



Опыт внедрения и развития Superpave в Китае

Ронжи ЦАО, д.т.н.

Главный инженер, JSTI Group.

*Директор, Национальная лаборатория передовых
дорожных материалов*

Апрель, 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.

Введение

2.

Чему мы научились

3.

Типовые проекты Supergrape

4.

Заключение

1. Введение

- SHRP (СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОРОГ)



- 1987-1993, \$150 млн, исследования, проводимые FHWA и TRB
- Целью исследований асфальта SHRP была разработка системы, которая связала бы характеристики материала и эксплуатационные качества дорожного покрытия.
- Конечным продуктом программы SHRP является методология Superpave.



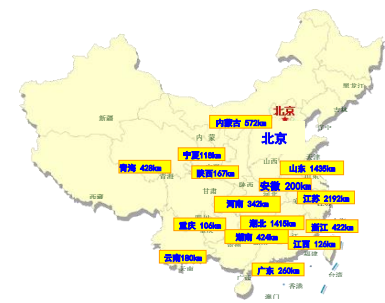
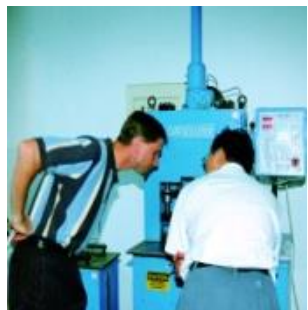
- Требования на битумные вяжущие
- Испытания и требования на мин.материалы
- Проектирование и испытания горячих асфальтобетонных смесей
- Компьютерное ПО

1. Введение



Проф. Дзя Юй

• История Superpave в Китае



Национальная сеть скоростных автомагистралей



国家高速公路网布局方案

国家高速公路网布局方案

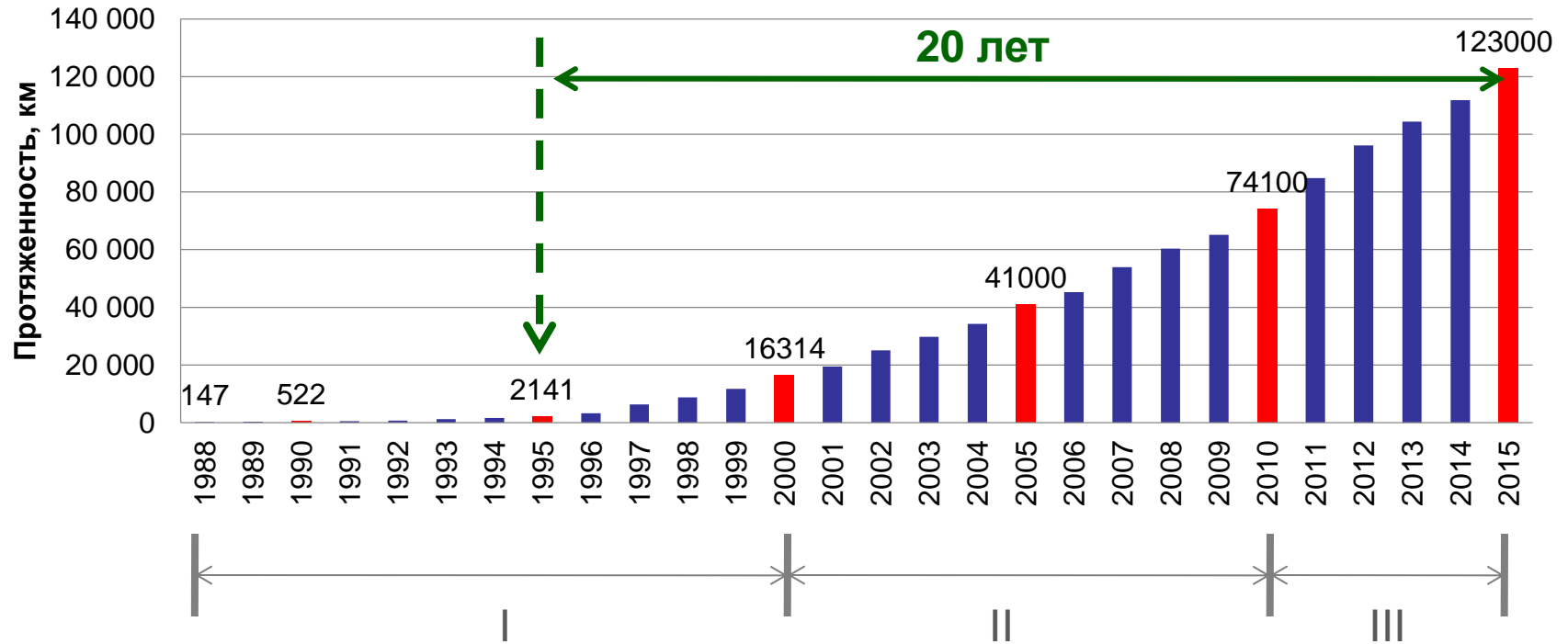
- | 放射线 |
|-------------|
| 1. 北京-上海 |
| 2. 北京-台北 |
| 3. 北京-港澳 |
| 4. 北京-昆明 |
| 5. 北京-拉萨 |
| 6. 北京-乌鲁木齐 |
| 7. 北京-哈尔滨 |
| 纵线 |
| 1. 鹤岗-大连 |
| 2. 沈阳-海口 |
| 3. 长春-深圳 |
| 4. 济南-广州 |
| 5. 大庆-广州 |
| 6. 二连浩特-广州 |
| 7. 包头-茂名 |
| 8. 兰州-海口 |
| 9. 重庆-昆明 |
| 横线 |
| 1. 绥芬河-满洲里 |
| 2. 珲春-乌兰浩特 |
| 3. 丹东-锡林浩特 |
| 4. 荣成-乌海 |
| 5. 青岛-银川 |
| 6. 青岛-兰州 |
| 7. 连云港-霍尔果斯 |
| 8. 南京-洛阳 |
| 9. 上海-西安 |
| 10. 上海-成都 |
| 11. 上海-重庆 |
| 12. 杭州-瑞丽 |
| 13. 上海-昆明 |
| 14. 福州-银川 |
| 15. 泉州-南宁 |
| 16. 厦门-成都 |
| 17. 汕头-昆明 |
| 18. 广州-昆明 |



Проект «7918», всего 85 000 км

1. Введение

Суммарная протяженность скоростных автомагистралей в Китае



Преждевременное повреждение дорожного покрытия (влага, колейность)



Надежность, контроль и обеспечение качества



Безопасность
Экологичность
Долговечность

1. Введение

- Первая опытная дорога с Supergrave в Цзянсу
 - 2000 г., дорога Иньбинь, Хуайань, 7 км
 - Sup-13 в верхнем слое покрытия
 - Sup-20 в нижнем слое покрытия



Первая опытная дорога с Supergrave, (2000 г.)



