

机械设计 课程设计

JIXIE SHE JI KE CHENG SHE JI

罗述洁等 编

贵州科技出版社

《机械设计》课程设计

罗述洁等 编

贵州科技出版社

内 容 提 要

本书以齿轮、蜗轮减速器为例,系统地介绍了一般机械传动装置的设计内容、方法和步骤;汇集了机械设计课程设计所需的各种资料、参考图表及新颁布的有关国家标准。本书除附有装配图示例、零件工作图示例外,还附有设计思考题、设计题目示例、装配图设计常见错误示例及设计计算示例等。

本书集课程设计指导书、设计资料、参考图、标准、规范为一册,内容简明扼要,使用方便。

主要供高等工科院校、职工大学学生进行《机械设计》课程设计及习题大作业使用,亦可供指导教师及有关工厂和设计部门的技术人员参考。

《机械设计》课程设计

贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路 220 号 邮编 550001)

贵州地质彩印厂印刷 贵州省新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 19.375 印张 470 千字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—10000

ISBN7—80584—239—6

TH·003 定价:10.00 元

前 言

本书是根据国家教委批准印发的《高等工业学校机械设计教学基本要求》中对机械设计课程设计所提出的目的和要求编写的。

考虑到现有设计资料、种类甚多，篇幅浩繁，学生们不可能一一涉猎，且仅仅依靠学生能查到的几本资料，也难以顺利地完课程设计。有鉴于此，我们从教学要求出发，针对目前课程设计的选题情况，根据编者长期从事机械设计教学的体会，并吸收了兄弟院校的意见和经验，编写了此书。

本书以减速器设计为例，阐述了一般机械传动装置的设计思路、方法和步骤；系统地汇集了完成课程设计、习题、作业所需的各种资料、图表（包括有关的各种新颁布的国家标准）；有机地集设计指导书、设计资料、参考图、标准、规范为一册，内容简明扼要、实用。

在编写中，既注意了设计思路、方法的引导，设计能力的培养，又注意了查阅资料的方便性。在书中还附有必要的常见设计错误示例、设计计算示例及零件工作图查注指示图等，以期引导学生顺利进行设计，提高学生设计水平及设计质量。

为了减少篇幅，本书内容仅以满足《机械设计》教学的习题、作业和课程设计为主，各教材中所涉及到的零件设计计算未编入。

本书由罗述洁任主编，罗延科、雷昌余、蔡家雄、郭奇亮、何士泉、周元康、李开世、颜伟参加编写；申哲主审，杨廷栋、朱祥和、杨从德、谢先煜参加审阅，书中部分描图工作由高德铭担任，其余由编者担任。

由于编者水平有限，书中谬误在所难免，尚希读者不吝赐教。

编 者

1992年9月

目 录

第一章 总 论	(1)
一、机械设计课程设计的目的	(1)
二、机械设计课程设计的内容	(1)
三、机械设计课程设计的一般步骤	(1)
第二章 机械传动装置的总体设计和基本参数的计算	(3)
一、分析、研究和拟定传动方案	(3)
二、电动机的选择	(5)
三、传动装置的总传动比和传动比的分配	(18)
四、传动装置基本参数的计算	(20)
第三章 传动件设计	(22)
一、齿轮传动	(22)
二、蜗杆传动	(25)
三、V带和V带轮的结构及尺寸	(33)
四、链轮的结构及尺寸	(38)
第四章 轴的结构设计	(42)
一、轴的结构设计应考虑的内容	(42)
二、轴的各段直径与长度的确定	(50)
第五章 滚动轴承组合设计	(51)
一、滚动轴承组合设计中应考虑的内容	(51)
二、滚动轴承部件的常用结构示例	(59)
三、常用的滚动轴承	(63)
第六章 键和联轴器的选择	(74)
一、键的选择及强度校核	(74)
二、联轴器的选择	(78)
第七章 减速器箱体、润滑、密封及附件设计	(88)
一、箱体的结构及尺寸设计	(89)
二、减速器的润滑	(97)
三、减速器的密封	(106)
四、减速器附件	(113)

