
郑州大学自考本科毕业论文

专 业____数控技术专业____

姓 名____

准考证号____

论文题目____钻床的自动化改造____

2014 年 03 月 22 日

论文评语：	
论文建议成绩：	
评审教师签名： 年 月 日	
论文综合成绩：	
答辩组长签名：	院系盖章：
年 月 日	

学校自考办意见：

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
绪 论.....	III
1.1 机械加工技术概况.....	III
1.1.1 现代机械加工技术发展状况.....	III
1.1.2 问题的提出.....	III
1.1.3 问题的分析以及解决方案.....	IV
1.2 本文研究的内容及目标.....	V
1.3 本章小结.....	VI
二、自动钻床的总体方案设计.....	1
2.1 自动专用钻床已知条件和设计要求的概述.....	1
2.2 自动钻床的工艺路线分析与确定.....	2
2.3 执行系统的方案设计.....	2
2.3.1 执行系统的功能原理设计.....	3
2.3.2 执行系统的运动规律.....	3
2.3.3 执行机构的形式设计.....	4
2.3.4 执行系统的协调设计.....	4
2.3.5 执行系统方案评价与决策.....	4
2.4 传动系统方案设计和原动机选择.....	4
2.4.1 原动机选择.....	4
2.4.2 传动系统方案设计.....	5
2.5 控制方案设计.....	6
2.6 总体布局设计.....	6
2.7 辅助系统的设计.....	7
2.8 本章小结.....	7
三 专用钻床进给系统的设计.....	8
3.1 进给系统概述与分析.....	8
3.2 进给系统方案图的确定.....	9
3.3 工况分析.....	10
3.4 切削力的计算.....	10
3.4.1 切削刀具及相关参数的选择.....	10
3.4.2 主轴转速及钻孔时间的计算.....	11
3.4.3 切削力的计算.....	11
3.5 钻床主轴设计.....	12

3.5.1 主轴材料的选择.....	12
3.5.2 轴径的计算.....	13
3.5.3 轴的结构设计.....	13
3.5.4 轴强度的校核.....	14
3.6 进给液压系统设计.....	15
3.6.1 负载分析.....	15
3.6.2 液压缸执行元件主要参数的确.....	18
3.6.3 活塞杆及活塞材料的选择.....	27
3.6.4 活塞杆与活塞的连接方式及活塞密封装置的选择.....	27
3.6.5 液压缸盖与液压缸连接方式及密封方式的选择.....	27
3.7 本章小结.....	28
四 专用钻床主轴传动系统的设计.....	29
4.1 主轴传动系统的分析.....	29
4.2 主轴花键的设计.....	29
4.3 主轴电机选择.....	30
4.4 V 带传动设计.....	30
4.4.1 设计功率 P_c 的计算.....	30
4.4.2 选择带型.....	30
4.4.3 选取带轮基准直径 d_{d1} 和 d_{d2}	30
4.4.4 验算带速 V	31
4.4.5 确定中心距 a 和带的基准长度 L_d	31
4.4.6 验算小带轮包角 α_1	32
4.5 本章小结.....	32
五 自动钻床控制系统设计.....	33
5.1 自动钻床的自动化控制要求.....	33
5.2 可编程控制器 PLC 的简述	33
5.3 自动钻床进给系统控制流程.....	34
5.4 自动钻床进给系统电气原理图.....	36
5.5 自动钻床进给系统控制元件的选择.....	37
5.5.1 可编程控制器 PLC 的选择	37
5.5.2 刀开关的选择.....	37
5.5.3 熔断器的选择.....	37
5.5.4 交流接触器的选择.....	38
5.5.5 行程开关与接近开关的选择.....	38
5.5.6 继电器的选择.....	39
5.5.7 控制元件选择明细表.....	39
5.6 控制系统程序的编写.....	40
5.6.1 输入与输出的分配.....	40

5.6.2 PLC 程序清单	40
5.7 本章小结.....	40
总 结.....	41
致 谢.....	42
参 考 文 献.....	43
附 录 1.....	44
附 录 2.....	46

摘 要

数控机床是一种高效率的自动化设备，它的效率高于普通机床的3~5倍，要充分发挥数控机床的这一特点，就要对传统的机加工设备进行自动化升级改造。机床加工中钻床的加工工作量在总制造工作量中占有很大的比重。钻床为孔加工机床，按其结构形式不同可以分为摇臂钻床、立式钻床、卧式钻床、深孔钻床、多轴钻床等。主要用来进行钻孔、扩孔、绞孔、攻丝等。长期以来我国的机械制造工业中孔类加工多数由传统钻床来完成。本论文就针对传统钻床效率低，加工质量不稳定等不足做出了对传统钻床进行自动化升级改造的设计。

关键词： 数控机床、钻床、自动化。

Abstract

Nc machine is a kind of efficient automation equipment, it is more efficient than the conventional machine tools of 3 ~ 5 times, to give full play to the characteristics of CNC programming, to upgrade traditional machining equipment automation. Drilling machine for hole processing, according to its structure can be divided into different radial drilling machine, vertical drilling machine, horizontal drilling, deep hole drilling machine, multi-axis drilling machine, etc. Mainly used for drilling, reaming, reaming, tapping and so on. For a long time in the mechanical manufacturing industry of our country of hole processing most are done by conventional drilling machine. For a long time in the mechanical manufacturing industry of our country of hole processing most are done by conventional drilling machine. This thesis is aimed at traditional drilling efficiency is low, the processing quality is not stable, to make the design of the traditional drilling machine automation upgraded.

Key words: CNC machine, drilling machine, automation.

绪 论

1.1 机械加工技术概况

随着机械工业的扩大和科学技术的进步，尤其是计算机的出现和数控技术的发展，机械制造行业正朝着自动化、精密化、高效率和多样化的方向发展。

1.1.1 现代机械加工技术发展状况

在现代机械制造行业中，随着加工零件方式多样化及工艺合理化的发展的要求，加工零件的方法也呈现出多样化，如：除切削加工外，还有铸造、锻造、焊接、冲压、挤压和辊轧等，在这其中机床切削加工的工作量约占总制造工作量的 40%~60%(其中钻床占 11.2%),所以在目前的机械制造行业中金属切削机床是主要的加工设备。而机床的技术性能又直接影响机械制造行业的产品质量和劳动生产率，所以为了提高国家的工业生产能力和科学技术水平，必须对机床的发展作出新的要求。

我国机床工业自 1949 年建立以来，虽然在短短的时间内取得了很大的成就，但与世界先进水平相比还有较大的差距。就现状看，主要表现在：我国机床工业起步晚、技术不成熟；大部分高精度和超精度机床的性能还不能满足要求，精度保持度也差，特别是高效自动化和数控机床的产量、技术水平和质量等方面都明显落后^[8]。据有关部门统计我国数控机床的产量仅是全部机床产量的 1.5%，产值数控化仅为 8.7%（至 1990 年底）；我国数控机床基本上是中等规格的车床、铣床和加工中心等，而精密、大型、重型或小型数控机床还远远不能满足要求；另外我国机床在技术水平和性能方面的差距也很明显，机床理论和应用技术的研究也明显落后。所以我们要不断学习和引进国外先进科学技术，大力发展研究，推动我国机床工业的发展。

1.1.2 问题的提出

由以上现状分析我们可以看出，在机床加工中钻床的加工工作量在总制造工作量中占有很大的比重。钻床为孔加工机床，按其结构形式不同可以分为摇臂钻床、立式

钻床、卧式钻床、深孔钻床、多轴钻床等^[1]。主要用来进行钻孔、扩孔、绞孔、攻丝等。长期以来我国的机械制造业中孔类加工多数由传统钻床来完成，但是传统的钻床在大批量生产时存在许多的不足之处：

- (1)自动化程度不高，难以进行大批量的生产；
- (2)工作效率低，且工人的工作环境恶劣；
- (3)占用人力较多，操作固定不易出错；
- (4)精度不高，工件装夹费时；
- (5)加工产品质量不高；

针对以上传统钻床的不足之处及生产中存在的问题，我们有必要对传统钻床进行结构改进。通过对传统钻床手动的进给系统、夹紧系统及人工送料系统的改进和设计，从而提高产品质量和生产效率，实现自动化，降低劳动强度及工作量。

1.1.3 问题的分析以及解决方案

当前传统钻床问题的存在主要在于自动化程度、生产效率、工作环境及产品质量。在生产过程中，手动的操作、繁锁的装夹、大量生产力的投入和单一的生产流程导致了钻床加工的自动化程度低、生产效率低、工作环境恶劣和产品质量不高，因此，我们要解决的问题在于如何实现钻床加工的自动化、减少生产力的投入生产和与其它工艺流程相结合，同时也要考虑经济问题。

经过分析，我们可以从机构设计和控制系统两方面去考虑。通过对钻床机构的改造来实现自动化控制的要求，提高产品的加工精度及质量；通过导入先进的控制系统来进行自动操控，从而实现自动化，便于导入到其它生产流程中去。为了解决问题和便于设计改造，我们将钻床分为传动系统、进给系统、夹紧系统、送料系统和控制系统五个部分，下面分别对各部分的问题提出解决方案：

(1)传动系统 为满足改进后的加工及工作要求，在做出相应的计算后对传动系统进行改进和调整。

(2)进给系统 传统的钻床主轴进给系统主要由主轴、主轴套筒、主轴套筒镶套、齿轮齿条和轴承等组成。主轴在加工时即要作旋转运动，也要作轴向的进给运动。机床主轴被装置在主轴套筒内，套筒放置于主轴箱体孔的镶套内，主轴上侧由花键连接。机床加工时，旋转运动由花键传入，而进给运动则由齿轮通过齿条带动套筒在镶套内运动。为了实现自动化控制的要求，主轴进给机构改进主要有：主轴旋转运动依然由

电动机传入，而进给则由液压传动替代手动的齿条传动，通过液压控制系统来实现进给动作。

(3)夹紧系统 传统钻床的夹紧主要是手工操作，由夹具夹紧工件。为了便于实现自动化控制，工件夹紧由夹具完成，动力源由夹紧液压缸导入，通过液压控制系统来实现夹紧动作的自动化。

(4)送料系统 在生产过程中，钻床的送料主要由人工输入，这使得投入了大量的生产力，消耗了大量的工时，使的生产率不高，为此我们通过导入自动送料系统来减少生产力的投入和工时的消耗。自动送料系统机构传动要根据生产的需求作出相应的设计需求，动力源可由电机或液压系统传入，二者均可实现自动化控制。

(5)控制系统 当前机床控制系统主要由计算机数控、继电器电气控制和 PLC 控制等，由于继电器电气控制系统，其联动关系复杂，维修困难，故障率高，经常影响正常生产，计算机数控造价高、系统复杂，而 PLC 控制系统可靠性好、造价低、抗干扰能力强、柔性好、编程简单、使用方便、扩充灵活、功能完善，所以我们利用 PLC 控制技术来实现对进给系统、夹紧系统和送料系统的液压控制系统的控制。

1.2 本文研究的内容及目标

本文主要是通过应用机床设计的一般方法对传统钻床的机构和控制系统进行设计及改进。研究的主要内容是普通台式钻床传动系统的改进、进给系统的设计、进给系统液压缸的设计和 PLC 控制系统的设计等四个方面。其中重点在于进给系统、进给系统液压缸和 PLC 控制系统的设计。进给系统设计主要是解决主轴高速旋转与轴向进给两个自由度的实现；进给系统液压缸设计包括液压缸的设计、液压缸与主轴的配合和液压缸油路控制；PLC 控制系统的设计主要是通过应用 PLC 控制程序来实现对液压油路的动作控制及钻床加工过程的动作控制。我们通过对传统台式钻床的改进及设计，要达到的目标在于通过改进钻床能够实现工作自动化，最终能满足以下要求：

