



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

机械设计课程设计

JIXIE SHEJI KECHENG SHEJI

毛炳秋 主编



Mechanical
design



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

机械设计课程设计

毛炳秋 主编

曹晓明 高江红 涂在友 副主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以减速器设计为例,着重介绍减速器设计的内容、方法和步骤,其篇幅适当,实用为主,并将机械设计课程设计指导与相关标准、规范有机地融合在一起,便于使用者查找。本书还注意加强结构设计及现场设计计算方法的训练,注重培养设计者机械设计的整体观念。全书共10章,包括概论、传动系统的总体设计、轴系零件的设计计算、减速器箱体及附件设计、减速器装配图的设计、零件工作图的设计、机械设计课程设计参考图例、设计计算说明书的编写、设计总结和答辩、机械设计课程设计题目,以及附录中机械设计课程设计常用标准和规范。

本书可作为高等工科院校机械类或近机类专业“机械设计(基础)”课程理论教学的配套教材及课程设计的教材,也可以作为相关专业成人教育或远程教育用书,还可供有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计 / 毛炳秋主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.4

(普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材)

ISBN 978-7-121-13053-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 038806 号

策划编辑: 余 义

责任编辑: 余 义

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 376 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

本书作为普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材之一，是根据教育部批准实行的“机械设计教学基本要求”，并结合编者多年来高等工科院校应用型人才培养的教学改革实践经验编写而成的。本书是一本理论与实际相结合的实践性教学环节的教材，可作为本科机械类、近机类专业机械设计（基础）课程理论教学的配套教材，也是该课程的课程设计教学用书，适合1~3周的课程设计使用（可根据教学计划选择相应内容）。

本书以减速器设计为主线，着重介绍减速器设计的内容、方法和步骤，编写中注重创新意识和创新能力的培养，从传动方案拟订入手，逐步向各种相关零件的选择、设计延伸，最终以灵活掌握常用零件的设计方法为目的，注重应用性和工程化。

本书按照课程设计的总体思路和顺序，循序渐进、由浅入深地介绍了课程设计中的各个设计环节，便于尚无设计经验的学生参考使用；本书将课程设计指导与相关标准、规范有机地融合在一起，打破了以往指导书与标准分列的格局，便于使用者查找。编写中力争做到篇幅适当，以满足课程的需要。

本书采用了最新的国家标准。

参加本书编写工作的有：南京工程学院毛炳秋（第1、2、7章及附录A），上海应用技术学院曹晓明（第3章），上海应用技术学院刘莹（第4章），南京工程学院高江红（第5、8、9、10章及附录B），宿迁学院涂在友（第6章）。本书由毛炳秋担任主编，并负责全书的统稿；曹晓明、高江红、涂在友担任副主编。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 概论	(1)	3.1.1 带传动	(23)
1.1 课程设计的意义和目的	(1)	3.1.2 链传动	(24)
1.2 课程设计的内容	(1)	3.1.3 开式齿轮传动	(24)
1.3 课程设计的一般步骤	(2)	3.2 减速器内部齿轮传动零件的 设计计算	(24)
表 1-1 机械设计课程设计步骤和时间安排	(2)	3.2.1 圆柱齿轮传动	(25)
1.4 课程设计中应注意的问题	(3)	3.2.2 圆锥齿轮传动	(25)
第2章 传动系统的总体设计	(4)	3.2.3 蜗杆蜗轮传动	(25)
2.1 传动系统的组成和传动方案的拟订	(4)	3.3 轴及轴上零件的设计	(26)
2.1.1 传动系统的组成	(4)	3.3.1 轴的初步设计	(26)
2.1.2 齿轮减速器的类型	(4)	3.3.2 联轴器的选择	(27)
表 2-1 齿轮减速器的类型与特点	(5)	表 3-1 联轴器轴孔和键槽的形式、代号及尺寸 (摘自 GB/T3852—2008)	(27)
2.1.3 传动方案的拟订	(6)	表 3-2 凸缘联轴器(摘自 GB/T5843—2003)	(29)
2.2 电动机的选择	(7)	表 3-3 GICL 鼓形齿式联轴器 (摘自 JB/T8854.3—2001)	(30)
2.2.1 选择电动机的类型与结构形式	(7)	表 3-4 弹性柱销联轴器 (摘自 GB/T5014—2003)	(32)
2.2.2 选择电动机的容量	(7)	表 3-5 弹性套柱销联轴器 (摘自 GB/T4323—2002)	(33)
表 2-2 机械传动和摩擦副的效率参考值	(8)	表 3-6 梅花形联轴器 (摘自 GB/T5272—2002)	(34)
2.2.3 确定电动机的转速	(8)	表 3-7 十字滑块联轴器	(35)
2.2.4 电动机的标准与技术特性	(9)	3.3.3 键和销连接的选择计算	(35)
表 2-3 Y 系列(IP44)电动机的技术参数 (摘自 JB/T10391—2008)	(9)	表 3-8 普通平键的形式、尺寸及键槽尺寸 (摘自 GB/T1095、1096—2003)	(36)
表 2-4 Y 系列电动机安装形式及轴心高度 (摘自 JB/T10391—2008)	(12)	表 3-9 圆柱销(摘自 GB/T119.1—2000)	(37)
表 2-5 机座带底脚、端盖无凸缘的电动机安装与外形尺寸 (摘自 JB/T10391—2008)	(12)	表 3-10 圆锥销(摘自 GB/T117—2000)	(37)
表 2-6 机座带底脚、端盖有凸缘的电动机安装与外形尺寸 (摘自 JB/T10391—2008)	(13)	3.3.4 滚动轴承的选择	(37)
表 2-7 机座不带底脚、端盖有凸缘的电动机的安装与外形尺寸 (摘自 JB/T10391—2008)	(14)	表 3-11 深沟球轴承(摘自 GB/T276—1994)	(38)
表 2-8 YZR 系列电动机的技术参数 (摘自 JB/T10105—1999)	(15)	表 3-12 角接触球轴承(摘自 GB/T292—2007)	(40)
表 2-9 YZR、YZ 系列电动机安装形式及 轴心高度	(17)	表 3-13 圆锥滚子轴承(摘自 GB/T297—1994)	(44)
表 2-10 YZR 系列电动机的安装与外形尺寸 (摘自 JB/T10105—1999)	(17)	表 3-14 圆柱滚子轴承(摘自 GB/T283—1994)	(47)
表 2-11 YZ 系列电动机的技术参数 (摘自 JB/T10104—1999)	(17)	表 3-15 推力球轴承(摘自 GB/T301—1995)	(50)
表 2-12 YZ 系列电动机的安装与外形尺寸 (摘自 JB/T10104—1999)	(18)	表 3-16 滚动轴承座(摘自 GB/T7813—1998)	(53)
2.3 传动比的计算与分配	(19)	表 3-17 角接触轴承的轴向游隙	(54)
表 2-13 常用传动机构传动比合理范围	(19)	表 3-18 安装轴承的轴公差带代号 (摘自 GB/T275—1993)	(55)
2.4 各轴的转速、功率和转矩	(20)	表 3-19 安装轴承的外壳孔公差带代号 (摘自 GB/T275—1993)	(55)
第3章 轴系零件的设计计算	(23)	表 3-20 向心轴承载荷的区分	(55)
3.1 减速器外部传动零件的 设计计算	(23)	3.3.5 轴的工艺结构设计	(56)
		表 3-21 中心孔(摘自 GB/T145—2001)	(56)
		表 3-22 中心孔的标注(摘自 GB/T4459.1—1999)	(57)
		表 3-23 配合表面处的圆角和倒角 (摘自 GB/T6403.4—1986)	(57)

