

机械零件课程设计

— 齿轮·蜗杆减速器设计

JIXIE
LINGJIAN
KECHENG
SHEJI

机械零件课程设计

— 齿轮·蜗杆减速器设计

主编 唐国民 程良能

编者 唐国民 程良能

陈慕筠 赵毕昌

李小阳

湖南省科学技术出版社

内 容 提 要

本书是根据高等工科院校机械类、近机类、动力类专业对机械零件课程设计的教学要求而编写的。

本书内容按课程设计的程序编写，着重讨论机器零、部件的结构设计，详细叙述了单、双级圆柱齿轮、圆锥—圆柱齿轮、蜗杆蜗轮及行星齿轮等四种类型减速器的设计与步骤。

书末附录有：减速器装配图设计中的常见错误，设计题目汇编及总结思考题等，供教学参考。

本书可作高等工科院校、函大、电大、职大等的机械零件课程设计教学用书，也可供工程设计人员参考。

机 械 零 件 课 程 设 计

齿 轮 · 蜗 杆 减 速 器 设 计

主 编 唐 国 民 程 良 能

编 者 唐 国 民 程 良 能

参 与 编 者 隋 嘉 懿 赵 华 昌 李 小 阳

责 任 编 辑 李 尧 平

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行

吉首团结报印刷厂排版 湖南省新华印刷二厂印刷

1986年6月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：13.5 字数：308,000

印数：1—6,700

统一书号：15204·163 定价：2.30元

征订号：湖南新书目86—21(27)

前 言

减速器是一般常用机械传动装置中的重要部件，而组成减速器的零件又是机械零件课程研究的主要对象。因此，机械零件课程设计选择以减速器为主体的传动装置为课题，能较好地满足教学要求，同时也易于与生产实际相结合。

本书内容按课程设计程序编写，着重讨论机器零、部件结构设计的原则和方法，旨在加强对学生结构设计能力的培养。

本书内容丰富，结构图例较多（插图400余幅），采用了新的国家标准，书末还根据多年教学实践编有附录（减速器装配图设计中的常见错误、设计题目及总结思考题等），可供教学参考。

本书除供高等工科院校师生参考外，也兼顾到函大、电大、职大等学生，有便于自学的特点，同时还可供工程设计人员参考。

本书以单、双级圆柱齿轮、圆锥—圆柱齿轮、蜗杆蜗轮和行星齿轮等四种减速器为主要研究对象，力图阐明它们的设计特点，因此本书对机械类、近机械类、动力类各专业都可适用。在本书内容处理上尽量避免与机械零件教材和有关手册、图册中的内容重复，所以在进行课程设计时，本书应与机械零件教材、机械零件设计手册、机械零件图册配合使用。

在本书编写过程中，参阅了许多兄弟院校的有关资料，在此表示衷心感谢。

参加本书编写的有：唐国民、程良能、陈慕筠、赵毕昌、李小阳，由唐国民、程良能主编。

编写本书的初衷在于为机械零件课程设计提供一本较为完善的教学参考书，但限于编者水平，错误欠妥之处在所难免，我们热忱期待广大读者批评指正。

编 者

一九八五年五月

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1—1 机械零件课程设计的目的和内容	(1)
§ 1—2 设计的一般程序	(1)
第二章 机械传动装置的总体设计	(3)
§ 2—1 各种机械传动装置的特点, 确定传动方案的原则, 运动简图的 拟定	(3)
§ 2—2 减速器的主要类型及特点	(5)
§ 2—3 电动机的选择	(9)
§ 2—4 传动比的分配	(14)
§ 2—5 传动系的运动参数计算	(17)
第三章 传动零件设计	(23)
§ 3—1 三角胶带传动	(23)
§ 3—2 套筒滚子链传动	(25)
§ 3—3 圆柱齿轮传动	(27)
§ 3—4 圆锥齿轮传动	(32)
§ 3—5 蜗杆传动	(34)
§ 3—6 齿轮(蜗轮)轴向位置的调整	(36)
第四章 轴及滚动轴承支座的设计	(42)
§ 4—1 轴的结构设计	(42)
§ 4—2 滚动轴承类型、尺寸和精度的选择	(46)
§ 4—3 滚动轴承支座的设计	(48)
§ 4—4 滚动轴承的配合、定位与拆卸	(73)
第五章 减速器箱体的设计	(75)
§ 5—1 单级、展开式两级圆柱齿轮减速器箱体设计	(79)
§ 5—2 同轴式两级圆柱齿轮减速器箱体设计	(93)
§ 5—3 圆锥—圆柱齿轮减速器箱体设计	(95)
§ 5—4 蜗杆减速器箱体设计	(98)
§ 5—5 行星齿轮减速器箱体设计	(104)
§ 5—6 焊接结构的箱体设计	(107)
§ 5—7 套杯与端盖	(108)
§ 5—8 箱体附件设计	(112)

