

磨 床 设 计 制 造

(下 册)

上海机床厂“七·二一”工人大学

磨床设计制造

(下册)

上海机床厂“七·二一”工人大学

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 安徽省合肥印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张25.75 插页2 字数583,000

1975年3月第1版 1975年3月第1次印刷

印数1--52,000

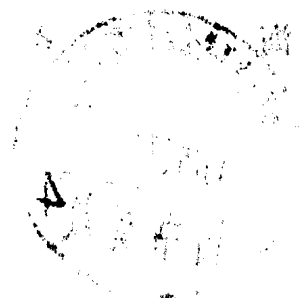
统一书号: 15171·162 定价: 1.75元

内 容 提 要

本书是上海机床厂“七·二一”工人大学磨床设计制造专业的教材,以该厂的生产实践为基础,把有关磨床设计制造的基础知识和专业知识编在一起,以介绍外圆磨床设计为主。全书分上、下两册出版。

下册主要介绍部件设计和装配工艺方面的基本知识,共分三个部分:第三部分为主要部件设计,分别叙述了砂轮架、头架和尾架、进给机构和床身有关设计方面的一些必要知识,同时还对类似的结构进行介绍分析;第四部分为其他部件设计,包括砂轮修整器、中心架、摇摆机构、分度机构、校正机构、铲磨机构以及防护与冷却装置等;第五部分为装配工艺。

本书可供有关专业的厂办工人大学作为教材和高等院校教学参考书,也可供机床设计方面的技术人员参考。



目 录

第三部分 主要部件设计

第一章 砂轮架	1
第一节 概述	1
一、砂轮架与滑鞍、垫板的连接方式	2
二、内圆磨架连接方式	4
第二节 砂轮架设计	4
一、主轴旋转精度及其提高措施	5
二、主轴轴承系统刚性及其提高措施	8
三、主轴系统的振动、发热及其降低措施	11
第三节 轴承设计计算	12
一、轴承的分类	12
二、液体滑动轴承的摩擦状态	13
三、动压轴承设计计算	13
四、静压轴承设计计算	22
五、滚动轴承选用与组合设计	40
第四节 砂轮架典型结构分析	51
一、滑动轴承砂轮架	52
二、滑动-滚动轴承砂轮架	56
三、滚动轴承砂轮架	58
四、静压轴承砂轮架	58
第五节 内圆磨具	59
第六节 轴瓦、整体轴承和内磨套筒加工工艺	63
一、轴瓦加工工艺	63
二、阿基米德曲线油楔形轴承加工工艺	65
三、内圆磨具套筒加工工艺	67
第二章 头架和尾架	70
第一节 头架	70
一、概述	70
二、M1432A 万能外圆磨床头架简介	72
第二节 头架设计的基本要求	73
一、传动系统要达到一定的调速范围	73
二、主轴系统要有良好的回转精度和足够的刚度	73
三、要有减少温升和振动的措施	73

第三节 主轴系统设计	75
一、一般外圆磨床头架主轴系统设计	75
二、万能外圆磨床头架主轴系统设计	77
三、头架主轴系统典型结构	78
第四节 传动系统设计	82
一、有级调速传动	82
二、无级调速传动	88
第五节 头架的绘制方法与步骤	92
一、绘制头架底座	93
二、绘制主轴系统结构	94
三、绘制传动结构	96
四、绘制辅助零、组件和局部视图	96
第六节 几种典型头架结构简介	96
一、MG1432A 万能外圆磨床头架	97
二、MB8260 曲轴磨床头架与偏心卡盘	99
三、H103 专用磨床头架	101
四、S7332 螺纹磨床头架	103
第七节 尾架	105
一、概述	105
二、尾架套筒组件的结构形式	107
三、尾架压缩弹簧的设计和选用	108
四、几种典型尾架结构简介	112
第八节 主轴和体壳加工工艺	116
一、主轴加工工艺	116
二、体壳加工工艺	118
第三章 进给机构	123
第一节 概述	123
第二节 磨床进给机构设计的基本要求	125
一、定位和进给要“准”	126
二、传动要“轻”	133
第三节 磨床进给机构的几种形式	135
一、手动进给机构	135
二、周期-切入进给机构	137
三、斜楔-杠杆式切入进给机构	139
四、恒压力磨削进给机构	142
五、摆动进给机构	142
六、切向进给机构	143
七、采用步进电机的切入进给机构	145
八、垂直进给机构	145

九、砂轮轴向进给机构·····	147
第四节 丝杆螺母机构·····	147
一、概述·····	147
二、丝杆螺母机构的分类和结构·····	149
三、丝杆的设计与制造工艺·····	161
第四章 床身·····	174
第一节 床身设计的基本要求·····	174
一、床身导轨的精度·····	174
二、床身的刚性·····	176
三、床身的热变形·····	185
四、床身导轨的耐磨性·····	190
五、床身结构工艺性·····	196
第二节 导轨的选用·····	199
一、导向原理·····	199
二、滑动导轨·····	201
三、滚动导轨·····	203
四、静压导轨·····	206
第三节 床身及其导轨尺寸的确定·····	214
一、导轨尺寸的确定·····	214
二、床身上其他尺寸的确定·····	216
第四节 床身工艺·····	216
一、时效处理·····	217
二、导轨面切削加工·····	218
三、导轨精度测量·····	223
四、油漆工艺·····	227

