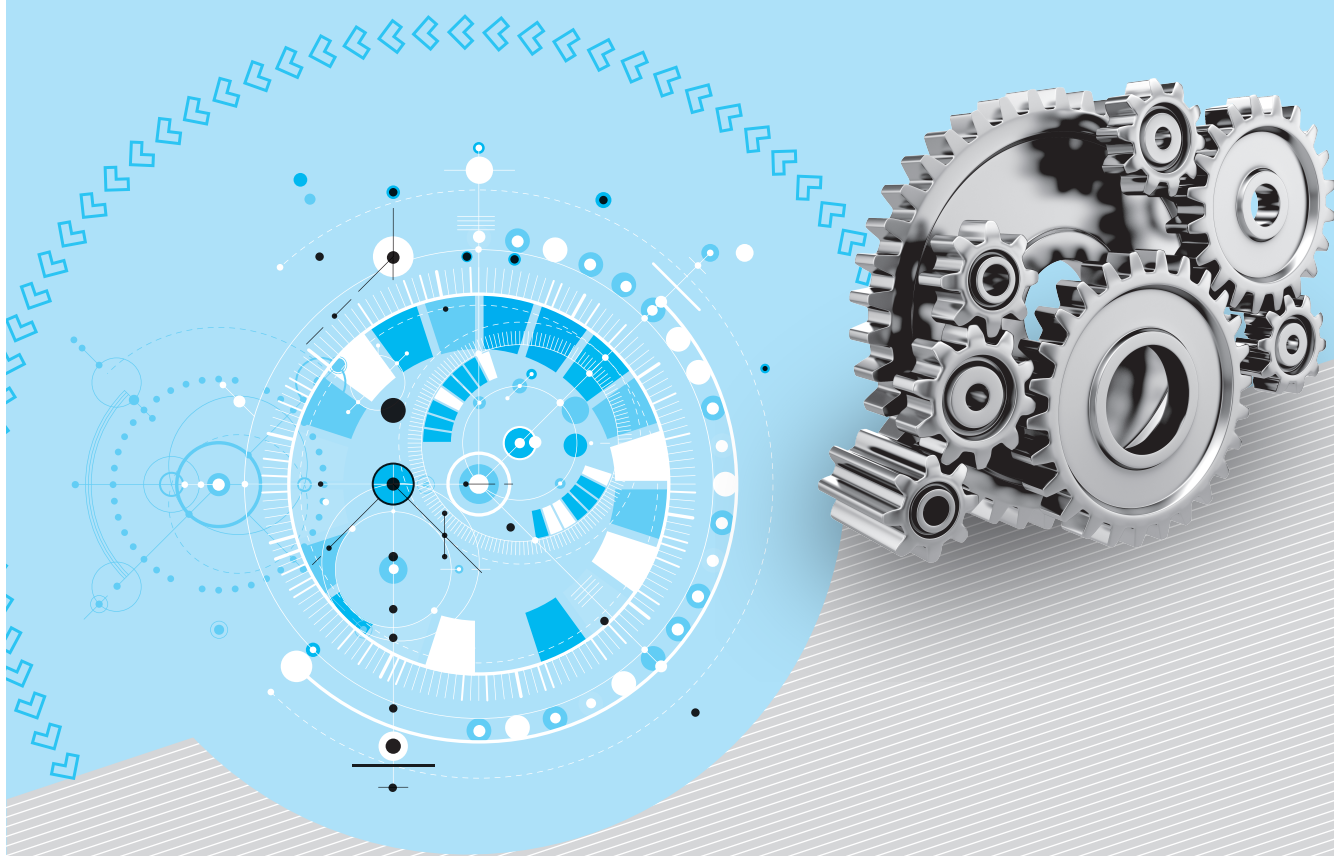




中等职业学校机械系列教材
中等职业教育新形态一体化教材

机械装调 技能实训

主编 杨 忠



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书除绪论外设置了变速箱的装调、二维工作台的装调、齿轮减速器的装调、分度转盘的装调、自动冲床机构的装调和机械传动的安装与调整共 6 个任务。

本书可作为中等职业教育机电设备类和自动化类各专业的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械装调技能实训 / 杨忠主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2022. 12(2023. 3 重印)

ISBN 978-7-313-26991-1

I. ①机… II. ①杨… III. ①机械设备—装配(机械)
—职业教育—教材 ②机械设备—调试—职业教育—教材
IV. ①TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 223419 号

机械装调技能实训

JIXIE ZHUANGTIAO JINENG SHIXUN

主 编: 杨 忠

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 三河市骏杰印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

字 数: 148 千字

版 次: 2022 年 12 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-26991-1

定 价: 39.80 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 8.5(插页 18)

印 次: 2023 年 3 月第 2 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0316-3662258

编审委员会

主 编 杨 忠

副主编 张建平 孙淑玲

编 委 吴伟华 崔淑春 张立武 吴东兴 刘凤超

主 审 张铁庄 李国勇



Preface

本书是根据中等职业教育人才培养的要求,按照教育部制定的《中等职业学校机电技术应用专业教学标准(试行)》中对“机械拆装技能实训”课程的要求,借鉴德国“双元制”职业教育的先进经验,由中等职业学校的教师和企业的工程技术人员,通过社会调研对企业人才需求加以分析,参照《钳工国家职业技能标准(2020 年版)》编写而成的。

本书按照机械装调的真实工作过程,以工作任务为引领,以机械传动技术实训装置为基础,选取与职业活动紧密相关的典型拆装训练任务为教学内容,设置了变速箱的装调、二维工作台的装调、齿轮减速器的装调、分度转盘的装调、自动冲床机构的装调和机械传动的安装与调整 6 个任务。本书在内容编排上,采用任务驱动式教学法,兼顾理论与实践,将工作任务细分为任务目标—任务导入—任务分析—任务实施—任务评价—任务小结 6 个模块。

本书采用以技能训练为主线,以相关知识为支撑的编写思路,较好地处理了理论教学和技能训练的关系,切实落实了“实用、够用”的指导思想,紧密联系生产实际和国家职业技能标准相关工种的要求,体现科学性、实用性和先进性。

本书具有以下特点:

(1)编写模式新颖,内容体系体现中职特色。本书贯彻“以服务为宗旨,以就业为导向”的职业教育方针,打破“章、节”编写模式,建立以“工作项目为引导,工作任务为驱动,行动体系为框架”的内容体系。本书紧紧围绕学生关键能力的培养组织内容,在确保理论知识实用、



够用的基础上,融合钳工工艺学和机械基础等知识,以培养学生具备满足机械加工岗位要求的工作能力。

(2)采用任务驱动式教学法,激发学生对实训的兴趣。各任务由浅入深,层层分析,将理论与实践、知识与技能有机地融为一体,强调“学习内容是工作,通过工作实现学习目标”,从而达到“做中学,学中做,学会工作”的目的,培养学生分析问题、解决问题的能力,极大地提高学生的自主性。

(3)本书符合教学标准的要求,积极吸收职业教育课程改革的各方面成果,以“立德树人,劳动教育,提升职业素养”为宗旨,充分体现“加强针对性,注重实用性,拓宽知识面”的原则,力求达到因材施教、分层教学的目的。

(4)本书配有电子课件、微课视频等配套数字资源,扫描书中二维码即可获得相关学习资源。

本书除绪论外共有 6 个任务,建议总学时为 170 学时,各任务建议学时如下:

课 程 内 容	建 议 学 时
绪论	4
任务一 变速箱的装调	16
任务二 二维工作台的装调	40
任务三 齿轮减速器的装调	30
任务四 分度转盘的装调	40
任务五 自动冲床机构的装调	20
任务六 机械传动的安装与调整	20
合计	170

本书由河北省玉田县职业技术教育中心杨忠任主编,张建平、孙淑玲任副主编,参与编写的还有吴伟华、崔淑春、张立武、吴东兴、刘凤超(玉田县炬兴印刷包装机械制造有限公司)。全书由河北省



玉田县职业技术教育中心张铁庄和河北天越激光再制造科技有限公司李国勇主审,在此表示诚挚感谢!

由于编者水平有限,书中存在的不足之处,敬请读者批评指正。

编 者





目录 Contents

绪 论

1

任务一 变速箱的装调

8

任务二 二维工作台的装调

45

任务三 齿轮减速器的装调

63

任务四 分度转盘的装调

81

任务五 自动冲床机构的装调

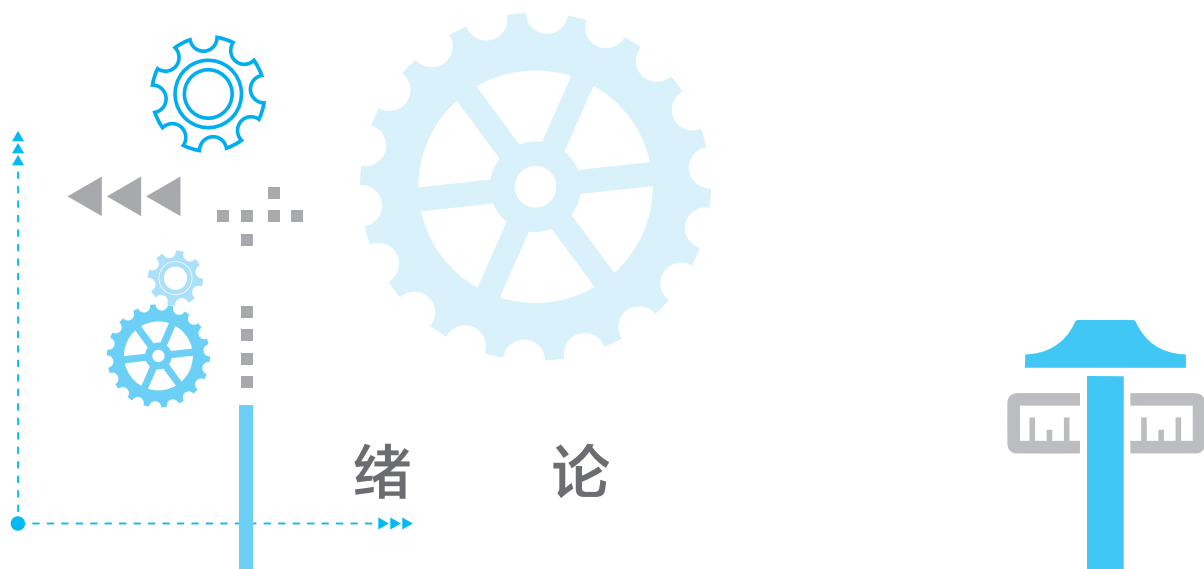
96

任务六 机械传动的安装与调整

106

参考文献

125



绪论





一、装配的概念

机械产品一般由许多零件和部件组成。零件是构成机器(或产品)的最小单元。两个或两个以上零件结合成机器的一部分,称为部件。按规定的技术要求,将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品的工艺过程,称为装配。最先进入装配的零件或部件称为装配基准件。直接进入总装的部件称为组件。直接进入组件装配的部件称为分组件。可以独立进行装配的部件(组件、分组件)称为装配单元。装配是机械制造过程的最后阶段,故而在机械产品制造过程中占有非常重要的地位,装配工作的好坏对产品质量起着决定性作用。

二、装配工艺过程

1. 装配前的准备工作

(1)研究和熟悉产品装配图、工艺文件及技术要求,了解产品的结构、各零部件的作用以及相互连接关系。

(2)确定装配方法、顺序和准备所需要的工具。

(3)对装配零件进行清理和清洗,去除零件上的毛刺、铁锈、油污等。

(4)检查零件的加工质量,对某些零件进行必要的平衡试验或密封性试验等。

2. 装配工作

装配工作通常分为部件装配和总装配。把零件装配成部件的过程,称为部件装配。把零件和部件装配成最终产品的过程,称为总装配。

3. 调整、精度检验、试车和涂装

(1)调整。调节零件或机构的相互位置、配合间隙、结合面松紧等,目的是使机构或机器工作协调。如轴承间隙、蜗轮轴向位置的调整。

(2)精度检验。精度检验包括几何精度检验和工作精度检验等。几何精度检验通常是指形状和位置精度检验,如车床总装后检验主轴中心线与床身导轨的平行度等。工作精度检验一般指切削试验,如车床进行车外圆或车端面试验。

(3)试车。试验机构或机器运转的灵活性、密封性、振动、工作温度、噪声、转速、功率等性能参数是否符合要求。



(4)涂装。涂油、装箱。目的是使装配后的产品美观、防锈和便于运输。

三、装配的组织形式

装配的组织形式随着生产类型、产品复杂程度和技术要求的不同而不同,一般分为固定式装配和移动式装配两种。

1. 固定式装配

固定式装配是指将产品或部件的全部装配工作安排在一个固定的工作地点进行。在装配过程中产品的位置不变,装配所需要的零件和部件都汇集在工作地点附近,主要应用于单件或小批量生产中。

2. 移动式装配

移动式装配是指工作对象(部件或组件)在装配过程中有顺序地由一个(或一组)工人手中转移到另一个(或一组)工人手中,即所谓的流水装配法。移动装配时,常利用传送带、滚道或地面传输线运送装配对象。每个工作地点由一个工人或一组工人重复地完成固定的工作内容,并且广泛地使用专用设备、专用工具和采用互换性原则,因此装配质量好,生产效率高,是一种先进的装配组织形式,适用于大量生产,如汽车、拖拉机的装配。