- (1)能实现自动化连续生产，改善产品加工质量，提高生产效率；
- (2)降低工作人员劳动强度和工作量；
- (3)钻床系统工作平稳，满足工作要求；
- (4)经济因素合理；

1.3 本章小结

本章节主要对现代机械制造业作了简单的总概括，并对机床切削加工做出分析。提出当前金属切削加工中存在的一些问题，以及针对钻床加工现存的缺点做出剖析，提出对传统钻床改造的必要性和可行性，并对改造的任务和目标作出简述。通过对改造任务和目标简述，为设计方案的确定了设计对象。

二、自动钻床的总体方案设计

总体方案设计的构思和方案拟定关系到产品的功能是否齐全、性能是否优良、经济效益是否显著，因此，我们要确定良好的总体方案设计思想，保证产品的功能、经济效益和实用性能。

总体方案设计的内容主要包括以下几个方面：

- (1) 执行系统的方案设计；
- (2) 原动机类型的选择和传动系统的方案设计；
- (3) 控制系统的方案设计；
- (4) 总体布局设计；
- (5) 辅助系统的设计；

为了完成普通台式钻床的改造及进给系统的设计，我们依循机床设计的一般步骤确定自动钻床的总体方案设计。

2.1 自动专用钻床已知条件 and 设计要求的概述

本文对普通台式钻床的自动化改造及进给系统设计是以某五金工具厂钢丝钳生产线的自动化改造为背景。

已知：加工对象为钢丝钳，加工工序为在钢丝钳上钻削直径为 $\phi 12\text{mm}$ （钻床最大钻削直径）的通孔，钢丝钳材料为 Q235。

改造后的全自动钻床应满足以下设计要求：

- (1) 满足自动连续生产，且生产率为 3 把/分钟；
- (2) 自动化改造应是机械、电气和液压的有机结合；
- (3) 传动系统设计应包含切削力计算、电动机选择、传动装置设计、床身结构设计等；
- (4) 设计重点为钻床液压进给系统之进给油缸设计；

(5) 自动控制系统应以 PLC 与手动相结合的方式实现；

2.2 自动钻床的工艺路线分析与确定

与传统台式钻床的加工工艺路线相比较，改造后的全自动钻床基本动作有很大的调整，这其中主要是导入了自动化加工动作。结合设计及生产要求，确定工艺路线如下：

启动（电源及控制模块）→自动送料→自动夹紧→主轴快进→主轴工进→主轴停留→主轴快退→夹具松开→出料

为了完成自动化加工，自动钻床按照上述工艺路线进循环行动作来完成成批工件的加工过程。根据工艺流程，可确定自动钻床的动作流程图如图 2.1 所示。



图 2.1 自动钻床动作流程图

2.3 执行系统的方案设计

执行系统是机械系统中的重要组成部分，直接完成机械系统预期工作任务。

机械执行系统的方案设计是机械系统总体方案设计的核心，是整个机械设计工作

的基础。

本文自动钻床的执行系统主要包括钻头加工和进给液压缸驱动进给。

2.3.1 执行系统的功能原理设计

功能原理设计决定产品的技术水平、工作质量、传动方案、结构型式、制造成本等。因此在进行钻床的功能原理设计时，我们应当考虑钻床功能的可行性、先进性和经济性。

普通台式钻床的改造主要是实现自动化功能。改造后全自动钻床能实现自动化连续生产，提高了生产率，符合了工厂的生产需求，适应了现代机械加工业的发展要求。

2.3.2 执行系统的运动规律

本文设计的重点在于钻床液压进给系统之进给油缸设计，也就是用液压缸驱动来替代手动进给。根据设计，我们要分析的运动规律包括钻头切削运动和进给液压缸驱动进给运动。钻头加工运动包括旋转切削运动和钻头直线进给运动。进给液压缸驱动进给运动要完成驱动主轴进给，为直线运动。

钻床执行系统的运动规律如图 2.2 所示。

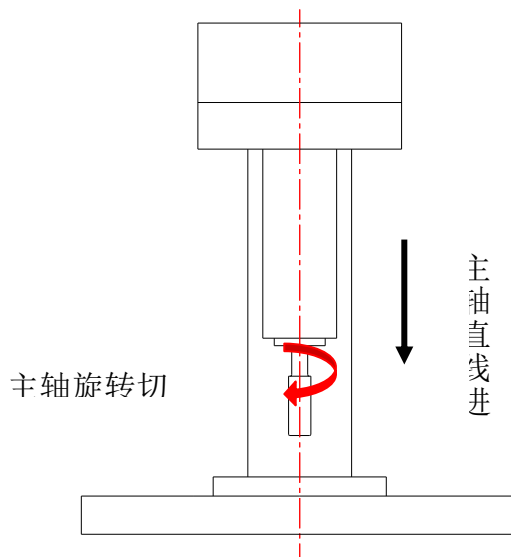


图 2.2 自动钻床运动规律简图

2.3.3 执行机构的形式设计

在进行执行机构的形式设计时，要遵循以下原则：满足执行构件的工艺动作和运动要求、尽量简化和缩短运动链、尽量减小机构尺寸、选择合适的运动副形式、考虑动力源的形式、使执行系统具有良好的传力和动力特性、使机械具有调节某些运动参数的能力和保证机械的安全运转。

考虑以上设计原则，在实现钻头的旋转切削运动时，动力源与主轴之间的执行机构我们选择带轮传动；在实现钻头的直线进给运动时，我们选择能够往复运动的液压缸。

2.3.4 执行系统的协调设计

执行系统协调设计原则：满足各执行机构动作先后的顺序性要求、满足各执行机构动作在时间上的同步性要求、满足各执行机构在空间布置上的协调性要求、满足各执行机构在操作上的协同性要求、各执行机构的动作安排要有利于提高劳动生产率、各执行机构的布置要有利于系统的能量协调和效率的提高^[5]。

自动钻床的主轴带轮传动减少了传动链，且可过载保护；液压缸驱动进给不需要改变运动形式，且易于实现自动化控制。

2.3.5 执行系统方案评价与决策

自动钻床执行系统在功能上能满足钻床加工的工作要求，主轴带轮传动能起到过载保护作用。液压缸执行系统能实现钻床切削加工的进给运动，易于控制，是实现自动化控制的首选机构。

2.4 传动系统方案设计和原动机选择

2.4.1 原动机选择

由自动钻床执行部件的运动规律我们可以选择原动机。主轴旋转运动的原动机选择电动机，进给液压缸原动力选择电动机驱动液压泵（具体型号在下面章节中计算后选择）。

2.4.2 传动系统方案设计

(1) 确定传动系统总传动比

全自动钻床的总传动比的确定要建立在计算切削力和传动效率的基础上，当确定自动钻床的工作功率后，查表选择电动机，对照钻床的工作参数确定总传动比（主轴系统总传动比在传动系统设计中经计算后确定）^[4]。

(2) 选择传动类型

依据传统台式钻床的结构特点，主轴旋转运动选择带轮 V 带传动，此传动类型可实现过载保护；

钻头直线进给运动选择液压传动，此类型传动有以下优点：

- (a) 在输出功率相同的条件下，体积小、重量轻；
- (b) 运动平稳，吸振能力强；
- (c) 易于实现快速启动、制动、频繁换向以及无级调速；
- (d) 布局安装比较灵活，液压元件易于实现系列化、标准化、通用化；
- (e) 与机构相结合易实现自动化控制；

(3) 绘制传动系统运动简图

根据以上分析，确定传动系统的运动简图如 2.3 所示。

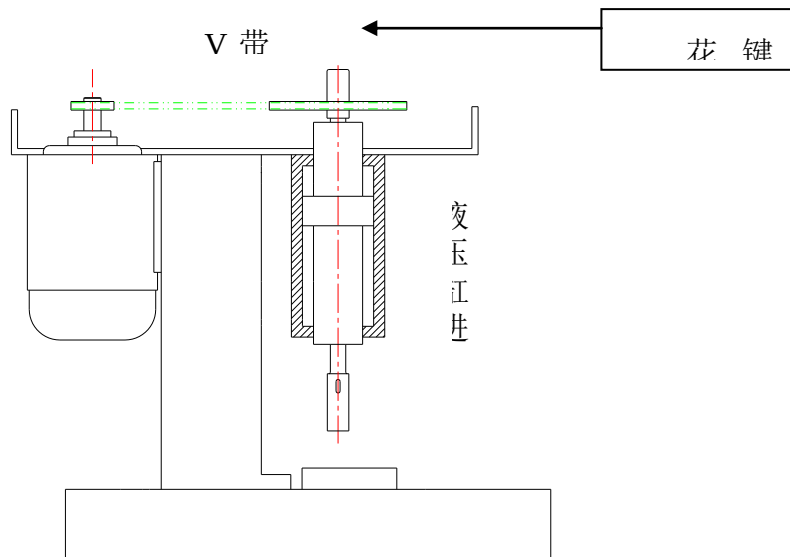


图 2.3 传动系统运动简图

2.5 控制方案设计

综合考虑全自动钻床的改造要求、功能要求、控制要求及经济因素，控制系统采用 PLC 与手动相结合的方法进行控制。

PLC 即可编程控制器，其英文全称为 Programmable Controller。PLC 兴起于 20 世纪 70 年代，是微机技术与继电器常规控制技术相结合的产物。经过 30 多年的发展，可编程控制器已经成为最重要、最可靠、应用场合最广泛的工业控制微型计算机。PLC 不仅充分利用微处理器的优点来满足各种工业领域的实时控制要求，同时也照顾到操作维护人员的技能和习惯，摒弃了微机常用的计算机的编程语言，独具风格地使用以继电器梯型图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构，使用户编制的程序清晰直观、调试和查错容易，且编程方便易学^[3]。

PLC 的主要功能有：顺序控制、数据处理、逻辑控制、运行状态监控、记数控制、通讯与联网、定时控制。在自动钻床的控制系统中，我们主要应用 PLC 的顺序控制和定时控制。

另外 PLC 作为现代最重要、最可靠、应用场合最广泛的工业控制微型计算机，具有以下特点：

- (1) 可靠性高；
- (2) 编程容易，易于使用；
- (3) 控制功能极强；
- (4) 扩展及与外部连接极为方便；
- (5) 通用性好、体积小、使用灵活；
- (6) 设计施工和调试的周期短；

结合以上 PLC 的特点，我们在控制系统方案设计时选择 PLC 作为主要的控制方式，另外根据实际的工作要求，配合适当的手动控制元件。

2.6 总体布局设计

机床总布局的设计任务是解决机床各部件间的相对运动和相对位置的关系，并使机床具有一个协调完美的造型。工艺分析和工件的形状、尺寸及重量，在很大程度上

左右着机床的布局形式。

普通台式钻床的自动化改造及进给系统设计，是在原有机机构的基础上导入了液压进给驱动系统：主轴箱要做变动。同时还导入了液压夹紧系统：考虑到台式钻床固定不动，可变动工作台的结构以实现总体布局的协调。

2.7 辅助系统的设计

辅助系统的设计主要包括润滑系统设计、冷却系统设计、故障检测系统设计、安全保障系统设计和照明系统设计。

设计过程中可根据设计的要求和实际的钻床工作进行辅助系统的设计。

2.8 本章小结

本章主要介绍了通过对已知设计条件的分析如何确定自动钻床总体方案的问题。章节中主要对自动钻床总体方案中的工艺路线、执行系统方案、传动系统方案和控制方案作了详细介绍和分析。

