

# 冬奥滑雪场索道实时监测分析系统研究

汇报人：王少雷

河北建筑工程学院

2021中国制冷展：冬奥场馆、制冰制雪相关技术研讨会

# 报告目录

01

项目来源及项目背景

02

当前研究现状

03

索道实时监测系统及实时分析原理

04

当前研究现状

05

致谢

冬奥滑雪场索道系统  
实时监测方法研究

# 1. 项目来源及背景



物联网传感器技术，无线通讯技术等

CAE  
online

结构CAD/CAE技术，结构安全监测，索道事故



张家口索道数量众多，特种机电设备



京张冬奥，冬奥场馆，河北省科技计划支持

# 1.1 项目来源及背景

索道是一种用于跨越山地、江河或湖泊而架设的空中运输系统，核心是由一根或多根钢索构成的，具有承重和牵引功能的索系特种机电设备。

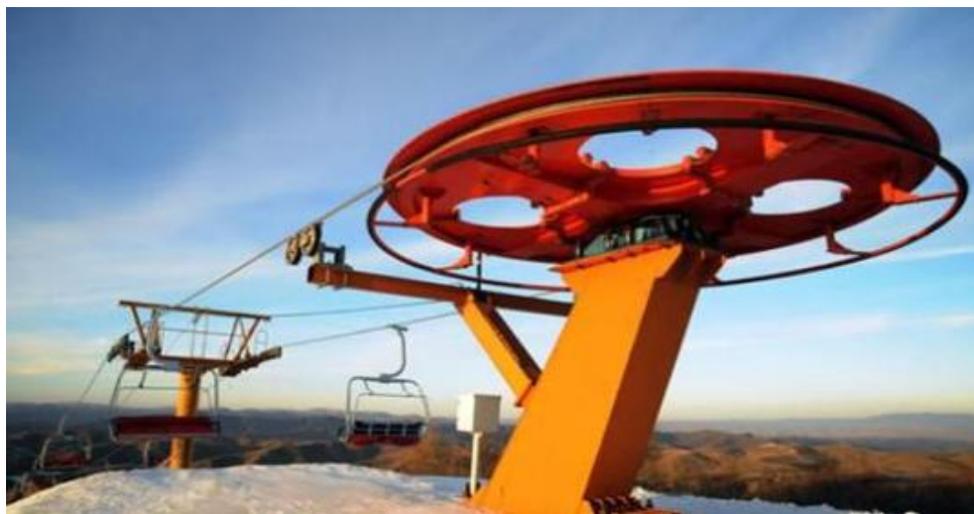


## 1.2 项目来源及背景

张家口目前建有各类共110多索道，仅崇礼已经建有万龙、密苑·云顶、长城岭、多乐美地四大滑雪场，建成高、中、初级雪道82条69公里，各类索道和魔毯60多条23公里。



云顶滑雪场索道



张北小二台滑雪场索道



长城岭滑雪场索道

## 1.3 项目来源及背景



索道事故，支架变形折塌、轿厢掉落

## 1.4 项目来源及背景---监测目的

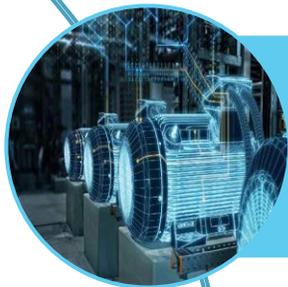
保障设备安全运行，将事故隐患及时发现，及时消除；索道事故统计，故障形式。

张家口索道数量全国居首，冬奥核心区索道密度很高；

京张冬奥对场馆设施设备安全监控要求提高；

河北建筑工程学院和河北省特检院张家口分院提出课题，河北省科技厅经费支持

## 2. 当前研究现状



当前对索道系统监测内容和监测方法



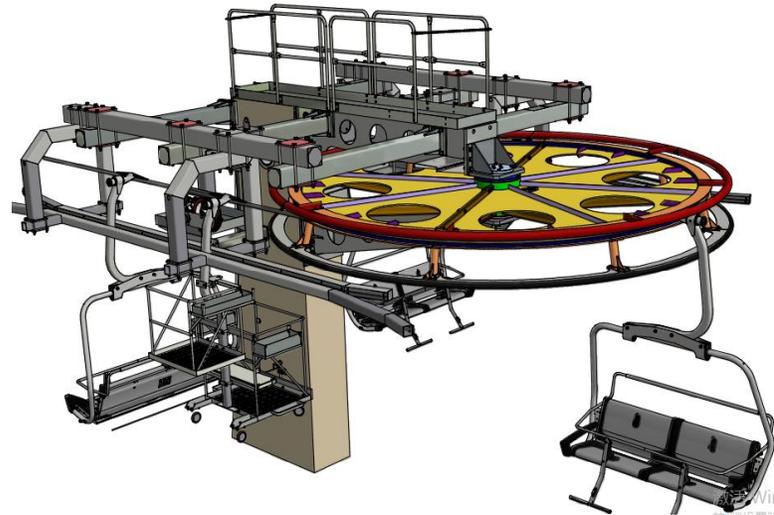
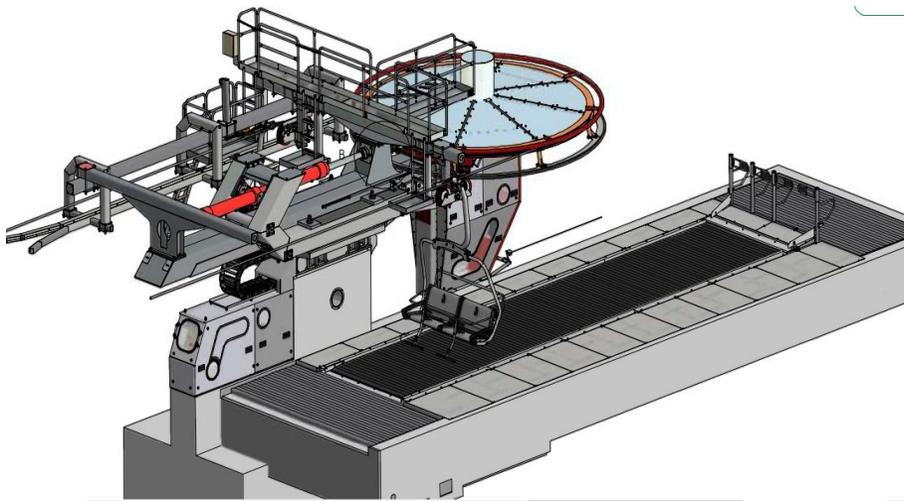
目前常见监测系统结构