四、装配工艺规程

1. 装配工艺规程及作用

装配工艺规程是规定产品及部件的装配顺序、装配方法、装配技术要求和检验方法以及装配所需的设备、工装夹具、时间定额等的技术文件。它是提高产品装配质量和效率的必要措施,也是组织装配生产的重要依据。

2. 编制装配工艺规程的方法和步骤

1)分析产品

研究产品装配图、装配技术要求及相关资料,了解产品的结构特点和工作性能,确定装配方法;根据企业的生产设备、规模等决定装配的组织形式。

2)确定装配顺序

通过工艺性分析,将产品分解成若干可独立装配的组件和分组件,即装配单元,如图 0-1 所示。



3) 绘制装配单元系统图

装配单元的划分及其装配顺序的示意图称为装配单元系统图。装配单元系统图的绘制方法如下:

(1) 画一条横线,在横线左端画出代表基准件的长方格,在横线右端画出代表产品的长方格。

(2) 按装配顺序从左向右将代表直接装到产品上的零件或组件的长方格从横线引出,零件画在横线上面,组件画在横线下面,长方格内注明零件或组件的名称、编号和件数。

(3) 用同样的方法把每个组件及分组件的系统图展开画出。

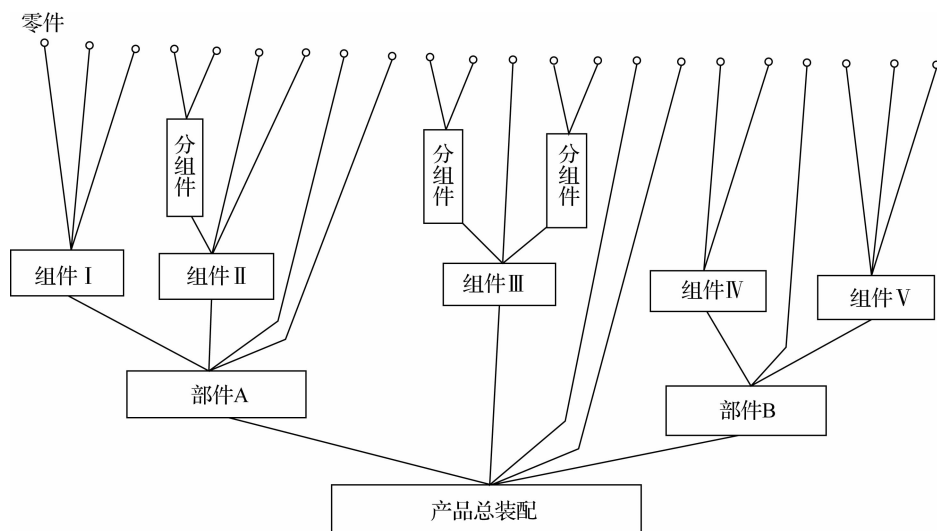


图 0-1 装配顺序

4) 划分工序及工步

根据装配单元系统图,将整机或部件的装配工作划分成若干工序和工步。

一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。

在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序称为工步。

装配工作一般由若干个装配工序组成,一个装配工序可以包括一个或几个装配工步。如锥齿轮轴组件装配可分成锥齿轮分组件、轴承套分组件、轴承盖分组件的装配和锥齿轮轴组件总装配四道工序。



5) 编写装配工艺文件

主要是编写装配工艺卡片,它包含完成装配工艺过程所必需的一切资料。单件小批生产时,无须编制装配工艺卡片,工人按照装配图和装配单元系统图进行装配。

五、装配方法

通过尺寸链分析可知,封闭环公差等于各组成环公差之和,因此装配精度直接取决于零件制造公差。但如果零件制造精度过高,将造成零件难以加工或生产成本增加。这就需要在装配时采取合理的工艺措施,如对工件进行测量和挑选,对某一装配件进行修配,调整装配件的正确位置等,从而既能使零件制造精度降低,又能保证装配要求。所以零件制造精度是保证装配精度的基础,但装配精度并不完全依赖于零件制造精度。

为正确处理装配精度与零件制造精度的关系,妥善解决生产的经济性与使用要求之间的矛盾,生产中采用了不同的装配方法。常用的有完全互换装配法、分组选配法、修配法和调整装配法。

1. 完全互换装配法

在装配时各配合零件不经修理、选择或调整即可达到装配精度的方法,称为完全互换装配法。此方法装配方便,生产效率高,适用于组成环数少、精度要求不高的场合或大批量生产中。

2. 分组选配法

分组选配法是在成批或大量生产中,将产品各配合件按实测尺寸分组,装配时按组进行互换装配以达到装配精度的方法。这种装配方法的配合精度取决于分组数,增加分组数可以提高装配精度,适用于大批量生产中装配精度要求很高、组成环数较少的场合。

3. 修配法

装配时修去指定零件上的预留修配量,以达到装配精度的方法,称为修配法。此方法装配周期长、效率低,适用于单件、小批量生产以及装配精度要求高的场合。





4. 调整装配法

在装配时改变产品中可调整零件的相对位置或选用合适的调整件以达到装配精度的方法,称为调整装配法。一般采用斜面、锥面、螺纹等方式移动可调整零件的位置;采用垫片、垫圈、套筒等调整件控制尺寸。调整装配法调整和维修方便,生产率低,除必须采用分组装配的精密配件外,可用于各种装配场合。

调整装配法主要有可动调整法和固定调整法两种装配方法。

1) 可动调整法

改变零件位置来达到装配精度的方法,称为可动调整法。采用可动调整法可以调整由磨损、热变形、弹性变形等引起的误差。

2) 固定调整法

在尺寸链中选定一个或加入一个零件作为调整环,通过改变调整环尺寸,使封闭环达到精度要求的方法,称为固定调整法。作为调整环的零件是按一定尺寸间隔制成的一组专用零件,装配时根据需要选用其中一种做补偿件,从而保证所需的装配精度。

六、课程目标

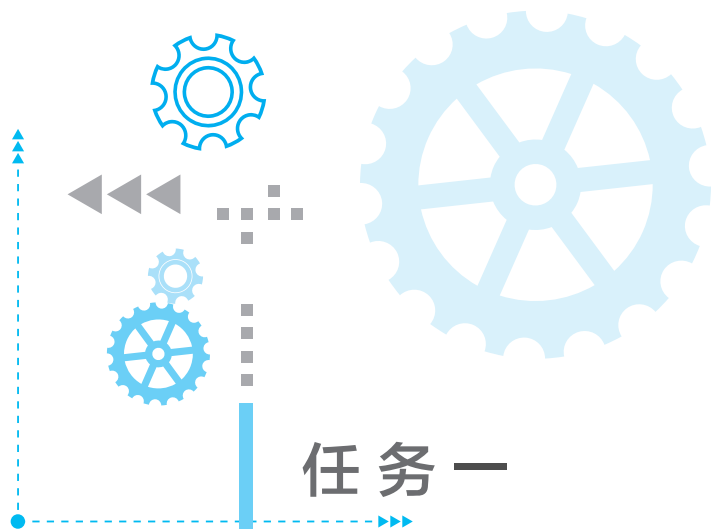
机械装调技能实训是机械制造技术专业的一门专业课程,是一门融钳工工艺理论与技能操作于一体,在实训台上对各总成进行装配及调试的实践课程,具有直接学习、直接实践的特点。通过本课程的学习,使学生熟悉机械装配与维修的基础知识,掌握常见的固定连接、传动机构、轴承等方面的基础理论知识和装调技能,具备对设备故障的分析能力,并能完成相关机构的装拆与调整,养成严谨、细致、一丝不苟的工作作风和工作态度,为解决生产实际问题和促进职业生涯的发展打下坚实的基础。

在制造业飞速发展的背景下,占有制造技术制高点,就对制造技术有主动权。机械制造技术是制造业的根本技术,无论是航空、船舶还是其他领域,都紧缺优秀的机械制造技术人才。国家强调全面推进实施制造强国战略的部署,就是为了避免在国际竞争中受制于人。因此,在课程建设过程中,要秉承立德树人的教学理念,将专业知识和课程思政有机统一;在实训实习中,要促进“教书”与“育人”的有机结合,将思想政治教育融入各环节、各方面,除了培养学生不断精进专业技术水



平和加强钳加工方面的核心专业能力外,还要激发学生的责任意识和工匠精神,培养学生的爱国主义精神、精益求精的执着精神、严谨细致的工作态度以及赶超时代的创新精神。





任务一

变速箱的装调



任务目标

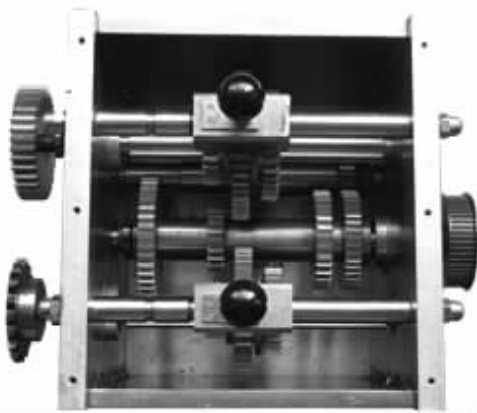
- ④ 培养学生的识图能力。
- ④ 加强对装配工艺的重视。
- ④ 掌握变速箱的装配方法,能够根据机械设备的技术要求按工艺过程进行装配,并达到技术要求。





任务导入

变速箱实物如图 1-1 所示,其装配图如图 1-2 所示。要求:完成变速箱的装调。



视频
变速箱装配

图 1-1 变速箱实物



任务分析

图 1-1 所示变速箱具有双轴三级变速输出,其中一轴输出带正反转功能,顶部用有机玻璃防护。其主要由箱体、齿轮、花键轴、套筒、键、角接触轴承、深沟球轴承、卡簧、端盖、手动换挡机构等组成,可完成多级变速箱的装配工艺实训。

一、装拆工具

1. 螺钉旋具

(1)一字螺钉旋具。一字螺钉旋具用于旋紧或松开头部为一字槽的螺钉,由柄部、刀体和刃口组成,如图 1-3 所示。

(2)十字螺钉旋具。十字螺钉旋具主要用于装拆头部带十字槽的螺钉,其优点是旋具不易从槽中滑出,如图 1-4 所示。

2. 钳子

(1)钢丝钳。钢丝钳是一种夹钳和剪切工具,如图 1-5 所示。其由钳头和钳柄组成,钳头包括钳口、齿口、刀口和侧口。常用的钢丝钳有 150 mm、175 mm、200 mm 和 250 mm 等规格。

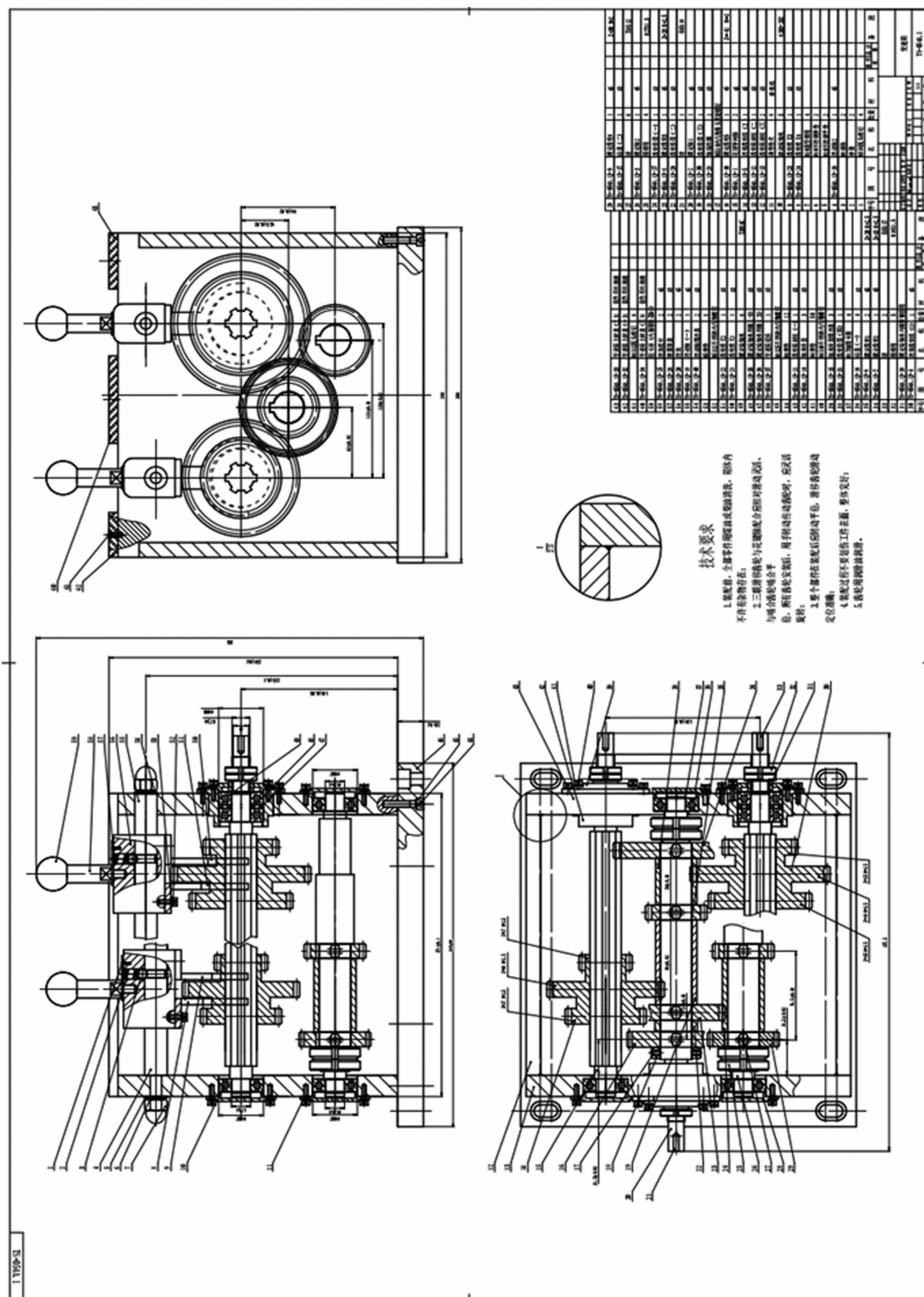


图 1-2 变速箱装配图(限于页面尺寸,仅整体示意,清晰图见插图)



