

模块三 传动零件设计

传动装置是由各种类型的零部件组成的,其中决定其工作性能、结构布置和尺寸大小的主要是传动零件。而支承零件和连接零件等都要根据传动零件的需求来设计。所以,一般应先设计传动零件。传动零件的设计包括确定传动零件的材料、热处理方法、参数、尺寸和主要结构。减速器是独立、完整的传动部件,为了使设计减速器时的原始条件比较准确,通常应先设计减速器外的传动零件,如带传动、链传动和开式齿轮传动等。

各类传动零件的设计方法均按有关教材所述,这里仅就设计传动零件时应注意的问题做简要提示。

任务 1 设计减速器外部的传动零件

在明确减速器结构的基础上,进行传动零件的设计。按照先减速器外传动零件、后减速器内传动零件的顺序进行设计。装配图一般只画减速器部分,而不画减速器外的传动零件。

任务目标

设计减速器外部的传动零件:V带传动、链传动和开式齿轮传动。

任务分析

减速器外常用的传动零件有普通V带传动、链传动和开式齿轮传动。

1. V带传动

设计普通V带传动所需的已知条件主要有:原动机种类和所需传递的功率;主动轮和从动轮的转速(或传动比);工作要求及对外廓尺寸、传动位置的要求等。设计内容包括:确定V带的型号、长度和根数;带轮的材料和结构;传动中心距以及带传动的张紧装置等。

设计时应检查带轮的尺寸与传动装置外廓尺寸是否相适应,例如:装在电动机轴上的小带轮直径与电动机中心高是否相称;其轴孔直径和长度与电动机轴直径和长度是否相对应;大带轮外圆是否与机架干涉等。如有不合理的情况,应考虑改选带轮直径,重新设计。

在确定大带轮轴孔直径和长度时,应与减速器输入轴轴伸的直径和长度相适应,轴孔直径一般应符合标准规定。带轮轮毂长度与带轮轮缘长度不一定相同,一般轮毂长度 l 可按轴孔直径 d 确定。通常取 $l=(1.5\sim 2)d$ 。而轮缘长度则取决于带的型号和根数。

由带轮直径及带传动的滑动率计算实际传动比和从动带轮转速,并以此修正减速器所要求的传动比和输入转矩。

2. 链传动

设计链传动所需的已知条件主要有:载荷特性和工作情况;传递功率;主动链轮与从动链轮的转速;外廓尺寸,传动布置方式以及润滑条件等。设计内容包括:确定链条的节距、排数和链节数;链轮的材料和结构尺寸;传动中心距;张紧装置以及润滑方式等。

与前述带传动设计中应注意的问题类似,设计时应检查链轮直径尺寸、轴孔尺寸、轮毂尺寸等是否与减速器或工作机相适应。大、小链轮的齿数最好选择奇数或不能整除链节数的数。一般限定 $z_{\min}=17$,而 $z_{\max}<120$ 。为避免使用过渡链节,链节数最好取偶数。当采用单排链传动而计算出的链节距过大时,应改选双排链或多排链。

设计时还应注意,当选用的单排链尺寸过大时,应改选双排或多排链,以尽量减小节距;滚子链轮端面齿形已经标准化,有专门的刀具加工,因此在画链轮结构图时不必画出端面齿形图。轴面齿形则应按标准确定尺寸并在图中注明。

3. 开式齿轮传动

设计开式齿轮传动所需的已知条件主要有:传递功率,转速,传动比,工作条件和尺寸限制等。设计内容包括:选择材料,确定齿轮传动的参数(齿数、模数、螺旋角、变位系数、中心距、齿宽等),齿轮的其他几何尺寸和结构以及作用在轴上力的大小和方向等。

开式齿轮只需计算轮齿弯曲强度,考虑到齿面的磨损,应将强度计算求得的模数加大10%~20%。

开式齿轮传动一般用于低速,为使支承结构简单,常采用直齿。由于润滑及密封条件差,灰尘大,故应注意材料配对的选择,使之具有较好的减摩和耐磨性能。

开式齿轮轴的支座刚度较小,齿宽系数应取小些,以减轻轮齿偏载。

任务实施

按照课堂讲授,参考机械设计教材和机械设计手册进行传动零件的设计计算,得到传动零件的主要尺寸。尺寸参数确定后,应检查传动的外廓尺寸,如与其他零件发生干涉或碰撞,则应该修改参数重新计算。