表 3-24 圆形零件自由表面处过渡圆角	(57)
表 3-25 砂轮越程槽 (摘自 GB/T6403.5—1986)	(58)
表 3-26 轴用弹性挡圈 A 型 (摘自 GB/T894.1—1986)	(58)
表 3-27 孔用弹性挡圈 A 型 (摘自 GB/T893.1—1986)	(60)
表 3-28 螺钉紧固轴端挡圈和螺栓紧固轴端挡圈 (摘自 GB/T891—1986 和 GB/T892—1986) ...	(61)

第 4 章 减速器箱体及附件设计 (63)

4.1 箱体结构设计	(63)
表 4-1 铸铁减速器箱体主要结构尺寸	(67)
表 4-2 凸台及凸缘的结构尺寸	(67)
4.2 减速器附件及其设计	(69)
4.2.1 轴承端盖的结构设计	(69)
表 4-3 凸缘式轴承端盖	(70)
表 4-4 嵌入式轴承端盖	(71)
4.2.2 检查孔与检查孔盖结构设计	(71)
表 4-5 检查孔盖	(71)
表 4-6 通气器的结构形式及尺寸	(72)
4.2.3 油标和油标尺	(73)
表 4-7 压配式圆形油标 (摘自 JB/T7941.1—1995)	(73)
表 4-8 长形油标 (摘自 JB/T7941.3—1995)	(74)
表 4-9 杆式油标	(74)
4.2.4 放油孔及螺塞	(74)
表 4-10 外六角螺塞 (纸封油圈、皮封油圈) (摘自 JB/ZQ4450—1997)	(75)
4.2.5 起盖螺钉	(75)
4.2.6 定位销	(75)
4.2.7 起吊装置	(76)
表 4-11 吊环螺钉 (摘自 GB/T825—1998)	(76)
表 4-12 起重吊耳和吊钩	(77)
4.2.8 减速器的润滑与密封	(78)
表 4-13 常用润滑油的主要性质和用途	(80)
表 4-14 常用润滑脂的主要性质和用途	(81)
表 4-15 直通式压注油杯 (摘自 JB/T7940.1—1995)	(81)
表 4-16 接头式压注油杯 (摘自 JB/T7940.2—1995)	(81)
表 4-17 旋盖式油杯 (摘自 JB/T7940.3—1995)	(82)
表 4-18 压配式压注油杯 (摘自 JB/T7940.5—1995)	(82)
表 4-19 密封方式选择	(83)
表 4-20 毡圈油封形式和尺寸 (摘自 JB/ZQ4606—1997)	(83)
表 4-21 液压气动用 O 形橡胶密封圈 (摘自 GB/T3452.1—2005)	(83)
表 4-22 旋转轴唇形密封圈的形式、尺寸及其安装要求 (摘自 GB/T13871—1992)	(85)

表 4-23 J 形无骨架橡胶密封圈 (摘自 HG4—338—1996)	(86)
表 4-24 油沟式密封槽 (摘自 JB/ZQ4245—1986)	(86)
表 4-25 迷宫密封	(86)
表 4-26 甩油环 (高速轴用)	(87)
表 4-27 甩油环 (低速轴用)	(87)

第 5 章 减速器装配图的设计 ... (88)

5.1 减速器装配图的视图选择与 图面布局	(88)
5.1.1 减速器装配图的视图选择	(88)
5.1.2 减速器装配图的图面布局	(88)
5.2 减速器的视图绘制	(88)
5.2.1 装配草图绘制的第一阶段	(89)
5.2.2 装配草图设计的第二阶段	(91)
5.2.3 一级圆锥齿轮减速器装配 草图设计要点	(93)
5.2.4 单级蜗杆减速器装配草图 设计要点	(94)
5.3 装配草图的检查与修改	(95)
5.3.1 装配草图的检查	(96)
5.3.2 装配草图的修改	(96)
5.4 装配工作图的尺寸标注	(96)
5.5 装配工作图的配合标注	(97)
表 5-1 配合种类及代号	(97)
表 5-2 优先配合的特性及其应用	(97)
表 5-3 减速器主要零件的荐用配合	(98)
5.6 零件的编号方法、明细表 和标题栏	(98)
5.7 装配工作图的技术要求与 技术特性标注	(98)
5.7.1 编写技术要求	(98)
5.7.2 装配工作图的技术特性标注	(99)
表 5-4 减速器技术特性表	(99)

第 6 章 零件工作图的设计 (100)

6.1 零件工作图的视图选择与 图面布局	(100)
6.2 轴类零件工作图的绘制	(101)
6.3 齿轮类零件工作图的绘制	(101)
表 6-1 齿轮参数分段	(102)
表 6-2 F_{β} 、 f_{β} 、 $f_{H\beta}$ 偏差允许值 (摘自 GB/T10095.1—2001)	(102)
表 6-3 F_{ρ} 、 F_{ρ} 、 F_{α} 、 f_{α} 、 $f_{H\alpha}$ 、 f_{τ} 偏差允许值 (摘自 GB/T10095.1—2001)	(103)
表 6-4 中心距极限偏差 $\pm f_a$	(103)
表 6-5 中、大模数齿轮最小侧隙 j_{bmin} 的 推荐值	(104)
表 6-6 切齿径向进刀公差	(105)
表 6-7 齿轮径向跳动公差 F_r	(105)