图 1-3 一字螺钉旋具



图 1-4 十字螺钉旋具

(2)尖嘴钳。尖嘴钳又称修口钳,如图 1-6 所示。尖嘴钳由尖头、刀口和钳柄组成,主要用于在狭小空间夹持工件或零件。



图 1-5 钢 丝 钳



图 1-6 尖 嘴 钳

(3)挡圈钳。挡圈钳主要用于装拆起轴向定位作用的弹性挡圈(见图 1-7),分为轴用挡圈钳和孔用挡圈钳两种,如图 1-8 所示。轴用挡圈钳在手把握紧时钳口张开;孔用挡圈钳则相反。



图 1-7 弹 性 挡 圈

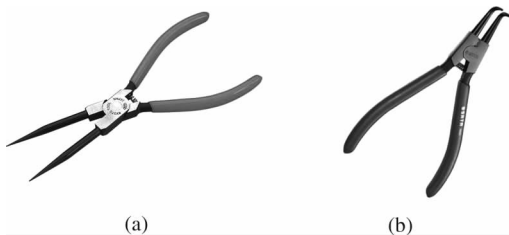


图 1-8 挡 圈 钳

(a)轴用挡圈钳;(b)孔用挡圈钳

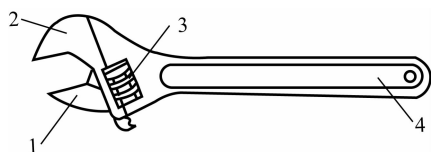
3. 扳手

(1)活动扳手。活动扳手由扳手手柄、固定钳口、活动钳口和蜗杆组成,如图 1-9 所示。其钳口尺寸能在一定范围内调节。使用活动扳手时应让固定钳口受主要作



用力,否则容易损坏扳手。钳口的尺寸应适合螺母的尺寸,否则会扳坏螺母。不同规格的螺母(或螺钉)应选用相应规格的活动扳手。扳手手柄的长度不可任意接长,以免拧紧力矩太大而损坏扳手或螺母、螺钉。活动扳手的工作效率不高,活动钳口容易歪斜,往往会损伤螺母或螺钉的头部。

(2)呆扳手。呆扳手如图 1-10 所示,用于装拆六角形或四方头的螺母或螺钉,有单头和双头之分。它的开口尺寸是与螺母或螺钉的对边间距的尺寸相适应的,并按标准尺寸做成一套,常用的有 10 件一套的双头呆扳手。



1—活动钳口; 2—固定钳口; 3—蜗杆; 4—扳手手柄。

图 1-9 活动扳手

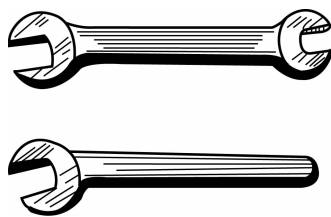


图 1-10 呆扳手

(3)成套套筒扳手。成套套筒扳手如图 1-11 所示,由一套尺寸不等的梅花套筒组成,使用时,弓形的手柄可连续转动,工作效率高。

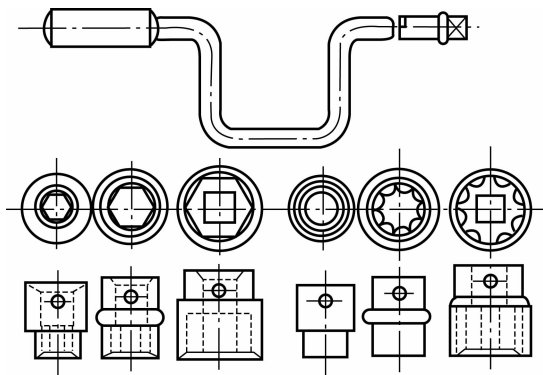


图 1-11 成套套筒扳手

(4)内六角扳手。内六角扳手如图 1-12 所示,用于装拆内六角头螺钉。成套的内六角扳手可供装拆 M4~M30 的内六角头螺钉。

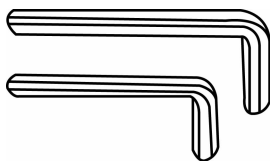


图 1-12 内六角扳手



(5)钩形扳手。钩形扳手专门用于锁紧各种结构的圆螺母,如图 1-13 所示。



图 1-13 钩形扳手和圆螺母

4. 拉拔器

拉拔器又称拉马,常用于拆卸轴承、齿轮和链轮等,如图 1-14 所示。



图 1-14 拉 拔 器

二、相关理论知识

1. 齿轮传动

齿轮传动是利用齿轮副来传递运动和(或)动力的机械传动。

1) 齿轮传动的类型

齿轮传动的类型很多,根据齿轮传动轴线的相对位置,可将齿轮传动分为平面齿轮传动(两轴平行)与空间齿轮传动(两轴交叉或交错)两类。

(1)平面齿轮传动。平面齿轮传动有直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、人字齿圆柱齿轮传动、外啮合齿轮传动、内啮合齿轮传动和齿轮齿条传动。

①直齿圆柱齿轮传动。直齿圆柱齿轮如图 1-15 所示。标准直齿圆柱齿轮的压力角 $\alpha=20^\circ$,受力方向是径向。直齿圆柱齿轮传动多用于直齿轮减速器、车床传动等。

②斜齿圆柱齿轮传动。斜齿圆柱齿轮如图 1-16 所示,其旋向如图 1-17 所示,将齿轮轴线垂直放置,轮齿自左至右上升者为右旋,反之为左旋。



图 1-15 直齿圆柱齿轮



图 1-16 斜齿圆柱齿轮

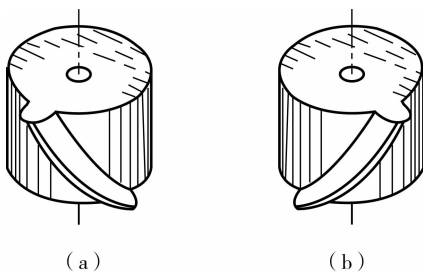


图 1-17 斜齿圆柱齿轮的旋向

(a)左旋; (b)右旋

与直齿圆柱齿轮传动相比,斜齿圆柱齿轮传动重合度大,承载能力更强,传动更平稳,适用于高速重载的重要传动,但在传动时会产生轴向分力。如图 1-18(a)所示,一对直齿圆柱齿轮啮合传动时,因为轮齿平行于齿轮的轴线,在齿面上形成的接触线是平行于轴线的直线,所以全齿宽是同时进入啮合又同时退出啮合的。当传递载荷时,轮齿开始啮合是突然承受载荷,退出啮合是突然卸掉载荷,因此传动平稳性差,容易产生冲击和噪声,且速度越高越显著。如图 1-18(b)所示,一对斜齿圆柱齿轮啮合传动时,因为轮齿是倾斜的,齿廓是逐渐进入啮合又逐渐退出啮合的,所以在

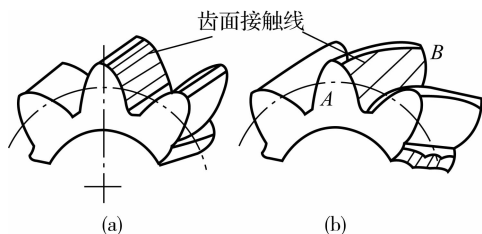


图 1-18 圆柱齿轮啮合传动的特点

(a)直齿圆柱齿轮; (b)斜齿圆柱齿轮

齿面上形成的接触线是倾斜的,且接触线由零逐渐增长而后再逐渐缩短至零。当轮齿开始啮合时,整个轮齿不是突然承受载荷,退出啮合时也不是突然卸掉载荷。此外,当轮齿在 A 端开始啮合时, B 端尚未啮合,而当 A 端脱离啮合时, B 端还在啮合,后面的一对轮齿又进入啮合,所以同时啮合的轮齿



对较多,因此传动更平稳。但在传动时会产生轴向分力,需要安装能承受轴向力的轴承,导致支座结构较复杂。

斜齿圆柱齿轮正确啮合的条件如下:

- a. 法面模数(法向齿距除以圆周率 π 所得的商)相等,即 $m_{n1}=m_{n2}=m$ 。
- b. 法面压力角(法平面内,端面齿廓与分度圆交点处的压力角)相等,即 $\alpha_{n1}=\alpha_{n2}=\alpha$ 。
- c. 螺旋角相等、旋向相反,即 $\beta_1=-\beta_2$ 。

③人字齿圆柱齿轮传动。人字齿圆柱齿轮传动如图 1-19 所示。人字齿圆柱齿轮传动具有承载能力高、传动平稳和轴承载荷小等一系列优点,在重型机械的传动系统中获得了广泛的应用。

④外啮合齿轮传动。外啮合齿轮传动如图 1-20 所示,两个外齿轮相啮合,两轮的转向相反,多用于外啮合齿轮泵、车床各级轴之间的传动等。

⑤内啮合齿轮传动。内啮合齿轮传动如图 1-21 所示,一个大的内齿轮和一个小的外齿轮相啮合,两轮的转向相同,多用于需要同向转动的两轴之间的连接,如内啮合齿轮辅助泵等。



图 1-19 人字齿圆柱齿轮传动



图 1-20 外啮合齿轮传动



图 1-21 内啮合齿轮传动

轮齿分布在圆上的齿轮称为内齿轮。图 1-22 所示为直齿圆柱内齿轮,齿顶圆小于分度圆,齿根圆大于分度圆,齿廓是内凹的,齿厚和齿槽宽分别对应于外齿轮的齿槽宽和齿厚。为了使内齿轮齿顶的齿廓全部为渐开线,其齿顶圆必须大于基圆。

与外啮合齿轮传动相比,内啮合齿轮传动具有结构紧凑、体积小、承载能力高等优点,因而在行星齿轮传动机构中获得广泛应用。

⑥齿轮齿条传动。齿轮齿条传动如图 1-23 所示。齿条分为直齿齿条和斜齿齿条,分别与直齿圆柱齿轮和斜齿圆柱齿轮配对使用。齿轮齿条传动适用于快速、精准的定位机构,重负荷、高精度、高刚性、高速度和长行程的 CNC 机床、加工中心、切



割机械、焊接机械等,以及工厂自动化快速移栽机械、工业机器人手臂抓取机构等,如齿条齿轮千斤顶、齿轮齿条钻机、齿轮齿条活塞执行机构等。

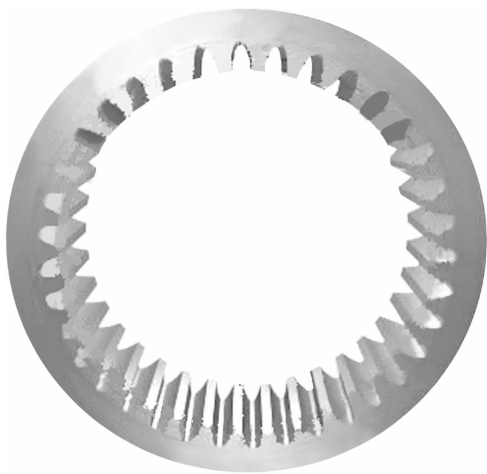


图 1-22 直齿圆柱内齿轮

当齿轮的齿数增加到无穷多时,其圆心位于无穷远处,齿轮上的基圆、分度圆、齿顶圆等各圆成为基线、分度线、齿顶线等互相平行的直线,渐开线齿廓也变成直线齿廓,齿轮即演化成为齿条,如图 1-24 所示。



