

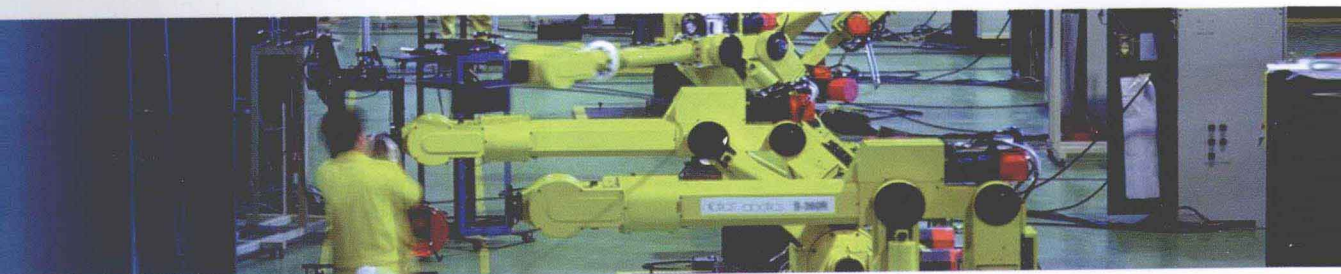


高等教育“十二五”规划教材
国家级机械工程实验教学示范中心系列实验教材

机械设计制造 及其自动化专业实验

Jixie Sheji Zhizao
jiqi Zidonghua Zhuanye Shiyān

◎主 编 王淑坤 许 颖



机械设计制造及其 自动化专业实验

主 编	王淑坤	许 颖	
参编人员	姜永武	李学光	赵伟宏
	于俊鹏	吕一鸣	冯增铭
	刘 悦	吴淑芳	徐春鹰
	刘薇娜		

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计制造及其自动化专业实验 / 王淑坤, 许颖主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2012.4.

ISBN 978-7-5640-5405-2

I. ①机… II. ①王… ②许… III. ①机械设计-实验-高等学校-教材 ②机械制造-实验-高等学校-教材 ③机械工程-自动化技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TH-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第265545号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 8.75

字 数 / 202千字

版 次 / 2012年4月第1版 2012年4月第1次印刷

印 数 / 1~3000册

定 价 / 19.00元

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

21 世纪所需要的机械工程类高级技术人才是既要掌握专业的理论知识,又要具有较高的专业技能和较强创新精神的综合型、复合型人才。而我国的高等教育多重视理论课的教学,对实践性教学由于种种原因,相对比较缺失。使得学生有知识、没能力,造成就业比较困难,就业后对担任的工作适应期较长。为了适应新时代对工程技术人才的要求和学生能顺利就业的需要,必须建设完善的实践教学体系,以培养学生的实际动手能力和知识、技术综合应用的能力,以及培养学生的创新意识和独立承担任务的勇气。本书是根据机械设计制造及其自动化专业加强实践性教学、提高学生动手能力的需要编写的。按照高等学校机械学科本科专业规范、培养计划和课程教学大纲、实验教学大纲的要求,结合学校实验教学改革的经验和要求而编写的实验教材。选取的实验题目与我校 07 版教学计划相配套,与工程实际相结合,也符合培养 21 世纪应用型人才的需求。

全书共分 8 章,主要包括:“机械制造装备设计”“数控加工技术”“先进制造技术”“特种加工”“机械创新设计”“计算机辅助工艺设计”“现代机械设计方法”“模具设计与制造”等课程的实验内容。本书主要作为工科高等院校“机械设计制造及其自动化”“机械工程及自动化”等专业的实验教材,并可供高职机械类专业使用,同时也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

第 1 章 机械制造装备设计,由姜永武编写,本章是机械制造装备设计学科的专业实验,是理论联系实际的重要环节。通过学生自己动手进行实验,获得基本实验技能的训练,培养学生独立思考和操作的能力,使学生初步具备运用本课程及前续课程的理论知识,分析和解决生产中的实际问题的能力,为其他专业课程设计、毕业设计以及今后从事生产技术工作打下良好的基础。

第 2 章 数控加工技术,由李学光、赵伟宏编写,本章要求学生掌握台阶类零件的平面铣削加工方法,熟悉各种编程指令,能够编制、修改数控程序,能够运用 UG 软件自动生成数控加工程序代码,并能够进行零件的数控加工模拟仿真。