第四部分 其他部件设计

第一章 砂轮修整器·····	229
第一节 设计基本要求·····	229
一、概述·····	229
二、设计修整器的基本要求·····	231
第二节 砂轮修整器几种结构形式·····	231
一、直线修整器·····	231
二、圆弧修整器·····	233
三、角度修整器·····	236
四、成形修整器·····	240
第二章 中心架·····	251
第一节 概述·····	251
一、中心架的作用·····	251

二、中心架的设计要求	252
第二节 中心架的结构形式	255
一、闭式中心架	255
二、开式中心架	256
三、专用中心架	258
第三章 摇摆机构	262
第一节 概述	262
第二节 非圆轨迹摇摆机构的原理和结构设计	263
一、凸轮磨床摇摆机构	263
二、活塞椭圆磨床摇摆机构	268
三、多面形磨床摇摆机构	271
第四章 分度机构	278
第一节 概述	278
第二节 磨床分度机构的几种形式	279
一、手动分度	279
二、液压分度	280
三、槽轮(马氏轮)分度机构	283
四、蜗杆蜗轮式分度机构	286
五、电磁分度	292
第三节 分度机构精度分析	295
第四节 分度盘制造工艺	299
一、分度盘的类型及其技术要求	299
二、Y70100 齿轮磨床分度盘加工工艺	301
三、磨削分度盘齿槽的方法	301
四、磨分度盘齿槽时影响等分精度的因素	304
第五章 校正机构	305
第一节 概述	305
第二节 螺纹磨床校正机构	306
一、螺纹的误差分析	306
二、设计校正机构应注意的问题	308
三、各种校正机构的工作原理及分析比较	308
第三节 蜗轮母机校正机构	314
第六章 铲磨机构	318
第一节 铲磨机构的基本要求及运动形式	318
一、设计铲磨机构的基本要求	318
二、铲磨机构的运动形式	319
第二节 铲磨机构的设计	324
第七章 防护与冷却装置	328

第一节 防护装置	328
一、安全防护装置	328
二、机床防护装置	332
第二节 冷却装置	337
一、冷却泵容量计算	337
二、冷却喷嘴设计	338
三、冷却液的过滤装置	339

第五部分 装配工艺

第一章 概述	345
第一节 装配工艺对设计的要求	345
第二节 装配工艺的主要内容	347
第三节 机床装配尺寸链	348
一、完全互换法	348
二、合并法	349
三、修配法	350
四、调整法	351
第二章 装配前的技术准备	352
第一节 装配工艺规程的编制	352
一、总装工艺规程的编制	352
二、部装工艺规程的编制	352
第二节 装配时工艺装备的设计与制造	354
一、测量工具	354
二、刮研工具	358
三、试车装备	358
四、辅助工具	358
第三章 磨床组件和部件装配	360
第一节 轴承的装配	360
一、滚动轴承的装配	360
二、滑动轴承的装配	364
三、静压轴承的装配	366
第二节 齿轮副及丝杆螺母副的装配	367
一、圆柱齿轮的装配	368
二、圆锥齿轮的装配	370
三、蜗杆蜗轮副的装配	371
四、丝杆螺母副的装配	371
第三节 旋转组件的平衡	372
一、静平衡	373

二、动平衡.....	377
第四节 磨床部件装配.....	380
第四章 磨床总装	382
第一节 测量导轨精度.....	382
第二节 油压筒配刮.....	385
第三节 手摇工作台机构及齿条定位.....	385
第四节 装垫板和进给机构.....	386
第五节 测量并修磨下工作台的上平面.....	387
第六节 装上工作台并修配压板.....	388
第七节 头架、尾架、砂轮架、内圆磨具支架对中心	389
一、头架主轴锥孔中心线及尾架套筒锥孔中心线对工作台移动方向的不平行.....	389
二、头架主轴锥孔和尾架套筒锥孔的中心连线对工作台移动方向的不平行.....	391
三、砂轮架横向移动对工作台移动方向的不垂直度.....	392
四、砂轮架主轴中心线对工作台移动方向的不平行度.....	392
五、砂轮主轴中心线对头架主轴锥孔中心线的不等高度.....	393
六、内圆磨具支架孔中心线对工作台移动方向不平行及对头架主轴锥孔中心线不等高度.....	393
第八节 机床空运转、切削试验和样品试磨	393
一、机床空运转.....	393
二、切削试验.....	396
三、样品试磨.....	396

