



健康监测与振动控制教研室学生汇报



基于应变分离的梁式桥 长期下挠研究

学 院： 土木工程学院
系（所）： 桥梁工程系
专 业： 建筑与土木工程

2018年04月17日

目录



- 绪论
- 离散信号解析模态分解法
- 基于荷载应变的桥梁荷载挠度识别
- 基于温度应变的梁式桥温度挠度识别
- 有限元模拟
- 结论与展望



一、绪论

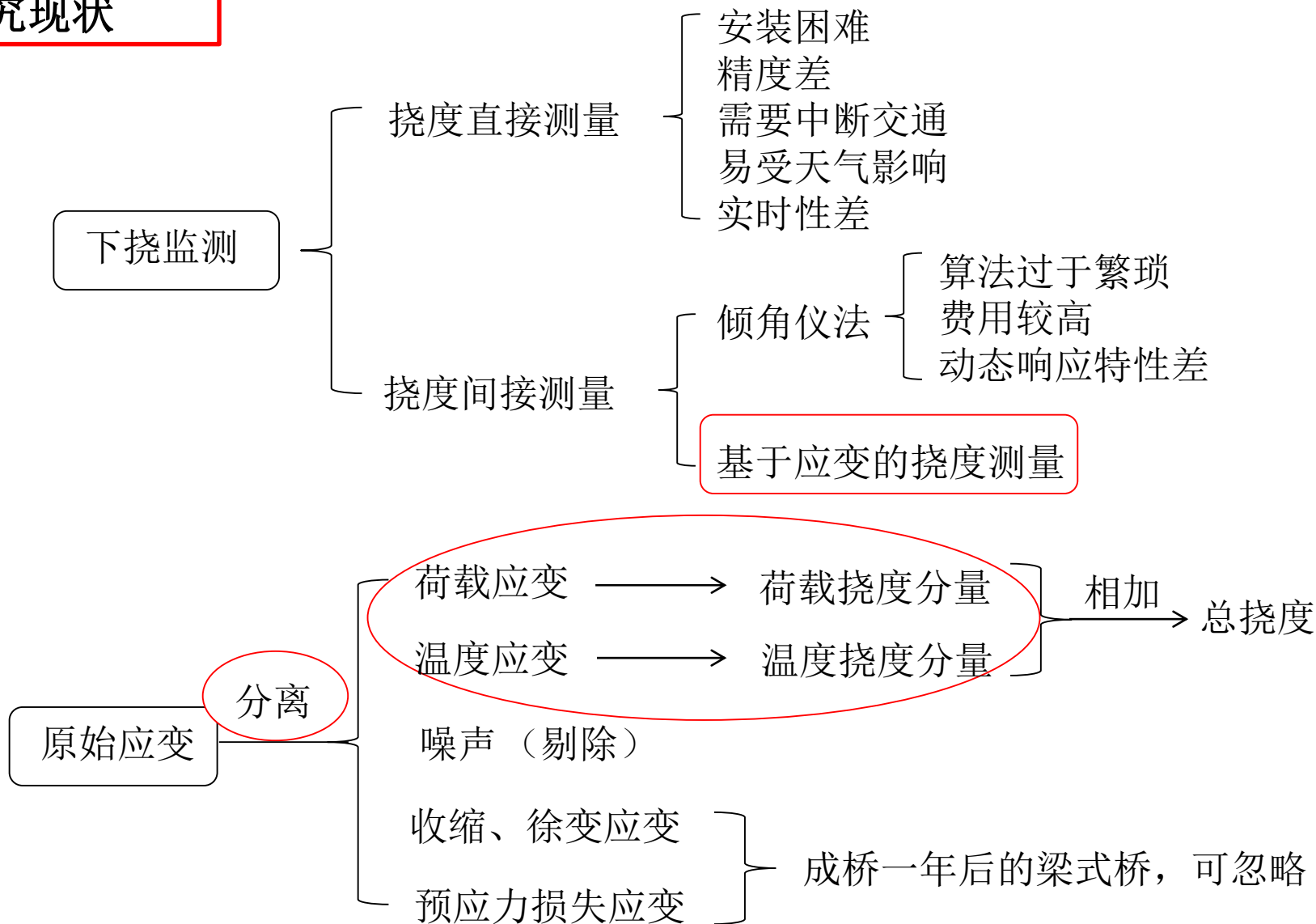
研究背景

- 2016年底，全国公路桥梁有80.53万座，中小桥梁约占88%；
- 梁式桥是中小桥梁中不可或缺、运用最广泛的桥型之一；
- 梁式桥普遍存在长期下挠问题；
- 现阶段桥梁挠度实时监测的对象主要是特大、大型桥梁



