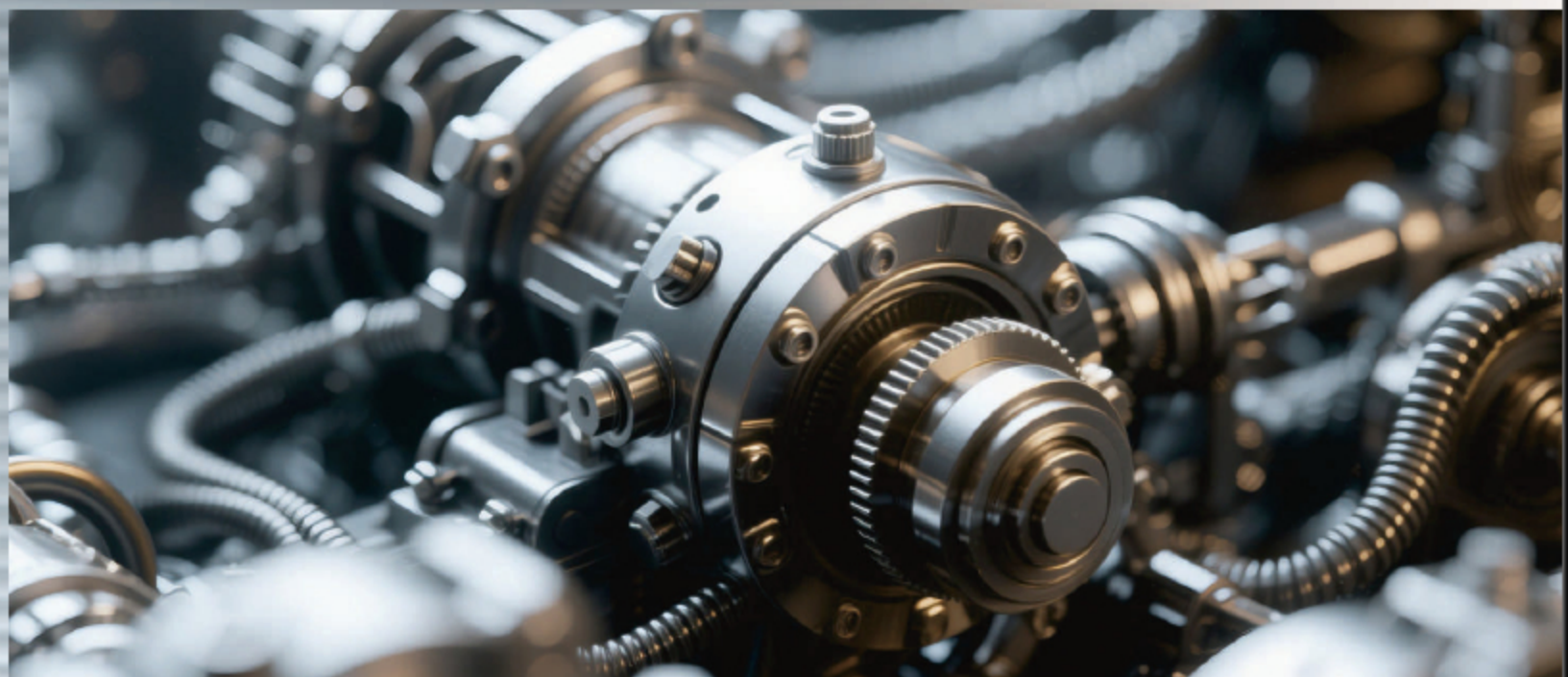


机械设计基础

管天福 糜旺 钱保霖

主  
编

◎ 应用型人才培养机械类专业教材



# 机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

管天福 糜旺 钱保霖 **主 编**

电子科技大学出版社



 电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press

# CONTENTS

## 目录

### 绪论 机器的认知

学习目标/2  
情境任务/2  
资讯学习/2  
知识检测/5  
任务实施/6  
思考与总结/6  
任务单/7  
考评表/8

### 模块一 标准件连接

#### 任务一 螺纹连接的选择与应用/10

学习目标/10  
情境任务/10  
资讯学习/11  
知识检测/19  
任务实施/20  
思考与总结/21  
任务单/22  
考评表/23

#### 任务二 键销连接的选择与应用/23

学习目标/23  
情境任务/24

资讯学习/24  
知识检测/30  
任务实施/31  
思考与总结/31  
任务单/32  
考评表/33

#### 任务三 联轴器离合器的选择与应用/33

学习目标/33  
情境任务/34  
资讯学习/34  
知识检测/41  
任务实施/43  
思考与总结/44  
任务单/45  
考评表/46

### 模块二 机械支撑零件设计

#### 任务一 轴承支撑设计/48

学习目标/48  
情境任务/48  
资讯学习/48  
知识检测/57  
任务实施/59  
思考与总结/59  
任务单/60

考评表/61

## 任务二 轴的结构与支撑/62

学习目标/62

情境任务/62

资讯学习/62

知识检测/72

任务实施/74

思考与总结/74

任务单/75

考评表/76

## 模块三 常用机械传动

### 任务一 带传动/78

学习目标/78

情境任务/78

资讯学习/78

知识检测/93

任务实施/94

思考与总结/95

任务单/96

考评表/97

### 任务二 链传动/97

学习目标/97

情境任务/98

资讯学习/98

知识检测/105

任务实施/106

思考与总结/107

任务单/108

考评表/109

### 任务三 螺旋传动/109

学习目标/109

情境任务/110

资讯学习/110

知识检测/116

任务实施/117

思考与总结/118

任务单/119

考评表/120

### 任务四 齿轮传动/120

学习目标/120

情境任务/121

资讯学习/121

知识检测/145

任务实施/148

思考与总结/149

任务单/150

考评表/151

### 任务五 轮系的传动比/151

学习目标/151

情境任务/152

资讯学习/152

知识检测/160

任务实施/161

思考与总结/162

任务单/163

考评表/164

## 模块四 常用机械机构

### 任务一 平面机构自由度计算/166

学习目标/166

情境任务/166

资讯学习/166

知识检测/174

任务实施/176

思考与总结/176

任务单/177

考评表/178

### 任务二 常用机构运动分析/178

学习目标/178

情境任务/179

资讯学习/179

知识检测/195

任务实施/198

思考与总结/199

任务单/200

考评表/201

## 参考文献/202

# 绪论

## 机器的认知





## 学 习 目 标

### 知识目标

1. 能准确阐述机器的特征，明确其与其他装置的本质区别；
2. 可以清晰解释机器的结构组成，包括机构、构件、零件、部件的概念及相互关系；
3. 能描述机器的功能组成，分析各功能部分在机器运行中的作用。

### 能力目标

1. 能够依据给定机器的特点，判断其所属分类；
2. 可以从复杂机器中识别出不同的机构、构件、零件和部件；
3. 能够按照特定功能要求，搭建机器模型。

### 素质目标

1. 通过对机器结构和功能的深入分析，培养严谨的科学思维，提高分析问题的能力；
2. 通过小组合作，完成机器模型搭建，提升团队协作能力和沟通交流能力。

## 情 境 任 务

在科技馆的周末科普活动中，志愿者小分队需要引导小朋友们搭建四轮驱动小车模型，以“探索机械奥秘”为主题，向小朋友们讲解小车的结构组成、工作原理和运动特点等。小朋友们分组动手搭建小车模型，并进行小组成果展示，最后还将进行简单的小车赛跑，检验小车的质量。你作为志愿者，要提前进行知识学习和实操练习，以便更好地指导小朋友们开展活动。

任务：搭建四轮驱动小车模型。

## 资 讯 学 习

### 一 机器的概念

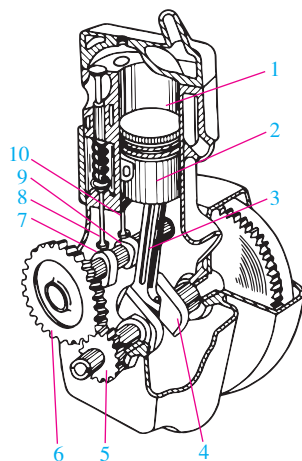
#### (一) 机器的特征

人类为了满足生活和生产的需要，设计和制造了各种各样的机器，例如，生活中常见的有汽车、洗衣机、缝纫机、电风扇等，生产中常见的有拖拉机、电动机、各种机床等。机器种类有很多，结构用途各不相同，但它们却有着共同的特征。

如图 0-1 所示为单缸内燃机，它是由缸体、活塞、排气阀杆、连杆、曲轴、齿轮、凸轮等组成。工作时，燃气推动活塞作往复移动，活塞通过连杆和曲轴做连续转动，从而将燃料燃烧产生的热能转换为曲轴转动的机械能。单缸内燃机正常工作时，由曲轴向外输出动力，并且曲轴上的齿轮带动凸轮转动。齿轮、凸轮和阀杆按一定的运动规律按时开闭进、排阀门以吸入燃油混合气和排出废气，从而保证内燃机可以连续工作。

可以看出，机器具有下列特征。

(1) 结构特征，它们是人为实物的组合体。



1—缸体；2—活塞；3—连杆；  
4—曲轴；5、6—齿轮；7、9—凸轮；  
8—进气阀顶杆；10—排气阀顶杆。

图 0-1 单缸内燃机

(2)运动特征,各实物间具有确定的相对运动。

(3)功能特征,可传递或变换能量、物料和信息,以代替或减轻人的劳动。

可见,机器是根据某种使用要求而设计的执行机械运动的一种装置,可用来传递或变换能量、物料和信息。

## (二)机器的分类

根据用途的不同,机器可分为以下四类。

(1)动力机器:如电动机、内燃机、发电机、空气压缩机组,用来实现机械能与其他形式能量之间的转换。

(2)加工机器:如金属加工机床、纺织机、轧钢机、包装机等,主要用来改变物料的形状、尺寸、性能和状态。

(3)运输机器:如汽车、火车、轮船、飞机等,主要用来运输人和物料。

(4)信息机器:如摄像机、复印机、印刷机、打印机、绘图机等,主要用来获取或处理信息。



## 机器的结构组成

一台现代化的机器,常包含机械、电气、液压、气动等多个系统,但是其主体仍然是它的机械系统。机械系统总是由一些机构组成,每个机构又是由若干构件和零件组成。

### (一)机构

具有确定相对运动的实物组合体,被称为机构。可见,机构具有机器的前两个特征,其主要功用是传递或转换运动。故仅从结构和运动的观点来看,机器与机构并无区别,机器是一个比较复杂的机构而已。一台机器可以由一个也可以由多个机构组成。常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。

