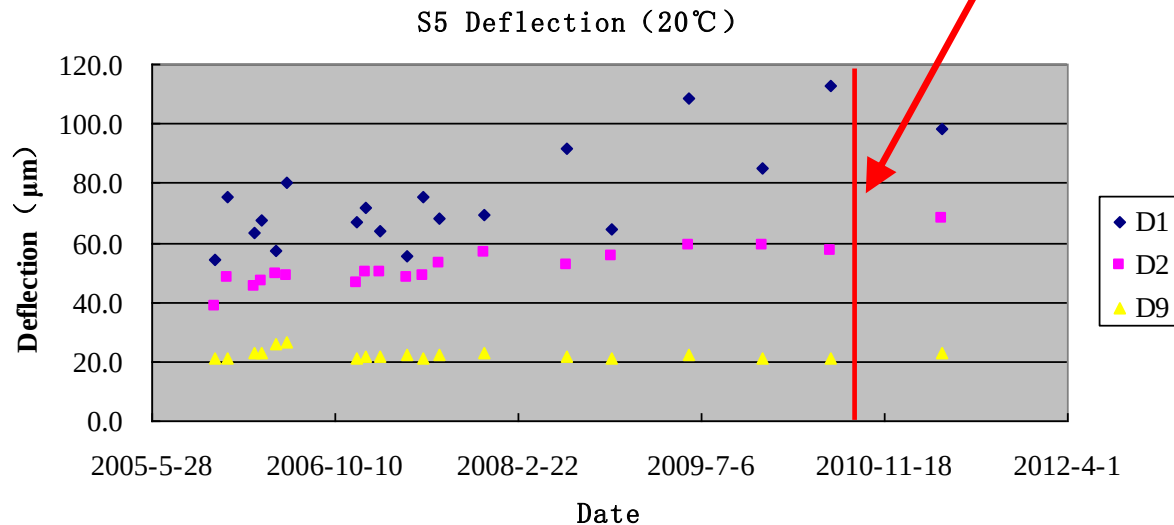
S4弯沉随时间变化 (温度修正至20°C)

