



中国高速铁路轨道技术

Технология ВСП ВСМ Китая

中国.成都.西南交通大学
Юго-западный университет
путей сообщения Китая

2018.5.31 31 мая 2018г.

汇报人：王平 教授
Докладчик: Ван Пин (профессор)



西南交通大学
Southwest Jiaotong University



汇报 提纲

Оглавление

1

高速铁路轨道运营要求

Требования к эксплуатации ВСП ВСМ

2

高速铁路轨道结构技术

Технология конструкции ВСП ВСМ

3

高速铁路轨道技术展望

Перспективы технологии ВСП ВСМ



1.1 高速铁路轨道工作特点 Рабочая характеристика ВСП ВСМ

列车荷载的**随机性**和振动特性

Хаотичность нагрузки поезда и особенность вибрации

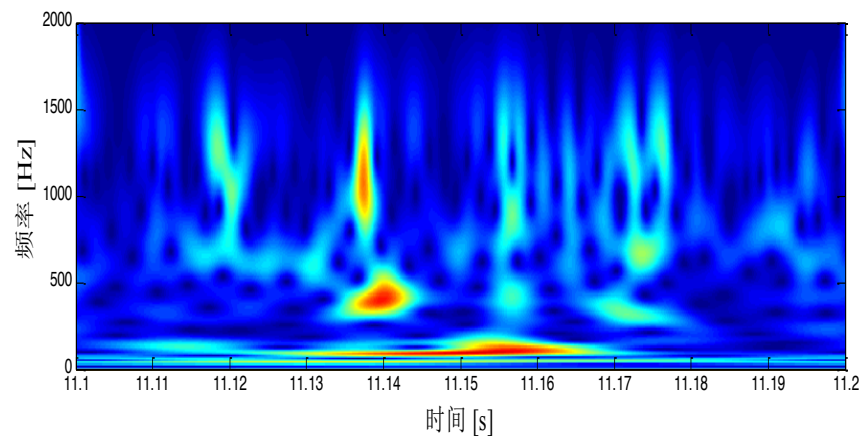
- ✓ 最大动轮载：1.5-2.0 倍静轮载（普铁）或 2.5-4.0 倍静轮载（高铁）
- ✓ Макс. динамическая нагрузка колеса: в 1,5-2,0 раза больше статических нагрузок колеса (классические ж. д.) и в 2,5-4,0 раза больше статических нагрузок(ВСМ)
- ✓ 最小动轮载：静轮载的35%（普铁）20%（高铁）
- ✓ Мин. динамическая нагрузка колеса: составляют 35% от статических нагрузок колеса (классические ж. д.) и 20% от статических нагрузок(ВСМ)

轨道结构振动特性
характеристика вибрации конструкции ВСП

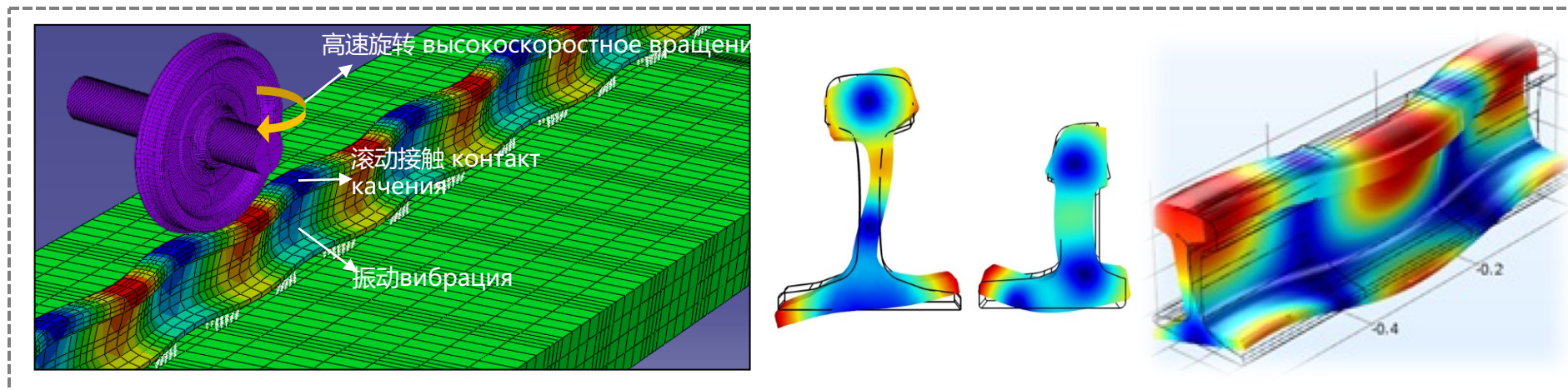
部件 деталь	振动频率(Hz) частота вибрации	振动加速度(g) ускорение вибрации
钢轨 рельс	1200-1400	100-200
轨枕шпала	200-500	20-50
石砟道床 балластная призма	30-70	5-10
路基表层 поверхность ЗП	10-30	2-5



1.1 高速铁路轨道工作特点 Рабочая характеристика ВСП ВСМ



振动加速度响应
отклик на ускорение вибрации



高速铁路轨道高频振动特性
характеристика высокочастотной вибрации ВСП ВСМ



轨道工作性能保持的**长期性**，性能演变的**经时性**

Продолжительность сроков службы конструкции ВСП

- ✓ 轨道大修周期内约完成6-7亿吨的通过总重
- ✓ Периодичность капитального ремонта ВСП составляет 600-700 млн. тонн. пропущенного тоннажа

轨道各部件大致使用寿命
срок эксплуатации различных деталей и элементов ВСП

部件элементы	钢轨рельс	扣件 скрепление	轨枕шпала	无砟道床 безбалластная плита	石砟道床（清筛） балластная призма
使用寿命 (年) срок (год)	15-20	5-10	50	60	7-8



1.1 高速铁路轨道工作特点 Рабочая характеристика ВСП ВСМ

轨道工作性能保持的**长期性**，性能演变的**经时性**

Продолжительность сроков службы конструкции ВСП



高速铁路钢轨打磨
шлифовка
рельса ВСМ



无缝线路
稳定性устойчивость
бесстыкового пути





1.1 高速铁路轨道工作特点 Рабочая характеристика ВСП ВСМ

复杂恶劣的自然环境

Сложные и неблагоприятные природные условия

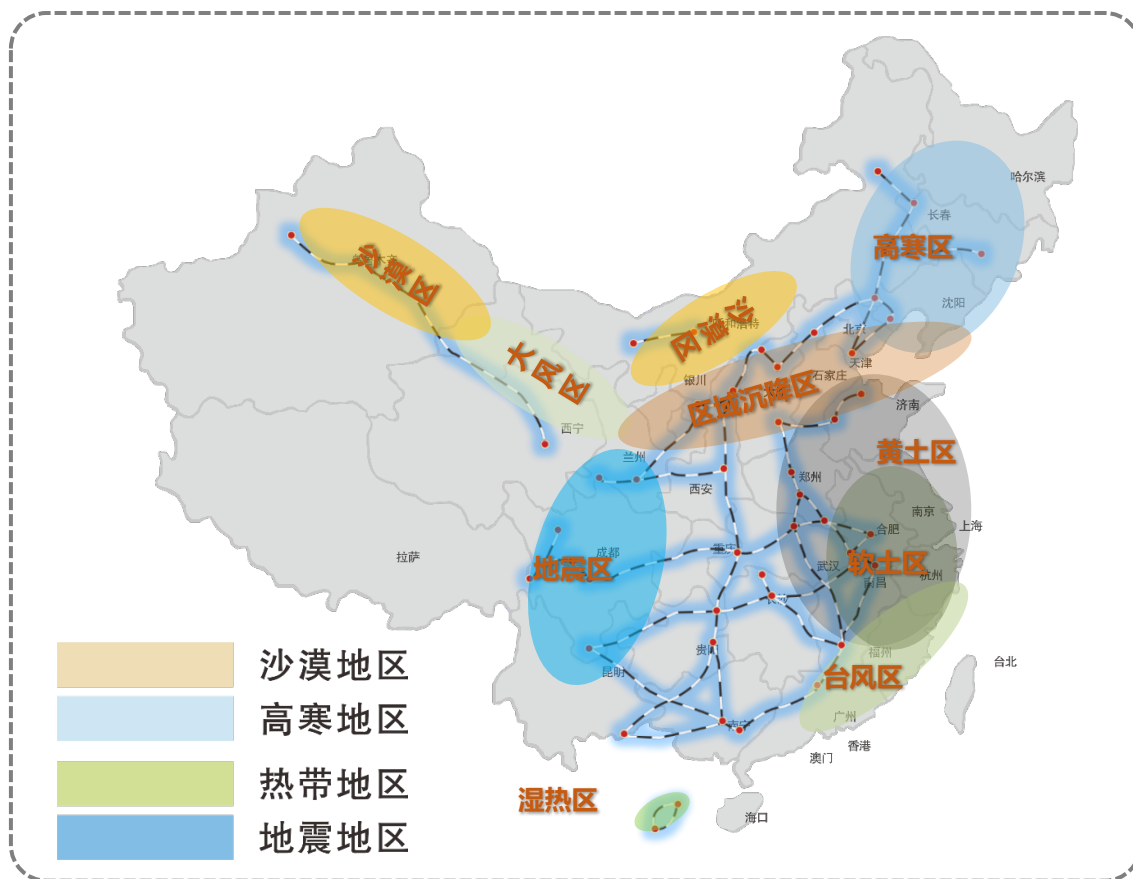
- ✓ 轨道结构长期暴露在自然环境中，日晒雨淋
- ✓ Конструкция ВСП долгое время находится на открытом пространстве, под действием природных факторов.
- ✓ $-40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度变化，以及 $80-90^{\circ}\text{C/m}$ 的温度梯度
- ✓ Изменение температуры в пределах с -40 до $+60^{\circ}\text{C}$, градиент температуры $80-90^{\circ}\text{C/m}$.



1.1 高速铁路轨道工作特点 Рабочая характеристика ВСП ВСМ

复杂恶劣的**自然环境**

Сложные и неблагоприятные природные условия



复杂恶劣自然环境 сложные и неблагоприятные природные условия



跨越多温度带 Линия ВСМ проходит через несколько температурных поясов



1.2 高速铁路轨道工作要求 Требования к работе ВСП ВСМ

列车走行面的高平顺性要求

Строгие требования к плавности поверхности движения поезда

- ✓ 为实现高速列车的高速度、高密度、安全、平稳和正点运行，要求高速铁路轨道结构必须具备高平顺性、高稳定性和少维修性
- ✓ В целях обеспечения высокоскоростного, высокоплотного, безопасного, стабильного движения поезда по графику, требуется наличие высокой плавности, устойчивости и уменьшение потребности ремонтов для конструкции ВСП ВСМ.

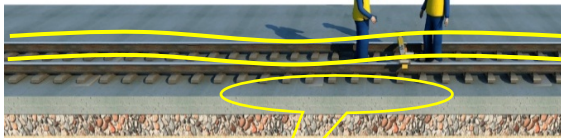


1.2 高速铁路轨道工作要求 Требования к работе ВСП ВСМ

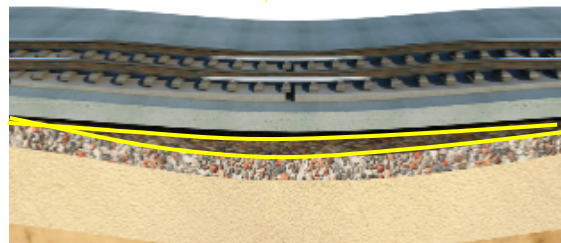
列车走行面的高平顺性要求

Строгие требования к плавности поверхности движения поезда

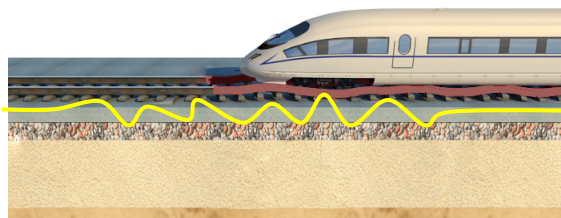
静态不平顺 статическая не плавность



差异不平顺 неплavnость из-за просадок



动态不平顺 динамическая неплavnость



高平顺性保证高速运营

высокая плавность обеспечивает высокоскоростную эксплуатацию



高稳定性保证轨道长期服役性能

высокая устойчивость гарантирует длительный период работы ВСП



少稳定性减小对行车干扰 уменьшение сопротивления движению поезда



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

采用**高平顺性、高稳定性**的轨道结构

Применение конструкции ВСП с высокой плавностью и стабильностью



无缝线路Бесстыковой путь



重型轨枕
Тяжелая шпала



高速铁路无缝道岔
бесстыковой стрелочный перевод ВСП



特级道砟
Экстра
балласт



无砟轨道
Безбалластное
ВСП

道床плита



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

施工过程中轨道高精度铺设 Высокоточная укладка ВСП при строительстве

中国高速铁路铺设精度
нормы по точности укладки

项目тип ВСП	高低 высота	轨向 по направлению рельса	水平уровень	扭曲перекос	轨距ширина колеи	轨距变化率коэффициент изменения ширины колеи
有砟轨道балластный	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	±2 mm	1/1500
无砟轨道БВСП	2 mm	2 mm	1 mm	—	±1 mm	1/1500
弦长длина хорды	10 m	10 m	—	6.25 m	—	—