表 6-8	公法线长度变动公差 F_w 值	(106)
表 6-9	锥齿轮 II 组精度等级的选择	(106)
表 6-10	圆柱蜗杆、蜗轮精度 (摘自 GB10089—1988)	(107)
表 6-11	蜗杆公差和极限偏差 f_{pm} 、 f_{pL} 、 f_{pH} 值	(107)
表 6-12	蜗轮周节极限偏差 ($\pm f_{pt}$) 的 f_{pt} 值	(107)
表 6-13	蜗轮周节累积公差 F_p 值	(108)
表 6-14	蜗杆传动的最小法向侧隙 j_{nmin} 值	(108)
表 6-15	蜗杆齿厚上偏差 (E_{as1}) 中的误差补偿部分 E_{as} 值	(108)
表 6-16	蜗杆和蜗轮的齿厚公差 F_{s1} 值	(109)
表 6-17	蜗杆齿厚公差 T_{s1} 值	(109)
表 6-18	蜗轮齿厚公差 T_{s2} 值	(109)
6.4	箱体类零件工作图的设计	(110)
6.5	零件工作图的尺寸标注	(110)
表 6-19	圆柱齿轮轮坯公差	(111)
6.6	零件工作图的尺寸公差标注	(112)
表 6-20	优先配合中轴的极限偏差 (基本尺寸大于 10 mm 且至 315 mm)	(112)
表 6-21	优先配合中孔的极限偏差 (基本尺寸大于 10 mm 且至 315 mm)	(113)
表 6-22	蜗杆、蜗轮齿坯尺寸和形状公差	(114)
表 6-23	蜗杆、蜗轮齿坯基准面径向和端面跳动	(114)
表 6-24	中心距极限偏差 ($\pm f_a$) 的 f_a 值	(114)
表 6-25	箱座与箱盖的尺寸公差	(114)
6.7	零件工作图的几何公差标注	(115)
表 6-26	轴的几何公差推荐项目 (摘自 GB/T1181—1996)	(115)
表 6-27	轴与齿轮、蜗轮配合部位的 径向圆跳动	(115)
表 6-28	轴与联轴器、带轮配合部位的 径向圆跳动	(116)
表 6-29	轴与齿轮、蜗轮轮毂端面接触处的 轴肩端面圆跳动	(116)
表 6-30	圆度、圆柱度公差 (摘自 GB/T1182—1996)	(116)
表 6-31	同轴度、对称度、圆跳动和 全跳动公差	(117)
表 6-32	齿坯基准面径向和端面跳动公差	(118)
表 6-33	轮坯的几何公差推荐项目及影响	(118)
表 6-34	箱座与箱盖的几何公差	(118)
6.8	零件工作图的粗糙度标注	(119)
表 6-35	配合面的表面粗糙度值	(119)
表 6-36	轴加工表面粗糙度 R_a 推荐数值	(119)
表 6-37	齿轮轮齿表面粗糙度 R_a 推荐值	(120)
表 6-38	蜗杆蜗轮的表面粗糙度 R_a 值	(120)
表 6-39	箱座、箱盖加工表面荐用的 表面粗糙度值	(121)
6.9	零件工作图的标题栏	(121)
6.10	零件工作图的技术要求标注	(121)

第 7 章 机械设计课程设计

参考图例	(123)
------	-------

第 8 章 设计计算说明书的编写

8.1	设计计算说明书的内容与要求	(160)
8.1.1	设计说明书的内容	(160)
8.1.2	设计说明书的要求	(160)
8.2	设计计算说明书的书写 格式举例	(161)

第 9 章 课程设计总结和答辩

9.1	课程设计总结	(165)
9.2	课程设计答辩	(166)
9.3	减速器装配图中常见 错误示例分析	(166)
表 9-1	减速器箱体及附件设计常见错误示例	(166)
表 9-2	齿轮与轴局部结构设计常见错误示例	(168)
表 9-3	斜齿轮轴系结构设计常见错误示例	(168)
表 9-4	蜗杆轴系结构设计常见错误示例	(169)
表 9-5	锥齿轮轴系结构设计常见错误示例	(169)
9.4	答辩参考题	(170)

第 10 章 机械设计课程设计题目

10.1	机械设计课程设计选题原则	(174)
10.2	课程设计题目	(174)
10.2.1	第一类课程设计题目—— 减速器设计	(174)
题目 1	带式输送机传动装置 (一级圆柱齿轮减速器) 设计	(174)
题目 2	带式输送机传动装置 (二级展开式圆柱齿轮减速器) 设计	(175)
题目 3	带式输送机传动装置 (二级同轴式圆柱齿轮减速器) 设计	(175)
题目 4	带式输送机传动装置 (二级圆锥-圆柱齿轮减速器) 设计	(176)
题目 5	带式输送机传动装置 (单级蜗杆减速器) 设计	(176)
题目 6	螺旋输送机传动装置 (一级圆锥齿轮减速器) 设计	(176)
题目 7	加热炉推料机传动装置 (单级蜗杆减速器) 设计	(177)
题目 8	链式输送机传动装置设计	(177)
题目 9	斗式提升机传动装置设计	(178)
10.2.2	第二类课程设计题目—— 综合类设计	(178)
题目 10	平板搓丝机传动装置设计	(178)
题目 11	蛙式打夯机传动装置设计	(179)

附录 机械设计课程设计常用

标准和规范	(180)
-------	-------

附录 A	一般标准	(180)
附录 A.1	图纸标准	(180)