第 3 章 先进制造技术,由刘薇娜、赵伟宏编写,使学生对快速成型技术的成型过程有较生动的理解,以及了解快速成型技术的应用——制作硅橡胶模具。

第 4 章 特种加工,由于俊鹏、徐春鹰编写,实验内容有电火花线切割实验和激光热处理实验,通过该实验使学生了解特种加工的基本原理、基本设备、主要特点、适用范围以及特种加工与切削加工的区别。使学生能合理选择加工参数,掌握数控编程,具备使用特种加工机床对工件加工的能力。

第 5 章 机械创新设计——慧鱼模型组合创新实验,由刘悦编写。实验以德国慧鱼公司生产的机电产品示教模型为对象,学生通过装配机电设备模型,对设备进行较为细致的观察

和分析,从而完成综合性的设计训练过程,达到通过实验培养学生理论联系实际、独立工作与分析能力的效果。

第6章 计算机辅助工艺设计,由吕一鸣编写,只有把工艺设计和计算机软件技术结合起来才能用计算机辅助工艺人员解决工艺设计问题。这就要求计算机辅助工艺设计课程实验要具有综合性实验、设计型实验、创新性实验的特点,着眼于提高学生的综合分析能力和运用计算机编程来解决工艺设计问题的能力的培养,达到理论教学与实验教学的融合及统一。

第7章 现代机械设计方法,由王淑坤和吉林大学冯增铭编写,本章主要内容为机构优化设计综合实验——摆动导杆机构的建模与仿真,以培养学生综合应用所学的知识、使用机械系统动力学分析仿真软件 ADAMS/View 解决一个实际工程问题以及实验数据的处理能力为宗旨,有效地提高学生的综合设计能力和创新能力,力求对学生进行素质教育,以适应社会发展的需求,培养出高水平、实用型的工程设计人员。

第8章 模具设计与制造,由吴淑芳编写,本实验以机械设计制造及其自动化专业的本科生教育为主要对象,在学生已掌握了 DEFORM 技术的基本原理、基本方法、关键技术、功能和工作流程等基础知识的基础上,通过实验使学生进一步理解课程中所讲解的基本知识点,通过多样化的应用实例开拓学生思路,培养学生对实际问题的分析和解决能力,并通过上机实训使学生达到熟练操作与应用 DEFORM 软件能力,为从事计算机辅助机械设计和制造工作打下坚实的基础。

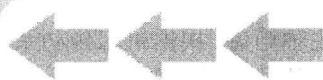
全书由王淑坤、许颖统稿、审稿。由于编者的水平有限,书中难免存在缺点和错误现象,敬请广大读者批评指正。

第 1 章 机械制造装备设计	1
§ 1.1 普通车床结构剖析	1
§ 1.2 车床主传动系统空载功率的测定	3
§ 1.3 数控内外圆复合磨床剖析	6
§ 1.4 数控铣床的结构剖析及简单操作	11
第 2 章 数控加工技术	22
§ 2.1 台阶零件的数控铣削编程	22
§ 2.2 封闭式型腔零件的数控铣削编程	23
§ 2.3 零件中孔的数控加工编程	25
§ 2.4 敞开式型腔的数控铣削编程	26
§ 2.5 多层零件的数控铣削编程	28
§ 2.6 凸模零件的数控铣削编程	29
§ 2.7 凹模零件的数控铣削编程	30
§ 2.8 零件的数控加工刀具路径规划	31
第 3 章 先进制造技术	34
§ 3.1 激光快速成型零件的三维实体设计	34
§ 3.2 激光快速成型的数据准备实验	36
§ 3.3 复杂零件激光快速成型实验	45
§ 3.4 零件的硅橡胶模具实验	46
第 4 章 特种加工	49
§ 4.1 电火花线切割机床简介	50
§ 4.2 激光热处理系统简介	54
§ 4.3 电火花线切割实验	60
§ 4.4 激光热处理实验	62
第 5 章 机械创新设计——慧鱼模型组合创新实验	64
§ 5.1 机械本体装配	65
§ 5.2 传动机构分析	66

§ 5.3	驱动部件认识	66
§ 5.4	控制系统认识	67
§ 5.5	指定轨迹规划编制控制程序	67
第 6 章	计算机辅助工艺设计	69
第 7 章	现代机械设计方法	85
§ 7.1	设置工作环境	88
§ 7.2	建立摆动导杆机构参数化模型	90
§ 7.3	给系统加力	103
§ 7.4	测量系统的运动学和动力学参数	106
§ 7.5	试验研究	113
§ 7.6	最优化设计	116
第 8 章	模具设计与制造	119
§ 8.1	DEFORM 软件分析流程	120
§ 8.2	花键冷挤压成形过程仿真	123
参考文献		134