通过本章节的叙述和图文表达，我对自动钻床的总体设计有了一个清晰的概念，确定了下面章节中设计的步骤和设计重点。

三 专用钻床进给系统的设计

3.1 进给系统概述与分析

传统的台式钻床主轴进给系统主要由主轴、主轴套筒、主轴套筒镶套、齿轮齿条和轴承等组成。主轴在加工时即要作旋转运动，也要作轴向的进给运动。机床主轴被装置在主轴套筒内，套筒放置在主轴箱体孔的镶套内，主轴上侧由花键连接^[4]。机床加工时，旋转运动由花键传入，而进给运动则由齿轮通过齿条带动套筒在镶套内运动。由总体方案可知，自动钻床进给系统设计导入了液压缸进给系统，由液压缸驱动替代齿轮齿条的手动进给，来实现主轴的快进、工进和快退动作。

钻床在加工时，主轴要作高速的旋转运动和直线的进给运动。导入液压缸进给系统后，由于液压缸结构和性能的限制，液压缸活塞杆不宜作高速的旋转运动，因此，我们要结合合适的轴承和结构来实现主轴的高速旋转。往复进给运动由液压缸来完成动作。如图 3.1 所示。

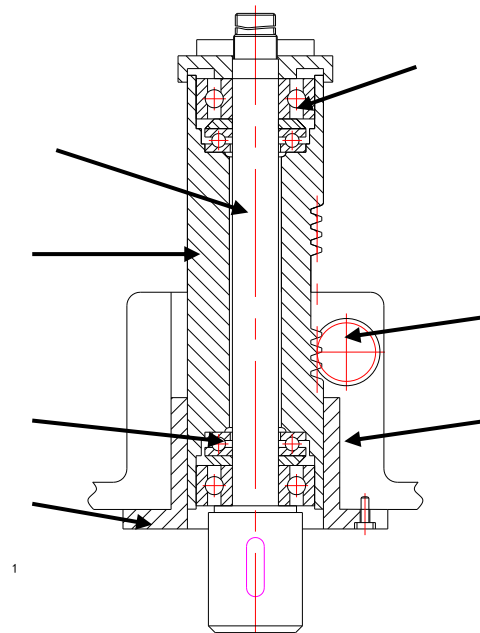


图 3.1 普通台式钻床进给系统简图

- 1、主轴套筒镶套 2、推力球轴承 3、主轴套筒 4、主轴 5、深沟球轴承
6、齿轮齿条手动进给系统 7、主轴箱

3.2 进给系统方案图的确定

全自动钻床是在原有台式钻床的结构基础上进行改造设计的，所以，我们首先要对普通台式钻床的进给系统做出详细的研究。

台式钻床主轴进给系统主要部件有主轴、主轴套筒、主轴套筒镶套、齿轮齿条和轴承等^[4]。其结构图如图 3.1 示：

根据普通台式钻床的进给系统设计特点，综合考虑本文设计的要求、改造后自动钻床的工作条件和液压缸工作特性，确定自动钻床的进给系统如图 3.2 所示：

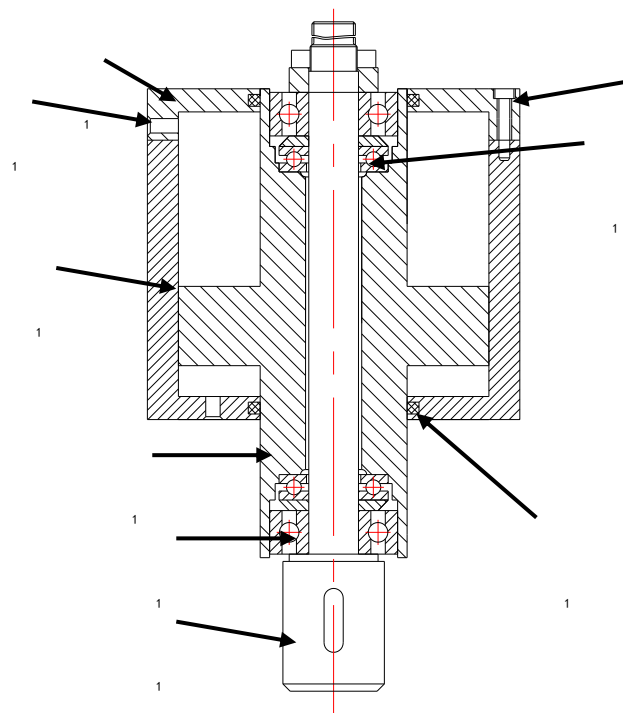


图 3.2 自动钻床的进给系统简图

- 1、主轴 2、深沟球轴承 3、活塞杆 4、液压缸筒 5、油路口
6、液压缸盖 7、锁紧螺钉 8、推力球轴承 9、密封圈

3.3 工况分析

根据设计任务可知，生产工件时，要求生产率为 3 把/分钟，即要求在 20 秒内要完成一件工件的送料、夹紧、钻削加工和出料。

已知件材料为 Q235 钢，工件厚度大约为 15mm，查《机械工程材料实用手册》可知，Q235 为碳素结构钢，其韧性良好，有一定的强度和伸长率，在一般机械制造中应用广泛，是一般机械制造中的主要材料，其切削加工性能较好。钻削直径为 12mm 的通孔，钻削行程（孔的长度） $l \approx 15\text{mm}$ 。由此可确定钻床主轴行程为 100mm，也就是液压缸行程为 100mm。

在钻床的切削加工过程中，钻床主轴主要受到切削扭矩和轴向进给力的作用。轴向进给力是沿主轴轴向的，在主轴保持其与工作台的垂直度的情况下，轴向力作用产生的弯矩基本为零，可忽略不计。所以，钻床主轴为仅受转矩作用的轴类^[6]。

主轴进给液压缸在工作中受到作用力可以分为三个阶段分析。在主轴快进工序中，液压缸受到钻床主轴组件重力和液压缸系统的摩擦力的作用；在主轴工进工序中，液压缸受到钻床主轴组件的重力、轴向切削力和液压缸系统的摩擦力作用；在主轴快退的工序中，液压缸受到主轴组件的重力、退刀阻力和液压缸系统摩擦力。因此，在进给液压缸设计时，我们要以最大受力作为设计标准。

3.4 切削力的计算

3.4.1 切削刀具及相关参数的选择

目前在钻孔加工中，麻花钻主要有高速钢麻花钻和硬质合金麻花钻两类。由于高速钢麻花钻在采用物理沉积法 TiN 涂层处理后，其耐用度和钻孔精度有了较大提高，所以该钻头应用极广^[13]。所以，在本文的钻削加工过程中，选择高速钢麻花钻头。查《金属切削手册》^[17]选择标准圆柱锥柄麻花钻中等长度第一系列，刀具直径为 12mm，钻头与主轴用莫氏锥孔连接，莫氏锥孔为 1 号莫氏锥孔。

由于被加工材料为 Q235 钢，其切削性能较好，所以查《金属切削手册》^[17]选择加工时进给量 f 为： $f=0.2\text{mm/r}$ ；其对应的切削速度 $V=32\text{m/min}$ 。

3.4.2 主轴转速及钻孔时间的计算

查《金属切削手册》^[17]，由切削速度计算公式可得出主轴在工艺长期稳定时的固定转速 n 的计算公式如下：

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \text{ r/min} \quad (3.1)$$

式中， v ——选定的切削速度 (m/min)

d ——刀具或工件的直径 (mm)

将 $V=32\text{m/min}$ ， $d=12\text{mm}$ 代入公式中，计算得出 $n=850\text{r/min}$ 。

查《金属切削手册》^[17]，钻孔时间 T 的计算公式为：

$$T = \frac{l + 0.3d}{fn} \text{ 分} \quad (3.2)$$

式中， l ——被钻孔厚度 (mm)

f ——切削进给量 (mm/r)

d ——刀具或工件的直径 (mm)

n ——主轴固定转速 (r/min)

将 $l=15\text{mm}$ ， $f=0.2\text{mm/r}$ ， $d=12\text{mm}$ ， $n=850\text{r/min}$ 代入公式中，计算得出 $T=6.6\text{s}$ 。

由此，确定一件工件的加工工时为：送料 1s，工件夹紧 2s，快进 2s，工进 7s，主轴停留 2s，快退 2s，出料 1s，加工一件工件用时 17s，达到了加工效率的要求。

3.4.3 切削力的计算

钻床切削力的计算包括钻床主轴转矩计算和主轴轴向切削力的计算。由于加工材料为 Q235 钢，其属于碳素结构钢，钻头为高速钢麻花钻，加工方式为钻孔，所以查《机床夹具设计手册》^[16]得：

钻床转矩计算公式如下：

$$M_k = 0.34D^2 f^{0.8} k_p \quad (3.3)$$

式中， M_k ——切削力矩 (N·M)

D ——钻头直径 (mm)

f ——每转进给量 (mm)

k_p ——修正系数

$$k_p = \left(\frac{\delta_b}{736} \right)^{0.75} \quad (3.4)$$

轴向切削力的计算公式如下：

$$F_f = 667 D f^{0.7} K_p \quad (3.5)$$

式中， F_f ——轴向切削力（N）

D ——钻头直径（mm）

f ——每转进给量（mm）

k_p ——修正系数

已知被加工材料为 Q235 结构钢，结构钢和铸钢取 $\delta_b = 736 \text{ MP}_a$ ， $D = 12 \text{ mm}$ ， $f = 0.2 \text{ mm}$ ，

所以可分别计算出切削转矩和轴向切削为：

$$M_k = 13.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_f = 2595 \text{ N}$$

3.5 钻床主轴设计

3.5.1 主轴材料的选择

在轴的设计过程中，轴类的材料选择要考虑如下因素：

- (1) 轴的强度、刚度和耐磨性要求；
- (2) 轴的热处理方式和机加工工艺性要求；
- (3) 轴的材料来源和经济性；

轴的常用材料有碳钢和合金钢。一般来说碳钢比合金钢价格低廉，对应力集中的敏感性低，可通过热处理改善其综合性能，加工工艺性好。而合金钢虽然机械性能和淬火性能优于碳钢，但其价格较贵，一般用于强度和耐磨性要求高的场合^[19]。

综合以上设计要求及因素，钻床主轴材料选用 45 号钢，经调质处理后 HB 要达到 240 左右。其机械性能参数如下： $\delta_b = 650 \text{ MP}_a$ ； $\delta_s = 360 \text{ MP}_a$ ； $\delta_{-f} = 300 \text{ MP}_a$ ； $\tau_{-f} = 155 \text{ MP}_a$ ； $[\delta_{-f}]_b = 60 \text{ MP}_a$ ； $[\tau_{-f}] = 35 \text{ MP}_a$ 。

3.5.2 轴径的计算

由金属切削原理^[14]可知，主轴切削功率的计算公式为：

$$P_m = \left(\frac{F_f f n}{1000 \times 60} + \frac{2\pi M_k n}{60} \right) \times 10^{-3} \quad \text{MK} \quad (3.6)$$

式中： F_f —— 轴向切削力 (N)

f —— 每转进给量 (mm)

n —— 主轴固定转速 (r/min)

M_k —— 切削力矩 (N·M)

将以上数值代入公式中可计算出功率 $P_m = 1.2 \text{KW}$

考虑到轴承传动效率（查得为 0.99）和花键传动效率^[5]（查得为 0.98），所以可计算出钻床主轴要传递的功率 P 为：

$$P = P_m / (0.99 \times 0.99 \times 0.98) = 1.25 \text{KW} \quad (3.7)$$

由工况分析可知，在钻床的切削加工过程中，钻床主轴主要受到切削扭矩和轴向进给力作用。轴向进给力是沿主轴轴向的，在主轴保持其与工作台的垂直度的情况下，轴向力作用产生的弯矩基本为零，可忽略不计。所以，钻床主轴为仅受转矩作用的轴类。查《机械设计》^[6]得钻床最小直径的计算公式如下：

$$d_{min} = C \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \quad (3.8)$$

