
XX 设计 (XX)

说明书

课题名称 数控加工中心链式刀库设计

专 业

专业方向

班 级

学 号

学生姓名

指导教师

教 研 室

XXX

XXX

20XX 年 3 月 2 日

摘要

数控加工中心是在传统机床基础上发展起来的机械装备，能用来加工不同形状的零件。随着现代制造技术的发展，越来越多企业开始选用数控设备。加工中心是一类具有自动换刀装置的数控机床，能对零件进行车、铣、镗等多工序的高速、高精度的加工。其中刀库是用来存储刀具的，刀库中存储的多种刀具能使加工中心单独加工出外形复杂的零件。

本次毕业设计的主要内容是数控加工中心链式刀库设计。刀库系统是加工中心必不可少的部件，是加工中心完成其功能的保证。加工中心的刀库系统的设计是集电、机、气等为一体的综合设计。在查阅资料后，对刀库的总体方案进行选择、比较与确定，对电机进行选择，对蜗轮蜗杆等主要零部件进行设计与计算；绘制机构装配图及主要零部件图等。

通过本次设计对自动化加工设备有深入的了解，能在巩固已学知识的基础上提高我们自己的实践能力。

关键词：数控；加工中心；链式；刀库；设计

Abstract

CNC machining center is based on the traditional machine tool developed mechanical equipment, can be used to process different shapes of parts. With the development of modern manufacturing technology, more and more enterprises began to use CNC equipment. The machining center is a kind of CNC machine tool with automatic tool changer, which can carry out high speed and high precision machining of parts such as car, milling and boring. Which is used to store the tool magazine, knife library stored in a variety of tools can make the processing center alone processing complex parts.

The main content of this graduation design is CNC machining center chain magazine design. The magazine system is an indispensable part of the machining center and is a guarantee that the machining center completes its function. Machining center of the magazine system design is the collection, machine, gas, etc. as one of the integrated design. After the access to information, the overall program of the magazine to choose, compare and determine the choice of the motor, the worm and other major components of the design and calculation; drawing the assembly diagram and the main parts and components, and so on.

Through this design of the automated processing equipment have in-depth understanding, in the consolidation of knowledge has been based on the improvement of our own practical ability.

Key words: CNC; machining center; chain; knife library; design

目 录

摘要	I
Abstract.....	II
第 1 章 绪论.....	1
1.1 本课题研究的背景和意义	1
1.2 加工中心的组成、分类及发展方向	2
1.3 加工中心刀库简介	4
第 2 章 总体方案的设计与确定.....	7
2.1 设计参数及设计要求的确定	7
2.1.1 设计参数的确定	7
2.1.2 设计要求的确定	7
2.2 刀库结构方案的选择与确定	7
2.3 驱动刀库类型的选择与确定	8
2.4 刀库传动方案的选择与确定	9
第 3 章 主要参数的计算及驱动电机的选择.....	10
3.1 刀套线速度的确定	10
3.2 链轮形式及参数确定	10
3.2.1 链轮类型的确定	10
3.2.2 链轮参数的确定	10
3.3 驱动电机的计算与选择	11
3.4 各轴转速、功率及转矩的计算	12
3.4.1 各轴转速的计算	12
3.4.2 各轴功率的计算	12
3.4.3 各轴转矩的计算	13
第 4 章 主要零部件的设计、计算与校核.....	14
4.1 蜗轮蜗杆的设计与计算	14
4.2 链传动的设计与计算	16
4.3 轴的设计与计算	17
4.3.1 蜗杆轴的设计与计算	17
4.3.2 蜗轮轴的设计与计算	18
4.4 主要零件的校核	18
4.4.1 蜗杆轴的校核	18
4.4.2 蜗轮轴的校核	20
4.4.3 蜗杆轴承的校核	21
4.4.4 蜗轮轴承的校核	22
第 5 章 刀具控制系统的设计.....	23
5.1 刀具选择方式的确定	23
5.2 刀具识别装置的确定	23
5.3 刀库控制系统的设计	24
结论.....	26
致谢.....	27
参考文献.....	28

