

# 螺栓松动

焦万中

wzjiao@infedium.com

18566657914

深圳市优飞迪科技有限公司

2021/4/2

# 内容大纲

1. 研究背景及意义
2. 研究内容
3. 技术路线
4. 预期成果

# 一、研究背景及意义

## 1.1 研究背景及意义

螺栓失效

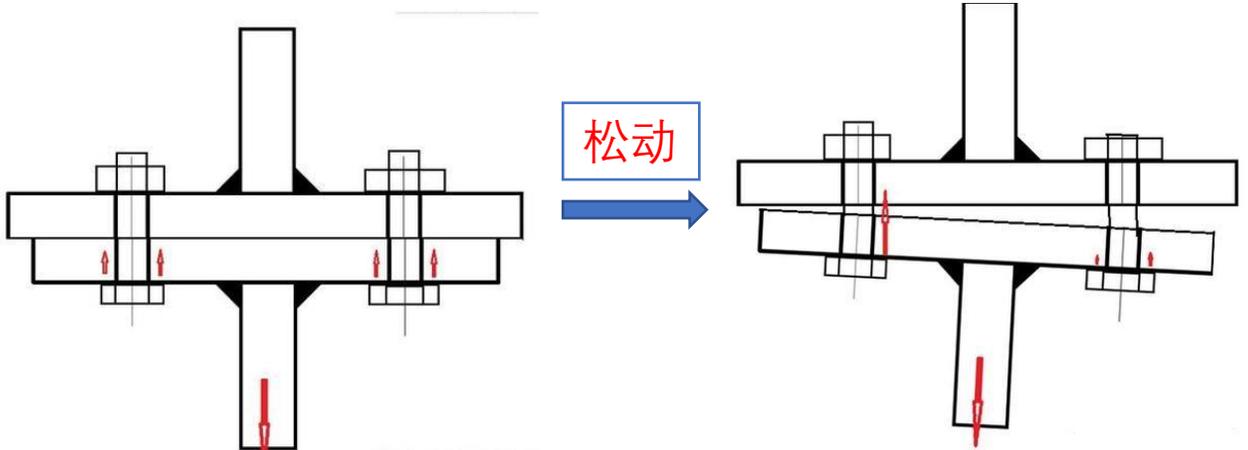
➤ 螺栓张紧力的下降的**极端情况便是拉断、断牙等**，此类失效导致的联接夹紧力的消失，可能引起结构的解体等重大事故；

➤ **更普遍**的是随着使用时间越来越长，螺栓**张紧力缓慢下降**这一现象，即所谓的**螺纹联接松动**；

螺纹联接广泛应用于各类机械结构中，且需要足够的夹紧力。张紧力下降会造成螺纹联接失效。**张紧力迅速下降**，结构失效，造成重大事故；**张紧力缓慢下降**，结构故障，造成泄漏和异响。



螺栓拉断



# 一、研究背景及意义

## 1.2 研究现状

学者	年份	研究内容
Goodier	1945	首次提出了轴向交变载荷作用下螺栓连接的松动机理：由于外螺纹直径变大而内螺纹直径变小，因此出现径向的滑动行为，从而导致螺栓连接出现松动
Hess	1998	研究了轴向载荷作用下螺栓连接的松动行为，结果表明：螺栓连接的松动程度随预紧力的增大而减小
Junker 和 Sakai	2007	研究了剪切交变载荷作用下螺栓连接的松动机理，并发明了至今仍在使用的 Junker 螺栓连接松动试验装置
Nassar	2011	将有限元分析方法与试验研究方法相结合，研究了轴向交变载荷作用下螺栓连接的松动机理
Hou	2015	发现在温度升高条件下，螺栓材料发生蠕变，进而产生塑性变形，导致螺栓连接发生松动
侯世远	2015	对循环温度载荷作用下不同材料连接件的螺栓松动行为进行了研究
酒井智次	2016	在外界交变载荷作用下，螺栓连接发生松动与螺纹接触界面的微动行为(微观滑移和微动磨损)密切相关