任务2 设计减速器内部的传动零件

任务目标

设计减速器内部的传动零件:圆柱齿轮传动、蜗杆传动和锥齿轮传动。

任务分析

齿轮传动和蜗杆传动的设计步骤与公式可参阅有关教材。下面对设计中应注意的问题做简要提示。

1. 圆柱齿轮传动

(1) 齿轮材料及热处理方法的选择,要考虑齿轮毛坯的制造方法。当齿轮的顶圆直径 $d_a \leq 500\text{mm}$ 时,一般采用锻造毛坯;当 $d_a > 500\text{mm}$ 时,因受锻造设备能力的限制,多采用铸造毛坯;当齿轮直径与轴的直径相差不大时,应将齿轮和轴做成一体,选择材料时要兼顾齿轮及轴的一致性要求;同一减速器内各级大小齿轮的材料最好对应相同,以减少材料牌号和简化工艺要求。

(2) 齿轮传动的几何参数和尺寸应分别进行标准化、圆整或计算其精确值。例如:模数必须标准化;中心距和齿宽应圆整;分度圆、齿顶圆和齿根圆直径、螺旋角、变位系数等啮合尺寸必须计算其精确值。要求长度尺寸精确到小数点后 2~3 位(单位为 mm),角度精确到秒。

为便于制造和测量,中心距应尽量圆整成尾数为 0 或 5。对直齿圆柱齿轮传动,可以通过调整模数 m 和齿数 z ,或采用角变位来达到;对斜齿圆柱齿轮传动,还可以通过调整螺旋角 β 来实现中心距尾数圆整的要求。

齿轮的结构尺寸都应尽量圆整,以便于制造和测量。轮毂直径和长度、轮辐的厚度和孔径、轮缘长度和内径等,按设计资料给定的经验公式计算后进行圆整。

(3) 齿宽 b 应是一对齿轮的工作宽度,为易于补偿齿轮轴向位置误差,应使小齿轮宽度大于大齿轮宽度,若大齿轮宽度取 b_2 ,则小齿轮齿宽取 $b_1 = b_2 + (5 \sim 10)\text{mm}$ 。

2. 蜗杆传动

(1) 蜗杆副材料的选择与滑动速度有关。一般是在初估滑动速度的基础上选择材料,蜗杆副的滑动速度,可由下式估计:

$$v_s = 5.2 \times 10^{-4} n_1 \sqrt[3]{T_2} \quad (\text{m/s}) \quad (3-1)$$

式中: n_1 为蜗杆转速(r/min); T_2 为蜗轮轴转矩(N·m)。

待蜗杆传动的尺寸确定后,应校核滑动速度和传动效率,如与初估值有较大出入,则应重新修正计算,其中包括检查材料选择是否恰当。

(2) 为便于加工,蜗杆和蜗轮的螺旋线方向应尽量取右旋。

(3) 模数 m 和蜗杆分度圆直径 d_1 要符合标准规定。在确定 m 、 d_1 和 z_2 后,计算中心距时应尽量圆整成尾数为 0 或 5,为此,常需将蜗杆传动做成变位传动,即对蜗轮进行变位,变位系数应在 $-1 \leq x_2 \leq 1$ 之间,如不符合,则应调整 d_1 值或改变蜗轮 1~2 个齿数。

(4) 蜗杆分度圆圆周速度 $v_1 \leq 4 \sim 5\text{m/s}$ 时,一般将蜗杆下置; $v_1 > 4 \sim 5\text{m/s}$ 时,则将其上置。

(5) 蜗杆强度及刚度验算、蜗杆传动热平衡计算都要在画装配草图后进行。

3. 锥齿轮传动

除参照圆柱齿轮传动的各点外,还需注意以下三点:

(1) 锥齿轮以大端参数为标准,计算节锥顶距 R ,节圆直径 d (大端)等几何尺寸都要用到大端模数,这些尺寸都应准确计算,不能圆整,保留至小数点后 3 位。

(2) 两轴交角为 90° 时,分度圆锥角 δ_1 和 δ_2 可由齿数比 $u = z_2/z_1$ 计算,其中小锥齿轮齿数 z_1 可取 17~25, u 值的计算应达小数点后第 4 位, δ_1 和 δ_2 的计算值应精确到角秒。

