



石家庄铁道大学

# 铁路基础设施智慧监测

(Intelligent Monitoring OF HSR Infrastructure)  
Интеллектуальный мониторинг инфраструктуры ВСМ

杜彦良 赵维刚  
Ду Янлян Чжао Вэйган

2018.5.28·莫斯科  
28.05.2018 Москва

# Пландоклада

01

背景

Общая информация

02

发展现状

Ситуация развития

03

发展趋势

Тенденции развития

04

技术关键

Ключевые технические вопросы

05

典型场景

Сценарии применения

06

结束语

Заключение



01

背景

Общая информация



## 背景

### Общая информация

- 铁路从1949年的**2.2万公里**，发展到2015年的**12万公里**。其中，铁路桥梁**6.5万座**，延长**1.2万公里**左右。
- Железная дорога выросла с 22 000 километров в 1949 году до 120 000 километров в 2015 году. Среди них 65 000 железнодорожных мостов протяженностью 12 000 километров.
- 高速铁路运营总里程**超过2万公里**，成为世界上建设规模最大、运营里程最长的国家。其主要特点：
- Общая эксплуатационная длина ВСМ превышает 20 000 километров, что делает Китай страной с наибольшим масштабом строительства и самой длинной эксплуатационной протяженностью ВСМ в мире. Основные особенности:

- 地质条件复杂：**黄土、冻土、软土、膨胀土**
- Сложные геологические условия: лёсс, мерзлый грунт, слабый грунт, пучинистый грунт
- 地理环境多变：**高寒、高温、高湿、强风**
- Переменная географическая среда: зоны с суровым климатом, зоны с жарким климатом, территории с высокой влажностью и сильными ветрами.
- 中西部地区桥隧比**超过80%**
- Соотношение мостов и туннелей в центральном и западном регионах превышает 80%
- 多条高速铁路线路**达到了世界第一**
- Много трасс ВСМ достигли первого места в мире



## 背景

### Общая информация

**北京-广州高速铁路——世界最长的高速铁路**

**ВСМ Пекин-Гуанчжоу – самая протяженная ВСМ в мире**

- 单条高铁里程（2298公里），超过或接近其他国家高铁总里程。
- Протяженность ветки (2298 км), что превышает или приближенно к общей протяженности ВСМ в других странах.

#### 高铁里程世界排名：

日本（第二） 2664公里

西班牙（第三） 2515公里

法国（第四） 2036公里

#### Мировой рейтинг протяженностей ВСМ:

Япония (второе) 2664 км

Испания (третье) 2515 км

Французский (четвертое) 2036 км





## 背景

### Общая информация

**北京-上海高速铁路**—— 一次性设计、建造、运营里程最长的高速铁路

**ВСМ Пекин – Шанхай** – самая протяженная ветка проектирования, строительства, эксплуатации в один этап.

- 最高实验时速486.1km/小时
- Макс.скорость при испытаниях 486.1км/ч
- 获得中国国家科技进步特等奖
- Удостоена государственной награды высшей степени в области науки и техники





## 背景

### Общая информация

**哈尔滨-大连高速铁路——世界第一条最寒冷地区的高速铁路**

**ВСМ Харбин-Далянь – Первая в мире ВСМ, расположенная в районе с суровыми климатическими условиями**

- 冬季平均气温-25℃，最低气温-40℃以下，冬季平均气温比其它国家寒冷地区高铁低20℃。
- Средняя температура в зимний период -25 °С, самая низкая температура ниже -40 °С, средняя зимняя температура на 20 °С ниже, чем в холодных регионах с ВСМ в других странах.
- 克服了深季节冻土地区的冻胀融沉，保障线路的高平顺性、高稳定性。
- Предотвращение морозного пучения и оттаивания в районах с глубоко промерзшими грунтами в целях обеспечения гладкости и устойчивости трассы.





## 背景

### Общая информация

**兰州-新疆高速铁路——世界第一条穿越沙漠地区的高速铁路**

**ВСМ Ланьчжоу – Синьцзян – первая в мире ВСМ, проходящая через пустыню**

- 穿越高原、戈壁沙漠、大风区。1000多公里高铁修建在沙漠中，450公里穿越最大风力达到17级的五大风区。
- Проходит через высокогорья, пустыни и районы с сильными ветрами. Более 1000 км ВСМ были построены в пустыне, 450 км ВСМ пролегают через пять районов с сильными ветрами, достигающими 17-го уровня.
- 抵御12级以上大风。
- Сопротивление сильным ветрам выше 12 уровня.



02

需求

Потребность в  
мониторинге



## 需求

### Потребность в мониторинге

- 地震、泥石流、滚石、洪水、风灾、暴雨等；自然老化、漂流物撞击以及未知因素
- Землетрясения, селевые потоки, камнепад, наводнения, ураганы и т.д.; естественное старение и прочие факторы

- 交通工具撞击、故意破坏、养修

- удар транспортно го средства, злостное нарушение, ремонт и эксплуатация





# 需求

## Потребность в мониторинге

- 基础设施现代维护的必要性
- Необходимость в современном обслуживании инфраструктуры



- 科学的养修计划 научный план по обслуживанию и ремонту
- 经济的人力成本 экономическая себестоимость труда

### 基础设施—从“建设为主”向“建养并重”转变

инфраструктура- переход принципа “поставить строительство на первое место” в “строительству и обслуживанию придается одинаково важное значение”



## 需求

### Потребность в мониторинге

目前铁路交通基础设施：

Ж/д инфраструктура на сегодняшний момент:

- ✓ 规模越来越大 Увеличиваются масштабы
- ✓ 数量越来越多,养修量巨大 Большой объем обслуживания
- ✓ 空间构造越来越复杂 Усложнение конструкций
- ✓ 成本控制 Контроль за себестоимостью

- 发展基于数字化的先进维护技术对基础设施进行养护维修，保障交通基础设施的安全性、完整性、适用性与耐久性，成为当前关注的热点。В настоящее время обслуживание инфраструктуры, основанное на передовой цифровой технологии обслуживания, и обеспечение безопасности, целостности, пригодности и долговечности транспортной инфраструктуры, бывает в центре внимания



# 需求

## Потребность в мониторинге

### ■ 基础设施安全运行的必要性

### Необходимость в безопасной эксплуатации инфраструктуры



- 一旦结构失效失稳或变形不可逆转,后果不堪设想。В случае появления необратимого нарушения устойчивости или деформации, такие последствия могут быть катастрофическими.
- 高速运行下日益复杂的运行环境。При высокоскоростном движении условия эксплуатации станут все больше и больше сложным.

## 安全防范—主动防御策略

## Стратегия безопасности— активная предосторожности



## 需求

### Потребность в мониторинге

**目前铁路基础设施及运行环境：В настоящее время условия эксплуатации железнодорожной инфраструктуры:**

- ✓ **风沙雨雪** Ветер, песок, дождь и снег
- ✓ **地质灾害** Геологические катастрофы
- ✓ **异物入侵** Вторжения инородного тела
- ✓ **系统安全** Безопасности системы

- **发展智慧感知的主动安全防御技术**，对于适应复杂恶劣运营环境的铁路主动安全保障需求，意义重大。Для обеспечения безопасности железной дороги в сложных и трудных условиях эксплуатации, развитие мудрой технологии с активной предосторожностью имеет значительное значение.



03

**发展趋势**

**Тенденции развития**



# 发展趋势

## Тенденции развития

### 监测规范标准建设（国际）

### Создание норм и стандартов по мониторингу (международные стандарты)

内容	发布组织						
	ISIS (Intelligent Sensing for Innovative Structures)	ISO (International Organization for Standardization)	FHWA (Federal Highway Administration)	FIB (International Federation for Structural Concrete)	SAMCO (Structural Assessment, Monitoring and Control)	日本国土交通省国土技术政策综合研究所	ISHMII (International Society for Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure)
	2001 年	2002 年	2002 年	2002 年	2006 年	2011 年	2016 年
标准名称	《结构健康监测指南》	《基于动力试验和调查测量结果的桥梁力学振动评估》	《重要桥梁健康监测指南的范例研究》	《现有混凝土结构的监测和安全评估》	《结构健康监测指南 F08b》	《结构健康监测技术利用指南》	《健康监测技术标准》
系统组成	传感器、数据采集、数据分析、网络交互、损伤识别和模型	振动测量、结构模型、振动识别、结构识别、动力分析和监测数据评估	试验技术、分析技术、传感器、数据采集、测量系统校核、数据处理和决策系统	传感器、数据采集、数据分析、网络交互、损伤识别和模型	传感器、数据采集、数据分析、网络交互、损伤识别和模型		
监测分类	静力现场测试、动力现场测试、周期性监测和连续监测	在建监测、在役监测、使用能力监测和基于环境振动监测	无损动力测试、无损评估、长期（全寿命）监测	验证荷载测试、诊断荷载测试、环境振动测试、激励测试和外观检查	荷载效应监测、条件监测、性能参数和阈值监测		
传感器类型或监测参数	箔式应变计、光纤应变计、线性可变分差传感器、加速度计和温度传感器等	频率和振型、阻尼、动力特性、发生射测量、交通荷载、风荷载等	电阻应变计、振弦式应变计、光纤应变计、线性可变分差传感器、温差电偶、压电加速度计、倾角测量仪、动态称重仪等	电子位移计、光纤应变计、电阻应变计、地秤和温度传感器等	光纤光栅应变计、压电应变计、倾角仪、GPS 静力水准仪、加速度计和温度传感器等		



## 发展趋势

## Тенденции развития

桥型 мостовой тип	国内数量（比例） количество в Китае	国外数量（比例） количество за рубежом
斜拉桥 балочно-вантовый мост	45 (49.4%)	22 (52.4%)
悬索桥 висячий мост	12 (13%)	13 (31%)
拱桥 арочный мост	10 (11%)	1 (2.4%)
预应力砼连续梁（刚构）桥 неразрезные пролетные строения из предварительно-напряженного железобетона (рамный мост)	15 (16.5%)	4 (9.5%)
连续钢桁梁 непрерывный балка	4 (4.4%)	2 (4.7%)
钢箱组合梁桥 комбинированная стальная балка корбочатого сечения	3 (3.3%)	
上承式钢板梁 стальная балка с ездой поверху	1 (1.1%)	
简支 балочный мост	1 (1.1%)	
合计	91	42