第六章	润滑与密封	(116)
§ 6—1	齿轮(蜗杆)传动的润滑	(116)
§ 6—2	滚动轴承的润滑	(122)
§ 6—3	密封	(127)
§ 6—4	散热	(134)
第七章	减速器装配图设计	(136)
§ 7—1	装配图设计的准备	(136)
§ 7—2	装配图设计的步骤(以两级圆柱齿轮减速器为例)	(137)
§ 7—3	装配图技术条件的标注	(144)
§ 7—4	圆锥—圆柱齿轮、蜗杆及行星减速器装配图设计特点与步骤	(145)
第八章	零件工作图设计	(160)
§ 8—1	零件工作图的内容和绘制方法	(160)
§ 8—2	轴类零件工作图	(162)
§ 8—3	齿轮类零件工作图	(166)
§ 8—4	铸造箱体零件工作图	(171)
第九章	计算说明书的编写	(175)
§ 9—1	计算说明书的内容和要求	(175)
§ 9—2	计算说明书的书写格式举例	(176)
附录一	减速器装配图设计中的常见错误	(177)
附录二	减速器主要零件机械加工工艺流程	(184)
附录三	滚动轴承简化画法	(187)
附录四	表面粗糙度的选择	(188)
附录五	机械零件课程设计题目汇编	(191)
附录六	机械零件课程设计总结思考题	(207)
	主要参考书目	(210)

第一章 概 论

§ 1—1 机械零件课程设计的目的和内容

《机械零件》是研究各类通用零、部件的设计原理和方法的课程，其目的在于使学生获得最基本的机械设计的理论知识，并培养其进行机械设计的初步能力。因此在教学过程中，除应系统地进行课堂讲授、实验、习题作业等教学环节外，还应安排机械零件课程设计，使学生得到较全面系统的设计技能锻炼，其具体目标是：

(1) 在运用中巩固本课程以及有关先修课程的理论，结合生产实际知识，培养和训练学生的分析和解决工程实际问题的能力。

(2) 学习机械设计的一般方法。通过拟定传动方案、结构方案、完成机器传动装置部件的设计，较全面地了解和掌握常用机械零件、机械传动装置部件的设计过程和方法。

(3) 进行机械设计的基本技能训练：如计算和绘图技能，运用各种设计资料（包括标准、规范、手册及使用经验数据等）的技能以及进行经验估算、类比设计和数据处理方面的技能等。

机械零件课程设计的内容（即设计对象）的选择应尽可能具有代表性、典型性和全面性。根据长期的教学实践，通常都选择一般用途机器的典型机械传动装置——齿轮（蜗轮）减速器作为设计对象，这是因为：

(1) 传动装置是动力机与工作机间的中间装置，它对所有的机器起着共同的作用，即实现变速（包括减速、增速、变速）及运动形式的转变，使执行机构或构件完成预期的运动，同时传递功率以克服生产和非生产阻力。因而它具有较好的代表性。

(2) 机械传动装置中的齿轮（蜗轮）减速器是应用最广泛的一种传动类型，其中有些类型已订有国家标准，进行了系列设计，因而具有典型性。

(3) 齿轮（蜗轮）减速器的设计几乎包括了《机械零件》课程中的全部主要内容，作为一个完整的部件，其设计程序也比较全面，因而无论从设计内容和设计程序方面来看都是比较全面的。

§ 1—2 设计的一般程序

齿轮（蜗轮）减速器的设计程序与一般机械设计相同，大体上首先据给定的条件拟定传动方案，然后进行必要的计算与结构设计，最后用图纸表达设计的成果。由于多方面因素的影响，机械零件的结构尺寸不全部能由计算确定，往往需要通过初选参数或

初估尺寸，边画图、边计算、边修改，如此反复交叉进行，逐步完成设计。

齿轮（蜗轮）减速器的设计大致按如下几个阶段进行。

1. 设计准备阶段

认真研究设计任务书，分析题目的数据和工作条件，明确设计要求和内容，复习《机械零件》的有关章节（如带传动、链传动、齿轮传动、蜗轮传动、轴、轴承、联轴器、轴毂连接、螺纹连接等）以熟悉有关零件的设计步骤和方法，阅读参考图纸及有关资料，观察实物并进行减速器拆装，以充分了解设计对象。准备好设计所需的图书资料、仪器和用具等，根据教学时数的安排拟定设计计划。

2. 传动装置的总体设计

拟定运动简图，决定传动装置的方案，计算电动机所需功率，确定其转速，选定电动机型号，计算传动装置的运动和动力参数（确定总传动比，分配各级传动比，计算各轴功率、转速和扭矩等）。

