

水利水电工程施工企业安全生产管理三类人员继续教育用书

水利水电工程

机械安全生产技术

王东升 常宗瑜 主编

Shuili Shuidian Gongcheng

Jixie Anquan Shengchan Jishu

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

企业安全生产管理三类人员继续教育用书

水利水电工程机械安全生产技术

主 编	王东升	常宗瑜	
副 主 编	邵 辉	林 浩	张振涛
参编人员	江伟帅	邢有峰	周鲁彦
	焦永斌	曹广美	

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书结合最新标准和规范,介绍了水利水电工程机械安全生产技术,内容包括:机械与电气基础知识,水利水电工程施工过程中的起重吊装、运输设备、起重与升降机械设备、土石方施工机械、地基处理机械、混凝土与钢筋机械和其他小型机械,机械设备安全事故案例等,共8章。

本书是水利水电工程施工企业安全生产管理三类人员继续教育用书之一,既可作为施工企业安全生产管理人员继续教育用书,也可作为建设单位、监理单位和水利水电工程建设类大中专院校的教学及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程机械安全生产技术 / 王东升, 常宗瑜

主编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2018. 4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3942 - 6

I. ①水… II. ①王… ②常… III. ①水利水电工程—
—工程机械—安全技术 IV. ①TV53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 075042 号

书 名 水利水电工程机械安全生产技术

主 编 王东升 常宗瑜

责任编辑 满建康

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 日照报业印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 512 千字

版次印次 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

定 价 54.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

出版说明

随着我国经济快速发展、科学技术不断进步,水利水电工程的市场需求发生了巨大变化,对安全生产提出了更多、更新、更高的挑战,加之近年来国家不断加大了对安全生产法规的建设力度,新颁布和修订了一系列法律法规和技术标准,建立了一系列安全生产管理制度。为使教育考试工作与现行法律法规和技术标准进行有机接轨,督促水利水电工程施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员及时更新安全生产知识,提高安全生产管理能力,依据《中华人民共和国安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》、《水利工程建设安全生产管理规定》、《国务院安委会关于进一步加强安全培训工作的决定》(安委〔2012〕10号)、《关于印发〈水利水电工程施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产考核管理办法〉的通知》(水安监〔2011〕374号)、《水利部办公厅关于进一步加强水利水电工程施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产培训工作的通知》(办安监函〔2015〕1516号)和《山东省水利厅关于进一步加强安全生产培训工作的通知》(鲁水政安字〔2017〕1号)及其他现行法律法规和行业标准规范,我们组织编写了这套“水利水电工程施工企业安全生产管理三类人员继续教育用书”。

本套教材由《水利水电工程安全生产法规与管理知识》、《水利水电工程施工安全生产技术》和《水利水电工程机械安全生产技术》三册组成。在编纂过程中,我们依据《水利水电工程施工企业安全生产管理三类人员考核大纲》,坚持以人为本与可持续发展的原则,突出系统性、针对性、实践性和前瞻性,体现水利水电工程行业发展的新常态、新法规、新技术、新工艺、新材料等内容,使水利水电工程施工企业安全生产管理人员能够比较系统、便捷地掌握安全生产知识和安全生产管理能力。本套教材既可作为施工企业安全生产管理人员继续教育用书,也可作为建设单位、监理单位 and 水利水电工程建设类大中专院校的教学及参考用书。

本套教材的编写得到了山东省水利厅、中国水利企业协会、清华大学、山东

大学、中国海洋大学、青岛理工大学、山东农业大学、山东鲁润职业培训学校、山东海大工程咨询有限公司、山东水安注册安全工程师事务所、山东中英国际工程图书有限公司、中国矿业大学出版社有限责任公司等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。本套教材虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2018 年 4 月

前 言

本书主要依据《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国特种设备安全法》、《建设工程安全生产管理条例》、《水利工程建设安全生产管理规定》、《关于印发〈水利水电工程施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产考核管理办法〉的通知》(水安监〔2011〕374号)、《水利部办公厅关于进一步加强水利水电工程施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产培训工作的通知》(办安监函〔2015〕1516号)和《山东省水利厅关于进一步加强安全生产培训工作的通知》(鲁水政安字〔2017〕1号)中的规定和《水利水电工程施工企业安全生产管理三类人员考核大纲》进行编写。