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 弯沉随时间的变化 Deflection-Time

➤ S5弯沉随时间变化

2010年下半年面层铣刨4cm重铺修复车辙

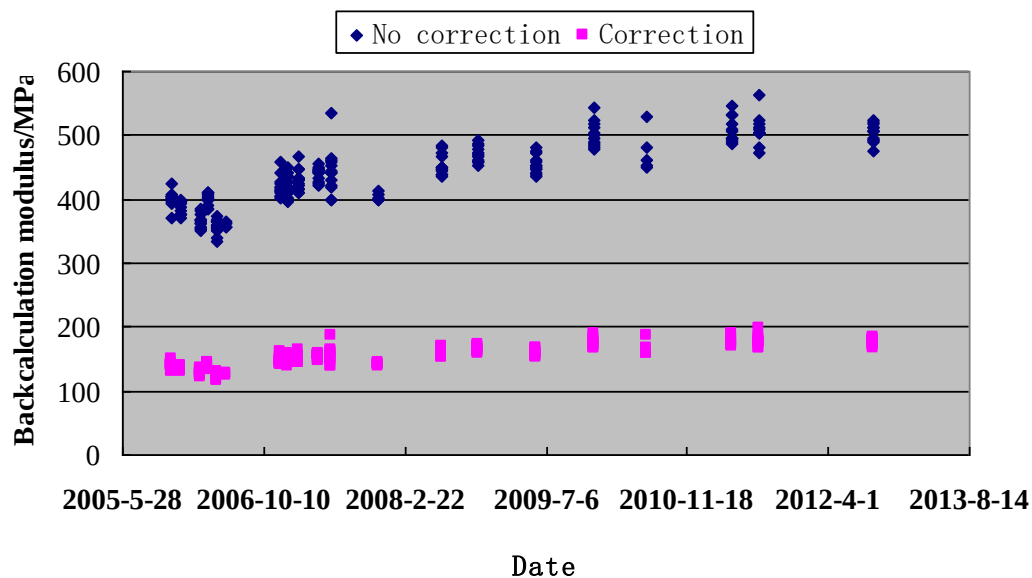


S5弯沉随时间变化（温度修正至20℃）

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 结构模量变化分析 Structure Modulus

➤ 土基模量变化 Soil Modulus

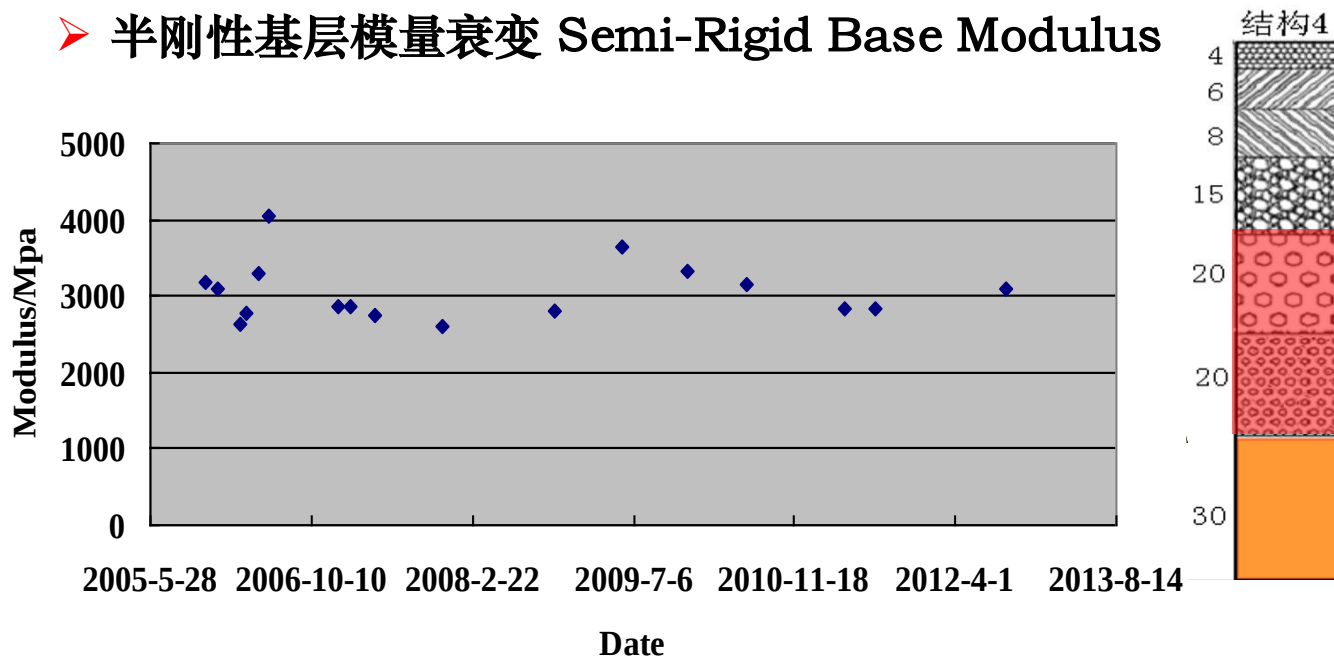


S1 Subgrade backcalculation modulus

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 结构模量变化分析 Structure Modulus

➤ 半刚性基层模量衰变 Semi-Rigid Base Modulus

