

机械设计

路永明

负平利

主编

JIXIE SHEJI

KECHENG SHEJI

课程设计

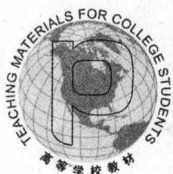
• 下册 •

中国石油大学出版社



高等学校教材

TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

机械设计课程设计

(下册)

路永明 贡平利 主编

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计. 下册/路永明, 负平利主编. —东营: 中国石油大学出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-5636-2434-8

I. 机… II. ①路…②负… III. 机械设计—课程设计—高等学校—教材 IV. TH122-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 128088 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 机械设计课程设计(下册)

作 者: 路永明 负平利

责任编辑: 袁超红 (电话 0546—8396214)

封面设计: 九天设计

出 版 者: 中国石油大学出版社 (山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@163.com

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0546—8392791, 8392563)

开 本: 180×235 印张: 13.75 字数: 299 千字

版 次: 2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 19.00 元

内 容 提 要

本书是机械设计和机械设计基础课程的配套教材。内容包括:机械设计课程设计概述;机械传动装置总体设计;减速器装配草图的设计与绘制;装配工作图;零件工作图及设计说明书;减速器的润滑及附件;机械设计常用标准和规范;附录(机械设计课程设计题目、机械设计课程设计总结思考题、结构设计正误对比、装配草图学生自检要求、减速器拆装实验)。

本书可供高等学校、职业学校等的相关专业进行机械设计课程设计教学使用,也可供从事机械设计的工程技术人员参考。

前 言

根据《高等工科院校机械设计课程教学基本要求》,为了加强对学生总体设计能力的培养,使课程设计与机械设计实践的联系更符合工程要求,将机械原理课程设计和机械设计课程设计合编为一套书。为兼顾不同专业、不同学时的教学要求,本书分为上、下两册:上册包括机械运动方案设计、机械系统运动与动力分析、真实运动求解、飞轮设计等内容;下册包括机械传动装置设计(以齿轮减速器设计为主)、零部件的结构设计、装配图、零件图、机械设计常用标准和规范等内容。

本书体系结构安排有利于学生课程设计实践,内容力求新颖、翔实、精练。书中内容简明准确,资料图表等也都尽量采用新的标准。本书可供高等工科院校机械类、近机类及非机类专业进行机械原理课程设计、机械设计课程设计和机械设计基础课程设计使用,也可供有关工程技术人员参考。

本书是中国石油大学(华东)从事机械原理与机械设计教学的教师在多年机械原理课程设计和机械设计课程设计教学实践经验的基础上,不断总结、修改、补充和完善而形成的。其中,《机械设计课程设计(下册)》的部分内容取自路永明主编的《机械设计课程设计》(1994年石油大学出版社出版),此次对原内容进行了更新和完善,并增加了机械设计常用标准和规范等内容,以更适合机械设计课程设计的教学实践。

参加此次编写研讨的有綦耀光、崔学政、刘峰、肖文生、杨民、高和平、周先军、刘健、郭颖、李春明、王心吟、邵清华、负平利、路永明等。

全书由路永明、负平利主编,綦耀光、崔学政、刘峰担任主审。

由于编者水平所限,难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007年3月



目 录

第一章 机械设计课程设计概述.....	1
第一节 设计目的.....	1
第二节 设计任务.....	1
第三节 设计步骤及计划安排.....	2
第四节 设计注意事项.....	2
第二章 机械传动装置总体设计.....	4
第一节 确定传动方案.....	4
第二节 电动机的选择.....	8
第三节 传动装置总传动比及各级传动比的分配	12
第四节 传动装置运动和动力参数的计算	14
第五节 传动零件设计计算	15
第六节 轴的初步计算	17
第三章 减速器装配草图的设计与绘制	18
第一节 装配草图绘制步骤	18
第二节 轴的结构设计	22
第三节 轴、轴承等的校核计算.....	26
第四节 滚动轴承组合设计	26
第五节 传动零件的结构设计	32
第六节 箱体结构及附件设计	35
第七节 审核装配草图	44
第四章 装配工作图	46
第一节 视 图	46
第二节 尺寸标注	53
第三节 减速器的技术要求及特性	53
第四节 装配图的其他内容	55
第五节 典型减速器装配图	57
第五章 零件工作图及设计说明书	70
第一节 轴类零件工作图	70
第二节 齿轮类零件工作图	73
第三节 箱体类零件工作图	78