特点总结和问题提出

## 2.1 索道结构---循环式客运架空索道

- ▶ 客运索道由：线路设施，驱动系统设备，运载工具，安全设施和运行服务设施等五部分组成
- ▶ 具体包括：钢索（运载索或承载索，牵引索），钢索驱动装置，运回装置，张紧装置，支撑装置（支架，托压索轮组），抱索器、运载工具（吊厢，吊椅等），电器设备及安全服务装置组成
- ▶ 张紧装置用来保证在各种运行状态下钢索张力近似恒定



## 2.2 当前对索道系统监测内容和监测方法（1）

### (1) 工作环境监测

温度，湿度，粉尘，天气、气压等

### (2) 电器设备状态：

电器设备状态，电流，电压，电机发热等

### (3) 机械设备工作状态：结构内部受力状态，变形，磨损，疲劳等；其原理是，在结构需要监测的部位部署相应的传感器如应变、拉力、压力、加速度等传感器；钢丝绳磨损、断丝、疲劳、锈蚀等

## 2.2 当前对索道系统监测内容和监测方法（2）

### 电器设备

- 电流电压等
- 发热，过载等

监控内容，指标，  
方法比较成熟  
PLC等下位机

### 机械结构

- 支架、钢丝绳、托索轮、张紧机构等
- 速度、受力、变形、振动、疲劳、磨损等

钢丝绳疲劳断丝、  
磨损是难点，支  
架结构变形是重  
点难点

### 外部环境

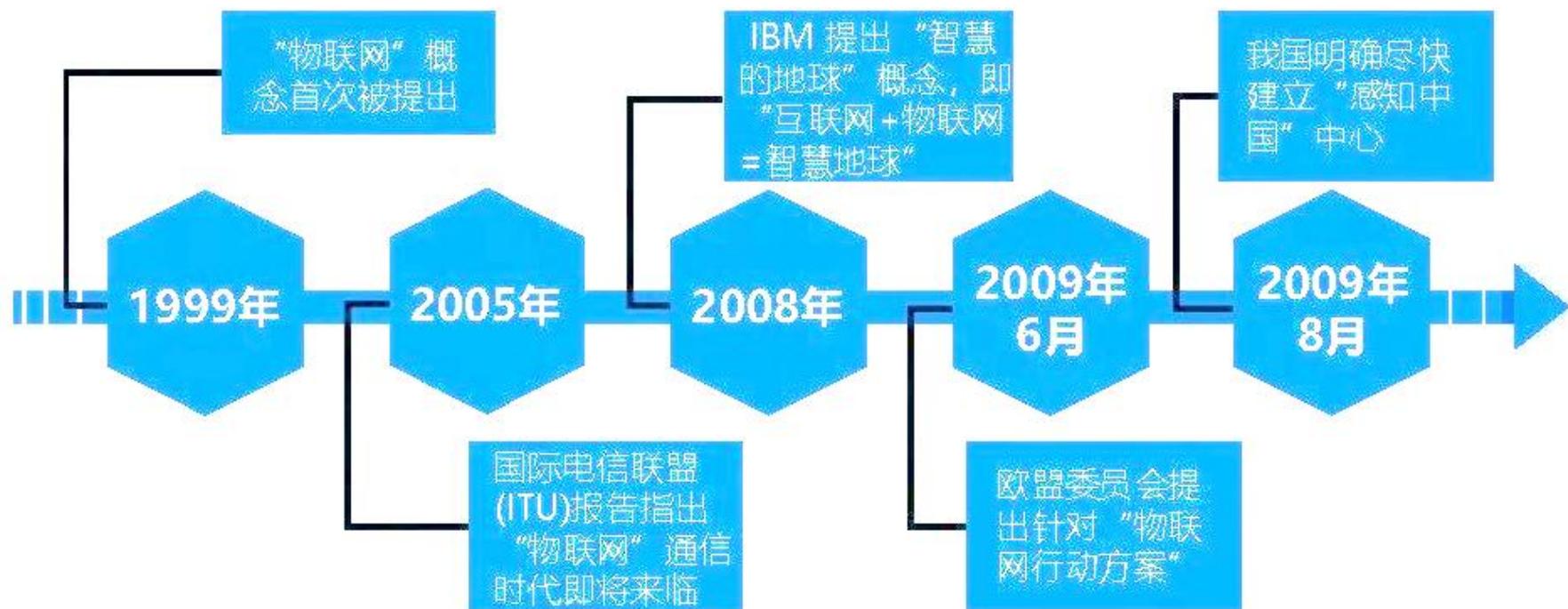
- 温度、风速
- 载客情况等

技术成熟



## 2.3 物联网技术

### 物联网发展历程



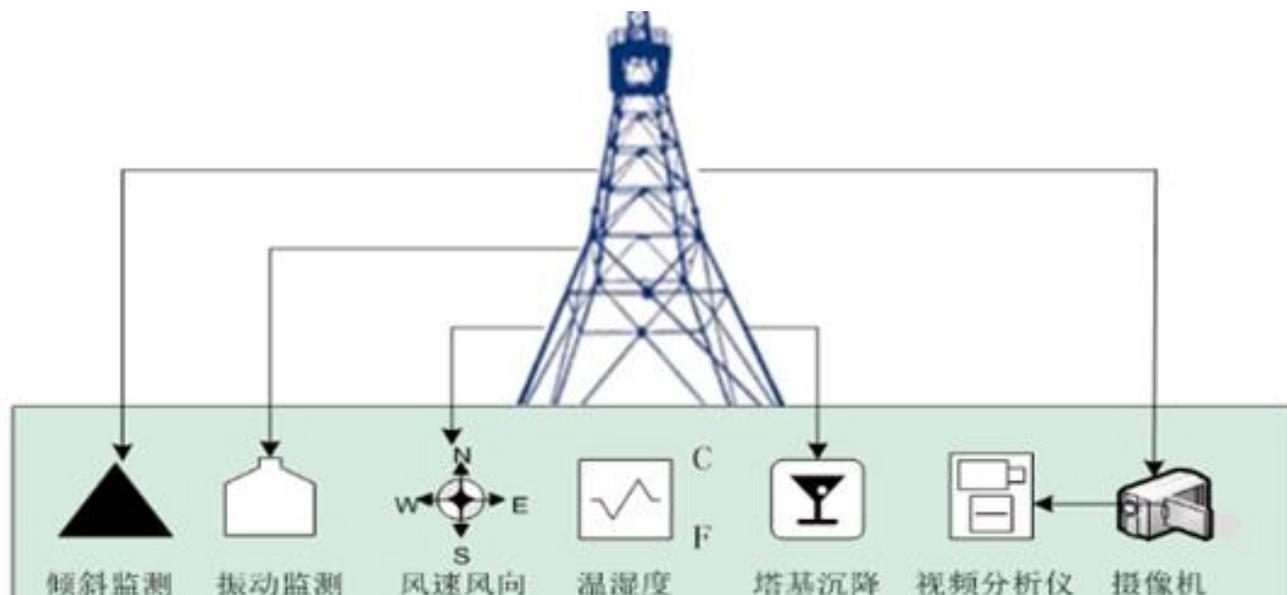
## 2.4 目前常见监测系统结构(1)