从结构和运动学的观点来看,机器和机构两者之间没有区别,常用“机械”一词作为它们的总称,即机械是机器和机构的统称。

### (二)构件

从运动角度看,机器是由若干构件组成的。各构件之间具有确定的相对运动,是机器的运动单元。构件可以是一个零件,也可以是若干零件的刚性组合体。例如,内燃机的连杆是由连杆、螺母、连杆盖和螺栓等零件组成的一个构件整体。

组成机器或机构的构件按其运动性质可分为如下三种。

#### 1. 固定件(机架)

机构中固定不动的构件称为机架,它是用来支撑机构中的其他活动构件,任何一个机构中有且只有一个构件为机架。

#### 2. 主动件(原动件)

机构中作用了驱动力或力矩的构件,或运动规律已知的构件,称为主动件或原动件。

#### 3. 从动件

机构中随主动件而运动的其他全部活动构件,称为从动件。

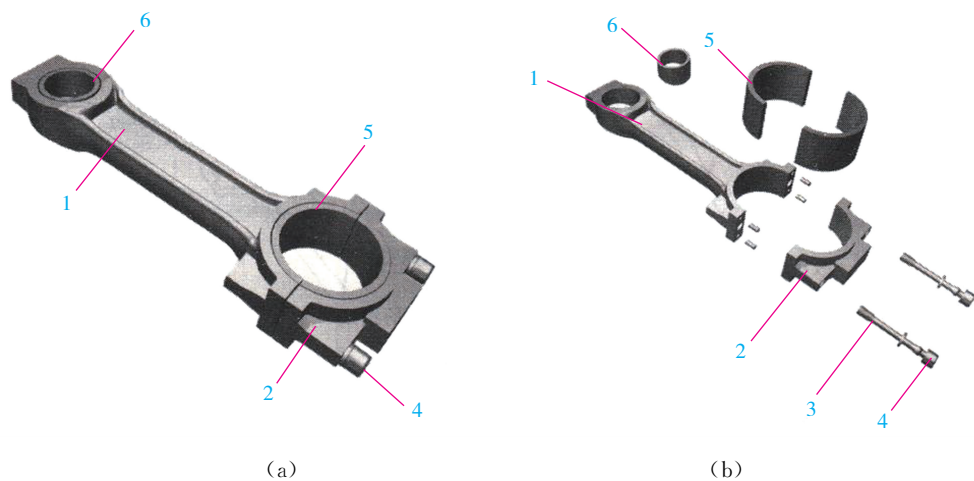
### (三) 零件

从制造角度看, 机器是由若干个零件组成的。零件是机器组成中不可再拆的最小单元, 是机器的制造单元。如图 0-2(a) 所示为内燃机的连杆构件, 如图 0-2(b) 所示是连杆的分解图。连杆包含连杆体、轴瓦、连杆盖、螺栓、销、轴套等多个零件, 这些零件之间为静连接, 不能产生相对运动。

按使用特点, 零件可以分为通用零件和专用零件两大类。通用零件是指各种机械中普遍使用的零件, 如螺钉、键、齿轮和轴等; 专用零件是指某些特殊的机械上才用到的零件, 如内燃机的曲轴、起重机的吊钩等。

### (四) 部件

部件是指一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合体, 能完成特定的功能。部件可以理解成机器的装配单元, 如滚动轴承、离合器、减速器、刀架、主轴箱等。



1—连杆体; 2—连杆盖; 3—螺栓; 4—销; 5—轴瓦; 6—轴套。

图 0-2 内燃机连杆机构及零件

## 机器的功能组成

机器的种类有很多, 形式各异, 但就其功能而言, 一个完整的机器主要由四个部分组成, 如图 0-3 所示。



图 0-3 机器的功能组成

### (一) 原动机部分

原动机部分是机器的动力来源, 常用的有电动机、内燃机、燃气轮机、液压马达、气动马达等。

### (二) 执行部分

执行部分是直接完成机器预定功能的部分, 如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、生产线的气缸等。

### (三) 传动部分

传动部分介于原动机部分和执行部分之间,作用是把原动机部分的运动和动力变换成执行部分的运动形式及运动和动力参数。机器中的传动部分有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动,应用最多的是机械传动。

### (四) 控制部分

控制部分的作用是控制机器各部分的运动,使操作者能随时开启或终止机器的各种预定功能。现代机器的控制系统一般既包含机械控制系统又包含电子控制系统,其作用包括监测、调节、计算机控制等。

## 知·识·检·测·

#### 一、填空题

1. 根据用途,机器可分为动力机器、\_\_\_\_\_、运输机器和信息机器等。
2. \_\_\_\_\_是机器中制造的最小单元。
3. \_\_\_\_\_是机器中运动的最小单元。
4. 机器的功能组成通常包括动力部分、执行部分、传动部分和\_\_\_\_\_。
5. 把若干个零件刚性地连接在一起,作为一个整体而运动的组合体,称为\_\_\_\_\_。

#### 二、判断题(正确的在括号内打√,错误的打×)

1. 机构能实现能量转换或完成有用的机械功。( )
2. 汽车属于动力机器。( )
3. 构件可以是一个零件,也可以是由多个零件组成的刚性组合体。( )
4. 机器的传动部分是直接完成机器工作任务的部分。( )
5. 部件在机器中不能作为一个独立的装配单元。( )

#### 三、单项选择题(将正确答案的序号字母填入括号)。

1. 下列选项中,属于机器的是( )。  
A. 折叠梯                      B. 齿轮机构                      C. 连杆机构                      D. 内燃机
2. 按照工作原理,发电机属于( )。  
A. 动力机器                      B. 能量转换机器  
C. 信息机器                      D. 加工机器
3. 下列关于零件和构件的说法中,正确的是( )。  
A. 零件一定是单个的金属件                      B. 构件不能由多个零件组成  
C. 零件是运动单元,构件是制造单元                      D. 构件是由零件组成的运动单元
4. 缝纫机的机头属于机器的( )。  
A. 原动机部分                      B. 传动部分                      C. 执行部分                      D. 控制部分
5. 下列选项中,不属于机器结构组成的是( )。  
A. 零件                      B. 机构                      C. 电路                      D. 构件
6. 机器中用于传递运动和动力的部分是( )。  
A. 原动机部分                      B. 传动部分                      C. 执行部分                      D. 控制部分
7. 下列选项中,属于信息机器的是( )。  
A. 起重机                      B. 打印机                      C. 电动机                      D. 汽车



8. 由两个或两个以上构件通过活动连接形成的构件系统称为( )。

- A. 零件                      B. 部件                      C. 机构                      D. 机器

9. 机器功能组成中, 起到调节和控制机器各部分协调工作的是( )。

- A. 原动机部分              B. 传动部分              C. 执行部分              D. 控制部分

10. 下列关于机器分类的说法中, 错误的是( )。

- A. 水泵属于加工机器                      B. 机器人属于信息机器  
C. 飞机属于运输机器                      D. 压缩机属于动力机器

## 任 务 实 施

### 一、准备材料与工具

1. 检查配件。4 个车轮、电机 2 个、电机驱动模块 1 个、电池盒(含电池)1 个、车架套件(含螺丝、螺母、支架等连接件)、控制开关 1 个、导线若干。
2. 准备工具。螺丝刀、扳手、剪刀、电钻(可选, 用于在车架上打孔)。

### 二、搭建步骤

1. 组装车架。参照车架套件说明书, 用螺丝刀和扳手将各个支架部件连接起来, 形成小车的基本框架结构。注意螺丝螺母的紧固程度, 既要保证连接牢固, 又不能过度拧紧导致部件损坏。
2. 安装电机。按照图纸, 将两个电机分别安装在车架上。使用螺丝将电机固定在车架上, 确保电机轴与车轮安装位置对正。
3. 安装车轮。把车轮套装在电机轴上, 使用轴套或垫圈调整、固定好车轮, 防止其在转动过程中出现晃动或脱落。

### 三、连接电路

1. 将电机驱动模块与电池盒连接, 注意正负极不要接反。一般红色导线为正极, 黑色导线为负极。
2. 用导线将电机驱动模块与电机连接。
3. 在电路中安装控制开关, 方便控制小车的启动和停止。

### 四、调试与优化

1. 接通电源, 测试电机是否正常转动, 车轮是否能按照预期方向转动。如果发现电机不转或转动方向错误, 检查电路连接是否正确, 电机驱动模块的设置是否有误。
2. 观察小车在行驶过程中的稳定性, 如果出现晃动或跑偏, 检查车轮的安装是否平衡, 车架结构是否稳固。可以通过调整车轮的角度、添加配重等方式来优化小车的稳定性。

### 五、现场 6S 管理并恢复场地。

## 思 考 与 总 结

你的收获:

你的感悟:

你的疑惑：

你的打算：

任务单

任务名称		班级		成绩	
小组成员		组名		日期	
实训设备				导师	
任务目标					
工量具	名称				
	规格				
	数量				
组装机器模型	完成组装所有时间				
	操作步骤规范完整			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	零配件无损坏			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	机器模型能够运动			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	安全文明生产			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	现场 6S 管理与场地恢复			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	