3. 减速器装配图设计

计算和选择传动零件的参数，绘制装配草图，设计轴并计算轴毂连接强度，选择并验算轴承，进行支承结构设计，进行箱体结构及其附件的设计，绘制装配图。

4. 零件工作图设计

5. 整理并编写计算说明书

6. 设计总结或答辩

第二章 机械传动装置的总体设计

§ 2—1 各种机械传动装置的特点, 确定传动方案的原则, 运动简图的拟定

各种机械传动装置的性能参数列于表2—1, 供选择机械传动装置时参考。

表 2—1 各种机械传动装置的性能参数

类 型	传 动 特 点	功 率	速 度	效 率	传 动 比	寿 命
摩擦传动	传动平稳、噪音小, 有过载保护作用, 轴和轴承受力大, 工作表面有滑动, 传动比不恒定, 轮面磨损较快	通常: $P < 20 \text{ kW}$	受发热限制 通常: $v < 20 \text{ m/s}$	$\eta = 0.85$ ~0.92	通常: $i \leq 7 \sim 10$	高速传动 时寿命较低
带传动	传动平稳、噪音小, 能缓冲吸振, 摩擦式传动有过载保护作用, 结构简单, 安装要求不高, 但轴间距及外廓尺寸大, 摩擦式传动传动比不恒定, 不能用于分度系统, 轴和轴承受力较大, 寿命较短	普通三角带 $P_{max} = 500 \text{ kW}$ 齿形带 $P_{max} = 100 \text{ kW}$	受带体发热及离心力限制: 普通三角带: $v_{max} = 25 \sim 30 \text{ m/s}$ 齿形带: $v_{max} = 100 \text{ m/s}$	平皮带: $\eta = 0.94 \sim 0.98$ 三角带: $\eta = 0.90 \sim 0.94$ 齿形带: $\eta = 0.96 \sim 0.98$	平皮带: $i \leq 4 \sim 5$ 三角带: $i \leq 7 \sim 10$ 齿形带: $i \leq 10$	当带轮直径较大时, 寿命较长。普通三角带的寿命为3500~5000小时
链传动	瞬时运动速度不均匀, 高速时不如带传动平稳, 但工作可靠, 对恶劣环境有较强的适应能力, 轴上载荷较小	通常: $P < 100 \text{ kW}$	受链条啮入时的冲击限制, 通常: $v \leq 20 \text{ m/s}$	套筒滚子链: $\eta = 0.92 \sim 0.97$ 齿形链: $\eta = 0.97 \sim 0.98$	通常: $i \leq 8$	链条寿命为 5000~15000小时
普通齿轮传动	载荷及速度的许用范围大, 传动比恒定, 外廓尺寸小, 工作可靠, 寿命长, 效率高。制造和安装精度要求高, 维护保养要求较高, 因而成本高, 精度低时传动噪音较大, 且无过载保护作用	直齿: $P_{max} = 750 \text{ kW}$ 斜齿、人字齿: $P_{max} = 5000 \text{ kW}$ 直齿圆锥齿轮: $P_{max} = 1000 \text{ kW}$	受动载荷及噪音的限制, 圆柱齿轮: $v \leq 25 \text{ m/s}$ 直齿圆锥齿轮: $v \leq 5 \text{ m/s}$	取决于速度和制造精度 通常: $\eta = 0.95 \sim 0.99$	通常: $i \leq 10$	润滑密封良好时寿命可达数十年, 经常换挡的变速器齿轮平均寿命为1~2万小时
行星齿轮传动	传动比较大, 结构紧凑, 工作可靠, 制造和安装精度较普通齿轮传动高。 其他特点与普通齿轮传动相同	渐开线齿轮: $P_{max} = 750 \text{ kW}$ 摆线针轮: $P_{max} = 250 \text{ kW}$ 谐波传动: $P_{max} = 220 \text{ kW}$	通常: $v \leq 25 \text{ m/s}$	渐开线齿轮: $\eta = 0.91 \sim 0.98$ 摆线针轮: $\eta = 0.90 \sim 0.94$ 谐波传动: $\eta = 0.89 \sim 0.90$	渐开线齿轮: $i \leq 9$ (单级) 摆线针轮: $i = 11 \sim 87$ 谐波传动: $i = 50 \sim 500$	