第 1 章

机械制造装备设计



一、主要实验配套仪器设备

- (1) CA6140、M6132、华中数控铣床等型号机床。
- (2) 三相功率表一块。
- (3) 水平仪、千分表及磁性表架、专用桥板、检验芯棒等。

二、实验项目内容与学时分配

序号	实验项目名称	学时	内容提要（目的、内容、方法）	实验类型
1	CA6140 车床结构剖析	2	了解 CA6140 车床用途及主要性能，分析主要零部件构造和工作原理	验证性
2	机床主传动系统空载功率测定	2	认识机床空载功率消耗与传动系统和设计结构的关系，学习如何更合理地设计机床传动系统	验证性
3	数控磨床结构剖析实验	2	了解数控磨床用途及主要性能，分析主要零部件构造和工作原理	验证性
4	数控铣床的结构剖析及简单操作	2	分析数控铣床主要零部件构造和工作原理，学习数控铣床的简单操作	验证性

§ 1.1 普通车床结构剖析

一、实验目的

- (1) 了解机床的用途、总体布局以及机床的主要技术性能。
- (2) 对照机床传动系统图，分析机床的传动路线。
- (3) 了解和分析机床主要零部件的构造和工作原理。
- (4) 本实验项目为验证性实验，要求同学认真预习有关课程知识。

二、实验内容

1. 机床总体结构

指导教师结合 C6140 车床, 介绍机床的用途、布局、各操纵手柄的作用及操作方法。然后开车、空载运转, 以观察机床各部件运动。

2. 主轴箱

揭开主轴箱盖, 根据机床传动系统图和主轴箱展开图, 看清各挡传动路线及传动件的构造。

(1) 看懂标牌的意义, 明确主轴箱各操纵手柄的作用。

(2) 了解主传动系统的传动路线, 主轴正转、反转、高速是如何调整实现的。

(3) 结合图 1-1 了解摩擦离合器的结构原理及其调整操纵情况。

(4) 操纵 II—III 轴上两个滑移齿轮移动, 操纵 IV 轴上的两个滑移齿轮及 VI 轴上的一个滑移齿轮 (M_2) 注意它们的啮合位置。

(5) 观察主轴箱的润滑系统及各传动件的润滑油流经路径。

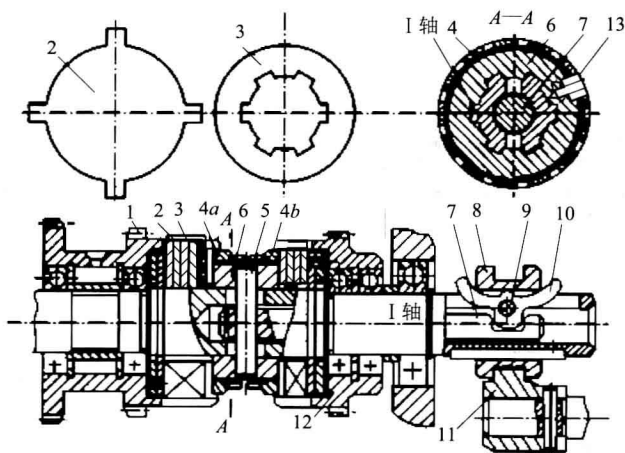


图 1-1 双向多片摩擦离合器

1—双联齿轮; 2—摩擦片 (外片); 3—摩擦片 (内片); 4—推环; 5—滑环连接销; 6—压环; 7—推杆; 8—滑环;