# 考 评 表

项目名称	项目内容	分值	小组互评	教师评分
准备工作 (20 分)	小组分工合理	5		
	工量具选择合适且清单填写完整	10		
	安全防护措施规范	5		
组装机器模型 (60 分)	完成组装所有时间, 第 1 名计 20 分, 第 2 名计 19 分, 依此类推	20		
	操作步骤规范完整	20		
	零配件无损坏, 损坏 1 个扣 1 分	5		
	机器模型能够运动	5		
	小车赛跑, 第 1 名计 10 分, 第 2 名计 9 分, 依此类推	10		
素质素养 (20 分)	安全文明操作, 符合 6S 管理要求	5		
	零配件摆放整齐	5		
	团队协作良好, 任务完成良好	5		
	任务单填写规范、完整、清晰	5		
项目得分		100		

# 模块一

## 标准件连接

- ▶ 任务一 螺纹连接的选择与应用
- ▶ 任务二 键销连接的选择与应用
- ▶ 任务三 联轴器离合器的选择与应用



## 任务一 螺纹连接的选择与应用

### 学·习·目·标

#### 知识目标

1. 能列出螺纹的常用类型和主要参数；
2. 能列出螺纹连接的基本类型；
3. 能说出螺纹连接常用的防松形式；
4. 能够描述螺栓组连接的结构设计的注意事项。

#### 能力目标

1. 能够识别出螺纹的类型、牙型、旋向、线数；
2. 能够恰当选择螺纹连接的应用场合；
3. 能够正确规划螺栓组安装顺序；
4. 能够规范操作工具完成螺纹组安装；
5. 能够判断螺栓组连接的结构设计的合理性。

#### 素质目标

1. 通过螺纹参数判别，培养严谨细致的工作作风；
2. 通过小组协作组装货架，培养团队协作能力。

### 情·境·任·务

在工业机器人技术应用智能产线中(图 1-1)，码垛机器人能够按照控制程序在自动化立体仓库中取放货物，提高生产效率。在实践生产应用中，有些货物由于包装尺寸过大，不能放入货架。请按照货物的包装尺寸，调整货架置物空间尺寸。

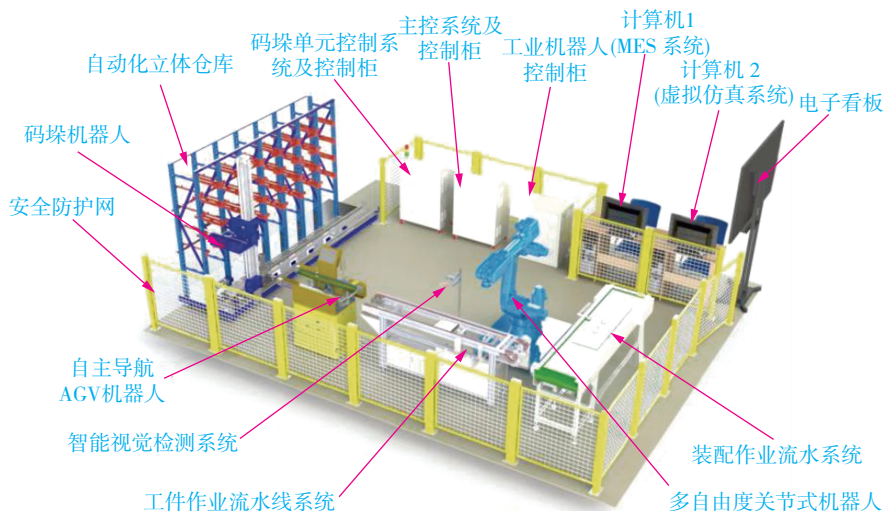


图 1-1 工业机器人技术应用智能产线

任务：按照立体仓库图纸尺寸，使用螺栓连接组装货架。



## 一 螺纹的基本要素和分类

### (一) 螺纹的基本要素

螺纹的基本要素包括牙型、直径(大径、中径、小径)、线数、螺距和导程、旋向和升角等。螺纹已标准化。

#### 1. 牙型

在通过螺纹轴线的剖面上，螺纹的轮廓形状称为螺纹牙型。常见的螺纹牙型有三角形螺纹(普通螺纹)、矩形螺纹、梯形螺纹和锯齿形螺纹(图 1-2)等。两个相邻牙侧面的夹角称为牙型角，用  $\alpha$  表示。

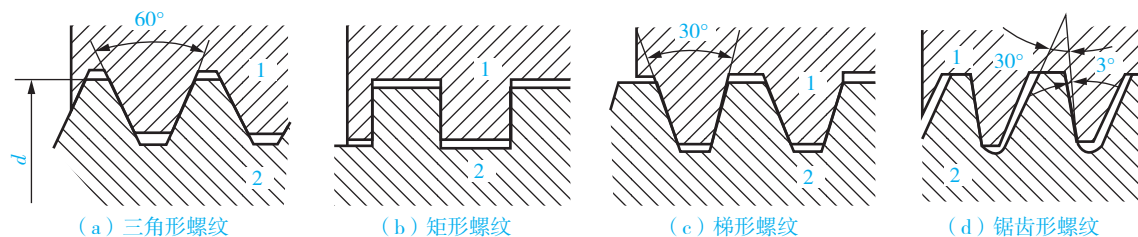


图 1-2 螺纹的牙型

#### 2. 直径

(1) 大径  $d$ 、 $D$ ：与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径，是螺纹的最大直径，为螺纹的公称直径(标准尺寸)，用  $d$ (外螺纹)或  $D$ (内螺纹)表示(图 1-3)。

(2) 小径  $d_1$ 、 $D_1$ ：与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱或圆锥的直径，是螺纹的最小直径，常作为强调计算直径，用  $d_1$ (外螺纹)或  $D_1$ (内螺纹)表示(图 1-3)。

(3) 中径  $d_2$ 、 $D_2$ ：在大径与小径之间，其母线通过牙型上的沟槽宽度与凸起宽度相等的假想圆柱或圆锥的直径，用  $d_2$ (外螺纹)或  $D_2$ (内螺纹)表示(图 1-3)。

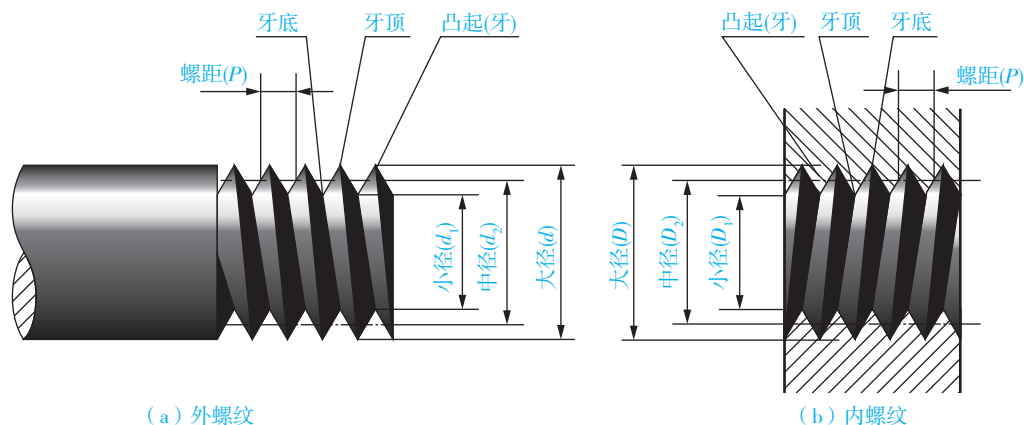


图 1-3 螺纹的直径

### 3. 线数

形成螺纹的螺旋线条数称为线数,用字母  $n$  表示。按螺旋线的数目,螺纹还可分为单线螺纹(沿一条螺旋线形成的螺纹)和多线螺纹(沿着两条以上轴向等距分布的螺旋线形成的螺纹)。连接螺纹多使用单线螺纹。

### 4. 螺距和导程

相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为螺距,用字母  $P$  表示。

同一螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为导程,用字母  $L$  表示。

线数  $n$ 、螺距  $P$  和导程  $L$  之间的关系为  $L = P \times n$ 。

### 5. 旋向

根据螺旋线绕行方向的不同,可分为逆时针方向旋入的左旋螺纹和顺时针方向旋入的右旋螺纹。判断旋向时必须把螺纹的轴线竖直起来,从螺纹线的下端向上看:螺旋线向左上倾斜,则为左旋螺纹;螺旋线向右上倾斜,则为右旋螺纹(图 1-4)。

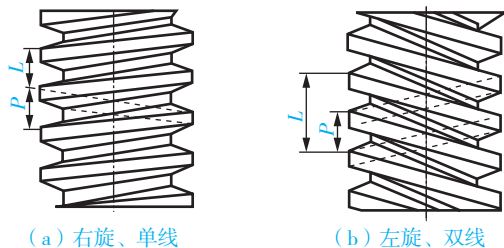


图 1-4 螺纹的旋向和线数

### 6. 螺纹升角

在中径圆柱上,螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线的平面的夹角,用字母  $\lambda$  表示。螺纹的升角影响螺纹连接的自锁性,相同大径的螺纹,其螺距越大,则升角越大,自锁性越差。为取得良好的自锁性,通常选择用细牙的螺纹。

