

# 机械设计基础



# 教材及参考书



- 主教材:

- 习题册:

- 参考书:



《机械设计基础》  
李立全 庞永刚 杨恩霞 主编  
哈尔滨工程大学出版社

《机械设计基础》  
杨可桢 程光蕴等 主编  
高等教育出版社



# 绪论



1 本课程研究的对象和内容

2 本课程在教学中的地位

3 机械设计的基本要求和一般过程

4 本课程的学习过程和成绩构成

## 重 点

机器、机构、机械的概念，  
机器和机构的区别，零件和构件的区别



# § 1 本课程研究的对象和内容



## 机械

机械是人造的用来减轻或替代人类劳动的多件实物的组合体，是机器和机构的总称

## 机器

机器是指一种执行机械运动的装置，可用来变换和传递能量、物料和信息。

## 构件和零件

构件是最小的运动单元。  
零件是最小的加工制造单元。

## 机构

机构是能够传递或变换运动(或力)的特定构件组合体。

*What*



# 机械的发展



## 简单机械

尖劈、杠杆，斜面

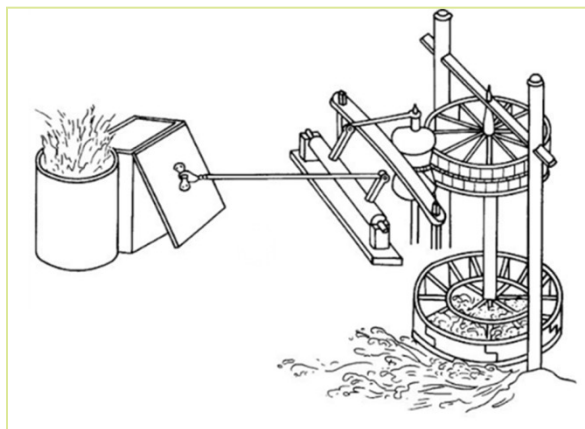
省力



## 古代机械

自然力：畜力，水，风等  
战车、水排、指南车

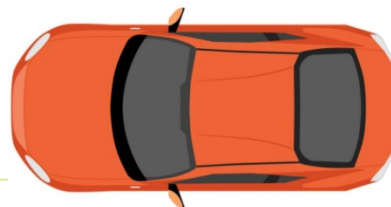
自然力



## 近代机械

18世纪第一次工业革命  
19世纪中叶第二次工业革命

机器时代  
电气时代



## 现代机械

## 工业4.0时代

新能源、新材料、新技术  
生物技术、空间技术

信息化  
智能化





# 机械的创新



以交通工具的发展变化为例

纵向飞跃（动力输入，运输能力产生的飞跃）



思维创新导致交通工具的飞跃

横向改进（从车体入手，运输能力产生量的改进）

马车

科学思维始终贯穿于科学研究的全过程。没有思维的创新，就不可能有科技的进步。



