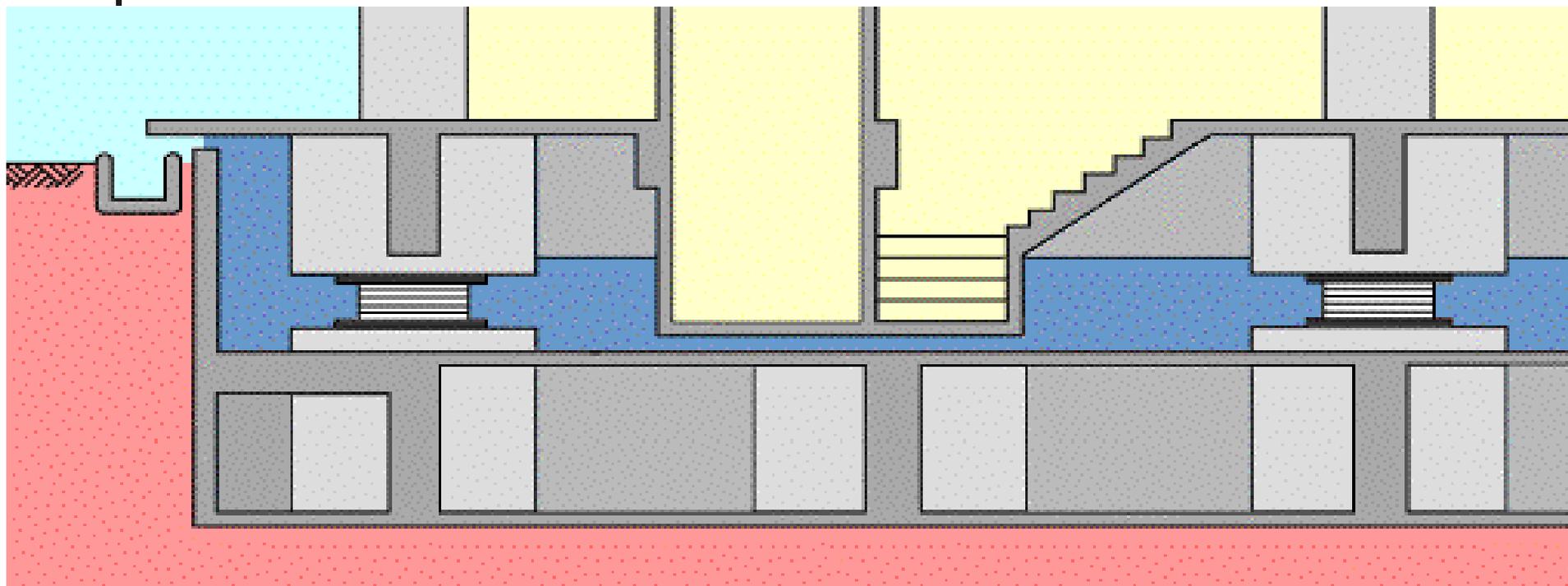


# 钢结构减隔振

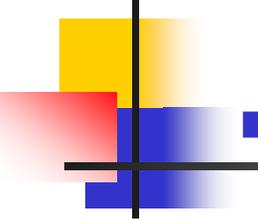
同济大学

机械实验教学中心

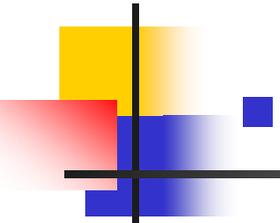
李伟雄



# 概论



- 研究振动的一个主要目的就是要进行**振动控制**，使机械结构能满足**预期的性能指标**要求。**对复杂系统**或结构的振动问题仅靠设计是难以彻底解决的，当产品制成后出现了不符合要求的振动，一个重要的方法**就是采取减振措施**，人们在各个工程领域中进行了大量的研究工作，包括**振源、传递途径、系统或结构的动力学特性、减振措施**等，这些都属于振动控制研究的范畴，其中减振、隔振的理论分析和试验研究工作占有很重要的地位。经典的减振措施主要包括**抗振、隔振与减振**三大部分。

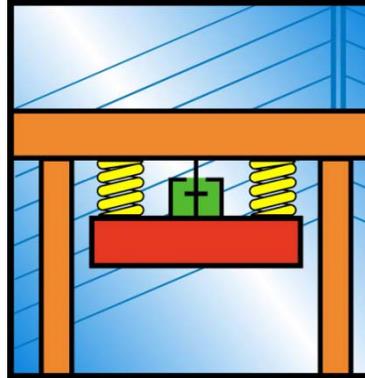
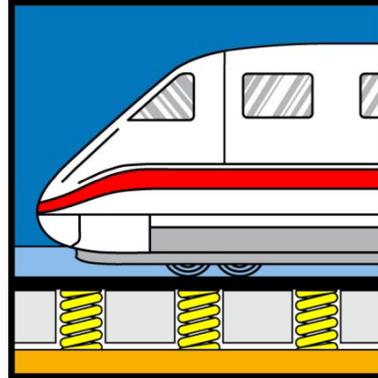
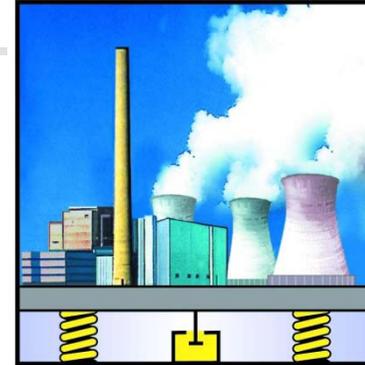
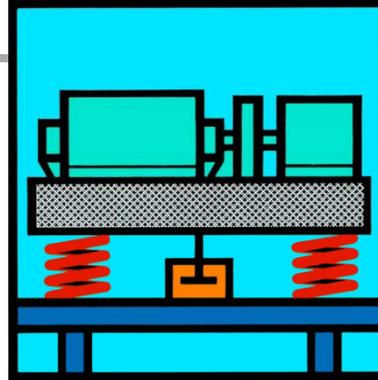


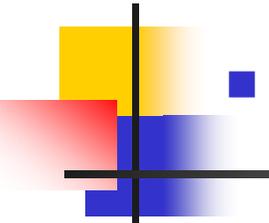
- 近年来，结构或系统的振动设计与修改已逐步成为振动控制的一个新的组成部分。振动控制分为两大类，一类是振动的被动控制，另一类则是把控制理论、电子计算机技术同机械振动理论与测试技术相结合形成了振动主动控制的新技术。

应用范围：  
工业设备  
发电设备  
轨道交通  
桥梁与建筑  
港口与船舶  
航天、**运载**

**设计范围：**

方案设计  
静、动力学计算  
施工图设计  
隔振器制造安装  
振动测试





■ 近年来地震在全世界范围内频发，给人们的生命财产及安全带来巨大的影响，由于地震的不可预测性，地震的破坏力往往是惊人的，特别是对一些特别大的建筑物比如大桥、电站、港口等的破坏更是不堪设想。于是各国致力于防震抗震的综合防治，投入了大量的人力、物力，随着隔震耗能技术的发展，隔震技术已经从研究领域进入到实际应用阶段。目前大约三十多个国家在积极开展基础隔震应用研究，基础隔震技术已经广泛应用于桥梁建筑和大型港口机械上。在完善应用研究的同时，隔震设计方法也日趋规范化，美国、日本、新西兰和意大利等四个国家相继颁布了·筑隔震设计规程。我国在2001年7月颁布的《隔振设计规范》2009年(GB50463—2008)也正式编入了隔震和消能减震设计一章。