Карта дороги Иньбинь

1. Введение

- Первая опытная дорога с Superpave на автомагистрали, Цзянсу
 - 2001, а/магистраль G30, 6 км, Сюйчжоу
 - Sup-20 в слое покрытия
 - Sup-25 в основании покрытия



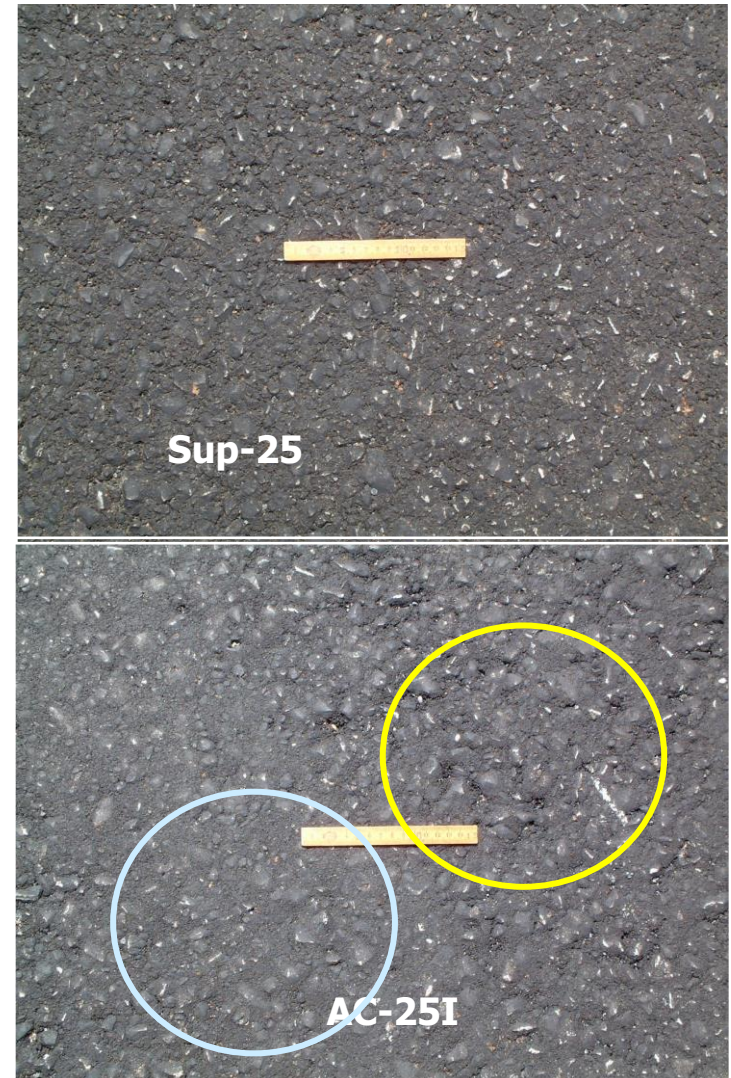
Проф. Линь Сюсянь на
а/магистрали Ляньской (2001 г.)



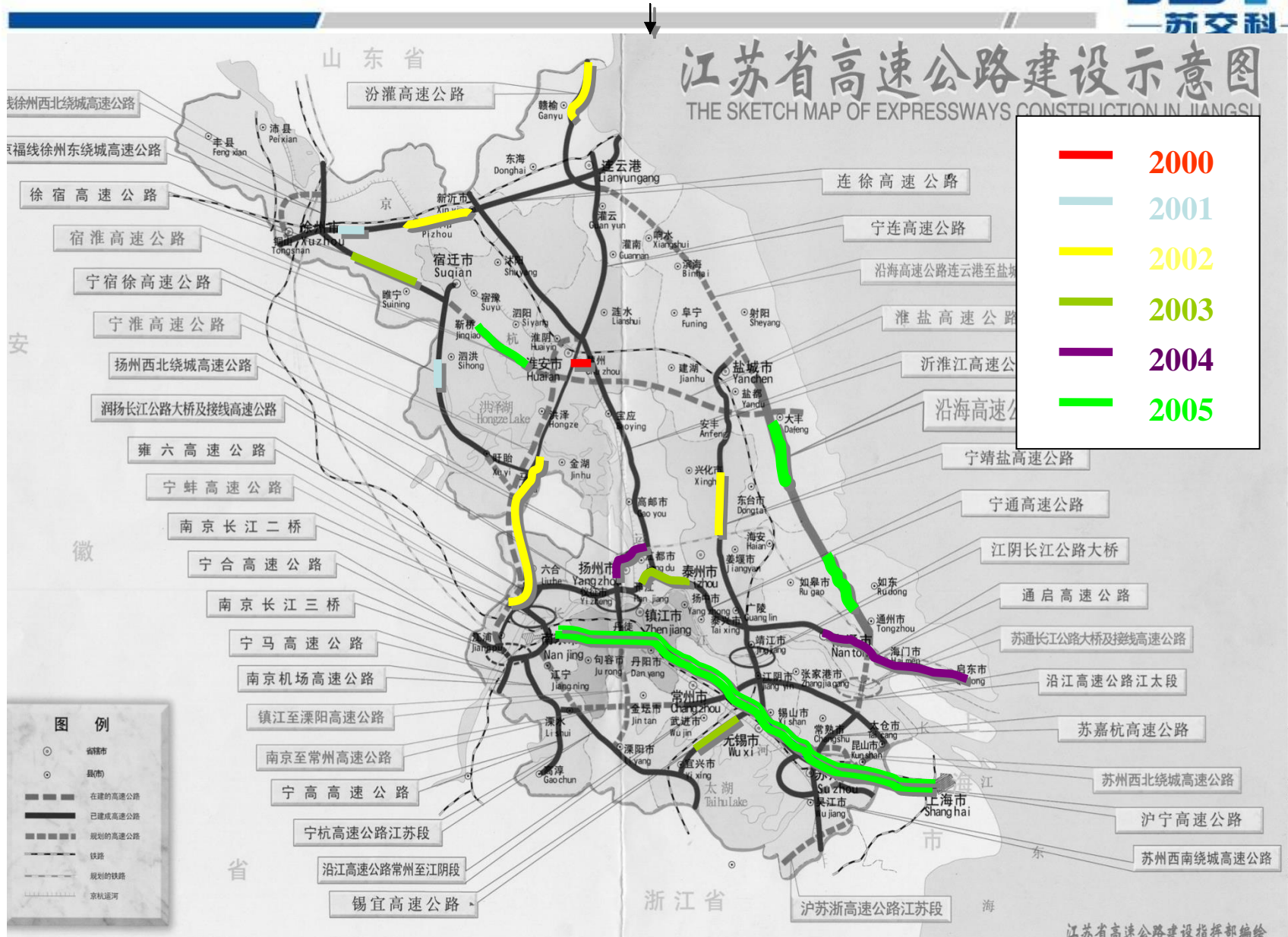
Семинар по Superpave на
а/магистрали Ляньской (2001 г.)