选 $C=110$ ，计算出 $d_{min}=13 \text{mm}$

由计算结果可知，在满足加工条件的情况下，钻床主轴最小直径不能小于 13mm，根据普通台式钻床的主轴结构，现选自动钻床直径为 40mm。

3.5.3 轴的结构设计

由图 3.2 进给系统结构简图可知，钻床主轴上主要安装有一对深沟球轴承、一对推力球轴承、一个轴承挡环、一个锁紧螺栓和轴端的花键连接。根据钻床轴径选用轴承及花键尺寸如表 3.1 所示。

根据主轴的行程，可确定钻床主轴的基本长度尺寸如图 3.3 所示。

表 3.1 主轴零件选用表

主轴零件	型号
深沟球轴承	滚动轴承 6208 GB/T 276-1994
推力球轴承	滚动轴承 51308 GB/T 301-1995
花键	8×32×36×6 GB/T 1144-1987

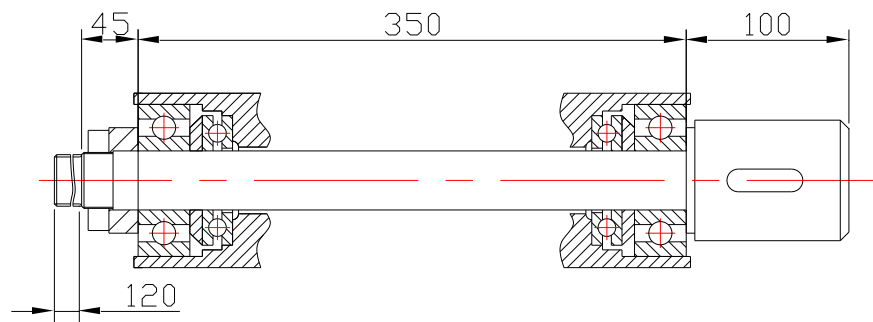


图 3.3 钻床主轴基本尺寸简图

3.5.4 轴强度的校核

由工况分析可知，钻床主轴的受力图如图 3.4 所示。

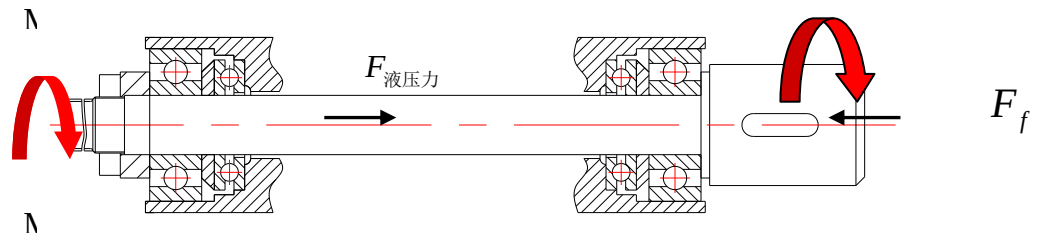


图 3.4 钻床主轴受力简图

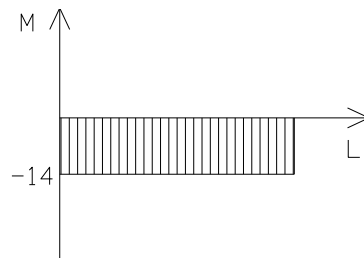


图 3.5 钻床主轴转矩简图

考虑到传动效率，钻床主轴要传递的转矩 $M = M_k / (0.99 \times 0.99 \times 0.98) = 14 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，液压力为对称受为，合力方向沿钻床主轴方向，大小与进给切削力 F_f 相互抵消。所以，

绘制主轴所受转矩图如图 3.5。

根据轴上零件的布置，轴的危险截面为轴端花键处，所以应对该处进行轴的强度校验。

扭转强度约束条件：

$$\tau_T = \frac{M}{W_T} \leq [\tau_T] \quad (3.9)$$

式中： τ_T —— 轴的扭转应力（MP_a）

M ——轴的传递转矩（N·mm）

W_T ——轴的抗扭截面模量（mm³）

$[\tau_T]$ ——轴的许用扭转应力（MP_a）

查《机械设计》得花键的抗扭截面模量 W_T 的计算公式为：

$$W_T = \frac{\pi d_1^4 + bz(D - d_1)(D + d_1)}{16D} \quad (3.10)$$

式中： d_1 ——花键内径（mm）

b ——花键齿宽（mm）

z ——花键的齿数

D ——花键的外径（mm）

将选用花键的基本参数代入公式中可计算出 $W_T=5739 \text{ mm}^3$ ，所以可以计算出钻床主轴的扭转应力 $\tau_T=2.44 \text{ MP}_a$ 。

由于 $[\tau_T]=35 \text{ MP}_a$ ，显然 $\tau_T \leq [\tau_T]$ ，所以，轴满足强度要求。

3.6 进给液压系统设计

3.6.1 负载分析

一般情况下，作往复直线运动的液压缸的负载由六部分组成，即工作阻力、摩擦阻力、惯性力、重力、密封阻力和背压力。

负载分析中，我们暂不考虑回油腔的背时压力，液压缸的密封装置产生的摩擦阻力在机械效率中加以考虑。因改造后的自动钻床和普通台式钻床一样竖直放置，所以需要考虑的力有：工作阻力（钻床轴向切削力）、系统摩擦阻力（在机械效率中考虑）、重力和惯性力。

负载中工作阻力为钻床的轴向切削力，其大小 $F_f = 2595 \text{ N}$ 。

系统摩擦阻力在机械效率中考虑，轴承传动效率取 0.99，花键传动效率取 0.98，液压传动效率取 0.95，所以计算出整下系统的机械效率 η 为^[6]：

$$\eta = 0.99 \times 0.99 \times 0.98 \times 0.95 = 0.91 \quad (3.11)$$

系统要克服的重力有钻床主轴重力和液压缸活塞杆重力，钻床主轴重力可按下式计算：

查《机械设计手册》^[1]钢材密度取 $7.85 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ ，主轴体积 V 为：

$$V = \frac{\pi d^2 l}{4 \cdot 10^9} \quad (3.12)$$

式中： V ——主轴体积 (m^3)

d ——主轴直径 (mm)，取 40mm

l ——主轴长度 (mm)，取 550mm

所以主轴重力 $G_{\text{主轴}}$ 为： $G_{\text{主轴}} = mg = \rho \cdot V \cdot g$ (3.13)

式中： V ——主轴体积 (m^3)

ρ ——主轴材料密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

g ——重力加速度 (ms^{-2})，取 10 ms^{-2}

$G_{\text{主轴}}$ ——主轴重力 (N)

计算出主轴重量 $G_{\text{主轴}} = 55 \text{ N}$ 。考虑到轴上零件和液压缸活塞杆重力，现取整个系统要承受的重力 $G = 200 \text{ N}$ 。

惯性力 F_m 指运动部件在启动或制动过程中的惯性力，查《液压与气压传动》^[3]得其计算公式为：

$$F_m = \frac{G}{g} \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3.14)$$

式中， G ——系统重力

g ——重力加速度

Δv —— Δt 时间内的速度变化量

Δt ——加速或减速时间

已知主轴系统重力 $G=200\text{N}$ ；快进行程 70mm ；工进行程为 20mm ；根据工时安排可确定主轴快进快退速度为 3m/min ；工进速度为 0.17m/min ；加速、减速时间一般取 $\Delta t=0.2\text{s}$ ；所以可以计算出惯性力：

$$F_m = \frac{200}{10} \frac{3}{0.2 \cdot 60} = 5\text{N} \quad (3.15)$$

快进时，在不考虑背压的情况下，主轴会在重力的作用下自动下移，且加速度大约为 9.8ms^{-2} ，因此，液压缸在快进时受到的最大作用力 $F=G \times \eta=182\text{N}$ 。

工进时，液压缸要克服工作阻力（主轴轴向切削力）和系统摩擦力，此时系统重力起到动力作用。所以 $F=(F_f-G)/\eta$ ，为了设计的可行性，使得液压缸有足够的液压作用力，计算中我们取系统重力的一半代入到式中， $F=2742\text{N}$ 。

快退时，液压缸要克服重力和系统摩擦力，所以 $F=G/\eta$ 考虑到钻头退出工件时的摩擦力， η 在计算时取 0.89 ，所以计算出此时 $F=225\text{N}$ 。

列出主轴系统各运动阶段的液压负载计算公式及大小如表 3.2 所示。

表 3.2 液压缸各运动阶段负载表

运动阶段	计算公式	负载大小 (N)
主轴快进	$F=G \times \eta$	182
主轴工进	$F=(F_f-G)/\eta$	2742
主轴快退	$F=G/\eta$	225

根据液压缸各运动阶段负载计算结果和已知各阶段的运动速度，我们可以画出负载图 ($F-l$) 和速度图 ($V-l$) 如图 3.6 所示。

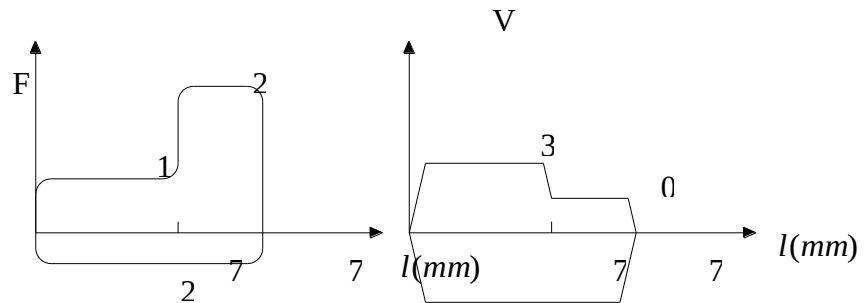


图 3.6 液压系统负载及速度简图

3.6.2 液压缸执行元件主要参数的确

(1) 初选液压缸的工作压力

表 3.3 液压设备常用的工作压力表

设备 类型	机床				农 业机械 或中型 工程机 械	液压机、 重型机械起重 运输机械
	磨 床	组 合机 床	力 门刨 床	床		
工 作 压 力 P_1 / (MPa)	0.8~2.0	3~5	2~8	10~10	10~16	20~32

液压缸的工作压力主要根据液压设备的类型来确定，对不同的液压设备，由于工作条件的不同，通常采用的压力范围也不同。根据钻床的工作条件和加工要求，参考液压设备常用的工作压力表 3.3 和同类机床的液压工作压力，初选液压缸的工作压力 $P_1=3\text{ MPa}$ 。

(2) 确定液压缸的类型及主要结构尺寸

根据设计的要求和钻床主轴的运动规律，选择双杆活塞缸，活塞杆为中空杆，以便主轴穿过；活塞杆两端装有轴承，以固定主轴。双杆活塞缸的活塞杆两侧都可伸出，根据工作需要，选用活塞缸采用缸筒固定式。缸筒固定式双杆活塞缸简图如图 3.7 所示。