第 1 章 绪论

1.1 本课题研究的背景和意义

1、本课题研究的背景

自动换刀装置(Automatic Tool Changer)主要应用于大型及中型数控加工中心，能够实现连续换刀的功能。工件只需要一次定位，可完成多个表面的加工，提高了整体的加工精度。目前，已成为提高数控机床效率、精度的决定性因素之一。链式刀库是自动换刀装置的一种类型，可以使得机床和整个生产线的生产能力得到改善，减少加工过程中的辅助时间，达到机床理想的效率和经济性。因此，链式刀库的优化设计，有利于提高加工中心的各项机械性能，有利于增强机械制造生产力。

高性能、高精度、高速度和高可靠性是当前数控机床的研究理想化目标，随着数控加工中心的不断发展，对 ATC 的经济性和可靠性的要求也越来越高。我国的机床发展较晚，与发达国家还有一段距离，提升国产功能部件的产品性能迫在眉睫。因此，应该走装备制造业、自行研发数控机床各组成部件的道路，通过不断探索和研究，多学科、多领域的学习，改善和提高数控系统的各项性能。为了提高数控加工中心的自主化研发能力，应该从基本课题入手，可通过校企合作，理论与实践相结合，不断改进功能部件的精度和可靠性，对国家制造业的发展作出贡献。

2、本课题研究的意义

一个零件往往需要进行多工序的加工，而单功能的数控机床，只能完成单工序的加工，如车、钻、铣等。因此，在制造一个零件的过程中，大量的时间用于更换刀具、装卸零件、测量和搬运零件等非加工时间上，切削时间仅仅占整个工时中的较小比例。为了缩短非切削时间，提高工作效率，我们便设计了带有自动换刀系统的加工中心。

加工中心（MC）是适应省力、省时和节能的时代要求而迅速发展起来的自动换刀数控机床，它是综合了机械技术、电子技术、拖动技术、现代控制理论、测量及传感技术以及通信诊断、刀具和编程技术的高科技产品。由于加工中心能集中完成多种工序，因而可减少工件装夹、测量和调整时间，减少工件周转、搬运存放时间，使机床的切削利用率高于通用机床 3 倍~4 倍，所以说，加工中心不仅提高了工件的加工精度，而且是数控机床中生产率和自动化程度最高的综合性机床。

1.2 加工中心的组成、分类及发展方向

1、加工中心的组成

加工中心的组成随机床的类型不同而有一定的区别，但从总体上来看主要由以下几个部分组成：

- 1) 基础部件 主要由床身、工作台、立柱等组成，承受加工中心的载荷。
- 2) 主轴部件 主要由主轴箱、主轴等组成，是加工中心的关键部件。
- 3) 数控系统 主要由数控装置、PLC、电机等组成，是加工中心的控制中心，根据输入信息进行运算处理，输出给执行件，控制执行件的动作。
- 4) 伺服系统 主要由驱动控制单元、机床、执行单元和反馈检测元件等组成，是联系数控装置与机床的重要环节。
- 5) 刀库 刀库中存储加工中心加工过程中所需的刀具。
- 6) 换刀装置 主要由机械手组成，能根据数控指令将刀库中刀具与主轴上刀具进行交换，完成工件的加工。
- 7) 辅助装置 主要由冷却、润滑、保护、排屑、液压等组成，对加工中心的加工效率、加工精度和可靠性起重要的保障作用。