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

施工过程中轨道高精度铺设

Высокоточная укладка ВСП при строительстве

误差传递 передача погрешности

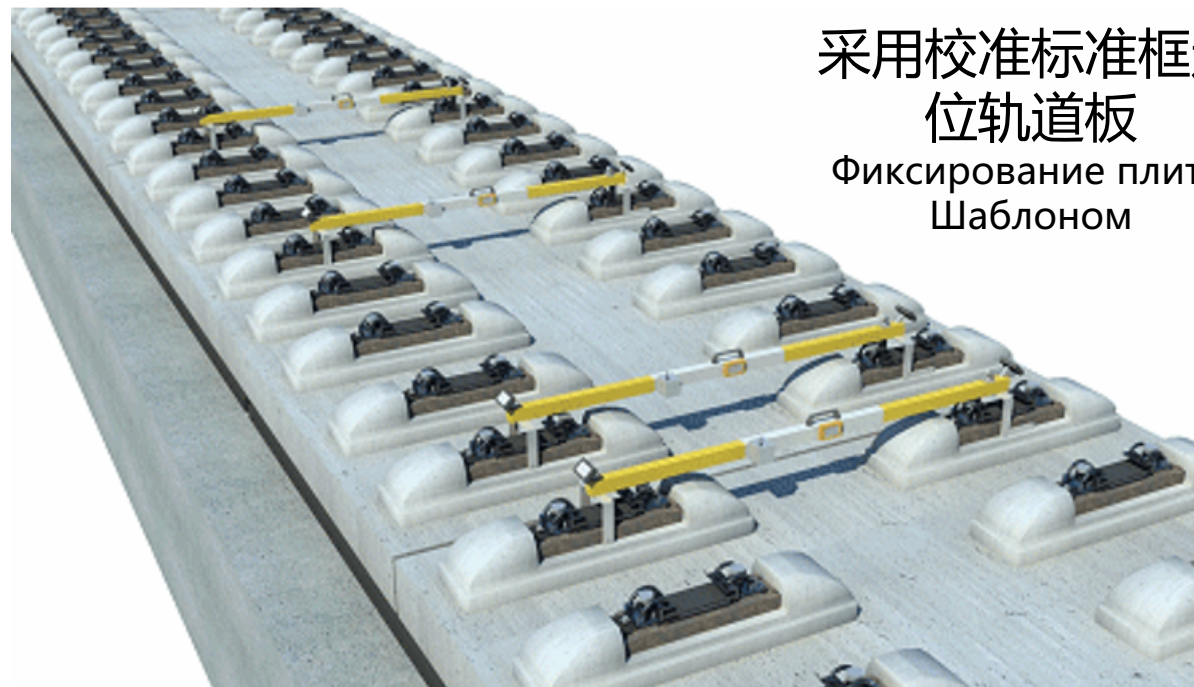
误差校准平台 площадка тарирования
погрешности 0.05mm



标准框шаблон 0.1mm



轨道板定位фиксация рельсовых плит
0.3mm



采用校准标准框定
位轨道板

Фиксирование плиты
Шаблоном



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

运营过程中轨道平顺性严格控制 строгий контроль и регулирование плавности ВСП при эксплуатации

中国高速铁路轨道平顺性管理标准
нормы контроля плавности ВСП ВСМ Китая

项目 виды управления		作业验收 приемка	计划维修 плановое обслуживание	舒适度 степень комфортности	临时补修 временный ремонт	限速 ограничение скорости 200km/h
偏差等级 класс отклонения		-	I	II	III	IV
1.5~42m 波长 длина волны	高低 (mm)	3	5	8	10	11
	轨向 (mm)	3	4	5	6	7
1.5~120m 波长длина волны	高低 (mm)	4	7	9	12	15
	轨向 (mm)	4	6	8	10	12
轨距 (mm) ширина колея		+3、-2	+4、-3	+6、-4	+7、-5	+8、-6
水平 (mm) уровень		3	5	6	7	8
扭曲 (mm) перекос		3	4	6	7	8
车体垂直加速度 (m/s ²) вертикальное ускорение вагона		-	1.0	1.5	2.0	2.5
车体水平加速度 (m/s ²) Горизонтальное ускорение вагона		-	0.6	0.9	1.5	2.0



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

运营过程中轨道平顺性严格控制

строгий контроль и регулирование плавности ВСП при эксплуатации

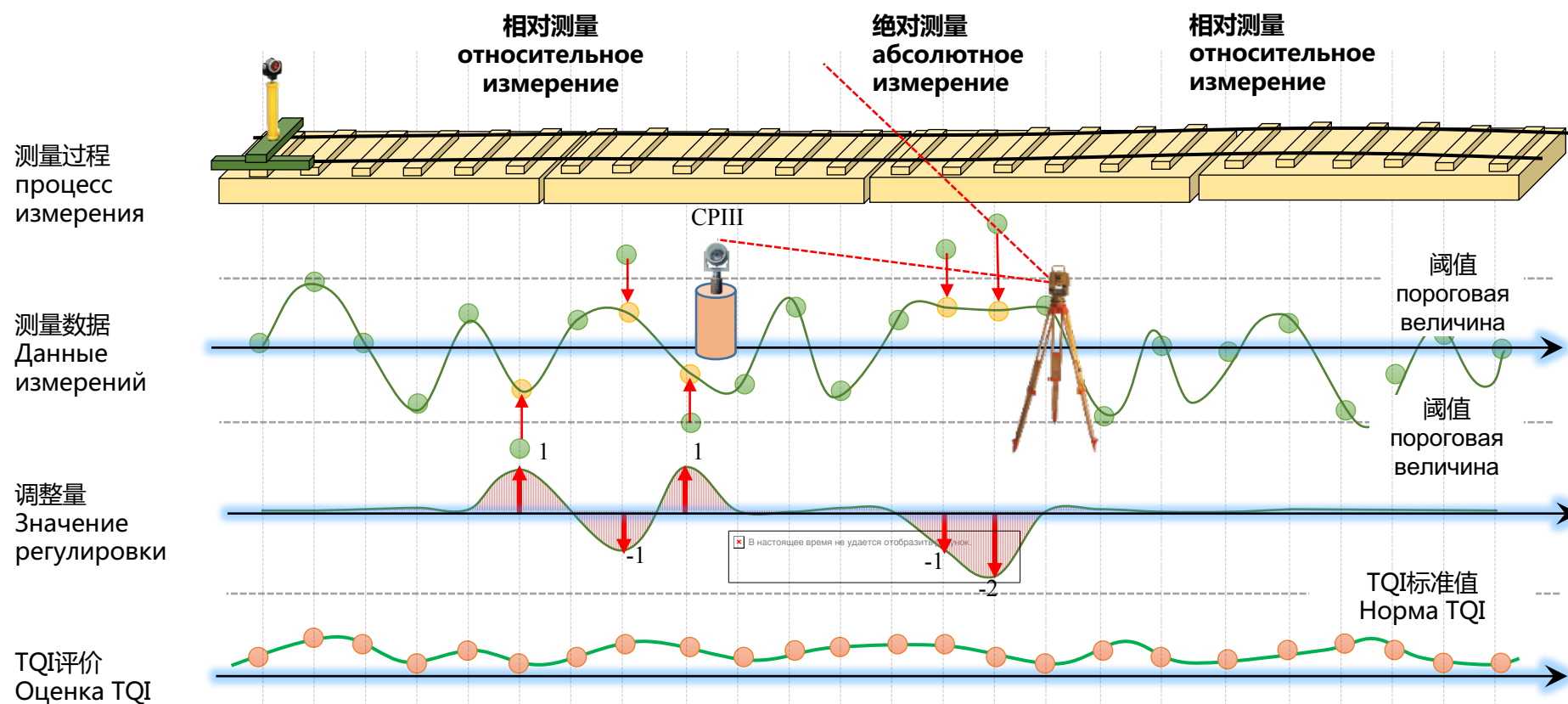
- ✓ 采用绝对与相对测量相结合、原位调轨、长短波协调控制的方法
- ✓ Применение способа соединения абсолютного и относительного измерения, способа регулирования рельса на месте, согласования длинной и короткой волной.
- ✓ 实现了高铁轨道几何的高精度快速调整
- ✓ Осуществление высокоточного и быстрого геометрического регулирования ВСП ВСМ
- ✓ 轨道质量指数TQI控制能力强
- ✓ Высокая способность управления TQI



1.3 高速轨道性能要求的实现途径 Способ выполнения требований к характеристике ВСП

运营过程中轨道平顺性严格控制

строгий контроль и регулирование плавности ВСП при эксплуатации





汇报 提纲

Оглавление

1

高速铁路轨道运营要求

Требования к эксплуатации ВСП ВСМ

2

高速铁路轨道结构技术

Технология конструкции ВСП ВСМ

3

高速铁路轨道技术展望

Перспективы технологии ВСП ВСМ



2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

钢轨的“精炼”

Рафинирование рельса



钢轨的转炉冶炼 конвертерное производство



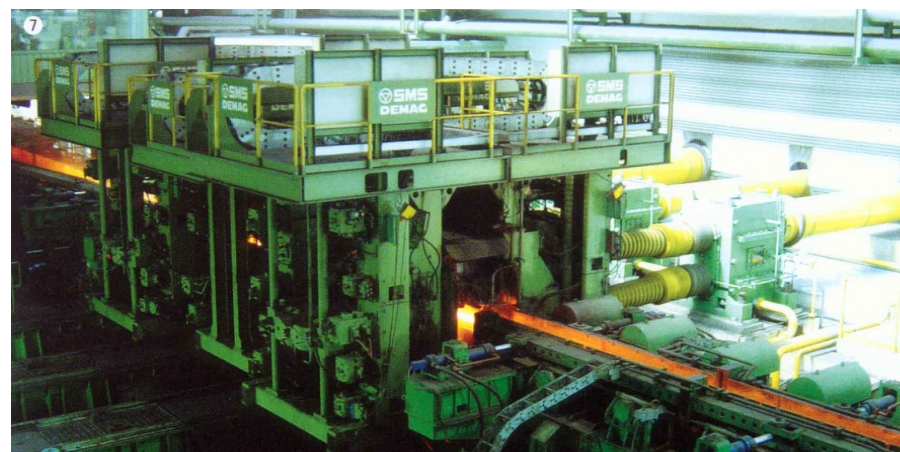
钢轨的四流方坯连铸 непрерывная разливка рельса четыре
заготовки квадратного сечения



2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

钢轨的“精轧”