本书内容充分研究水利水电工程施工机械安全生产管理人员的岗位责任、知识结构、文化程度,针对我国水利水电工程施工现状特点确定编写纲要,在具体阐述上符合我国现行法律法规和规范标准。本书的内容结构分为知识介绍和考试习题两部分。本书的重点章节包含机械与电气基础知识,水利水电工程施工过程中的起重吊装、运输设备、起重与升降机械设备、土石方施工机械、地基处理机械、混凝土与钢筋机械和其他小型机械,机械设备安全事故案例等。在介绍机械设备一般知识的同时,将机械设备的安全使用、安全操作、安全管理作为重点。本书内容考虑教育对象的实际情况和水平,对机械设备的构造、原理等基础知识进行了简单介绍,考虑到实际应用,对机械设备的维修保养也进行了介绍,重点突出了专业性、针对性、时效性、实用性和知识性。

本书的编写广泛征求了水利水电行业的主管部门、高等院校和企业等有关专家的意见,并经过多次研讨和修改。山东省水利厅、中国水利企业协会、中国海洋大学、青岛理工大学、山东农业大学、山东鲁润职业培训学校、山东海大工程咨询有限公司、山东水安注册安全工程师事务所等单位对本书的编写工作给予了大力支持;本书在编写过程中参考了大量的教材、专著和相关资料,在此谨向有关作者表示衷心感谢!

限于水平和经验所限,书中疏漏和错误在所难免,诚挚希望读者提出宝贵意见,以便完善。

编 者

2018年4月

目 录

第 1 章 机械与电气基础知识	1
1.1 机械基本概念	1
1.2 机械连接	2
1.3 机械传动	8
1.4 液压传动	18
1.5 施工机械的电气系统	21
1.6 施工机械维修保养知识	39
考试习题	47
第 2 章 起重吊装	52
2.1 常用索具和吊具	52
2.2 常用起重机具	65
2.3 起重吊装的安全要求	74
考试习题	78
第 3 章 运输、起重与升降机械	87
3.1 运输机械	87
3.2 起重机械	88
3.3 升降机械	137
考试习题	188
第 4 章 土石方施工机械	210
4.1 土石一方机械	210
4.2 压实机械	233
4.3 顶管机械	238
考试习题	242
第 5 章 地基处理机械	246
5.1 清基机械	246

5.2	灌浆机械	246
5.3	混凝土防渗墙施工机械	247
5.4	其他常用地基处理机械	250
	考试习题	253
第 6 章	混凝土与钢筋机械	255
6.1	混凝土机械	255
6.2	钢筋机械	275
	考试习题	281
第 7 章	其他小型机械	285
7.1	木工机械	285
7.2	装修机械	287
7.3	空气压缩机	293
7.4	手持机具	295
7.5	水泵	300
	考试习题	302
第 8 章	机械设备安全事故案例	306
8.1	起重机侧翻事故	306
8.2	吊装倒塌事故	306
8.3	塔式起重机事故	308
8.4	施工升降机事故	310
8.5	高处作业吊篮事故	312
8.6	混凝土机械事故	315
	参考文献	317

第1章 机械与电气基础知识

本章要点 本章主要介绍了机械基本概念、连接形式、传动方式及电工学基础知识、电机传动和电气控制等水利水电施工机械基本知识。

1.1 机械基本概念

在机械工程学中,机械是机器和机构的总称。

1. 机器

机器基本由原动部分、工作部分和传动部分组成的。传动部分是把原动部分的运动和动力传递给工作部分的中间环节。

机器通常具备以下三个共同特征:

(1) 机器是由许多构件组合而成的。如图 1-1 所示,钢筋切断机由电动机通过带传动及齿轮传动减速机,带动由曲柄、连杆和滑块组成的曲柄滑块机构,使安装在滑块上的活动刀片周期性地靠近或离开安装在机架上的固定刀片,完成切断钢筋的工作循环。其原动部分为电动机,工作部分为刀片,传动部分包括带传动、齿轮传动和曲柄滑块机构。

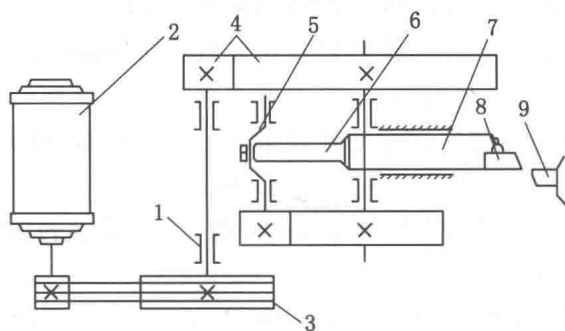


图 1-1 钢筋切断机示意图

1——机架;2——电动机;3——带传动机构;4——齿轮机构;5——偏心轴;6——连杆;
7——滑块;8——活动刀片;9——固定刀片

(2) 机器的构件之间具有确定的相对运动。

(3) 机器可以用来代替人的劳动,完成有用的机械功或者实现能量转换。如运输机可以改变物体的空间位置,电动机能把电能转换成机械能等。

2. 机构

机构与机器有所不同,机构具有机器的前两个特征,而不具备最后一个特征,通常把这些具有确定相对运动构件的组合称为机构。因此机构和机器的区别是:机构的主要功能在于传递或转变运动的形式,而机器的主要功能是利用机械做功或进行能量的转换。

3. 运动副

使两物体直接接触而又能产生一定相对运动的连接,称为运动副,如图 1-2 所示。根据运动副中两机构接触形式的不同,运动副可分为低副和高副。

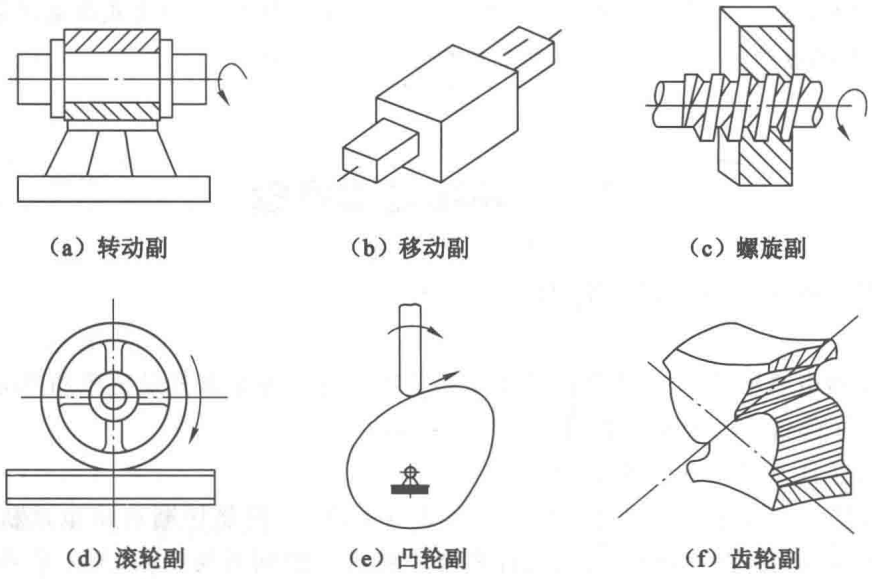


图 1-2 运动副

(1) 低副。低副是两构件之间以面接触的运动副。按两构件的相对运动情况,可分为:

- ① 转动副。转动副指两构件在接触处只允许做相对转动,如由轴和瓦之间组成的运动副。
- ② 移动副。移动副指两构件在接触处只允许做相对移动,如由滑块与导槽组成的运动副。
- ③ 螺旋副。螺旋副指两构件在接触处只允许做一定关系的转动和移动的复合运动,如丝杠与螺母组成的运动副。