## 二、研究内容

### 2.1 评价标准

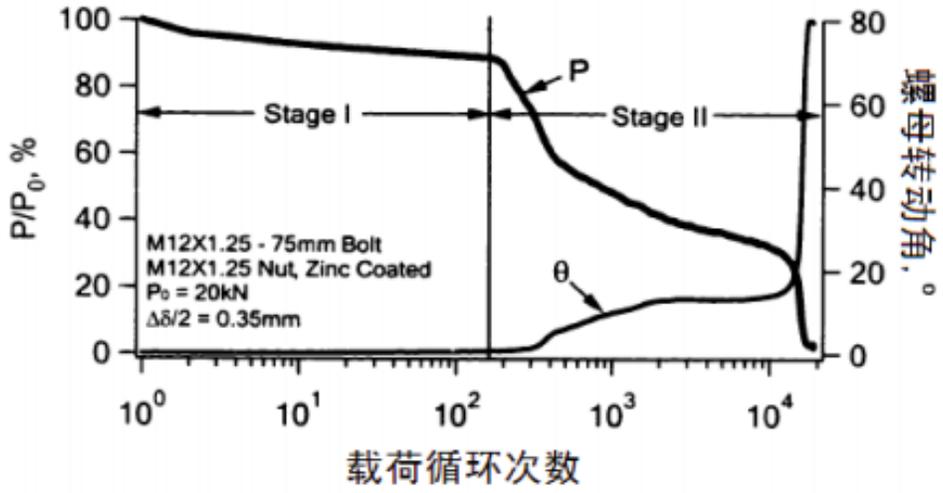
螺栓松动标志

张紧力的下降

评价标准



- ①  $R_F(N)$ : 剩余轴向力/预紧力比值 (首先考虑指标)
- ②  $R_T(N)$ : 拧松力矩/预紧力矩,  $R_F(N)$ 下降但 $R_T(N)$ 不一定下降 (咬合现象)