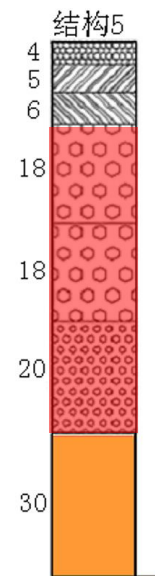
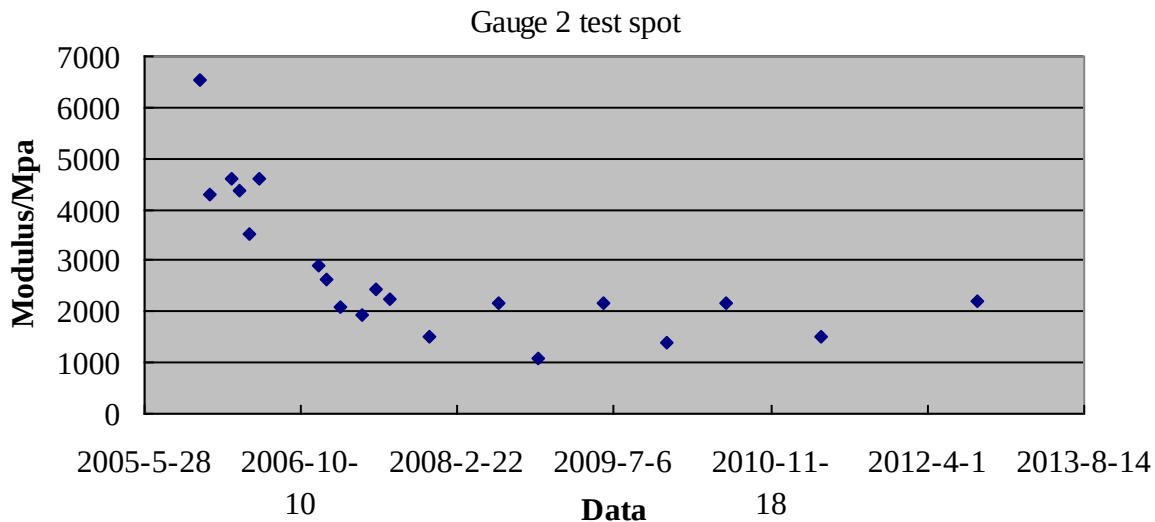


S4 gauge 2 test spot FWD backcalculation

Mechanical Response in Long-term Monitoring

□ 结构模量变化分析 Structure Modulus

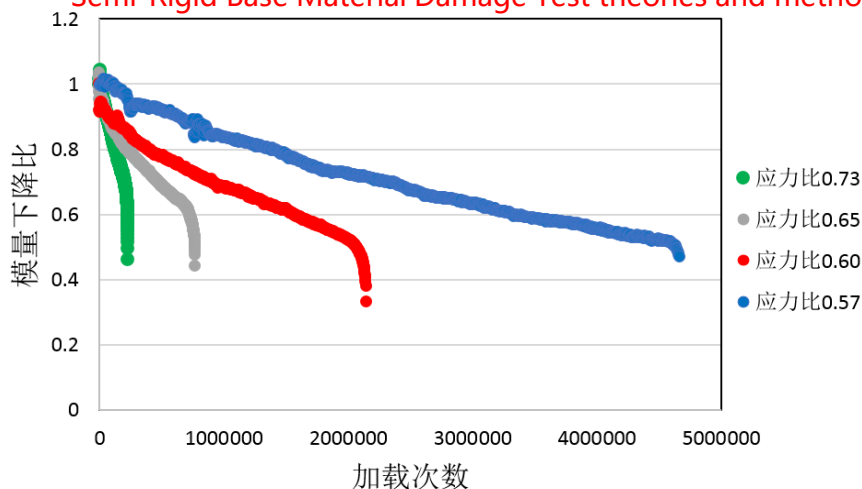
➤ 半刚性基层模量衰变 Semi-Rigid Base Modulus



S5 gauge 2 test spot FWD backcalculation

● 半刚性基层材料损伤测试理论与方法

Semi-Rigid Base Material Damage Test theories and methods



实测不同应力比模量衰减比较

Stress Ratio Attenuation

测试和采集疲劳损伤数据超过5000万组!