DC

中华人民共和国国家标准



GB 50463 - 2008

# 隔振设计规范

Code for design of vibration isolation

2008-11-27 发布

2009-06-01 实施



统一书号:1580177·174  
定 价:22.00 元

S/N:1580177·174

9 158017 717402 >

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

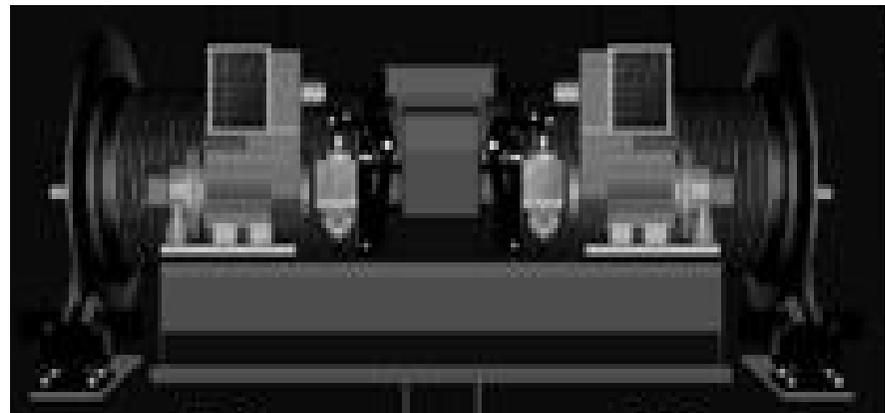
# 集装箱起重机结构简介

- 集装箱起重机由起升机构、俯仰机构、小车运行机构、大车运行机和金属结构构等组成。



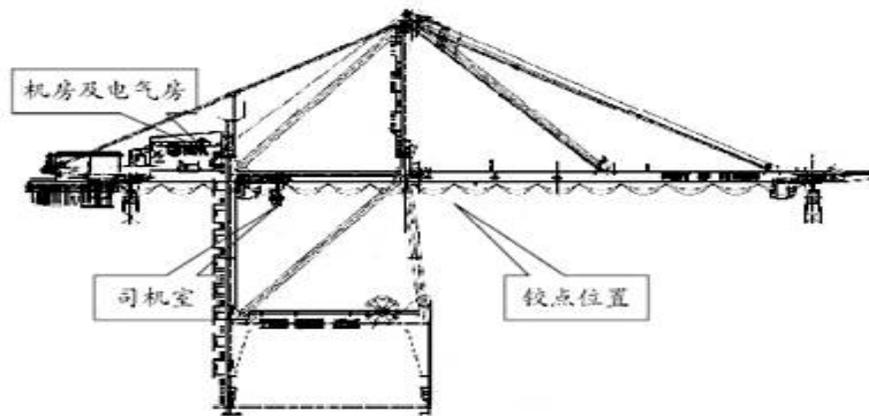
# 集装箱起重机结构简介

- 集装箱起重机起升机构的作用是实现集装箱或吊具、吊梁升降运动，它是集装箱起重机最主要的工作结构。起升机构一般由一组或两组对称布置的起升绞车（分别由一台或两台电机驱动），相应的联轴器、制动器、减速器等部件组成，通过驱动钢丝绳卷筒进行卷扬动作。



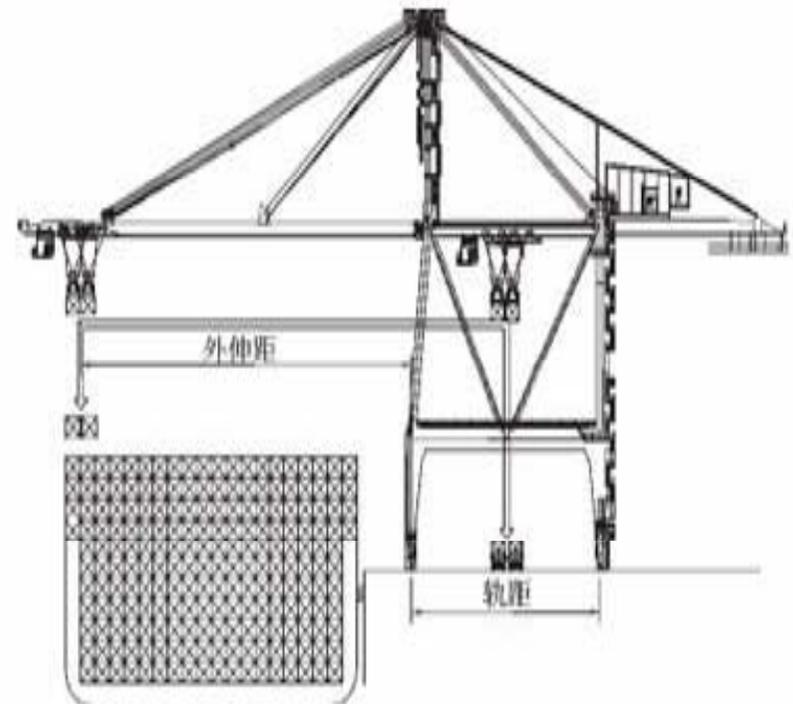
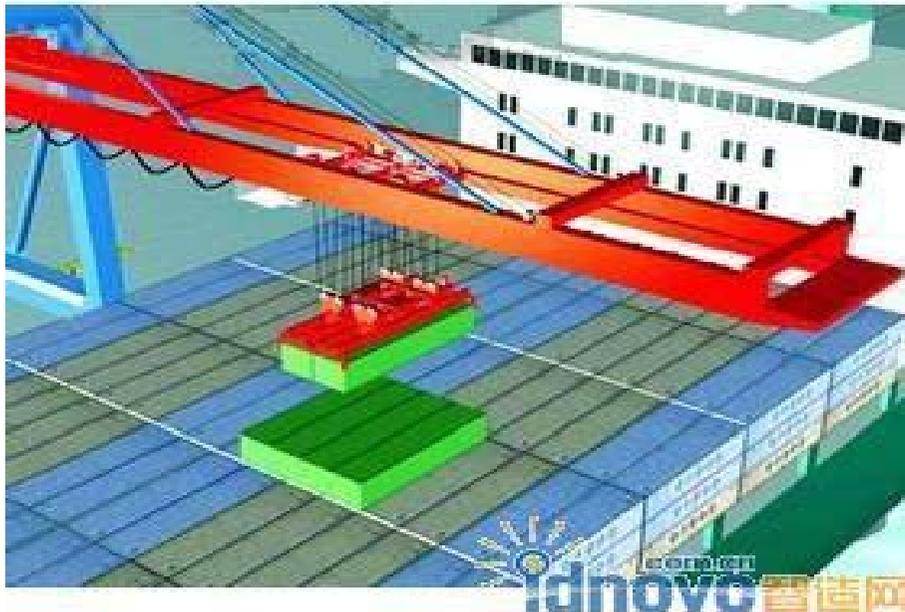
# 集装箱起重机结构简介

- 在集装箱起重机上，实现前大梁绕大梁铰点作俯仰运动的机构称之为俯仰机构。电机通过联轴器，经减速箱等传动装置驱动钢丝绳卷筒进行卷绕动作实现前大梁的俯仰运动。



# 集装箱起重机结构简介

- 在集装箱起重机上，使集装箱或吊具作水平往复运动的机构总成称为小车运行机构。它包括小车总成、小车驱动机构、小车钢丝绳卷绕系统和安全保护装置。



# 集装箱起重机结构简介

- 在集装箱起重机上，大车行走机构的作用是实现整机沿着码头前沿轨道作水平运动。大车行走机构由设在门框下的4组行走台车组成。

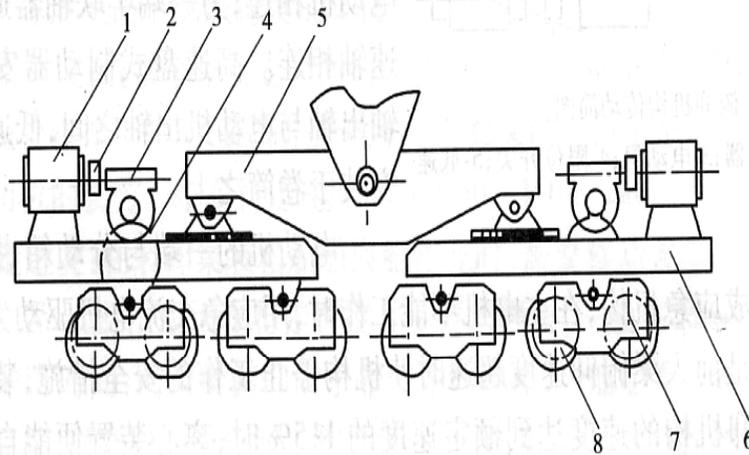
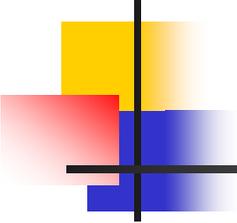