2、加工中心的分类

按加工中心的结构形式，可将加工中心分为以下几类：

- 1) 卧式加工中心 卧式加工中心是指主轴轴线为水平设置的加工中心，如图1-1。

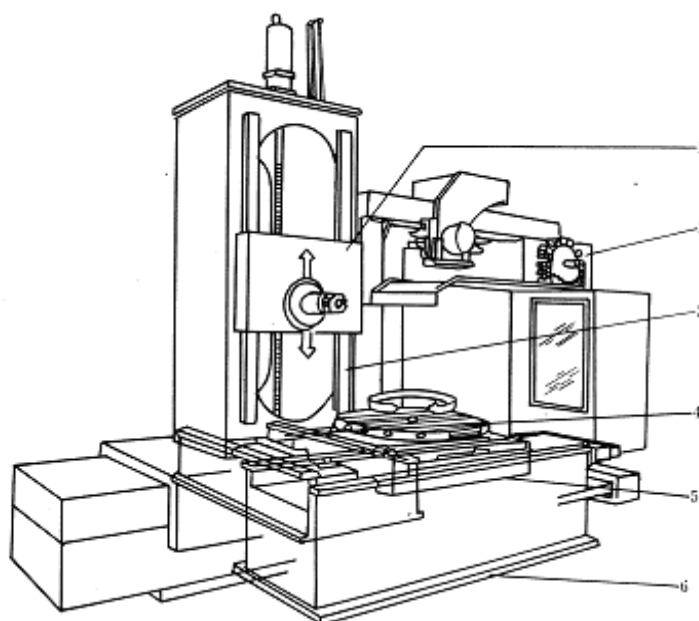


图 1-1 卧式加工中心

1、主轴头 2、刀库 3、立柱 4、立柱底座 5、工作台 6、工作台底座

2) 立式加工中心 立式加工中心是指主轴轴线为竖直设置的加工中心，如图 1-2。

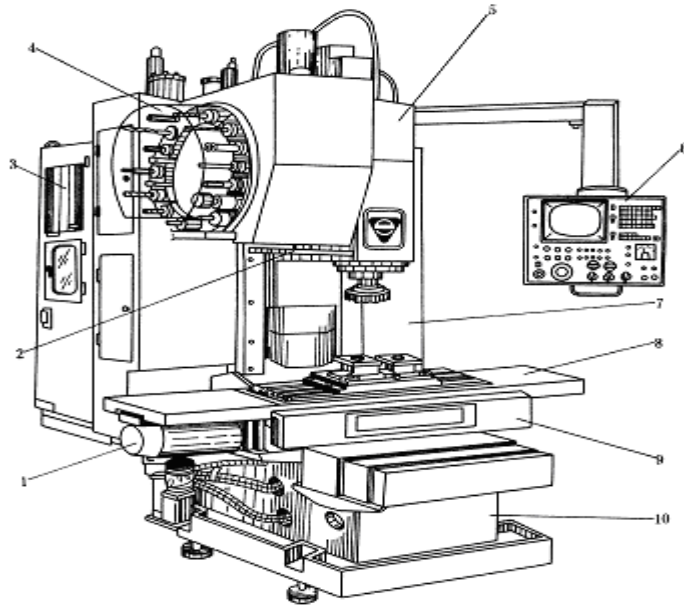


图 1-2 立式加工中心

1、X 轴的直流伺服电动机 2、换刀机械手 3、数控柜 4、盘式刀库 5、主轴箱 6、操作面板 7、驱动电源柜 8、工作台 9、滑座 10、床身

3) 万能加工中心 即立卧式加工中心，在一次装夹中，能对工件的除安装面外的其余表面进行加工，如图 1-3。

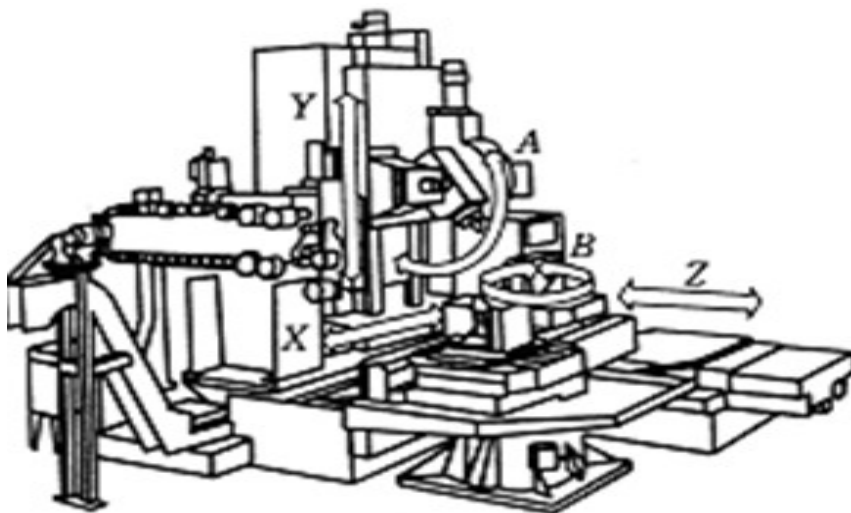


图 1-3 万能加工中心

3、加工中心的发展方向

加工中心能提高加工质量、缩短加工准备时间、减少在制品、减少刀具费用，
能实现最少的直接劳务费用和最少的间接劳务费用，提高了设备的利用率。

