

普通高等院校“十二五”规划教材

机械设计 机械设计基础

课程设计

强建国 邵兵 主编
马晓 郑海霞



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

普通高等院校“十二五”规划教材

机械设计 机械设计基础 课程设计

强建国 邵 兵
主 编
马 晓 郑海霞
王富强 贺 媛 副主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械设计机械设计基础课程设计 / 强建国等主编.

—成都:西南交通大学出版社,2012.7

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5643-1806-2

I. ①机… II. ①强… 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(2012)第 147585 号

普通高等院校“十二五”规划教材

机械设计机械设计基础课程设计

强建国 邵 兵 主编
马 晓 郑海霞

责任编辑	张华敏
特邀编辑	唐建明 鲁会茹 杨开春
封面设计	水木时代(北京)图书中心
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	北京广达印刷有限公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	23.75
字 数	593 千字
版 次	2012 年 7 月第 1 版
印 次	2012 年 7 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5643-1806-2
定 价	42.80 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

编审说明

本书是根据国家教委批准印发的《高等工业学校机械设计及机械设计基础教学基本要求》，并结合兰州理工大学等同类院校的实际教学情况编写的。本书在确保课程设计基本内容要求的前提下，呈现以下几个特点：

1. 尽量满足课程设计所需的基本内容，精简一些与课程设计关系不大的内容，以便于使用。全书包括三个部分：课程设计指导，简化画法、减速器零部件结构及参考图例和课程设计常用标准及规范。

2. 书中所用资料力求为最新的国家标准，尤其轴承部分对应的标准变化较大，是目前最新的国家标准。

3. 本书附有大量的图例，尤其对课程设计中经常出现的大量错误进行深入分析，使学生在设计过程中尽量减少错误，提高设计能力。

4. 以带式运输机为实例进行方案设计和传动零件设计示例，直接列出目前机械设计和机械设计基础课程所使用的两种不同简化算法。对轴承计算提供各种组合方案的寿命计算实例，对轴的结构设计提供基本的设计思路和两种不同的强度计算方法。

5. 本书力求做到为学习机械设计和机械设计基础的同学提供比较全面的辅导和设计资料，并与学生使用的教材互补，借助本书可直接完成机械设计和机械设计基础课程设计。

本书由强建国、邵兵、马晓、郑海霞主编，王富强、贺瑗任副主编，各位主编参与编写并审定相应部分内容。

本书适用于机械类和近机械类专业学习机械设计或机械设计基础的本科生课程设计使用，也可作为毕业设计辅助之用。

由于时间紧迫，编者经验有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

编者

2012年4月

责任编辑：张华敏

特邀编辑：唐建明 鲁会茹 杨开春

封面设计：水木时代（北京）图书中心

ISBN 978-7-5643-1806-2



9 787564 318062 >

定价：42.80元

试读结束。需要全本请在线购买：www.ertongbook.com

目 录

第一部分 课程设计指导

第 1 章 课程设计概述	3
1.1 课程设计的目的和内容	3
1.2 课程设计的方法和步骤	3
第 2 章 机械传动装置的总体方案和传动件设计	5
2.1 传动方案设计	5
2.2 选择电动机	7
2.3 计算总传动比和分配传动比	9
2.4 计算传动装置运动和动力参数	11
2.5 设计计算传动零件和初步选择轴系零部件	12
2.6 带式运输机的方案设计 & 传动零件设计举例	14
第 3 章 减速器的结构与润滑	29
3.1 箱体结构	32
3.2 减速器箱体的密封、润滑和散热	39
3.3 减速器附件的结构设计	43
第 4 章 减速器装配图设计	47
4.1 概 述	47
4.2 装配图设计准备	47
4.3 减速器装配草图设计	48
4.4 轴及轴承设计举例	82
4.5 完善装配草图	94
4.6 减速器装配草图检查和修改	97
4.7 完成减速器装配图	98
第 5 章 零件工作图设计	102
5.1 轴类零件工作图设计	102
5.2 齿轮类零件工作图设计	107
5.3 箱体零件工作图设计	115
第 6 章 设计中常见错误示例分析	122
6.1 不符合机械制图规定的典型错误	122
6.2 铸造工艺性不良的设计	124
6.3 机械加工工艺性不良的设计	124
6.4 装配工艺性不良的设计	129
6.5 润滑和密封不恰当的设计	132
6.6 结构不合理的设计	135