Смесь Superpave

- Преимущества
 - Хорошее сопротивление колееобразованию
 - Равномерная текстура покрытия
 - Почти те же затраты, что и с обычной смесью
- Недостатки
 - Изменение мышления
 - Необходимо новое испытательное оборудование
 - Уплотнение/проницаемость
 - Недостаток контроля эксплуатационных качеств



1. Введение



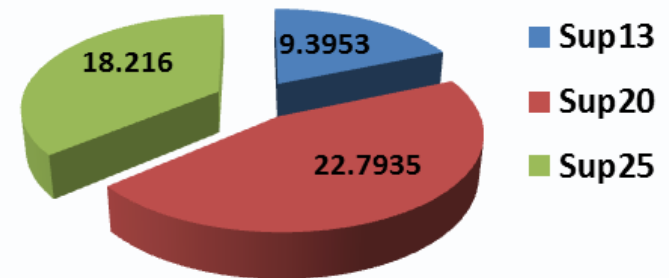
1. Введение

- Применение Superpave в Китае



2010 г. общее количество смеси Superpave, в Китае, млн. т

2010 Total amount of Superpave mix used in China (million ton)



1. Введение



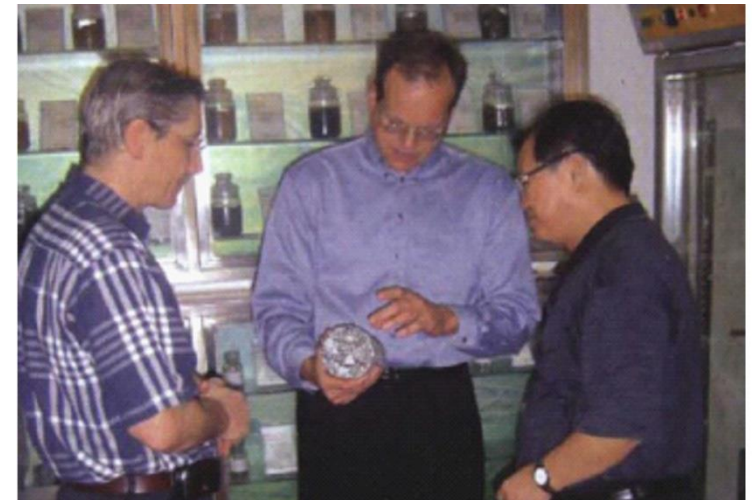
**Джерри Хубер
(Heritage Research Group)**



Джон Д'Анджело (FHWA)



Сьюзан Логан (KOCN)



Рей Бонаквист (AAT)

1. Введение



➤ Технические условия

- Правила метрологической поверки SGC, JJG087-2008
- Общие ТУ на строительство в провинции Цзянсу а/магистрали с асфальтобетонным покрытием DB32/T1246—2008
- Стандарт на гираторный уплотнитель, JT/T724-2008
- Общие ТУ на строительство с применением Superpave в Шаньдуне, DB 37/T 1722-2010
- Общие ТУ на строительство с применением Superpave в Цзянсу, DB/T1087-2015
- Общие ТУ на строительство в Чунцине а/магистрали с асфальтобетонным покрытием CQJTG/T A01-2015



➤ Публикации

- Руководство по технологии Superpave Technology, 2003
- Базовое руководство по Superpave, 2005

➤ Оборудование

- >250 SGC
- >40 комплектов оборудования для вяжущего в Китае



СОДЕРЖАНИЕ

1.

Введение

2.

Чему мы научились

3.

Типовые проект Supergravel

4.

Заключение

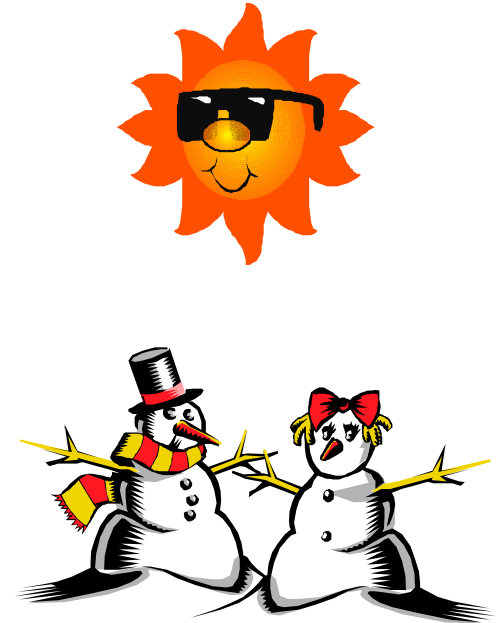
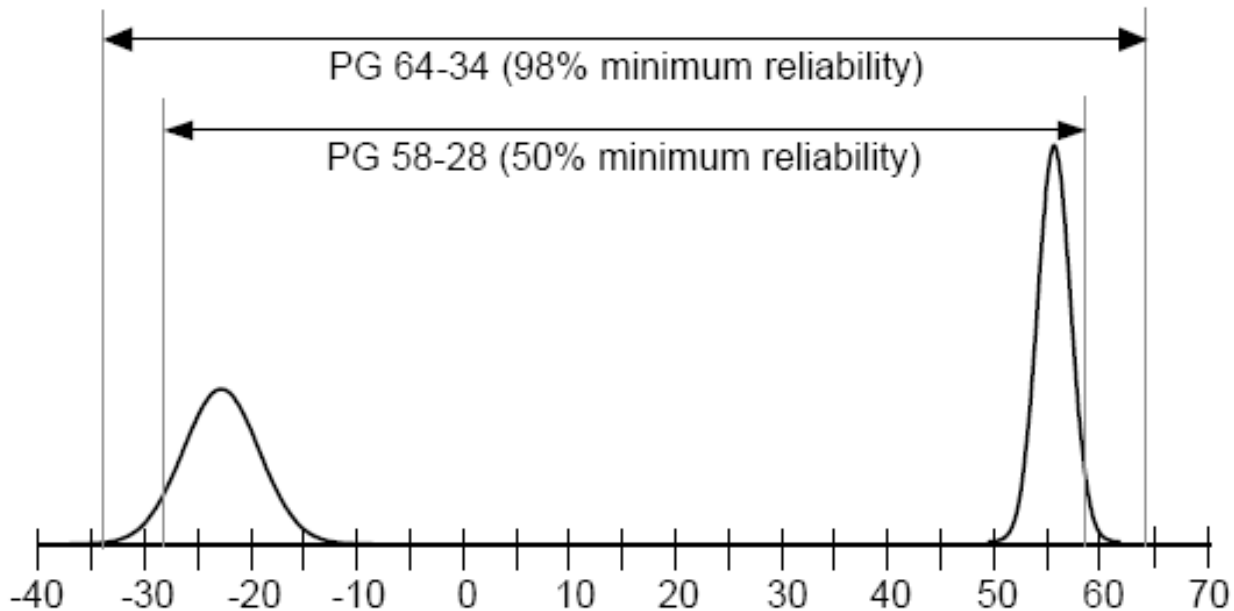
2. Чему мы научились с Superpave