(2) 高副。高副是两构件之间以点或线接触的运动副。按两构件的相对运动情况,可分为:

- ① 滚轮副。例如,由滚轮和轨道之间组成的运动副。
- ② 凸轮副。例如,凸轮与从动杆组成的运动副。
- ③ 齿轮副。例如,两齿轮轮齿啮合组成的运动副。

1.2 机械连接

由于使用、结构、制造、装配、运输等原因,机器中有相当多的零件需要彼此连接。被连

接的零部件间相互固定而不能做相对运动的称为静连接;能按一定运动形式做相对运动的称为动连接。轴和轴承、导向平键和导向花键连接、螺旋传动、铰链、导轨等都是动连接。螺纹连接大多用作静连接,能经常拆装,应用广泛。

从传递载荷(力或力矩)的工作原理来看,连接又可分为摩擦的和非摩擦的两大类。前者靠连接中接合面间的摩擦来传递载荷,后者通过连接中零件的相互嵌合来传递载荷。

连接要力求与被连接件的强度相等,这样才有可能使连接中各零件潜存的承载能力都充分发挥。不过由于结构、工艺和经济上的原因,时常不能达到等强度设计。这时,连接的强度由连接中最薄弱环节的强度决定。

1.2.1 螺栓连接和销连接

1. 螺栓连接

螺栓是由头部和螺杆两部分组成的紧固件,需与螺母配合,用于紧固连接两个带有通孔的零件。这种连接形式称为螺栓连接,属于可拆卸连接。

按连接的受力方式,可分为普通螺栓和铰制孔用螺栓。铰制孔用螺栓要和孔的尺寸配合,主要用于承受横向力。按头部形状,可分为六角头、圆头、方形头和沉头螺栓等。按照性能等级,螺栓可分为高强度螺栓和普通螺栓。

2. 销连接

销连接用来固定零件间的相互位置,也可用于轴和轮毂或其他零件的连接以传递较小的荷载,有时还用作安全装置中的过载剪切元件。

销主要有圆柱销和圆锥销两种。一般用于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,传递较小的载荷,还可作为安全装置中的过载剪断元件。

1.2.2 轴系零部件

1. 轴

轴是组成机器中最基本的零件,一切做旋转运动的传动零件,都必须安装在轴上才能实现旋转和传递动力。

(1) 常用轴的种类。按照轴的轴线形状不同,可以把轴分为曲轴[图 1-3(a)]和直轴[图 1-3(b)、(c)]两大类。曲轴可以将旋转运动改变为往复直线运动或者做相反的运动转换。直轴应用最为广泛,按照其外形不同,可分为光轴[图 1-3(b)]和阶梯轴[图 1-3(c)]两种。

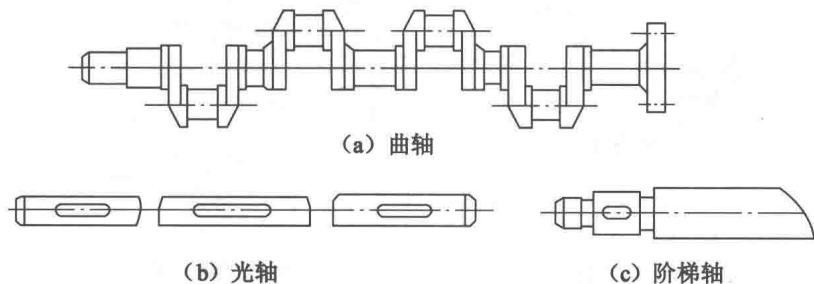


图 1-3 轴

按照轴所受载荷的不同,可将轴分为心轴、转轴和传动轴三类。

- ① 心轴。心轴通常指只承受弯矩而不承受转矩的轴。如自行车的前轴。
- ② 转轴。转轴指既承受弯矩又承受转矩的轴。转轴在各种机器中最为常见。
- ③ 传动轴。传动轴指只承受转矩不承受弯矩或承受很小弯矩的轴。车床上的光轴、连接汽车发动机输出轴和后桥的轴,均是传动轴。