9—销; 10—元宝销; 11—拨叉; 12—齿轮; 13—定位销

3. 挂轮架

了解挂轮架的构造、用途和调整方法。

4. 进给箱

结合进给箱展开图及传动系统图, 观察基本组、增倍组操纵机构, 螺纹种类转换机构以及光杆、丝杠传动的操纵机构。

5. 溜板箱

纵向、横向的机动进给及快速移动的操纵机构。丝杠、光杆进给的互锁机构, 对开螺母机构, 结合教图, 了解超越离合器及过载保险装置。

6. 刀架

刀架总体是由床鞍、横刀架、转盘、小刀架及方刀架 5 部分组成。结合这些部件的结构

和装配图分析其工作原理。

7. 尾架

观察尾架的构造、尾架套筒的夹紧方法。尾架套筒与机床主轴中心线同轴度的调整方法。

8. 床身

了解床身的结构，床身导轨分几组，各组的作用是什么。

§ 1.2 车床主传动系统空载功率的测定

一、实验目的

(1) 了解机床主传动系统空载功率损耗与主传动系统的结构设计的关系，学习如何合理地设计机床主传动系统。

(2) 在设计机床确定主电机功率时，如何考虑空载功率损耗。

(3) 掌握机床空载功率的测定方法和仪器的使用。

(4) 本实验项目为验证性实验，要求同学认真预习有关课程知识。

二、实验原理

机床在空载条件下，主传动系统功率损耗包括主传动系统全部传动件在无切削负荷条件下的机械摩擦功率损耗、搅油功率损耗及空气阻力功率损耗。

机床主传动系统的机械摩擦损耗包括齿轮啮合面之间、皮带和皮带轮的接触面之间、滚动轴承内外环之间、滑动轴承支承面与轴颈之间、离合器的摩擦面之间以及拨叉与齿轮侧面之间的机械摩擦损耗。

空载机械摩擦损耗的大小主要取决于摩擦面的种类和制造装配的质量摩擦面上空载时作用力（传动件的重量、偏心质量、轴承的预紧力、皮带拉力以及传递空载扭矩等），摩擦系数及相对运动速度。对一台已定的机床，各传动件的尺寸已定，在润滑情况保持不变的条件下，则各传动件的空载机械摩擦损耗，随摩擦表面相对转速的提高而增加。可以认为各传动件的空载机械摩擦功率损耗与相对速度的一次方成正比比例。

各传动件的搅油功率损耗主要取决于传动件的种类、尺寸大小、浸油深度、油的黏度、油温的变化和传动件的速度。对于一台结构已定的机床，在主轴箱内油面高度固定不变的条件下，则各传动件的搅油功率损耗随转速的提高而增加。一般可以认为各传动件的搅油功率损耗与转速的平方成正比比例。正常情况下，对于采用飞溅润滑的主轴箱来说，如果轴位布局合理，浸油齿轮数目较少，油面高度适宜，则搅油损耗功率占全部空载功率损耗的比例很少，可以忽略。CA6140 型普通车床是强制润滑，这一项功率损耗为零。空气阻力损耗功率就更小了，也可以忽略不计。这样机床空载功率损耗的总数，可以近似地认为机床主传动系统空载功率与主轴箱全部轴的转速之和成正比例关系。

机床主传动系统空载功率可按下列经验公式近似计算。

$$P_{\text{空}} = \frac{Kd_{\text{平均}}}{10^5} (\sum n + cn_{\text{主}}) \quad (\text{kW})$$

式中 $K=3\sim5$ ，与制造装配质量和润滑条件有关，情况较好时取小值；

$d_{\text{平均}}$ ——除主轴以外，其他各传动轴支撑轴颈的平均直径（mm）；

$n_{\text{主}}$ ——主轴转数。

$$d_{\text{平均}} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m}$$

式中 m ——传动轴数目；

$\sum n$ ——除主轴以外，其他各传动轴当主轴速度为 $n_{\text{主}}$ 时的相应转速之和（rpm）；

$$\sum n_m = n_1 + n_2 + \cdots + n_m$$

$$\alpha = K_{\text{主}} \frac{d_{\text{主}}}{d_{\text{平均}}} \text{—系数}$$

式中 $K_{\text{主}}$ ——主轴用滑动轴承取 $K_{\text{主}}=2$ ；

$d_{\text{主}}$ ——主轴用滚动轴承取 $K_{\text{主}}=1.5$ 。

不同的主轴转速，各传动轴的转速和不同，因此其空载功率损耗不同。

机床主传动系统空载功率损耗不仅与主轴的转速有关，而且与主传动系统结构设计有关（即传动路线长短及中间轴上传动元件的转速高低）。通过实验进一步了解到为降低空载功率损耗并设计合理的结构需使各传动轴的转速和最小，这对于高速机床的高速挡来说尤为重要。其次进一步了解采用飞溅润滑的主轴箱、浸油齿轮数目、油面高度和主轴箱横截面轴位的布置对搅油功率损耗的影响，学习如何在设计合理的结构条件下，尽量降低搅油功率损耗。