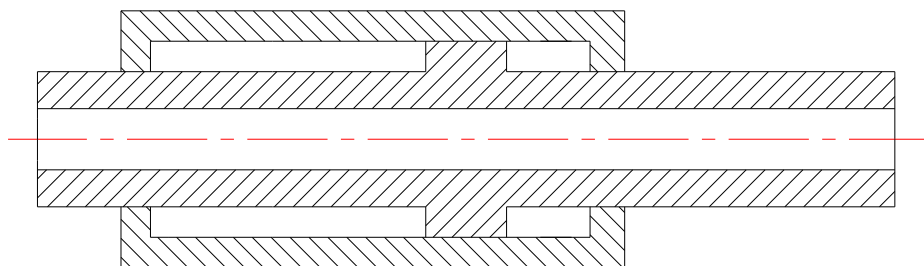


图 3.7 缸筒固定式双杆活塞缸结构简图

自动钻床在完成工进后，为了防止在钻通要加工的孔后主轴突然前冲，我们要在回油路上安装背压阀。查表 3.4 液压缸参考背压表，回油路背压选择 $P_2=0.8\text{MP}_a$ 。

表 3.4 液压缸参考背压

系统类型	背压 P_2 (MP_a)
回油路上有节流阀的调速系统	0.2~0.5
回油路上有调速阀的调速系统	0.5~0.8
回油路上装有背压阀	0.5~1.5
带补油泵的闭式回路	0.8~1.5

由表 3.1 主轴零件选用表可知，活塞杆两端要装轴承。深沟球轴承选用滚动轴承 6208 GB/T 276-1994，其外径为 80mm，查表 3.5 活塞杆直径系列表，活塞杆直径选用 $d=100\text{mm}$ 。

表 3.5 活塞杆直径系列 (GB2348-80) (mm)

4	5	6	8	10	12	14	16	18
20	22	25	28	32	36	40	45	50
56	63	72	80	90	100	110	125	140
160	180	200	220	250	280	315	360	400

由表 3.2 可知，当主轴工进时液压系统的负载最大 $F=2742\text{N}$ ，由此可计算出液压

缸的有效面积 A 为:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{F}{P_1 - P_b} \quad (3.16)$$

式中: D ——液压缸内径 (mm)

d ——液压缸活塞杆直径 (mm), $d=100\text{mm}$

F ——液压缸负载 (N), $F=2742\text{N}$

P_1 ——液压缸工作压力 (MP_a), $P_1=3\text{MP}_a$

P_b ——回油路背压力 (MP_a), $P_b=P_2=0.8\text{MP}_a$

所以可计算也液压缸内径 $D=117\text{mm}$ 。为了便于采用标准的密封式元件,查表 3.6 对液压缸内径进行圆整。圆整后取 $D=125\text{mm}$ 。

表 3.6 液压缸内径尺寸系列 (GB2348-80) (mm)

8	10	12	16	20	25	32
40	50	63	80	(90)	100	(110)
125	(140)	160	(180)	200	220	250
320	400	500	630			

液压缸基本尺寸确定后, 要按最低工进速度验算液压缸的尺寸。即保证液压缸的有效工作面积要大于或等于保证最小稳定速度时的最小有效面积 $A_{\min}$ 。

即:
$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \geq A_{\min} = \frac{q_{\min}}{V_{\min}} \quad (3.17)$$

式中, $q_{\min}$ ——流量阀的最小稳定流量, $q_{\min}=0.05\text{L/min}$

$V_{\min}$ ——液压缸的最低速度, $V_{\min}=0.17\text{m/min}$

由计算可得 $A=2767\text{mm}^2 \geq A_{\min}=294\text{mm}^2$, 因此, 液压系统基本尺寸满足最低速度的要求。

(3) 液压缸材料的选择

液压缸材料的选择主要受以下几个因素的制约：

- (a) 液压缸要有足够的强度；
- (b) 液压缸要有足够的刚度；
- (c) 液压缸要有很好的耐磨性能；

因此，基于以上因素及国内现有的液压缸材料，液压缸材料选择 45 号无缝钢管^[3]。

(4) 液压缸各工作阶段的工作压力、流量和功率计算

根据液压缸的负载图和速度图以及上述液压缸的计算数值，可以计算出液压缸工作各阶段的压力、流量和功率。在计算时工进时背压按 $P_b = 0.8 \text{ MP}_a$ 代入，快退快进时背压按 $P_b = 0.5 \text{ MP}_a$ 代入计算。计算公式及计算结果列于表 3-5 中。

自动钻床快进和工进时，液压缸上油缸进油下油缸回油；快退时液压缸下油缸进油上油缸回油。

因此计算液压缸工作各阶段的压力、流量和功率如表 3.7 所示。

表 3.7 液压缸所需的实际流量、压力和功率

工作循环	计算公式	进油压力	回油压力	所需流量	输入功率
		P_j (MP_a)	P_n (MP_a)	q (L/min)	P (kw)
主轴快进	$P_j = P_n - \frac{F}{A}$ $q = VA$ $P = P_j q$	0.43	0.5	8.3	0.06
主轴工进	$P_j = P_n + \frac{F}{A}$ $q = VA$ $P = P_j q$	1.8	0.8	0.47	0.02

主轴快退	$P_j = P_n + \frac{F}{A}$ $q = VA$ $P = P_j q$	0.6	0.5	8.3	0.08
------	--	-----	-----	-----	------

注：表中 A 为液压缸有效面积，V 为各阶段稳定速度。

(5) 液压缸壁厚和最小导向长度的计算

液压缸的壁厚由液压缸的强度条件来计算。

液压缸的壁厚一般是指缸筒结构中最薄处的厚度。因壁厚不同可分为薄壁圆筒和厚壁圆筒。

液压缸的内径 D 与其壁厚 δ 的比值 $D/\delta \geq 10$ 圆筒称为薄壁圆筒。工程机械的液压缸大多属于薄壁圆筒结构，其壁厚按薄壁圆筒公式计算：

$$\delta \geq \frac{p_y D}{2[\sigma]} \quad (3.18)$$

式中 δ —液压缸壁厚 (m)；

D —液压缸的内径 (m)；

p_y —试验压力，一般取最大工作压力的 (1.25~1.50) 倍；

$[\sigma]$ —缸筒材料的许用应力。其值：锻钢： $[\sigma]=110 MP_a \sim 120 MP_a$ ；铸钢：

$[\sigma]=100 MP_a \sim 110 MP_a$ ；无缝钢管： $[\sigma]=100 MP_a \sim 110 MP_a$ ；高强度铸铁：

$[\sigma]=60 MP_a$ ；灰铸铁： $[\sigma]=25 MP_a$ 。

根据表 3-5 中计算的结果，代入计算公式中，可计算出液压缸壁厚 $\delta=4mm$ 。考虑到与缸盖的联接，所以设计中取液压缸的壁厚 $\delta=8mm$ 。

最小导向长度是指当活塞杆全部外伸时，从活塞支撑面中点到缸盖滑动支撑面中点的距离 H 称为对一般的液压缸，最小导向长度 H 应满足以下要求^[3]

$$H \geq \frac{L}{20} + \frac{D}{2} \quad (3.19)$$

式中 L —液压缸的最大行程；

D —液压缸的内径。

本设计中液压缸的最大行程为 100mm，液压缸的内径为 125mm，代入上式可计算出 $H \geq 67.5\text{mm}$ ，设计中取 $H=70\text{mm}$ 。

(6) 液压系统原理图

自动钻床要完成快进、工进和快退的工作循环。快进和工进时进给液压缸上油缸进油下油缸出油，而快退时进给液压缸下油缸进油上油缸出油，因此液压控制时只需一次换向。考虑到系统工进完后，需要定时停留，因此，换向阀选择具有中位封闭功能的三位四通电磁换向阀。由于快进快退和工进时的速度不一样，所以系统要有调整装置。根据系统参数可知，液压系统运动速度不是太大，负载也不大，因此，调整系统选择进口节流调整，该调整系统具有较好的低速稳定性和速度负载特性；液压泵选用单向定量液压泵^[3]。

自动钻床液压进给系统控制原理图如图 3.8 所示。

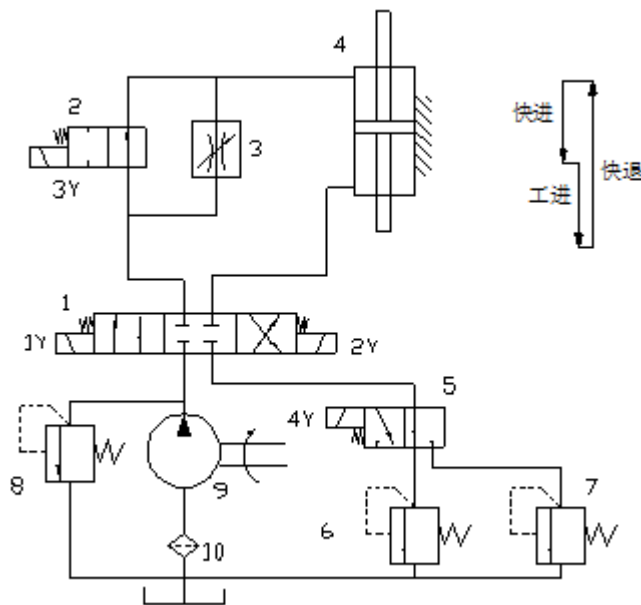


图 3.8 自动钻床液压进给系统控制原理图

1、三位四通电磁换向阀 2、二位二通电磁换向阀 3、调速阀 4、液压缸
5、二位三通电磁换向阀 6、7、8、溢流阀（6、7 作背压阀用）9、液压泵 10、过滤器

快进时，液压系统在 PLC 自动控制下启动，电磁铁 1Y 得电，三位四通电磁换向阀 1 接入左位，液压泵 9 供油经二位二通电磁换向阀 2 进入液压缸 4 上腔，回油经三

位四通电磁换向阀 1、二位三通电磁换向阀 5、溢流阀 6 回油箱。

工进时，电磁铁 1Y、3Y 和 4Y 得电，三位四通电磁换向阀 1 接入左位，二位二通电磁换向阀 2 接入左位，二位三通电磁换向阀 5 位入左位，液压泵 9 供油经调整阀 3 进入液压缸 4 上腔，回油经三位四通电磁换向阀 1、二位三通电磁换向阀 5 和溢流阀 7 回油箱。

主轴停留，三位四通电磁换向阀 1 处于中位，液压泵 9 供油在达到一定压力的条件下回油箱，液压系统处于稳定平衡状态。停留时间由 PLC 定时控制。

快退时，电磁铁 2Y，三位四通电磁换向阀 1 接入右位，液压泵 9 供油到液压缸 4 下腔，回油经二位二通电磁换向阀 2、三位四通电磁换向阀 1、二位三通电磁换向阀 5 和溢流阀 6 回油箱。

工作循环过程中电磁铁动作表 3.8 所示。

表 3.8 电磁铁动作表

工作阶段	1Y	2Y	3Y	4Y
快进	+	-	-	-
工进	+	-	+	+
停留	-	-	+	+
快退	-	+	-	-

(7) 液压元件的选择

(a) 液压泵的选择

液压泵的最高工作压力可按下式计算^[3]：

$$P_p = P_1 + \sum \Delta P \quad (3.20)$$

式中， P_p ——液压泵的最高工作压力

P_1 ——液压缸的最大工作压力；查表 3.5 $P_1=1.8 \text{ MP}_a$

$\sum \Delta P$ ——进油管路总压力损失；初算时简单系统可取 $0.2 \text{ MP}_a \sim 0.5 \text{ MP}_a$ ，

复杂系统可取 $0.5 \text{ MP}_a \sim 1.5 \text{ MP}_a$ 。取 $\sum \Delta P=0.5 \text{ MP}_a$ 。