(2) 轴的结构。轴主要由轴颈、轴头、轴身、轴肩和轴环构成,如图 1-4 所示。

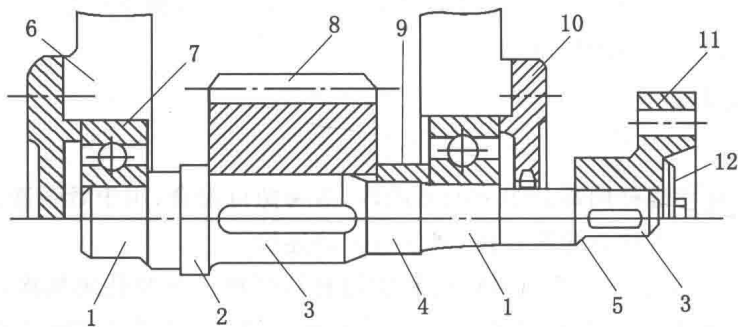


图 1-4 轴的结构

1——轴颈;2——轴环;3——轴头;4——轴身;5——轴肩;6——轴承座;7——滚动轴承;
8——齿轮;9——套筒;10——轴承盖;11——联轴器;12——轴端挡阻

2. 轴上零件的固定

轴上零件的固定可分为周向固定和轴向固定。

(1) 周向固定

不允许轴与零件发生相对转动的固定,称为周向固定。常用的固定方法有楔键连接、平键连接、花键连接和过盈配合连接等。

楔键连接如图 1-5 所示。平键连接如图 1-6 所示。花键连接如图 1-7 所示。过盈配合连接的特点是轴的实际尺寸比孔的实际尺寸大,安装时利用打入、压入、热套等方法将轮毂装在轴上,通常用于有振动、冲击和不需经常拆装的场合。