图 1-23 齿轮齿条传动

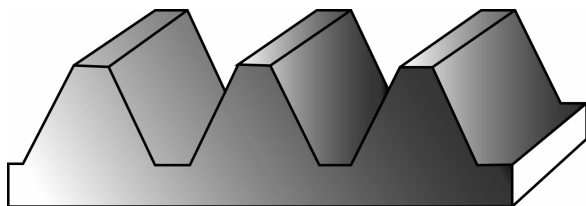


图 1-24 齿条

齿轮齿条的工作原理是将齿轮的回转运动转变为齿条的往复直线运动,或将齿条的往复直线运动转变为齿轮的回转运动。齿条同侧齿廓为平行线,在与齿顶线平行的任一直线上具有相同的齿距。齿条直线齿廓上各点具有相同的压力角,一般为标准值。当齿轮齿条标准安装时,齿轮分度圆与齿条分度线重合,啮合角等于压力角;齿轮以角速度转动,带动齿条以线速度直线移动。

(2)空间齿轮传动。空间齿轮传动有圆锥齿轮传动、准双曲面齿轮传动和交错轴斜齿轮传动。



①圆锥齿轮传动。圆锥齿轮传动如图 1-25 所示,是用于传递空间两相交轴之间的运动和动力的一种齿轮机构。两轴的夹角(轴间角 Σ)可由工作要求确定,生产中广泛应用的是轴间角 $\Sigma=90^\circ$ 的直齿圆锥齿轮传动,如图 1-26 所示。



图 1-25 圆锥齿轮传动

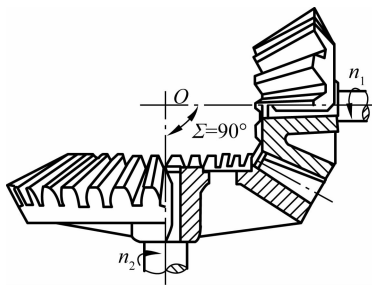


图 1-26 轴间角 $\Sigma=90^\circ$ 的直齿圆锥齿轮传动

圆锥齿轮的轮齿均匀分布在一个截圆锥体上,齿形从大端到小端逐渐收缩,有直齿、斜齿和曲齿三种。直齿和斜齿圆锥齿轮设计、制造及安装均较简单,但噪声较大,适用于低速($<5\text{ m/s}$)轻载传动;曲齿圆锥齿轮传动平稳,承载能力强,常用于高速重载传动。

为了计算和测量方便,直齿圆锥齿轮的主要参数和几何尺寸以大端为依据,即以大端的模数为标准值。压力角 $\alpha=20^\circ$,齿顶高系数为 1,顶隙系数为 0.2。

标准直齿圆锥齿轮传动正确啮合的条件是两齿轮的大端端面模数相等,大端压力角相等。

②准双曲面齿轮传动。准双曲面齿轮传动如图 1-27 所示,它是一种特殊的锥齿轮传动机构,与普通锥齿轮传动机构相比,其重合度大,传动平稳,冲击和噪声小,在汽车主齿轮减速器中得到广泛的应用,可起到降低汽车的重心、提高承载能力和延长汽车使用寿命的作用。



图 1-27 准双曲面齿轮传动



图 1-28 交错轴斜齿轮传动

③交错轴斜齿轮传动。交错轴斜齿轮传动如图 1-28 所示,其可以传递既不平行又不相交的两轴之间的运动和动力,因而被广泛应用,如交错轴斜齿轮减速器等。

2) 齿轮传动的传动比与应用特点

(1)传动比。齿轮传动的传动比是主动齿轮转速与从动齿轮转速之比,也等于两齿轮齿数之反比,即

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

式中, n_1 、 n_2 分别为主、从动齿轮的转速, r/min; z_1 、 z_2 分别为主、从动齿轮的齿数。

(2)应用特点。优点是能保证瞬时传动比恒定,工作可靠性高,传递运动准确可靠;传递的功率和圆周速度范围较宽,结构紧凑,可实现较大的传动比;传动效率高,使用寿命长,维护简便。缺点是运转过程中有振动、冲击和噪声,齿轮安装要求较高,不能实现无级变速,不适宜用在中心距较大的场合。

3) 渐开线及渐开线齿廓

(1)渐开线的形成。动直线沿着一固定的圆做纯滚动时,此动直线上任一点 K 的运动轨迹 CK 称为渐开线,该圆称为渐开线的基圆,其半径以 r_b 表示,该动直线称为渐开线的发生线,如图 1-29 所示。

渐开线齿轮是以同一个基圆上产生的两条反向渐开线为齿廓的齿轮。

(2)渐开线齿廓的性质。

①发生线在基圆上滚过的线段长等于基圆上被滚过的弧长,因为是纯滚动而无滑动,所以 $NK = NC$ 。

②渐开线上任意一点的法线必切于基圆。发生线上的 NK 一定与渐开线上 K 点处的切线相垂直,所以 NK 是渐开线上 K 点的法线。又因为发生线上的 NK 是与基圆相切的,所以渐开线上任意点的法线必与基圆相切。

③渐开线的形状取决于基圆的大小。基圆相同,渐开线形状完全相同。基圆越小,渐开线越弯曲;基圆越大,渐开线越趋于平直。当基圆半径趋于无穷大时,渐开

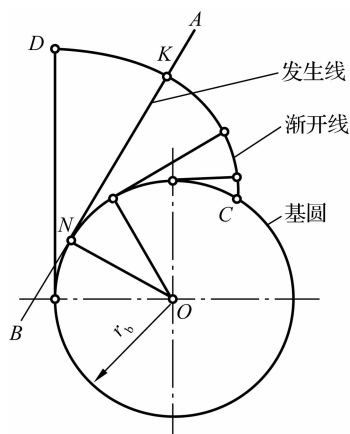


图 1-29 渐开线的形成

线形成一直线,则齿轮成为齿条。

④渐开线上各点的曲率半径不相等。 NK 为渐开线上 K 点的曲率半径, K 点离基圆越远,其曲率半径越大、曲率越小,渐开线越趋于平直。反之则曲率半径越小,曲率越大,渐开线越弯曲。基圆上点的曲率半径为零。

⑤渐开线上各点的压力角不等。压力角是作用力方向与运动方向的夹角,渐开线齿廓在不同半径处的压力角是不同的,规定标准齿轮分度圆上的压力角 $\alpha=20^\circ$ 。

⑥渐开线的起始点在基圆上,基圆内无渐开线。

(3)渐开线齿廓的啮合特性。发生线在基圆上滚动,所以基圆内无渐开线。渐开线齿廓啮合特性如图 1-30 所示。

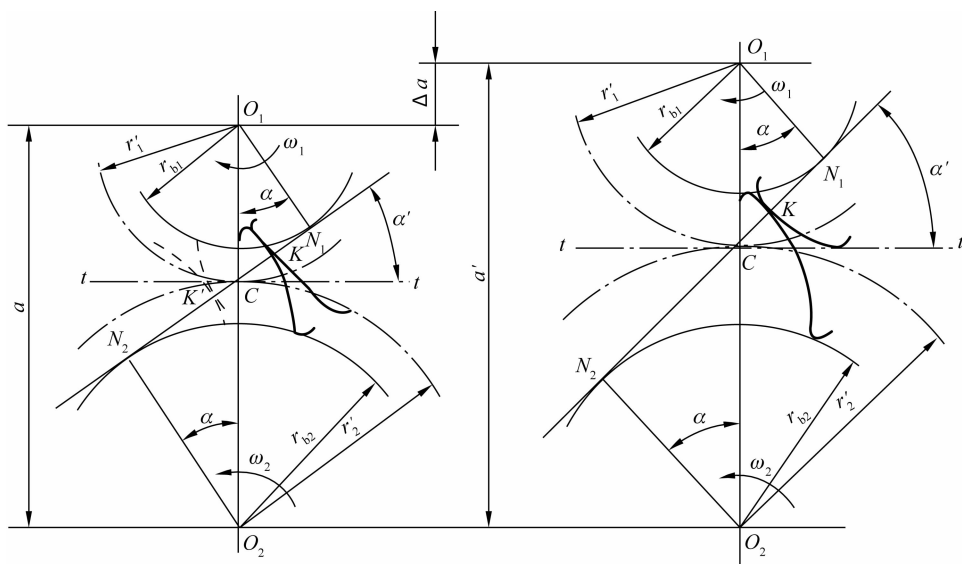


图 1-30 渐开线齿廓啮合特性

①能保证恒定的传动比。保持恒定的传动比是平稳地传递运动和动力的基础。对于渐开线齿轮传动来说,瞬时传动比等于主动齿轮与从动齿轮基圆半径的比值,由于两啮合齿轮的基圆半径是定值,所以渐开线齿轮传动的瞬时传动比保持恒定。

②具有传动的可分离性。相互啮合的一对渐开线齿廓齿轮制造好之后,其基圆大小就确定了,不因中心距变化而变化,由于传动比与中心距无关,所以中心距稍有变化,对传动没有影响,这种性质称为传动的可分离性。



4) 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数

(1) 压力角和分度圆压力角。

①压力角。如图 1-31 所示,在齿轮端平面上,过端面齿廓上任意一点的径向直线与在齿廓该点处的切线所夹的锐角称为压力角,用 α 表示。渐开线齿廓上各点的压力角不相等,点离基圆越远,压力角越大,基圆上的压力角 $\alpha=0^\circ$ 。

②分度圆压力角。分度圆压力角即分度圆上的压力角,通常所说的压力角就是指分度圆压力角。分度圆压力角的大小对齿轮的形状有影响。如图 1-31 所示,设 K 点在分度圆上,当分度圆半径 r_K 不变时,压力角减小,基圆半径 r_b 增大,轮齿的齿顶变宽,齿根变瘦,承载能力降低;压力角增大,基圆半径 r_b 减小,轮齿的齿顶变尖,齿根变厚,其承载能力增大,但传动较费力。

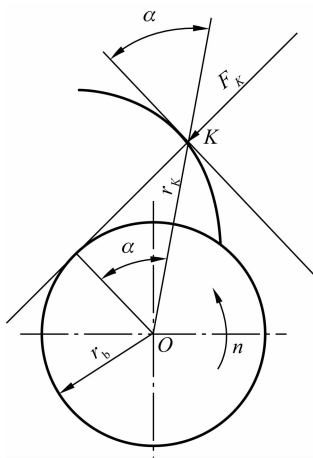


图 1-31 标准齿轮的压力角和分度圆压力角

综合考虑,我国标准规定渐开线圆柱齿轮分度圆上的压力角 $\alpha=20^\circ$ 。也就是说,采用渐开线上压力角为 20° 左右的一段作为轮齿的齿廓曲线,而不是任意的渐开线。

(2)齿数 z 。齿数即一个齿轮的轮齿总数。

(3)模数 m 。将齿距 p 除以圆周率 π 所得的商规定为模数,即 $m=p/\pi$ 。模数已经标准化。齿数相等的齿轮,模数越大,齿轮尺寸就越大,轮齿也越大,承载能力越大。

(4)齿顶高系数 h_a^* 。对于标准齿轮,规定齿顶高 $h_a=h_a^* m$ 。 h_a^* 称为齿顶高系数。我国标准规定:正常齿 $h_a^*=1$ 。

(5)顶隙系数 c^* 。当一对齿轮啮合时,为使一个齿轮的齿顶面不与另一个齿轮



的齿槽底面相抵触,轮齿的齿根高应大于齿顶高,即应留有一定的径向间隙,称为顶隙,用 c 表示,如图 1-32 所示。顶隙还可以贮存润滑油,有利于齿面的润滑。对于标准齿轮,顶隙与模数之比称为顶隙系数,用 c^* 表示,即 $c=c^*m$ 。

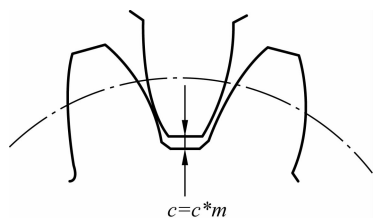


图 1-32 顶 隙

我国标准规定:正常齿 $c^*=0.25$ 。

5) 渐开线齿轮失效形式

(1) 齿面点蚀,如图 1-33 所示。齿轮使用超过一定限度后,轮齿的表面就会产生细微的裂纹,裂纹逐渐扩展,使表面层金属微粒剥落,形成麻点和斑坑,这就是齿面点蚀。

①形成原因:齿轮在啮合过程中,既有相对滚动,又有相对滑动,而且相对滑动的摩擦力在节点两侧的方向相反,从而产生脉动载荷,结果使齿轮表面层深处产生脉动循环变化的剪应力。当这种剪应力超过齿轮材料的剪切疲劳极限时,表面将产生疲劳裂纹。裂纹扩展,最终会使齿面金属小块剥落,在齿面上形成小坑,从而发生点蚀。

②预防措施:增加渗碳层深度,提高表面强度;严格控制齿轮的表面质量,防止表面裂纹的产生;提高表面的加工质量,降低表面粗糙度。

(2) 齿面磨损,如图 1-34 所示。齿面磨损是开式齿轮传动的主要失效形式之一。

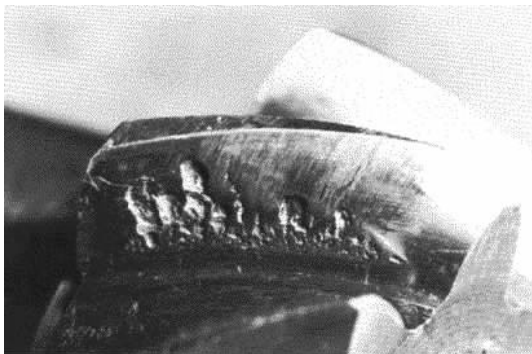


图 1-33 齿 面 点 蚀



图 1-34 齿 面 磨 损

①形成原因:齿轮啮合传动时,两渐开线齿廓之间存在相对滑动,在载荷作用下,齿面间的灰尘、硬屑粒会引起齿面磨损。严重的磨损将使齿面渐开线齿形失真,侧隙增大,从而产生冲击和噪声,甚至发生轮齿折断。

