

## 关于自行车原地跳动问题的研究

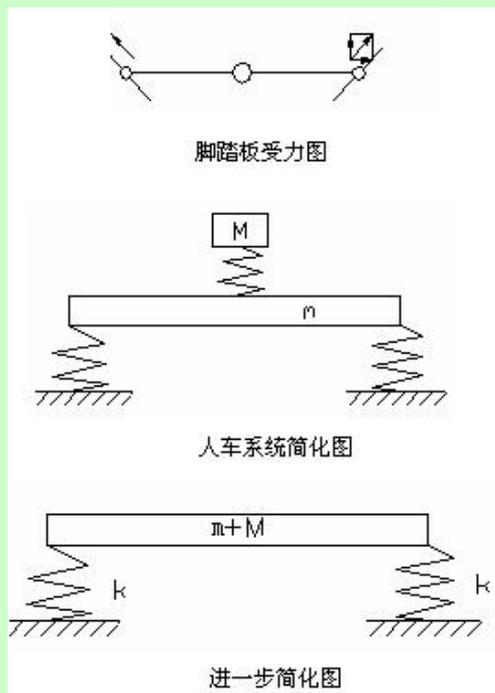
02级 姚智昊

**摘要：**从自行车蹦起的现象分析了它起跳的动力，并从力学的角度揭示了影响自行车跳跃高度的因素。根据这些因素提出了特种自行车的设计构想，目的是使该自行车能跳得最高。

一般自行车，骑车人可以是一个前轮或一个后轮离开地面。特种的自行车，骑车人可以使两个轮子同时离开地面。需要研究的是：什么力使自行车轮子离开地面？如何设计特种自行车使骑车人蹦的最高？

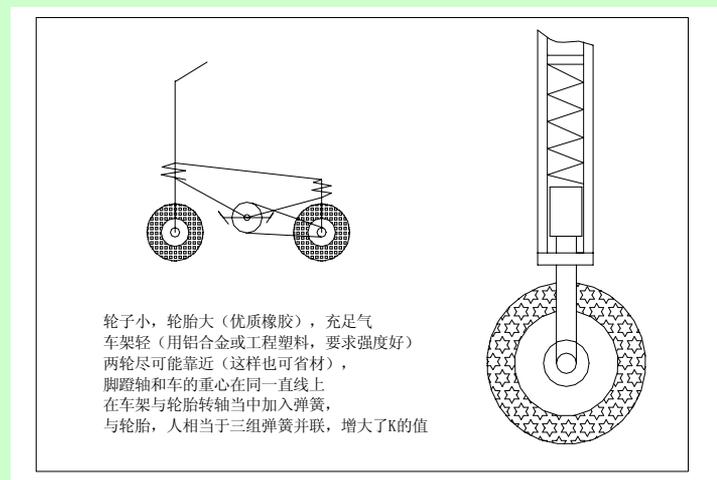


肌肉利用化学能作机械功，因而腿部肌肉的收缩与舒张可看作弹簧的压缩与伸展。能量可由弹性结构贮藏在人腿中。将人的两腿与两车轮看作弹簧，当人要起跳时，两膝前屈，相当于弹簧压缩，向下一蹬时，两脚分别给两个踏板一个相同大小的正压力，分解后，水平方向的两分力抵消，剩下两个铅直向下的力。车轮简化成的弹簧，在压缩时产生的弹力，与地面的反作用力大小始终相等。人蹬踏板时有一定的速度，使弹簧（车轮）在压缩时由于向下偏离平衡位置，产生的回复力大于人与车的重量。



简化原理图

通过分析可以看到，使自行车轮子离开地面的力主要是自行车本身的弹性回复力和人下蹲蹬自行车踏板时产生的向上弹力。



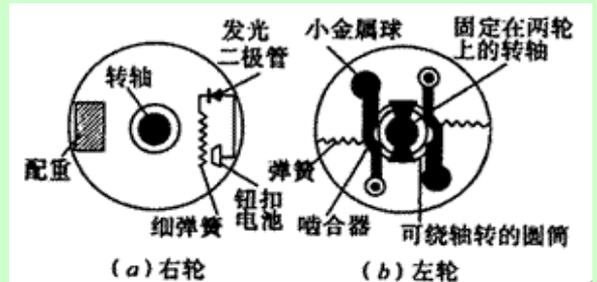
根据原理设计的特种自行车

## 关于滚动轮—溜溜球的研究

04级 白秀龙 陈建璋

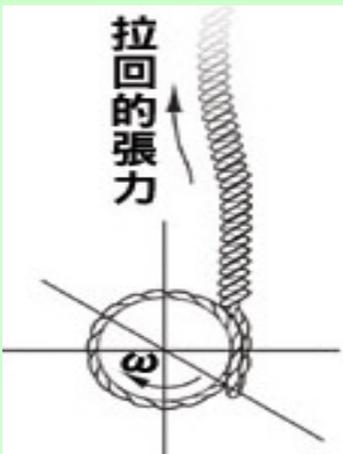
摘要：对时下流行的玩具溜溜球的结构、工作原理与运动原理进行了分析研究，提出了如何提高溜溜球转动时间的方案。

溜溜球英文名有很多，但最具盛名的还是Yoyo这个英文名。溜溜球类似滚摆。它的结构为：对称的左右两轮通过固定轴连结（两轮均用透明工程塑料制成），轴上套一可以自由转动的圆筒，圆筒上系一条长约1米的棉线，这就是溜溜球的主体结构。



溜溜球结构图

传统的溜溜球在连接两边的固定轴上系一根绳子，绳子是环绕在轴上的，这样转轮就可以自由地旋转。现代的溜溜球可以装配一个可自由转动的转动轴，所以转轮停滞的时间就延长了。转轮边缘可以加重，这样可以加大惯性力矩，使得转轮的角速度变大，进而延长停滞时间。