6.7 防松结构错误·····	135
6.8 零件图上的标注错误·····	136
6.9 设计错误综合示例·····	138
6.10 课程设计常见错误汇总·····	141
第 7 章 编写设计说明书、设计总结及答辩·····	143
7.1 编写设计说明书·····	143
7.2 答辩准备和总结·····	145

第二部分 简化画法、减速器零部件结构及参考图例

第 8 章 常用规定画法、标注法和简化画法·····	151
8.1 常用机构运动简图符号·····	151
8.2 有关规定画法和标注法·····	152
8.3 简化画法·····	154
第 9 章 减速器零、部件结构及其尺寸·····	156
9.1 传动零件的结构及其尺寸·····	156
9.2 减速器箱体结构图例·····	161
9.3 减速器附件·····	168
第 10 章 参考图例·····	174
10.1 减速器装配图示例·····	174
10.2 零件工作图示例(三级)·····	184

第三部分 课程设计常用标准及规范

第 11 章 常用数据和标准·····	195
第 12 章 常用工程材料·····	200
第 13 章 螺纹紧固件·····	204
13.1 螺 纹·····	204
13.2 螺纹零件的结构要素·····	205
13.3 紧固件·····	207
第 14 章 键连接和销连接·····	217
14.1 键连接·····	217
14.2 花键连接·····	218
14.3 销连接·····	219
第 15 章 滚动轴承·····	220
15.1 中国滚动轴旧代号·····	220
15.2 中国通用滚动轴承新旧代号对照·····	222
15.3 滚动轴承当量动载荷计算·····	229

15.4 常用滚动轴承的基本尺寸与数据	233
15.5 滚动轴承的公差与配合	262
第 16 章 润滑与密封	264
16.1 常用润滑油及选择	264
16.2 常用润滑脂及选择	265
16.3 润滑装置	266
16.4 密封形式	267
16.5 密封件	269
第 17 章 联轴器	272
第 18 章 公差配合、形位公差和表面粗糙度	278
18.1 公差与配合 (摘自 GB1800—79、GB1801—79)	278
18.2 形状与位置公差 (摘自 GB1182—80、GB1184—80、GB13319—91)	284
18.3 表面粗糙度	286
第 19 章 齿轮及蜗杆、蜗轮的精度	288
19.1 渐开线圆柱齿轮的精度 (摘自 GB10095—88)	288
19.2 锥齿轮的精度 (摘自 GB11365—89)	295
19.3 圆柱蜗杆和蜗轮的精度 (摘自 GB10089—88)	302
第 20 章 电动机	309
附录 1 带传动设计计算所需资料	311
附录 2 齿轮传动设计计算所需资料	320
附录 3 蜗杆传动设计计算所需资料	335
附录 4 轴设计计算所需资料	344
附录 5 标准减速器举例	351
参考文献	370

第一部分

课程设计指导

第1章 课程设计概述

1.1 课程设计的目的和内容

1. 课程设计的目的

机械设计课程设计是与机械设计课程和机械设计基础课程对应的实践教学环节，同时也是学生第一次进行的、较全面的机械设计工程实训。其基本目的是：

①通过课程设计，综合运用机械类基础课程和其他先修课程的理论及生产实践的知识去分析和解决机械设计问题，并使所学基础理论得到进一步巩固和深化，培养分析和解决实际问题的能力。

②了解和掌握常用机械零部件、机械传动装置和简单机械的设计过程、设计方法。学会从机械功能要求出发，合理选择传动机构类型，拟订设计方案，正确计算零部件的工作能力，确定零件的尺寸、形状、结构及材料，并考虑制造工艺、使用、维护、经济性和安全等问题，培养正确的设计思想和分析问题、解决问题的能力。

③通过计算、查阅资料和绘图，学会运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料等，培养机械设计的基本技能。

2. 课程设计的内容

课程设计的题目一般为通用机械的传动装置或简单机械，如各种类型的减速器设计。其具体内容如下：

①传动装置的方案设计。例如，进行传动参数的计算，传动零件、轴、键和轴承等的设计计算等。

②装配图（如减速器装配图）和零部件工作图（如齿轮和轴等）设计。

③编写设计计算说明书。

1.2 课程设计的方法和步骤

1. 课程设计的方法

课程设计的方法是：

①独立思考，继承与创新。任何设计都不可能是设计者独出心裁、凭空设想、不依靠任何资料所能实现的。设计时，要认真阅读参考资料，继承或借鉴前人的设计经验和成果，但不能盲目地全盘抄袭，应根据具体的设计条件和要求，独立思考，大胆地进行改进和创新。