相互旋合的一对内、外螺纹,它们的牙型、大径、旋向、线数和螺距等要素必须一致。

## (二) 螺纹的类型

可以根据以下分类标准,对螺纹进行分类。

### 1. 按螺纹要素

- (1)标准螺纹:牙型、直径和螺距均符合国家标准的螺纹。
- (2)特殊螺纹:牙型符合国家标准,直径或螺距不符合国家标准的螺纹。

### 2. 按螺纹的用途

- (1)连接螺纹,如普通三角形螺纹、管螺纹。
- (2)传动螺纹,如梯形螺纹、矩形螺纹、锯齿形螺纹等。

### 3. 按制式

螺纹的计量单位包括米制、英制,我国只有管螺纹采用英制,其他螺纹均采用米制。

### 4. 按所处的位置

按所处的位置,螺纹包括内螺纹和外螺纹。

## 5. 按螺纹牙型

按牙型来分, 螺纹包括三角形螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹和锯齿形螺纹等。

## 6. 按螺距(大径 $d$ 相同时)

按螺距, 螺纹分为粗牙螺纹和细牙螺纹。

## 7. 按螺旋线的线数

按螺旋线的线数, 螺纹分为单线螺纹和多线螺纹。

## 8. 按形成螺纹母体形状

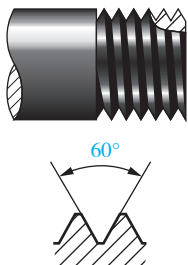

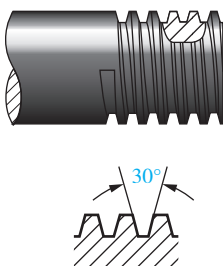
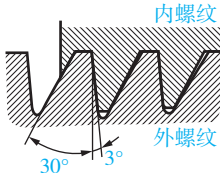
按形成螺纹母体形状, 螺纹分为圆柱螺纹和圆锥螺纹。

## 9. 按螺旋线的旋向

按螺旋线的旋向, 螺纹分为左旋螺纹和右旋螺纹。

常用螺纹的类型、特点和应用见表 1-1 所列。

表 1-1 常用螺纹的类型、特点和应用

类型		牙型图	特点和应用
连接螺纹	普通螺纹 (三角形螺纹)		牙型角 $\alpha=60^\circ$ 。当量摩擦系数较大, 自锁性能好, 螺纹牙根强度高, 广泛应用于各种紧固连接。同一公称直径按螺距 $P$ 大小不同分为粗牙和细牙螺纹。细牙螺纹的牙型与粗牙相似, 但螺距小, 升角小, 自锁性较好, 强度高, 因细牙不耐磨, 容易滑扣。粗牙螺纹一般用于连接, 细牙螺纹用于薄壁零件或受冲击、振动和变载荷的连接, 还可作为微调机构的调整螺纹使用
	矩形螺纹		牙型为正方形, 牙型角 $\alpha=0^\circ$ 。传动效率最高, 但牙根强度低, 精加工困难, 磨损后间隙难以补偿, 对中精度低, 尚未标准化, 一般用于力的传递
	梯形螺纹		牙型为等腰梯形, 牙型角 $\alpha=30^\circ$ 。传动效率略低于矩形螺纹, 但工艺性好, 牙根强度高, 螺纹的对中性好。广泛用于机床丝杠、螺旋举重器等各种传动螺旋中
传动螺纹	锯齿形螺纹		牙型为不等腰梯形, 工作面的牙型斜角 $\beta=3^\circ$ , 非工作面的牙型斜角 $\beta=30^\circ$ 。它兼有矩形螺纹传动效率高和梯形螺纹牙根强度高的优点, 但只能用于承受单向轴向载荷的传动中, 如螺旋压力机

## ► 标准螺纹连接件

标准螺纹连件的类型很多，在机械设备中常见的标准螺纹连接件有螺栓、双头螺柱、螺钉、紧定螺钉、螺母和垫圈等(图 1-5)。这些零件的结构和尺寸都已标准化，设计时可根据实际需要按标准选用。



图 1-5 标准螺纹连接件类型

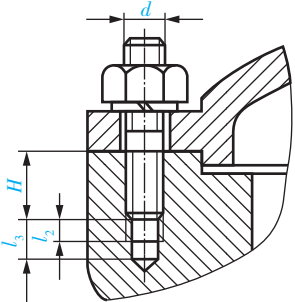
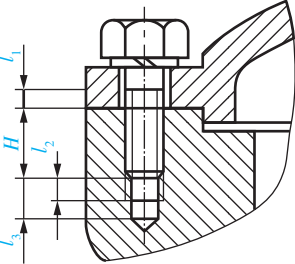
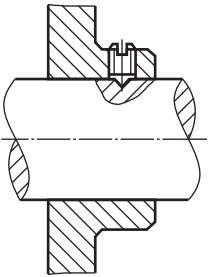
## ► 螺纹连接类型

连接螺纹分为普通螺纹和管螺纹，常用粗牙的普通螺纹和  $55^\circ$  的圆柱管螺纹。管螺纹的牙顶和牙底为圆弧角，保证连接的紧密性，不易漏水、漏气，常用于管道连接。

根据被连件的特点或连接的用途，螺纹连接可分为螺栓连接、双头螺柱连接、螺钉连接和紧定螺钉连接。螺纹连接的类型、结构、特点和应用见表 1-2 所列。

表 1-2 螺纹连接的类型、结构、特点和应用

类型	结构	特点	应用
普通螺栓连接		被连接件上的通孔和螺栓间留有间隙，通孔的加工精度低，结构简单，拆装方便，成本低。使用时不受被连接件材料的限制，所以应用广泛	适用于传递轴向载荷且被连接件的厚度不大，能从两边进行安装の場合
铰制孔螺栓连接		孔与螺栓杆多采用基孔制过渡配合，能精确固定被连接件的相对位置，并能承受横向载荷，但螺栓成本较高，对孔的加工精度要求也较高	适用于利用螺栓杆承受横向载荷或固定被连接件相互位置の場合

类型	结构	特点	应用
双头螺柱连接		被连接件之一较厚，在其上制盲孔，且在盲孔上加工出螺纹。薄件制通孔，无螺纹，用双头螺柱加螺母连接	通常用于被连接之一太厚，不便穿孔，结构要求紧凑，且需要经常拆装的场合
螺钉连接		不需螺母，将螺钉穿过一被连接件的孔，旋入另一较厚连接件的螺纹孔中(结构上比双头螺柱简单)	用于被连接件之一太厚，不便穿孔，且不经常拆装的场合
紧定螺钉连接		利用紧定螺钉旋入零件的螺纹孔中，并以末端顶住另一零件的表面或顶入该零件的凹坑中	用于固定两零件的相对位置，并可传递较小的力或转矩

#### 四、螺纹连接的预紧和防松

##### (一) 螺纹连接的预紧

通常，螺纹连接在装配时都必须拧紧，以增强连接的可靠性、紧密性，防止受载后被连接件间出现缝隙或发生相对滑移。连接件在承受工作载荷之前因预紧所受到的力称为预紧力。预紧力的大小应适当，过小则连接不可靠，过大则会导致连接过载甚至螺纹牙被剪断而滑扣。因此，必须在拧紧螺栓时控制拧紧力矩，从而控制预紧力。

通常，拧紧力矩  $T(\text{N} \cdot \text{mm})$  和螺栓轴向预紧力  $F_0$  的关系为

$$T \approx 0.2 F_0 d$$

式中， $d$  为螺纹大径(mm)。

螺纹连接的预紧由测力矩扳手或定力矩扳手来控制操作完成(图 1-6)。

为了使被连接件均匀受压、贴合紧密、连接牢固，在装配时要根据螺栓组实际分布情况，按照一定的顺序分几次逐步拧紧，而拆卸的顺序与装配时相反。简易的螺栓组按照对角固定的形式进行预紧(图 1-7)，复杂螺栓组按照由内到外、对角固定的形式进行预紧(图 1-8)。





(a) 测力矩扳手

(b) 定力矩扳手

图 1-6 测力矩扳手和定力矩扳手

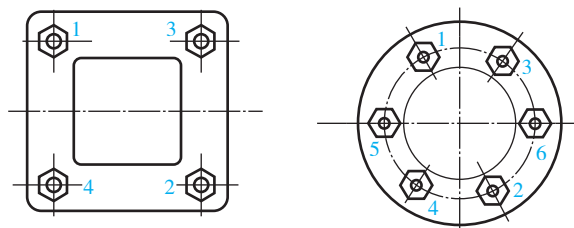


图 1-7 简易螺栓组拧紧顺序示例

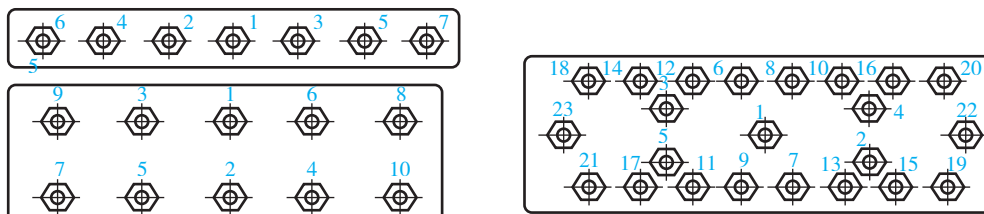


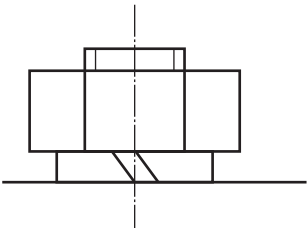
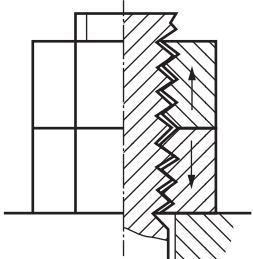
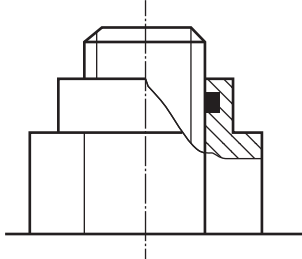
图 1-8 复杂螺栓组拧紧顺序示例