目前加工中心正朝着以下几个方面快速发展：

- 1) 高精度、高速高效、高可靠性 使加工效率、工件精度和工件的可靠性提高。
- 2) 模块化、柔性化、智能化 能适应多品种、变批量的生产。
- 3) 复合化 将工件加工时的工序复合在一起，提高了生产效率。
- 4) 开放性体系结构 使加工中心能适应数控技术的快速发展。
- 5) 网络化 能是加工中心满足生产线、制造系统和企业对信息的需求。
- 6) 行业化 能形成专门生产加工中心各个主要部件的厂商及相应的系列产品。

1.3 加工中心刀库简介

1、刀库的简述

刀库是在数控机床的基础上发展起来的加工中心的一个关键部件。在数控机床刚出现的一段时间内，数控机床的应用范围十分广泛。随着数控技术的发展，所要求加工零件也变得越来越复杂。对于某些形状复杂具有自由曲面的零件，一般的数控机床（具有的刀具数量不多）已不能加工或需要花费很多时间才能加工出来。数控机床上需要带有的刀具数量也随着零件复杂而变多，这样就出现了加工中心，刀库的概念也随着加工中心的出现而产生。刀库中存储的刀具能保证加工中心完成其相应的加工过程。逐渐地，刀库系统在加工中心中起着越来越重要的作用。现在有些厂家已经将刀库当做一个部件来看待，也渐渐的出现了专门生产刀库的厂家，如德大机械、吉辅公司、臻赏工业等