我国已建和将建有监测系统的桥梁接近200座（不完全统计）。

Согласно неполной статистике, в Китае построено и запланировано к строительству ок.200 мостов с системой мониторинга

各年度安装有监测系统的桥梁



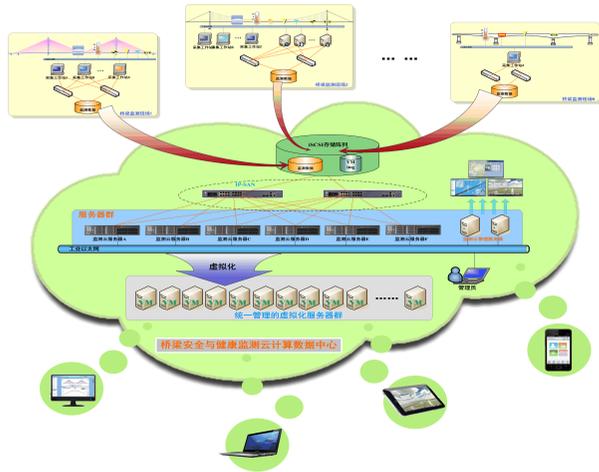


## 发展趋势

Тенденции развития

### 监测系统架构更加灵活

Более гибкая организация системы мониторинга



结构健康监测云平台  
Облачная платформа  
мониторинга структурного  
здоровья

多体结构集群监测  
Мониторинг  
Многоуровневой  
структуры

单体结构监测  
Мониторинг  
структуры мономеров

- 集中式数据采集系统 Централизованная система сбора данных
- 基于局域网的集散监测系统 Распределенная система мониторинга на основе локальной сети
- 基于无线传感器网络的监测系统 Система мониторинга на основе беспроводной сенсорной сети
- 基于移动互联的结构监测及数据收集系统 Структурный мониторинг и система сбора данных на основе мобильного Интернета

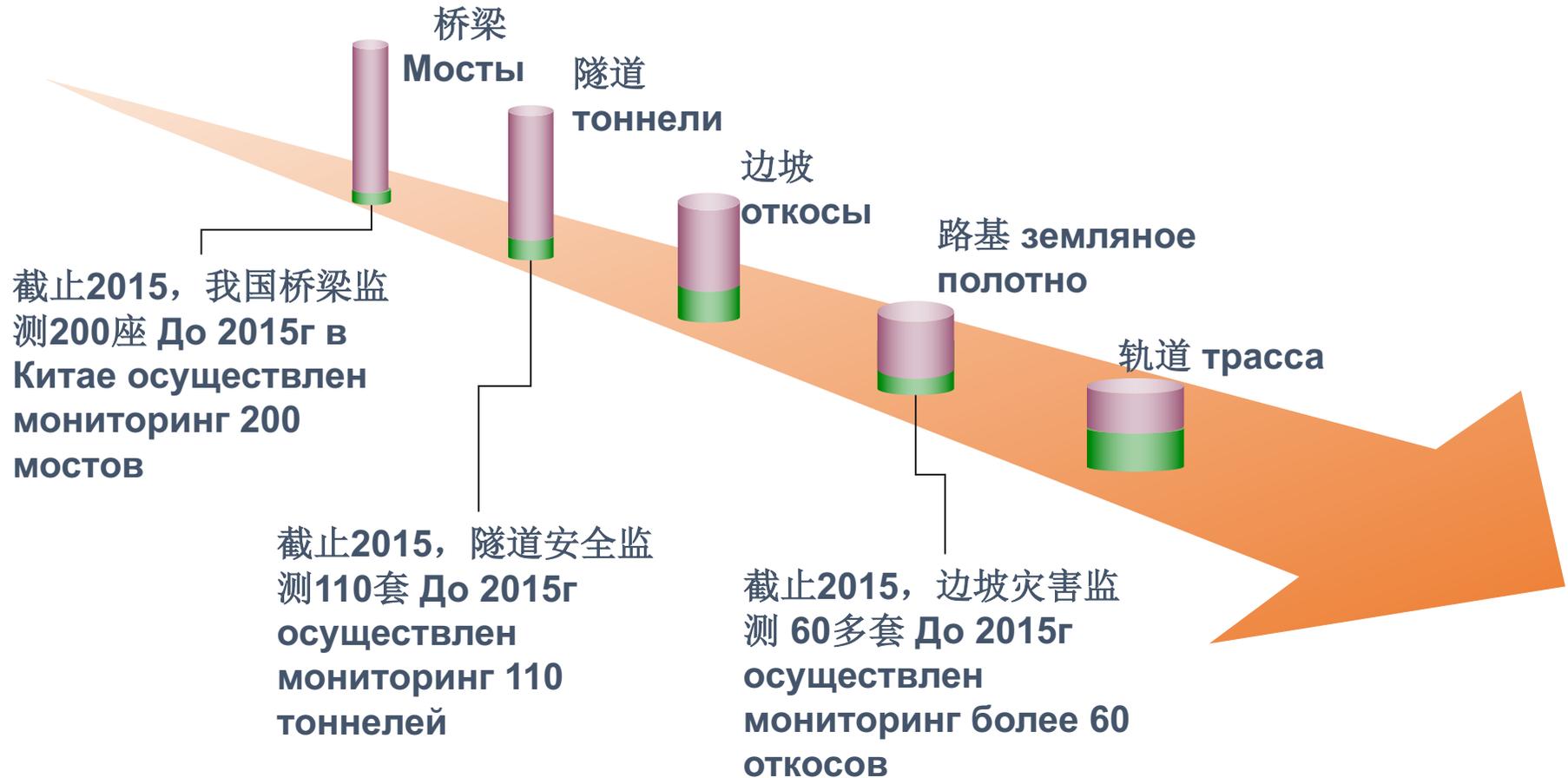


## 发展趋势

Тенденции развития

### 监测对象不断扩展

Увеличение областей применения мониторинга



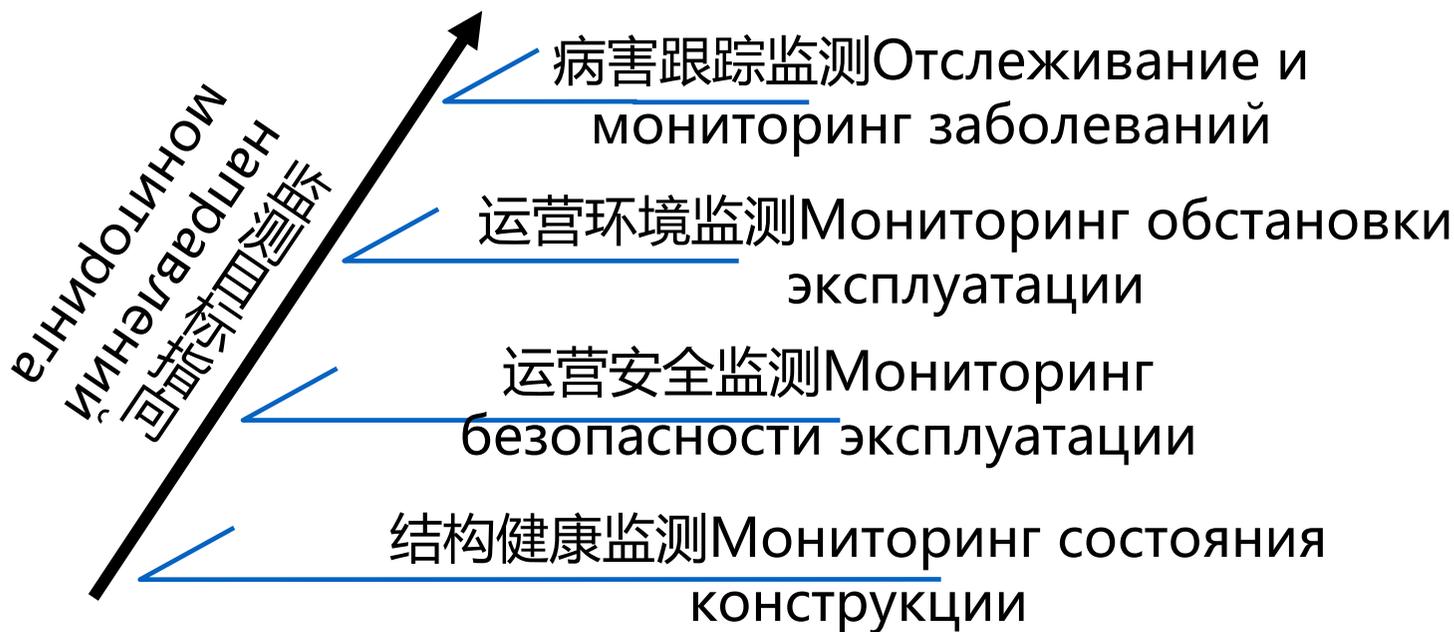


## 发展趋势

Тенденции развития

### 监测目标指向逐渐清晰

Последовательная детализация направлений мониторинга





## 发展趋势

Тенденции развития

## 监测目标及需求

Цели мониторинга и потребность в нем

已建目标：

结构老化、性能衰退

Поставленные цели:

Старение конструкций, ухудшение характеристик

在建目标：

全寿命周期建、养  
成本最小化

Планы:

Уменьшение себестоимости строительства, обслуживания во время полного жизненного цикла

结构健康  
监测系统  
Система  
мониторинга  
структурного  
здоровья

结构养护策略  
Стратегия структурного обеспечения

认知性能衰退规律  
Снижение когнитивной эффективности

全寿命评估  
Пожизненная оценка

精准维修  
Точное обслуживание



## 发展趋势

Тенденции развития

## 系统架构

Структура системы

### 当前监测系统架构

Настоящая Архитектура системы мониторинга

- 干线跨越地域大 магистраль проходит большую территорию
- 结构类型及组合多样 различные виды архитектуры и сочетания
- 风险复杂多变 сложные и изменчивые риски

下一代监测系统架构 Архитектура системы мониторинга следующего поколения

- 立体化监测 Мониторинг трехмерности
- 多维、泛在感知 Многомерное вездесущее восприятие
- 时、空多尺度监测 Многомасштабный мониторинг времени и пространства

重点结构和部位监护  
Мониторинг ключевых структур и частей

现代化全方位监护  
Современный всенаправленный мониторинг



## 发展趋势

Тенденции развития

## 监测数据类型

Виды данных мониторинга



网络采集、传输、存储的数据量趋近海量  
Объем данных, собираемых, передаваемых и хранящихся в сети, приближается к слишком массовому.