成果实现了对半刚性基层材料不同损伤程度测试和评价



山东省交通科学研究院

拥有国际视野、建设国内一流的现代化综合性交通科研机构。

——山东省交通科学研究院愿景



道可道平台现状及规划 (2016-2020)

山东省交通科学研究院
2020年03月

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

1、初步构想：一切从“零”开始

- 2016年，韦金城、余四新、韩文扬开始进行在线设计软件探索

沥青混合料配合比
在线设计系统

存在问题

沥青路面结构在线
设计系统

- 现有Excel表格存在被窃取风险
- 该套表格已沿用多年，亟需升级
- 单机版表格“各自为战”，沟通不畅

- 17版“沥青路面设计规范”应用困难
- 新增交通荷载“水平一”设计要求
- 契合道路设计单位实际需求

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

3、初见成效：达到预期目标

沥青混合料配合比设计



提供沥青混合料目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证及施工质量控制系统模块。本系统基于《公路沥青路面施工技术规

[进入](#)

- 国内首套基于互联网的沥青混合料配比设计分析系统
- 实现在线协作，凝聚团队力量
- 平台持续升级完善
- 核心技术绝对安全

沥青路面结构设计



提供基于互联网的沥青路面结构设计分析系统。本设计系统与《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017对接，同时针对山东省道路

[进入](#)

- 实现17版“沥青路面设计规范”在线设计
- 提供典型轴载谱、材料参数、敏感性分析
- 面向科研院所、设计院、高校

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

4、 沥青混合料配合比在线设计系统

A. 配合比设计技术要求
B. 原材料检测
- C. 目标配合比设计
1 原材料密度
2 原材料筛分
+ 3 矿料配合比设计
+ 4 最佳沥青用量配合比设计
5 目标配合比性能验证
- D. 生产配合比设计
1 热料仓密度
2 热料仓筛分
+ 3 矿料配合比设计
+ 4 最佳沥青用量配合比设计
5 生产配合比设计结果汇总
6 生产配合比性能验证
E. 生产配合比验证
F. 施工质量管理

设计技术标准					
空隙率VV(%)	4 ~ 6	设计(期望)空隙率VV(%)	= 4.5	矿料间隙率VMA(%)	≥ 13
沥青饱和度VFA(%)	65 ~ 75	稳定度MS(kN)	≥ 8	流值FL(mm)	1.5 ~ 4
沥青膜厚度(μm)	>				
性能检验技术要求					
动稳定度DS(次/min)	≥ 2800	冻融劈裂抗拉强度比TSR(%)	≥ 80	浸水马歇尔残留稳定度MSR(%)	≥ 85
低温弯曲破坏应变εb(με)	≥ 2500	沥青析漏损失Δm(%)	≤ 0.1	混合料飞散损失ΔS (%)	≤ 15
渗水系数CW(mL/min)	≤ 120	汉堡轮辙永久变形(mm)	< 12.7		

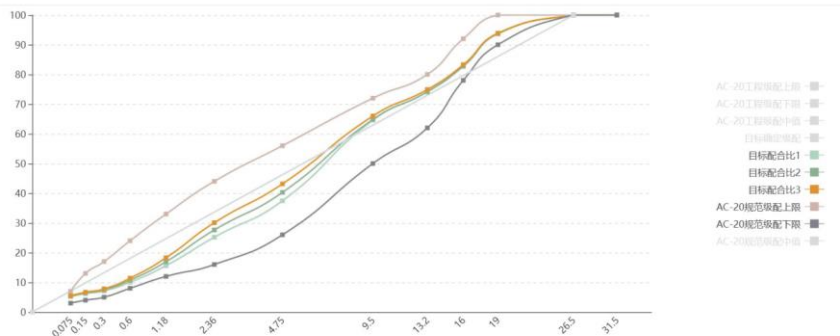
试 验 指 标		单位	高速公路、一级公路				其他等级	行人道路
			夏热地区(1-1、1-2、1-3、1-4区)		夏热地区及夏凉区(2-1、2-2、2-3、2-4、3-2区)		公路	
			中轻交通	重载交通	中轻交通	重载交通		
孔隙率VV	深约90mm以内	%	3~5	4~6	2~4	3~5	3~6	2~4
	深约90mm以下	%	3~6		2~4	3~6	3~6	-
稳定度MS 不小于		kN	8				5	3
流值FL		mm	2~4	1.5~4	2~4.5	2~4	2~4.5	2~5
矿料间隙率VMA(%)不小于	设计空隙率(%)	相应于以下公称最大粒径(mm)的最小VMA及VFA技术要求(%)						
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	
		10	11	11.5	12	13	15	
		11	12	12.5	13	14	16	
		12	13	13.5	14	15	17	
		13	14	14.5	15	16	18	
		14	15	15.5	16	17	19	
沥青饱和度VFA(%)		55~70		65~75		70~85		