# 典型机器分析



## 内燃机

1 箱体 2 活塞 3 连杆 4 曲轴  
5、6 齿轮 7 凸轮 8 推杆

活塞2、连杆3、曲轴4

连杆机构

齿轮5、齿轮6

齿轮机构

凸轮7、推杆8

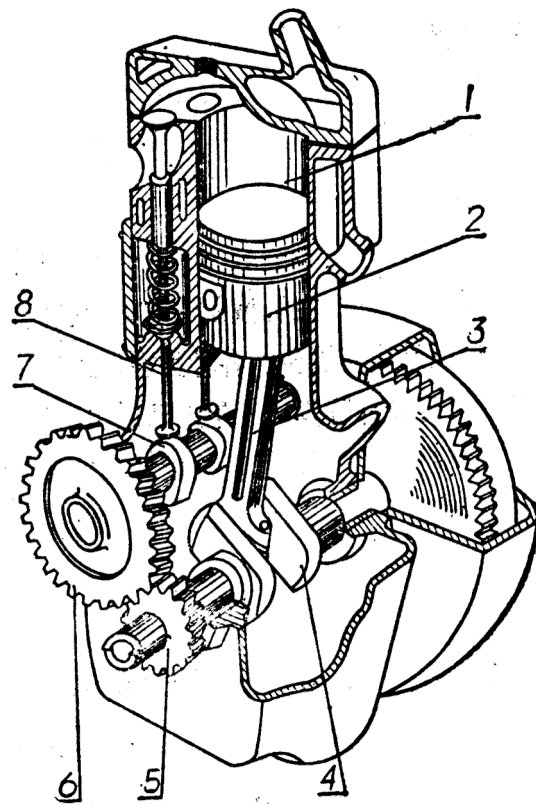
凸轮机构

箱体1+

连杆机构

齿轮机构

凸轮机构



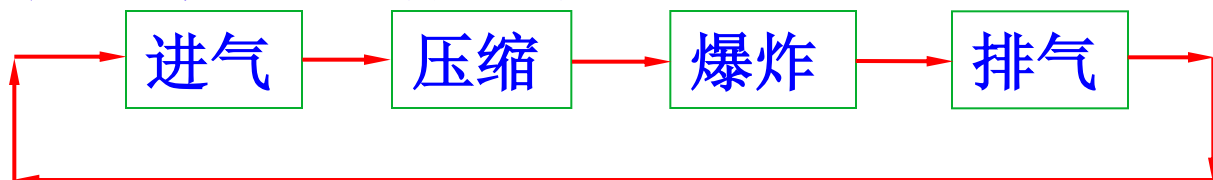
内燃机

内燃机

# 典型机器分析



内燃机的工作过程：



工作原理：

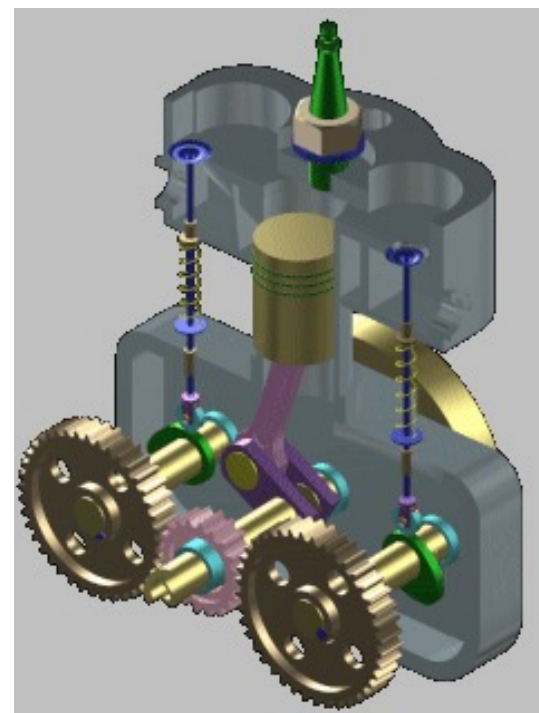
1. 活塞下行，进气阀开启，混合气体进入汽缸；

2. 活塞上行，气阀关闭，混合气体被压缩，在顶部点火燃烧；

3. 高压燃烧气体推动活塞下行，两气阀关闭；

循环运动的结果，使曲轴输出连续的旋转运动

4. 活塞上行，排气阀开启，废气被排出汽缸。



内燃机





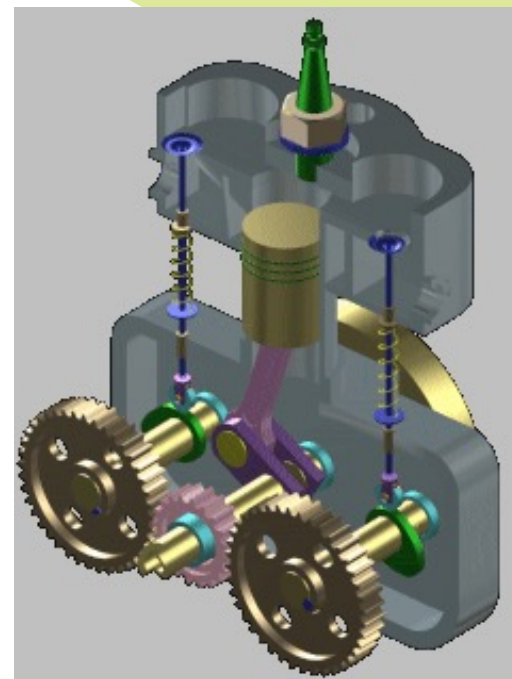
# 典型机器分析



## 内燃机

活塞的往复运动通过连杆转变为曲轴的连续转动，称为：**曲柄滑块机构**

凸轮和顶杆用来启闭进气阀和排气阀；称为：**凸轮机构**



两个齿轮用来保证进、排气阀与活塞之间形成协调动作，称为：**齿轮机构**

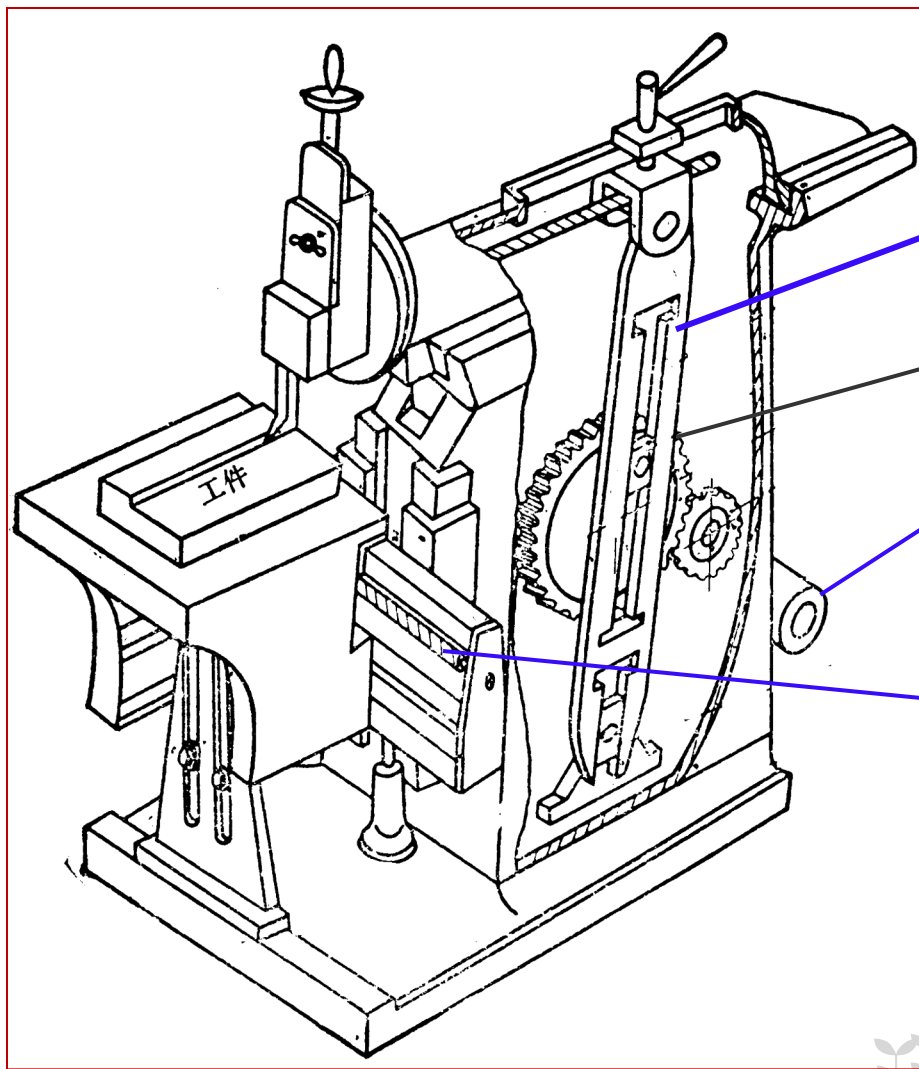
各部分协调动作的结果：**化学能**  **机械能**



# 典型机器分析



## 牛头刨床



连杆机构

齿轮机构

电动机

螺旋机构



# 机器的共同特征：



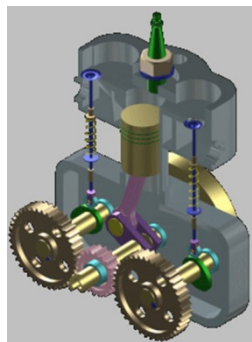
- (1) 人造实物的组合体—**结构**
- (2) 机器中各个构件之间具有确定的相对运动—**运动**
- (3) 能够实现能量的转换或作有用的机械功—**能量**