第八章 减速器装配图设计及设计说明书编写.....	(128)
一、装配图的内容及视图选择.....	(128)
二、减速器装配草图的设计与绘制步骤.....	(131)
三、完成装配图.....	(139)
四、编写计算说明书.....	(143)
五、减速器装配图示例及装配图设计常见错误示例.....	(144)
第九章 零件工作图的设计与绘制.....	(153)
一、轴工作图的设计与绘制.....	(153)
二、齿轮工作图的设计与绘制.....	(159)
三、蜗杆、蜗轮工作图的设计与绘制.....	(160)
四、带轮工作图的设计与绘制.....	(165)
五、链轮工作图的设计与绘制.....	(173)
六、箱体工作图的设计与绘制.....	(175)
第十章 公差配合形位公差及表面粗糙度.....	(180)
一、公差与配合 (摘编自 GB1800 ~ 1804-79).....	(180)
二、形状和位置公差 (摘编自 GB1182 ~ 1184-80).....	(186)
三、表面粗糙度 (摘编自 GB1031-81).....	(191)
四、渐开线圆柱齿轮精度 (摘编自 GB10095-88).....	(195)
五、锥齿轮精度 (摘编自 GB11365-89).....	(212)
六、圆柱蜗杆、蜗轮精度 (摘编自 GB10089-88).....	(231)
附录 I 螺纹及螺纹联接件.....	(249)
附录 II 设计题目示例.....	(265)
附录 III 设计思考题.....	(269)
附录 IV 设计计算示例.....	(271)
参考文献.....	(296)

第一章 总 论

一、机械设计课程设计的目的

机械设计课程设计是机械设计课程的最后一个教学环节，其目的是：

- (1) 综合运用课程所学理论和生产实际知识进行机械设计训练，使所学知识进一步巩固、加深和扩展；
- (2) 掌握机械传动装置和简单机械的一般设计方法、设计步骤，树立正确的设计思想，初步培养学生进行机械设计解决实际工程问题的能力；
- (3) 提高学生在计算、绘图、运用和熟悉设计资料、手册、标准、规范以及进行经验估计等机械设计方面的基本技能。

二、机械设计课程设计的内容

机械设计课程设计通常包括以下内容：

- (1) 传动方案的分析与拟定；
- (2) 电动机的选择和运动参数的计算；
- (3) 传动件设计；
- (4) 轴的设计；
- (5) 轴承及其组合部件设计；
- (6) 键和联轴器的选择及校核；
- (7) 箱体、润滑及附件设计；
- (8) 装配图的设计及绘制；
- (9) 零件图的设计及绘制；
- (10) 编写设计计算说明书。

三、机械设计课程设计的一般步骤

与实际的机械设计相似，机械设计的课程设计一般均从方案分析和选择开始，方案确定后，进行必要的计算和结构设计，最后以图纸表达设计结果。由于影响因素较多，有些结构尺寸不可能完全由计算决定，而需要借助于绘草图、初选参数或初估尺寸等手段，采用边绘图、边计算、边修改的方法，通过计算与绘图的交替进行、设计计算与结构设计的交替进行来完成。

一般情况下，课程设计大体上可以分为以下几个阶段进行。

(一) 设计准备阶段

本阶段应首先对设计任务书进行详细的分析与研究，明确设计要求、条件和设计内容，再阅读有关资料、图纸、参观实物或模型；进行分析比较，进一步了解设计对象；复习课程的有关内容，熟悉有关零件的设计方法与步骤；准备好与设计有关的图书、资料以及绘图工具等，并且拟定出总设计计划和进度。

(二) 初步设计计算阶段

本阶段包括以下内容：

- (1) 传动装置的总体设计：从分析、拟定传动装置的总体方案，绘传动装置运动简图；合理选择、确定电动机的类型、功率、转速以及计算传动装置的总传动比，并合理地分配各级传动比；到计算出传动装置各轴的转速、功率和转矩，并列表作为以后计算的依据。
- (2) 传动装置各级传动件的主要参数、几何尺寸等的计算。
- (3) 初步估算各轴的直径。
- (4) 初步选择滚动轴承的类型及型号。

(三) 装配草图的设计与绘制

选择适当的比例尺，根据前面计算好的数据，在（方格）纸上进行各零件的布置及轴的初步结构设计。由图检查各项尺寸是否合理、各零件是否匀称，各零件间是否相碰、干涉或距离过小等等。若无上述问题，再进行轴、轴承、键、联轴器等校核计算。