保存

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

4、沥青混合料配合比在线设计系统

级配计算图表



矿料配合比设计

沥青混合料配合比系统

沥青类型: SBS

Q 数据源分析 Q 新编 Q 飞取 Q 马歇尔设计图

沥青用量3.5% 增加 删除 汇总

	序号	试件号	厚度1(mm)	厚度2(mm)	厚度3(mm)	平均厚度(mm)	空气中重量(g)	水中重量(g)	饱和面干重量(g)	稳定度(KN)	流值(mm)
☐	1	1	63.34	64	63.42	63.59	1193.39	704.81	1199.18	12.63	1.76
☐	2	2	63.12	63.58	63.34	63.35	1191.07	703.4	1197.43	12.52	1.60
☐	3	3	63.64	63	63.72	63.45	1192.65	702.67	1198.34	12.18	2.14
☐	4	4	63.98	64.28	64	64.09	1193.35	701.62	1197.29	12.80	2.25

沥青用量4% 增加 删除 汇总

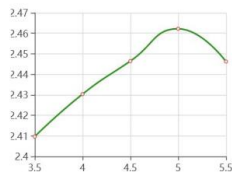
	序号	试件号	厚度1(mm)	厚度2(mm)	厚度3(mm)	平均厚度(mm)	空气中重量(g)	水中重量(g)	饱和面干重量(g)	稳定度(KN)	流值(mm)
☐	1	1	65.58	65.46	65.84	65.63	1204.37	712.89	1208.47	13.32	2.55
☐	2	2	65.00	64.34	64.62	64.65	1205.27	713.20	1209.83	12.55	2.14
☐	3	3	64.32	64.54	64.38	64.41	1205.18	714.90	1209.89	13.4	2.6
☐	4	4	64.64	64.48	64.54	64.55	1208.32	715.54	1212.91	13.08	2.32