三、实验设备与仪器

三相功率表、CA6140 型普通车床。

四、实验步骤

（1）接功率表。

（2）卸掉皮带，测电机在无负荷时功率损耗（未考虑电动机效率）。

（3）装上皮带，开动机床使机床在 $n=450 \text{ rpm}$ 时，空运转十分钟后作以下各项测量。

① 脱开进给传动链，将主轴箱手柄放在适当位置，使主轴转速分别为 10 rpm、12.5 rpm、16 rpm、20 rpm、25 rpm、32 rpm、40 rpm、50 rpm、63 rpm、80 rpm、100 rpm、125 rpm、160 rpm、200 rpm、250 rpm、320 rpm、400 rpm、450 rpm、500 rpm、560 rpm、710 rpm、900 rpm、1 120 rpm、1 400 rpm 时（图 1-2），从低速到高速测定电机的输入功率，每次进行测量时务必在每次变速开车后两分钟进行。要求每次读数误差尽可能小，然后把数据填入表 1-1 中。

② 在上述条件下，脱开主轴，重复进行上述测定一次，然后再把数据填入表 1-1 中。

表 1-1 CA6140 型普通车床空载功率测试表

主轴转速	10	12.5	16	20	25.5	32	40	50	63	80	100	125
空载功率 (接通)												
空载功率 (脱开)												

续表

主轴转速	160	200	250	320	400	450	500	560	710	900	1 120	1 400
空载功率 (接通)												
空载功率 (脱开)												

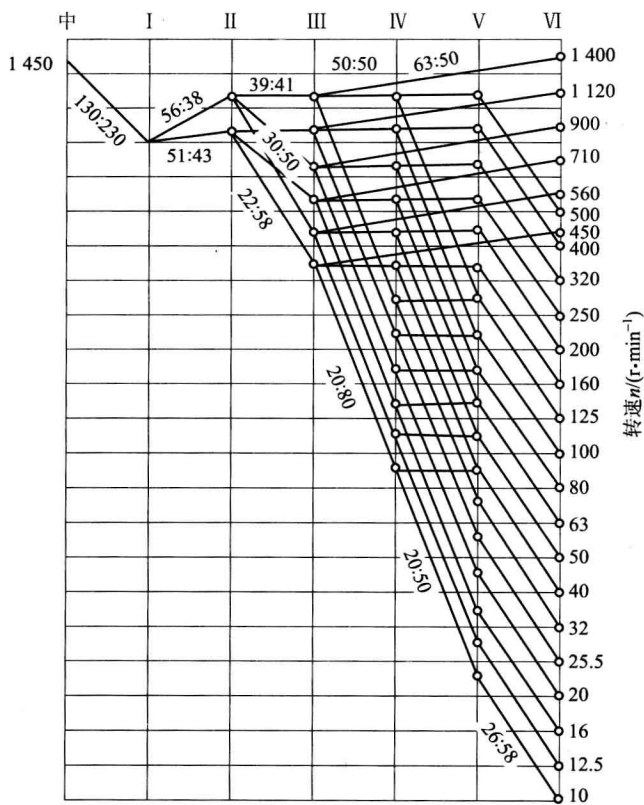


图 1-2 CA6140 普通车床转速图

五、试验数据处理

以主轴转速为横坐标，空载功率损耗为纵坐标，作各级转速与空载功率的关系曲线。共作二条曲线：接通主轴；脱开主轴。画在同一张坐标纸上。

根据转速图、传动系统图，对曲线和数据进行分析，得出空载功率损耗的结论。

六、分析思考题

- (1) 为什么变速箱总的传动功率损耗曲线分为 4 段？
- (2) 为什么每段中 $n_{主}$ 越高，则空载功率损耗增加越快？
- (3) 为什么 $n_{主}=160\text{ rpm}$ 比 $n_{主}=125\text{ rpm}$ 的空转功率损耗反而低？

(4) 为什么第3段曲线上的 $n=400$ 、 500 rpm, 和第4段上的 $n_{主}=450$ 、 560 rpm 相比, 转速相差不多, 但空载功率损耗相差较大?

(5) 脱开主轴和接通主轴为什么功率损耗的差值这么大? 占多大比例?

§ 1.3 数控内外圆复合磨床剖析

一、注意事项

(1) 操作者、调试维修人员在工作前必须仔细阅读本规程及前次的操作记录, 在工作时, 应时刻注意遵守。

(2) 在机床周围应避免突然启动、打闸、大声喧哗, 在工作时应注意安全标志, 如: “有电” “危险” 等。

(3) 在工作时请穿工作服, 不要带领带、围巾、穿连衣裙、佩戴项链之类的首饰, 禁止留长发且无劳动保护的操作者上岗, 除搬运粗糙、多毛刺和热的工件外, 一般情况下请别戴手套。