**数据采集：**各种传感器，应变、倾斜度、载荷、摆动、沉降、振动等

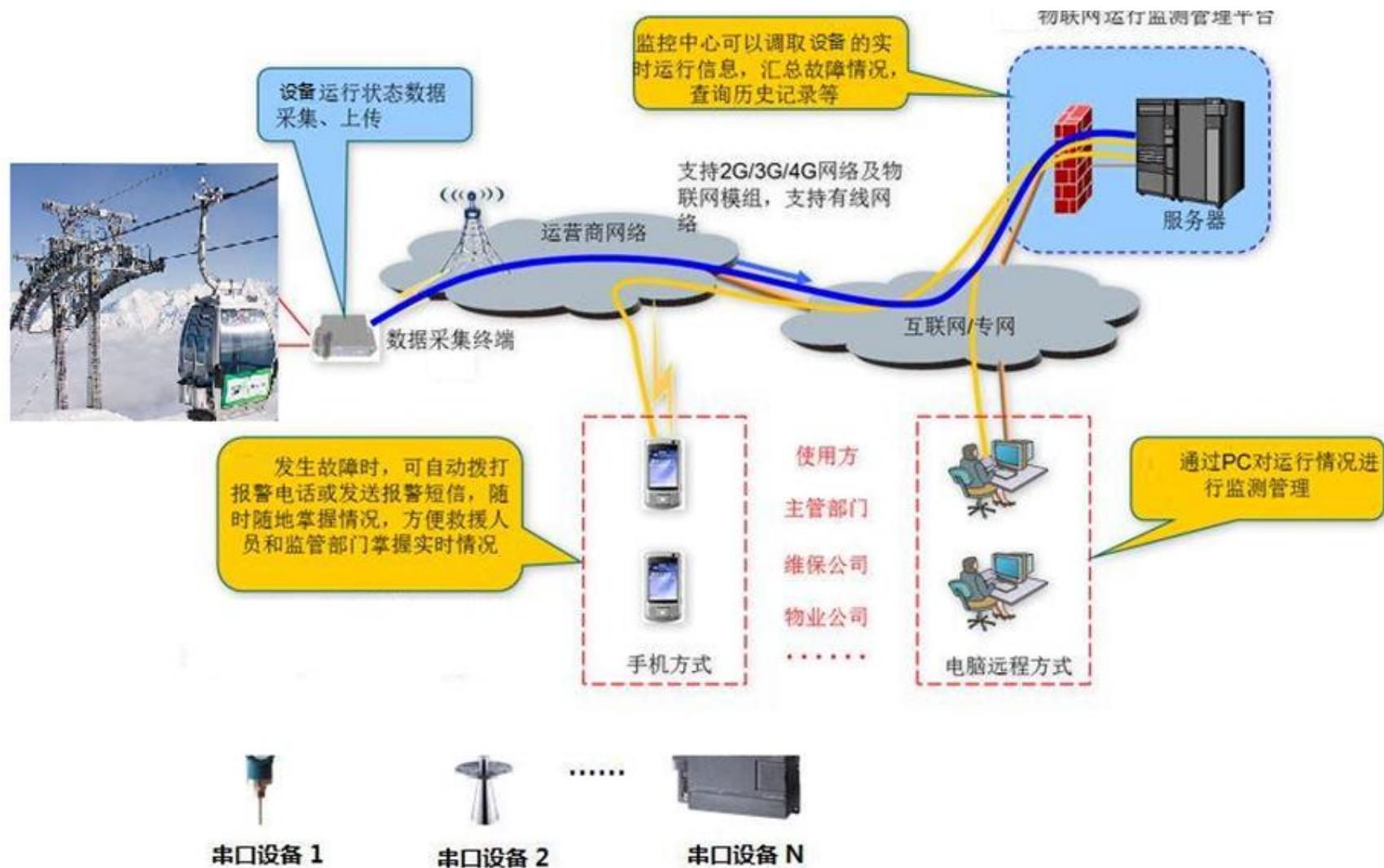
**数据传输通讯：**3G/4G/5G等无线通信技术

**数据显示分析层：**上位机软件组态系统、基于C#\VB\JAVA等开发的软件，PC机，移动终端等。

**云平台：**数据上传到专业云平台

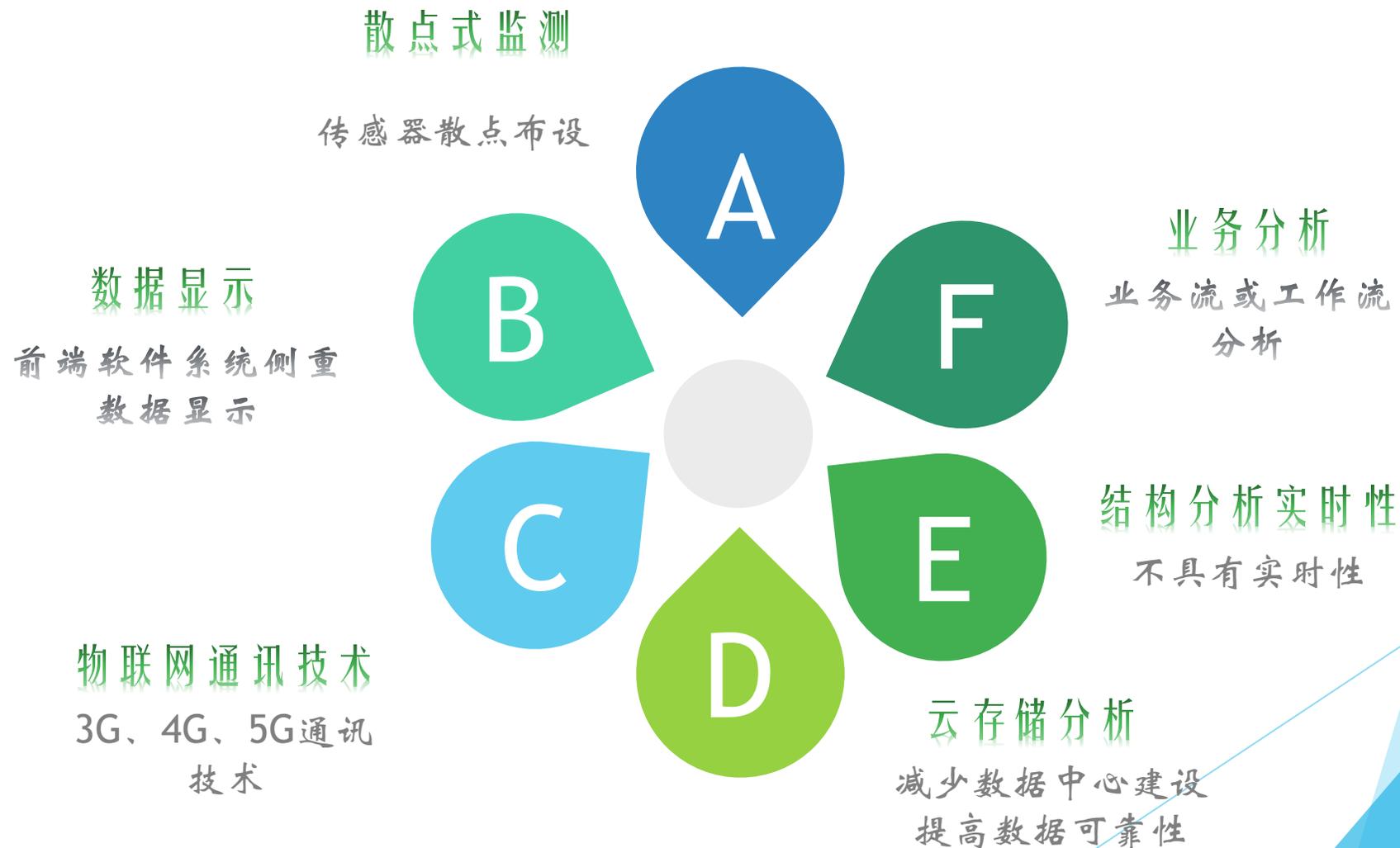


## 2.4 目前常见监测系统结构(2)



## 2.5 目前常见监测系统结构 (1)

### 当前设备监控系统特点



## 2.5 特点总结和问题提出 (2)



局限性?

### 当前监控系统的局限性是什么？

- ▶ 关键薄弱点无法布置传感器；
- ▶ 监控离散化，无法得到整体反应结构的受力状态；
- ▶ 没有专业分析功能，仅局限于业务层面或 workflow 层面的分析；
- ▶ 专业CAD/CAE分析软件开发难度