- Битумное вяжущее
- Проектирование смесей
- Контроль эксплуатационных качеств
- Строительство

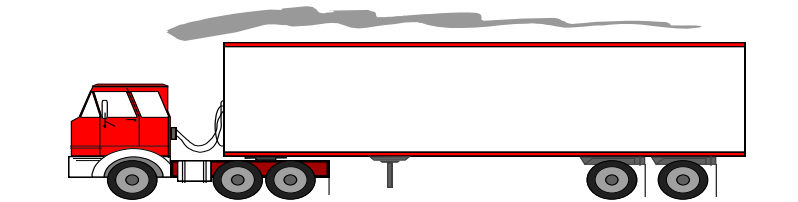
Битумное вяжущее

- Выбор битумного вяжущего



➤ В Китае верхняя граница марки обычно повышается относительно расчетных значений на несколько уровней в связи рядом факторов:

- Температура
- Перегрузка автомобилей
- Условия поставки



Битумное вяжущее



• Выбор битумного вяжущего

Расчетная марка вяжущего (LTPP)

Провинция	Цзянсу	Чунцин	Сычуань	Чжецзян	Хэйлонцзян	Цзянси	Гуандун	Аньхуэй	Юньнань	Цинхай	Шанси
Слой основания	PG58-10	PG58-4	PG58-40	PG58-10	PG52-28	PG58-4	PG58-4	PG58-10	PG58-4	PG58-22	PG58-16
Нижний слой покрытия	PG64-10	PG64-4	PG64-4	PG64-16	PG58-28	PG64-10	PG64-4	PG64-10	PG58-4	PG64-22	PG58-22
Верхний слой	PG70-16	PG70-10	PG70-10	PG70-16	PG64-28	PG70-10	PG70-10	PG70-16	PG64-10	PG70-28	PG64-22

Марка после коррекции с учетом эксплуатационных нагрузок

Провинция	Цзянсу	Чунцин	Сычуань	Чжецзян	Хэйлонцзян	Цзянси	Гуандун	Аньхуэй	Юньнань	Цинхай	Шанси
Слой основания	PG64-22	PG64-22	PG64-22	PG64-22	PG58-22	PG64-22	/	PG64-22	PG64-22	PG58-22 PG64-22	/
Верхний слой Нижний слой покрытия	PG70-22 PG70-28 PG76-22	PG70-22 PG76-22 PG76-28	PG70-28 PG76-28 PG76-22	PG70-28 PG76-28 PG76-22	PG70-22 PG70-28	PG76-28	PG76-28	/	/		PG70-28

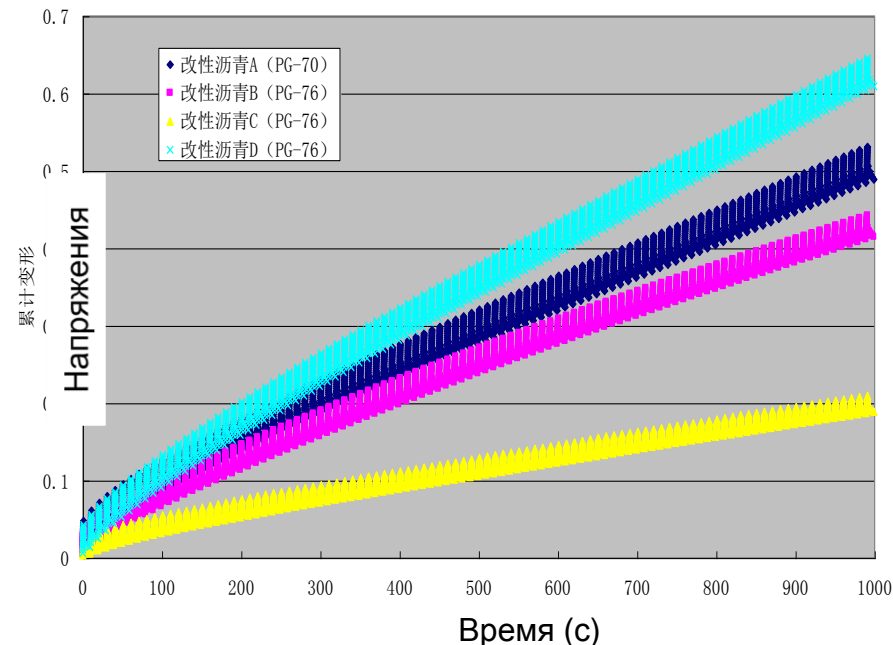
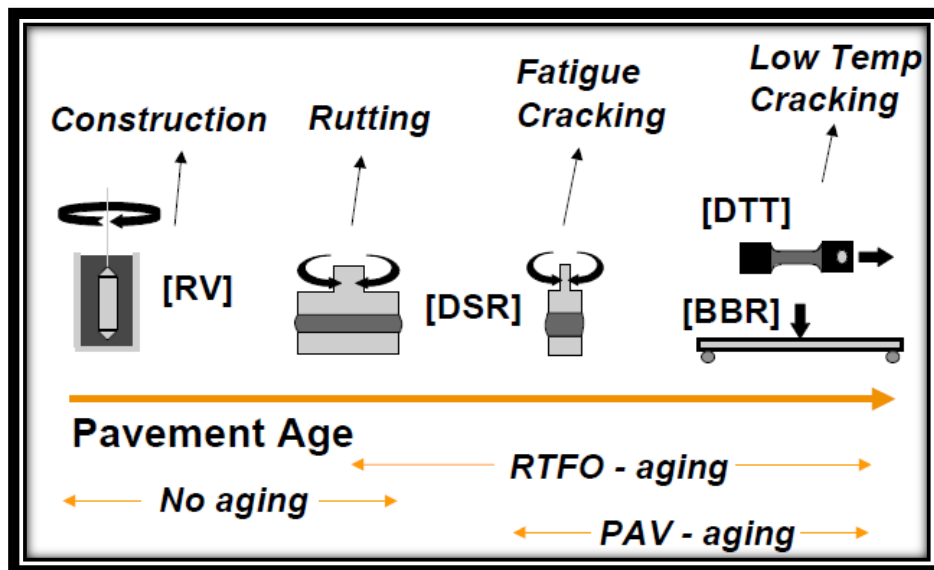
Битумное вяжущее