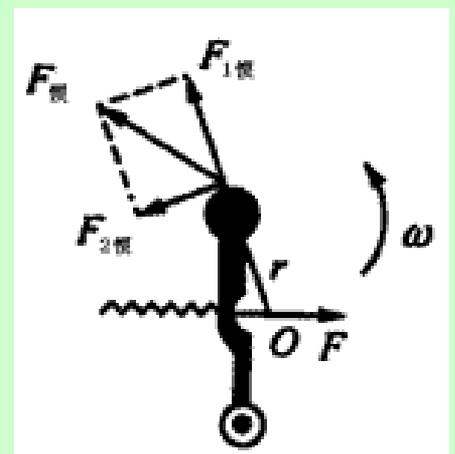


### 基本运动原理

当溜溜球高速转动时，由于离心力的作用，离合器是松开的。不受压制的轴杆使得轴心和转轮可以停滞。当转动慢下来时，离心力变小了，弹簧就开始把离合器的臂顶向轴杆，轴杆随即咬合轴及轴上连接的转轮，于是绳子就“自动地”回绕了。

若要制造转动时间较长的滚摆，则

- (1) 摆轮的半径要大
- (2) 轴的半径要小
- (3) 选择能缠绕紧密的线当做摆线（如细针线）



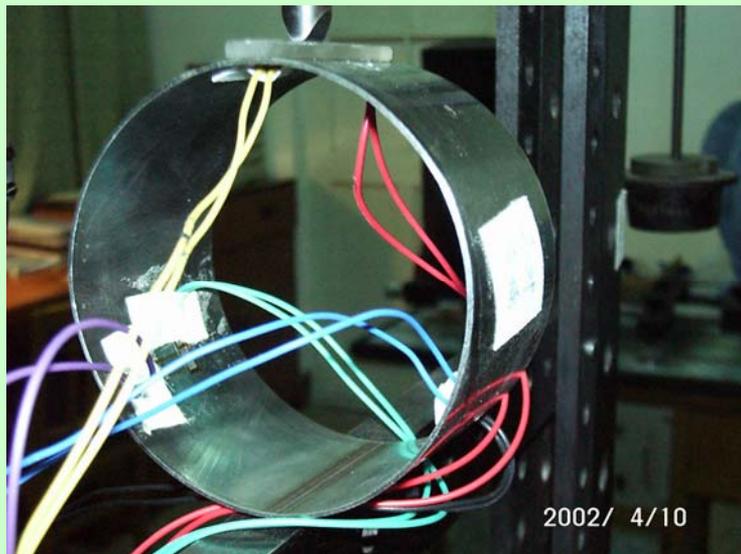
### 运动原理分析

思考：溜溜球在高速旋转过程中，为什么不左右旋转、上下翻滚，而保持平衡稳定？

## 利用电阻应变片传感器验证地应力方向公式

02级 张洪雷 姜冬梅 史越川 张国正

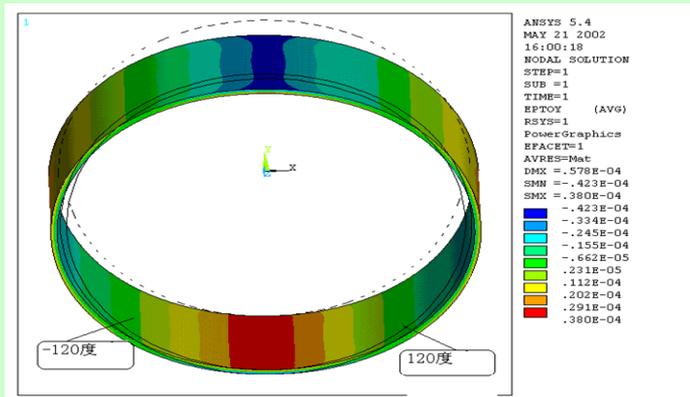
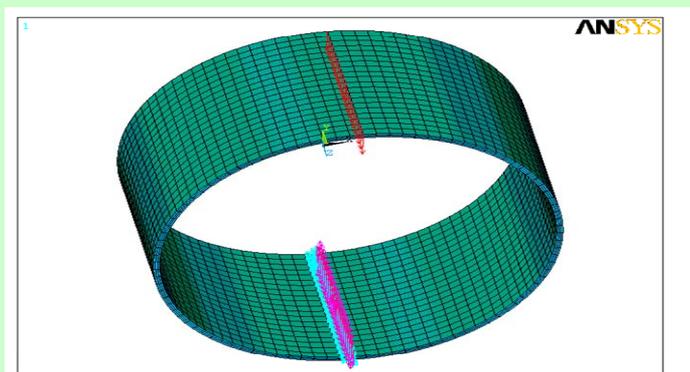
实验内容：（1）在地应力测量范围内，应力与应变的关系；（2）当外力去掉后，应变是否可以完全恢复？（3）利用应力计算公式实际计算一个震例。