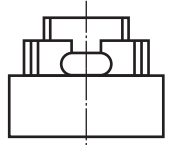

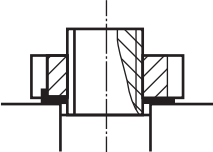
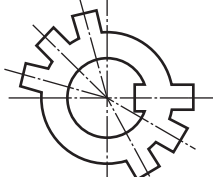
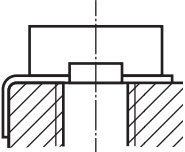
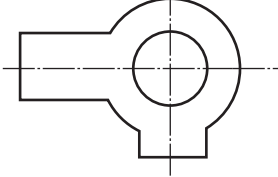
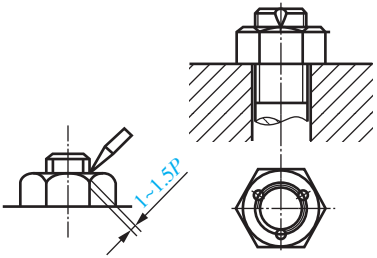
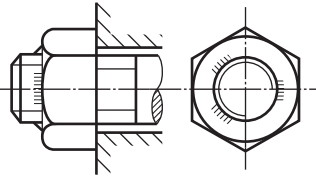
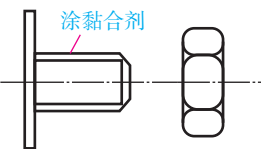
## (二) 螺纹连接的防松

螺纹连接件一般采用单线普通螺纹，其螺纹升角小，能满足自锁条件，因此在静载荷作用下，螺纹连接不会自动松脱。但在冲击、振动或者变载荷的作用下，或当温度变化很大时，螺纹连接会产生自动松脱现象，这不仅影响机器正常工作，还可能造成严重事故。因此，机器中的螺纹连接必须采取有效的防松措施。

螺纹连接防松的根本问题在于防止螺纹副的相对转动。防松的方法很多，按其工作原理可分为摩擦防松、机械防松和永久防松(不可拆连接)三类。常见的防松方法见表 1-3 所列。

表 1-3 螺栓连接防松方法

摩擦防松			
	弹簧垫圈	对顶螺母	尼龙自锁螺母
	 <p>弹簧垫圈</p> <p>弹簧垫圈材料为弹簧钢，装配后垫圈被压平，其反弹力使螺纹间保持压紧力和摩擦力。适用于不重要的连接</p>	 <p>对顶螺母</p> <p>利用两螺母的对顶作用使螺栓始终受到附加的拉力和附加的摩擦力。适用于低速、平稳和重载场合</p>	 <p>尼龙自锁螺母</p> <p>螺纹旋入处嵌入纤维或尼龙来增加摩擦力，自锁性能好。该弹性圈还起到防止液体泄漏的作用</p>

机械防松	  开口销与槽型螺母	  圆螺母与止动垫圈	  外舌止动垫圈
	槽型螺母拧紧后，用开口销穿过螺栓尾部小孔和螺母的槽，将开口销尾部掰开与螺母侧面贴紧。适用于较大冲击、振动的高速机械中	将止动垫圈内翅嵌入螺栓（或轴）的槽内，拧紧螺母后，再将垫圈的一个外翅嵌入圆螺母的一个槽内，螺母即被锁住，防松效果好	螺母拧紧后，将垫圈的边缘折弯分别贴紧在螺母和被连接件的侧面以实现防松
永久防松	 充点防松	 焊接防松	 黏合防松
	螺母拧紧后，利用冲头在螺栓末端与螺母的旋合缝处打2~3个冲点成永久防松。防松可靠，但拆卸后连接件被破坏	螺母拧紧后，在螺栓末端与螺母的旋合缝处点焊成永久防松。防松可靠，但拆卸后连接件被破坏	在旋合的螺纹表面涂以黏合剂，拧紧螺母后黏合剂自行固化获得较好的防松效果

五 螺栓组的结构布局

机器中的多数螺纹连接件都是按组使用的，其中螺栓组连接最具有典型性。下面讨论螺栓组连接的设计问题，其基本结论也适用于双头头柱连接和螺钉连接等。

设计螺栓组连接时，首先要确定螺栓组连接的结构，即设计被连接件接合面的结构、形状，选定螺栓的数目和布置形式，确定螺栓连接的结构尺寸等。螺栓组结构设计的原则是，使各螺栓和连接件结合面间受力均匀，连接牢固可靠，便于加工和装配。设计螺栓组的结构时，应注意以下几个方面。

(1)连接接合面的几何形状应和机器的结构形状相适应，通常设计成轴对称的简单几何形状(图 1-9)，以便于对称布置螺栓，使接合面受力比较均匀。

(2)螺栓的布置应使螺栓受力合理。当螺栓组连接承受弯矩或扭矩时，应使螺栓的位置适当靠近接合面的边缘，以减小螺栓的受力。若螺栓组受到轴向载荷的同时还受到较大的横向载荷，则可采用键、套筒、销等零件分担横向载荷(图 1-10)，以减小螺栓的预紧力和结构尺寸。

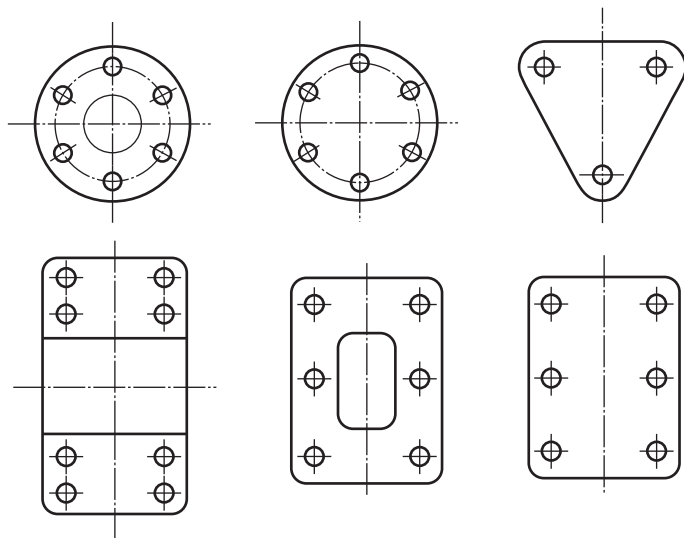


图 1-9 螺栓组常见的结构布局形式

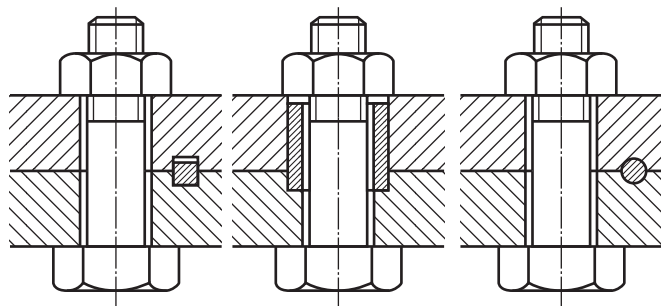


图 1-10 承受横向载荷的减载装置

(3) 应保证螺栓与螺母的支承面平整, 并与螺栓轴线相垂直, 以避免螺栓承受偏心载荷。一般被连接件应设置凸台、沉头座或采用斜面垫圈(图 1-11)。

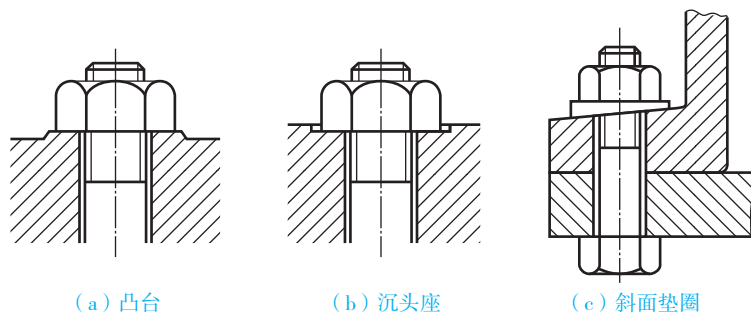


图 1-11 避免螺栓承受偏心载荷的措施

(4) 螺栓排列应有合理的间距。布置螺栓位置时, 各螺栓中心的间距以及螺栓轴线和箱体壁间应留有扳手操作空间(图 1-12), 扳手空间的尺寸可查阅《机械设计手册》。

(5) 同一组螺栓组连接中, 各螺栓的材料、直径和尺寸均应相同。

(6) 分布在同一圆周上的螺栓数目应取 4、6、8 等偶数, 以便于在圆周上分度画线。

工程实际中, 螺栓的直径可根据连接零件的相关尺寸选择, 必要时或重要连接中要对螺栓进行强度校核计算, 有关螺栓的强度计算可查阅《机械设计手册》。

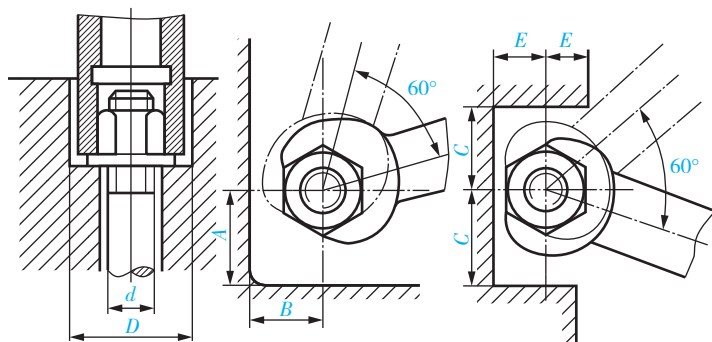


图 1-12 扳手空间

## 六 螺纹连接常用拆装工具

根据不同的场合及部位, 可选用不同的工具来拆装螺纹连接。常用的螺纹拆装工具类型如图 1-13 所示。



图 1-13 常用的螺纹拆装工具

## 七 螺纹连接的失效

常见的螺纹连接失效形式有螺纹滑牙、螺纹磨损、螺纹锈蚀、螺栓压溃、螺栓断裂等。

根据螺纹连接的应用场合特点, 对于经常拆卸的螺纹连接, 会因为磨损而产生螺纹牙滑扣或者螺纹磨损; 螺纹在潮湿环境中容易受到氧化、腐蚀等影响, 导致螺纹表面形成锈蚀层, 锈蚀会使螺纹的表面粗糙, 增加螺纹的摩擦力, 并可能导致螺纹的卡死; 对于受剪螺栓如铰制孔用螺栓, 其主要失效形式是螺栓杆被剪断、螺栓杆或孔壁被压溃; 对于受拉螺栓如普通螺栓, 其主要失效形式是螺纹部分或螺栓杆的塑形变形和螺栓杆的疲劳断裂。