根据上式及数据值，可计算出 $P_p=2.3 \text{ MP}_a$ 。计算出的 P_p 是系统的静态压力，因为

系统在各种工况的过度阶段出现的动态压力往往超过静态压力。另外考虑到一定的压力储备量，并确保泵的寿命，因此选泵的额定压力 P_n 应满足 $P_n \geq (1.25 \sim 1.6)P_p$ ，中低压系统取小值，高压系统取大值。所以泵的额定压力 P_n 为：

$$P_n = 1.25 P_p = 2.9 \text{ MPa} \quad (3.21)$$

液压泵的最大流量 q_p 应满足下面公式：

$$q_p \geq K_L (\sum q_{\max}) \quad (3.22)$$

式中， q_p ——液压泵的最大流量

$\sum q_{\max}$ ——同时动作的各执行元件所需流量之和的最大值。如果这时溢流阀正在进行工作，需加上溢流阀的最小溢流量 $2 \text{ L/min} \sim 3 \text{ L/min}$ ；查表 3.5 取 $\sum q_{\max} = 8.3 \text{ L/min}$ ； K_L ——系统泄漏系数，一般取 $K_L = 1.1 \sim 1.3$ ，式中取 $K_L = 1.2$ ；所以计算出 $q_p \geq 9.96 \text{ L/min}$ 。

根据上面计算的压力和流量，查《机械设计手册》^[1] 液压泵产品样本，选择 YB₁-12 型，其额定压力为 6.3 MPa ，排量为 12 mL/r ，额定转速为 960 r/min ，驱动功率为 2 KW 。其具有结构简单、性能稳定、压力流量脉动小、噪声低和寿命长等优点。

(a) 液压泵驱动电机的选择

根据已选择的液压泵的规格，我们可知已选液压泵需要的驱动功率 2 KW ，查电机样本表可选液压泵驱动电机型号为：Y132S-6。其额定功率为 3 KW ，满载转速为 960 r/min 。

(b) 液压系统液压阀的选择

根据表 3.5 液压系统各工作阶段所需的实际流量、压力和设计中所选的背压大小，所选液压阀见液压系统液元件明细表 3.9。表中序号与自动钻床液压进给系统控制原理图中序号一致。

表 3.9 液压系统液元件明细表

序	元件名称	最大通过流量	型号
---	------	--------	----

号		(L / min)	
1	三位四通电磁换向阀	15	WE5E5/AW220-50
2	二位二通电磁换向阀	15	3WE5E5/AW220-50
3	调速阀	0.6	31-2FRM5/0.6 L / min
5	二位三通电磁换向阀	15	4WE5E5/AW220-50
6	溢流阀	100	BT-03-L-32
7	溢流阀	100	BT-03-L-32
8	溢流阀	100	BT-03-L-32
9	定量叶片泵	11.52	YB ₁ -12
10	过滤器	25	XU-25×80J

备注：溢流阀 6 压力调至 0.5 MP_a ，溢流阀 7 压力调至 0.8 MP_a ，溢流阀 8 压力调至 6.4 MP_a

(c) 液压系统油管的选择

液压传动中，常用的油管有钢管、铜管、塑料管、尼龙管、橡胶软管等^[3]。根据设计的要求和工作环境的不同选择相应的材料。本设计中，考虑到自动钻床的工作环境，油路管道选用钢管。油管尺寸参照选用的液压元件接口尺寸决定。

(d) 液压系统油箱的选择

由以上计算可知，本液压系统属中低压系统，所以在确定油箱容积时一般取液压泵额定流量的 5~7 倍。设计中取液压泵额定流量的 7 倍，故油箱容积为：

$$V = 7 \times 11.52 = 80.64 \text{ L}$$

查相关产品样本油箱型号选择：AB40-33-0100N。其公称容积为 100 L。

(e) 液压油的选择

液压系统中的工作油液具有双重作用，一是作为传递能量的介质，二是作为润滑剂润滑运动零件的工作表面。要选择液压油时，一般要考虑的因素有：液压油的粘度、液压系统的工作压力、环境温度、运动速度和液压泵的类型。综合以上因素液压油选择普通液压油，牌号为 46。

3.6.3 活塞杆及活塞材料的选择

活塞杆材料一般选用中碳钢（如 45 号钢），由于该设计为选用双杆液压缸，所以活塞杆材料选用 45 号钢，需经调质和淬火处理，淬火深度为 0.5mm。

活塞材料选用高强度的铸铁，选择 HT200。

3.6.4 活塞杆与活塞的连接方式及活塞密封装置的选择

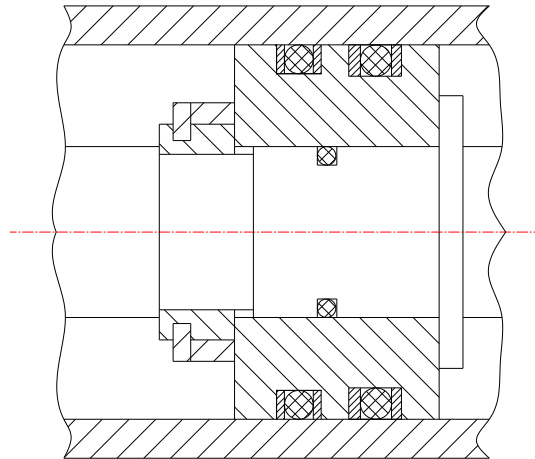


图 3.9 活塞杆与活塞连接方式及活塞密封方式图

活塞和活塞杆的连接结构有以下几种，整体式结构和组合式结构。组合式结构又分为螺纹连接、半环连接和锥销连接，我们采用的是卡环连接，它的优点是结构简单，装拆方便。活塞及活塞杆处的密封圈的选用，应根据密封的部位、使用的压力、温度、运动速度的范围的不同而选择不同类型的密封圈。我们选用 O 型密封圈密封。O 型密封圈密封原理是依靠 O 型密封圈预压缩，消除间隙而实现密封。O 型密封能随压力的增加而自动提高密封件与密封表面的接触应力，从而提高密封作用，并且 O 型密封圈可在磨损后自动补偿。（见图 3.9）

3.6.5 液压缸盖与液压缸连接方式及密封方式的选择

液压缸盖与液压缸采用法兰连接。法兰连接结构较简单，易加工，易装卸。液压缸盖密封采用组合式密封，并且在缸盖内侧加非金属材料导向环。具体结构见图 3.10 示：

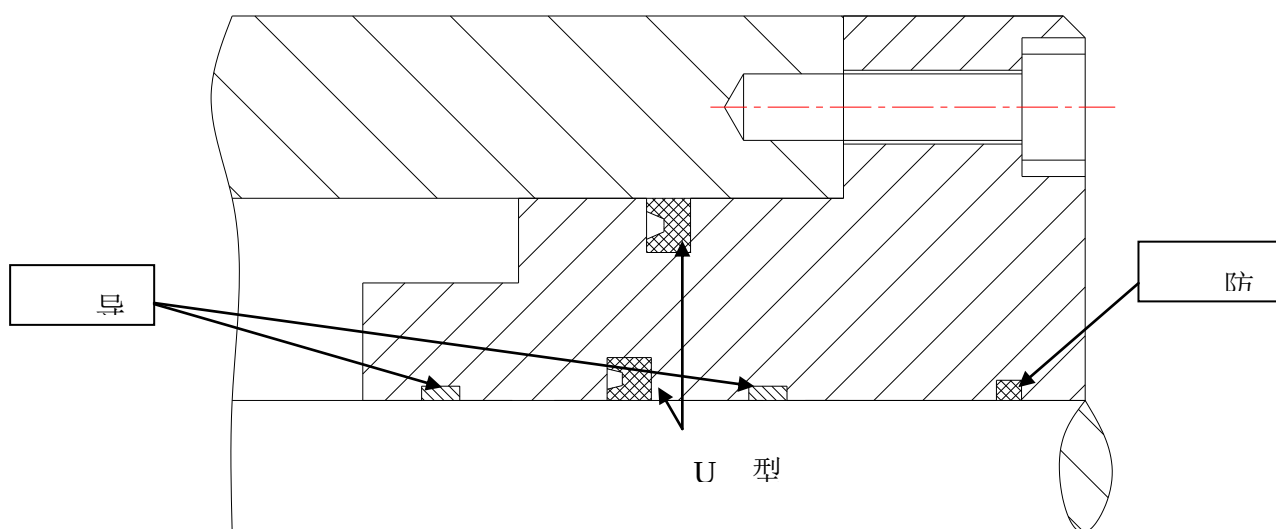


图 3.10 缸盖与缸连接方式及缸盖密封方式

3.7 本章小结

在本章节自动钻床进给系统设计中，主要包括机床主轴的设计的进给液压缸系统的设计，是整个设计中的一个重点。其中机床主轴设计中有关数据的计算贯穿整个设计，为下面章节中的设计打下了基础，提供了方便；进给液压缸的设计是控制系统设计的前提。

四 专用钻床主轴传动系统的设计

4.1 主轴传动系统的分析

由图 2.3 可知，主轴传动系统的设计主要包括带轮传动、主轴花键传动和液压传动系统的设计。液压传动系统设计已在第三章中介绍并作出了设计，所以本章介绍带轮传动和主轴花键传动的设计。

主轴花键传动主要是满足主轴在高速旋转的同时还能够作轴向的进给运动。在主轴花键设计中，主要是根据主轴的轴径大小来选择花键的尺寸^[4]。

主轴系统带轮传动可实现过载保护，设计包括 V 带的选择和带轮尺寸的设计。

4.2 主轴花键的设计

花键联接，由带有多个键齿的轴和毂孔组成，齿侧面为工作面，可用于静联接和动联接。与键联接相比，花键联接有更高的承载能力，较好的定心性和导向性；可实现滑动联接；对轴的削弱也较小。

设计中轴上花键主要传递转矩，并起到轴端的导向定心作用。根据表 3-1 主轴零件的选用，选用花键规格为： $(N \times d \times D \times B)$ $8 \times 32 \times 36 \times 6$ GB/T 1144-1987

（ $N \times d \times D \times B$ 为齿数 $\times$ 内径 $\times$ 外径 $\times$ 齿宽）。主轴的行程为 100mm，查表 4.1 可确定花键的长度为 $l=160\text{mm}$ 。

表 4.1 花键长度系列表（mm）

10	12	15	18	22	25	28	30	32
36	38	42	45	8	50	56	60	63
71	75	80	85	90	95	100	110	120
130	140	160	180	200				

由于主轴材料为 45 钢，加工后要调质处理，主轴端花键与毂孔为滑动联接，所以花键尺寸公差选择分别为： d 取 $f7$ ， D 取 $a11$ ，键宽 B 取 $d10$ 。键宽位置度公差取 $t_1=0.015\text{mm}$ ，键宽对称度公差取 $t_2=0.012\text{mm}$ 。