体积指标智能分析

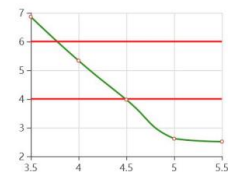
一、道可道平台创建初衷：2016-2017

4、沥青混合料配合比在线设计系统

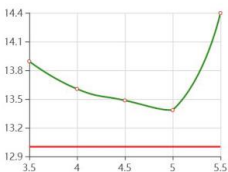
密度



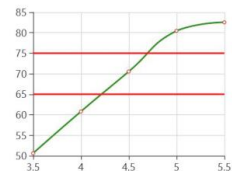
空隙率



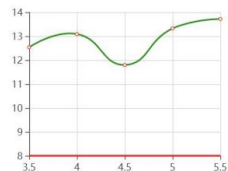
矿料空隙率



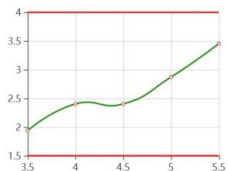
沥青饱和度



稳定度



流值



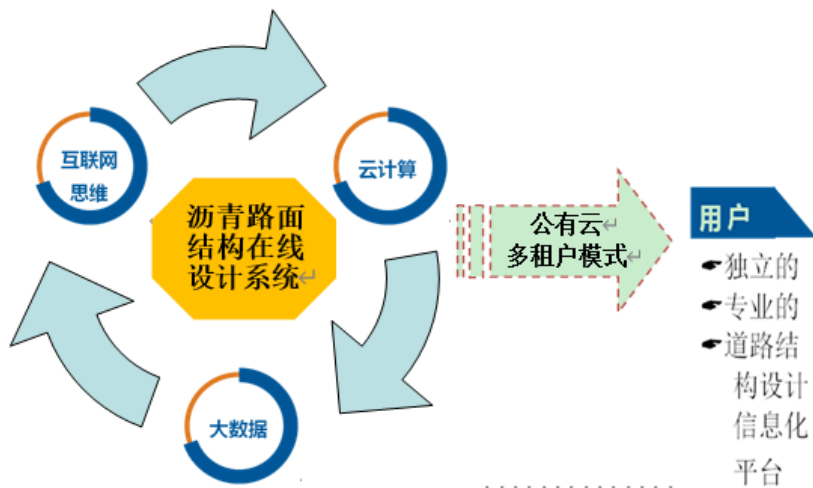
沥青含量确定



人工智能确定最优沥青含量

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

5、沥青路面结构在线设计系统



沥青路面结构设计



提供基于互联网的沥青路面结构设计分析系统。本设计系统与《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017对接，同时针对山东省道路

进入

01

自带区域性轴载谱数据，包含几十条不同等级道路实测典型轴载谱数据

02

扩展材料参数数据库

03

灵活的数据输入

04

除满足现行规范指标外，可进行不同层位弯沉计算、进行不同参数变化的敏感性分析，提供更加强大计算分析能力。

一、道可道平台创建初衷：2016-2017

5、沥青路面结构在线设计系统



沥青路面结构分析系统

项目管理 你好

新建项目 复制项目 分享项目 删除项目

请输入项目名称

查询

	项目名称	项目文件名	路面设计类型	创建时间	创建人	修改时间	分析时间	操作
	山东路面结构计算	路面结构计算123	新建公路路面设计	2019-09-22 11:13:59	weijc	2019-09-22 11:29:59		查看/分享/删除
	东雪5507	东雪5507	改建设计(不验算路面结构)	2019-03-07 09:08:55	weijc	2019-03-26 09:27:43	2019-04-04 14:04:57	查看/分享/删除
	项目4	路面结构设计 4	新建公路路面设计	2018-07-31 15:52:04	weijc	2018-08-03 14:59:11	2019-03-05 14:59:43	查看/分享/删除
	未命名项目_2018-05-30	未命名项目文件名_2018-05-30	新建公路路面设计	2018-05-30 13:41:40	weijc	2018-05-30 16:42:24		查看/分享/删除
	项目555	路面结构设计 555	新建公路路面设计	2018-05-08 10:07:48	weijc	2019-09-22 11:31:01	2019-09-22 11:31:17	查看/分享/删除
	项目444	路面结构设计 444	新建公路路面设计	2018-05-08 10:05:23	weijc	2018-05-08 10:11:19	2018-08-10 22:05:53	查看/分享/删除
	项目333	路面结构设计 333	新建公路路面设计	2018-05-08 10:04:15	weijc	2018-05-08 10:04:47	2018-05-08 10:04:56	查看/分享/删除
	项目222	路面结构设计 222	新建公路路面设计	2018-05-08 10:02:28	weijc	2018-05-08 10:05:58	2018-05-08 10:02:56	查看/分享/删除
	项目111	路面结构设计 111	新建公路路面设计	2018-05-08 10:00:36	weijc	2018-05-08 10:01:14	2018-05-08 10:01:25	查看/分享/删除
	项目55	路面结构设计 55	新建公路路面设计	2018-05-06 15:34:12	weijc	2018-05-06 15:42:42	2018-05-06 15:44:01	查看/分享/删除

