

第2版

下册

齿轮手册

齿轮手册编委会 编



机械工业出版社
China Machine Press

第 24 篇 齿轮传动装置的装配

主 编 郭子康 (中信重机公司)

编写人

第 1~3 章

郭千世 (中信重机公司)

第 4 章

郭千世 关爱民 (中信重机公司)

审稿人

第 1~4 章

郭子康

韩翠蝉 陶燕光



第 1 章 概 述

装配试验是决定减速器质量的重要环节。减速器设计的技术要求,需要通过良好的装配试验才能达到。减速器在装配过程中还需通过校正来保证各零件间的相对位置,使减速器符合装配精度要求,因此,装配不只是把零件放到一定的位置上,而且应保证按图样所规定的技术要求,进行合理装配。装配工艺过程见表 24.1-1。

表 24.1-1 装配工艺过程

过程	内 容
装配准备	1)研究产品装配图及装配技术要求,了解结构意图、特点及调整方法 2)选择装配方法

(续)

过程	内 容
装配准备	3)准备装配工具 4)对装配零件进行修毛、倒角、清理、清洗、检查
装配	1)部件装配 将零件组合成装配单元 2)总装配 将装配单元组合成产品
调试	1)调整 调整零部件的相对位置,配合间隙,使工作协调 2)实验 空运转试验、负载试验等 3)精度检查 几何精度、工作精度检查等

第 2 章 齿轮传动装置装配通用技术规定

1 一般技术规定

(1)待装的零、部件,必须有质量检验部门的合格证或标记,否则不准进行装配。

1)待装的外协加工零、部件,必须有本厂质量检验部门复检合格的证明或标记才可进行装配。

2)待装的外购零件,必须有供给厂的出厂产品合格证明。凡经本厂拆装试验过的部件,必须有本厂质量检验部门复检的合格证明,才可进入装配。

(2)装配前对零、部件的主要配合尺寸,特别是过盈配合件的轴台尺寸、内孔倒角及配合尺寸必须复检,确认符合图样才可进行装配。

(3)装配前必须对零件的锐边、棱角进行倒钝。图样中未规定倒角处,均按 $1 \times 45^\circ$ 要求倒钝。

(4)零件装配前,必须将加工过程使用的焊块、焊点、铸棒及加工中凸台残留部分清除掉,并铲磨平齐。

(5)装配时各种油槽的边缘应修整成光滑的圆角,修整好的油槽应通过油孔中心。

(6)装配过程中加工的光孔或螺纹孔应符合图样的要求,并经过检查员检查。

(7)螺纹孔攻螺纹后要求达到螺纹中心线与加工件表面的垂直度误差不得大于 $0.20/100$,螺纹齿面不

得有压扁、乱扣、断裂伤痕等缺陷存在。

(8)装配过程中,凡自制件,如纸垫、塑料垫、橡胶垫、石棉橡胶板垫、毛毡垫及薄钢垫、薄铜垫等均应按图样制作。

(9)弹簧在装配时,不得拉长或切短。

(10)装配时管子弯曲的规定

1)凡图样中未规定管子的弯曲半径时,最小弯曲半径应大于或等于所弯管在公称直径的两倍。

2)钢管直径小于 $\phi 20\text{mm}$,弯曲半径大于 50mm 者允许不灌细砂进行冷弯;钢管直径在 $\phi 20 \sim \phi 30\text{mm}$,弯曲半径在 $50 \sim 200\text{mm}$ 者无论冷弯或热弯均应灌满干燥细砂进行弯管。灌砂要充实,管子端加木塞。热弯时木塞须留排气口,热弯时管子加热温度不得超过 900°C ,管子弯成后不可急速冷却。

3)纯铜管冷弯前,必须先进行退火。退火时加热 $600 \sim 650^\circ\text{C}$ 并在常温水中冷却。弯曲较粗的铜管时,管内填充松香为好。

4)塑料硬管的弯曲,只能用 $80 \sim 100^\circ\text{C}$ 的水加热,软化后进行弯曲,然后浸入冷水中定型。弯曲较粗的塑料管,管内用水或木屑填充,管口加木塞。

5)所有弯曲的管子表面应光整,不得有皱纹、挤扁、裂口等缺陷存在。

2 待装零件的清洗

装配前必须将零件的飞边、毛刺、切屑、油污、锈斑及其他残留不洁物去除,清洗干净,并用干燥压缩空气吹净并擦干,特别是对零件上的孔道要切实达到清洁畅通。常用清洗液见表 24.2-1。

表 24.2-1 常用清洗液

名称	用途或特点
汽油	清洗油脂、污垢和粘附的机械杂质
航空汽油	清洗质量要求较高的工件
煤油、轻柴油	清洗能力不及汽油,且干得较慢,但较安全
化学清洗液	对油脂、水溶性污垢具有良好清洗能力。清洗液配置简单、使用安全、价格便宜

3 密封件的装配

(1) 各种密封毡圈、毡垫、石棉绳、橡胶圈等密封件装配前必须浸透油。钢纸垫用热水泡软。纯铜垫作退火处理,加热温度为 600~650°C,并在水中冷却。

(2) 对螺纹联接处的密封,采用聚四氟乙稀生料带作填料时,其缠绕层数不得多于两层,对于平面用各种密封胶作密封,其零件结合面间隙不得大于 0.20mm,涂胶层不宜太厚,应涂得均匀且薄为好。

(3) 装配后,密封处不得有渗漏现象。

4 润滑、冷却系统的装配

(1) 所有管子在焊接后用 20% (质量分数) 硫酸或盐酸溶液酸洗除锈,然后用 8% (质量分数) 石灰水溶液中和,再用清水冲洗干净并烘干,最后用压缩空气清理管道内部的残留脏物。

(2) 各管路接头处,涂乐泰厌氧密封胶。

(3) 全部系统装完后,要求以 0.8MPa 压力进行管路试压,所有连接处不得有渗漏,试压时间不少于 30min。

5 装配打印标记的规定

(1) 产品在装配中如有不允许用户在安装时互换零件,变更零件装配位置,而且这些零部件装配后又需拆开包装时,必须打上能够容易识别原装配关系的钢印,或粘牢可防止涂抹的标签。

(2) 装配中已配好的管路需拆开包装者,在连接处必须作易识别的标记或捆扎标签。

(3) 同一打印组的标号必须一致,同一台产品中不同打印组的编号不得重复。

(4) 打印的字迹必须清晰整齐。

(5) 打印位置应靠近相关件连接的非滑动面上。毛坯面打印,应在打印处磨出平面。在大件上打印应用红色油漆圈上方框。各打印处不准涂漆或打腻子,但必须涂防锈油。

第 3 章 齿轮传动装置的装配准备及轴系部件装配

1 装配平台

装配平台是齿轮传动装置装配的基础。根据齿轮传动装置的结构大小和生产规模,装配平台必须有足够的面积,整个装配平台由若干块标准平台组合而成,安装的平台必须稳固、水平,表面平整,达到装配平台的安装标准。在齿轮传动装置装配时,选定合适位置,将平台表面清理干净。