②全面考虑机械零部件的强度、刚度、工艺性、经济性和维护等基本要求。任何机械零

部件的结构和尺寸，除了考虑它的强度和刚度外，还应综合考虑零件本身及整个部件的工艺性要求(如加工和装配工艺性)、经济性要求(如制造成本)、使用要求(如维护方便)等才能确定。

③计算、结构设计交互进行。在机械设计中，多数零件可以由承载能力计算确定零件的基本参数及尺寸，再通过草图设计决定其具体结构和其他相关尺寸。而有些零件(如轴)则需先经初算和绘草图，得到初步符合设计条件的基本结构尺寸，然后再进行必要的计算，根据计算的结果，对结构和尺寸进行修改。因此，计算和绘图互为依据，交叉进行。这种边计算、边绘图、边修改的设计方法是机械设计中经常采用的方法，又称“三边”设计方法。

④合理使用标准和规范。设计时应尽量使用标准和规范，有利于零件的互换性和工艺性，同时也可减少设计工作量，节省设计时间。对于国家标准或部门规范，一般都要严格遵守和执行。设计中采用标准或规范的多少，是评价设计质量的一项指标。因此，在课程设计中，凡是有标准或规范的，应该尽量采用。

2. 课程设计的步骤

课程设计大致按如下步骤进行：

①设计准备。阅读设计任务书，明确设计要求、工作条件、设计内容，通过查阅有关设计资料，看录像、实物、模型和减速器拆装实验等，了解设计对象的性能、结构及工艺性；准备好设计需要的资料、绘图工具及图纸；拟定设计计划等。

②传动装置总体设计和传动零件等设计。拟定和确定传动方案；选择电动机类型和型号；确定总传动比和分配各级传动比；计算各轴上的转速、功率和转矩；设计传动零件；初算轴径；初选联轴器和滚动轴承类型，注意标准件选取。

③减速器装配草图设计。绘制减速器装配草图；进行轴的结构设计和轴系零部件设计；校核轴和键连接的强度以及滚动轴承的寿命；进行箱体及其附件设计；选取密封件、螺栓等其他标准件。

④完成减速器装配图。加深减速器装配图；标注主要尺寸、配合、零件序号；编写标题栏、零件明细表、减速器特性表及技术要求等。

⑤绘制零件工作图。绘出零件的必要视图；标注尺寸、公差及表面粗糙度；编写技术要求和标题栏等。

⑥编写设计计算说明书。写明整个设计的主要计算和一些技术说明。

第 2 章 机械传动装置的总体方案和 传动件设计

机械传动装置的总体方案设计内容包括：确定机械传动方案，选择电动机型号，计算总传动比，合理分配各级传动比以及计算传动装置的运动和动力参数，为设计各级传动件和装配图设计创造必要的条件。

2.1 传动方案设计

传动方案一般用机构示意图或机构运动简图表示，它反映运动和动力传递路线和各部件的组成以及联结关系，如图 2-1 所示为带式输送机传动装置及其机构运动示意简图。运动和动力由电动机提供，经机械传动装置传递到工作机滚筒上，机械传动装置位于原动机和工作机之间，用以传递运动和动力或改变运动方式。传动装置方案设计是否合理，对整个机械的基本性能、尺寸、重量和成本等影响很大，因此，传动方案设计是整个机械设计中最关键的环节。