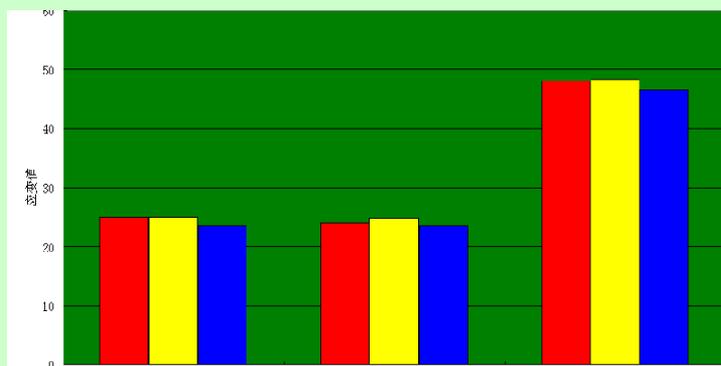
地应力传感器进行加载



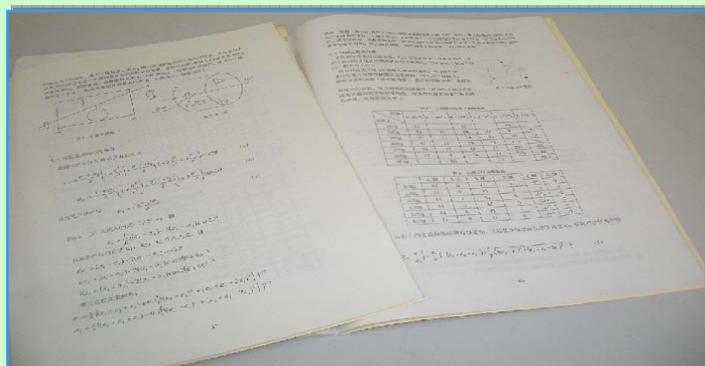
学生们在实验中



用有限元方法模拟的结果



实验与数值模拟结果比较



学生撰写的小论文

## 天梯结构的优化设计

02级 岳蕾 田祺 李可心 霍筱谦

摘要:

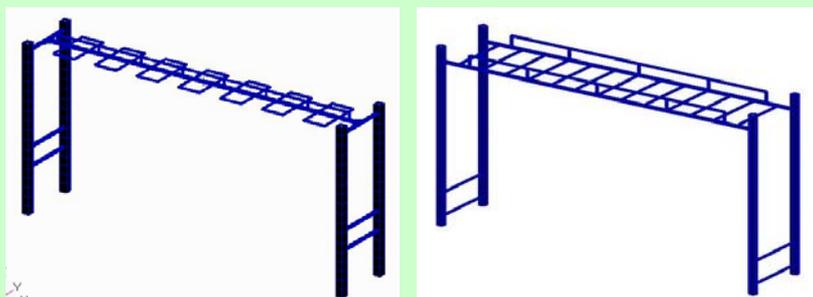
考虑天梯结构在使用中的7种载荷工况，包括静载荷、冲击载荷及组合情况。用MSC/Nastran软件分别对7种载荷工况下新、旧两种天梯进行结构分析，表明：新型天梯不仅仅在外形上更加美观，更重要的是设计更合理、更安全。

接着用杜家政博士论文期间开发的框架结构截面优化程序，以结构重量最小为目标函数，以强度条件为约束，以梁单元的截面尺寸为设计变量，进行优化设计，结果表明：两种天梯都有较大的优化空间，而新天梯结构更加合理。

我们对各种各样的健身天梯结构产生了兴趣，用数值软件对两种天梯结构进行分析比较和优化设计，提出最优的设计方案。



新、旧两种天梯的照片（左新右旧）



新、旧两种天梯的模型（左新右旧）

结论:

- (1) 优化前，新、旧天梯在静载荷下是安全的，在冲击载荷下不安全
- (2) 优化后，新、旧天梯的尺寸都有所改善，不仅安全，且结构重量均下降
- (3) 新型天梯比旧型天梯的优化重量轻，说明新型天梯的结构更合理

体会:

发现问题，提出解决问题的方案，通过使用程序得出结论。我们的独立思考和解决问题的能力得到培养，研究水平得到提高。

探索性学习活动的实施，往往需要围绕某一科学主题或工程课题进行。

本次课设还培养了合作精神，训练了科学研究的基本技法。

## 上下铺床的结构优化设计

01级 何艺超 张莉 彭浩 张华

摘要:

考虑生活中的10种载荷工况，包括静载荷、移动载荷和冲击载荷，采用MSC/Nastran软件对大学宿舍上下铺床进行结构分析，结果表明：在静载荷和移动载荷作用下，上下铺床的设计是安全的，在冲击载荷作用下是不安全的。

以结构重量最小为目标函数、以强度条件为约束，以梁单元的截面尺寸为设计变量，采用杜家政博士论文期间开发的框架结构截面优化程序进行设计，得到满足应力约束的最优设计，而且迭代次数少效率高。