2 箱体装配

(1) 齿轮传动装置总装前应将机体(或箱体)调装于装配平台上,找正机体结合面水平,其水平度误差小于 0.10/1000。

(2) 高精度的齿轮传动装置和特大型的齿轮传动

装置,其总装调整及试车的位置应在一处进行,并找正机体结合面水平。其水平度误差小于 $(0.05 \sim 0.08) / 1000$ 。

(3) 机体找好水平后,用螺栓压板压紧在装配平台上。

(4) 机体、机盖合箱后,用 0.05mm 塞尺检查结合面的密封性,其塞入深度不得超过结合面宽度的 1/3。

(5) 机体、机盖合箱后周边平齐度应符合图样要求,若图样无规定,按表 24.3-1 执行。

表 24.3-1 机体、机盖平齐度

(mm)

检验长度	≤1000	>1000~2000	≥2000~4000	>4000
平齐度	3	5	7	10

(6) 机体、机盖最终合箱时, 结合面涂乐泰厌氧胶 518 密封。

(续)

3 轴系部件装配

3.1 键装配

键装配见表 24.3-2。

表 24.3-2 键装配工艺要点

类型	工 艺 要 点
平键	1) 修配平键一般以一侧为基准, 修配另一侧, 使键与槽均匀接触 2) 键与轴槽修配, 使两侧面均匀接触, 配合面间不得有间隙, 底面与轴槽底面接触良好, 键的两端不准翘起 3) 键与孔槽修配, 使两侧均匀接触, 配合尺寸符合图样要求 4) 平键不准配制错齿形 5) 平键装配时, 检测键的顶面与孔槽底面间隙, 应符合图样要求 6) 对于双键槽, 按上述要求先配好一个键, 然后以其为基准, 检测修整另一键槽与轴槽的相对位置, 最后按上述要求配好另一键
切向键 楔键 (钩头 楔键)	1) 切向键、楔键(钩头楔键)装配后, 工作上的接触率应在 70% 以上, 其余接触部分不得集中于一端 2) 切向键装配后, 键端不得外露, 且要与端面平齐 3) 楔键(钩头楔键)装配后, 外露尺寸应为键长度的 10%~15%。当键长度大于 50mm 时, 外露尺寸取键长度的 10%, 当键长度小于或等于 50mm 时, 外露尺寸取键长度的 15% (钩头楔键外露尺寸不包括钩头部分)

类型	工 艺 要 点
矩形花键	1) 单齿分度加工的矩形花键工作受力面配研后, 同时接触的齿数不得少于三分之二。单齿接触率在齿长和齿高方向上均不得低于 50%。非工作面齿侧间隙符合图样要求, 若未作规定可用 0.05mm 的塞尺检查齿侧间隙, 塞尺不得塞入全齿长 2) 装配好的动配合花键轴或套, 必须能均匀、自由地移动, 不准有任何卡阻或松紧不均等现象

3.2 过盈配合件的装配

过盈配合件是依靠相配件装配以后的过盈量达到紧固联接。装配后, 由于材料的弹性变形, 使配合面之间产生压力, 因此在工作时配合面间具有相当的摩擦力来传递转矩或轴向力。过盈配合装配一般属于不可拆卸的固定联接。过盈配合件的装配方法有: ①人工锤击法, ②压力机压入法, ③冷装法, ④热装法。

1. 过盈配合件装配前的检查

过盈配合零件在装配前必须对配合部位进行复检, 并做好记录。

(1) 过盈量应符合图样或工艺文件的规定。

(2) 与轴肩相靠的相关轮或环的端面, 以及作为装配基准的轮缘端面, 与孔的垂直度偏差应在图样规定的范围内。

(3) 相关的圆角、倒角等不得影响装配。

(4) 配合表面不准有棱刺、锈斑或擦伤。

(5) 当包容件的孔为盲孔时, 其装入的被包容件必须有排气孔或槽, 否则不准进行装配。

(6) 具有键联接的配合件, 装配前必须对轴槽, 孔槽的位置与研配的键进行复检, 正确无误后方可进行装配。

2. 静配合件的装配

静配合件的装配见表 24.3-3。

表 24.3-3 静配合件装配

装配方法	工 艺 要 点	计 算 公 式
人工锤击法: 适用于过渡配合的小件装配	1) 打装的零件表面不准有砸痕 2) 打装时, 被包容件配合表面涂润滑油润滑 3) 打装时, 必须用软金属或硬质非金属材料做防护衬垫 4) 打装过程中, 必须使被包容件与包容件同轴, 不准有任何歪斜现象 5) 打装好的零件必须与相关限位轴肩等靠紧, 间隙不准大于 0.05mm	

(续)

装配方法	工艺要点	计算公式
<p>压装法：适用于常温下，对过盈量较小的中、小件装配</p>	<p>1) 压装件引入端必须制作倒锥。若图样中未作规定，其倒锥按锥度1:150制作，长度为配合总长度的10%~15%</p> <p>2) 实心轴与不通孔件压装时，允许在配合轴颈表面上加工深度不大于0.5mm的排气平面</p> <p>3) 压装零件的配合表面，在压装前须涂润滑油（白铅油掺机油）</p> <p>4) 压装时，其受力中心线应与包容件、被包容件中心线保持同轴。对细长轴应严格控制受力中心线与零件的同轴度</p> <p>5) 压装轮与轴时，绝不允许轮缘单独受力</p> <p>6) 压装后，轴肩处必须靠紧，间隙小于0.05mm</p> <p>7) 采用重物压装时，应平稳无阻压入，出现异常时应进行分析，不准有压坏零件的现象发生</p> <p>8) 采用油压机压装时，必须对压入力<i>F</i>进行校核，确保压机所产生的压力应该是压入力<i>F</i>的1.5~2倍</p> <p>9) 采用油压机压装时，应做好压力变化的记录</p> <p>①压力变化应平稳，出现异常时应进行分析，不准有压坏零件的现象发生</p> <p>②图样有最大压入力的要求时，应达到规定数值，不许过大或过小</p> <p>10) 采用压机压装时速度不宜太快。压入速度采用2~4mm/s，不允许超过10mm/s</p>	<p>压入力<i>F</i> (N) 经验计算公式： $F = KiL \times 10^4$ 式中 <i>i</i>——测得实际过盈量 (mm) <i>L</i>——配合长度 (mm) <i>K</i>——考虑被装零件材质、尺寸等因素的系数 <i>K</i> 系数见表 24.3-4</p>
<p>热装法：适用过盈量较大零件的装配</p>	<p>1) 做好热装前的准备工作，以保证热装工序的顺利完成</p> <p>2) 包容件加热，胀量达到要求后，要迅速清理包容件和被包容件的配合表面，然后立即进行热装。要求操作动作迅速准确，一次热装到位，中途不许停顿。若发生异常，不允许强迫装入，必须排除故障，重新加热再进行热装</p> <p>3) 零件热装后，采用拉、压、顶等可靠措施使热装件靠紧，被包容件轴向定位面。零件冷却后，其间隙不得大于配合长度的1/1000</p> <p>4) 钢件中装铜套时，包容件只能作一次热装，装后不允许作为二次热装的包容件再行加热</p> <p>5) 凡镶圈结构的齿轮与轴热装时，在装齿圈时已加热过一次，当与轴热装时，又需二次加热，一般应采用油浴加热。若条件有限，也可采用电炉加热，但必须严格控制温升速度，使之温度均匀，且工作外表面离炉丝距离大于300mm，否则不准采用</p> <p>6) 凡采用油浴加热，其油温控制在该油的闪点以下10~20℃，绝不允许使用到油的闪点或高于闪点。常用油闪点见表 24.3-6</p> <p>7) 凡采用电感式加热器加热，必须适当选择设备的规格，并严格遵守设备操作规程</p>	<p>1. 加热温度 <i>T</i> 计算公式 $T = (\sigma + \delta) / \alpha d + T_0 \text{ (}^\circ\text{C)}$ 式中 <i>d</i>——配合公称直径 (mm)； α——加热零件材料线膨胀系数 (1/℃)，常用材料线膨胀系数见表 24.3-5； σ——配合尺寸的最大过盈量 (mm)； δ——所需热装间隙 (mm)，当 $d < 200\text{mm}$ 时，δ 取 (1~2) σ；当 $d \geq 200\text{mm}$ 时，δ 取 (0.001~0.0015) <i>d</i> T_0——室温和热装操作时由于距离等因素，而影响的安全温度，一般 $T_0 = 50^\circ\text{C}$</p> <p>2. 加热时间：按零件厚 10mm 需加热 10min 估算。厚度值按零件轴向和径向尺寸小者计算</p> <p>3. 保温时间：按加热时间的 1/4 估算</p>