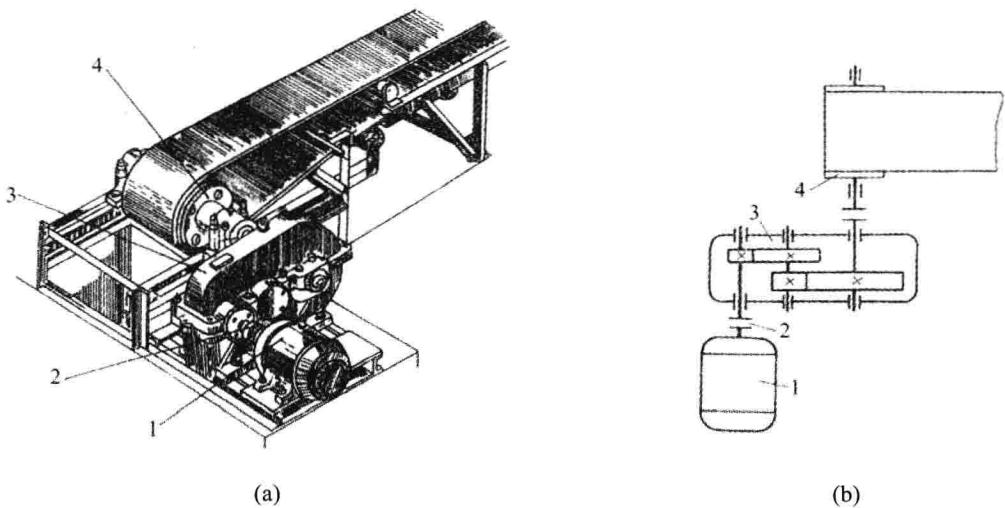


图 2-1

1—电动机；2—联轴器；3—减速器；4—输送带

1. 对传动方案的要求

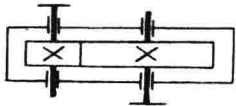
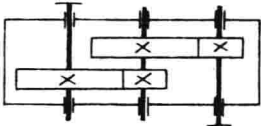
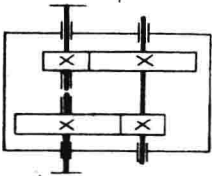
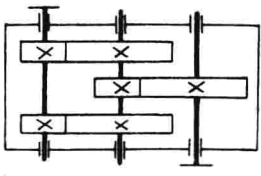
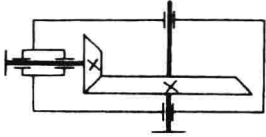
合理的传动方案，首先应满足工作机的基本功能要求，例如传递功率的大小、转速和运动形式等；此外还要适应工作条件（如工作环境、场地、工作时间等），满足工作可靠、传动

效率高、结构简单、尺寸紧凑、重量轻、成本低、工艺性好、使用和维护方便等要求。但同时满足这些要求是比较困难的，因此要通过分析比较多种传动方案，选择能保证重点功能要求的方案作为最终方案。

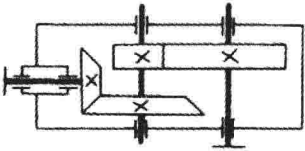
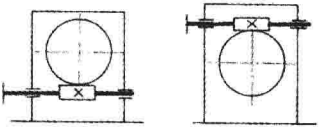
2. 拟定传动方案

满足同一工作机械的功能要求，往往可采用不同的传动机构，不同的组合和布局，从而可得出不同的传动方案。拟定传动方案时，应充分了解各种传动机构的性能及适用条件，结合工作机所传递的载荷性质和大小、运动方式和速度以及工作条件等，对各种传动方案进行分析比较，选择能保证最基本要求的较好传动方案。由于减速器在传动装置中应用最广，为了便于合理选择减速器的类型，表 2-1 列出了几种常用减速器的类型、特点及应用情况，供选型参考。

表 2-1 常用减速器的类型和特点

类 型	简 图	传 动 比	特 点
单级圆柱齿轮减速器		≤ 10 常用： 直齿 ≤ 4 斜齿 ≤ 6	直齿轮用于较低速度 ($v \leq 8\text{m/s}$)，斜齿轮用于较高速度场合，人字齿轮用于载荷较重的传动中
两级圆柱齿轮减速器	展开式 	8~60	一般采用斜齿轮，低速级也可采用直齿轮。总传动比较大，结构简单，应用最广。由于齿轮相对于轴承为不对称布置，因而沿齿宽载荷分布不均匀，要求轴有较大刚度
	同轴式 	8~60	减速器横向尺寸较小，两大齿轮浸油深度可以大致相同。结构较复杂，轴向尺寸大，中间轴较长、刚度差，中间轴承润滑较困难
	分流式 	8~60	一般为高速级分流，且常采用斜齿轮；低速级可用直齿或人字齿轮。齿轮相对于轴承为对称布置，沿齿宽载荷分布较均匀。减速器结构较复杂。常用于大功率、变载荷场合
单级圆锥齿轮减速器		直齿 ≤ 6 常用 ≤ 3	传动比不宜太大，以减小大齿轮的尺寸，便于加工