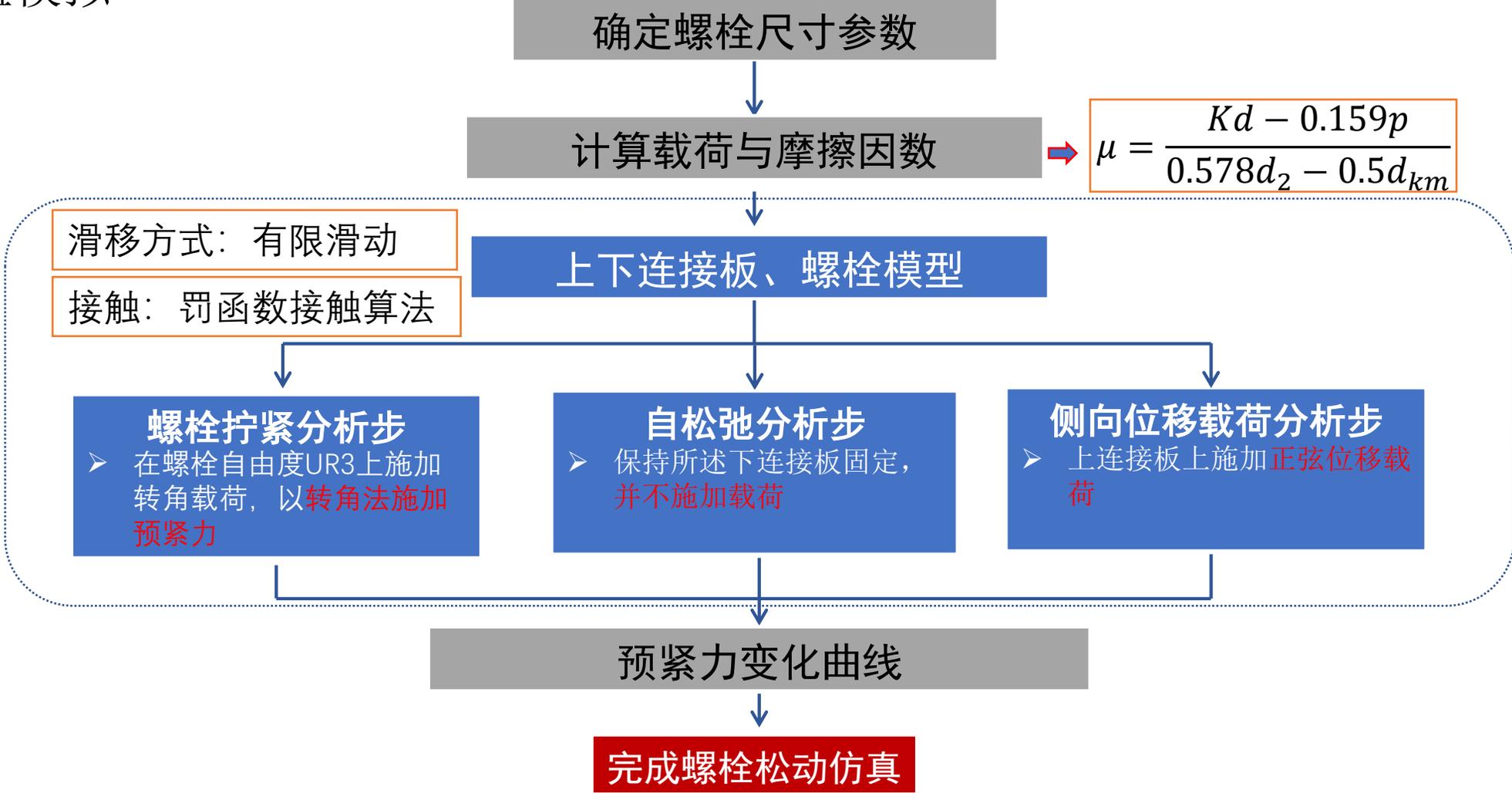


典型的螺纹联接松动曲线



## 二、研究内容

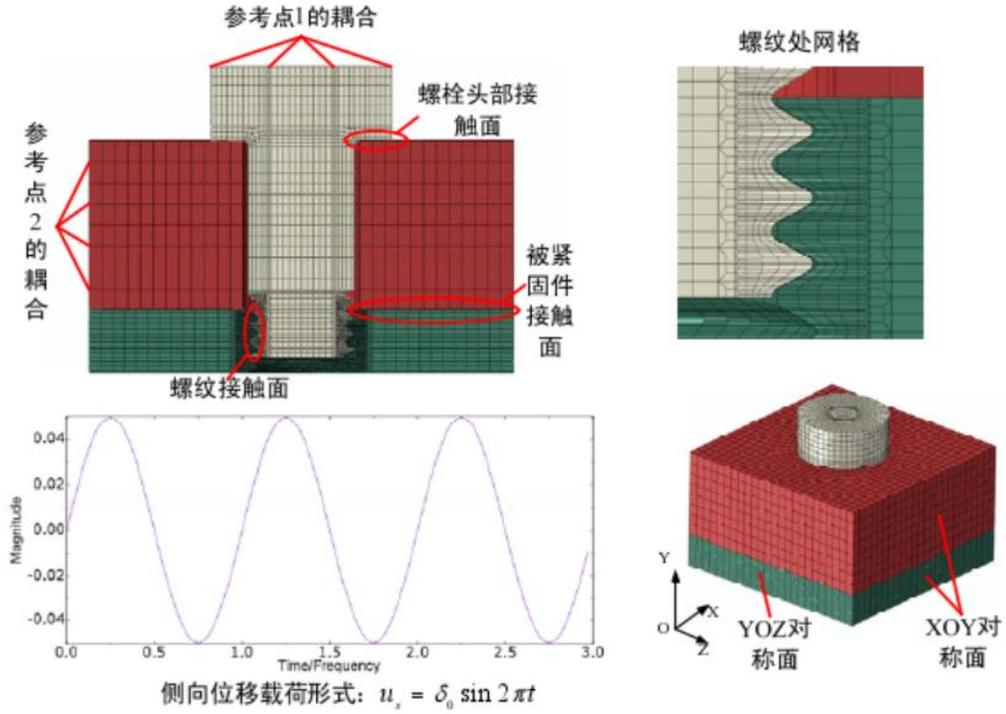
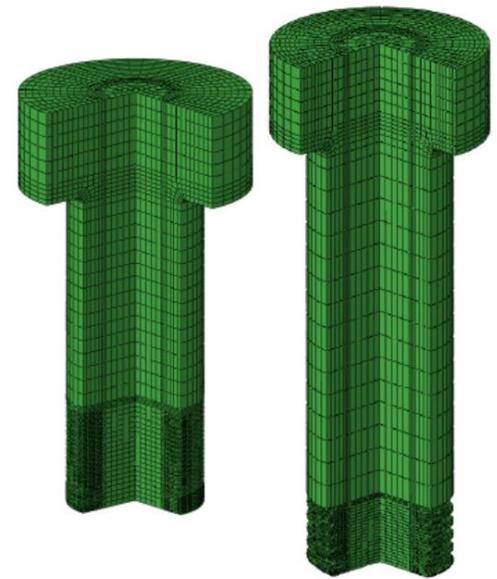
### 2.2数值模拟



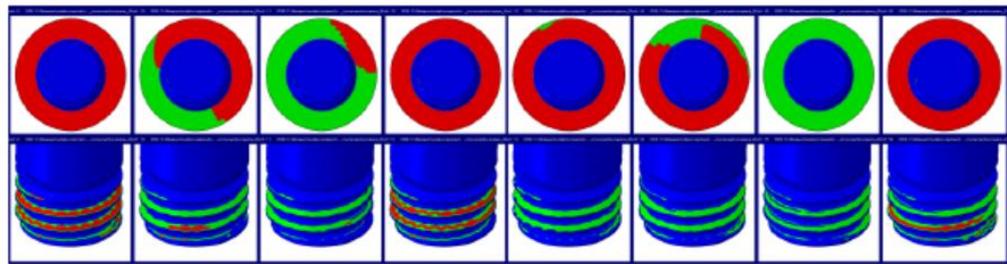
## 二、研究内容

### 2.2 数值模拟

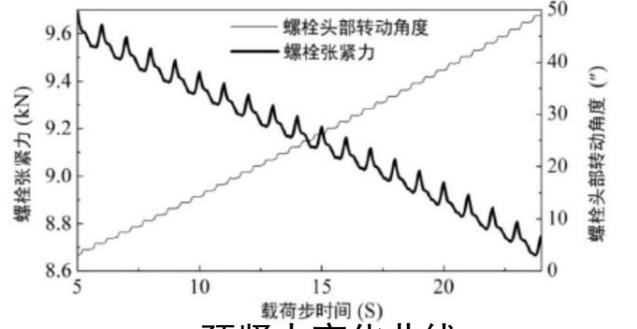
螺栓力学模型



计算结果



(A) 0s (B) 0.1s (C) 0.25s (D) 0.3s (E) 0.55s (F) 0.6s (G) 0.75s (H) 1s  
螺栓头部及接触面接触状态变化