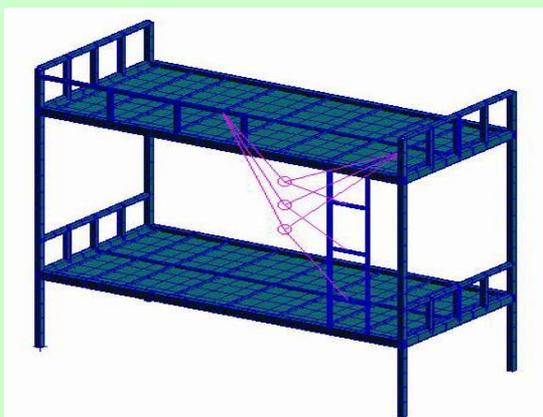


上下铺床的照片

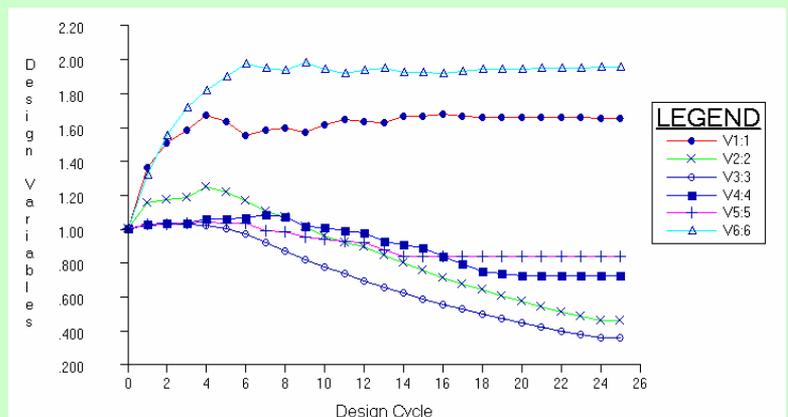
为了回答上下铺床是否安全的疑问，我们进行了数值实验。

结果表明：如果人在上铺跳到一定高度，床的安全性就受到威胁。优化软件帮了大忙，使我们得到了既经济又安全的结构。

这一过程使我们更清晰的认识了结构的力学性能，对力学知识和优化理论有了更深入的了解。



上下铺床的模型



设计变量的变化曲线

根据上下铺床结构的对称性，取了6个设计变量，优化后，应力大的构件变大，应力小的构件变小，各构件应力趋于均匀；由于初始设计不是可行解，最优解的结构重量有所增大。

## 彩虹桥的模态分析

02级 刘涵

摘要：运用ANSYS有限元分析软件，对重庆綦江彩虹桥进行模态分析，从而得到彩虹桥的固有频率，并与武警战士经过时产生的频率相比较，从而证明彩虹桥的倒塌不是由于武警战士经过时产生的共振引起的。

“彩虹桥”系綦江县形象工程，形似彩虹而得名，该桥跨越长江支流——綦河，连接城东城西，于1994年11月5日开工建设，1996年2月16日竣工，桥净跨120米，宽7.6米，耗资368万。1999年1月4日晚6时50分左右，彩虹桥整体垮塌，包括18名年轻武警战士在内的40人遇难。一些人怀疑彩虹桥的倒塌与共振现象有关。

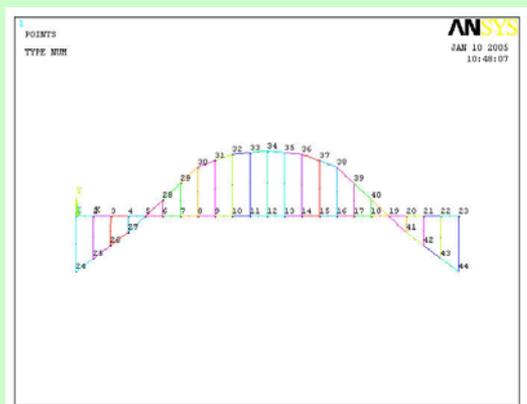


彩虹桥建成剪彩时的热烈景象

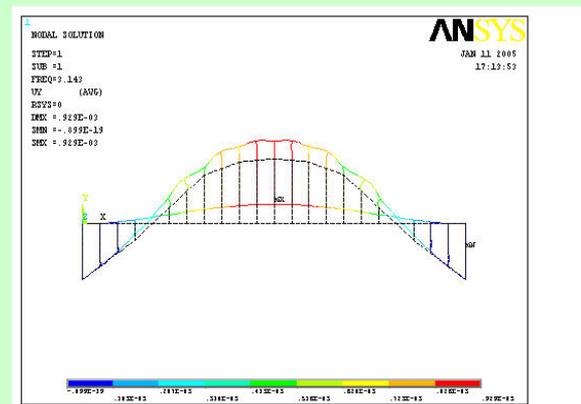


1999年1月4日彩虹桥垮塌，40人遇难

通过对彩虹桥进行模态分析，得到彩虹桥的第一阶固有频率为3.1435Hz，固有频率随着阶数的增加而增加。武警战士经过彩虹桥的频率约为1Hz，与彩虹桥的固有频率不可能相等。因此彩虹桥的倒塌并不是由于武警经过时的共振现象引起的。



彩虹桥有限元模型



彩虹桥第一阶振型

## 塔式起重机在工程运用中的受力分析

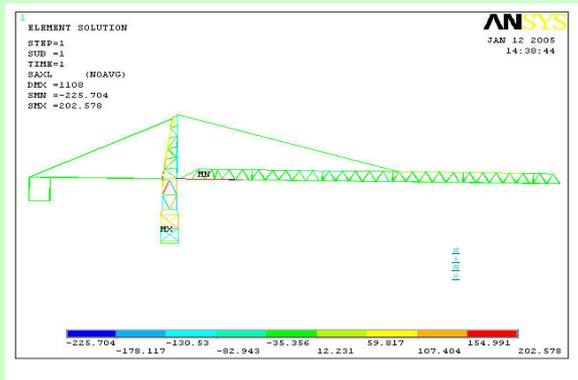
02级 田祺

**摘要：**塔机是高空作业的特殊机械，对安全性、可靠性要求很高，在施工中塔吊不但受所运输货物的作用，还要受天气条件的制约。风对施工的影响主要表现在风力较大时，高空塔吊不能转动自如，甚至可能发生塔吊出轨、翻倒事故，本文主要分析风载的影响。

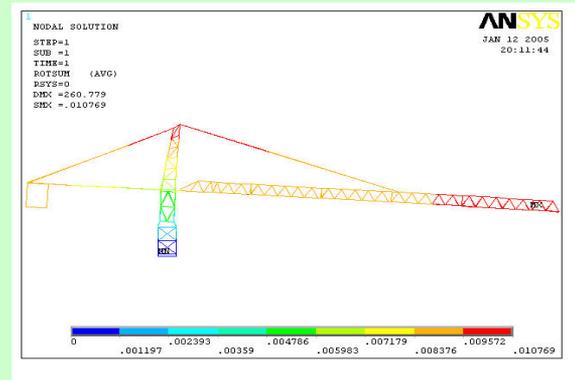


塔式起重机

从风力从3到7级的分析来看，随着风速的提高，风压的变化远大于风速，而距地表50米空中的风级往往比地表大3到4级，塔式起重机其塔臂高度也在30到40米左右乃至更高。5级风能使塔吊前端在水平方向上发生0.5米左右的偏移，在施工过程中影响较大。7级风会使塔臂前端产生1米的偏移，变形较大。对施工的影响主要表现塔吊不能转动自如，甚至可能发生出轨、翻倒事故。所以有6级大风应提醒建筑工地尤其是塔式起重机注意安全。