续表 2-1

圆锥-圆柱 齿轮减速器		8~(22-40)	圆锥齿轮应置于高速级, 以免使圆锥齿轮尺寸过大, 加工困难 圆锥齿轮为直齿时, 最大传动比为 22; 为弧齿时, 最大传动比为 40
蜗杆减速器	 <p>a) 蜗杆下置式 b) 蜗杆上置式</p>	10~80	结构紧凑, 传动比较大, 但传动效率低, 适用于中、小功率和间歇工作场合。蜗杆下置时, 润滑、冷却条件较好。通常蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5$ m/s 时用下置式; $v > 4 \sim 5$ m/s 时用上置式

由于原动机转速单一, 而工作机转速要求多样且与原动机的转速相差较大, 因此在传动中常用多级传动机构。为了合理选用, 拟定传动方案时应注意以下几点:

① 齿轮传动具有承载能力大、效率高、速度高、尺寸紧凑、寿命长等特点, 因此在传动装置中一般应先采用齿轮传动。由于斜齿圆柱齿轮传动的承载能力和平稳性比直齿圆柱齿轮传动好, 故在高速或要求传动平稳的场合, 常采用斜齿圆柱齿轮传动。锥齿轮传动的尺寸太大时加工困难, 因此应将其布置在高速级, 并限制其传动比, 一般取单级锥齿轮传动比小于 3, 以控制其结构尺寸。

② 蜗杆传动具有传动比大、结构紧凑、工作平稳等优点, 但其传动效率低, 尤其在低速时其效率更低, 且蜗轮尺寸大, 成本高。因此, 它通常用于中小功率、间歇工作或要求自锁的场合, 为了提高传动效率, 减小蜗轮结构尺寸, 通常将其布置在高速级。

③ 带传动具有传动平稳、吸震等特点, 且能起过载保护作用。但由于它依靠摩擦力工作, 在传递同样功率的条件下, 当带速较低时传动结构尺寸较大。为了减小带传动的结构尺寸, 应将其布置在高速级, 且传动比取 1~2。

根据各种传动机构的特点和对传动方案的要求, 结合设计的工作条件, 需要对初步拟定的方案进行分析比较, 从中选择出合理的方案。此时选出的方案并不是最后方案, 最后方案还有待于各级传动比得到合理分配后决定。

2.2 选择电动机

选择电动机包括选择电动机类型、结构形式、功率和转速, 确定电动机的具体型号。

1. 选择电动机的类型和结构形式

电动机的类型和结构形式应根据电源种类(直流或交流)、工作条件(环境、温度等)、工作时间的长短(连续或间歇)及载荷的性质、大小、起动性能和过载情况等条件选择。

无特殊要求时, 工业上一般采用三相交流电动机。Y 系列三相交流异步电动机结构简单、价格低廉、维护方便, 故应用最广。当转动惯量和起动力矩较小时, 可选用 Y 系列三相交流异步电动机。在频繁起动、制动和反转、间歇或短时工作的场合(如起重机械和冶金设备等),

要求电动机的转动惯量小和过载能力大，因此，应选用起重及冶金用的 YZ 和 YZR 系列三相异步电动机。电动机的结构有开启式、防护式、封闭式和防爆式等，可根据工作条件选择。同一种电动机会有几种不同的安装形式，可根据电动机的具体安装要求确定。

2. 确定电动机的转速

同一功率的异步电动机有同步转速 3000、1500、1000、750 r/min 等几种。一般来说，电动机的同步转速愈高，磁极对数愈少，外廓尺寸愈小，价格愈低；反之，转速愈低，外廓尺寸愈大，价格愈贵。当工作机转速高时，选用高速电动机较经济；但若工作机转速较低也选用高速电动机，则这时总传动比增大，会导致传动装置结构复杂，造价较高。所以，在确定电动机转速时应全面分析。在一般机械中，使用最多的是同步转速为 1500 r/min 或 1000 r/min 的电动机，如无特殊需要，不选用低于 750 r/min 的电动机。

按照工作机的转速要求和传动机构的合理传动比范围，可以推算出电动机转速的可选范围是：

$$n'_d = (i_1 i_2 \cdots i_n) n_w$$

式中， n'_d 为电动机的可选转速范围 (r/min)； n_w 为工作机转速 (r/min)； i_1 、 i_2 、 \cdots 、 i_n 为各种传动机构的合理传动比范围 (见表 2-2)。