(续)

装配方法	工艺要点	计算公式
冷装法：适用于包容件无法加热或加热会导致零件精度、材料组织变化，影响其机械性能的过盈配合件的装配	<p>1) 冷装时，①按公式计算冷冻温度 T_1；②选用冷冻剂，冷冻剂的温度必须低于被包容件所需冷冻温度 T_1，被包容件直径大于 $\phi 50\text{mm}$ 时，优先选用液态氧或液态氮，冷冻剂温度值见表 24.3-8；③计算冷冻时间 t。</p> <p>2) 凡冷装采用液态氧做冷冻剂时，严禁周围有易燃物和火种</p> <p>3) 操作者必须穿戴好劳保用品，应穿长袖衣，长裤，戴好防护眼睛，皮手套，扎好帆布脚盖，才能进行操作</p> <p>4) 取冷冻剂的罐和冷却箱，要留有透气孔，用时不得堵死，以免压力增高引起爆炸。箱体内部要清洁，冷却箱要放置平稳可靠</p> <p>5) 冷冻剂必须随用随取，倾注时要小心，防止外洒、飞溅。冷却箱中的液面要保持足够的高度，必须浸没零件的配合表面，但不宜太满，应低于箱盖顶面 80mm 以上。挥发的冷冻剂要及时补充</p> <p>6) 往冷却箱中放入或取出零件时要使用工具，用钳子夹或事先用铁丝捆扎好，不准直接用手取、放零件，以免烧伤</p> <p>7) 冷冻时间是从零件浸入冷冻剂中算起。零件浸入初期有强裂的“沸腾”现象，往后逐渐减弱，以至消失，刚停止时只说明零件表面与冷冻剂的温差很小，但并未完全冷透，必须按计算时间完全冷透</p> <p>8) 零件透温后，取出时应立即装入包容件孔中，动作要迅速、准确。零件的夹持要注意同心，不得歪斜。纠正装入产生的歪斜时，只允许使用铜棒或木锤进行敲击，若是铜件则应采用木锤</p> <p>9) 若一次要装的零件较多时，从冷却箱中取出一件，应随时放入一件，并及时补足冷冻剂注意盖好冷却箱箱盖</p>	<p>1. 冷冻温度 T_1 计算公式： $T_1 = 2\sigma / \alpha_1 d$ 式中 σ——最大过盈量 (mm)； d——被包容件的外径 (mm) α_1——被包容件冷却时线膨胀系数 (1/°C) 常用材料冷却时线膨胀系数见表 24.3-7</p> <p>2. 冷冻时间 t 的计算公式： $t = \alpha' \delta' + (6 \sim 8) \text{ min}$ 式中 α'——与材料有关的综合系数，见表 24.3-9 δ'——被冷冻零件的特征尺寸，即零件的最大断面半径或壁厚尺寸 (mm)</p>

表 24.3-4 K 系数

材料 \ 外径/内径	材料						材料 \ 外径/内径	材料					
	2	3	4	5	6	7		2	3	4	5	6	7
钢	2	2.5	3	3.5	4	4.5	铸铁或铜	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.0

表 24.3-5 常用材料线膨胀系数

(1/°C)

材料	钢、铸铁	铸铁	纯铜	黄铜	青铜	镍铬合金	铝合金	镁合金	40CrSi	30CrMnSiA	3Cr13	1Cr18Ni19Ti
α	11×10^{-6}	10×10^{-6}	16×10^{-6}	18×10^{-6}	17×10^{-6}	14.5×10^{-6}	23×10^{-6}	26×10^{-6}	12×10^{-6}	11×10^{-6}	11×10^{-6}	17×10^{-6}

表 24.3-6 常用油闪点 (°C)

名称	闪点
15 号全损耗系统用油	130
32 号全损耗系统用油	150
46 号全损耗系统用油	150
68 号全损耗系统用油	150
100 号全损耗系统用油	160
150 号全损耗系统用油	180
75W 中负荷车辆齿轮油	150
80W/90 中负荷车辆齿轮油	165
85W/90 中负荷车辆齿轮油	180
32 号汽轮机油	180
46 号汽轮机油	180
68 号汽轮机油	195
100 号汽轮机油	195
11 号汽缸油	215
680 号蒸汽汽缸油	240
1000 号蒸汽汽缸油	260
1500 号蒸汽汽缸油	280
1500 号合成汽缸油	320

注：新国标 (GB/T443-1989) 将机械油的名称改为 L-AN 全损耗系统用油。

表 24.3-7 金属材料冷却的线膨胀系数 (1/°C)

材料	黄铜	青铜	钢	铸铁
系数 α_1	16×10^{-6}	15×10^{-6}	8.5×10^{-6}	8×10^{-6}

表 24.3-8 常用冷冻剂的温度值 (°C)

冷冻剂名称	干冰 (固态 CO ₂)	液态氧	液态氮	液态氨
冷冻温度	-75	-180~ -182	-190~ -195	-120

表 24.3-9 与材料有关的综合系数

(min/mm)

零件材料	黄铜	青铜	钢	铸铁	
α'	液态氧	1.0	1.1	1.4	1.5
	液态氮	0.8	0.9	1.2	1.2

3.3 旋转零件的平衡

1. 目的

旋转零部件进行平衡的目的在于消除零、部件不平衡质量，从而消除或减少机器在运转时由于离心力所引起的振动。

离心力 F (N) 的大小可用下列公式表示：

$$F = mr\omega^2$$

式中 m ——旋转件质量 (指重力)；

r ——重心与旋转中心之间距离；

ω ——角速度。

由于离心力 F 与角速度 ω 的平方成正比，因此高速旋转零件所产生的离心力，有可能比零件本身重量大得多。离心力的方向是不断在变化的，因此会产生振动，为此，对于高速旋转的零件以及精度要求较高的机器必须要进行平衡。