七级风时的应力云图



角速度为0.2时的位移云图

### 结论

在转动过程中的离心力和转速以及所挂重物的质量有关，所以一般塔吊的转速都不快，不超过0.84转/分。

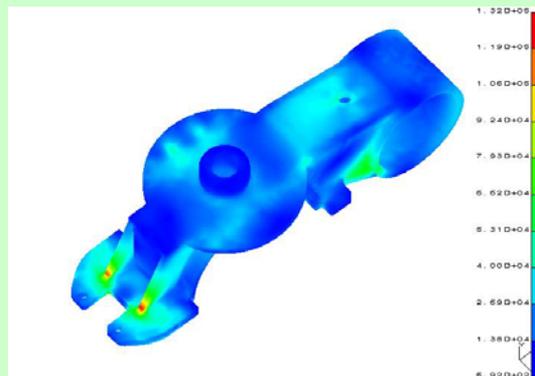
塔式起重机高空作业应尽量不使用高转速。风力过大时不进行作业为好，以保安全。

## 机动车转向器前端支撑部筋板的拓扑优化分析

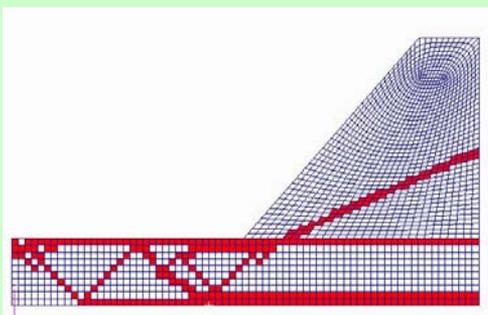
02级 郭跃

摘要：运用MSC/Patran、MSC/Nastran有限元分析软件，对机动车转向器前端支撑部筋板进行拓扑优化设计，得到了不同筋板设计的拓扑优化结果，给出了几种不同情况下的应力云图，通过分析可以得到引入倒角可以有效减小应力集中。

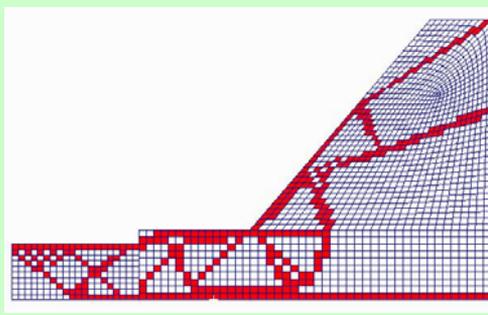
机动车转向器在进行应力分析时，发现支架的根部应力比较大，而且支架的重量比较大，所以想从降低制造成本，提高力学强度性能的角度对此模型进行优化分析。本项目是为大连交通大学提供的转向器模型进行拓扑优化设计，利用叶红玲博士的连续体结构拓扑优化设计软件对筋板的形状进行了优化，从而为转向器的选型提供理论依据。



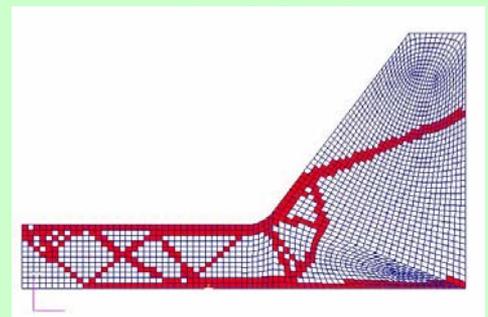
机动车转向器应力云图



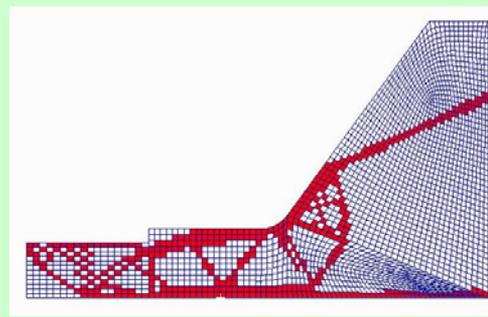
无倒角无阶梯的机动车转向器前端支撑部筋板拓扑优化结果



无倒角有阶梯的机动车转向器前端支撑部筋板拓扑优化结果



有倒角无阶梯的机动车转向器前端支撑部筋板拓扑优化结果



有倒角有阶梯的机动车转向器前端支撑部筋板拓扑优化结果

由拓扑优化的结果可以看到，有无倒角和阶梯，对力的传力路径影响很大，最终的筋板结构经过优化之后类似于桁架结构。由应力云图可以看出最大应力发生在层差处，而底板与筋板的连接处应力不是很大，所以引入倒角可以有效地缓解应力集中，为下一步的尺寸优化做好了铺垫。

## 双杠的力学性能研究

02级 陈文 张竹筠 徐征峡 张頔

### 研究问题

- 1 人在双杠运动，变形较大。静载时水平位移？对弯曲应力及变形公式的影响？
- 2 位移互等定理是否成立？
- 3 双杠是铰链还是固定连接？
- 4 截面为何采用椭圆形薄壁结构？
- 5 不同支撑形式的受力状况？