表 A-1 图纸幅面、图样比例	(180)	表 B-2 普通螺纹螺距及基本尺寸 (摘自 GB/T193—2003、196—2003) ...	(198)
附录 A.2 常用材料的特性参数	(182)	表 B-3 普通螺纹的旋合长度 (摘自 GB/T197—2003)	(199)
表 A-2 金属材料的熔点、热导率及比热容	(182)	表 B-4 梯形螺纹设计牙型尺寸 (摘自 GB/T5796.1—2005)	(199)
表 A-3 常用材料的密度	(182)	表 B-5 梯形螺纹直径与螺距系列 (摘自 GB/T5796.2—2005)	(200)
表 A-4 常用材料的线胀系数 $\alpha/(10^{-10}/^{\circ}\text{C})$...	(182)	表 B-6 梯形螺纹基本尺寸 (摘自 GB/T5796.3—2005)	(200)
表 A-5 黑色金属硬度对照表 (摘自 GB/T1172—1999)	(183)	表 B-7 55° 密封管螺纹的基本尺寸 (摘自 GB/T7307—2001)	(200)
表 A-6 常用材料的弹性模量及泊松比	(183)	附录 B.2 螺纹零件的结构要素	(201)
表 A-7 常用材料的滑动摩擦系数(静摩擦) ...	(183)	表 B-8 普通螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角 (摘自 GB/T3—1997)	(201)
表 A-8 常用材料的滑动摩擦系数(动摩擦) ...	(183)	表 B-9 粗牙螺栓、螺钉的拧入深度和 螺孔尺寸	(202)
表 A-9 常用机械零件工作面的摩擦系数 ...	(184)	表 B-10 紧固件通孔及沉孔尺寸(摘自 GB/T5277—1985、 GB/T152.2—1988、152.3—1988、 152.4—1988)	(203)
表 A-10 常用材料工作面的滚动摩擦力臂	(184)	表 B-11 扳手空间(摘自 JB/ZQ 4005—1997)	(203)
表 A-11 常用材料极限强度的近似关系	(184)	附录 B.3 螺纹紧固件	(204)
表 A-12 常用热处理工艺及其代号 (摘自 GB/T12603—2005)	(184)	表 B-12 六角头螺栓—粗牙—A 级和 B 级、六角头螺 栓—细牙—A 级和 B 级(摘自 GB/T5782—2000、 GB5785—2000)	(204)
表 A-13 常用热处理方法	(185)	表 B-13 六角头螺栓—全螺纹—A 级和 B 级 (摘自 GB/T5783—2000)	(205)
表 A-14 优质碳素结构钢性能参数 (摘自 GB/T699—1999)	(185)	表 B-14 六角头铰制孔用螺栓—A 级和 B 级 (摘自 GB/T27—1988)	(206)
表 A-15 普通碳素结构钢性能参数 (摘自 GB/T700—1988)	(186)	表 B-15 双头螺栓 ($b_m = 1.25d$) (摘自 GB/T898—1988)	(206)
表 A-16 灰铸铁性能参数 (摘自 GB/T9439—1988)	(187)	表 B-16 内六角圆柱头螺钉 (摘自 GB/T70.1—2000)	(207)
表 A-17 普通碳素铸钢性能参数 (摘自 GB/T11352—1989)	(187)	表 B-17 十字槽盘头螺钉 (摘自 GB/T818—2000)	(208)
表 A-18 球墨铸铁性能参数 (摘自 GB/T1348—1988)	(187)	表 B-18 十字槽沉头螺钉 (摘自 GB/T819.1—2000)	(208)
表 A-19 合金结构钢性能参数 (摘自 GB/T3077—1999)	(188)	表 B-19 开槽锥端紧定螺钉、开槽平端紧定螺钉、开槽 长圆柱端紧定螺钉(摘自 GB/T71—1985、 GB/T73—1985、GB/T75—1985) ...	(209)
表 A-20 弹簧钢性能参数 (摘自 GB/T1222—1984)	(189)	表 B-20 A 级和 B 级粗牙、细牙 I 型六角螺母(摘自 GB/T6170—2000、GB/T6171—2000) ...	(209)
表 A-21 常用有色金属性能参数	(189)	表 B-21 圆螺母(摘自 GB/T 812—2000) ...	(210)
表 A-22 常用工程塑料性能参数	(190)	表 B-22 小垫圈、平垫圈(摘自 GB/T848、 97.1、97.2—2002)	(211)
表 A-23 冷轧钢板和钢带 (摘自 GB/T708—1988)	(191)	表 B-23 弹簧垫圈 (摘自 GB/T93、859—1987)	(211)
表 A-24 热轧钢板(摘自 GB/T709—1988) ...	(191)	表 B-24 外舌止动垫圈 (摘自 GB/T856—1988)	(212)
表 A-25 热轧圆钢直径和方钢边长尺寸 (摘自 GB/T702—2004)	(191)	表 B-25 圆螺母用止动垫圈 (摘自 GB/T858—1988)	(213)
表 A-26 热轧等边角钢 (摘自 GB/T9787—1988)	(191)	参考文献	(214)
表 A-27 热轧槽钢(摘自 GB/T707—1988) ...	(193)		
表 A-28 热轧工字钢(摘自 GB/T706—1988) ...	(193)		
附录 A.3 标准尺寸与标准工艺结构 ...	(194)		
表 A-29 铸造过渡斜角 (摘自 JB/ZQ4254—1986)	(194)		
表 A-30 铸造外圆角(摘自 JB/ZQ4256—1986) ...	(195)		
表 A-31 铸造内圆角(摘自 JB/ZQ4255—1986) ...	(195)		
表 A-32 铸造斜角(摘自 JB/ZQ4257—1986) ...	(195)		
表 A-33 标准尺寸(直径、长度、高度等) (摘自 GB/T2822—2005)	(196)		
附录 B 螺纹及螺纹紧固件	(197)		
附录 B.1 螺纹	(197)		
表 B-1 螺纹的主要类型、特点和应用	(197)		

第1章

概 论

1.1 课程设计的意义和目的

机械设计（机械设计基础）课程是培养学生机械设计能力的技术基础课，而课程设计则是机械设计课程重要的实践环节，是对本课程所学理论知识的一次较为全面的综合训练。在教学过程中，学生除了要系统地学习必要的设计理论，进行相关的实验训练，完成足够数量的习题之外，还必须注意设计技能的锻炼，因此课程设计无疑是最佳途径。通过课程设计可以达到以下目的。

（1）通过课程设计，使学生综合运用机械设计课程及相关先修课程的知识，起到巩固、深化和扩展有关机械设计方面知识的作用，并加以融会贯通。在课程设计过程中，使学生建立正确的设计理念，掌握进行设计的一般规律。