«Чистовая» прокатка рельса



钢轨的转炉冶炼 конвертерное производство

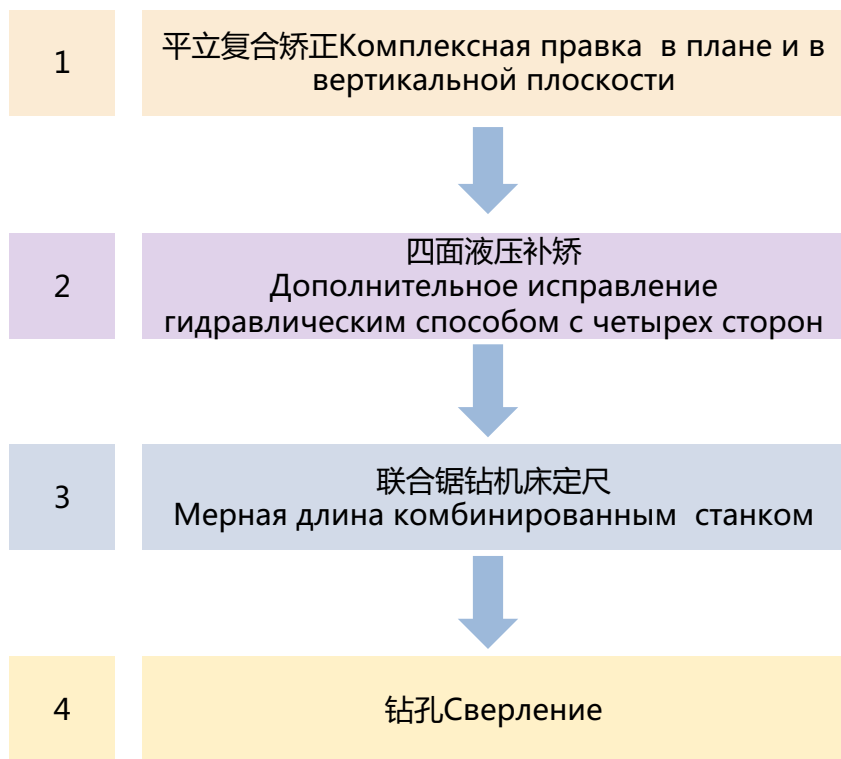


钢轨热预弯 горячий пред.прогиб рельса

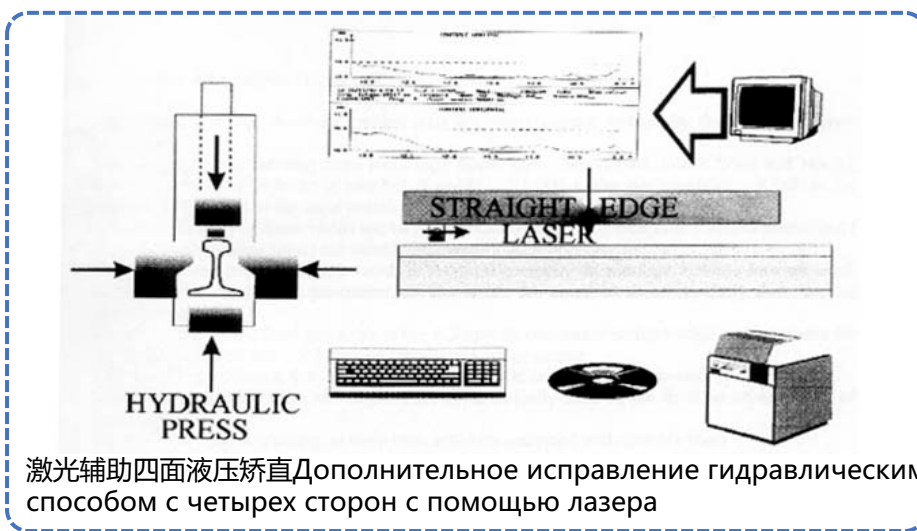


2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

钢轨的“精整” «Доработка» рельса



钢轨平立复合矫直
комплексная правка в плане и в вертикальной плоскости рельса





2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

钢轨的长尺化生产

Производство рельса большой длины

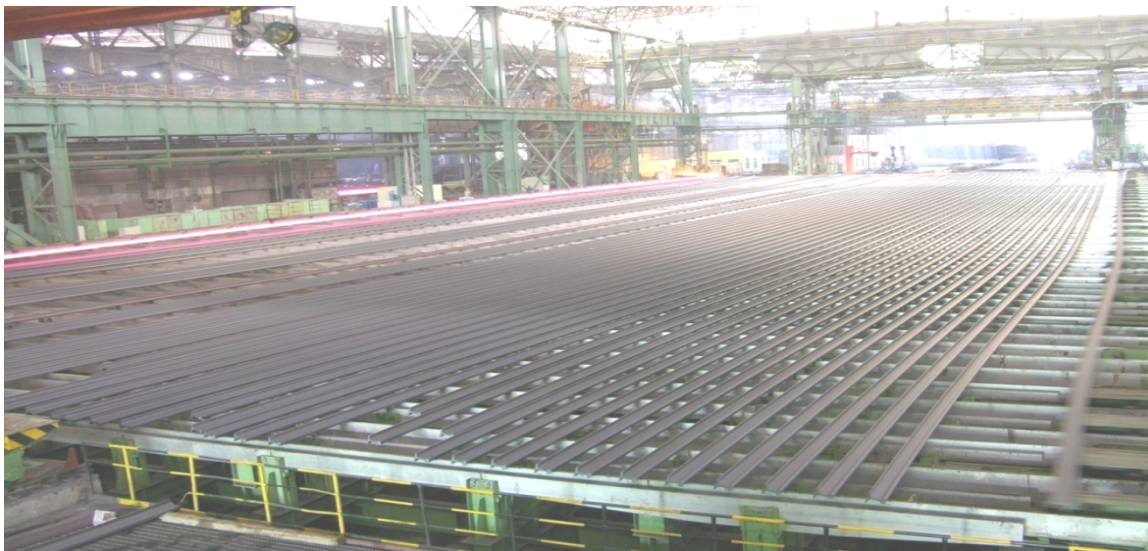
- ✓ 通过长尺矫直冷锯定尺工艺，保持整支钢轨尺寸高度一致
- ✓ Обеспечение одинаковых размеров всех рельсов технологией мерной длины, рихтовкой и холодной резки длинного размера.
- ✓ 采用百米定尺钢轨，250km/h以上线路采用U71MnG钢轨
- ✓ Применение рельса мерной длиной 100 м., на линии со скоростью более 250km/h применяется рельс U71MnG.
- ✓ 减少焊接接头，提升轨端平直度，消除轨端探伤盲区
- ✓ Уменьшение сварных стыков, повышение прямолинейности конца рельса, устранение непросматриваемой зоны дефектоскопии на конце рельса.



2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

钢轨的长尺化生产

Производство рельса большой длины



冷床上的100m定尺钢轨
Рельсы мерной длиной 100 м на стеллаже-холодильнике



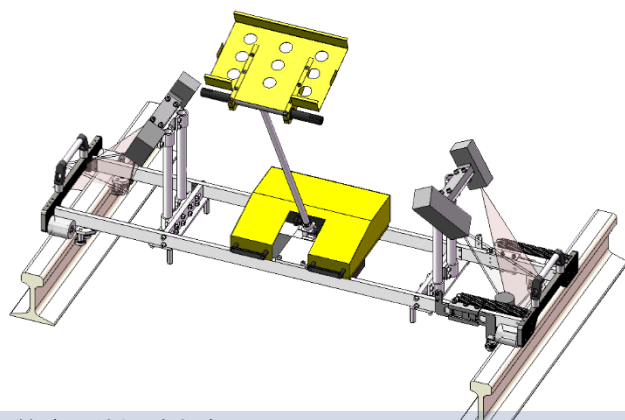
待焊的100m定尺钢轨
Рельсы мерной длиной 100м,
подготовленные для сварки



2.1 高速铁路钢轨 Рельс ВСМ

新型的检测仪器

Новые контрольно-измерительные приборы



轨道廓形检测小车
контрольно-измерительная
тележка профиля пути



高速铁路钢轨探伤车
вагон-дефектоскоп ВСМ



钢轨平直度测量仪
измерительный прибор
прямолинейности рельса



高速铁路快速打磨车
вагон быстрой шлифовки ВСМ

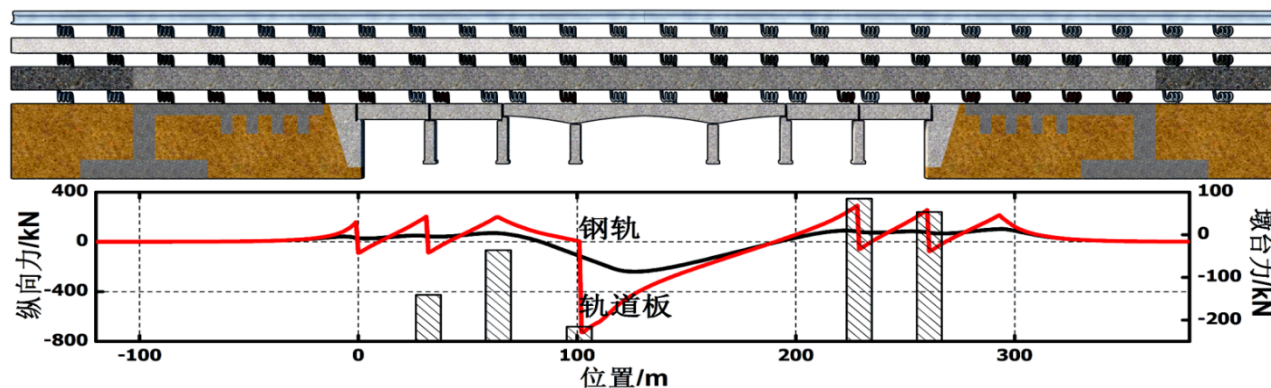


2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

各型式无砟轨道桥上无缝线路

Бесстыковой путь БВСП на мостах различных типов

- ✓ 探明了单元式和纵连式无砟轨道的线桥相互作用规律
- ✓ Определены нормы взаимодействия между трассой и мостом для БВСП элементного и продольно-соединительного типов.
- ✓ 提出无砟轨道桥上无缝线路设计方法
- ✓ Представлен метод проектирования бесстыкового пути на мосту БВСП



桥上无缝线路梁轨相互作用 взаимодействие между рельсом и балкой бесстыкового пути на мосту



2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

各型式无砟轨道桥上无缝线路

Бесстыковой путь БВСП на мостах различных типов



京沪高铁丹昆特大桥
Мост Данькунь



世界第一长桥，车站6座，全桥轨道纵连
Самый длинный мост в мире, на котором расположены 6 станций



2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

大跨度新型桥梁上无缝线路

Бесстыковой путь на мосту с большим пролетом

- ✓ 揭示了各种特殊桥梁的梁轨相互作用规律，完善了桥上无缝线路设计原则与方法，实现了全线无缝化
- ✓ Открыты законы взаимодействия между пролетом и рельсом на различных «особых» местах, усовершенствованы нормы и методы проектирования бесстыкового пути на мостах, осуществлена укладка бесстыкового пути на всей линии.

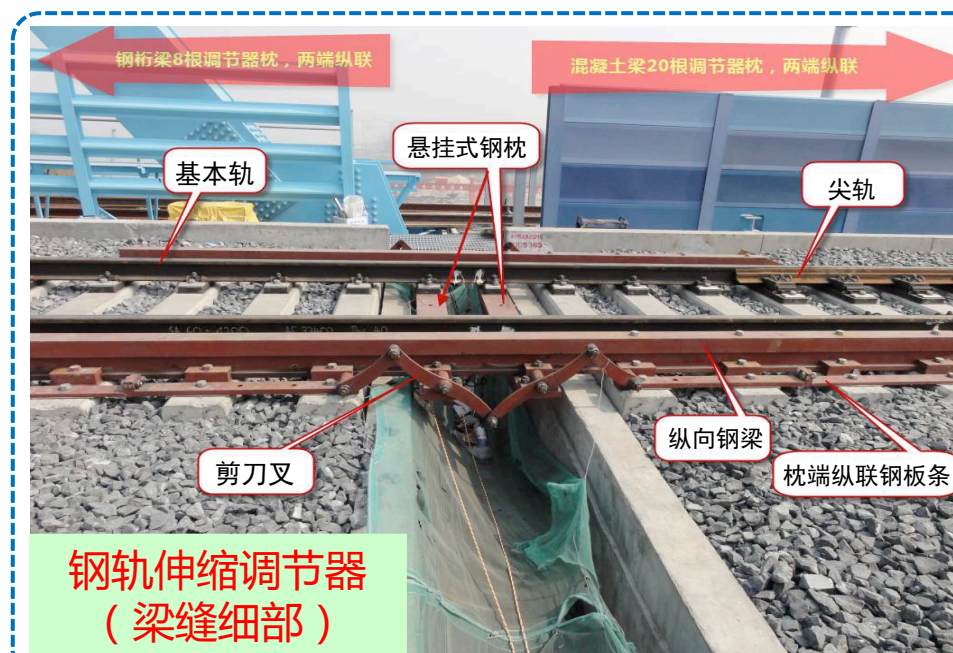


2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

大跨度新型桥梁上无缝线路

Бесстыковой путь на мосту с большим пролетом

Уравнительный прибор



世界首座六线双跨连拱铁路大桥——南京大胜关长江大桥
Нанкинский Чаншэнгуанский мост через реку Янцзы
шестипутный двухпролетный арочный мост



2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

桥上无缝道岔

Бесстыковой стрелочный перевод на мосту

- ✓ 探明了桥梁与道岔间的约束变形机制，揭示了无缝道岔与桥梁的纵向相互作用规律，突破了无缝道岔在桥上铺设的限制
- ✓ Выяснен механизм ограниченной деформации между мостом и стрелочным переводом, открыты законы продольного взаимодействия между бесстыковым стрелочным переводом и мостом, сняты ограничения укладки бесстыкового стрелочного перевода на мостах.



