

机/械/设/计/实/例/精/解/丛/书

减速器设计 实例精解

张春宜 郝广平 刘敏 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械设计实例精解丛书

减 速 器 设 计 实 例 精 解

张春宜 郝广平 刘敏 编著



机械工业出版社

本书在宏观讲解设计步骤的前提下,对大量减速器设计题目按照类型进行了详细的设计和讲解,全书共13章,包括减速器设计的宏观介绍,以及一级圆柱齿轮减速器、一级锥齿轮减速器、一级蜗杆减速器、展开式两级圆柱齿轮减速器、两级圆锥-圆柱齿轮减速器和同轴式两级圆柱齿轮减速器的设计;相应实例从已知条件开始,直至最后完成装配图和零件图的各个步骤,内容详细、完整。

本书可供相关工程技术人员和高等工科院校的机械类专业、近机类专业学生参考使用,也可供电大、夜大的相应专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

减速器设计实例精解/张春宜等编著. —北京:机械工业出版社, 2009.7

(机械设计实例精解丛书)

ISBN 978-7-111-27837-5

I. 减… II. 张… III. 减速装置—机械设计 IV. TH132.46

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第126065号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 版式设计:张世琴

责任校对:李秋荣 封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2010年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·19.75印张·381千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27837-5

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

减速器设计是机械设计课程设计的主要内容。由于其设计过程中涉及的问题全面，到目前为止，大多数工科院校的机械设计课程的课程设计都是选择减速器设计。

本书在宏观讲解设计步骤的前提下，对大量减速器设计题目按照类型进行了详细的设计和讲解，全书共 13 章，内容包括减速器设计的宏观介绍及一级圆柱齿轮减速器、一级锥齿轮减速器、一级蜗杆减速器、展开式两级圆柱齿轮减速器、两级圆锥-圆柱齿轮减速器和同轴式两级圆柱齿轮减速器的设计，相应实例从已知条件开始，直至最后完成装配图和零件图的各个步骤，内容详细、完整。

本书可供高等工科院校的机械类专业、近机类专业学生和相关工程技术人员参考使用，也可供电大、夜大的相应专业学生使用。

本书由哈尔滨理工大学张春宜、郝广平、刘敏编著。第 1~7 章由张春宜编写，第 8~10 章由刘敏编写，第 11~13 章由郝广平编写，最后由张春宜进行统稿。

在本书的编写过程中，得到了哈尔滨理工大学于惠力教授、向敬忠教授、赵彦玲教授、潘承怡教授，以及机械基础工程系全体老师的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误与不当之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 减速器的类型和构造	1
1.1 减速器的类型及特点	1
1.2 减速器的构造	2
1.2.1 传动零件及其支撑	2
1.2.2 箱体结构	2
1.3 减速器附件	4
第 2 章 传动装置的总体设计	6
2.1 减速器的类型选择	6
2.2 传动方案的确定	6
2.3 电动机的选择	7
2.3.1 电动机类型和结构形式的选择	7
2.3.2 电动机的容量（功率）的选择	8
2.3.3 电动机转速的确定	10
2.4 计算传动装置的总传动比和分配各级传动比	11
2.5 传动装置的运动、动力参数计算	13
第 3 章 传动零件的设计计算	15
3.1 减速器外传动零件的设计计算	15
3.2 减速器内传动零件的设计计算	15
3.2.1 减速器内传动零件设计的参数选择	15
3.2.2 齿轮传动几何尺寸计算	17
第 4 章 减速器装配草图的设计	18
4.1 减速器装配草图设计的准备	18
4.2 两级圆柱齿轮减速器装配草图设计	21
4.2.1 选择比例，合理布置图面	22
4.2.2 传动零件位置及轮廓的确定	22
4.2.3 画出箱体内壁线	22
4.2.4 初步确定轴的直径	22
4.2.5 轴的结构设计	23
4.2.6 轴承型号及尺寸的确定	24
4.2.7 轴承座孔宽度（轴向尺寸）的确定	24