续表 2-1

类型	传动特点	功率	速度	效率	传动比	寿命
蜗杆传动	<p>传动平稳, 噪音小, 结构紧凑, 传动比大。</p> <p>具有自锁特征的蜗杆传动效率很低。中、高速传动的蜗轮齿圈需用贵重的减磨材料, 制造精度要求较高, 刀具费用昂贵, 因而成本高</p>	<p>通常:</p> <p>$P \leq 50 \text{ kW}$</p> <p>$P_{max} = 300 \text{ kW}$</p>	<p>受发热条件的限制</p> <p>滑动速度</p> <p>$v_s \leq 15 \text{ m/s}$</p> <p>特殊情况可达 35 m/s</p>	<p>与蜗杆螺纹升角、滑动速度及制造精度有关。</p> <p>普通圆柱蜗杆传动:</p> <p>$\eta = 0.70 \sim 0.92$</p> <p>普通环面蜗杆传动:</p> <p>$\eta = 0.85 \sim 0.95$</p>	<p>通常:</p> <p>$8 \leq i \leq 100$</p> <p>对分度机构:</p> <p>$i_{max} = 1000$</p>	<p>润滑密封良好, 制造精度较高时寿命较长; 低速传动时磨损较严重</p>
螺旋传动	<p>传动平稳无声, 传动比大, 可将回转运动变为往复直移, 滑动螺旋可具有自锁特征, 工作速度一般较低</p>	小功率传动	低速传动	<p>滑动螺旋传动:</p> <p>$\eta = 0.3 \sim 0.6$</p> <p>滚珠螺旋传动:</p> <p>$\eta = 0.9$</p>		<p>滑动螺旋磨损较快, 寿命短, 滚珠螺旋寿命较长</p>

在由几种传动机构组成的串联传动系中, 确定各级传动形式以及它们之间的顺序时, 应遵循如下原则:

(1) 将改变运动型式的传动装置(如连杆机构、凸轮机构)安排在串联传动系的最后一级, 往往这种传动装置本身就是执行机构。

(2) 带传动的承载能力较小, 在传递相同功率时, 其结构尺寸较其他传动形式为大, 故宜布置在高速级。这样布置既能使带传动的尺寸不致过大, 又能充分发挥其工作平稳、噪音小、能缓冲吸振的特点。带传动还可对传动装置起过载保护的作用。

(3) 链传动工作可靠, 且能适应恶劣的工作环境, 但由于运转不均匀、有冲击, 不宜用于高速传动, 应布置在多级传动的低速级。

(4) 摩擦轮传动因其传动比不稳定, 在一般传动系中用得较少, 但因易于实现无级变速, 多用于工作机有这种要求的场合下。

(5) 蜗杆传动工作平稳, 可以实现较大的传动比, 但效率较低, 故多用于传动比大、传递中、小功率及间歇运转的场合。在一般传动系中, 特别是当与齿轮传动同时应用时, 宜于布置在高速级, 使其工作齿面间获得较高的相对滑动速度, 有利于形成流体动力润滑油膜, 以提高效率延长寿命。

(6) 圆锥齿轮的加工比较困难, 特别是对大尺寸、大模数的圆锥齿轮更是如此, 因此仅在传递相交轴间的运动时才予以采用, 并应尽量布置在高速级, 还须限制其传动比, 以减小其直径和模数。

(7) 斜齿圆柱齿轮的平稳性和承载能力均较直齿圆柱齿轮为好, 故当采用双级圆柱齿轮传动时, 高速级常用斜齿圆柱齿轮, 而低速级可用直齿圆柱齿轮。

(8) 开式齿轮传动的工作条件差, 润滑不良, 磨损较严重, 因而寿命较短, 只宜布

置在低速级。

在确定传动方案时,运用机械原理的知识,用各种简单机构、构件及运动副的代表符号表示出机器的运动特征的图形称为运动简图。它能准确地表示机器的动力机、传动装置和工作机三者之间的结构、运动和力的传递关系。运动简图的拟定是设计机器的第一步,其恰当与否关系到总体设计的成败与优劣,必须慎重考虑。

作为示例,图2—1为矿井提升机的运动简图。图中1为电动机,2为弹性联轴器,3为两级圆柱齿轮减速器,4为联轴器,5为卷筒,6为钢丝绳。

拟定运动简图时,应对设计任务作全面分析与充分了解,不仅对原动机类型及特性、传动类型及特性、工作机职能应有充分的了解,更应着重分析生产工艺对工作机提出的要求,然后结合考虑制造、成本、运转维护等方面的因素,选择合理的方案,拟定运动简图。

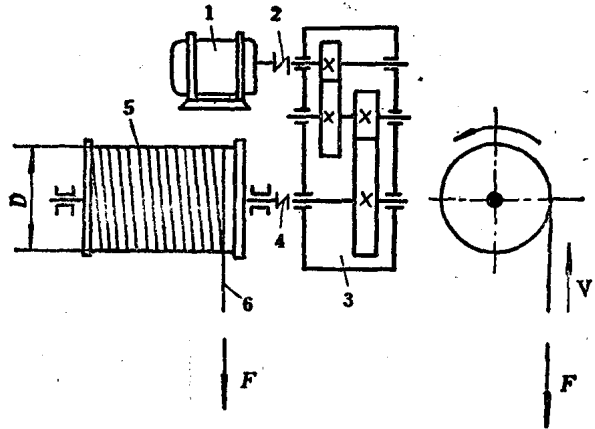


图2—1

§ 2—2 减速器的主要类型及特点

一、固定轴线式减速器(简称普通减速器)