（2）通过课程设计，培养学生运用所学理论知识解决与本课程有关的实际问题的能力，使学生学会从机械设备的功能要求出发，合理选择传动装置的类型，制订传动方案。

（3）通过课程设计，使学生掌握有关标准、规范、手册、图表等资料的查阅方法，合理选择标准件的类型和规格；正确地根据零件的工作能力要求设计计算零件，确定其材料、结构、形状、尺寸等参数，并综合考虑零件的加工工艺、运行、维护、经济性与安全性；能设计简单的机械装置，并能绘制零件工作图及简单机械的装配图。

随着计算机技术在机械设计中的应用及不断深化，计算机辅助设计与计算机辅助绘图也逐渐成为机械设计课程设计的方向发展，相关软件应用能力也应该作为设计能力培养的重要方面。

1.2 课程设计的内容

机械设计课程设计一般以齿轮减速器为主要设计对象，在 1~2 周的时间内完成一套简单的整体机械装置的设计，包括原动机（电动机）、传动装置和执行机构。给定每位同学不同的原始参数，不同的传动类型，以增加设计课题的多样性。

设计内容主要包括以下几个方面：

- （1）拟订传动方案，选择传动类型；
- （2）选择电动机的类型和参数，计算传动装置的运动参数和动力参数；
- （3）设计计算齿轮等传动件；
- （4）设计计算或选择校核轴、轴承、键、联轴器等零件；
- （5）齿轮箱箱体及其附件的设计或选择，绘制减速器装配图；

(6) 绘制零件工作图, 可根据指导老师安排, 选择齿轮、轴、机箱等绘制零件图;

(7) 编写设计计算说明书。

课程设计结束后, 每位同学需要提交以下设计成果:

(1) 减速器装配图, 用 0 号图纸 (或根据指导老师要求选择幅面) 绘制草图及正式装配图各 1 张;

(2) 零件工作图若干张;

(3) 设计计算说明书一份, 5~10 千字。

1.3 课程设计的一般步骤

课程设计是一项综合性的设计过程, 每一个零件的设计都必须考虑它与相关的其他零件之间在结构、尺寸、定位、运动等方面的关系, 因此, 设计过程经常需要交叉反复地进行。

现以两周时间设计二级齿轮减速器为例, 分析设计计算的大致步骤和时间安排, 如表 1-1 所示。

表 1-1 机械设计课程设计步骤和时间安排

序号	步骤	设计内容	时间安排/天
1	设计准备	(1) 阅读设计任务书, 明确设计要求和设计内容	0.5
		(2) 阅读设计指导书等有关参考资料	
		(3) 通过减速器实物或模型拆装、图像演示等途径, 了解设计对象的结构、工作原理、制造安装的工艺过程	
2	设计传动方案	(1) 选定传动类型, 绘制传动装置布置示意图	0.5
		(2) 计算电动机所需输出功率、转速, 选择电动机型号	
		(3) 分配传动比	
		(4) 计算传动装置中各轴的运动参数与动力参数	
3	设计计算传动零件	(1) 齿轮传动 (或蜗杆传动)、带传动、链传动设计, 主要参数及几何尺寸计算	0.5
		(2) 传动零件受力分析, 为后续的零件强度计算提供数据	
4	装配体草图绘制	(1) 确定减速器的结构方案	2.5
		(2) 绘制装配草图, 进行轴、轴承和轴上其他零件的结构设计	
		(3) 校核键的强度、轴的强度和轴承的寿命	
		(4) 设计或选择减速器附件	
		(5) 绘制箱体结构草图	
5	绘制正式装配图	(1) 选择绘图比例, 图面布局	3
		(2) 画主要中心线、底线和剖面线	
		(3) 标注尺寸与配合	
		(4) 编写零件序号, 填写标题栏与零件明细表	
		(5) 加深图线	
		(6) 书写技术要求, 整理、清洁图面	
6	绘制零件工作图	(1) 选择绘图比例、图面布局	1
		(2) 画主要中心线、底线和剖面线	
		(3) 标注尺寸、公差、粗糙度等	
		(4) 填写齿轮基本参数表、标题栏与技术要求	
		(5) 加深图线, 整理、清洁图面	

(续表)

序号	步骤	设计内容	时间安排/天
7	整理设计计算说明书	(1) 说明书章节设置	1.5
		(2) 编写设计任务书、正文(所有设计计算过程及必要的简图)	
		(3) 编制参考文献、目录和设计总结	
8	答辩	(1) 答辩准备: 图纸折叠、说明书装订等	0.5
		(2) 参加答辩	

1.4 课程设计中应注意的问题

课程设计中应注意下列问题。

(1) 设计时要有整体观念, 考虑问题应全面。注意掌握设计进度, 每一阶段的设计完成后要进行认真细致的检查, 避免出现重大错误。只有这样, 才能少出错误, 减少返工, 提高设计效率。

(2) 设计中应正确使用标准和规范, 这是衡量设计成果质量的重要指标。对于国家标准或行业标准中的有关规定, 都必须严格遵守。设计计算得到的一些尺寸往往需要圆整为标准数值或优先选用值。

(3) 工程设计必须在借鉴他人现有成果的基础上有所创新, 有所突破。借鉴与创新要相结合。机械设计是从工程实际出发进行的一项艰苦细致的工作。设计经验的积累是影响设计质量的重要因素。任何设计都不可能是设计人员凭空想象、闭门造车设计出来的, 熟悉并利用现有的设计资料, 借鉴他人设计成果, 既可以减少重复性的工作, 又可以加快设计进度, 还可以在继承现有设计成果的基础上, 根据特定的设计要求和条件, 进行创新性设计, 提高设计质量。因此, 借鉴与创新必须相辅相成, 有机结合, 避免盲目抄袭, 这样才能真正提高设计质量。

(4) 课程设计是在教师指导下进行的大型综合性训练, 为了更好地培养自己的设计能力, 必须提倡独立思考、精益求精、严肃认真的精神, 反对容忍错误的设计态度。

(5) 设计过程中很多零件不能撇开其他零件单独进行设计, 它们在结构、尺寸及其他参数上都互相关联。设计初期, 很多同学有一团乱麻的感觉。只有在零件与零件之间、计算与绘图之间交叉地进行, 边绘图, 边计算, 边修改, 才能顺利完成设计任务。