4.2.8 轴承盖尺寸的确定	24
4.2.9 轴外伸长度的确定	24
4.2.10 轴上传动零件受力点及轴承支点的确定	25
4.2.11 轴的校核计算	25
4.2.12 滚动轴承寿命的校核计算	25
4.2.13 键连接强度的校核计算	26
4.2.14 完成二级展开式圆柱齿轮减速器装配草图设计	26
4.3 圆锥-圆柱齿轮减速器装配草图设计	29
4.3.1 俯视图的绘制	29
4.3.2 锥齿轮的固定与调整	30
4.3.3 小锥齿轮悬臂长与相关支承距离的确定	31
4.3.4 小锥齿轮处轴承套杯及轴承盖轮廓尺寸的确定	32
4.3.5 小锥齿轮轴外伸段长度的确定	32
4.3.6 箱体宽度的确定	32
4.3.7 轴承座孔长度的确定	32
4.3.8 轴上受力点与支点的确定	32
4.3.9 完成装配草图设计	32
4.4 蜗杆减速器装配草图设计	33
4.4.1 传动零件位置及轮廓的确定	33
4.4.2 蜗杆轴轴承座位置的确定	33
4.4.3 轴上受力点与支点位置的确定	33
4.4.4 蜗杆传动及其轴承的润滑	35
4.4.5 轴承游隙的调整	35
4.4.6 蜗杆传动的密封	35
4.4.7 蜗杆减速器箱体形式	36
4.4.8 蜗杆传动的热平衡计算	36
第5章 完成减速器装配图	37
5.1 对减速器装配工作图视图的要求	37
5.2 减速器装配图内容	37
5.2.1 减速器装配图底稿	37
5.2.2 减速器装配图加深及剖面线	38
5.2.3 标注尺寸	38
5.2.4 零件编号	39
5.2.5 标题栏和明细表	39
5.2.6 减速器技术特性	39
5.2.7 编写技术条件	40
5.2.8 检查装配工作图	41
第6章 零件工作图设计	42

6.1 零件工作图的设计要求	42
6.1.1 视图选择	42
6.1.2 尺寸及其公差的标注	42
6.1.3 零件表面粗糙度的标注	42
6.1.4 形位公差的标注	42
6.1.5 技术条件	43
6.1.6 标题栏	43
6.2 轴类零件工作图设计	43
6.2.1 视图选择	43
6.2.2 尺寸标注	43
6.2.3 公差及表面粗糙度的标注	45
6.2.4 技术条件	47
6.3 齿轮等零件工作图设计	47
6.3.1 视图选择	47
6.3.2 公差及表面粗糙度的标注	47
6.3.3 啮合特性表	47
6.4 箱体类零件工作图设计	48
6.4.1 视图选择	48
6.4.2 尺寸标注	48
6.4.3 形位公差	49
6.4.4 表面粗糙度	49
6.4.5 技术条件	50
第7章 减速器设计计算说明书	51
7.1 设计计算说明书的内容	51
7.2 设计计算说明书的要求	51
第8章 单级圆柱减速器设计	53
8.1 传动装置的总体设计	53
8.1.1 传动方案的确定	53
8.1.2 电动机的选择	53
8.1.3 传动比的计算及分配	56
8.1.4 传动装置运动、动力参数的计算	56
8.2 传动件的设计计算	57
8.2.1 减速器外传动件的设计	57
8.2.2 减速器内传动的设计计算	65
8.3 齿轮上作用力的计算	74
8.4 减速器装配草图的设计	75
8.4.1 合理布置图面	75