---提出物联感知端跟分析系统融合的新思路

# 3. 索道实时监测系统



被监测索道系统



系统功能和模块组成特点



结构实时计算原理及特点

CAE  
online

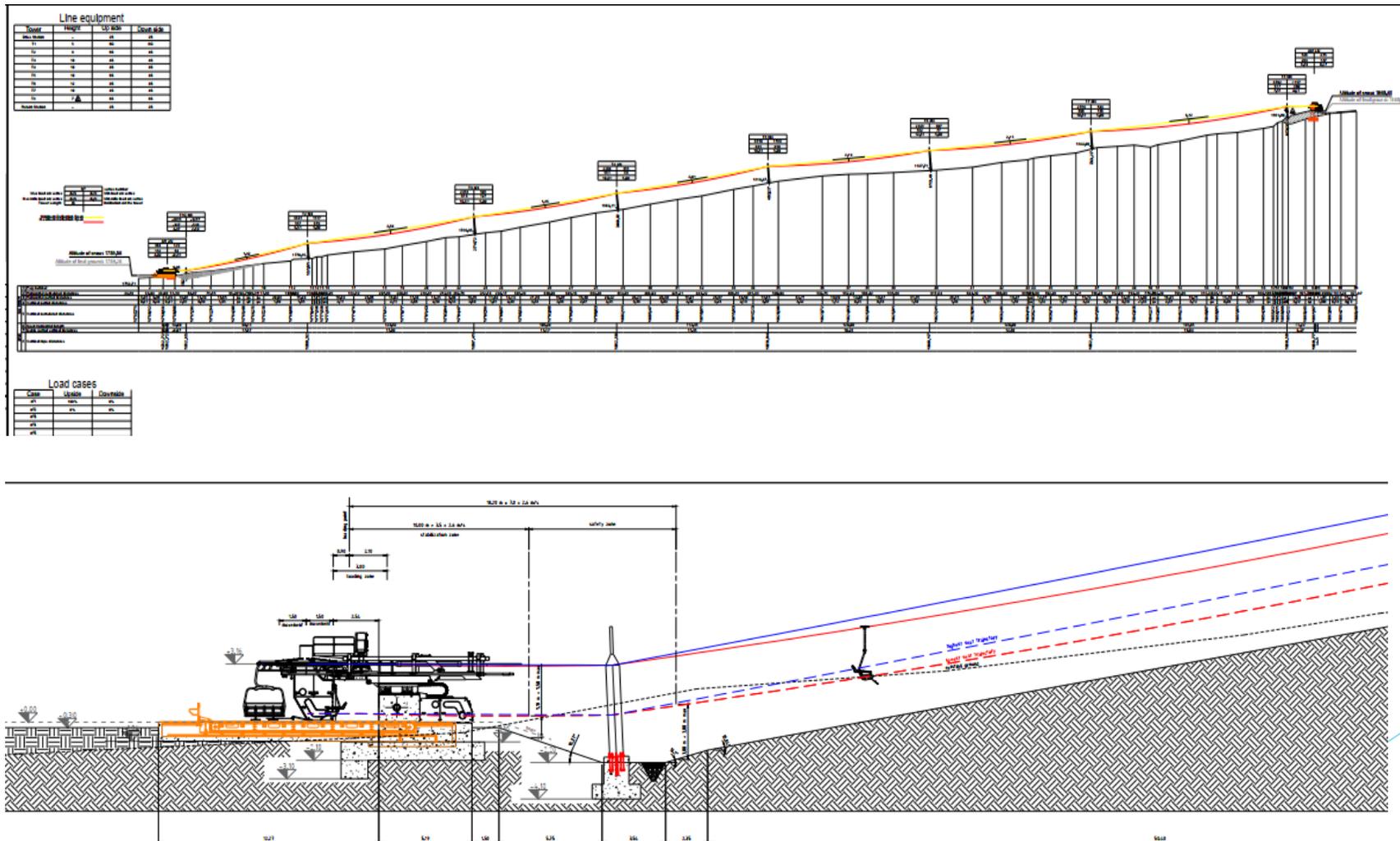
算法程序流程



算法效果和存在问题

# 3.1 监测索道(某索道系统) (1)

## 循环式架空索道系统总体结构



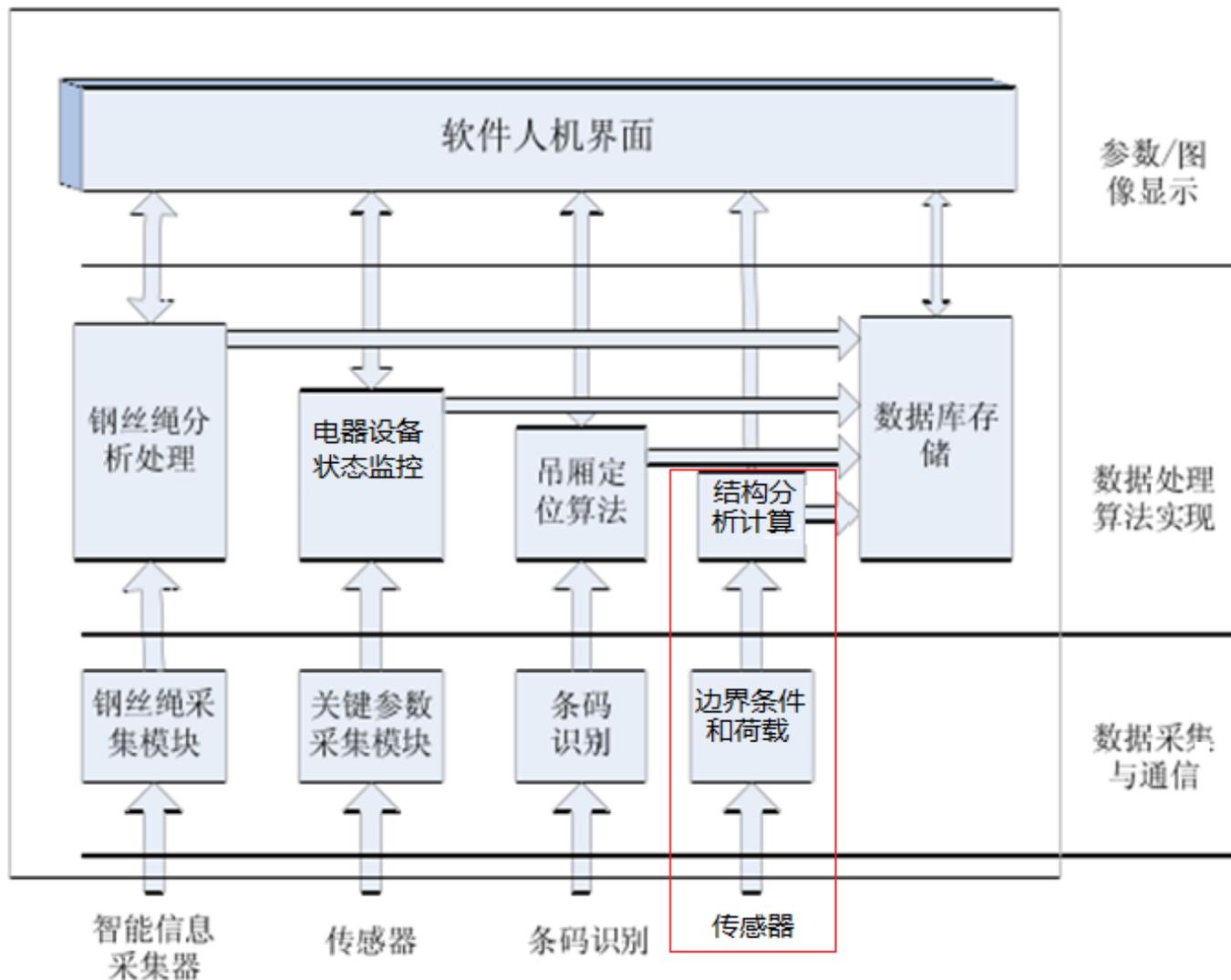
### 3.1 监测索道支架结构(2)