图 1-1-5 大车行走机构布置图

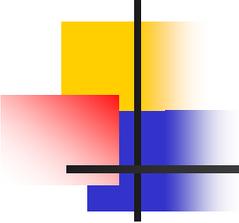
1-电动机;2-联轴器、制动器;3-蜗轮减速器;4-开式齿轮;5-上平衡梁;6-中平衡梁;7-车架;8-行走轮



# 集装箱起重机减隔振产生背景

---

- 港口不少位于地震多发带；
- 集装箱起重机是抗震救灾的物流第一环节；
- 集装箱起重机抗地震采用减隔振装置是减小地震损失的重要措施。



# 岸桥减隔振发展的背景

- 1995年1月17日凌晨5点，震级为级的地震袭击了日本阪神和淡路一带，仅仅十几秒的时间，剧烈的震动给以神户为中心的地区造成了一场灾难。神户港的货物装卸设施也在地震中遭受了巨大的破坏，55台起重机中的52台遭到破坏。这次强震记录的主要特征有：
- （1）水平最大加速度为0.61~0.82g，峰值速度达0.55m/s；（2）竖向水平加速度超过0.3g；（3）地震持续时间在秒之间10~15秒之间；（4）卓越周期分布在秒0.3~2秒之间。震后，日本运输省港湾局也组织调查团对大阪和神户港的集装箱起重机以及码头等设施的受损情况进行了调查。

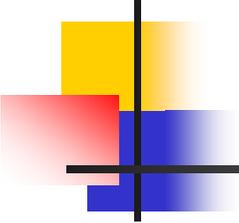
# 岸桥减隔振发展的背景

- 根据破坏的程度和状况可以将破坏情况分为以下几类：
- 1 发生脱轨，但未对支撑架等部位产生影响；
- 2 可以看见对支撑架部位的少量影响，脚部扩展（弹性变形）；
- 3 对支撑架影响显著，脚部可见纵向弯曲；
- 4 大梁损坏；
- 5 全部损坏。



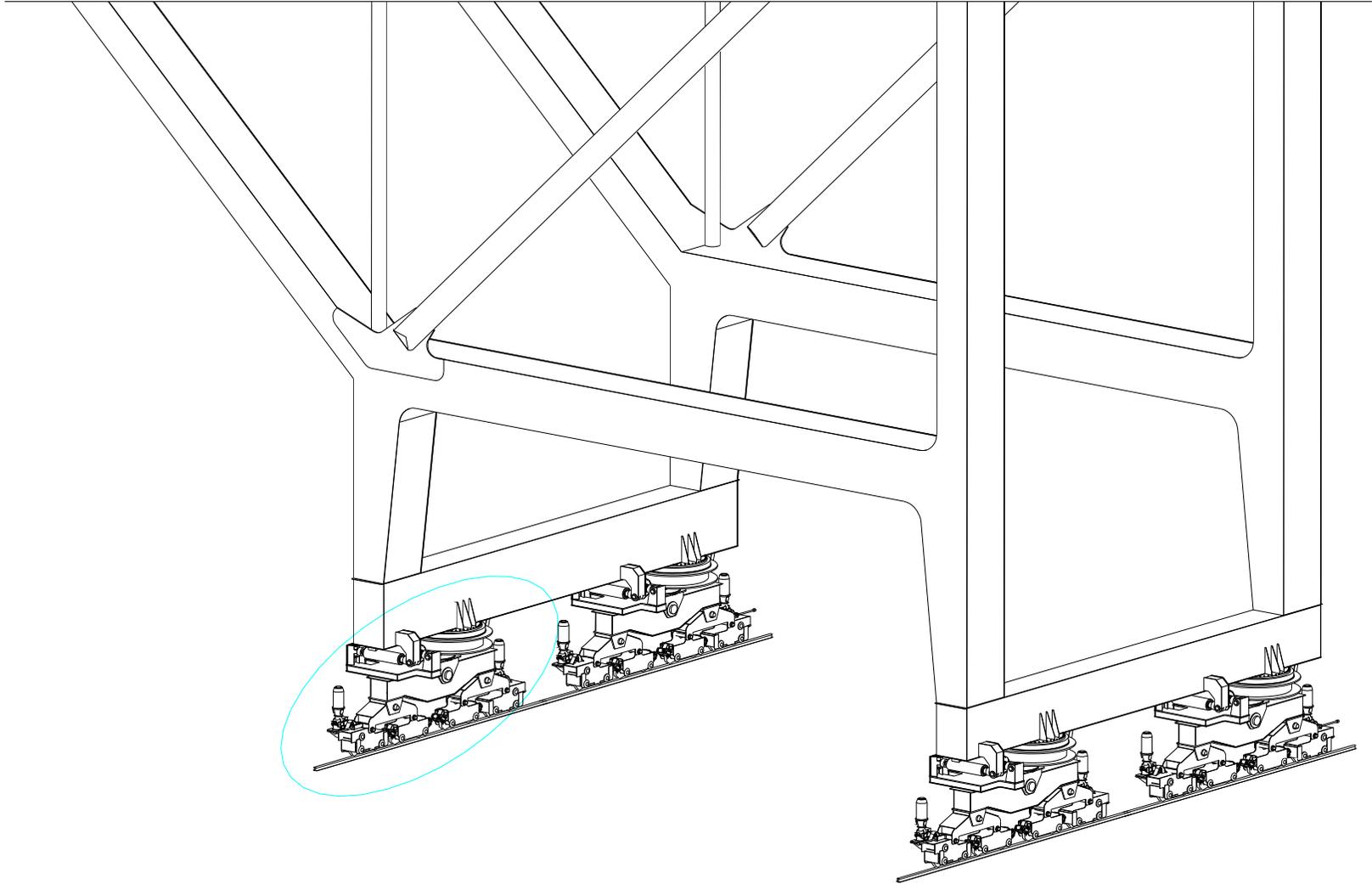
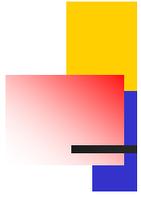
# 岸桥隔振发展的背景

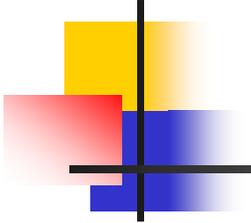
水平地震力造成的摇摆或者上下地震力造成车轮腾空、着地、脱轨。伴随脚部的扩展或者起重机的横向摇摆造成脚部门架附近的纵向弯曲和门架变形。上部结构的损坏只发现一台。造成这种损坏的原因可能有：1) 水平地震力引起立柱顶部的曲折，吊臂制动器的折损或者脱落、高低绳索断裂以及随之出现的吊臂落下的反作用会引起吊臂下方法兰盘的纵向弯曲，后拉索的后部桁架的纵向弯曲；2) 上下地震力所引起的吊臂、桁架的上下震而造成的破坏。全部损坏估计是由于脚部的崩溃所致，在很大程度上是由临近起重机的损伤和支撑脚的扩展和变形所造成的。综上，在损坏情况中，脚部的扩展和弯曲变形形成的纵向弯曲占到了绝大多数。



# 岸桥隔振发展的背景

- 要使起重机具有抗震能力，就必须首先解决脚部扩展和弯曲变形的问题，实际上就是要将起重机脚部与上部结构的刚性联接改为柔性联接，使得地震时在水平方向上能够发生一定的相对位移，从而消除脚部的扩展和弯曲变形。另外，起重机的抗震层还必须能够承受住最大水平基底剪力，即具有一定的水平强度。以上两方面即为起重机抗震装置的基本要求。