(3) 大小锥齿轮的齿宽应相等,齿宽 b 的数值应圆整。

任务实施

按照课堂讲授,参考机械设计教材和机械设计手册进行传动零件的设计计算,得到传动零件的主要尺寸,如齿(蜗)轮分度圆直径,齿顶圆直径、齿宽及传动中心距等。

注意齿轮或蜗轮的圆周速度对传动零件及减速器内滚动轴承润滑方式的影响。

任务3 选择联轴器

任务目标

选择联轴器的类型和型号。

任务分析

减速器常通过联轴器与电动机轴、工作机轴相连接。联轴器的选择包括联轴器类型和尺寸(或型号)等的合理选择。

联轴器的类型应根据工作要求选定。连接电动机轴与减速器高速轴的联轴器,由于轴的转速较高,一般应选用具有缓冲、吸振作用的有弹性元件的挠性联轴器,如弹性套柱销联轴器、弹性柱销联轴器。减速器低速轴(输出轴)与工作机轴连接用的联轴器,由于轴的转速较低,传递的转矩较大,又因为减速器轴与工作机轴之间往往有较大的轴线偏移,因此,常选无弹性元件的挠性联轴器,如滚子链联轴器、齿式联轴器。对于中小型减速器,其输出轴与工作机轴的轴线偏移不很大时,也可选用弹性柱销联轴器。

联轴器型号按计算转矩进行选择。所选定的联轴器轴孔直径的范围应与被连接两轴的直径相适应。应注意减速器高速外伸轴段的轴径与电动机的轴径相差不得很大,否则难以选择合适的联轴器。电动机选定后,其轴径是一定的,应注意调整减速器高速轴外伸端的直径。

联轴器型号选定后应将有关尺寸列表备用。

任务实施

例 3-1: 图 1-2 压片机的传动装置简图中,图 1-2(a)和(b)中的联轴器应如何选择?

解: 图 1-2(a)中低速轴可选择无弹性元件的挠性联轴器,如齿式联轴器;图 1-2(b)中高速轴一般选有弹性元件的挠性弹性联轴器,如弹性套柱销联轴器。

思考题

1. 传动装置设计中,为什么要先算减速器外的传动零件?
2. 如何设计带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动,需要考虑哪些问题?

3. 如何选择联轴器？确定联轴器孔径时需要考虑什么？
4. 齿轮传动参数中,哪些应取标准值？哪些应精确计算？哪些应圆整？
5. 若对圆柱齿轮传动的中心距数值进行圆整,应如何处理模数 m 、齿数 z 、螺旋角 β 、变位系数 x 等参数？
6. 齿轮的材料和结构之间是什么关系？
7. 圆锥齿轮传动的节锥顶距 R 能不能圆整？为什么？
8. 如何估算蜗杆传动的滑动速度 v_s ？设计结果的滑动速度与预估值不符时要修改哪些参数？

模块四 减速器装配草图设计

装配图是表达各零件的相互关系、位置、形状和尺寸的图样,也是机器组装、调试、维护和绘制零件图等的技术依据。

在设计过程中,应先画出装配图,再根据装配图画零件图。零件加工完后,根据装配图进行装配和检验,产品的使用和维护也都依据装配图及相关技术文件进行。所以装配图在整个产品的设计、制造、装配和使用过程中起着重要作用。

由于装配图的设计和绘制过程比较复杂,因此,应先进行装配草图设计。在设计过程中,必须综合考虑零件的工作条件、材料、强度、刚度、制造、装配、调整、润滑和密封等方面的要求,用足够的视图和剖面图表达清楚,以期得到工作性能好、制造维护方便、成本低廉的机器。

装配草图的设计内容包括:

- (1) 确定轴的结构及其尺寸。
- (2) 选择轴承型号。
- (3) 确定轴的支点距离和轴上零件力的作用点。
- (4) 设计和绘制轴上的传动零件和其他零件的结构。
- (5) 箱体及其附件的结构,为装配工作图、零件工作图等的设计打下基础。
- (6) 验算轴和键连接的强度及轴承寿命。

在绘图过程中要注意传动零件的结构尺寸是否协调以及是否有干涉。

在装配草图的设计过程中,绘图与计算是交互进行的,设计时通常“边计算、边画图、边修改”,逐步完善和细化设计图纸。应该避免单纯追求图纸的表面美观,而不愿修改已发现的不合理结构。

装配草图设计可按下列步骤进行:①装配草图设计的准备;②初绘装配草图;③轴、轴承和键连接的校核计算;④完成装配草图。

任务1 装配草图设计准备

任务目标

初绘减速器装配草图的准备,明确减速器各零件的相互位置。

任务分析

在绘制装配草图前应做好以下准备工作:

(1) 通过参观或装拆实际减速器,观看有关减速器的录像,阅读减速器装配图,了解各零部件的功用、结构和相互关系,做到对设计内容心中有数。

(2) 确定传动零件的主要尺寸,如齿轮或蜗轮的分度圆和齿顶圆直径、宽度、轮毂长度、传动中心距等。

(3) 按已选定的电动机类型和型号查出其轴径、轴伸长度和键槽尺寸。

(4) 按工作条件和转速选定联轴器的类型和型号,查出对两端轴孔直径和孔宽及其有关装配尺寸的要求。

(5) 按工作条件初步选择轴承类型及支承形式。

(6) 确定滚动轴承的润滑和密封方式。

(7) 确定减速器箱体的结构方案(如剖分式、整体式等),轴承端盖形式(凸缘式或嵌入式)。计算出箱体各部分的尺寸,图 2-1~图 2-3 为铸造箱体的减速器结构图,其各部分尺寸可按表 2-1 确定。

在做好以上准备工作后,即可开始装配草图的设计。

任务 2 初绘装配草图

任务目标

- (1) 选择比例尺,合理布置图面;
- (2) 确定减速器各零件的相互位置;
- (3) 进行轴的结构设计。

任务分析

传动零件、轴和轴承是减速器的主要零件,其他零件的结构尺寸随之而定。绘图时先画主要零件,后画次要零件;由箱内零件画起,内外兼顾,逐步向外画,先画出零件的中心线及轮廓线,后画细部结构。画图时要以一个视图为主,兼顾其他视图。

初绘装配草图的步骤如下。

1. 选择比例尺,合理布置图面

1) 确定绘图的有效面积

一般二级减速器应用 A0 图纸。绘制时按规定先绘出图框线及标题栏(按国家标准),图纸上所剩的空白区域为绘图的有效面积。布图时,应根据传动件的中心距、顶圆直径及轮宽等主要尺寸,估计出减速器的轮廓尺寸,合理布置图面。

2) 选定比例尺

在绘图的有效面积内,应能妥善安排视图所占的最大面积、尺寸线、零件编号、技术要求及减速器技术特性等所占的位置,全面考虑这些因素才能正确决定视图的比例尺,如表 4-1 所列。初做设计时,为加强真实感,应优先选用 1:1 的比例尺。若减速器的尺寸相对于图纸尺寸过大或过小时,也可以选用其他比例尺。必要时也可按机械制图的规定,

将图纸加长或加宽,以满足绘图要求。

表 4-1 图样比例(摘自 GB/T 14690—1993)

原值比例	1 : 1							
缩小比例	(1 : 1.5)	1 : 2	(1 : 2.5)	(1 : 3)	(1 : 4)	1 : 5	(1 : 6)	(1 : 1.5×10 ⁿ)
	(1 : 2.5×10 ⁿ)	(1 : 3×10 ⁿ)	(1 : 4×10 ⁿ)	(1 : 5×10 ⁿ)	(1 : 6×10 ⁿ)	(1 : 1×10 ⁿ)	(1 : 2×10 ⁿ)	(1 : 3×10 ⁿ)
放大比例	2 : 1	(2.5 : 1)	(4 : 1)	5 : 1	1×10 ⁿ : 1	2×10 ⁿ : 1	(2.5×10 ⁿ : 1)	(4×10 ⁿ : 1)
	5×10 ⁿ : 1							

- 注：1. n 为正整数。
2. 括弧内的比例,必要时允许选取。
3. 在同一图样中,各个视图应采用相同的比例。当某个视图需要采用不同比例时,必须另行标注。
4. 当图形中孔的直径或薄片的厚度 $\leq 2\text{mm}$ 时,以及斜度或锥度较小时,可不按比例而夸大画出

2. 确定减速器各零件的相互位置(主要视图的草图设计)

这一部分给出了三种典型减速器的草图设计：图 4-1 为二级圆柱齿轮减速器草图初步,图 4-2 为蜗杆减速器草图初步,图 4-3 为锥齿轮减速器草图初步。减速器零件的位置尺寸见表 4-2。