8.4.2 绘出齿轮的轮廓	75
8.4.3 箱体内壁	75
8.5 轴的设计计算	76
8.5.1 高速轴的设计与计算	76
8.5.2 低速轴的设计计算	89
8.6 装配草图	99
8.7 减速器箱体的结构尺寸	100
8.8 润滑油的选择与计算	101
8.9 装配图和零件图	102
8.9.1 附件设计	102
8.9.2 绘制装配图和零件图	108
第9章 单级锥齿轮减速器设计	111
9.1 传动装置的总体设计	111
9.1.1 传动方案的确定	111
9.1.2 电动机的选择	111
9.1.3 传动比的计算及分配	112
9.1.4 传动装置的运动、动力参数的计算	113
9.2 传动件的设计计算	113
9.2.1 减速器外传动件的设计	113
9.2.2 锥齿轮传动的设计计算	115
9.3 齿轮上作用力的计算	119
9.4 减速器装配草图的设计	120
9.4.1 合理布置图面	120
9.4.2 绘出齿轮的轮廓尺寸	120
9.4.3 箱体内壁	120
9.5 轴的设计计算	121
9.5.1 高速轴的设计与计算	121
9.5.2 低速轴的设计计算	132
9.6 装配草图	139
9.7 减速器箱体的结构尺寸	139
9.8 润滑油的选择与计算	141
9.9 装配图和零件图	141
9.9.1 附件设计	141
9.9.2 绘制装配图和零件图	141
第10章 蜗杆减速器设计	146
10.1 传动装置的总体设计	146
10.1.1 传动方案的确定	146

10.1.2	电动机的选择	146
10.1.3	传动比的计算	147
10.1.4	传动装置的运动、动力参数计算	147
10.2	传动件的设计计算	148
10.2.1	蜗杆副设计计算	148
10.2.2	蜗杆副上作用力的计算	154
10.3	减速器装配草图的设计	154
10.3.1	合理布置图面	154
10.3.2	绘出主视和俯视图蜗杆副轮廓尺寸	154
10.3.3	箱体内壁	154
10.4	轴的设计计算	155
10.4.1	蜗杆轴的设计与计算	155
10.4.2	低速轴的设计与计算	162
10.5	装配草图	169
10.6	减速器箱体的结构尺寸	170
10.7	润滑油的选择与计算	171
10.8	装配图和零件图	171
10.8.1	附件设计	171
10.8.2	绘制装配图和零件图	171
第 11 章	两级展开式圆柱齿轮减速器的设计	176
11.1	传动装置的总体设计	176
11.1.1	传动方案的确定	176
11.1.2	电动机的选择	176
11.1.3	传动比的计算及分配	177
11.1.4	传动装置的运动、动力参数计算	178
11.2	传动件的设计计算	179
11.2.1	减速器外传动件的设计	179
11.2.2	减速器内传动的设计计算	180
11.3	斜齿圆柱齿轮上作用力的计算	190
11.4	减速器装配草图的设计	191
11.4.1	合理布置图面	191
11.4.2	绘出齿轮的轮廓尺寸	191
11.4.3	箱体内壁	191
11.5	轴的设计计算	192
11.5.1	中间轴的设计与计算	192
11.5.2	高速轴的设计与计算	203
11.5.3	低速轴的设计计算	209