(4) 注意机床周围的障碍物和机床的突出部位以防摔倒和撞伤。注意异常的振动和噪声, 以便及时发现机床的问题。

(5) 机床无人看管时, 必须将机床的电源关掉; 当下班或保养机床时, 必须将机床的主电源置于“关”的位置上。

(6) 在打开电气开关的盖、板或电气柜的门等电气保护装置时, 必须将机床的主电源开关置于“关”的位置。

(7) 所有的防护罩未关好之前, 不许开启机床。

(8) 砂轮旋转, 不要用手指试摸砂轮表面。当需要在砂轮周围操作时, 应将砂轮轴关掉。

(9) 不要使用有缺陷的砂轮, 以及已经落过地的砂轮, 砂轮线速度不允许超过生产厂的规定最大值, 砂轮轴转速不允许超过设计额定值。

(10) 任何情况下都不要拆开伺服电机、编码器、丝杠和 Z 轴导轨, 不得敲击以上部件。

二、主要用途及适用范围

本机床为半自动四轴数控内外圆复合磨床, 在工件一次装夹中, 可以同时磨削内孔、外锥或同时磨削内孔、端面, 极大地提高了磨削加工效率。各加工表面之间的位置精度也有显著提高。另外, 该机床也可加工一些内孔、端面类零件, 如压缩机法兰盖、注塑机导套等, 利用数控轴的联动插补技术还可磨削锥孔、非圆特殊内表面等零件。

本机床内孔磨削进给运动由 X 轴完成, 往复运动由 Z 轴完成, 外锥或端面磨削进给运动及往复振荡由 W、U 轴完成, X、Z、W、U 轴均由伺服电机通过挠性联轴节加滚珠丝杠构成, 可实现无间隙、高灵敏度运动。Z 轴模块由于行程较长, 选用日本 THK 公司直线滚动导轨, 随动性能好, 定位精度高, X、W、U 轴均采用十字交叉滚柱导轨, 刚性高。

电气控制系统为西门子 810D, 是德国西门子公司最新推出的全功能、全数字化系统, 性能价格比高, 可人机对话, 并可根据用户需要自行定义加工菜单, 编程功能较强。

三、技术参数

数控内外圆复合磨床的主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 技术参数

磨削孔径	最大磨削深度	磨削外锥最大直径	磨削锥角范围
30~100 mm	80 mm	150 mm	0~7°30′
工件旋径	机床中心高	工作台最高速度	磨削端面直径
φ400 mm	1 135 mm	10 m/min	30~150 mm
工作台行程		砂轮架行程	
Z 轴	U 轴	X 轴	W 轴
350 mm	220 mm	40 mm	220 mm
砂轮架最高速度	轴分辨率	磨削速度	工件主轴转速
6 m/min	1 μm	0.1~5 m/min	100~800 r/min
外圆砂轮轴转速	内圆砂轮轴转速	外圆砂轮直径	工件电机
1 700 r/min	36 000 r/min	340~400 mm	Y100L2, 4.3 kW
各轴伺服电机	外圆砂轮电机	冷却泵流量	机床重量
1FT6062, 6N·m	Y112M2, 4 kW	100 L/min	约 5 000 kg
使用电源	机床外形尺寸（长×宽×高）		
3~50 Hz, 380 V	2 450 mm×2 000 mm×1 800 mm		

四、传动系统

1. 工件传动

工件电机安装在床头箱顶部，由交流变频器提供电源，电动机经过φ76/φ170 的多楔带降速后，驱动工件主轴旋转，工件主轴转速可在 100~800 r/min 范围无级调整。工件的夹持，是通过床头箱尾部的液压缸，将动力源传递给专用的夹具的。

2. 内圆砂轮传动

内圆砂轮旋转是通过电主轴来旋转的，而电主轴是由变频器控制其转速，本机床电主轴最高转速为 36 000 r/min。

3. 外圆砂轮传动

外圆砂轮由电动机经过φ60/φ100 的多楔带降速后驱动，电机安装在 W 轴滑板磨头座后侧，外圆砂轮轴转速为 1 700 r/min。

4. X、Z、U、W 轴传动

X、Z、U、W 轴都采用伺服电机经挠性联轴节直接驱动滚珠丝杠的形式，滚珠丝杠的螺

距 $t=5\text{ mm}$ 。

五、主要结构及性能

1. 床身

本机床的床身是一个整体铸件,用于支撑机床其他部件,床身上的上部为一整体大平面,要放 Z、W 轴进给滑板和床头箱过渡板,并有回流通道使冷却水及磨屑排放至冷却箱,床身上备有冲洗垃圾的水枪,床身的下部有均匀布置的箱板支撑,确保床身的整体刚度。

