

高等学校教材

机械设计课程设计

主 编：朱家诚

参 编：汪 进 王纯贤

田 杰 吴天星

主 审 朱文予

合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本书是根据机械设计和机械设计基础课程教学基本要求编写的,可供这两门课程的理论学习和课程设计时使用。全书由课程设计指导、课程设计参考图例、机械设计常用标准和规范三部分组成。全书采用最新的国家标准。各章节的末尾一般都附有思考题。

本书可供高等工院校、高等职业技术学院和中等专业学校的师生使用,也可供机械设计、机械制造和维修等工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计/朱家诚主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2005.8

ISBN 7-81093-300-0

I. 机… II. 朱… III. 机械设计—课程设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 095446 号

机械设计课程设计

主编 朱家诚

责任编辑 汤礼广

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2005 年 8 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2005 年 8 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787×1092 1/16
电 话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	印 张	18.25 字 数 500 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印 刷	合肥 印务有限公司
		纸 张	

ISBN 7-81093-300-0/TH·6 定价:25.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

为了满足学生在课程设计时的迫切需要,根据《机械设计(机械设计基础)课程教学基本要求》和《机械设计课程设计基本要求》的精神,在参考了大量有关文献和资料的基础上,并结合我们多年的教学经验,我们特编写此书。本书的特色是:

(1)将机械设计课程设计指导、机械设计课程设计参考图例、机械设计常用标准和规范三部分内容集中编入一本书内,便于学生在课程设计时查阅和使用。

(2)采用了最新的国家标准,还收录了一些减速器设计中常用的附件和设计规范。

(3)课程设计指导内容按设计步骤进行编排,以圆柱齿轮减速器为主,每阶段均给出较详细的实例,每章末还编有思考题,便于学生掌握和巩固所学内容。

(4)精选了典型减速器的装配图和减速器中的主要零件图,并给出了装配图设计时常见的装配图错误和正确的示例,以供参考。

本书由朱家诚主编。参加本书编写的均为合肥工业大学教师,具体有:朱家诚(第1章、第2章、第5章、第16章、第17章、第18章、第21章),汪进(第3章、第4章、第14章、第15章),王纯贤(第6章、第19章、第20章),田杰(第7章、第8章、第11章、第12章、第13章),吴天星(第9章、第10章、第22章、第23章)。另外,许林、陈奇、朱立红也参加了部分图文编写工作。

本书由合肥工业大学朱文予教授担任主审。

本书在编写过程中,得到了合肥工业大学机械原理及零件教研室的全体教师和兄弟院校的许多专家的热情帮助和支持,在此对他们表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中可能存在错误或欠妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2005年7月

目 录

第一部分 机械设计课程设计指导

第 1 章 概 述.....	(2)
1.1 机械设计课程设计的目的	(2)
1.2 课程设计的内容	(2)
1.3 课程设计的方法与步骤	(3)
1.4 课程设计的要求和注意事项	(3)
1.4.1 课程设计的要求	(3)
1.4.2 课程设计中的注意事项	(4)
第 2 章 传动装置的总体设计.....	(6)
2.1 传动方案概述	(6)
2.2 确定传动方案.....	(11)
2.3 选择电动机.....	(12)
2.4 传动装置的总传动比及分配.....	(13)
2.5 传动装置运动和动力参数的计算.....	(15)
2.6 设计示例.....	(15)
第 3 章 传动零件的设计计算	(20)
3.1 减速器外传动零件的设计要点.....	(20)
3.1.1 带传动.....	(20)
3.1.2 链传动.....	(21)
3.1.3 开式齿轮传动.....	(21)
3.2 减速器内传动零件的设计要点.....	(21)
3.2.1 圆柱齿轮传动.....	(21)
3.2.2 圆锥齿轮传动.....	(23)
3.2.3 蜗杆传动.....	(24)
第 4 章 减速器结构	(25)
4.1 减速器各部位及附属零件的名称和作用.....	(25)
4.2 减速器箱体有关尺寸的经验值.....	(28)
4.3 箱体结构.....	(28)
4.4 减速器的润滑.....	(29)