第 2 章

传动系统的总体设计

机械传动系统是从原动机输出轴到工作机输入轴之间，通过机械传动方式传递运动与动力的系统。机械传动系统的总体设计包括确定传动方案、选择电动机型号、传动比计算与分配、传动装置运动与动力参数计算等。其中，传动方案的确定会直接影响传动装置乃至整个设备的功能、特性和成本，必须慎重对待。本章介绍以齿轮传动为主要传动方式的传动系统。

2.1 传动系统的组成和传动方案的拟订

2.1.1 传动系统的组成

图 2-1(a)所示的是常用的带式运输机传动装置。它由电动机 1、联轴器 2、齿轮减速器 3、联轴器 4、滚筒 5 等组成，其传动原理如图 2-1(b)所示。

工作时动力由电动机 1 的轴输出，经联轴器 2 等速传递到齿轮减速器 3，经减速器 3 减速后，再由联轴器 4 等速传递到运输机的滚筒 5，滚筒 5 通过摩擦力驱动运输带产生移动，将物料从一处运送到另一处。

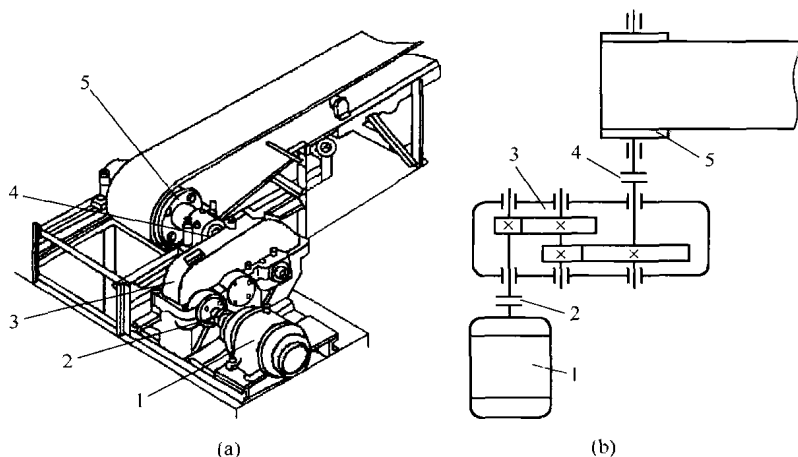
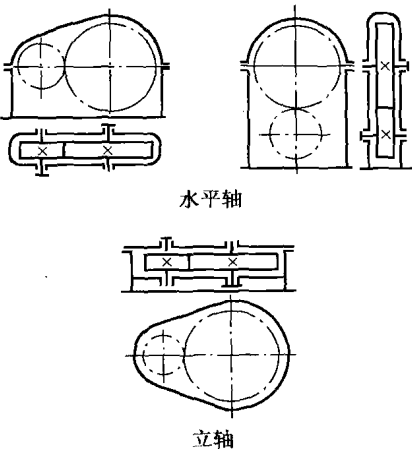
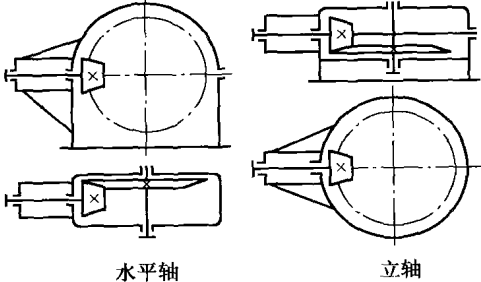
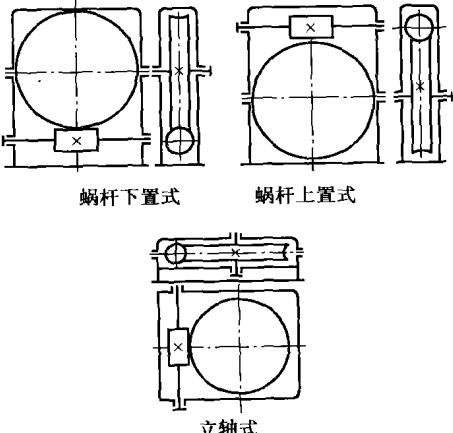
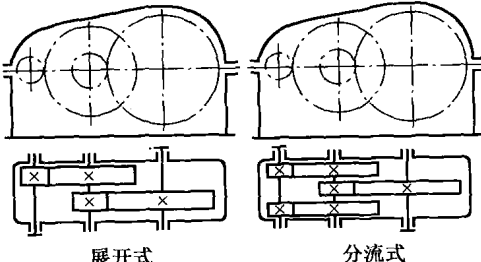


图 2-1 带式运输机传动装置

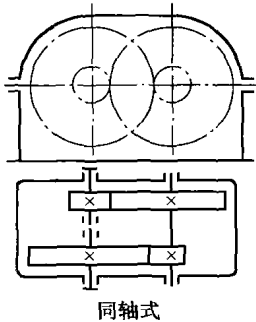
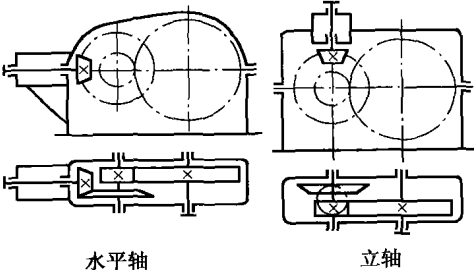
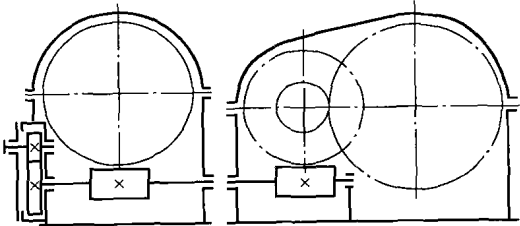
2.1.2 齿轮减速器的类型