为减小床身的热变形,液压油箱、润滑油箱及冷却箱都是独立安放的。床身内部具有通伺服电机的电线及润滑油回油的管道。床身的后侧面搭子用于固定电箱。

2. 床头箱

床头箱由箱体、套筒式主轴、夹具油缸及其配油装置和床头电机组成,床头箱安装在一过渡板上与床身相连,松开紧固螺钉可微量调整零件的磨削锥度。

套筒式主轴由前端凸缘台阶轴向定位,利用箱体中部的弹性结构将套筒式主轴夹持在箱体内部,当床头套筒式主轴装入箱体后,拧紧床头箱上边的紧固螺钉便可夹紧套筒主轴。

套筒式主轴采用高精度成对角接触球轴承作前后支承,有利于提高主轴的回转精度和轴向刚度。

夹具油缸安放在主轴尾部,通过配油装置向夹紧油缸供油,使拉杆前后移动,达到夹紧或松开工件的目的。配油套放在主轴部件的尾部,远离主轴轴承,减少热变形。

3. 仪表装置

仪表装置是由量仪、电子仪表、仪表座组成。量仪安装在连接板上,通过仪表座紧固在 Z 轴工作台上,磨削时随工作台一同作 Z 向运动,还可作 X 向调整。电子仪表安装在全封闭罩壳上方。

4. 内圆砂轮修整器

内圆砂轮修整器由金刚笔夹持杆、回转体、调整体、活塞杆和底座等零件组成,固定在床身前部。

修整器为倒抬式结构,倒抬动作由液压完成。工作时金刚笔处于水平位置,非工作时处于倒下状态,以利于上下料工件。回转体安装在带预加负荷的圆锥滚柱轴承上。调整体固定在已预加负荷的弹簧片上,以消除传动间隙和保证修整刚性。砂轮修整器微调时可旋转刻度盘,传动螺杆,使螺杆套轴向上移动,带动杠杆使金刚钻向前移动。刻度盘顺时针转,一圈相当于金刚钻向着砂轮中心移动 0.2 mm ,每格移动 0.005 mm 。

修整器工作时必须使两片平行弹簧片处在一定的预紧状态,以消除传动间隙和保证砂轮的修整质量。

5. Z 轴伺服传动

Z 轴伺服传动由上、下滑台、伺服电机、弹性联轴节、组合轴承、滚珠丝杠、螺母和螺母座等零件组成。

下滑台安装在床身上平面,伺服电机安装在滑台的右侧面,通过弹性联轴节与滚珠丝杠相连。滚珠丝杠的前支撑是组合轴承,后支撑是一对角接触球轴承,后支撑允许轴向运动。在滚珠丝杠的两端装有两个尼龙盖,起撞击保护作用,滚珠丝杠的螺母装在螺母座内,螺母座通过螺钉与上滑台相连接。

Z 轴伺服传动的导轨采用 THK 直线滚动导轨, 无弯曲变形, 直线运动精度较高, 平稳性好, 低速运行及微量进给时随动性能优越, 移动部件相对滚动体的位置固定、无悬伸, 具有广泛的优点。

在 Z 轴伺服传动机构前面装有 3 个无触电行程开关, 在上滑板安装 3 个撞块用于调整机床 Z 轴的参考点和前后极限位置。

6. U、W 轴伺服传动

U、W 轴伺服传动由上滑板、底座、伺服电机、弹性联轴节、组合轴承、滚珠丝杠副、螺母座等零件组成, 运动方式为伺服电机直接拖动滚珠丝杠来实现上滑板快速进退、慢进给、补偿、振荡往复等动作。

导轨采用十字交叉滚柱型式, 具有较高的刚性, 导轨预紧由镶条和螺钉完成。W 轴可以回转 8° 以磨削带锥类零件。U 轴可以在 3° 范围内小幅调整。

7. X 轴伺服传动

X 轴伺服传动由底座、上滑板、伺服电机、弹性联轴节、滚珠丝杠副、组合轴承、磨头座等组成。由于运动行程较短 (40 mm), 故滚珠丝杠采取一端支撑。内圆电动砂轮轴安装在磨头座内。该伺服传动运动方式与 U、W 伺服传动相同。

8. 外圆磨架

外圆磨架安装在 W 轴伺服传动上滑板上, 由电动机、外圆磨头座、外圆砂轮轴、多楔带、砂轮罩壳等组成。

电机安装在滑板后侧, 通过橡胶多楔带经一对降速带轮 $\phi 60/\phi 100$ 带动外圆砂轮轴传动, 外圆砂轮为 $\phi 340\sim 440$ mm 外置砂轮罩壳。