第 5 章 减速器装配图设计(第 1 阶段)	(32)
5.1 概述.....	(32)
5.2 确定箱体内壁和轴承座端面的位置.....	(33)
5.3 轴的结构设计.....	(35)
5.3.1 初步计算轴的直径.....	(35)
5.3.2 轴的各段直径.....	(35)
5.3.3 轴的各段轴向尺寸.....	(37)
5.4 轴、轴承及键联接的校核计算	(39)
第 6 章 减速器装配图设计(第 2 阶段)	(41)
6.1 齿轮的结构设计.....	(41)
6.2 滚动轴承的组合设计和轴承端盖结构.....	(42)
6.3 轴承的润滑与密封.....	(43)
第 7 章 减速器装配图设计(第 3 阶段)	(45)
7.1 箱体的结构设计.....	(45)
7.1.1 箱体的高度.....	(45)
7.1.2 箱体要有足够的刚度.....	(45)
7.1.3 箱盖外轮廓的设计.....	(46)
7.1.4 箱体凸缘与底座结构设计.....	(47)
7.1.5 导油沟的形式和尺寸.....	(47)
7.1.6 箱体的加工要求.....	(48)
7.2 减速器附件设计.....	(48)
7.2.1 窥视孔和视孔盖.....	(48)
7.2.2 通气器.....	(49)
7.2.3 启盖螺钉.....	(49)
7.2.4 定位销.....	(50)
7.2.5 放油螺塞.....	(50)
7.2.6 油标.....	(50)
7.2.7 环首螺钉、吊环和吊钩	(50)
第 8 章 完成装配图	(53)
8.1 标注尺寸.....	(53)
8.2 注明减速器的技术特性.....	(54)
8.3 编写技术要求.....	(54)
8.4 零件编号、明细表和标题栏	(56)
8.5 检查装配图.....	(56)
第 9 章 零件工作图设计	(58)
9.1 轴类零件工作图的设计要点.....	(58)
9.2 齿轮类零件工作图的设计要点.....	(60)

9.3 箱体零件工作图的设计要点.....	(61)
第 10 章 设计计算说明书和答辩准备.....	(63)
10.1 设计计算说明书的内容	(63)
10.2 设计计算说明书的要求和注意事项	(63)
10.3 设计计算说明书示例	(65)
10.4 答辩准备	(66)

第二部分 机械设计课程设计参考图例

第 11 章 齿轮减速器装配图.....	(68)
第 12 章 减速器零件图.....	(86)
第 13 章 减速器装配图常见错误与正确画法.....	(95)

第三部分 机械设计常用标准和规范

第 14 章 标准代号、常用数据和一般标准	(98)
14.1 标准代号	(98)
14.2 常用数据	(98)
14.3 一般标准.....	(104)
14.4 铸件设计一般规范和焊缝符号.....	(113)
第 15 章 常用材料	(119)
15.1 黑色金属材料.....	(119)
15.2 有色金属材料.....	(126)
15.3 型钢和型材.....	(133)
15.4 工程塑料及其零件的结构要素.....	(139)
第 16 章 联接件和紧固件	(143)
16.1 螺纹.....	(143)
16.2 螺栓.....	(147)
16.3 螺柱与螺钉.....	(150)
16.4 螺母.....	(157)
16.5 垫圈.....	(159)
16.6 键与销.....	(161)
16.7 轴系零件的紧固件.....	(167)
第 17 章 滚动轴承与滑动轴承	(173)
17.1 常用滚动轴承.....	(173)
17.2 滚动轴承座.....	(187)

17.3	滚动轴承的配合.....	(191)
17.4	滑动轴承座.....	(193)
第18章	润滑与密封	(197)
18.1	润滑剂.....	(197)
18.2	润滑方法与润滑装置.....	(198)
18.3	密封件.....	(203)
第19章	联轴器和离合器	(206)
19.1	联轴器轴孔和键槽形式.....	(206)
19.2	联轴器.....	(207)
19.3	离合器.....	(216)
第20章	极限与配合、形状与位置公差和表面粗糙度	(217)
20.1	极限与配合.....	(217)
20.2	形状与位置公差.....	(234)
20.3	表面粗糙度.....	(242)
第21章	齿轮传动、蜗杆传动公差	(247)
21.1	渐开线圆柱齿轮精度.....	(247)
21.2	锥齿轮精度.....	(256)
21.3	圆柱蜗杆、蜗轮精度	(265)
第22章	电动机	(272)
22.1	Y系列三相异步电动机.....	(272)
22.2	YZR、YZ系列冶金及起重用三相异步电动机	(276)
第23章	减速器附件	(281)
23.1	通气器.....	(281)
23.2	轴承盖和套杯.....	(282)
23.3	窥视孔及视孔盖.....	(283)
23.4	起吊装置.....	(283)
参考文献		(284)