(四) 装配图的绘制

(五) 零件工作图的绘制

(六) 整理并编写设计计算说明书

(七) 设计答辩

上述设计步骤不是一成不变的，在设计中可视具体情况，进行适当的调整。

设计是一项复杂、细致的劳动，也是一项创造性的劳动，但是它不可能脱离实际情况，凭空想象出来，所以在设计中，我们一方面要熟悉、利用已有的各种资料，这样既可加快设计进程、拓宽设计思路，保证和提高设计质量。另一方面任何设计任务总是有其特定的设计要求和具体的工作条件，所以决不能盲目地抄袭资料，必须进行认真、全面地分析，创造性的进行设计，要勤于观察与思考，要发挥不断进取、不断创新的精神。

此外我们还必须认识到设计工作，其本身就是一个反复进行的过程，要经过多次修改方案，改变设计参数，才能得到合理的结果。这个反复过程实际上就是逐步优化的过程。

第二章 机械传动装置的总体设计 和基本参数的计算

机械传动装置的总体设计，主要任务是分析研究和拟定传动方案、电动机型号的选择、传动比的合理分配及其计算、传动装置的运动参数及动力参数计算。它为各级传动件设计和装配草图设计提供了依据。

一、分析、研究和拟定传动方案

机器一般由原动机、传动装置和工作机三部分组成。传动装置是机器的主要组成部分，它是用来传递原动机动力，变换运动的形式以实现工作机预定的要求。实践证明，机器的工作性能、重量、成本、运转费用在很大程度上决定于传动装置的性能、质量及设计布局的合理性。显而易见，合理拟定传动方案具有十分重要的意义。

传动方案通常由运动简图表示，图 2-1(a) 为圆盘给料机传动总图，图 2-1(b) 是用简单符号代表它的运动副和机构，表示运动特征和运动链的运动简图。它由原动机（电动机）1，传动装置 3 和工作机（带大圆锥齿轮的圆盘）4 共三部分组成，原动机与传动装置由联轴器 2 联接。