一、绪论

研究现状

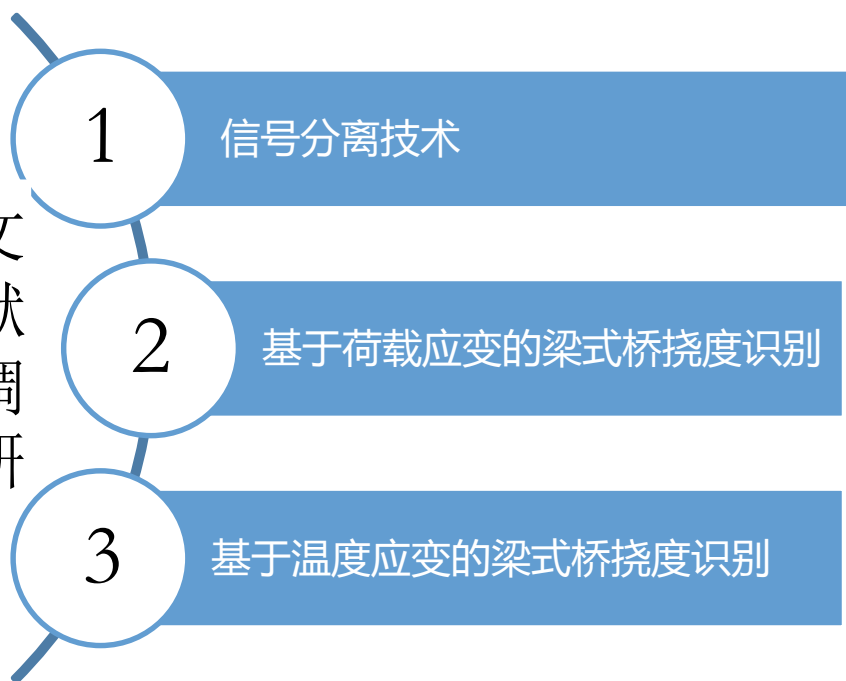




一、绪论

文献调研及研究内容

文献调研



研究内容

离散信号解析模态分解法

温度与荷载应变的分离 荷载应变静态与动态成分的分离

梁式桥荷载挠度识别

静挠度识别——最小二乘法和共轭梁法 动挠度识别——ERA法

结构力学温度挠度求解



二、离散信号解析模态分解

信号分离

1

连续信号解析模态分解

通过设定分界频率，根据信号的希尔伯特变换、Bedrosian公式从信号中分离出各频带内的成分

根据离散信号的特点，对连续信号解析模态分解做了一些改进，重新给出了最终的分解算法，消除了因信号离散的误差

2

离散信号解析模态分解

3

分界频率

- 分离温度、荷载应变——应变、温度数据自功率谱密度函数曲线（归一化）
- 分离静态和动态应变成分——结构基频

三、基于荷载应变的桥梁荷载挠度识别



静态挠度分量—最小二乘法

假设静挠度形式

形式为相互正交函数组加权和，并考虑结构边界条件。

应变表达式

梁变形微分方程应力、应变关系

构造函数

构造计算值与传感器值的差值平方和为目标函数

求解参数

使得目标函数值最小，则其对每个参数的一阶导为0，求解方程组。

三、基于荷载应变的桥梁荷载挠度识别



静态挠度分量—共轭梁法

1

实际简支梁的梁变形微分方程与虚拟梁体的平衡微分方程比拟，求得挠度表达式

2

考虑简支梁支座沉降的改进共轭梁法

3

计算连续梁静挠度时，可按照支座位置将其拆分成若干跨梁，每一跨均可视为单一简支梁计算

三、基于荷载应变的桥梁荷载挠度识别



动态挠度分量—ERA辨识法

01

应变模态的动挠度表达式

联立应变模态理论与位移模态理论得到

02

振动方程的状态空间描述

联立位移振动微分方程、位移与应变关系、应变状态向量得到

03

系统矩阵、观测矩阵识别

根据应变信号的互相关函数构造Hankel矩阵 $[H(k-1)]$
 $H(0)$ 做奇异值分解求得

04

应变模态矩阵求解

特征值分解求特征矢量矩阵 ψ
求应变模态阵型 $\Psi_{M \times N} = C\psi$

四、基于温度应变的梁式桥温度挠度识别



基于结构力学的温度挠度理论推导

简支梁

结构任一点处由温度引起的挠度值为：

$$u_{ji}(x,t) = \kappa_j(t) A_{M_j}(x,t)$$

式中 $\kappa_j(t) = \frac{\varepsilon_{j1}(t) - \varepsilon_{j2}(t)}{d}$ ， $\varepsilon_{j1}(t)$ 、 $\varepsilon_{j2}(t)$ 分别表示第 j 跨结构任意 x 处同一截面处的传感器的温度应变数据， d 表示同一截面处的竖向距离。 $A_{M_j}(x,t) = \int \bar{M}(x,t) ds$ 表示沿所求点 x 处的所求位移方向作用单位荷载引起的结构弯矩内力图的面积。

连续梁

在温度变化作用下， n 次超静定结构的力法典型方程中，

第 j 跨结构上第 i 个方程的一般表达形式可表示为：

$$\sum_{k=1}^n \delta_{jik} X_{jk} + u_{ji} = \Delta_{ji}, i=1, 2, \dots, n$$

式中 u_{ji} 表示基本结构在温度变化作用下沿 X_i 方向的位移； Δ_{ji} 表示原结构沿 X_i 方向的位移。上式(3.11)仍反映了基本结构的位移应与原结构位移相符的变形协调条件。静定的基本结构在温度变化作用下的位移 Δ_{ji} 的计算方法按简支梁方法计算进。