选择学校操场上双杠做实验



双杠上贴片位置及加载方式

### 实验结论

- 1 理论计算表明：当变形较小时，水平位移可忽略，由此引起的应力变形亦可略去；
- 2 通过实验数据分析，双杠为铰链连接；
- 3 通过不同的加载点测量位移与应变，验证了位移互等定理；
- 4 双杠为椭圆形薄壁截面，与圆截面相比，除了便于人运动外，抗弯性能好，同时闭口薄壁杆件，抗扭性能好，重量轻。
- 5 不同的支撑方式，主要为调节两杠之间的宽度，其力学性能均可达到要求。



双杠实验中的四兄弟



研究不同的支撑形式

## 城市轻轨的力学性能研究

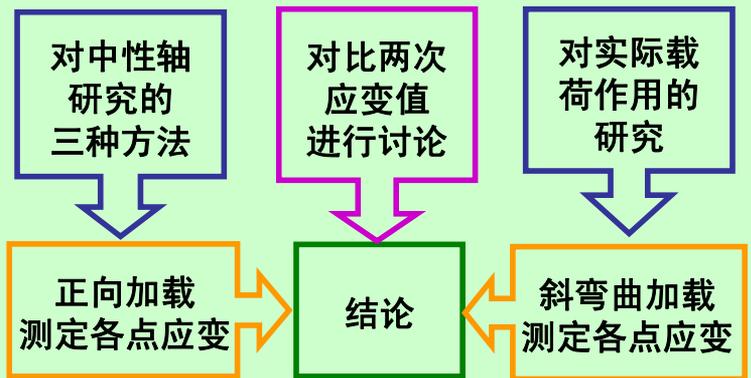
01级 张健 刘鑫 李天苑

### 研究问题

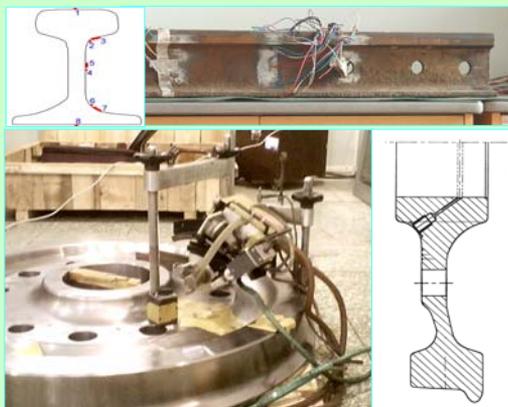
- 1 轻轨材料的力学特性 $E$ 、 $\nu$ 测定
- 2 截面各部分的应力分布特性，腹板上的切应力
- 3 轻轨结构形式及几何参数
  - ✦ 截面为何采用不对称工字钢
  - ✦ 中性轴位置及惯性矩如何确定
  - ✦ 连接孔为何不位于腹板几何中心处
- 4 轻轨受力特性：模拟实际载荷的作用形式——设计斜弯曲加载方式



### 轻轨的不对称截面特性——研究思路



### 自行设计的斜弯曲加载方式



发表于北京力学学会第十届学术年会

撰写“轻轨铁轨受力状况测定”论文



在力学年会上宣讲论文

实验：火车车轮残余应力测试  
讨论：车轮与轻轨的配合方式

## 钢质网状可变球型机构三维力与变形测量

03级 杨颂 李谦

### 研究问题——临床应用中尚存在的问题

- 1 机构植入后是否会破坏脊椎腔壁？
- 2 施加多大的力支撑脊椎？
- 3 在何种约束条件下对机构加力(工作效率)？
- 4 缺少驱动力与位移变化的定量关系。