第一部分

机械设计课程设计指导

第 1 章 概 述

1.1 机械设计课程设计的目的

机械设计和机械设计基础课程的教学内容由基础理论学习、实验和课程设计三个基本教学环节组成,缺一不可。其中,课程设计是十分重要的教学环节,是一次较全面的设计能力和综合技能的训练,其基本目的是:

(1)综合运用机械设计课程和其他先修课程的知识,分析和解决机械设计问题,进一步巩固、加深和拓宽所学机械设计的相关知识。

(2)通过设计实践,逐步树立正确的设计思想,熟练掌握机械设计的一般规律,培养分析问题和解决问题的能力,增强创新意识和竞争意识。在课程设计过程中,通过制订设计方案,合理选择传动机构和零件类型,正确计算零件工作能力,确定零件尺寸,选择材料和结构设计,以及较全面地考虑制造工艺、使用和维护等方面的要求,达到了解和掌握机械零件、机械传动装置或简单机械的一般设计过程和方法。

(3)全面进行机械设计基本技能的训练,即培养计算、绘图、熟悉和运用设计资料(手册、图册、标准和规范等),以及使用经验数据、进行经验估算和处理数据等多方面的能力。

1.2 课程设计的内容

课程设计的题目常选择通用机械的传动装置或简单机械,例如以齿轮减速器为主体的机械传动装置。如图 1-1 为带式输送机传动装置简图,图 1-2 为电动绞车传动方案简图。

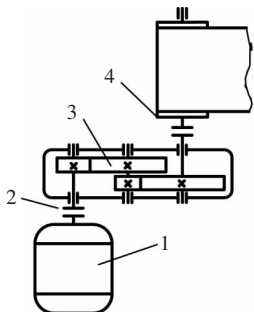


图 1-1 带式输送机传动装置简图

1—电动机 2—联轴器 3—减速器 4—驱动卷筒

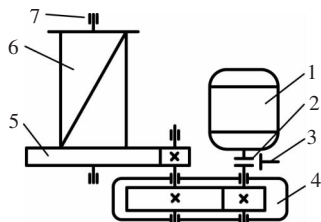


图 1-2 电动绞车传动方案简图

1—电动机 2—联轴器 3—制动器 4—减速器

5—开式齿轮 6—卷筒 7—轴承

课程设计通常包括以下主要内容和环节:确定传动装置的总体设计方案;选择电动机;计算传动装置的运动和动力参数;传动零件、轴的设计计算和强度校核;轴承、联接件、润滑密封和联轴器的选择及校验计算;机体结构及其附件的设计;绘制装配图和零件工作图;编写计算说明书和设计答辩等。

机械设计课程设计一般要求每个学生独立完成以下工作:

- (1)装配图一张(A0 或 A1 幅面);
- (2)零件工作图 1~3 张(幅面视内容而定,一般为 A2 幅面);

(3)设计计算说明书一份(一般要求 6000~8000 字)。

1.3 课程设计的方法与步骤

课程设计步骤大体分为以下几个阶段进行:

序号	阶段名称	主要内容
1	设计准备	阅读设计任务书,明确设计要求、条件、内容和步骤;通过阅读有关资料、图纸、参观实物或模型、观看电视教学片,并进行减速器拆装实验等,了解设计对象;复习有关课程内容,熟悉零部件的设计方法和步骤;准备好设计需要的图书、资料和用具;拟定设计计划等
2	传动装置的总体设计	比较和选择传动装置的方案;选择电动机类型,计算电动机所需功率,选定电动机额定转速和型号;计算传动装置的运动和动力参数,即确定总传动比和分配各级传动比,计算各轴转速和转矩等
3	传动件的设计计算	设计计算各级传动件的参数和尺寸,例如减速器的外传动零件(带、链等)和减速器的内传动零件(齿轮、蜗杆传动等),以及选择联轴器的类型和型号等
4	装配图设计	绘制装配图草图;确定箱体结构和有关尺寸;设计轴并计算轴毂联接强度;选择轴承和进行支承结构设计,并进行轴承的寿命计算;进行箱体结构及其附件的设计;完成装配图的其他要求(标注尺寸、配合、技术要求、零件明细表和标题栏等);审核图纸
5	零件工作图设计	从装配图中拆出指定的零件,绘制零件工作图;确定零件的细部结构和尺寸;完成零件图的其他要求(标注尺寸、技术要求、标题栏等);审核图纸
6	整理和编写计算说明书	按计算说明书的格式要求整理课程设计中全部有效的设计计算参数,说明设计计算采用的方法、过程和结果,并注明设计计算的依据来源
7	设计总结和答辩	总结课程设计过程中的经验和教训;阐述课程设计思想,并正确回答教师提出的问题

1.4 课程设计的要求和注意事项

1.4.1 课程设计的要求

机械设计课程设计是学生一次比较完整的机械设计实践活动,也是理论联系实际、培养初步设计能力的重要教学环节。因此,学生在课程设计过程中必须做到:

(1)在教师的指导下,学生独立完成全部的课程设计任务。开始时都应该明确设计任务和要求,并拟定设计计划,设计过程中注意掌握进度,按时完成。

(2)整个课程设计过程可分阶段进行,每个阶段的设计都要认真检查,通常在没有原则性或明显错误时才能继续进入下一阶段的设计。但由于各阶段的设计是相互关联与制约的,常常会在后续阶段才发现前阶段的设计错误,此时,应即时返回前阶段修改存在的设计错误,再继续进行设计。因此,为保证设计质量,课程设计常常需经过各阶段设计的多次修改后才能完成。

(3)在课程设计过程中,提倡独立思考和深入钻研,主动地、创造性地进行设计。要正确处理继承与创新的关系,反对走极端,即反对不求甚解的全面继承,也反对一味追求创新。要求学生设计态度严肃认真、有错必改,反对敷衍塞责、容忍错误的存在。

机械设计的目标是要满足使用要求和经济要求,因此,常常需要经过多次反复才能得到比较满意的结果。另外,影响零部件结构尺寸的因素很多,不可能完全由计算确定,而需要借助于类比、初估或画草图等手段。因此,课程设计一般要通过边计算、边画图、边修改,亦即计算与画图交叉进行来逐步完成。例如轴设计过程:首先根据轴的受力进行轴直径的初算,得到轴直径的最小值,再选择相应的轴承,并在结构草图上画出轴上零件位置,同时进行轴的结构初步设计,然后进行轴和轴承的校核计算。当轴或轴承不能满足设计要求时,需重复上述步骤,直至满足设计要求。

1.4.2 课程设计中的注意事项

在课程设计过程中,还需要注意如下事项:

(1) 强度计算与结构、工艺等关系

机械零件的尺寸不可能完全由理论计算确定,还要考虑结构、加工和装配工艺、经济性和使用条件等要求。理论计算一般只为确定零件尺寸提供了单方面的依据(如强度条件等),有些经验公式(例如机体壁厚、齿轮轮缘、轮毂尺寸等)也只是考虑了主要因素的要求,所求得的是近似值。因此,设计时都要根据具体情况作适当调整,多数尺寸须圆整或选择系列值等,还应同时全面考虑强度、刚度、结构和工艺等方面的要求。

(2) 设计中对标准使用的要求

采用和遵守标准,是降低成本的首要原则,也是评价设计质量的一项指标,熟悉标准和熟练使用标准是课程设计重要任务之一。由于标准件多为专业厂家大批量产生,往往价格低而且质量好,所以,标准件无需自己制造,只要选购就可以了,例如电动机、滚动轴承、传动胶带、链、橡胶油封和紧固件等。对于非标零件一般需自行制造,但也常要求圆整为标准数或优先数,以方便制造和测量,例如轴的直径、减速器的机体尺寸等,都应适当圆整为优先数(一般圆整为0或5的尾数)。但也有一些尺寸不能圆整,例如直齿圆柱齿轮分度圆直径 $d=61.25\text{mm}$,就不能圆整为62mm或61mm。