2. 旋转零件的平衡

旋转零件的平衡见表 24.3-10。

表 24.3-10 旋转零件的平衡

平衡类型	平衡方法	工艺要点	平衡精度
静平衡：适用于转速较低的盘状零件。平衡类型可查图 24.3-1	静平衡法的实质是要确定旋转件重心的位置 (在圆周上的方位)，以及不平衡力矩的大小 静平衡是在平衡架上进行的。平衡架的形式有圆盘形、棱形、圆柱形，如图 24.3-2 所示 当重心处在任何较高位置时，零件都是不稳定的，都有一种向下旋转的力矩 M $M = Gr \sin \alpha$ 式中 G ——重量 (N) r ——重心与旋转中心的距离 (m)； α ——重心所在直径与铅垂线夹角	1) 静平衡心轴的径向跳动应小于 0.02mm 2) 用圆盘平衡架做平衡时，试件放在平衡架上，检查心轴水平，其误差小于 0.05/1000 3) 用棱形平衡架做平衡时，心轴与平衡架导轨应表面淬火，硬度为 50~60HRC，导轨纵横方向水平误差小于 0.05/1000 4) 用棱形平衡架时，心轴或导轨若未经淬火，导轨宽度 (mm) 应按下列公式校核 $b \geq 0.35EP/\sigma^2 d$ 式中 E ——支承轴材料的弹性模量 (N/mm ²)； σ ——支承轴的许用接触应力 (N/mm ²)； P ——试件及支承试件轴对每根导轨的压力 (N)；	静平衡精度是以残余不平衡量造成的重心偏心距 r' 表示： $r' = We/m$ 式中 W ——加重件质量 (kg)； e ——加重所在位置半径 (mm)； m ——质量 (kg)

(续)

平衡类型	平衡方法	工艺要点	平衡精度
<p>静平衡: 适用于转速较低的盘状零件。平衡类型可查图 24.3-1</p>	<p>因此,只有当重心通过旋转中心的垂线时(即$\alpha=0^\circ$),零件才是稳定的。据此,可以找出零件重心的位置,作上记号,然后在记号相对的部位粘贴一定重量的橡皮泥,使橡皮泥对旋转中心产生力矩,与不平衡力矩相等,使零件在任何圆周位置都能稳定。取下橡皮泥,换加重量相当的重块,或在反方向(重心所在半径)去除一定重量,从而使零件获得静平衡</p>	<p>d——支承试件的轴径(mm) 对于碳钢: $E=2 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ $\sigma=53 \text{N/mm}^2$ 则:$b \geq 2.5P/d$ 5)使用棱形和圆柱平衡架,其导轨有效长度应大于试件支承轴径周长的2.5倍 6)静平衡试验,需在偏重处去重,钻孔取料时,不准影响试件的刚度和强度 7)静平衡试验需在偏重的位置配重时,其配重块的外形应平整。配重块的质量小于1.5kg时,允许焊接或螺栓固定;质量大于10kg时,必须用四个不小于M12的螺栓固定。紧固后将螺栓、螺母点焊一体,保证试件不发生热变形,且不影响其他零件的装配位置</p>	<p>静平衡精度是以残余不平衡量造成的重心偏心距r'表示: $r' = We/m$ 式中 W——加重件质量(kg); e——加重所在位置半径(mm); m——质量(kg)</p>
<p>动平衡: 适用于转速较高,长径比L/D值较大的零件,平衡类型可查图 24.3-1</p>	<p>动平衡需要在专门的动平衡台或动平衡机上进行</p>	<p>1)图样中给出动平衡力矩限值的零件必须做动平衡试验 2)试件做动平衡前,必须先按动不平衡限值的2~3倍做静平衡 3)选择动平衡试验机时,必须保证其试验精度高于试件的动不平衡限值,且动平衡机规格应满足试件的外形尺寸、重量、传递转矩、联接等条件 4)做试验时,必须严格遵循动平衡机的说明书,并按其操作规程执行 5)试件做动平衡,需配重或去重时,不准影响试件强度、刚度和装配位置发生干涉等现象 6)对于组合式旋转体,经过动平衡试验后,不准调换其中的零件位置</p>	<p>动平衡精度是以偏心速度v_r表示: $v_r = r\omega/1000$ (mm/s) 式中 r——偏心距(μm); ω——旋转体的角速度(rad/s); $\omega = 2\pi n/60$,其中 n——转速(r/min)</p>

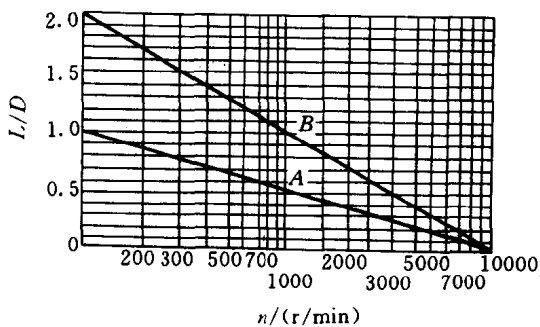


图 24.3-1 平衡类型确定

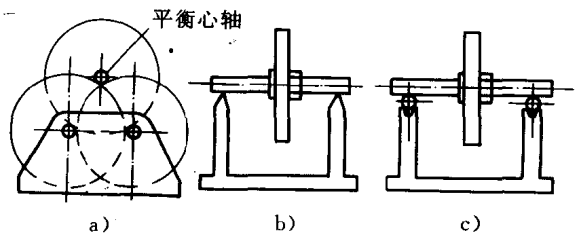


图 24.3-2 静平衡架

a) 圆盘平衡架 b) 棱形平衡架 c) 圆柱平衡架

3.4 滚动轴承装配

滚动轴承装配见表 24.3-11。

表 24.3-11 滚动轴承装配

工 艺 要 点	轴 向 间 隙 规 定	轴 向 间 隙 调 整
<p>1) 轴承外圈与剖分式箱体或剖分式轴承座的半圆孔间不准有“卡帮”。各半圆孔的“修帮”尺寸,不准超过表 24.3-12 规定的最大值</p> <p>2) 轴承外圈与轴承座及轴承盖的半圆孔均应贴合良好可用着色方法检查或塞尺测量缝隙。着色检查时,轴承与轴承座在对称于中心线 120°范围内应均匀接触,与轴承盖在对称于中心线 90°范围内应均匀接触,并且在该范围内用 0.03mm 塞尺检查,不准塞入轴承外圈宽度的 1/3</p> <p>3) 可拆卸的轴承在清洗后必须按原状态组装。轴承原包装防锈良好者可拆除包装层,立即在清洁状态下进行装配,否则应防尘保护或再清洗后才可装配</p> <p>4) 轴承在装配时,应将轴承的打印端朝外</p> <p>5) 滚动轴承可以采用清洁的机油加热,但加热温度不得超过 120°C,轴承不得与加热油箱直接接触,防止轴承局部过热</p> <p>6) 对于非标准的,有特殊过盈配合要求的轴承,其热装温度以实测过盈量按热装法加热公式计算</p> <p>7) 滚动轴承在常温下,采用压装或敲击法装时,只允许在有过的座圈上施力不允许让滚动体或保持器承受轴向力</p> <p>8) 轴承装在轴上后应靠紧轴肩。圆锥滚子轴承和向心推力球轴承与轴肩隙小于 0.05mm,其他轴承与轴肩间隙小于 0.10mm</p> <p>9) 采用润滑油脂的轴承,装配后在轴承空腔内注入相当于空腔容积 65%~80% 的清洁润滑油脂</p> <p>10) 凡稀油润滑的轴承,不准加油脂</p>	<p>1) 在轴两端采用径向间隙不可调的向心轴承而且留出间隙 C,如图 24.3-3,如图样中没有规定 C 的数值,通常可按 $C=0.2\sim 0.4\text{mm}$ 执行,当温度变化较大或两轴跨度较大时,间隙 C 的数值可按下式计算:</p> $C=L\alpha\Delta t+0.15\text{mm}$ <p>式中 L——两轴承中心线跨距(mm); α——轴材料的线膨胀系数($1/^\circ\text{C}$); Δt——轴工作时温度与环境温度之差($^\circ\text{C}$); 0.15——轴膨胀后确保的间隙(mm)</p> <p>2) 对径向间隙可调的滚动轴承,其轴向间隙图样中未作规定,又是在普通条件下使用时,轴向间隙见表 24.3-13,表 24.3-14,表 24.3-15,表 24.3-16,表 24.3-17</p>	<p>1) 单列圆柱滚子轴承轴向间隙的调整</p> <p>① 调整螺钉或锁紧螺母作轴承轴向间隙调整:先拧紧带螺纹的调整件,使轴承达到无间隙状态,然后,反转调整件,而得到所规定的间隙值。其反转圈数 N 按下式计算:</p> $N=a/tn(\text{圈})$ <p>式中 a——轴承规定的轴向间隙值(mm); t——调整螺钉的螺距(mm); n——螺纹线数</p> <p>② 塞尺测量调整</p> <p>a. 塞尺测量轴承外圈与滚动体之间的间隙 S,则轴向间隙 $C=S/\sin\beta$,通过调整使 C 值与规定的轴向间隙一致</p> <p>b. 压紧轴承端盖,测量端盖与轴承座间隙,该间隙加上规定间隙为调整垫片的装配总厚度</p> <p>③ 百分表测量调整</p> <p>对装配精度要求高的轴承,轴承间隙的调整,必须采用百分表测定。一般可在轴两端轴承外圈先做预定位,再将百分表固定在随轴窜动的某一零件上,使轴作轴向窜动,百分表指针测得最大轴向窜动量,以增减调整垫的数量达到所要求的轴向间隙</p> <p>2) 双列圆锥滚子轴承轴向间隙的调整</p> <p>整套双列圆锥滚子轴承,平放在检验平台上,测出其总高度值(需对称位置准确测量)。然后将隔环拆下,再测其总高度值,两高度差应符合图样中规定的轴向间隙值,否则修磨隔环达到要求</p> <p>3) 四列圆锥滚子轴承轴向间隙的调整</p> <p>四列圆锥滚子轴承轴向间隙的调整同双列圆锥滚子轴承的调整,只要分两个层次分别测出一个轴承内圈隔环,两个外圈隔环所需修磨数值,最终达到图样规定的轴向间隙要求</p>