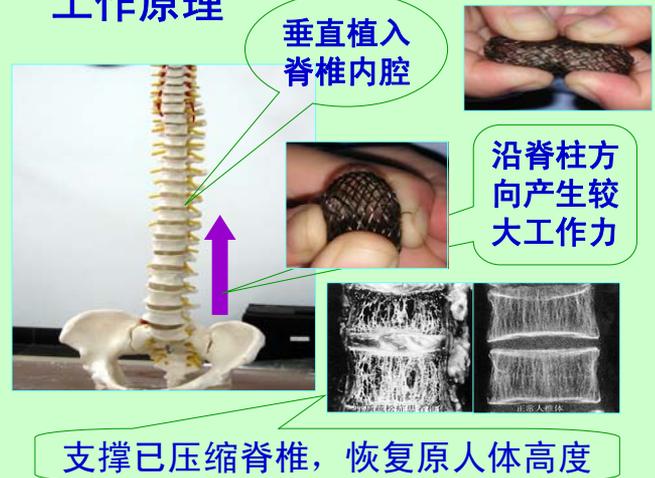
实际科研课题

301医院攻关项目

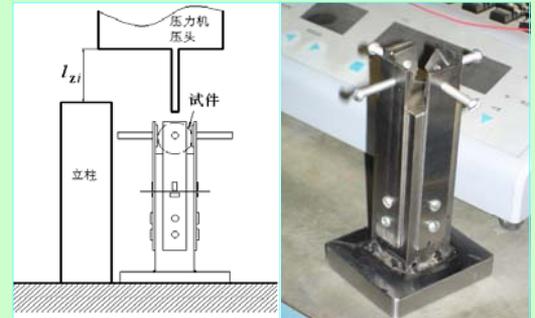


进行加载实验

### 工作原理



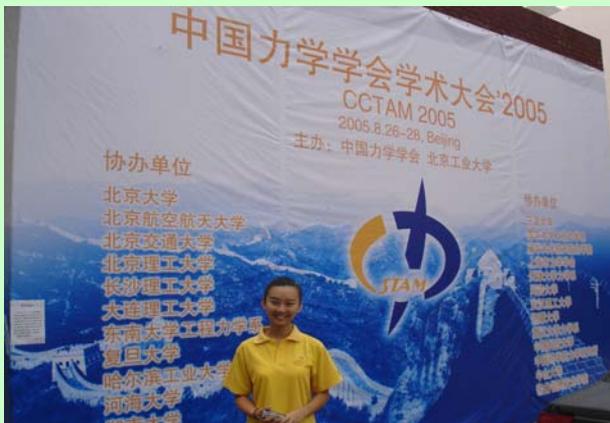
支撑已压缩脊椎，恢复原人体高度



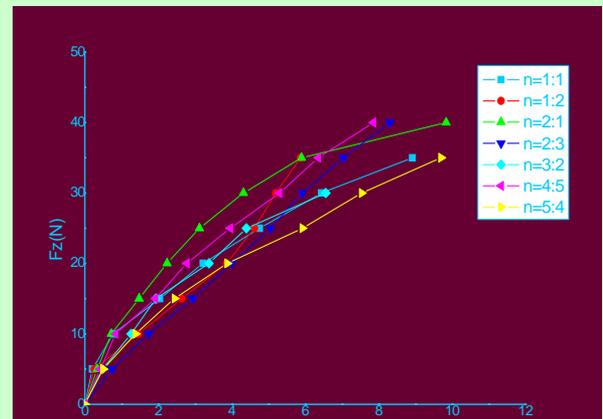
自行制作测量传感器

### 成果

- ✓ 撰写论文《实验力学》录用
- ✓ “21世纪杯”学生课外科技论文大赛特等奖
- ✓ 星火基金重点项目成功立项、结题



2005中国力学大会分组会上发言



实验结果

## 梯子的力学性能研究

04级 曹旭 刘晓勇

梯子——生活中常见的登高工具。

自从被人类发明后，其形状未发生过太大变化，可是，由于某些问题的存在，导致梯子在使用时发生意外伤害的事故屡出不穷——



梯子上共贴35个应变片



### 研究问题

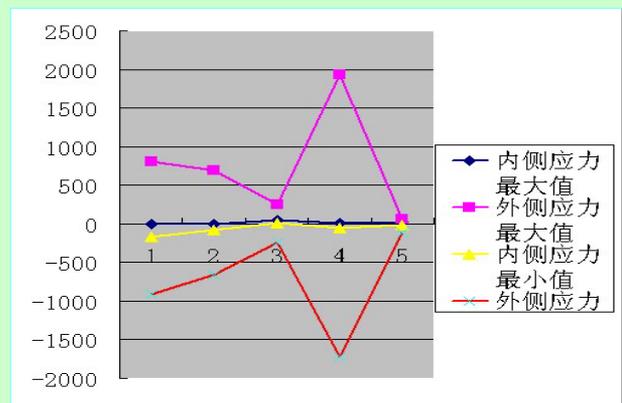
人上梯子时安全吗？

- ✚ 梯子内、外侧应力比较；
- ✚ 梯子前、外侧应力比较；
- ✚ 梯子同侧不同高度比较。

用3个应变片组成应变花

### 实验结论

- 梯子的外侧和前侧受力较为集中；
- 上梯子的过程中，主杆受力变化不大；
- 脚踏板承受较大载荷。梯子下绳带起辅助作用并不直接受力。



实验结果

## 冰箱压缩机阀片滚磨加工后残余应力分析

**背景:** 压缩机工作时进气排气系统往复循环，  
吸气排气阀片往复运动频率2500/分

04级 程海洋 李延光 余越 付庆云

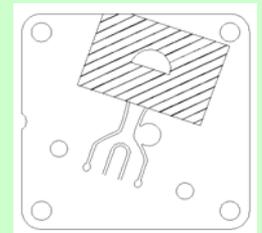
**目标:** 寻找最佳工艺，提高阀片寿命



**X射线应力仪器**



**压缩机冰箱阀片  
实际科研课题**



**测量方案  
采用铅皮遮挡**

**研究问题:** 多组试样残余应力分布规律比较

- 1 各组试件表面残余应力
- 2 各组试件沿不同深度的残余应力规律
- 3 不同深度的获取、测量方案
- 4 绘制残余应力分布曲线，讨论最佳方案

**猜想:** 通过增加阀片表面的压应力，可提高阀片抗冲击能力

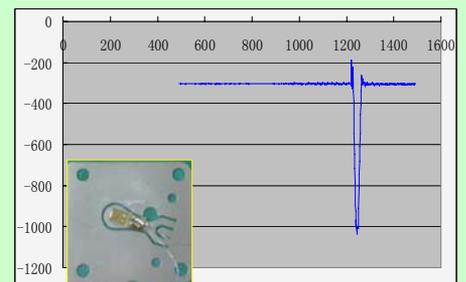
**设计补充实验:** 模拟阀片在工作时受冲击



**自制的冲击试验台**

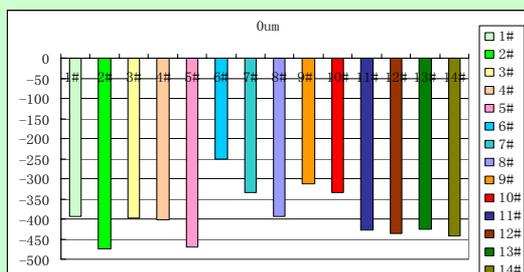


**动态应变仪**

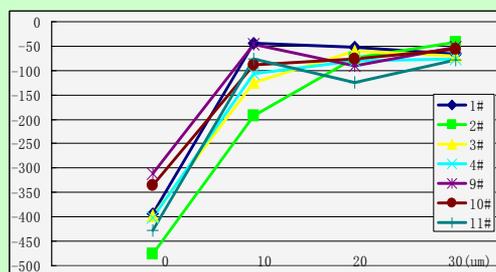


**阀片冲击动应力结果**

在相同冲击情况下，试件压应力越高，其冲击引起的变形越小——猜想是正确的！



**各组试样表面残余应力分布比较**



**残余应力沿深度的分布规律**

**结论**  
2号试件的  
工艺最佳

## 组合梁式桁架结构不同加载方式的受力分析

04级 贾新娜 张硕 廖瑾 顾鹏