2.2 高速铁路无缝线路 Бесстыковой путь ВСМ

桥上无缝道岔

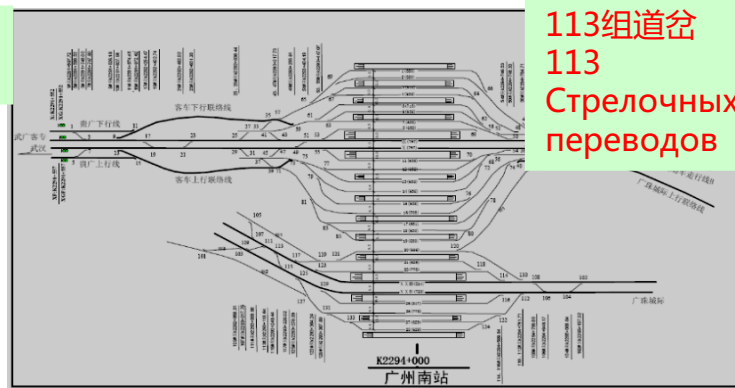
Бесстыковой стрелочный перевод на мосту



桥上无缝道岔Бесстыковой стрелочный перевод на мосту



广州南站
Ст. Гуанчжоу Нан



113组道岔
113
Стрелочных
переводов

комп.

世界上最复杂的桥上无缝道岔群高架车站,7条高铁交汇

Самая сложная станция в мире, расположенная на мосту, соединяются 7
линий ВСМ.



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

无砟轨道特点

Особенности БВСП



桥上无砟轨道 БВСП на мосту



隧道内无砟轨道БВСП в тоннеле

无砟轨道优点 Достоинства БВСП

轨道结构稳定
变形累积慢
使用寿命长
конструкция БВСП
стабильная, медленно
накапливает
деформации,
долговечная

有砟轨道局限性 Ограниченность балластного ВСП

天窗
短时性
Кратковре
менные «окна»
для
ремонтов

线路平纵面标准可降低
Возможно снизить
требования к плану и
продольному
профилю трассы

优质道砟缺乏
Отсутствует
высококачест
венного
щебня



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

无砟轨道特点

Особенности БВСП

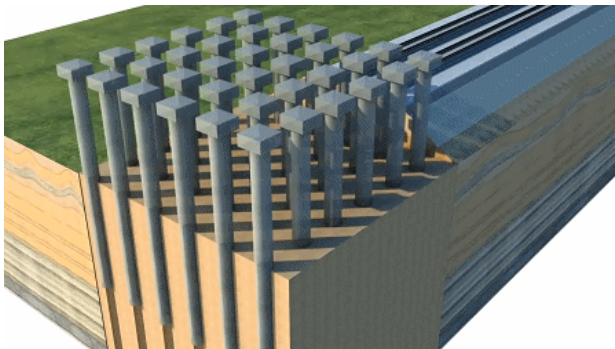
- ✓ 造价高，基础要求高，噪声大，维修困难
- ✓ Высокая стоимость, высокие основные требования, высокий шум и сложность в обслуживании.
- ✓ 采用**桩板、桩网路基新结构**，缓解特殊土地地区、过渡段基础变形对轨道平顺性的影响
- ✓ Применение **устройства ростверка и свайного поля (новые конструкции ЗП)**, чтобы уменьшить влияние на плавность верхнего строения от основных деформаций на переходных участках и участках специфических грунтов.



无砟轨道特点
Особенности БВСП

有砟轨道与无砟轨道经济与技术指标对比
Сравнение технических и экономических показателей между БВСП и путями на балластном слое

轨道类型 Тип	造价 (万元/公里) Стоимость (10 000, юань.km)	工后沉降 (cm) Осадки после укладки (cm)	选型原则 Принцип выбора типа
有砟轨道 БВСП	180	15	200-250km/h高速铁路、地质灾害复杂、基础沉降难以控制地段，200-250km/ч ВСМ, на участке где трудно контролировать осадки и при сложных геологических условиях
无砟轨道 Путь с балластным слоем	450~750	3 (5m高路堤以桥代路) 3(5m насыпь мост вместо дорогу)	300-350km/h高速铁路 300-350km/ч ВСМ



桩板、桩网路基新结构
Устройство ростверка и свайное поле (новые конструкции ЗП)



全球首例高铁全封闭式声屏障
Первый акустический экран полностью огражденный во всем мире.



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSI 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSI

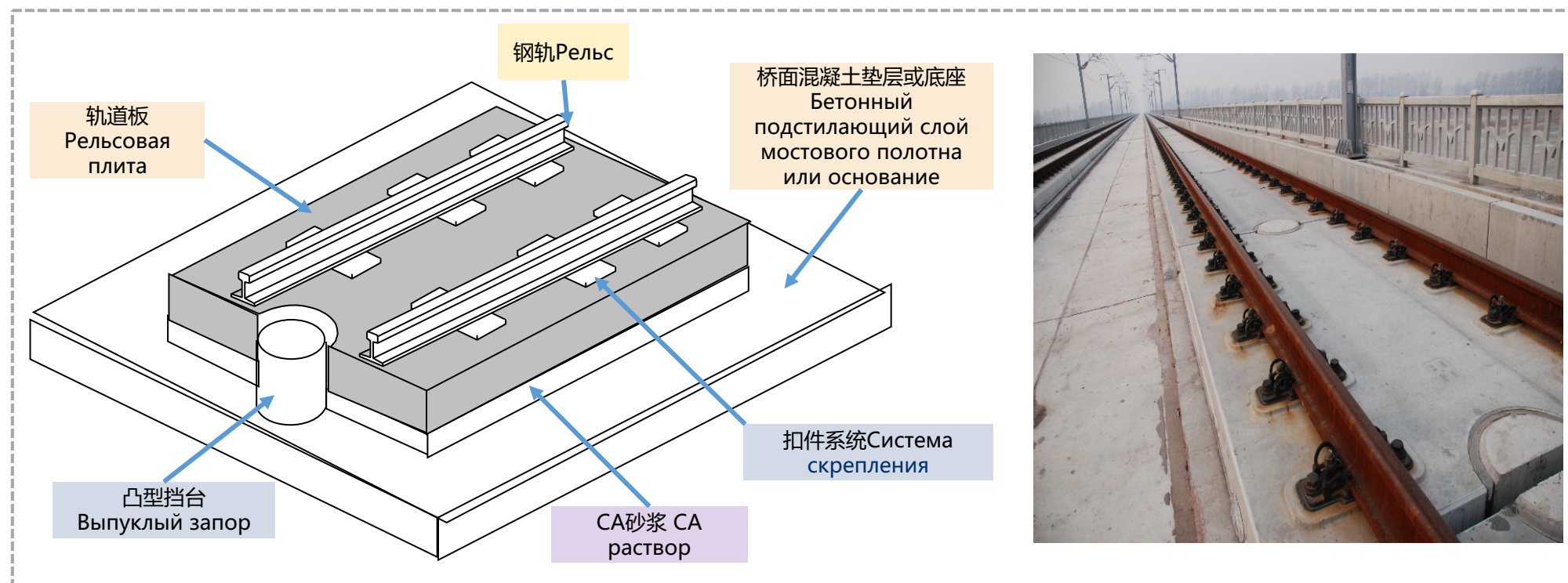
- ✓ 两层刚性较大的板间设置弹性模量较低的**CA砂浆**，起调整和缓冲作用
- ✓ Использование **CA раствора** с низким модулем упругости между двумя плитами с большой жёсткостью
- ✓ 单元式结构，受温度影响小
- ✓ Блочная конструкция, испытывающая на себе меньшее влияние температуры.
- ✓ 轨道板制造方便、**施工快，可维修性强**
- ✓ Рельсовая плита имеет преимущества: удобство производства, **быстрое строительство и высокая ремонтпригодность.**
- ✓ 各单元板须独立定位，轨道精调工作量较大
- ✓ Необходимо отдельно ориентирование каждого блока, большой объем работы по точной регулировке верхнего строения .



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSI 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSI



CRTSI 型板式轨道结构
Конструкции безбалластного пути типа CRTSI



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

路基上CRTSII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSII (земляное полотно)

- ✓ 逐板定位, **铺设精度高**, 行车平稳性好; 受温度影响大
- ✓ Определенное положение по каждой плите, **высокая точность укладки**, хорошая плавность хода, испытывание на себе меньшее влияние температур.
- ✓ 对承轨槽进行机加工打磨以安装**有挡肩扣件**
- ✓ Шлифовка подрельсовой подкладки машинной обработкой, затем установка **скрепления с заградительном буртиком**
- ✓ 施加300kN的纵向力进行板间纵连
- ✓ Осуществление продольного соединения с помощью добавления продольного усилия 300kN

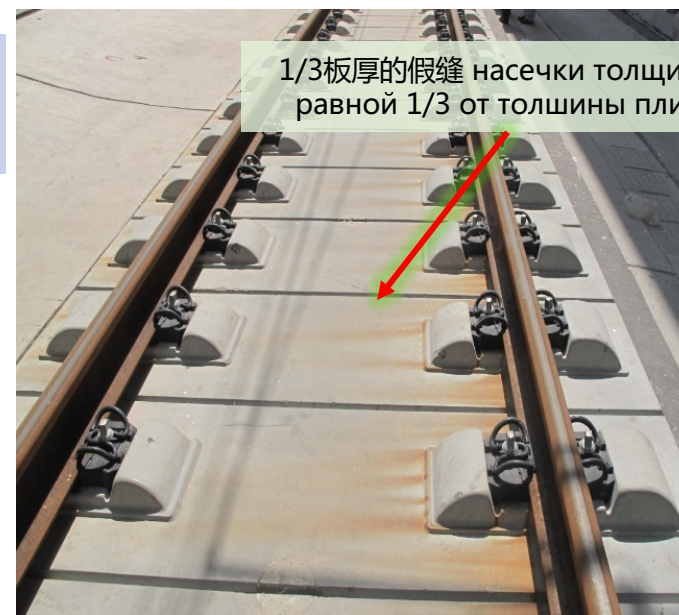
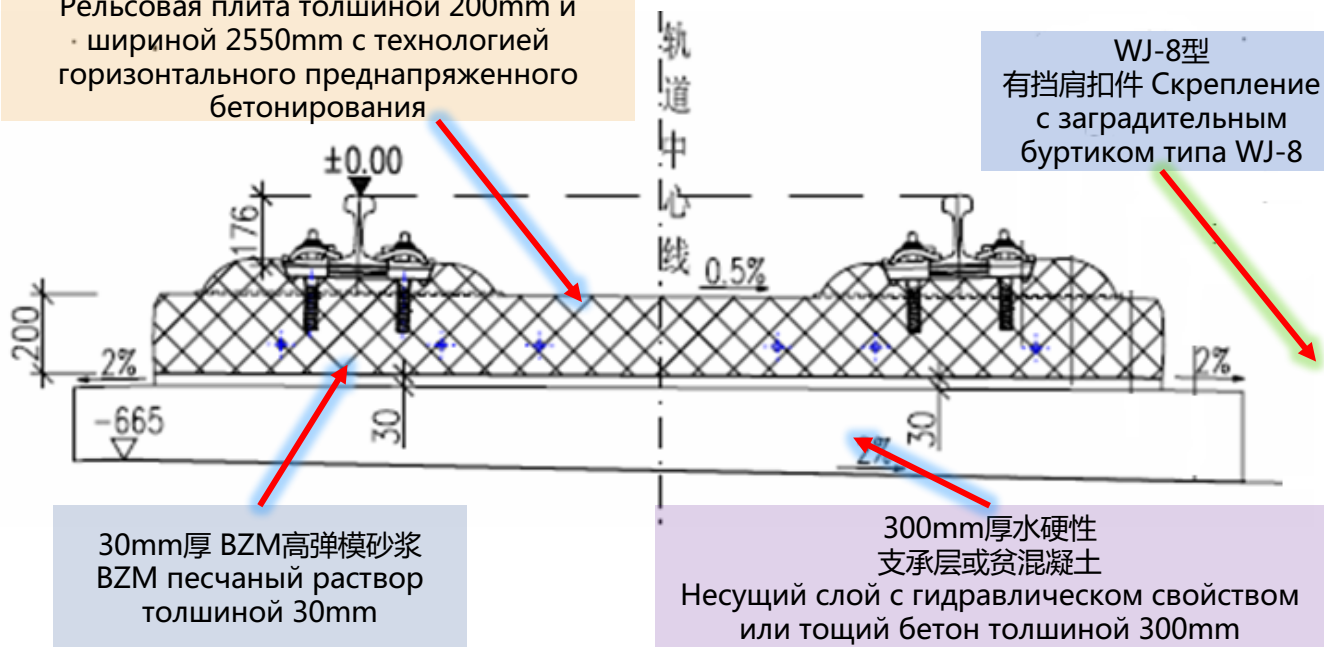


2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

路基上CRTSII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSII (земляное полотно)

200mm厚 宽度2550mm横向先张预应力轨道板
Рельсовая плита толщиной 200mm и шириной 2550mm с технологией горизонтального преднапряженного бетонирования



路基上CRTSII 型板式轨道结构
Плитный безбалластный путь типа CRTSII (земляное полотно)



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

桥梁上CRTSII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSII (мост)