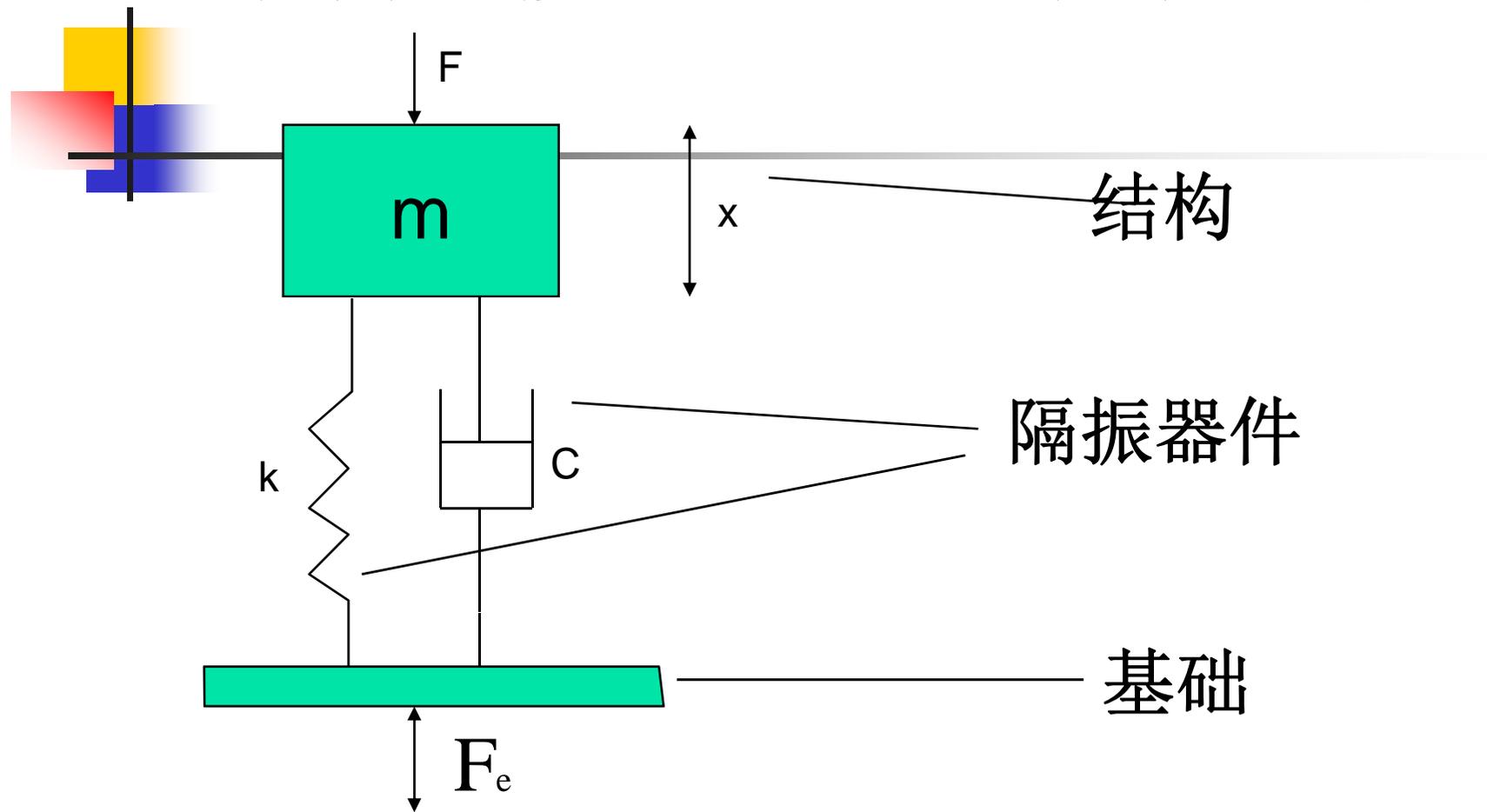


# 实验需要完成的内容

---

- 1.抗地震集装箱起重机减隔振装置应有的功能和可行性设计方案分析（四大功能组合方案）
- 2.实验模型设计
- 3. 画出实验测试系统框图
- 4.如何选用传感器、放大器、数据采集仪等组成一套有效的测试系统
- 5.利用有效的测试系统验证集装箱起重机减隔振装置安装前后的振动响应

# 单自由度阻尼强迫振动系统



- 2.2 减隔振的概念、机理及一些实用装置
- 2.2.1 减隔振机理

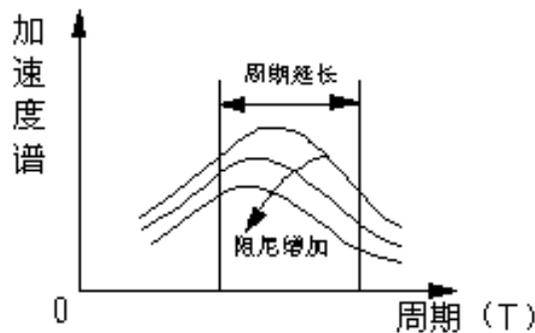


图2-1 加速度谱

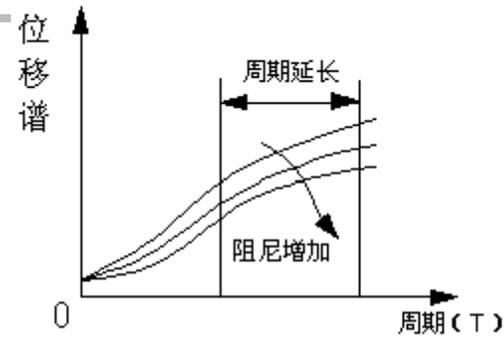


图2-2 位移谱

- (1) 延长结构自振周期以减小地震响应加速度，从而折减地震力
- (2) 但此时伴随着结构位移的增大，可适当地增加结构阻尼，以减小结构位移，同时它也可以降低结构的加速度。

# 隔振效果的评价

在一般的隔振设计中，常常用**振动传递比T**和**隔振效率  $\eta$**  或**振动衰减量 $\Delta L_N$** (或称传递损失) 来评价隔振效果。

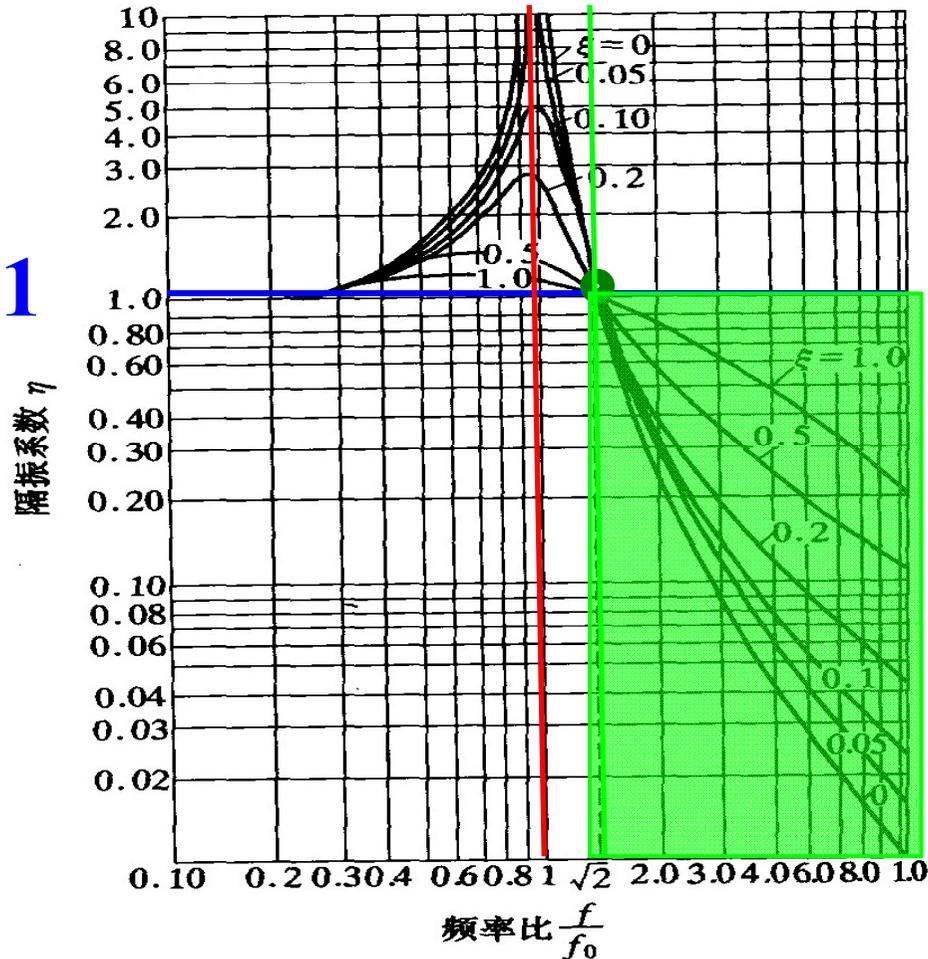
传递比**T**等于**物体传递到底座的振动与物体振动之比**，也等于**底座传递到物体的振动与底座的振动之比**。两个方向的传递比相等。一般由物体传递时常用力表示，**由底座传递到物体时则用振动位移、速度或加速度表示**。