刀库的主要功能是存储加工工件所需的各种刀具，根据数控系统给定的程序指令，把下一工序要用的刀具准确的送到换刀位置与主轴进行换刀，完成工件的加工。

2、刀库的形式

现在的刀库按结构形式可分为以下几类：

- 1) 转塔式刀库 如图 1-4，这种刀库刀具容量小，主要用于小型立式加工中心。

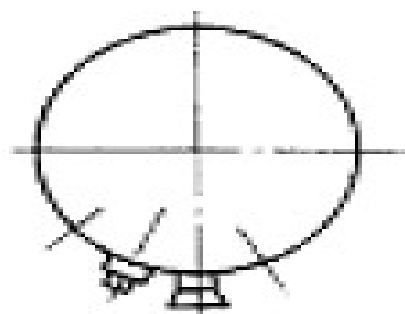


图 1-4 转塔式刀库

2) 圆盘式刀库 如图 1-5, 这种刀库刀具容量小, 一般不多于 30 把刀, 换刀时间较长, 制造成本低, 但适用于各种形式小型加工中心。

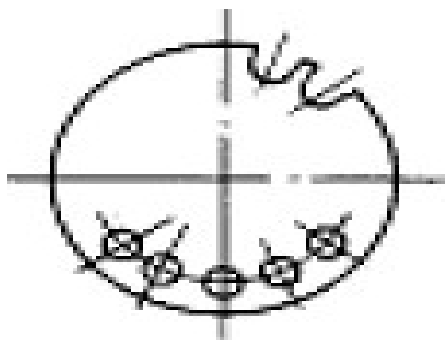


图 1-5 圆盘式刀库

3) 链式刀库 如图 1-6, 这种刀库刀具容量较大, 一般在 20 把刀以上, 结构紧凑, 布局方便, 换刀时间短, 适用于各种加工中心。

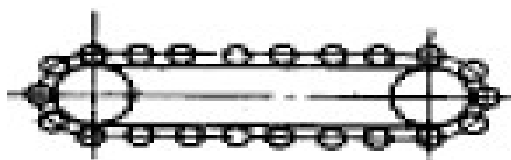


图 1-6 链式刀库

4) 格子式刀库 如图 1-7, 这种刀库刀具容量大, 可单独安置于机床外, 但刀库选刀与取刀的动作较复杂, 应用较少。

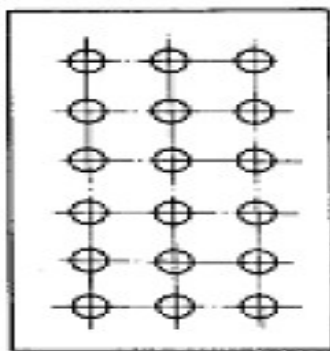


图 1-7 格子式刀库

按设置部位可以分为以下两类:

1) 设置在机床上的刀库 如上面所述的转塔式刀库、圆盘式刀库和部分链式刀库。这些刀库结构小, 可直接安装在机床侧面或上面。

2) 设置在机床外的刀库 (落地式刀库) 如上面所述的部分链式刀库(主要是大型链式刀库)和格子式刀库。这些刀库刀具容量大, 结构尺寸比较大且整体较重, 安置在地面上可以将刀库的运动与机床隔离开, 而且刀库的重量主要由地面来承受。

3、刀库的选刀方式

目前刀库的选刀方式主要有以下两种：

1) 顺序选刀 刀具按指定工序的先后顺序依次存入刀库中。换刀时，按工序顺序依次换刀。该方法不需要刀具识别装置，控制简单，但由于同一刀具在不同工序中不能使用，这降低了刀具的使用效率。

2) 随机选刀 刀具在刀库中随机存放，根据指令程序选择所需的刀具。该方法需要刀具识别装置。换刀时，刀具先经过刀具识别装置识别，当刀具代码与程序的代码相同时，将该刀具送到换刀位置进行交换。由于刀具能重复使用，大大的提高了刀具的使用效率。

4、刀库刀具交换形式

加工中心刀库刀具的交换一般有以下两种形式：

1、无机械手换刀 利用机床主轴与刀库间的相对运动来实现刀具的交换。

2、机械手换刀 采用机械手来实现刀具的交换。

5、刀库的发展方向

目前刀库系统正朝着以下几方面发展：

1) 能承受超重刀具的刀库系统 研究能承受重量 70KG 以上的刀具的链式刀库，该刀库同时带有强力锁刀结构的刀架结构，以防止重型刀具在换刀过程中掉落。

2) 高效率、高精度的刀库系统的研究 研究能实现刀具高精度定位且换刀时间小的刀库系统，换刀的快慢直接影响到了加工中辅助时间的多少，换刀速度越快，辅助时间越短，生产效率越高。高的定位精度可以防止换刀过程中产生误动作。

以满足数控加工中心选刀迅速、换刀精确地性能要求。

3) 能容纳多型式刀具的刀库系统的研究 研究能容纳多型式刀具（如 ISO50 和 ISO60）且能实现不同型式刀具间自动换刀的刀库系统，而且多型式刀库是常使用多主轴的数控加工中心的必要装置。

4) 轻量化、低成本的刀库系统的研究 研究以轻量化塑钢为刀架结构的刀库系统，以降低刀库生产成本。

5) 大容量刀库系统的研究 研究能容纳 120/180/200 以上刀具的刀库系统，这样的刀库能使生产效率大大提高。

第 2 章 总体方案的设计与确定

2.1 设计参数及设计要求的确定

2.1.1 设计参数的确定

- 1、刀库满载容量为 24 把刀；
- 2、换刀时间小于等于 3.5 秒；
- 3、刀具最大重量不超过 8kg；
- 4、链式刀库刀套线速度为 22-35m/min ；