第四节 设计计算说明书	92
第六章 减速器的润滑及附件	97
第一节 减速器的润滑	97
第二节 减速器的密封	103
第三节 减速器的附件	111
第七章 机械设计常用标准和规范	119
第一节 一般标准	119
第二节 常用材料	126
第三节 连接与紧固	131
第四节 滚动轴承	155
第五节 联轴器	164
第六节 电动机	171
第七节 极限与配合、形位公差及表面粗糙度	174
第八节 渐开线圆柱齿轮的精度	187
附 录	200
附录一 机械设计课程设计题目	200
附录二 机械设计课程设计总结思考题	203
附录三 结构设计正误对比	205
附录四 装配草图学生自检要求	208
附录五 减速器拆装实验	210
参考文献	213



第一章 机械设计课程设计概述

第一节 设计目的

机械设计课程设计安排在机械设计课程之后,是培养学生设计能力的一个重要教学环节,是对学生第一次较全面的机械设计训练。《高等工科院校机械设计课程教学基本要求》中明确规定:每位学生在教师指导下独立完成课程设计。课程设计单独评定成绩,成绩不及格者必须重修。

机械设计课程设计的基本目的是:

(1) 运用和巩固本课程及有关先修课程所学理论知识,通过课程设计培养机械设计的初步能力;

(2) 掌握机械传动装置的设计方法、设计步骤,并通过它了解机械设计的基本原则和一般方法,为今后的专业课程设计及毕业设计打下基础;

(3) 进行机械设计基本技能的训练,如计算、绘图、使用资料(手册、图册、标准和规范等)以及正确使用经验数据、公式等。

总之,机械设计课程设计是培养学生分析和解决机械设计一般问题能力的初步实践。

第二节 设计任务

机械设计课程设计的题目多选择一般机械的传动装置,通常可以通过完成齿轮(或蜗杆)减速器的设计达到上述课程设计的目的。因为齿轮(或蜗杆)减速器是典型的、应用十分广泛的一般传动装置,它包括了齿轮、轴、轴承及箱体等零件的设计计算。掌握了它的设计方法、设计步骤,就可以举一反三,了解一般传动装置的设计并进而了解机器的设计。

课程设计的任务包括:

- (1) 传动方案的分析;
- (2) 选择电动机;
- (3) 计算传动装置的运动和动力参数;
- (4) 传动零件、轴系零件的设计计算;
- (5) 连接件、密封、润滑的选择;
- (6) 装配草图设计;
- (7) 箱体结构设计;
- (8) 绘制装配工作图及零件工作图;





- (9) 编写设计计算说明书;
- (10) 设计总结,准备并参加答辩。

要求每位学生在设计中完成以下工作:

- (1) 减速器装配草图 1 张;
- (2) 减速器装配图 1 张;
- (3) 零件图 2~4 张;
- (4) 设计计算说明书 1 份,约 6 000~7 000 字。

第三节 设计步骤及计划安排

机械设计课程设计大致可划分为设计基础计算、装配草图设计、装配图绘制、零件图绘制、设计计算说明书编写及设计总结和答辩等几个阶段。各阶段的具体内容及时间安排见表 1-1。

表 1-1 内容及时间安排

阶 段		主要内容	计划时间 ^① /d
设计基础计算	设计准备	下达任务、看录像、做实验、看展览、阅读资料	1~1.5
	传动装置总体设计	确定传动方案、选择电机、分配传动比、计算运动参数	1~1.5
	各级传动零件设计	带传动、齿轮(或蜗杆)传动设计计算	
减速器装配草图设计		轴系零部件、传动零件、减速器箱体及其附件的结构设计,键、联轴器的选择,轴、轴承、键的计算,草图自检	4~6
减速器装配图绘制		零件编号、尺寸、配合标注,标题栏、明细表、减速器技术特性及技术要求,加深装配图	2~3
减速器零件图绘制		轴、齿轮(或蜗轮)、箱盖和箱体	2~3
设计计算说明书编写		整理和编写设计计算说明书	1
设计总结和答辩		认真阅读资料,做好答辩前的准备工作,参加答辩	1~2

注:① 计划时间总数:机械类为 3 周;近机类、非机类为 2 周。

第四节 设计注意事项

为顺利地完设计任务和培养正确的设计思想,学生应该做到:

- (1) 设计前认真阅读有关设计资料,分析设计任务书,明确设计任务及要求,做到心中有数,计划落实。



(2) 减速器拆装实验课是了解减速器零件的作用、结构、形状、安装和拆卸方法等的最好方式。为增加对总体设计和零部件设计的感性认识,学生应当在课前做好准备,并在课内认真完成各项实验要求。

(3) 在装配草图设计过程中,计算和画图互为依据,交叉进行。例如,轴的设计应首先初算轴的直径,再由草图设计确定支点、力的作用位置后才能作出弯矩图,然后进行轴的强度校核计算,根据计算结果又可能需要修改草图。如此边计算、边画图、边修改是设计的正常过程。

(4) 发挥主观能动性,强调独立思考,遇到问题要先查阅资料,对资料要理解消化,不可盲目照抄照搬,不应被动地依赖教师。教师的指导作用主要体现在明确设计思路,启发学生独立思考,解答疑难问题和按设计进程进行阶段审查等。同学之间可以互相讨论启发,但决不能互相抄袭。

(5) 树立认真、负责、踏实、细致的工作作风,绘图认真,计算正确,文字书写工整清晰,严格遵守标准的规定。

(6) 遵守纪律,保质保量按计划完成设计任务。

图 1-1 所示为二级展开式圆柱齿轮减速器。

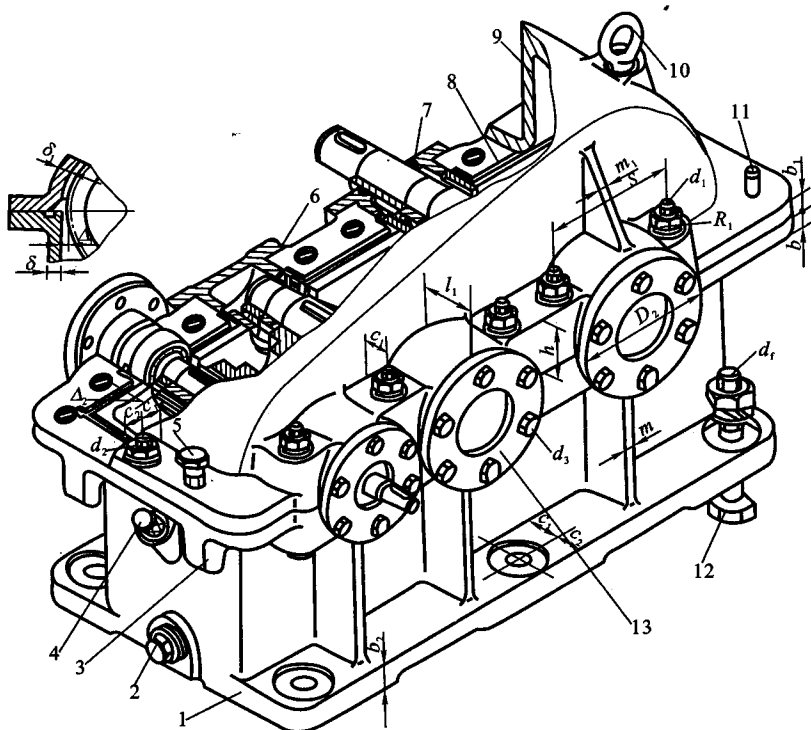


图 1-1 二级展开式圆柱齿轮减速器

- 1—箱座; 2—油塞; 3—吊钩; 4—油标尺; 5—启盖螺钉; 6—调整垫片; 7—密封装置;
8—油沟; 9—箱盖; 10—吊环螺钉; 11—定位销; 12—地脚螺栓; 13—轴承盖



第二章 机械传动装置总体设计

第一节 确定传动方案

机器通常由原动机(电动机、内燃机等)、传动装置和工作机三部分组成。

根据工作机的要求,传动装置将原动机的动力和运动传递给工作机,它可以改变速度的大小、方向,改变力或力矩的大小,有时也可改变运动的性质和规律。

传动装置应首先满足工作机的要求,如所传递的功率及转速,此外还应具有结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高和使用维护方便等优点,以保证工作机的工作质量和可靠性。

一、机械传动型式的选择

机械传动装置按传力原理分为两大类:

(1) 啮合传动,如齿轮传动、蜗杆传动、链传动等。由于它依靠传动元件上的齿强制啮合传动,因此具有传动可靠、传动比恒定、尺寸小、传递功率大、速度范围广、寿命长、效率高等优点。但它对制造设备和技术的要求较高,运行时噪音较大(蜗杆传动除外)。

(2) 摩擦传动,如带传动等。它结构简单、加工制造容易、工作平稳、噪音小,有较好的吸振、缓冲和防止过载保护的能力,价格便宜,可用于大中心距传动。但它的传动比不恒定,尺寸较大,传递功率和速度范围小,带的寿命短,作用于轴、轴承上的载荷大。

目前有一种应用日益广泛的新型传动型式,即同步带传动。它属于带传动的范围,保留了带传动的一些优点,但由于它是靠啮合传动来实现力或力矩传递的,因此,它又克服了带传动的一些缺点。

在具体设计中,同时满足所有要求是很困难的。设计时必须统筹兼顾,应根据工作要求和实现的可能性,合理地选择传动型式。为便于比较和选择,将常用传动机构的主要特性及适用范围列于表 2-1 中,以供参考。

表 2-1 传递连续回转运动常用机构的性能和适用范围

传动机构 选用指标		平型带传动	三角带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
					圆 柱	圆 锥	
功 率	相对大小	小	中	中	大		小
	常用值/kW	≤20	≤100	≤100	最大达 50 000		≤50
单级 传动比	常用值	2~4	2~4	2~5	3~5	2~3	8~10
	最大值	6	15	10	10	6~10	80
传动效率		中	中	中	高		低

续表 2-1

传动机构 选用指标	平型带传动	三角带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
				圆 柱	圆 锥	
许用线速度 /(m·s ⁻¹)	≤25	25~30	≤40	6 级精度		15~35
				15~25	≤9	
				7 级精度		
				10~17	≤6	
				8 级精度		
				5~10	≤3	
外廓尺寸	大	大	大	小		小
传动精度	低	低	中	高		高
工作平稳性	好	好	较 差	一 般		好
自锁能力	无	无	无	无		可 有
过载保护作用	有	有	无	无		无
使用寿命	短	短	中	长		中
缓冲吸振能力	好	好	中	差		差
要求制造及安装精度	低	低	中	高		高
要求润滑条件	不需要	不需要	中	高		高
环境适应性	不能接触酸、碱、油类及 爆炸性气体		好	一 般		一 般

机械传动装置中,以啮合传动尤其是齿轮传动应用最广泛,而且常设计为独立的减速器型式。常用减速器的型式、特点及应用列于表 2-2 中。

表 2-2 常用减速器的型式、特点及应用

名 称		简 图	传动比范围		特点及应用
			一 般	最大值	
圆柱齿轮减速器	单级圆柱齿轮 减速器		直齿 ≤ 4 斜齿 ≤ 6	10	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿;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
	二级展开式圆柱 齿轮减速器		8~40	60	它是二级减速器中应用最广泛的一种。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,以减轻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,建议用于载荷较平稳的场合



续表 2-2

名 称		简 图	传动比范围		特点及应用
			一 般	最大值	
圆柱齿轮减速器	二级同轴式圆柱齿轮减速器		8~40	60	箱体长度较小, 两大齿轮浸油深度可以大致相同。但减速器轴向尺寸及质量较大; 高速级齿轮的承载能力不能充分利用; 中间轴承润滑困难; 中间轴较长, 刚度差; 仅能有一个输入端和输出端, 限制了传动布置的灵活性
	单级圆锥齿轮减速器		直齿 ≤ 3 斜齿 ≤ 5	10	用于输入轴与输出轴相交的传动
圆锥及圆锥圆柱齿轮减速器	二级圆锥-圆柱齿轮减速器		8~15	圆锥直齿 20 圆锥斜齿 40	用于输入轴与输出轴相交且传动比较大的传动。圆锥齿轮应在高速级, 以减小锥齿轮尺寸, 利于加工。齿轮可分别做成直齿和斜齿
	单级蜗杆减速器	蜗杆下置式 蜗杆上置式	7~40	80	传动比大, 结构紧凑, 但传动效率低, 用于中小功率、输入轴与输出轴垂直交错的传动。下置式蜗杆减速器润滑条件较好, 应优先选用。当蜗杆圆周速度太高($v > 4 \text{ m/s}$), 搅油损失大时, 才用上置式蜗杆减速器。此时, 蜗轮轮齿浸油, 蜗杆轴承润滑较差