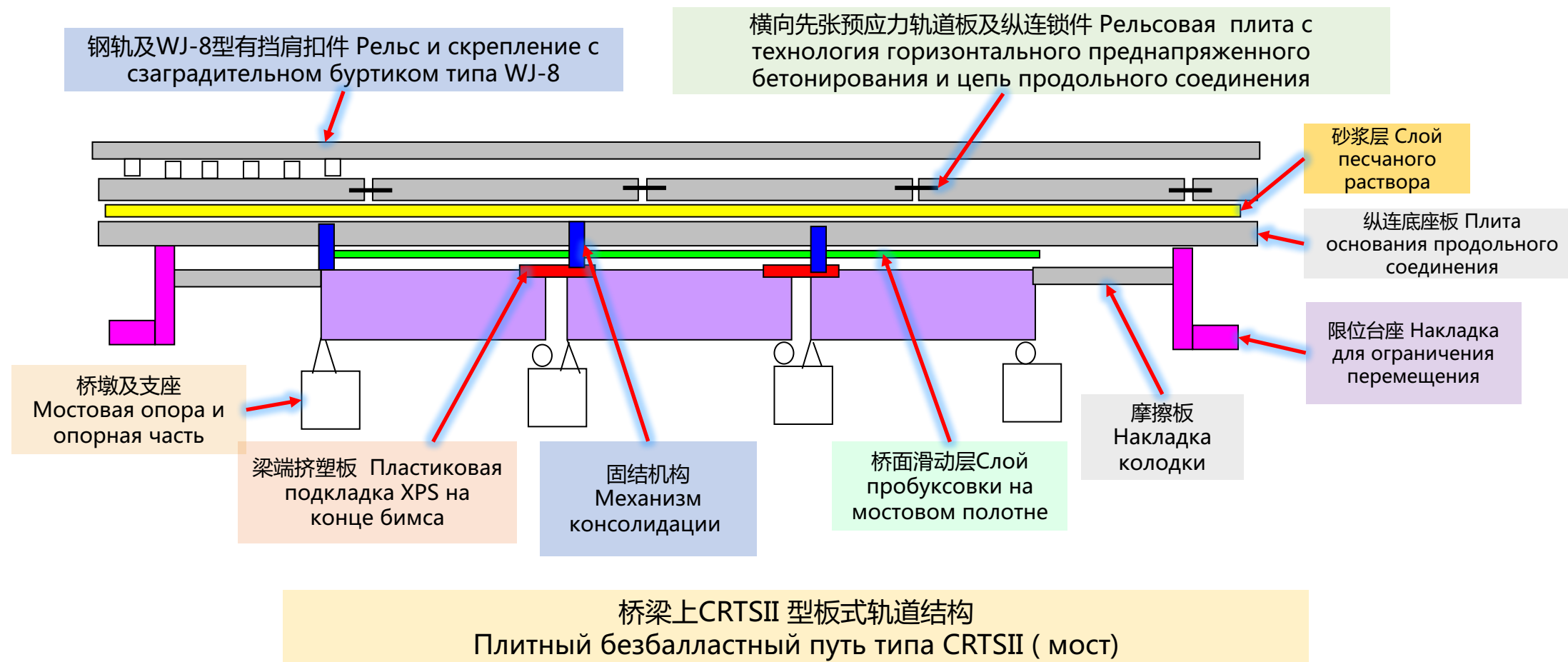
- ✓ 大桥地段轨道结构部件多，形成钢轨、轨道板及底座板三层“无缝线路”，受力复杂且温度力高达数百吨甚至上千吨
- ✓ На участке моста укладывается много элементов верхнего строения, рельс,рельсовая плита и основание, вместе они создают трехслойный “бесстыковой путь”, сложная нагрузка и температурное напряжение может достигать от 100 т до 1000 т.



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

桥梁上CRTSII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSII (мост)





2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSIII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSIII

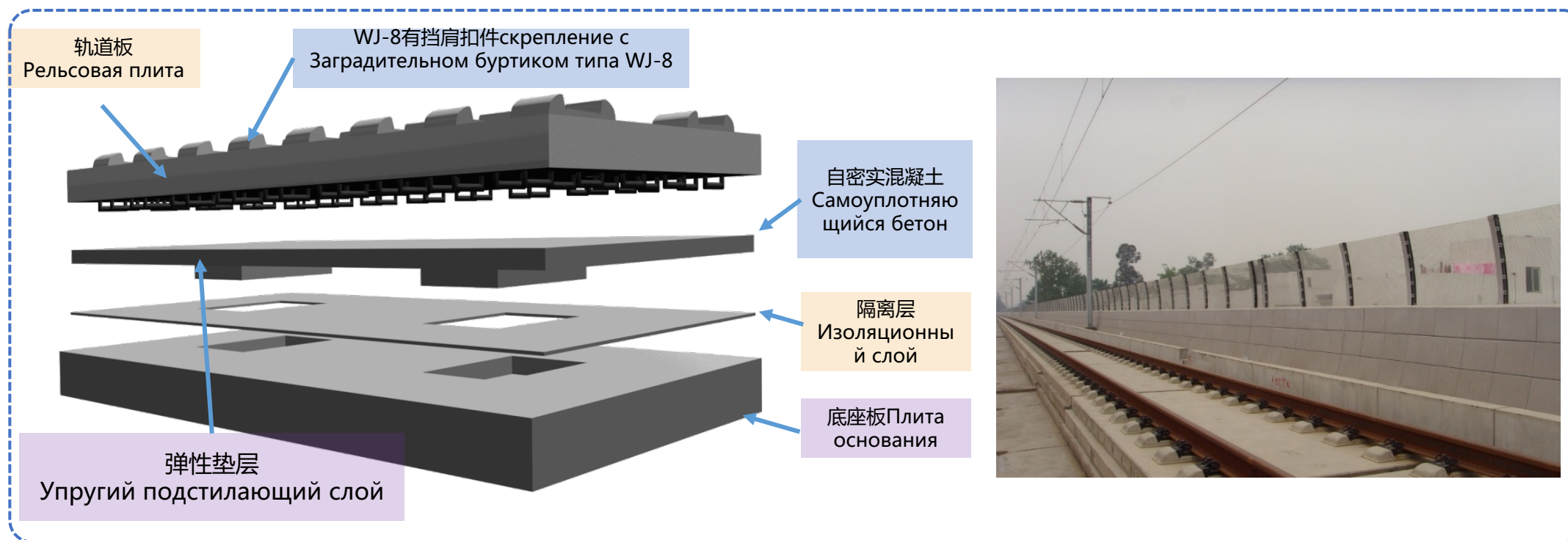
- ✓ 基于二维可调钢模预制技术，提高后张法预应力板的**制造精度**
- ✓ Технология предварительного изготовления на основе двухмерного варьируемой стальной формы, улучшение **точности изготовления** плиты технологии с последующим натяжением арматуры
- ✓ 优化**预应力体系**，“弱”**纵连技术**连接轨道板
- ✓ Оптимизация **системы предварительного напряжения**, соединение рельсовых плит технологией продольного соединения “Слабое ”
- ✓ 提升板式轨道适应温度变化和路基沉降的能力，提高连接处轨道的**耐久性**
- ✓ Повышение способности приспособления к изменению температуры и осадке земляного полотна. Повышение **прочности** рельсовой плиты на примыкании.



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSIII 型板式轨道

Плитный безбалластный путь типа CRTSIII



CRTSIII 型板式轨道结构
Плитный безбалластный путь типа CRTSIII



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSI 型双块式轨道

Двухблочный безбалластный путь типа CRTSI

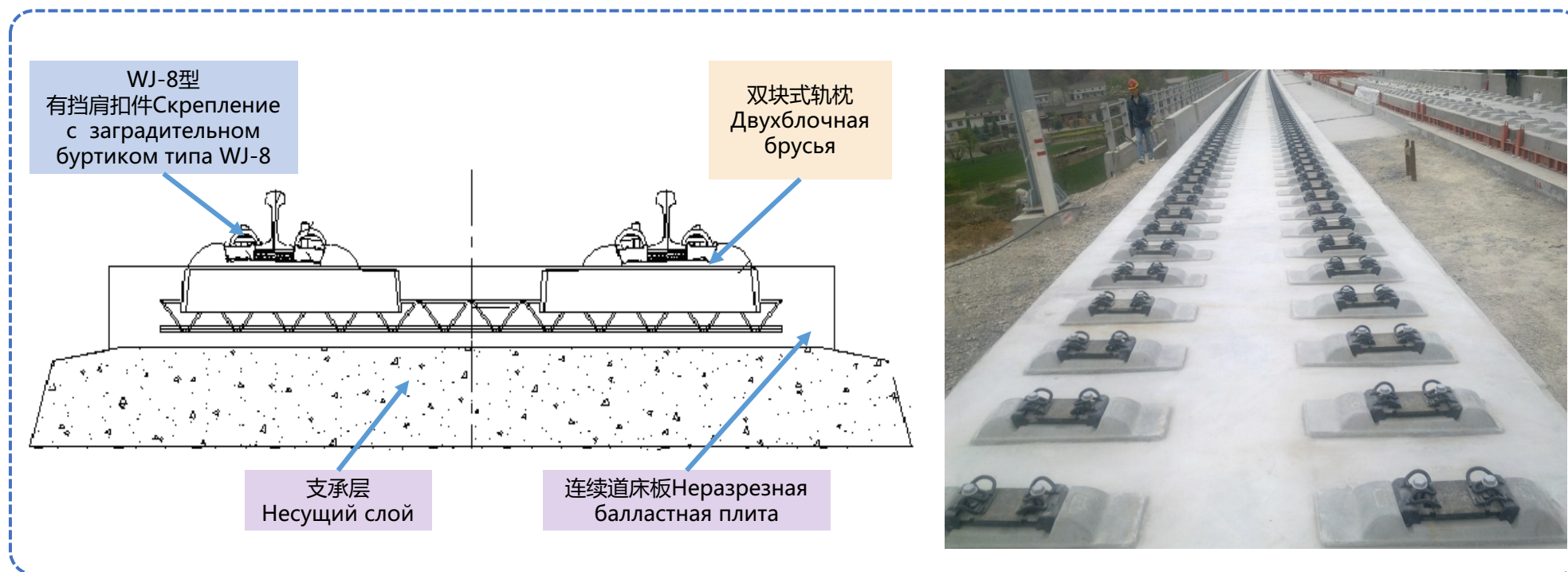
- ✓ 道床板路基（隧道）采用连续结构，桥梁上采用单元结构
- ✓ Применение неразрезной конструкции на земляном полотне (туннель) балластной плиты, применение блочной конструкции на мосту.
- ✓ 采用弹性地基梁板理论进行设计
- ✓ Проектирование с использованием теории “упругая балка-настил основания”
- ✓ 保留了轨排施工方便调整的优势，施工方便，造价较低
- ✓ Удобство для регулирования и строительства, низкая стоимость