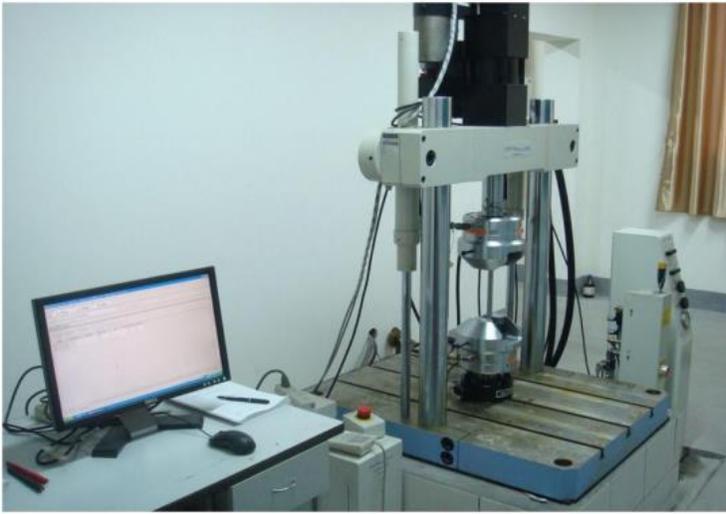
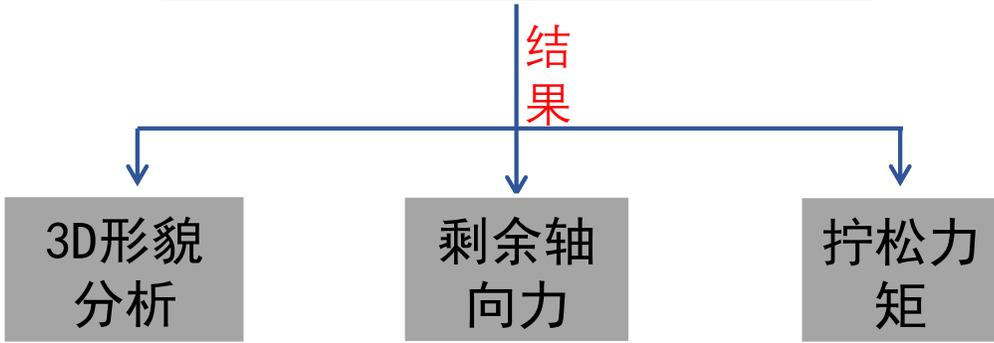