第三部分

主要部件设计

第一章 砂轮架

第一节 概述

砂轮架(磨具、磨头)是磨床上用来带动砂轮作高速旋转的关键部件,主要由传动部分与主轴轴承部分组成。

图 3-1 是 M1432A 万能外圆磨床砂轮架的外形和结构。

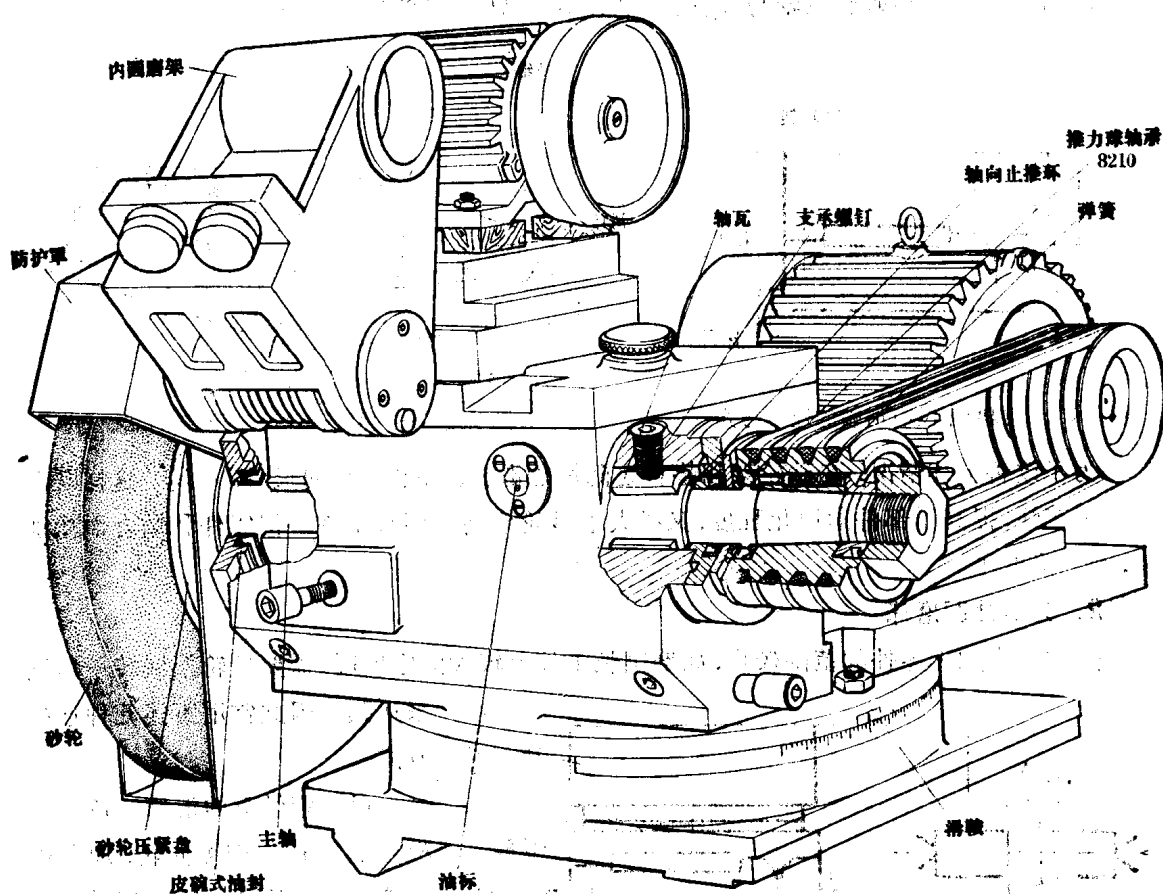


图 3-1 M1432A 万能外圆磨床砂轮架

经过静平衡的砂轮紧固在主轴上。主轴支承在称作“短三块”滑动轴承上,这种轴承是

由三片扇形块(轴瓦)组成的,在每块轴瓦后面有一球头的支承螺钉。轴瓦在支承螺钉上可自由摆动,以便主轴高速旋转时形成油膜压力,主轴和轴承间的间隙大小可通过螺钉调节。

主轴的轴向止推装置布置在砂轮架后端,向右的轴向力(磨削端面时)由主轴后端轴肩与止推环承受,向左的轴向力由六根弹簧承受,止推环的磨损由弹簧补偿。

砂轮架盖板上装有内圆磨架。

砂轮架内盛满高速机械油(2号主轴油)。润滑油的高度由油标指示。主轴两端有皮碗式密封装置。

整个砂轮架用螺钉与滑鞍连接在一起,可沿后床身导轨横向移动。

一、砂轮架与滑鞍、垫板的连接方式

不同类型外圆磨床有不同的连接方式,分别叙述如下:

1. 外圆磨床

外圆磨床没有滑鞍,砂轮架仅能沿垫板导轨作横向进给(图3-2),故结构简单,层次少,刚性好;但使用范围较狭,装配、检修困难。特别是,当砂轮主轴的中心线与垫板导轨不垂直时,需要修刮导轨;当砂轮主轴与头、尾架中心不等高时,需修磨垫板底面。