表 24.3-12 滚动轴承装配修帮尺寸

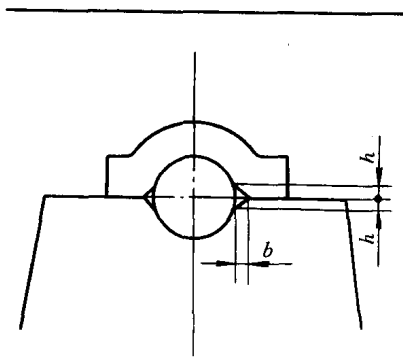
		(mm)	
轴承 外径	b_{\max}	h_{\max}	
≤ 120	0.10	10	
$>120\sim 260$	0.15	15	
$>260\sim 400$	0.20	20	
>400	0.25	30	

图 24.3-3 轴承安装示意图

表 24.3-13 单列圆锥滚子轴承轴向间隙

(续)

轴承公称内径 d/mm	允许轴向游隙的范围/ (μm)						I型轴承间允许的距离 (大概值) 见图 24.3-4
	型号 70000			31000			
	接触角		$\alpha=10^\circ\sim 16^\circ$	$\alpha=25^\circ\sim 29^\circ$		I型	
	I型	I型					
最小	最大	最小	最大	最小	最大		
~30	20	40	40	70			14d
>30~50	40	70	50	100	20	40	12d
>50~80	50	100	80	150	30	50	11d
>80~120	80	150	120	200	40	70	10d

轴承公称内径 d/mm	允许轴向游隙的范围/ (μm)						I型轴承间允许的距离 (大概值) 见图 24.3-4
	型号 70000			31000			
	接触角		$\alpha=10^\circ\sim 16^\circ$	$\alpha=25^\circ\sim 29^\circ$		I型	
	I型	I型					
最小	最大	最小	最大	最小	最大		
>120~180	120	200	200	300	50	100	9d
>180~260	160	250	250	350	80	150	6.5d
>260~360	200	300					
>360~400	250	350					

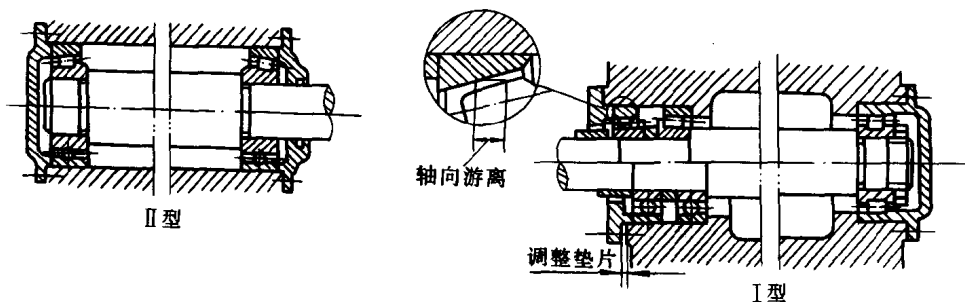


图 24.3-4 轴承装配型式

表 24.3-14 单列角接触球轴承轴向游隙

轴承公称内径 d/mm	允许轴向游隙的范围/ (μm)						I型轴承间允许的距离 (大概值) 见图 24.3-4
	型号 7000 及 S7000			型号 7000			
	分离型及接触角		$\alpha=12^\circ$	$\alpha=25^\circ$ 及 $\alpha=40^\circ$		I型	
	I型	I型					
最小	最大	最小	最大	最小	最大		
~30	20	40	30	50	10	20	8d
>30~50	30	50	40	70	15	30	7d
>50~80	40	70	50	100	20	40	6d
>80~120	50	100	60	150	30	50	5d
>120~180	80	150	100	200	40	70	4d
>180~260	120	200	150	250	50	100	2-3d

表 24.3-15 双列圆锥滚子轴承轴向游隙

轴承公称内径 d/mm	原始轴向游隙/ (μm)							
	型号 350000							
	基本组				辅助组			
	接触度	$\beta=9^\circ\sim 13^\circ$		$13^\circ\sim 17^\circ$		$9^\circ\sim 13^\circ$		$13^\circ\sim 17^\circ$
最小		最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
~80	200	300	150	250	400	500	300	400
>80~120	300	400	200	300	500	700	400	500
>120~180	400	500	300	400	700	900	500	700
>180~260	500	650	350	500	900	1200	700	900
>260~360	650	850	450	600	1200	1500	900	1200
>360~500	800	1000	500	700				
>500~630	950	1200	700	900				
>630~800	1200	1500	800	1000				
>800~1000	1500	1800	1000	1300				

表 24.3-16 双向推力球轴和单向推力球轴承轴向游隙

轴承公称内径 d/mm	允许轴向游隙范围/(μm)			
	型号 51000		型号 52000	
	最小	最大	最小	最大
~50	10	20	20	40
>50~120	20	40	40	60
>120~140	40	60	60	80

表 24.3-17 四列圆锥滚子轴承的轴向游隙

型号 380000			
轴承内径 /mm	轴向游隙 /μm	轴承内径 /mm	轴向游隙 /μm
>120~180	150~250	>500~630	300~400
>180~315	200~300	>630~800	350~450
>315~400	250~350	>800~1000	350~450
>400~500	300~400	>1000~1250	400~500