## 说明：

- (1) 同时具备3个特征的称为机器，不具备第3种特征称为机构。
- (2) 机器可以由一种或多种机构组成。  
一种机构如电动机，鼓风机；多种机构如内燃机。



电动机



内燃机



# 机器的分类:



**原动机**—实现能量转换（如内燃机、蒸汽机、电动机） 种类有限

**工作机**—利用机械能来完成有用功的机器（如机床、纺织机、印刷机、包装机等） 种类繁多

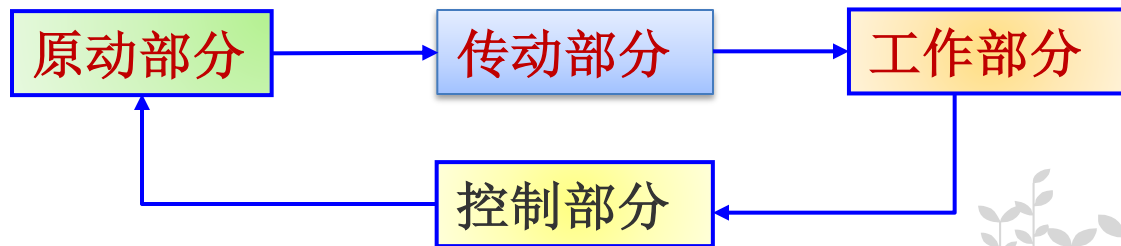
## 工作机的组成:

**原动部分**—是工作机动力的来源，最常见的是电动机和内燃机。

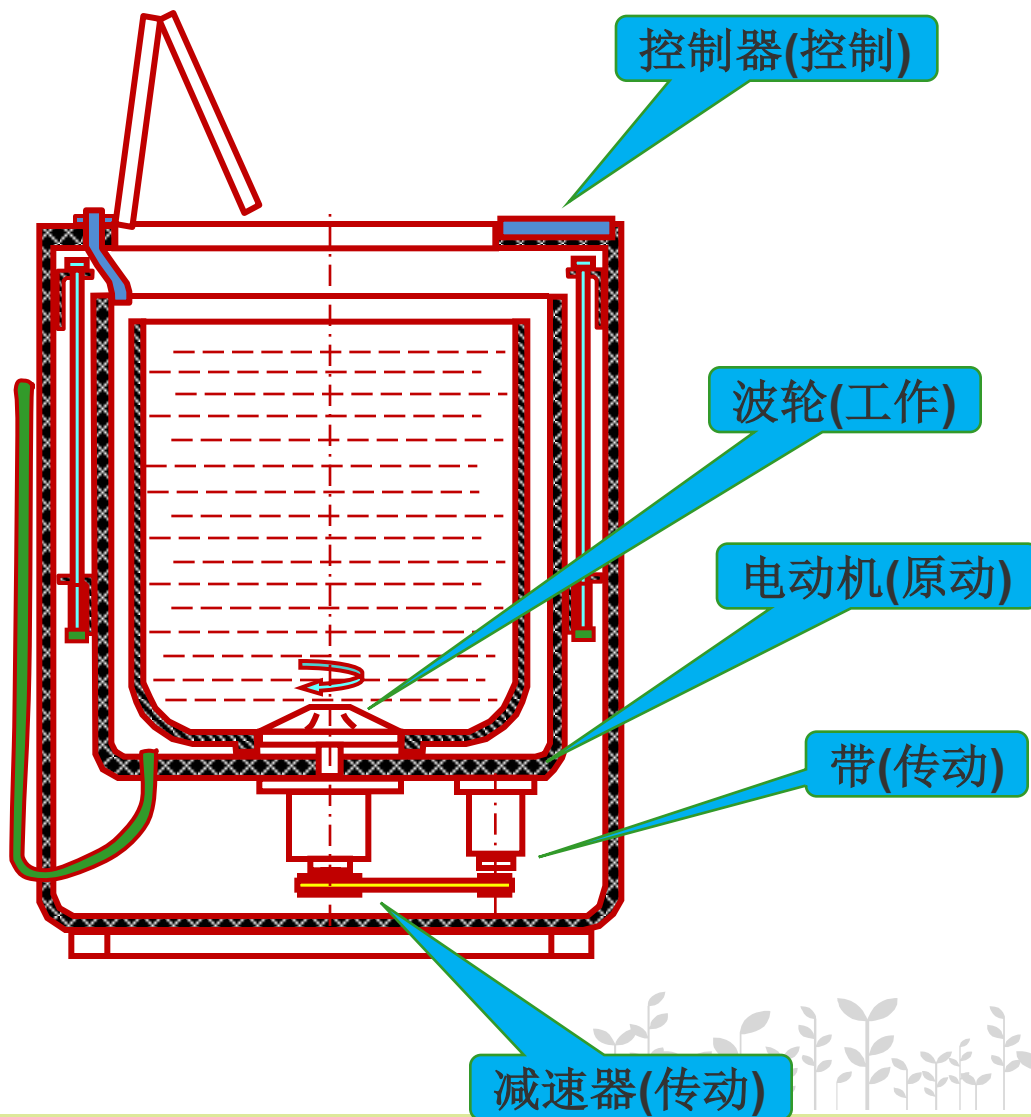
**工作部分**—完成预定的动作，位于传动路线的终点。

**传动部分**—联接原动机和工作部分的中间部分。

**控制部分**—保证机器的启动、停止和正常协调动作。 其关系如下



# 分析自动洗衣机的组成：



# 机构



## 机构的特征：

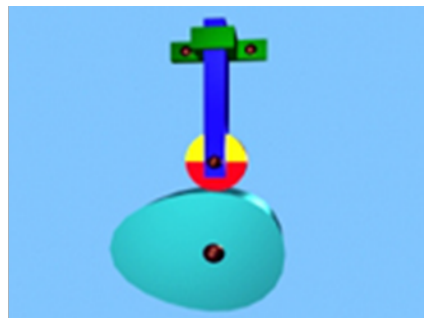
- (1) 是一种通过加工制造而成的机件组合体。——结构
- (2) 各个构件之间都具有确定的相对运动。——运动