➤ Требования к вяжущим:

■ П₂₅ → П₂₅ + эксплуатационные качества

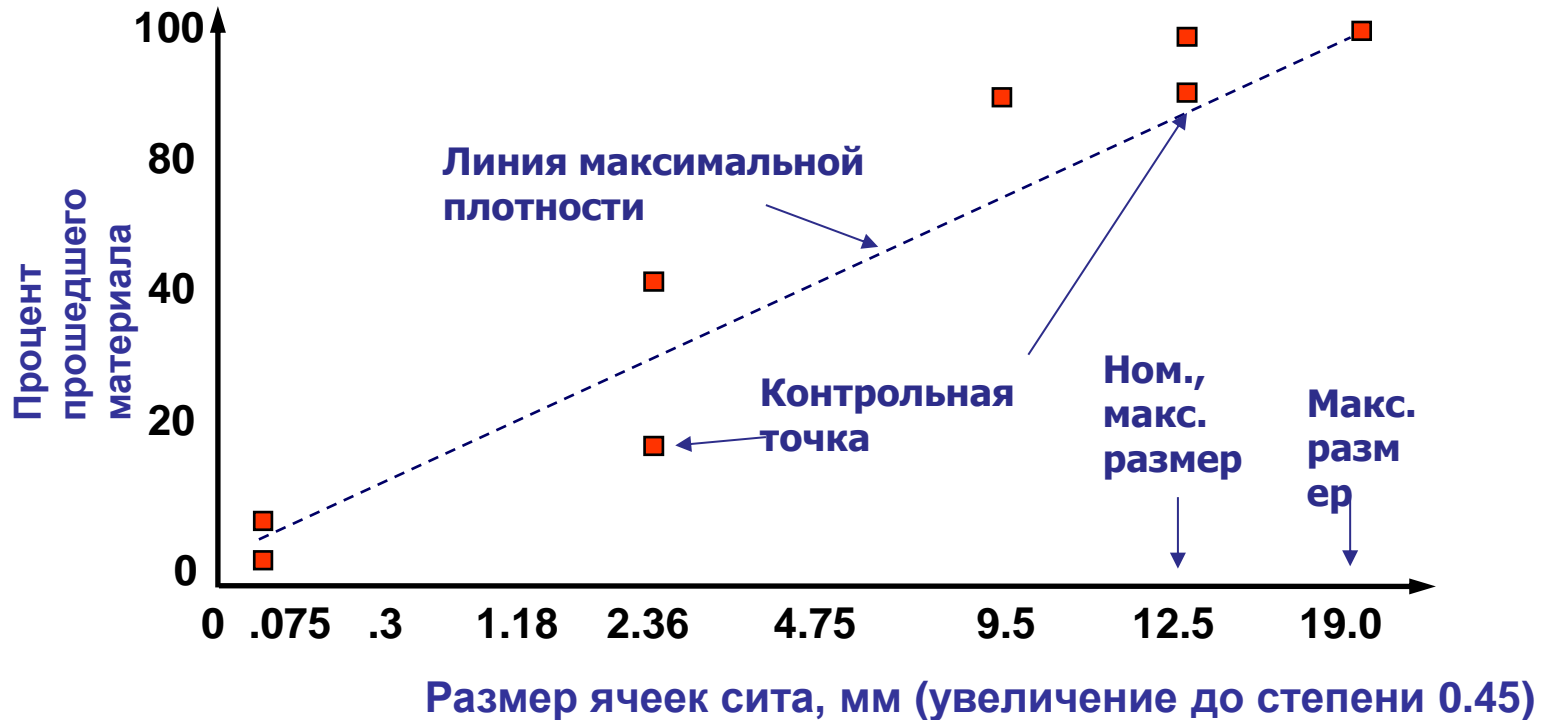
■ ПБВ

- Методика испытания упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) (AASHTO T350-14)