这类减速器种类很多,应用最广,用以满足不同要求的各种机械传动。

根据传动类型可分为:齿轮减速器、蜗杆和齿轮减速器、蜗杆减速器。

根据齿轮形状不同可分为:圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器。

根据传动的级数可分为:单级减速器、多级减速器。

根据轴的空间位置可分为:卧式减速器、立式减速器。

根据圆柱齿轮的轮齿形状可分为:渐开线齿轮减速器、圆弧齿轮减速器。

根据传动布置的型式可分为:展开式减速器、同轴式减速器、分流式减速器等。

常用减速器的型式、运动简图及其特性列于表2—2。

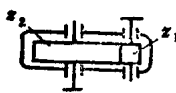
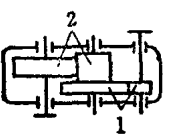
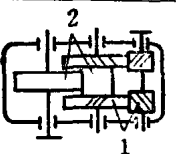
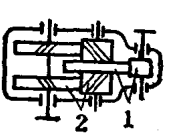
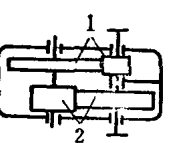
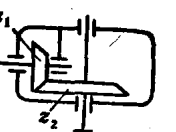
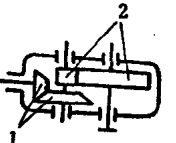
我国生产的渐开线圆柱齿轮减速器有:ZD(单级)ZL、JZQ(两级)ZS(三级)等系列,其结构、适用范围及选择方法可参阅有关手册。圆弧齿轮减速器有JZQH、ZDH、ZLH及ZSH等系列。在一般情况下,如果尺寸、条件相同,圆弧齿轮比渐开线齿轮的承载能力约提高一倍。

我国生产的单级蜗杆减速器有W X J型和W S J型,均属阿基米德蜗杆传动,而WTH、WXH、WSH, WCH型则属圆弧齿圆柱蜗杆传动。在尺寸、条件相同时后者比前者承载能力高(约提高20%—80%)。有关这些系列产品的结构、适用范围及选择

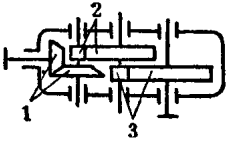
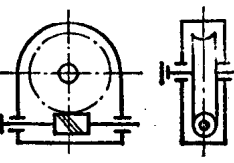
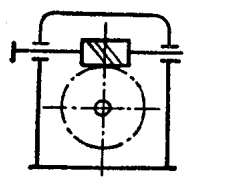
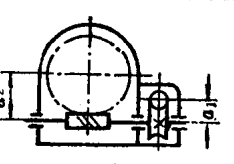
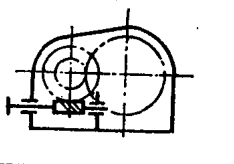
方法亦可参阅有关手册。

值得指出的是实际设计工作中，如无特殊必要应尽量选用标准减速器，只有当对外廓尺寸有严格限制、传动功率特大或特小，或对传动布置上有特殊要求时，才须设计非标准型的减速器。