2.1.2 设计要求的确定

- 1、链式刀库要求刀具运输平稳，定位准确；
- 2、要求运动部分结构紧凑，刀库容量较大；
- 3、选用合适的刀具编码方式，实现自动换刀。

2.2 刀库结构方案的选择与确定

加工中心上普遍采用的刀库是盘式刀库和链式刀库。本次设计选用链式刀库，常用的有单排链式刀库和加长链条的链式刀库。

1、单排链式刀库

如图 2-1 所示。这种刀库结构简单，适用于刀具数量不多的场合。

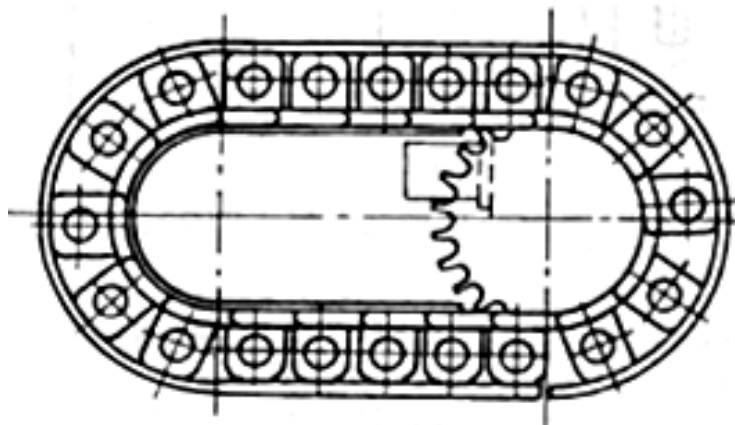


图 2-1 单排链式刀库

2、加长链条的链式刀库

如图 2-2 所示。这种刀库使用加长链条，让链条折叠回绕可提高空间利用率，进一步增加存刀量。链式刀库结构紧凑，刀库容量大，链环的形状可根据机床的布局制成各种形状。同时也可以将换刀位突出以便于换刀。在一定范围内，需要增加刀具数量时，可增加链条的长度，而不增加链轮直径。因此，链轮的圆周速度可不增加，刀库运动惯量的增加可不予考虑。

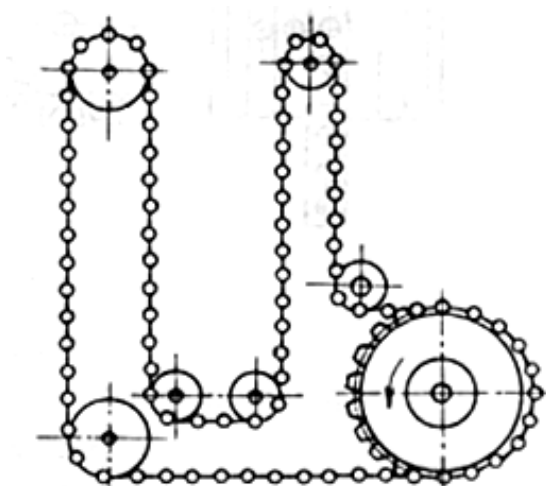


图 2-2 加长链条的链式刀库

通过上面的选择与比较，权衡后选择单排链式刀库。

2.3 驱动刀库类型的选择与确定

驱动刀库，目前常见的方式有伺服电动机驱动和液动机驱动两种，

1、伺服电动机驱动

伺服电机可使控制速度，位置精度非常准确，可以将电压信号转化为转矩和转速以驱动控制对象。伺服电机转子转速受输入信号控制，并能快速反应，在自动控制系统中，用作执行元件，且具有机电时间常数小、线性度高、始动电压等特性，可把所收到的电信号转换成电动机轴上的角位移或角速度输出。