**机构的定义：**能够传递或变换运动(或力)的特定构件组合体。

## 常用机构



连杆机构



凸轮机构

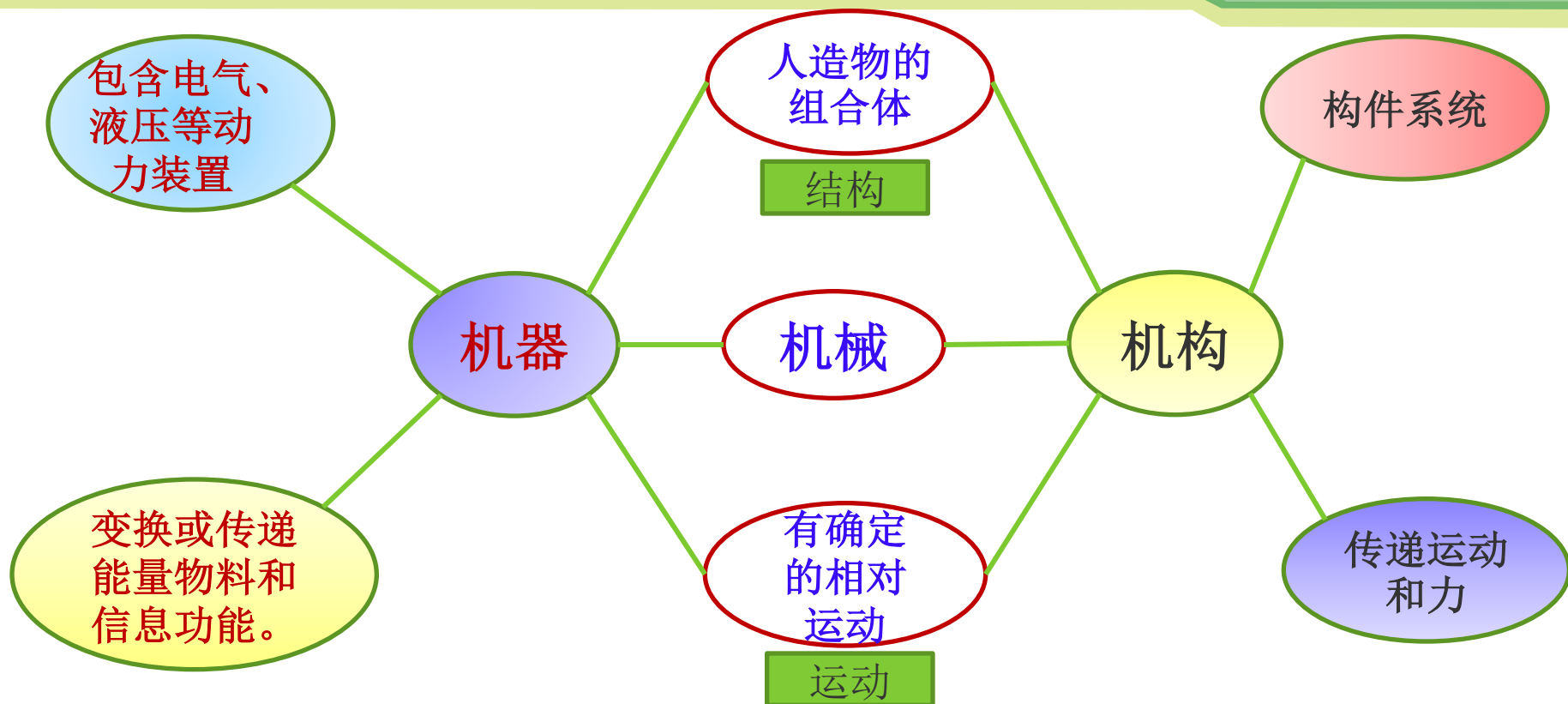


齿轮机构





# 机器与机构的关系：由两个实例推广到一般



任意复杂的机器都是由若干组机构按一定规律组合而成的。

实际机器的种类有成千上万种，但机构的种类确有限。类似关系：化合物与化学元素

机器与机构在结构和运动方面并无区别（仅作用不同），故统称为**机械**。

人造的组合体、有确定的相对运动

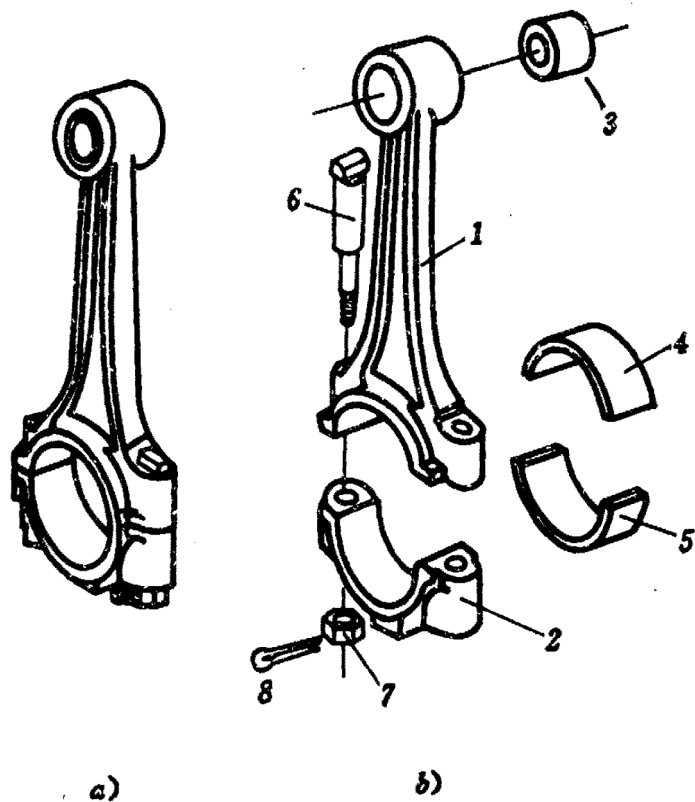


# 机构的组成：



——机构是由**构件**联接而成的。

**构件：**——机构中独立运动的刚体，**最小的运动单元。**



连杆是**内燃机**中的一个**构件**，它由连杆体1、连杆盖2、轴瓦3、4和5以及螺栓6、螺母7、开口销8等零件构成。

**构件是由零件组成的。**



# 构件与零件:



**构件:** 最小的运动单元。

**零件:** 最小的加工制造单元。



曲轴: 一个零件。



连杆: 若干零件刚性组合。

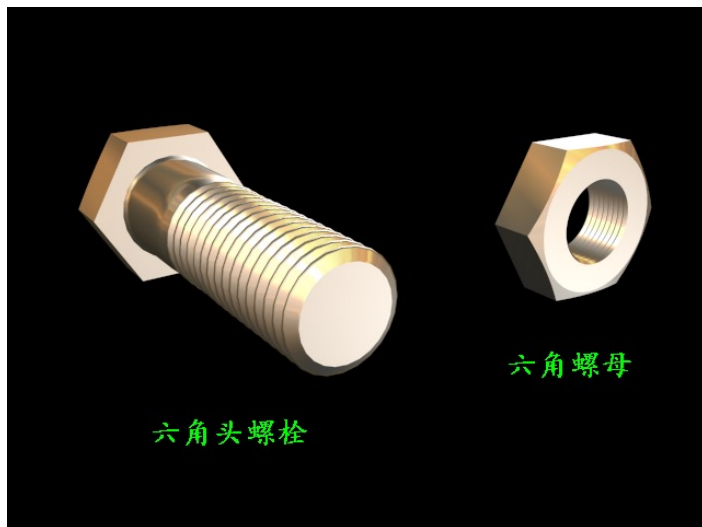
构件 { 一个零件  
          多个零件



构件 ≠ 零件

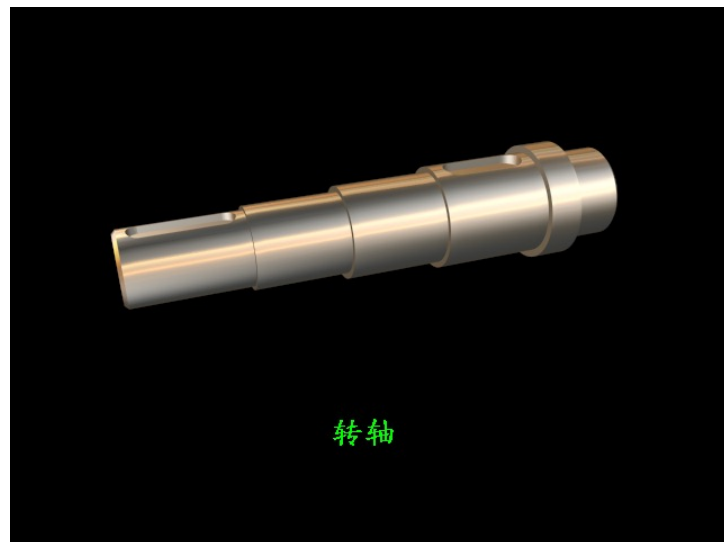


# 几种典型的机械零件

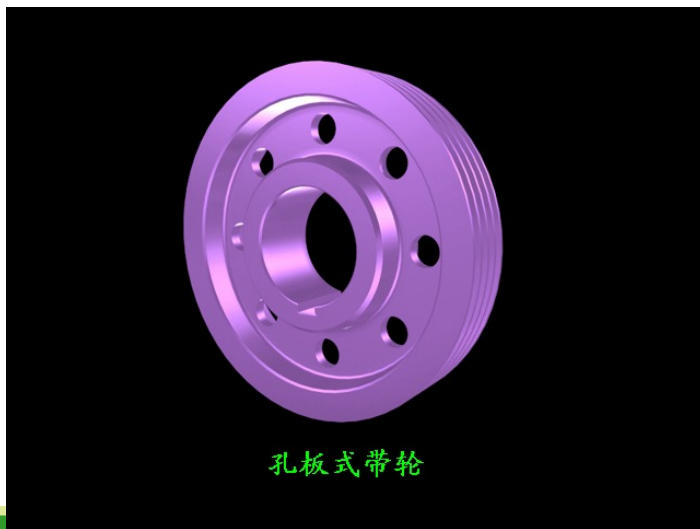


六角头螺栓