大数据  
多源异构  
Большие данные с мультиисточниками и изостроениями



新兴机动检测（视觉、无损、非侵入式）方式的介入  
вмешательство по новому манёврному контролю (визуальные, неразрушающие, неинтрузивные)



# 发展趋势

## Тенденции развития



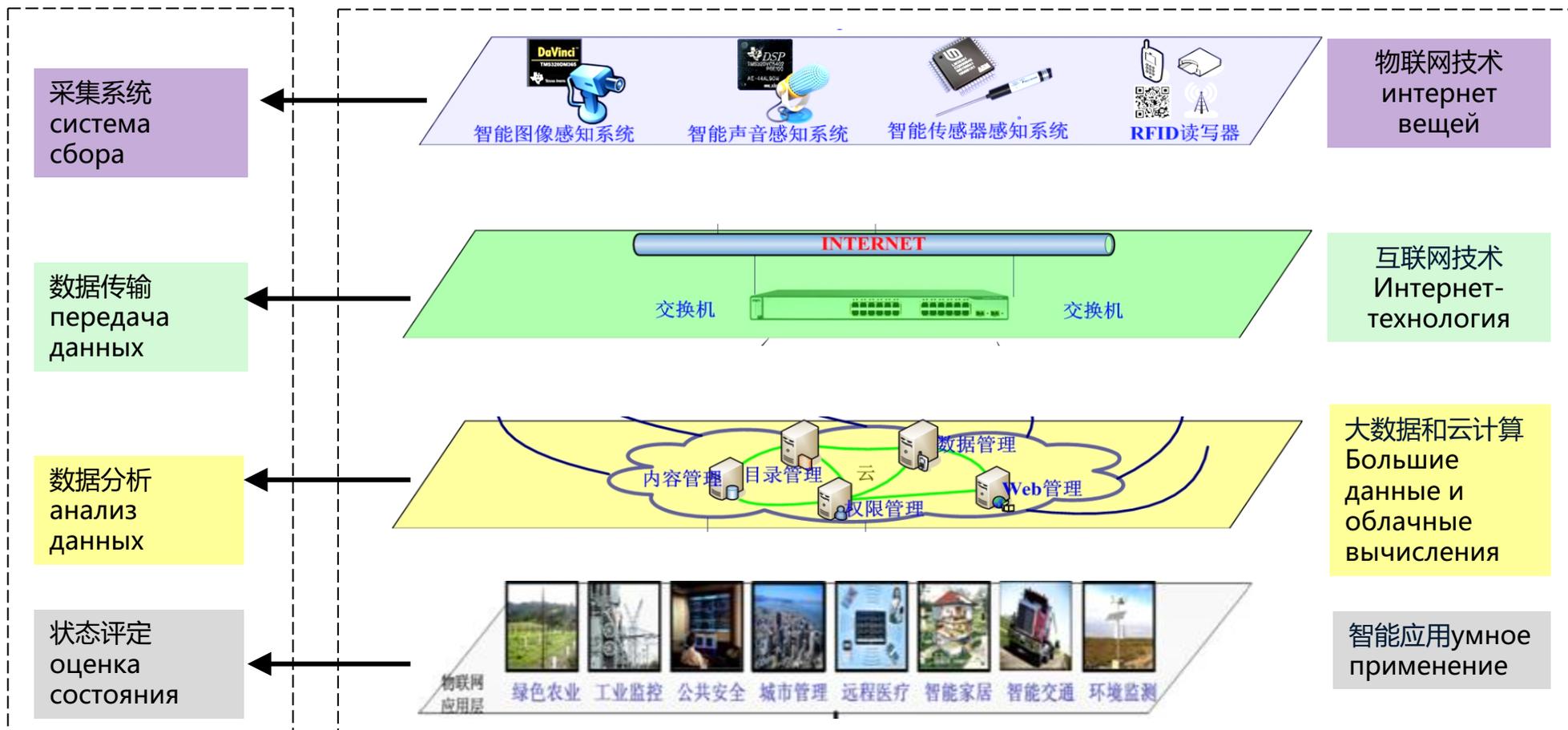


# 发展趋势

## Тенденции развития

# 结构信息融合

## Интеграция структурной информации





04

**技术关键**

**Ключевые  
технические вопросы**

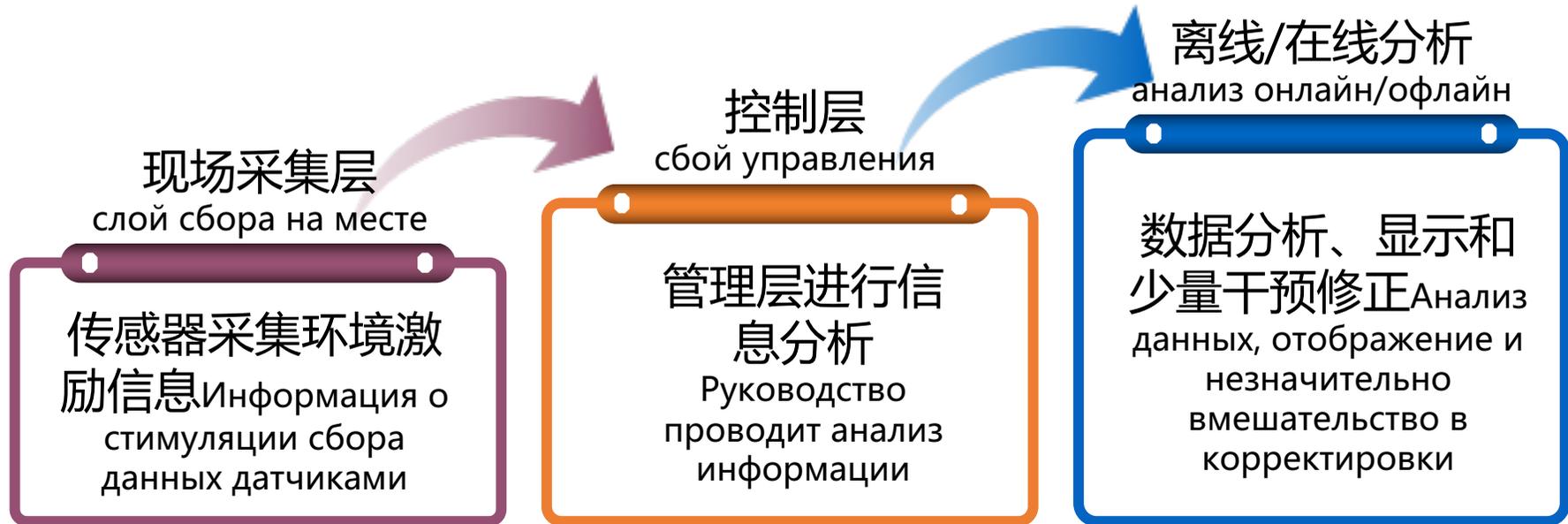


## 技术关键

### Ключевые технические вопросы

#### 传统结构状态监测系统：

#### Система мониторинга состояния традиционных конструкций

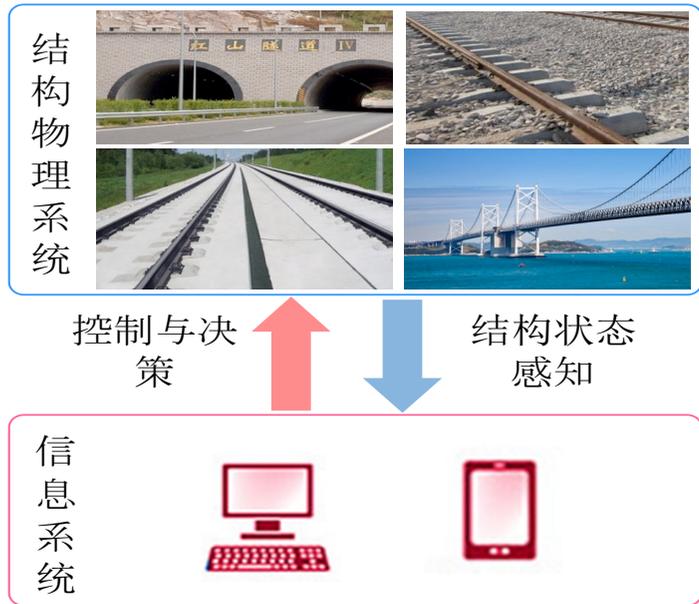
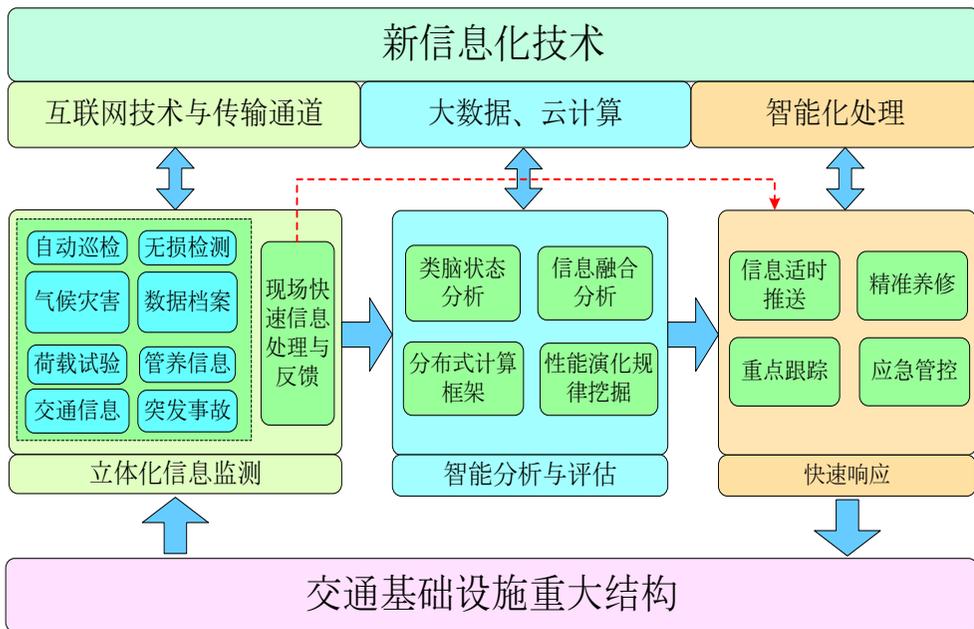