第 1 页 共 1 页 10 页 14 页 记录

二、道可道平台持续发展：2018-2019

1、“道可道网”的由来



核心模块：**在线设计与大数据平台**



在线设计系统

沥青路面结构设计 提供基于互联网的沥青路面结构设计分析系统。本设计系统与《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017)对接。同时+ 进入	沥青混合料配合比设计 提供沥青混合料目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证及施工质量控制系统模块。本系统基于《公路沥青 进入	道路荷载大数据平台 提供道路车辆荷载数据，并分析道路结构数据，为路面结构设计和预防性养护提供依据。 进入
路面加速加载数据平台 分享路面加速加载数据，为高校、科研机构、企业开展路面结构及材料研究提供宝贵原始数据资料。 待更新	沥青路面养护决策系统 沥青路面预防性养护决策支持系统(简介: 软件为建设单位或者BOT、PPP项目营运单位提供路面养护决策支持) 进入	RIOHTrack环道加载车辆运行监测 实时监测加载车辆位置、重量等信息，为环道动力响应监测系统提供精确的加载车辆信息。提高环道科研数据精度。 进入
路面结构温度场监测系统 基于物联网、通信和互联网的三网融合技术，建立路面温度场智能监测平台。基于大数据分析技术，对采集数据进行		

二、道可道平台持续发展：2018-2019

1、“道可道网”的由来



核心模块：在线设计与大数据平台



在线设计系统

沥青路面结构设计 提供基于互联网的沥青路面结构设计分析系统。本设计系统与《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017)相符。同时支持... 进入	沥青混合料配合比设计 提供沥青混合料配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证及施工质量控制系统模块。本系统基于《公路沥青... 进入	道路荷载大数据平台 提供道路车辆荷载数据，并分析道路结构数据，为路面结构设计和预防性养护提供依据。 进入
路面加速加载数据平台 分享路面加速加载数据，为高校、科研机构、企业开展路面结构及材料研究提供宝贵原始数据资料。 待更新	沥青路面养护决策系统 沥青路面预防性养护决策支持系统(简介：软件为建设单位或者BOT、PPP项目运营单位提供沥青路面预防性养护决策支持... 进入	RIOHTrack环道加载车辆运行监测 实时监测加载车辆位置、重量等信息，为环道动力响应监测系统提供精确的加载车辆信息。提高环道试验数据精度。 进入
路面结构温度场监测系统 基于物联网、通信网和互联网的三网融合技术，建立路面温度场智能监测平台。基于大数据分析技术，对采集数据进行... 进入		