表 2—2 常用减速器的型式

名称	简图	传动比范围	结构特点及有关说明
单级圆柱齿轮		$1 \leq i \leq 8 \sim 10$	轮齿可制成直齿、斜齿和人字齿。直齿用于速度低 ($v \leq 8\text{m/s}$) 负荷轻的传动，斜齿或人字齿用于速度较高 ($v = 25 \sim 50\text{m/s}$) 负荷较重的传动。箱体通常用铸铁制成，有时也用焊接结构或铸钢件，轴承通常用滚动轴承。 i 不宜过大，但如大齿轮直接固结在机器上的情况例外（如旋转起重机的回转机构）
两级圆柱齿轮	展开式 	$i = i_1 \cdot i_2$ $8 \leq i \leq 60$	高速级一般用斜齿，低速级用直齿。结构简单，但齿轮相对于轴承位置不对称，受力后沿齿宽载荷分布不均，要求轴有较大的刚度，高速级齿轮应布置在远离转矩的输入端，以减弱载荷沿齿宽分布不均的现象，建议用于载荷比较平稳的场合
	分流式 	$i = i_1 \cdot i_2$ $8 \leq i \leq 60$	高速级用斜齿，低速级用人字齿或直齿，结构较复杂，但低速级齿轮相对于轴承对称分布，载荷沿齿宽分布较均匀，轴承受载也较均匀，能获得较小的外廓尺寸。结构上要能保证两分流级各半地承担负荷，所以齿轮采用等螺旋角不同向斜齿，轴承组合设计应使轴能沿轴向自由游动，建议用于变载荷场合
	减速器 	$i = i_1 \cdot i_2$ $8 \leq i \leq 60$	高速级用人字齿，低速级用斜齿。高速级齿轮相对于轴承对称布置，故载荷沿齿宽分布较均匀，但低速轴上的齿轮载荷沿齿宽分布仍不均匀，不适于变载荷下工作，其应用不如上栏型式广泛
同轴式		$i = i_1 \cdot i_2$ $8 \leq i \leq 60$	减速器的长度较短，但轴向尺寸较大。当两级大齿轮的浸油深度大致相同时，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，刚度较差，加剧了载荷沿齿宽分布的不均匀性；仅能有一个输入轴端和输出轴端，限制了传动布置的灵活性
单级圆锥齿轮		$1 \leq i \leq 8 \sim 10$	为保证两齿轮有稳定的相互位置，均采用滚动轴承，并从结构上保证能进行调整。用于输入轴和输出轴轴线垂直相交的传动中，可能制成卧式或立式。由于圆锥齿轮制造较困难，仅在传动布置需要时才加以采用
两级圆锥—圆柱		$i = i_1 \cdot i_2$ $8 \leq i \leq 22 \sim 40$	特点与单级圆锥齿轮相同，圆锥齿轮应设在高速级，以使圆锥齿轮尺寸不致太大，利于加工，圆锥齿轮做成直齿时 $i_{max} = 22$ ；做成圆弧齿时 $i_{max} = 40$ ，圆柱齿轮可制成直齿或斜齿

续表 2—2

名称	简图	传动比范围	结构特点及有关说明
三级展开式圆锥—圆柱齿轮减速器		$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$ $25 \leq i \leq 75$	特点与两级圆锥—圆柱齿轮减速器相同
单级蜗杆减速器	蜗杆下置式 	$10 \leq i \leq 80$	蜗杆布置在蜗轮的下面，啮合处冷却和润滑条件均较好，同时蜗杆轴承的润滑也较方便，但当蜗杆圆周速度太高时搅油损失增大，一般用于蜗杆圆周速度较小的场合。(v < 10m/s)
	蜗杆上置式 	$10 \leq i \leq 80$	蜗杆布置在蜗轮的上面，蜗杆的圆周速度允许高一些，但蜗杆轴承的润滑困难
两级蜗杆减速器		$i \leq 3500$	可获得很大的传动比，且结构紧凑，但传动效率较低。为使高速级和低速级传动浸油深度大致相等，应使高速级中心距约等于低速级中心距的一半 即 $a_1 \approx a_2/2$
齿轮—蜗杆减速器		$i \leq 480$	有齿轮传动在高速级和蜗杆传动在高速级两种型式，前者结构紧凑，后者传动效率较高

二、行星减速器

行星减速器较同传动比的普通减速器具有重量轻、外廓尺寸小、结构紧凑等优点，这是因为行星减速器都是分流式传动。其缺点是结构复杂，制造安装都比较困难。我国已制订了NGW型行星齿轮减速器的标准 (JB1799—76)，可供设计参考。

表2—3列出了各种行星齿轮减速器的运动简图及其特性。

三、其他类型减速器

除普通减速器、行星减速器外，近年来还发展了一些比较新型的减速器，如谐波传动减速器，摆线针轮减速器等，同时还制订了相应的系列标准或草案，设计时可参阅有关手册及资料。