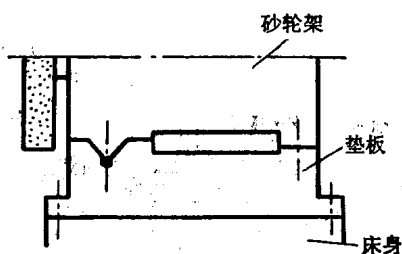


图 3-2 外圆磨床没有滑鞍的连接方式

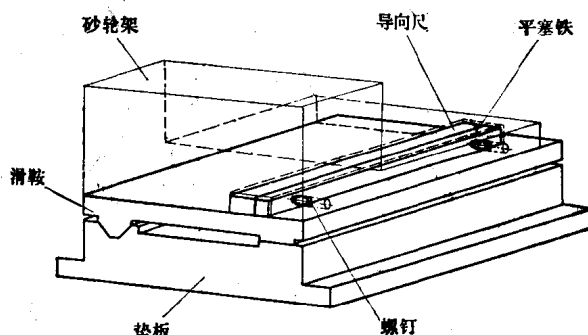


图 3-3 外圆磨床有滑鞍的连接方式

为了改善上述情况,在砂轮架和垫板之间增加滑鞍,并装有导向尺(图3-3),这样既改善了工艺性,提高了部件通用化程度,又扩大了砂轮架前后调整范围。但零件和结合面增加后,刚性降低了。

2. 万能外圆磨床

这类机床加工零件的范围较广,如磨削长工件上较大的锥度时,需要砂轮架回转一角度来达到,因此常用下述几种连接方式。

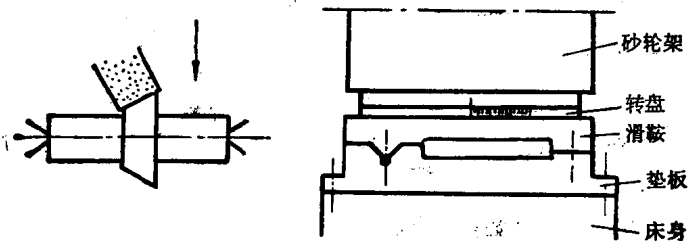


图 3-4 带转盘的滑鞍

(1) 带转盘的滑鞍,位于垫板之上。砂轮架可回转,而滑鞍沿垫板导轨移动,因此横进给方向不变(图3-4)。目前万能外圆磨床普遍采用这种连接方式。

(2) 带定位柱和导向尺的滑鞍, 也位于垫板之上(图 3-5)。砂轮架可借齿轮、齿条或丝杆、螺母在滑鞍上沿导向尺移动作调整, 而导向尺又能绕定位柱作 $\pm 30^\circ$ 的回转。这种结构的特点是, 在不影响砂轮架最大行程长度的条件下, 缩短横进给丝杆长度和垫板长度, 提高传动刚性, 并可避免丝杆局部磨损。

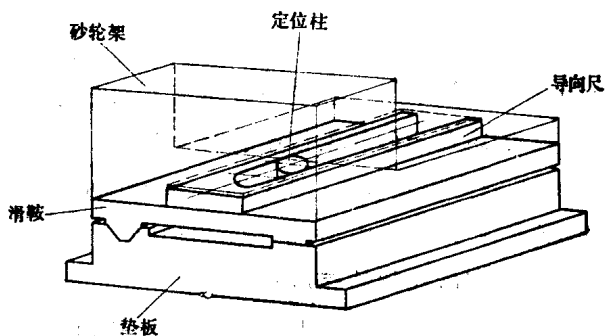


图 3-5 带定位柱和导向尺的滑鞍

(3) 转盘位于垫板导轨之下。垫板在转盘上回转, 这样可以改变砂轮架进给方向(图 3-6)。它的优点是能作斜向切入, 同时磨削工件外圆和端面; 其缺点是结构复杂, 进给传动链长。

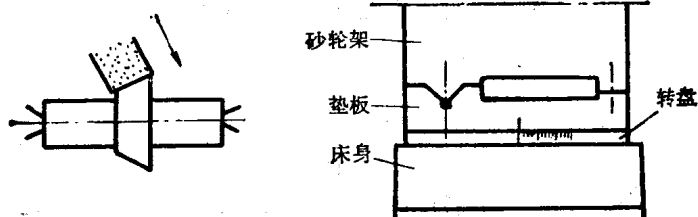


图 3-6 转盘在垫板之下

(4) 有两层转盘的滑鞍、垫板形式(图 3-7)。这类结构在砂轮架横向导轨的上、下各有一层转盘, 砂轮架不仅能作横向进给, 还能作纵向进给。磨削较长的大锥度零件时, 原来的横向进给运动变成了纵向运动, 如果需要进给, 可以将工作台向左移动。这种连接方式虽然使万能性更广些, 但由于结构复杂, 层次多, 刚性差, 因此较少应用。