二、道可道平台持续发展：2018-2019

2、道路荷载大数据平台

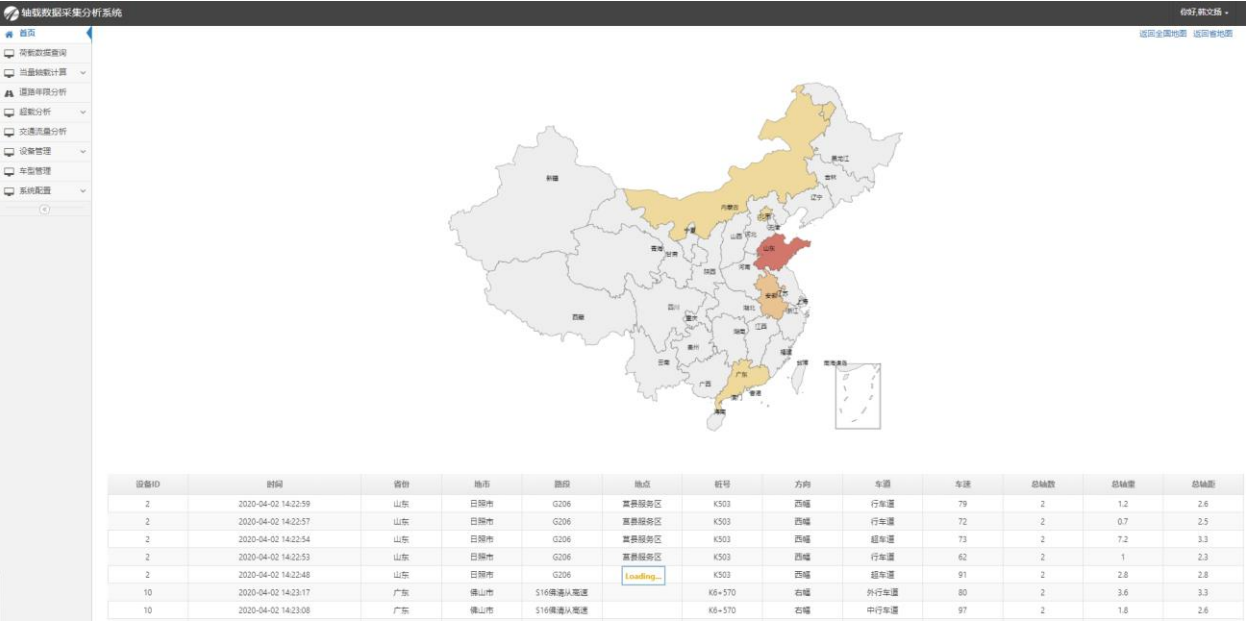
道路荷载大数据平台



提供道路车辆荷载数据，并分析道路轴载谱，为路面结构设计和预防性养护提供依据。

进入

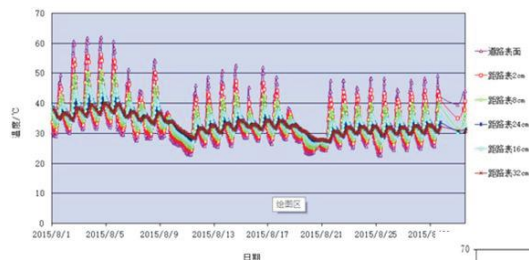
- 自主开发动态称重系统
- 实现道路荷载不间断采集，自动分析道路轴载谱
- 面向道路管理单位、科研院所、设计院、高校



二、道可道平台持续发展：2018-2019

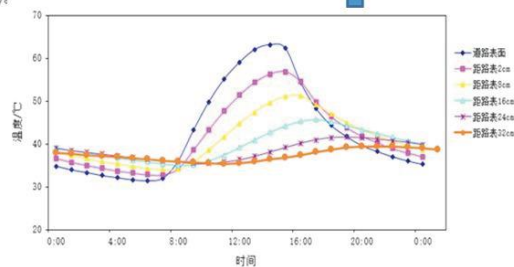
3、路面结构温度场监测系统——开发中

- 数据源：现场路面结构温度场采集系统
- 建立预警机制，提供实时数据及预警信息

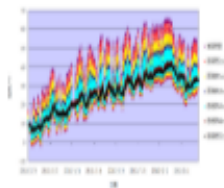


1个月内沥青路面温度场变化曲线图

1天内沥青路面温度场变化曲线图



路面结构温度场监测系统



基于物联网、通信网和互联网的三网融合技术，建立路面温度场智能监测平台，基于大数据分析技术，对采集数据进行

进入



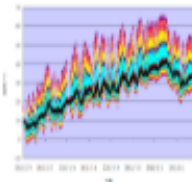
乌海黄河大桥
路面结构温度场采集系统
(含环境温度)

二、道可道平台持续发展：2018-2019

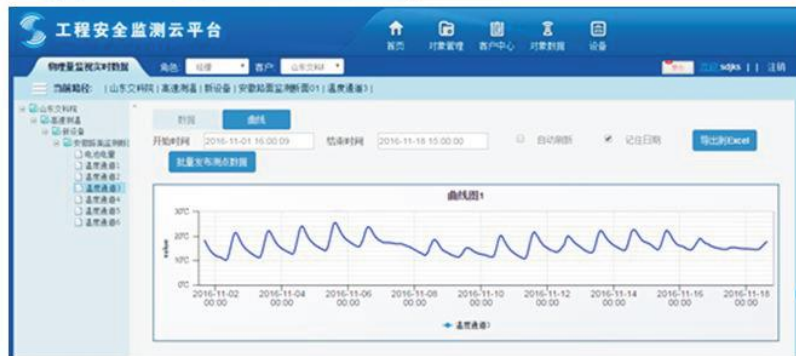
3、路面结构温度场监测系统——开发中

路面结构温度场监测系统

基于物联网、通信网和互联网的三网融合技术，建立路面温度场智能监测平台，基于大数据分析技术，对采集数据进行



进入



京台高速蚌埠至合肥段：持续采集数据超过2年，共采集到温度场数据超过20万组。



谢谢!