表 2-2 常用机械传动的单级传动比推荐值

类 型	平带传动	V 带传动	圆柱齿轮传动	圆锥齿轮传动	蜗杆传动	链传动
推荐值	2~4*	2~4*	3~6	直齿 2~3	10~40	2~5
最大值	5	7	10	直齿 6	80	7

注：* 在减速器中考虑结构尺寸选择 1~2。

3. 确定电动机的功率和型号

电动机的功率选择是否合适，对电动机的正常工作和经济性都有影响。功率选得过小，不能保证工作机的正常工作或使电动机长期过载而过早损坏；功率选得过大，则电动机价格高，且经常不在满载下运行，电动机效率和功率因数都较低，造成很大浪费。

电动机功率的确定，主要与其载荷大小、工作时间长短等有关。对于长期连续工作，载荷较稳定的机械(如连续运输机、鼓风机等)，可根据电动机所需的功率 P_d 来选择，而不必校验电动机的发热和起动力矩。选择时，应使电动机的额定功率 P_e 稍大于电动机的所需功率 P_d ，即 $P_e \geq P_d$ 。对于间歇工作的机械， P_e 可稍小于 P_d 。

电动机所需的功率按如下方法计算：

若已知工作机的阻力 (例如运输带的最大拉力) 为 F (N)，工作机的线速度(例如运输带的速度)为 v (m/s)，则工作机所需的有用功率为：

$$P_w = Fv/1000$$

若已知工作机的转矩 T (N·m)和转速 n_w (r/min)时，则工作机所需的有效功率为：

$$P_w = Tn_w/9550$$

电动机所需的功率为：

$$P_d = P_w / \eta \quad (\eta = \eta_1 \eta_2 \cdots \eta_n)$$

式中, η 为传动装置的总效率; η_1 、 η_2 、 \cdots 、 η_n 分别为传动装置中每对运动副或传动副(如联轴器、齿轮机构、带传动、链传动和轴承等)的效率。

表 2-3 给出了常用机械传动和轴承等的效率概略值。

表 2-3 常见机械传动和轴承的效率概略值

类 别		传动效率 η	类 别		传动效率 η
齿 轮 传 动	圆 柱 齿 轮	闭式: 0.96~0.98 (7~9 级精度)	带 传 动	平 带	0.95~0.98
		开式: 0.94~0.96		V 带	0.94~0.97
	圆 锥 齿 轮	闭式: 0.94~0.97 (7~8 级精度)	滚 子 链 传 动		闭式: 0.94~0.97 开式: 0.90~0.93
		开式: 0.92~0.95	轴 承 (一对)	滑 动 轴 承	润滑不良 0.94~0.97 润滑良好 0.97~0.99
蜗 杆 传 动	自 锁	0.40~0.45		滚 动 轴 承	0.98~0.995
	单 头	0.70~0.75	联 轴 器	弹 性 联 轴 器	0.99~0.995
	双 头	0.75~0.82		齿 式 联 轴 器	0.99
	三头和四头	0.80~0.92		十 字 沟 槽 联 轴 器	0.97~0.99

计算总效率时, 要注意以下几点:

①由于效率与工作条件、加工精度及润滑状况等因素有关, 表 2-3 中所列数值是概略的范围。当工作条件差、加工精度低、维护不良时, 应取低值; 反之, 可取高值。当情况不明时, 一般取中间值。

②动力每一次经过运动副或传动副时, 就会有功率损耗, 故计算效率时, 不能漏掉任何效率单元。

③表 2-3 中传动效率是指传动副效率, 未计轴承效率; 轴承的效率均指一对轴承。

根据电动机的类型、同步转速和所需功率, 参照电动机的技术参数确定电动机的型号和额定功率 P_e , 记下电动机的型号、额定功率 P_e 、满载转速 n_m (设计中一般按工作机实际需要的电动机输出功率 P_d 计算, 故转速取满载转速)、电动机的中心高、外伸轴径和外伸轴长度, 供选择联轴器和计算传动件之用, 具体数值参见第 20 章。

2.3 计算总传动比和分配传动比

1. 计算总传动比

传动装置的总传动比 i , 根据电动机的满载转速 n_m 和工作机所需转速 n_w , 按下式计算:

$$i = n_m / n_w$$

总传动比 i 为各级传动比的连乘积, 即

$$i = i_1 i_2 \cdots i_n$$