在设计机械传动装置时，常采用由多种传动型式混合组成的传动系统，如果选择得当，可以得到较高的传动质量指标。在这种情况下，由于低速段的尺寸和重量是整个传

动尺寸和重量的主要组成部分，因此在选择低速段的传动型式时，应尽可能选用承载能力高的传动型式。

表 2—3 常用行星传动的型式及特性

型式代号	简 图	合理的传动比范围	效率概值	特 点 及 用 途
NGW 型		$i_{aH}^b = 3 \sim 9$ $i_{bH}^a = 1.14 \sim 1.59$	0.96~0.99	结构简单，效率高，外廓尺寸小，但传动比不大。传递功率范围不限，可用于各种工作条件，大功率行星减速器都采用这种类型。应用最广
NW 型		$i_{aH}^b = 8 \sim 16$ $i_{bH}^a = 1.07 \sim 2$	0.96~0.99	传动比范围比NGW型大，但结构复杂，加工装配均较麻烦。用于传递功率
WW 型		$i_{Ha}^b = 1.2 \sim \text{几千}$	随 $ i_{Ha}^b $ 的增加效率急剧下降	可获得很大的传动比，但此时效率很低，基本上不用于传递功率，适用于以传递运动为主的轻载装置
NN 型		$i_{Ha}^b = 30 \sim 100$ 功率很小时可达 1700	随 $ i_{Ha}^b $ 的增加而下降 0.40~0.90	可获得很大的传动比，效率比WW型稍高，但其值仍然很低，只适用于短期工作的传动装置
N 型		$i_{Ha}^b = 7 \sim 71(100)$	0.80~0.90	传动比大，结构紧凑，体积小，重量轻。效率也较高，但制造精度要求较高，目前只用于中小功率传动 ($P \leq 100kW$)
NGWN 型		$i_{ac}^b = 20 \sim 100$ (合理) 功率不大 时可达500以上	随 $ i_{ac}^b $ 的增加而下降约0.8	结构紧凑，传动比范围大，但效率较低，最好不用于长期工作的动力传动
两级 NGW 型		$i_{aH1}^b = 10 \sim 60$	0.94~0.98	效率高，外廓尺寸小，传动比较大。结构上较单级复杂，适用于在任何工况下的大功率、大传动比的传动装置。但高速级的行星架转速不得很高

注：代号意义 N——内齿轮 W——外齿轮 G——公用齿轮

§ 2—3 电动机的选择

合理地选择电动机是设计传动装置的一个重要环节，但它是一项专门的技术工作，涉及到《电力拖动》方面的基本知识。本书仅就选择电动机的基本原则作一般性论述。

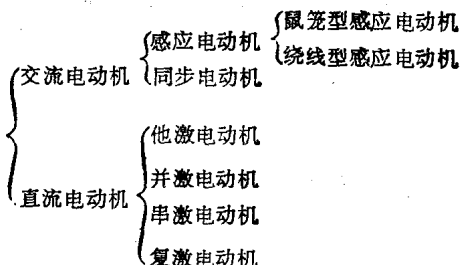
选择电动机主要有两个方面的内容，即电动机类型的选择（包括各类电动机的各种不同结构型式）和电动机容量的选择，其步骤如下：

- (1) 根据工作机械的性能和要求，选择电动机类型。
- (2) 根据工作机械所要求的转速及传动装置的设置状况，选择电动机的额定转速。
- (3) 根据电源情况，选择电动机的额定电压。
- (4) 根据电动机和工作机械安装的位置及工作环境，选择电动机的结构和防护型式。
- (5) 根据工作机械所需功率和运行方式，确定电动机的额定功率。
- (6) 综合上述因素，根据产品目录选择合适的电动机型号。

以下分别对电动机类型、额定转速、运行状态及容量选择等进行讨论。

一、电动机类型的选择

常用电动机按电流种类可分为：



选择电动机的电流种类是根据机械特性、调速性能、起动及制动性能以及维护、价格等方面因素综合考虑进行的。通常工厂的电源都是三相交流电源，如果没有特殊要求，一般应采用交流电动机。其中三相鼠笼型感应电动机具有结构简单、坚固耐用、工作可靠、价格低廉、维护方便的优点，因而应用最广泛，常用的标准系列如 J_2 、 JO_2 型。但其不足之处是调速困难、功率因数较低、起动性能较差。绕线型感应电动机的基本性能与鼠笼型相同，但其起动性能较好，并可在不太宽的范围内 $[(1.3 \sim 2) : 1]$ 调速，多用于经常起动、制动和正反转以及要求起动性能较好的场合（例如起重、提升设备），常用的标准系列如 JZR_2 型。同步电动机具有恒转速特性，同时功率因数可以调节，但价格较贵，且需励磁用的直流电源，因此通常只用来拖动容量较大且不要求调速的工作机械。

直流电动机价格昂贵，结构复杂，维护较不方便，且需直流电源，如无特殊要求，不宜采用。他激和并激直流电动机可以在很宽的范围内平滑地调速，因此只有在要求调速范围宽，而交流电动机又不能满足的情况下才选用它。

各种类型的电动机根据使用要求可设计成具有各自特点的结构,如开启式、防护式、封闭式、防爆式等,可根据电动机的使用工作环境、防护要求等进行选择。

关于各类电动机的性能、特点、型号及技术数据等可查阅有关手册及资料。

二、电动机额定转速的选择

同一类型、相同容量的电动机,可制成几种不同的同步转速。一般说来,同步转速越高,电动机体积越小,成本也越低。这是因为转速越高时,其电磁转矩越小,电动机所需的磁极对数也越少,因而其体积与重量均较小,成本也相应地降低。此外高速电动机与低速电动机相较,具有较高的效率与功率因素。因此单就电动机而论,高速电动机在各方面均比低速电动机经济,但如果电动机的转速与工作机械的转速相差过大,必将增加传动装置的级数,即加大总传动比,从而使传动装置的重量、体积与损耗增加。