在设计中,确定零件结构尺寸的合理有效位数是非常重要的。它不仅影响到测量精度要求,而且还影响到零件的制造成本。

设计中应尽量减少选用的材料牌号和规格,减少标准件的品种、规格,尽可能选用市场上能充分供应的通用品种,这样能降低成本,并能方便使用和维修。例如减少螺栓的尺寸规格,不仅便于采购和保管,装拆时也可减少扳手数目。

(3) 结构与零件工艺性要求

机械的成本主要取决于制造成本,而制造成本的高低与零件结构工艺性直接相关,必须努力提高零件结构的工艺性。良好的工艺性就是既能满足使用要求,又能使制造工艺简单,制造费用较低。

设计零件结构时常考虑的工艺性要求分为如下几个方面:

① 选择合理的毛坯种类和形状。如大批量生产时应优先考虑铸造、轧制、模锻的毛坯,单件生产或件数很少时则采用比较简单的结构,避免用模具或铸模,以便能用现有设备加工;又如直径大于400mm的圆柱齿轮,应选用铸造结构的齿轮毛坯或者用焊接结构等;此外,还应尽可能地选用型材。

② 零件形状应尽量简单和便于加工。如用最简单的形状(圆柱面、平面和共轭曲面等)构成零件,尽量减少加工表面的数量和面积等。

③ 零件结构应便于装配和拆卸。例如为螺栓联接留有扳手空间,零件之间有调节装配尺寸的余地和环节(如有垫片、套筒或锥面等),装配时易于找正、定位等。

(4) 创新与继承的关系

设计是继承和创新结合的过程,完全的原创性设计是不多见的。一般的设计是在继承已有产品的基础上,进行适当的、局部的创新。设计中的继承,也不是盲目地、机械地抄袭已有的类似产品,而是在理解原设计思想的基础上继承。多数的创新设计也是在理解原设计思想的基础上,找出存在的问题和缺陷,再进行创新设计。一般来说,任何一个设计任务都可能有很多解决的方案,因此设计者应具备创新思维能力,能提出创新解决方案。但是设计工作又是极为复杂、细致和繁重的工作,长期的设计和生产实践积累了许多可供参考和借鉴的宝贵经验和资料,继承和发展这些经验和成果,不但可以减少重复工作,加快设计进度,也是提高设计质量的重要保证。善于掌握和使用各种资料,既是设计工作能力的重要体现,也是课程设计中培养学生能力的任务之一。

第 2 章 传动装置的总体设计

传动装置总体设计的内容:确定传动方案、选定电动机型号、计算总传动比并合理分配各级传动比、计算传动装置的运动和动力参数。总体设计将为后面设计各级传动件和装配图设计提供条件。

2.1 传动方案概述

拟定传动方案的主要内容:了解传动装置的组成和不同传动方案的特点,并合理拟定传动方案。机器一般由原动机、传动装置和工作机三部分组成,如图 2-1 所示电动绞车。

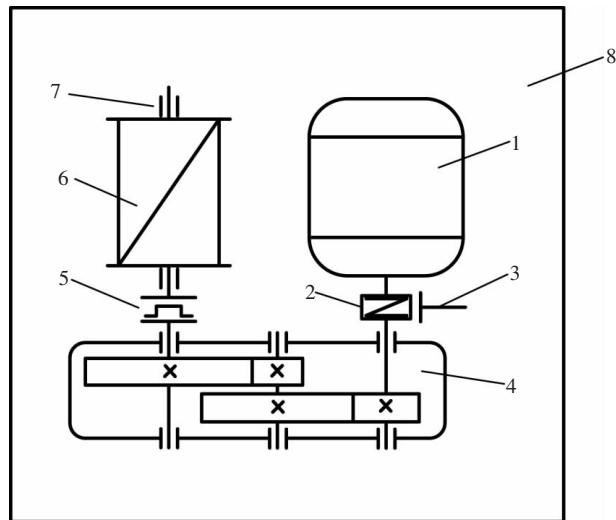


图 2-1 电动绞车

1—电动机 2、5—联轴器 3—制动器 4—减速器 6—卷筒 7—轴承 8—机架

图 2-1 中,原动机为电动机 1,传动装置为减速器 4,工作机为卷筒 6,各部件用联轴器 2、5 联接,并安装在机架 8 上。由此可见,传动装置位于原动机与工作机之间,用于传递运动和动力,并可以改变运动的形式、速度和转矩大小。传动装置一般包括传动件(齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动等)和支承件(轴、轴承、机体等)两大部分。它的机械性能、技术水平和产品质量对整个机器的性能和工作状况影响很大。因此,合理设计传动方案具有重要意义。