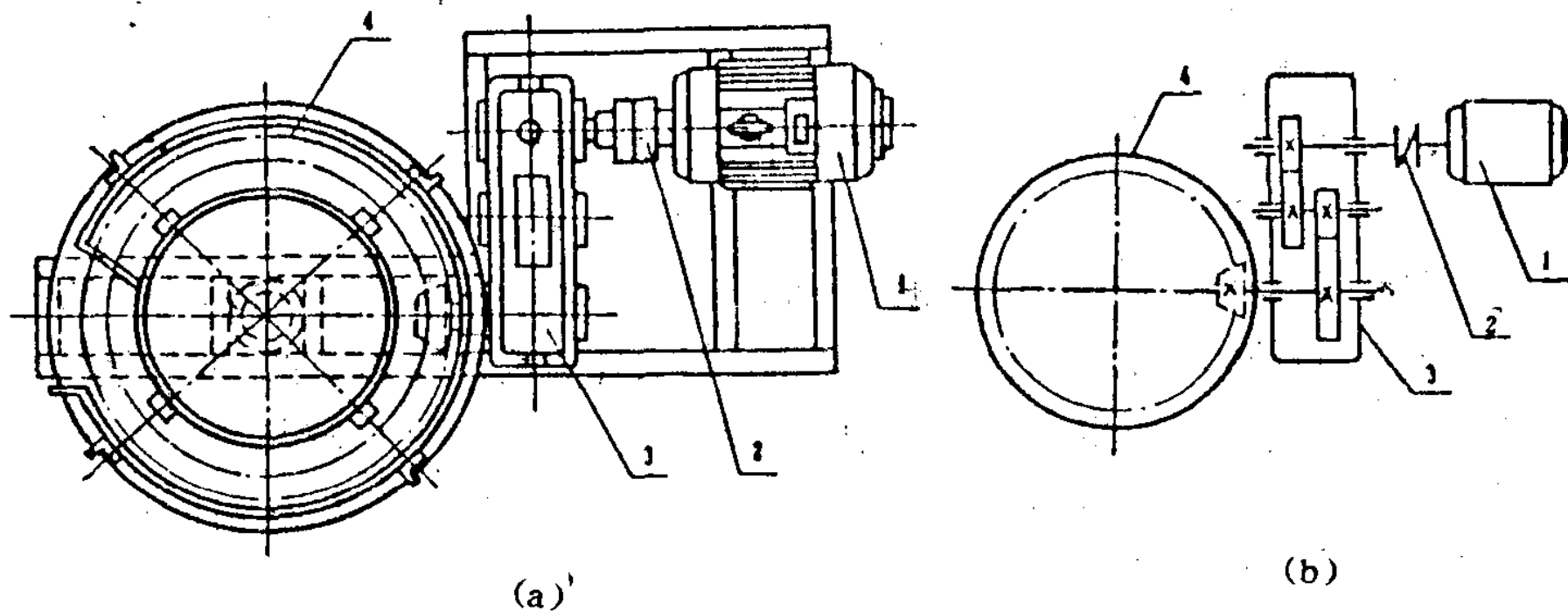


图 2-1 圆盘给料机

运动简图不仅准确地表示原动机 1，传动装置 3，工作机 4 三者之间运动和动力传递的关系，而且也是设计传动装置中各零、部件的重要依据。

一般机器多以交流电动机作为原动机，它以满载转速 n_m 提供连续回转运动。如果机器工作轴需以 n_w 连续回转，那么拟定传动装置方案基本的要求就是选择一个（或串联几个）传递连续回转运动的机构，使其传动比（或总传动比） $i = n_m / n_w$ ，如果工作机不是等速连续回转运动，这就需要首先选择能将等速连续回转变换为工作机所需运动特性的机构（此机构实际上为工作机的一部分），再以该机构作等速连续回转的主轴作为工作轴，并算出该轴所需转速 n_w ，然后按上述方法，选择出在电动机与工作轴之间传递连续回转运动的相应机构，使其总

传动比 $i = n_m/n_w$ ，这样最终也实现了工作机所要求的运动。

实现工作机预定的性能要求，可以有不同的传动方案。合理的传动方案除应满足工作机的性能要求和适应工作条件外，还应可靠、结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高和使用维修方便等。然而要同时满足这些要求，常常是困难的，设计时应优先保证重点要求。