六角螺母



转轴



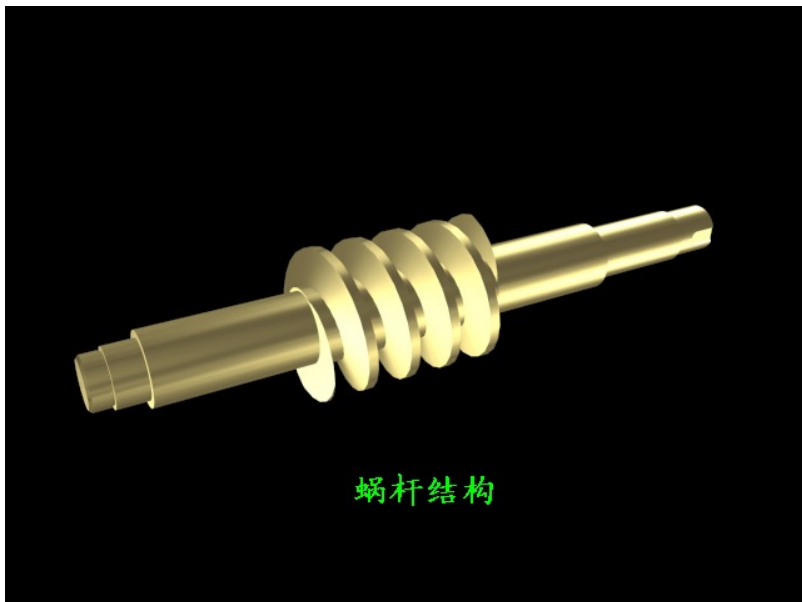
孔板式带轮



实心式齿轮



# 几种常用构件



- 从运动学角度，组成机构的最小运动单元，构件。
- 从加工制造角度，组成机构最小的制造单元，零件。

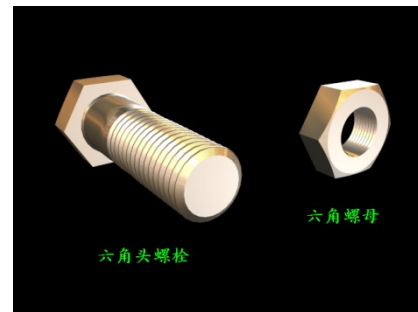
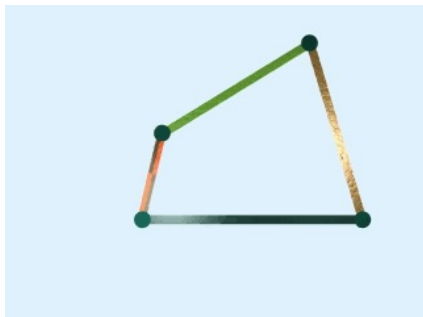
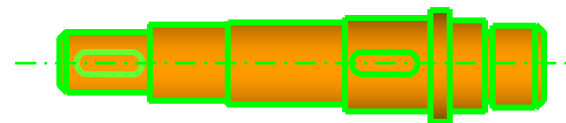


# 本课程内容



基 本 原 理	} 结构分析（机构的组成）	} 机械原理
	} 强度和刚度分析（材料力学）	} 机械设计

机械设计基础主要研究常用机构和通用零件的工作原理、结构特点，基本的设计理论和计算方法。







# 目录

- 绪论
- 第 1 章 平面机构的自由度和速度分析 (机构的简图及其自由度的计算)
- 第 2 章 平面连杆机构
- 第 3 章 凸轮机构
- 第 4 章 齿轮机构
- 第 5 章 轮系
- 第 6 章 其他常用机构
- 第 7 章 机械运转速度波动的调节
- 第 8 章 回转件的平衡
- 第 9 章 机械零件设计概论
- 第 10 章 连接
- 第 11 章 齿轮传动
- 第 12 章 蜗杆传动
- 第 13 章 带传动及链传动
- 第 14 章 轴
- 第 15 章 滑动轴承
- 第 16 章 滚动轴承
- 第 17 章 联轴器、离合器和制动器
- 第 18 章 弹簧

(常用机构的分析与设计)

(机械的动力学)

(机械设计)