11.6	装配草图	215
11.7	减速器箱体的结构尺寸	215
11.8	润滑油的选择与计算	216
11.9	装配图和零件图	217
11.9.1	附件的设计与选择	217
11.9.2	绘制装配图和零件图	220
第12章	两级展开式圆锥-斜齿圆柱齿轮减速器的设计	223
12.1	传动装置的总体设计	223
12.1.1	传动方案的确定	223
12.1.2	电动机的选择	223
12.1.3	传动比的计算及分配	224
12.1.4	传动装置运动、动力参数的计算	225
12.2	传动件的设计计算	225
12.2.1	高速级锥齿轮传动的设计计算	225
12.2.2	低速级斜齿圆柱齿轮的设计计算	229
12.3	齿轮上作用力的计算	233
12.4	减速器装配草图的设计	234
12.4.1	合理布置图面	234
12.4.2	绘出齿轮的轮廓尺寸	234
12.4.3	箱体内壁	235
12.5	轴的设计计算	235
12.5.1	高速轴的设计与计算	235
12.5.2	中间轴的设计与计算	241
12.5.3	低速轴的设计计算	248
12.6	装配草图	254
12.7	减速器箱体的结构尺寸	254
12.8	润滑油的选择与计算	255
12.9	装配图和零件图	258
12.9.1	附件设计与选择	258
12.9.2	绘制装配图和零件图	258
第13章	两级同轴式圆柱齿轮减速器的设计	261
13.1	传动装置的总体设计	261
13.1.1	传动方案的确定	261
13.1.2	电动机的选择	261
13.1.3	传动比的计算及分配	262
13.1.4	传动装置运动、动力参数的计算	263
13.2	传动件的设计计算	264

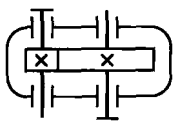
13.3 斜齿圆柱齿轮上作用力的计算	274
13.4 减速器装配草图的设计	276
13.4.1 合理布置图面	276
13.4.2 绘出齿轮的轮廓尺寸	276
13.4.3 箱体内壁	276
13.5 轴的设计计算	276
13.5.1 高速轴的设计与计算	276
13.5.2 低速轴的设计与计算	284
13.5.3 中间轴的设计计算	290
13.6 装配草图	296
13.7 减速器箱体的结构尺寸	296
13.8 润滑油的选择与计算	297
13.9 装配图和零件图	300
13.9.1 附件的设计与选择	300
13.9.2 绘制装配图和零件图	300
参考文献	303

第 1 章 减速器的类型和构造

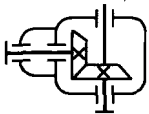
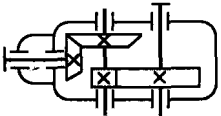
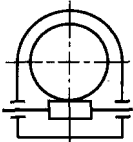
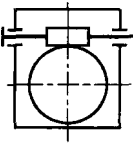
1.1 减速器的类型及特点

减速器的类型很多，不同类型的减速器有不同的特点，选择减速器类型时，应该根据各类减速器的特点进行选择。常用减速器的形式、特点及应用见表 1-1。

表 1-1 常用减速器的形式、特点及应用

名称	运动简图	推荐传动比范围	特点及应用
单级圆柱齿轮减速器		$i < 8$	<p>轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低 ($v < 8\text{m/s}$) 或负荷较轻的传动；斜齿或人字齿用于速度较高或负荷较重的传动。箱体通常用铸铁做成，有时也采用焊接结构或铸钢件。轴承通常采用滚动轴承，只在重型或特高速时，才采用滑动轴承。其他形式的减速器也与此类同</p>
两级圆柱齿轮减速器	展开式	$i = 8 \sim 60$	<p>两级展开式圆柱齿轮减速器的结构简单，但齿轮相对轴承的位置不对称，因此轴应设计得具有较大的刚度。高速级齿轮布置在远离转矩的输入端，这样轴在转矩作用下产生的扭转变形，将能减弱轴在弯矩作用下产生弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的现象，建议用于载荷比较平稳的场合。高速级可做成斜齿，低速级可做成直齿或斜齿</p>
	同轴式	$i = 8 \sim 60$	<p>减速器长度较短，两对齿轮浸入油中深度大致相等，但减速器的轴向尺寸及重量较大；高速级齿轮的承载能力难以充分利用；中间轴较长，刚性差，载荷沿齿宽分布不均匀；仅能有一个输入和输出轴端，限制了传动布置的灵活性</p>

(续)