不同的额定转速与传动比的配合,会影响电力拖动系统的性能和质量,这对于须要经常起动、制动和正反转的电力拖动系统所产生的影响就更为显著。因此只有综合考虑电动机的额定转速以及由之而定的传动系统的总传动比、传动级数、系统效率及经济成本等各方面的因素,才能经济合理地选择电动机的额定转速。

一般最常用且供货最多的是同步转速为1500r/min的电动机,设计时应优先选用。

三、电动机的运行状态

电动机的发热与运行状态有关,同一额定容量的电动机在不同的运行状态下其负载能力也不同。根据电力拖动的工作性质和持续时间的长短,电动机运行状态可分为三类:

1. 长期连续运行状态

这种运行状态的工作时间很长,一般为数小时至连续多日,因而电动机各部分的温升将达到其最终稳定值。

2. 短期运行状态

这种运行状态的工作时间很短,一般在二小时以下,且停歇时间较长,因而电动机的温升来不及达到最终稳定值。在这类电动机的产品目录中规定了四个标准时间,15分钟、30分钟、60分钟、90分钟。

3. 重复短时运行状态

这种运行状态的特点是工作和停歇时间周期性交替,且工作时间和停歇时间都不长,电动机既来不及温升到稳定值,也来不及冷却到环境温度。

由于在重复短时运行状态下,工作时间 t_1 和停歇时间 t_2 的长短直接影响到电动机的温升,为了表征重复短时期运行状态,用负荷持续率JC%来表明工作时间与工作周期之比,即:

$$JC\% = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times 100\% = \frac{t_1}{t_0} \times 100\% \quad (2-1)$$

式中 t_0 ——工作周期(秒)。

我国电机制造业规定的电动机四个标准负载持续率为15%、25%、40%、60%,

一周周期总时间应小于十分钟。对于 $JC\% < 10\%$ 的运行状态按短时运行状态处理，对于 $JC\% > 60\%$ 或一个周期超过十分钟时可按长期连续运行状态处理。

四、电动机容量的选择

电动机容量的大小一般按发热条件确定，还须用过载能力及起动条件加以校核。

1. 按发热确定电动机的容量

对于任何运行状态的电动机，其额定容量均应满足下述不等式：

$$\left. \begin{aligned} P_e &\geq P_w \\ T_e &\geq T_w \\ I_e &\geq I_w \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

式中 P_e 、 T_e 、 I_e 分别为电动机的额定功率、额定力矩、额定电流，
 P_w 、 T_w 、 I_w 分别为负载功率、负载力矩、负载电流。

2. 过载能力校核

电动机在运行过程中，有一定的瞬时过载能力。若工作机械的负载是变化的，特别是有较高的瞬时尖峰负载时，如瞬时尖峰负载超过电动机容许的最大过载能力，将使电动机电流过大，甚至停转，因而不能正常工作。校核过载能力时，要求由公式 (2-2) 按发热条件确定的额定力矩或额定电流应满足下列条件：

$$\left. \begin{aligned} k_u^2 \lambda_m T_e &\geq T_{wmax} \\ \lambda_I I_e &\geq I_{wmax} \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

式中 λ_m ——电动机最大转矩倍数，可从有关手册中查得，通常对直流电动机 $\lambda_m = 2.2 \sim 2.5$ ，对交流电动机 $\lambda_m = 2 \sim 2.8$ ；

λ_I ——电动机最大电流倍数，一般 $\lambda_I = 2 \sim 2.5$ ；

k_u ——考虑电网电压降低时对转矩的影响系数，对直流电动机 $k_u = 0.95$ ，对感应电动机 $k_u = 0.85$ ，对同步电动机 $k_u = 0.92$ 。

3. 起动条件校核

电动机的起动力矩应能满足工作机械的起动要求。为了保证生产率，对起动过程的加速度和时间都有相应的要求。因此电动机的起动力矩应能保证获得所需的加速度和时间，如起动力矩增大，则起动加速度也增大、起动时间缩短，反之则起动加速度减小、起动时间延长。

按起动条件校核电动机时，对鼠笼型电动机或同步电动机，其额定转矩应满足下式：

$$T_e \geq \frac{T_{j0} \cdot k_0}{k_{zx} \cdot k_u} \quad (2-4)$$

式中 T_{j0} ——起动时电动机轴上的静阻力矩；

k_0 ——起动加速度系数，一般取 $k_0 = 1.15 \sim 1.25$ ；

k_{zx} ——电动机起动力矩与额定力矩之比。

以下就三种不同的运行状态的电动机容量选择问题分别予以讨论：

1. 长期连续运行状态下电动机容量的选择

在长期连续运行状态下，电动机的负载又可分为稳定负载和变化负载两类。