$$\text{隔振效率 } \eta = (1 - T) * 100\%$$

$$\text{振动衰减量 } \Delta L_N = 20 \log\left(\frac{1}{T}\right)$$

# 减振缓冲的基本原理

$\eta=1$



隔振系数  $\eta$  与频率比  $f/f_0$  及阻尼比  $\xi$  的关系曲线

① 当  $f / f_0 \ll 1$  时

② 当  $f / f_0 = 1$  时

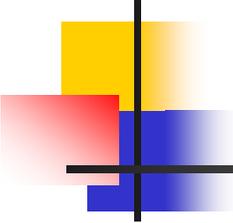
③ 当  $f / f_0 = \sqrt{2}$  时

$$\xi = \frac{C}{2\sqrt{km}}$$

# 减振缓冲的基本原理

- ① 当  $f / f_0 \ll 1$  时，隔振系数  $\eta = 1$ ；
- ② 当  $f / f_0 = 1$  时，隔振系数  $\eta$  为最大，振动力被放大，此时系统处于共振状态；
- ③ 当  $f / f_0 = \sqrt{2}$  时，振动力等值传递，此时系统无隔振效果；
- ④ 当  $f / f_0 > \sqrt{2}$  时，隔振系数  $\eta < 1$ ，振动力减值传递，此时系统有隔振效果。

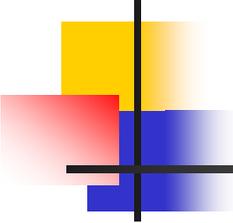
隔振必要条件，频率比  $f / f_0 > \sqrt{2}$



# 岸边起重机必须具备的功能

---

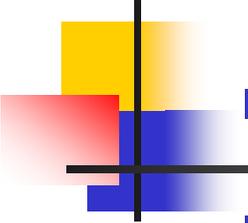
- 1.触发功能
- 2.滑动功能
- 3.衰减功能
- 4.复位功能



## 2.2.4 减隔振实用装置

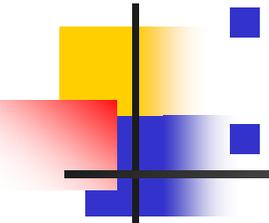
---

- 用于起重机的减隔振装置一般应有四大功能：
- (1) 触发功能：
- 正常工作时，如起重机在工作载荷、风载荷或小震时，一般不要求减隔振装置起作用。
- 安全销、弹簧的预紧力、滑动支座的静摩擦力等均可起到触发功能的作用，也可根据监测振动量的大小，设计控制系统来打开触发装置。



## ■ (2) 滑动功能:

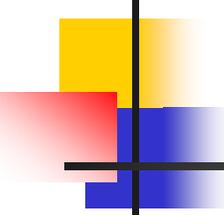
- 要达到减隔振目的，上部结构（如房屋、桥梁、起重机）必须和基础、桥墩或起重机运行机构等产生相对滑移。滑动功能可由下列装置来实现：
- 滑板（不锈钢和聚四氟乙）、硬质球、滑动轴、等均为普通直线滑动装置；
- 上下偏心轴承、悬吊（摆动）等则为普通曲线滑动装置。



- (3) 衰减功能:

- 衰减功能即减隔振功能，通过前面的理论分析可知，它必须同弹性元件和阻尼元件二部分组成。能达到衰减功能的装置很多，如：

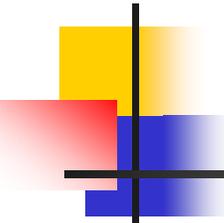
- 金属螺旋弹簧、板弹簧、蝶形弹簧均可作为弹性元件，应用最广泛的是层叠橡胶支座（普通型），铅芯层叠橡胶支座和高阻尼层叠支座等；
- 弹塑性材料阻尼器（低碳钢、铅等）和油阻尼器（内置硅胶）、摩擦阻尼器等；



## (4) 复位功能

---

- 地震过后起重机应能恢复原位，弹簧、悬吊等可兼具复位功能，滑板、硬球，滑轴、偏心双轴承等仅有滑移功能、无复位功能。



(5) 起重机必须具有四大功能，但要根据不同的情况设计不同的减隔振装置，理论上设计方案可以是上述不同结构的任意组合。

---

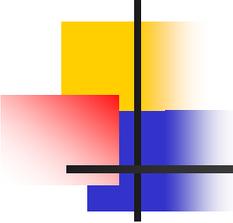
■ 实用组合之一：

振华方案“双偏心轴承+蝶型弹簧+油阻尼器+电控触发装置”

优点：1双偏心轴承支承能力强，滑动阻力小；

2四功能分工明确；

缺点：双偏心轴承结构复杂，高度较高。



## 实用组合之二：

---

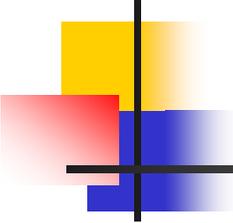
- 同济方案“滑动轴（带油阻尼器）+蝶型弹簧+触发”

优点： 1 最大优点是带油阻尼器的滑动轴方案具有自主知识产权，可申请专利；

2 滑轴支承能力强，滑移阻力小；

3 结构简单；

缺点： 带油阻尼器滑轴需专门设计，试验；



## 实用组合之三：

---

- 同济方案“叠层橡胶（中间有铅芯阻尼棒）+触发”