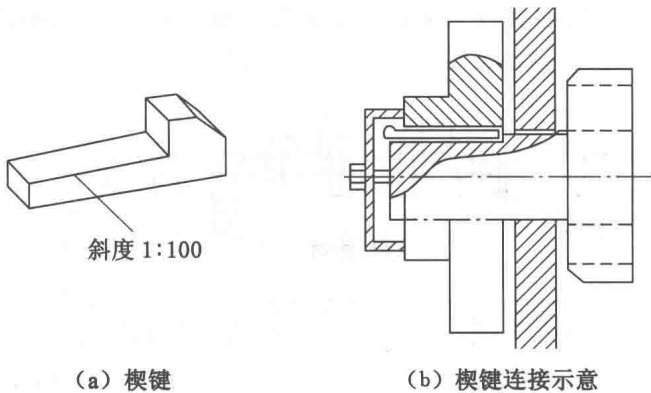


图 1-5 楔键连接

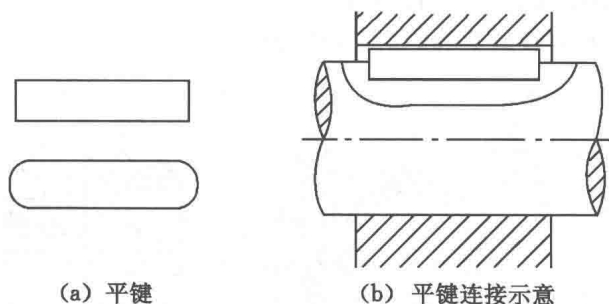


图 1-6 平键连接

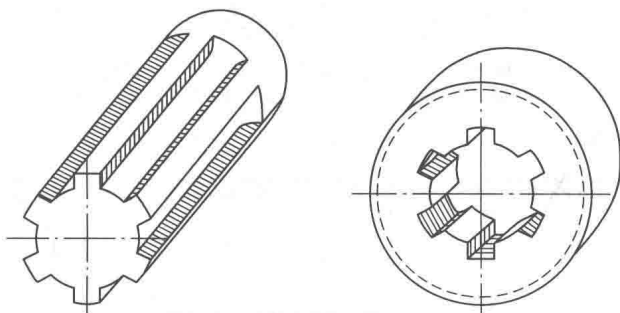


图 1-7 花键连接

(2) 轴向固定

不允许轴与零件发生相对的轴向移动的固定,称为轴向固定。常用的固定方法有轴肩、螺母、定位套筒和弹性挡圈等。

① 轴肩。轴肩用于单方向的轴向固定。

② 螺母。轴端或轴向力较大时可用螺母固定。为防止螺母松动,可采用双螺母或带翅垫圈。

③ 定位套筒。定位套筒一般用于两个零件间距离较小的情况。

④ 弹性挡圈(卡环)。当轴向力较小时,可采用弹性挡圈进行轴向定位,具有结构简单、紧凑等特点。

3. 轴承

轴承是用于支承轴颈的部件,它能保证轴的旋转精度,减小转动时轴与支承间的摩擦和磨损。根据轴承摩擦性质的不同,轴承可分为滑动轴承和滚动轴承两类。

(1) 滑动轴承

滑动轴承一般由轴承座、轴承盖、轴瓦和润滑装置等组成,如图 1-8 所示。

滑动轴承与轴之间的摩擦为滑动摩擦,其工作可靠、平稳且无噪声,润滑油具有吸振能力,故能承受较大的冲击载荷,能用于高速运转。根据轴承的润滑状态,滑动轴承可分为非液体摩擦滑动轴承(动压轴承)和液体摩擦滑动轴承(静压轴承)两大类;按照所受载荷方向不同,可分为向心滑动轴承、推力滑动轴承和向心推力滑动轴承。

轴瓦是滑动轴承与轴接触的部分,是滑动轴承的关键元件。它一般用青铜、减摩合金等

耐磨材料制成。滑动轴承工作时,轴瓦与转轴之间要求有一层很薄的油膜起润滑作用。轴瓦分为整体式、剖分式和分块式三种,如图 1-9 所示。

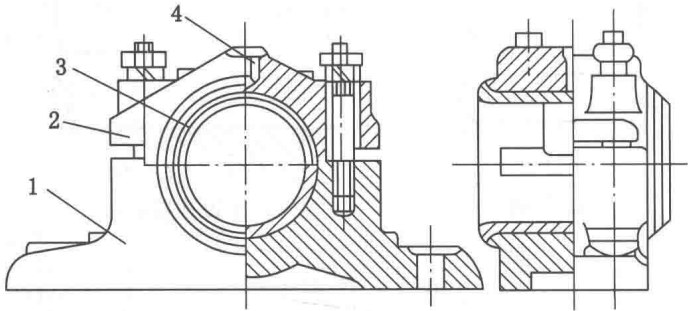


图 1-8 剖分式滑动轴承

1——轴承座;2——轴承盖;3——轴瓦;4——油杯座孔

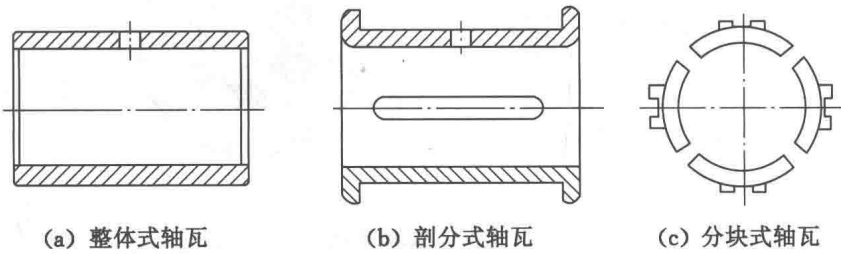


图 1-9 轴瓦的结构

(2) 滚动轴承

滚动轴承由内圈、外圈、滚动体和保持架组成,如图 1-10 所示。按照滚动体形状的不同,滚动轴承可分为滚珠轴承和滚柱轴承;按轴承载荷类型的不同,可分为向心轴承和推力轴承两大类。