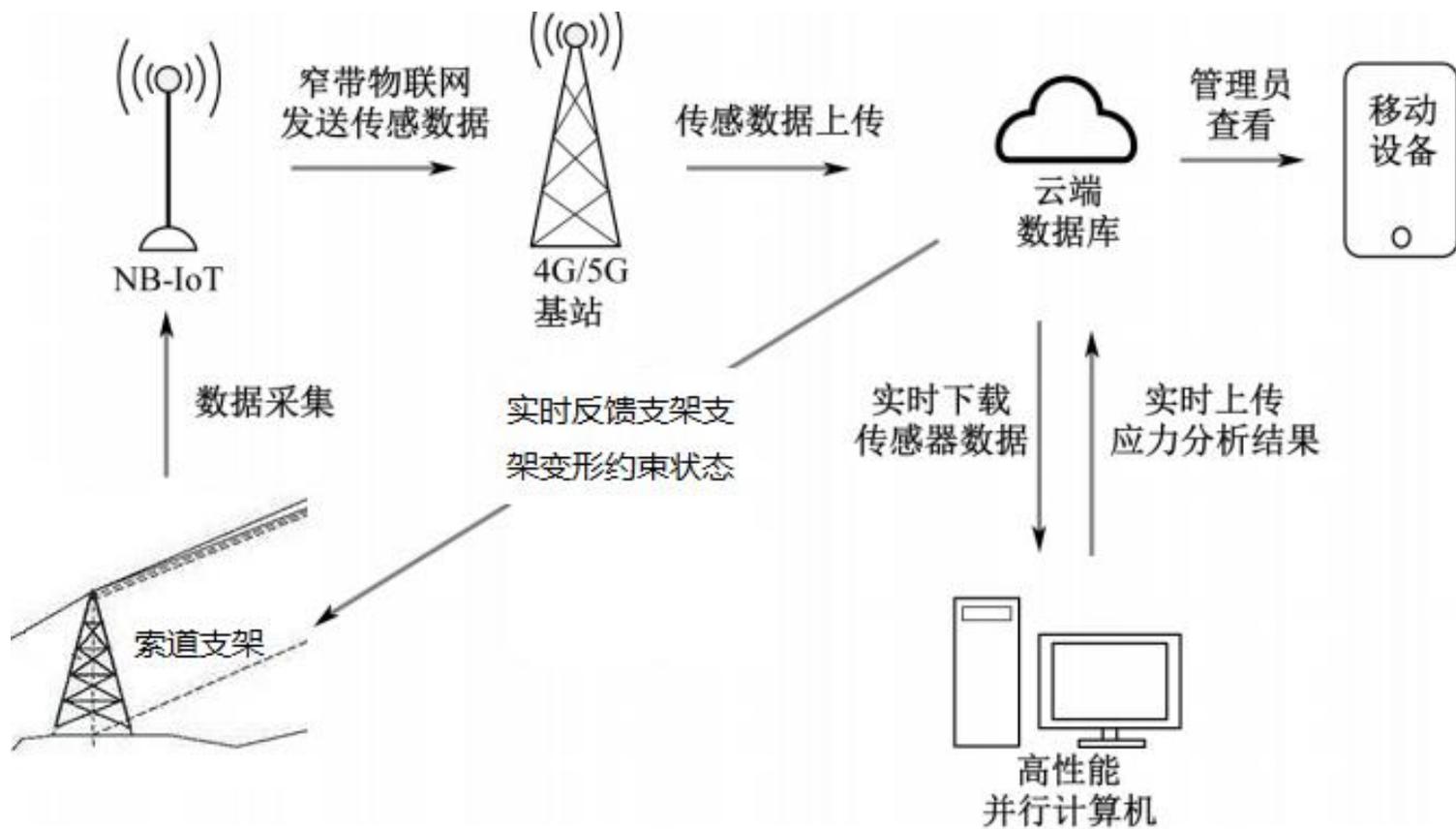
## 3.2 系统结构特点 (1)