齿轮减速器的类型很多，常用的齿轮减速器类型及特点如表 2-1 所示。

表 2-1 齿轮减速器的类型与特点

类型	简图	特点
一级圆柱齿轮 减速器	 水平轴 立轴	一般用于传动比小于 5 的场合；齿轮轴线可作水平或铅垂布置；可使用直齿、斜齿或人字齿轮传动；传递功率可达数万千瓦；工艺简单，应用广泛
一级圆锥齿轮 减速器	 水平轴 立轴	一般用于传动比小于 3 的场合；可使用直齿、斜齿或弧形齿轮传动；通常两齿轮轴线正交
一级蜗杆减速器	 蜗杆下置式 蜗杆上置式 立轴式	传动比可达 8~2500，一般用于传动比 15~50 的场合；结构紧凑，效率低；可采用上置蜗杆 ($v \geq 4 \sim 5$ m/s) 或下置蜗杆 ($v \leq 4 \sim 5$ m/s)；也可采用立轴式布置，但对密封要求较高
二级圆柱齿轮 减速器	 展开式 分流式	一般用于传动比 8~40 的场合；可采用展开式、分流式或同轴式布置；使用直齿、斜齿或人字齿轮传动；齿轮轴线可作水平、上下或铅垂布置；结构简单，应用广泛 (1) 展开式布置：齿轮相对于轴承不对称，造成载荷沿齿向分布不均，对轴的刚度要求较高 (2) 分流式布置：齿轮相对于轴承对称，载荷沿齿向分布均匀，对轴的刚度要求较低，常用于大功率、变载荷场合

(续表)

类型	简图	特点
二级圆柱齿轮 减速器	 同轴式	(3) 同轴式布置: 长度方向尺寸较小, 轴向尺寸较大, 中间轴较长, 刚度较差, 但两个大齿轮直径接近, 利于润滑
二级圆锥-圆柱 齿轮减速器	 水平轴 立轴	一般用于传动比 8~15 的场合; 锥齿轮应布置在高速级, 以保证锥齿轮直径不致过大, 利于加工
二级齿轮-蜗杆 减速器		一般用于传动比 60~90 的场合; 蜗杆处于高速级时效率较高, 齿轮布置在高速级时, 结构比较紧凑

根据各种类型齿轮减速器的特点, 在选用时应综合考虑下列因素: ①传动比适用范围; ②输入轴与输出轴之间的位置关系; ③承载能力; ④结构与成本等。

2.1.3 传动方案的拟订

合理的传动方案不仅要满足机械功能要求, 还要考虑工作条件、可靠性、结构与尺寸、传动效率、使用维护、工艺性、经济性等要求。

图 2-2 所示的是卷扬机传动路线图。动力和运动由原动机(电动机)输出, 经齿轮减速器减速后传递到工作机(卷扬机)上。

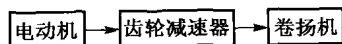


图 2-2 卷扬机传动路线图

图 2-3 所示的是卷扬机几种传动方案的简图。图 2-3(a)中采用二级圆柱齿轮减速器, 适用于重载及长期在恶劣条件下工作, 使用维护方便。缺点是结构尺寸较大。图 2-3(b)中采用蜗杆减速器, 传动比大, 结构紧凑。缺点是效率低, 功率损耗大, 长期使用就很不经济。图 2-3(c)中采用一级圆柱齿轮与一级开式齿轮传动, 成本较低。缺点是开式齿轮使用寿命短。虽然三种方案都能满足卷扬机的工作要求, 但性能、结构、占用空间、造价及运行成本均有所不同, 应根据工作要求进行综合比较, 选择较好的方案。

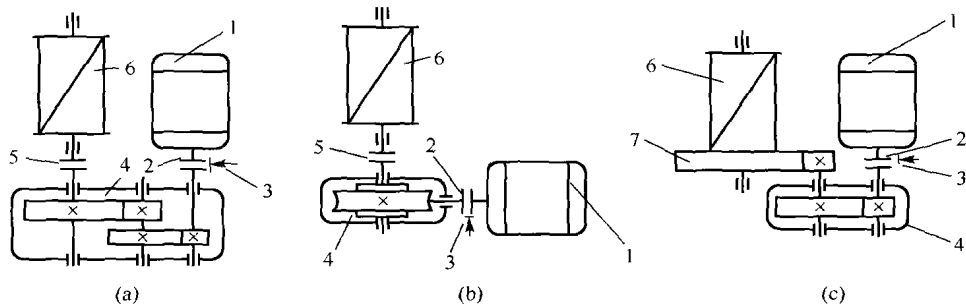


图 2-3 卷扬机传动方案简图

1—电动机；2、5—联轴器；3—制动器；4—齿轮减速器；6—卷筒；7—开式齿轮

2.2 电动机的选择

电动机已经标准化，应根据确定的传动方案，选择电动机的类型、结构形式、容量和转速，最终选定电动机的型号与规格。

2.2.1 选择电动机的类型与结构形式

电动机分为直流电动机和交流电动机，一般场所都采用交流电源，因而多采用交流电动机。交流电动机又分为异步电动机和同步电动机两种类型，通常采用异步电动机。其中 Y 系列三相异步电动机结构简单，启动性能好，工作可靠，价格低廉，维护方便，应用最为广泛。在频繁启动、制动或正反向转动的场合，应选用转动惯量小、过载能力大的 YZ 型或 YZR 型起重及冶金用三相异步电动机。

为了满足不同的输出轴要求和安装需要，同一种类型的电动机分为几种不同的安装结构形式，用机座号加以区分，应根据安装条件进行选择。

根据不同的防护要求，可选择开启式、封闭式、防护式、防爆式等结构形式的电动机。

2.2.2 选择电动机的容量

在连续运转的条件下，电动机发热不超过许可温升的最大功率称为额定功率，又称为电动机的容量，在电动机的铭牌上标有该参数。

电动机功率的选择直接影响电动机的工作性能和经济指标。如果所选电动机的功率过大，则会增大成本；而且，电动机不能满载运行，效率和功率因数较低，因而增加电能消耗，造成浪费。如果所选电动机的功率偏小，则电动机经常处于过载状态而缩短寿命，工作机构也不能正常工作。

在静载或微小波动的载荷作用下，长期连续运行的机械，其电动机的额定功率 P_e 不小于电动机所需的输出功率即可。电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_r}{\eta} \quad (2-1)$$

式中， P_d 为电动机输出功率 (kW)； P_r 为工作机输入功率 (kW)； η 为工作机至电动机之间传动装置的总效率。

当已知工作机的工作阻力与线速度时, 工作机输入功率为

$$P_r = \frac{Fv}{1000\eta_w} \quad (2-2)$$

当已知工作机的工作阻力矩与转速时, 工作机输入功率为

$$P_r = \frac{Tn_r}{9550\eta_w} \quad (2-3)$$

式中, F 为工作机的工作阻力 (N); v 为工作机的线速度 (m/s); T 为工作机的工作阻力矩 (N·m); n_r 为工作机的输入转速 (r/min); η_w 为工作机的效率。