### 知 识 检 测

#### 一、填空题

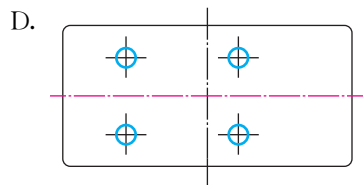
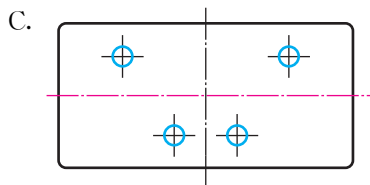
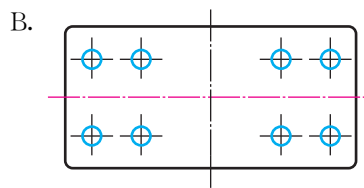
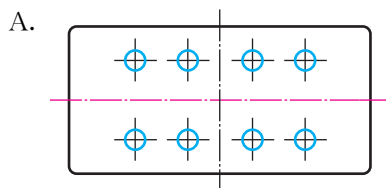
1. 常用的螺纹牙形有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 等几种, 用于连接的螺纹为 \_\_\_\_\_ 牙型。
2. 按照螺旋线的旋向可左旋螺纹和右旋螺纹, 连接螺纹一般选用 \_\_\_\_\_ 螺纹。
3. 螺纹连接的基本类型分为 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 等几种。
4. 螺纹防松的方法有多种, 一般按照原理可分为 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 三种。
5. 在螺旋副中采用端部铆接、冲点、焊接、胶接等方法进行的防松, 称为 \_\_\_\_\_ 防松。

## 二、判断题(正确的在括号内打√, 错误的打×)

1. 外螺纹的标准尺寸是中径。 ( )
2. 三角形螺纹具有良好的自锁性能, 在振动或交变载荷作用下不需要防松。 ( )
3. 同一直径的螺纹按照螺距的不同, 分为粗牙螺纹和细牙螺纹, 一般常用粗牙螺纹。 ( )
4. 传动螺纹大多采用梯形螺纹。 ( )
5. 螺纹连接中, 为保障预紧效果, 预紧力越大越好。 ( )

## 三、单项选择题(将正确答案的序号字母填入括号内)

1. 连接螺纹要求自锁性好, 传动螺纹要求( )。  
A. 平稳性 B. 效率高 C. 螺距大 D. 螺距小
2. 连接用的螺纹, 必须满足( )条件。  
A. 不自锁 B. 传力 C. 自锁 D. 传递扭矩
3. 单线螺纹的螺距( )导程。  
A. 等于 B. 大于 C. 小于 D. 与导程无关
4. 在常用的螺旋传动中, 传动效率最高的螺纹是( )。  
A. 三角形螺纹 B. 梯形螺纹 C. 锯齿形螺纹 D. 矩形螺纹
5. 在常用的螺纹连接中, 自锁性能最好的螺纹是( )。  
A. 三角形螺纹 B. 梯形螺纹 C. 锯齿形螺纹 D. 矩形螺纹
6. 当两个连接件之一较厚, 不宜制成通孔, 且连接不需要经常拆装时, 宜采用( )。  
A. 螺栓连接 B. 双头头柱连接 C. 螺钉连接 D. 紧定螺钉连接
7. 当两个连接件之一较厚, 不宜制成通孔, 且需要经常拆装时, 宜采用( )。  
A. 螺栓连接 B. 双头头柱连接 C. 螺钉连接 D. 紧定螺钉连接
8. 用于薄壁零件的连接螺纹, 宜采用( )。  
A. 粗牙普通螺纹 B. 细牙普通螺纹 C. 梯形螺纹 D. 锯齿形螺纹
9. 螺纹连接防松的根本问题在于( )。  
A. 增加螺纹连接的轴向力 B. 增加螺纹连接的横向力  
C. 增加螺纹连接的刚度 D. 防止螺纹副发生相对转动
10. 螺栓组连接结构布局合理的是( )。



## 任 务 实 施

1. 确定货架装配尺寸。按照货架置物空间所需尺寸, 绘制货架成品尺寸示意图, 确定确定各置物空间的具体尺寸数值。
2. 准备工具。准备螺栓拆装所需工具, 并准备钢卷尺、游标卡尺、水平尺等装配检测工具。



3. 拆卸货架。将货架中需要调整的部分拆掉，并规范摆放整齐。
4. 检测螺纹连接件。判断货架上螺纹连接的类型、防松方式，确定螺栓杆的公称尺寸、公称长度、牙型、线数、旋向等参数。
5. 查表。按照螺栓杆公称尺寸，查《螺栓标准扭矩及预紧力速查表》，确定螺栓预紧扭矩。
6. 组装货架。参考货架原来的螺纹连接方式，按照货架尺寸要求，测量尺寸，定位螺栓连接，完成货架初步组装。
7. 检测调整。利用水平尺检测货架的水平度和垂直度，调整螺栓连接，使货架装配达标。
8. 预紧固定螺栓。操作定力矩扳手，调节扳手扭矩值，按照由内到外、对角固定的次序，预紧固定螺栓组。
9. 检查测试。用水平尺进一步检测货架装配是否合格，在货架上放置物品，检验置物空间尺寸是否合适。
10. 现场 6S 管理并恢复场地。

### 思 考 与 总 结

你的收获：

你的感悟：

你的疑惑：

你的打算：

# 任 务 单

任务名称		班级		成绩	
小组成员		组名		日期	
实训设备				导师	
任务目标					
尺寸简图					
工量具	名称				
	规格				
	数量				
螺栓组件	螺纹连接的类型				
	螺纹连接防松方式				
	牙型				
	线数	<input type="checkbox"/> 单线		<input type="checkbox"/> 双线	
	旋向	<input type="checkbox"/> 左旋		<input type="checkbox"/> 右旋	
	公称尺寸				
	公称长度				
	螺栓预紧扭矩(N·mm)				
货架装配	先初步定位固定螺栓组件			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	水平尺检测货架水平度和垂直度			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	螺栓组“由内到外、对角固定”的预紧次序			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	6S 管理与场地恢复			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	

项目名称	项目内容	分值	小组互评	教师评分
准备工作 (20 分)	产品尺寸简图绘制正确清晰	5		
	工量具选择合适且清单填写完整	10		
	安全防护措施规范	5		
螺栓组件 (30 分)	螺纹连接的类型判断正确	3		
	螺纹连接防松方式判断正确	3		
	牙型判断正确	3		
	线数判断正确	3		
	旋向判断正确	3		
	测量公称尺寸, 测量值超差 $\pm 0.2$ mm 不得分	5		
	测量公称长度, 测量值超差 $\pm 0.2$ mm 不得分	5		
	螺栓预紧扭矩(N·mm)选择正确	5		
货架装配 (30 分)	螺纹组安装顺序正确, 错误一次扣 5 分	10		
	货架水平度和垂直度合格	10		
	工具(定力扳手)规范使用, 螺栓组预紧安装步骤正确	10		
素质素养 (20 分)	安全文明操作, 符合 6S 管理要求	5		
	货架零配件摆放整齐	5		
	团队协作良好, 任务完成良好	5		
	任务单填写规范、完整、清晰	5		
项目得分		100		

## 任务二 键销连接的选择与应用

### 学 习 目 标

#### 知识目标

1. 能列举键销的常见类型和关键参数;
2. 能阐述各类常用键销连接的特点和应用场合;
3. 能够识读出键销标记的含义。

#### 能力目标

1. 能够辨别键销的类型、形状、尺寸规格;
2. 能够合理选择键销连接的应用场景;
3. 能够熟练操作工具完成键销的安装与拆卸;
4. 能够查阅手册, 选择键销连接的参数。

## 素质目标

1. 通过键销参数分析, 培养严谨认真的工作态度;
2. 通过小组合作完成零部件装配, 培养团队协作精神。

## 情境任务

在工业机器人技术应用智能产线中, 码垛机器人能够按照控制程序在自动化立体仓库中取放货物, 提高生产效率。码垛机器人的 Z 轴方向移动通过皮带传动实现, 机械设备维护人员需要能够规范完成皮带轮的调整拆装。

24

任务: 完成码垛机器人中皮带轮的拆装。

## 资讯学习

为了便于设备的制造、安装、运输及维修, 设备中各零部件间广泛采用着各种连接。连接分可拆连接和不可拆连接两类。可拆连接是指不损坏连接中的任一零件即可将被连接件拆开的连接, 如螺纹连接、键连接、销连接等。不可拆连接是必须破坏连接件或被连接件才能拆开的连接, 如焊接、铆钉连接等。

键、销是标准件。键常用于轴和轴上旋转零件轮毂之间的周向固定, 以传递运动和转矩, 有些还可以实现轴上零件的轴向导向移动。销主要用来固定零件之间的相对位置, 起定位作用, 也可用于轴与轮毂的连接, 当载荷不大时可传递横向力或转矩, 还可作为安全装置中的过载剪断元件。

### 一 键连接

键主要用于轴与轴上零件(齿轮、带轮、凸轮等)的周向固定, 并传递转矩(图 1-14)。键的结构简单、工作可靠、拆装方便、标准化等特点, 故在机械中得到广泛的应用。按连接的状态不同, 键连接可分为松键连接和紧键连接。