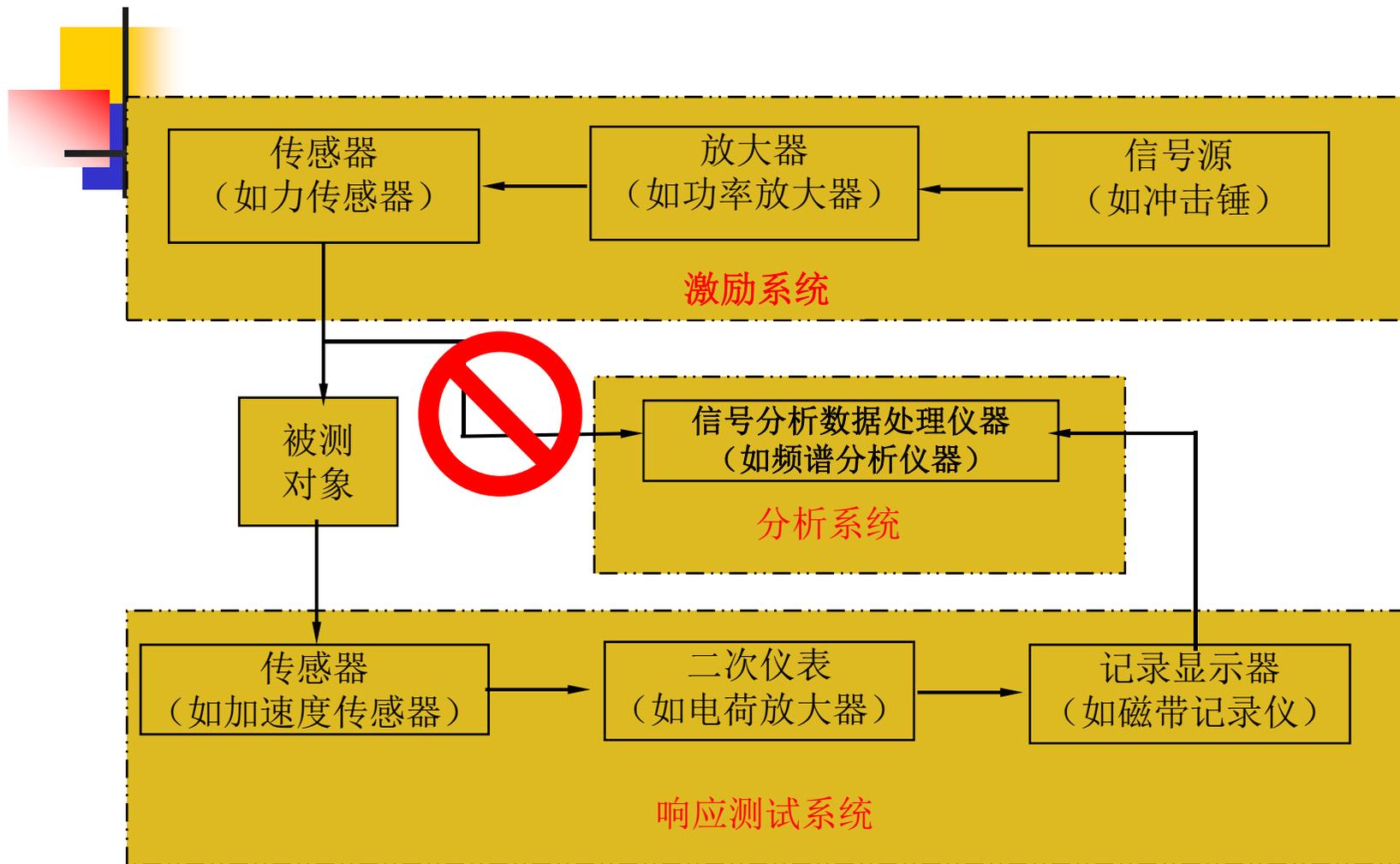
优点：1 最大优点是叠层橡胶（中间有铅芯阻尼棒）+触发有自主知识产权，可申请专利；

2 叠层橡胶支承能力强，弹性好，竖向刚度是水平刚度的几百倍，且规模生产，应用成熟；

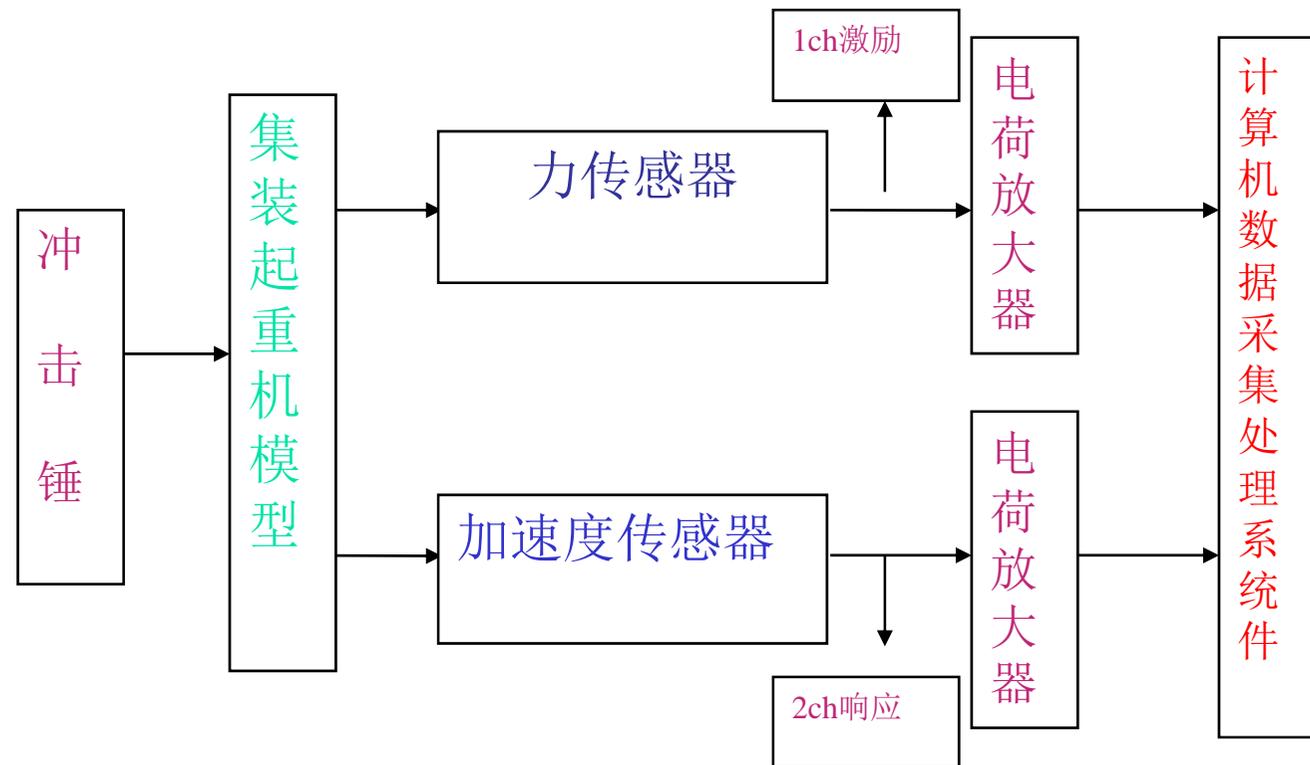
3 根据情况蝶型弹簧也可加；

缺点：1 垂直方向如动载荷大，可能引起小幅振动；

2 触发需专门设计，试验。



# 实验测试框图



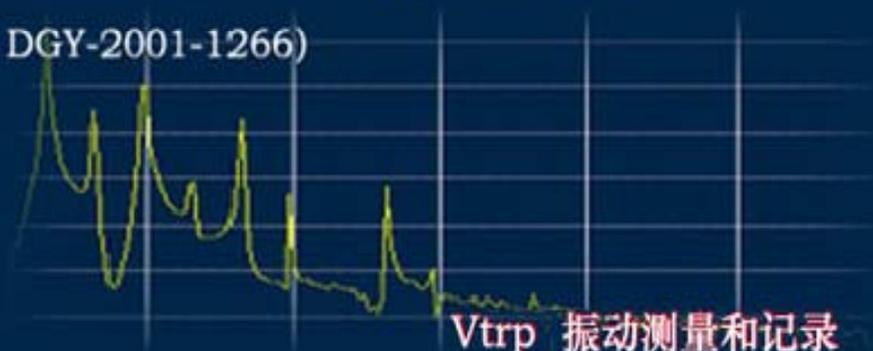
软件

# 振动及动态信号采集分析系统

(软件产品登记号: 苏 DGY-2001-1266)

- AdCras 数据采集及处理
- SsCras 信号与系统分析
- MaCras 机械及结构模态分析
- DmCras 结构动力修改
- VmCras 旋转机械振动监示及诊断
- SkCras 冲击波形及响应谱分析