Проектирование смесей

• Выбор гранулометрического состава

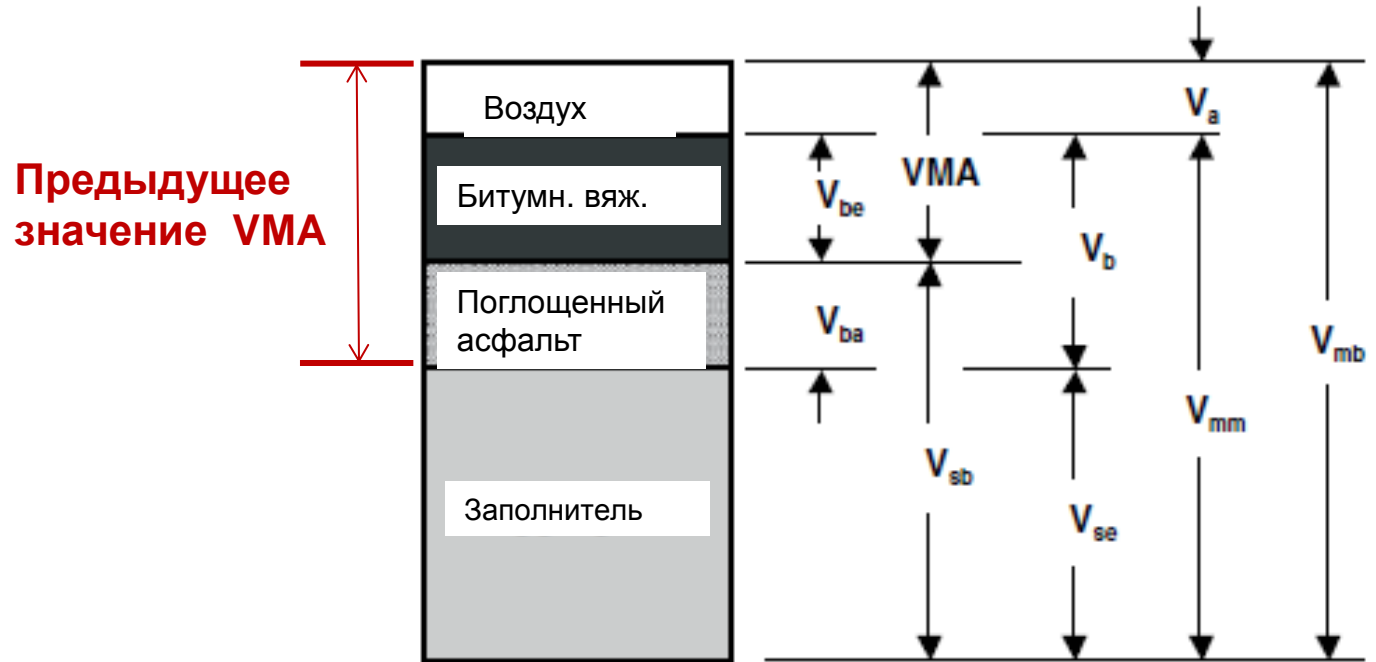


- Использовать полулогарифмический график
- Использовать средний интервал

- Ось x-coordinate, использовать степень 0.45
- Использовать линию максимальной плотности
- Оптимизировать между крупной, тонкой и средней фракциями

Проектирование смесей

- Объемные свойства



JTJ 032-1994

JTG F40-2004

Содержание вяжущего V_b →

эффективное содержание вяжущего V_{be}

$$VMA = V_{ba} + V_a$$

$$VMA = V_{be} + V_a$$

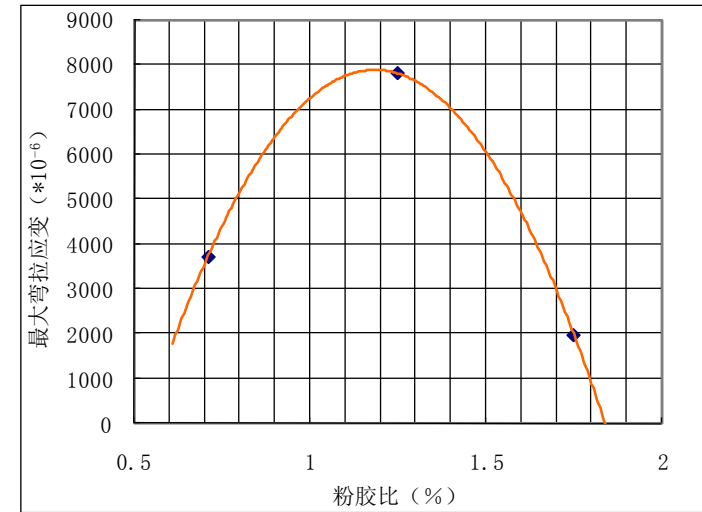
Проектирование смесей

➤ Отношение пыль-вяжущее

$$DP = \frac{P_{0.075}}{P_{be, \text{расчетная}}}$$

$P_{0.075}$: масса материала, прошедшего сито 0,075 мм;

$P_{be, \text{расчетный}}$: эффективное содержание битумного вяжущего



Тип гранулометрического состава	Интервал
Крупная фракция	0.8~1.6
Тонкая фракция	0.6~1.2

Проектирование смесей

- Внедрение испытаний на измельчение (AASHTO T209)
 - Стандартная методика испытаний на теоретические максимальные удельный вес и плотность горячей асфальтовой смеси
 - Повышение плотности дорожного покрытия.



Покрытие шоссе А(1996 г.)

Гранулометрический состав	Требования по содержанию воздушных пустот %	ТУ
100%	-	JTJ032-1994
30%	3-8	JTG F40-2004
10%	3-7	Jiangsu Spec. 2001

Рассчитать → Измерить

Проектирование смесей

- **Уровень уплотнения SGC**

- По таблице большинство покрытий в Китае нуждаются в выборе $N_{\text{design}}=125$, из-за интенсивного потока транспорта.
- Фактически в большинстве случаев $N_{\text{design}}=100$, т.к. иначе смесь будет сложно уплотнить.

Проектирование ESAL (млн)	Параметры уплотнения		
	N_{initial}	N_{design}	N_{max}
<0.3	6	50	75
0.3<3	7	75	115
3<30	8	100	160
≥30	9	125	205

Перечень параметров уплотнения



Провинция	Compaction parameter			Typical projects
	$N_{initial}$	N_{design}	N_{max}	
Цзянсу	8	100	160	а/д Нинхуай, Ляньянь, Хуньин, Чженьли
Хубэй	9	125	205	а/д Вухуан
Внутренняя Монголия	8	100	160	а/д Шинден, Читон
Шанхай	8	100	160	а/д Хуньин, Цзяцзинь
Хуньнань	8	100	160	а/д а/п Чанюн, Лэйи, Хэньцзао
Тяньцзинь	8	100	160	а/д Дзиньцзи, проект содержания а/д Цзиншен
Цзянси	8	100	160	а/д Гандин, Шицзи
Шаньдун	8	100	160	а/д Цининь, Вэйжу
Фуцзянь	8	100	160	Участок Чжанчжоу-Лонянь Лонянь, участок Лоюань-Чангле В2
Гуандун	8	100	160	Городская а/д Кайянь, Донгуань
Шанси	8	100	160	а/д Мянсянь-Нинцян, Сянь-Баоцзи
Сычуань	8	100	160	а/д Ченнань
Чунцин	8	100	160	а/д Шуйцзи, внешнее кольцо Чонцин, западный участок
Синьцзян	8	100	160	Внешнее кольцо Урумчи
Хенань	8	100	160	а/д Фусян, Шанчжоу
Цинхай	8	100	160	а/д Пинань-Адай, шоссе второго класса Манге
Чжецзян	8	100	160	а/д Сонпу, Шеньцзяхуэ, Хуанцюань
Нинся	8	100	160	а/д Тонянь

Проектирование смеси

- **Случаи отказа асфальтобетонных покрытий**
 - Объемное проектирование Supergrave + уплотнение Marshall
 - 4 % расчетных воздушных пустот
 - 75 ударов на каждую сторону при уплотнении Mashall
- **1 год спустя**
 - **Колейность 2~6 см**