合理的传动方案首先要满足机器的功能要求,如传递功率的大小、转速和运动形式等。此外,还要适应工作条件 and 环境要求,也就是应保证工作可靠,满足结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高、使用维护方便、工艺性和经济性合理等多方面要求。一般来说,要同时满足上述全部要求往往是不可能的。因此,要通过对多个可行方案进行分析、综合、比较,最终选择各项主要技术指标较优且其他各项技术指标也较好的传动方案。

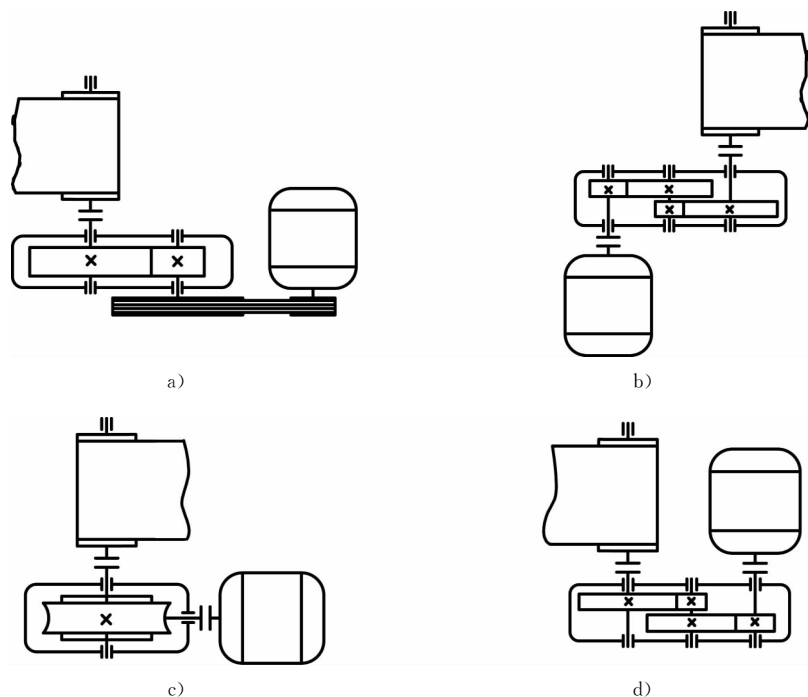


图 2-2 带式输送机传动方案简图

图 2-2 所示为四种带式输送机的传动方案。其中图 2-2a 方案中的带传动不适应繁重的工作要求和恶劣的工作环境；图 2-2c 方案虽然结构紧凑，但由于蜗杆的传动效率低，功率损失大，因此，不适用于长期连续运转的传动。图 2-2b 方案与图 2-2d 方案主要性能相近，但 d 方案的宽度尺寸明显小于 b 方案。

评价传动方案的优劣应从多方面进行，在课程设计时可从传动装置的外形尺寸和机械性能等方面入手进行评价。常见机械传动的主要性能见表 2-1，常见减速器的类型和特点见表 2-2。

在传动装置设计时，一般考虑以下几方面问题：

(1) 带传动的特点是传动平稳、能缓冲减振，但承载能力较小，即传递相同转矩时结构尺寸较其他传动形式大些。此外，带传动宜布置在高速级。

(2) 链传动的特点是运转不均匀、有冲击，不适于高速传动，应布置在低速级。

(3) 蜗杆传动的特点是可以实现较大的传动比、尺寸紧凑、传动平稳，但效率较低，适用于中、小功率且间歇运转的场合。对于传递动力且连续工作的场合，应选择多级齿轮传动来实现大传动比。

(4) 圆锥齿轮加工较困难，大直径、大模数的圆锥齿轮加工更为困难，所以只有在需改变轴的布置方向时才采用。此外，圆锥齿轮传动尽量放在高速级，并限制传动比，以减小圆锥齿轮的直径和模数。