工作机至电动机之间传动装置的总效率为

$$\eta = \eta_1\eta_2\eta_3 \cdots \eta_n \quad (2-4)$$

式中, η_1 、 η_2 、 $\eta_3 \cdots \eta_n$ 为传动装置中各个环节的效率, 其数值可参见表 2-2。

表 2-2 机械传动和摩擦副的效率参考值

种类		效率 η	种类		效率 η
圆柱齿轮传动	闭式传动 (6 级、7 级精度)	0.98~0.99	摩擦传动	平摩擦轮	0.85~0.92
	闭式传动 (8 级、9 级精度)	0.96~0.97		槽摩擦轮	0.88~0.90
	切削齿开式传动 (脂润滑)	0.94~0.96		卷绳轮	0.95~0.96
	铸造齿开式传动	0.90~0.93	联轴器	万向联轴器	0.95~0.98
圆锥齿轮传动	闭式传动 (6 级、7 级精度)	0.97~0.98		凸缘联轴器、弹性联轴器、齿式联轴器	0.99
	闭式传动 (8 级、9 级精度)	0.94~0.97		滑块联轴器	0.97~0.99
	切削齿开式传动 (脂润滑)	0.92~0.95	滑动轴承	液体润滑	0.99/对
	铸造齿开式传动	0.88~0.92		压力润滑	0.98/对
蜗杆传动	自锁蜗杆 (油润滑)	0.40~0.45		正常润滑	0.97/对
	单头蜗杆 (油润滑)	0.70~0.75		不良润滑	0.94/对
	双头蜗杆 (油润滑)	0.75~0.82	滚动轴承	球轴承 (油润滑)	0.99/对
	三头与四头蜗杆 (油润滑)	0.80~0.92		滚子轴承 (油润滑)	0.98/对
带传动	平带开式传动	0.97~0.98	滑轮组	采用滚动轴承 ($i=2\sim6$)	0.95~0.99
	平带交叉传动	0.90		采用滑动轴承 ($i=2\sim6$)	0.90~0.98
	V 带传动	0.96	丝杠传动	滚珠丝杠	0.85~0.95
链传动	片式关节链	0.95		滑动丝杠	0.30~0.60
	滚子链	0.96	滚筒		0.96
	齿形链	0.97			

在从表中选择效率数值前, 应先初选联轴器、轴承类型及齿轮精度等级, 待设计后再进行修正; 若表中所列效率值为某一范围, 一般取其中间值; 如果有多对同类的传动副或摩擦副, 应重复计入总效率。

2.2.3 确定电动机的转速

三相异步电动机的转速分为同步转速与满载转速。同步转速是指电动机工作时三相交流电形成的内部磁场的旋转转速, 该转速与电源频率及电动机的电磁极对数有关。国内三相交流电源的频率为 $f=50\text{ Hz}$, 如电动机电磁极对数为 $p=1$ 对 (N 极、S 极各一个), 则同步转速 n_0 为

$$n_0 = \frac{60f}{p} = 3000 \text{ r/min}$$

对于电磁极对数为 $p = 2$ 对、3 对、4 对的电动机, 同步转速分别为 $n_0 = 1500 \text{ r/min}$ 、 1000 r/min 、 750 r/min 。同步转速只是电动机的内部参数, 并不向外输出, 向外输出的是满载转速。当电动机的负荷达到额定功率时, 其转速称为满载转速。满载转速与同步转速有一定的联系, 比同步转速略低。

同一类型、相同额定功率的电动机有多种不同的转速, 因而具有不同的特性指标。低转速的电动机电磁极数多, 外廓尺寸大, 铜材等有色金属用量多, 价格贵; 但总传动比小, 可使传动装置尺寸减小, 高转速的电动机特性刚好相反。因此, 设计时应综合考虑各种因素, 选择合适的电动机转速。一般多选用 $n_0 = 1500 \text{ r/min}$ 和 1000 r/min 的电动机, 如无特殊要求, 不选用 $n_0 = 750 \text{ r/min}$ 及以下的电动机。

2.2.4 电动机的标准与技术特性

1. Y 系列电动机

Y 系列电动机为全封闭自扇冷式笼型三相异步电动机, 是根据国际电工委员会 (IEC) 制订的标准而设计的, 具有国际互换性特点; 能防止灰尘、铁屑及其他杂物侵入其内部, 但要求工作场所无易燃、易爆及腐蚀性气体; 适用于无特殊要求的机械上, 如机床、运输机、水泵、风机、压缩机、农机、建筑机械等场合。Y 系列电动机的型号、技术参数、外形尺寸及安装方式等, 可参见表 2-3~表 2-7。

表 2-3 Y 系列 (IP44) 电动机的技术参数 (摘自 JB/T10391—2008)

型号	额定功率 /kW	满载转速 /(r/min)	堵转转矩/ 额定转矩	最大转矩/ 额定转矩	外形尺寸 (长×宽×高)/mm	质量 /kg
磁极数为 2, 同步转速为 3000 r/min						
Y80L—2	0.75	2 830	2.2	2.3	285 × 233 × 170	16
Y802—2	1.1	2 830	2.2	2.3	285 × 233 × 170	17
Y90S—2	1.5	2 840	2.2	2.3	310 × 245 × 190	22
Y90L—2	2.2	2 840	2.2	2.3	335 × 245 × 190	25
Y100L—2	3	2 870	2.2	2.3	380 × 283 × 245	33
Y112M—2	4	2 890	2.2	2.3	400 × 313 × 265	45
Y132S1—2	5.5	2 900	2	2.3	475 × 350 × 315	64
Y132S2—2	7.5	2 900	2	2.3	475 × 350 × 315	70
Y160M1—2	11	2 930	2	2.3	600 × 420 × 385	117
Y160M2—2	15	2 930	2	2.3	600 × 420 × 385	125
Y160L—2	18.5	2 930	2	2.2	645 × 420 × 385	147
Y180M—2	22	2 940	2	2.2	670 × 465 × 430	180
Y200L1—2	30	2 950	2	2.2	775 × 510 × 475	240
Y200L2—2	37	2 950	2	2.2	775 × 510 × 475	255
Y225M—2	45	2 970	2	2.2	815 × 570 × 530	309
Y250M—2	55	2 970	2	2.2	930 × 633 × 575	403
Y280S—2	75	2 970	2	2.2	1 000 × 688 × 640	544