# 技术关键

## Ключевые технические вопросы

### 结构信息系统 (Cyber-Structure System , CSS)



# 结构信息系统

## Структурно-информационная система (CSS)



## 技术关键

Ключевые технические вопросы

技术需求与特征：

Технические потребности и характеристики

(1) 数据驱动驱动 данных





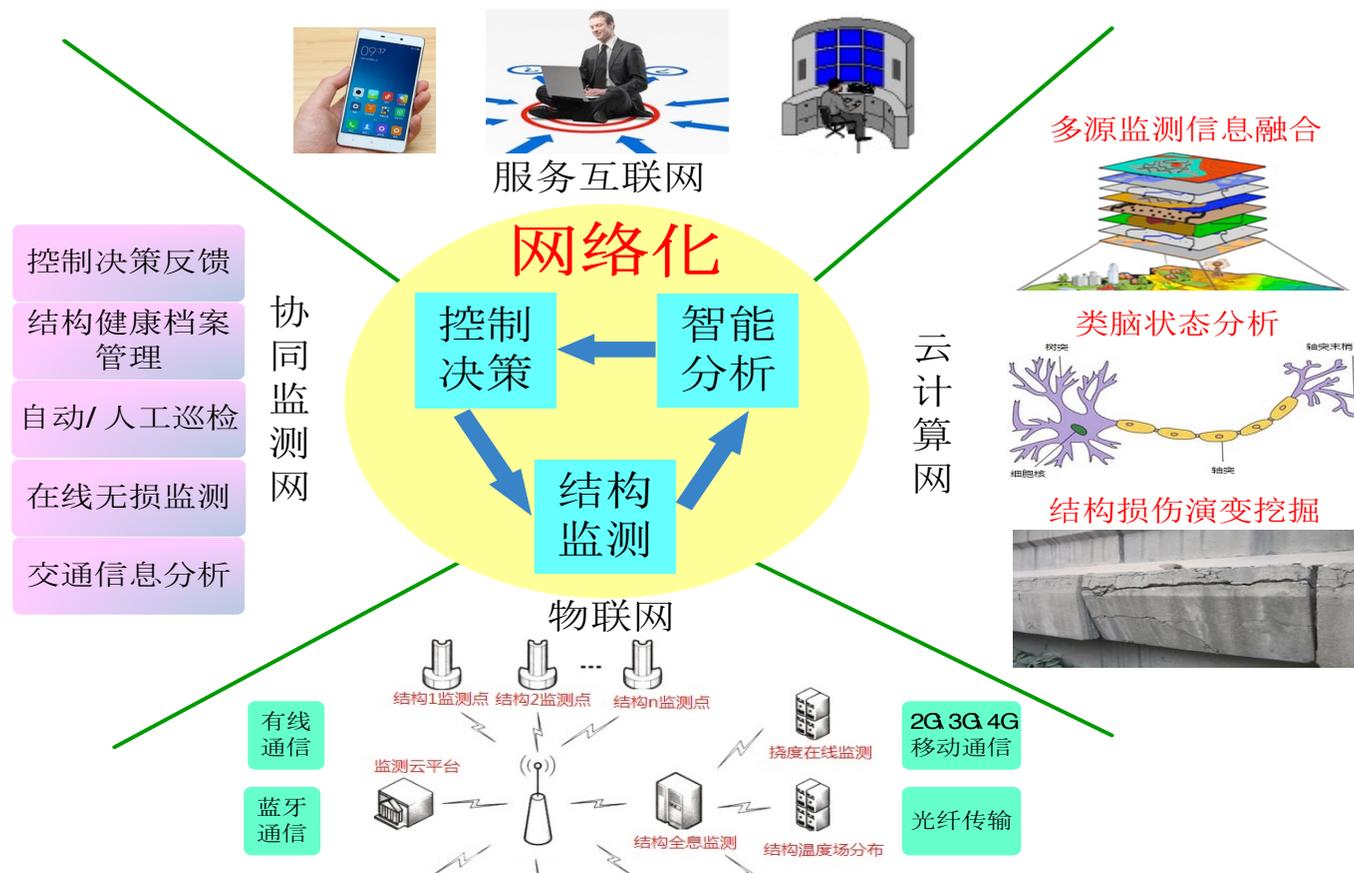
# 技术关键

## Ключевые технические вопросы

### 技术需求与特征：

### Технические потребности и характеристики

#### (2) 网络化 интернетизация





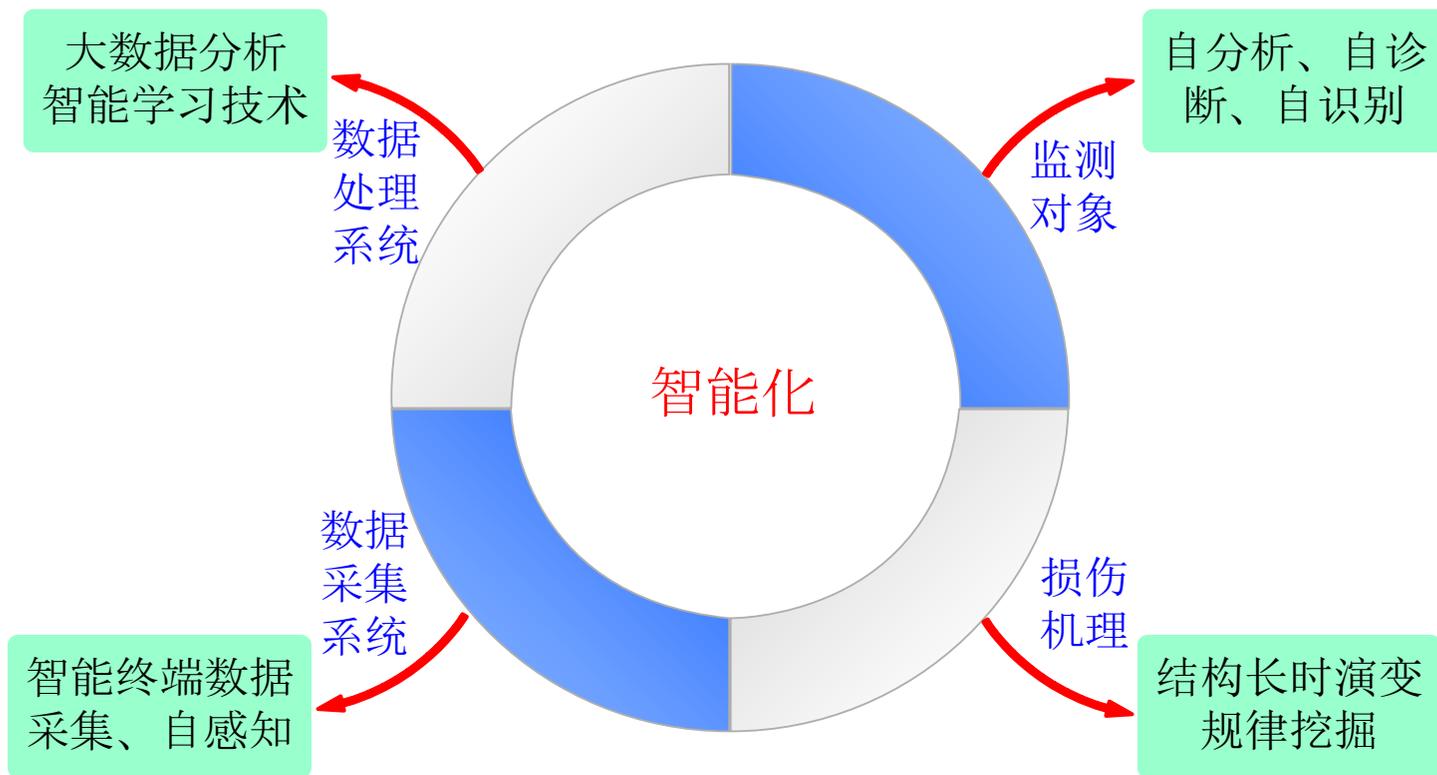
## 技术关键

Ключевые технические вопросы

技术需求与特征：

Технические потребности и характеристики

(3) 智能化интеллектуализация





## 技术关键

Ключевые технические вопросы

体系架构：

### Структура системы

(1) 单一参数级 Уровень одиночных параметров





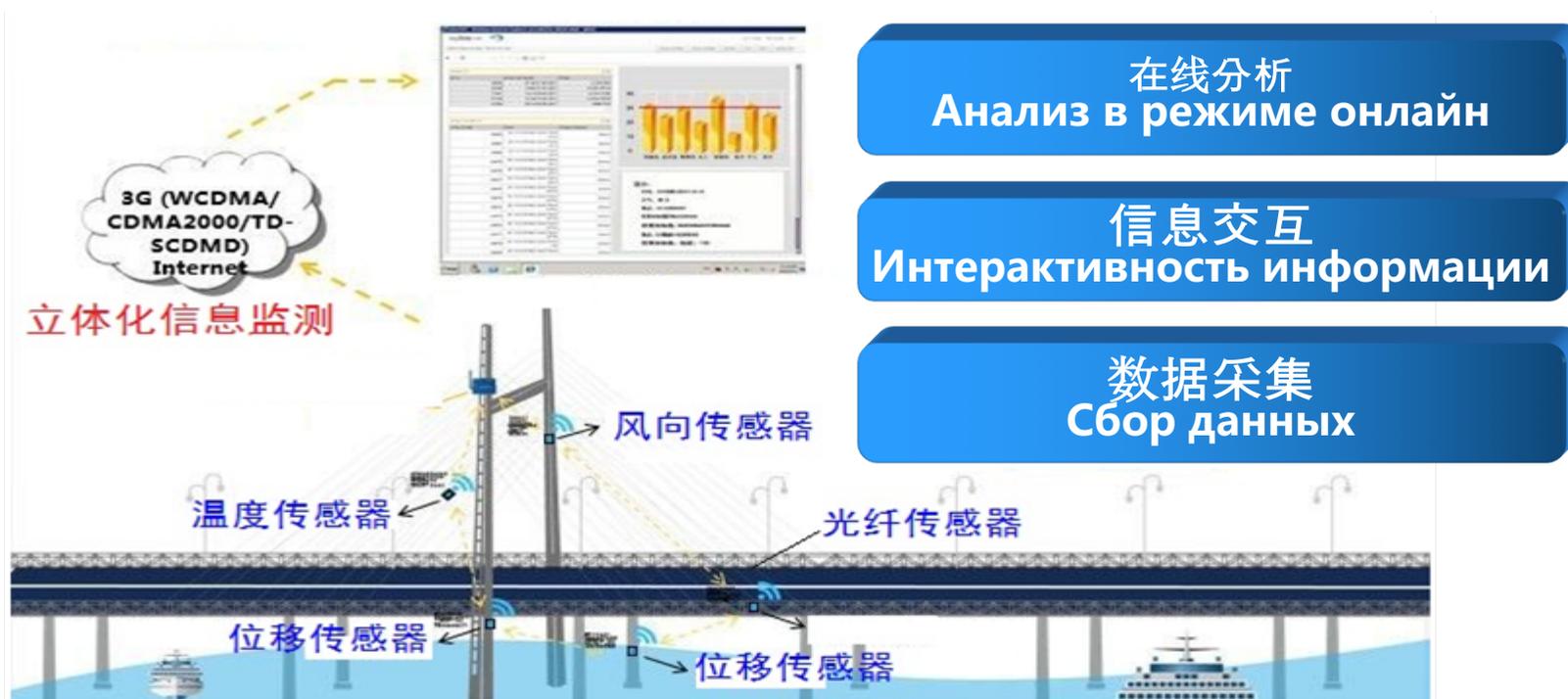
# 技术关键

## Ключевые технические вопросы

体系架构：

### Структура системы

( 2 ) 单体结构监测系统 Система мониторинга однокорпусной структуры



桥梁结构监测单体监测系统

Система мониторинга структуры моста



## 技术关键

Ключевые технические вопросы

体系架构：

Структура системы

( 3 ) 集群式结构监测系统 система мониторинга комплексной структуры





## 技术关键

### Ключевые технические вопросы

**技术关键：** 智能感知技术 ( Sensoring& Cognitive )  
Технология интеллектуального восприятия

#### 单一类型系统 Однотипная система

- 现场实时数据质量校验 Проверка качества данных в режиме реального времени на месте
- 快速初步特征信息处理与反馈 Быстрая предварительная обработка характеристической информации и обратная связь

#### 单体监测系统 Мономерная система мониторинга

- 数据信息度量机制 Механизм измерения информационной ценности данных
- 自动化结构损伤识别 Автоматическая идентификация структурного повреждения
- 智能化结构状态评估 интеллектуальная оценка состояния структуры
- 多源传感器信息融合 слияние информации с различных сенсоров и датчиков

#### 集群混合系统 Комплексная система

- 高性能的智能计算方法(边缘\雾\云计算)及认知计算Высокопроизводительные интеллектуальные вычислительные методы и когнитивные вычисления