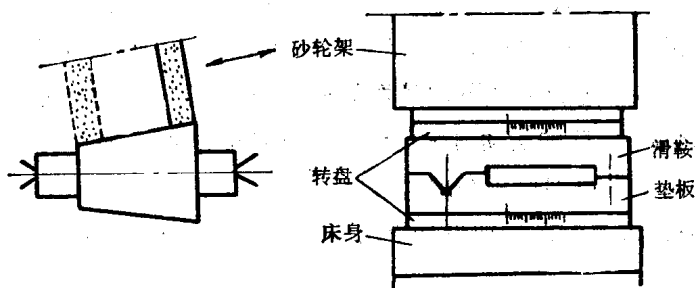


图 3-7 有两层转盘的连接方式

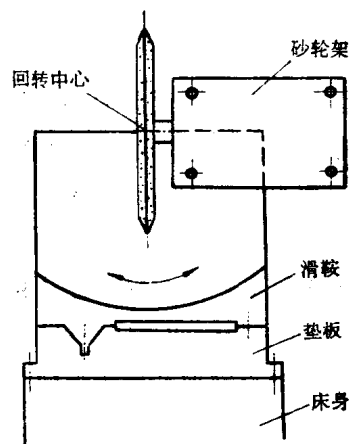


图 3-8 螺纹磨床砂轮架和滑鞍的连接方式

3. 螺纹磨床

磨削不同的螺旋升角时, 砂轮中心线需绕水平轴回转一角度, 因此螺纹磨床的砂轮架和滑鞍的连接方式, 只要保证砂轮架能绕水平轴线回转(图 3-8)。

二、内圆磨架连接方式

万能外圆磨床除了磨削工件的外圆、外锥面与平面等外,还需磨削内孔、内锥面,所以都备有内圆磨具装置,一般装在砂轮架上,其连接方式有下列三种:

1. 固定在与砂轮架铰接的磨架上

这种内圆磨具装置(图 3-9a),在磨削时翻下,不用时翻上,使用方便,但刚性较差,对热变形较敏感,适用于中型万能外圆磨床。

2. 装在砂轮架体壳后面

这种结构(图 3-9b)刚性较好,但磨削时要回转整个砂轮架,使用不方便,适用于小型万能外圆磨床。

3. 装卸式内圆磨具

万能螺纹磨床由于磨削内螺纹的机会较少,所以采用装卸式内圆磨具(图 3-9c),使用时用螺钉固定在砂轮架上,不用时拆下。

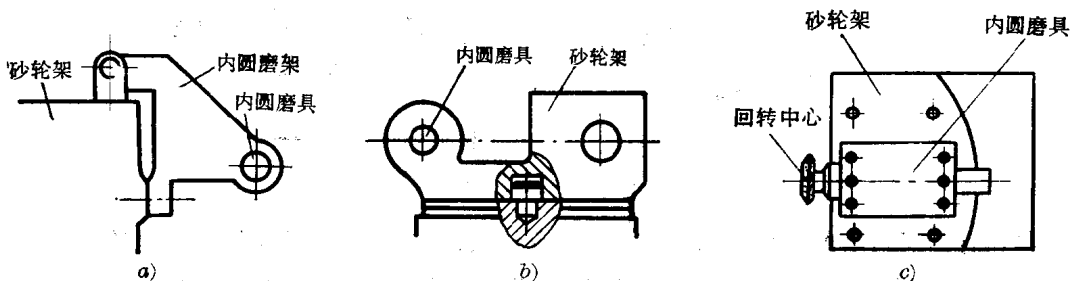


图 3-9 内圆磨架三种连接方式

第二节 砂轮架设计

通过上面的简单介绍可以看到,设计砂轮架时主要应考虑下列几个方面的问题:主轴与轴承;轴向窜动与轴向止推;润滑与密封;振动与平衡;发热与冷却;砂轮破碎与防护等。从表面上看,问题似乎很多,又各不相同,实际上它们之间是有内在联系的。正如革命导师马克思所说的:“研究必须详细地占有材料,分析它的不同的发展形态,并探寻出这各种形态的内部联系。只有在完成这种工作之后,实际的运动方才能够适当地叙述出来。”整个设计过程,就是如何使这些问题在一只砂轮架上得到比较合理的解决。

主轴与轴承是砂轮架的关键部分,因此对砂轮架设计提出的基本要求主要也是针对主轴轴承部分的。

砂轮架设计应满足下列四点基本要求:

- (1) 主轴旋转精度高且稳定;
- (2) 主轴轴承系统刚性好;
- (3) 振动小,发热低,不漏油;
- (4) 制造装配简单,调整维修方便。

一、主轴旋转精度及其提高措施

1. 主轴的旋转精度

砂轮架旋转精度是指主轴前端的径向跳动和轴向窜动大小,它直接影响工件的表面光洁度和表面缺陷,如直波形和拉毛等。

一般外圆磨床、平面磨床砂轮架(磨头)的径向、轴向跳动允差: 0.005~0.010 毫米。高精度的小于 0.005 毫米。

螺纹磨床、齿轮磨床砂轮架(磨头)的径向跳动允差: 小于 0.005 毫米; 轴向窜动允差: 0.001~0.003 毫米。

2. 提高主轴旋转精度的措施

(1) 选择合适的主轴轴承: 由于砂轮架主轴转速很高,且不需要经常变速,故目前绝大部分采用滑动轴承。最近几年来静压轴承在磨床上得到越来越广泛的应用,它能达到较高的主轴旋转精度。