图 2-2 为带式输送机的四种传动方案。

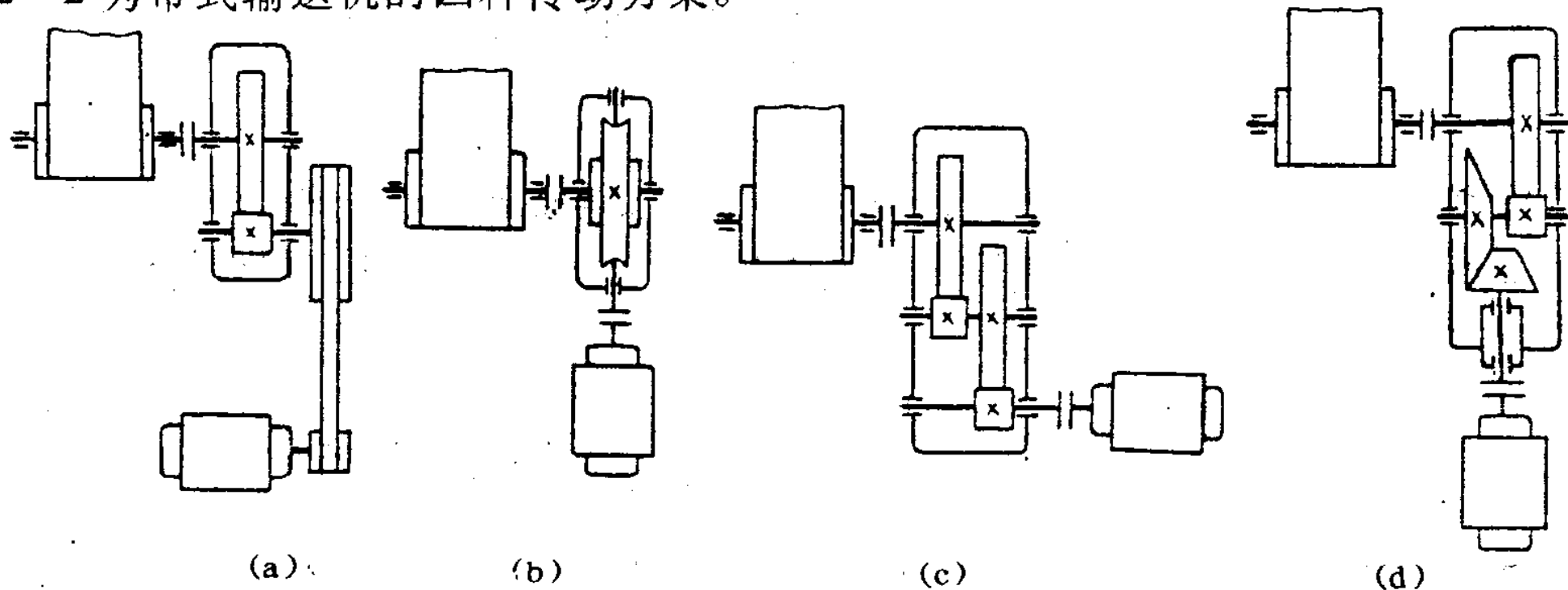


图 2-2 带式输送机的四种传动方案

(a) 图所示第一级为带传动，第二级为一级圆柱齿轮减速器，这种方案通常得到广泛应用。带传动能缓冲、吸振、过载时起安全保护作用，但结构上宽度和长度尺寸都较大，且带传动不宜传递过大的功率，也不宜在恶劣的环境中工作。

(b) 图所示为电动机直接接在蜗杆减速器上，它的结构紧凑，但在长期连续运转的条件下，由于蜗杆传动效率低，功率损失大。

(c) 图所示为电动机直接与两级圆柱齿轮减速器相联接，此减速器宽度尺寸较大，但由于圆柱齿轮易于加工制造而常被采用。

(d) 图所示为电动机直接接在圆锥 - 圆柱齿轮减速器上，它的宽度尺寸较方案 (c) 小，但圆锥齿轮加工较圆柱齿轮困难。

以上四种传动方案，各有所长，设计者应根据不同的性能要求和工作特点，选择合理的传动方案。

在传动系统中，若有几种传动型式组合成多级传动，欲合理布置其传动顺序，通常考虑以下几点：

(1) 带传动由于承载能力较低，在传递相同转矩时，结构尺寸较其他形式大，但传动平稳能缓冲、减振，故应放在传动系统的高速级，此时转速高，在传递相同功率时，转矩较小，从而使带传动获得较为紧凑的结构尺寸。

(2) 斜齿圆柱齿轮传动的平稳性较直齿圆柱齿轮好，相对地可用于高速级。

(3) 圆锥齿轮传动由于圆锥齿轮加工困难，特别是大圆锥齿轮，加工更难。因此尽可能将圆锥齿轮传动布置在传动系统高速级，以减小圆锥齿轮的模数和结构尺寸。但需注意，当圆锥齿轮的速度高时，其精度也需相应提高。此时，还应该考虑能否制造及制造成本问题。

(4) 蜗杆传动大多用在传动比大而传递功率不大的情况下，其承载能力较齿轮传动低，宜布置在传动系统的高速级，以获得较小的结构尺寸。同时，由于有较高的齿面相对滑动速度，易于形成液体动力润滑油膜，有利于提高承载能力及效率。

(5) 链传动由于运转不均匀，且有冲击，宜布置在传动系统的低速级。

(6) 开式传动一般由于工作条件较差，润滑不良，寿命较短，应布置在低速级。

(7) 为简化传动系统, 一般总是将改变运动形式的机构 (如连杆机构、凸轮机构等) 布置在传动系统的末端 (有时连杆机构本身就是工作机构)。

以上几点可供研究、分析和拟定传动装置方案时参考。

传动装置的布局要求结构紧凑、匀称、强度、刚度好, 并适合车间布置情况和工人操作, 便于装拆和维修。

在传动装置中, 若需设置制动器, 则制动器通常设在高速轴, 并需注意位于制动器后面的传动机构不应用带传动和摩擦传动。

在传动装置总体设计中, 有时还有防止过载而造成机器重大损失问题, 此时需要在传动系统的某一环节加设安全保险装置。

还应指出, 在机械设计课程设计任务书中, 若已提供传动方案, 则学生应该论述此方案的合理性, 也可提出改进意见, 另行拟定更合理的方案。

为了便于选型, 将常用的传动形式的特点及其应用列于表 2-1。传动装置中广泛采用的减速器的型式、特点及其应用列于表 2-2。

二、电动机的选择

电动机已标准化、系列化, 一般由电机厂按标准系列成批生产, 设计时只需根据工作载荷、工作机的特性和工作环境, 选择电动机的类型、结构形式和转速, 计算电动机容量 (功率), 最后确定电动机型号。

