



动力系



# 机械振动

**Mechanical Vibrations**

主讲：陈英涛

沈阳航空航天大学



## 🕒 本节课程主要内容

### ✚ 概述

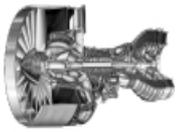
### ✚ 第一章 单自由度系统的振动

#### 1.1 无阻尼自由振动

##### 1.1.1 运动微分方程的建立

##### 1.1.2 运动微分方程的解

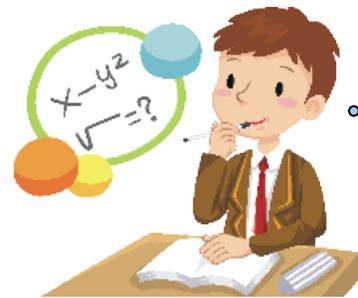
##### 1.1.3 固有频率的计算



# 概述



- ④ 振动是自然界中最普遍的现象之一。大至宇宙，小至原子粒子，无不存在着振动。



何谓振动？

- ④ 振动：从广义上讲，如果表征一种运动的物理量作时而增大时而减小的**反复变化**，就可以称这种运动为振动。
- ④ 机械振动：若变化的物理量是一些**机械量或力学量**，例如物体的位移、速度、加速度、应力及应变等等，这种振动便称为机械振动。



# 概述



在许多情况下，振动是有害的。它常常是造成机械和结构破坏和失效的直接原因。

1940年美国的Tacoma Narrows吊桥

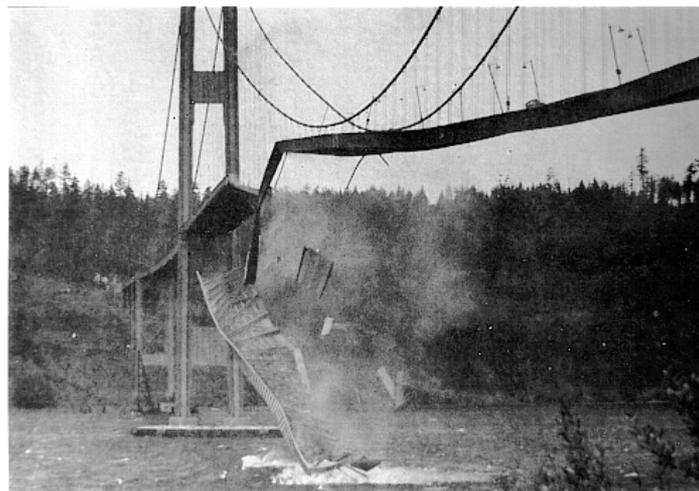
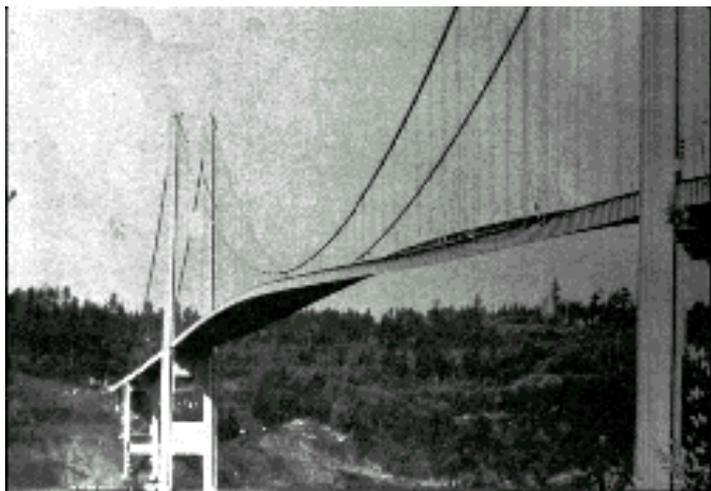


图0.1 塔科马奈洛斯桥



# 概述



- ✚ 振动会影响精密仪器的功能，降低加工**精度**，加剧构件**疲劳**和**磨损**
- ✚ 飞机机翼的**颤振**、飞机发动机的**喘振**造成事故
- ✚ 强烈的**振动噪声**形成严重公害
- ✚ 地震