退出



- Vtrp 振动测量和记录
- Ntrp 噪声及振声相关分析
- Zzdph 转子现场动平衡
- Ypcp 叶片测频及数据管理
- Dzrz 发电机定子模态
- Zntx 阻尼材料动力特性
- Zjdc 桩质量动测
- Vtm 振动台控制
- Ysjsgt 压缩机示功图
- Mesa 最大熵谱分析
- Xbbh 小波变换
- Slde 桥梁索力动测
- Jxcras 机械创新教学试验

# 建立新作业或继续老作业

建立作业:

作业路径:

d:\cras\dat\4tf

文件夹列表:

- 我的电脑 ^
- + 本地磁盘 (C:)
- 本地磁盘 (D:)
  - Cras
    - Bmp
    - + Dat
    - S5
- + Program Files v

作业列表:

4tf

选择通道数

单通道

双通道

四通道

八通道

十六通道

确认

取消

# 采样频率设置

参数设置

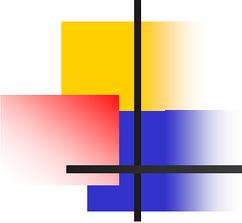
校正因子	采集控制	通道标记
采样频率	数据块数	电压范围
工程单位	触发参数	工程单位

<input type="radio"/> 51200 Hz	<input type="radio"/> 25600 Hz	<input type="radio"/> 12800 Hz
<input checked="" type="radio"/> 5120 Hz	<input type="radio"/> 2560 Hz	<input type="radio"/> 1280 Hz
<input type="radio"/> 512 Hz	<input type="radio"/> 256 Hz	<input type="radio"/> 128 Hz
<input type="radio"/> 51.2 Hz	<input type="radio"/> 25.6 Hz	<input type="radio"/> 12.8Hz
<input type="radio"/> 5.12 Hz	<input type="radio"/> 2.56 Hz	

采集总时间 (秒) 等于 数据块数 X 1024 / 采样频率

确定 取消 应用 (A)



# 采样频率设置

- 频率分析的精度也称频率分辨率，用 $\Delta F$ 表示  $\Delta F=FS/n$
- 式中： $FS$ 为采样频率； $n$ 为FFT块大小
- 例如： $FS=2560$ ， $n=1024$ 则 $\Delta F=2.5\text{HZ}$ 。  
采样频率愈高，分析带愈宽，但是频率分析精度愈差。因此从频率分析的角度，根据分析对象的特点及常见故障的带宽，尽可能选取较小的采样频率。

# 数据块数设置

参数设置

校正因子		采集控制		通道标记	
采样频率	数据块数	触发参数	电压范围	工程单位	
<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> 256	<input type="radio"/> 4096		
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 32	<input type="radio"/> 512	<input type="radio"/> 8192		
<input checked="" type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 1024	<input type="radio"/> 16384		
<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 128	<input type="radio"/> 2048	<input type="radio"/> 32768		

每块数据点为 每通道 1024 点  
采集总时间 (秒) 等于 数据块数 X 1024 / 采样频率

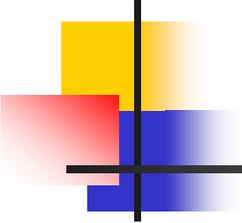
确定 取消 应用 (A)

# 工程单位(EU)设置

参数设置

校正因子		采集控制		通道标记	
采样频率	数据块数	触发参数	电压范围	工程单位	
ch1	mm/s/s	ch5		ch9	
ch2	N	ch6		ch10	
ch3	mV	ch7		ch11	
ch4	nV	ch8		ch12	
	mV			ch13	
	V			ch14	
	m			ch15	
	m/s			ch16	
	m/s/s				

确定 取消 应用 (A)



## 工程单位(EU)设置

- 不同的物理量通过各自的传感器交换器改变为电压量后均可由**CRAS**进行采集记录。
- MV、V、m、m/s、m/s<sup>2</sup>、mm、mm/s、mm/s<sup>2</sup>、N、kN、Mn、g、mg、Pa、Mpa、°C、deg、vad、W、kW、MW、L、Ma、N-m、kN-m。  
缺省为mV。

# 校正因子设置

参数设置



采样频率

数据块数

触发参数

电压范围

工程单位

校正因子

采集控制

通道标记

1ch

100

5ch

1

9ch

1

13ch

1

2ch

1000

6ch

1

10ch

1

14ch

1

3ch

1

7ch

1

11ch

1

15ch

1

4ch

1

8ch

1

12ch

1

16ch

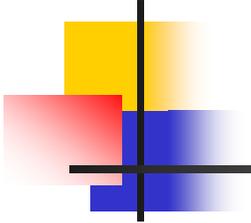
1

校正因子等于每一工程单位 (EU) 对应的毫伏数

确定

取消

应用 (A)



# 校正因子设置

- 每1个工程单位对应的mV数称为校正因子，相当于各种传感器的灵敏度。当传感器灵敏度改变后，可以通过校正因子对测量结果进行修正，这个过程即所谓“标定”。
- 设定校正因子后，**CRAS**程序读出数的单位即是所选的工程单位。
- 不同通道允许不同的工程单位。在同1种工程单位情况下，也允许不同灵敏度的传感器。因此，每1个通道需要设定相应的校正因子。选用缺省工程单位mV则校正因子必须等于1，读出单位为mV。

# 电压范围 设置

参数设置

校正因子	采集控制	通道标记
采样频率	数据块数 触发参数	电压范围 工程单位

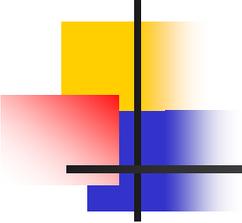
±5000 mV (程控放大 1 倍)

±1250 mV (程控放大 4 倍)

±625 mV (程控放大 8 倍)

±312.5 mV (程控放大 16 倍)

确定      取消      应用 (A)



# 电压范围 设置

- 电压范围对多通道采集的每1个通道而言是相同的。
- 设置不同的电压范围不需改变校正因子。
- 电压范围也可能定±10V。例如PCI9111以及测试进程中，首先应该选择满量程电压，当发现信号太小时再降低电压范围，直至波形在屏幕显示中既适中清晰又不超限。往往在一些用户的试验记录中，我们发现信号太小，影响了精度，建议应适当利用外部放大器或内部程控放大以改善精度

# 通道标记设置

参数设置

采样频率	数据块数	触发参数	电压范围	工程单位
校正因子		采集控制		通道标记
1ch	5ch	9ch		13ch
1# X				
2ch	6ch	10ch		14ch
1# Y				
3ch	7ch	11ch		15ch
2# X				
4ch	8ch	12ch		16ch
2# Y				

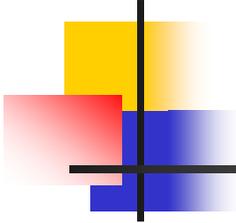
确定 取消 应用 (A)

# 触发参数设置

参数设置

校正因子		采集控制		通道标记	
采样频率	数据块数	触发参数	电压范围	工程单位	
<b>触发方式</b>		触发电平 (%)	0		
<input checked="" type="radio"/> 自由运行		触发延迟	0		
<input type="radio"/> 正触发		触发通道	NULL		
<input type="radio"/> 负触发					

确定      取消      应用 (A)



# 触发参数设置

- 正触发、负触发：由采集的信号本身控制开始采集。
- 触发电平：开始采集的电平阈值，由电压范围的百分数决定。如量程**5V**，触发电平**10%**，则信号达到**0.5V**时开始采集。
- 触发延迟：数字量，正值表示等待，负值表示提前。数字单位为采集时间间隔的倍数。例如：**-20**是指到达触发电平之前**20**个点开始记录数据，超前时间等于 **$20 \times \Delta t$** 。 **$\Delta t$** 等于采集频率 **$f_s$** 的倒数。
- 触发通道：根据作业设置的通道数内任意**1**个通道均可作为触发通道，其它通道信号达到阈值不影响触发动作。