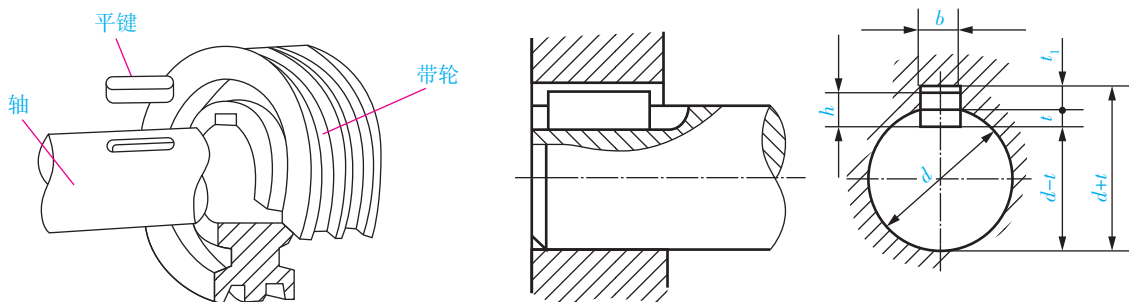


图 1-14 带轮与轴之间的键连接

#### (一) 松键连接的类型、特点和应用

松键连接以键的两侧面为工作面。工作时, 靠轮毂与轴上键槽与键侧面的相互挤压来传递转矩, 键的上表面与轮毂上的键槽底面留有一定间隙。

常用的松键连接有平键连接、半圆键连接、花键连接。

##### 1. 平键连接

平键连接结构简单、拆装方便、对中性好, 应用广泛。平键连接按结构不同可分为普通平键连接、导向平键连接、滑键连接等类型。

### (1) 普通平键连接。

普通平键连接的特点是对中性较好、装拆方便、易于加工,但不能承受轴向载荷。该类键主要用于轴毂间无相对轴向运动的静连接。按其端部形状可分为圆头(A型)、平头(B型)和单圆头(C型)三种(图 1-15)。A、C型键的轴上键槽用指装铣刀加工,键在键槽中轴向固定良好,但轴上键槽两端的应力集中较大。B型键的轴上键槽用盘铣刀加工,键槽两端的应力集中较小,但键在键槽中的轴向需要螺钉固定。A型键应用广泛,C型键一般用于轴端。

普通平键的规格采用  $b \times h \times L$  标记, $b$  为宽度, $h$  为高度, $L$  为长度。

标记示例如下。

键  $16 \times 100$  GB/T 1096—2003: 表示键宽为 16 mm、键长为 100 mm 的 A 型普通平键。

键 B18×100 GB/T 1096—2003: 表示键宽为 18 mm、键长为 100 mm 的 B 型普通平键。

键 C18×100 GB/T 1096—2003: 表示键宽为 18 mm、键长为 100 mm 的 C 型普通平键。

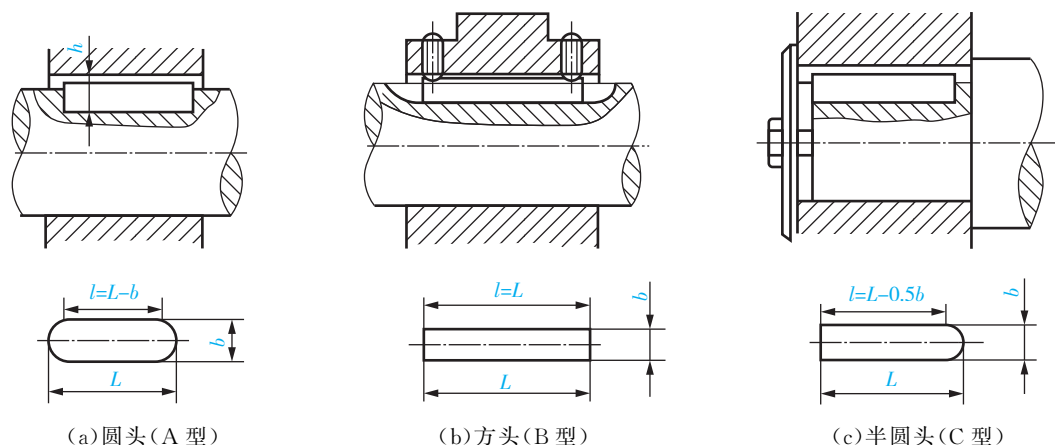


图 1-15 普通平键的结构与类型

### (2) 导向平键连接。

当轴上零件需要做轴向移动时,可采用导向平键连接(图 1-16)。导向平键是一种较长的普通平键,用螺钉将其固定在轴上,适用于轴上零件移动距离不大的场合,如变速箱中滑移齿轮与轴的连接。

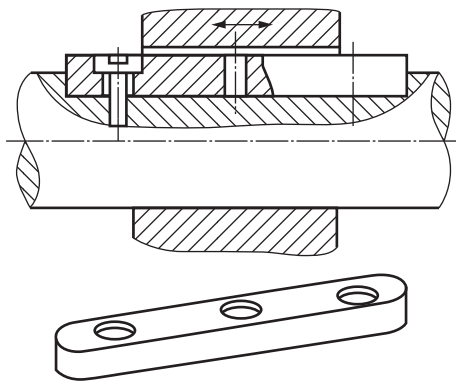


图 1-16 导向平键

### (3) 滑键连接。

滑键的工作特点与导向平键的相同。当轴上零件滑移的距离较大时,为避免导向平键过长,宜采用滑键连接(图 1-17)。一般滑键固定在轴上零件的轮毂槽内,与零件同时在轴上的键槽中做轴向滑移。



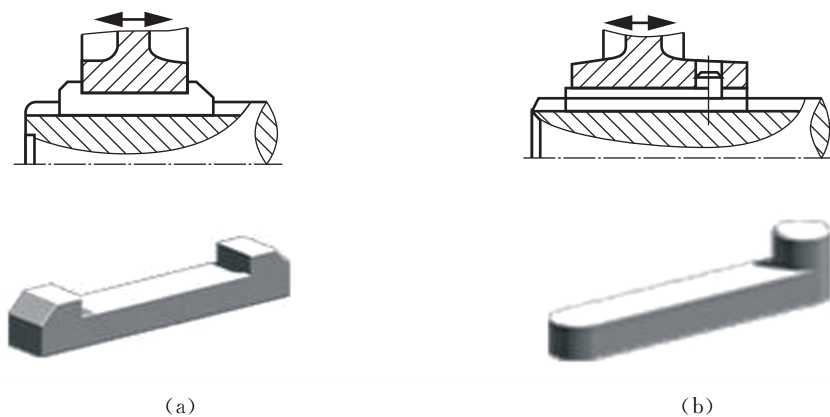


图 1-17 导向平键

### 2. 半圆键连接

半圆键与平键一样，都是以两侧面为工作面，如图 1-18(a)、(b)所示。

半圆键呈半圆形，能在轴上键槽内绕几何中心摆动，自动适应轮毂装配，定心性好，拆装方便；但因键槽较深，对轴的强度削弱较大，故仅适用于轻载连接或位于轴端，特别是锥形轴端的连接，如图 1-18(c)所示。

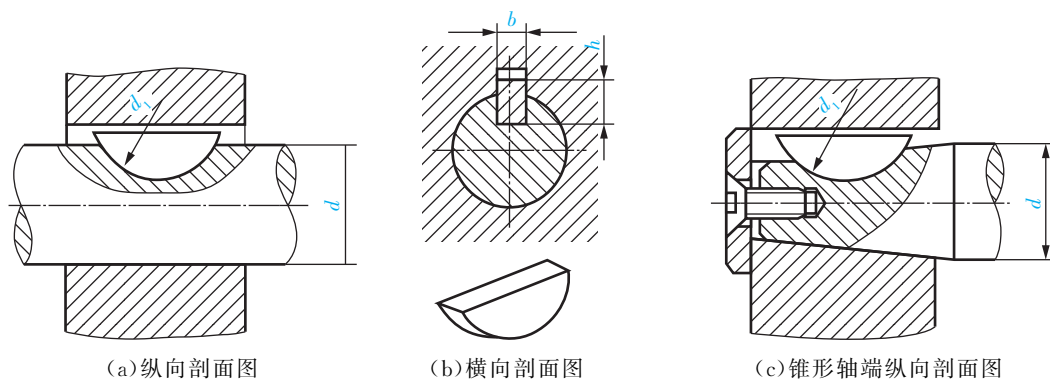


图 1-18 半圆键连接

### 3. 花键连接

花键连接是由带键齿的花键轴(外花键)和带键齿的轮毂(内花键)所组成，键齿均匀轴向分布在轴和轮毂上，装配为一体(图 1-19)。键齿的两侧面是工作面，通过均匀周向分布的多齿传递载荷。花键连接与平键连接相比，承载能力强、对轴强度削弱小、定心性和导向性好。但花键结构复杂，加工工艺繁杂，制造成本高，多用于载荷较大和定心精度要求较高的场合或轮毂经常做轴向滑移的场合。

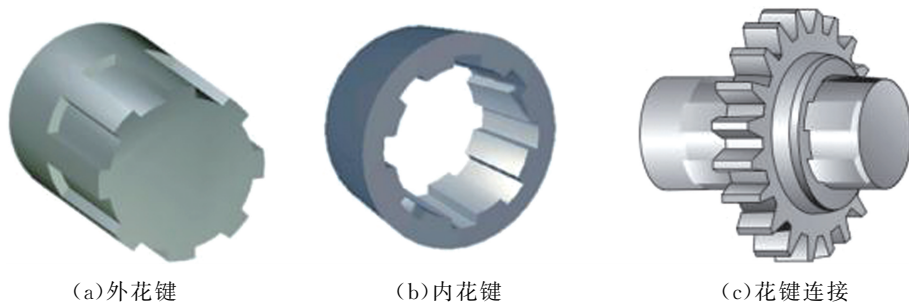
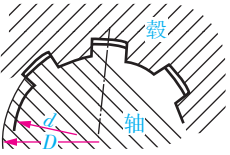
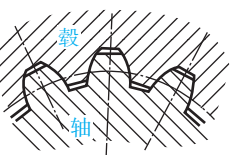
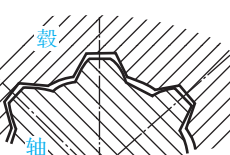