9. 外圆砂轮轴

外圆砂轮轴 SJ14—38 以其独特的结构、刚性大等特点, 用于齿轮、外锥、外圆及端面的磨削, 配套于 MK2710 数控内外圆复合磨床。

六、液压系统

本机床液压系统采用单泵双压供油, 系统压力由溢流阀调整为 $0.9\sim 1.2$ MPa, 工件夹紧压力由减压阀调整为 $0.4\sim 1$ MPa, 油泵采用变量泵, 流量为 16 L/min。

机床液压系统一般采用液压油, 本机床根据实验室的通常情况采用 HM—32 号液压油。本机床采用与床身分离的单独油箱, 容积约为 50 L, 在油泵的吸油口, 装有过滤精度为 $250\ \mu\text{m}$ 的网式滤油器。

工件夹紧、松开动作由电磁阀控制, 其夹紧压力可根据工件大小由减压叠加阀调整。

修整器倒抬油缸由电磁阀控制, 其倒抬速度可由叠加式节流阀调整。

七、冷却系统

机床冷却系统采用 QLGZc—100 纸带过滤机, 这种纸质磁性分离器结构的冷却水箱用于磨削精度要求高的场合, 冷却水箱安放在机床后侧。

工件冷却箱容积约为 350 L, 冷却液为 HM—3 磨削液, 磨削液与水的比例为 1:20, 冷却液由高压水泵输送到各冷却位置, 通过磨削区带有磨屑的冷却液由床身后的出水口流回冷却箱上方的磁性分离器, 经过滤和沉淀后的冷却液再流入到纸质上进行过滤。通过二次过滤后

的冷却液继续使用。

机床冷却液分为 3 路：修整器冷却液、磨削冷却液、机床冲洗冷却液。其中磨削冷却液分为内圆磨削冷却液和外圆磨削冷却液两部分。每个部分都可以通过电磁阀单独控制。

电动磨头冷却系统采用单独的冷却水箱，容积为 140 L。该冷却箱安放在床身右侧面、密封罩壳下。冷却水由抽水泵抽出输送到电动磨头，再经过 SL_2 开关回流到水箱，不断循环工作。 SL_2 开关起检测保护作用，当 SL_2 失电后，磨头自动关闭停止旋转，如图 1-3 所示。

图 1-3 中 01 为液流信号器，02 为接头座。

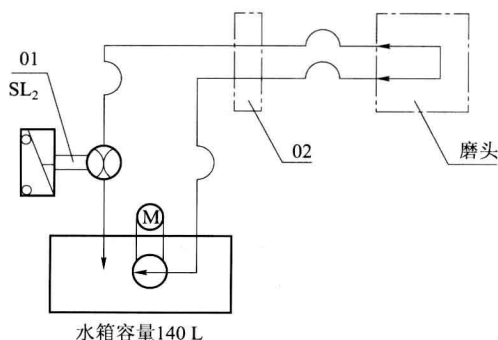


图 1-3 电动磨头冷却原理图

八、润滑

本机床采用气动油雾润滑。采用的压缩空气必须经过干燥和过滤处理才能通入本机床。机床 Z 轴伺服传动中直线滚动导轨、滚珠丝杠和前后支承轴承采用抵抗式集中润滑系统进行自动间歇润滑。该系统由电动柱塞式油泵与抵抗式计量件组成，运用帕斯卡原理，由计量件对各润滑点的供油量进行控制和分配。本润滑系统实行自动间歇式供油润滑，间歇时间为 15 min/次。润滑油采用 HM—32 号液压油。

九、调整和操作

在操作机床前，操作者必须对机床各部件的操作方法和合理调整有详细的了解，这样才能正确地操作和调整机床。

1. 内圆砂轮的直径

根据被磨削加工的零件孔径 D ，结合选用量仪测爪及接长杆尺寸选定砂轮的尺寸，本机床有 3 种接长杆及 3 种尺寸的砂轮供选用。

外圆砂轮直径 $\phi 400$ mm，按机床设计要求，砂轮磨损至最小尺寸为 $\phi 340$ mm。

2. 内圆砂轮修整器

首先检查金刚石是否锋利，将金刚笔紧固在夹持杆中，如发现金刚石已钝，可将金刚笔回转一定方向。调整金刚石与砂轮中心等高。在纵向移动修整器，使修整器尽可能靠近工件。

十、思考题

(1) 根据传动系统图试说明机床怎样进行磨削孔、外圆、端面；简要说明其工作过程。