②预防措施:采用闭式传动,提高齿面硬度并选择合理的齿面硬度匹配,降低齿面粗糙度并保持良好润滑。



(3)齿面胶合,如图 1-35 所示。当齿轮持续运转时,由于两齿轮存在相对滑动,在齿轮表面撕成沟纹,这种现象就称为齿面胶合,简称胶合。出现齿面胶合后将产生强烈磨损。

①形成原因:在高速重载的齿轮传动中,润滑油的油膜往往因温度升高而被破坏,接触齿面产生很高的瞬时温度,同时在很高的压力下,齿面接触处的金属局部黏结在一起。

②预防措施:采用黏度较大或抗胶合性能较好的润滑油,提高齿面硬度与降低表面粗糙度等。

(4)塑性变形,如图 1-36 所示。若齿轮的齿面较软,在重载情况下,可能使表层金属沿着相对滑动方向发生局部的塑性流动,出现塑性变形。

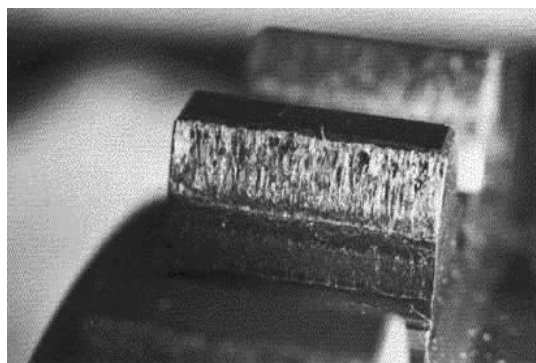


图 1-35 齿面胶合

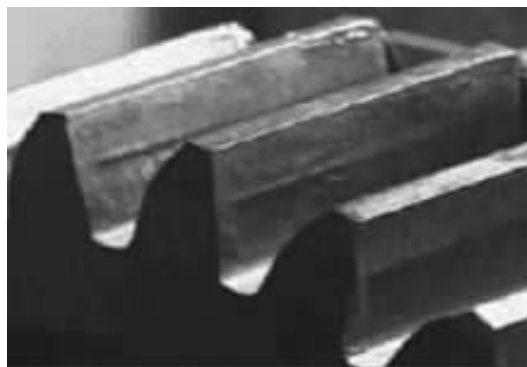


图 1-36 塑性变形

(5)轮齿折断,如图 1-37 所示。轮齿折断是指齿轮一个或多个齿整体或局部断裂。轮齿折断大致可分为三种情况:疲劳折断、过载折断和随机断裂。轮齿折断是开式齿轮传动和硬齿面闭式齿轮传动的主要失效形式之一。

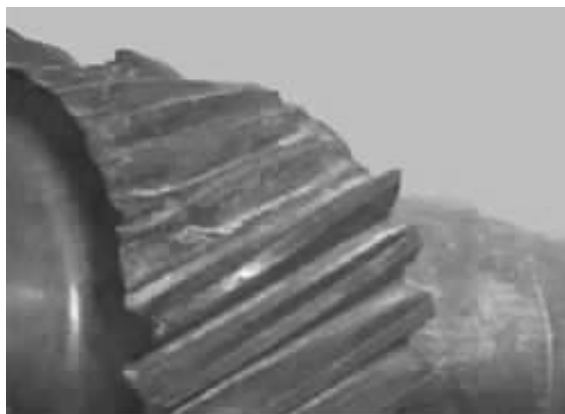


图 1-37 轮齿折断

①形成原因:轮齿的交变应力超过了材料的疲劳极限,有时是短时过载。

②预防措施:选择合理的参数和结构;消除产生过高局部应力集中或过高有害残余应力的条件;确保材料的品质;严格控制加工工艺过程,防止产生各种缺陷和防止硬性异物进入啮合。

6) 齿轮传动机构装配的技术要求

(1)在配合方面,齿轮孔与轴的配合要满足使用要求。例如,对固定连接齿轮,要求不得有偏心和歪斜现象;对滑移齿轮,要求不应有咬死或阻滞现象;对空套在轴上的齿轮,要求不得有晃动现象。

(2)在中心距和侧隙方面,要保证齿轮有准确的安装中心距和适当的侧隙。侧隙过小,齿轮传动不灵活,热胀时会卡齿,从而加剧齿面磨损;侧隙过大,换向时空行程大,易产生冲击和振动。

(3)在齿面接触精度方面,要保证齿面有一定的接触斑点和正确的接触位置,两者是互相联系的。接触位置不正确同时也反映两啮合齿轮间存在相互位置误差。

(4)在定位方面,齿轮定位变换机构应保证齿轮准确的定位,其错位量不得超过规定值。

(5)在平衡方面,对转速较高的大齿轮,一般应在装配到轴上后再做动平衡检查,以免振动过大。

7) 直齿圆柱齿轮传动机构的装配

装配直齿圆柱齿轮传动机构时,一般先把齿轮装在轴上,再把齿轮轴部件装入箱体中。

齿轮是在轴上进行工作的,轴上安装齿轮(或其他零件)的部位应光洁并符合图样要求。齿轮在轴上可以空转、滑移或与轴固定连接,图 1-38 所示为齿轮在轴上常见的几种安装方式。

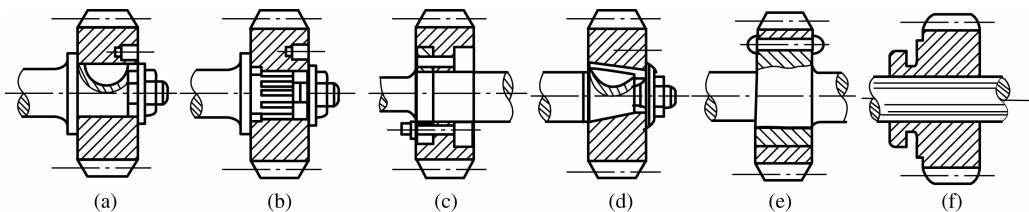


图 1-38 齿轮在轴上常见的几种安装方式

(a)圆柱轴颈和半圆键;(b)花键;(c)螺栓法兰;(d)锥轴颈和半圆键;

(e)带固定铆钉的压配;(f)与花键滑配



在轴上空转或滑移的齿轮,与轴为间隙配合,装配后的精度主要取决于零件本身的加工精度,这类齿轮的装配比较方便。装配后,齿轮在轴上不得有晃动现象。

在轴上固定的齿轮,通常与轴为有少量过盈的配合(多数为过渡配合),装配时需加一定外力。压装时,要避免齿轮歪斜和产生变形。若配合的过盈量不大,可用手工工具敲击或压装;若过盈量较大,可用压力机压装。

在轴上安装的齿轮常见的装配误差是齿轮偏心、歪斜和端面未贴紧轴肩,如图 1-39 所示。

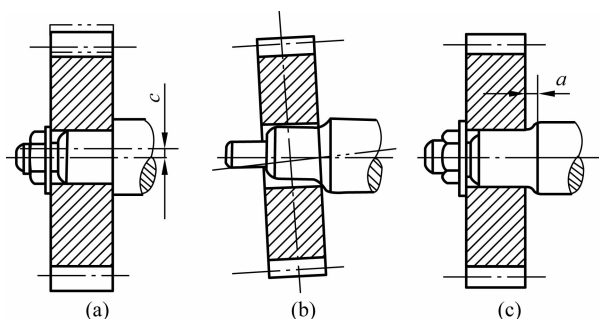


图 1-39 齿轮在轴上的装配误差

(a) 齿轮偏心; (b) 齿轮歪斜; (c) 齿轮端面未贴紧轴肩

8) 齿轮传动精度的检查

(1) 齿轮径向圆跳动和端面圆跳动的检查。精度要求高的齿轮传动机构,在压装后需要检验其径向圆跳动和端面圆跳动误差。

① 检查齿轮径向圆跳动误差。如图 1-40 所示,可以将齿轮轴支承在 V 形架上,使轴和平板平行,把圆柱规放在齿轮的轮齿间,将百分表测量头抵在圆柱规上,从百分表上得出一个读数。然后转动齿轮,每隔 3~4 个轮齿重复进行一次检查。百分表最大读数与最小读数之差,就是齿轮分度圆上的径向圆跳动误差。

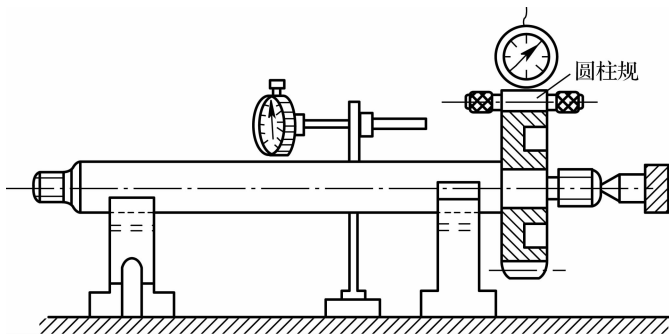


图 1-40 齿轮径向圆跳动误差的检查



②检查齿轮端面圆跳动误差。可以用顶尖将轴顶在中间,使百分表测量头抵在齿轮端面上,如图 1-41 所示。在齿轮轴旋转一周范围内,百分表的最大读数与最小读数之差为齿轮端面圆跳动误差。

注意:应取各个测量圆柱面上测得的跳动量中的最大值。

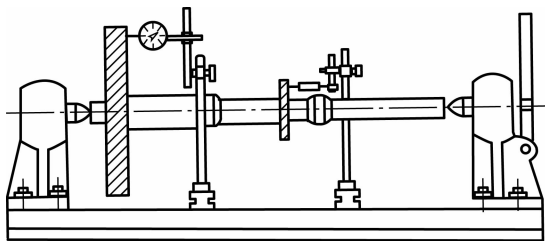


图 1-41 齿轮端面圆跳动误差的检查

(2)啮合质量的检查。

①检验侧隙。可用压熔断丝法检验侧隙,如图 1-42 所示。在齿面沿齿长并垂直于齿宽方向放置两条熔断丝(宽齿放 3~4 条)。熔断丝的直径不宜大于齿轮副规定的最小极限侧隙的 4 倍。经滚动齿轮挤压后,测量熔断丝最薄处的厚度,即为齿轮副的侧隙。

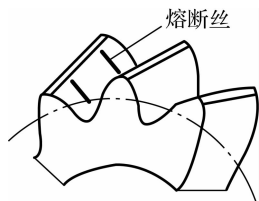


图 1-42 用压熔断丝法检验侧隙

也可将百分表直接抵在一个齿轮的齿面上,另一齿轮固定,将接触百分表触头的齿从一侧啮合迅速转到另一侧啮合,百分表上的读数差即为侧隙。

齿轮副侧隙是否符合要求,在剔除齿轮加工因素外,与中心距误差密切相关。侧隙还会影响接触精度,因此,一般要与接触精度结合起来调整中心距,使侧隙符合要求。

②检验接触精度。接触精度的主要指标是接触斑点,其检验一般用涂色法。将红丹粉涂于大齿轮齿面上,转动齿轮并使从动轮轻微制动(对双向工作的齿轮,正反两个方向都应检验)。齿轮上接触印痕的面积大小应该随齿轮精度而定,一般传动齿轮在轮齿的高度上接触斑点不少于 30%~50%,在轮齿的宽度上接触斑点不少于 40%~70%,且应在节圆处上下对称分布。

影响齿轮接触精度的主要因素是齿形精度及安装是否正确。若接触斑点位置正确,而面积太小,则是齿形误差太大所致。应在齿面上加研磨剂并使两齿轮转动进行研磨,以增加接触面积。圆柱齿轮接触斑点的位置如图 1-43 所示,反映不同的

接触精度。

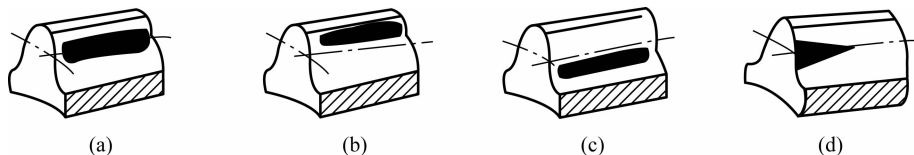


图 1-43 圆柱齿轮接触斑点的位置

(a) 正确；(b) 中心距太大；(c) 中心距太小；(d) 中心距歪斜

9) 轴回转精度的检查

(1) 检查轴的径向跳动。在轴端面中心孔中黏一个 $\phi 6$ mm 的钢珠，百分表触及钢珠，转动轴，检测轴的径向跳动。

(2) 检查轴的轴向窜动。在轴端面中心孔中黏一个 $\phi 6$ mm 的钢珠，百分表触及钢珠，旋转轴，记录百分表的最大值和最小值的差值，就是轴的轴向窜动误差。