图0.2 唐山大地震



# 概述



④ 学习机械振动的目的之一：

④ 掌握振动的基本理论和分析方法，用以确定和限制振动对工程结构和机械产品的性能、寿命和安全的有害影响。



难道所有的振动  
都是有害的吗？



# 概述



④ 振动也有它积极的一方面，是可以利用的。

✚ 乐器

✚ 地震仪

✚ 工业用的振动筛、振动沉桩机等



图0.3 地震仪

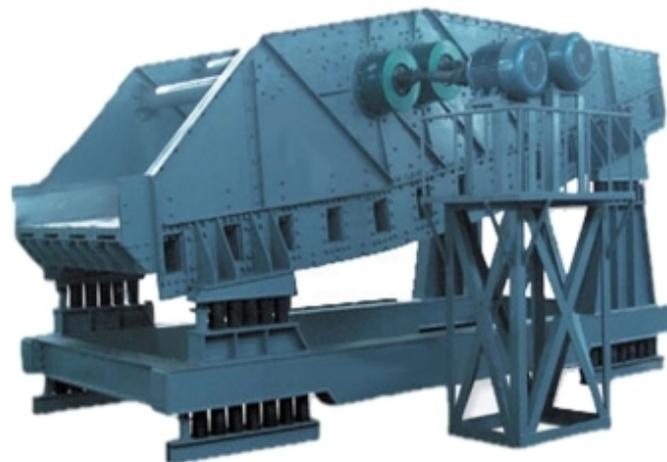


图0.4 直线振动筛



# 概 述



- ④ 学习机械振动的目的之二：
- ④ 运用机械振动理论去创造和设计新型的振动设备、仪器及自动化装置



# 概 述



## 🎯 本课程的地位、目的和任务

- ✚ 本课程是一门**必修学科基础课**。
- ✚ 课程的**目的**是使学生**掌握分析和解决**振动问题的**基础理论**，并为学习有关**航空发动机**或**内燃机**的**强度、振动、测试和设计**等后续课程打下基础。
- ✚ 课程的**任务**是使学生获得机械振动的**基础理论知识**和**掌握**振动问题的**基本分析方法**，具备求解简单系统振动问题的理论计算能力，为学生在后续课程、毕业设计（论文）以及将来的实际工作中解决较复杂的振动问题打好理论基础。



# 概 述



## 🔗 课程的主要内容

第一章 单自由度系统的振动

第二章 两自由度系统的振动

第三章 多自由度系统的振动

第四章 多自由度系统固有特性的近似计算

第五章 弹性体的振动



# 辅导答疑



## ☉联系方式

✚ 实验室电话：024-89728003

✚ 移动电话：15942399597

✚ Email：[chenyingtao75@163.com](mailto:chenyingtao75@163.com)

✚ QQ：393023016

## ☉答疑地点

✚：航空宇航馆115室（振动实验室）

## ☉答疑时间

周一-周五9:00-15:00



# 第一章 单自由度系统的振动



## 📌 本章内容

### 1.1 无阻尼自由动振动

#### 1.1.1 运动微分方程的建立

#### 1.1.2 运动微分方程的解

#### 1.1.3 固有频率的计算

### 1.2 有阻尼自由振动

### 1.3 简谐激振力引起的强迫振动

### 1.4 系统对周期激振力的响应

### 1.5 系统对任意激振力的响应



# 第一章 单自由度系统的振动



④ 自由度:

④ 一个系统的自由度是指能够完全确定该系统几何位置所需要的独立坐标的数目。

- ✚ 在完整约束的条件下，确定质点系位置的独立参数的数目为系统的自由度。[理论力学]
- ✚ 机构具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目，称为机构的自由度。[机械原理]