图 1-19 花键连接

花键按照其齿形不同,分为矩形花键、渐开线花键和三角形花键,各类花键的齿形、特点和应用见表 1-4 所列。

表 1-4 花键类型、特点和应用

类型	图例	特点和应用
矩形花键		花键中,矩形花键应用最广。矩形花键采用小径定心,定心精度高,定心稳定性好,齿侧面为两平行面,轴与孔的花键齿在热处理后引起的变形可用磨削的方法清除,加工容易
渐开线花键		渐开线花键的齿廓为渐开线,应力集中比矩形花键小,齿根处齿厚增加,强度高,采用齿形定心方式。工作时齿面上有径向力,起自动定心作用,使各齿均匀受载,寿命长;可用加工齿轮的方法和设备加工,工艺性好,常用于传递载荷较大、轴径较大、定心精度高的场合
三角形花键		在三角形花键连接中,外花键齿形为压力角是 $45^\circ$ 的渐开线花键;内花键齿形为直齿形。三角形花键用齿侧定心,其键齿细小,通常用于直径较大或薄壁零件与轴的连接

## (二)紧键连接的类型、特点和应用

紧键连接键的上、下表面都是工作面,上表面及与其相接触的轮毂槽底面均有  $1:100$  的斜度。键侧与键槽有一定的间隙,装配时将键打入槽内靠两斜面楔紧产生的摩擦力传递转矩,并能传递单向轴向力,还可轴向固定零件。常见的紧键连接有楔键连接和切向键连接两种。

### 1. 楔键连接

楔键分普通楔键和钩头楔键两种,楔键的底面和顶面为工作面。工作时键与轴、轮毂之间产生很大的挤压力,靠挤压力及其在接触面上所产生的摩擦力来传递运动和转矩,如图 1-20 所示。

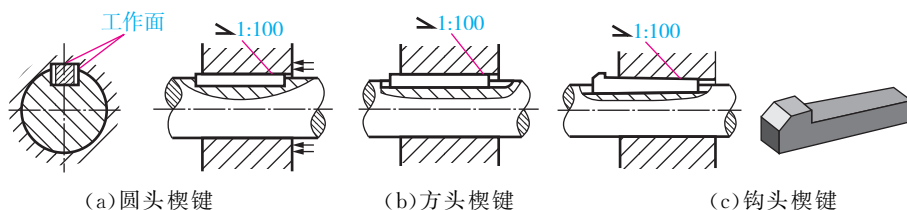


图 1-20 楔键连接

由于楔键的侧面为非工作面,因此楔键连接的对中性差,在受到冲击和交变载荷的作用下易发生松脱。普通楔键连接常用于精度要求不高、转速较低、承受单向轴向平稳载荷的场合。钩头楔键与轮毂端面之间应留余地以便于拆卸。由于楔键的使用过程中易引发安全事故,所以应加装防护罩。

### 2. 切向键连接

如图 1-21 所示,切向键由两个斜度为  $1:100$  的普通楔键组成。装配时两键分别从轮毂两端打入其斜面相互贴合共同楔紧在轴毂之间。工作时靠切向键上、下平面与键槽底面的挤压力和轮毂接触面上的摩擦力来传递运动和转矩。

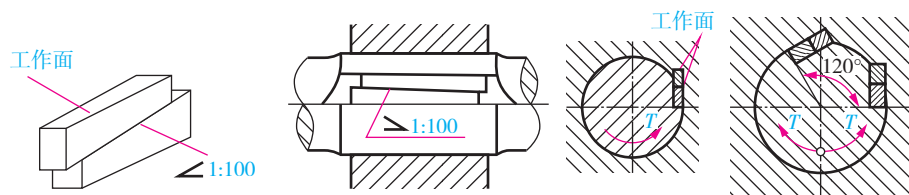


图 1-21 切向键连接

一副切向键只能传递单方向的转矩, 当需要传递两个方向的转矩时, 应安装两副切向键, 并在轴上互成  $120^{\circ} \sim 135^{\circ}$  角分布。切向键的键槽对轴的强度削弱较大, 另外, 切向键连接还使装在轴上的零件与轴产生偏心, 故切向键连接适用于对中性要求和运动精度要求不高、低速、重载且轴的直径大于 100 mm 的场合。

### (三) 键的选择

键的选择包括类型选择和尺寸选择两个方面。键的类型应根据键连接的结构特点、使用要求和工况条件来选择; 键的截面尺寸(键宽  $b \times$  键高  $h$ ) 根据轴的直径  $d$  从标准(表 1-5)中选定; 键的长度  $L$  根据轮毂长度确定, 键长应比轮毂长度短 5~10mm, 并符合标准长度系列。

表 1-5 平键连接的标准尺寸

轴	键	键 槽											
公称 直径 $d$	公称 尺寸 $b \times h$	宽度 $b$						深 度				半径 $C$	
		公称 尺寸 $b$	极限偏差					轴 $t$		毂 $t_1$			
			较松键连接		一般键连接		较紧 键连接						
			轴 H9	毂 D10	轴 N9	毂 JS9	轴和 毂 P9	公称 尺寸	极偏 偏差	公称 尺寸	极限 偏差	最小	最大
6~8	$2 \times 2$	2	+0.025	+0.060	-0.004	$\pm 0.0125$	-0.006	1.2	+0.1 0	1	+0.1 0	0.08	0.16
8~10	$3 \times 3$	3	0	+0.020	-0.029		-0.031	1.8		1.4			
10~12	$4 \times 4$	4	+0.030 0	+0.078 +0.030	0 -0.030	$\pm 0.015$	-0.012	2.5		1.8			
12~17	$5 \times 5$	5					-0.042	3.0		2.3		0.16	0.25
17~22	$6 \times 6$	6					3.5	2.8					
22~30	$8 \times 7$	8	+0.036	+0.098	0	$\pm 0.018$	-0.015	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0	0.25	0.40
30~38	$10 \times 8$	10	0	+0.040	-0.036		-0.051	5.0		3.3			
38~44	$12 \times 8$	12	+0.043 0	+0.120 +0.050	0 -0.043	$\pm 0.0215$	-0.018	5.0		3.3			
44~50	$14 \times 9$	14					-0.061	5.5		3.8			
50~58	$16 \times 10$	16					6.0	4.3					
58~65	$18 \times 11$	18					7.0	4.4					
65~75	$20 \times 12$	20					7.5	4.9					
75~85	$22 \times 14$	22	+0.052	+0.149	0	$\pm 0.026$	-0.022	9.0		5.4		0.40	0.60
85~95	$25 \times 14$	25	0	+0.065	-0.052		-0.074	9.0		5.4			
95~110	$28 \times 16$	28	10.0	6.4									
110~130	$32 \times 18$	32	+0.062 0	+0.180 +0.080	0 -0.062		$\pm 0.031$	-0.026 -0.088		11.0			

轴	键	键 槽
键的长度系列	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360	

注：1. 在工作图中，轴槽深用  $t$  或  $d-t$  标注，轮毂槽深用  $d+t_1$  标注；  
2.  $d-t$  和  $d+t_1$  两组组合尺寸的极限偏差按相应的  $t$  和  $t_1$  的极限偏差选取，但  $d-t$  极限偏差值应取负号（—）；  
3. 平键的材料通常为 45 钢。

销连接

销是标准件，按其用途的不同可分为连接销[图 1-22(a)、(b)]、定位销[图 1-22(c)、(d)]和安全销[图 1-22(e)]。连接销用于轴和轮毂的连接或其他零件的连接，以传递不大的载荷。定位销主要用于固定零件之间的相对位置，定位销数目一般不少于两个。安全销用于安全保护装置中作为过载剪断元件，即当机器过载时安全销被剪断，以免过载时对机器造成破坏。

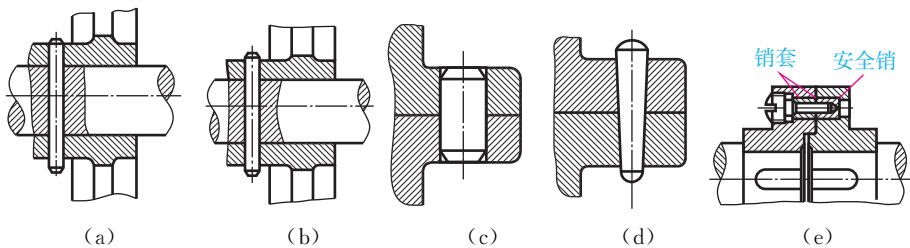


图 1-22 销连接

(一)销的分类及其特点

销按形状分为圆柱销、圆锥销是和异形销三类。

1. 圆柱销

如图 1-22(a)、(c)所示，圆柱销利用与孔的微量过盈固定在孔中，不宜经常装拆，否则会降低定位精度。

2. 圆锥销

如图 1-22(b)、(d)所示，圆锥销连接的销和孔均制有 1 : 50 的锥度，小端直径是标准值，靠锥面挤压作用固定在销孔中。定位精度高，自锁性好，装拆方便，多次装拆对定位精度影响较小，用于需要经常拆装的连接。

3. 异形销

如图 1-23 所示，异形销具有许多特殊形式，常与螺母配合使用，能防止松动，工作可靠，用于有振动冲击的连接。

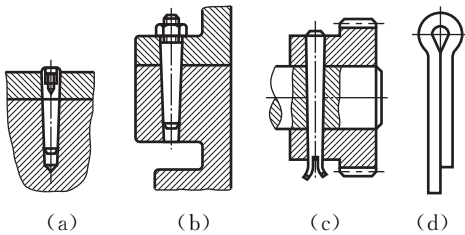


图 1-23 异形销