- 分析挖掘系统中相关大数据的内在规律 анализировать и выявить внутренние законы больших данных в системе
- 实现结构状态空间与结构伤损、病害空间映射 осуществить отображение пространство состояний структуры и пространство повреждения и болезни структуры



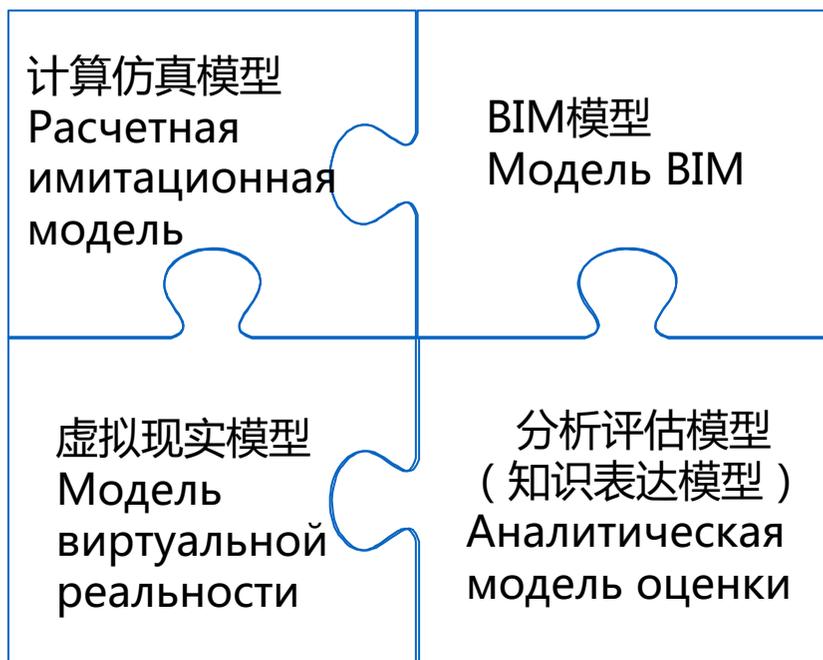
## 技术关键

### Ключевые технические вопросы

#### 技术关键：数字孪生技术 Технология цифровых двойников

以数字化方式为结构信息系统创建的虚拟模型，来模拟结构在现实环境中的行为。

Использовать виртуальную модель, созданную для структурной информационной системы в цифровой форме, чтобы имитировать поведение структуры в реальной среде.



#### 设计、建造到运维的全程数字化

Цифровизация проектирования, создания, эксплуатации и обслуживания



## 技术关键

### Ключевые технические вопросы

## 技术关键：数据质量保证技术 Технология обеспечения качества параметров



如果监测数据是不可靠的，它在本质上具有非常小的内在价值。

Если данные мониторинга не представляют собой надёжные, то по сути они представляют незначительные результаты.

05

## 监测领域技术关键 和实现途径

Ключевые технические  
вопросы в области  
мониторинга и пути развития



# 监测领域技术关键和实现途径

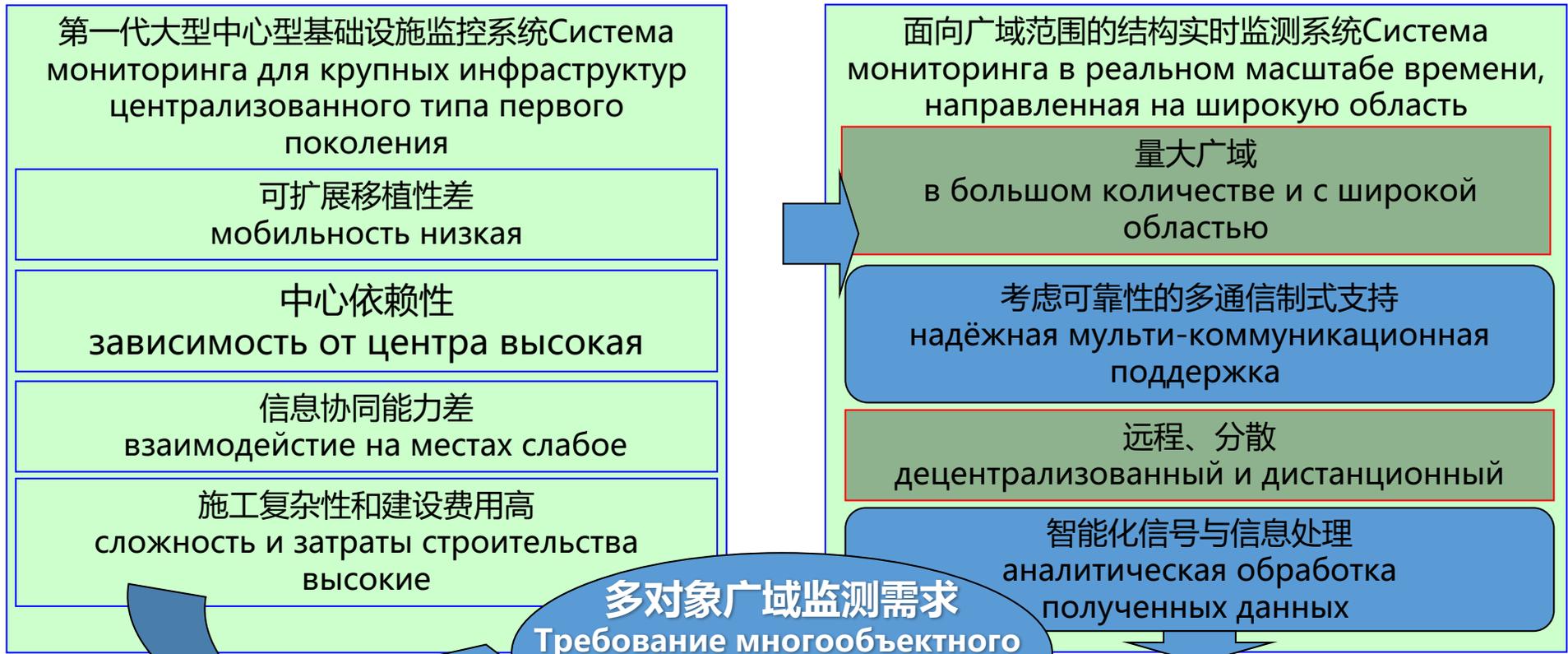
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

**应用场景1 :**

**Области применения1:**

常用跨度铁路桥梁监测系统（边缘计算）

Distributed Running State Monitoring and Pre-Warning of Common Span Railway Bridges Система мониторинга ж/д мостов с типовыми пролетами (граничные вычисления)



**多对象广域监测需求**  
Требование многообъектного мониторинга с широкой областью

互联网+ Интернет+



# 监测领域技术关键和实现途径

## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景1 :

### Области применения1:

### 常用跨度铁路桥梁监测系统（边缘计算）

### Distributed Running State Monitoring and Pre-Warning of Common Span Railway Bridges Система мониторинга ж/д мостов с типовыми пролетами (граничные вычисления)