(一) 电动机类型的选择

电动机是系列化的标准产品, 其类型是根据电源种类 (直流或交流)、工作条件 (温度、环境、空间大小等) 及载荷特点 (性质、大小、起动性能和过载情况) 等条件来选择的。由于一般生产单位均用三相交流电, 故无特殊要求都采用三相交流电动机。其中以三相异步电动机应用最广。

Y 系列电动机是一般用途的全封闭自扇冷式鼠笼型三相异步电动机。适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体和无特殊要求的机械, 如金属切削机床、风机、输送机、搅拌机, 农业机械、食品机械等。由于其具有较好的起动性能, 也适用于某些对起动转矩有较高要求的机械。

在经常起动、制动和正反转的场合 (例如起重, 提升设备), 要求电动机具有较小的转动惯量和较大的过载能力, 因此, 应选用冶金及起重用三相异步电动机, 常用 YZ 型鼠笼式或 YZR 型 (绕线式) 三相异步电动机。电动机结构有开启式、防护式、封闭式和防爆式等, 可根据要求选择。

本书将部分电动机的结构及技术数据分别列于表 2-4, 表 2-5。

(二) 电动机功率的确定

电动机功率选择得合适与否, 对电动机的工作和经济性有影响。当电动机的输出功率小于工作要求的功率时, 电动机不能保证工作机的正常工作, 或使电动机因长期过载而过早损坏; 若功率选得过大, 不仅电动机价格高, 而且能力不能充分利用, 造成浪费。

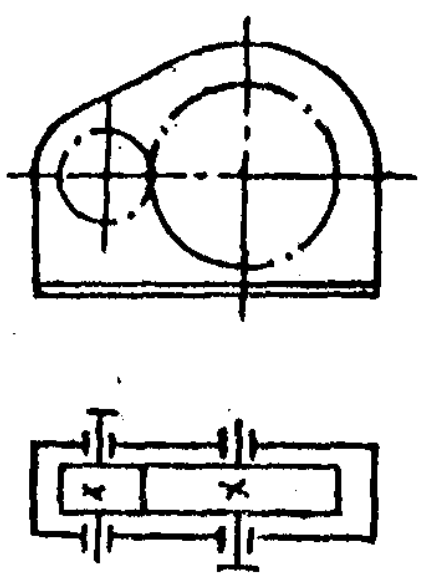
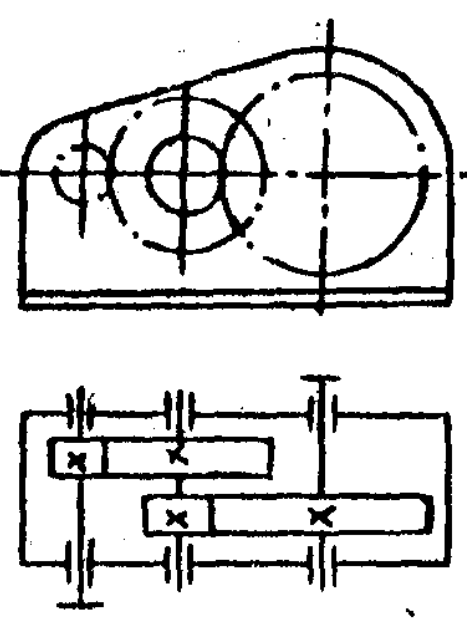
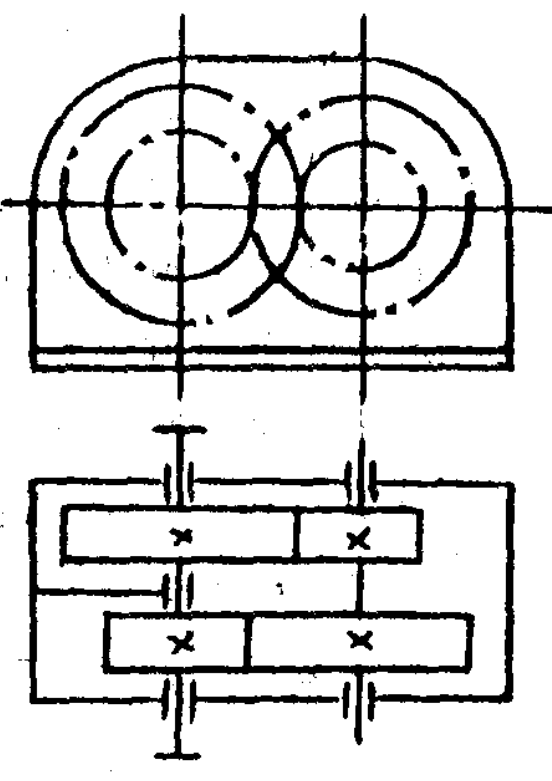
表 2-1