4.3 主轴电机选择

根据 3.5.2 章节的计算可知，主轴切削功率 $P_m=1.2\text{KW}$ 。由于花键毂要与带轮固定在机架上，取轴承传动效率为 0.99、花键传动效率为 0.98 和 V 带传动效率为 0.96，所以可计算出电机要传递的最小功率 P 为^[7]：

$$P = \frac{P_m}{0.99^3 \bullet 0.98 \bullet 0.96} \quad (4.1)$$

所以可计算出 $P=1.32\text{KW}$ 。查电机样品选取电机型号为：Y90L-4。其额定功率为 1.5KW，满载转速为 1400 r/min。

4.4 V 带传动设计

4.4.1 设计功率 P_c 的计算

$$P_c = K_A P \quad (4.2)$$

式中： K_A ——工况系数；自动钻床一般为空载启动取 $K_A=1.2$

P ——传递功率；取电动机额定功率 $P=1.5\text{KW}$

计算出 $P_c=1.8\text{KW}$ 。

4.4.2 选择带型

根据 $P_c=1.8\text{KW}$ ， $n_1=1400\text{ r/min}$ ，查《机械设计》选用 Z 型 V 带。

4.4.3 选取带轮基准直径 d_{d1} 和 d_{d2}

由 3.4.2 章节中计算可知，主轴转速 $n_2=850\text{ r/min}$ 。考虑到电机主轴直径 $D=24\text{mm}$

及 Z 型 V 带的 $d_{\min}=50\text{mm}$ ，查《机械设计》取 $d_{d1}=80\text{mm}$ 。

$$d_{d2} = \frac{n_1}{n_2} d_{d1} (1 - \varepsilon) \quad (4.3)$$

式中： d_{d2} ——钻床主轴带轮直径；

n_1 ——主轴电机满载转速； $n_1=1400 \text{ r/min}$

n_2 ——钻床主轴转速； $n_2=850 \text{ r/min}$

d_{d1} ——钻床主轴带轮直径； $d_{d1}=80\text{mm}$

ε ——滑动率；取 $\varepsilon=0.02$

所以可计算出 $d_{d2}=129.13\text{mm}$ ，圆整取标准值后取 $d_{d2}=132\text{mm}$ 。

4.4.4 验算带速 V

带速 V 的计算公式为：

$$V = \frac{\pi d_{d1} n_1}{60 \times 1000}$$

(4.4)

由以上确定的数值，代入可计算出带速 $V=5.86 \text{ m/s}$ 。在 $5 \sim 20 \text{ m/s}$ 范围之内，带速合适。

4.4.5 确定中心距 a 和带的基准长度 L_d

由带轮直径和自动钻床的机构尺寸，初选中心距 $a_0=300\text{mm}$ 。经计算可知其符合：

$$0.7(d_{d1} + d_{d2}) = 148.4 < a_0 < 2(d_{d1} + d_{d2}) = 424$$

(4.5)

由带长计算公式可计算出 L_{d0} ：

$$L_{d0} = 2a_0 + \frac{\pi}{2}(d_{d1} + d_{d2}) + \frac{(d_{d2} - d_{d1})^2}{4a_0} = 935.1\text{mm}$$

(4.6)

查《机械设计》对 Z 型带选用基准长度 $L_d=1080\text{mm}$ ，可由下式计算出实际的中心

距 a 为:

$$A = \frac{L_d}{4} - \frac{\pi(d_{d1} + d_{d2})}{8} = 186.79 \text{ mm}$$

(4.7)

$$B = \frac{(d_{d2} - d_{d1})^2}{8} = 338 \text{ mm}$$

(4.8)

$$a = A + \sqrt{A^2 - B} = 372.7 \text{ mm}$$

(4.9)

4.4.6 验算小带轮包角 α_1

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_{d2} - d_{d1}}{a} \times 57.3^\circ = 172^\circ$$

(4.10)

所以 $\alpha_1 > 120^\circ$, 在要求的范围之内, 包角合适。

4.5 本章小结

主轴传动系统的设计主要包括带轮传动、主轴花键传动和液压传动系统的设计, 由于液压传动已在第3章中设计过, 因此, 本章节主要介绍了带轮传动和花键传动的设计。这两部分是钻床主轴传动的主要部件。完成对传动系统的设计, 自动钻床设计已基本成形, 剩下的任务就是对自动钻床进行控制设计, 所以, 下面章节将对钻床控制系统进行设计。

五 自动钻床控制系统设计

5.1 自动钻床的自动化控制要求

根据课题设计任务，可总结自动钻床的控制系统设计要求如下：

- (1) 自动控制系统应以 PLC 控制与手动控制相结合的方式实现；
- (2) 从功能和经济角度对控制元件进行选择；
- (3) 根据钻床工作要求完成 PLC 控制编程；

5.2 可编程控制器 PLC 的简述

可编程控制器基本上由中央处理器、存储器、输入输出器件、电源及编程设备几大部分组成。中央处理器是 PLC 的“大脑”，它控制所有其它部件的操作，一般由控制电路、运算器寄存器等组成。通过地址总线、数据总线与控制总线、存储器及 I/O 接口电路联接。中央处理器可完成从存储器中读取指令、执行指令、预取下一条指令和处理中断。存储器是具有记忆功能的半导体电路。PLC 的存储器包括系统程序存储器和用户程序存储器。输入/输出接口电路用来连接 PLC 主机与外部设备，是动作信号与执行结果输入和输出的主要途径。可编程控制器的电源包括为可编程控制器各工作单元供电的开关电源及为掉电保护电路供电的后备电源，后备电源一般为电池。

可编程控制器通过以上组成模块可实现顺序控制、数据处理、逻辑控制、运行状态监控、记数控制、通讯与联网、定时控制等。基于以上功能，目前在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业^[3]。

随着 PLC 控制技术的飞速发展和广泛应用，可编程控制器的优点越来越明显。查阅有关资料我们可将 PLC 的优点归结为以下几点：

- (1) 可靠性高，抗干扰能力强与传统的继电器系统相比，继电器系统容易出现器件老化、脱焊、触点抖动以及触点电弧等现象，而在 PLC 控制系统中，大量的开

关动作是由无触点的半导体器件来完成，加上 PLC 充分考虑了工业生产环境电磁、粉尘、温度等各种干扰，采取了一系列措施。这导致了继电器控制系统的可靠性低于 PLC 控制系统；

(2) 易学易用，深受工程技术人员的欢迎 PLC 作为通用工业控制计算机，是面向工矿企业的控制设备，其编程语言易于被工程技术人员所接受。像梯形图语言的图形符号和表达方式与继电器电路图非常接近，另外只是用 PLC 的少量开关逻辑控制指令就可以方便地实现继电器接触器电路的功能；

(3) 配套齐全，功能完善，适用性强 PLC 发展到今天，已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品，可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能外，现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力，可用于各种数字控制领域。近年来 PLC 的功能模块大量涌现，使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、计算机数控等各种控制系统变得非常容易；

(4) 系统设计周期短，维护方便，改造容易 PLC 用存储逻辑代替接线逻辑，大大地减少了控制设备外部的接线，使控制系统设计周期大大缩短，同时也维护也变的容易起来。更重要的是使同一设备经过改变程序来改变生产过程成为可能。因此很适合多品种、批量生产的场合；

(5) 体积小，重量轻，能耗低由于 PLC 控制技术的飞速发展，现代 PLC 的产品底部尺寸可以做到仅为 100mm^2 ，重量大约为 150g，功耗也仅仅只有数瓦。由于体积小很容易装入机械内部，是实现机电一体化的理想控制设备。

5.3 自动钻床进给系统控制流程

自动钻床进给系统的控制流程包括主轴电机和液压泵电机的启动控制、主轴快进控制、主轴工进控制、主轴停留控制、主轴快退控制、主轴快退停止控制和主轴电机和液压泵电机的停止控制。

主轴电机和液压泵电机的启动控制：主轴电机和液压泵电机的启动控制可分别通过主轴电机和液压泵电机电路上的交流接触器 KM1 和 KM2 控制。为了使 PLC 在写入控制程序后进入稳定状态后执行和便于操作人员进行初态监控，在写入控制程序 5S 后，

主轴电机和液压泵电机电路上的交流接触器 KM1 和 KM2 闭合，主轴电机和液压泵电机启动，5S 定时由定时器 T1 完成^[7]。

主轴快进控制：当工件检测器检测到工件后，工件检测开关 SB1 闭合，进行工件的夹紧计时，定时器 T2 计时 2S 完成后，三位四通电磁换向阀电磁铁 1Y 得电，液压控制系统接入快进油路，主轴快速进给。

主轴工进控制：主轴快进行程完成后，快进行程开关 SQ0 闭合，三位四通电磁换向阀电磁铁 1Y、二位二通电磁换向阀电磁铁 3Y 和二位三通电磁换向阀 4Y 得电，液压控制系统接入工进油路，主轴工进。

主轴停留：钻头完成对工件的加工后，主轴工进行程到达终点，工进行程开关 SQ1 闭合，计时器 T3 开始 2S 计时，三位四通电磁换向阀电磁铁 1Y 失电复位，主轴停留对加工孔进行修磨。

主轴快退：计时器 T3 完成 2S 计时后，三位四通电磁换向阀电磁铁 2Y 得电，二位二通电磁换向阀电磁铁 3Y 和二位三通电磁换向阀 4Y 失电复位，液压控制系统接入快退油路，主轴快退。

主轴快退停止：主轴快退至行程开关 SQ2 处时，行程开关 SQ2 闭合，三位四通电磁换向阀电磁铁 2Y 失电复位，主轴停止快退。

主轴电机和液压泵电机停止：当工件检测器检测不到工件时，PLC 控制程序中 SB1 常闭开关处于闭合状态，此时定时器 T4 开始 300S 计时，当计时完成后，也就是 300S 内没有工件待加工时主轴电机和液压泵电机停止工作。



电气原理图中相关代号见表 5.1:

图中文字符号	符号名称
QK	刀开关
M1	主轴电机
M2	液压泵驱动电机
KM1	主轴电机交流接触器
KM2	液压泵驱动电机交流接触器
FU、FU1、FU2	熔断器
SB0、SB2、SB3、SB4	按钮
SB1	工件检测开关
SQ0	主轴快进行程开关
SQ1	主轴工进行程开关

SQ2	主轴快退停止行程开关
KM3、KM4、KM5	继电器
KT2、KT3	延时继电器
1Y、2Y、3Y、4Y	液压换向阀电磁铁

5.5 自动钻床进给系统控制元件的选择

本节根据以上章节中所选的电器元件的参数和控制要求，对控制元件进行选择。

5.5.1 可编程控制器 PLC 的选择

由于自动钻床的控制比较简单，根据电气控制原理图我们可知输入信号主要由行程开关和光电开关直接输入，控制中要完成定时控制，输出全部为电磁铁的通电与断电的控制，因此，PLC 选择型号为：SIMATIC S7-200。

5.5.2 刀开关的选择

由于控制要求中要求控制过程要通过 PLC 控制和手动操作结合实现，所以在主电路上安装刀开关，以控制整个电路的开启和断开^[7]。

根据系统中电机的选择和整个电路的工耗，刀开关选择型号为：HK1-3-30/380

5.5.3 熔断器的选择

熔断器用于不同性质的负载时，其熔体额定电流的选用方法也不同。

- (1) 熔断器类型选择，其类型应根据线路的要求，使用场合和安装条件选择；
- (2) 熔断器的额定电压必须等于或高于熔断器工作点的电压；
- (3) 熔断器的额定电流必须等于或高于所装熔体的额定电流；
- (4) 熔断器的额定分断能力必须大于电路可能出现的最大故障电流；

该控制系统中，熔断器 FU1 和 FU2 是对主轴电机和液压泵驱动电机的短路保护，其选用原则可按下式计算^[9]：

$$I_{RN} = (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (5.1)$$

式中， I_{RN} ——熔体的额定电流

$$I_N \text{——电机的额定电流} \left(I_N = \frac{P}{U}, I_1=4A, I_2=8A \right)$$

系数取 1.5, 所以计算可得 $I_{RN1}=6A$, $I_{RN2}=12A$ 。所以 FU1 选择型号为: RC1A-10; FU2 选择型号为: RC1A-15。

主电路上的熔断器 FU 主要是根据电路的总电流选择, 主电路中主要电器为主轴电机和液压泵驱动电机, 考虑到其它电器元件, 现 FU 选择型号为: RC1A-30。