# 采集控制 设置

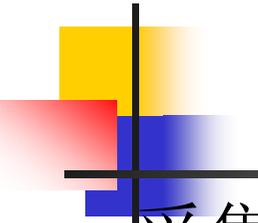
参数设置

采样频率	数据块数	电压范围	工程单位	校正因子
通道标记		触发参数		采集控制

监护采集

连续采集

确定      取消      应用 (A)



# 采集控制 设置

- 采集方式：有监视采集、连续采集之分。
- 监视采集是指每采集一块数据在屏幕上显示一页它的波形及统计量。采集一块数据，两块数据之间可能有若干毫秒的间断。
- 监视采集时，当采样频率在 $\leq 256\text{HZ}$ 的低频采集情况下，每采集一个点立即显示一个点。即实时采集及显示方式。当采样频率很低时，实时显示有很多优点。例如采样频率于 $25.6\text{HZ}$ ，采 $1024$ 个点需要 $40$ 秒，若不是实时显示，会感觉时间很长且不放心此 $40$ 秒内信号还是否正常。
- 连续采集是指，根据参数设置的数据块连续不断地进行采集，在此期间屏幕处于等待状态。













GRAS QL-108

中国·南京  
汽轮高新公司制造

CH1 CH2 CH3 CH4  
CH5 CH6 CH7 CH8

SIGNAL  
OUT

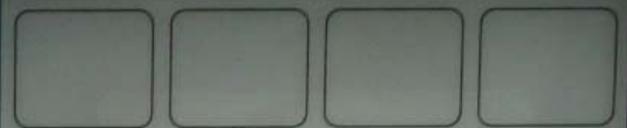
POWER



KISTLER  
1722A0000  
SN C129292  
LOAD CELL U.S. PAT. # 3,936,000

KISTLER

Power Supply / Coupler



Ch. 1 Ch. 3  
Ch. 2 Ch. 4



Menu  
Local

Select



- Gain
- Filter
- Bias

- Remote
- System Test

- Error
- Power

KISTLER

Type 5134

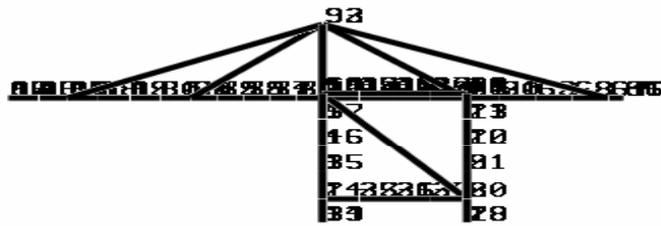




# 岸桥有限元模型

E:\cras\wlg\anqiao\_0803\_44cedian\_gangxing\楼字

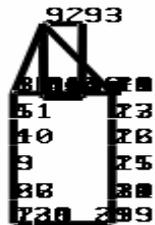
X 轴测



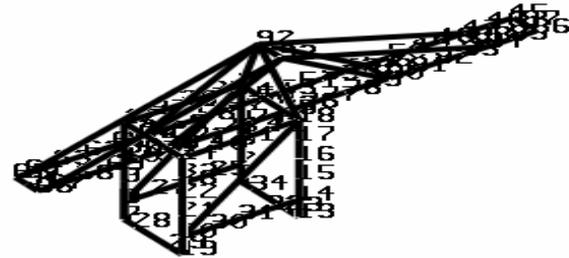
Y 轴测



Z 轴测



轴测



# 刚性连接1.2.阶频率

MaCras 机械及结构模态分析      CRAS振动及动态信号采集分析软件      南京安正软件工程有限公司

模态作业 几何模型 图形显示 图形变换 模态测量 波形显示 试验自谱 试验频响 参数识别 拟合频响 模态参数 动画控制 振形动画 试验报告 退出

阶. 频率 阻尼

01	28.868Hz	12.84%
02	56.250Hz	0.07%

E:\cras\wlg\anqiao\_0803\_44cedian\_gangxing\楼宇

阶号:01 频率:28.87 阻尼:12.84%

节点	Z 实部	Z 虚部
0001	0.00	0.09
0002	0.00	-0.09
0003	0.00	0.03
0004	0.00	-0.37
0005	0.00	-0.14
0006	0.00	-0.01
0007	0.00	0.04
0008	0.00	0.12
0009	0.00	0.10
0010	0.00	0.08
0011	0.00	0.05
0012	0.00	0.00
0013	0.00	0.29
0014	0.00	-0.10
0015	0.00	-0.36
0016	0.00	-0.39
0017	0.00	0.01
0018	0.00	-0.06
0019	0.00	0.00
0020	0.00	0.07
0021	0.00	0.06
0022	0.00	0.00
0023	0.00	-0.11
0024	0.00	-0.08
0025	0.00	-0.08
0026	0.00	-0.08
0027	0.00	-0.08
0028	0.00	0.00
0029	0.00	0.00

# 柔性连接1.2阶频率

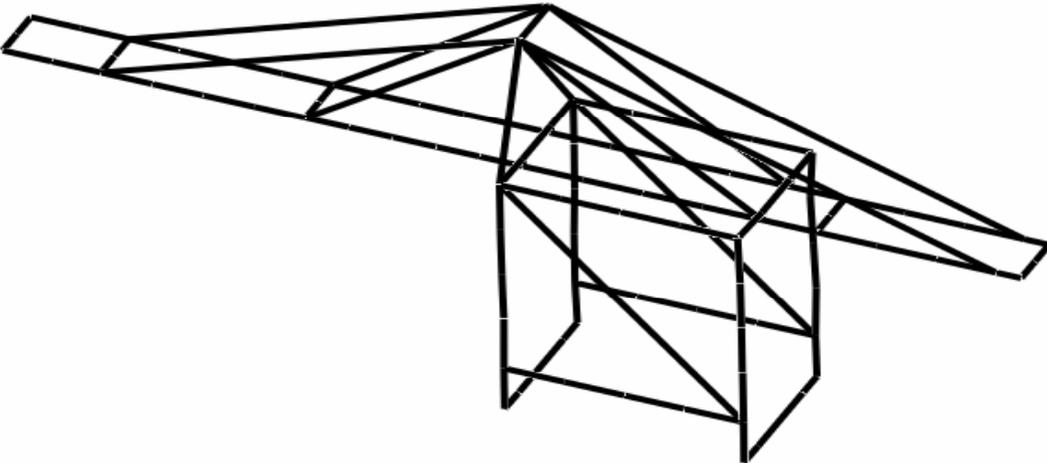
MaCras 机械及结构模态分析 CRAS振动及动态信号采集分析软件 南京安正软件工程有限公司

模态作业 几何模型 图形显示 图形变换 模态测量 波形显示 试验自谱 试验频响 参数识别 拟合频响 模态参数 动画控制 振形动画 试验报告 退出

阶. 频率 阻尼  
01 11.356Hz 13.79%  
02 50.000Hz 5.82%

节点	z 实部	z 虚部
0001	0.00	0.06
0002	0.00	0.03
0003	0.00	-0.14
0004	0.00	0.00
0005	0.00	0.08
0006	0.00	0.07
0007	0.00	0.05
0008	0.00	-0.05
0009	0.00	-0.08
0010	0.00	-0.04
0011	0.00	0.00
0012	0.00	0.26
0013	0.00	0.04
0014	0.00	0.27
0015	0.00	0.24
0016	0.00	-0.02
0017	0.00	-0.09
0018	0.00	-0.09
0019	0.00	-0.02
0020	0.00	0.08
0021	0.00	-0.23
0022	0.00	0.08
0023	0.00	0.42
0024	0.00	-0.09
0025	0.00	-0.09
0026	0.00	-0.09
0027	0.00	-0.09
0028	0.00	0.00
0029	0.00	0.00

E:\cras\wlg\lanqiao\_0803\_rouxing\_1\楼宇



阶号:01 频率:11.36 阻尼:13.79%

开始 Microsoft PowerP... 未命名 - 画图 100% 20:49

# 岸桥系统的模态分析