续表 2-2

名 称	简 图	传动比范围		特点及应用
		一 般	最大值	
蜗杆-齿轮减速器 蜗杆-齿轮减速器		60~90	480	传动比比单级蜗杆减速器高,比二级蜗杆减速器低,但效率比二级蜗杆减速器高
		60~90	480	结构比蜗杆-齿轮减速器紧凑,但传动效率比蜗杆-齿轮减速器低

二、运动简图的拟定

运动简图是用一些简单的机构、构件及运动副的代表符号表示机器运动特征及运动链的图形。它可表示机器的原动机、传动装置、工作机之间的结构、运动和力的传递关系。运动简图是设计传动系统各零部件的依据,它直接影响到机器总体设计方案。运动简图的设计和拟定是机器设计的开始。图 2-1 所示为带式运输机的运动简图。图中 1 为电动机,2 和 4 为联轴器,3 为齿轮减速器,5 为运输机卷筒。

拟定机器运动简图时,应首先对设计任务进行充分了解,如原动机类型及特性,工作机的作用及运动性质,传动系统的类型、特点,同时还要考虑制造、使用、维护、受力及尺寸大小等因素,以选择最优的方案——简单、紧凑、经济、效率高的方案。

在机器的设计中,传动系统设计的工作量占有相当大的比重。拟定传动系统的运动简图时,由于原动机的额定转速与工作机构的转速一般相差较大,因此一个传动方案往往分成几级,形成速度不同的高速级、中速级和低速级等。在拟定传动系统简图时,可按下述各种传动的特点考虑哪些机构放在高速级、哪些机构放在低速级。

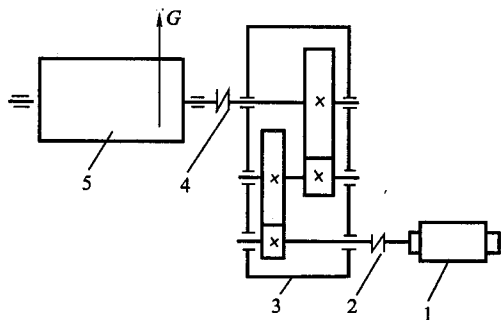


图 2-1 带式运输机运动简图



(1) 带传动因传递同一扭矩时比其他机构尺寸大,故应放在传动系统的高速级,以获得较紧凑的结构尺寸并提高传动效率。另外,过载时,带打滑能起到安全保护的作用。

(2) 由于受动载荷的限制,链传动不适宜高速运转,应布置在传动系统的低速级。

(3) 蜗杆传动多用于传动比大、传递功率不太大的情况。为获得较小的结构尺寸,应将蜗杆传动布置在高速级,这有助于在啮合处形成润滑油膜和提高效率。

(4) 大尺寸的圆锥齿轮难以加工制造,因此采用圆锥齿轮传动时,为减小圆锥齿轮的尺寸,应尽可能将圆锥齿轮传动布置在高速级。

(5) 为简化传动系统,一般将改变运动形式的机构(如连杆机构等)布置在传动系统的末端。

第二节 电动机的选择

一般机械中多以电动机为原动机。电动机是已经系列化的定型产品,在进行机械设计时,要根据工作载荷大小及性质、转速高低、启动特性、运载情况、工作环境、安装要求及空间尺寸限制和经济性等要求从产品目录中选择电动机的类型、结构型式、容量(功率)和转速,最后确定具体型号。常用电动机的型号及技术数据可从第七章查取。

一、电动机类型和结构型式的选择

如无特殊要求,一般选择 Y 系列三相交流异步电动机。Y 系列电动机属于一般用途的全封闭自扇冷式鼠笼型三相异步电动机,具有高效、节能、噪声小、振动小、运行安全可靠的特点。它的安装尺寸和功率等级符合国际标准(IEC),适用于无特殊要求的各种机械设备,设计时应优先选用。对于频繁启动、制动和换向的机械(如起重机),宜选用允许有较大振动和冲击、转动惯量小、过载能力大的 YZ 和 YZR 系列起重用三相异步电动机。