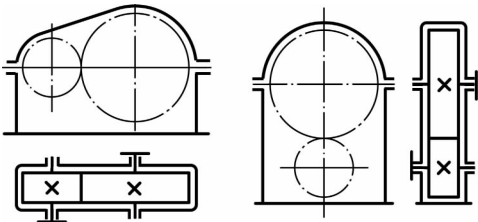
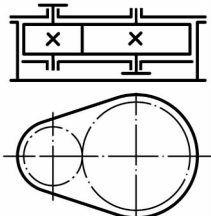
(5) 斜齿轮传动的平稳性较直齿轮传动好，承载能力大，常用在要求结构尺寸小或要求传动平稳的场合。

(6) 开式齿轮传动的工作环境较差、润滑条件不好、磨损较严重、寿命较短，应布置在低速级或用于不重要的场合。

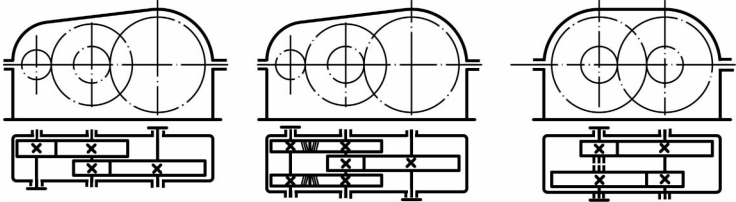
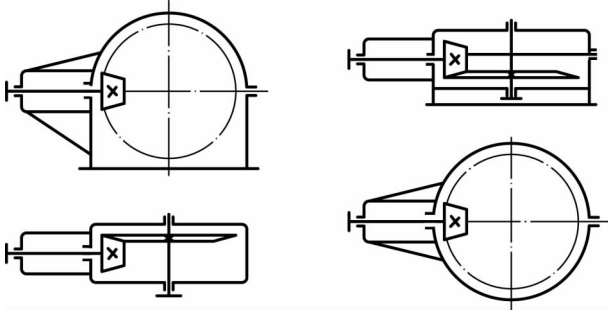
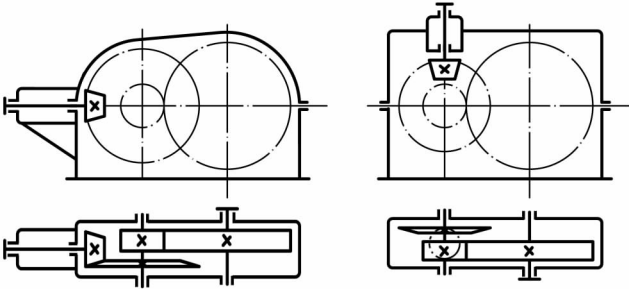
表 2-1 常见机械传动的主要性能

传动机构 选用指标		平带传动	V带传动	圆柱摩擦轮 传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
功率/kW (常用值)		小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	大 (最大达 50 000)		小 (≤ 50)
单级	常用值	2~4	2~4	2~4	2~5	圆柱 3~5	圆锥 2~3	10~40
传动比	最大值	5	7	5	6	8	5	80
传动效率		见表 14-7						
许用的线速度 (m/s)		≤ 25	$\leq 25\sim 30$	$\leq 15\sim 25$	≤ 40	$\leq 20\sim 50$		$\leq 15\sim 35$
外廓尺寸		大	大	大	大	小		小
传动精度		低	低	低	中等	高		高
工作平稳性		好	好	好	较差	一般		好
自锁能力		无	无	无	无	无		可有
过载保护作用		有	有	有	无	无		无
使用寿命		短	短	短	中等	长		中等
缓冲吸振能力		好	好	好	中等	差		差
要求制造及安装精度		低	低	中等	中等	高		高
要求润滑条件		不需	不需	一般不需	中等	高		高
环境适应性		不能接触酸、碱、油类、 爆炸性气体		一般	好	一般		一般