2. 轴承

1) 轴承的概念

轴承是机械设备中的支承部件，它的主要功能是支承机械旋转体，降低其运动过程中的摩擦系数，并保证其回转精度。

2) 轴承的分类

轴承按摩擦性质分为滑动轴承和滚动轴承。

(1) 滑动轴承。如图 1-44(a) 所示，滑动轴承不分内、外圈也没有滚动体。其一般由耐磨材料制成，常用于低速轻载及加注润滑油或维护困难的机械转动部位。

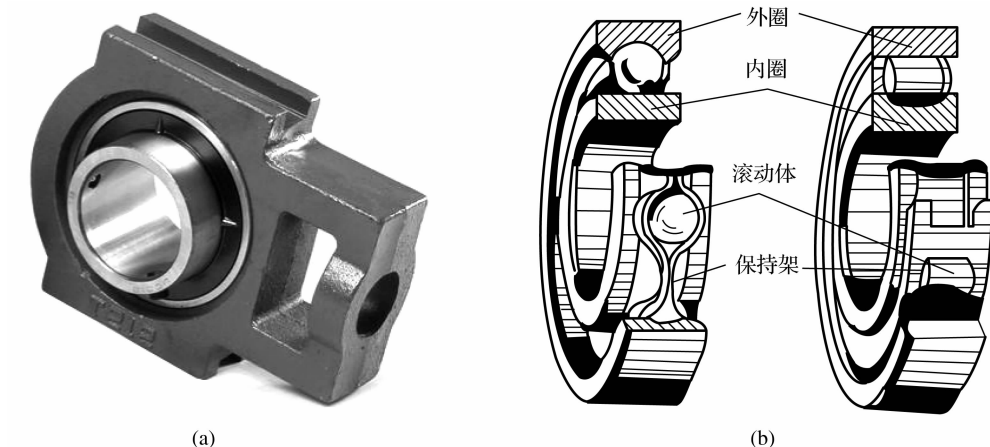


图 1-44 滑动轴承与滚动轴承

(a) 滑动轴承；(b) 滚动轴承



(2)滚动轴承。滚动轴承是将运转的轴与轴承座之间的滑动摩擦变为滚动摩擦,从而减少摩擦损失的一种精密的机械元件。如图 1-44(b)所示,滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架四部分组成。内圈与轴相配合并与轴一起旋转;外圈与轴承座相配合,起支承作用;滚动体借助于保持架均匀地分布在内圈和外圈之间,其形状、大小和数量直接影响滚动轴承的使用性能和寿命;保持架使滚动体均匀分布,引导滚动体旋转起润滑作用。

滚动轴承按其所能承受的载荷方向或公称接触角的不同,分为向心轴承和推力轴承;按部件(套圈)能否分离,分为可分离轴承和不可分离轴承;按滚动体的形状,分为球轴承和滚子轴承。其中,滚子轴承按滚子种类可分为圆柱滚子轴承、滚针轴承、圆锥滚子轴承和调心滚子轴承;按滚动体的列数又可分为单列轴承、双列轴承和多列轴承。

3)轴承的润滑和密封

轴承的润滑分为脂润滑和油润滑。为了使轴承很好地发挥机能,要选择适合使用条件、使用目的的润滑方法。润滑时要注意用量,不管是油润滑还是脂润滑,量太少润滑不充分,影响轴承寿命,量太多会产生较大的阻力,影响转速。

轴承的密封可分为自带密封和外加密封两类。轴承自带密封就是把轴承本身制造成具有密封性能的装置,如轴承带防尘盖、密封圈等。这种密封占用空间很小,安装拆卸方便,造价也比较低。轴承外加密封就是在端盖内部另外加装具有各种性能的密封装置。轴承外加密封又分为非接触式密封与接触式密封两种。其中,非接触式密封适用于高速和高温场合,有间隙式、迷宫式和垫圈式等不同结构形式;接触式密封适用于中、低速的工作条件,常用的有毛毡密封、皮碗密封等结构形式。

根据轴承工作状况和工作环境对密封程度的要求,在工程设计上常常综合运用各种密封形式,以达到较好的密封效果。对轴承外加密封的选择应综合考虑下列几种因素:

- (1)轴承润滑剂和种类(润滑油和润滑脂)。
- (2)轴承的工作环境,占用空间的大小。
- (3)轴的支承结构优点,允许角度偏差。
- (4)密封表面的圆周速度。
- (5)轴承的工作温度。



(6)制造成本。

4)滚动轴承装配前的准备工作

滚动轴承是一种精密零件,具有较高的尺寸精度,如果安装不当,将会失去应有的精度和性能,严重时还会造成轴承失效。因此,滚动轴承安装前应做好以下工作:

(1)安装轴承的场地和安装工具必须清洁,以防各种颗粒物进入轴承内部。

(2)应根据设计要求检查与轴承相配合的零件的尺寸和几何公差、倒角等,不合格的零件不能使用。注意不得将轴承作为检查相配合零件尺寸的工具。

(3)清洗与轴承相配合的零件,除去锐角和毛刺。

(4)对于采用润滑油系统进行润滑的轴承,安装前应检查油路是否畅通,润滑油过滤装置是否有效,一般过滤精度应控制在 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下。

(5)在所有安装准备工作结束后才能打开轴承包装。

5)滚动轴承的装配

(1)压入法。当轴承内圈与轴颈配合较紧,外圈与轴承座孔配合较松时,应先将轴承装在轴上,如图 1-45(a)所示;反之,则应先将轴承压入壳体,如图 1-45(b)所示。若轴承内圈与轴颈配合较紧,同时外圈与轴承座孔也配合较紧,则应将轴承内圈与外圈同时装在轴和壳体上,如图 1-45(c)所示。

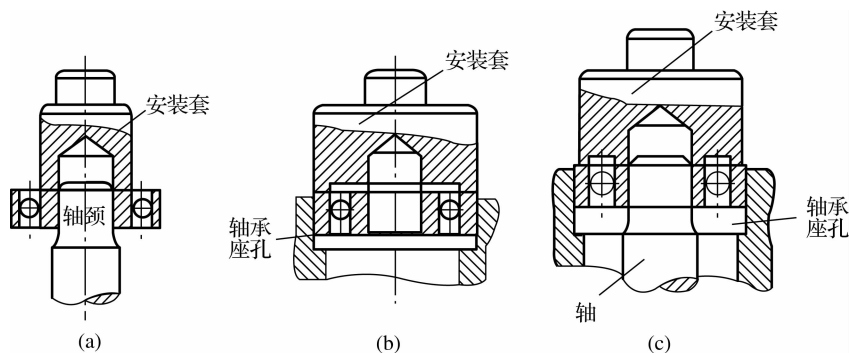


图 1-45 压入法

(a)先将轴承装在轴上; (b)先将轴承压入壳体; (c)将轴承同时装在轴和壳体上

(2)均匀敲入法。在配合过盈量较小又无专用套筒时,可用圆棒对称地在轴承的内圈(或外圈)上均匀敲入,也可通过装配套筒用锤子敲入,如图 1-46 所示。但不能用铜棒等软金属敲击,避免软金属屑落入轴承内。也不可用锤子直接敲击轴承,且应在四周对称交替均匀地轻敲,避免因用力过大或集中一点敲击而使轴承发生倾斜。

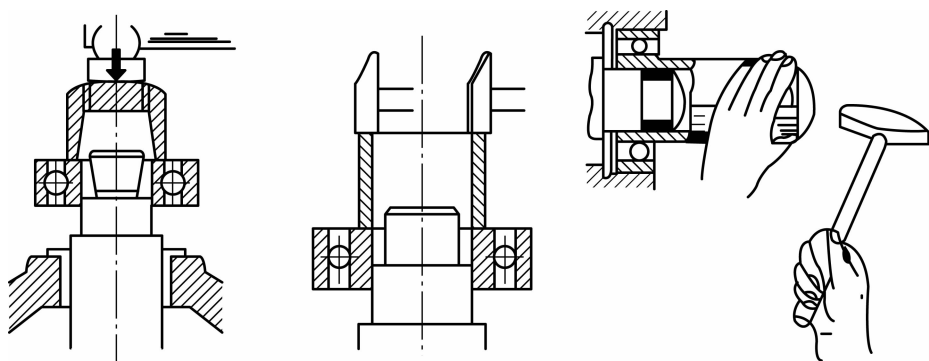


图 1-46 均匀敲入法

(3)机压法。用杠杆齿条式或螺旋式压力机将轴承压入,如图 1-47 所示。

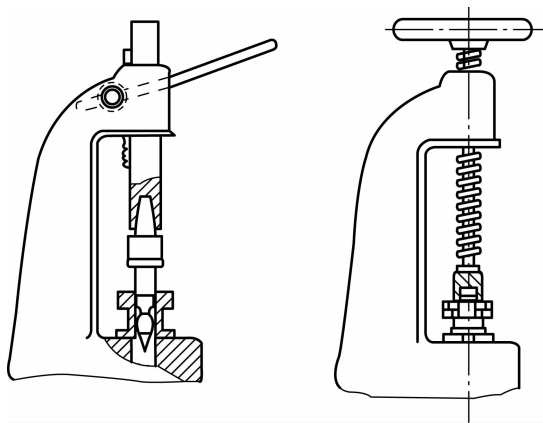


图 1-47 机压法

(4)热装法。有过盈配合的轴承常采用热装法装配。可把轴承放在 $80\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的油池中加热。加热时应将轴承放在距油池底部一定高度的网格上[见图 1-48(a)],对较小的轴承,则可用挂钩悬于油池中[见图 1-48(b)],防止过热。取出轴承后,用比轴颈尺寸大 0.05 mm 左右的测量棒测量轴承孔径,如尺寸合适应立即用干净的布揩清油迹和附着物,并用布垫着轴承并端平,迅速将轴承推入轴颈,趁热与轴颈装配,在冷却过程中要始终用手推紧轴承,并稍微转动外圈,防止倾斜或卡住[见图 1-48(c)],这样冷却后将产生牢固的配合。

6) 轴承装配注意事项

轴承的装配正确与否直接影响产品的精度、寿命、性能。因此,设计及组装部门要对轴承的装配充分研究,并按照作业标准进行安装。作业标准通常包括以下项目:



- (1)清洗轴承及轴承关联部件。
- (2)检查关联部件的尺寸及精加工情况。
- (3)正确安装。
- (4)安装好轴承后的检查。
- (5)供给润滑剂。

注意要在即将安装前才打开轴承包装。使用时,润滑脂润滑的轴承一般不清洗,直接填充润滑脂;润滑油润滑的轴承,普通的也不清洗,但仪器用或高速用轴承要用洁净的油洗净,以除去涂在轴承上的防锈剂。除去防锈剂的轴承易生锈,因此不能放置不顾。

轴承的安装方法因轴承结构、配合条件而异,由于一般为轴旋转,所以轴承内圈与轴需要过盈配合。圆柱孔轴承多用压力机压入,或用热装法;锥孔轴承直接安装在锥轴上,或用套筒安装。将轴承外圈安装到壳体上时,一般游隙配合多,轴承外圈与轴承座孔有过盈量,通常用压力机压入,也可以用冷缩配合法安装。采用冷缩配合法安装时用干冰做冷却剂,此时空气中的水分会凝结在轴承的表面,所以要采用适当的防锈措施。

7)滚动轴承的拆卸

安装在轴或轴承座上的滚动轴承常用的拆卸方法有拉出法、热拆法、推压法和敲击法。

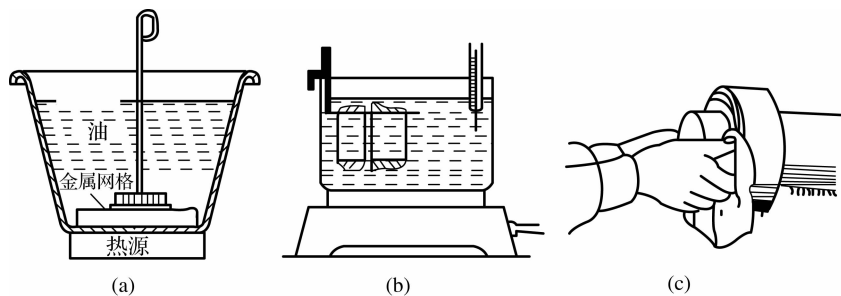


图 1-48 热 装 法

(a)放在距油池底部一定高度的网格上加热;(b)用挂钩悬于油池中加热;

(c)冷却过程中始终用手推紧轴承

(1)拉出法。如图 1-49 所示,采用专门拉具,拆卸时只要旋转手柄,轴承就会被慢慢拉出来。拆卸轴承外圈时,拉具两脚应向外张开;拆卸轴承内圈时,拉具两脚应向内,卡于轴承内圈端面上。