上位机主要由钢丝绳检测模块、索道轿厢定位模块、索道关键部件运行参数状态监测模块。每个模块之间功能相对独立，完成对索道关键部件的监测

检测钢丝绳状况和采集车厢编号、钢丝绳运行距离及方向、车厢出站信息。

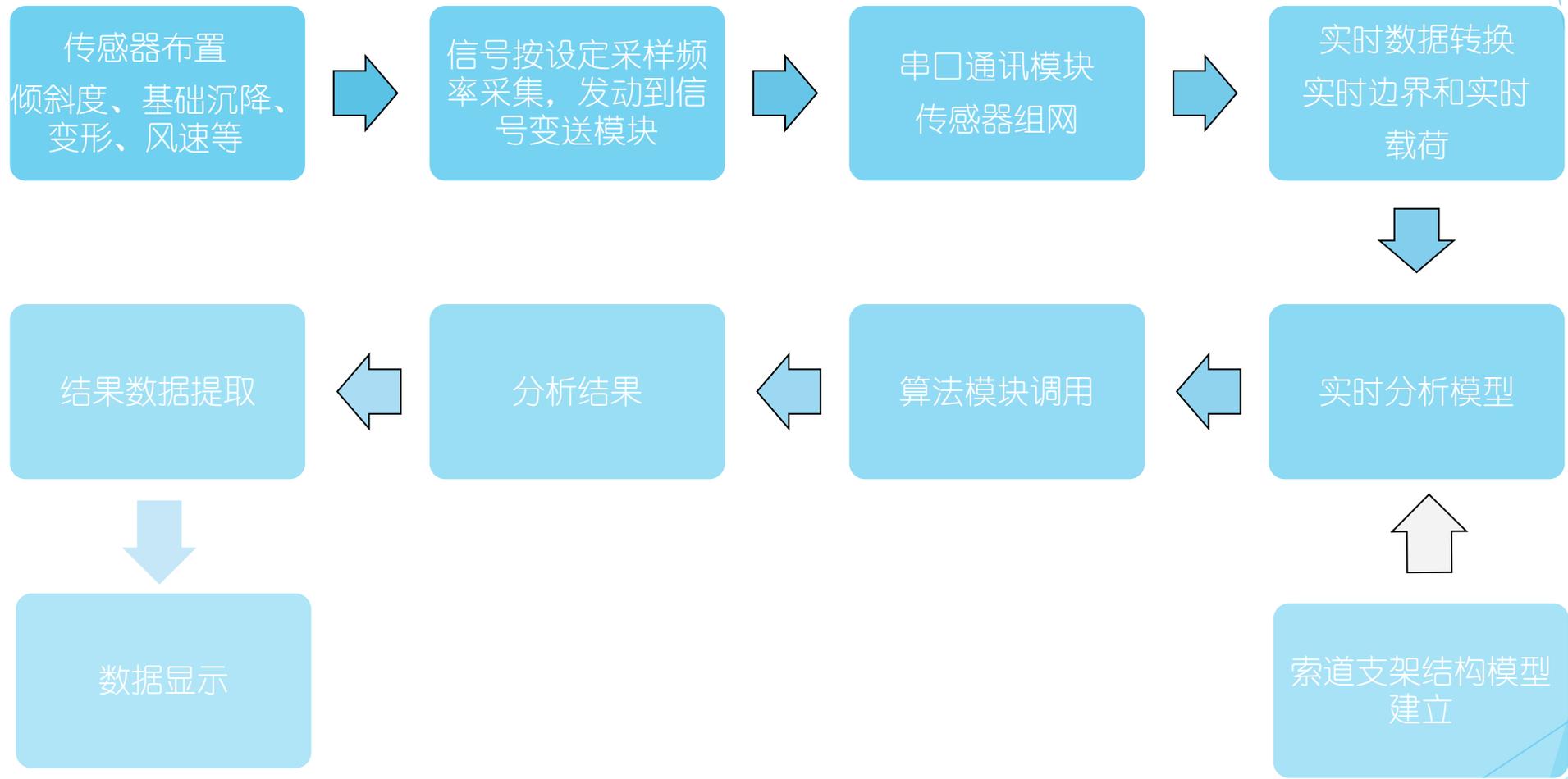


## 3.2 系统结构特点 (2)

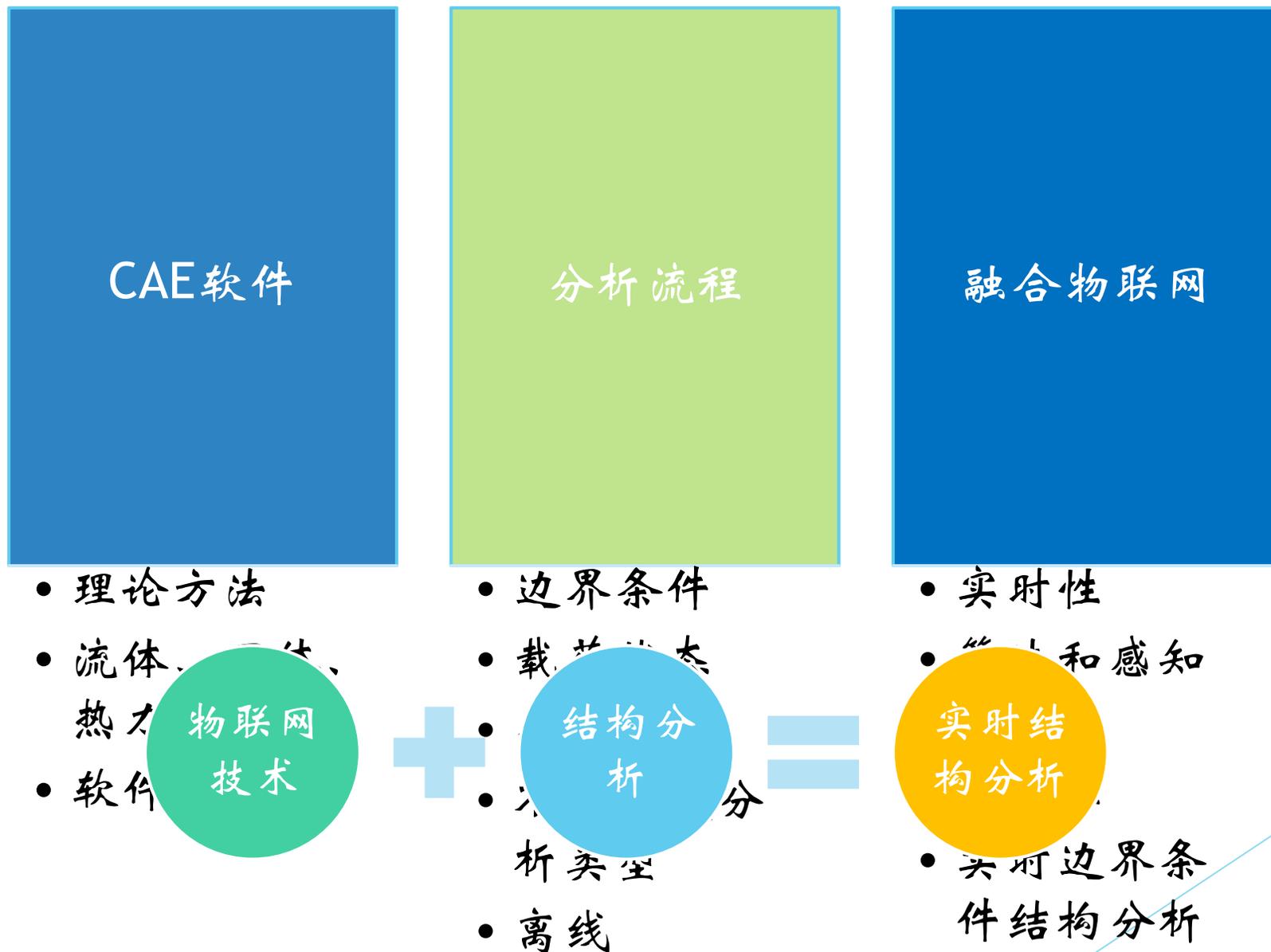




### 3.3 实时结构分析原理



### 3.3 实时结构分析原理



## 3.4 算法计算流程

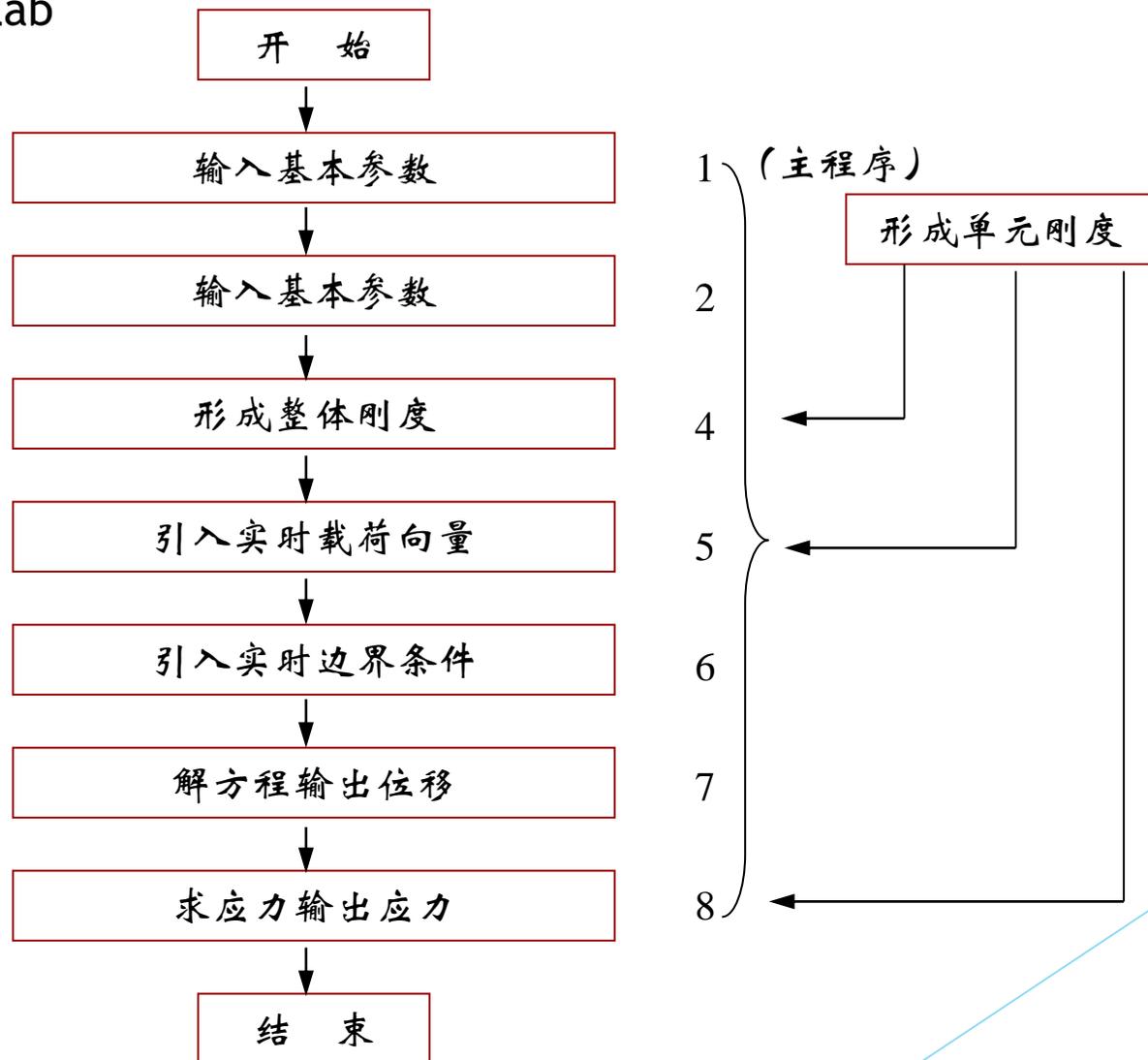
1. 基于matlab\python等较强大的算法软件或开发工具，开发有限元算法

2. 利用ANSYS/CATIA等CAE分析软件的强大算法功能，基于其脚本语言或二次开发功能，例如利用ANSYS的APDL命令流语言开发算法，将读取的传感器数据经变换成边界条件和载荷数据后，赋给APDL语言中的相关参数和变量，进行计算，然后提取结果，呈现给用户。

## 3.4 算法计算流程（2）---总框图

算法计算流程（1）--基于matlab

索道支架传感器通过 NB-IoT 模块在实时发送采集所得动态结构几何参数的同时,也将钢索对托索轮架产生的荷载参数 发送至服务器数据库, 供本地计算机有限元程序动态生成荷载向量



## 4 存在的问题

对于杆梁系统，结构简单，服务器计算速度快，从获取传感器实时数据，到算法出结果耗时很少，一般不超过1分钟（32G内存，8G显卡，四核CPU），能实现对结构的实时连续分析监测

但对于连续实体结构，或一些结构非线性问题的计算，例如接触问题，尤其是多点接触问题，大变形问题等尚需研究，传感器能快速实时地获取到结构状态数据，但算法内核不能快速计算出结果，有较大的延时性，甚至出现计算不收敛。

目前，在对索道支架系统的实时计算中效果理想，实时性很好，当轿厢经过某个支架，或有强风时，支架结构整体的内力分布，应变分布就会实时显示出来，实时的云图状态连续显示上传到用户界面。

感谢您的观看!