常用传动型式的性能和适用范围

传动型式 选用指标	V 带 传动	平带传动	摩擦轮 传 动	链传动	齿轮传动				蜗杆传动	
功率 kW (常用值)	小 (< 30)	中 (< 75)	小 (< 20)	中 (< 100)	大 (最大达 50000)				小 (< 50)	
单级传动比 常用值 (最大值)	2 ~ 4 (6)	2 ~ 4 (7)	$< 5 \sim 7$ (15 ~ 25)	2 ~ 4 (7)	闭 式		开式	闭式	开式	
					圆 柱		直齿 圆锥	10 ~ 40	15 ~ 60	
					直齿	斜齿				
					3 ~ 5 (10)	3 ~ 7 (10)	2 ~ 3 (6)	4 ~ 6 (15)	(80)	(100)
传动效率	中	中	中	中	高				低	
许用的线速度 m/s	< 25	$< 25 \sim 30$	$< 15 \sim 25$	< 40	6 级精度直齿 < 18 , 非直 齿 < 36.5 级精度达 100				$< 15 \sim 35$	
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

常用减速器的型式、特点及应用

名 称	型 式	推荐传动比范围	特 点 及 应 用
单级圆柱齿轮 减速器		直 齿 $i < 5$ 斜 齿 $i < 7$	齿轮可为直齿、斜齿和人字齿。箱体常用铸铁铸造。支承多采用滚动轴承，只有重型减速器才采用滑动轴承
两 级 圆 柱 齿 轮 减 速 器	展 开 式 	$i = 8 \sim 30$	是两级减速器中应用较广的一种。齿轮相对于轴承不对称，要求轴具有较大的刚度。高速级齿轮常布置在远离扭矩输入端的一边，以减少因弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均现象。高速级常用斜齿，低速级可用斜齿或直齿
	同 轴 式 	$i = 8 \sim 30$	箱体长度较小，两大齿轮浸入油池的深度大至相同。但减速器轴向尺寸及重量较大；高速级齿轮的承载能力不能充分利用；中间的轴承润滑困难；中间轴较长，刚度差；仅能有一个输入和输出端，限制了传动布置的灵活性

续表 2-2

名 称	型 式	推荐传动比范围	特 点 及 应 用
两级圆柱齿轮减速器		$i = 8 \sim 30$	齿轮相对于轴承为对称布置，载荷沿齿宽分布较均匀。齿轮多用斜齿，一边右旋，另一边左旋，轴向力可抵消。但结构较复杂，需多用一对传动齿轮；轴向尺寸大，高速级分流（左图）较低速级分流（右图）受载情况好，多用
单级圆锥及两级圆锥—圆柱齿轮减速器		单级直齿圆锥 $i < 3$ 单级斜齿圆锥 $i < 6$ 圆锥—圆柱 $i = 8 \sim 15$	用于输入轴与输出轴垂直相交的机构中。由于圆锥齿轮制造较麻烦，仅在机构布置上需要用才采用。当传动比不大时，用单级圆锥齿轮传动；当传动比较大时，用两级圆锥—圆柱齿轮传动。对于后者，圆锥齿轮应布置在高速级，以减小尺寸
蜗轮减速器		$i = 10 \sim 70$	传动比大，结构紧凑，但传动效率低。蜗杆下置式蜗轮减速器（上图）冷却及润滑都较好，蜗杆轴承润滑方便，应尽可能优先选用。只有当蜗杆圆周速度较高（$v > 5\text{m/s}$）时，为减少搅油及飞溅的功率损失，才采用蜗杆上置式蜗轮减速器（下图）