# § 2 本课程在教学中的地位



## 一. 本课程的地位、作用及任务

### • 地位

研究**机械基础理论**的一门科学，是机械类各专业的一门主干技术基础课程。在创新设计机械所需的知识结构中占有核心地位。

### • 任务

掌握机构学和机器动力学的基本理论、基本知识和基本技能，学会各种常用基本机构的分析和综合方法，并具有按照机械的使用要求进行机械传动系统方案设计的初步能力。

### • 作用

为学习相关技术基础和专业课程起到承前启后的作用，为今后机械设计和研究工作起到增强适应能力和开发创新能力的作用。



# § 2 本课程在教学中的地位



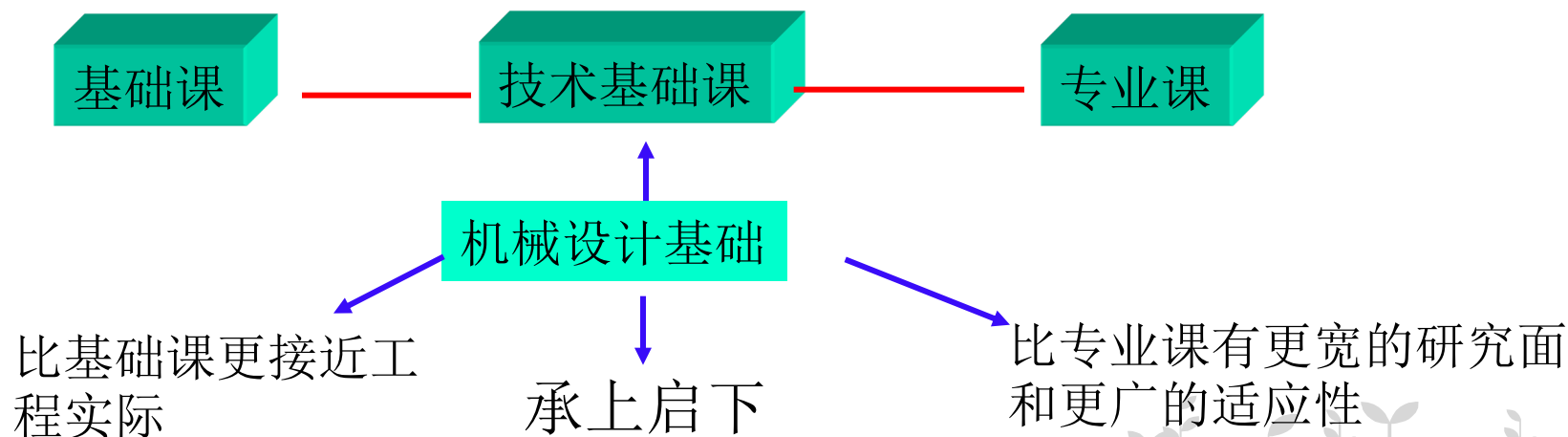
## 二. 本课程的性质、特点及学习要求

### • 课程性质：

自然科学基础必修课（技术基础课）

### • 课程特点：

- 具有工程特色的、极为重要的技术基础课，是运用机械、创新机械的根本。
- 先修课程：高等数学、大学物理、理论力学、工程制图等。



# 学习方法：



## ■ 掌握本课程的特点

不同于理论课，也不同于专业课，具有一定的理论性和逻辑性，和较强的工程实践性特点。注重掌握基本概念，基本原理和机构分析与综合的方法。

## ■ 注重理论联系实际

着重研究一般机械的共性问题。即机构的分析与综合的基本理论和基本方法。注意在理论上建立和推演的严密性和逻辑性；注意如何在工程实践中的应用；留意各种机械，丰富自己的感性认识。

## ■ 逐步建立工程观点

学习时，对名词正确理解含义；对公式着重于应用；对方法则应重点掌握基本原理和做法。（倒置、反转、转化、等效，当量，解析法，实验法，图解法，试凑法等）

## ■ 认真对待每个教学环节

本课程的完成需要通过自学、听课、习题课、实验课、课后作业、答疑和考试等教学环节，必须对各教学环节给予充分的重视。

## § 3 机械设计的基本要求和一般过程



机械设计——规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机械的性能。

基本要求：在满足预期功能的前提下，性能好、效率高、成本低、安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观。