电动机的结构有防滴式、封闭自扇冷式和防爆式等,可根据防护要求选择。同一类型的电动机又具有几种安装型式,可根据不同的安装要求选择。

二、电动机容量的确定

电动机功率的确定与其发热有关,而发热又与工作情况有关。对长期连续运转、载荷稳定或变化较小、在常温下工作的机械(如运输机),可按电动机的额定功率等于或略大于电动机的实际输出功率考虑,从第七章选择相应的电动机型号(这样电动机便不会过热)。

1. 电动机输出功率 P_d 的确定

当已知工作机阻力为 F (单位为 N)或转矩为 T (单位为 $N \cdot m$)、圆周速度为 v (单位为 m/s)或转速为 n (单位为 r/min)时,电动机的输出功率 P_d 为:

$$P_d = \frac{P_w}{\eta_a}$$

式中 P_w ——工作机所需输入功率, kW;

η_a ——传动装置的总效率。

工作机所需功率 P_w 由工作机的工作能力(F 或 T)和工作速度(v 和 n)按下式计算:



$$P_w = \frac{Fv}{1\,000\eta_w}$$

或

$$P_w = \frac{Tn}{9\,550\eta_w}$$

式中 η_w ——工作机效率(根据工作机类型由表 2-3 确定)。

对于起重运输机,当已知卷筒直径为 D (单位为 mm),卷筒转速为 n (单位为 r/min)时,卷筒圆周速度 v 为:

$$v = \frac{\pi Dn}{60 \times 1\,000}$$

选择电动机型号时应满足下列条件:

$$P_{cd} \geq KP_d$$

式中 P_{cd} ——电动机的额定功率(指在长期连续运转条件下所能发出的功率,可由第七章查得,其数值标在电动机铭牌上),kW。

K ——过载系数(视工作机构可能的过载情况而定,一般可取 $K=1.1\sim 1.5$,无过载时可取 $K=1.0$)。

如所选电动机额定功率 P_{cd} 超出输出功率 P_d 较多,则电动机长期在低负荷下运转,效率及功率因数低,增加了非生产性的电能消耗;反之,如所选电动机额定功率 P_{cd} 小于输出功率 P_d ,则电动机长期在过载下运转,使其寿命降低,甚至使电动机发热烧毁。

2. 传动装置总效率 η_a 的确定

$$\eta_a = \eta_1 \eta_2 \cdots \eta_n$$

式中 $\eta_1, \eta_2, \cdots, \eta_n$ ——分别为传动装置中每一传动副(如齿轮、蜗杆、带或链传动等)、每一对轴承及每一个联轴器的效率。

机械传动和轴承效率的数值可从表 2-3 中查取。

表 2-3 机械传动和轴承效率概略值

类 别	传动型式	效率 η
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.98~0.995
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.97
	9 级精度的齿轮传动(稀油润滑)	0.96
	加工齿的开式齿轮传动(干油润滑)	0.94~0.96
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93
圆锥齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.97~0.98
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.94~0.97
	加工齿的开式齿轮传动(干油润滑)	0.92~0.95
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92





续表 2-3

类 别	传动型式	效率 η
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.40~0.45
	单头蜗杆	0.70~0.75
	双头蜗杆	0.75~0.82
	三头和四头蜗杆	0.82~0.92
	直线型环面蜗杆传动	0.85~0.95
带传动	平带无压紧轮的开口传动	0.98
	平带有压紧轮的开口传动	0.97
	平带交叉传动	0.90
	V带传动	0.95
	同步齿形带传动	0.96~0.98
链传动	开 式	0.90~0.93
	闭 式	0.95~0.97
滑动轴承	润滑不良	0.94
	润滑正常	0.97
	润滑特好(压力润滑)	0.98
	液体摩擦润滑	0.99
滚动轴承	滚珠轴承(稀油润滑)	0.99
	滚子轴承(稀油润滑)	0.98
摩擦传动	平摩擦轮传动	0.85~0.96
	槽摩擦轮传动	0.88~0.90
	卷绳轮	0.95
联轴器	浮动联轴器	0.97~0.99
	齿式联轴器	0.99
	弹性联轴器	0.99~0.995
	万向联轴器($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97~0.98
	万向联轴器($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97
	梅花接轴	0.97~0.98
复合轮组	滑动轴承($i=2\sim6$)	0.90~0.98
	滚动轴承($i=2\sim6$)	0.95~0.99