名称	运动简图	推荐传动比范围	特点及应用
单级锥齿轮减速器		$i < 6$	用于输入轴和输出轴两轴线垂直相交的传动, 可做成卧式或立式。由于锥齿轮制造较复杂, 仅在传动布置需要时才采用
圆锥-圆柱齿轮减速器		$i = 8 \sim 40$	特点同单级锥齿轮减速器。锥齿轮应布置在高速级, 以使锥齿轮的尺寸不致过大, 否则加工困难。锥齿轮可做成直齿、斜齿或曲线齿, 圆柱齿轮可做成直齿或斜齿
蜗杆减速器	蜗杆下置式 	$i = 10 \sim 80$	蜗杆布置在蜗轮的下边, 啮合处的冷却和润滑都较好, 同时蜗杆轴承的润滑也较方便。但当蜗杆圆周速度太大时, 油的搅动损失较大, 一般用于蜗杆圆周速度 $v < 10\text{m/s}$ 的情况
	蜗杆上置式 	$i = 10 \sim 80$	蜗杆布置在蜗轮的上边, 装拆方便, 蜗杆的圆周速度允许高一些, 但蜗杆轴承的润滑不太方便, 需采取特殊的结构措施

1.2 减速器的构造

1.2.1 传动零件及其支撑

传动零件包括轴、齿轮、带轮、蜗杆、蜗轮等, 其中, 齿轮、带轮、蜗杆、蜗轮安装在轴上, 而轴则通过滚动轴承由箱体上的轴承孔、轴承盖加以固定和调整。轴承盖是固定和调整轴承的零件, 其具体尺寸依轴承和轴承孔的结构尺寸而定, 设计时可以参考相关的推荐尺寸确定。

1.2.2 箱体结构

箱体的结构如图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示。减速器的箱体一般由铸铁材料铸造而成, 分为上箱体和下箱体。箱体上设有定位销孔以安装定位; 设有螺栓孔以安装连接上下箱体的螺栓; 设有地脚螺钉孔以将箱体安装在地基上。