机械设计的内容：

1. 确定机械的工作原理，选择合宜的机构；
2. 拟定设计方案；
3. 进行运动分析和动力分析，计算各构件上的载荷；
4. 进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。





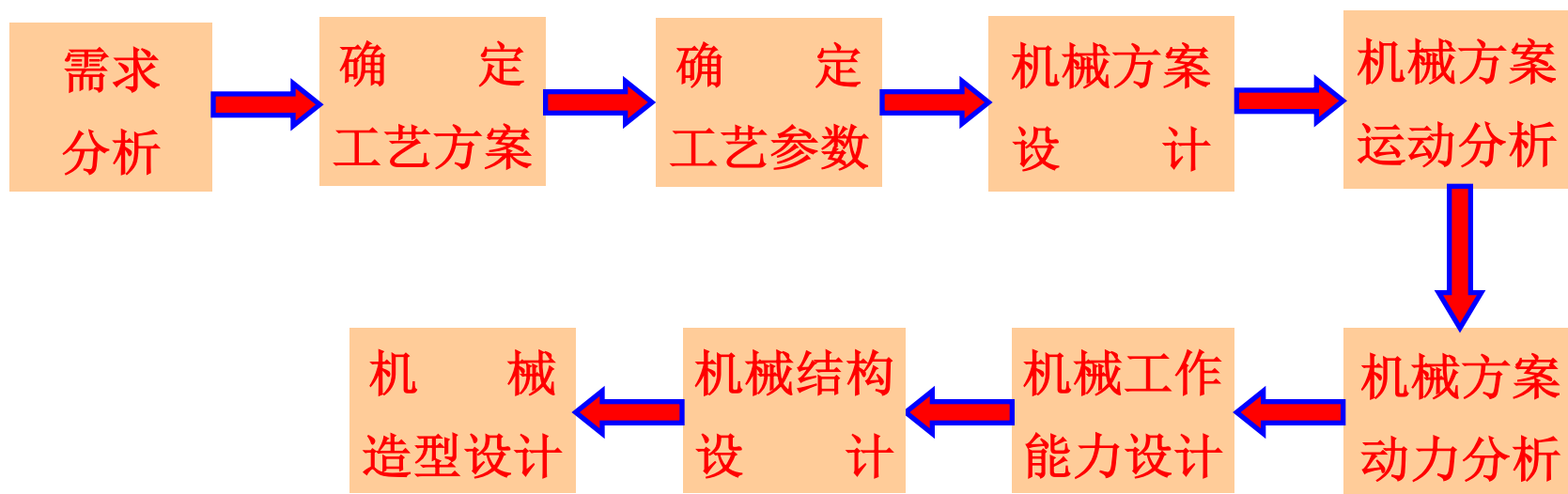
## 注意处理好几个关系：

- 零件的设计与选用  
——零件设计的两个主要途径。
- 设计计算与结构设计  
——设计决非只是计算，同学更应重视结构设计的学习。
- 性能要求与经济性  
——永远是一对矛盾，应学会合理地解决这一对矛盾。
- 经验设计与现代设计  
——二者均重要，前者是后者的基础。
- 具体的设计与一般的设计能力  
——前者是学习的形式，后者是学习的目的。





# 机械设计的一般过程:



# 课程安排:共32学时



## 教学基本进度

教学(含实践)学时	主要教学内容	说明
1~2	绪论;机构的组成、运动副的概念及分类	授课
3~4	平面机构运动简图的绘制;平面机构自由度的计算	授课
5~6	平面机构自由度计算的注意事项;平面连杆机构的基本形式	授课
7~8	平面连杆机构的基本特性	授课
9~10	凸轮机构的分类及其应用,常用的从动件运动规律,凸轮机构的压力角	授课
11~12	图解法设计盘形凸轮轮廓曲线;齿轮机构的特点和类型、齿廓啮合基本定律	授课
13~14	渐开线齿廓,齿轮部分名称及基本尺寸	授课
15~16	渐开线标准齿轮的啮合及切齿原理;轮系的分类及应用	授课
17~18	定轴轮系传动比的计算;间歇运动机构	授课
19~20	螺纹参数、连接的类型和应用,螺旋副的受力分析、效率和自锁;螺纹连接的预紧和防松	授课
21~22	螺纹连接的强度计算;键连接	授课
23~24	轮传动的失效形式、设计准则、常用材料及其热处理方法;圆柱齿轮传动的受力分析及强度计算	授课
25~26	设计圆柱齿轮时材料和参数的选取、齿轮传动的润滑和效率;带传动的类型、应用、受力分析、应力分析	授课
27~28	带传动的计算;轴的类型、材料和结构设计	授课
29~30	轴的强度计算;滚动轴承的特点、类型及代号	授课
31~32	滚动轴承的选择和寿命计算;联轴器和离合器	授课