### 三层分布式计算结构 :

### Трислойная структура вычислительной системы

智能采集节点负责数据的采集与本地处理

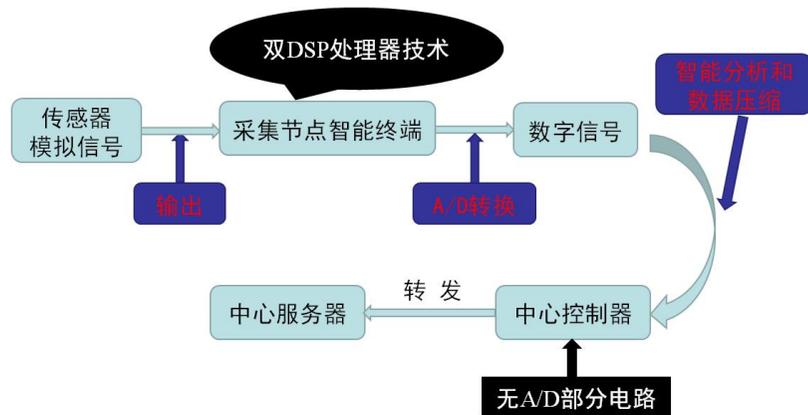
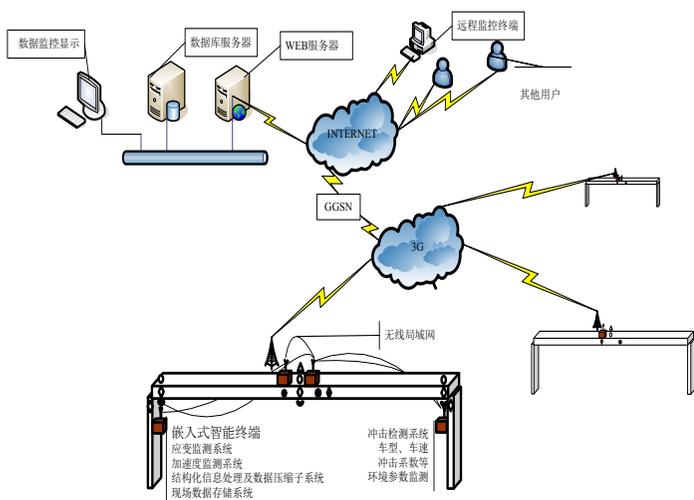
Интеллектуальный узел сбора данных отвечает за сбор данных и локальную обработку.

中心控制器负责现场数据的上传和控制命令的下传

Центральный контроллер отвечает за выгрузку данных и загрузку команд

中心服务器负责接收数据并实时显示状态曲线。

Центральный сервер отвечает за принятие данных и показывает диаграмму состояний в режиме реального времени





# 监测领域技术关键和实现途径

## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景1 :

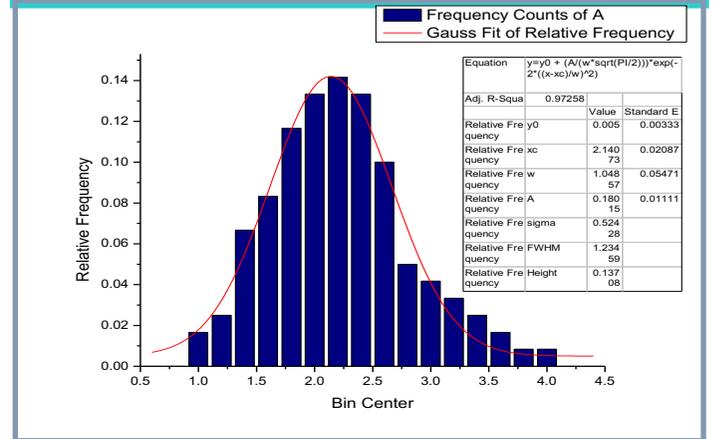
### Области применения1:

### 常用跨度铁路桥梁监测系统（边缘计算）

### Distributed Running State Monitoring and Pre-Warning of Common Span Railway Bridges Система мониторинга ж/д мостов с типовыми пролетами (граничные вычисления)



- 桥梁动振幅与压缩
- Динамическая амплитуда и сжатие
- 内嵌桥梁自振基频提取
- извлечение данных фундаментальной частоты собственного колебания мостов
- 限带数字滤波
- цифровая фильтрация с ограниченной полосой
- 时域特征值提取
- Извлечение характеристического значения в диапазоне времени
- 数据完整性校验
- Проверка целостности данных
- 预警限值的更新
- Обновление предела предупреждения





# 监测领域技术关键和实现途径

## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景1 :

### Области применения1:

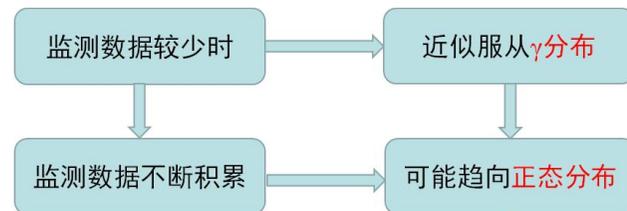
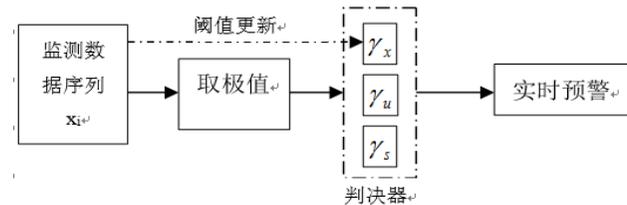
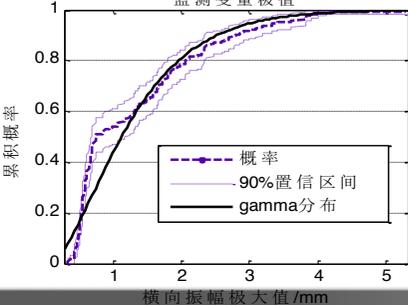
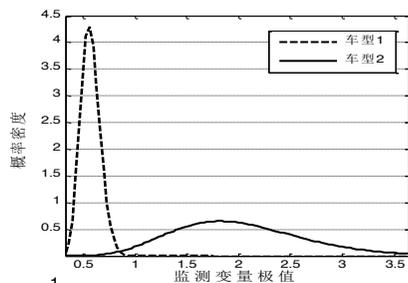
### 常用跨度铁路桥梁监测系统（边缘计算）

### Distributed Running State Monitoring and Pre-Warning of Common Span Railway Bridges Система мониторинга ж/д мостов с типовыми пролетами (граничные вычисления)

把个体梁跨监测数据统计特征和检定规范相结合 сочетать статистические характеристики индивидуальных мониторинговых данных пролетного строения со спецификацией испытаний

- 及时发现个体运行状态改变 обнаружить изменения оперативного состояния индивидуального
- 实现桥梁运行状态的实时分级预警预报 осуществить ступенчатое предупреждение оперативного состояния мостов в режиме реального времени

包括3类阈值束界，即**安全值束界**（来自规范）、**通常值束界**（来自规范）和**日常值束界**（实测数据统计特性决定）。Включены 3 категории граничных значений: граничное значение безопасности (из спецификации), нормальное значение (из спецификации), практическое значение (зависит от статистических характеристик полученных данных)



用“3σ”法则寻找一安全区间，并确定预警参数的日常值束界限值



# 监测领域技术关键和实现途径

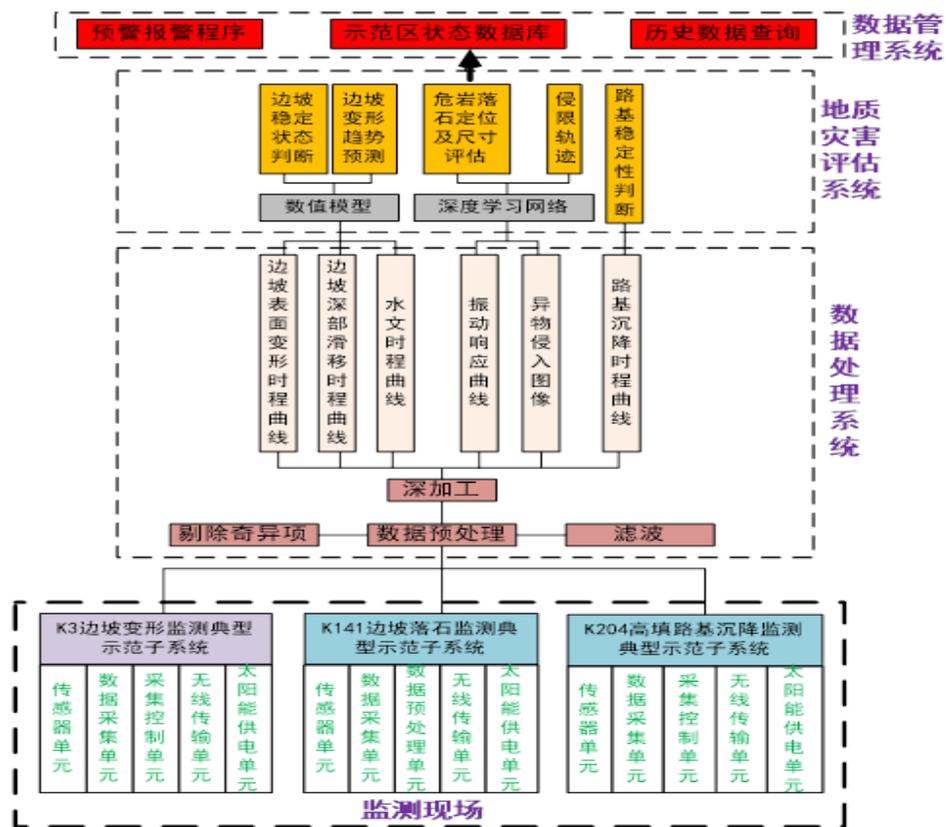
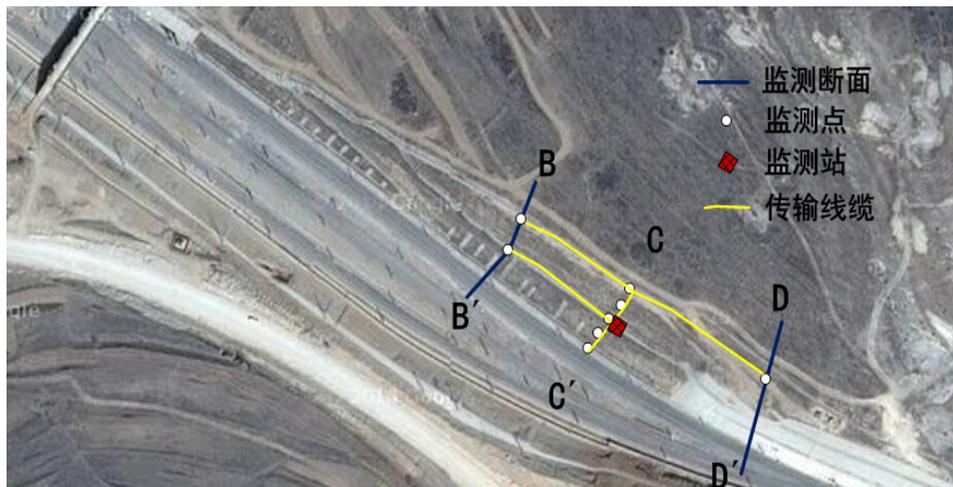
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