注意:①应将拉具的拉钩钩住轴承的内圈,而不应钩在外圈上,以免轴承松动过度或损坏。

②使用拉具时,要使丝杆对准轴的中心孔,不得歪斜。还应注意拉钩与轴承的受力情况,不要将拉钩及轴承损坏。

③注意防止拉钩滑脱。

④拉具两脚的弯角小于 90° 。

(2)热拆法。将加热至 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 左右的机油用油壶浇注在待拆的轴承上,待轴承圈受热膨胀后,即可用拉具将轴承拉出。

注意:①应将拉具安装在待拆的轴承上,并施加一定的拉力。

②加热前,要用石棉绳或薄铁板将轴包扎好,防止轴受热胀大,否则将很难拆卸。从壳体轴承座孔内拆卸轴承时,只能加热壳体轴承座孔,不能加热轴承。

③要将油平稳地浇在轴承圈或滚动体上,并在其下放置一油盆,收集流下的热油,避免浪费和烫伤。

④操作者应戴隔热手套,防止烫伤。

(3)推压法。用压力机推压轴承,工作平稳可靠,不损伤机器和轴承。压力机有手动式、机械式和液压式。

注意:压力机着力点应在轴的中心线上,不得压偏。

(4)敲击法。敲击力一般应加在轴承内圈,而不应加在轴承的滚动体和保持架上。此法简单易行,但容易损伤轴承。操作时,当轴承位于轴的末端时,用小于轴承内径的铜棒或其他软金属材料抵住轴端,在轴承下部加垫块,用手锤轻轻敲击,即可拆下。

注意:垫块放置的位置要适当,着力点应正确。

以上四种方法为滚动轴承常用的拆卸方法,拆卸时应严格按照执行标准来操作。

3. 键连接

键是用于连接轴和旋转套件(如齿轮、带轮、联轴器等)的一种机械零件,主要用于周向固定以传递转矩。它具有结构简单、工作可靠、装拆方便等优点,因此得到了广泛应用。



图 1-49 用专用拉具拆卸轴承



1) 松键连接

松键连接所采用的键有普通平键、导向平键、半圆键三种。它们的特点是靠键的侧面来传递转矩,只能对轴上零件做周向固定,不能承受轴向力。如需轴向固定,则需附加紧定螺钉或定位环等定位零件。松键连接的对中性好,在高速及精密的连接中应用较多。

(1) 松键连接的装配技术要求。

①保证键与键槽的配合要求。由于键是由精拔型钢制造的标准件,因而键与键槽的配合性质是靠改变轴槽和轮毂槽的极限尺寸得到的。

②键与键槽应具有较小的表面粗糙度。

③键安装于轴槽中应与槽底贴紧,键长方向与轴槽应有 0.1 mm 的间隙,键的顶面与轮毂槽之间应有 0.3~0.5 mm 的间隙。

(2) 松键连接的装配要点。单件小批量生产中,常用手工铰配,其要点如下:

①清理键及键槽上的毛刺。

②对重要的键连接,装配前应检查键的直线度误差以及键槽对轴线的对称度和平行度误差等。

③对普通平键和导向平键,可用键的头部与轴槽铰配,其松紧程度应能达到配合要求。

④铰配键长应与轴槽保持 0.1 mm 的间隙。

⑤在配合面上加机油时,注意将键压入轴槽中,使键与槽底贴紧,但禁止用铁锤敲打。

⑥试配并安装旋转套件的轮毂槽时,键的上表面应留有间隙,旋转套件在轴上不允许有周向摆动,否则在机器工作时会引起冲击或振动。

2) 紧键连接

紧键连接又称楔键连接,如图 1-50 所示。楔键的上表面和与它相接触的轮毂槽底面均有 1:100 的斜度,键的两侧面与键槽间有一定的间隙。装配时,将键打入而构成楔键连接,传递转矩和承受单向轴向力。楔键连接的对中性较差,多用于对中性要求不高和转速较低的场合。

(1) 楔键连接的装配技术要求。

①楔键的斜度一定要与轮毂槽的斜度一致,否则旋转套件会歪斜。

②楔键与槽的两侧应留有一定的间隙。

③对于钩头楔键,不能使钩头紧贴旋转套件的端面,必须留出一定的距离 h ,以

便拆卸。

(2) 楔键连接的装配要点。装配楔键时,要用涂色法检查楔键上、下表面与轴槽、轮毂槽的接触情况,接触率应大于 65%。若发现接触不良,可用锉刀或刮刀修整键槽。合格后,把楔键用木锤或铅、铝、铜锤轻敲入键槽,直至旋转套件的周向、轴向都紧固可靠为止。

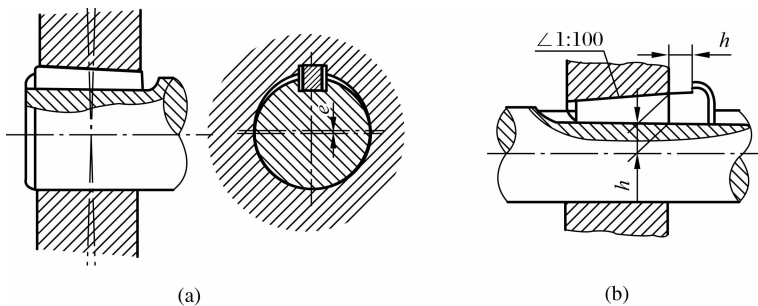


图 1-50 楔键连接

(a) 普通楔键连接; (b) 钩头楔键连接

3) 花键连接

(1) 花键连接的特点。花键连接的特点是多齿同时工作,轴的强度较高,承载能力高,传递转矩大,对中性及导向性好,但制造成本高,适用于载荷大和同轴度要求较高的连接,在机床及汽车中应用较多。

(2) 花键连接的分类。按工作方式,花键连接可分为静连接和动连接两种;按受载情况,花键连接有轻系列(用于轻载荷的静连接)和中系列(用于中等载荷)两个系列;按齿廓不同,花键连接又可分为矩形花键连接、渐开线花键连接和三角形花键连接三种。

(3) 花键连接的结构特点。矩形花键的齿廓是直线,故容易制造,目前采用较多。以矩形花键连接为例,说明其结构特点。图 1-51 所示为矩形花键连接及其基本尺寸。

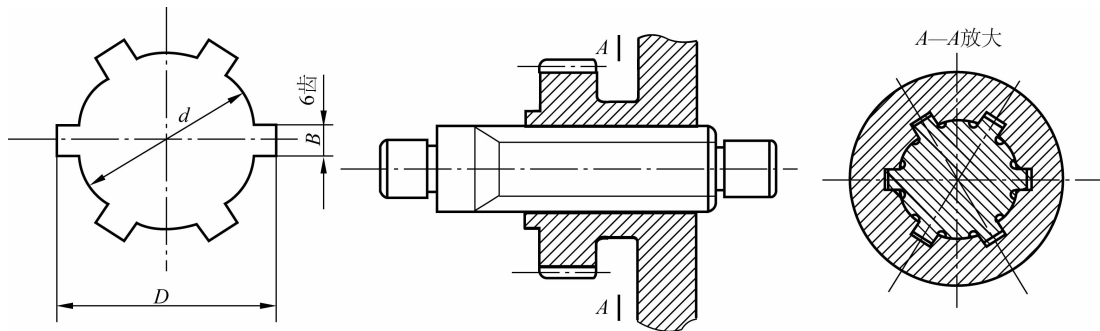


图 1-51 矩形花键连接及其基本尺寸



①花键要素。它包括键数、小径、大径和键宽等。键数 N 为花键轴的齿数或花键孔的键槽数。小径 d 和大径 D 为花键配合时的最小、最大直径。键宽 B 为键或键槽的基本尺寸。

②花键的定心方式。花键定心方式即保证内、外花键同轴度的方法。矩形花键的定心方式规定为小径定心。其优点是定心精度高,定心稳定性好,能用磨削方法消除热处理变形,定心直径尺寸公差和位置公差都能获得较高的精度。

(4)花键连接的装配要点。由于花键副的精度是在热处理后由磨削达到的,故装配时一般不允许钳工修刮配合面。其装配要点如下:

①对静连接花键副,应保证配合后有少许的过盈量。装配时可用铜棒轻轻打入,但不得过紧,否则会拉伤配合表面。对于过盈较大的配合,可将旋转套件加热至 $80\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 再进行装配。

②对动连接花键副,应保证精确的间隙配合。总装前应先进行试装,需能周向调换键齿的配合相位,各相位沿轴向移动时应无阻滞现象,滑动自如,但不可过松。允许选择最好的配合相位进行装配。

③对装配后的花键副,应检查花键轴的轴线与旋转套件的同轴度和垂直度误差。



任务实施

一、准备工作

装调变速箱所需工、量具如表 1-1 所示。

表 1-1 装调变速箱所需工、量具

序 号	名 称	规 格	数 量	用 途
1	装配图		1	
2	零件清单		1	
3	深度尺		1	测量箱体端面与轴承间的距离
4	锤子	橡胶	1	锤击轴承
5	塞尺		1	检测错位量
6	内六角扳手		1	拧紧螺钉
7	百分表		1	测量侧隙
8	熔断丝		1	测量侧隙
9	柴油、煤油、润滑脂		若干	清洗零件
10	棉丝		若干	清洁零件