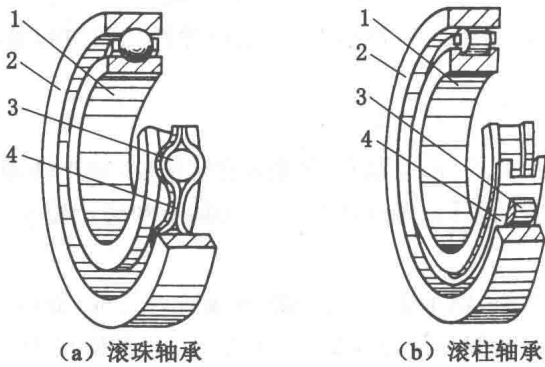


图 1-10 滚动轴承构造

1——内圈;2——外圈;3——滚动体;4——保持架

滚动轴承具有以下特点:

- ① 由于滚动摩擦代替滑动摩擦,摩擦阻力小,启动快,效率高;
- ② 对于同一尺寸的轴颈,滚动轴承的宽度比滑动轴承的小,可使机器轴向尺寸小,结构紧凑;
- ③ 运转精度高,径向游隙比较小,并可采用预紧完全消除;
- ④ 冷却、润滑装置结构简单,维护保养方便;
- ⑤ 不需要用有色金属,对轴的材料和热处理要求不高;
- ⑥ 滚动轴承为标准化产品,统一设计、制造,大批量生产,成本低;
- ⑦ 点、线接触,缓冲、吸振性能较差,承载能力低,寿命短,易点蚀。

4. 联轴器

联轴器是用来连接不同机构中的两根轴(主动轴和从动轴)使之共同旋转以传递扭矩的机械零件。

在高速重载的动力传动中,有些联轴器还有缓冲、减振和提高轴系动态性能的作用。联轴器由两半部分组成,分别与主动轴和从动轴连接。一般动力机大都借助于联轴器与工作机相连接。常用的联轴器可分为刚性联轴器、弹性联轴器和安全联轴器三类。

(1) 刚性联轴器

刚性联轴器是通过若干刚性零件将两轴连接在一起,可分为固定式和可移式两类。这类联轴器结构简单、成本较低,但对中性要求高,一般用于平稳载荷或只有轻微冲击的场合。

凸缘联轴器(图 1-11)是一种常见的刚性固定式联轴器。凸缘联轴器由两个带凸缘的半联轴器用键分别与两轴联在一起,再用螺栓把两半联轴器联成一体。凸缘联轴器有两种对中方法:一种是用半联轴器接合端面上的凸台与凹槽相嵌合来对中,如图 1-11(a)所示;另一种是用部分环配合对中,如图 1-11(b)所示。

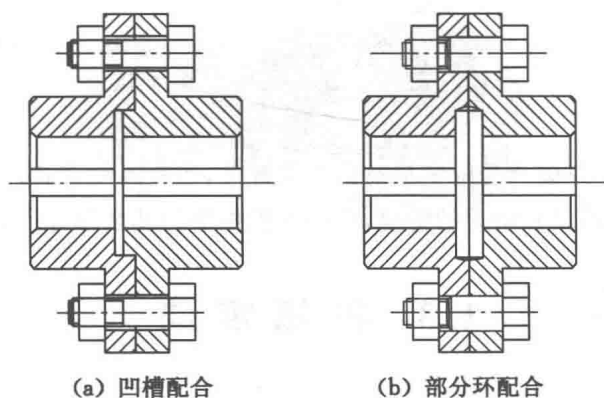


图 1-11 凸缘联轴器

滑块联轴器(图 1-12)是一种常见的刚性移动式联轴器。它由两个带径向凹槽的半联轴器和一个两面具有相互垂直的凸榫的中间滑块所组成,滑块上的凸榫分别与两个半联轴

器的凹槽相嵌合,构成移动副,故可补偿两轴间的偏移。当转速较高时,由于中间滑块的偏心将会产生较大的离心惯性力,给轴和轴承带来附加载荷,所以只适用于低速、冲击小的场合。