# § 4本课程的学习过程和成绩构成



## 一、把握本课程的学习过程

- 1) 教师梳理各章节的内容及知识点，提前向学生发布学习内容，强调重点、难点、研讨题目并布置作业，**作业共15次**；
- 2) 学生根据教师事先发布的课程学习内容要求进行网上及线下学习；梳理学习内容中所提出的问题，手写形成文档，填写学号、姓名，拍照，作业文件名**学号-姓名-第\*\*次作业**，集中上传至网上课程论坛班级作业区，**上传时间为上课前1天前**；
- 3) 本门课**共16次课堂见面课**，课堂上师生针对事先布置的学习内容，**互动交流、答疑、研讨**；教师针对重点、难点内容进行讲解；
- 4) 线下教师通过网上**学习论坛、微信群、QQ群**等与学生交流问题；
- 5) 每章课程学习结束后学生需进行**网上章测试**，网上章测试只给1次机会，学生需严格按照章测试时间节点完成测试，即在本章结束后的**第2周之前**必须完成；
- 6) 课程全部结束的两周内进行**期末考试**。



# § 4 本课程的学习过程和成绩构成



## 二、本课程的成绩构成

### 期末考试

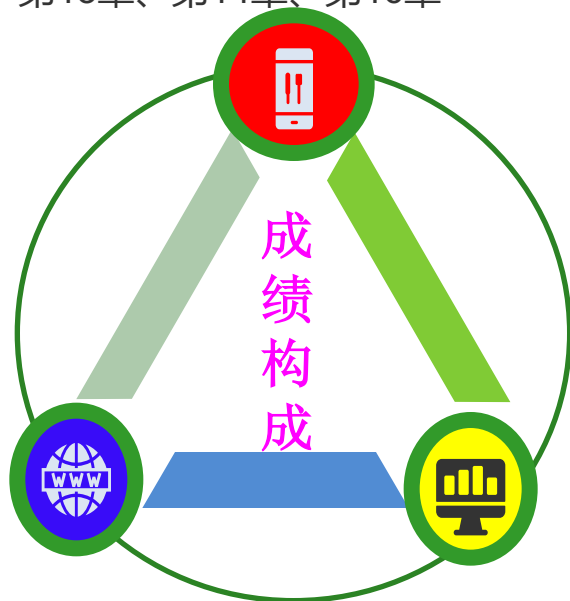
总分50分，占总成绩50%

包含第1章、第2章、第3章、第4章、  
第5章、第6章、第10章、第11章、  
第13章、第14章、第16章

### 网上学习成绩

总分30分，占总成绩30%，

包括学习进度成绩满分12分、  
章节测试成绩满分9分、  
期末测试成绩满分9。



### 作业成绩

20分，占总成绩20%

按照教学进度表共15次作业



# 本章小结



## 基本要求:

明确本课程研究的对象和内容，以及在教学中的地位、任务和作用。

## 重 点:

机械、机器、机构、构件和零件的概念；机器和机构，零件和构件的区别。



# 中国船用柴油机的发展历程——《中国船柴之路》



从一穷二白的大地启程





# 中国船用柴油机的发展历程——《中国船柴之路》



## 20世纪50年代： 依赖进口阶段

• 上个世纪50年代前期，解放前遗留下来的各型中、小舰船柴油机备件消耗殆尽、舰船面临停航，当时的中国几乎没有船用柴油机研发生产能力。

1951年底成立了海军配件试造委员会，中、小型私营企业与各船厂协作完成了各中、小型舰用柴油机配件的供应任务，仅限于仿制250kW以下高、中速小型船用柴油机。

50年代后期到70年代后期，此阶段主要引进苏联舰用柴油机。

## 1978年-90年代： 技术引进阶段

• 先后从丹麦MAN、瑞士SULZER（苏尔寿）（现芬兰WARTSILA瓦锡兰）、法国SEMT Pielstick（法制皮尔斯蒂克）等引进了大功率船用柴油机专利生产制造技术。

这些技术的引进使中国某些低速机生产水平达到了国际先进水平，例如大连川用柴油机厂的7S60MC-C，沪东重机的6K80MC-C等。

中国当前生产的中速机的机型中，大多数气缸的直径为200-300mm以内，除了90年代后期引进的新机型与国外产品的差距逐步缩小以外，大部分产品已趋于老化，市场竞争力逐步缩小。

## 如今：自主研发阶段

• 中国生产专利船用柴油主机始于改革开放初期，近年来呈现出快速发展的势头。

中国主要船用低速机企业由3家增至8家，产能达到1000万马力以上。

世界主要船用低速机企业生产能力排名显示，中国沪东重机、大连船柴、中船三井、宜昌船柴的排名分别为第5位、第6位、第8位、第12位。



# 中国船用柴油机的发展历程——《中国船柴之路》



- 中国船用柴油机的发展之路基本是产品进口-技术引进-联合生产-自主研发-出口，前三步进行的比较顺利，但最后两步依然艰难。
- 尽管中国内河航运基本上使用国产柴油机，但远洋船的柴油机自主化才刚起步。
- 但我们可以乐观的看到，政府的宏观导向，经济增长带来的强大需求，财政的资金后盾都是船用柴油机自主化的优势。
- 中国的企业只要坚持以技术引进为手段，自主研发为向来强大船用柴油机行业，对中国的造船业乃至整个制造业都将产生巨大而深远的影响。
- 作为新一代的年轻人仍然需要不懈的努力，养成踏实严谨、吃苦耐劳、追求卓越、精益求精的工匠精神，为我国称为制造强国贡献汗水和青春。



# Any Question?