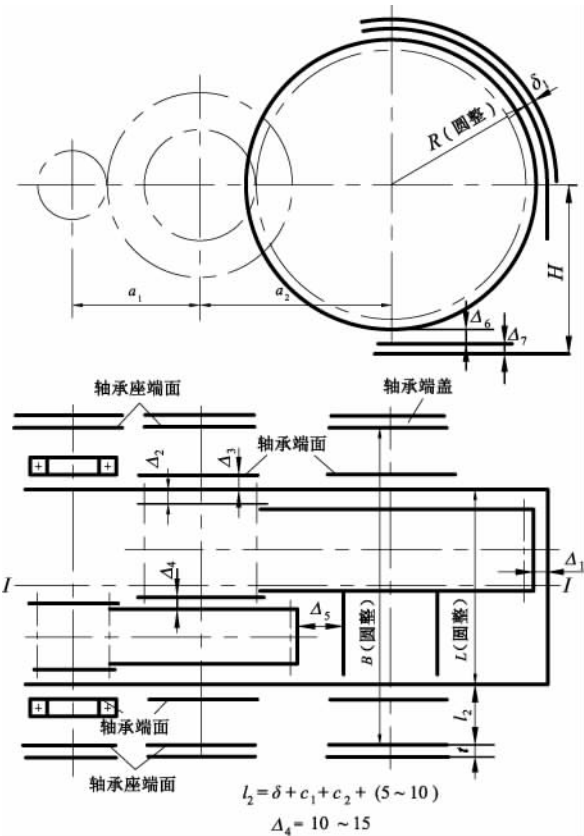


图 4-1 二级圆柱齿轮减速器草图初步

绘图顺序如下：

1) 确定传动件的轮廓和相对位置

在主、俯视图上画出箱体内传动零件的中心线、对称面、齿顶圆(或蜗轮外圆)、分度圆、齿宽和轮毂长度等轮廓尺寸,其他细部结构暂不画出。为了保证全齿宽啮合并降低安装要求,通常取小齿轮比大齿轮宽 5~10mm。

设计二级齿轮减速器时,为避免发生干涉,应使高速级大齿轮齿顶与低速轴表面及两级齿轮端面之间都有合理的间距,其取值参见表 4-2。

2) 确定箱体内壁线

对于圆柱齿轮减速器,应在大齿轮顶圆、齿轮端面至箱体内壁之间留有一定距离 Δ_1 和 Δ_2 ,以避免由于箱体铸造误差引起的间隙过小,造成齿轮与箱体相碰。 Δ_1 、 Δ_2 取值参见表 4-2。小齿轮顶圆与箱体内壁间的距离,可待完成装配草图阶段由主视图上箱体结构的投影关系确定。

表 4-2 减速器零件的位置尺寸

代号	名 称	荐用值	代号	名 称	荐用值
Δ_1	齿轮顶圆至箱体内壁的距离	$\geq 1.2\delta$ (δ 为箱座壁厚)	Δ_7	箱座底面至箱底内壁(油池底面)的距离	≈ 20
Δ_2	齿轮端面至箱体内壁的距离	$> \delta$ (一般取 ≥ 10)	H	减速器中心高	$\geq R_{a2} + \Delta_6 + \Delta_7$
Δ_3	轴承端面至箱体内壁的距离	$\Delta_3 = 8 \sim 12$ (轴承用脂润滑时) $\Delta_3 = 3 \sim 5$ (轴承用油润滑时)	l_2	箱体内壁至轴承座孔端面的距离	$= \delta + c_1 + c_2 + (5 \sim 10)$
Δ_4	旋转零件间的轴向距离	10~15	t	轴承端盖凸缘厚度	参见端盖的设计
Δ_5	齿轮顶圆至轴表面的距离	≥ 10	L	箱体内壁轴向距离	圆整
Δ_6	大齿轮齿顶圆至箱底内壁(油池底面)的距离	$> 30 \sim 50$	B	箱体轴承座孔端面间的距离	圆整

减速器箱体内壁至轴承内侧之间的距离为 Δ_3 。如轴承采用箱体内润滑油润滑时, Δ_3 值如图 4-4(a)所示;如轴承采用润滑脂润滑时,则需要装挡油环, Δ_3 值如图 4-4(b)所示。在轴承位置确定后,画出轴承轮廓。

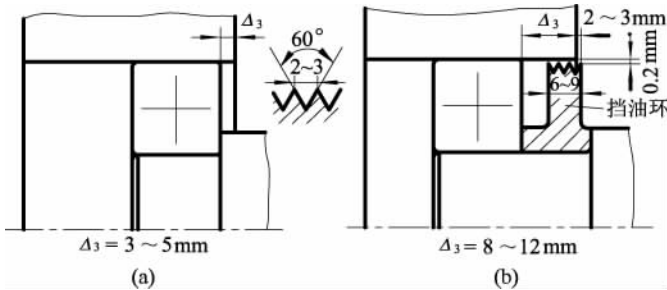


图 4-4 轴承在箱体中的位置
(a) 油润滑; (b) 脂润滑