预紧力变化曲线

## 二、研究内容

### 2.3实验对照

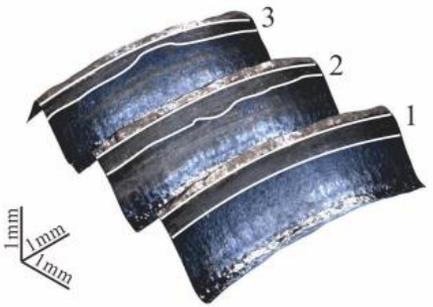
#### 侧向位移载荷螺栓松动实验



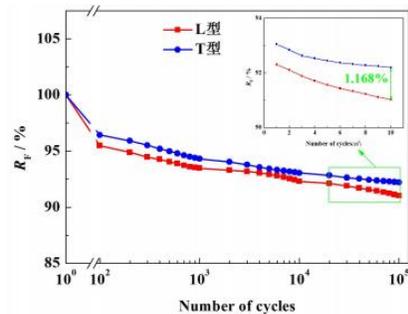
电液伺服疲劳试验机

- 光学显微镜
- 压力传感器
- 力矩扳手
- 实验仪器

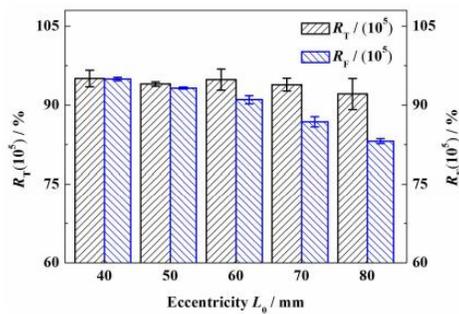
#### 实验结果



3D形貌分析



RF (N) : 剩余轴向力/预紧力比值



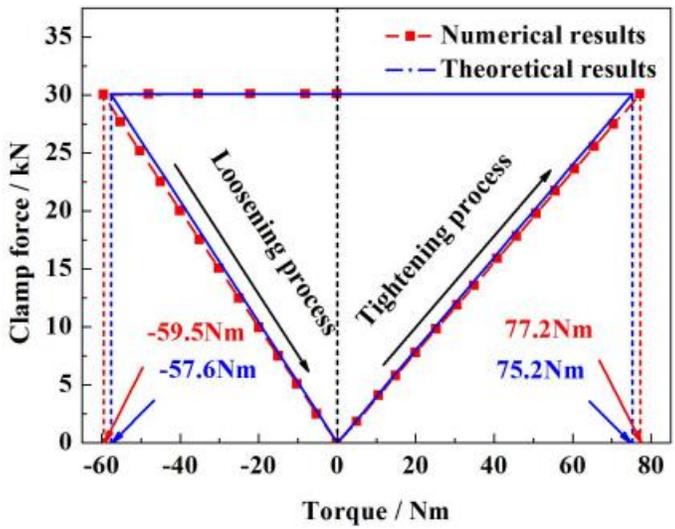
拧松力矩与剩余轴向力柱状图

## 二、研究内容

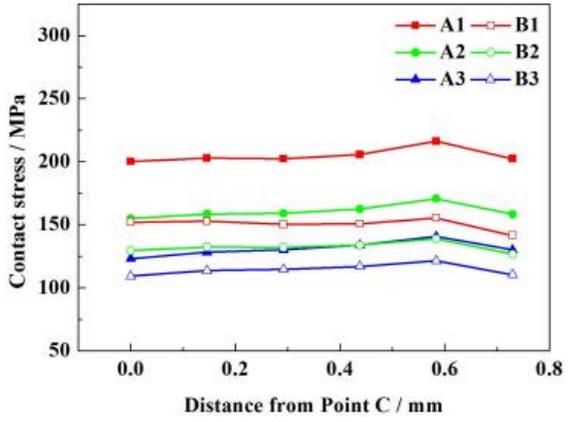
### 2.3实验对照

对比  
验证

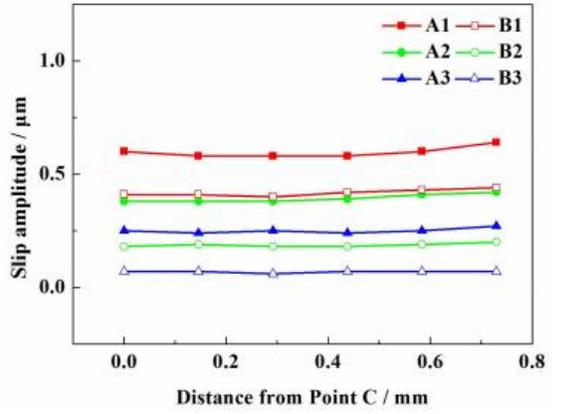
- 螺栓模型拧紧和拧松过程计算，与实验拧紧拧松力矩比较；
- 近/远加载端界面上的接触应力；
- 近/远加载端界面相对滑动幅值（承载大，幅值大）