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSI 型双块式轨道

Двухблочный безбалластный путь типа CRTSI



CRTSI 型双块式轨道结构
Двухблочный безбалластный путь типа CRTSI



CRTSII 型双块式轨道

Двухблочный безбалластный путь типа CRTSII

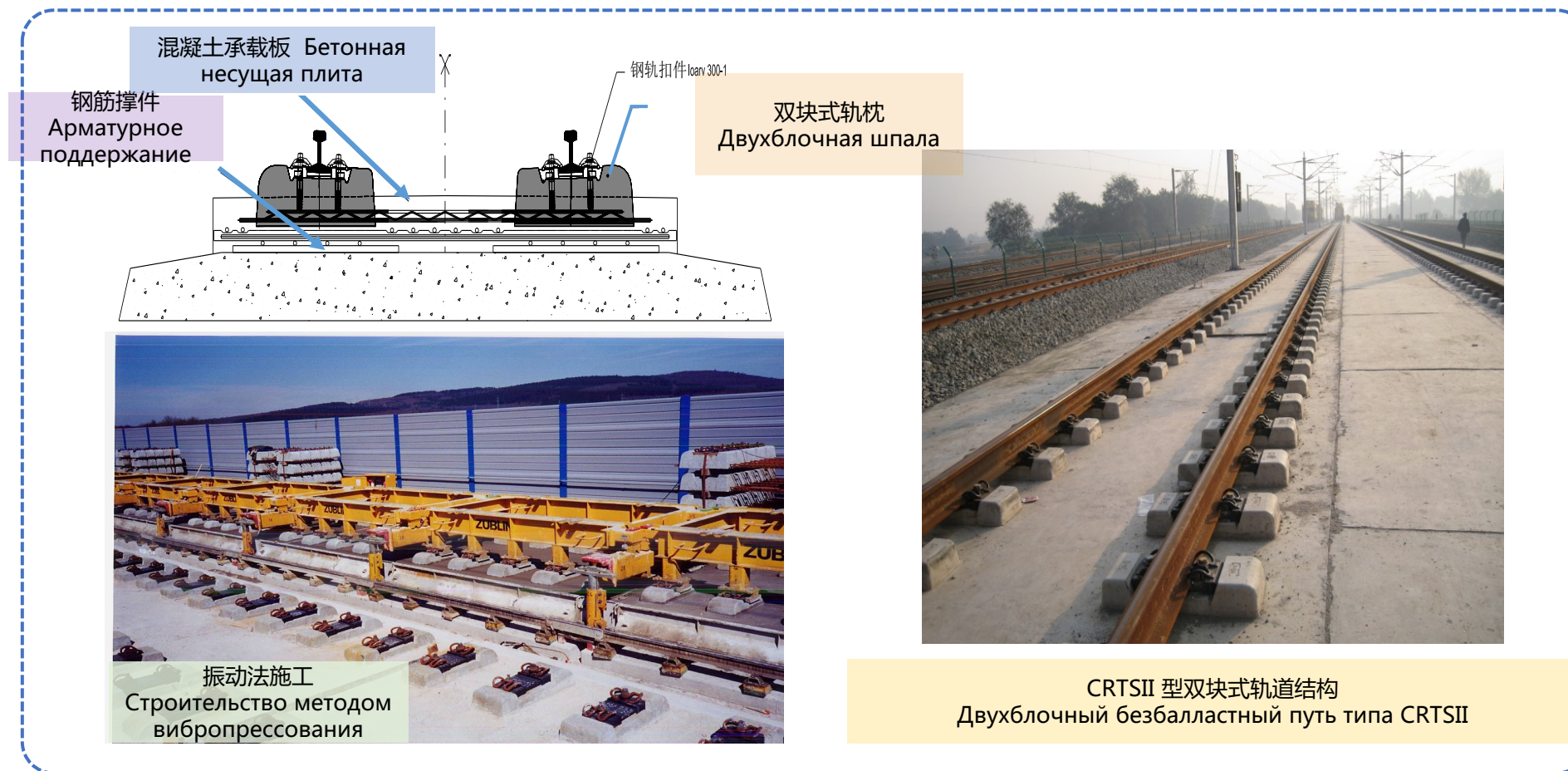
- ✓ 保留了CRTSI 型双块式轨道大多数特点
- ✓ Сохранение большинства способностей двухблочного безбалластного пути типа CRTSI
- ✓ 先浇筑道床板混凝土，并通过**振动法**将轨枕压入混凝土
- ✓ Заливка балластной плиты цементным раствором перед вдавливанием шпал в бетон **методом вибропрессования**
- ✓ 提高施工机械化程度，改善双块式轨枕下混凝土密实度
- ✓ Повышение **механизации строительства**, повышение **уплотняемости бетона** под двухблочной шпалой .



2.3 高速铁路无砟轨道 БВСП ВСМ

CRTSII 型双块式轨道

Двухблочный безбалластный путь типа CRTSII





2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔特点

Характеристики стрелочного перевода ВСМ

- ✓ 道岔同时集中了轨道结构所有薄弱环节的结构特征和几何特征
- ✓ Все слабые элементы конструктивных особенностей и геометрических черт верхнего строения концентрируются на стрелочном переводе .
- ✓ 道岔是影响列车速度和行车安全的关键设施
- ✓ Стрелочный перевод является ключевым сооружением , которое оказывает влияние на скорость и безопасность движения поезда



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔特点

Характеристики стрелочного перевода ВСМ

高速度 Высокая скорость

高安全性
Высокий уровень
безопасности

高平稳性 Высокая
плавность хода

高可靠性
Высокая надежность

高精度 Высокая точность



高速道岔
Высокоскоростной
стрелочный перевод



通行安全 Безопасность
поезда

岔区轮轨关系复杂
Сложная связь
колесо-рельс в зоне
стрелочного
перевода



服役状态 Состояние
службы

道岔状态诊控关键
Диагностика и
контроль состояния
стрелочного
перевода –ключевая
работа



道岔上桥 Стрелочный
перевод на мосту

高速道岔上桥困难
Трудность с
рамещением
стрелочного
перевода на мосту



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 I : 动力学问题

Ключевая особенность №1 стрелочного перевода ВСМ: Динамика

- ✓ 高速道岔**低动力**轮轨关系设计，保证列车过岔安全性和平稳性
- ✓ Проектирование **низкоэнергетической** связи колесо-рельс стрелочного перевода ВСМ обеспечивает безопасность и плавность во время прохождения поезда через стрелочный перевод .
- ✓ 可动轨件**平稳转换**设计，提升道岔平顺性
- ✓ Проектирование **перехода устойчивости** подвижного рельса, повышение плавности стрелочного перевода
- ✓ 高速道岔**轨道刚度均匀化**设计，提升过岔舒适性
- ✓ Проектирование **равномерной жесткости верхнего строения** высокоскоростного стрелочного перевода. Повышение комфорта во время проезда по стрелочному переводу.



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 I : 动力学问题

Ключевая особенность №1 стрелочного перевода ВСМ: Динамика



道岔轮轨关系复杂 Сложная связь
колесо-рельс на стрелочном
переводе



列车过岔极易脱轨
Большая вероятность схода
поезда во время прохождения
по стрелочному переводу .

中国道岔最高运营速度350km/h Самая высокая скорость
движения по стрелочному переводу в Китае -350км/ч



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 II : 可靠性问题

Ключевая особенность №2:: Надежность

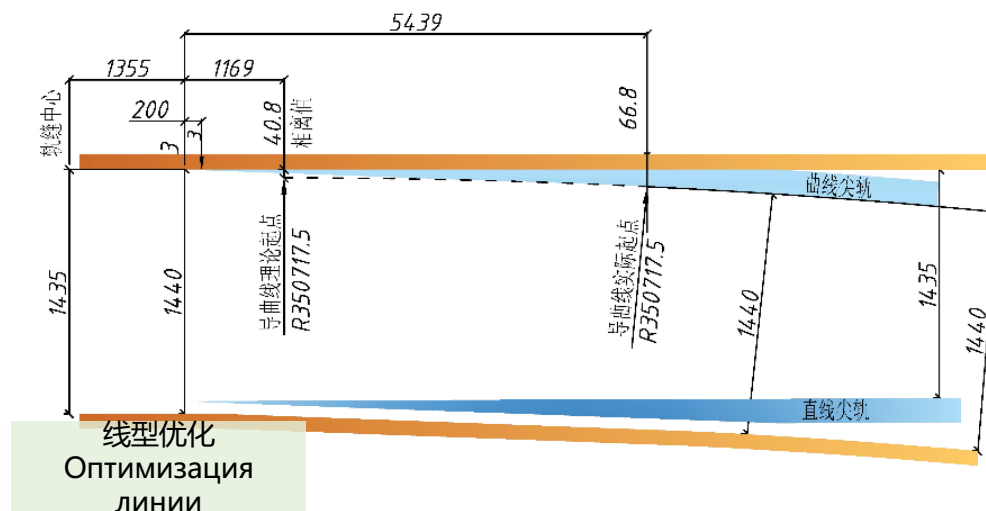
- ✓ 道岔与区间的无缝化设计技术，避免道岔转换卡阻
- ✓ Техника бесстыкового проектирования между перегона и стрелочной зоны для избежания заедания стрелочного перевода.
- ✓ 工电结构一体化设计技术，保证道岔可靠锁闭
- ✓ Техника интеграции электрической конструкции для обеспечения надежного стрелочного замыкания
- ✓ 道岔平面线型优化设计，减缓道岔曲尖轨侧磨
- ✓ Оптимизация линии в плане стрелочного перевода, уменьшение бокового истирания кривой острька стрелочного перевода.



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 II : 可靠性问题

Ключевая особенность №2:: Надежность





2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 III : 适应性问题

Ключевая особенность №3: Приспосабливание

- ✓ 无砟道岔基础结构设计, 适应无砟轨道结构
- ✓ Проектирование основной конструкции стрелочного перевода безбалластного пути, приспособляемость к конструкции безбалластного пути
- ✓ 岔桥相互作用研究设计, 解决道岔上桥问题
- ✓ Изучение взаимовоздействия между стрелочным переводом и мостом, решение вопроса по размещению стрелочного перевода на мосту.



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速铁路道岔关键技术 III : 适应性问题

Ключевая особенность №3: Приспособление

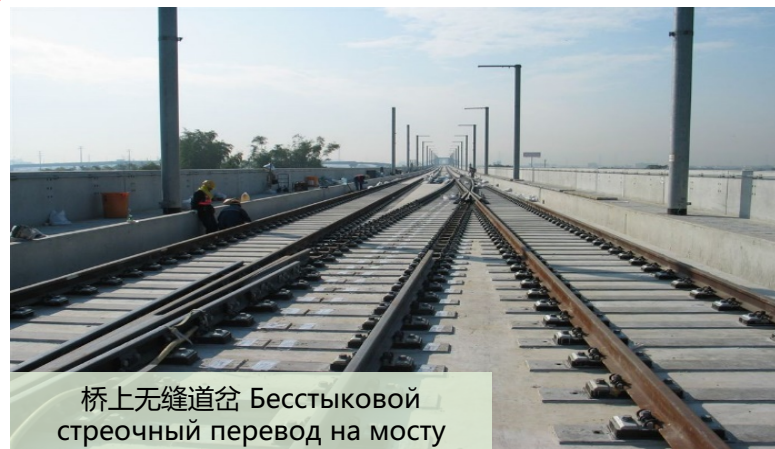


预制道岔板 Сборная плита
стрелочного перевода

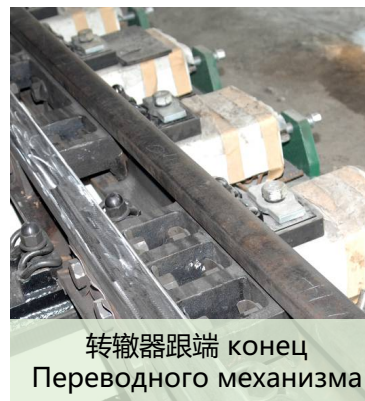


无砟道岔施工 Строительство
стрелочного перевода
безбалластного пути

无砟道岔基础结构 Основная конструкция
безбалластного пути



桥上无缝道岔 Бесстыковой
стрелочный перевод на мосту



转辙器跟端 конец
Переводного механизма



辙叉跟端 Конец
крестовины

桥上无缝道岔结构
Бесстыковая конструкция стрелочного перевода на мосту



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速道岔监测系统

Система мониторинга высокоскоростного стрелочного перевода

- ✓ 基于压电能量法的道岔钢轨裂纹监测等装置，形成了工电集成的监测平台，填补了国内外高速道岔安全项点监测的空白
- ✓ Оборудование мониторинга трещин рельса стрелочного перевода на основе пьезоэлектрического метода позволило создать площадку мониторинга электрической интеграции, что восполнило пробелы по мониторингу безопасности стрелочного перевода ВСМ в Китае.