当砂轮主轴采用滑动轴承时,间隙应取小一些,这样主轴在轴承内的跳动小,对提高主轴的旋转精度很重要。滑动轴承的结构形式对主轴的旋转精度也有很大关系,如整体式滑动轴承的旋转精度保持性能比多瓦式滑动轴承为好,因为后者是由分离的多块轴瓦所组成,容易产生位移和倾侧,而整体式滑动轴承,一经调整好间隙后,精度的稳定性容易保持。

随着滚动轴承制造精度的提高,滚动轴承也日益广泛应用于砂轮主轴上。一般根据主轴前端要求的径向和轴向跳动允差,选取“D”级或更高的“C”级精度滚动轴承。

(2) 提高主轴的加工精度: 主轴本身的加工精度,对旋转精度有直接的影响,因此必须规定合理的技术要求。

砂轮主轴除其主要尺寸有配合公差要求外,应规定主轴轴颈(轴承档)的几何形状允差(不圆度及圆锥度允差);前、后轴颈与前端定心锥面的同心度允差;轴肩轴向支承面与轴颈中心线的垂直度允差等。

一般精度外圆磨床,如 M 1432A 万能外圆磨床砂轮架的主轴轴颈不圆度、圆锥度允差: 0.002~0.003 毫米;前、后轴颈与前端锥面的跳动允差和轴肩与轴颈中心线的垂直度允差: 0.003~0.005 毫米(图 3-10)。

高精度外圆磨床,如 MG 1432 万能外圆磨床砂轮架的主轴轴颈不圆度、圆锥度允差:

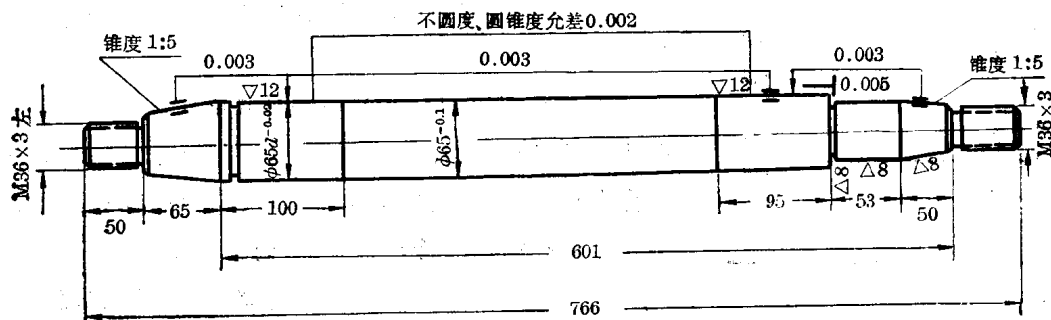


图 3-10 M1432A 万能外圆磨床砂轮主轴

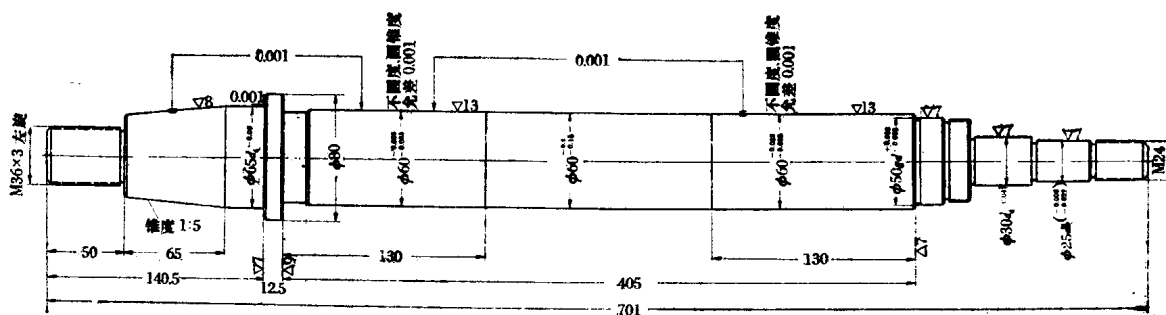


图 3-11 MG1432 万能外圆磨床砂轮主轴

0.001 毫米；前、后轴颈与前端锥面的跳动允差和轴肩与轴颈中心线的垂直度允差：0.001 毫米(图 3-11)。

为了使主轴长时期保持旋转精度，合理选择主轴材料和热处理方法也是非常重要的。

砂轮主轴的表面应有较高的硬度，而中心部分又要有较高的强度和韧性，以保证工作时耐磨且变形小。常采用合金结构钢 20MnVB 渗碳淬火，42MnVB 淬火或 9Mn2V 调质高频淬火，使其硬度达 HRC 56~62。精密磨床砂轮主轴较多采用 38CrMoAlA，经氮化处理后硬度达 HRC 68~72。

(3) 正确选择主轴轴向止推形式：主轴轴向止推可分单向、双向两种。双向止推支承一般安装在主轴前轴承的外侧(图 3-12)，由套及压紧环紧靠主轴轴肩两端，磨制中间调整垫圈，保证留 0.01 毫米间隙。这种结构能承受两个方向的轴向力，且在很大轴向力的情况下能获得较好的轴向定位精度，但制造、装配与调整比较复杂，一般用于需要双面磨削的大型机床。