2、液压机驱动

液压驱动容易实现无级调速，调速范围较大。容易实现过载保护，一般装有安全阀便可防止过载。运转平稳，容易吸收冲击和振动。液压驱动能在各种方位传动，容易实现往复传动。由于其体积小、传递的功率大，可在较小的空间内传递复杂的运动形式。这些特点使液压传动在组合机床和自动线中应用十分普遍。

但由于工作液体不可避免会有漏损、油液具有微小的可压缩性、管路会产生弹性变形，因此液压传动不宜用于传动要求严格的传动系统中。

通过上面对两种驱动方式的比较，加上我国加工中心都选用伺服电机驱动方式，在本设计中也将采用伺服电动机来驱动。

2.4 刀库传动方案的选择与确定

1、蜗轮蜗杆传动

蜗杆传动用于传递交错轴之间的回转运动。在绝大多数情况下，两轴在空间是互相垂直的，轴交角为 90° 。它广泛应用于机床、汽车、仪器、起重运输机械、冶金机械以及其他机械制造部门中，最大传动功率可达 750 kW，通常用在 50kW 以下；最高滑动速度 可达 35m/s,通常用在 15m/s 以下。

蜗杆传动的主要优点是结构紧凑、工作平稳、无噪声、冲击振动小以及能得到很大的单级传动比。在传递动力时，传动比一般为 8~100，常用的为 15~50。在机床工作台中，传动比可达几百，甚至到 1000。

2、齿轮传动

齿轮传动的特点是：齿轮传动平稳，传动比精确，工作可靠、效率高、寿命长，使用功率、速度和尺寸范围大。优点：传动效率高；传动比大；传递扭矩大；寿命长。

为使伺服电机在最佳状态下工作，一般不采用伺服电机的低速段。刀库需要在伺服电机恒转矩下运转工作，否则不能达到刀库需要的转矩，这就要求减速装置既要很大的减速比，又要保证电机工作在恒转矩下工作，齿轮传动不能实现大的传动比，因此，选用蜗杆减速装置。

第3章 主要参数的计算及驱动电机的选择

3.1 刀套线速度的确定

通过上面对设计参数的确定，能够知道本次设计的链式刀库，其刀套线速度为22-35m/min，换刀时间小于等于3.5秒（取3.5秒）。通过对机械设计手册的查阅，能够知道刀套线速度的快慢将直接影响选刀效率，过快线速度又影响刀库工作可靠性。

本次刀套线速度选择 $v=31\text{m/min}$ （即 $v=0.51\text{m/s}$ ）。

链条行程 $S=vt=0.51\times 3.5=1.8\text{m}$ ，取链条节距取75mm。

3.2 链轮形式及参数确定

3.2.1 链轮类型的确定

我国目前还没有厂家生产加工中心刀库专用链条，因而不得不用标准套筒辊子链，通过连接器把刀套固定在链条上。这种方式不仅结构复杂，装配调试费时，而且套筒位置精度亦差。我国部分厂家，购买日本椿本链条公司（TSUBAKI CHAIN Co.）生产的已转有刀套的刀库专用链条来装备刀库，效果颇佳。考虑到刀具重量和刀库工作的平稳性，推荐采用：HP型链条。该链条是套筒式链条，其辊子本身就是刀套，该链条型式及尺寸见表1-1

表 3-1 链条型式及尺寸

链条型号	刀具锥柄号	P	O	L	H	W	R	T
HP	40	75	40	73	70	50	55	3.0

3.2.2 链轮参数的确定

通过上面对链轮类型的确定，选择HP-T型链条。其参数的确定具体如下：

1、链轮节圆直径 D_p

$$D_p = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{N}} = \frac{75}{\sin \frac{180^\circ}{8}} = 196\text{mm}$$

式中：N—当量齿数（实际齿数/3）取链轮齿数 $z=24$ ；P—链条节距

2、链轮外径 D_0

$$D_0 = P \left[0.5 + \cot \frac{180^\circ}{N} \right] = 75 \times \left[0.5 + \cot \frac{180^\circ}{8} \right] = 222\text{mm}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/218062114060006050>