应用场景2 :

Области применения2:

### 铁路基础设施协同监测与数字化运维

Совместный мониторинг и оцифрование эксплуатации и обслуживания ж/д инфраструктуры





# 监测领域技术关键和实现途径

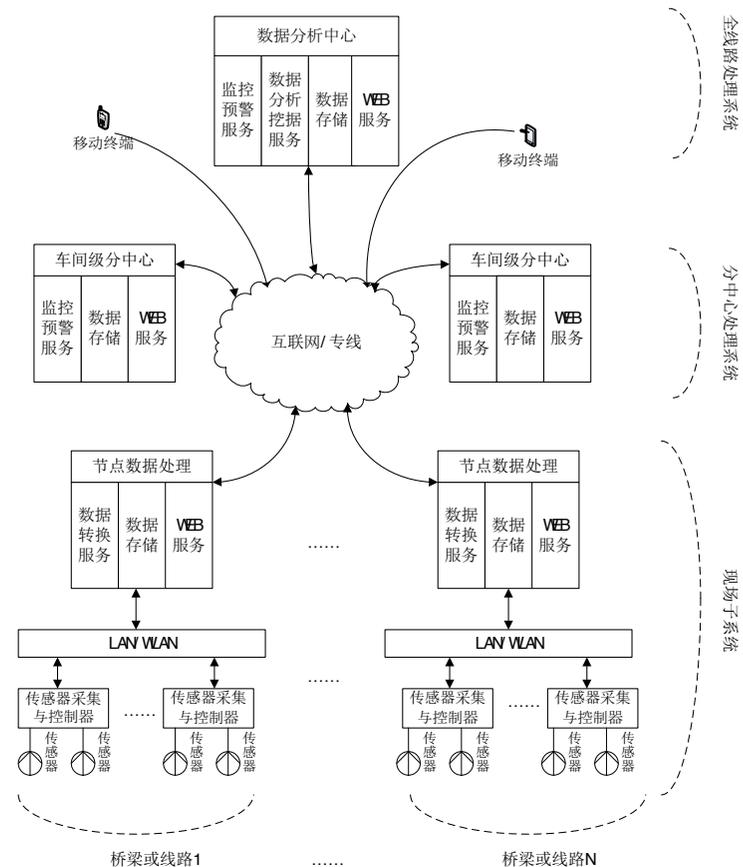
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景2 :

### Области применения2:

### 铁路基础设施协同监测与数字化运维

### Совместный мониторинг и оцифрование эксплуатации и обслуживания ж/д инфраструктуры



1) **立体** : 构建了表面、内部、环境为一体的立体监测系统。

Трёхмерность: трехмерная система мониторинга, объединяющая внешнюю, внутреннюю часть строений и окружающую среду

2) **协同** : 构建了光纤、北斗、视觉等多技术协同监测系统。

Совмещение: использование оптоволокна, навигационной системы Бэйдоу, зрительного наблюдения и других технологий для создания системы совместного мониторинга

3) **持续** : 实现灾害前预测、灾害中及时报警的过程监测。

Последовательность: мониторинг процесса по осуществлению предсказаний катастроф и своевременному оповещению во время катастроф



# 监测领域技术关键和实现途径

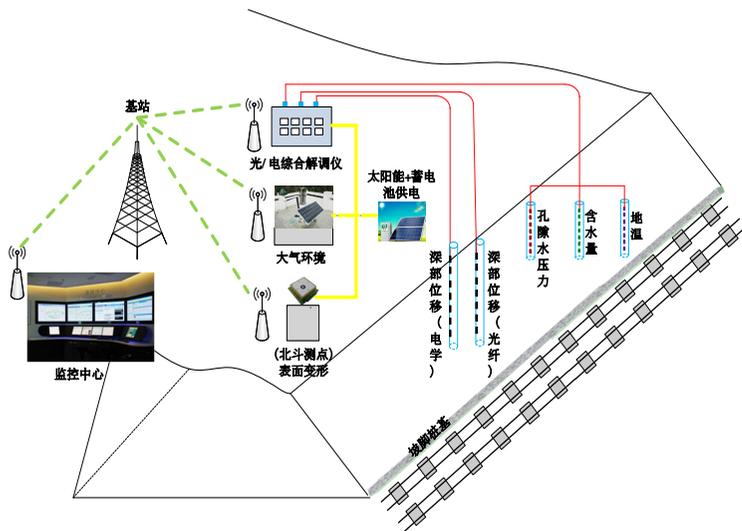
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

应用场景2 :

Области применения2:

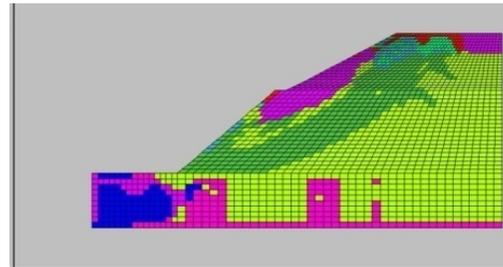
### 铁路基础设施协同监测与数字化运维

### Совместный мониторинг и оцифрование эксплуатации и обслуживания ж/д инфраструктуры



### 边坡变形监测典型示范子系统结构

### Пример мониторинга деформаций откосов и структура подсистемы



边坡极限平衡状态塑性区云图 Откос в условиях предельного равновесия в области пластичности

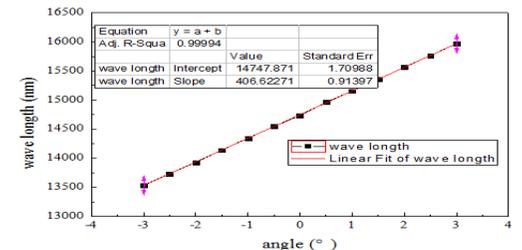


### FBG倾角传感器测试

### Испытания датчика угла наклона FBG



### 北斗基准站 Реперная точка навигационной системы Бэйдоу



### 倾角传感器响应 Реакция датчика угла наклона





# 监测领域技术关键和实现途径

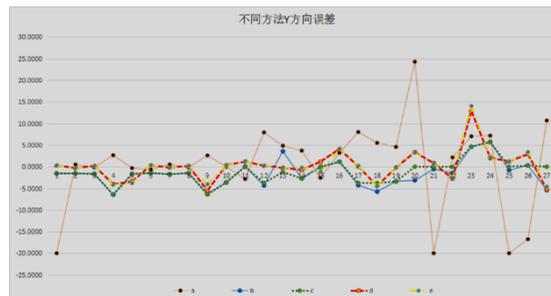
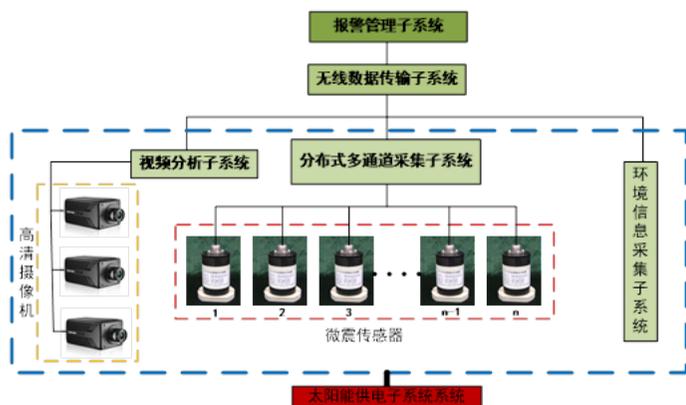
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景2 :

### Области применения2:

### 铁路基础设协同监测与数字化运维(机器学习)

Совместный мониторинг и использование цифровых технологий в эксплуатации и обслуживании ж/д инфраструктуры (машинное обучение)



22个微震传感器 22 микросейсмических датчика

3台摄像机 3 видеокамеры

铁路侵限视觉智能分析仪 Смартанализаторы для пресечения вмешательств на железной дороге

最小检测目标 Минимальная площадь измерений : 15x15cm

入侵检测时间 : Время для контроля за вмешательствами <=2分钟  
МИН.

误报 Ложная тревога : <=1次/每月 1 раз в месяц





# 监测领域技术关键和实现途径

## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

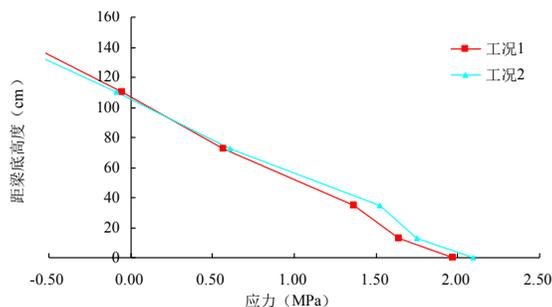
### 应用场景2 :

### Области применения2:

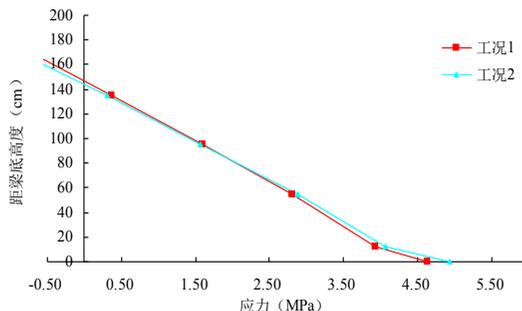
## 铁路基础设施协同监测与数字化运维

Совместный мониторинг и использование цифровых технологий в эксплуатации и обслуживании ж/д инфраструктуры

重载铁路桥梁标准化检查方法与评定技术 Методики проверки жд мостов с высокой нагрузкой и технологии оценки



30孔外梁外侧腹板应力  
Усилия на внешнюю  
стенку балки моста из 30  
внешних балок



31孔外梁内侧腹板应力  
Усилия на внутреннюю  
стенку балки моста из 31 внешней  
балки



朔黄铁路桥梁数字档案  
Архивные данные  
жд моста Шо-Хуан  
(SHUO HUANG RAILWAY)

基础静态数据 Данные  
статистических  
испытаний

定期测试数据 Данные  
регулярных испытаний

监测动态数据 Данные  
динамических испытаний

智能评定  
Смарт-оценка

掌握桥涵的技术状态、  
制定运行方案和日常养护  
维修。 Для контроля технического  
состояния мостов, определения  
методов эксплуатации и текущего  
обслуживания.