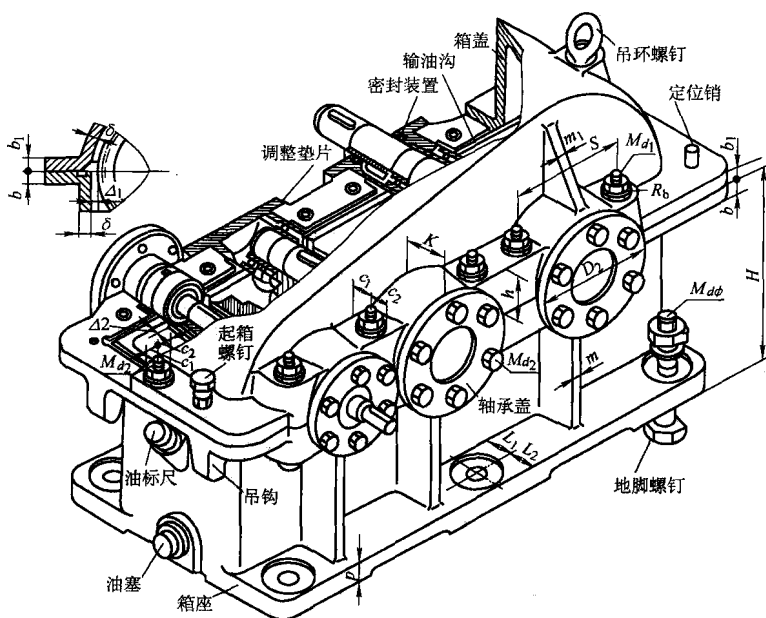


图 1-1 二级圆柱齿轮减速器

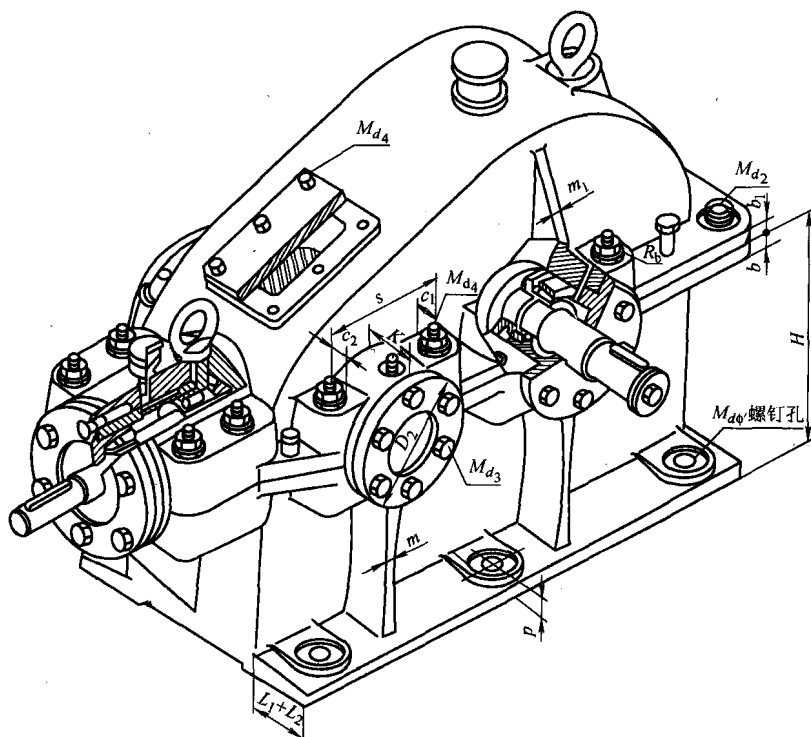


图 1-2 圆锥-圆柱齿轮减速器

为了提高轴承座的支撑刚度，通常在上下箱体的轴承座孔上下与箱体的连接处设有加强肋。

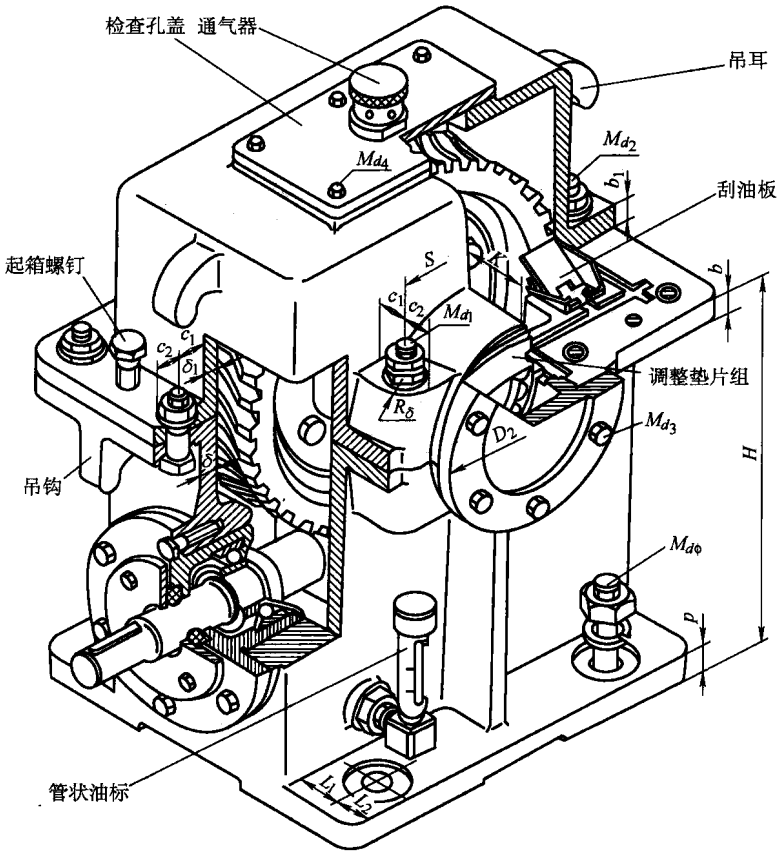


图 1-3 蜗杆减速器

1.3 减速器附件

减速器附件及其功用见表 1-2。

表 1-2 减速器附件及其功用

名称	功用
窥视孔和视孔盖	为了便于检查箱内传动零件的啮合情况以及将润滑油注入箱体内，在减速器箱体的箱盖顶部设有窥视孔。为防止润滑油飞溅出来和污物进入箱体内，在窥视孔上应加设视孔盖