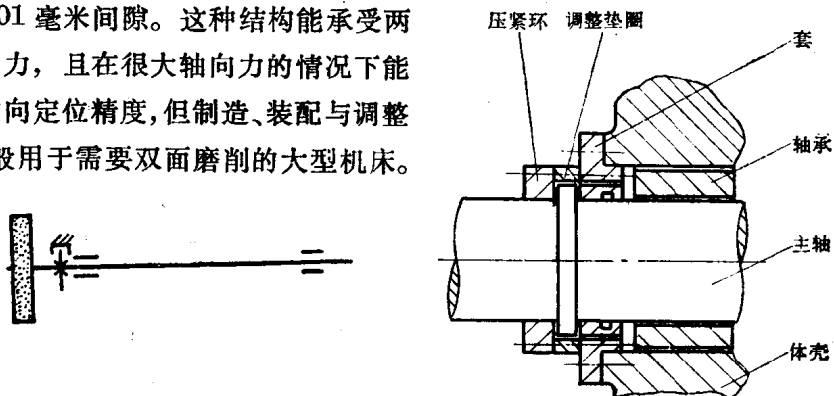


图 3-12 双向止推支承的安装位置及结构

单向止推支承根据在主轴上的安装位置有图 3-13 所示的几种形式：装在后轴承的外侧(图 a)；装在前、后轴承的外侧(图 b)；装在前、后轴承的中间(图 c)。

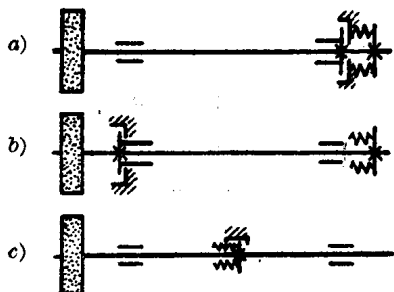


图 3-13 单向止推支承的安装位置

上节谈到的 M1432A 万能外圆磨床砂轮架主轴轴向止推即是单向的，它装在后轴承的外侧，这样主轴热变形会向前伸长，影响轴向定位精度，但对外圆磨床的影响不大。这种结构的特点是装配、调整方便。