### 研究问题

- 1 组合梁式桁架的受力特性：在不同载荷（一点集中加载、两点集中加载、均布载荷）下的应变
- 2 两种加载情况下的应力比较
- 3 验证几个假设的正确性



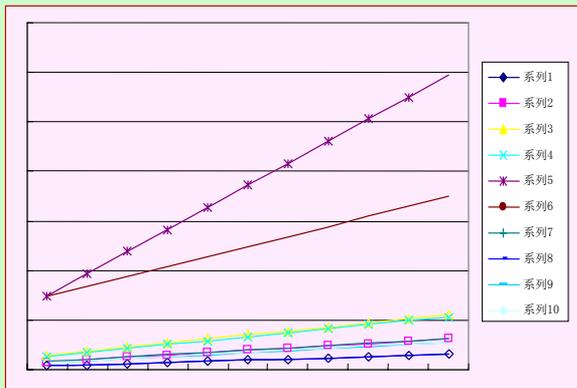
桁架在桥梁中广泛应用



自己动手制作的桁架



在“多功能加载架”上加載



实验结果

从实验及理论上验证了桁架计算中假设的正确性

### 结论

- 1 实际工程中用双角钢对接组成桁架，采用高强螺栓连接；可简化成光滑铰接
- 2 整个组合桁架中间杆件，实际上不仅有轴力，在螺栓铰接处存在一定剪力，但整体桁架则以轴力影响为主
- 3 角钢的受拉性能远比受压性能好，在结构中应受拉，更能充分发挥材料优势

## 赵州桥的秘密

04级 白秀龙 赵文军 陈建璋 聂雪峰

### ——拱形梁相对于直梁的优越性

#### 工程背景

赵州桥距今已1400年，长64.40米，跨径37.02米，是当今世界上跨径最大，建造最早的单孔敞肩型石拱桥。经历了10次水灾，8次战乱和多次地震，为什么赵州桥能历久不倒？

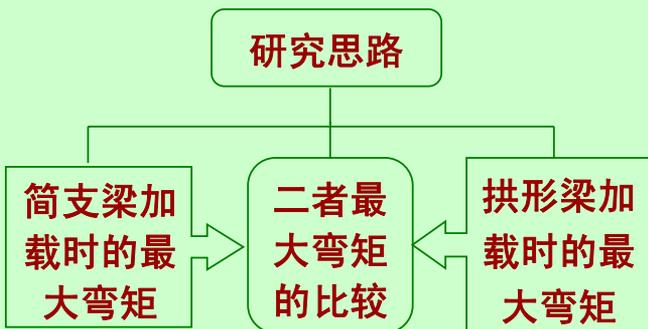
拱形桥与直梁桥各有何特点？结合我们的专业，希望通过实验得出拱形结构的优越性。



直梁桥实例

拱形桥实例

#### 研究思路

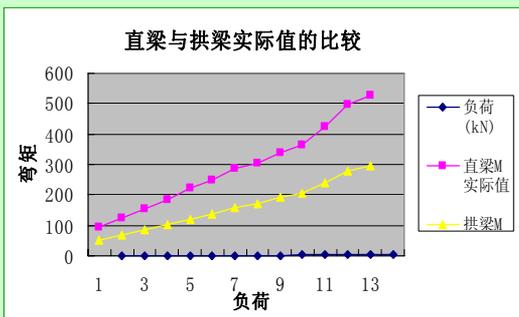


#### 研究问题

- 1 拱形梁与直梁的差别
- 2 拱形梁与直梁在工程中哪种能够承受更大的载荷
- 3 相同载荷的情况下，不同结构的梁哪种构型更为实用

#### 实验结论

在相同载荷作用下，考察梁中点处最大弯矩：拱形梁比直梁小得多，相差近50%，由此可见，拱形梁可以承受更大的载荷。



直梁与拱形梁的结果对比



在试验机上加载



自行制造的拱形梁试样

#### 操作过程

利用一个圆柱形钢柱，将直钢片压成拱形，实现直梁与拱形梁的对比。

## 臂力棒的受力分析

04级 魏鹏巍 曹思循 窦磊 王洪超

### 问题的提出

臂力棒作为日常生活中的健身用品，已为大多数人所接受，在使用的同时，我们对其工作原理产生兴趣，并对其安全问题产生疑问。



测量用的动态应变仪



健身用的臂力棒

### 研究问题：臂力棒安全吗？

- 1 对臂力棒中部弹簧弯曲进行应力分析
- 2 静态弯曲时的应力水平？
- 3 运动时弹簧弯曲段的最大动应力？

### 加载方案

- 静态：预先将臂力棒弯曲成要求形状，放置在加载小车上
- 动态：用人工完成一次臂力棒弯曲过程，由动态应变仪测试



测量臂力棒的静态性能

### 贴片方法

沿三个方向贴片：  
 $\pm 45^\circ$   $90^\circ$  方向

### 实验结论

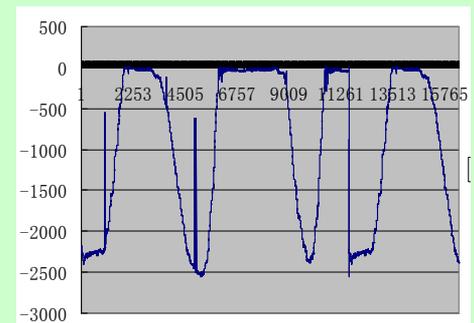
- 1 动荷系数约为2.5；
- 2 两种情况下均能保证安全工作。



测量臂力棒的动态性能



正在操作仪器



动态应力测试结果