3.5 滑动轴承的装配

滑动轴承的装配见表 24.3-18。

表 24.3-18 滑动轴承的装配

整体式轴承装配	剖分式轴承装配
<p>1) 将轴承和壳体孔清洗干净,然后在配合表面上涂润滑油</p> <p>2) 根据尺寸大小和过盈量大小,可采用压装法、加热法或冷装法将轴承装入壳体孔内</p> <p>3) 轴承装入壳体时,如果轴承上有油孔,应与壳体上油孔对准</p> <p>4) 装配时,特别要注意,轴承和壳体孔同轴,为此在装配时,尽量采用导向心轴,如图 24.3-5</p> <p>5) 轴承装入后还要定位,如图 24.3-6 当钻骑缝螺纹底孔时,应该用钻模板,否则钻头会向硬度较低的轴承方向偏移</p>	<p>剖分式轴瓦结构见图 24.3-7</p> <p>1) 轴瓦的组合</p> <p>①上、下轴瓦的结合面要接触良好。无论在加工过程或装配组合时,均须用 0.05mm 塞尺从外侧塞入检查,在各处的塞入深度不得大于接合面宽度的 1/3, 否则应配研达到要求</p> <p>②同组加工的上、下轴瓦,应按加工时所作标记,装在同一轴承孔内,上、下轴瓦两端方向应同组合加工时一致</p> <p>2) 瓦口垫片的制做与装配</p> <p>①剪制瓦口垫片,应与瓦口面形状相同,其宽度应小于瓦口面 2mm,长度应小于瓦口面 1mm,而且垫片应平整、无棱刺</p> <p>②瓦口垫片装配时,瓦口两侧的垫片厚度必须一致,垫片与轴颈之间应有 1.5~2mm 间隙,长度方向不能超过瓦口端面</p> <p>3) 轴瓦外圆与相关轴承孔表面的接触</p>

(续)

整体式轴承装配	剖分式轴承装配
<p>6) 轴承孔校正。由于装入壳体后轴承内孔会收缩,所以通常应加大轴承内孔尺寸,轴承(铜件)内孔加大量尺寸见表 24.3-19。轴承装入后,内孔与轴颈之间应能保证适当的间隙。也有在制造轴承时,内孔留精铰量,待轴承装配后,再精铰内孔,保证其配合间隙。</p>	<p>上、下轴瓦装配后应与相关轴承孔接触良好。如图样未作规定则按表 24.3-20 执行</p> <p>4) 轴瓦固定销的装配</p> <p>①轴瓦的定位销孔,应在瓦口面与相关轴承孔的接合平齐的条件下,再进行配钻铰</p> <p>②定位销打入后,应与销子紧密配合,不得有松动现象,销子的端面应低于销孔端面 2~3mm</p> <p>5) 轴瓦内孔的刮研</p> <p>①轴瓦内孔刮研后,应保证装入轴瓦中的相关零件的平行度、直线度、中心距等达到图样要求</p> <p>②轴瓦内孔刮研后,应与相关轴颈接触良好。如图样中未作规定,按表 24.3-21 执行</p> <p>③上、下轴瓦接触角 α 以外的部分均需刮出油楔,楔形以瓦口开始由最大逐渐过渡到零,楔形最大值按表 24.3-22 执行</p> <p>④上、下轴瓦刮研完毕后,装入瓦口垫片组合后,轴瓦内径与轴顶的间隙应符合图样要求,达到间隙配合公差中间值或接近上限值,若图样未规定,顶隙 C 按下列公式计算:</p> $C=0.001D+0.05\text{mm}$ <p>式中 D——轴瓦内孔直径 (mm)</p>

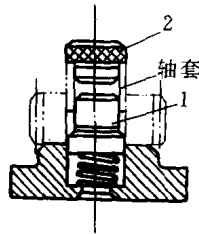


图 24.3-5 用导向轴装配轴承

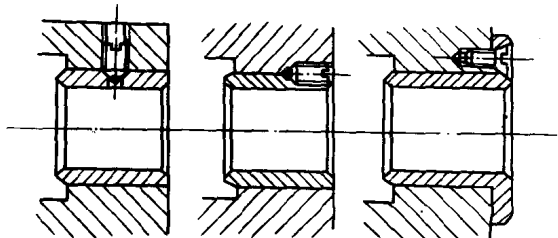


图 24.3-6 轴承定位方式

表 24.3-19 轴承(铜件)内孔加大量尺寸

轴承外径 D	轴承内孔 公差 H8, H9		轴承内孔 公差为 H7	
	r6, s6	k6	r6, s6	k6
	<30~50	0.052	0.020	0.035
>50~80	0.062	0.023	0.045	0.015
>80~100	0.085	0.026	0.060	0.020
>100~120	0.095	0.026	0.070	0.020
>120~150	0.110	0.030	0.080	0.025
>150~180	0.125	0.030	0.095	0.025
>180~220	0.145	0.035	0.115	0.030
>220~260	0.165	0.035	0.135	0.030
>260~310	0.195	0.040	0.160	0.035
>310~360	0.220	0.040	0.185	0.035
>360~440	0.260	0.045	0.220	0.040
>440~500	0.300	0.045	0.260	0.040

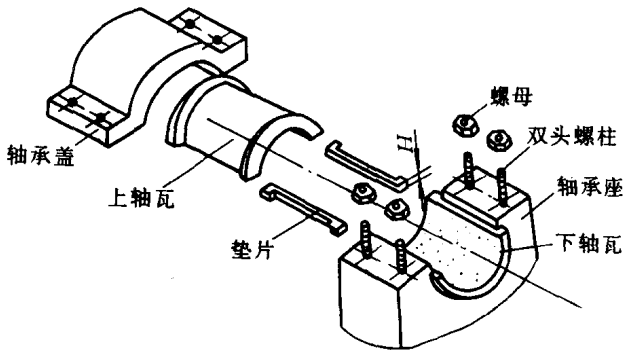


图 24.3-7 剖分式轴承结构

表 24.3-20 上下轴瓦外圆与相关轴孔的接触要求

项目		接触要求	
		上瓦	下瓦
接触角 α	稀油润滑	130°	150°
	油脂润滑	120°	140°
α 角内接触率		60%	70%
瓦侧间隙		$D \leq 200\text{mm}$ 时, 0.005mm 塞尺不准塞入 $D > 200\text{mm}$ 时, 0.10mm 塞尺不准塞入	

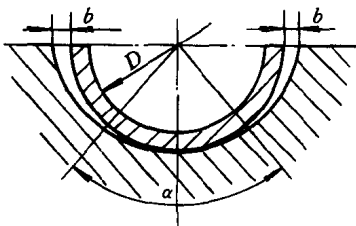
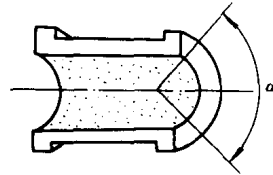


表 24.3-21 上下轴瓦内孔与相关轴颈的接触要求

接触角 α	α 角范围内接触点	点数/(25mm×25mm)			
		轴转速 r/min	轴瓦内径/mm		
稀油 润滑	油脂 润滑	≤ 180	$\leq 180 \sim 360$	$> 360 \sim 500$	
		≤ 300	4	3	2
		$> 300 \sim 500$	5	4	3
120°	90°	$> 500 \sim 1000$	6	5	4
		> 1000	8	6	5