5.5.4 交流接触器的选择

控制系统中, 交流接触器 KM1 和 KM2 完成对主轴电机和液压泵驱动电机启动和停止控制, 所以在选择时应根据主轴电机和液压泵驱动电机的参数选取。其主触头的额定电流应大于或等于负载的额定电流。根据 5.5.3 中的计算 $I_1=4A$, $I_2=8A$, 查《电气与可编程控制器应用技术》^[8] KM1 和 KM2 选择型号为: CJ20-10/03。

5.5.5 行程开关与接近开关的选择

行程开关主要用于检测工作机械的位置, 发出命令以控制其运动方向或行程长短。常用行程开关的型号有 LX10、LX21、JLXK1 等系列。查《电气与可编程控制器应用技术》^[8] 行程开关型号选择为: JLXK1-211。

接近开关是靠移动物体与接近开关的感应头接近时, 使其输出一个电信号, 故又称为无触头开关。接近开关分为电容式和电感式两种。电感式的感应头是一个具有铁氧体磁心的电感线圈, 故只能检测金属物体的接近。常用的型号有 LJ1、LJ2 等系列。接近开关采用非接触型感应输入和晶体管作无触头输出及电放大开关构成的开关, 线路具有可靠性高、寿命长、操作频率高等优点^[7]。

电容式接近开关的感应头只是一个圆形平板电极, 这个电极与振荡电路的地线形成一个分布电容。当有导体或介质接近感应头时, 电容量增大而使振荡器停振, 输出电路发出电信号。由于电容式接近开关既能检测金属, 又能检测非金属及液体, 因而应用十分广泛, 产品型号主要有 LXJ15 系列和 TC 系列等。使用时要根据电源的种类、电压等级、额定电流和触头数进行选用^[7]。结合以上我们采用 LJ12A3-4-J/DZ 接近开关。

5.5.6 继电器的选择

电气原理图中的继电器包括自锁电器和延时继电器，其分别完成电气控制中的自锁功能和延时功能^[8]。

继电器是一种根据某种输入信号的变化，接通或断开控制电路(小电流电路)，实现自动控制和点动自锁功能的电器，其输入量可以是电流、电压等电气量，也可以是转速、时间、温度、压力等非电气量^[7]。根据继电器的作用，要求继电器反应灵敏准确，动作迅速路数多，使用耐久等。继电器在控制中完成点动自锁功能，所以根据需要我们选择型号为：JZ7-22 其线圈工作电压为 380V。

延时继电器主要完成工序的延时动作。在机械设备进行工作时，很多情况都有要求某工序进行延时或必须延时后才了发出转移信号控制其它动作，这些都要用延时继电器来执行。根据我们工序中的延时要求和电路的工作电压，延时继电器选用型号为：JS11-11 其电源电压为 380V/50HZ^[8]。

5.5.7 控制元件选择明细表

根据以上控制元件的选择，列出控制元件明细表。见表 5.2

表 5.2 控制元件明细表

文字符号	名称	型号	数量	单位
PLC	可编程控制器	SIMATIC S7-200	1	台
QK	刀开关	HK1-3-30/380	1	个
KM1、KM2	交流接触器	CJ20-10/03	2	个
FU	熔断器	RC1A-30	1	个
FU1	熔断器	RC1A-10	1	个
FU2	熔断器	RC1A-15	1	个
SB1	接近开关	LJ12A3-4-J/DZ	1	个
SQ	行程开关	JLXK1-211	3	个
KM3、KM4、	继电器	JZ7-22	3	个

KM5				
KT	延时继电器	JS11-11	2	个

5.6 控制系统程序的编写

5.6.1 输入与输出的分配

根据控制流程图和控制设备我们可定义输入输出见表 5.3。

5.6.2 PLC 程序清单

根据输入/输出的定义，可编写 PLC 控制程序。程序清单见附表。

表 5.3 输入/输出分配表

输入/I		输出/Q	
I0.0	SB0	Q0.0	KM1
I0.1	SB1	Q0.1	KM2
I0.2	SQ0	Q0.2	1Y
I0.3	SQ1	Q0.3	2Y
I0.4	SQ2	Q0.4	3Y
		Q0.5	4Y

5.7 本章小结

完成自动化控制是设计的目的所在，本章主要介绍了如何应用控制元件来实现对执行元件的自动化控制。章节中包括控制设备的选取、控制过程的分析、控制原理的说明、控制元件的选择和控制程序的编写等。通过本章的设计，自动钻床的改造任务已经完成，改造后的钻床通过 PLC 控制执行机构和传动机构已可实现自动化生产。

总 结

自动钻床的设计是在原有传统钻床的基础上进行改造和设计的，改造后的自动钻床是典型的机电一体化产品。设计内容主要涉及到机构学、机械运动学、机械设计学、材料力学、液压传动设计和 PLC 自动控制理论等多方面的内容。这次设计，贯穿了我们大学四年学习的基本专业学科，并且还涉及到电气控制部分，这不仅巩固了我们所学过的知识，还扩大了我们的知识面。

在设计的过程中，通过老师的指导和督促，我明白了设计的重点所在，并掌握了设计的方法。全自动钻床的设计重点在于进给系统液压缸的设计和 PLC 自动控制设计。而设计的方法在于整体把握，分部设计。

由于设计中涉及到 PLC 控制的设计、液压缸系统的设计和工程绘图等，所以，通过设计，对液压系统设计进行了深入研究，并掌握了设计的流程和方法；对 PLC 控制系统也有了更深一步的认识和理解，并认识到 PLC 自动控制的重要性，增强了以后的设计观念和设计方向；设计中绘制工程图的要求，不仅让我们加强了这一项基本技能，而且还掌握了绘图中的一些技巧，提高了熟练度。

通过设计取得的成果主要有液压进给系统代替手动进给系统和 PLC 自动控制。随着机械行业的发展，我们还要更进一步的进行完善。我以后的设计中，我们可以通过设计进一步的提高钻床的加工精度和加工范围，使自动化钻床更广泛的应用于机械加工领域。

总之，这次设计涉及知识面广，是我们巩固和提高设计能力的一次好机会。通过设计还扩展了我们的知识面，对我有一个很大的帮助，使我受益良多。

致 谢

在毕业设计的过程中，指导老师一直认真负责地指导我们的设计，在我遇到难题时并给予鼓励，在此我衷心地感谢老师对我的指导和鼓励！老师严谨的工作作风、丰富的学识和宝贵的实践经验让我受益良多。同时，同组的同学也给了我很多帮助和支持，在此我也由衷的对他们表示感谢！

我还要感谢各位任课老师大学四年对我孜孜不倦地教导和培养，让我学习了丰富的知识和宝贵的人生哲理！

参 考 文 献

- [1] 成大先.机械设计手册·液压传动[M].北京：化学工业出版社，2004.
- [2] 秦曾煌.电工学.电工技术[M].北京：高等教育出版式社，1999.
- [3] 许福玲,陈尧明.液压与气压传动[M].北京：机械工业出版社，2004.
- [4] 戴曙.金属切削机床[M].北京：机械工业出版社，1993.
- [5] 席伟光，杨光，李波.机械设计课程设计[M].北京：高等教育出版社，2003.
- [6] 钟毅芳,吴昌林,唐增宝.机械设计[M].第二版,武汉：华中科技大学出版社，2001.
- [7] 陈绍华.机械设备电器控制[M].广州：华南理工大学出版社，1998.
- [8] 邓则名,程良伦.电器与可编程控制器应用技术[J].北京：机械工业出版社，1997.
- [9] 邓则名,邝穗芳. 电器与可编程控制器应用技术[M].北京：机械工业出版社，1997.
- [10] 甘永立.几何量公差与检测[M].上海：上海科学技术出版社，2001.
- [11] 王巍，钱可强.机械工程图学[M].北京：机械工业出版社，2000.
- [12] 陈日曜.金属切削原理[M].北京：机械工业出版社，2002.
- [13] 乐兑谦.金属切削刀具[M].北京：机械工业出版社，2001.
- [14] 吴道全.金属切削原理及刀具[M].重庆：重庆大学出版社，1994.
- [15] 浦林祥.金属切削机床夹具设计手册[M].北京：机械工业出版社，1995.
- [16] 徐鸿本.机床夹具设计手册[M].辽宁：辽宁科学技术出版社，1991.
- [17] 陈宏钧.实用金属切削手册[M].北京：机械工业出版社，2005.
- [18] 四川大学 CAD/CAM 研究所.机床夹具设计手册[M].北京：机械工业出版社，2000.
- [19] 数字化手册系列（软件版）编写委员会.机械设计手册[M].北京：机械工业出版社，1999

附 录 1

毕业设计（论文）任务书

学生姓名		学号		教师姓名		职称	
题 目							
主要研究 内容							
研究与设 计方法							
主 要 技 术 指 标 (或研究 目标)							

主要参考文献	
--------	--

附 录 2

毕业设计（论文）开题报告

题目名称	钻床的自动化改造				
学生姓名		专 业	数控技术专业	班 级	
一、选题的目的意义 数控机床是一种高效率的自动化设备，要充分发挥数控机床的这一特点，就要对传统的机加工设备进行自动化升级改造。机床加工中钻床的加工工作量在总制造工作量中占有很大的比重。钻床为孔加工机床，按其结构形式不同可以分为摇臂钻床、立式钻床、卧式钻床、深孔钻床、多轴钻床等。主要用来进行钻孔、扩孔、绞孔、攻丝等。长期以来我国的机械制造工业中孔类加工多数由传统钻床来完成，所以对钻床进行自动化升级改造将会促进我国机械加工行业的发展。					
二、国内外钻床研究综述 国外钻床发展现状 目前国外钻床发展的总体趋势如下： ①新一代数控系统向 PC 化和开放式体系结构方向发展。 ②驱动装置向交流、数字化方向发展。 ③加工精度高。 ④功率大、转速高，配备高速高刚度主轴轴承。 国内钻床发展现状 我国钻床技术总体与国外先进水平相比还有较大差距，主要表现在一下几方面：①主轴低速大转矩、高速大功率不抵国外水平。 ②主轴电机的功能和性能方面以及主轴的支撑技术方面。 ③加工精度。 ④快速响应时间 数控技术发展趋势 ① 高速、高精度化 ②智能化、开放式、网络化 ③ 快速启停响应 ④ 高速大功率、低速大转矩					

三、 毕业设计（论文）所用的方法

- [1] 参考资料书籍。
- [2] 参考操作手册。
- [3] 参考学术论文。
- [4] 向老师请教。
- [5] 上网查询资料。

四、主要参考文献与资料获得情况

- [1] 成大先. 机械设计手册·液压传动[M]. 北京：化学工业出版社，2004.
- [2] 秦曾煌. 电工学. 电工技术[M]. 北京：高等教育出版社，1999.
- [3] 许福玲, 陈尧明. 液压与气压传动[M]. 北京：机械工业出版社，2004.
- [4] 戴曙. 金属切削机床[M]. 北京：机械工业出版社，1993.
- [5] 席伟光, 杨光, 李波. 机械设计课程设计[M]. 北京：高等教育出版社，2003.
- [6] 钟毅芳, 吴昌林, 唐增宝. 机械设计[M]. 第二版，武汉：华中科技大学出版社，2001.
- [7] 陈绍华. 机械设备电器控制[M]. 广州：华南理工大学出版社，1998.
- [8] 邓则名, 程良伦. 电器与可编程控制器应用技术[J]. 北京：机械工业出版社，1997.
- [9] 邓则名, 邝穗芳. 电器与可编程控制器应用技术[M]. 北京：机械工业出版社，1997.
- [10] 甘永立. 几何量公差与检测[M]. 上海：上海科学技术出版社，2001.

五、指导教师审批意见

指导教师签名

年 月 日