螺栓轴向力-力矩曲线



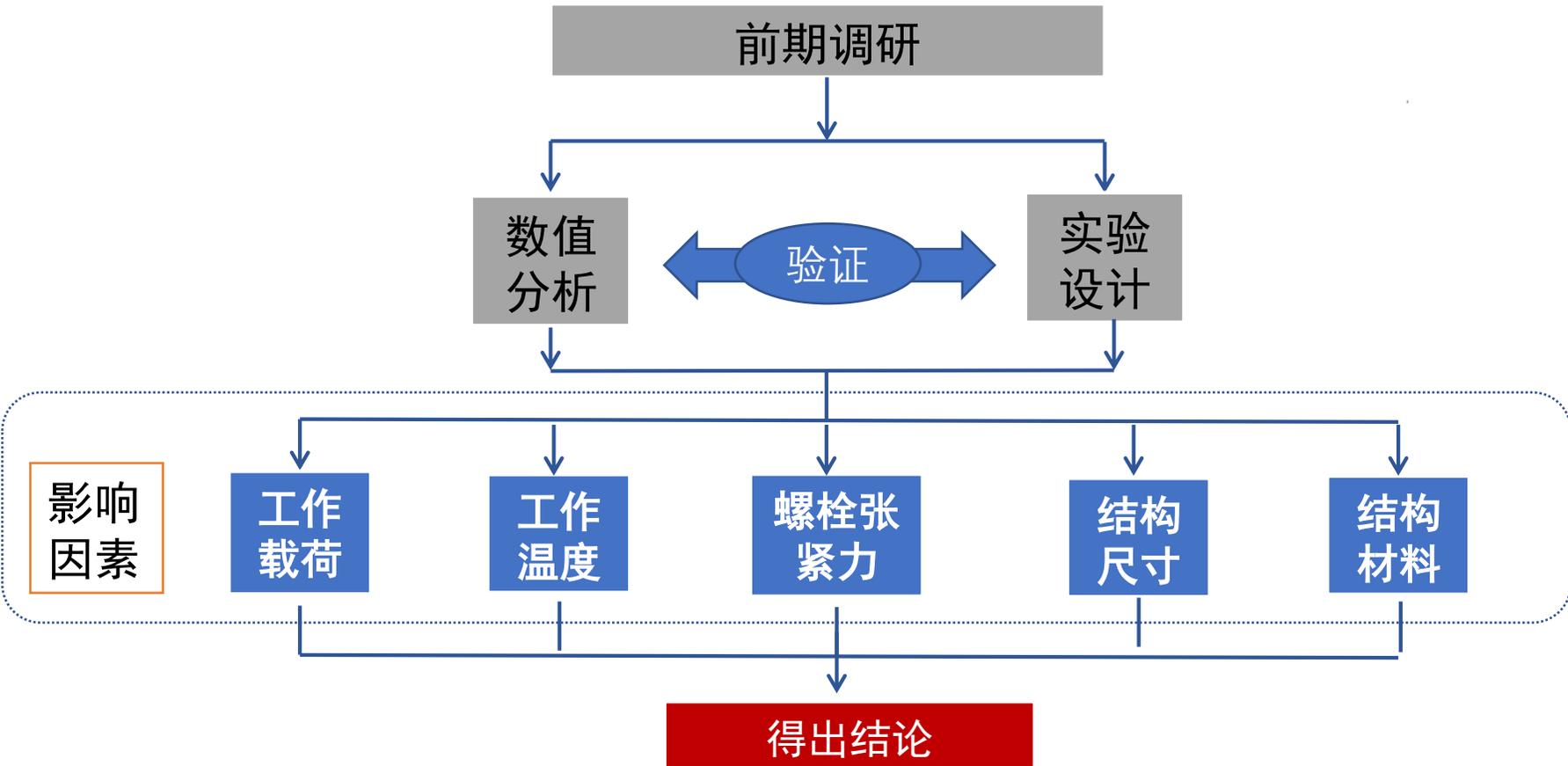
界面上的接触应力



界面相对滑动幅值



### 三、技术路线



## 四、预期成果

- 螺栓松动过程结构微观变化，以及各影响因素对其影响；
- 通过实验与模拟计算，得出各因素对螺栓松动影响；
- 提出一种螺纹联接松动的计算模型的建模方法，使得计算结果能够更接近实验结果；
- 从螺纹联接松动的规律、机理出发，设计防松效果更好并且加工、装配简单的新型螺纹或防松形式，减少因松动引起的设备故障及失效；

Thank you