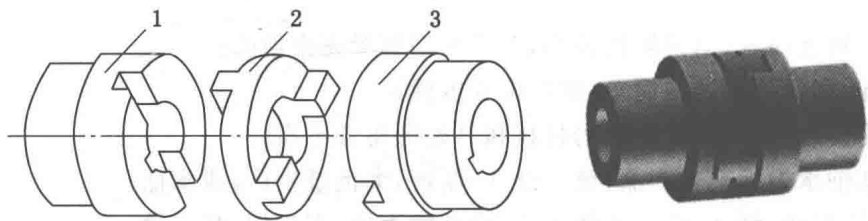


图 1-12 滑块联轴器
1,3——半联轴器;2——滑块

(2) 弹性联轴器

弹性联轴器种类繁多,它具有缓冲吸振、可补偿较大的轴向位移、微量的径向位移和角位移等特点,用在正反向变化多、启动频繁的高速轴上。图 1-13 所示的是一种常见的弹性联轴器,它由两个半联轴器、柱销和胶圈组成。

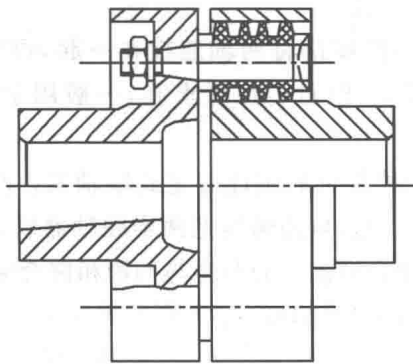


图 1-13 弹性联轴器

(3) 安全联轴器

安全联轴器有一个只能承受限定载荷的保险环节,当实际载荷超过限定的载荷时,保险环节就发生变化,截断运动和动力的传递,从而保护机器的其余部分不致损坏。

1.3 机械传动

传动分为机械传动、流体传动和电传动三类。

机械传动的作用为传动能量和能量的分配、转速的改变、运动形式的改变(如将回转运动改变为往复运动)。

机械传动分为啮合传动和摩擦传动。机械传动又可分为直接接触的传动和有中间机件的传动两种。机械传动的分类见表 1-1。

表 1-1 机械传动分类

机械传动分类	直接接触的传动	有中间机件的传动
摩擦传动	摩擦轮传动	带传动 绳传动
	摩擦无级变速传动	
啮合传动	齿轮传动 蜗杆传动 螺旋传动	链传动 同步带传动

摩擦传动的外廓尺寸较大,由于打滑和弹性滑动等原因,其传动比不能保持恒定。但它的回转体要比啮合传动简单,即使精度要求很高,制造也不困难。摩擦传动运行平稳、无噪声。大部分摩擦传动都能起安全作用,可借助接触零件的打滑来限制传递的最大转矩。摩擦传动的另一优点是易于实现无级调速,无级变速装置中以摩擦传动为基础的较多。

啮合传动具有外廓尺寸小、效率高(蜗杆传动除外)、传动比恒定、功率范围广等优点。但因靠金属元件间齿的啮合来传递动力,所以在其高速运行时由于很小的制造误差和齿廓变形也将引起冲击和噪声,这是啮合传动的主要缺点。

1.3.1 齿轮传动

齿轮传动是由齿轮副组成的传递运动和动力的一套装置,所谓齿轮副是由两个相啮合的齿轮组成的基本结构。

1. 齿轮传动工作原理

齿轮传动由主动轮、从动轮和机架组成。齿轮传动是靠主动轮的轮齿与从动轮的轮齿直接啮合来传递运动和动力的装置,如图 1-14 所示。



图 1-14 齿轮传动

(1) 传动比

在一对齿轮中,设主动轮的转速为 n_1 ,齿数为 Z_1 ,从动轮的转速为 n_2 ,齿数为 Z_2 ,由于是啮合传动,在单位时间里两轮转过的齿数应相等,即 $Z_1 \cdot n_1 = Z_2 \cdot n_2$,由此可得一对齿轮的传动比,即:

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \tag{1-1}$$

式中 i_{12} ——齿轮的传动比;