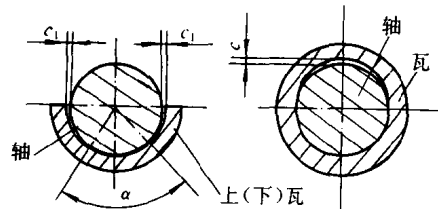


注: 1. 受力较小的轴瓦, 接触点可在 25mm×25mm 面积上按上表数值降 1 点。

2. 接触斑点沿轴心线长度方向, 允许两端斑点痕迹重些, 中间稍轻些。刮削痕迹的方向与轴心线交叉 30°~45°为佳。

表 24.3-22 上下轴瓦油楔尺寸

油楔最大值 C_1	
稀油润滑	$C_1 = C$
油脂润滑	距瓦两端面 10~15mm 范围 $C_1 = C$
	中间部位 $C_1 = 2C$



3.6 螺纹联接的装配

(1) 螺栓、螺柱、螺钉在装配时, 应将螺纹出入端的不完整牙除去。

(2) 规定拧紧力矩的紧固件, 应用力矩扳手如图 24.3-8 紧固, 常见螺母的拧紧力矩见表 24.3-23。

(3) 用双螺母且不使用粘接防松时, 应将薄螺母装在厚螺母之下。

(4) 螺栓与螺母拧紧后, 螺钉头应露出螺母 2~4 牙, 不允许露出过长或过短。

(5) 螺栓与螺母拧紧后, 螺母端面应与被联接件表面均匀接触。

(续)

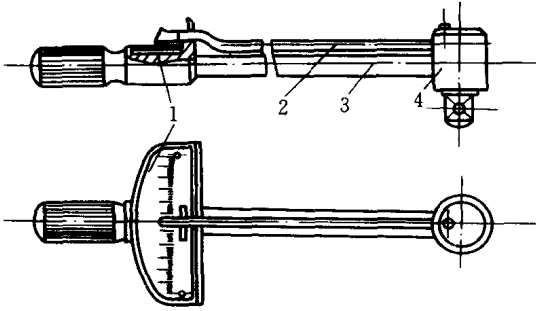


图 24.3-8 力矩扳手

1—读数板 2—指示计 3—扳手杆 4—扳手柄

表 24.3-23 M6-M48 螺母拧紧力矩

螺纹直径 d/mm	螺栓强度级别 ^①			
	4.6	5.6	6.6	10.9
	拧紧力矩/(N·m)			
6	3.5	4.6	5.2	11.6
8	8.4	11.2	12.6	28.1
10	16.7	22.3	25.0	56.0
12	29	39	44	90
14	46	62	70	150
16	72	96	109	240
18	100	133	149	330
20	140	188	212	470
22	190	256	290	640
24	240	325	366	810
27	360	480	540	1190
30	480	650	730	1620
36	850	1130	1270	2820

螺纹直径 d/mm	螺栓强度级别 ^①			
	4.6	5.6	6.6	10.9
	拧紧力矩/(N·m)			
42	1350	1810	2030	4520
48	2030	2710	3050	6770

①螺栓强度级别见 GB38-76, 其方法是: 小数点前的数字为 $\sigma_{bmin}/10$, 小数点后的数字为 $\sigma_{smin}/\sigma_{bmin}$ 或 $\sigma_{0.2}/\sigma_{bmin}$ 。

(6) 沉头螺钉紧固后, 螺钉头应埋入机体内, 不准外露。

(7) 螺栓按一定顺序拧紧, 工件是对称件时, 应按对称顺序拧紧如图 24.3-9, 对于条形联接件, 应从中间向两端拧紧; 如有定位销时, 应从定位销附近开始拧紧。拧紧时, 按顺序以 1/3 的力矩预紧, 然后以 2/3 力矩再拧紧, 最后以要求的力矩全部拧紧。

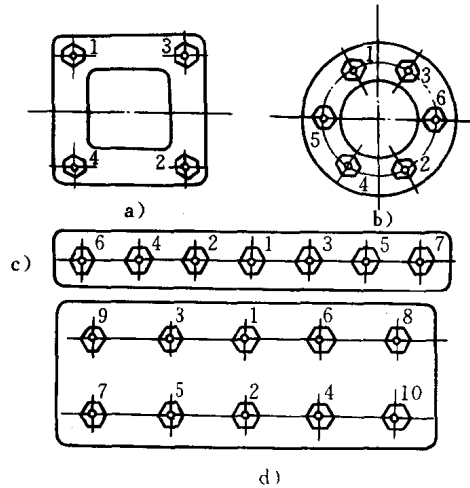


图 24.3-9 螺纹拧紧的顺序

第 4 章 齿轮传动装置总装调试及试验

1 圆柱齿轮传动装置装配、调整

1.1 平行轴圆柱齿轮减速器装配、调整

平行轴圆柱齿轮减速器 (见图 24.4-1) 装配要点:

(1) 减速器机体在装配平台上找水平, 其水平度误差小于 $0.05/1000$, 并将调好的机体用螺栓压板压紧在装配批台上。

(2) 从低速轴到高速轴依次调整各轴组件于机体中各自位置。

(3) 利用调整垫片或通过修磨调整环、修磨端盖、透盖调整各轴轴向间隙, 达到图样要求。

(4) 每对齿轮副中主动轮 4~5 个轮齿齿面均匀涂一层接触斑点显示涂料 (CT-1 涂料用于空负载试验, CT-2 涂料用于负载试验)。

(5) 采用压铅丝的方法, 检测各级齿轮副的齿侧间隙, 要求符合图样规定。

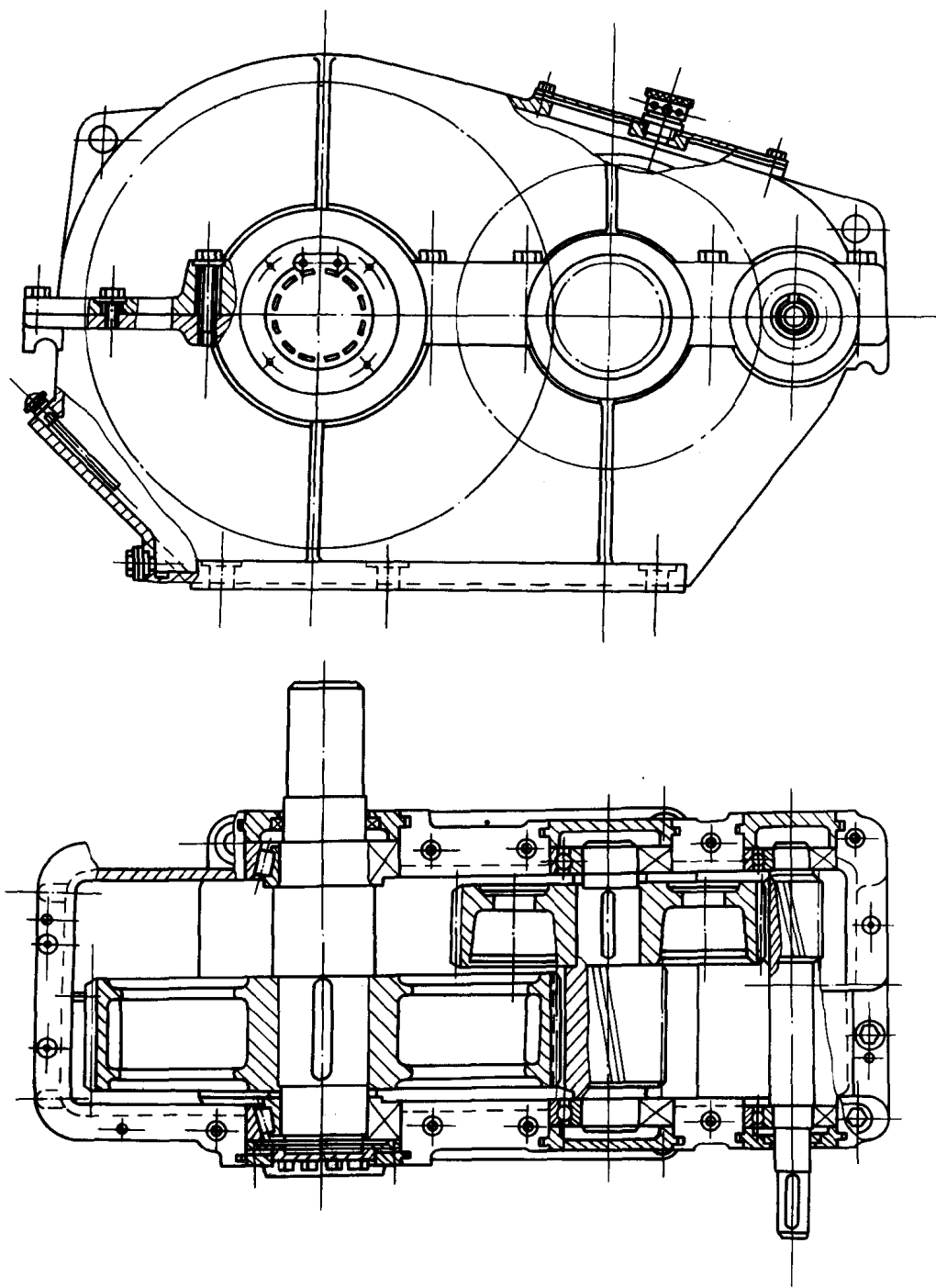


图 24.4-1 平行轴圆柱齿轮减速器

(6)吊装机盖就位,检查结合面的紧密度和边缘的平齐度,要求达到图样规定。

(7)机体、机盖打入定位销,拧紧联接螺栓。装配外部各件,减速器最终装配成套。

1.2 行星齿轮减速器装配、调整

普通行星齿轮减速器见图 24.4-2。

1. 输入轴装配(见图 24.4-3)

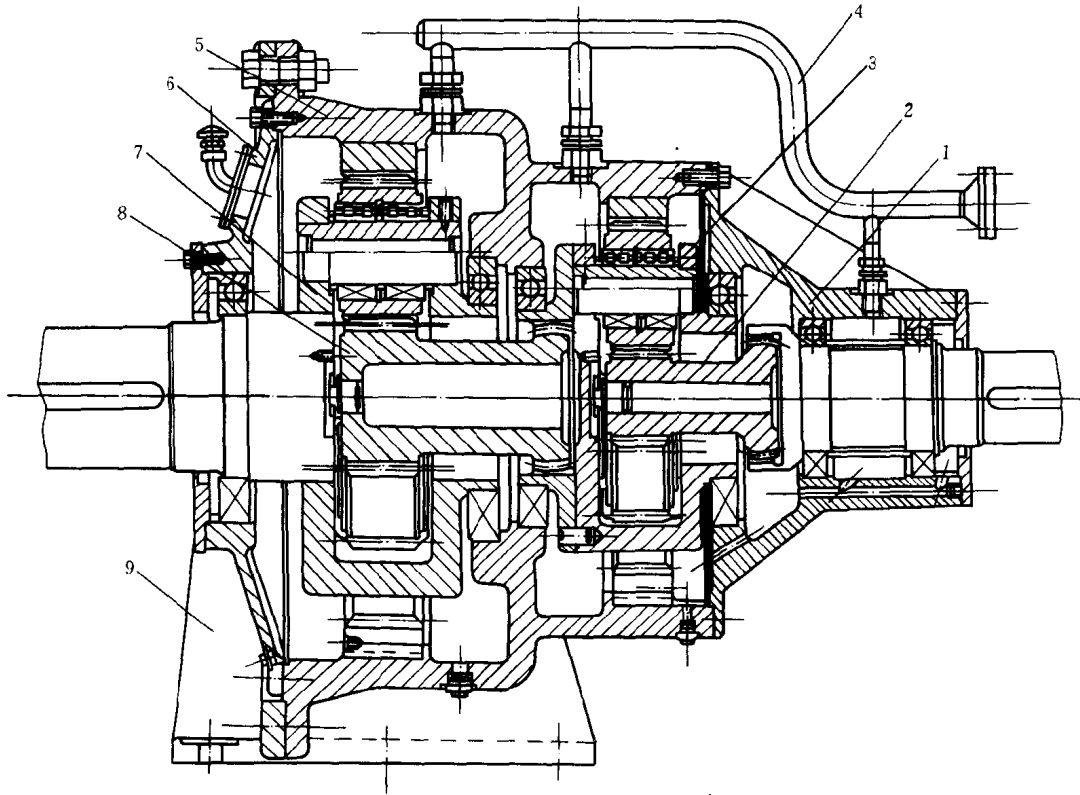


图 24.4-2 行星齿轮减速器

1—输入轴装置 2—太阳轮 I 3—高速转架 4—润滑管路 5—机体
6—后机盖装置 7—输出转架 8—太阳轮 II 9—底座

样要求。

- (2) 序号 3 螺塞缠生料密封胶带。
 - (3) 序号 2 隔套油孔装入对位正确。
2. 输入行星架装配 (见图 24.4-4)

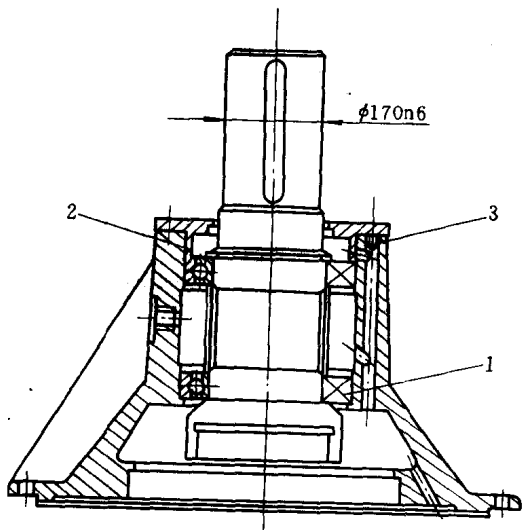


图 24.4-3 输入轴装置

1—轴承 2—隔套 3—螺塞

(1) 序号 1 轴承外圈与其配合件预装检查, 加热温度 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$, 轴向间隙通过修磨序号 2 隔套达到图

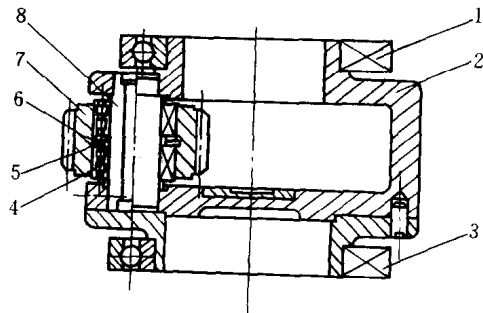


图 24.4-4 输入行星架装置

1—轴承 2—转架 3—轴承 4—轴承
5—内隔环 6—外隔环 7—行星轮 8—行星轮轴

(1) 将转架体 2 首先按图样要求作静平衡试验。