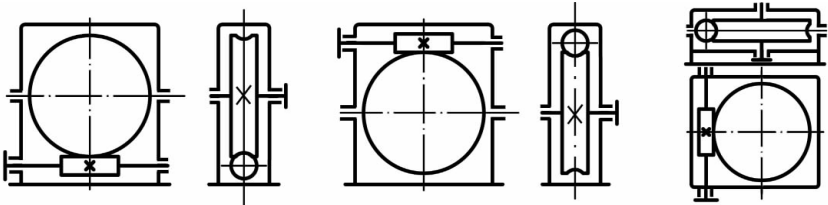
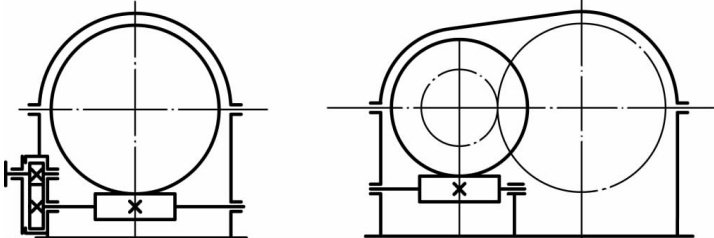
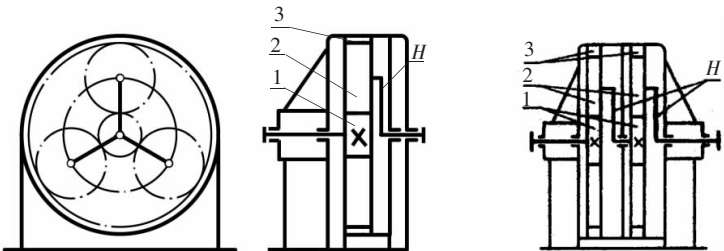
表 2-2 减速器的主要类型和特点

类 型	简 图 及 特 点
一级圆柱齿轮 减速器	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>水平轴</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>立轴</p>  </div> </div> <p>传动比一般小于 5, 可用直齿、斜齿或人字齿, 传递功率可以很大, 效率较高, 工艺简单, 精度易于保证, 对制造要求一般, 应用广泛。轴线有多种布置方式</p>

续表 2-2

类 型	简 图 及 特 点		
二级圆柱齿轮 减 速 器	展 开 式	分 流 式	同 轴 式
			
	<p>传动比一般为 8~40, 可用直齿、斜齿或人字齿, 结构简单, 应用广泛。展开式由于齿轮相对于轴承为不对称布置, 因而沿齿向载荷分布不均, 故要求轴有较大的刚度; 分流式则齿轮相对于轴承对称布置, 常用于较大功率、变载荷传动的场合; 同轴式在减速器长度方向尺寸较小, 但轴向尺寸较大, 刚度较差</p>		
一级圆锥齿轮 减 速 器	水 平 轴	立 轴	
			
	<p>圆锥齿轮减速器传动比一般小于 3, 可用直齿、斜齿和弧齿</p>		
二级圆锥—圆 柱齿轮减速器	水 平 轴	立 轴	
			
	<p>锥齿轮应布置在高速级, 使其直径不致于过大, 这样便于加工</p>		

续表 2-2

类型	简图及特点
一级蜗杆 减速器	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div data-bbox="502 281 608 306">蜗杆下置式</div> <div data-bbox="822 281 928 306">蜗杆上置式</div> <div data-bbox="1122 281 1188 306">立轴式</div> </div>  <p data-bbox="375 681 1246 744">结构简单, 尺寸紧凑, 效率较低, 适用于载荷较小、间歇工作的场合。蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5\text{m/s}$ 时用下置蜗杆, $v > 4 \sim 5\text{m/s}$ 时用上置式。采用立轴式布置时密封要求高</p>
齿轮—蜗杆 减速器	 <p data-bbox="375 1172 1246 1235">传动比一般为 60~90。齿轮传动在高速级时结构比较紧凑, 蜗杆传动在高速级时则传动效率较高</p>
NGW 型行星 齿轮减速器	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div data-bbox="768 1287 812 1311">一级</div> <div data-bbox="1045 1287 1089 1311">二级</div> </div>  <p data-bbox="594 1648 1030 1673">1—太阳轮 2—行星轮 3—内齿轮 H—转臂</p> <p data-bbox="375 1705 1246 1768">传动比一级一般为 3~9, 二级为 10~60; 通常固定内齿轮, 也可以固定太阳轮或转臂; 体积小、重量轻, 但制造精度要求高, 结构复杂</p>