Проверка эксплуатационных качеств



- Объемное проектирование Superpave + **Проведение испытаний**
- Испытания по Superpave
 - AASHTO T 283, Стандартная методика испытаний на водостойкость
 - AASHTO TP 79-15 , Определение динамического модуля и числа текучести асфальтобетонных смесей с помощью прибора АМРТ
- Высокая температура
 - **Испытания на колесную нагрузку (T0719)**
- Низкая температура
 - **Испытания на изгиб балки(T0728)**

Проверка эксплуатационных качеств

- Высокотемпературные качества
- Испытания колесной нагрузкой
 - T0719, JTJ052-2000
 - 0,7 МПа, 60 °С
 - Динамическая устойчивость, проходов/мм

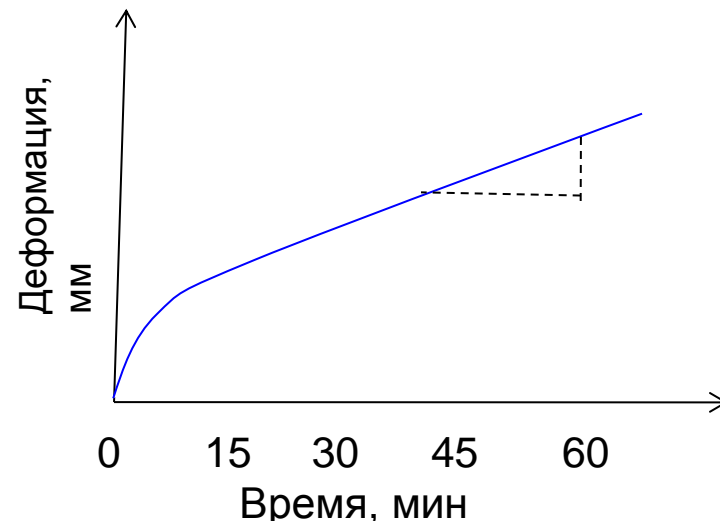


表 5.3.4-1 沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区所要求的动稳定度(次/mm)									试验方法
		> 30				20 ~ 30				< 20	
七月平均最高气温(°C) 及气候分区		1. 夏炎热区				2. 夏热区				3. 夏凉区	
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-2	
普通沥青混合料, 不小于		800		1000		600	800			600	T 0719
改性沥青混合料, 不小于		2400		2800		2000	2400			1800	
SMA 混合料	非改性, 不小于	1500									T 0719
	改性, 不小于	3000									
OGFC 混合料		1500(一般交通路段), 3000(重交通量路段)									

Проверка эксплуатационных качеств

- Низкотемпературные качества
- Испытания на изгиб балки
 - T0728 (JTJ052, 2000)
 - -10 °C
 - Размеры образца
 - 300 мм X 45 мм X 30 мм.
 - Деформация разрушения, $\mu\epsilon$

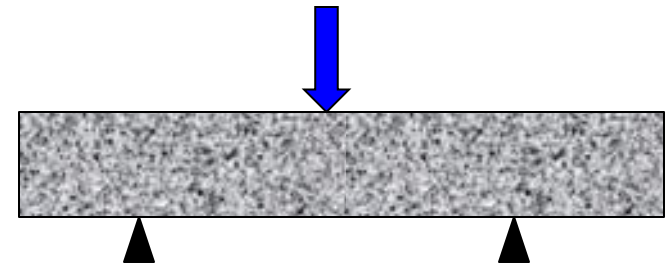


表 5.3.4-3 沥青混合料低温弯曲试验破坏应变($\mu\epsilon$)技术要求

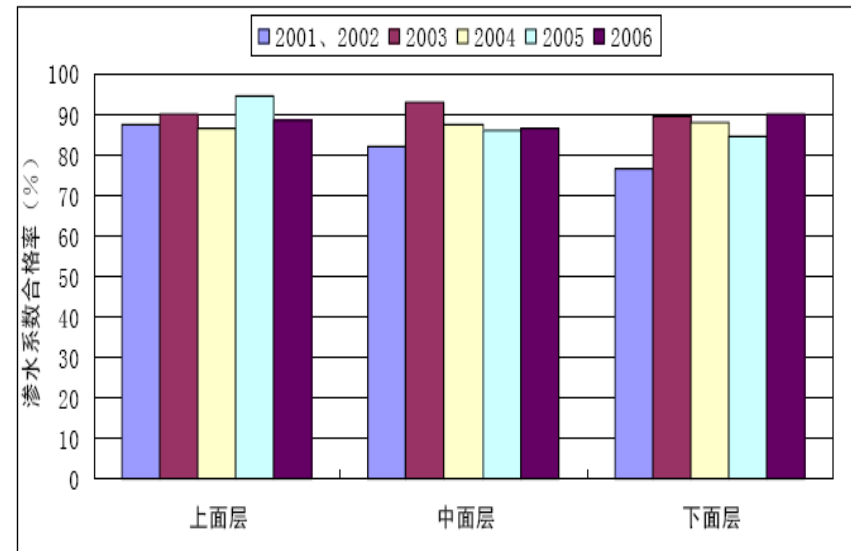
气候条件与技术指标	相应于下列气候分区所要求的破坏应变($\mu\epsilon$)								试验方法	
	< -37.0		-21.5 ~ -37.0			-9.0 ~ -21.5		> -9.0		
	1. 冬严寒区		2. 冬寒区			3. 冬冷区		4. 冬温区		
年极端最低气温(°C) 及气候分区	1-1	2-1	1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4	2-4	
普通沥青混合料, 不小于	2600		2300			2000				T 0728
改性沥青混合料, 不小于	3000		2800			2500				

- Полевое уплотнение

- Смесь Supergrave требует большей энергии уплотнения
 - Использование более угловатых и крупных заполнителей
- Рекомендуемые уплотнители (для покрытия 11.75 м, 3 полосы)
 - 3~4 катка со стальными вальцами (12~15 т)
 - 3 пневматический каток (25 т)
- Плотность покрытия
 - 93-97 % от максимальной теоретической плотности



- Испытания на проницаемость (Т 0971—2008) для проверки плотности покрытия
 - Коэффициент проницаемости
 - JTG F40-2004
 - <200 мл/мин
 - Цзянсу
 - Sup-25: ≤ 60 мл/мин
 - Sup-20: ≤ 50 мл/мин



СОДЕРЖАНИЕ

1.

Введение

2.

Чему мы научились

3.

Типовые проекты Supergrave

4.