# 第一章 单自由度系统的振动

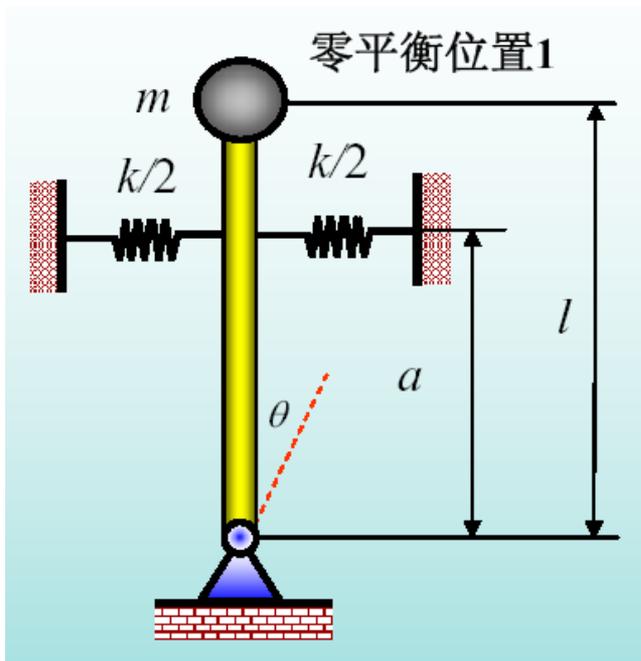
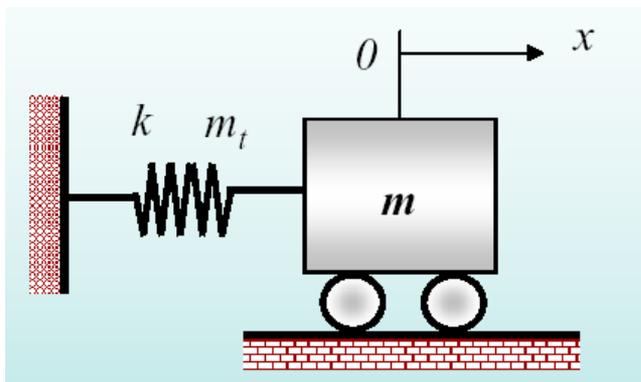