(续)

名称	功 用
通气器	<p>减速器工作时箱体内温度升高, 气体膨胀, 箱内气压增大。为了避免由此引起密封部位的密封性下降, 造成润滑油向外渗漏, 大多在视孔盖上设置通气器, 使箱体内部的热膨胀气体能自由逸出, 保持箱内压力正常, 从而保证箱体的密封性</p>
油面指示器	<p>用于检查箱内油面高度, 以保证传动件的润滑。一般设置在箱体上便于观察、油面较稳定的部位</p>
定位销	<p>为了保证每次拆装箱盖时, 仍保持轴承座孔的安装精度, 需在箱盖与箱座的联接凸缘上配装两个定位销, 定位销的相对位置越远越好</p>
起盖螺钉	<p>为了保证减速器的密封性, 常在箱体剖分接合面上涂有水玻璃或密封胶。为便于拆卸箱盖, 在箱盖凸缘上设置1~2个起盖螺钉。拆卸箱盖时, 拧动起盖螺钉, 便可顶起箱盖</p>
起吊装置	<p>为了搬运和装卸箱盖, 在箱盖上装有吊环螺钉, 或铸出吊耳或吊钩。为了搬运箱座或整个减速器, 在箱座两端连接凸缘处铸出吊钩</p>
放油孔及螺塞	<p>为了排出油污, 在减速器箱座最低部设有放油孔, 并用放油螺塞和密封垫圈将其堵住</p>

第2章 传动装置的总体设计

传动装置总体设计的任务包括拟定传动方案、选择电动机、确定总传动比、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，为后续工作做准备。

2.1 减速器的类型选择

合理选择减速器类型是拟定传动方案的重要环节，要合理选择减速器类型必须对各种类型减速器的特点进行了解。选择时可以参考表 1-1 中各种减速器的特点。

2.2 传动方案的确定

完整的机械系统通常由原动机、传动装置和工作机组成。传动装置位于原动机和工作机之间，用来传递、转换运动和动力，以适应工作机的要求。传动方案拟订得合理与否对机器的性能、尺寸、重量及成本影响很大。

传动方案通常用传动示意图表示。拟订传动方案就是根据工作机的功能要求和工作条件，选择合适的传动机构类型，确定各级传动的布置顺序和各组成部分的连接方式，绘制出传动方案的传动示意图。满足传动要求的传动方案可能很多，可以由不同的传动机构经过不同的布置顺序来实现。图 2-1 列出了带式运输机设计的几种传动方案。要从多种传动方案中选出最好的方案，除了了解各种减速器的特点外，还必须了解各种传动的特点和选择原则。

带传动的承载能力小，传动平稳，可以吸收震动，但传动比不稳定，结构尺寸大，多布置在传动比稳定性要求不高的高速级传动；链传动运动不均匀，有冲击，应布置在低速级；开式传动的工作条件差，一般布置在低速级；齿轮传动的传动效率高，适用于大功率场合，以降低功率损失；蜗杆传动的传动效率低，多用于小功率场合。

另外，载荷变化较大或出现过载的可能性较大时，应该选择有过载保护和有吸震功能的传动形式，如带传动；在传动比要求严格时，可选用齿轮传动或蜗杆传动；在粉尘、潮湿、易燃、易爆场合，应该选择闭式传动或链传动等。