Заключение

3. Типовые проекты



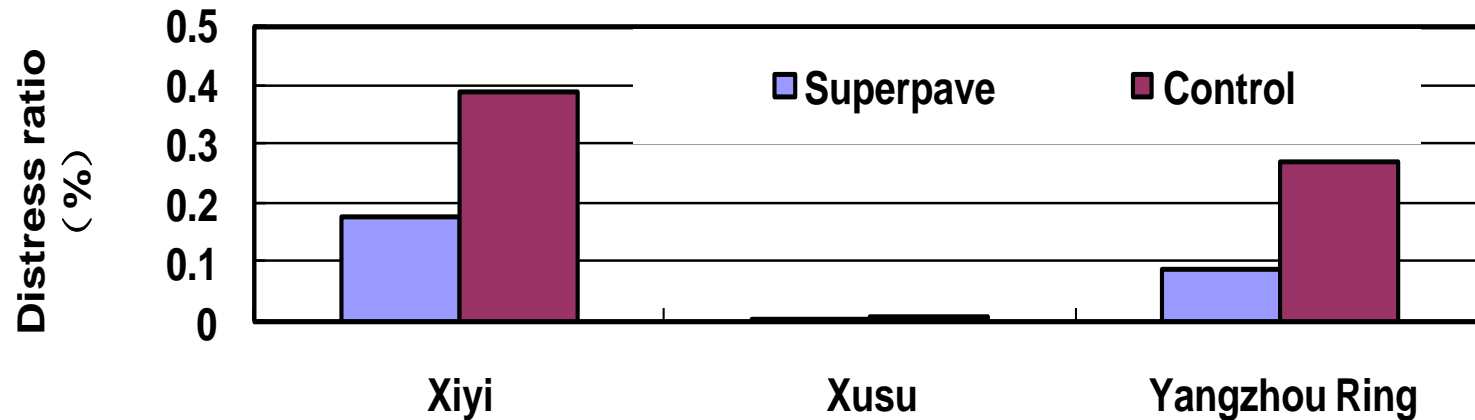
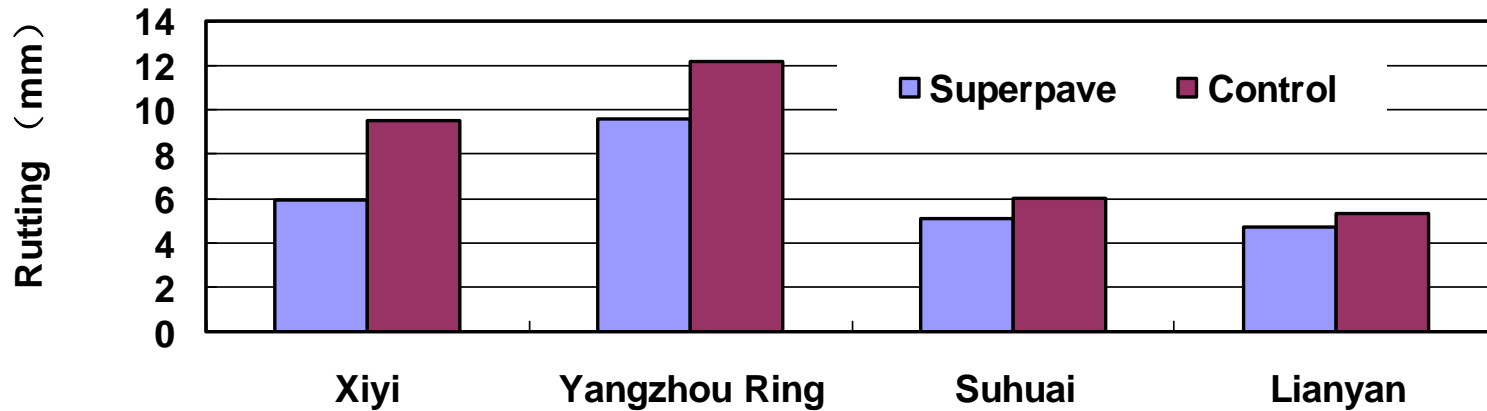
- Типовые конструкции дорог по Superpave
- Ресурс 8-12 лет

Наименование а/д	Время открытия	Конструкция покрытия			
		Верхний слой покрытия	Нижний слой покрытия	Верхний слой основания	Нижний слой основания
Хуньин	2005.11	SMA-13S	Sup20	Sup25	СТВ
Сии	2003.1	Sup-13	Sup20	Sup25	СТВ
Янчжоу NW ring	2004.10	SMA-13	Sup20	Sup25	СТВ
Сухуай	2005.11	SMA-13S	Sup20	Sup25	СТВ
Ляньянь	2006.7	SMA-13S	Sup20	Sup25	СТВ
Чженьли	2007.10	SMA-13S	Sup20	Sup25	СТВ

3. Типовые проекты с Superpave



- Сравнение Superpave с покрытиями других типов



3. Типовые проекты Superpave



- Сравнение эксплуатационных качеств покрытий
 - Программа LTPP Цзяньсу
 - Стандарты оценки эксплуатационных качеств шоссейных дорог (JTG H20-2007)

Сочетание покрытий	PCI	RQI	RDI	SRI	PSSI
AC+AC+AC	90.34	94.47	79.40	96.48	97.63
SMA+AC+AC	94.69	95.59	87.60	97.86	97.99
SMA+SUP+SUP	94.58	95.30	93.80	96.69	98.36

PCI—уровень общего состояния дороги
RQI—индекс эксплуатационных свойств

RDI—индекс колеяности
SRI—индекс коэф.сцелления
PSSI - индекс прочности покрытия

4. Заключение



- Технология Superpave внедрена в Китае уже 20 лет назад. У нас имеется опыт по внедрению оборудования, освоению технологии, пилотным проектам, широкого продвижения и улучшения методологии . Superpave обеспечивает повышение уровня технологий дорожного строительства в Китае.
- Спецификации на битумные вяжущее по методологии Superpave приняты большинством заказчиков в дорожной отрасли.
- Методология Superpave используется в 20 провинциях, идея ее повлияла на пересмотр требований на асфальтобетонное покрытие в Китае в целом. Многие провинции включили Superpave в местные спецификации.
- Конструкция покрытия «ЩМА + Superpave» стала одной из большинства типовых структур асфальтобетонных покрытий автодорог с интенсивным движением.

4. Заключение



- В Китае имеется свыше 250 гираторов и более 40 комплектов оборудования для оценки вяжущих по Superpave. Были разработаны соответствующие нормативные документы.
- Покрытия Superpave укладывались в Китае на протяжении 16 лет на участках длиной более чем 10000 км, исследования показывают, что покрытие Superpave обладает хорошими эксплуатационными качествами, в частности, устойчивостью к колееобразованию.
- В Китае методология Superpave было интегрировано в технологию производства вяжущих и строительства асфальтобетонных покрытий.

Спасибо!



crj@jsti.com