五、有限元模拟

建模过程

➤ 简支梁模型

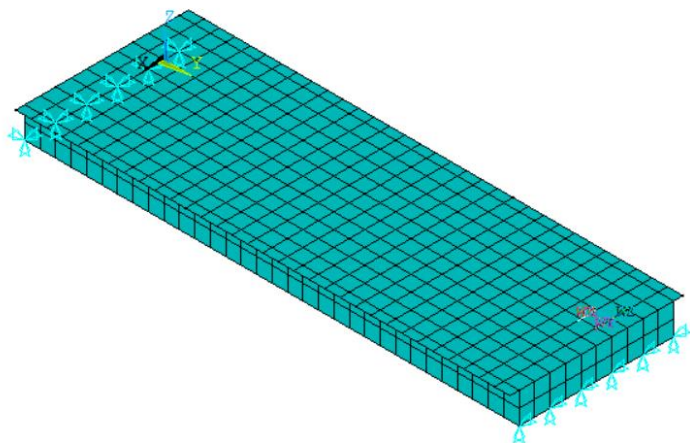


图1 模型三维图

➤ 随机车流参数分析

车型比例：分为五类车，并细分成15种车型；

车流量的时段分布：高峰期：16:00-20:00；低谷期：3:00-5:00

车速分析：正态分布

车头时距分布参数分析：威布尔分布

车重参数分析：对数正态分布

车辆横向位置参数分析：威布尔分布

单元类型	shell93单元
材料	C50
截面形式	6片T梁

表1 模型基本信息