单向止推支承装在前、后轴承的外侧，结构如图 3-14 所示，虽能改善上述缺点，但增加了砂轮中心至前轴承中

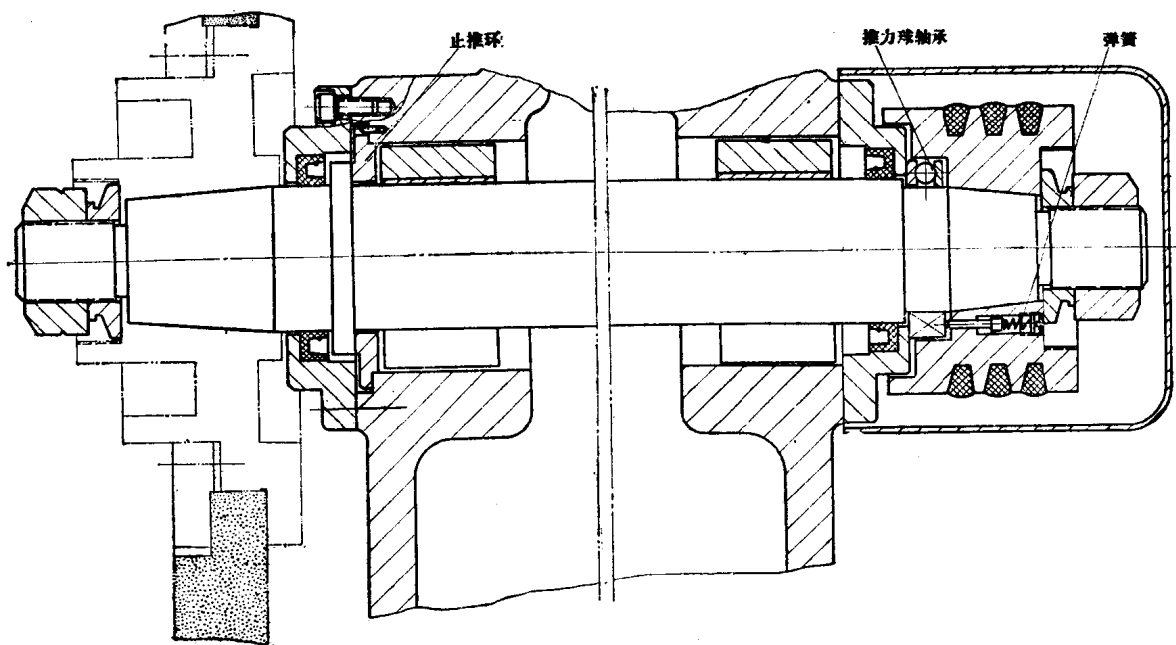


图 3-14 轴向止推装在前、后轴承外侧的结构图

心的距离,对主轴刚性不利。一般用于螺纹磨床和端面外圆磨床等。

有些砂轮主轴要求能轴向抖动或轴向移动,如凸轮磨床和曲轴磨床等,常采用轴向止推安装在前、后轴承中间的形式,详见图 3-15。

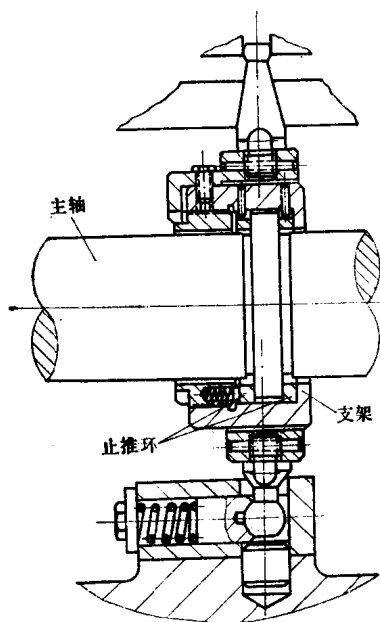


图 3-15 轴向止推装在前、后轴承中间的结构图

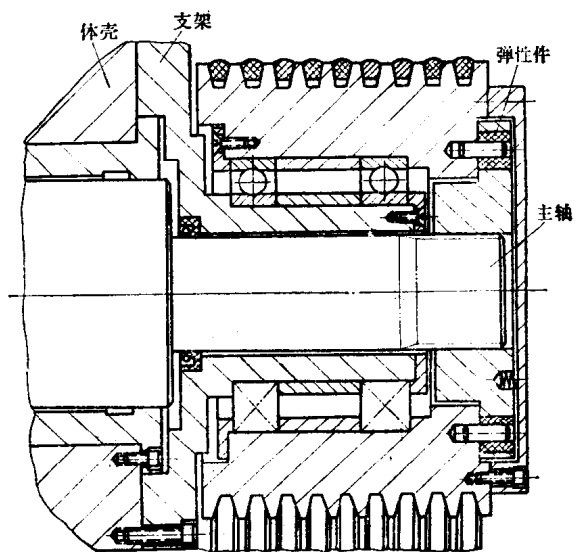


图 3-16 卸荷皮带轮

(4) 采用提高旋转精度的其他措施: 皮带轮不直接装在主轴上, 而装在单独的支架上, 并用花键、平键或其他方法带动主轴旋转, 如图 3-16 所示的卸荷皮带轮。这样减少了主轴变形和轴承受力, 但结构比较复杂, 因此一般在高精度或大型磨床上采用。

平面磨床磨头前后移动很频繁,故通常由电动机转子直接驱动砂轮主轴(图 3-17),特点是结构紧凑,体积小,重量轻,但转子在运转过程中由于磁偏心会引起主轴跳动,影响主轴旋转精度,也有采用电动机通过联轴器与主轴相连的结构。

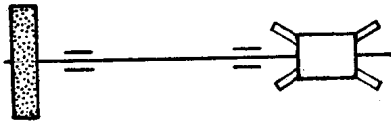


图 3-17 电动机直接驱动

二、主轴轴承系统刚性及其提高措施

1. 主轴轴承系统的刚性

主轴轴承系统刚性是指在磨削力或传动力作用下抵抗变形的能力,通常以主轴前端的挠度 Y 来度量。过低的刚性,会降低磨削生产率、加工精度和工件表面光洁度,引起直波形和螺旋线缺陷。

主轴轴承系统刚性实际上包括三个部分: (1) 主轴本身的刚性; (2) 轴承刚性; (3) 接触刚性。

2. 提高主轴轴承系统刚性的措施

(一) 提高主轴刚性 磨床的砂轮主轴多数采用两点支承,要使主轴刚性好,必须使主轴受力后的前端挠度 ($Y_{\text{主轴}}$) 值小,这就必须对影响主轴挠度的诸因素加以分析,以便合理地选择各参数。

主轴前端挠度值用下式计算(图 3-18):

$$Y_{\text{主轴}} = \frac{Pa^2(l+a)}{3EI}$$

式中: P ——载荷(公斤);
 l ——两支承跨距(厘米);
 a ——悬伸长度(厘米);
 E ——材料的弹性模数(公斤/厘米²);
 I ——截面惯性矩(厘米⁴)。

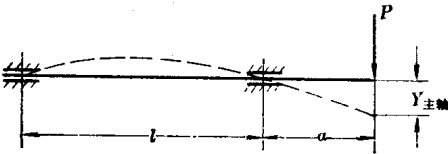


图 3-18 主轴前端挠度

(1) 提高截面惯性矩 I : 加大主轴直径,虽然能提高刚性,但常受结构上的限制,故只可适当增大主轴中间部分直径。如内圆磨具主轴,由于转速很高,不宜采用内孔直径较大的滚动轴承,否则线速度过高,会降低轴承寿命,这样限制了主轴轴颈加大,为提高刚性,可将主轴中间部分加大(图 3-19)。

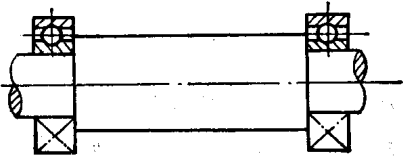


图 3-19 加大主轴中间部分直径