表 2-3

常用机动示意图中的符号

名称或意义		符 号	名称或意义		符 号
零件与轴的联接	用键的固定联接		链 传 动		
	导向键联接		滚动轴承	向心球轴承 (左); 向心球面球轴承 (右)	
	滑键联接			角接触球轴承	
	花键联接			推力球轴承	
				圆柱滚子轴承	
平面凸轮机构				圆锥滚子轴承	
齿 轮 传 动	直齿或不指明的圆柱齿轮		滑动轴承	向心轴承	
	斜齿和人字齿圆柱齿轮			自动调心的轴承	
	直齿或不指明的圆锥齿轮			向心推力轴承	
			只表示受力方向, 不区分滚动或滑动的轴承		
			联轴器	凸缘联轴器	
圆柱蜗杆传动				带安全装置的凸缘联轴器	
带 传 动	开口平型带传动			弹性联轴器	
	V 带 传 动			万向联轴器	
				浮动联轴器	
				齿轮联轴器	
			离合器	单向式 (左)	
				双向式 (右)	
带 传 动			制动器	摩擦式离合器 (不指明类型的一般表示法)	
				切块式 (左)	
			圆盘式 (右)		

表 2-4

Y 系列三相异步电动机技术数据

电动机型号	额定 功率 kW	满载 转速 r/min	起动 转矩	最大 转矩	电动机 轴伸出 端直径 mm	电动机 轴伸出 端安装 长度 mm	电动机 轴中心 高度 mm	电动机外形尺寸
			额定 转矩	额定 转矩				长×宽×高 mm
同 步 转 速 3000r/min								
Y90S-2	1.5	2840	2.2		24j6	50	90	310 × 180 × 190
Y90L-2	2.5							335 × 180 × 190
Y100L-2	3	2880			28j6	60	100	380 × 205 × 245
Y112M-2	4	2890					112	400 × 245 × 265
Y132S1-2	5.5	2900		2.2	38k6	80	132	475 × 280 × 315
Y132S2-2	7.5							515 × 280 × 315
Y160M1-2	11	2930			42k6		160	600 × 330 × 385
Y160M2-2	15							645 × 330 × 385
Y160L-2	18.5							
Y180M-2	22	2940	2.0		48k6	110	180	670 × 355 × 430
Y200L1-2	30	2950			55m6		200	775 × 395 × 475
Y200L2-2	37							
Y225M-2	45	2970					225	815 × 435 × 530
Y250M-2	55						60m6	140
Y280S-2	75		65m6	280			1000 × 550 × 640	

续表 2-4

电动机型号	额定功率 kW	满载转速 r/min	起动转矩	最大转矩	电动机轴伸出端直径 mm	电动机轴伸出端安装长度 mm	电动机轴中心高度 mm	电动机外形尺寸 长×宽×高 mm			
			额定转矩	额定转矩							
同步转速 1500 r/min											
Y90S-4	1.1	1400	2.2	2.2	24j6	50	90	310 × 180 × 190			
Y90L-4	1.5							335 × 180 × 190			
Y100L1-4	2.2	1420			28j6	60	100	380 × 205 × 245			
Y100L2-4	3										
Y112M-4	4	1440			38k6	80	112	400 × 245 × 265			
Y132S-4	5.5						132	475 × 280 × 315			
Y132M-4	7.5							515 × 280 × 315			
Y160M-4	11						1460	42k6	110	160	600 × 330 × 385
Y160L-4	15	645 × 330 × 385									
Y180M-4	18.5	1470			48k6	180	670 × 355 × 430				
Y180L-4	22						710 × 355 × 430				
Y200L-4	30					200	775 × 395 × 475				
Y225S-4	37	1480			1.9	60m6	140	225	820 × 430 × 530		
Y225M-4	45						110		845 × 430 × 530		
Y250M-4	55						2.0	65m6	140	250	930 × 490 × 575
Y280S-4	75									1.9	75m6