图1.1 单自由度系统模型

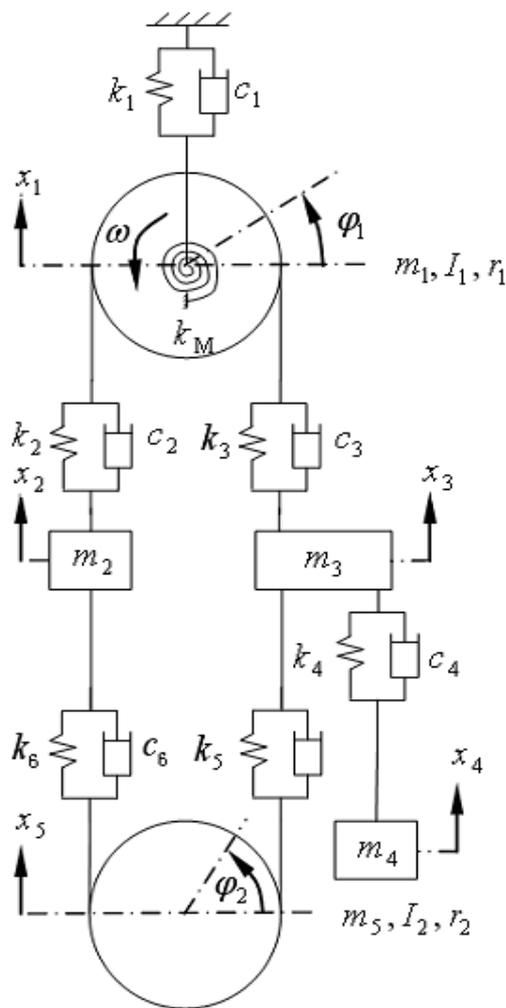


图1.2 7自由度垂直振动电梯模型



# 第一章 单自由度系统的振动



## 1.1 无阻尼自由振动

### 1.1.1 运动微分方程的建立

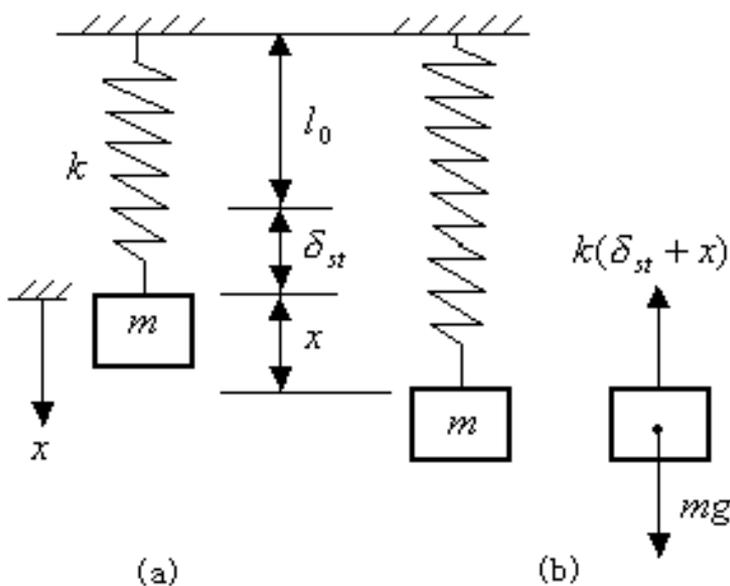


图1.3 弹簧—质量系统

$$mg = \delta_{st} k \quad (1.1)$$

$$m \ddot{x} = mg - k(\delta_{st} + x) \quad (1.2)$$

$$m \ddot{x} + kx = 0$$

$$\omega^2 = k/m$$

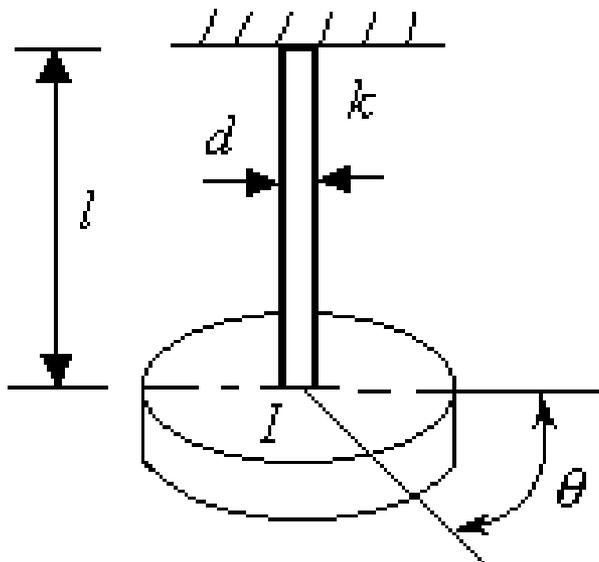
$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (1.3)$$



## 1.1.1 运动微分方程的建立



已知:  $I$   $k$   $l$   $d$



$$k = \frac{\pi d^4 G}{32l}$$

$$I \ddot{\theta} + k\theta = 0$$

$$\omega^2 = k/I$$

$$\ddot{\theta} + \omega^2 \theta = 0 \quad (1.4)$$

图1.4 圆盘扭振



# 1.1.1 运动微分方程的建立

已知物体质量为  $m$ ，物体上端悬挂在刚度为  $k_1$  的弹簧上，并与杠杆  $AOB$  的  $B$  点铰接，杠杆与外壳通过刚度为  $k_2$  的弹簧相连。设杠杆对点  $O$  的转动惯量为  $I_0$ ，弹簧质量不计，系统平衡时  $OB$  在水平位置。利用拉格朗日方程建立其运动微分方程。

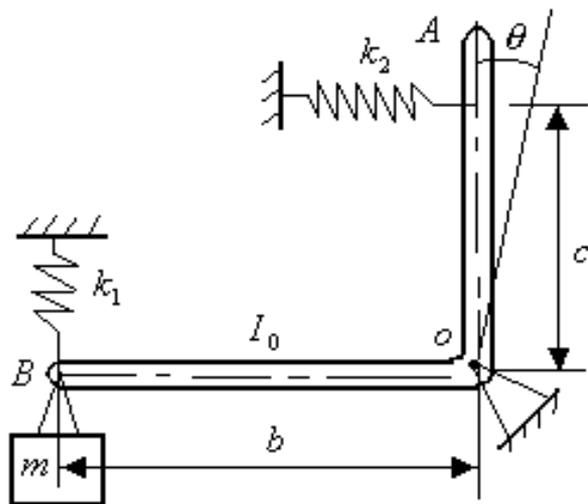


图1.5 测振仪示意图

$$T = \frac{1}{2} I_0 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} m b^2 \dot{\theta}^2 = \frac{1}{2} (I_0 + m b^2) \dot{\theta}^2$$

$$U = \frac{1}{2} k_1 b^2 \theta^2 + \frac{1}{2} k_2 c^2 \theta^2$$

见补充说明

$$L = T - U$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0$$

$$(I_0 + m b^2) \ddot{\theta} + (k_1 b^2 + k_2 c^2) \theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \omega^2 \theta = 0 \quad (1.5)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/078072137001006076>