# 监测领域技术关键和实现途径

## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

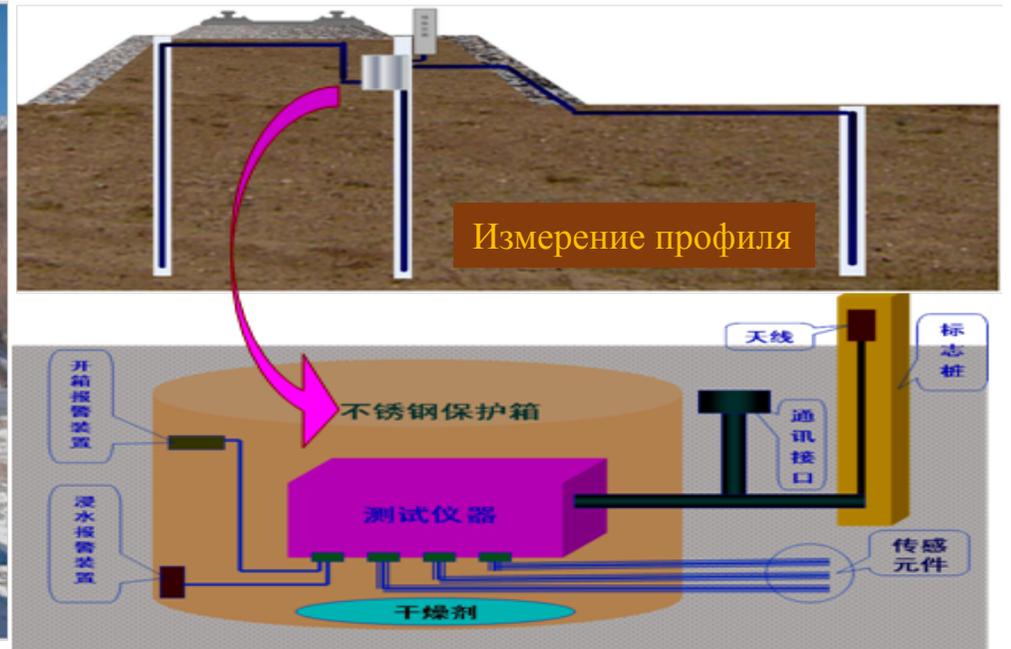
**应用场景3：**

### 冻土区铁路路基自动监测与稳定性监测

**Области применения3:**

Автоматический мониторинг земполотна железных дорог в районах с мерзлым грунтом и мониторинг устойчивости

- ✓ 建立了包含**12384个测点**、**86个现场测站**的青藏铁路多年冻土路基稳定性长期自动监测系统。Создание системы автоматического мониторинга и мониторинга устойчивости в районах многолетних мерзлых грунтов Цинхай-Тибетской железной дороги, включает 12384 точек замера и 86 измерительных приборов на местах





# 监测领域技术关键和实现途径

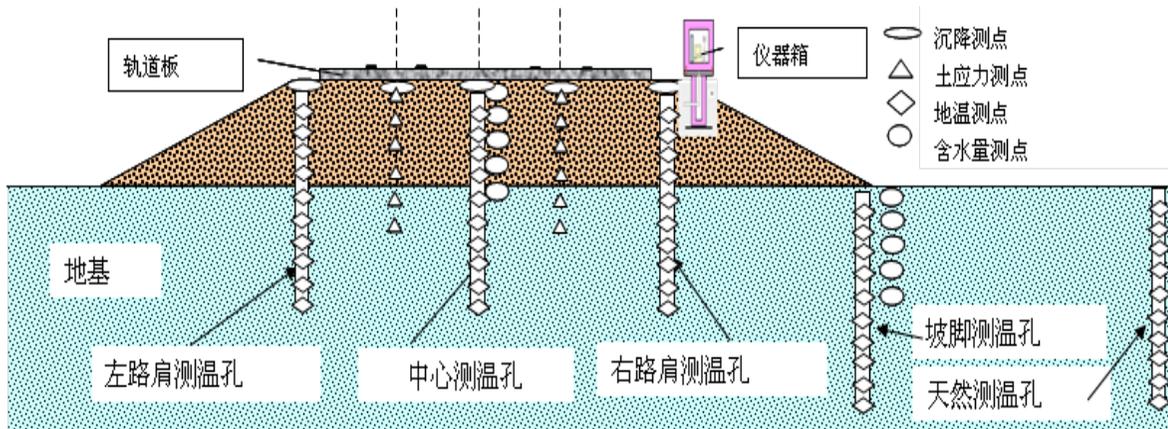
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

应用场景3 :

Области применения3:

### 冻土区铁路路基自动监测与稳定性监测

Автоматический мониторинг земполотна железных дорог в районах с мерзлым грунтом и мониторинг устойчивости



哈大高铁路基稳定性长期自动监测与评价系统,实现了沉降变形、土体应力、地温、含水量等路基状态参量一体化的自动采集、信号自动传输、数据自动分析处理。Системы автоматического долгосрочного мониторинга и мониторинг устойчивости земполотна на высокоскоростной железной дороге Харбин-Далянь, а также система оценки позволяют проводить автоматическую передачу сигналов, анализ данных, автоматический сбор параметров о состоянии земполотна, например, таких как: оседания-деформации, напряжения в грунте, температура земли, содержание воды и т.д.



# 监测领域技术关键和实现途径

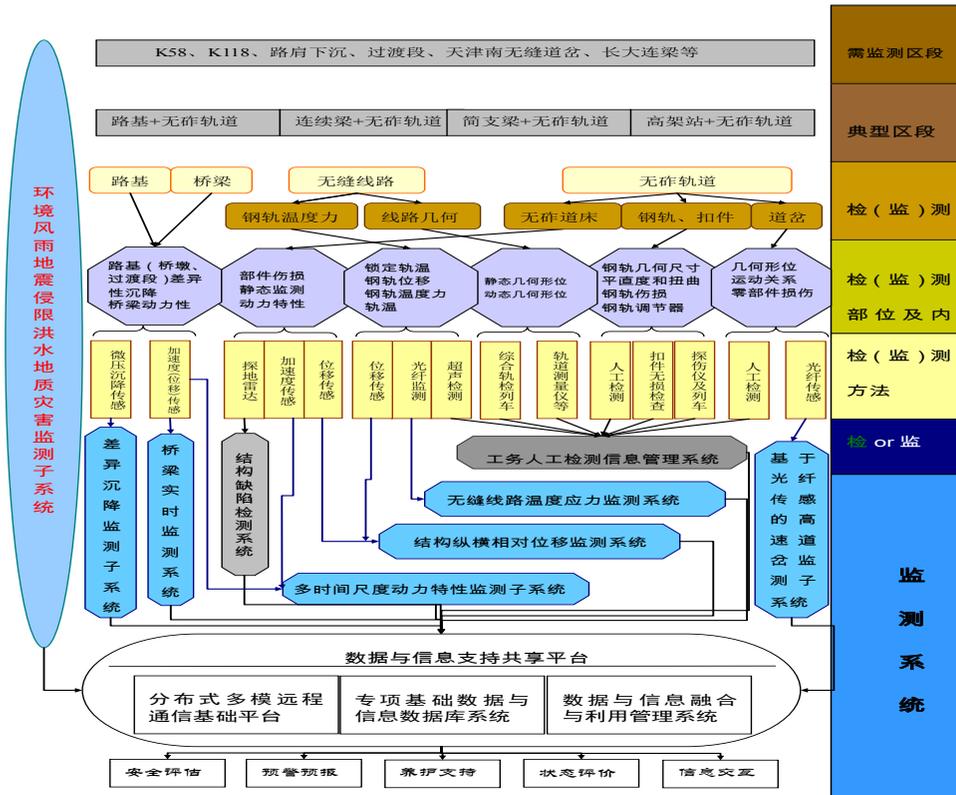
## Ключевые технические вопросы в области мониторинга и пути развития

### 应用场景3 :

### Области применения3:

### 冻土区铁路路基自动监测与稳定性监测

Автоматический мониторинг земполотна железных дорог в районах с мерзлым грунтом и мониторинг устойчивости



环境与侵限监测子系统 Подсистема мониторинга окружающей среды и предотвращения вмешательств  
 结构缺陷快速检测系统 Система быстрого контроля дефектов конструкций  
 工务巡检信息系统 Информационная система наблюдения за техническими работами  
 无缝线路温度应力监测 Мониторинг температурного напряжения бесстыкового пути  
 基于光纤传感高速道岔监测系统 Высокоскоростная система мониторинга стрелок на основе волоконно-оптических датчиков  
 差异沉降监测系统 Система мониторинга дифференциального оседания  
 桥梁实时监测系统 Система мониторинга мостов в реальном времени  
 多时间尺度动力特征处理系统 Система обработки двигательных характеристик по многократной шкале времени  
 数据与信息支持共享平台 Интеграционная платформа с данными и информационной поддержкой



### 环境-荷载-结构

Окружающая среда – нагрузки-структура

### 多手段协同监测

Множество средств для проведения объединенного мониторинга

**结束语**  
**Заклучение**





## 结束语

### Заключение

**新信息化技术与铁路基础设施在状态监测、性能评估、风险预警、养修决策等层面的融合，形成的新型结构信息系统，将有力促进养修模式的创新和效率的提升，更好地满足广域复杂运营环境下的交通基础设施结构安全服役性能和主动安全防御的需求。**

**Объединение новых информационных технологий и железнодорожной инфраструктуры для проведения мониторинга состояния, функциональной оценки, предупреждения рисков, обслуживания и ремонта и т.д, позволяет создать новый тип структуры информационной системы, что, в свою очередь, значительно способствует использованию инноваций в обслуживании и ремонте, повысит эффективность и улучшит соответствие требованиям к безопасной эксплуатации транспортной инфраструктуры и к активной системе безопасности в сложных эксплуатационных условиях.**

石家庄铁道大学

感谢各位聆听！

Спасибо за внимание!



石家庄铁道大学

2018.5.28·莫斯科

28.05.2018 Москва

石家庄铁道大学欢迎您！