二、实施步骤

变速箱的装配按箱体装配方法进行,遵循从下到上的装配原则。

1. 安装固定轴部件

(1)找到固定轴,如图 1-52 所示。将深沟球轴承压装到固定轴一端,如图 1-53 所示。



图 1-52 固定轴



图 1-53 将深沟球轴承压装到固定轴一端

(2)将固定轴的另一端从变速箱箱体的相应孔中穿过,并在相应位置上安装齿轮、齿轮套筒和两个锁紧螺母,如图 1-54 所示。



图 1-54 安装齿轮、齿轮套筒、锁紧螺母

(3)安装一端的闷盖,如图 1-55 所示。

(4)安装另一端的深沟球轴承,如图 1-56 所示。



图 1-55 安装一端的闷盖



图 1-56 安装另一端的深沟球轴承

(5)安装轴用卡簧,如图 1-57 所示。



(6)安装固定轴另一端的闷盖,如图 1-58 所示。



图 1-57 安装轴用卡簧



图 1-58 安装固定轴另一端的闷盖

2. 安装主轴部件

(1)找到主轴,如图 1-59 所示。将两个角接触轴承按背靠背的装配方法安装在轴承座套上,注意两轴承中间要加上轴承内外圈套筒,如图 1-60 所示。



图 1-59 主 轴

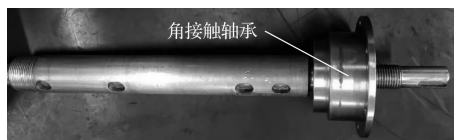


图 1-60 安装两个角接触轴承及相关附件

(2)在主轴上装上齿轮和齿轮套筒,一端用锁紧螺母锁紧,一端用定位挡圈固定好,将主轴装入相应的箱体孔中,如图 1-61 所示。



图 1-61 将主轴装入相应的箱体孔中

(3)安装主轴轴承座套,安装轴承透盖并锁紧,安装固定端轴承内圈预紧套筒,并用锁紧螺母锁紧,如图 1-62 所示。

(4)在主轴的另一端安装深沟球轴承和轴用卡簧,如图 1-63 所示。



图 1-62 安装主轴轴承座套、轴承透盖、固定端
轴承内圈预紧套筒并锁紧



图 1-63 在主轴另一端安装深沟球
轴承和轴用卡簧

(5) 安装主轴另一端的闷盖, 如图 1-64 所示。



图 1-64 安装主轴另一端的闷盖

3. 安装两根花键导向轴

(1) 把两个角接触轴承按背靠背的装配方法安装在花键导向轴上, 注意两轴承中间要加轴承内外圈套筒, 如图 1-65 所示。

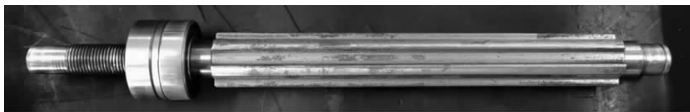


图 1-65 在花键导向轴上安装角接触轴承

(2) 安装轴承座套, 如图 1-66 所示。

(3) 将花键导向轴装在箱体内相应孔中, 安装滑移齿轮, 如图 1-67 所示。



图 1-66 安装轴承座套

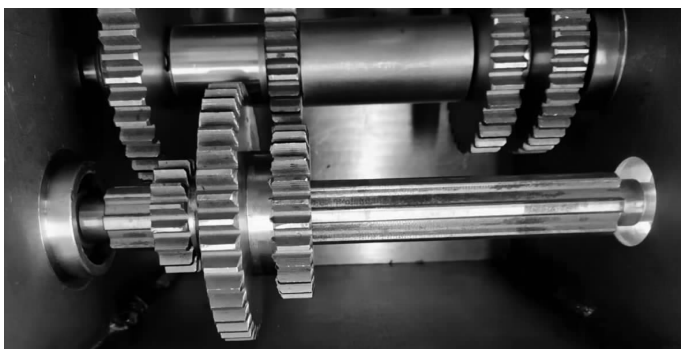


图 1-67 安装滑移齿轮

(4) 锁紧轴承座套, 如图 1-68 所示。

(5) 安装轴承透盖并锁紧, 安装固定端轴承内圈预紧套筒并锁紧, 如图 1-69 所示。



图 1-68 锁紧轴承座套



图 1-69 安装轴承透盖、固定端轴承内圈预紧套筒并锁紧

(6) 在花键导向轴一端安装深沟球轴承和轴用定位卡簧, 如图 1-70 所示。

(7) 在另一端安装轴承闷盖, 如图 1-71 所示。



图 1-70 安装深沟球轴承和轴用定位卡簧



图 1-71 安装轴承闷盖

(8)另一根花键导向轴按同样的顺序安装,不再赘述,结果如图 1-72 所示。

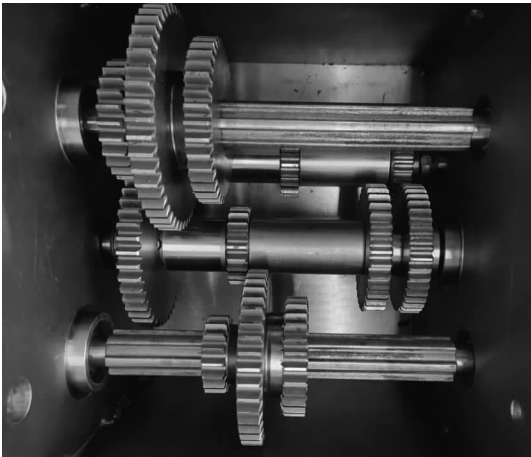


图 1-72 安装另一根花键导向轴

4. 安装滑块和拨叉等

(1)把拨叉安装在滑块上,安装滑块滑动导向轴,装上 $\phi 8$ mm 的钢球,放入弹簧,盖上弹簧顶盖,装上滑块拨杆和胶木球,如图 1-73 所示。

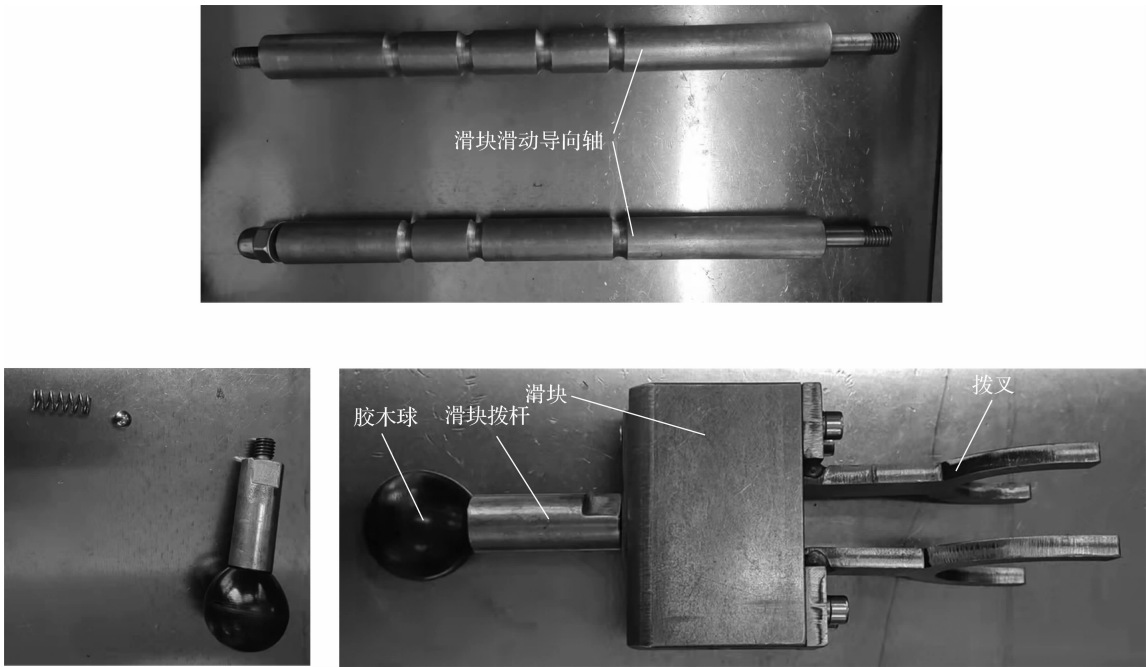


图 1-73 安装滑块和拨叉等

(2)安装上封盖,如图 1-74 所示。

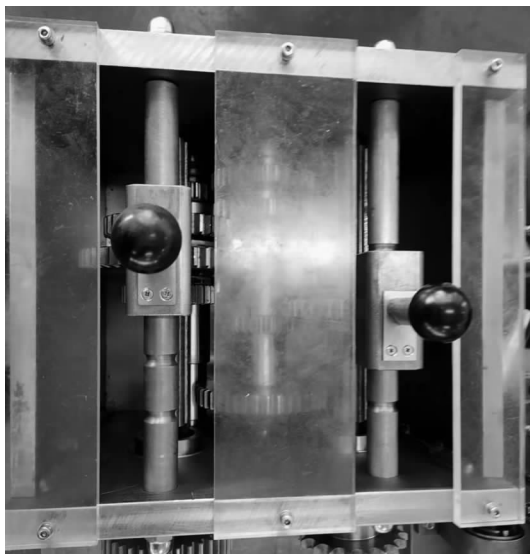


图 1-74 安装上封盖

5. 安装箱体外的齿轮、链轮和带轮

安装箱体外的齿轮、链轮和带轮,如图 1-75 所示。

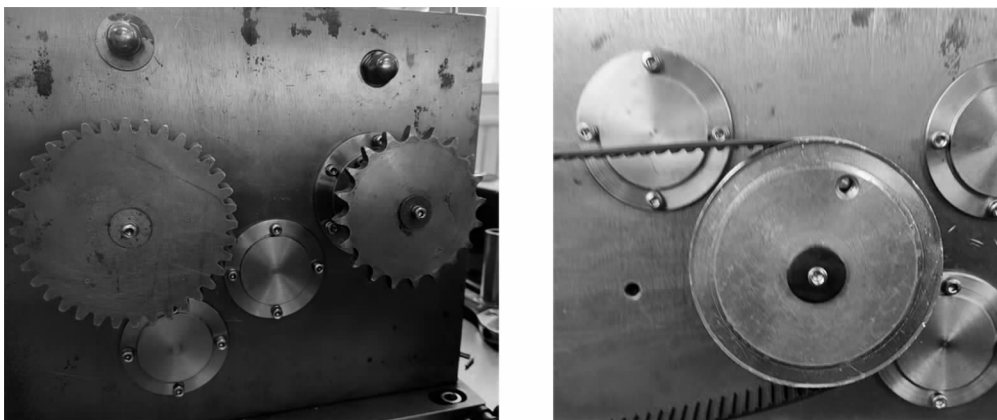


图 1-75 安装箱体外的齿轮、链轮和带轮

三、注意事项

- (1) 看清装配图,不能出现错装、漏装的现象。
- (2) 注意螺钉的装拆顺序。
- (3) 正确使用工、量具。
- (4) 工、量具和零部件要摆放整齐、有序。



任务评价

1. 变速箱装调质量评价表(表 1-2)

表 1-2 变速箱装调质量评价表

姓名		学号		总分	
序号	项目	标准		配分	得分
1	变速箱底板和变速箱箱体的连接	用内六角螺栓(M8×25)加弹簧垫圈连接变速箱底板与变速箱箱体		10	
2	固定轴部件的安装	按照正确顺序安装		10	
3	主轴部件的安装	按照正确顺序安装		10	
4	花键导向轴的安装	按照正确顺序安装		10	
5	滑块和拨叉的安装	先把拨叉安装在滑块上,然后安装滑块滑动导向轴,装上 $\phi 8$ mm的钢球,放入弹簧,盖上弹簧顶盖,装上滑块拨杆和胶木球。调整两滑块拨杆的左右距离来调整齿轮的错位		10	
6	轴承端盖的安装	固定端透盖、游动端闷盖安装到位		15	
7	齿轮啮合面宽度差的调整	齿轮与齿轮之间有明显的错位,用塞尺等工具检测错位值在正常范围内		15	
8	上封盖的安装	将三块有机玻璃固定到变速箱箱体顶端		10	
9	安全文明生产			10	





2. 变速箱装调过程评价表(表 1-3)

表 1-3 变速箱装调过程评价表

班级		姓名		学号		日期		配分	得分
教师 评价	劳保用品 穿戴	严格按实训守则要求穿戴好劳保用品						3	
	平时表现 评价	(1)实训期间出勤情况。 (2)遵守实训纪律情况。 (3)平时技能操作练习姿势。 (4)每天的实训任务完成质量。 (5)良好的劳动习惯,实训岗位卫生情况						10	
	综合 专业 技能 水平	基本 知识	(1)齿轮传动机构装配技术要求。 (2)直齿圆柱齿轮传动机构的装配及精度检验				8		
		操作 技能	(1)熟悉图纸和零件清单、装配任务。 (2)选择合适的工、量具				30		
		工具 使用	(1)正确使用及维护保养工、量、刃具。 (2)熟练操作钳工实训设备				5		
	情感态度 评价	(1)与教师的互动,团队合作。 (2)良好的劳动习惯,注重提高自己的动手能力。 (3)组员的交流、合作。 (4)实践动手操作的兴趣、态度、主动积极性						10	
	用好 设备	(1)严格按型号、规格摆放整齐并保管好实实训工、量具。 (2)严格遵守机床操作规程和各工种安全操作规程制度,维护保养好实训设备						5	
	资源 使用	节约实训消耗用品,合理使用材料						3	
安全文明 实训	(1)遵守实训场所纪律,听从实训指导教师指挥。 (2)掌握安全操作规程和消防安全知识。 (3)严格遵守安全操作规程、实训中心的各项规章制度和实训纪律。 (4)按国家有关法规,发生重大事故者,取消实训资格,并且实训成绩为零分						10		



(续表)

自评	综合评价	(1)组织纪律性,遵守实训场所纪律及有关规定。 (2)良好的劳动习惯,实训岗位整洁。 (3)实训中个人的发展和进步情况。 (4)专业基础知识与专业操作技能的掌握情况	8	
互评	综合评价	(1)组织纪律性,遵守实训场所纪律及有关规定。 (2)良好的劳动习惯,实训岗位整洁。 (3)实训中个人的发展和进步情况。 (4)专业基础知识与专业操作技能的掌握情况	8	
合计			100	
建议				



匠心筑梦 榜样的力量

大国工匠——胡双钱:精益求精匠心筑梦

“学技术是其次,学做人是首位,干活要凭良心。”胡双钱喜欢把这句话挂在嘴边,这也是他技工生涯的注脚。

胡双钱是上海飞机制造有限公司的高级技师,一位坚守航空事业 40 多年、加工数十万件飞机零件无一差错的普通钳工。对质量的坚守,已经是胡双钱融入血液的习惯。他心里清楚,一次差错就意味着不可估量的损失甚至以生命为代价。他用自己总结归纳的“对比复查法”和“反向验证法”,在飞机零件制造岗位上创造了几十年零差错的纪录,连续 12 年被公司评为“质量信得过岗位”,并授予产品免检荣誉证书。

不仅无差错,还特别能攻坚。在 ARJ21 新支线飞机项目与大型客机项目的研制和试飞阶段,设计定型及各项试验的过程中会产生许多特制件,这些零件无法进行大批量、规模化生产,钳工是进行零件加工最直接的手段。胡双钱几十年的积累和沉淀开始发挥作用。他攻坚克难,创新工作方法,圆满完成了 ARJ21-700 飞机起落架钛合金动作筒接头特制件制孔、C919 大型客机项目平尾零件制孔等各种特制件的加工工作。胡双钱先后获得全国五一劳动奖章、全国劳动模范、全国道德模范称号。

一定要把我们自己的装备制造业搞上去,一定要把大飞机搞上去。胡双钱



最大的愿望是“最好再干 10 年、20 年,为中国大飞机多做一点”。



任务小结

变速箱是变更传动比和运动方向的齿轮箱,用于汽车、拖拉机、船舶、机床和各种机器上,用于按不同工作条件改变由主动轴传到从动轴上的扭矩、转速和运动方向。

本任务装调的变速箱具有双轴三级变速输出,其中一轴输出带正反转功能,顶部用有机玻璃防护,主要由箱体、齿轮、花键轴、间隔套筒、键、角接触轴承、深沟球轴承、轴用卡簧、端盖、手动换挡机构等组成,可完成多级变速箱的装配工艺实训。

通过读装配图,使学生能够清楚零件之间的装配关系、机构的运动原理及功能,理解图纸中的技术要求;通过实训,使学生掌握基本零件如轴承、齿轮的装配方法和轴承、齿轮精度的调整。装配完成后,齿轮的定位要可靠,保证齿轮组可以承担负载以及移动齿轮的灵活性,保证圆柱齿轮啮合的啮合齿面宽度差不得超过 5%(即两个齿轮的错位)。

培养学生能够进行变速器设备空运转试验,并具备对常见故障进行判断分析的能力。

在实训过程中,通过分组实训操作,树立互相帮助、互相学习、团队协作、乐业敬业的工作作风,在巩固和加深专业知识的同时,培养敬业、精益求精、专注、创新的工匠精神。