2.4 高速铁路道岔 Стрелочный перевод ВСМ

高速道岔监测系统

Система мониторинга высокоскоростного стрелочного перевода

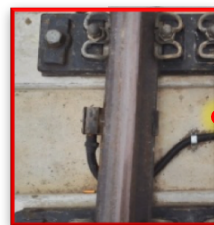
钢轨裂纹监测 Мониторинг трещины рельса

环境监测 Мониторинг окружающей среды

外物入侵监测 Мониторинг попадания постороннего объекта

挤岔监测 Мониторинг взреза стрелки

断轨监测 Мониторинг разлома рельса



断轨监测
мониторинг
разлома
рельса



钢轨裂纹监测
Мониторинг
трещины рельса



外物入侵监测
Мониторинг
попадания
постороннего



挤岔监测
Мониторинг
взреза стрелки

道岔监测系统

Система мониторинга высокоскоростного стрелочного перевода

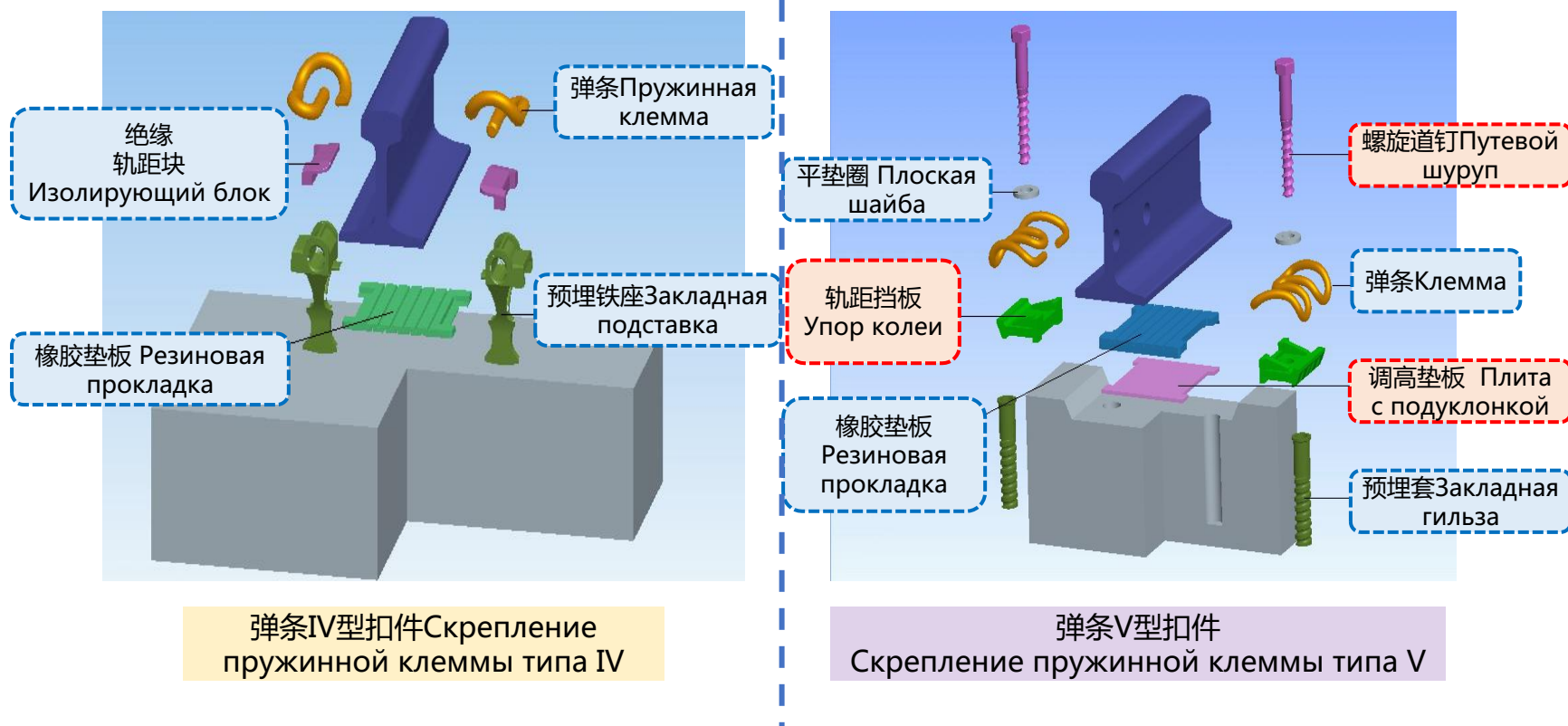


2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路有砟轨道扣件系统

Система крепления балластного пути ВСМ

- ✓ 高速铁路有砟轨道常用弹条IV型和弹条V型扣件系统
- ✓ Система крепления с пружинной клеммой типа IV и типа V балластного пути ВСМ.





2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路有砟轨道扣件系统

Система крепления балластного пути ВСМ

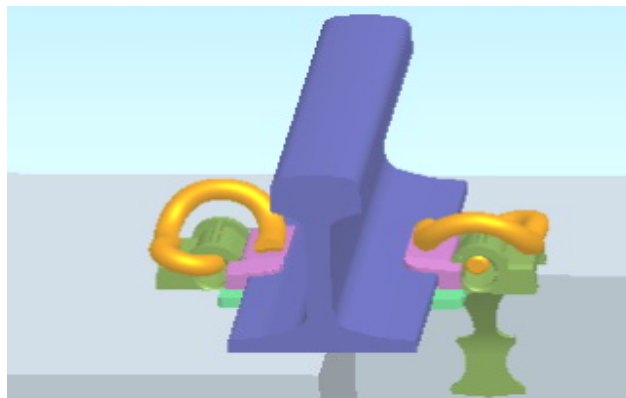
- ✓ 均为弹性不分开式扣件，零部件少，具有较强的保持轨距能力
- ✓ Упругое не дискретное крепление, мало деталей, хорошая способность сохранения ширины колеи.



2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路有砟轨道扣件系统

Система крепления балластного пути ВСМ



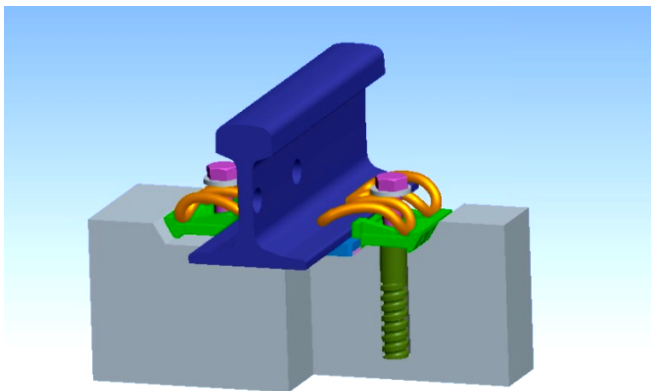
无螺栓 Отсутствие болтов

扣压力大 Хорошее прижатие рельса к основанию

无挡肩 Отсутствие заградительного буртика

维修工作量少 Уменьшение объемов работы по ремонту

弹条IV型扣件系统 Конструкция крепления пружинной клеммы типа IV



有螺栓 Наличие болта

兼具小阻力功能 Раличие слабого сопротивления

有挡肩 Наличие заградительного буртика

绝缘性能好 Хорошая изоляция

弹条V型扣件系统
Конструкция крепления с пружинной клеммой типа V



2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路无砟轨道WJ-7型扣件系统系统

Конструкция крепления типа WJ-7 безбалластного пути ВСМ

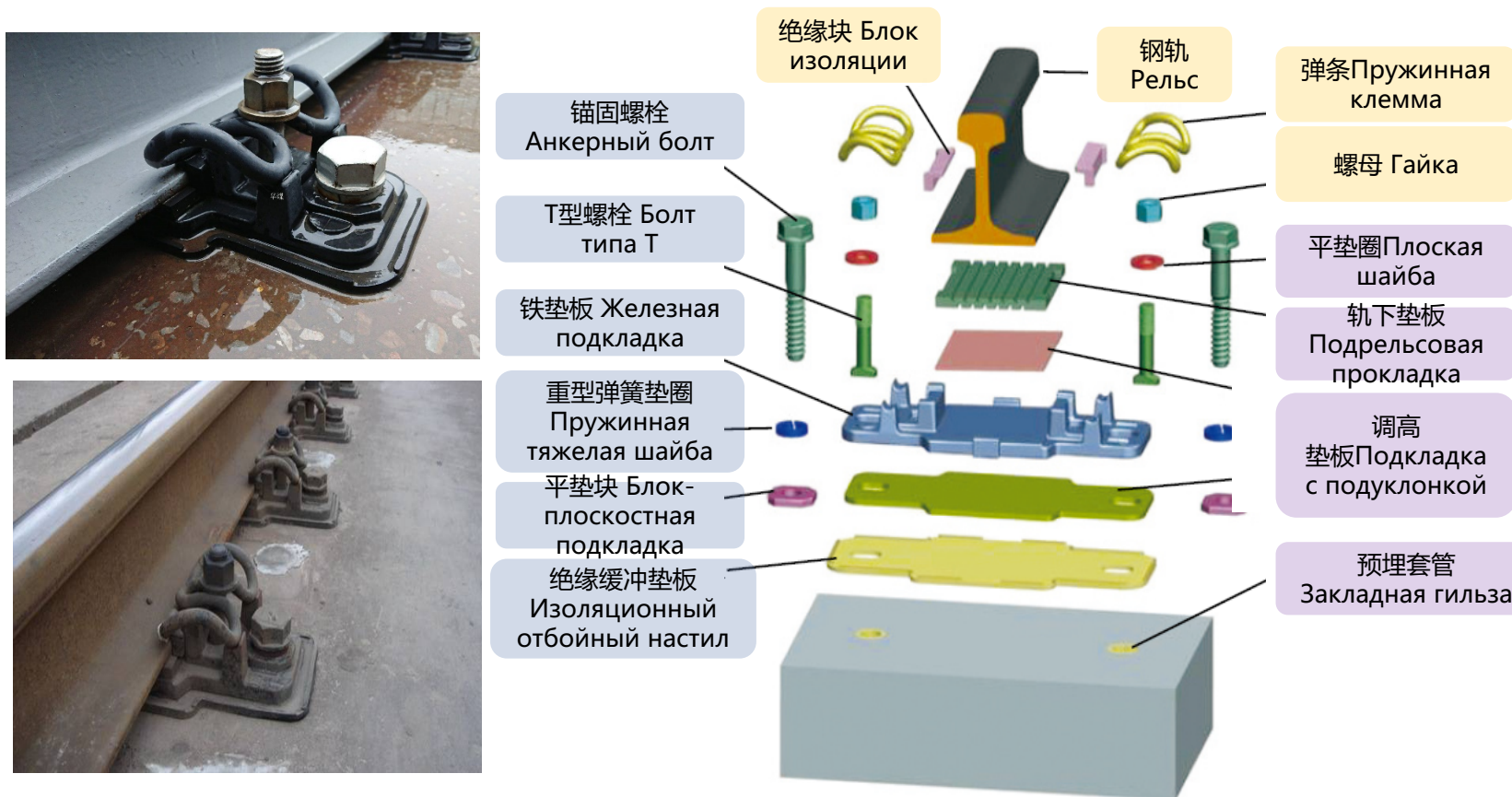
- ✓ 无挡肩、有螺栓、弹性分开；适应原板式与双块式无砟轨道承轨槽尺寸
- ✓ Отсутствие заградительного буртика, наличие болта , упругая разделение ; приспособление к размеру подрельсовой подкладки двухблочного безбалластного пути и первоначального платочного безбалластного пути



2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路无砟轨道WJ-7型扣件系统系统

Конструкция крепления типа WJ-7 безбалластного пути ВСМ



WJ-7型扣件系统
Конструкция крепления типа WJ-7



2.5 高速铁路扣件 Промежуточное скрепление ВСМ

高速铁路无砟轨道WJ-8型扣件系统

Конструкция скрепления типа WJ-8 безбалластного пути ВСМ

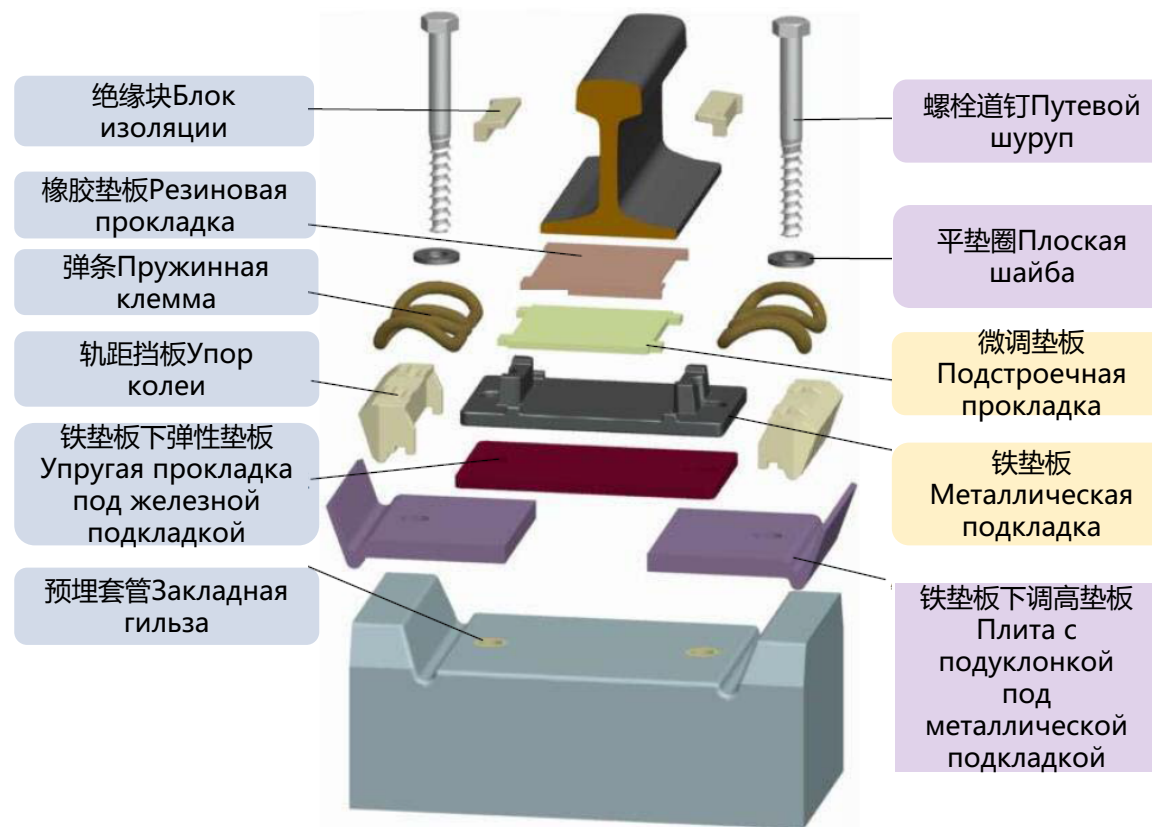
- ✓ 有挡肩、有螺栓、弹性不分开；应用于轨枕埋入式和板式无砟轨道
- ✓ Наличие заградительного буртика, наличие болта, нет упругого разделения, применение для плотного безбалластного пути и пути с закладной шпалой