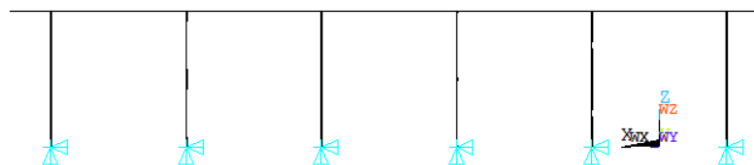
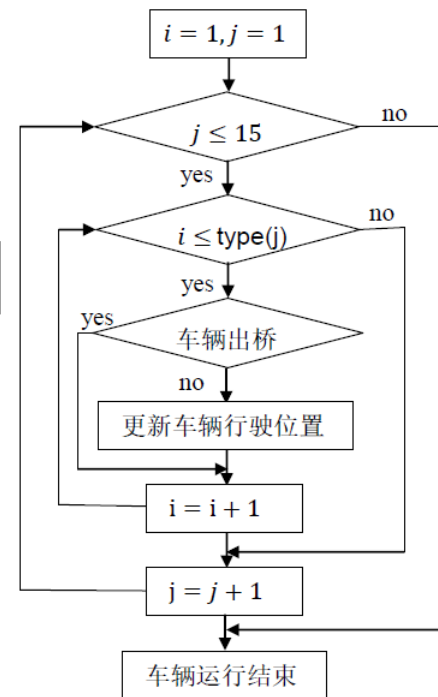
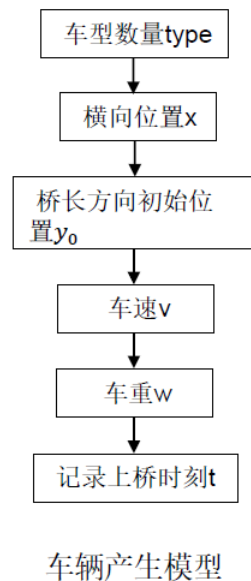
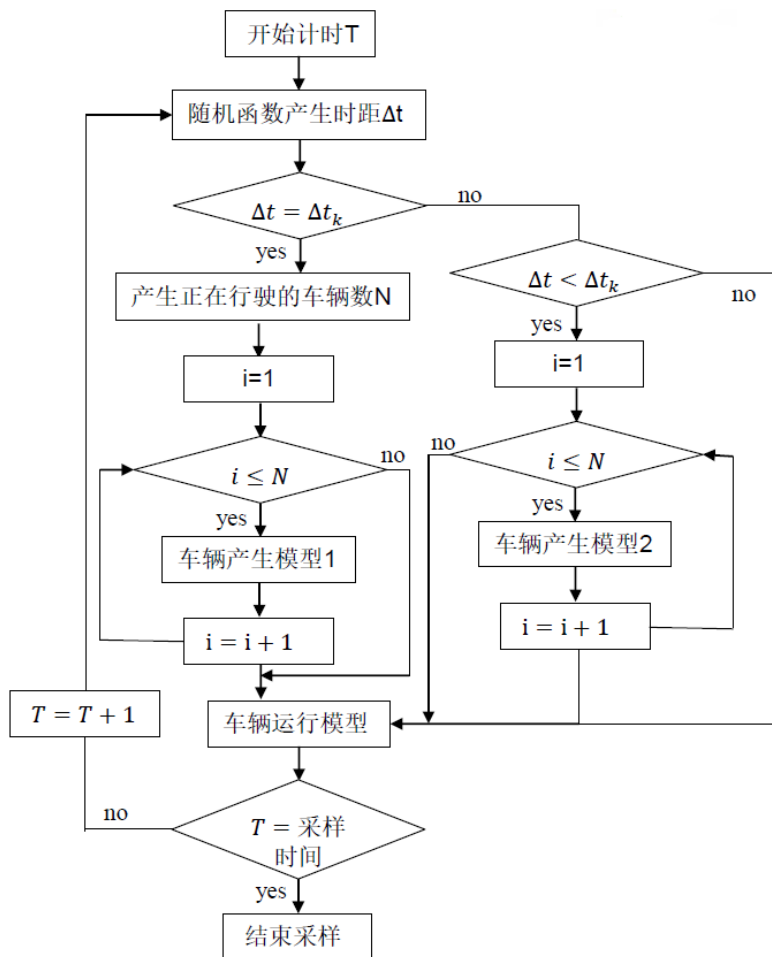


图2 横截面形式



五、有限元模拟

随机车流模拟程序流程图



车辆运行模型



五、有限元模拟

数据分析

工况一
随机交通流

工况二
随机交通流
噪声

工况三
交通流
温度
噪声