2.5 高速铁路扣件 Промежуточное крепление ВСМ

高速铁路无砟轨道WJ-8型扣件系统

Конструкция крепления типа WJ-8 безбалластного пути ВСМ



WJ-8型扣件系统
Конструкция крепления типа WJ-8



汇报 提纲

Оглавление

1

高速铁路轨道运营要求

Требования к эксплуатации ВСП ВСМ

2

高速铁路轨道结构技术

Технология конструкции ВСП ВСМ

3

高速铁路轨道技术展望

Перспективы технологии ВСП ВСМ



3.1 轮轨关系深化研究 Изучение проектирования связи колесо-рельс

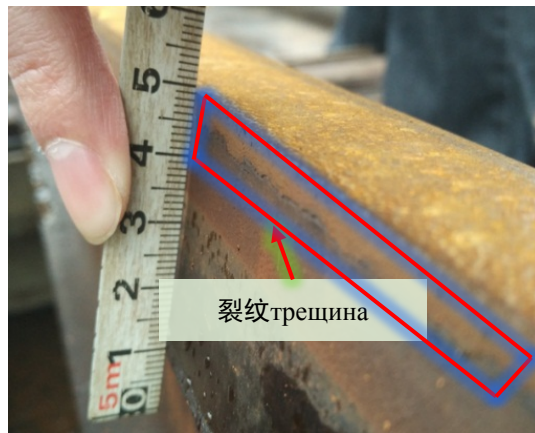
- ✓ 研究钢轨磨耗及滚动接触疲劳伤损机理及控制措施
- ✓ Изучение износа рельса , механизма повреждения контактной усталости качения и мероприятия контроля.
- ✓ 探讨钢轨波磨伤损机理及调控机制
- ✓ Исследование механизма волнообразного износа рельса и механизма контроля/регулирования
- ✓ 发展钢轨服役寿命延长技术
- ✓ Развитие техники продления срока по службы рельса



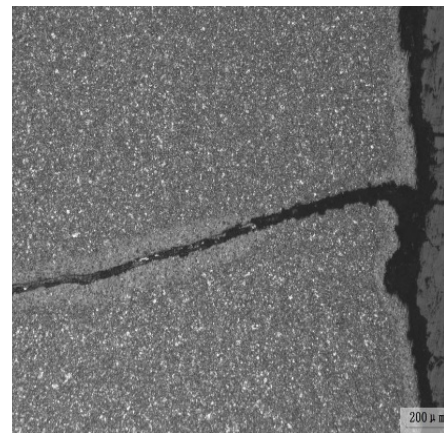
3.1 轮轨关系深化研究 Изучение проектирования связи колесо-рельс



钢轨波磨
Волнообразный износ рельса



道岔直尖轨纵向水平疲劳裂纹 Трещина усталости продольного уровня прямого острька стрелочного перевода



钢轨磨耗
Износ рельса



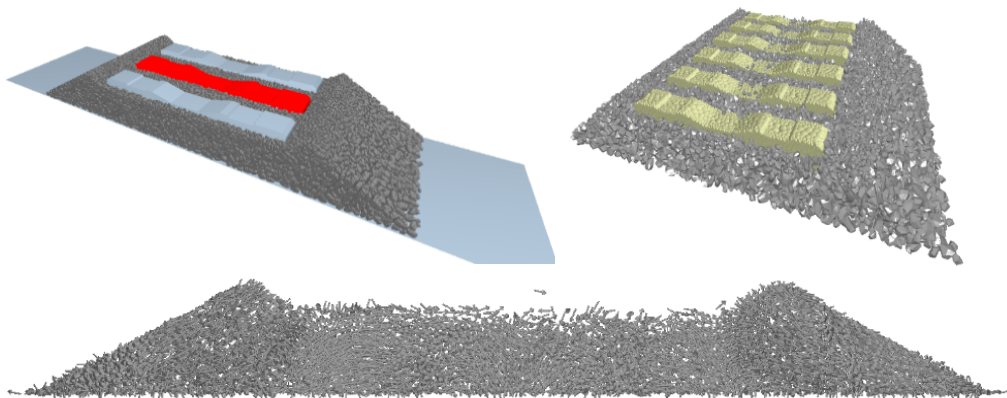


3.2 高速铁路轨道结构劣化机理 Механизм ухудшения верхнего строения ВСМ

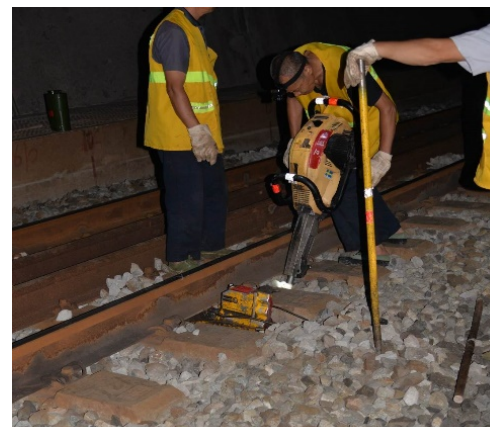
- ✓ 研究复杂条件下有砟轨道道床阻力演化特性及加强措施
- ✓ Изучение особенностей улучшения и мер увеличения сопротивления балластной призмы балластного пути в сложных условиях
- ✓ 研究无砟轨道疲劳寿命预测方法
- ✓ Изучение метода прогноза усталостной долговечности безбалластного пути.



3.2 高速铁路轨道结构劣化机理 Механизм ухудшения верхнего строения ВСМ



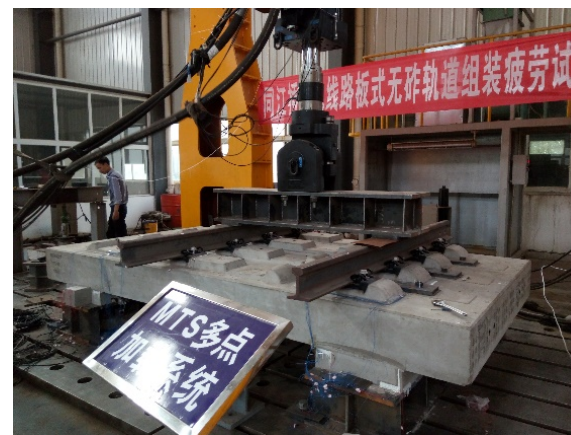
离散元分析道床颗粒运动规律 Анализ закона движения гранул балластного призмы методом дискретных элементов



桥上有砟道床捣固作业 Операция уплотнения балластной призмы на мосту



轨道板裂缝
Трещины рельсовой плиты



无砟轨道板疲劳试验 Испытание на усталость безбалластной рельсовой плиты



高速铁路轨道**无损检测**技术

Техника обнаружения дефектов верхнего строения пути ВСМ

- ✓ 发展**钢轨廓形**激光检测和钢轨**探伤**技术
- ✓ Развитие техники обнаружения дефектов и лазерного сканирования **профиля рельса**
- ✓ 研究**无砟轨道伤损识别**技术
- ✓ Изучение технологии распознавания повреждений безбаллатного пути
- ✓ 结合捷联惯导系统 (GPS/INS) 检测**轨道几何状态**
- ✓ Проверка **геометрического состояния** верхнего строения с помощью GPS/INS



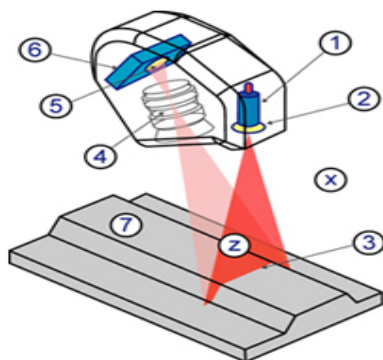
3.3 高速铁路轨道检测与监测技术 Технология наблюдения и проверки верхнего строения ВСМ

高速铁路轨道无损检测技术

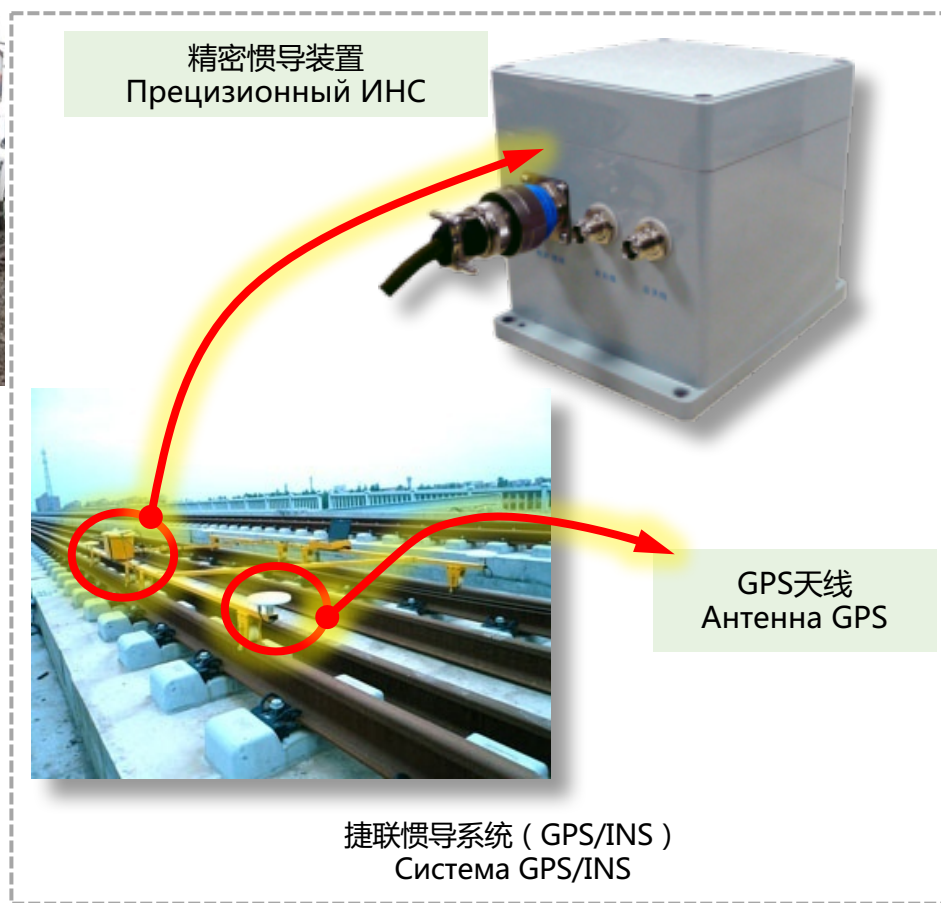
Техника обнаружения дефектов верхнего строения пути ВСМ



UCSD探伤器Дефектоскоп



激光检测Лазерное сканирование





高速铁路轨道结构健康监测技术

Техника **здорового наблюдения** конструкции верхнего строения пути ВСМ

- ✓ 发展无缝线路**温度力监测**技术，保证无缝线路稳定性
- ✓ Развитие **наблюдения температурного напряжения** бесстыкового пути обеспечит стабильность бесстыкового пути
- ✓ 发展轨道服役状态监测系统，为轨道**故障预测**与**健康管理**奠定基础
- ✓ Развитие системы наблюдения при эксплуатации верхнего строения позволит заложить основу для **качественного управления и прогнозом повреждения** верхнего строения



3.3 高速铁路轨道检测与监测技术 Технология наблюдения и проверки верхнего строения ВСМ

高速铁路轨道结构健康监测技术

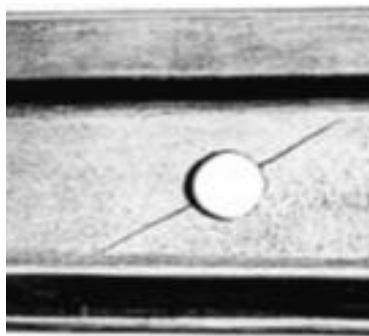
Техника **здорового наблюдения** конструкции верхнего строения пути ВСМ



无缝线路胀轨跑道 Выброс
бесстыкового пути



道岔尖轨断裂 Разлом острька
стрелочного перевода



轨腰螺栓孔裂纹 Трещина
болта пояса рельса



压电传感器 Пьезоэлектрический датчик



光纤光栅温度力传感器 Датчик температуры
волоконно-оптического растра



感谢您的聆听

Спасибо за внимание

汇报人：王平 教授
Докладчик: Ван Пин (профессор)



西南交通大学
Southwest Jiaotong University